

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ



Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

# DIPLOMOVÁ PRÁCE

ZASTŘEŠENÍ SPORTOVNÍ HALY

B. STATICKÝ VÝPOČET

PRAHA 2017

BC. JAN KAREŠ

**Obsah**

1	PŘEDMĚT ŘEŠENÍ .....	6
2	GEOMETRIE KONSTRUKCE .....	6
3	VÝPOČETNÍ MODEL .....	7
4	MATERIÁLY .....	8
5	ZATÍŽENÍ.....	8
5.1	STÁLÉ ZATÍŽENÍ.....	8
5.1.1	VLASTNÍ TÍHA .....	8
5.1.2	STŘEŠNÍ PLÁŠŤ .....	9
5.1.3	VYBAVENÍ HALY .....	9
5.2	NAHODILÉ ZATÍŽENÍ .....	9
5.2.1	UŽITNÉ ZATÍŽENÍ .....	9
5.2.2	ZATÍŽENÍ SNĚHEM .....	9
5.2.3	ZATÍŽENÍ VĚTREM .....	10
6	ZATĚŽOVACÍ STAVY .....	15
6.1	ZS 1 – VLASTNÍ TÍHA .....	15
6.2	ZS2 – OSTATNÍ STÁLÉ.....	15
6.3	ZS 3 – VYBAVENÍ HALY.....	15
6.4	ZS 4 – UŽITNÉ ZATÍŽENÍ.....	16
6.5	ZS 5 – ZATÍŽENÍ SNĚHEM.....	16
6.6	ZS 6 – ZATÍŽENÍ NA STĚNY – VÍTR PODÉLNÝ .....	17
6.7	ZS 7 – ZATÍŽENÍ NA STĚNY – VÍTR PŘÍČNÝ .....	17
6.8	ZS 8 – ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU – PODÉLNÝ, POUZE SÁNÍ.....	19
6.9	ZS 9 – ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU – PODÉLNÝ, TLAK I SÁNÍ.....	19
6.10	ZS 10 – ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU – PŘÍČNÝ, POUZE SÁNÍ .....	20
6.11	ZS 11 – ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU – PŘÍČNÝ, TLAK I SÁNÍ .....	21
7	<b>KOMBINACE</b> .....	22
8	NÁVRH A POSOUZENÍ – KROKEV .....	23
8.1	GEOMETRIE – KROKEV .....	23
8.2	VÝPOČTOVÝ MODEL – KROKEV.....	23
8.3	PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY .....	23

8.4	MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY .....	23
8.5	VNITŘNÍ SÍLY .....	24
8.6	MSÚ – POSOUZENÍ NA OHYB .....	25
8.7	MSÚ – POSOUZENÍ NA SMYK .....	25
8.8	MSP – POSOUZENÍ NA PRŮHYB .....	25
9	NÁVRH A POSOUZENÍ - VAZNICE.....	26
9.1	GEOMETRIE VAZNICE.....	26
9.2	VÝPOČTOVÝ MODEL .....	26
9.3	PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY .....	26
9.4	MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY .....	26
9.5	VNITŘNÍ SÍLY .....	27
9.6	MSÚ - POSOUZENÍ NA KOMBINACE OHYB + OSOVÝ TLAK.....	27
9.7	MSÚ - POSOUZENÍ NA SMYK.....	29
9.8	MSÚ - POSOUZENÍ NA TAH .....	30
9.9	MSÚ - POSOUZENÍ NA KOMBINACI OHYB + OSOVÝ TAH.....	30
9.10	MSP - POSOUZENÍ NA PRŮHYB .....	31
10	NÁVRH A POSOUZENÍ – PROSTOROVÁ VZPĚRA .....	32
10.1	GEOMETRIE VZPĚRY .....	32
10.2	VÝPOČTOVÝ MODEL.....	32
10.3	PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY .....	32
10.4	MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY .....	32
10.5	VNITŘNÍ SÍLY .....	33
10.6	MSÚ - POSOUZENÍ NA KOMBINACE OHYB + OSOVÝ TLAK .....	33
10.7	MSÚ - POSOUZENÍ NA SMYK .....	35
10.8	MSÚ - POSOUZENÍ NA TAH .....	36
10.9	MSÚ - POSOUZENÍ NA KOMBINACI OHYB + OSOVÝ TAH.....	36
11	NÁVRH A POSOUZENÍ – ROVINNÁ VZPĚRA.....	37
11.1	GEOMETRIE VZPĚRY .....	37
11.2	VÝPOČETNÍ MODEL.....	37
11.3	PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY .....	37
11.4	MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY .....	37
11.5	VNITŘNÍ SÍLY .....	38
11.6	MSÚ - POSOUZENÍ NA KOMBINACE OHYB + OSOVÝ TLAK .....	39

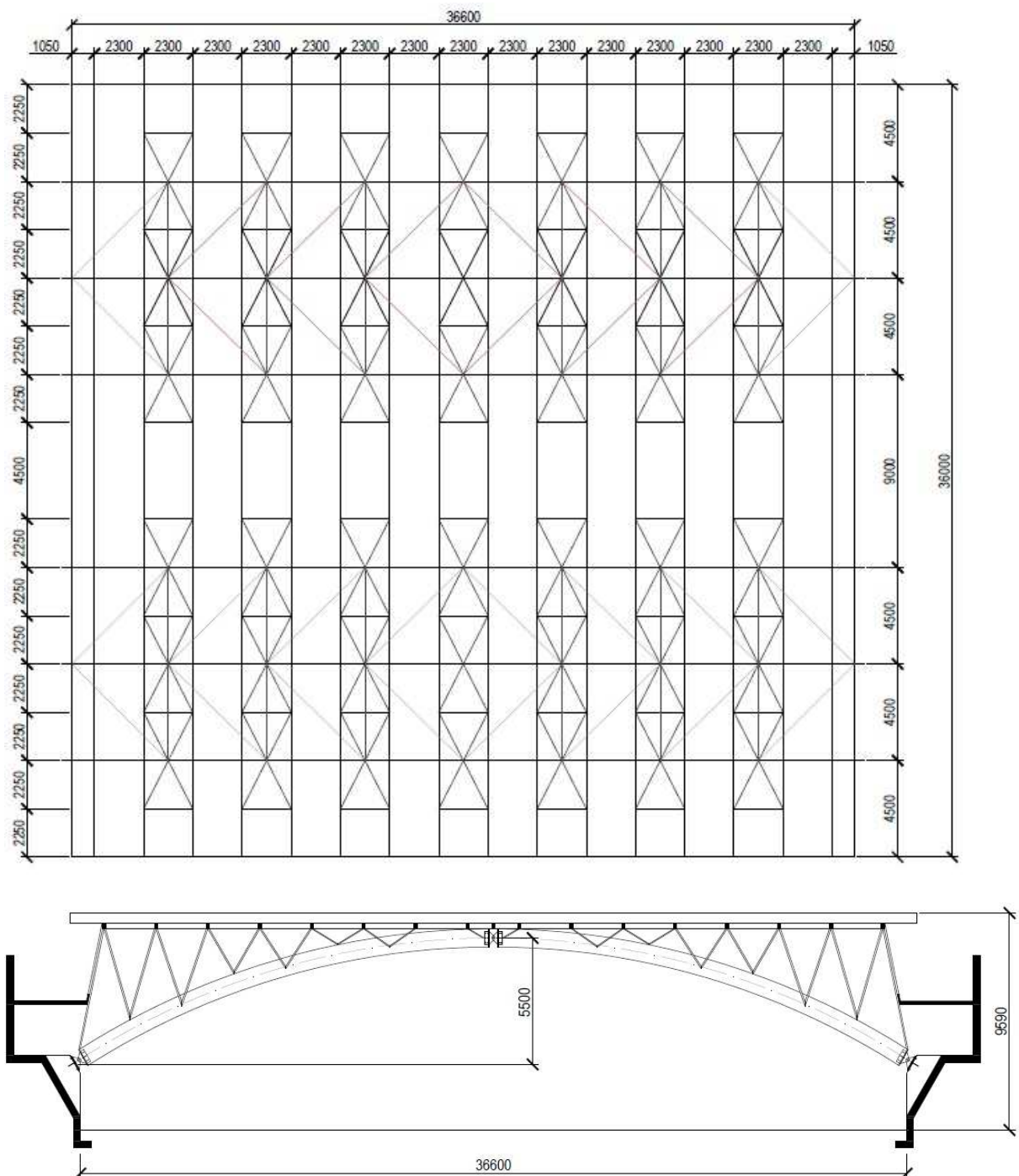
11.7	MSÚ - POSOUZENÍ NA SMYK .....	41
11.8	MSÚ - POSOUZENÍ NA TAH .....	42
11.9	MSÚ - POSOUZENÍ NA KOMBINACI OHYB + OSOVÝ TAH.....	42
12	NÁVRH A POSOUZENÍ – ZAKŘIVENÝ NOSNÍK .....	43
12.1	GEOMETRIE NOSNÍKU .....	43
12.2	VÝPOČETNÍ MODEL.....	43
12.3	PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY .....	43
12.4	MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY .....	43
12.5	VNITŘNÍ SÍLY .....	44
12.6	MSÚ - POSOUZENÍ NA KOMBINACE OHYB + OSOVÝ TLAK .....	44
12.7	MSÚ - POSOUZENÍ NA SMYK .....	49
12.8	MSÚ – POSOUZENÍ NAPĚTÍ V TAHU KOLMO K VLÁKNŮM VE VRCHOLU.....	50
12.9	MSP - POSOUZENÍ NA PRŮHYB .....	50
13	NÁVRH A POSOUZENÍ – DIAGONÁLNÍ ZTUŽIDLO .....	52
13.1	GEOMETRIE .....	52
13.2	VÝPOČTOVÝ MODEL.....	52
13.3	PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY .....	52
13.4	MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY .....	52
13.5	VNITŘNÍ SÍLY .....	52
13.6	MSÚ - POSOUZENÍ NA TAH .....	53
14	NÁVRH A POSOUZENÍ – KLOUBOVÝ PŘÍPOJ VAZNÍKU .....	54
14.1	MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY .....	54
14.2	REAKCE V PODPORÁCH .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
14.3	GEOMETRIE .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
14.3.1	geometrické požadavky na pruty ukončené čepovými spoji:.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
14.3.2	tloušťka a koncové rozteče styčnickového plechu čepu: .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
14.4	POSOUZENÍ ČEPU .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
14.4.1	POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI ČEPU VE STŘIHU .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
14.4.2	POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI ČEPU V OTLAČENÍ.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>

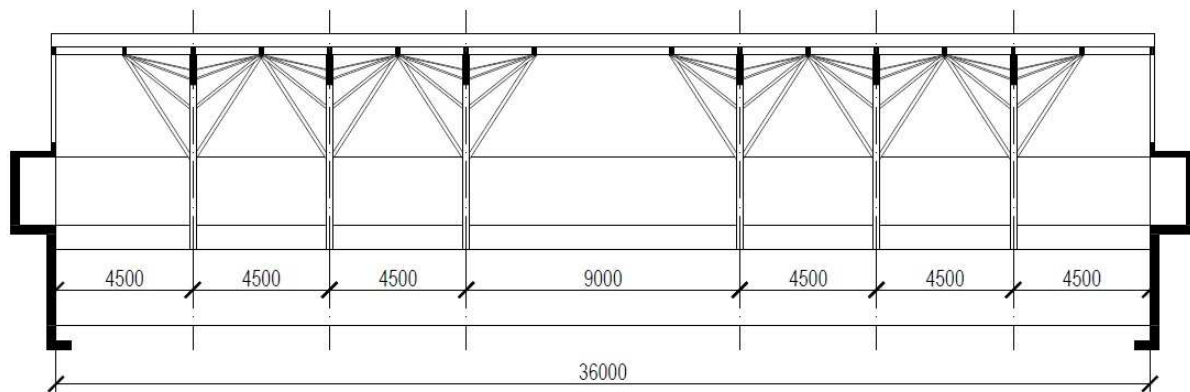
- 14.4.3 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI ČEPU V OHYBU ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 14.4.4 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI ČEPU PŘI KOMBINACI STŘIHU A OHYBU  
**Chyba! Záložka není definována.**
- 14.5 STYČNÍKOVÝ PLECH ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 14.5.1 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI PLECHU V OTLAČENÍ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 14.5.2 VZPĚRNÁ ÚNOSNOST: ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 14.6 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI SVARU ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 14.7 POSOUZENÍ SVORNÍKOVÉHO SPOJE OCEL - DŘEVO **Chyba! Záložka není definována.**
- 14.8 MINIMÁLNÍ HODNOTA ROZTEČÍ..... **Chyba! Záložka není definována.**
- 14.9 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI KOTEVNÍCH ŠROUBŮ V TAHU ..... 62
- 14.10 POSOUZENÍ KOTEVNÍCH ŠROUBŮ NA PROTLAČENÍ ..... 62
- 14.11 POSOUZENÍ PATNÍHO PLECHU ..... 62
- 14.12 POSOUZENÍ SMYKOVÉ ZARÁŽKY ..... 63

## 1 PŘEDMĚT ŘEŠENÍ

Předmětem řešení je statický návrh a posouzení nosných konstrukcí pro zastřešení sportovní haly. Jedná se o jednododní halu s plochou střechou o sklonu 2%. Nosnou konstrukci tvoří šest zakřivených trojkloubových nosníků, které jsou oporou pro vzpěry ve tvaru V, podpírající konstrukci střechy.

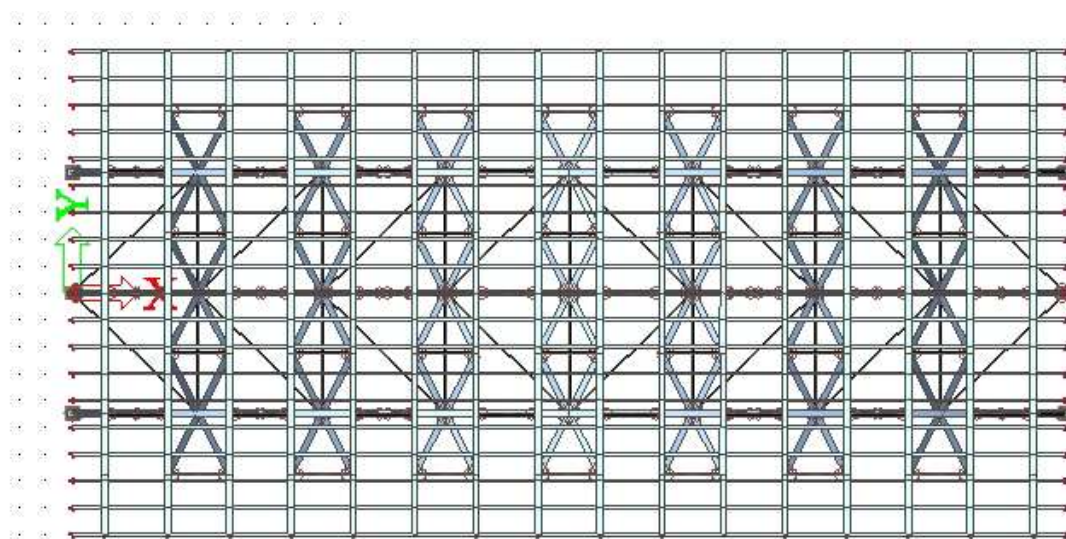
## 2 GEOMETRIE KONSTRUKCE

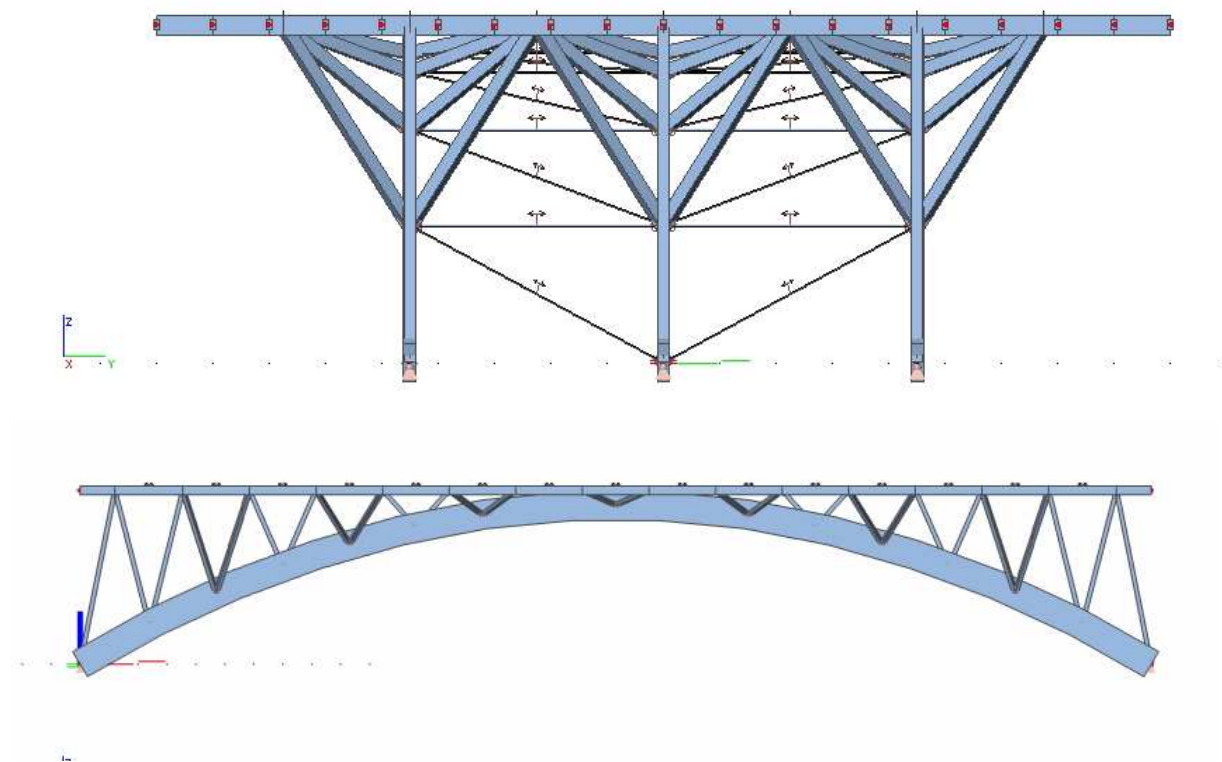




### 3 VÝPOČETNÍ MODEL

Konstrukce byla vymodelována ve výpočtovém programu Scia Engineer 2013. Pro větší přehlednost je vyobrazena jen polovina z celé konstrukce, která je symetrická.





