



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

STATICKÝ VÝPOČET – VSTUPNÍ PORTÁL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Martin Dvouletý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

BRNO 2018



OBSAH

1. ZÁKLADNÍ INFORMACE O KONSTRUKCI	...1
2. GEOMETRIE KONSTRUKCE	...2
3. VÝPOČTOVÝ MODEL KONSTRUKCE	...4
4. MATERIÁL	...4
5. ZATÍŽENÍ	...5
5.1 STÁLÉ – ZASKLENÍ CELÉ KONSTRUKCE	...5
5.2 PROMĚNNÉ	...6
5.2.1 ZATÍŽENÍ SNĚHEM	...7
5.2.1.1 SNÍH (a) – PLNÝ	...7
5.2.1.2 SNÍH (b) – PRAVÝ/LEVÝ	...7
5.2.1.3 SNÍH (c) – NAVÁTÝ	...7
5.2.1.4 SNÍH (d) – NÁVĚJ	...8
5.2.2 ZATÍŽENÍ VĚTREM	...9
5.2.2.1 VÍTR PODÉLNÝ – SEVERNÍ	...10
5.2.2.1 VÍTR PŘÍČNÝ – PRAVÝ / LEVÝ	...12
5.3 ZATĚŽOVACÍ STAVY	...14
5.4 KOMBINACE	...14
5.4.1 KOMBINACE PRO MSÚ	...14
5.4.2 KOMBINACE PRO MSP	...14
5.5 ÚČINKY ZATÍŽENÍ	...14
6. POSOUZENÍ KONSTRUKCE NA MSÚ	...16
6.1 VÝPIS JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ NA KONSTRUKCI	...16
7. URČOVÁNÍ VZPĚRNÝCH DÉLEK	...16
7.1 VZPĚRNÉ DÉLKY ČELNÍCH SLOUPŮ	...16
7.2 VZPĚRNÉ DÉLKY BOČNÍCH SLOUPŮ	...17
7.3 VZPĚRNÁ DÉLKA ZADNÍCH SLOUPŮ TVOŘÍCÍ RÁM	...18
8. MSÚ - POSOUZENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ	...19
8.1 SLOUPY V ČELE – TR ø168,3x8,0	...19
8.2 SLOUPY BOČNÍ – TR ø273,0x12,5	...23
8.3 NOSNÉ LEMOVÁNÍ – TR ø273,0x12,5	...27
8.4 NOSNÉ LEMOVÁNÍ – øTR 101,6x10	...31
9. MSP	...34
10. POSUDEK NA GLOBÁLNÍ DĚFORMACI	...35
11. POSUDEK STYČNÍKU „K“	...37
12. POSOUZENÍ KOTVENÍ	...40
12.1 KOTVEN K1 - ČELNÍ SLOUPY	...40
12.2 KOTVEN K2 - ZADNÍ SLOUP	...43
12.3 KOTVEN K3 - BOČNÍ SLOUPY	...47
12.4 KOTVEN K4 - NOSNÉ LEMOVÁNÍ	...49

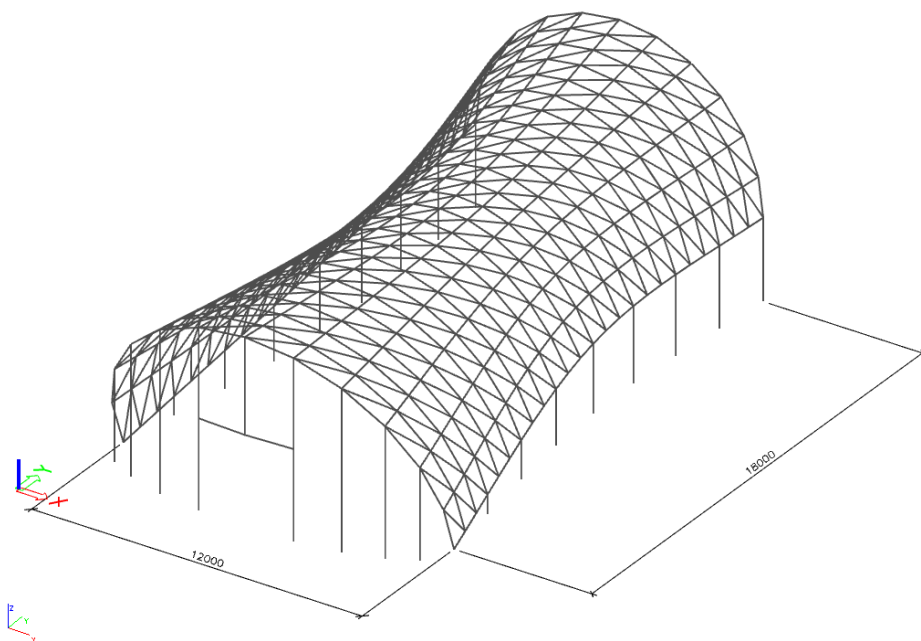
1. ZÁKLADNÍ INFORMACE O KONSTRUKCI

- Podrobněji v technické zprávě a výkresové dokumentaci.
- Vstupní portál, vytvořen kombinací deformovaného válce a hyperboloidu
- Konstrukci tvoří
 - nosné lemování
 - diagonály střešní konstrukce
 - nosné sloupy
- Největší půdorysné rozpětí činní 12,000 m a nejkratší 9,740 m
- Konstrukce je navržena tak, aby navazovala na výstavní halu
- Mezi vstupním portálem a výstavní halou je dilatace 120 mm
- Jednotlivé konstrukce tedy staticky působí odděleně
- Za vstupní portál bude realizována výstavní oblouková hala
- Konstrukce portálu i haly jsou dilatovány
- Konstrukce portálu, není zavětrována, protože působí tuze, jako celek
- Boční sloupky jsou vetknuty v příčném směru pro zajištění dostatečné tuhosti
- Čelní sloupky a kotvení lemování je řešeno jako kloubové
- Veškeré spojení mezi pruty, je vytvořeno jako tuhé
- Statický výpočet byl vypracován v souladu s těmito standardy:
 - ČSN EN 1991-1-1 „Eurokód 1: Zatížení konstrukcí- Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb“
 - ČSN EN 1991-1-3 „Eurokód 1: Zatížení konstrukcí- Zatížení sněhem“
 - ČSN EN 1991-1-4 „Eurokód 1: Zatížení konstrukcí- Zatížení větrem“
 - ČSN EN 1993-1-1 „Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí- Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby“
 - ČSN EN 1993-1-8 „Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí- Navrhování styčníků“

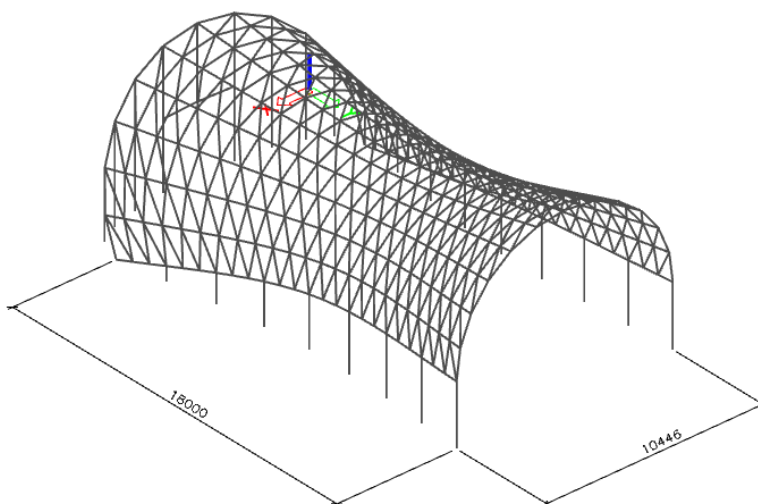
2. GEOMETRIE KONSTRUKCE

AXONOMETRIE:

- Čelní pohled
- Není zde provedeno žádné ztužení (zavětrování)
- Účinky od příčného zatížení jsou přenášeny střešní konstrukcí do bočních sloupů

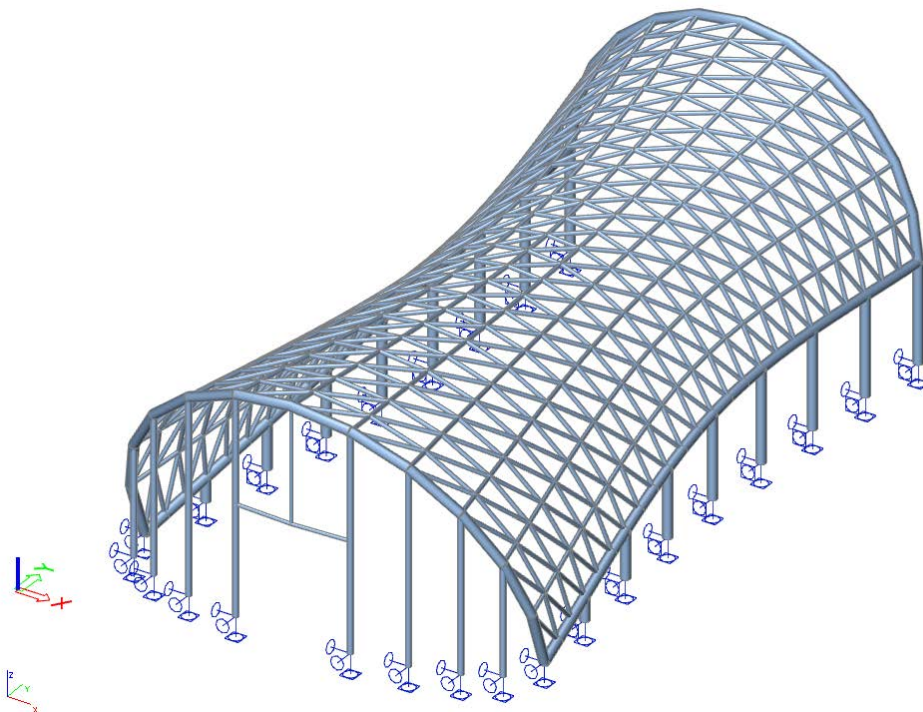


- Zadní pohled
- Střední část čela navržena pro vratový systém.



3. VÝPOČTOVÝ MODEL KONSTRUKCE

- Statický model byl vypracován v programu Scia Engineer
- Výstup ze samotného programu je obsažen v samostatné příloze



4. MATERIÁL

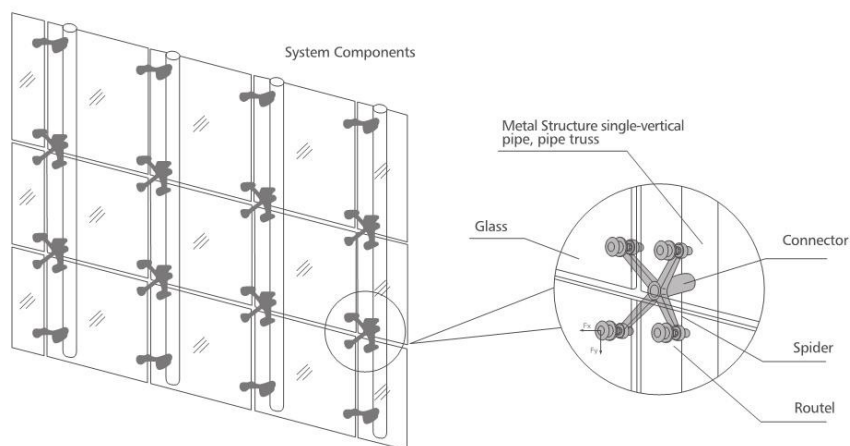
- Veškeré prvky byly navrženy z oceli **S355**
- Mez kluzu $f_y = 355 \text{ Mpa}$
- Modlu pružnosti v tahu a tlaku $E = 210 \text{ GPa}$
- Modul pružnosti ve smyku $G = 81 \text{ GPa}$
- Mez pevnosti $f_u = 490 \text{ Mpa}$
- Součinitelé spolehlivosti materiálu
- $\gamma_{M0} = 1,0$
- $\gamma_{M1} = 1,0$
- $\gamma_{M2} = 1,25$

5. ZATÍŽENÍ

5.1 STÁLÉ – ZASKLENÍ CELÉ KONSTRUKCE

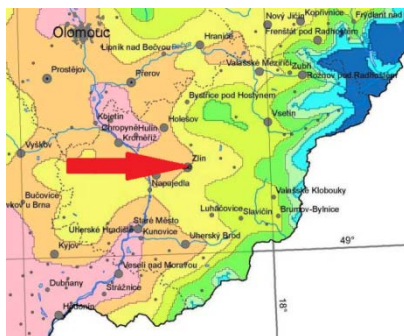
Normové ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$)	souč. zat. γ_F	Výpočtové ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$)
<u>Vrstvené sklo</u> (10.10.4)	0,5	0,68
<u>Uchycení skel</u> (SPIDER)	0,02	0,02
CELKEM	0,57 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$	0,70 $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$

