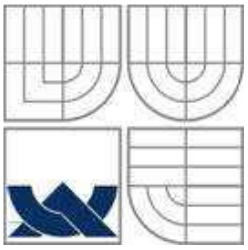
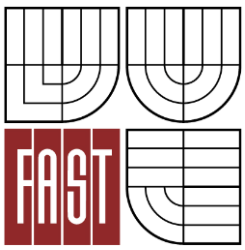


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVENÝCH KONSTRUKCÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

SPORTOVNÍ HALA
EXHIBITION PAVILION

STATICKÝ VÝPOČET
DESIGN CALCULATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — INGRID SENGEROVÁ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. KAREL SÝKORA
SUPERVISOR

BRNO 2014

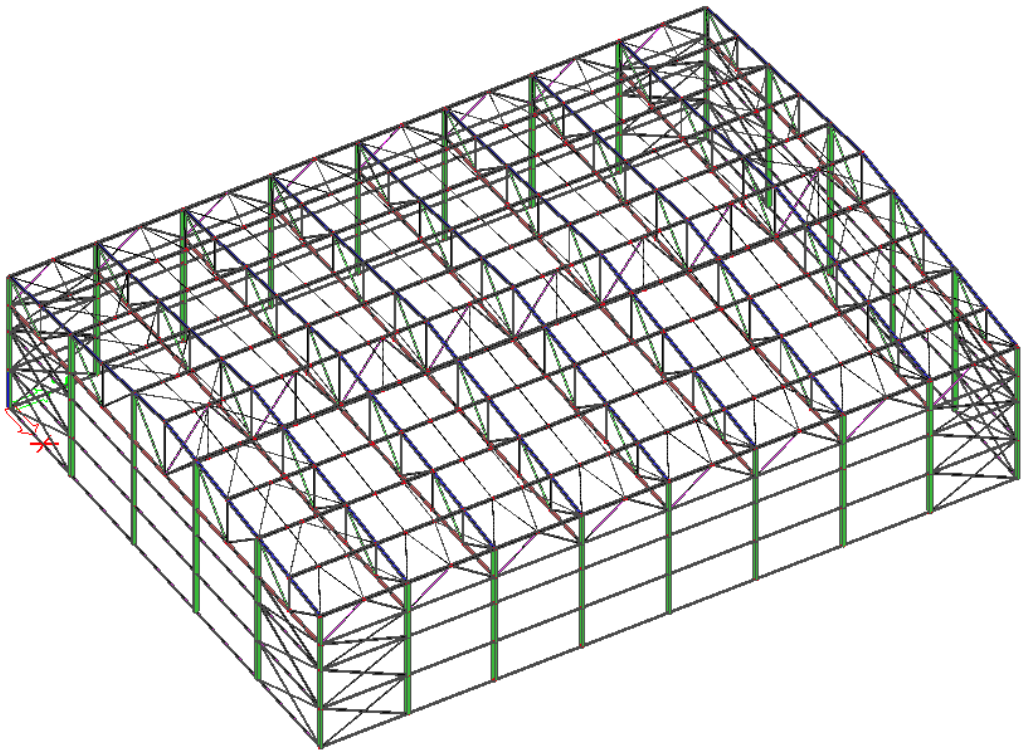
Obsah

1. GEOMETRIE KONSTRUKCE 4
2. MATERIÁL 4
3. STŘEŠNÍ KRYTINA 5
4. ZATÍŽENÍ 6
4.1. Stálé zatížení 6
4.1.1 Vlastní tíha viz. Scia Engineer 6
4.1.2 Ostatní stálé zatížení 6
4.2. Nahodilé zatížení 6
4.2.1 Zatížení sněhem dle (ČSN EN 1991-13) 6
4.2.2 Zatížení větrem dle (ČSN EN 1991-1-4) 6
5. MATERIÁL 9
6. VAZNICE 9
6.1. Výpočtový model 9
6.1. Zatížení na vaznici 9
6.2.1. ZS1 – Vlastní tíha 9
6.2.2. ZS2 – Stálé zatížení 9
6.2.3. Zatížení větrem 10
6.3. Kombinace zatížení na vaznici 11
6.4. Vnitřní síly 11
6.5. Posouzení vaznice 12
6.5.1. Šikmý ohyb s klopením 13
6.5.1. Posouzení vaznice na vzpěr 14
6.6. Mezní stav použitelnosti vaznice 15
6.7. Táhlo 16
7. VAZNÍK 17
7.1. Výpočtový model 17
7.2. Zatížení 17
7.3. Kombinace zatížení 18
7.4. Horní pás (prut B228) 18
7.4.1. Posouzení horního pásu na vzpěr 20
7.4.2. Posouzení horního pásu (program scia Engineer) 21
7.5. Dolní pás (prut B186) 23

7.5.1. Posouzení dolního pásu 24
7.5.2. Posouzení dolního pásu (program scia Engineer) 25
7.6. Diagonála 26
7.6.1. Tlačená diagonála (B192) 26
7.6.2. Tažená diagonála (B191) Vnitřní síly: 28
7.7. Svislice (prut B203) 28
7.7.1. Posouzení svislice (scia) 30
7.7.2. Posouzení – mezní stav použitelnosti 31
7.8. Spoje vazníku 31
7.8.1. Posouzení svaru (diagonála k dolnímu pásu) 31
7.8.2. Montážní spoje 32
8. STŘEŠNÍ PŘÍČNÉ A STĚNOVÉ ZTUŽIDLO 34
9. STŘEŠNÍ PODÉLNÉ ZTUŽIDLO 35
9.1. Výpočtový model 35
9.2. Dolní pás ztužidla (prut B838) 35
9.2.1. Posouzení dolního pásu na vzpěr (ruční výpočet) 36
9.2.2. Posudek ohybového momentu My a Mz 37
9.3. Posouzení diagonály podélného ztužidla (prvek B1532) 38
9.3.1. Posouzení diagonály podélného ztužidla (scia Engineer) 39
10. PAŽDÍK (B 703) 40
10.1. Posouzení pažděku programem scia Engineer 41
11. SLOUP (B 1594) 43
11.2. Posouzení sloupu na vzpěr 44
11.4. Posouzení sloupu. (scia Engineer) 46
12. ČEPOVÝ SPOJ 48
13. PATKA A KOTVENÍ SLOUPU 49
13.1. Patka 49
12.2. Kotevní šrouby 51
12.3. Patní deska 52
12.4. Průřez patky 53
12.5. Kotevní příčník 55

1. GEOMETRIE KONSTRUKCE

Rozpětí vaznice	l= 6,00m
Zatěžovací šířka	b= 2,51m
Rozpětí vazníku	l= 48,00m
Zatěžovací šířka	b= 6,00m
Sklon střechy	α = 6°



2. MATERIÁL

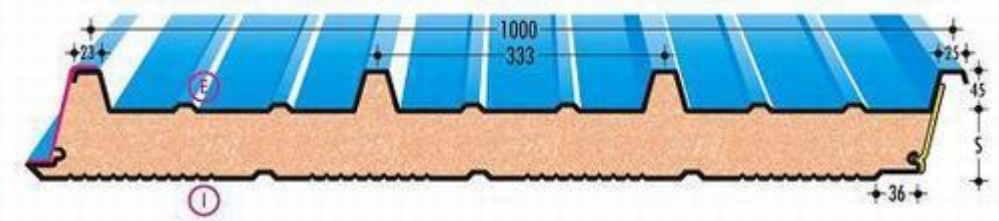
ocel S355

mez kluzu:	f_y = 355 MPa
pevnost v tahu:	f_u = 510 MPa
modul pružnosti v tahu a tlaku:	E =210 000 MPa
modul pružnosti ve smyku:	G = 81 000 MPa
objemová hmotnost:	$\gamma_{m0} = \gamma_{m1}$ = 1,00
	γ_{m2} = 1,25

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{fy}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0{,}814$$

3. STŘEŠNÍ KRYTINA

střešní panely ELCOM typ TCP/C
tloušťka 80 mm
skladebná šířka 1000 mm
hmotnost 12,42 kg/m^2
maximální zatížení při rozpětí 3,5m: 2,27 kN/m^2
skladba: pozinkovaný ocelový plech
izolační výplň z polyuretanové pěny
pozinkovaný ocelový plech
součinitel tepelné vodivosti 0,022 W/m.K



Technické parametry					Maximální rovnoměrné zatížení v kg/m^2 - kN/m^2				
S (tloušťka)	K		hmotnost		ROZPĚTÍ V m l				
mm	kcal/ m^{2}h°C	W/ m^2°C	Kg/m^2	jednotka	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
30	0,53	0,62	10,49	kg/m^2 kN/m^2	**265** 2,59	**200** 1,96	**160** 1,56	**135** 1,32	**100** 0,98
40	0,40	0,46	10,87	kg/m^2 kN/m^2	**355** 3,48	**261** 2,56	**198** 1,94	**154** 1,51	**121** 1,18
50	0,32	0,37	11,25	kg/m^2 kN/m^2	**399** 3,91	**294** 2,88	**224** 2,19	**174** 1,70	**138** 1,35
60	0,26	0,30	11,65	kg/m^2 kN/m^2	**445** 4,36	**329** 3,23	**252** 2,47	**197** 1,93	**157** 1,54
80	0,19	0,22	12,42	kg/m^2 kN/m^2	**521** 5,11	**386** 3,79	**295** 2,89	**231** 2,27	**182** 1,80

4. ZATÍŽENÍ

4.1. Stálé zatížení

4.1.1 Vlastní tíha viz. Scia Engineer

tíha oceli $\gamma_s = 78{,}50\ kN/m^3$

4.1.2 Ostatní stálé zatížení

střešní plášť $g_n = 0{,}1242\ kN/m^2$

4.2. Nahodilé zatížení

4.2.1 Zatížení sněhem dle (ČSN EN 1991-13)

lokalita: Brno: II. sněhová oblast :

charakteristická hodnota: $S_k = 1{,}0\ kN \cdot m^{-2}$

topografie normální součinitel expozice: $C_e = 1{,}0$

součinitel tepla: $C_t = 1{,}0$

úhel střechy 6° sedlová střecha

tvarový součinitel: $\mu_1 = 0{,}8$

sníh plný: $S = S_k \cdot \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t = 1 \cdot 0{,}8 \cdot 1 \cdot 1 =$ **0,8 kN·m^{-2}**

4.2.2 Zatížení větrem dle (ČSN EN 1991-1-4)

lokalita: Brno: II. větrová oblast:

kategorie terénu III – oblast pravidelně pokrytá vegetací, budovami nebo překážkami

výchozí základní rychlost větru: $v_{b,0} = 25\ m \cdot s^{-1}$

součinitel ročního období: $C_{season} = 1$

součinitel směru větru: $C_{dir} = 1$

základní rychlost větru: $V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 25 =$ **25 m·s^{-1}**

kategorie drsnosti terénu II: $z_0 = 0{,}30\ m$

$z_{min} = 5{,}00\ m$

$z_{0,II} = 0{,}05\ m$

výška nad terénem: $z = 12{,}14\ m$

součinitel terénu: $kr = 0{,}19 \cdot \left(\frac{z0}{0{,}05}\right)^{0{,}07} = 0{,}215$

součinitel drsnosti: $Cr(z) = kr \cdot \ln\left(\frac{max(z,\ zmin)}{zo}\right) = 0{,}796$

součinitel ortografie: $C_0(z) = 1$

charakteristická střední rychlost:

$v_m = C_r(z) \cdot C_0(z) \cdot v_b = 0{,}796 \cdot 1 \cdot 25 =$ **19,90 kN·m^{-2}**

měrná hmotnost vzduchu: $\varrho = 1{,}25$ kg·m^{-3}

zakladní dynamický tlak větru:

$q_b = 0{,}5 \cdot \varrho \cdot v_m^2 = 0{,}5 \cdot 1{,}25 \cdot 19{,}90^2/1000 =$ **0,248 kN·m^{-2}**

součinitel turbulence: $k_l = 1$

intenzita turbulence: $I_v(z) = \frac{kl}{Co(z) \cdot \ln\left(\frac{max(z,zmin)}{z0}\right)} = 0{,}270$

součinitel expozice: $C_e(z) = 1 + 7 \cdot I_v(z) = 2{,}890$

maximální dynamický tlak:

$q_p(z) = q_b(z) \cdot C_e(z) = 0{,}248 \cdot 2{,}890 =$ **0,717 kN·m^{-2}**

střešní plocha vystavená působení větru > 10 m^2 ==> $C_{pe,10}$

tlak větru na povrchy: $\mathbf{w_e = q_p \cdot C_{pe10}}$

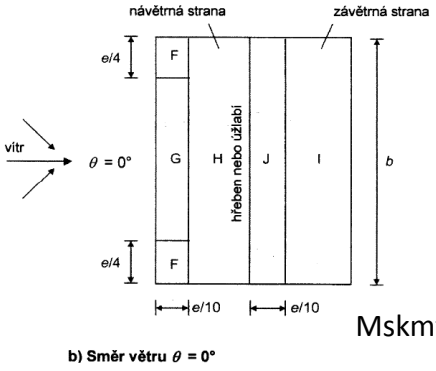
h = 12,14 m

e = min (b; 2h) = min (48; 2·12,14) = 24,28 m

e/10 = 2,43 m, e/4 = 6,07 m, b = 48,00 m

4.2.2.1 *Vítr boční na střechu (pravý a levý)*

Součinitel vnějšího tlaku C_{pe} na sedlové střechy – sklon 6˚



b) Směr větru θ = 0°

Zdroj: ČSN EN 1991-1-4, str.39

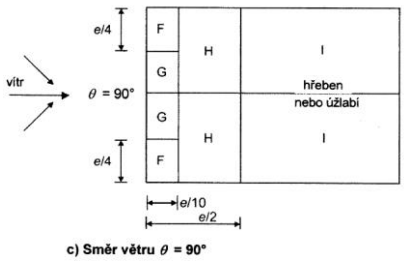
Úhel sklonu α	Vítr boční na střechu				
	C_{pe10} F	C_{pe10} G	C_{pe10} H	C_{pe10} I	C_{pe10} J
5˚	-1,70	-1,20	-0,60	-0,60	0,20
6˚	-1,62	-1,16	-0,57	-0,58	0,17
15˚	-0,90	-0,80	-0,30	-0,40	-0,10
w_e (kN/m^2)	-1,16	-0,83	-0,41	-0,42	0,12

Mskmfů

Zdroj: ČSN EN 1991-14, str. 40, tab. 7.8a

ČSN EN 1991-14, str. 40, tab. 7.4a

4.2.2.2 *Vítr čelní na střechu*

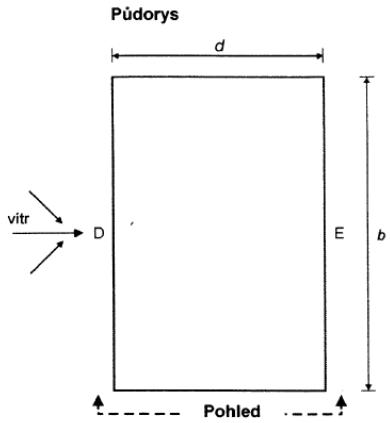


c) Směr větru θ = 90°

Zdroj: ČSN EN 1991-1-4, str.39

Úhel sklonu α	Vítr čelní na střechu			
	C_{pe10} F	C_{pe10} G	C_{pe10} H	C_{pe10} I
5˚	-1,60	-1,30	-0,70	-0,60
6˚	-1,57	-1,30	-0,69	-0,59
15˚	-1,30	-1,30	-0,60	-0,50
w_e (kN/m^2)	-1,13	-0,93	-0,49	-0,36

4.2.2.3 Vítr čelní na stěnu

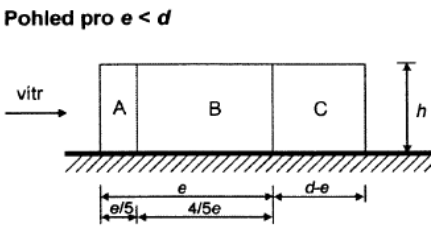


Zdroj: ČSN EN 1991-1-4, str.34

h/b = 12,14/36,00 = 0,337
e = min (b; 2h) = min (36; 2·12,14) = 24,28 m
e = 24,28 m
d = 36,00 m
e = 24,28 < d = 36m

h/d	Vítr čelní na stěnu				
	C_{pe10} A	C_{pe10} B	C_{pe10} C	C_{pe10} D	C_{pe10} E
1	-1,20	-1,40	-0,50	0,80	0,50
0,337	-1,20	-0,87	-0,50	0,71	-0,21
≤0,25	-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,30
w_e (kN/m^2)	-0,86	-0,62	-0,36	0,51	-0,15

4.2.2.3 Vítr boční na stěnu



Zdroj: ČSN EN 1991-1-4, str.34

h/b = 12,14/48,00 = 0,253
e = min (b; 2h) = min (48; 2·12,14) = 24,28 m
e = 24,28 m
d = 48,00 m
e = 24,28 < d = 48m

h/d	Vítr boční na stěnu				
	C_{pe10} A	C_{pe10} B	C_{pe10} C	C_{pe10} D	C_{pe10} E
1	-1,20	-1,40	-0,50	0,80	0,50
0,253	-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,30
≤0,25	-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,30
w_e (kN/m^2)	-0,86	-0,57	-0,36	0,50	-0,22