## 4 MATERIÁLY

- Lepené lamelové dřevo GL24h: vazníky, vzpěry, vaznice, krokve
- Ocel S355: plechy, táhla, ztužidla

## 5 ZATÍŽENÍ

### 5.1 STÁLÉ ZATÍŽENÍ

#### 5.1.1 VLASTNÍ TÍHA

Vlastní tíha dřevěné a ocelové nosné konstrukce byla vygenerována použitým softwarem Scia Engineer 2013.

#### ZS 1 – vlastní tíha



### 5.1.2 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

Vrstvy střešního pláště byly použity tak, aby byly splněny požadavky normy ČSN 73 0540.

Skladba konstrukce	tloušťka [m]		tíha [kN/m <sup>2</sup> ]
Titanzinkový plech	0,008		0,064
Hydroizolace	0,008		0,048
Pojistná hydroizolace	0,004		0,012
Tepelná izolace KNAUF Classic	0,2		0,026
Asfaltový nátěr	-		0,012
Podkladní asfaltový pás ELASTOBIT	0,004		0,014
Záklop z prken	0,025		0,1625
<b>CELKEM</b>			<b>0,3385</b>

Pro výpočet byla brána hodnota objemové tíhy střešního pláště 0,34 kN/m<sup>2</sup>.

**ZS 2 – střešní plášť**

**0,34 kN/m<sup>2</sup>**

### 5.1.3 VYBAVENÍ HALY

Instalace, osvětlení

0,15 kN/m<sup>2</sup>

**ZS 3 – vybavení haly**

**0,15 kN/m<sup>2</sup>**

## 5.2 NAHODILÉ ZATÍŽENÍ

### 5.2.1 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Střecha kategorie H

0,75 kN/m<sup>2</sup>

**ZS 4 – užitné zatížení**

**0,75 kN/m<sup>2</sup>**

### 5.2.2 ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Vypočteno dle ČSN EN 1991-1-3

- Zatížení proměnné, krátkodobé, působící na průmět do vodorovné roviny

Lokalita stavby.....Brno

Sněhová oblast.....II

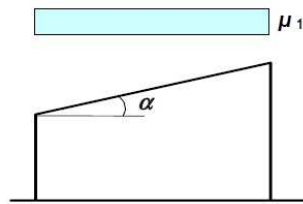
Sklon střechy.....3°

Součinitel expozice sfoukávání sněhu.....C<sub>e</sub> = 1

Součinitel tepla odtávání sněhu.....C<sub>t</sub> = 1

Charakteristická hodnota zatížení sněhem.....S<sub>k</sub> = 1 [kN/m<sup>2</sup>]

Tvarový součinitel závislý na sklonu střechy.....μ<sub>1,α</sub> = 0,8



Charakteristická hodnota zatížení sněhem:

$$S_k = C_e * C_t * S_k * \mu_{1,\alpha} = 1 * 1 * 1 * 0,8 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

**ZS 5 – zatížení sněhem**

**0,8 kN/m<sup>2</sup>**

### 5.2.3 ZATÍŽENÍ VĚTREM

Vypočteno dle ČSN EN 1991-1-4

- Zatížení proměnné, krátkodobé, působící kolmo na plochu

Lokalita stavby.....Brno

Větrová oblast.....II

Kategorie terénu.....IV

Měrná hmotnost vzduchu..... $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Výchozí základní rychlost větru..... $v_b = 25 \text{ m/s}$

**Základní dynamický tlak větru:**

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 = \frac{1}{2} * 1,25 * 25^2 = \mathbf{0,39 \frac{kN}{m^2}}$$

Součinitel turbulence..... $k_1 = 1$

Součinitel ortografie..... $c_o = 1$

Drsnost terénu – kat. terénu II..... $z_{o,II} = 0,05 \text{ m}$

Drsnost terénu – kat. terénu IV..... $z_{o,IV} = 1 \text{ m}$

Výška hřebene..... $z = 10 \text{ m}$

**Součinitel drsnosti terénu:**

$$C_r(z) = 0,19 * \left(\frac{z_{o,IV}}{z_{o,II}}\right)^{0,07} * \ln\left(\frac{z}{z_{o,IV}}\right)$$

$$C_r(10) = 0,19 * \left(\frac{1}{0,05}\right)^{0,07} * \ln\left(\frac{10}{1}\right) = \mathbf{0,54}$$

**Součinitel expozice zahrnující vliv terénu a výšky nad terénem:**

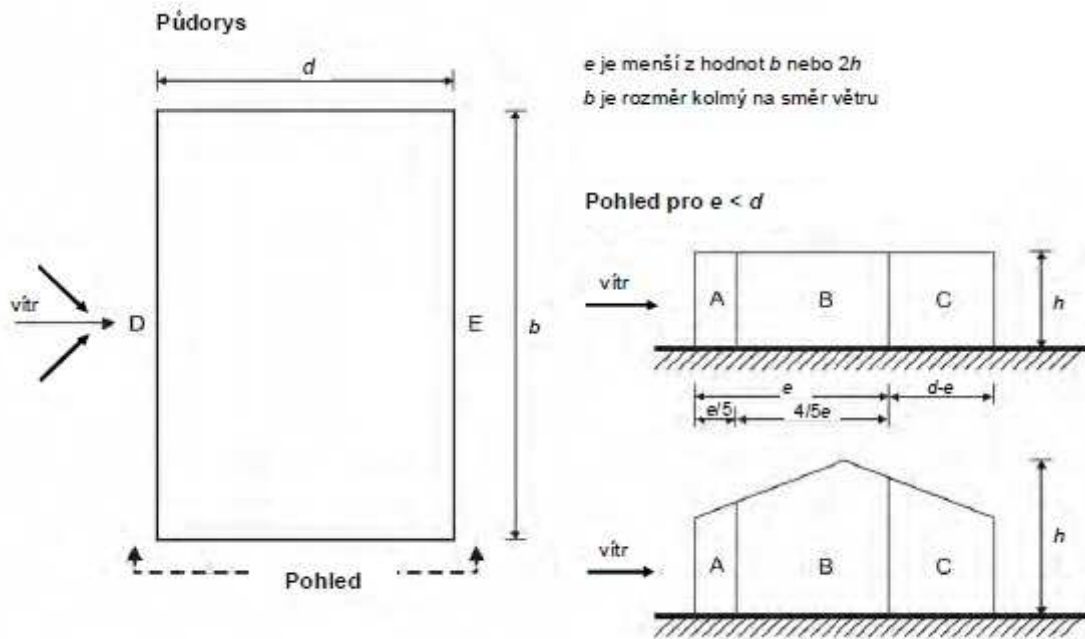
$$C_e(z) = \left(1 + 7 * \left(\frac{k_1}{c_o * \ln\frac{z}{z_{o,IV}}}\right)\right) * (c_o * c_r(z))^2$$

$$C_e(10) = \left(1 + 7 * \left(\frac{1}{1 * \ln\frac{10}{1}}\right)\right) * (1 * 0,54)^2 = \mathbf{1,178}$$

**Maximální dynamický tlak:**

$$q_p(z) = q_b(z) * c_e(z) = 0,39 * 1,178 = \mathbf{0,459}$$

## VÍTR PODÉLNÝ – ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STĚNY BUDOVOY



Oblast	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

$$h = 10 \text{ m}$$

$$b = 36 \text{ m}$$

$$d = 36,5 \text{ m}$$

$$h/d = 10/36,5 = 0,274$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(36; 20) = 20 \text{ m}$$

$$\text{oblast A} = e/5 = 4 \text{ m}$$

$$\text{oblast B} = 4e/5 = 16 \text{ m}$$

$$\text{oblast C} = d-e = 16,5 \text{ m}$$

## ZS 6 – zatížení na stěny - vítr podélný:

<b>oblast A:</b>	$W_{e,A} = q_p(z) * C_{pe,10,A} =$	$0,459 * (-1,2) =$	<b>-0,551 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast B:</b>	$W_{e,B} = q_p(z) * C_{pe,10,B} =$	$0,459 * (-0,8) =$	<b>-0,368 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast C:</b>	$W_{e,C} = q_p(z) * C_{pe,10,C} =$	$0,459 * (-0,5) =$	<b>-0,23 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast D:</b>	$W_{e,D} = q_p(z) * C_{pe,10,D} =$	$0,459 * (0,8) =$	<b>0,368 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast E:</b>	$W_{e,E} = q_p(z) * C_{pe,10,E} =$	$0,459 * (-0,3) =$	<b>-0,138 kN/m<sup>2</sup></b>

## VÍTR PŘÍČNÝ – ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STĚNY BUDOVOY

$$h = 10 \text{ m}$$

$$b = 36,5 \text{ m}$$

$$d = 36 \text{ m}$$

$$h/d = 10/36 = 0,278$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(36,5; 20) = 20 \text{ m}$$

$$\text{oblast A} = e/5 = 4 \text{ m}$$

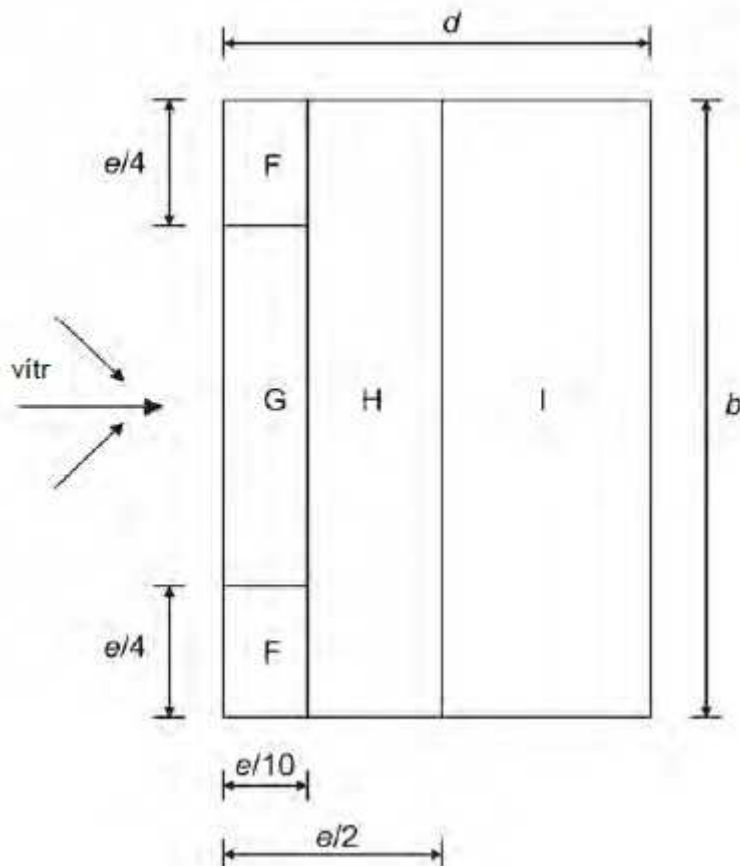
$$\text{oblast B} = 4e/5 = 16 \text{ m}$$

$$\text{oblast C} = d - e = 16 \text{ m}$$

### ZS 7 – zatížení na stěny – vítr příčný:

<b>oblast A:</b>	$w_{e,A} = q_p(z) * c_{pe,10,A} =$	$0,459 * (-1,2) =$	<b>-0,551 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast B:</b>	$w_{e,B} = q_p(z) * c_{pe,10,B} =$	$0,459 * (-0,8) =$	<b>-0,368 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast C:</b>	$w_{e,C} = q_p(z) * c_{pe,10,C} =$	$0,459 * (-0,5) =$	<b>-0,23 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast D:</b>	$w_{e,D} = q_p(z) * c_{pe,10,D} =$	$0,459 * (0,8) =$	<b>0,368 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast E:</b>	$w_{e,E} = q_p(z) * c_{pe,10,E} =$	$0,459 * (-0,3) =$	<b>-0,138 kN/m<sup>2</sup></b>

### VÍTR PODÉLNÝ – ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU BUDOVY – POUZE SÁNÍ



$e$  je menší z hodnot  $b$  nebo  $2h$   
 $b$  je rozměr kolmý na směr větru

$$h = 10 \text{ m}$$

$$b = 36 \text{ m}$$

$$d = 36,5 \text{ m}$$

$$h/d = 10/36,5 = 0,274$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(36; 20) = 20 \text{ m}$$

$$\text{oblast F,G} = e/10 = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{oblast H} &= e/2 - e/10 \\ &= 10 - 2 = 8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{oblast I} &= d - e/2 \\ &= 36,5 - 10 = 26,5 \text{ m} \end{aligned}$$

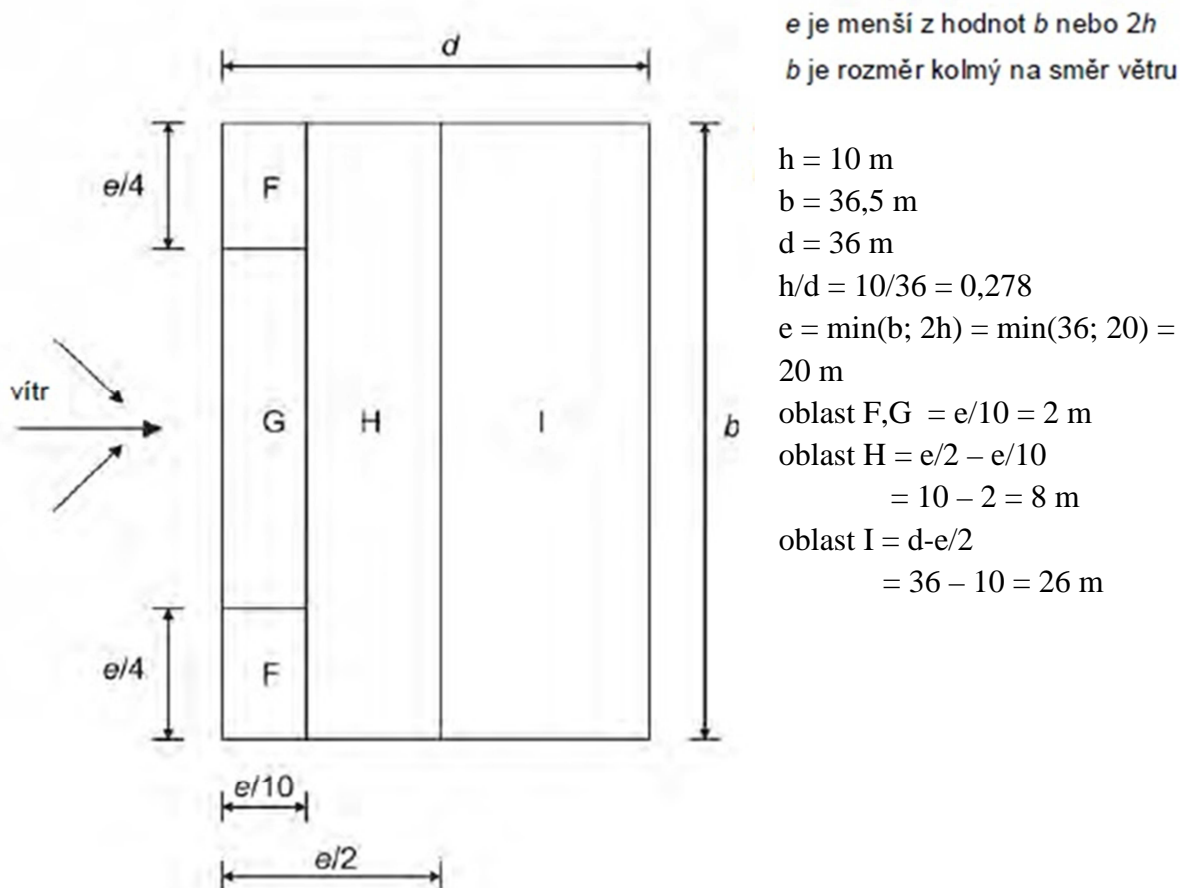
Typ střechy	Oblasti							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
Ostré hrany	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2

**ZS 8 – zatížení větrem na střechu – podélný, pouze sání**

<b>oblast F:</b>	$w_{e,F} = q_p(z) * C_{pe,10,F} =$	$0,459 * (-1,8) =$	<b>-0,827 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast G:</b>	$w_{e,G} = q_p(z) * C_{pe,10,G} =$	$0,459 * (-1,2) =$	<b>-0,551 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast H:</b>	$w_{e,H} = q_p(z) * C_{pe,10,H} =$	$0,459 * (-0,7) =$	<b>-0,322 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast I:</b>	$w_{e,I} = q_p(z) * C_{pe,10,I} =$	$0,459 * (-0,2) =$	<b>-0,092 kN/m<sup>2</sup></b>

**VÍTR PODÉLNÝ – ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU BUDOVOY – TLAK I SÁNÍ****ZS 9 – zatížení větrem na střechu – podélný, tlak i sání**

<b>oblast F:</b>	$w_{e,F} = q_p(z) * C_{pe,10,F} =$	$0,459 * (-1,8) =$	<b>-0,827 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast G:</b>	$w_{e,G} = q_p(z) * C_{pe,10,G} =$	$0,459 * (-1,2) =$	<b>-0,551 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast H:</b>	$w_{e,H} = q_p(z) * C_{pe,10,H} =$	$0,459 * (-0,7) =$	<b>-0,322 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast I:</b>	$w_{e,I} = q_p(z) * C_{pe,10,I} =$	$0,459 * (0,2) =$	<b>0,092 kN/m<sup>2</sup></b>

**VÍTR PŘÍČNÝ – ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU BUDOVOY – POUZE SÁNÍ**

Typ střechy	Oblasti							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
Ostré hrany	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2

**ZS 10 – zatížení větrem na střechu – příčný, pouze sání**

<b>oblast F:</b>	$w_{e,F} = q_p(z) * C_{pe,10,F} =$	$0,459 * (-1,8) =$	<b>-0,827 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast G:</b>	$w_{e,G} = q_p(z) * C_{pe,10,G} =$	$0,459 * (-1,2) =$	<b>-0,551 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast H:</b>	$w_{e,H} = q_p(z) * C_{pe,10,H} =$	$0,459 * (-0,7) =$	<b>-0,322 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast I:</b>	$w_{e,I} = q_p(z) * C_{pe,10,I} =$	$0,459 * (-0,2) =$	<b>-0,092 kN/m<sup>2</sup></b>