MS structure point-fixed glass curtain wall system



5.2 PROMĚNNÉ

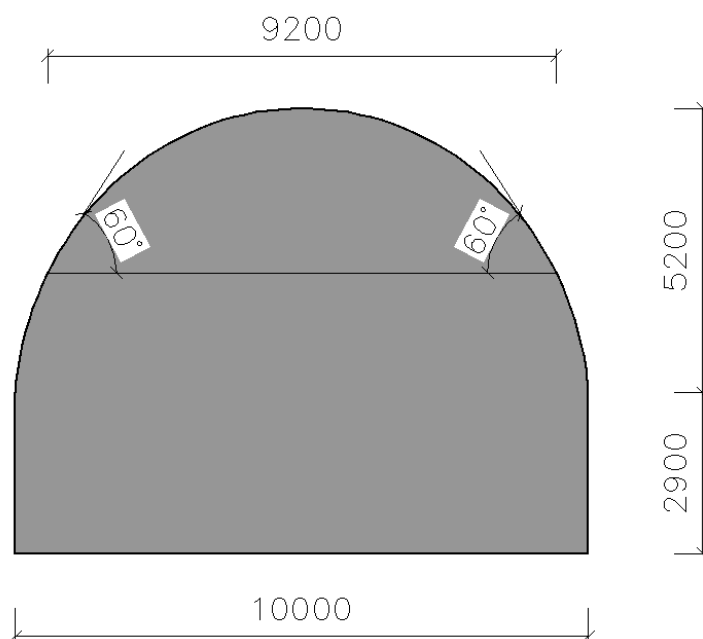
5.2.1 ZATÍŽENÍ SNĚHEM

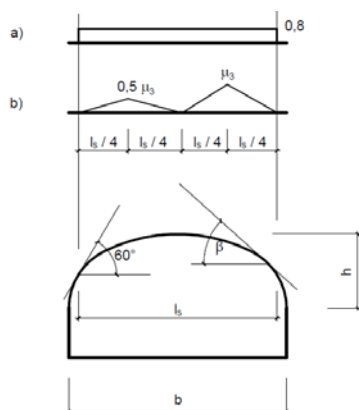


Zatížení sněhem na střechách $s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$

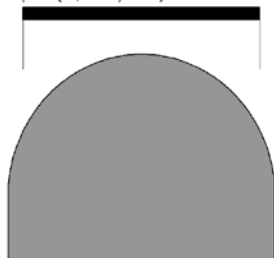
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
0,7	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	>4,0 ¹⁾

- ZLÍN – sněhová oblast II => $s_k = 1,0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$
- dle www.snehovamapa.cz => $s_k = 0,93 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$
- typ krajiny $C_e = 1,0$; tepelný součinitel $C_t = 1,0$
- konstrukce byla idealizována do následovného tvaru:

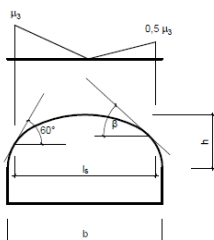




μ_1 (0,8 kN/m²)

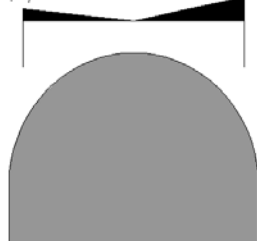


(1,0 kN/m²) (2,0 kN/m²)
0,5 μ_3 μ_3

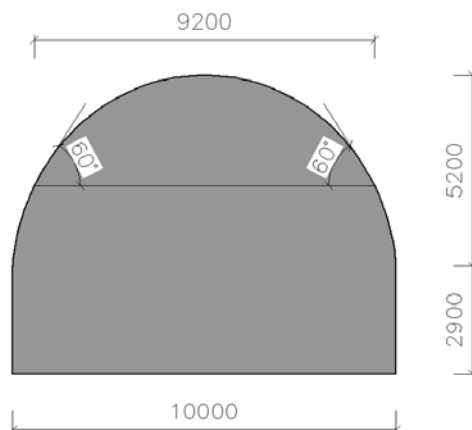


h/b	1/8	1/6	$\geq 1/5$
μ_3	1,45	1,8	2,0

(1,0 kN/m²) (2,0 kN/m²)
0,5 μ_3 μ_3



5.2.1.1 SNÍH (a) - PLNÝ



(a)

$l_s = 9,2 \text{ m}$

$h = 5,2 \text{ m}$

$b = 10,0 \text{ m}$

$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_i \cdot s_k$

$s_a = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ kN.m}^{-2}$

5.2.1.2 SNÍH (b) - PRAVÝ/LEVÝ

(b)

$B \leq 60^\circ$

$$\mu_3 = 0,2 + 10 \cdot \frac{h}{b} = 0,2 + 10 \cdot \frac{5,2}{10} = 5,4$$

$\mu_3 = 2,0$ (DOPORUČENÁ HORNÍ HODNOTA DLE NORMY)

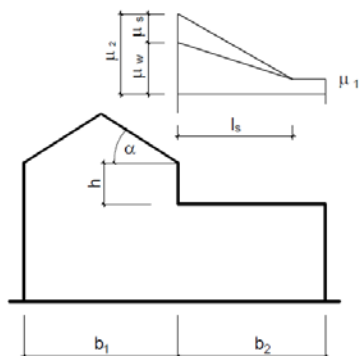
$s_b = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,0 \text{ kN.m}^{-2}$

5.2.1.3 SNÍH (c) - NAVÁTÝ

$h/b = 5,2 / 10,0 = 0,52 \geq 1/8 \Rightarrow$ nutno brát v úvahu navátý sníh

$h/b = 5,2 / 10,0 = 0,52 \geq 1/5 \Rightarrow \mu_3 = 2,0$

$s_c = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,0 \text{ kN.m}^{-2}$

**5.2.1.4 SNÍH (d) – NÁVĚJ**

$$h = 2,3\text{m}$$

$$b_1 = 54\text{m}$$

$$b_2 = 20,4\text{m}$$

$$\alpha = 0^\circ$$

$$l_s = 2h = 2 \cdot 2,3 = 4,6\text{m}$$

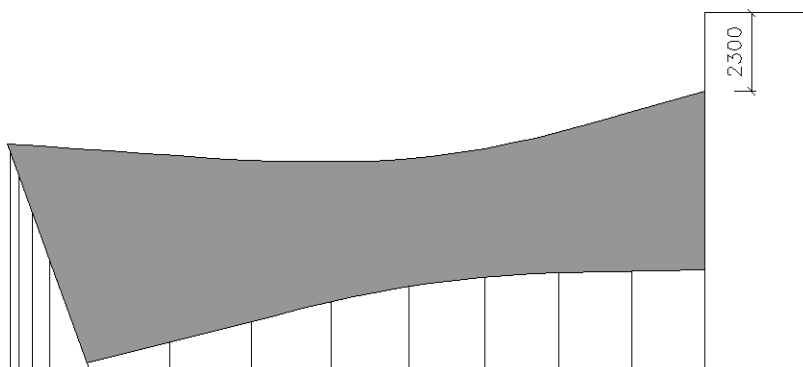
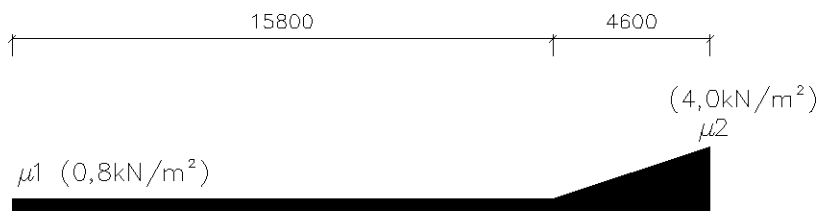
$$\mu_s = 0 \Rightarrow \alpha \leq 15^\circ$$

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h} = \frac{54 + 20,4}{2 \cdot 2,3} = 16,17 \leq \gamma \cdot \frac{h}{Sk} = 2 \cdot \frac{2,3}{1} = 4,6$$

$$\text{Doporučený rozsah} - 0,8 \leq \mu_w \leq 4,0 \Rightarrow \mu_w = 4,0$$

$$\mu_2 = \mu_w + \mu_s = 4,0 + 0 = 4,0$$

$$S_d = 4,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \underline{\underline{4,0 \text{ kN.m}^{-2}}}$$



5.2.2 ZATÍŽENÍ VĚTREM

- Konstrukce byla pro zatížení větrem taktéž idealizována, stejně jako u zatížení sněhem
- Pro vítr působící na konstrukci v podélném směru, bylo postupováno, jako působící vítr v podélném směru na střechu sedlovou
- Vítr působící v příčném směru, byl řešen dle normy – Klenbové střechy a kopule
- Podélný vítr byl brán v úvahu pouze severní, protože z jižní části je portál stíněn výstavní halou
- Jelikož se klon střechy po délce konstrukce mění, uvažujeme konzervativně sklon 30°
- Taktéž výška konstrukce se po délce mění, proto bereme v úvahu střední hodnotu její výšky, která činí přibližně 7,00m

STATICKÝ VÝPOČET

5.2.2.1 VÍTR PODÉLNÝ – SEVERNÍ

Zatížení větrem podle ČSN EN 1991-1-4

Charakteristická desetiminutová rychlost větru pro větrovou oblast:

II. $v_{b,0} = 25,00 \text{ m/s}$

Součinitel nadmořské výšky :

$c_{alt} = 1,00$

Součinitel směru větru:

$c_{dir} = 1,00$

Součinitel ročního období:

$c_{season} = 1,00$

Základní rychlost větru

$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot c_{alt} \cdot v_{b,0} = 25,00 \text{ m/s}$

Kategorie terénu:

II. krajina s nízkou vegetací, jako je tráva nebo izolované překážky

Součinitel orografie - horopisu:

$c_o(z) = 1,00$

Výška objektu nad terénem

$z = 7,000$

maximální výška $z_{max} = 200,00 \text{ m}$

Délka nerovnosti

$z_0 = 0,05 \text{ m}$

minimální výška $z_{min} = 2,00 \text{ m}$

Součinitel terénu

$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_0,1)^{0,07} = 0,190$

Součinitel drsnosti terénu

$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,939$

Součinitel turbulence

$k_t = 1,000$

Střední rychlost větru ve výšce z

$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 23,47 \text{ m/s}$

Intenzita turbulence

$I_v(z) = k_t / (c_r(z) \cdot \ln(z/z_0)) = 0,202$

Měrná hmotnost vzduchu

$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Maximální dynamický tlak větru

$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 = 0,832 \text{ kPa}$

Součinitele vnějších tlaků pro sedlové střechy

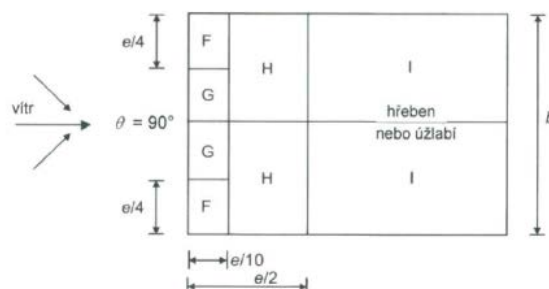
rozměr rovnoběžný s větrem $d = 20,40 \text{ m}$

výška objektu $h = 7,000 \text{ m}$

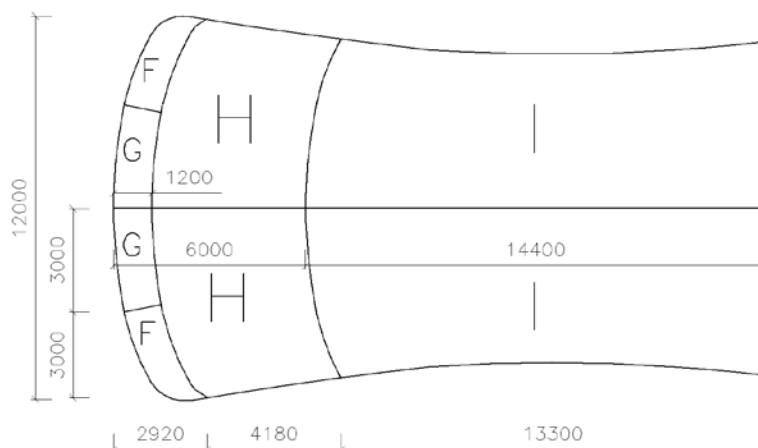
rozměr kolmý na směr větru $b = 12,00 \text{ m}$

$e = \min(b, 2h) = 12,00 \text{ m}$

SOUČinitele		OBLAST pro směr větru $\theta = 90^\circ$			
		F	G	H	I
$c_{pe,10}$	$\alpha [^\circ]$				
	30	-1,10	-1,40	-0,80	-0,50
Zatěžovací šířka = 1,00 m					
Char. hodnoty tlaku		-0,92	-1,17	-0,67	-0,42 kN/m ²



Působení větru na střešní konstrukci v podélném směru:



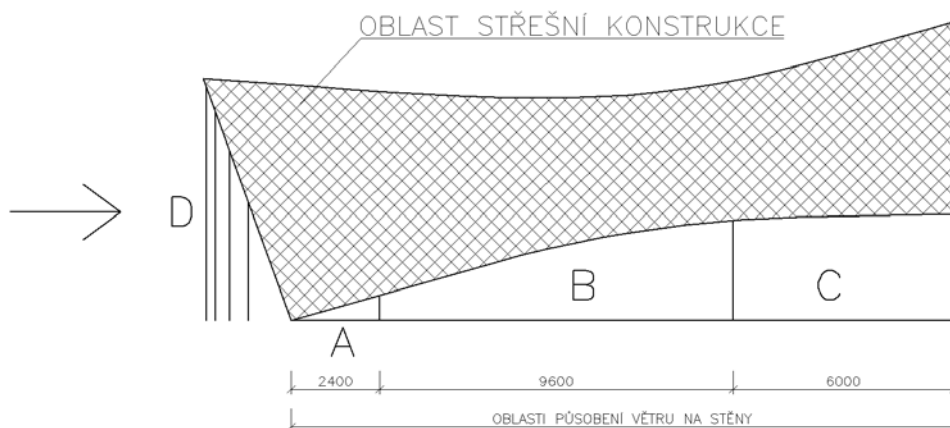
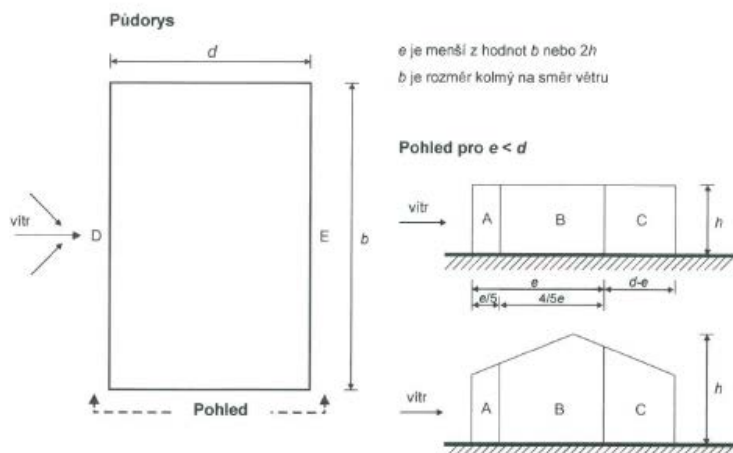
STATICKÝ VÝPOČET