5. MATERIÁL

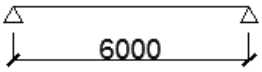
ocel S355

mez kluzu:	f_y = 355 MPa
pevnost v tahu:	f_u = 510 MPa
modul pružnosti v tahu a tlaku:	E =210 000 MPa
modul pružnosti ve smyku:	G = 81 000 MPa
objemová hmotnost:	$\gamma_{m0} = \gamma_{m1}$ = 1,00
	γ_{m2} = 1,25

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{fy}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0{,}814$$

6. VAZNICE

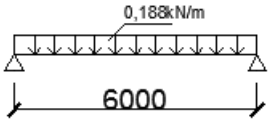
6.1. Výpočtový model



rozpětí vaznice:	L = 6,00 m
zatěžovací šířka:	b = 3,62 m
sklon:	α = 6°

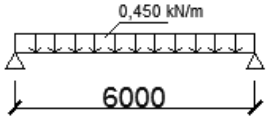
6.1. Zatížení na vaznici

6.2.1. ZS1 – Vlastní tíha



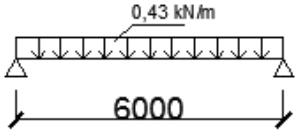
navržený profil IPE 180	g_d = **0,188 kN/m**
souč. pro nepříznivé zatížení	γ_f = 1,35
souč. pro příznivé zatížení	γ_f = 1,00

6.2.2. ZS2 – Stálé zatížení



Tíha střešního pláště	g_k = 0,1242 kN/m^2
	$g_{k'}$ = 3,62 * g_k = **0,450 kN/m^2**
souč. pro nepříznivé zatížení	γ_f = 1,35
souč. pro příznivé zatížení	γ_f = 1,00

6.2.3. Zatížení větrem

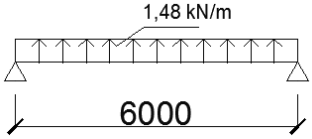


6.2.3.1. ZS3 – Vítr z leva

Úhel sklonu α	Vítr boční z leva				
	C_{pe10} F	C_{pe10} G	C_{pe10} H	C_{pe10} I	**C_{pe10} J**
6°	-1,62	-1,16	-0,57	-0,58	0,17
W_k (kN/m^2)	-1,16	-0,83	-0,41	-0,42	0,12
ZŠ (m)	3,62	3,62	3,62	3,62	3,62
W_k' (kN/m)	-4,20	-3,00	-1,48	-1,52	**0,43**

Posuzovaná vaznice obl. I $W_k' = -1,52$ kN/m
souč. spolehlivosti $\gamma_f = 1,5$
souč. kombinace $\psi = 0,6$
celkový součinitel $\gamma_f * \psi = 0,9$

6.2.3.2. ZS4 – Vítr z prava



Úhel sklonu α	Vítr boční z prava				
	C_{pe10} F	C_{pe10} G	C_{pe10} H	C_{pe10} I	C_{pe10} J
6°	-1,62	-1,16	-0,57	-0,58	0,17
W_k (kN/m^2)	-1,16	-0,83	-0,41	-0,42	0,12
ZŠ (m)	3,62	3,62	3,62	3,62	3,62
W_k' (kN/m)	-4,20	-3,00	-1,48	-1,52	0,43

Zatížení u posuzované vaznice $W_k' = -1,48$kN/m
souč. spolehlivosti $\gamma_f = 1,5$
souč. kombinace $\psi = 0,6$
celkový součinitel $\gamma_f * \psi = 0,9$

6.2.3.3. ZS5 – Vítr čelní

Úhel sklonu α	Vítr čelní			
	C_{pe10} F	C_{pe10} G	C_{pe10} H	C_{pe10} I
6°	-1,57	-1,30	-1,50	-1,40
W_k (kN/m^2)	-1,13	-0,93	-0,49	-0,36
ZŠ (m)	3,62	3,62	3,62	3,62
W_k' (kN/m)	-4,09	-3,37	-1,77	-1,30

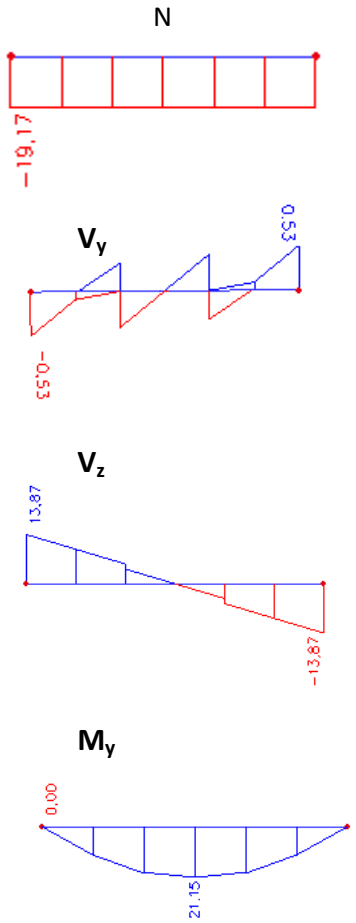
souč. spolehlivosti $\gamma_f = 1,5$
souč. kombinace $\psi = 0,6$
celkový součinitel $\gamma_f * \psi = 0,9$

6.2.4. ZS6 - Zatížení sněhem

s = 0,8 kN/m^2

s‘ = 0,8 * 3,62 = **2,9 kN/m**

6.3. Kombinace zatížení na vaznici



Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*
CO1	EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	LC1 - stálé	1,00
		LC2 - ostatní stálé	1,00
		LC3 - vítr z leva	1,00
		LC4 - vítr z prava	1,00
		LC5 - vítr podélný	1,00
		LC6 - sníh	1,00
CO2	EN-MSP charakteristická	LC1 - stálé	1,00
		LC2 - ostatní stálé	1,00
		LC3 - vítr z leva	1,00
		LC4 - vítr z prava	1,00
		LC5 - vítr podélný	1,00
		LC6 - sníh	1,00

Klíč kombinace

Jméno	Popis kombinace
1	LC1*1,35 +LC5*1,50 +LC6*1,05
2	LC1*1,00
3	LC1*1,35 +LC3*0,90 +LC6*1,50
4	LC1*1,00 +LC5*1,50
5	LC1*1,35 +LC4*0,90 +LC6*1,50
6	LC1*1,35
7	LC1*1,35 +LC4*1,50 +LC6*1,05
8	LC1*1,00 +LC4*1,50
9	LC1*1,35 +LC2*0,90 +LC6*1,50
10	LC1*1,35 +LC5*0,90 +LC6*1,50
11	LC1*1,00 +LC3*1,50
12	LC1*1,35 +LC3*1,50 +LC6*1,05

6.4. Vnitřní síly

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B473
Kombinace : CO2

Prvek	Stav	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská*
B473	CO2/14	0,000	**-19,17**	-0,45	11,96	0,00	0,00	0,00
B473	CO2/5	0,000	**-4,58**	-0,04	1,88	0,00	**0,00**	0,00
B473	CO2/15	0,000	-16,16	**-0,53**	**13,87**	**0,00**	0,00	**0,00**
B473	CO2/15	6000,000	-16,16	**0,53**	**-13,87**	0,00	0,00	0,00
B473	CO2/16	0,000	-13,01	-0,20	5,82	**0,00**	0,00	0,00
B473	CO2/15	3000,000	-16,16	0,00	0,00	0,00	**21,15**	**-0,33**

$M_{y,ed}$ = 21,15 kNm **N_{ed} = -19,17 kNm**

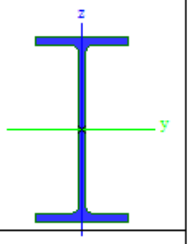
$M_{z,ed}$ = -0,33 kNm

6.5. Posouzení vaznice

Navržený profil IPE180 E = 210GPa

G = 81GPa

Jméno	vaznice
Typ	IPE180
Zdroj hodnot	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	b
Klopení	Výchozí
Použít 2D MKP výpočet	×



A [m²]	2,3900e-03	
A y, z [m²]	1,4865e-03	9,6640e-04
I y, z [m⁴]	1,3170e-05	1,0100e-06
I w [m⁶], t [m⁴]	7,4300e-09	4,7900e-08
Wel y, z [m³]	1,4600e-04	2,2200e-05
Wpl y, z [m³]	1,6600e-04	3,4600e-05
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	46	90
α [deg]	0,00	
A L, D [m²/m]	6,9788e-01	6,9788e-01
Mply +, - [Nm]	59113,36	59113,36
Mplz +, - [Nm]	12285,62	12285,62

Zatřídění průřezu: $\varepsilon = (235/f_y)^{1/2} = 0,81$

pásnice: tlačená část

$9\varepsilon = 9 \cdot 0,81 = 7,32$

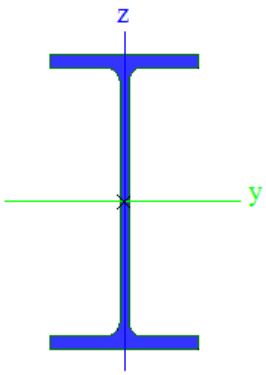
$c/t_f \leq 9\varepsilon$

$4,24 \leq 7,32$---> I. Třída průřezu

stojina: tlačená a ohýbaná část

$d/t_w \leq 72\varepsilon$

$27,55 \leq 58,32$---> I. Třída průřezu



6.5.1. Šikmý ohyb s klopením

průřezový modul: $W_y = W_{ply}$ (průřez třídy 1 nebo 2)

vzpěrné délky: $L_{cr,z} = 2{,}00$ m

kratší vzpěrná délka v důsledku navrženého procházející v 1/3 a 2/3 rozpětí vaznice

součinitel imperfekce α_{LT}: h/b = 2 ---> **křivka klopení a**

$\alpha_{LT} = 0{,}21$

součinitele závisející na zatížení a podmínkách uložení konců: $c_1 = 0{,}97$

$c_2 = 0{,}36$

$c_3 = 0{,}48$

součinitele vzpěrné délky: $k_y = 1{,}00$ $z_a = 120$ mm

$k_z = 0{,}33$ $z_s = 0$ mm

$k_w = 1{,}00$ $z_g = z_a - z_s = 120$ mm

$z_j = 0$ mm

$$\kappa_{wt} = (\pi/(k_w \cdot L)) \cdot (E \cdot I_w/G \cdot I_t)^{1/2} =$$
$$= (\pi/(1{,}00 \cdot 2000)) \cdot [(210 \cdot 7{,}43 \cdot 10^9)/(81 \cdot 4{,}79 \cdot 10^4)]^{1/2} = \mathbf{0{,}996}$$
$$\zeta_g = (\pi \cdot z_g)/(k_z \cdot L) \cdot (E \cdot I_z/G \cdot I_t)^{1/2} =$$
$$= (\pi \cdot 0{,}120)/(0{,}33 \cdot 2000) \cdot [(210 \cdot 1{,}01 \cdot 10^9)/(81 \cdot 4{,}79 \cdot 10^3)]^{1/2} = \mathbf{4{,}22}$$
$$\zeta_j = (\pi \cdot z_j)/(k_z \cdot L) \cdot (E \cdot I_z/G \cdot I_t)^{1/2} = \mathbf{0{,}00}$$

bezrozměrný kritický moment:

$$\mu_{cr} = (c_1/k_z) \cdot [(1 + k_{wt}^2 + (c_2 \cdot \zeta_g - c_3 \cdot \zeta_j)^2)^{1/2} - (c_2\zeta_g - c_3 \cdot \zeta_j)] =$$
$$\mu_{cr} = (1{,}13/0{,}33) \cdot [(1 + 0{,}996^2 + (0{,}45 \cdot 4{,}22 - 0{,}53 \cdot 0{,}0)^2)^{1/2} -$$
$$(0{,}45 \cdot 4{,}22 - 0{,}0)] = \mathbf{1{,}6}$$

pružný kritický moment :

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \pi (E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t)^{1/2} / L2 =$$
$$= 1{,}6 \cdot \pi (210 \cdot 10^9 \cdot 1{,}01 \cdot 10^{-6} \cdot 81 \cdot 10^9 \cdot 4{,}79 \cdot 10^{-7}) = \mathbf{72\ kNm}$$

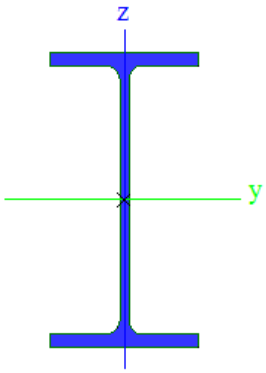
$$\overline{\lambda_{LT}} = (W_{pl,y} \cdot f_y/M_{cr})^{1/2} = (1{,}664 \cdot 10^9 \cdot 355 \cdot 10^6)/72 = \mathbf{0{,}9}$$

křivka klopení :

h/b = 180/91=1,98 < 2 => **křivka a**

$$\phi_{LT} = 0{,}5\,[1 + \alpha_{LT} \cdot (\overline{\lambda_{LT}} - 0{,}2) + \overline{\lambda_{LT}}^2]$$
$$= 0{,}5[1 + 0{,}21(0{,}9 - 0{,}2) + 0{,}9^2] = \mathbf{0{,}98}$$

$$\chi_{LT} = 1/\phi_{LT} + (\phi_{LT}^2 - \overline{\lambda_{LT}}^2)^{1/2} = 1/0{,}98 + (0{,}98^2 - 0{,}9^2)^{1/2} = \mathbf{0{,}73}$$



Posouzení:

$M_{y,b,rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl.y} \cdot f_y / \chi_{m1} = 0,73 \cdot 166,4 \cdot 10^3 \cdot 355/1$

$= \underline{\mathbf{43,12\ kNm}}$

$M_{z,\,rd} = W_{pl.z} \cdot f_y / \chi_{m0} = 34,6 \cdot 10^3 \cdot 355/1 = \underline{\mathbf{12,283\ kNm}}$

$M_{y,ed}$ = 21,15 kNm **$M_{z,ed}$ = -0,33 kNm**

$$\frac{My,ed}{My,b,rd} + \frac{Mz,ed}{Mz,rd} \leq 1$$

$$\frac{21,15}{43,12} + \frac{0,33}{12,283} = \underline{\mathbf{0,517 \leq 1\ VYHOVÍ}}$$

6.5.1. Posouzení vaznice na vzpěr

Vzpěrné délky: $L_{cr,y} = 6,00$ m

$L_{cr,z} = 2,00$ m

Vybočení kolmo k ose y:

Štíhlostí: $\overline{\lambda_1} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,06$

$\lambda_y = L_{cr,y} / i_y = 6,0/0,074 = 80,83$

$i_y = (I_y/A)^{1/2} = 0,074$m

$\overline{\lambda_y} = (A \cdot f_y/N_{cr}) = (L_{cr,y} / (i_y \cdot \overline{\lambda_1}) = (6,0/(0,074 \cdot 76,06) = \underline{\mathbf{1,0626}}$

součinitel vzpěrnosti:

křivka vzpěrné pevnosti: a --> souč. imperfekce $\alpha = 0,21$

(dle ČSN EN 1933-1-1)

$\phi_y = 0,5[1+ \alpha(\overline{\lambda_y} - 0,2) + \overline{\lambda_y}^2] =$

$=0,5 \cdot [\,1+ 0,21(\,1,06 - 0,2) + 1,06^2] = \underline{\mathbf{1,15}}$

$\chi_y = 1/[\phi_y + (\phi_y^2 - \overline{\lambda_y}^2)^{1/2}] = 1/1,15 + (1,15^2 - 1,06^2)^{1/2} = \underline{\mathbf{0,63}}$

Posouzení: návrhová vzpěrná únosnost tlačeného prutu

$N_{b,rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_y/\gamma_{M1} = 0,63 \cdot 2,39 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6/1,00 = \underline{\mathbf{534,523\ kN}}$

$N_{ed}/ N_{b,rd} \leq 1$ ---> 19,17/534,523 = **0,04 ≤1 vyhoví**

Vybočení kolmo k ose z:

Štíhlostí: $\overline{\lambda_1} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,06$

$\lambda_y = L_{cr,y}/i_y = 2,00/0,0315 = 79,8$

$i_z = (I_z/A)^{1/2} = 0,0205$ m

$\overline{\lambda_y} = (A \cdot f_y/N_{cr}) = (L_{cr,y}/(i_y \cdot \overline{\lambda_1}) = (2,0/(0,0205 \cdot 76,06) =$ **1,28**

součinitel vzpěrnosti:

křivka vzpěrné pevnosti: b ---> souč. imperfekce α = 0,34

(dle ČSN EN 1933-1-1)

$\phi_y = 0,5[1+ \alpha(\overline{\lambda_y} - 0,2) + \overline{\lambda_y}^2] =$

$=0,5 \cdot [1+ 0,34(1,28 - 0,2) + 1,28^2] =$ **1,5**

$\chi_y = 1/\phi_y + (\phi_y^2 - \overline{\lambda_y}^2)^{1/2} = 1/1,5 + (1,5^2 - 1,28^2)^{1/2} =$ **0,44**

Posouzení: návrhová vzpěrná únosnost tlačeného prutu

$N_{b,rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_y/\gamma_{M1} = 0,44 \cdot 2,39 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6/1,00 =$ **373,32 kN**

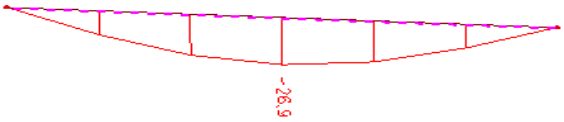
$N_{ed}/ N_{b,rd} \leq 1$ ---> 19,17/373,32= **0,05 ≤ 1 vyhoví**

6.6. Mezní stav použitelnosti vaznice

Vaznice navržena plnostěnná z profilu IPE 180

Doporučená mezní hodnota průhybu:

pro $\delta_{max} = L/200 = 30,00$mm



26,1 ≤ 30 [mm] **Vyhoví**

6.7. Táhlo

Navržené v třetinách rozpěti vaznice, pro získaní menších vzpěrných délek.