**ZS 11 – zatížení větrem na střechu – příčný, tlak i sání**

<b>oblast F:</b>	$w_{e,F} = q_p(z) * C_{pe,10,F} =$	$0,459 * (-1,8) =$	<b>-0,827 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast G:</b>	$w_{e,G} = q_p(z) * C_{pe,10,G} =$	$0,459 * (-1,2) =$	<b>-0,551 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast H:</b>	$w_{e,H} = q_p(z) * C_{pe,10,H} =$	$0,459 * (-0,7) =$	<b>-0,322 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>oblast I:</b>	$w_{e,I} = q_p(z) * C_{pe,10,I} =$	$0,459 * (0,2) =$	<b>0,092 kN/m<sup>2</sup></b>

## 6 ZATĚŽOVACÍ STAVY

### 6.1 ZS 1 – VLASTNÍ TÍHA

Generováno výpočetním programem Scia Engineer 2013 –  $g_{k1}$

### 6.2 ZS2 – OSTATNÍ STÁLÉ

Střešní plášť, plošná tíha

$$g_k = 0,34 \text{ kN/m}^2$$

Zatěžovací šířka, krokv v poli

$$ZS = 1 \text{ m}$$

→ liniové zatížení, krokv v poli

$$g_{k2} = g_k * ZS = 0,34 * 1 = \mathbf{0,34 \text{ kN/m}}$$

→ liniové zatížení, krajní krokv

$$g_{k2kraj} = g_k * ZS * 0,5 = 0,34 * 0,5 = \mathbf{0,17 \text{ kN/m}}$$



### 6.3 ZS 3 – VYBAVENÍ HALY

Instalace, osvětlení, plošná tíha

$$g_k = 0,15 \text{ kN/m}^2$$

Zatěžovací šířka, krokv v poli

$$ZS = 1 \text{ m}$$

→ liniové zatížení, krokv v poli

$$g_{k3} = g_k * ZS = 0,15 * 1 = \mathbf{0,15 \text{ kN/m}}$$

→ liniové zatížení, krajní krokv

$$g_{k3kraj} = g_k * ZS * 0,5 = 0,15 * 0,5 = \mathbf{0,075 \text{ kN/m}}$$



## 6.4 ZS 4 – UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Zatížení užité, plošná tíha

$$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

Zatěžovací šířka, krokev v poli

$$ZS = 1 \text{ m}$$

→ liniové zatížení, krokev v poli

$$q_k = q_k * ZS = 0,75 * 1 = \mathbf{0,75 \text{ kN/m}}$$

→ liniové zatížení, krajní krokev

$$q_{k,kraj} = q_k * ZS * 0,5 = 0,75 * 0,5 = \mathbf{0,375 \text{ kN/m}}$$



## 6.5 ZS 5 – ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Sníh sk, plošná tíha

$$s_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

Zatěžovací šířka, krokev v poli

$$ZS = 1 \text{ m}$$

→ liniové zatížení, krokev v poli

$$s_k = s_k * ZS = 0,8 * 1 = \mathbf{0,8 \text{ kN/m}}$$

→ liniové zatížení, krajní krokev

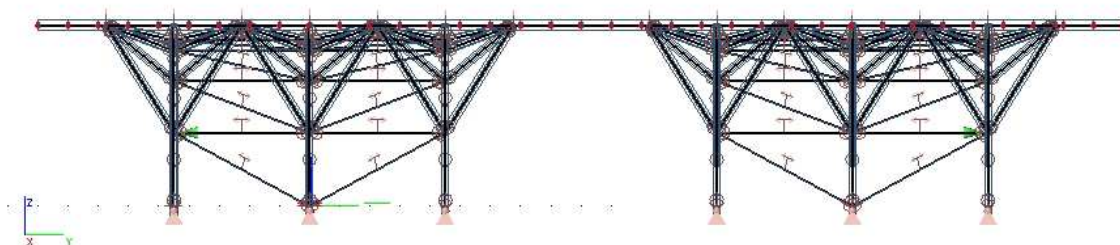
$$s_{k,kraj} = s_k * ZS * 0,5 = 0,8 * 0,5 = \mathbf{0,4 \text{ kN/m}}$$





## 6.6 ZS 6 – ZATÍŽENÍ NA STĚNY – VÍTR PODÉLNÝ

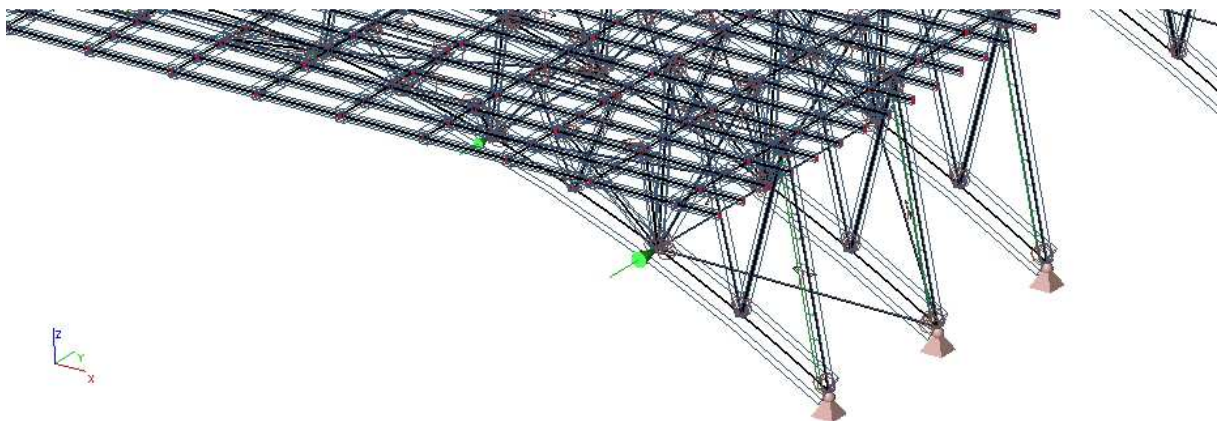
Oblast A:	plošná tíha	$w_{e,A} = -0,551 \text{ kN/m}^2$
	zatěžovací šířka	ZS = 4 m
	→ liniové zatížení	$w_{k6,A} = w_{e,A} * ZS = -2,204 \text{ kN/m}$
Oblast B:	plošná tíha	$w_{e,B} = -0,368 \text{ kN/m}^2$
	zatěžovací šířka	ZS1 = 3 m
	→ liniové zatížení	$w_{k6,B1} = w_{e,B} * ZS = -1,104 \text{ kN/m}$
	zatěžovací šířka	ZS2 = 4,6 m
	→ liniové zatížení	$w_{k6,B2} = w_{e,B} * ZS = -1,6928 \text{ kN/m}$
	zatěžovací šířka	ZS3 = 3,8 m
	→ liniové zatížení	$w_{k6,B3} = w_{e,B} * ZS = -1,3984 \text{ kN/m}$
Oblast C:	plošná tíha	$w_{e,C} = -0,23 \text{ kN/m}^2$
	zatěžovací šířka	ZS1 = 0,8 m
	→ liniové zatížení	$w_{k6,C1} = w_{e,C} * ZS = -0,184 \text{ kN/m}$
	zatěžovací šířka	ZS2 = 4,6 m
	→ liniové zatížení	$w_{k6,C2} = w_{e,C} * ZS = -1,058 \text{ kN/m}$
	zatěžovací šířka	ZS3 = 7 m
	→ liniové zatížení	$w_{k6,C3} = w_{e,C} * ZS = -1,61 \text{ kN/m}$
Oblast D:	plošná tíha	$w_{e,D} = 0,368 \text{ kN/m}^2$
	zatěžovací šířka	ZS1 = 6,75 m
	→ liniové zatížení	$w_{k6,D1} = w_{e,D} * ZS = 2,484 \text{ kN/m}$
	zatěžovací šířka	ZS2 = 4,5 m
	→ liniové zatížení	$w_{k6,D2} = w_{e,D} * ZS = 1,656 \text{ kN/m}$
Oblast E:	plošná tíha	$w_{e,E} = -0,138 \text{ kN/m}^2$
	zatěžovací šířka	ZS1 = 6,75 m
	→ liniové zatížení	$w_{k6,E1} = w_{e,E} * ZS = -0,9315 \text{ kN/m}$
	zatěžovací šířka	ZS2 = 4,5 m
	→ liniové zatížení	$w_{k6,E2} = w_{e,E} * ZS = -0,621 \text{ kN/m}$



## 6.7 ZS 7 – ZATÍŽENÍ NA STĚNY – VÍTR PŘÍČNÝ

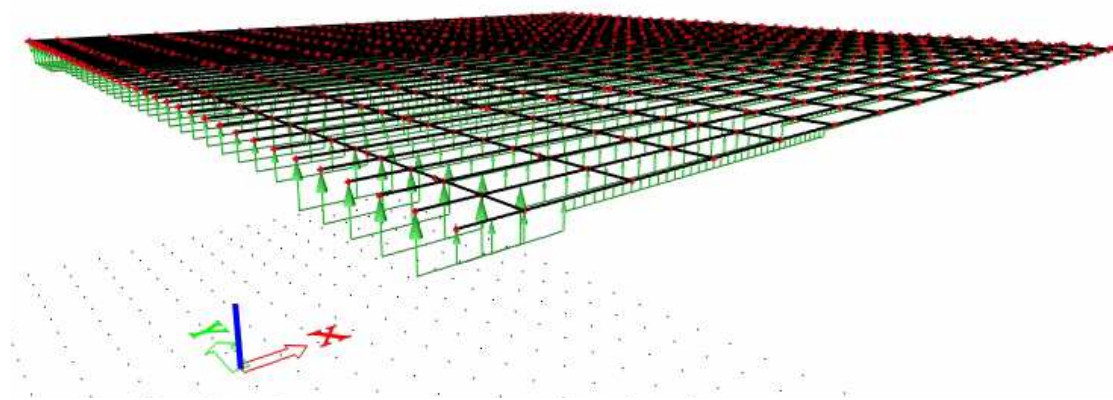
Oblast A:	plošná tíha	$w_{e,A} = -0,551 \text{ kN/m}^2$
	zatěžovací šířka	ZS = 4 m
	→ liniové zatížení	$w_{k7,A} = w_{e,A} * ZS = -2,204 \text{ kN/m}$

Oblast B:	plošná tíha	$w_{e,B} = -0,368 \text{ kN/m}^2$
	zatěžovací šířka	ZS1 = 2,75 m
	→ liniové zatížení	$w_{k7,B1} = w_{e,B} * ZS = -1,012 \text{ kN/m}$
	zatěžovací šířka	ZS2 = 4,5 m
	→ liniové zatížení	$w_{k7,B2} = w_{e,B} * ZS = -1,656 \text{ kN/m}$
	zatěžovací šířka	ZS3 = 6,75 m
	→ liniové zatížení	$w_{k7,B3} = w_{e,B} * ZS = -2,484 \text{ kN/m}$
Oblast C:	plošná tíha	$w_{e,C} = -0,23 \text{ kN/m}^2$
	zatěžovací šířka	ZS1 = 4,75 m
	→ liniové zatížení	$w_{k7,C1} = w_{e,C} * ZS = -1,0925 \text{ kN/m}$
	zatěžovací šířka	ZS2 = 4,5 m
	→ liniové zatížení	$w_{k7,C2} = w_{e,C} * ZS = -1,035 \text{ kN/m}$
	zatěžovací šířka	ZS3 = 6,75 m
	→ liniové zatížení	$w_{k7,C3} = w_{e,C} * ZS = -1,5525 \text{ kN/m}$
Oblast D:	plošná tíha	$w_{e,D} = 0,368 \text{ kN/m}^2$
	zatěžovací šířka	ZS1 = 7 m
	→ liniové zatížení	$w_{k7,D1} = w_{e,D} * ZS = 2,576 \text{ kN/m}$
	zatěžovací šířka	ZS2 = 4,6 m
	→ liniové zatížení	$w_{k7,D2} = w_{e,D} * ZS = 1,6928 \text{ kN/m}$
Oblast E:	plošná tíha	$w_{e,E} = -0,138 \text{ kN/m}^2$
	zatěžovací šířka	ZS1 = 7 m
	→ liniové zatížení	$w_{k7,E1} = w_{e,E} * ZS = -0,966 \text{ kN/m}$
	zatěžovací šířka	ZS2 = 4,6 m
	→ liniové zatížení	$w_{k7,E2} = w_{e,E} * ZS = -0,6348 \text{ kN/m}$



## 6.8 ZS 8 – ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU – PODÉLNÝ, POUZE SÁNÍ

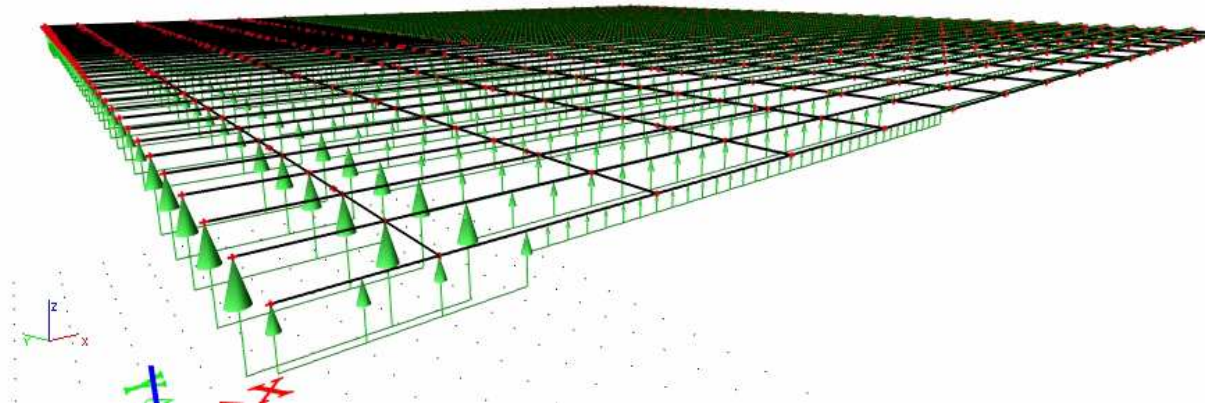
Oblast F:	<p>plošná tíha</p> <p>zatěžovací šířka</p> <p>→ liniové zatížení, krokev v poli</p> <p>→ liniové zatížení, krajní krokev</p>	<p><math>w_{e,F} = -0,827 \text{ kN/m}^2</math></p> <p><math>ZS = 1 \text{ m}</math></p> <p><math>w_{k8,F} = w_{e,F} * ZS = -0,827 \text{ kN/m}</math></p> <p><math>w_{k8,F,kraj} = w_{e,F} * ZS * 0,5 = -0,4135 \text{ kN/m}</math></p>
Oblast G:	<p>plošná tíha</p> <p>zatěžovací šířka</p> <p>→ liniové zatížení, krokev v poli</p> <p>→ liniové zatížení, krajní krokev</p>	<p><math>w_{e,G} = -0,551 \text{ kN/m}^2</math></p> <p><math>ZS = 1 \text{ m}</math></p> <p><math>w_{k8,G} = w_{e,G} * ZS = -0,551 \text{ kN/m}</math></p> <p><math>w_{k8,G,kraj} = w_{e,G} * ZS * 0,5 = -0,2755 \text{ kN/m}</math></p>
Oblast H:	<p>plošná tíha</p> <p>zatěžovací šířka</p> <p>→ liniové zatížení, krokev v poli</p>	<p><math>w_{e,H} = -0,322 \text{ kN/m}^2</math></p> <p><math>ZS = 1 \text{ m}</math></p> <p><math>w_{k8,H} = w_{e,H} * ZS = -0,322 \text{ kN/m}</math></p>
Oblast I:	<p>plošná tíha</p> <p>zatěžovací šířka</p> <p>→ liniové zatížení, krokev v poli</p> <p>→ liniové zatížení, krajní krokev</p>	<p><math>w_{e,I} = -0,092 \text{ kN/m}^2</math></p> <p><math>ZS = 1 \text{ m}</math></p> <p><math>w_{k8,I} = w_{e,I} * ZS = -0,092 \text{ kN/m}</math></p> <p><math>w_{k8,I,kraj} = w_{e,I} * ZS * 0,5 = -0,046 \text{ kN/m}</math></p>



## 6.9 ZS 9 – ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU – PODÉLNÝ, TLAK I SÁNÍ

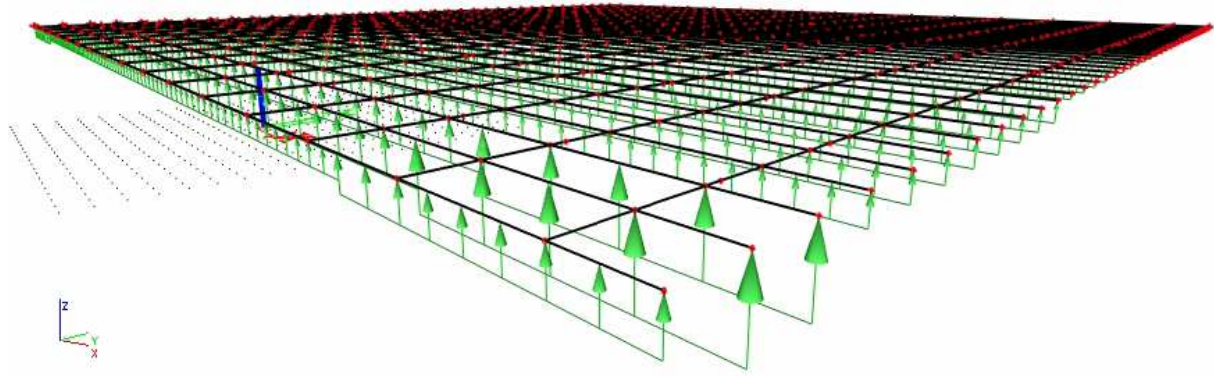
Oblast F:	<p>plošná tíha</p> <p>zatěžovací šířka</p> <p>→ liniové zatížení, krokev v poli</p> <p>→ liniové zatížení, krajní krokev</p>	<p><math>w_{e,F} = -0,827 \text{ kN/m}^2</math></p> <p><math>ZS = 1 \text{ m}</math></p> <p><math>w_{k9,F} = w_{e,F} * ZS = -0,827 \text{ kN/m}</math></p> <p><math>w_{k9,F,kraj} = w_{e,F} * ZS * 0,5 = -0,4135 \text{ kN/m}</math></p>
Oblast G:	<p>plošná tíha</p> <p>zatěžovací šířka</p> <p>→ liniové zatížení, krokev v poli</p> <p>→ liniové zatížení, krajní krokev</p>	<p><math>w_{e,G} = -0,551 \text{ kN/m}^2</math></p> <p><math>ZS = 1 \text{ m}</math></p> <p><math>w_{k9,G} = w_{e,G} * ZS = -0,551 \text{ kN/m}</math></p> <p><math>w_{k9,G,kraj} = w_{e,G} * ZS * 0,5 = -0,2755 \text{ kN/m}</math></p>

