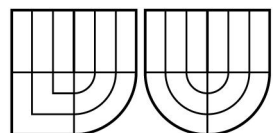


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



*FACULTY OF CIVIL ENGINEERING*

*INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES*

## TROJLODNÍ SKLADOVÝ OBJEKT

*THE THREE AISLED STORAGE BUILDING*

*DIPLOMOVÁ PRÁCE*

*DIPLOMA THESIS*

*AUTOR PRÁCE*

AUTHOR

*BC. TOMÁŠ BACK*

*VEDOUČÍ PRÁCE*

SUPERVISOR

*Ing. STANISLAV BUCHTA*

BRNO 2014



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608T001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Tomáš Back
<b>Název</b>	Trojloďný skladový objekt
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	Ing. Stanislav Buchta
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2013
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	17. 1. 2014

V Brně dne 31. 3. 2013

.....  
doc. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

### **Podklady a literatura**

ČSN EN 1991 Zatížení staveb

ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí

Ocelové konstrukce pozemních staveb, Faltus

Kovové konstrukce - Konstrukce průmyslových budov, Melcher, Straka

### **Zásady pro vypracování**

Vypracujte návrh nosné ocelové konstrukce trojlodního skladového objektu o půdorysných rozměrech 42,0x60,0m v lokalitě Hradec Králové.

Vypracujte:

Technickou zprávu.

Statický výpočet základních nosných prvků.

Výkresovou dokumentaci v rozsahu dispozičních a výrobních výkresů včetně kusovníků materiálu.

### **Předepsané přílohy**

.....

Ing. Stanislav Buchta  
Vedoucí diplomové práce

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pod odborným vedením mého školitele Ing. Stanislava Buchty.

V Brně, dne

Bc. Tomáš Back

## **Poděkování**

Děkuji svému školiteli Ing. Stanislavu Buchtovi za odborné rady a vedené celé mé práce a za poskytnutí cenných rad v oblasti ocelových a dřevěných konstrukcí.

## **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Tomáš Back *Trojloďní skladový objekt*. Brno, 2014. 72 s., 13 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Stanislav Buchta.

---

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

### Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 16.1.2014

.....  
podpis autora

Bc. Tomáš Back

## **Abstrakt**

Obsahem diplomové práce je návrh a statický posudek základních nosných prvků. Dále také vypracování výkresové dokumentace v rozsahu dispozičních a výrobních výkresů včetně kusovníku materiálu. K práci byla také vytvořena technická zpráva.

## **Klíčová slova**

Skladový objekt; hala; trojlodní; sloup; patka; ztužidlo; ocel; vazník; beton; svar.



## **Abstract**

Content diploma work, work is proposal and static review fundamental supporting member. Further too elaboration graphical documentation to the extent of dispositional and production drawing inclusive piece list material. With work was too creation technical report.

## **Keywords**

In-store object; vestibule; trojlodni; post; foot; brace; steel; tie; concrete; weld.

---

## Obsah

Prohlášení .....	4
V Brně, dne .....	4
Bc. Tomáš Back.....	4
Poděkování .....	5
Abstrakt .....	7
Klíčová slova.....	8
Keywords .....	9
Seznam tabulek.....	8
Úvod:.....	10
1.Technická zpráva .....	11
2.Statický výpočet .....	13
3.Závěr .....	71
4.Seznam použitá literatura .....	72
5.Seznam použitých znaků a symbolů .....	72
<a href="#">6.Seznam příloh</a> .....	73

---

## Seznam tabulek

Tab. 2.1 Střešní plášť:

Tab. 2.2 Stěna:

Tab. 2.3 Plošné zatížení větrem na jednotlivé oblasti pláště budovy.

Tab. 2.4 seznam prvků, vnitřní síly a délka prvků (barevně označeny maxima)

Tab. 2.5 posudky prvků na tlak

Tab. 2.5 posudky prvků na tah

Tab. 2.6 posudek prvků na svar

Tab. 2.7 seznam prvků, vnitřní síly a délka prvků (barevně označeny maxima)

Tab. 2.8 posudky prvků na tlak

Tab. 2.9 posudky prvků na tah

Tab. 2.10 posudek prvků na svar

Tab. 2.11 seznam prvků

Tab. 2.12 posudky prvků na tlak

Tab. 2.13 posudky prvků na tah

Tab. 2.14 posudek prvků na svar

Tab. 2.15 seznam prvků

Tab. 2.16 posudek prvků na tlak

Tab. 2.17 posudek prvků na tah

Tab. 2.18 posudek prvků na svar

## **Úvod:**

V rámci diplomové práce je navržen trojlodní skladový objekt z oceli. Objekt je situován v lokalitě Hradce Králové. V diplomové práci jsou navrženy základní statické prvky dále je vypracována technická zpráva, výkresová dokumentace v rozsahu dispozičním a výrobním. Dále je také vytvořen kusovník materiálů.

## **1. Technická zpráva**

## 1. Technická zpráva

### Dispoziční uspořádání:

Dispoziční uspořádání odpovídá rozmístění sloupů v osových vzdálenostech po 6 m. Hala je trojlodní bez jeřábové dráhy chráněná před klimatickými změnami opláštěním tvořenou hydroizolační folií. Hala je izolována 200 mm minerální vlny. Střešní plášť je sandwichový s vrchní vrstvou z hydroizolace a spodním TR 50/260/0,75 a vloženou izolací minerální vlny.

### Vnitřní příčná vazba:

Vaznice jsou tvořeny z trubek fungujících jako Girlandový vazník. Styk vaznic v hřebeni je řešen jako kloub se šroubem. Pod hlavním vazníkem A je navařeno táhlo DETAN 30 mm<sup>2</sup>, které zajišťuje přenos vodorovných sil.

Vazník je trubkový staticky určitý systém bez vybočovacích diagonál uložen jako prostý nosník bez uvolnění vodorovných posunů. Ve vazníku jsou použity 3 typy trubek: TR140/4,5, TR51/2,6 a TR102/4,5. V uložení je na sloup přivařen P40 a spojen 4-mi šrouby s deskou na sloupu. Hlavní vazník je z důvodu montáže a přepravy rozdělen do 2 montážních celků s max. rozměrem 12,0 m.

### Sloupy:

Sloup ve vnitřních polích haly je HE500B orientován větší tuhostí vnitřním směrem do haly. Na horní konec je přivařena deska z P40. Sloup nese desky opláštění v jeho vrchní části. Sloupy jsou zavětrovány ztužidly o diagonálách s možností vybočení. Sloupy HE500B jsou s vetknutými patkami.

Sloupy v bočních lodích jsou tvořeny HE200B. Sloupy nesou desky opláštění. Sloupy HE200B jsou s kloubovými patkami.

### Štítové stěny:

Štítové stěny jsou tvořeny zavětrováním a stejným typem opláštění. Sloupy jsou kloubově uloženy a jsou z profilů HE200B. Horní pásnice je z profile IPE 200. Diagonály a vodorovné pruty jsou prvky TR 102/3,6.

### Zavětrování:

Zavětrování je provedeno táhly v rovině střešního pláště s možností vybočení úhelníky L70/6. A v podélném směru ztužidlem z trubek.

### Materialy:

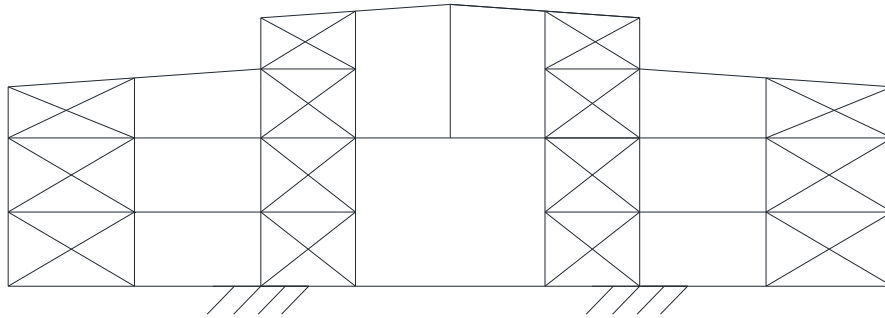
Ocel S235 J0 ; Ocel S355 J0; Ocel S320 GD; Beton C 16/20

## **2. Statický výpočet**

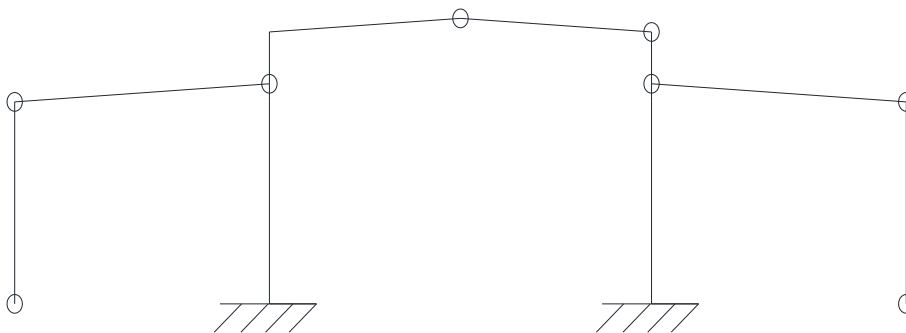
## 2. Statický výpočet

### 2.1. Statická schémata

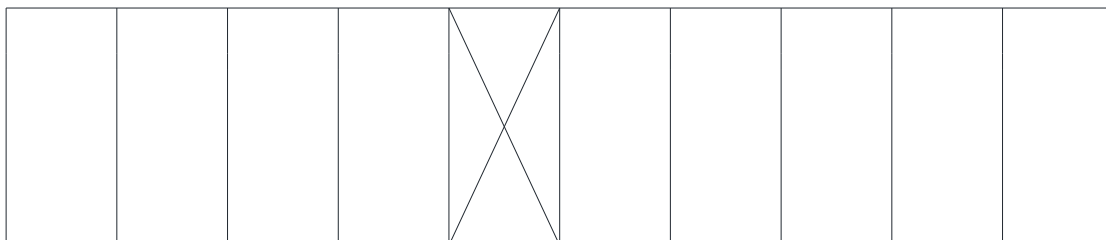
Čelo



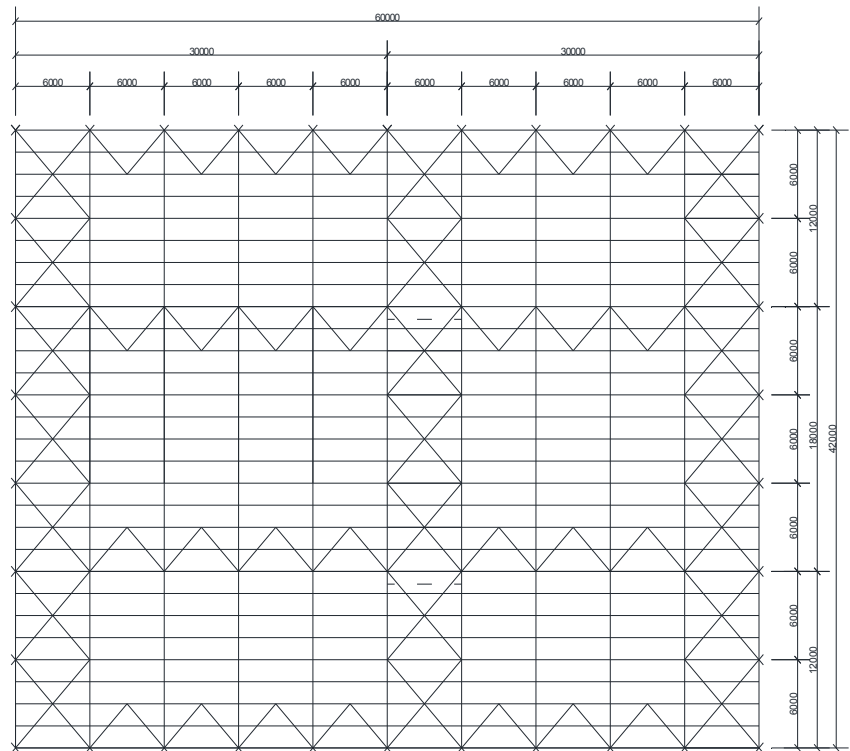
Příčná vazba



Boční pohled







## 2.2. Zatížení

### 2.2.1. Stálé

Součinitel zatížení  $\gamma_G = 1,35$

Tab. 2.1 Střešní plášť:

<b>Střešní plášť:</b>	Char. [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_G$	Náv. [kN/m <sup>2</sup> ]
Hydroizolační folie na bázi PVC	0,03	1,35	0,0405
Minerální vlna tl. 200 mm	0,12	1,35	0,1620
Vnitřní trapézový plech (odhad)	0,08	1,35	0,1080
CELKEM :	<u>0,23</u>	1,35	<u>0,3105</u>

Tab. 2.2 Stěna:

<b>Stěna:</b>	Char. [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_G$	Náv. [kN/m <sup>2</sup> ]
Kazetový profil K 120/600/0,75	0,10	1,35	0,1350
Tepelná izolace – Orsil 100 mm    0,8*0,1=0,08	0,08	1,35	0,1080
Vnější trapézový plech (odhad)	0,07	1,35	0,0945
CELKEM :	<u>0,25</u>	1,35	<u>0,3375</u>

## 2.2.2. Proměnné

Součinitel zatížení  $\gamma_Q = 1,5$

### 2.2.2.1. Sníh

- objekt v první sněhové oblasti ( Hradec Králové )

=>  $s_k = 0,75$

- halová konstrukce má 2 sklony a to  $13^\circ$  a  $25^\circ$

- halová konstrukce je osově souměrná  $\alpha = \beta$

$$\alpha_1 = 13^\circ$$

$$\alpha_2 = 25^\circ$$

$$u_1 = 0,8$$

$$u_2 = 0,8 + \frac{0,6(25 - 15)}{30} = 1$$

$$S_1 = u_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

$$S_2 = u_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

### 2.2.2.2. Vítr

- II. větrná oblast ( Hradec Králové ) =>  $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

$$\text{Základní tlak větru } q_b = (\rho/2) \cdot v_{b,0}^2 = (1,25 / 2) \cdot 25^2 = 0,39 \text{ N/m}^2$$

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

- kategorie terénu III. ( plocha s vegetací nebo budovami)

=>  $c_e(z) = 2,1 \text{ m/s}$  pro  $z=h=16,8 \text{ m}$  (výška hřebené střechy nad terénem)

Tlak větru na vnější povrchy

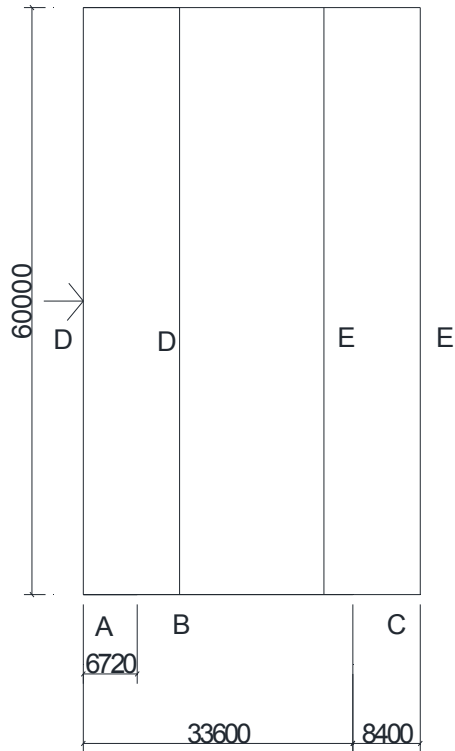
$$W_e = q_b \cdot C_e \cdot C_{pe} = 0,39 \cdot 2,1 \cdot C_{pe} = 0,819 \cdot C_{pe} \text{ kN/m}^2$$

Součinitele vnějšího aerodynamického tlaku

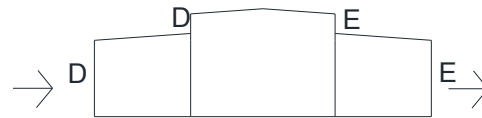
Protože návětrné plochy jsou větší než  $10 \text{ m}^2$ , hledají se součinitelé  $c_{pe,10}$ .

a) Vítr příčný

Svislé stěny



Příčný řez



$$b = 60 \text{ m} > 2 h = 2 \cdot 16,8 = 33,6 \text{ m}$$

$$e = \min(b, 2h) = 33,6 \text{ m}$$

b je šířka vystavená větru

$$h/d = 16,8/42 = 0,4$$

$$\alpha_1 = 13^\circ$$

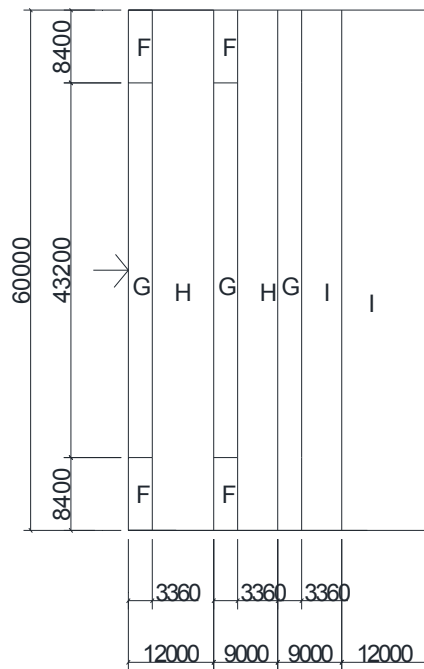
$$\alpha_2 = 25^\circ$$

$$e/5 = 6,72 \text{ m}$$

$$e/4 = 8,4 \text{ m}$$

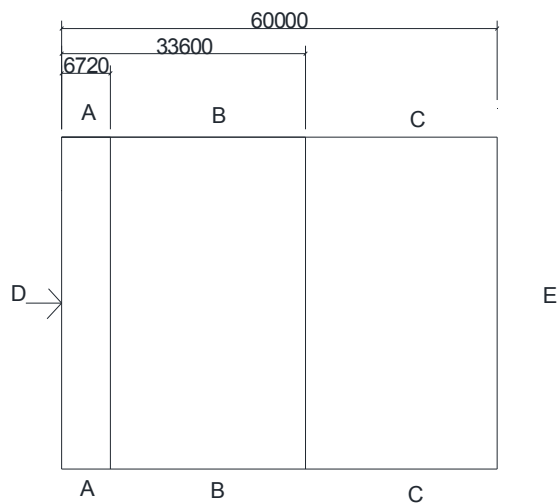
$$e/10 = 3,36 \text{ m}$$

Střecha



b) Vítr podélný

Svislé stěny



$$b = 42 \text{ m} > 2 h = 2 \cdot 16,8 = 33,6 \text{ m}$$

$$e = \min (b, 2h) = 33,6 \text{ m}$$

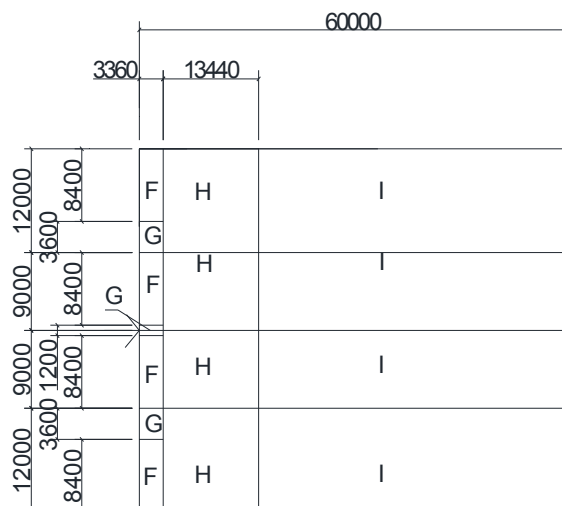
$$h/d = 16,8/60 = 0,28 < 0,4$$

$$\alpha_1 = 13^\circ$$

$$\alpha_2 = 25^\circ$$

$$e/5 = 6,72 \text{ m}$$

Střecha



$$e/10 = 3,36 \text{ m}$$

$$e/2 - 3,36 = 13,44 \text{ m}$$

Tab. 2.3 Plošné zatížení větrem na jednotlivé oblasti pláště budovy.

napříč				podél			
oblast	$C_{pe,10}$ [-]	$w_{e,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$w_{e,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	oblast	$C_{pe,10}$ [-]	$w_{e,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$w_{e,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
A	0,00	0,00	0,00	A	1,00	0,82	1,23
B	0,00	0,00	0,00	B	-0,80	-0,66	-0,98
C	0,00	0,00	0,00	C	-0,50	-0,41	-0,62
D	0,80	0,66	0,98	D	0,60	0,49	0,74
E	-0,30	-0,25	-0,37	E	-0,30	-0,25	-0,37
F	-1,7	-1,39	-2,09	F	-1,60	-1,31	-1,97
G	-1,20	-0,98	-1,48	G	-1,30	-1,07	-1,60
H	-0,60	-0,49	-0,74	H	-0,70	-0,57	-0,86
I	-0,30	-0,25	-0,37	I	-0,50	-0,41	-0,62
J	-0,30	-0,25	-0,37	J	0,00	0,00	0,00

## 2.3. Střecha

### 2.3.1. Střešní trapézový plech

Podpory – vaznice Z s roztečemi 1,5 m

**Návrh: Trapézový plech TR 50/260/0,75, pozitivní poloha**

$$f_y = 320 \text{ MPa}$$

$$m = 6,1 \text{ kg/m}^2$$

Únosnost dle ČSN EN

$$q_{Rd} = 2,55 \text{ kN/m}^2 \text{ pro vnitřní podpory šířky 80 mm a krajní 40 mm}$$

$$q_{Rk} = 1,55 \text{ kN/m}^2 \text{ s podmínkou průhybu } \delta \leq L/200$$

Zatížení (rozhoduje kombinace s tíhovým zatížením (stálé + sníh))

$$q_k = 0,23 + 0,8 = 1,03 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{Ed} = 0,23 + 0,8 = 1,03 \text{ kN/m}^2$$

Posouzení

Únosnost plechu:

$$q_{Ed} = 1,03 \text{ kN/m}^2 < 2,55 \text{ kN/m}^2$$

Podmínka pro mezní průhyb

$$\delta_2 \leq L/200$$

$$q_k = 1,03 \text{ kN/m}^2 < 1,55 \text{ kN/m}^2$$

Trapézový plech vyhoví

### 2.3.2. Vnitřní mezilehlá vaznice

Zatížení

Stálé

- Střešní plášť $0,23 * 1,5 =$	0,345 kN/m
- Vl.tíha vaznice (odhad)	0,1 kN/m
Celkem charakteristické	0,445 kN/m
Celkem návrhové	0,6 kN/m

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
Trojlodní skladový objekt

---

Sníh  $0,8 * 1,5 = 1,2 \text{ kN/m}$

$1,2 * 1,5 = 1,8 \text{ kN/m}$

Vítr

Rozhoduje krajní pole podélného větru s oblastmi H a F

Kde:

$$w_{e,k} = \frac{b}{L} * \Sigma(w_{e*}L) = -\frac{1,5}{6,6} * (w_{e,F} * 3,36 + w_{e,H} * 3,24) = -\frac{1,5}{6,6} * (1,31 * 3,36 + 0,57 * 2,74) \\ = -1,42 \text{ kN/m}$$

Kombinace zatížení (KZS):

(1) stálé + sníh

$$q_{Ed} = 0,6 + 1,8 = 2,4 \text{ kN/m}$$

(2) min. stálé + podélný vítr sání

$$q_{Ed} = 0,08 * 1,5 + 0,1 - 1,42 * 1,5 = -1,91 \text{ kN/m}$$

**Návrh: Z 300/2,5 SAB**

$$f_y = 350 \text{ MPa (Ocel S350 GD)}$$

$$m = 9,44 \text{ kg/m}$$

Únosnost

Dílčí únosnost v hodnotě  $L=6\text{m}$ .

Tíhové zatížení

$$q_{Rd} = 5,36 \text{ kN/m}$$

$$q_{Rk} = 7,93 \text{ kN/m pro } \delta_{\text{lim}} = L/200$$

Zatížení sáním

$$q_{Rd} = -3,63 \text{ kN/m}$$

Posouzení

MSU

$$\text{KZS (1) } q_{Ed} = 2,4 \text{ kN/m} < q_{Rd} = 5,36 \text{ kN/m}$$

$$\text{KZS (2) } q_{Ed} = 1,91 \text{ kN/m} < q_{Rd} = 3,63 \text{ kN/m}$$

Vyhoví



MSP

$$\delta_{2,lim} = L/200$$

$$q_{Ek} = 1,8 \text{ kN/m} < q_{Rk} = 7,93 \text{ kN/m}$$

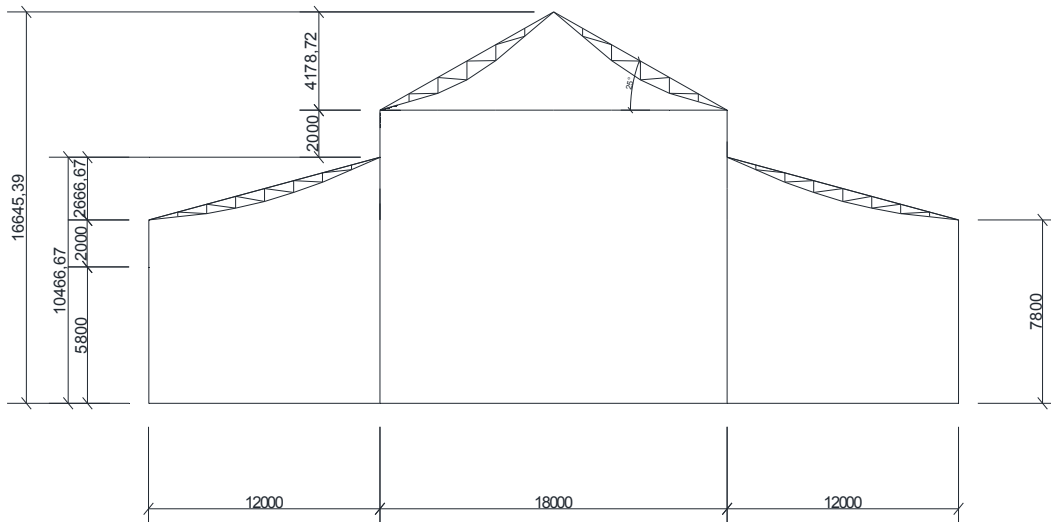
Vaznice vyhovuje

### **2.3.3. Okapová vaznice**

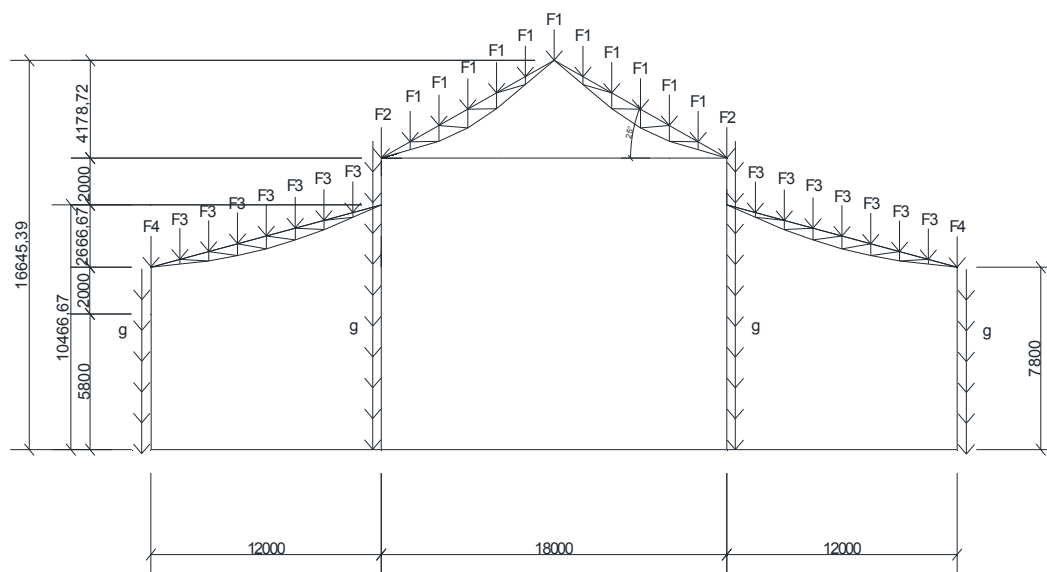
Okapová vaznice je navržena stejná. Přenáší stejné zatížení jako vaznice vnitřní ale s menší zatěžovací šířkou. Bude pomáhat konstrukci s přenesením zatížení od podélného větru do hlavního podélného ztužidla. Z konstrukčních důvodů je navržena vaznice stejná Z 300/2,5 SAB.

## 2.4. Příčná vazba

### 2.4.1. Schéma



### 2.4.2. Zatížení



### Zatěžovací stavy

1. Stálé
2. Minimální stálé
3. Sníh
4. Vítr příčný
5. Vítr podélný

## 1. Stálé zatížení

Odhad vlastní tíhy vazníku:

$$g_k = \frac{L}{76} * \sqrt{qB} = \frac{18}{76} * \sqrt{\left(0,23 + \frac{0,1}{1,5} + 0,8\right) * 6} = 0,64 \text{ kN/m}$$

Sily do uzlů vazníku

$$F_1: \quad \text{plášť } 0,445 * 6 \quad = 2,937 \text{ kN}$$

$$\text{Vl. tíha vazníku } 0,64 * 1,5 = 0,96 \text{ kN}$$

$$F_1 = 3,897 \text{ kN}$$

Pro krajní sílu uvažuji přesah střechy 0,4m za osu sloupu. Zatěžovací šířka je proto  $0,75 + 0,4 = 1,15\text{m}$

$$F_2: \quad \text{plášť } (0,23 * 1,15 + 0,1) * 6 \quad = 2,4 \text{ kN}$$

$$\text{Vl. tíha vazníku } 0,64 * 1,15 = 0,736 \text{ kN}$$

$$F_2 = 3,136 \text{ kN}$$

Sloup

$$\text{plášť } 0,25 * 6 \quad = 1,5 \text{ kN/m}$$

$$\text{Vl. tíha} \quad = 1,0 \text{ kN/m}$$

$$g = 2,5 \text{ kN/m}$$

## 2. Min. stálé zatížení

Dolní odhad vlastní tíhy vazníku:

$$g_{k(\min)} = 0,5 g_k = 0,32 \text{ kN/m}$$

Sily do uzlů vazníku:

$$F_1: \quad \text{plášť } 0,445 * 6 \quad = 2,937 \text{ kN}$$

$$\text{Vl. tíha vazníku } 0,32 * 1,5 = 0,48 \text{ kN}$$

$$F_1 = 3,147 \text{ kN}$$

Pro krajní sílu uvažuji přesah střechy 0,4m za osu sloupu. Zatěžovací šířka je proto  $0,75 + 0,4 = 1,15\text{m}$

$$F_2: \quad \text{plášť } (0,23 * 1,15 + 0,1) * 6 = 2,4 \text{ kN}$$

$$\text{Vl. tíha vazníku } 0,32 * 1,15 = 0,368 \text{ kN}$$

$$F_2 = 2,768 \text{ kN}$$

Sloup

$$\text{plášť } 0,25 * 6 = 1,65 \text{ kN/m}$$

$$\text{Vl. tíha} = 1,0 \text{ kN/m}$$

$$g = 2,65 \text{ kN/m}$$

### 3. Sníh

$$F_{1k} = 1,2 * 6 = 7,92 \text{ kN}$$

$$F_{1d} = 1,8 * 6 = 11,88 \text{ kN}$$

$$F_{2k} = 0,8 * 1,15 * 6 = 6,072 \text{ kN}$$

$$F_{2d} = 0,8 * 1,15 * 1,5 * 6 = 9,108 \text{ kN}$$

### 4. Vítr příčný

$$w_1 = w_{e,D} * B = 0,98 * 6 = 6,468 \text{ kN/m}$$

$$w_2 = w_{e,E} * B = 0,37 * 6 = 2,442 \text{ kN/m}$$

$$F_1 = (w_{e,F} * 3,36 + w_{e,G} * 2,64) * 1,15 = 14,56 \text{ kN}$$

$$F_2 = (w_{e,F} * 3,36 + w_{e,G} * 2,64) * 0,6 + w_{e,H} * 6 * 3,36 = 9,56 \text{ kN}$$

$$F_3 = w_{e,H} * 6 * 1,5 = 7,74 \text{ kN}$$

$$F_4 = w_{e,H} * 6 * 0,75 = 3,87 \text{ kN}$$

$$F_5 = w_{e,H} * 6 * 1,15 = 5,934 \text{ kN}$$

### 5. Vítr podélný

$$w_1 = 5,96 \text{ kN/m}$$

$$F_1 = w_{e,H} * 6 * 1,5 = 6,66 \text{ kN}$$

$$F_2 = w_{e,H} * 6 * 1,15 = 5,106 \text{ kN}$$

### **Kombinace zatěžovacích stavů (KZS)**

- (1) Stálé + sníh
- (2) Stálé + sníh + 0,6\*vítr příčný
- (3) Stálé + vítr příčný + 0,5\* sníh
- (4) Stálé min. + vítr příčný
- (5) Stálé min. + vítr podélný

Rozhodují kombinace 1,4,5

#### **2.4.3.1 Vnitřní síly v prutech příčné vazby**

Vnitřní síly se určí pomocí softwaru. Výsledky jsou na dalších stranách. Protože je konstrukce staticky neurčitá, je nutné nejprve navrhnout profily všech prutů.

Předběžný odhad profilu sloupu

$$w_{k,mean} = \frac{w_1 + w_2}{2} = 4,455 \text{ kN/m'}$$

$$\frac{w_{k,mean} * H^4}{8EI_y} \leq \frac{H}{150}$$

$$I_y = \frac{150 * w_{k,mean} * H^3}{8E} = \frac{150 * 4,455 * 12500^3}{8 * 210000} = 776,9 * 10^6 \text{ mm}^4$$

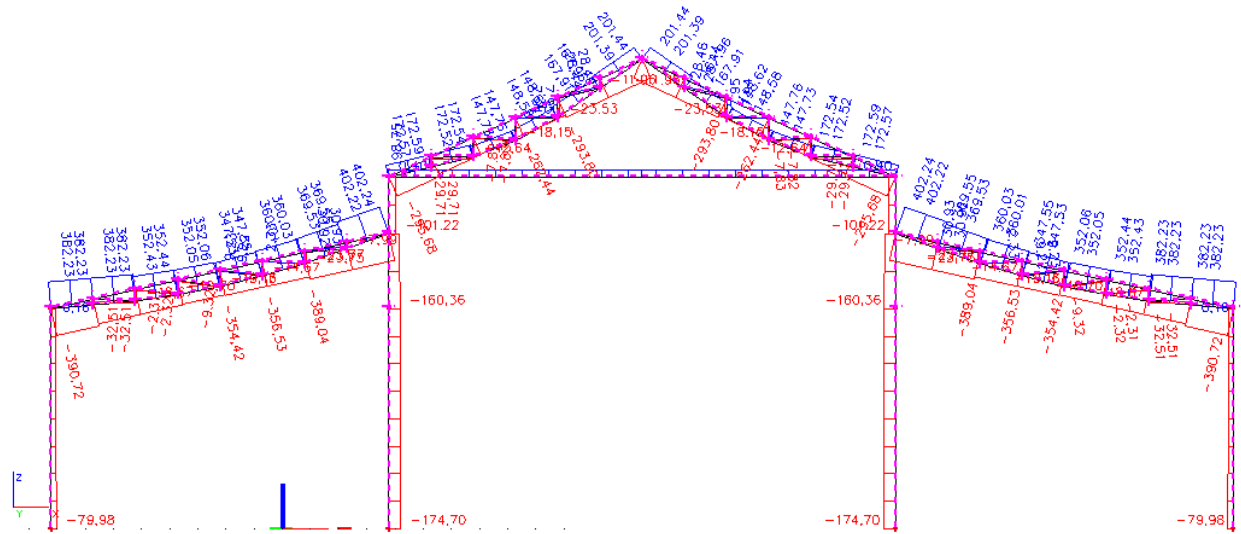
Návrh sloupů: HEB 500

$$A = 23860 \text{ mm}^2$$

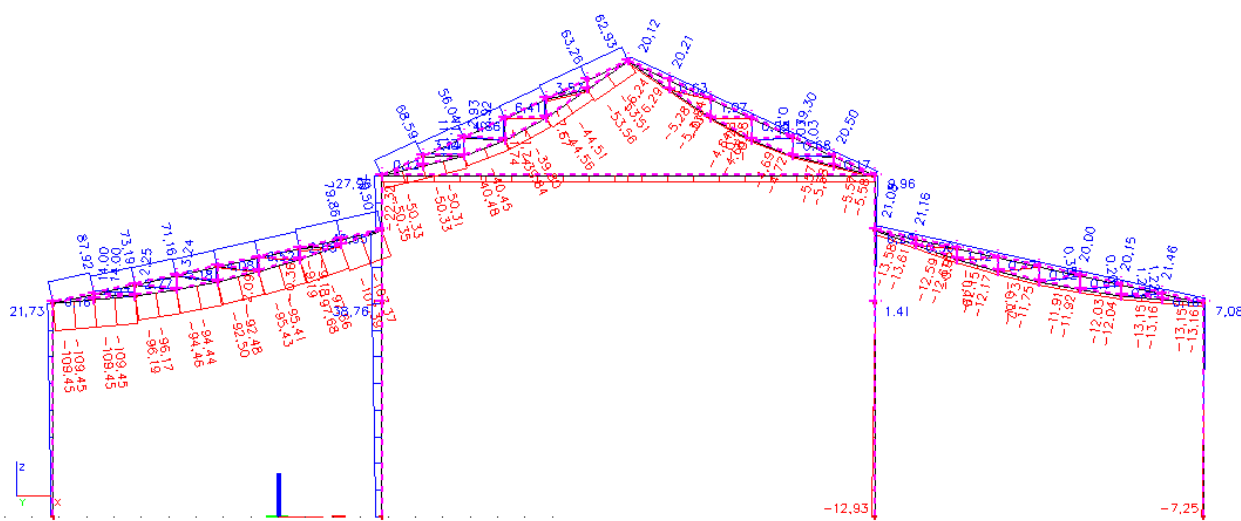
$$I_y = 1072 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Normálové síly na průřezu [kN] od rozhodujících kombinací (extrémní návrhové hodnoty):

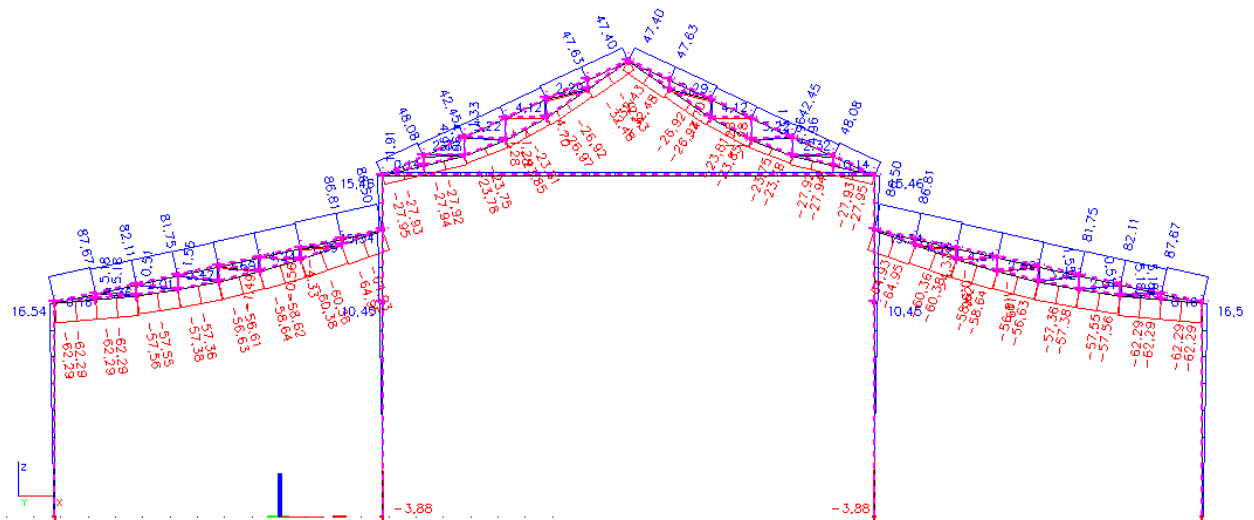
**KSZ (1)**



**KSZ (4)**

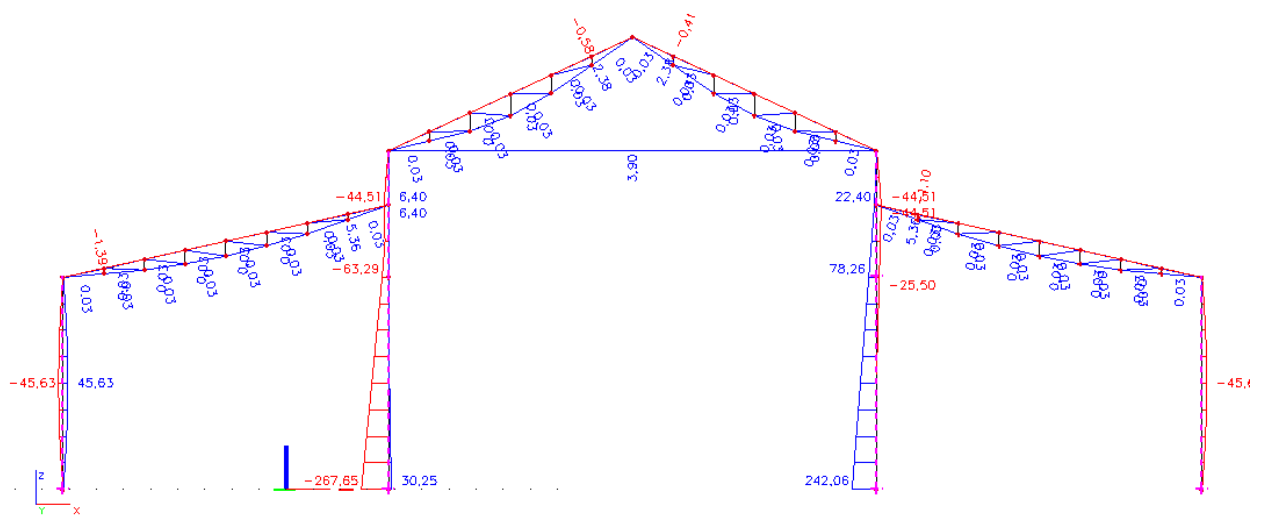


**KSZ (5)**

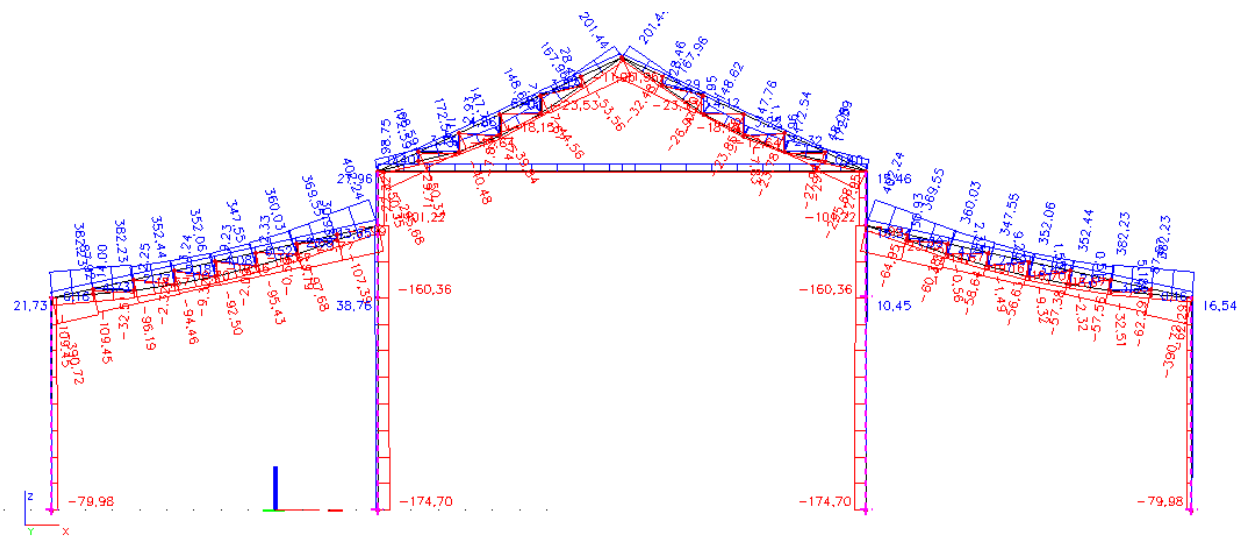


Vnitřní síly na ve sloupech (obalová křivka všech kombinací, extrémní návrhové hodnoty):

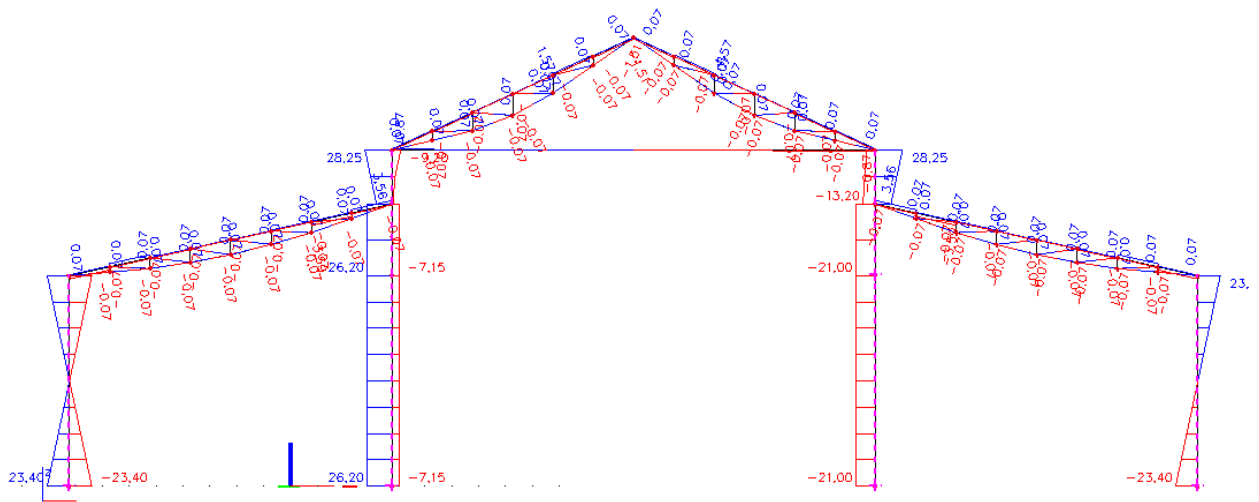
**$M_{Ed}$ [kNm]**



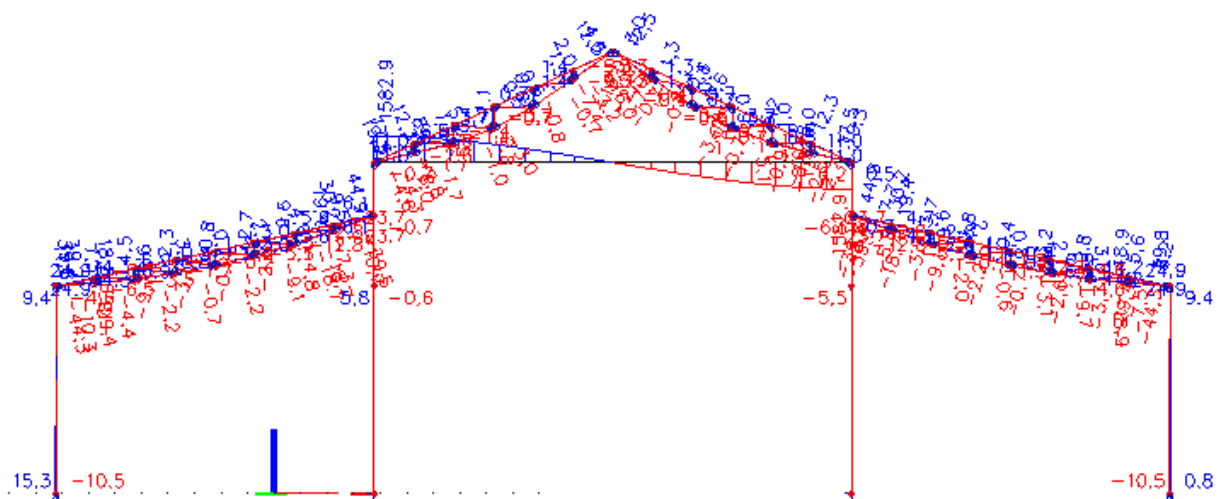
$N_{Ed}$ [kN]



$V_{Ed}$ [kN]

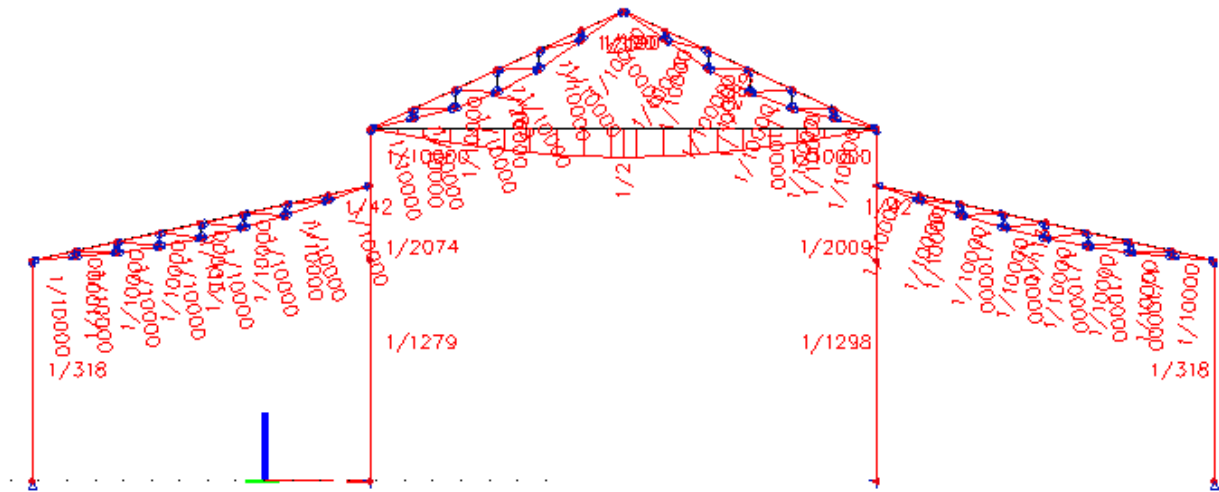


$f_{iy}$ [mrad]

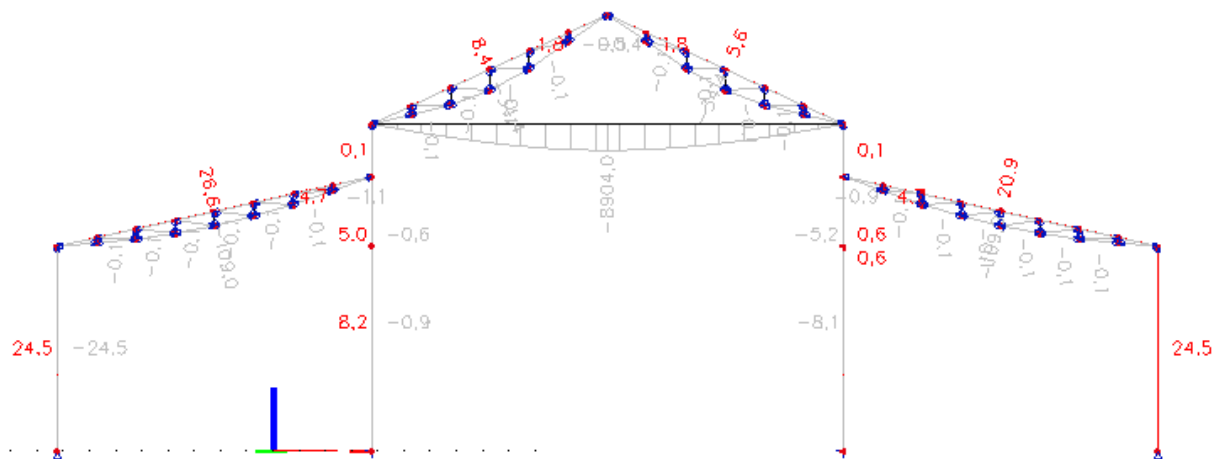




$u_z[-]$

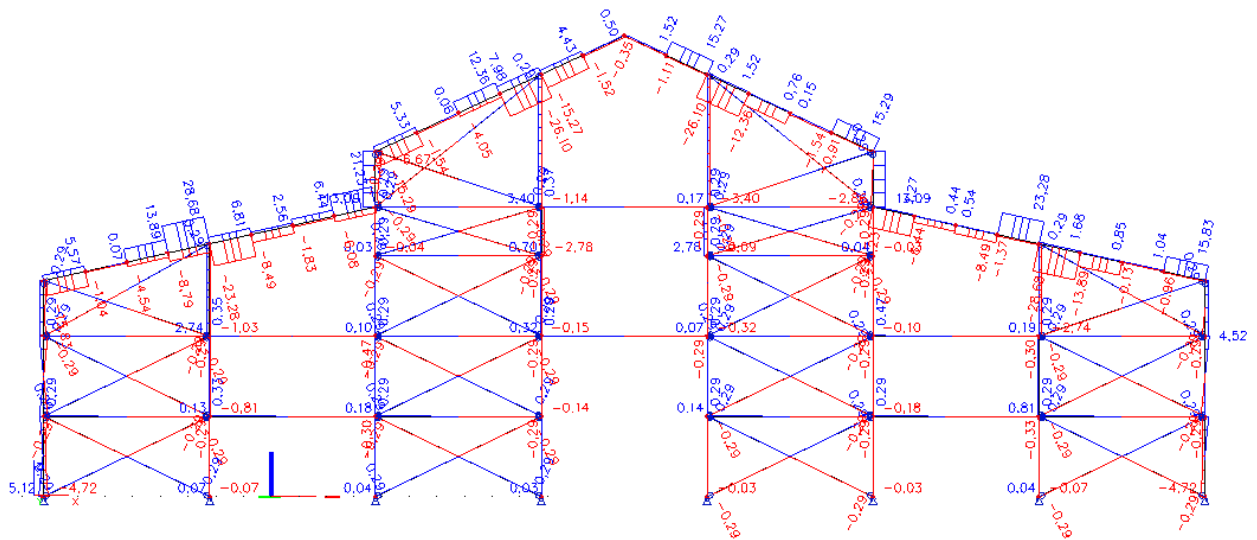


$u_z[\text{mm}]$



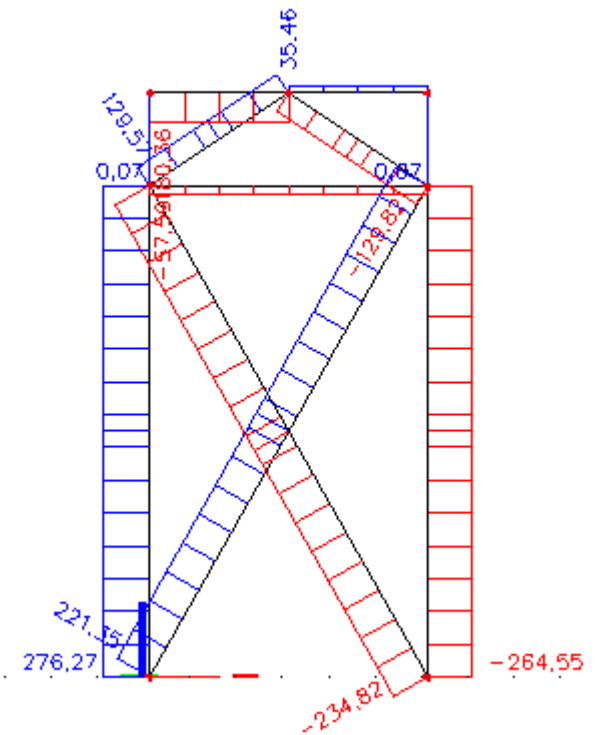


$V_{Ed}$ [kN]

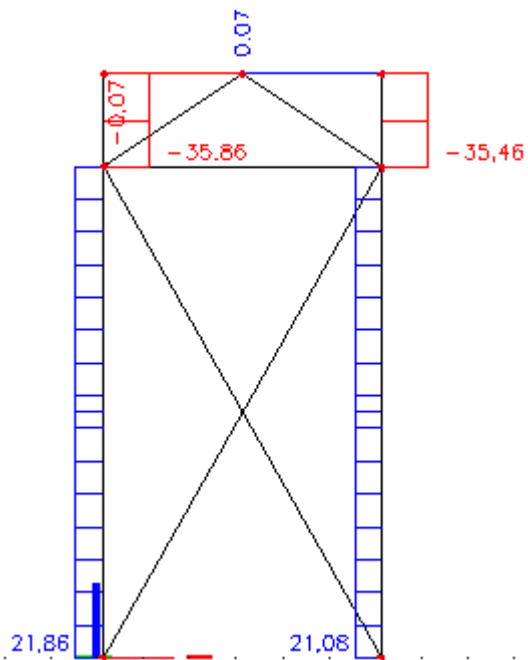


### 2.4.3.3 Vnitřní síly v prutech podélných ztužidel

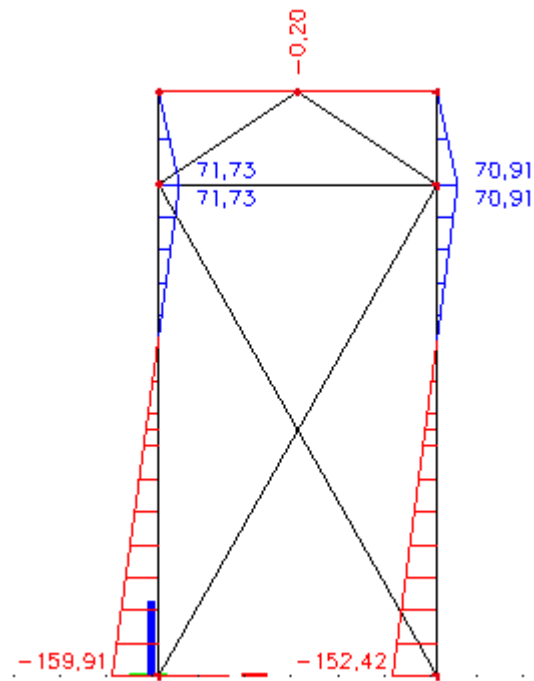
$N_{Ed}$ [kN]



$V_{Ed}$ [kN]

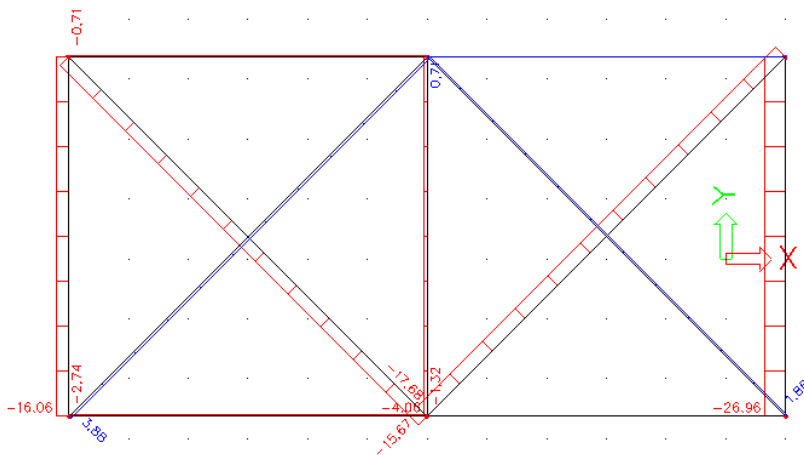


$M_{Ed}$ [kNm]



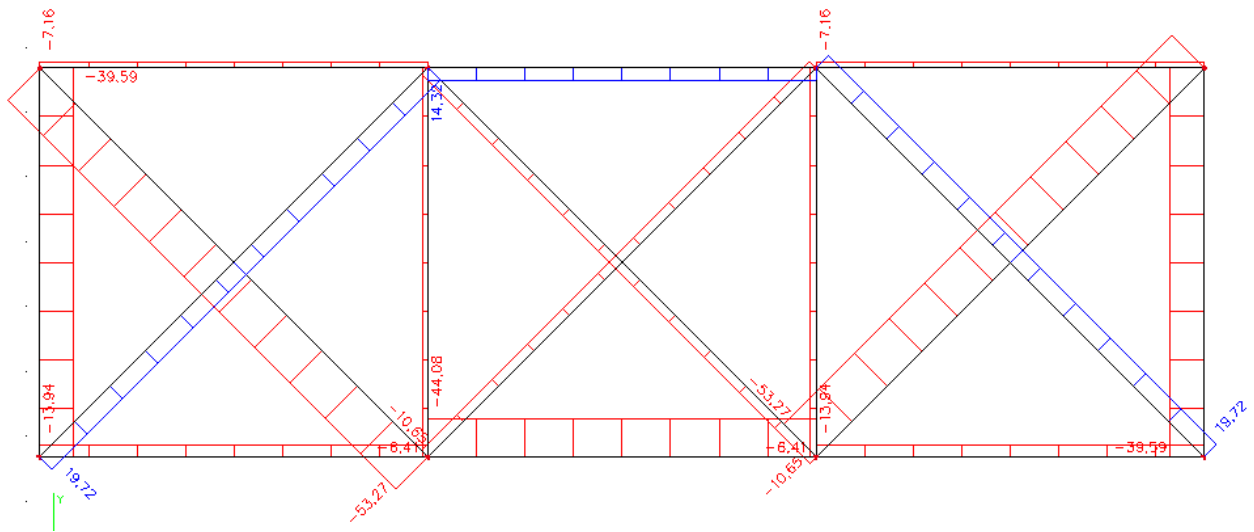
#### 2.4.3.4 Vnitřní síly v prutech střešních ztužidel B

$N_{Ed}$ [kN]

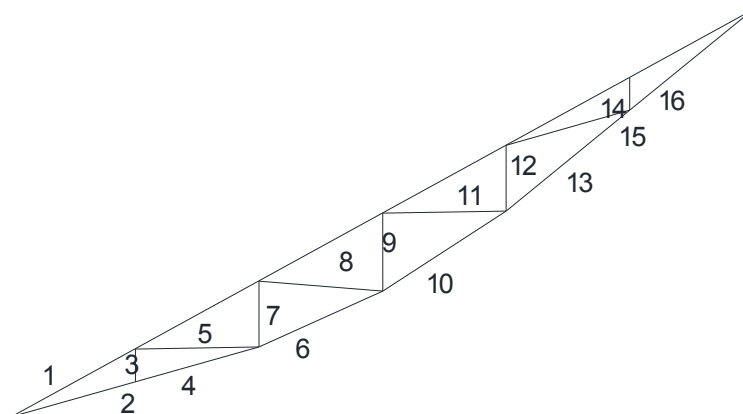


### 2.4.3.5 Vnitřní síly v prutech střešních ztužidel A

$N_{Ed}$ [kN]



## 2.4.4. Návrh a posouzení trubkového vazníku A



seznam prvků vazníku

Tab. 2.4 seznam prvků, vnitřní síly a délka prvků (barevně označeny maxima)

Prvek	č.	Ned,tl [kN]	Ned,ta [kN]	L [mm]
Horní pás	1	-296	69	1655
Dolní pás	2	-50	173	1546
Stojna	3	0	0	340
Dolní pás	4	-50	172	1542
Diagonála	5	-29	11	1500
Dolní pás	6	-40	148	1608
Stojna	7	-12	3	679
Diagonála	8	-8	3	1506
Stojna	9	-19	5	802
Dolní pás	10	-40	149	1707
Diagonála	11	-2	8	1498
Stojna	12	-24	7	677
Dolní pás	13	-44	168	1823
Diagonála	14	-8	29	1542
Stojna	15	-12	4	337
Dolní pás	16	-53	201	1817

### 2.4.4.1. Posouzení trubkového vazníku A - tlačené prvky

Z vizuálních důvodu užití stejné průřezu pro prvky vazníku. Prvky jsou navrženy v tlaku na maximální hodnoty.

### **Návrh horní pásnice 1**

#### ***Návrh na základě mezního stavu únosnosti TR 140/4,5***

Návrh trubky průměru 140 mm a tloušťky 4 mm.

$$A = 1916 \text{ mm}^2$$

$$i = 47,9 \text{ mm}$$

#### ***Posouzení mezního stavu únosnosti***

$$\lambda = \frac{L}{i} = \frac{1655}{47,9} = 34,6$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

$$\lambda' = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{34,6}{76,4} = 0,45$$

$$\chi = 0,871$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,871 * 1916 * 355}{1,15} = 91 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 91 \text{ kN} > N_{ed} = 296 \text{ kN}$$

Navržený průřez vyhovuje.

### **Návrh dolní pásnice 2**

#### ***Návrh na základě mezního stavu únosnosti TR 102/4,5***

Návrh trubky průměru 102 mm a tloušťky 4,5 mm.

$$A = 1378 \text{ mm}^2$$

$$i = 34,5 \text{ mm}$$

#### ***Posouzení mezního stavu únosnosti***

$$\lambda = \frac{L}{i} = \frac{1546}{34,5} = 44,8$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

$$\lambda' = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{44,8}{76,4} = 0,59$$



$$\chi = 0,791$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,791 \cdot 1378 \cdot 355}{1,15} = 336,48 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 336,48 \text{ kN} > N_{ed} = 50 \text{ kN}$$

Navržený průřez vyhovuje.

### **Návrh diagonály 5**

#### ***Návrh na základě mezního stavu únosnosti TR 51/2,6***

Návrh trubky průměru 51 mm a tloušťky 2,6 mm.

$$A = 395 \text{ mm}^2$$

$$i = 17,1 \text{ mm}$$

#### ***Posouzení mezního stavu únosnosti***

$$\lambda = \frac{L}{i} = \frac{1500}{17,1} = 87,7$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

$$\lambda' = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{87,7}{76,4} = 1,15$$

$$\chi = 0,458$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,458 \cdot 395 \cdot 355}{1,15} = 55,85 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 55,85 \text{ kN} > N_{ed} = 29 \text{ kN}$$

Navržený průřez vyhovuje.

### **Návrh stojna 9**

#### ***Návrh na základě mezního stavu únosnosti TR 51/2,6***

Návrh trubky průměru 51 mm a tloušťky 2,6 mm.

$$A = 395 \text{ mm}^2$$

$$i = 17,1 \text{ mm}$$

**Posouzení mezního stavu únosnosti**

$$\lambda = \frac{L}{i} = \frac{802}{17,1} = 46,9$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,4$$

$$\lambda' = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{46,9}{76,4} = 0,61$$

$$\chi = 0,79$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,79 * 395 * 355}{1,15} = 96,21 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 96,21 \text{ kN} > N_{ed} = 19 \text{ kN}$$

Navržený průřez vyhovuje.

Tab. 2.5 posudky prvků na tlak

č. pr.	průřez	A [mm <sup>2</sup> ]	i [mm]	l <sub>cr,1</sub> [mm]	l <sub>cr,2</sub> [mm]	l <sub>cr,eff</sub> [mm]	λ [-]	λ [-]	χ [-]	N <sub>b,Rd</sub> [kN]	N <sub>Sd</sub> [kN]
1	140/4,5	1916	47,9	1655	1655	1655	34,6	0,45	0,871	515,16	296,00
2	102/4,5	1378	34,5	1546	1546	1546	44,8	0,59	0,791	336,48	50,00
3	51/2,6	395	17,1	340	340	340	19,9	0,26	0,7	85,35	0,00
4	102/4,5	1378	34,5	1542	1542	1542	44,7	0,59	0,791	336,48	50,00
5	51/2,6	395	17,1	1500	1500	1500	87,7	1,15	0,458	55,85	29,00
6	102/4,5	1378	34,5	1608	1608	1608	46,6	0,61	0,779	331,37	40,00
7	51/2,6	395	17,1	679	679	679	39,7	0,52	0,832	101,45	12,00
8	51/2,6	395	17,1	1506	1506	1506	88,1	1,15	0,458	55,85	8,00
9	51/2,6	395	17,1	802	802	802	46,9	0,61	0,789	96,21	19,00
10	102/4,5	1378	34,5	1707	1707	1707	49,5	0,65	0,755	321,16	40,00
11	51/2,6	395	17,1	1498	1498	1498	87,6	1,15	0,458	55,85	2,00
12	51/2,6	395	17,1	677	677	677	39,6	0,52	0,832	101,45	24,00
13	102/4,5	1378	34,5	1823	1823	1823	52,8	0,69	0,731	310,95	44,00
14	51/2,6	395	17,1	1542	1542	1542	90,2	1,18	0,45	54,87	8,00
15	51/2,6	395	17,1	337	337	337	19,7	0,26	0,969	118,15	12,00
16	102/4,5	1378	34,5	1817	1817	1817	52,7	0,69	0,731	310,95	53,00

## 2.4.4.2. Posouzení trubkového vazníku A tažené prvky

### Posudek na základě mezního stavu únosnosti

Normálová únosnost

$$N_{t,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}}$$

Tab. 2.6 posudky prvků na tah

č. pr.	průřez	$N_{pl,Rd}$ [kN]	$N_{Sd}$ [kN]
1	140/4,5	591,46	69,00
2	102/4,5	425,38	173,00
3	51/2,6	121,93	0,00
4	102/4,5	425,38	172,00
5	51/2,6	121,93	11,00
6	102/4,5	425,38	148,00
7	51/2,6	121,93	3,00
8	51/2,6	121,93	3,00
9	51/2,6	121,93	5,00
10	102/4,5	425,38	149,00
11	51/2,6	121,93	8,00
12	51/2,6	121,93	7,00
13	102/4,5	425,38	168,00
14	51/2,6	121,93	29,00
15	51/2,6	121,93	4,00
16	102/4,5	425,38	201,00

Prvky vyhovují

## 2.4.4.3. Posouzení trubkového vazníku A na průhyb

$$\delta_{lim} = \frac{L}{250} = 38mm$$

$$\delta = 8,4 mm$$

$$\delta_{lim} > \delta$$

Vyhovuje na MSP

## 2.4.4.4. Posouzení svarů vazníku A

Tlak se přeneso kontaktem, spoje posoudím na taženou síly. Z důvodu bezpečnosti jsou svary navrženy na minimální plochu styku trubek. Tedy obvodovou plochu, která vzniká řezem na osu trubky.

Svar  $a_w = 3$  mm pro všechny prvky průřezu.

Dle:

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{N_d}{al}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)}$$

$$\tau_{II} = 0 \text{ Mpa}$$

Tab. 2.7 posudky prvků na svar

č. pr.	průřez	průměr	N <sub>Ed</sub> [kN]	f <sub>e</sub> [Mpa]	f <sub>ud</sub> [Mpa]
1	140/4,5	140	69,00	73,9545545	453,3
2	102/4,5	102	173,00	254,501181	453,3
3	51/2,6	51	0,00	0	453,3
4	102/4,5	102	172,00	253,030076	453,3
5	51/2,6	51	11,00	32,364312	453,3
6	102/4,5	102	148,00	217,723554	453,3
7	51/2,6	51	3,00	8,82663055	453,3
8	51/2,6	51	3,00	8,82663055	453,3
9	51/2,6	51	5,00	14,7110509	453,3
10	102/4,5	102	149,00	219,194659	453,3
11	51/2,6	51	8,00	23,5376815	453,3
12	51/2,6	51	7,00	20,5954713	453,3
13	102/4,5	102	168,00	247,145655	453,3
14	51/2,6	51	29,00	85,3240953	453,3
15	51/2,6	51	4,00	11,7688407	453,3
16	102/4,5	102	201,00	295,692123	453,3

Prvky vyhovují

## 2.4.5. Posudek táhla v hlavním trubkovém vazníku

Tahová síla vstupující do táhla je 100 kN.

Táhlo vybráno z nabídky táhel: **Detan 30 mm.**

$$F_{Ed} = 100 \text{ kN}$$

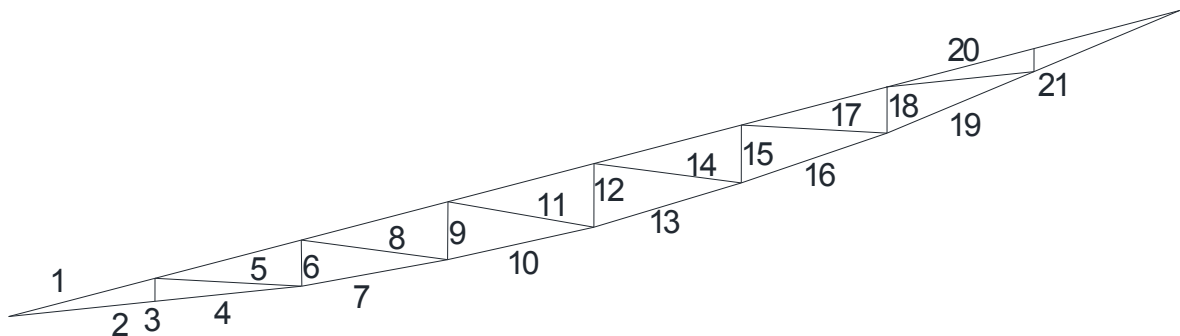
$$F_{t,Rd} = 184,9 \text{ kN}$$

Posouzení

$$F_{Ed} = 100 \text{ kN} < F_{t,Rd} = 184,9 \text{ kN}$$

Omezení průhybu lana je zajištěno úchyty umístěnými po 6 m.

## 2.4.6. Posouzení trubkového vazníku boční lodě haly



seznam prvků vazníku

Tab. 2.8 seznam prvků

Prvek	č.	Ned,tl [kN]	Ned,ta [kN]	L [mm]
Horní pás	1	-391	88	1537
Dolní pás	2	-110	382	1506
Stojna	3	0	0	200
Dolní pás	4	-96	382	1512
Diagonála	5	-33	14	1498
Stojna	6	-19	5	400
Dolní pás	7	-95	352	1512
Diagonála	8	-2	2	1507
Stojna	9	-11	3	500
Dolní pás	10	-92	352	1527
Diagonála	11	-9	3	1513
Stojna	12	-19	5	550
Dolní pás	13	-95	347	1558
Diagonála	14	-2	9	1520
Stojna	15	-15	4	500
Dolní pás	16	-98	360	1580
Diagonála	17	-1	2	1496
Stojna	18	-24	7	400
Dolní pás	19	-98	370	1598
Diagonála	20	-9	31	1505
Stojna	21	-8	3	200
Dolní pás	22	-110	402	1577

Z vizuálních důvodu užití stejné průřezu pro prvky vazníku. Prvky jsou navrženy v tlaku na maximální hodnoty. Prvky jsou navrženy ze stejných profilů jako vazník A. Posouzeny jsou stejně.

### 2.4.6.1. Posouzení trubkového vazníku B tlačené prvky

Tab. 2.9 posudek prvků na tlak

č. pr.	průřez	A [mm <sup>2</sup> ]	i [mm]	$l_{cr,1}$ [mm]	$l_{cr,2}$ [mm]	$l_{cr,eff}$ [mm]	$\lambda$ [-]	$\lambda$ [-]	$\chi$ [-]	$N_{b,Rd}$ [kN]	$N_{Sd}$ [kN]
1	140/4,5	1916	47,9	1537	1537	1537	32,1	0,42	0,887	524,63	296,00
2	102/4,5	1378	34,5	1506	1506	1506	43,7	0,57	0,803	341,58	110,00
3	51/2,6	395	17,1	200	200	200	11,7	0,15	1	121,93	0,00
4	102/4,5	1378	34,5	1512	1512	1512	43,8	0,57	0,803	341,58	96,00
5	51/2,6	395	17,1	1498	1498	1498	87,6	1,15	0,458	55,85	33,00
6	51/2,6	395	17,1	400	400	400	23,4	0,31	0,944	115,11	19,00
7	102/4,5	1378	34,5	1512	1512	1512	43,8	0,57	0,803	341,58	95,00
8	51/2,6	395	17,1	1507	1507	1507	88,1	1,15	0,458	55,85	2,00
9	51/2,6	395	17,1	500	500	500	29,2	0,38	0,908	110,72	11,00
10	102/4,5	1378	34,5	1527	1527	1527	44,3	0,58	0,797	339,03	92,00
11	51/2,6	395	17,1	1513	1513	1513	88,5	1,16	0,453	55,24	9,00
12	51/2,6	395	17,1	550	550	550	32,2	0,42	0,887	108,16	19,00
13	102/4,5	1378	34,5	1558	1558	1558	45,2	0,59	0,791	336,48	95,00
14	51/2,6	395	17,1	1520	1520	1520	88,9	1,16	0,453	55,24	2,00
15	51/2,6	395	17,1	500	500	500	29,2	0,38	0,908	110,72	15,00
16	102/4,5	1378	34,5	1580	1580	1580	45,8	0,60	0,785	333,93	98,00
17	51/2,6	395	17,1	1496	1496	1496	87,5	1,15	0,458	55,85	1,00
18	51/2,6	395	17,1	400	400	400	23,4	0,31	0,944	115,11	24,00
19	102/4,5	1378	34,5	1598	1598	1598	46,3	0,61	0,779	331,37	98,00
20	51/2,6	395	17,1	1505	1505	1505	88,0	1,15	0,458	55,85	9,00
21	51/2,6	395	17,1	200	200	200	11,7	0,15	1	121,93	8,00
22	102/4,5	1378	34,5	1577	1577	1577	45,7	0,60	0,785	333,93	110,00

Prvky vyhovují

## 2.4.6.2. Posouzení trubkového vazníku B tažené prvky

Tab. 2.10 posudek prvků na tah

č. pr.	průřez	$N_{pl,Rd}$ [kN]	$N_{Sd}$ [kN]
1	140/4,5	591,46	69,00
2	102/4,5	425,38	382,00
3	51/2,6	121,93	0,00
4	102/4,5	425,38	382,00
5	51/2,6	121,93	14,00
6	51/2,6	121,93	5,00
7	102/4,5	425,38	352,00
8	51/2,6	121,93	2,00
9	51/2,6	121,93	3,00
10	102/4,5	425,38	352,00
11	51/2,6	121,93	3,00
12	51/2,6	121,93	5,00
13	102/4,5	425,38	347,00
14	51/2,6	121,93	9,00
15	51/2,6	121,93	4,00
16	102/4,5	425,38	360,00
17	51/2,6	121,93	2,00
18	51/2,6	121,93	7,00
19	102/4,5	425,38	370,00
20	51/2,6	121,93	31,00
21	51/2,6	121,93	3,00
22	102/4,5	425,38	402,00

Prvky vyhovují

## 2.4.6.3. Posouzení trubkového vazníku B na průhyb

$$\delta_{lim} = \frac{L}{250} = 49mm$$

$$\delta = 26,6 mm$$

$$\delta_{lim} > \delta$$

Vyhovuje na MSP

## 2.4.6.4. Posouzení svarů vazníku B

Tlak se přenesou kontaktem, spoje posoudím na taženou síly. Z důvodu bezpečnosti jsou svary navrženy na minimální plochu styku trubek. Tedy obvodovou plochu, která vzniká řezem na osu trubky.

Svar  $a_w = 4 mm$  pro všechny prvky 102/4,5.

Pro zbývající prvky svar  $a_w = 3 mm$ .

Dle:

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{N_d}{al}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)}$$

$$\tau_{II} = 0 \text{ Mpa}$$

Tab. 2.11 posudek prvků na svar

č. pr.	průřez	průměr	N <sub>Ed</sub> [kN]	f <sub>e</sub> [Mpa]	f <sub>ud</sub> [Mpa]
1	140/4,5	140	69,00	73,9545545	453,3
2	102/4,5	102	382,00	421,471609	453,3
3	51/2,6	51	0,00	0	453,3
4	102/4,5	102	382,00	421,471609	453,3
5	51/2,6	51	14,00	41,1909426	453,3
6	51/2,6	51	5,00	14,7110509	453,3
7	102/4,5	102	352,00	388,371744	453,3
8	51/2,6	51	2,00	5,88442037	453,3
9	51/2,6	51	3,00	8,82663055	453,3
10	102/4,5	102	352,00	388,371744	453,3
11	51/2,6	51	3,00	8,82663055	453,3
12	51/2,6	51	5,00	14,7110509	453,3
13	102/4,5	102	347,00	382,8551	453,3
14	51/2,6	51	9,00	26,4798917	453,3
15	51/2,6	51	4,00	11,7688407	453,3
16	102/4,5	102	360,00	397,198375	453,3
17	51/2,6	51	2,00	5,88442037	453,3
18	51/2,6	51	7,00	20,5954713	453,3
19	102/4,5	102	370,00	408,231663	453,3
20	51/2,6	51	31,00	91,2085157	453,3
21	51/2,6	51	3,00	8,82663055	453,3
22	102/4,5	102	402,00	443,538185	453,3

Prvky vyhovují

## 2.4.7. Posouzení sloupů

### 2.4.7.1. Posouzení sloupů vetknutých

$$N_{Ed} = 174 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 268 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 28 \text{ kN}$$

**HE500B**

$$A = 23\,860 \text{ mm}^2$$



$$A_{v,z} = 8982 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 1072 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 126,2 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 4815 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 1292 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{el,y} = 4287 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 211,9 \text{ mm}$$

$$i_z = 72,7 \text{ mm}$$

$$I_t = 5384 * 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 7018 * 10^9 \text{ mm}^6$$

třída 1 pro tlak, S235

**Posouzení:**

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = 2 * 12,596 = 25,192m$$

$$L_{cr,z} = 12,596m$$

Štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{25,192}{211,9} = 119$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{12,596}{72,7} = 173$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{235}} = 93,9$$

$$\lambda_y' = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{119}{93,9} = 1,26$$

$$\lambda_z' = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{173}{93,9} = 1,85$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = 0,402$$

$$\chi_z = 0,226$$

Určení kritického momentu  $M_{cr}$ :

$$L = 12,596m$$

$$C_{1,0} = 1,77$$

$$C_{1,1} = 1,85$$

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{E I_w}{G I_t}} = 0,66$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0})\kappa_{wt} = 1,82 \leq C_{1,1} = 1,85$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2} = 2,18$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{E I_z G I_t}}{L} = 1847 \text{ kNm}$$

$$\lambda'_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pLy} * f_y}{M_{cr}}} = 0,78$$

$$\chi_{LT} = 0,693$$

$$C_{my} = 0,9$$

$$C_{mLT} = 0,6$$

Interakční součinitele:

$$k_{yy1} = C_{my} * (1 + \lambda_{y'} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_{y'} * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0,97$$

$$k_{yy2} = C_{my} * 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_{y'} * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0,95$$

$$k_{yz1} = C_{mLT} * \frac{0,1 * \lambda_{z'}}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_{z'} * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0,93$$

$$k_{yz2} = C_{mLT} * \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_{z'} * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0,96$$

$$k_{yy,min} = 0,95$$

$$k_{yz,max} = 0,96$$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_{y'} * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy,min} \frac{M_{Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0,403 < 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz,max} \frac{M_{Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0,47 < 1$$

### 2.4.7.2. Posouzení sloupu HE500B na ohyb

$$\delta_{lim} = \frac{L}{150} = 69mm$$

$$\delta = 8,2 mm$$

$$\delta_{lim} > \delta$$

Vyhovuje na MSP

Navržený průřez vyhovuje.

### 2.4.7.3. Posouzení sloupů kloubových

$$N_{Ed} = 80 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 46 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 23 \text{ kN}$$

**HE200B**

$$W_{pl,y} = 642,5 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A = 7808 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 56,96 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 20,03 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_v = 2480 \text{ mm}^2$$

třída 1 pro tlak, S235

**Posouzení:**

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,z} = L_{cr,z} = 10,596m$$

Pružná kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{3,14^2 * 210 * 10^3 * 20,03 * 10^6}{10596^2} = 370 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{7808 * 235}{370}} = 2,23$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = 0,154 \text{ pro křivku vzpěrnosti c}$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z * A * f_y = 0,154 * 7808 * 235 = 282 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 282 \text{ kN} > N_{ed} = 80 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = A_v * \frac{f_y}{\sqrt{3}} = 2480 * \frac{235}{\sqrt{3}} = 336 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 336 \text{ kN} > V_{ed} = 23 \text{ kN}$$

Smyková únosnost je víc než 2x větší, tudíž nemusíme redukovat momentovou únosnost.

$$M_{Rd} = W_{pl,y} * f_y = 642,5 * 10^3 * 235 = 151 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 151 \text{ kNm} > M_{ed} = 46 \text{ kNm}$$

#### 2.4.7.4. Posouzení sloupu HE200B na ohyb

$$\delta_{lim} = \frac{L}{150} = 52 \text{ mm}$$

$$\delta = 24,5 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} > \delta$$

Vyhovuje na MSP

Navržený průřez vyhovuje.

#### 2.4.8. Návrh a posouzení čelní vazby

##### 2.4.8.1. Horní pásnice

$$N_{Ed} = -20 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 40 \text{ kNm}$$

$$L = 6,615 \text{ m}$$

**IPE200**

$$W_{pl,z} = 220,6 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A = 2848 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 19,43 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 1424 * 10^6 \text{ mm}^4$$

třída 1 pro tlak, S235

**Posouzení:**

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,z} = L_{cr,z} = 6,615 \text{ m}$$

Pružná kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{3,14^2 * 210 * 10^3 * 1424 * 10^6}{6615^2} = 67,48 \text{ MN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda'_z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2848 * 235}{67480}} = 0,1$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = 1 \text{ pro křivku vzpěrnosti c}$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z * A * f_y = 1 * 2848 * 235 = 670 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 670 \text{ kN} > N_{ed} = 20 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = W_{pl,z} * f_y = 220,6 * 10^3 * 235 = 51,8 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = 51,8 \text{ kNm} > M_{ed} = 40 \text{ kNm}$$

Navržený průřez vyhovuje.

### 2.4.8.2. Stojny

$$N_{Ed} = 69 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 8 \text{ kNm}$$

**HE100B**

$$W_{pl,z} = 51,4 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A = 2604 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 4,495 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 1,673 * 10^6 \text{ mm}^4$$

třída 1 pro tlak, S235

**Posouzení:**

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,z} = L_{cr,z} = 4,752\text{m}$$

Pružná kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{3,14^2 * 210 * 10^3 * 1,673 * 10^6}{4,752^2} = 153 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda'_z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2604 * 235}{153}} = 2$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = 0,196 \text{ pro křivku vzpěrnosti c}$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z * A * f_y = 0,196 * 2604 * 235 = 121\text{kN}$$

$$N_{b,Rd} = 121 \text{ kN} > N_{ed} = 69 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = W_{pl,z} * f_y = 51,4 * 10^3 * 235 = 12\text{kN}$$

$$M_{Rd} = 12 \text{ kNm} > M_{ed} = 8 \text{ kNm}$$

Navržený průřez vyhovuje.

Z konstrukčních důvodů spoje stojiny s horní pásnicí zvolen profil **HE200B**, který má šířku **d = 134 mm**.

### 2.4.8.3. Diagonály a vodorovné pruty

Tab. 2.11 seznam prvků

Prvek	č.	Ned,tl [kN]	Ned,ta [kN]	L [mm]
Diagonála	1	-6	10	6324,56
Diagonála	2	-18	6	6863,75
Vodorovný pás	3	4	-5	6000
Diagonála	4	-8	7	6664
Diagonála	5	-13	6	6664
Vodorovný pás	6	-4	4	6000
Diagonála	7	-13	9	6664
Diagonála	8	-11	7	6664
Vodorovný pás	9	-4	5	6000
Vodorovný pás	10	-3	3	6000
Diagonála	11	-5	14	6314
Diagonála	12	-21	5	7650
Vodorovný pás	13	-9	1	6000
Diagonála	14	-1	1	6264
Diagonála	15	-9	1	6264
Vodorovný pás	16	-4	6	6000
Diagonála	17	-6	1	6664
Diagonála	18	-4	1	6664
Vodorovný pás	19	-3	11	6000
Diagonála	20	-9	1	6664
Diagonála	21	-7	5	6664
Vodorovný pás	22	-3	11	6000
Diagonála	23	-9	1	6664
Diagonála	24	-7	4	6664
Vodorovný pás	25	-2	8	6000
Vodorovný pás	26	-6	4	6000

#### Diagonály

##### **Návrh na základě mezního stavu únosnosti TR 102/3,6**

Návrh trubky průměru 102 mm a tloušťky 3,6 mm.

$$A = 1113 \text{ mm}^2$$

$$i = 34,8 \text{ mm}$$

##### **Posouzení mezního stavu únosnosti**

$$\lambda = \frac{L}{i} = \frac{7650}{34,8} = 220$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{235}} = 93,9$$

$$\lambda' = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{220}{93,9} = 2,88$$

$$\chi = 0,101$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,101 * 1113 * 235}{1,15} = 22,97 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 22,97 \text{ kN} > N_{ed} = 21 \text{ kN}$$

Navržený průřez vyhovuje.

Diagonály a vodorovné pruty jsou navrženy a posouzeny jako trubkové profily. Posudek viz tabulky tlaku a tahu.

Tab. 2.13 posudek prvků na tlak

č. pr.	průřez	A [mm <sup>2</sup> ]	i [mm]	l <sub>cr,1</sub> [mm]	l <sub>cr,2</sub> [mm]	l <sub>cr,eff</sub> [mm]	λ [-]	λ' [-]	χ [-]	N <sub>b,Rd</sub> [kN]	N <sub>Sd</sub> [kN]
1	102/3,6	1113	34,8	6324,56	6324,56	6324,56	181,7	2,38	0,143	32,52	6,00
2	102/3,6	1113	34,8	6863,75	6863,75	6863,75	197,2	2,58	0,123	27,98	18,00
3	102/3,6	1113	34,8	6000	6000	6000	172,4	2,26	0,154	35,03	4,00
4	102/3,6	1113	34,8	6664	6664	6664	191,5	2,51	0,132	30,02	8,00
5	102/3,6	1113	34,8	6664	6664	6664	191,5	2,51	0,132	30,02	13,00
6	102/3,6	1113	34,8	6000	6000	6000	172,4	2,26	0,154	35,03	4,00
7	102/3,6	1113	34,8	6664	6664	6664	191,5	2,51	0,132	30,02	13,00
8	102/3,6	1113	34,8	6664	6664	6664	191,5	2,51	0,132	30,02	11,00
9	102/3,6	1113	34,8	6000	6000	6000	172,4	2,26	0,154	35,03	4,00
10	102/3,6	1113	34,8	6000	6000	6000	172,4	2,26	0,154	35,03	3,00
11	102/3,6	1113	34,8	6314	6314	6314	181,4	2,37	0,143	32,52	5,00
12	102/3,6	1113	34,8	7650	7650	7650	219,8	2,88	0,101	22,97	21,00
13	102/3,6	1113	34,8	6000	6000	6000	172,4	2,26	0,154	35,03	9,00
14	102/3,6	1113	34,8	6264	6264	6264	180,0	2,36	0,143	32,52	1,00
15	102/3,6	1113	34,8	6264	6264	6264	180,0	2,36	0,143	32,52	9,00
16	102/3,6	1113	34,8	6000	6000	6000	172,4	2,26	0,154	35,03	4,00
17	102/3,6	1113	34,8	6664	6664	6664	191,5	2,51	0,132	30,02	6,00
18	102/3,6	1113	34,8	6664	6664	6664	191,5	2,51	0,132	30,02	4,00
19	102/3,6	1113	34,8	6000	6000	6000	172,4	2,26	0,154	35,03	3,00
20	102/3,6	1113	34,8	6664	6664	6664	191,5	2,51	0,132	30,02	9,00
21	102/3,6	1113	34,8	6664	6664	6664	191,5	2,51	0,132	30,02	7,00
22	102/3,6	1113	34,8	6000	6000	6000	172,4	2,26	0,154	35,03	3,00
23	102/3,6	1113	34,8	6664	6664	6664	191,5	2,51	0,132	30,02	9,00
24	102/3,6	1113	34,8	6664	6664	6664	191,5	2,51	0,132	30,02	7,00
25	102/3,6	1113	34,8	6000	6000	6000	172,4	2,26	0,154	35,03	2,00
26	102/3,6	1113	34,8	6000	6000	6000	172,4	2,26	0,154	35,03	6,00

Prvky vyhovují



Tab. 2.14 posudek prvků na tah

č. pr.	průřez	$N_{pl,Rd}$ [kN]	$N_{Sd}$ [kN]
1	102/3,6	227,44	10,00
2	102/3,6	227,44	6,00
3	102/3,6	227,44	5,00
4	102/3,6	227,44	7,00
5	102/3,6	227,44	6,00
6	102/3,6	227,44	4,00
7	102/3,6	227,44	9,00
8	102/3,6	227,44	7,00
9	102/3,6	227,44	5,00
10	102/3,6	227,44	3,00
11	102/3,6	227,44	14,00
12	102/3,6	227,44	5,00
13	102/3,6	227,44	1,00
14	102/3,6	227,44	1,00
15	102/3,6	227,44	1,00
16	102/3,6	227,44	6,00
17	102/3,6	227,44	1,00
18	102/3,6	227,44	1,00
19	102/3,6	227,44	11,00
20	102/3,6	227,44	1,00
21	102/3,6	227,44	5,00
22	102/3,6	227,44	11,00
23	102/3,6	227,44	1,00
24	102/3,6	227,44	4,00
25	102/3,6	227,44	8,00
26	102/3,6	227,44	4,00

Prvky vyhovují

#### 2.4.6.4. Posouzení svarů čelní vazby

Tlak se přenesou kontaktem, spoje posoudím na taženou síly. Z důvodu bezpečnosti jsou svary navrženy na minimální plochu styku trubek. Tedy obvodovou plochu, která vzniká řezem na osu trubky.

Svar  $a_w = 3$  mm pro všechny prvky průřezu.

Dle:

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{N_d}{a l}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)}$$

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ Mpa}$$

Tab. 2.15 posudek prvků na svar

č. pr.	průřez	průměr	$N_{Ed}$ [kN]	$f_e$ [Mpa]	$f_{ud}$ [Mpa]
1	102/3,6	102	10,00	14,7110509	453,3
2	102/3,6	102	6,00	8,82663055	453,3
3	102/3,6	102	5,00	7,35552546	453,3
4	102/3,6	102	7,00	10,2977356	453,3
5	102/3,6	102	6,00	8,82663055	453,3
6	102/3,6	102	4,00	5,88442037	453,3
7	102/3,6	102	9,00	13,2399458	453,3
8	102/3,6	102	7,00	10,2977356	453,3
9	102/3,6	102	5,00	7,35552546	453,3
10	102/3,6	102	3,00	4,41331528	453,3
11	102/3,6	102	14,00	20,5954713	453,3
12	102/3,6	102	5,00	7,35552546	453,3
13	102/3,6	102	1,00	1,47110509	453,3
14	102/3,6	102	1,00	1,47110509	453,3
15	102/3,6	102	1,00	1,47110509	453,3
16	102/3,6	102	6,00	8,82663055	453,3
17	102/3,6	102	1,00	1,47110509	453,3
18	102/3,6	102	1,00	1,47110509	453,3
19	102/3,6	102	11,00	16,182156	453,3
20	102/3,6	102	1,00	1,47110509	453,3
21	102/3,6	102	5,00	7,35552546	453,3
22	102/3,6	102	11,00	16,182156	453,3
23	102/3,6	102	1,00	1,47110509	453,3
24	102/3,6	102	4,00	5,88442037	453,3
25	102/3,6	102	8,00	11,7688407	453,3
26	102/3,6	102	4,00	5,88442037	453,3

Prvky vyhovují

Posouzení svaru HE200B a IPE

Prvek IPE je položen na sloupu HE200B. Svar bude umístěn podél stojny prvku HE200B po celé její délce.

Svar bude přenášet zatížení  $V_{Ed=23 \text{ kN}}$ .

Délka svaru  $L = 2 * 134 \text{ mm}$

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed}}{a_w * L} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2} * \sqrt{3}}$$

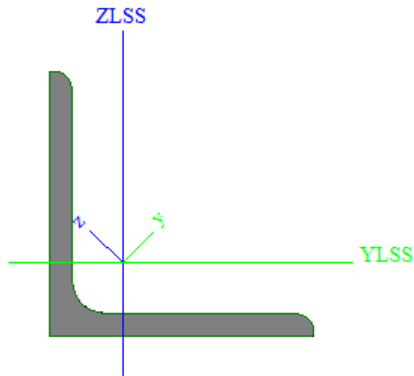
$$\tau_{II} = 30 \text{ MPa} < 207 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví

## 2.5. Podélná vazba

### 2.5.1. Příčné ztužidlo ve střešní rovině

Diagonála z úhelníku



Ve střeše jsou dvě rozdílné roviny. Ztužidla jsou pro obě roviny uvažována stejná. Návrh proveden podle maximální hodnoty. Počítám s taženými diagonálami, tlačené uvažuji za vybočené.

$$N_{Ed} = -54 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 20 \text{ kN}$$

$$L = 8,49 \text{ m}$$

**L 70 x 6**

$$A = 815 \text{ mm}^2$$

$$i_y = 21,3 \text{ mm}$$

Posouzení prutu

$$N_{u,Rd} = \frac{0,4 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,4 \cdot (815 - 22 \cdot 6) \cdot 360}{1,25} = 78,7 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 815 \cdot 235 = 191,5 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = 78,7 \text{ kN} > N_{Ed} = 20 \text{ kN}$$

$$L = 0,95 \cdot L_{teor.} = 0,95 \cdot 8,49 = 8,06 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L}{i_y} = \frac{8060}{21,3} = 379 < 400$$

Diagonála vyhoví

**Svislice ztužidla**

**Návrh na základě mezního stavu únosnosti TR 102/4,5**

Návrh trubky průměru 102 mm a tloušťky 4,5 mm.

$$A = 1378 \text{ mm}^2$$

$$i = 34,5 \text{ mm}$$

**Posouzení mezního stavu únosnosti**

$$\lambda = \frac{L}{i} = \frac{6000}{34,5} = 173,9$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{235}} = 93,9$$

$$\lambda' = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{173,9}{93,9} = 2,28$$

$$\chi = 0,175$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,175 * 1378 * 235}{1,15} = 49 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 49 \text{ kN} > N_{ed} = 40 \text{ kN}$$

Navržený průřez vyhovuje.

## 2.5.2. Ztužidlo podélné

Ztužidla byla navržena a jsou posuzována jako trubkové pruty vystavené tahu a tlaku. Prvky 168/4,5 se v polovině protínají a tím napomáhají ke snížení délky. Tažený prut vždy stabilizuje tlačeny prut v jeho polovině proti vybočení, proto  $L_{cr} = L/2$ .

Prvky jsou posouzeny stejně jako prvky vazníků.

Tab. 2.16 posudek prvků na tlak

č. pr.	průřez	A [mm <sup>2</sup> ]	i [mm]	$I_{cr,1}$ [mm <sup>4</sup> ]	$I_{cr,2}$ [mm <sup>4</sup> ]	$I_{cr,eff}$ [mm <sup>4</sup> ]	$\lambda$ [-]	$\lambda$ [-]	$\chi$ [-]	$N_{b,Rd}$ [kN]	$N_{Sd}$ [kN]
1	168/4,5	2311	57,8	6023	6023	6023	104,2	1,36	0,438	312,47	234,00
2	140/4,5	1916	47,9	3606	3606	3606	75,3	0,99	0,316	186,90	57,00
3	140/4,5	1916	47,9	3606	3606	3606	75,3	0,99	0,316	186,90	180,00
4	102/4,5	1378	34,5	6000	6000	6000	173,9	2,28	0,433	184,19	130,00

Prvky vyhovují

Tab. 2.17 posudek prvků na tah

č. pr.	průřez	$N_{pl,Rd}$ [kN]	$N_{Sd}$ [kN]
1	168/4,5	713,40	221,00
2	140/4,5	591,46	0,00
3	140/4,5	591,46	36,00
4	102/4,5	425,38	130,00

Prvky vyhovují

Tab. 2.18 posudek prvků na svar

$a_w = 3\text{mm}$

č. pr.	průřez	průměr	$N_{Ed}$ [kN]	$f_e$ [Mpa]	$f_{ud}$ [Mpa]
1	168/4,5	168	221,00	197,39078	453,3
2	140/4,5	140	0,00	0	453,3
3	140/4,5	140	36,00	38,584985	453,3
4	102/4,5	140	130,00	139,334668	453,3

Prvky vyhoví

## 2.6. Patky

### 2.6.1. Posouzení patek vetknutých

Zatížení:

$$N_{Ed} = -174,7 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 267,65 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 26,2 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,z} = -264,55 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,z} = -159,91 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed,z} = 21,86 \text{ kN}$$

Geometrie:

$$a = 1700 \text{ mm}$$

$$b = 540 \text{ mm}$$

$$t_p = 50 \text{ mm}$$

$$r_t = 700 \text{ mm}$$

### **Beton C16/20**

$$f_{ck} = 16 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$\text{výška podlití} = 50 \text{ mm}$$

### **Rozměry betonové patky:**

$$a_c * b_c = 2000 \text{ mm} \times 1200 \text{ mm}$$

$$\text{výška} = 800 \text{ mm}$$

Započitatelné rozměry betonové patky

$$a_1 = \min(a_c, 3a, a + h) = \min(2000, 3 * 1700, 1700 + 800) = 2000 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(b_c, 3b, b + h) = \min(1200, 3 * 540, 540 + 800) = 1200 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a * b}} = 1$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \frac{2}{3} * \frac{k_j * f_{ck}}{\gamma_c} = 7,111 \text{ MPa}$$

Přesah desky

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 * f_{jd}}} = 100 \text{ mm}$$

Účinná šířka patního plechu

$$b_{eff} = 2 * 80 + 2 * c = 360 \text{ mm}$$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

$$N_{Ed}(e + r_t) = N_c \left( r_t + \frac{a}{2} - \frac{x}{2} \right)$$

Kde

$$N_c = b_{eff} * f_{jd}$$

Z těchto rovnic získána kvadratická rovnice pro x:

$$b_{eff} * f_{jd} * x^2 - b_{eff} * f_{jd} * (2 * r_t + a)x + 2N_{Ed}(e + r_t) = 0$$

$x_1, x_2$  jsou kořeny této kvadratické rovnice, fyziální smysl má kořen  $x_2$ .

$$x = 92,32 \text{ mm}$$

Síla do kotevních šroubů vyplyne ze svislé podmínky rovnováhy:

$$T = N_c - N_{Ed}$$

### Průřez patky

Patní plech:

$$50 \times 540 \text{ mm}$$

Výztuhy 2xU300:

$$A = 2 * 5880 = 11760 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 2 * 80,3 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_{vz} = 3177 \text{ mm}^2$$

Svařený průřez:

$$A = 50 * 540 + 11760 = 38760 \text{ mm}^2$$

$$z_T = \frac{\sum A_i * z_i}{A} = 215 \text{ mm}$$

$$I_y = \frac{50^3 * 540}{12} + 50 * 540 * (215 - 25)^2 + 2 * 80,3 * 10^6 + 11760 * \left(\frac{300}{2} + 50 - 215\right)^2$$
$$= 1144 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Tlačená (pravá) strana patky

$$M_p = N_c \left(0,9 - \frac{x}{2}\right) = 561 \text{ kNm}$$

$$V_p = N_c = 591 \text{ kN}$$

Tažená (levá) strana patky

$$M_l = T * 0,195 = 337 \text{ kNm}$$

$$V_l = T = 481 \text{ kN}$$

### **plastický posudek**

$$W_{y,h} = 8447648 \text{ mm}^3$$

$$W_{y,d} = 5328141 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{h,max} = \frac{M_{max}}{W_{y,h}} = 105 \text{ MPa} < f_{yd} = 355 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} = \frac{V_{max}}{M_{vz}} = 185 \text{ MPa} < \frac{355}{\sqrt{3}} = 205 \text{ MPa}$$

$$\frac{205}{2} = 102,5 \text{ MPa} < 185 \text{ MPa}$$

Nutno posoudit v normálové napětí v 2 bodě.

$$\sigma_2 = \frac{M_{max}}{I_y} * z_2 = 50 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_2^2 + 3 * \tau_2^2} = 325 \text{ MPa} < 355 \text{ MPa}$$

Průřez patky s výztuhami vyhoví

### **Připojení podélné výztuhy k patním plechům**

Návrh koutový svar a = 6 mm, dva svary na jednu výztuhu U 300

Napětí ve svarech:

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + \frac{V_p S_{f,y}}{I_y 4 a_{we}}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed}}{I_{we}} x_i$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sigma_{we} / \sqrt{2}$$

Kde:

$$A_{we} = 4 * 6 * 1660 = 39840 \text{ mm}^2$$



$$I_{we} = 4 * \frac{6}{12} * 1660 = 9149 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$S_{f,y} = 540 * 50 * (215 - 25) = 5130000 \text{ mm}^3$$

Řez 1-1

$$\tau_{II} = 110 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = 22 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 15,5 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = 194 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

Řez 2-2

$$\tau_{II} = 0,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = 25 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 18 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = 35 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

Svary podélné výtzuhy vyhoví.

### **Kotevní šrouby**

Při určení sil do jednoho šroubu respektuji toleranci v osazení šroubu, kterou budu uvažovat +-50mm.

$$T_1 = T/2 = 240,5 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed,max} = 240,5 \text{ kN}$$

### **Návrh M56x4**

Posudek v místě závitu

$$F_{t,Rd} = 0,85 * 0,9 * \frac{A_s * f_u}{\gamma_{M2}} = 467 \text{ kN} > 240,5 \text{ kN}$$

Posudek v místě dříku průměr dříku je 60mm

$$F_{t,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = 1004 \text{ kN} > 240,5 \text{ kN}$$

Prvek vyhovuje

**Kotevní příčník**

**Návrh 2x U140**

**S235**

$$A_{v,z} = 1041 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} = 103000 \text{ mm}^3$$

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} * \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 282 \text{ kN} > 241 \text{ kN}$$

Velký smyk je potřeba posoudit na kombinaci M+V

$$M_{pl,Rd} = 48,5 \text{ kNm} > 47 \text{ kNm}$$

Průřez a

$$M_{V,Rd} = 48 \text{ kNm} > 47 \text{ kNm}$$

Průřez b

$$M_{V,Rd} = 31 \text{ kNm} > 24 \text{ kNm}$$

Příčník vyhoví

**Přenos vodorovné posouvající síly do betonové patky**

$$V_{Ed} = 26,2 \text{ kN}$$

Smyková únosnost ve spáře mezi betonem a ocelí v důsledku tření

$$V_{Ed}' = \mu * N_c = 0,2 * 656 = 131 \text{ kN} > 26,2 \text{ kN}$$

Pro přenos vodorovné síly od reakcí není potřeba zarážky.

## 2.6.2. Posouzení patek kloubových

**Zatížení:**

$$N_{Ed} = 80 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 23 \text{ kN}$$

**HE200B**

$$A = 7808 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2480 \text{ mm}^2$$

*třída 1 pro tlak, S235*

**Geometrie:**

$$a = 1000 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$t_p = 40 \text{ mm}$$

**Beton C16/20**

$$f_{ck} = 16 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

*výška podlití = 40 mm*

**Rozměry betonové patky:**

$$a_c * b_c = 1000 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}$$

*výška = 800 mm*

Započitatelné rozměry betonové patky

$$a_1 = \min(a_c, 3a_0, a_0 + h) = \min(1000, 3 * 300, 300 + 800) = 900 \text{ mm}$$

$$b_1 = a_1 = 900 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a_0 * b_0}} = 3,33$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \frac{2}{3} * \frac{k_j * f_{ck}}{\gamma_c} = 23,7 \text{ MPa}$$

Přesah desky

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 * f_{jd}}} = 89,4 \text{ mm}$$

Účinná šířka přesahuje desku ale plně ji vyplňuje, navržená deska je tak využita v plné ploše.

Účinná plocha

$$A_{eff} = 90000 \text{ mm}^2$$

Únosnost patky

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{jd} = 2133 \text{ kN} > 80 \text{ kN}$$

#### **Přenos vodorovné posouvající síly do betonové patky**

$$V_{Ed} = 23 \text{ kN}$$

Návrh šroubu do desky na smyk **M16**

Únosnost jednoho šroubu

$$F_{v,Rd} = 2 * 0,6 * A_s * \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 50 \text{ kN}$$

Z důvodu konstrukčních zásad navrženy šrouby 2

$$2 * F_{v,Rd} = 100 \text{ kN} > 23 \text{ kN}$$

Posudek desky na protlačení

$$k_1 = 2,5$$

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

$$F_{b,Rd} = 473 \text{ kN} > 23 \text{ kN}$$

Návrh svaru desky a sloupu HE200B

Svar bude umístěn podél stojny prvku HE200B po celé její délce. Svar bude přenášet zatížení  $V_{Ed}$ .

Délka svaru  $L = 2 * 134 \text{ mm}$

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed}}{a_w * L} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2} * \sqrt{3}}$$

$$\tau_{II} = 30 \text{ MPa} < 207 \text{ MPa}$$

## 2.7. Detaily

V této části jsou posouzeny detaily spojů, které nejsou řešeny v rámci prvků.

### 2.7.1. Detail A1

Posudek detailu uložení vazníku A.

Tahová síla vstupující do táhla je 100 kN. Tu musí přenést oslabený plech šroubem. Šroub zachycující táhlo. A svary upevňující plech na vazník.

Táhlo vybráno z nabídky táhel Detan 30 mm.

$$F_{Ed} = 100 \text{ kN}$$

Návrh a posudek šroubu a usmyknutí

Návrh čepu do desky na smyk **M20**

Únosnost jednoho čepu

$$F_{v,Rd} = 2 * 0,6 * A_s * \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 108 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} > F_{Ed}$$

Návrh a posudek oslabeného plechu na protlačení

$$t = 40 \text{ mm}$$

$$e = 67,83 + 185 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,38$$

$$\alpha_{min} = 0,75$$

$$F_{b,Rd} = 261 \text{ kN} > 100 \text{ kN}$$

Návrh a posudek svaru

Plech je vytažen 10 mm po obvodu nad horní pásnici a je do ní zapuštěn. Plech je přivařen koutovým svarem na trubku horní a dolní pásnice. Koutové svary jsou vždy dva, každý na jedné straně plechu.

$$L = (884 + 514 + 460 - 170) * 2 = 3374 \text{ mm}$$

Svar  $a_w = 3 \text{ mm}$ .

Svar přenese

$$F_w = \frac{\tau_{II}}{a_w * L} = 2576 \text{ kN}$$

$$F_w \gg F_{Ed}$$

Spoje vyhoví

Smyková síla vstupující do sloupu je 28,25 kN. Tu musí přenést oslabený plech šrouby, šroubové spoje, stojná trubka a svary upevňující plech na sloup.

$$V_{Ed} = 28,25 \text{ kN}$$

Posudek TR 89/8 ve smyku

$$A_v = 1296 \text{ mm}$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = 265 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} > V_{Ed}$$

Posudek svaru trubky a desky ( U druhého sloupu hlavního vazníku je povolen vodorovný posun v ose vazníku – vytváří posuvný kloub)

Svar  $a_w = 3 \text{ mm}$ .

$$F_w = \frac{\sigma_i}{a_w * L} = 215 \text{ kN}$$

$$F_w > V_{Ed}$$

Únosnost jednoho šroubu

Návrh čepu do desky na smyk **M10**

$$F_{v,Rd} = 2 * 0,6 * A_s * \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 27 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} > V_{Ed}$$

Z konstrukčních důvodů navrhuji šrouby 4.

Návrh a posudek oslabeného plechu na protlačení

$$t = 40 \text{ mm}$$

$$e = 64 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1,38$$

$$\alpha_{min} = 1,39$$

$$F_{b,Rd} = 261 \text{ kN} > 28,25 \text{ kN}$$

Svar plechu na sloup HE500B

Svar  $a_w = 3 \text{ mm}$ .

$$F_w = \frac{\sigma_i}{a_w * L} = 626 \text{ kN}$$

$$F_w > V_{Ed}$$

Spoje vyhovují

### 2.7.2. Detail A2

$$F_{Ed} = 272 \text{ kN (tlak)}$$

Návrh čepu do desky na smyk **M34 8,8**

$$F_{v,Rd} = 2 * 0,6 * A_s * \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 313 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} > F_{Ed}$$

Návrh a posudek oslabeného plechu na protlačení

$$t = 50 \text{ mm}$$

$$e = 60 \text{ mm}$$

$$k_1 = 2,5$$

$$\alpha_{min} = 0,31$$

$$F_{b,Rd} = 390 \text{ kN} > 272 \text{ kN}$$

Návrh a posudek oslabeného plechu na protlačení

$$t = 30 \text{ mm}$$

$$e = 60 \text{ mm}$$

$$k_1 = 2,5$$

$$\alpha_{min} = 0,31$$

$$F_{b,Rd} = 2 * 234 = 468 \text{ kN} > 272 \text{ kN}$$

Návrh svaru plechu

Svar  $a_w = 3$  mm pro všechny prvky průřezu.

$L = 136$  mm

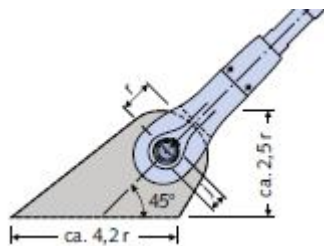
$N_d = 56$  kN(tah)

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{N_d}{al}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = 185 \text{ MPa} < 453 \text{ MPa}$$

Průřez vyhovuje.

### 2.7.3. Detail A3



Posudek svaru desky navržené dle tabulek detan a táhla detan upevněných na vazník. Zatížení od lana je  $F_{Ed} = 0,33$  kN.

Návrh táhla detan 6.

$$F_{Rd} = 5,4 \text{ kN} > 0,33 \text{ kN}$$

Čep detan dle tabulek 6.

Posudek svaru trubky a desky

Svar  $a_w = 3$  mm.

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{N_d}{al}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = 0,5 \text{ MPa} < 453 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví



## 2.7.4. Detail B1

Smyková síla vstupující do sloupu je 23,4 kN. Tu musí přenést oslabený plech šrouby, šroubové spoje, stojná trubka a svary upevňující plech na sloup.

$$V_{Ed} = 23,4 \text{ kN}$$

Posudek TR 89/8 ve smyku

$$A_v = 1296 \text{ mm}$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = 265 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} > V_{Ed}$$

Posudek svaru trubky a desky

Svar  $a_w = 3 \text{ mm}$ .

$$F_w = \frac{\sigma_i}{a_w * L} = 215 \text{ kN}$$

$$F_w > V_{Ed}$$

Únosnost jednoho šroubu

Návrh čepu do desky na smyk **M10/5,6**

$$F_{v,Rd} = 2 * 0,6 * A_s * \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 27 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} > V_{Ed}$$

Z konstrukčních důvodů navrhuji šrouby 4.

Návrh a posudek oslabeného plechu na protlačení

$$t = 40 \text{ mm}$$

$$e = 50 \text{ mm}$$

$$k_1 = 2,5$$

$$\alpha_{min} = 1,14$$

$$F_{b,Rd} = 388 \text{ kN} > 23,25 \text{ kN}$$

Svar  $a_w = 3$  mm.

$L = 2 * 134$  mm

$$F_w = \frac{\sigma_i}{a_w * L} = 268 \text{ kN}$$

$F_w > V_{Ed}$

Spoje vyhovují

### 3. Závěr

V rámci diplomové práce byl navržen trojlodní skladový objekt v lokalitě města Hradec Králové. Objekt byl navržen jako trojlodní ocelová hala. Příčné vazníky byly navrženy jako girlandové vazníky v hlavní lodi haly s táhlem. Sloupy v halovém objektu byly navrženy z profilů HEB. Sloupy podél hlavní lodi skladového objektu byly navrženy z profilu HE500B a s vetknutými patkami. Sloupy podél okrajů skladového objektu byly navrženy z profilu HE200B a s kloubovými patkami. Skladový objekt byl navržen svou výškou tak, aby byli maximálně využity dosahy moderních vysokozdvížných vozíků.

### 4. Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN EN 1991 Zatížení staveb
- [2] ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí
- [3] Ocelové konstrukce pozemních staveb, Faltus
- [4] Kovové konstrukce – Konstrukce průmyslových budov, Melcher , Straka
- [5] Ocelové konstrukce 10 – tabulky, Wald
- [6] Ocelové konstrukce – příklady, Eliášová, Sokol
- [7] Ocelové konstrukce 2 – cvičení, Vraný, Eliášová, Jandera

### 5. Seznam použitých znaků a symbolů

Všechny znaky a symboly v diplomové práci byli použity v souladu s [1] ČSN EN 1991 Zatížení staveb a [2] ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí.

## 6. Seznam příloh

- 1) Dispozice haly
- 2) Vnitřní příčná vazba
- 3) Kusovník materiálů
- 4) Čelní příčná vazba
- 5) Výrobní výkres vazníku A
- 6) Výrobní výkres vazníku B
- 7) Výrobní výkres sloupu HE500B
- 8) Výrobní výkres sloupu HE200B
- 9) Výkres detailů
- 10) Výkres čelní příčné vazby
- 11) Výkres vazníku A
- 12) Výkres vazníku B