Vnitřní síly : Ned = **<u>19,25 kN</u>**

Navržený profil : RD 75

E = 210 GPa

G = 81 GPa

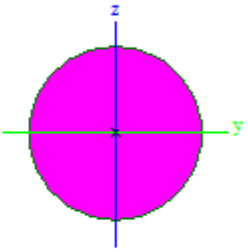
$N_{ed}/N_{t,rd} \leq 1$

$N_{t,rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 1{,}130 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^{6} = 78{,}28kN$

$19{,}25/78{,}28 \leq 1$

<u>0,3 ≤ 1 vyhoví</u>

Jméno	táhlo
Typ	RD75
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použít 2D MKP výpočet	✓



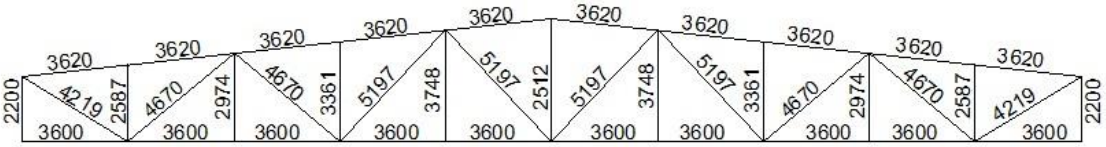
A [m²]	4,4156e-03	
A y, z [m²]	3,9797e-03	3,9761e-03
I y, z [m⁴]	1,5206e-06	1,5206e-06
I w [m⁶], t [m⁴]	1,8278e-19	3,1133e-06
Wel y, z [m³]	4,0550e-05	4,0550e-05
Wpl y, z [m³]	6,9204e-05	6,9204e-05
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	38	38
α [deg]	0,00	
A L, D [m²/m]	2,3500e-01	2,3561e-01
Mply +, - [Nm]	24953,33	24953,33
Mplz +, - [Nm]	24953,33	24953,33

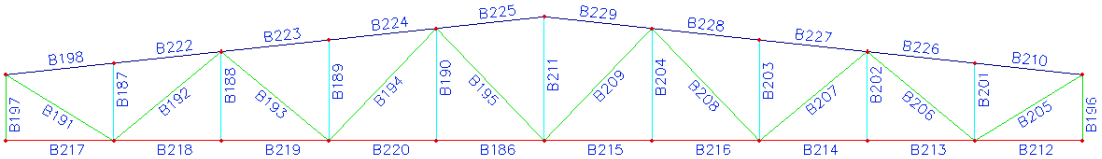
7. VAZNÍK

7.1. Výpočtový model

příhradový nosník, prostě podepřený

rozpětí vazníku:	L= 36,00 m
zatěžovací šířka (vzdálenost vazníků)	b = 6 m
vzdálenost styčníku s vaznicemi	b´= 3,6 m
sklon	α = 6,0 °





7.2. Zatížení

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Typ zatížení	Spec	Směr	Působení	Řídicí zat. stav
"Studentská verze"	"Studentská verze"	"Studentská verze"	"Studentská verze"	"Studentská verze"	"Studentská verze"	"Studentská verze"	"Studentská verze"	"Studentská verze"
LC1	stálé	Stálé	LG1	Vlastní tíha		-Z		
LC2	ostatní stálé	Stálé	LG3	Standard				
LC3	vítr z leva	Nahodilé	LG2	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
LC4	vítr z prava	Nahodilé	LG2	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
LC5	vítr podélný	Nahodilé	LG2	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
LC6	sníh	Nahodilé	LG4	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný

7.3. Kombinace zatížení

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studen
CO1	EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	LC1 - stálé	1,00
		LC2 - ostatní stálé	1,00
		LC3 - vítr z leva	1,00
		LC4 - vítr z prava	1,00
		LC5 - vítr podélný	1,00
		LC6 - sníh	1,00
CO2	EN-MSP charakteristická	LC1 - stálé	1,00
		LC2 - ostatní stálé	1,00
		LC3 - vítr z leva	1,00
		LC4 - vítr z prava	1,00
		LC5 - vítr podélný	1,00
		LC6 - sníh	1,00

Klíč kombinace

Jméno	Popis kombinací
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studen
1	LC1*1,35 +LC4*1,50 +LC6*1,05
2	LC1*1,35 +LC3*0,90 +LC6*1,50
3	LC1*1,35 +LC4*0,90 +LC6*1,50
4	LC1*1,00 +LC3*1,50
5	LC1*1,35 +LC3*1,50 +LC6*1,05
6	LC1*1,35 +LC5*1,50 +LC6*1,05
7	LC1*1,35 +LC2*1,50
8	LC1*1,00 +LC5*1,50
9	LC1*1,35 +LC2*0,90 +LC6*1,50
10	LC1*1,35 +LC2*1,50 +LC6*1,05
11	LC1*1,35 +LC5*1,50
12	LC1*1,35 +LC3*1,50
14	LC1*1,00 +LC3*1,50 +LC6*1,05

7.4. Horní pás (prut B228)

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B228
Kombinace : CO1

Prvek	Stav	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentsk
B228	CO1/3	0,000	**-185,80**	0,30	0,01	0,00	-0,01	0,23
B228	CO1/5	3620,740	**-33,61**	-0,26	0,00	0,00	0,00	-0,09
B228	CO1/3	3620,740	-185,73	**-0,41**	0,01	0,00	0,01	0,02
B228	CO1/8	0,000	-45,45	**0,36**	0,00	0,00	0,00	**-0,14**
B228	CO1/6	0,000	-77,39	0,25	**-0,01**	**0,00**	0,01	0,01
B228	CO1/2	0,000	-175,67	0,30	**0,01**	0,00	-0,02	0,21
B228	CO1/10	0,000	-162,71	0,31	0,00	**0,00**	0,00	0,17
B228	CO1/6	3620,740	-77,33	-0,27	-0,01	0,00	**-0,04**	-0,03
B228	CO1/2	3620,740	-175,59	-0,41	0,01	0,00	**0,02**	0,01
B228	CO1/3	1448,300	-185,77	0,01	0,01	0,00	0,00	**0,46**

Vnitřní síly:

$M_{y,ed}$ = 0,04 kNm **$V_{y,ed}$ = -0,41 kN** **N_{ed} = -185,80 kN**

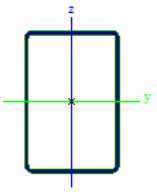
$M_{z,ed}$ = 0,40 kNm **$V_{z,ed}$ = 0,01 kN**

Navržený profil **RRK 150/100/4**

E = 210 GPa

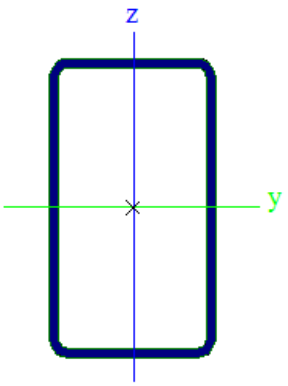
G = 81 GPa

Průřezové charakteristiky:

Jméno	horní pas	
Typ	RRK150/100/4	
Zdroj hodnot	Stahlbau Zentrum Schweiz / Konstruktionstabellen / 9.Ausgabe 2005	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Posudek rovinného vzpěru y-y	a	
Posudek rovinného vzpěru z-z	a	
Klopení	Výchozí	
Použít 2D MKP výpočet	×	
		
A [m²]	1,8950e-03	
A y, z [m²]	7,5761e-04	1,1364e-03
I y, z [m⁴]	5,9500e-06	3,1900e-06
I w [m⁶], t [m⁴]	9,3750e-09	6,6200e-06
Wel y, z [m³]	7,9300e-05	6,3700e-05
Wpl y, z [m³]	9,5700e-05	7,2500e-05
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	50	75
α [deg]	0,00	
A L, D [m²/m]	4,8600e-01	9,4730e-01
Mply +, - [Nm]	33942,59	33942,59
Mplz +, - [Nm]	25724,06	25724,06

Zatřídění průřezu: $\varepsilon = (235/f_y)^{1/2} = 0,81$

c/t = 16,05--> II. Třída průřezu



7.4.1. Posouzení horního pásu na vzpěr

Vzpěrné délky: $L_{cr,y}$ = 3,62 m
$L_{cr,z}$ = 3,62 m

Vybočení kolmo k ose y:

Štíhlostí: $\bar{\lambda}_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 =$ **76,06**
$\lambda_y = L_{cr,y}/i_y = 3,62/0,0558 =$ **64,87**
$i_y = (I_y/A)^{1/2} =$ **0,056 m**

$\bar{\lambda}_y = (A \cdot f_y/N_{cr}) = (L_{cr,y}/(i_y \cdot \bar{\lambda}_1) = (3,62/(0,055 \cdot 76,06) =$ **0,852**

součinitel vzpěrnosti:
křivka vzpěrné pevnosti: a ---> souč. imperfekce α = 0,21
(dle ČSN EN 1933-1-1)

$\phi_y = 0,5[1+ \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] =$
$= 0,5 \cdot [1+ 0,21(0,852 - 0,2) + 0,852^2] =$ **0,931**
$\chi_y = 1/\phi_y + (\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2)^{1/2} = 1/0,93 + (0,93^2 - 0,852^2)^{1/2} =$ **0,932**

Posouzení: návrhová vzpěrná únosnost tlačeného prutu
$N_{b,rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_y/\gamma_{M1} = 0,932 \cdot 1,89 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6/1,00 =$ **526,98kN**

$N_{ed}/N_{b,rd} \leq 1$ ---> 185,8/526,98 = **0,35 ≤ 1 vyhoví**

Vybočení kolmo k ose z:

Štíhlostí: $\bar{\lambda}_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 =$ **76,06**
$\lambda_y = L_{cr,y}/i_z = 3,62/0,0407 =$ **88,943**
$i_z = (I_z/A)^{1/2} =$ **0,0409 m**

$\bar{\lambda}_y = (A \cdot f_y/N_{cr}) = (L_{cr,y}/(i_y \cdot \bar{\lambda}_1) = (3,62/(0,0409 \cdot 76,06) =$ **1,164**

součinitel vzpěrnosti:
křivka vzpěrné pevnosti: a ---> souč. imperfekce α = 0,21
(dle ČSN EN 1933-1-1)

$\phi_y = 0,5[1+ \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2]$
$= 0,5 \cdot [1+ 0,21(1,164 - 0,2) + 1,164^2] =$ **1,279**
$\chi_y = 1/\phi_y + (\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2)^{1/2} = 1/(1,28 + (1,28^2 - 1,164^2)^{1/2}) =$ **0,641**

Posouzení: návrhová vzpěrná únosnost tlačeného prutu
$N_{b,rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_y/\gamma_{M1} = 0,641 \cdot 1,89 \cdot 355 \cdot 10^3/1,00 =$ **381,22 kN**

$N_{ed}/N_{b,rd} \leq 1$ ---> 185,8/381,22 **= 0,48 ≤ 1 vyhoví**

7.4.2. Posouzení horního pásu (program scia Engineer)

Lineární výpočet, Extrém : Prvek
Výběr : B228
Kombinace : CO1
Průřez : horní pas - RRK150/100/4

EN 1993-1-1 posudek
Národní dodatek: Norma EN

Prvek B 228	3,021 m	RRK150/100/4	S 355	CO1	0,28 -

Dílčí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu fy	355,0	MPa
Mezní pevnost fu	510,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

Varování: Vybraná třída oceli používá výchozí tabulku redukce tlouš
...::POSUDEK PRŮŘEZU::..
Kritický posudek v místě 0.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N,Ed	-185,80	kN
Vy,Ed	0,30	kN
Vz,Ed	0,01	kN
T,Ed	0,00	kNm
My,Ed	-0,01	kNm
Mz,Ed	0,23	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu
Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2
Klasifikace pro vnitřní tlačené části
Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	34,50
Třída 1 limit	26,85
Třída 2 limit	30,92
Třída 3 limit	34,20

=> průřez klasifikován jako třída 4 pro návrh průřezu
Posudek na tlak
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

Aeff	1,9070e-03	m^2
Nc,Rd	676,99	kN
Jedn. posudek	0,27	-

Posudek ohybového momentu for My
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.15)

Weff,y,min	8,2308e-05	m^3
Mc,y,Rd	29,22	kNm
Jedn. posudek	0,00	-

Posudek ohybového momentu for Mz
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.15)

Weff,z,min	6,4570e-05	m^3
Mc,z,Rd	22,92	kNm
Jedn. posudek	0,01	-

Posudek smyku pro Vy
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	7,5800e-04	m^2
Vpl,y,Rd	155,36	kN
Jedn. posudek	0,00	-

Posudek smyku pro Vz
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	1,1370e-03	m^2
Vpl,z,Rd	233,04	kN
Jedn. posudek	0,00	-

Posudek kroucení
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	0,0	MPa
Tau,Rd	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení a jeho kombinovaných posudcích zanedbáno.
Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly
Podle EN 1993-1-1 článku 9.3.2.6 a rovnice (6.43)

Efektivní vlastnosti		
Aeff	1,9070e-03	m^2
eN,y	0	mm
eN,z	0	mm
Weff,y	8,2308e-05	m^3
Weff,z	6,4570e-05	m^3

Normálová napětí		
Sigma,N,Ed	97,4	MPa
Sigma,My,Ed	0,1	MPa
Sigma,Mz,Ed	3,6	MPa
Sigma,tot,Ed	101,1	MPa
Jedn. posudek	0,28	-

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.
...::POSUDEK STABILITY::..
Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr
Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m
Klasifikace pro vnitřní tlačené části
Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	34,50
Třída 1 limit	26,85
Třída 2 limit	30,92
Třída 3 limit	34,20

=> průřez klasifikován jako třída 4 pro návrh dílce na vzpěr
Výpočet vlastností účinné plochy přímou metodou.

Vlastnosti					
plocha průřezu A eff	1,9070e-03	m2			
Smyk. plocha Vy eff	8,0000e-04	m2	Vz eff	1,1070e-03	m2
poloměr setrvačnosti iy eff	37	mm	iz eff	41	mm
moment setrvačnosti Iy eff	8,1791e-06	m4	Iz eff	8,2219e-06	m4
elastický modul průřezu Wy eff	8,2308e-05	m3	Wz eff	6,4570e-05	m3
Excentricita ey	0	mm	ez	0	mm

Posudek pevnosti v prostorovém vzpěru
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	3.621	3.621	m
Součinitel vzpěru k	1.00	1.00	
Vzpěrná délka Lcr	3.621	3.621	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	940.68	504.33	kN
Štíhlost	64.62	88.25	
Relativní štíhlost Lambda	0.85	1.16	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce Alfa	0.21	0.21	
Redukční součinitel Chi	0.77	0.56	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	519.21	376.85	kN

Tabulka hodnot		
A	1.9070e-03	m^2
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	376.85	kN
Jedn. posudek	0.49	-

Posudek klopení
Pozn: Průřez se týká obdélníkové trubky 'h / b < 10 / Lambda,red,z'.
Tento průřez není náchylný ke klopení.