Součinitele vnějších tlaků pro svislé stěny s pravoúhlým půdorysem PODÉLNÝ SMĚR

rozměr rovnoběžný s větrem $d = 20,40$ m
rozměr kolmý na směr větru $b = 12,00$ m
 $h/d = 0,34$
výška objektu $h = 7,000$ m
 $e = \min(b; 2h) = 12,00$ m

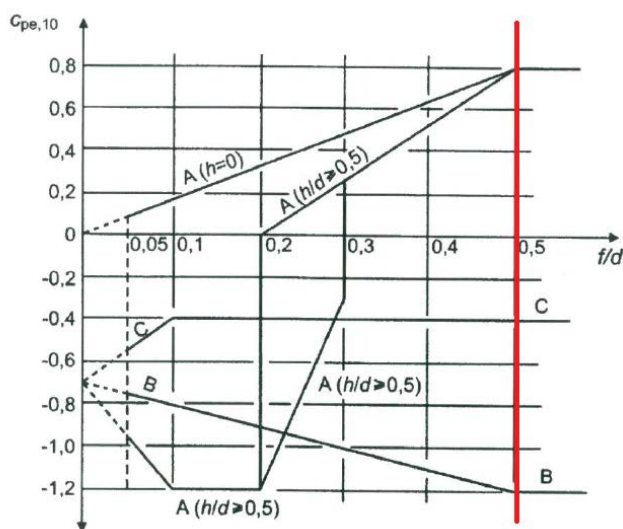
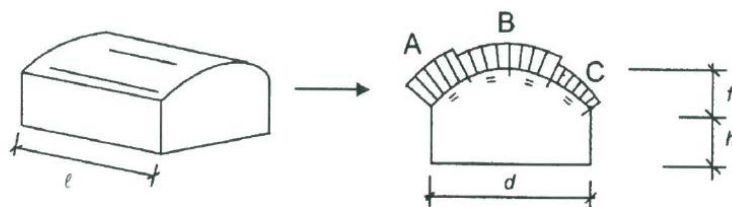
SOUČinitele	h/d	OBLAST				
		A	B	C	D	E
výsledný c_{pe}		-1,20	-0,80	-0,50	0,71	-0,32
Zatěžovací šířka = 1,00 m						
Charakteristické hodnoty tlaku		-1,00	-0,67	-0,42	0,59	-0,27

kN/m²



5.2.2.1 VÍTR PŘÍČNÝ – PRAVÝ / LEVÝ

- Bylo zjištěno, že výška oblouku, ku rozpětí konstrukce (f/d), přesahuje ve všech místech hodnotu 0,5.
- Z tohoto poznatku vyplývá, že pro zatěžování oblouku střešní konstrukce, budou použity maximální hodnoty $C_{pe,10}$.



$$C_{pe,10,A} = 0,8 \Rightarrow w_{e,A} = -0,8 \cdot 0,832 = \underline{-0,67 \text{ kN} \cdot \text{m}^2}$$

$$C_{pe,10,B} = -1,2 \Rightarrow w_{e,B} = -1,2 \cdot 0,832 = \underline{-1,00 \text{ kN} \cdot \text{m}^2}$$

$$C_{pe,10,C} = -0,4 \Rightarrow w_{e,C} = -0,4 \cdot 0,832 = \underline{-0,33 \text{ kN} \cdot \text{m}^2}$$

STATICKÝ VÝPOČET

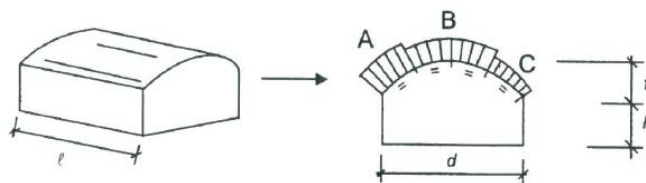
Součinitele vnějších tlaků pro svislé stěny s pravoúhlým půdorysem PŘÍČNÝ SMĚR

rozměr rovnoběžný s větrem $d = 12,00$ m
rozměr kolmý na směr větru $b = 20,40$ m
 $h/d = 0,58$
výška objektu $h = 7,000$ m
 $e = \min(b; 2h) = 14,00$ m

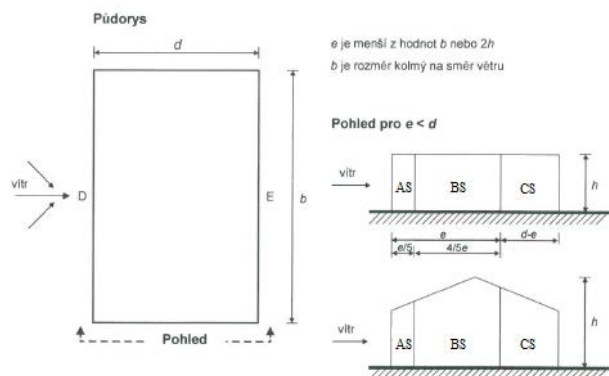
SOUČINITELE	h/d	OBLAST				
		AS	BS	CS	D	E
výsledný c_{pe}		-1,20	-0,80	-0,50	0,74	-0,39
Zatěžovací šířka = 1,50 m						
Charakteristické hodnoty tlaku		-1,50	-1,00	-0,62	0,93	-0,49

kN/m

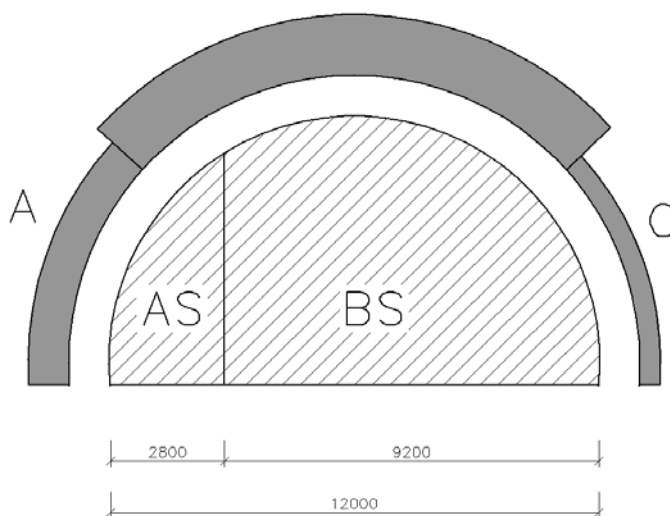
PŘÍČNÝ VÍTR PŮSOBÍCÍ NA STŘEŠNÍ KONSTRUKCI



PŘÍČNÝ VÍTR PŮSOBÍCÍ NA STĚNY

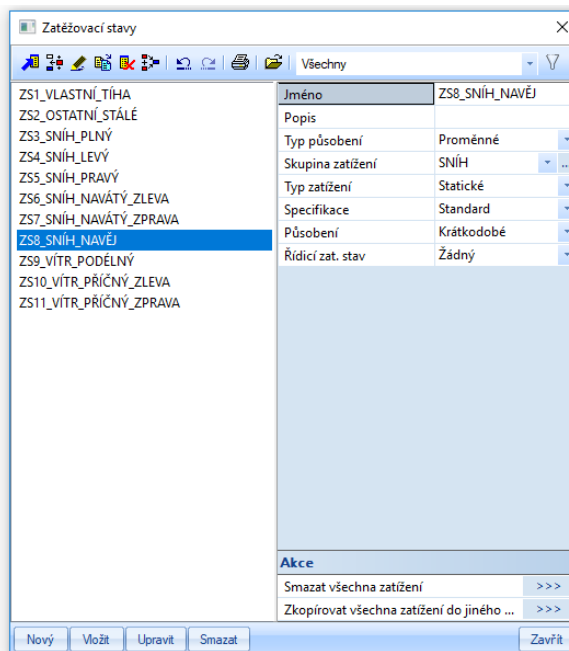


783 10435 783
B



- V místech sloupů jsou zatěžovány stěny dle oblasti D a E

5.3 ZATĚŽOVACÍ STAVY



5.4 KOMBINACE

5.4.1 KOMBINACE PRO MSÚ

Kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti byla provedena dle rovnice 6.10a a 6.10b.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

5.4.2 KOMBINACE PRO MSP

Kombinace zatížení pro mezní stav použitelnosti byla provedena dle rovnice 6.14b.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

5.5 ÚČINKY ZATÍŽENÍ

Označení účinku	Zahrnuté zatěžovací stavy	Specifikace
G	ZS1, ZS2	Stálé
Qs	ZS3, ZS4, ZS5, ZS6, ZS7, ZS8	Sníh
Qw	ZS9, ZS10, ZS11	Vítr

6. POSOUZENÍ KONSTRUKCE NA MSÚ

Posouzení konstrukce na mezní stav únosnosti bylo provedeno pomocí výpočetního softwaru Scia engineer. Jednotlivé posudky, jsou uvedeny v příloze. Následně byly vybrány prvky, u kterých bylo provedeno ověření ručním výpočtem. Prvky pro ruční výpočet byly vybrány s ohledem na výsledky ve výpočetním programu a důležitosti jejich funkce v konstrukci.

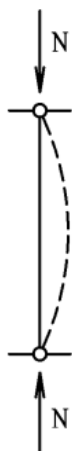
Všechny prvky jsou navrženy z uzavřených trubkových průřezů, z čehož vyplývá, že tyto prvky nejsou náchylné na klopení, prostorový vzpěr a nejsou náchylné ke zkroucení.

Vzhledem k tomu, že se jedná o velmi atypickou konstrukci, která je zároveň celá prosklená, rozhodoval při posuzování celé konstrukce mezní stav použitelnosti. Z čehož vyplývá, že mezní stav únosnosti je značně předimenzován tak, aby konstrukce vyhověla na MSP.

6.1 VÝPIS JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ NA KONSTRUKCI

Název prvku	Průřez
Čelní sloupy	TR ø168,3x8,0
Boční sloupy	TR ø273,0x12,5
Nosné lemování	TR ø273,0x12,5
Diagonály tvořící střešní kci.	TR ø101,6x10,0
Konstrukční dílce	TR ø114,3x5,0

7. URČOVÁNÍ VZPĚRNÝCH DÉLEK



Vzpěrná délka L_{cr} je délka náhradního, kloubově uloženého prutu (stejného průřezu), který má stejnou kritickou sílu jako vyšetřovaný prut.

Vzpěrnou délku je možné určit jako vzdálenost inflexních bodů průhybové křivky při vybočení, tj. délku jedné sinusové půlvlny (viz obr.).

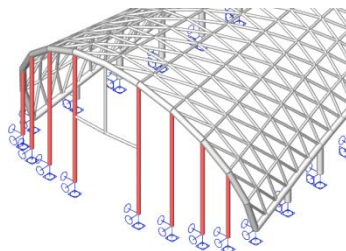
Vzpěrná délka se stanovuje obvykle z výrazu:

$$L_{cr} = \beta L$$

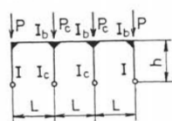
Ldélka prutu

βsoučinitel vzpěrné délky

7.1 VZPĚRNÉ DÉLKY ČELNÍCH SLOUPŮ



Vzhledem k tomu, že sloupy tvoří s konstrukcí rám, byly vzpěrné délky spočteny jako trojice sousedících ráků, kdy výška těchto ráků byla vzata jako střední hodnota proměnné výšky a obdobně bylo uděláno rozpětí mezi ráky.



pro krajní sloupy:	$\frac{6 + 1,2\kappa}{3 + 0,1\kappa} \sqrt{\frac{1 + \psi}{1 + \eta}}$	$\psi = \frac{P_c}{P}$ $\eta = \frac{I_c}{I}$ <p>Platí pro:</p> $\beta \leq 6$ $0,5L < L_c < 2L$
pro střední sloup:	$\frac{6 + 1,2\kappa}{3 + 0,1\kappa} \sqrt{\frac{1 + \psi}{1 + \eta} \frac{\eta}{\psi}}$	

$$L = 1,4\text{m} \quad h = 5,7\text{m}$$

$$P_c = P \Rightarrow \psi = 1,0$$

$$I_c = I = 1,297 \times 10^{-5} \text{ m}^4 \Rightarrow \eta = 1,0$$

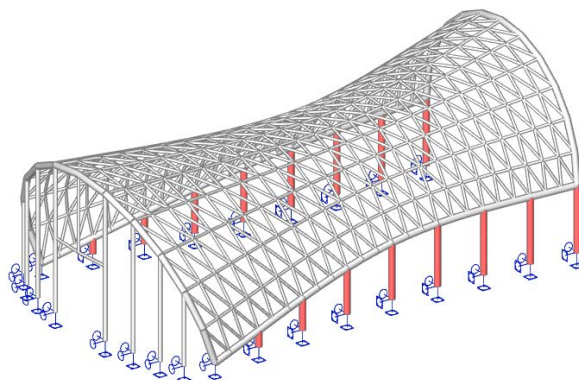
$$I_b = 8,697 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$k = \frac{I * L}{I_b * h} = \frac{1,297 * 10^{-5} * 1,4}{8,697 * 10^{-4} * 5,7} = 0,004$$

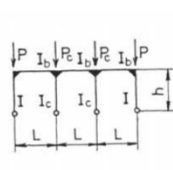
$$\beta = \frac{6 + 1,2k}{3 + 0,1k} * \sqrt{\frac{1 + \psi}{1 + \eta}} = \frac{6 + 1,2 * 0,004}{3 + 0,1 * 0,004} * \sqrt{\frac{1 + 1}{1 + 1}} = 2,00$$

Vzpěrná délka je totožná jak pro krajní, tak i pro vnitřní sloupy vzhledem k tomu, že součinitelé ψ a η , jsou rovny 1,0.

7.2 VZPĚRNÉ DÉLKY BOČNÍCH SLOUPŮ



Vzhledem k tomu, že sloupy tvoří s konstrukcí rám, byly vzpěrné délky spočteny jako trojice sousedících ráků, kdy výška těchto ráků byla vzata jako střední hodnota proměnné výšky a obdobně bylo uděláno rozpětí mezi ráky.

	<p>pro krajní sloupy:</p> $\frac{6 + 12k}{3 + 0,1k} \sqrt{\frac{1 + \psi}{1 + \eta}}$ <p>pro střední sloup:</p> $\frac{6 + 12k}{3 + 0,1k} \sqrt{\frac{1 + \psi}{1 + \eta}} \sqrt{\frac{\eta}{\psi}}$	<p>1) $\psi = \frac{P_c}{P}$ $\eta = \frac{I_c}{I}$ Platí pro: $\beta \leq 6$ $0,5L < L_c < 2L$</p>
--	--	---

$$L = 2,2\text{m} \quad h = 2,8\text{m}$$

$$P_c = P \Rightarrow \psi = 1,0$$

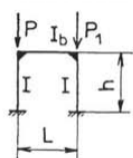
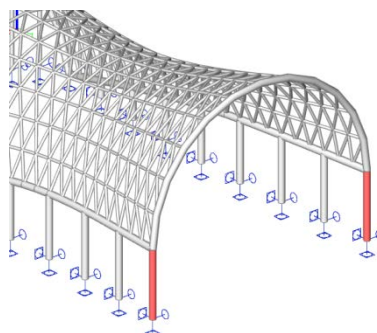
$$I_c = I = I_b = 8,697 \times 10^{-4} \text{ m}^4 \Rightarrow \eta = 1,0$$

$$k = \frac{I * L}{I_b * h} = \frac{8,697 * 10^{-4} * 2,2}{8,697 * 10^{-4} * 2,8} = 0,786$$

$$\beta = \frac{6 + 1,2k}{3 + 0,1k} * \sqrt{\frac{1 + \psi}{1 + \eta}} = \frac{6 + 1,2 * 0,786}{3 + 0,1 * 0,786} * \sqrt{\frac{1 + 1}{1 + 1}} = 2,26$$

Vzpěrná délka je totožná jak pro krajní, tak i pro vnitřní sloupy vzhledem k tomu, že součinitelé ψ a η , jsou rovny 1,0.

7.3 VZPĚRNÁ DÉLKA ZADNÍCH SLOUPŮ TVOŘÍCÍ RÁM



$$\beta_1 \sqrt{1 + 0,35\kappa - 0,017\kappa^2}$$

¹⁾ $\kappa = \frac{IL}{I_b h}$; vzorec platí pro $\kappa \leq 10$, pokud není v tabulce uvedeno jinak.

²⁾ $\beta_1 = 0,7 \sqrt{1 + \frac{P_1}{P}}$ platí pro: $0 \leq P_1 \leq P$, je-li P_1 tahem, dosazuje se $P_1 = 0$.

$L = 10,446\text{m}$ $h = 2,9\text{m}$

$P_c = P \Rightarrow \beta_1 = 0,7 * \sqrt{1 + 1} = 0,7$

$I = I_b = 8,697 \times 10^{-4} \text{ m}^4$

$k = \frac{I * L}{I_b * h} = \frac{8,697 * 10^{-4} * 10,446}{8,697 * 10^{-4} * 2,9} = 3,60$

$\beta = \beta_1 * \sqrt{1 + 0,35k - 0,017k^2} = 0,7 * \sqrt{1 + 0,35 * 3,6 - 0,017 * 3,6^2} = 1,0$

8. MSÚ - POSOUZENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ

8.1 SLOUPY V ČELE – TR Ø168,3x8,0

DÍLEC B13:

VNITŘNÍ SÍLY	
N_{Ed}	-182,88 kN
$V_{y,Ed}$	-3,92 kN
$V_{z,Ed}$	-2,82 kN
T_{Ed}	-0,92 kNm
$M_{y,Ed}$	9,03 kNm
$M_{z,Ed}$	3,39 kNm

Klíč kombinace

MSÚ / ZS1 + ZS2_OSTATNÍ_STÁLÉ +
0.75*ZS7_SNÍH_NAVÁTÝ_ZPRAVA +
1.50*ZS11_VÍTR_PŘÍČNÝ_ZPRAVA

Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a
A [m ²]	4,0300e-03	
A_y [m ²], A_z [m ²]	2,5648e-03	2,5648e-03
A_L [m ² /m], A_D [m ² /m]	5,2900e-01	1,0071e+00
$C_{y,ucs}$ [mm], $C_{z,ucs}$ [mm]	84	84
α [deg]	0,00	
I_y [m ⁴], I_z [m ⁴]	1,2970e-05	1,2970e-05
i_y [mm], i_z [mm]	57	57
$W_{el,y}$ [m ³], $W_{el,z}$ [m ³]	1,5400e-04	1,5400e-04
$W_{pl,y}$ [m ³], $W_{pl,z}$ [m ³]	2,0249e-04	2,0249e-04
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	7,30e+04	7,30e+04
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	7,30e+04	7,30e+04
d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m ⁴], I_w [m ⁶]	2,5950e-05	2,5036e-40
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Obrázek		

Klasifikace průřezu:

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

Ohýbaná část

$$d = 168,3 \text{ mm}$$

$$t = 8 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{168,3}{8} = 21,04 \leq 50 * \varepsilon^2 = 72 * 0,814^2 = 33,13$$

TŘÍDA 1

Rovinný vzpěr:

$$L_{cr,y} = L \cdot \beta = 3,205 \cdot 1,0 = 3,205 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = L \cdot \beta = 3,205 \cdot 2,0 = 6,410 \text{ m}$$

Kritické síly:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,297 \cdot 10^{-5}}{3,205^2} = 2617,00 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,29 \cdot 10^{-5}}{6,410^2} = 654,25 \text{ kN}$$

Poměrné štíhlosti:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{4,03 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{2617,00 \cdot 10^3}} = 0,74$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_z}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{4,03 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{654,25 \cdot 10^3}} = 1,47$$

Součinitel imperfekce:

Křivka „a“ – $\alpha = 0,21$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,74 - 0,2) + 0,74^2] = 0,83 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,47 - 0,2) + 1,47^2] = 1,71 \end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,83 + \sqrt{0,83^2 - 0,74^2}} = 0,83$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{1,71 + \sqrt{1,71^2 - 1,2^2}} = 0,38$$

STATICKÝ VÝPOČET

Únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,83 * 4,03 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1,0} = 1187,44 kN$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,38 * 4,03 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1,0} = 543,65 kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{182,88}{543,65} = 0,34 < 1,0 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

Posouzení ohybu a osového tlaku:**Únosnost normálové síly**

$$N_{Rk} = A * f_y = 4,03 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 1430,65 kN$$

Únosnost v ohybu

$$M_{Rk,y} = M_{Rk,z} = W_{pl,y} * f_y = 2,03 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 72,07 kNm$$

Interakční součinitelé**Směr Y:**

$$c_{my} = 0,9 \text{ (posuvnost styčniců – POSUVNÉ)}$$

 k_{yy} : (průřez nenáchylný ke kroucení)

$$\chi_y = 0,83$$

$$c_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) \leq c_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right)$$

$$0,9 \left(1 + (0,74 - 0,2) * \frac{182,88}{\frac{0,83 * 1430,65}{1,0}} \right) \leq 0,9 \left(1 + 0,8 \frac{182,88}{\frac{0,83 * 1430,65}{1,0}} \right)$$

$$0,97 \leq 1,01$$

$$k_{yy} = 0,97$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 0,97 = 0,58$$

STATICKÝ VÝPOČET**Směr Z:**

Neuvažujeme, vzhledem k třetinové hodnotě momentu oproti M_y .

$$C_{mz}=0,0 \Rightarrow k_{zy}=0,0 \Rightarrow k_{yz}=0,0$$

Součinitel klopení

$$\chi_{LT} = 1,0$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y;Ed}}{\chi_{LT} * M_{y;Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z;Ed}}{\chi_{LT} * M_{z;Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{182,88}{0,83 * 1430,65} + 0,97 \frac{9,03}{1,0 * 72,07} + 0 \leq 1,0$$

$$\underline{\underline{0,27 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}}}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y;Ed}}{\chi_{LT} * M_{y;Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z;Ed}}{\chi_{LT} * M_{z;Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{182,88}{0,38 * 1430,65} + 0,58 \frac{9,03}{1,0 * 72,07} + 0 \leq 1,0$$

$$\underline{\underline{0,41 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}}}$$

PRVEK SPLŇUJE PODMÍNKY STABILITNÍHO POSUDKU.

8.2 SLOUPY BOČNÍ – TR Ø273,0x12,5

DÍLEC B78:

VNITŘNÍ SÍLY	
N_{Ed}	-43,67 kN
$V_{y,Ed}$	-1,26 kN
$V_{z,Ed}$	-36,85 kN
T_{Ed}	-0,37 kNm
$M_{y,Ed}$	-106,85 kNm
$M_{z,Ed}$	3,04 kNm

Klíč kombinace
MSÚ / ZS1 + ZS2_OSTATNÍ_STÁLÉ + 1.50*ZS11_VÍTR_PŘÍČNÝ_ZPRAVA

Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a
A [m ²]	1,0200e-02	
A _y [m ²], A _z [m ²]	6,5125e-03	6,5125e-03
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	8,5800e-01	1,6367e+00
c _{y,UCS} [mm], c _{z,UCS} [mm]	136	136
α [deg]	0,00	
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	8,6970e-05	8,6970e-05
i _y [mm], i _z [mm]	92	92
W _{el,y} [m ³], W _{el,z} [m ³]	6,3700e-04	6,3700e-04
W _{pl,y} [m ³], W _{pl,z} [m ³]	8,3552e-04	8,3552e-04
M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm]	3,01e+05	3,01e+05
M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm]	3,01e+05	3,01e+05
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
I _t [m ⁴], I _w [m ⁶]	1,7390e-04	6,0834e-39
β _y [mm], β _z [mm]	0	0
Obrázek		

Klasifikace průřezu:

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

Ohýbaná část

$$d = 273,0\text{mm}$$

$$t = 12,5\text{mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{273}{12,5} = 21,84 \leq 50 * \varepsilon^2 = 72 * 0,814^2 = 33,13$$

TŘÍDA 1

Rovinný vzpěr:

$$L_{cr,y} = L \cdot \beta = 2,417 \cdot 2,26 = 5,463 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = L \cdot \beta = 2,417 \cdot 1,00 = 2,417 \text{ m}$$

Kritické síly:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 8,697 \cdot 10^{-5}}{5,463^2} = 6040,00 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,29 \cdot 10^{-5}}{2,417^2} = 30\,850,00 \text{ kN}$$

$$\frac{\gamma_M \cdot N_{Ed}}{N_{cr}} = \frac{1,0 \cdot 43,67}{6040} = 0,007 \leq 0,04$$

Velikost tlakové síly umožňuje ignorovat účinky rovinného vzpěru.

$$\chi_y = 1,0$$

$$\chi_z = 1,0$$

Poměrné štíhlosti:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,02 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{6040 \cdot 10^3}} = 0,77$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_z}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1,02 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{30\,850 \cdot 10^3}} = 0,34$$

Posouzení ohybu a osového tlaku:**Únosnost normálové síly**

$$N_{Rk} = A * f_y = 1,02 * 10^{-2} * 355 * 10^6 = 3621,00 kN$$

Únosnost v ohybu

$$M_{Rk;y} = M_{Rk;z} = W_{pl,y} * f_y = 8,355 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 296,61 kNm$$

Interakční součinitelé**Směr Y:**

$$c_{my} = 0,9 \text{ (posuvnost styčniců – POSUVNÉ)}$$

 k_{yy} : (průřez nenáchylný ke kroucení)

$$\chi_y = 1,0$$

$$c_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) \leq c_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right)$$

$$0,9 \left(1 + (0,77 - 0,2) * \frac{43,67}{\frac{1,0 * 3621}{1,0}} \right) \leq 0,9 \left(1 + 0,8 \frac{43,67}{\frac{1,0 * 3621}{1,0}} \right)$$

$$0,90 \leq 0,90$$

$$k_{yy} = 0,90$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 0,90 = 0,54$$

Směr Z:

Neuvažujeme, vzhledem k zanedbatelnému momentu.

$$C_{mz}=0,0 \Rightarrow k_{zy}=0,0 \Rightarrow k_{yz}=0,0$$

Součinitel klopení

$$\chi_{LT} = 1,0$$

STATICKÝ VÝPOČET

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y;Ed}}{\chi_{LT} * M_{y;Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z;Ed}}{\chi_{LT} * M_{z;Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{43,67}{\frac{1,0 * 6040}{1,0}} + 0,90 \frac{106,85}{\frac{1,0 * 296,61}{1,0}} + 0 \leq 1,0$$

$$\underline{\underline{0,33 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}}}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y;Ed}}{\chi_{LT} * M_{y;Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z;Ed}}{\chi_{LT} * M_{z;Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{43,67}{\frac{1,0 * 6040}{1,0}} + 0,54 \frac{106,85}{\frac{1,0 * 296,61}{1,0}} + 0 \leq 1,0$$

$$\underline{\underline{0,21 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}}}$$

PRVEK SPLŇUJE PODMÍNKY STABILITNÍHO POSUDKU.

8.3 NOSNÉ LEMOVÁNÍ – TR Ø273,0x12,5

Vzhledem k tomu, že lemování konstrukce je tvořeno ze čtyř prvků, byl vybrán jeden na ruční posudek a to ten, který vycházel nejneprůzračněji na mezní stav únosnosti.

DÍLEČ B989:

VNITŘNÍ SÍLY	
N_{Ed}	-90,48 kN
$V_{y,Ed}$	2,55 kN
$V_{z,Ed}$	16,24 kN
T_{Ed}	-2,22 kNm
$M_{y,Ed}$	-50,59 kNm
$M_{z,Ed}$	-4,95 kNm

Klíč kombinace
MSÚ / 1.15*ZS1 + 1.15*ZS2_OSTATNÍ_STÁLÉ + 1.50*ZS8_SNÍH_NAVĚJ

Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a
A [m ²]	1,0200e-02	
A _y [m ²], A _z [m ²]	6,5125e-03	6,5125e-03
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	8,5800e-01	1,6367e+00
C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm]	136	136
α [deg]	0,00	
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	8,6970e-05	8,6970e-05
I _y [mm], I _z [mm]	92	92
W _{ely} [m ³], W _{elz} [m ³]	6,3700e-04	6,3700e-04
W _{ply} [m ³], W _{plz} [m ³]	8,3552e-04	8,3552e-04
M _{ply,+} [Nm], M _{ply,-} [Nm]	3,01e+05	3,01e+05
M _{plz,+} [Nm], M _{plz,-} [Nm]	3,01e+05	3,01e+05
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
I _t [m ⁴], I _w [m ⁶]	1,7390e-04	6,0834e-39
β _y [mm], β _z [mm]	0	0
Obrázek		

Klasifikace průřezu:

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

Ohýbaná část

$$d = 273 \text{ mm}$$

$$t = 12,3 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{273}{12,3} = 21,84 \leq 50 * \varepsilon^2 = 72 * 0,814^2 = 33,13$$

TŘÍDA 1

Rovinný vzpěr: $L_{cr,y} = 16,363\text{m}$ - délka celého oblouku, mezi jednotlivými sloupy $L_{cr,z} = 1,364\text{m}$ - vzdálenost mezi diagonálami**Kritické síly:**

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 8,697 * 10^{-5}}{16,363^2} = 673,29\text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 8,697 * 10^{-5}}{1,364^2} = 96940,00\text{kN}$$

Poměrné štíhlosti:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,02 * 10^{-2} * 355 * 10^6}{673,29 * 10^3}} = 2,32$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A * f_z}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1,02 * 10^{-2} * 355 * 10^6}{96940 * 10^3}} = 0,19$$

Součinitel imperfekce:Křivka „a“ – $\alpha=0,21$

$$\begin{aligned}\phi_y &= 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\ &= 0,5 * [1 + 0,21 * (2,32 - 0,2) + 2,32^2] = 3,41\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_z &= 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = \\ &= 0,5 * [1 + 0,21 * (0,19 - 0,2) + 0,19^2] = 0,52\end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{3,41 + \sqrt{3,41^2 - 2,32^2}} = 0,19$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,52 + \sqrt{0,52^2 - 0,19^2}} = 1,00$$

STATICKÝ VÝPOČET

Únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,19 * 1,02 * 10^{-2} * 355 * 10^6}{1,0} = 688,00kN$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{1,00 * 1,02 * 10^{-2} * 355 * 10^6}{1,0} = 3621,00kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{90,48}{688,00} = 0,13 < 1,0 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

Posouzení ohybu a osového tlaku:**Únosnost normálové síly**

$$N_{Rk} = A * f_y = 1,03 * 10^{-2} * 355 * 10^6 = 3621,00kN$$

Únosnost v ohybu

$$M_{Rk;y} = M_{Rk;z} = W_{pl,y} * f_y = 8,355 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 296,61kNm$$

Interakční součinitelé**Směr Y:**

$$c_{my} = 0,9 \text{ (posuvnost styčniců – POSUVNÉ)}$$

 k_{yy} : (průřez nenáchylný ke kroucení)

$$\chi_y = 0,19$$

$$c_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) \leq c_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right)$$

$$0,9 \left(1 + (2,32 - 0,2) * \frac{90,48}{\frac{0,19 * 3621}{1,0}} \right) \leq 0,9 \left(1 + 0,8 \frac{90,48}{\frac{0,19 * 3621}{1,0}} \right)$$

$$1,15 \leq 1,00$$

$$k_{yy} = 1,00$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 1,00 = 0,6$$

STATICKÝ VÝPOČET**Směr Z:**

Neuvažujeme, vzhledem k zanedbatelnému momentu.

$$C_{mz}=0,0 \Rightarrow k_{zy}0,0 \Rightarrow k_{yz}=0,0$$

Součinitel klopení

$$\chi_{LT} = 1,0$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y;Ed}}{\chi_{LT} * M_{y;Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z;Ed}}{\chi_{LT} * M_{z;Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{90,48}{0,19 * 3621} + 1,00 \frac{50,59}{1,0 * 296,61} + 0 \leq 1,0$$

$$\underline{\underline{0,31 < 1,0 \quad \quad \quad \text{VYHOVUJE}}}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y;Ed}}{\chi_{LT} * M_{y;Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z;Ed}}{\chi_{LT} * M_{z;Rk}} \leq 1,0$$

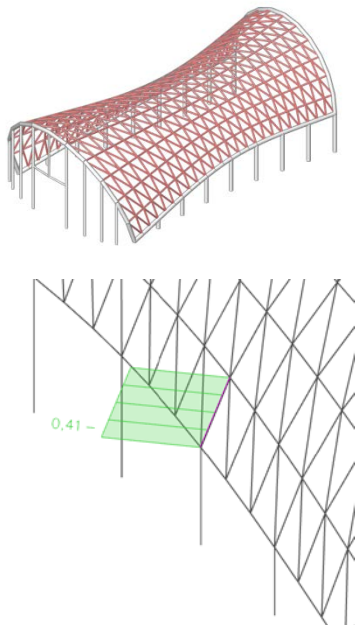
$$\frac{90,49}{1,00 * 3621} + 0,60 \frac{50,59}{1,0 * 296,61} + 0 \leq 1,0$$

$$\underline{\underline{0,13 < 1,0 \quad \quad \quad \text{VYHOVUJE}}}$$

PRVEK SPLŇUJE PODMÍNKY STABILITNÍHO POSUDKU.

8.4 NOSNÉ LEMOVÁNÍ – ØTR 101,6x10

DÍLEC B123:



VNITŘNÍ SÍLY	
N_{Ed}	-94,48 kN
$V_{y,Ed}$	-3,33 kN
$V_{z,Ed}$	-9,84 kN
T_{Ed}	-0,02 kNm
$M_{y,Ed}$	-9,36 kNm
$M_{z,Ed}$	-2,69 kNm

Klíč kombinace

MSÚ / 1.15*ZS1 + 1.15*ZS2_OSTATNÍ_STÁLÉ +
0.75*ZS6_SNÍH_NAVÁTÝ_ZLEVA +
1.50*ZS10_VÍTR_PŘÍČNÝ_ZLEVA

Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva	a	a
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z		
A [m²]	2,8800e-03	
A _y [m²], A _z [m²]	1,8320e-03	1,8320e-03
A _L [m²/m], A _O [m²/m]	3,1834e-01	5,7551e-01
c _{y,ucs} [mm], c _{z,ucs} [mm]	51	51
α [deg]	0,00	
I _y [m⁴], I _z [m⁴]	3,0500e-06	3,0500e-06
i _y [mm], i _z [mm]	33	33
W _{el,y} [m³], W _{el,z} [m³]	6,0100e-05	6,0100e-05
W _{pl,y} [m³], W _{pl,z} [m³]	8,3906e-05	8,3906e-05
M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm]	2,99e+04	2,99e+04
M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm]	2,99e+04	2,99e+04
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
I _t [m⁴], I _w [m⁶]	6,1000e-06	1,1189e-41
β _y [mm], β _z [mm]	0	0
Obrázek		

Klasifikace průřezu:

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

Ohýbaná část

$$d = 101,6 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{101,6}{10} = 10,16 \leq 50 * \varepsilon^2 = 72 * 0,814^2 = 33,13$$

TŘÍDA 1

Rovinný vzpěr:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,278\text{m} \quad - \quad \text{délka celého prutu}$$

Kritické síly:

$$N_{cr,y} = N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 3,05 * 10^{-6}}{1,278^2} = 3870,41\text{kN}$$

$$\frac{\gamma_M * N_{Ed}}{N_{cr}} = \frac{1,0 * 94,48}{3870,41} = 0,025 \leq 0,04$$

Velikost tlakové síly umožňuje ignorovat účinky rovinného vzpěru.

$$\chi_y = 1,0$$

$$\chi_y = 1,0$$

Poměrné štíhlosti:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{2,88 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{3870,41 * 10^3}} = 0,51$$

Posouzení ohybu a osového tlaku:**Únosnost normálové síly**

$$N_{Rk} = A * f_y = 2,88 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 1022,40\text{kN}$$

Únosnost v ohybu

$$M_{Rk,y} = M_{Rk,z} = W_{pl,y} * f_y = 8,39 * 10^{-5} * 355 * 10^6 = 29,78\text{kNm}$$

Interakční součinitelé**Směr Y:**

$$c_{my} = 0,9 \text{ (posuvnost styčniců – POSUVNÉ)}$$

 k_{yy} : (průřez nenáchylný ke kroucení)

$$\chi_y = 1,0$$

$$c_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) \leq c_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right)$$

STATICKÝ VÝPOČET

$$0,9 \left(1 + (0,51 - 0,2) * \frac{94,48}{\frac{1,0 * 1022,4}{1,0}} \right) \leq 0,9 \left(1 + 0,8 \frac{94,48}{\frac{1,0 * 1022,4}{1,0}} \right)$$

$$0,93 \leq 0,96$$

$$k_{yy} = 0,93$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 0,93 = 0,56$$

Směr Z:

Neuvažujeme, vzhledem k zanedbatelnému momentu M_z oproti M_y .

Moment M_z by výsledný posudek na MSÚ ovlivnil jen minimálně.

$$C_{mz}=0,0 \Rightarrow k_{zy}=0,0 \Rightarrow k_{yz}=0,0$$

Součinitel klopení

$$\chi_{LT} = 1,0$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yy} \frac{M_{y;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y;Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yz} \frac{M_{z;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{z;Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{94,48}{\frac{1,0 * 1022,4}{1,0}} + 0,93 \frac{9,36}{\frac{1,0 * 29,78}{1,0}} + 0 \leq 1,0$$

$$0,40 < 1,0 \quad \underline{\underline{VYHOVUJE}}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zy} \frac{M_{y;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y;Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zz} \frac{M_{z;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{z;Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{94,48}{\frac{1,00 * 1022,4}{1,0}} + 0,56 \frac{9,36}{\frac{1,0 * 29,78}{1,0}} + 0 \leq 1,0$$

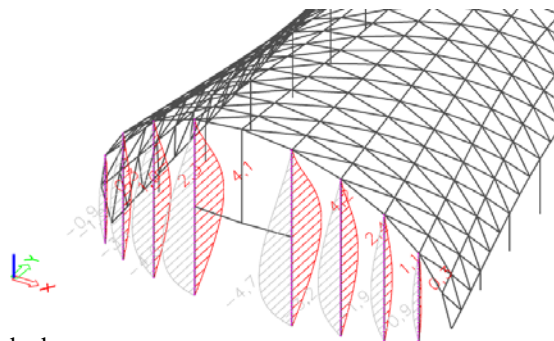
$$0,28 < 1,0 \quad \underline{\underline{VYHOVUJE}}$$

PRVEK SPLŇUJE PODMÍNKY STABILITNÍHO POSUDKU.

9. MSP

Vzhledem k tomu, že se jedná o kompletně zasklenou konstrukci, je přísný požadavek na mezní stav použitelnosti. Byly posouzeny zejména čelní a boční sloupy konstrukce.

Posouzení čelních sloupů:



Limitní průhyb sloupu:

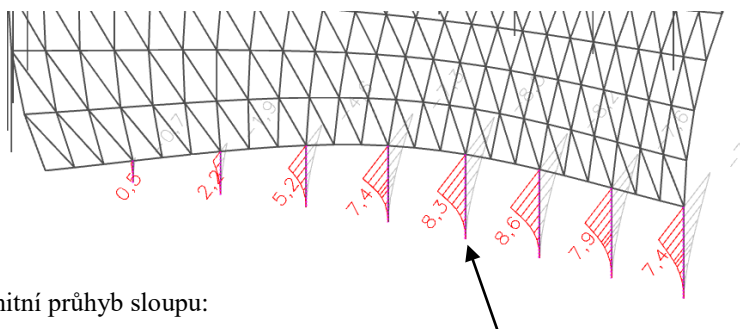
$$w_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{6344}{300} = 21,15mm$$

POSOUZENÍ:

$$w_{lim} = 4,7mm \geq w_{max} = 21,15mm$$

VYHOVUJE

Posouzení bočních sloupů:



Limitní průhyb sloupu:

$$w_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{2685}{300} = 8,95mm$$

POSOUZENÍ:

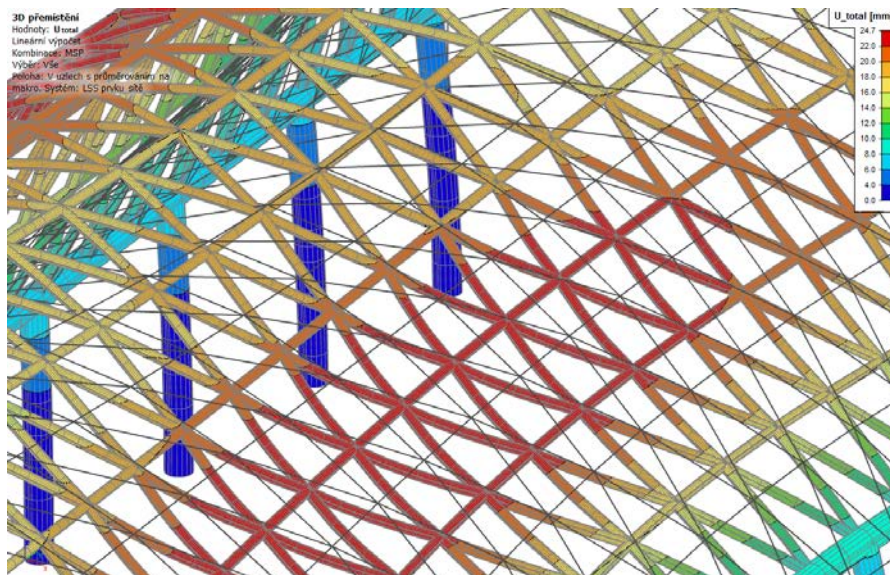
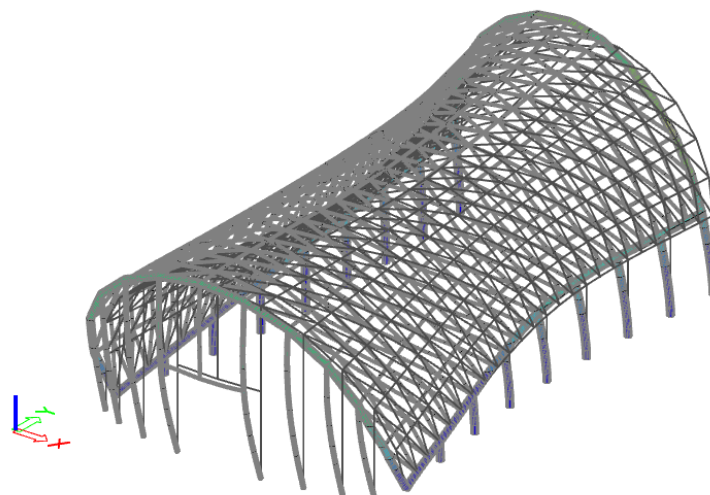
$$w_{lim} = 8,5mm \geq w_{max} = 8,95mm$$

VYHOVUJE

10. POSUDEK NA GLOBÁLNÍ DĚFORMACI

Pro zjištění globální deformace konstrukce, byl použit jak lineární, tak i nelineární výpočet.

Lineární výpočet:



Posouzení na globální deformaci:

Limitní deformaci střešní konstrukce:

$$w_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{9000}{300} = 30,0mm$$

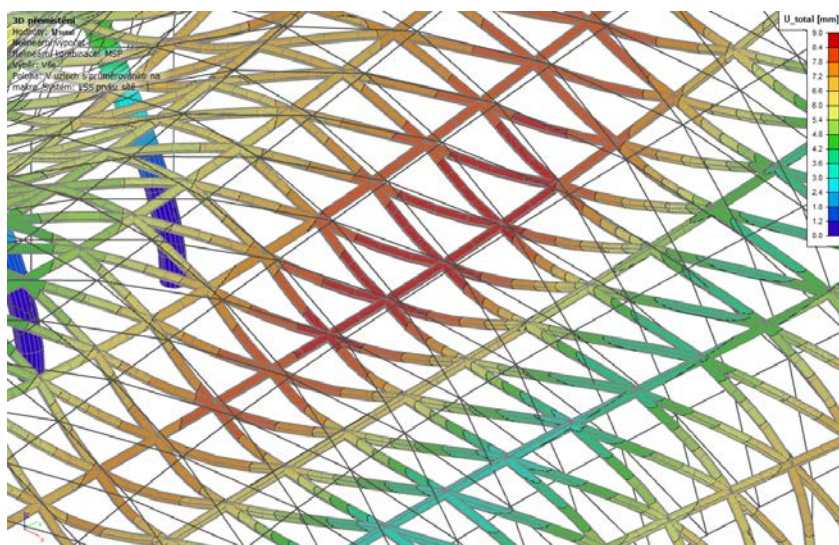
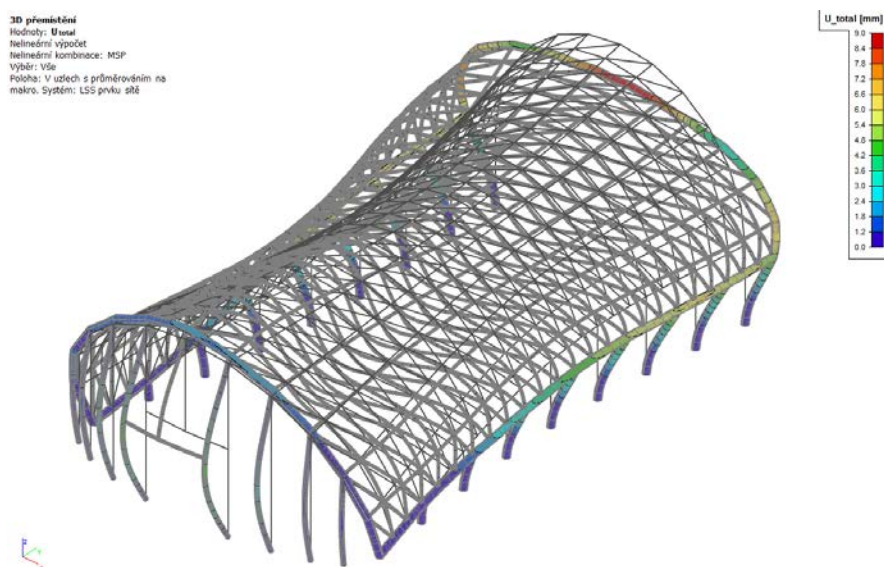
POSOUZENÍ:

$$w_{lim} = 24,7mm \geq w_{max} = 30,0mm$$

VYHOVUJE

Nelineární výpočet:

3D přemístění
Hodnoty: U_{total}
Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: MSP
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na
makro. Systém: LSS prvku sítě



Posouzení na globální deformaci:

Limitní deformaci střešní konstrukce:

$$w_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{9000}{300} = 30,0mm$$

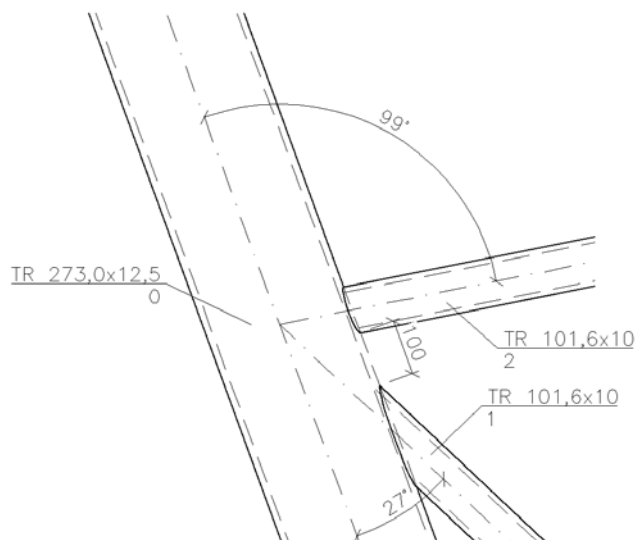
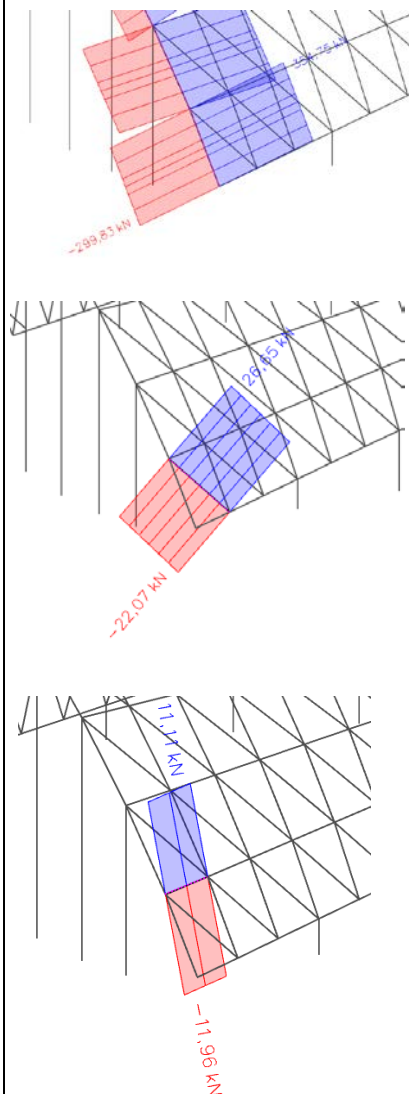
POSOUZENÍ:

$$w_{lim} = 9,0mm \geq w_{max} = 30,0mm$$

VYHOVUJE

11. POSUDEK STYČNÍKU „K“

Pro posouzení styčníku, bylo vybráno místo, s největšími působícími silami.



Vnitřní síly ve styčníku:

$$N_1 = 26,65 \text{ kN}$$

$$N_2 = -11,96 \text{ kN}$$

$$N_0 = 354,75 \text{ kN}$$

$$M_0 = 59,52 \text{ kNm}$$

Průřezové charakteristiky jednotlivých prvků:

Dolní pas: TR \emptyset 273,0x12,5

$$d_0 = 273,0 \text{ mm}$$

$$t_0 = 12,5 \text{ mm}$$

$$W_{el,0} = 637000 \text{ mm}^3$$

$$A_0 = 10200 \text{ mm}^2$$

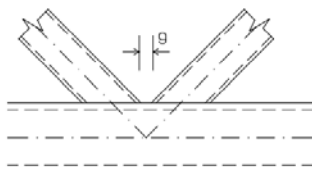
Diagonála 1 = Diagonála 2 : TR \emptyset 101,6x10,0

$$d_1 = d_2 = 101,6 \text{ mm}$$

$$t_1 = t_2 = 10,0 \text{ mm}$$

$$\theta_1 = 27^\circ$$

$$\theta_2 = 99^\circ$$



Rozsah platnosti pro svařované styčníky:

$$0,2 \leq \frac{d_1}{d_0} = \frac{101,6}{273} = 0,37 \leq 1,0$$

$$10 \leq \frac{d_0}{t_0} = \frac{273}{12,5} = 21,84 \leq 50$$

$$10 \leq \frac{d_1}{t_1} = \frac{101,3}{10} = 10,13 \leq 50$$

$$g = 100 \text{ mm} > t_1 + t_2 = 10 + 10 = 20$$

Styčník bude posuzován na porušení povrchu pásu a na prolomení smykem.

Porušení povrchu pásu:

$$N_{p,Ed} = N_{0,Ed} - \sum N_{i,Ed} * \cos \theta_i =$$

$$= 354,75 - (26,65 * \cos 27 - 11,96 * \cos 99) = 329,13 \text{ kN (TAH)}$$

$$\sigma_{p,Ed} = \frac{N_{p,Ed}}{A_0} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} = \frac{-329,13 * 10^3}{10200} + \frac{59,52 * 10^6}{637000} = 61,17 \text{ MPa (TLAK)}$$

$$n_p = \frac{\sigma_{p,Ed}}{\frac{f_{yo}}{\gamma_{M5}}} = \frac{61,17}{\frac{355}{1,0}} = 0,17 > 0$$

$$k_p = 1 - 0,3 * n_p * (1 + n_p) =$$

$$= 1 - 0,17 * 0,17 * (1 + 0,17) = 0,966$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 * t_0} = \frac{273}{2 * 12,5} = 10,92$$

$$k_g = \gamma^{0,2} * \left(1 + \frac{0,024 * \gamma^{1,2}}{1 + e^{0,5 * \frac{g}{t_0} - 1,33}} \right) =$$

$$= 10,92^{0,2} * \left(1 + \frac{0,024 * 10,92^{1,2}}{1 + e^{0,5 * \frac{100}{12,5} - 1,33}} \right) = 1,66$$

$$N_{1,Rd} = \frac{\frac{k_g * k_p * f_{yo} * t_0^2}{\sin \theta_i} * \left(1,8 + 10,2 * \frac{d_1}{d_0} \right)}{\gamma_{M5}} =$$

$$= \frac{\frac{1,66 * 0,966 * 355 * 12,5^2}{\sin 27} * \left(1,8 + 10,2 * \frac{101,6}{273,0} \right)}{1,0} = 1092,00 \text{ kN}$$

STATICKÝ VÝPOČET

$$N_{2,Rd} = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} * N_{1,Rd} = \frac{\sin 27}{\sin 99} * 1092,00 = 501,94 kN$$

POSOUZENÍ:

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{26,65}{1092,00} = 0,02 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} = \frac{11,96}{501,94} = 0,02 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Porušení smykem:

$$d_i \leq d_0 - 2 * t_0 \Rightarrow 60,3 \leq 168,3 - 2 * 12,5 = 143,3$$

$$N_{1,Rd} = \frac{\frac{f_{yo}}{\sqrt{3}} * t_0 * \pi * d_1 * \frac{1 + \sin\theta_1}{2\sin^2\theta_1}}{\gamma_{M5}} =$$

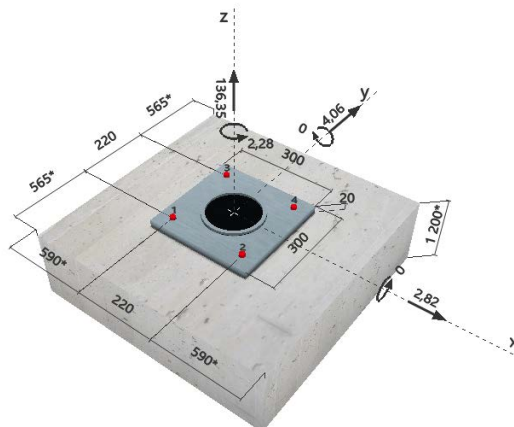
$$= \frac{\frac{355}{\sqrt{3}} * 12,5 * \pi * 101,6 * \frac{1 + \sin 27}{2\sin^2 27}}{1,0} = 2884,43 kN$$

POSOUZENÍ:

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{26,65}{2884,43} = 0,01 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

12. POSOUZENÍ KOTVENÍ

12.1 KOTVEN K1 - ČELNÍ SLOUPY



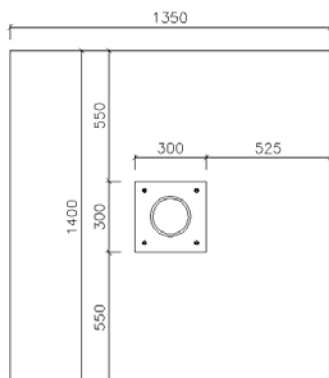
MAX. SÍLY V KOTVENÍ		
N_{Ed}	183,20 kN	TLAK
N_{Ed}	136,35 kN	TAH
$V_{Ed,x}$	2,82 kN	
$V_{Ed,y}$	4,06 kNm	
M_x	0,00 kNm	
M_y	0,00 kNm	
M_z	1,31 kNm	

Posouzení únosnosti betonové patky:

Jelikož je kotvení realizováno do základového pásu, je z tohoto pásu vyjmuta délka, nutná k únosnosti patky a následnému posouzení. V tomto případě zmiňovaná délka určená k posouzení činní 1000mm

Základový pás: 1350x1400x1200 mm

Patní plech: P20-300x300 mm



Započitatelné rozměry:

$$a_1 = \min \left\{ \begin{matrix} a + 2a_2 \\ 5a \\ a + h_c \\ 5b_c \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 300 + 2 \cdot 525 \\ 5 \cdot 300 \\ 300 + 1200 \\ 5 \cdot 1400 \end{matrix} \right\}$$

$$\min \left\{ \begin{matrix} 1350 \\ 1500 \\ 1500 \\ 7000 \end{matrix} \right\} = 1350 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min \left\{ \begin{matrix} b + 2b_2 \\ 5b \\ b + h_c \\ 5a_c \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 300 + 2 \cdot 550 \\ 5 \cdot 300 \\ 300 + 1200 \\ 5 \cdot 1350 \end{matrix} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{matrix} 1400 \\ 1500 \\ 1500 \\ 6750 \end{matrix} \right\} = 1400 \text{ mm}$$

Součinitel kontrakce napětí:

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1350 \cdot 1400}{300 \cdot 300}} = 4,58$$

Návrhová pevnost betonu:

$$f_j = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 \cdot 4,58 \cdot 25}{1,5} = 51,14 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky:

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{m0}}} = 20 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 51,14 \cdot 1,0}} = 30,42 \text{ mm}$$

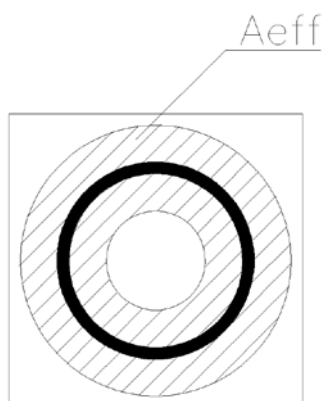
Účinná šířka patní desky:

$$A_{eff} = 35230 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost a posouzení:

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_j = 35230 \cdot 51,14 = 1802,00 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 183,20 \text{ kN} < N_{Rd} = 1802,00 \text{ kN} \quad \text{VYYHOVUJE}$$



Kotevní šrouby:

Jelikož je patka namáhána jak tahem, tlakem, tak i ohybovým momentem, byl návrh kotevních šroubů navrhnout pomocí programu **HILTI PROFIS Anchor**.

Výpočet zahrnuje: Porušení oceli, Vytržení betonového kužele, Kombinaci porušení oceli a vytržení betonového kužele, Porušení rozštěpením betonu.

Samotný statický posudek, který byl v programu proveden, je součástí přílohy ke statickému výpočtu.

Pomocí programu HILTI PROFIS Anchor, bylo taktéž zjištěno, že smykové síly přenesou navržené kotevní šrouby, ovšem za předpokladu návrhové metody ETAG.

Tato metoda předpokládá, že mezi kotvami a kotevní deskou, není žádná vůle. Z tohoto důvodu budou injektovány prstencové mezery lepící hmotou dostatečné pevnosti. Samotný návrh lepící hmoty bude proveden dodatečně.

Typ a velikost kotvy: 4 x HIT-RE 500 V3 HIT-V(8.8) M16

Efektivní hloubka kotvení: 250mm

Svarové spoje:

Připojení sloupu k patnímu plechu.

Pro posouzení svaru, byla použita zjednodušená metoda.

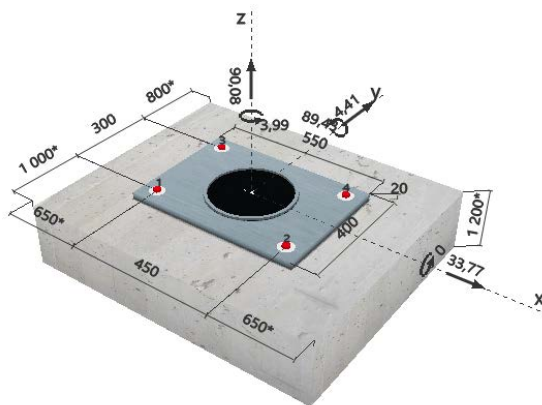
$l = 512 \text{ mm}$ - přibližná délka ovaření, brána na stranu bezpečnou

$a = 3 \text{ mm}$

$$V_{Ed,x} \leq F_{w,Rd} = \frac{a * l * f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{m2}} = \frac{3 * 512 * 490}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,25} = 386,25 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,x} = 183,20 \text{ kN} < F_{w,Rd} = 386,25 \text{ kN} \quad \text{VYYHOVUJE}$$

12.2 KOTVENÍ K2 - ZADNÍ SLOUP



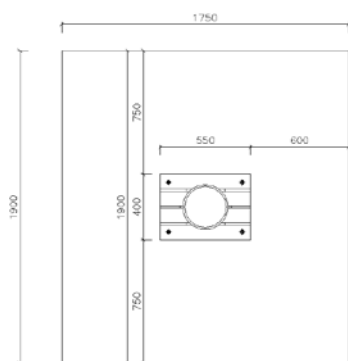
MAX. SÍLY V KOTVENÍ		
N_{Ed}	107,63 kN	TLAK
N_{Ed}	90,08 kN	TAH
$V_{Ed,x}$	33,77 kN	
$V_{Ed,y}$	4,41 kNm	
M_x	0,00 kNm	
M_y	89,43 kNm	
M_z	3,99 kNm	

Posouzení únosnosti betonové patky:

Jelikož je kotvení realizováno do základového pásu, je z tohoto pásu vyjmuta délka a šířka, nutná k únosnosti patky a následnému posouzení. V tomto případě zmiňovaná velikost patky činí:

Patka: 1900x1750x1200mm

Patní plech: P20-550x400mm



Započitatelné rozměry:

$$a_1 = \min \begin{Bmatrix} a + 2a_2 \\ 5a \\ a + h_c \\ 5b_c \end{Bmatrix} = \min \begin{Bmatrix} 550 + 2 \cdot 600 \\ 5 \cdot 550 \\ 550 + 1200 \\ 5 \cdot 1900 \end{Bmatrix}$$

$$\min \begin{Bmatrix} 1750 \\ 2750 \\ 1750 \\ 9500 \end{Bmatrix} = 1750mm$$

STATICKÝ VÝPOČET

$$b_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} b + 2b_2 \\ 5b \\ b + h_c \\ 5a_c \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 400 + 2 * 750 \\ 5 * 400 \\ 400 + 1200 \\ 5 * 1750 \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 1900 \\ 2000 \\ 1600 \\ 8750 \end{array} \right\} = 1600mm$$

Součinitel kontrakce napětí:

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a * b}} = \sqrt{\frac{1750 * 1600}{550 * 400}} = 3,56$$

Návrhová pevnost betonu:

$$f_j = \frac{0,67 * k_j * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 * 3,56 * 25}{1,5} = 39,75MPa$$

Účinná šířka patní desky:

$$c = t * \sqrt{\frac{f_y}{3 * f_j * \gamma_{m0}}} = 20 * \sqrt{\frac{355}{3 * 39,75 * 1,0}} = 34,50mm$$

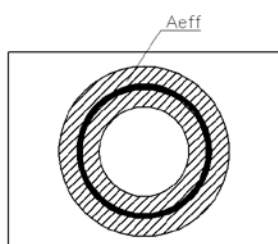
Účinná šířka patní desky:

$$A_{eff} = 66099mm^2$$

Návrhová únosnost a posouzení:

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_j = 66099 * 39,75 = 2627,00 kN$$

$$N_{Ed} = 107,63kN < N_{Rd} = 2627,00kN \quad \text{VYHOVUJE}$$



Kotevní šrouby:

Jelikož je patka namáhána jak tahem, tlakem, tak i ohybovým momentem, byl návrh kotevních šroubů navrhnout pomocí programu **HILTI PROFIS Anchor**.

Výpočet zahrnuje: Porušení oceli, Vytržení betonového kužele, Kombinaci porušení oceli a vytržení betonového kužele, Porušení rozštěpením betonu.

Samotný statický posudek, který byl v programu proveden, je součástí přílohy ke statickému výpočtu.

Typ a velikost kotvy: 4 x HIT-RE 500 V3 HIT-V(8.8) M24

Efektivní hloubka kotvení: 450mm

Svarové spoje:

Vzhledem k menší síle působící na kotvení K2 oproti K1, není potřeba posuzovat svarový spoj sloupu k patnímu plechu. Svarový spoj je tedy navrhnout o velikosti 4mm.

Posouzení smykové síly a návrh smykové zarážky:

Smyková zarážka: IPE80

$$W_{pl,y} = 23200 \text{ mm}^3$$

$$A_v = 764 \text{ mm}^2$$

Délka smykové zarážky = 100mm

Návrhová únosnost zarážky:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = \frac{764 * 355}{\sqrt{3} * 1,0} = 161,65 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$V_{Ed} = 33,77 \text{ kN} < V_{pl,Rd} = 161,65 \text{ kN} \quad \text{VYYHOVUJE}$$

Posouzení na ohyb:

$$M_{Ed} = V_{Ed} * 0,5 * h = 33,77 * 0,5 * 100 = 1,69 kNm$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{2,32 * 10^{-5} * 355 * 10^6}{1,0} = 8,24 kNm$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{1,69}{8,24} = 0,20 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru okolo zarážky:

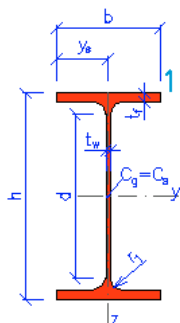
Pro posouzení svaru, byla použita zjednodušená metoda.

$l = 250 \text{ mm}$ - přibližná délka ovaření, brána na stranu bezpečnou

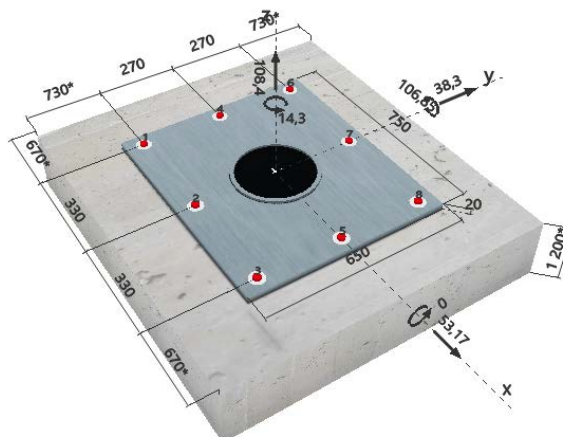
$a = 3 \text{ mm}$

$$V_{Ed,x} \leq F_{w,Rd} = \frac{a * l * f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{m2}} = \frac{3 * 250 * 490}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,25} = 188,60 kN$$

$$V_{Ed,x} = 33,77 kN < F_{w,Rd} = 188,60 kN \quad \text{VYHOVUJE}$$



12.3 KOTVEN K3 - BOČNÍ SLOUPY



MAX. SÍLY V KOTVENÍ		
N_{Ed}	130,75 kN	TLAK
N_{Ed}	108,40 kN	TAH
$V_{Ed,x}$	53,17 kN	
$V_{Ed,y}$	38,30 kNm	
M_x	0,00 kNm	
M_y	106,85 kNm	
M_z	14,30 kNm	

Posouzení únosnosti betonové patky:

Jelikož je kotvení realizováno do základového pásu, je z tohoto pásu vyjmuta délka a šířka, nutná k únosnosti patky a následnému posouzení. V tomto případě zmiňovaná velikost patky činí:

Patka: 2000x2000x1200mm

Patní plech: P20-750x650mm

Vzhledem k velikosti patky, patnímu plechu a síle, která v tomto kotvení působí, není potřeba posuzovat únosnost betonové patky.

Vycházíme z poznatků od výpočtu betonové patky u kotvení K2

Kotevní šrouby:

Jelikož je patka namáhána jak tahem, tlakem, tak i ohybovým momentem, byl návrh kotevních šroubů navrhnut pomocí programu **HILTI PROFIS Anchor**.

Výpočet zahrnuje: Porušení oceli, Vytržení betonového kužele, Kombinaci porušení oceli a vytržení betonového kužele, Porušení rozštěpením betonu.

Pomocí programu HILTI PROFIS Anchor, bylo taktéž zjištěno, že smykové síly přenesou navržené kotevní šrouby, ovšem za předpokladu návrhové metody SOFA.

Tato metoda předpokládá, že mezi kotvami a kotevní deskou, není žádná vůle. Z tohoto důvodu budou injektovány prstencové mezery lepící hmotou dostatečné pevnosti. Samotný návrh lepící hmoty bude proveden dodatečně.

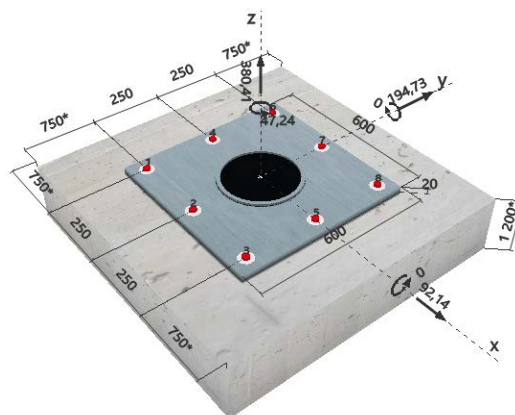
Typ a velikost kotvy: **8 x HIT-RE 500 V3 HIT-V(8.8) M20**

Efektivní hloubka kotvení: **400mm**

Svarové spoje:

Navržený svar, pro připojení sloupu k patnímu plechu má velikost 4mm a není potřeba jej posuzovat. Vyházíme z poznatků z předešlých výpočtů.

12.4 KOTVEN K4 - NOSNÉ LEMOVÁNÍ



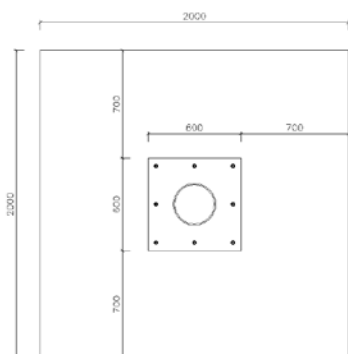
MAX. SÍLY V KOTVENÍ		
N_{Ed}	433,17 kN	TLAK
N_{Ed}	380,41 kN	TAH
$V_{Ed,x}$	92,14 kN	
$V_{Ed,y}$	194,73 kNm	
M_x	0,00 kNm	
M_y	0,00 kNm	
M_z	47,24 kNm	

Posouzení únosnosti betonové patky:

Jelikož je kotvení realizováno do základového pásu, je z tohoto pásu vyjmuta délka a šířka, nutná k únosnosti patky a následnému posouzení. V tomto případě zmiňovaná velikost patky činí:

Patka: 2000x2000x1200mm

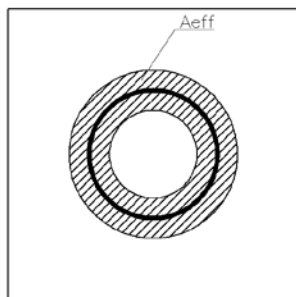
Patní plech: P20-600x600mm



Započitatelné rozměry:

$$a_1 = b_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} a + 2a_2 \\ 5a \\ a + h_c \\ 5b_c \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 600 + 2 \cdot 700 \\ 5 \cdot 600 \\ 600 + 1200 \\ 5 \cdot 2000 \end{array} \right\}$$

$$\min \left\{ \begin{array}{l} 2000 \\ 3000 \\ 1800 \\ 10000 \end{array} \right\} = 1800mm$$



Součinitel kontrakce napětí:

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a * b}} = \sqrt{\frac{1800 * 1800}{600 * 600}} = 3,00$$

Návrhová pevnost betonu:

$$f_j = \frac{0,67 * k_j * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 * 3,00 * 25}{1,5} = 33,50 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky:

$$c = t * \sqrt{\frac{f_y}{3 * f_j * \gamma_{m0}}} = 20 * \sqrt{\frac{355}{3 * 33,50 * 1,0}} = 37,60 \text{ mm}$$

Účinná šířka patní desky:

$$A_{eff} = 69266 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost a posouzení:

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_j = 69266 * 33,5 = 2320,00 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 4$$

$$433,17 \text{ kN} < N_{Rd} = 2320,00 \text{ kN} \quad \text{VYYHOVUJE}$$

Kotevní šrouby:

Jelikož je patka namáhána jak tahem, tlakem, tak i ohybovým momentem, byl návrh kotevních šroubů navrhnout pomocí programu **HILTI PROFIS Anchor**.

Výpočet zahrnuje: Porušení oceli, Vytržení betonového kužele, Kombinaci porušení oceli a vytržení betonového kužele, Porušení rozštěpením betonu.

Samotný statický posudek, který byl v programu proveden, je součástí přílohy ke statickému výpočtu.

Typ a velikost kotvy:

8 x HIT-RE 500 V3 HIT-V(8.8) M24

Efektivní hloubka kotvení:

450mm

Svarové spoje:

Sloup je k patnímu plechu přivařen pomocí koutového svaru a3.

Pro posouzení svaru, byla použita zjednodušená metoda.

$l = 857 \text{ mm}$ - přibližná délka ovaření, brána na stranu bezpečnou

$a = 4 \text{ mm}$

$F_{w,Ed} = 474,00 \text{ kN}$ – výslednice působících sil

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} = \frac{a * l * f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{m2}} = \frac{4 * 857 * 490}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,25} = 862,03 \text{ MPa}$$

$$F_{w,Ed} = 474,00 \text{ kN} < F_{w,Rd} = 862,03 \text{ kN} \quad \text{VYYHOVUJE}$$

Posouzení smykové síly a návrh smykové zarážky:

Smyková zarážka: IPE120

$$W_{pl,y} = 60800 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 13600 \text{ mm}^3$$

$$A_v = 1320 \text{ mm}^2$$

Délka smykové zarážky = 100mm

Návrhová únosnost zarážky:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = \frac{1320 * 355}{\sqrt{3} * 1,0} = 270,54 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$V_{Ed} = 194,73 \text{ kN} < V_{pl,Rd} = 270,54 \text{ kN} \quad \text{VYYHOVUJE}$$

STATICKÝ VÝPOČET

Posouzení na ohyb:

$$M_{Ed} = V_{Ed,y} * 0,5 * h = 194,73 * 0,5 * 100 = 9,74 kNm$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{6,08 * 10^{-5} * 355 * 10^6}{1,0} = 21,58 kNm$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{7,74}{21,58} = 0,33 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Vzhledem ke smykové síle, která působí i ve druhém směru, je nutno posoudit smykovou zarážku i na tuto smykovou sílu, tedy $V_{Ed,x} = 92,14 kN$

$$M_{Ed} = V_{Ed,x} * 0,5 * h = 92,14 * 0,5 * 100 = 4,60 kNm$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{1,36 * 10^{-5} * 355 * 10^6}{1,0} = 4,90 kNm$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{4,60}{4,90} = 0,93 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru okolo zarážky:

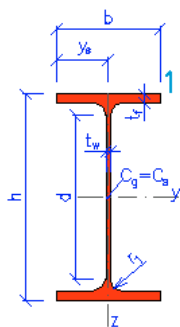
Pro posouzení svaru, byla použita zjednodušená metoda.

$l = 450 \text{ mm}$ - přibližná délka ovaření, brána na stranu bezpečnou

$a = 3 \text{ mm}$

$$V_{Ed} \leq F_{w,Rd} = \frac{a * l * f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{m2}} = \frac{3 * 450 * 490}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,25} = 339,48 kN$$

$$V_{Ed} = 194,73 kN < F_{w,Rd} = 339,48 kN \quad \text{VYHOVUJE}$$



POZNÁMKA KE KOTVENÍ KONSTRUKCE!

Všechna kotvení byla posouzena v programu **HILTI PROFIS Anchor** a to zejména na tahovou a smykovou sílu. Tlaková síla byla posouzena ručním výpočtem.

Smykové zarážky nebyly navrhovány v případech, kdy smykovou sílu přenesl navržený systém kotvení, který byl ověřen výpočtem v již zmiňovaném programu.

Veškeré pokyny ke kotvení stanovené výrobcem, jsou obsaženy v příloze kotvení HILTI a je nutno je dodržet.

V případě kdy není navržena kotevní zarážka, je nutnost vyplnění prstencových mezer mezi kotvami a patní deskou. Tyto mezery budou injektovány lepicí hmotou o dostatečné pevnosti. Pokud by nebyly prstencové mezery vyplněny, měl by účinek smykových sil fatální dopad na stabilitu konstrukce.

Samotná lepicí hmota bude navržena dodatečně od výrobce kotevního systému.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

E	modul pružnosti v tahu a tlaku
G	modul pružnosti ve smyku
f_y	mez kluzu
f_u	mez pružnosti
γ_{M0}	součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M1}	součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M2}	součinitel spolehlivosti materiálu
γ_s	objemová hmotnost
s	charakteristická hodnota zatížení sněhem
s_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem ve vánici
u_i	tvárový součinitel zatížení
c_e	součinitel expozice
c_t	tepelný součinitel
v_b	základní rychlost větru
c_{dir}	součinitel sněhu větru
c_{season}	součinitel ročního období
$c_{f(t)}$	součinitel drsnosti povrchu
$c_{0(z)}$	součinitel ortografie
Z	výška hřebene
Z_{min}	minimální výška
Z_0	parametr drsnosti povrchu
q_b	základní dynamický tlak větru
$I_{v(z)}$	intenzita turbulence
c_{pe}	součinitel vnějšího tlaku
w_e	tlak větru na vnější povrch
c_{pe10}	součinitel tlaku větru
h	výška prvku
b	šířka prvku
A	plocha průřezu
A_{eff}	efektivní plocha průřezu
I_y	moment setrvačnosti průřezu kolmý k ose y
I_z	moment setrvačnosti průřezu kolmý k ose z
I_t	moment tuhosti v prostém kroucení
I_w	výsečový moment setrvačnosti
W_{ely}	elastický průřezový model kolmý k ose k y
W_{elz}	elastický průřezový model kolmý k ose k z
$W_{eff,y}$	efektivní průřezový model kolmý k ose k y
$W_{eff,z}$	efektivní průřezový model kolmý k ose k z
$I_{eff,y}$	efektivní moment setrvačnosti průřezu kolmý k ose y
$I_{eff,z}$	efektivní moment setrvačnosti průřezu kolmý k ose z
W_{ely}	elastický průřezový model kolmý k ose k y
W_{elz}	elastický průřezový model kolmý k ose k z
N_{Ed}	návrhová normálová síla
V_{Ed}	návrhová posouvající síla
M_{Ed}	návrhový ohybový moment
t_f	tloušťka pásnice
t_w	tloušťka strojiny
$N_{c,Rd}$	návrhová únosnost v prostém tlaku
$N_{t,Rd}$	návrhová únosnost v tahu
$M_{pl,Rd}$	návrhová plastická únosnost v ohybu
$M_{el,Rd}$	návrhová elastická únosnost v ohybu
A_v	smysková plocha
$V_{pl,Rd}$	plastická smysková únosnost
λ_y	poměrová štíhlost k y
L_{cr}	vzpěrná délka
λ_z	poměrová štíhlost k ose z
$\lambda_{L,T}$	poměrová štíhlost při klopení
φ	hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti
$N_{b,RD}$	návrhová vzpěrná únosnost
C_1	součinitel
C_2	součinitel
C_3	součinitel
k_w	součinitel vzpěrné délky
π	Ludolfovo číslo
k_{wt}	bezrozměrný parametr kroucení
z_g	souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku
k_z	součinitel vzpěrné délky
ε	součinitel materiálový
μ_{cr}	bezrozměrný kritický moment
k_{yy}	součinitel interakce
k_{zy}	součinitel interakce
k_{yz}	součinitel interakce
k_{zz}	součinitel interakce
e_g	bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku
C_{my}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu



STATICKÝ VÝPOČET

C_{mT} součinitel ekvivalentního konstantního momentu

C_{mLT} součinitel ekvivalentního konstantního momentu

s_{max} největší průhyb vztažený k přímce na spojnicí podpor

L_{CRy} vzpěrná délka kolmá k ose y

L_{CRz} vzpěrná délka kolmá k ose z

t tloušťka prvku

d průměr prvku

a účinná výška tvaru

l_w délka tvaru

τ smykové napětí

σ normálové napětí

A_w plocha tvaru

f_{ub} mez plnosti materiálu šroubu

f_{yb} mez kluzu materiálu šroubu

l_{eff} efektivní délka

A_{net} oslabená průřezová plocha

e_1 vzdálenost šroubů od kraje

e_2 vzdálenost šroubů od kraje

p_1 vzdálenost šroubů mezi sebou

p_2 vzdálenost šroubů mezi sebou

d_0 průměr díry pro šroub

A_s průřezová plocha šroubu

h počet střízných rovin

β_u korelační součinitel

$\tau_{||}$ smykové napětí rovnoběžné s osou tvaru

τ_{\perp} smykové napětí kolmé s osou tvaru

f_{ck} charakteristická pevnost betonu ve spáře

γ_c součinitel spolehlivosti betonu

f_{ja} návrhová pevnost betonu ve spáře

k_j součinitel koncentrace napětí