

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Diplomová práce



**Zastřešení zimního stadionu v Praze**

**Roof structure of wintersport arena in Prague**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel Mikeš Ph.D.

Vypracoval: Bc. Robert Spálenský

Datum odevzdání: 5.1.2020

**Čestné prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací a s uvedením veškerých zdrojů a softwarů.

**Poděkování:**

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Karlu Mikešovi Ph.D. za odborné vedení, dohled a cenné rady při zpracování této závěrečné práce. Zároveň bych rád poděkoval všem, kteří mě během psaní závěrečné práce a celého studia podporovali.

**Anotace:**

Diplomová práce se zabývá tématem dřevěných konstrukcí. V diplomové práci je řešen statický návrh nosné dřevěné konstrukce sportovní haly pro zimní sporty, dle platných norem ČSN EN. Součástí práce je výpočet zatížení, stanovení kombinací, posouzení nosných prvků a spojů. Výstupem diplomové práce je statický výpočet a přílohy v podobě výkresové dokumentace. Řešena nebyla dispozice ani návrh základových konstrukcí.

**Klíčová slova:**

Hala pro zimní sporty. Lepené lamelové dřevo. Rostlé dřevo. Trojkloubový oblouk. Příhradová vaznice. Statický výpočet. Výpočet spojů.

**Annotation:**

The thesis is focused on glulam wooden structures. Thesis theme is winter sport structure in Prague. Thesis deals with design of structure according to Czech standards CSN EN. Part of the thesis is design timber joints too. As the results of thesis is static calculation and technical drawings.

**Keywords:**

Winter-sports hall. Glue laminated timber. Solid wood. Three-joint arch. Truss beam. Statical calculation. Timber joints calculation.

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: SPÁLENSKÝ Jméno: ROBERT Osobní číslo: 438520  
 Zadávací katedra: K134 - KATEDRA  
 Studijní program: Stavební inženýrství  
 Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: ZASTŘEŠENÍ ZIMNÍHO STADIÓNU V PRAZE  
 Název diplomové práce anglicky: ROOF STRUCTURE OF WINTER SPORT ARENA IN PRAGUE  
 Pokyny pro vypracování: Návrhová řešení vč. kombinací, statický model nosné konstrukce, výpočet vnitřních sil a deformací, dimenzování hl. nosných prvků a spojů, techn. zpráva, výkresová část.  
 Seznam doporučené literatury: KUKLÍK P.: Návrhová řešení konstrukcí, 101 stránka k 214 z 24 1995-1  
BLAŽEK M.; EHLBOŠEK R.: Navrh. výpočet a rozvržení nos. u. kof.  
 Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Karel Fíček, Ph.D.  
 Datum zadání diplomové práce: 5.9.2019 Termín odevzdání diplomové práce: 5.1.2020  
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku  
 \_\_\_\_\_ Podpis vedoucího práce \_\_\_\_\_ Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

5.9.2019 \_\_\_\_\_  
 Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Robert Spálenský

Název diplomové práce: Zastřešení zimního stadionu v Praze

Základní část: Dřevěné konstrukce podíl: 100 %

Formulace úkolů:

Stanovení zatížení včetně kombinací, statický model nosné konstrukce, výpočet vnitřních sil a deformací, dimenzování hlavních nosných prvků a spojů konstrukce.

Technická zpráva, výkresová část.

Podpis vedoucího DP: [přetisk]

Datum: 5.2.2019

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

3. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

4. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)



## PŘIHLÁŠKA K DIPLOMOVÉ PRÁCI

studentů navazujícího magisterského oboru Konstrukce pozemních staveb

Vyplní student:

Jméno a příjmení studenta:

Bc. Robert Špalecký

Katedra č.:

K134

Termín odevzdání diplomové práce:

7.1.2020

(údaj uveďte v souladu s časovým plánem příslušného ak.r.)

Vyplní vedoucí diplomové práce:

Vedoucí diplomové práce:

Ing. K. Mikeš, Ph.D.

Požadovaní konzultanti:

KPS  BZK  OK  DK  TS  TZB  GT

KPS - konstrukce pozemních staveb, BZK - betonové a zděné konstrukce, OK - ocelové konstrukce, DK - dřevěné konstrukce, TS - technologie staveb, TZB - technická zařízení budov, GT - geotechnika

Případná další katedra/konzultant:

Podpis studenta:

Datum:

26.8.2019

Podpis vedoucího práce:

Datum:

26.8.2019

Vyplněnou a podepsanou přihlášku odevzdá student na studijní oddělení v termínu zápisu do semestru, ve kterém si zapisuje DP.

Přihlášku je nutno odevzdat i v případě, že nejsou požadováni konzultanti.

## Obsah:

A - Statický výpočet .....	2
Výpočet zatížení .....	3
Výpočetní model .....	9
Kombinace zatížení .....	11
Návrh a posouzení vaznic.....	15
Výsledné vnitřní síly působící na vaznice .....	15
Návrh a posouzení příhradových vaznic .....	29
Výsledné vnitřní síly působící na vrcholovou příhradovou vaznici .....	29
Výsledné vnitřní síly působící na šikmou příhradovou vaznici.....	38
Návrh spojů příhradové vaznice PV1 .....	43
Návrh hlavní nosné vazby .....	62
Výsledné vnitřní síly na hlavní vazbu .....	62
Posouzení oblouku hlavní nosné vazby.....	63
Výsledné vnitřní síly na štítovou vazbu .....	68
Posouzení oblouku štítové vazby .....	69
Návrh a posouzení paždíku štítové stěny.....	74
Návrh a posouzení štítového sloupu.....	76
Návrh a posouzení ztužidel .....	80
Návrh a posouzení dřevěného ztužidla Z1 .....	84
Výsledné vnitřní síly na dřevěná ztužidla:.....	86
Návrh a posouzení dřevěného ztužidla Z2 .....	87
Návrh a posouzení dřevěného ztužidla Z3 .....	88
Návrh a posouzení vrcholového nosníku .....	90
B - Statický výpočet-spoje .....	93
Návrh spoje vaznice – vazník .....	94
Návrh spoje vrcholový nosník – příhradová vaznice PV1 -V .....	108
Návrh spoje vazník – příhradová vaznice PV1-S.....	113
Návrh spoje štítový oblouk – patka.....	119
Návrh spoje štítový oblouk – vrchol.....	129
Návrh spoje štítový sloup – patka .....	137
Návrh spoje štítový sloup – vazník .....	144
Návrh spoje hlavní oblouk – patka.....	147
Návrh spoje hlavní oblouk – vrchol.....	158
Návrh spoje paždík – štítový sloup.....	167
Návrh spoje vrcholový nosník – vazník .....	168



Návrh přípoje vaznice – ztužidlo Z1 .....	170
C - Technická zpráva.....	177
Úvod:.....	178
Identifikační údaje stavby:.....	179
Základní informace o objektu: .....	179
Zatížení:.....	180
Skladby konstrukcí: .....	181
Použité materiály: .....	181
Popis konstrukčního řešení:.....	182
Ochrana proti korozi a biotickému poškození: .....	185
Závěr:.....	186
Použité zdroje: .....	187
Seznam obrázků:.....	189
Seznam tabulek:.....	191
Seznam příloh:.....	192
Seznam použitých symbolů a zkratk: .....	193

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Diplomová práce



## **A - Statický výpočet**

# Výpočet zatížení

## Zatížení stálé:

### Střecha:

střešní panel Kingspan KS 1000 TOP-DEK tl. 130mm

objemová hmotnost: 12,35 kg/m<sup>2</sup>

charakteristické zatížení:  $g_k = 0,13 \text{ kN/m}^2$

### Stěna:

stěnový panel Kingspan KS 1150 TL tl. 120mm

objemová hmotnost: 13,29 kg/m<sup>2</sup>

charakteristické zatížení:  $g_k = 0,133 \text{ kN/m}^2$

## Zatížení užité:

Střecha kategorie H - střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav.

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

## Zatížení sněhem:

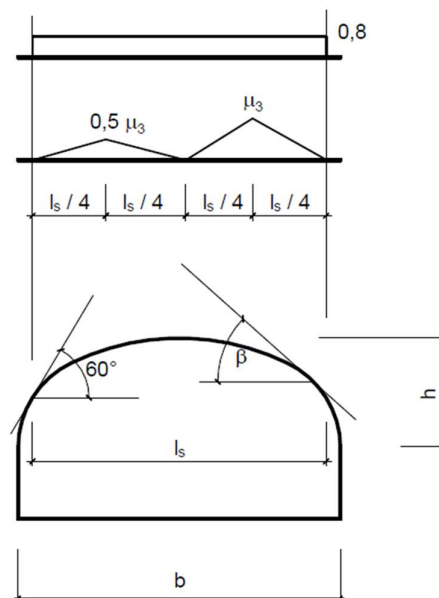
lokality: Líbeznice u Prahy

sněhová oblast: I

charakteristická hodnota zatížení sněhem:  $S_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

součinitel expozice (krajina normální)  $C_e = 1$

tepelný součinitel  $C_t = 1$



obr.č. 1a- Schéma rozložení zatížení sněhem

Hodnoty:  $b = 44 \text{ m}$   
 $h = 7 \text{ m}$   
 $\beta = 33^\circ$

**Součinitel  $\mu$ :**

$$\begin{aligned}\mu_1 &= 0,8 \quad (\text{nenavátý sních}) \\ \mu_2 &= 0,5 * \mu_3 = 0,5 * 1,8 = 0,9 \\ \mu_3 &= 0,2 + 10 * h/b = 0,2 + 10 * 7/44 = 1,8\end{aligned}$$

**Charakteristické hodnoty zatížení sněhem:**

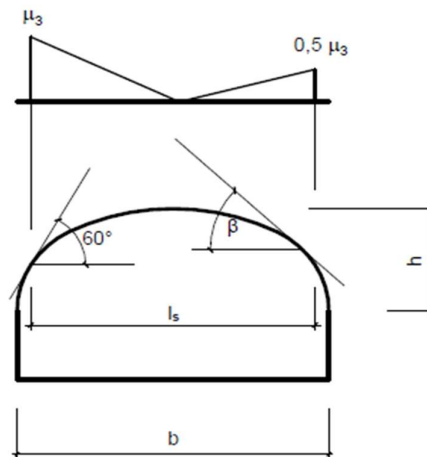
**Nenavátý sních (stav 1):**

$$\begin{aligned}s_1 &= C_e * C_t * S_k * \mu \\ s_1 &= 1 * 1 * 0,7 * 0,8 = \mathbf{0,56 \text{ kN/m}^2}\end{aligned}$$

**Navátý sních (stav 2):**

$$\begin{aligned}s_2 &= C_e * C_t * S_k * \mu \\ s_2 &= 1 * 1 * 0,7 * 0,9 = \mathbf{0,63 \text{ kN/m}^2}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}s_3 &= C_e * C_t * S_k * \mu \\ s_3 &= 1 * 1 * 0,7 * 1,8 = \mathbf{1,26 \text{ kN/m}^2}\end{aligned}$$



obr.č. 1b- Schéma rozložení zatížení sněhem - navátý sních

**Navátý sních (stav 3):**  $\mu=1,73$

$$\begin{aligned}s_4 &= C_e * C_t * S_k * \mu \\ s_4 &= 1 * 1 * 0,7 * 1,73 = \mathbf{1,21 \text{ kN/m}^2}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}s_5 &= C_e * C_t * S_k * \mu \\ s_5 &= 1 * 1 * 0,7 * 1,73 * 0,5 = \mathbf{0,61 \text{ kN/m}^2}\end{aligned}$$

### Zatížení větrem:

Lokalita: Líbeznice u Prahy

Veterná oblast: II

Výchozí základní rychlost větru

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

Hustota vzduchu

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

Výška objektu

$$h = 9 \text{ m}$$

Kategorie terénu: III

Výška objektu

$$z = 9 \text{ m}$$

$$z_0 = 0,3 \text{ m}$$

$$z_{\min} = 5 \text{ m}$$

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

Součinitel ortografie

$$C_{0(z)} = 1$$

Součinitel směru větru

$$C_{dir} = 1$$

Součinitel ročního období

$$C_{season} = 1$$

### Základní rychlost větru:

$$v_b = C_{dir} * C_{season} * v_{b,0}$$

$$v_b = 1 * 1 * 25$$

$$v_b = 25 \text{ m/s}$$

### Součinitel terénu:

$$K_r = 0,19 * (z_0 / z_{0,II})^{0,07}$$

$$K_r = 0,19 * (0,3 / 0,05)^{0,07}$$

$$K_r = 0,22$$

### Součinitel nerovnosti terénu:

$$C_{r(z)} = K_r * \ln(z / z_0)$$

$$C_{r(z)} = 0,22 * \ln(9 / 0,3)$$

$$C_{r(z)} = 0,75$$

### Charakteristická střední rychlost větru:

$$v_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0z} * v_b$$

$$v_{m(z)} = 0,75 * 1 * 25$$

$$v_{m(z)} = 18,75 \text{ m/s}$$

### Maximální dynamický tlak větru:

$$I_v = 1 / (C_{0(z)} * \ln(z / z_0))$$

$$I_v = 1 / (1 * \ln(9 / 0,3))$$

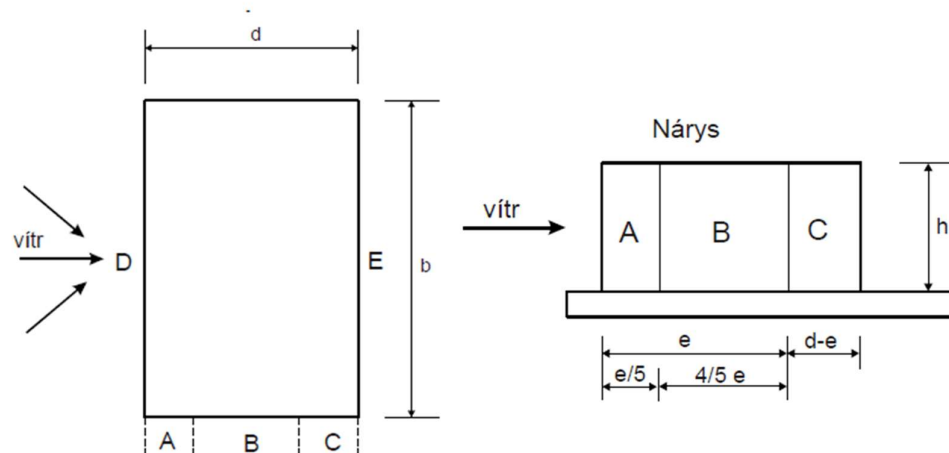
$$I_v = 0,29$$

$$q_b = (1 + 7I_v) * 0,5 * \rho * v_{m(z)}^2$$

$$q_b = (1 + 7 * 0,29) * 0,5 * 1,25 * 18,75^2$$

$$q_b = 665,8 \text{ N/m}^2$$

## Působení větru na stěny:



obr.č. 2- Schéma rozložení zatížení větrem na stěny

### podélný:

$$\begin{array}{ll} d= & 72 \text{ m} & h= & 9 \text{ m} \\ b= & 44 \text{ m} & h/d= & 0,125 \end{array}$$

Síly od větru:

$$F_w = q_b \cdot C_{pe}$$

oblast A:

$$\begin{array}{l} F_A = 665,8 \cdot -1,2 \\ F_A = -798,96 \text{ N/m}^2 \end{array}$$

oblast B:

$$\begin{array}{l} F_B = 665,8 \cdot -0,8 \\ F_B = -532,64 \text{ N/m}^2 \end{array}$$

oblast C:

$$\begin{array}{l} F_C = 665,8 \cdot -0,5 \\ F_C = -332,9 \text{ N/m}^2 \end{array}$$

oblast D:

$$\begin{array}{l} F_D = 665,8 \cdot 0,7 \\ F_D = 466,08 \text{ N/m}^2 \end{array}$$

oblast E:

$$\begin{array}{l} F_E = 665,8 \cdot -0,3 \\ F_E = -199,74 \text{ N/m}^2 \end{array}$$

$$e = 18 \text{ m}$$

$$d - e = 54 \text{ m}$$

$$e/5 = 3,6 \text{ m}$$

$$4/5e = 14,4 \text{ m}$$

### příčný:

$$\begin{array}{ll} d= & 44 \text{ m} & h= & 9 \text{ m} \\ b= & 72 \text{ m} & h/d= & 0,20 \end{array}$$

Síly od větru:

$$F_w = q_b \cdot C_{pe}$$

oblast A:

$$\begin{array}{l} F_A = 665,8 \cdot -1,2 \\ F_A = -798,96 \text{ N/m}^2 \end{array}$$

oblast B:

$$\begin{array}{l} F_B = 665,8 \cdot -0,8 \\ F_B = -532,64 \text{ N/m}^2 \end{array}$$

oblast C:

$$\begin{array}{l} F_C = 665,8 \cdot -0,5 \\ F_C = -332,9 \text{ N/m}^2 \end{array}$$

oblast D:

$$\begin{array}{l} F_D = 665,8 \cdot 0,7 \\ F_D = 466,08 \text{ N/m}^2 \end{array}$$

oblast E:

$$\begin{array}{l} F_E = 665,8 \cdot -0,3 \\ F_E = -199,74 \text{ N/m}^2 \end{array}$$

$$e = 18 \text{ m}$$

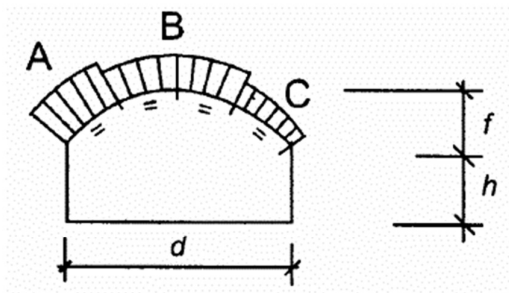
$$d - e = 26 \text{ m}$$

$$e/5 = 3,6 \text{ m}$$

$$4/5e = 14,4 \text{ m}$$

## Působení větru na střechu:

příčný vítr:



$f = 7\text{m}$   
 $h = 2\text{m}$   
 $d = 44\text{m}$   
 $f/d = 0,16$   
 $h/d = 0,04$

obr.č. 3- Schéma příčného působení větru na konstrukci

Síly od větru:

$$F_w = q_b \cdot C_{pe}$$

oblast A:

$$F_A = 665,8 \cdot 0,12$$

$$F_A = 79,9 \text{ N/m}^2$$

oblast B:

$$F_B = 665,8 \cdot -0,85$$

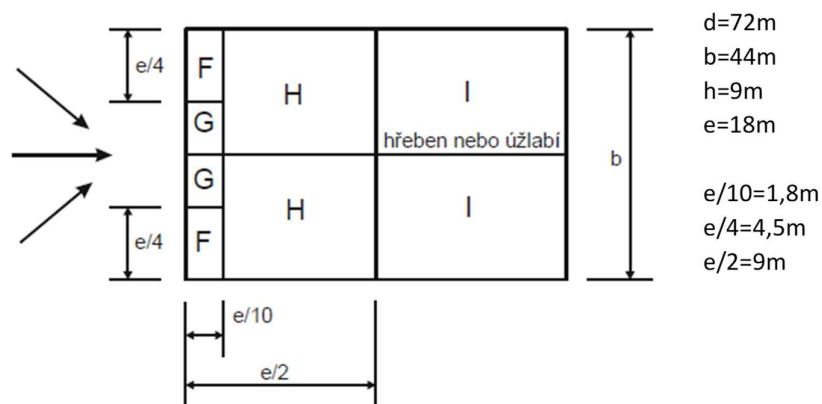
$$F_B = -565,93 \text{ N/m}^2$$

oblast C:

$$F_C = 665,8 \cdot -0,4$$

$$F_C = -266,32 \text{ N/m}^2$$

podélný vítr:



obr.č. 4- Schéma podélného působení větru na konstrukci

Síly od větru (sklon  $33^\circ$ ):

$$F_w = q_b \cdot C_{pe}$$

oblast F:

$$F_f = 665,8 \cdot -1,1$$

$$F_f = -732,38 \text{ N/m}^2$$

oblast I:

$$F_l = 665,8 \cdot -0,5$$

$$F_l = -332,9 \text{ N/m}^2$$

oblast G:

$$F_g = 665,8 \cdot -1,4$$

$$F_g = -932,12 \text{ N/m}^2$$

oblast H:

$$F_h = 665,8 \cdot -0,82$$

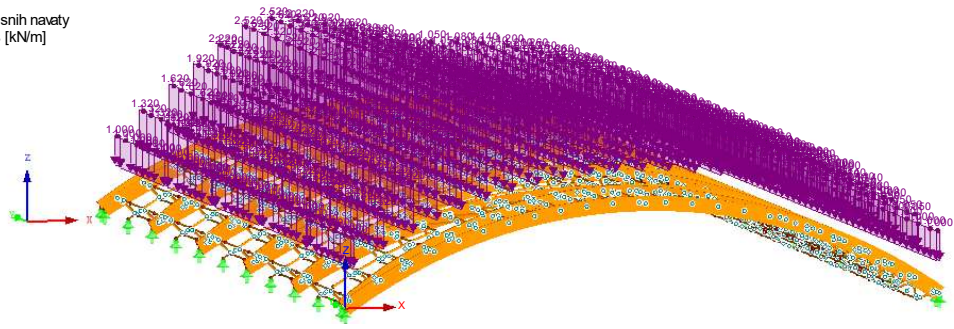
$$F_h = -545,956 \text{ N/m}^2$$

pozn. : Jelikož postup pro určení součinitelů podélného větru působícího na válcové střechy není přímo popsán Eurokódem, byl zvolen postup výpočtu totožný pro sedlovou střechu se sklonem  $33^\circ$ .



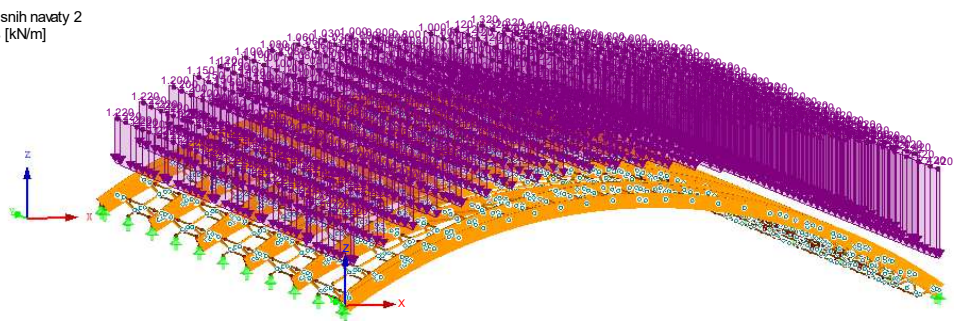


LC 7: snih navaty  
Loads [kN/m]



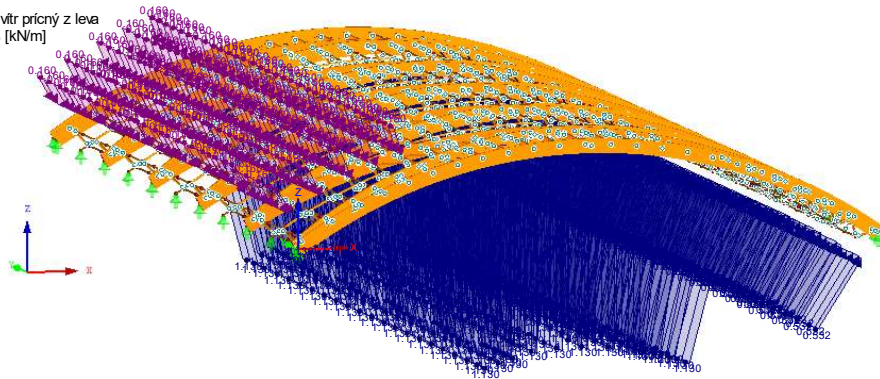
Isometric

LC 9: snih navaty 2  
Loads [kN/m]



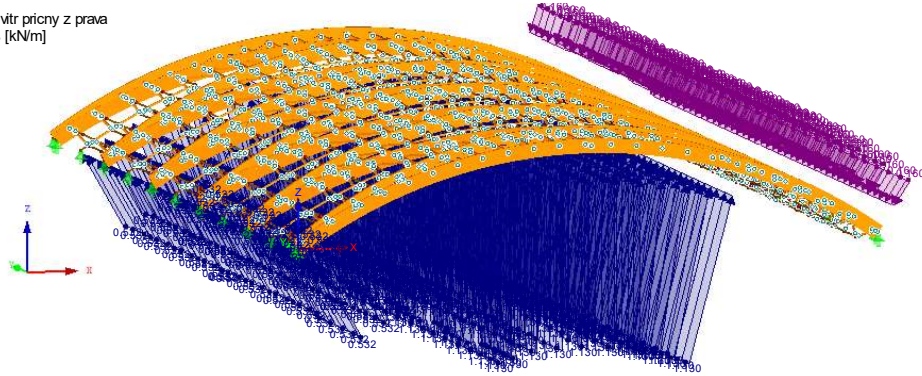
Isometric

LC 6: vetr pricny z leva  
Loads [kN/m]



Isometric

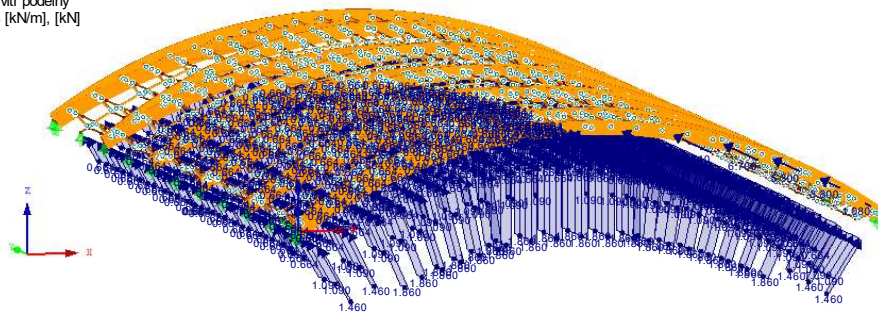
LC 8: vetr pricny z prava  
Loads [kN/m]



Isometric

LC 5: vítr podélný  
Loads [kN/m], [kN]

Isometric



## Kombinace zatížení

### 2.1 Load Cases

Load Case	Load Case Description	EN 1990   CSN Action Category	Self-Weight - Factor in Direction			
			Active	X	Y	Z
LC1	vlastní tíha	Permanent	x	0.000	0.000	-1.000
LC2	ostatní stálé	Permanent/Imposed	-			
LC3	užitné	Imposed - Category H: roofs	-			
LC4	sníh	Snow (H ≤ 1000 m a.s.l.)	-			
LC5	vítr podélný	Wind	-			
LC6	vítr příčný zleva	Wind	-			
LC7	sníh navátý	Snow (H ≤ 1000 m a.s.l.)	-			
LC8	vítr příčný zprava	Wind	-			
LC9	sníh navátý 2	Snow (H ≤ 1000 m a.s.l.)	-			

### 2.5 Load Combinations

Load Combin.	DS	Load Combination Description	No.	Factor	Load Case	
					LC	Description
CO1	STR	1.35*LC1	1	1.35	LC1	vlastní tíha
CO2	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2	1	1.35	LC1	vlastní tíha
			2	1.35	LC2	ostatní stálé
CO3	STR	1.35*LC1 + 1.5*LC5	1	1.35	LC1	vlastní tíha
			2	1.50	LC5	vítr podélný
CO4	STR	1.35*LC1 + 1.5*LC6	1	1.35	LC1	vlastní tíha
			2	1.50	LC6	vítr příčný zleva
CO5	STR	1.35*LC1 + 1.5*LC8	1	1.35	LC1	vlastní tíha
			2	1.50	LC8	vítr příčný zprava
CO6	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.5*LC5	1	1.35	LC1	vlastní tíha
			2	1.35	LC2	ostatní stálé
			3	1.50	LC5	vítr podélný
CO7	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.5*LC6	1	1.35	LC1	vlastní tíha
			2	1.35	LC2	ostatní stálé
			3	1.50	LC6	vítr příčný zleva
CO8	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.5*LC8	1	1.35	LC1	vlastní tíha
			2	1.35	LC2	ostatní stálé
			3	1.50	LC8	vítr příčný zprava
CO9	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 0.75*LC4 + 1.5*LC5	1	1.35	LC1	vlastní tíha
			2	1.35	LC2	ostatní stálé
			3	0.75	LC4	sníh
			4	1.50	LC5	vítr podélný
CO10	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.5*LC5 + 0.75*LC7	1	1.35	LC1	vlastní tíha
			2	1.35	LC2	ostatní stálé
			3	1.50	LC5	vítr podélný
			4	0.75	LC7	sníh navátý
CO11	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.5*LC5 + 0.75*LC9	1	1.35	LC1	vlastní tíha
			2	1.35	LC2	ostatní stálé

## 2.5 Load Combinations

Load Combin.	DS	Load Combination Description	No.	Factor	Load Case	
CO12	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 0.75*LC4 + 1.5*LC6	3	1.50	LC5	vitr podélný
			4	0.75	LC9	snih navaty 2
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
CO13	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.5*LC6 + 0.75*LC7	3	0.75	LC4	snih
			4	1.50	LC6	vitr pricny z leva
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
CO14	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.5*LC6 + 0.75*LC9	3	1.50	LC6	vitr pricny z leva
			4	0.75	LC7	snih navaty
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
CO15	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 0.75*LC4 + 1.5*LC8	3	1.50	LC6	vitr pricny z leva
			4	0.75	LC9	snih navaty 2
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
CO16	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 0.75*LC7 + 1.5*LC8	3	0.75	LC4	snih
			4	1.50	LC8	vitr pricny z prava
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
CO17	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.5*LC8 + 0.75*LC9	3	0.75	LC7	snih navaty
			4	1.50	LC8	vitr pricny z prava
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
CO18	STR	1.35*LC1 + 0.75*LC4 + 1.5*LC5	3	1.50	LC8	vitr pricny z prava
			4	0.75	LC9	snih navaty 2
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	0.75	LC4	snih
CO19	STR	1.35*LC1 + 1.5*LC5 + 0.75*LC7	3	1.50	LC5	vitr podélný
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.50	LC5	vitr podélný
CO20	STR	1.35*LC1 + 1.5*LC5 + 0.75*LC9	3	0.75	LC7	snih navaty
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.50	LC5	vitr podélný
CO21	STR	1.35*LC1 + 0.75*LC4 + 1.5*LC6	3	0.75	LC9	snih navaty 2
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	0.75	LC4	snih
CO22	STR	1.35*LC1 + 1.5*LC6 + 0.75*LC7	3	1.50	LC6	vitr pricny z leva
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.50	LC6	vitr pricny z leva
CO23	STR	1.35*LC1 + 1.5*LC6 + 0.75*LC9	3	0.75	LC7	snih navaty
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.50	LC6	vitr pricny z leva
CO24	STR	1.35*LC1 + 0.75*LC4 + 1.5*LC8	3	0.75	LC9	snih navaty 2
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	0.75	LC4	snih
CO25	STR	1.35*LC1 + 0.75*LC7 + 1.5*LC8	3	1.50	LC8	vitr pricny z prava
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	0.75	LC7	snih navaty
CO26	STR	1.35*LC1 + 1.5*LC8 + 0.75*LC9	3	1.50	LC8	vitr pricny z prava
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.50	LC8	vitr pricny z prava
CO27	STR	1.35*LC1 + 1.5*LC4	3	0.75	LC9	snih navaty 2
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.50	LC4	snih
CO28	STR	1.35*LC1 + 1.5*LC7	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.50	LC7	snih navaty
CO29	STR	1.35*LC1 + 1.5*LC9	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.50	LC9	snih navaty 2
CO30	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.5*LC4	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
			3	1.50	LC4	snih
CO31	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.5*LC7	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale

## 2.5 Load Combinations

Load Combin.	DS	Load Combination Description	No.	Factor	Load Case	
CO32	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.5*LC9	3	1.50	LC7	snih navaty
			1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
			3	1.50	LC9	snih navaty 2
CO33	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.5*LC4 + 0.9*LC5	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
			3	1.50	LC4	snih
			4	0.90	LC5	vitř podélný
CO34	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 0.9*LC5 + 1.5*LC7	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
			3	0.90	LC5	vitř podélný
			4	1.50	LC7	snih navaty
CO35	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 0.9*LC5 + 1.5*LC9	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
			3	0.90	LC5	vitř podélný
			4	1.50	LC9	snih navaty 2
CO36	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.5*LC4 + 0.9*LC6	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
			3	1.50	LC4	snih
			4	0.90	LC6	vitř příčný z leva
CO37	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 0.9*LC6 + 1.5*LC7	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
			3	0.90	LC6	vitř příčný z leva
			4	1.50	LC7	snih navaty
CO38	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 0.9*LC6 + 1.5*LC9	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
			3	0.90	LC6	vitř příčný z leva
			4	1.50	LC9	snih navaty 2
CO39	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.5*LC4 + 0.9*LC8	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
			3	1.50	LC4	snih
			4	0.90	LC8	vitř příčný z prava
CO40	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.5*LC7 + 0.9*LC8	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
			3	1.50	LC7	snih navaty
			4	0.90	LC8	vitř příčný z prava
CO41	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 0.9*LC8 + 1.5*LC9	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
			3	0.90	LC8	vitř příčný z prava
			4	1.50	LC9	snih navaty 2
CO42	STR	1.35*LC1 + 1.5*LC4 + 0.9*LC5	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.50	LC4	snih
			3	0.90	LC5	vitř podélný
CO43	STR	1.35*LC1 + 0.9*LC5 + 1.5*LC7	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	0.90	LC5	vitř podélný
			3	1.50	LC7	snih navaty
CO44	STR	1.35*LC1 + 0.9*LC5 + 1.5*LC9	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	0.90	LC5	vitř podélný
			3	1.50	LC9	snih navaty 2
CO45	STR	1.35*LC1 + 1.5*LC4 + 0.9*LC6	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.50	LC4	snih
			3	0.90	LC6	vitř příčný z leva
CO46	STR	1.35*LC1 + 0.9*LC6 + 1.5*LC7	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	0.90	LC6	vitř příčný z leva
			3	1.50	LC7	snih navaty
CO47	STR	1.35*LC1 + 0.9*LC6 + 1.5*LC9	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	0.90	LC6	vitř příčný z leva
			3	1.50	LC9	snih navaty 2
CO48	STR	1.35*LC1 + 1.5*LC4 + 0.9*LC8	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.50	LC4	snih
			3	0.90	LC8	vitř příčný z prava
CO49	STR	1.35*LC1 + 1.5*LC7 + 0.9*LC8	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.50	LC7	snih navaty
			3	0.90	LC8	vitř příčný z prava

## 2.5 Load Combinations

Load Combin.	DS	Load Combination		Load Case		
		Description	No.	Factor		
CO50	STR	1.35*LC1 + 0.9*LC8 + 1.5*LC9	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	0.90	LC8	vitr pricny z prava
			3	1.50	LC9	snih navaty 2
CO51	STR	1.35*LC1 + 1.5*LC3	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.50	LC3	užitné
CO52	STR	1.35*LC1 + 1.35*LC2 + 1.5*LC3	1	1.35	LC1	vlastni tiha
			2	1.35	LC2	ostatni stale
			3	1.50	LC3	užitné

Result Combin	Description	Loading
RC1	ULS (STR/GEO) - Permanent / transient - Eq. 6.10	CO1/p or to CO52

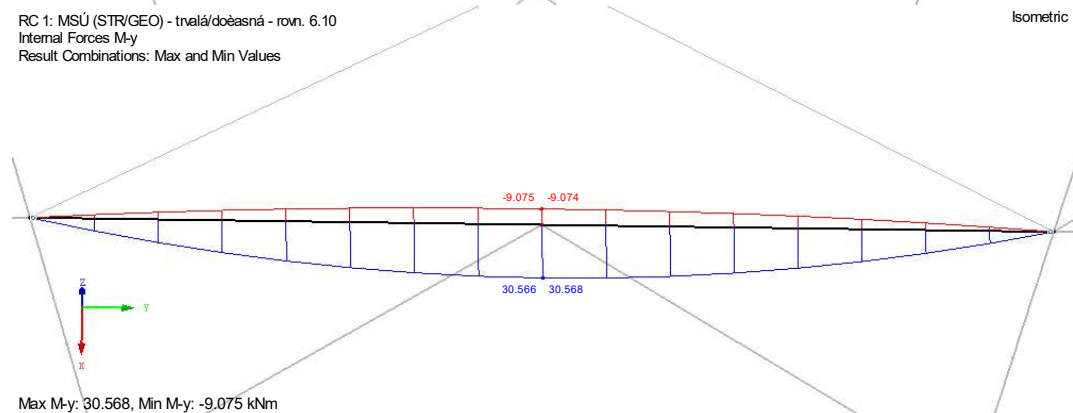
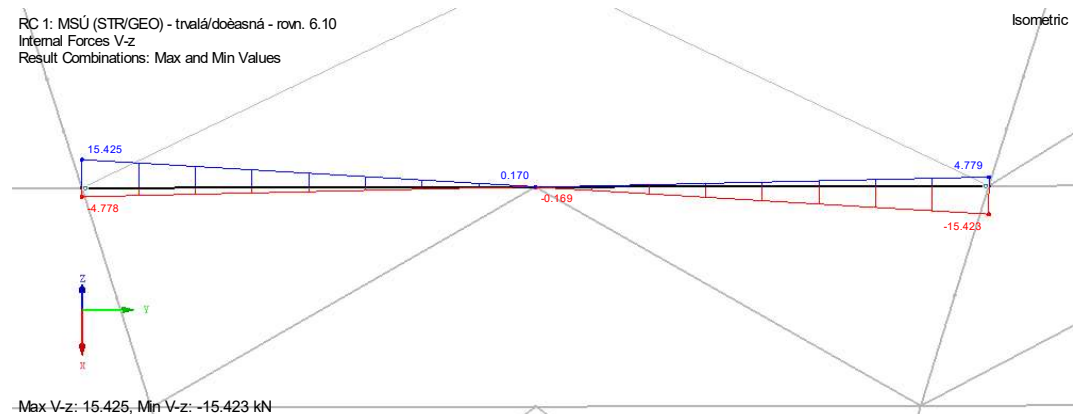
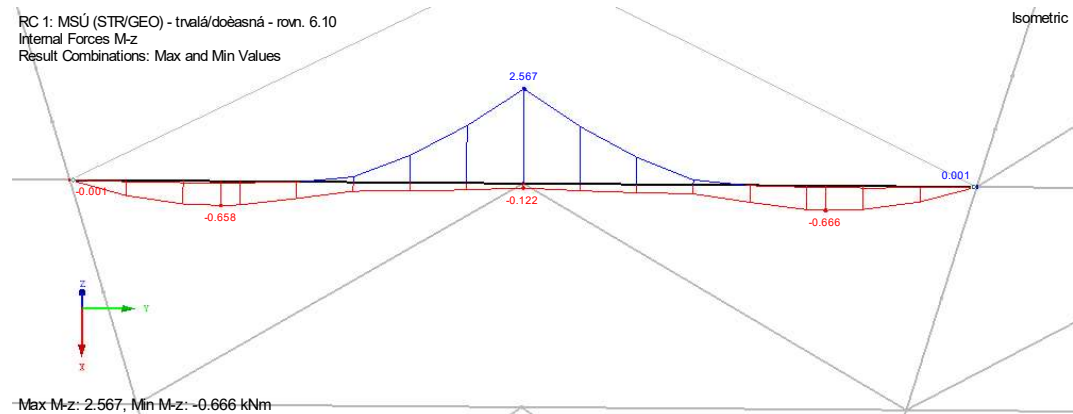
Zatížení byla zadávána pomocí vaznic. Zatěžovací šířky vaznice  $L_{zat}=2m$ .

# Návrh a posouzení vaznic

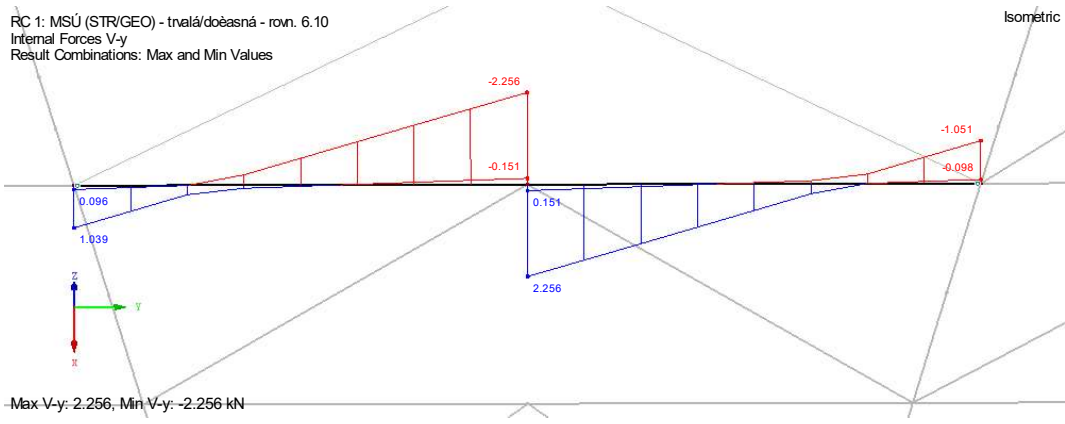
Vzhledem k proměnnému uspořádání vaznic na konstrukci byly pro návrh dimenzí klasických vaznic posouzeny čtyři vaznice. Vrcholová vaznice s maximálním rozponem 8m nacházející se ve štítovém poli. Vaznice s rozponem 7,3m na kterou působí maximální vnitřní síly a nachází se v "modulovém" poli. Dále byly posouzeny dvě vaznice 5,5m pro celkovou optimalizaci návrhu, opět z modulového a štítového pole. Ve výsledku byly navrženy dvě dimenze vaznic.

## Výsledné vnitřní síly působící na vaznice

### Šikmá vaznice (7,3m) :

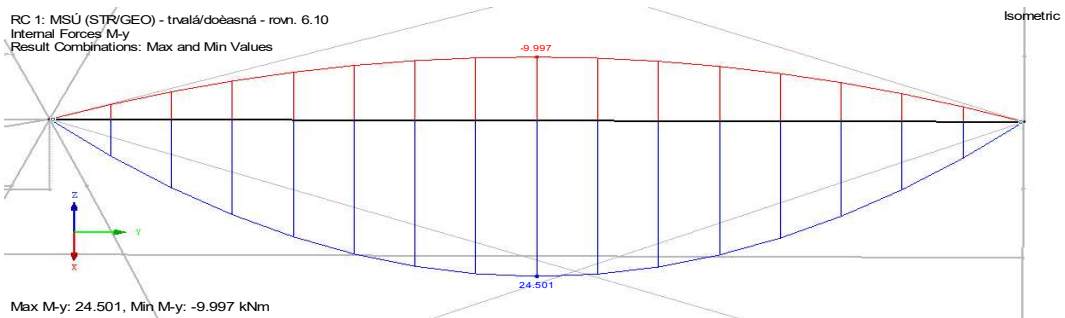


RC 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/doběsná - rovn. 6.10  
Internal Forces V-y  
Result Combinations: Max and Min Values

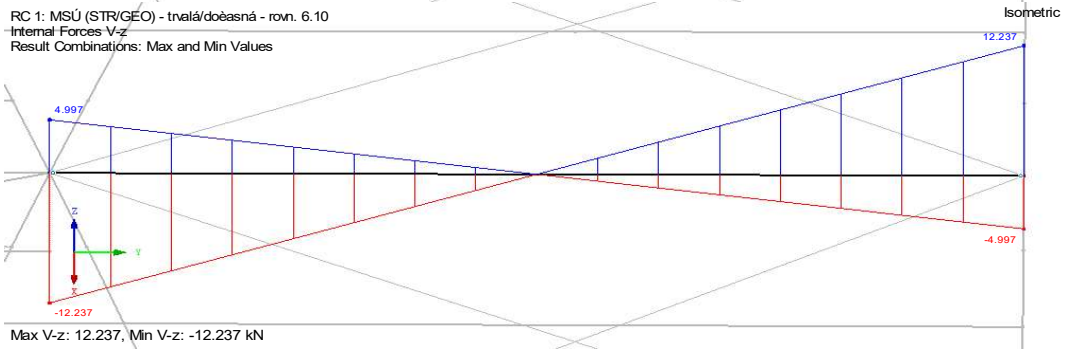


### Vrcholová vaznice (8m):

RC 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/doběsná - rovn. 6.10  
Internal Forces M-y  
Result Combinations: Max and Min Values



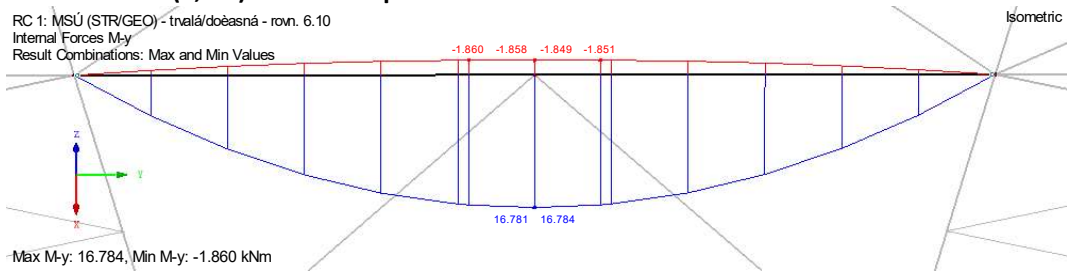
RC 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/doběsná - rovn. 6.10  
Internal Forces V-z  
Result Combinations: Max and Min Values



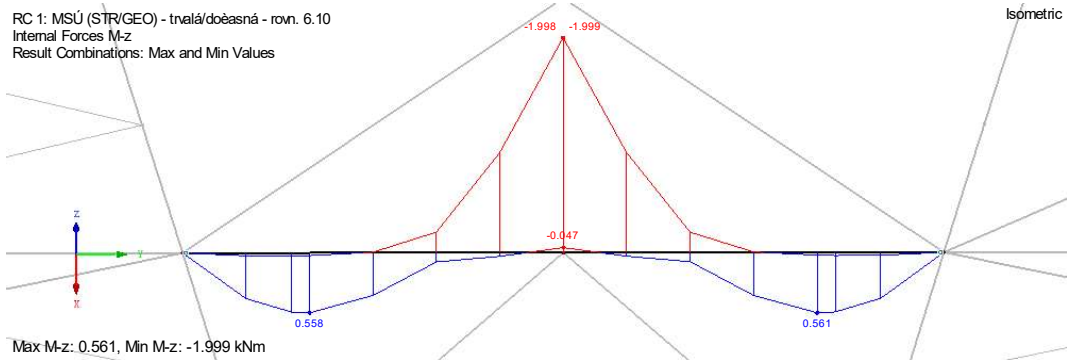


## Šikmá vaznice (5,5m) - modulové pole:

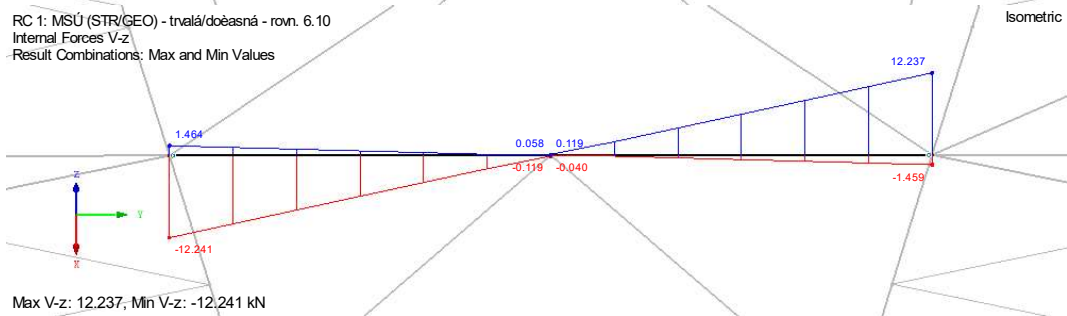
RC 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/doběsná - rovn. 6.10  
Internal Forces M-y  
Result Combinations: Max and Min Values



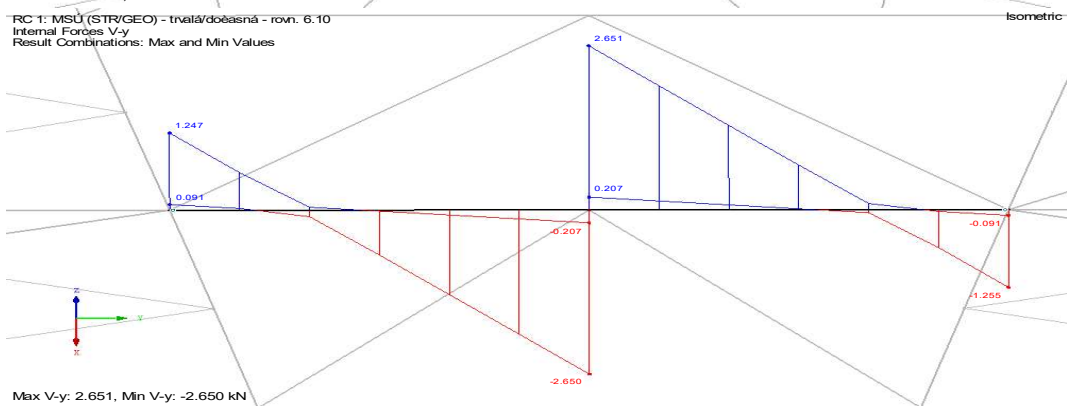
RC 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/doběsná - rovn. 6.10  
Internal Forces M-z  
Result Combinations: Max and Min Values



RC 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/doběsná - rovn. 6.10  
Internal Forces V-z  
Result Combinations: Max and Min Values

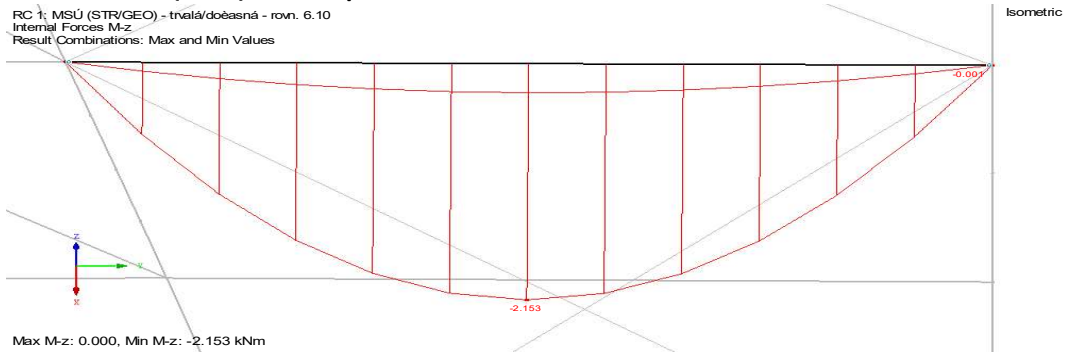


RC 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/doběsná - rovn. 6.10  
Internal Forces V-y  
Result Combinations: Max and Min Values

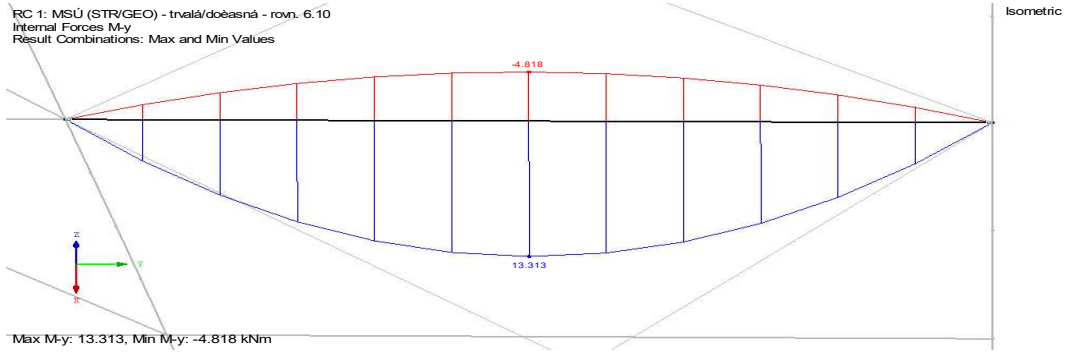


## Šikmá vaznice (5,5m) - štítové pole:

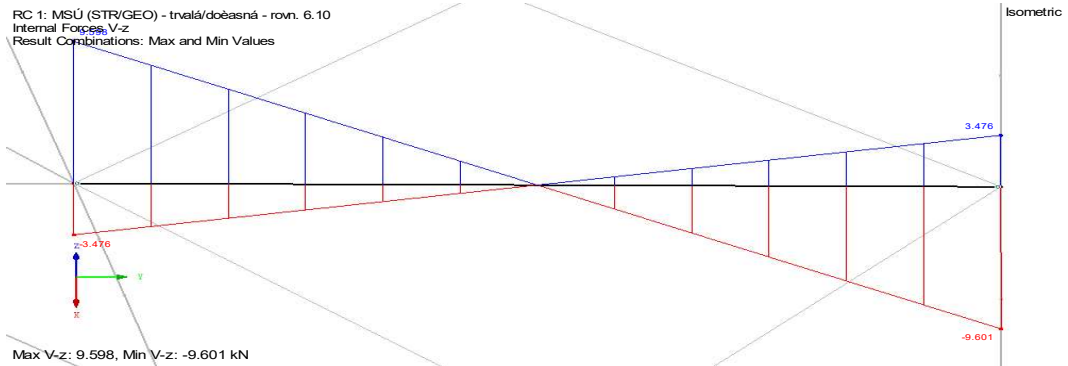
RC 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10  
Internal Forces M-z  
Result Combinations: Max and Min Values