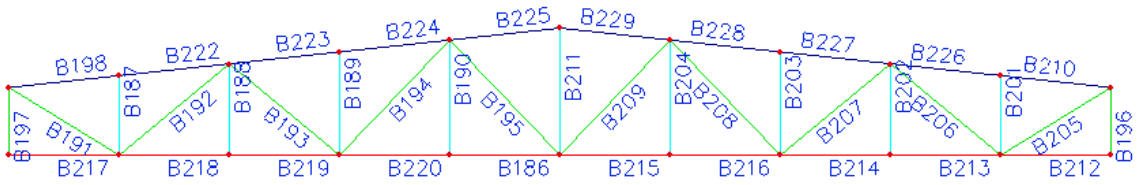
Posudek na tlak s ohybem
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)
Interakční metoda 1

Tabulka hodnot		
kyy	0.669	
kyz	1.538	
kzy	0.562	
kzz	1.292	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	1.9070e-03	m^2
Wy	8.2308e-05	m^3
Wz	6.4570e-05	m^3
NRk	676.99	kN
My,Rk	29.22	kNm
Mz,Rk	22.92	kNm
My,Ed	0.01	kNm
Mz,Ed	0.46	kNm
Interakční metoda 1		
Mcr0	520.01	kNm
redukovaná štíhlost 0	0.24	
Psi v	-0.708	
Psi z	0.106	
Cmy,0	0.567	
Cmz,0	1.027	
Cmy	0.567	
Cmz	1.027	
CmLT	1.000	
muy	0.946	
muz	0.795	
wy	1.207	
wz	1.138	
npl	0.274	
aLT	0.000	
bLT	0.000	
cLT	0.000	
dLT	0.000	
eLT	0.000	
Cyy	1.053	
Cyz	0.682	
Czy	0.979	
Czz	0.935	

Jedn. posudek (6.61) = 0.36 + 0.00 + 0.03 = 0.39
Jedn. posudek (6.62) = 0.49 + 0.00 + 0.03 = 0.52
Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

7.5. Dolní pás (prut B186)

Schéma:



Vnitřní síly:

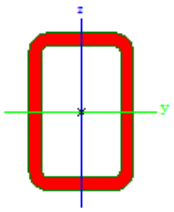
Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B186
Kombinace : CO1

Prvek	Stav	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studen
B186	CO1/5	0,000	**106,01**	0,00	-0,69	0,00	0,18	0,00
B186	CO1/11	0,000	**559,27**	0,00	-0,81	0,00	-0,55	0,01
B186	CO1/9	0,000	516,64	**0,00**	-0,81	0,01	-0,48	-0,05
B186	CO1/6	0,000	257,67	**0,00**	-0,65	**-0,01**	-0,09	0,02
B186	CO1/8	0,000	143,11	0,00	**-0,93**	0,00	0,24	0,00
B186	CO1/7	3600,000	555,82	0,00	**1,24**	0,01	0,24	-0,04
B186	CO1/2	0,000	507,31	0,00	-0,82	**0,01**	-0,46	-0,05
B186	CO1/11	1440,000	559,27	0,00	0,01	0,00	**-1,13**	0,01
B186	CO1/8	3600,000	143,11	0,00	1,11	0,00	**0,56**	0,00
B186	CO1/9	3600,000	516,64	0,00	1,23	0,01	0,28	**-0,07**
B186	CO1/6	3600,000	257,67	0,00	0,86	-0,01	0,27	**0,02**

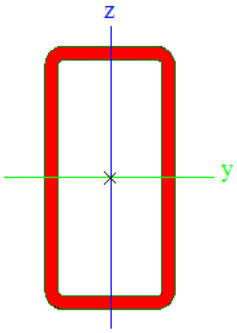
$M_{y,ed}$ = -1,13 kNm **$V_{y,ed}$ = -0,00 kN** **N_{ed} = 559,27 kN**
$M_{z,ed}$ = -0,07 kNm **$V_{z,ed}$ = 1,24 kN** **T_{ed} = 0,00 kNm**

Navržený profil **RHS 150/100/12,5**
E = 210 GPa
G = 81 GPa

Průřezové charakteristiky:

Jméno	spodní pas	
Typ	RHS150/100/12.5	
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Posudek rovinného vzpěru y-y	a	
Posudek rovinného vzpěru z-z	a	
Klopení	Výchozí	
Použit 2D MKP výpočet	x	
		
A [m²]	5,4600e-03	
A y, z [m²]	2,1407e-03	3,2111e-03
I y, z [m⁴]	1,4880e-05	7,6300e-06
I w [m⁶], t [m⁴]	2,9297e-08	1,6790e-05
Wel y, z [m³]	1,9800e-04	1,5300e-04
Wpl y, z [m³]	2,4987e-04	1,8638e-04
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	50	75
α [deg]	0,00	
A L, D [m²/m]	4,6800e-01	8,5688e-01
Mply +, - [Nm]	88702,45	88702,45
Mplz +, - [Nm]	66166,42	66166,42

..



7.5.1. Posouzení dolního pásu

Vzpěrné délky: $L_{cr,y}$ = 3,62 m
$L_{cr,z}$ = 3,62 m

Vybočení kolmo k ose y:

Štíhlostí: $\bar{\lambda}_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 =$ **76,06**
$\lambda_y = L_{cr,y}/i_y = 3,62/0,0522 =$ **69,35**
$i_y = (I_y/A)^{1/2} =$ **0,0522 m**

$\bar{\lambda}_y = (A \cdot f_y/N_{cr}) = (L_{cr,y}/(i_y \cdot \bar{\lambda}_1) = (3,62/(0,052 \cdot 76,06) =$ **0,915**

součinitel vzpěrnosti:
křivka vzpěrné pevnosti: a ---> souč. imperfekce α = 0,21
(dle ČSN EN 1933-1-1)

$\phi_y = 0,5[1+ \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] =$
$= 0,5 \cdot [1+ 0,21(0,915 - 0,2) + 0,915^2] =$ **0,782**
$\chi_y = 1/\phi_y + (\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2)^{1/2} = 1/(0,78 + (0,78^2 - 0,68^2)^{1/2}) =$ **0,994**

Posouzení: návrhová vzpěrná únosnost tlačeného prutu
$N_{b,rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_y/\gamma_{M1} = 0,994 \cdot 5,46 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6/1,00 =$ **1926,5kN**

$N_{ed}/N_{b,rd} \leq 1$ ---> 559,27/1926,5 = **0,29 ≤ 1 vyhoví**

Vybočení kolmo k ose z:

Štíhlostí: $\bar{\lambda}_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 =$ **76,06**
$\lambda_y = L_{cr,y}/i_z = 3,62/0,0374 =$ **96,79**
$i_z = (I_z/A)^{1/2} =$ **0,0374 m**

$\bar{\lambda}_y = (A \cdot f_y/N_{cr}) = (L_{cr,y}/(i_y \cdot \bar{\lambda}_1) = (3,62/(0,0374 \cdot 76,06) =$ **1,272**

součinitel vzpěrnosti:
křivka vzpěrné pevnosti: a ---> souč. imperfekce α = 0,21
(dle ČSN EN 1933-1-1)

$\phi_y = 0,5[1+ \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2]$
$= 0,5 \cdot [1+ 0,21(1,272 - 0,2) + 1,272^2] =$ **1,422**
$\chi_y = 1/\phi_y + (\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2)^{1/2} = 1/(1,42 + (1,42^2 - 1,272^2)^{1/2}) =$ **0,486**

Posouzení: návrhová vzpěrná únosnost tlačeného prutu
$N_{b,rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_y/\gamma_{M1} = 0,486 \cdot 5,46 \cdot 355 \cdot 10^3/1,00 =$ **942,01 kN**

$N_{ed}/N_{b,rd} \leq 1$ ---> 559,27/942 = **0,59 ≤ 1 vyhoví**

7.5.2. Posouzení dolního pásu (program scia Engineer)

Posudek oceli

Lineární výpočet, Extrém : Prvek
Výběr : B186
Kombinace : CO1
Průřez : spodní pas - RHS150/100/12.5

EN 1993-1-1 posudek
Národní dodatek: Norma EN

Prvek 0 186	3,000 m	RHS150/100/12.5	S 355	C 61/71	0,19 -

Dílčí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu fy	355,0	MPa
Mezní pevnost fu	510,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

Varování: Vybraná třída oceli používá výchozí tabulku redukce tloušťky! Zk
...::POSUDEK PRŮŘEZU::...
Kritický posudek v místě 0.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N,Ed	559,27	kN
Vy,Ed	0,00	kN
Vz,Ed	-0,81	kN
T,Ed	0,00	kNm
My,Ed	-0,55	kNm
Mz,Ed	0,01	kNm

Posudek na tah
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.3 a rovnice (6.5)

A	5,4600e-03	m^2
Npl,Rd	1938,30	kN
Nu,Rd	2004,91	kN
Nt,Rd	1938,30	kN
Jedn. posudek	0,29	-

Posudek ohybového momentu for My
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,y	2,4987e-04	m^3
Mpl,y,Rd	88,70	kNm
Jedn. posudek	0,01	-

Posudek ohybového momentu for Mz
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,z	1,8638e-04	m^3
Mpl,z,Rd	66,17	kNm
Jedn. posudek	0,00	-

Posudek smyku pro Vy
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	2,1840e-03	m^2
Vpl,y,Rd	447,63	kN
Jedn. posudek	0,00	-

Posudek smyku pro Vz
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	3,2760e-03	m^2
Vpl,z,Rd	671,45	kN
Jedn. posudek	0,00	-

Posudek kroucení
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	0,0	MPa
Tau,Rd	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. I
a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly
Podle EN 1993-1-1 článku 9,1.2.6 a rovnice (6.41)

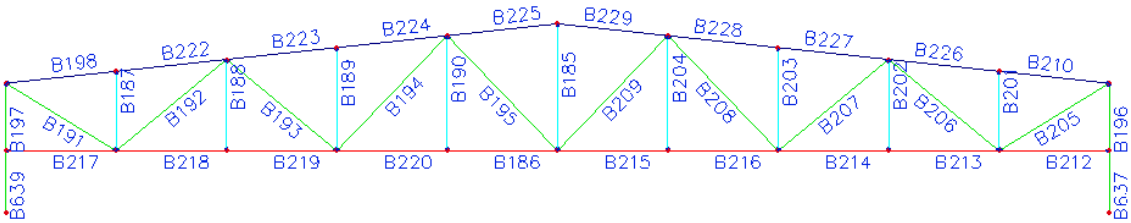
MN,y,Rd	84,15	kNm
Alfa	1,83	
MN,z,Rd	55,82	kNm
Beta	1,83	

Jednotkový posudek (6.41) = 0,00 + 0,00 = 0,00 -

Poznámka: Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické momentové
únosnost se zanedbává.
Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.
...::POSUDEK STABILITY::...
Posudek klopení
Pozn: Průřez se týká obdélníkové trubky 'h / b < 10 / Lambda,red,z'.
Tento průřez není náchylný ke klopení.
Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

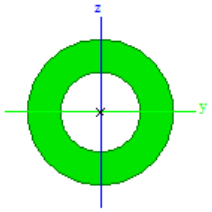
7.6. Diagonála

Schéma:



Průřezové charakteristiky: RO88,9/20

Jméno	diagonala
Typ	RO88.9X20
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	a
Klopení	Výchozí
Použít 2D MKP výpočet	×



A [m²]	4,3300e-03	
A y, z [m²]	3,2057e-03	3,2057e-03
I y, z [m⁴]	2,7900e-06	2,7900e-06
I w [m⁶], t [m⁴]	5,5521e-42	5,5800e-06
Wel y, z [m³]	6,2700e-05	6,2700e-05
Wpl y, z [m³]	9,4944e-05	9,4944e-05
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	44	44
α [deg]	0,00	
A L, D [m²/m]	2,7861e-01	4,3289e-01
Mply +, - [Nm]	34641,30	34641,30
Mplz +, - [Nm]	34641,30	34641,30

7.6.1. Tlačená diagonála (B192)

Vnitřní síly:

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B192
Kombinace : CO1

Prvek	Stav	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentsk*
B192	CO1/3	0,000	**-217,49**	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00
B192	CO1/5	4669,580	**-38,72**	-0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
B192	CO1/8	4669,580	-52,27	**-0,81**	0,00	0,00	0,00	0,00
B192	CO1/8	0,000	-53,61	**0,81**	0,00	0,00	0,00	0,00
B192	CO1/12	0,000	-96,84	0,60	**0,00**	0,00	0,00	0,00
B192	CO1/1	0,000	-193,67	0,81	0,00	**0,00**	0,00	0,00
B192	CO1/13	0,000	-101,68	0,60	0,00	**0,01**	**0,00**	0,00
B192	CO1/5	0,000	-39,71	0,60	0,00	0,00	0,00	**0,00**
B192	CO1/8	2334,780	-52,94	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,95**

$M_{y,ed}$ = 0,00 kNm **$V_{y,ed}$ = -0,81 kN** **N_{ed} = -217,49kN**
$M_{z,ed}$ = 0,95 kNm **$V_{z,ed}$ = 0,00 kN**

7.6.1.1. Posouzení diagonály tlak (scia)

Posudek oceli

Lineární výpočet, Extrém : Prvek
Výběr : B192
Kombinace : CO1
Průřez : diagonala - RO88.9X20

EN 1993-1-1 posudek
Národní dodatek: Norma EN

Prvek					
B 192	4,070 m	RO88.9X20	S 355	ČSN 73	0,95 -

Dílčí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1.00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1.00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1.25

Materiál		
Mez kluzu fy	355.0	MPa
Mezní pevnost fu	510.0	MPa
Výroba	Válcovaný	

Varování: Vybraná třída oceli používá výchozí tabulku redukce tl

...::POSUDEK PRŮŘEZU::...
Kritický posudek v místě 0.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N,Ed	-217,49	kN
Vy,Ed	0.81	kN
Vz,Ed	0,00	kN
T,Ed	0,00	kNm
My,Ed	0.00	kNm
Mz,Ed	0.00	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu
Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2
Klasifikace pro trubkovité průřezy
Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	4,45
Třída 1 limit	33.10
Třída 2 limit	46,34
Třída 3 limit	59,58

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu
Posudek na tlak
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	4,3300e-03	m^2
Nc,Rd	1537.15	kN
Jedn. posudek	0,14	-

Posudek smyku pro Vy
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	2,7566e-03	m^2
Vol.v,Rd	564.98	kN
Jedn. posudek	0,00	-

Posudek kroucení
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	0,0	MPa
Tau,Rd	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limit a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.
Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

...::POSUDEK STABILITY::...
Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr
Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m
Klasifikace pro trubkovité průřezy
Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	4,45
Třída 1 limit	33.10
Třída 2 limit	46,34
Třída 3 limit	59,58

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr
Posudek pevnosti v prostorovém vzpěru
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	4.670	4.670	m
Součinitel vzpěru k	1.00	1.00	
Vzpěrná délka Lcr	4.670	4.669	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	265.20	265.21	kN
Štíhlost	183.96	183.95	
Relativní štíhlost Lambda	2.41	2.41	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce Alfa	0.21	0.21	
Redukční součinitel Chi	0.16	0.16	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	242.20	242.21	kN

Tabulka hodnot		
A	4.3300e-03	m^2
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	242.20	kN
Jedn. posudek	0.90	-

Posudek na tlak s ohybem
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)
interakční metoda 1

Tabulka hodnot		
kyy	2.083	
kyz	1.781	
kzy	2.083	
kzz	1.782	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	4.3300e-03	m^2
Wy	9.4944e-05	m^3
Wz	9.4944e-05	m^3
NRk	1537.15	kN
My,Rk	33.71	kNm
Mz,Rk	33.71	kNm
My,Ed	0.00	kNm
Mz,Ed	0.95	kNm
interakční metoda 1		
Mor0	345.72	kNm
redukovaná štíhlost 0	0.31	
Psi y	1.000	
Psi z	1.000	
Cmy,0	1.198	
Cmz,0	1.025	
Cmy	1.198	
Cmz	1.025	
CmLT	1.000	
muy	0.207	
muz	0.207	
wy	1.500	
wz	1.500	
noi	0.141	
aLT	0.000	
bLT	0.000	
cLT	0.000	
dLT	0.000	
eLT	0.000	
Cyy	0.660	
Cyz	0.396	
Czy	0.396	
Czz	0.660	

Jedn. posudek (6.61) = 0.90 + 0.00 + 0.05 = 0.95
Jedn. posudek (6.62) = 0.90 + 0.00 + 0.05 = 0.95
Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

7.6.2. Tažená diagonála (B191)

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B191
Kombinace : CO1

Prvek	Stav	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studen
B191	CO1/5	4219,000	**67,52**	-0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
B191	CO1/3	0,000	**361,49**	0,81	0,00	-0,01	0,00	0,00
B191	CO1/8	4219,000	91,15	**-0,81**	0,00	0,00	0,00	0,00
B191	CO1/8	0,000	92,14	**0,81**	0,00	0,00	0,00	0,00
B191	CO1/1	0,000	321,75	0,81	**0,00**	0,01	0,00	0,00
B191	CO1/2	0,000	342,22	0,81	0,00	**-0,02**	0,00	0,00
B191	CO1/6	0,000	153,88	0,60	0,00	**0,01**	0,00	0,00
B191	CO1/9	0,000	331,82	0,81	0,00	-0,02	**0,00**	0,00
B191	CO1/5	0,000	68,25	0,60	0,00	0,00	0,00	**0,00**
B191	CO1/8	2109,490	91,65	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,85**

Vnitřní síly:

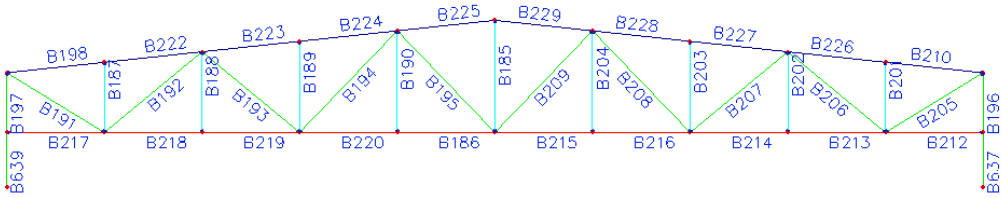
$M_{y,ed}$ = 0,00 kNm **$V_{y,ed}$ = -0,81 kN** **N_{ed} = 361,49kN**
$M_{z,ed}$ = 0,85 kNm **$V_{z,ed}$ = 0,00 kN**

7.6.1.1. Posouzení diagonály: tah

N_{ed} = 361,49 kN
$N_{ed}/N_{t,rd} \leq 1$
$N_{t,rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 4{,}33 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^{6} = 1537{,}15$ kN
$361{,}49/1537{,}15 \leq 1$
0,24 ≤ 1 vyhoví

7.7. Svislice (prut B203)

schéma:



Vnitřní síly:

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B203
Kombinace : CO1

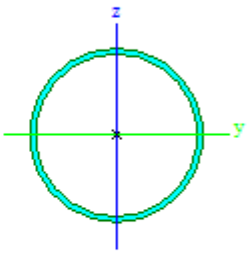
Prvek	Stav	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentsk
B203	CO1/3	0,000	**-40,01**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B203	CO1/5	3361,070	**-4,24**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B203	CO1/11	0,000	-38,86	**0,00**	0,00	0,00	0,00	**0,00**
B203	CO1/2	0,000	-37,67	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00
B203	CO1/6	0,000	-16,06	0,00	0,00	**0,00**	**0,00**	0,00
B203	CO1/9	0,000	-37,03	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00

$M_{y,ed}$ = 0,00 kNm **$V_{y,ed}$ = -0,00 kN** **N_{ed} = -40,01kN**
$M_{z,ed}$ = 0,00 kNm **$V_{z,ed}$ = - 0,00 kN** **T_{ed} = -0,00kNm**

Navržený profil **RO 70x2,3**
E = 210 GPa
G = 81 GPa

Průřezové charakteristiky:

Jméno	svislice
Typ	RO70X2.3
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	a
Klopení	Výchozí
Použít 2D MKP výpočet	x



A [m²]	4,8900e-04	
A y, z [m²]	3,2725e-04	3,2725e-04
I y, z [m⁴]	2,8100e-07	2,8100e-07
I w [m⁶], t [m⁴]	4,9440e-43	5,6200e-07
Wel y, z [m³]	8,0200e-06	8,0200e-06
Wpl y, z [m³]	1,0542e-05	1,0542e-05
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	35	35
α [deg]	0,00	
A L, D [m²/m]	2,1938e-01	4,2535e-01
Mply +, - [Nm]	3742,56	3742,56
Mplz +, - [Nm]	3742,56	3742,56

7.7.1. Posouzení svislice (scia)

Posudek oceli

Lineární výpočet, Extrém : Prvek
Výběr : B203
Kombinace : CO1
Průřez : svislice - RO70X2.3

EN 1993-1-1 posudek
Národní dodatek: Norma EN

Prvek B203	3,361 m	RO70X2.3	S 355	CO1/3	0,88 -

Dílčí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu fy	355,0	MPa
Mezní pevnost fu	510,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

Varování: Vybraná třída oceli používá výchozí tabulku redukce tloušťky! Zkontr

...::POSUDEK PRŮŘEZU::...

