



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

OCELOVÁ KONSTRUKCE AUTOSALONU

STEEL CONSTRUCTION OF THE CAR SHOWROOM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kateřina Bystrianská

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2019



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## OCELOVÁ KONSTRUKCE AUTOSALONU

STEEL CONSTRUCTION OF THE CAR SHOWROOM

### A – PRŮVODNÍ DOKUMENT

#### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kateřina Bystrianská

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2018

## **Obsah**

01 Titulní list

02 Zadání VŠKP

03 Abstrakt a klíčová slova

04 Bibliografická citace

05 Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP

06 Prohlášení o původnosti VŠKP

07 Poděkování

08 Popisný soubor závěrečné práce

09 Seznam použité literatury

10 Obsah práce



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## OCELOVÁ KONSTRUKCE AUTOSALONU

STEEL CONSTRUCTION OF THE CAR SHOWROOM

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kateřina Bystrianská

### VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2018



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Bc. Kateřina Bystrianská
<b>Název</b>	Ocelová konstrukce autosalonu
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Michal Štrba, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	31. 3. 2018
<b>Datum odevzdání</b>	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

---

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **PODKLADY A LITERATURA**

Použity budou platné normy pro stanovení zatížení a navrhování ocelových konstrukcí, zejména:

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

V rámci práce bude navržena a posouzena ocelová nosná konstrukce objektu autosalonu v Jihlavě. Minimální půdorysné rozměry objektu budou 40 x 50 m. Výška objektu je stanovena na cca 12 m. Další rozměry vyplynou z architektonických a koncepčních požadavků na objekt, přičemž konkrétní konstrukce bude vybrána na základě řešení dvou geometrických, resp. konstrukčních variant.

Předepsanými přílohami budou:

- statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce, včetně spojů a některých detailů (dle specifikace vedoucího),
- technická zpráva (se zahrnutím postupu montáže),
- výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím práce (včetně výkazu prvků).

## **STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Michal Štrba, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

## ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením ocelové konstrukce autosalonu v Jihlavě. Půdorysné rozměry konstrukce jsou 40,0 x 52,0 m a výška v nejvyšším bodě je 13,14 m. Nosnou konstrukci tvoří příhradový vazník, tvořený soustavou oblouků, krajní sloupy a vnitřní sloup se vzpěrou. Jedná se o bezvaznicovou soustavu, vzdálenost vazeb je 4,0 m. V rámci řešení práce je vypracováno porovnání dvou variant, pro vhodnější je dále zpracován statický výpočet hlavních nosných částí, včetně spojů a detailů. Hlavní konstrukční materiál je ocel S 355.

## KLÍČOVÁ SLOVA

ocelová konstrukce, autosalon, obloukový příhradový vazník, oblouk, vazník, spřažená ocelobetonová konstrukce, kruhové trubky, čtvercové trubky, obdelníkové trubky, příhradový sloup

## ABSTRACT

The diploma thesis deals with the design and assessment of the steel construction of the car showroom in Jihlava. The ground dimensions of the structure are 40,0 x 52,0 m and the height at the highest point is 13,14 m. The supporting structure consists of a truss girder consisting of a set of arches, outer columns and an inner column with a strut. This is a freebase system, the distance of the bindings is 4.0 m. In the framework of the work is elaborated the comparison of two variants, more suitable includes the static calculation of the main supporting parts, including the joints and details. The main construction material is steel, grade S 355.

## KEYWORDS

steel structure, car showroom, arched truss, arc, truss, composite steel and concrete structure, circular tubes, square tubes, rectangular tubes, truss column

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Bc. Kateřina Bystrianská *Ocelová konstrukce autosalonu*. Brno, 2018. 158 s., 51 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Michal Štrba, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Ocelová konstrukce autosalonu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2019

---

Bc. Kateřina Bystrianská

autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Ocelová konstrukce autosalonu* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2019

---

Bc. Kateřina Bystrianská

autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu mé diplomové práce Ing. Michalu Štrbovi, Ph.D. za odborné vedení a poskytnuté rady a především za čas, který mi věnoval.

Bc. Kateřina Bystrianská

## POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

**Vedoucí práce** Ing. Michal Štrba, Ph.D.

**Autor práce** Bc. Kateřina Bystrianská

**Škola** Vysoké učení technické v Brně

**Fakulta** Stavební

**Ústav** Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

**Studijní obor** 3607T009 Konstrukce a dopravní stavby

**Studijní program** N3607 Stavební inženýrství

**Název práce** Ocelová konstrukce autosalonu

**Název práce v anglickém jazyce** Steel construction of the car showroom

**Typ práce** Diplomová práce

**Přidělovaný titul** Ing.

**Jazyk práce** Čeština

**Datový formát elektronické verze** PDF

**Abstrakt práce** Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením ocelové konstrukce autosalonu v Jihlavě. Půdorysné rozměry konstrukce jsou 40,0 x 52,0 m a výška v nejvyšším bodě je 13,14 m. Nosnou konstrukci tvoří příhradový vazník, tvořený soustavou oblouků, krajní sloupy a vnitřní sloup se vzpěrou. Jedná se o bezvaznicovou soustavu, vzdálenost vazeb je 4,0 m. V rámci řešení práce je vypracováno porovnání dvou variant, pro vhodnější je dále zpracován statický výpočet hlavních nosných částí, včetně spojů a detailů. Hlavní konstrukční materiál je ocel S 355.

**Abstrakt práce  
v anglickém  
jazyce**

The diploma thesis deals with the design and assessment of the steel construction of the car showroom in Jihlava. The ground dimensions of the structure are 40,0 x 52,0 m and the height at the highest point is 13,14 m. The supporting structure consists of a truss girder consisting of a set of arches, outer columns and an inner column with a strut. This is a freebase system, the distance of the bindings is 4.0 m. In the framework of the work is elaborated the comparison of two variants, more suitable includes the static calculation of the main supporting parts, including the joints and details. The main construction material is steel, grade S 355.

**Klíčová slova**

ocelová konstrukce, autosalon, obloukový příhradový vazník, oblouk, vazník, spřažená ocelobetonová konstrukce, kruhové trubky, čtvercové trubky, obdelníkové trubky, příhradový sloup

**Klíčová slova  
v anglickém  
jazyce**

steel structure, car showroom, arched truss, arc, truss, composite steel and concrete structure, circular tubes, square tubes, rectangular tubes, truss column

# SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

## NORMY

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčnicků
- [7] ČSN EN 1994-1-1 Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

## INTERNETOVÉ ZDROJE

- [8] Kingspan, Česká republika. . [online]. [cit. 2019-01-10]. Dostupné z: <http://www.kingspan.cz/>
- [9] CLEARMONT. . [online]. [cit. 2019-01-10]. Dostupné z: <https://www.clearmont.cz>
- [10] Hilti. . [online]. [cit. 2019-01-10]. Dostupné z: <https://www.hilti.cz/>

## LITERATURA

- [11] prof.Ing.HOLICKÝ, M., DrSc.,doc.Ing. MARKOVÁ, J.Ph.D., Ing.SÝKORA, M. Ph.D. *Zatížení stavebních konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1991*, Praha : ČKAIT, s.r.o., 2010, p. 132
- [12] prof.Ing. MACHÁČEK, J. DrSc. a kol. *Navrhování ocelových konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8. Navrhování hliníkových konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1999-1*, Praha: ČKAIT, s.r.o., 2009, p.184

# **Obsah práce**

## **A – Průvodní dokument**

- 01 Titulní list
- 02 Zadání VŠKP
- 03 Abstrakt a klíčová slova
- 04 Bibliografická citace
- 05 Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP
- 06 Prohlášení o původnosti VŠKP
- 07 Poděkování
- 08 Popisný soubor závěrečné práce
- 09 Seznam použité literatury
- 10 Obsah práce

## **B – Technická zpráva**

## **C – Porovnání variant**

## **D – Statický výpočet**

## **E – Výkresová dokumentace**

- 01 PŮDORYS
- 02 PŘÍČNÝ ŘEZ A PODÉLNÝ ŘEZ
- 03 KONSTRUKČNÍ VÝKRES
- 04 KOTEVNÍ PLÁN

## **F – Přílohy**

- 01 KLÍČ KOMBINACÍ
- 02 VNITŘNÍ SÍLY
- 03 POSOUZENÍ PRŮTŮ – DLUBAL RFEM



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## OCELOVÁ KONSTRUKCE AUTOSALONU

STEEL CONSTRUCTION OF THE CAR SHOWROOM

### B – TECHNICKÁ ZPRÁVA

#### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kateřina Bystrianská

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

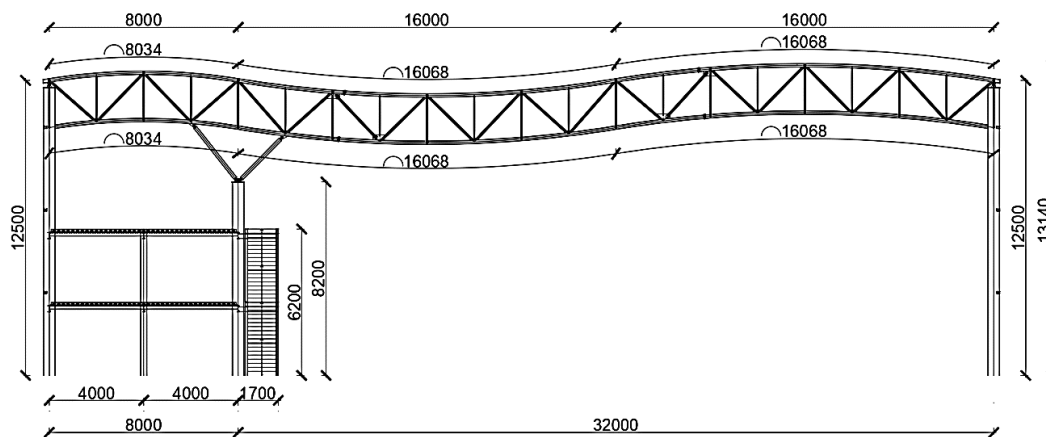
BRNO 2018

# 1 Obsah

1	Úvod.....	3
2	Použité normativní dokumenty.....	3
3	Materiály .....	4
4	Zatížení .....	4
5	Popis konstrukce.....	5
5.1	Opláštění .....	5
5.2	Vazník .....	5
5.3	Ztužidla.....	6
5.4	Konstrukce mezipater.....	6
5.5	Schody .....	6
5.6	Sloupy .....	7
5.7	Kotvení .....	7
6	Povrchová úprava .....	8
7	Údržba konstrukce .....	8
8	Montáž .....	8
9	Výkaz materiálů.....	9

# 1 Úvod

Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením ocelové konstrukce autosalonu v Jihlavě. Půdorysné rozměry konstrukce jsou 40,0 x 52,0 m a výška v nejvyšším bodě je 13,14 m. Nosnou konstrukci tvoří příhradový vazník, tvořený soustavou oblouků, krajní sloupy a vnitřní sloup se vzpěrou. Jedná se o bezvaznicovou soustavu, vzdálenost vazeb je 4,0 m. V rámci řešení práce je vypracováno porovnání dvou variant, pro vhodnější je dále zpracován statický výpočet hlavních nosných částí, včetně spojů a detailů. Hlavní konstrukční materiál je ocel S 355.



## 2 Použité normativní dokumenty

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem

ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem

ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčnic

ČSN EN 1994-1-1 Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

### 3 Materiály

Hlavním materiálem prvků nosné konstrukce je ocel S355J0. Styčnickové plechy a čepové spoje jsou z téže oceli. Na příčná ztužidla je použita ocel S420J0. Šrouby pro spojení jednotlivých prvků jsou pevnosti 4.8, 5.6, 8.8 a 10.9. Patní kotevní plechy jsou z oceli S235J0. Pro spřažené konstrukce je použit beton C25/30, pro základové C16/20.

### 4 Zatížení

Vlastní tíha jednotlivých prvků je generována programem Dlubal RFEM 5.16 01.

Ostatní stálé zatížení:

**střešní panely Kingspan** KS1000 TOP-DEK tl. 100 mm

hmotnost panelu:  $11,86 \text{ kg/m}^2 = 0,1186 \text{ kN/m}^2$

**stěnové panely Kingspan** AWP flex tl.100 mm

hmotnost panelu:  $12,88 \text{ kg/m}^2 = 0,1288 \text{ kN/m}^2$

Zatížení sněhem

sněhová oblast III

charakteristická hodnota zatížení sněhem  $s_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

Zatížení větrem

větrná oblast II

výchozí základní rychlost větru  $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

kategorie terénu III

## 5 Popis konstrukce

### 5.1 Opláštění

Střešní plášť konstrukce je tvořen panely sendvičového typu. Skládají se z trapézových plechů tl. 0,5 mm a 0,4 mm. Tepelnou izolaci tvoří tuhá polyuretanová pěna. Trapézové plechy jsou oboustranně žárově pozinkovány. Panely se ukládají na příčné vazby vzdálené 4,0 m od sebe. Staticky působí jako spojitý nosník o 3 polích. Spojují se pomocí šroubů umístěných na exteriérové straně. U stěnových panelů mají trapézové plechy tl. 0,6 mm a 0,4 mm. Tepelná izolace je opět z polyuretanové pěny. Panely se připojují k paždíkům.

### 5.2 Vazník

Příhradový vazník je tvořen soustavou protichůdných oblouků, navržen na rozpětí 40,0 m. Ve čtvrtině podepřen sloupem se vzpěrami. Poloměry zaoblení jsou u Horního pásu 27,16 m, 48,32 m a 52,32 m. U dolního pásu 25,16 m, 50,32 m a 50,32 m. Výška vazníku je 2,0 m.

Horní pás vazníku je rozdělen montážními spoji na tři části a je průřezu TR 152x8,0 mm. Dolní pás vazníku je také tvořen třemi montážními celky, a to průřezu TR 152x8,0 mm. Výplňové pruty vazníku tvoří trubkové profily. Diagonály z profilu TR 88,9x6,3 mm. Pruty jsou k pásům připojeny pomocí koutových svarů. Svislice jsou z profilu TR 50x6,0 mm a jsou k pásům připojeny koutovými svary, nebo v případě KT styčnicku jsou připojeny k diagonálám pomocí styčnickového plechu. Horní i dolní pás vazníku je pomocí čepových spojů kloubově uložen na sloupy. Profil pásu je uzavřen čelní deskou P8. Během montáže je nutno sestavit vazník ze tří montážních dílců. Jednotlivé délky horních pásů dílců jsou 12,564 m, 15,068 m a 12,538 m, dolních pásů 12,064 m, 15,567 m a 12,038 m. Spojení dílců zajišťují čelní desky z plechů P20 a šrouby M16 8.8.

### **5.3 Ztužidla**

Podélné střešní ztužení konstrukce tvoří 11 řad příhradových ztužidel, vzdálených 4,0 m od sebe. Horní pás příhradového ztužidla je z trubkového profilu TR 88,9x5,0 mm, dolní pás z TR 60,3x5,0 mm a mezipásové pruty příhradového ztužení jsou z profilu TR 60,3x5,0 mm. Připojení horního i dolního pásu ztužidla k pásovým prutům vazníku je pomocí plechů a šroubů. Střešní a stěnové příčné ztužidlo z plného kruhového profilu RD 16 je umístěno mezi vazníky A – B, B – C, F – G, G – H, H – I, L – M a M – N v podélném směru a v příčném směru, jako součást štítové stěny v krajních polích mezi hlavním a příhradovým sloupem. Stejně profily jsou použity i u okapového ztužení. Tyto ztužidla jsou opatřeny napínáky. Diagonály ztužidel jsou v místě křížení mimoběžné. Montážní spojení je opět pomocí plechů a šroubů. Příčná ztužidla mezipater jsou umístěna v úrovni vazníků B – C, G – H a K – L v podélném směru a v příčném směru v krajních polích a uprostřed vnitřní konstrukce, jsou z profilu RD 30. Ztužidla plného průřezu jsou z oceli S420J0.

### **5.4 Konstrukce mezipater**

Konstrukci 1. a 2. NP tvoří spřažené stropnice profilu IPE 160, plech VSŽ 11 002 výšky 50 mm, betonové desky tl. 50 mm a konstrukce podlahy tl. 30 mm. Spřažení provedeno spřažovacími trny SD1 4.8 Ø19 mm. Stropnice jsou kloubově uloženy na průvlak o rozpětí 4,0 m z profilu IPE 270. Na spřažení je použit beton C 25/30.

### **5.5 Schody**

Schody jsou přímé jednoramenné, vedoucí do obou pater, K.V. je 3,10 m (18 stupňů), opatřeny odpočívadlem. Výška stupně ±172 mm a šířka ± 280 mm.

Hlavní nosník schodů je z profilu TR 4HR 200x100x6,3, je uložen na nosníku průřezu TR 4HR 200x8, který je na jedné straně připojen k průvlak a na druhé straně podepřen pomocnými sloupy o průřezu TR 101,6x8,0 mm.

## 5.6 Sloupy

Hlavní sloupy, na kterých jsou uloženy vazníky A – N jsou navrženy z profilu IPE 500. Jejich uložení je modelováno jako kloubové v obou směrech. Vnitřní sloupy se vzpěrou jsou kruhového průřezu z profilu TR 508/20 mm, vzpěra TR 152/8,0 mm. Jejich uložení je taktéž kloubové v obou směrech. Vnitřní sloup dl.6,2 m je z profilu TR 273/12,5 mm, vyplněn betonem C 25/30 a kloubově uložen. Štítové sloupy jsou příhradové z kruhových trubek, pásové pruty z profilu TR 76,1/5 mm, mezipásové pruty z profilu TR 60,3/5,0 mm, připojeny koutovými svary. Pásové pruty, v místě podpory jsou kloubově uloženy v obou směrech.

## 5.7 Kotvení

Kotvení je u všech sloupů objektu řešeno jako kloubové, patní plech z oceli S235J0. Sloupy jsou kotveny dodatečně a to pomocí kotevních šroubů pro chemické hmoty HILTI HIT- Z Ø 16 mm, délek 175 a 215 mm. Řešení betonových patek není součástí výpočtu, rozměry patek ve výkresech jsou tedy pouze informativní.

### K1 – kotvení hlavních sloupů

Kotveno do patního plechu o rozměrech 300x600 a tl. 10 mm, pomocí čtyřech kotevních šroubů M16 (5.6) dl. 215 mm. Tloušťka podlití je 30 mm.

### K2 – kotvení vnitřního sloupu se vzpěrami

Kotveno do patního plechu o rozměrech 600x600 a tl. 10 mm, pomocí čtyřech kotevních šroubů M16 (5.6) dl. 215 mm. Tloušťka podlití je 30 mm.

### K3 – kotvení štítových sloupů

Kotveno do patního plechu o rozměrech 130x180 mm a tl. 10 mm, pomocí dvou kotevních šroubů M16 (5.6) dl. 175 mm. Tloušťka podlití je 30 mm.

### K4 – kotvení vnitřních spřažených sloupů

Kotveno do patního plechu o Ø400 mm a tl. 10 mm, pomocí dvou kotevních šroubů M16 (5.6) dl. 215 mm. Tloušťka podlití je 30 mm.

### K5 – kotvení vnitřních sloupů pro konstrukci schodů

Kotveno do patního plechu o rozměrech 200x150 mm a tl. 10 mm, pomocí dvou kotevních šroubů M16 (5.6) dl. 175 mm. Tloušťka podlití je 30 mm.

## 6 Povrchová úprava

Všechny nátěry musí být provedeny v souladu s platnými normami. Ochrana proti korozi bude proveden základním nátěrem SikaCor Steel Protect VHS Rapid 80 µm a vrchním nátěrem Sika CorroTop 60 µm. Požadavkem pro nátěrový systém je dlouhá životnost.

Protipožární ochrana bude řešena aplikací protipožárních nátěrů nebo obkladů

## 7 Údržba konstrukce

Konstrukce musí být řádně udržována po celou dobu své životnosti. Stav konstrukce bude zjištěn odborně způsobilou osobou. Prohlídky jsou nutné minimálně jednou za 4 roky.

## 8 Montáž

Pro konstrukci je stanovena třída provádění EXC3. Montáž lze provádět z obou konců zároveň.

1. Výroba základových konstrukcí ze železobetonu. V řadě 1, 3 a 11 vynechání kapes pro smykové zarážky.
2. Vztyčení sloupů a zhotovení dočasného podepření do montáže ztužidel.
3. Montáž konstrukčních dílů vazníku do jednoho celku.
4. Vztyčení vazníků A - B a M - N zdvihací technikou a spojení pomocí čepů s hlavními sloupy a vzpěrami vnitřního sloupu.
5. Připojení stěnových a střešních příčných ztužidel mezi vazníky A - B a M - N.
6. Vztyčování zbylých vazníků a připojování podélných ztužidel z obou stran směrem ke středu budovy k vazníku G (H).
7. Montáž příhradových štítových sloupů a jejich vztyčení, od řad 1 a 11, směrem doprostřed.
8. Montáž příhradových ztužidel mezi štítovými sloupy, mezi řadami 1-2 a 10-11 doplnění příčnými ztužidly.
9. Současně montáž a betonáž vnitřní spřažené konstrukce.
7. Připojení paždíků, osazení střešních a stěnových panelů + dokončovací práce.

## 9 Výkaz materiálů

### Ocel

OZN.	PRVEK	PRŮŘEZ	KS	CELKOVÁ DÉLKA [m]	CELKOVÁ HMOTNOST [t]
1	HORNÍ PÁS VAZNÍKU	Tr 152,0/8,0	14	562,4	16,0
2	DOLNÍ PÁS VAZNÍKU	Tr 152,0/8,0	14	562,4	16,0
3	DIAGONÁLY	Tr 88,9/6,3	280	789,6	10,1
4	SVISLICE	Tr 50,0/6,0	266	532,0	3,5
5	HLAVNÍ SLOUPY	IPE 500	28	350,0	31,7
6	SLOUP SE VZPĚRAMI	Tr 508,0/20,0	12	98,4	23,7
7	VZPĚRY	Tr 152,0/8,0	24	72,9	2,1
8	VNITŘNÍ SLOUP (bez spřažení)	Tr 273,0/12,5	11	68,2	5,5
9	HORNÍ PÁS PODÉLNÉHO ZTUŽIDLA	Tr 88,9/5,0	143	572,0	5,9
10	PODÉLNÉ ZTUŽIDLO	Tr 60,3/5,0			
11	DOLNÍ PÁS PODÉLNÉHO ZTUŽIDLA	Tr 60,3/5,0	143	572,0	3,9
12	ŠTÍTOVÉ SLOUPY - PÁSOVÉ PRUTY	Tr 76,1/5,0	36	384,2	3,4
13	ŠTÍTOVÉ SLOUPY - MEZIPÁSOVÉ PRUTY	Tr 60,3/5,0	198	289,4	2,0
14	PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO ŠTÍTOVÉ STĚNY - PÁSOVÉ PRUTY	Tr 76,1/5,0	80	320,0	2,8
15	PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO ŠTÍTOVÉ STĚNY - MEZIPÁSOVÉ PRUTY	Tr 38,0/5,0	80	178,9	0,7
16	PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO - VNĚJŠÍ	RD 16	272	1504,7	2,4
17	PAŽDÍKY	4HR Tr 120/80/6,3	78	312,0	5,7
18	PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO - VNITŘNÍ	RD 30	46	206,0	1,1
19	HLAVNÍ NOSNÍK - SCHODY	4HR Tr 200/100/6,3	8	40,9	1,2
20	NOSNÍK PODPÍRAJÍCÍ Hlavní nosník schodů	4HR Tr 200/8,0	4	6,8	0,3
21	SLOUPY - PODPÍRAJÍCÍ SCHODY	Tr 101,6/8,0	4	18,6	0,3
22	STROPNICE (bez spřažení)	IPE 160	84	336,0	5,3
23	PRŮVLAK	IPE 270	60	240,0	8,7
				<b>8017,4</b>	<b>152,2</b>

Spotřeba betonu pro spřažené konstrukce: C 25/30 – 65 m<sup>3</sup>.



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## OCELOVÁ KONSTRUKCE AUTOSALONU

STEEL CONSTRUCTION OF THE CAR SHOWROOM

### C – POROVNÁNÍ VARIANT

#### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kateřina Bystrianská

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2018

## Obsah

Obsah.....	2
Seznam obrázků.....	3
1. ÚVOD.....	4
2. VÝPOČTOVÝ MODEL .....	4
3. ZATÍŽENÍ .....	4
4. KOMBINACE ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY.....	5
4.1. Kombinace pro mezní stav únosnosti.....	5
4.2. Kombinace pro mezní stav použitelnosti .....	5
4.3. Vnitřní síly.....	5
5. VARIANTA A.....	5
5.1. Geometrie.....	5
5.1.1. Schématický příčný řez.....	5
5.1.2. Schématický půdorys.....	6
5.1.3. Statický model.....	7
5.2. Posouzení v programu Dlubal RFEM .....	8
5.2.1. Posouzení jednotlivých prvků na MSÚ a MSP .....	8
5.2.2. Průhyb příhradového vazníku .....	9
6. VARIANTA B.....	9
6.1. Geometrie.....	9
6.1.1. Schématický příčný řez.....	9
6.1.2. Schématický půdorys.....	10
6.1.3. Statický model.....	11
6.2. Posouzení v programu Dlubal RFEM .....	12
6.2.1. Posouzení jednotlivých prvků na MSÚ A MSP.....	12
6.2.2. Průhyb příhradového vazníku .....	13
7. POROVNÁNÍ VARIANT .....	13

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma příčného řezu varianty A .....	5
Obrázek 2: Schéma půdorysu varianty A .....	6
Obrázek 3: Statický model varianty A .....	7
Obrázek 4: Průhyb vazníku varianty A.....	9
Obrázek 5: Schéma příčného řezu varianty B .....	9
Obrázek 6: Schéma půdorysu varianty B .....	10
Obrázek 7: Statické schéma varianty B .....	11
Obrázek 8: Průhyb vazníku varianty B.....	13

## 1. ÚVOD

Tato část diplomové práce se zabývá porovnáním dvou variant hlavní nosné konstrukce Autosalonu v Jihlavě. Obě varianty mají půdorysný rozměr 52x40m a výšku hlavních sloupů 12,5 m. Rozdíl variant spočívá v odlišné vzdálenosti příčných vazeb. Varianta A je navržena jako vaznicová soustava, varianta B je bezvaznicová. Návrhy jsou porovnány na základě 4 kritérií, počtu styčníků, nátěrové plochy, hmotnosti konstrukce a deformace vazníku. Pro vybranou variantu je dále zpracován statický výpočet, technická zpráva a výkresová dokumentace.

## 2. VÝPOČTOVÝ MODEL

Výpočtový model je v obou případech vytvořen v programu Dlubal RFEM 5.16.01 jako 3D prutová konstrukce. Podpory jsou u hlavních sloupů v příčném i podélném směru kloubové. Horní i dolní pás příhradového vazníku je kloubově připojen na hlavní sloupy, dále je vazník ve dvou místech podepřen středovým sloupem se vzpěrami („vidličkou“). Štítové sloupy jsou příhradové podepírající nahoře vazník a dole ve dvou bodech kloubově podepřeny. Vaznice varianty A jsou spojitě uloženy na horní pás vazníku.

## 3. ZATÍŽENÍ

Pro účely porovnání, budou varianty posouzeny na

- ZS1 – Vlastní tíha
- ZS2 – Ostatní stálé zatížení
- ZS4 – Sníh plný
- ZS9 – Vítr příčný X+

(řešení pro plochou střechu)

Podrobný postup výpočtu jednotlivých zatěžovacích stavů viz. D - Statický výpočet.

## 4. KOMBINACE ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

### 4.1. Kombinace pro mezní stav únosnosti

KP1 - MSÚ – kombinace provedena dle výrazu 6.10.

### 4.2. Kombinace pro mezní stav použitelnosti

KP2 – MSP – kombinace provedena dle výrazu 6.14b – charakteristická kombinace.

### 4.3. Vnitřní síly

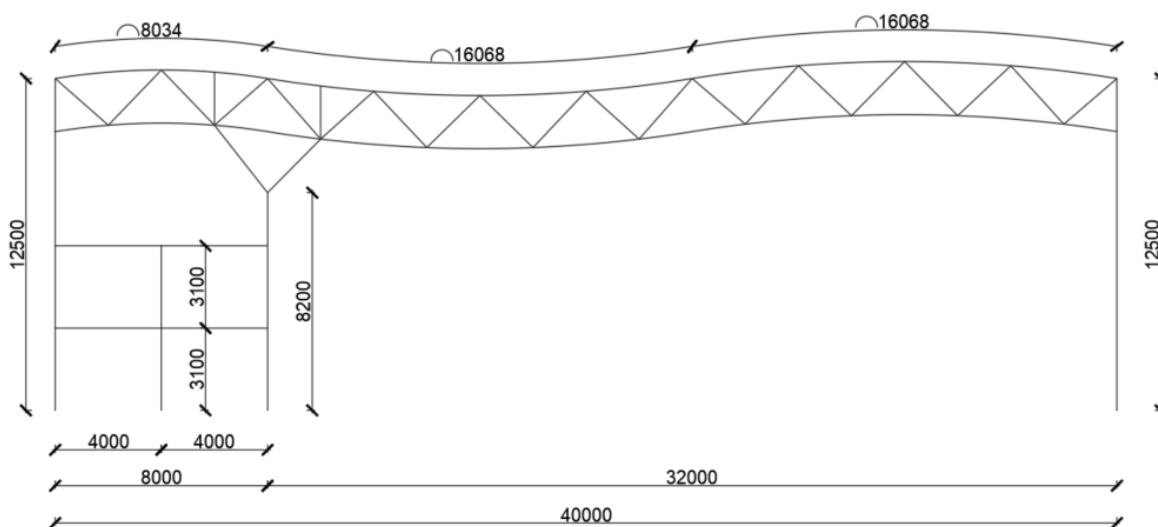
Vnitřní síly spočítány v programu Dlubal RFEM 5.16.01.

## 5. VARIANTA A

### 5.1. Geometrie

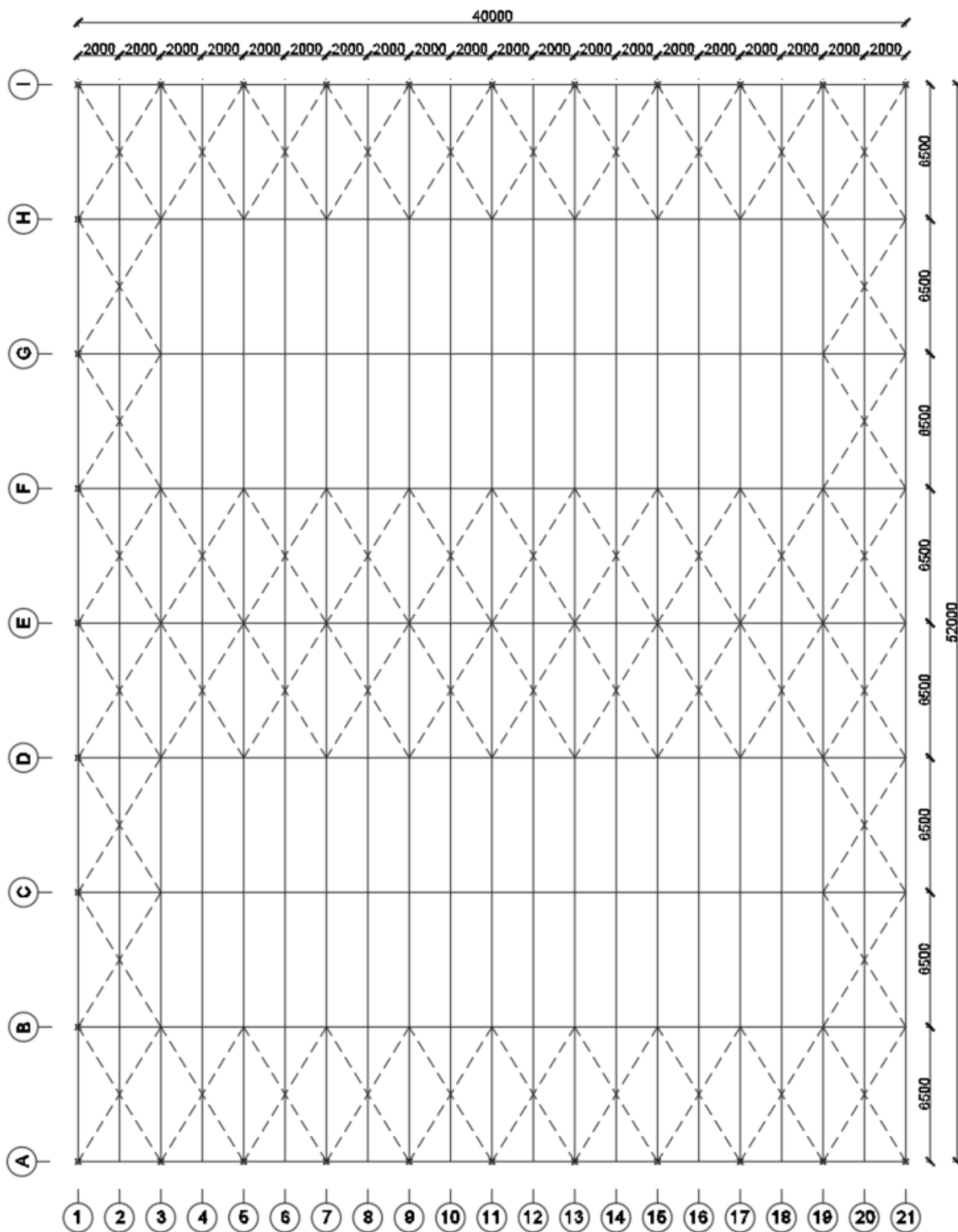
Varianta A je navržena jako vaznicová soustava. Příčných vazeb je 9 a jsou vzdáleny 6,5 m od sebe. Mezipásové pruty příhradového vazníku v poli tvoří pouze diagonály, štítový vazník je doplněn i o soustavu svislic.

#### 5.1.1. Schématický příčný řez



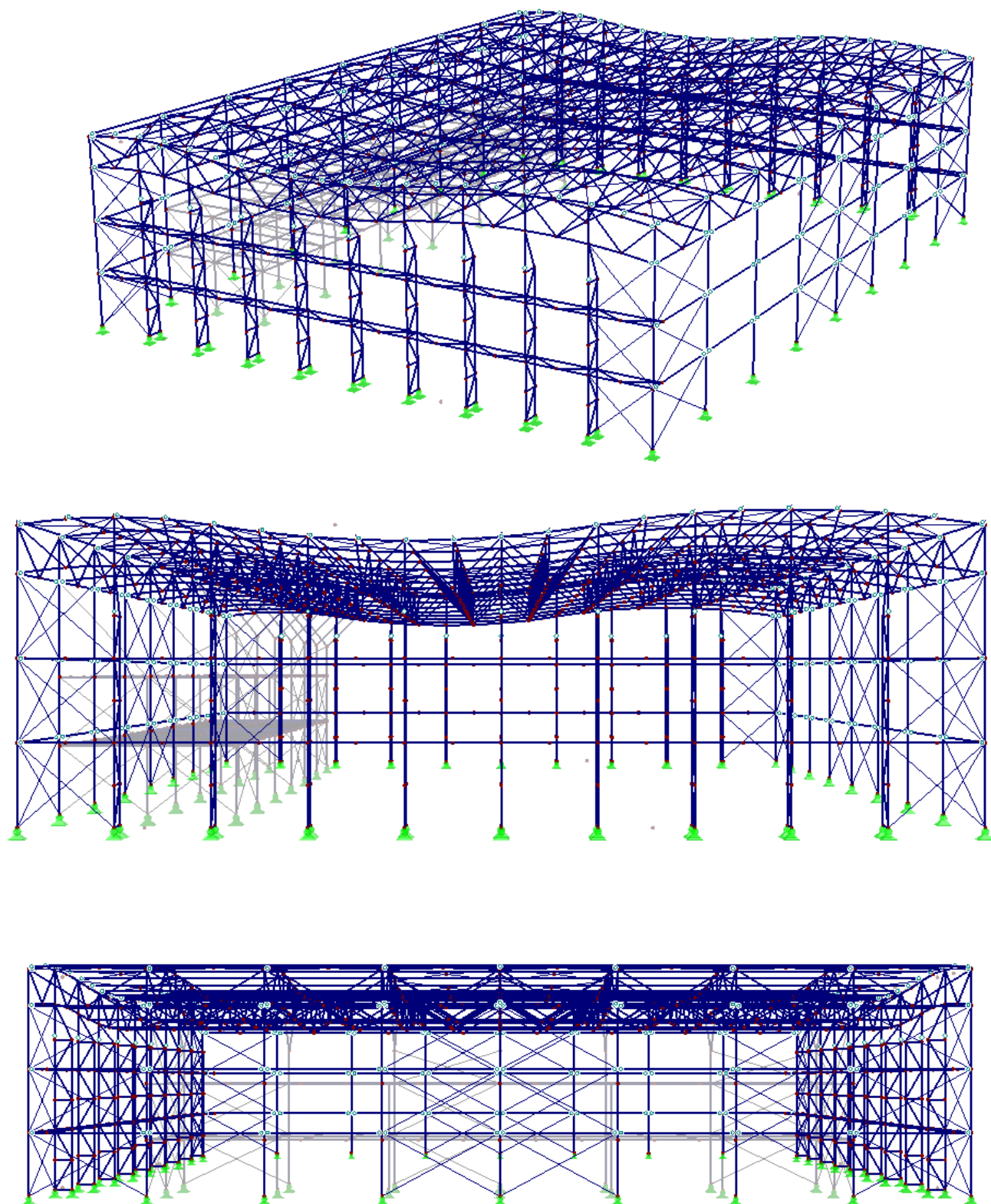
Obrázek 1: Schéma příčného řezu varianty A

### 5.1.2. Schématický půdorys



Obrázek 2: Schéma půdorysu varianty A

### 5.1.3. Statický model



Obrázek 3: Statický model varianty A

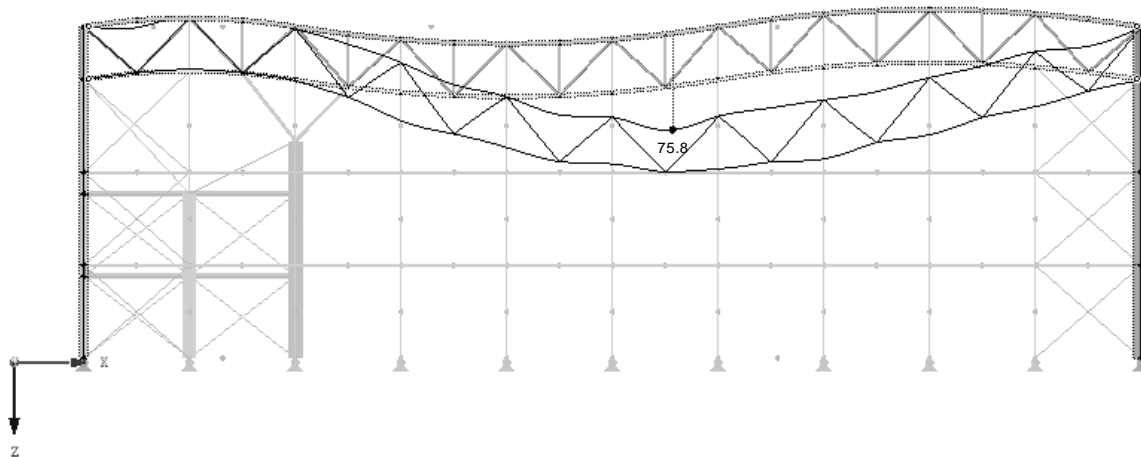
## 5.2. Posouzení v programu Dlubal RFEM

### 5.2.1. Posouzení jednotlivých prvků na MSÚ a MSP

VARIANTA	PRVEK	PRŮŘEZ	POSUDEK MSÚ	POSUDEK MSP
A	SLOUP L DL. 12,5 m	IPE 300	0,31	<b>0,61</b>
	SLOUP P DL. 12,5 m	IPE 500	0,55	<b>0,82</b>
	SLOUP DL. 8,2 m	IPE 550	0,27	<b>0,85</b>
	SLOUP DL. 6,2 m	IPE 500	0,10	<b>0,89</b>
	HP VAZNÍKU	Tr 4HR 150/6,3	<b>0,83</b>	0,58
	DP VAZNÍKU	Tr 4HR 120/6,3	<b>0,85</b>	0,55
	DIAGONÁLY	Tr 114,3/6,3	<b>0,79</b>	-
	SVISLICE - ŠTÍTOVÉ	Tr 60,3/5	<b>0,56</b>	-
	SVISLICE - VIDLIČKA	Tr 60,3/5	<b>0,54</b>	-
	VIDLIČKA	Tr 139,7/6,3	<b>0,69</b>	-
	VAZNICE	Tr 4HR 150/100/6,3	0,56	<b>0,70</b>
	PODÉLNÉ ZTUŽILO - DOLNÍ PÁS	Tr 88,9/4	<b>0,32</b>	-
	PODÉLNÉ ZTUŽIDLO	Tr 88,9/4	<b>0,72</b>	-
	ŠTÍTOVÉ SLOUPY	Tr 76,1/5	0,30	<b>0,42</b>
	ŠTÍTOVÉ SLOUPY - VÝPLŇOVÉ PRUTY	Tr 60,3/5	-	<b>0,53</b>
	PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO	Tr 76,1/5	0,64	<b>0,77</b>
	PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO - VÝPLŇOVÉ PRUTY	Tr 26,9/3,2	<b>0,46</b>	-
	PAŽDÍKY	Tr 4HR 180/100/6,3	0,19	<b>0,98</b>
	PRŮVLAKY	IPE 220	<b>0,40</b>	0,10
	STROPNICE	IPE 220	<b>0,59</b>	0,10
	VNĚJŠÍ TAHOVÉ ZTUŽENÍ	RD 10	<b>0,56</b>	-
VNITŘNÍ TAHOVÉ ZTUŽENÍ	RD 18	<b>0,68</b>	-	

## 5.2.2. Průhyb příhradového vazníku

KV 2: MSP - charakteristická  
Globální deformace u-Z  
Kombinace výsledků: Max. hodnoty



Max u-Z: 75.8, Min u-Z: -1.5 [mm]  
Součinitel pro deformace: 48.00

Obrázek 4: Průhyb vazníku varianty A

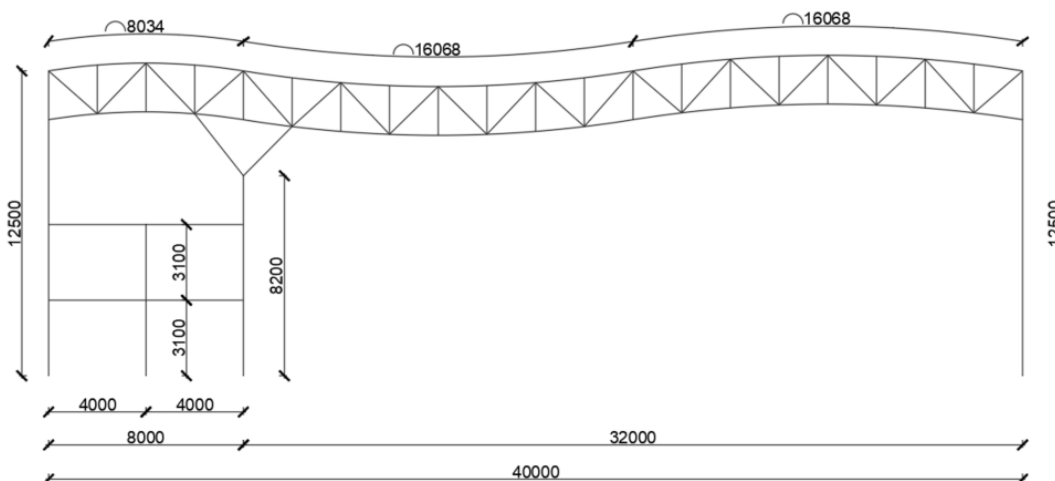
Splňuje kritérium maximálního průhybu vazníku.

## 6. VARIANTA B

### 6.1. Geometrie

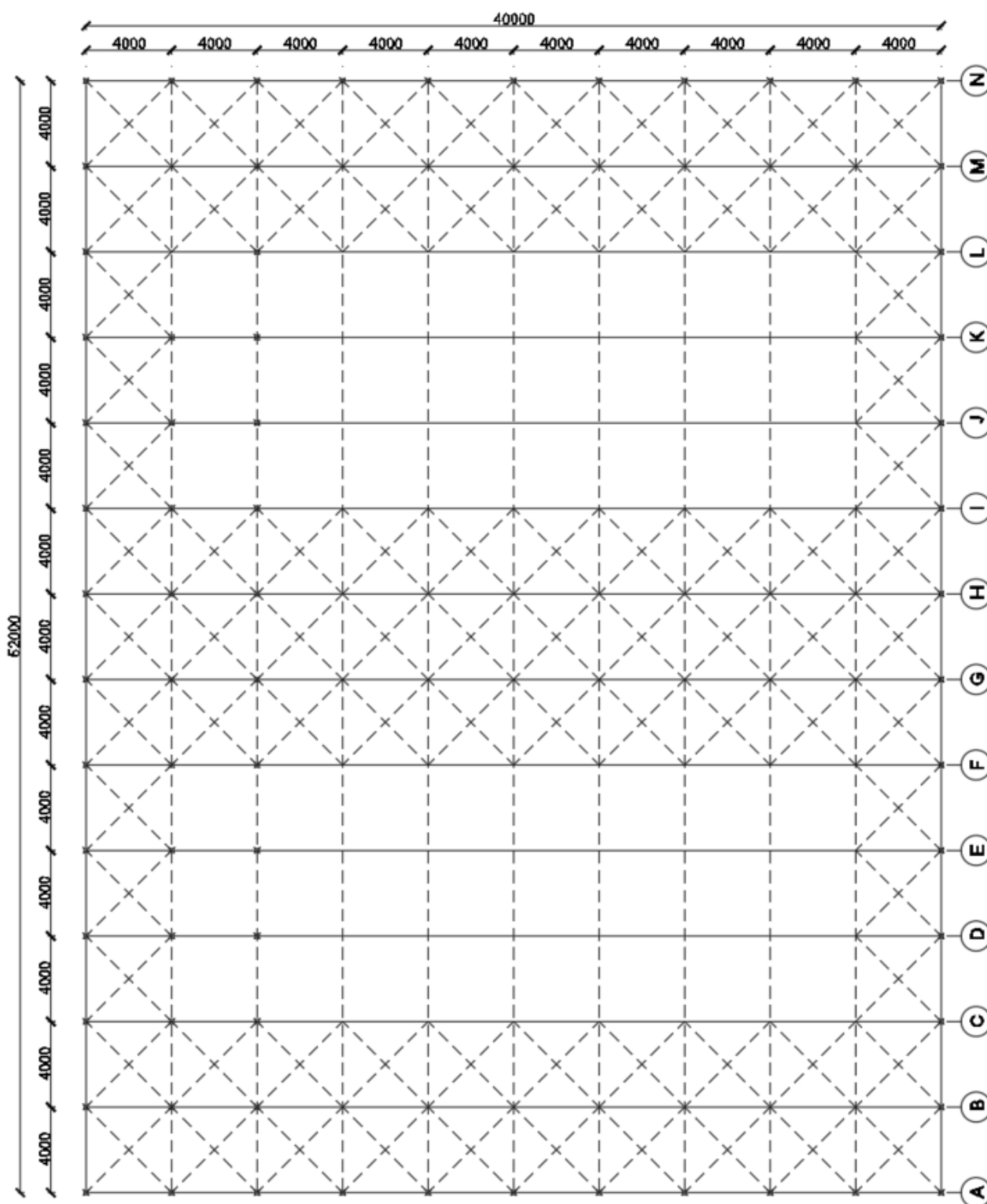
Varianta B je bezvaznicová soustava. Příčných vazeb je 14 a jsou vzdáleny 4,0 m od sebe. Mezipásové pruty příhradového vazníku tvoří svislice a diagonály.

#### 6.1.1. Schématický příčný řez



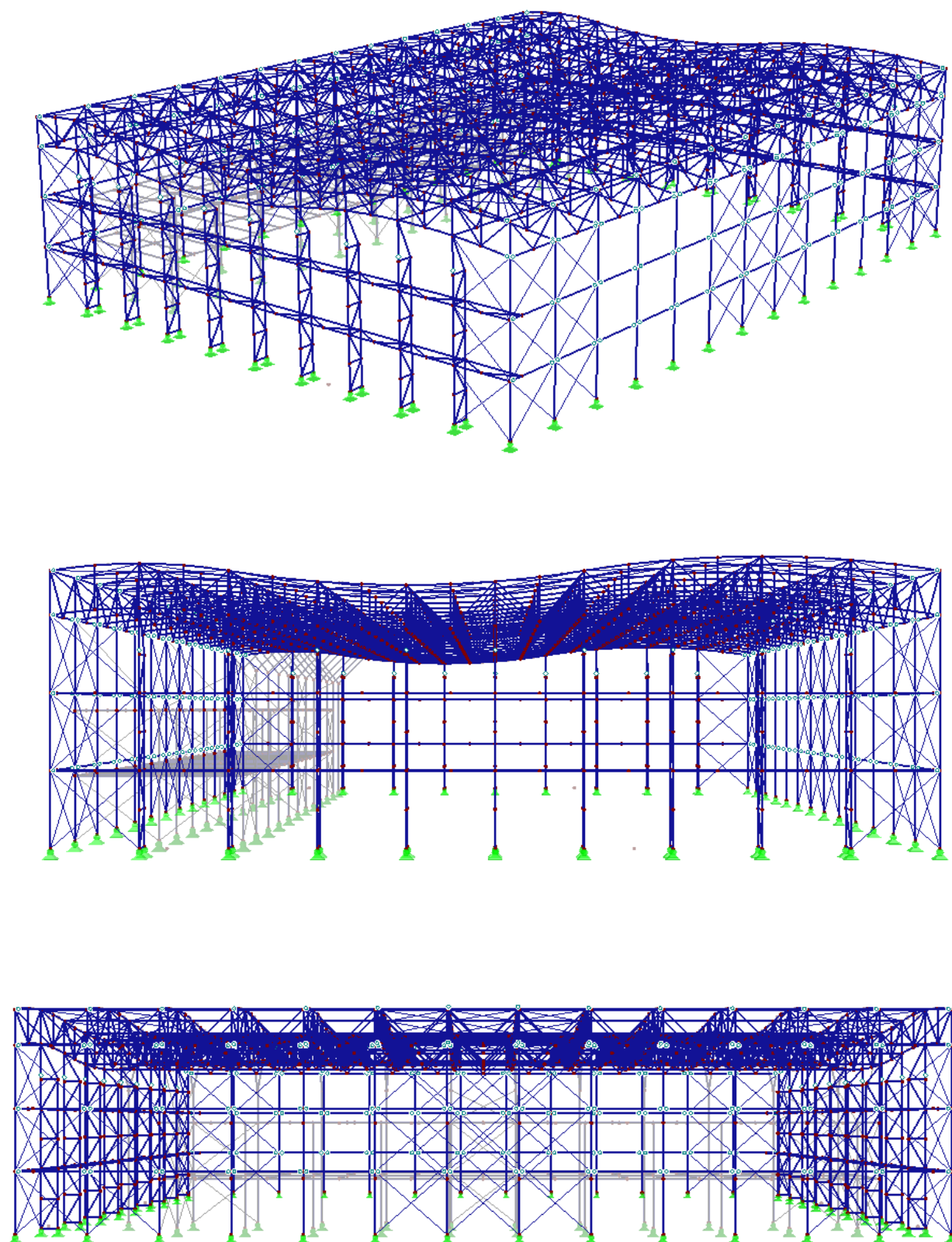
Obrázek 5: Schéma příčného řezu varianty B

### 6.1.2. Schématický půdorys



Obrázek 6: Schéma půdorysu varianty B

### 6.1.3. Statický model



Obrázek 7: Statické schéma varianty B

## 6.2. Posouzení v programu Dlubal RFEM

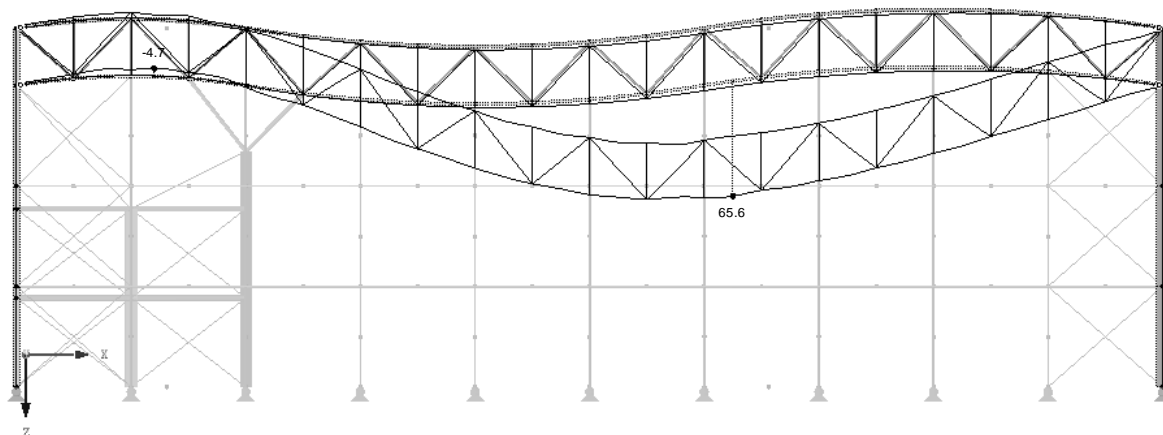
### 6.2.1. Posouzení jednotlivých prvků na MSÚ A MSP

VARIANTA	PRVEK	PRŮŘEZ	POSUDEK MSÚ	POSUDEK MSP
<b>B</b>	SLOUP DL. 12,5 m	IPE 220	0,37	<b>0,51</b>
	SLOUP DL. 12,5 m	IPE 450	0,46	<b>0,71</b>
	SLOUP DL. 8,2 m	IPE 400	0,52	<b>0,70</b>
	SLOUP DL. 6,2 m	IPE 450	0,10	<b>0,79</b>
	HP VAZNÍKU	4HR Tr 90/90/6,3	<b>0,71</b>	0,49
	DP VAZNÍKU	4HR Tr 80/80/6,3	<b>0,70</b>	0,50
	DIAGONÁLY	Tr 88,9/6,3	<b>0,79</b>	-
	SVISLICE	Tr 60,3/5	<b>0,47</b>	-
	SVISLICE - VIDLIČKA	Tr 48,3/5	<b>0,61</b>	-
	VIDLIČKA	Tr 139,7/6,3	<b>0,47</b>	0,27
	PODÉLNÉ ZTUŽIDLO - HORNÍ PÁS	4HR Tr 80/80/4	<b>0,67</b>	-
	PODÉLNÉ ZTUŽILO - DOLNÍ PÁS	Tr 60,3/5	<b>0,32</b>	-
	PODÉLNÉ ZTUŽIDLO	Tr 60,3/5	<b>0,68</b>	-
	ŠTÍTOVÉ SLOUPY	Tr 76,1/5	<b>0,30</b>	0,29
	ŠTÍTOVÉ SLOUPY - VÝPLŇOVÉ PRUTY	Tr 60,3/5	<b>0,48</b>	-
	PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO	Tr 76,1/5	0,57	<b>0,62</b>
	PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO - VÝPLŇOVÉ PRUTY	Tr 26,9/3,2	<b>0,42</b>	-
	PAŽDÍKY	4HR Tr 120/80/6,3	0,17	<b>0,74</b>
	PRŮVLAKY	IPE 200	0,08	<b>0,10</b>
	STROPNICE	IPE 200	<b>0,62</b>	0,10
VNĚJŠÍ TAHOVÉ ZTUŽENÍ	RD 16	<b>0,63</b>	-	
VNITŘNÍ TAHOVÉ ZTUŽENÍ	RD 20	<b>0,73</b>	-	

## 6.2.2. Průhyb příhradového vazníku

KV 2: MSP - charakteristická  
Globální deformace u-Z  
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Proti směru osy Y



Max u-Z: 65.6, Min u-Z: -4.7 [mm]  
Součinitel pro deformace: 61.00

Obrázek 8: Průhyb vazníku varianty B

Splňuje kritérium maximálního průhybu vazníku.

## 7. POROVNÁNÍ VARIANT

VARIANTA	POČET STYČNÍKŮ [ks]	NÁTĚROVÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	HMOSTNOST KCE [t]	DEFORMACE VAZNÍKU [mm]
A	1170	2840	118,862	75,8
B	1655	2720	106,342	65,6
ROZDÍL	485	120	12,52	10,2

Výslednou variantou pro podrobné zpracování je **varianta B** a to z důvodu úspory materiálu, menší nátěrové plochy a menší deformace konstrukce.



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## OCELOVÁ KONSTRUKCE AUTOSALONU

STEEL CONSTRUCTION OF THE CAR SHOWROOM

## D – STATICKÝ VÝPOČET

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kateřina Bystrianská

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2018

## Obsah

Obsah.....	2
Seznam obrázků.....	4
1. POPIS KONSTRUKCE.....	7
1. GEOMETRIE.....	8
1.1. Schématický půdorys .....	8
1.2. Schématický řez .....	9
1.3. Statický model .....	9
2. VÝPOČTOVÝ MODEL .....	10
3. ZATÍŽENÍ .....	11
3.1. ZS1 – Vlastní tíha .....	11
3.2. ZS2 – Ostatní stálé zatížení .....	11
3.2.1. Střešní plášť.....	11
3.2.2. Stěnové panely .....	11
3.3. ZS3 – Užitná zatížení .....	12
3.4. ZS4 – ZS8 – Zatížení sněhem.....	12
3.4.1. ZS4 – Sníh plný .....	13
3.4.2. ZS5, ZS6, ZS7 – Sníh navátý .....	13
• ZS5.....	14
• ZS6.....	14
• ZS7.....	15
3.4.3. ZS8 - Zatížení výjimečným navátím sněhu: .....	15
3.5. ZS9 – ZS14 – Zatížení větrem.....	16
3.5.1. ZS9, ZS10 – VÍTR PŘÍČNÝ X+ .....	17
3.5.2. ZS11, ZS12 – VÍTR PŘÍČNÝ X-.....	21
3.5.3. ZS13 – VÍTR PODÉLNÝ Y+.....	22
3.5.4. ZS14 – VÍTR PODÉLNÝ Y-.....	26
4. KOMBINACE ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY.....	27
4.1. Kombinace pro mezní stav únosnosti.....	27
4.1.1. Klíč kombinací.....	27
4.2. Kombinace pro mezní stav použitelnosti .....	27
4.2.1. Klíč kombinací.....	27
4.3. Vnitřní síly.....	27
5. POSOUZENÍ KONSTRUČNÍCH PRVKŮ .....	28
5.1. HORNÍ PÁS VAZNÍKU .....	28
5.2. DOLNÍ PÁS VAZNÍKU.....	32
5.3. DIAGONÁLY .....	36

5.4.	SVISLICE .....	38
5.5.	CELKOVÝ PRŮHYB VAZNÍKU .....	40
5.6.	SLOUP .....	41
5.7.	MAXIMÁLNÍ POSUN VE SMĚRU X.....	48
5.8.	SCHODY – HLAVNÍ NOSNÍK.....	49
5.9.	PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO – VNĚJŠÍ .....	55
5.10.	PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO – VNITŘNÍ.....	56
5.11.	SPŘAŽENÁ STROPNICE .....	57
5.12.	PRŮVLAK .....	62
5.13.	SPŘAŽENÝ SLOUP .....	69
5.14.	POSOUZENÍ ZBYLÝCH PRUTŮ NA MSP A MEZNÍ ŠTÍHLOST.....	72
	.....	75
6.	POSOUZENÍ SPOJŮ .....	78
6.1.	Připojení svislice k dolnímu pásu.....	78
6.2.	Připojení svislice k hornímu pásu .....	82
6.3.	Připojení diagonály k hornímu pásu .....	86
6.4.	Připojení diagonál a svislice k dolnímu pásu vazníku.....	89
6.5.	Připojení diagonál a svislice k hornímu pásu vazníku .....	94
7.	POSOUZENÍ MONTÁŽNÍCH SPOJŮ.....	99
7.1.	Montážní spoj dolního pásu.....	99
7.2.	Montážní spoj horního pásu .....	105
7.3.	Montážní spoj diagonály vazníku.....	109
7.4.	Připojení vzpěr k vazníku a sloupu .....	112
8.	KOTVENÍ.....	114
8.1.	HLAVNÍ SLOUPY – KLOUBOVÁ PATKA.....	114
8.2.	VNITŘNÍ SLOUP SE VZPĚRAMI - KLOUBOVÁ PATKA .....	117
8.3.	ŠTÍTOVÉ SLOUPY – KLOUBOVÁ PATKA .....	120

## Seznam obrázků

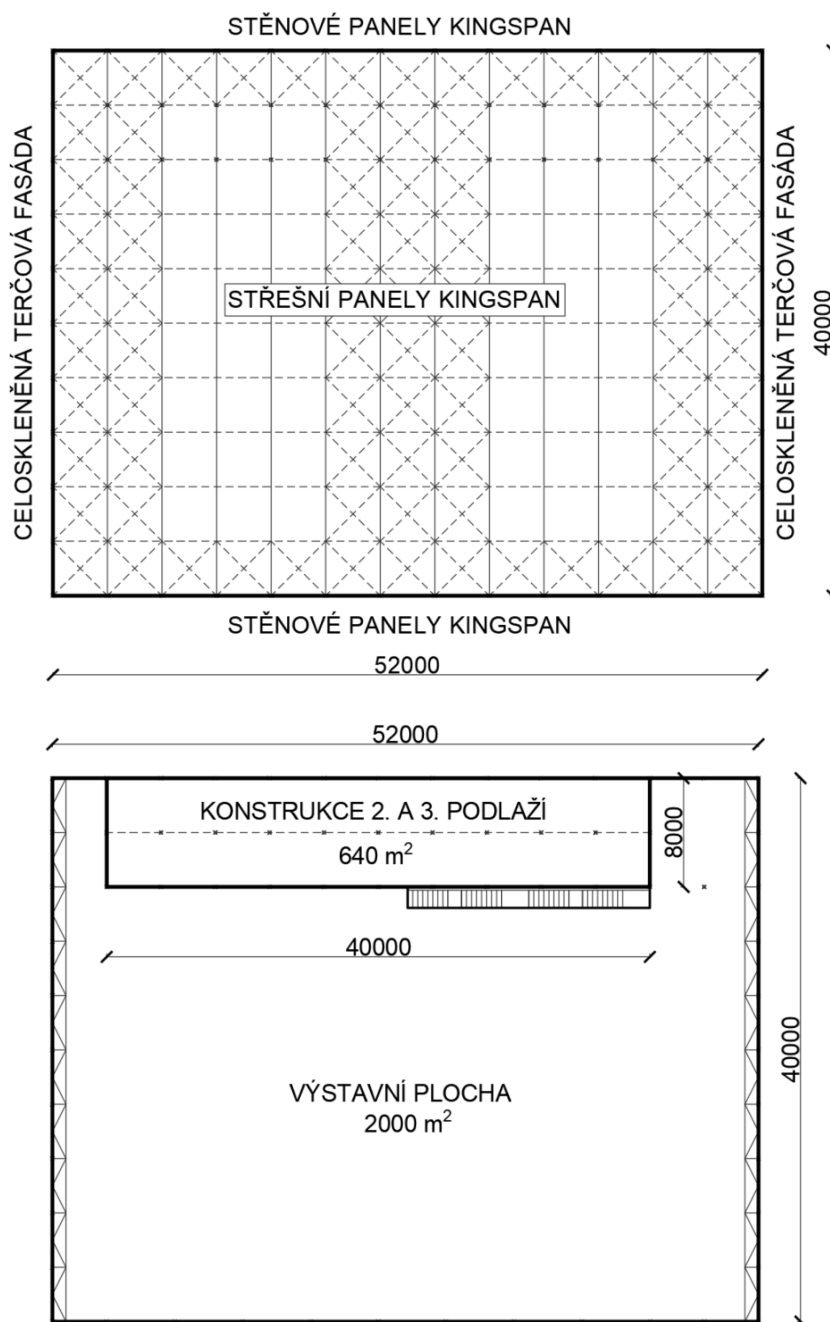
Obrázek 1: Schémata uspořádání konstrukce Autosalonu	5
Obrázek 2: Schématický půdorys objektu	6
Obrázek 3: Schématický příčný řez	7
Obrázek 4: Statický model konstrukce	8
Obrázek 5: Střešní plášť	9
Obrázek 6: Stěnové panely	9
Obrázek 7: Zatížení válcové střechy sněhem – tvarový součinitel (Obr.5.6.EN)	10
Obrázek 8: ZS4 - Sníh plný	11
Obrázek 9: Tvarový součinitel $\mu_3$ pro válcové střechy a $\beta \leq 60^\circ$ (Obr.5.5 EN)	11
Obrázek 10: ZS5 - Sníh navátý symetrický	12
Obrázek 11: ZS6 - Sníh navátý zleva	12
Obrázek 12: ZS7 - Sníh navátý zprava	13
Obrázek 13: ZS8 - Vyjíměčné navátí sněhu	13
Obrázek 14: Tvarový součinitel a délky návějí pro vyjíměčné navátí sněhu (Obr.B.1 EN)	14
Obrázek 15: Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro ploché střechy (Tab. 7.2 EN)	16
Obrázek 16: ZS9/ZS10 - Příčný vítr X+ na plochou střechu	16
Obrázek 17: Hodnoty vnějšího tlaku cpe pro klenbové střechy s pravouhlým půdorysem (Obr. 7.11 EN)	17
Obrázek 18: ZS9/ZS10 - Příčný vítr X+ na klenbu	18
Obrázek 19: Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro svislé stěny pozemních staveb s pravouhlým půdorysem (Tab. 7.1 EN)	18
Obrázek 20: ZS9/ZS10 - Vítr příčný X+ na stěnu	19
Obrázek 21: ZS11/ZS12 - Vítr příčný X- na plochou střechu	19
Obrázek 22: ZS11/ZS12 - Vítr příčný X- na klenbu	20
Obrázek 23: ZS11/ZS12 - Vítr příčný X- na stěnu	20
Obrázek 24: Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro sedlové střechy (Tab. 7.4b)	21
Obrázek 25: Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro svislé stěny pozemních staveb s pravouhlým půdorysem (Tab. 7.1 EN)	21
Obrázek 26: ZS13 - Vítr podélný Y+	22
Obrázek 27: ZS14 - Vítr podélný Y-	24
Obrázek 28: Horní pás vazníku	26
Obrázek 29: Dolní pás vazníku	30
Obrázek 30: Diagonála	34
Obrázek 31: Svislice	36
Obrázek 32: Celkový průhyb vazníku	38

Obrázek 33: Sloup	39
Obrázek 34: Průběh kritického napětí (ČSN EN 1993 -1-5)	40
Obrázek 35: Opravný součinitel $k_c$ (ČSN EN 1933 -1-1)	44
Obrázek 36: Maximální $M_y$ sloupu	45
Obrázek 37: Průhyb sloupu	46
Obrázek 38: Maximální posun ve směru $x$	46
Obrázek 39: Hlavní nosník schodů	47
Obrázek 40: Průhyb schodů ve směru $z$	51
Obrázek 41: Průhyb schodů ve směru $y$	52
Obrázek 42: Příčné ztužidlo vnější	53
Obrázek 43: Příčné ztužidlo vnitřní	54
Obrázek 44: Schéma spřažené stropnice	55
Obrázek 45: Schéma trapézového plechu	55
Obrázek 46: Efektivní průřez stropnice	56
Obrázek 47: Ideální průřez stropnice	58
Obrázek 48: Schéma spřahovacích trnů	59
Obrázek 49: Průvlak	60
Obrázek 50: Průběh zatížení na průvlaku	61
Obrázek 51: Montážní přípoj stropnice na průvlak	63
Obrázek 52: Posouzení čelní desky - řez 1	65
Obrázek 53: Posouzení čelní desky - řez 2	65
Obrázek 54: Posouzení čelní desky - řez 3	65
Obrázek 55: Schéma spřaženého sloupu	67
Obrázek 56: Průhyb spřaženého sloupu	69
Obrázek 57: Paždík	70
Obrázek 58: Průhyb paždíku v $X$ a $Y$	70
Obrázek 59: Pásové pruty příhradového sloupu	71
Obrázek 60: Mezipásové pruty příhradového sloupu	71
Obrázek 61: Průhyb v $Y$ příhradového sloupu	71
Obrázek 62: Vnitřní sloup se vzpěrami	72
Obrázek 63: Vzpěry	72
Obrázek 64: Průhyb sloupu se vzpěrami	72
Obrázek 65: HP podélného ztužidla	73
Obrázek 66: DP podélného ztužidla	73
Obrázek 67: Podélné ztužidlo	73
Obrázek 68: Pásový prut příčného ztužidla štítové stěny	74
Obrázek 69: Mezipásový prut příčného ztužidla štítové stěny	74
Obrázek 70: Ztužidla štítové stěny	74
Obrázek 71: Sloupy - schody	75
Obrázek 72: Průhyb sloupů pod schody	75
Obrázek 73: Připojení svislice k dolnímu pásu	76
Obrázek 74: Připojení svislice k hornímu pásu	80
Obrázek 75: Připojení diagonály k hornímu pásu	84

Obrázek 76: KT styčnick u dolního pásu	87
Obrázek 77: KT styčnick u horního pásu	87
Obrázek 78: Schéma montážních dílů vazníku	97
Obrázek 79: Montážní spoj dolního pásu	97
Obrázek 80: Náhradní T-průřez (ČSN EN 1993-1-8)	100
Obrázek 81: Montážní spoj horního pásu	103
Obrázek 82: Montážní spoj diagonály	107
Obrázek 83: Svar diagonály	108
Obrázek 84: Schéma připojení vzpěr k vazníku sloupu	110
Obrázek 85: Návrh rozměrů plechu pro čepový spoj (ČSN EN 1993-1-8)	110
Obrázek 86: Schéma kloubové patky hlavního sloupu	112
Obrázek 87: Schéma kloubové patky u vnitřního sloupu se vzpěrami	112
Obrázek 88: Schéma kloubové patky štítového sloupu	112

## 1. POPIS KONSTRUKCE

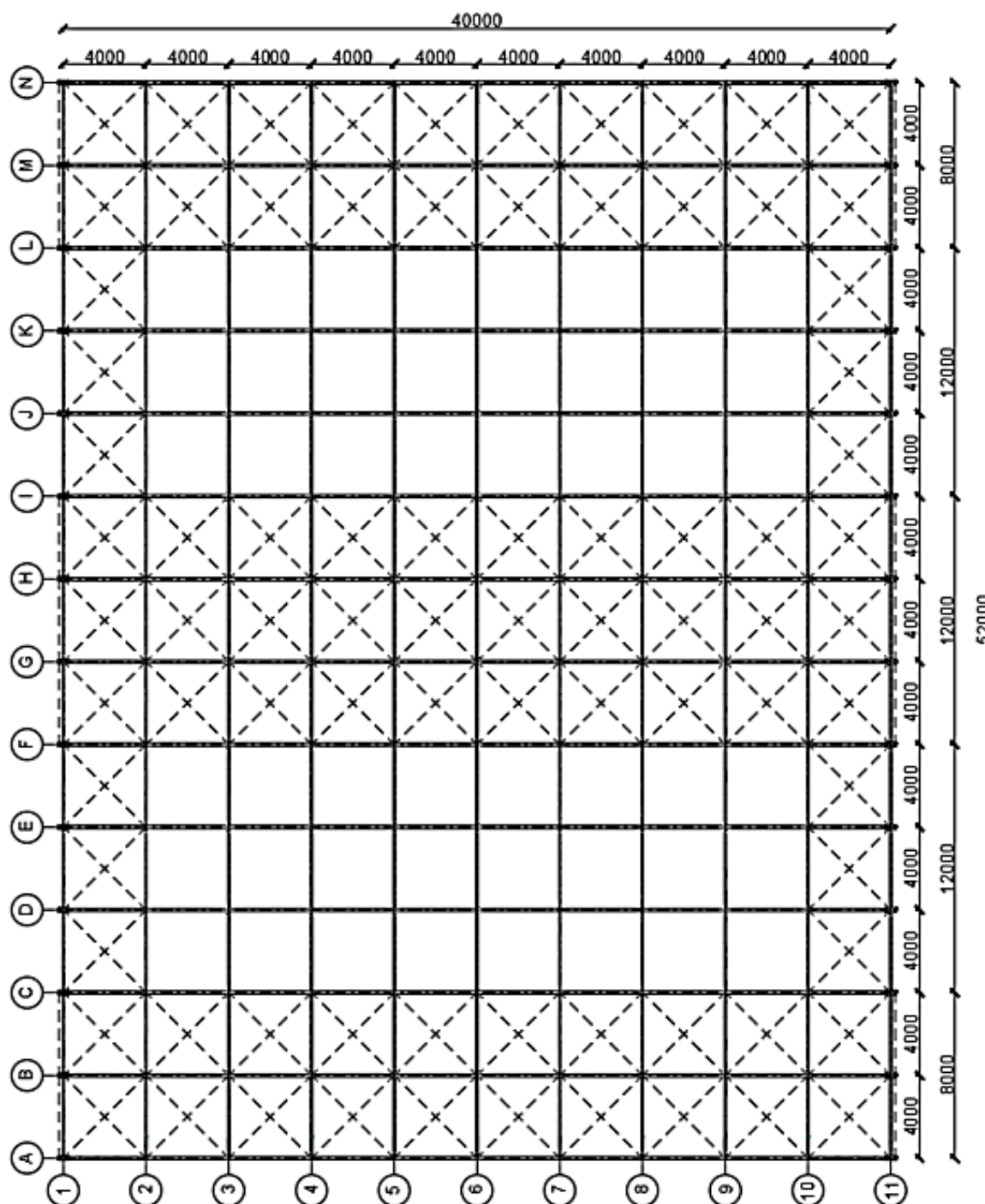
Konstrukce autosalonu je obdélníkového půdorysu o rozměrech 40,0x52,0 m a výšce v nejvyšším bodě 13,140 m. Tvar střešního pláště je určen tvarem vazníku ze 3 protisměrných oblouků. Opláštění objektu z části tvořeno sendvičovými stěnovými panely, opláštění štítových stěn je zajištěno samonosnou celoskleněnou terčovou fasádou. Střešní plášť je navržen ze sendvičových střešních panelů. Administrativní zázemí autosalonu tvoří dvoupatrová vnitřní konstrukce.



Obrázek 1: Schémata uspořádání konstrukce Autosalonu

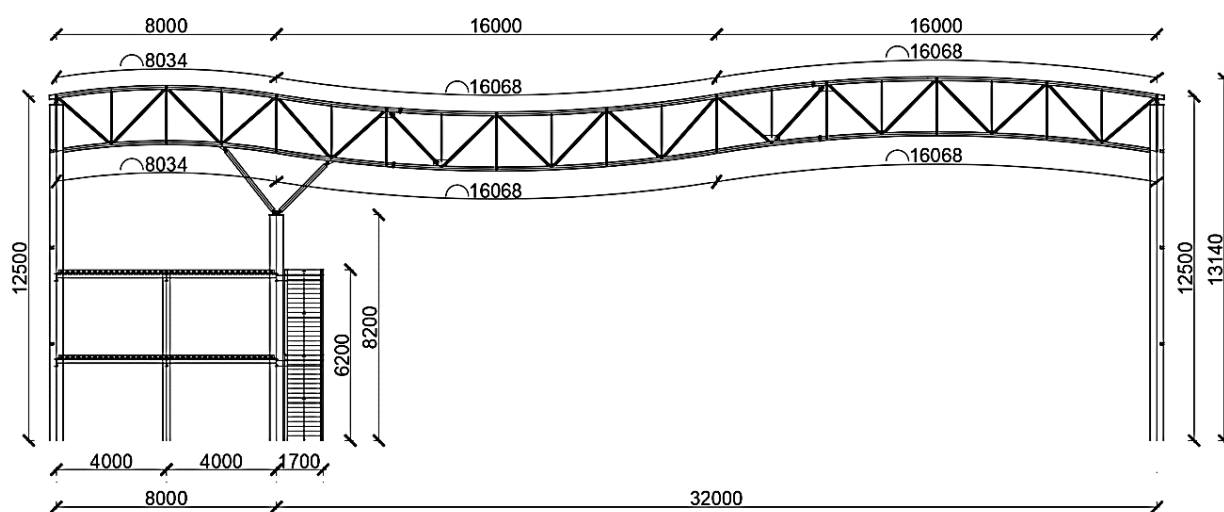
## 1. GEOMETRIE

### 1.1. Schématický půdorys



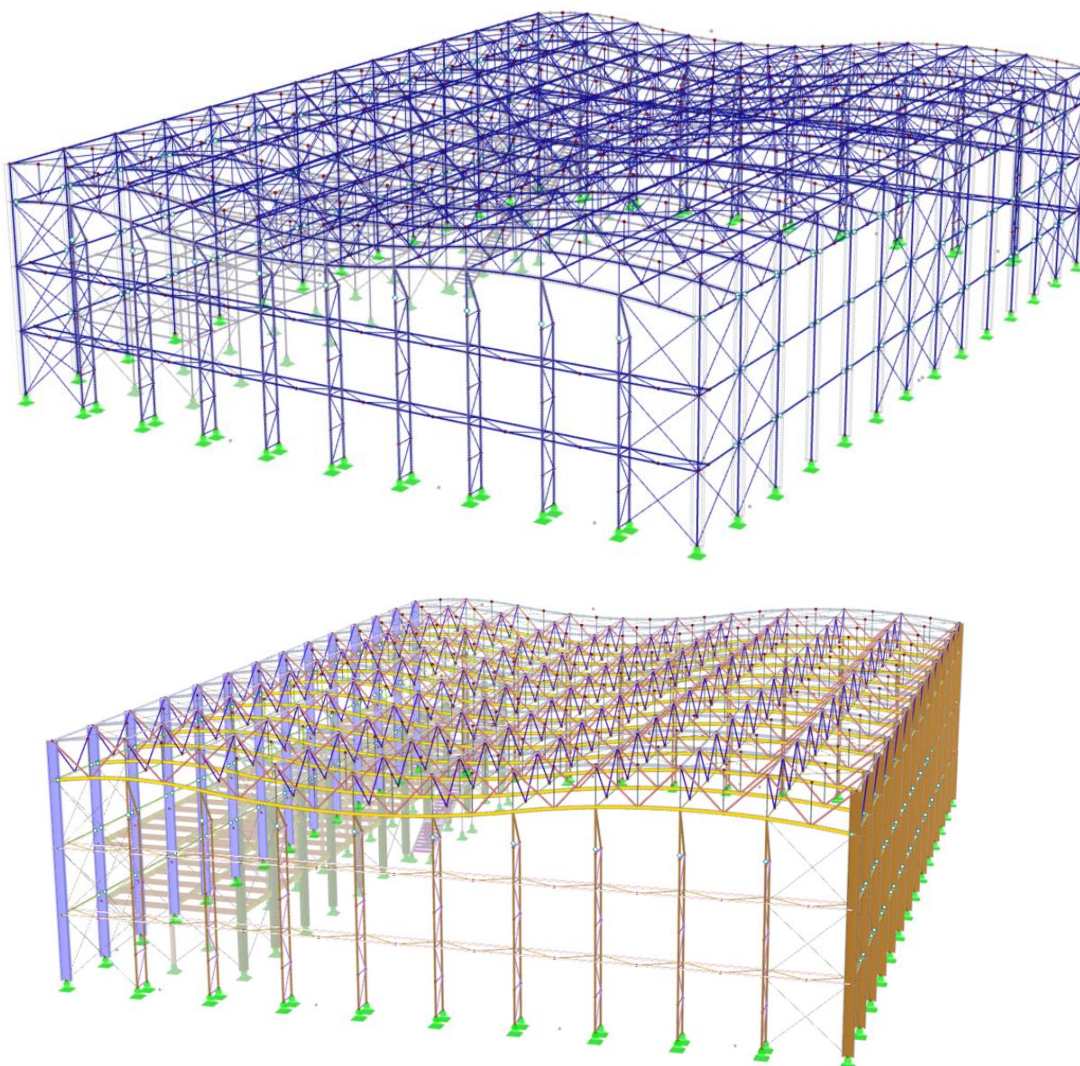
Obrázek 2: Schématický půdorys objektu

## 1.2. Schématický řez

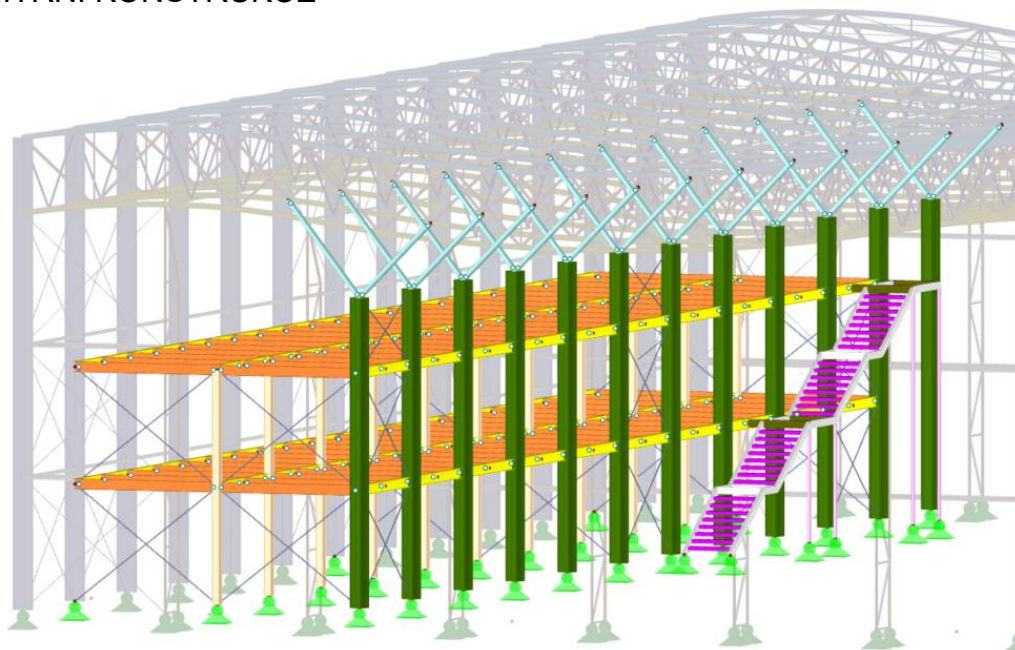


Obrázek 3: Schématický příčný řez

## 1.3. Statický model



## VNITŘNÍ KONSTRUKCE



Obrázek 4: Statický model konstrukce

## 2. VÝPOČTOVÝ MODEL

Výpočtový model je vytvořen v programu Dlubal RFEM 5.16.01 jako 3D prutová konstrukce. Podpory jsou u hlavních sloupů v příčném i podélném směru kloubové. Příhradový vazník je na obou koncích kloubově připojen v úrovni horního i dolního pásu ke sloupům (což tvoří z globálního hlediska vetknutí). Dále je ve dvou bodech kloubově podepřený středovým sloupem se vzpěrami. Výplňové pruty příhradového vazníku jsou modelovány jako příhradové, tudíž umožňují působení pouze normálové síly  $N$ . Stejným způsobem jsou řešeny i pruty podélného ztužení vazníků a příčného ztužení štítových sloupů. Štítové sloupy jsou příhradové podepírající nahoře vazník a dole kloubově podepřeny ve dvou bodech. Dvoupátrová konstrukce je tvořena soustavou stropnic a průvlaků, přístupná ze schodů. Dále je konstrukce doplněna o soustavu tahových ztužidel.

### 3. ZATÍŽENÍ

#### 3.1. ZS1 – Vlastní tíha

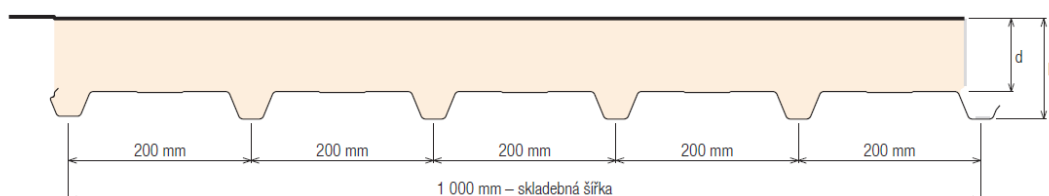
Vlastní tíha konstrukce byla automaticky generována z programu Dlubal RFEM 5.16 01.

#### 3.2. ZS2 – Ostatní stálé zatížení

##### 3.2.1. Střešní plášť

Střešní plášť je navržen ze střešních panelů Kingspan KS1000 TOP-DEK tl.100 mm.

Rozměry a hmotnost



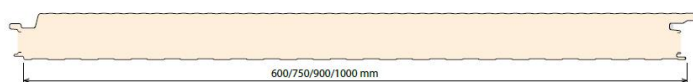
d – tloušťka jádra (mm)	20	50	60	70	80	100		
D – celkové rozměry (mm)	50	80	90	100	110	130		
Hmotnost (kg/m <sup>2</sup> )	PVC membrána – exteriér plech 0,6 mm – interiér		8,66	9,86	10,26	10,66	11,06	11,86

Obrázek 5: Střešní plášť

Hmotnost panelu:  $11,86 \text{ kg/m}^2 = 0,1186 \text{ kN/m}^2$

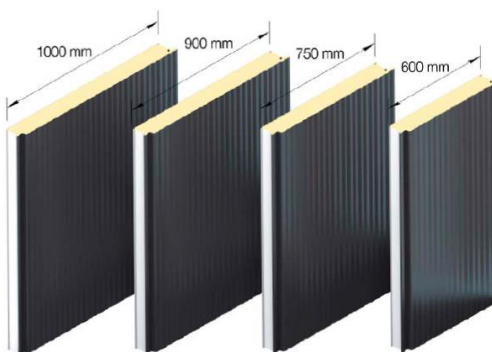
##### 3.2.2. Stěnové panely

Opláštění stěn je navrženo z velké části ze stěnových panelů Kingspan AWP flex tl.100 mm.



Tloušťka jádra [mm]	U [W/m <sup>2</sup> K] - IPN*	U [W/m <sup>2</sup> K] - Thermal-safe*	Hmotnost [kg/m <sup>2</sup> ]
60	0,376	0,340	11,36
80	0,285	0,257	12,12
100	0,226	0,203	12,88
120	0,187	0,168	13,64
150	0,151	0,134	13,85

\*se zohledněním podšitého spoje dle CSN EN 14509 a CSN EN ISO 10211; platí pro panely s modulovou šířkou 1000 mm



Obrázek 6: Stěnové panely

Hmotnost panelu:  $12,88 \text{ kg/m}^2 = 0,1288 \text{ kN/m}^2$

### 3.3. ZS3 – Užitná zatížení

- a) Zatížení mezipater objektu – kategorie D2 (obchodní plochy)  
 $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ ;  $Q_k = 7 \text{ kN}$
- b) Zatížení schodiště - kategorie A (schodiště)  
 $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ ;  $Q_k = 7 \text{ kN}$
- c) Zatížení zábradlí - kategorie C2-C4 a D  
 $q_k = 1 \text{ kN/m}$

### 3.4. ZS4 – ZS8 – Zatížení sněhem

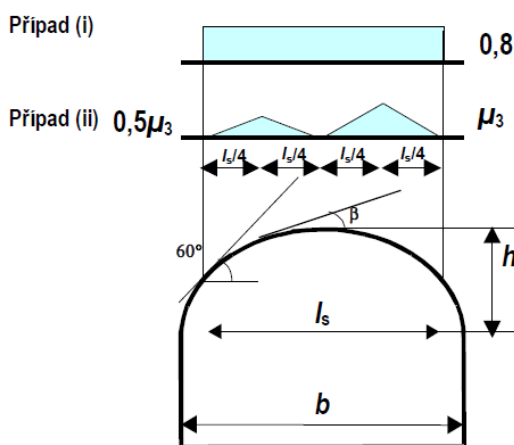
Město Jihlava se nachází v III. Sněhové oblasti.

Tvarový součinitel zatížení sněhem  $\mu_3 = 0,8$  (pro válcové střechy)

Součinitel expozice  $c_e = 1,0$

Teplotní součinitel  $C_t = 1,0$

Charakteristická hodnota zatížení sněhem  $s_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

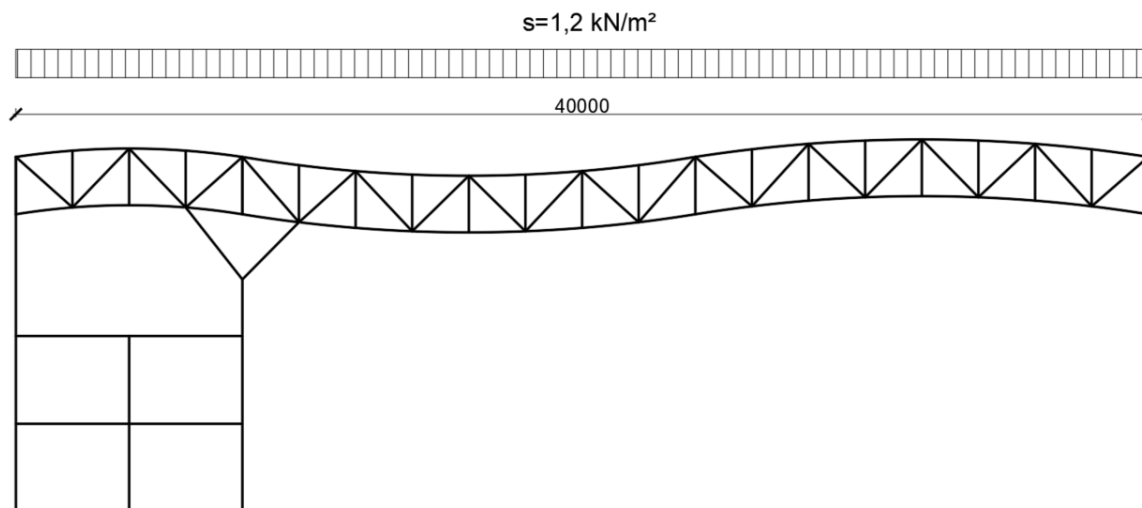


Obrázek 7: Zatížení válcové střechy sněhem - tvarový součinitel (Obr.5.6.EN)

### 3.4.1. ZS4 – Sníh plný

Případ (i):

$$s = \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = \underline{1,2 \text{ kN/m}^2}$$



Obrázek 8: ZS4 - Sníh plný

### 3.4.2. ZS5, ZS6, ZS7 – Sníh navátý

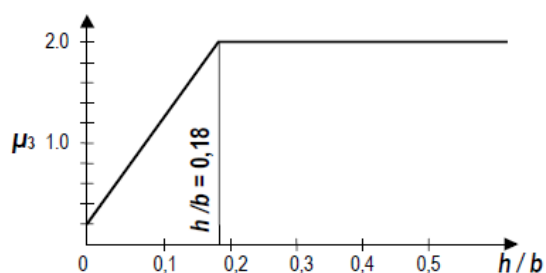
Případ (ii):

Tvarový součinitel: pro  $\beta > 60^\circ$   $\mu_3 = 0$

$$\text{pro } \beta \leq 60^\circ \quad \mu_3 = 0,2 + 10 \frac{h}{b} = 0,2 + 10 \frac{0,32}{8} = 0,6$$

$$\mu_3 = 0,2 + 10 \frac{h}{b} = 0,2 + 10 \frac{0,64}{16} = 0,6$$

Limitní hodnota  $\mu_3 = 2,0$

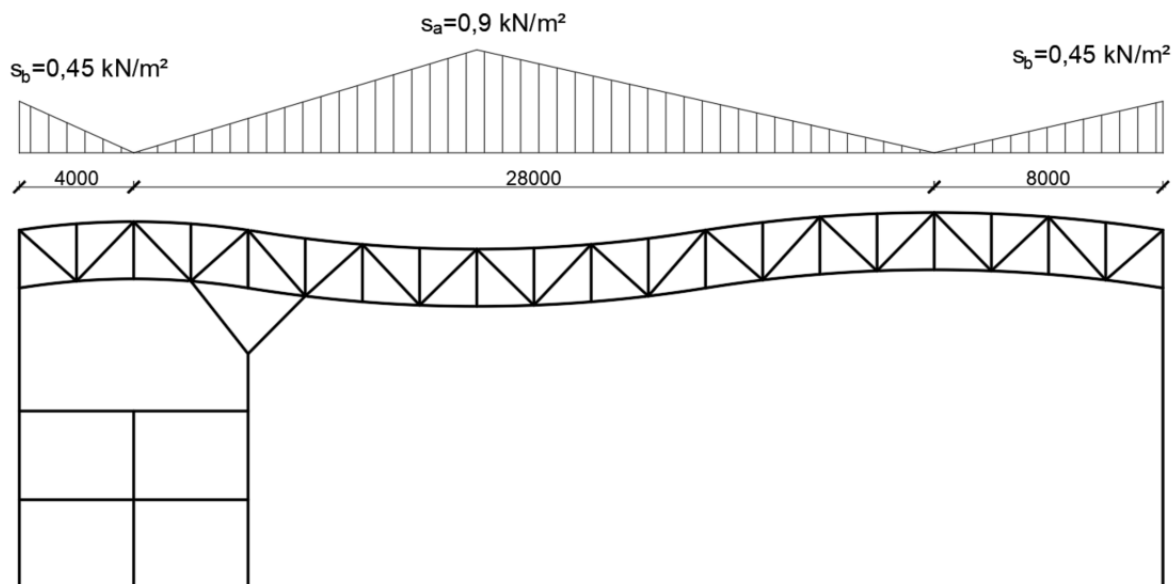


Obrázek 9: Tvarový součinitel  $\mu_3$  pro válcové střechy a  $\beta \leq 60^\circ$  (Obr. 5.5 EN)

$$s_a = \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = \underline{0,90 \text{ kN/m}^2}$$

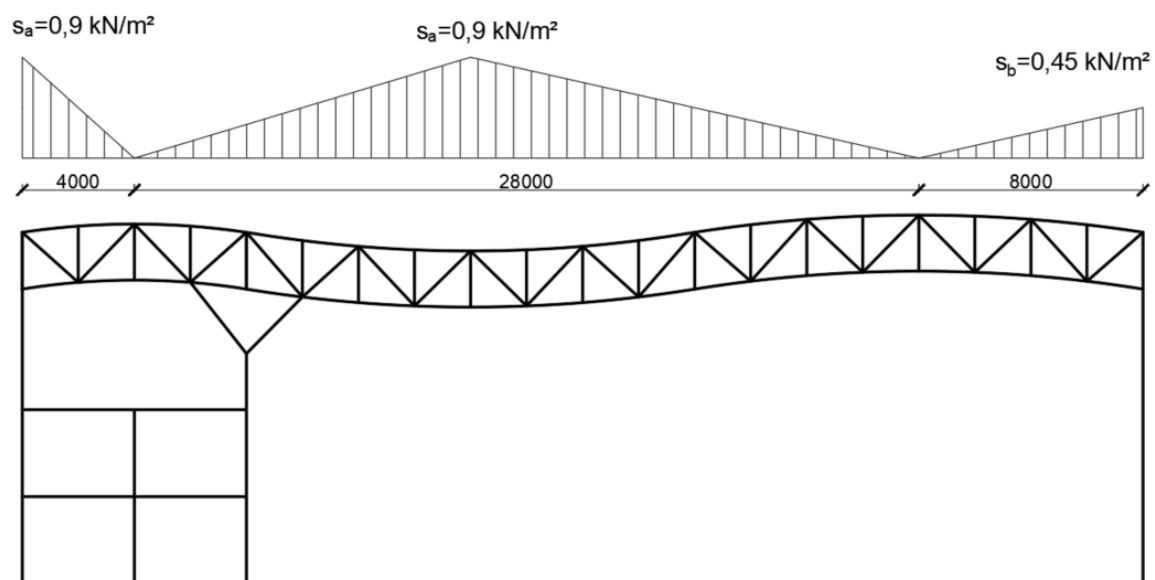
$$s_b = (\mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k) / 2 = (0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5) / 2 = \underline{0,45 \text{ kN/m}^2}$$

- **ZS5**



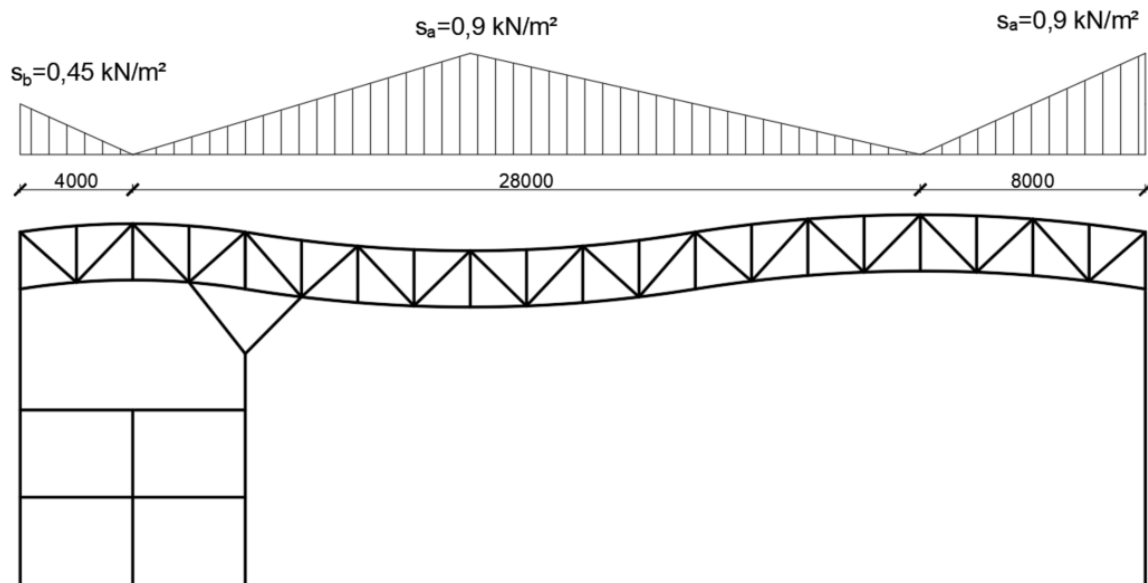
Obrázek 10: ZS5 - Sníh navátý symetrický

- **ZS6**



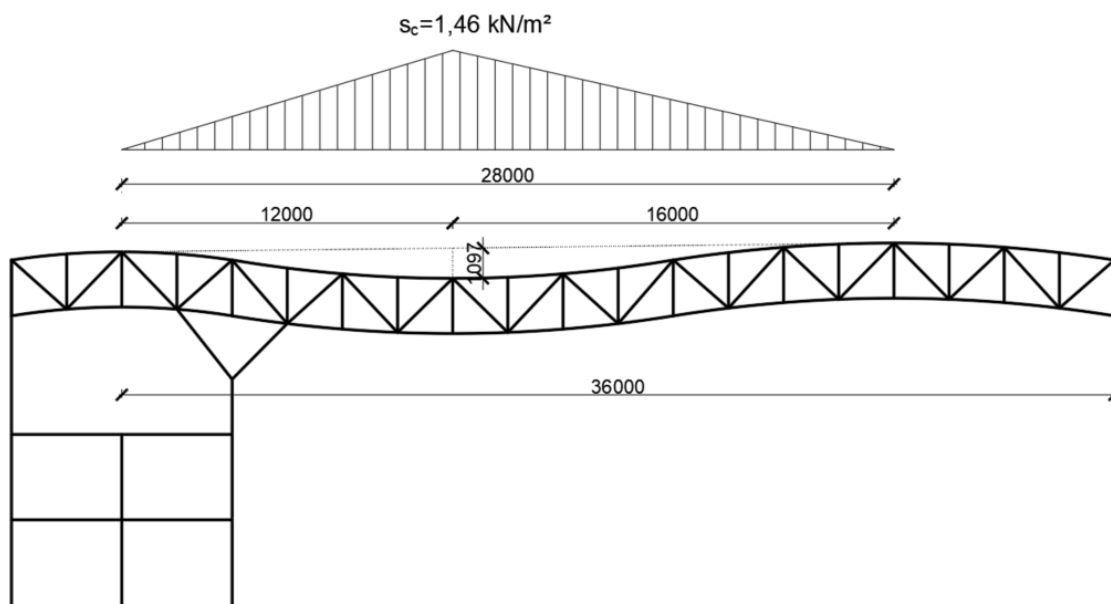
Obrázek 11: ZS6 - Sníh navátý zleva

• **ZS7**

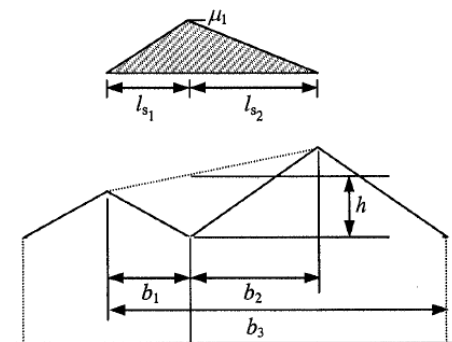


Obrázek 12: ZS7 - Sníh navátý zprava

**3.4.3. ZS8 - Zatížení výjimečným navátím sněhu:**



Obrázek 13: ZS8 - Výjimečné navátí sněhu



Obrázek 14: Tvarový součinitel a délky návějí pro vyjíměčné navátí sněhu (Obr.B.1 EN)

$\mu_1$  je nejmenší z hodnot:

$$\mu_1 = 2h/s_k \qquad \mu_1 = \frac{2 \cdot 1,097}{1,5} = 1,46 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_1 = 2b_3/(l_{s1}+l_{s2}) \qquad \mu_1 = \frac{2 \cdot 36,0}{28,0} = 2,57 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_1 = 5$$

$$\underline{\mu_1 = 1,46 \text{ kN/m}^2}$$

### 3.5. ZS9 – ZS14 – Zatížení větrem

- Větrná oblast (Jihlava):                    **II.**      $v_{b,o} = 25 \text{ m/s}$   
 Kategorie terénu:                            **III.**      $z_0 = 0,3 \text{ m}; z_{\min} = 5 \text{ m}$   
 Součinitel směru větru:                     $c_{dir} = 1,0$   
 Součinitel ročního období:                 $c_{season} = 1,0$   
 Výška konstrukce nad zemí:                 $z = 13,140 \text{ m}$   
 Základní rychlost větru:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,o} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

Střední rychlost větru:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 0,813 \cdot 1,0 \cdot 25 = 20,32 \text{ m/s}$$

kde:  $c_r(z)$  je součinitel terénu

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,215 \cdot \ln\left(\frac{13,140}{0,3}\right) = 0,813 \text{ pro } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$5 \leq 13,140 \leq 200$$

$c_o(z)$  - uvažován 1,0

kde:  $k_r$  je součinitel terénu

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

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

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

Intenzita turbulence větru:

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{13,14}{0,3}\right)} = 0,265 \quad \text{pro } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$5,0 \leq 13,140 \leq 200$$

kde:  $k_1 = 1,0$  - součinitel turbulence

$$c_0(z) = 1,0$$

Maximální dynamický tlak:

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

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

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,265] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 20,32^2 = 0,737 \text{ kN/m}^2$$

Tlak větru na povrchy:

$$W_e = q_p(z_e) \cdot C_{pe}$$

kde:  $q_p(z_e)$  je maximální dynamický tlak  
pro výšku  $h = 13,140 \text{ m} \leq b = 40,0 \text{ m}$   
 $\rightarrow h = z_e = 13,140 \text{ m}$

$C_{pe}$  je součinitel vnějšího tlaku

jelikož  $A > 10 \text{ m}^2 \rightarrow C_{pe,10}$

### 3.5.1. ZS9, ZS10 – VÍTR PŘÍČNÝ X+

V rámci statického výpočtu je vítr příčný na střešní plášť uvažován ve dvou variantách a to z důvodu specifčnosti jeho tvaru. Do modelu bude aplikována méně příznivější varianta zatížení větrem.

#### a) Střešní plášť- řešení jako plochá střecha

$$e = \min(b; 2h) = \min(42,0; 2 \cdot 13,14) = 26,28 \text{ m}$$

$$\text{oblast G, F} \rightarrow e/10 = 2,63 \text{ m}$$

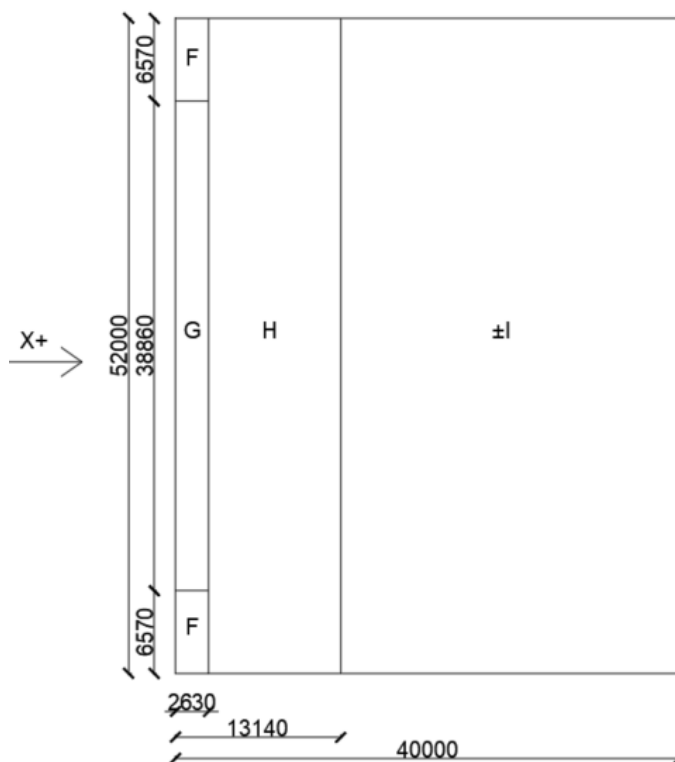
$$\text{oblast H} \rightarrow e/2 = 13,14 \text{ m}$$

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

Obrázek 15: Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro ploché střechy (Tab. 7.2 EN)

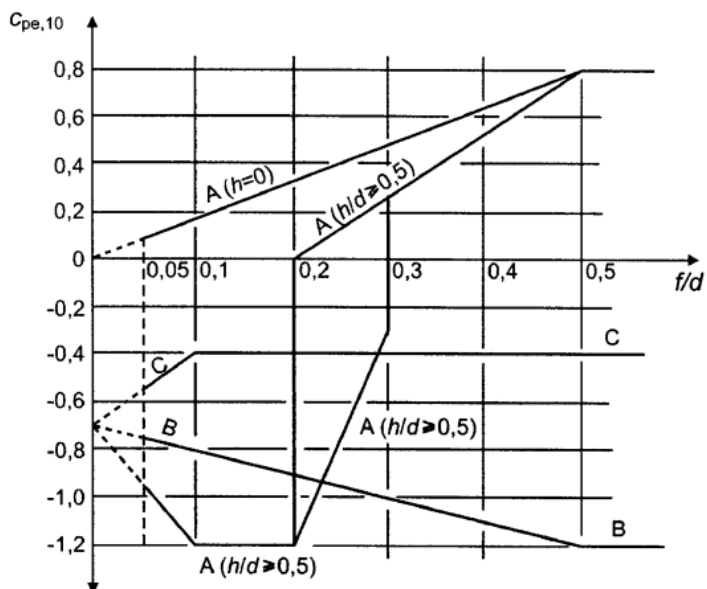
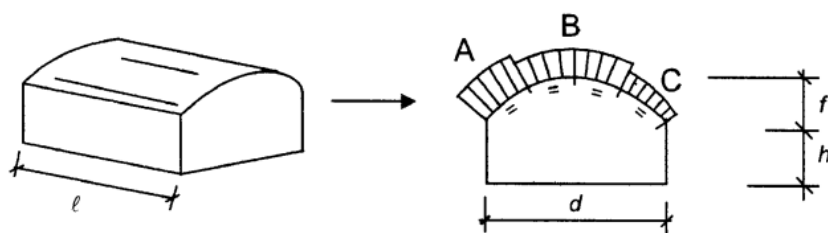
	F	G	H	I+	I-
$C_{pe,10}$	-1,8	-1,2	-0,7	0,2	-0,2
$w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]	<b>-1,33</b>	<b>-0,88</b>	<b>-0,52</b>	<b>0,15</b>	<b>-0,15</b>
	e/2	e/4	e/10		
Délka úseku [m]	<b>13,14</b>	<b>6,57</b>	<b>2,63</b>		

- mezilehlé hodnoty  $C_{pe}$  určeny lineární interpolací



Obrázek 16: ZS9/ZS10 - Příčný vítr X+ na plochou střechu

**b) Střešní plášť- řešení jako klenba**



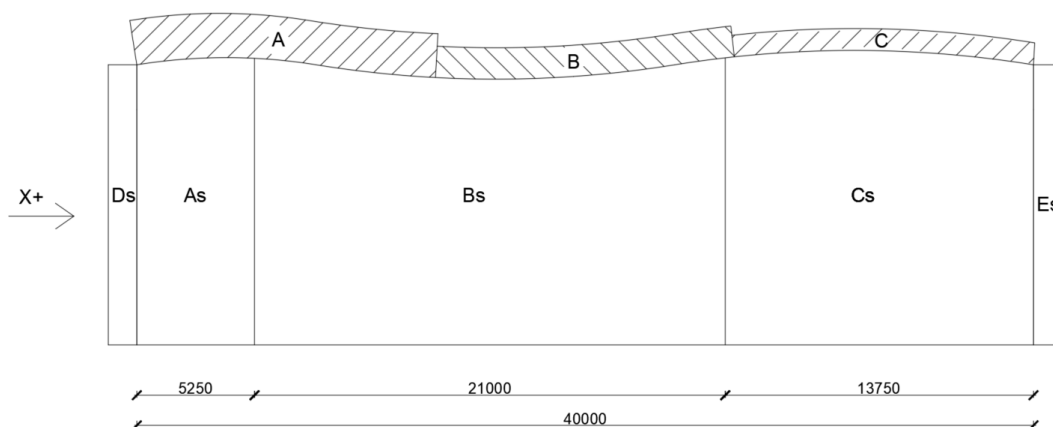
Obrázek 17: Hodnoty vnějšího tlaku  $c_{pe}$  pro klenbové střechy s pravoúhlým půdorysem (Obr. 7.11 EN)

- řešeno jako klenba → a)  $h=13,140$  m;  $f/d= 0,32/8= 0,04$

b)  $h=13,140$  m;  $f/d= 0,64/16= 0,04$  →  $c_{pe}$  odečteno z grafu

	A	B	C
$c_{pe,10}$	-0,90	-0,74	-0,58
$w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]	<b>-0,66</b>	<b>-0,55</b>	<b>-0,43</b>

- mezilehlé hodnoty  $c_{pe}$  určeny lineární interpolací



Obrázek 18: ZS9/ZS10 - Příčný vítr X+ na klenbu

Zatížení střešního pláště větrem příčným X+ je v modelu řešeno jako na plochou střechu z důvodu vyšších hodnot zatížení.

### c) Stěna

$$e = \min(b; 2h) = \min(52,0; 26,28) = 26,28 \text{ m}$$

$$e = 26,28 \text{ m} < d = 40,0 \text{ m} \rightarrow \text{oblasti A, B, C}$$

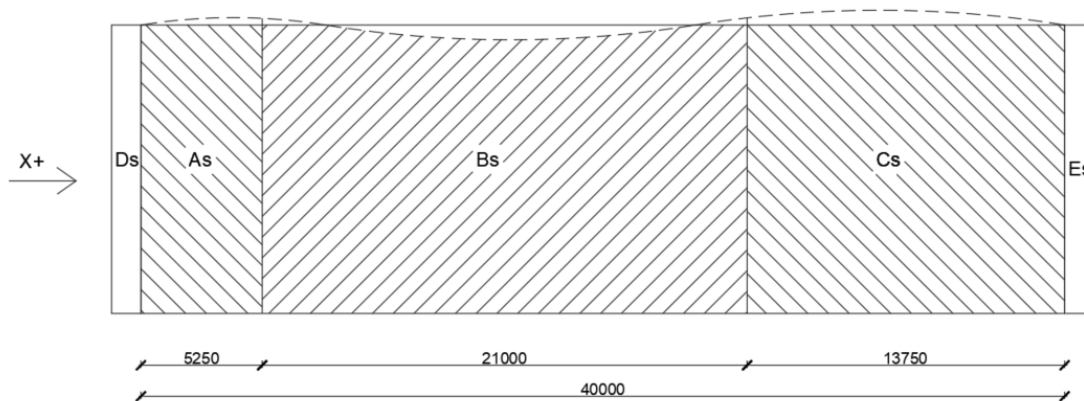
$$h/d = 13,140/40,0 = 0,329$$

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

Obrázek 19: Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro svislé stěny pozemních staveb s pravoúhlým půdorysem (Tab. 7.1 EN)

	As	Bs	Cs	Ds	Es
$c_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,71	-0,32
$w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]	<b>-0,88</b>	<b>-0,59</b>	<b>-0,37</b>	<b>0,52</b>	<b>-0,24</b>
	$e/5$	$4/5e$	$d-e$		
Délka úseku [m]	<b>5,25</b>	<b>21</b>	<b>13,75</b>		

- mezilehlé hodnoty  $c_{pe}$  určeny lineární interpolací

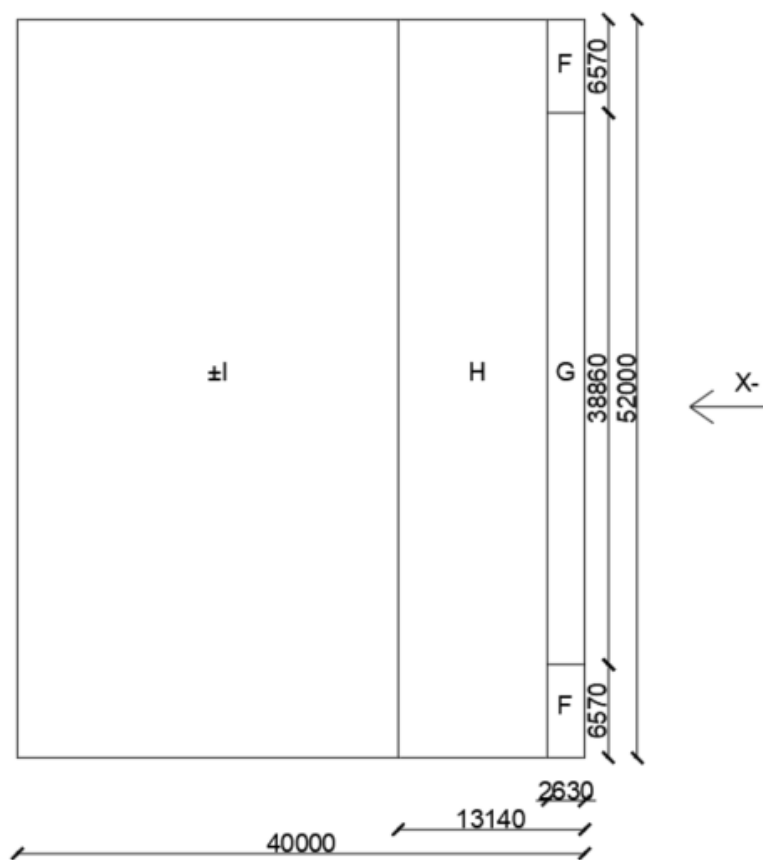


Obrázek 20: ZS9/ZS10 - Vítr příčný X+ na stěnu

### 3.5.2. ZS11, ZS12 – VÍTR PŘÍČNÝ X-

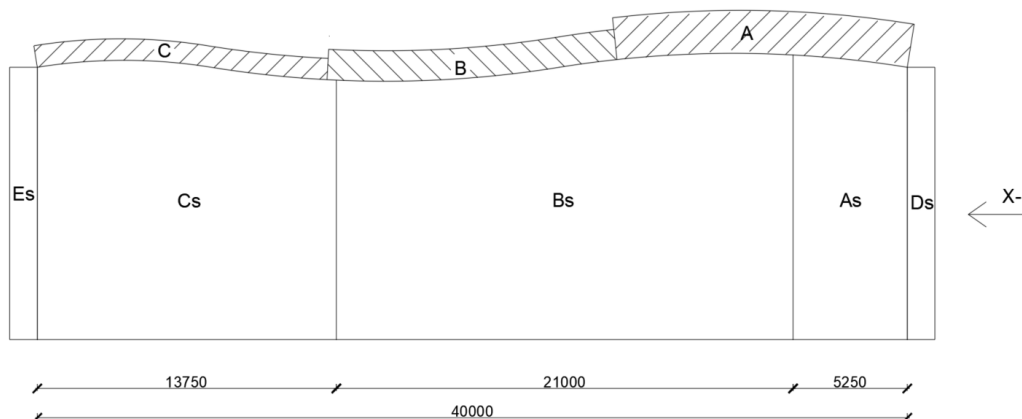
Hodnoty viz. ZS9/ZS10

#### a) Střešní plášť řešen jako plochá střecha



Obrázek 21: ZS11/ZS12 - Vítr příčný X- na plochou střechu

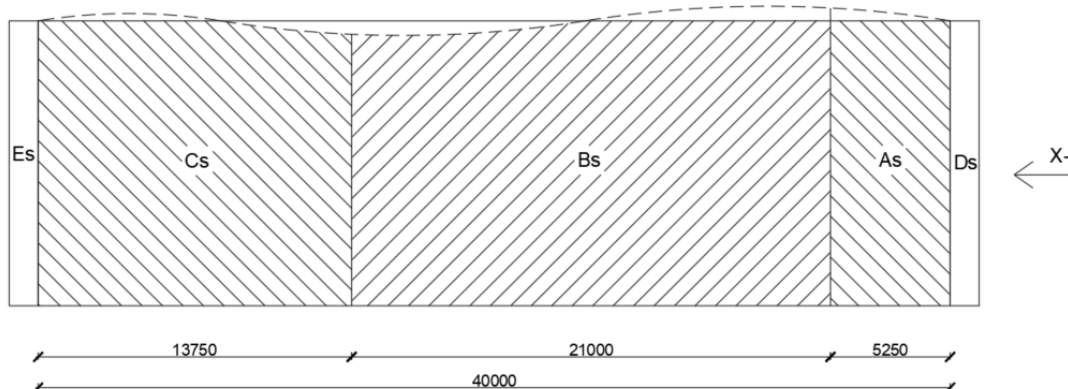
### b) Střešní plášť řešen jako klenba



Obrázek 22: ZS11/ZS12 - Vítr příčný X- na klenbu

Zatížení střešního pláště větrem příčným X- je v modelu řešeno jako na plochou střechu z důvodu vyšších hodnot zatížení.

### c) Stěna



Obrázek 23: ZS11/ZS12 - Vítr příčný X- na stěnu

### 3.5.3. ZS13 – VÍTR PODELNÝ Y+

#### a) Střešní plášť

$$e = \min(b; 2h) = \min(40,0; 2 \cdot 13,140) = 26,28 \text{ m}$$

$$\text{oblast G, F} \rightarrow e/10 = 2,63 \text{ m}$$

$$\text{oblast H} \rightarrow e/2 = 13,140 \text{ m}$$

Úhel sklonu $\alpha$	Oblast pro směr větru $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

Obrázek 24: Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro sedlové střechy (Tab. 7.4b)

úhel [°]	$C_{pe, 10}$				ŘEŠÍM JAKO	$W_{e, i}$ [kN/m <sup>2</sup> ]			
	F	G	H	I		F	G	H	I
- 9°	-1,84	-1,2	-0,74	-0,68	SEDLOVÁ STŘECHA	<b>-1,36</b>	<b>-0,88</b>	<b>-0,55</b>	<b>-0,50</b>
+ 9°	-1,48	-1,3	-0,66	-0,56		<b>-1,09</b>	<b>-0,96</b>	<b>-0,49</b>	<b>-0,41</b>

- mezilehlé hodnoty  $c_{pe}$  určeny lineární interpolací

## b) Stěna

$$e = \min ( b; 2h ) = \min ( 52,0; 2 \cdot 13,140 ) = 26,28 \text{ m}$$

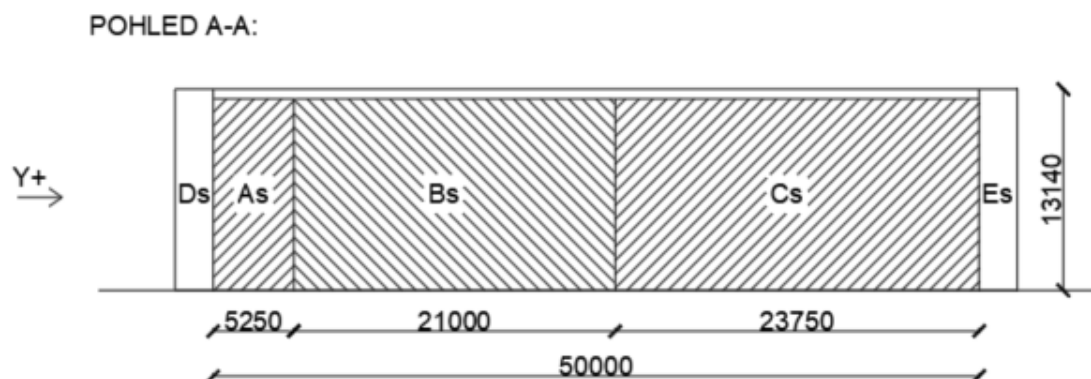
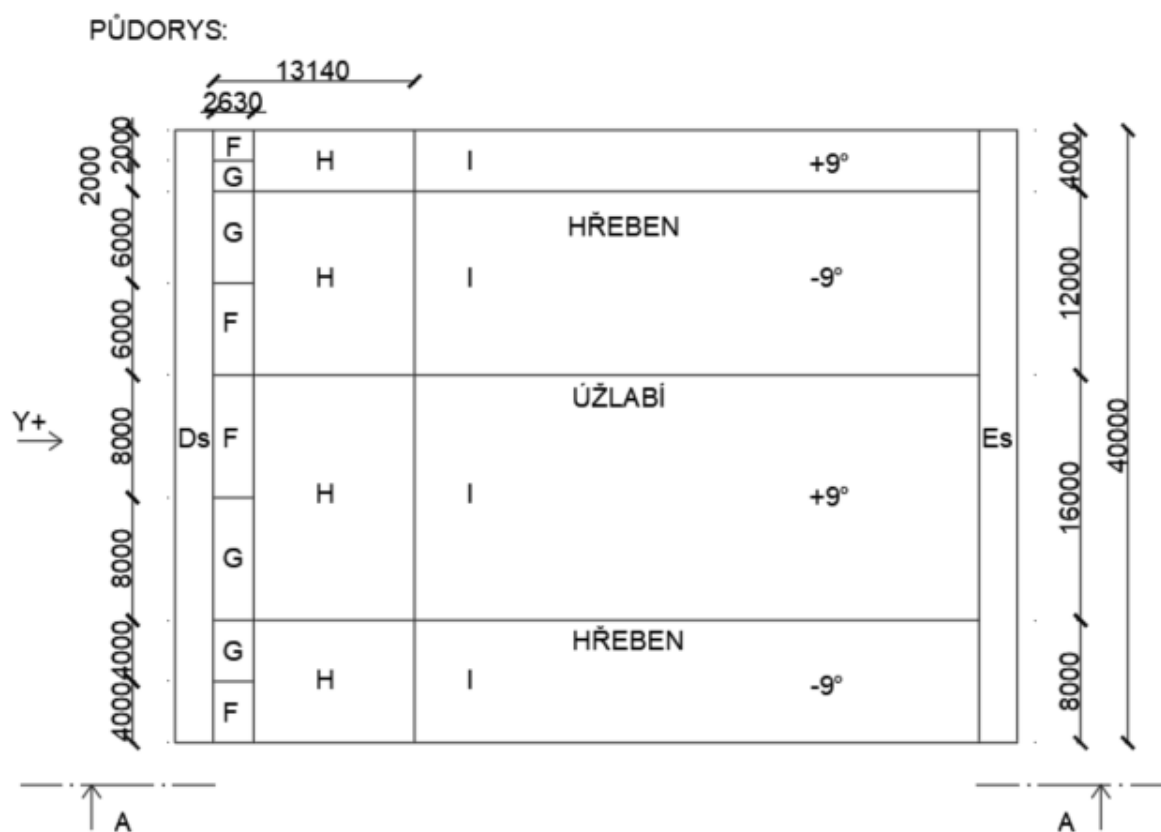
$$e = 26,28 \text{ m} < d = 52 \text{ m} \rightarrow h/d = 13,14/52 = 0,25$$

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

Obrázek 25: Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro svislé stěny pozemních staveb s pravouhlým půdorysem (Tab. 7.1 EN)

	As	Bs	Cs	Ds	Es
$c_{pe,10}$	-1,2	-0,80	-0,5	0,7	-0,3
$w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]	<b>-0,88</b>	<b>-0,59</b>	<b>-0,37</b>	<b>0,52</b>	<b>-0,22</b>
	e/5	4/5e	d-e		
Délka úseku [m]	<b>5,25</b>	<b>21</b>	<b>23,75</b>		

- mezilehlé hodnoty  $c_{pe}$  určeny lineární interpolací



Obrázek 26: ZS13 - Vítr podélný Y+

### c) Tření větru

„Účinky tření větru na povrchu lze zanedbat, jestliže celková plocha všech povrchů rovnoběžných se směrem větru (nebo odkloněných o malý úhel od tohoto směru), je rovna nebo menší než čtyřnásobek celkové plochy všech vnějších povrchů, kolmých k větru (návětrných i závětrných).“ ( viz. ČSN EN 1991-1-4; kapitola 5.3 Síly od větru (4))

Plocha s větrem rovnoběžná:  $52\text{ m} \times 12,5\text{ m} \times 2\text{ m} = 1300\text{ m}^2 \rightarrow \text{stěny}$

$52\text{ m} \times 40\text{ m} = 2080\text{ m}^2 \rightarrow \text{střecha}$

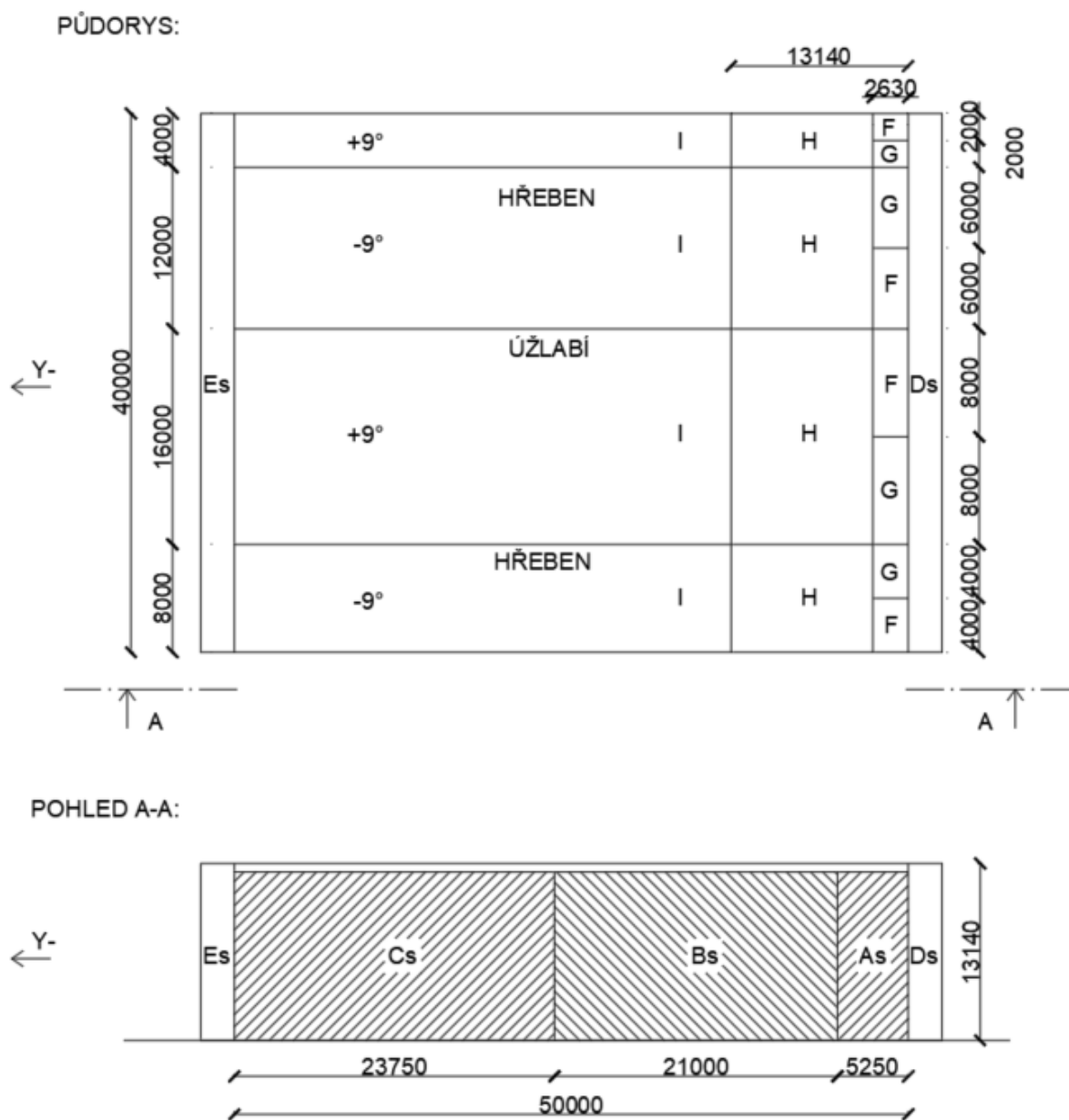
Plocha kolmá k větru:  $502\text{ m}^2 \times 2 = 1004\text{ m}^2 \rightarrow \text{stěny}$

Ověření:  $\text{plocha rovnoběžná} \leq 4x \text{ plocha kolmá}$   
 $3380\text{ m}^2 \leq 4016\text{ m}^2$

Tření větru zanedbáno.

### 3.5.4. ZS14 – VÍTR PODÉLNÝ Y-

Hodnoty viz. ZS13



Obrázek 27: ZS14 - Vítr podélný Y-

## **4. KOMBINACE ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY**

### **4.1. Kombinace pro mezní stav únosnosti**

KV1 - MSÚ – kombinace provedena dle výrazu 6.10.

#### **4.1.1. Klíč kombinací**

Přiložen v příloze.

### **4.2. Kombinace pro mezní stav použitelnosti**

KV2 – MSP – kombinace provedena dle výrazu 6.14b – charakteristická kombinace.

#### **4.2.1. Klíč kombinací**

Přiložen v příloze.

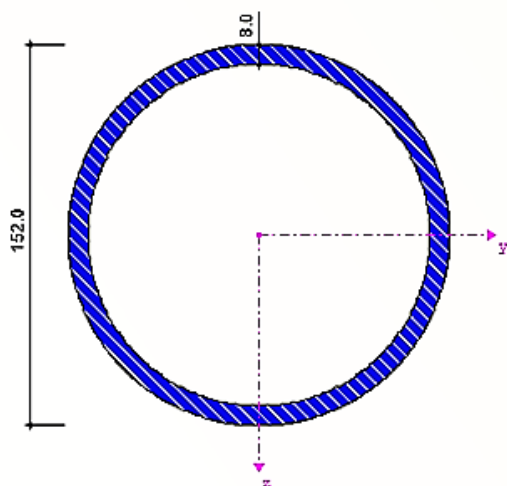
### **4.3. Vnitřní síly**

Přehled vnitřních sil v jednotlivých prutech přiložen v příloze.

## 5. POSOUZENÍ KONSTRUČNÍCH PRVKŮ

### 5.1. HORNÍ PÁS VAZNIKU

PRŮŘEZ: Tr 152/8,0 (tvarovaný za tepla)



#### Průřezové charakteristiky:

$$A = 3,619 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = I_z = 9,41 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{pl,y} = W_{pl,z} = 1,660 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$A_{v,y} = A_{v,z} = 1,798 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

#### Materiálové charakteristiky:

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

$$E = 210 \text{ GPa}; G = 81 \text{ GPa}$$

Obrázek 28: Horní pás vazníku

#### Klasifikace průřezu:

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

$$d = 152,0 \text{ mm}; t = 8,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} \leq 50\varepsilon^2$$

$$\frac{152}{8,0} = 19 \leq 50 \cdot 0,814^2 = 33,13 \rightarrow \text{TŘÍDA PRŮŘEZU 1}$$

#### Posouzení mezní štíhlosti:

Pruty namáhané tlakem  $\rightarrow \lambda_{lim} = 200$

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{L_{cr}}{i} = 78,4 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

#### Posouzení na tlak:

max.  $N_{c,Ed} = - 398,797 \text{ kN}$

hodnota z kombinace KZ 32.

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,619 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1\,284,745 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{398,797}{1\,284,745} = 0,31 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na vzpěr:

max.  $N_{c,Ed} = -398,797 \text{ kN}$  hodnota z kombinace KZ 32.

$$L_{cr,y} = 4,0 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 9,41 \cdot 10^{-6}}{4,0^2} = 1\,218,958 \text{ kN}$$

$$\lambda_y^- = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{3,619 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1\,218,958 \cdot 10^3}} = 1,027$$

křivka a ...  $\alpha = 0,21$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y^- - 0,2) + \lambda_y^{-2}]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,027 - 0,2) + 1,027^2] = 1,114$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^{-2}}} = \frac{1}{1,114 + \sqrt{1,114^2 - 1,027^2}} = 0,647 \leq 1,0$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,647 \cdot 3,619 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 831,230 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{398,797}{831,230} = 0,48 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$L_{cr,z} = 2,0 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 9,41 \cdot 10^{-6}}{2,0^2} = 4\,875,831 \text{ kN}$$

$$\lambda_z^- = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{3,619 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{4\,875,831 \cdot 10^3}} = 0,513$$

křivka a ...  $\alpha = 0,21$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z^- - 0,2) + \lambda_z^{-2}]$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,513 - 0,2) + 0,513^2] = 0,664$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,664 + \sqrt{0,664^2 - 0,513^2}} = 0,921 \leq 1,0$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,921 \cdot 3,619 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1\,183,468 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{398,797}{1\,183,468} = 0,34 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na tah:

max.  $N_{t,Ed} = 329,045 \text{ kN}$  hodnota z kombinace KZ 32.

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,619 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1\,284,745 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{329,045}{1\,284,745} = 0,26 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na ohyb:

max.  $M_{y,Ed} = -9,505 \text{ kNm}$  hodnota z kombinace KZ 32.

max.  $M_{z,Ed} = -1,052 \text{ kNm}$  hodnota z kombinace KZ 12.

$$M_{pl,Rd,y} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,66 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 58,930 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{9,505}{58,930} = 0,16 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{1,052}{58,930} = 0,02 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na smyk:

max.  $V_{y,Ed} = -0,568 \text{ kN}$  hodnota z kombinace KZ 12.

max.  $V_{z,Ed} = 23,627 \text{ kN}$  hodnota z kombinace KZ 8.

$$V_{c,Rd,y} = V_{c,Rd,z} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1797,9 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 368,496 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{c,Rd,y}} = \frac{0,568}{368,496} = 0,002 \leq 0,5 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd,z}} = \frac{23,627}{368,496} = 0,06 \leq 0,5 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na kombinaci ohybu, smyku a osově síly

max.  $M_{y,Ed} = -9,505 \text{ kNm}$  hodnoty z kombinace KZ 32.

odp.  $N_{Ed} = 299,283 \text{ kN}$

odp.  $V_{z,Ed} = 23,553 \text{ kN}$

Únosnost v ohybu:

$$M_{pl,Rd,y} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,66 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 58,930 \text{ kNm}$$

Únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd,y} = V_{c,Rd,z} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1797,9 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 368,496 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd,z}} = \frac{23,553}{368,496} = 0,06 \leq 0,5 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$\rightarrow$  není potřeba redukce  $f_y$  vlivem smyku

Osová síla:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,619 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1\,284,745 \text{ kN}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{299,283}{1\,284,745} = 0,233$$

Ohyb a osová síla:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \cdot (1 - n) / (1 - 0,5 \cdot a_w) \quad \text{ale} \quad M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd}$$

$$a_w = (A - 2 \cdot b \cdot t) / A \quad \text{ale} \quad a_w \leq 0,5$$

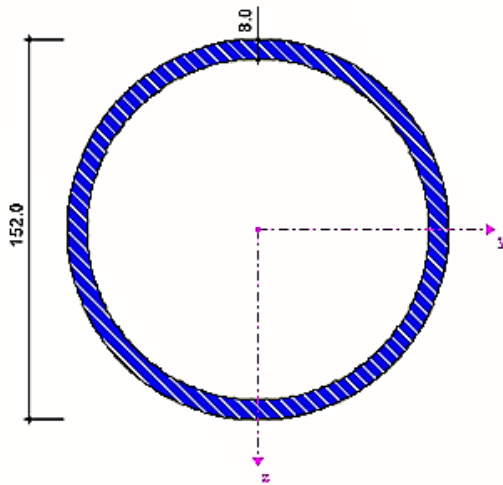
$$a_w = (3,619 \cdot 10^3 - 2 \cdot 152 \cdot 8,0) / 3,619 \cdot 10^3 = 0,328 \leq 0,5$$

$$M_{N,y,Rd} = 58,930 \cdot (1 - 0,233) / (1 - 0,5 \cdot 0,328) = 54,066 \text{ kNm} \leq 58,930 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{9,505}{54,066} = 0,18 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 5.2. DOLNÍ PÁS VAZNÍKU

PRŮŘEZ: Tr 152/8,0 (tvarovaný za tepla)



### Průřezové charakteristiky:

$$A = 3,619 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = I_z = 9,41 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{pl,y} = W_{pl,z} = 1,660 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$A_{v,y} = A_{v,z} = 1,798 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

### Materiálové charakteristiky:

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

$$E = 210 \text{ GPa}; G = 81 \text{ GPa}$$

Obrázek 29: Dolní pás vazníku

### Klasifikace průřezu:

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

$$d = 152,0 \text{ mm}; t = 8,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} \leq 50\varepsilon^2$$

$$\frac{152}{8,0} = 19 \leq 50 \cdot 0,814^2 = 33,13 \rightarrow \text{TŘÍDA PRŮŘEZU 1}$$

### Posouzení mezní štíhlosti:

Pruty namáhané tlakem  $\rightarrow \lambda_{lim} = 200$

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{L_{cr}}{i} = 78,4 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na tlak:

max.  $N_{c,Ed} = -212,964 \text{ kN}$  hodnota z kombinace KZ 8.

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,619 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1\,284,745 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{212,964}{1\,284,745} = 0,17 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na vzpěr:

max.  $N_{c,Ed} = -212,964$  kN hodnota z kombinace KZ 8.

$$L_{cr,y} = 4,0 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 9,41 \cdot 10^{-6}}{4,0^2} = 1\,218,958 \text{ kN}$$

$$\lambda_y^- = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{3,619 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1\,218,958 \cdot 10^3}} = 1,027$$

křivka a ...  $\alpha = 0,21$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y^- - 0,2) + \lambda_y^{-2}]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,027 - 0,2) + 1,027^2] = 1,114$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^{-2}}} = \frac{1}{1,114 + \sqrt{1,114^2 - 1,027^2}} = 0,647 \leq 1,0$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,647 \cdot 3,619 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 831,230 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{212,964}{831,230} = 0,26 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$L_{cr,z} = 2,0 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 9,41 \cdot 10^{-6}}{2,0^2} = 4\,875,831 \text{ kN}$$

$$\lambda_z^- = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{3,619 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{4\,875,831 \cdot 10^3}} = 0,513$$

křivka a ...  $\alpha = 0,21$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z^- - 0,2) + \lambda_z^{-2}]$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,513 - 0,2) + 0,513^2] = 0,664$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^{-2}}} = \frac{1}{0,664 + \sqrt{0,664^2 - 0,513^2}} = 0,921 \leq 1,0$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,921 \cdot 3,619 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1\,183,468 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{212,964}{1\,183,468} = 0,18 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na tah:

max.  $N_{t,Ed} = 382,032$  kN                      hodnota z kombinace KZ 32.

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,619 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1\,284,745 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{382,032}{1\,284,745} = 0,30 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na ohyb:

max.  $M_{y,Ed} = -4,992$  kNm                      hodnota z kombinace KZ 8.

max.  $M_{z,Ed} = -2,179$  kNm                      hodnota z kombinace KZ 28.

$$M_{pl,Rd,y} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,66 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 58,930 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{4,992}{58,930} = 0,08 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{2,179}{58,930} = 0,04 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na smyk:

max.  $V_{y,Ed} = 1,775$  kN                      hodnota z kombinace KZ 28.

max.  $V_{z,Ed} = -9,22$  kN                      hodnota z kombinace KZ 32.

$$V_{c,Rd,y} = V_{c,Rd,z} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1797,9 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 368,496 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{c,Rd,y}} = \frac{1,775}{368,496} = 0,005 \leq 0,5 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd,z}} = \frac{9,220}{368,496} = 0,03 \leq 0,5 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na kombinaci ohybu, smyku a osově síly

max.  $M_{y,Ed} = -4,992 \text{ kNm}$  hodnoty z kombinace KZ 8.

odp.  $N_{Ed} = -212,845 \text{ kN}$

odp.  $V_{z,Ed} = -6,499 \text{ kN}$

Únosnost v ohybu:

$$M_{pl,Rd,y} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,66 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 58,930 \text{ kNm}$$

Únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd,y} = V_{c,Rd,z} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1797,9 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 368,496 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd,z}} = \frac{6,499}{368,496} = 0,018 \leq 0,5 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$\rightarrow$  není potřeba redukce  $f_y$  vlivem smyku

Osová síla:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,619 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1\,284,745 \text{ kN}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{212,845}{1\,284,745} = 0,166$$

Ohyb a osová síla:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \cdot (1 - n) / (1 - 0,5 \cdot a_w) \quad \text{ale} \quad M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd}$$

$$a_w = (A - 2 \cdot b \cdot t) / A \quad \text{ale} \quad a_w \leq 0,5$$

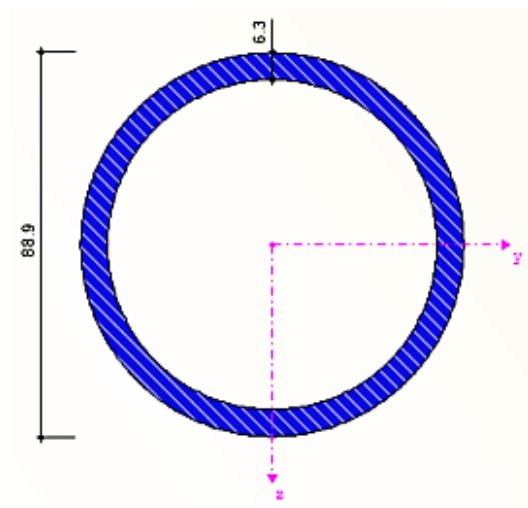
$$a_w = (3,619 \cdot 10^3 - 2 \cdot 152 \cdot 8,0) / 3,619 \cdot 10^3 = 0,328 \leq 0,5$$

$$M_{N,y,Rd} = 58,930 \cdot (1 - 0,166) / (1 - 0,5 \cdot 0,328) = 58,789 \text{ kNm} \leq 58,930 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{4,992}{58,789} = 0,09 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### 5.3. DIAGONÁLY

PRŮŘEZ: Tr 88,9 x 6,3 (tvarovaný za tepla)



Obrázek 30: Diagonála

#### Průřezové charakteristiky:

$$A = 1,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = I_z = 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{pl,y} = W_{pl,z} = 4,31 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

#### Materiálové charakteristiky:

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

$$E = 210 \text{ GPa}; G = 81 \text{ GPa}$$

#### Klasifikace průřezu:

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

$$d = 88,9 \text{ mm}; t = 6,3 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} \leq 50\varepsilon^2$$

$$\frac{88,9}{6,3} = 14,11 \leq 50 \cdot 0,814^2 = 33,13 \rightarrow \text{TŘÍDA PRŮŘEZU 1}$$

#### Posouzení mezní štíhlosti:

Pruty namáhané tlakem  $\rightarrow \lambda_{lim} = 200$

$$\lambda_y = \lambda_z = 99,407 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

#### Posouzení na vzpěr:

max.  $N_{c,Ed} = -245,522 \text{ kN}$  hodnota z kombinace KZ8.

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 2,691 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,4 \cdot 10^{-6}}{2,691^2} = 400,734 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,63 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{400,734 \cdot 10^3}} = 1,202$$

křivka a ...  $\alpha = 0,21$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,202 - 0,2) + 1,202^2] = 1,327$$

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{1,327 + \sqrt{1,327^2 - 1,202^2}} = 0,529 \leq 1,0$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,529 \cdot 1,63 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 306,078 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{245,522}{306,078} = 0,80 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na tah:

max.  $N_{t,Ed} = 215,714 \text{ kN}$  hodnota z kombinace KZ 8.

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,63 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 578,65 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{215,714}{578,65} = 0,37 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na tlak:

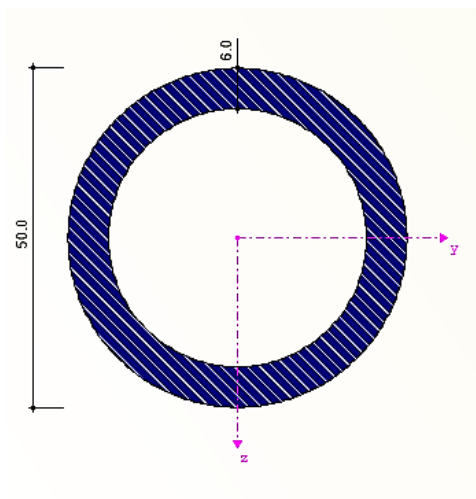
max.  $N_{c,Ed} = -245,522 \text{ kN}$  hodnota z kombinace KZ 8.

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,63 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 578,65 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{245,522}{578,65} = 0,42 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 5.4. SVISLICE

PRŮŘEZ: Tr 50,0 x 6,0 (tvarovaný za tepla)



### Průřezové charakteristiky:

$$A = 0,8294 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = I_z = 2,044 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$W_{pl,y} = W_{pl,z} = 1,169 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

### Materiálové charakteristiky:

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

$$E = 210 \text{ GPa}; G = 81 \text{ GPa}$$

Obrázek 31: Svislice

### Klasifikace průřezu:

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

$$d = 50,0 \text{ mm}; t = 6,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} \leq 50\varepsilon^2$$

$$\frac{50,0}{6,0} = 8,33 \leq 50 \cdot 0,814^2 = 33,13 \rightarrow \text{TŘÍDA PRŮŘEZU 1}$$

### Posouzení mezní štíhlosti:

Pruty namáhané tlakem  $\rightarrow \lambda_{lim} = 200$

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{L_{cr}}{i} = 127,4 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na vzpěr:

max.  $N_{c,Ed} = -49,667 \text{ kN}$  hodnota z kombinace KZ 32.

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 2,0 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2,044 \cdot 10^{-7}}{2,0^2} = 105,911 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{0,8294 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{105,911 \cdot 10^3}} = 1,670$$

křivka a ...  $\alpha = 0,21$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,67 - 0,2) + 1,67^2] = 2,05$$

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{2,05 + \sqrt{2,05^2 - 1,67^2}} = 0,309 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,309 \cdot 0,8294 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 90,981 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{49,667}{90,981} = 0,55 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na tlak:

max.  $N_{c,Ed} = -49,667 \text{ kN}$  hodnota z kombinace KZ 32.

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,8294 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 294,437 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{49,667}{294,437} = 0,17 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na tah:

max.  $N_{t,Ed} = 14,532 \text{ kN}$  hodnota z kombinace KZ 8.

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,8294 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 294,437 \text{ kN}$$

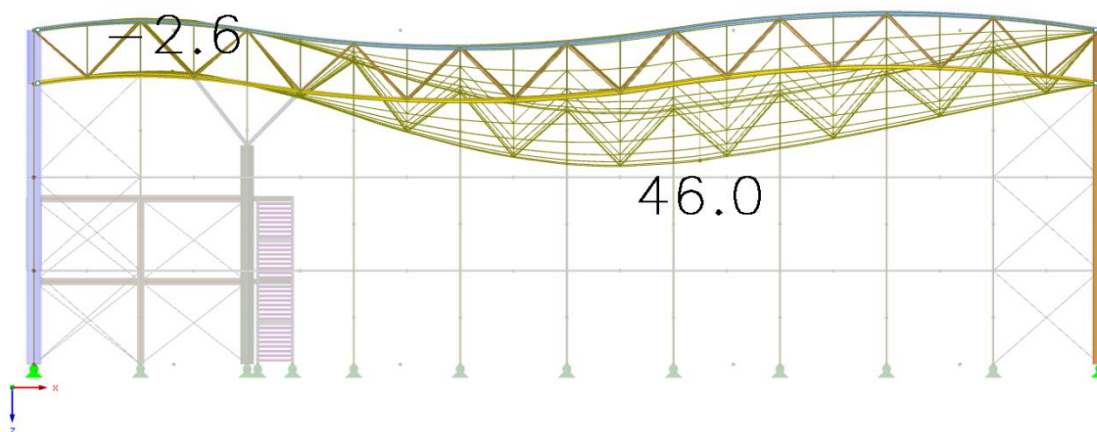
$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{14,532}{294,437} = 0,05 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 5.5. CELKOVÝ PRŮHYB VAZNÍKU

$$\omega_z = 46,0 \text{ mm}$$

$$\omega_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{40000}{250} = 160 \text{ mm}$$

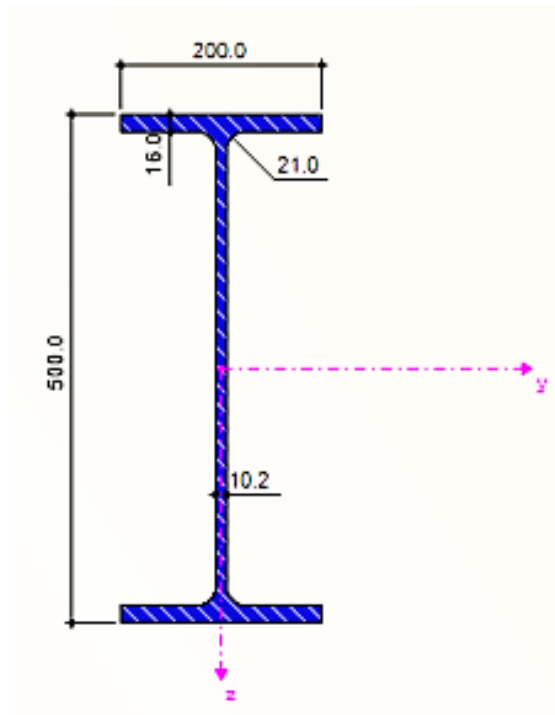
$$\omega_{\text{lim}} = 160 \text{ mm} > \omega_z = 46,0 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Obrázek 32: Celkový průhyb vazníku

## 5.6. SLOUP

PRŮŘEZ: IPE 500



Obrázek 33: Sloup

### Průřezové charakteristiky:

$$A = 11,55 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = 4,82 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_z = 2,142 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_y = 1,928 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W_z = 2,142 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$A_{v,y} = 6,718 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{v,z} = 5,985 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

### Materiálové charakteristiky:

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

$$E = 210 \text{ GPa}; G = 81 \text{ GPa}$$

### Klasifikace průřezu:

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

### Pásnice:

$$c = 73,9 \text{ mm}; t = 16 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} \leq 33\varepsilon$$

$$\frac{73,9}{16} = 4,62 \leq 9 \cdot 0,814 = 7,326 \rightarrow \text{TŘÍDA PRŮŘEZU 1}$$

### Stojina:

$$c = 426 \text{ mm}; t = 10,2 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} \leq 42\varepsilon$$

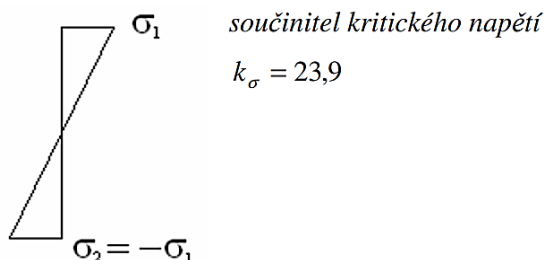
$$\frac{426}{10,2} = 41,765 \leq 42 \cdot 0,814 = 34,188 \rightarrow \text{TŘÍDA PRŮŘEZU 4} \rightarrow \text{pružný výpočet}$$

### Účinné vlastnosti průřezu tř.4

$$\text{pro } \lambda_p' \leq 0,673 \quad \rho = 1,0$$

$$\text{pro } \lambda_p' > 0,673 \quad \rho = (\lambda_p' - 0,22)/\lambda_p'^2$$

$$\lambda_p' = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{hw/tw}{28,4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} = \frac{426/10,2}{28,4 \cdot 0,814 \cdot \sqrt{23,9}} = 0,370 \leq 0,673 \rightarrow \rho = 1,0$$



Obrázek 34: Průběh kritického napětí (ČSN EN 1993-1-5)

$$\rightarrow A_{eff} = A ; I_{eff} = I ; W_{eff} = W$$

### Posouzení mezní štíhlosti:

Pruty namáhané tlakem  $\rightarrow \lambda_{lim} = 200$

$\lambda_y = 61,185 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow$  VYHOVUJE

$\lambda_z = 81,206 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow$  VYHOVUJE

### Posouzení na vzpěr:

max.  $N_{c,Ed} = -313,487$  kN hodnota z kombinace KZ 25.

Pravá řada hlavních sloupů.

$$L_{cr,y} = 12,500 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 4,82 \cdot 10^{-4}}{12,500^2} = 6\,393,609 \text{ kN}$$

$$\lambda_y^- = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{11,55 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{6393,609 \cdot 10^3}} = 0,801$$

křivka a ...  $\alpha = 0,21$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y^- - 0,2) + \lambda_y^{-2}]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,801 - 0,2) + 0,801^2] = 0,884$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^{-2}}} = \frac{1}{0,884 + \sqrt{0,884^2 - 0,801^2}} = 0,795 \leq 1,0$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,795 \cdot 11,55 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 3\,259,699 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{313,487}{3\,259,699} = 0,1 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$L_{cr,z} = 3,500 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2,142 \cdot 10^{-5}}{3,500^2} = 3\,624,119 \text{ kN}$$

$$\lambda_z^- = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{11,55 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{3\,624,119 \cdot 10^3}} = 1,064$$

křivka b ...  $\alpha = 0,34$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z^- - 0,2) + \lambda_z^{-2}]$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,064 - 0,2) + 1,064^2] = 1,213$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^{-2}}} = \frac{1}{1,213 + \sqrt{1,213^2 - 1,064^2}} = 0,557 \leq 1,0$$

$$N_{bR,d} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,557 \cdot 11,55 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 2\,283,839 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{313,487}{2\,283,839} = 0,14 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Vzpěr zkroucením:

$$L_{cr,T} = 3,500 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{cr,T} &= \frac{1}{i_0^2} \cdot \left( G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{cr,T}^2} \right) \\ &= \frac{1}{43\,596,1} \cdot \left( 81 \cdot 10^3 \cdot 89,29 \cdot 10^4 + \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,249 \cdot 10^{12}}{3500^2} \right) \\ &= 6\,506,252 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 = 204,3^2 + 43,1^2 = 43\,596,1 \text{ mm}^2$$

$$\lambda_y^- = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{11,55 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{6\,506,252 \cdot 10^3}} = 0,794$$

křivka b ...  $\alpha = 0,34$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y^- - 0,2) + \lambda_y^{-2}]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,794 - 0,2) + 0,794^2] = 0,888$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,888 + \sqrt{0,888^2 - 0,794^2}} = 0,778 \leq 1,0$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,778 \cdot 11,55 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 3\,189,297 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{313,487}{3189,297} = 0,10 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na tah:

max.  $N_{t,Ed} = 152,954 \text{ kN}$  hodnota z kombinace KZ 56.

Pravá řada hlavních sloupů.

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{11,55 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 4\,100,250 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{152,954}{4\,100,250} = 0,04 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na ohyb:

max.  $M_{y,Ed} = 172,340 \text{ kNm}$  hodnota z kombinace KZ 32.

Levá řada hlavních sloupů.

$$M_{c,Rd,y} = \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,928 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 684,440 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{172,340}{684,440} = 0,25 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na smyk:

max.  $V_{z,Ed} = -86,213 \text{ kN}$  hodnota z kombinace KZ 32.

Levá řada hlavních sloupů.

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{86,213 \cdot 10^3}{4773,6} = 18,060 \text{ MPa} \quad \text{pro } \frac{A_f}{A_w} \geq 0,6 \rightarrow I \text{ a } H \text{ průřezy}$$

$$V_{c,Rd,z} = \frac{\tau_{Ed}}{f_y(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} = \frac{18,060}{355 \cdot (\sqrt{3} \cdot 1,0)} = 0,03 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\leq 0,5$$

### Boulení stojiny ve smyku

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 72 \cdot \frac{\varepsilon}{\eta}$$

$$\frac{468}{10,2} \leq 72 \cdot \frac{0,814}{1,2}$$

$$45,9 \leq 48,8 \rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

Lze zanedbat účinek smykové síly na únosnost průřezu při působení momentu a osově síly.

### Posouzení na klopení

max.  $M_{y,Ed} = 172,340 \text{ kNm}$  hodnoty z kombinace KZ 32.

Levá řada hlavních sloupů.

$$L = 3,500 \text{ m}$$

$$k_y = 1,0$$

$$k_z = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

$$c_{1,0} = 1,13$$

$$c_{1,1} = 1,13$$

$$c_2 = 0,46$$

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{\pi}{1,0 \cdot 3500} \cdot \sqrt{\frac{210000 \cdot 1,249 \cdot 10^{12}}{81 \cdot 10^3 \cdot 892900}} = 1,709$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot \kappa_{wt} = 1,13 + (1,13 - 1,13) \cdot 1,709 = 1,13 \leq c_{1,1} = 1,13$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2} = \frac{1,13}{1,0} \sqrt{1 + 1,709^2} = 2,237$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{EI_z GI_t}}{L} = 2,237 \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 2,142 \cdot 10^7 \cdot 81 \cdot 10^3 \cdot 892900}}{3500} \\ = 1\,145,279 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,194 \cdot 10^6 \cdot 355}{1\,145\,279\,000}} = 0,825$$


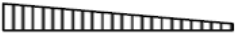






$$h/b = 500/200 = 2,5 > 2,0 \rightarrow \text{křivka } c \rightarrow \alpha_{LT} = 0,49$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2] \\ = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,825 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,825^2] = 0,859$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,859 + \sqrt{0,859^2 - 0,75 \cdot 0,825^2}} = 0,749$$

$$\chi_{LT} \leq 1$$

Tabulka 6.6 – Opravné součinitele  $k_c$

Rozdělení momentů	$k_c$
 $\psi = 1$	1,00
 $-1 \leq \psi \leq 1$	$\frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$
	0,94
	0,90
	0,91
	0,86
	0,77
	0,82

Obrázek 35: opravný součinitel  $k_c$  (ČSN EN 1993 -1-1)

$$k_c = \frac{1}{1,33 - 0,33\psi} = \frac{1}{1,33 - 0,33 \cdot 0,750} = 0,924$$

$$f = 1 - 0,5(1 - k_c) \left[ 1 - 2,0(\overline{\lambda}_{LT} - 0,8)^2 \right] = 1 - 0,5(1 - 0,924) \left[ 1 - 2,0(0,825 - 0,8)^2 \right]$$

$$= 0,962 \leq 1,0$$

$$\chi_{LT,mod} = \frac{\chi_{LT}}{f} = \frac{0,749}{0,962} = 0,776 \leq 1,0$$

$$\leq \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = \frac{1}{0,825^2} = 1,47$$

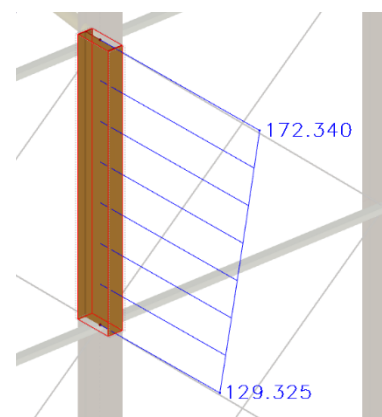
$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,749 \cdot 1,928 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{355 \cdot 10^3}{1,0} = 512,646 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{172,340}{512,646} = 0,34 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

### Posouzení na ohyb a osový tlak

max.  $M_{y,Ed} = 172,340 \text{ kNm}$  hodnoty z kombinace KZ 32.

odp.  $N_{c,Ed} = -147,164 \text{ kN}$



Obrázek 36: maximální  $M_y$  sloupu

odp.  $M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$

Levá řada hlavních sloupů.

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 11,55 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 4\,100,25 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = M_{z,Rk} = W_y \cdot f_y = 1,928 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 684,440 \text{ kNm}$$

$$M_y = 172,340 \text{ kNm}$$

$$\psi M_y = 129,325 \text{ kNm} \rightarrow \psi = 0,750$$

$$c_{m,y} = 0,6 + 0,4\psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0,750 = 0,90 \geq 0,4$$

$$k_{yy} = c_{m,y} \cdot \left( 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \leq c_{m,y} \cdot \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,90 \cdot \left( 1 + 0,6 \cdot 0,801 \cdot \frac{147,164}{\frac{0,795 \cdot 4100,25}{1,0}} \right) \leq 0,90 \cdot \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{147,164}{\frac{0,795 \cdot 4100,25}{1,0}} \right)$$

$$0,920 \leq 0,924 \rightarrow k_{yy} = 0,920$$

$$k_{zy} = 0,8 \cdot k_{yy} = 0,8 \cdot 0,920 = 0,736$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}}$$

$$\frac{147,164}{\frac{0,795 \cdot 4100,25}{1,0}} + 0,920 \cdot \frac{172,340 + 0}{\frac{0,749 \cdot 684,440}{1,0}} + 0 = 0,35$$

$$0,35 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}}$$

$$\frac{147,164}{\frac{0,557 \cdot 4100,25}{1,0}} + 0,736 \cdot \frac{172,340 + 0}{\frac{0,749 \cdot 684,440}{1,0}} + 0 = 0,40$$

$$0,31 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na průhyb

Sloup pod vazníkem I, hodnota z kombinace KZ 99.

Pravá řada hlavních sloupů.

$$\omega = 23,6 \text{ mm}$$

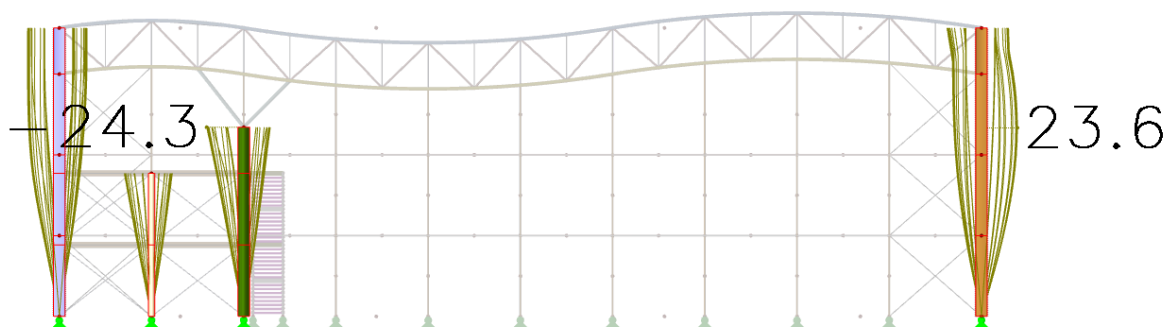
$$\omega_{\text{lim}} = \frac{L}{300} = \frac{12500}{300} = 41,7 \text{ mm}$$

$$\omega_{\text{lim}} = 41,7 \text{ mm} > \omega = 23,6 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Obrázek 37: Průhyb sloupu

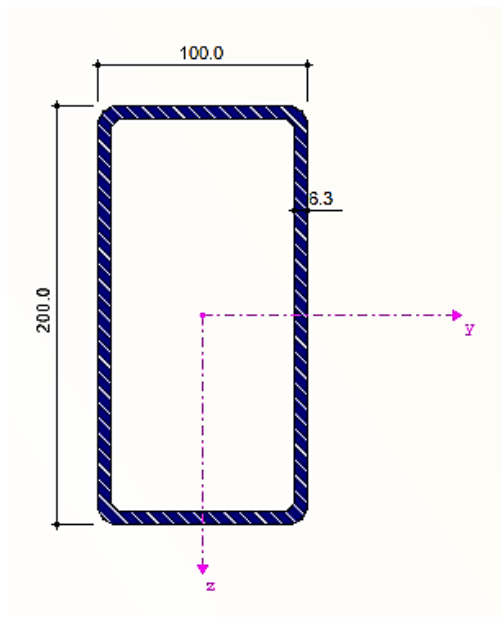
## 5.7. MAXIMÁLNÍ POSUN VE SMĚRU X



Obrázek 38: Maximální posun ve směru X

## 5.8. SCHODY – HLAVNÍ NOSNÍK

PRŮŘEZ: Tr 4HR 200/100/6,3 (tvarovaný za tepla)



### Průřezové charakteristiky:

$$A = 3,58 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = 1,829 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 6,13 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{pl,y} = 2,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 1,40 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$A_{v,y} = 1,193 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{v,z} = 2,387 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

### Materiálové charakteristiky:

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

$$E = 210 \text{ GPa}; G = 81 \text{ GPa}$$

Obrázek 39: Hlavní nosník schodů

### Klasifikace průřezu:

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

### Pásnice:

$$c = 81,1 \text{ mm}; t = 10 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} \leq 33\varepsilon$$

$$\frac{81,1}{6,3} = 12,87 \leq 33 \cdot 0,814 = 26,862 \rightarrow \text{TŘÍDA PRŮŘEZU 1}$$

### Stojina:

$$c = 181,1 \text{ mm}; t = 6,3 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} \leq 38\varepsilon$$

$$\frac{181,1}{6,3} = 28,75 \leq 38 \cdot 0,814 = 30,932 \rightarrow \text{TŘÍDA PRŮŘEZU 2}$$

### Posouzení mezní štíhlosti:

Pruty namáhané tlakem  $\rightarrow \lambda_{lim} = 200$

$\lambda_y = 72,5 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

$\lambda_z = 97,9 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow$  VYHOVUJE

### Posouzení na vzpěr:

max.  $N_{c,Ed} = -85,070$  kN hodnota z kombinace KZ 12.

$$L_{cr,y} = 7,0 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 1,829 \cdot 10^{-5}}{7,0^2} = 773,636 \text{ kN}$$

$$\lambda_y^- = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{3,58 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{773,636 \cdot 10^3}} = 1,282$$

křivka a ...  $\alpha = 0,21$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y^- - 0,2) + \lambda_y^{-2}]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,282 - 0,2) + 1,282^2] = 1,435$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^{-2}}} = \frac{1}{1,435 + \sqrt{1,435^2 - 1,282^2}} = 0,481 \leq 1,0$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,481 \cdot 3,58 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 611,303 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{85,070}{611,303} = 0,14 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$L_{cr,z} = 3,0 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 6,13 \cdot 10^{-6}}{3,0^2} = 1411,682 \text{ kN}$$

$$\lambda_z^- = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{3,58 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1411,682 \cdot 10^3}} = 0,949$$

křivka a ...  $\alpha = 0,21$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z^- - 0,2) + \lambda_z^{-2}]$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,949 - 0,2) + 0,949^2] = 1,029$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^{-2}}} = \frac{1}{1,029 + \sqrt{1,029^2 - 0,949^2}} = 0,701 \leq 1,0$$

$$N_{br,d} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,701 \cdot 3,58 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 890,738 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{85,070}{890,738} = 0,1 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na ohyb:

max.  $M_{y,Ed} = - 36,075 \text{ kNm}$  hodnota z kombinace KZ 6.

$$M_{c,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,28 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 80,940 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{36,075}{80,940} = 0,45 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na kombinaci ohybu, smyku a osově síly

max.  $V_{z,Ed} = - 43,284 \text{ kN}$  hodnoty z kombinace KZ 20.

odp.  $N_{Ed} = 29,946 \text{ kN}$

odp.  $M_{y,Ed} = - 28,946 \text{ kNm}$

Únosnost v ohybu:

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,28 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 80,940 \text{ kNm}$$

Únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd,z} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2387 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 489,170 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd,z}} = \frac{43,284}{489,17} = 0,09 \leq 0,5 \rightarrow \text{VYHOVUJE} \rightarrow \text{není potřeba redukce } f_y \text{ vlivem smyku}$$

Osová síla:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,58 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1270,90 \text{ kN}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{29,199}{1270,9} = 0,023$$

Ohyb a osová síla:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \cdot (1 - n) / (1 - 0,5 \cdot a_w) \quad \text{ale} \quad M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd}$$



$$a_w = (3,58 \cdot 10^3 - 2 \cdot 100 \cdot 6,3) / 3,58 \cdot 10^3 = 0,648 \leq 0,5$$

$$M_{N,y,Rd} = 80,940 \cdot (1 - 0,004) / (1 - 0,5 \cdot 0,5) = 107,490 \text{ kNm} \leq 80,940 \text{ kNm}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \cdot (1 - n) / (1 - 0,5 \cdot a_f) \quad \text{ale} \quad M_{N,z,Rd} \leq M_{pl,z,Rd}$$

$$a_f = (A - 2 \cdot h \cdot t) / A \quad \text{ale} \quad a_f \leq 0,5$$

$$a_f = (3,58 \cdot 10^3 - 2 \cdot 200 \cdot 6,3) / 3,58 \cdot 10^3 = 0,296 \leq 0,5$$

$$M_{N,z,Rd} = 49,70 \cdot (1 - 0,004) / (1 - 0,5 \cdot 0,296) = 58,10 \text{ kNm} \leq 49,70 \text{ kNm}$$

$$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1,0$$

$$\text{pro pravoúhlé duté průřezy: } \alpha = \beta = \frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot n^2} = \frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot 0,004^2} = 1,660 \leq 6$$

$$\left[ \frac{36,075}{80,940} \right]^{1,66} + \left[ \frac{0,660}{49,700} \right]^{1,66} \leq 1,0$$

$$0,26 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

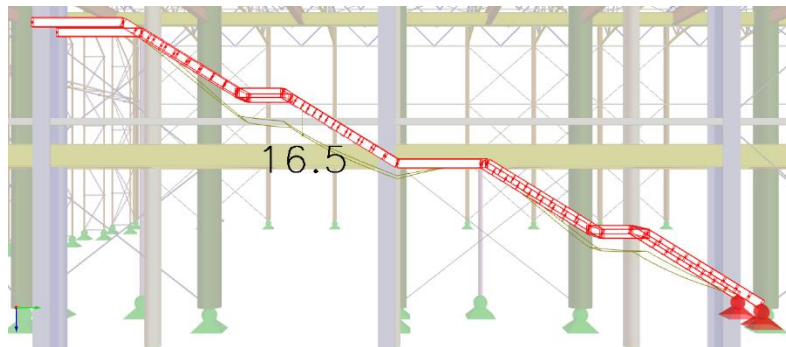
### Posouzení na průhyb:

Průhyb ve směru z: hodnoty z kombinace KZ 72.

$$\omega = 16,5 \text{ mm}$$

$$\omega_{lim} = \frac{L}{200} = \frac{7000}{300} = 23,3 \text{ mm}$$

$$\omega = 16,5 \text{ mm} < \omega_{lim} = 23,3 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Obrázek 40: Průhyb schodů ve směru z

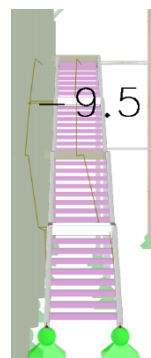
Průhyb ve směru y:

hodnoty z kombinace KZ 78.

$$\omega = 9,5 \text{ mm}$$

$$\omega_{\text{lim}} = \frac{L}{200} = \frac{7000}{300} = 23,3 \text{ mm}$$

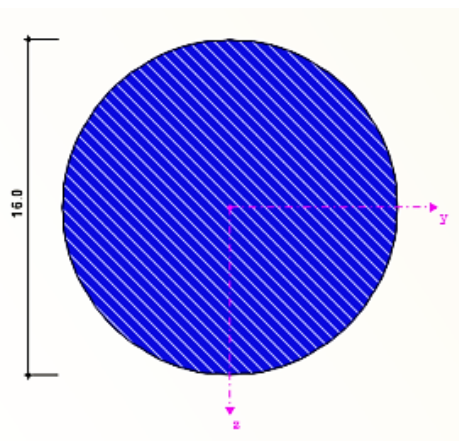
$$\omega = 9,5 \text{ mm} < \omega_{\text{lim}} = 23,3 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Obrázek 41: Průhyb schodů ve směru y

## 5.9. PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO – VNĚJŠÍ

PRŮŘEZ: RD 16 ( stěnové, střešní a okapové)



**Průřezové charakteristiky:**

$$A = 201 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

**Materiálové charakteristiky:**

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$E = 210 \text{ GPa}; G = 81 \text{ GPa}$$

Obrázek 42: Příčné ztužidlo vnější

**Posouzení na tah:**

$$\text{max. } N_{t,Ed} = 42,914 \text{ kN}$$

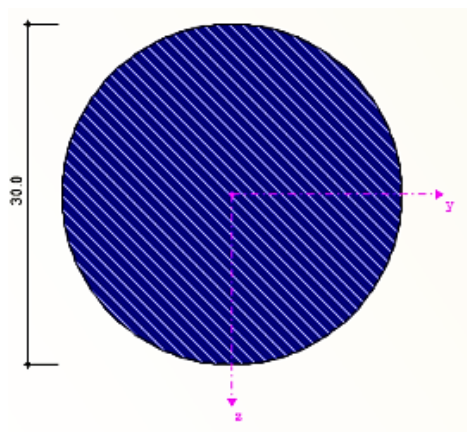
hodnota z kombinace KZ 12.

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{201 \cdot 10^{-3} \cdot 420 \cdot 10^3}{1,0} = 84,420 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{42,914}{84,420} = 0,51 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 5.10. PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO – VNITŘNÍ

PRŮŘEZ: RD 30 ( stěnové, střešní a okapové)



**Průřezové charakteristiky:**

$$A = 707 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

**Materiálové charakteristiky:**

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$E = 210 \text{ GPa}; G = 81 \text{ GPa}$$

Obrázek 43: Příčné ztužidlo vnitřní

**Posouzení na tah:**

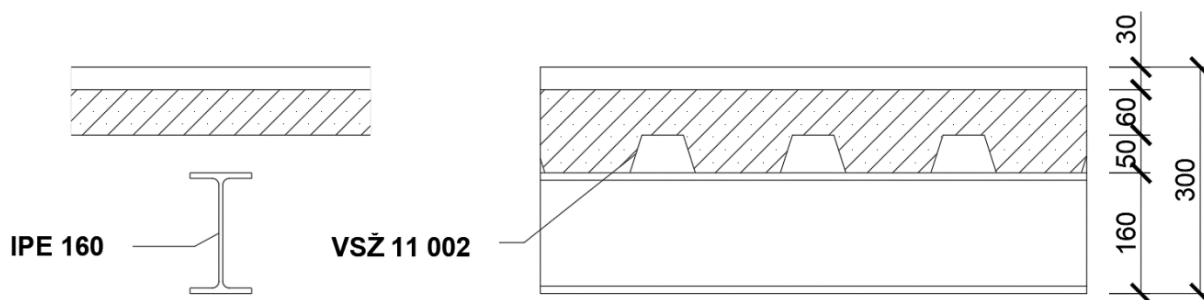
$$\text{max. } N_{t,Ed} = 227,456 \text{ kN}$$

hodnota z kombinace KZ 12.

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{707 \cdot 10^{-3} \cdot 420 \cdot 10^3}{1,0} = 296,940 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{227,456}{296,940} = 0,77 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 5.11. SPŘAŽENÁ STROPNICE



Obrázek 44: Schéma spřažené stropnice

### Materiálové charakteristiky

OCEL:

$$f_y = 355 \text{ MPa}, f_u = 490 \text{ MPa}$$

$$E = 210 \text{ GPa}; G = 81 \text{ GPa}$$

$$\text{IPE 160: } A = 2,009 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = 8,693 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

BETON:

C 25/30

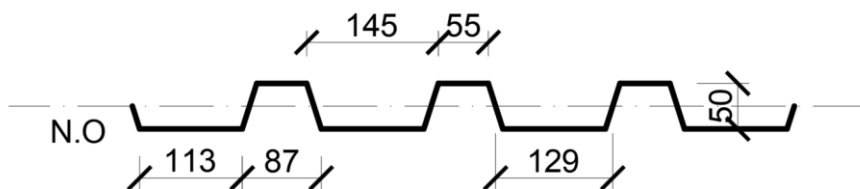
$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 31 \text{ GPa}$$

PLECH: VSŽ 11 002

$$h_p = 60 \text{ mm}; A = 0,09225 \text{ m}^2$$

PLECH VSŽ 11 002 – normální poloha



Obrázek 45: Schéma trapézového plechu

## Zatížení

a) stálé

PRVEK	gk	$\gamma_f$	gd
IPE	0,158	1,35	0,213
BETONOVÁ DESKA	$25 \cdot 0,09225 \cdot 2,0$	1,35	6,227
1.fáze	$\Sigma 4,6125 \text{ kN/m}$		$\Sigma 6,440 \text{ kN/m}$
PODLAHA	$24 \cdot 0,03 \cdot 2,0$	1,35	1,944
2.fáze	$\Sigma 1,44 \text{ kN/m}$		$\Sigma 1,944 \text{ kN/m}$

b) proměnné

$$qk = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$qk = 5 \cdot 2,0 = 10,0 \text{ kN/m}$$

$$qd = qk \cdot 1,5 = 10,0 \cdot 1,5 = 15,0 \text{ kN/m}$$

## Spolupůsobící šířka

$$b_1 = b_2 = b = 2,0 \text{ m}$$

$$b_{e1} = b_{e2} = \frac{L}{8} = \frac{4000}{8} = 500 \text{ mm}$$

$$b_0 = 0 \text{ mm}$$

$$b_{eff} \leq b$$

$$b_{eff} \leq b_{e1} + b_{e2} + b_0 = 0,5 + 0,5 + 0 = 1,00 \text{ m} < b = 2,0 \text{ m}$$

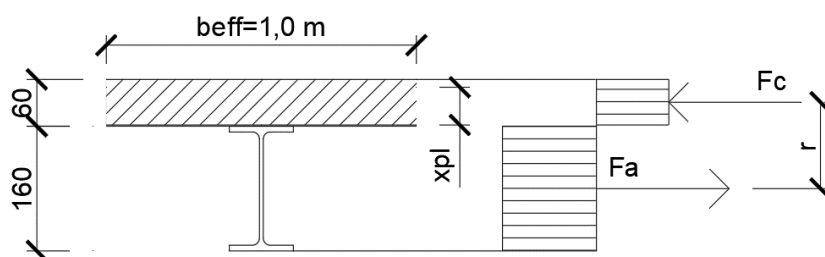
## Návrhová únosnost

$$F_a = F_c$$

$$A_{IPE} \cdot f_{yd} = b_{eff} \cdot x_{pl} \cdot 0,85 \cdot f_{cd}$$

$$x_{pl} = \frac{A_{IPE} \cdot f_{yd}}{b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{cd}} = \frac{0,002009 \cdot 355}{1,0 \cdot 0,85 \cdot 16,667} = 0,0503 \text{ m}$$

$$x_{pl} = 0,0503 \text{ m} < h = 0,06 \text{ m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Obrázek 46: Efektivní průřez stropnice

$$r = H - \frac{x_{pl}}{2} - \frac{h}{2} = 300 - \frac{50,3}{2} - 80 = 194,850 \text{ mm}$$

### Posouzení ohyb:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot (g_{d1} + q_{d2} + q_d) \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot (6,440 + 1,944 + 15) \cdot 4^2 = 46,768 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = A_{IPE} \cdot f_y \cdot r = 0,002009 \cdot 355 \cdot 10^3 \cdot 0,19485 = 138,966 \text{ kNm}$$

$$\frac{46,768}{138,966} = 0,34 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení smyk:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 0,5$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot (g_{d1} + q_{d2} + q_d) \cdot L = \frac{1}{2} \cdot (6,440 + 1,944 + 15) \cdot 4 = 23,384 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,763 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 156,384 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{23,384}{156,384} = 0,15 \leq 0,5 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení MSP

a) 1.fáze

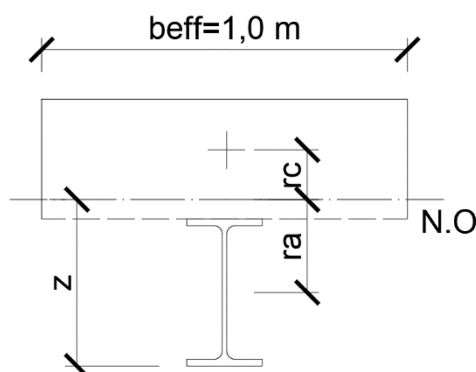
$$\delta_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_{K1} \cdot L^4}{E \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{4,6125 \cdot 4^4}{210 \cdot 10^6 \cdot 8,693 \cdot 10^{-6}} = 0,0084 \text{ m}$$

$$\delta_1 = 0,0084 \text{ m} \leq \frac{L}{250} = \frac{4,0}{250} = 0,016 \text{ m}$$

$$\delta_1 = 8,4 \text{ mm} < 16 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

b) 2.fáze

### Ideální průřez



$$E_{cmi} = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{30000}{2} = 15000 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_a}{E_{cmi}} = \frac{210000}{15000} = 14$$

Obrázek 47: Ideální průřez stropnice

$$h_c = h_d + h_{IPE} - \frac{h'}{2} = 0,11 + 0,16 - \frac{0,06}{2} = 0,240 \text{ m}$$

$$z = \frac{A_{IPE} \cdot \frac{h_{IPE}}{2} + \frac{b_{eff} \cdot h'}{n} \cdot h_c}{A_{IPE} + \frac{b_{eff} \cdot h'}{n}} = \frac{0,002009 \cdot \frac{0,16}{2} + \frac{1,0 \cdot 0,06}{14} \cdot 0,240}{0,002009 + \frac{1,0 \cdot 0,06}{14}} = 0,189 \text{ m}$$

$$r_a = z - \frac{h_{IPE}}{2} = 0,189 - \frac{0,160}{2} = 0,109 \text{ m}$$

$$r_c = h_c - z = 0,240 - 0,189 = 0,051 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} I_{y,i} &= I_{IPE,y} + A_{IPE} \cdot r_a^2 + \frac{1}{n} \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot h'^3 + b_{eff} \cdot h' \cdot r_c^2 \right) \\ &= 8,693 \cdot 10^{-6} + 0,002009 \cdot 0,109^2 + \frac{1}{14} \\ &\quad \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot 1,0 \cdot 0,06^3 + 1,0 \cdot 0,06 \cdot 0,051^2 \right) = 0,45 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{(g_{K2} + q_k) \cdot L^4}{E \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(1,44 + 10) \cdot 4^4}{210 \cdot 10^6 \cdot 0,45 \cdot 10^{-4}} = 0,004 \text{ m}$$

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = 0,0084 + 0,004 = 0,0124 \text{ m} < \frac{L}{250} = 0,016 \text{ m} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## Návrh spřažení

Spřažovací trny : SD1

$$d_1 = 19 \text{ mm}$$

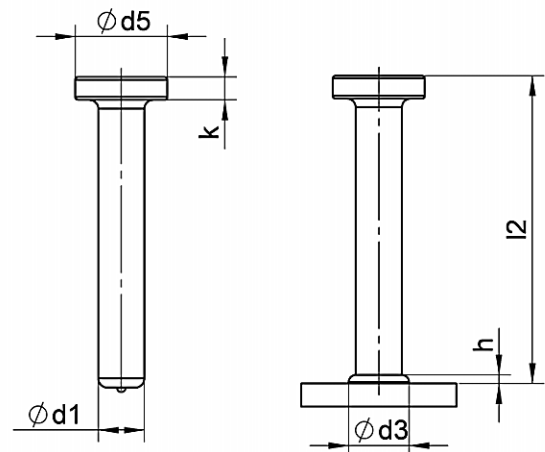
$$d_5 = 32 \text{ mm}$$

$$d_3 = 32 \text{ mm}$$

$$l_2 = 100 \text{ mm}$$

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

4.8.  $f_u = 400 \text{ MPa}$



## Návrhová únosnost 1 trnu

$$P_{Rd} = \min = \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2}{\gamma_v \cdot 4} \\ \frac{0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}}}{\gamma_v} \end{array} \right\}$$

$$\alpha = 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) = 0,2 \cdot \left( \frac{100}{19} + 1 \right) = 1,25$$

$$\text{pro } \frac{h_{sc}}{d} = \frac{100}{19} = 5,26 > 4 \rightarrow \alpha = 1,0$$

$$P_{Rd} = \min = \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,8 \cdot 400 \cdot \pi \cdot 19^2}{1,25 \cdot 4} \\ \frac{0,29 \cdot 1,0 \cdot 19^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 31 \cdot 10^3}}{1,25} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 72,583 \text{ kN} \\ 73,730 \text{ kN} \end{array} \right\} = 72,583 \text{ kN}$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \cdot \frac{129}{50} \cdot \left( \frac{100}{50} - 1 \right) = 1,806 < k_{t,MAX} = 0,85 \rightarrow k_t = 0,85$$

$$P_{Rd} = 72,583 \cdot 0,85 = 61,696 \text{ kN}$$

$$V_{l,pl} = A_{IPE} \cdot f_{yd} = 0,002009 \cdot 355 \cdot 10^6 = 713,195 \text{ kN}$$

$$s_{l,min} = 5 \cdot d = 5 \cdot 19 = 95 \text{ mm}$$

$$s_{l,max} = \min \left\{ \frac{6 \cdot h_c}{800} \right\} = 300 \text{ mm} \rightarrow s_l = 200 \text{ mm}$$

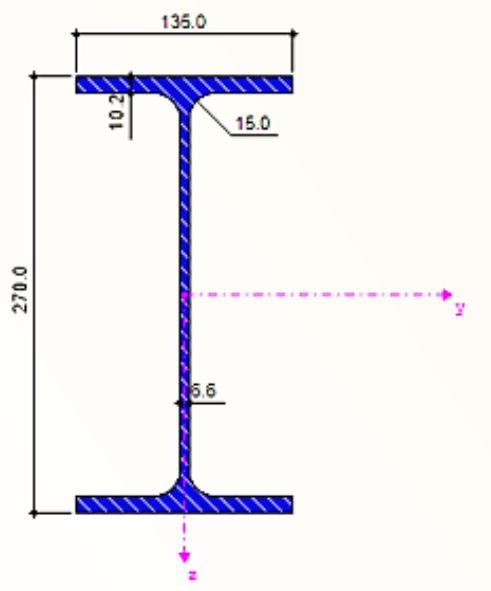
$$n = \frac{L_v}{s_l} = \frac{4000}{200} = 20 \text{ ks} \geq \frac{V_{l,pl} \cdot 2}{P_{Rd}} = \frac{713,195}{61,696} = 12 \text{ ks} \rightarrow \text{NÁVRH: 20 trnů}$$

Obrázek 48: Schéma spřažovacích trnů

## 5.12. PRŮVLAK

PRŮŘEZ IPE 270

Průřezové charakteristiky:



Obrázek 49: Průvlak

$$A = 4,595 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = 5,79 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 4,199 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{pl,y} = 4,84 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 9,70 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$A_{v,y} = 2,754 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{v,z} = 1,715 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

**Materiálové charakteristiky:**

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

$$E = 210 \text{ GPa}; G = 81 \text{ GPa}$$

### Zatížení

a) Vlastní tíha

$$\text{IPE 270} \quad g_k = 0,361 \text{ kN/m} ; g_d = 0,361 \cdot 1,35 = 0,487 \text{ kN/m}$$

b) reakce od stropnic

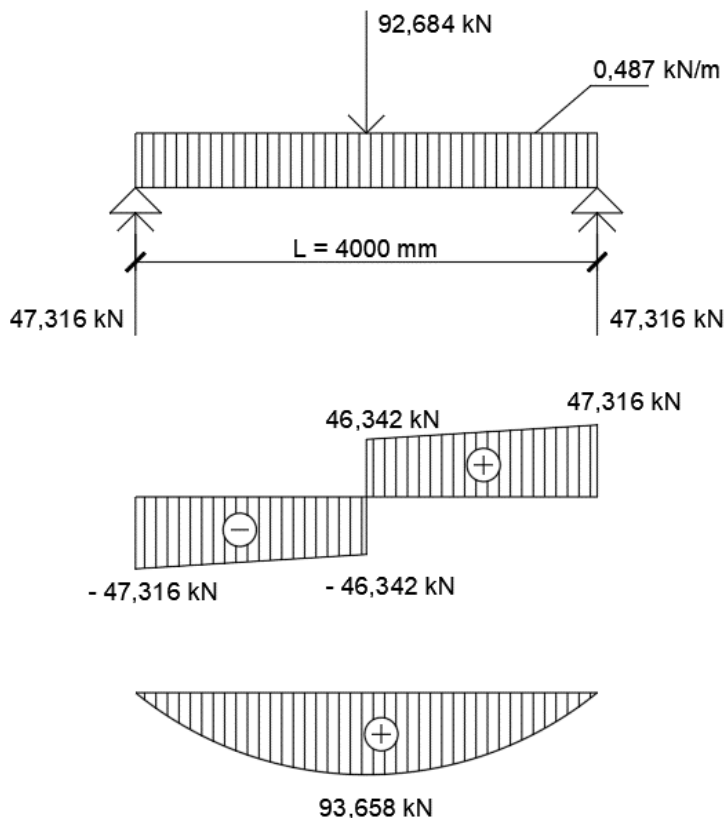
$$l = 4000 \text{ mm}$$

$$F_{KL} = F_{KP} = (g_{k1} + g_{k2} + q_k) \cdot \frac{L}{2} = (4,6125 + 1,44 + 10,0) \cdot \frac{4,0}{2} = 32,105 \text{ kN}$$

$$F_{DL} = F_{DP} = (g_{d1} + g_{d2} + q_d) \cdot \frac{L}{2} = (6,227 + 1,944 + 15,0) \cdot \frac{4,0}{2} = 46,342 \text{ kN}$$

$$F_K = F_{KL} + F_{KP} = 2 \cdot 32,105 = 64,210 \text{ kN}$$

$$F_D = F_{DL} + F_{DP} = 2 \cdot 46,342 = 92,684 \text{ kN}$$



Obrázek 50: Průběhy zatížení na průvlaku

Reakce od vlastní tíhy a stropnic

$$R_a = \frac{L \cdot g_d + F_d}{2} = \frac{4,0 \cdot 0,487 + 92,684}{2} = 47,316 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 47,316 \cdot 2,0 - 0,487 \cdot 2,0 \cdot 1,0 = 93,658 \text{ kNm}$$

## Posouzení

a) ohyb

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4,84 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 171,820 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{93,658}{171,820} = 0,60 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Vliv klopení se zanedbává v důsledku spřažení.

b) smyk

$$V_{Ed} = R_a = 47,316 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,y} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1,715 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 351,505 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{c,Rd,y}} = \frac{47,316}{351,505} = 0,135 \leq 0,5 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

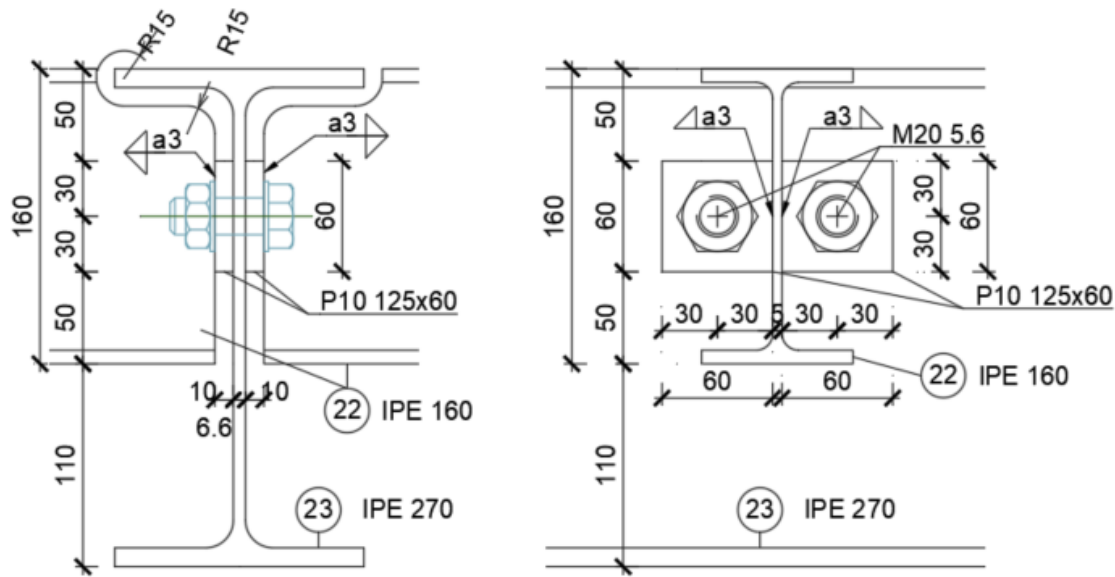
c) průhyb

$$\delta_{IPE} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_K \cdot L^4}{E \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,361 \cdot 4,0^4}{210 \cdot 10^6 \cdot 5,79 \cdot 10^{-5}} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\delta_F = \frac{1}{48} \cdot \frac{F_K \cdot L^3}{E \cdot I_y} = \frac{1}{48} \cdot \frac{64,210 \cdot 4,0^3}{210 \cdot 10^6 \cdot 5,79 \cdot 10^{-5}} = 7,0 \text{ mm}$$

$$\delta_{MAX} = 7,1 \text{ mm} \leq \frac{L}{400} = \frac{4000}{400} = 10 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## PŘÍPOJ STROPNICE NA PRŮVLAK



Obrázek 51: Montážní přípoj stropnice na průvlak

**NÁVRH:** 2x M20 5.6

### Rozměry a materiálové charakteristiky:

$d = 20 \text{ mm}$

$f_u = 490 \text{ MPa}$

$d_0 = 22 \text{ mm}$

$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$

$t = 10 \text{ mm}$

$f_{yb} = 300 \text{ MPa}$

$A_s = 245 \text{ mm}^2$

### Vnitřní síly:

$R = 93,658 \text{ kN}$

### Rozteče:

$e_1 = e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \rightarrow e_1 = 30 \text{ mm}$

$t = \min\left(t_1; \frac{t_2}{2}\right) = \min(10; 3,3) = 3,3 \text{ mm}$

## Posouzení na smyk

a) posouzení na stříh

$$\text{síla na jeden šroub} \quad F_{v,1,Ed} = \frac{R}{2} = \frac{93,658}{2} = 46,829 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 245 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 58,80 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,1,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{46,829}{58,80} = 0,8 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

b) posouzení na otlačení materiálu

$$k_1 = \min \left( 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \min(2,75; 2,5) = 2,5$$

$$\alpha = \min \left( \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right) = \min(0,53; 1,02; 1) = 0,53$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,53 \cdot 490 \cdot 20 \cdot 3,3}{1,25} = 34,280 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min \left\{ \begin{matrix} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 58,800 \\ 34,280 \end{matrix} \right\} = 34,280 \text{ kN}$$

$$n = \frac{F_{v,1,Ed}}{F_{Rd}} = \frac{46,829}{34,280} < 1,4 \leq 2,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

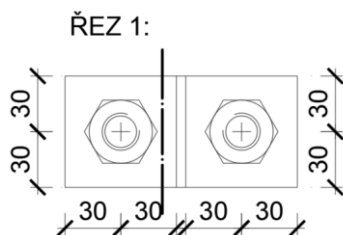
## Posouzení čelní desky:

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

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

$$V_{Ed} = F_{v,1,Ed}/2 = 23,415 \text{ kN}$$

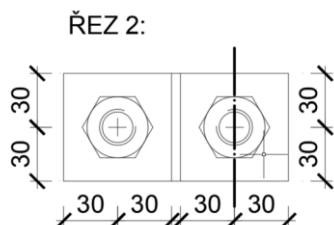
### ÚNOSNOST ŘEZ 1: plná smyková plocha



Obrázek 52: Posouzení čelní desky – řez 1

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{10 \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 122,976 \text{ kN}$$

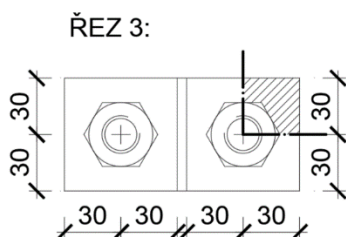
### ÚNOSNOST ŘEZ 2: oslabená smyková plocha



Obrázek 53: Posouzení čelní desky – řez 2

$$V_{net1,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot [(10 \cdot 60) - (1 \cdot 10 \cdot 22)] \cdot 490 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 1,25} = 77,400 \text{ kN}$$

### ÚNOSNOST ŘEZ 3: účinná smyková plocha



Obrázek 54: Posouzení čelní desky – řez 3

$L_v = 0 \text{ mm}$  ... vzdálenost koncových děr ve smykové ploše

$$L_1 = a_1 = 30 \text{ mm} \leq 5 \cdot d = 5 \cdot 20 = 100 \text{ mm}$$

$$L_2 = (a_2 - k \cdot d_0) \cdot \frac{f_u}{f_y} = (30 - 0,5 \cdot 22) \cdot \frac{490}{355} = 26,225 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 L_{eff} &= L_v + L_1 + L_2 = 0 + 30 + 26,225 = 56,225 \text{ mm} \leq L_3 = L_v + a_1 + a_3 \\
 &= 0 + 30 + 30 = 60 \text{ mm} \leq (L_v + a_1 + a_3 - n \cdot d_0) \cdot \frac{f_u}{f_y} \\
 &= (0 + 30 + 30 - 1 \cdot 22) \cdot \frac{490}{355} = 52,45 \rightarrow L_{eff} = 52,45 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$A_{v,eff} = t_p \cdot L_{v,eff} = 10 \cdot 52,45 = 524,5 \text{ mm}^2$$

$$V_{net2,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{v,eff} \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 524,5 \cdot 10^{-3} \cdot 490 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 1,25} = 106,835 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} V_{pl,Rd} \\ V_{net1,Rd} \\ V_{net2,Rd} \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 122,976 \\ 77,400 \\ 106,835 \end{array} \right\} = 77,400 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{23,415}{77,400} = 0,3 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení koutového svaru:

$$a_{min} = 3 \text{ mm} \leq a \leq a_{max} = 1,1 \cdot t_{min} = 1,1 \cdot 6,6 = 7,26 \text{ mm}$$

$$\rightarrow a = 3 \text{ mm}$$

$$L_{min} = 30 - 2 \cdot a = 24 \text{ mm}$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot a \cdot L} = \frac{23,415 \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 24} = 162,604 \text{ MPa}$$

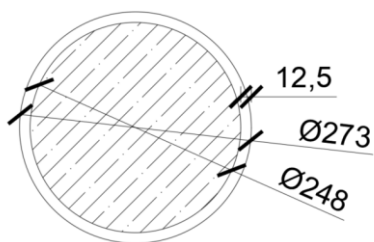
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{3 \cdot 162,604^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$281,640 \text{ MPa} < 435,556 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### 5.13. SPŘAŽENÝ SLOUP

NÁVRH: TRUBKA VYPLNĚNÁ BETONEM:  $d = 273 \text{ mm}$   
 $t = 12,5 \text{ mm}$



Obrázek 55: Schéma spřaženého sloupu

$$A = 10,20 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_c = 48,30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

MATERIÁL:

OCEL S355 –  $f_y = 355 \text{ MPa}$   
 $\gamma_a = 1,0$   
 $f_{yd} = 355 \text{ MPa}$

BETON C25/30 –  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$   
 $\gamma_c = 1,5$   
 $f_{cd} = 16,667 \text{ MPa}$

Zatížení

a) stálé

PRVEK	$g_k$	$\gamma_f$	$g_d$
VÝPLŇ SLOUPU	$25 \cdot 0,048305 \cdot 2 \cdot 3,1$	1,35	10,108
BETONOVÁ DESKA	$25 \cdot 0,09225 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2$	1,35	24,908
1.fáze	$\Sigma 25,937 \text{ kN/m}$		$\Sigma 35,016 \text{ kN}$
PODLAHA	$24 \cdot 0,03 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2$	1,35	7,776
2.fáze	$\Sigma 5,76 \text{ kN/m}$		$\Sigma 7,776 \text{ kN}$

b) z kombinace KZ22 -  $N_{Ed} = 354,371 \text{ kN}$

NÁVRHOVÁ SÍLA:  $N_{Ed} = 397,163 \text{ kN}$

Podmínky:

- lokální ztráta stability

$$\frac{d}{t} \leq 90 \frac{235}{f_y}$$

$$\frac{273}{12,5} \leq 90 \frac{235}{355}$$

$$21,84 \leq 59,58 \rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

- příspěvek oceli  $0,2 \leq \delta \leq 0,9$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} + v \cdot A_c \cdot f_{cd} = 10,20 \cdot 10^3 \cdot 355 + 1,0 \cdot 48,3 \cdot 10^3 \cdot 16,667 \\ = 4426,016 \text{ kN}$$

$$\delta = \frac{A \cdot f_{yd}}{N_{pl,Rd}} = \frac{10,2 \cdot 10^3 \cdot 355}{4426016} = 0,82$$

$0,2 \leq \delta \leq 0,9 \rightarrow 0,2 \leq 0,82 \leq 0,9 \rightarrow \text{VYHOVÍ}$

- poměrná štíhlost

$$L_{cr,y} = 6,200 \text{ m}$$

$$EI_{eff} = E_a \cdot I_a + K_e \cdot E_{cm} \cdot I_c \\ = 210 \cdot 10^3 \cdot \left( \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot 273^4 - \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot 248^4 \right) + 0,6 \cdot 30,5 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot 248^4 \\ = 2,17 \cdot 10^{13} \text{ MPa/mm}^4$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI_{eff}}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,17 \cdot 10^{13}}{6200^2} = 5571,550 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rk} = A \cdot f_{yk} + v \cdot A_c \cdot f_{ck} = 10,20 \cdot 10^3 \cdot 355 + 1,0 \cdot 48,3 \cdot 10^3 \cdot 25 = 4828,500 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{4828,500}{5571,550}} = 0,930 \leq 2,0$$

**Vzpěr:**

křivka a ...  $\alpha = 0,21$

$$\Phi_t = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_t = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,93 - 0,2) + 0,93^2] = 1,009$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi_t + \sqrt{\Phi_t^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,009 + \sqrt{1,009^2 - 0,930^2}} = 0,714 \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd} \cdot \chi} = \frac{397,163}{4426,016 \cdot 0,714} = 0,13 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Rozhodující posouzení u vnitřního sloupu je z hlediska MSP.

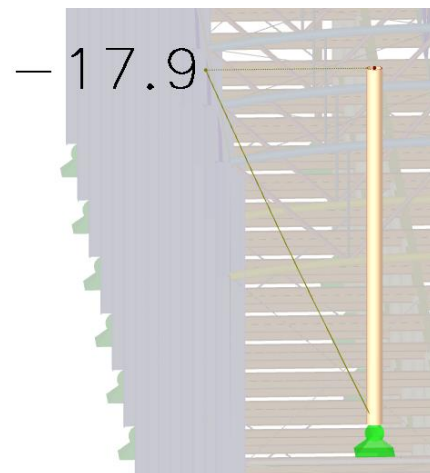
### Posouzení na průhyb

Sloup pod vazníkem I, hodnota z kombinace KZ78.

$$\omega = 17,9 \text{ mm}$$

$$\omega_{\text{lim}} = \frac{L}{300} = \frac{6200}{300} = 20,70 \text{ mm}$$

$$\omega_{\text{lim}} = 20,7 \text{ mm} > \omega = 17,9 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

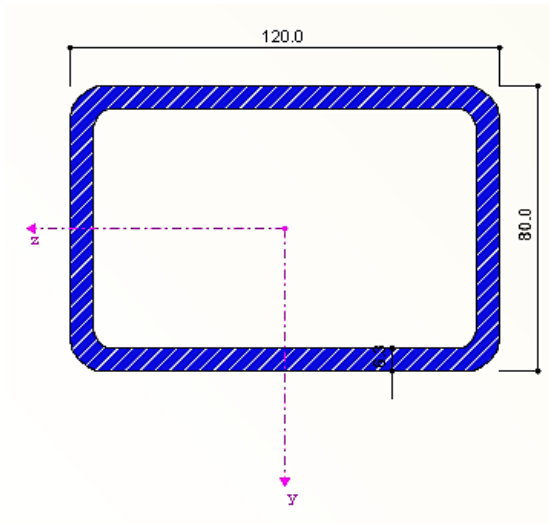


Obrázek 56: Průhyb spřaženého sloupu

## 5.14. POSOUZENÍ ZBYLÝCH PRUTŮ NA MSP A MEZNÍ ŠTÍHLOST

### Paždíky

PRŮŘEZ: Tr 4HR 120/80/6,3 (tvarovaný za tepla)



### Posouzení na průhyb

Směr y (lokální):

Kombinace zatížení KZ 105.

$\omega_y = 6,4 \text{ mm}$

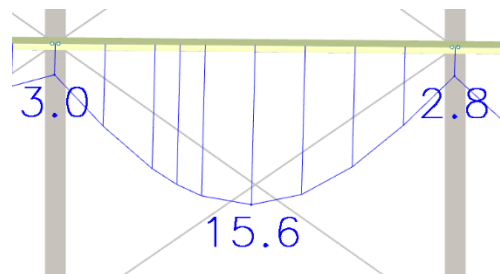
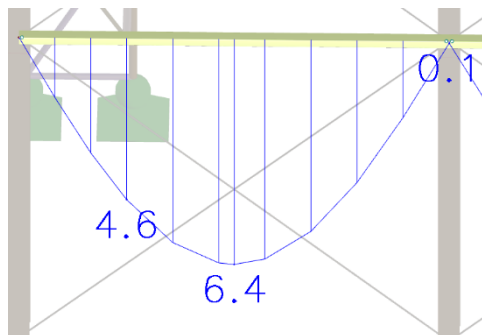
Směr z (lokální):

Kombinace zatížení KZ 93.

$\omega_z = 12,8 \text{ mm}$

Obrázek 57: Paždík

$$\omega_{\text{lim}} = \frac{L}{300} = \frac{4000}{300} = 13,333 \text{ mm}$$



Obrázek 58: Průhyb paždíku v X a Y

$\omega_{\text{lim}} = 13,33 \text{ mm} > \omega_y = 6,4 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

$\omega_{\text{lim}} = 13,33 \text{ mm} > \omega_z = 12,8 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

### Posouzení mezní štíhlosti:

Pruty namáhané tlakem  $\rightarrow \lambda_{\text{lim}} = 200$

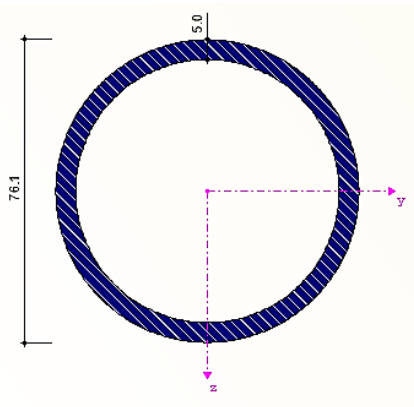
$\lambda_y = 91,743 < \lambda_{\text{lim}} = 200 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

$\lambda_z = 63,492 < \lambda_{\text{lim}} = 200 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

## Čelní sloupy – příhradové

### Horní a dolní pás

PRŮŘEZ: Tr 76,1/5,0 (tvarovaný za tepla)



Obrázek 59: Pásová pruta  
příhradového sloupu

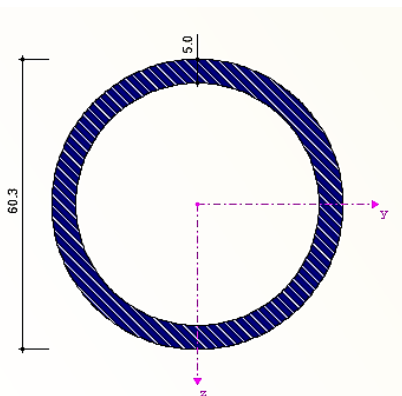
#### Posouzení mezní štíhlosti:

Pruty namáhané tlakem →  $\lambda_{lim} = 200$

$\lambda_y = \lambda_z = 138,9 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow$  VYHOVUJE

#### Mezipásová pruta:

PRŮŘEZ: Tr 60,3/5,0 (tvarovaný za tepla)



Obrázek 60: Mezipásová pruta  
příhradového sloupu

#### Posouzení mezní štíhlosti:

Pruty namáhané tlakem →  $\lambda_{lim} = 200$

$\lambda_y = \lambda_z = 102,04 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow$  VYHOVUJE

### Posouzení na průhyb

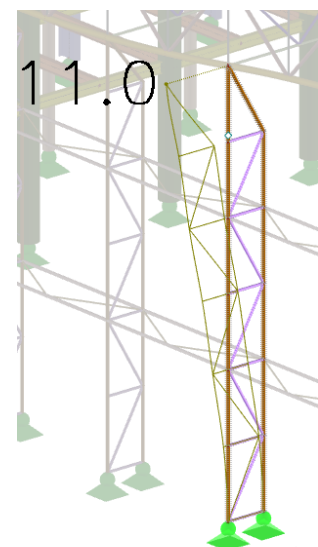
Směr y:

Kombinace zatížení KZ 107.

$\omega_y = 11,0$  mm

$$\omega_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{10500}{300} = 35,0$$
 mm

$\omega_{lim} = 35,0$  mm >  $\omega = 11,0$  mm → VYHOVUJE

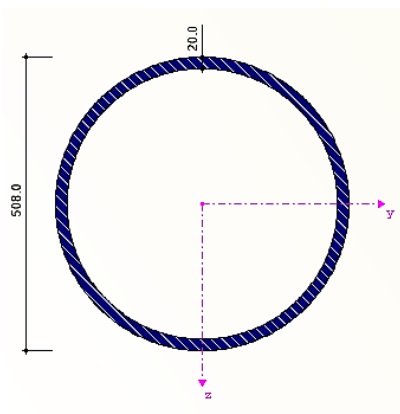


Obrázek 61: Průhyb v Y  
příhradového sloupu

## Vnitřní sloup se vzpěrami

### Sloup

PRŮŘEZ: Tr 508,0/20,0 (tvarovaný za tepla)



Obrázek 62: Vnitřní sloup se vzpěrami

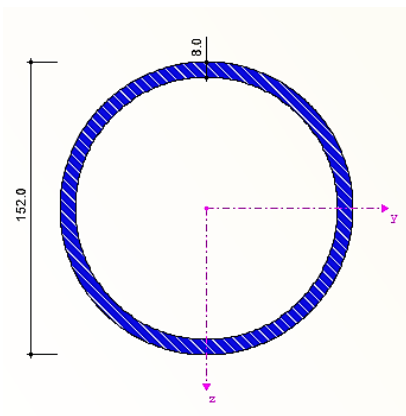
#### Posouzení mezní štíhlosti:

Pruty namáhané tlakem →  $\lambda_{lim} = 200$

$\lambda_y = \lambda_z = 47,4 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow$  VYHOVUJE

### Vzpěry:

PRŮŘEZ: Tr 152,0/8,0 (tvarovaný za tepla)



Obrázek 63: Vzpěry

#### Posouzení mezní štíhlosti:

Pruty namáhané tlakem →  $\lambda_{lim} = 200$

$\lambda_y = \lambda_z = 64 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow$  VYHOVUJE

#### Posouzení na průhyb

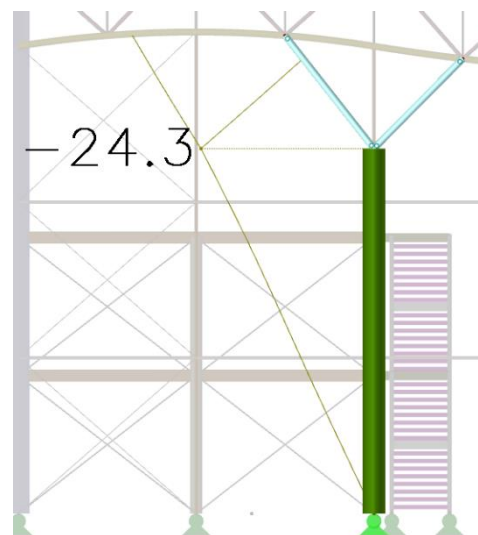
Směr x:

Sloup pod vazníkem I, hodnota z kombinace KZ78.

$\omega_x = -24,3$  mm

$$\omega_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{8200}{300} = 27,333 \text{ mm}$$

$\omega_{lim} = 26,8 \text{ mm} > \omega = 24,3 \text{ mm} \rightarrow$  VYHOVUJE

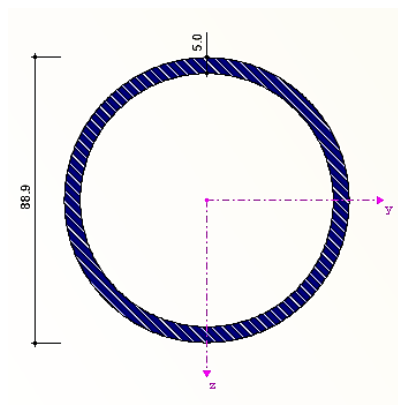


Obrázek 64: Průhyb sloupu se vzpěrami

## Podélné ztužidlo

### Horní pás

PRŮŘEZ: Tr 88,9/5,0 (tvarovaný za tepla)



#### Posouzení mezní štíhlosti:

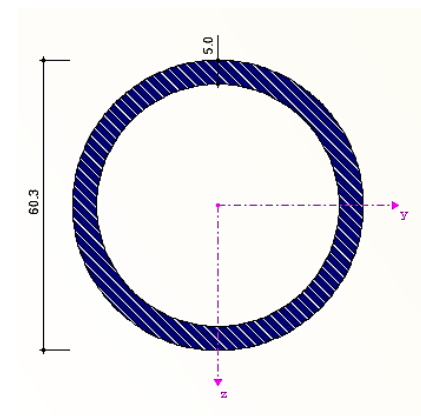
Pruty namáhané tlakem  $\rightarrow \lambda_{lim} = 200$

$\lambda_y = \lambda_z = 134,7 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow$  VYHOVUJE

Obrázek 65: HP podélného ztužidla

### Dolní pás a mezipásové pruty:

PRŮŘEZ: Tr 60,3/5,0 (tvarovaný za tepla)

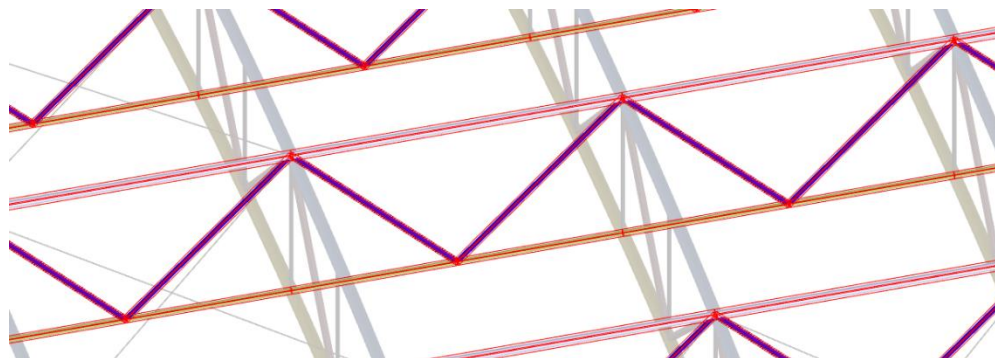


#### Posouzení mezní štíhlosti:

Pruty namáhané tlakem  $\rightarrow \lambda_{lim} = 200$

$\lambda_y = \lambda_z = 144,3 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow$  VYHOVUJE

Obrázek 66: DP podélného ztužidla



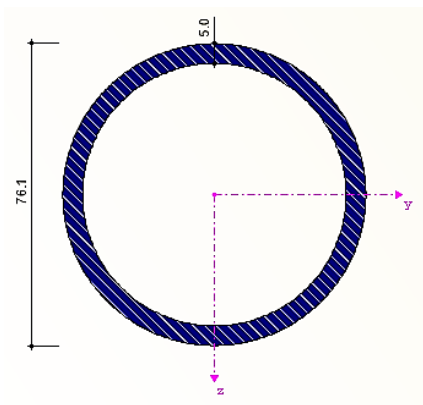
Obrázek 67: Podélné ztužidlo - pohled

## Příčné ztužidlo štítové stěny

### Horní a dolní pás

PRŮŘEZ: Tr 76,1/5,0 (tvarovaný za tepla)

#### Posouzení mezní štíhlosti:

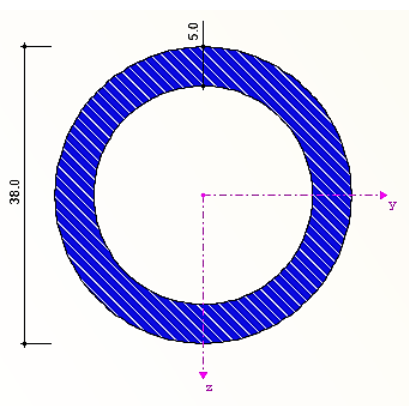


Pruty namáhané tlakem  $\rightarrow \lambda_{lim} = 200$   
 $\lambda_y = \lambda_z = 138,9 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow$  VYHOVUJE

Obrázek 68: Pásový prut příčného ztužidla štítové stěny

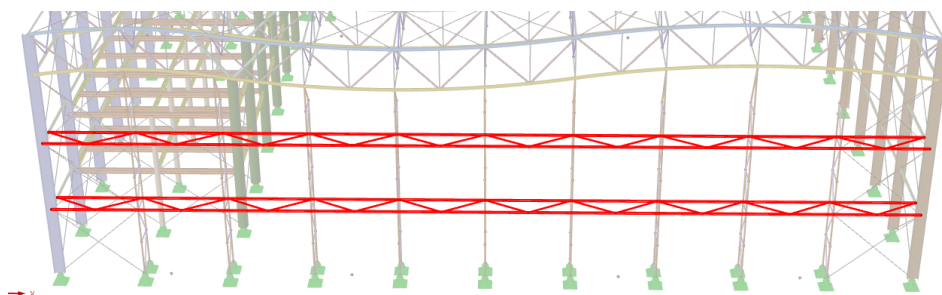
#### Mezipásové pruty:

PRŮŘEZ: Tr 38,0/5,0 (tvarovaný za tepla)



**Posouzení mezní štíhlosti:**  
Pruty namáhané tlakem  $\rightarrow \lambda_{lim} = 200$   
 $\lambda_y = \lambda_z = 189,5 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow$  VYHOVUJE

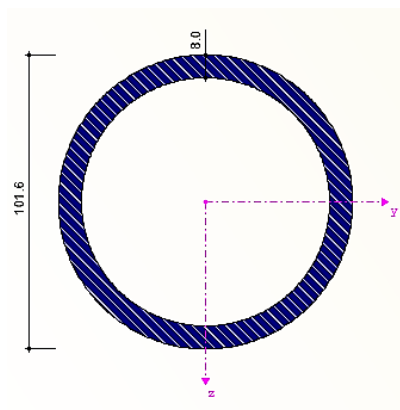
Obrázek 69: Mezipásový prut příčného ztužidla štítové stěny



Obrázek 70: Ztužidla štítové stěny

## Sloupy – schody

PRŮŘEZ: Tr 101,6/8,0 (tvarovaný za tepla)



### Posouzení mezní štíhlosti:

Pruty namáhané tlakem  $\rightarrow \lambda_{lim} = 200$

$\lambda_y = \lambda_z = 186,75 < \lambda_{lim} = 200 \rightarrow VYHOVUJE$

Obrázek 71: Sloupy - schody

### Posouzení na průhyb

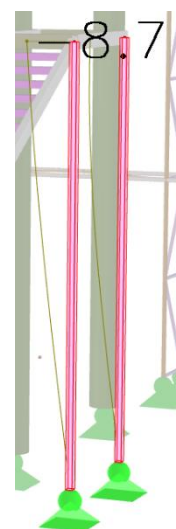
Směr x:

Sloup pod vazníkem I, hodnota z kombinace KZ78.

$\omega_x = - 8,7 \text{ mm}$

$$\omega_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{6200}{300} = 20,6 \text{ mm}$$

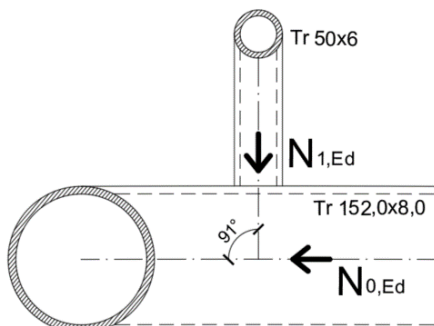
$\omega_{lim} = 20,6 \text{ mm} > \omega = 8,7 \text{ mm} \rightarrow VYHOVUJE$



Obrázek 72: Průhyb sloupů pod schody

## 6. POSOUZENÍ SPOJŮ

### 6.1. Připojení svislice k dolnímu pásu



Obrázek 73: Připojení svislice k dolnímu pásu

#### Vnitřní síly:

$$N_{0,Ed} = -3,658 \text{ kN} \quad M_{0,Ed} = -1,614 \text{ kNm}$$

$$N_{1,Ed} = -49,677 \text{ kN}$$

hodnoty z kombinace KZ 32.

#### Rozměry:

$$t_0 = 8,0 \text{ mm}; t_1 = 6 \text{ mm}$$

$$d_0 = 152 \text{ mm}; d_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\theta_1 = 91^\circ$$

#### Posouzení svaru svislice na dolní pás:

$$a_{min} = 3 \text{ mm} \leq a \leq a_{max} = 1,1 \cdot t_{min} = 1,1 \cdot 6 = 6,6 \text{ mm}$$

$$\rightarrow a = 3 \text{ mm}$$

$$L = \pi \cdot d_3 = \pi \cdot 50 = 157,080 \text{ mm}$$

$$A = L \cdot a = 157,08 \cdot 3 = 471,239 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{1,Ed} \cdot \sin \theta_1}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{49,677 \cdot 10^3 \cdot \sin 91^\circ}{471,239 \cdot \sqrt{2}} = 74,530 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{1,Ed} \cdot \cos \theta_1}{A/2} = \frac{49,677 \cdot 10^3 \cdot \cos 91^\circ}{235,620} = -3,680 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{74,530^2 + 3 \cdot 74,530^2 + 3 \cdot (-3,680)^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$149,196 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$74,530 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$74,530 \text{ MPa} < 352,8 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Rozsah platnosti

$$\frac{d_1}{d_0} = \frac{50}{152} = 0,33 \geq 0,35$$

$$\geq 0,1 + 0,01(d_0/t_0) = 0,34$$

$$\frac{d_1}{t_1} = \frac{50}{6} = 9,66 \leq 35$$

$$\frac{d_0}{t_0} = \frac{152}{8,0} = 19 \leq 35$$

$$\geq 10$$

→ nesplňuje . . . nutno uvažovat všechny způsoby porušení

### Odolnost proti porušení povrchu dolního pásu

$$\beta = \eta = \frac{d_1}{d_0} = \frac{50}{152} = 0,33$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} = \frac{3,658}{3,619 \cdot 10^{-3}} + \frac{1,614}{1,24 \cdot 10^{-4}} = 14,027 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{14,027}{355} = 0,04$$

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,04}{0,33} = 1,25 \leq 1,0 \rightarrow \text{TLAK}$$

pro  $\beta \leq 0,85$ :

$$N_{1,Rd} = \frac{k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot \left( \frac{2 \cdot \beta}{\sin \theta_i} + 4\sqrt{1-\beta} \right) \cdot \frac{\pi}{4}}{\gamma_{M5}} \rightarrow \text{styčníky } T, Y, X$$

$$N_{1,Rd} = \frac{1,0 \cdot 355 \cdot 8,0^2 \cdot \left( \frac{2 \cdot 0,33}{\sin 91^\circ} + 4\sqrt{1-0,33} \right) \cdot \frac{\pi}{4}}{1,0} = 104,797 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} = 49,677 \text{ kN} \leq N_{1,Rd} = 104,797 \text{ kN}$$

$$49,677 \text{ kN} < 104,797 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Vybočení boční stěny pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_n \cdot f_b \cdot t_0 \cdot \left( \frac{2 \cdot d_1}{\sin \theta_1} + 10 \cdot t_0 \right) \cdot \frac{\pi}{4}}{\gamma_{M5}} \rightarrow \text{styčníky } T, Y, X$$

$$\rightarrow \text{TLAK} \rightarrow f_b = \chi \cdot f_{y,0} = 0,813 \cdot 355 = 288,630 \text{ MPa}$$

$$\bar{\lambda} = 3,46 \cdot \frac{\left( \frac{h_0}{t_0} - 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{1}{\sin \theta_1}}}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,0}}}} = 3,46 \cdot \frac{\left( \frac{152}{8,0} - 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{1}{\sin 91^\circ}}}{\pi \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3}{355}}} = 0,770$$

křivka a ...  $\alpha = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,770 - 0,2) + 0,770^2] = 0,856$$

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,856 + \sqrt{0,856^2 - 0,77^2}} = 0,813 \leq 1,0$$

$$N_{1,Rd} = \frac{1 \cdot 288,630 \cdot 8,0 \cdot \left( \frac{2 \cdot 152}{\sin 91^\circ} + 10 \cdot 8,0 \right) \cdot \frac{\pi}{4}}{1,0} = 696,580 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} = 49,677 \text{ kN} \leq N_{1,Rd} = 696,580 \text{ kN}$$

$$49,677 \text{ kN} < 696,580 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Odolnost proti porušení mezipásového prutu:

$$b_{eff} = \frac{10}{d_0/t_0} \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0}{f_{yi} \cdot t_i} \cdot b_i = \frac{10}{152/8,0} \cdot \frac{355 \cdot 8,0}{355 \cdot 6,0} \cdot 50 = 35,090 \leq 50$$

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y1} \cdot t_1 \cdot (2 \cdot d_1 - 4 \cdot t_1 + 2 \cdot b_{eff})}{\gamma_{M5}} \cdot \frac{\pi}{4} = \frac{355 \cdot 6 \cdot (2 \cdot 50 - 4 \cdot 6 + 2 \cdot 35,090)}{1,0} \cdot \frac{\pi}{4}$$

$$= 244,544 \text{ kN}$$

$$49,677 \text{ kN} < 244,544 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Prolomení smykem:

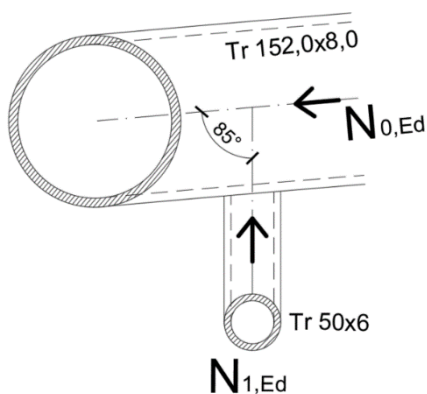
$$b_{e,p} = \frac{10}{b_0} \cdot d_1 = \frac{10}{152} \cdot 50 = 26,316 \leq d_1 = 50 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{\frac{f_{y0} \cdot t_0}{\sqrt{3} \cdot \sin \theta_1} \cdot \left( \frac{2 \cdot h_1}{\sin \theta_1} + 2 \cdot b_{e,p} \right) \cdot \frac{\pi}{4}}{\gamma_{M5}} \rightarrow \text{styčníky } T, Y, X$$

$$N_{1,Rd} = \frac{\frac{355 \cdot 8,0}{\sqrt{3} \cdot \sin 91^\circ} \cdot \left( \frac{2 \cdot 50}{\sin 91^\circ} + 2 \cdot 26,316 \right) \cdot \frac{\pi}{4}}{1,0} = 196,609 \text{ kN}$$

$$49,677 \text{ kN} < 196,609 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 6.2. Připojení svislice k hornímu pásu



Obrázek 74: Připojení svislice k hornímu pásu

### Vnitřní síly:

$$N_{0,Ed} = - 393,942 \text{ kN} \quad M_{0,Ed} = 0,260 \text{ kNm}$$

$$N_{1,Ed} = 14,532 \text{ kN}$$

hodnoty z kombinace KZ 32.

### Rozměry:

$$t_0 = 8,0 \text{ mm}; t_1 = 6 \text{ mm}$$

$$d_0 = 152 \text{ mm}; d_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\theta_1 = 85^\circ$$

### Posouzení svaru svislice na dolní pás:

$$a_{min} = 3 \text{ mm} \leq a \leq a_{max} = 1,1 \cdot t_{min} = 1,1 \cdot 6 = 6,6 \text{ mm}$$

$$\rightarrow a = 3 \text{ mm}$$

$$L = \pi \cdot d_3 = \pi \cdot 50 = 157,080 \text{ mm}$$

$$A = L \cdot a = 157,08 \cdot 3 = 471,239 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{1,Ed} \cdot \sin \theta_1}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{14,532 \cdot 10^3 \cdot \sin 85^\circ}{471,239 \cdot \sqrt{2}} = 21,723 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{1,Ed} \cdot \cos \theta_1}{A/2} = \frac{14,532 \cdot 10^3 \cdot \cos 85^\circ}{235,620} = 5,375 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{21,723^2 + 3 \cdot 21,723^2 + 3 \cdot 5,375^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$44,432 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$21,723 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$21,723 \text{ MPa} < 352,8 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Rozsah platnosti

$$\frac{d_1}{d_0} = \frac{50}{152} = 0,33 \geq 0,35$$

$$\geq 0,1 + 0,01(d_0/t_0) = 0,34$$

$$\frac{d_1}{t_1} = \frac{50}{6} = 9,66 \leq 35$$

$$\frac{d_0}{t_0} = \frac{152}{8,0} = 19 \leq 35$$

$$\geq 10$$

→ nesplňuje . . . nutno uvažovat všechny způsoby porušení

### Odolnost proti porušení povrchu dolního pásu

$$\beta = \eta = \frac{d_1}{d_0} = \frac{50}{152} = 0,33$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} = \frac{393,942}{3,619 \cdot 10^{-3}} + \frac{0,260}{1,24 \cdot 10^{-4}} = 110,951 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{110,951}{355} = 0,313$$

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,313}{0,33} = 0,921 \leq 1,0 \rightarrow \text{TLAK}$$

pro  $\beta \leq 0,85$ :

$$N_{1,Rd} = \frac{k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{(1 - \beta) \sin \theta_i} \cdot \left( \frac{2 \cdot \beta}{\sin \theta_i} + 4\sqrt{1 - \beta} \right) \cdot \frac{\pi}{4} \rightarrow \text{styčníky } T, Y, X$$

$$N_{1,Rd} = \frac{0,921 \cdot 355 \cdot 8,0^2}{(1 - 0,33) \cdot \sin 85^\circ} \cdot \left( \frac{2 \cdot 0,33}{\sin 85^\circ} + 4\sqrt{1 - 0,33} \right) \cdot \frac{\pi}{4} = 96,932 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} = 14,532 \text{ kN} \leq N_{1,Rd} = 96,932 \text{ kN}$$

$$14,532 \text{ kN} < 96,932 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Vybočení boční stěny pásu:**

$$N_{1,Rd} = \frac{k_n \cdot f_b \cdot t_0}{\sin \theta_1} \cdot \left( \frac{2 \cdot d_1}{\sin \theta_1} + 10 \cdot t_0 \right) \cdot \frac{\pi}{4} \rightarrow \text{styčníky } T, Y, X$$

$$\rightarrow TAH \rightarrow f_b = \chi \cdot f_{y,0} = 0,812 \cdot 355 = 288,342 \text{ MPa}$$

$$\bar{\lambda} = 3,46 \cdot \frac{\left( \frac{h_0}{t_0} - 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{1}{\sin \theta_1}}}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,0}}}} = 3,46 \cdot \frac{\left( \frac{152}{8,0} - 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{1}{\sin 85^\circ}}}{\pi \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3}{355}}} = 0,771$$

křivka a ...  $\alpha = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,771 - 0,2) + 0,771^2] = 0,857$$

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,857 + \sqrt{0,857^2 - 0,771^2}} = 0,812 \leq 1,0$$

$$N_{1,Rd} = \frac{0,921 \cdot 288,342 \cdot 8,0}{\sin 85^\circ} \cdot \left( \frac{2 \cdot 152}{\sin 85^\circ} + 10 \cdot 8,0 \right) \cdot \frac{\pi}{4} = 645,128 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} = 14,532 \leq N_{1,Rd} = 645,128 \text{ kN}$$

$$14,532 \text{ kN} < 645,128 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Odolnost proti porušení mezipásového prutu:

$$b_{eff} = \frac{10}{d_0/t_0} \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0}{f_{yi} \cdot t_i} \cdot b_i = \frac{10}{152/8,0} \cdot \frac{355 \cdot 8,0}{355 \cdot 6,0} \cdot 50 = 35,090 \leq 50$$

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y1} \cdot t_1 \cdot (2 \cdot d_1 - 4 \cdot t_1 + 2 \cdot b_{eff})}{\gamma_{M5}} \cdot \frac{\pi}{4} = \frac{355 \cdot 6 \cdot (2 \cdot 50 - 4 \cdot 6 + 2 \cdot 35,090)}{1,0} \cdot \frac{\pi}{4}$$

$$= 244,544 \text{ kN}$$

$$14,532 \text{ kN} < 244,544 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Prolomení smykem:

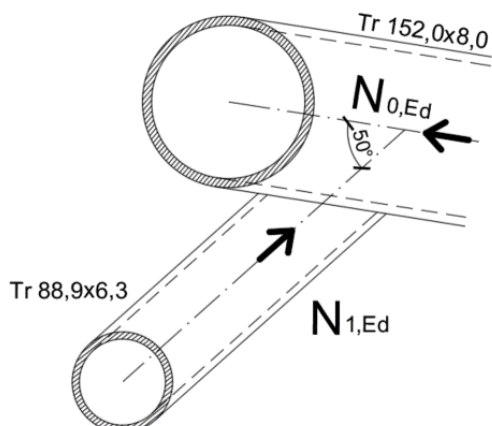
$$b_{e,p} = \frac{10}{\frac{b_0}{t_0}} \cdot d_1 = \frac{10}{\frac{152}{8,0}} \cdot 50 = 26,316 \leq d_1 = 50 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{\frac{f_{y0} \cdot t_0}{\sqrt{3} \cdot \sin \theta_1} \cdot \left( \frac{2 \cdot h_1}{\sin \theta_1} + 2 \cdot b_{e,p} \right) \cdot \frac{\pi}{4}}{\gamma_{M5}} \rightarrow \text{styčníky } T, Y, X$$

$$N_{1,Rd} = \frac{\frac{355 \cdot 8,0}{\sqrt{3} \cdot \sin 85^\circ} \cdot \left( \frac{2 \cdot 50}{\sin 85^\circ} + 2 \cdot 26,316 \right) \cdot \frac{\pi}{4}}{1,0} = 197,804 \text{ kN}$$

$$14,532 \text{ kN} < 197,804 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### 6.3. Připojení diagonály k hornímu pásu



Obrázek 75: Připojení diagonály k hornímu pásu

#### Vnitřní síly:

$$N_{0,Ed} = -46,839 \text{ kN} \quad M_{0,Ed} = 0 \text{ kNm} \quad \text{hodnoty z kombinace KZ 32}$$

$$N_{1,Ed} = 173,166 \text{ kN}$$

#### Rozměry:

$$t_0 = 8,0 \text{ mm}; t_1 = 6,3 \text{ mm}$$

$$d_0 = 152 \text{ mm}; d_1 = 88,9 \text{ mm}$$

$$\theta_1 = 50^\circ$$

#### Posouzení svaru krajní diagonály na horní pás:

$$a_{min} = 3 \text{ mm} \leq a \leq a_{max} = 1,1 \cdot t_{min} = 1,1 \cdot 6,3 = 6,93 \text{ mm}$$

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

$$L = \pi \cdot d_1 = \pi \cdot 88,9 = 279,288 \text{ mm}$$

$$A = L \cdot a = 279,288 \cdot 4 = 1117,15 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{1,Ed} \cdot \sin \theta_1}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{173,166 \cdot 10^3 \cdot \sin 50^\circ}{1117,15 \cdot \sqrt{2}} = 83,963 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{1,Ed} \cdot \cos \theta_1}{A/2} = \frac{173,166 \cdot 10^3 \cdot \cos 50^\circ}{558,575} = 199,273 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{83,963^2 + 3 \cdot 83,963^2 + 3 \cdot 199,273^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$383,834 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$83,963 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$83,963 \text{ MPa} < 352,8 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Rozsah platnosti

$$\frac{d_1}{d_0} = \frac{88,9}{152} = 0,585 \geq 0,35$$

$$\geq 0,1 + 0,01(d_0/t_0) = 0,34$$

$$\frac{d_1}{t_1} = \frac{88,9}{6,3} = 14,111 \leq 35$$

$$\frac{d_0}{t_0} = \frac{152}{8,0} = 19 \leq 35$$

$$\geq 10$$

→ splňuje . . . uvažujeme pouze porušení povrchu pásu a prolomení smykem

### Odolnost proti porušení povrchu horního pásu

$$\beta = \eta = \frac{d_1}{d_0} = \frac{88,9}{152} = 0,585$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} = \frac{46,839}{2,884} + 0 = 16,241 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{16,241}{355} = 0,046$$

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,046}{0,585} = 1,27 \leq 1,0 \rightarrow \text{TLAK}$$

pro  $\beta \leq 0,85$ :

$$N_{1,Rd} = \frac{k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot \left( \frac{2 \cdot \beta}{\sin \theta_i} + 4\sqrt{1 - \beta} \right) \cdot \frac{\pi}{4}}{\gamma_{M5}} \rightarrow \text{styčníky } T, Y, X$$

$$N_{1,Rd} = \frac{1,0 \cdot 355 \cdot 8,0^2}{(1 - 0,585) \cdot \sin 50^\circ} \cdot \left( \frac{2 \cdot 0,585}{\sin 50^\circ} + 4\sqrt{1 - 0,585} \right) \cdot \frac{\pi}{4} = 230,366 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} = 173,166 \text{ kN} \leq N_{1,Rd} = 230,366 \text{ kN}$$

$$173,166 \text{ kN} < 230,366 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### **Prolomení smykem:**

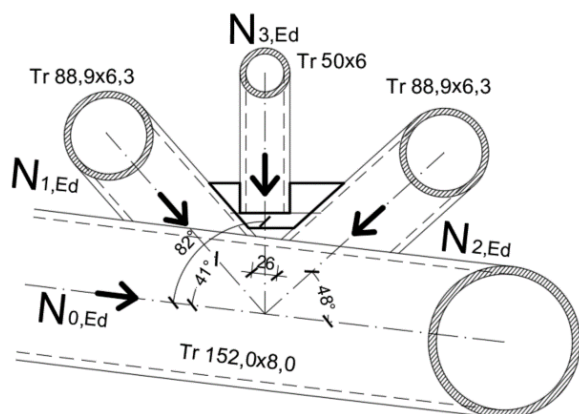
$$b_{e,p} = \frac{10}{\frac{b_0}{t_0}} \cdot d_1 = \frac{10}{\frac{152}{8,0}} \cdot 88,9 = 46,789 \leq d_1 = 88,9 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{\frac{f_{y0} \cdot t_0}{\sqrt{3} \cdot \sin \theta_1} \cdot \left( \frac{2 \cdot h_1}{\sin \theta_1} + 2 \cdot b_{e,p} \right) \cdot \frac{\pi}{4}}{\gamma_{M5}} \rightarrow \text{styčníky } T, Y, X$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355 \cdot 8,0}{\sqrt{3} \cdot \sin 50^\circ} \cdot \left( \frac{2 \cdot 88,9}{\sin 50^\circ} + 2 \cdot 46,789 \right) \cdot \frac{\pi}{4} = 547,500 \text{ kN}$$

$$173,166 \text{ kN} < 547,500 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

#### 6.4. Připojení diagonál a svislice k dolnímu pásu vazníku



Obrázek 76: KT styčnick u dolního pásu

#### Vnitřní síly:

$N_{0,Ed} = - 212,845 \text{ kN}$        $M_{0,Ed} = - 4,992 \text{ kNm}$       hodnoty z kombinace KZ 8.

$N_{1,Ed} = - 43,722 \text{ kN}$

$N_{2,Ed} = - 245,522 \text{ kN}$

$N_{3,Ed} = - 5,864 \text{ kN}$

#### Rozměry:

$t_0 = 8,0 \text{ mm}; t_1 = t_2 = 6,3 \text{ mm}; t_3 = 6,0 \text{ mm}$

$d_0 = 100 \text{ mm}; d_1 = d_2 = 88,9 \text{ mm}; d_3 = 50 \text{ mm}$

$\theta_1 = 41^\circ; \theta_2 = 48^\circ; \theta_3 = 82^\circ$

#### Posouzení svaru diagonály 1 na dolní pás:

$a_{min} = 3 \text{ mm} \leq a \leq a_{max} = 1,1 \cdot t_{min} = 1,1 \cdot 6 = 6,6 \text{ mm}$

$\rightarrow a = 3 \text{ mm}$

$L = \pi \cdot d_1 = \pi \cdot 88,9 = 279,288 \text{ mm}$

$A = L \cdot a = 279,288 \cdot 3 = 837,9 \text{ mm}^2$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{1,Ed} \cdot \sin \theta_1}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{43,722 \cdot 10^3 \cdot \sin 41^\circ}{837,9 \cdot \sqrt{2}} = 24,207 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{1,Ed} \cdot \cos \theta_1}{A/2} = \frac{43,722 \cdot 10^3 \cdot \cos 41^\circ}{418,95} = 78,762 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{24,207^2 + 3 \cdot 24,207^2 + 3 \cdot 78,762^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$144,756 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$24,207 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$24,207 \text{ MPa} < 352,8 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svaru diagonály 2 na dolní pás:

$$a_{min} = 3 \text{ mm} \leq a \leq a_{max} = 1,1 \cdot t_{min} = 1,1 \cdot 6 = 6,6 \text{ mm}$$

$$\rightarrow a = 6 \text{ mm}$$

$$L = \pi \cdot d_2 = \pi \cdot 88,9 = 279,288 \text{ mm}$$

$$A = L \cdot a = 279,288 \cdot 6 = 1675,728 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{2,Ed} \cdot \sin \theta_1}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{245,522 \cdot 10^3 \cdot \sin 48^\circ}{1675,728 \cdot \sqrt{2}} = 76,992 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{2,Ed} \cdot \cos \theta_1}{A/2} = \frac{245,522 \cdot 10^3 \cdot \cos 48^\circ}{837,864} = 196,078 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{76,992^2 + 3 \cdot 76,992^2 + 3 \cdot 196,078^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$372,895 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$76,992 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$76,992 \text{ MPa} < 352,8 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svaru svislice na styčnickový plech:

$$a_{min} = 3mm \leq a \leq a_{max} = 1,1 \cdot t_{min} = 1,1 \cdot 6 = 6,6 mm$$

$$\rightarrow a = 3 mm$$

$$L = 30 - 2 \cdot a = 30 - 2 \cdot 3 = 24 mm$$

$$A = 4 \cdot L \cdot a = 4 \cdot 24 \cdot 3 = 288 mm^2$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{5,864 \cdot 10^3}{288} = 20,361 MPa$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot 0^2 + 3 \cdot 20,361^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$35,266 MPa < 435,56 MPa \rightarrow VYHOVUJE$$

### Rozsah platnosti

$$\frac{d_1}{b_0} = \frac{88,9}{152} = 0,585 \geq 0,35$$

$$\geq 0,1 + 0,01(d_0/t_0) = 0,34$$

$$\frac{d_2}{b_0} = \frac{88,9}{152} = 0,585 \geq 0,35$$

$$\frac{d_1}{t_1} = \frac{88,9}{6,3} = 14,11 \leq 35$$

$$\frac{d_2}{t_2} = \frac{88,9}{6,3} = 14,11 \leq 35$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{152}{8,0} = 19 \leq 35$$

$$\geq 15$$

$$\frac{g}{b_0} \geq 0,5(1 - \beta) \text{ ale } \leq 1,5(1 - \beta)$$

$$0,5 \left( 1 - \frac{d_1 + d_2}{2 \cdot d_0} \right) \leq \frac{g}{b_0} \leq 1,5 \left( 1 - \frac{d_1 + d_2}{2 \cdot d_0} \right)$$

$$0,5 \left( 1 - \frac{88,9 + 88,9}{2 \cdot 152} \right) \leq \frac{26}{152} \leq 1,5 \left( 1 - \frac{88,9 + 88,9}{2 \cdot 152} \right)$$

$$0,208 \leq 0,171 \leq 0,623$$

$$\rightarrow \min. g = 26 mm \geq t_1 + t_2 = 6,3 + 6,3 = 12,6 mm \rightarrow \text{splňuje}$$

$$0,6 \leq \frac{d_1 + d_2}{2 \cdot d_1} \leq 1,3 \rightarrow 0,6 \leq 1,0 \leq 1,3 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Odolnost proti porušení povrchu dolního pásu

$$\beta = \frac{d_1 + d_2}{2 \cdot d_0} = \frac{88,9 + 88,9}{2 \cdot 152} = 0,585$$

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{152}{2 \cdot 8,0} = 9,5$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} = \frac{212,845}{3,619 \cdot 10^{-3}} + \frac{4,992}{1,24 \cdot 10^{-4}} = 99,071 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{99,071}{355} = 0,279$$

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,279}{0,585} = 1,1 \leq 1,0 \rightarrow \text{TLAK}$$

### Diagonály

$$N_{i,Rd} = \frac{8,9 \cdot \gamma^{0,5} \cdot k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot \left(\frac{d_1 + d_2}{2 \cdot d_0}\right) \cdot \frac{\pi}{4}}{\sin \theta_i \cdot \gamma_{M5}} \rightarrow \text{styčníky K a N s mezerou}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot 9,5^{0,5} \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 8,0^2 \cdot \left(\frac{88,9 + 88,9}{2 \cdot 152}\right) \cdot \frac{\pi}{4}}{1,0} = 436,380 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} = 43,722 \text{ kN} \leq N_{1,Rd} = 436,380 \text{ kN}$$

$$43,722 \text{ MPa} < 436,380 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 \cdot 9,5^{0,5} \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 8,0^2 \cdot \left(\frac{88,9 + 88,9}{2 \cdot 152}\right) \cdot \frac{\pi}{4}}{1,0} = 385,243 \text{ kN}$$

$$N_{2,Ed} = 245,522 \text{ kN} \leq N_{2,Rd} = 385,243 \text{ kN}$$

$$245,522 \text{ MPa} < 385,243 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení K styčnicku

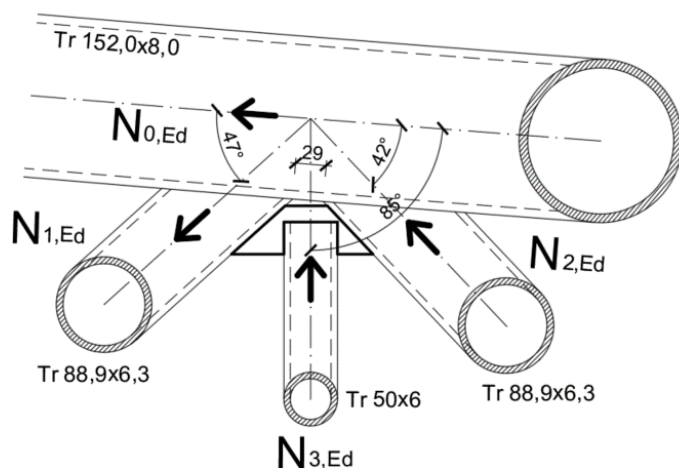
TLAK

$$N_{1,Ed} \cdot \sin \theta_1 + N_{2,Ed} \cdot \sin \theta_2 \leq N_{1,Rd} \cdot \sin \theta_1$$

$$43,722 \cdot \sin 41^\circ + 245,522 \cdot \sin 48^\circ \leq 436,380 \cdot \sin 41^\circ$$

$$211,143 \text{ kN} < 286,291 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 6.5. Připojení diagonál a svislice k hornímu pásu vazníku



Obrázek 77: KT styčnick u horního pásu

### Vnitřní síly:

$$N_{0,Ed} = 319,200 \text{ kN} \quad \text{hodnoty z kombinace KZ 8.}$$

$$N_{1,Ed} = -245,522 \text{ kN}$$

$$N_{2,Ed} = 215,714 \text{ kN}$$

$$N_{3,Ed} = 8,277 \text{ kN}$$

### Rozměry:

$$t_0 = 8,0 \text{ mm}; t_1 = t_2 = 6,3 \text{ mm}; t_3 = 6 \text{ mm}$$

$$d_0 = 152 \text{ mm}; d_1 = d_2 = 88,9 \text{ mm}; d_3 = 50 \text{ mm}$$

$$\theta_1 = 47^\circ; \theta_2 = 42^\circ; \theta_3 = 85^\circ$$

### Posouzení svaru diagonály 1 na dolní pás:

$$a_{min} = 3 \text{ mm} \leq a \leq a_{max} = 1,1 \cdot t_{min} = 1,1 \cdot 6 = 6,6 \text{ mm}$$

$$\rightarrow a = 6 \text{ mm}$$

$$L = \pi \cdot d_2 = \pi \cdot 88,9 = 279,288 \text{ mm}$$

$$A = L \cdot a = 279,288 \cdot 6 = 1675,728 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{2,Ed} \cdot \sin \theta_1}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{245,522 \cdot 10^3 \cdot \sin 47^\circ}{1675,728 \cdot \sqrt{2}} = 75,770 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{2,Ed} \cdot \cos \theta_1}{A/2} = \frac{245,522 \cdot 10^3 \cdot \cos 47^\circ}{837,864} = 199,848 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{75,770^2 + 3 \cdot 75,770^2 + 3 \cdot 199,848^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$377,865 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$75,770 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$75,770 \text{ MPa} < 352,8 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svaru diagonály 2 na dolní pás:

$$a_{min} = 3 \text{ mm} \leq a \leq a_{max} = 1,1 \cdot t_{min} = 1,1 \cdot 6 = 6,6 \text{ mm}$$

$$\rightarrow a = 6 \text{ mm}$$

$$L = \pi \cdot d_2 = \pi \cdot 88,9 = 279,288 \text{ mm}$$

$$A = L \cdot a = 279,288 \cdot 6 = 1675,728 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{2,Ed} \cdot \sin \theta_1}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{215,714 \cdot 10^3 \cdot \sin 42^\circ}{1675,728 \cdot \sqrt{2}} = 60,907 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{2,Ed} \cdot \cos \theta_1}{A/2} = \frac{215,714 \cdot 10^3 \cdot \cos 42^\circ}{837,864} = 191,328 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{60,907^2 + 3 \cdot 60,907^2 + 3 \cdot 191,328^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$353,069 \text{ MPa} < 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$60,907 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$60,907 \text{ MPa} < 352,8 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svaru svislice na styčnickový plech:

$$a_{min} = 3\text{ mm} \leq a \leq a_{max} = 1,1 \cdot t_{min} = 1,1 \cdot 6 = 6,6\text{ mm}$$

$$\rightarrow a = 3\text{ mm}$$

$$L = 30 - 2 \cdot a = 30 - 2 \cdot 3 = 24\text{ mm}$$

$$A = 4 \cdot L \cdot a = 4 \cdot 24 \cdot 3 = 288\text{ mm}^2$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{8,277 \cdot 10^3}{288} = 28,740\text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot 0^2 + 3 \cdot 28,740^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$49,779\text{ MPa} < 435,56\text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Rozsah platnosti

$$\frac{d_1}{b_0} = \frac{88,9}{152} = 0,585 \geq 0,35$$

$$\geq 0,1 + 0,01(d_0/t_0) = 0,34$$

$$\frac{d_2}{b_0} = \frac{88,9}{152} = 0,585 \geq 0,35$$

$$\frac{d_1}{t_1} = \frac{88,9}{6,3} = 14,11 \leq 35$$

$$\frac{d_2}{t_2} = \frac{88,9}{6,3} = 14,11 \leq 35$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{152}{8,0} = 19 \leq 35$$

$$\geq 15$$

$$\frac{g}{b_0} \geq 0,5(1 - \beta) \text{ ale } \leq 1,5(1 - \beta)$$

$$0,5 \left( 1 - \frac{d_1 + d_2}{2 \cdot d_0} \right) \leq \frac{g}{b_0} \leq 1,5 \left( 1 - \frac{d_1 + d_2}{2 \cdot d_0} \right)$$

$$0,5 \left( 1 - \frac{88,9 + 88,9}{2 \cdot 152} \right) \leq \frac{29}{152} \leq 1,5 \left( 1 - \frac{88,9 + 88,9}{2 \cdot 152} \right)$$

$$0,208 \leq 0,191 \leq 0,623$$

$$\rightarrow \text{min. } g = 29\text{ mm} \geq t_1 + t_2 = 6,3 + 6,3 = 12,6\text{ mm} \rightarrow \text{splňuje}$$

$$0,6 \leq \frac{d_1 + d_2}{2 \cdot d_1} \leq 1,3 \rightarrow 0,6 \leq 1,0 \leq 1,3 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Odolnost proti porušení povrchu dolního pásu

$$\beta = \frac{d_1 + d_2}{2 \cdot d_0} = \frac{88,9 + 88,9}{2 \cdot 152} = 0,585$$

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{152}{2 \cdot 8,0} = 9,5$$

$$k_n = 1,0 \rightarrow TAH$$

### Diagonály

$$N_{i,Rd} = \frac{8,9 \cdot \gamma^{0,5} \cdot k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot \left(\frac{d_1 + d_2}{2 \cdot d_0}\right) \cdot \frac{\pi}{4}}{\sin \theta_i \cdot \gamma_{M5}} \rightarrow \text{styčníky K a N s mezerou}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot 9,5^{0,5} \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 8,0^2 \cdot \left(\frac{88,9 + 88,9}{2 \cdot 152}\right) \cdot \frac{\pi}{4}}{1,0} = 391,454 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} = 245,522 \text{ kN} \leq N_{1,Rd} = 391,454 \text{ kN}$$

$$245,522 \text{ MPa} < 391,454 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 \cdot 9,5^{0,5} \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 8,0^2 \cdot \left(\frac{88,9 + 88,9}{2 \cdot 152}\right) \cdot \frac{\pi}{4}}{1,0} = 427,856 \text{ kN}$$

$$N_{2,Ed} = 215,714 \text{ kN} \leq N_{2,Rd} = 427,856 \text{ kN}$$

$$215,714 \text{ MPa} < 427,856 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení K styčnicku

### TLAK

$$N_{1,Ed} \cdot \sin \theta_1 \leq N_{1,Rd} \cdot \sin \theta_1$$

$$245,522 \cdot \sin 47^\circ \leq 391,454 \cdot \sin 47^\circ$$

$$179,563 \text{ kN} < 286,291 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

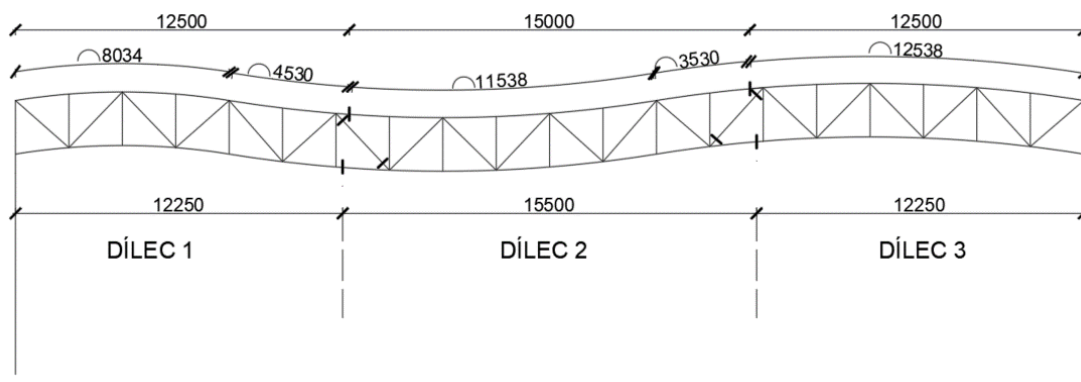
### TAH

$$N_{2,Ed} \cdot \sin \theta_2 \leq N_{1,Rd} \cdot \sin \theta_1$$

$$215,714 \cdot \sin 42^\circ \leq 391,454 \cdot \sin 47^\circ$$

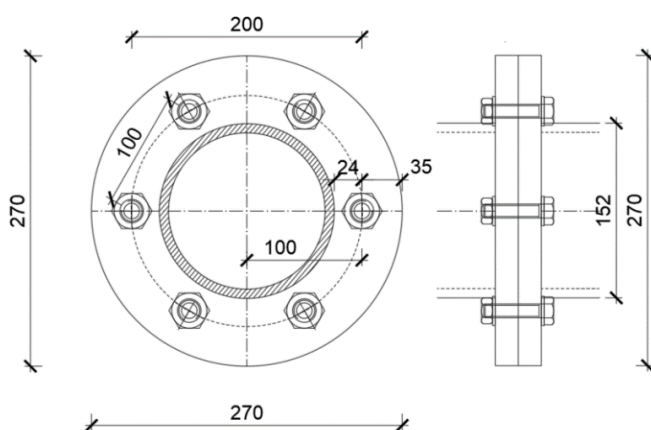
$$144,341 \text{ kN} < 286,291 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 7. POSOUZENÍ MONTÁŽNÍCH SPOJŮ



Obrázek 78: Schéma montážních dílů vazníku

### 7.1. Montážní spoj dolního pásu



Obrázek 79: Montážní spoj dolního pásu

**NÁVRH:** 6x M16 8.8

**Rozměry a materiálové charakteristiky:**

$d = 16 \text{ mm}$

$f_u = 490 \text{ MPa}$

$d_0 = 18 \text{ mm}$

$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$

$d_m = 25,85 \text{ mm}$

$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$

$t = 20 \text{ mm}$

$A = 201,1 \text{ mm}^2$

$A_s = 157 \text{ mm}^2$

### Vnitřní síly:

$$\max.N_{t,Ed} = 382,032 \text{ kN}$$

$$\max.N_{c,Ed} = -396,460 \text{ kN}$$

$$\max.M_{y,Ed} = 2,402 \text{ kNm}$$

$$\max.V_{z,Ed} = 8,042 \text{ kN}$$

### Rozteče:

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \rightarrow e_1 = 35 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \rightarrow e_2 = 35 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 18 = 39,6 \rightarrow p_1 = 100 \text{ mm}$$

$$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 18 = 43,2 \rightarrow p_2 = 100 \text{ mm}$$

### Posouzení na smyk

c) posouzení na stříh

$$\text{síla na jeden šroub} \quad F_{v,1,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{6} = \frac{8,042}{6} = 1,340 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 201,1}{1,25} = 77,222 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{1,340}{77,222} = 0,02 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

d) posouzení na otlačení materiálu

$$k_1 = \min \left( 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \min(2,19; 4,13; 2,5) = 2,19$$

$$\alpha = \min \left( \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_2}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right) = \min(0,463; 1,139; 1,63; 1) = 0,463$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,19 \cdot 0,463 \cdot 490 \cdot 16 \cdot 20}{1,25} = 127,192 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{1,340}{127,192} = 0,011 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na tah

$$F_{t,1,Ed} = \frac{N_{Ed}}{6} = \frac{382,032}{6} = 63,672 \text{ kN}$$

a) posouzení na přetržení

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 157}{1,25} = 90,432 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,1,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{63,672}{90,432} = 0,70 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

b) posouzení na protlačení

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot d_m \cdot t \cdot f_u \cdot \pi}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 25,85 \cdot 20 \cdot 490 \cdot \pi}{1,25} = 382,013 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,1,Ed}}{B_{p,Rd}} = \frac{63,672}{382,013} = 0,17 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Vliv páčení

- podle ČSN

$$n = 35 \text{ mm}; m = 24 \text{ mm}; d = 16 \text{ mm}$$

$$t_E = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{m \cdot d^2}{n}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{24 \cdot 16^2}{35}} = 24,08 > t = 20 \text{ mm} \rightarrow \text{vliv součinitele páčení}$$

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \left( \frac{t_E^3 - t^3}{d^2} \right) = 1 + 0,005 \left( \frac{24,08^3 - 20^3}{16^2} \right) = 1,116$$

$$F_{1,M} = M_{y,Ed} \cdot \frac{r_k}{n_r \cdot \sum r^2} = 2,402 \cdot \frac{100}{2 \cdot 100^2} = 12,01 \text{ kN}$$

$$F_{t,1,Ed} = \gamma_p \cdot (F_{t,1,Ed} + F_{1,M}) = 1,116 \cdot (63,672 + 12,01) = 84,461 \text{ kN}$$

a) posouzení na přetržení

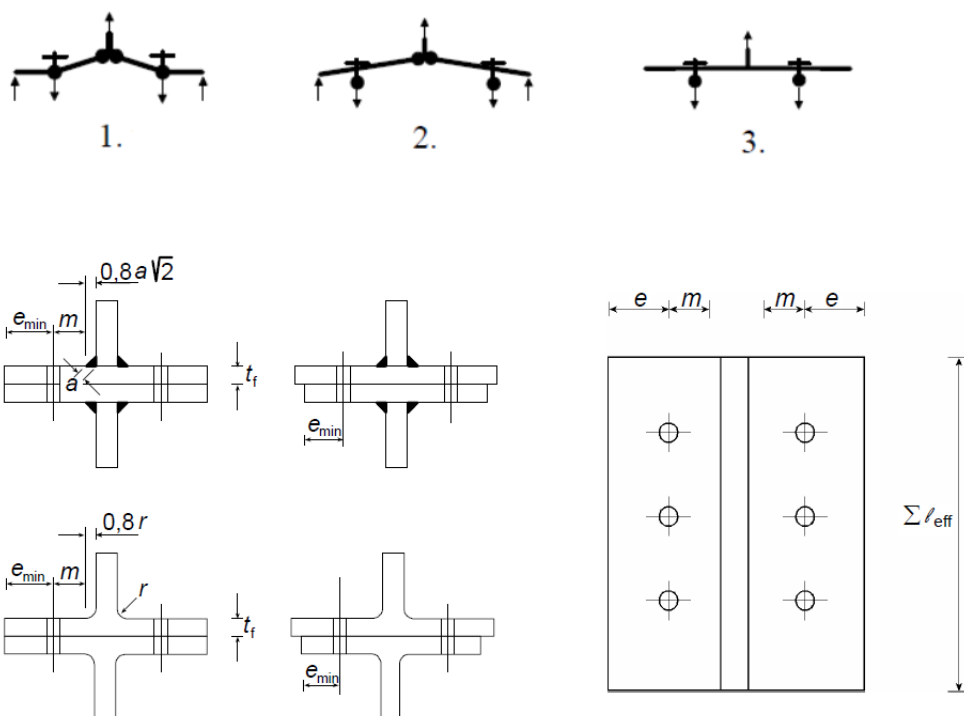
$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 157}{1,25} = 90,432 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,1,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{84,461}{90,432} = 0,93 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Kombinace smyku a tahu**

$$\frac{F_{v,1,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,1,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = \frac{1,34}{77,222} + \frac{84,461}{1,4 \cdot 90,432} = 0,68 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

• EN - náhradní T průřez – 3 způsoby porušení



Obrázek 80: Náhradní T-průřez (ČSN EN 1993-1-8)

○ **1.způsob - porušení desky**

$$F_{T1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 3,728 \cdot 10^3}{0,0172} = 866,977 \text{ kN}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 \cdot \sum l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 0,105 \cdot 20^2 \cdot 355}{1,0} = 3,728 \text{ kN}$$

$$L_{eff,1} = L_{eff,1} = \frac{\sum l_{eff}}{6} = 105 \text{ mm}$$

○ **2.způsob - porušení desky a šroubů současně**

$$F_{T2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{T,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 3,728 \cdot 10^3 + 0,0215 \cdot 6 \cdot 90,432 \cdot 10^3}{0,0172 + 0,0215} = 494,101 \text{ kN}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{0,25 \cdot \sum l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 0,105 \cdot 20^2 \cdot 355}{1,0} = 3,728 \text{ kN}$$

$$n = e_{min} = 25 \leq 1,25 \cdot m = 1,25 \cdot 17,2 = 21,5 \rightarrow n = 21,5 \text{ mm}$$

$$m = 24 - 0,8 \cdot 6 \cdot \sqrt{2} = 17,2 \text{ mm}$$

○ **3. způsob - porušení ve šroubech**

$$F_{T3,Rd} = \sum F_{T,Rd} = 6 \cdot 90,432 = 542,592 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{T2,Rd}} = \frac{382,032}{494,101} = 0,77 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svaru čelní desky:

$$a_{min} = 3\text{ mm} \leq a \leq a_{max} = 1,1 \cdot t_{min} = 1,1 \cdot 8 = 8,8\text{ mm}$$

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

$$L = \pi \cdot d_2 = \pi \cdot 152 = 477,522\text{ mm}$$

$$A = L \cdot a = 477,522 \cdot 4 = 1910,090\text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{c,Ed} \cdot \sin \theta_1}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{382,032 \cdot 10^3 \cdot \sin 90^\circ}{1910,090 \cdot \sqrt{2}} = 141,427\text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{141,427^2 + 3 \cdot 141,427^2 + 3 \cdot 0^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$282,854\text{ MPa} < 435,56\text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

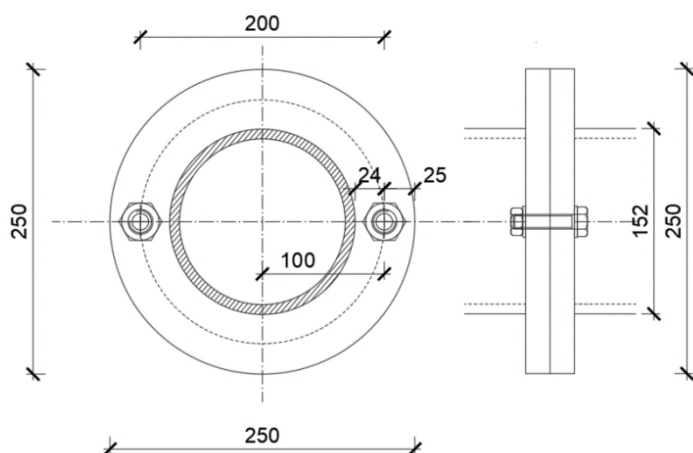
$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$141,427 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$141,427\text{ MPa} < 352,8\text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 7.2. Montážní spoj horního pásu

Kontaktní spoj pro tlačенý pás. Síla se přenese kontaktem styčných ploch.



Obrázek 81: Montážní spoj horního pásu

**NÁVRH:** 2x M16 8.8

### Rozměry a materiálové charakteristiky:

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

$$d_m = 25,85 \text{ mm}$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$A = 201,1 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$

### Vnitřní síly:

$$\max.N_{t,Ed} = 37,299 \text{ kN}$$

$$\max.N_{c,Ed} = -396,460 \text{ kN}$$

$$\max.M_{y,Ed} = -3,094 \text{ kNm}$$

$$\max.V_{z,Ed} = 9,233 \text{ kN}$$

### Rozteče:

$$e_1 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \rightarrow e_1 = 25 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \rightarrow e_2 = 25 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 18 = 39,6 \rightarrow p_1 = 200 \text{ mm}$$

$$p_2 = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 18 = 43,2 \rightarrow p_2 = 200 \text{ mm}$$

### Posouzení na smyk

e) posouzení na stříh

$$\text{síla na jeden šroub} \quad F_{v,1,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{2} = \frac{9,233}{2} = 4,617 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 201,1}{1,25} = 77,222 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{4,617}{77,222} = 0,07 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

f) posouzení na otlačení materiálu

$$k_1 = \min \left( 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \min(2,19; 13,9; 2,5) = 2,19$$

$$\alpha = \min \left( \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_2}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right) = \min(0,463; 3,45; 1,63; 1) = 0,463$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,19 \cdot 0,463 \cdot 490 \cdot 16 \cdot 20}{1,25} = 127,192 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v1,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{4,617}{127,192} = 0,04 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na tah

$$F_{t',1,Ed} = \frac{N_{t,Ed}}{2} = \frac{37,299}{2} = 18,650 \text{ kN}$$

## Vliv páčení

- podle ČSN

$$n = 25 \text{ mm}; m = 24 \text{ mm}; d = 16 \text{ mm}$$

$$t_E = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{m \cdot d^2}{n}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{24 \cdot 16^2}{25}} = 26,9 > t = 20 \text{ mm} \rightarrow \text{vliv součinitele páčení}$$

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \left( \frac{t_E^3 - t^3}{d^2} \right) = 1 + 0,005 \left( \frac{26,9^3 - 20^3}{16^2} \right) = 1,224$$

$$F_{1,M} = M_{y,Ed} \cdot \frac{r_k}{n_r \cdot \sum r^2} = 3,094 \cdot \frac{100}{1 \cdot 100^2} = 30,94 \text{ kN}$$

$$F_{t,1,Ed} = \gamma_p \cdot (F_{t',1,Ed} + F_{1,M}) = 1,224 \cdot (18,650 + 30,940) = 60,698 \text{ kN}$$

### b) posouzení na přetržení

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 157}{1,25} = 90,432 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,1,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{60,698}{90,432} = 0,670 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### c) posouzení na protlačení

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot d_m \cdot t \cdot f_u \cdot \pi}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 25,85 \cdot 20 \cdot 490 \cdot \pi}{1,25} = 382,013 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,1,Ed}}{B_{p,Rd}} = \frac{60,698}{382,013} = 0,16 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## Kombinace smyku a tahu

$$\frac{F_{v,1,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,1,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = \frac{4,617}{77,222} + \frac{60,698}{1,4 \cdot 90,432} = 0,54 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení svaru čelní desky:**

$$a_{min} = 3\text{ mm} \leq a \leq a_{max} = 1,1 \cdot t_{min} = 1,1 \cdot 8 = 8,8\text{ mm}$$

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

$$L = \pi \cdot d_2 = \pi \cdot 152 = 477,522\text{ mm}$$

$$A = L \cdot a = 477,522 \cdot 4 = 1910,090\text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{c,Ed} \cdot \sin \theta_1}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{396,46 \cdot 10^3 \cdot \sin 90^\circ}{1910,090 \cdot \sqrt{2}} = 146,768\text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{146,768^2 + 3 \cdot 146,768^2 + 3 \cdot 0^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$293,536\text{ MPa} < 435,56\text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$146,768 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$146,768\text{ MPa} < 352,8\text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



**Posouzení na smyk**

a) posouzení na stříh

$$\text{síla na jeden šroub} \quad F_{v,1,Ed} = \frac{N_{Ed}}{4} = \frac{215,714}{4} = 53,929 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 201,1}{1,25} = 77,222 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,1,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{53,929}{77,222} = 0,70 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

b) posouzení na otláčení materiálu

$$k_1 = \min \left( 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \min(2,97; 2,97; 2,5) = 2,5$$

$$\alpha = \min \left( \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_2}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right) = \min(0,463; 0,861; 1,63; 1) = 0,463$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,463 \cdot 490 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 72,598 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,1,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{53,929}{72,598} = 0,74 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení na oslabení:**

$$A_{net} = A_p - d_0 \cdot t = 120 \cdot 10 - 2 \cdot (18 \cdot 10) = 840 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 840 \cdot 490}{1,25} = 296,352 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} = \frac{215,714}{296,352} = 0,73 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

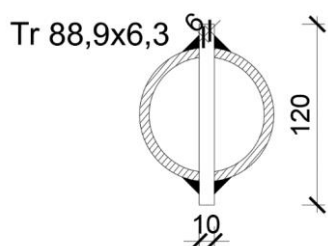
### Posouzení svaru diagonála – styčnickový plech

$$a_{min} = 3mm \leq a \leq a_{max} = 1,1 \cdot t_{min} = 1,1 \cdot 6,3 = 6,93 mm$$

$$\rightarrow a = 6 mm$$

$$L = 50 - 2 \cdot a = 50 - 2 \cdot 6 = 38 mm$$

$$A = 4 \cdot L \cdot a = 4 \cdot 38 \cdot 6 = 912 mm^2$$



Obrázek 83 – Svar diagonály

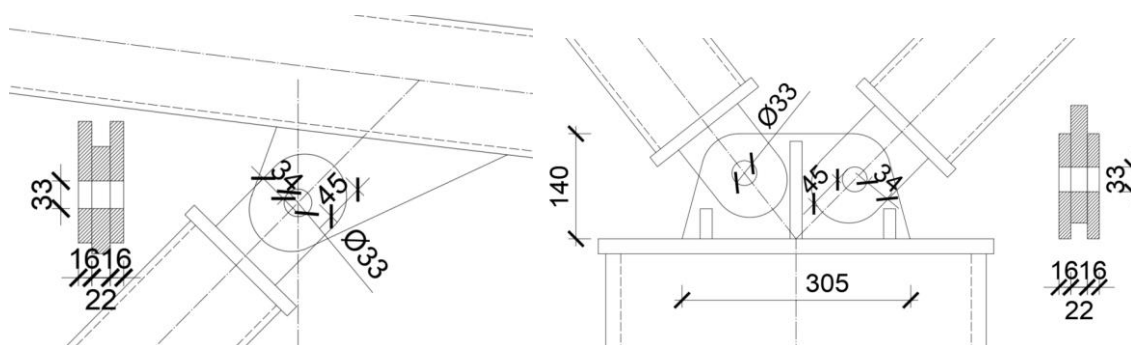
$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{215,714 \cdot 10^3}{912} = 236,529 MPa$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot 0^2 + 3 \cdot 236,529^2} \leq \frac{490}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$409,680 MPa < 435,56 MPa \rightarrow VYHOVUJE$$

## 7.4. Připojení vzpěr k vazníku a sloupu



Obrázek 84: Schéma připojení vzpěr k vazníku sloupu

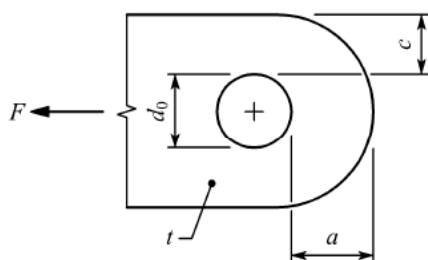
NÁVRH: ČEP M30 10.9

$$\max. N_{Ed} = -295,134 \text{ kN}$$

$$d = 30 \text{ mm}; d_0 = 33 \text{ mm}; A = 707 \text{ mm}^2; W_{el} = 2,65 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3;$$

$$t = 22 \text{ mm}; t_1 = 16 \text{ mm}; f_{ub} = 1000 \text{ MPa}; f_{yb} = 900 \text{ MPa}$$

**Rozteče:**



Obrázek 85: Návrh rozměrů plechu pro čepový spoj (ČSN EN 1993 -1-8)

$$a > \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{295,134 \cdot 1,0}{2 \cdot 22 \cdot 355 \cdot 10^3} + \frac{2 \cdot 33}{3} = 41 \text{ mm}$$

$$c > \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{295,134 \cdot 1,0}{2 \cdot 22 \cdot 355 \cdot 10^3} + \frac{33}{3} = 30 \text{ mm}$$

**Posouzení na stříh:**

$n = 2$  ... počet stříhů

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 1000 \cdot 707}{1,25} = 678,720 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{295,134}{678,720} = 0,43 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Únosnost plechu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot f_y \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mo}} = \frac{1,5 \cdot 355 \cdot 30 \cdot 22}{1,0} = 351,450 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{295,134}{351,450} = 0,84 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Únosnost čepu v ohybu:

$$M_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{8} \cdot (d + 4 \cdot (d_0 - d) + 2 \cdot t_1) =$$
$$= \frac{295,134}{8} \cdot (30 + 4 \cdot (33 - 30) + 2 \cdot 16) = 2,398 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{Mo}} = \frac{1,5 \cdot 2,65 \cdot 10^{-6} \cdot 900 \cdot 10^6}{1,0} = 3,578 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{2,398}{3,578} = 0,67 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

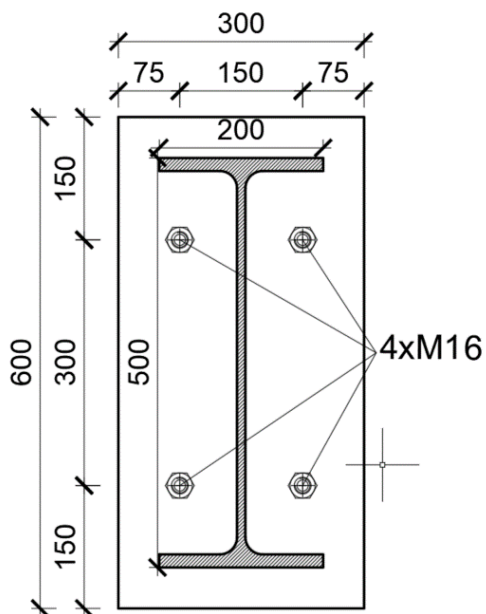
### Kombinace stříhu a ohybu:

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{N_{Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 = (0,67)^2 + (0,43)^2 = 0,63 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 8. KOTVENÍ

### 8.1. HLAVNÍ SLOUPY – KLOUBOVÁ PATKA

PRŮŘEZ SLOUPU: IPE 500



Obrázek 86: Schéma kloubové patky hlavního sloupu

**NÁVRH:** 4x M16 5.6 (HILTI HIT – Z; dl.215 mm)

PATNÍ PLECH: Ocel S235; rozměr 600x300 mm; tl.10 mm

PATKA: beton C25/30

C 16/20

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

$f_{cd} = 10,667 \text{ MPa}$

**Rozměry a materiálové charakteristiky:**

$d = 16 \text{ mm}$

$f_u = 490 \text{ MPa}$

$d_0 = 18 \text{ mm}$

$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$

$t_p = 10 \text{ mm}$

$f_{yb} = 300 \text{ MPa}$

$A_s = 157 \text{ mm}^2$

**Vnitřní síly:**

max.  $N_{c,Ed} = - 313,487 \text{ kN}$

$$\max. N_{t,Ed} = 152,954 \text{ kNm}$$

$$\max. V_{z,Ed} = - 86,213 \text{ kN}$$

#### PŘEDPOKLADY:

- pevnost podlití  $\geq 0,2$  pevnosti betonu
- tl. podlití  $\leq 50 \text{ mm}$
- tl. podlití  $\leq 0,2$  (hp; bp)

$\alpha = 1,5$  .. pro neznámé rozměry betonového základu

$$\beta_j = 2/3 \rightarrow f_{jd} = f_{cd} = 10,667 \text{ MPa}$$

#### Účinná plocha patky:

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yp}}{3 \cdot \gamma_{M0} \cdot f_{jd}}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 1,0 \cdot 10,667}} = 27,095 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = 62,328 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

#### Napětí:

$$\sigma_{Ed} = \frac{N_{c,Ed}}{A_{eff}} = \frac{313,487}{62,328 \cdot 10^{-3}} = 5,030 \text{ MPa} \leq f_{cd} = 10,667 \text{ MPa}$$

#### Smyk:

$$\max. V_{z,Ed} = - 86,213 \text{ kN}$$

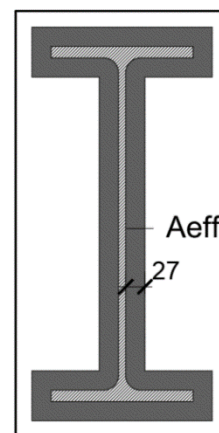
$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

$$V_{Rd} = F_{t,Rd} + F_{v,Rd}$$

Smyková zarážka: HEB 140

$$A_v = 825,9 \text{ mm}^2$$

$$F_{v,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{825,9 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 112,056 \text{ kN}$$



Tření:

$$F_{t,Rd} = 0,2 \cdot N_{c,Ed} = 0,2 \cdot 313,487 = 62,697 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = F_{t,Rd} + F_{v,Rd} = 112,056 + 62,697 = 174,753 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{86,213}{174,753} \leq 1,0$$

$$0,49 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení na tah**

$$F_{t,1,Ed} = \frac{N_{Ed}}{4} = \frac{152,954}{4} = 38,239 \text{ kN}$$

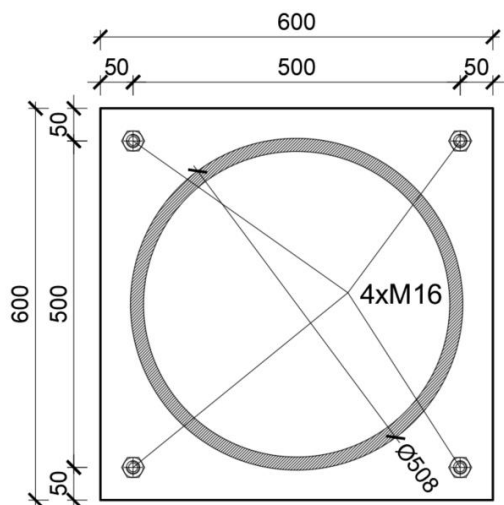
Posouzení na přetržení

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 500 \cdot 157}{1,25} = 56,520 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,1,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{38,239}{56,520} = 0,68 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 8.2. VNITŘNÍ SLOUP SE VZPĚRAMI - KLOUBOVÁ PATKA

PRŮŘEZ SLOUPU: Tr 508/20 mm



Obrázek 87: Schéma kloubové patky u vnitřního sloupu se vzpěrami

**NÁVRH:** 4x M16 5.6 (HILTI HIT – Z; dl.215 mm)

PATNÍ PLECH: Ocel S235; rozměr 600x600 mm; tl.10 mm

PATKA: beton C25/30

C 16/20

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

$f_{cd} = 10,667 \text{ MPa}$

### Rozměry a materiálové charakteristiky:

$d = 16 \text{ mm}$

$f_u = 490 \text{ MPa}$

$d_0 = 18 \text{ mm}$

$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$

$t_p = 10 \text{ mm}$

$f_{yb} = 300 \text{ MPa}$

$A_s = 157 \text{ mm}^2$

### Vnitřní síly:

max.  $N_{c,Ed} = - 481,545 \text{ kN}$

max.  $N_{t,Ed} = 26,096 \text{ kNm}$

max.  $V_{z,Ed} = - 129,945 \text{ kN}$

### PŘEDPOKLADY:

- pevnost podlití  $\geq 0,2$  pevnosti betonu
- tl. podlití  $\leq 50$  mm
- tl. podlití  $\leq 0,2$  (hp; bp)

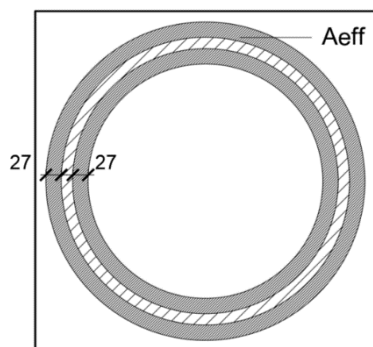
$\alpha = 1,5$  .. pro neznámé rozměry betonového základu

$$\beta_j = 2/3 \rightarrow f_{jd} = f_{cd} = 10,667 \text{ MPa}$$

### Účinná plocha patky:

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yp}}{3 \cdot \gamma_{M0} \cdot f_{jd}}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 1,0 \cdot 10,667}} = 27,095 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = 113,740 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$



### Napětí:

$$\sigma_{Ed} = \frac{N_{c,Ed}}{A_{eff}} = \frac{481,575}{113,740 \cdot 10^{-3}} = 4,234 \text{ MPa} \leq f_{cd} = 10,667 \text{ MPa}$$

### Smyk:

$$\text{max. } V_{z,Ed} = - 129,945 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

$$V_{Rd} = F_{t,Rd} + F_{v,Rd}$$

Smyková zarážka: HEB 140

$$A_v = 825,9 \text{ mm}^2$$

$$F_{v,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{825,9 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 112,056 \text{ kN}$$

Tření:

$$F_{t,Rd} = 0,2 \cdot N_{c,Ed} = 0,2 \cdot 481,545 = 96,309 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = F_{t,Rd} + F_{v,Rd} = 112,056 + 96,309 = 208,365 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{129,945}{208,365} \leq 1,0$$

$$0,62 \leq 1,0 \rightarrow \text{VYHOVÍ}$$

**Posouzení na tah**

$$F_{t,1,Ed} = \frac{N_{Ed}}{4} = \frac{26,096}{4} = 6,524 \text{ kN}$$

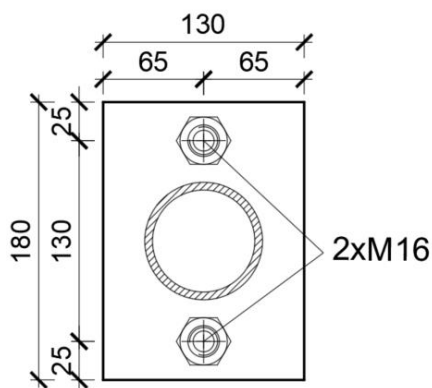
Posouzení na přetržení

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 500 \cdot 157}{1,25} = 56,520 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,1,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{6,524}{56,520} = 0,12 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### 8.3. ŠTÍTOVÉ SLOUPY – KLOUBOVÁ PATKA

PRŮŘEZ PÁSOVÉHO PRUTU PŘÍHRADOVÉHO SLOUPU: Tr 76,1/5,0 mm



Obrázek 88: Schéma kloubové patky štítového sloupu

**NÁVRH:** 2x M16 5.6 (HILTI HIT – Z; dl.175 mm)

PATNÍ PLECH: Ocel S235; rozměr 180x130 mm; tl.10 mm

PATKA: beton C25/30

C 16/20

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

$f_{cd} = 10,667 \text{ MPa}$

#### Rozměry a materiálové charakteristiky:

$d = 16 \text{ mm}$

$f_u = 490 \text{ MPa}$

$d_0 = 18 \text{ mm}$

$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$

$t_p = 10 \text{ mm}$

$f_{yb} = 300 \text{ MPa}$

$A_s = 157 \text{ mm}^2$

#### Vnitřní síly:

max.  $N_{c,Ed} = - 110,346 \text{ kN}$

max.  $N_{t,Ed} = 90,688 \text{ kNm}$

$V_{z,Ed} \rightarrow$  zanedbatelná

### PŘEDPOKLADY:

- pevnost podlití  $\geq 0,2$  pevnosti betonu
- tl. podlití  $\leq 50$  mm
- tl. podlití  $\leq 0,2$  (hp; bp)

$\alpha = 1,5$  .. pro neznámé rozměry betonového základu

$$\beta_j = 2/3 \rightarrow f_{jd} = f_{cd} = 10,667 \text{ MPa}$$

### Účinná plocha patky:

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yp}}{3 \cdot \gamma_{M0} \cdot f_{jd}}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 1,0 \cdot 10,667}} = 27,095 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = 13,219 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

### Napětí:

$$\sigma_{Ed} = \frac{N_{c,Ed}}{A_{eff}} = \frac{110,346}{13,219 \cdot 10^{-3}} = 8,347 \text{ MPa} \leq f_{cd} = 10,667 \text{ MPa}$$

### Posouzení na tah

$$F_{t,1,Ed} = \frac{N_{Ed}}{2} = \frac{90,688}{2} = 45,344 \text{ kN}$$

### Posouzení na přetržení

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 500 \cdot 157}{1,25} = 56,520 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,1,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{45,344}{56,520} = 0,80 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