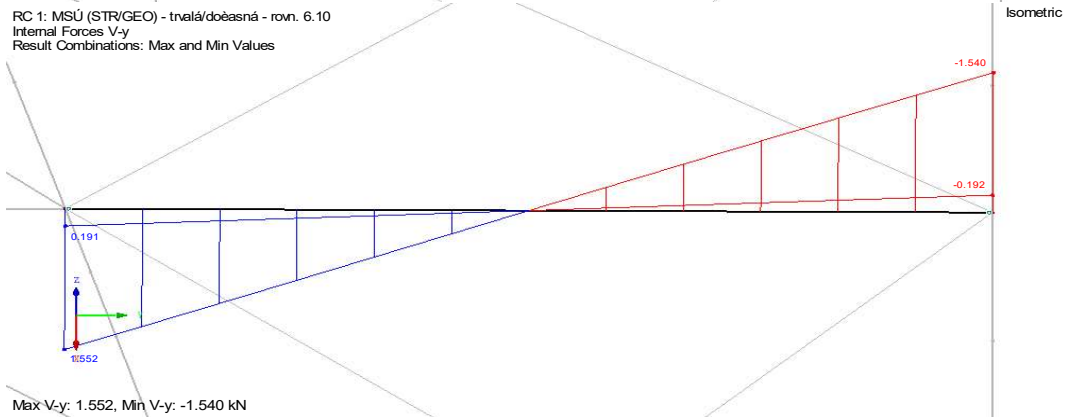
RC 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10  
Internal Forces M-y  
Result Combinations: Max and Min Values



RC 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10  
Internal Forces V-z  
Result Combinations: Max and Min Values

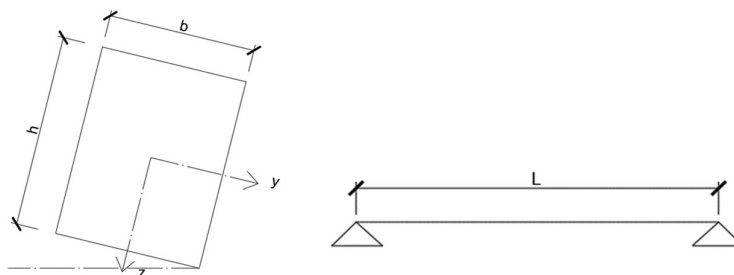


RC 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10  
Internal Forces V-y  
Result Combinations: Max and Min Values



## Šikmá vaznice 7,3 m

Mezní stav únosnosti:



obr. č. 5 - Schéma vaznice V1

**Parametry:** Lepené lamelové dřevo GL28h

Zatížení:krátkodobé		Třída provozu: III	
$f_{m,gk} =$	28 MPa	$E_{0gmean} =$	12600 MPa
$f_{v,gk} =$	3,5 MPa	$E_{0g05} =$	10500 MPa
$k_{mod} =$	0,7	$Y_m =$	1,25
$k_m =$	0,7	$k_{cr} =$	0,67

**Průřezové charakteristiky:**

$h =$	400 mm	$I_z =$	1,94E+08 mm <sup>4</sup>
$b =$	180 mm	$W_y =$	4800000 mm <sup>3</sup>
$A =$	72000 mm <sup>2</sup>	$W_z =$	2160000 mm <sup>3</sup>
$I_y =$	9,6E+08 mm <sup>4</sup>	$L =$	7350 mm

**Návrhové únosnosti:**

$f_{m,gd} = k_{mod} * f_{m,gk} / Y_m$		$f_{v,gd} = k_{mod} * f_{v,gk} / Y_m$	
$f_{m,gd} = 0,7 * 28 / 1,25$		$f_{v,gd} = 0,7 * 3,5 / 1,25$	
$f_{m,gd} =$	<b>15,68 MPa</b>	$f_{v,gd} =$	<b>1,96 MPa</b>

**Vnitřní síly (Dlubač):**

$M_{y,d} =$	30,6 kNm	$M_{z,d} =$	2,6 kNm
$V_{z,d} =$	15,4 kN	$V_{y,d} =$	2,3 kN

**Posouzení smykové únosnosti:**

$b_{eff} = k_{cr} * b = 0,67 * 180$		$A_{eff} = b_{eff} * h = 120,6 * 400$	
$b_{eff} =$	<b>120,6 mm</b>	$A_{eff} =$	<b>48240 mm<sup>2</sup></b>

**Smykové napětí:**

$\tau_d = 3/2 * V_d / A_{eff} = 3/2 * 15,4 * 10^3 / 48240$			
$\tau_d =$	<b>0,48 MPa</b>		
$\tau_d$	<	$f_{v,gd}$	
<b>0,48</b>	<	<b>1,96</b>	MPa <b>Vyhovuje</b>

**Posouzení ohybu:****Napětí v ohybu:**

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_y = 30,6 \cdot 10^6 / 4800000$$

$$\sigma_{myd} = \mathbf{6,38 \text{ MPa}}$$

**Kritické napětí za ohybu:**

$$L_{eff} = 3675 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot E_{0g05} \cdot b^2}{h \cdot L_{eff}} = \frac{0,78 \cdot 10500 \cdot 180^2}{400 \cdot 3675}$$

$$\sigma_{m,crit} = \mathbf{180,51 \text{ MPa}}$$

**Poměrná štíhlost:**

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{mgk}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{28}{180,51}}$$

$$\lambda_{rel} = \mathbf{0,39} \quad k_{crit} = \mathbf{1}$$

**Posouzení:**

$$\sigma_{myd} < f_{mgd,red}$$

$$\mathbf{6,38} < \mathbf{15,68} \text{ MPa}$$

**Vyhovuje****Posouzení šikmý ohyb:**

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_z = 2,6 \cdot 10^6 / 2160000$$

$$\sigma_{mzd} = \mathbf{1,20 \text{ MPa}}$$

$$1. \quad k_m \cdot \frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,g,d}} + \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$2. \quad \frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,g,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$1. \quad 0,7 \cdot \frac{6,38}{15,68} + \frac{1,2}{15,68}$$

$$2. \quad \frac{6,38}{15,68} + 0,7 \cdot \frac{1,2}{15,68}$$

$$1. \quad \mathbf{0,36} < 1 \quad \mathbf{Vyhovuje}$$

$$2. \quad \mathbf{0,46} < 1 \quad \mathbf{Vyhovuje}$$

**Mezní stav použitelnosti:****Okamžitý průhyb (Dluba):**

$w_{inst, stálé} =$	1,55 mm
$w_{inst, užité} =$	6,95 mm
$w_{inst, snih/navaty} =$	11,9 mm
$w_{inst, vítr} =$	0,2 mm

**Celkový okamžitý průhyb:**

$$w_{inst} = w_{inst, stálé} + w_{inst, užité} + w_{inst, snih} + w_{inst, vítr}$$

$$w_{inst} = 1,55 + 6,95 + 11,9 + 0,2$$

$$w_{inst} = \mathbf{20,6} \text{ mm} < l/300 = 7350/300 = \mathbf{24,5} \text{ mm}$$

**vyhovuje****Konečný průhyb:**

$$k_{def} = 2 \quad \psi_{2,1} = 0$$

$$\psi_{0, vítr} = 0,6 \quad \psi_{0, užité} = 0$$

$$w_{fin} = (w_{inst, stálé}) * (1 + k_{def}) + w_{inst, snih} * (1 + k_{def} * \psi_{2,1}) + w_{inst, užité} * (\psi_0 + k_{def} * \psi_{2,1}) + w_{inst, vítr} * (\psi_0 + k_{def} * \psi_{2,1})$$

$$w_{fin} = (1,55) * (1 + 2) + 11,9 * (1 + 2 * 0) + 6,95 * (0 + 2 * 0) + 0,2 * (0,6 + 2 * 0)$$

$$w_{fin} = \mathbf{17,0} \text{ mm}$$

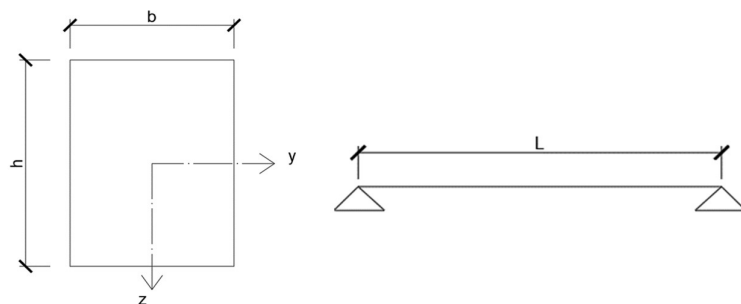
$$w_{fin} < l/250$$

$$\mathbf{17,0} < \mathbf{29,4} \text{ mm} \quad \mathbf{vyhovuje}$$

**NAVRHUJI VAZNICI 180x400mm (GL28h)**

## Vrcholová vaznice 8 m

Mezní stav únosnosti:



obr. č. 6 - Schéma vaznice V1-8m

**Parametry:** Lepené lamelové dřevo GL28h

Zatížení:krátkodobé		Třída provozu: III	
$f_{m,gk} =$	28 MPa	$E_{0g,mean} =$	12600 MPa
$f_{v,gk} =$	3,5 MPa	$E_{0g,05} =$	10500 MPa
$k_{mod} =$	0,7	$Y_m =$	1,25
$k_m =$	0,7	$k_{cr} =$	0,67

**Průřezové charakteristiky:**

$h =$	400 mm	$I_z =$	1,94E+08 mm <sup>4</sup>
$b =$	180 mm	$W_y =$	4800000 mm <sup>3</sup>
$A =$	72000 mm <sup>2</sup>	$W_z =$	2160000 mm <sup>3</sup>
$I_y =$	9,6E+08 mm <sup>4</sup>	$L =$	8000 mm

**Návrhové únosnosti:**

$f_{m,gd} = k_{mod} * f_{m,gk} / Y_m$		$f_{v,gd} = k_{mod} * f_{v,gk} / Y_m$	
$f_{m,gd} = 0,7 * 28 / 1,25$		$f_{v,gd} = 0,7 * 3,5 / 1,25$	
$f_{m,gd} =$	<b>15,68 MPa</b>	$f_{v,gd} =$	<b>1,96 MPa</b>

**Vnitřní síly (Dlupal):**

$M_{yd} =$	24,50 kNm
$V_{zd} =$	12,30 kN

**Posouzení smykové únosnosti:**

$b_{eff} = k_{cr} * b = 0,67 * 180$		$A_{eff} = b_{eff} * h = 120,6 * 400$	
$b_{eff} =$	<b>120,6 mm</b>	$A_{eff} =$	<b>48240 mm<sup>2</sup></b>

**Smykové napětí:**

$$\tau_d = 3/2 * V_d / A_{eff} = 3/2 * 12,3 * 10^3 / 48240$$

$$\tau_d = \mathbf{0,382 \text{ MPa}}$$

$\tau_d$	<	$f_{v,gd}$	
<b>0,38</b>	<	<b>1,96</b>	MPa <b>Vyhovuje</b>

**Posouzení ohybu:****Napětí v ohybu:**

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_y = 24,5 * 10^6 / 4800000$$

$$\sigma_{myd} = \mathbf{5,104 \text{ MPa}}$$

**Kritické napětí za ohybu:**  $L_{eff} = 8000 \text{ mm}$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 * E_{0,905} * b^2}{h * L_{eff}} = \frac{0,78 * 10500 * 180^2}{400 * 8000}$$

$$\sigma_{m,crit} = \mathbf{82,92 \text{ MPa}}$$

**Poměrná štíhlost:**

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{mgk}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{28}{82,92}}$$

$$\lambda_{rel} = \mathbf{0,58} \quad k_{crit} = \mathbf{1}$$

**Posouzení:**

$$\sigma_{myd} < f_{mgd,red}$$

$$\mathbf{5,10} < \mathbf{15,68} \text{ MPa} \quad \mathbf{Vyhovuje}$$

**Mezní stav použitelnosti:****Okamžitý průhyb (Dlubač):**

$$w_{inst, stálé} = 2,7 \text{ mm}$$

$$w_{inst, užité} = 7,9 \text{ mm}$$

$$w_{inst, snih} = 6,8 \text{ mm}$$

**Celkový okamžitý průhyb:**

$$w_{inst} = w_{inst, stálé} + w_{inst, užité} + w_{inst, snih}$$

$$w_{inst} = 2,7 + 7,9 + 6,8$$

$$w_{inst} = \mathbf{17,4 \text{ mm}} < l/300 = 8000/300 = \mathbf{26,7 \text{ mm}} \quad \mathbf{vyhovuje}$$

**Konečný průhyb:**

$$k_{def} = 2 \quad \Psi_{2,1} = 0$$

$$\Psi_{0, užité} = 0$$

$$w_{fin} = (w_{inst, stálé}) * (1 + k_{def}) + w_{inst, snih} * (1 + k_{def} * \Psi_{2,1})$$

$$+ w_{inst, užité} * (\Psi_0 + k_{def} * \Psi_{2,1})$$

$$w_{fin} = (2,7) * (1 + 2) + 6,8 * (1 + 2 * 0) + 7,9 * (0 + 2 * 0)$$

$$w_{fin} = \mathbf{14,9 \text{ mm}}$$

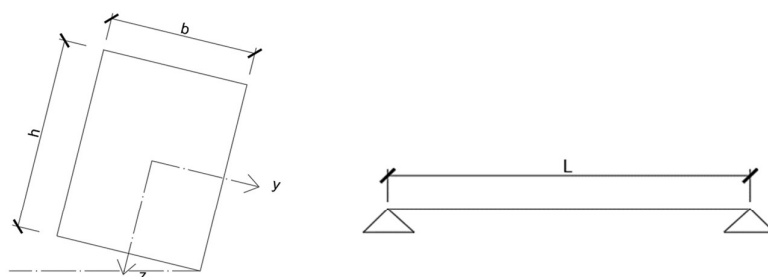
$$w_{fin} < l/250$$

$$\mathbf{14,9} < \mathbf{32 \text{ mm}} \quad \mathbf{vyhovuje}$$

**NAVRHUJI VAZNICI 180x400mm (GL28h)**

## Šikmá vaznice - 5,5m - modulové pole

Mezní stav únosnosti:



obr. č. 7 - Schéma vaznice V2

Parametry:

Lepené lamelové dřevo GL28h

Zatížení: krátkodobé

Třída provozu: III

$f_{mgk} = 28$  MPa

$E_{0gmean} = 12600$  MPa

$f_{vgk} = 3,5$  MPa

$E_{0g05} = 10500$  MPa

$k_{mod} = 0,7$

$Y_m = 1,25$

$k_m = 0,7$

$k_{cr} = 0,67$

Průřezové charakteristiky:

$h = 320$  mm

$I_z = 1,56E+08$  mm<sup>4</sup>

$b = 180$  mm

$W_y = 3072000$  mm<sup>3</sup>

$A = 57600$  mm<sup>2</sup>

$W_z = 1728000$  mm<sup>3</sup>

$I_y = 4,92E+08$  mm<sup>4</sup>

$L = 5500$  mm

Návrhové únosnosti:

$f_{mgd} = k_{mod} * f_{mgk} / Y_m$

$f_{vgd} = k_{mod} * f_{vgk} / Y_m$

$f_{mgd} = 0,7 * 28 / 1,25$

$f_{vgd} = 0,7 * 3,5 / 1,25$

$f_{mgd} = 15,68$  MPa

$f_{vgd} = 1,96$  MPa

Vnitřní síly (Dlupal):

$M_{yd} = 16,8$  kNm

$M_{zd} = 2,2$  kNm

$V_{zd} = 12,3$  kN

$V_{yd} = 2,7$  kN

Posouzení smykové únosnosti:

$b_{eff} = k_{cr} * b = 0,67 * 180$

$A_{eff} = b_{eff} * h = 120,6 * 320$

$b_{eff} = 120,6$  mm

$A_{eff} = 38592$  mm<sup>2</sup>

Smykové napětí:

$\tau_d = 3/2 * V_d / A_{eff} = 3/2 * 12,3 * 10^3 / 38592$

$\tau_d = 0,478$  MPa

$\tau_d < f_{vgd}$

**0,48 < 1,96 MPa Vyhovuje**



**Posouzení ohybu:****Napětí v ohybu:**

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_y = 16,8 * 10^6 / 3072000$$

$$\sigma_{myd} = \mathbf{5,47 \text{ MPa}}$$

**Kritické napětí za ohybu:**

$$L_{eff} = 2750 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 * E_{0g05} * b^2}{h * L_{eff}} = \frac{0,78 * 10500 * 180^2}{320 * 2750}$$

$$\sigma_{m,crit} = \mathbf{301,54 \text{ MPa}}$$

**Poměrná štíhlost:**

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{mgk}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{28}{301,54}}$$

$$\lambda_{rel} = \mathbf{0,30} \quad k_{crit} = \mathbf{1}$$

**Posouzení:**

$$\sigma_{myd} < f_{mgd,red}$$

$$\mathbf{5,47} < \mathbf{15,68} \text{ MPa}$$

**Vyhovuje****Posouzení šikmý ohyb:**

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_z = 2,2 * 10^6 / 1728000$$

$$\sigma_{mzd} = \mathbf{1,27 \text{ MPa}}$$

$$1. \quad k_m * \frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,g,d}} + \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$2. \quad \frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,g,d}} + k_m * \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$1. \quad 0,7 * \frac{5,47}{15,68} + \frac{1,27}{15,68}$$

$$2. \quad \frac{5,47}{15,68} + 0,7 * \frac{1,27}{15,68}$$

$$1. \quad \mathbf{0,33} < 1 \quad \mathbf{Vyhovuje}$$

$$2. \quad \mathbf{0,41} < 1 \quad \mathbf{Vyhovuje}$$

**Mezní stav použitelnosti:****Okamžitý průhyb (Dluba):**

$$w_{inst, st\acute{a}l\acute{e}} = 1,3 \text{ mm}$$

$$w_{inst, u\acute{z}itn\acute{e}} = 4,5 \text{ mm}$$

$$w_{inst, snih/navaty} = 8,2 \text{ mm}$$

$$w_{inst, v\acute{i}tr} = 0,5 \text{ mm}$$

**Celkový okamžitý průhyb:**

$$w_{inst} = w_{inst, st\acute{a}l\acute{e}} + w_{inst, u\acute{z}itn\acute{e}} + w_{inst, snih} + w_{inst, v\acute{i}tr}$$

$$w_{inst} = 1,3 + 4,5 + 8,2 + 0,5$$

$$w_{inst} = 14,5 \text{ mm} < l/300 = 5500/300 =$$

$$18,3 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

**Konečný průhyb:**

$$k_{def} = 2 \quad \psi_{2,1} = 0$$

$$\psi_{0,vitr} = 0,6 \quad \psi_{0,u\acute{z}itn\acute{e}} = 0$$

$$w_{fin} = (w_{inst, st\acute{a}l\acute{e}}) * (1 + k_{def}) + w_{inst, snih} * (1 + k_{def} * \psi_{2,1})$$

$$+ w_{inst, u\acute{z}it} * (\psi_0 + k_{def} * \psi_{2,1}) + w_{inst, v\acute{i}tr} * (\psi_0 + k_{def} * \psi_{2,1})$$

$$w_{fin} = (1,3) * (1 + 2) + 8,2 * (1 + 2 * 0) + 4,5 * (0 + 2 * 0) + 0,5 * (0,6 + 2 * 0)$$

$$w_{fin} = 12,4 \text{ mm}$$

$$w_{fin} < l/250$$

$$12,4 < 22 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

**NAVRHUJI VAZNICI 180x320mm (GL28h)**

## Šikmá vaznice - 5,5m - štítové pole

### Mezní stav únosnosti:

<b>Parametry:</b>	Lepené lamelové dřevo GL28h		
Zatížení:krátkodobé		Třída provozu: III	
$f_{m,gk} =$	28 MPa	$E_{0,gmean} =$	12600 MPa
$f_{v,gk} =$	3,5 MPa	$E_{0,g05} =$	10500 MPa
$k_{mod} =$	0,7	$Y_m =$	1,25
$k_m =$	0,7	$k_{cr} =$	0,67

### Průřezové charakteristiky:

$h =$	320 mm	$I_z =$	1,56E+08 mm <sup>4</sup>
$b =$	180 mm	$W_y =$	3072000 mm <sup>3</sup>
$A =$	57600 mm <sup>2</sup>	$W_z =$	1728000 mm <sup>3</sup>
$I_y =$	4,92E+08 mm <sup>4</sup>	$L =$	5500 mm

### Návrhové únosnosti:

$f_{m,gd} = k_{mod} * f_{m,gk} / Y_m$		$f_{v,gd} = k_{mod} * f_{v,gk} / Y_m$	
$f_{m,gd} = 0,7 * 28 / 1,25$		$f_{v,gd} = 0,7 * 3,5 / 1,25$	
$f_{m,gd} =$	<b>15,68 MPa</b>	$f_{v,gd} =$	<b>1,96 MPa</b>

### Vnitřní síly (Dlubač):

$M_{yd} =$	13,4 kNm	$M_{zd} =$	2,2 kNm
$V_{zd} =$	9,6 kN	$V_{yd} =$	1,6 kN

### Posouzení smykové únosnosti:

$b_{eff} = k_{cr} * b = 0,67 * 180$		$A_{eff} = b_{eff} * h = 120,6 * 320$	
$b_{eff} =$	<b>120,6 mm</b>	$A_{eff} =$	<b>38592 mm<sup>2</sup></b>

### Smykové napětí:

$\tau_d = 3/2 * V_d / A_{eff} = 3/2 * 9,6 * 10^3 / 38592$			
$\tau_d =$	<b>0,373 MPa</b>		
$\tau_d$	<	$f_{v,gd}$	
<b>0,37</b>	<	<b>1,96</b> MPa	<b>Vyhovuje</b>

### Posouzení ohybu:

#### Napětí v ohybu:

$\sigma_{m,yd} = M_{yd} / W_y = 13,4 * 10^6 / 3072000$	
$\sigma_{m,yd} =$	<b>4,36 MPa</b>

**Kritické napětí za ohybu:**  $L_{eff} =$  5500 mm

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 * E_{0,g05} * b^2}{h * L_{eff}} = \frac{0,78 * 10500 * 180^2}{320 * 5500}$$

$\sigma_{m,crit} =$  **150,77 MPa**

### Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{m,gk}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{28}{150,77}}$$

$\lambda_{rel} =$  **0,43**  $k_{crit} =$  **1**

**Posouzení:**

$$\sigma_{myd} < f_{mgd,red}$$

$$4,36 < 15,68 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

**Posouzení šikmý ohyb:**

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_z = 2,2 * 10^6 / 1728000$$

$$\sigma_{mzd} = 1,27 \text{ MPa}$$

$$1. \quad k_m * \frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,g,d}} + \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$2. \quad \frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,g,d}} + k_m * \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$1. \quad 0,7 * \frac{4,36}{15,68} + \frac{1,27}{15,68}$$

$$2. \quad \frac{4,36}{15,68} + 0,7 * \frac{1,27}{15,68}$$

$$1. \quad 0,28 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$2. \quad 0,34 < 1 \quad \text{Vyhovuje}$$

**Mezní stav použitelnosti:****Okamžitý průhyb (Dluba):**

$$w_{inst, stálé} = 1,7 \text{ mm}$$

$$w_{inst, užité} = 4,8 \text{ mm}$$

$$w_{inst, snih/navaty} = 8,9 \text{ mm}$$

$$w_{inst, vítr} = 0,6 \text{ mm}$$

**Celkový okamžitý průhyb:**

$$w_{inst} = w_{inst, stálé} + w_{inst, užité} + w_{inst, snih} + w_{inst, vítr}$$

$$w_{inst} = 1,7 + 4,8 + 8,9 + 0,6$$

$$w_{inst} = 16 \text{ mm} < l/300 = 5500/300 = 18,3 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

**Konečný průhyb:**

$$k_{def} = 2 \quad \psi_{2,1} = 0$$

$$\psi_{0, vitr} = 0,6 \quad \psi_{0, užité} = 0$$

$$w_{fin} = (w_{inst, stálé}) * (1 + k_{def}) + w_{inst, snih} * (1 + k_{def} * \psi_{2,1})$$

$$+ w_{inst, užité} * (\psi_0 + k_{def} * \psi_{2,1}) + w_{inst, vitr} * (\psi_0 + k_{def} * \psi_{2,1})$$

$$w_{fin} = (1,7) * (1 + 2) + 8,9 * (1 + 2 * 0) + 4,8 * (0 + 2 * 0) + 0,6 * (0,6 + 2 * 0)$$

$$w_{fin} = 14,36 \text{ mm}$$

$$w_{fin} < l/250$$

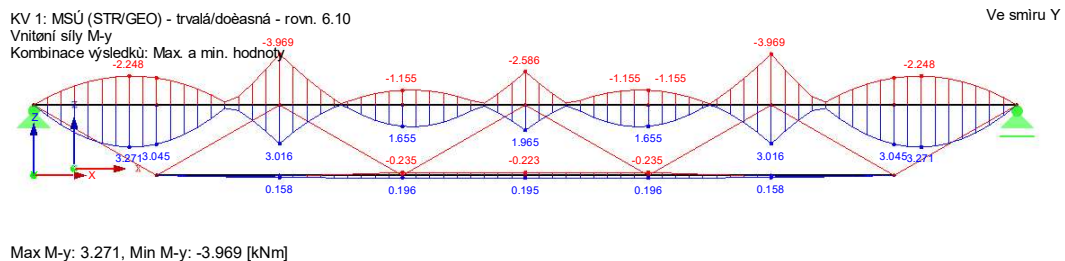
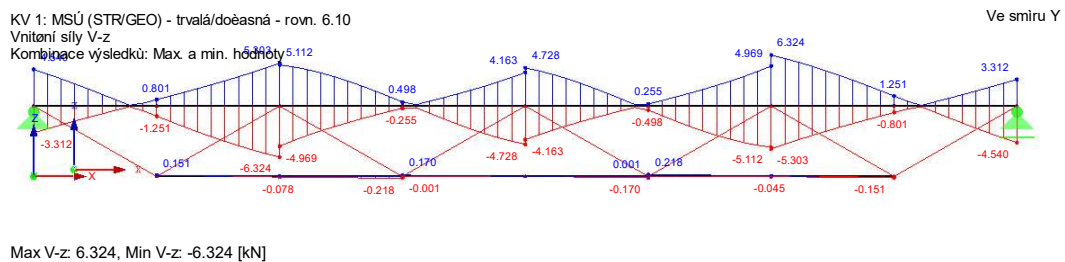
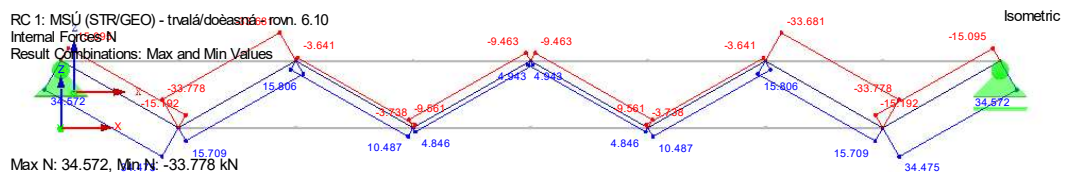
$$14,4 < 22 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

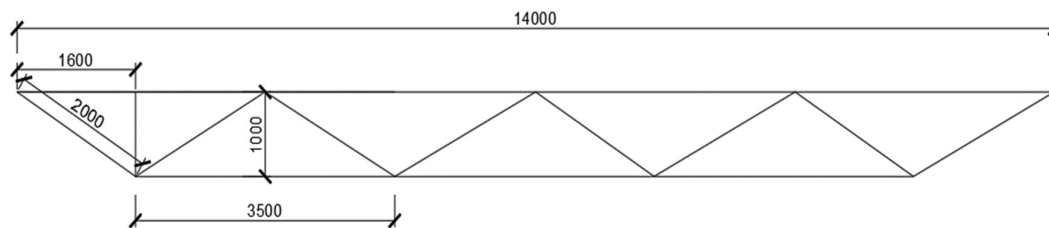
**NAVRHUJI VAZNICI 180x320mm (GL28h)**

# Návrh a posouzení příhradových vaznic

Na větší rozpory mezi hlavními nosnými vazbami, které díky uspořádání nosných prvků dosahují až 14m, budou místo klasických vaznic navrženy příhradové vaznice. Půjde celkem o pět příhradových vaznic v každém poli (mimo štítová), které budou navrženy na délku 8,5-13,5m. Vaznice se budou se s zkracujícím se rozponem snižovat pro zachování statického "šmrncu" konstrukce. Jelikož se vaznice nacházejí v šikmé i rovinnější části střechy, musí být dvakrát ověřena únosnost horní pásnice. Na horní pásnice příhradových vaznic, které jsou umístěny v šikmnější části střechy, působí kromě klasických sil (Ntah, Ntlak, Vz, My) také síly způsobené šikmostí konstrukce (Vz, My). Výsledkem je zesílení horních páسů u šikmých příhradových vaznic. Diagonály i dolní pásnice budou navrženy na maximální tahové a tlakové síly. Průřezy budou navrženy s ohledem na velikost profilů KVH a potřebné rozteče pro svorníky.

## Výsledné vnitřní síly působící na vrcholovou příhradovou vaznici





obr. č. 8a - Schéma příhradové vaznice PV1 -V

### Návrh a posouzení horního pásu - svislá vrcholová vaznice:

#### Parametry:

Rostlé dřevo C27

Zatížení:krátkodobé

Třída provozu: III

$f_{mk} =$	27 MPa	$E_{0mean} =$	11500 MPa
$f_{t0k} =$	16,5 MPa	$E_{m0k} =$	7700 MPa
$k_{mod} =$	0,7	$Y_m =$	1,3
$f_{c0k} =$	22 MPa	$k_{cr} =$	0,67
$k_m =$	0,7	$f_{vk} =$	4 MPa

#### Průřezové charakteristiky:

$h =$	160 mm	$I_z =$	106666667 mm <sup>4</sup>
$b =$	200 mm	$W_y =$	853333,333 mm <sup>3</sup>
$A =$	32000 mm <sup>2</sup>	$W_z =$	1066666,67 mm <sup>3</sup>
$I_y =$	68266667 mm <sup>4</sup>	$L =$	14000 mm
$i_y =$	46,19 mm	$i_z =$	57,74 mm

#### Návrhové únosnosti:

$f_{md} = k_{mod} * f_{mk} / Y_m$		$f_{t0d} = k_{mod} * f_{t0k} / Y_m$	
$f_{md} = 0,7 * 27 / 1,3$		$f_{t0d} = 0,7 * 16,5 / 1,3$	
$f_{md} =$	<b>14,54 MPa</b>	$f_{t0d} =$	<b>8,88 MPa</b>
$f_{c0d} = k_{mod} * f_{c0k} / Y_m$		$f_{vd} = k_{mod} * f_{vk} / Y_m$	
$f_{c0d} = 0,7 * 22 / 1,3$		$f_{vd} = 0,7 * 4 / 1,3$	
$f_{c0d} =$	<b>11,85 MPa</b>	$f_{vd} =$	<b>2,15 MPa</b>

#### Vnitřní síly (Dluba):

$M_{yd} =$	3,9 kNm	$N_{edtah} =$	30,1 kN
$V_{zd} =$	6,4 kN	$N_{edtlak} =$	68,4 kN

#### Napětí v ohybu:

$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_y = 3,9 * 10^6 / 853333,333$	
$\sigma_{myd} =$	<b>4,57 MPa</b>

**Posouzení tlakové únosnosti:****Napětí v tlaku:**

$$\sigma_{c0d} = N_{ed}/A = 68,4 \cdot 10^3 / 32000$$

$$\sigma_{c0d} = \mathbf{2,14 \text{ MPa}}$$

**Štíhlost:**  $L_{cr,y} = 3500 \text{ mm}$        $L_{cr,z} = 7000 \text{ mm}$

$$\lambda_y = L_{cr,y}/i_y = 3500/46,19$$

$$\lambda_z = L_{cr,z}/i_z = 7000/57,74$$

$$\lambda_y = \mathbf{75,78}$$

$$\lambda_z = \mathbf{121,244}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crity}}} = \sqrt{\frac{22}{13,22}}$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,critz}}} = \sqrt{\frac{22}{5,2}}$$

$$\lambda_{rel,y} = \mathbf{1,29}$$

$$\lambda_{rel,z} = \mathbf{2,06}$$

**Kritické napětí:**

$$\sigma_{c,crity} = (\pi^2 * E_{m0k}) / \lambda_y^2$$

$$\sigma_{c,crity} = (\pi^2 * 7700) / 75,78^2$$

$$\sigma_{c,crity} = \mathbf{13,22 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{c,critz} = (\pi^2 * 7700) / 121,224^2$$

$$\sigma_{c,critz} = \mathbf{5,2 \text{ MPa}}$$

**Součinitel vzpěrnosti:**

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

$$k_y = 0,5 * (1 + 0,2 * (1,29 - 0,3) + 1,29^2)$$

$$k_y = \mathbf{1,431}$$

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

$$k_z = 0,5 * (1 + 0,2 * (2,06 - 0,3) + 2,06^2)$$

$$k_z = \mathbf{2,72}$$

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

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

$$k_{c,y} = \frac{1}{1,43 + \sqrt{1,43^2 - 1,29^2}}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{2,72 + \sqrt{2,72^2 - 2,06^2}}$$

$$k_{c,y} = \mathbf{0,49}$$

$$k_{c,z} = \mathbf{0,24}$$

**Posouzení kombinace ohybu a tlaku:**

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

$$2. \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$1. \frac{2,14}{0,49 * 11,85} + \frac{4,57}{14,54} \leq 1$$

$$2. \frac{2,14}{0,24 * 11,85} + 0,7 * \frac{4,57}{14,54} \leq 1$$

$$1. \mathbf{0,68} < 1$$

**Vyhovuje**

2. **0,97** < 1 **Vyhovuje**

**Posouzení tahové únosnosti:**

$$\sigma_{t0d} = N_{ed} / A = 30,1 \cdot 10^3 / 32000$$
$$\sigma_{t0d} = \mathbf{0,94 \text{ MPa}}$$

**Posouzení kombinace ohybu a tahu:**

$$1. \frac{\sigma_{t0d}}{f_{t0d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$2. \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$1. \frac{0,94}{8,88} + \frac{4,57}{14,54} \leq 1$$

$$2. \frac{0,94}{8,88} + 0,7 * \frac{4,57}{14,54} \leq 1$$

1. **0,42** < 1 **Vyhovuje**

2. **0,33** < 1 **Vyhovuje**

**Posouzení smykové únosnosti:**

$$b_{eff} = k_{cr} * b = 0,67 * 200$$
$$b_{eff} = \mathbf{134 \text{ mm}}$$
$$A_{eff} = b_{eff} * h = 134 * 160$$
$$A_{eff} = \mathbf{21440 \text{ mm}^2}$$

**Smykové napětí:**

$$\tau_d = 3/2 * V_d / A_{eff} = 3/2 * 6,4 * 10^3 / 21440$$
$$\tau_d = \mathbf{0,45 \text{ MPa}}$$

$\tau_d$  <  $f_{vgd}$   
**0,45** < **2,15** MPa **Vyhovuje**

**Navrhují horní pás 200x160 mm C27**



## Návrh a posouzení dolního pásu:

### Parametry:

Rostlé dřevo C27

Zatížení: krátkodobé

Třída provozu: III

$$f_{mk} = 27 \text{ MPa}$$

$$E_{0mean} = 11500 \text{ MPa}$$

$$f_{t0k} = 16,5 \text{ MPa}$$

$$E_{m0k} = 7700 \text{ MPa}$$

$$k_{mod} = 0,7$$

$$Y_m = 1,3$$

$$f_{c0k} = 22 \text{ MPa}$$

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

$$k_m = 0,7$$

### Průřezové charakteristiky:

$$h = 160 \text{ mm}$$

$$I_z = 106666667 \text{ mm}^4$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$W_y = 853333,333 \text{ mm}^3$$

$$A = 32000 \text{ mm}^2$$

$$W_z = 1066666,67 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 68266667 \text{ mm}^4$$

$$L = 10500 \text{ mm}$$

$$i_y = 46,19 \text{ mm}$$

$$i_z = 57,74 \text{ mm}$$

### Návrhové únosnosti:

$$f_{md} = k_{mod} \cdot f_{mk} / Y_m$$

$$f_{t0d} = k_{mod} \cdot f_{t0k} / Y_m$$

$$f_{md} = 0,7 \cdot 27 / 1,3$$

$$f_{t0d} = 0,7 \cdot 16,5 / 1,3$$

$$f_{md} = 14,54 \text{ MPa}$$

$$f_{t0d} = 8,88 \text{ MPa}$$

$$f_{c0d} = k_{mod} \cdot f_{c0k} / Y_m$$

$$f_{c0d} = 0,7 \cdot 22 / 1,3$$

$$f_{c0d} = 11,85 \text{ MPa}$$

### Vnitřní síly (Dluba):

$$N_{edtah} = 77 \text{ kN}$$

$$N_{edtlak} = 35 \text{ kN}$$

### Posouzení tlakové únosnosti:

#### Napětí v tlaku:

$$\sigma_{c0d} = N_{ed} / A = 35 \cdot 10^3 / 32000$$

$$\sigma_{c0d} = 1,09 \text{ MPa}$$

### Štíhlost:

$$L_{cr_y} = 3500 \text{ mm}$$

$$L_{cr_z} = 5250 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = L_{cr_y} / i_y = 3500 / 46,19$$

$$\lambda_z = L_{cr_z} / i_z = 5250 / 57,74$$

$$\lambda_y = 75,78$$

$$\lambda_z = 90,933$$

$$\lambda_{rel_y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crity}}} = \sqrt{\frac{22}{13,22}}$$

$$\lambda_{rel_z} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,critz}}} = \sqrt{\frac{22}{9,2}}$$

$$\lambda_{rel_y} = 1,29$$

$$\lambda_{rel_z} = 1,55$$

**Kritické napětí:**

$$\sigma_{c,crity} = (\pi^2 * E_{m0k}) / \lambda_y^2$$

$$\sigma_{c,crity} = (\pi^2 * 7700) / 75,78^2$$

$$\sigma_{c,crity} = \mathbf{13,22 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{c,critz} = (\pi^2 * 7700) / 90,933^2$$

$$\sigma_{c,critz} = \mathbf{9,2 \text{ MPa}}$$

**Součinitel vzpěrnosti:**

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

$$k_y = 0,5 * (1 + 0,2 * (1,29 - 0,3) + 1,29^2)$$

$$k_y = \mathbf{1,431}$$

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

$$k_z = 0,5 * (1 + 0,2 * (1,55 - 0,3) + 1,55^2)$$

$$k_z = \mathbf{1,76}$$

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

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

$$k_{c,y} = \frac{1}{1,43 + \sqrt{1,43^2 - 1,29^2}}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{1,76 + \sqrt{1,76^2 - 1,55^2}}$$

$$k_{c,y} = \mathbf{0,49}$$

$$k_{c,z} = \mathbf{0,38}$$

**Posouzení tlaku:**

$$1. \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$2. \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$1. \frac{1,09}{0,49 * 11,85} \leq 1$$

$$2. \frac{1,09}{0,38 * 11,85} \leq 1$$

$$1. \mathbf{0,19} < 1$$

**Vyhovuje**

$$2. \mathbf{0,24} < 1$$

**Vyhovuje**

**Posouzení tahové únosnosti:**

$$\sigma_{tod} = N_{ed} / A = 77 * 10^3 / 32000$$

$$\sigma_{tod} = \mathbf{2,41 \text{ MPa}}$$

$$1. \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$1. \frac{2,41}{8,88} \leq 1$$

$$1. \mathbf{0,27} < 1$$

**Vyhovuje**

**Mezní stav použitelnosti:****Okamžitý průhyb (Dluba):**

$$W_{inst, st\acute{a}l\acute{e}} = 2,6 \text{ mm}$$

$$W_{inst, u\acute{z}itn\acute{e}} = 11,2 \text{ mm}$$

$$W_{inst, snih} = 9,5 \text{ mm}$$

**Celkový okamžitý průhyb:**

$$W_{inst} = W_{inst, st\acute{a}l\acute{e}} + W_{inst, u\acute{z}itn\acute{e}} + W_{inst, snih}$$

$$W_{inst} = 2,6 + 11,2 + 9,5$$

$$W_{inst} = \mathbf{23,3 \text{ mm}} < l/300 = 14000/300 =$$

$$\mathbf{23,3} < \mathbf{46,7 \text{ mm}} \quad \text{vyhovuje}$$

**Konečný průhyb:**

$$k_{def} = 2 \quad \Psi_{2,1} = 0$$

$$\Psi_{0, vitr} = 0,6 \quad \Psi_{0, u\acute{z}itn\acute{e}} = 0$$

$$w_{fin} = (W_{inst, st\acute{a}l\acute{e}}) * (1 + k_{def}) + W_{inst, snih} * (1 + k_{def} * \Psi_{2,1}) + W_{inst, u\acute{z}itn\acute{e}} * (\Psi_{0, vitr} + k_{def} * \Psi_{2,1})$$

$$w_{fin} = (2,6) * (1 + 2) + 9,5 * (1 + 2 * 0) + 11,2 * (0 + 2 * 0)$$

$$w_{fin} = \mathbf{17,3 \text{ mm}}$$

$$w_{fin} < l/250$$

$$\mathbf{17,3} < \mathbf{56 \text{ mm}} \quad \text{vyhovuje}$$

<b>Navrhují dolní pás 200x160mm C27</b>
---

## Návrh a posouzení diagonály:

Parametry: Rostlé dřevo C27

Zatížení: krátkodobé

Třída provozu: III

$f_{mk} =$	27 MPa
$f_{tok} =$	16,5 MPa
$k_{mod} =$	0,7
$f_{c0k} =$	22 MPa
$k_m =$	0,7

$E_{0mean} =$	11500 MPa
$E_{m0k} =$	7700 MPa
$Y_m =$	1,3
$k_{cr} =$	0,67

### Průřezové charakteristiky:

$h =$	120 mm	$I_z =$	17280000 mm <sup>4</sup>
$b =$	120 mm	$W_y =$	288000 mm <sup>3</sup>
$A =$	14400 mm <sup>2</sup>	$W_z =$	288000 mm <sup>3</sup>
$I_y =$	17280000 mm <sup>4</sup>	$L =$	2000 mm
$i_y =$	34,64 mm	$i_z =$	34,64 mm

### Návrhové únosnosti:

$f_{c0d} = k_{mod} * f_{c0k} / Y_m$	$f_{t0d} = k_{mod} * f_{tok} / Y_m$		
$f_{c0d} = 0,7 * 22 / 1,3$	$f_{t0d} = 0,7 * 16,5 / 1,3$		
$f_{c0d} =$	<b>11,85 MPa</b>	$f_{t0d} =$	<b>8,88 MPa</b>

### Vnitřní síly (Dluba):

$N_{edtлак} =$	34 kN	$N_{edtah} =$	34,6 kN
----------------	-------	---------------	---------

### Posouzení tlakové únosnosti:

#### Napětí v tlaku:

$$\sigma_{c0d} = N_{ed} / A = 34 * 10^3 / 14400$$
$$\sigma_{c0d} = \mathbf{2,36 \text{ MPa}}$$

#### Štíhlost: $L_{cr} =$ 2000 mm

$$\lambda = L_{cr} / i = 2000 / 34,64$$

$$\lambda = \mathbf{57,74}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{22}{22,78}}$$

$$\lambda_{rel} = \mathbf{0,98}$$

### Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crit} = (\pi^2 * E_{m0k}) / \lambda^2$$

$$\sigma_{c,crit} = (\pi^2 * 7700) / 57,74^2$$

$$\sigma_{c,crit} = \mathbf{22,78 \text{ MPa}}$$

### Součinitel vzpěrnosti:

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

$$k = 0,5 * (1 + 0,2 * (0,98 - 0,3) + 0,98^2)$$

$$k = \mathbf{1,05}$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$$k_c = \frac{1}{1,05 + \sqrt{1,05^2 - 0,98^2}}$$

$$k_c = \mathbf{0,70}$$

$$\sigma_{cod} < f_{cod} * k_c$$

$$\mathbf{2,36} < \mathbf{8,32}$$

Vyhovuje

**Posouzení tahové únosnosti:**

$$\sigma_{tod} = N_{ed} / A = 34,6 * 10^3 / 14400$$

$$\sigma_{tod} = \mathbf{2,40} \text{ MPa}$$

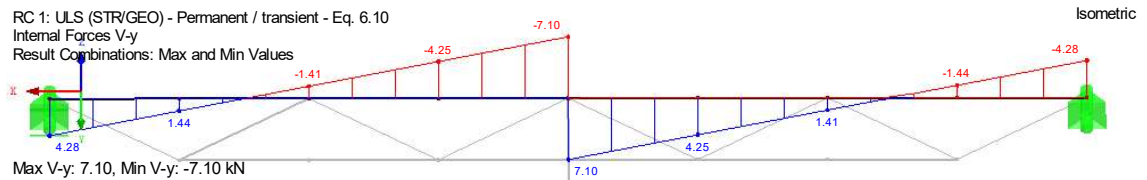
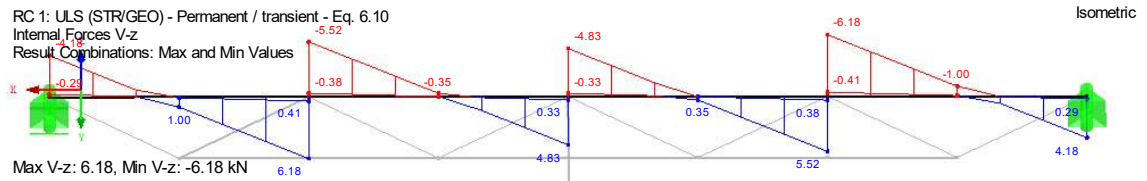
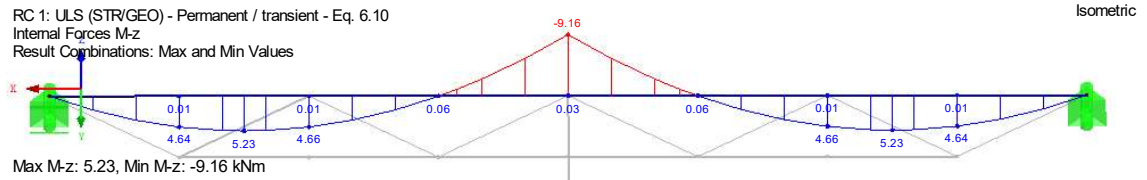
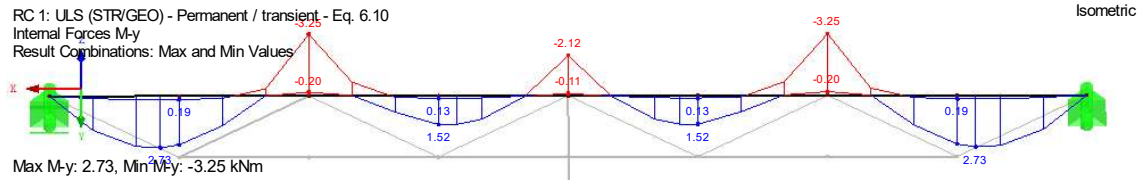
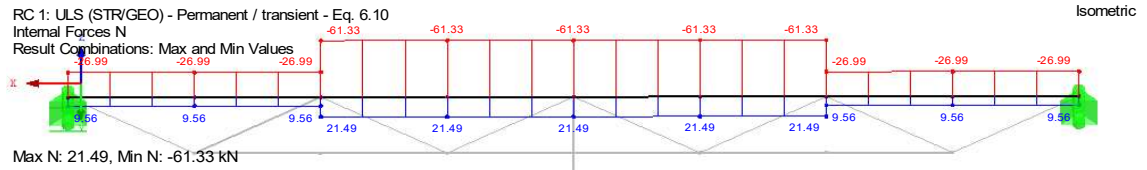
$$\sigma_{tod} < f_{tod}$$

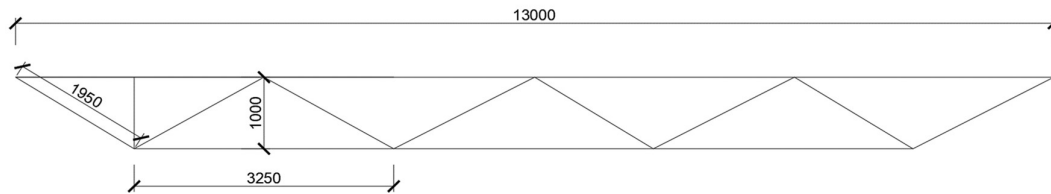
$$\mathbf{2,40} < \mathbf{8,88}$$

Vyhovuje

**Navrhují diagonálu 120x120mm C27**

# Výsledné vnitřní síly působící na šikmou příhradovou vaznici





obr. č. 8b - Schéma příhradové vaznice PV1 -S

### Návrh a posouzení horního pásu - šikmá vaznice:

#### Parametry:

Rostlé dřevo C27

Zatížení: krátkodobé

Třída provozu: III

$f_{mk} =$	27 MPa	$E_{0mean} =$	11500 MPa
$f_{t0k} =$	16,5 MPa	$E_{m0k} =$	7700 MPa
$k_{mod} =$	0,7	$Y_m =$	1,3
$f_{c0k} =$	22 MPa	$k_{cr} =$	0,67
$k_m =$	0,7	$f_{vk} =$	4 MPa

#### Průřezové charakteristiky:

$h =$	160 mm	$I_z =$	184320000 mm <sup>4</sup>
$b =$	240 mm	$W_y =$	1024000 mm <sup>3</sup>
$A =$	38400 mm <sup>2</sup>	$W_z =$	1536000 mm <sup>3</sup>
$I_y =$	81920000 mm <sup>4</sup>	$L =$	13000 mm
$i_y =$	46,19 mm	$i_z =$	69,28 mm

#### Návrhové únosnosti:

$f_{md} = k_{mod} * f_{mk} / Y_m$		$f_{t0d} = k_{mod} * f_{t0k} / Y_m$	
$f_{md} = 0,7 * 27 / 1,3$		$f_{t0d} = 0,7 * 16,5 / 1,3$	
$f_{md} =$	<b>14,54 MPa</b>	$f_{t0d} =$	<b>8,88 MPa</b>
$f_{c0d} = k_{mod} * f_{c0k} / Y_m$		$f_{vd} = k_{mod} * f_{vk} / Y_m$	
$f_{c0d} = 0,7 * 22 / 1,3$		$f_{vd} = 0,7 * 4 / 1,3$	
$f_{c0d} =$	<b>11,85 MPa</b>	$f_{vd} =$	<b>2,15 MPa</b>

#### Vnitřní síly (Dlubal):

$M_{yd} =$	3,25 kNm	$N_{edtah} =$	22 kN
$V_{zd} =$	6,2 kN	$N_{edtlak} =$	63 kN
$V_{yd} =$	7,1 kN	$M_{zd} =$	9,1 kNm

#### Napětí v ohybu:

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_y = 3,25 * 10^6 / 1024000$$

$$\sigma_{myd} = \mathbf{3,2 \text{ MPa}}$$

#### Posouzení tlakové únosnosti:

##### Napětí v tlaku:

$$\sigma_{c0d} = N_{ed} / A = 63 * 10^3 / 38400$$

$$\sigma_{c0d} = \mathbf{1,6 \text{ MPa}}$$

**Štíhlost:**  $L_{cr,y} = 3500 \text{ mm}$        $L_{cr,z} = 6500 \text{ mm}$   
 $\lambda_y = L_{cr,y}/i_y = 3500/46,19$        $\lambda_z = L_{cr,z}/i_z = 6500/69,28$   
 $\lambda_y = 75,78$        $\lambda_z = 93,819$   
 $\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crity}}} = \sqrt{\frac{22}{13,22}}$        $\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,critz}}} = \sqrt{\frac{22}{8,6}}$   
 $\lambda_{rel,y} = 1,29$        $\lambda_{rel,z} = 1,60$

**Kritické napětí:**

$\sigma_{c,crity} = (\pi^2 * E_{m0k})/\lambda_y^2$        $\sigma_{c,critz} = (\pi^2 * 7700)/93,819^2$   
 $\sigma_{c,crity} = (\pi^2 * 7700)/75,78^2$        $\sigma_{c,critz} = (\pi^2 * 7700)/93,819^2$   
 $\sigma_{c,crity} = 13,22 \text{ MPa}$        $\sigma_{c,critz} = 8,6 \text{ MPa}$

**Součinitel vzpěrnosti:**

$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$   
 $k_y = 0,5 * (1 + 0,2 * (1,29 - 0,3) + 1,29^2)$   
 $k_y = 1,431$

$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$   
 $k_z = 0,5 * (1 + 0,2 * (1,6 - 0,3) + 1,6^2)$   
 $k_z = 1,84$

$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}$        $k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}$   
 $k_{c,y} = \frac{1}{1,43 + \sqrt{1,43^2 - 1,29^2}}$        $k_{c,z} = \frac{1}{1,84 + \sqrt{1,84^2 - 1,6^2}}$   
 $k_{c,y} = 0,49$        $k_{c,z} = 0,36$

**Posouzení kombinace ohybu a tlaku:**

$\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_z = 9,1 * 10^6 / 1536000$   
 $\sigma_{myd} = 5,9 \text{ MPa}$

1.  $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$   
2.  $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$   
1.  $\frac{1,6}{0,49 * 11,85} + \frac{3,2}{14,54} + 0,7 * \frac{5,9}{14,54} \leq 1$   
2.  $\frac{1,6}{0,36 * 11,85} + 0,7 * \frac{3,2}{14,54} + \frac{5,9}{14,54} \leq 1$

1. **0,64** < 1      **Vyhovuje**  
2. **0,89** < 1      **Vyhovuje**



**Posouzení tahové únosnosti:**

$$\sigma_{t0d} = N_{ed} / A = 22 \cdot 10^3 / 38400$$

$$\sigma_{t0d} = \mathbf{0,57 \text{ MPa}}$$

**Posouzení kombinace ohybu a tahu:**

$$1. \frac{\sigma_{t0d}}{f_{t0d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$2. \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$1. \frac{0,57}{8,88} + \frac{3,2}{14,54} + 0,7 * \frac{5,9}{14,54} \leq 1$$

$$2. \frac{0,57}{8,88} + 0,7 * \frac{3,2}{14,54} + \frac{5,9}{14,54} \leq 1$$

$$1. \mathbf{0,57} < \mathbf{1} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$2. \mathbf{0,62} < \mathbf{1} \quad \text{Vyhovuje}$$

**Posouzení smykové únosnosti:**

$$b_{eff} = k_{cr} * b = 0,67 * 240 \quad A_{eff} = b_{eff} * h = 160,8 * 160$$

$$b_{eff} = \mathbf{160,8 \text{ mm}} \quad A_{eff} = \mathbf{25728 \text{ mm}^2}$$

**Smykové napětí:**

$$\tau_d = 3/2 * V_d / A_{eff} = 3/2 * 7,1 * 10^3 / 25728$$

$$\tau_d = \mathbf{0,41 \text{ MPa}}$$

$$\tau_d < f_{vgd}$$

$$\mathbf{0,41} < \mathbf{2,15 \text{ MPa}} \quad \text{Vyhovuje}$$

**Mezní stav použitelnosti:**

Posouzení vybočení horního pásu vlivem šikmosti střešní konstrukce.