Oblast H:	plošná tíha zatěžovací šířka → liniové zatížení, krokev v poli	$w_{e,H} = -0,322 \text{ kN/m}^2$ $ZS = 1 \text{ m}$ $w_{k9,H} = w_{e,H} * ZS = -0,322 \text{ kN/m}$
Oblast I:	plošná tíha zatěžovací šířka → liniové zatížení, krokev v poli → liniové zatížení, krajní krokev	$w_{e,I} = 0,092 \text{ kN/m}^2$ $ZS = 1 \text{ m}$ $w_{k9,I} = w_{e,I} * ZS = 0,092 \text{ kN/m}$ $w_{k9,I,kraj} = w_{e,I} * ZS * 0,5 = 0,046 \text{ kN/m}$



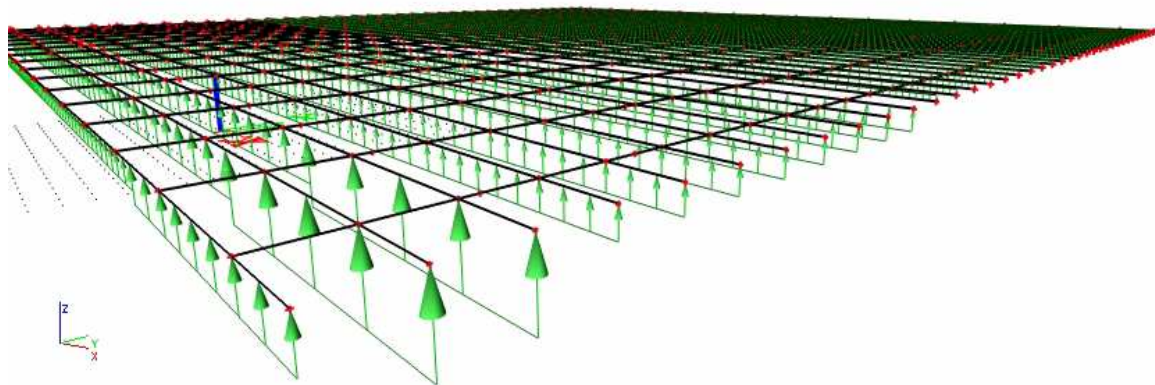
#### 6.10 ZS 10 – ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU – PŘÍČNÝ, POUZE SÁNÍ

Oblast F:	plošná tíha zatěžovací šířka → liniové zatížení, krokev v poli → liniové zatížení, krajní krokev	$w_{e,F} = -0,827 \text{ kN/m}^2$ $ZS = 1 \text{ m}$ $w_{k10,F} = w_{e,F} * ZS = -0,827 \text{ kN/m}$ $w_{k10,F,kraj} = w_{e,F} * ZS * 0,5 = -0,4135 \text{ kN/m}$
Oblast G:	plošná tíha zatěžovací šířka → liniové zatížení, krokev v poli → liniové zatížení, krajní krokev	$w_{e,G} = -0,551 \text{ kN/m}^2$ $ZS = 1 \text{ m}$ $w_{k10,G} = w_{e,G} * ZS = -0,551 \text{ kN/m}$ $w_{k10,G,kraj} = w_{e,G} * ZS * 0,5 = -0,2755 \text{ kN/m}$
Oblast H:	plošná tíha zatěžovací šířka → liniové zatížení, krokev v poli	$w_{e,H} = -0,322 \text{ kN/m}^2$ $ZS = 1 \text{ m}$ $w_{k10,H} = w_{e,H} * ZS = -0,322 \text{ kN/m}$
Oblast I:	plošná tíha zatěžovací šířka → liniové zatížení, krokev v poli → liniové zatížení, krajní krokev	$w_{e,I} = 0,092 \text{ kN/m}^2$ $ZS = 1 \text{ m}$ $w_{k10,I} = w_{e,I} * ZS = 0,092 \text{ kN/m}$ $w_{k10,I,kraj} = w_{e,I} * ZS * 0,5 = 0,046 \text{ kN/m}$



### 6.11 ZS 11 – ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STŘECHU – PŘÍČNÝ, TLAK I SÁNÍ

Oblast F:	<p>plošná tíha</p> <p>zatěžovací šířka</p> <p>→ liniové zatížení, krokv v poli</p> <p>→ liniové zatížení, krajní krokv</p>	<p><math>w_{e,F} = -0,827 \text{ kN/m}^2</math></p> <p><math>ZS = 1 \text{ m}</math></p> <p><math>w_{k11,F} = w_{e,F} * ZS = -0,827 \text{ kN/m}</math></p> <p><math>w_{k11,F,kraj} = w_{e,F} * ZS * 0,5 = -0,4135 \text{ kN/m}</math></p>
Oblast G:	<p>plošná tíha</p> <p>zatěžovací šířka</p> <p>→ liniové zatížení, krokv v poli</p> <p>→ liniové zatížení, krajní krokv</p>	<p><math>w_{e,G} = -0,551 \text{ kN/m}^2</math></p> <p><math>ZS = 1 \text{ m}</math></p> <p><math>w_{k11,G} = w_{e,G} * ZS = -0,551 \text{ kN/m}</math></p> <p><math>w_{k11,G,kraj} = w_{e,G} * ZS * 0,5 = -0,2755 \text{ kN/m}</math></p>
Oblast H:	<p>plošná tíha</p> <p>zatěžovací šířka</p> <p>→ liniové zatížení, krokv v poli</p>	<p><math>w_{e,H} = -0,322 \text{ kN/m}^2</math></p> <p><math>ZS = 1 \text{ m}</math></p> <p><math>w_{k11,H} = w_{e,H} * ZS = -0,322 \text{ kN/m}</math></p>
Oblast I:	<p>plošná tíha</p> <p>zatěžovací šířka</p> <p>→ liniové zatížení, krokv v poli</p> <p>→ liniové zatížení, krajní krokv</p>	<p><math>w_{e,I} = 0,092 \text{ kN/m}^2</math></p> <p><math>ZS = 1 \text{ m}</math></p> <p><math>w_{k11,I} = w_{e,I} * ZS = 0,092 \text{ kN/m}</math></p> <p><math>w_{k11,I,kraj} = w_{e,I} * ZS * 0,5 = 0,046 \text{ kN/m}</math></p>



## 7 KOMBINACE

<b>Kombinace pro MSÚ</b>	
<b>A</b>	<b>Stálé + užité + <math>\psi_0</math> vítr + <math>\psi_0</math> snůh</b>
A <sub>1-1</sub>	$1,35 * \sum g_k + 1,5 * q_k + 1,5 * w_{k6} * \psi_0 + 1,5 * w_{k8} * \psi_0 + 1,5 * s_k * \psi_0$
A <sub>1-2</sub>	$1,35 * \sum g_k + 1,5 * q_k + 1,5 * w_{k6} * \psi_0 + 1,5 * w_{k9} * \psi_0 + 1,5 * s_k * \psi_0$
A <sub>2-1</sub>	$1,35 * \sum g_k + 1,5 * q_k + 1,5 * w_{k7} * \psi_0 + 1,5 * w_{k10} * \psi_0 + 1,5 * s_k * \psi_0$
A <sub>2-2</sub>	$1,35 * \sum g_k + 1,5 * q_k + 1,5 * w_{k7} * \psi_0 + 1,5 * w_{k11} * \psi_0 + 1,5 * s_k * \psi_0$
<b>B</b>	<b>Stálé + užité + <math>\psi_0</math> snůh</b>
B <sub>1</sub>	$1,35 * \sum g_k + 1,5 * q_k + 1,5 * s_k * \psi_0$
<b>C</b>	<b>Redukované stálé + <math>\psi_0</math> vítr</b>
C <sub>1-1</sub>	$0,85 * 1,35 * \sum g_k + 1,5 * w_{k6} * \psi_0 + 1,5 * w_{k8} * \psi_0$
C <sub>1-2</sub>	$0,85 * 1,35 * \sum g_k + 1,5 * w_{k6} * \psi_0 + 1,5 * w_{k9} * \psi_0$
C <sub>2-1</sub>	$0,85 * 1,35 * \sum g_k + 1,5 * w_{k7} * \psi_0 + 1,5 * w_{k10} * \psi_0$
C <sub>2-2</sub>	$0,85 * 1,35 * \sum g_k + 1,5 * w_{k7} * \psi_0 + 1,5 * w_{k11} * \psi_0$

<b>Koeficienty <math>\psi</math></b>			
<b>Zatůžení</b>	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Užitné (H)	0	0	0
Snůh	0,5	0,2	0
Vůtr	0,6	0,2	0

## 8 NÁVRH A POSOUZENÍ – KROKEV

### 8.1 GEOMETRIE – KROKEV

šířka profilu	b =	80 mm
výška profilu	h =	160 mm
rozpětí	l =	2,3 m
zatěžovací šířka	ZS =	1 m

### 8.2 VÝPOČTOVÝ MODEL – KROKEV

Spojité nosník s převislými konci

### 8.3 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$A = b * h = 150 * 250 = 18000 \text{ mm}^2$$

$$I_y = (1/12) * b * h^3 = (1/12) * 150 * 250^3 = 48600000 \text{ mm}^3$$

$$I_z = (1/12) * h * b^3 = (1/12) * 250 * 150^3 = 15000000 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 51,96 \text{ mm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{195312500}{37500}} = 28,87 \text{ mm}$$

### 8.4 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

lepené lamelové dřevo	GL24h
třída provozu	2
třída trvání zatížení	střednědobé

$$k_{\text{mod}} = 0,8$$

$$k_{\text{def}} = 0,8$$

$$\gamma_M = 1,25$$

$$E_{0,05} = 9400 \text{ MPa}$$

Charakteristické pevnosti:

ohyb:	$f_{m,k} =$	24 MPa
tlak II s vlákny:	$f_{c,0,k} =$	24 MPa
tah II s vlákny:	$f_{t,0,k} =$	16,5 MPa
smyk:	$f_{v,k} =$	2,7 MPa

Návrhové pevnosti:

$f_{m,d} =$	$k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 =$	<b>15,360 MPa</b>
$f_{c,0,d} =$	$k_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 =$	<b>15,360 MPa</b>
$f_{t,0,d} =$	$k_{mod} * f_{t,0,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 =$	<b>10,560 MPa</b>
$f_{v,d} =$	$k_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 =$	<b>1,728 MPa</b>

## 8.5 VNITŘNÍ SÍLY

Vygenerováno programem Scia Engineer 2013

maximální tlaková síla:		maximální moment:	
$N_{Ed} =$	<b>0 kN</b>	$N_{Ed} =$	0 kN
$M_{ed,y} =$	3,71 kNm	$M_{ed,y} =$	<b>3,71 kNm</b>
$M_{ed,z} =$	0 kNm	$M_{ed,z} =$	0 kNm

maximální tahová síla:		maximální posouvající síla:	
$N_{Ed} =$	<b>0 kN</b>	$V_{ed} =$	<b>4,12 kN</b>
$M_{ed,y} =$	3,71 kNm		
$M_{ed,z} =$	0 kNm		



**8.6 MSÚ – POSOUZENÍ NA OHYB**

$$W = 1/6 * b * h^2 = 1/6 * 0,06 * 0,12^2 = 0,00034 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{m,d} = M_{Ed}/W = 0,00371/0,00173 = 10,869 \text{ MPa}$$

$$\underline{\sigma_{m,d}} = 10,869 \text{ MPa} < \underline{f_{m,d}} = 15,360 \text{ MPa} \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

**8.7 MSÚ – POSOUZENÍ NA SMYK**

návrhová hodnota napětí ve smyku:

účinná šířka průřezu redukována součinitelem vlivu vysušených trhlin:

pro lepené lamelové dřevo:  $k_{cr} = 0,67$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 * V_{Ed}}{2 * k_{cr} * A} = \frac{3 * V_{Ed}}{2 * k_{cr} * A} = 0,721 \text{ MPa}$$

**POSUDEK:**

$$0,43/2,77 = \underline{0,417} \leq \underline{1} \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

**8.8 MSP – POSOUZENÍ NA PRŮHYB**

okamžitý průhyb (vygenerováno programem Scia Engineer 2013)

$$W_{inst,y} = 1,7 \text{ mm}$$

$$W_{inst,z} = 0 \text{ mm}$$

konečný průhyb:

$$W_{fin,y} = W_{inst,y} * (1 + k_{def}) = 1,7 * (1 + 0,8) = 3,06 \text{ mm}$$

$$W_{fin,z} = W_{inst,z} * (1 + k_{def}) = 0 * (1 + 0,8) = 0 \text{ mm}$$

celkový konečný průhyb:

$$W_{fin} = \sqrt{w_{fin,y}^2 + w_{fin,z}^2} = 3,06 \text{ mm}$$

$$\underline{W_{fin}} = \underline{3,06 \text{ mm}} \leq \underline{L/200} = \underline{11,5 \text{ mm}} \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

## 9 NÁVRH A POSOUZENÍ - VAZNICE

### 9.1 GEOMETRIE VAZNICE

šířka profilu	b =	200 mm
výška profilu	h =	320 mm
rozpětí	l =	4,5 m
zatěžovací šířka	ZS =	2,3 m

### 9.2 VÝPOČTOVÝ MODEL

Spojité nosník s převislými konci

### 9.3 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$A = b * h = 200 * 320 = 64000 \text{ mm}^2$$

$$I_y = (1/12) * b * h^3 = (1/12) * 200 * 320^3 = 546133333 \text{ mm}^3$$

$$I_z = (1/12) * h * b^3 = (1/12) * 320 * 200^3 = 213333333 \text{ mm}^3$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{546133333}{64000}} = 92,38 \text{ mm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{213333333}{64000}} = 57,74 \text{ mm}$$

### 9.4 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

lepené lamelové dřevo	GL24h
třída provozu	2
třída trvání zatížení	střednědobé

$$k_{\text{mod}} = 0,8$$

$$k_{\text{def}} = 0,8$$

$$\gamma_M = 1,25$$

$$E_{0,05} = 9400 \text{ MPa}$$

Charakteristické pevnosti:

$$\text{ohyb: } f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$\text{tlak II s vlákny: } f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$\text{tah II s vlákny: } f_{t,0,k} = 16,5 \text{ MPa}$$

$$\text{smyk: } f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$$

Návrhové pevnosti:

$$\begin{aligned} f_{m,d} &= k_{\text{mod}} * f_{m,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 = & \mathbf{15,360 \text{ MPa}} \\ f_{c,0,d} &= k_{\text{mod}} * f_{c,0,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 = & \mathbf{15,360 \text{ MPa}} \\ f_{t,0,d} &= k_{\text{mod}} * f_{t,0,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 = & \mathbf{10,560 \text{ MPa}} \\ f_{v,d} &= k_{\text{mod}} * f_{v,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 = & \mathbf{1,728 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

## 9.5 VNITŘNÍ SÍLY

vygenerováno programem Scia Engineer 2013

maximální tlaková síla:

$$\begin{aligned} N_{\text{Ed}} &= \mathbf{-11,74 \text{ kN}} \\ M_{\text{ed},y} &= 30,36 \text{ kNm} \\ M_{\text{ed},z} &= 6,22 \text{ kNm} \end{aligned}$$

maximální moment:

$$\begin{aligned} N_{\text{Ed}} &= 128,1 \text{ kN} \\ M_{\text{ed},y} &= \mathbf{30,36 \text{ kNm}} \\ M_{\text{ed},z} &= 6,22 \text{ kNm} \end{aligned}$$

maximální tahová síla:

$$\begin{aligned} N_{\text{Ed}} &= \mathbf{128,1 \text{ kN}} \\ M_{\text{ed},y} &= 30,36 \text{ kNm} \\ M_{\text{ed},z} &= 6,22 \text{ kNm} \end{aligned}$$

maximální posouvající síla:

$$V_{\text{ed}} = \mathbf{44,65 \text{ kN}}$$

## 9.6 MSÚ - POSOUZENÍ NA KOMBINACE OHYB + OSOVÝ TLAK

### VZPĚR:

štíhlostní poměry:

$$\begin{aligned} l_{\text{cr},y} &= 1 * l_y = 1 * 4500 = 4500 \text{ mm} \\ l_{\text{cr},z} &= 4500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\lambda_y = l_{\text{cr},y} / i_y = 4500 / 92,38 = 48,714$$

$$\lambda_z = l_{\text{cr},z} / i_z = 4500 / 57,74 = 77,942$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \frac{\sqrt{f_{c,0,k}} * \lambda_y}{\sqrt{E_{0,05}} * \pi} = \frac{\sqrt{24} * 48,714}{\sqrt{9400} * \pi} = 0,783510787$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \frac{\sqrt{f_{c,0,k}} * \lambda_z}{\sqrt{E_{0,05}} * \pi} = \frac{\sqrt{24} * 77,942}{\sqrt{9400} * \pi} = 1,253617259$$

$$\beta_c = 0,2 \text{ (lepené lamelové dřevo)}$$

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{\text{rel},y} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},y}^2) = 0,855$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 1,381$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,83453$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,51$$

**KLOPENÍ:**

$$l_{ef} = 4500 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 * b^2 * E_{0,05}}{h * l_{ef}} = \frac{0,78 * 200^2 * 9400}{320 * 4500} = 203,667 \text{ MPa}$$

poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \frac{\sqrt{f_{m,k}}}{\sqrt{\sigma_{m,crit}}} = \frac{\sqrt{24}}{\sqrt{203,667}} = 0,34328$$