Kritický posudek v místě 0.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N,Ed	-40.01	kN
Vy,Ed	0.00	kN
Vz,Ed	0.00	kN
T,Ed	0.00	kNm
My,Ed	0.00	kNm
Mz,Ed	0.00	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu
Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2
Klasifikace pro trubkovité průřezy
Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	30,43
Třída 1 limit	33,10
Třída 2 limit	46,34
Třída 3 limit	59,58

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

Posudek na tlak
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	4,8900e-04	m^2
Nc,Rd	173,60	kN
Jedn. posudek	0,23	-

Posudek na tlak
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	4,8900e-04	m^2
Nc,Rd	173,60	kN
Jedn. posudek	0,23	-

Posudek kroucení
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	0,0	MPa
Tau,Rd	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0 a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.
Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

...::POSUDEK STABILITY::...
Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr
Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m
Klasifikace pro trubkovité průřezy
Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	30,43
Třída 1 limit	33,10
Třída 2 limit	46,34
Třída 3 limit	59,58

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

Posudek pevnosti v prostorovém vzpěru
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	3.361	3.361	m
Součinitel vzpěru k	1.00	1.00	
Vzpěrná délka Lcr	3.361	3.361	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	51.56	51.56	kN
Štíhlost	140.21	140.21	
Relativní štíhlost Lambda	1.83	1.83	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce Alfa	0.21	0.21	
Redukční součinitel Chi	0.26	0.26	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	45.30	45.31	kN

Tabulka hodnot		
A	4.8900e-04	m^2
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	45.30	kN
Jedn. posudek	0.88	-

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

7.7.2. Posouzení – mezní stav použitelnosti

L = 36000 mm

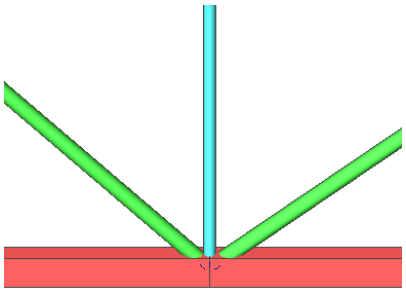
doporučená mezní hodnota průhybu:

pro δ = L/250 = 144,00mm

vypočtená hodnota průhybu (scia):

δ =23,7 mm

posouzení: **23,7 ≤ 144 vyhoví**



7.8. Spoje vazníku

Uvažuji, že v mezipásových prutech působí pouze osové síly. Osové síly ve svislicích jsou natolik malé, že svary s ohledem na ovaření koncového průřezu mohu v posudku vynechat, bude-li únosnost spoje dostatečně veliká.

7.8.1. Posouzení svaru (diagonála k dolnímu pásu)

Působící síla: N_{ed} = 361,49 kN (tah prut B191)

Korelační součinitel β_w = 0,9 pro ocel S355

Profil RO 88/20

D = 88mm

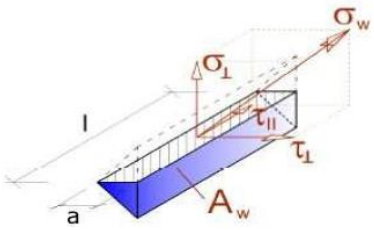
s = 20 mm

návrh svaru:

účinné výšky svaru: a_w = 5mm

a = 89 mm

b = 15 mm



(a; b – tyto hodnoty odměřené z programu AUTOCAD)

$l_w = \pi\cdot[3/2\ (a+b) – (a\ \cdot b)^{1/2}] =$

$= \pi\cdot[3/2\ (89 + 15\ ) – (89\cdot15)^{1/2} =$ **375,3 mm**

$A_w = a_w\ \cdot l_w = 5\cdot375,3 = 1876,5\ mm^2$

$\boldsymbol{\sigma} = N_{ed}\ /A_w = 361,49\cdot10^3\ /1876,5\cdot10^{-6} = 192,64$ MPa

$\tau_{||} = \sigma\cdot\cos\Theta = 192,64\cdot\cos 40 = 155,85$ MPa

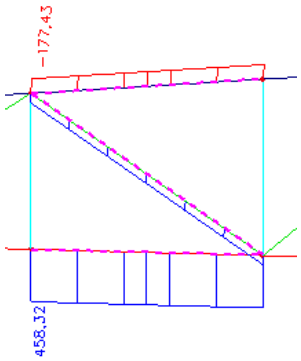
$\tau_\perp = \sigma_\perp = \sigma\cdot\sin 41 = 133,23$ MPa

$(\sigma_\perp^2 + 3(\tau^2_\perp + \tau^2_{||}))^{1/2} \le f_u/\ \beta_w\cdot\gamma_{M2}$

$(133,23^2 + 3(133,23^2 + 155,85^2))^{1/2} \le 490/(0,9\cdot1,25)$

379,3 ≤ 435,55 vyhoví

Svary na ostatních detailech připojení pásů vazníku vyhoví díky menší působící normálové síle



7.8.2. Montážní spoje

7.8.2.1 Montážní spoj dolního pásu

vazník bude rozdělen na 3 částí z důvodu přepravy na stavbu

Dolní pás	N_{ed} = 458,32
Diagonála	N_{ed} = 107,55
Horní pás	N_{ed} = -177,43

Návrh sváru na styčníkové desce

a) u spodního pásu

N_{ed} = **458,32** (navrhují 2 styčníkové desky-->226,16)

l_w = 500 (RHS 150/100/12,5)

$A_w = a_w \cdot l_w = 3 \cdot 500 = 1500\ mm^2$

$\boldsymbol{\sigma} = N_{ed} / A_w = 226{,}16 \cdot 10^3 / 1500 \cdot 10^{-6} = 150{,}77\ MPa$

$\tau_\perp = \sigma_\perp = \sigma \cdot \sin 45 = 106{,}1\ MPa$

$(\sigma_\perp^2 + 3(\tau^2_\perp + \tau^2_{II}))^{1/2} \le f_u / \beta_w \cdot \gamma_{M2}$

$(106{,}1^2 + 3(106{,}1^2 + 0^2))^{1/2} \le 490/(0{,}9 \cdot 1{,}25)$

212,2 ≤ 435,56 vyhoví

Posouzení šroubu na tah

návrh 4 šroubů N_{ed} = 458,32 kN

M 20 – 8.8.

f_{ub} = 800 MPa f_{yb} = 640 MPa

d =20 mm d_0 = 22

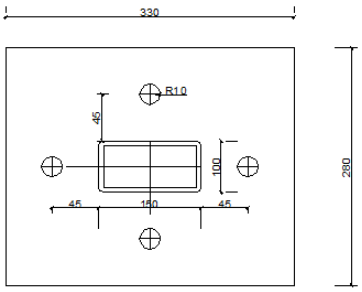
$A_s = 245\ mm^2$

Posouzení šroubu v tahu

$F_{t,Rd} = (k_1 \cdot A_s \cdot f_{ub})/\gamma_{M2} = (0{,}9 \cdot 245 \cdot 10^{-6} \cdot 800 \cdot 10^6)/1{,}25 =$

$=$ **141,120kN**

$N_{ed} / F_{t,Rd} = 458{,}32/(4 \cdot 141{,}120) =$ **0,81 ≤ 1**



Únosnost v páčení

$m_x = 45 - (2)^{1/2} \cdot 3 \cdot 0{,}8 = 41{,}6$ mm

$e_x = 45$ mm $\quad b_p = 330$mm

$l_{eff,cp} = \min (2\pi m_x ; \pi m_x + w ; \pi m_x + 2e)$

$= \min (2 \cdot \pi \cdot 41{,}6 ; \pi \cdot 41{,}6 ; \pi \cdot 41{,}6 + 2 \cdot 45)$

$= \min (261{,}4 ; 130{,}7 ; 220{,}7)$ ---> **130,7 mm**

$l_{eff,nc} = \min (4 m_x + 1{,}25 e ; e + 2 m_x + 0{,}625e ; 0{,}5 b_p ; 0{,}5w + 2m_x + 0{,}625e)$

$= \min (4 \cdot 41{,}6 + 1{,}25 \cdot 45 ; 45 + 2 \cdot 41{,}6 + 0{,}625 \cdot 45 ; 0{,}5 \cdot 330 ; 2 \cdot 41{,}6 + 0{,}625 \cdot 45)$

$= \min(226{,}6 ; 156{,}3 ; 165 ; 111{,}3)$ --->111,3 mm

$l_{eff} = 130{,}7$

$M_{pl,Rd} = (l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y)/(4 \gamma_{M0}) = (0{,}1307 \cdot 0{,}015^2 \cdot 355 \cdot 10^6)/(4 \cdot 1) =$

$= \mathbf{2{,}61}$ **kN**

$F_{T1} = 4 \cdot M_{pl,Rd} / m = 4 \cdot 2{,}61/0{,}0416 =$ **250,96 kN**

$F_{T2} = (2 \cdot M_{pl,Rd} + n\Sigma F_{t,rd})/(m+n) = (2 \cdot 2{,}61 + 0{,}045 \cdot 141{,}120)/$

$(0{,}0416 + 0{,}045) =$ **133,61 kN**

$n = \min(e_{min} ; 1{,}25\ m)$

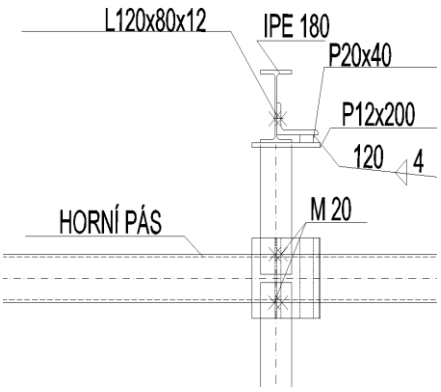
$n = 45$ mm $; 1{,}25 \cdot 41{,}6 = 52$ ---> **45**

$N_{ed} /(4 \cdot F_{T2}) = 458{,}32/(4 \cdot 133{,}61) = 0{,}86 \leq 1$ vyhoví

Spoj vyhovuje. Obdobně bude proveden přípoj i na horním pásu, kde max. tahová síla nedosahuje takové tahové síly jako v dolním pásu.

7.8.3. Přípoj vaznice na horní pás vazníku

$N_{ed} = 19{,}17$ kN navrhují jeden šroub M20 8.8.



Návrhová únosnost šroubu ve střihu

$F_{v.Rd} = (\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub})/ \gamma_{M2} = (0{,}6 \cdot 245 \cdot 800) = 117{,}6$ kN

Návrhová únosnost šroubu v otlačení

d= 20 mm t = 12 mm $f_u = 490$MPa $\gamma_{M2} = 1{,}25$

$F_{b,Rd} = (1{,}5 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u)/ \gamma_{M2} = (1{,}5 \cdot 0{,}61 \cdot 0{,}022 \cdot 0{,}012 \cdot 490 \cdot 10^6) =$

= 118,36 kN

$\alpha_b = \min(\alpha_d ; f_{ub} / f_u ; 1{,}0) = \min (0{,}61 ; 1{,}63 ; 1{,}0)$ ---> **0,61**

krajní šrouby: $\alpha_d = e/3d_0 = 40 /(3 \cdot 22) = 0{,}61$

19,17 kN ≤118,36 kN vyhoví

posouzení koutového svaru

$L_w = 120$ mm $a_w = 3$ mm

$\tau_{II} = \sigma = N/A_w = 19{,}17 \cdot 10^3/360 \cdot 10^{-6} = 53{,}25$ MPa

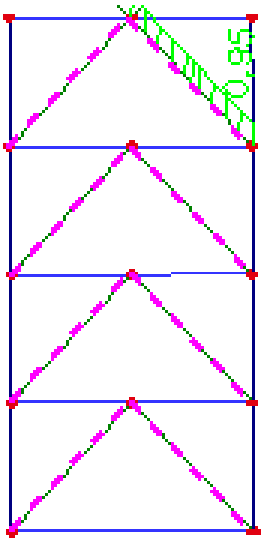
$(\sigma_\perp^2 + 3(\tau^2_\perp + \tau^2_{II}))^{1/2} \leq f_u/ \beta_w \cdot \gamma_{M2}$

$(0^2 + 3(0^2 + 53{,}25^2))^{1/2} \leq 490/(0{,}9 \cdot 1{,}25)$

310,52 ≤ 435,55 vyhovuje

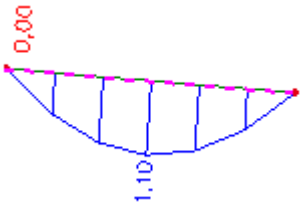
8. STŘEŠNÍ PŘÍČNÉ A STĚNOVÉ ZTUŽIDLO

8.1. Posudek ztužidla na tlak (prut B572)



Prvek se posuzuje na tah

Vnitřní síly: N_{ed} = -77,92 kN



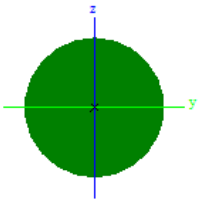
Navržený profil RD 75

E = 210 GPa

G = 81 GPa

Průřezové charakteristiky:

Jméno	střešní ztužidlo
Typ	RD70
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	c
Posudek rovinného vzpěru z-z	c
Klopení	Výchozí
Použít 2D MKP výpočet	×



A [m²]	3,8465e-03	
A y, z [m²]	3,4636e-03	3,4636e-03
I y, z [m⁴]	1,1539e-06	1,1539e-06
I w [m⁶], t [m⁴]	0,0000e+00	2,3600e-06
Wel y, z [m³]	3,2968e-05	3,2968e-05
Wpl y, z [m³]	5,6265e-05	5,6265e-05
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	35	35
α [deg]	0,00	
A L, D [m²/m]	2,1933e-01	2,1990e-01
Mply +, - [Nm]	20287,99	20287,99
Mplz +, - [Nm]	20287,99	20287,99

$$N_{ed}/N_{t,rd} \leq 1$$

$$N_{t,rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 3{,}8465 \cdot 355 \cdot 10^3 = 156{,}7 \text{ kN}$$

$$77{,}92/156{,}7 \leq 1$$

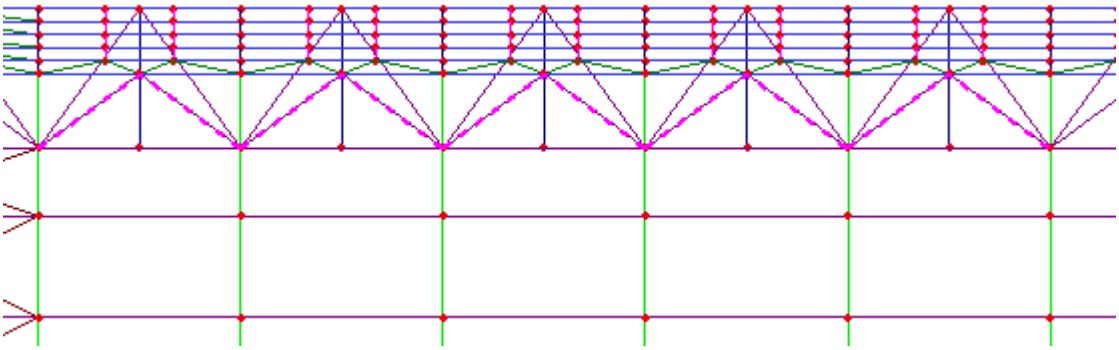
0,67 ≤ 1 vyhoví

9. STŘEŠNÍ PODÉLNÉ ZTUŽIDLO

9.1. Výpočtový model

Příhradový nosník umístěný v rovině střechy, pásové pruty tvoří horní pás vazníku, vaznice tvoří diagonály, ty jsou tvořeny uzavřenými průřezy RO 82,5x2, dolní pas tvoří jäkl RHS 200/100/10,0

Schéma:



9.2. Dolní pás ztužidla (prut B838)

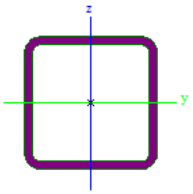
Vnitřní síly :

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B720
Kombinace : CO1

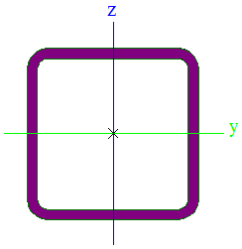
Prvek	Stav	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentsk*
B720	CO1/6	0,000	**-30,05**	0,50	-5,39	-0,01	**0,00**	0,00
B720	CO1/2	0,000	**20,32**	0,67	-1,42	0,00	0,00	0,00
B720	CO1/28	6000,000	3,20	**-1,85**	0,00	0,00	0,00	0,00
B720	CO1/29	0,000	6,23	**1,85**	0,00	0,00	0,00	0,00
B720	CO1/19	0,000	-29,42	0,67	**-5,39**	-0,01	0,00	0,00
B720	CO1/1	6000,000	-26,39	-0,67	**5,39**	-0,01	0,00	0,00
B720	CO1/1	0,000	-26,39	0,67	-5,39	**-0,01**	0,00	0,00
B720	CO1/13	0,000	16,66	0,50	-1,42	**0,00**	0,00	0,00
B720	CO1/1	2999,990	-26,39	0,00	0,00	-0,01	**-8,08**	1,01
B720	CO1/5	0,000	1,80	0,50	0,00	0,00	0,00	**0,00**
B720	CO1/28	2999,990	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	**2,77**

Průřezové charakteristiky:

Typ	CFRHS100X100X6
Zdroj hodnot	Rautaruukki Oyj / Structural Hollow Sections EN10219 / Ed2007
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	a
Klopení	Výchozí
Použít 2D MKP výpočet	×



A [m²]	2,1630e-03	
A y, z [m²]	1,0808e-03	1,0808e-03
I y, z [m⁴]	3,1147e-06	3,1147e-06
I w [m⁶], t [m⁴]	5,0000e-09	5,1416e-06
Wel y, z [m³]	6,2290e-05	6,2290e-05
Wpl y, z [m³]	7,5100e-05	7,5100e-05
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	50	50
α [deg]	0,00	
A L, D [m²/m]	3,7900e-01	7,2095e-01
Mply +, - [Nm]	26632,25	26632,25
Mplz +, - [Nm]	26632,25	26632,25



9.2.1. Posouzení dolního pásu na vzpěr (ruční výpočet)

Vzpěrné délky: $L_{cr,y} = 3,62$ m

$L_{cr,z} = 6,00$ m

Vybočení kolmo k ose y:

Štíhlostí: $\overline{\lambda_1} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,06$

$\lambda_y = L_{cr,y} / i_y = 3,62/0,0373 = 97,05$

$i_y = (I_y/A)^{1/2} = 0,0379$ m

$\overline{\lambda_y} = (A \cdot f_y / N_{cr}) = (L_{cr,y} / i_y \cdot \overline{\lambda_1}) = (3,62/0,0379 \cdot 76,06) = 1,256$

součinitel vzpěrnosti:

křivka vzpěrné pevnosti: a ---> souč. imperfekce $\alpha = 0,21$

(dle ČSN EN 1933-1-1)

$\phi_y = 0,5[1+ \alpha(\overline{\lambda_y} - 0,2) + \overline{\lambda_y}^2] =$

$= 0,5 \cdot [1+ 0,21(1,256 - 0,2) + 1,256^2] = 1,340$

$\chi_y = 1/\phi_y + (\phi_y^2 - \overline{\lambda_y}^2)^{1/2} = 1/1,34 + (1,34^2 - 1,256^2)^{1/2} = 0,553$

Posouzení: návrhová vzpěrná únosnost tlačeného prutu

$N_{b,rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_y/\gamma_{M1} = 0{,}553 \cdot 2{,}163 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6/1{,}00 = 424{,}63$ kN

$N_{ed}/ N_{b,rd} \leq 1$ ---> 29,42/424,63 = **0,0769 ≤ 1 vyhoví**

Vybočení kolmo k ose z:

Štíhlostí: $\bar{\lambda}_1 = 93{,}9 \cdot \varepsilon = 93{,}9 \cdot 0{,}81 = 76{,}06$

$\lambda_y = L_{cr,y}/i_y = 6{,}00/0{,}0373 = 160{,}858$

$i_z = (I_z/A)^{1/2} = 0{,}0379$ m

$\bar{\lambda}_y = (A \cdot f_y/N_{cr}) = (L_{cr,y}/ i_y \cdot \bar{\lambda}_1) = (6{,}00/0{,}0379 \cdot 76{,}06) = 2{,}081$

součinitel vzpěrnosti:

křivka vzpěrné pevnosti: a ---> součinitel imperfekce α = 0,21

(dle ČSN EN 1933-1-1)

$\phi_y = 0{,}5[1+ \alpha(\bar{\lambda}_y - 0{,}2) + \bar{\lambda}_y^2] =$

$= 0{,}5 \cdot [1+ 0{,}21(2{,}081 - 0{,}2) + 2{,}081^2] = 2{,}86$

$\chi_y = 1/\phi_y + (\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2)^{1/2} = 1/ 2{,}86 + (2{,}86^2 - 2{,}081^2)^{1/2} = 0{,}207$

Posouzení: návrhová vzpěrná únosnost tlačeného prutu

$N_{b,rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_y/\gamma_{M1} = 0{,}21 \cdot 2{,}16 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6/1{,}00 = 158{,}17$kN

$N_{ed}/ N_{b,rd} \leq 1$ ---> 29,42/158,17= **0,18 ≤ 1 vyhoví**

9.2.2. Posudek ohybového momentu My a Mz

$M_{y,b,rd} = W_{pl.y} \cdot f_y /\chi_{m1} = 7{,}51 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^6 /1 = 26{,}66$kNm

$M_{z,rd} = W_{pl.z} \cdot f_y/ \chi_{m0} = 7{,}51 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^6/1 = 26{,}66$kNm

$M_{y,ed} = -8{,}08$ kNm

$M_{y,ed} / M_{y,b,rd} \leq 1$

8,08/26,66 = **0,3 ≤ 1 vyhoví**

$M_{z,ed} = 2{,}77$ kNm

$M_{z,ed} / M_{z,rd} \leq 1$

2,77/26,66 = **0,11 ≤ 1 vyhoví**

9.3. Posouzení diagonály podélného ztužidla (prvek B1532)

Vnitřní síly :

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B1481
Kombinace : CO1

Prvek	Stav	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studen
B1481	CO1/1	0,000	-36,70	0,00	0,08	0,08	0,00
B1481	CO1/2	3720,220	10,58	0,00	-0,06	0,03	0,00
B1481	CO1/3	0,000	-30,27	0,00	0,08	0,08	0,00
B1481	CO1/4	3720,220	-4,60	0,00	-0,08	0,02	0,00
B1481	CO1/4	0,000	-4,71	0,00	0,08	0,02	0,00
B1481	CO1/5	0,000	-3,49	0,00	0,06	0,01	0,00
B1481	CO1/6	0,000	-27,79	0,00	0,06	0,04	0,00
B1481	CO1/4	1860,100	-4,66	0,00	0,00	0,02	0,07
B1481	CO1/7	0,000	1,59	0,00	0,08	0,07	0,00

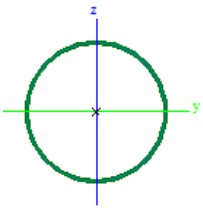
$M_{y,ed}$ = 0,00 kNm **$V_{y,ed}$ = -0,00 kN** **N_{ed} = -36,70 kN**

$M_{z,ed}$ = 0,00 kNm **$V_{z,ed}$ = 0,08 kN** **T_{ed} = -0,06 kNm**

Navržený profil RO 82,5x2

E = 210 GPa

Jméno	diagonála-podélné ztužidlo2
Typ	RO82.5X2
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1
Materiál	S 235
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	a
Klopení	Výchozí
Použít 2D MKP výpočet	×



A [m²]	5,0600e-04	
A y, z [m²]	3,3764e-04	3,3764e-04
I y, z [m⁴]	4,1000e-07	4,1000e-07
I w [m⁶], t [m⁴]	1,0899e-42	8,2000e-07
Wel y, z [m³]	9,9400e-06	9,9400e-06
Wpl y, z [m³]	1,2961e-05	1,2961e-05
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	41	41
α [deg]	0,00	
A L, D [m²/m]	2,5855e-01	5,0577e-01
Mply +, - [Nm]	3045,42	3045,42
Mplz +, - [Nm]	3045,42	3045,42

G = 81 GPa

9.3.1. Posouzení diagonály podélného ztužidla (scia Engineer)

Posudek oceli

Lineární výpočet, Extrém : Prvek
Výběr : B1481
Kombinace : CO1
Průřez : diagonála-podélné ztužidlo2 - RO82.5X2

EN 1993-1-1 posudek
Národní dodatek: Norma EN

Prvek č.1481	3,720 m	RO82.5X2	S 235	CO1/1	0,77 -

Dílčí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu fy	235,0	MPa
Mezní pevnost fu	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

Varování: Vybraná třída oceli používá výchozí tabulku redukce tloušťky!
...::POSUDEK PRŮŘEZU::..
Kritický posudek v místě 0.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N,Ed	-36,70	kN
Vy,Ed	0,00	kN
Vz,Ed	0,08	kN
T,Ed	0,08	kNm
My,Ed	0,00	kNm
Mz,Ed	0,00	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu
Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2
Klasifikace pro trubkovité průřezy
Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	41,25
Třída 1 limit	50,00
Třída 2 limit	70,00
Třída 3 limit	90,00

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu
Posudek na tlak
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	5,0600e-04	m^2
Nc,Rd	118,91	kN
Jedn. posudek	0,31	-

Posudek smyku pro Vz
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	3,2213e-04	m^2
Vol.z,Rd	43,71	kN
Jedn. posudek	0,00	-

Posudek kroucení
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	3,9	MPa
Tau,Rd	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,03	-

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodn a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.
Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

...::POSUDEK STABILITY::..
Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr
Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m
Klasifikace pro trubkovité průřezy
Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	41,25
Třída 1 limit	50,00
Třída 2 limit	70,00
Třída 3 limit	90,00

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr
Posudek pevnosti v prostorovém vzpěru
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	3.720	3.720	m
Součinitel vzpěru k	1.00	1.00	
Vzpěrná délka Lcr	3.720	3.720	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	61.40	61.40	kN
Štíhlost	130.69	130.69	
Relativní štíhlost Lambda	1.39	1.39	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce Alfa	0.21	0.21	
Redukční součinitel Chi	0.42	0.42	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	50.18	50.18	kN

Tabulka hodnot		
A	5.0600e-04	m^2
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	50.18	kN
Jedn. posudek	0.73	-

Posudek na tlak s ohybem
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)
Interakční metoda 1

Tabulka hodnot		
kyy	1.722	
kyz	1.995	
kzy	1.672	
kzz	1.995	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	5.0600e-04	m^2
Wy	1.2961e-05	m^3
Wz	1.2961e-05	m^3
NRk	118.91	kN
My,Rk	3.05	kNm
Mz,Rk	3.05	kNm
My,Ed	0.07	kNm
Mz,Ed	0.00	kNm
Interakční metoda 1		
Mcr0	63.77	kNm
redukovaná štíhlost 0	0.22	
Psi y	1.000	
Psi z	1.000	
Cmy,0	1.018	
Cmz,0	1.144	
Cmy	1.018	
Cmz	1.144	
CmLT	1.000	
muy	0.538	
muz	0.538	
wy	1.304	
wz	1.304	
npl	0.309	
aLT	0.000	
bLT	0.000	
cLT	0.000	
dLT	0.000	
eLT	0.000	
Cyy	0.791	
Cyz	0.460	
Czy	0.488	
Czz	0.767	

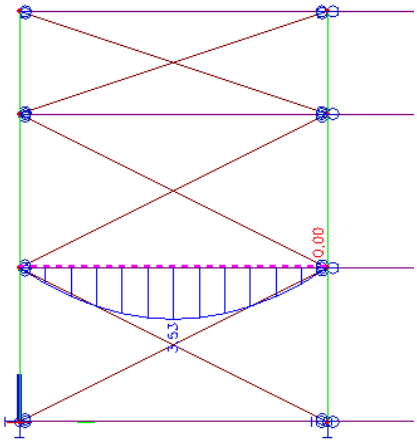
Jedn. posudek (6.61) = 0.73 + 0.04 + 0.00 = 0.77
Jedn. posudek (6.62) = 0.73 + 0.04 + 0.00 = 0.77
Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

10. PAŽDÍK (B 703)

Vnitřní síly :

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B703
Kombinace : CO1

Prvek	Stav	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B703	CO1/4	0,000	**-3,57**	0,50	-10,26	**0,03**	0,00	0,00
B703	CO1/9	0,000	**7,88**	0,67	-6,75	-0,01	0,00	0,00
B703	CO1/12	6000,000	3,50	**-2,35**	0,00	-0,05	0,00	0,00
B703	CO1/13	0,000	2,01	**2,35**	0,00	-0,02	0,00	0,00
B703	CO1/1	0,000	-1,71	0,67	**-10,26**	0,00	**0,00**	0,00
B703	CO1/5	6000,000	-3,20	-0,67	**11,47**	0,03	0,00	0,00
B703	CO1/14	0,000	3,91	1,68	0,00	**-0,06**	0,00	0,00
B703	CO1/5	3000,010	-3,20	0,00	-0,14	0,03	**-16,99**	1,01
B703	CO1/10	0,000	-2,08	0,50	-10,26	0,00	0,00	**0,00**
B703	CO1/12	2999,990	3,50	0,00	0,00	-0,05	0,00	**3,53**



$M_{y,ed}$ = -16,99 kNm **$V_{y,ed}$ = -2,35 kN** **N_{ed} = 7,88 kN**

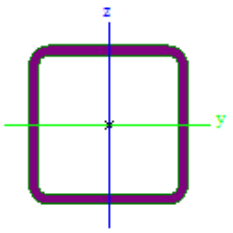
$M_{z,ed}$ = 3,53 kNm **$V_{z,ed}$ = -10,26 kN** **T_{ed} = -0,00 kNm**

Navržený profil CFRHS 100/100/6

E = 210 GPa

G = 81 GPa

Jméno	paždíky
Typ	CFRHS100X100X6
Zdroj hodnot	Rautaruukki Oyj / Structural Hollow Sections EN10219 / Ed.2007
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	a
Klopení	Výchozí
Použít 2D MKP výpočet	×



A [m²]	2,1630e-03	
A y, z [m²]	1,0808e-03	1,0808e-03
I y, z [m⁴]	3,1147e-06	3,1147e-06
I w [m⁶], t [m⁴]	5,0000e-09	5,1416e-06
Wel y, z [m³]	6,2290e-05	6,2290e-05
Wpl y, z [m³]	7,5100e-05	7,5100e-05
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	50	50
α [deg]	0,00	
A L, D [m²/m]	3,7900e-01	7,2095e-01
Mply +, - [Nm]	26632,25	26632,25
Mplz +, - [Nm]	26632,25	26632,25

10.1. Posouzení paždíku programem scia Engineer

Posudek oceli

Lineární výpočet, Extrém : Prvek
Výběr : B703
Kombinace : CO1
Průřez : paždíky - CFRHS100X100X6

EN 1993-1-1 posudek
Národní dodatek: Norma EN

Prvek B703	6,000 m	CFRHS100X100X6	S 355	CO1/5	0,68 -

Dílčí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu fy	355,0	MPa
Mezní pevnost fu	510,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

Varování: Vybraná třída oceli používá výchozí tabulku redukce tloušťky! Zkontrolujte pro

...::POSUDEK PRŮŘEZU::...

Kritický posudek v místě 3.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N,Ed	-3,20	kN
Vy,Ed	0,00	kN
Vz,Ed	-0,14	kN
T,Ed	0,03	kNm
My,Ed	-16,99	kNm
Mz,Ed	1,01	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu
Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2
Klasifikace pro vnitřní tlačené části
Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	13,67
Třída 1 limit	53,56
Třída 2 limit	61,68
Třída 3 limit	87,97

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

Posudek na tlak
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	2,1630e-03	m^2
Nc,Rd	767,87	kN
Jedn. posudek	0,00	-

Posudek ohybového momentu for My
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,y	7,5100e-05	m^3
Mpl,y,Rd	26,66	kNm
Jedn. posudek	0,64	-

Posudek ohybového momentu for Mz
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,z	7,5100e-05	m^3
Mpl,z,Rd	26,66	kNm
Jedn. posudek	0,04	-

Posudek smyku pro Vz
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	1,0815e-03	m^2
Vpl,z,Rd	221,66	kN
Jedn. posudek	0,00	-

Posudek kroucení
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	0,3	MPa
Tau,Rd	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly
Podle EN 1993-1-1 článku 9,1.2.6 a rovnice (6.41)

MN,y,Rd	26,66	kNm
Alfa	1,66	
MN,z,Rd	26,66	kNm
Beta	1,66	

Jednotkový posudek (6.41) = 0,47 + 0,00 = 0,48 -

Poznámka: Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické mom únosnost se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

...::POSUDEK STABILITY::..
Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr
Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m
Klasifikace pro vnitřní tlačené části
Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	13.67
Třída 1 limit	26.85
Třída 2 limit	30.92
Třída 3 limit	34.17

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr
Posudek pevnosti v prostorovém vzpěru
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	6.000	6.000	m
Součinitel vzpěru k	1.00	1.00	
Vzpěrná délka Lcr	6.000	6.000	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	179.32	179.33	kN
Štíhlost	158.11	158.11	
Relativní štíhlost Lambda	2.07	2.07	
Mezní štíhlost Lambda_0	0.20	0.20	

Štíhlost nebo velikost tlakové síly umožňují ignorovat účinky prostorového vzpě
Posudek klopení
Pozn: Průřez se týká obdélníkové trubky 'h / b <= 10 / Lambda,red,z'.
Tento průřez není náchylný ke klopení.
Posudek na tlak s ohybem
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)
Interakční metoda 1

Tabulka hodnot		
kyy	1.024	
kyz	0.623	
kzy	0.623	
kzz	1.024	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	2.1630e-03	m^2
Wy	7.5100e-05	m^3
Wz	7.5100e-05	m^3
NRk	767.87	kN
My,Rk	26.66	kNm
Mz,Rk	26.66	kNm
My,Ed	-16.99	kNm
Mz,Ed	1.01	kNm
Interakční metoda 1		
Mcr0	272.99	kNm
redukovaná štíhlost 0	0.31	
Psi y	1.000	
Psi z	1.000	
Cmy,0	1.001	
Cmz,0	1.001	
Cmy	1.001	
Cmz	1.001	
CmLT	1.000	
muy	1.000	
muz	1.000	
wy	1.206	
wz	1.206	
npl	0.004	
aLT	0.000	
bLT	0.000	
cLT	0.000	
dLT	0.000	
eLT	0.000	
Cyy	0.994	
Cyz	0.982	
Czy	0.982	
Czz	0.994	

Jedn. posudek (6.61) = 0.00 + 0.65 + 0.02 = 0.68
Jedn. posudek (6.62) = 0.00 + 0.40 + 0.04 = 0.44
Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

11. SLOUP (B 1594)

11.1.1 ZS1 – ZS5, ZS7 – viz vazník

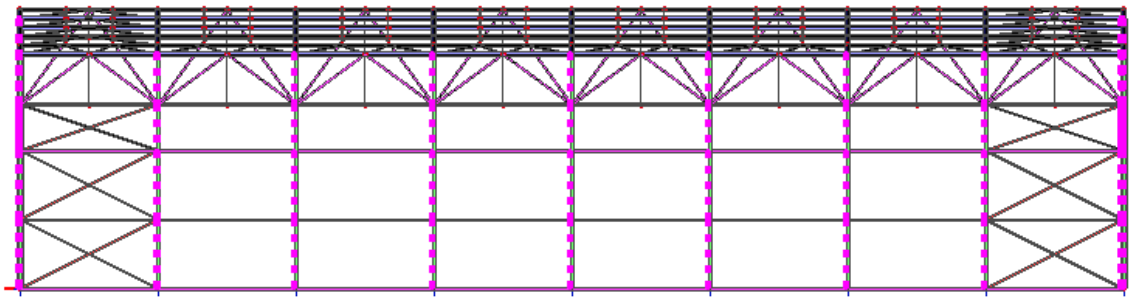
11.1.2 ZS6 – vlastní tíha sloupu

Profil RHS 260/140/12,5

Délka sloupu L = 10,2 m

Součinitel spolehlivosti $\gamma_f = 1,35$

schéma:



Vnitřní síly :

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B1594
Kombinace : CO1

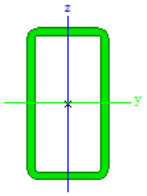
Prvek	Stav	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*
B1594	CO1/3	0,000	**-261,63**	0,01	3,66	0,01	-2,39	0,00
B1594	CO1/5	10200,000	**-44,90**	0,00	1,89	0,00	0,00	0,00
B1594	CO1/13	8000,001	-114,38	**-0,86**	9,23	0,01	-20,31	1,90
B1594	CO1/13	6000,001	-127,24	**1,60**	-13,42	0,01	6,47	-1,28
B1594	CO1/1	0,000	-227,51	-0,02	**-22,52**	0,00	**59,39**	0,00
B1594	CO1/2	8000,001	-222,06	-0,86	**13,94**	**0,01**	-30,68	1,90
B1594	CO1/6	8000,001	-101,02	0,16	3,46	**0,00**	-7,60	-0,35
B1594	CO1/2	8000,000	-240,00	1,60	-15,66	0,01	**-30,79**	1,92
B1594	CO1/13	6000,000	-128,24	-0,45	-1,94	0,01	6,48	**-1,28**
B1594	CO1/13	8000,000	-125,82	1,60	-13,42	0,01	-20,36	**1,92**

$M_{y,ed}$ = 59,39kNm **$V_{y,ed}$ = 1,6 kN** **N_{ed} = -261,63kN**

$M_{z,ed}$ = 1,92 kNm **$V_{z,ed}$ = - 13,94 kN** **T_{ed} = -0,01kNm**

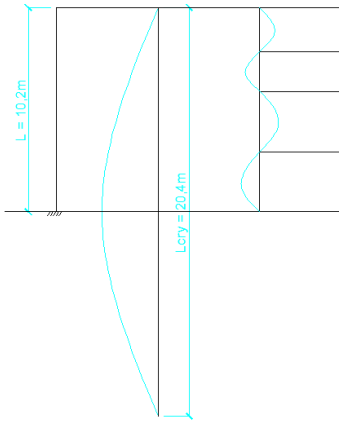
Průřezové charakteristiky

Jméno	sloup
Typ	RHS260/140/12.5
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2
Materiál	S 355
Výroba	válcovaný
Posudek rovinného vzpěru y-y	a
Posudek rovinného vzpěru z-z	a
Klopení	Výchozí
Použít 2D MKP výpočet	×



A [m²]	9,2100e-03	
A y, z [m²]	3,1856e-03	5,9162e-03
I y, z [m⁴]	7,7670e-05	2,8760e-05
I w [m⁶], t [m⁴]	2,7603e-07	6,8410e-05
Wel y, z [m³]	5,9700e-04	4,1100e-04
Wpl y, z [m³]	7,4359e-04	4,7873e-04
d y, z [mm]	0	0
c YUSS, ZUSS [mm]	70	130
α [deg]	0,00	
A L, D [m²/m]	7,6800e-01	1,4569e+00
Mply +, - [Nm]	263973,90	263973,90
Mplz +, - [Nm]	169949,93	169949,93

Lcr,y Lcr,z



11.2. Posouzení sloupu na vzpěr

Vzpěrné délky: $L_{cr,y} = 2*10,20 = 20,40$ m

$L_{cr,z} = 10,20$ m

Vybočení kolmo k ose y:

Štíhlostí: $\lambda_y = L_{cr,y}/i_y = 20,40/0,0918 = 222,22$

$i_y = (I_y/A)^{1/2} = 0,0918$m

$N_{cr,y} = (\pi^2 \cdot E \cdot I_y)/L_{cr,y}^2 = \pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 7767)/20,4^2 =$ **386,82kN**

$\bar{\lambda}_y = (A \cdot f_y/N_{cr})^{1/2} = (L_{cr,y}/(i_y \cdot \bar{\lambda}_1) = (20,4/(0,092 \cdot 76,06) =$ **2,912**

součinitel vzpěrnosti:

křivka vzpěrné pevnosti: a --> souč. imperfekce α = 0,21 (dle ČSN EN 1933-1-1)

$\phi_y = 0,5[1+ \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] =$

$=0,5 \cdot [1+ 0,21(2,912 - 0,2) + 2,912^2] =$ **5,025**

$\chi_y = 1/[\phi_y + (\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2)^{1/2}] = 1/5,025 + (5,02^2 - 2,912^2)^{1/2} =$ **0,11**

Posouzení: návrhová vzpěrná únosnost tlačeného prutu

$N_{b,rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_y/\gamma_{M1} = 0,11 \cdot 9,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6/1,00 =$ **359,65 kN**

$N_{ed}/ N_{b,rd} \leq 1$ ---> 261,63/359,65 = **0,727 ≤1 vyhoví**

Vybočení kolmo k ose z:

Štíhlostí: $\lambda_z = L_{cr,z}/i_z = 10,20/0,0559 = 182,469$

$i_z = (I_z/A)^{1/2} = 0,0559$ m

$N_{cr,z} = (\pi^2 \cdot E \cdot I_z)/L_{cr,z}^2 = \pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 2876)/10,2^2 = 572,94$kN

$\bar{\lambda}_y = (A \cdot f_y/N_{cr})^{1/2} = (L_{cr,z}/(i_z \cdot \bar{\lambda}_1)^{1/2} = (10,2/(0,05 \cdot 76,06) =$ **2,399**

součinitel vzpěrnosti:

křivka vzpěrné pevnosti: a ---> souč. imperfekce $\alpha = 0,21$

(dle ČSN EN 1933-1-1)

$\phi_y = 0,5[1+ \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] =$

$=0,5 \cdot [1+ 0,21(2,399 - 0,2) + 2,399^2] =$ **3,608**

$\chi_y = 1/\phi_y + (\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2)^{1/2} = 1/3,61 + (3,61^2 - 2,399^2)^{1/2} =$ **0,158**

Posouzení: návrhová vzpěrná únosnost tlačeného prutu

$N_{b,rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_y/\gamma_{M1} = 0,15 \cdot 9,21 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6/1,00 =$ **520,55 kN**

$N_{ed}/ N_{b,rd} \leq 1$ ---> 261,63/520,55= **0,504 ≤ 1 vyhoví**

11.4. Posouzení sloupu. (scia Engineer)

Posudek oceli

Lineární výpočet, Extrém : Prvek
Výběr : B1594
Kombinace : CO1
Průřez : sloup - RHS260/140/12.5

EN 1993-1-1 posudek
Národní dodatek: Norma EN

Prvek B1594	10,200 m	RHS260/140/12.5	S 355	CO1/10	0,83 -

Dílčí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu fy	355,0	MPa
Mezní pevnost fu	510,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

Varování: Vybraná třída ocelí používá výchozí tabulku redukce tloušťky!
...::POSUDEK PRŮŘEZU::...
Kritický posudek v místě 0.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N,Ed	-261,63	kN
Vy,Ed	0.01	kN
Vz,Ed	3,66	kN
T,Ed	0.01	kNm
My,Ed	-2.39	kNm
Mz,Ed	0.00	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu
Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2
Klasifikace pro vnitřní tlačené části
Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	17,80
Třída 1 limit	26,85
Třída 2 limit	30,92
Třída 3 limit	36,78

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu
Posudek na tlak
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	9,2100e-03	m^2
Nc,Rd	3269.55	kN
Jedn. posudek	0.08	-

Posudek ohybového momentu for My
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,y	7,4359e-04	m^3
Mol.y,Rd	263.97	kNm
Jedn. posudek	0.01	-

Posudek smyku pro Vy
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1.20	
Av	3,2235e-03	m^2
Vpl,y,Rd	660.69	kN
Jedn. posudek	0.00	-

Posudek smyku pro Vz
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1.20	
Av	5,9865e-03	m^2
Vpl,z,Rd	1226.99	kN
Jedn. posudek	0.00	-

Posudek kroucení
Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	0.0	MPa
Tau,Rd	205.0	MPa
Jedn. posudek	0.00	-

Poznámka: Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.
Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly
Podle EN 1993-1-1 článku 9,1.2.6 a rovnice (6.31)

MN,y,Rd	263.97	kNm
Jedn. posudek	0.01	-

Poznámka: Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické mom únosnost se zanedbává.
Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.
...::POSUDEK STABILITY::...
Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr
Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m
Klasifikace pro vnitřní tlačené části
Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	17,80
Třída 1 limit	26,85
Třída 2 limit	30,92
Třída 3 limit	36,78

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr
Posudek pevnosti v prostorovém vzpěru
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	10.200	10.200	m
Součinitel vzpěru k	2.00	1.00	
Vzpěrná délka Lcr	20.424	10.200	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	385.90	572.97	kN
Štíhlost	222.41	182.53	
Relativní štíhlost Lambda	2.91	2.39	
Mezní štíhlost Lambda,0	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce Alfa	0.21	0.21	
Redukční součinitel Chi	0.11	0.16	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	358.82	522.84	kN

Upozornění: štíhlost 222.41 je větší než 200.00 !

Tabulka hodnot		
A	9.2100e-03	m^2
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	358.82	kN
Jedn. posudek	0.73	-

Posudek klopení
Pozn: Průřez se týká obdélníkové trubky 'h / b <= 10 / Lambda,red,z'.
Tento průřez není náchylný ke klopení.
Posudek na tlak s ohybem
Podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce (6.61), (6.62)
Interakční metoda 1

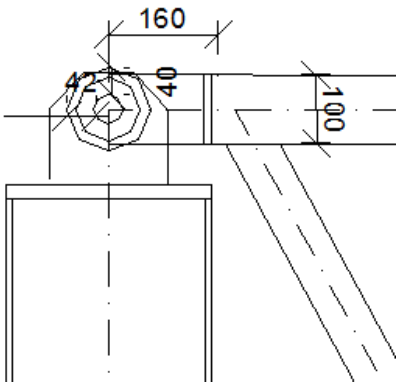
Tabulka hodnot		
"Studentská verze:	"Studentská verze:	"Studentská verze: "Stud
kyy	0.920	
kyz	0.828	
kzy	1.399	
kzz	1.395	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	9.2100e-03	m^2
Wy	7.4359e-04	m^3
Wz	4.7873e-04	m^3
N,Rk	3269.55	kN
My,R,k	263.97	kNm
Mz,Rk	169.95	kNm
My,Ed	-28.15	kNm
Mz,Ed	1.15	kNm
Interakční metoda 1		
Mcr0	1780.13	kNm
redukovaná štíhlost 0	0.39	
Psi y	0.000	
Psi z	1.000	
Cmy,0	0.709	
Cmz,0	1.110	
Cmy	0.748	
Cmz	1.110	
CmLT	1.000	
muy	0.348	
muz	0.586	
wy	1.246	
wz	1.165	
npl	0.080	
aLT	0.119	
bLT	0.000	
cLT	0.001	
dLT	0.000	
eLT	0.000	
Cyy	0.878	
Cyz	0.498	
Czy	0.604	
Czz	0.859	

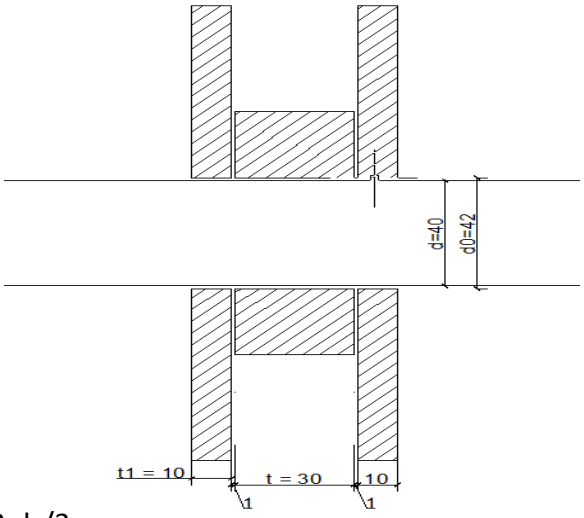
Jedn. posudek (6.61) = 0.73 + 0.10 + 0.01 = 0.83
Jedn. posudek (6.62) = 0.50 + 0.15 + 0.01 = 0.66
Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

12. ČEPOVÝ SPOJ (PŘIPOJENÍ HORNÍHO PÁSU NA SLOUP POMOCÍ ČEPOVÉHO SPOJE)

$F_{v,ed}$ = 221,18 kN (síla působící na špičku sloupu prut B1594)

Schéma:





$a \geq (F_{ved} \cdot \gamma_{M0})/(2 \cdot t \cdot f_y) + 2 \cdot d_0/3 =$

$= (221{,}18 \cdot 10^3 \cdot 1{,}0)/(2 \cdot 0{,}03 \cdot 355 \cdot 10^6) + 2 \cdot 0{,}042/3 = 36{,}22$ mm

volím 40 mm

$b \geq (F_{ved} \cdot \gamma_{M0})/(2 \cdot t \cdot f_y) + d_0/3 =$

$= (175{,}09 \cdot 10^3 \cdot 1{,}0)/(2 \cdot 0{,}03 \cdot 355 \cdot 10^6) + 0{,}042/3 = 22{,}22$ mm

volím 25mm

Návrhová únosnost čepu ve smyku (2 střihové roviny)

$F_{v,Rd} = 2 \cdot 0{,}6 \cdot A \cdot f_{up}/\gamma_{M2} = 2 \cdot 0{,}6 \cdot (\pi \cdot 0{,}04^2/4) \cdot 500 \cdot 10^6 / 1{,}25 = 603{,}19$ kN

$F_{v,Rd}$ = 603,19 kN ≥ F_{ved} = 221,18 kN vyhoví

Návrhový moment únosnosti čepu

$M_{rd} = 0{,}8 \cdot W_{el} \cdot f_{up}/\gamma_{M2} = 0{,}8 \cdot (\pi \cdot 0{,}04^3/32) \cdot 500 \cdot 10^6 / 1{,}25 =$ 2010,62 kNm

Působící moment

$M_{ed} = (F_{ved}/8) \cdot (t + 4c + 2t_1) =$

$= (221{,}18 \cdot 10^3/8) \cdot (0{,}03 + 4 \cdot 0{,}001 + 2 \cdot 0{,}01) = 1492{,}96$ kNm

$M_{ed}/M_{rd} \leq 1$

$1492{,}96/2010{,}62 \leq 1$

0,74 ≤ 1 vyhoví

kombinace ohybu a smyku

$(M_{ed}/M_{rd})^2 + (F_{v,ed}/F_{v,rd})^2 = (1492,96/2010,62)^2 + (221,18/603,19)^2$

0,68 ≤ 1 vyhoví

otlačení desky a čepu

$F_{b,Rd} = (1,5 \cdot d \cdot t \cdot f_y)/ \gamma_{M0} = (1,5 \cdot 0,040 \cdot 0,03 \cdot 355 \cdot 10^6)/1,0 =$ **639 kN**

$F_{ved}/F_{B,rd} \leq 1$

221,18/639 ≤ 1 **---> 0,346 ≤ 1**

přídavný moment vlivem excentrického momentu

$F_{V,ed} = 208,19$ kN e = 0,188m

$M_{ed} = F_{v.ed} \cdot e = 175,09 \cdot 0,188 = 32,92$ kNm

$W_{el,y} = 1/6bh^2 = 1/6 \cdot 0,12 \cdot 0,08^2 = 1,28 \cdot 10^{-4}$ m^3

$M_{rd} = W_{wl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 1,28 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 / 1,0 = 45,44$ kNm

$F_{vrd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 0,08 \cdot 0,12 \cdot 355 \cdot 10^6 = 3408$ kN

$(F_{v,ed} / F_{v,Rd}) + (M_{ed} / M_{rd}) \leq 1$

(175,09/3408) +(32,92/45,44) ≤ 1

0,76 ≤ 1 vyhoví

Navrhuji čep průměru 40 mm jakosti 5.8.

13. PATKA A KOTVENÍ SLOUPU

13.1. Patka

Vnitřní síly :

1. Kombinace – maximální moment + normálová síla:

$M_{ed} = -94,43$ kNm $N_{ed} = -208,19$ kN (tlak)

2. Kombinace – maximální excentricita

$M_{ed} = 54,82$ kNm $N_{ed} = -45,56$ kN (tlak)

Beton C12/15:

$f_{ck} = 12,00$ MPa $\gamma_c = 1,5$

$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 25/1,5 = 8,00$ MPa

součinitel koncentrace napětí

$k_j = (a_1 \cdot b_1 / (a/b))^{1/2}$

$k_j = (1500 \cdot 1080 / (900/480))^{1/2}$

$k_j = 1,94$

součinitel vlivu podliti:

tl. podlití ≤ 0,2 b

30 mm ≤ 96

$f_{ck\ malty} \geq 0,2\ f_{ck\ betonu}$

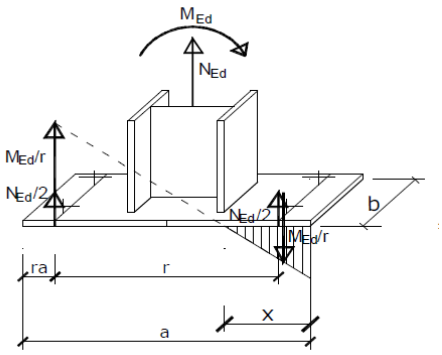
---> $\beta_j = 2/3$

návrh. pevnost betonu v uložení

$f_{Rdu} = f_{cd} \cdot \beta_j$

$f_{Rdu} = 8 \cdot 1{,}94$

$f_{Rdu} = 15{,}52$ MPa



návrh. pevnost betonu v koncentrovaném tlaku

$f_{jd} = f_{Rdu} \cdot \beta_j$

$f_{jd} = 15{,}52 \cdot 2/3$

$f_{jd} = 10{,}35$ MPa

Rozměry patky :

a = 600 mm	$a_1 = a + h = 1500$ mm
b = 480 mm	$b_1 = b + h = 1080$ mm
$r_t = 350$ mm	$r_a = 100$ mm
$t_p = 20$ mm	h = 600 mm

výška podlití: 60 mm

Statický výpočet

1. Kombinace – maximální moment + normálová síla:

$M_{ed} = -94{,}43$ kNm $N_{ed} = -208{,}19$ kN (tlak)

$c = M_{ed}/N_{ed} = 94{,}43/208{,}19 = 0{,}03$

$c/a = 045/0{,}9 = 0{,}5$ ---> 0,033

$x = 0{,}45 \cdot a = 0{,}41$ m

$r = a - r_a - x/3 = 0{,}9 - 0{,}1 - 0{,}41/3 = 0{,}66$ mm

$c_0 = c + a/2 - r_a = 0{,}45 + 0{,}9/2 - 0{,}1 = 0{,}8$mm

$T_B = (N_{ed} \cdot c_0)/r = (208{,}19 \cdot 0{,}8)/0{,}61 = 273{,}03$ kN

$\sigma_{b,max} = (2 \cdot T_b)/(x \cdot a) = (2 \cdot 205{,}97)/(0{,}41 \cdot 0{,}9) =$

$1{,}12$ MPa ≤ $f_{id} = 10{,}35$ MPa

$Z = T_B - N_{ed} = 273{,}03 - 208{,}19 = 64{,}85$ kN

2. Kombinace – maximální excentricita

M_{ed} = 54,82kNm N_{ed} = -45,56(tlak)

c= M_{ed}/N_{ed} = 54,82/45,56 = 1,2

c/a = 1,2/0,9 = 1,33 ---> 0,333

x = 0,333· a = 0,30 m

r = a - r_a - x/3 = 0,9 – 0,1 – 0,30/3 = 0,7 mm

c_0 = c + a/2 – r_a = 1,2 + 0,9/2 – 0,1 = 1,55mm

$T_B = (N_{ed} \cdot c_0)/r$ = (208,19 · 1,55)/0,7 = 461 kN

$\sigma_{b,max} = (2 \cdot T_b)/(x \cdot a)$ = (2· 461) /(0,33 ·0,9) =

31,1 MPa ≤ f_{id} = 10,35 MPa

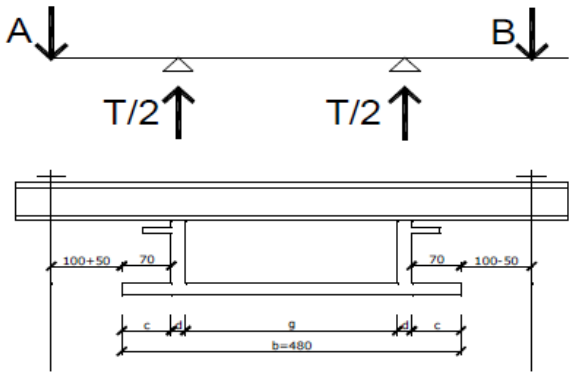
Z = T_B - N_{ed} = 461 - 208,19 = 101 ,373 = **252,81 kN**

12.2. Kotevní šrouby

Kotevní síla T = 252,81 KN

počet tažených šroubu n=2

T/2 = 126,405 kN



v osazení šroubu možná tolerance 50 mm:

e_1 = 110 + 100+50 = 260 mm

e_2 = 110 + 100 -50 = 160 mm

r = g + 2d = 200 +2·30 = 260

$A = (T/2 \cdot (r + e_2 + e_2))/(e_1 + r + e_2) =$

$=(126{,}405 \cdot (260 + 2 \cdot 160))/(260 + 260 + 160) = 107{,}82$ kN

$B = (T/2 \cdot (r + e_1 + e_1))/(e_1 + r + e_2) =$

$=(126{,}405 \cdot (260 + 2 \cdot 260))/(260 + 260 + 160) = 145$ kN

síla působící na jeden šroub = max.(A;B) ---> 145 kN

Návrh kotevního šroubu:

závit M36x3 ocel s235

$A_s = 865$ mm^2

h = 380 mm

F = 172,8 kN

rozměry kotvení hlavy:

a = 115 mm

b = 12 mm

a_1 = 40 mm

a_2 = 50 mm

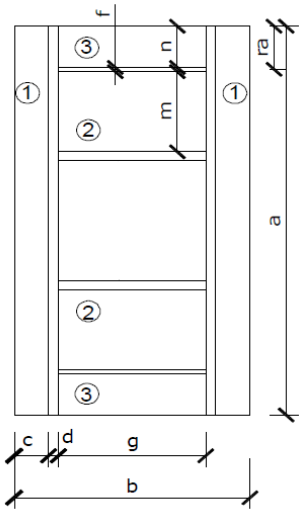
d_1 = mm

posouzení šroubu v tahu : $F_{t,ed} / F_{t.Rd} \leq 1$

126,405 / 172 ,8 ≤ 1

0,73≤ 1 vyhoví

12.3. Patní deska



a = 900 mm

b = 480 mm

r_a = 100 mm

f = 10 mm

n = 95 mm

m = 200 mm

g = 200 mm

d = 30 mm

c = 110 mm

oblast 1 – volný přečnívající okraj patečního plechu :

$t_{p1,min} = 1,73 \cdot c \, (\sigma_{c,max}/f_{yd})^{1/2} = 1,73 \cdot 110 \cdot (3,1/355)^{1/2} =$ 17,78 mm

oblast 2 – deska podepřená po celém obvodě

g/m = 200/200 = 1

g/m	1	1,2	1,4	1,6	1,8
α_3	0,536	0,615	0,67	0,718	0,748

Zdroj:Melcher,J.,Straka,B.,Kovové konstrukce-Konstrukce průmyslových budov str.171

$\alpha_3 = 0,536$ $t_{p2,min} = \alpha_3 \cdot r_a \, (\sigma_{c,max}/f_{yd})^{1/2} = 0,536 \cdot 100 \cdot (3,1/355)^{1/2}$ = 5 mm

oblast 3 – deska podepřená po třech stranách obvodu:

n/g = 95/200 = 0,475 ---> pro m menší 0,5 se naopak zatížení přenáší v podstatě ve směru kolmém k volnému okraji a pateční plech posuzujeme jako konzolu jednotkové šířky

$t_{p3,min} = 1,73 \cdot n \, (\sigma_{c,max}/f_{yd})^{1/2} = 1,73 \cdot 95 \cdot (3,1/355)^{1/2}$ =15,35 mm

Minimální tloušťka patního plechu:

$t_p = \max (t_{p1,min} ; t_{p2,min} ; t_{p3,min}) = 17,28$ mm

Návrh tloušťky patního plechu $t_p = 20$ mm

12.4. Průřez patky

Řez 1-1 : pro $d_1 = 290$ mm

napěti v betonu v řezu 1-1: $\sigma_{c,max} = 3,1$ MPa x = 333 mm

$\sigma_{c1} = (\sigma_{c,max} \cdot (x - d_1))/x = (3,1 \cdot (333 - 290))/333 = 0,45$ MPa

$M_1' = ((\sigma_{c,max} + \sigma_{c1})/2) \cdot d_1 \cdot (d_1/2) \cdot b =$

$= ((3,1+0,45)/2) \cdot 290 \cdot (290/2) \cdot 480 = 35,820$ kNm

$V_1' = ((\sigma_{c,max} + \sigma_{c1})/2) \cdot d_1 \cdot b = ((3,1+0,45)/2) \cdot 290 \cdot 480 = 247,1$ kNm

vnitřní síly v tlačené straně patky

$M_1'' = T \cdot (d_1 - r_a) = 252,81 \cdot (290 - 100) = 62,81$ kNm

$V_1'' = T = 252,81$ kN

$M_1 = \max(M_1' ; M_1'') = \max(35,82 ; 62,81) = 62,81$kNm
$V_1 = \max(V_1' ; V_1'') = \max(247,1 ; 252,81) = 252,81$ kN

Průřezové charakteristiky řezu patky 1-1 :

$A = 16\,600$ mm^2	$I_y = 40\,572\,333$ mm^4
$h = 160$ mm	$W_{y,h} = I_y/(h - c_y) = 363\,465$ mm^3
$c_y = 48,37$ mm	$W_{y,d} = I_y / c_y = 838\,731$ mm^3

normálové napětí :

$\sigma_{1,h} = M_1/w_{y,h} = 62,81 \cdot 10^6 / 363\,465 = 172,81$ MPa
$\sigma_{1,d} = M_1/w_{y,h} = 62,81 \cdot 10^6 / 838731 = 74,89$ MPa

posouzení :	$\sigma_{1,h}/f_y \le 1$	$\sigma_{1,d}/f_y \le 1$
	$172,81/355 \le 1$	$74,89/355 \le 1$
	$0,49 \le 1$ vyhoví	$0,21 \le 1$ vyhoví

Smykové napětí :
$A_v = 2 \cdot d \cdot (h - t) = 2 \cdot 30 \cdot (160 - 20) = 8\,400$ mm^2
$V_{pl,RD} = A_v \cdot f_y/((3)^{1/2} \gamma_{M0}) = 8400 \cdot 355/3)^{1/2} = 1721,66$ kN
$V_{ed} / V_{pl,RD} = 252,81 / 1721,66 = 0,15 \le 1$
$0,15 \le 0,5$ není nutno posuzovat na kombinaci ohyb + smyk

<u>Řez 2-2 :</u> pro $d_1 = 210$ mm

napěti v betonu v řezu 1-1: $\sigma_{c,max} = 3,1$ MPa $x = 333$ mm

$\sigma_{c2} = (\sigma_{c,max} \cdot (x - d_1))/x = (3,1 \cdot (333 - 210))/333 = 1,15$ MPa
$M_2' = ((\sigma_{c,max} + \sigma_{c2})/2) \cdot d_1 \cdot (d_1/2) \cdot b =$
$= ((3,1+1,15)/2) \cdot 210 \cdot (210/2) \cdot 480 = 22,5$ kNm
$V_2' = ((\sigma_{c,max} + \sigma_{c1})/2) \cdot d_1 \cdot b = ((3,1+1,15)/2) \cdot 210 \cdot 480 = 214,2$ kNm

vnitřní síly v tlačené straně patky
$M_1'' = T \cdot (d_1 - r_a) = 252,81 \cdot (210 - 100) = 27,81$ kNm
$V_1'' = T = 252,81$ kN

$M_1 = \max(M_1' ; M_1'') = \max(22,5 ; 62,81) = 27,81$ kNm

$V_1 = \max (V_1' ; V_1'') = \max(214,2 ; 252,81) = 252,81$ kN

Průřezové charakteristiky řezu patky 1-1 :

$A = 14\,400$ mm^2	$I_y = 18\,345\,556$ mm^4
$h = 120$ mm	$W_{y,h} = I_y/(h- c_y) = 208\,341$ mm^3
$c_y = 31,94$ mm	$W_{y,d} = I_y / c_y = 574\,296$ mm^3

normálové napětí :

$\sigma_{1,h} = M_1/w_{y,h} = 27,81 \cdot 10^6 / 208\,341 = 133,48$ MPa

$\sigma_{1,d} = M_1/w_{y,h} = 27,81 \cdot 10^6 / 574\,296 = 48,42$ MPa

posouzení :	$\sigma_{1,h}/f_y \le 1$	$\sigma_{1,d}/f_y \le 1$
	$133,48/355 \le 1$	$48,42/355 \le 1$
	$0,38 \le 1$ vyhoví	$0,14 \le 1$ vyhoví

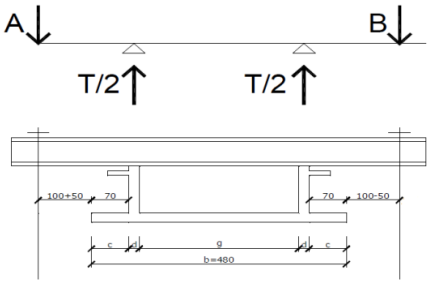
Smykové napětí :

$A_v = 2 \cdot d \cdot (h-t) = 2 \cdot 30 \cdot (120-20) = 6\,000$ mm^2

$V_{pl,RD} = A_v \cdot f_y/((3)^{1/2} \gamma_{M0}) = 6000 \cdot 355/(3)^{1/2} = 1230$ kN

$V_{ed} / V_{pl,RD} = 252,81 / 1230 = 0,21 \le 1$

$0,21 \le 0,5$ není nutno posuzovat na kombinaci ohyb + smyk



12.5. Kotevní příčník

T/2 = 126,405 kN

v osazení šroubu možná tolerance 50 mm:

$e_1 = 110 + 100 + 50 = 260$ mm

$e_2 = 110 + 100 - 50 = 160$ mm

$r = g + 2d = 200 + 2 \cdot 30 = 260$ mm

$A = (T/2 \cdot (r + e_2 + e_2))/(e_1 + r + e_2) =$

$= (126,405 \cdot (260 + 2 \cdot 160))/(260 + 260 + 160) =$

107,82 kN

$B = (T/2 \cdot (r + e_1 + e_1))/(e_1 + r + e_2) =$

$= (126,405 \cdot (260 + 2 \cdot 260))/(260 + 260 + 160) =$

145 kN

vnitřní síly:

$V = \max (R_a ; R_b)$ ---> 145 kN

$M = V \cdot e_1 = 145 \cdot 0,26 = 37,7$ kNm

návrh kotevního příčníku: 2xU 140

$A = 3\,400$ mm^2

$A_{vz} = 1\,760$ mm^2

$W_y = 121\,400$ mm^3

posouzení na smyk:

$V_{pl,RD} = A_v \cdot f_y / ((3)^{1/2} \gamma_{M0}) = 1760 \cdot 355 / (3)^{1/2} = 360,73$ kN

$V_{ed} / V_{pl,RD} = 145 / 360,73 =$ 0,40 ≤ 1

0,35 ≤ 0,5 není nutno posuzovat na kombinaci ohyb + smyk

Posouzení na ohyb:

$\sigma = M_1 / w_y = 37,7 \cdot 10^6 / 121\,400 = 310,54$ MPa

$\sigma / f_y \leq 1$

$310,54 / 355 \leq 1$

0,87 ≤ 1 vyhoví

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí, 2004.

[2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, 2004.

[3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem, 2005.

[2] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem, 2007.

[5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, 2006.

[6] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků, 2006.

[7] Čítanka výkresů ocelových konstrukcí [online]. Dostupné na: <http://citankaok.wz.cz>.

[8] Prvky ocelových konstrukcí. Příklady podle Eurokódů. ČVUT, 2005.