**Okamžitý průhyb (Dlubač):**

$$w_{inst, stálé} = 2,5 \text{ mm}$$

$$w_{inst, užité} = 8,2 \text{ mm}$$

$$w_{inst, snih} = 12,4 \text{ mm}$$

**Celkový okamžitý průhyb:**

$$w_{inst} = w_{inst, stálé} + w_{inst, užité} + w_{inst, snih}$$

$$w_{inst} = 2,5 + 8,2 + 12,4$$

$$w_{inst} = \mathbf{23,1 \text{ mm}} < l/300 = 13000/300 = \mathbf{43,3 \text{ mm}} \quad \text{vyhovuje}$$

**Konečný průhyb:**

$$k_{def} = 2 \quad \psi_{2,1} = 0$$

$$\psi_{0, vitr} = 0,6 \quad \psi_{0, užité} = 0$$

$$w_{fin} = (w_{inst, stálé}) * (1 + k_{def}) + w_{inst, snih} * (1 + k_{def} * \psi_{2,1}) + w_{inst, užité} * (\psi_{0, vitr} + k_{def} * \psi_{2,1})$$

$$w_{fin} = (2,5) * (1 + 2) + 12,4 * (1 + 2 * 0) + 8,2 * (0 + 2 * 0)$$

$$w_{fin} = \mathbf{19,9 \text{ mm}}$$

$$w_{fin} < l/250$$

$$\mathbf{19,9} < \mathbf{52 \text{ mm}} \quad \text{vyhovuje}$$

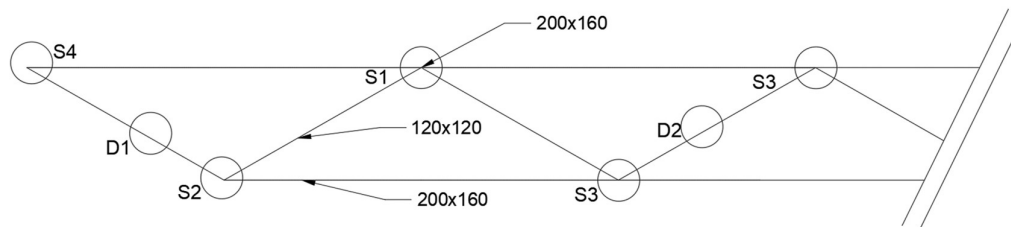
**Navrhují horní pás 240x160mm C27**

Zbylé příhradové vaznice byly navrženy obdobně a pomocí stejných výpočtů jako příhradová vaznice PV1. Z důvodu totožných návrhů jsou výsledné dimenze uvedeny v následující tabulce. Výpočet byl proveden pomocí excelu.

popis	výška	výsledné dimenze (mm)			délka vaznice
		horní pás	dolní pás	diagonála	m
PV2 -V	0,9	180x160	180x160	120x120	12,85
PV2 -S	0,9	220x160	180x160	120x120	11,96
PV3 -V	0,8	160x160	160x160	120x120	11,58
PV3 -S	0,8	200x160	160x160	120x120	10,85
PV4 -V	0,7	160x140	160x140	120x120	10,32
PV4 -S	0,7	180x140	160x140	120x120	9,7
PV5 -V	0,6	140x140	140x140	120x120	9
PV5 -S	0,6	160x140	140x140	120x120	8,5

Tab.: 1 - Dimenze příhradových vaznic

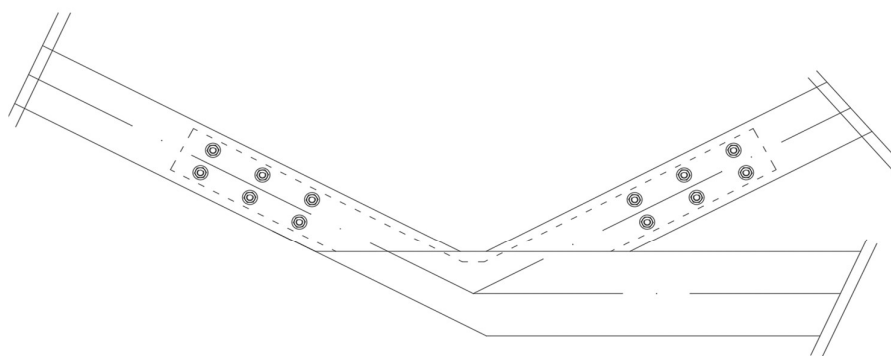
## Návrh spojů příhradové vaznice PV1



obr. č. 9 - Schéma příhradové vaznice - spoje

Spoje budou prováděny pomocí svorníků třídy 5.8. (průměru  $d=12\text{mm}$ ) a styčnickových plechů třídy S355 tloušťky  $d=8\text{mm}$  uprostřed dřevěného prvku.

Bude navrženo celkem šest spojů. Dvě rozdílná kotvení diagonál (D1,D2). Spoj na horní pásnici S1, rohový spoj S2, spoj S3 (nacházející se na dolní pásnici a horní pásnici) a koncový spoj S4. Spoje budou na zbytek konstrukce rozděleny symetricky.



obr. č. 10 - Schéma spojů diagonál

### Vstupní parametry diagonála D1:

Tloušťka prvku:	$t=$	120 mm
Tloušťka ocelové desky	$t=$	8 mm
Tloušťka části prvku	$t_1=$	56 mm
Úhel zatížení $\alpha$	$\alpha=$	0 °
Maximální síla (Dlupal):	$N=$	34,6 kN

### Návrh svorníků:

Char. pevnost v tahu  $f_{ub}=500\text{N/mm}^2$

Průměr podložky (vnější/vnitřní) : 44/13mm

Plocha jádra šroubu:  $A_s=$  84,3 mm<sup>2</sup>

počet řad: 2

počet svorníků v řadě: 3

**Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku:**

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 12) * 360 = 25,98 \text{MPa}$$

**Plastický moment únosnosti:**

$$M_{y,r,k} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 500 * 12^{2,6} = 95931,81 \text{Nmm}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d = 1,35 + 0,015 * 12 = 1,53$$

**Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:**

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

1)  $F_{axRk} = 9545,08/4$

2)  $F_{axRk} = (0,9 * A_s * f_{uk} / 1,25) / 4$

$$F_{axRk} = (0,9 * 84,3 * 500 / 1,25) / 4$$

$$F_{axRk} = 2386,27 \text{ N}$$

$$F_{axRk} = 7587 \text{ N}$$

$$F_{axRk} = 12577,64/4$$

$$F_{axRk} = (A_{net} * f_{c90k} * 3) / 4$$

$$F_{axRk} = (1387 * 2,5 * 3) / 4$$

$$F_{axRk} = 3144,41 \text{ N}$$

$$F_{axRk} = 2,6 \text{ N}$$

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:**

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} f_{h,1,k} * t_1 * d \\ f_{h,1,k} * t_1 * d * \left( \sqrt{2 + \frac{4 * M_{yRk}}{f_{h,90,k} * d * t_1^2}} - 1 \right) + 2,3 \\ 2,3 * \sqrt{M_{yRk} * f_{h,1,k} * d} + 2,3 \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 25,98 * 56 * 12 \\ 25,98 * 56 * 12 * \left( \sqrt{2 + \frac{4 * 95931,81}{25,98 * 12 * 56^2}} - 1 \right) + 2,3 \\ 2,3 * \sqrt{95931,81 * 25,98 * 12} + 2,3 \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 17,4 \text{ kN} \\ 11,9 \text{ kN} \\ 14,8 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$$F_{vrk} = 11,9 \text{ kN}$$

**Efektivní číslo:**

minimální rozteč  $a_1 = 48 \text{ mm}$   
 volím:  $100 \text{ mm}$

$$n_{ef} = \min \left[ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 * d}} \end{array} \right]$$

$$n_{ef} = \min \left[ \begin{array}{l} 3 \\ 3^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{100}{13 * 12}} \end{array} \right]$$

$$n_{ef} = 2,4$$

**Počet svorníků:**

$$F_{vrd} = F_{vrk} * k_{mod} / \gamma_m = 11,9 * 0,7 / 1,3$$

$$F_{vrd} = 6,408 \text{ kN}$$

$$F_{vrd} = \text{střih} * n_{ef} * F_{vrd} * \text{počet řad}$$

$$F_{vrd} = 2 * 2,4 * 6,4 * 2$$

$$F_{vrd} = 61,51 \text{ kN}$$

**Posouzení:**

$$61,51 > 34,6 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**
**Navrhuji 6 svorníků.  $d=12\text{mm}$**

## Vstupní parametry diagonála D2 :

Tloušťka prvku:	t=	120 mm
Tloušťka ocelové desky	t=	8 mm
Tloušťka části prvku	t <sub>1</sub> =	56 mm
Úhel zatížení α	α=	0 °
Maximální síla (Dlubal):	N=	10,5 kN

### Návrh svorníků:

Char. pevnost v tahu  $f_{ub}=500\text{N/mm}^2$

Průměr podložky (vnější/vnitřní) : 44/13mm

Plocha jádra šroubu:  $A_s=$  84,3 mm<sup>2</sup>

počet řad: 2

počet svorníků v řadě: 1

### Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku:

$$f_{h,0,k} = 25,98\text{MPa}$$

### Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 95931,8\text{Nmm}$$

$$k_{90} = 1,53$$

### Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

$$1) F_{axRk}=9545,08/4$$

$$F_{axRk}= 2386,27 \text{ N}$$

$$2) F_{axRk}=(0,9*A_s*f_{uk}/1,25)/4$$

$$F_{axRk}=(0,9*84,3*500/1,25)/4$$

$$F_{axRk}= 7587 \text{ N}$$

$$F_{axRk}=12577,64/4$$

$$F_{axRk}= 3144,41 \text{ N}$$

$$F_{axRk}=(A_{net}*f_{c90k}*3)/4$$

$$F_{axRk}=(1387*2,5*3)/4$$

$$F_{axRk}= 2,6 \text{ N}$$

### Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 17,4\text{kN} \\ 11,9\text{kN} \\ 14,8\text{kN} \end{array} \right]$$

$$F_{vrk}= 11,9 \text{ kN}$$

**Efektivní číslo:**

$$n_{ef} = 1$$

**Počet svorníků:**

$$F_{vrd} = 6,408 \text{ kN}$$

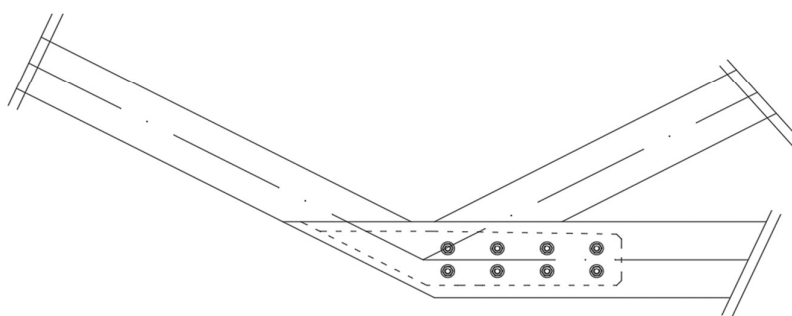
$$F_{vrd} = \text{střih} \cdot n_{ef} \cdot F_{vrd} \cdot \text{počet řad}$$

$$F_{vrd} = 2 \cdot 1 \cdot 6,408 \cdot 2$$

$$F_{vrd} = 25,63 \text{ kN}$$

**Posouzení:**

$$25,63 > 10,5 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**
**Navrhují 2 svorníky. d=12mm**


obr. č. 11 - Schéma spoje S2 příhradové vaznice

**Vstupní parametry spoj S2:**

Tloušťka prvku:	t=	200 mm
-----------------	----	--------

Tloušťka ocelové desky	t=	8 mm
------------------------	----	------

Tloušťka části prvku	t <sub>1</sub> =	96 mm
----------------------	------------------	-------

Úhel zatížení $\alpha$	$\alpha=$	0
------------------------	-----------	---

Maximální síla (dlubal):	N=	59,3 kN
--------------------------	----	---------

**Návrh svorníků:**

Všechny svorníky budou pevnostní třídy 5.8.

Char. pevnost v tahu  $f_{ub}=500\text{N/mm}^2$

Průměr podložky (vnější/vnitřní) : 44/13mm

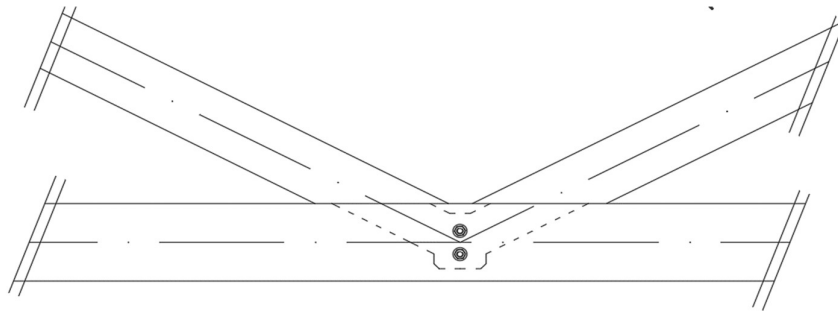
Plocha jádra šroubu:	A <sub>s</sub> =	84,3 mm <sup>2</sup>
----------------------	------------------	----------------------

počet řad:	2
------------	---

počet svorníků v řadě:	4
------------------------	---







obr. č. 12 - Schéma spoje S3+S1 příhradové vaznice

### Vstupní parametry dolní pásnice S3:

Tloušťka prvku:	t=	200 mm
Tloušťka ocelové desky	t=	8 mm
Tloušťka části prvku	t <sub>1</sub> =	96 mm

Dolní pásnice je průběžný prvek. Připojení na dolní pásnici proto musí být provedeno na nejméně příznivou sílu a úhel z výslednice působících sil v diagonálách.

Úhel zatížení $\alpha$	$\alpha=$	1,32 ° (bude uvažováno 0)
Nejnepříznivější síla:	N=	17,5 kN

### Návrh svorníků:

Všechny svorníky budou pevnostní třídy 5.8.

Char. pevnost v tahu  $f_{ub}=500\text{N/mm}^2$

Průměr podložky (vnější/vnitřní) : 44/13mm

Plocha jádra šroubu:	A <sub>s</sub> =	84,3 mm <sup>2</sup>
----------------------	------------------	----------------------

počet řad: 2

počet svorníků v řadě: 1

### Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku:

$$f_{h,\alpha,k} = 25,98\text{MPa}$$

### Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 95931,8\text{Nmm}$$

$$k_{90} = 1,53$$

**Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:**

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

1)  $F_{axRk} = 13786/4$

$F_{axRk} = 3446,5 \text{ N}$

$F_{axRk} = 12577/4$

$F_{axRk} = 3144,045 \text{ N}$

2)  $F_{axRk} = (0,9 * A_s * f_{uk} / 1,25) / 4$

$F_{axRk} = (0,9 * 84,3 * 500 / 1,25) / 4$

$F_{axRk} = 7587 \text{ N}$

$F_{axRk} = (A_{net} * f_{c90k} * 3) / 4$

$F_{axRk} = (1387 * 2,5 * 3) / 4$

$F_{axRk} = 2,6 \text{ N}$

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:**

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 29,9 \text{ kN} \\ 16,3 \text{ kN} \\ 15,17 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$F_{vrk} = 15,17 \text{ kN}$

**Efektivní číslo:**

$n_{ef} = 1$

**Počet svorníků:**

$F_{vrd} = 8,168 \text{ kN}$

$F_{vrd} = \text{stříh} * n_{ef} * F_{vrd} * \text{počet řad}$

$F_{vrd} = 2 * 1 * 8,168 * 2$

$F_{vrd} = 32,67 \text{ kN}$

**Posouzení:**

$32,67 > 17,5 \text{ kN}$

**Vyhovuje****Navrhují 2 svorníky. d=12mm**

### Vstupní parametry horní pásnice S1:

Tloušťka prvku:	t=	200 mm
Tloušťka ocelové desky	t=	8 mm
Tloušťka části prvku	t <sub>1</sub> =	96 mm

Horní pásnice je průběžný prvek. Připojení na horní pásnici proto musí být provedeno na nejméně příznivou sílu a úhel z výslednice působících sil v diagonálách.

Úhel zatížení $\alpha$	$\alpha=$	1,32 ° (bude uvažováno 0)
Nejnepříznivější síla:	N=	38,7 kN

### Návrh svorníků:

Všechny svorníky budou pevnostní třídy 5.8.

Char. pevnost v tahu  $f_{ub}=500\text{N/mm}^2$

Průměr podložky (vnější/vnitřní) : 44/13mm

Plocha jádra šroubu:	A <sub>s</sub> =	84,3 mm <sup>2</sup>
----------------------	------------------	----------------------

počet řad:	2
počet svorníků v řadě:	2

### Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku:

$$f_{h,\alpha,k} = 25,98\text{MPa}$$

### Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 95931,8\text{Nmm}$$

$$k_{90} = 1,53$$

### Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:

Hodnota této síly je rovna minimu:

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| 1) 25% první části vzorce | 2) 25% otláčení pod podložkou nebo přetržení svorníku |
|---------------------------|---|

<b>1)</b>	$F_{axRk}=14949/4$	<b>2)</b>	$F_{axRk}=(0,9*A_s*f_{uk}/1,25)/4$
	$F_{axRk}= 3737,25 \text{ N}$		$F_{axRk}=(0,9*84,3*500/1,25)/4$
			$F_{axRk}= 7587 \text{ N}$
	$F_{axRk}=12577/4$		$F_{axRk}=(A_{net}*f_{c90k}*3)/4$
	$F_{axRk}= 3144,25 \text{ N}$		$F_{axRk}=(1387*2,5*3)/4$
			$F_{axRk}= 2,6 \text{ N}$

### Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:

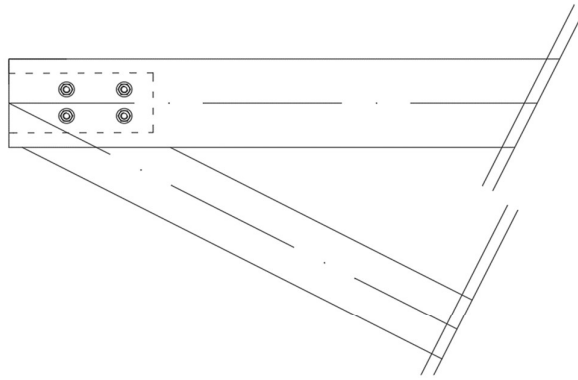
$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 29,9 \text{ kN} \\ 16,3 \text{ kN} \\ 15,17 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$$F_{vrk} = 15,17 \text{ kN}$$

**Efektivní číslo:**volím  $a_1$ : 100 mm $n_{ef} = 1,6$ **Počet svorníků:** $F_{vrd} = 8,168 \text{ kN}$  $F_{vrd} = \text{střih} * n_{ef} * F_{vrd} * \text{počet řad}$  $F_{vrd} = 2 * 1,6 * 8,168 * 2$  $F_{vrd} = 52,28 \text{ kN}$ **Posouzení:**

52,28 &gt; 38,7 kN

**Vyhovuje****Navrhují 4 svorníky. d=12mm**



obr. č. 13 - Schéma spoje S4 příhradové vaznice

### Vstupní parametry horní pás S4:

Tloušťka prvku:	t=	200 mm
Tloušťka ocelové desky	t=	8 mm
Tloušťka části prvku	t <sub>1</sub> =	96 mm
Úhel zatížení $\alpha$	$\alpha$ =	0 °
Maximální síla (Dlubal):	N=	30 kN

### Návrh svorníků:

Char. pevnost v tahu  $f_{ub}=500\text{N/mm}^2$

Průměr podložky (vnější/vnitřní) : 44/13mm

Plocha jádra šroubu:  $A_s=$  84,3 mm<sup>2</sup>

počet řad: 2

počet svorníků v řadě: 2

### Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku:

$f_{h,90,k} = 25,98 \text{ MPa}$

### Plastický moment únosnosti:

$M_{y,r,k} = 95931,8 \text{ Nm}$

$k_{90} = 1,53$

### Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

<p><b>1)</b> <math>F_{axRk}=14949/4</math></p> <p><math>F_{axRk}= 3737,25 \text{ N}</math></p> <p><math>F_{axRk}=12577/4</math></p> <p><math>F_{axRk}= 3144,25 \text{ N}</math></p>	<p><b>2)</b> <math>F_{axRk}=(0,9*A_s*f_{uk}/1,25)/4</math></p> <p><math>F_{axRk}=(0,9*84,3*500/1,25)/4</math></p> <p><math>F_{axRk}= 7587 \text{ N}</math></p> <p><math>F_{axRk}=(A_{net}*f_{c90k}*3)/4</math></p> <p><math>F_{axRk}=(1387*2,5*3)/4</math></p> <p><math>F_{axRk}= 2,6 \text{ N}</math></p>
--	---

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:**

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 29,9kN \\ 16,3kN \\ 15,17 kN \end{array} \right]$$

$F_{vrk}= 15,17 \text{ kN}$

**Efektivní číslo:**

volím  $a_1: 100 \text{ mm}$

$n_{ef}= 1,6$

**Počet svorníků:**

$F_{vrd}=Fvrk*k_{mod}/\gamma_m=15,17*0,7/1,3$

$F_{vrd}= 8,168 \text{ kN}$

$F_{vrd}=\text{stříh}*n_{ef}*F_{vrd}*\text{počet řad}$

$F_{vrd}=2*1,6*8,168*2$

$F_{vrd}= 52,28 \text{ kN}$

**Posouzení:**

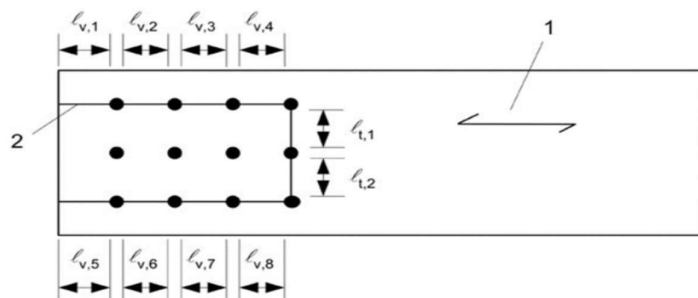
$52,28 > 30 \text{ kN}$

**Vyhovuje**

**Navrhuji 4 svorníky. d=12mm**

## Posouzení porušení blokovým a zátkovým smykem

Spoje v rámci příhradové konstrukce, které jsou namáhány tahovou silou rovnoběžnou s vlákny u konce prvku, byly posouzeny na blokový a zátkový smyk. Jedná se o spoje D1, D2, S2 a S4. V posudku byly uvažovány dané rozteče  $a_1$ ,  $a_2$  a minimální požadované rozteče  $a_{3t}$ .



obr. č. 14 - Schéma vzdáleností pro posouzení blokovým a zátkovým smykem

### Posouzení přípoje diagonály D1:

$l_{t1} =$	36 mm	$l_{v1} =$	88 mm
$t_1 =$	56 mm	$l_{v2} =$	78 mm
$f_{h,k} =$	25,98 MPa	$d =$	12 mm
$M_{y,rk} =$	95931 Nmm	$f_{vk} =$	4 MPa
$f_{t0k} =$	16,5 MPa		

$$t_{ef} = t_1 * \left( \sqrt{2 + \frac{M_{y,rk}}{f_{h,k} * d * t_1^2}} - 1 \right) = 56 * \left( \sqrt{2 + \frac{95931}{25,98 * 12 * 56^2}} - 1 \right)$$

$$t_{ef} = 28,82 \text{ mm}$$

$$L_{net,v} = (4 * l_{v1} + 2 * l_{v2}) = (4 * 88 + 2 * 78) = 508 \text{ mm}$$

$$A_{net,t} = l_{t1} * t_1 = 36 * 56$$

$$A_{net,v} = L_{net,v} / 2 * (l_{t1} + 2 * t_{ef})$$

$$A_{net,t} = 2016 \text{ mm}^2$$

$$A_{net,v} = 508 / 2 * (36 + 2 * 28,82)$$

$$A_{net,v} = 23787 \text{ mm}^2$$

### Charakteristická únosnost při porušení:

$$F_{bs,Rk} = \max(1,5 * A_{net,t} * f_{t0k}; 0,7 * A_{net,v} * f_{v,k})$$

$$F_{bs,Rk} = \max(1,5 * 2016 * 16,5; 0,7 * 23787 * 4)$$

$$F_{bs,Rk} = 49896 \quad 66602,56$$

$$F_{bs,Rk} = 66,60 \text{ kN}$$

$$F_{bs,Rd} = k_{mod} * F_{bs,Rk} / \gamma_m$$

$$F_{bs,Rd} = 0,7 * 66,6 / 1,3$$

$$F_{bs,Rd} = 35,86 \text{ kN}$$

Max. působící tahová síla  $F_{\text{tah}}=34,6\text{kN}$

$F_{\text{bs,Rd}}$	>	34,6	kN
<b>35,86</b>	>	34,6	kN

**Vyhovuje**

### Posouzení připoje diagonály D2:

$l_{t1} =$	36 mm	$l_{v1} =$	0 mm
$t_1 =$	56 mm	$l_{v2} =$	78 mm
$f_{h,k} =$	25,98 MPa	$d =$	12 mm
$M_{y,Rk} =$	95931 Nmm	$f_{vk} =$	4 MPa
$f_{t0k} =$	16,5 MPa		

$$t_{ef} = t_1 * \left( \sqrt{2 + \frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} * d * t_1^2}} - 1 \right) = 56 * \left( \sqrt{2 + \frac{95931}{25,98 * 12 * 56^2}} - 1 \right)$$

$$t_{ef} = 28,82 \text{ mm}$$

$$L_{\text{net},v} = (2 * l_{v2}) = (2 * 78) = 156 \text{ mm}$$

$$A_{\text{net},t} = l_{t1} * t_1 = 36 * 56$$

$$A_{\text{net},v} = L_{\text{net},v} / 2 * (l_{t1} + 2 * t_{ef})$$

$$A_{\text{net},t} = 2016 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{net},v} = 156 / 2 * (36 + 2 * 28,82)$$

$$A_{\text{net},v} = 7305 \text{ mm}^2$$

### Charakteristická únosnost při porušení:

$$F_{\text{bs,Rk}} = \max(1,5 * A_{\text{net},t} * f_{t0k}; 0,7 * A_{\text{net},v} * f_{v,k})$$

$$F_{\text{bs,Rk}} = \max(1,5 * 2016 * 16,5; 0,7 * 7305 * 4)$$

$$F_{\text{bs,Rk}} = 49896 \quad 20452,76$$

$$F_{\text{bs,Rk}} = 49,90 \text{ kN}$$

$$F_{\text{bs,Rd}} = k_{\text{mod}} * F_{\text{bs,Rk}} / \gamma_m$$

$$F_{\text{bs,Rd}} = 0,7 * 49,90 / 1,3$$

$$F_{\text{bs,Rd}} = 26,87 \text{ kN}$$

Max. působící tahová síla  $F_{\text{tah}}=10,5\text{kN}$

$F_{\text{bs,Rd}}$	>	10,5	kN
<b>26,87</b>	>	10,5	kN

**Vyhovuje**



### Posouzení přípoje horního pásu S4:

$l_{t1} =$	36 mm	$l_{v1} =$	88 mm
$t_1 =$	96 mm	$l_{v2} =$	78 mm
$f_{h,k} =$	25,98 MPa	$d =$	12 mm
$M_{y,rk} =$	95931 Nmm	$f_{vk} =$	4 MPa
$f_{t0k} =$	16,5 MPa		

$$t_{ef} = t_1 * \left( \sqrt{2 + \frac{M_{y,rk}}{f_{h,k} * d * t_1^2}} - 1 \right) = 96 * \left( \sqrt{2 + \frac{95931}{25,98 * 12 * 96^2}} - 1 \right)$$

$$t_{ef} = 43,12 \text{ mm}$$
$$L_{net,v} = (2 * l_{v1} + 2 * l_{v2}) = (2 * 88 + 2 * 78) = 332 \text{ mm}$$

$$A_{net,t} = l_{t1} * t_1 = 36 * 96$$
$$A_{net,t} = 3456 \text{ mm}^2$$
$$A_{net,v} = L_{net,v} / 2 * (l_{t1} + 2 * t_{ef})$$
$$A_{net,v} = 332 / 2 * (36 + 2 * 43,12)$$
$$A_{net,v} = 20293 \text{ mm}^2$$

### Charakteristická únosnost při porušení:

$$F_{bs,Rk} = \max(1,5 * A_{net,t} * f_{t0k}; 0,7 * A_{net,v} * f_{v,k})$$

$$F_{bs,Rk} = \max(1,5 * 3456 * 16,5; 0,7 * 20293 * 4)$$

$$F_{bs,Rk} = 85536 \quad 56819,65$$

$$F_{bs,Rk} = 85,54 \text{ kN}$$

$$F_{bs,Rd} = k_{mod} * F_{bs,Rk} / \gamma_m$$

$$F_{bs,Rd} = 0,7 * 85,54 / 1,3$$

$$F_{bs,Rd} = 46,06 \text{ kN}$$

Max. působící tahová síla  $F_{tah} = 13,2 \text{ kN}$

$$F_{bs,Rd} > 13,2 \text{ kN}$$
$$46,06 > 13,2 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**

### Posouzení přípoje dolního pásu S2:

$l_{t1} =$	36 mm	$l_{v1} =$	88 mm
$t_1 =$	96 mm	$l_{v2} =$	78 mm
$f_{h,k} =$	25,98 MPa	$d =$	12 mm
$M_{y,rk} =$	95931 Nmm	$f_{vk} =$	4 MPa
$f_{t0k} =$	16,5 MPa		

$$t_{ef} = t_1 * \left( \sqrt{2 + \frac{M_{y,rk}}{f_{h,k} * d * t_1^2}} - 1 \right) = 96 * \left( \sqrt{2 + \frac{95931}{25,98 * 12 * 96^2}} - 1 \right)$$

$$t_{ef} = 43,12 \text{ mm}$$

$$L_{net,v} = (6 * l_{v1} + 2 * l_{v2}) = (6 * 88 + 2 * 78) = 684 \text{ mm}$$

$$A_{net,t} = l_{t1} * t_1 = 36 * 96$$

$$A_{net,t} = 3456 \text{ mm}^2$$

$$A_{net,v} = L_{net,v} / 2 * (l_{t1} + 2 * t_{ef})$$

$$A_{net,v} = 684 / 2 * (36 + 2 * 43,12)$$

$$A_{net,v} = 41808 \text{ mm}^2$$

### Charakteristická únosnost při porušení:

$$F_{bs,Rk} = \max(1,5 * A_{net,t} * f_{t0k}; 0,7 * A_{net,v} * f_{v,k})$$

$$F_{bs,Rk} = \max(1,5 * 3456 * 16,5; 0,7 * 41808 * 4)$$

$$F_{bs,Rk} = 85536 \quad 117062,2$$

$$F_{bs,Rk} = 117,06 \text{ kN}$$

$$F_{bs,Rd} = k_{mod} * F_{bs,Rk} / \gamma_m$$

$$F_{bs,Rd} = 0,7 * 117,06 / 1,3$$

$$F_{bs,Rd} = 63,03 \text{ kN}$$

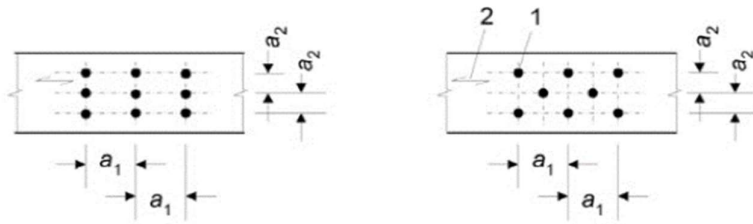
Max. působící tahová síla  $F_{tah} = 59,3 \text{ kN}$

$F_{bs,Rd}$	>	59,3	kN
<b>63,03</b>	>	59,3	kN

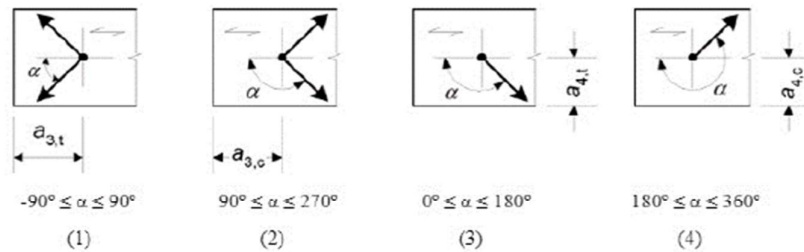
**Vyhovuje**

## Rozteče svorníků pro příhradovou vaznici:

Rozmístění svorníků bude provedeno na základě předepsaných roztečů.



obr. č. 15 - Vzdálenosti řad svorníků



obr. č. 16 - Vzdálenosti svorníků od okrajů a konců

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)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4d$
$a_{3,t}$ (zatižený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d, 80 \text{ mm})$
$a_{3,c}$ (nezatižený konec)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$\max[(1 + 6 \sin \alpha) d; 4d]$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$4d$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$\max[(1 + 6 \sin \alpha) d; 4d]$
$a_{4,t}$ (zatižený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$
$a_{4,c}$ (nezatižený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$

obr. č. 17 - Minimální rozteče a vzdálenosti

### Rozteče diagonála D1 :

minimální rozteče (dřevo):

$a_{3t}$ =	84 mm
$a_2$ =	48 mm
$a_1$ =	100 mm (zvoleno)
$a_{4t}$ =	36 mm

### Rozteče diagonála D2:

minimální rozteče (dřevo):

$a_{3t}$ =	84 mm
$a_2$ =	48 mm
$a_{4t}$ =	36 mm

### Rozteče dolní pásnice spoj (S2) :

minimální rozteče (dřevo):

$a_1$ =	100 mm (zvoleno)
$a_2$ =	48 mm
$a_{3t}$ =	84 mm
$a_{4t}$ =	36 mm

### Rozteče horní pásnice spoj (S1) :

minimální rozteče (dřevo):

$a_2$ =	48 mm
$a_{4t}$ =	36 mm
$a_1$ =	100 mm (zvoleno)

**Rozteče horní pásnice spoj (S4) :**

minimální rozteče (dřevo):

$a_1=$	100 mm (zvoleno)
$a_2=$	48 mm
$a_{3t}=$	84 mm
$a_{4t}=$	36 mm

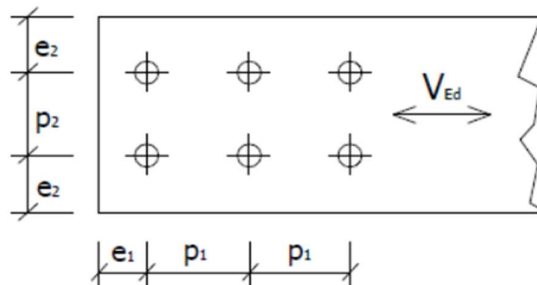
**Rozteče pásnice spoj (S3) :**

minimální rozteče (dřevo):

$a_{4t}=$	36 mm
$a_2=$	48 mm

Při návrhu roztečí svorníků se musí brát ohled i na minima z pohledu ocelového plechu.

**Minimální doporučené rozteče pro ocelový plech:**



obr. č. 18 - Rozteče a vzdálenosti od okraje plechu

Rozteče šroubů:

$$1,2 * d_0 < e_1 < \min(12t; 150mm)$$

$$1,2 * d_0 < e_2 < \min(12t; 150mm)$$

$$2,2 * d_0 < p_1 < \min(14t; 200mm)$$

$$3,0 * d_0 < p_2 < \min(14t; 200mm)$$

**Veškeré navržené detaily musí byly narysovány a zkontrolovány, zda byly dodrženy požadované rozteče.**

Spoje ve zbylých příhradových vaznicích byly předběžně posouzeny stejným způsobem jako spoje pro příhradovou vaznici PV1. Jelikož se v příhradových vaznicích nacházejících se v šikmé části střechy vyskytují nižší normálové síly, než ve vaznicích vrcholových, není potřeba navrhovat spojovací prostředky rozdílně.

délka v. m	výsledné množství svorníků (d=mm)					
	D1	D2	S2	S4	S1	S3
-	diagonála	diagonála	dolní pás.	horní pás.	horní pás.	
PV2	6x12mm	2x12mm	8x12mm	4x12mm	4x12mm	2x12mm
PV3	6x12mm	2x12mm	6x12mm	4x12mm	4x12mm	2x12mm
PV4	4x12mm	2x12mm	6x12mm	4x12mm	4x12mm	2x12mm
PV5	4x12mm	2x12mm	6x12mm	4x12mm	4x12mm	2x12mm

Tab.: 2 - Výsledné množství svorníků příhradových vaznic

### Posouzení plechu příhradových vaznic:

Pro spoje příhradových vaznic bude použit plech tl. 8mm S355. Tento plech bude předběžně navržen na maximální tahovou a tlakovou sílu, kterou přenáší v rámci spojů na příhradových konstrukcích.

#### Posouzení tahové únosnosti :

$$t_p = 8 \text{ mm} \quad N_{\text{tah}} = 59,3 \text{ kN}$$
$$A_{\text{plech}} = 88 * 8 = 704 \text{ mm}^2 \quad A_{\text{plech,osi}} = (88 - 2 * 13) * 8 = 496 \text{ mm}^2$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{Y_m} = \frac{704 * 355}{1,0} = 250 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{A_s * f_u}{Y_m} * 0,9 = \frac{496 * 510}{1,25} * 0,9 = 182,1 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} > N_{\text{tah}}$$
$$182,1 > 59,3 \quad \text{kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

#### Posouzení tlakové únosnosti :

$$t_p = 8 \text{ mm} \quad N_{\text{tlak}} = 34 \text{ kN}$$
$$A_{\text{plech}} = 704 \text{ mm}^2 \quad L_{cr} = 196 \text{ mm}$$
$$i_z = 2,31 \text{ mm}$$

#### Rozhoduje vzpěr kolmo k ose z:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,82 \quad \lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,82 = 77$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_z} = \frac{196}{2,31} = 84 \quad \lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{84}{77} = 1,09$$

křivka  $c = \chi = 0,49$

$$N_{pl,Rd} = \chi \frac{A * f_y}{Y_m} = 0,49 * \frac{704 * 355}{1,0} = 122 \text{ kN}$$

Vyhovuje

$$N_{pl,Rd} > N_{\text{tlak}}$$
$$122 > 34 \quad \text{kN}$$

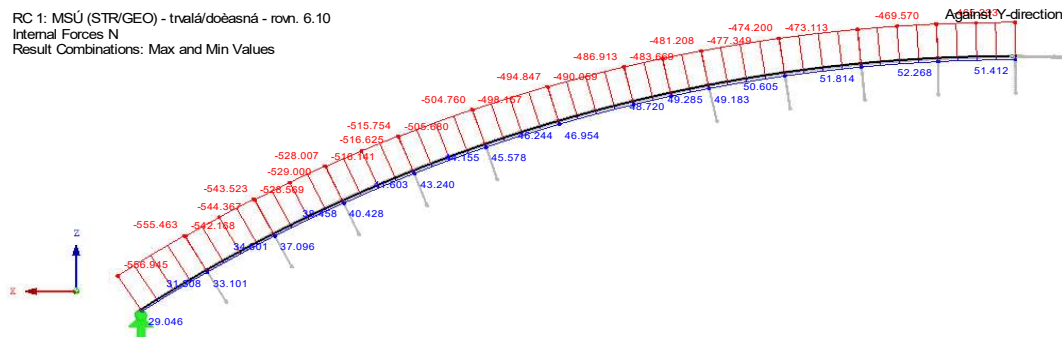
**Plech tl. 8mm vyhovuje pro spoje příhradových konstrukcí.**

Kritická délka je vzdálenost dvou svorníků mezi diagonálou a dolní pásnicí ve spoji S2, kde působí maximální tlaková síla (viz. detail spoje S2 výkres 5.1b)

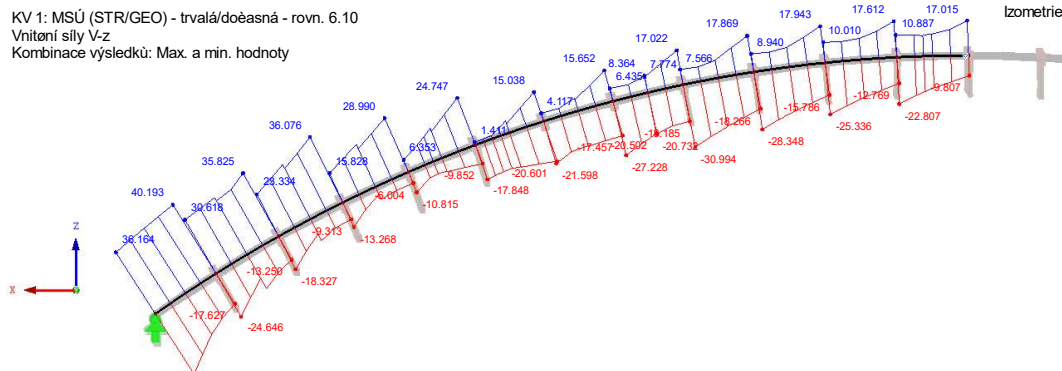
# Návrh hlavní nosné vazby

Při návrhu hlavní nosné vazby i návrhu štítové vazby, by bylo velmi problematické určovat ručně kritickou délku vybočení pro posouzení vzpěru ve směru roviny prvku. Za tímto účelem byl za pomoci přídatného modulu RF Stability modul v programu Dlubal spočítán vlastní tvar vybočení konstrukce. Díky němu jsme získali koeficient stability  $k$  - pro první tvar vybočení, ve kterém vybočovaly hlavní a štítové vazby. Hodnota koeficientu  $k=42,03$ . S koeficientem jsme získali kritickou sílu pro vybočení ve směru roviny prvku a to  $N_{cr}=k \cdot N_{ed}$ . S kritickou silou již bylo snadné vypočítat vzpěr ve směru roviny prvku. Koeficient  $k$  byl použit pro oba oblouky, jelikož byl získán z 3D modelu celé konstrukce a při daném vlastním tvaru obě vazby vybočovaly.

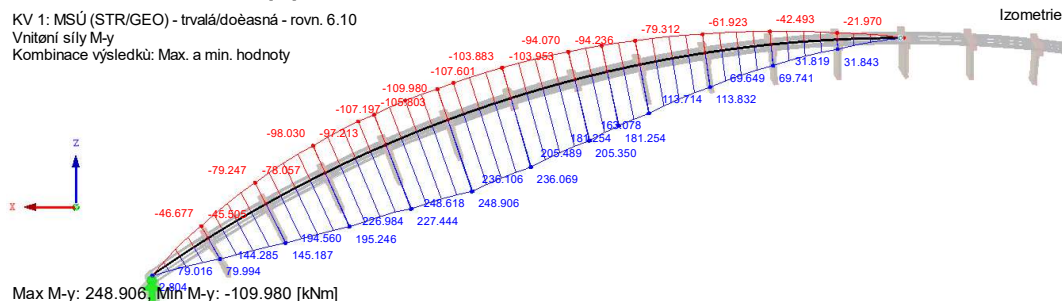
## Výsledné vnitřní síly na hlavní vazbu



Max N: 52.268, Min N: -556.945 kN



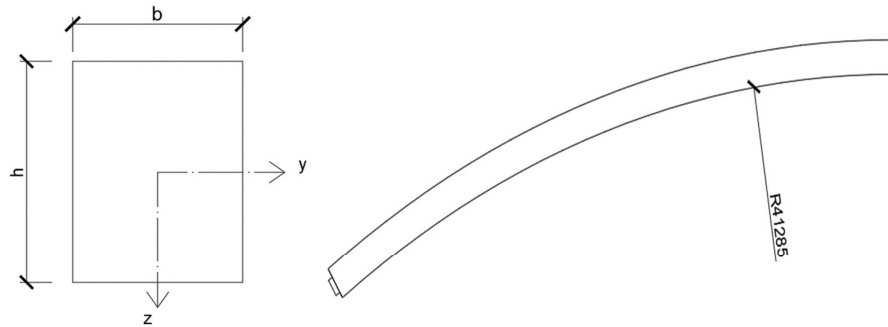
Max V-z: 40.193, Min V-z: -35.490 [kN]



Max M-y: 248.906, Min M-y: -109.980 [kNm]

# Posouzení oblouku hlavní nosné vazby

## Mezní stav únosnosti



obr. č. 19- Schéma hlavního nosného oblouku

### Parametry:

Zatížení:krátkodobé	Lepené lamelové dřevo GL28h		Třída provozu: III
$f_{mgk} =$	28 MPa	$E_{0gmean} =$	12600 MPa
$f_{vgk} =$	3,5 MPa	$E_{90gmean} =$	300 MPa
$f_{c0gk} =$	28 MPa	$E_{0g005} =$	10500 MPa
$f_{c90gk} =$	2,5 MPa	$k_{mod} =$	0,7
$f_{t0gk} =$	22,4 MPa	$Y_m =$	1,25
$f_{t90gk} =$	0,5 MPa	$k_m =$	0,7

### Průřezové Charakteristiky:

$h_{ap} =$	1080 mm	$W_y =$	34992000 mm <sup>3</sup>
$b =$	180 mm	$W_z =$	5832000 mm <sup>3</sup>
$A =$	194400 mm <sup>2</sup>	$i_y =$	311,77 mm
$I_y =$	18895680000 mm <sup>4</sup>	$i_z =$	51,96 mm
$I_z =$	524880000 mm <sup>4</sup>	$\alpha_p =$	0 °
$r_{in} =$	41825 mm	$r =$	41285 mm

### Vnitřní síly:

$M_y =$	248,9 kNm	$N_{ed} =$	557 kN
$V_{zd} =$	40,2 kN	$M_z =$	10,5 kNm
$M_{tor} =$	3,5 kNm	$V_{yd} =$	4,2 kN

### Návrhové pevnosti:

$f_{mgd} = k_{mod} * f_{mk} / Y_m = 0,7 * 28 / 1,25$	$f_{c0gd} = k_{mod} * f_{c0gk} / Y_m = 0,7 * 28 / 1,25$
$f_{mgd} =$ <b>15,68 MPa</b>	$f_{c0gd} =$ <b>15,68 MPa</b>

### Napětí :

$\sigma_{c0d} = N_{ed} / A = 557 * 10^3 / 194400$	$\sigma_{mzd} = M_z / W_z = 10,5 * 10^6 / 5832000$
$\sigma_{c0d} =$ <b>2,87 MPa</b>	$\sigma_{mzd} =$ <b>1,80 MPa</b>

$\sigma_{myd} = k_1 * (M_y / W_y) = 1,01 * (248,9 * 10^6 / 34992000)$
$\sigma_{myd} =$ <b>7,2 MPa</b>

$$k_l = k_1 + k_2 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_3 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 + k_4 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^3$$

$$k_1 = 1 + 1,4 * tg(\alpha_p) + 5,4 * tg(\alpha_p)^2 = 1$$

$$k_2 = 0,35 - 8 * tg(\alpha_p) = 0,35$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 * tg(\alpha_p) - 7,8 * tg(\alpha_p)^2 = 0,6$$

$$k_4 = 6 * tg(\alpha_p)^2 = 0$$

$$k_l = k_1 + k_2 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_3 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 + k_4 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^3$$

$$k_l = 1 + 0,35 * \left(\frac{1200}{41885}\right) + 0,6 * \left(\frac{1200}{41885}\right)^2$$

$$k_l = \mathbf{1,01}$$

**Štíhlost:**  $N_{cr} = N_{ed} * k_{stab} = 557 * 42,03$

$$N_{cr} = 23410,71 \text{ kN}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{A * f_{c0gk}}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{194400 * 28}{23410710}}$$

$$\lambda_{rel,y} = \mathbf{0,48}$$

$$L_{cr,z} = 4000 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = L_{cr,z} / i_z = 4000 / 51,96$$

$$\lambda_z = \mathbf{76,980}$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c0gk}}{\sigma_{c,critz}}} = \sqrt{\frac{28}{17,5}}$$

$$\lambda_{rel,z} = \mathbf{1,27}$$

**Kritické napětí:**

$$\sigma_{c,critz} = (\pi^2 * E_{0g005}) / \lambda_z^2$$

$$\sigma_{c,critz} = (\pi^2 * 10500) / 76,98^2$$

$$\sigma_{c,critz} = \mathbf{17,5 \text{ MPa}}$$

**Součinitel vzpěrnosti:**

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

$$k_y = 0,5 * (1 + 0,1 * (0,48 - 0,3) + 0,48^2)$$

$$k_y = \mathbf{0,625}$$

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

$$k_z = 0,5 * (1 + 0,1 * (1,27 - 0,3) + 1,27^2)$$

$$k_z = \mathbf{1,35}$$

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

$$k_{c,y} = \frac{1}{0,625 + \sqrt{0,625^2 - 0,48^2}}$$

$$k_{c,y} = \mathbf{0,96}$$

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

$$k_{c,z} = \frac{1}{1,35 + \sqrt{1,35^2 - 1,27^2}}$$

$$k_{c,z} = \mathbf{0,55}$$



tloušťka lamely t=		40 mm
poloměr oblouku ke střednici	r=	41825 mm
$r_{in}/t=41825/40=$	1045,625	
$k_r =$	1	

**Posouzení klopení:**  $L_{ef} = 4000$  mm

$$\sigma_{m,crit} = (0,78 * b^2 * E_{0g005}) / (h * l_{ef})$$

$$\sigma_{m,crit} = (0,78 * 180^2 * 10500) / (1080 * 4000)$$

$$\sigma_{m,crit} = 61,43 \text{ Mpa}$$

$$\lambda_{relm} = \sqrt{\frac{f_{mgk}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{28}{61,43}}$$

$$\lambda_{relm} = 0,675 \quad k_{crit} = 1$$

**Posouzení kombinace ohybu a tlaku:**

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

$$2. \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0gd}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} * k_r * f_{m,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$1. \frac{2,87}{0,96 * 15,68} + \frac{7,2}{1 * 1 * 15,68} + 0,7 * \frac{1,8}{15,68}$$

$$2. \frac{2,87}{0,55 * 15,68} + 0,7 * \frac{7,2}{1 * 1 * 15,68} + \frac{1,8}{15,68}$$

$$1. \quad 0,77 < 1 \quad \text{vyhovuje}$$

$$2. \quad 0,83 < 1 \quad \text{vyhovuje}$$

**Posouzení na smyk:**

$$b_{eff} = b * k_{cr} = 180 * 0,67$$

$$b_{eff} = 120,6 \text{ mm}$$

**Návrhová únosnost:**

$$f_{vgd} = k_{mod} * f_{vgk} / \gamma_m = 0,7 * 3,5 / 1,25$$

$$f_{vgd} = 1,96 \text{ Mpa}$$

**Účinná plocha průřezu:**

$$A_{eff} = b_{eff} * h = 120,6 * 1080$$

$$A_{eff} = 130248 \text{ mm}^2$$

**Smykové napětí:**

$$\tau_d = 3/2 * V_{zd} / A_{eff} = 3/2 * 40,2 * 10^3 / 130248$$

$$\tau_d = 0,460 \text{ MPa}$$

**Posouzení smykové únosnosti:**

$$\begin{array}{ccc} \tau_d & < & f_{vgd} \\ \mathbf{0,46} & < & 1,96 \end{array} \quad \mathbf{vyhovuje}$$

**Posouzení tahu kolmo k vláknům:****Návrhová pevnost:**

$$f_{t90gd} = k_{mod} * f_{t90gk} / \gamma_m = 0,7 * 0,5 / 1,25$$

$$f_{t90gd} = \mathbf{0,28 \text{ MPa}}$$

**Výpočet napětí:**

$$\sigma_{t,90,ap,d} = k_p * \frac{6 * M_y}{b * h_{ap}^2}$$

$$k_5 = 0,2 * \operatorname{tg}(\alpha_p) = 0$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 * \operatorname{tg}(\alpha_p) + 2,6 * \operatorname{tg}(\alpha_p)^2 = 0,25$$

$$k_7 = 2,1 * \operatorname{tg}(\alpha_p) - 4 * \operatorname{tg}(\alpha_p)^2 = 0$$

$$k_p = k_5 + k_6 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_7 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2$$

$$k_p = 0 + 0,25 * \left(\frac{1080}{41825}\right) = 0,006$$

$$\sigma_{t,90,ap,d} = k_p * \frac{6 * M_y}{b * h_{ap}^2} = 0,006 * \frac{6 * 248,9 * 10^6}{180 * 1080^2}$$

$$\sigma_{t,90,ap,d} = \mathbf{0,05 \text{ MPa}}$$

**Stanovení součinitele objemu:**

$$V_0 = 0,01 \text{ m}^2$$

$$\beta = 33^\circ$$

$$V = \frac{\pi * \beta}{180} * b * (h_{ap} + 2 * r_{in} * h_{ap}) =$$

$$= \frac{3,14 * 33}{180} * 180 * (1080 + 2 * 41825 * 1080)$$

$$V = 9361349950 \text{ mm}^3 = \mathbf{9,36 \text{ m}^3}$$

$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} = \left(\frac{0,01}{9,36}\right)^{0,2} = \mathbf{0,25}$$

$$k_{dis} = 1,4 \text{ (pro zakřivené nosníky)}$$

**Posouzení tahu kolmo k vláknům:**

$$\frac{\sigma_{t,90,ap,d}}{k_{dis} * k_{vol} * f_{t,90,g,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,05}{1,4 * 0,25 * 0,28} \leq 1$$

$$\mathbf{0,51} < \mathbf{1} \quad \mathbf{vyhovuje}$$

**Posouzení kombinace smyku a tahu kolmo k vláknům:**

$$V_{\text{momentu}} = 24,8 \text{ kN}$$

**Smykové napětí:**

$$\tau_d = 3/2 * V_{\text{ed}} / A_{\text{eff}} = 3/2 * 24,8 * 10^3 / 130248$$

$$\tau_d = 0,286 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,g,d}} + \frac{\sigma_{t,90,ap,d}}{k_{dis} * k_{vol} * f_{t,90,g,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,286}{1,96} + \frac{0,05}{1,4 * 0,25 * 0,28}$$

$$0,66 < 1 \quad \text{vyhovuje}$$

**Posouzení kroucení:**

$$\tau_{tor} = \frac{M_{tor}}{k_{tor} * h * b^2} = \frac{3,5 * 10^6}{0,3 * 1080 * 180^2} = 0,33 \text{ MPa} \quad k_{\text{shape}} = 1,9$$

$$\tau_{tor} < k_{\text{shape}} * f_{vgd}$$

$$0,33 < 3,7 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

**Mezní stav použitelnosti:****Okamžitý průhyb (Dluba):**

$$W_{\text{inst,stálé}} = 11,4 \text{ mm}$$

$$W_{\text{inst,užité}} = 16,6 \text{ mm}$$

$$W_{\text{inst,snih/navaty}} = 29,6 \text{ mm}$$

**Celkový okamžitý průhyb:**

$$W_{\text{inst}} = W_{\text{inst,stálé}} + W_{\text{inst,užité}} + W_{\text{inst,snih}}$$

$$W_{\text{inst}} = 11,4 + 16,6 + 29,6$$

$$W_{\text{inst}} = 57,6 \text{ mm} < l/300 = 46000/300 =$$

$$57,6 < 153,3 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

**Konečný průhyb:**

$$k_{\text{def}} = 2 \quad \Psi_{2,1} = 0$$

$$\Psi_{0,\text{vitr}} = 0,6 \quad \Psi_{0,\text{užité}} = 0$$

$$W_{\text{fin}} = (W_{\text{inst,stálé}} * (1 + k_{\text{def}}) + W_{\text{inst,snih}} * (1 + k_{\text{def}} * \Psi_{2,1}))$$

$$+ W_{\text{inst,užit}} * (\Psi_0 + k_{\text{def}} * \Psi_{2,1})$$

$$W_{\text{fin}} = (11,4) * (1 + 2) + 29,6 * (1 + 2 * 0) + 16,6 * (0 + 2 * 0)$$

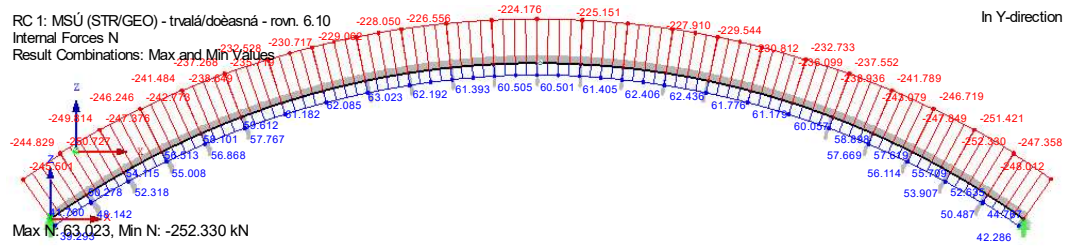
$$W_{\text{fin}} = 63,8 \text{ mm}$$

$$W_{\text{fin}} < l/250$$

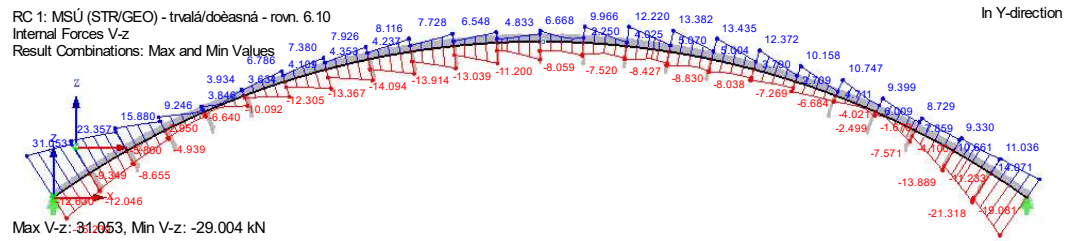
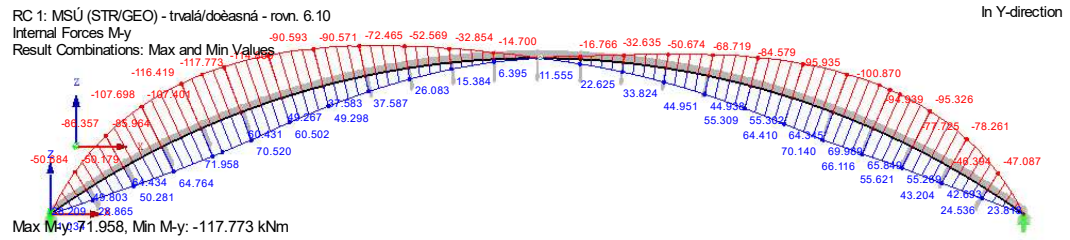
$$63,8 < 184 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

**NAVRHUJI OBLOUK 180x1080mm (GL28h)**

## Výsledné vnitřní síly na štítovou vazbu

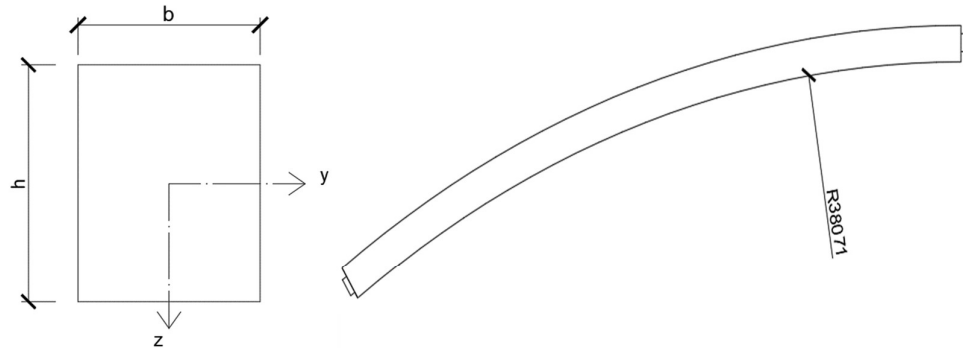


+



## Posouzení oblouku štítové vazby

### Mezní stav únosnosti



obr. č.20 - Schéma štítového nosného oblouku

### Parametry:

Zatížení:krátkodobé

Lepené lamelové dřevo GL28h

Třída provozu: III

$f_{m\text{gk}}=$	28 MPa	$E_{0\text{gmean}}=$	12600 MPa
$f_{v\text{gk}}=$	3,5 MPa	$E_{90\text{gmean}}=$	300 MPa
$f_{c0\text{gk}}=$	28 MPa	$E_{0\text{g005}}=$	10500 MPa
$f_{c90\text{gk}}=$	2,5 MPa	$k_{\text{mod}}=$	0,7
$f_{t0\text{gk}}=$	22,4 MPa	$Y_m=$	1,25
$f_{t90\text{gk}}=$	0,5 MPa	$k_m=$	0,7

### Průřezové Charakteristiky:

$h_{\text{ap}}=$	800 mm	$W_y=$	19200000 mm <sup>3</sup>
$b=$	180 mm	$W_z=$	4320000 mm <sup>3</sup>
$A=$	144000 mm <sup>2</sup>	$i_y=$	230,94 mm
$I_y=$	7680000000 mm <sup>4</sup>	$i_z=$	51,96 mm
$I_z=$	3888000000 mm <sup>4</sup>	$\alpha_p=$	0 °
$r_{\text{in}}=$	38471 mm	$r=$	38071 mm

### Vnitřní síly:

$M_y=$	117,8 kNm	$N_{\text{ed}}=$	253 kN
$V_{\text{zd}}=$	31 kN	$M_z=$	12,8 kNm
$M_{\text{tor}}=$	2,4 kNm	$V_{\text{yd}}=$	3,5 kN

### Návrhové pevnosti:

$f_{m\text{gd}}=k_{\text{mod}}*f_{m\text{k}}/Y_m=0,7*28/1,25$		$f_{c0\text{gd}}=k_{\text{mod}}*f_{c0\text{gk}}/Y_m=0,7*28/1,25$	
$f_{m\text{gd}}=$	<b>15,68 MPa</b>	$f_{c0\text{gd}}=$	<b>15,68 MPa</b>

### Napětí :

$\sigma_{c0d}=N_{\text{ed}}/A=253*10^3/144000$		$\sigma_{mzd}=M_z/W_z=12,8*10^6/4320000$	
$\sigma_{c0d}=$	<b>1,76 MPa</b>	$\sigma_{mzd}=$	<b>2,96 MPa</b>

$\sigma_{m\text{yd}}=k_1*(M_y/W_y)=1,02*(117,8*10^6/19200000)$	
$\sigma_{m\text{yd}}=$	<b>6,3 MPa</b>

$$k_l = k_1 + k_2 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_3 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 + k_4 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^3$$

$$k_1 = 1 + 1,4 * tg(\alpha_p) + 5,4 * tg(\alpha_p)^2 = 1$$

$$k_2 = 0,35 - 8 * tg(\alpha_p) = 0,35$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 * tg(\alpha_p) - 7,8 * tg(\alpha_p)^2 = 0,6$$

$$k_4 = 6 * tg(\alpha_p)^2 = 0$$

$$k_l = k_1 + k_2 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_3 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 + k_4 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^3$$

$$k_l = 1 + 0,35 * \left(\frac{800}{38471}\right) + 0,6 * \left(\frac{800}{38471}\right)^2$$

$$k_l = \mathbf{1,02}$$

**Štíhlost:**  $N_{cr} = N_{ed} * k_{stab} = 253 * 42,03$   
 $N_{cr} = 10633,59 \text{ kN}$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{A * f_{c0gk}}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{144000 * 28}{10633590}}$$

$$\lambda_{rel,y} = \mathbf{0,62}$$

$$L_{cr,z} = 4000 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = L_{cr,z} / i_z = 4000 / 51,96$$

$$\lambda_z = \mathbf{76,980}$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c0gk}}{\sigma_{c,critz}}} = \sqrt{\frac{28}{17,5}}$$

$$\lambda_{rel,z} = \mathbf{1,27}$$

**Kritické napětí:**

$$\sigma_{c,critz} = (\pi^2 * E_{0g005}) / \lambda_z^2$$

$$\sigma_{c,critz} = (\pi^2 * 10500) / 76,98^2$$

$$\sigma_{c,critz} = \mathbf{17,5 \text{ MPa}}$$

**Součinitel vzpěrnosti:**

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

$$k_y = 0,5 * (1 + 0,1 * (0,62 - 0,3) + 0,62^2)$$

$$k_y = \mathbf{0,705}$$

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

$$k_z = 0,5 * (1 + 0,1 * (1,27 - 0,3) + 1,27^2)$$

$$k_z = \mathbf{1,35}$$

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

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

$$k_{c,y} = \frac{1}{0,705 + \sqrt{0,705^2 - 0,62^2}}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{1,35 + \sqrt{1,35^2 - 1,27^2}}$$

$$k_{c,y} = \mathbf{0,95}$$

$$k_{c,z} = \mathbf{0,550}$$

tloušťka lamely  $t=$  40 mm  
 poloměr oblouku ke střednici  $r=$  38471 mm  
 $r_{in}/t=41825/40=$  961,775  
 $k_r =$  1

**Posouzení klopení:**  $L_{ef}=$  4000 mm

$$\sigma_{m,crit}=(0,78*b^2*E_{0g005})/(h*I_{ef})$$

$$\sigma_{m,crit}=(0,78*180^2*10500)/(800*4000)$$

$$\sigma_{m,crit}=$$
 **82,92 Mpa**

$$\lambda_{relm} = \sqrt{\frac{f_{mgk}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{28}{82,92}}$$

$$\lambda_{relm}=$$
 **0,581**  $k_{crit}=$  **1**

**Posouzení kombinace ohybu a tlaku:**

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

$$2. \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0gd}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} * k_r * f_{m,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$1. \frac{1,76}{0,95 * 15,68} + \frac{6,3}{1 * 1 * 15,68} + 0,7 * \frac{2,96}{15,68}$$

$$2. \frac{1,76}{0,55 * 15,68} + 0,7 * \frac{6,3}{1 * 1 * 15,68} + \frac{2,96}{15,68}$$

1. **0,79** < 1 **vyhovuje**

2. **0,85** < 1 **vyhovuje**

**Posouzení na smyk:**

$$b_{eff}=b*k_{cr}=180*0,67$$

$$b_{eff}=$$
 **120,6 mm**

**Návrhová únosnost:**

$$f_{vgd}=k_{mod} * f_{vgk}/\gamma_m=0,7*3,5/1,25$$

$$f_{vgd}=$$
 **1,96 Mpa**

**Účinná plocha průřezu:**

$$A_{eff}=b_{eff} * h=120,6 * 800$$

$$A_{eff}=$$
 **96480 mm<sup>2</sup>**

**Smykové napětí:**

$$\tau_d=3/2 * V_{zd}/A_{eff}=3/2 * 31 * 10^3 / 96480$$

$$\tau_d=$$
 **0,48 MPa**

**Posouzení smykové únosnosti:**

$$\begin{array}{lcl} \tau_d & < & f_{vgd} \\ \mathbf{0,480} & < & \mathbf{1,96} \quad \mathbf{vyhovuje} \end{array}$$

**Posouzení tahu kolmo k vláknům:****Návrhová pevnost:**

$$f_{t90gd} = k_{mod} * f_{t90gk} / \gamma_m = 0,7 * 0,5 / 1,25$$

$$f_{t90gd} = \mathbf{0,28} \text{ MPa}$$

**Výpočet napětí:**

$$\sigma_{t,90,ap,d} = k_p * \frac{6 * M_y}{b * h_{ap}^2}$$

$$k_5 = 0,2 * tg(\alpha_p) = 0$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 * tg(\alpha_p) + 2,6 * tg(\alpha_p)^2 = 0,25$$

$$k_7 = 2,1 * tg(\alpha_p) - 4 * tg(\alpha_p)^2 = 0$$

$$k_p = k_5 + k_6 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_7 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2$$

$$k_p = 0 + 0,25 * \left(\frac{800}{38471}\right) = 0,005$$

$$\sigma_{t,90,ap,d} = k_p * \frac{6 * M_y}{b * h_{ap}^2} = 0,005 * \frac{6 * 117,8 * 10^6}{180 * 800^2}$$

$$\sigma_{t,90,ap,d} = \mathbf{0,03} \text{ MPa}$$

**Stanovení součinitele objemu:**

$$V_0 = 0,01 \text{ m}^2$$

$$\beta = 33^\circ$$

$$V = \frac{\pi * \beta}{180} * b * (h_{ap} + 2 * r_{in} * h_{ap}) =$$

$$= \frac{3,14 * 33}{180} * 180 * (800 + 2 * 38471 * 800)$$

$$V = 6378266928 \text{ mm}^3 = \mathbf{6,38} \text{ m}^3$$

$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} = \left(\frac{0,01}{6,38}\right)^{0,2} = \mathbf{0,27}$$

$$k_{dis} = 1,4 \text{ (pro zakřivené nosníky)}$$

**Posouzení tahu kolmo k vláknům:**

$$\frac{\sigma_{t,90,ap,d}}{k_{dis} * k_{vol} * f_{t,90,g,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,03}{1,4 * 0,27 * 0,28} \leq 1$$

$$\mathbf{0,38} < \mathbf{1} \quad \mathbf{vyhovuje}$$



**Posouzení kombinace smyku a tahu kolmo k vláknům:**

$$V_{\text{momentu}} = 10,1 \text{ kN}$$

**Smykové napětí:**

$$\tau_d = 3/2 * V_{ed} / A_{eff} = 3/2 * 10,1 * 10^3 / 96480$$

$$\tau_d = 0,157 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,g,d}} + \frac{\sigma_{t,90,ap,d}}{k_{dis} * k_{vol} * f_{t,90,g,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,157}{1,96} + \frac{0,03}{1,4 * 0,27 * 0,28}$$

$$0,46 < 1 \quad \text{vyhovuje}$$

**Posouzení kroucení:**

$$\tau_{tor} = \frac{M_{tor}}{k_{tor} * h * b^2} = \frac{2,4 * 10^6}{0,28 * 800 * 180^2} = 0,34 \text{ MPa} \quad k_{shape} = 1,6$$

$$\tau_{tor} < k_{shape} * f_{vgd}$$

$$0,34 < 3,2 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

**Mezní stav použitelnosti:****Okamžitý průhyb (Dluba):**

$$w_{inst, stálé} = 8,8 \text{ mm}$$

$$w_{inst, užité} = 13,8 \text{ mm}$$

$$w_{inst, snih/navaty} = 20,4 \text{ mm}$$

**Celkový okamžitý průhyb:**

$$w_{inst} = w_{inst, stálé} + w_{inst, užité} + w_{inst, snih}$$

$$w_{inst} = 8,8 + 13,8 + 20,4$$

$$w_{inst} = 43 \text{ mm} < l/300 = 44000/300 = 146,7 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

**Konečný průhyb:**

$$k_{def} = 2 \quad \psi_{2,1} = 0$$

$$\psi_{0, vitr} = 0,6 \quad \psi_{0, užité} = 0$$

$$w_{fin} = (w_{inst, stálé}) * (1 + k_{def}) + w_{inst, snih} * (1 + k_{def} * \psi_{2,1}) + w_{inst, užité} * (\psi_{0, vitr} + k_{def} * \psi_{2,1})$$

$$w_{fin} = (8,8) * (1 + 2) + 20,4 * (1 + 2 * 0) + 13,8 * (0 + 2 * 0)$$

$$w_{fin} = 46,8 \text{ mm}$$

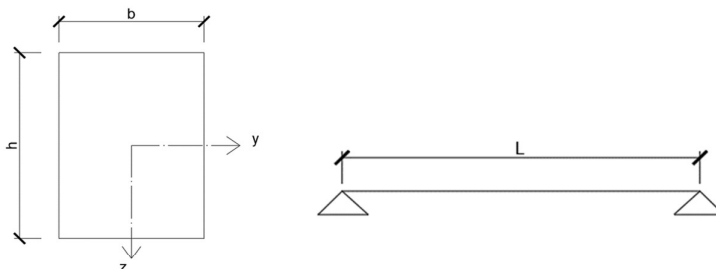
$$w_{fin} < l/250$$

$$46,8 < 176 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

**NAVRHUJI ŠTÍTOVÝ OBLOUK 180x800mm (GL28h)**

# Návrh a posouzení paždíku štítové stěny

Mezní stav únosnosti:



obr. č. 21 - Schéma Paždíku

Parametry:

Rostlé dřevo C27

Zatížení:krátkodobé

Třída provozu: III

$f_{mk} = 27$  MPa

$E_{m0mean} = 11500$  MPa

$f_{vk} = 4$  MPa

$E_{m0k} = 7700$  MPa

$k_{mod} = 0,7$

$Y_m = 1,3$

$k_m = 0,7$

$k_{cr} = 0,67$

Průřezové charakteristiky:

$h = 140$  mm

$I_z = 68040000$  mm<sup>4</sup>

$b = 180$  mm

$W_y = 588000$  mm<sup>3</sup>

$A = 25200$  mm<sup>2</sup>

$W_z = 756000$  mm<sup>3</sup>

$I_y = 41160000$  mm<sup>4</sup>

$L = 4000$  mm

Návrhové únosnosti:

$f_{md} = k_{mod} * f_{mk} / Y_m$

$f_{vd} = k_{mod} * f_{vk} / Y_m$

$f_{md} = 0,7 * 27 / 1,3$

$f_{vd} = 0,7 * 4 / 1,3$

$f_{md} = 14,54$  MPa

$f_{vd} = 2,15$  MPa

Vnitřní síly:

Posouvající síla  $V_{zd}$  a ohybový moment  $M_{yd}$  se skládají ze zatížení pláště a vlastní tíhy.

Ohybový moment  $M_{zd}$  a posouvající síla  $V_{yd}$  vznikly od maximální síly od větru. Zatěžovací šířka paždíku  $L_{zat} = 2$  m.

$M_{yd} = 1,2$  kNm

$M_{zd} = 4,8$  kNm

$V_{zd} = 1$  kN

$V_{yd} = 4,2$  kN

Posouzení smykové únosnosti:

$b_{eff} = k_{cr} * b = 0,67 * 180$

$A_{eff} = b_{eff} * h = 120,6 * 140$

$b_{eff} = 120,6$  mm

$A_{eff} = 16884$  mm<sup>2</sup>

Smykové napětí:

$\tau_d = 3/2 * V_d / A_{eff} = 3/2 * 4,2 * 10^3 / 16884$

$\tau_d = 0,373$  MPa

$\tau_d < f_{vgd}$

**0,37** < **2,15** MPa **Vyhovuje**

**Posouzení ohybu:****Napětí v ohybu:**

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_z = 4,8 * 10^6 / 756000$$

$$\sigma_{mzd} = \mathbf{6,349 \text{ MPa}}$$

**Posouzení šikmý ohyb:**

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_y = 1,2 * 10^6 / 588000$$

$$\sigma_{myd} = \mathbf{2,04 \text{ MPa}}$$

$$1. \quad k_m * \frac{\sigma_{mzd}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{myd}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$2. \quad \frac{\sigma_{mzd}}{f_{m,d}} + k_m * \frac{\sigma_{myd}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$1. \quad 0,7 * \frac{6,4}{14,54} + \frac{2,04}{14,54}$$

$$2. \quad \frac{6,4}{14,54} + 0,7 * \frac{2,04}{14,54}$$

$$1. \quad \mathbf{0,45} < 1 \quad \mathbf{Vyhovuje}$$

$$2. \quad \mathbf{0,53} < 1 \quad \mathbf{Vyhovuje}$$

**Mezní stav použitelnosti:****Ve směru osy y (rozhodující):****Okamžitý průhyb (Dluba):**

$$W_{inst,vitr} = 8,1 \text{ mm}$$

**Celkový okamžitý průhyb:**

$$W_{inst} = W_{inst,vitr}$$

$$W_{inst} = \mathbf{8,1 \text{ mm}} < l/300 = 4000/300 = \mathbf{13,3 \text{ mm}} \quad \mathbf{vyhovuje}$$

**Konečný průhyb:**  $k_{def} = 2$   $\Psi_{2,1} = 0$ 

$$\Psi_{0,vitr} = 0,6$$

$$W_{fin} = W_{inst,vitr} * (1 + k_{def} * \Psi_{2,1})$$

$$W_{fin} = 10,1 * (1 + 2 * 0)$$

$$W_{fin} = \mathbf{8,1 \text{ mm}}$$

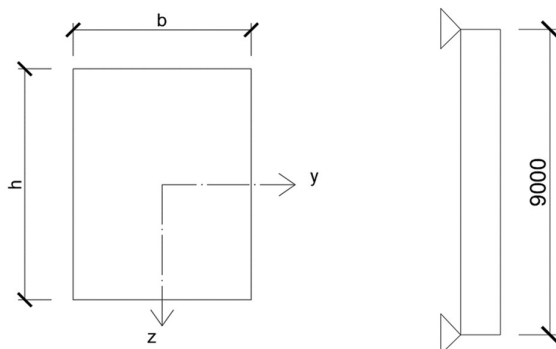
$$W_{fin} < l/250$$

$$\mathbf{8,1} < \mathbf{16 \text{ mm}} \quad \mathbf{vyhovuje}$$

**NAVRHUJI PAŽDÍK 180x140mm (C27)**

Paždík je na tuto dimenzi navržen z důvodu kotvení obvodového pláště.

# Návrh a posouzení štítového sloupu



obr. č. 22 - Schéma štítového sloupu

## Mezní stav únosnosti:

Parametry: Lepené lamelové dřevo GL28h

Zatížení: krátkodobé		Třída provozu: III	
$f_{m,gk} =$	28 MPa	$E_{0,gmean} =$	12600 MPa
$f_{v,gk} =$	3,5 MPa	$E_{0,g05} =$	10500 MPa
$k_{mod} =$	0,7	$Y_m =$	1,25
$f_{c0,gk} =$	28 MPa	$k_{cr} =$	0,67
$k_m =$	0,7		

## Průřezové charakteristiky:

$h =$	360 mm	$I_z =$	174960000 mm <sup>4</sup>
$b =$	180 mm	$W_y =$	3888000 mm <sup>3</sup>
$A =$	64800 mm <sup>2</sup>	$W_z =$	1944000 mm <sup>3</sup>
$I_y =$	699840000 mm <sup>4</sup>	$L =$	9000 mm
$i_y =$	103,92 mm	$i_z =$	51,96 mm

## Návrhové únosnosti:

$f_{m,gd} = k_{mod} * f_{m,gk} / Y_m$		$f_{v,gd} = k_{mod} * f_{v,gk} / Y_m$	
$f_{m,gd} = 0,7 * 28 / 1,25$		$f_{v,gd} = 0,7 * 3,5 / 1,25$	
$f_{m,gd} =$	<b>15,68 MPa</b>	$f_{v,gd} =$	<b>1,96 MPa</b>
$f_{c0,gd} = k_{mod} * f_{c0,gk} / Y_m$			
$f_{c0,gd} = 0,7 * 28 / 1,25$			
$f_{c0,gd} =$	<b>15,68 MPa</b>		

## Vnitřní síly :

Normálová síla se skládá ze zatížení pláště, pažďíků a vlastní tíhy. Ohybový moment a posouvající síla vznikly od maximální síly od větru. Zatěžovací šířka sloupu  $L_{zat} = 4m$ .

$M_{yd(vitr)} =$	46,6 kNm	$N_{ed} =$	6,58 kN
$V_{zd(vitr)} =$	20,8 kN		

**Posouzení smykové únosnosti:**

$$b_{\text{eff}} = k_{\text{cr}} * b = 0,67 * 180 \quad A_{\text{eff}} = b_{\text{eff}} * h = 120,6 * 360$$

$$b_{\text{eff}} = \mathbf{120,6 \text{ mm}} \quad A_{\text{eff}} = \mathbf{43416 \text{ mm}^2}$$

**Smykové napětí:**

$$\tau_d = 3/2 * V_d / A_{\text{eff}} = 3/2 * 20,8 * 10^3 / 43416$$

$$\tau_d = \mathbf{0,719 \text{ MPa}}$$

$$\tau_d < f_{\text{vgd}}$$

$$\mathbf{0,719} < \mathbf{1,960} \text{ MPa} \quad \mathbf{\text{Vyhovuje}}$$

**Posouzení ohybu:****Napětí v ohybu :**

$$\sigma_{\text{myd}} = M_{\text{yd}} / W_y = 46,6 * 10^6 / 3888000$$

$$\sigma_{\text{myd}} = \mathbf{11,99 \text{ MPa}}$$

$$\text{Kritické napětí za ohybu:} \quad L_{\text{eff}} = 2000 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{m,crit}} = \frac{0,78 * E_{0,95} * b^2}{h * L_{\text{eff}}} = \frac{0,78 * 10500 * 180^2}{360 * 2000}$$

$$\sigma_{\text{m,crit}} = \mathbf{368,60 \text{ MPa}}$$

**Poměrná štíhlost:**

$$\lambda_{\text{rel}} = \sqrt{\frac{f_{\text{mgk}}}{\sigma_{\text{m,crit}}}} = \sqrt{\frac{28}{368,6}}$$

$$\lambda_{\text{rel}} = \mathbf{0,28} \quad k_{\text{crit}} = \mathbf{1}$$

**Posouzení:**

$$\sigma_{\text{myd}} < f_{\text{mgd}} * k_{\text{crit}}$$

$$\mathbf{11,99} < \mathbf{15,68} \text{ MPa} \quad \mathbf{\text{Vyhovuje}}$$

**Posouzení tlakové únosnosti:****Napětí v tlaku:**

$$\sigma_{\text{cod}} = N_{\text{ed}} / A = 6,58 * 10^3 / 64800$$

$$\sigma_{\text{cod}} = \mathbf{0,10 \text{ MPa}}$$

$$\text{Štíhlost:} \quad L_{\text{cr}_y} = 9000 \text{ mm} \quad L_{\text{cr}_z} = 2000 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = L_{\text{cr}_y} / i_y = 9000 / 103,92 \quad \lambda_z = L_{\text{cr}_z} / i_z = 2000 / 51,96$$

$$\lambda_y = \mathbf{86,60} \quad \lambda_z = \mathbf{38,490}$$

$$\lambda_{\text{rel}_y} = \sqrt{\frac{f_{\text{c0gk}}}{\sigma_{\text{c,crit}_y}}} = \sqrt{\frac{28}{13,80}} \quad \lambda_{\text{rel}_z} = \sqrt{\frac{f_{\text{c0gk}}}{\sigma_{\text{c,crit}_z}}} = \sqrt{\frac{28}{69,9}}$$

$$\lambda_{\text{rel}_y} = \mathbf{1,42} \quad \lambda_{\text{rel}_z} = \mathbf{0,63}$$

**Kritické napětí:**

$$\sigma_{c,crity} = (\pi^2 * E_{0,9005}) / \lambda_y^2$$

$$\sigma_{c,crity} = (\pi^2 * 10500) / 86,60^2$$

$$\sigma_{c,crity} = \mathbf{13,80 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{c,critz} = (\pi^2 * 10500) / 38,490^2$$

$$\sigma_{c,critz} = \mathbf{69,9 \text{ MPa}}$$

**Součinitel vzpěrnosti:**

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

$$k_y = 0,5 * (1 + 0,1 * (1,42 - 0,3) + 1,42^2)$$

$$k_y = \mathbf{1,570}$$

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

$$k_z = 0,5 * (1 + 0,1 * (0,63 - 0,3) + 0,63^2)$$

$$k_z = \mathbf{0,72}$$

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

$$k_{c,y} = \frac{1}{1,57 + \sqrt{1,57^2 - 1,42^2}}$$

$$k_{c,y} = \mathbf{0,448}$$

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

$$k_{c,z} = \frac{1}{0,72 + \sqrt{0,72^2 - 0,63^2}}$$

$$k_{c,z} = \mathbf{0,949}$$

**Posouzení kombinace ohybu a tlaku:**

$$1. \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0gd}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$2. \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0gd}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$1. \frac{0,1}{0,448 * 15,68} + \frac{11,99}{15,68} \leq 1$$

$$2. \frac{0,1}{0,949 * 15,68} + 0,7 * \frac{11,99}{15,68} \leq 1$$

$$1. \mathbf{0,81} < 1 \quad \mathbf{Vyhovuje}$$

$$2. \mathbf{0,57} < 1 \quad \mathbf{Vyhovuje}$$

**Mezní stav použitelnosti:****Okamžitý průhyb (Dluba):**

$$w_{inst, st\acute{a}lé} = 0 \text{ mm}$$

$$w_{inst, v\acute{i}tr} = 29,7 \text{ mm}$$

**Celkový okamžitý průhyb:**

$$w_{inst} = w_{inst, st\acute{a}lé} + w_{inst, v\acute{i}tr}$$

$$w_{inst} = 0 + 29,7$$

$$w_{inst} = 29,7 \text{ mm} < l/300 = 9000/250 = 36,0 \text{ mm}$$

**vyhovuje****Konečný průhyb:**

$$k_{def} = 2 \quad \psi_{2,1} = 0$$

$$w_{fin} = (w_{inst, st\acute{a}lé}) * (1 + k_{def}) + w_{inst, v\acute{i}tr} * (1 + k_{def} * \psi_{2,1})$$

$$w_{fin} = 0 * (1 + 2) + 29,7 * (1 + 2 * 0)$$

$$w_{fin} = 29,7 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = 29,7 < l/200 = 45 \text{ mm}$$

**vyhovuje****NAVRHUJI SLOUP 180x360mm (GL28h)**

# Návrh a posouzení ztužidel

Ztužidla budou navržena systémová od firmy Macalloy.

Zatížení na ztužidla:

Tlaková síla vyvozená štítovým sloupem 1 :	F=	12,6 kN
Tlaková síla vyvozená štítovým sloupem 2 :	F=	11,3 kN
Tlaková síla vyvozená štítovým sloupem 3 :	F=	10 kN
Tlaková síla vyvozená štítovým sloupem 4 :	F=	8 kN
Tlaková síla vyvozená štítovým sloupem 5 :	F=	5,6 kN
Tlaková síla vyvozená štítovým sloupem 6 :	F=	1,63 kN

Destabilizující zatížení působící na oblouk:

$$f_d = k_l * \frac{n * N_d}{k_f * l} = 0,54 * \frac{12 * (186,8 + 504)}{30 * 44} = 3,4 \text{ kN/m}$$

Ohyb:

$$N_d = (1 - k_{cr}) * \frac{M_{ed}}{h} = (1 - 0,19) * \frac{249}{1,08} = 186,8 \text{ kN}$$

Tlak: Průměrná tlaková síla působící na oblouk:

$N_d = 504 \text{ kN}$

Bodová síla na vazbu štítového sloupu:  $F_1 = 12,6 + 3,4 * 4 = 26,2 \text{ kN}$

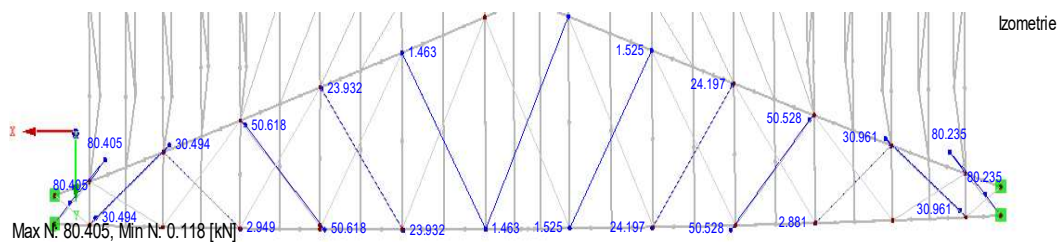
Bodová síla na vazbu štítového sloupu:  $F_2 = 11,3 + 3,4 * 4 = 24,9 \text{ kN}$

Bodová síla na vazbu štítového sloupu:  $F_3 = 10 + 3,4 * 4 = 23,6 \text{ kN}$

Bodová síla na vazbu štítového sloupu:  $F_4 = 8 + 3,4 * 4 = 21,6 \text{ kN}$

Bodová síla na vazbu štítového sloupu:  $F_5 = 5,6 + 3,4 * 4 = 19,2 \text{ kN}$

Bodová síla na vazbu štítového sloupu:  $F_6 = 1,63 + 3,4 * 4 = 15,23 \text{ kN}$



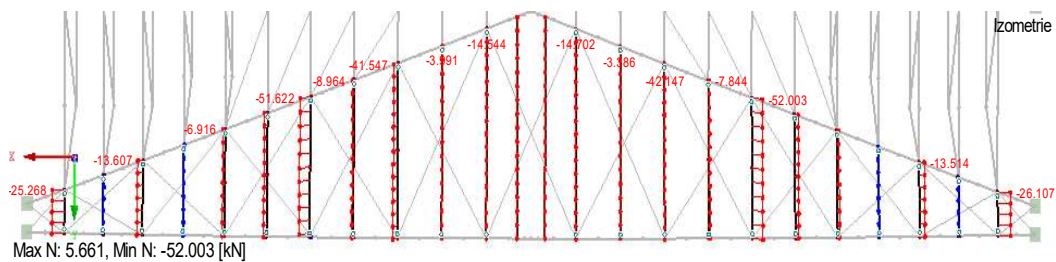
obr. č. 23 - Schéma působících sil na ztužidla

Maximální normálová tahová síla působící na ztužidlo  $N = 80,4 \text{ kN}$ .

**Navrhují táhla Macalloy M20 -  $N_{u,Rd} = 110 \text{ kN}$ .**

Pro stabilizaci dolních pásnic příhradových vazníků budou použita ztužidla Macalloy M10.





obr. č. 24 - Schéma působících sil na vaznice

#### Dodatečné posouzení vaznic na Normálovou sílu a kombinaci ohybu:

$$N_{ed,vaznice,y} = 41,5 \text{ kN}$$

$$N_{ed,vaznice,m} = 52 \text{ kN}$$

Budou dodatečně posouzeny vaznice s maximálními vnitřními silami.

#### Posouzení vaznice 180x400mm:

##### Průřezové charakteristiky:

$h =$	400 mm	$I_z =$	194400000 mm <sup>4</sup>
$b =$	180 mm	$W_y =$	4800000 mm <sup>3</sup>
$A =$	72000 mm <sup>2</sup>	$W_z =$	2160000 mm <sup>3</sup>
$I_y =$	960000000 mm <sup>4</sup>	$L =$	7350 mm
$i_y =$	115,5 mm	$i_z =$	51,96 mm

##### Posouzení tlakové únosnosti:

##### Napětí v tlaku:

$$\sigma_{cod} = N_{ed}/A = 41,5 \cdot 10^3 / 72000$$

$$\sigma_{cod} = \mathbf{0,58 \text{ MPa}}$$

<b>Štíhlost:</b>	$L_{cr,y} =$	7350 mm	$L_{cr,z} =$	7350 mm
	$\lambda_y = L_{cr,y}/i_y =$	7350/115,5	$\lambda_z = L_{cr,z}/i_z =$	7350/51,96
	$\lambda_y =$	<b>63,65</b>	$\lambda_z =$	<b>141,451</b>

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c0gk}}{\sigma_{c,crity}}} = \sqrt{\frac{28}{25,55}}$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c0gk}}{\sigma_{c,critz}}} = \sqrt{\frac{28}{5,2}}$$

$$\lambda_{rel,y} = \mathbf{1,05} \quad \lambda_{rel,z} = \mathbf{2,33}$$

##### Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crity} = (\pi^2 * E_{0g005}) / \lambda_y^2$$

$$\sigma_{c,crity} = (\pi^2 * 10500) / 63,65^2$$

$$\sigma_{c,crity} = \mathbf{25,55 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{c,critz} = (\pi^2 * 10500) / 141,451^2$$

$$\sigma_{c,critz} = \mathbf{5,2 \text{ MPa}}$$

##### Součinitel vzpěrnosti:

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

$$k_y = 0,5 * (1 + 0,1 * (1,05 - 0,3) + 1,05^2)$$

$$k_y = \mathbf{1,085}$$

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

$$k_z = 0,5 * (1 + 0,1 * (2,33 - 0,3) + 2,33^2)$$

$$k_z = \mathbf{3,31}$$

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

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

$$k_{c,y} = \frac{1}{1,085 + \sqrt{1,085^2 - 1,05^2}}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{3,31 + \sqrt{3,31^2 - 2,33^2}}$$

$$k_{c,y} = \mathbf{0,73}$$

$$k_{c,z} = \mathbf{0,18}$$

#### Posouzení kombinace ohybu a tlaku:

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

$$2. \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0gd}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$1. \frac{0,58}{0,73 * 15,68} + \frac{6,38}{15,68} + 0,7 * \frac{1,2}{15,68} \leq 1$$

$$2. \frac{0,58}{0,18 * 15,68} + 0,7 * \frac{6,38}{15,68} + \frac{1,2}{15,68} \leq 1$$

$$1. \mathbf{0,51} < 1$$

**Vyhovuje**

$$2. \mathbf{0,56} < 1$$

**Vyhovuje**

#### Posouzení vaznice 180x320mm:

##### Průřezové charakteristiky:

h=	320 mm	$I_z=$	155520000 mm <sup>4</sup>
b=	180 mm	$W_y=$	3072000 mm <sup>3</sup>
A=	57600 mm <sup>2</sup>	$W_z=$	1728000 mm <sup>3</sup>
$I_y=$	491520000 mm <sup>4</sup>	L=	5500 mm
$i_y=$	92,4 mm	$i_z=$	51,96 mm

##### Posouzení tlakové únosnosti:

##### Napětí v tlaku:

$$\sigma_{cod} = N_{ed} / A = 52 * 10^3 / 57600$$

$$\sigma_{cod} = \mathbf{0,90 \text{ MPa}}$$

$$\text{Štíhlost: } L_{cr,y} = 5500 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 5500 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = L_{cr,y} / i_y = 5500 / 92,4$$

$$\lambda_z = L_{cr,z} / i_z = 5500 / 51,96$$

$$\lambda_y = \mathbf{59,54}$$

$$\lambda_z = \mathbf{105,848}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0gk}}{\sigma_{c,crity}}} = \sqrt{\frac{28}{29,2}}$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0gk}}{\sigma_{c,critz}}} = \sqrt{\frac{28}{9,2}}$$

$$\lambda_{rel,y} = \mathbf{0,98}$$

$$\lambda_{rel,z} = \mathbf{1,74}$$

**Kritické napětí:**

$$\sigma_{c,crit,y} = (\pi^2 * E_{0g005}) / \lambda_y^2$$

$$\sigma_{c,crit,y} = (\pi^2 * 10500) / 59,54^2$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \mathbf{29,20 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = (\pi^2 * 10500) / 105,848^2$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \mathbf{9,2 \text{ MPa}}$$

**Součinitel vzpěnosti:**

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

$$k_y = 0,5 * (1 + 0,1 * (0,98 - 0,3) + 0,98^2)$$

$$k_y = \mathbf{1,013}$$

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

$$k_z = 0,5 * (1 + 0,1 * (1,74 - 0,3) + 1,74^2)$$

$$k_z = \mathbf{2,09}$$

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

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

$$k_{c,y} = \frac{1}{1,01 + \sqrt{1,01^2 - 0,98^2}}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{2,09 + \sqrt{2,09^2 - 1,74^2}}$$

$$k_{c,y} = \mathbf{0,78}$$

$$k_{c,z} = \mathbf{0,31}$$

**Posouzení kombinace ohybu a tlaku:**

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

$$2. \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0gd}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$1. \frac{0,9}{0,78 * 15,68} + \frac{5,47}{15,68} + 0,7 * \frac{1,27}{15,68} \leq 1$$

$$2. \frac{0,9}{0,31 * 15,68} + 0,7 * \frac{5,47}{15,68} + \frac{1,27}{15,68} \leq 1$$

$$1. \mathbf{0,47} < 1$$

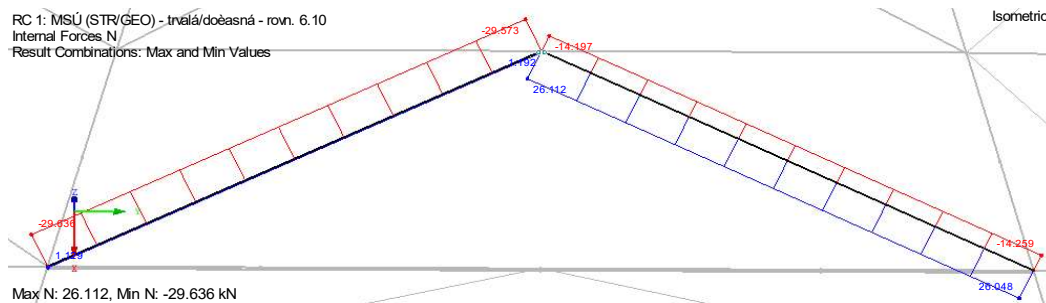
**Vyhovuje**

$$2. \mathbf{0,51} < 1$$

**Vyhovuje**

Vaznice vyhověly na dodatečné posouzení kombinace ohybu a normálové síly. Smykové napětí ani mezní stav použitelnosti se nemění.

# Návrh a posouzení dřevěného ztužidla Z1



obr. č. 25 - Schéma působících síl na ztužidlo Z1

## Parametry:

Rostlé dřevo C27

Zatížení: krátkodobé

Třída provozu: III

$f_{c0k} = 22$  MPa

$E_{0mean} = 11500$  MPa

$Y_m = 1,3$

$E_{m0k} = 7700$  MPa

$k_{mod} = 0,7$

$Y_m = 1,3$

## Průřezové charakteristiky:

$h = 140$  mm

$I_z = 32013333,3$  mm<sup>4</sup>

$b = 140$  mm

$W_y = 457333,333$  mm<sup>3</sup>

$A = 19600$  mm<sup>2</sup>

$W_z = 457333,333$  mm<sup>3</sup>

$I_y = 32013333$  mm<sup>4</sup>

$L = 4600$  mm

$i_y = 40,41$  mm

$i_z = 40,41$  mm

## Návrhové únosnosti:

$f_{c0d} = k_{mod} * f_{c0k} / Y_m$

$f_{t0d} = k_{mod} * f_{c0k} / Y_m$

$f_{c0d} = 0,7 * 22 / 1,3$

$f_{t0d} = 0,7 * 16,5 / 1,3$

$f_{c0d} = 11,85$  MPa

$f_{t0d} = 8,88$  MPa

## Vnitřní síly (Dluba):

$N_{edtlak} = 29,6$  kN

$N_{edtah} = 26$  kN

## Posouzení tlakové únosnosti:

### Napětí v tlaku:

$\sigma_{c0d} = N_{ed} / A = 29,6 * 10^3 / 19600$

$\sigma_{c0d} = 1,51$  MPa

### Štíhlost:

$L_{cr} = 4600$  mm

$\lambda = L_{cr} / i = 4600 / 40,41$

$\lambda = 113,82$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{22}{5,86}}$$

$\lambda_{rel} = 1,94$

### Kritické napětí:

$\sigma_{c,crit} = (\pi^2 * E_{m0k}) / \lambda^2$

$\sigma_{c,crit} = (\pi^2 * 7700) / 113,82^2$

$\sigma_{c,crit} = 5,86$  MPa

**Součinitel vzpěrnosti:**

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

$$k = 0,5 * (1 + 0,2 * (1,94 - 0,3) + 1,94^2)$$

$$k = \mathbf{2,54}$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$$k_c = \frac{1}{2,54 + \sqrt{2,54^2 - 1,94^2}}$$

$$k_c = \mathbf{0,24}$$

$$\sigma_{cod} < f_{cod} * k_c$$
$$\mathbf{1,51} < \mathbf{2,83}$$

**Vyhovuje****Posouzení tahové únosnosti:**

$$\sigma_{tod} = N_{ed} / A = 26 * 10^3 / 19600$$

$$\sigma_{tod} = \mathbf{1,33} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{tod} < f_{tod}$$
$$\mathbf{1,33} < \mathbf{8,88}$$

**Vyhovuje**

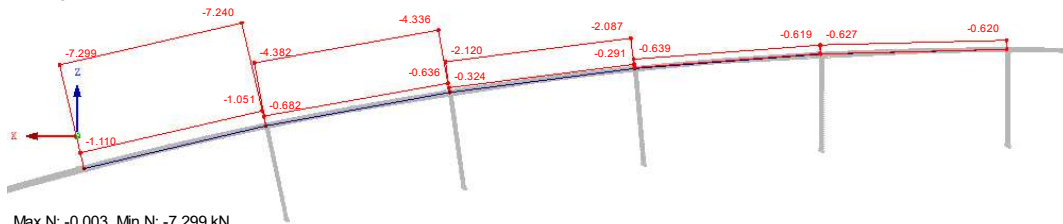
<b>Navrhují ztužidlo 140x140mm C27</b>
--

# Výsledné vnitřní síly na dřevěná ztužidla:

## Ztužidlo Z3:

RC 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/děsátná - rovn. 6.10  
Internal Forces N  
Result Combinations: Max and Min Values

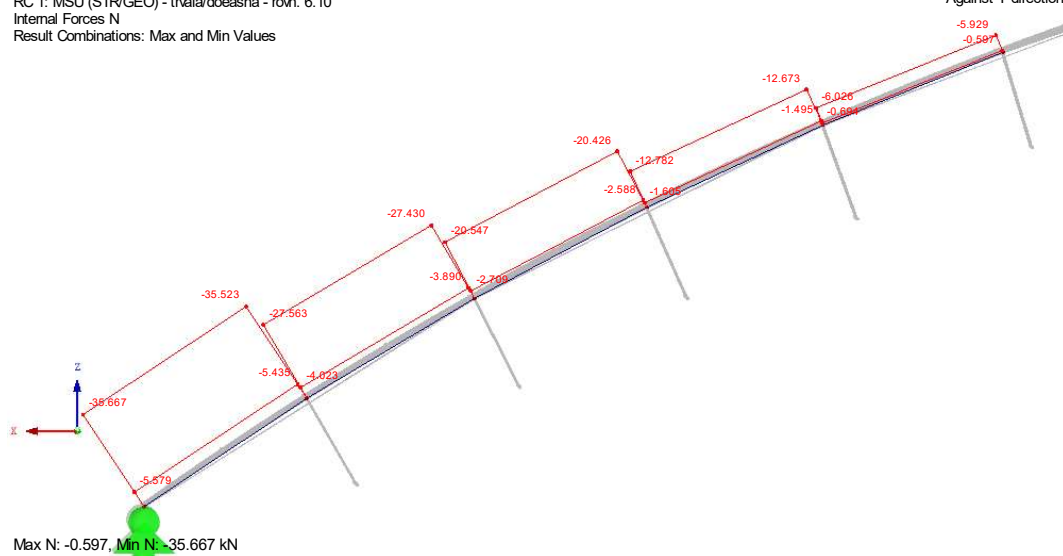
Against Y-direction



## Ztužidlo Z2:

RC 1: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/děsátná - rovn. 6.10  
Internal Forces N  
Result Combinations: Max and Min Values

Against Y-direction



# Návrh a posouzení dřevěného ztužidla Z2

Parametry: Rostlé dřevo C27

Zatížení:krátkodobé

Třída provozu: III

$$f_{mk} = 27 \text{ MPa}$$

$$E_{0mean} = 11500 \text{ MPa}$$

$$f_{tok} = 16,5 \text{ MPa}$$

$$E_{m0k} = 7700 \text{ MPa}$$

$$k_{mod} = 0,7$$

$$Y_m = 1,3$$

$$f_{c0k} = 22 \text{ MPa}$$

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

$$k_m = 0,7$$

Průřezové charakteristiky:

$$h = 140 \text{ mm}$$

$$I_z = 32013333,3 \text{ mm}^4$$

$$b = 140 \text{ mm}$$

$$W_y = 457333,333 \text{ mm}^3$$

$$A = 19600 \text{ mm}^2$$

$$W_z = 457333,333 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 32013333 \text{ mm}^4$$

$$L = 2000 \text{ mm}$$

$$i_y = 40,41 \text{ mm}$$

$$i_z = 40,41 \text{ mm}$$

Návrhové únosnosti:

$$f_{c0d} = k_{mod} * f_{c0k} / Y_m$$

$$f_{t0d} = k_{mod} * f_{tok} / Y_m$$

$$f_{c0d} = 0,7 * 22 / 1,3$$

$$f_{t0d} = 0,7 * 16,5 / 1,3$$

$$f_{c0d} = 11,85 \text{ MPa}$$

$$f_{t0d} = 8,88 \text{ MPa}$$

Vnitřní síly (Dlubal):

$$N_{edtlak} = 35,7 \text{ kN}$$

Posouzení tlakové únosnosti:

Napětí v tlaku:

$$\sigma_{c0d} = N_{ed} / A = 35,7 * 10^3 / 19600$$

$$\sigma_{c0d} = 1,82 \text{ MPa}$$

Štíhlost:

$$L_{cr} = 2000 \text{ mm}$$

$$\lambda = L_{cr} / i = 2000 / 40,41$$

$$\lambda = 49,49$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{22}{31,0}}$$

$$\lambda_{rel} = 0,84$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{c,crit} = (\pi^2 * E_{m0k}) / \lambda^2$$

$$\sigma_{c,crit} = (\pi^2 * 7700) / 49,49^2$$

$$\sigma_{c,crit} = 31,00 \text{ MPa}$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$k = 0,5 * (1 + 0,2 * (0,84 - 0,3) + 0,84^2)$$

$$k = 0,91$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$$k_c = \frac{1}{0,91 + \sqrt{0,91^2 - 0,84^2}}$$

$$k_c = \mathbf{0,80}$$

$$\sigma_{cod} < f_{cod} * k_c$$

$$\mathbf{1,82} < \mathbf{9,47}$$

Vyhovuje

Navrhují ztužidlo 140x140mm C27

## Návrh a posouzení dřevěného ztužidla Z3

Parametry: Rostlé dřevo C27

Zatížení: krátkodobé

Třída provozu: III

$$f_{mk} = 27 \text{ MPa}$$

$$E_{0mean} = 11500 \text{ MPa}$$

$$f_{t0k} = 16,5 \text{ MPa}$$

$$E_{m0k} = 7700 \text{ MPa}$$

$$k_{mod} = 0,7$$

$$Y_m = 1,3$$

$$f_{c0k} = 22 \text{ MPa}$$

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

$$k_m = 0,7$$

Průřezové charakteristiky:

$$h = 120 \text{ mm}$$

$$I_z = 17280000 \text{ mm}^4$$

$$b = 120 \text{ mm}$$

$$W_y = 288000 \text{ mm}^3$$

$$A = 14400 \text{ mm}^2$$

$$W_z = 288000 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 17280000 \text{ mm}^4$$

$$L = 2000 \text{ mm}$$

$$i_y = 34,64 \text{ mm}$$

$$i_z = 34,64 \text{ mm}$$

Návrhové únosnosti:

$$f_{cod} = k_{mod} * f_{c0k} / Y_m$$

$$f_{t0d} = k_{mod} * f_{t0k} / Y_m$$

$$f_{cod} = 0,7 * 22 / 1,3$$

$$f_{t0d} = 0,7 * 16,5 / 1,3$$

$$f_{cod} = \mathbf{11,85 \text{ MPa}}$$

$$f_{t0d} = \mathbf{8,88 \text{ MPa}}$$

Vnitřní síly (Dluba):

$$N_{edtlak} = 7,3 \text{ kN}$$



**Posouzení tlakové únosnosti:****Napětí v tlaku:**

$$\sigma_{c0d} = N_{ed} / A = 7,3 * 10^3 / 14400$$

$$\sigma_{c0d} = \mathbf{0,51 \text{ MPa}}$$

**Štíhlost:**  $L_{cr} = 2000 \text{ mm}$

$$\lambda = L_{cr} / i = 2000 / 34,64$$

$$\lambda = \mathbf{57,74}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c0k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{22}{22,78}}$$

$$\lambda_{rel} = \mathbf{0,98}$$

**Kritické napětí:**

$$\sigma_{c,crit} = (\pi^2 * E_{m0k}) / \lambda^2$$

$$\sigma_{c,crit} = (\pi^2 * 7700) / 57,74^2$$

$$\sigma_{c,crit} = \mathbf{22,78 \text{ MPa}}$$

**Součinitel vzpěrnosti:**

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

$$k = 0,5 * (1 + 0,2 * (0,98 - 0,3) + 0,98^2)$$

$$k = \mathbf{1,05}$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$$k_c = \frac{1}{1,05 + \sqrt{1,05^2 - 0,98^2}}$$

$$k_c = \mathbf{0,70}$$

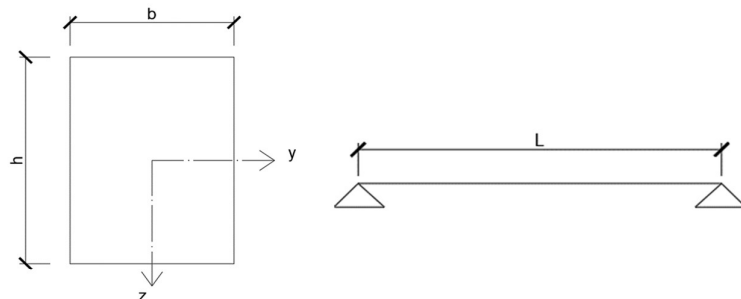
$$\sigma_{c0d} < f_{c0d} * k_c$$

$$\mathbf{0,51 < 8,32}$$

**Vyhovuje****Navrhuji ztužidlo 120x120mm C27**

# Návrh a posouzení vrcholového nosníku

Mezní stav únosnosti:



obr. č. 26 - Schéma vrcholový nosník

Parametry:

Lepené lamelové dřevo GL28h

Zatížení: krátkodobé		Třída provozu: III	
$f_{m, gk} =$	28 MPa	$E_{0g, mean} =$	12600 MPa
$f_{v, gk} =$	3,5 MPa	$E_{0g, 05} =$	10500 MPa
$k_{mod} =$	0,7	$Y_m =$	1,25
$k_m =$	0,7	$k_{cr} =$	0,67

Průřezové charakteristiky:

$h =$	280 mm	$I_z =$	1,36E+08 mm <sup>4</sup>
$b =$	180 mm	$W_y =$	2352000 mm <sup>3</sup>
$A =$	50400 mm <sup>2</sup>	$W_z =$	1512000 mm <sup>3</sup>
$I_y =$	3,29E+08 mm <sup>4</sup>	$L =$	2000 mm

Návrhové únosnosti:

$f_{m, gd} = k_{mod} * f_{m, gk} / Y_m$		$f_{v, gd} = k_{mod} * f_{v, gk} / Y_m$	
$f_{m, gd} = 0,7 * 28 / 1,25$		$f_{v, gd} = 0,7 * 3,5 / 1,25$	
$f_{m, gd} =$	<b>15,68 MPa</b>	$f_{v, gd} =$	<b>1,96 MPa</b>

Vnitřní síly (Dlupal):

$M_{y, d} =$	10,80 kNm	$M_{z, d} =$	15,00 kNm
$V_{z, d} =$	10,60 kN	$V_{y, d} =$	15,00 kN
		$M_{tor} =$	2,30 kNm

Posouzení smykové únosnosti:

$b_{eff} = k_{cr} * b = 0,67 * 180$		$A_{eff} = b_{eff} * h = 120,6 * 280$	
$b_{eff} =$	<b>120,6 mm</b>	$A_{eff} =$	<b>33768 mm<sup>2</sup></b>

Smykové napětí:

$$\tau_d = 3/2 * V_d / A_{eff} = 3/2 * 15 * 10^3 / 33768$$

$$\tau_d = \mathbf{0,67 \text{ MPa}}$$

$$\tau_d < f_{v, gd}$$

$$\mathbf{0,67} < \mathbf{1,96} \text{ MPa}$$

Vyhovuje

**Posouzení ohybu:****Napětí v ohybu:**

$$\sigma_{myd} = M_{yd} / W_y = 10,8 * 10^6 / 2352000$$

$$\sigma_{myd} = \mathbf{4,59 \text{ MPa}}$$

**Kritické napětí za ohybu:**  $L_{eff} = 2000 \text{ mm}$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 * E_{0,905} * b^2}{h * L_{eff}} = \frac{0,78 * 10500 * 180^2}{280 * 2000}$$

$$\sigma_{m,crit} = \mathbf{473,85 \text{ MPa}}$$

**Poměrná štíhlost:**

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{m,gk}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{28}{473,85}}$$

$$\lambda_{rel} = \mathbf{0,24} \quad k_{crit} = \mathbf{1}$$

**Posouzení:**

$$\sigma_{myd} < f_{m,gd,red}$$

$$\mathbf{4,59} < \mathbf{15,68} \text{ MPa}$$

**Vyhovuje****Posouzení šikmý ohyb:**

$$\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_z = 15 * 10^6 / 1512000$$

$$\sigma_{mzd} = \mathbf{9,92 \text{ MPa}}$$

$$1. \quad k_m * \frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,g,d}} + \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$2. \quad \frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,g,d}} + k_m * \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$1. \quad 0,7 * \frac{4,59}{15,68} + \frac{9,92}{15,68}$$

$$2. \quad \frac{4,59}{15,68} + 0,7 * \frac{9,92}{15,68}$$

$$1. \quad \mathbf{0,84} < 1 \quad \mathbf{Vyhovuje}$$

$$2. \quad \mathbf{0,74} < 1 \quad \mathbf{Vyhovuje}$$

**Posouzení kroucení:**

$$T_{tor} = \frac{M_{tor}}{k_{tor} * h * b^2} = \frac{2,3 * 10^6}{0,231 * 280 * 180^2} = 1,9 \text{ MPa}$$

$$k_{shape} = 1,23$$

$$T_{tor} < k_{shape} * f_{vgd}$$

$$\mathbf{1,90} < \mathbf{2,4} \text{ MPa}$$

**Vyhovuje**

**Mezní stav použitelnosti:****Okamžitý průhyb (Dluba):**

$$w_{inst, stálé} = 0,7 \text{ mm}$$

$$w_{inst, užité} = 1,9 \text{ mm}$$

$$w_{inst, snih} = 1,6 \text{ mm}$$

**Celkový okamžitý průhyb:**

$$w_{inst} = w_{inst, stálé} + w_{inst, užité} + w_{inst, snih}$$

$$w_{inst} = 0,7 + 1,9 + 1,6$$

$$w_{inst} = 4,2 \text{ mm} < l/300 = 2000/300 =$$

$$4,2 < 6,7 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

**Konečný průhyb:**

$$k_{def} = 2 \quad \psi_{2,1} = 0$$

$$\psi_{0, užité} = 0$$

$$w_{fin} = (w_{inst, stálé}) * (1 + k_{def}) + w_{inst, snih} * (1 + k_{def} * \psi_{2,1})$$

$$+ w_{inst, užité} * (\psi_0 + k_{def} * \psi_{2,1})$$

$$w_{fin} = (0,7) * (1 + 2) + 1,6 * (1 + 2 * 0) + 1,9 * (0 + 2 * 0)$$

$$w_{fin} = 3,7 \text{ mm}$$

$$w_{fin} < l/250$$

$$3,7 < 8 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

<b>NAVRHUJI VRCHOLOVÝ NOSNÍK 180x280 mm (GL28h)</b>
---

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

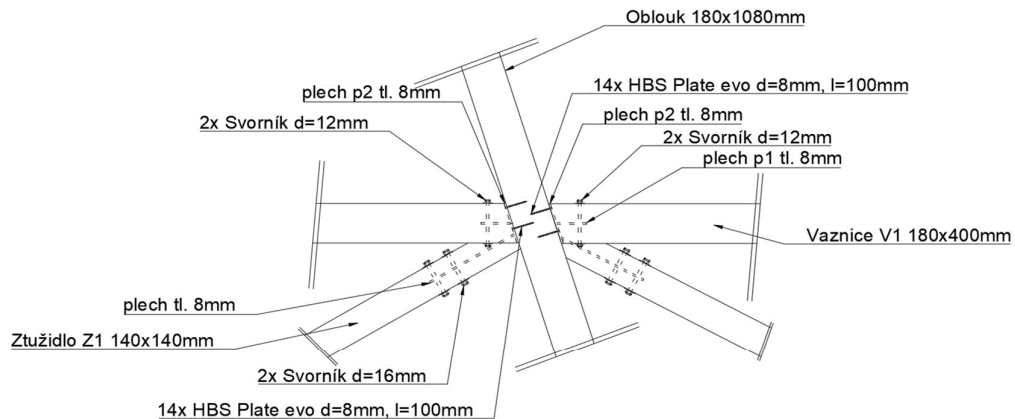
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Diplomová práce



## **B - Statický výpočet-spoje**

## Návrh spoje vaznice – vazník



obr. č. 27 - Schéma spoje vaznice V1-vazník

### Návrh přípoje vaznice V1

#### Parametry spoje:

$h=$	400 mm	$b=$	180 mm
$d_{\text{svorník}}=$	12 mm	$t_p=$	8 mm
$t_1=$	86 mm	$f_{uk}=$	500 MPa
$l_p=$	300 mm		
$\rho_k=$	425 kg/m <sup>3</sup>	$h_p=$	130 mm
$\gamma_M=$	1,3	$A_s=$	84,3 mm <sup>2</sup>
$f_{yk}=$	400 MPa	$k_{\text{mod}}=$	0,7

Podložka : 44/13 mm

Počet řad: 2

Počet svorníků v řadě: 1

#### Působící síly:

$V_{zd}=$	15,5 kN	$N_{\text{ed,tlak,vitr}}=$	41,5 kN
$V_{yd}=$	2,3 kN		

#### Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku ( $\alpha=90^\circ$ ):

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 12) * 425 = 30,67 \text{ MPa}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h0k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{30,67}{1,53 * \sin(90)^\circ + \cos(90)^\circ} = 20,04 \text{ MPa}$$

#### Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 500 * 12^{2,6} = 95931,8 \text{ Nmm}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d = 1,35 + 0,015 * 12 = 1,53$$

**Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:**

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

1)  $F_{axRk}=10396/4$

$F_{axRk}=2599 \text{ N}$

$F_{axRk}=11233/4$

$F_{axRk}=2808,25 \text{ N}$

2)  $F_{axRk}=(0,9 \cdot A_s \cdot f_{uk}/1,25)/4$

$F_{axRk}=(0,9 \cdot 84,3 \cdot 500/1,25)/4$

$F_{axRk}=7587 \text{ N}$

$F_{axRk}=(A_{net} \cdot f_{c90k} \cdot 3)/4$

$F_{axRk}=(1387 \cdot 2,5 \cdot 3)/4$

$F_{axRk}=2600 \text{ N}$

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku (smyk):**

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} f_{h,90,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,90,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left( \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{yRk}}{f_{h,90,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + 2,6 \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{yRk} \cdot f_{h,90,k} \cdot d} + 2,6 \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 21,4 \text{ kN} \\ 13 \text{ kN} \\ 13,83 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$F_{vrk}=13 \text{ kN}$

**Efektivní číslo:**

$n_{ef}=1$

**Počet svorníků:**

$F_{vrd}=F_{vrk} \cdot k_{mod}/\gamma_m=13 \cdot 0,7/1,3$

$F_{vrd}=7,0 \text{ kN}$

$F_{vrd}=\text{stříh} \cdot n_{ef} \cdot F_{vrd} \cdot \text{počet řad}$

$F_{vrd}=2 \cdot 1 \cdot 7,0 \cdot 2$

$F_{vrd}=28,00 \text{ kN}$

**Posouzení:**

$F_{vrd}$	>	$V_{zd}$	
<b>28,00</b>	>	15,5	kN

**Vyhovuje****Posouzení kombinace na spojovací prvky:**

$M_{ex}=e \cdot V_{ed}=0,1 \cdot 15,5=1,55 \text{ kNm}$

$F_{ex}=M_{ex}/h=1,55/0,24=6,5 \text{ kN}$

Posouvající síla působící na jeden svorník:  $V=7,75 \text{ kN}$ Síla způsobená  $M_{ex}$  na jeden svorník:  $F_{ex}=6,5 \text{ kN}$ 

Výslednice působící na svorník:

$$F_{výsl} = \sqrt{F_{ex}^2 + V^2} = \sqrt{6,5^2 + 7,75^2} = 10,2 \text{ kN}$$

Odklon výslednice od vláken:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{V}{F_{ex}}\right) = \arctg\left(\frac{7,75}{6,5}\right) = 50^\circ$$

Únosnost jednoho svorníku pro  $\alpha=50^\circ$  :

$$F_{vrd} = 15,20 \quad \text{kN}$$

**Posouzení:**

$$15,20 > 10,2 \quad \text{kN}$$

**Vyhovuje**

**Rozteče:**

$$a_2 = 240 \text{ mm} \quad a_{3t} = 100 \text{ mm}$$

$$a_{4t} = 80 \text{ mm}$$

**Posouzení roztržení:**

$$F_{90,Rk} = 14 * b * w * \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 14 * 180 * 1 * \sqrt{\frac{320}{\left(1 - \frac{320}{400}\right)}}$$

$$F_{90,Rk} = 100,80 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} = 56,45 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} > V_{ed}$$
$$56,45 > 15,5 \quad \text{kN}$$

**Vyhovuje**

**Navrhují 2 svorníky. d=12mm**



### Posouzení plechu p<sub>1</sub>:

#### Smyková únosnost plechu:

$$A_{p,osl} = (l_p - n * d_0) * t_p = (300 - 2 * 13) * 8$$
$$A_{p,osl} = 2192 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,lny} = l_p * t_p = 300 * 8$$
$$A_{p,lny} = 2400 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{2192 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 450 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{2400 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 491 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,osl} > V_{zd}$$
$$450 > 15,5 \text{ kN}$$

Vyhovuje

#### Únosnost otláčení plechu:

$$F_{b,r,d} = \frac{k_l * \alpha * f_u * d * t}{Y_{m2}} = \frac{2,5 * 0,76 * 510 * 12 * 8}{1,25} = 74,5 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}\right) \quad \alpha = \min\left(\frac{30}{3 * 13}; \frac{500}{510}; 1; \frac{240}{3 * 13} - \frac{1}{4}\right)$$

$$\alpha = 0,76$$

$$k_l = \min\left(2,5; 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7\right) \quad k_l = \min\left(2,5; 2,8 * \frac{30}{13} - 1,7; 1,4 * \frac{0}{13} - 1,7\right)$$

$$k_l = 2,5$$

$$F_{výsl} \leq F_{b,r,d}$$
$$10,2 \leq 74,5 \text{ kN}$$

Vyhovuje

#### Posouzení ohybové únosnosti oslabeného plechu:

$$M_{yd} = V_{zd} * e = 15,5 * 0,10 = 1,55 \text{ kNm}$$

průřez třídy: I

$$W_{pl} = 1/4 * 8 * (300 - 2 * 13)^2 = 150152 \text{ mm}^3$$

$$M_{CRd} = \frac{W_{pl} * f_y}{Y_m} = \frac{150152 * 355}{1} = 53,3 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} > M_{yd}$$
$$53,3 > 1,55 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

### Posouzení svaru plech p<sub>1</sub> - p<sub>2</sub> :

#### Působící síly:

$$\begin{aligned} V_{zd} &= 15,5 \text{ kN} & V_{yd} &= 2,3 \text{ kN} \\ M_{yd} &= e \cdot V_{zd} = 0,1 \cdot 15,5 = 1,55 \text{ kNm} & M_{zd} &= e \cdot V_{yd} = 0,1 \cdot 2,3 = 0,23 \text{ kNm} \end{aligned}$$

#### Parametry svaru:

$$\begin{aligned} a &= 5 \text{ mm} & l &= 300 \text{ mm} \\ \beta &= 0,9 & Y_{mw} &= 1,25 \\ f_u &= 510 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_{II} = \frac{V_z}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{15,5 \cdot 1000}{2 \cdot 5 \cdot 300} = \tau_{II} = 5,20 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \tau_{\perp} = \sigma_{\perp} &= \frac{M_{yd}}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot l^2 \cdot \sqrt{2}} + \frac{M_{zd}}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot l \cdot a^2 \cdot \sqrt{2}} + \frac{V_y}{2 \cdot a \cdot l \cdot \sqrt{2}} = \\ &= \frac{1,55 \cdot 10^6}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 5 \cdot 300^2 \cdot \sqrt{2}} + \frac{0,23 \cdot 10^6}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 300 \cdot 5^2 \cdot \sqrt{2}} + \frac{2300}{2 \cdot 5 \cdot 300 \cdot \sqrt{2}} = 67 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\perp} &\leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{Y_{m,w}} \\ 67 &\leq 0,9 \cdot \frac{510}{1,25} \end{aligned}$$

$$67 \leq 367 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{II}^2} &\leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{m,w}} \\ \sqrt{67^2 + 3 \cdot 67^2 + 3 \cdot 5,2^2} &\leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} \end{aligned}$$

$$135 \leq 453,3 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

**Navrhuj koutový svar a=5mm L=300mm**

## Návrh spojovacích prostředků vazníků:

Při návrhu přípoje vaznice - vazník se projeví síly vyvolané ztužidlem Z1. Návrh kotvení ztužidla Z1 je proveden v rámci návrhu přípoje: vaznice - ztužidlo Z1.

**Přípoj na vazník bude proveden pomocí vrutů.**

**Parametry spoje:**

h=	1080 mm	b=	180 mm
f <sub>uk</sub> =	500 MPa	t <sub>p</sub> =	8 mm
b <sub>p</sub> =	180 mm	h <sub>p</sub> =	300 mm
ρ <sub>k</sub> =	425 kg/m <sup>3</sup>	k <sub>mod</sub> =	0,7
Y <sub>M</sub> =	1,3	f <sub>yk</sub> =	400 MPa

**Působící síly:**

V <sub>zd</sub> =	15,5 kN	N <sub>ed,tlak,vitr</sub> =	41,5 kN
V <sub>yd</sub> =	2,3 kN		

Rozklad posouvající síly:

$$V_{yd} = V_{yd} \cdot \sin(72) = 2,3 \cdot \sin(72) = 2,2 \text{ kN}$$

Posouvající složka síly od tlaku:

$$V_{yd} = N_{ed,tlak,vitr} \cdot \cos(72) = 41,5 \cdot \cos(72) = 12,8 \text{ kN}$$

**Síly od ztužidla Z1:**

Rozdílné odklony ztužidla : α=78° ; α=45°

N <sub>Z1tlak</sub> =	29,6 kN	N <sub>Z1tah</sub> =	26 kN
-----------------------	---------	----------------------	-------

Maximální posouvající síla ve směru oblouku vyvolaná ztužidlem:

$$V_{edmax} = N_{tlak,Z1} \cdot \cos(45) = 29,6 \cdot \cos(45) = 21 \text{ kN}$$

Maximální tlaková síla působící kolmo na oblouk:

$$N_{edmax,tlak} = N_{tlak,Z1} \cdot \sin(78) = 29,6 \cdot \sin(78) = 28,9 \text{ kN}$$

Maximální tahová síla působící kolmo na oblouk:

$$N_{edmax,tah} = N_{tah,Z1} \cdot \sin(78) = 26 \cdot \sin(78) = 25,5 \text{ kN}$$

Výsledná posouvající síla:

$$F_{výsl} = \sqrt{V_y^2 + V_z^2} = \sqrt{(2,2 + 21 + 12,8)^2 + 15,5^2} = 39,2 \text{ kN}$$

**Návrh vrutů:**

Navrhují vruty od společnosti Rothoblaas - HBS Plate EVO.

l=	100 mm	d=	8 mm
----	--------	----	------

**Únosnost vrutů na stříh:**

$$R_{vk} = 5,99 \text{ kN (hodnota pro tlustou desku } t_p > 8 \text{ mm)}$$

$$R_{vd} = R_{vk} \cdot k_{mod} / Y_m = 5,99 \cdot 0,7 / 1,3 = 3,3 \text{ kN}$$

Výslednice působících posouvajících sil: 39,2 kN

Únosnost pro čtrnáct vrutů: **46,2 kN > 39,2 kN**

**Vyhovuje**

**Únosnost vrutů na tah:**

$$R_{tk} = 8,2 \text{ kN}$$

$$R_{td} = R_{tk} \cdot k_{mod} / Y_m = 8,2 \cdot 0,7 / 1,3 = 4,31 \text{ kN}$$

Působící tahová síla: 25,5 kN

Únosnost pro čtrnáct vrutů: **60,34 kN > 25,5 kN**

**Vyhovuje**

Posouzení kombinace na vruty:

$$\left(\frac{V_{ed}}{R_{vd}}\right)^2 + \left(\frac{N_{tah}}{R_{td}}\right)^2 < 1$$

$$\left(\frac{2,8}{3,3}\right)^2 + \left(\frac{1,8}{4,31}\right)^2 < 1$$

$$0,90 < 1$$

Navrhují čtrnáct vrutů HBS Plate Evo d=8mm, l=100mm.

Posouzení plechu p<sub>2</sub>:

Smyková únosnost plechu:

$$A_{p,osl} = (h_p - n \cdot d_0) \cdot t_p = (300 - 7 \cdot 9) \cdot 8$$

$$A_{p,osl} = 1896 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,lny} = h_p \cdot t_p = 300 \cdot 8$$

$$A_{p,lny} = 2400 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} \cdot \frac{fy}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{1896 \cdot \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 388 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,lny} = \frac{A \cdot \frac{fy}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{2400 \cdot \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 491 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,osl} > V_{zd}$$

$$388 > 15,5 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Smyková únosnost plechu:

$$A_{p,osl} = (b_p - n \cdot d_0) \cdot t_p = (180 - 2 \cdot 9) \cdot 8$$

$$A_{p,osl} = 1296 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,lny} = b_p \cdot t_p = 180 \cdot 8$$

$$A_{p,lny} = 1440 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} \cdot \frac{fy}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{1296 \cdot \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 266 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,lny} = \frac{A \cdot \frac{fy}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{1440 \cdot \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 296 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,osl} > V_{yd}$$

$$266 > 36 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Posouzení otláčení vazníků - vaznice:

$$A_{p,otl} = b \cdot h = 180 \cdot 400$$

$$A_{p,otl} = 72000 \text{ mm}^2$$

$$N_{tlak} = N_{ed} / A_{p,otl} = 39,5 \cdot 10^3 / 72000$$

$$N_{tlak} = 0,55 \text{ MPa}$$

$$N_{tlak} < f_{c90gd}$$

$$0,55 < 1,4 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Posouzení otláčení vazníků - plech:

$$A_{p,otl} = b_p \cdot h_p = 180 \cdot 300$$

$$A_{p,otl} = 54000 \text{ mm}^2$$

$$N_{tlak} = N_{ed} / A_{p,otl} = 28,9 \cdot 10^3 / 54000$$

$$N_{tlak} = 0,54 \text{ MPa}$$

$$N_{tlak} < f_{c90gd}$$

$$0,54 < 1,4 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### Posouzení svaru ztužidlo Z1 - plech p<sub>2</sub>:

Působící síly:

$$V_{\max} = 21 \text{ kN} \quad N_{\max} = 28,9 \text{ kN}$$

Parametry svaru:

$$\begin{aligned} a &= 5 \text{ mm} & l &= 120 \text{ mm} \\ \beta &= 0,9 & Y_{m,w} &= 1,25 \\ f_u &= 510 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N + V}{2 * a * l * \sqrt{2}} = \frac{49900}{2 * 5 * 120 * \sqrt{2}} = 30 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 * \frac{f_u}{Y_{m,w}}$$

$$30 \leq 0,9 * \frac{510}{1,25}$$

$$30 \leq 367 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\perp}^2 + 3 * \tau_{II}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w * Y_{m,w}}$$

$$\sqrt{30^2 + 3 * 30^2} \leq \frac{510}{0,9 * 1,25}$$

$$60 \leq 453,3 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

**Navrhují koutový svar a=5mm L=120mm**

## Návrh přípoje vaznice V2 - štítové pole

Spoj bude proveden stejným principem jako spoj vaznice V1.

### Parametry spoje:

h=	320 mm	b=	180 mm
d <sub>svorník</sub> =	12 mm	t <sub>p</sub> =	8 mm
t <sub>1</sub> =	86 mm	f <sub>uk</sub> =	500 MPa
l <sub>p</sub> =	270 mm		
ρ <sub>k</sub> =	425 kg/m <sup>3</sup>	h <sub>p</sub> =	130 mm
Y <sub>M</sub> =	1,3	A <sub>s</sub> =	84,3 mm <sup>2</sup>
f <sub>yk</sub> =	400 MPa	k <sub>mod</sub> =	0,7

Podložka : 44/13 mm

Počet řad: 2

Počet svorníků v řadě: 1

### Působící síly:

V <sub>zd</sub> =	9,6 kN	N <sub>ed,tlak,vitr</sub> =	52 kN
V <sub>yd</sub> =	1,6 kN		

### Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku (α=90°):

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 12) * 425 = 30,67 \text{ MPa}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h0k}}{k_{90} * \sin^2\alpha + \cos^2\alpha} = \frac{30,67}{1,53 * \sin(90)^2 + \cos(90)^2} = 20,04 \text{ MPa}$$

### Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 500 * 12^{2,6} = 95931,8 \text{ Nmm}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d = 1,35 + 0,015 * 12 = 1,53$$

### Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

1)  $F_{axRk} = 10396/4$

$$F_{axRk} = 2599 \text{ N}$$

2)  $F_{axRk} = (0,9 * A_s * f_{uk} / 1,25) / 4$

$$F_{axRk} = (0,9 * 84,3 * 500 / 1,25) / 4$$

$$F_{axRk} = 7587 \text{ N}$$

$$F_{axRk} = 11233/4$$

$$F_{axRk} = 2808,25 \text{ N}$$

$$F_{axRk} = (A_{net} * f_{c90k} * 3) / 4$$

$$F_{axRk} = (1387 * 2,5 * 3) / 4$$

$$F_{axRk} = 2,6 \text{ N}$$

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku (smyk):**

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} f_{h,90,k} * t_1 * d \\ f_{h,90,k} * t_1 * d * \left( \sqrt{2 + \frac{4 * M_{yrrk}}{f_{h,90,k} * d * t_1^2}} - 1 \right) + 2,6 \\ 2,3 * \sqrt{M_{yrrk} * f_{h,90,k} * d} + 2,6 \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 21,4 \text{ kN} \\ 13 \text{ kN} \\ 13,83 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$F_{vrk} = 13 \text{ kN}$

**Efektivní číslo:**

$n_{ef} = 1$

**Počet svorníků:**

$F_{vrd} = F_{vrk} * k_{mod} / \gamma_m = 13 * 0,7 / 1,3$

$F_{vrd} = 7,000 \text{ kN}$

$F_{vrd} = \text{stříh} * n_{ef} * F_{vrd} * \text{počet řad}$

$F_{vrd} = 2 * 1 * 7,0 * 2$

$F_{vrd} = 28,00 \text{ kN}$

**Posouzení:**

$F_{vrd}$	>	$V_{zd}$	
<b>28,00</b>	>	9,6	kN

**Vyhovuje**

**Posouzení kombinace na spojovací prvky:**

$M_{ex} = e * V_{ed} = 0,10 * 9,6 = 0,96 \text{ kNm}$

$F_{ex} = M_{ex} / h = 0,96 / 0,15 = 6,4 \text{ kN}$

Posouvající síla působící na jeden svorník:  $V = 4,8 \text{ kN}$

Síla způsobená  $M_{ex}$  na jeden svorník:  $F_{ex} = 6,4 \text{ kN}$

Výslednice působící na svorník:

$$F_{výsl} = \sqrt{F_{ex}^2 + V^2} = \sqrt{6,4^2 + 4,8^2} = 8 \text{ kN}$$

Odklon výslednice od vláken:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{V}{F_{ex}}\right) = \arctg\left(\frac{4,8}{6,4}\right) = 36,9^\circ$$

Únosnost jednoho svorníku pro  $\alpha = 36,9^\circ$ :

$F_{vrd} = 15,52 \text{ kN}$

**Posouzení:**

$F_{vrd}$	>	$F_{výsl}$	
<b>15,52</b>	>	8	kN

**Vyhovuje**

**Rozteče:**

$$a_2 = 150 \text{ mm} \quad a_{3t} = 100 \text{ mm}$$

$$a_{4t} = 85 \text{ mm}$$

**Posouzení roztržení:**

$$F_{90,Rk} = 14 * b * w * \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 14 * 180 * 1 * \sqrt{\frac{235}{\left(1 - \frac{235}{320}\right)}}$$

$$F_{90,Rk} = 74,95 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} = 41,97 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} > V_{ed}$$

$$41,97 > 9,6 \text{ kN}$$

**Vyhovuje****Navrhují 2 svorníky. d=12mm****Posouzení plechu p<sub>1</sub>:****Smyková únosnost plechu:**

$$A_{p,osl} = (l_p - n * d_0) * t_p = (270 - 2 * 13) * 8$$

$$A_{p,osl} = 1952 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,lny} = l_p * t_p = 270 * 8$$

$$A_{p,lny} = 2160 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{1952 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 400 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{2160 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 442 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,osl} > V_{zd}$$

$$400 > 9,6 \text{ kN}$$

**Vyhovuje****Únosnost otláčení plechu:**

$$F_{b,r,d} = \frac{k_l * \alpha * f_u * d * t}{Y_{m2}} = \frac{2,5 * 0,98 * 510 * 12 * 8}{1,25} = 94 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}\right) \quad \alpha = \min\left(\frac{60}{3 * 13}; \frac{500}{510}; 1; \frac{150}{3 * 13} - \frac{1}{4}\right)$$

$$\alpha = 0,98$$

$$k_l = \min\left(2,5; 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7\right) \quad k_l = \min\left(2,5; 2,8 * \frac{30}{13} - 1,7; 1,4 * \frac{0}{13} - 1,7\right)$$

$$k_l = 2,5$$

$$F_{výsl} \leq F_{b,r,d}$$

$$8 \leq 94 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**



**Posouzení ohybové únosnosti plechu:**

$$M_{yd} = V_{zd} * e = 9,6 * 0,10 = 0,96 \text{ kNm}$$

průřez třídy: I

$$W_{pl} = 1/4 * 8 * (270 - 2 * 13)^2 = 100352 \text{ mm}^3$$

$$M_{cRd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_m} = \frac{100352 * 355}{1} = 35,6 \text{ kNm}$$

$$\begin{array}{ccc} M_{pl,Rd} & > & M_{yd} \\ \mathbf{35,6} & > & 0,96 \text{ kN} \end{array}$$

**Vyhovuje****Posouzení svaru:****Působící síly:**

$$V_{zd} = 9,6 \text{ kN}$$

$$V_{yd} = 1,6 \text{ kN}$$

$$M_{yd} = e * V_{zd} = 0,1 * 9,6 = 0,96 \text{ kNm}$$

$$M_{zd} = e * V_{yd} = 0,1 * 1,6 = 0,16 \text{ kNm}$$

**Parametry svaru:**

$$a = 5 \text{ mm}$$

$$l = 270 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,9$$

$$\gamma_{mw} = 1,25$$

$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} = \frac{V_z}{2 * a * l} = \frac{9,6 * 1000}{2 * 5 * 270} = \tau_{II} = 3,50 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \tau_{\perp} = \sigma_{\perp} &= \frac{M_{yd}}{2 * \frac{1}{6} * a * l^2 * \sqrt{2}} + \frac{M_{zd}}{2 * \frac{1}{6} * l * a^2 * \sqrt{2}} + \frac{V_y}{2 * a * l * \sqrt{2}} = \\ &= \frac{0,96 * 10^6}{2 * \frac{1}{6} * 5 * 270^2 * \sqrt{2}} + \frac{0,16 * 10^6}{2 * \frac{1}{6} * 270 * 5^2 * \sqrt{2}} + \frac{1600}{2 * 5 * 270 * \sqrt{2}} = 56 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 * \frac{f_u}{\gamma_{m,w}}$$

$$56 \leq 0,9 * \frac{510}{1,25}$$

$$56 \leq 367 \text{ MPa}$$

**Vyhovuje**

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\perp}^2 + 3 * \tau_{II}^2} &\leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{m,w}} \\ \sqrt{56^2 + 3 * 56^2 + 3 * 3,5^2} &\leq \frac{510}{0,9 * 1,25} \end{aligned}$$

$$112 \leq 453,3 \text{ MPa}$$

**Vyhovuje****Navrhují koutový svar a=5mm L=270mm**

## Návrh spojovacích prostředků vazníků:

Přípoj na vazník bude proveden pomocí vrutů.

Parametry spoje:

$h=$	1080 mm	$b=$	180 mm
$f_{uk}=$	500 MPa	$t_p=$	8 mm
$b_p=$	180 mm	$h_p=$	270 mm
$\rho_k=$	425 kg/m <sup>3</sup>	$k_{mod}=$	0,7
$Y_M=$	1,3	$f_{yk}=$	400 MPa

Působící síly:

$$V_{zd}= 9,6 \text{ kN} \quad N_{ed,tlak,vitr}= 52 \text{ kN}$$

$$V_{yd}= 1,6 \text{ kN}$$

Posouvající složka síly od tlaku:

$$V_{yed}=N_{ed,tlak,vitr} \cdot \cos(72)=52 \cdot \cos(72)=16,1 \text{ kN}$$

Jelikož posouvající síla  $V_y$  a smyková složka tlakové síly  $V_{yed}$  působí proti sobě, bude jako nejhorší možnost smykové síly ve směru osy  $y$ , působící na spoj, uvažována pouze posouvající složka tlakové síly.

Návrh vrutů smyk:

Navrhuji vruty od společnosti Rothoblaas - HBS Plate EVO.

$$l= 100 \text{ mm} \quad d= 8 \text{ mm}$$

$$R_{vk}=5,99 \text{ kn (hodnota pro tlustou desku } t_p > 8 \text{ mm)}$$

$$R_{vd}=R_{vk} \cdot k_{mod}/Y_m=5,99 \cdot 0,7/1,3=3,3 \text{ kN}$$

Výslednice působících posouvajících sil: 18,6 kN

Únosnost pro šest vrutů: 19,8 kN > 18,6 kN

Vyhovuje

Navrhuji šest vrutů HBS Plate Evo  $d=8\text{mm}$ ,  $l=100\text{mm}$ .

Posouzení plechu  $p_2$ :

Smyková únosnost plechu:

$$A_{p,osl}=(h_p-n \cdot d_0) \cdot t_p=(270-3 \cdot 9) \cdot 8$$

$$A_{p,osl}= 1944 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,lny}=h_p \cdot t_p=270 \cdot 8$$

$$A_{p,lny}= 2160 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} \cdot \frac{fy}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{1944 \cdot \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 408 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A \cdot \frac{fy}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{2160 \cdot \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 442 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,osl} > 408$$

$$V_{zd} > 9,6 \text{ kN}$$

Vyhovuje

**Smyková únosnost plechu:**

$$A_{p,osl} = (b_p - n * d_0) * t_p = (180 - 2 * 9) * 8$$

$$A_{p,osl} = 1296 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,lny} = b_p * t_p = 180 * 8$$

$$A_{p,lny} = 1440 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{1296 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 265 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{1440 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 368 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,osl} >$$

$$265 >$$

$$V_{yd}$$

$$16,1 \text{ kN}$$

**Vyhovuje****Posouzení otláčení vazník:**

$$A_{p,otl} = b_p * h_p = 180 * 320$$

$$A_{p,otl} = 57600 \text{ mm}^2$$

$$N_{tlak} = N_{ed} / A_{p,otl} = 49 * 10^3 / 57600$$

$$N_{tlak} = 0,85 \text{ MPa}$$

$$N_{tlak} <$$

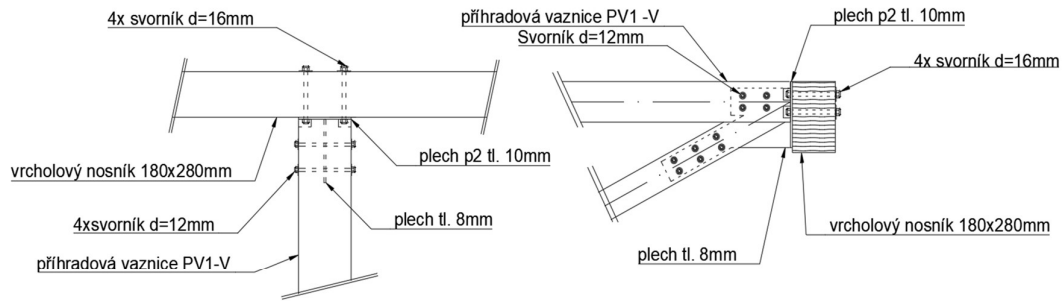
$$0,85 <$$

$$f_{c90gd}$$

$$1,4 \text{ MPa}$$

**Vyhovuje**

## Návrh spoje vrcholový nosník – příhradová vaznice PV1 -V



obr. č. 28 - Schéma spoje příhradová vaznice PV1 -V - vrcholový nosník

Spoj bude proveden pomocí svorníků  $d=12\text{mm}$ ,  $d=16\text{mm}$ .

### Příhradový nosník:

#### Parametry spoje:

$h=$	160 mm	$b=$	200 mm
$d_{\text{svorník}}=$	12 mm	$t_p=$	8 mm

#### Působící síly:

$V_{\text{zd,reakce}}=$	21,2 kN	$N_{\text{tlak.H.P.}}=$	30 kN	$N_{\text{tah.H.P.}}=$	13,2 kN
-------------------------	---------	-------------------------	-------	------------------------	---------

Při návrhu příhradové vaznice byly pro horní pás navrženy čtyři svorníky  $d=12\text{mm}$ .

Svorníky musí být dodatečně posouzeny na kombinaci sil, vzniklou vlivem připojení k vaznici.

#### Posouzení kombinace na svorníky:

Normálová síla působící na jeden svorník:

$$N_{\text{ed}}=30/4=7,5 \text{ kN}$$

Posouvající síla působící na jeden svorník:

$$V_{\text{ed}}=21,2/4=5,3 \text{ kN}$$

Výsledná síla působící na jeden svorník:

$$F_{\text{výsl}} = \sqrt{N_{\text{ed}}^2 + V_{\text{ed}}^2} = \sqrt{7,5^2 + 5,3^2} = 9,2 \text{ kN}$$

Odklon výslednice od vláken:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{V_{\text{ed}}}{N_{\text{ed}}}\right) = \arctg\left(\frac{5,3}{7,5}\right) = 35^\circ$$

Únosnost jednoho svorníku pro  $\alpha=35^\circ$ :

$$F_{\text{vrd}}= 12,50 \text{ kN}$$

Výsledná únosnost svorníku :

$$F_{\text{vRd,výsl}}=F_{\text{vRd}}/n \cdot n_{\text{ef}}=12,5/2 \cdot 1,7=10,63 \text{ kN}$$

#### Posouzení:

$F_{\text{vRd,výsl}}$	>	$F_{\text{výsl}}$	
<b>10,63</b>	>	9,2	kN

**Vyhovuje**

**Dodatečné posouzení plechu příhradové vaznice na smyk:****Smyková únosnost plechu:**

$$A_{p,osl} = (h_p - n * d_0) * t_p = (208 - 2 * 13) * 8$$

$$A_{p,osl} = 1456 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{1456 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 299 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} V_{pl,Rd,osl} & > & V_{zd} \\ \mathbf{299} & > & 21,2 \text{ kN} \end{array}$$

**Vyhovuje****Posouzení svaru plech p2 - příhradový plech:****Působící síly:**

$$V_{zd,reakce} = 21,2 \text{ kN} \quad M_{yd} = V_{zd} * e = 21,2 * 0,15 = 3,2 \text{ kNm}$$

$$N_{tlak.H.P.} = 30 \text{ kN} \quad N_{tah.H.P.} = 13,2 \text{ kN}$$

**Parametry svaru:**

$$a = 5 \text{ mm} \quad l_{min} = 208 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,9 \quad Y_{mw} = 1,25$$

$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} = \frac{V_{zd,reakce}}{2 * a * l} = \frac{21,2 * 1000}{2 * 5 * 208} = \tau_{II} = 10,20 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \tau_{\perp} = \sigma_{\perp} &= \frac{M_{yd}}{2 * \frac{1}{6} * a * l^2 * \sqrt{2}} + \frac{N_{tlak.H.P.}}{2 * a * l * \sqrt{2}} = \\ &= \frac{3,2 * 10^6}{2 * \frac{1}{6} * 5 * 208^2 * \sqrt{2}} + \frac{30 * 1000}{2 * 5 * 208 * \sqrt{2}} = 42 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 * \frac{f_u}{Y_{m,w}}$$

$$42 \leq 0,9 * \frac{510}{1,25}$$

$$42 \leq 367 \text{ MPa}$$

**Vyhovuje**

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\perp}^2 + 3 * \tau_{II}^2} &\leq \frac{f_u}{\beta_w * Y_{m,w}} \\ \sqrt{42^2 + 3 * 42^2 + 3 * 10,2^2} &\leq \frac{510}{0,9 * 1,25} \end{aligned}$$

$$86 \leq 453,3 \text{ MPa}$$

**Vyhovuje****Navrhuji svar a=5mm, l=208mm.**



$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 21,2 \text{ kN} \\ 15,7 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$$F_{vRk} = 15,7 \text{ kN}$$

**Efektivní číslo:**

$$n_{ef} = 2$$

**Počet svorníků:**

$$F_{vrd} = F_{vRk} \cdot k_{mod} / \gamma_m = 15,7 \cdot 0,7 / 1,3$$

$$F_{vrd} = 8,454 \text{ kN}$$

$$F_{vrd} = \text{střih} \cdot n_{ef} \cdot F_{vrd} \cdot \text{počet řad}$$

$$F_{vrd} = 2 \cdot 2 \cdot 8,454 \cdot 2$$

$$F_{vrd} = 67,63 \text{ kN}$$

**Posouzení:**

$$\begin{array}{lcl} F_{vRd} & > & V_{zd} \\ \mathbf{67,63} & > & 21,2 \quad \text{kN} \end{array}$$

**Vyhovuje**

**Rozteče:**

$$a_2 = 70 \text{ mm} \qquad a_{4t} = 160$$

$$a_{4c} = 50 \text{ mm}$$

**Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku (tah):**

**1) Únosnost svorníku v tahu:**

$$F_{axRk} = 0,9 \cdot A_s \cdot f_{uk} / 1,25$$

$$F_{axRk} = 0,9 \cdot 157 \cdot 500 / 1,25$$

$$F_{axRk} = 56,5 \text{ kN}$$

**2) Únosnost podložky:**

$$F_{axRk} = (A_{net} \cdot f_{c90k} \cdot 3)$$

$$F_{axRk} = (2222,48 \cdot 2,5 \cdot 3)$$

$$F_{axRk} = 16,7 \text{ kN}$$

$$F_{axRD} = 16,7 \cdot 0,7 / 1,3$$

$$F_{axRD} = \mathbf{9,0 \text{ kN}}$$

**Působící tahová síla na jeden svorník:**

$$M_{ex} = V_{zd} \cdot e = 21,2 \cdot 0,15 = 3,2 \text{ kNm}$$

$$F_{tahex} = M_{ed} \cdot \frac{r_1}{(2 \cdot r_1^2 + 2 \cdot r_2^2)} = 3,2 \cdot 10^6 \cdot \frac{210}{(2 \cdot 210^2 + 2 \cdot 140^2)} = 5,25 \text{ kN}$$

$$F_{tahcelkem} = F_{tahex} + N_{tah.H.P.} / 4 = 5,3 + 13,2 / 4 = 8,6 \text{ kN}$$

**Posouzení tahu:**

$$\begin{array}{lcl} F_{axRD} & > & F_{tahcelkem} \\ \mathbf{9,0} & > & 8,6 \quad \text{kN} \end{array}$$

**Vyhovuje**

**Navrhuji 4 svorníky. d=16mm**

### Návrh plechu p<sub>2</sub>:

$$M_{ed} = F_{tahcelkem} * e = 8,6 * 0,07 = 0,6 \text{ kNm}$$

$$t = \sqrt{\frac{M * \gamma_m * 6}{355 * b}} = \sqrt{\frac{0,6 * 10^6 * 1 * 6}{355 * 140}} = 8,51 \text{ mm}$$

Volím tloušťku plechu p<sub>2</sub>=10mm.

### Posouzení plechu p<sub>2</sub>:

#### Smyková únosnost plechu:

$$A_{p,osl} = (h_p - n * d_0) * t_p = (260 - 2 * 17) * 10$$

$$A_{p,osl} = 2260 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_m} = \frac{2260 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 463 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,osl} > V_{zd}$$
$$463 > 21,2 \text{ kN}$$

Vyhovuje

#### Únosnost otláčení plechu:

$$F_{b,r,d} = \frac{k_l * \alpha * f_u * d * t}{\gamma_{m2}} = \frac{2,5 * 0,98 * 510 * 16 * 10}{1,25} = 160 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}\right) \quad \alpha = \min\left(\frac{50}{3 * 17}; \frac{500}{510}; 1; \frac{70}{3 * 17} - \frac{1}{4}\right)$$

$$\alpha = 0,98$$

$$k_l = \min\left(2,5; 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7\right) \quad k_l = \min\left(2,5; 2,8 * \frac{30}{17} - 1,7; 1,4 * \frac{140}{17} - 1,7\right)$$

$$k_l = 2,5$$

$$V_{zd}/4 \leq F_{b,r,d}$$

$$5,3 \leq 160 \text{ kN}$$

Vyhovuje

### Posouzení otláčení vrcholového nosníku:

$$A_{p,min} = l_p * h_p = 200 * 260$$

$$A_{p,min} = 52000 \text{ mm}^2$$

$$N_{tlak} = N_{ed,tlak,H.P.} / A_{p,otl} = 30 * 10^3 / 52000$$

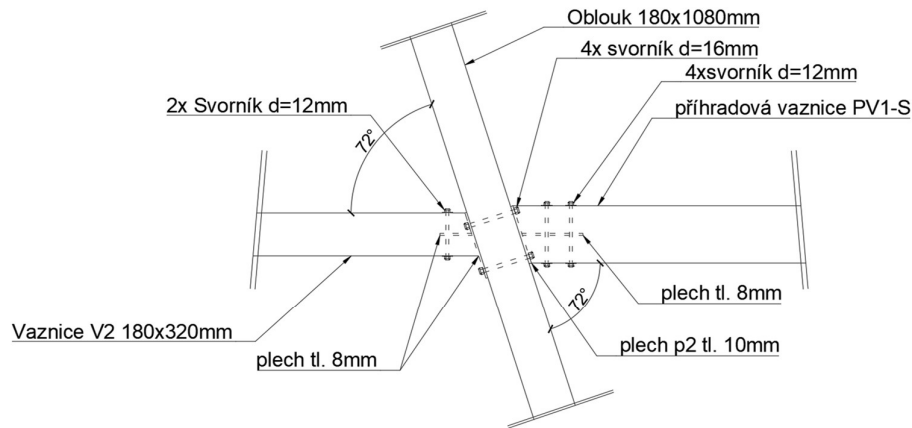
$$N_{tlak} = 0,58 \text{ MPa}$$

$$N_{tlak} < f_{c90gd}$$
$$0,58 < 1,4 \text{ MPa}$$

Vyhovuje



## Návrh spoje vazník – příhradová vaznice PV1-S



obr. č. 29 - Schéma spoje příhradová vaznice PV1 -S - vazník

Spoj bude proveden pomocí svorníků  $d=12\text{mm}$ ,  $d=16\text{mm}$ .

### Příhradový nosník:

#### Parametry spoje:

$h=$	160 mm	$b=$	240 mm
$d_{\text{svorník}}=$	12 mm	$t_p=$	8 mm

#### Působící síly:

$V_{\text{zd,reakce}}=$	22,6 kN	$V_{\text{yd,reakce}}=$	4,3 kN
$N_{\text{tlak.H.P.}}=$	28 kN	$N_{\text{tah.H.P.}}=$	9,7 kN

Při návrhu příhradové vaznice byly pro horní pás navrženy čtyři svorníky  $d=12\text{mm}$ .

Svorníky musí být dodatečně posouzeny na kombinaci sil, vzniklou vlivem připojení k vazníku.

#### Posouzení kombinace na svorníky:

Normálová síla působící na jeden svorník:

$$N_{\text{ed}}=28/4=7 \text{ kN}$$

Posouvající síla působící na jeden svorník:

$$V_{\text{ed}}=22,6/4=5,7 \text{ kN}$$

Výsledná síla působící na jeden svorník:

$$F_{\text{výsl}} = \sqrt{N_{\text{ed}}^2 + V_{\text{ed}}^2} = \sqrt{7^2 + 5,7^2} = 9,1 \text{ kN}$$

Odklon výslednice od vláken:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{V_{\text{ed}}}{N_{\text{ed}}}\right) = \arctg\left(\frac{5,7}{7}\right) = 39^\circ$$

Únosnost jednoho svorníku pro  $\alpha=39^\circ$ :

$$F_{\text{vrd}}= 12,36 \text{ kN}$$

Výsledná únosnost svorníku :

$$F_{\text{vRd,výsl}}=F_{\text{vRd}}/n \cdot n_{\text{ef}}=12,36/2 \cdot 1,7=10,5 \text{ kN}$$

#### Posouzení:

$F_{\text{vRd,výsl}}$	>	$F_{\text{výsl}}$	
<b>10,50</b>	>	9,1	kN

**Vyhovuje**

**Dodatečné posouzení plechu příhradové vaznice na smyk:****Smyková únosnost plechu:**

$$A_{p,osl} = (h_p - n * d_0) * t_p = (224 - 2 * 13) * 8$$

$$A_{p,osl} = 1584 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{1584 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 325 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} V_{pl,Rd,osl} & > & V_{zd} \\ \mathbf{325} & > & 22,6 \text{ kN} \end{array}$$

**Vyhovuje****Posouzení svaru plech p2 - příhradový plech:****Působící síly:**

$$V_{zd,reakce} = 22,6 \text{ kN}$$

$$V_{yd,reakce} = 4,3 \text{ kN}$$

$$N_{tlak.H.P.} = 28 \text{ kN}$$

$$M_{yd} = V_{zd,reakce} * e = 22,6 * 0,15 = 3,4 \text{ kNm}$$

$$M_{zd} = V_{yd,reakce} * e = 4,3 * 0,15 = 0,65 \text{ kNm}$$

**Parametry svaru:**

$$a = 6 \text{ mm}$$

$$l_{min} = 224 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,9$$

$$Y_{mw} = 1,25$$

$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} = \frac{V_{zd,reakce}}{2 * a * l} = \frac{22,6 * 1000}{2 * 6 * 224} = \tau_{II} = 8,40 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \tau_{\perp} = \sigma_{\perp} &= \frac{M_{yd}}{2 * \frac{1}{6} * a * l^2 * \sqrt{2}} + \frac{M_{zd}}{2 * \frac{1}{6} * l * a^2 * \sqrt{2}} + \frac{N_{tlak.H.P.}}{2 * a * l * \sqrt{2}} + \frac{V_{yd}}{2 * a * l * \sqrt{2}} = \\ &= \frac{3,4 * 10^6}{2 * \frac{1}{6} * 6 * 224^2 * \sqrt{2}} + \frac{0,65 * 10^6}{2 * \frac{1}{6} * 224 * 6^2 * \sqrt{2}} + \frac{28 * 1000}{2 * 6 * 224 * \sqrt{2}} + \frac{4,3 * 1000}{2 * 6 * 224 * \sqrt{2}} = 202 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 * \frac{f_u}{Y_{m,w}}$$

$$202 \leq 0,9 * \frac{510}{1,25}$$

$$202 \leq 367 \text{ MPa}$$

**Vyhovuje**

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\perp}^2 + 3 * \tau_{II}^2} &\leq \frac{f_u}{\beta_w * Y_{m,w}} \\ \sqrt{202^2 + 3 * 202^2 + 3 * 8,4^2} &\leq \frac{510}{0,9 * 1,25} \end{aligned}$$

$$404 \leq 453,3 \text{ MPa}$$

**Vyhovuje****Navrhují svar a=6mm, l<sub>min</sub>=224mm.**

## Návrh spojovacích prostředků vazníků:

Přípoj na vazník bude proveden pomocí svorníků  $d=16\text{mm}$ .

Parametry spoje:

$h=$	1080 mm	$b=$	180 mm
$d_{\text{svorník}}=$	16 mm	$t_p=$	10 mm
$t_1=$	180 mm	$f_{uk}=$	500 MPa
$l_p=$	240 mm	$h_p=$	250 mm
$\rho_k=$	$425 \text{ kg/m}^3$	$A_s=$	$157 \text{ mm}^2$
$\gamma_M=$	1,3	$k_{\text{mod}}=$	0,7
$f_{yk}=$	400 MPa		

Podložka : 56/17,5 mm

Počet řad: 2

Počet svorníků v řadě: 2

Působící síly:

$V_{zd,reakce}=$	22,6 kN	$V_{yd,reakce}=$	4,3 kN
$N_{\text{tlak.H.P.}}=$	28 kN	$N_{\text{tah.H.P.}}=$	9,7 kN
$V_{zd,vaznice}=$	1,5 kN	$V_{yd,vaznice}=$	0,7 kN

Posouvající síla  $V_y$  způsobená tlakem PV:

$$V_{y\text{tlak}} = N_{\text{tlak.H.P.}} \cdot \cos(72) = 28 \cdot \cos(72) = 8,7 \text{ kN}$$

$$V_{zd,celkem} = V_{zd,reakce} + V_{zd,vaznice} = 22,6 + 1,5 = 24,1 \text{ kN}$$

$$V_{yd,celkem} = V_{yd,reakce} \cdot \sin(72) + V_{y\text{tlak}} + V_{yd,vaznice} \cdot \sin(72) = 4,3 \cdot \sin(72) + 8,7 + 0,7 \cdot \sin(72) = 13,4 \text{ kN}$$

$$V_{\text{výsl}} = \sqrt{V_{zd,celkem}^2 + V_{yd,celkem}^2} = \sqrt{24,1^2 + 13,4^2} = 28 \text{ kN}$$

Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku ( $\alpha=90^\circ$ ):

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 425 = 29,27 \text{ MPa}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h0k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{29,27}{1,59 \cdot \sin(90)^2 + \cos(90)^2} = 18,41 \text{ MPa}$$

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 500 \cdot 16^{2,6} = 202676,4 \text{ Nmm}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 16 = 1,59$$

Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

1)  $F_{axRk} = 12566,6/4$

2)  $F_{axRk} = (0,9 \cdot A_s \cdot f_{uk} / 1,25) / 4$

$$F_{axRk} = (0,9 \cdot 157 \cdot 500 / 1,25) / 4$$

$$F_{axRk} = 3141,65 \text{ N}$$

$$F_{axRk} = 14130 \text{ N}$$

$$F_{axRk} = (A_{net} * f_{c90k} * 3) / 4$$

$$F_{axRk} = (2222,48 * 2,5 * 3) / 4$$

$$F_{axRk} = 4167 \text{ N}$$

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku (smyk):**

$$F_{v,R} = \min \left[ \begin{array}{l} 0,5 * f_{h,90,k} * t_1 * d \\ 1,15 * \sqrt{2 * M_{y,R,k} * f_{h,90,k} * d} + 3,1 \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 26,5 \text{ kN} \\ 15,7 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$$F_{vrk} = 15,7 \text{ kN}$$

**Efektivní číslo:**

$$n_{ef} = 2$$

**Počet svorníků:**

$$F_{vrd} = F_{vrk} * k_{mod} / \gamma_m = 15,7 * 0,7 / 1,3$$

$$F_{vrd} = 8,454 \text{ kN}$$

$$F_{vrd} = \text{stříh} * n_{ef} * F_{vrd} * \text{počet řad}$$

$$F_{vrd} = 2 * 2 * 8,454 * 2$$

$$F_{vrd} = 67,63 \text{ kN}$$

**Posouzení:**

$$F_{vRd} > V_{výsl}$$

$$67,63 > 28 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**

**Rozteče:**

$$a_2 = 70 \text{ mm}$$

$$a_{4c} = 50 \text{ mm}$$

**Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku (tah):**

**1) Únosnost svorníku v tahu :**

$$F_{axRk} = 0,9 * A_s * f_{uk} / 1,25$$

$$F_{axRk} = 0,9 * 157 * 500 / 1,25$$

$$F_{axRk} = 56,5 \text{ kN}$$

**2) Minimum z únosnosti podložky (4\*d); tloušťky ocelové desky (12\*t) :**

$$F_{axRk} = (A_{net} * f_{c90k} * 3)$$

$$F_{axRk} = (2976 * 2,5 * 3)$$

$$F_{axRk} = 22,3 \text{ kN}$$

$$F_{axRD} = 22,3 * 0,7 / 1,3$$

$$F_{axRD} = 12,0 \text{ kN}$$

**Působící tahová síla na jeden svorník:**

$$M_{exz} = V_{zd} * e = 24,1 * 0,15 = 3,62 \text{ kNm}$$

$$F_{tahexz} = M_{exz} * \frac{r_1}{(2*r_1^2 + 2*r_2^2)} = 3,62 * 10^6 * \frac{200}{(2*200^2 + 2*130^2)} = 6,3 \text{ kN}$$

$$\text{Posouvající síla } V_{yex} = V_{yd,reakce} * \sin(72) + V_{ydvaznice} * \sin(72) = 4,3 * \sin(72) + 0,7 * \sin(72) = 4,8 \text{ kN}$$

$$M_{exy} = V_{yex} * e = 4,8 * 0,15 = 0,72 \text{ kNm}$$

$$F_{tahexy} = \frac{M_{exy}}{(r * 4)} = \frac{0,72 * 10^6}{(190 * 2)} = 1,9 \text{ kN}$$

$$F_{tahcelkem} = F_{tahexz} + F_{tahexy} + N_{tah.H.P.} / 8 = 6,3 + 1,9 + 9,7 / 4 = 10,7 \text{ kN}$$

**Posouzení:**

$$\begin{array}{ccc} F_{axRD} & > & F_{tahcelkem} \\ \mathbf{12,0} & > & 10,7 \quad \text{kN} \end{array}$$

**Vyhovuje****Navrhují čtyři svorníky d=16mm.****Návrh plechu p<sub>2</sub>:**

$$M_{ed} = F_{tahcelkem} * e = 10,7 * 0,09 = 0,96 \text{ kNm}$$

$$t = \sqrt{\frac{M * \gamma_m * 6}{355 * b}} = \sqrt{\frac{0,96 * 10^6 * 1 * 6}{355 * 180}} = 9,49 \text{ mm}$$

**Volím tloušťku plechu p<sub>2</sub>=10mm.****Posouzení plechu p<sub>2</sub>:****Smyková únosnost plechu:**

$$A_{p,osl} = (h_p - n * d_0) * t_p = (250 - 2 * 17) * 10$$

$$A_{p,osl} = 2160 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_m} = \frac{2160 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 442 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} V_{pl,Rd,osl} & > & V_{zd} \\ \mathbf{442} & > & 24,1 \quad \text{kN} \end{array}$$

**Vyhovuje**

**Smyková únosnost plechu:**

$$A_{p,osl} = (l_p - n * d_0) * t_p = (240 - 2 * 17) * 10$$

$$A_{p,osl} = 2060 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{2060 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 422 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,osl} > V_{yd}$$

$$422 > 13,4 \text{ kN}$$

**Vyhovuje****Únosnost otláčení plechu:**

$$F_{b,r,d} = \frac{k_l * \alpha * f_u * d * t}{Y_{m2}} = \frac{2,5 * 0,98 * 510 * 16 * 10}{1,25} = 160 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}\right) \quad \alpha = \min\left(\frac{50}{3 * 17}; \frac{500}{510}; 1; \frac{70}{3 * 17} - \frac{1}{4}\right)$$

$$\alpha = 0,98$$

$$k_l = \min(2,5; 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7) \quad k_l = \min(2,5; 2,8 * \frac{30}{17} - 1,7; 1,4 * \frac{200}{17} - 1,7)$$

$$k_l = 2,5$$

$$V_{vysl}/4 \leq F_{b,r,d}$$

$$7 \leq 160 \text{ kN}$$

**Vyhovuje****Posouzení otláčení vazníku:**

$$A_{p,min} = l_p * h_p = 240 * 250$$

$$A_{p,min} = 60000 \text{ mm}^2$$

$$N_{tlak} = N_{ed,tlak,H.P.} / A_{p,otl} = 26,7 * 10^3 / 60000$$

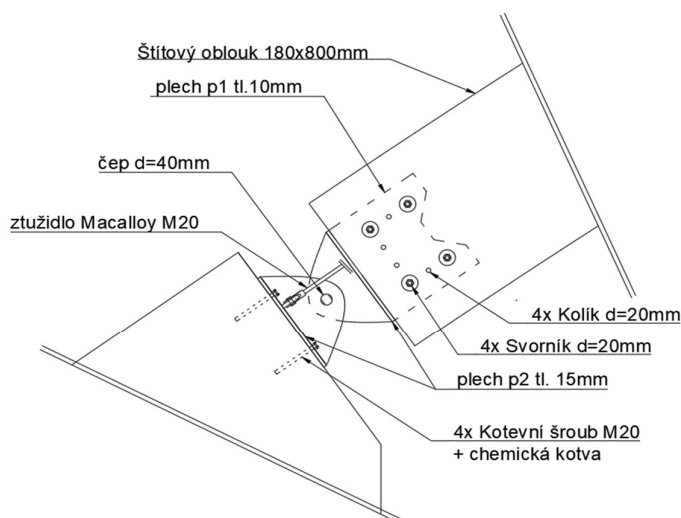
$$N_{tlak} = 0,45 \text{ MPa}$$

$$N_{tlak} < f_{c90gd}$$

$$0,45 < 1,4 \text{ MPa}$$

**Vyhovuje**

## Návrh spoje štítový oblouk – patka



obr. č. 30 - Schéma přípoje patky štítového oblouku

Spoj bude proveden pomocí svorníků a kolíků d=20mm.

### Parametry spoje:

h=	800 mm	b=	180 mm
$d_{\text{svorník}}=$	20 mm	$t_p=$	10 mm
$t_1=$	85 mm	$f_{uk}=$	500 MPa
$l_p=$	500 mm	$b_p=$	180 mm
$\rho_k=$	425 kg/m <sup>3</sup>	$h_p=$	450 mm
$Y_M=$	1,3	$A_s=$	245 mm <sup>2</sup>
$f_{yk}=$	400 MPa	$k_{\text{mod}}=$	0,7

Podložka : 72/21 mm

Počet řad: 4

Počet spoj. prostř. v řadě: 1- 3

### Působící síly:

$V_{ed}=$	31 kN	$N_{ed,tlak}=$	253 kN
$N_{ed,tah}=$	45 kN		

### Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku ( $\alpha=90^\circ$ ):

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 20) * 425 = 27,88 \text{ MPa}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h0k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{27,88}{1,65 * \sin(90)^\circ + \cos(90)^\circ} = 16,9 \text{ MPa}$$

### Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 500 * 20^{2,6} = 362050 \text{ Nmm}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d = 1,35 + 0,015 * 20 = 1,65$$

### Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

1)	$F_{axRk}=17913/4$		2)	$F_{axRk}=(0,9 \cdot A_s \cdot f_{uk}/1,25)/4$
	$F_{axRk}=\quad\quad\quad 4478,25 \text{ N}$			$F_{axRk}=(0,9 \cdot 245 \cdot 500/1,25)/4$
				$F_{axRk}=\quad\quad\quad 22050 \text{ N}$
	$F_{axRk}=25835/4$			$F_{axRk}=(A_{net} \cdot f_{c90k} \cdot 3)/4$
	$F_{axRk}=\quad\quad\quad 6458,75 \text{ N}$			$F_{axRk}=(3691 \cdot 2,5 \cdot 3)/4$
				$F_{axRk}=\quad\quad\quad 6920 \text{ N}$

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku (smyk):**

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} f_{h,90,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,90,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left( \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{yrk}}{f_{h,90,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + 4,4 \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{yrk} \cdot f_{h,90,k} \cdot d} + 4,4 \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 29,6 \text{ kN} \\ 22,2 \text{ kN} \\ 30,16 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$F_{vrk} = 22,2 \text{ kN}$

**Efektivní číslo:**

$n_{ef} = 1$

**Počet svorníků:**

$F_{vrd} = F_{vrk} \cdot k_{mod} / \gamma_m = 22,2 \cdot 0,7 / 1,3$

$F_{vrd} = 11,954 \text{ kN}$

$F_{vrd} = \text{stříh} \cdot n_{ef} \cdot F_{vrd} \cdot \text{počet řad}$

$F_{vrd} = 2 \cdot 1 \cdot 11,954 \cdot 2$

$F_{vrd} = 47,82 \text{ kN}$

**Posouzení:**

$47,82 > 31 \text{ kN}$

**Vyhovuje**

**Na smyk navrhuji dva kolíky.**

**Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku ( $\alpha=0^\circ$ ):**

$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 425 = 27,88 \text{ MPa}$

$M_{y,r,k} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 500 \cdot 20^{2,6} = 362050 \text{ Nmm}$

**Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:**

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku



1)	$F_{axRk}=25407/4$		2)	$F_{axRk}=(A_s * f_{uk}/1,25)/4$
				$F_{axRk}=(245*500/1,25)/4$
	$F_{axRk}=\quad\quad\quad 6351,75 \text{ N}$			$F_{axRk}=\quad\quad\quad 24500 \text{ N}$
	$F_{axRk}=32679/4$			$F_{axRk}=(A_{net} * f_{c90k} * 3)/4$
				$F_{axRk}=(3691*2,5*3)/4$
	$F_{axRk}=\quad\quad\quad 8169,75 \text{ N}$			$F_{axRk}=\quad\quad\quad 6920 \text{ N}$

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku (tah):**

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} f_{h,0,k} * t_1 * d \\ f_{h,0,k} * t_1 * d * \left( \sqrt{2 + \frac{4 * M_{yrk}}{f_{h,0,k} * d * t_1^2}} - 1 \right) + 6,3 \\ 2,3 * \sqrt{M_{yrk} * f_{h,0,k} * d} + 6,3 \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 47,4 \text{ kN} \\ 31,7 \text{ kN} \\ 39,04 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$F_{vrk} = 31,7 \text{ kN}$

**Efektivní číslo:**

$$n_{ef} = n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 * d}} = 3^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{100}{13 * 20}} = 2,2$$

$n_{ef} = 2,2$

**Počet svorníků:**

$F_{vrd} = F_{vrk} * k_{mod} / \gamma_m = 31,7 * 0,7 / 1,3$

$F_{vrd} = 17,069 \text{ kN}$

$F_{vrd} = \text{stříh} * n_{ef} * F_{vrd} * \text{počet řad}$

$F_{vrd} = 2 * 2,2 * 17,069 * 2$

$F_{vrd} = 150,21 \text{ kN}$

**Posouzení:**

$150,21 > 45 \text{ kN}$

**Vyhovuje**

**Na tah navrhuji čtyři svorníky a dva kolíky.**

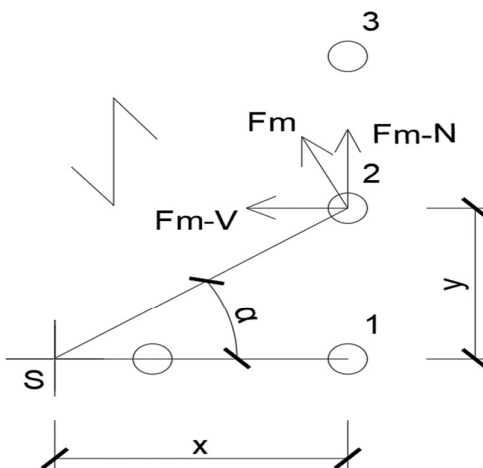
**Posouzení kombinace na spojovací prvky:**

$M_{ex} = e * V_{ed} = 0,340 * 31 = 10,5 \text{ kNm}$

$F_m = M_{exc} / n * L = 10,5 / 3 * 0,3 = 11,6 \text{ kN}$

$F_{tah} = N_{tah} / 6 = 45 / 6 = 7,5 \text{ kN}$

Schéma:



obr. č. 31 - Schéma rozkladu sil na spojovací prostředky - štítový oblouk patka

Použité vzorce:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{y}{x}\right)$$

$$F_{v\acute{y}sl} = \sqrt{(F_{m-N} + F_{tah})^2 + (F_{m-V} + F_{smyk})^2}$$

$$F_{m-V} = \sin(\alpha) * F_m$$

$$F_{vr\beta d} = F_{vr\beta d} / n * n_{ef}$$

$$F_{m-N} = \cos(\alpha) * F_m$$

č. kolíku	$F_m$ (kN)	x (mm)	y (mm)	$\alpha$ (rad)	$F_{m-V}$ (kN)	$F_{m-N}$ (kN)	$F_{tah}$ (kN)
1	11,6	150	0	0	0	11,6	7,5
2	11,6	150	100	0,59	6,43	9,65	7,5
3	11,6	150	200	0,93	9,28	6,96	7,5

$F_{smyk}$ (kN)	$F_{v\acute{y}sl}$ (kN)	$\beta$ (°)	$F_{vr\beta d}$ (kN)
0	19,1	0,00	20,10
0	18,32	20,56	19,20
0	17,18	32,69	18,10

vyhovuje  
vyhovuje  
vyhovuje

Tab.: 3 - Výpočet kombinací na spojovací prostředky - patka štítový oblouk

Rozteče:

$$a_2 = 100 \text{ mm} \quad a_{3t} = 150 \text{ mm}$$

$$a_{4t} = 250 \text{ mm} \quad a_1 = 100 \text{ mm}$$

Posouzení roztržení:

$$F_{90,Rk} = 14 * b * w * \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 14 * 180 * 1 * \sqrt{\frac{550}{\left(1 - \frac{550}{800}\right)}}$$

$$F_{90,Rk} = 105,80 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} = 59,25 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} > V_{ed}$$

$$59,25 > 31 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Navrhují celkem 8 spojovacích prostředků. d=20mm

### Posouzení plechu p<sub>1</sub>:

#### Smyková únosnost plechu:

$$A_{p,osl} = (l_p - n * d_0) * t_p = (500 - 4 * 21) * 10$$
$$A_{p,osl} = 4160 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,lny} = l_p * t_p = 500 * 10$$
$$A_{p,lny} = 5000 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{4160 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 853 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{5000 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 1024 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,osl} > V_{ed}$$
$$853 > 31 \text{ kN}$$

Vyhovuje

#### Únosnost plechu v tahu:

$$A_{p,osl} = 4160 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,lny} = 5000 \text{ mm}^2$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{Y_m} = \frac{5000 * 355}{1,0} = 1775 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{A_s * f_u}{Y_m} * 0,9 = \frac{4160 * 510}{1,25} * 0,9 = 1527 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} > N_{tah}$$
$$1527 > 45 \text{ kN}$$

Vyhovuje

#### Únosnost otláčení plechu:

$$F_{b,r,d} = \frac{k_l * \alpha * f_u * d * t}{Y_{m2}} = \frac{2,5 * 0,98 * 510 * 20 * 10}{1,25} = 199 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}\right) \quad \alpha = \min\left(\frac{100}{3 * 21}; \frac{500}{510}; 1; \frac{100}{3 * 21} - \frac{1}{4}\right)$$

$$\alpha = 0,98$$

$$k_l = \min\left(2,5; 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7\right) \quad k_l = \min\left(2,5; 2,8 * \frac{150}{21} - 1,7; 1,4 * \frac{100}{21} - 1,7\right)$$

$$k_l = 2,5$$

$$F_{vysl} \leq F_{b,r,d}$$
$$19,1 \leq 199 \text{ kN}$$

Vyhovuje

#### Posouzení ohybové únosnosti oslabeného plechu:

$$M_{yd} = V_{zd} * e = 31 * 0,340 = 10,5 \text{ kNm}$$

průřez třídy: I

$$W_{pl} = 1/4 * 10 * (500 - 4 * 21)^2 = 432640 \text{ mm}^3$$

$$M_{cRd} = \frac{W_{pl} * f_y}{Y_m} = \frac{432640 * 355}{1} = 153 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} > M_{yd}$$
$$153 > 10,5 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

### Posouzení otláčení:

$$A_{p,otl} = b_p \cdot l_p = 180 \cdot 500 \quad A_{p,otl} = 90000 \text{ mm}^2$$

$$N_{tlak} = N_{ed} / A_{p,otl} = 253 \cdot 10^3 / 90000 \quad N_{tlak} = 2,811 \text{ MPa}$$

$$N_{tlak} < f_{c0gd} \\ \mathbf{2,81} < 15,68 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### Posouzení svaru:

#### Působící síly:

$$V_{ed} = 31 \text{ kN} \quad N_{ed} = 253 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = e \cdot V_{ed} = 0,175 \cdot 31 = 5,5 \text{ kNm}$$

#### Parametry svaru:

$$a = 5 \text{ mm} \quad l = 500 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,9 \quad Y_{mw} = 1,25$$

$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} = \frac{V}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{31 \cdot 1000}{2 \cdot 5 \cdot 500} = \tau_{II} = 6,20 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N}{2 \cdot a \cdot l \cdot \sqrt{2}} + \frac{M_{ed}}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot l^2 \cdot \sqrt{2}} = \\ \frac{253 \cdot 1000}{2 \cdot 5 \cdot 500 \cdot \sqrt{2}} + \frac{5,5 \cdot 10^6}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 5 \cdot 500^2 \cdot \sqrt{2}} = 45,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{Y_{m,w}}$$

$$45,1 \leq 0,9 \cdot \frac{510}{1,25}$$

$$45,1 \leq 367 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

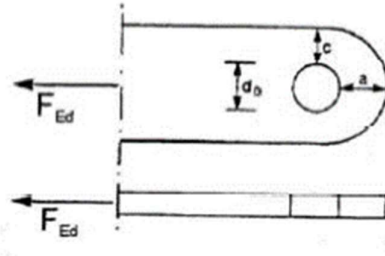
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{II}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{m,w}} \\ \sqrt{45,1^2 + 3 \cdot 45,1^2 + 3 \cdot 6,2^2} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$90,9 \leq 453,3 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Navrhují koutový svar a=5mm L=500mm

## Návrh a posouzení čepu:



obr. č. 32 - Schéma čepu štítový oblouk

$d_0 =$	42	mm	$d =$	40	mm
$V_{ed} =$	31	kN	$N_{ed,tlak} =$	253	kN

$$F_{v,e,d} = \sqrt{V_d^2 + N_{dtlak}^2} = \sqrt{31^2 + 253^2} = 254,892 \text{ kN}$$

### Minimální tloušťka:

$$t \geq 0,7 * \sqrt{\frac{F_{v,e,d} * Y_{M0}}{f_y}} = 0,7 * \sqrt{\frac{254,892 * 1000 * 1,0}{355}} = 18,7 = 20 \text{ mm}$$

### Rozměry:

$$a \geq \frac{F_{v,e,d} * Y_{M0}}{2 * t * f_y} + \frac{2 * d_0}{3} = \frac{254892 * 1,0}{2 * 20 * 355} + \frac{2 * 42}{3} = 45 = \text{min}45 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_{v,e,d} * Y_{M0}}{2 * t * f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{254892 * 1,0}{2 * 20 * 355} + \frac{42}{3} = 31 = \text{min}35 \text{ mm}$$

### Smyková únosnost čepu:

$$F_{v,r,d} = \frac{2 * 0,6 * A * f_{ub}}{Y_{M2}} = \frac{2 * 0,6 * \frac{\pi * 40^2}{4} * 510}{1,25} = 615,3 \text{ kN}$$

### Ohybový moment působící na čep:

$$M_{e,d} = \frac{F_{v,e,d}}{8} * (t + 4 * t_0 + 2 * t_1) = \frac{254892}{8} * (20 + 4 * 2 + 2 * 15) = 1,85$$

### Ohybová únosnost čepu:

$$M_{r,d} = 1,5 * W_{el} * \frac{f_y}{Y_{m0}} = 1,5 * \frac{\pi * 40^3}{32} * \frac{355}{1,0} = 3,4 \text{ kNm}$$

### Kombinace:

$$\left(\frac{M_{e,d}}{M_{r,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,e,d}}{F_{v,r,d}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{1,85}{3,4}\right)^2 + \left(\frac{254,892}{615,3}\right)^2 \leq 1$$

$$0,52 < 1$$

Vyhovuje

Únosnost čepu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 * t * d * f_y}{Y_m} = \frac{1,5 * 15 * 40 * 355}{1,0} = 319 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Posouzení spodního plechu p<sub>2</sub>:

$$M_{ed} = V_{ed} * 0,175 = 31 * 0,175 = 5,5 \text{ kNm}$$

Maximální tlak:

$$F_{tlak} = M_{ed} / (7/8 * 0,400) = 5,5 / (7/8 * 0,400) = 15,7 \text{ kN}$$

$$p = N_{ed} / A + F_{tlak} / (A * 1/4) = 253000 / (500 * 230) + 15700 / (500 * 1/4 * 230) = 2,74 \text{ Nmm}^2$$

$$M_n = p * 90 * 45 = 2,74 * 90 * 45 = 11097 \text{ Nmm/mm}$$

$$t_p = \sqrt{\frac{6 * M_{ed} * Y_m}{1 * f_y}} = \sqrt{\frac{6 * 11097 * 1,0}{1 * 355}} = 13,6 \text{ mm}$$

Posouzení horního plechu p<sub>2</sub>:

$$M_{ed} = V_{ed} * 0,175 = 31 * 0,175 = 5,5 \text{ kNm}$$

Maximální tlak:

$$F_{tlak} = M_{ed} / (7/8 * 0,500) = 5,5 / (7/8 * 0,500) = 12,5 \text{ kN}$$

$$p = N_{ed} / A + F_{tlak} / (A * 1/4) = 253000 / (500 * 180) + 12500 / (500 * 1/4 * 180) = 3,36 \text{ Nmm}^2$$

$$M_n = p * 80 * 40 = 3,36 * 80 * 40 = 10752 \text{ Nmm/mm}$$

$$t_p = \sqrt{\frac{6 * M_{ed} * Y_m}{1 * f_y}} = \sqrt{\frac{6 * 10752 * 1,0}{1 * 355}} = 13,48 \text{ mm}$$

Volím tloušťku plechu p<sub>2</sub>=15mm

Tlaková únosnost:

Beton C 25/30

$$f_{jd} = \beta * k * f_{cd} = \frac{2}{3} * 1 * 16,7 = 11,13$$

$$c = t * \sqrt{\frac{f_y}{3 * f_{jd} * Y_m}} = 15 * \sqrt{\frac{355}{3 * 11,13 * 1,0}} = 48 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = 63000 \text{ mm}^2$$

$$N_{rd} = \frac{A_{eff} * f_{jd}}{Y_m} = \frac{63000 * 11,13}{1,0} = 701 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} N_{Rd} & > & N_{ed} \\ \mathbf{701} & > & 253 \text{ kN} \end{array}$$

Vyhovuje

## Posouzení kotevních šroubů:

### Vliv kotvení ztužidla:

Ztužidlo:  $N=80,4$  kN  $\alpha=50^\circ$

Složka smyková:  $V_{zt}=51,7$  kN

Složka tahová:  $N_{zt}=61,6$  kN

$$V_{výsl} = \sqrt{V_{zt}^2 + V_{ed}^2} = \sqrt{51,7^2 + 31^2} = 60,3 \text{ kN}$$

### Únosnost kotevních šroubů na stříh:

šrouby M20  $A_s = 245 \text{ mm}^2$

$$F_{v,rd} = \frac{0,5 * f_{ub} * A_s}{Y_{m2}} = \frac{0,5 * 500 * 245}{1,25} = 49 \text{ kN}$$

$n = 4$  ks

$F_{v,Rd} = 196$  kN

$$F_{v,Rd} > V_{výsl}$$

**196** > **60,3** kN

Vyhovuje

### Únosnost kotevních šroubů na tah:

$F_{tah} = M_{tah} / (7/8 * 400 * 2) = 5,5 * 10^6 / (7/8 * 400 * 2) = 7,86$  kN

$N_{ed,tah} = F_{tah} + N_{zt} / 4 = 7,86 + 61,6 / 4 = 34,6$  kN

$$F_{t,rd} = \frac{0,63 * f_{ub} * A_s}{Y_{m2}} = \frac{0,63 * 500 * 245}{1,25} = 61,7 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} > N_{ed,tah}$$

**61,7** > **34,6** kN

Vyhovuje

### Kombinace:

$$\frac{V_{výsl}}{F_{vrd}} + \frac{N_{ed,tah}}{1,4 * F_{trd}} \leq 1$$

$$\frac{15,1}{49} + \frac{34,6}{1,4 * 61,7} \leq 1$$

$$0,72 < 1$$

Vyhovuje

### Únosnost kotevních šroubů na protlačení:

$$B_{p,rd} = \frac{0,6 * \pi * d_m * t_p * f_u}{Y_{m2}} = \frac{0,6 * 3,14 * 32,3 * 15 * 510}{1,25} = 372 \text{ kN}$$

$$B_{p,Rd} \geq N_{ed,tah}$$

$$372 \geq 34,6 \text{ kN}$$

Vyhovuje

**Navrhují čtyři kotevní šrouby M20.**

**Kotvení bude provedeno pomocí chemické kotvy HILTI HIT HY 200-A.**

Minimální hloubka kotvy M20 (kotva HIT V 5.8)  $h_{\text{eff,min}}=90\text{mm}$

Délka kotvy  $d_{\text{zvol.}}=200\text{mm}$

Minimální rozteče od kraje betonu  $c_{\text{min}}=55\text{mm}$

Minimální rozteče mezi kotvami  $s=90\text{mm}$

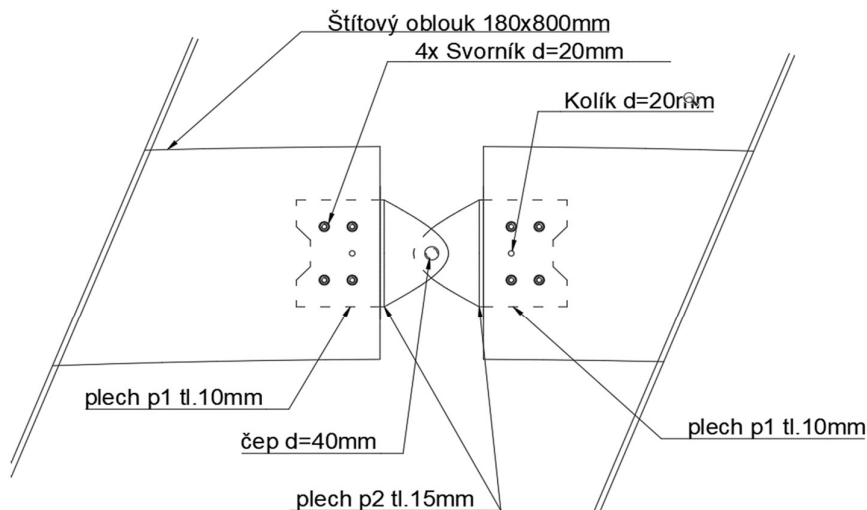
Minimální únosnost kotvy při dostatečné hloubce a tloušťce betonového prvku:

$F_{\text{tahmin}}=$  53,2 kN  $F_{\text{smykmin}}=$  48 kN

**Vyhovuje**



## Návrh spoje štítový oblouk – vrchol



obr. č. 33 - Schéma spoje vrcholu štítového oblouku

Spoj bude proveden pomocí svorníků a kolíků  $d=20\text{mm}$ .

### Parametry spoje:

$h=$	800 mm	$b=$	180 mm
$d_{\text{svorník}}=$	20 mm	$t_p=$	10 mm
$t_1=$	85 mm	$f_{uk}=$	500 MPa
$l_p=$	400 mm	$b_p=$	180 mm
$\rho_k=$	$425 \text{ kg/m}^3$	$h_p=$	350 mm
$Y_M=$	1,3	$A_s=$	$245 \text{ mm}^2$
$f_{yk}=$	400 MPa	$k_{\text{mod}}=$	0,7

Podložka : 72/22 mm

Počet řad: 3

Počet spoj. prostř. v řadě: 1 -2

### Působící síly:

$V_{ed}= 8 \text{ kN}$        $N_{ed,tlak}= 225 \text{ kN}$

$N_{ed,tah}= 61 \text{ kN}$

### Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku ( $\alpha=90^\circ$ ):

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 20) * 425 = 27,88 \text{ MPa}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h0k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{27,88}{1,65 * \sin(90)^\circ + \cos(90)^\circ} = 16,9 \text{ MPa}$$

### Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 500 * 20^{2,6} = 362050 \text{ Nmm}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d = 1,35 + 0,015 * 20 = 1,65$$

### Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

1)	$F_{axRk}=17913/4$		2)	$F_{axRk}=(0,9 \cdot A_s \cdot f_{uk}/1,25)/4$
				$F_{axRk}=(0,9 \cdot 245 \cdot 500/1,25)/4$
	$F_{axRk}=$	<b>4478,25 N</b>	$F_{axRk}=$	22050 N
	$F_{axRk}=25835/4$			$F_{axRk}=(A_{net} \cdot f_{c90k} \cdot 3)/4$
				$F_{axRk}=(3691 \cdot 2,5 \cdot 3)/4$
	$F_{axRk}=$	6458,75 N	$F_{axRk}=$	6920 N

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku (smyk):**

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} f_{h,90,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,90,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left( \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{yrk}}{f_{h,90,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + 4,4 \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{yrk} \cdot f_{h,90,k} \cdot d} + 4,4 \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 29,6 \text{ kN} \\ 22,2 \text{ kN} \\ 30,16 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$F_{vrk} = 22,2 \text{ kN}$

**Efektivní číslo:**

$n_{ef} = 1$

**Počet svorníků:**

$F_{vrd} = F_{vrk} \cdot k_{mod} / \gamma_m = 22,2 \cdot 0,7 / 1,3$

$F_{vrd} = 11,954 \text{ kN}$

$F_{vrd} = \text{stříh} \cdot n_{ef} \cdot F_{vrd} \cdot \text{počet řad}$

$F_{vrd} = 2 \cdot 1 \cdot 11,954 \cdot 1$

$F_{vrd} = 23,91 \text{ kN}$

**Posouzení:**

**23,91** > **8** kN

**Vyhovuje**

**Na smyk navrhuji 1 kolík.**

**Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku ( $\alpha=0^\circ$ ):**

$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 425 = 27,88 \text{ MPa}$

$M_{y,r,k} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 500 \cdot 20^{2,6} = 362050 \text{ Nmm}$

**Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:**

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

1)	$F_{axRk}=25407/4$		2)	$F_{axRk}=(A_s \cdot f_{uk}/1,25)/4$
				$F_{axRk}=(245 \cdot 500/1,25)/4$
	$F_{axRk}=$	<b>6351,75 N</b>	$F_{axRk}=$	24500 N

$$F_{axRk} = 32679/4$$

$$F_{axRk} = (A_{net} * f_{c90k} * 3)/4$$

$$F_{axRk} = (3691 * 2,5 * 3)/4$$

$$F_{axRk} =$$

$$8169,75 \text{ N}$$

$$F_{axRk} =$$

$$6920 \text{ N}$$

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku (tah):**

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} f_{h,0,k} * t_1 * d \\ f_{h,0,k} * t_1 * d * \left( \sqrt{2 + \frac{4 * M_{yrk}}{f_{h,0,k} * d * t_1^2}} - 1 \right) + 6,3 \\ 2,3 * \sqrt{M_{yrk} * f_{h,0,k} * d} + 6,3 \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 47,4 \text{ kN} \\ 31,7 \text{ kN} \\ 39,04 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$$F_{vrk} =$$

$$31,7 \text{ kN}$$

**Efektivní číslo:**

$$n_{ef} = n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 * d}} = 2^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{100}{13 * 20}} = 1,47$$

$$n_{ef} =$$

$$1,47$$

**Počet svorníků:**

$$F_{vrd} = F_{vrk} * k_{mod} / \gamma_m = 31,7 * 0,7 / 1,3$$

$$F_{vrd} = 17,069 \text{ kN}$$

$$F_{vrd} = \text{stříh} * n_{ef} * F_{vrd} * \text{počet řad}$$

$$F_{vrd} = 2 * 1,47 * 17,069 * 2$$

$$F_{vrd} = 100,37 \text{ kN}$$

**Posouzení:**

$$100,37$$

>

$$61 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**

**Na tah navrhuji 4 svorníky.**

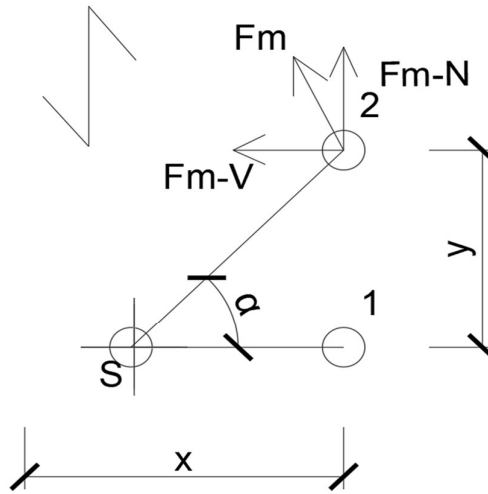
**Posouzení kombinace na spojovací prvky:**

$$M_{ex} = e * V_{ed} = 0,335 * 8 = 2,6 \text{ kNm}$$

$$F_m = M_{exc} / n * L = 2,6 / 2 * 0,2 = 6,5 \text{ kN}$$

$$F_{tah} = N_{tah} / 4 = 61 / 4 = 15,25 \text{ kN}$$

Schéma:



obr. č. 34 - Schéma rozkladu sil na spojovací prostředky - štítový oblouk vrchol

Použité vzorce:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{y}{x}\right) \quad F_{výst} = \sqrt{(F_{m-N} + F_{tah})^2 + (F_{m-V} + F_{smyk})^2}$$

$$F_{m-V} = \sin(\alpha) * F_m \quad F_{vr\beta d} = F_{vr\beta d} / n * n_{ef}$$

$$F_{m-N} = \cos(\alpha) * F_m$$

č. kolíku	$F_m$ (kN)	x (mm)	y (mm)	$\alpha$ (rad)	$F_{m-V}$ (kN)	$F_{m-N}$ (kN)	$F_{tah}$ (kN)
1	6,5	100	0	0	0	6,5	15,25
2	6,5	100	100	0,79	4,60	4,60	15,25

$F_{smyk}$ (kN)	$F_{výst}$ (kN)	$\beta$ (°)	$F_{vr\beta d}$ (kN)
0	21,75	0,00	23,10
0	20,37	13,04	20,70

vyhovuje  
vyhovuje

Tab.: 4 - Výpočet kombinací na spojovací prostředky - vrchol štítový oblouk

Roztěče:

$$a_2 = 100 \text{ mm} \quad a_{3t} = 150 \text{ mm}$$

$$a_{4t} = 300 \text{ mm} \quad a_1 = 100 \text{ mm}$$

Posouzení roztržení:

$$F_{90,Rk} = 14 * b * w * \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 14 * 180 * 1 * \sqrt{\frac{500}{\left(1 - \frac{500}{800}\right)}}$$

$$F_{90,Rk} = 92,02 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} = 51,53 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} > V_{ed}$$

$$51,53 > 8 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Celkem navrhuji pět spojovacích prostředků d=20mm

### Posouzení plechu p<sub>1</sub>:

#### Smyková únosnost plechu:

$$A_{p,osl} = (l_p - n * d_0) * t_p = (400 - 3 * 21) * 10$$
$$A_{p,osl} = 3370 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,lny} = l_p * t_p = 400 * 10$$
$$A_{p,lny} = 4000 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{3370 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 690 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{4000 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 820 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,osl} > V_{ed}$$
$$690 > 8 \text{ kN}$$

Vyhovuje

#### Únosnost plechu v tahu:

$$A_{p,osl} = 3370 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,lny} = 4000 \text{ mm}^2$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{Y_m} = \frac{4000 * 355}{1,0} = 1420 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{A_s * f_u}{Y_m} * 0,9 = \frac{3370 * 510}{1,25} * 0,9 = 1237 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} > N_{ed}$$
$$1237 > 61 \text{ kN}$$

Vyhovuje

#### Únosnost otláčení plechu:

$$F_{b,r,d} = \frac{k_l * \alpha * f_u * d * t}{Y_{m2}} = \frac{2,5 * 0,98 * 510 * 20 * 10}{1,25} = 199 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}\right) \quad \alpha = \min\left(\frac{100}{3 * 21}; \frac{500}{510}; 1; \frac{100}{3 * 21} - \frac{1}{4}\right)$$

$$\alpha = 0,98$$

$$k_l = \min\left(2,5; 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7\right) \quad k_l = \min\left(2,5; 2,8 * \frac{150}{21} - 1,7; 1,4 * \frac{100}{21} - 1,7\right)$$

$$k_l = 2,5$$

$$F_{výsl} \leq F_{b,r,d}$$

$$21,75 \leq 199 \text{ kN}$$

Vyhovuje

#### Posouzení ohybové únosnosti oslabeného plechu:

$$M_{yd} = V_{zd} * e = 8 * 0,335 = 2,6 \text{ kNm}$$

průřez třídy: I

$$W_{pl} = 1/4 * 10 * (400 - 3 * 21)^2 = 283922 \text{ mm}^3$$

$$M_{cRd} = \frac{W_{pl} * f_y}{Y_m} = \frac{283922 * 355}{1} = 107 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} > M_{yd}$$
$$107 > 2,6 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

### Posouzení otláčení:

$$A_{p,otl} = b_p \cdot l_p = 180 \cdot 400 \quad A_{p,otl} = 72000 \text{ mm}^2$$
$$N_{tlak} = N_{ed} / A_{p,otl} = 225 \cdot 10^3 / 72000 \quad N_{tlak} = 3,125 \text{ MPa}$$
$$N_{tlak} < f_{c0gd} \\ \mathbf{3,13} < 15,68 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### Posouzení svaru:

#### Působící síly:

$$V_{ed} = 8 \text{ kN} \quad N_{ed} = 225 \text{ kN}$$
$$M_{ed} = e \cdot V_{ed} = 0,17 \cdot 8 = 1,36 \text{ kNm}$$

#### Parametry svaru:

$$a = 4 \text{ mm} \quad l = 400 \text{ mm}$$
$$\beta = 0,9 \quad Y_{mw} = 1,25$$
$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} = \frac{V}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{8 \cdot 1000}{2 \cdot 4 \cdot 400} = \tau_{II} = 2,50 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N}{2 \cdot a \cdot l \cdot \sqrt{2}} + \frac{M_{ed}}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot l^2 \cdot \sqrt{2}} =$$
$$\frac{225 \cdot 1000}{2 \cdot 4 \cdot 400 \cdot \sqrt{2}} + \frac{1,36 \cdot 10^6}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 4 \cdot 400^2 \cdot \sqrt{2}} = 54,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{Y_{m,w}}$$

$$54,3 \leq 0,9 \cdot \frac{510}{1,25}$$

$$54,3 \leq 367 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

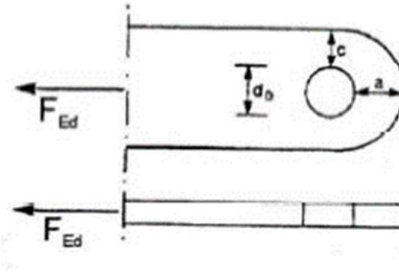
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{II}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{m,w}}$$
$$\sqrt{54,3^2 + 3 \cdot 54,3^2 + 3 \cdot 2,5^2} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$109 \leq 453,3 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Navrhují koutový svar a=4mm L=400mm

## Návrh a posouzení čepu:



obr. č. 35 - Schéma čepu štítový oblouk - vrchol

$d_0 =$	42	mm	$d =$	40	mm
$V_{ed} =$	8	kN	$N_{ed,tlak} =$	225	kN

$$F_{v,e,d} = \sqrt{V_d^2 + N_{d,tlak}^2} = \sqrt{8^2 + 225^2} = 225,142 \text{ kN}$$

### Minimální tloušťka:

$$t \geq 0,7 * \sqrt{\frac{F_{v,e,d} * Y_{M0}}{f_y}} = 0,7 * \sqrt{\frac{225,142 * 1000 * 1,0}{355}} = 17,6 = 20 \text{ mm}$$

### Rozměry:

$$a \geq \frac{F_{v,e,d} * Y_{M0}}{2 * t * f_y} + \frac{2 * d_0}{3} = \frac{225142 * 1,0}{2 * 20 * 355} + \frac{2 * 42}{3} = 43 = \text{min}45 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_{v,e,d} * Y_{M0}}{2 * t * f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{225142 * 1,0}{2 * 20 * 355} + \frac{42}{3} = 29,9 = \text{min}30 \text{ mm}$$

### Smyková únosnost čepu:

$$F_{v,r,d} = \frac{2 * 0,6 * A * f_{ub}}{Y_{M2}} = \frac{2 * 0,6 * \frac{\pi * 40^2}{4} * 510}{1,25} = 615,3 \text{ kN}$$

### Ohybový moment působící na čep:

$$M_{e,d} = \frac{F_{v,e,d}}{8} * (t + 4 * t_0 + 2 * t_1) = \frac{225142}{8} * (20 + 4 * 2 + 2 * 15) = 1,6 \text{ kNm}$$

### Ohybová únosnost čepu:

$$M_{r,d} = 1,5 * W_{el} * \frac{f_y}{Y_{m0}} = 1,5 * \frac{\pi * 40^3}{32} * \frac{355}{1,0} = 3,4 \text{ kNm}$$

### Kombinace:

$$\left(\frac{M_{e,d}}{M_{r,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,e,d}}{F_{v,r,d}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{1,6}{3,4}\right)^2 + \left(\frac{225,142}{615,3}\right)^2 \leq 1$$

$$0,45 < 1$$

Vyhovuje

**Únosnost čepu v otláčení:**

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 * t * d * f_y}{Y_m} = \frac{1,5 * 15 * 40 * 355}{1,0} = 319 \text{ kN}$$

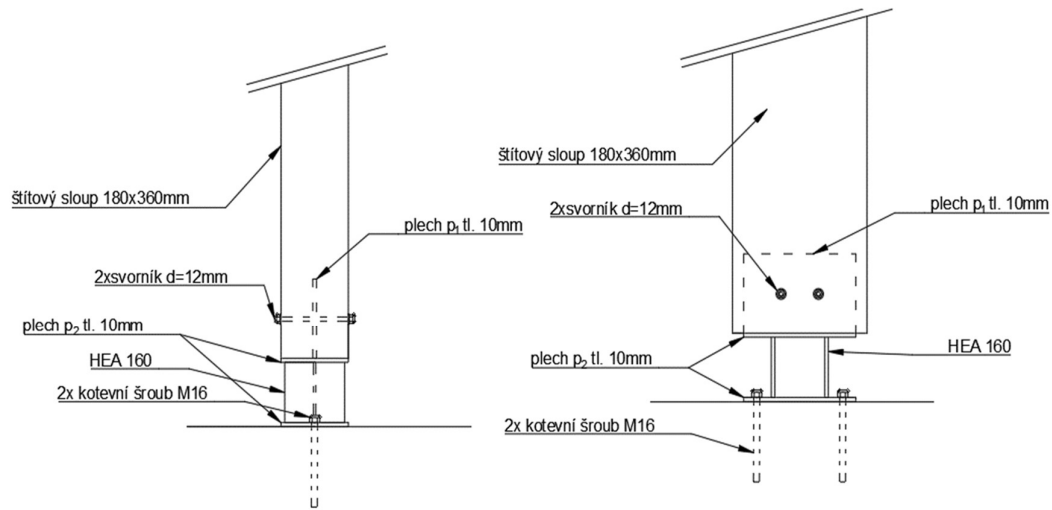
**Vyhovuje**

**Posouzení plechu p<sub>2</sub>:**

Tloušťka plechu p<sub>2</sub> je totožná s tloušťkou plechu p<sub>2</sub> navrženou v rámci patky štítového oblouku.



## Návrh spoje štítový sloup – patka



obr. č. 36 - Schéma připoje patky štítového sloupu

### Parametry spoje:

h=	360 mm	b=	180 mm
d <sub>svorník</sub> =	12 mm	t <sub>p</sub> =	10 mm
t <sub>1</sub> =	85 mm	f <sub>uk</sub> =	500 MPa
l <sub>p</sub> =	300 mm	b <sub>p</sub> =	180 mm
ρ <sub>k</sub> =	425 kg/m <sup>3</sup>	h <sub>p</sub> =	200 mm
Y <sub>M</sub> =	1,3	A <sub>s</sub> =	84,3 mm <sup>2</sup>
f <sub>yk</sub> =	400 MPa	k <sub>mod</sub> =	0,7

Podložka : 44/13 mm

Počet řad: 2

Počet svorníků v řadě: 1

### Působící síly:

V <sub>ed</sub> =	20,8 kN	N <sub>ed,tlak</sub> =	6,58 kN
-------------------	---------	------------------------	---------

### Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku (α=90°):

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 12) * 425 = 30,67 \text{ MPa}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{30,67}{1,53 * \sin(90)^2 + \cos(90)^2} = 20,04 \text{ MPa}$$

### Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 500 * 12^{2,6} = 95931,8 \text{ Nmm}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d = 1,35 + 0,015 * 12 = 1,53$$

### Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

1)  $F_{axRk} = 10023/4$

2)  $F_{axRk} = (A_s * f_{uk} / 1,25) / 4$

$F_{axRk} = 2505,75 \text{ N}$

$F_{axRk} = (0,9 * 84,3 * 500 / 1,25) / 4$

$F_{axRk} = 7587 \text{ N}$

$$F_{axRk}=11048/4$$

$$F_{axRk}=(A_{net} * f_{c90k} * 3)/4$$

$$F_{axRk}=(1387 * 2,5 * 3)/4$$

$$F_{axRk}=2762 \text{ N}$$

$$F_{axRk}=2600 \text{ N}$$

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:**

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} f_{h,90,k} * t_1 * d \\ f_{h,90,k} * t_1 * d * \left( \sqrt{2 + \frac{4 * M_{yrk}}{f_{h,90,k} * d * t_1^2}} - 1 \right) + 2,5 \\ 2,3 * \sqrt{M_{yrk} * f_{h,90,k} * d} + 2,5 \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 20,4 \text{ kN} \\ 12,52 \text{ kN} \\ 13,5 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$$F_{vrk}=12,52 \text{ kN}$$

**Efektivní číslo:**

$$n_{ef}=1$$

**Počet svorníků:**

$$F_{vrd}=F_{vrk} * k_{mod} / \gamma_m = 12,52 * 0,7 / 1,3$$

$$F_{vrd}=6,742 \text{ kN}$$

$$F_{vrd} = \text{stříh} * n_{ef} * F_{vrd} * \text{počet řad}$$

$$F_{vrd} = 2 * 1 * 6,742 * 2$$

$$F_{vrd}=26,97 \text{ kN}$$

**Posouzení:**

$$26,97 > 20,8 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**

**Rozteče:**

$$a_2=100 \text{ mm} \quad a_{3t}=100 \text{ mm}$$

$$a_{4t}=130 \text{ mm}$$

**Posouzení roztržení:**

$$F_{90,Rk} = 14 * b * w * \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 14 * 180 * 1 * \sqrt{\frac{230}{\left(1 - \frac{230}{360}\right)}}$$

$$F_{90,Rk}=63,60 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd}=35,61 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} > V_{ed}$$

$$35,61 > 20,8 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**

**Navrhují 2 svorníky. d=12mm**

### Posouzení plechu p<sub>1</sub>:

$$A_{p,osl} = (l_p - n) * d_0 * t_p = (300 - 2 * 13) * 10$$
$$A_{p,osl} = 2740 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,lny} = l_p * t_p = 300 * 10$$
$$A_{p,lny} = 3000 \text{ mm}^2$$

### Smyková únosnost plechu:

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} * \frac{fy}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{2740 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 562 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A * \frac{fy}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{3000 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 615 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,osl} > V_{ed}$$
$$562 > 20,8 \text{ kN}$$

Vyhovuje

### Únosnost otláčení plechu:

$$F_{b,r,d} = \frac{k_l * \alpha * f_u * d * t}{Y_{m2}} = \frac{2,5 * 0,98 * 510 * 12 * 10}{1,25} = 120 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}\right) \alpha = \min\left(\frac{100}{3 * 13}; \frac{500}{510}; 1; \frac{100}{3 * 13} - \frac{1}{4}\right)$$

$$\alpha = 0,98$$

$$k_l = \min\left(2,5; 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7\right) k_l = \min\left(2,5; 2,8 * \frac{100}{13} - 1,7; 1,4 * \frac{0}{13} - 1,7\right)$$

$$k_l = 2,5$$

$$V_{ed}/2 \leq F_{b,r,d}$$

$$10,4 \leq 120 \text{ kN}$$

Vyhovuje

### Posouzení otláčení:

$$A_{p,otl} = b_p * l_p = 180 * 300$$

$$A_{p,otl} = 54000 \text{ mm}^2$$

$$N_{tlak} = N_{ed} / A_{p,otl} = 6,58 * 10^3 / 54000$$

$$N_{tlak} = 0,12 \text{ MPa}$$

$$N_{tlak} < f_{c0gd}$$
$$0,12 < 15,68 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

### Posouzení svaru:

Při návrhu svaru konzervativně uvažuji svar pouze na stojině HEA. Ve výsledku bude ovšem HEA ovařeno celé.

#### Působící síly:

$$e = 250 \text{ mm}$$

$$M_{ed,excn.} = V_{ed} * e = 20,8 * 0,25$$

$$V_{ed} = 20,8 \text{ kN}$$

$$M_{ed,excn.} = 5,2 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = 6,58 \text{ kN}$$

#### Parametry svaru:

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

$$l = 150 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,9$$

$$Y_{mw} = 1,25$$

$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} = \frac{V}{2 * a * l} = \frac{20,8 * 1000}{2 * 4 * 150} = \tau_{II} = 17,33 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{M_{ed}}{2 * \frac{1}{6} * a * l^2 * \sqrt{2}} + \frac{N_{ed}}{2 * a * l * \sqrt{2}} =$$

$$\frac{5,2 * 10^6}{2 * \frac{1}{6} * 4 * 150^2 * \sqrt{2}} + \frac{6,58 * 1000}{2 * 4 * 150 * \sqrt{2}} = 128 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 * \frac{f_u}{Y_{m,w}}$$

$$128 \leq 0,9 * \frac{510}{1,25}$$

$$128 \leq 367 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\perp}^2 + 3 * \tau_{II}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w * Y_{m,w}}$$

$$\sqrt{128^2 + 3 * 128^2 + 3 * 17,3^2} \leq \frac{510}{0,9 * 1,25}$$

$$256 \leq 453,3 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Navrhují koutový svar a=4mm

### Posouzení HEA 160:

Působící síly:

$$V_{ed} = 20,8 \text{ kN} \quad N_{ed,tlak} = 6,58 \text{ kN}$$

Parametry HEA:

$$L_{c_{y,z}} = 0,15 \text{ m} \quad A = 3877 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} = 1321 \text{ mm}^2 \quad i_y = 65,7 \text{ mm}$$

$$i_z = 39,8 \text{ mm}$$

Posouzení tlak:

třída průřezu: 2

křivka vzpěrnosti y = b

křivka vzpěrnosti z = c

$$\lambda_y = \frac{l_{cr_y}}{i_y} = \frac{150}{65,7} = 2,29$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr_z}}{i_z} = \frac{150}{39,8} = 3,77$$

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{2,29}{93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}}} = 0,03$$

$$\lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{3,77}{93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}}} = 0,05$$

$$\chi = 1 \quad \chi = 1$$

$$N_{b,Rd} = \chi * \frac{A * f_y}{Y_m} = 1 * \frac{3877 * 355}{1,0} = 1376 \text{ kN}$$

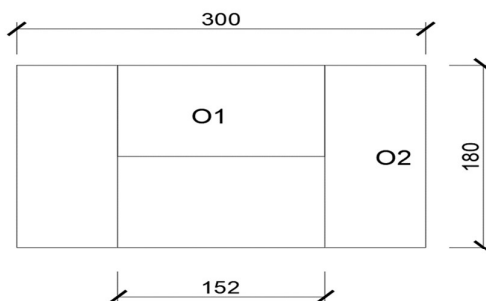
Vyhovuje

Posouzení smyk:

$$V_{b,Rd} = \frac{A_{vz} * f_y / \sqrt{3}}{Y_m} = \frac{1321 * 355 / \sqrt{3}}{1,0} = 270 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Posouzení plechu p<sub>2</sub>:



obr. č. 37 - Schéma plechu p<sub>2</sub>

Oblast1:

$$a/b = 152/90 = 1,69$$

$$k = 0,155$$

$$M_{ed} = V_{ed} * 0,250 = 20,8 * 0,25 = 5,2 \text{ kNm}$$

Maximální tlak:

$$F_{tlak} = M_{ed} / (7/8 * 0,265) = 5,2 / (7/8 * 0,265) = 22,5 \text{ kN}$$

$$p = N_{ed} / A + F_{tlak} / (A * 1/4) = 6580 / (300 * 180) + 22500 / (300 * 1/4 * 180) = 1,77 \text{ Nmm}^2$$

$$M_n = p * k * a * b$$

$$M_n = 1,77 * 0,155 * 152 * 90$$

$$M_n = 3753,1 \text{ Nmm/mm}$$

$$t_p = \sqrt{\frac{6 * M_{ed} * Y_m}{1 * f_y}} = \sqrt{\frac{6 * 3753,1 * 1,0}{1 * 355}} = 7,96 \text{ mm}$$

Oblast2:

$$M_n = p * 74 * 37 = 1,77 * 74 * 37 = 4846,26 \text{ Nmm/mm}$$

$$t_p = \sqrt{\frac{6 * M_{ed} * Y_m}{1 * f_y}} = \sqrt{\frac{6 * 4846,26 * 1,0}{1 * 355}} = 9,05 \text{ mm}$$

**Volím tloušťku plechu p<sub>2</sub>=10mm**

**Tlaková únosnost:**

Beton C 25/30

$$f_{jd} = \beta * k * f_{cd} = \frac{2}{3} * 1 * 16,7 = 11,13$$

$$c = t * \sqrt{\frac{f_y}{3 * f_{jd} * Y_m}} = 10 * \sqrt{\frac{355}{3 * 11,13 * 1,0}} = 31 \text{ mm}$$

$$A_{\text{eff}} = 10140 \text{ mm}^2$$

$$N_{rd} = \frac{A_{\text{eff}} * f_{jd}}{Y_m} = \frac{10140 * 11,13}{1,0} = 112 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} N_{Rd} & > & N_{ed} \\ \mathbf{112} & > & 6,58 \text{ kN} \end{array}$$

Vyhovuje

**Posouzení kotevních šroubů:****Únosnost kotevních šroubů na střih:**

$$F_{v,rd} = \frac{0,5 * f_{ub} * A_s}{Y_{m2}} = \frac{0,5 * 500 * 157}{1,25} = 31,4 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} n = & & 2 \text{ ks} \\ F_{v,Rd} = & & 62,8 \text{ kN} \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} F_{v,Rd} & > & V_{ed} \\ \mathbf{62,8} & > & 20,8 \text{ kN} \end{array}$$

Vyhovuje

**Únosnost kotevních šroubů na tah:**

$$F_{tah} = \text{Med} / (7/8 * 0,265) = 5,2 / (7/8 * 0,265) = 22,5 \text{ kN}$$

$$F_{t,rd} = \frac{0,63 * f_{ub} * A_s}{Y_{m2}} = \frac{0,63 * 500 * 157}{1,25} = 39,6 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} F_{t,Rd} & > & N_{ed,tah} \\ \mathbf{39,6} & > & 22,5 \text{ kN} \end{array}$$

Vyhovuje

**Kombinace:**

$$\frac{V_{ed}}{F_{vrd}} + \frac{N_{ed,tah}}{1,4 * F_{trd}} \leq 1$$

$$\frac{10,4}{31,4} + \frac{22,5}{1,4 * 39,6} \leq 1$$

$$\mathbf{0,75} < 1$$

Vyhovuje

**Únosnost kotevních šroubů na protlačení:**

$$B_{p,rd} = \frac{0,6 * \pi * d_m * t_p * f_u}{Y_{m2}} = \frac{0,6 * 3,14 * 25,85 * 10 * 510}{1,25} = 198 \text{ kN}$$

$$B_{p,Rd} \geq N_{tah}$$

$$198 \geq 22,5 \text{ kN}$$

Vyhovuje

**Navrhují dva kotevní šrouby M16.**

**Kotvení bude provedeno pomocí chemické kotvy HILTI HIT HY 200-A.**

Minimální hloubka kotvy M16 (kotva HIT V 5.8)  $h_{\text{eff,min}}=80\text{mm}$

Délka kotvy  $d_{\text{zvol.}}=150\text{mm}$

Minimální rozteče od kraje betonu  $c_{\text{min}}=50\text{mm}$

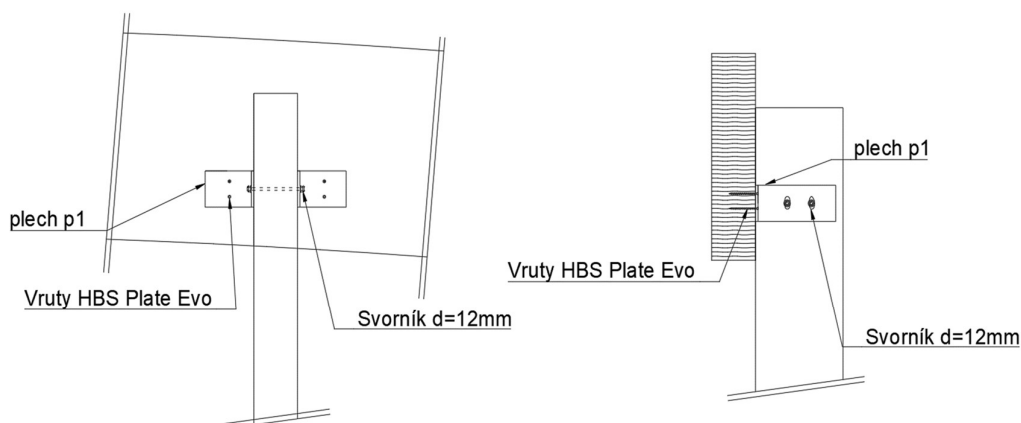
Minimální rozteče mezi kotvami  $s=75\text{mm}$

Minimální únosnost kotvy při dostatečné hloubce a tloušťce betonového prvku:

$F_{\text{tahmin}}= 33,5 \text{ kN}$        $F_{\text{smykmin}}= 31,2 \text{ kN}$

**Vyhovuje**

## Návrh spoje štítový sloup – vazník



obr. č. 38 - Schéma připoje štítového sloupu na vazník

### Parametry spoje:

h=	360 mm	b=	180 mm
d <sub>svorník</sub> =	12 mm	t <sub>p</sub> =	10 mm
t <sub>2</sub> =	180 mm	f <sub>uk</sub> =	500 MPa
l <sub>p</sub> =	330 mm	l <sub>p,vazník</sub> =	200 mm
ρ <sub>k</sub> =	425 kg/m <sup>3</sup>	h <sub>p</sub> =	140 mm
Y <sub>M</sub> =	1,3	A <sub>s</sub> =	84,3 mm <sup>2</sup>
f <sub>yk</sub> =	400 MPa	k <sub>mod</sub> =	0,7

Podložka : 44/13 mm

Počet řad: 2

Počet svorníků v řadě: 1

### Působící síly:

V<sub>ed,tah</sub>= 20,8 kN

V<sub>ed,tlak</sub>= 12,6 kN

### Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku (α=90°):

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 12) * 425 = 30,67 \text{ MPa}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h0k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{30,67}{1,53 * \sin(90)^2 + \cos(90)^2} = 20,04 \text{ MPa}$$

### Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 500 * 12^{2,6} = 95931,8 \text{ Nmm}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d = 1,35 + 0,015 * 12 = 1,53$$

### Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

1)  $F_{axRk} = 11233/4$

2)  $F_{axRk} = (0,9 * A_s * f_{uk} / 1,25) / 4$

$$F_{axRk} = (0,9 * 84,3 * 500 / 1,25) / 4$$

$$F_{axRk} = 2800 \text{ N}$$

$$F_{axRk} = 7587 \text{ N}$$



$$F_{axRk} = (A_{net} * f_{c90k} * 3) / 4$$

$$F_{axRk} = (1387 * 2,5 * 3) / 4$$

$$F_{axRk} = 2600 \text{ N}$$

Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:

$$F_{v,R} = \min \left[ \begin{array}{l} 0,5 * f_{h,90,k} * t_2 * d \\ 2,3 * \sqrt{M_{y,R,k} * f_{h,90,k} * d} + 2,6 \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 22,4 \text{ kN} \\ 13,8 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$$F_{vrk} = 13,8 \text{ kN}$$

Efektivní číslo:

$$n_{ef} = 1$$

Počet svorníků:

$$F_{vrd} = F_{vrk} * k_{mod} / \gamma_m = 13,8 * 0,7 / 1,3$$

$$F_{vrd} = 7,431 \text{ kN}$$

$$F_{vrd} = \text{stříh} * n_{ef} * F_{vrd} * \text{počet řad}$$

$$F_{vrd} = 2 * 1 * 7,431 * 2$$

$$F_{vrd} = 29,72 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$29,72 > 20,8 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Rozteče:

$$a_2 = 100 \text{ mm} \quad a_{4t} = 130 \text{ mm}$$

Posouzení roztržení:

$$F_{90,Rk} = 14 * b * w * \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 14 * 180 * 1 * \sqrt{\frac{230}{\left(1 - \frac{230}{360}\right)}}$$

$$F_{90,Rk} = 63,60 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} = 35,61 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} > V_{ed}$$

$$35,61 > 20,8 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Navrhují 2 svorníky. d=12mm

### Posouzení plechu p<sub>1</sub>:

$$A_{p,osl} = (h_p - d_0) * t_p = (140 - 13) * 10$$
$$A_{p,osl} = 1270 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,plný} = h_p * t_p = 140 * 10$$
$$A_{p,plný} = 1400 \text{ mm}^2$$

### Únosnost plechu v tahu:

$$N_{pL,Rd} = \frac{A * f_y}{Y_m} = \frac{1400 * 355}{1,0} = 497 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{A_s * f_u}{Y_m} * 0,9 = \frac{1270 * 510}{1,25} * 0,9 = 466 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} > V_{ed}$$

<b>466</b>	>	<b>20,8</b>	kN	<b>Vyhovuje i s jedním plechem</b>
------------	---	-------------	----	------------------------------------

### Únosnost otláčení plechu:

$$F_{b,r,d} = \frac{k_l * \alpha * f_u * d * t}{Y_{m2}} = \frac{2,5 * 0,98 * 510 * 12 * 10}{1,25} = 120 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}\right) \quad \alpha = \min\left(\frac{100}{3 * 13}; \frac{500}{510}; 1; \frac{100}{3 * 13} - \frac{1}{4}\right)$$

$$\alpha = 0,98$$

$$k_l = \min(2,5; 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7) \quad k_l = \min(2,5; 2,8 * \frac{70}{13} - 1,7; 1,4 * \frac{0}{13} - 1,7)$$

$$k_l = 2,5$$

$$V_{ed}/2 \leq F_{b,r,d}$$

$$10,4 \leq 120 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**

### Posouzení otláčení do vazníku:

$$A_{p,otl} = h_p * l_{p,vaz} = 140 * 200 * 2$$

$$A_{p,otl} = 56000 \text{ mm}^2$$

$$N_{tlak} = V_{tlak} / A_{p,otl} = 12,6 * 10^3 / 56000$$

$$N_{tlak} = 0,225 \text{ MPa}$$

$$N_{tlak} < f_{c90gd}$$

<b>0,225</b>	<	<b>1,4</b>	MPa	<b>Vyhovuje</b>
--------------	---	------------	-----	-----------------

### Návrh kotevních vrutů :

#### Únosnost kotevních vrutů na vytažení:

Proti vytažení z vazníku byly navrženy vruty Rothoblaas HBS Plate Evo.

$$d = 10 \text{ mm} \quad l = 120 \text{ mm}$$

Charakteristická únosnost vrutu délky 120 mm při  $\alpha = 90^\circ$ .  $R_{uk} = 12 \text{ kN}$ .

$$R_{ud} = R_{uk} * k_{mod} / Y_m = 12 * 0,7 / 1,3 = 6,5 \text{ kN}$$

$$n = 4 \text{ kusy}$$

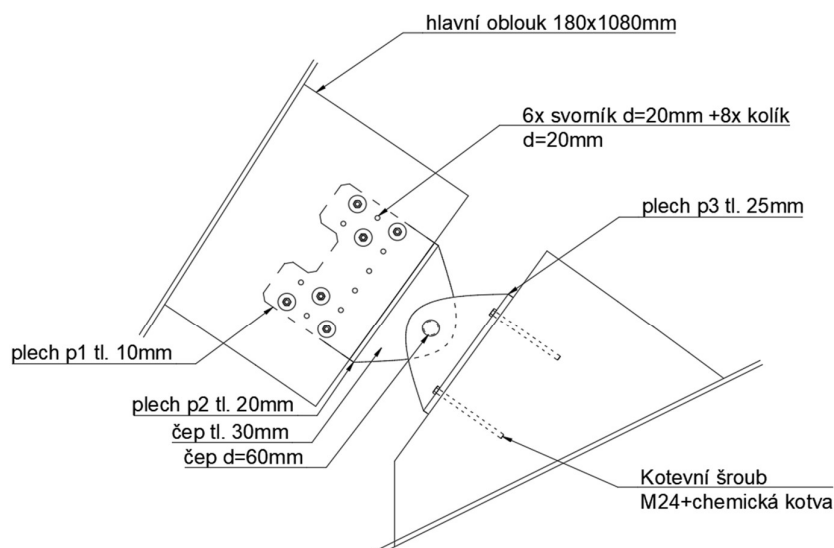
$$R_{ud,c} = n * R_{ud} = 4 * 6,5 = 26 \text{ kN}$$

$$R_{ud} > V_{ed}$$

<b>26</b>	>	<b>20,8</b>	kN	<b>Vyhovuje</b>
-----------	---	-------------	----	-----------------

**Navrhují čtyři vruty d=10mm l=120mm Rothoblaas HBS Plate Evo.**

## Návrh spoje hlavní oblouk – patka



obr. č. 39 - Schéma připoje patky hlavního nosného oblouku

Spoj bude proveden pomocí kolíků a svorníků  $d=20\text{mm}$ .

### Parametry spoje:

$h=$	1080 mm	$b=$	180 mm
$d_{\text{svorník}}=$	20 mm	$t_p=$	10 mm
$t_1=$	85 mm	$f_{uk}=$	500 MPa
$I_p=$	600 mm	$b_p=$	180 mm
$\rho_k=$	425 kg/m <sup>3</sup>	$h_p=$	450 mm
$Y_M=$	1,3	$A_s=$	245 mm <sup>2</sup>
$f_{yk}=$	400 MPa	$k_{\text{mod}}=$	0,7

Podložka : 72/22 mm

Počet řad: 6

Počet spoj. prostř. v řadě: 1 -3

### Působící síly:

$V_{ed}= 36,2 \text{ kN}$        $N_{ed,tlak}= 557 \text{ kN}$

$N_{ed,tah}= 29 \text{ kN}$

### Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku ( $\alpha=90^\circ$ ):

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 20) * 425 = 27,88 \text{ MPa}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h0k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{27,88}{1,65 * \sin(90)^\circ + \cos(90)^\circ} = 16,9 \text{ MPa}$$

### Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 500 * 20^{2,6} = 362050 \text{ Nmm}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d = 1,35 + 0,015 * 20 = 1,65$$

### Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

1)	$F_{axRk}=17913/4$		2)	$F_{axRk}=(0,9 \cdot A_s \cdot f_{uk}/1,25)/4$
				$F_{axRk}=(0,9 \cdot 245 \cdot 500/1,25)/4$
	$F_{axRk}=$	<b>4478,25 N</b>		$F_{axRk}=$ 22050 N
	$F_{axRk}=25835/4$			$F_{axRk}=(A_{net} \cdot f_{c90k} \cdot 3)/4$
				$F_{axRk}=(3691 \cdot 2,5 \cdot 3)/4$
	$F_{axRk}=$	6458,75 N		$F_{axRk}=$ 6920 N

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku (smyk):**

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} f_{h,90,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,90,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left( \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{yrk}}{f_{h,90,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + 4,4 \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{yrk} \cdot f_{h,90,k} \cdot d} + 4,4 \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 29,6 \text{ kN} \\ 22,2 \text{ kN} \\ 30,16 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$F_{vrk} = 22,2 \text{ kN}$

**Efektivní číslo:**

$n_{ef} = 1$

**Počet svorníků:**

$F_{vrd} = F_{vrk} \cdot k_{mod} / \gamma_m = 22,2 \cdot 0,7 / 1,3$

$F_{vrd} = 11,954 \text{ kN}$

$F_{vrd} = \text{stříh} \cdot n_{ef} \cdot F_{vrd} \cdot \text{počet řad}$

$F_{vrd} = 2 \cdot 1 \cdot 11,954 \cdot 2$

$F_{vrd} = 47,82 \text{ kN}$

**Posouzení:**

**47,82** > 36,2 kN

**Vyhovuje**

**Na smyk navrhuji dva kolíky.**

**Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku ( $\alpha=0^\circ$ ):**

$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 425 = 27,88 \text{ MPa}$

$M_{y,r,k} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 500 \cdot 20^{2,6} = 362050 \text{ Nmm}$

**Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:**

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

1)	$F_{axRk}=25407/4$		2)	$F_{axRk}=(A_s \cdot f_{uk}/1,25)/4$
				$F_{axRk}=(245 \cdot 500/1,25)/4$
	$F_{axRk}=$	<b>6351,75 N</b>		$F_{axRk}=$ 24500 N

$$F_{axRk} = 32679/4$$

$$F_{axRk} = (A_{net} * f_{c90k} * 3)/4$$

$$F_{axRk} = (3691 * 2,5 * 3)/4$$

$$F_{axRk} =$$

$$8169,75 \text{ N}$$

$$F_{axRk} =$$

$$6920 \text{ N}$$

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku (tah):**

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} f_{h,0,k} * t_1 * d \\ f_{h,0,k} * t_1 * d * \left( \sqrt{2 + \frac{4 * M_{yRk}}{f_{h,0,k} * d * t_1^2}} - 1 \right) + 6,3 \\ 2,3 * \sqrt{M_{yRk} * f_{h,0,k} * d} + 6,3 \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 47,4 \text{ kN} \\ 31,7 \text{ kN} \\ 39,04 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$$F_{vrk} = 31,7 \text{ kN}$$

**Efektivní číslo:**

$$n_{ef} = n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 * d}} = 3^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{100}{13 * 20}} = 2,2$$

**Počet svorníků:**

$$F_{vrd} = F_{vrk} * k_{mod} / \gamma_m = 31,7 * 0,7 / 1,3$$

$$F_{vrd} = 17,069 \text{ kN}$$

$$F_{vrd} = \text{stříh} * n_{ef} * F_{vrd} * \text{počet řad}$$

$$F_{vrd} = 2 * 2,2 * 17,069 * 4$$

$$F_{vrd} = 300,42 \text{ kN}$$

**Posouzení:**

$$300,42$$

>

$$29 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**

**Na tah navrhuji šest kolíků a šest svorníků.**

**Posouzení kombinace na spojovací prvky:**

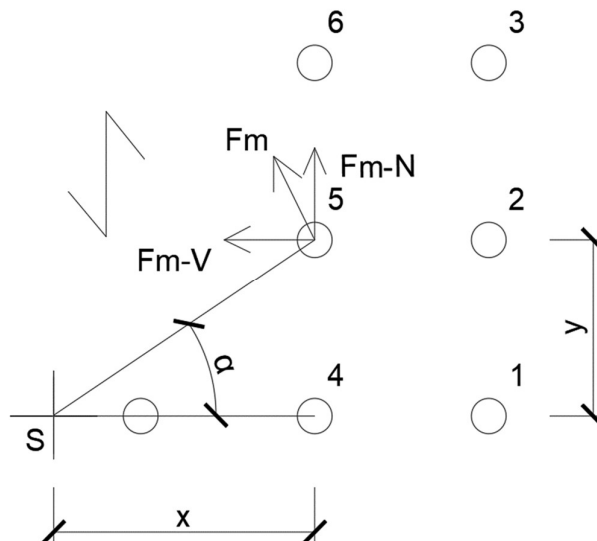
$$M_{ex} = e * V_{ed} = 0,345 * 36,2 = 12,5 \text{ kNm}$$

$$F_{mo} = M_{ed} * \frac{r_1}{(3 * r_1^2 + 3 * r_2^2)} = 12,5 * 10^6 * \frac{250}{(3 * 250^2 + 3 * 150^2)} = 12,4 \text{ kN}$$

$$F_{mi} = M_{ed} * \frac{r_2}{(3 * r_1^2 + 3 * r_2^2)} = 12,5 * 10^6 * \frac{150}{(3 * 250^2 + 3 * 150^2)} = 7,4 \text{ kN}$$

$$F_{tah} = 29 / 12 = 2,5 \text{ kN}$$

Schéma:



obr. č. - 40 Schéma rozkladu sil na spojovací prostředky - hlavní oblouk patka

Použité vzorce:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{y}{x}\right)$$

$$F_{výsl} = \sqrt{(F_{m-N} + F_{tah})^2 + (F_{m-V} + F_{smyk})^2}$$

$$F_{m-V} = \sin(\alpha) * F_m$$

$$F_{m-N} = \cos(\alpha) * F_m$$

$$F_{vr\beta d} = F_{vr\beta d} / n * n_{ef}$$

č. kolíku	$F_m$ (kN)	x (mm)	y (mm)	$\alpha$ (rad)	$F_{m-V}$ (kN)	$F_{m-N}$ (kN)	$F_{tah}$ (kN)
1	12,4	250	0	0,00	0,00	12,40	2,5
2	12,4	250	100	0,38	4,61	11,51	2,5
3	12,4	250	200	0,67	7,75	9,68	2,5
4	7,4	150	0	0,00	0,00	7,40	2,5
5	7,4	150	100	0,59	4,10	6,16	2,5
6	7,4	150	200	0,93	5,92	4,44	2,5

$F_{smyk}$ (kN)	$F_{výsl}$ (kN)	$\beta$ (°)	$F_{R\beta d}$ (kN)	
0	15,00	0,00	20,10	vyhovuje
0	14,80	18,20	19,00	vyhovuje
0	14,50	32,45	17,50	vyhovuje
0	10,00	0,00	20,10	vyhovuje
0	9,70	25,37	18,30	vyhovuje
0	9,25	40,47	16,70	vyhovuje

Tab.: 5 - Výpočet kombinací na spojovací prostředky - patka hlavní oblouk

Rozteče:

$a_2 =$	100 mm	$a_{3t} =$	150 mm
$a_{4t} =$	290 mm	$a_1 =$	100 mm

**Posouzení roztržení:**

$$F_{90,Rk} = 14 * b * w * \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 14 * 180 * 1 * \sqrt{\frac{790}{\left(1 - \frac{790}{1080}\right)}}$$

$$F_{90,Rk} = 136,69 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} = 76,54 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} > V_{ed}$$

$$76,54 > 36,2 \text{ kN}$$

Vyhovuje

**Navrhují celkem 14 spojovacích prostředků. d=20mm**
**Posouzení plechu p<sub>1</sub>:****Smyková únosnost plechu:**

$$A_{p,osl} = (l_p - n * d_0) * t_p = (600 - 6 * 21) * 10$$

$$A_{p,osl} = 4740 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,lny} = l_p * t_p = 600 * 10$$

$$A_{p,lny} = 6000 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{4740 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 971 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{6000 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 1230 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,osl} > V_{ed}$$

$$971 > 36,2 \text{ kN}$$

Vyhovuje

**Únosnost plechu v tahu:**

$$A_{p,osl} = 4740 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,lny} = 6000 \text{ mm}^2$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{Y_m} = \frac{6000 * 355}{1,0} = 2130 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{A_s * f_u}{Y_m} * 0,9 = \frac{4740 * 510}{1,25} * 0,9 = 1740 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} > N_{tah}$$

$$1740 > 29 \text{ kN}$$

Vyhovuje

**Únosnost otláčení plechu:**

$$F_{b,r,d} = \frac{k_l * \alpha * f_u * d * t}{Y_{m2}} = \frac{2,5 * 0,79 * 510 * 20 * 10}{1,25} = 161 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}\right) \quad \alpha = \min\left(\frac{50}{3 * 21}; \frac{500}{510}; 1; \frac{100}{3 * 21} - \frac{1}{4}\right)$$

$$\alpha = 0,79$$

$$k_l = \min(2,5; 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7) \quad k_l = \min(2,5; 2,8 * \frac{150}{21} - 1,7; 1,4 * \frac{100}{21} - 1,7)$$

$$k_l = 2,5$$

$$F_{výsl} \leq F_{b,r,d}$$

$$15,0 \leq 161 \text{ kN}$$

Vyhovuje

**Posouzení ohybové únosnosti oslaběného plechu:**

$$M_{yd} = V_{zd} * e = 36,2 * 0,345 = 12,6 \text{ kNm}$$

průřez třídy: II

$$W_{pl} = 1/4 * 10 * (600 - 6 * 21)^2 = 561690 \text{ mm}^3$$

$$M_{cRd} = \frac{W_{pl} * f_y}{Y_m} = \frac{561690 * 355}{1} = 199 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} > M_{yd}$$

$$199 > 12,6 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

**Posouzení otláčení:**

$$A_{p,otl} = b_p * I_p = 180 * 600$$

$$A_{p,otl} = 108000 \text{ mm}^2$$

$$N_{tlak} = N_{ed} / A_{p,otl} = 557 * 10^3 / 108000$$

$$N_{tlak} = 5,157 \text{ MPa}$$

$$N_{tlak} < f_{c0gd}$$

$$5,157 < 15,68 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

**Posouzení svaru:****Působící síly:**

$$V_{ed} = 36,2 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 557 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = e * V_{ed} = 0,175 * 36,2 = 6,42 \text{ kNm}$$

**Parametry svaru:**

$$a = 5 \text{ mm}$$

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

$$\beta = 0,9$$

$$Y_{mw} = 1,25$$

$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} = \frac{V}{2 * a * l} = \frac{36,2 * 1000}{2 * 5 * 600} = \tau_{II} = 6,11 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N}{2 * a * l * \sqrt{2}} + \frac{M_{ed}}{2 * \frac{1}{6} * a * l^2 * \sqrt{2}}$$

$$= \frac{557 * 1000}{2 * 5 * 600 * \sqrt{2}} + \frac{6,42 * 10^6}{2 * \frac{1}{6} * 5 * 600^2 * \sqrt{2}} = 73,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 * \frac{f_u}{Y_{m,w}}$$

$$73,2 \leq 0,9 * \frac{510}{1,25}$$

$$73,2 \leq 367 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\perp}^2 + 3 * \tau_{II}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w * Y_{m,w}}$$

$$\sqrt{73,2^2 + 3 * 73,2^2 + 3 * 6,11^2} \leq \frac{510}{0,9 * 1,25}$$

$$146,8 \leq 453,3 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

**Navrhují koutový svar a=5mm L=600mm**



### Posouzení svaru:

Svar spojující dolní část čepu a patní desku, bude dodatečně posouzen i na posouvající sílu  $V_y$ , která zde vzniká rozkladem tlakové síly  $N_{ed}$ .

#### Působící síly:

$$V_{zd} = 36,2 \text{ kN} \quad N_{ed} = N_{tlak} \cdot \sin 72^\circ = 557 \cdot \sin 72^\circ = 529 \text{ kN}$$
$$M_{ed} = e \cdot V_{ed} = 0,175 \cdot 36,2 = 6,42 \text{ kNm} \quad V_{yd} = N_{tlak} \cdot \cos 72^\circ = 557 \cdot \cos 72^\circ = 172 \text{ kN}$$

#### Parametry svaru:

$$a = 5 \text{ mm} \quad l = 600 \text{ mm}$$
$$\beta = 0,9 \quad Y_{mw} = 1,25$$
$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} = \frac{V}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{36,2 \cdot 1000}{2 \cdot 5 \cdot 600} = \tau_{II} = 6,11 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N}{2 \cdot a \cdot l \cdot \sqrt{2}} + \frac{M_{ed}}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot l^2 \cdot \sqrt{2}} + \frac{V_y}{2 \cdot a \cdot l \cdot \sqrt{2}} =$$
$$\frac{529 \cdot 1000}{2 \cdot 5 \cdot 600 \cdot \sqrt{2}} + \frac{6,42 \cdot 10^6}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 5 \cdot 600^2 \cdot \sqrt{2}} + \frac{172 \cdot 1000}{2 \cdot 5 \cdot 600 \cdot \sqrt{2}} = 93,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{Y_{m,w}}$$

$$93,2 \leq 0,9 \cdot \frac{510}{1,25}$$

$$93,2 \leq 367 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

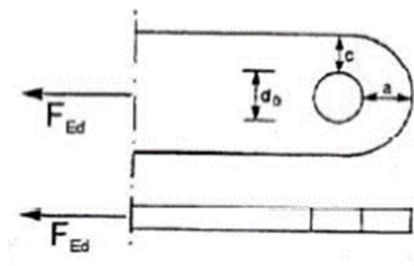
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{II}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{m,w}}$$
$$\sqrt{93,2^2 + 3 \cdot 93,2^2 + 3 \cdot 6,11^2} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$186,7 \leq 453,3 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Svar vyhoví i s uvažovanou polovinou svarové plochy.

## Návrh a posouzení čepu:



obr. č. 41 - Schéma čepu hlavní oblouk patka

$$d_0 = 62 \text{ mm} \quad d = 60 \text{ mm}$$

$$V_{ed} = 36,2 \text{ kN} \quad N_{ed,tlak} = 557 \text{ kN}$$

$$F_{v,e,d} = \sqrt{V_{ed}^2 + N_{ed,tlak}^2} = \sqrt{36,2^2 + 557^2} = 558,200 \text{ kN}$$

### Minimální tloušťka:

$$t \geq 0,7 * \sqrt{\frac{F_{v,e,d} * Y_{M0}}{f_y}} = 0,7 * \sqrt{\frac{558,200 * 1000 * 1,0}{355}} = 27,7 = 30 \text{ mm}$$

### Rozměry:

$$a \geq \frac{F_{v,e,d} * Y_{M0}}{2 * t * f_y} + \frac{2 * d_0}{3} = \frac{558200 * 1,0}{2 * 30 * 355} + \frac{2 * 62}{3} = 67 = \text{min}70 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_{v,e,d} * Y_{M0}}{2 * t * f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{558200 * 1,0}{2 * 30 * 355} + \frac{62}{3} = 46 = \text{min}50 \text{ mm}$$

### Smyková únosnost čepu:

$$F_{v,r,d} = \frac{2 * 0,6 * A * f_{ub}}{Y_{M2}} = \frac{2 * 0,6 * \frac{\pi * 60^2}{4} * 510}{1,25} = 1384 \text{ kN}$$

### Ohybový moment působící na čep:

$$M_{e,d} = \frac{F_{v,e,d}}{8} * (t + 4 * t_0 + 2 * t_1) = \frac{558200}{8} * (30 + 4 * 2 + 2 * 25) = 6,2 \text{ kNm}$$

### Ohybová únosnost čepu:

$$M_{r,d} = 1,5 * W_{el} * \frac{f_y}{Y_{m0}} = 1,5 * \frac{\pi * 60^3}{32} * \frac{355}{1,0} = 11,2 \text{ kNm}$$

### Kombinace:

$$\left(\frac{M_{e,d}}{M_{r,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,e,d}}{F_{v,r,d}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{6,2}{11,2}\right)^2 + \left(\frac{558,2}{1384}\right)^2 \leq 1$$

0,57

<

1

Vyhovuje

### Únosnost čepu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 * t * d * f_y}{Y_m} = \frac{1,5 * 25 * 60 * 355}{1,0} = 798 \text{ kN}$$

Vyhovuje

### Posouzení plechu p<sub>3</sub> - spodní plech:

$$M_{ed} = V_{ed} * 0,175 = 36,2 * 0,175 = 6,4 \text{ kNm}$$

Maximální tlak:

$$F_{tlak} = M_{ed} / (7/8 * 0,500) = 6,4 / (7/8 * 0,500) = 14,6 \text{ kN}$$

$$p = N_{ed} / A + F_{tlak} / (A * 1/4) = 557000 / (600 * 320) + 14600 / (600 * 1/4 * 320) = 3,4 \text{ Nmm}^2$$

$$M_n = p * 120 * 60 = 3,4 * 120 * 60 = 24480 \text{ Nmm/mm}$$

$$t_p = \sqrt{\frac{6 * M_{ed} * Y_m}{1 * f_y}} = \sqrt{\frac{6 * 24480 * 1,0}{1 * 355}} = 20,5 \text{ mm}$$

**Volím tloušťku plechu p<sub>3</sub>=25 mm**

### Posouzení plechu p<sub>2</sub> - horní plech:

$$M_{ed} = V_{ed} * 0,175 = 36,2 * 0,175 = 6,4 \text{ kNm}$$

Maximální tlak:

$$F_{tlak} = M_{ed} / (7/8 * 0,600) = 6,4 / (7/8 * 0,600) = 12,2 \text{ kN}$$

$$p = N_{ed} / A + F_{tlak} / (A * 1/4) = 557000 / (600 * 180) + 12200 / (600 * 1/4 * 180) = 5,6 \text{ Nmm}^2$$

$$M_n = p * 75 * 37,5 = 5,6 * 75 * 37,5 = 15750 \text{ Nmm/mm}$$

$$t_p = \sqrt{\frac{6 * M_{ed} * Y_m}{1 * f_y}} = \sqrt{\frac{6 * 15750 * 1,0}{1 * 355}} = 16,3 \text{ mm}$$

**Volím tloušťku plechu p<sub>2</sub>=20 mm**

**Tlaková únosnost:**

Beton C 25/30

$$f_{jd} = \beta * k * f_{cd} = \frac{2}{3} * 1 * 16,7 = 11,13$$

$$c = t * \sqrt{\frac{f_y}{3 * f_{jd} * Y_m}} = 25 * \sqrt{\frac{355}{3 * 11,13 * 1,0}} = 81 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = \frac{127200}{\text{mm}^2}$$

$$N_{rd} = \frac{A_{eff} * f_{jd}}{Y_m} = \frac{127200 * 11,13}{1,0} = 1415 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} N_{Rd} & > & N_{ed} \\ \mathbf{1415} & > & 529 \text{ kN} \end{array}$$

**Vyhovuje****Posouzení kotevních šroubů:****Vliv kotvení ztužidla:**Ztužidlo: N=80,4 kN  $\alpha=50^\circ$ Složka smyková:  $V_{yzt}=51,7 \text{ kN}$ Složka tahová:  $N_{zt}=61,6 \text{ kN}$ **Únosnost kotevních šroubů na stříh:**

Působící síly:

$$\begin{array}{ccc} V_{zd} = & 36,2 \text{ kN} & V_{ydr} = N_{tlak} * \cos 72^\circ = 55,7 * \cos 72^\circ = 17,2 \text{ kN} \\ & & V_{yd} = V_{ydr} + V_{yzt} = 17,2 + 51,7 = 68,9 \text{ kN} \end{array}$$

$$V_{výsl} = \sqrt{V_{yd}^2 + V_{zd}^2} = \sqrt{68,9^2 + 36,2^2} = 76,6 \text{ kN}$$

$$\text{šrouby M24} \quad A_s = 353 \text{ mm}^2$$

$$F_{v,rd} = \frac{0,5 * f_{ub} * A_s}{Y_{m2}} = \frac{0,5 * 500 * 353}{1,25} = 706 \text{ kN}$$

$$n = 4 \text{ ks}$$

$$F_{v,Rd} = 2824 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} F_{v,Rd} & > & V_{výsl} \\ \mathbf{2824} & > & 76,6 \text{ kN} \end{array}$$

**Únosnost kotevních šroubů na tah:**

$$F_{tah} = \text{Med} / (7/8 * 0,500) = 6,4 / (7/8 * 0,500) = 14,6 \text{ kN}$$

$$N_{ted,tah} = N_{tah} / 4 + F_{tah} / 2 + N_{zt} / 4 = 29 / 4 + 14,6 / 2 + 61,6 / 4 = 29,95 \text{ kN}$$

$$F_{t,rd} = \frac{0,63 * f_{ub} * A_s}{Y_{m2}} = \frac{0,63 * 500 * 353}{1,25} = 88,9 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} F_{t,Rd} & > & N_{ed,tah} \\ \mathbf{88,9} & > & 29,95 \text{ kN} \end{array}$$

**Vyhovuje****Kombinace:**

$$\frac{V_{výsl}}{F_{vrd}} + \frac{N_{ed,tah}}{1,4 * F_{trd}} \leq 1$$

$$\frac{76,6}{706} + \frac{29,95}{1,4 * 88,9} \leq 1$$

$$\mathbf{0,98} < 1$$

**Vyhovuje**

**Únosnost kotevních šroubů na protlačení:**

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 * \pi * d_m * t_p * f_u}{Y_{m2}} = \frac{0,6 * 3,14 * 38,8 * 25 * 510}{1,25} = 745 \text{ kN}$$

$$B_{p,Rd} \geq N_{ed,tah}$$

$$745 \geq 29,95 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**

**Navrhují čtyři kotevní šrouby M24.**

**Kotvení bude provedeno pomocí chemické kotvy HILTI HIT HY 200-A.**

Minimální hloubka kotvy M24 (kotva HIT V 5.8)  $h_{\text{eff,min}}=96\text{mm}$

Délka kotvy  $d_{\text{zvol.}}=300\text{mm}$

Minimální rozteče od kraje betonu  $c_{\text{min}}=60\text{mm}$

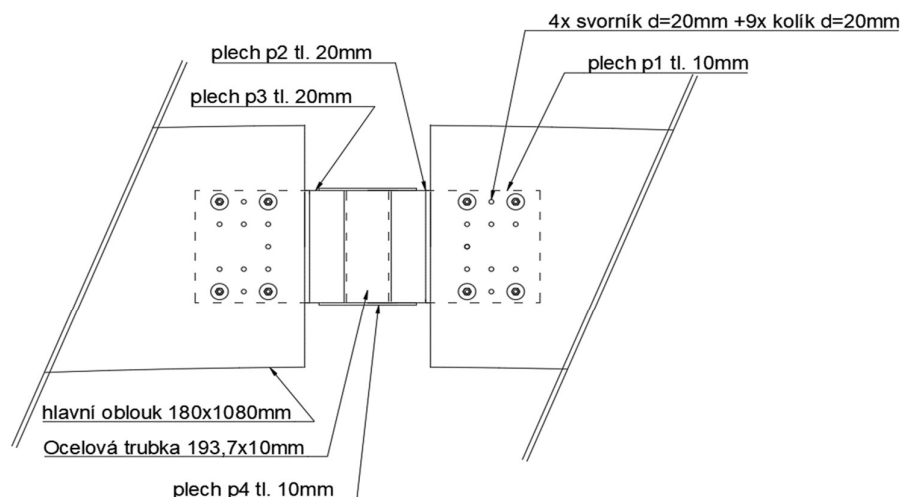
Minimální rozteče mezi kotvami  $s=115\text{mm}$

Minimální únosnost kotvy při dostatečné hloubce a tloušťce betonového prvku:

$$F_{\text{tahmin}} = 73 \text{ kN} \quad F_{\text{smykmin}} = 70 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**

## Návrh spoje hlavní oblouk – vrchol



obr. č. 42 - Schéma spoje vrcholu hlavního oblouku

Spoj bude proveden pomocí kolíků a svorníků  $d=20\text{mm}$ .

### Parametry spoje:

$h=$	1080 mm	$b=$	180 mm
$d_{\text{svorník}}=$	20 mm	$t_p=$	10 mm
$t_1=$	85 mm	$f_{\text{uk}}=$	500 MPa
$l_p=$	500 mm	$b_p=$	180 mm
$\rho_k=$	425 kg/m <sup>3</sup>	$h_p=$	450 mm
$Y_M=$	1,3	$A_s=$	245 mm <sup>2</sup>
$f_{y_k}=$	400 MPa	$k_{\text{mod}}=$	0,7

Podložka : 72/22 mm

Počet řad: 5

Počet svorníků v řadě: 1 -3

### Působící síly:

$V_{\text{ed}}=$  17 kN       $N_{\text{ed,tlak}}=$  465 kN

$N_{\text{ed,tah}}=$  51,2 kN

### Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku ( $\alpha=90^\circ$ ):

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 20) * 425 = 27,88 \text{ MPa}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h0k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{27,88}{1,65 * \sin(90)^\circ + \cos(90)^\circ} = 16,9 \text{ MPa}$$

### Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 500 * 20^{2,6} = 362050 \text{ Nmm}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d = 1,35 + 0,015 * 20 = 1,65$$

### Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

1)	$F_{axRk}=17913/4$		2)	$F_{axRk}=(0,9*A_s*f_{uk}/1,25)/4$
	$F_{axRk}=$	<b>4478,25 N</b>		$F_{axRk}=(0,9*245*500/1,25)/4$
				$F_{axRk}=$
	$F_{axRk}=25835/4$			$F_{axRk}=(A_{net}*f_{c90k}*3)/4$
	$F_{axRk}=$	<b>6458,75 N</b>		$F_{axRk}=(3691*2,5*3)/4$
				$F_{axRk}=$
				<b>6920 N</b>

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku (smyk):**

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} f_{h,90,k} * t_1 * d \\ f_{h,90,k} * t_1 * d * \left( \sqrt{2 + \frac{4 * M_{yRk}}{f_{h,90,k} * d * t_1^2}} - 1 \right) + 4,4 \\ 2,3 * \sqrt{M_{yRk} * f_{h,90,k} * d} + 4,4 \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 29,6 \text{ kN} \\ 22,2 \text{ kN} \\ 30,16 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$F_{vrk}= 22,2 \text{ kN}$

**Efektivní číslo:**

$n_{ef}= 1$

**Počet svorníků:**

$F_{vrd}=Fvrk*kmod/\gamma_m=22,2*0,7/1,3$

$F_{vrd}= 11,954 \text{ kN}$

$F_{vrd}=\text{stříh}*n_{ef}*F_{vrd}*\text{počet řad}$

$F_{vrd}=2*1*11,954*1$

$F_{vrd}= 23,91 \text{ kN}$

**Posouzení:**

**23,91 > 17 kN**

**Vyhovuje**

**Na smyk navrhují jeden kolík.**

**Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku ( $\alpha=0^\circ$ ):**

$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 20) * 425 = 27,88 \text{ MPa}$

$M_{y,r,k} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 500 * 20^{2,6} = 362050 \text{ Nmm}$

**Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:**

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

1)	$F_{axRk}=25407/4$		2)	$F_{axRk}=(A_s*f_{uk}/1,25)/4$
	$F_{axRk}=$	<b>6351,75 N</b>		$F_{axRk}=(245*500/1,25)/4$
				$F_{axRk}=$
				<b>24500 N</b>

$$F_{axRk} = 32679/4$$

$$F_{axRk} = (A_{net} * f_{c90k} * 3)/4$$

$$F_{axRk} = 8169,75 \text{ N}$$

$$F_{axRk} = (3691 * 2,5 * 3)/4$$

$$F_{axRk} = 6920 \text{ N}$$

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku (tah):**

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} f_{h,0,k} * t_1 * d \\ f_{h,0,k} * t_1 * d * \left( \sqrt{2 + \frac{4 * M_{yRk}}{f_{h,0,k} * d * t_1^2}} - 1 \right) + 6,3 \\ 2,3 * \sqrt{M_{yRk} * f_{h,0,k} * d} + 6,3 \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 47,4 \text{ kN} \\ 31,7 \text{ kN} \\ 39,04 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$$F_{vRk} = 31,7 \text{ kN}$$

**Efektivní číslo:**

$$n_{ef} = n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 * d}} = 3^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{100}{13 * 20}} = 2,2$$

$$n_{ef} = 2,2$$

**Počet svorníků:**

$$F_{vrd} = F_{vRk} * k_{mod} / \gamma_m = 31,7 * 0,7 / 1,3$$

$$F_{vrd} = 17,069 \text{ kN}$$

$$F_{vrd} = \text{stříh} * n_{ef} * F_{vrd} * \text{počet řad}$$

$$F_{vrd} = 2 * 2,2 * 17,069 * 4$$

$$F_{vrd} = 300,42 \text{ kN}$$

**Posouzení:**

$$300,42 > 51,2 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**

**Na tah navrhuji 12 svorníků a kolíků.**

**Posouzení kombinace na spojovací prvky:**

$$M_{ex} = e * V_{ed} = 0,470 * 17 = 8 \text{ kNm}$$

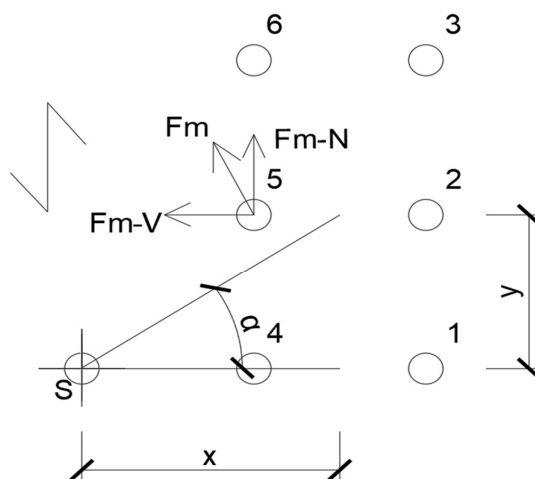
$$F_{mo} = M_{ed} * \frac{r_1}{(3 * r_1^2 + 3 * r_2^2)} = 8 * 10^6 * \frac{200}{(3 * 200^2 + 3 * 100^2)} = 10,7 \text{ kN}$$

$$F_{mi} = M_{ed} * \frac{r_2}{(3 * r_1^2 + 3 * r_2^2)} = 8 * 10^6 * \frac{100}{(3 * 200^2 + 3 * 100^2)} = 5,3 \text{ kN}$$

$$F_{tah} = 51,2 / 12 = 4,3 \text{ kN}$$



Schéma:



obr. č. 43 - Schéma rozkladu sil na spojovací prostředky - hlavní oblouk vrchol

Použité vzorce:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{y}{x}\right) \quad F_{výsl} = \sqrt{(F_{m-N} + F_{tah})^2 + (F_{m-V} + F_{smyk})^2}$$

$$F_{m-V} = \sin(\alpha) * F_m$$

$$F_{m-N} = \cos(\alpha) * F_m \quad F_{vr\beta d} = F_{vr\beta d} / n * n_{ef}$$

č. kolíku	F <sub>m</sub> (kN)	x (mm)	y (mm)	α (rad)	F <sub>m-V</sub> (kN)	F <sub>m-N</sub> (kN)	F <sub>tah</sub> (kN)	F <sub>smyk</sub> (kN)
1	10,7	200	0	0,00	0,00	10,70	4,3	0
2	10,7	200	100	0,46	4,79	9,57	4,3	0
3	10,7	200	200	0,79	7,57	7,57	4,3	0
4	5,3	100	0	0,00	0,00	5,30	4,3	0
5	5,3	100	100	0,79	3,75	3,75	4,3	0
6	5,3	100	200	1,11	4,74	2,37	4,3	0

F výsl (kN)	β (°)	FRβd (kN)	
15,00	0,00	20,64	vyhovuje
14,70	19,00	19,00	vyhovuje
14,10	33,00	17,50	vyhovuje
9,60	0,00	20,64	vyhovuje
8,90	24,95	18,42	vyhovuje
8,20	35,40	17,30	vyhovuje

Tab.: 4 - Výpočet kombinací na spojovací prostředky - vrchol hlavní oblouk

Rožteče:

a <sub>2</sub> =	100 mm	a <sub>3t</sub> =	150 mm
a <sub>4t</sub> =	340 mm	a <sub>1</sub> =	100 mm

**Posouzení roztržení:**

$$F_{90,Rk} = 14 * b * w * \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} = 14 * 180 * 1 * \sqrt{\frac{740}{\left(1 - \frac{740}{1080}\right)}}$$

$$F_{90,Rk} = 122,18 \text{ kN}$$

$$F_{90,Rd} = 68,42 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} F_{90,Rd} & > & V_{ed} \\ \mathbf{68,42} & > & 17 \text{ kN} \end{array}$$

**Vyhovuje****Navrhuji celkem 13 spojovacích prostředků d=20mm.****Posouzení plechu p<sub>1</sub>:****Smyková únosnost plechu:**

$$A_{p,osl} = (l_p - n * d_0) * t_p = (500 - 5 * 21) * 10$$

$$A_{p,osl} = 3950 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,lny} = l_p * t_p = 500 * 10$$

$$A_{p,lny} = 5000 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{3950 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 896 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,lny} = \frac{A * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{5000 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 1024 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} V_{pl,Rd,osl} & > & V_{ed} \\ \mathbf{896} & > & 17 \text{ kN} \end{array}$$

**Vyhovuje****Únosnost plechu v tahu:**

$$A_{p,osl} = 3950 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,lny} = 5000 \text{ mm}^2$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{Y_m} = \frac{5000 * 355}{1,0} = 1775 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{A_s * f_u}{Y_m} * 0,9 = \frac{3950 * 510}{1,25} * 0,9 = 1450 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} N_{pl,Rd} & > & N_{tah} \\ \mathbf{1450} & > & 51,2 \text{ kN} \end{array}$$

**Vyhovuje****Únosnost otláčení plechu:**

$$F_{b,r,d} = \frac{k_l * \alpha * f_u * d * t}{Y_{m2}} = \frac{2,5 * 0,79 * 510 * 20 * 10}{1,25} = 161 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}\right) \quad \alpha = \min\left(\frac{50}{3 * 21}; \frac{500}{510}; 1; \frac{100}{3 * 21} - \frac{1}{4}\right)$$

$$\alpha = 0,79$$

$$k_l = \min\left(2,5; 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7\right) \quad k_l = \min\left(2,5; 2,8 * \frac{150}{21} - 1,7; 1,4 * \frac{100}{21} - 1,7\right)$$

$$k_l = 2,5$$

$$\begin{array}{l} F_{výsl} \leq F_{b,r,d} \\ 15 \leq 161 \text{ kN} \end{array}$$

**Vyhovuje**

**Posouzení ohybové únosnosti oslabeného plechu:**

$$M_{yd} = V_{zd} * e = 17 * 0,470 = 8 \text{ kNm}$$

průřez třídy: I

$$W_{pl} = 1/4 * 10 * (500 - 5 * 21)^2 = 506250 \text{ mm}^3$$

$$M_{cRd} = \frac{W_{pl} * f_y}{Y_m} = \frac{506250 * 355}{1} = 179 \text{ kNm}$$

$$\begin{array}{l} M_{pl,Rd} > M_{yd} \\ \mathbf{179} > 8 \text{ kNm} \end{array}$$

Vyhovuje

**Posouzení otláčení:**

$$A_{p,otl} = b_p * I_p = 180 * 500$$

$$A_{p,otl} = 90000 \text{ mm}^2$$

$$N_{tlak} = N_{ed} / A_{p,otl} = 465 * 10^3 / 90000$$

$$N_{tlak} = 5,167 \text{ MPa}$$

$$\begin{array}{l} N_{tlak} < f_{c0gd} \\ \mathbf{5,17} < 15,68 \text{ MPa} \end{array}$$

Vyhovuje

**Posouzení svaru mezi plechy p<sub>2</sub> - p<sub>3</sub>; p<sub>1</sub> - p<sub>2</sub>:**

Působící síly:

$$V_{ed} = 17 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 465 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = e * V_{ed} = 0,3 * 17 = 5,1 \text{ kNm}$$

Parametry svaru:

$$a = 5 \text{ mm}$$

$$l = 500 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,9$$

$$Y_{mw} = 1,25$$

$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} = \frac{V}{2 * a * l} = \frac{17 * 1000}{2 * 5 * 500} = \tau_{II} = 3,40 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \tau_{\perp} = \sigma_{\perp} &= \frac{N}{2 * a * l * \sqrt{2}} + \frac{M_{ed}}{2 * \frac{1}{6} * a * l^2 * \sqrt{2}} = \\ &= \frac{465 * 1000}{2 * 5 * 500 * \sqrt{2}} + \frac{5,1 * 10^6}{2 * \frac{1}{6} * 5 * 500^2 * \sqrt{2}} = 74,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 * \frac{f_u}{Y_{m,w}}$$

$$74,5 \leq 0,9 * \frac{510}{1,25}$$

$$74,5 \leq 367 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\perp}^2 + 3 * \tau_{II}^2} &\leq \frac{f_u}{\beta_w * Y_{m,w}} \\ \sqrt{74,5^2 + 3 * 74,5^2 + 3 * 3,4^2} &\leq \frac{510}{0,9 * 1,25} \\ 148 &\leq 453,3 \text{ MPa} \end{aligned}$$

**Navrhují koutový svar a=5mm L=500mm**

Vyhovuje

### Posouzení plechu p<sub>2</sub>:

$$M_{ed} = V_{ed} * 0,3 = 17 * 0,3 = 5,1 \text{ kNm}$$

Maximální tlak:

$$F_{tlak} = M_{ed} / (7/8 * 0,500) = 5,1 / (7/8 * 0,500) = 11,6 \text{ kN}$$

$$\rho = N_{ed} / A + F_{tlak} / (A * 1/4) = 465000 / (500 * 180) + 11600 / (500 * 1/4 * 180) = 5,68 \text{ Nmm}^2$$

$$M_n = \rho * 80 * 40 = 5,68 * 80 * 40 = 18080 \text{ Nmm/mm}$$

$$t_p = \sqrt{\frac{6 * M_{ed} * Y_m}{1 * f_y}} = \sqrt{\frac{6 * 18080 * 1,0}{1 * 355}} = 17,4 \text{ mm}$$

Volím tloušťku plechu p<sub>2</sub>=20 mm

### Posouzení plechu p<sub>3</sub>:

Smyková únosnost plechu:

$$A_{pIny} = h_p * t_p = 500 * 20$$

$$A_{pIny} = 10000 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_m} = \frac{10000 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 2000 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} V_{pl,Rd} & > & V_{ed} \\ \mathbf{2000} & > & 17 \text{ kN} \end{array}$$

Vyhovuje

Únosnost plechu v tahu:

$$A_{pIny} = 10000 \text{ mm}^2$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{Y_m} = \frac{10000 * 355}{1,0} = 3550 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} N_{pl,Rd} & > & N_{tah} \\ \mathbf{3550} & > & 51,2 \text{ kN} \end{array}$$

Vyhovuje

**Únosnost plechu v tlaku:**

$t_p =$	20 mm	$N_{tlak} =$	465 kN
$A_{plech} =$	10000 mm <sup>2</sup>	$L_{cr} =$	200 mm
$i_z =$	5,77 mm		

**Rozhoduje vzpěr kolmo k ose z:**

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,82 \quad \lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,82 = 77$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_z} = \frac{200}{5,77} = 35 \quad \lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{35}{77} = 0,46$$

křivka  $c = \chi = 0,87$

$$N_{pl,Rd} = \chi \frac{A * f_y}{Y_m} = 0,87 * \frac{10000 * 355}{1,0} = 3088 \text{ kN}$$

$N_{pl,Rd}$	>	$N_{tlak}$	
<b>3088</b>	>	465	kN

**Vyhovuje**

**Volím tloušťku plechu  $p_3 = 20$  mm**

**Plech  $p_3$  je z důvodu tuhosti celého spoje navržen na stejnou tloušťku jako plech  $p_2$ .**

### Posouzení svaru mezi plechy p<sub>3</sub> - p<sub>4</sub>:

#### Působící síly:

$$V_{ed} = 8,5 \text{ kN} \quad N_{ed} = 232,5 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = e \cdot V_{ed} = 0,200 \cdot 8,5 = 1,7 \text{ kNm}$$

#### Parametry svaru:

$$a = 6 \text{ mm} \quad l = 100 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,9 \quad Y_{m,w} = 1,25$$

$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} = \frac{N}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{232,5 \cdot 1000}{2 \cdot 6 \cdot 100} = 193,8 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{V}{2 \cdot a \cdot l \cdot \sqrt{2}} + \frac{M_{ed}}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot l^2 \cdot \sqrt{2}} =$$
$$\frac{8,5 \cdot 1000}{2 \cdot 6 \cdot 100 \cdot \sqrt{2}} + \frac{1,7 \cdot 10^6}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 6 \cdot 100^2 \cdot \sqrt{2}} = 66 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{Y_{m,w}}$$

$$66 \leq 0,9 \cdot \frac{510}{1,25}$$

$$66 \leq 367 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{II}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{m,w}}$$
$$\sqrt{66^2 + 3 \cdot 66^2 + 3 \cdot 193,8^2} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25}$$

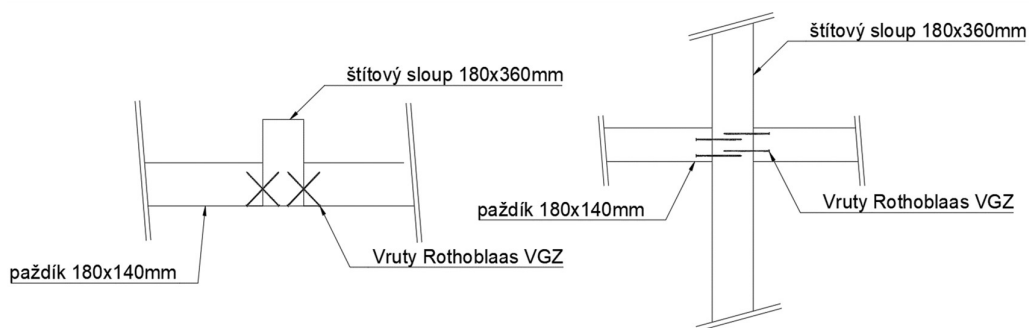
$$360 \leq 453,3 \text{ MPa}$$

**Navrhují koutový svar a=6mm L=100mm**

Vyhovuje

Mezi plechy a ocelovou trubkou bude proveden konstrukční svar a=6mm.

## Návrh spoje paždík – štítový sloup



obr. č. 44 - Schéma přípoje paždíku na štítový sloup

### Působící síly:

$V_{edz} = 1 \text{ kN}$        $V_{edy} = 4,2 \text{ kN}$

### Parametry paždíku:

$h = 140 \text{ mm}$

Rostlé dřevo C27

$b = 180 \text{ mm}$

### Parametry štítový sloup:

GL28h

$h = 360 \text{ mm}$

$b = 180 \text{ mm}$

### Návrh kotevních vrutů :

#### Únosnost kotevních vrutů na stříh:

Navrženy byly vruty Rothoblaas VGZ.

$d = 7 \text{ mm}$        $l = 220 \text{ mm}$

Charakteristická únosnost pro dvojici vrutů délky 220mm při  $\alpha_{sklon} = 45^\circ$ .  $R_{uk} = 10,8 \text{ kN}$ .

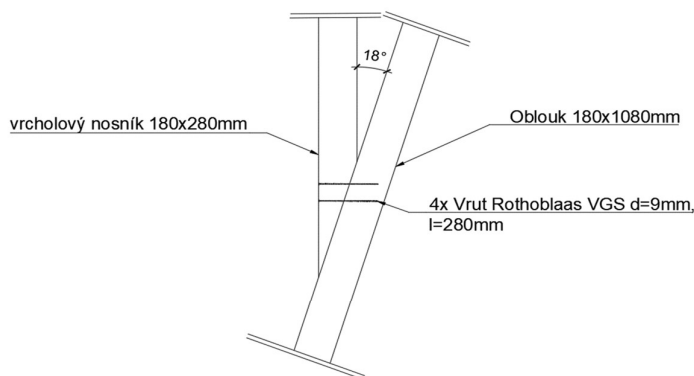
Návrhová únosnost pro dvojici vrutů  $R_{ud} = 10,8 * 0,7 / 1,3 = 5,8 \text{ kN}$

$R_{ud}$	>	$V_{ed}$
<b>5,8</b>	>	4,2 kN

**Vyhovuje**

**Navrhují dva vruty  $d=7\text{mm}$   $l=220\text{mm}$  Rothoblaas VGZ.**

## Návrh spoje vrcholový nosník – vazník



obr. č. 45 - Schéma připoje vrcholový nosník

### Působící síly:

$V_{edz} =$	10,9 kN	$N_{tahreakce} =$	7,75 kN
		$N_{tlakreakce} =$	15 kN

Smyková složka síly od  $N_{tlak}$

$$V_{edy} = N_{tlak} \cdot \sin(18) = 15 \cdot \sin(18) = 4,7 \text{ kN}$$

Výslednice posouvající síly:  $V_{výsl} = 11,9 \text{ kN}$

**Parametry vrcholového nosníku:** Lepené lamelové dřevo GL28h

$h =$	280 mm	$b =$	180 mm
-------	--------	-------	--------

### Návrh kotevních vrutů :

#### Únosnost kotevních vrutů na stříh:

Navrženy byly vruty Rothoblaas VGS se zápustnou hlavou.

$d =$	9 mm	$l =$	280 mm
-------	------	-------	--------

Charakteristická únosnost jednoho vrutu:  $R_k = 6,51 \text{ kN}$

Návrhová únosnost jednoho vrutu:  $R_d = 3,51 \text{ kN}$

Návrhová únosnost čtyř vrutů délky 280mm  $R_d = 14,04 \text{ kN}$ .

$R_d$	>	$V_{výsl}$	
<b>14</b>	>	11,9	kN

**Vyhovuje**

#### Únosnost kotevních vrutů na tah:

Charakteristická únosnost jednoho vrutu:  $R_{kt} = 13,07 \text{ kN}$

Návrhová únosnost jednoho vrutu:  $R_{dt} = 7,03 \text{ kN}$

Návrhová únosnost čtyř vrutů délky 280mm -  $R_{dt} = 28,2 \text{ kN}$ .

$R_{dt}$	>	$N_{tah}$	
<b>28,2</b>	>	7,75	kN

**Vyhovuje**

#### Posouzení kombinace:

$$\left(\frac{V_{ed}}{R_d}\right)^2 + \left(\frac{N_{tah}}{R_{dt}}\right)^2 < 1$$

$$\left(\frac{3}{3,51}\right)^2 + \left(\frac{1,9}{7,03}\right)^2 < 1$$

$$0,80 < 1$$

**Navrhují čtyři vruty  $d=9\text{mm}$   $l=280\text{mm}$  Rothoblaas VGS se zápustnou hlavou.**



### Posouzení otláčení :

$$A_{\text{plochamin}} = 50400 \text{ mm}^2$$

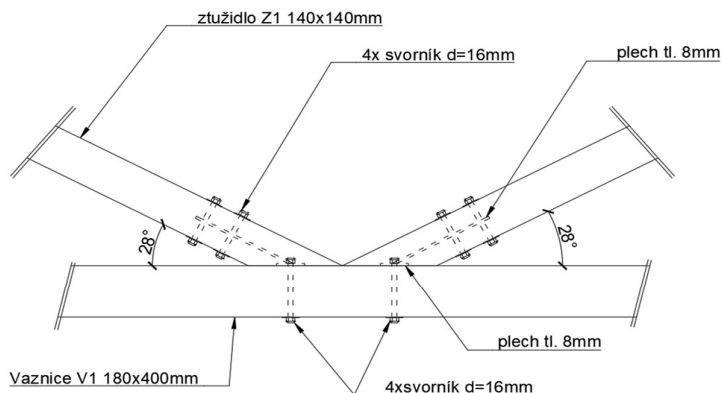
$$\sigma_{c90d} = N_{\text{tlak}} / A_{\text{plochamin}} = 14,3 * 1000 / 50400$$

$$\sigma_{c90d} = \mathbf{0,28 \text{ MPa}}$$

$$\begin{array}{rcl} \sigma_{c90d} & < & f_{c90gd} \\ \mathbf{0,28} & < & \mathbf{1,4 \text{ MPa}} \end{array}$$

**Vyhovuje**

## Návrh přípoje vaznice – ztužidlo Z1



obr. č. 46 - Schéma spoje vaznice - ztužidlo Z1

### Návrh přípoje ztužidlo

Přípoj na vaznici bude proveden pomocí svorníků  $d=16\text{mm}$ .

Parametry spoje:

$h=$	140 mm	$b=$	140 mm
$d_{\text{svorník}}=$	16 mm	$t_p=$	8 mm
$t_1=$	66 mm	$f_{uk}=$	500 MPa
$l_p=$	342 mm	$h_p=$	120 mm
$\rho_k=$	$360 \text{ kg/m}^3$		
$Y_M=$	1,3	$A_s=$	$157 \text{ mm}^2$
$f_{yk}=$	400 MPa	$k_{\text{mod}}=$	0,7

Podložka : 56/17,5 mm

Počet řad: 1

Počet svorníků v řadě: 2

Působící osově síly ve ztužidle:

$N_{\text{ed,tah}}=$	26 kN	$N_{\text{ed,tlak}}=$	29,6 kN
----------------------	-------	-----------------------	---------

Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku ( $\alpha=0^\circ$ ):

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 16) * 360 = 24,8 \text{ MPa}$$

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 500 * 16^{2,6} = 202676,4 \text{ Nmm}$$

Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

1)  $F_{\text{axRk}}=14960/4$

2)  $F_{\text{axRk}}=(0,9*A_s*f_{uk}/1,25)/4$

$F_{\text{axRk}}=(0,9*157*500/1,25)/4$

$F_{\text{axRk}}=$  3740 N

$F_{\text{axRk}}=$  14130 N

$$F_{axRk} = 20624/4$$

$$F_{axRk} = (A_{net} * f_{c90k} * 3)/4$$

$$F_{axRk} =$$

$$5156 \text{ N}$$

$$F_{axRk} = (2222,48 * 2,5 * 3)/4$$

$$F_{axRk} =$$

$$4167 \text{ N}$$

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku (tah):**

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} f_{h,0,k} * t_1 * d \\ f_{h,0,k} * t_1 * d * \left( \sqrt{2 + \frac{4 * M_{yRk}}{f_{h,0,k} * d * t_1^2}} - 1 \right) + 3,74 \\ 2,3 * \sqrt{M_{yRk} * f_{h,0,k} * d} + 3,74 \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 26,2 \text{ kN} \\ 18,7 \text{ kN} \\ 24,36 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$$F_{vrk} =$$

$$18,7 \text{ kN}$$

**Efektivní číslo:**

$$n_{eff} = 2^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 * d}} = 2^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{100}{13 * 16}} = 1,55$$

**Počet svorníků:**

$$F_{vrd} = F_{vrk} * k_{mod} / \gamma_m = 18,7 * 0,7 / 1,3$$

$$F_{vrd} = 10,069 \text{ kN}$$

$$F_{vrd} = \text{stříh} * n_{ef} * F_{vrd} * \text{počet řad}$$

$$F_{vrd} = 2 * 1,55 * 10,069 * 1$$

$$F_{vrd} = 31,21 \text{ kN}$$

**Posouzení:**

$$\begin{array}{ccc} F_{vrd} & > & N_{ed,tlak} \\ \mathbf{31,21} & > & 29,6 \quad \text{kN} \end{array}$$

**Vyhovuje**

**Rozteče:**

$$a_1 = 100 \text{ mm}$$

$$a_{3t} = 212 \text{ mm}$$

$$a_{4t} = 70 \text{ mm}$$

**Navrhují 2 svorníky. d=16mm**

## Posouzení plechu ztužidlo:

### Posouzení tahové únosnosti :

Plech bude posouzen v oslabené části - v místě přípoje na vaznici.

$$t_p = 8 \text{ mm} \quad N_{\text{tah}} = 26 \text{ kN}$$

$$A_{\text{plech}} = 384 \text{ mm}^2$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_m} = \frac{384 * 355}{1,0} = 136 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} N_{pl,Rd} & > & N_{\text{tah}} \\ \mathbf{136} & > & 26 \quad \text{kN} \end{array}$$

**Vyhovuje**

### Únosnost otláčení plechu:

$$F_{b,r,d} = \frac{k_l * \alpha * f_u * d * t}{\gamma_{m2}} = \frac{2,5 * 0,58 * 510 * 16 * 8}{1,25} = 75,7 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}\right) \quad \alpha = \min\left(\frac{30}{3 * 17}; \frac{500}{510}; 1; \frac{100}{3 * 17} - \frac{1}{4}\right)$$

$$\alpha = 0,58$$

$$k_l = \min(2,5; 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7) \quad k_l = \min(2,5; 2,8 * \frac{60}{17} - 1,7; 1,4 * \frac{0}{17} - 1,7)$$

$$k_l = 2,5$$

$$N_{max} \leq F_{b,r,d}$$

$$14,8 \leq 75,7 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**

### Posouzení tlakové únosnosti :

$$t_p = 8 \text{ mm} \quad N_{\text{tlak}} = 29,6 \text{ kN}$$

$$A_{\text{plech}} = 960 \text{ mm}^2 \quad L_{cr} = 300 \text{ mm (viz. detail 6a)}$$

$$i_z = 2,31 \text{ mm}$$

### Rozhoduje vzpěr kolmo k ose z:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,82$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 0,82 = 77$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_z} = \frac{300}{2,31} = 130$$

$$\lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{130}{77} = 1,7$$

křivka c=  $\chi = 0,26$

$$N_{pl,Rd} = \chi \frac{A * f_y}{\gamma_m} = 0,26 * \frac{960 * 355}{1,0} = 85,8 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{ccc} N_{pl,Rd} & > & N_{\text{tlak}} \\ \mathbf{85,8} & > & 29,6 \quad \text{kN} \end{array}$$

**Vyhovuje**

## Posouzení svaru:

### Působící síly:

$$N_{\max} = 29,6 \text{ kN}$$

### Rozklad sil:

$$\alpha = 28^\circ \quad V_{\text{edmax}} = N_{\text{ed,tlak}} * \cos(28) = 26,2 \text{ kN (rovnoběžně s vaznicí)}$$

$$N_{\text{ed,max}} = N_{\text{ed,tlak}} * \sin(28) = 14 \text{ kN (kolmo na vaznici)}$$

### Parametry svaru:

$$a = 5 \text{ mm} \quad l_{\min} = 48 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,9 \quad Y_{m,w} = 1,25$$

$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{V + N}{2 * a * l * \sqrt{2}} = \frac{40200}{2 * 5 * 48 * \sqrt{2}} = 60 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 * \frac{f_u}{Y_{m,w}}$$

$$60 \leq 0,9 * \frac{510}{1,25}$$

$$60 \leq 367 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\perp}^2 + 3 * \tau_{II}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w * Y_{m,w}}$$

$$\sqrt{60^2 + 3 * 60^2} \leq \frac{510}{0,9 * 1,25}$$

$$120 \leq 453,3 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

**Navrhují koutový svar a=5mm, L=48mm**

## Návrh spojovacích prostředků vaznice:

Přípoj na vaznici bude proveden pomocí svorníků  $d=16\text{mm}$ .

Parametry spoje:

$h=$	400 mm	$b=$	180 mm
$d_{\text{svorník}}=$	16 mm	$t_p=$	8 mm
$t_1=$	180 mm	$f_{uk}=$	500 MPa
$l_p=$	90 mm	$h_p=$	120 mm
$\rho_k=$	425 kg/m <sup>3</sup>		
$\gamma_M=$	1,3	$A_s=$	157 mm <sup>2</sup>
$f_{yk}=$	400 MPa	$k_{\text{mod}}=$	0,7
Podložka : 56/17,5 mm			
Počet řad:		2	
Počet svorníků v řadě:		1	

Působící síly:

$$V_{\text{edtlak}} = N_{\text{ed,tlak}} \cdot \cos(28) = 26,2 \text{ kN} \quad N_{\text{tlak,max}} = N_{\text{ed,tlak}} \cdot \sin(28) = 14 \text{ kN}$$
$$V_{\text{edtah}} = N_{\text{ed,tah}} \cdot \cos(28) = 23 \text{ kN} \quad N_{\text{tah,max}} = N_{\text{ed,tah}} \cdot \sin(28) = 12 \text{ kN}$$

Charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku ( $\alpha=0^\circ$ ):

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 425 = 29,27 \text{ MPa}$$

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 500 \cdot 16^{2,6} = 202676,4 \text{ Nmm}$$

Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku:

Hodnota této síly je rovna minimu:

1) 25% první části vzorce

2) 25% otláčení pod podložkou  
nebo přetržení svorníku

1)  $F_{\text{axRk}} = 15845/4$

2)  $F_{\text{axRk}} = (0,9 \cdot A_s \cdot f_{uk} / 1,25) / 4$

$$F_{\text{axRk}} = (0,9 \cdot 157 \cdot 500 / 1,25) / 4$$

$$F_{\text{axRk}} = \quad \quad \quad \mathbf{3961 \text{ N}}$$

$$F_{\text{axRk}} = \quad \quad \quad 14130 \text{ N}$$

$$F_{\text{axRk}} = (A_{\text{net}} \cdot f_{c90k} \cdot 3) / 4$$

$$F_{\text{axRk}} = (2222,48 \cdot 2,5 \cdot 3) / 4$$

$$F_{\text{axRk}} = \quad \quad \quad 4167 \text{ N}$$

Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku (smyk):

$$F_{v,R} = \min \left[ \begin{array}{l} 0,4 \cdot f_{h,0,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,R,k} \cdot f_{h,0,k} \cdot d + 3,9} \end{array} \right]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left[ \begin{array}{l} 33,7 \text{ kN} \\ 19,7 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$$F_{vrk} = 19,7 \text{ kN}$$

**Efektivní číslo:**

$$n_{ef} = 1$$

**Počet svorníků:**

$$F_{vrd} = F_{vrk} * k_{mod} / \gamma_m = 19,7 * 0,7 / 1,3$$

$$F_{vrd} = 10,608 \text{ kN}$$

$$F_{vrd} = \text{střih} * n_{ef} * F_{vrd} * \text{počet řad}$$

$$F_{vrd} = 2 * 1 * 10,608 * 2$$

$$F_{vrd} = 42,43 \text{ kN}$$

**Posouzení:**

$$42,43 > 26,2 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**

**Rozteče:**

$$a_2 = 65 \text{ mm}$$

**Charakteristická pevnost na vytažení jednoho spojovacího prostředku (tah):**

**1) Únosnost svorníku v tahu:**

$$F_{axRk} = 0,9 * A_s * f_{uk} / 1,25$$

$$F_{axRk} = 0,9 * 157 * 500 / 1,25$$

$$F_{axRk} = 56,5 \text{ kN}$$

**2) Únosnost podložky:**

$$F_{axRk} = (A_{net} * f_{c90k} * 3)$$

$$F_{axRk} = (2222,48 * 2,5 * 3)$$

$$F_{axRk} = 16,7 \text{ kN}$$

$$F_{axRD} = 9 \text{ kN}$$

Počet svorníků: 2

**Posouzení:**

$$F_{axRD} * 2 > N_{tah,max}$$

$$18,00 > 12 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**

**Navrhují 2 svorníky. d=16mm**

**Posouzení plechu vaznice:**

**Smyková únosnost plechu:**

$$A_{p,osl} = (h_p - n * d_0) * t_p = (120 - 2 * 17) * 8$$

$$A_{p,osl} = 688 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,lny} = h_p * t_p = 120 * 8$$

$$A_{p,lny} = 960 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd,osl} = \frac{A_{osl} * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_m} = \frac{688 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 141 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A * \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_m} = \frac{960 * \frac{355}{\sqrt{3}}}{1,0} = 196 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd,osl} > V_{ed}$$

$$141 > 26,2 \text{ kN}$$

**Vyhovuje**

**Ověření tloušťky plechu:**

$$M_{ed} = N_{tah} / 2 * 0,032 = 12 / 2 * 0,032 = 0,192 \text{ kNm}$$

$$t_p = \sqrt{\frac{6 * M_{ed} * \gamma_m}{64 * f_y}} = \sqrt{\frac{6 * 0,192 * 10^6 * 1,0}{64 * 355}} = 7,12 \text{ mm}$$

**Navrhuj tloušťku plechu tl.=8mm**

**Posouzení otláčení vaznice:**

$$A_{p,min} = I_p * h_p = 90 * 120$$

$$A_{p,min} = 10800 \text{ mm}^2$$

$$N_{tlak} = N_{ed,tlak} / A_{p,otl} = 14 * 10^3 / 10800$$

$$N_{tlak} = 1,30 \text{ MPa}$$

$$\begin{array}{lcl} N_{tlak} & < & f_{c90gd} \\ \mathbf{1,30} & < & 1,4 \text{ MPa} \end{array}$$

**Vyhovuje**



České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Diplomová práce



**C - Technická zpráva**

## **Úvod:**

Diplomová práce se zabývá návrhem zastřešení zimního stadionu v Líbeznici u Prahy. Podkladem pro tuto konstrukci, zejména pro tvar a uspořádání hlavních nosných prvků, byla konstrukce postavena v roce 1987 v Schaffhausenu ve Švýcarsku. Jednalo se také o konstrukci zastřešující kluziště.

## Identifikační údaje stavby:

<b>Název stavby:</b>	Zastřešení zimního stadionu v Praze
<b>Adresa:</b>	Líbeznice u Prahy
<b>Autor statického návrhu:</b>	Bc. Robert Spálenský
<b>Zastavěná plocha:</b>	3215,7 m <sup>2</sup>

## Základní informace o objektu:

Konstrukce zastřešující kluziště má půdorysné rozměry 43,39 x 74,11m. Celková výška konstrukce je 9,13m. Tyto rozměry poskytují dostatečný prostor pro stavbu ledového kluziště o velikosti 56x25m (formát NHL) nebo 61x30m (kluziště pro českou hokejovou extraligu). Do haly je také možno umístit tři menší kluziště, např. 15x30m. Hala bude využívána hlavně pro tréninkové účely, ale vzhledem k její velikosti by bylo možno umístit do prostoru také mobilní tribunu. Po umístění tribuny může být hala využívána pro menší hokejová utkání a jiné akce.

Hlavní nosný systém je tvořen troj-kloubovými oblouky z lepeného lamelového dřeva GL28h Si v dřevině smrk, s celkovým rozponem 44m. Hlavní běžné oblouky jsou uspořádány ve tvaru ležatého písmene X – celkem pět vazeb. Štítové oblouky jsou navrženy kolmé k podélné ose střešní konstrukce. Vazba hlavních oblouků ve tvaru písmene X se postupně otevírá až do rozponu 14m. Aby prostor pod snižující se obloukovou halou mohl být maximálně využitý, pro ukotvení oblouků jsou uvažovány železobetonové pilíře o proměnné výšce 0,9-1,8m. Hlavní nosný systém je doplněn klasickými plnostěnnými a dále i příhradovými vaznicemi. Příhradové vaznice jsou navrženy s proměnlivou výškou v závislosti na rozponu, v jednotlivých polích se opakují. To přispívá k osobitému vzhledu a designu konstrukce. Konstrukci štítových stěn tvoří štítové sloupy propojené paždíky, jižní štítová stěna je uzpůsobena pro vjezd vozidel do prostoru haly. Štítové sloupy jsou uvažovány s kloubovým kotvením a ke štítovým obloukům jsou připojeny kluzně. Pokud jde o výběr druhu nosných prvků, hlavní nosná konstrukce, plnostěnné vaznice a štítové sloupy jsou jednotně navrženy z lepeného lamelového smrkového dřeva GL28h Si. Příhradové vaznice, paždíky ve štítových stěnách a dřevěná ztužidla jsou uvažovány z rostlého nastavovaného smrkového dřeva KVH C27 Si. Ztužení konstrukce a jednotlivých prvků je zajištěno jak pomocí samotného

uspořádání nosných prvků, tak pomocí ocelových a dřevěných ztužidel (KVH C27 Si) umístěných ve střešní rovině. Konstrukce byla pro návrh dřevěných nosných prvků zařazena do třídy provozu III.

## **Zatížení:**

### **Stálá zatížení:**

Zatížení byla stanovena na základě normy ČSN EN 1991 -1-1: Zatížení konstrukcí – obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.

- LLD GL28h  $\gamma=4,25 \text{ kN/m}^3$
- Rostlé dřevo C27  $\gamma=3,6 \text{ kN/m}^3$
- Skladba střechy  $g_k= 0,13 \text{ kN/m}^2$
- Skladba obvodové stěny  $g_k=0,13 \text{ kN/m}^2$

### **Užitná zatížení:**

- Střecha kategorie H  $q_k=0,75 \text{ kN/m}^2$

### **Zatížení sněhem:**

Návrh zatížení konstrukce sněhem byl proveden na základě normy ČSN EN 1991 -1-3: Zatížení konstrukcí – obecná zatížení – zatížení sněhem.

- Místo stavby: Líbeznice u Prahy – sněhová oblast I. (dle mapy sněhových oblastí ČR)

### **Zatížení větrem:**

Návrh zatížení konstrukce větrem byl proveden na základě normy ČSN EN 1991 -1-4: Zatížení konstrukcí – obecná zatížení – zatížení větrem.

- Místo stavby: Líbeznice u Prahy – větrná oblast II. (dle mapy větrných oblastí ČR)

## **Skladby konstrukcí:**

### **Skladba střecha (SK1):**

Střešní panel Kingspan KS 1000 TOP-DEK – tl. Panelu 130 mm.

### **Skladba štítová stěna (SK2):**

Stěnový panel Kingspan KS 1150 TL – tl. Panelu 120 mm.

### **Skladba stěna (SK3):**

- železobeton C25/30 tl. 200mm
- lepící vrstva pro ETICS tl. 4mm
- tepelná izolace Isover EPS 70 F tl. 180mm
- základní vrstva pro ETICS (vyztužená) tl. 4mm
- penetrační nátěr Baunit UniPrimer
- pastovitá fasádní omítka Baunit tl. 5mm

### **Použité materiály:**

- Lepené smrkové lamelové dřevo GL28h Si
- Rostlé dřevo KVH C27Si
- Ocel S 355
- Spojovací prostředky třídy 5.8.
- Uvažovaný betonový základ C25/30
- Kotevní systém Hilti
- Vrutky Rothoblaas

## Popis konstrukčního řešení:

### Vaznice:

Vaznice jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva GL28h Si na délky 1,2-8m. Navržené rozměry jsou 180x360mm (vaznice V2) a 180x400mm (vaznice V1). Vaznice tvoří střešní rovinu s horní hranou oblouků a jejich osová vzdálenost činí dva metry. Kotvení vaznic k obloukům je provedeno pomocí styčnickových plechů tl. 8mm, dvou svorníků průměru 12mm a vrutů Rothoblaas HBS Plate Evo d=8mm, l=100mm.

### Příhradové vaznice:

Příhradové vaznice jsou uvažovány z rostlého napojovaného dřeva KVH C27 Si. Jsou navrženy na rozpětí 8,5-13,5m. Příhradové vaznice také tvoří střešní rovinu s horní hranou obloukových vazníků a jejich osová vzdálenost je opět dva metry, jako u plnostěnných vaznic. Výška příhradových vaznic je proměnná od 0,6m až do 1,08m. Vaznice umístěné ve vrcholové části střechy (V) mají horní i dolní pásnici navrženou na stejnou dimenzi. Příhradové vaznice s indexem S, které jsou umístěny v šikmé části střechy, mají z důvodu šikmého namáhání zesílenou horní pásnici. Spoje příhradovin jsou provedeny pomocí styčnickových plechů tl. 8mm a svorníků d=12mm. K obloukům i vrcholovému nosníku jsou příhradové vaznice připojeny pomocí svorníků průměru 16mm a styčnickových plechů tl. 8 a 10mm. Výsledné dimenze příhradových vaznic jsou uvedeny v následující tabulce.:

Tabulka příhradových vaznic:					
č. vaznice	výška vaznice	délka vaznice	H.P.	D.P.	Diagonála
PV1-V	1,08m	13,48m	200x160	200x160	120x120
PV1-S	1,08m	13,04m	240x160	200x160	120x120
PV2-V	0,9m	12,85m	180x160	180x160	120x120
PV2-S	0,9m	11,96m	220x160	180x160	120x120
PV3-V	0,8m	11,58m	160x160	160x160	120x120
PV3-S	0,8m	10,85m	200x160	160x160	120x120
PV4-V	0,7m	10,32m	160x140	160x140	120x120
PV4-S	0,7m	9,7m	180x140	160x140	120x120
PV5-V	0,6m	9,06m	140x140	140x140	120x120
PV5-S	0,6m	8,5m	160x140	140x140	120x120

Tab.: 7 – Tabulka příhradových vaznic

### **Hlavní nosný oblouk:**

Hlavní nosné oblouky i štítové oblouky jsou uvažovány z lepeného lamelového dřeva GL28h Si. Rozpon hlavních oblouků je 46,1m. Oblouky jsou uspořádány do ležatého písmene X, což do jisté míry zajišťuje jejich prostorovou tuhost a stabilitu. Vzájemná vzdálenost oblouků je proměnná – postupně se snižuje ze vzdálenosti 14m až k vrcholovému spoji. Dimenze hlavních nosných oblouků je 180x1080mm. Oblouky jsou k železobetonovému základu přikotveny pomocí čepového spoje a patního plechu tl. 25mm. Přenos sil do základové konstrukce je zajištěn pomocí patního plechu, kotev Hilti HIT V o průměru 24mm a chemické kotvy Hilti HIT HY 200-A. Oblouk je k patnímu plechu a čepu připojen pomocí svorníků a kolíků průměru 20mm. Ve vrcholu jsou oblouky spojeny pomocí styčnickových plechů tl. 20mm, 10mm a ocelové trubky 193,7x10mm. Přenos sil ve vrcholu mezi obloukem a styčnickovým plechem je zajištěn pomocí svorníků a kolíků průměru d=20mm.

### **Štítový oblouk:**

Štítové oblouky jsou navrženy na dimenzi 180x800mm. Rozpon štítových oblouků je 44m. Oblouky jsou kolmé k podélné ose střešní konstrukce a vytvářejí tak rovinnou štítovou stěnu. Osová vzdálenost štítového oblouku od hlavního nosného oblouku je proměnná a směrem od paty k vrcholu roste od nejmenší vzdálenosti 1m (v patě) až do 8 metrů (vrchol). K základové konstrukci jsou štítové oblouky opět kotveny pomocí čepu a patního plechu tl. 15mm. Spoj mezi plechem a obloukem je proveden pomocí svorníků a kolíků o průměru 20mm. Síly jsou do základu přenášeny pomocí patního plechu, kotev Hilti HIT V o průměru 20mm a chemické kotvy Hilti HIT HY 200-A. Ve vrcholu je pro spoj oblouků použit opět čep, styčnickový plech tl. 15mm, kolíky a svorníky o průměru 20mm.

### **Štítový sloup:**

Konstrukci štítové stěny tvoří štítové sloupy a paždíky. Štítové sloupy jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva GL28h Si. Jejich dimenze je 180x360mm. Délky štítových sloupů se zkracují dle snižující se výšky konstrukce. Nejdelší má délku 8,57m, nejkratší 2,1m. Jsou od sebe vzdáleny max. 4m. Ke štítovému oblouku jsou připojeny kluzně, pomocí oválných otvorů, umožňujících posun ve směru svislé osy oblouku. Připoj

k oblouku je proveden pomocí vrutů Rothoblaas HBS Plate Evo d=10mm, styčnickových L plechů tl. 10mm a svorníků o průměru 12mm. K základové konstrukci je sloup připojen pomocí ocelového profilu HEA 160, patního plechu tl. 10mm a kotev Hilti HIT V o průměru 16mm s chemickou kotvou Hilti HIT HY 200-A.

### **Paždík:**

Paždíky jsou součástí konstrukce štítové stěny, jako horizontální prvky přispívají k rovinné stabilitě štítové stěny a slouží také k ukotvení obvodového pláště. Osová vzdálenost paždíků je 2m. Jsou navrženy z rostlého dřeva KVH C27 Si. Dimenze paždíků je 180x140mm. Ke štítovým sloupům jsou kotveny pomocí vrutů Rothoblaas VGZ d=7mm, l=120mm.

### **Vrcholový nosník:**

Vrcholový nosník je navržen z lepeného lamelového dřeva GL28h Si. Je součástí vrcholového spoje konstrukce, kde zajišťuje přenos sil mezi příhradovou vaznicí PV1-V a hlavními nosnými oblouky. Je navržen na dimenzi 180x280mm. K hlavním nosným obloukům je kotven pomocí vrutů Rothoblaas VGS d=9mm.

### **Ztužidla:**

- **Ocelová:**

V rámci konstrukce budou použity dva typy ztužidel Macalloy S460. Ve štítových polích jsou uvažována ztužidla dimenze M20, která zajišťují prostorovou tuhost a stabilitu nosné střešní konstrukce objektu. Pro zajištění stability dolních pásnic příhradových vazníků budou použita ztužidla Macalloy M10.

- **Dřevěná**

V konstrukci budou použita také dřevěná ztužidla Z1-Z2-Z3, o dimenzích 140x140mm a 120x120mm, která plní funkci podélných střešních ztužidel. Zároveň stabilizují horní pásnice příhradových nosníků a maximálně namáhané vaznice ve směru sklonu střechy. Z důvodu otláčení horních pásnic u krajních příhradových vaznic, jsou ztužidla Z2 v krajním poli mezi příhradovou vaznicí PV1-S a betonovou stěnou zesílena na dimenzi 160x160mm.



<b>Tabulka výsledných dimenzí navržených prvků</b>			
<b>značka</b>	<b>popis</b>	<b>materiál</b>	<b>dimenze</b>
V1	vaznice	GL28h Si	180x400mm
V2	vaznice	GL28h Si	180x320mm
PV1-PV5	příhradová vaznice	KVH C27 Si	viz. tabulka č.: 7
HO	hlavní oblouk	GL28h Si	180x1080mm
SO	štíťový oblouk	GL28h Si	180x800mm
S	štíťový sloup	GL28h Si	180x360mm
PK	paždík	KVH C27 Si	180x140mm
Z	ztužidla	Ocel S460	průměr 20mm
Z1	ztužidla dřevěná	KVH C27 Si	140x140mm
Z2	ztužidla dřevěná	KVH C27 Si	140x140(160x160)mm
Z3	ztužidla dřevěná	KVH C27 Si	120x120mm
Z4	ztužidla	Ocel S460	průměr 10mm
VN	vrcholový nosník	GL28h Si	180x280mm

Tab.: 8 – Tabulka výsledných dimenzí navržených prvků

## **Ochrana proti korozi a biotickému poškození:**

### **Ochrana ocelových prvků:**

Ocelová ztužidla je nutno chránit proti korozi vícevrstevným nátěrem. Nátěr bude proveden ve třech vrstvách. Finální vrstva bude odolná i vůči UV záření. Spojovací prvky – plechy, svorníky, vruty, kolíky a kotvy budou pozinkovány.

### **Ochrana dřevěných prvků:**

Dřevěné prvky musí být chráněny proti degradaci dřeva působením nadměrné vlhkosti a UV záření, dále též proti napadení plísní, dřevokaznými houbami a hmyzem. Prvky proto budou opatřeny ochranou pohledovou (bezbarvou) impregnací a lazurovacími nátěry s ochranným UV faktorem, což zajistí difúzní stabilitu dřeva a dostatečnou životnost vzhledem k příslušné třídě provozu.

## Závěr:

Konstrukci, jež byla v rámci mé diplomové práce vybrána pro provedení návrhu nosných prvků a spojů, považuji za složitou jak z hlediska tvaru a základní dispozice navržených nosných prvků, tak zejména z hlediska jejich spojů. Válcovým tvarem konstrukce a proměnnou osovou vzdáleností hlavních nosných oblouků, jež jsou všechny v podélné vrcholové ose válcové konstrukce přerušeny a spojeny ve tvaru ležatého písmene X, netvoří konstrukce s výjimkou štítových stěn žádnou prostou rovinu a neumožňuje kolmý styk nosných prvků. Tato základní dispozice proměnných vzdáleností a prostorově proměnných úhlů styku nosných prvků, má za následek proměnné velikosti a směry působení sil v jednotlivých částech konstrukce. Vyvozuje také individuální působení vnitřních sil v každém spoji, které se v rámci celé konstrukce opakuje pouze v jednotlivých kvadrantech v omezeném zrcadlovém počtu. Při navrhování spojů jsem se proto snažil vyřešit všechna různorodá spojení a neopakovat stejná řešení, která by se lišila pouze optimalizací t.j. počty spojovacích prostředků. Zároveň, v souladu s principem být na straně bezpečnosti, jsem v rámci navrhovaného řešení počítal vždy s nejhorší variantou působení vnitřních sil na daný spoj tak, aby navržený spoj byl alespoň do jisté míry univerzální a použitelný na všechny typologicky stejné spoje konstrukce. V rámci této diplomové práce jsem se také snažil navrhnout nosné prvky a spojovací prostředky nejen s ohledem na jejich využití, ale také s ohledem na zavedené výrobní rozměry výrobců, respektive dodavatelů, kteří nabízejí certifikovaný spojovací materiál. U návrhu spojů jsem uvažoval s výrobou svařenců na zakázku, právě s ohledem na individuální velikost a tvar jednotlivých spojů. Jsem si vědom toho, že u takto složitě konstrukce je toto řešení jistě pouze jedním z mnoha možných návrhů. Konstrukci by bylo jistě možné navrhnout též pouze z příhradových vazníků, nebo naopak pouze z plnostěnných lepených vazníků a navrhované prvky a spoje přizpůsobit architektonickým či designovým požadavkům, případně optimalizovat návrh též z hlediska výrobních a cenových kritérií.

## **Použité zdroje:**

### **Použité normy:**

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. ICS 91.080.10. Praha: Český normalizační institut, březen 2004
- [2] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. ICS 91.010.30. Praha: Český normalizační institut, červen 2005
- [3] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. ICS 91.010.30. Praha: Český normalizační institut, duben 2007
- [4] ČSN EN 1990, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. ICS 91.010.30. Praha: Český normalizační institut, březen 2004
- [5] ČSN EN 1993-1-1. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [6] ČSN EN 1993-1-8. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [7] ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla. Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2007. 114 s.

### **Použitá literatura:**

- [8] KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. ISBN 978-80-87093-88-7.
- [9] KOŽELOUH, Bohumil, ed. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. Zlín: KODR, 1998. ISBN 80-238-2620-4.
- [10] KOŽELOUH, Bohumil, ed. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004. ISBN 80-86769-13-5.
- [11] SOKOL, Zdeněk a František WALD. *Ocelové konstrukce: tabulky*. 2., přeprac. Vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 9788001046555.

[12] STUDNIČKA, Jiří a Milan HOLICKÝ. *Ocelové konstrukce 20: zatížení staveb podle Eurokódu*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02751-1.

[13] KUKLÍK, Petr, Anna KUKLÍKOVÁ a Karel MIKEŠ. *Dřevěné konstrukce 1: cvičení*. 2. Vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05227-3.

### **Webové zdroje:**

[14] Tension systems s.r.o. Ocelová táhla Macalloy. [online]. [cit. 2019-11-12]

<<http://www.tension.cz/produkty/tahla-macalloy>>

[15] KINGSPAN, střešní panely, [online]. [cit. 2019-10-08]

<<https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolacni-sendvicove-panely/stresni-izolacni-panely>>

[16] KINGSPAN, Stěnové panely, [online]. [cit. 2019-10-08]

<<https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolacni-sendvicove-panely/stenove-izolacni-panely>>

[17] Isover Saint – Gobain, tepelné izolace, [online]. [cit. 2019-10-15]

<<https://www.isover.cz/produkty/isover-eps-70f>>

[18] Hilti group – Česká Republika, Kotevní technika [online]. [cit. 2019-11-05]

<[https://www.hilti.cz/c/CLS\\_FASTENER\\_7135/CLS\\_ANCHOR\\_RODS\\_ELEMENTS\\_7135](https://www.hilti.cz/c/CLS_FASTENER_7135/CLS_ANCHOR_RODS_ELEMENTS_7135)>

[19] Rothoblaas – Česká Republika, Spojovací technika [online]. [cit. 2019-10-25]

<<https://www.rothoblaas.com/products/fastening/screws>>

<<https://www.rothoblaas.com/catalogues-rothoblaas>>

### **Použité softwary:**

Autocad 2017 – Studentská licence Robert Spálenský

Dlubal – Rfem 5.16. – Studentská licence Robert Spálenský

Microsoft office Word – Studentská licence

Microsoft office Excel – Studentská licence

## Seznam obrázků:

obr. č. 1a - Schéma rozložení zatížení sněhem	3
obr. č. 1b - Schéma rozložení zatížení sněhem - navátý sníh	4
obr. č. 2 - Schéma rozložení zatížení větrem na stěny	6
obr. č. 3 - Schéma příčného působení větru na konstrukci	7
obr. č. 4 - Schéma podélného působení větru na konstrukci	8
obr. č. 5 - Schéma vaznice V1	19
obr. č. 6 - Schéma vaznice V1-8m	22
obr. č. 7 - Schéma vaznice V2	24
obr. č. 8a - Schéma příhradové vaznice PV1 - V	30
obr. č. 8b - Schéma příhradové vaznice PV1 - S	39
obr. č. 9 - Schéma příhradové vaznice - spoje	43
obr. č. 10 - Schéma spojů diagonál	43
obr. č. 11 - Schéma spoje S2 příhradové vaznice	47
obr. č. 12 - Schéma spoje S3+S1 příhradové vaznice	49
obr. č. 13 - Schéma spoje S4 příhradové vaznice	53
obr. č. 14 - Schéma vzdáleností pro posouzení blokovým a zátkovým smykem	55
obr. č. 15 - Vzdálenosti řad svorníků	59
obr. č. 16 - Vzdálenosti svorníků od okrajů a konců	59
obr. č. 17 - Minimální rozteče a vzdálenosti	59
obr. č. 18 - Rozteče a vzdálenosti od okraje plechu	60
obr. č. 19 - Schéma hlavního nosného oblouku	63
obr. č. 20 - Schéma štítového nosného oblouku	69
obr. č. 21 - Schéma paždíku	74
obr. č. 22 - Schéma štítového sloupu	76
obr. č. 23 - Schéma působících sil na ztužidla	80
obr. č. 24 - Schéma působících sil na vaznice	81
obr. č. 25 - Schéma působících sil na ztužidlo Z1	84
obr. č. 26 - Schéma vrcholový nosník	90
obr. č. 27 - Schéma spoje vaznice V1 - vazník	94
obr. č. 28 - Schéma spoje příhradová vaznice PV1-V - vrcholový nosník	108
obr. č. 29 - Schéma spoje příhradová vaznice PV1 -S - vazník	113
obr. č. 30 - Schéma přípoje patky štítového oblouku	119
obr. č. 31 - Schéma rozkladu sil na spojovací prostředky - štítový oblouk patka	122
obr. č. 32 - Schéma čepu štítový oblouk	125
obr. č. 33 - Schéma spoje vrcholu štítového oblouku	129
obr. č. 34 - Schéma rozkladu sil na spojovací prostředky - štítový oblouk vrchol	132
obr. č. 35 - Schéma čepu štítový oblouk - vrchol	135
obr. č. 36 - Schéma přípoje patky štítového sloupu	137
obr. č. 37 - Schéma plechu $p_2$	141
obr. č. 38 - Schéma přípoje štítového sloupu na vazník	144
obr. č. 39 - Schéma přípoje patky hlavního nosného oblouku	147
obr. č. 40 - Schéma rozkladu sil na spojovací prostředky - hlavní oblouk patka	150
obr. č. 41 - Schéma čepu hlavní oblouk patka	154
obr. č. 42 - Schéma spoje vrcholu hlavního oblouku	158

obr. č. 43 - Schéma rozkladu sil na spojovací prostředky - hlavní oblouk vrchol	161
obr. č. 44 - Schéma přípoje paždíku na štítový sloup	167
obr. č. 45 - Schéma přípoje vrcholový nosník	168
obr. č. 46 - Schéma spoje vaznice - ztužidlo Z1	170

## Seznam tabulek:

Tab.: 1 - Dimenze příhradových vaznic	42
Tab.: 2 - Výsledné množství svorníků příhradových vaznic	60
Tab.: 3 - Výpočet kombinací na spojovací prostředky - patka štítový oblouk	122
Tab.: 4 - Výpočet kombinací na spojovací prostředky - vrchol štítový oblouk	132
Tab.: 5 - Výpočet kombinací na spojovací prostředky - patka hlavní oblouk	150
Tab.: 6 - Výpočet kombinací na spojovací prostředky - vrchol hlavní oblouk	161
Tab.: 7 - Tabulka příhradových vaznic	182
Tab.: 8 - Tabulka výsledných dimenzí navržených prvků	185

## Seznam příloh:

### D - Výkresová dokumentace:

č.	č. výkresu	název	měřítko
1	1	Půdorys nosné konstrukce	1:100
2	2	Podélný řez nosnou konstrukcí DD´	1:50
3	3a	Příčný řez nosnou konstrukcí AA´	1:50
4	3b	Příčný řez nosnou konstrukcí BB´	1:50
5	3c	Příčný řez nosnou konstrukcí CC´	1:50
6	4a	Pohled na štítovou stěnu - severní	1:100
7	4b	Pohled na štítovou stěnu - jižní	1:100
8	5.1a	Příhradová vaznice PV1	1:50
9	5.1b	Schéma detailů příhradové vaznice PV1	1:10
10	5.2a	Příhradová vaznice PV2	1:50
11	5.2b	Schéma detailů příhradové vaznice PV2	1:10
12	5.3a	Příhradová vaznice PV3	1:50
13	5.3b	Schéma detailů příhradové vaznice PV3	1:10
14	5.4a	Příhradová vaznice PV4	1:50
15	5.4b	Schéma detailů příhradové vaznice PV4	1:10
16	5.5a	Příhradová vaznice PV5	1:50
17	5.5b	Schéma detailů příhradové vaznice PV5	1:10
18	6a	Detail přípoje vaznice V1 -vazník	1:10
19	6b	Detail přípoje vaznice V1 - vaznice V2 - vazník	1:10
20	6c	Detail přípoje vrcholový nosník - příhradová vaznice PV1-V	1:10
21	6d	Detail přípoje vazník - příhradová vaznice PV1-S	1:10
22	6e	Detail přípoje štítový oblouk patka	1:10
23	6f	Detail přípoje štítový oblouk vrchol	1:10
24	6g	Detail přípoje štítový sloup patka	1:10
25	6h	Detail přípoje štítový sloup vrchol	1:10
26	6i	Detail přípoje hlavní oblouk patka	1:10
27	6j	Detail přípoje hlavní oblouk vrchol	1:10
28	6k	Detail přípoje paždík	1:10
29	6l	Detail přípoje vazník - vrcholový nosník	1:10
30	6m	Detail přípoje vaznice - ztužidlo Z1	1:10
31	7	Výkres kotvení	1:200



## Seznam použitých symbolů a zkratk:

### Velká písmena:

A	- oblast zatížení větrem
A	- plocha
$A_{eff}$	- účinná plocha
B	- oblast zatížení větrem
C	- oblast zatížení větrem
D	- oblast zatížení větrem
E	- oblast zatížení větrem
$E_{0,05}$	- hodnota 5% kvantilu modulu pružnosti
$E_{0,mean}$	- průměrná hodnota kvantilu modulu pružnosti
F	- oblast zatížení větrem
$F_{ax,d}$	- návrhová osová únosnost spojovacího prostředku na vytažení
$F_{ax,k}$	- charakteristická osová únosnost spojovacího prostředku na vytažení
G	- oblast zatížení větrem
H	- oblast zatížení větrem
I	- oblast zatížení větrem
$I_y$	- moment setrvačnosti k ose y
$I_z$	- moment setrvačnosti k ose z
J	- oblast zatížení větrem
$K_r$	- součinitel terénu
L	- délka prvku
$L_{eff}$	- efektivní délka prvku
$L_{cr}$	- kritická délka prvku
$M_{ap,d}$	- návrhový ohybový moment ve vrcholu
$M_{crd}$	- ohybová únosnost oslabeného průřezu
$M_{el}$	- elastický moment únosnosti průřezu
$M_{pl}$	- plastický moment únosnosti průřezu
$M_{tor}$	- návrhový kroutící moment
$M_y$	- návrhový ohybový moment kolem osy y
$M_{y,rk}$	- charakteristický plastický moment únosnosti
$M_z$	- návrhový ohybový moment kolem osy z
$N_{cr}$	- pružná kritická síla
$N_d$	- návrhová normálová síla
$N_{plRd}$	- únosnost průřezu v tahu
$N_{plRd,osl}$	- únosnost oslabeného průřezu v tahu
$R_d$	- návrhová únosnost vrutů na střih
$R_{dt}$	- návrhová únosnost vrutů na tah
$R_{ud}$	- návrhová únosnost vrutů
$R_{vd}$	- návrhová únosnost vrutů na střih
$R_{vk}$	- charakteristická únosnost vrutů na sřih
$V_d$	- návrhová posouvající síla
V	- objem

$V_0$	- referenční objem
$V_{plRd}$	- únosnost průřezu ve smyku
$V_{plRd,osl}$	- únosnost oslabeného průřezu ve smyku
$W_y$	- průřezový modul k ose y
$W_z$	- průřezový modul k ose z

### Malá písmena:

$b$	- šířka
$b_{eff}$	- efektivní šířka
$c_e$	- součinitel expozice
$c_r$	- součinitel nerovnosti terénu
$c_t$	- součinitel teploty
$f_{c0d}$	- návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c0k}$	- charakteristická pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c90d}$	- návrhová pevnost v tlaku kolmo na vlákna
$f_{c90k}$	- charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna
$f_{t0d}$	- návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{t0k}$	- charakteristická pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{t90d}$	- návrhová pevnost v tahu kolmo na vlákna
$f_{t90k}$	- charakteristická pevnost v tahu kolmo na vlákna
$f_{md}$	- návrhová pevnost v ohybu
$f_{mk}$	- charakteristická pevnost v ohybu
$f_{ud}$	- návrhová pevnost v tahu
$f_{uk}$	- charakteristická pevnost v tahu
$f_{vd}$	- návrhová pevnost ve smyku
$f_{vk}$	- charakteristická pevnost ve smyku
$f_{yd}$	- návrhová mez kluzu
$f_{yk}$	- charakteristická mez kluzu
$g_d$	- návrhové stálé zatížení
$g_k$	- charakteristické stálé zatížení
$h$	- výška
$h_{ap}$	- výška nosníku ve vrcholu
$i$	- poloměr setrvačnosti
$k_{90}$	- součinitel pevnosti v otláčení
$k_{c,y}$	- součinitel vzpěru ve směru osy y
$k_{c,z}$	- součinitel vzpěru ve směru osy z
$k_{cr}$	- součinitel zohledňující trhliny
$k_{crit}$	- součinitel pro příčnou a torzní stabilitu
$k_{def}$	- součinitel dotvarování

$k_{dis}$	- součinitel zohledňující účinek rozdělení napětí ve vrcholové oblasti
$k_m$	- součinitel zohledňující redistribuci ohybového napětí po průřezu
$k_{mod}$	- modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti
$k_r$	- redukční součinitel pevnosti způsobené ohybem lamel
$k_{vol}$	- součinitel objemu
$n$	- počet spojovacích prostředků
$n_{eff}$	- efektivní počet spojovacích prostředků
$q_d$	- návrhové proměnné zatížení
$q_k$	- charakteristické proměnné zatížení
$q_p$	- dynamický tlak větru
$r$	- poloměr
$r_{in}$	- vnitřní poloměr
$s_k$	- charakteristická hodnota zatížení sněhem
$t$	- tloušťka
$t_{eff}$	- efektivní tloušťka
$v_b$	- základní rychlost větru
$v_m$	- charakteristická střední rychlost větru
$w_{ins}$	- okamžitý průhyb
$w_{net,fin}$	- konečný průhyb
$w_{lim}$	- limitní průhyb
$z$	- výška objektu
$z_0$	- parametr drsnosti terénu

### Řecká písmena:

$\alpha$	- sklon osy
$\alpha$	- součinitel imperfekce
$\beta$	- součinitel přímosti
$\beta_w$	- korelační součinitel
$\varepsilon$	- součinitel zohledňující třídu oceli
$\gamma_g$	- součinitel stálého zatížení
$\gamma_m$	- součinitel materiálu
$\gamma_q$	- součinitel proměnného zatížení
$\lambda_{rel}$	- poměrná štíhlost
$\lambda_y$	- štíhlostní poměr ve směru osy y
$\lambda_z$	- štíhlostní poměr ve směru osy z
$\bar{\lambda}$	- poměrná štíhlost
$\lambda_1$	- srovnávací štíhlost
$\mu$	- tvarový součinitel
$\rho$	- objemová hmotnost
$\sigma_{cod}$	- návrhové napětí v tlaku rovnoběžné s vlákny

$\sigma_{c90d}$	- návrhové napětí v tlaku koso na vlákna
$\sigma_{md}$	- návrhové napětí v ohybu
$\sigma_{t0d}$	- návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny
$\sigma_{t90d}$	- návrhové napětí v tahu kolmo na vlákna
$\tau_{ed}$	- návrhové napětí ve smyku
$\tau_{vd}$	- návrhové napětí ve smyku
$\chi$	- součinitel vzpěrnosti
$\psi_0$	- součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení
$\psi_2$	- součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení