

**České vysoké učení technické**

**Fakulta stavební**

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Obor Konstrukce pozemních staveb



Bakalářská práce

Ocelová konstrukce nástavby administrativní budovy

**Zadání a Technická zpráva**

Vypracoval: Martin Pavelka

Vedoucí práce: doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Květen 2018





## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE



Příjmení: Pavelka	Jméno: Martin	Osobní číslo: 438414
Zadávající katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Ocelová konstrukce nástavby administrativní budovy	
Název bakalářské práce anglicky: Steel superstructure of an administrative building	
Pokyny pro vypracování: Návrh nosné konstrukce nástavby - hlavních prvků a vybraných detailů. Výkresová dokumentace konstrukce (půdorys, vybrané řezy, navržené detaily). Technická zpráva.	
Seznam doporučené literatury: Návrh konstrukce bude proveden dle evropských norem. Tj. zejména využití částí EN 1991 a EN 1993.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Michal Jandera	
Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2018	Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2018
<i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak/roku</i>	
	
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské 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“.*

	
22.2.2018 Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

## Anotace

V bakalářské práci je proveden návrh nosné konstrukce nástavby na již stávající budově v obci Hlinsko. Nástavba je řešena ocelovou konstrukcí, zatímco stávající budova je železobetonový skelet. V práci jsou navrženy všechny nosné prvky, vnitřní a krajní vazníková vazba, stropnice a ztužidla. Dále byly posouzeny přípoje vazníků a stropnic na sloupy, připojení vnějšího ochozu ke sloupům a ocelových patek připevněných do stávajícího stropu. Součástí práce je výkresová dokumentace, statický výpočet a katalog příloh.

## Klíčová slova

Ocelová konstrukce, nástavba, kloubové přípoje, kloubová patka.

## Annotation

The bachelor thesis focuses on design of a superstructure on an existing building in village Hlinsko. The superstructure is a steel structure, while the existing building is a reinforced concrete structure. All the load bearing elements, inner and side primary frames, roof beams and bracings are designed in the thesis. Simple beam to column connections, connection of the outer gallery to the columns and the simple column base plate attached to the existing concrete slab were designed. The thesis includes drawing documentation, structural design calculation and calculation attachments.

## Keywords

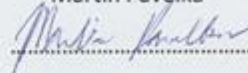
Steel structure, superstructure, simple beam connection, column base plate.

## Prohlášení

Prohlašuji, že Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně v souladu s Metodickým pokynem č. 1/2009 o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, a uvedl jsem seznam veškeré použité literatury.

V Praze 20.5.2018

Martin Pavelka

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Martin Pavelka', written over a horizontal dotted line.

(podpis autora)

## Obsah

1.	Základní údaje o projektu .....	2
1.1.	Obecný popis stavby.....	2
1.2.	Podklady a normy pro zhotovení projektu.....	2
1.3.	Použitý software.....	2
2.	Základní charakteristiky konstrukčního řešení.....	3
2.1.	Urbanistické, Architektonické a dispoziční řešení stavby, předpoklady .....	3
2.2.	Technické řešení stavby .....	3
2.3.	Materiálové řešení stavby .....	3
3.	Zatížení.....	3
3.1.	Stálá zatížení.....	3
3.2.	Zatížení sněhem.....	4
3.3.	Zatížení větrem.....	4
3.4.	Další zatížení.....	4
4.	Kotvení sloupů do stropní konstrukce .....	4
5.	Nosný systém.....	4
5.1.	Nosná konstrukce.....	4
5.2.	Konstrukce ochozu .....	4
5.3.	Ztužidla .....	4
6.	Ochrana proti korozi a nepříznivým vlivům .....	5
6.1.	Ochrana proti požáru .....	5
6.2.	Ochrana proti korozi.....	5
7.	Technologie provádění stavby .....	5
7.1.	Výroba .....	5
7.2.	Montáž .....	5
8.	Bezpečnost práce a ochrana zdraví .....	5

## 1. Základní údaje o projektu

### 1.1. Obecný popis stavby

Předmětem bakalářské práce je jedno podlaží nástavby administrativní budovy. Objekt se nachází v obci Hlinsko v Čechách na pozemku číslo st.1564 katastrálního území. Stavba leží na okraji zástavby, z jedné strany obklopen volnou krajinou. Objekt je napojen na inženýrské sítě, vedené v přílehlé komunikaci. Původní stavba je řešena jako monolitický železobetonový skelet. Nosná konstrukce nástavby je ocelová konstrukce z válcovaných profilů. Nástavba negativně neovlivní žádné stávající objekty.

### 1.2. Podklady a normy pro zhotovení projektu

- Projektová dokumentace
- ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- ČSN EN 1991-1-3. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- ČSN EN 1991-1-4. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- ČSN EN 1993-1-1. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- ČSN EN 1993-1-8. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- Jandera, M., Eliášová, M., Vraný, T.: Ocelové konstrukce 1 - Cvičení, 3. opravené vydání, 2015.
- Sokol – Wald: Ocelové konstrukce. Tabulky. ČVUT, 2016.
- ČSN EN 1090-2. Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

### 1.3. Použitý software

- ArchiCAD 19
- LTBeamN 1.0.3
- SCIA Engineer 16
- EduBeam 3.4.2.
- RAWLPLUG EasyFix

## 2. Základní charakteristiky konstrukčního řešení

### 2.1. Urbanistické, Architektonické a dispoziční řešení stavby, předpoklady

Předmětem bakalářské práce je jedno podlaží nástavby administrativní budovy. Stavba s obdélníkovými rozměry 15 x 25 m, a výškou 11,5 m, zastřešena plochou střechou s nízkou atikou. Střecha je odvodněna vnitřními svody. Původní stavba je řešena jako železobetonový skelet. Budova opláštěna lehkým obvodovým pláštěm. Stávající budova obsahovala 2 nadzemní podlaží a jedno podzemní podlaží, nástavbou přibýlo 3. NP a vnějším ochozem po celém obvodu nastavěného podlaží. Předmětem bakalářské práce nebylo řešení tepelné techniky a skladeb obvodových konstrukcí. V práci je řešena pouze ocelová konstrukce. Předpokladem řešení projektu je, že stávající konstrukce přenesou bezpečně přetížení od konstrukce nástavby, tento předpoklad nebyl ověřován.

### 2.2. Technické řešení stavby

Původní stavbu v bakalářské práci neřeším. Ocelová konstrukce se skládá ze sloupů, vazníků, stropnic, ztužidel, konstrukce ochozu a trapézového plechu. Sloupy ocelové konstrukce jsou do železobetonového stropu pomocí chemických kotev, přes ocelový patní plech. Přípoje sloupů a vazníků, přípoje sloupů a stropnic, a přípoje vazníků a stropnic, jsou řešeny kloubovými styky. Opláštění budovy provedeno z lehkého obvodového pláště.

### 2.3. Materiálové řešení stavby

Konstrukce nástavby je navržena z ocelových vazníků.

- Ocelové sloupy, vazníky, stropnice, ztužidla ocel S355 J0
- Konstrukce ochozu ocel S355GD +Z275
- Trapézový plech S320GD +Z275
- Šroubové spoje pevnostní třídy 8.8

## 3. Zatížení

Uvedené jsou charakteristické hodnoty zatížení. Pro získání návrhových hodnot je nutno provést pře násobení dílčím součinitelem bezpečnosti.

### 3.1. Stálá zatížení

Tíha střešního pláště je 0,47 kN/m<sup>2</sup>, vlastní tíha stropnic (IPE 180) je 0,188 kN/m, vlastní tíha vazníků (IPE 200) je 0,24 kN/m, vlastní tíha vazníků (IPE 240) je 0,307 kN/m, vlastní tíha sloupů (HEB 120) je 0,267 kN/m, vlastní tíha sloupů (HEB 140) je 0,337 kN/m a vlastní tíha ochozu (HTR 150x100x10) je 0,352 kN/m.

Užitná zatížení

Střecha je nepochozí s výjimkou běžné údržby a oprav. Uvažováno zatížení 0,75 kN/m<sup>2</sup>. Ve výpočtu se tato hodnota neprojeví, neboť je nižší než stanovené zatížení sněhem.

### **3.2. Zatížení sněhem**

Stavba nacházející se v Hlinsku v Čechách náleží do sněhové oblasti V, má plochou střechu se sklonem do 5°, s nízkou atikou nedovolující navátí většího množství sněhu. Zatížení sněhem činí 2,134 kN/m<sup>2</sup>.

### **3.3. Zatížení větrem**

Stavba nacházející se v Hlinsku v Čechách náleží do větrové oblasti IV, v oblasti na okraji průmyslové zóny řídky pokryté budovami, a z jedné strany sousedící z polem představují otevřenou krajinu. Vzhledem k této okolnosti volena kategorie terénu I. (otevřená krajina).

### **3.4. Další zatížení**

Pro konstrukce nejsou uvažovány další zatížení.

## **4. Kotvení sloupů do stropní konstrukce**

Kotvení je provedeno přes patní plechy konstrukčně navržené tloušťky 15 mm. Kotvy navrženy přes software RAWLPLUG EasyFix. Navrhnuté jsou chemické kotvy pro prostou kloubovou patku R-KERII 2x šrouby M12 a pro ztužidlovou kloubovou patku R-KERII 4x šrouby M24.

## **5. Nosný systém**

Nosný systém stávající stavby je železobetonový skelet, jež podmínil konstrukční řešení nástavby.

### **5.1. Nosná konstrukce**

Ocelové sloupy z válcovaných profilů HEB 120 pro vnitřní sloupy, ocelové sloupy z válcovaných profilů HEB 140 pro krajní sloupy, sloupy v nároží provedeny ze svařované u komory z 2x UPE 100. Vnitřní průvlaky provedeny z IPE 240 a krajní průvlaky z IPE 200, stropnice jsou profily IPE 180. Střešní trapézový plech HACIERCO 40/160 tl. 0,88.

### **5.2. Konstrukce ochozu**

Nosná konstrukce provedena z obdélníkových trubek 150x100x10, podlahové nosníky ochozu jsou z UPE 120.

### **5.3. Ztužidla**

Ztužidla ve střešní rovině provedeny z trubek 60,3x3,6, trubky mezi stropnicemi TR 44,5x4,0, diagonály ochozu TR 42,3x3,2. Stěnová ztužidla zhotovena z TR 70x3,2.



## 6. Ochrana proti korozi a nepříznivým vlivům

### 6.1. Ochrana proti požáru

Požární odolnost ocelové konstrukce není předmětem zadání bakalářské práce.

### 6.2. Ochrana proti korozi

Korozní prostředí v interiéru C1, korozní prostředí v exteriéru C3 ( konstrukce ochozu)

Protikorozi odolnost trapézových plechů a trubek ochozu je zajištěna je pozinkováním 275 g/m<sup>2</sup>.

Na sloupy, příčle, trubky a táhla jsou nanесeny 4 vrstvy protikorozi nátěru a celkové tloušťce 100 μm. Nátěr musí být na celé konstrukci obnovován jednou za 20 let.

## 7. Technologie provádění stavby

### 7.1. Výroba

Konstrukce bude provedena třídou EXC2.

### 7.2. Montáž

Montáž konstrukce bude provedena podle dílenských výkresů dodaných z mostárny. Sloupy jsou ke konstrukci stropu spojeny přes patní plech a spojeny 2 šrouby a ztužidlové patky 4 šrouby. Sloupy se vyrovnají, aby byli kolmé. Budou namontovány ztužidla na zajištění kolmosti sloupů. Pomocí šroubových spojů budou připojeny jednotlivé části vazníky na stojící sloupy a stropnice na sloupy nebo stropnice na vazníky. Celá vazba bude stabilizována po dobu montáže. Stejným způsobem se provede další vazba. Ztužidla se připojí na styčnickové plechy. Po provedení všech vazeb se osadí stěnová ztužidla ve stěně na styčnickový plech pomocí šroubových spojů. Osadí se výplňové otvory (lehký obvodový plášť). Po obvodu stavby se připojí konstrukce ochozu na čelní desky ke sloupům. Na střeše přikotvíme trapézové plechy pomocí samovrtných šroubů. A dále bude provedeno celé souvrství střechy.

## 8. Bezpečnost práce a ochrana zdraví

Všechny části stavby byly navrženy v souladu s předpisy platnými v České republice. Veškeré práce budou provedeny stavební firmou k této činnosti odborně způsobilou.

**České vysoké učení technické**

**Fakulta stavební**

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Obor Konstrukce pozemních staveb



Bakalářská práce

Ocelová konstrukce nástavby administrativní budovy

**Statický výpočet**

Vypracoval: Martin Pavelka

Vedoucí práce: doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Květen 2018

## Obsah

Zadání .....	1
Zatížení sněhem .....	2
Zatížení větrem.....	2
Zatížení větrem na stěny .....	3
Zatížení větrům na střechu (střecha s atikou) .....	4
Předběžný návrh.....	7
Varianta A.....	7
Návrh trapézového plechu .....	7
Návrh 3. vaznice (Vaznice tenkostěnná) .....	8
Posouzení 2. vaznice.....	9
Varianta B .....	12
Návrh trapézového plechu .....	12
Návrh 2. vaznice („I“ profil) .....	13
Posudek na sání větru podélným .....	14
Posouzení na sání příčného větru .....	15
Posouzení klopení: (vítr příčný) .....	18
Posouzení klopení prostřední vaznice při sání větru.....	23
Posudek na zatížení sněhem .....	25
Varianta C .....	27
Návrh trapézového plechu .....	27
<b>Zhodnocení</b> .....	28
Návrh ochozu.....	28
Zatížení : .....	28
Posouzení pro případ sání větru.....	30
Návrh podlahových nosníků .....	32
Schéma ochozu.....	35
Návrh varianta B.....	36
Výpočet sil na vazník/rám (vnitřní vazba) .....	36
1. Vazník .....	39
2. Rám.....	40
<b>Zhodnocení</b> .....	40
Návrh 2. vazby .....	41
Návrh vnitřního sloupu.....	41
Návrh vnějšího sloupu .....	43
Posouzení vnitřního průvlaku krajní pole (na sání větru).....	48

Posouzení vnitřního průvzlaku krajní pole .....	52
Návrh krajní vazby .....	56
Vazník .....	59
Návrh krajní vazby .....	60
Návrh vnitřního sloupu .....	60
Návrh vnějšího sloupu .....	60
Posouzení vnitřního průvzlaku krajní pole (na sání větru).....	66
Posouzení vnitřního průvzlaku krajní pole (vlastní tíha+ sních) .....	70
Výpočet vnitřních sil ve střešních ztužidlech.....	73
1. Vítr severní .....	73
2. Vítr jižní.....	76
3. Vítr východní.....	78
4. Vítr severozápadní.....	80
5. Vítr severovýchodní.....	83
Návrh ztužidel.....	86
Posouzení stropnice s vlivem osově síly .....	86
Posouzení vazníku s vlivem osově síly.....	87
Návrh střešní ztužidel .....	89
D1 diagonála.....	89
D2 ztužidlo .....	90
D3 diagonála ochozu .....	91
Stěnové větrové ztužidlo D1.....	92
Stěnové větrové ztužidlo D2 a D3 .....	93
Návrh detailů .....	95
Detail 1 Přípoj vaznice na vazník v místě ztužidlového sloupu .....	95
Přípoj stropnice na sloup.....	95
Přípoj vazníku na sloup (na konzolku) .....	99
Přípoj Ztužidla.....	103
Ověření spoje sloup-vazník (z úvahou vlivu svislé síly ze stěnového ztužidla).....	105
Ověření únosnosti sloupu z důvodu přídatného ohybového momentu od svislé síly ze stěnového ztužidla.....	108
Patka sloupu (kloubová) .....	109
Patka ztužidlového sloupu (kloubová) .....	111
Návrh svaru styčnickového plechu na sloup.....	114
Přípoj ochozu na sloup .....	115
Návrh přípoje ochozu na sloup (proveden na čelní desku).....	116

Návrh přípoje ztužidel .....	118
------------------------------	-----

## Zadání

Nástavba administrativní budovy Hlinsko

Zadání: viz. příloha zadání

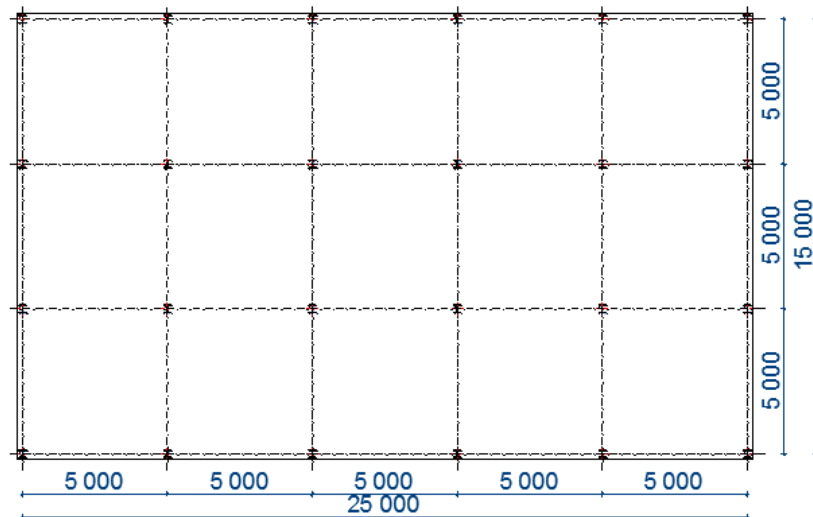
Oblast: Hlinsko v Čechách

Rozměry budovy cca 15x25 m

Konstrukční výška 3,6 m

Počet podlaží 3NP (2NP + nástavba) a 1PP

## Schéma



## Zatížení sněhem

Lokalita Hlinsko v Čechách:

Mapa větrových oblastí: → Oblast IV  $v_k = 30 \text{ m/s}$

Mapa sněhových oblastí: → Oblast V  $s_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$

VÝPOČET ZATÍŽENÍ SNĚHEM-Charakteristické zatížení sněhem

$$s = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$\alpha = 5^\circ$$

$$\mu_1 = 0,8$$

$$C_e = 1,0$$

$$\mu_2 = 0,8 + 0,8 \frac{\alpha}{30} = 0,8 + 0,8 \frac{5}{30} = 1,067$$

$$C_t = 1,0$$

$$s = 0,8 \cdot 1,067 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,5$$

$$s = 2,134 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Návrhová hodnota zatížení sněhem

$$s_d = s \cdot \gamma_Q$$

$$s_d = 2,134 \cdot 1,5$$

$$s_d = 3,201 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

## ZATÍŽENÍ VĚTREM

Vliv terénu → kategorie terénu I

Výška budovy  $z = 10,8 \text{ m}$

$$v_b = 30 \text{ m/s}$$

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

ZÁKLADNÍ DYNAMICKÝ TLAK VĚTRU:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho_A \cdot v_b^2$$

$$q_b = \frac{1}{2} 1,25 \cdot 30^2$$

$$q_b = 562,5 \text{ Pa} = 0,563 \text{ kPa}$$

MAXIMÁLNÍ DYNAMICKÝ TLAK VĚTRU:

$$q_z(z) = C_e(z) \cdot q_b$$

$$q_z(10,8) = C_e(10,8) \cdot q_b$$

$$q_z(10,8) = 2,8 \cdot 0,563$$

$$C_e(10,8) = 2,8$$

$$q_z(10,8) = 1,576 \frac{kN}{m^2}$$

### ZATÍŽENÍ VĚTRU NA PLOCHY – ZATÍŽENÍ STĚN

$$w_e = q_z(z) \cdot C_{p,e}$$

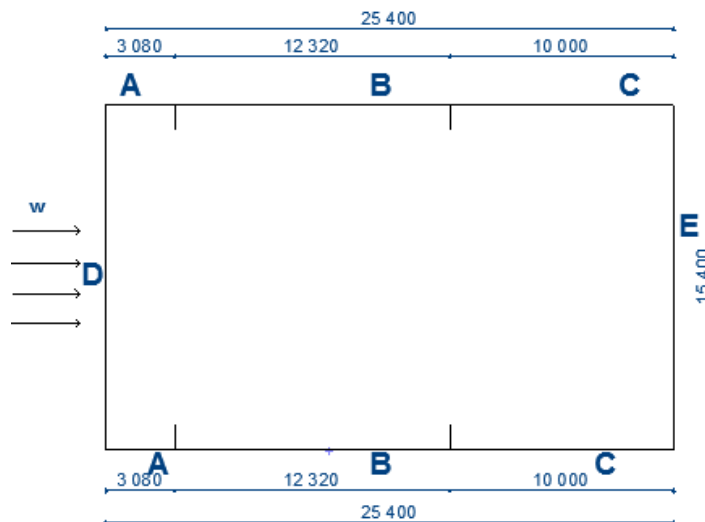
Příčný vítr

$$e = \min\{b; 2h\} = \min\{15,4m; 2 \cdot 10,8\} = \min\{15,4m; 21,6m\} = 15,4m$$

$$A = \frac{e}{5} = \frac{15,4}{5} = 3,08m$$

$$B = \frac{4e}{5} = \frac{4 \cdot 21,6}{5} = 17,28m$$

$$C = b - e = 25,4 - 21,6 = 3,8m$$



Tabulka zatížení větrem příčným na stěny

Oblast	$q_z(10,8)$	$C_{p,e,10}$	$w_e [kN/m^2]$
A	1,576	-1,2	-1,891
B	1,576	-0,8	-1,261
C	1,576	-0,5	-0,788
D	1,576	0,8	1,261
E	1,576	-0,5	-0,788

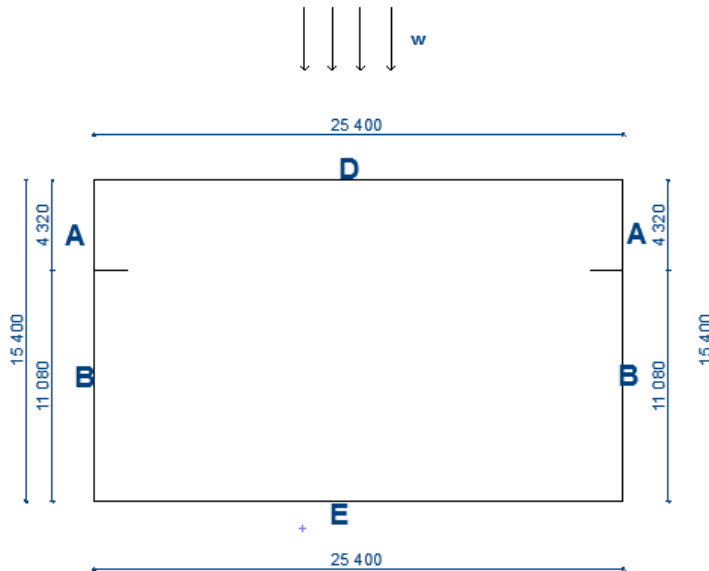


## VÍTR PODÉLNÝ NA STĚNY

$$e = \min\{b; 2h\} = \min\{25,4m; 2 \cdot 10,8\} = \min\{25,4m; 21,6m\} = 21,6m$$

$$A = \frac{e}{5} = \frac{21,6}{5} = 4,32m$$

$$B = 15,4 - A = 15,4 - 4,32 = 11,08m$$



Tabulka zatížení větrem podélným na stěny

Oblast	$q_z(10,8)$	$C_{pe,10}$	$w_e [kN/m^2]$
A	1,576	-1,2	-1,891
B	1,576	-0,8	-1,261
C	1,576	-0,5	-0,788
D	1,576	0,8	1,261
E	1,576	-0,5	-0,788

## ZATÍŽENÍ VĚTEM NA STŘECHU (střecha s atikou)

Vítr příčný

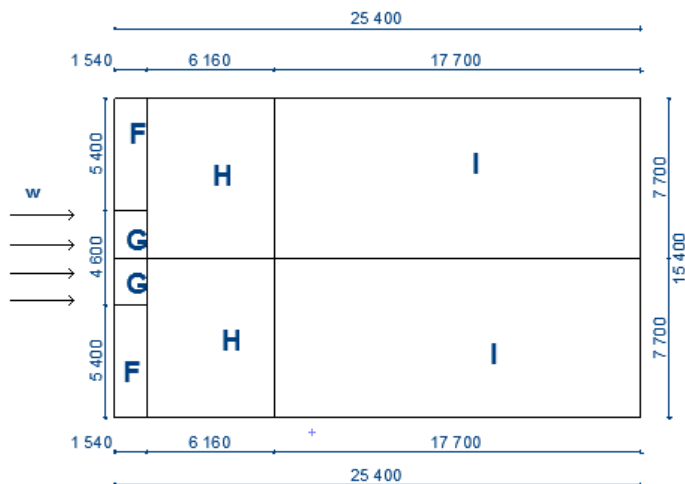
$$q_z(z) = 1,576$$

$$e = \min\{b; 2h\} = \min\{15,4m; 2 \cdot 10,8\} = \min\{15,4m; 21,6m\} = 21,6m$$

$$\frac{e}{10} = \frac{15,4}{10} = 1,54m$$

$$\frac{e}{4} = \frac{15,4}{4} = 3,85m$$

$$\frac{e}{2} = \frac{15,4}{2} = 7,70m$$



Tabulka zatížení větrem příčným na střechu

Oblast	$q_z(10,8)$	$C_{pe,10}$	$w_e [kN/m^2]$
F	1,576	-1,6	-2,522
G	1,576	-1,1	-1,734
H	1,576	-0,7	-1,103
I	1,576	0,2	0,315
I	1,576	-0,2	-0,315

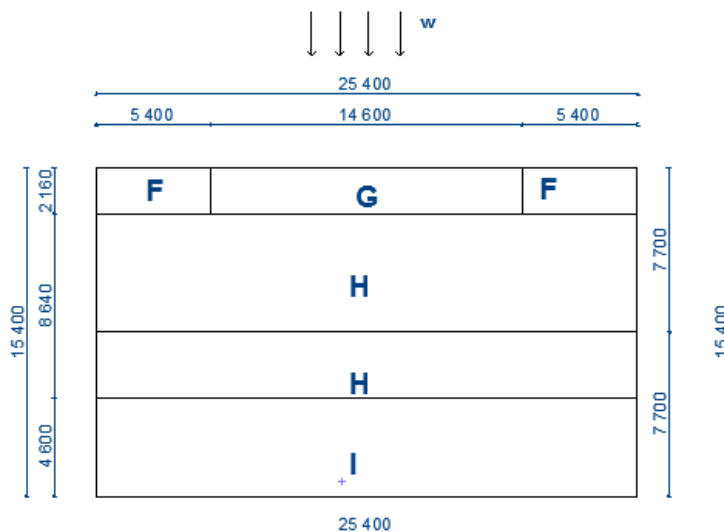
VÍTR PODÉLNÝ NA STŘECHU

$$e = \min\{b; 2h\} = \min\{25,4m; 2 \cdot 10,8\} = \min\{25,4m; 21,6m\} = 21,6m$$

$$\frac{e}{10} = \frac{21,6}{10} = 2,16m$$

$$\frac{e}{4} = \frac{21,6}{4} = 5,40m$$

$$\frac{e}{2} = \frac{21,6}{2} = 10,8m$$



Tabulka zatížení větrem podélný na střechu

Oblast	$q_z(10,8)$	$C_{pe,10}$	$w_e[kN/m^2]$	$w_{e,Ed}[kN/m^2]$
F	1,576	-1,6	-2,522	-3,783
G	1,576	-1,1	-1,734	-2,601
H	1,576	-0,7	-1,103	-1,655
I	1,576	0,2	0,315	0,473
I	1,576	-0,2	-0,315	-0,473

## Předběžný návrh

### Varianta A

#### Plášť:

- Střešní plášť z trapézových plechů (Arval)
- Střešní plášť zateplený
- Hydroizolační vrstva (fólie)
- Střešní plášť bude skládám při montáži

#### Vaznice:

- Tenkostěnná vaznice tvaru „Z“

#### Obvodový plášť:

- Lehký obvodový plášť

### Návrh trapézového plechu

#### Zatížení

Zatížení sněhem  $s_d = 3,201 \frac{kN}{m^2}$

Název	Plošné zatížení (kN/m <sup>2</sup> )	Dílčí součinitel (-)	Návrhové zatížení (kN/m <sup>2</sup> )
Sníh	2,134	1,5	3,201
plech	0,053	1,35	0,072
izolace tl. 150 mm (	0,22	1,35	0,297
podhled (odhad)	0,2	1,35	0,270
			<b>3,840 kN/m<sup>2</sup></b>

Celkové zatížení od sněhu a stálého zatížení

$$q_{stálé+sníh} = 3,840 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení větrem oblast F  $w_F = -2,522 \frac{kN}{m^2}$

Návrhová hodnota  $w_{F,Ed} = w_F \cdot \gamma_Q$

$$w_{F,Ed} = -2,522 \cdot 1,5$$

$$w_{F,Ed} = -3,783 \frac{kN}{m^2} \rightarrow q_{Ed}$$

### Posouzení na sání větru

Navrhuji vzdálenost vaznic  $l_v = 1,75 \text{ m}$

Navrhuji TR 40/160 na rozpětí 1,75 m jako nosník o třech a více polích, tloušťky plechu 0,75 mm (viz. Příloha str.1)

Únosnost profilu-sání větru

$$q_{Rd} = 8,930 \frac{kN}{m^2} > q_{Ed} = 3,783 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Plech vyhoví}$$

Posouzení na zatížení stálé +sníh

$$q_{Rd} = 8,930 \frac{kN}{m^2} > q_{Ed} = 3,840 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Plech vyhoví}$$

Posouzení průhybu

Maximální přípustná deformace  $\delta \leq \frac{l_v}{200}$

$$\delta \leq \frac{1750}{200}$$

$$\delta \leq 8,75 \text{ mm}$$

Tabulková charakteristická hodnota zatížení pro průhyb  $\delta \leq \frac{l_v}{200}$ , pro TR 40/160 na rozpětí 1,75 m jako nosník o třech a více polích, tloušťky plechu 0,75 mm

$$q_{Rk} = 6,920 \frac{kN}{m^2} > q_{Ek} = 2,522 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Plech vyhoví na průhyb}$$

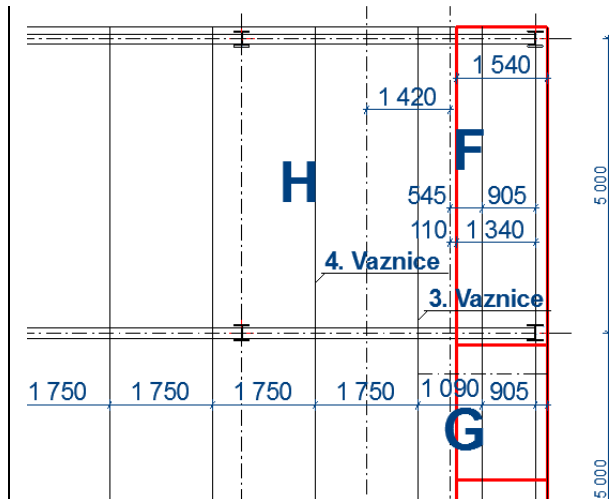
Návrh 3. vaznice (Vaznice tenkostěnná)

Posudek na sání větru

Zatížení:

$$\text{Oblast F } w_{F,Ed} = -3,783 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Oblast H } w_{H,Ed} = -2,601 \frac{kN}{m^2}$$



Zatížení

$$q_{vitr} = (1,42 \cdot w_{H,Ed})$$

$$q_{vitr} = (1,42 \cdot 2,601)$$

$$q_{vitr} = 3,69 \frac{kN}{m}$$

Navrhnu tenkostěnnou vaznici Z200/2,0 s profilovanou stojinou jako spojitý nosník o 3 a více polích na rozpětí  $l = 5,0 m$  (viz příloha str.2)

Únosnost vaznice na sání větru

$$q_{Rd} = -4,95 \frac{kN}{m} > q_{Ed} = -3,69 \frac{kN}{m} \text{ Vaznice na sání vyhoví}$$

Posouzení 2. vaznice

Zatížení

$$q_{vitr} = 0,89 \cdot w_{F,Ed} + 0,11 \cdot w_{H,Ed}$$

$$q_{vitr} = 0,89 \cdot 3,783 + 0,11 \cdot 2,601$$

$$q_{vitr} = 3,65 \frac{kN}{m}$$

Navrhnu tenkostěnnou vaznici Z200/2,0 s profilovanou stojinou jako spojitý nosník o 3 a více polích na rozpětí  $l = 5,0 m$  (viz. příloha str.2)

Únosnost vaznice na sání větru

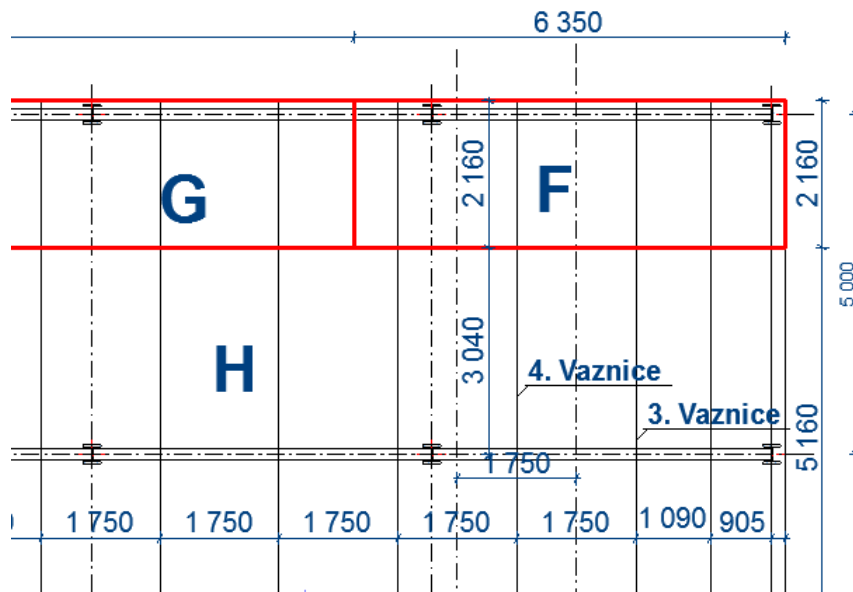
$$q_{Rd} = -4,95 \frac{kN}{m} > q_{Ed} = -3,65 \frac{kN}{m} \text{ Vaznice na sání vyhoví}$$

Posouzení nejvíce zatížené vaznice na sání příčného větru (4. vaznice)

Zatížení:

$$\text{Oblast F } w_{F,Ed} = -3,783 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Oblast H } w_{H,Ed} = -2,601 \frac{kN}{m^2}$$



Zatížení

$$q_{vitr,F} = (1,75 \cdot w_{F,Ed})$$

$$q_{vitr,F} = (1,75 \cdot 3,783)$$

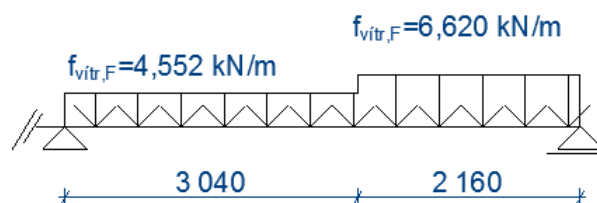
$$q_{vitr,F} = 6,620 \frac{kN}{m}$$

$$q_{vitr,H} = (1,75 \cdot w_{H,Ed})$$

$$q_{vitr,H} = (1,75 \cdot 2,601)$$

$$q_{vitr} = 4,552 \frac{kN}{m}$$

Přepočet zatížení na rovnoměrné



$$q_{vitr,př} = \frac{4,552 \cdot 3,040 + 6,620 \cdot 2,160}{3,040 + 2,160}$$

$$q_{vitr,př} = 5,411 \frac{kN}{m}$$

Navrhnu tenkostěnnou vaznici Z200/2,0 s profilovanou stojinou jako spojitý nosník o 3 a více polích na rozpětí  $l = 5,0 \text{ m}$  (viz. příloha str.2)

Únosnost vaznice na sání větru

$$q_{Rd} = -6,810 \frac{kN}{m} > q_{Ed} = -5,411 \frac{kN}{m} \text{ Vaznice na sání vyhoví}$$

Posouzení na zatížení sněhem

Osová vzdálenost vaznic  $l_v = 1,75 \text{ m}$

Únosnost vaznice při zatížení sněhem

$$q_{Rd} = 8,70 \frac{kN}{m} > q_{Ed} = 3,912 \frac{kN}{m} \text{ Vaznice na zatížení sněhem vyhoví}$$

Posouzení průhybu vaznice

Maximální přípustná deformace  $\delta \leq \frac{l_v}{200}$

$$\delta \leq \frac{5000}{200}$$

$$\delta \leq 25 \text{ mm}$$

Tabulková charakteristická hodnota zatížení pro průhyb  $\delta \leq \frac{l_v}{200}$ , pro vaznici Z200/2,5 s profilovanou stojinou na rozpětí 5,0 m jako nosník o třech a více polích

Posudek na nejvíce zatíženou vaznici na sání větrem (4. vaznice)

$$q_{Rk} = 6,8 \frac{kN}{m} > q_{Ek} = \frac{-5,411}{1,5} = -3,607 \frac{kN}{m} \quad \text{vaznice vyhoví na průhyb}$$

Posudek na zatížení sněhem

$$q_{Rk} = 6,8 \frac{kN}{m} > q_{Ek} = \frac{3,912}{1,5} = 2,61 \frac{kN}{m} \quad \text{vaznice vyhoví na průhyb}$$



## Varianta B

## Plášť:

- Střešní plášť z trapézových plechů (Arval)
- Střešní plášť zateplený
- Hydroizolační vrstva (fólie)
- Střešní plášť bude skládán při montáži

## Vaznice:

- Vaznice z ocelových válcovaných „I“ profilů

## Obvodový plášť:

- Lehký obvodový plášť

Návrh trapézového plechu

Zatížení sněhem  $s_d = 3,201 \frac{kN}{m^2}$

Název	Plošné zatížení (kN/m <sup>2</sup> )	Dílčí součinitel (-)	Návrhové zatížení (kN/m <sup>2</sup> )
Sníh	2,134	1,5	3,201
plech	0,053	1,35	0,072
izolace tl. 150 mm (	0,22	1,35	0,297
podhled (odhad)	0,2	1,35	0,270
			3,840 kN/m <sup>2</sup>

Celkové zatížení od sněhu a stálého zatížení

$$q_{stálé+sníh} = 3,840 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení větrem oblast F  $w_F = -2,522 \frac{kN}{m^2}$

Návrhová hodnota  $w_{F,Ed} = w_F \cdot \gamma_Q$

$$w_{F,Ed} = -2,522 \cdot 1,5$$

$$w_{F,Ed} = -3,783 \frac{kN}{m^2} \rightarrow q_{Ed}$$

Navrhují vzdálenost vaznic  $l_v = 2,5 \text{ m}$

Navrhuji TR 55/250 na rozpětí 2,5 m jako nosník o třech a více polích, tloušťky plechu 0,75 mm (viz příloha str.3)

Únosnost profilu

$$q_{Rd} = 4,830 \frac{kN}{m^2} > q_{Ed} = 3,783 \frac{kN}{m^2} \quad \underline{\text{Plech vyhoví}}$$

Posouzení na zatížení stálé + sníh

$$q_{Rd} = 4,830 \frac{kN}{m^2} > q_{Ed} = 3,840 \frac{kN}{m^2} \quad \underline{\text{Plech vyhoví}}$$

Posouzení průhybu

Maximální přípustná deformace  $\delta \leq \frac{l_v}{200}$

$$\delta \leq \frac{2500}{200}$$

$$\delta \leq 12,50 \text{ mm}$$

Tabulková charakteristická hodnota zatížení pro průhyb  $\delta \leq \frac{l_v}{200}$ , pro TR 55/250 na rozpětí 2,5 m jako nosník o třech a více polích, tloušťky plechu 0,75 mm.

$$q_{Rk} = 3,13 \frac{kN}{m^2} > q_{Ek} = 2,522 \frac{kN}{m^2} \quad \underline{\text{Plech vyhoví na průhyb}}$$

Návrh 2. vaznice („l“ profil)

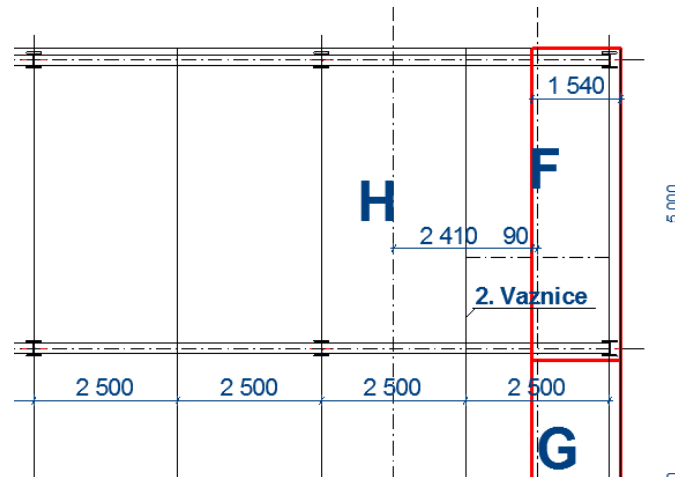
Posudek na sání větru podélným

Zatížení:

$$\text{Oblast F } w_{F,Ed} = -3,783 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Oblast H } w_{H,Ed} = -2,601 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Zatížení

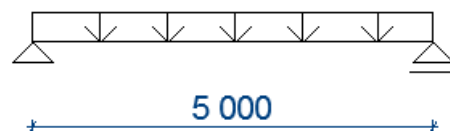


$$q_{vitr} = (0,090 \cdot w_{F,Ed} + 2,410 \cdot w_{H,Ed})$$

$$q_{vitr} = (0,09 \cdot 3,783 + 2,41 \cdot 2,601)$$

$$q_{vitr} = 6,609 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$f_{Ed} = 6,609 \text{ kN/m}$$



Maximální ohybový moment

$$M_{Ed} = \frac{f_{Ed} \cdot l^2}{8}$$

$$M_{Ed} = \frac{6,609 \cdot 5^2}{8}$$

$$M_{Ed} = 20,65 \text{ kNm}$$

Maximální posouvající síla

$$V_{Ed} = \frac{f_{Ed} \cdot l}{2}$$

$$V_{Ed} = \frac{6,609 \cdot 5}{2}$$

$$V_{Ed} = 16,523 \text{ kN}$$

Navrhnu ocelový „I“ profil IPE 180

- ocel S355  $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$

- $A = 2396 \text{ mm}^2$
- $A_{vz} = 1125 \text{ mm}^2$
- $I_y = 1317 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $W_{y,pl} = 166,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Posouzení na ohyb:

$$M_{Rd} = f_{yd} \cdot W_{y,pl} > M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = 355 \cdot 166,4 \cdot 10^3 > M_{Ed} = 20,65 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 59,07 \text{ kNm} > M_{Ed} = 20,65 \text{ kNm} \text{ Vaznice vyhoví}$$

Posouzení na smyk

$$V_{Rd} = A_{vz} \cdot f_{yd} > V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = 1125 \cdot 355 > V_{Ed} = 16,523 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 399,38 \text{ kN} > V_{Ed} = 16,523 \text{ kN} \text{ Vaznice vyhoví}$$

Průhyb

$$w = \frac{5 \cdot q_k \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} < w_{lim} = \frac{l}{200}$$

$$w = \frac{5 \cdot \frac{7,342}{1,5} \cdot 5000^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1317 \cdot 10^4} < w_{lim} = \frac{5000}{200}$$

$$w = 12,96 \text{ mm} < w_{lim} = 25 \text{ mm} \text{ Nosník vyhoví}$$

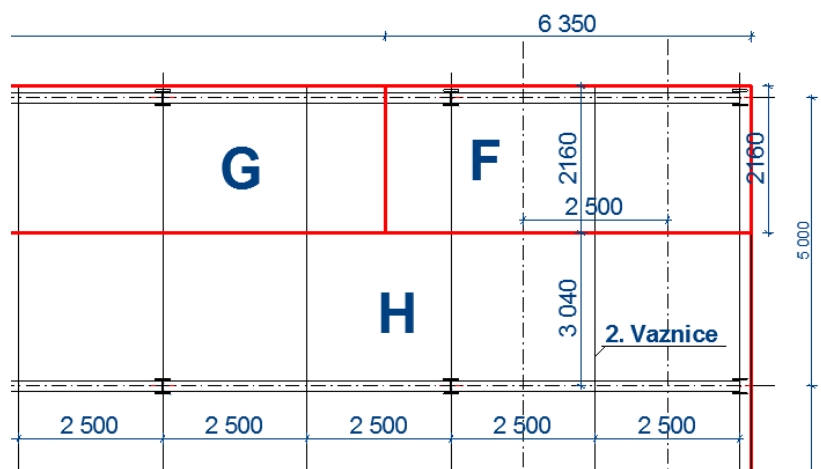
Posouzení na sání příčného větru

Zatížení:

$$\text{Oblast F } w_{F,Ed} = -3,783 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Oblast H } w_{H,Ed} = -2,601 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

## Zatížení



$$q_{vitr,F} = (2,50 \cdot w_{F,Ed})$$

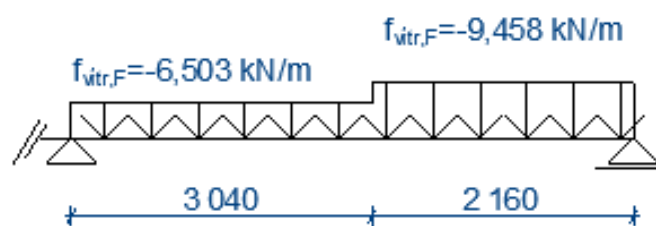
$$q_{vitr,F} = (2,50 \cdot 3,783)$$

$$q_{vitr,F} = 9,458 \frac{kN}{m}$$

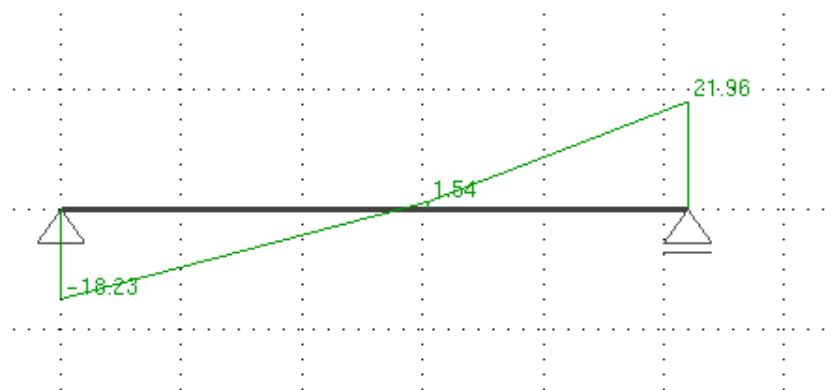
$$q_{vitr,H} = (2,50 \cdot w_{H,Ed})$$

$$q_{vitr,H} = (2,50 \cdot 2,601)$$

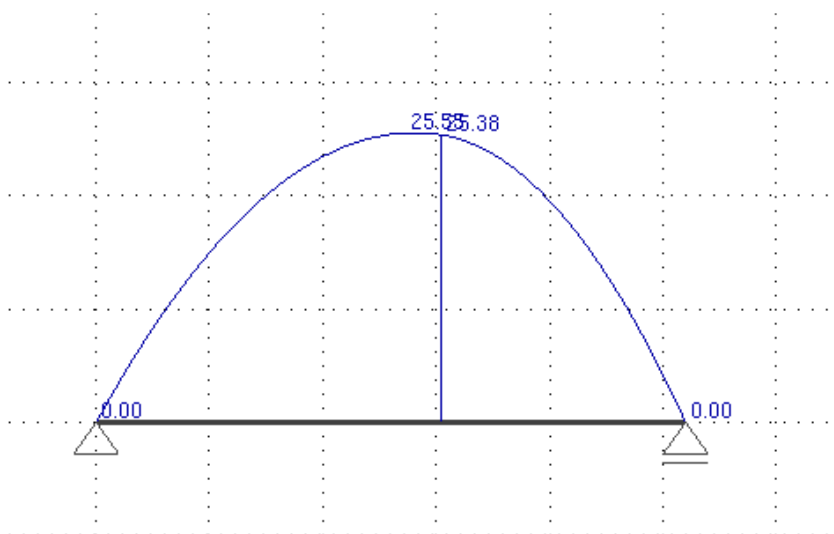
$$q_{vitr} = 6,503 \frac{kN}{m}$$



## Průběh posouvajících sil (program EduBeam)



## Průběh ohybového momentu



## Navrhnu ocelový „I“ profil IPE 180

- ocel S355  $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$

- $A = 2396 \text{ mm}^2$
- $A_{vz} = 1125 \text{ mm}^2$
- $I_y = 1317 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $W_{y,pl} = 166,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Posouzení na ohyb:

$$M_{Rd} = f_{yd} \cdot W_{y,pl} > M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = 355 \cdot 166,4 \cdot 10^3 > M_{Ed} = 25,55 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 59,07 \text{ kNm} > M_{Ed} = 25,55 \text{ kNm} \text{ Vaznice vyhoví}$$

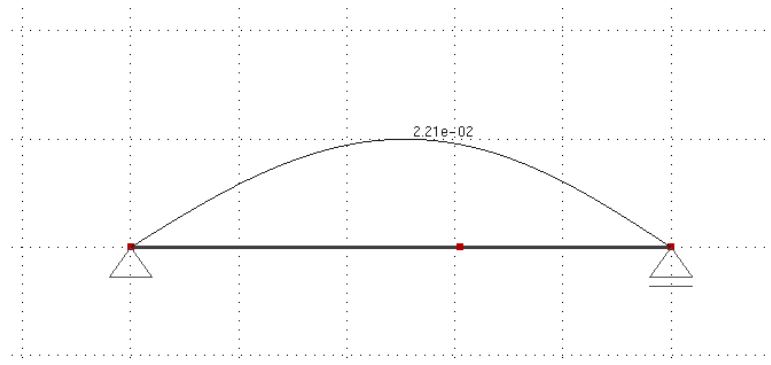
## Posouzení na smyk

$$V_{Rd} = A_{vz} \cdot f_{yd} > V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = 1125 \cdot 355 > V_{Ed} = 21,96 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 399,38 \text{ kN} > V_{Ed} = 21,96 \text{ kN} \text{ Vaznice vyhoví}$$

## Průhyb výstup z programu EduBeam



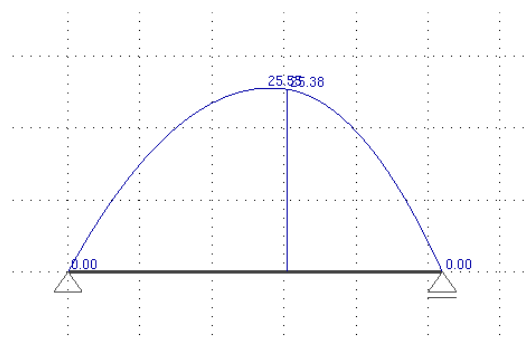
$$w = 22,1 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{l}{200}$$

$$w = 22,1 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{5000}{200}$$

$$w = 22,1 \text{ mm} < w_{lim} = 25 \text{ mm} \text{ Nosník vyhoví}$$

*Posouzení klopění: (posudek na nepříznivější vítr-vítr příčný)*

## Průběh ohybového momentu



## Průřezové charakteristiky IPE180

- $A = 2396 \text{ mm}^2$
- $A_{vz} = 1125 \text{ mm}^2$
- $I_y = 1317 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $W_{y,pl} = 166,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
- $I_t = 4,790 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

- $I_{\omega} = 7431 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$
- $E = 210 \text{ GPa}$
- $G = 80,7 \text{ GPa}$
- $I_z = 142,4 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $i_y = 74,2 \text{ mm}$

$$\kappa_w = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_{\omega}}{G \cdot I_t}}$$

$$\kappa_w = \frac{\pi}{1,0 \cdot 5000} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 7431 \cdot 10^6}{80,7 \cdot 10^3 \cdot 4,790 \cdot 10^4}}$$

$$\kappa_w = 0,399$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot \kappa_w$$

$$C_1 = 1,13 + (1,13 - 1,13) \cdot 0,399$$

$$C_1 = 1,130$$

$$\overline{\lambda_{LT,0}} = 0,4$$

$$\beta = 0,75$$

$$\alpha_{LT} = 0,34$$

Bezrozměrný kritický moment

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

$$\mu_{cr} = \frac{1,13}{1,0} \cdot \sqrt{1 + 0,399^2}$$

$$\mu_{cr} = 1,217$$

Kritický moment

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

$$M_{cr} = 1,217 \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 142,4 \cdot 10^4 \cdot 80,7 \cdot 10^3 \cdot 4,790 \cdot 10^4}}{5000}$$

$$M_{cr} = 26,00 \text{ kNm}$$

$$\overline{\lambda_{LT}} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_{yd}}{M_{cr}}}$$



$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{166,4 \cdot 10^3 \cdot 355}{26,00 \cdot 10^6}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 1,507$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,507 - 0,4) + 0,75 \cdot 1,507^2]$$

$$\Phi_{LT} = 1,540$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{1,540 + \sqrt{1,540^2 - 0,75 \cdot 1,507^2}}$$

$$\chi_{LT} = 0,424$$

Posouzení příčle v na moment v důsledku klopení

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,pl} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M1}} > M_{Ed}$$

$$M_{b,Rd} = \frac{0,424 \cdot 166,4 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} > 25,55 \text{ kNm}$$

$$M_{b,Rd} = 25,04 \text{ kNm} \not> 25,55 \text{ kNm}$$

Nosník na klopení za ohybu nevyhoví

Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} > V_{Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{1125 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} > V_{Ed} = 21,96 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 230,57 \text{ kN} > V_{Ed} = 21,96 \text{ kN}$$

Malý smyk není potřeba posoudit interakci ohybu se smykem.

Provedu výpočet kritického momentu v programu LT BeamN.

Kritický moment z programu LT BeamN  $M_{cr} = -31,88 \text{ kNm}$ , protokol z výpočtu je součástí přílohy projektu. (str. 40.)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_{yd}}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{166,4 \cdot 10^3 \cdot 355}{31,88 \cdot 10^6}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 1,361$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,361 - 0,4) + 0,75 \cdot 1,361^2]$$

$$\Phi_{LT} = 1,358$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{1,358 + \sqrt{1,358^2 - 0,75 \cdot 1,361^2}}$$

$$\chi_{LT} = 0,492$$

#### Posouzení příčle v na moment v důsledku klopení

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,pl} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M1}} > M_{Ed}$$

$$M_{b,Rd} = \frac{0,492 \cdot 166,4 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} > 25,55 \text{ kNm}$$

$$M_{b,Rd} = 29,06 \text{ kNm} > 25,55 \text{ kNm}$$

Nosník na klopení za ohybu vyhoví, uprostřed rozpětí nosníku krajního pole bude navrženo větrové ztužidlo.

#### Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} > V_{Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{1125 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} > V_{Ed} = 21,96 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 230,57 \text{ kN} > V_{Ed} = 21,96 \text{ kN}$$

Malý smyk není potřeba posoudit interakci ohybu se smykem.

Posouzení klopení krajní vaznice při sání větru, při zajištění nosníku proti klopení uprostřed rozpětí díky větrovému ztužení.

Kritický moment z programu LT BeamN  $M_{cr} = -108,38 \text{ kNm}$ , protokol z výpočtu je součástí přílohy projektu. (str.41)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_{yd}}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{166,4 \cdot 10^3 \cdot 355}{108,38 \cdot 10^6}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,738$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,738 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,738^2]$$

$$\Phi_{LT} = 0,762$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{0,762 + \sqrt{0,762^2 - 0,75 \cdot 0,738^2}}$$

$$\chi_{LT} = 0,850$$

Posouzení příčle v na moment v důsledku klopení

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,pl} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M1}} > M_{Ed}$$

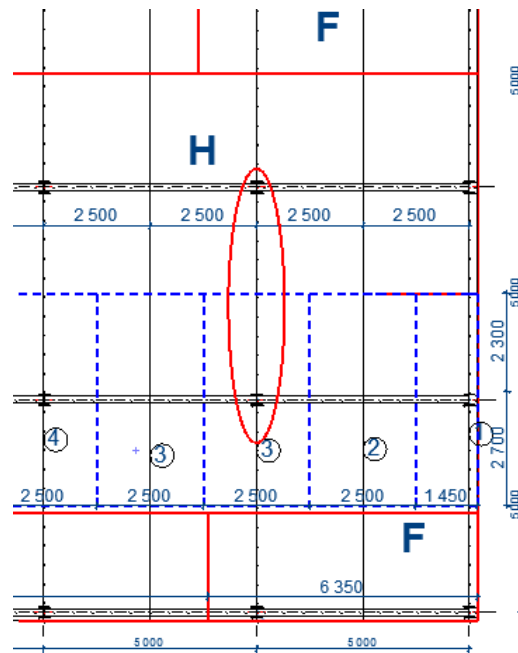
$$M_{b,Rd} = \frac{0,850 \cdot 166,4 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} > 25,55 \text{ kNm}$$

$$M_{b,Rd} = 50,21 \text{ kNm} > 25,55 \text{ kNm}$$

Nosník na klopení za ohybu vyhoví.

Posouzení klopení prostřední vaznice při sání větru

Vaznice uprostřed se vždy nachází v oblasti  $H$   $w_{H,Ed} = -6,503 \frac{kN}{m}$



Kritický moment z programu LT BeamN  $M_{cr} = -31,80 \text{ kNm}$ ,  
protokol z výpočtu je součástí přílohy projektu. (viz. příloha str. 42)

Maximální moment

$$M_{Ed} = \frac{w_{H,Ed} \cdot L^2}{8}$$

$$M_{Ed} = \frac{6,503 \cdot 5,0^2}{8}$$

$$M_{Ed} = 20,32 \text{ kNm}$$

Maximální posouvající síla

$$V_{Ed} = \frac{w_{H,Ed} \cdot L}{2}$$

$$V_{Ed} = \frac{6,503 \cdot 5,0}{2}$$

$$V_{Ed} = 16,26 \text{ kN}$$

$$\overline{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_{yd}}{M_{cr}}}$$

$$\overline{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{166,4 \cdot 10^3 \cdot 355}{31,80 \cdot 10^6}}$$

$$\overline{\lambda}_{LT} = 1,363$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\overline{\lambda}_{LT} - \overline{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \overline{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,363 - 0,4) + 0,75 \cdot 1,363^2]$$

$$\Phi_{LT} = 1,360$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \overline{\lambda}_{LT}^2}}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{1,360 + \sqrt{1,360^2 - 0,75 \cdot 1,363^2}}$$

$$\chi_{LT} = 0,491$$

Posouzení příčle v na moment v důsledku klopení

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,pl} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M1}} > M_{Ed}$$

$$M_{b,Rd} = \frac{0,491 \cdot 166,4 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} > 20,32 \text{ kNm}$$

$$M_{b,Rd} = 29,00 \text{ kNm} > 20,32 \text{ kNm}$$

Nosník na klopení za ohybu vyhoví.

Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} > V_{Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{1125 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} > V_{Ed} = 16,26 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 230,57 \text{ kN} > V_{Ed} = 16,26 \text{ kN}$$

Malý smyk není potřeba posoudit interakci ohybu se smykem.

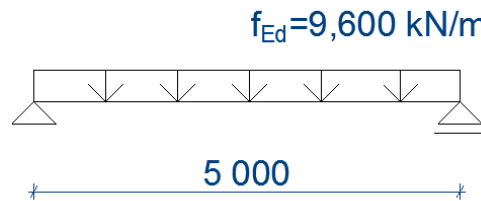
Posudek na zatížení sněhem

Zatížení

$$q_{\text{stálé+sníh}} = (0,710 + 1,790) \cdot q_{\text{stálé+sníh}}$$

$$q_{\text{stálé+sníh}} = (0,710 + 1,790) \cdot 3,840$$

$$q_{\text{stálé+sníh}} = 9,600 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



Maximální ohybový moment

$$M_{Ed} = \frac{f_{Ed} \cdot l^2}{8}$$

$$M_{Ed} = \frac{9,600 \cdot 5^2}{8}$$

$$M_{Ed} = 30,000 \text{ kNm}$$

Maximální posouvající síla

$$V_{Ed} = \frac{f_{Ed} \cdot l}{2}$$

$$V_{Ed} = \frac{9,600 \cdot 5}{2}$$

$$V_{Ed} = 24,000 \text{ kN}$$

Navrhnu ocelový „I“ profil IPE 180

-ocel S355  $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$ 

- $A = 2395 \text{ m}^2$
- $A_{vz} = 1125 \text{ m}^2$
- $I_y = 1317 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $W_{y,pl} = 166,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Posouzení na ohyb:

$$M_{Rd} = f_{yd} \cdot W_{y,pl} > M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = 355 \cdot 166,4 \cdot 10^3 > M_{Ed} = 30,00 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 59,07 \text{ kNm} > M_{Ed} = 30,00 \text{ kNm} \text{ Vaznice vyhoví}$$

Posouzení na smyk

$$V_{Rd} = A_{vz} \cdot f_{yd} > V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = 1125 \cdot 355 > V_{Ed} = 24,00 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 399,38 \text{ kN} > V_{Ed} = 24,00 \text{ kN} \text{ Vaznice vyhoví}$$

Průhyb

$$w = \frac{5 \cdot q_k \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} < w_{lim} = \frac{l}{200}$$

$$w = \frac{5 \cdot \frac{9,600}{1,5} \cdot 5000^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1317 \cdot 10^4} < w_{lim} = \frac{5000}{200}$$

$$w = 18,83 \text{ mm} < w_{lim} = 25 \text{ mm} \text{ vaznice vyhoví}$$

## Varianta C

## Plášť:

- Střešní plášť se samonosným trapézovým plechem (Arval)
- Střešní plášť zateplený, prostor mezi plechy zajištěn distančním profilem
- Střešní plášť bude skládám při montáži
- Bezvaznicový systém

## Obvodový plášť:

- Lehký obvodový plášť

Návrh trapézového plechuZatížení sněhem  $s_d = 3,201 \frac{kN}{m^2}$ 

Název	Plošné zatížení (kN/m <sup>2</sup> )	Dílčí součinitel (-)	Návrhové zatížení (kN/m <sup>2</sup> )
Sníh	2,134	1,5	3,201
plech	0,053	1,35	0,072
izolace tl. 150 mm (	0,22	1,35	0,297
podhled (odhad)	0,2	1,35	0,270
			3,840kN/m <sup>2</sup>

Celkové zatížení od sněhu a stálého zatížení

$$q_{stálé+sníh} = 3,840 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení větrem oblast F  $w_F = -2,522 \frac{kN}{m^2}$ Návrhová hodnota  $w_{F,Ed} = w_F \cdot \gamma_Q$ 

$$w_{F,Ed} = -2,522 \cdot 1,5$$

$$w_{F,Ed} = -3,783 \frac{kN}{m^2} \rightarrow q_{Ed}$$

Navrhuji vzdálenost ráků  $l_v = 5,0 \text{ m}$ 

Navrhuji TR 200/420 na rozpětí 5,0 m jako nosník o třech a více polích, tloušťky plechu 0,88 mm (viz příloha str. 4)



Únosnost profilu na sání větru

$$q_{Rd} = 4,93 \frac{kN}{m^2} > q_{Ed} = 3,783 \frac{kN}{m^2} \quad \underline{\text{Plech vyhoví}}$$

Na zatížení sněhem

$$q_{Rd} = 4,93 \frac{kN}{m^2} > q_{Ed} = 3,840 \frac{kN}{m^2} \quad \underline{\text{Plech vyhoví}}$$

Posouzení průhybu

Maximální přípustná deformace  $\delta \leq \frac{l_v}{200}$

$$\delta \leq \frac{5000}{200}$$

$$\delta \leq 25 \text{ mm}$$

Tabulková charakteristická hodnota zatížení pro průhyb  $\delta \leq \frac{l_v}{200}$ , pro TR 200/420 na rozpětí 5,0 m jako nosník o třech a více polích, tloušťky plechu 0,88 mm.

$$q_{Rk} = 7,860 \frac{kN}{m^2} > q_{Ek} = 2,522 \frac{kN}{m^2} \quad \underline{\text{Plech vyhoví na průhyb}}$$

### Zhodnocení

**V bakalářské práci dále zpracuji konstrukční variantu B.**

**Variantu A s použitím tenkostěnných vaznic „Z“ jsem si nevybral, protože vaznice vyhověli poměrně velké výšce (Z200), a o výšce 200 mm by zvýšili výšku střešní skladby. Dále vaznice by se připevňovali poměrně blízko sebe (1 750 mm), kdežto u varianty B se vaznicemi z válcovaných „I“ profilů vyhověla vzdálenost nosníků 2 500 mm, tudíž varianta s tenkostěnnými vaznicemi by byla pracnější.**

**Variantu C (samonosných vysoký trapézový plech) nezpracuji, neboť skladba s trapézovým plechem bude těžší než při použití válcovaných profilů. Navržený plech výšky 200 mm je největší vyráběný profil a zvedne výšku skladby.**

**Varianta B má výhody, které jsem výše popsal, proto se bude věnovat dořešení této varianty.**

### NÁVRH OCHOZU

V 3.NP je po obvodové stěně navržena lávka pro údržbu a čištění oken.

Lávka zbudována z ocelových válcovaných profilů „IPE“ vzdálených od sebe 2,5m, podlaha lávky z dřevěných fošen, ochoz bude zabezpečen zábradlím.

Zatížení :

$$\text{Provozní } q_{\text{provoz},k} = 0,75 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Sníh } q_{\text{sníh},k} = 2,134 \frac{kN}{m^2}$$

Zatížení větrem uvažuji pouze 10% zatížení při působení na stěny, neboť ochoz je pokryt dřevěným. roštem

$$\text{Zatížení od sání větru (nejzatíženější oblast A) } q_{\text{vitr},A,k} = -1,891 \cdot 0,1 = -0,189 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Zatížení od tlaku větru (nejzatíženější oblast D) } q_{\text{vitr},D,k} = 1,261 \cdot 0,1 = 0,126 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Vlastní tíha (odhad) } g_{\text{vl.tíha},k} = 0,10 \frac{kN}{m}$$

$$\text{Vlastní tíha konstrukce podlahy (2 profily UPE) } g_{\text{vl.tíha}U,k} = 0,10 \frac{kN}{m}$$

$$\text{Podlaha z dřevěné fošny (odhad) } g_{\text{podlaha},k} = 0,2 \frac{kN}{m^2}$$

#### Návrhové zatížení:

$$\text{Provozní } q_{\text{provoz},d} = 0,75 \cdot \gamma_Q \cdot l_l = 0,75 \cdot 1,5 \cdot 2,5 = 2,813 \frac{kN}{m}$$

$$\text{Sníh } q_{\text{sníh},d} = 2,134 \cdot \gamma_Q \cdot l_l = 2,134 \cdot 1,5 \cdot 2,5 = 8,003 \frac{kN}{m}$$

Zatížení od sání větru (nejzatíženější oblast A)

$$q_{\text{vitr},A,d} = -0,187 \cdot \gamma_Q \cdot l_l = -0,187 \cdot 1,5 \cdot 2,5 = -0,701 \frac{kN}{m}$$

Zatížení od tlaku větru (nejzatíženější oblast D)

$$q_{\text{vitr},D,d} = 0,126 \cdot \gamma_Q \cdot l_l = 0,126 \cdot 1,5 \cdot 2,5 = 0,473 \frac{kN}{m}$$

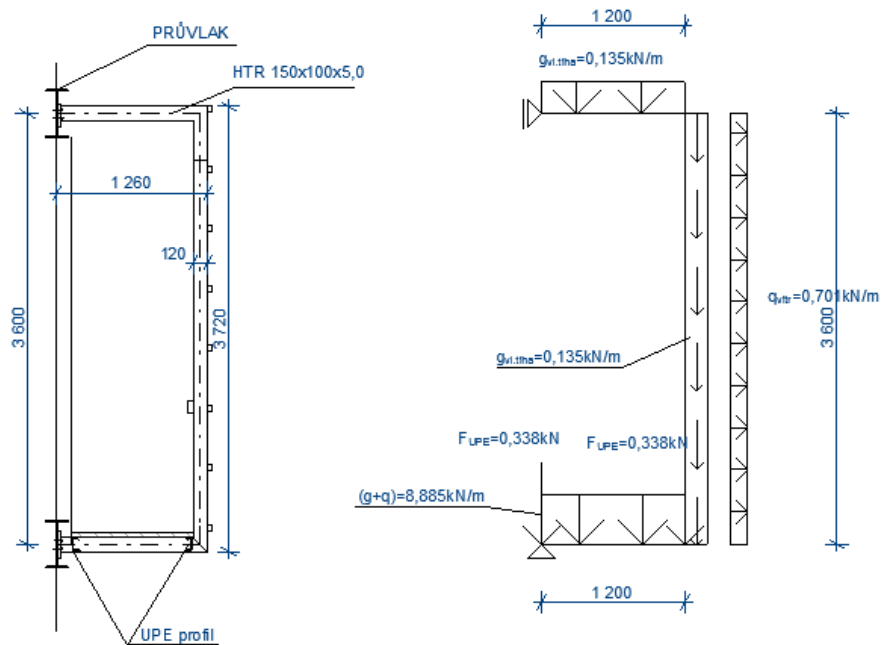
$$\text{Vlastní tíha (odhad) } g_{\text{vl.tíha},d} = 0,10 \cdot \gamma_G = 0,10 \cdot 1,35 = 0,135 \frac{kN}{m}$$

Vlastní tíha konstrukce podlahy (2 profily UPE)

$$F_{\text{vl.tíha},U,d} = 0,10 \cdot \gamma_G \cdot l_l = 0,10 \cdot 1,35 \cdot 2,5 = 0,338 \text{ kN}$$

$$\text{Podlaha } g_{\text{podlaha},d} = 0,2 \cdot \gamma_Q \cdot l_l = 0,2 \cdot 1,5 \cdot 2,5 = 0,75 \frac{kN}{m}$$

Schéma

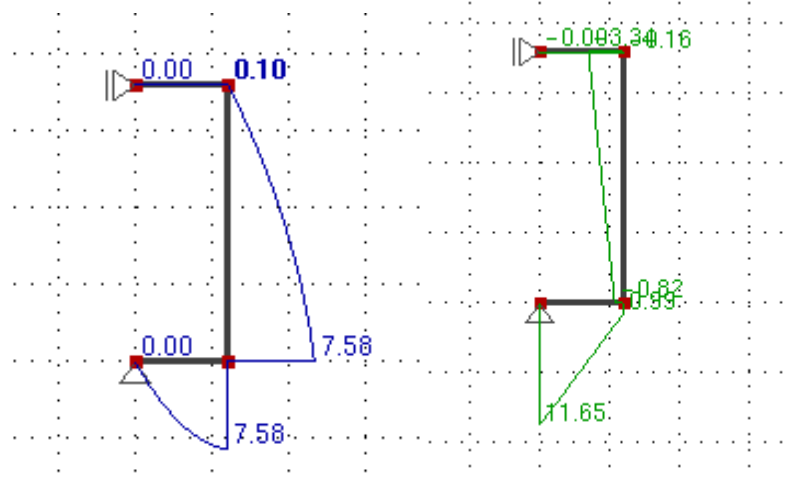


Posouzení pro případ sání větru

Průběhy vnitřních sil

Moment

Posouvající síla



Navrhnu Obdélníková trubka 150x100x5,0 mm

- ocel S355  $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$

- $A = 2370 \text{ mm}^2$
- $A_{vz} = (150 - 2 \cdot t_w) \cdot t_w = (150 - 2 \cdot 5) \cdot 5 = 700 \text{ mm}^2$
- $I_y = 739 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $W_{y,pl} = 119 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Posouzení na ohyb:

$$M_{Rd} = f_{yd} \cdot W_{y,pl} > M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = 355 \cdot 119 \cdot 10^3 > M_{Ed} = 7,58 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 42,25 \text{ kNm} > M_{Ed} = 7,58 \text{ kNm} \text{ profil vyhoví}$$

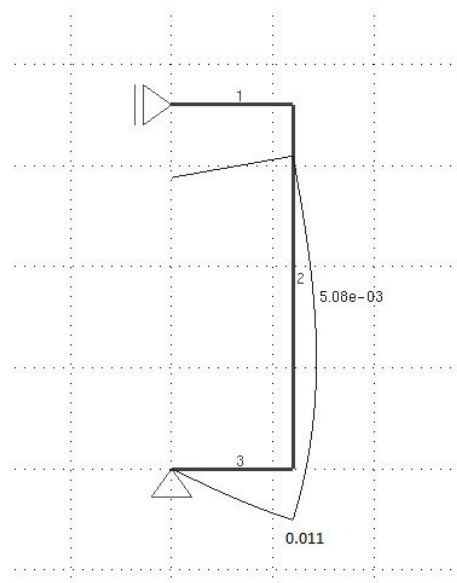
Posouzení na smyk

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} > V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \frac{700 \cdot 355}{\sqrt{3}} > V_{Ed} = 11,65 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 143,47 \text{ kN} > V_{Ed} = 11,65 \text{ kN} \text{ profil vyhoví}$$

Posouzení průhybu



Vodorovná deformace

$$w = 5,1 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{l}{200}$$

$$w = 5,1 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{3600}{200}$$

$$w = 5,1 \text{ mm} < w_{lim} = 18 \text{ mm} \text{ profil vyhoví}$$

Svislá deformace

$$w = 11,0 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{2l}{200}$$

$$w = 11,0 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{2 \cdot 1200}{200}$$

$$w = 11,0 \text{ mm} < w_{lim} = 12 \text{ mm} \text{ profil vyhoví}$$

Návrh podlahových nosníků

Zatížení

$$\text{Sníh } q_{sníh,k} = 2,134 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Vlastní tíha konstrukce podlahy (2 profily UPE) } g_{vl.tíhaU,k} = 0,10 \frac{kN}{m}$$

$$\text{Podlaha z dřevěné fošny (odhad) } g_{podlaha,k} = 0,2 \frac{kN}{m^2}$$

Celkové charakteristické zatížení:

$$f_{pod,k} = q_{sníh,k} \cdot l_v + F_{vl.tíha,U,k} + g_{podlaha,k} \cdot l_v$$

$$f_{pod,k} = 1,921 \cdot 0,6 + 0,1 + 0,162 \cdot 0,6$$

$$f_{pod,k} = 1,350 \frac{kN}{m}$$

Návrhová zatížení:

$$\text{Sníh } q_{sníh,d} = 2,134 \cdot \gamma_Q \cdot l_v = 2,134 \cdot 1,5 \cdot 0,6 = 1,921 \frac{kN}{m}$$

Vlastní tíha konstrukce podlahy (2 profily UPE)

$$F_{vl.tíha,U,d} = 0,10 \cdot \gamma_G = 0,10 \cdot 1,35 = 0,135 \frac{kN}{m}$$

$$\text{Podlaha } g_{podlaha,d} = 0,2 \cdot \gamma_Q \cdot l_v = 0,2 \cdot 1,35 \cdot 0,6 = 0,162 \frac{kN}{m}$$

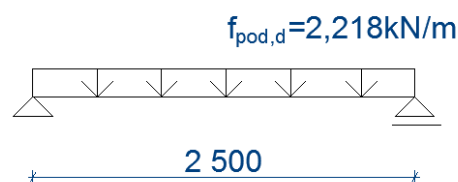
Celkové návrhové zatížení:

$$f_{pod,d} = q_{sníh,d} + F_{vl.tíha,U,d} + g_{podlaha,d}$$

$$f_{pod,d} = 1,921 + 0,135 + 0,162$$

$$f_{pod,d} = 2,218 \frac{kN}{m}$$

Schéma



Maximální ohybový moment

$$M_{Ed} = \frac{f_{Ed} \cdot l^2}{8}$$

$$M_{Ed} = \frac{2,218 \cdot 2,5^2}{8}$$

$$M_{Ed} = 1,733 \text{ kNm}$$

Maximální posouvající síla

$$V_{Ed} = \frac{f_{Ed} \cdot l}{2}$$

$$V_{Ed} = \frac{2,218 \cdot 2,5}{2}$$

$$V_{Ed} = 2,773 \text{ kN}$$

Navrhnou UPE 120 z důvodu lepšího návrhu šroubů (do UPE120 se mohou navrhnout 2 šrouby)

- ocel S355  $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$

- $A = 1700 \text{ mm}^2$
- $A_{vz} = 880 \text{ mm}^2$
- $I_y = 364 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $W_{y,pl} = 72,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Posouzení na ohyb:

$$M_{Rd} = f_{yd} \cdot W_{y,pl} > M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = 355 \cdot 72,6 \cdot 10^3 > M_{Ed} = 1,733 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 25,773 \text{ kNm} > M_{Ed} = 1,747 \text{ kNm} \text{ Nosník vyhoví}$$

Posouzení na smyk

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} > V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \frac{880 \cdot 355}{\sqrt{3}} > V_{Ed} = 2,773 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 180,364 \text{ kN} > V_{Ed} = 2,773 \text{ kN} \text{ Nosník vyhoví}$$

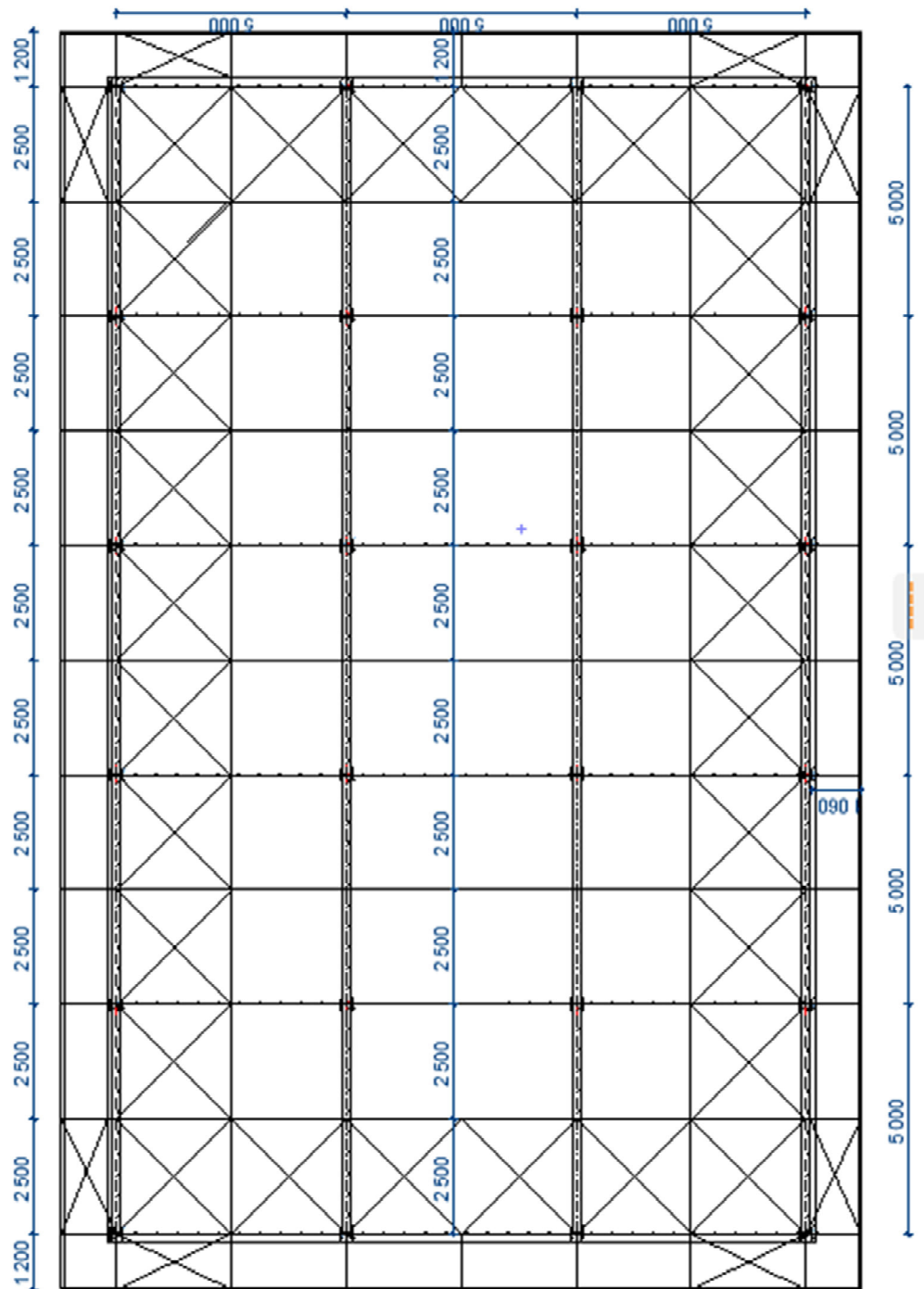
Průhyb

$$w = \frac{5 \cdot q_k \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} < w_{lim} = \frac{l}{200}$$

$$w = \frac{5 \cdot 1,35 \cdot 2500^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 107,2 \cdot 10^4} < w_{lim} = \frac{2500}{200}$$

$$w = 3,05 \text{ mm} < w_{lim} = 12,5 \text{ mm} \text{ Nosník vyhoví}$$

SCHÉMA OCHOZU





## NÁVRH VARIANTA B

Posoudím 2 statické varianty

-Vazník

-Rám

Výpočet sil na vazník/rám (vnitřní vazba)

Zatěžovací stav I Vlastní tíha

Zatížení	Plošné zatížení (kN/m <sup>2</sup> )	Zatěžovací šířka (m)	Liniové zatížení (kN/m)	Dílčí součinitel (-)	Návrhové zatížení (kN/m)
2x plech	0,107	5,00	0,535	1,35	0,722
izolace tl. 150 mm (	0,22	5,00	1,1	1,35	1,485
podhled (odhad)	0,2	5,00	1	1,35	1,350
		$g_{k,vl}$	2,635	$g_{d,vl}$	3,557

Zatěžovací stav II Sníh

Zatížení	Plošné zatížení (kN/m <sup>2</sup> )	Zatěžovací šířka (m)	Liniové zatížení (kN/m)	Dílčí součinitel (-)	Návrhové zatížení (kN/m)
Sníh	2,134	5,0	10,67	1,5	16,005
		$q_{k,snih}$	10,67	$q_{d,snih}$	16,005

Zatěžovací stav III Vítr podélný

Zatížení	Plošné zatížení (kN/m <sup>2</sup> )	Zatěžovací šířka (m)	Liniové zatížení (kN/m)	Dílčí součinitel (-)	Návrhové zatížení (kN/m)
Oblast A	-1,891	5,0	-9,455	1,5	-14,183
Oblast B	-1,261	5,0	-6,305	1,5	-9,458
Oblast C	-0,788	5,0	-3,940	1,5	-5,910
Oblast D	1,261	5,0	6,305	1,5	9,458
Oblast E	-0,788	5,0	-3,940	1,5	-5,910
Oblast F	-2,522	5,0	-12,610	1,5	-18,915
Oblast G	-1,734	5,0	-8,670	1,5	-13,005
Oblast H	-1,103	5,0	-5,515	1,5	-8,273
Oblast I	0,315	5,0	1,575	1,5	2,363
Oblast I	-0,315	5,0	-1,575	1,5	-2,363

Zatěžovací stav IV Vítr příčný

Zatížení	Plošné zatížení (kN/m <sup>2</sup> )	Zatěžovací šířka (m)	Liniové zatížení (kN/m)	Dílčí součinitel (-)	Návrhové zatížení (kN/m)
Oblast A	-1,891	5,0	-9,455	1,5	-14,183
Oblast B	-1,261	5,0	-6,305	1,5	-9,458
Oblast C	-0,788	5,0	-3,940	1,5	-5,910
Oblast D	1,261	5,0	6,305	1,5	9,458
Oblast E	-0,788	5,0	-3,940	1,5	-5,910
Oblast F	-2,522	5,0	-12,610	1,5	-18,915
Oblast G	-1,734	5,0	-8,670	1,5	-13,005
Oblast H	-1,103	5,0	-5,515	1,5	-8,273
Oblast I	0,315	5,0	1,575	1,5	2,363
Oblast I	-0,315	5,0	-1,575	1,5	-2,363

Zatížení od vaznic v jednotlivých bodechZatěžovací stav I: vlastní tíha

$$\text{Krajní vaznice } F_1 = g_{k,vl} \cdot 1,45 = 2,635 \cdot 1,45 = 3,821 \text{ kN}$$

$$\text{Mezilehlé vaznice } F_2 = g_{k,vl} \cdot 2,5 = 2,635 \cdot 2,5 = 6,588 \text{ kN}$$

Zatěžovací stav II: sníh

$$\text{Krajní vaznice } F_1 = g_{k,sníh} \cdot 1,45 = 10,670 \cdot 1,45 = 15,472 \text{ kN}$$

$$\text{Mezilehlá vaznice } F_2 = g_{k,sníh} \cdot 2,5 = 10,670 \cdot 2,5 = 26,675 \text{ kN}$$

Zatěžovací stav III Vítr příčný

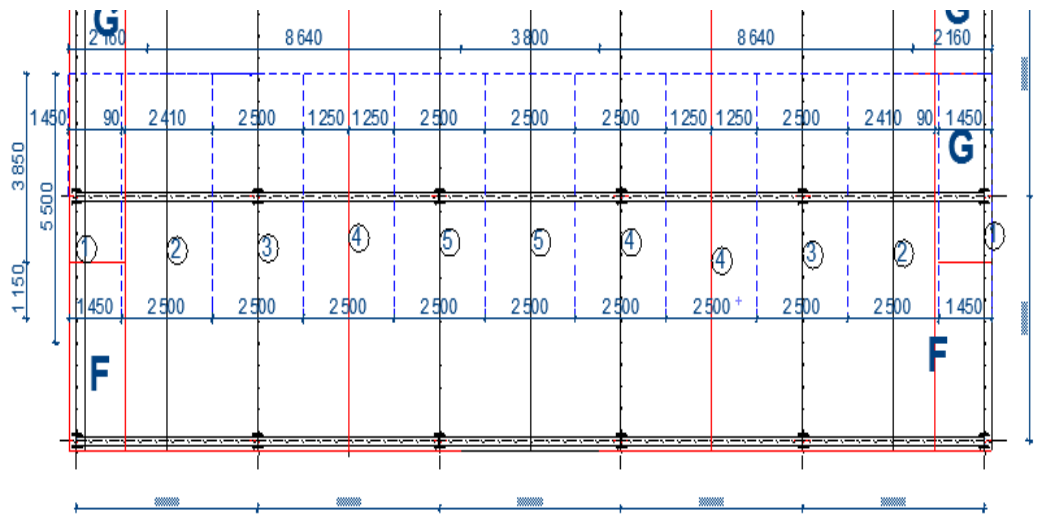
$$\text{Vaznice 1 } F_1 = \frac{q_{k,F} \cdot 1,15 + q_{k,G} \cdot 3,85}{5} \cdot 1,45 = \frac{12,61 \cdot 1,15 + 8,67 \cdot 3,85}{5} \cdot 1,45 = 13,885 \text{ kN}$$

$$\text{Vaznice 2 } F_2 = \frac{q_{k,F} \cdot 1,15 + q_{k,G} \cdot 3,85}{5} \cdot 0,09 + q_{k,H} \cdot 2,41 = \frac{12,61 \cdot 1,15 + 8,67 \cdot 3,85}{5} \cdot 0,09 + 5,515 \cdot 2,41 = 14,153 \text{ kN}$$

$$\text{Vaznice 3 } F_3 = q_{k,H} \cdot 2,5 = 5,515 \cdot 2,5 = 13,789 \text{ kN}$$

$$\text{Vaznice 4 } F_4 = q_{k,H} \cdot 1,85 + q_{k,I} \cdot 0,65 = 5,515 \cdot 1,85 + 1,575 \cdot 0,65 = 11,227 \text{ kN}$$

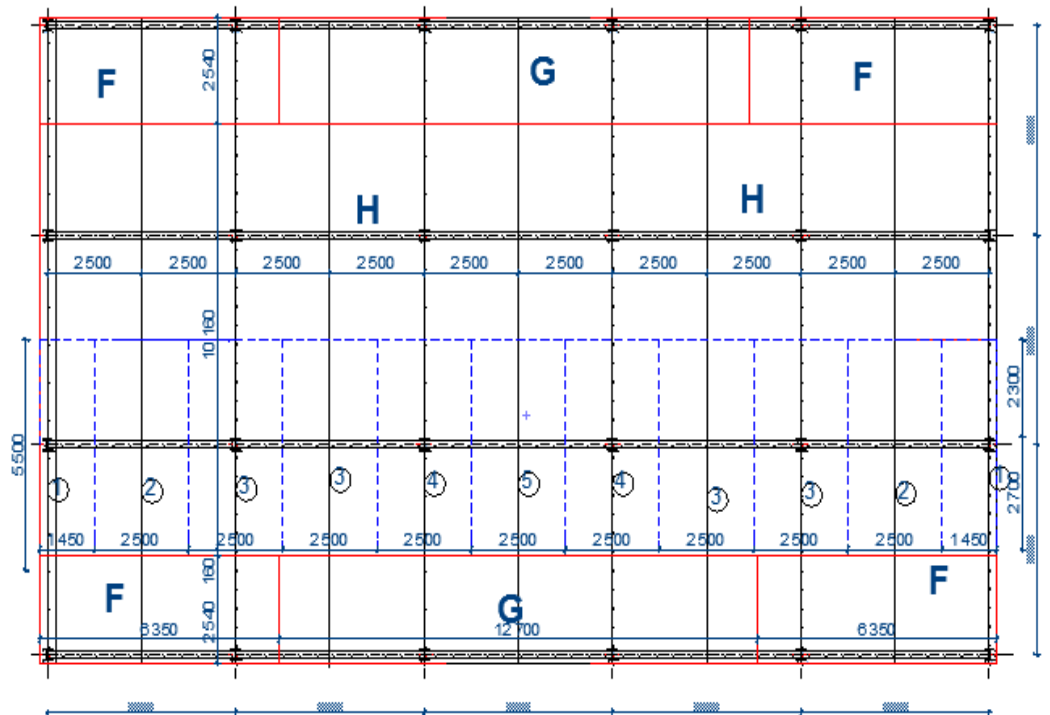
$$\text{Vaznice 5 } F_5 = q_{k,I} \cdot 2,5 = 1,575 \cdot 2,5 = 3,938 \text{ kN}$$



Zatěžovací stav IV Vítr podélný

Vaznice 1  $F_1 = q_{k,H} \cdot 1,45 = 5,575 \cdot 1,45 = 8,084 \text{ kN}$

Vaznice 2-5  $F_2 = F_3 = F_4 = F_5 = q_{k,H} \cdot 2,5 = 5,575 \cdot 2,5 = 13,938 \text{ kN}$



**Výstup programu Scia Engineer (použité průřezy, zatěžovací stavy, kombinace zatížení, průběhy vnitřních sil a deformace prvků) viz. Příloha (viz. příloha str. 5-28)**

**Posouzení mezního stavu použitelnosti**

1. Vazník (viz příloha str.5-14)

Vodorovná deformace sloupu (profil HEA 140)

$$w_H = 10,1 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{L}{300}$$

$$w_H = 10,1 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{3600}{300}$$

$$w_H = 10,1 \text{ mm} < w_{lim} = 12 \text{ mm} \text{ Vyhovuje}$$

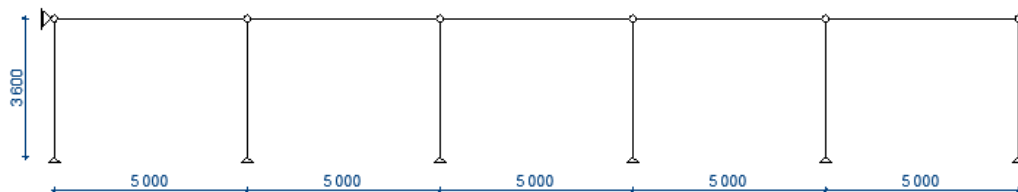
Svislá deformace průvlaku (profil IPE 240)

$$w_V = 17,0 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{L}{250}$$

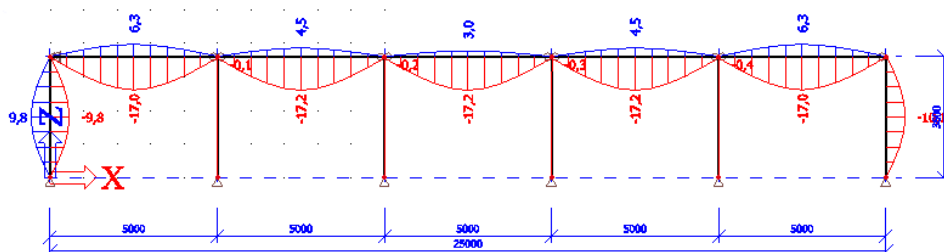
$$w_V = 17,0 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{5000}{250}$$

$$w_V = 17,2 \text{ mm} < w_{lim} = 20 \text{ mm} \text{ Vyhovuje}$$

Schéma



Průběh deformace prutů



## 2. Rám (viz příloha str. 15-28)

Vodorovná deformace sloupu (profil HEA 120)

$$w_H = 11,6 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{L}{300}$$

$$w_H = 11,6 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{3600}{300}$$

$$w_H = 11,6 \text{ mm} < w_{lim} = 12 \text{ mm} \text{ Vyhovuje}$$

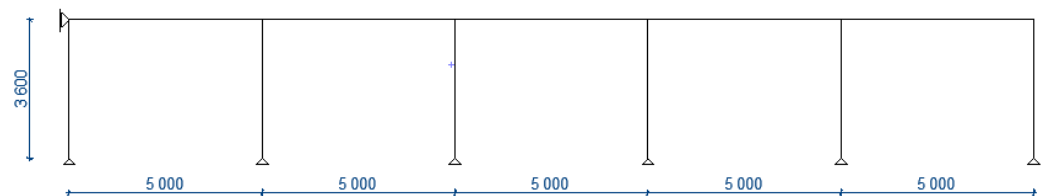
Svislá deformace příčle (profil IPE 200)

$$w_V = 15,2 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{L}{250}$$

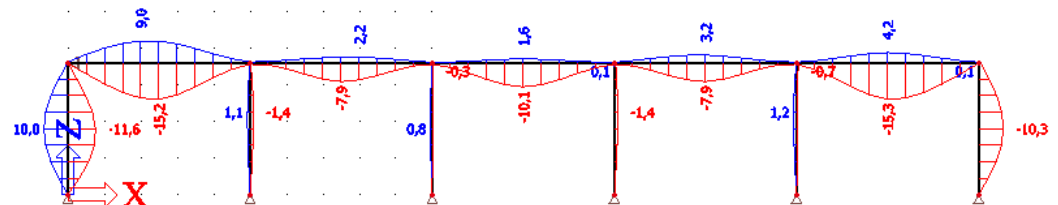
$$w_V = 15,2 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{5000}{250}$$

$$w_V = 15,2 \text{ mm} < w_{lim} = 20 \text{ mm} \text{ Vyhovuje}$$

Schéma



Průběh deformace prutu

Zhodnocení

V bakalářské práci zpracuji variantu s vazníkem.

Varianta s rámem má nevýhodu, že při použití příliš subtilních profilů je obtížné provedení rámových přípojů na tak malých profilech. Navíc rozdíl v hmotnostech profilů je nevýznamný.

Návrh 2. vazbyNávrh vnitřního sloupu

Nejhorší možná kombinace: Kombinace č.1 Vlastní tíha+ sníh

Uvažované síly (viz. příloha str.7)

$$N_{Ed} = -100,85 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

## Průřez Sloupu HEA 120

-ocel S355  $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$ 

- $A = 2534 \text{ mm}^2$
- $I_y = 606,2 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $I_z = 230,9 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $W_{y,pl} = 119,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
- $t_w = 5,0 \text{ mm}$
- $t_f = 8,0 \text{ mm}$
- $d = 74 \text{ mm}$
- $h = 114 \text{ mm}$
- $b = 120 \text{ mm}$
- $r = 12 \text{ mm}$

Zatřetíení průřezu

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_{yd}} = \frac{100,85 \cdot 10^3}{5,0 \cdot 355} = 56,82 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = \frac{0,5 \cdot 74 + 56,82}{74} = 1,268$$

Zatřetíení stojiny

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d}{t_w} = \frac{74}{5,0} = 14,800$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{396 \cdot 0,813}{13 \cdot 1,268 - 1} = 20,792 > 14,800$$

Stojina je třídy průřezu 1

## Zatřetíení tlačené pásnice

$$c = \frac{b - t_w - r}{2} = \frac{120 - 5,0 - 12}{2} = 51,50 \text{ mm}$$

Posouzení

$$\frac{c}{t_f} = \frac{51,50}{8,0} = 6,438 < 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 0,813$$

6,438 < 7,3 Pásnice je třídy průřezu 1 a celý průřez je třídy 1

$$i_z = 30,2 \text{ mm}$$

$$i_y = 48,9 \text{ mm}$$

Vzpěrné délky

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y}$$

$$\lambda_y = \frac{3600}{48,9}$$

$$\lambda_y = 73,620$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z}$$

$$\lambda_z = \frac{3600}{30,2}$$

$$\lambda_z = 119,206$$

$$\lambda_1 = 93,3 \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}}$$

$$\lambda_1 = 93,3 \sqrt{\frac{235}{355}}$$

$$\lambda_1 = 76,1 \text{ křivka vzpěrnosti „b“} \rightarrow \chi_y = 0,616$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{73,620}{76,1}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,97$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{119,206}{76,1}$$

$$\bar{\lambda}_z = 1,57 \text{ křivka vzpěrnosti „c“} \rightarrow \chi_z = 0,293$$

Prut vybočí ve směru osy z.Vliv klopení

Průřez nebude klopit, neboť je zatížen pouze tlakem a není namáhán momentem.

Posouzení

$$N_{Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M1}} > N_{Ed}$$

$$N_{Rd} = \frac{0,293 \cdot 2534 \cdot 355}{1,0} > N_{Ed} = 100,85 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 263,57 \text{ kN} > N_{Ed} = 100,85 \text{ kN} \text{ Sloup vyhoví}$$

Návrh vnějšího sloupu

Nejhorší možná kombinace: Kombinace č.6 Vlastní tíha+ 0,6 sníh+ vítr příčný

Uvažované síly (viz. příloha str.13)

$$N_{Ed} = -6,33 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 15,32 \text{ kNm}$$

Průřez Sloupu HEA 140

-ocel S355  $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$

- $A = 3142 \text{ mm}^2$
- $I_y = 1033 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $I_z = 389 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $W_{y,pl} = 173,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
- $t_w = 5,5 \text{ mm}$
- $t_f = 8,5 \text{ mm}$
- $d = 92 \text{ mm}$
- $h = 133 \text{ mm}$
- $b = 140 \text{ mm}$
- $r = 12 \text{ mm}$

$$i_y = 57,3 \text{ mm}$$

$$i_z = 35,5 \text{ mm}$$

Zatřídění průřezu

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_{yd}} = \frac{6,33 \cdot 10^3}{5,5 \cdot 355} = 3,24 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = \frac{0,5 \cdot 92 + 3,24}{92} = 0,535$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d}{t_w} = \frac{92}{5,5} = 16,727$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{396 \cdot 0,813}{13 \cdot 0,535 - 1} = 54,063 > 16,727$$

Stojina je třídy průřezu 1



Zatřídění tlačené pásnice

$$c = \frac{b - t_w - r}{2} = \frac{140 - 5,5 - 12}{2} = 61,25 \text{ mm}$$

Posouzení

$$\frac{c}{t_f} = \frac{61,25}{8,5} = 7,206 < 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 0,813$$

$$i_z = 35,2 \text{ mm}$$

7,206 < 7,3 Pásnice je třídy průřezu 1 a celý průřez je třídy 1

$$i_y = 57,3 \text{ mm}$$

Vzpěrné délky

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y}$$

$$\lambda_y = \frac{3600}{57,3}$$

$$\lambda_y = 62,827$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z}$$

$$\lambda_z = \frac{3600}{35,2}$$

$$\lambda_z = 102,272$$

$$\lambda_1 = 93,3 \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}}$$

$$\lambda_1 = 93,3 \sqrt{\frac{235}{355}}$$

$$\lambda_1 = 76,1$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{62,827}{76,1}$$

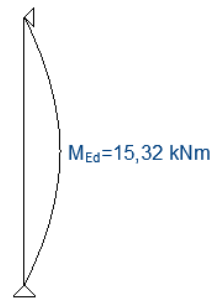
$$\bar{\lambda}_y = 0,83 \text{ křivka vzpěrnosti „b“} \rightarrow \chi_y = 0,712$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{102,273}{76,1}$$

$$\bar{\lambda}_z = 1,34 \text{ křivka vzpěrnosti „c“} \rightarrow \chi_z = 0,372$$

Prut vybočí ve směru osy z.

Vliv klopení

$$I_{\omega} = 15\,060 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$

$$I_t = 8,130 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 80,7 \text{ GPa}$$

$$\kappa_w = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_{\omega}}{G \cdot I_t}}$$

$$\kappa_w = \frac{\pi}{1,0 \cdot 3600} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 15060 \cdot 10^6}{80,7 \cdot 10^3 \cdot 8,130 \cdot 10^4}}$$

$$\kappa_w = 0,606$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot \kappa_w$$

$$C_1 = 1,13 + (1,13 - 1,13) \cdot 0,606$$

$$C_1 = 1,130$$

## Bezrozměrný kritický moment

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

$$\mu_{cr} = \frac{1,13}{1,0} \cdot \sqrt{1 + 0,606^2}$$

$$\mu_{cr} = 1,321$$

## Kritický moment

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

$$M_{cr} = 1,321 \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 389,3 \cdot 10^4 \cdot 80,7 \cdot 10^3 \cdot 8,13 \cdot 10^4}}{3600}$$

$$M_{cr} = 84,43 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_{yd}}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{173,5 \cdot 10^3 \cdot 355}{84,43 \cdot 10^6}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,854$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,854 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,854^2]$$

$$\Phi_{LT} = 0,851$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{0,851 + \sqrt{0,851^2 - 0,75 \cdot 0,854^2}}$$

$$\chi_{LT} = 0,786$$

Součinitel ekvivalentního momentu  $C_{m,y} = 0,95$

Součinitel  $C_{mLT} = 0,95 + \psi \cdot 0,4 = 0,95 + 0 \cdot 0,4 = 0,95$

Charakteristické únosnosti v tlaku a ohybu

$$N_{Rk} = A \cdot f_{yk} = 3142 \cdot 355 = 1115,41 \text{ kN}$$

$$M_{Rk} = W_{y,pl} \cdot f_{yk} = 173,5 \cdot 10^3 \cdot 355 = 61,59 \text{ kNm}$$

Kyy

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right) \\ C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} 0,95 \left( 1 + (0,83 - 0,2) \frac{6,33 \cdot 10^3}{0,712 \cdot \frac{1115,41 \cdot 10^3}{1,0}} \right) \\ 0,95 \left( 1 + 0,8 \frac{6,33 \cdot 10^3}{0,712 \cdot \frac{1115,41 \cdot 10^3}{1,0}} \right) \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = \min(0,955)$$

$$k_{yy} = 0,955$$

Kzy

$$k_{zy} = \min \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \\ 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \end{array} \right)$$

$$k_{zy} = \min \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 \cdot 1,34}{0,95 - 0,25} \cdot \frac{6,33 \cdot 10^3}{0,372 \cdot \frac{1115,41 \cdot 10^3}{1,0}} \\ 1 - \frac{0,1 \cdot 1,34}{0,95 - 0,25} \cdot \frac{6,33 \cdot 10^3}{0,372 \cdot \frac{1115,41 \cdot 10^3}{1,0}} \end{array} \right)$$

$$k_{zy} = \min(0,997)$$

$$k_{zy} = 0,997$$

Posouzení podmínek

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{6,33 \cdot 10^3}{0,712 \cdot \frac{1115,41 \cdot 10^3}{1,0}} + 0,955 \cdot \frac{15,32 \cdot 10^6}{0,786 \cdot \frac{61,59 \cdot 10^6}{1,0}} \leq 1,0$$

0,310 ≤ 1,0 Podmínka splněna

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{6,33 \cdot 10^3}{0,712 \cdot \frac{1115,41 \cdot 10^3}{1,0}} + 0,997 \cdot \frac{15,32 \cdot 10^6}{0,786 \cdot \frac{61,59 \cdot 10^6}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,323 \leq 1,0 \text{ Podmínka splněna}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M,1}} + \frac{M_{Ed}}{\gamma_{M,1}} \leq 1,0$$

$$\frac{6,33 \cdot 10^3}{1115,41 \cdot 10^3} + \frac{15,32 \cdot 10^6}{61,59 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,254 \leq 1,0 \text{ Podmínka splněna}$$

#### Posouzení vnitřního průvlaku krajní pole (na sání větru)

Nejhorší kombinace zatížení č.2 minimální vlastní tíha +vítr příčný

$$M_{Ed} = -17,34 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 10,64 \text{ kN (viz. příloha str. 9)}$$

Průřez průvlaku IPE 240

-ocel S355  $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$

- $A = 3912 \text{ mm}^2$
- $I_y = 3892 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $I_z = 283,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $W_{y,pl} = 366,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
- $t_w = 6,2 \text{ mm}$
- $t_f = 9,8 \text{ mm}$
- $d = 190,4 \text{ mm}$
- $h = 240 \text{ mm}$
- $b = 120 \text{ mm}$
- $r = 15 \text{ mm}$

#### Posouzení nutnosti uvažovat tahovou normálovou sílu v kombinaci s ohybem

##### Ohyb kolem osy y-y

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 3912 \cdot 355 = 1388,76 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} \leq 0,25 \cdot N_{pl,Rd}$$

$$N_{Ed} = 10,64 \text{ kN} \leq 0,25 \cdot 1388,76$$

$$N_{Ed} = 10,64 \text{ kN} \leq 347,19 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} \leq \frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{Ed} = 10,64 \text{ kN} \leq \frac{0,5 \cdot 240 \cdot 6,2 \cdot 355}{1,0}$$

$$N_{Ed} = 10,64 \text{ kN} \leq 264,12 \text{ kN}$$

Vliv osové tahové síly je možné při výpočtu zatížení kombinací tahu za ohybu zanedbat.

Kritický moment z programu LT BeamN  $M_{cr} = -269,37 \text{ kNm}$ , protokol z výpočtu je součástí přílohy projektu. (viz. příloha str. 43)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_{yd}}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{366,6 \cdot 10^3 \cdot 355}{269,37 \cdot 10^6}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,695$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,695 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,695^2]$$

$$\Phi_{LT} = 0,731$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{0,731 + \sqrt{0,731^2 - 0,75 \cdot 0,695^2}}$$

$$\chi_{LT} = 0,873$$

$$C_{m,y} = 0,9$$

Charakteristická únosnost profilů

$$M_{Rk} = W_{y,pl} \cdot f_{yk} = 366,6 \cdot 10^3 \cdot 355 = 130,143 \text{ kNm}$$

Kyy

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right) \\ C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right) \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = \min (0,9(1+0))$$

$$k_{yy} = \min (0,900)$$

$$k_{yy} = 0,900$$

Kzy  $\bar{\lambda}_z > 0,4$ 

$$k_{zy} = \min \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \\ 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \end{array} \right)$$

$$k_{zy} = \min (1 - 0)$$

$$k_{zy} = \min (1,0)$$

$$k_{zy} = 1,0$$

Posouzení podmínek

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$0 + 0,900 \cdot \frac{17,34 \cdot 10^6}{0,837 \frac{130,143 \cdot 10^6}{1,0}} \leq 1,0$$

0,143 ≤ 1,0 Podmínka splněna

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$0 + 1,0 \cdot \frac{17,34 \cdot 10^6}{0,837 \frac{130,143 \cdot 10^6}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,159 \leq 1,0 \text{ Podmínka splněna}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + \frac{M_{Ed}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$0 + \frac{17,34 \cdot 10^6}{\frac{130,143 \cdot 10^6}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,133 \leq 1,0 \text{ Podmínka splněna}$$

#### Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} > V_{Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{1588 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} > V_{Ed} = 7,05 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 325,475 \text{ kN} > V_{Ed} = 7,05 \text{ kN}$$

Malý smyk není potřeba posoudit interakci ohybu se smykem.



Posouzení vnitřního průvlaku krajní pole (kombinace vlastní tíha + sníh)

Zatížení (viz příloha str. 7-8)

$$M_{Ed} = 62,43 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

Průřez průvlaku IPE 240

-ocel S355  $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$ 

- $A = 3912 \text{ mm}^2$
- $I_y = 3892 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $I_z = 283,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $W_{y,pl} = 366,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
- $t_w = 6,2 \text{ mm}$
- $t_f = 9,8 \text{ mm}$
- $d = 190,4 \text{ mm}$
- $h = 240 \text{ mm}$
- $b = 120 \text{ mm}$
- $r = 15 \text{ mm}$

Vzpěrné délky

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y}$$

$$\lambda_y = \frac{5000}{99,7}$$

$$\lambda_y = 50,15$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z}$$

$$\lambda_z = \frac{2500}{26,9}$$

$$\lambda_z = 92,937$$

$$\lambda_1 = 76,1$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{50,15}{76,1}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,66 \text{ křivka vzpěrnosti „a“} \rightarrow \chi_y = 0,861$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{92,937}{76,1}$$

$$\bar{\lambda}_z = 1,22 \text{ křivka vzpěrnosti „b“} \rightarrow \chi_z = 0,467$$

Kritický moment z programu LT BeamN  $M_{cr} = 269,37 \text{ kNm}$ , protokol z výpočtu je součástí přílohy projektu. (viz příloha str. 43)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_{yd}}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{366,6 \cdot 10^3 \cdot 355}{269,37 \cdot 10^6}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,695$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,695 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,695^2]$$

$$\Phi_{LT} = 0,731$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{0,731 + \sqrt{0,731^2 - 0,75 \cdot 0,695^2}}$$

$$\chi_{LT} = 0,873$$

$$C_{m,y} = 0,9$$

Charakteristické

$$N_{Rk} = A \cdot f_{yk} = 3912 \cdot 355 = 1388,76 \text{ kN}$$

$$M_{Rk} = W_{y,pl} \cdot f_{yk} = 366,6 \cdot 10^3 \cdot 355 = 130,143 \text{ kNm}$$

Kyy

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right) \\ C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right) \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = \min (0,9(1 + 0))$$

$$k_{yy} = \min (0,900)$$

$$k_{yy} = 0,900$$

Kzy

$$k_{zy} = \min \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1}{C_{m,LT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \\ 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \end{array} \right)$$

$$k_{zy} = \min \left( \begin{array}{l} 1 - 0 \\ 1 - 0 \end{array} \right)$$

$$k_{zy} = \min (1,00)$$

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

Posouzení podmínek

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{0 \cdot 10^3}{0,861 \cdot \frac{1388,76 \cdot 10^3}{1,0}} + 0,900 \cdot \frac{62,43 \cdot 10^6}{0,837 \cdot \frac{130,143 \cdot 10^6}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,516 \leq 1,0 \text{ Podmínka splněna}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{0,00 \cdot 10^3}{0,467 \cdot \frac{1388,76 \cdot 10^3}{1,0}} + 1,00 \cdot \frac{62,43 \cdot 10^6}{0,837 \cdot \frac{130,143 \cdot 10^6}{1,0}} \leq 1,0$$

0,573 ≤ 1,0 Podmínka splněna

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + \frac{M_{Ed}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{0,00 \cdot 10^3}{1388,76 \cdot 10^3} + \frac{62,43 \cdot 10^6}{130,143 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

0,480 ≤ 1,0 Podmínka splněna

#### Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} > V_{Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{1588 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} > V_{Ed} = 7,05 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 325,475 \text{ kN} > V_{Ed} = 7,05 \text{ kN}$$

Malý smyk není potřeba posoudit interakci ohybu se smykem.

## Návrh krajní vazby

Výpočet sil na vazník

### Zatěžovací stav I Vlastní tíha

Zatížení	Plošné zatížení (kN/m <sup>2</sup> )	Zatěžovací šířka (m)	Liniové zatížení (kN/m)	Dílčí součinitel (-)	Návrhové zatížení (kN/m)
2x plech	0,107	2,70	0,289	1,35	0,390
izolace tl. 150 mm (	0,22	2,70	0,594	1,35	0,802
podhled (odhad)	0,2	2,70	0,54	1,35	0,729
		$g_{k,vl}$	1,423	$g_{d,vl}$	1,921

### Zatěžovací stav II Sníh

Zatížení	Plošné zatížení (kN/m <sup>2</sup> )	Zatěžovací šířka (m)	Liniové zatížení (kN/m)	Dílčí součinitel (-)	Návrhové zatížení (kN/m)
Sníh	2,134	2,7	5,762	1,5	8,643
		$q_{k,sníh}$	5,762	$q_{d,sníh}$	8,643

### Zatěžovací stav III Vítr podélný

Zatížení	Plošné zatížení (kN/m <sup>2</sup> )	Zatěžovací šířka (m)	Liniové zatížení (kN/m)	Dílčí součinitel (-)	Návrhové zatížení (kN/m)
Oblast A	-1,891	2,7	-5,106	1,5	-7,659
Oblast B	-1,261	2,7	-3,405	1,5	-5,107
Oblast C	-0,788	2,7	-2,128	1,5	-3,191
Oblast D	1,261	2,7	3,405	1,5	5,107
Oblast E	-0,788	2,7	-2,128	1,5	-3,191
Oblast F	-2,522	2,7	-6,809	1,5	-10,214
Oblast G	-1,734	2,7	-4,682	1,5	-7,023
Oblast H	-1,103	2,7	-2,978	1,5	-4,467
Oblast I	0,315	2,7	0,851	1,5	1,276
Oblast I	-0,315	2,7	-0,851	1,5	-1,276

Zatěžovací stav IV Vítr příčný

Zatížení	Plošné zatížení (kN/m <sup>2</sup> )	Zatěžovací šířka (m)	Liniové zatížení (kN/m)	Dílčí součinitel (-)	Návrhové zatížení (kN/m)
Oblast A	-1,891	2,7	-5,106	1,5	-7,659
Oblast B	-1,261	2,7	-3,405	1,5	-5,107
Oblast C	-0,788	2,7	-2,128	1,5	-3,191
Oblast D	1,261	2,7	3,405	1,5	5,107
Oblast E	-0,788	2,7	-2,128	1,5	-3,191
Oblast F	-2,522	2,7	-6,809	1,5	-10,214
Oblast G	-1,734	2,7	-4,682	1,5	-7,023
Oblast H	-1,103	2,7	-2,978	1,5	-4,467
Oblast I	0,315	2,7	0,851	1,5	1,276
Oblast I	-0,315	2,7	-0,851	1,5	-1,276

Zatížení od vaznic v jednotlivých bodechZatěžovací stav I: vlastní tíha

$$\text{Krajní vaznice } F_1 = g_{k,vl} \cdot 1,45 = 1,423 \cdot 1,45 = 2,063 \text{ kN}$$

$$\text{Mezilehlé vaznice } F_2 = g_{k,vl} \cdot 2,5 = 1,423 \cdot 2,5 = 3,558 \text{ kN}$$

Zatěžovací stav II: sníh

$$\text{Krajní vaznice } F_1 = g_{k,snih} \cdot 1,45 = 5,762 \cdot 1,45 = 8,355 \text{ kN}$$

$$\text{Mezilehlá vaznice } F_2 = g_{k,snih} \cdot 2,5 = 5,762 \cdot 2,5 = 14,405 \text{ kN}$$

Zatěžovací stav III Vítr příčný

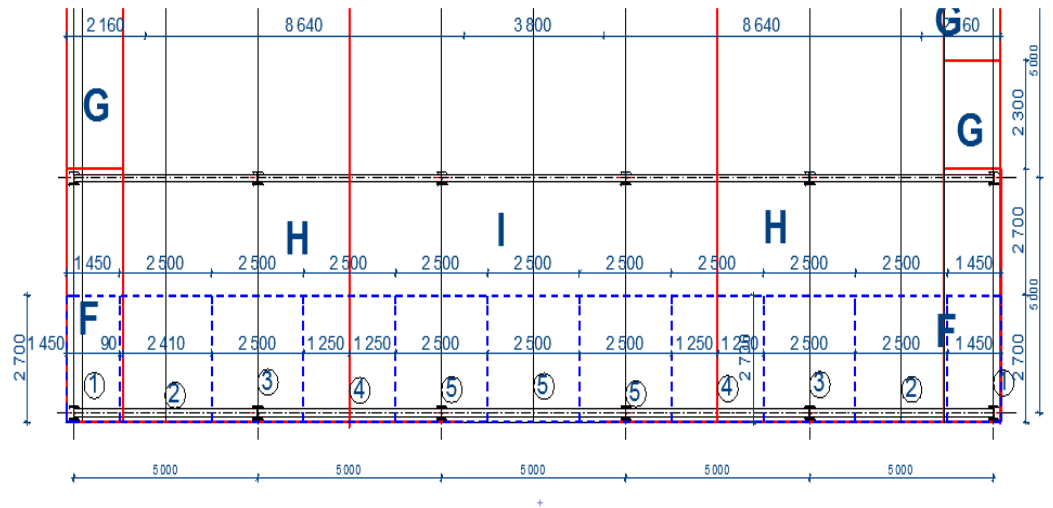
$$\text{Vaznice 1 } F_1 = q_{k,F} \cdot 1,45 = 6,809 \cdot 1,45 = 9,873 \text{ kN}$$

$$\text{Vaznice 2 } F_2 = q_{k,F} \cdot 0,09 + q_{k,H} \cdot 2,41 = 6,809 \cdot 0,09 + 2,978 \cdot 2,41 = 7,790 \text{ kN}$$

$$\text{Vaznice 3 } F_3 = q_{k,H} \cdot 2,5 = 2,978 \cdot 2,5 = 7,445 \text{ kN}$$

$$\text{Vaznice 4 } F_4 = q_{k,H} \cdot 1,25 + q_{k,I} \cdot 1,25 = 2,978 \cdot 1,25 + 0,851 \cdot 1,25 = 4,786 \text{ kN}$$

$$\text{Vaznice 5 } F_5 = q_{k,I} \cdot 2,5 = 0,851 \cdot 2,5 = 2,128 \text{ kN}$$

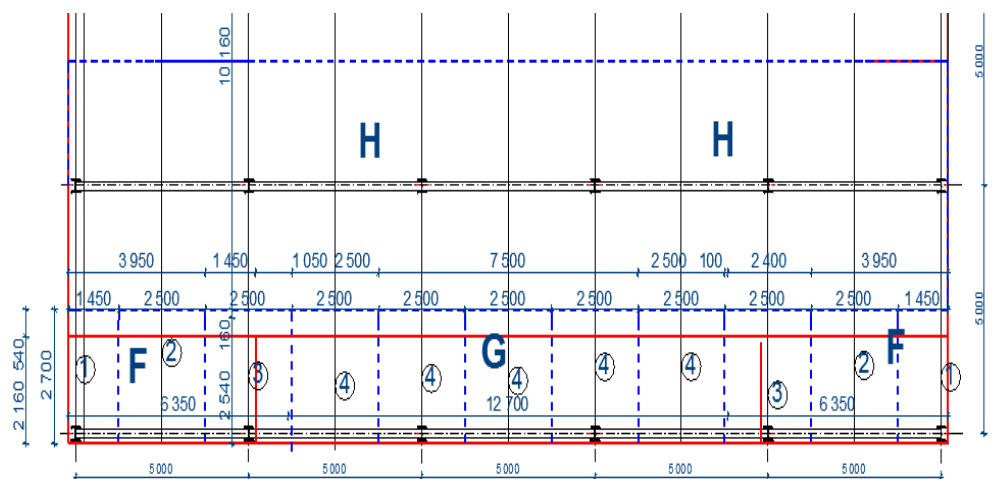


$$\text{Vaznice 1 } F_1 = \frac{q_{k,F} \cdot 2,16 + q_{k,H} \cdot 0,54}{2,7} \cdot 1,45 = \frac{6,809 \cdot 2,16 + 2,978 \cdot 0,54}{2,7} \cdot 1,45 = 8,762 \text{ kN}$$

$$\text{Vaznice 2 } F_2 = \frac{q_{k,F} \cdot 2,16 + q_{k,H} \cdot 0,54}{2,7} \cdot 2,5 = \frac{6,809 \cdot 2,16 + 2,978 \cdot 0,54}{2,7} \cdot 2,5 = 15,107 \text{ kN}$$

$$\text{Vaznice 3 } F_3 = \frac{q_{k,F} \cdot 2,16 + q_{k,H} \cdot 0,54}{2,7} \cdot 1,45 + \frac{q_{k,G} \cdot 2,16 + q_{k,H} \cdot 0,54}{2,7} \cdot 1,05 = \frac{6,809 \cdot 2,16 + 2,978 \cdot 0,54}{2,7} \cdot 1,45 + \frac{4,682 \cdot 2,16 + 2,978 \cdot 0,54}{2,7} \cdot 1,05 = 13,320 \text{ kN}$$

$$\text{Vaznice 4 } F_4 = \frac{q_{k,G} \cdot 2,16 + q_{k,H} \cdot 0,54}{2,7} \cdot 2,5 = \frac{4,682 \cdot 2,16 + 2,978 \cdot 0,54}{2,7} \cdot 2,5 = 10,853 \text{ kN}$$



**Výstup programu Scia Engineer (použité průřezy, zatěžovací stavy, kombinace zatížení, průběhy vnitřních sil a deformace prvků) viz. Příloha str. 29-39**

**Posouzení mezního stavu použitelnosti (vnější vazby)**

Vazník

Vodorovná deformace sloupu (profil 2U komora z UPE 120)

$$w_H = 11,4 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{L}{300}$$

$$w_H = 11,4 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{3600}{300}$$

$$w_H = 11,4 \text{ mm} < w_{lim} = 12 \text{ mm} \text{ Vyhovuje}$$

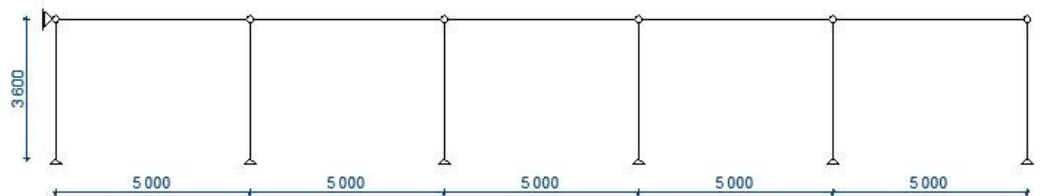
Svislá deformace průvlaku (profil IPE 200)

$$w_V = 18,2 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{L}{250}$$

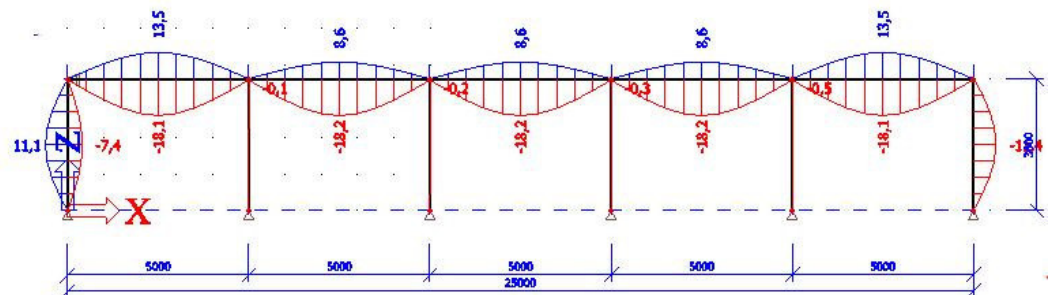
$$w_V = 18,2 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{5000}{250}$$

$$w_V = 18,2 \text{ mm} < w_{lim} = 20 \text{ mm} \text{ Vyhovuje}$$

Schéma



Průběhy deformace prutů





Návrh 1. vazbyNávrh vnitřního sloupu

Nejhorší možná kombinace: Kombinace č.1 Vlastní tíha+ sníh

Uvažované síly (viz příloha str. 31-32)

$$N_{Ed} = -55,30 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$$

## Průřez Sloupu HEA 120

-ocel S355  $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$ 

- $A = 2534 \text{ mm}^2$
- $I_y = 606,2 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $I_z = 230,9 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $W_{y,pl} = 119,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
- $t_w = 5,0 \text{ mm}$
- $t_f = 8,0 \text{ mm}$
- $d = 74 \text{ mm}$
- $h = 114 \text{ mm}$
- $b = 120 \text{ mm}$
- $r = 12 \text{ mm}$

Zatřetíení průřezu

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_{yd}} = \frac{55,30 \cdot 10^3}{5,0 \cdot 355} = 31,155 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = \frac{0,5 \cdot 74 + 31,155}{74} = 0,921$$

Zatřetíení stojiny

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d}{t_w} = \frac{74}{5,0} = 14,800$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{396 \cdot 0,813}{13 \cdot 0,921 - 1} = 29,34 > 14,800$$

Stojina je třídy průřezu 1

## Zatřetíení tlačené pásnice

$$c = \frac{b - t_w - r}{2} = \frac{120 - 5,0 - 12}{2} = 51,50 \text{ mm}$$

Posouzení

$$\frac{c}{t_f} = \frac{51,50}{8,0} = 6,438 < 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 0,813$$

6,438 < 7,3 Pásnice je třídy průřezu 1 a celý průřez je třídy 1

$$i_z = 30,2 \text{ mm}$$

$$i_y = 48,9 \text{ mm}$$

Vzpěrné délky

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y}$$

$$\lambda_y = \frac{3600}{48,9}$$

$$\lambda_y = 73,620$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z}$$

$$\lambda_z = \frac{3600}{30,2}$$

$$\lambda_z = 119,206$$

$$\lambda_1 = 93,3 \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}}$$

$$\lambda_1 = 93,3 \sqrt{\frac{235}{355}}$$

$$\lambda_1 = 76,1 \text{ křivka vzpěrnosti „b“} \rightarrow \chi_y = 0,616$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{73,620}{76,1}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,97$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{119,206}{76,1}$$

$$\bar{\lambda}_z = 1,57 \text{ křivka vzpěrnosti „c“} \rightarrow \chi_z = 0,293$$

Prut vybočí ve směru osy z.Vliv klopení

Průřez nebude klopit, neboť je zatížen pouze tlakem a není namáhán momentem.

Posouzení

$$N_{Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M1}} > N_{Ed}$$

$$N_{Rd} = \frac{0,293 \cdot 2534 \cdot 355}{1,0} > N_{Ed} = 55,30 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 263,57 \text{ kN} > N_{Ed} = 55,30 \text{ kN} \text{ Sloup vyhoví}$$

Návrh vnějšího sloupu (1. vazba)

Nejhorší možná kombinace: Kombinace č.3 min. vlastní tíha + vítr příčný

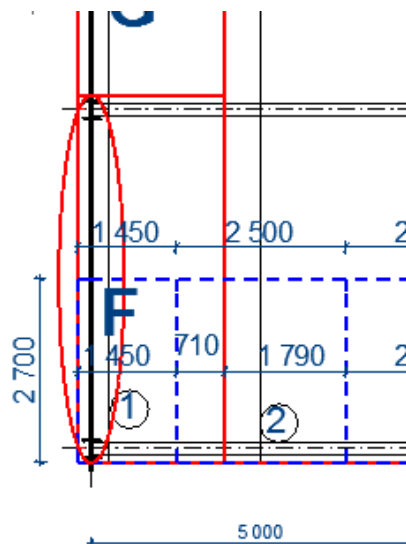
Uvažované síly (viz příloha str. 34)

$$N_{Ed} = 20,07 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y} = -12,41 \text{ kNm}$$

Moment ohýbající sloup ve směru z

Schéma stropnice



$$i_y = 57,3 \text{ mm}$$

$$i_z = 35,5 \text{ mm}$$

Zatěžovací šířka  
ZS = 2,5m

Výpočet ohybového momentu ve směru osy z

$$M_{Ed,z} = \frac{q_{vitr,A,k} \cdot \gamma_Q \cdot ZS \cdot L^2}{8}$$

$$M_{Ed,z} = \frac{1,891 \cdot 1,5 \cdot 2,5 \cdot 3,6^2}{8}$$

$$M_{Ed,z} = 11,488 \text{ kNm}$$

Průřez Sloupu U komora (2x UPE 120)

Průřezové charakteristiky UPE 120

- ocel S355  $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$

-  $A = 1542 \text{ mm}^2$

- $I_y = 363,5 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $I_z = 55,40 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $W_{y,pl} = 70,33 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
- $t_w = 5,0 \text{ mm}$
- $t_f = 8,0 \text{ mm}$
- $h = 120 \text{ mm}$
- $b = 60 \text{ mm}$
- $r = 12 \text{ mm}$
- $y_s = 19,8 \text{ mm}$
- $b - y_s = 60 - 19,8 = 40,2 \text{ mm}$

#### Průřezové charakteristiky 2U komory (2x UPE 120)

- $A = 1542 \cdot 2 = 3084 \text{ mm}^2$
- $I_y = 363,5 \cdot 10^4 \cdot 2 = 727 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $I_z = 2 \cdot (I_{z,UPE} + A \cdot (b - y_s)^2) = 2 \cdot (55,40 \cdot 10^4 + 1542 \cdot 40,2^2) = 609,1 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $W_{y,pl} = 70,33 \cdot 10^3 \cdot 2 = 140,66 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
- $t_w = 10,0 \text{ mm}$
- $t_f = 8,0 \text{ mm}$
- $h = 120 \text{ mm}$
- $b = 120 \text{ mm}$
- $d = h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 120 - 2 \cdot 8 - 2 \cdot 12 = 80 \text{ mm}$

#### Zatřídění průřezu

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_{yd}} = \frac{0 \cdot 10^3}{5 \cdot 355} = 0,0 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = \frac{0,5 \cdot 92 + 0,0}{92} = 0,500$$

#### Zatřídění stojiny

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d}{t_w} = \frac{80}{5} = 20$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_{yd}}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,813$$

$$\frac{36 \cdot \varepsilon}{\alpha} = \frac{36 \cdot 0,813}{0,500} = 58,536 > 20,0$$

Stojina je třídy průřezu 1

Zatřetí tláčené pásnice

$$c = \frac{b - t_w - r}{2} = \frac{120 - 5,5 - 12}{2} = 61,25 \text{ mm}$$

Posouzení

$$\frac{c}{t_f} = \frac{61,25}{8,0} = 7,656 < 10 \cdot \varepsilon = 10 \cdot 0,813$$

7,656 < 8,13 Pásnice je třídy průřezu 2 a celý průřez je třídy 2Vliv klopeníPrůřez není náchylný ke klopení, proto klopit nebude

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

Součinitel ekvivalentního momentu

$$C_{m,y} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h = 0,95 + 0,05 \cdot 0 = 0,95$$

Charakteristické únosnosti v tlaku a ohybu

$$N_{Rk} = A \cdot f_{yk} = 3084 \cdot 355 = 1094,82 \text{ kN}$$

$$M_{Rk} = W_{y,pl} \cdot f_{yk} = 140,66 \cdot 10^3 \cdot 355 = 49,93 \text{ kNm}$$

K<sub>yy</sub>

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right) \\ C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right) \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} 0,95(1 + 0) \\ 0,95(1 + 0) \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} 0,950 \\ 0,950 \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = 0,950$$

Kzy

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot 0,95$$

$$k_{zy} = 0,57$$

Kzz

$$C_{mz} = 0,95$$

$$k_{zz} = \max \left( \begin{array}{l} C_{mz} \left( 1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ C_{mz} \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \end{array} \right)$$

$$k_{zz} = \max \left( \begin{array}{l} 0,95(1 + 0) \\ 0,95(1 + 0) \end{array} \right)$$

$$k_{zz} = \max \left( \begin{array}{l} 0,95 \\ 0,95 \end{array} \right)$$

$$k_{zz} = 0,950$$

Kyz

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot 0,95$$

$$k_{yz} = 0,570$$

Posouzení podmínek

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed,y}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{Ed,z}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$0 + 0,950 \cdot \frac{12,41 \cdot 10^6}{\frac{49,93 \cdot 10^6}{1,0}} + 0,570 \cdot \frac{11,488 \cdot 10^6}{\frac{49,93 \cdot 10^6}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,367 \leq 1,0 \text{ Podmínka splněna}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed,y}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{Ed,z}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$0 + 0,95 \cdot \frac{12,41 \cdot 10^6}{\frac{49,93 \cdot 10^6}{1,0}} + 0,57 \cdot \frac{11,488 \cdot 10^6}{\frac{49,93 \cdot 10^6}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,367 \leq 1,0 \text{ Podmínka splněna}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + \frac{M_{Ed,y}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + \frac{M_{Ed,z}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$0 + \frac{12,41 \cdot 10^6}{\frac{49,93 \cdot 10^6}{1,0}} + \frac{11,488 \cdot 10^6}{\frac{49,93 \cdot 10^6}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,479 \leq 1,0 \text{ Podmínka splněna}$$

Posouzení vnitřního průvlaku krajního pole (na sání větru) (1. vazba)

Kombinace č.3 min. vlastní tíha + vítr příčný (viz příloha str. 34)

$$M_{Ed} = -23,18 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 13,79 \text{ kN}$$

Průřez průvlaku IPE 200

-ocel S355  $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$

- $A = 2848 \text{ mm}^2$
- $I_y = 1943 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $I_z = 142,4 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $W_{y,pl} = 220,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
- $t_w = 5,6 \text{ mm}$
- $t_f = 8,5 \text{ mm}$
- $d = 159 \text{ mm}$
- $h = 200 \text{ mm}$
- $b = 100 \text{ mm}$
- $r = 12 \text{ mm}$

Posouzení nutnosti uvažovat tahovou normálovou sílu v kombinaci s ohybem

Ohyb kolem osy y-y

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 2848 \cdot 355 = 1011,04 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} \leq 0,25 \cdot N_{pl,Rd}$$

$$N_{Ed} = 13,79 \text{ kN} \leq 0,25 \cdot 1011,04$$

$$N_{Ed} = 13,79 \text{ kN} \leq 252,76 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} \leq \frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{Ed} = 13,79 \text{ kN} \leq \frac{0,5 \cdot 200 \cdot 5,6 \cdot 355}{1,0}$$

$$N_{Ed} = 13,79 \text{ kN} \leq 198,8 \text{ kN}$$

Vliv osové tahové síly je možné při výpočtu zatížení kombinací tahu za ohybu zanedbat.

Kritický moment z programu LT BeamN  $M_{cr} = -125,52 \text{ kNm}$ , protokol z výpočtu je součástí přílohy projektu. (viz. příloha str. 44)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_{yd}}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{220,6 \cdot 10^3 \cdot 355}{125,52 \cdot 10^6}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,790$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,790 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,790^2]$$

$$\Phi_{LT} = 0,800$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{0,800 + \sqrt{0,800^2 - 0,75 \cdot 0,790^2}}$$

$$\chi_{LT} = 0,823$$

$$C_{m,y} = 0,9$$

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



Charakteristické

$$N_{Rk} = A \cdot f_{yk} = 2848 \cdot 355 = 1011,04 \text{ kN}$$

$$M_{Rk} = W_{y,pl} \cdot f_{yk} = 220,6 \cdot 10^3 \cdot 355 = 78,31 \text{ kNm}$$

K<sub>yy</sub>

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right) \\ C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right) \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} 0,9(1 + 0) \\ 0,9(1 + 0) \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} 0,900 \\ 0,900 \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = 0,900$$

K<sub>zy</sub>λ<sub>z</sub> > 0,4

$$k_{zy} = \min \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \\ 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \end{array} \right)$$

$$k_{zy} = \min \left( \begin{array}{l} 1 - 0 \\ 1 - 0 \end{array} \right)$$

$$k_{zy} = \min \left( \begin{array}{l} 1,0 \\ 1,0 \end{array} \right)$$

$$k_{zy} = 1,0$$

Posouzení podmínek

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$0 + 0,900 \cdot \frac{23,18 \cdot 10^6}{0,823 \frac{78,31 \cdot 10^6}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,324 \leq 1,0 \text{ Podmínka splněna}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$0 + 1,0 \cdot \frac{23,18 \cdot 10^6}{0,823 \frac{78,31 \cdot 10^6}{1,0}} \leq 1,0$$

0,360 ≤ 1,0 Podmínka splněna

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + \frac{M_{Ed}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$0 + \frac{23,18 \cdot 10^6}{\frac{78,31 \cdot 10^6}{1,0}} \leq 1,0$$

0,296 ≤ 1,0 Podmínka splněna

#### Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} > V_{Ed}$$

$$A_{vz} = 1400 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{1400 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} > V_{Ed} = 7,05 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 286,94 \text{ kN} > V_{Ed} = 7,05 \text{ kN}$$

Malý smyk není potřeba posoudit interakci ohybu se smykem.

Posouzení vnitřního průvlaku krajní pole (na kombinaci č.1 vlastní tíha+ sních) (1. vazba) (viz. příloha str. 32)

$$M_{Ed} = 33,96 \text{ kNm}$$

Průřez průvlaku IPE 200

-ocel S355  $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$

- $A = 2848 \text{ mm}^2$
- $I_y = 1943 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $I_z = 142,4 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
- $W_{y,pl} = 220,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
- $t_w = 5,6 \text{ mm}$
- $t_f = 8,5 \text{ mm}$
- $d = 159 \text{ mm}$
- $h = 200 \text{ mm}$
- $b = 100 \text{ mm}$
- $r = 12 \text{ mm}$

Kritický moment z programu LT BeamN  $M_{cr} = -125,52 \text{ kNm}$ ,  
protokol z výpočtu je součástí přílohy projektu. (viz příloha str. 45)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_{yd}}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{220,6 \cdot 10^3 \cdot 355}{125,52 \cdot 10^6}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,790$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,790 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,790^2]$$

$$\Phi_{LT} = 0,800$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{0,800 + \sqrt{0,800^2 - 0,75 \cdot 0,790^2}}$$

$$\chi_{LT} = 0,823$$

$$C_{m,y} = 0,9$$

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

Charakteristické

$$N_{Rk} = A \cdot f_{yk} = 2848 \cdot 355 = 1011,04 \text{ kN}$$

$$M_{Rk} = W_{y,pl} \cdot f_{yk} = 220,6 \cdot 10^3 \cdot 355 = 78,31 \text{ kNm}$$

K<sub>yy</sub>

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{c} C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right) \\ C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right) \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{c} 0,9 \left( 1 + (0,72 - 0,2) \frac{0 \cdot 10^3}{0,823 \cdot \frac{1011,04 \cdot 10^3}{1,0}} \right) \\ 0,9 \left( 1 + 0,8 \frac{0 \cdot 10^3}{0,823 \cdot \frac{1011,04 \cdot 10^3}{1,0}} \right) \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = \min \begin{pmatrix} 0,900 \\ 0,900 \end{pmatrix}$$

$$k_{yy} = 0,900$$

K<sub>zy</sub>  $\bar{\lambda}_z > 0,4$

$$k_{zy} = \min \left( \begin{array}{c} 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \\ 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \end{array} \right)$$

$$k_{zy} = \min \left( \begin{array}{c} 1 - \frac{0,1}{0,9 - 0,25} \cdot \frac{0 \cdot 10^3}{0,354 \cdot \frac{1011,04 \cdot 10^3}{1,0}} \\ 1 - \frac{0,1 \cdot 1,47}{0,9 - 0,25} \cdot \frac{0 \cdot 10^3}{0,354 \cdot \frac{1011,04 \cdot 10^3}{1,0}} \end{array} \right)$$

$$k_{zy} = \min(1,0)$$

$$k_{zy} = 1,0$$

#### Posouzení podmínek

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{0 \cdot 10^3}{0,838 \cdot \frac{1011,04 \cdot 10^3}{1,0}} + 0,900 \cdot \frac{33,96 \cdot 10^6}{0,823 \cdot \frac{78,31 \cdot 10^6}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,474 \leq 1,0 \text{ Podmínka splněna}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{0 \cdot 10^3}{0,354 \cdot \frac{1011,04 \cdot 10^3}{1,0}} + 1,0 \cdot \frac{33,96 \cdot 10^6}{0,823 \cdot \frac{78,31 \cdot 10^6}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,523 \leq 1,0 \text{ Podmínka splněna}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + \frac{M_{Ed}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{0 \cdot 10^3}{1011,04 \cdot 10^3} + \frac{33,96 \cdot 10^6}{78,31 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,434 \leq 1,0 \text{ Podmínka splněna}$$

#### Posouzení na smyk

$$A_{vz} = 1400 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_{yd}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} > V_{Ed}$$

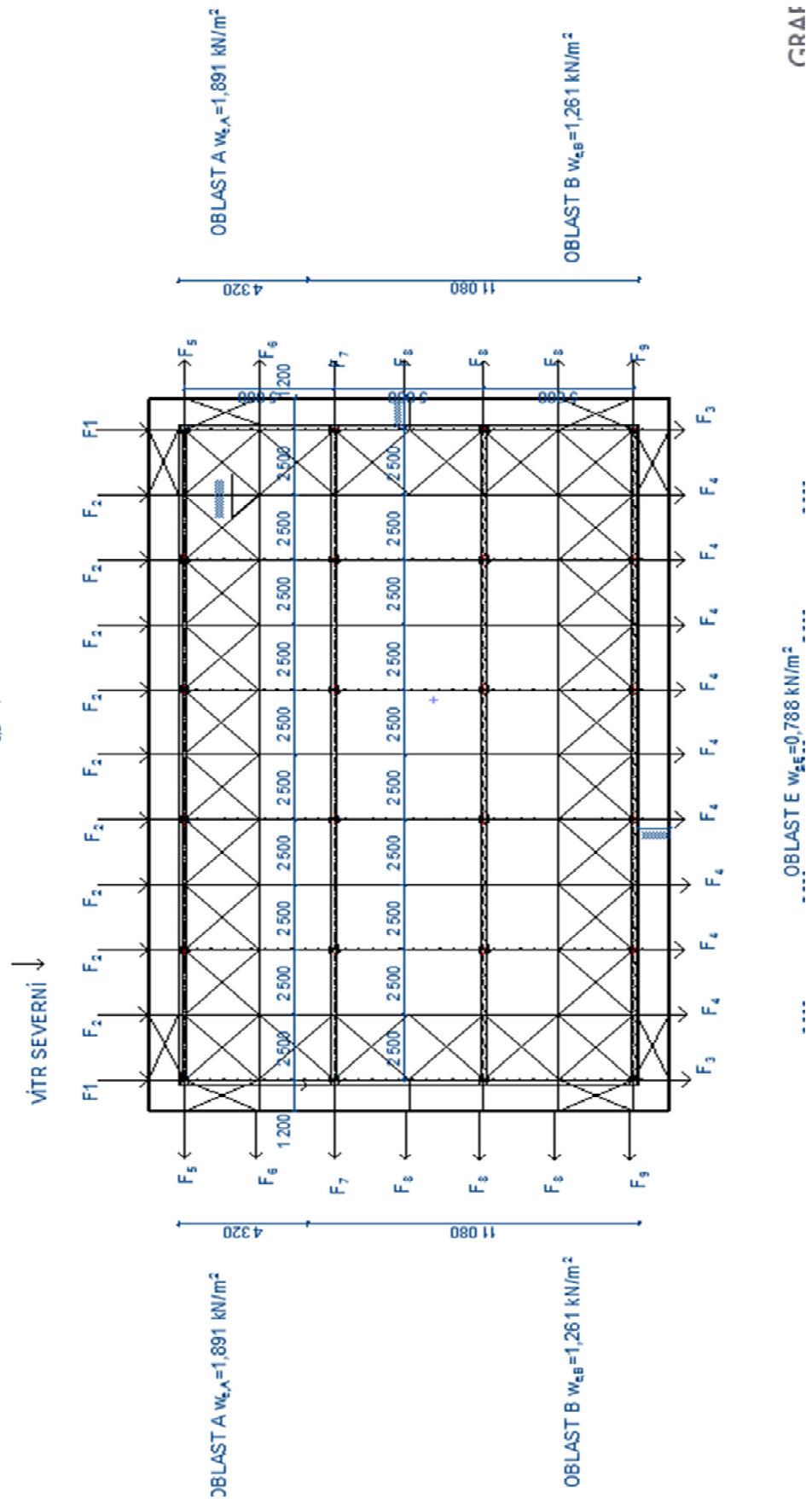
$$V_{pl,Rd} = \frac{1400 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} > V_{Ed} = 7,05 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = 286,94 \text{ kN} > V_{Ed} = 7,05 \text{ kN}$$

Malý smyk není potřeba posoudit interakci ohybu se smykem.

ch sil ve střešních ztužidlech

1. Vítr severní



Výpočet  
vnitřní

$$K.V. = 3,6 \text{ m}$$

Zatěžovací délka

$$l = 1,8 \text{ m}$$

Výpočet sil od větru do ztužidel (zatížení větrem viz. str 4-5)

$$F_{1,k} = w_{e,D} \cdot l \cdot 1,45 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 3,291 \text{ kN}$$

$$F_{2,k} = w_{e,D} \cdot l \cdot 2,5 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 5,675 \text{ kN}$$

$$F_{3,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 1,45 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 2,057 \text{ kN}$$

$$F_{4,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 2,5 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 3,546 \text{ kN}$$

$$F_{5,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 1,45 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 4,936 \text{ kN}$$

$$F_{6,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 2,5 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 8,510 \text{ kN}$$

$$F_{7,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 0,37 + w_{e,B} \cdot l \cdot 2,13 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 0,37 + 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,13 = 6,094 \text{ kN}$$

$$F_{8,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 2,5 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 5,675 \text{ kN}$$

$$F_{9,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 1,45 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 3,291 \text{ kN}$$

Zatížení roštu na ochozu větrem (10% plné hodnoty zatížení)

$$F_{11,k} = w_{e,D} \cdot l \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,556 \text{ kN}$$

$$F_{12,k} = w_{e,D} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,568 \text{ kN}$$

$$F_{13,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,348 \text{ kN}$$

$$F_{14,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,355 \text{ kN}$$

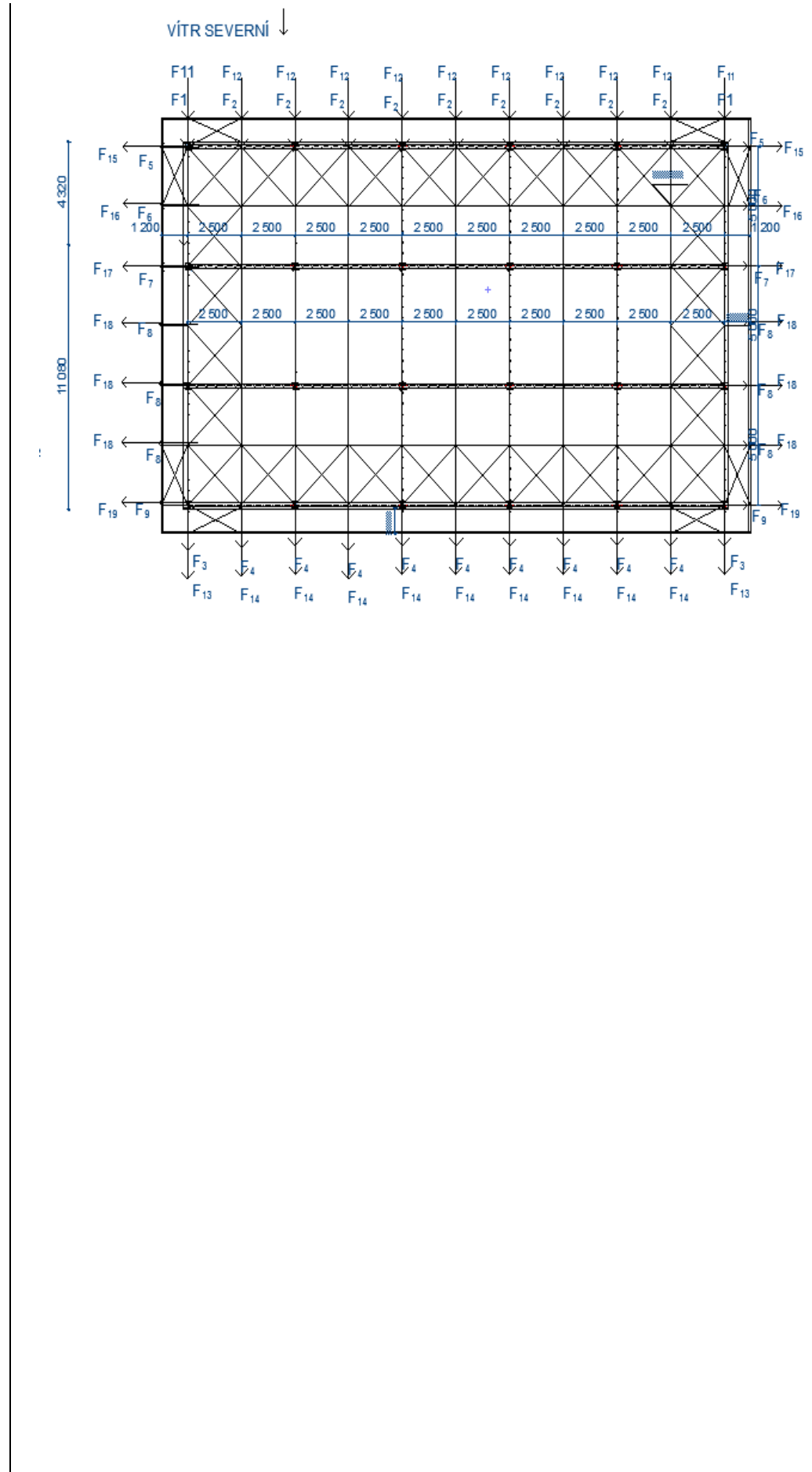
$$F_{15,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,834 \text{ kN}$$

$$F_{16,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,851 \text{ kN}$$

$$F_{17,k} = (w_{e,A} \cdot l \cdot 0,37 + w_{e,B} \cdot l \cdot 2,13) \cdot 0,1 = (1,891 \cdot 1,8 \cdot 0,37 + 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,13) \cdot 0,1 = 0,609 \text{ kN}$$

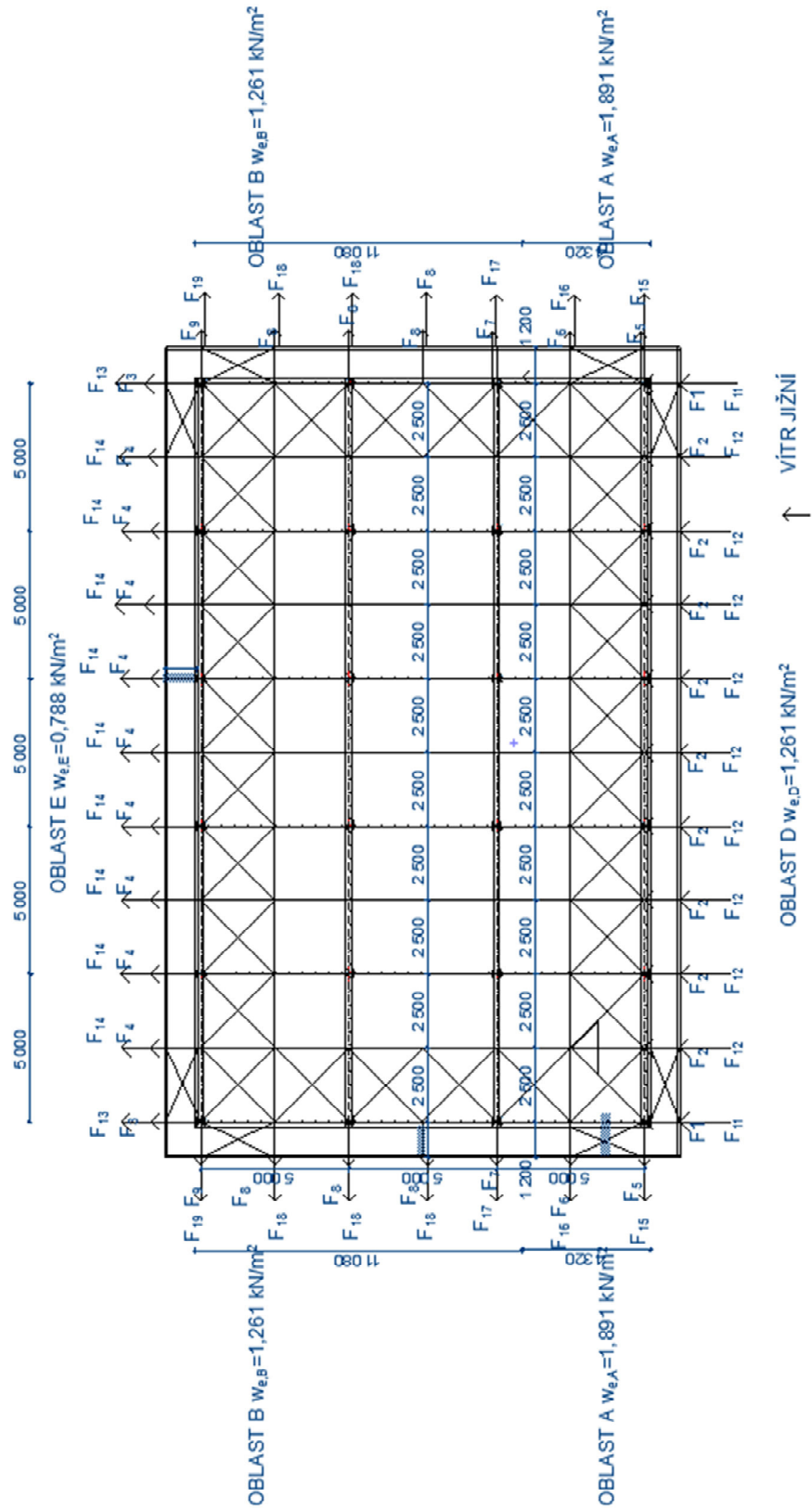
$$F_{18,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,568 \text{ kN}$$

$$F_{19,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,329 \text{ kN}$$





2. Vítr jižní



Výpočet sil od větru do ztužidel (zatížení větrem viz. str 4-5)

$$F_{1,k} = w_{e,D} \cdot l \cdot 1,45 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 3,291 \text{ kN}$$

$$F_{2,k} = w_{e,D} \cdot l \cdot 2,5 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 5,675 \text{ kN}$$

$$F_{3,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 1,45 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 2,057 \text{ kN}$$

$$F_{4,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 2,5 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 3,546 \text{ kN}$$

$$F_{5,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 1,45 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 4,936 \text{ kN}$$

$$F_{6,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 2,5 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 8,510 \text{ kN}$$

$$F_{7,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 0,37 + w_{e,B} \cdot l \cdot 2,13 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 0,37 + 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,13 = 6,094 \text{ kN}$$

$$F_{8,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 2,5 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 5,675 \text{ kN}$$

$$F_{9,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 1,45 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 3,291 \text{ kN}$$

## Zatížení roštu na ochozu větrem (10% plné hodnoty zatížení)

$$F_{11,k} = w_{e,D} \cdot l \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,556 \text{ kN}$$

$$F_{12,k} = w_{e,D} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,568 \text{ kN}$$

$$F_{13,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,348 \text{ kN}$$

$$F_{14,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,355 \text{ kN}$$

$$F_{15,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,834 \text{ kN}$$

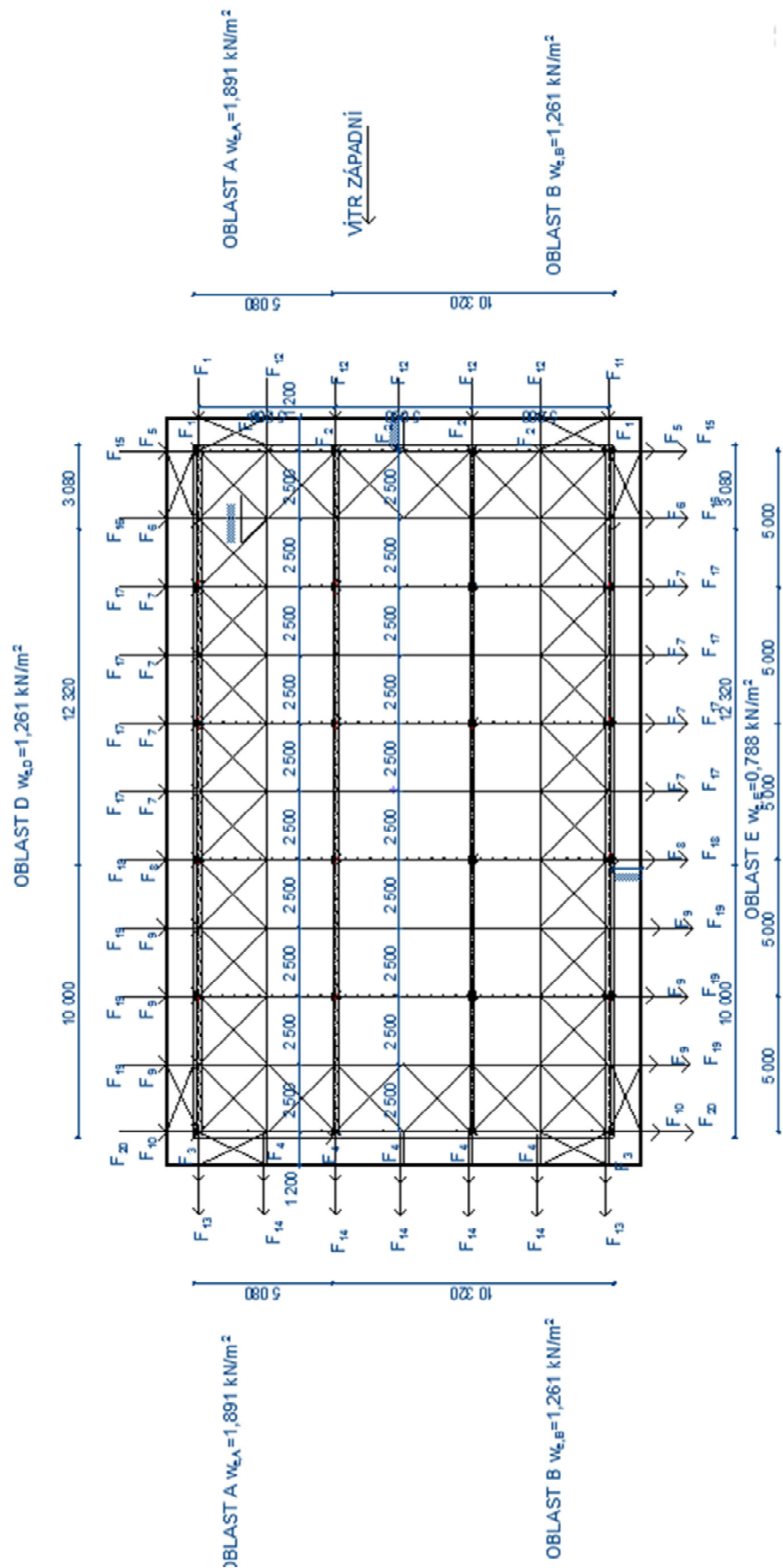
$$F_{16,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,851 \text{ kN}$$

$$F_{17,k} = (w_{e,A} \cdot l \cdot 0,37 + w_{e,B} \cdot l \cdot 2,13) \cdot 0,1 = (1,891 \cdot 1,8 \cdot 0,37 + 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,13) \cdot 0,1 = 0,609 \text{ kN}$$

$$F_{18,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,568 \text{ kN}$$

$$F_{19,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,556 \text{ kN}$$

3. Vítr východní



Výpočet sil od větru do ztužidel (zatížení větrem viz. str 4-5)

$$F_{1,k} = w_{e,D} \cdot l \cdot 1,45 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 3,291 \text{ kN}$$

$$F_{2,k} = w_{e,D} \cdot l \cdot 2,5 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 5,675 \text{ kN}$$

$$F_{3,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 1,45 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 2,057 \text{ kN}$$

$$F_{4,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 2,5 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 3,546 \text{ kN}$$

$$F_{5,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 1,45 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 4,936 \text{ kN}$$

$$F_{6,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 1,63 + w_{e,B} \cdot l \cdot 0,87 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 1,63 + 1,261 \cdot 1,8 \cdot 0,87 = 7,523 \text{ kN}$$

$$F_{7,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 2,5 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 5,675 \text{ kN}$$

$$F_{8,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 1,45 + w_{e,C} \cdot l \cdot 1,05 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 1,45 + 0,788 \cdot 1,8 \cdot 1,05 = 4,781 \text{ kN}$$

$$F_{9,k} = w_{e,C} \cdot l \cdot 2,5 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 3,546 \text{ kN}$$

$$F_{10,k} = w_{e,C} \cdot l \cdot 1,45 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 2,057 \text{ kN}$$

## Zatížení roštu na ochozu větrem (10% plné hodnoty zatížení)

$$F_{11,k} = w_{e,D} \cdot l \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,556 \text{ kN}$$

$$F_{12,k} = w_{e,D} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,568 \text{ kN}$$

$$F_{13,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,348 \text{ kN}$$

$$F_{14,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,355 \text{ kN}$$

$$F_{15,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,834 \text{ kN}$$

$$F_{6,k} = (w_{e,A} \cdot l \cdot 1,63 + w_{e,B} \cdot l \cdot 0,87) \cdot 0,1 = (1,891 \cdot 1,8 \cdot 1,63 + 1,261 \cdot 1,8 \cdot 0,87) \cdot 0,1 = 0,752 \text{ kN}$$

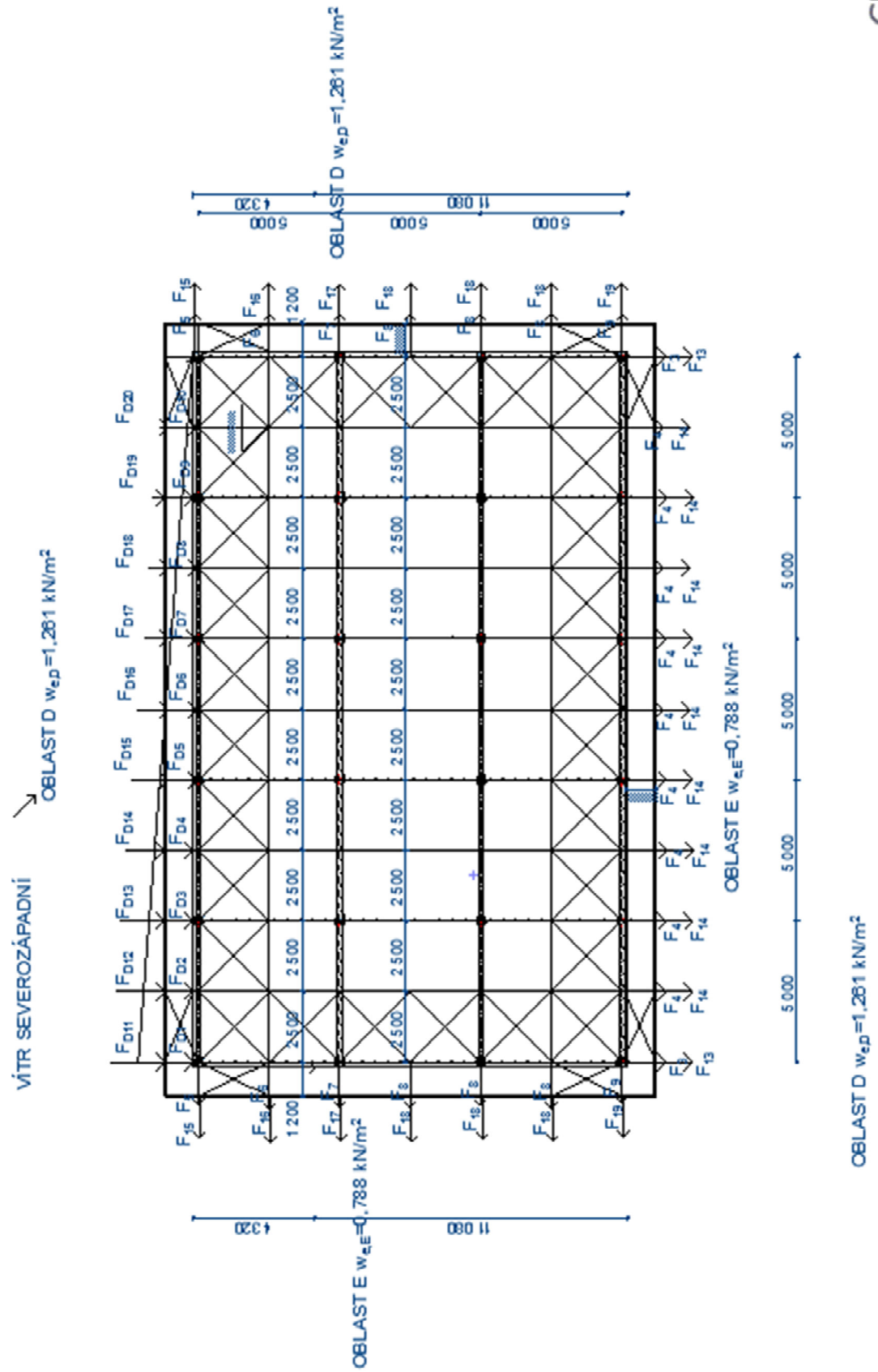
$$F_{7,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,568 \text{ kN}$$

$$F_{8,k} = (w_{e,B} \cdot l \cdot 1,45 + w_{e,C} \cdot l \cdot 1,05) \cdot 0,1 = (1,261 \cdot 1,8 \cdot 1,45 + 0,788 \cdot 1,8 \cdot 1,05) \cdot 0,1 = 0,478 \text{ kN}$$

$$F_{9,k} = w_{e,C} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,355 \text{ kN}$$

$$F_{10,k} = w_{e,C} \cdot l \cdot 1,45 \cdot 0,1 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 1,45 \cdot 0,1 = 0,348 \text{ kN}$$

4. Vítr severozápadní



Výpočet sil od větru do ztužidel (zatížení větrem viz. str 4-5)

$$F_{3,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 1,45 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 2,057 \text{ kN}$$

$$F_{4,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 2,5 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 3,546 \text{ kN}$$

$$F_{5,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 1,45 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 4,936 \text{ kN}$$

$$F_{6,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 2,5 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 8,510 \text{ kN}$$

$$F_{7,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 0,37 + w_{e,B} \cdot l \cdot 2,13 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 0,37 + 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,13 = 6,094 \text{ kN}$$

$$F_{8,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 2,5 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 5,675 \text{ kN}$$

$$F_{9,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 1,45 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 3,291 \text{ kN}$$

Výpočet sil do styčniců v oblasti D

vzdálenost	hodnota D	uzly	zatěžovací výška	zatěžovací šířka	Bodová síla
(m)	(kN/m <sup>2</sup> )		(m)	(m)	(kN)
25	1,261	FD1	1,8	1,45	3,209
23,75	1,198				
22,5	1,135	FD2	1,8	2,5	4,965
21,25	1,072				
20	1,009	FD3	1,8	2,5	4,398
18,75	0,946				
17,5	0,883	FD4	1,8	2,5	3,830
16,25	0,820				
15	0,757	FD5	1,8	2,5	3,263
13,75	0,694				
12,5	0,631	FD6	1,8	2,5	2,695
11,25	0,567				
10	0,504	FD7	1,8	2,5	2,128
8,75	0,441				
7,5	0,378	FD8	1,8	2,5	1,560
6,25	0,315				
5	0,252	FD9	1,8	2,5	0,993
3,75	0,189				
2,5	0,126	FD10	1,8	2,5	0,426
1,25	0,063				
0	0,000		1,8	1,45	0,082

Zatížení roštu na ochozu větrem (10% plné hodnoty zatížení)

$$F_{13,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,348 \text{ kN}$$

$$F_{14,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,355 \text{ kN}$$

$$F_{15,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,834 \text{ kN}$$

$$F_{16,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,851 \text{ kN}$$

$$F_{17,k} = (w_{e,A} \cdot l \cdot 0,37 + w_{e,B} \cdot l \cdot 2,13) \cdot 0,1 \\ = (1,891 \cdot 1,8 \cdot 0,37 + 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,13) \cdot 0,1 = 0,609 \text{ kN}$$

$$F_{18,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,568 \text{ kN}$$

$$F_{19,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 1,45 \cdot 0,1 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 1,45 \cdot 0,1 = 0,329 \text{ kN}$$

vzdálenost	hodnota D	uzly	zatěžovací výška	zatěžovací šířka	Bodová síla
(m)	(kN/m <sup>2</sup> )		(m)	(m)	(kN)
25	0,1261	FD11	1,8	1,45	0,321
23,75	0,120				
22,5	0,113	FD12	1,8	2,5	0,497
21,25	0,107				
20	0,101	FD13	1,8	2,5	0,440
18,75	0,095				
17,5	0,088	FD14	1,8	2,5	0,383
16,25	0,082				
15	0,076	FD15	1,8	2,5	0,326
13,75	0,069				
12,5	0,063	FD16	1,8	2,5	0,270
11,25	0,057				
10	0,050	FD17	1,8	2,5	0,213
8,75	0,044				
7,5	0,038	FD18	1,8	2,5	0,156
6,25	0,032				
5	0,025	FD19	1,8	2,5	0,099
3,75	0,019				
2,5	0,013	FD20	1,8	2,5	0,043
1,25	0,006				
0	0,000	FD20a	1,8	1,45	0,008





Výpočet sil od větru do ztužidel (zatížení větrem viz. str 4-5)

$$F_{3,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 1,45 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 2,057 \text{ kN}$$

$$F_{4,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 2,5 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 3,546 \text{ kN}$$

$$F_{5,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 1,45 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 4,936 \text{ kN}$$

$$F_{6,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 1,63 + w_{e,B} \cdot l \cdot 0,87 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 1,63 + 1,261 \cdot 1,8 \cdot 0,87 = 7,523 \text{ kN}$$

$$F_{7,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 2,5 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 5,675 \text{ kN}$$

$$F_{8,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 1,45 + w_{e,C} \cdot l \cdot 1,05 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 1,45 + 0,788 \cdot 1,8 \cdot 1,05 = 4,781 \text{ kN}$$

$$F_{9,k} = w_{e,C} \cdot l \cdot 2,5 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,5 = 3,546 \text{ kN}$$

$$F_{10k} = w_{e,C} \cdot l \cdot 1,45 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 1,45 = 2,057 \text{ kN}$$

Výpočet sil do styčníků v oblasti D

vzdálenost (m)	hodnota D (kN/m <sup>2</sup> )	uzly	zatěžovací výška (m)	zatěžovací šířka (m)	Bodová síla (kN)
15	1,261				
13,75	1,156	FD1	1,8	1,45	3,154
12,5	1,051				
11,25	0,946	FD2	1,8	2,5	4,492
10	0,841				
8,75	0,736	FD3	1,8	2,5	3,547
7,5	0,631				
6,25	0,525	FD4	1,8	2,5	2,601
5	0,420				
3,75	0,315	FD5	1,8	2,5	1,655
2,5	0,210				
1,25	0,105	FD6	1,8	2,5	0,709
0	0,000				
		FD7	1,8	1,45	0,137

Zatížení roštu na ochozu větrem (10% plné hodnoty zatížení)

$$F_{13,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,348 \text{ kN}$$

$$F_{14,k} = w_{e,E} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,355 \text{ kN}$$

$$F_{15,k} = w_{e,A} \cdot l \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 1,891 \cdot 1,8 \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,834 \text{ kN}$$

$$F_{6,k} = (w_{e,A} \cdot l \cdot 1,63 + w_{e,B} \cdot l \cdot 0,87) \cdot 0,1 \\ = (1,891 \cdot 1,8 \cdot 1,63 + 1,261 \cdot 1,8 \cdot 0,87) \cdot 0,1 = 0,752 \text{ kN}$$

$$F_{7,k} = w_{e,B} \cdot l \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 1,261 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,568 \text{ kN}$$

$$F_{8,k} = (w_{e,B} \cdot l \cdot 1,45 + w_{e,C} \cdot l \cdot 1,05) \cdot 0,1 \\ = (1,261 \cdot 1,8 \cdot 1,45 + 0,788 \cdot 1,8 \cdot 1,05) \cdot 0,1 = 0,478 \text{ kN}$$

$$F_{9,k} = w_{e,C} \cdot l \cdot 2,5 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,355 \text{ kN}$$

$$F_{9,k} = w_{e,C} \cdot l \cdot 2,45 = 0,788 \cdot 1,8 \cdot 2,45 \cdot 0,1 = 0,346 \text{ kN}$$

vzdálenost (m)	hodnota D (kN/m <sup>2</sup> )	Uzly	zatěžovací výška (m)	zatěžovací šířka (m)	Bodová síla (kN)
15	0,126	FD1	1,8	1,45	0,315
13,75	0,116				
12,5	0,105	FD2	1,8	2,5	0,449
11,25	0,095				
10	0,084	FD3	1,8	2,5	0,355
8,75	0,074				
7,5	0,063	FD4	1,8	2,5	0,260
6,25	0,053				
5	0,042	FD5	1,8	2,5	0,166
3,75	0,032				
2,5	0,021	FD6	1,8	2,5	0,071
1,25	0,011				
0	0,000	FD7	1,8	1,45	0,014

Návrh ztužidelVýsledné vnitřní síly viz. Příloha str. 45-51)Posouzení stropnice s vlivem osově síly

Charakteristická únosnost IPE 180 S355

$$A = 2395 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 2395 \cdot 355 = 850,225 \text{ kN}$$

Největší síla ve stropnici (Tlaková síla) (viz. příloha str.48)

$$N_{Ed} = -38,54 \text{ kN}$$

Štíhlost (Stropnice vybočí ve směru osy y) IPE 180, Ocel S355

Délka prutu  $L = 5,0 \text{ m}$ Poloměr setrvačnosti  $i_y = 74,2 \text{ mm}$ 

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y}$$

$$\lambda_y = \frac{5000}{74,2}$$

$$\lambda_y = 67,385$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 = 76,1$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{67,385}{76,1}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,89 \text{ křivka vzpěrnosti „a“ } \chi_y = 0,740$$

Posouzení

$$\chi_y \frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} \leq 1,0$$

$$0,740 \cdot \frac{38,54 \cdot 10^3}{850,225 \cdot 10^3} \leq 1,0$$

$$0,061 \leq 1,0$$

Maximální využití průřezu při zatížení 35 %, průřez vyhoví. Interakci osově síly s ohybovým momentem neposuzují.

Největší síla ve stropnici (Tahová síla) (viz. příloha str. 48)

$$N_{Ed} = 30,17 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{30,17 \cdot 10^3}{850,225 \cdot 10^3} \leq 1,0$$

$$0,035 \leq 1,0$$

Maximální využití průřezu při zatížení 35 %, průřez vyhoví. Interakci osově síly s ohybovým momentem neposuzují.

Posouzení vazníku s vlivem osově síly

Charakteristická únosnost IPE 240 S355

$$A = 3912 \text{ mm}^2$$

$$i_y = 99,7 \text{ mm}$$

$$i_z = 26,9 \text{ mm}$$

$$\text{Délka prutu } L = 5,0 \text{ m}$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 3912 \cdot 355 = 1388,76 \text{ kN}$$

Největší síla ve vazníku (Tlaková síla) kombinace vítr východní (viz. str. 49)

$$N_{Ed} = -50,01 \text{ kN}$$

Štíhlost

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y}$$

$$\lambda_y = \frac{5000}{99,7}$$

$$\lambda_y = 50,15$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z}$$

$$\lambda_z = \frac{5000}{26,9}$$

$$\lambda_z = 185,87$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 = 76,1$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{50,15}{76,1}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,66 \text{ křivka vzpěrnosti „a“ } \chi_y = 0,866$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{185,87}{76,1}$$

$$\bar{\lambda}_z = 2,44 \text{ křivka vzpěrnosti „b“ } \chi_z = 0,146$$

Prut vybočí kolmo na osu z

Posouzení

$$\chi_z \frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} \leq 1,0$$

$$0,146 \cdot \frac{50,01 \cdot 10^3}{1388,76 \cdot 10^3} \leq 1,0$$

$$0,247 \leq 1,0$$

Maximální využití průřezu při zatížení 57,3 % průřez vyhoví. Neposuzují interakci osové síly s ohybovým momentem.

Největší síla ve vazníku (Tahová síla) (viz. příloha str. 49)

$$N_{Ed} = 63,15 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{63,15 \cdot 10^3}{1388,76 \cdot 10^3} \leq 1,0$$

$$0,045 \leq 1,0$$

Maximální využití průřezu při zatížení 57,3 % průřez vyhoví. Neposuzují interakci osově síly s ohybovým momentem.

### Návrh střešní ztužidel

#### Diagonály

#### D1 (nejvíce zatížená diagonála)

$$N_{Ed} = -33,86 \text{ kN (viz příloha str. 50)}$$

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr} = \sqrt{2,5^2 + 2,5^2} = 3,536 \text{ m}$$

Navrhnu TR 60,3x3,6

$$A = 641 \text{ mm}^2$$

$$i = 20,1 \text{ mm}$$

#### Vzpěrné délky

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y}$$

$$\lambda_y = \frac{3535}{20,1}$$

$$\lambda_y = 175,87$$

#### Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{175,87}{76,1}$$

$$\bar{\lambda}_y = 2,31 \text{ křivka vzpěrnosti „c“} \rightarrow \chi_y = 0,153$$

#### Prut vybočí ve směru osy z.

Posouzení

$$N_{Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M1}} > N_{Ed}$$

$$N_{Rd} = \frac{0,153 \cdot 641 \cdot 355}{1,0} > N_{Ed} = 33,86 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 34,82 \text{ kN} > N_{Ed} = 33,86 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

DiagonályD2 podélné ztužidlo

$$N_{Ed} = -27,03 \text{ kN (viz příloha str.50)}$$

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr} = 2,5 \text{ m}$$

Navrhnu TR 44,5x4,0

$$A = 509 \text{ mm}^2$$

$$i = 14,4 \text{ mm}$$

Vzpěrné délky

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y}$$

$$\lambda_y = \frac{2500}{14,4}$$

$$\lambda_y = 173,61$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{173,61}{76,1}$$

$$\bar{\lambda}_y = 2,28 \text{ křivka vzpěrnosti „c“} \rightarrow \chi_y = 0,156$$

Prut vybočí ve směru osy z.

Posouzení

$$N_{Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M1}} > N_{Ed}$$

$$N_{Rd} = \frac{0,156 \cdot 509 \cdot 355}{1,0} > N_{Ed} = 27,03 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 28,19 \text{ kN} > N_{Ed} = 27,03 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

Ztužení ochozu větrovými diagonálamiD3 (ztužidlo ochozu)

$$N_{Ed} = -6,52 \text{ kN (viz příloha str. 51)}$$

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr} = \sqrt{2,5^2 + 1,2^2} = 2,77 \text{ m}$$

Navrhnu TR 42,4x3,2

$$A = 394 \text{ mm}^2$$

$$i = 13,9 \text{ mm}$$

Vzpěrné délky

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y}$$

$$\lambda_y = \frac{2770}{13,9}$$

$$\lambda_y = 199,28$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{199,28}{76,1}$$

$$\bar{\lambda}_y = 2,62 \text{ křivka vzpěrnosti „c“} \rightarrow \chi_y = 0,122$$

Prut vybočí ve směru osy z.

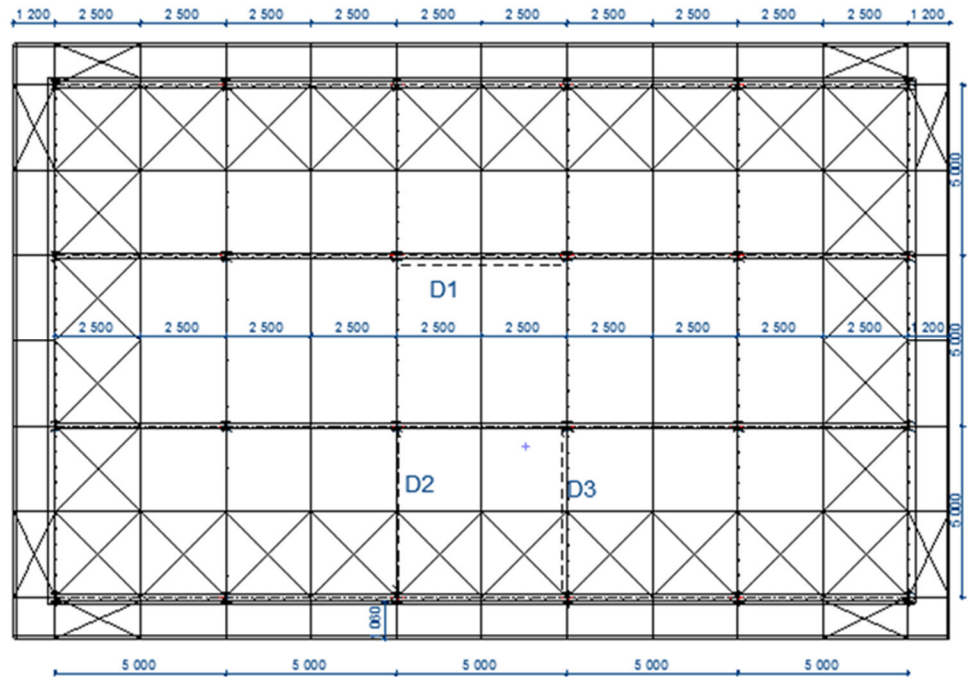
Posouzení

$$N_{Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M1}} > N_{Ed}$$

$$N_{Rd} = \frac{0,122 \cdot 394 \cdot 355}{1,0} > N_{Ed} = 6,52 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 17,06 \text{ kN} > N_{Ed} = 6,52 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$



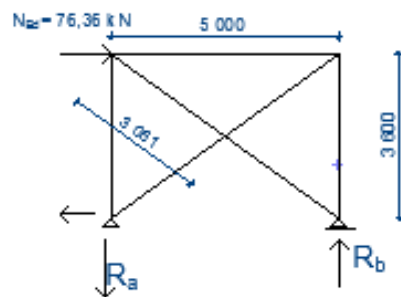


Reakce ztužidel jsou součástí přílohy (str. 51)

Stěnové větrové ztužidlo D1

$$N_{Ed} = 76,34 \text{ kN}$$

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr} = \frac{\sqrt{5^2 + 3,6^2}}{2} = 3,080 \text{ m}$$



$$B - 76,34 \cdot 3,6 + R_a \cdot 5 = 0$$

$$R_a = 54,98 \text{ kN}$$

$$R_{ax} = \frac{76,34}{2} = 38,17 \text{ kN}$$

$$D = R_{ax} \cdot \frac{\sqrt{3,6^2 + 5^2}}{5}$$

$$D = 38,17 \cdot \frac{\sqrt{3,6^2 + 5^2}}{5}$$

$$D = 47,03 \text{ kN}$$

Navrhnu TR 70x3,2

$$A = 672 \text{ mm}^2$$

$$i = 23,6 \text{ mm}$$

Vzpěrné délky

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,y}}{i}$$

$$\lambda_z = \frac{3080}{23,6}$$

$$\lambda_z = 130,51$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{130,51}{76,1}$$

$$\bar{\lambda}_z = 1,72 \text{ křivka vzpěrnosti „c“} \rightarrow \chi_y = 0,255$$

Prut vybočí ve směru osy z.

Posouzení

$$N_{Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M1}} > N_{Ed}$$

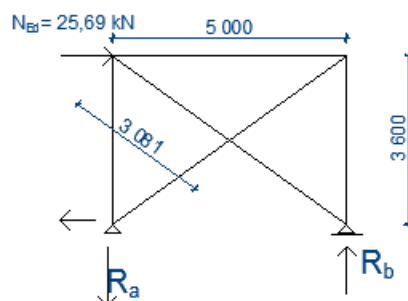
$$N_{Rd} = \frac{0,255 \cdot 672 \cdot 355}{1,0} > N_{Ed} = 47,03 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 60,83 \text{ kN} > N_{Ed} = 47,03 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

Stěnové větrové ztužidlo D2 a D3

$$N_{Ed} = 78,02 \text{ kN}$$

$$\text{Vzpěrná délka } L_{cr} = \frac{\sqrt{5^2 + 3,6^2}}{2} = 3,080 \text{ m}$$



$$B - 78,02 \cdot 3,6 + R_a \cdot 5 = 0$$

$$R_a = 56,17 \text{ kN}$$

$$R_{ax} = \frac{78,02}{2} = 39,01 \text{ kN}$$

$$D = R_{ax} \cdot \frac{\sqrt{3,6^2 + 5^2}}{5}$$

$$D = 39,02 \cdot \frac{\sqrt{3,6^2 + 5^2}}{5}$$

$$D = 48,08 \text{ kN}$$

Navrhnu TR 70x3,2

$$A = 672 \text{ mm}^2$$

$$i = 23,6 \text{ mm}$$

Vzpěrné délky

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,y}}{i}$$

$$\lambda_z = \frac{3080}{23,6}$$

$$\lambda_z = 130,51$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{130,51}{76,1}$$

$$\bar{\lambda}_z = 1,71 \text{ křivka vzpěrnosti „c“} \rightarrow \chi_y = 0,255$$

Prut vybočí ve směru osy z.

Posouzení

$$N_{Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M1}} > N_{Ed}$$

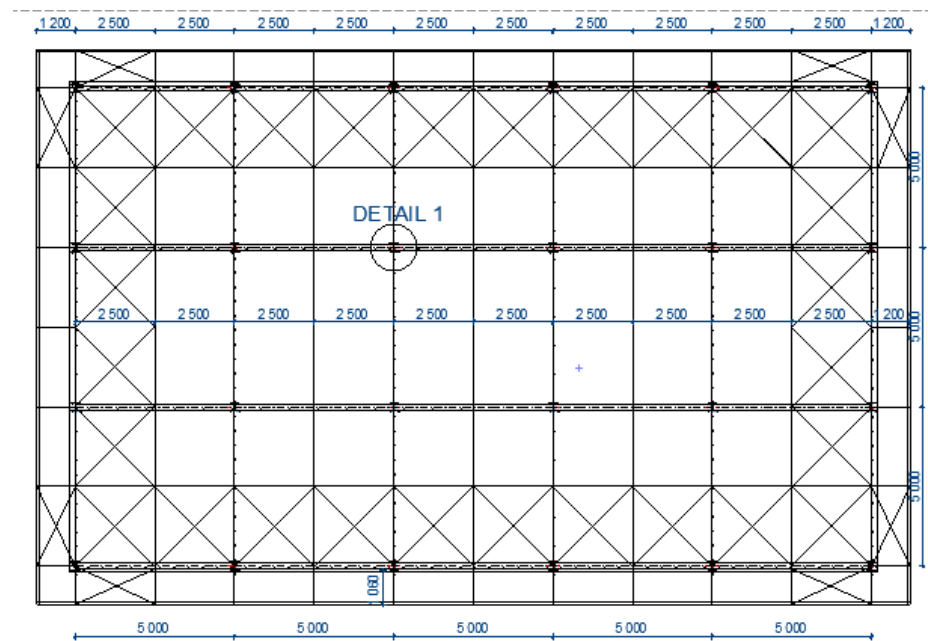
$$N_{Rd} = \frac{0,255 \cdot 672 \cdot 355}{1,0} > N_{Ed} = 48,08 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 60,833 \text{ kN} > N_{Ed} = 48,08 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

## Návrh detailů

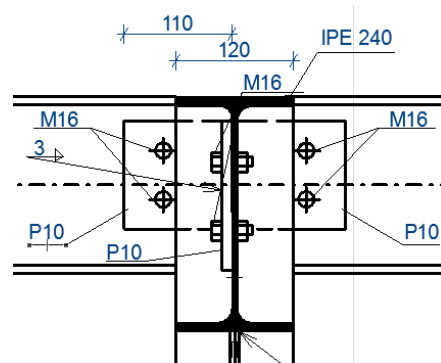
### Detail 1 Přípoj vaznice na vazník v místě ztužidlového sloupu

#### Schéma



Přípoj navrhnu na konzolky, a nebudou přenášet ohybový moment.

#### *Přípoj stropnice na sloup*



Reakce ze stropnice (kombinace stálé + sníh)  $V_{Ed} = 24,00 \text{ kN}$

#### Návrh šroubů M16 8.8

Únosnost šroubu na střih:  $F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN}$

(závit po celé délce šroubu, jednostřížný spoj)

Únosnost šroubu na otláčení:  $F_{b,Rd} = 120,9 \text{ kN}$

plechu  $t=10$  mm, běžné rozteče)

Potřebný počet šroubů:

Střih

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{24 \cdot 10^3}{60,3 \cdot 10^3} = 0,398$$

Otlačení

-plech  $t= 10$  mm, zatížená jednou stropnicí

-stojina stropnice  $t=5,3$  mm,

$$\frac{V_{Ed}}{\frac{t}{10} \cdot F_{b,Rd}} = \frac{24}{\frac{5,3}{10} \cdot 120,9} = 0,375$$

**Navrhnu 2x šrouby M16 8.8**

Návrh svaru

Koutový 2x  $a=3$  mm, délka  $L_{we} = 110$  mm

Ocel S355

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0,9$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Ohybový moment od posouvající síly

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot e$$

$$M_{Ed} = 24 \cdot 10^3 \cdot 70$$

$$M_{Ed} = 1,68 \text{ kNm}$$

Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{a_w \cdot L_{we} \cdot 2}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{24 \cdot 10^3}{3 \cdot 110 \cdot 2}$$

$$\tau_{\parallel} = 36,36 \text{ MPa}$$

(ocel  
S355,  
tloušťka

Normálové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{Ed} \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot L_w^2 \cdot a_w}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{24 \cdot 10^3 \cdot 70}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 110^2 \cdot 3}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 98,17 \text{ MPa}$$

Posouzení

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{b_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{98,17^2 + 3 \cdot (98,17^2 + 36,36^2)} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$206,19 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa}$$

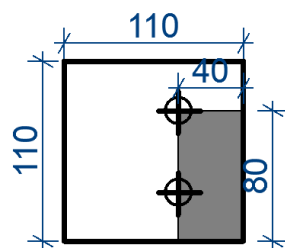
$$\sigma_{\perp} < \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\sigma_{\perp} = 98,17 \text{ MPa} < \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$\sigma_{\perp} = 98,17 \text{ MPa} < 352,8 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví

Únosnost oslabené desky v tahu a smyku



$$\text{Oslabená plocha v tahu } A_{nt} = t \cdot 40 = 10 \cdot 40 = 400 \text{ mm}^2$$

$$\text{Oslabená plocha při smyku } A_{nv} = t \cdot (e_1 + e_2 - 1,5 \cdot d_0)$$

$$A_{nv} = 10 \cdot (40 + 30 - 1,5 \cdot 18) = 430 \text{ mm}^2$$

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

pro šrouby M16

$$V_{Rd1} = 0,5 \cdot \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$$V_{Rd1} = 0,5 \cdot \frac{490 \cdot 400}{1,25} + \frac{355 \cdot 430}{\sqrt{3} \cdot 1,0}$$

$$V_{Rd1} = 166,53 \text{ kN}$$

Únosnost oslabené desky otvory ve smyku

$$A_{v,net} = (h_p - 2 \cdot d_0) \cdot t$$

$$A_{v,net} = (80 - 2 \cdot 18) \cdot 10$$

$$A_{v,net} = 440 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd2} = \frac{A_{v,net} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$$V_{Rd2} = \frac{440 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0}$$

$$V_{Rd2} = 90,18 \text{ kN}$$

Posouzení

$$V_{Ed} \leq \min(V_{Rd1}, V_{Rd2})$$

$$V_{Ed} = 24 \text{ kN} \leq \min(166,53 \text{ kN}, 98,18 \text{ kN})$$

$$V_{Ed} = 24 \text{ kN} \leq 98,18 \text{ kN} \text{ Deska vyhoví}$$

Posouzení desky v ohybu

$$M_{Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \geq M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = \frac{h_p^2 \cdot t \cdot f_y}{6 \cdot \gamma_{M0}} \geq M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = \frac{110^2 \cdot 10 \cdot 355}{6 \cdot 1,0} \geq M_{Ed} = 1,68 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 7,16 \geq M_{Ed} = 1,68 \text{ kNm} \text{ Deska vyhoví}$$

Únosnost kritického řezu ve smyku

$$A_{nt} = t_w \left( 70 - \frac{d_0}{2} \right) = 5,3 \left( 70 - \frac{18}{2} \right) = 323,3 \text{ mm}^2$$

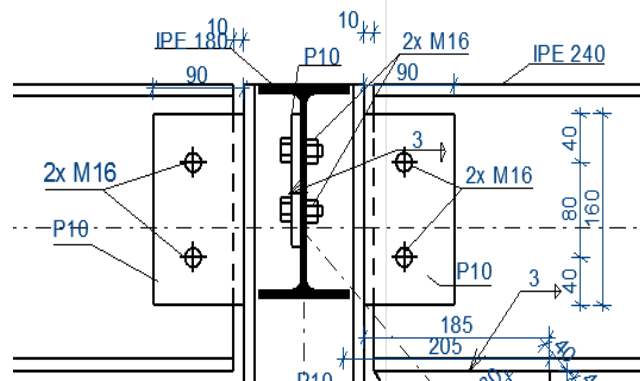
$$A_{nv} = t_w \cdot (110 - 1,5 \cdot d_0) = 5,3(110 - 1,5 \cdot 18) = 439,9 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd1} = 0,5 \cdot \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd1} = 0,5 \cdot \frac{490 \cdot 323,3}{1,25} + \frac{355 \cdot 439,9}{\sqrt{3} \cdot 1,0} \geq V_{Ed} = 24 \text{ kN}$$

$$V_{Rd1} = 72,26 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 24 \text{ kN} \text{ deska vyhoví}$$

*Přípoj vazníku na sloup (na konzolku)*



Zatížení:

Posouvající síla od zatížení (stálé + sněhem)  $V_{Ed} = 25,49 \text{ kN}$

Návrh šroubů M16 8.8

Únosnost šroubu na stříh:  $F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN}$

(závit po celé délce šroubu, jednostřížný spoj)

Únosnost šroubu na otláčení:  $F_{b,Rd} = 120,9 \text{ kN}$

(ocel S355, tloušťka plechu  $t=10 \text{ mm}$ , běžné rozteče)

Potřebný počet šroubů:



Střih

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{25,49 \cdot 10^3}{60,3 \cdot 10^3} = 0,489$$

Otlačení

-deska  $t = 10 \text{ mm}$ -stojina průvlaku  $t = 6,2 \text{ mm}$ 

$$\frac{V_{Ed}}{\frac{t}{10} \cdot F_{b,Rd}} = \frac{25,49}{\frac{6,2}{10} \cdot 120,9} = 0,393$$

**Navrhnu 2x šrouby M16 8.8**

Návrh svaru

Koutový  $2 \times a = 3 \text{ mm}$ , délka  $L_{we} = 110 \text{ mm}$  (pouze na stojině)

Ocel S355

Ohybový moment od posouvající síly

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot e$$

$$M_{Ed} = 25,49 \cdot 10^3 \cdot 50$$

$$M_{Ed} = 1,27 \text{ kNm}$$

Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{a_w \cdot L_{we} \cdot 2}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{25,49 \cdot 10^3}{3 \cdot 110 \cdot 2}$$

$$\tau_{\parallel} = 38,62 \text{ MPa}$$

Normálové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{Ed} \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot L_w^2 \cdot a_w}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{25,49 \cdot 10^3 \cdot 50}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 110^2 \cdot 3}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 74,48 \text{ MPa}$$

Posouzení

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{b_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{74,48^2 + 3 \cdot (74,48^2 + 38,62^2)} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$163,29 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa}$$

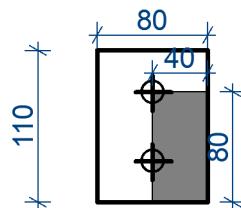
$$\sigma_{\perp} < \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\sigma_{\perp} = 74,48 \text{ MPa} < \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$\sigma_{\perp} = 74,48 \text{ MPa} < 352,8 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví

Únosnost oslabené desky v tahu a smyku



$$\text{Oslabená plocha v tahu } A_{nt} = t \cdot 40 = 10 \cdot 40 = 400 \text{ mm}^2$$

$$\text{Oslabená plocha při smyku } A_{nv} = t \cdot (e_1 + e_2 - 1,5 \cdot d_0)$$

$$A_{nv} = 10 \cdot (40 + 30 - 1,5 \cdot 18) = 430 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd1} = 0,5 \cdot \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$$V_{Rd1} = 0,5 \cdot \frac{490 \cdot 400}{1,25} + \frac{355 \cdot 430}{\sqrt{3} \cdot 1,0}$$

$$V_{Rd1} = 166,53 \text{ kN}$$

Únosnost oslabené desky otvory ve smyku

$$A_{v,net} = (h_p - 2 \cdot d_0) \cdot t$$

pro šrouby M16

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

$$A_{v,net} = (80 - 2 \cdot 18) \cdot 10$$

$$A_{v,net} = 440 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd2} = \frac{A_{v,net} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$$V_{Rd2} = \frac{440 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0}$$

$$V_{Rd2} = 90,18 \text{ kN}$$

Posouzení

$$V_{Ed} \leq \min(V_{Rd1}, V_{Rd2})$$

$$V_{Ed} = 25,49 \text{ kN} \leq \min(166,53 \text{ kN}, 98,18 \text{ kN})$$

$$V_{Ed} = 25,49 \text{ kN} \leq 98,18 \text{ kN} \text{ Deska vyhoví}$$

Posouzení desky v ohybu

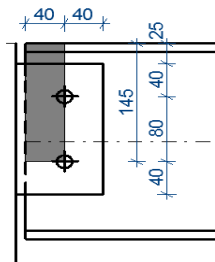
$$M_{Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \geq M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = \frac{h_p^2 \cdot t \cdot f_y}{6 \cdot \gamma_{M0}} \geq M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = \frac{110^2 \cdot 10 \cdot 355}{6 \cdot 1,0} \geq M_{Ed} = 1,27 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 7,16 \geq M_{Ed} = 1,27 \text{ kNm} \text{ Deska vyhoví}$$

Únosnost kritického řezu ve smyku



$$A_{nt} = t_w \left( 40 - \frac{d_0}{2} \right) = 6,2 \left( 40 - \frac{18}{2} \right) = 192,2 \text{ mm}^2$$

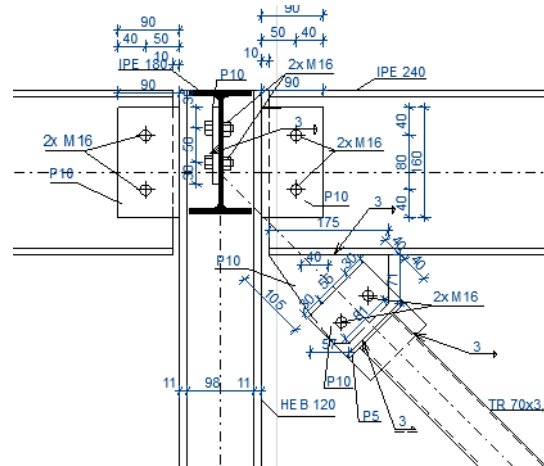
$$A_{nv} = t_w \cdot (110 - 1,5 \cdot d_0) = 6,2(110 - 1,5 \cdot 18) = 514,6 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd1} = 0,5 \cdot \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd1} = 0,5 \cdot \frac{490 \cdot 192,2}{1,25} + \frac{355 \cdot 514,6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} \geq V_{Ed} = 25,49 \text{ kN}$$

$$V_{Rd1} = 143,14 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 25,49 \text{ kN} \text{ deska vyhoví}$$

### Připoj Ztužidla



Zatížení:

Vnitřní síla ve ztužidlu  $D = 48,08 \text{ kN}$

### Návrh šroubů M16 8.8

Únosnost šroubu na stříh:  $F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN}$

(závit po celé délce šroubu, jednostřížný spoj)

Únosnost šroubu na otláčení:  $F_{b,Rd} = 120,9 \text{ kN}$

(ocel S355, tloušťka plechu  $t=10 \text{ mm}$ , běžné rozteče)

### Potřebný počet šroubů:

Stříh

$$\frac{D}{F_{v,Rd}} = \frac{48,08 \cdot 10^3}{60,3 \cdot 10^3} = 0,797$$

Otláčení

-styčnickové plechy,  $t=10 \text{ mm}$ ,

$$\frac{D}{\frac{t}{10} \cdot F_{b,Rd}} = \frac{48,08}{\frac{10}{10} \cdot 120,9} = 0,398$$

**Navrhnu 2x šrouby M16 8.8**

Návrh svaru (přípoj ztužidla a styčnickového plechu)

Koutový 4x a=3 mm, délka  $L_{we} = 50 \text{ mm}$

Ocel S355

Návrhová pevnost

$$f_{vw,d} = 251,47 \text{ MPa}$$

Únosnost svaru

$$F_{w,Rd} = 4 \cdot a \cdot L_{we} \cdot f_{vw,d} \geq D$$

$$F_{w,Rd} = 4 \cdot 3 \cdot 50 \cdot 251,47 \geq D = 48,08 \text{ kN}$$

$$F_{w,Rd} = 150,88 \text{ kN} \geq D = 48,08 \text{ kN}$$

Svar vyhoví

Návrh svaru (přípoj styčnickového plechu na vazník a sloup)

Rozložení síly z Diagonály do směrů

$$\text{Úhel } \alpha = \arctg\left(\frac{3,6}{5}\right) = 35,75^\circ$$

$$D_x = D \cdot \cos\alpha = 48,08 \cdot \cos 35,75^\circ = 39,02 \text{ kN}$$

$$D_z = D \cdot \sin\alpha = 48,08 \cdot \sin 35,75^\circ = 28,09 \text{ kN}$$

Koutový 2x a=3 mm, délka  $L_{we} = 175 \text{ mm}$

Ocel S355

Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\tau_{\parallel} = \frac{D_x}{a_w \cdot L_{we} \cdot 2}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{39,02 \cdot 10^3}{3 \cdot 175 \cdot 2}$$

$$\tau_{\parallel} = 37,16 \text{ MPa}$$

Normálové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{D_z}{a_w \cdot L_{we} \cdot 2} + \frac{D_z \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot L_w^2 \cdot a_w} \right)$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{28,09 \cdot 10^3}{3 \cdot 175 \cdot 2} + \frac{28,09 \cdot 10^3 \cdot 40}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 175^2 \cdot 3} \right)$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 44,85 \text{ MPa}$$

Posouzení

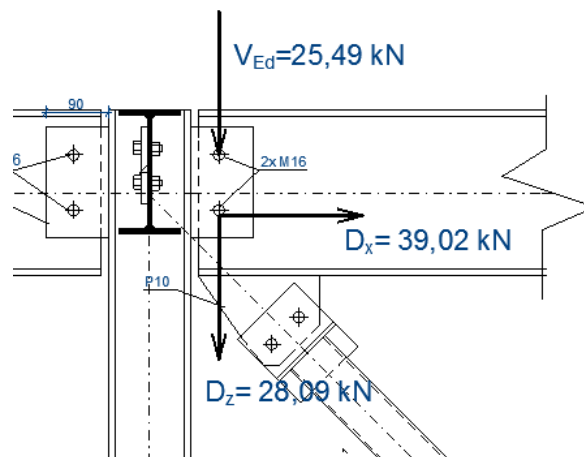
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{b_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{44,85^2 + 3 \cdot (44,85^2 + 37,16^2)} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$110,40 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa}$$

Svar vyhovíOvěření spoje sloup-vazník (z úvahou vlivu svislé síly ze stěnového ztužidla)Síla ze ztužidla  $D_z = 28,09 \text{ kN}$ 

Schéma



Střih

$$\frac{V_{Ed} + D_z}{F_{v,Rd}} = \frac{25,49 \cdot 10^3 + 28,09 \cdot 10^3}{60,3 \cdot 10^3} = 0,889$$

Otláčení

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

-stojina průvlaku  $t=6,2$  mm

$$\frac{V_{Ed} + D_z}{\frac{t}{10} \cdot F_{b,Rd}} = \frac{25,49 + 28,02}{\frac{6,2}{10} \cdot 120,9} = 0,714$$

**Navrhnuté 2x šrouby M16 8.8 vyhoví**

Ověření svaru

Koutový 2x  $a=3$  mm, délka  $L_{we} = 110$  mm (pouze na stojině)

Ocel S355

Ohybový moment od posouvající síly

$$M_{Ed} = (V_{Ed} + D_z) \cdot e$$

$$M_{Ed} = (25,49 + 28,09) \cdot 10^3 \cdot 50$$

$$M_{Ed} = 2,679 \text{ kNm}$$

Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\tau_{\parallel} = \frac{(V_{Ed} + D_z)}{a_w \cdot L_{we} \cdot 2}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{(25,49 \cdot 10^3 + 28,09 \cdot 10^3)}{3 \cdot 110 \cdot 2}$$

$$\tau_{\parallel} = 81,18 \text{ MPa}$$

Normálové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{(V_{Ed} + D_z) \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot L_w^2 \cdot a_w}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{(25,49 + 28,09) \cdot 10^3 \cdot 50}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 110^2 \cdot 3}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 156,56 \text{ MPa}$$

Posouzení

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{b_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{156,56^2 + 3 \cdot (156,56^2 + 81,18^2)} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$343,24 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa}$$

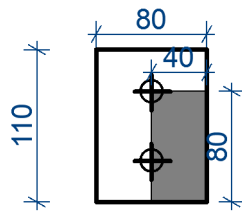
$$\sigma_{\perp} < \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\sigma_{\perp} = 156,56 \text{ MPa} < \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$\sigma_{\perp} = 156,56 \text{ MPa} < 352,8 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví

### Únosnost oslabené desky v tahu a smyku



$$V_{Rd1} = 0,5 \cdot \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$$V_{Rd1} = 166,53 \text{ kN}$$

$$V_{Rd2} = \frac{A_{v,net} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$$V_{Rd2} = 90,18 \text{ kN}$$

Posouzení

$$(V_{Ed} + D_z) \leq \min(V_{Rd1}, V_{Rd2})$$

$$(V_{Ed} + D_z) = 25,49 + 28,09 \leq \min(166,53 \text{ kN}, 98,18 \text{ kN})$$

$$(V_{Ed} + D_z) = 53,58 \text{ kN} \leq 98,18 \text{ kN} \text{ Deska vyhoví}$$

Posouzení desky v ohybu

$$M_{Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \geq M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = \frac{h_p^2 \cdot t \cdot f_y}{6 \cdot \gamma_{M0}} \geq M_{Ed}$$

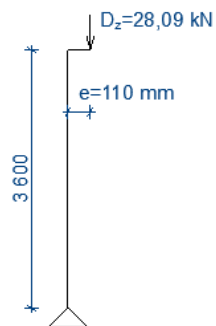
$$M_{Rd} = \frac{110^2 \cdot 10 \cdot 355}{6 \cdot 1,0} \geq M_{Ed} = 2,679 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 7,16 \geq M_{Ed} = 1,27 \text{ kNm} \text{ Deska vyhoví}$$



Ověření únosnosti sloupu z důvodu přidavného ohybového momentu od svislé síly ze stěnového ztužidla

Schéma



Ohybový moment od síly

$$M_{Ed} = D_z \cdot e$$

$$M_{Ed} = 28,09 \cdot 10^3 \cdot 110$$

$$M_{Ed} = 3,09 \text{ kNm}$$

Posouzení

$$HEB 120$$

$$W_{pl,Y}$$

$$= 165,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

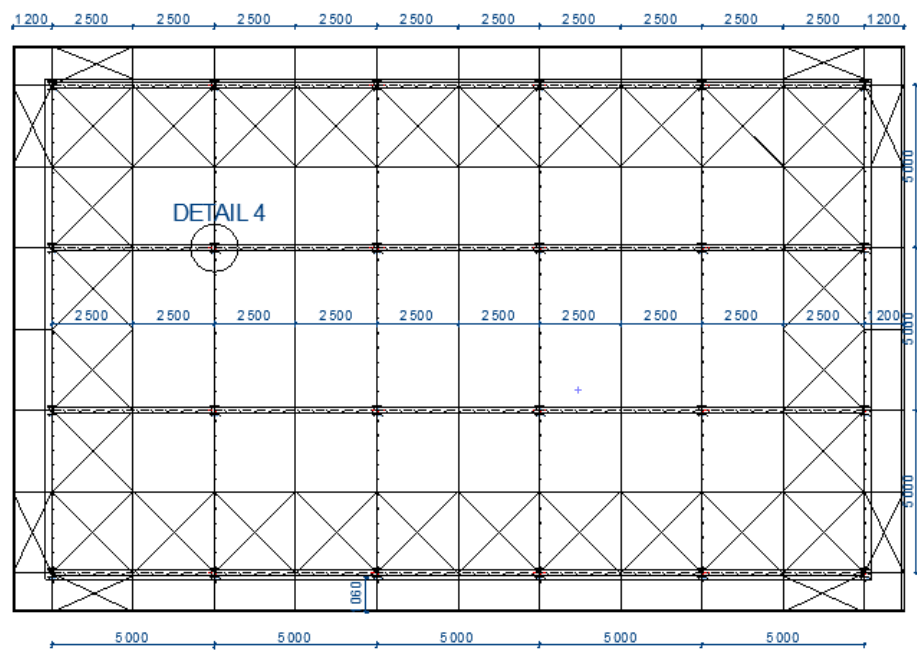
$$\frac{M_{Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_y} \leq 1,0$$

$$\frac{3,09 \cdot 10^6}{165,2 \cdot 10^3 \cdot 355} \leq 1,0$$

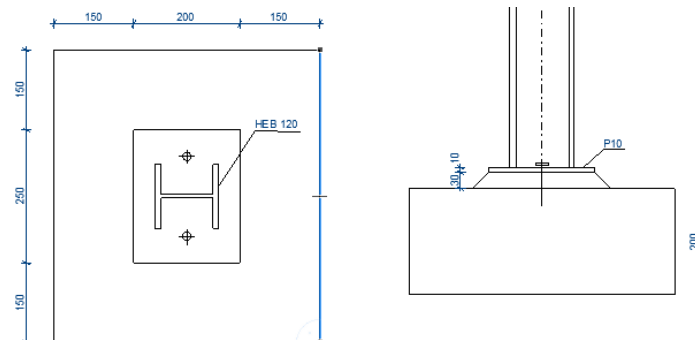
$$0,052 \leq 1,0$$

Využití sloupu při nejhorší kombinaci 38,3%, proto nebudu posuzovat interakci normálových sil a přidavného ohybového momentu.

Patka sloupu (kloubová)



Nákres



Návrhové síly

Tlaková  $N_{Ed,1} = -100,85 \text{ kN}$

Tahová  $N_{Ed,2} = 23,23 \text{ kN}$

Beton stropu C20/25

$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Tloušťka stropu  $h = 200 \text{ mm}$

Započitatelné rozměry patky

$$a_1 = \min(3 \cdot a_0; a_0 + h; a_c)$$

$$a_1 = \min(600 \text{ mm}; 400 \text{ mm}; 500 \text{ mm})$$

$$a_1 = b_1 = 400 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{400 \cdot 400}{200 \cdot 250}}$$

$$k_j = 1,789$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \frac{\beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{jd} = \frac{2 \cdot 1,789 \cdot 20}{3 \cdot 1,5}$$

$$f_{jd} = 15,902 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

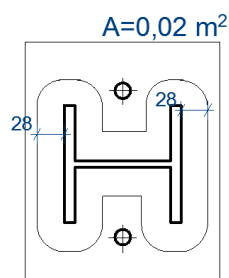
$$t_p = 10 \text{ mm}$$

Účinná šířka patní desky

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd}}}$$

$$c = 10 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 15,902}}$$

$$c = 27,28 \text{ mm}$$



Únosnost patky

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{jd} \geq N_{Ed}$$

$$= \min(3 \cdot 200; 200 + 200; 500)$$

$$N_{Rd} = 0,02 \cdot 10^6 \cdot 15,902 \geq N_{Ed} = 100,85 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 318,04 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 100,85 \text{ kN}$$

Patka vyhoví

Posouzení únosnosti kotev provedeno v programu RAWLPLUG EasyFix.

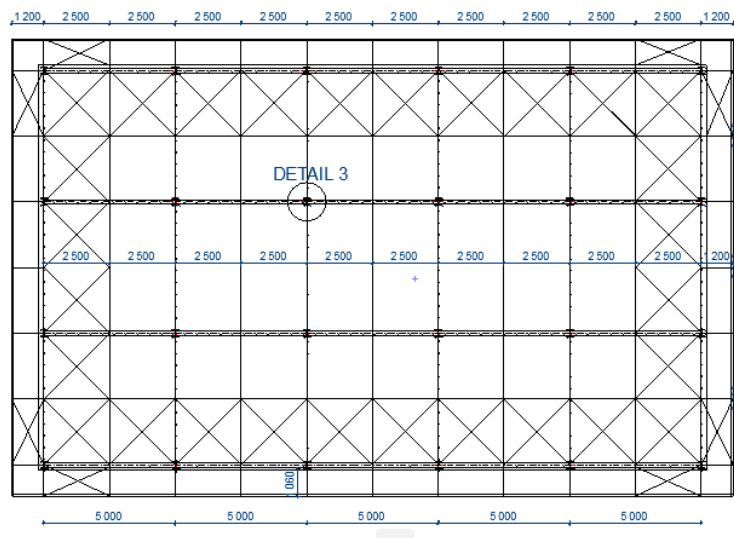
Výsledky v posouzení na zatížení od sání větru a od zatížení sněhem (viz. Příloha str. 52-54).

Navržena 2x kotva R-KERII M12-8.8

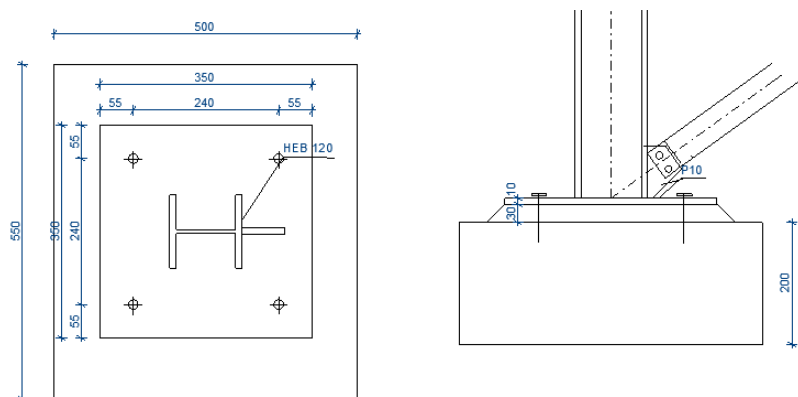
Posudek

$$N_{Ed} = 23,23 \text{ kN} < N_{Rd} = 24,68 \text{ kN}$$

Patka ztužidlového sloupu (kloubová)



Schéma



Návrhové síly

$$\text{Tlaková } N_{Ed,1} = -100,85 \text{ kN}$$

$$\text{Tlaková od ztužidla } N_{Ed,1 \text{ ztuž}} = -54,98 \text{ kN}$$

$$\text{Tahová } N_{Ed,2} = 23,23 \text{ kN}$$

$$\text{Tahová od ztužidla } N_{Ed,2 \text{ ztuž}} = 54,98 \text{ kN}$$

Beton stropu C20/25

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

$$\text{Tloušťka stropu } h = 200 \text{ mm}$$

Započitatelné rozměry patky

$$a_1 = \min(3 \cdot a_0; a_0 + h; a_c)$$

$$a_1 = \min(3 \cdot 350; 350 + 200; 750)$$

$$a_1 = \min(1050 \text{ mm}; 550 \text{ mm}; 750 \text{ mm})$$

$$a_1 = b_1 = 550 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{550 \cdot 550}{350 \cdot 350}}$$

$$k_j = 1,571$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \frac{\beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{jd} = \frac{2 \cdot 1,571 \cdot 20}{3 \cdot 1,5}$$

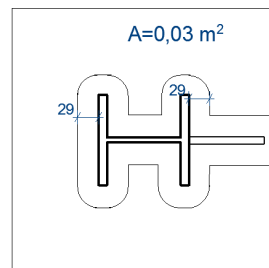
$$f_{jd} = 13,96 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd}}}$$

$$c = 10 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 13,96}}$$

$$c = 29,11 \text{ mm}$$



Únosnost patky

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{jd} \geq N_{Ed}$$

$$N_{Rd} = 0,03 \cdot 10^6 \cdot 13,96 \geq N_{Ed} = 100,85 + 54,98 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 418,80 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 155,83 \text{ kN}$$

Patka vyhoví

Posouzení únosnosti kotev provedeno v programu RAWLPLUG EasyFix.

Výsledky v posouzení na zatížení od sání větru a od zatížení sněhem (viz. Příloha str. 55-58).

Navržena 4x kotva R-KERII M24-8.8

Posudek využití v tahu

$$N_{Ed,t} = 78,21 \text{ kN} < N_{Rd,t} = 106,44 \text{ kN}$$

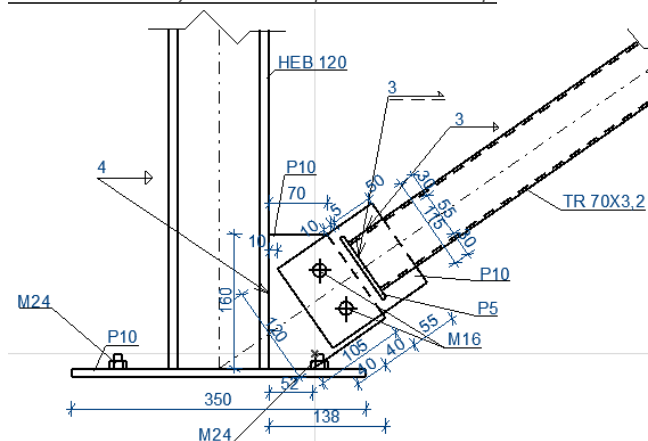
Posudek využití ve stříhu

$$N_{Ed,t} = 38,17 \text{ kN} < N_{Rd,t} = 98,41 \text{ kN}$$

Využití v tahu a ve stříhu 87,2%.

Vyhovuje

Návrh svaru styčnickového plechu na sloup



Rozložení síly z Diagonály do směrů

$$\text{Úhel } \alpha = \arctg\left(\frac{3,6}{5}\right) = 35,75^\circ$$

$$D_x = D \cdot \cos\alpha = 48,08 \cdot \cos 35,75^\circ = 39,02 \text{ kN}$$

$$D_z = D \cdot \sin\alpha = 48,08 \cdot \sin 35,75^\circ = 28,09 \text{ kN}$$

Koutový 2x a=4 mm, délka  $L_{we} = 160 \text{ mm}$

Ocel S355

Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\tau_{\parallel} = \frac{D_x}{a_w \cdot L_{we} \cdot 2}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{39,02 \cdot 10^3}{4 \cdot 160 \cdot 2}$$

$$\tau_{\parallel} = 30,48 \text{ MPa}$$

Normálové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{D_z}{a_w \cdot L_{we} \cdot 2} + \frac{D_z \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot L_w^2 \cdot a_w} \right)$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{28,09 \cdot 10^3}{4 \cdot 160 \cdot 2} + \frac{28,09 \cdot 10^3 \cdot 38}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 160^2 \cdot 4} \right)$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 37,63 \text{ MPa}$$

Posouzení

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{b_w \cdot \gamma_{M2}}$$

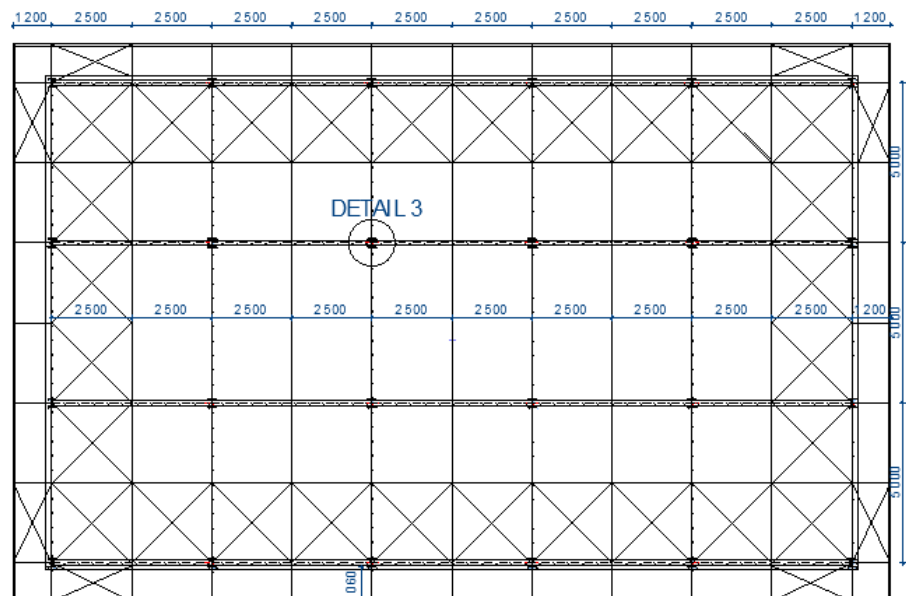
$$\sqrt{37,63^2 + 3 \cdot (37,63^2 + 30,48^2)} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$91,93 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa}$$

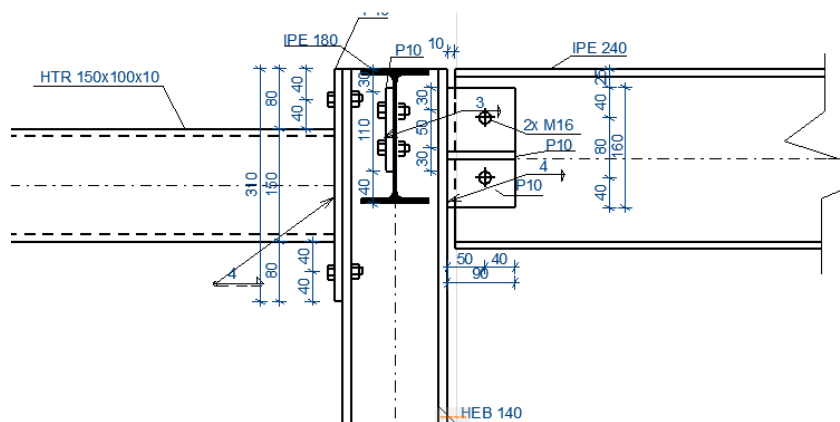
Svar vyhoví

Šroubové spoje a svary ztužidla a styčnickového plechu budou provedeny podle výpočtu ze strany.....

Přípoj ochozu na sloup



Schéma



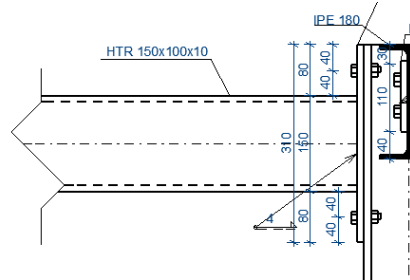


Přípoj vazníku na sloup

Stejný přípoj, jako v poli proto neposuzují znovu.

Návrh přípoje stropnice na sloup

Stejný přípoj, jako v poli proto neposuzují znovu.

Návrh přípoje ochozu na sloup (proveden na čelní desce)

Reakce ze stropnice (kombinace stálé + sníh)  $V_{Ed} = 11,65 \text{ kN}$

Návrh šroubů M16 8.8

Únosnost šroubu na stříh:  $F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN}$

(závit po celé délce šroubu, jednostřížný spoj)

Únosnost šroubu na otláčení:  $F_{b,Rd} = 120,9 \text{ kN}$

(ocel S355, tloušťka plechu  $t=10 \text{ mm}$ , běžné rozteče)

Potřebný počet šroubů:

Stříh

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{11,65 \cdot 10^3}{60,3 \cdot 10^3} = 0,193$$

Otláčení

-plech  $t=10 \text{ mm}$ , zatížená jednou stropnicí, rozhoduje

-pásnice sloupu  $t=12 \text{ mm}$ ,

$$\frac{V_{Ed}}{\frac{t}{10} \cdot F_{b,Rd}} = \frac{11,65}{\frac{10}{10} \cdot 120,9} = 0,096$$

### Navrhnu 4x šrouby M16 8.8

Návrh svaru

Koutový 2x a=4 mm, délka  $L_{we} = 150 \text{ mm}$  (uvažují pouze svar na stojině)

Ocel S355

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0,9$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Návrhová pevnost

$$f_{vw,d} = 251,47 \text{ MPa}$$

Únosnost svaru

$$F_{w,Rd} = 2 \cdot a \cdot L_{we} \cdot f_{vw,d} \geq V_{Ed}$$

$$F_{w,Rd} = 2 \cdot 4 \cdot 150 \cdot 251,47 \geq V_{Ed} = 11,65 \text{ kN}$$

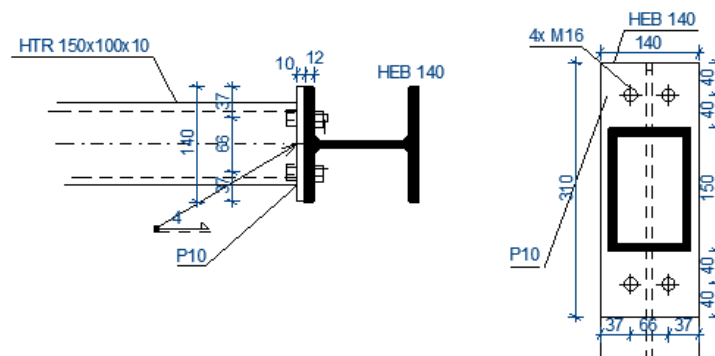
$$F_{w,Rd} = 310,76 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 11,65 \text{ kN}$$

Svar vyhoví

Posouzení přípoje s vlivem páčení

Posouzení provedeno podle již neplatné normy ČSN 73 1401/1998. Z důvodu působení poměrně malé tahové síly, lze takto postupovat.

Vodorovná síla od zatížení větrem (vítr severozápadní)  $N_{Ed} = 5,48 \text{ kN}$



Šrouby 4x M16 8.8

Únosnost v tahu jednoho šroubu  $F_{t,Rd} = 90,4 \text{ kN}$

Tloušťka desky  $t = 10 \text{ mm}$

Nejmenší tloušťka desky, při které nedojde k páčení

$$t_e = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{b \cdot d^2}{a}}$$

$$t_e = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{40 \cdot 12^2}{40}}$$

$$t_e = 22,53 \text{ mm}$$

Součinitel zvětšující sílu vlivem páčení

$$\gamma_P = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_e^3 - t^3}{d^2}$$

$$\gamma_P = 1 + 0,005 \cdot \frac{22,53^3 - 10^3}{12^2}$$

$$\gamma_P = 1,362$$

Posouzení

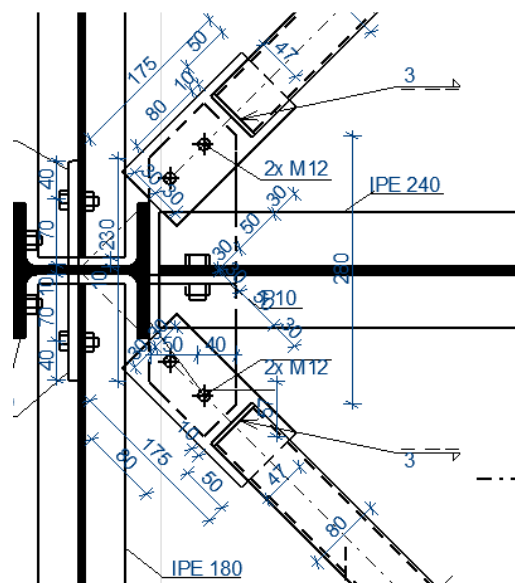
$$N_{Ed} \cdot \gamma_P \leq N_{t,Rd}$$

$$5,48 \cdot 1,362 \leq N_{t,Rd} = 4 \cdot 90,4$$

$$7,46 \text{ kN} \leq N_{t,Rd} = 361,6 \text{ kN}$$

Přípoj vyhoví

Přípoj ztužidla



Zatížení:

Vnitřní síla ve ztužidlu  $D = 15,66 \text{ kN}$

Návrh šroubů M12 8.8

Únosnost šroubu na stříh:  $F_{v,Rd} = 32,4 \text{ kN}$

(závit po celé délce šroubu, jednostřížný spoj)

Únosnost šroubu na otláčení:  $F_{b,Rd} = 94,2 \text{ kN}$

(ocel S355, tloušťka plechu  $t=10 \text{ mm}$ , běžné rozteče)

Potřebný počet šroubů:

Stříh

$$\frac{D}{F_{v,Rd}} = \frac{15,66 \cdot 10^3}{32,4 \cdot 10^3} = 0,483$$

Otláčení

-styčnickové plechy,  $t=10 \text{ mm}$ ,

$$\frac{D}{\frac{t}{10} \cdot F_{b,Rd}} = \frac{15,66}{\frac{10}{10} \cdot 94,2} = 0,166$$

**Navrhnu 2x šrouby M12 8.8**

Návrh svaru (připoj ztužidla a styčnickového plechu)

Koutový 4x  $a=3 \text{ mm}$ , délka  $L_{we} = 50 \text{ mm}$

Ocel S355

Návrhová pevnost

$$f_{vw,d} = 251,47 \text{ MPa}$$

Únosnost svaru

$$F_{w,Rd} = 4 \cdot a \cdot L_{we} \cdot f_{vw,d} \geq D$$

$$F_{w,Rd} = 4 \cdot 3 \cdot 50 \cdot 251,47 \geq D = 15,66 \text{ kN}$$

$$F_{w,Rd} = 150,88 \text{ kN} \geq D = 15,66 \text{ kN}$$

Svar vyhoví

Návrh svaru (přípoj styčnickového plechu na vazník a sloup)

Rozložení síly z Diagonály do směrů

$$\text{Úhel } \alpha = \arctg\left(\frac{2,5}{2,5}\right) = 45^\circ$$

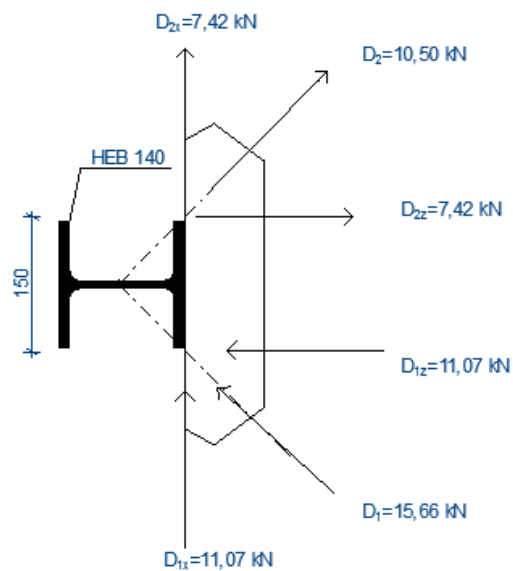
$$D_{1x} = D_1 \cdot \cos\alpha = 15,66 \cdot \cos 45^\circ = 11,07 \text{ kN}$$

$$D_{1z} = D_1 \cdot \sin\alpha = 15,66 \cdot \sin 45^\circ = 11,07 \text{ kN}$$

$$D_{2x} = D_2 \cdot \cos\alpha = 10,50 \cdot \cos 45^\circ = 7,42 \text{ kN}$$

$$D_{2z} = D_2 \cdot \sin\alpha = 10,50 \cdot \sin 45^\circ = 7,42 \text{ kN}$$

Schéma



Koutový 2x a=4 mm, délka  $L_{we} = 140 \text{ mm}$

Ocel S355

Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\tau_{\parallel} = \frac{(D_{1x} + D_{2x})}{a_w \cdot L_{we} \cdot 2}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{11,07 \cdot 10^3 - 7,42 \cdot 10^3}{4 \cdot 140 \cdot 2}$$

$$\tau_{\parallel} = 3,26 \text{ MPa}$$

Normálové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{(D_{1z} + D_{2z})}{a_w \cdot L_{we} \cdot 2} + \frac{(D_{1z} + D_{2z}) \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot L_w^2 \cdot a_w} \right)$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{11,07 \cdot 10^3 + 7,42 \cdot 10^3}{4 \cdot 140 \cdot 2} + \frac{(11,07 \cdot 10^3 + 7,42 \cdot 10^3) \cdot 150}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 140^2 \cdot 4} \right)$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 86,72 \text{ MPa}$$

Posouzení

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{b_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{86,72^2 + 3 \cdot (86,72^2 + 3,26^2)} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$173,53 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví

**Závěr**

**V bakalářské práci byly navrženy všechny hlavní nosné prvky nástavby administrativní budovy, které byly předmětem zadání.**