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{pro } \dots \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} \rightarrow \text{pro } \dots 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ 1 / \lambda_{rel,m}^2 \rightarrow \text{pro } \dots 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

$$k_{crit} = 1$$

**KOMBINACE MAX. NORMÁLOVÉ SÍLY A PŘÍSLUŠNÉHO MOMENTU:**

návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = N_{ed}/A = 14690/37500 = 0,183 \text{ MPa}$$

návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * M_{Ed,y}}{b * h^2} = \frac{6 * 30,36}{200 * 320^2} * 10^6 = 8,895 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6 * M_{Ed,z}}{h * b^2} = \frac{6 * 6,22}{320 * 200^2} * 10^6 = 2,916 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7 \quad \text{lepené lamelové dřevo - obdélníkový průřez}$$

**OVĚŘENÍ VZPĚRU:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,183}{0,835 * 15,36} + \frac{8,895}{15,36} + 0,7 * \frac{2,916}{15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,726}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{VYHOVUJE}}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,183}{0,51 * 15,36} + 0,7 * \frac{8,895}{15,36} + \frac{2,916}{15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,619}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{VYHOVUJE}}$$

**OVĚŘENÍ KLOPENÍ:**

$$\frac{\sigma_{m,y,d}^2}{(k_{crit} * f_{m,y,d})^2} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} = \leq 1$$

$$\frac{8,895^2}{(1 * 15,36)^2} + \frac{0,183}{0,51 * 15,36} = \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,359}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{VYHOVUJE}}$$

**9.7 MSÚ - POSOUZENÍ NA SMYK**

návrhová hodnota napětí ve smyku:

účinná šířka průřezu redukována součinitelem vlivu vysušených trhlin:

pro lepené lamelové dřevo:  $k_{cr} = 0,67$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 * V_{Ed}}{2 * k_{cr} * A} = \frac{3 * 44650}{2 * 0,67 * 64000} = 1,562 \quad \text{MPa}$$

**POSUDEK:**

$$0,43/2,77 = \underline{\underline{0,904}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{VYHOVUJE}}$$

**9.8 MSÚ - POSOUZENÍ NA TAH**

návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = N_{Ed}/A = 128100/64000 = 2,002 \text{ MPa}$$

**POSUDEK:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = 2,002/10,56 = \underline{\underline{0,190}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

**9.9 MSÚ - POSOUZENÍ NA KOMBINACI OHYB + OSOVÝ TAH**

návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = N_{Ed}/A = 128100/64000 = 2,002 \text{ MPa}$$

návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * M_{Ed,y}}{b * h^2} = \frac{6 * 30,36}{200 * 320^2} * 10^6 = 8,895 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6 * M_{Ed,z}}{h * b^2} = \frac{6 * 6,22}{320 * 200^2} * 10^6 = 2,916 \text{ MPa}$$

**POSUDEK:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,002}{10,56} + \frac{8,895}{15,36} + 0,7 * \frac{2,916}{15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,901}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,002}{10,56} + 0,7 * \frac{8,895}{15,36} + \frac{2,916}{15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,785}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

**9.10 MSP - POSOUZENÍ NA PRŮHYB**

okamžitý průhyb (vygenerováno programem Scia Engineer 2013)

$$W_{\text{inst},y} = 18,9 \text{ mm}$$

$$W_{\text{inst},z} = 0 \text{ mm}$$

konečný průhyb:

$$W_{\text{fin},y} = w_{\text{inst},y} * (1 + k_{\text{def}}) = 2,3 * (1 + 0,8) = 34,02 \text{ mm}$$

$$W_{\text{fin},z} = w_{\text{inst},z} * (1 + k_{\text{def}}) = 0 * (1+0,8) = 0 \text{ mm}$$

celkový konečný průhyb:

$$W_{\text{fin}} = \sqrt{w_{\text{fin},y}^2 + w_{\text{fin},z}^2} = 34,02 \text{ mm}$$

$$\underline{W_{\text{fin}}} = \underline{34,02 \text{ mm}} \leq \underline{L/150} = \underline{30 \text{ mm}} \quad \underline{\text{NEVYHOVUJE}}$$

Průhyb jen těsně nevyhovuje limitním hodnotám – **průhyb lze přijmout.**

## 10 NÁVRH A POSOUZENÍ – PROSTOROVÁ VZPĚRA

### 10.1 GEOMETRIE VZPĚRY

šířka profilu	b =	220 mm
výška profilu	h =	220 mm
největší rozpětí	l =	4,366 m

### 10.2 VÝPOČTOVÝ MODEL

Kloubově uložený šikmý prut.

### 10.3 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$A = b * h = 150 * 250 = 48400 \text{ mm}^2$$

$$I_y = (1/12) * b * h^3 = (1/12) * 150 * 250^3 = 195213333 \text{ mm}^3$$

$$I_z = (1/12) * h * b^3 = (1/12) * 250 * 150^3 = 195213333 \text{ mm}^3$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{195213333}{48400}} = 63,51 \text{ mm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{195213333}{48400}} = 63,51 \text{ mm}$$

### 10.4 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

lepené lamelové dřevo	GL24h
třída provozu	2
třída trvání zatížení	střednědobé

$$k_{\text{mod}} = 0,8$$

$$k_{\text{def}} = 0,8$$

$$\gamma_M = 1,25$$

$$E_{0,05} = 9400 \text{ MPa}$$

Charakteristické pevnosti:

$$\text{ohyb: } f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$\text{tlak II s vlákny: } f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$\text{tah II s vlákny: } f_{t,0,k} = 16,5 \text{ MPa}$$

$$\text{smyk: } f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$$



Návrhové pevnosti:

$$\begin{aligned} f_{m,d} &= k_{\text{mod}} * f_{m,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 = & \mathbf{15,360 \text{ MPa}} \\ f_{c,0,d} &= k_{\text{mod}} * f_{c,0,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 = & \mathbf{15,360 \text{ MPa}} \\ f_{t,0,d} &= k_{\text{mod}} * f_{t,0,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 = & \mathbf{10,560 \text{ MPa}} \\ f_{v,d} &= k_{\text{mod}} * f_{v,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 = & \mathbf{1,728 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

## 10.5 VNITŘNÍ SÍLY

vygenerováno programem Scia Engineer 2013

maximální tlaková síla:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= \mathbf{-144,08 \text{ kN}} \\ M_{ed,y} &= 10,32 \text{ kNm} \\ M_{ed,z} &= 0 \text{ kNm} \end{aligned}$$

maximální moment:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= -143,91 \text{ kN} \\ M_{ed,y} &= \mathbf{13,22 \text{ kNm}} \\ M_{ed,z} &= 0 \text{ kNm} \end{aligned}$$

maximální tahová síla:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= \mathbf{10,98 \text{ kN}} \\ M_{ed,y} &= 13,22 \text{ kNm} \\ M_{ed,z} &= 0 \text{ kNm} \end{aligned}$$

maximální posouvající síla:

$$V_{ed} = \mathbf{8,64 \text{ kN}}$$

## 10.6 MSÚ - POSOUZENÍ NA KOMBINACE OHYB + OSOVÝ TLAK

### VZPĚR:

štíhlostní poměry:

$$\begin{aligned} l_{cr,y} &= 1 * l_y = 1 * 4366 = & 4366 \text{ mm} \\ l_{cr,z} &= & 4366 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_y = l_{cr,y} / i_y &= 4366 / 63,51 = & 68,747 \\ \lambda_z = l_{cr,z} / i_z &= 4366 / 63,51 = & 68,747 \end{aligned}$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\sqrt{f_{c,0,k}} * \lambda_y}{\sqrt{E_{0,05}} * \pi} = \frac{\sqrt{24} * 68,747}{\sqrt{9400} * \pi} = 1,106$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\sqrt{f_{c,0,k}} * \lambda_z}{\sqrt{E_{0,05}} * \pi} = \frac{\sqrt{24} * 68,747}{\sqrt{9400} * \pi} = 1,106$$

$$\beta_c = 0,2 \quad (\text{lepené lamelové dřevo})$$

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 1,192$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 1,192$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,61095$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,61095$$

### **KLOPENÍ:**

$$l_{ef} = 4366 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 * b^2 * E_{0,05}}{h * l_{ef}} = \frac{0,78 * 220^2 * 9400}{220 * 4366} = 369,455 \text{ MPa}$$

poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \frac{\sqrt{f_{m,k}}}{\sqrt{\sigma_{m,crit}}} = \frac{\sqrt{24}}{\sqrt{369,455}} = 0,25487$$

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{pro } \dots \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} \rightarrow \text{pro } \dots 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ 1/\lambda_{rel,m}^2 \rightarrow \text{pro } \dots 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

$$k_{crit} = 1$$

### **KOMBINACE MAX. NORMÁLOVÉ SÍLY A PŘÍSLUŠNÉHO MOMENTU:**

návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = N_{ed}/A = 144080/48400 = 2,9 \text{ MPa}$$

návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * M_{Ed,y}}{b * h^2} = \frac{6 * 10,32}{220 * 220^2} * 10^6 = 5,815 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6 * M_{Ed,z}}{h * b^2} = \frac{6 * 0}{220 * 220^2} * 10^6 = 0,000 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7 \quad \text{lepené lamelové dřevo - obdélníkový průřez}$$

**OVĚŘENÍ VZPĚRU:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,977}{0,611 * 15,36} + \frac{5,815}{15,36} + 0,7 * \frac{0}{15,36} \leq 1$$

$$\mathbf{0,696} \leq \mathbf{1} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,977}{0,611 * 15,36} + 0,7 * \frac{5,815}{15,36} + \frac{0}{15,36} \leq 1$$

$$\mathbf{0,582} \leq \mathbf{1} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

**OVĚŘENÍ KLOPENÍ:**

$$\frac{\sigma_{m,y,d}^2}{(k_{crit} * f_{m,y,d})^2} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{5,815^2}{(1 * 15,36)^2} + \frac{2,977}{0,611 * 15,36} \leq 1$$

$$\mathbf{0,461} \leq \mathbf{1} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

**10.7 MSÚ - POSOUZENÍ NA SMYK**

návrhová hodnota napětí ve smyku:

účinná šířka průřezu redukována součinitelem vlivu vysušených trhlin:

pro lepené lamelové dřevo:

$$k_{cr} = 0,67$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 * V_{Ed}}{2 * k_{cr} * A} = \frac{3 * 8640}{2 * 0,67 * 48400} = 0,400 \text{ MPa}$$

**POSUDEK:**

$$0,43/2,77 = \mathbf{0,231} \leq \mathbf{1} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

**10.8 MSÚ - POSOUZENÍ NA TAH**

návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = N_{Ed}/A = 10980/48400 = 0,227 \text{ MPa}$$

**POSUDEK:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = 0,227/10,56 = \underline{\underline{0,021}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

**10.9 MSÚ - POSOUZENÍ NA KOMBINACI OHYB + OSOVÝ TAH**

návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = N_{Ed}/A = 10980/48400 = 0,227 \text{ MPa}$$

návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * M_{Ed,y}}{b * h^2} = \frac{6 * 13,22}{220 * 220^2} * 10^6 = 7,449 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6 * M_{Ed,z}}{h * b^2} = \frac{6 * 0}{220 * 220^2} * 10^6 = 0,000 \text{ MPa}$$

**POSUDEK:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,227}{10,56} + \frac{7,449}{15,36} + 0,7 * \frac{0}{15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,506}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,227}{10,56} + 0,7 * \frac{7,449}{15,36} + \frac{0}{15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,361}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

## 11 NÁVRH A POSOUZENÍ – ROVINNÁ VZPĚRA

### 11.1 GEOMETRIE VZPĚRY

šířka profilu	b =	200 mm
výška profilu	h =	200 mm
největší rozpětí	l =	6,19 m

### 11.2 VÝPOČETNÍ MODEL

Kloubově uložený šikmý prut.

### 11.3 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$A = b * h = 200 * 200 = 40000 \text{ mm}^2$$

$$I_y = (1/12) * b * h^3 = (1/12) * 200 * 200^3 = 133333333 \text{ mm}^3$$

$$I_z = (1/12) * h * b^3 = (1/12) * 200 * 200^3 = 133333333 \text{ mm}^3$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{133333333}{40000}} = 57,74 \text{ mm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{133333333}{40000}} = 57,74 \text{ mm}$$

### 11.4 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

lepené lamelové dřevo	GL24h
třída provozu	2
třída trvání zatížení	střednědobé

$$k_{\text{mod}} = 0,8$$

$$k_{\text{def}} = 0,8$$

$$\gamma_M = 1,25$$

$$E_{0,05} = 9400 \text{ MPa}$$

Charakteristické pevnosti:

ohyb:	$f_{m,k} =$	24 MPa
tlak II s vlákny:	$f_{c,0,k} =$	24 MPa
tah II s vlákny:	$f_{t,0,k} =$	16,5 MPa
smyk:	$f_{v,k} =$	2,7 MPa

Návrhové pevnosti:

$f_{m,d} =$	$k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 =$	<b>15,360 MPa</b>
$f_{c,0,d} =$	$k_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 =$	<b>15,360 MPa</b>
$f_{t,0,d} =$	$k_{mod} * f_{t,0,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 =$	<b>10,560 MPa</b>
$f_{v,d} =$	$k_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M = 0,9 * 2,7 / 1,25 =$	<b>1,728 MPa</b>

## 11.5 VNITŘNÍ SÍLY

vygenerováno programem Scia Engineer 2013

maximální tlaková síla:

$N_{Ed} =$	<b>-55,67 kN</b>
$M_{ed,y} =$	13,22 kNm
$M_{ed,z} =$	0 kNm

maximální moment:

$N_{Ed} =$	-55,67 kN
$M_{ed,y} =$	<b>13,22 kNm</b>
$M_{ed,z} =$	0 kNm

maximální tahová síla:

$N_{Ed} =$	<b>10,98 kN</b>
$M_{ed,y} =$	13,22 kNm
$M_{ed,z} =$	0 kNm

maximální posouvající síla:

$V_{ed} =$	<b>8,64 kN</b>
------------	----------------

## 11.6 MSÚ - POSOUZENÍ NA KOMBINACE OHYB + OSOVÝ TLAK

### VZPĚR:

štíhlostní poměry:

$$l_{cr,y} = 1 * l_y = 1 * 6190 = 6190 \text{ mm}$$

$$l_{cr,z} = 6190 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = l_{cr,y}/i_y = 6190/57,74 = 107,214$$

$$\lambda_z = l_{cr,z}/i_z = 6190/57,74 = 107,214$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\sqrt{f_{c,0,k}} * \lambda_y}{\sqrt{E_{0,05}} * \pi} = \frac{\sqrt{24} * 107,214}{\sqrt{9400} * \pi} = 1,724$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\sqrt{f_{c,0,k}} * \lambda_z}{\sqrt{E_{0,05}} * \pi} = \frac{\sqrt{24} * 107,214}{\sqrt{9400} * \pi} = 1,724$$

$$\beta_c = 0,2 \quad (\text{lepené lamelové dřevo})$$

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 2,129$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 2,129$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,29601$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,29601$$

**KLOPENÍ:**

$$l_{ef} = 6190 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 * b^2 * E_{0,05}}{h * l_{ef}} = \frac{0,78 * 200^2 * 9400}{200 * 6190} = 236,898 \text{ MPa}$$

poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \frac{\sqrt{f_{m,k}}}{\sqrt{\sigma_{m,crit}}} = \frac{\sqrt{24}}{\sqrt{236,898}} = 0,31829$$

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{pro } \dots \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} \rightarrow \text{pro } \dots 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ 1/\lambda_{rel,m}^2 \rightarrow \text{pro } \dots 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

$$k_{crit} = 1$$

**KOMBINACE MAX. NORMÁLOVÉ SÍLY A PŘÍSLUŠNÉHO MOMENTU:**

návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = N_{ed}/A = 55670/40000 = 1,392 \text{ MPa}$$

návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * M_{Ed,y}}{b * h^2} = \frac{6 * 13,22}{200 * 200^2} * 10^6 = 9,915 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6 * M_{Ed,z}}{h * b^2} = \frac{6 * 0}{200 * 200^2} * 10^6 = 0,000 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7 \quad \text{lepené lamelové dřevo - obdélníkový průřez}$$



**OVĚŘENÍ VZPĚRU:**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,392}{0,296 * 15,36} + \frac{9,915}{15,36} + 0,7 * \frac{0}{15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,952}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,392}{0,296 * 15,36} + 0,7 * \frac{9,915}{15,36} + \frac{0}{15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,758}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

**OVĚŘENÍ KLOPENÍ:**

$$\frac{\sigma_{m,y,d}^2}{(k_{crit} * f_{m,y,d})^2} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{9,915^2}{(1 * 15,36)^2} + \frac{1,392}{0,296 * 15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,723}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

**11.7 MSÚ - POSOUZENÍ NA SMYK**

návrhová hodnota napětí ve smyku:

účinná šířka průřezu redukována součinitelem vlivu vysušených trhlin:

pro lepené lamelové dřevo:  $k_{cr} = 0,67$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 * V_{Ed}}{2 * k_{cr} * A} = \frac{3 * 8640}{2 * 0,67 * 40000} = 0,484 \text{ MPa}$$

**POSUDEK:**

$$0,484/1,728 = \underline{\underline{0,280}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

**11.8 MSÚ - POSOUZENÍ NA TAH**

návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = N_{Ed}/A = 10980/40000 = 0,275 \text{ MPa}$$

**POSUDEK:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = 0,275/10,56 = \underline{\underline{0,026}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

**11.9 MSÚ - POSOUZENÍ NA KOMBINACI OHYB + OSOVÝ TAH**

návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = N_{Ed}/A = 10980/40000 = 0,275 \text{ MPa}$$

návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * M_{Ed,y}}{b * h^2} = \frac{6 * 13,22}{200 * 200^2} * 10^6 = 9,915 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{6 * M_{Ed,z}}{h * b^2} = \frac{6 * 0}{200 * 200^2} * 10^6 = 0,000 \text{ MPa}$$

**POSUDEK:**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,275}{10,56} + \frac{9,915}{15,36} + 0,7 * \frac{0}{15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,672}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,275}{10,56} + 0,7 * \frac{9,915}{15,36} + \frac{0}{15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,478}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

## 12 NÁVRH A POSOUZENÍ – ZAKŘIVENÝ NOSNÍK

### 12.1 GEOMETRIE NOSNÍKU

šířka profilu	b =	220 mm
výška profilu	h =	800 mm
rozpětí	l =	37 m
tloušťka lamely	t =	40 mm
zakřivení	r =	20 m
sklon nosíku	$\beta =$	17 °
vzdálenost vzpěr	a =	4600 mm

### 12.2 VÝPOČETNÍ MODEL

Trojkloubý, parabolický oblouk.

### 12.3 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$A = b \cdot h = 220 \cdot 800 = 176000 \text{ mm}^2$$

$$I_y = (1/12) \cdot b \cdot h^3 = (1/12) \cdot 220 \cdot 800^3 = 9386666667 \text{ mm}^3$$

$$I_z = (1/12) \cdot h \cdot b^3 = (1/12) \cdot 800 \cdot 220^3 = 709866666,7 \text{ mm}^3$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{9386666667}{176000}} = 230,94 \text{ mm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{709866666,7}{176000}} = 63,51 \text{ mm}$$

### 12.4 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

lepené lamelové dřevo	GL24h
třída provozu	2
třída trvání zatížení	střednědobé

$$k_{\text{mod}} = 0,8$$

$$k_{\text{def}} = 0,8$$

$$\gamma_M = 1,25$$

$$E_{0,05} = 9400 \text{ MPa}$$

Charakteristické pevnosti:

ohyb:	$f_{m,k} =$	24 MPa
tlak II s vlákny:	$f_{c,0,k} =$	24 MPa
tah II s vlákny:	$f_{t,0,k} =$	16,5 MPa
smyk:	$f_{v,k} =$	2,7 MPa

Návrhové pevnosti:

$f_{m,d} =$	$k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 =$	<b>15,360 MPa</b>
$f_{c,0,d} =$	$k_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 =$	<b>15,360 MPa</b>
$f_{t,0,d} =$	$k_{mod} * f_{t,0,k} / \gamma_M = 0,9 * 24 / 1,25 =$	<b>10,560 MPa</b>
$f_{v,d} =$	$k_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M = 0,9 * 2,7 / 1,25 =$	<b>1,728 MPa</b>

## 12.5 VNITŘNÍ SÍLY

vygenerováno programem Scia Engineer 2013

maximální tlaková síla:

$N_{Ed} =$	<b>-669,77 kN</b>
$M_{ed,y} =$	62,75 kNm
$M_{ed,z} =$	5,88 kNm

maximální moment:

$N_{Ed} =$	-640,36 kN
$M_{ed,y} =$	<b>71,22 kNm</b>
$M_{ed,z} =$	2,25 kNm

maximální tahová síla:

$N_{Ed} =$	<b>0 kN</b>
$M_{ed,y} =$	71,22 kNm
$M_{ed,z} =$	2,25 kNm

maximální posouvající síla:

$V_{ed} =$	<b>45,67 kN</b>
------------	-----------------

## 12.6 MSÚ - POSOUZENÍ NA KOMBINACE OHYB + OSOVÝ TLAK

### VZPĚR:

štíhlostní poměry:

$l_{cr,y} =$	$1,25 * s = 1,25 * 19600 =$	24500 mm
$l_{cr,z} =$	$a =$	4600 mm
$s =$	skutečná délka poloviny oblouku =	19600 mm
$\lambda_y = l_{cr,y} / i_y =$	$24500 / 230,94 =$	106,088
$\lambda_z = l_{cr,z} / i_z =$	$4600 / 63,51 =$	72,431

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\sqrt{f_{c,0,k}} * \lambda_y}{\sqrt{E_{0,05}} * \pi} = \frac{\sqrt{24} * 106,088}{\sqrt{9400} * \pi} = 1,706$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\sqrt{f_{c,0,k}} * \lambda_z}{\sqrt{E_{0,05}} * \pi} = \frac{\sqrt{24} * 72,431}{\sqrt{9400} * \pi} = 1,165$$

$$\beta_c = 0,1 \quad (\text{lepené lamelové dřevo})$$

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 2,026$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 1,222$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,32067$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,62884$$

### **KLOPENÍ:**

$$l_{ef} = 4600 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 * b^2 * E_{0,05}}{h * l_{ef}} = \frac{0,78 * 220^2 * 9400}{800 * 4600} = 96,432 \text{ MPa}$$

poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \frac{\sqrt{f_{m,k}}}{\sqrt{\sigma_{m,crit}}} = \frac{\sqrt{24}}{\sqrt{96,432}} = 0,49888$$

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{pro } \dots \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} \rightarrow \text{pro } \dots 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ 1/\lambda_{rel,m}^2 \rightarrow \text{pro } \dots 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

$$k_{crit} = 1$$

## KOMBINACE MAX. NORMÁLOVÉ SÍLY A PŘÍSLUŠNÉHO MOMENTU:

návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = N_{ed}/A = 669770/176000 = 3,806 \text{ MPa}$$

návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$h/r = 800/20000 = 0,04$$

$$\alpha = 0^\circ = 0,00 \text{ rad}$$

$$k_1 = 1 + 1,4 * \text{tg } \alpha + 5,4 * \text{tg}^2 \alpha = 1$$

$$k_2 = 0,35 - 8 * \text{tg } \alpha = 0,35$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 * \text{tg } \alpha - 7,8 * \text{tg}^2 \alpha = 0,6$$

$$k_4 = 6 * \text{tg}^2 \alpha = 0$$

$$k_l = k_1 + k_2 * (h/r) + k_3 * (h/r)^2 + k_4 * (h/r)^3 = 1,01496$$

$$\sigma_{m,y,d} = k_l * \frac{6 * M_{Ed,y}}{b * h^2} = 1,015 * \frac{6 * 62,75}{220 * 800^2} * 10^6 = 2,714 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = k_l * \frac{6 * M_{Ed,z}}{h * b^2} = 1,015 * \frac{6 * 5,88}{800 * 220^2} * 10^6 = 0,925 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7 \quad \text{lepené lamelové dřevo - obdélníkový průřez}$$

$$k_r = 1 \quad r_{in}/t > 240$$

## OVĚŘENÍ VZPĚRU:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_r * f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_r * f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{3,806}{0,321 * 15,36} + \frac{2,714}{1 * 15,36} + 0,7 * \frac{0,925}{1 * 15,36} \leq 1$$

$$\mathbf{0,991} \leq \mathbf{1} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_r * f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_r * f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{3,806}{0,629 * 15,36} + 0,7 * \frac{2,714}{1 * 15,36} + \frac{0,925}{1 * 15,36} \leq 1$$

$$\mathbf{0,578} \leq \mathbf{1} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

### OVĚŘENÍ KLOPENÍ:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}^2}{(k_r * k_{crit} * f_{m,y,d})^2} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{2,714^2}{(1 * 1 * 15,36)^2} + \frac{3,806}{0,629 * 15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,425}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{VYHOVUJE}}$$

### POSOUZENÍ:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_r * f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_r * f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{3,806}{15,36}\right)^2 + \frac{2,714}{1 * 15,36} + 0,7 * \frac{0,925}{1 * 15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,280}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{VYHOVUJE}}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_r * f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_r * f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{3,806}{15,36}\right)^2 + 0,7 * \frac{2,714}{1 * 15,36} + \frac{0,925}{1 * 15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,245}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{VYHOVUJE}}$$

## KOMBINACE MAX. MOMENTU A PŘÍSLUŠNÉ NORMÁLOVÉ SÍLY:

návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = N_{ed}/A = 640360/176000 = 3,638 \text{ MPa}$$

návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$h/r = 800/20000 = 0,04$$

$$\alpha = 0^\circ = 0,00 \text{ rad}$$

$$k_1 = 1 + 1,4 * \text{tg } \alpha + 5,4 * \text{tg}^2 \alpha = 1$$

$$k_2 = 0,35 - 8 * \text{tg } \alpha = 0,35$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 * \text{tg } \alpha - 7,8 * \text{tg}^2 \alpha = 0,6$$

$$k_4 = 6 * \text{tg}^2 \alpha = 0$$

$$k_l = k_1 + k_2 * (h/r) + k_3 * (h/r)^2 + k_4 * (h/r)^3 = 1,01496$$

$$\sigma_{m,y,d} = k_l * \frac{6 * M_{Ed,y}}{b * h^2} = 1,015 * \frac{6 * 71,22}{220 * 800^2} * 10^6 = 3,080 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = k_l * \frac{6 * M_{Ed,z}}{h * b^2} = 1,015 * \frac{6 * 2,25}{800 * 220^2} * 10^6 = 0,354 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7 \quad \text{lepené lamelové dřevo - obdélníkový průřez}$$

$$k_r = 1 \quad r_{in}/t > 240$$

## OVĚŘENÍ VZPĚRU:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_r * f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_r * f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{3,638}{0,321 * 15,36} + \frac{3,08}{1 * 15,36} + 0,7 * \frac{0,354}{1 * 15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,955}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_r * f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_r * f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{3,638}{0,629 * 15,36} + 0,7 * \frac{3,08}{1 * 15,36} + \frac{0,354}{1 * 15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,540}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$



**OVĚŘENÍ KLOPENÍ:**

$$\frac{\sigma_{m,y,d}^2}{(k_{crit} * f_{m,y,d})^2} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{3,08^2}{(1 * 15,36)^2} + \frac{3,638}{0,629 * 15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,417}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{VYHOVUJE}}$$

**POSOUZENÍ:**

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_r * f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_r * f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{3,638}{15,36}\right)^2 + \frac{3,08}{1 * 15,36} + 0,7 * \frac{0,354}{1 * 15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,273}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{VYHOVUJE}}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_r * f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_r * f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{3,638}{15,36}\right)^2 + 0,7 * \frac{3,08}{1 * 15,36} + \frac{0,354}{1 * 15,36} \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,220}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{VYHOVUJE}}$$

**12.7 MSÚ - POSOUZENÍ NA SMYK**

návrhová hodnota napětí ve smyku:

účinná šířka průřezu redukována součinitelem vlivu vysušených trhlín:

pro lepené lamelové dřevo:

$$k_{cr} = 0,67$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 * V_{Ed}}{2 * k_{cr} * A} = \frac{3 * 8640}{2 * 0,67 * 40000} = 0,581 \text{ MPa}$$

**POSUDEK:**

$$0,484/1,728 = \underline{\underline{0,336}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{VYHOVUJE}}$$

**12.8 MSÚ – POSOUZENÍ NAPĚTÍ V TAHU KOLMO K VLÁKNŮM VE VRCHOLU**

pevnost v tahu kolmo k vláknům:

$$f_{t,90,k} = 0,4 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost v tahu kolmo k vláknům:

$$f_{t,90,d} = k_{\text{mod}} * f_{t,90,k} / \gamma_M = 0,9 * 0,4 / 1,25 = \mathbf{0,256 \text{ MPa}}$$

Napětí v tahu kolmo k vláknům ve vrcholové části:

$$r_{in} = r - 0,5 * h = 19600 \text{ mm}$$

$$V = \frac{\beta * \pi}{180} * b * (h^2 + 2 * r_{in} * h) = \frac{17 * 3,14}{180} * 0,22 * (0,8^2 + 2 * 19,6 * 0,8) = 2,089 \text{ m}^3$$

$$k_{dis} = 1,4 \quad (\text{zakřivený nosník stálé výšky průřezu})$$

$$\left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} = \left(\frac{0,01}{2,089}\right)^{0,2} = 0,344$$

$$k_p = 0,25 * (h/r) = 0,25 * (0,8/20) = 0,01$$

$$\sigma_{t,90,d} = k_p * \frac{6 * M_{Ed,y}}{b * h^2} = 0,01 * \frac{6 * 71,22}{220 * 800^2} * 10^6 = 0,030 \text{ MPa}$$

**POSOUZENÍ:**

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} * \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} * f_{t,90,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,03}{1,4 * 0,344 * 0,256} \leq 1$$

$$\mathbf{\underline{0,24647}} \leq \mathbf{\underline{1}} \quad \mathbf{\underline{VYHOVUJE}}$$

**12.9 MSP - POSOUZENÍ NA PRŮHYB**

okamžitý průhyb (vygenerováno programem Scia Engineer 2013)

$$\text{stále} \quad w_{\text{inst,G}} = 1,7 \text{ mm}$$

$$\text{sníh} \quad w_{\text{inst,Q1}} = 3,9 \text{ mm}$$

$$\text{vítr - tlak} \quad w_{\text{inst,Q2}} = 3,3 \text{ mm}$$

konečné průhyby:

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} * (1 + k_{def}) = 1,7 * (1 + 0,8) = 3,06 \text{ mm}$$

$$w_{fin,Q1} = w_{inst,Q1} * (1 + \psi_2 * k_{def}) = 3,9 * (1 + 0 * 0,8) = 3,9 \text{ mm}$$

$$w_{fin,Q2} = w_{inst,Q2} * (\psi_0 + \psi_2 * k_{def}) = 3,3 * (0,6 + 0 * 0,8) = 1,98 \text{ mm}$$

celkový konečný průhyb:

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q1} + w_{fin,Q2} = 8,94 \text{ mm}$$

$$\underline{w_{fin}} = 8,94 \text{ mm} < \underline{L/200} = 185 \text{ mm} \quad \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

## 13 NÁVRH A POSOUZENÍ – DIAGONÁLNÍ ZTUŽIDLO

### 13.1 GEOMETRIE

průměr profilu  $d = 18 \text{ mm}$   
délka  $l = 6949 \text{ mm}$

### 13.2 VÝPOČTOVÝ MODEL

táhlo systému DETAN, kloubově uložené

### 13.3 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$A = \pi * (d^2/4) = \pi * (18^2/4) = 254,469 \text{ mm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} * \pi * d^4 = \frac{1}{64} * \pi * 18^4 = 5153 \text{ mm}^4$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{5153}{254,469}} = 4,5 \text{ mm}$$

### 13.4 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

ocel S 235

mez kluzu  $f_y = 235 \text{ MPa}$

pevnost v tahu  $f_u = 360 \text{ MPa}$

modul pružnosti v tahu a tlaku  $E = 210000 \text{ MPa}$

modul pružnosti ve smyku  $G = 81000 \text{ MPa}$

objemová hmotnost  $\gamma_s = 78,5 \text{ kN/m}^3$

součinitel spolehlivosti  $\gamma_{m0} = 1$

### 13.5 VNITŘNÍ SÍLY

vygenerováno programem Scia Engineer 2013  
použity nelineární kombinace s vyloučením tlaku

maximální tahová síla:

$N_{ed} = 49,56 \text{ kN}$

### 13.6 MSÚ - POSOUZENÍ NA TAH

návrhová únosnost v tahu:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{254,469 * 235}{1,0} = 59800,2 \text{ N} = 59,8002 \text{ kN}$$

posudek:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{49,56}{59,8002} = \underline{\underline{0,82876}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

## 14 NÁVRH A POSOUZENÍ – KLOUBOVÝ PŘÍPOJ VAZNÍKU

### 14.1 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

<b>čep:</b>			ocel S355
mez kluzu	$f_{yp} =$	355	MPa
pevnost v tahu	$f_{up} =$	510	MPa
<b>plechy:</b>			ocel S355
mez kluzu	$f_y =$	355	MPa
pevnost v tahu	$f_u =$	510	MPa
<b>kotevní šrouby:</b>			2 x M16 6.8
mez kluzu	$f_{yb} =$	480	MPa
pevnost v tahu	$f_{ub} =$	600	MPa
<b>svorníky:</b>			ocel 6.8
mez kluzu	$f_{yk} =$	480	MPa
pevnost v tahu	$f_{uk} =$	600	MPa
jednotková hmotnost objemová hmotnost	$\rho =$	7850	kg/m <sup>3</sup>
	$\gamma_s =$	78,5	kN/m <sup>4</sup>
modul pružnosti v tahu a tlaku	$E =$	210000	MPa
modul pružnosti ve smyku	$G =$	81000	MPa
<b>beton patky:</b>			C 16/20
pevnost v tlaku	$f_{ck} =$	16	MPa
$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 16/1,5 =$		10,6667	MPa
<b>vazník:</b>	lepené lamelové dřevo	GL 24h	
třída provozu		2	
třída trvání zatížení		střednědobé	
	$k_{mod} =$	0,8	
	$\gamma_m =$	1,25	

**14.2 REAKCE V PODPORÁCH**

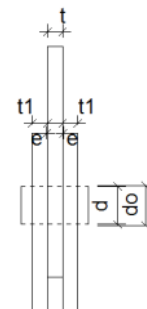
vygenerováno programem Scia Engineer 2013

Podpora	$R_x$ [kN]	$R_z$ [kN]	$F_{Ed} = \sqrt{R_x^2 + R_z^2}$ [kN]	$R_y$ [kN]	$\alpha$ [°]	$\beta$ [°]
1	540,8	341,66	639,684	2,56	58	32
2	465,62	267,18	536,831	29,28	60	30
3	512,34	319,98	604,053	0,35	58	32
4	465,62	267,18	536,831	17,93	60	30
5	540,8	341,66	639,684	0,81	58	32
6	512,34	319,98	604,053	1,96	58	32
7	543,8	339,19	640,912	2,5	58	32
8	481,37	273,33	553,558	29,88	60	30
9	513,29	320,37	605,065	0,35	58	32
10	481,37	273,33	553,558	17,31	60	30
11	543,8	339,19	640,912	0,73	58	32
12	513,29	320,37	605,065	1,94	58	32

maximální působící síla:  $F_{Ed} = 640,912 \text{ kN}$   
 $F_{v,ed} = F_{ed}/2 = 320,456041 \text{ kN}$   
 $F_{b,Ed} = F_{Ed} = 640,912 \text{ kN}$   
 $M_{ed} = F_{ed}/8 \cdot (t+4e+2t_1) = 5928,43675 \text{ kNm}$

**14.3 GEOMETRIE****14.3.1 geometrické požadavky na pruty ukončené čepovými spoji:**

průměr čepu	$d =$	54 mm
průměr otvoru pro čep	$d_0 =$	56 mm
tloušťka připojované části	$t =$	30 mm
tloušťka připojující části	$t_1 =$	20 mm
mezera	$e =$	1 mm
plocha průřezu čepu	$A =$	2290,22 mm <sup>2</sup>
modul průřezu čepu	$W =$	15459 mm <sup>3</sup>



### 14.3.2 tloušťka a koncové rozteče styčnickového plechu čepu:

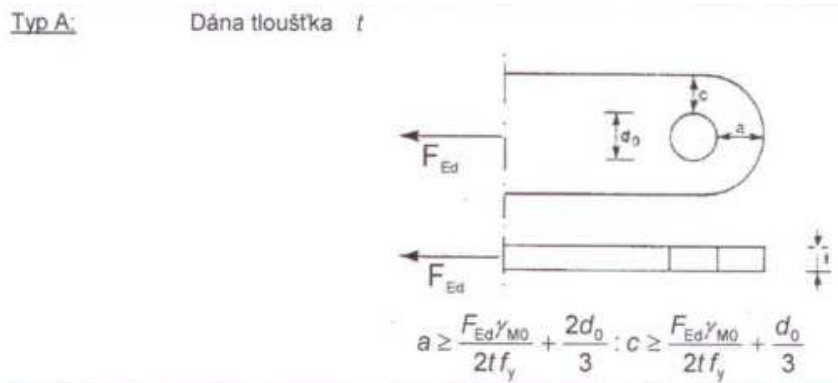
$$t \geq 0,7 * \sqrt{\frac{F_{v,ed} * \gamma_{m0}}{f_y}} = 0,7 * \sqrt{\frac{640,912 * 10^3 * 1}{355}} = 29,74 \text{ mm} \rightarrow 30 \text{ mm}$$

$$a > \frac{F_{Ed} * \gamma_{m0}}{2 * t * f_y} + \frac{2 * d_0}{3} = \frac{640,912 * 10^3 * 1}{2 * 30 * 355} + \frac{2 * 56}{3} = 67,4231 \text{ mm}$$

volím min a = 68 mm

$$c > \frac{F_{Ed} * \gamma_{m0}}{2 * t * f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{640,912 * 10^3 * 1}{2 * 30 * 355} + \frac{56}{3} = 48,7564 \text{ mm}$$

volím min c = 50 mm



## 14.4 POSOUZENÍ ČEPU

### 14.4.1 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI ČEPU VE STŘIHU

návrhová únosnost ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 * A * f_{up}}{\gamma_{m2}} = \frac{0,6 * 2290,22 * 510}{1,25} = 560646,112 \text{ N} = 560,646 \text{ kN}$$

**posudek:**

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{320,456}{560,646} = \underline{\underline{0,57158}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$



---

#### 14.4.2 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI ČEPU V OTLAČENÍ

návrhová únosnost v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 * t * d * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{1,5 * 30 * 54 * 355}{1,0} = 862650 \text{ N} = 862,65 \text{ kN}$$

**posudek:**

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{640,912}{862,65} = \underline{\underline{0,74296}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

---

#### 14.4.3 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI ČEPU V OHYBU

návrhová únosnost:

$$M_{Rd} = \frac{1,5 * W_{el} * f_{yp}}{\gamma_{m0}} = \frac{1,5 * 15459 * 355}{1,0} = 8231913,27 \text{ Nm} = 8231,91 \text{ kNm}$$

**posudek:**

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{5928,437}{8231,91} = \underline{\underline{0,72018}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

---

#### 14.4.4 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI ČEPU PŘI KOMBINACI STŘIHU A OHYBU

**posudek:**

$$\left[ \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[ \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 = \left[ \frac{5928,437}{8231,91} \right]^2 + \left[ \frac{320,456}{560,646} \right]^2 \leq 1$$

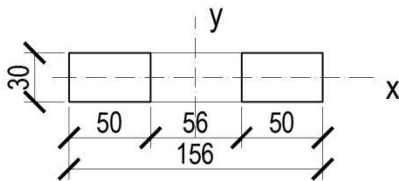
$$\underline{\underline{0,84536}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

**14.5 STYČNÍKOVÝ PLECH****14.5.1 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI PLECHU V OTLAČENÍ**

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 * t * d * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{1,5 * 30 * 54 * 460}{1,0} = 1117800 \text{ N} = 1117,8 \text{ kN}$$

**posudek:**

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{640,912}{1117,8} = \underline{\underline{0,57337}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$



$$\begin{aligned} A &= 0,00468 \text{ m}^2 \\ A_{net} &= 0,003 \text{ m}^2 \\ I_x &= 2,25E-07 \text{ m}^4 \\ I_y &= 9,052E-06 \text{ m}^4 \\ L_{cr} &= 0,2 \text{ m} \end{aligned}$$

**14.5.2 VZPĚRNÁ ÚNOSNOST:**Křivka vzpěrné pevnosti  $c \rightarrow \alpha = 0,49$ 

$$N_{cr,x} = \frac{\pi^2 * E * I}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^6 * 2,25 * 10^{-7}}{0,2^2} = 11646,7 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{\frac{A_{net} * f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{3 * 10^{-3} * 355 * 10^3}{11646,7}} = 0,302$$

$$\phi_x = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda}_x - 0,2) + \bar{\lambda}_{x2}] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,359 - 0,2) + 0,359^2] = 0,570808$$

$$x_x = \frac{1}{\phi_x + \sqrt{\phi_x^2 - \bar{\lambda}_{x2}^2}} = \frac{1}{0,615 + \sqrt{0,615^2 - 0,378^2}} = 0,94793$$

$$N_{b,Rd} = \frac{x_x * A_{net} * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,909 * 0,003 * 355 * 10^3}{1} = 1009,54 \text{ kN}$$

$$N_{ed}/N_{b,Rd} = 640,912/1510,31 = \underline{\underline{0,63486}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

**14.6 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI SVARU**

koutový svar

korelační

součinitel

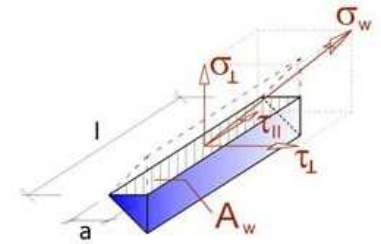
$$\beta_w = 0,9$$

účinná výška svaru

$$a = 4 \text{ mm}$$

účinná délka svaru

$$l = 600 \text{ mm}$$



účinná plocha 2 svarů

$$A_w = a * l = 4 * 600 =$$

2400 mm

$$N_{ed} = 640,912 \text{ kN}$$

$$\sigma_L = \tau_L = \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} * A_w} = \frac{640912}{\sqrt{2} * 2400}$$

188,831 MPa

$$V_{ed} = 320,456 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{320456}{2400} = 133,523 \text{ MPa}$$

**posudek:**

$$\frac{\sqrt{[\sigma_L^2 + 3 * (\tau_L^2 + \tau_{\parallel}^2)]}}{\beta_w * \gamma_{m2}} \leq \frac{f_u}{1,25}$$

$$\frac{\sqrt{[188,831^2 + 3 * (188,831^2 + 133,523^2)]}}{0,9 * 1,25}$$

**442,847 MPa**

≤

**453,333333 MPa****VYHOVUJE****posudek:**

$$\sigma_L \leq \frac{f_u}{\gamma_{m2}}$$

$$188,831 \leq \frac{510}{1,25}$$

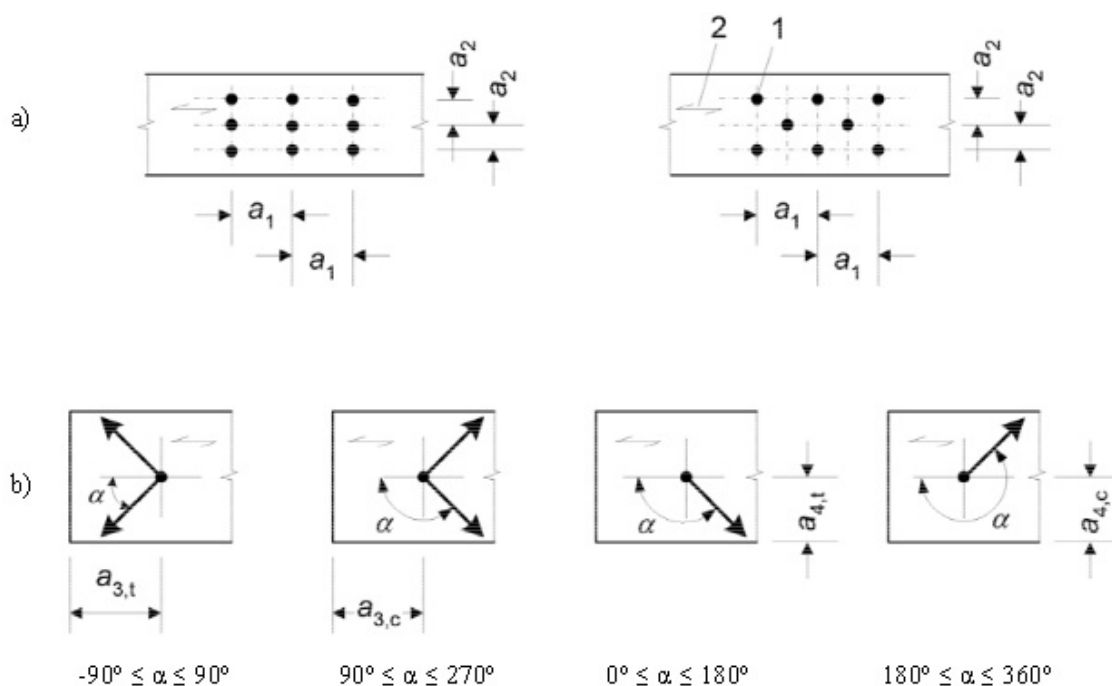
**188,831 MPa**

≤

**408 MPa****VYHOVUJE**

## 14.7 MINIMÁLNÍ HODNOTA ROZTEČÍ

### 14.7.1 Pro dřevo:



Rozteče a vzdálenosti od konců/okrajů (viz obr. 8.7)	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti
$a_1$ (rovnoběžně s vlákny)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 +  \cos \alpha ) d$
$a_2$ (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4d$
$a_{3,t}$ (zatížený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d, 80 \text{ mm})$
$a_{3,c}$ (nezatížený konec)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$ $150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$ $210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$\max[(1 + 6 \sin \alpha) d, 4d]$ $4d$ $\max[(1 + 6 \sin \alpha) d, 4d]$
$a_{4,t}$ (zatížený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2 + 2 \sin \alpha) d, 3d]$
$a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$

rovnoběžně s  
vlákny

$$a_1 = (4 + \cos \alpha) * d = 45 \text{ mm}$$

kolmo na vlákna

$$a_2 = 4d = 56 \text{ mm}$$

zatížený konec

$$a_{3,t} = \max(7d; 80) = 98 \text{ mm}$$

nezatížený konec

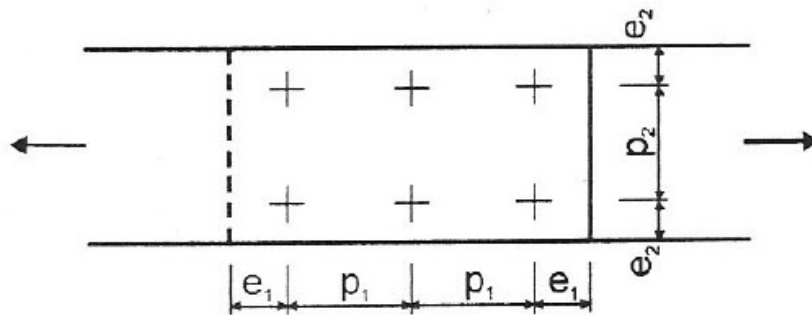
$$a_{3,c} = \max((1+6*\sin\alpha)*d; 4d) = 56 \text{ mm}$$

zatížený okraj

$$a_{4,t} = \max((2+2*\sin\alpha)*d; 3d) = 42 \text{ mm}$$

nezatížený okraj

$$a_{4,c} = 3d = 42 \text{ mm}$$

**14.7.2 Pro ocel:**

$$\begin{aligned}
 e_1 &= 1,2 * d_0 = & 18 \text{ mm} \\
 e_2 &= 1,5 * d_0 = & 23 \text{ mm} \\
 p_1 &= 2,2 * d_0 = & 33 \text{ mm} \\
 p_2 &= 3 * d_0 = & 45 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**14.8 POSOUZENÍ SVORNÍKOVÉHO SPOJE OCEL - DŘEVO**

svorníkový spoj s ocelovou deskou jako střední prvek dvojtřížného spoje

svorníkový spoj	6	x	d =	14 mm
sklon nosníku (GSS)			$\alpha' =$	17 °
úhel výslednice zatížení (GSS)			$\beta =$	32 °
úhel zatížení vláken (LSS)			$\alpha =$	15 °
průměr svorníku			d =	14 mm
otvor pro svorník v oceli			$d_0 =$	15 mm
char. hustota dřeva			$\rho_k =$	380 kg/m <sup>3</sup>
tloušťka ocelové desky			$t_d =$	30 mm

$$k_{90} = 1,35 * 0,015 * d = 1,35 * 0,015 * 12 = 0,2835$$

charakteristická pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 26,7976 \text{ MPa}$$

$$\text{tloušťka krajního dřevěného prvku} \quad t_1 = 95 \text{ mm}$$

moment únosnosti spojovacího prostředku kNm

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 0,3 * 600 * 12^{2,6} = 171872 \text{ Nmm} = 0,17187$$

únosnost ve stříhu jednoho svorníku

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left[ \sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ f_{h,k} t_1 d \end{array} \right.$$

$F_{ax,Rk}$  uvažováno jako neznámé  $\rightarrow 0$

$$F_{v,Rk} = \min ( \boxed{17,260} \quad \boxed{18,469} \quad \boxed{35,641} ) \text{ kN} = \mathbf{17,260 \text{ kN}}$$

návrhová únosnost spoje ve stříhu

$$F_{v,Rd} = 2 * n * F_{v,Rk} * k_{mod}/\gamma_m = \mathbf{132,554 \text{ kN}}$$

**posudek:**

$$\begin{array}{rclcl} F_{v,Ed}/F_{v,Rd} & \leq & 1 \\ 106,819 & / & 132,554 & \leq & 1 \\ & & \mathbf{0,80585} & \leq & \mathbf{1} \end{array} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

#### 14.9 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI KOTEVNÍCH ŠROUBŮ V TAHU

v podpoře nevzniká tah - není třeba posuzovat

#### 14.10 POSOUZENÍ KOTEVNÍCH ŠROUBŮ NA PROTLAČENÍ

v podpoře nevzniká tah - není třeba posuzovat

#### 14.11 POSOUZENÍ PATNÍHO PLECHU

rozměry patního plechu:

$$\begin{array}{ll} a = 700 \text{ mm} & a_r = 50 \text{ mm} \\ b = 332 \text{ mm} & b_r = 130 \text{ mm} \\ h = 500 \text{ mm} & \end{array}$$

výška podlití:

$$< 0,2 \min (a;b) = 64 \text{ mm} \rightarrow 30 \text{ mm}$$

účinný půdorys základové patky:

$$a_1 = \min(a+2a_r; 5*a, a+h; 5*b_1) = \min(800;3500;1200;1500) = 800 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(b+2b_r; 5*b, b+h; 5*a_1) = \min(592;1660;832;4000) = 300 \text{ mm}$$

součinitel koncentrace napětí:

$$k_j = \sqrt{\left(a_1 * \frac{b_1}{a} / b\right)} = \sqrt{\left(800 * \frac{300}{700} / 320\right)} = 1,016$$

návrhová pevnost betonu v koncentrovaném tlaku:

$$f_{jd} = 0,67 * k_j * f_{cd} = 0,67 * 1,016 * 10,67 = 7,263 \text{ MPa}$$

efektivní plocha:

$$c = t_p * \sqrt{\left(\frac{f_y}{\gamma_m} / 3\right)} = 20 * \sqrt{\left(\frac{355}{7,398} / 3\right)} = 80,7305669 \text{ mm}$$

$$A_{\text{eff}} = ((600 + 2*80,7) * (70 + 2*80,7)) = 176248,657 \text{ mm}^2$$

návrhová únosnost centricky tlačené patky:

$$N_{Rd} = A_{\text{eff}} * f_{jd} = 97748 * 7,398 = 1280,02043 \text{ kN}$$

**posudek:**

$$F_{t,Ed} / N_{Rd} \leq 1$$

$$640,912 / 723,091 \leq 1$$

$$\mathbf{0,5007} \leq \mathbf{1}$$

**VYHOVUJE****14.12 POSOUZENÍ SMYKOVÉ ZARÁŽKY**součinitel tření mezi betonem a ocelí:  $\mu = 0,2$ 

zarážka	l	b	h
2x	50 mm	50 mm	80 mm
plocha	A = 2 * l * h = 2 * 30 * 80 =		8000 mm <sup>2</sup>
průřezový modul	W = h * b <sup>2</sup> / 6 = 80 * 30 <sup>2</sup> / 6 =		33333,3333 mm <sup>3</sup>
	N <sub>ed</sub> =	341,66 kN	
	V <sub>rd</sub> = N <sub>ed</sub> * μ =	68,332 kN	

$$\begin{aligned}
 V_{ed} &= 29,88 \text{ kN} \\
 M_{ed} &= (V_{rd} - V_{ed}) * l = 19,226 \text{ kNm} \\
 M_{rd} &= 2 * W * f_y / \gamma_{m0} = 2 * 12000 * 355 / 1 = 23,6667 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

**posudek:**

$$\begin{aligned}
 M_{ed}/M_{rd} &\leq 1 \\
 19,226/23,67 &\leq 1 \\
 \underline{\underline{0,81237}} &\leq \underline{\underline{1}} \quad \quad \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}
 \end{aligned}$$

**15 NÁVRH A POSOUZENÍ – KLOUBOVÝ SPOJ VAZNÍKŮ****15.1 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY****čep:** ocel S355

$$\begin{aligned}
 \text{mez kluzu} & \quad f_{yp} = 355 \text{ MPa} \\
 \text{pevnost v tahu} & \quad f_{up} = 510 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

**plechy:** ocel S355

$$\begin{aligned}
 \text{mez kluzu} & \quad f_y = 355 \text{ MPa} \\
 \text{pevnost v tahu} & \quad f_u = 510 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

**kotevní šrouby:** 2 x M16  
6.8

$$\begin{aligned}
 \text{mez kluzu} & \quad f_{yb} = 480 \text{ MPa} \\
 \text{pevnost v tahu} & \quad f_{ub} = 600 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

**svorníky:** ocel 6.8

$$\begin{aligned}
 \text{mez kluzu} & \quad f_{yk} = 480 \text{ MPa} \\
 \text{pevnost v tahu} & \quad f_{uk} = 600 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{jednotková hmotnost} & \quad \rho = 7850 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{objemová hmotnost} & \quad \gamma_s = 78,5 \text{ kN/m}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{modul pružnosti v tahu a tlaku} & \quad E = 210000 \text{ MPa} \\
 \text{modul pružnosti ve smyku} & \quad G = 81000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$



## 15.2 REAKCE VE SPOJI

vygenerováno programem Scia Engineer 2013

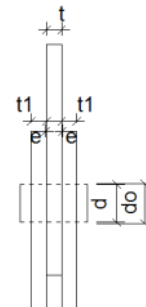
Kloub	N [kN]	V <sub>z</sub> [kN]
1	454,05	31,46
2	276,7	22,78
3	447,04	30,93
4	450,31	31,09
5	276,9	22,79
6	449,01	31,1

$$\begin{aligned}
 \text{maximální působící síla: } \quad \mathbf{F_{Ed}} &= & \mathbf{454,050 \text{ kN}} \\
 \mathbf{F_{v,ed}} &= F_{ed}/2 = & \mathbf{227,025 \text{ kN}} \\
 \mathbf{F_{b,Ed}} &= F_{Ed} = & \mathbf{454,050 \text{ kN}} \\
 \mathbf{M_{ed}} &= F_{ed}/8*(t+4e+2t_1) = & \mathbf{4086,45 \text{ kNm}}
 \end{aligned}$$

## 15.3 GEOMETRIE

### 15.3.1 geometrické požadavky na pruty ukončené čepovými spoji:

průměr čepu	d =	46 mm
průměr otvoru pro čep	d <sub>0</sub> =	48 mm
tloušťka připojované části	t =	28 mm
tloušťka připojující části	t <sub>1</sub> =	20 mm
mezera	e =	1 mm
plocha průřezu čepu	A =	1661,9 mm <sup>2</sup>
modul průřezu čepu	W =	9555,94 mm <sup>3</sup>



### 15.3.2 tloušťka a koncové rozteče styčnickového plechu čepu:

$$t \geq 0,7 * \sqrt{\frac{F_{v,ed} * \gamma_{m0}}{f_y}} = 0,7 * \sqrt{\frac{454,05 * 10^3 * 1}{355}} = 25,034 \text{ mm} \rightarrow 28 \text{ mm}$$

$$a > \frac{F_{Ed} * \gamma_{m0}}{2 * t * f_y} + \frac{2 * d_0}{3} = \frac{454,05 * 10^3 * 1}{2 * 28 * 355} + \frac{2 * 56}{3} = 54,8395 \text{ mm}$$

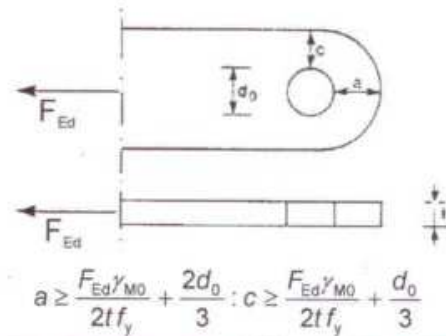
volím a = 55 mm

$$c > \frac{F_{Ed} * \gamma_{m0}}{2 * t * f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{450,31 * 10^3 * 1}{2 * 30 * 355} + \frac{56}{3} = 38,8395 \text{ mm}$$

volím c = 40 mm

Typ A:

Dána tloušťka t



## 15.4 POSOUZENÍ ČEPU

### 15.4.1 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI ČEPU VE STŘIHU

návrhová únosnost ve střihu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 * A * f_{up}}{\gamma_{m2}} = \frac{0,6 * 1661,9 * 510}{1,25} = 406833,735 \text{ N} = 406,834 \text{ kN}$$

**posudek:**

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{227,025}{406,834} = \underline{\underline{0,55803}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

---

### 15.4.2 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI ČEPU V OTLAČENÍ

návrhová únosnost v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 * t * d * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{1,5 * 28 * 46 * 355}{1,0} = 685860 \text{ N} = 685,86 \text{ kN}$$

**posudek:**

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{454,05}{685,86} = \underline{\underline{0,66202}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

---

### 15.4.3 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI ČEPU V OHYBU

návrhová únosnost:

$$M_{Rd} = \frac{1,5 * W_{el} * f_{yp}}{\gamma_{m0}} = \frac{1,5 * 9555,94 * 355}{1,0} = 5088537,76 \text{ Nm} = 5088,54 \text{ kNm}$$

**posudek:**

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{4086,45}{5088,54} = \underline{\underline{0,80307}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

---

### 15.4.4 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI ČEPU PŘI KOMBINACI STŘIHU A OHYBU

**posudek:**

$$\left[ \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[ \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 = \left[ \frac{4086,45}{5088,54} \right]^2 + \left[ \frac{227,025}{406,834} \right]^2 \leq 1$$

$$\underline{\underline{0,95632}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

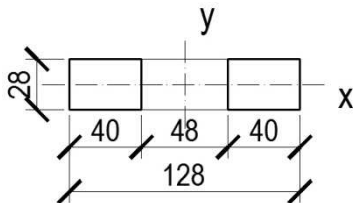
## 15.5 STYČNÍKOVÝ PLECH

### 15.5.1 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI PLECHU V OTLAČENÍ

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 * t * d * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{1,5 * 28 * 46 * 460}{1,0} = 888720 \text{ N} = 888,72 \text{ kN}$$

**posudek:**

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{454,05}{888,72} = \underline{\underline{0,5109}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$



$$\begin{aligned} A &= 0,003584 \text{ m}^2 \\ A_{net} &= 0,00224 \text{ m}^2 \\ I_x &= 1,463E-07 \text{ m}^4 \\ I_y &= 4,635E-06 \text{ m}^4 \\ L_{cr} &= 0,2 \text{ m} \end{aligned}$$

### 15.5.2 VZPĚRNÁ ÚNOSNOST:

Křivka vzpěrné pevnosti  $c \rightarrow \alpha = 0,49$

$$N_{cr,x} = \frac{\pi^2 * E * I}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^6 * 1,463 * 10^{-7}}{0,2^2} = 7572,91 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{\frac{A_{net} * f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,24 * 10^{-3} * 355 * 10^3}{7572,91}} = 0,324$$

$$\phi_x = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda}_x - 0,2) + \bar{\lambda}_x^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,324 - 0,2) + 0,324^2] = 0,582894$$

$$x_x = \frac{1}{\phi_x + \sqrt{\phi_x^2 - \bar{\lambda}_x^2}} = \frac{1}{0,583 + \sqrt{0,583^2 - 0,324^2}} = 0,93684$$

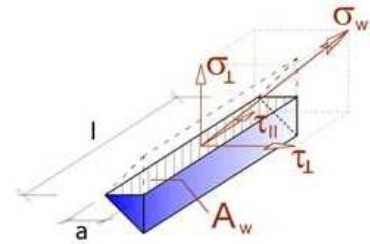
$$N_{b,rd} = \frac{x_x * A_{net} * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,919 * 0,00224 * 355 * 10^3}{1} = 744,978 \text{ kN}$$

$$N_{ed}/N_{b,rd} = 454,05/774,978 = \underline{\underline{0,60948}} \leq \underline{\underline{1}} \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

## 15.6 POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI SVARU

koutový svar

korelační součinitel  $\beta_w = 0,9$   
 účinná výška svaru  $a = 4 \text{ mm}$   
 účinná délka svaru  $l = 450 \text{ mm}$



účinná plocha 2 svarů  $A_w = a * l = 4 * 450 = 1800 \text{ mm}^2$

$$N_{ed} = 454,050 \text{ kN}$$

$$\sigma_L = \tau_L = \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} * A_w} = \frac{454050}{\sqrt{2} * 1800} = 178,368 \text{ MPa}$$

$$V_{ed} = 227,025 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{227,025}{1800} = 126,125 \text{ MPa}$$

**posudek:**

$$\sqrt{[\sigma_L^2 + 3 * (\tau_L^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\sqrt{[178,368^2 + 3 * (178,368^2 + 126,125^2)]} \leq \frac{510}{0,9 * 1,25}$$

$$\mathbf{418,309 \text{ MPa}} \leq \mathbf{453,333333 \text{ MPa}} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

**posudek:**

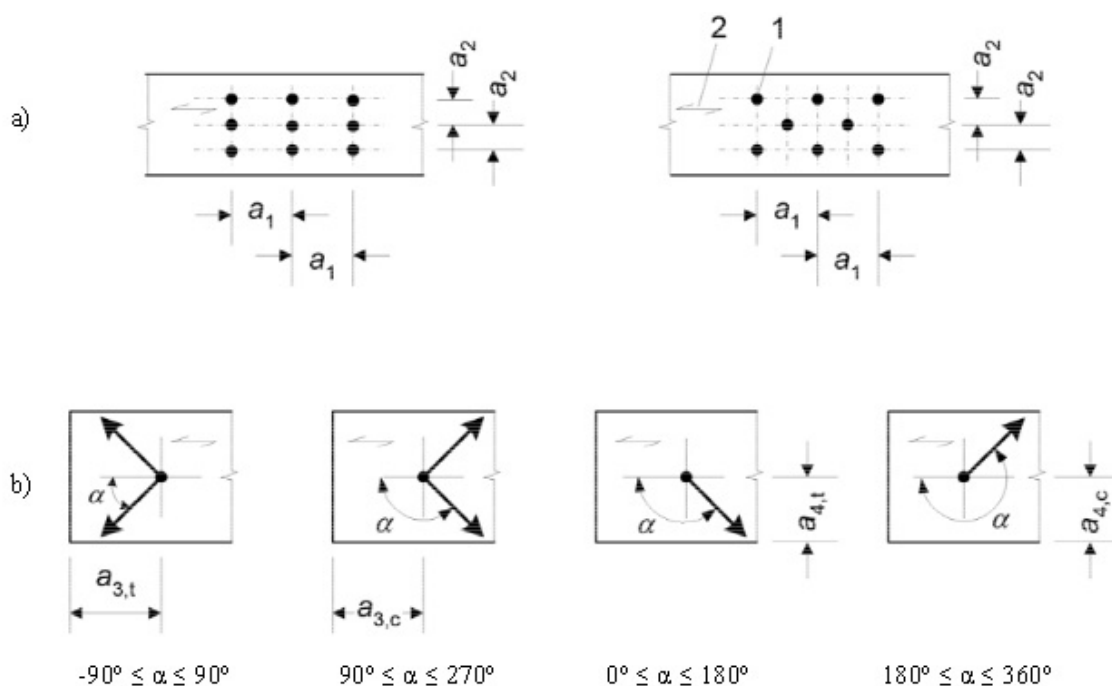
$$\sigma_L \leq \frac{f_u}{\gamma_{m2}}$$

$$178,368 \leq \frac{510}{1,25}$$

$$\mathbf{178,368 \text{ MPa}} \leq \mathbf{408 \text{ MPa}} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

## 15.7 MINIMÁLNÍ HODNOTA ROZTEČÍ

### 15.7.1 Pro dřevo:



Rozteče a vzdálenosti od konců/okrajů (viz obr. 8.7)	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti
$a_1$ (rovnoběžně s vlákny)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 +  \cos \alpha ) d$
$a_2$ (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4d$
$a_{3,t}$ (zatížený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d, 80 \text{ mm})$
$a_{3,c}$ (nezatížený konec)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$\max[(1 + 6 \sin \alpha) d, 4d]$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$4d$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$\max[(1 + 6 \sin \alpha) d, 4d]$
$a_{4,t}$ (zatížený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2 + 2 \sin \alpha) d, 3d]$
$a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$

rovnoběžně s

vlákny

$$a_1 = (4 + \cos \alpha) * d = 45 \text{ mm}$$

kolmo na vlákna

$$a_2 = 4d = 48 \text{ mm}$$

zatížený konec

$$a_{3,t} = \max(7d; 80) = 84 \text{ mm}$$

nezatížený konec

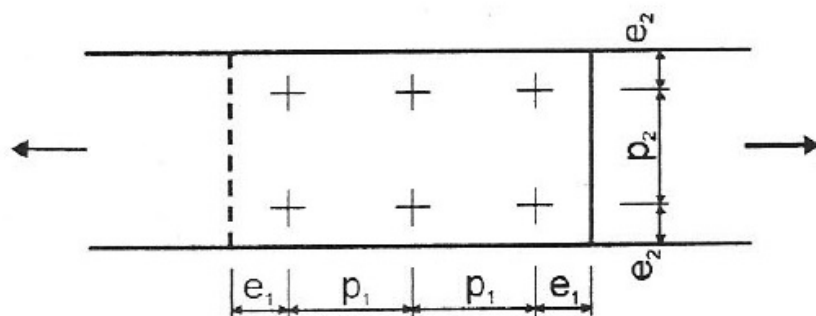
$$a_{3,c} = \max((1 + 6 * \sin \alpha) * d; 4d) = 48 \text{ mm}$$

zatížený okraj

$$a_{4,t} = \max((2 + 2 * \sin \alpha) * d; 3d) = 36 \text{ mm}$$

nezatížený okraj

$$a_{4,c} = 3d = 36 \text{ mm}$$

**15.7.2 Pro ocel:**

$$e_1 = 1,2 * d_0 = 16 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,5 * d_0 = 20 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2 * d_0 = 29 \text{ mm}$$

$$p_2 = 3 * d_0 = 39 \text{ mm}$$

**15.8 POSOUZENÍ SVORNÍKOVÉHO SPOJE OCEL - DŘEVO**

svorníkový spoj s ocelovou deskou jako střední prvek dvojstřížného spoje

$$\text{svorníkový spoj} \quad 6 \quad x \quad d = 12 \text{ mm}$$

$$\text{sklon nosníku (GSS)} \quad \alpha' = 17^\circ$$

$$\text{úhel výslednice zatížení (GSS)} \quad \beta = 0^\circ$$

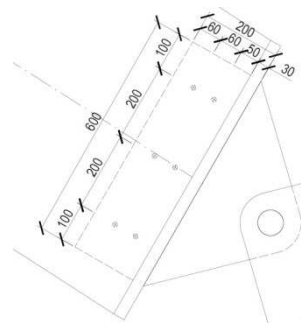
$$\text{úhel zatížení vláken (LSS)} \quad \alpha = 17^\circ$$

$$\text{průměr svorníku} \quad d = 12 \text{ mm}$$

$$\text{průměr otvoru pro svorník} \quad d_0 = 13 \text{ mm}$$

$$\text{char. hustota dřeva} \quad \rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{tloušťka ocelové desky} \quad t_d = 30 \text{ mm}$$



$$k_{90} = 1,35 * 0,015 * d = 1,35 * 0,015 * 12 = 0,243$$

charakteristická pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 27,4208 \text{ MPa}$$

$$\text{tloušťka krajního dřevěného prvku} \quad t_1 = 95 \text{ mm}$$

moment únosnosti spojovacího prostředku

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 0,3 * 600 * 12^{2,6} = 115118 \text{ Nmm} = 0,11512 \text{ kNm}$$

únosnost ve stříhu jednoho svorníku

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left[ \sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ f_{h,k} t_1 d \end{array} \right.$$

$F_{ax,Rk}$  uvažováno jako neznámé  $\rightarrow 0$

$$F_{v,Rk} = \min ( \boxed{14,630} \quad \boxed{14,156} \quad \boxed{31,260} ) \text{ kN} = \mathbf{14,156 \text{ kN}}$$

návrhová únosnost spoje ve stříhu

$$F_{v,Rd} = 2 * n * F_{v,Rk} * k_{mod} / \gamma_m = \mathbf{108,716 \text{ kN}}$$

**posudek:**

$$\begin{array}{rclcl} F_{v,Ed} / F_{v,Rd} & \leq & 1 & & \\ 75,675 & / & 108,716 & \leq & 1 \\ & & \mathbf{0,69608} & \leq & \mathbf{1} \end{array} \quad \mathbf{\underline{VYHOVUJE}}$$



**16 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK****16.1 VELKÁ PÍSMENA LATINKA**

A	průřezová plocha
$A_s$	plocha jádra šroubu
$A_v$	smyková plocha
B	zatěžovací šířka
$C_1$	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
$C_2$	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
$C_3$	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
$C_{1,0}$	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
$C_{1,1}$	součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
$C_{dir}$	součinitel směru větru
$C_{e(z)}$	součinitel expozice
$C_{my}$	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
$C_{o(z)}$	součinitel orografie
$C_{pe,10}$	součinitel vnějšího aerodynamického tlaku
$C_{r(z)}$	součinitel drsnosti
$C_{season}$	součinitel ročního období
$C_t$	součinitel tepla
$F_{t,Ed}$	tahová síla
$F_w$	působící síla na koutový svar
E	modul pružnosti v tahu a tlaku
$E_{0,05}$	hodnota 5% kvantilu modulu pružnosti
$E_{mean}$	průměrná hodnota modulu pružnosti
F	síla
$F_{ax,Ed}$	návrhová osová síla na spojovací prostředek
$F_{ax,Rk}$	charakteristická osová únosnost spojovacího prostředku na vytažení
$F_c$	síla v tlaku
$F_d$	návrhová síla
$F_t$	síla v tahu
$F_{v,Ed}$	návrhová smyková síla pro jeden stříh spojovacího prostředku
$F_{v,Rd}$	návrhová únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku
$F_{v,Rk}$	charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku
G	modul pružnosti ve smyku
$I_t$	moment setrvačnosti v kroucení
$I_{v(z)}$	intenzita turbulence
$I_w$	výsečový moment setrvačnosti
$I_y$	moment setrvačnosti průřezu k ose y
$I_z$	moment setrvačnosti průřezu k ose z
L	rozpětí
$L_{cr,y}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose y
$L_{cr,z}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose z
$M_d$	návrhový moment
$M_{y,b,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu kolmo k ose y při klopení
$M_{y,Rk}$	charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku
$M_{z,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu kolmo k ose z
$M_{cr}$	pružný kritický moment při klopení
$M_{Ed}$	návrhový ohybový moment
$M_{y,Ed}$	návrhový ohybový moment kolmo k ose y
$M_{z,Ed}$	návrhový ohybový moment kolmo k ose z
$M_{Rk}$	charakteristická únosnost rozhodujícího průřezu v ohybu
N	osová síla
$N_{b,Rd}$	návrhová vzpěrná únosnost tlačeního prutu
$N_{cr,z}$	pružná účinná kritická síla členěného prutu při rovinném vzpěru k ose z
$N_{Ed}$	návrhová hodnota osově síly

$N_{pl,Rd}$  návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu