



Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VÝROBNÍ A ADMINISTRATIVNÍ HALA

Vedoucí práce: Ing. Jiří Mareš, Ph.D.

Autor: Roman Khayrulin

**Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracoval samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

V Praze dne 09.01.2023

.....

Roman Khayrulin

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Jiří Marešovi za ochotu a trpělivost při konzultacích, za odborné rady a podklady pro její vypracování.

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Khayrulin</u>	Jméno: <u>Roman</u>	Osobní číslo: <u>474063</u>
Zadávající katedra: <u>K134, Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí</u>		
Studijní program: <u>stavební inženýrství</u>		
Studijní obor/specializace: <u>konstrukce pozemních staveb</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Výrobní a administrativní hala</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Commercial single storey building</u>	
Pokyny pro vypracování: Zpracujte statický výpočet a projektovou dokumentaci ocelové konstrukce výrobního a administrativního objektu. Hlavní výrobní část objektu má rozpětí 16m, přílehlající čisti mají rozpětí 5 m. Délka budovy je 25 m. Výška objektu je 9,5 m. Administrativní část objektu má mezaninové patro. Zvolte konstrukční schéma a typ opláštění. Zpracujte statický výpočet a řešení spojů a kotvení konstrukce do základů. Hala je umístěna v Ostravě.	
Seznam doporučené literatury: 1. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby 2. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby 3. Eurokód 3: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem 4. Eurokód 4: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Jiří Mareš, Ph.D</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>19.9.2022</u>	Termín odevzdání BP v IS KOS: <u>9.1.2022</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

## **Anotace**

Bakalářská práce se zabývá návrhem nosné konstrukce výrobní a administrativní haly a její posouzením. Konstrukce je sestavena z hlavního rámu o rozpětí 16m a tři přiléhající rámy o rozpětí 5m s mezaninovým patrem. Délka budovy je 25m. Výška objektu je 9,7m.

Návrh je proveden dle Evropských norem a za pomoci výpočtového softwaru.

## **Klíčová slova**

výrobní a administrativní hala, rámová konstrukce, nosná konstrukce, valcované profily

## **Abstract**

The bachelor thesis deals with the design of the load-bearing steel structure of the manufacturing hall and administrative facilities. The structure is assembled from the main steel frame, which is 16m wide, and 3 other extensions which are 5m wide with a mezzanine floor. The length of the structure is 25m. The height is 9,7m.

The design was carried out according to European standards and using structural software.

## **Keywords**

manufacturing and administrative hall, steel frame, load-bearing structure, rolled profiles

## SEZNAM PŘÍLOH

0. Zadání
1. Technická zpráva
2. Statický výpočet
3. Výkresová dokumentace
  - 3.1. Dispoziční výkresy část 1, M:100
  - 3.2. Dispoziční výkresy část 2, M:100
  - 3.3. Výkres kotvení, M:100
  - 3.4. Detail 1 – rámový roh, M:10
  - 3.5. Detail 2 – přípoj stropnice na průvlak, přípoj průvlatku a stropnice na sloup, M:10
  - 3.6. Detail 3 – kotvení sloupu k patce, M:10
4. Přílohy
  - 4.1. Výstup ze SCIA Eng.
    - 4.1.1. Axonometrický pohled
    - 4.1.2. Přední pohled
    - 4.1.3. Boční pohled 1
    - 4.1.4. Boční pohled 2
    - 4.1.5. Zadní pohled
    - 4.1.6. Pohled shora
    - 4.1.7. Soustava typické vazby; příčně
    - 4.1.8. Soustava typické vazby; podélně
    - 4.1.9. Ohybové momenty pro sloupy na ose C a G
    - 4.1.10. Vnitřní síly pro sloup G4
    - 4.1.11. Deformace ux pro sloup G4
    - 4.1.12. Ohybové momenty pro příčle, osy 2,3,4,5
    - 4.1.13. Vnitřní síly pro příčel na ose 4
    - 4.1.14. Deformace uz pro příčel na ose 4
    - 4.1.15. Ohybové momenty pro příčle u štítu
    - 4.1.16. Vnitřní síly pro přední příčel
    - 4.1.17. Deformace uz pro přední příčel
    - 4.1.18. Ohybové momenty pro štítové sloupy, osy C a G
    - 4.1.19. Vnitřní síly pro štítový sloup G1
    - 4.1.20. Deformace ux pro sloup G1
    - 4.1.21. Ohybové momenty pro štítové sloupy na ose D a F
    - 4.1.22. Vnitřní síly pro štítový sloup D1
    - 4.1.23. Deformace ux pro sloup D1
    - 4.1.24. Vnitřní síly pro nosník mezi sloupy D1 – F1
    - 4.1.25. Deformace uz pro nosník mezi sloupy D1 – F1
    - 4.1.26. Vnitřní síly pro štítový sloup D6
    - 4.1.27. Deformace uy pro sloup D6
    - 4.1.28. Ohybové momenty pro příčle navazujících rámu mezi osy B-C a G-H
    - 4.1.29. Vnitřní síly pro příčel B4-C4
    - 4.1.30. Deformace uz pro příčel B4-C4

- 4.1.31. Ohybové momenty stropnice
- 4.1.32. Vnitřní síly stropnice B2-C2
- 4.1.33. Deformace uz stropnice B2-C2
- 4.1.34. Ohybové momenty průvlaků
- 4.1.35. Vnitřní síly průvlak B3-B4
- 4.1.36. Deformace uz průvlak B3-B4
- 4.1.37. Ohybové momenty sloupy na ose B a H
- 4.1.38. Vnitřní síly sloup B2
- 4.1.39. Ohybové momenty pro krajní příčle mezi osy A-B nad nosníkem
- 4.1.40. Vnitřní síly pro příčel A4-B4 nad nosníkem
- 4.1.41. Ohybové momenty pro běžnou krajní příčel mezi osy A-B
- 4.1.42. Vnitřní síly pro běžnou krajní příčel
- 4.1.43. Ohybový moment prolamovaný nosník
- 4.1.44. Vnitřní síly prolamovaný nosník
- 4.1.45. Deformace uz prolamovaný nosník
- 4.1.46. Ohybové momenty sloupy na ose A
- 4.1.47. Vnitřní síly sloup A2
- 4.1.48. Normalová síla střešní diagonaly
- 4.1.49. Normalová síla podélná ztužidla
- 4.1.50. Normalová síla stěnové podélné ztužidlo
- 4.1.51. Normalová síla stěnové příčné ztužidlo
- 4.1.52. Globální přehled zatížení
- 4.1.53. Globální přehled vnitřních síl a vykreslení deformace stabilitní kombinace 1 s posunem styčniců
- 4.2. Protokoly Lt Beam
  - 4.2.1. Sloup G4
  - 4.2.2. Příčel na ose 4
  - 4.2.3. Příčel u štítu
  - 4.2.4. Štítový sloup G1
  - 4.2.5. Štítový sloup D1
  - 4.2.6. Nosník mezi sloupy D1 – F1
  - 4.2.7. Štítový sloup D6
  - 4.2.8. Příčel B4-C4
  - 4.2.9. Sloup B2
  - 4.2.10. Příčel nad nosníkem
  - 4.2.11. Příčel běžná
  - 4.2.12. Sloup A2
- 4.3. Protokol předběžného návrhu prolamovaného nosníku v programu Arcelor Mittal
- 4.4. Protokoly Idea Statica
- 4.5. Technické listy táhel Macaloy
- 4.6. Technické listy a výpočet kotev Fischer
- 4.7. Technické listy sendvičových panelů Kingspan
- 4.8. Technické listy vaznic



Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
VÝROBNÍ A ADMINISTRATIVNÍ HALA  
**1. TECHNICKÁ ZPRÁVA**

Vedoucí práce: Ing. Jiří Mareš, Ph.D.

Autor: Roman Khayrulin



## 1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Umístění stavby: Ostrava

Název akce: výrobní a administrativní hala

## 2. ARCHITEKTONICKÉ ŘEŠENÍ

Novostavba výrobní a administrativní haly v Ostravě. Půdorys objektu je obdélníkového tvaru o rozměrech 31m x 25m. Objekt tvoří hlavní rám o rozpětí 16m a 3 navazující menší rámy, které se opírají o hlavní rám. Výška hřebene hlavního rámu je 9,7m a ostatních – 7,3m a 5,9m. Administrativní část objektu se nachází v mezaninu přiléhajících rámu. Na jižní a západní fasádě se nacházejí vrata a portály pro vstup do haly.

## 3. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

**Základové konstrukce** sestávají z patek z prostého betonu C25/30. Patky jsou navrženy o půdorysných rozměrech 800mmx800mm a s hloubkou 800mm. K vyrovnaní podloží slouží podkladní beton tl. 30mm, který je proveden z betonu třídy C16/20. Patní plech má tl. 15mm. Kotvení je navrženo z lepených kotev 4xM16.

**Rámová konstrukce** – je sestavená z válcovaných profilů typu HEA a IPE. Vzdálenost mezi rámy je 5m. Výška sloupu je 7,85m, příčle má délku 8,1m a sklon 16%. Průřezy hlavního rámu jsou HEA220 pro sloup a IPE330 pro příčle. Rámový roh a vrchol rámu je řešen jako šroubový. Sloupy v patkách jsou uloženy kloubově. Horní pásnice příčle je držena pomocí vaznic, které jsou ve vzdalenosti 2,67m.

**Štítová stěna** je sestavená z válcovaných profilů typu HEA180 pro sloup a IPE200 pro příčel. Na jižní straně budovy příčel u hlavního rámu je podepřena sloupy mezi které je uložen nosník nad vraty profilu IPE200. Na severní straně fasády je příčel podepřena sloupy HEA180.

### Ztužení objektu

Objekt je ztužen pomocí systému táhel ve střešních a stěnových rovinách. Podélně mezi rámy jsou použity vzpěrné trubky ve střešní rovině. V příčném směru mezi sloupy pod mezaninem nešlo přidat ztužidla z dispozičních důvodů, nachází se tam dveřní otvor.

**Střešní plášť** je složen ze Z vaznic a sendvičových izolačních panelů. Vaznice je Z240.

**Obvodový plášť** je složen z C paždíků a sendvičových izolačních panelů. Paždíky jsou C210/2,0.

#### **4. ZATÍŽENÍ**

Navrženo dle platných norem. Klimatické zatížení bylo určeno dle zeměpisného umístění stavby. Ve většině případů zatížení je vypočítáno pomocí programu SCIA Eng.

##### **Zatížení sněhem**

Sněhová oblast: II

##### **Zatížení větrem**

Větrová oblast: II

Kategorie terénu: III

#### **5. OCEL**

Konstrukční ocel třídy S235, kromě prolamovaného nosníku a konstrukčních táhel, které jsou třídy S355 a S460.

Šrouby: 8.8.

#### **6. BETON**

Podkladní beton C16/20

Betonové patky C25/30

Plechobetonový strop C20/25

#### **7. OCHRANA PROTI POŽÁRU**

Návrh požární bezpečnosti není součástí této práce.

#### **8. OCHRANA PROTI KOROZI**

Ochrana proti korozi-mechanické čištění St3 dle ČSN EN ISO 8504-3, nátěr pro stupeň korozní agresivity C1 (vytápěný objekt s čistou atmosférou) a střední dobou životnosti min. 5 let.

#### **9. POUŽITÉ PROGRAMY**

PTC Mathcad Prime 8.0

Autodesk AutoCad 2020

Scia Eng. 22.0

Idea Statica 22.0

LtBeam 1.0.4

Arcelor Mittal ACB+ 4.0.2

Fixperience

FIN EC 2021

## 10. POUŽITÉ NORMY

- [1] ] ČSN EN 1990 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 1991-1-6 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí-Část 1-6: Obecná zatížení - Zatížení během provádění
- [6] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí

## 11. POUŽITÁ LITERATURA

- [7] Michal Jandera, Martina Eliášová, Tomáš Vraný, Ocelové konstrukce 01 - Cvičení, Praha, ČVUT, 2015.
- [8] Prof. Ing. Josef Macháček, DrSc., Stručný návod návrhu nosníku s kruhovými otvory

## 12. INTERNETOVÉ STRÁNKY

- [9] <http://www.ocelbulky.cz/> - ocelové konstrukce, tabulky
- [10] Michal Jandera, <https://moodle-vyuka.cvut.cz/course/view.php?id=4036> – přednášky, 134 Ocelové konstrukce 1
- [11] <https://www.scia.net/en/support/tutorials-manuals> - tutorialy Scia Eng.
- [12] <https://www.kingspan.com/group/> - výrobce sendvičových panelů
- [13] <http://www.tension.cz/produkty/tahla-macalloy> - prodejce a distributor produktu firmy Macalloy LTd.
- [14] <https://kovprof.cz/> - dodavatel opláštění budov na bázi tenkostěnných profilů
- [15] <https://www.dlupal.com/> - Dlupal Software s.r.o., mapy



Fakulta stavební  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
**VÝROBNÍ A ADMINISTRATIVNÍ HALA**  
**2. STATICKÝ VÝPOČET**

Vedoucí práce: Ing. Jiří Mareš, Ph.D.

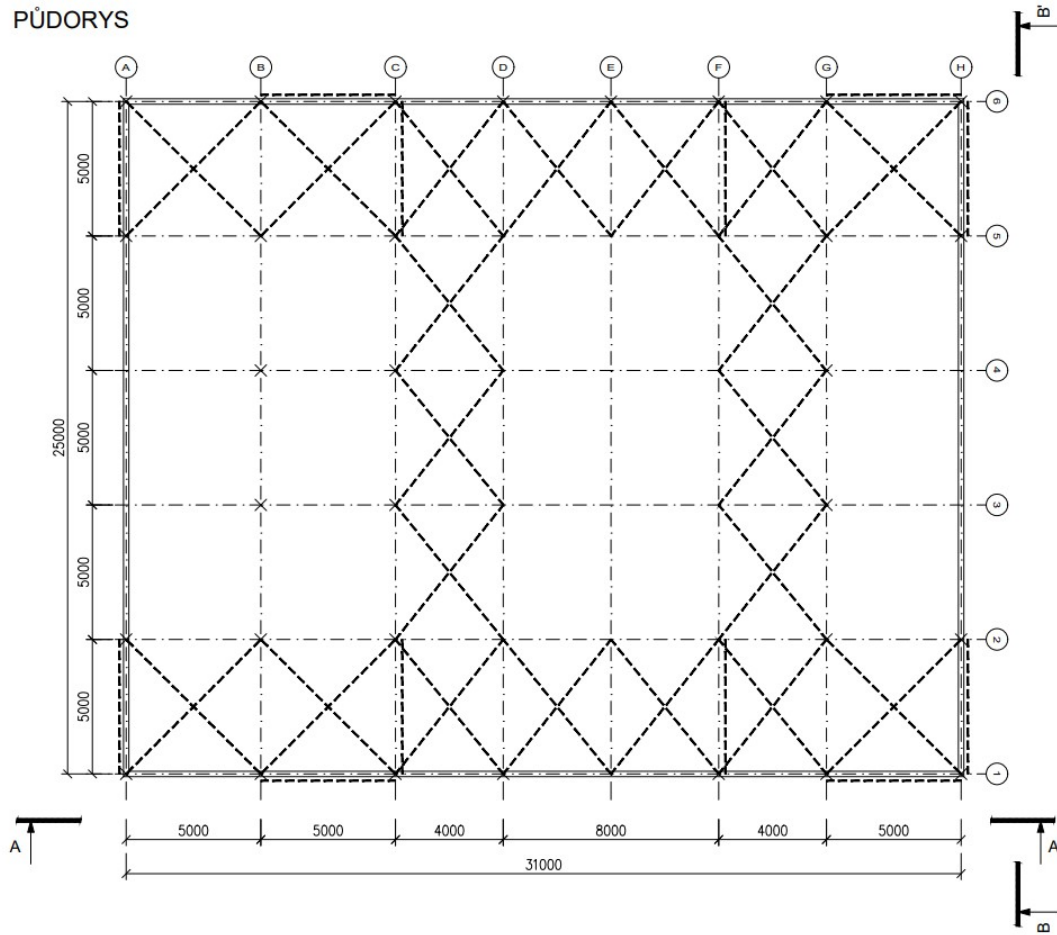
Autor: Roman Khayrulin

## Obsah

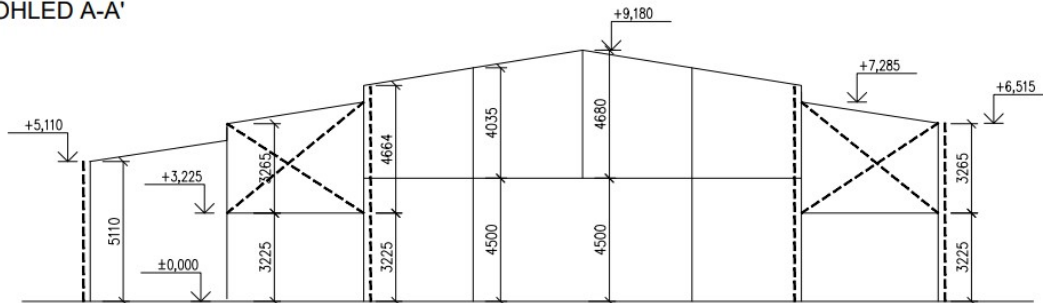
1. Dispozice .....	1
2. Pohledy 3D .....	2
3. Zatížení klimatickými vlivy	
3.1. Zatížení sněhem .....	3-5
3.2. Zatížení větrem .....	5-23
4. Střešní plášť .....	23-26
4.1. Vaznice .....	26-30
5. Stěnový plášť .....	31-33
6. Zatěžovací stavy .....	33-35
7. Kombinace zatěžovacích stavů .....	36-37
8. Varianty konstrukčního řešení .....	37-40
8.1. Porovnání válcovaných a svařovaných profilu .....	40
8.2. Popis 3D modelu .....	40
9. Rámová imperfekce .....	42
10. Posouzení sloupu hlavní vazby (sloup G4).....	43-48
11. Posouzení příčle hlavního rámu .....	48-54
12. Návrh štítové stěny hlavní vazby	
12.1. Posouzení příčle .....	55-60
12.2. Posouzení krajního sloupu (sloup G1).....	60-65
12.3. Štitový sloup (D1).....	66-71
12.4. Nosník mezi štítové sloupy (D-F1).....	71-73
12.5. Návrh prostředního sloupu štítové vazby (D6).....	73-75
13. Návrh rámu B-C, G-H	
13.1. Návrh příčle .....	75-81
13.2. Návrh trapezového plechu mezaninu .....	81-82
13.3. Návrh stropnice mezaninu .....	82-84
13.4. Návrh průvlaku mezaninu .....	84-85
13.5. Návrh sloupu rámu (b-c, g-h).....	85-90
14. Návrh krajní vazby	
14.1. Návrh příčle nad nosníkem .....	90-91
14.2. Prolamovaný nosník .....	92-97
14.3. Návrh krajních sloupů .....	97-101
15. Ztužení haly	
15.1. Diagonaly .....	102-103
15.2. Návrh podélných střešních ztužidel .....	104-105
15.3. Návrh stěnových podélných ztužidel .....	106-107
15.4. Návrh stěnových příčných ztužidel .....	108-109
16. Přípoj rámový roh .....	109-115
17. Přípoj stropnice na průvlak .....	115-116
18. Přípoj průvlaku na sloup .....	116-118
19. Patka sloupu .....	118-120

### 1. Dispozice

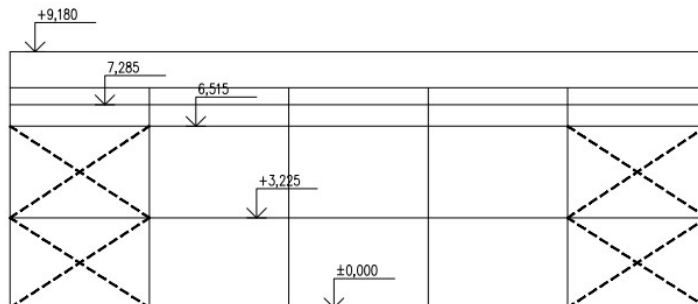
PŮDORYS



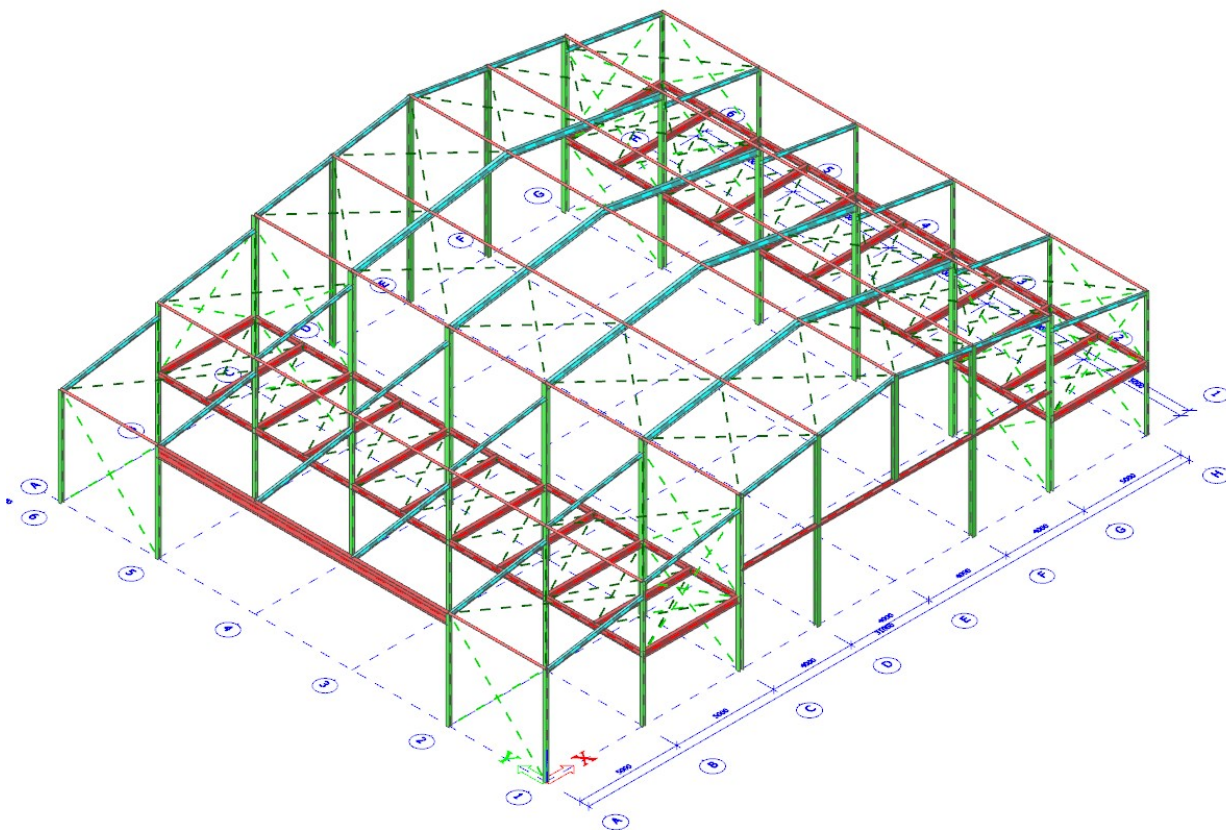
POHLED A-A'



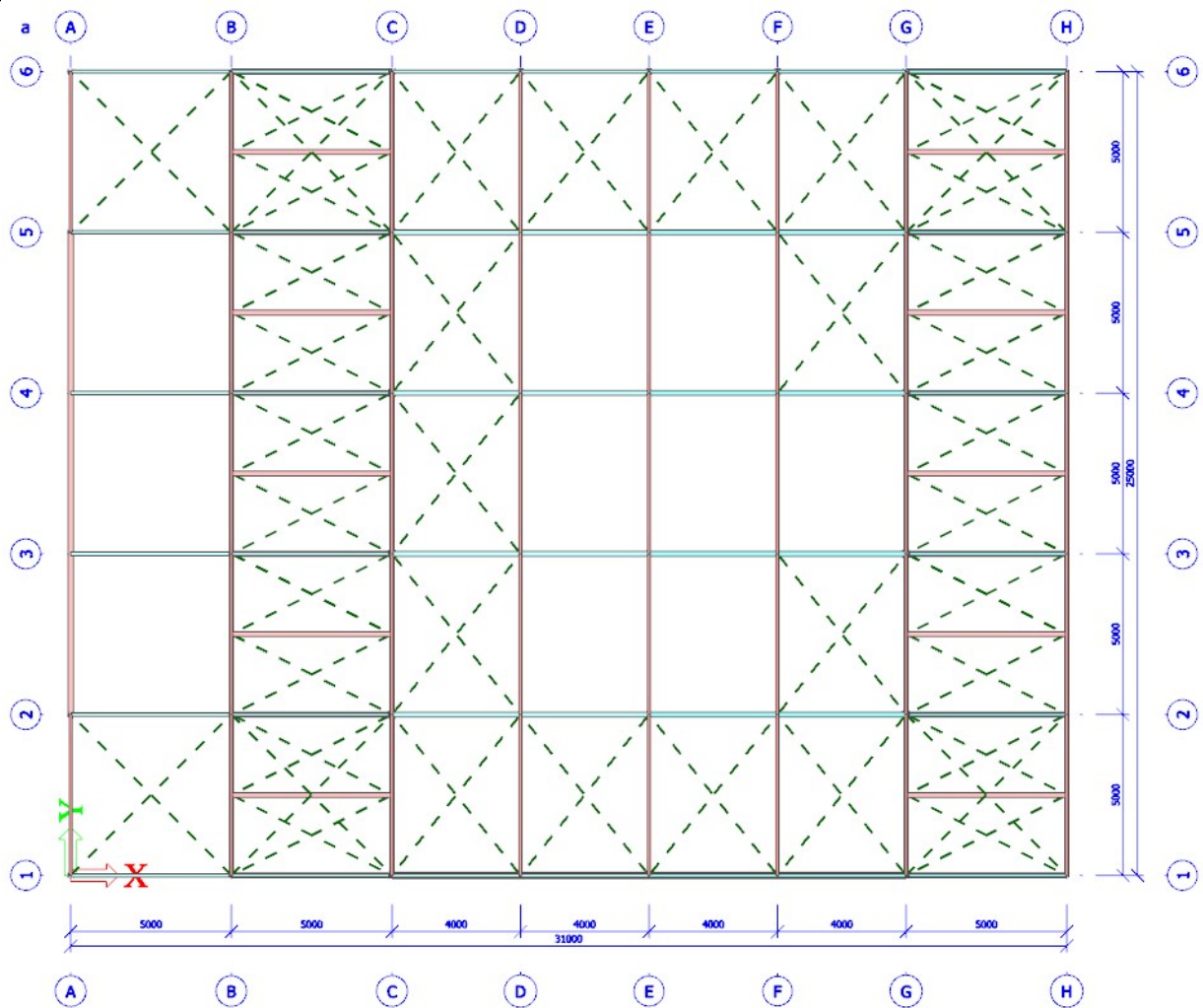
POHLED B-B'



## 2.Axonometrický pohled



## Pohled shora

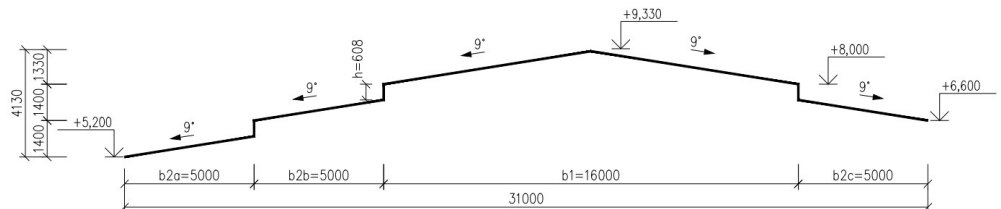


### 3.ZATÍŽENÍ KLIMATICKÝMI VLIVY

#### 3.1 Zatížení sněhem

##### Geometrie:

$d := 31 \text{ m}$  - délka konstrukce  
 $b := 25 \text{ m}$  - šířka konstrukce  
 $h := 9.33 \text{ m}$  - výška konstrukce



obr. 1: Řez střechou

##### Tvar střechy:

sedlová/pultová

##### Sklon střechy :

$\alpha := 9^\circ$

##### Sněhová oblast:

II - Lokalita: Ostrava

##### Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi:

$$s_k := 1 \frac{kN}{m^2}$$

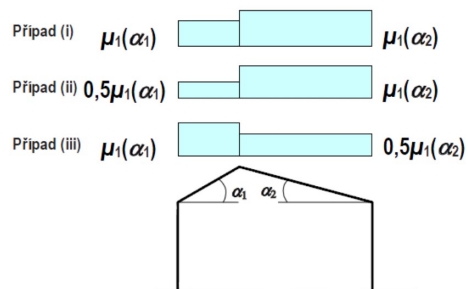
##### Doporučené hodnoty součinitelů dle oblasti stavby:

- Staveniště v nadmořské výšce  $H < 1000\text{m}$

$$\psi_0 := 0.5 \quad \psi_1 := 0.2 \quad \psi_2 := 0.0$$

##### Tvarový součinitel zatížení sněhem:

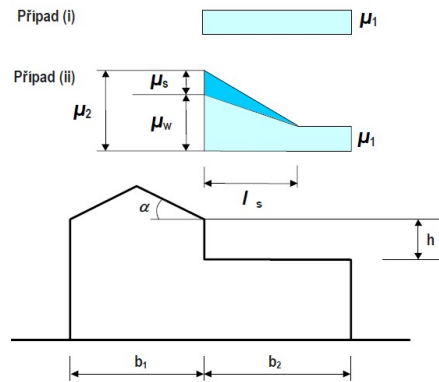
- Sedlová střecha



$$\mu_{1s} := 0.8 \quad \text{pro úhel sklonu střechy } \alpha = 9^\circ$$



- Pultová střecha přiléhající k vyšší střeše:



$$\mu_{1p} := 0.8$$

Tvarový součinitel zatížení v důsledku sesuvu sněhu z horní střechy:

$$\mu_s := 0 \quad \text{pro úhel sklonu střechy } \alpha < 15^\circ$$

Tvarový součinitel zahrnující vliv návějí sněhu:

$$l_s := 2 \cdot h_1 = 1.216 \text{ m} \quad l_s - \text{délka návěje s doporučeným omezením}$$

$$5 \text{ m} \leq l_s \leq 15 \text{ m}$$

$$l_s := 5 \text{ m}$$

$$\mu_w := \frac{(b_1 + b_{2c})}{l_s} = 4.2$$

$$\gamma \cdot \frac{h_1}{s_k} = 1.216$$

$$\mu_w := \frac{(b_1 + b_{2c})}{l_s} \leq \gamma \cdot \frac{h_1}{s_k}$$

$$\mu_w := 1.216$$

$$\mu_{2p} := \mu_s + \mu_w = 1.216$$

Součinitel expozice:

$$C_e := 0.8$$

Tepelný součinitel:

$$C_t := 1$$

$$s_1 := s_k \cdot \mu_{1s} \cdot C_e \cdot C_t = 0.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

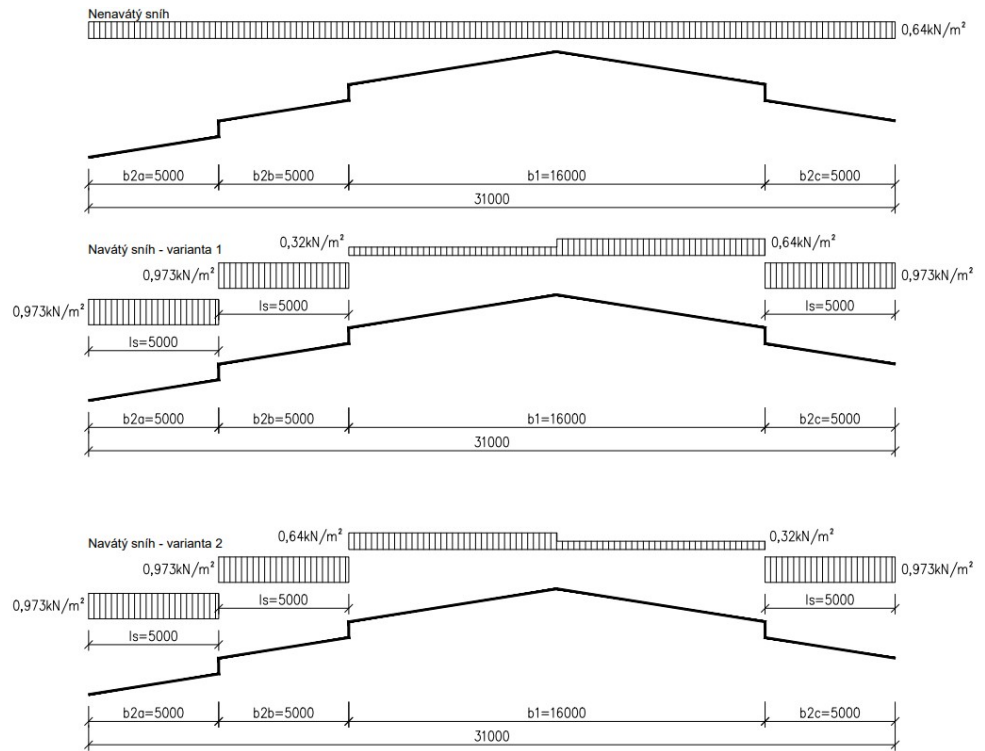
$$s_2 := s_k \cdot \mu_{2p} \cdot C_e \cdot C_t = 0.973 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$h_1 := 0.608 \text{ m}$$

$$b_1 := 16 \text{ m}$$

$$b_{2c} := 5 \text{ m}$$

$$\gamma := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$



obr. 2: rozložení zatížení od sněhu na střeše

### 3.2 Zatížení větrem.

- Určení základního dynamického tlaku větru pro vyšší sedlovou střechu

Lokalita: Ostrava

Větrová oblast: II

Kategorie terénu: III

Výchozí základní rychlost větru:

$$v_{b,0} := 25 \frac{m}{s}$$

Výpočet zatížení:

Součinitel směru větru:

$$C_{dir} := 1$$

Součinitel ročního období:

$$C_{season} := 1$$

Základní rychlost větru:

$$v_b := C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 25 \frac{m}{s}$$

Místní vlivy:

Kategorie terénu III:  $h < b$

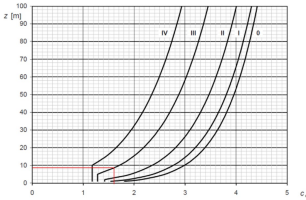
Minimální výška pro kategorii terénu:

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

Maximální výška pro kategorii terénu:

$$z_{max} := 200 \text{ m}$$

$$\rho_v := 1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$



Parametr drsnosti terénu:

$$z_0 := 0.3 \text{ m}$$

Výška budovy:

$$z := h = 9.33 \text{ m}$$

Základní tlak větru

$$q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho_v \cdot v_b^2 = 0.375 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Součinitel expozice pro  $C_0 := 1$  a  $k_I := 1$

$$C_{e,z} := 1.6$$

Maximální dynamický tlak:

$$q_{p,z1} := C_{e,z} \cdot q_b = 0.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- Určení základního dynamického tlaku větru pro nižší pultovou střechu

Lokalita: Ostrava

Větrová oblast: II

Kategorie terénu: III

Výchozí základní rychlost větru:

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

Výpočet zatížení:

Součinitel směru větru:

$$C_{dir} := 1$$

Součinitel ročního období:

$$C_{season} := 1$$

Základní rychlost větru:

$$v_b := C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Místní vlivy:

Kategorie terénu III:  $h < b$

Minimální výška pro kategorii terénu:

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

Maximální výška pro kategorii terénu:

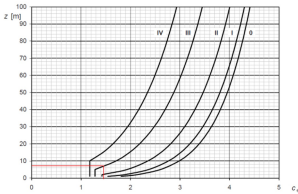
$$z_{max} := 200 \text{ m}$$

Parametr drsnosti terénu:

$$z_0 := 0.3 \text{ m}$$

Výška střechy:

$$z_2 := 7.4 \text{ m}$$

Základní tlak větru:

$$q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho_v \cdot v_b^2 = 0.375 \frac{kN}{m^2}$$

Součinitel expozice pro  $C_0 := 1$  a  $k_I := 1$

$$C_{e,z2} := 1.45$$

Maximální dynamický tlak:

$$q_{p,z2} := C_{e,z2} \cdot q_b = 0.544 \frac{kN}{m^2}$$

- Určení základního dynamického tlaku větru pro nejnižší pultovou střechu

Lokalita: Ostrava

Větrová oblast: II

Kategorie terénu: III

Výchozí základní rychlost větru:

$$v_{b,0} := 25 \frac{m}{s}$$

Výpočet zatížení:Součinitel směru větru:

$$C_{dir} := 1$$

Součinitel ročního období:

$$C_{season} := 1$$

Základní rychlost větru:

$$v_b := C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 25 \frac{m}{s}$$

Místní vlivy:

Kategorie terénu III:  $h < b$

Minimální výška pro kategorii terénu:

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

Maximální výška pro kategorii terénu:

$$z_{max} := 200 \text{ m}$$

Parametr drsnosti terénu:

$$z_0 := 0.3 \text{ m}$$

Výška budovy:

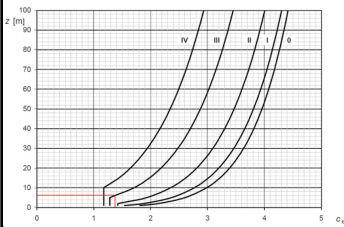
$$z_2 := 6 \text{ m}$$

Základní tlak větru

$$q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho_v \cdot v_b^2 = 0.375 \frac{kN}{m^2}$$

Součinitel expozice pro  $C_0 := 1$  a  $k_I := 1$

$$C_{e,z2} := 1.38$$



**Maximální dynamický tlak:**

$$q_{p,z3} := C_{e,z2} \cdot q_b = 0.518 \frac{kN}{m^2}$$

**Zatížení větrem na stěny pro úhel  $\theta := 0^\circ, 180^\circ$**

U stěny v oblasti D a E bude uplatněn součinitel nedostatečné korelace. Plocha vystavená zatížení od větru je větší než  $10m^2$  - součinitel vnějšího tlaku je zvolen  $C_{pe,10}$ .

**Geometrie:**

$d = 31 \text{ m}$   
 $b = 25 \text{ m}$   
 $h := 8.04 \text{ m}$  - horní čelní úroveň stěny

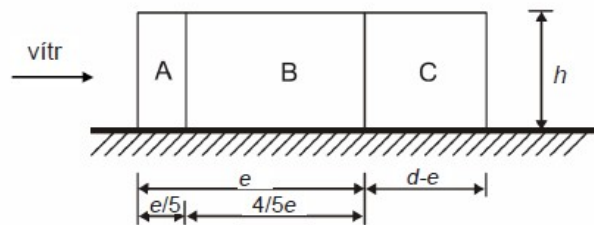
Referenční výška pro  $h < b$   
 $z_e := h = 8.04 \text{ m}$

**Součinitele vnějšího tlaku:**

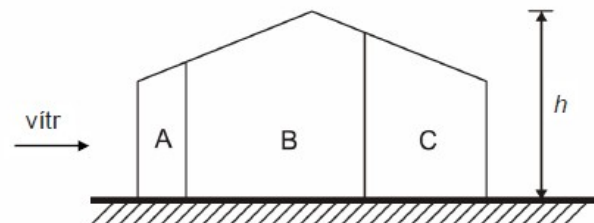
$\frac{h}{d} = 0.259$   
 $e := \min(b, 2 \cdot h) = 16.08 \text{ m}$   
 $e < d \rightarrow 16.08 \cdot m < 31.0 \cdot m$

Výsledek = "Pohled pro  $e < d$ "

**Pohled pro  $e < d$**



$e = 16.08 \text{ m}$   
 $d - e = 14.92 \text{ m}$   
 $\frac{e}{5} = 3.216 \text{ m}$



$\frac{4e}{5} = 12.864 \text{ m}$

Součinitel vnějšího aerodynamického tlaku $c_{pe}$										
Oblast	A		B		C		D		E	
$H/d$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
$\leq 0,25$	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		0.7	1.0	-0.3	
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		0.8	1.0	-0.5	
$\geq 5$	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		0.8	1.0	-0.7	

	$C_{peA.10.st0} := -1.2$ $C_{peB.10.st0} := -0.8$ $C_{peC.10.st0} := -0.5$
$C_{e.zst} := 1.55$ $q_{p.z1st} := C_{e.zst} \cdot q_b = 0.581 \frac{kN}{m^2}$	$C_{peD.10.st0} = [0.701]$ $C_{peE.10.st0} = [-0.302]$ <p><b><u>Součinitele vnitřního tlaku:</u></b></p> <p>Bezpečnostně bude uvažována méně výhodná hodnota <math>C_{pi.10} +0,2</math> nebo <math>-0,3</math></p> <p><b><u>Výsledné tlaky na stěnu pro úhel <math>\theta := 0^\circ, 180^\circ</math></u></b></p> $w_{kA.st0} := \min(q_{p.z1st} \cdot (C_{peA.10.st0} + 0.2), q_{p.z1st} \cdot (C_{peA.10.st0} - 0.3))$ $w_{kA.st0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.581 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.872 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.872 \frac{kN}{m^2}$ $w_{kB.st0} := \min(q_{p.z1st} \cdot (C_{peB.10.st0} + 0.2), q_{p.z1st} \cdot (C_{peB.10.st0} - 0.3))$ $w_{kB.st0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.349 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.639 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.639 \frac{kN}{m^2}$ $w_{kC.st0} := \min(q_{p.z1st} \cdot (C_{peC.10.st0} + 0.2), q_{p.z1st} \cdot (C_{peC.10.st0} - 0.3))$ $w_{kC.st0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.174 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.465 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.465 \frac{kN}{m^2}$ $w_{kD.st0} := \max(q_{p.z1st} \cdot (C_{peD.10.st0} + 0.2), q_{p.z1st} \cdot (C_{peD.10.st0} - 0.3))$ $w_{kD.st0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \max\left(\frac{0.524 \cdot kN}{m^2}, \frac{0.233 \cdot kN}{m^2}\right) = 0.524 \frac{kN}{m^2}$ $w_{kE.st0} := \min(q_{p.z1st} \cdot (C_{peE.10.st0} + 0.2), q_{p.z1st} \cdot (C_{peE.10.st0} - 0.3))$ $w_{kE.st0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.0596 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.35 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.35 \frac{kN}{m^2}$ <p><b><u>Zatížení větrem na stěny pro úhel <math>\theta := 90^\circ</math>:</u></b></p> <p><b><u>Geometrie:</u></b></p> $d_{90} := 25 \text{ m}$ $b_{90} := 31 \text{ m}$ $h := 8.04 \text{ m} \quad - \text{ horní čelní úroveň stěny}$ <p>Referenční výška pro <math>h &lt; b</math></p> $z_e := h = 8.04 \text{ m}$

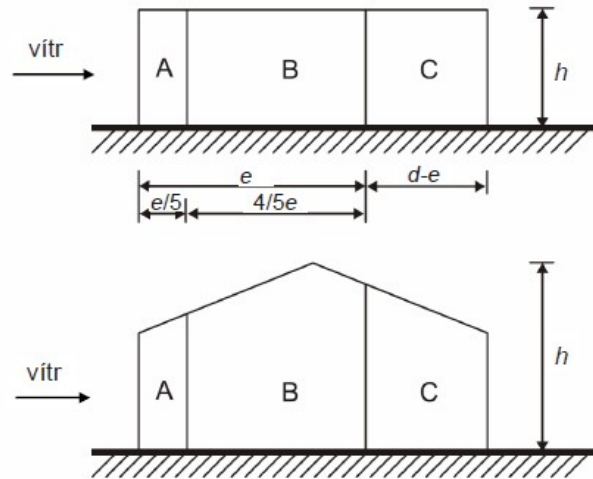
Součinitele vnějšího tlaku:

$$\frac{h}{d_{90}} = 0.322$$

$$e := \min(b_{90}, 2 \cdot h) = 16.08 \text{ m}$$

$$e < d_{90} \rightarrow 16.08 \cdot \text{m} < 25.0 \cdot \text{m}$$

Výsledek = "Pohled pro  $e < d$ "

**Pohled pro  $e < d$** 

$$e = 16.08 \text{ m}$$

$$d_{90} - e = 8.92 \text{ m}$$

$$\frac{e}{5} = 3.216 \text{ m}$$

$$\frac{4e}{5} = 12.864 \text{ m}$$

Součinitel vnějšího aerodynamického tlaku $c_{pe}$										
Oblast	A		B		C		D		E	
$H/d$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
$\leq 0.25$	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5	0.7	1.0	-0.3		
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5	0.8	1.0	-0.5		
$\geq 5$	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5	0.8	1.0	-0.7		

$$C_{peA.10.st90} := -1.2$$

$$C_{peB.10.st90} := -0.8$$

$$C_{peC.10.st90} := -0.5$$

$$C_{peD.10.st90} = [0.71]$$

$$C_{peE.10.st90} = [-0.319]$$

Součinitele vnitřního tlaku:

Bezpečnostně bude uvažována méně výhodná hodnota  $C_{pi,10} +0,2$  nebo  $-0,3$

Výsledné tlaky na stěnu pro úhel  $\theta := 90^\circ$

$$w_{kA.st90} := \min(q_{p,z1st} \cdot (C_{peA.10.st90} + 0.2), q_{p,z1st} \cdot (C_{peA.10.st90} - 0.3))$$

$$w_{kA.st90} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.581 \cdot \text{kN}}{\text{m}^2}, \frac{-0.872 \cdot \text{kN}}{\text{m}^2}\right) = -0.872 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{p,z1st} = 0.581 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{kB.st90} := \min(q_{p.z1st} \cdot (C_{peB.10.st90} + 0.2), q_{p.z1st} \cdot (C_{peB.10.st90} - 0.3))$$

$$w_{kB.st90} \xrightarrow{\text{float, 3}} \min\left(\frac{-0.349 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.639 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.639 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kC.st90} := \min(q_{p.z1st} \cdot (C_{peC.10.st90} + 0.2), q_{p.z1st} \cdot (C_{peC.10.st90} - 0.3))$$

$$w_{kC.st90} \xrightarrow{\text{float, 3}} \min\left(\frac{-0.174 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.465 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.465 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kD.st90} := \max(q_{p.z1st} \cdot (C_{peD.10.st90} + 0.2), q_{p.z1st} \cdot (C_{peD.10.st90} - 0.3))$$

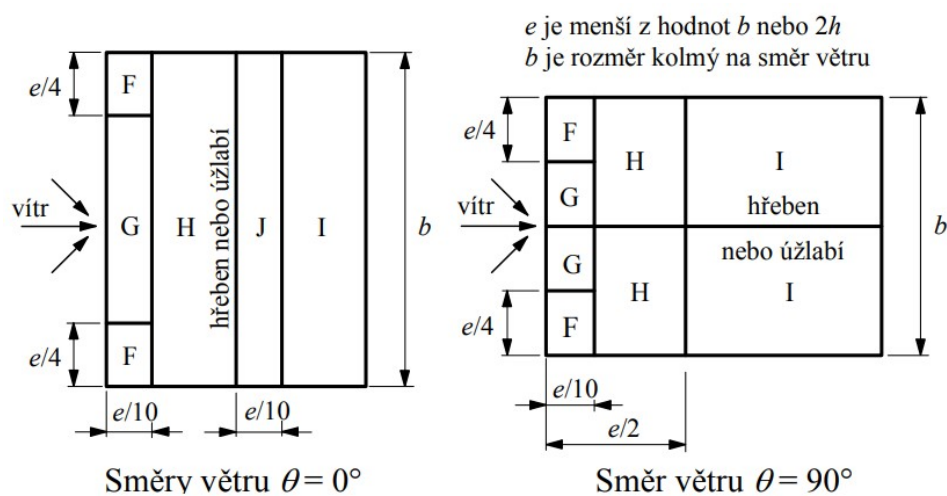
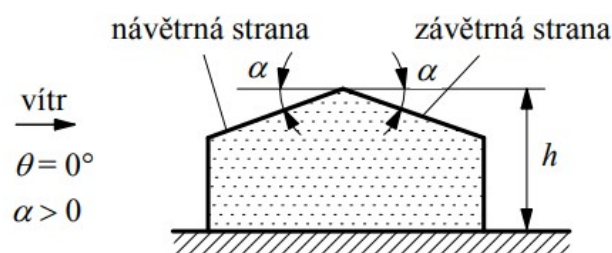
$$w_{kD.st90} \xrightarrow{\text{float, 3}} \max\left(\frac{0.529 \cdot kN}{m^2}, \frac{0.238 \cdot kN}{m^2}\right) = 0.529 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kE.st90} := \min(q_{p.z1st} \cdot (C_{peE.10.st90} + 0.2), q_{p.z1st} \cdot (C_{peE.10.st90} - 0.3))$$

$$w_{kE.st90} \xrightarrow{\text{float, 3}} \min\left(\frac{-0.0692 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.36 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.36 \frac{kN}{m^2}$$

Zatížení větrem na střechy pro směry větru  $\theta := 0^\circ$ ,  $\theta := 180^\circ$ ,  $\theta := 90^\circ$

- Zatížení větrem na sedlovou střechu  $\theta := 0^\circ$ ,  $\theta := 180^\circ$





**Geometrie:**

$$d_{sed} := 16 \text{ m}$$

$$b_{sed} := 25 \text{ m}$$

$$h_{sed} := 9.33 \text{ m}$$

$$e_{sed} := \min(b_{sed}, 2 \cdot h_{sed}) = 18.66 \text{ m}$$

$$\frac{e_{sed}}{4} = 4.665 \text{ m}$$

$$\frac{e_{sed}}{10} = 1.866 \text{ m}$$

**Součinitele vnějšího tlaku pro směry větru  $\theta := 0^\circ$  a  $\theta := 180^\circ$**

Součinitel vnějšího aerodynamického tlaku $c_{pe}$					
Oblast	F	G	H	I	J
Sklon	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$
5	-1.7	-1.2	-0.6	-0.6	0.2
	0.0	0.0	0.0		-0.6
15	-0.9	-0.8	-0.3	-0.4	-1.0
	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0

$\alpha := 9$

$$C_{peF1.10.s0} = [-1.38] \quad C_{peF2.10.s0} = [0.08]$$

$$C_{peG1.10.s0} = [-1.04] \quad C_{peG2.10.s0} = [0.08]$$

$$C_{peH1.10.s0} = [-0.48] \quad C_{peH2.10.s0} = [0.08]$$

$$C_{peI1.10.s0} = [-0.52] \quad C_{peI2.10.s0} = [-0.36]$$

$$C_{peJ1.10.s0} = [-0.28] \quad C_{peJ2.10.s0} = [-0.36]$$

**Součinitele vnitřního tlaku:**

Bezpečnostně bude uvažovaná méně výhodná hodnota  $C_{pi,10} +0,2$  nebo  $-0,3$

**Výsledné tlaky na sedlovou střechu pro úhel  $\theta := 0^\circ$  a  $\theta := 180^\circ$**

$$q_{p,z1} = 0.6 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kF1.s0} := \min(q_{p,z1} \cdot (C_{peF1.10.s0} + 0.2), q_{p,z1} \cdot (C_{peF1.10.s0} - 0.3))$$

$$w_{kF1.s0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.708 \cdot kN}{m^2}, \frac{-1.01 \cdot kN}{m^2}\right) = -1.01 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kF2.s0} := \max(q_{p,z1} \cdot (C_{peF2.10.s0} + 0.2), q_{p,z2} \cdot (C_{peF2.10.s0} - 0.3))$$

$$w_{kF2.s0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \max\left(\frac{0.168 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.12 \cdot kN}{m^2}\right) = 0.168 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kG1.s0} := \min(q_{p,z1} \cdot (C_{peG1.10.s0} + 0.2), q_{p,z1} \cdot (C_{peG1.10.s0} - 0.3))$$

$$w_{kG1.s0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.504 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.804 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.804 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kG2.s0} := \max(q_{p.z1} \cdot (C_{peG2.10.s0} + 0.2), q_{p.z1} \cdot (C_{peG2.10.s0} - 0.3))$$

$$w_{kG2.s0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \max\left(\frac{0.168 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.132 \cdot kN}{m^2}\right) = 0.168 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kH1.s0} := \min(q_{p.z1} \cdot (C_{peH1.10.s0} + 0.2), q_{p.z1} \cdot (C_{peH1.10.s0} - 0.3))$$

$$w_{kH1.s0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.168 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.468 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.468 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kH2.s0} := \max(q_{p.z1} \cdot (C_{peH2.10.s0} + 0.2), q_{p.z1} \cdot (C_{peH2.10.s0} - 0.3))$$

$$w_{kH2.s0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \max\left(\frac{0.168 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.132 \cdot kN}{m^2}\right) = 0.168 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kI1.s0} := \min(q_{p.z1} \cdot (C_{peI1.10.s0} + 0.2), q_{p.z1} \cdot (C_{peI1.10.s0} - 0.3))$$

$$w_{kI1.s0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.192 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.492 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.492 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kI2.s0} := \min(q_{p.z1} \cdot (C_{peI2.10.s0} + 0.2), q_{p.z1} \cdot (C_{peI2.10.s0} - 0.3))$$

$$w_{kI2.s0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.096 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.396 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.396 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kJ1.s0} := \min(q_{p.z1} \cdot (C_{peJ1.10.s0} + 0.2), q_{p.z1} \cdot (C_{peJ1.10.s0} - 0.3))$$

$$w_{kJ1.s0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.048 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.348 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.348 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kJ2.s0} := \min(q_{p.z1} \cdot (C_{peJ2.10.s0} + 0.2), q_{p.z1} \cdot (C_{peJ2.10.s0} - 0.3))$$

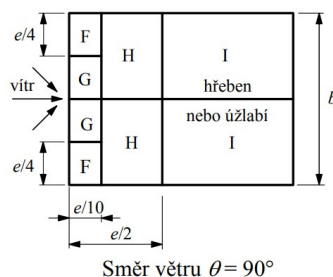
$$w_{kJ2.s0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.096 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.396 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.396 \frac{kN}{m^2}$$

Souhrnná tabulka tlaků na sedlovou střechu pro úhel  $\theta := 0^\circ$   $\angle \theta := 180^\circ$

Oblast	F		G		H		I	J		
Cpe	-1.38	0.08	-1.04	0.08	-0.48	0.08	-0.52	-0.36	-0.28	-0.36
We	-1.01	0.168	-0.8	0.168	-0.47	0.168	-0.49	-0.4	-0.35	-0.4
Cpi	méně výhodná hodnota +0,2 nebo -0,3									

• Zatížení větrem na sedlovou střechu  $\theta := 90^\circ$

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



**Geometrie:**

$$d_{sed90} := 25 \text{ m}$$

$$b_{sed90} := 16 \text{ m}$$

$$h_{sed90} := 9.33 \text{ m}$$

$$e_{sed90} := \min(b_{sed90}, 2 \cdot h_{sed90}) = 16 \text{ m}$$

$$\frac{e_{sed90}}{4} = 4 \text{ m}$$

$$\frac{e_{sed90}}{10} = 1.6 \text{ m}$$

Součinitele vnějšího tlaku pro směry větru  $\theta := 90^\circ$

Součinitel vnějšího aerodynamického tlaku $c_{pe}$				
Oblast	F	G	H	I
<i>Sklon</i>	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$
5	-1.6	-1.3	-0.7	-0.6
15	-1.3	-1.3	-0.6	-0.5

$$C_{peF.10.s90} = [-1.48]$$

$$C_{peG.10.s90} = [-1.3]$$

$$C_{peH.10.s90} = [-0.66]$$

$$C_{peI.10.s90} = [-0.56]$$

**Součinitele vnitřního tlaku:**

Bezpečnostně bude uvažována méně výhodná hodnota  $C_{pi.10} +0,2$  nebo  $-0,3$

Výsledné tlaky na sedlovou střechu pro úhel  $\theta := 90^\circ$

$$q_{p.z1} = 0.6 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kF.s90} := \min(q_{p.z1} \cdot (C_{peF.10.s90} + 0.2), q_{p.z1} \cdot (C_{peF.10.s90} - 0.3))$$

$$w_{kF.s90} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.768 \cdot kN}{m^2}, \frac{-1.07 \cdot kN}{m^2}\right) = -1.07 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kG.s90} := \min(q_{p.z1} \cdot (C_{peG.10.s90} + 0.2), q_{p.z1} \cdot (C_{peG.10.s90} - 0.3))$$

$$w_{kG.s90} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.66 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.96 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.96 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kH.s90} := \min(q_{p.z1} \cdot (C_{peH.10.s90} + 0.2), q_{p.z1} \cdot (C_{peH.10.s90} - 0.3))$$

$$w_{kH.s90} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.276 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.576 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.576 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kI.s90} := \min(q_{p.z1} \cdot (C_{peI.10.s90} + 0.2), q_{p.z1} \cdot (C_{peI.10.s90} - 0.3))$$

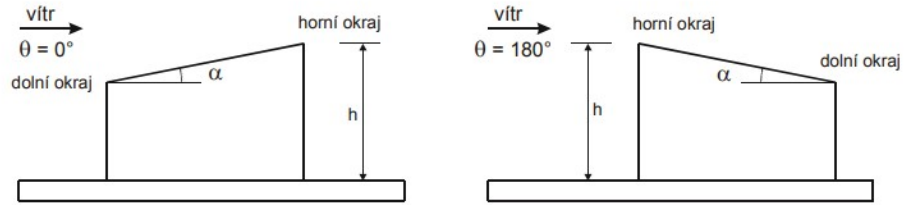
$$w_{kI.s90} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.216 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.516 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.516 \frac{kN}{m^2}$$

**Souhrnná tabulka tlaků na sedlovou střechu pro úhel  $\theta := 90^\circ$**

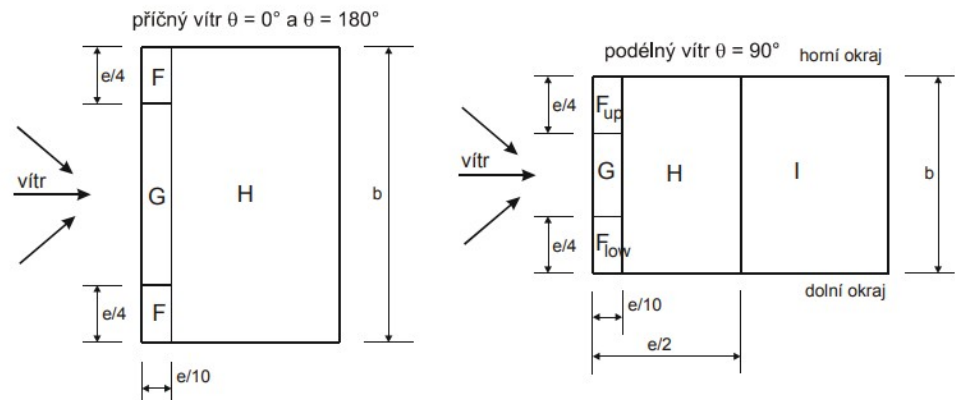
Oblast	F	G	H	I
C <sub>pe</sub>	-1.48	-1.3	-0.66	-0.56
We	-1.068	-0.96	-0.576	-0.516

C<sub>pi</sub> = méně výhodná hodnota +0,2 nebo -0,3

- **Zatížení větrem na nižší pultovou střechu  $\theta := 0^\circ, \theta := 180^\circ$**



$e = \min(b; 2h)$   
b... rozměr kolmo na směr větru



**Geometrie:**

$d_{pult} := 5 \text{ m}$   
 $b_{pult} := 25 \text{ m}$   
 $h_{pult} := 7.4 \text{ m}$   
 $e_{pult} := \min(b_{pult}, 2 \cdot h_{pult}) = 14.8 \text{ m}$

$\frac{e_{pult}}{4} = 3.7 \text{ m}$

$\frac{e_{pult}}{10} = 1.48 \text{ m}$

**Součinitele vnějšího tlaku pro směry větru  $\theta := 0^\circ$  a  $\theta := 180^\circ$**

Součinitel vnějšího aerodynamického tlaku $c_{pe}$			
Oblast	F	G	H
Sklon	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$
5	-1.7	-1.2	-0.6
	0.0	0.0	0.0
15	-0.9	-0.8	-0.3
	0.2	0.2	0.2

$C_{peF1.10.p0} = [-1.38] \quad C_{peF2.10.p0} = [0.08]$

$$q_{p.z2} = 0.544 \frac{kN}{m^2}$$

$$C_{peG1.10.p0} = [-1.04] \quad C_{peG2.10.p0} = [0.08]$$

$$C_{peH1.10.p0} = [-0.48] \quad C_{peH2.10.p0} = [0.08]$$

### Součinitele vnitřního tlaku:

Bezpečnostně bude uvažována méně výhodná hodnota  $C_{pi.10} +0,2$  nebo  $-0,3$

Výsledné tlaky na nižší pultovou střechu pro úhel  $\theta := 0^\circ$  a  $\theta := 180^\circ$

$$w_{kF1.p0} := \min(q_{p.z2} \cdot (C_{peF1.10.p0} + 0.2), q_{p.z2} \cdot (C_{peF1.10.p0} - 0.3))$$

$$w_{kF1.p0} \xrightarrow{\text{float, 3}} \min\left(\frac{-0.642 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.914 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.914 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kF2.p0} := \max(q_{p.z2} \cdot (C_{peF2.10.p0} + 0.2), q_{p.z2} \cdot (C_{peF2.10.p0} - 0.3))$$

$$w_{kF2.p0} \xrightarrow{\text{float, 3}} \max\left(\frac{0.152 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.12 \cdot kN}{m^2}\right) = 0.152 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kG1.p0} := \min(q_{p.z2} \cdot (C_{peG1.10.p0} + 0.2), q_{p.z2} \cdot (C_{peG1.10.p0} - 0.3))$$

$$w_{kG1.p0} \xrightarrow{\text{float, 3}} \min\left(\frac{-0.457 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.729 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.729 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kG2.p0} := \max(q_{p.z2} \cdot (C_{peG2.10.p0} + 0.2), q_{p.z2} \cdot (C_{peG2.10.p0} - 0.3))$$

$$w_{kG2.p0} \xrightarrow{\text{float, 3}} \max\left(\frac{0.152 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.12 \cdot kN}{m^2}\right) = 0.152 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kH1.p0} := \min(q_{p.z2} \cdot (C_{peH1.10.p0} + 0.2), q_{p.z2} \cdot (C_{peH1.10.p0} - 0.3))$$

$$w_{kH1.p0} \xrightarrow{\text{float, 3}} \min\left(\frac{-0.152 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.424 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.424 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kH2.p0} := \max(q_{p.z2} \cdot (C_{peH2.10.p0} + 0.2), q_{p.z2} \cdot (C_{peH2.10.p0} - 0.3))$$

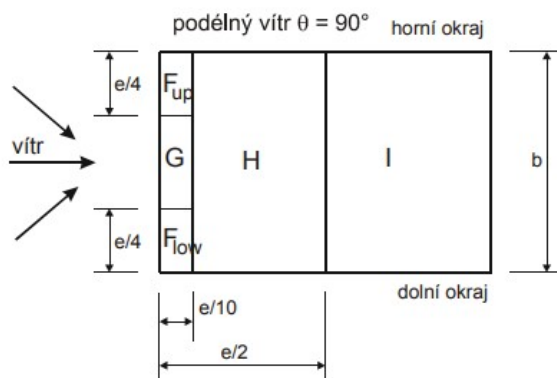
$$w_{kH2.p0} \xrightarrow{\text{float, 3}} \max\left(\frac{0.152 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.12 \cdot kN}{m^2}\right) = 0.152 \frac{kN}{m^2}$$

\*7.2.7 norma str. 42  
vicelodni strechy.  
Navetrna strana/nenavetrna

Souhrnná tabulka tlaků nižší pultovou střechou pro úhel  $\theta := 0^\circ$  a  $\theta := 180^\circ$

Oblast	F		G		H	
Cpe	-1.38	0.08	-1.04	0.08	-0.48	0.08
We	-0.914	0.152	-0.729	0.152	-0.424	0.152
Cpi = méně výhodná hodnota +0,2 nebo -0,3						

- Zatížení větrem na nižší pultovou střechu  $\theta := 90^\circ$

**Geometrie:**

$$d_{pult90} := 25 \text{ m}$$

$$b_{pult90} := 5 \text{ m}$$

$$h_{pult90} := 7.4 \text{ m}$$

$$e_{pult90} := \min(b_{pult90}, 2 \cdot h_{pult90}) = 5 \text{ m}$$

$$\frac{e_{pult90}}{4} = 1.25 \text{ m}$$

$$\frac{e_{pult90}}{10} = 0.5 \text{ m}$$

**Součinitele vnějšího tlaku pro směry větru  $\theta := 90^\circ$** 

Součinitel vnějšího aerodynamického tlaku $c_{pe}$					
Oblast	Fup	Flow	G	H	I
Sklon	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$
5	-2.1	-2.1	-1.8	-0.6	-0.5
15	-2.4	-1.6	-1.9	-0.8	-0.7

$$C_{peFup.10.p90} = [-2.22]$$

$$C_{peFlow.10.p90} = [-1.9]$$

$$C_{peG.10.p90} = [-1.84]$$

$$C_{peH.10.p90} = [-0.68]$$

$$C_{peI.10.p90} = [-0.58]$$

**Součinitele vnitřního tlaku:**

Bezpečnostně bude uvažována méně výhodná hodnota  $C_{pi.10} +0,2$  nebo  $-0,3$

**Výsledné tlaky na střechnu pro úhel  $\theta := 90^\circ$** 

$$q_{p.z2} = 0.544 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kFup.p90} := \min(q_{p.z2} \cdot (C_{peFup.10.p90} + 0.2), q_{p.z2} \cdot (C_{peFup.10.p90} - 0.3))$$

$$w_{kFup.p90} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-1.1 \cdot kN}{m^2}, \frac{-1.37 \cdot kN}{m^2}\right) = -1.37 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kFlow.p90} := \min(q_{p.z2} \cdot (C_{peFlow.10.p90} + 0.2), q_{p.z2} \cdot (C_{peFlow.10.p90} - 0.3))$$

$$w_{kFlow.p90} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.924 \cdot kN}{m^2}, \frac{-1.2 \cdot kN}{m^2}\right) = -1.2 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kG.p90} := \min(q_{p.z2} \cdot (C_{peG.10.p90} + 0.2), q_{p.z2} \cdot (C_{peG.10.p90} - 0.3))$$

$$w_{kG.p90} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.892 \cdot kN}{m^2}, \frac{-1.16 \cdot kN}{m^2}\right) = -1.16 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kH.p90} := \min(q_{p.z2} \cdot (C_{peH.10.p90} + 0.2), q_{p.z2} \cdot (C_{peH.10.p90} - 0.3))$$

$$w_{kH.p90} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.261 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.533 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.533 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kI.p90} := \min(q_{p.z2} \cdot (C_{peI.10.p90} + 0.2), q_{p.z2} \cdot (C_{peI.10.p90} - 0.3))$$

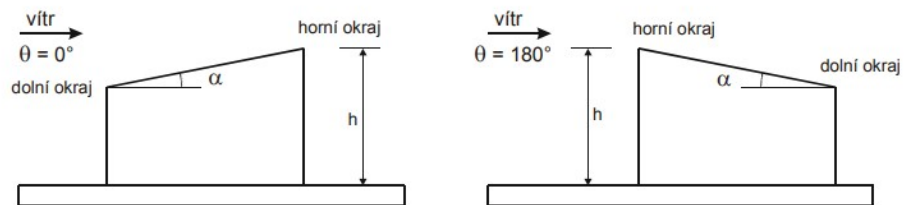
$$w_{kI.p90} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.207 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.479 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.479 \frac{kN}{m^2}$$

Souhrnná tabulka tlaků pro nižší pultovou střechu pro úhel  $\theta := 90^\circ$

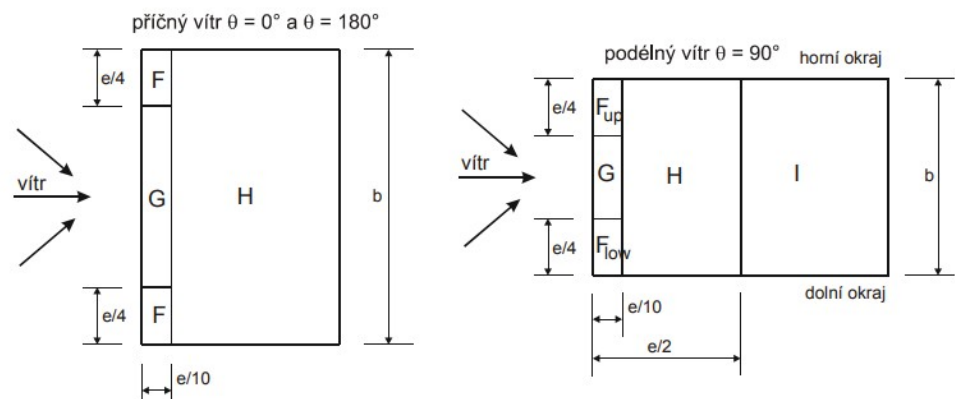
Oblast	Fup	Flow	G	H	I
Cpe	-2.22	-1.9	-1.84	-0.68	-0.58
We	-1.37	-1.20	-1.16	-0.53	-0.48

Cpi = méně výhodná hodnota +0,2 nebo -0,3

- Zatížení větrem na nejnižší pultovou střechu  $\theta := 0^\circ$



$e = \min(b; 2h)$   
b... rozměr kolmo na směr větru



**Geometrie:**

$$d_{pult} := 5 \text{ m}$$

$$b_{pult} := 25 \text{ m}$$

$$h_{pult} := 6 \text{ m}$$

$$e_{pult} := \min(b_{pult}, 2 \cdot h_{pult}) = 12 \text{ m}$$

$$\frac{e_{pult}}{4} = 3 \text{ m}$$

$$\frac{e_{pult}}{10} = 1.2 \text{ m}$$

Součinitele vnějšího tlaku pro směry větru  $\theta := 0^\circ$

**Součinitel vnějšího aerodynamického tlaku  $c_{pe}$** 

Oblast	F	G	H
Sklon	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$
5	-1.7	-1.2	-0.6
	0.0	0.0	0.0
15	-0.9	-0.8	-0.3
	0.2	0.2	0.2

$$C_{peF1.10.np0} = [-1.38] \quad C_{peF2.10.np0} = [0.08]$$

$$C_{peG1.10.np0} = [-1.04] \quad C_{peG2.10.np0} = [0.08]$$

$$C_{peH1.10.np0} = [-0.48] \quad C_{peH2.10.np0} = [0.08]$$

**Součinitele vnitřního tlaku:**

Bezpečnostně bude uvažována méně výhodná hodnota  $C_{pi,10} +0,2$  nebo  $-0,3$

Výsledné tlaky na nejnižší pultovou střechu pro úhel  $\theta := 0^\circ$  a  $\theta := 180^\circ$

$$q_{p,z3} = 0.518 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kF1.np0} := \min(q_{p,z3} \cdot (C_{peF1.10.np0} + 0.2), q_{p,z3} \cdot (C_{peF1.10.np0} - 0.3))$$

$$w_{kF1.np0} \xrightarrow{\text{float, 3}} \min\left(\frac{-0.611 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.869 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.869 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kF2.np0} := \max(q_{p,z3} \cdot (C_{peF2.10.np0} + 0.2), q_{p,z3} \cdot (C_{peF2.10.np0} - 0.3))$$

$$w_{kF2.np0} \xrightarrow{\text{float, 3}} \max\left(\frac{0.145 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.114 \cdot kN}{m^2}\right) = 0.145 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kG1.np0} := \min(q_{p,z3} \cdot (C_{peG1.10.np0} + 0.2), q_{p,z3} \cdot (C_{peG1.10.np0} - 0.3))$$

$$w_{kG1.np0} \xrightarrow{\text{float, 3}} \min\left(\frac{-0.435 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.693 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.693 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kG2.np0} := \max(q_{p,z3} \cdot (C_{peG2.10.np0} + 0.2), q_{p,z3} \cdot (C_{peG2.10.np0} - 0.3))$$

$$w_{kG2.np0} \xrightarrow{\text{float, 3}} \max\left(\frac{0.145 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.114 \cdot kN}{m^2}\right) = 0.145 \frac{kN}{m^2}$$



$$w_{kH1.np0} := \min(q_{p.z3} \cdot (C_{peH1.10.np0} + 0.2), q_{p.z3} \cdot (C_{peH1.10.np0} - 0.3))$$

$$w_{kH1.np0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \min\left(\frac{-0.145 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.404 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.404 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kH2.np0} := \max(q_{p.z3} \cdot (C_{peH2.10.np0} + 0.2), q_{p.z3} \cdot (C_{peH2.10.np0} - 0.3))$$

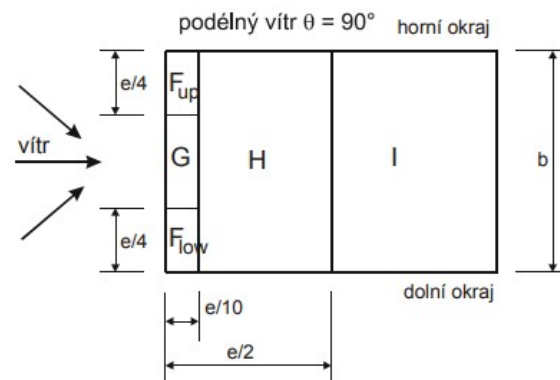
$$w_{kH2.np0} \xrightarrow{\text{float}, 3} \max\left(\frac{0.145 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.114 \cdot kN}{m^2}\right) = 0.145 \frac{kN}{m^2}$$

Souhrnná tabulka tlaků nejnižší pultovou střechu pro úhel  $\theta := 0^\circ$

Oblast	F		G		H	
Cpe	-1.38	0.08	-1.04	0.08	-0.48	0.08
We	-0.8694	0.1449	-0.6935	0.1449	-0.4037	0.1449

Cpi = méně výhodná hodnota +0,2 nebo -0,3

- Zatížení větrem na nejnižší pultovou střechu  $\theta := 90^\circ$



#### Geometrie:

$$d_{pult90} := 25 \text{ m}$$

$$b_{pult90} := 5 \text{ m}$$

$$h_{pult90} := 6 \text{ m}$$

$$e_{pult90} := \min(b_{pult90}, 2 \cdot h_{pult90}) = 5 \text{ m}$$

$$\frac{e_{pult90}}{4} = 1.25 \text{ m}$$

$$\frac{e_{pult90}}{10} = 0.5 \text{ m}$$

Součinitele vnějšího tlaku pro směry větru  $\theta := 90^\circ$

Součinitel vnějšího aerodynamického tlaku $c_{pe}$					
Oblast	Fup	Flow	G	H	I
Sklon	cpe,10	cpe,10	cpe,10	cpe,10	cpe,10
5	-2.1	-2.1	-1.8	-0.6	-0.5
15	-2.4	-1.6	-1.9	-0.8	-0.7

$$C_{peFup.10.np90} = [-2.22]$$

$$C_{peFlow.10.np90} = [-1.9]$$

$$q_{p.z3} = 0.518 \frac{kN}{m^2}$$

$$C_{peG.10.np90} = [-1.84]$$

$$C_{peH.10.np90} = [-0.68]$$

$$C_{peI.10.np90} = [-0.58]$$

#### Součinitele vnitřního tlaku:

Bezpečnostně bude uvažována méně výhodná hodnota  $C_{pi.10} +0,2$  nebo  $-0,3$

#### Výsledné tlaky na nejnižší pultovou střechu pro úhel $\theta := 90^\circ$

$$w_{kFup.np90} := \min(q_{p.z3} \cdot (C_{peFup.10.np90} + 0.2), q_{p.z3} \cdot (C_{peFup.10.np90} - 0.3))$$

$$w_{kFup.np90} \xrightarrow{\text{float, 3}} \min\left(\frac{-1.05 \cdot kN}{m^2}, \frac{-1.3 \cdot kN}{m^2}\right) = -1.3 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kFlow.np90} := \min(q_{p.z3} \cdot (C_{peFlow.10.np90} + 0.2), q_{p.z3} \cdot (C_{peFlow.10.np90} - 0.3))$$

$$w_{kFlow.np90} \xrightarrow{\text{float, 3}} \min\left(\frac{-0.88 \cdot kN}{m^2}, \frac{-1.14 \cdot kN}{m^2}\right) = -1.14 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kG.np90} := \min(q_{p.z3} \cdot (C_{peG.10.np90} + 0.2), q_{p.z3} \cdot (C_{peG.10.np90} - 0.3))$$

$$w_{kG.np90} \xrightarrow{\text{float, 3}} \min\left(\frac{-0.849 \cdot kN}{m^2}, \frac{-1.11 \cdot kN}{m^2}\right) = -1.11 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kH.np90} := \min(q_{p.z3} \cdot (C_{peH.10.np90} + 0.2), q_{p.z3} \cdot (C_{peH.10.np90} - 0.3))$$

$$w_{kH.np90} \xrightarrow{\text{float, 3}} \min\left(\frac{-0.248 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.507 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.507 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kI.np90} := \min(q_{p.z3} \cdot (C_{peI.10.np90} + 0.2), q_{p.z3} \cdot (C_{peI.10.np90} - 0.3))$$

$$w_{kI.np90} \xrightarrow{\text{float, 3}} \min\left(\frac{-0.197 \cdot kN}{m^2}, \frac{-0.455 \cdot kN}{m^2}\right) = -0.455 \frac{kN}{m^2}$$

#### Souhrnná tabulka tlaků nižší pultovou střechu pro úhel $\theta := 90^\circ$

Oblast	Fup	Flow	G	H	I
C <sub>pe</sub>	-2.22	-1.9	-1.84	-0.68	-0.58
We	-1.304	-1.139	-1.107	-0.507	-0.455

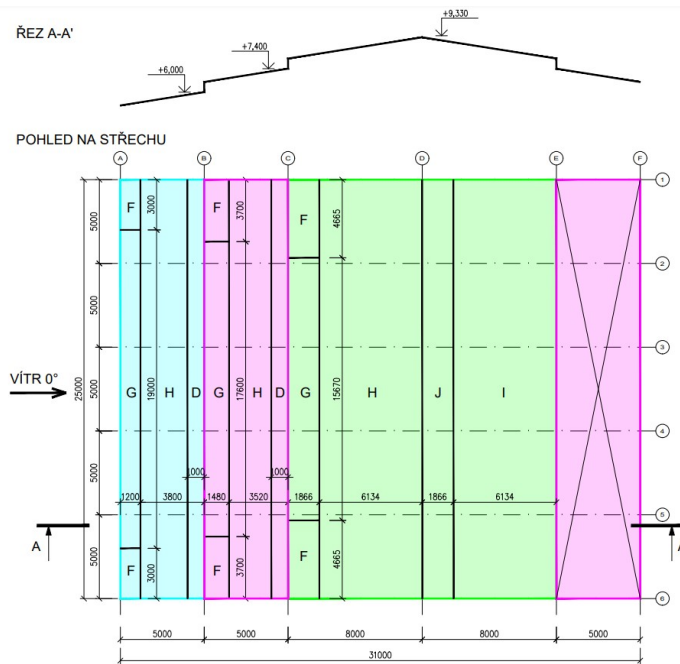
C<sub>pi</sub> = méně výhodná hodnota +0,2 nebo -0,3

Nižší pultová střecha zprava ve směru působení větru 0° stejně jak i pultové střechy ve směru 180° zleva jsou v zákrytu - u nich, dle normy, budu uvažovat 0.6 C<sub>pe</sub> pro sedlovou střechu pro oblasti J a I.

V místě stěn mezi střechami bylo rozhodnuto o zvětšení oblasti D ze stěn na oblast H s 0.6 C<sub>pe</sub> u střech z důvodu pravděpodobného vzniku turbulence.

Výsledné větrné oblasti střech budou vypadat takto:

## Směr větru 0° - působí v rovině hlavního rámu



obr. 3: schéma větrových oblastí na střeše pro směr 0°

$$w_{kD.st0} = 0.524 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kD.0} := w_{kD.st0} \cdot 0.6 = 0.314 \frac{kN}{m^2}$$

- Nižší pultová střecha v zakrytu (vpravo), směr větru 0° a 180°,  $C_{pe} \cdot 0.6$

Geometrie:

$$d_{pult} := 5 \text{ m}$$

$$b_{pult} := 25 \text{ m}$$

$$h_{pult} := 7.4 \text{ m}$$

$$e_{pult} := \min(b_{pult}, 2 \cdot h_{pult}) = 14.8 \text{ m}$$

$$\frac{e_{pult}}{10} = 1.48 \text{ m} \quad - \text{ oblast J}$$

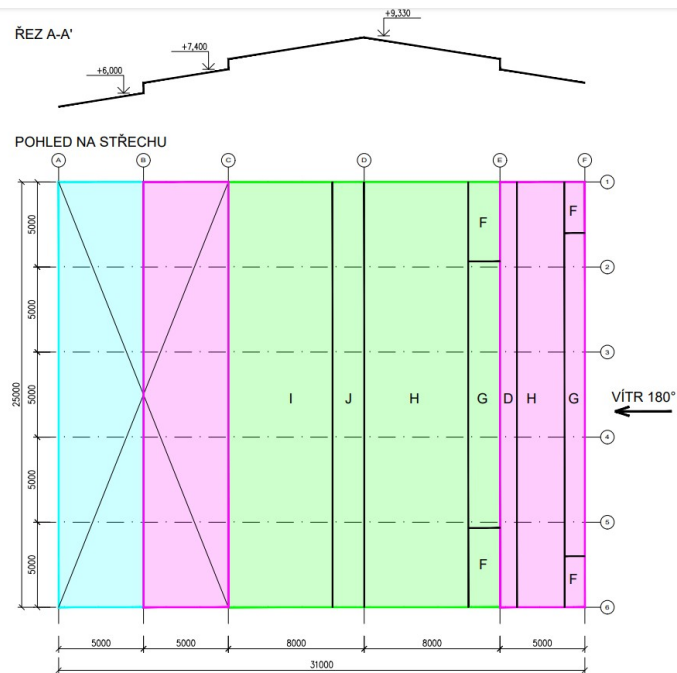
$$d_{pult} - \frac{e_{pult}}{10} = 3.52 \text{ m} \quad - \text{ oblast I}$$

Výsledné tlaky na pultovou střechu v zakrytu pro úhel  $\theta := 0^\circ$  a  $\theta := 180^\circ$

$$w_{kJ1.p0} := \min(w_{kJ1.s0}, w_{kJ2.s0}) \cdot 0.6 = -0.238 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kI1.p0} := \min(w_{kI1.s0}, w_{kI2.s0}) \cdot 0.6 = -0.295 \frac{kN}{m^2}$$

## Směr větru 180° - působí v rovině hlavního rámu



obr. 4: schéma větrových oblastí na střeše pro směr 180°

$$w_{kD.0} = 0.314 \frac{kN}{m^2}$$

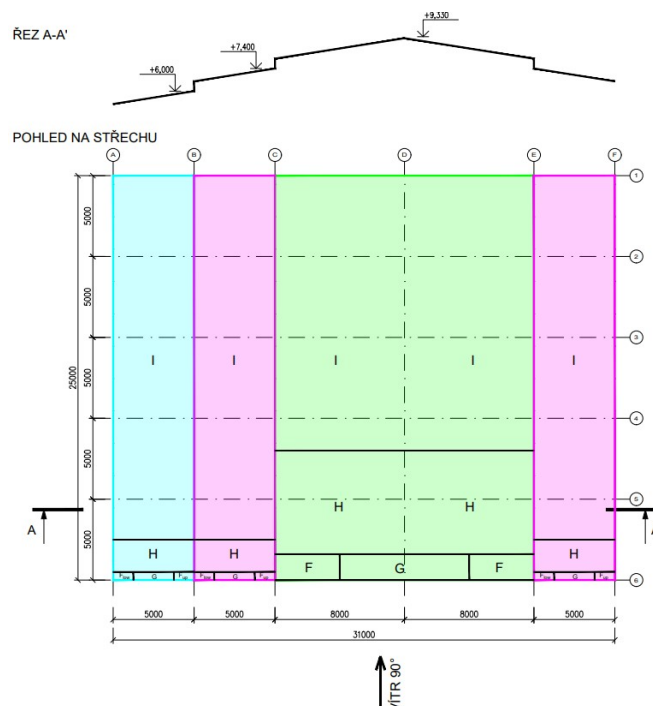
- nejnižší pultová střecha v zakrytu (vlevo), směr větru 180°,  $C_{pe} \cdot 0.6$

Uvažuji pouze oblast I pro celou střechu.

Výsledný tlak na nejnižší pultovou střechu v zakrytu pro úhel  $\theta := 180^\circ$

$$w_{kI1.np0} := \min(w_{kI1.s0}, w_{kI2.s0}) \cdot 0.6 = -0.295 \frac{kN}{m^2}$$

## Směr větru 90° - působí kolmo k rovině hlavního rámu



obr. 5: schéma větrových oblastí na střeše pro směr 90°

$$s_1 = 0.64 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kF2} := 0.168 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kF1} := 1.068 \frac{kN}{m^2}$$

#### 4. Střešní plášť.

Střešní plášť bude navržen pro 2 rozpětí (sedlová střecha a nižší pultová):  
Sendvičové panely

- Sedlová střecha  
rozpětí pole  $r := 8 \text{ m}$

$$\text{rozpětí mezi vaznicemi } r_1 := \frac{r}{3} = 2.67 \text{ m}$$

Spojité nosník o 3 polích

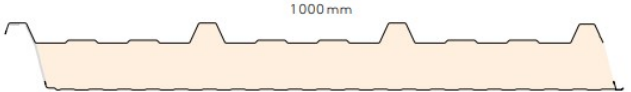
Maximální tlak sních + tlak vítr:

$$q_{ek} := s_1 + w_{kF2} = 0.808 \frac{kN}{m^2}$$

Maximální sání vítr:

$$w_{kF1} = 1.068 \frac{kN}{m^2}$$

#### Návrh Střešní panel KS1000 RW 60



systém	barevná skupina	charakteristické								
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25
prostý nosník ▲	I., II., III.	40	40	40	40	40	40	40	40	40
spojitý nosník o 2 polích ▲ ▲	I., II., III.	5,81	4,13	3,30	2,80	2,46	2,22	2,03	1,83	1,67
spojitý nosník o 3 polích ▲ ▲ ▲	I., II., III.	6,58	4,68	3,72	3,15	2,68	2,32	2,04	1,83	1,67

obr. 6: tabulka únosnosti panelu KS1000 RW 60. Příloha 4.7

$$q_{ed} := 1 \frac{kN}{m^2} \quad \text{-Maximální dovolené zatížení sněhem}$$

$$r_2 := 3.15 \text{ m} \quad \text{-Maximální dovolené rozpětí mezi vaznicemi}$$

$$q_{ek} < q_{ed} \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.808 \cdot kN}{m^2} < 1 \frac{kN}{m^2}$$

Výsledek<sub>1</sub> = "Vyhovuje"

$$r_1 < r_2 \xrightarrow{\text{float, 3}} 2.67 \cdot m < 3.15 \cdot m$$

Výsledek<sub>2</sub> = "Vyhovuje"

systém	barevná skupina	charakteristické p								
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25
prostý nosník ▲	I.	4,86	4,86	4,29	3,78	3,39	3,09	2,86	2,66	2,50
	II.	4,86	4,71	4,06	3,62	3,30	3,05	2,85	2,66	2,50
	III.	4,40	3,86	3,53	3,28	3,09	2,88	2,70	2,56	2,43
spojitý nosník o 2 polích ▲ ▲	I.	8,54	6,02	4,46	3,58	3,04	2,67	2,39	2,18	2,02
	II.	8,54	5,90	4,26	3,42	2,91	2,56	2,30	2,10	1,94
	III.	8,54	5,48	3,95	3,18	2,71	2,39	2,16	1,98	1,84
spojitý nosník o 3 polích ▲ ▲ ▲	I.	7,94	6,02	4,81	4,10	3,46	3,02	2,69	2,44	2,25
	II.	7,94	6,02	4,81	3,98	3,36	2,93	2,62	2,38	2,19
	III.	7,94	6,02	4,78	3,80	3,20	2,80	2,50	2,28	2,10

obr. 7: tabulka únosnosti panelu KS1000 RW 60. Příloha 4.7

$$r_3 := 3.46 \text{ m} \quad \text{-Maximální dovolené rozpětí}$$

$$q_{ed} := 1.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{-Maximální dovolené zatížení}$$

$$r_1 < r_3 \xrightarrow{\text{float, 3}} 2.67 \cdot \text{m} < 3.46 \cdot \text{m}$$

Výsledek<sub>1</sub> = "Vyhovuje"

$$w_{kF1} < q_{ed} \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} 1.068 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} < 1.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Výsledek<sub>2</sub> = "Vyhovuje"

$$s_2 = 0.973 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{kF2} := 0.152 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{kF1} := -1.37 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- Pultová střecha  
rozpětí mezi vaznicemi  $r_4 := 2.5 \text{ m}$

Spojitý nosník o 2polích

Maximální tlak sněh s návějem + tlak větr:

$$q_{ek2} := s_2 + w_{kF2} = 1.125 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Maximální sání větr: } w_{kFup} := 1.37 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

### Návrh Střešní panel KS1000 RW 60

		TLAK								
systém	barevná skupina	charakteristické p								
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25
prostý nosník ▲▲	I., II., III.	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		4,86	4,16	3,70	3,17	2,68	2,32	2,04	1,83	1,67
spojitý nosník o 2 polích ▲▲▲	I., II., III.	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		5,81	4,13	3,30	2,80	2,46	2,22	2,03	1,83	1,67
		60	60	60	60	60	60	60	60	60

obr. 8: tabulka únosnosti panelu KS1000 RW 60. Příloha 4.7

### Maximální dovolené rozpětí mezi vaznicemi

$$r_5 := 2.8 \text{ m} + \left( q_{ek2} - 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \cdot \frac{2.46 \text{ m} - 2.8 \text{ m}}{1.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} - 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}} = 2.63 \text{ m}$$

$$r_4 < r_5 \xrightarrow{\text{float, 3}} 2.5 \cdot \text{m} < 2.63 \cdot \text{m} \quad \text{Výsledek}_1 = \text{"Vyhovuje"}$$

		SÁNÍ								
systém	barevná skupina	charakteristické p								
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25
prostý nosník ▲▲	I.	4,86	4,86	4,29	3,78	3,39	3,09	2,86	2,66	2,50
	II.	4,86	4,71	4,06	3,62	3,30	3,05	2,85	2,66	2,50
	III.	4,40	3,86	3,53	3,28	3,09	2,88	2,70	2,56	2,43
spojitý nosník o 2 polích ▲▲▲	I.	8,54	6,02	4,46	3,58	3,04	2,67	2,39	2,18	2,02
	II.	8,54	5,90	4,26	3,42	2,91	2,56	2,30	2,10	1,94
	III.	8,54	5,48	3,95	3,18	2,71	2,39	2,16	1,98	1,84

obr. 9: tabulka únosnosti panelu KS1000 RW 60. Příloha 4.7

$$r_6 := 2.67 \text{ m} \quad \text{-Maximální dovolené rozpětí}$$

$$q_{ed3} := 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{-Maximální dovolené zatížení}$$

$$r_4 < r_6 \xrightarrow{\text{float, 3}} 2.5 \cdot m < 2.67 \cdot m$$

Výsledek<sub>1</sub> = "Vyhovuje"

$$w_{kFup} < q_{ed3} \xrightarrow{\text{float, 3}} \frac{1.37 \cdot kN}{m^2} < \frac{1.5 \cdot kN}{m^2}$$

Výsledek<sub>2</sub> = "Vyhovuje"

#### 4.1 Vaznice

Vaznice budou navrženy pro 2 rozpětí (sedlová střecha a nižší pultová):

- **Sedlová střecha** - kategorie H - bez uvažování současného působení užitečného zatížení a zatížení sněhem nebo větrem

#### Vítr ve směru 0°

rozpětí mezi ramy

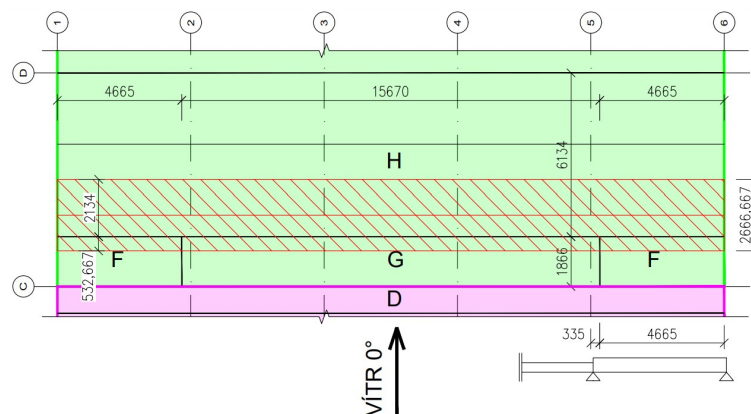
$$L := 5 \text{ m}$$

$$r_1 = 2.667 \text{ m}$$

$$w_{kF1.s0} = -1.008 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kG1.s0} = -0.804 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kH1.s0} = -0.468 \frac{kN}{m^2}$$



obr. 10: zatěžovací plocha vaznice pro směr větru 0°

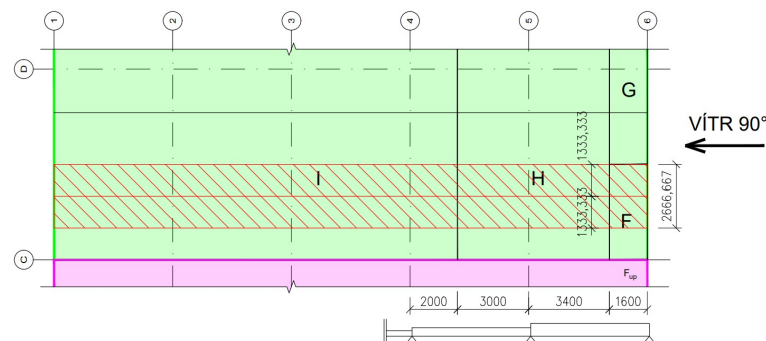
#### Krajní pole:

$$w_{e.ks0.kp} := \frac{1}{L} \cdot \left( w_{kF1.s0} \cdot 4.665 \text{ m} \cdot 0.532 \text{ m} + w_{kG1.s0} \cdot 0.335 \text{ m} \downarrow \right) = -1.528 \frac{kN}{m}$$

#### Vnitřní pole:

$$w_{e.ks0.vp} := \left( w_{kG1.s0} \cdot 0.532 \text{ m} + w_{kH1.s0} \cdot 2.134 \text{ m} \right) = -1.426 \frac{kN}{m}$$

#### Vítr ve směru 90°



obr. 11: zatěžovací plocha vaznice pro směr větru 90°

#### 1.pole:

$$w_{e.ks90.1p} := \frac{r_1}{L} \cdot \left( w_{kF.s90} \cdot 1.6 \text{ m} + w_{kH.s90} \cdot 3.4 \text{ m} \right) = -1.956 \frac{kN}{m}$$

#### 2.pole:

$$w_{kF.s90} = -1.068 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kH.s90} = -0.576 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kI.s90} = -0.516 \frac{kN}{m^2}$$

$$g = 9.807 \frac{m}{s^2}$$

$$m_p := 10.74 \frac{kg}{m^2} \cdot g = 0.105 \frac{kN}{m^2}$$

tíha panelu

$$w_{e.ks90.2p} := \frac{r_1}{L} \cdot (w_{kH.s90} \cdot 3 \text{ m} + w_{kL.s90} \cdot 2 \text{ m}) = -1.472 \frac{kN}{m}$$

3. a další pole:

$$w_{e.ks90.3p} := r_1 \cdot w_{kL.s90} = -1.376 \frac{kN}{m}$$

Kombinace zatížení 1. stálé + sníh:

Stálé zatížení	$g_k$ [kN/m]	Y	$g_d$ [kN/m]
Sendvičové panely	0.28	1.35	0.38
Vaznice (odhad)	0.10	1.35	0.14
Celkém	<b>0.38</b>	1.35	<b>0.51</b>
Proměnné zatížení	$g_k$ [kN/m]	Y	$g_d$ [kN/m]
Sníh	1.71	1.5	2.56
Celkém	<b>1.71</b>	1.5	<b>2.56</b>
fk	<b>2.09</b>	fEd	<b>3.07</b>

Kombinace zatížení 2. stálé + vítr ve směru 90°:

Stálé zatížení	$g_k$ [kN/m]	Y	$g_d$ [kN/m]
Sendvičové panely	0.28	1.35	0.38
Vaznice (odhad)	0.10	1.35	0.14
Celkém	<b>0.38</b>	1.35	<b>0.51</b>
Proměnné zatížení	$g_k$ [kN/m]	Y	$g_d$ [kN/m]
Vítr 90°	(1.96)	1.5	(2.93)
Celkém	<b>(1.96)</b>	1.5	<b>-2.93</b>
fk	<b>(1.57)</b>	fEd	<b>-2.42</b>

Kombinace zatížení 3. stálé + vítr ve směru 0°:

Stálé zatížení	$g_k$ [kN/m]	Y	$g_d$ [kN/m]
Sendvičové panely	0.28	1.35	0.38
Vaznice (odhad)	0.10	1.35	0.14
Celkém	<b>0.38</b>	1.35	<b>0.51</b>
Proměnné zatížení	$g_k$ [kN/m]	Y	$g_d$ [kN/m]
Vítr 0°	(1.43)	1.5	(2.14)
Celkém	<b>(1.43)</b>	1.5	<b>-2.14</b>
fk	<b>(1.05)</b>	fEd	<b>-1.63</b>

Tlak:

$$f_{Ed.ss} = 3.07 \frac{kN}{m}$$



**Maximální sání:**

$$f_{eEd.sání.s} := \max(|f_{Ed.v90.s}|, |f_{Ed.v0.s}|) = 2.42 \frac{kN}{m}$$

**Z 240-S**

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-3:

- Rádek č. 1: Únosnost bez vlivu osově síly (návrhová hodnota)
- Rádek č. 2: Únosnost s vlivem osově síly 30 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)
- Rádek č. 3: Únosnost pro sání bez vlivu osově síly (návrhová hodnota)
- Rádek č. 4: Únosnost pro sání s vlivem osově síly 30 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)
- Rádek č. 5: Maximální zatížení pro deformaci L/200 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)
- Rádek č. 6: Maximální zatížení pro deformaci L/300 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

$$f_{Rd.tlak.s} := 4.74 \frac{kN}{m}$$

$$f_{Rd.sání.s} := 2.73 \frac{kN}{m}$$

$$f_{Rk.s} := 3.89 \frac{kN}{m}$$

**PROSTÝ NOSNÍK**

Profil G [kg/m]	Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
	5,00	5,50	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	11,00
Z 240/2,0	1	4,74	3,91	3,29	3,03	2,80	2,60	2,42	2,25	2,11	1,97	1,85	1,64	1,46	1,31	1,18	
	2	2,89	2,33	1,90	1,72	1,56	1,42	1,30	1,18	1,09	1,00	0,92	0,77	0,65	0,55	0,47	
	3	-2,73	-2,22	-1,83	-1,68	-1,54	-1,42	-1,31	-1,21	-1,12	-1,04	-0,97	-0,85	-0,74	-0,66	-0,58	
	4	-1,60	-1,27	-1,03	-0,93	-0,85	-0,77	-0,71	-0,65	-0,59	-0,55	-0,51	-0,43	-0,38	-0,33	-0,29	
G = 6,61 kg/m	5	3,89	2,92	2,25	1,99	1,77	1,58	1,42	1,27	1,15	1,04	0,95	0,79	0,67	0,57	0,49	
	6	2,59	1,95	1,50	1,33	1,18	1,05	0,94	0,85	0,77	0,70	0,63	0,53	0,44	0,38	0,32	

obr. 12: tabulka únosnosti vaznice. Sedlová střecha. Příloha 4.8

**Posouzení MSÚ**

$$f_{Ed.ss} < f_{Rd.tlak.s} \quad \text{Výsledek}_1 = \text{“Vyhovuje”}$$

$$f_{eEd.sání.s} < f_{Rd.sání.s} \quad \text{Výsledek}_2 = \text{“Vyhovuje”}$$

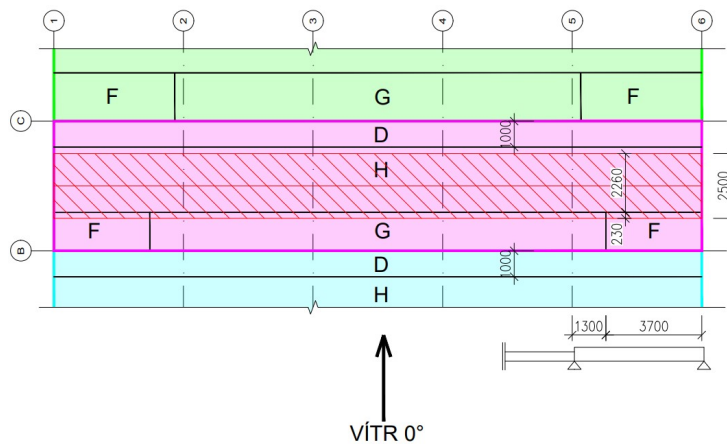
**Posouzení MSP od největšího proměnného zatížení L/200**

$$f_{kprom.V90} < f_{Rk.s} \quad \text{Výsledek}_3 = \text{“Vyhovuje”}$$

$$|f_{kprom.V90.s}| = 1.956 \frac{kN}{m}$$

- **Pultová střecha** - kategorie H - bez uvažování současného působení užitečného zatížení a zatížení sněhem nebo větrem

**Vítr ve směru 0°**



rozpětí mezi ramy

$$L := 5 \text{ m}$$

$$r_1 = 2.667 \text{ m}$$

$$w_{kF1.p0} = -0.914 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kG1.p0} = -0.729 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kH1.p0} = -0.424 \frac{kN}{m^2}$$

obr. 13: zatěžovací plocha vaznice pro směr větru 0°

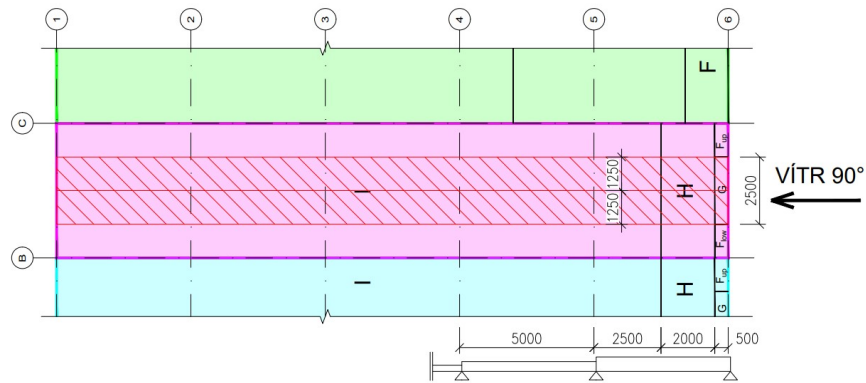
**Krajní pole:**

$$w_{e.kp0.kp} := \frac{1}{L} \cdot \left( w_{kF1.p0} \cdot 3.7 \text{ m} \cdot 0.23 \text{ m} \downarrow + w_{kG1.p0} \cdot 1.3 \text{ m} \cdot 0.23 \text{ m} + w_{kH1.p0} \cdot L \cdot 2.26 \text{ m} \right) = -1.158 \frac{kN}{m}$$

**Vnitřní pole:**

$$w_{e.kp0.vp} := \left( w_{kG1.p0} \cdot 0.532 \text{ m} + w_{kH1.p0} \cdot 2.134 \text{ m} \right) = -1.293 \frac{kN}{m}$$

**Vítr ve směru 90°**



obr. 14: zatěžovací plocha vaznice pro směr větru 90°

1.pole:

$$w_{kG.p90} = -1.164 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kH.p90} = -0.533 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{kI.p90} = -0.479 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.kp90.1p} := \frac{r_1}{L} \cdot (w_{kG.p90} \cdot 0.5 \text{ m} + w_{kH.s90} \cdot 2 \text{ m} + w_{kI.p90} \cdot 2.5 \text{ m}) = -1.563 \frac{kN}{m}$$

2.pole:

$$w_{e.kp90.2p} := \frac{r_1}{L} \cdot (w_{kI.p90} \cdot 5 \text{ m}) = -1.276 \frac{kN}{m}$$

3. a další pole:

$$w_{e.kp90.3p} := r_1 \cdot w_{kI.p90} = -1.276 \frac{kN}{m}$$

Kombinace zatížení 1. stálé + sníh:

Stálé zatížení	$g_k$ [kN/m]	$\gamma$	$g_d$ [kN/m]
Sendvičové panely	0.26	1.35	0.36
Vaznice (odhad)	0.10	1.35	0.14
<b>Celkém</b>	<b>0.36</b>	<b>1.35</b>	<b>0.49</b>
Proměnné zatížení	$g_k$ [kN/m]	$\gamma$	$g_d$ [kN/m]
Sníh	2.43	1.5	3.65
<b>Celkém</b>	<b>2.43</b>	<b>1.5</b>	<b>3.65</b>
fk	<b>2.80</b>		fEd

Kombinace zatížení 2. stálé + vítr ve směru 90°:

Stálé zatížení	$g_k$ [kN/m]	$\gamma$	$g_d$ [kN/m]
Sendvičové panely	0.26	1.35	0.36
Vaznice (odhad)	0.10	1.35	0.14
<b>Celkém</b>	<b>0.36</b>	<b>1.35</b>	<b>0.49</b>
Proměnné zatížení	$g_k$ [kN/m]	$\gamma$	$g_d$ [kN/m]
Vítr 90°	(1.56)	1.5	(2.34)
<b>Celkém</b>	<b>(1.56)</b>	<b>1.5</b>	<b>-2.34</b>
fk	<b>(1.20)</b>		fEd

$$g = 9.807 \frac{m}{s^2}$$

tíha panel

$$m_p := 10.74 \cdot g \frac{kg}{m^2} = 0.105 \frac{kN}{m^2}$$

$$r_4 = 2.5 \text{ m}$$

Sníh s návějem

$$s_2 = 0.973 \frac{kN}{m^2}$$

Kombinace zatížení 3. stálé + vítr ve směru 0°:

Stálé zatížení	$g_k$ [kN/m]	Y	$g_d$ [kN/m]
Sendvičové panely	0.28	1.35	0.38
Vaznice (odhad)	0.10	1.35	0.14
Celkém	<b>0.38</b>	1.35	<b>0.51</b>
Proměnné zatížení	$g_k$ [kN/m]	Y	$g_d$ [kN/m]
Vítr 0°	(1.16)	1.5	(1.74)
Celkém	<b>(1.16)</b>	1.5	<b>-1.74</b>
$f_k$	<b>(0.78)</b>	$f_{Ed}$	<b>-1.22</b>

Tlak:

$$f_{Ed.sp} = 4.14 \frac{kN}{m}$$

Maximální sání:

$$f_{Ed.sání.p} := \max(|f_{Ed.v90.p}|, |f_{Ed.v0.p}|) = 1.854 \frac{kN}{m}$$

**Z 240-S**

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-3:

Řádek č. 1: Únosnost bez vlivu osové síly (návrhová hodnota)

Řádek č. 2: Únosnost s vlivem osové síly 30 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Řádek č. 3: Únosnost pro sání bez vlivu osové síly (návrhová hodnota)

Řádek č. 4: Únosnost pro sání s vlivem osové síly 30 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Řádek č. 5: Maximální zatížení pro deformaci L/200 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

Řádek č. 6: Maximální zatížení pro deformaci L/300 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

**PROSTÝ NOSNÍK**

Profil	G [kg/m]	Přípustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		5.00	5.50	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	7.75	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00
Z 240/2,0	1	4.74	3.91	3.29	3.03	2.80	2.60	2.42	2.25	2.11	1.97	1.85	1.64	1.46	1.31	1.18		
	2	2.89	2.33	1.90	1.72	1.56	1.42	1.30	1.18	1.09	1.00	0.92	0.77	0.65	0.55	0.47		
	3	-2.73	-2.22	-1.83	-1.68	-1.54	-1.42	-1.31	-1.21	-1.12	-1.04	-0.97	-0.85	-0.74	-0.66	-0.58		
	4	-1.60	-1.27	-1.03	-0.93	-0.85	-0.77	-0.71	-0.65	-0.59	-0.55	-0.51	-0.43	-0.38	-0.33	-0.29		
G = 6,61 kg/m	5	3.89	2.92	2.25	1.99	1.77	1.58	1.42	1.27	1.15	1.04	0.95	0.79	0.67	0.57	0.49		
	6	2.59	1.95	1.50	1.33	1.18	1.05	0.94	0.85	0.77	0.70	0.63	0.53	0.44	0.38	0.32		

obr. 15: tabulka únosnosti vaznice. Sedlová střecha. Příloha 4.8

$$\frac{6.61 \frac{kg}{m}}{0.0025 m} \cdot g = 25.9 \frac{kN}{m^2} \quad \text{-zatížení pro zohlednění ve 3D modelu}$$

Posouzení MSÚ

$$f_{Ed.sp} < f_{Rd.tlak.p} \quad \text{Výsledek}_4 = \text{“Vyhovuje”}$$

$$f_{Ed.sání.p} < f_{Rd.sání.p} \quad \text{Výsledek}_5 = \text{“Vyhovuje”}$$

Posouzení MSP od největšího proměnného zatížení L/200

$$f_{kprom.v90.p} < f_{Rk.p} \quad \text{Výsledek}_6 = \text{“Vyhovuje”}$$

$$|f_{kprom.v90.p}| = 1.563 \frac{kN}{m}$$

$$f_{Rd.tlak.p} := 4.74 \frac{kN}{m}$$

$$f_{Rd.sání.p} := 2.73 \frac{kN}{m}$$

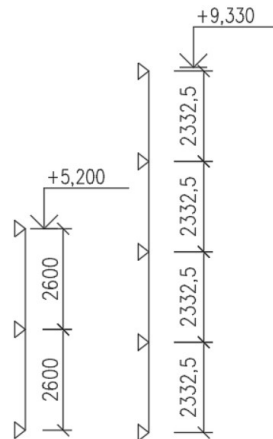
$$f_{Rk.p} := 3.89 \frac{kN}{m}$$

tíha nosníku:

$$6.61 \frac{kg}{m} \cdot g = 0.065 \frac{kN}{m}$$

### 5. Stěnový plašť

Sendvičové panely budou navrženy pro 2 rozpětí (příčná stěna a podélná stěna)



#### Podélná stěna:

- spojity nosník o 2 polích s rozpětím  $r_{st.0} := 2.6 \text{ m}$
- rozpětí mezi sloupy:  $r_{sl.0} := 5 \text{ m}$

#### Příčná stěna:

- spojity nosník o 4 polích s rozpětím  $r_{st.90} := 2.333 \text{ m}$
- rozpětí mezi sloupy:  $r_{sl90} := 5 \text{ m}$

obr. 16: schéma umístění paždíků

#### Podélná stěna:

Tlak:  
 $w_{kD.st0} = 0.524 \frac{kN}{m^2}$

Sání:  
 $|w_{kE.st0}| = 0.35 \frac{kN}{m^2}$

#### Příčná stěna:

Tlak:  
 $w_{kD.st90} = 0.529 \frac{kN}{m^2}$

Sání:  
 $|w_{kE.st90}| = 0.36 \frac{kN}{m^2}$

Max rozpětí  $r_{rd.st.0.t} := 3.05 \text{ m}$

$$f_{Rd.tlak.st} := 0.75 \frac{kN}{m^2}$$

Max rozpětí  $r_{rd.st.0.s} := 3.43 \text{ m}$

$$f_{Rd.sání.st} := 0.75 \frac{kN}{m^2}$$

tíha panel

$$m_p = 0.105 \frac{kN}{m^2}$$

### Návrh KS1000/1150 NF 40

		TLAK					
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení					
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
prostý nosník ▲▲	I., II., III.	40 4,68	40 4,04	40 3,55	40 3,21	40 2,97	46 2,77
	I.	40 4,62	40 3,53	40 3,05	40 2,76	40 2,56	40 2,41
	60 60	60 60	60 60	60 60	60 67	60 78	60 78
spojitý nosník o 2 polích ▲▲▲▲	II.	40 4,62	40 3,53	40 3,05	40 2,76	40 2,56	40 2,41
	60 60	60 60	60 60	60 60	60 67	60 78	60 78
	III.	40 4,62	40 3,53	40 3,05	40 2,76	40 2,56	40 2,41
60 60	60 60	60 60	60 60	60 67	60 78	60 78	

obr. 17: tabulka únosnosti panelu Návrh KS1000/1150 NF 40. Příloha 4.7

		SÁNÍ					
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení					
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
prostý nosník ▲▲	I.	5,27	4,20	3,43	2,97	2,66	2,43
	II.	4,68	4,04	3,43	2,97	2,66	2,43
	III.	3,89	3,49	3,21	2,97	2,66	2,43
spojitý nosník o 2 polích ▲▲▲▲	I.	5,94	4,20	3,43	2,97	2,66	2,43
	II.	5,94	4,20	3,43	2,97	2,66	2,43
	III.	4,77	3,67	3,18	2,89	2,66	2,43

obr. 18: tabulka únosnosti panelu Návrh KS1000/1150 NF 40. Příloha 4.7

Posouzení MSÚ Podélná stěna

$$w_{kD.st0} < f_{Rd.tlak.st} \quad \text{Výsledek}_7 = \text{“Vyhovuje”}$$

$$|w_{kE.st0}| < f_{Rd.sání.st} \quad \text{Výsledek}_8 = \text{“Vyhovuje”}$$

Posouzení MSÚ Příčná stěna

$$w_{kD.st90} < f_{Rd.tlak.st} \quad \text{Výsledek}_9 = \text{“Vyhovuje”}$$

$$|w_{kE.st0}| < f_{Rd.sání.st} \quad \text{Výsledek}_{10} = \text{“Vyhovuje”}$$

**Návrh paždík C210/2,0 podélná stěna:**

Tlak:

$$f_{d.tlak.p0} := w_{kD.st0} \cdot r_{st.0} \cdot 1.5 = 2.043 \frac{kN}{m}$$

Sání:

$$f_{d.sání.p0} := w_{kE.st0} \cdot r_{st.0} \cdot 1.5 = -1.366 \frac{kN}{m}$$

tíha nosníku:

$$5.73 \frac{kg}{m} \cdot g = 0.056 \frac{kN}{m}$$

$$g = 9.807 \frac{m}{s^2}$$

## PROSTÝ NOSNÍK

Profil	G [kg/m]	Přípustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	7.75
C 210/1,5	1	4.78	4.20	3.72	3.32	2.98	2.69	2.44	2.22	2.03	1.87	1.72	1.59	1.47	1.37	1.28	1.19	1.12
	2	3.41	2.97	2.60	2.29	2.02	1.80	1.61	1.45	1.31	1.19	1.07	0.97	0.88	0.81	0.74	0.68	0.62
	3	-1.77	-1.58	-1.43	-1.30	-1.19	-1.09	-1.01	-0.94	-0.88	-0.82	-0.76	-0.70	-0.65	-0.61	-0.57	-0.53	-0.50
	4	-1.20	-1.05	-0.94	-0.85	-0.77	-0.70	-0.64	-0.59	-0.55	-0.51	-0.47	-0.43	-0.40	-0.37	-0.34	-0.31	-0.29
G = 4,30 kg/m	5	4.66	3.84	3.20	2.70	2.29	1.97	1.70	1.48	1.29	1.14	1.01	0.90	0.80	0.72	0.65	0.58	0.53
	6	3.11	2.56	2.14	1.80	1.53	1.31	1.13	0.99	0.86	0.76	0.67	0.60	0.53	0.48	0.43	0.39	0.35
	1	7.59	6.67	5.91	5.27	4.73	4.27	3.87	3.53	3.23	2.96	2.73	2.53	2.34	2.18	2.03	1.90	1.78
C 210/2,0	2	6.14	5.36	4.70	4.15	3.69	3.29	2.96	2.67	2.42	2.20	1.99	1.81	1.66	1.52	1.39	1.28	1.18
	3	-2.70	-2.42	-2.20	-2.01	-1.85	-1.71	-1.59	-1.49	-1.40	-1.32	-1.22	-1.13	-1.05	-0.98	-0.91	-0.86	-0.80
	4	-2.17	-1.93	-1.75	-1.59	-1.46	-1.34	-1.24	-1.16	-1.08	-1.01	-0.93	-0.86	-0.80	-0.74	-0.69	-0.65	-0.60
G = 5,73 kg/m	5	6.66	5.49	4.58	3.86	3.28	2.81	2.43	2.11	1.85	1.63	1.44	1.28	1.14	1.02	0.92	0.83	0.75
	6	4.44	3.66	3.05	2.57	2.19	1.87	1.62	1.41	1.23	1.08	0.96	0.85	0.76	0.68	0.61	0.56	0.50

obr. 19: tabulka únosnosti paždíků. Příloha 4.8.

$$f_{Rd.tlak.p.o} := 4.27 \frac{kN}{m}$$

$$f_{Rd.sání.p.0} := -1.71 \frac{kN}{m}$$

Posouzení MSÚ Podélná stěna

$$f_{d.tlak.p0} < f_{Rd.tlak.p.o} \quad \text{Výsledek}_{11} = \text{“Vyhovuje”}$$

$$f_{d.sání.p0} > f_{Rd.sání.p.0} \quad \text{Výsledek}_{12} = \text{“Vyhovuje”}$$

**Návrh paždík C210/2,0 Příčná stěna**

Tlak:

$$f_{d.tlak.p90} := w_{kD.st90} \cdot r_{st.90} \cdot 1.5 = 1.85 \frac{kN}{m}$$

Sání:

$$f_{d.sání.p90} := w_{kE.st90} \cdot r_{st.90} \cdot 1.5 = -1.259 \frac{kN}{m}$$

tíha paždíku:

$$5.73 \frac{kg}{m} \cdot g = 0.056 \frac{kN}{m}$$

$$g = 9.807 \frac{m}{s^2}$$

$$f_{d.tlak.p90} = 1.85 \frac{kN}{m}$$

$$f_{d.sani.p90} = -1.259 \frac{kN}{m}$$

## PROSTÝ NOSNÍK

Profil	G [kg/m]	Přípustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	7.75
C 210/1,5	1	4.78	4.20	3.72	3.32	2.98	2.69	2.44	2.22	2.03	1.87	1.72	1.59	1.47	1.37	1.28	1.19	1.12
	2	3.41	2.97	2.60	2.29	2.02	1.80	1.61	1.45	1.31	1.19	1.07	0.97	0.88	0.81	0.74	0.68	0.62
	3	-1.77	-1.58	-1.43	-1.30	-1.19	-1.09	-1.01	-0.94	-0.88	-0.82	-0.76	-0.70	-0.65	-0.61	-0.57	-0.53	-0.50
	4	-1.20	-1.05	-0.94	-0.85	-0.77	-0.70	-0.64	-0.59	-0.55	-0.51	-0.47	-0.43	-0.40	-0.37	-0.34	-0.31	-0.29
G = 4,30 kg/m	5	4.66	3.84	3.20	2.70	2.29	1.97	1.70	1.48	1.29	1.14	1.01	0.90	0.80	0.72	0.65	0.58	0.53
	6	3.11	2.56	2.14	1.80	1.53	1.31	1.13	0.99	0.86	0.76	0.67	0.60	0.53	0.48	0.43	0.39	0.35
	1	7.59	6.67	5.91	5.27	4.73	4.27	3.87	3.53	3.23	2.96	2.73	2.53	2.34	2.18	2.03	1.90	1.78
	2	6.14	5.36	4.70	4.15	3.69	3.29	2.96	2.67	2.42	2.20	1.99	1.81	1.66	1.52	1.39	1.28	1.18
C 210/2,0	3	-2.70	-2.42	-2.20	-2.01	-1.85	-1.71	-1.59	-1.49	-1.40	-1.32	-1.22	-1.13	-1.05	-0.98	-0.91	-0.86	-0.80
	4	-2.17	-1.93	-1.75	-1.59	-1.46	-1.34	-1.24	-1.16	-1.08	-1.01	-0.93	-0.86	-0.80	-0.74	-0.69	-0.65	-0.60
	5	6.66	5.49	4.58	3.86	3.28	2.81	2.43	2.11	1.85	1.63	1.44	1.28	1.14	1.02	0.92	0.83	0.75
	6	4.44	3.66	3.05	2.57	2.19	1.87	1.62	1.41	1.23	1.08	0.96	0.85	0.76	0.68	0.61	0.56	0.50

obr. 20: tabulka únosnosti paždíků. Příloha 4.8.

$$f_{Rd.tlak.p.90} := 4.27 \frac{kN}{m}$$

$$f_{Rd.sání.p.90} := -1.71 \frac{kN}{m}$$

## Posouzení MSÚ Příčná stěna

$$f_{d.tlak.p90} < f_{Rd.tlak.p.90} \quad \text{Výsledek}_{13} = \text{“Vyhovuje”}$$

$$f_{d.sani.p90} > f_{Rd.sání.p.90} \quad \text{Výsledek}_{14} = \text{“Vyhovuje”}$$

## 6. ZATĚŽOVACÍ STAVY - zavedené do SCIA Eng.

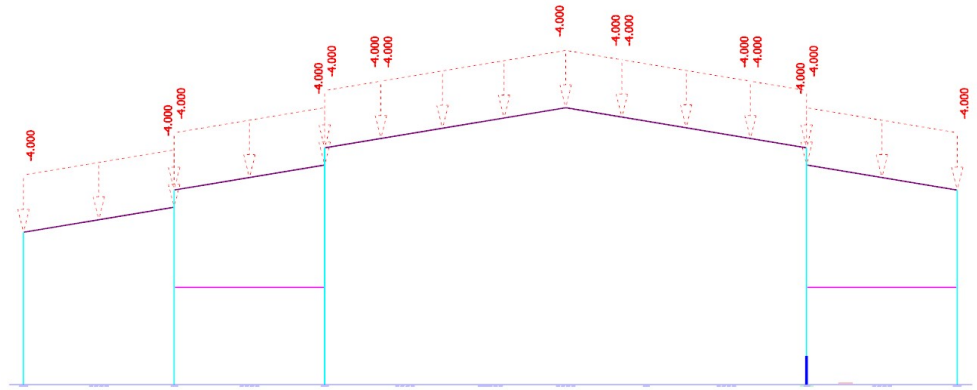
ZS1 - Vlastní tíha - vlastní tíha k-ce je vygenerovaná programem SCIA Eng.ZS2 - Ostatní stálé - plášť, vaznice, paždíky a skladba mezaninu.

- Skladba mezaninu

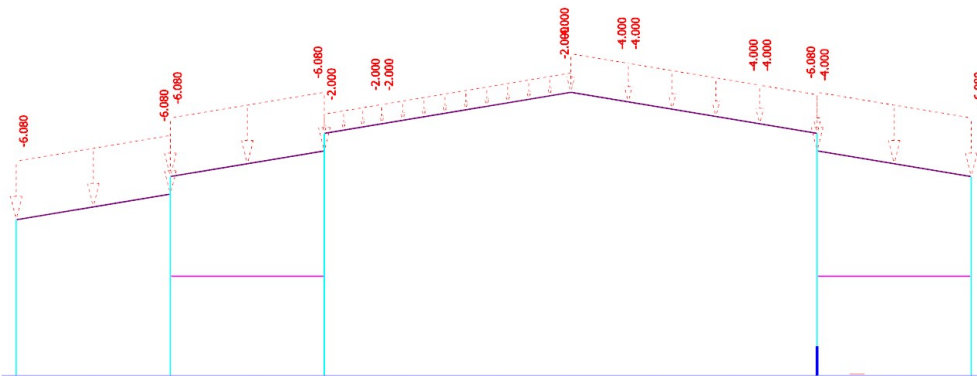
Stálé zatížení	g <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Y	g <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
pochozí vrstva 10 mm	0.042	1.35	0.057
lepidlo cem. 5 mm	0.13	1.35	0.176
beton 40 mm	1	1.35	1.350
kročejová iz. 40 mm	0.013	1.35	0.018
betonová deska	2.4	1.35	3.274
trapézový plech	0.1	1.35	0.135
podhled	0.15	1.35	0.203
<b>Celkem</b>	<b>3.86</b>	<b>1.35</b>	<b>5.21</b>
Proměnné zatížení	g <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Y	g <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
přemístitelné příčky s vlastní tíhou do ≤ 2,0 kN/m	0.8	1.5	1.2
Užitné zatížení	2.5	1.5	3.75
<b>Celkem</b>	<b>3.3</b>	<b>1.5</b>	<b>4.95</b>
			<b>10.16</b>

$$f_{d.mezanin} = 10.161 \frac{kN}{m^2}$$

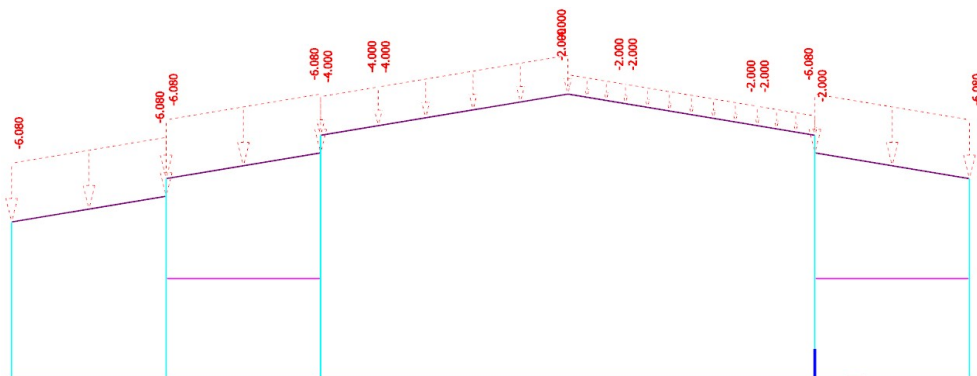


ZS7 - Sníh - nenavatý

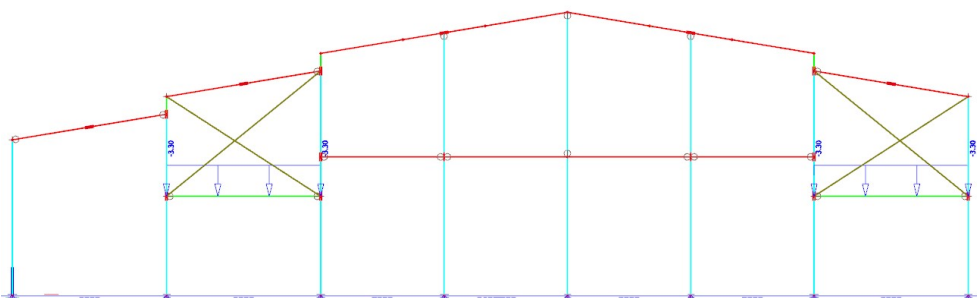
obr. 24: ZS7. obrázek z modelu. Plošné zatížení je přepočítáno do liniového.

ZS8 - Sníh - navatý 1

obr. 25: ZS8. obrázek z modelu. Plošné zatížení je přepočítáno do liniového.

ZS9 - Sníh - navatý 2

obr. 26: ZS10. obrázek z modelu. Plošné zatížení je přepočítáno do liniového.

ZS10 - Užitné (mezanině)



obr. 26: ZS11. obrázek z modelu. Plošné zatížení je přepočítáno do liniového.

## 7. KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

redukční součinitel pro vítr:  $\psi = 0,6$

redukční součinitel pro sníh:  $\psi = 0,5$

MSÚ										
1	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5				Sníh plný
2	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5				Sníh navej 1
3	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5				Sníh navej 2
Redukovány vítr										
4	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 0	1.5*0.6		Sníh plný
5	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 180	1.5*0.6		Sníh plný
6	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 90	1.5*0.6		Sníh plný
7	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 270	1.5*0.6		Sníh plný
8	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 0	1.5*0.6		Sníh navej 1
9	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 180	1.5*0.6		Sníh navej 1
10	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 90	1.5*0.6		Sníh navej 1
11	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 270	1.5*0.6		Sníh navej 1
Redukovány sníh										
12	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 0	1.5		Sníh navej 1
13	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 180	1.5		Sníh navej 1
14	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 90	1.5		Sníh navej 1
15	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 270	1.5		Sníh navej 1
Bez sněhu										
16	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 0	1.5		
17	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 180	1.5		
18	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 90	1.5		
19	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 270	1.5		

MSP										
20	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1				Sníh plný 1
21	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1				Sníh navej 1 1
22	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1				Sníh navej 2 1
Redukovány vítr										
23	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 0	1		Sníh plný 1
24	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 180	1		Sníh plný 1
25	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 90	1		Sníh plný 1
26	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 270	1		Sníh plný 1
27	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 0	1		Sníh navej 1 1
28	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 180	1		Sníh navej 1 1
29	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 90	1		Sníh navej 1 1
30	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 270	1		Sníh navej 1 1
Redukovány sníh										
31	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 0	1		Sníh navej 1 1
32	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 180	1		Sníh navej 1 1
33	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 90	1		Sníh navej 1 1
34	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 270	1		Sníh navej 1 1
Bez sněhu										
35	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 0	1		
36	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 180	1		
37	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 90	1		
38	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 270	1		

Po vyhodnocení kombinací byli vybrány ty, kteří vyvolávají největší vnitřní síly a deformace.

**Aktualizovaný seznam kombinace MSÚ (celkem 8):**

MSÚ										
1	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5			Sníh plny	1.5
2	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5			Sníh navej 1	1.5
3	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5			Sníh navej 2	1.5
Redukovany vítr										
6	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 90	1.5*0.6	Sníh plny	1.5
Redukovany sníh										
12	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 0	1.5	Sníh navej 1	1.5*0.5
13	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 180	1.5	Sníh navej 1	1.5*0.5
14	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 90	1.5	Sníh navej 1	1.5*0.5
15	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 270	1.5	Sníh navej 1	1.5*0.5

### Aktualizovaný seznam kombinace MSP (celkem 8):

MSP										
22	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1			Sníh navej 2	1
24	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 180	1	Sníh plny	1
25	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 90	1	Sníh plny	1
26	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 270	1	Sníh plny	1
30	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 270	1	Sníh navej 1	1
32	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 180	1	Sníh navej 1	1
35	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 0	1		
37	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 90	1		

### 8. VARIANTY KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ

Statické schéma a předběžný návrh průřezu provedu dle vodorovné, svislé deformaci a napětí. Pro porovnání statických modelů budu používat pouze hlavní příčný rám. Předběžně odhadem volím válcovaný profil průřezu IPE400.

Po volbě nejvhodnějšího modelu porovnam konstrukce v závislosti na způsobu výroby.

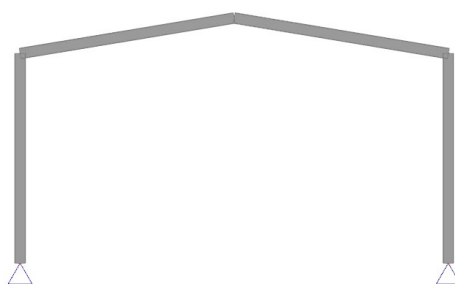
#### Limitní hodnoty:

$$H := 9.18 \text{ m} \quad \delta_{x.max} := \frac{H}{150} = 61.2 \text{ mm} \quad - \text{ maximální vodorovný posun}$$

$$L := 16 \text{ m} \quad \delta_{z.max} := \frac{L}{250} = 64 \text{ mm} \quad - \text{ maximální svislý posun}$$

$$f_y := 235 \text{ MPa} \quad \sigma_{x.lim} := 0.8 \cdot f_y = 188 \text{ MPa} \quad - \text{ maximální napětí}$$

#### 1. Varianta - klouby v patkách



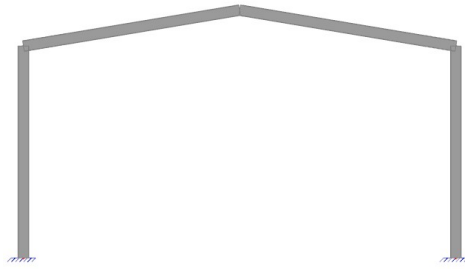
$$u_{x.max.1} := 50.8 \text{ mm}$$

$$u_{z.max.1} := 33 \text{ mm}$$

$$\sigma_{x.max.1př} := 167.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x.max.1sl} := 172.6 \text{ MPa}$$

$$m_{celk.1} := 2117.31 \text{ kg}$$

2. Varianta - vetknutí v patkách

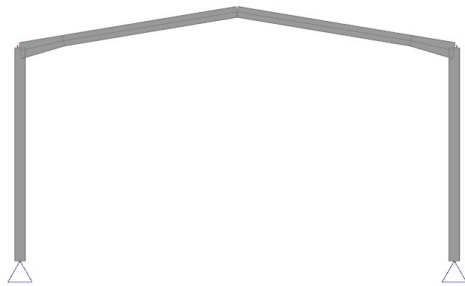
$$u_{x.max.2} := 9.6 \text{ mm}$$

$$u_{z.max.2} := 27.5 \text{ mm}$$

$$\sigma_{x.max.2př} := 163.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x.max.2sl} := 168 \text{ MPa}$$

$$m_{celk.2} := 2117.31 \text{ kg}$$

3. Varianta - klouby v patkách + náběh příčle

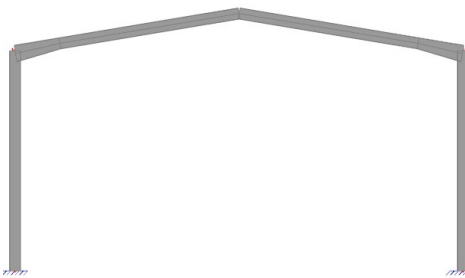
$$u_{x.max.3} := 46.4 \text{ mm}$$

$$u_{z.max.3} := 31 \text{ mm}$$

$$\sigma_{x.max.3př} := 102 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x.max.3sl} := 177.7 \text{ MPa}$$

$$m_{celk.3} := 2139.3 \text{ kg}$$

4. Varianta - vetknutí v patkách + náběh příčle

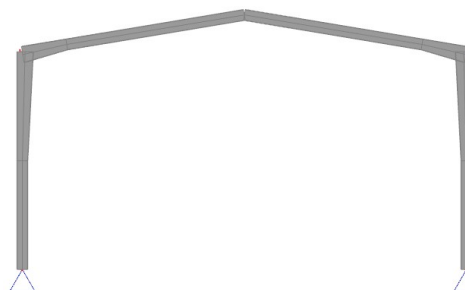
$$u_{x.max.4} := 9.2 \text{ mm}$$

$$u_{z.max.4} := 25.3 \text{ mm}$$

$$\sigma_{x.max.4př} := 100.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x.max.4sl} := 174.5 \text{ MPa KZ1}$$

$$m_{celk.4} := 2139.3 \text{ kg}$$

5. Varianta - klouby v patkách + náběh příčle a sloupu

$$u_{x.max.5} := 37.3 \text{ mm}$$

$$u_{z.max.5} := 24.8 \text{ mm}$$

$$\sigma_{x.max.5př} := 109.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x.max.5sl} := 111.6 \text{ MPa}$$

$$m_{celk.5} := 2191.89 \text{ kg}$$

1. Varianta - klouby v patkách

## • Výhody:

- jednoduché provedení patek
- hmotnost

- Nevýhody:
  - větší vodorovné a svislé průhyby
  - větší napětí

## 2. Varianta - vetknutí v patkách

- Výhody:
  - menší průhyby
  - hmotnost

- Nevýhody:
  - náročnost provedení patek
  - větší napětí

## 3. Varianta - klouby v patkách + náběh příčle

- Výhody:
  - jednoduché provedení patek
- Nevýhody:
  - hmotnost
  - větší napětí
  - větší vodorovné a svislé průhyby

## 4. Varianta - vetknutí v patkách + náběh příčle

- Výhody:
  - menší vodorovné a svislé průhyby
- Nevýhody:
  - hmotnost
  - větší napětí
  - větší vodorovné a svislé průhyby
  - náročnost provedení patek

## 5. Varianta - klouby v patkách + náběh příčle a sloupu

- Výhody:
  - jednoduché provedení patek
  - menší napětí
- Nevýhody:
  - hmotnost
  - větší vodorovné a svislé průhyby
  - náročnost provedení patek

Vzhledem k tomu, že všechny varianty vyhovují limitním podmínkám - volím nejekonomičtější variantu s nejmenší hmotností oceli a následně provedu porovnání pro 2 druhy profilů: válcované a svařované.

### **Volba statické schéma č. 1**

Napětí a průhyby vyhovují limitním podmínkám. Menší hmotnost a jednoduché provedení bez náběhu. Pracnost a spotřeba materiálu při zhotovení patek také klesne díky volbě kloubového uložení. Spoj ve vrcholu se volí tuhý aby přenesl momenty a zajistil ohybovou tuhost.

### **8.1 Porovnání válcovaných a svařovaných profilů.**

U svařovaných profilů v místech s malým smykem nebo ohybem je možné ztenčit průřez a přizpůsobit ho průběhu vnitřních sil a tím i ovlivnit celkovou hmotnost ocelové konstrukce a následně i finální cenu výstavby avšak za cenu práce a provedení svarů při výrobě svařovaných profilů.

U válcovaných profilů je jejich průřez konstantní a v mém případě průřez nebude plně využit, to vede k vyšší spotřebě materiálu, ale pracnost při výrobě je menší než u svařovaných profilů.

Pro porovnání využiji funkci autodesignu (optimalizaci) v programu SCIA Eng. a předběžně nastavím profily konstrukce aby vyhovovali automatickému posudku na MSÚ a MSP a měli přibližně stejné procento využití.

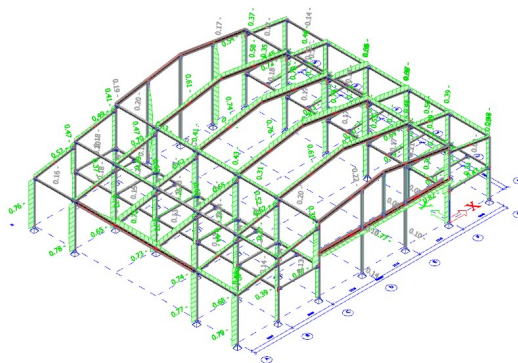
### **8.2 Popis 3D modelu**

Konstrukce je uvažována jako prutová. Zatížení je sbíráno pomocí zatěžovacích panelů s roznosem zatížení do jednotlivých nosných prvků v požadovaném směru.

Zatížení od klimatických vlivů je přeneseno do programu ve formě volného plošného zatížení, které působí v oblastech vypočítaných v kapitolách 1.1 a 1.1.2. Zatěžovací panely slouží pouze pro roznos zatížení a nemají nastavené materialové vlastnosti, které by mohly ovlivňovat konstrukci. Tíha vaznic a paždíku je nahrazena plošným zatížením vypočítané v předchozích kapitolách.

Ztužující účinek ocelobetonové desky mezaninu byl modelován pomocí náhradních ztužidel nejmenšího profilu knihovny. Jejich přírůstek zatížení byl ve výpočtu zanedbán. Střešní a stěnová ztužidla jsou modelované pouze s osovým působením pomocí nastavení "FEM typu". Vzpěrné délky a délky klopní jsou nastavené manuálně a jsou sdružené do skupin v závislosti na podobnosti jednotlivých skupin nosných prvků. Podpory v patě sloupů jsou kloubové. Předběžné analýzy konstrukcí jsou provedeny lineárním výpočtem, uvažováno je pouze působení zatížení na nedeformovaných konstrukcích. Předběžný výpočet byl proveden v programu SCIA Eng. 2022 a slouží pouze pro předběžnou představu při volbě druhu profilů: svařovaných nebo válcovaných. Optimalizace průřezu prvků u válcovaných profilů se prováděla pomocí předem nastaveného seznamu válcovaných profilů v rozsahu IPE100-IPE500, HEB100-500, HEA100-500. Optimalizace průřezu prvků u svařovaných profilů se prováděla pomocí funkcí "rozšířeného autodesignu", kde předem byly nastavené parametry pro volbu tloušťky plechu, celkové výšky průřezu, šířky a závislosti těchto rozměrů. Maximální využití při posudku MSÚ bylo nastaveno na 85%.

### 1. Model - válcované profily. Ocel S235



obr. 27: obrázek z modelu pro válcované profily. Využití MSÚ po optimalizaci průřezů.

Celková hmotnost oceli:

$$m_{v\acute{a}lc.c} := 23737 \text{ kg}$$

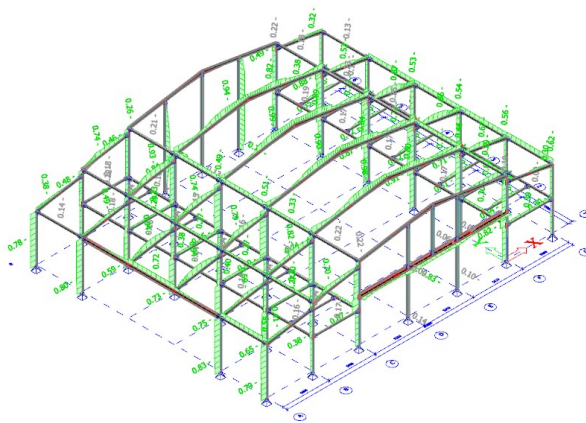
Přibližná cena oceli za 1kg (hotové profily):

$$p_{v\acute{a}lc.kg} := 125 \frac{\text{Kč}}{\text{kg}}$$

Cena materiálu

$$p_{v\acute{a}lc.c} := p_{v\acute{a}lc.kg} \cdot m_{v\acute{a}lc.c} = 2967125 \text{ Kč CZK}$$

### 2. Model - svařované profily. Ocel S235



obr. 28: obrázek z modelu pro svařované profily. Využití MSÚ po optimalizaci průřezů.

$$m_{sv\acute{a}r.c} := 22419 \text{ kg}$$

Přibližná cena oceli za 1kg (hotové profily):

$$p_{sv\acute{a}r.kg} := 150 \frac{\text{Kč}}{\text{kg}}$$

$$p_{sv\acute{a}r.c} := p_{sv\acute{a}r.kg} \cdot m_{sv\acute{a}r.c} = 3362850 \text{ Kč CZK}$$

Po úpravě příčli pomocí náběhu a proměnných průřezů se podařilo redukovat hmotnost o 1318kg což je přibližně 1/20 celkové hmotnosti konstrukce. Redukce hmotnosti považuji za nevýznamné a návrh provedu z válcovaných profilů.

## 9. RÁMOVÁ IMPERFEKCE

Imperfekce bude vyjádřena pomocí naklonění sloupu o  $\phi$

zadní štítová stěna

$$m_s := 8$$

$$\phi_0 := \frac{1}{200}$$

$$h := 9.33$$

$$\alpha_m := \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m_s}\right)} = 0.75$$

$$\alpha_h := \frac{2}{\sqrt{h}} = 0.655$$

$$\phi := \phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 2.455 \cdot 10^{-3}$$

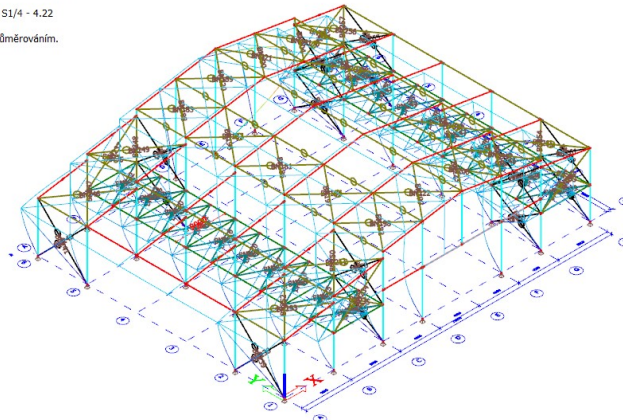
$\alpha_{cr}$  bude stanovena pomocí SCIA Eng. po zavedení rámových imperfekcí.

Nejmenší násobitel soustavy sil pro dosažení kritického vybočení kce:

$$\alpha_{cr} := 4.22$$

Stabilitní kombinace S1.

**3D přemístění**  
Hodnoty: U<sub>total</sub>  
Stabilitní výpočet. Tvary vybočení jsou normované tak, aby se maximální složka přemístění nebo pootočení každého uzlu rovnala 1 m nebo 1 rad.  
Stabilitní kombinace: S1/4 - 4.22  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním.  
Systém: Globální



obr. 28: 3D deformace k-ce s posuvem stýčniců po stabilitním výpočtu.

Kombinace S1.

**Výpočet bude proveden pomocí II. řádu.**

**Nelineární kombinace:**

MSÚ									
1	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35			Vítr 0	1.5	
2	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35			Vítr 0	1.5	Sníh navej 1 0.8
3	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 0	1.5	Sníh navej 1 0.8
4	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35			Vítr 90	1.5	
5	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35					Sníh plny 1.5
6	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 90	1.5	Sníh navej 1 0.8
7	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5			Sníh plny 1.5
8	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5			Sníh navej 1 1.5
9	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 270	1.5	
10	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 270	1.5	Sníh navej 1 0.8
11	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35	Proměnné	1.5	Vítr 90	1.5	
12	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1.35					Sníh navej 1 1.5

MSP										
1	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1		1	Vítr 0	1		1
2	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1		1	Vítr 0	1	Sníh navej	1
3	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 0	1	Sníh navej	1
4	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1		1	Vítr 90	1		1
5	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1		1		1	Sníh plny	1
6	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 90	1	Sníh navej	1
7	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1		1	Sníh plny	1
8	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1		1	Sníh navej	1
9	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 270	1		1
10	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 270	1	Sníh navej	1
11	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1	Proměnné	1	Vítr 90	1		1
12	Vlastní tíha	1.35	Ost.stálé	1		1		1	Sníh navej	1

## 10. POSOUZENÍ SLOUPU HLAVNÍ VAZBY (SLOUP G4)

Získané pomocí SCIA Eng. s vlivem rámových imperfekci. Volba vnitřních sil bude provedena pro jednu kombinaci na sloupu s největšími VS.

### Vnitřní síly

Obalové extrémní hodnoty všech kombinaci pro sloup s největšími VS

h(m)	Kombinace	N	Vz	My
0	NK8	-193.69	2.52	0
7.281-	NK4	21.58	-11.4	-11.85
7.85	NK4	17.75	-22.27	-23.8
7.281+	NK7	-53.25	19.68	77.78
7.85	NK9	15.43	-4.89	-26.78
7.85	NK5	-52.87	19.68	88.98

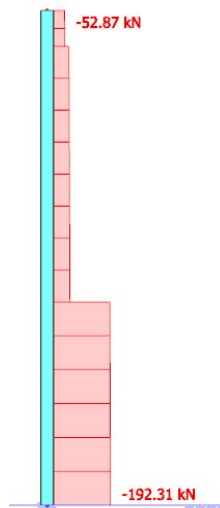
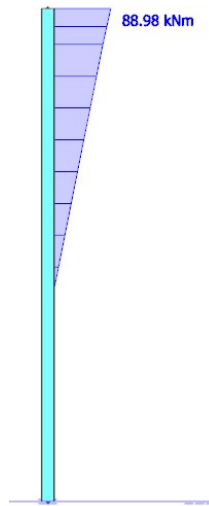
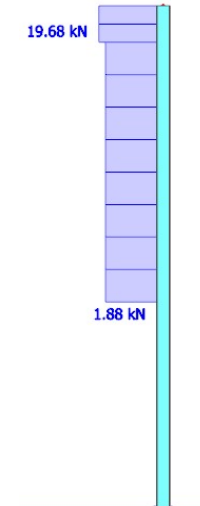
Rozhodující kombinace: NK5

Extremy VS v pravém sloupu haly NK5

h(m)	Kombinace	N	Vz	My
7.281+	NK5	-190.15	1.88	6.06
0	NK5	-53.25	19.68	77.79
7.85	NK5	-192.31	1.88	0
3.225-	NK5	-52.87	19.68	88.98

Z důvodu nerovnoměrného rozložení VS bude výpočet proveden v místě připojení nosníku mezaninu a v rámovém rohu. Podrobně je zobrazen pouze rozhodující případ.



Ned - NK5Med - NK5Ved - NK5

$$M_{Ed.sl.1} := 88.98 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed.sl.1} := 52.87 \text{ kN}$$

Posouzení sloupu na ohyb

$$M_{pl.Rd} := W_{y.pl.sl.1} \cdot f_y = 133.48 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.sl.1}}{M_{pl.Rd}} \cdot 100 = 66.7 \%$$

- Zatřídění průřezu stojky namáhaného kombinací tlaku a ohybu

**HEA220**,  $L_{sl.1} := 7.85 \text{ m}$ 

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

$$h_{sl.1} = 210 \text{ mm}$$

$$i_{y.sl.1} = 91.7 \text{ mm}$$

$$G_{sl.1} := 80 \text{ GPa}$$

$$b_{sl.1} = 220 \text{ mm}$$

$$i_{z.sl.1} = 55.1 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$t_{w.sl.1} = 7 \text{ mm}$$

$$W_{y.pl.sl.1} = 568 \text{ cm}^3$$

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$I_{y.sl.1} = (5.41 \cdot 10^3) \text{ cm}^4$$

$$W_{z.pl.sl.1} = 271 \text{ cm}^3$$

$$I_{z.sl.1} = (1.955 \cdot 10^3) \text{ cm}^4$$

$$d_{w.sl.1} = 152 \text{ mm}$$

$$A_{.sl.1} = 64.3 \text{ cm}^2$$

$$t_{f.sl.1} = 11 \text{ mm}$$

$$A_{vz.sl.1} = (2.063 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$r_{.sl.1} = 18 \text{ mm}$$

$$x_{.sl.1} := \frac{N_{Ed.sl.1}}{t_{w.sl.1} \cdot f_y} = 32.14 \text{ mm}$$

Součinitel  $\alpha$  vyjadřující velikost tlačené části stěny

$$\alpha_{.sl.1} := \frac{0.5 \cdot d_{w.sl.1} + x_{.sl.1}}{d_{w.sl.1}} = 0.711$$

Zatřídění stojiny pro  $\alpha_{.sl1} > 0.5$ 

$$\frac{d_{w.sl1}}{t_{w.sl1}} = 21.714 \quad \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{.sl1} - 1} = 48.007$$

$$\frac{d_{w.sl1}}{t_{w.sl1}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{.sl1} - 1}$$

Výsledek<sub>15</sub> = "Podmínka pro stojinu 1. třídy je splněna."

Zatřídění tlačené pásnice

$$c_{.sl1} := 0.5 \cdot b_{.sl1} - r_{.sl1} - t_{w.sl1} = 85 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{.sl1}}{t_{f.sl1}} = 7.727$$

$$\frac{c_{.sl1}}{t_{f.sl1}} \leq 9 \cdot \varepsilon$$

Výsledek<sub>16</sub> = "Podmínka pro pásnici 1. třídy je splněna."

- Vzpěrné délky a vzpěrnostní součinitel

Sloupy rámu jsou podepřeny nosníky mezaninu. Stropní deska kolem sloupu je ŽB. Pro výpočet uvažují horní část sloupu.

$$L_{cr.y.sl1} := 4056 \text{ mm}$$

$$L_{cr.z.sl1} := 4625 \text{ mm}$$

Štíhlost sloupu

$$\lambda_{y.sl1} := \frac{L_{cr.y.sl1}}{i_{y.sl1}} = 44.231$$

$$\lambda_{z.sl1} := \frac{L_{cr.z.sl1}}{i_{z.sl1}} = 83.938$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel.y.sl1} := \frac{\lambda_{y.sl1}}{\lambda_1} = 0.471$$

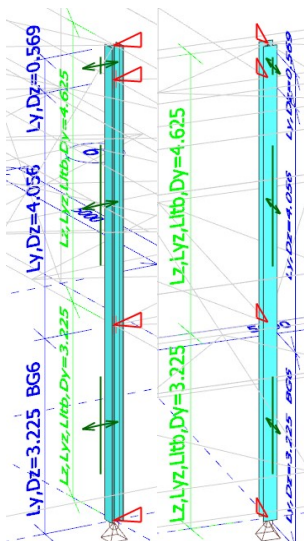
$$\lambda_{rel.z.sl1} := \frac{\lambda_{z.sl1}}{\lambda_1} = 0.894$$

Křivka vzpěrné pevnosti:

$$\frac{h_{.sl1}}{b_{.sl1}} < 1.2 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.21}{0.22} < 1.2$$

Výsledek<sub>17</sub> = "Křivka vzpěrné pevnosti b,c."

$\varepsilon = 1$



$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93.9$$

Součinitele vzpěrnosti:

Křivka vzpěrné pevnosti	a0	a	b	c	d
Součinitel imperfekce a	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

$$\phi_{y.sl.1} := 0.5 \cdot (1 + b \cdot (\lambda_{rel.y.sl.1} - 0.2) + \lambda_{rel.y.sl.1}^2) = 0.657$$

$$\chi_{y.sl.1} := \frac{1}{\phi_{y.sl.1} + \sqrt{\phi_{y.sl.1}^2 - \lambda_{rel.y.sl.1}^2}} = 0.897$$

$$\phi_{z.sl.1} := 0.5 \cdot (1 + c \cdot (\lambda_{rel.z.sl.1} - 0.2) + \lambda_{rel.z.sl.1}^2) = 1.07$$

$$\chi_{z.sl.1} := \frac{1}{\phi_{z.sl.1} + \sqrt{\phi_{z.sl.1}^2 - \lambda_{rel.z.sl.1}^2}} = 0.604$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{Rd} := \chi_{z.sl.1} \cdot A_{.sl.1} \cdot f_y = 912.035 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} > N_{Ed.sl.1} \xrightarrow{\text{float}, 5} 912.03 \cdot \text{kN} > 52.87 \cdot \text{kN}$$

Výsledek<sub>18</sub> = “Vyhovuje”

Vliv klopení:

Výpočet  $M_{cr.sl.1}$  byl proveden v programu LTBeamN. Viz příloha 4.2.1

$$M_{cr.sl.1} := 598.44 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\mu_{cr} := 6.764$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{LT.sl.1} := \sqrt{W_{y.pl.sl.1} \cdot \frac{f_y}{M_{cr.sl.1}}} = 0.472$$

Křivka klopení:

$$\frac{h_{.sl.1}}{b_{.sl.1}} < 2 \xrightarrow{\text{explicit}, ALL} \frac{0.21}{0.22} < 2$$

Výsledek<sub>19</sub> = “Křivka klopení a.”

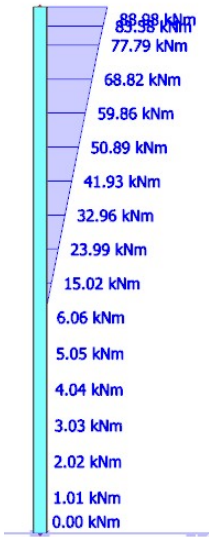
Součinitel klopení:

Křivka klopení	a	b
Součinitel imperfekce při klopení $\alpha_{LT}$	0.21	0.34

$$\phi_{LT.sl.1} := 0.5 \cdot (1 + a_k \cdot (\lambda_{LT.sl.1} - 0.2) + \lambda_{LT.sl.1}^2) = 0.64$$

$$\chi_{LT.sl.1} := \frac{1}{\phi_{LT.sl.1} + \sqrt{\phi_{LT.sl.1}^2 - \lambda_{LT.sl.1}^2}} = 0.933$$

$$M_{b,Rd.sl.1} := \chi_{LT.sl.1} \cdot W_{y.pl.sl.1} \cdot f_y = 124.492 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



$$N_{Rk} := A_{.sl.1} \cdot f_y = 1511.05 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\lambda_{rel.y.sl.1} = 0.471$$

$$\lambda_{rel.z.sl.1} = 0.894$$

$$M_{y.Rk.sl.1} := W_{y.pl.sl.1} \cdot f_y$$

$$M_{y.Rk.sl.1} = 133.48 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

$$\chi_{LT.sl.1} = 0.933$$

$$M_{b.Rd.sl.1} > M_{Ed.sl.1} \xrightarrow{\text{float}, 4} 124.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > 88.98 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Výsledek<sub>20</sub> = “Sloup vyhoví”

Využití:

$$\frac{M_{Ed.sl.1}}{M_{b.Rd.sl.1}} \cdot 100 = 71.474 \quad \%$$

Posouzení sloupu na kombinaci tlaku s ohybem:

Lineární průběh momentu

$$\phi_{sl.1} := \frac{6.06 \text{ kN} \cdot \text{m}}{77.79 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.078$$

$$C_{my.sl.1} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \phi_{sl.1}, 0.4) = 0.631$$

$$\phi_{sl.1.LT} := \frac{6.06 \text{ kN} \cdot \text{m}}{88.98 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.068$$

$$C_{LT.sl.1} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \phi_{sl.1.LT}, 0.4) = 0.627$$

Součinitele k<sub>yy</sub> a k<sub>zy</sub>:

$$k_{yy} := \min \left( C_{my.sl.1} \cdot \left( 1 + (\lambda_{rel.y.sl.1} - 0.2) \right), \left( 1 + 0.8 \right) \cdot \left( \frac{N_{Ed.sl.1}}{\chi_{y.sl.1} \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.638$$

$$k_{zy} := \max \left( \left( 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{rel.z.sl.1}}{(C_{LT.sl.1} - 0.25)} \right) \cdot \left( \frac{N_{Ed.sl.1}}{\chi_{z.sl.1} \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right), \left( 1 - \frac{0.1}{(C_{LT.sl.1} - 0.25)} \right) \cdot \left( \frac{N_{Ed.sl.1}}{\chi_{z.sl.1} \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.986$$

$$\max(k_{yy}, k_{zy}) = 0.986$$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed.sl.1}}{\chi_{y.sl.1} \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed.sl.1}}{\chi_{LT.sl.1} \cdot \frac{M_{y.Rk.sl.1}}{\gamma_{M1}}} = 0.495 < 1$$

Výsledek<sub>21</sub> = “Sloup vyhoví”

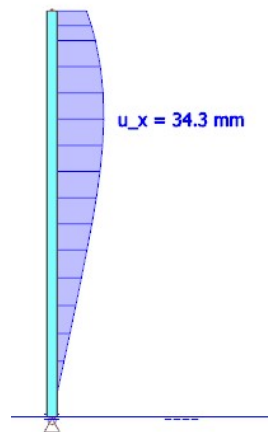
$$\frac{N_{Ed.sl.1}}{\chi_{z.sl.1} \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed.sl.1}}{\chi_{LT.sl.1} \cdot \frac{M_{y.Rk.sl.1}}{\gamma_{M1}}} = 0.763 < 1$$

$Výsledek_{22} = \text{“Sloup vyhoví”}$

### Dolní část sloupu

MbRd kNm	Med kNm	Využití %	NRd kN	Ned kN	Využití %
124.49	6.06	4.87	1165.74	190.15	16.31
Cmy	CmLT	ky	k <sub>zy</sub>		
0.60	0.60	0.61	0.97		
Interakce					
0.16	0.21	<1			

### Mezní stav použitelnosti



### Limitní průhyb:

$$\delta_{lim.sl.1} := \frac{L_{sl.1}}{150} = 52.3 \text{ mm}$$

### Skutečný průhyb:

$$\delta_{sl.1} := 34.3 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim.sl.1} > \delta_{sl.1} \xrightarrow{\text{float}, 3} 52.3 \cdot \text{mm} > 34.3 \cdot \text{mm}$$

$Výsledek_{23} = \text{“Sloup na průhyb vyhoví”}$

## 11. POSOUZENÍ PŘÍČLE HLAVNÍHO RÁMU

### Vnitřní síly

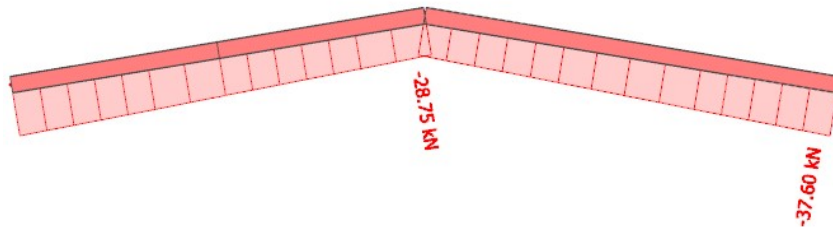
Obalové extrémní hodnoty kombinaci pro hlavní příčel

h(m)	NK	N	Vz	My
0	NK7	-37.6	48.34	-88.97
4.055+	NK9	14.36	-6.41	-14.79
0	NK1	-0.02	-17.36	32.14
0	NK5	-37.6	48.34	-88.98
3.36	NK5	-29.6	0.28	94.89

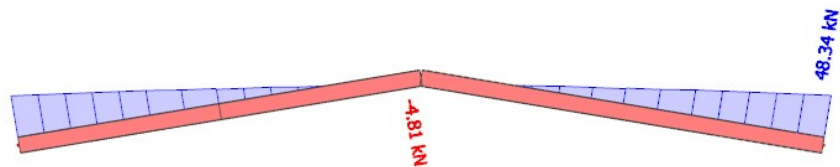
Extremy VS hlavní příčle NK5

h(m)	NK	N	Vz	My
4.055	NK5	-28.75	-4.81	93.53
0	NK5	-37.6	48.34	-88.98
3.361	NK5	-29.6	0.28	94.89

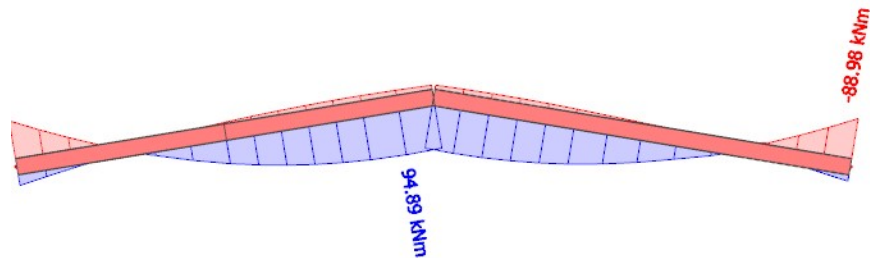
Ned - NK5



Ved - NK5



Med - NK5



$$M_{Ed.př.1} := 94.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed.př.1} := 29.6 \text{ kN}$$

- Zatřídění průřezu stojky namáhaného kombinací tlaku a ohybu

Posouzení příčle na ohyb

$$M_{pl.Rd.př} := W_{y.pl.př} \cdot f_y = 188.94 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.př.1}}{M_{pl.Rd.př}} \cdot 100 = 50.222 \%$$

**IPE 330**,  $L_{př.1} := 16.2 \text{ m}$

$$h_{.př} = 330 \text{ mm}$$

$$i_{y.př} = 137 \text{ mm}$$

$$b_{.př} = 160 \text{ mm}$$

$$i_{z.př} = 35.5 \text{ mm}$$

$$t_{w.př} = 7.5 \text{ mm}$$

$$W_{y.pl.př} = 804 \text{ cm}^3$$

$$I_{y.př} = (1.177 \cdot 10^4) \text{ cm}^4$$

$$W_{z.pl.př} = 154 \text{ cm}^3$$

$$I_{z.př} = 788 \text{ cm}^4$$

$$d_{w.př} = 271 \text{ mm}$$

$$A_{.př} = 62.6 \text{ cm}^2$$

$$t_{f.př} = 11.5 \text{ mm}$$

$$A_{vz.př} = (3.08 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$r_{.př} = 18 \text{ mm}$$

Poloha plastické neutrální osy

$$x_{.př.1} := \frac{N_{Ed.př.1}}{t_{w.př} \cdot f_y} = 16.794 \text{ mm}$$

Součinitel  $\alpha$  vyjadřující velikost tlačené části stěny

$$\alpha_{.př.1} := \frac{0.5 \cdot d_{w.př} + x_{.př.1}}{d_{w.př}} = 0.562$$

Zatřídění stojiny pro  $\alpha_{.př.1} > 0.5$

$$\frac{d_{w.př}}{t_{w.př}} = 36.133 \quad \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{.př.1} - 1} = 62.801$$

$$\frac{d_{w.př}}{t_{w.př}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{.př.1} - 1}$$

Výsledek<sub>24</sub> = "Podmínka pro stojinu 1. třídy je splněna."

Zatřídění tlačené pásnice

$$c_{.př.1} := 0.5 \cdot b_{.př} - r_{.př} - t_{w.př} = 54.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{.př.1}}{t_{f.př}} = 4.739$$

$$\frac{c_{.př.1}}{t_{f.př}} \leq 9 \cdot \varepsilon$$

Výsledek<sub>25</sub> = "Podmínka pro pásnici 1. třídy je splněna."

- Vzpěrné délky a vzpěrnostní součinitel

Střešní ztužidlo brání vybočení příčle kolmo k ose z.

$$L_{cr.y.př.1} := 16200 \text{ mm}$$

$$L_{cr.z.př.1} := 4050 \text{ mm}$$

### Štíhlost sloupu

$$\lambda_{y.př.1} := \frac{L_{cr.y.př.1}}{i_{y.př}} = 118.248$$

$$\lambda_{z.př.1} := \frac{L_{cr.z.př.1}}{i_{z.př}} = 114.085$$

### Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel.y.př.1} := \frac{\lambda_{y.př.1}}{\lambda_1} = 1.259$$

$$\lambda_{rel.z.př.1} := \frac{\lambda_{z.př.1}}{\lambda_1} = 1.215$$

### Křivka vzpěrné pevnosti:

$$\frac{h_{.př}}{b_{.př}} < 1.2 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.33}{0.16} < 1.2$$

Výsledek<sub>26</sub> = “Křivka vzpěrné pevnosti a,b.”

### Součinitele vzpěrnosti:

Křivka vzpěrné pevnosti	a0	a	b	c	d
Součinitel imperfekce a	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

$$\phi_{y.př.1} := 0.5 \cdot \left(1 + a \cdot (\lambda_{rel.y.př.1} - 0.2) + \lambda_{rel.y.př.1}^2\right) = 1.404$$

$$\chi_{y.př.1} := \frac{1}{\phi_{y.př.1} + \sqrt{\phi_{y.př.1}^2 - \lambda_{rel.y.př.1}^2}} = 0.494$$

$$\phi_{z.př.1} := 0.5 \cdot \left(1 + b \cdot (\lambda_{rel.z.př.1} - 0.2) + \lambda_{rel.z.př.1}^2\right) = 1.411$$

$$\chi_{z.př.1} := \frac{1}{\phi_{z.př.1} + \sqrt{\phi_{z.př.1}^2 - \lambda_{rel.z.př.1}^2}} = 0.47$$

### Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{Rd.př.1} := \chi_{z.př.1} \cdot A_{.př} \cdot f_y = 691.528 \text{ kN}$$

$$N_{Rd.př.1} > N_{Ed.př.1} \xrightarrow{\text{float, 5}} 691.53 \cdot \text{kN} > 29.6 \cdot \text{kN}$$

Výsledek<sub>27</sub> = “Vyhovuje”

### Vliv klopení:

Výpočet  $M_{cr.př.1}$  byl proveden v programu LTBeamN. Viz příloha 4.2.2



$$\mu_{cr.př.1} := 5.723$$

$$M_{cr.př.1} := 533.36 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{LT.př.1} := \sqrt{W_{y.pl.př} \cdot \frac{f_y}{M_{cr.př.1}}} = 0.595$$

Křivka klopení:

$$\frac{h_{.př}}{b_{.př}} > 2 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.33}{0.16} > 2$$

Výsledek<sub>28</sub> = "Křivka klopení b."

Součinitel klopení:

Křivka klopení	a	b
Součinitel imperfekce při klopení $\alpha_{LT}$	0.21	0.34

$$\phi_{LT.př.1} := 0.5 \cdot (1 + b_k \cdot (\lambda_{LT.př.1} - 0.2) + \lambda_{LT.př.1}^2) = 0.744$$

$$\chi_{LT.př.1} := \frac{1}{\phi_{LT.př.1} + \sqrt{\phi_{LT.př.1}^2 - \lambda_{LT.př.1}^2}} = 0.839$$

$$M_{b.Rd.př.1} := \chi_{LT.př.1} \cdot W_{y.pl.př} \cdot f_y = 158.609 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

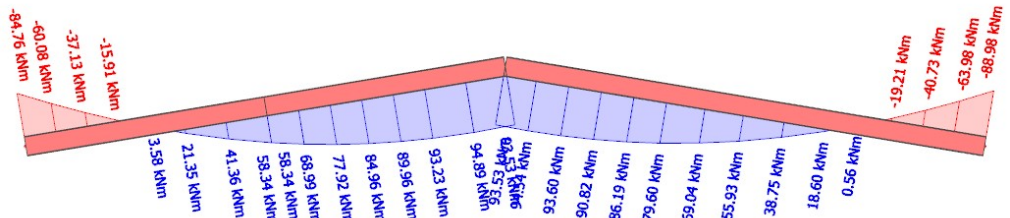
$$M_{b.Rd.př.1} > M_{Ed.př.1} \xrightarrow{\text{float, 4}} 158.6 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > 94.89 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Výsledek<sub>29</sub> = "příčel vyhoví"

Využití:

$$\frac{M_{Ed.př.1}}{M_{b.Rd.př.1}} \cdot 100 = 59.8 \quad \%$$

Posouzení příčle na kombinaci tlaku s ohybem.



Poměr středového a koncového momentu

$$\alpha_{s.př.1.my} := \frac{92.98 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-88.98 \text{ kN} \cdot \text{m}} = -1.045 \quad -1 \leq \alpha_{s.př.1} \leq 1$$

$$\alpha_{s.př.1.my} := -1$$

Poměr koncových momentů

$$\psi_{př.1.my} := \frac{-84.76 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-88.98 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.953 \quad 0 \leq \psi_{př.1} \leq 1$$

$$C_{my.př.1} := \max(0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{s.př.1.my}, 0.4) = 0.9$$

Součinitel konstantního momentu  $C_{mLT}$  pro průběh momentu  $M_y$  mezi body podepření ve směru  $y-y$

Poměr středového a koncového momentu

$$\alpha_{s.př.1.mLT} := 1 \quad -1 \leq \alpha_{s.př.1} < 1$$

Poměr koncových momentů

$$\psi_{př.1.mLT} := \frac{79.6 \text{ kN} \cdot \text{m}}{92.9 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.857 \quad 0 \leq \psi_{př.1} \leq 1$$

$$\psi_{př.1.mLT} := 1$$

$$C_{mLT.př.1} := \max(0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{s.př.1.mLT}, 0.4) = 1$$

Součinitele  $k_{yy}$  a  $k_{zy}$ :

$$k_{yy} := \min \left( C_{my.př.1} \downarrow, \left( \frac{C_{my.př.1} \downarrow}{\left( 1 + (\lambda_{rel.y.př.1} - 0.2) \downarrow \right)} \cdot \frac{N_{Ed.př.1}}{\chi_{y.př.1} \cdot \frac{N_{Rk.př}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.929$$

$$k_{zy} := \max \left( \left( 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{rel.z.př.1}}{(C_{mLT.př.1} - 0.25) \downarrow} \right) \downarrow, \left( 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT.př.1} - 0.25) \downarrow} \right) \downarrow \right) \cdot \frac{N_{Ed.př.1}}{\chi_{z.př.1} \cdot \frac{N_{Rk.př}}{\gamma_{M1}}} = 0.994$$

Podmínky spolehlivosti:

$$M_{y.Rk.př.1} := W_{y.pl.př} \downarrow \cdot f_y$$

$$M_{y.Rk.př.1} = 188.94 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

$$\chi_{LT.př.1} = 0.839$$

$$\frac{N_{Ed.př.1}}{\chi_{y.př.1} \cdot \frac{N_{Rk.př}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed.př.1}}{\chi_{LT.př.1} \cdot \frac{M_{y.Rk.př.1}}{\gamma_{M1}}} = 0.597 < 1$$

Výsledek<sub>30</sub> = "Příčel vyhoví"

$$\frac{N_{Ed.př.1}}{\chi_{z.př.1} \cdot \frac{N_{Rk.př}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed.př.1}}{\chi_{LT.př.1} \cdot \frac{M_{y.Rk.př.1}}{\gamma_{M1}}} = 0.638 < 1$$

Výsledek<sub>31</sub> = "Příčel vyhoví"

Smyk z důvodu malých hodnot nebude zohledněn.

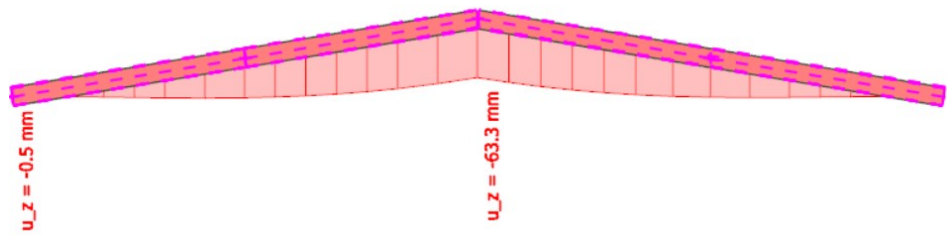
\*vaznice drží horní pásnici

$$N_{Rk.př} := A_{př} \cdot f_y = 1471.1 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\lambda_{rel.y.př.1} = 1.259$$

$$\lambda_{rel.z.př.1} = 1.215$$

Mezní stav použitelnostiLimitní průhyb:

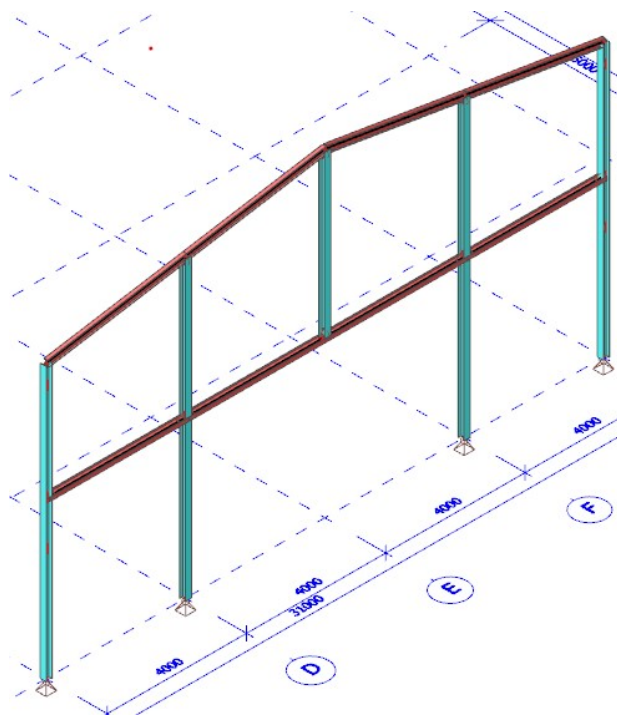
$$\delta_{lim.př.1} := \frac{L_{př.1}}{250} = 64.8 \text{ mm}$$

Skutečný průhyb:

$$\delta_{př.1} := 63.3 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim.př.1} > \delta_{př.1} \xrightarrow{\text{float}, 3} 64.8 \cdot \text{mm} > 63.3 \cdot \text{mm}$$

Výsledek<sub>32</sub> = “Příčel na průhyb vyhoví”

**12.NÁVRH ŠTÍTOVÉ STĚNY HLAVNÍ VAZBY**

Předběžný návrh prvků byl proveden v programu SCIA Ing.

Příčel: IPE200

Krajní sloupy: HEA180

Prostřední sloupy: HEA180

Nosník D-F1: IPE200

**12.1 POSOUZENÍ PŘÍČLE****Vnitřní síly**

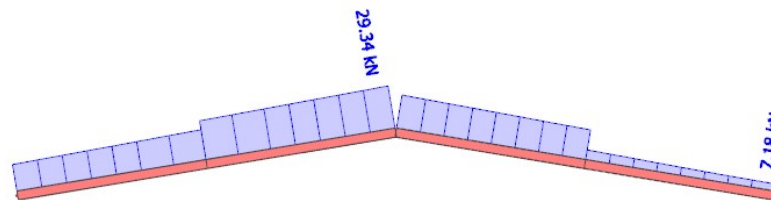
Obalové extrémní hodnoty kombinaci pro štitovou příčel s největšími VS

h(m)	NK	N	Vz	My
4.055	NK1	-24.41	3.45	1.5
4.053	NK5	29.34	11.13	39.94
4.055	NK7	21.45	-24	-31.36
0	NK5	27.16	24.22	-32.35
0	NK5	7.18	-3.83	0.64
0	NK7	19.44	-2.5	3.12
4.055	NK6	-10.37	1.75	1.57
4.055	NK6	-12.84	3.6	1.57

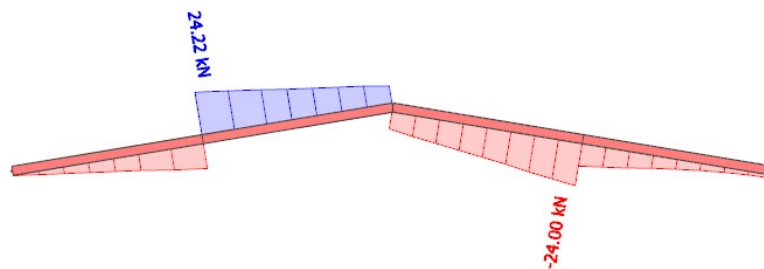
**Extremy VS štitové příče NK7**

h(m)	NK	N	Vz	My
0	NK5	27.16	24.22	-32.35
4.055	NK5	21.44	-24	-31.36
0	NK5	7.18	-3.83	0.64
4.055	NK5	21.56	-15.15	-32.35
4.055	NK5	29.34	11.13	39.94
4.055	NK5	8.86	-13.89	-31.36

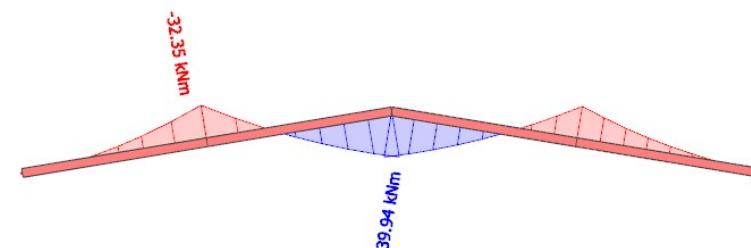
Ned - NK7



Ved - NK7



Med - NK7



$$M_{Ed.př.š} := 40 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed.př.š} := 29.34 \text{ kN}$$

- Zatřídění průřezu stojky namáhaného kombinací tlaku a ohybu

#### Posouzení příčle na ohyb

$$M_{pl.Rd.př.š} := W_{y.pl.př.š} \cdot f_y = 51.935 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.př.š}}{M_{pl.Rd.př.š}} \cdot 100 = 77.019 \quad \%$$

$$\text{IPE 200, } L_{př.š} := 16.2 \text{ m}$$

$$h_{př.š} = 200 \text{ mm}$$

$$i_{y.př.š} = 82.6 \text{ mm}$$

$$b_{př.š} = 100 \text{ mm}$$

$$i_{z.př.š} = 22.4 \text{ mm}$$

$$t_{w.př.š} = 5.6 \text{ mm}$$

$$W_{y.pl.př.š} = 221 \text{ cm}^3$$

$$I_{y.př.š} = (1.943 \cdot 10^3) \text{ cm}^4$$

$$W_{z.pl.př.š} = 44.6 \text{ cm}^3$$

$$I_{z.př.š} = 142 \text{ cm}^4$$

$$d_{w.př.š} = 159 \text{ mm}$$

$$A_{př.š} = 28.5 \text{ cm}^2$$

$$t_{f.př.š} = 8.5 \text{ mm}$$

$$A_{vz.př.š} = (1.402 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad r_{př.š} = 12 \text{ mm}$$

#### Poloha plastické neutrální plochy

$$x_{př.š} := \frac{N_{Ed.př.š}}{t_{w.př.š} \cdot f_y} = 22.295 \text{ mm}$$

#### Součinitel $\alpha$ vyjadřující velikost tlačené části stěny

$$\alpha_{př.š} := \frac{0.5 \cdot d_{w.př.š} + x_{př.š}}{d_{w.př.š}} = 0.64$$

#### Zatřídění stojiny pro $\alpha_{př.š} > 0.5$

$$\frac{d_{w.př.š}}{t_{w.př.š}} = 28.393 \quad \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{př.š} - 1} = 54.077$$

$$\frac{d_{w.př.š}}{t_{w.př.š}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{př.š} - 1}$$

Výsledek<sub>33</sub> = "Podmínka pro stojinu 1. třídy je splněna."

#### Zatřídění pásnice

$$c_{př.š} := 0.5 \cdot b_{př.š} - r_{př.š} - t_{w.př.š} = 54.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{\text{př.š}}}{t_{f,\text{př.š}}} = 6.412$$

$$\frac{c_{\text{př.š}}}{t_{f,\text{př.š}}} \leq 9 \cdot \varepsilon$$

Výsledek<sub>34</sub> = “Podmínka pro pásnici 1. třídy je splněna.”

#### Vzpěrné délky a vzpěrnostní součinitel

$$L_{cr,y,\text{př.š}} := 4050 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z,\text{př.š}} := 4050 \text{ mm}$$

#### Štíhlost sloupu

$$\lambda_{y,\text{př.š}} := \frac{L_{cr,y,\text{př.š}}}{i_{y,\text{př.š}}} = 49.031$$

$$\lambda_{z,\text{př.š}} := \frac{L_{cr,z,\text{př.š}}}{i_{z,\text{př.š}}} = 180.804$$

#### Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel,y,\text{př.š}} := \frac{\lambda_{y,\text{př.š}}}{\lambda_1} = 0.522$$

$$\lambda_{rel,z,\text{př.š}} := \frac{\lambda_{z,\text{př.š}}}{\lambda_1} = 1.925$$

#### Křivka vzpěrné pevnosti:

$$\frac{h_{\text{př.š}}}{b_{\text{př.š}}} > 1.2 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.2}{0.1} > 1.2$$

Výsledek<sub>35</sub> = “Křivka vzpěrné pevnosti a,b.”

#### Součinitele vzpěrnosti:

Křivka vzpěrné pevnosti	a0	a	b	c	d
Součinitel imperfekce a	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

$$\phi_{y,\text{př.š}} := 0.5 \cdot \left( 1 + a \cdot (\lambda_{rel,y,\text{př.š}} - 0.2) + \lambda_{rel,y,\text{př.š}}^2 \right) = 0.67$$

$$\chi_{y,\text{př.š}} := \frac{1}{\phi_{y,\text{př.š}} + \sqrt{\phi_{y,\text{př.š}}^2 - \lambda_{rel,y,\text{př.š}}^2}} = 0.917$$

$$\phi_{z,\text{př.š}} := 0.5 \cdot \left( 1 + b \cdot (\lambda_{rel,z,\text{př.š}} - 0.2) + \lambda_{rel,z,\text{př.š}}^2 \right) = 2.647$$

$$\chi_{z,\text{př.š}} := \frac{1}{\phi_{z,\text{př.š}} + \sqrt{\phi_{z,\text{př.š}}^2 - \lambda_{rel,z,\text{př.š}}^2}} = 0.224$$

#### Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{Rd.př.š} := \chi_{z.př.š} \cdot A_{.př.š} \cdot f_y = 150.048 \text{ kN}$$

$$N_{Rd.př.š} > N_{Ed.př.š} \xrightarrow{\text{float}, 5} 150.05 \cdot \text{kN} > 29.34 \cdot \text{kN}$$

Výsledek<sub>36</sub> = “Vyhovuje”

Vliv klopení:

Výpočet  $M_{cr.př.š}$  byl proveden v programu LTBeamN. Viz příloha 4.2.3

$$\mu_{cr.př.š} := 3.495$$

$$M_{cr.př.š} := 139.79 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{LT.př.š} := \sqrt{W_{y.pl.př.š} \cdot \frac{f_y}{M_{cr.př.š}}} = 0.61$$

Křivka klopení:

$$\frac{h_{.př.š}}{b_{.př.š}} \geq 2 \xrightarrow{\text{explicit}, ALL} \frac{0.2}{0.1} \geq 2$$

Výsledek<sub>37</sub> = “Křivka klopení a.”

Součinitel klopení:

Křivka klopení	a	b
Součinitel imperfekce při klopení $\alpha_{LT}$	0.21	0.34

$$\phi_{LT.př.š} := 0.5 \cdot \left( 1 + a_k \cdot (\lambda_{LT.př.š} - 0.2) + \lambda_{LT.př.š}^2 \right) = 0.729$$

$$\chi_{LT.př.š} := \frac{1}{\phi_{LT.př.š} + \sqrt{\phi_{LT.př.š}^2 - \lambda_{LT.př.š}^2}} = 0.886$$

$$M_{b.Rd.př.š} := \chi_{LT.př.š} \cdot W_{y.pl.př.š} \cdot f_y = 46.033 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

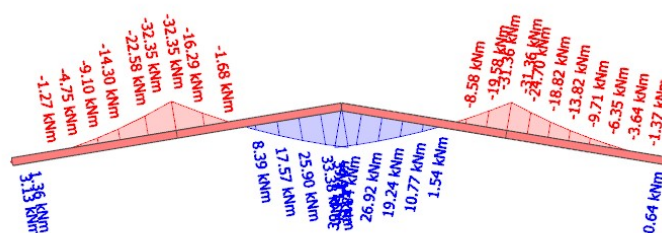
$$M_{b.Rd.př.š} > M_{Ed.př.š} \xrightarrow{\text{float}, 4} 46.03 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > 40.0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Výsledek<sub>38</sub> = “příčel vyhoví”

Využití:

$$\frac{M_{Ed.př.š}}{M_{b.Rd.př.š}} \cdot 100 = 86.895 \quad \%$$

Posouzení příčle na kombinaci tlaku s ohybem.



Poměr středového a koncového momentu

$$\alpha_{s.př.š.my} := \frac{10.32 \text{ kN} \cdot \text{m}}{40 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.258 \quad 0 \leq \alpha_{s.př.š} \leq 1$$

Poměr koncových momentů

$$\psi_{př.š.my} := \frac{-32.41 \text{ kN} \cdot \text{m}}{40 \text{ kN} \cdot \text{m}} = -0.81 \quad -1 \leq \psi_{př.š} \leq 1$$

$$C_{my.př.š} := \max(0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{s.př.š.my}, 0.4) = 0.406$$

Součinitel konstantního momentu  $C_{mLT}$  pro průběh momentu  $M_y$  mezi body podepření ve směru y-y

Poměr koncových momentů

$$\alpha_{s.př.š.mLT} := \frac{8.38}{40} = 0.21 \quad 0 \leq \alpha_{s.př.š} < 1$$

$$\psi_{př.š.mLT} := \frac{-1.7 \text{ kN} \cdot \text{m}}{40 \text{ kN} \cdot \text{m}} = -0.043 \quad -1 \leq \psi_{př.š} \leq 1$$

$$C_{mLT.př.š} := \max(0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{s.př.š.mLT}, 0.4) = 0.4$$

$$N_{Rk.př.š} := A_{př.š} \cdot f_y = 669.75 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

Součinitele  $k_{yy}$  a  $k_{zy}$ :

$$k_{yy} := \min \left( \left( C_{my.př.š} \downarrow \cdot \left( 1 + (\lambda_{rel.y.př.š} - 0.2) \downarrow \right) \cdot \frac{N_{Ed.př.š}}{\chi_{y.př.š} \cdot \frac{N_{Rk.př.š}}{\gamma_{M1}}} \right), \left( C_{my.př.š} \downarrow \cdot \left( 1 + 0.8 \downarrow \right) \cdot \frac{N_{Ed.př.š}}{\chi_{y.př.š} \cdot \frac{N_{Rk.př.š}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.413$$

$$\lambda_{rel.y.př.š} = 0.522$$

$$\lambda_{rel.z.př.š} = 1.925$$

$$k_{zy} := \max \left( \left( 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{rel.z.př.š}}{(C_{mLT.př.š} - 0.25) \downarrow} \right) \cdot \frac{N_{Ed.př.š}}{\chi_{z.př.š} \cdot \frac{N_{Rk.př.š}}{\gamma_{M1}}} \right), \left( 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT.př.š} - 0.25) \downarrow} \right) \cdot \frac{N_{Ed.př.š}}{\chi_{z.př.š} \cdot \frac{N_{Rk.př.š}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.87$$

$$M_{y.Rk.př.š} := W_{y.pl.př.š} \cdot f_y$$

$$M_{y.Rk.př.š} = 188.94 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

$$\chi_{LT.př.š} = 0.886$$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed.př.š}}{\chi_{y.př.š} \cdot \frac{N_{Rk.př.š}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed.př.š}}{\chi_{LT.př.š} \cdot \frac{M_{y.Rk.př.š}}{\gamma_{M1}}} = 0.146 < 1$$

Výsledek<sub>39</sub> = "Příčel vyhoví"

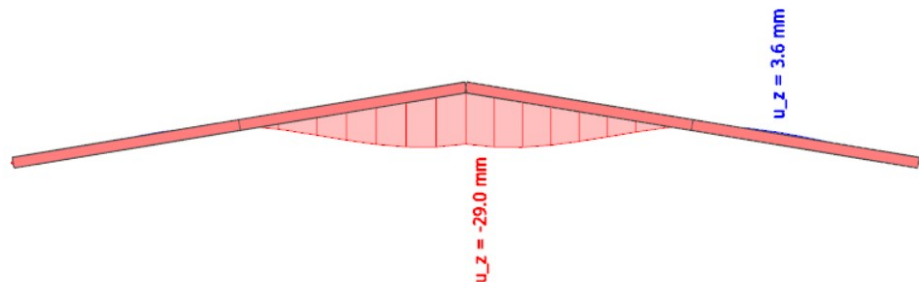
$$\frac{N_{Ed.př.š}}{\chi_{z.př.š} \cdot \frac{N_{Rk.př.š}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed.př.š}}{\chi_{LT.př.š} \cdot \frac{M_{y.Rk.př.š}}{\gamma_{M1}}} = 0.403 < 1$$



Výsledek<sub>40</sub> = “Příčel vyhoví”

Smyk z důvodu malých hodnot nebude zohledněn.

### Mezní stav použitelnosti



### Limitní průhyb:

$$\delta_{lim.př.š} := \frac{L_{př.š}}{250} = 64.8 \text{ mm}$$

### Skutečný průhyb:

$$\delta_{př.š} := 29 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim.př.š} > \delta_{př.š} \xrightarrow{\text{float, 3}} 64.8 \cdot \text{mm} > 29.0 \cdot \text{mm}$$

Výsledek<sub>41</sub> = “Příčel na průhyb vyhoví”

## 12.2 POSOUZENÍ KRAJNÍHO SLOUPU (SLOUP G1)

### Vnitřní síly

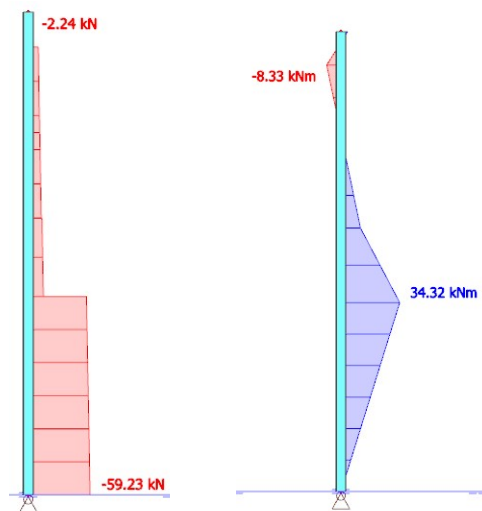
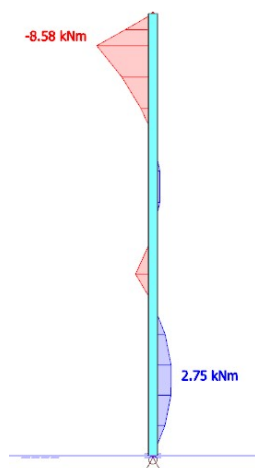
Obalové extrémní hodnoty kombinaci pro štitovou příčel s největšími VS

h(m)	NK	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
0	NK10	-91.27	0.49	-1.14	0	0	0
7.281-	NK11	7.01	3.49	-7.67	0	-7.27	-2.26
3.225+	NK11	2.19	-9.51	-7.73	0	23.9	7.33
4.500-	NK5	-9.17	-3.83	-32.55	0	-20.85	-1.3
7.281+	NK1	-3.57	11.19	24.27	0	-9.75	-6.12
4.500+	NK1	-9.86	1.68	-9.6	0	16.95	1.32
4.500+	NK7	-8.47	-3.83	8.6	0	-20.87	-1.29
3.225+	NK2	-14.5	4.89	-18	0	34.32	-2.65
7.281+	NK5	3.99	21.01	-6.47	0	3.04	-11.94

### Extremy VS štitové příčle NK2

h(m)	NK	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
0	NK2	-59.23	4.24	10.64	0	0	0
7.85	NK2	-2.24	14.5	21.05	0	3.85	0
4.500-	NK2	-13.09	0.89	-18	0	11.37	1.04
7.281-	NK2	-9.65	-7.48	-7.09	0	-8.33	-8.58
3.225+	NK2	-55.65	4.89	-18	0	34.32	-2.65

7.281+	NK2	-2.71	15.52	21.8	0	-8.33	-8.58
1.612-	NK2	-57.44	-0.82	10.64	0	17.16	2.75

N - NK2My - NK2Mz - NK2Horní část sloupu:

$$N_{Ed.sl.š.h} := 56.48 \text{ kN} \quad M_{Ed.sl.š.z} := 2.61 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.sl.š.h} := 35.97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

**HEA 180**,  $L_{př.sl.š} := 7.85 \text{ m}$

$$h_{sl.š} = 171 \text{ mm}$$

$$i_{y.sl.š} = 74.5 \text{ mm}$$

$$b_{sl.š} = 180 \text{ mm}$$

$$i_{z.sl.š} = 45.2 \text{ mm}$$

$$t_{w.sl.š} = 6 \text{ mm}$$

$$W_{y.pl.sl.š} = 325 \text{ cm}^3$$

$$I_{y.sl.š} = (2.51 \cdot 10^3) \text{ cm}^4$$

$$W_{z.pl.sl.š} = 156 \text{ cm}^3$$

$$I_{z.sl.š} = 925 \text{ cm}^4$$

$$d_{w.sl.š} = 122 \text{ mm}$$

$$A_{sl.š} = 45.3 \text{ cm}^2$$

$$t_{f.sl.š} = 9.5 \text{ mm}$$

$$A_{vz.sl.š} = (1.452 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad r_{.sl.š} = 15 \text{ mm}$$

$$x_{.sl.š} := \frac{N_{Ed.sl.š.h}}{t_{w.sl.š} \cdot f_y} = 40.057 \text{ mm}$$

### Součinitel $\alpha$ vyjadřující velikost tlačené části stěny

$$\alpha_{.sl.š} := \frac{0.5 \cdot d_{w.sl.š} + x_{.sl.š}}{d_{w.sl.š}} = 0.828$$

### Zatřídění stojiny pro $\alpha_{.sl.š} > 0.5$

$$\frac{d_{w.sl.š}}{t_{w.sl.š}} = 20.333 \quad \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{.sl.š} - 1} = 40.539$$

$$\frac{d_{w.sl.š}}{t_{w.sl.š}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{.sl.š} - 1}$$

Výsledek<sub>42</sub> = "Podmínka pro stojinu 1. třídy je splněna."

### Zatřídění tlačené pásnice

$$c_{.sl.š} := 0.5 \cdot b_{.sl.š} - r_{.sl.š} - t_{w.sl.š} = 69 \text{ mm}$$

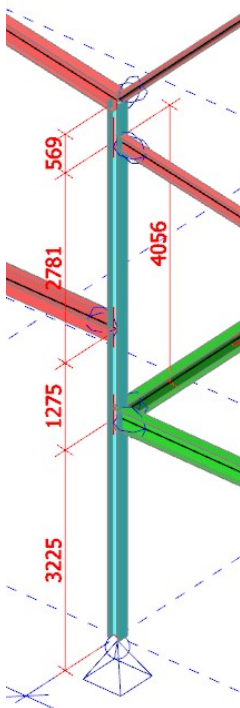
$$\frac{c_{.sl.š}}{t_{f.sl.š}} = 7.263$$

$$\frac{c_{.sl.š}}{t_{f.sl.š}} \leq 9 \cdot \varepsilon$$

Výsledek<sub>43</sub> = "Podmínka pro pásnici 1. třídy je splněna."

- Vzpěrné délky a vzpěrnostní součinitel

Sloup rámu jsou podepřený nosníky mezaninu a průvlakem nad vratami. Stropní deska kolem sloupu je ŽB.



### Dolní část sloupu

$$L_{cr.y.sl.š} := 3.225 \text{ m}$$

$$L_{cr.z.sl.š} := 3.225 \text{ m}$$

### Štíhlost sloupu

$$\lambda_{y.sl.š} := \frac{L_{cr.y.sl.š}}{i_{y.sl.š}} = 43.289$$

$$\lambda_{z.sl.š} := \frac{L_{cr.z.sl.š}}{i_{z.sl.š}} = 71.35$$

### Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel.y.sl.š} := \frac{\lambda_{y.sl.š}}{\lambda_1} = 0.461$$

$$\lambda_{rel.z.sl.š} := \frac{\lambda_{z.sl.š}}{\lambda_1} = 0.76$$

Křivka vzpěrné pevnosti:

$$\frac{h_{sl.š}}{b_{sl.š}} < 1.2 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.171}{0.18} < 1.2$$

Výsledek<sub>44</sub> = “Křivka vzpěrné pevnosti b,c.”

Součinitele vzpěrnosti:

Křivka vzpěrné pevnosti	a0	a	b	c	d
Součinitel imperfekce a	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

$$\phi_{y.sl.š} := 0.5 \cdot \left( 1 + b \cdot (\lambda_{rel.y.sl.š} - 0.2) + \lambda_{rel.y.sl.š}^2 \right) = 0.651$$

$$\chi_{y.sl.š} := \frac{1}{\phi_{y.sl.š} + \sqrt{\phi_{y.sl.š}^2 - \lambda_{rel.y.sl.š}^2}} = 0.901$$

$$\phi_{z.sl.š} := 0.5 \cdot \left( 1 + c \cdot (\lambda_{rel.z.sl.š} - 0.2) + \lambda_{rel.z.sl.š}^2 \right) = 0.926$$

$$\chi_{z.sl.š} := \frac{1}{\phi_{z.sl.š} + \sqrt{\phi_{z.sl.š}^2 - \lambda_{rel.z.sl.š}^2}} = 0.687$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{Rd.š} := \chi_{z.sl.š} \cdot A_{sl.š} \cdot f_y = 731.736 \text{ kN}$$

$$N_{Rd.š} > N_{Ed.sl.š.h} \xrightarrow{\text{float, 5}} 731.74 \cdot \text{kN} > 56.48 \cdot \text{kN}$$

Výsledek<sub>45</sub> = “Vyhovuje”

Vliv klopení:

Budu uvažovat pouze horní část sloupu o rozpětí 4056mm, protože v horní části je větší ohybový moment.

Výpočet  $M_{cr.sl.š}$  byl proveden v programu LTBeamN. Viz příloha 4.2.4

$$M_{cr.sl.š} := 657.53 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\mu_{cr} := 18.32$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{LT.sl.š} := \sqrt{W_{y.pl.sl.š} \cdot \frac{f_y}{M_{cr.sl.š}}} = 0.341$$

Křivka klopení:

$$\frac{h_{sl.š}}{b_{sl.š}} < 2 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.171}{0.18} < 2$$

Výsledek<sub>46</sub> = “Křivka klopení a.”

Součinitel klopení:

Křivka klopení	a	b	
Součinitel imperfekce při klopení $\alpha_{LT}$	0.21	0.34	

$$\phi_{LT.sl.š} := 0.5 \cdot \left( 1 + a_k \cdot (\lambda_{LT.sl.š} - 0.2) + \lambda_{LT.sl.š}^2 \right) = 0.573$$

$$\chi_{LT.sl.š} := \frac{1}{\phi_{LT.sl.š} + \sqrt{\phi_{LT.sl.š}^2 - \lambda_{LT.sl.š}^2}} = 0.968$$

$$M_{b.Rd.sl.š} := \chi_{LT.sl.š} \cdot W_{y.pl.sl.š} \cdot f_y = 73.913 \text{ kN} \cdot m$$

$$M_{b.Rd.sl.š} > M_{Ed.sl.š.h} \xrightarrow{\text{float, 4}} 73.91 \cdot \text{kN} \cdot m > 35.97 \cdot \text{kN} \cdot m$$

Výsledek<sub>7</sub> = "Vyhovuje"

Využití:

$$\frac{M_{Ed.sl.š.h}}{M_{b.Rd.sl.š}} \cdot 100 = 48.7 \quad \%$$

Posouzení sloupu na kombinaci tlaku s ohybem.

$$\psi_{.sl.š} := 0$$

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu na délce  $L_{cr.y.sl.š}$

$$C_{my.sl.š} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi_{.sl.š} = 0.6 \quad -1 \leq \psi_{.sl.š} \leq 1$$

$$\psi_{.sl.š.k} := 0$$

$$C_{mLT.sl.š} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi_{.sl.š.k} = 0.6$$

$$\psi_{.sl.š.z} := 0$$

$$\alpha_{s.sl.š.2} := \frac{2.75}{-2.65} = -1.038 \quad -1 \leq \alpha_{s.sl.š.2} \leq 0$$

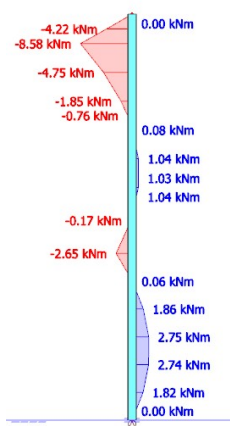
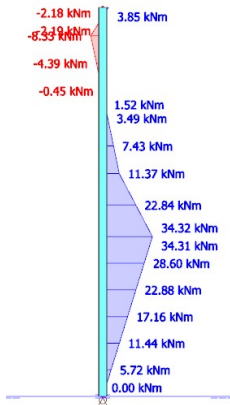
$$\alpha_{s.sl.š.2} := -1$$

$$C_{mz.sl.š} := \max(0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{s.sl.š.2}, 0.4) = 0.9$$

Součinitele  $k_{yy}$  a  $k_{zy}$ :

$$k_{yy} := \min \left( C_{my.sl.š} \cdot \left( 1 + (\lambda_{rel.y.sl.š} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.sl.š.h}}{N_{Rk.sl.š}} \right), \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.sl.š.h}}{\chi_{y.sl.š} \cdot \frac{N_{Rk.sl.š}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.609$$

$$M_{y.Rk.sl.š} = 76.375 \text{ m} \cdot \text{kN}$$



$$M_{z.Rk.sl.š} = 36.66 \text{ kN} \cdot m$$

$$\chi_{LT.sl.š} = 0.968$$

$$N_{Rk.sl.š} = 1064.55 \text{ kN}$$

$$k_{zy} := \max \left( \left( 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{rel.z.sl.š}}{(C_{mLT.sl.š} - 0.25)} \right) \downarrow, \left( 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT.sl.š} - 0.25)} \right) \downarrow \right) \cdot \left( \frac{N_{Ed.sl.š.h}}{N_{Rk.sl.š}} \cdot \frac{\chi_{z.sl.š}}{\gamma_{M1}} \right) = 0.983$$

$$k_{zz} := \max \left( C_{mz.sl.š} \cdot \left( 1 \downarrow + (2 \cdot \lambda_{rel.z.sl.š} - 0.6) \downarrow \right) \cdot \left( 1 + 1.4 \downarrow \right), C_{mz.sl.š} \downarrow \right) \cdot \left( \frac{N_{Ed.sl.š.h}}{\chi_{z.sl.š} \cdot N_{Rk.sl.š} \cdot \gamma_{M1}} \right) = 0.997$$

$$k_{yz} := 0.6 \cdot k_{zz} = 0.598$$

Podmínky spolehlivosti:

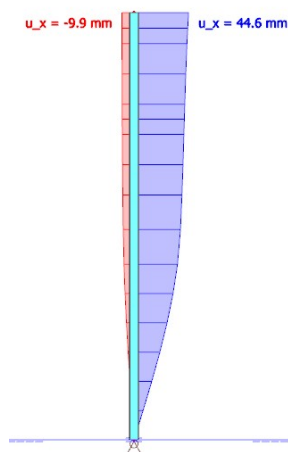
$$\frac{N_{Ed.sl.š.h}}{\chi_{y.sl.š} \cdot \frac{N_{Rk.sl.š}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed.sl.š.h}}{\chi_{LT.sl.š} \cdot \frac{M_{y.Rk.sl.š}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{|M_{Ed.sl.š.z}|}{\frac{M_{z.Rk.sl.š}}{\gamma_{M1}}} = 0.398 < 1$$

Výsledek<sub>47</sub> = "Sloup vyhoví"

$$\frac{N_{Ed.sl.š.h}}{\chi_{z.sl.š} \cdot \frac{N_{Rk.sl.š}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed.sl.š.h}}{\chi_{LT.sl.š} \cdot \frac{M_{y.Rk.sl.š}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{|M_{Ed.sl.š.z}|}{\frac{M_{z.Rk.sl.š}}{\gamma_{M1}}} = 0.627 < 1$$

Výsledek<sub>48</sub> = "Sloup vyhoví"

**Mezní stav použitelnosti**



Limitní průhyb:

$$\delta_{lim.sl.š} := \frac{L_{př.sl.š}}{150} = 52.3 \text{ mm}$$

Skutečný průhyb:

$$\delta_{sl.š} := 44.6 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim.sl.š} > \delta_{sl.š} \xrightarrow{\text{float}, 3} 52.3 \cdot mm > 44.6 \cdot mm$$

Výsledek<sub>49</sub> = "Sloup na průhyb vyhoví"

### 12.3 ŠTITOVÝ SLOUP (D1):

#### Vnitřní síly

Obalové extrémní hodnoty kombinaci pro štitový sloup s největšími VS

h(m)	NK	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
8.515	NK5	-51.22	0.41	0	0	0	0
0	NK11	13.63	-1.52	16.19	0	0	0
0	NK2	-6.56	-2.1	-20.31	0	0	0
8.515	NK2	-16.78	1.88	21.86	0	0	0
0	NK1	1.74	-1.98	-20.31	0	0	0
8.515	NK1	-8.36	1.77	21.86	0	0	0
4.015-	NK4	9.79	-1.52	5.3	0	46.23	-6.11
4.015-	NK2	-10.4	-2.09	-4.92	0	-50.7	-8.41
4.015+	NK9	-0.92	-0.44	0	0	0	1.95

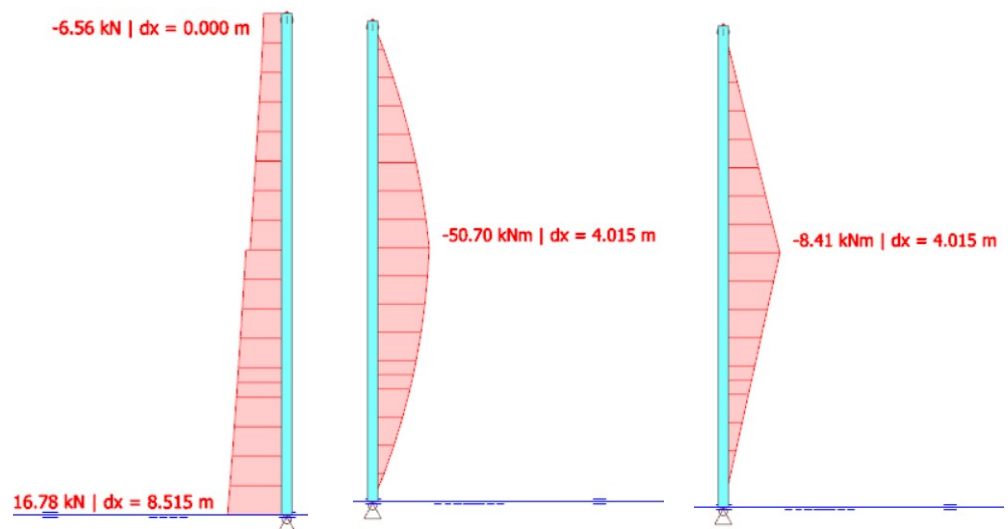
Extremy VS štitového sloupu NK2

h(m)	NK	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
8.515	NK2	-16.78	1.88	21.86	0	0	0
0	NK2	-6.56	-2.1	-20.31	0	0	0
4.015-	NK2	-10.4	-2.09	-4.92	0	-50.7	-8.41

N - NK2

My - NK2

Mz - NK2



$$N_{Ed.sl.š.2} := 10.4 \text{ kN}$$

$$M_{Ed.sl.š.2.z} := 8.41 \text{ kN} \cdot m$$

$$M_{Ed.sl.š.2} := 50.7 \text{ kN} \cdot m$$

**HEA 180**,  $L_{př.sl.š.2} := 8.515 \text{ m}$

$$h_{.sl.š.2} = 171 \text{ mm}$$

$$i_{y.sl.š.2} = 74.5 \text{ mm}$$

$$b_{.sl.š.2} = 180 \text{ mm}$$

$$i_{z.sl.š.2} = 45.2 \text{ mm}$$

$$t_{w.sl.š.2} = 6 \text{ mm}$$

$$W_{y.pl.sl.š.2} = 325 \text{ cm}^3$$

$$I_{y.sl.š.2} = (2.51 \cdot 10^3) \text{ cm}^4$$

$$W_{z.pl.sl.š.2} = 156 \text{ cm}^3$$

$$I_{z.sl.š.2} = 925 \text{ cm}^4$$

$$d_{w.sl.š.2} = 122 \text{ mm}$$

$$A_{.sl.š.2} = 45.3 \text{ cm}^2$$

$$t_{f.sl.š.2} = 9.5 \text{ mm}$$

$$A_{vz.sl.š.2} = (1.452 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad r_{.sl.š.2} = 15 \text{ mm}$$

$$x_{.sl.š.2} := \frac{N_{Ed.sl.š.2}}{t_{w.sl.š.2} \cdot f_y} = 7.376 \text{ mm}$$

Součinitel  $\alpha$  vyjadřující velikost tlačené části stěny

$$\alpha_{.sl.š.2} := \frac{0.5 \cdot d_{w.sl.š.2} + x_{.sl.š.2}}{d_{w.sl.š.2}} = 0.56$$

Zatřídění stojiny pro  $\alpha_{.sl.š.2} > 0.5$

$$\frac{d_{w.sl.š.2}}{t_{w.sl.š.2}} = 20.333 \quad \frac{396 \cdot \epsilon}{13 \cdot \alpha_{.sl.š.2} - 1} = 62.998$$

$$\frac{d_{w.sl.š.2}}{t_{w.sl.š.2}} \leq \frac{396 \cdot \epsilon}{13 \cdot \alpha_{.sl.š.2} - 1}$$

**Výsledek<sub>50</sub>** = "Podmínka pro stojinu 1. třídy je splněna."

Zatřídění tlačené pásnice

$$c_{.sl.š.2} := 0.5 \cdot b_{.sl.š.2} - r_{.sl.š.2} - t_{w.sl.š.2} = 69 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{.sl.š.2}}{t_{f.sl.š.2}} = 7.263$$

$$\frac{c_{.sl.š.2}}{t_{f.sl.š.2.2}} \leq 9 \cdot \epsilon$$

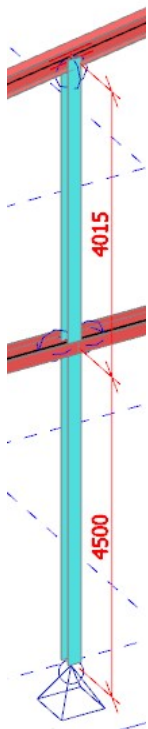
**Výsledek<sub>51</sub>** = "Podmínka pro pásnici 1. třídy je splněna."

- Vzpěrné délky a vzpěrnostní součinitel

Sloup rámu jsou podepřený nosníky mezaninu a průvlakem nad vraty. Stropní deska kolem sloupu je ŽB.

Horní část sloupu

$$L_{cr.y.sl.š.2} := 8.515 \text{ m}$$





$$L_{cr.z.sl.š.2} := 4.5 \text{ m}$$

### Štíhlost sloupu

$$\lambda_{y.sl.š.2} := \frac{L_{cr.y.sl.š.2}}{i_{y.sl.š.2}} = 114.295$$

$$\lambda_{z.sl.š.2} := \frac{L_{cr.z.sl.š.2}}{i_{z.sl.š.2}} = 99.558$$

### Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel.y.sl.š.2} := \frac{\lambda_{y.sl.š.2}}{\lambda_1} = 1.217$$

$$\lambda_{rel.z.sl.š.2} := \frac{\lambda_{z.sl.š.2}}{\lambda_1} = 1.06$$

### Křivka vzpěrné pevnosti:

$$\frac{h_{sl.š.2}}{b_{sl.š.2}} < 1.2 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.171}{0.18} < 1.2$$

Výsledek<sub>52</sub> = “Křivka vzpěrné pevnosti b,c.”

### Součinitele vzpěrnosti:

Křivka vzpěrné pevnosti	a0	a	b	c	d
Součinitel imperfekce a	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

$$\phi_{y.sl.š.2} := 0.5 \cdot \left( 1 + b \cdot (\lambda_{rel.y.sl.š.2} - 0.2) + \lambda_{rel.y.sl.š.2}^2 \right) = 1.414$$

$$\chi_{y.sl.š.2} := \frac{1}{\phi_{y.sl.š.2} + \sqrt{\phi_{y.sl.š.2}^2 - \lambda_{rel.y.sl.š.2}^2}} = 0.469$$

$$\phi_{z.sl.š.2} := 0.5 \cdot \left( 1 + c \cdot (\lambda_{rel.z.sl.š.2} - 0.2) + \lambda_{rel.z.sl.š.2}^2 \right) = 1.273$$

$$\chi_{z.sl.š.2} := \frac{1}{\phi_{z.sl.š.2} + \sqrt{\phi_{z.sl.š.2}^2 - \lambda_{rel.z.sl.š.2}^2}} = 0.506$$

### Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{Rd.š.2} := \chi_{y.sl.š.2} \cdot A_{sl.š.2} \cdot f_y = 499.145 \text{ kN}$$

$$N_{Rd.š.2} > N_{Ed.sl.š.2} \xrightarrow{\text{float, 5}} 499.14 \cdot \text{kN} > 10.4 \cdot \text{kN}$$

Výsledek<sub>53</sub> = “Vyhovuje”

### Vliv klopení:

Výpočet  $M_{cr.sl.š.2}$  byl proveden v programu LTBeamN. Viz příloha 4.2.5

$$M_{cr.sl.š.2} := 106.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\mu_{cr} := 2.102$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{LT.sl.š.2} := \sqrt{W_{y.pl.sl.š.2} \cdot \frac{f_y}{M_{cr.sl.š.2}}} = 0.847$$

Křivka klopení:

$$\frac{h_{sl.š.2}}{b_{sl.š.2}} < 2 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.171}{0.18} < 2$$

Výsledek<sub>54</sub> = “Vyhovuje”

Součinitel klopení:

Křivka klopení	a	b
Součinitel imperfekce při klopení $\alpha_{LT}$	0.21	0.34

$$\phi_{LT.sl.š.2} := 0.5 \cdot (1 + a_k \cdot (\lambda_{LT.sl.š.2} - 0.2) + \lambda_{LT.sl.š.2}^2) = 0.927$$

$$\chi_{LT.sl.š.2} := \frac{1}{\phi_{LT.sl.š.2} + \sqrt{\phi_{LT.sl.š.2}^2 - \lambda_{LT.sl.š.2}^2}} = 0.768$$

$$M_{b.Rd.sl.š.2} := \chi_{LT.sl.š.2} \cdot W_{y.pl.sl.š.2} \cdot f_y = 58.627 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{b.Rd.sl.š.2} > M_{Ed.sl.š.2} \xrightarrow{\text{float, 4}} 58.63 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > 50.7 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Výsledek<sub>7</sub> = “Vyhovuje”

Využití:

$$\frac{M_{Ed.sl.š.2}}{M_{b.Rd.sl.š.2}} \cdot 100 = 86.479 \%$$

Posouzení sloupu na kombinaci tlaku s ohybem.

$$\psi_{sl.š.2} := 0$$

$$\alpha_{s.sl.š.2.2} := 0$$

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu na délce  $L_{cr.y.sl.š.2}$

$$C_{my.sl.š.2} := \max(0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{s.sl.š.2.2}, 0.4) = 0.4 \quad \begin{array}{l} -1 \leq \psi_{sl.š.2} \leq 1 \\ 0 \leq \alpha_{s.sl.š.2.2} \leq 1 \end{array}$$

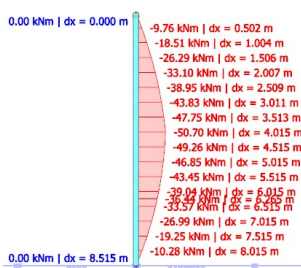
Momenty v místě příslušných bodů odepření:

$$-37.24 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad -49.85 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

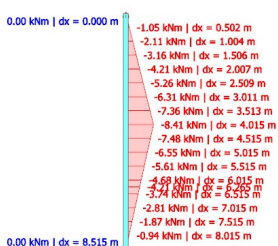
$$\psi_{sl.š.2.k} := \frac{-37.24 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-49.85 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.747$$

$$\alpha_{s.mLT} := \frac{-37.24 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-50.7 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.735$$

$M_y$



$M_z$



$$C_{mLT.sl.š.2} := \max(0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{s,mLT}, 0.4) = 0.788$$

Lineární průběh momentu:

$$\psi_{sl.š.2.z} := 0 \quad -1 \leq \psi_{sl.š.2.z} \leq 1$$

$$C_{mz.sl.š.2} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl.š.2.z}, 0.4) = 0.6$$

Součinitele  $k_{yy}$  a  $k_{zy}$ ,  $k_{zz}$ ,  $k_{yz}$ :

$$k_{yy} := \min \left( \left( \frac{C_{my.sl.š.2} \cdot \left( 1 + (\lambda_{rel.y.sl.š.2} - 0.2) \right)}{N_{Ed.sl.š.2}} \right) \cdot \left( \frac{N_{Rk.sl.š.2}}{\chi_{y.sl.š.2} \cdot \gamma_{M1}} \right) \right), \left( \frac{C_{my.sl.š.2} \cdot \left( 1 + 0.8 \right)}{N_{Ed.sl.š.2}} \right) \cdot \left( \frac{N_{Rk.sl.š.2}}{\chi_{y.sl.š.2} \cdot \gamma_{M1}} \right) \right) = 0.407$$

$$k_{zy} := \max \left( \left( 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{rel.z.sl.š.2}}{(C_{mLT.sl.š.2} - 0.25)} \right) \cdot \left( \frac{N_{Ed.sl.š.2}}{\chi_{z.sl.š.2} \cdot \frac{N_{Rk.sl.š.2}}{\gamma_{M1}}} \right) \right), \left( 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT.sl.š.2} - 0.25)} \right) \cdot \left( \frac{N_{Ed.sl.š.2}}{\chi_{z.sl.š.2} \cdot \frac{N_{Rk.sl.š.2}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.996$$

$$k_{zz} := \max \left( \left( \frac{C_{mz.sl.š.2} \cdot \left( 1 + (2 \cdot \lambda_{rel.z.sl.š.2} - 0.6) \right)}{N_{Ed.sl.š.2}} \right) \cdot \left( \frac{N_{Ed.sl.š.2}}{\chi_{z.sl.š.2} \cdot N_{Rk.sl.š.2} \cdot \gamma_{M1}} \right) \right), \left( \frac{C_{mz.sl.š.2} \cdot \left( 1 + 1.4 \cdot \frac{N_{Ed.sl.š.2}}{\chi_{z.sl.š.2} \cdot N_{Rk.sl.š.2} \cdot \gamma_{M1}} \right)}{N_{Ed.sl.š.2}} \right) \right) = 0.618$$

$$k_{yz} := 0.6 \cdot k_{zz} = 0.371$$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed.sl.š.2}}{\chi_{y.sl.š.2} \cdot \frac{N_{Rk.sl.š.2}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed.sl.š.2}}{\chi_{LT.sl.š.2} \cdot \frac{M_{y.Rk.sl.š.2}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} = 0.425 < 1$$

$$\cdot \frac{M_{z.Ed.sl.š.2}}{\frac{M_{z.Rk.sl.š.2}}{\gamma_{M1}}}$$

Výsledek<sub>55</sub> = "Sloup vyhoví"

$$\frac{N_{Ed.sl.š.2}}{\chi_{z.sl.š.2} \cdot \frac{N_{Rk.sl.š.2}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed.sl.š.2}}{\chi_{LT.sl.š.2} \cdot \frac{M_{y.Rk.sl.š.2}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} = 0.968 < 1$$

$$\cdot \frac{M_{z.Ed.sl.š.2}}{\frac{M_{z.Rk.sl.š.2}}{\gamma_{M1}}}$$

$$M_{y.Rk.sl.š.2} = 76.375 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

$$M_{z.Rk.sl.š.2} = 36.66 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_{LT.sl.š.2} = 0.768$$

$$N_{Rk.sl.š.2} = 1064.55 \text{ kN}$$

$$M_{z.Ed.sl.š.2} = 5.19 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$Výsledek_{56} = \text{“Sloup vyhoví”}$

### Mezní stav použitelnosti

#### Limitní průhyb:

$$\delta_{lim.sl.š.2} := \frac{L_{pr.sl.š.2}}{150} = 56.8 \text{ mm}$$

#### Skutečný průhyb:

$$\delta_{sl.š.2} := 42.4 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim.sl.š.2} > \delta_{sl.š.2} \xrightarrow{\text{float, 3}} 56.8 \cdot \text{mm} > 42.4 \cdot \text{mm}$$

$Výsledek_{57} = \text{“Sloup vyhoví”}$

## 12.4 NOSNÍK MEZI ŠTITOVÉ SLOUPY (D-F1)

### Vnitřní sily

Obalové extrémní hodnoty kombinaci pro štitový sloup s největšími VS

h(m)	NK	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]
0	NK9	-5.75	0	0
4.000+	NK5	41.76	0	0
8	NK7	41.76	0	0
0	NK7	41.75	0	0
0	NK6	9.72	-7.64	0
4.000+	NK4	-2.03	7.64	-30.56
0	NK1	-3.3	6.83	0
4.000+	NK6	9.74	7.64	-30.56
4.000-	NK2	8.31	6.83	27.31

Hodnoty normalové a smykové sily jsou zanedbatelné. Budu vycházet pouze s ohybovým momentem.

$$M_{Ed.prú} := 30.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{IPE 200, } L_{prú} := 8000 \text{ mm}$$

$$h_{prú} = 200 \text{ mm}$$

$$i_{y.prú} = 82.6 \text{ mm}$$

$$b_{prú} = 100 \text{ mm}$$

$$i_{z.prú} = 22.4 \text{ mm}$$

$$t_{w.prú} = 5.6 \text{ mm}$$

$$W_{y.pl.prú} = 221 \text{ cm}^3$$

$$I_{y.prú} = (1.943 \cdot 10^3) \text{ cm}^4$$

$$W_{z.pl.prú} = 44.6 \text{ cm}^3$$

$$I_{z.prú} = 142 \text{ cm}^4$$

$$d_{w.prú} = 159 \text{ mm}$$

$$A_{prú} = 28.5 \text{ cm}^2$$

$$t_{f.prú} = 8.5 \text{ mm}$$

$$A_{vz.prů} = (1.402 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad r_{.prů} = 12 \text{ mm}$$

### Posudek ohybového momentu

$$M_{pl.Rd.prů} := W_{y.pl.prů} \cdot f_y = 51.935 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.prů}}{M_{pl.Rd.prů}} \cdot 100 = 58.843 \quad \%$$

### Posudek klopení

Výpočet  $M_{cr.prů}$  byl proveden v programu LTBeamN. Viz příloha 4.2.6

$$M_{cr.prů} := 66.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\mu_{cr} := 2.178$$

### Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{LT.prů} := \sqrt{W_{y.pl.prů} \cdot \frac{f_y}{M_{cr.prů}}} = 0.883$$

### Křivka klopení:

$$\frac{h_{.prů}}{b_{.prů}} \leq 2$$

Výsledek<sub>58</sub> = “Křivka klopení a.”

### Součinitel klopení:

Křivka klopení	a	b
Součinitel imperfekce při klopení $\alpha_{LT}$	0.21	0.34

$$\phi_{LT.prů} := 0.5 \cdot (1 + a_k \cdot (\lambda_{LT.prů} - 0.2) + \lambda_{LT.prů}^2) = 0.962$$

$$\chi_{LT.prů} := \frac{1}{\phi_{LT.prů} + \sqrt{\phi_{LT.prů}^2 - \lambda_{LT.prů}^2}} = 0.745$$

$$M_{b.Rd.prů} := \chi_{LT.prů} \cdot W_{y.pl.prů} \cdot f_y = 38.682 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{b.Rd.prů} > M_{Ed.prů} \xrightarrow{\text{float}, 4} 38.68 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > 30.56 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Výsledek<sub>59</sub> = “nosník vyhoví”

### Využití:

$$\frac{M_{Ed.prů}}{M_{b.Rd.prů}} \cdot 100 = 79.003 \quad \%$$

### Mezní stav použitelnosti

### Limitní průhyb:

$$\delta_{lim.prů} := \frac{L_{prů}}{250} = 32 \text{ mm}$$

$$h_{.prů} = 0.2 \text{ m}$$

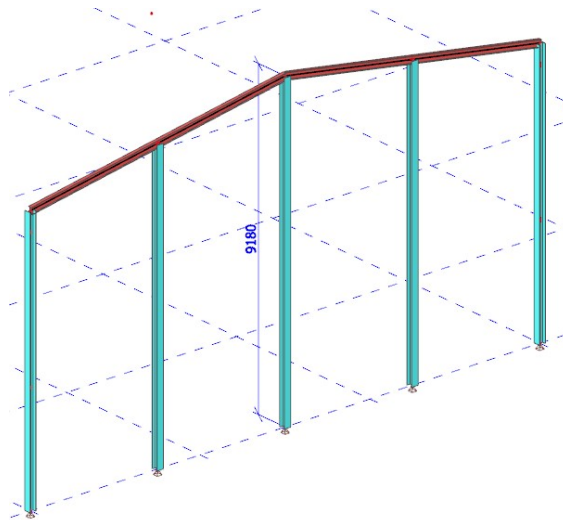
$$b_{.prů} = 0.1 \text{ m}$$

Skutečný průhyb:

$$\delta_{prů} := 29 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim.prů} > \delta_{prů} \xrightarrow{\text{float}, 3} 32.0 \cdot \text{mm} > 29.0 \cdot \text{mm}$$

Výsledek<sub>60</sub> = “nosník vyhoví”

**12.5 NÁVRH PROSTŘEDNÍHO SLOUPU ŠTÍTOVÉ VAZBY (D6)****Vnitřní síly:**

Střední sloup	NK	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
9.18	NK1	11.35	0	0
0	NK1	2.3	0	0
0	NK9	9.58	-14.46	0
9.18	NK9	18.64	12.08	0
4.517-	NK9	14.27	-0.1	-32.88
4.517-	NK4	-1.53	0.07	22.33
0	NK5	-49.96	0	0
4.517-	NK1	6.98	0	0
4.517-	NK10	3.27	-0.1	-32.88

$$M_{Ed.sl.š.j} := 32.88 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Smyk a tah z důvodu malých hodnot zanedban

M - NK10

**HEA180**,  $L_{sl.š.j} := 9.180 \text{ m}$ 

$$h_{sl.š.j} = 171 \text{ mm}$$

$$i_{y.sl.š.j} = 74.5 \text{ mm}$$

$$b_{sl.š.j} = 180 \text{ mm}$$

$$i_{z.sl.š.j} = 45.2 \text{ mm}$$

$$t_w.sl.š.j = 6 \text{ mm}$$

$$W_{y.pl.sl.š.j} = 325 \text{ cm}^3$$

$$I_{y.sl.š.j} = (2.51 \cdot 10^3) \text{ cm}^4$$

$$W_{z.pl.sl.š.j} = 156 \text{ cm}^3$$

$$I_{z.sl.š.j} = 925 \text{ cm}^4$$

$$d_w.sl.š.j = 122 \text{ mm}$$

$$A_{sl.š.j} = 45.3 \text{ cm}^2$$

$$t_f.sl.š.j = 9.5 \text{ mm}$$

$$A_{vz.sl.š.j} = (1.452 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad r_{sl.š.j} = 15 \text{ mm}$$

### Posudek ohybového momentu

$$M_{pl.Rd.sl.š.j} := W_{y.pl.sl.š.j} \cdot f_y = 76.375 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.sl.š.j}}{M_{pl.Rd.sl.š.j}} \cdot 100 = 43.051 \%$$

### Posudek klopení

Výpočet  $M_{cr.sl.š.j}$  byl proveden v programu LTBeamN. Viz příloha 4.2.7

$$M_{cr.sl.š.j} := 465.48 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\mu_{cr} := 14.17$$

### Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{LT.sl.š.j} := \sqrt{W_{y.pl.sl.š.j} \cdot \frac{f_y}{M_{cr.sl.š.j}}} = 0.405$$

### Křivka klopení:

$$h_{sl.š.j} = 171 \text{ mm}$$

$$b_{sl.š.j} = 180 \text{ mm}$$

$$\frac{h_{sl.š.j}}{b_{sl.š.j}} \leq 2$$

Výsledek<sub>61</sub> = "Křivka klopení a."

Součinitel klopení:

Křivka klopení	a	b
Součinitel imperfekce při klopení $\alpha_{LT}$	0.21	0.34

$$\phi_{LT.sl.š.j} := 0.5 \cdot \left( 1 + a_k \cdot (\lambda_{LT.sl.š.j} - 0.2) + \lambda_{LT.sl.š.j}^2 \right) = 0.604$$

$$\chi_{LT.sl.š.j} := \frac{1}{\phi_{LT.sl.š.j} + \sqrt{\phi_{LT.sl.š.j}^2 - \lambda_{LT.sl.š.j}^2}} = 0.951$$

$$M_{b.Rd.sl.š.j} := \chi_{LT.sl.š.j} \cdot W_{y.pl.sl.š.j} \cdot f_y = 72.667 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{b.Rd.sl.š.j} > M_{Ed.sl.š.j} \xrightarrow{\text{float}, 4} 72.67 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > 32.88 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Výsledek<sub>62</sub> = “sloup vyhoví”

Využití:

$$\frac{M_{Ed.sl.š.j}}{M_{b.Rd.sl.š.j}} \cdot 100 = 45.248 \%$$

**Mezní stav použitelnosti**Limitní průhyb:

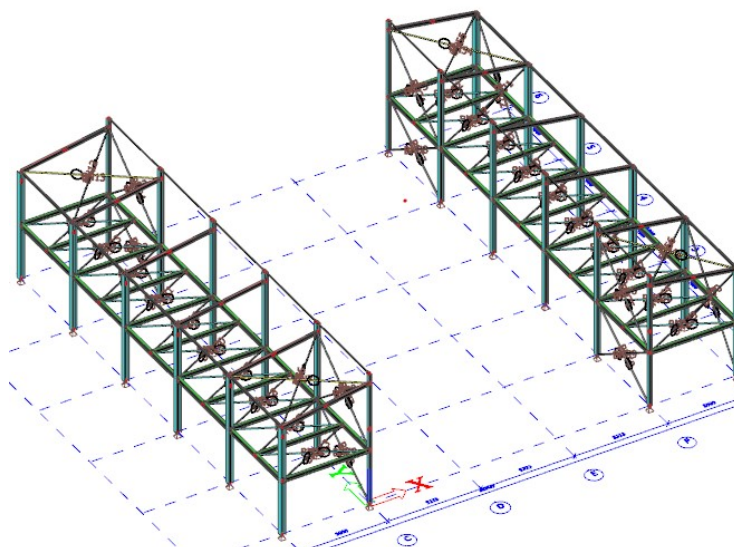
$$\delta_{lim.sl.š.j} := \frac{L_{sl.š.j}}{150} = 61.2 \text{ mm}$$

Skutečný sl.š.jhyb:

$$\delta_{sl.š.j} := 41.3 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim.sl.š.j} > \delta_{sl.š.j} \xrightarrow{\text{float}, 3} 61.2 \cdot \text{mm} > 41.3 \cdot \text{mm}$$

Výsledek<sub>63</sub> = “sloup vyhoví”

**13. NÁVRH RÁMŮ B-C, G-H**



Předběžný návrh prvků byl proveden v programu SCIA Ing.

Příčel: IPE200

Sloupy: HEA140

Průvlaky: IPE270

Stropnice: IPE240

### 13.1 NÁVRH PŘÍČLE

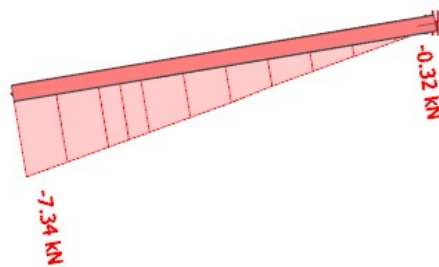
#### Vnitřní sily

Střední sloup	NK	N [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]
0	NK9	-0.27	-6.49	1.9
5.067	NK12	-0.32	-18.85	0
0	NK2	-1.67	0.79	4.59
0	NK4	3.24	-7.88	8.95
0	NK8	-7.34	23.38	-11.54
2.533-	NK12	-3.9	2.68	21.52
0	NK12	-7.34	23.38	-11.54

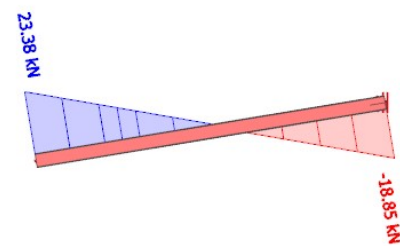
$$M_{Ed.př.2} := 21.52 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed.př.2} := 3.9 \text{ kN}$$

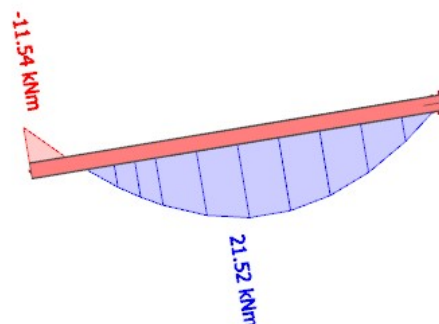
Ned - NK12



Ved - NK12



Med - NK12



IPE 200,  $L_{př.2} := 5.070 \text{ m}$

$$h_{př.2} = 200 \text{ mm}$$

$$i_{y.př.2} = 82.6 \text{ mm}$$

$$b_{př.2} = 100 \text{ mm}$$

$$i_{z.př.2} = 22.4 \text{ mm}$$

$$t_{w.př.2} = 5.6 \text{ mm} \quad W_{y.pl.př.2} = 221 \text{ cm}^3$$

$$I_{y.př.2} = (1.943 \cdot 10^7) \text{ mm}^4 \quad W_{z.pl.př.2} = 44.6 \text{ cm}^3$$

$$I_{z.př.2} = (1.42 \cdot 10^6) \text{ mm}^4 \quad d_{w.př.2} = 159 \text{ mm}$$

$$A_{.př.2} = (2.85 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad t_{f.př.2} = 8.5 \text{ mm}$$

$$A_{vz.př.2} = (1.402 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad r_{.př.2} = 12 \text{ mm}$$

#### Posouzení příčle na ohyb

$$M_{pl.Rd.př.2} := W_{y.pl.př.2} \cdot f_y = 51.935 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.př.2}}{M_{pl.Rd.př.2}} \cdot 100 = 41.436 \text{ \%}$$

#### Poloha plastické neutrální plochy

$$x_{.př.2.1} := \frac{N_{Ed.př.2}}{t_{w.př.2} \cdot f_y} = 2.964 \text{ mm}$$

#### Součinitel $\alpha$ vyjadřující velikost tlačené části stěny

$$\alpha_{.př.2.1} := \frac{0.5 \cdot d_{w.př.2} + x_{.př.2.1}}{d_{w.př.2}} = 0.519$$

#### Zatřídění stojiny pro $\alpha_{.př.2.1} > 0.5$

$$\frac{d_{w.př.2}}{t_{w.př.2}} = 28.393 \quad \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{.př.2.1} - 1} = 68.962$$

$$\frac{d_{w.př.2}}{t_{w.př.2}} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha_{.př.2.1} - 1}$$

Výsledek<sub>64</sub> = "Podmínka pro stojinu 1. třídy je splněna."

#### Zatřídění tlačené pásnice

$$c_{.př.2} := 0.5 \cdot b_{.př.2} - r_{.př.2} - t_{w.př.2} = 32.4 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{.př.2}}{t_{f.př.2}} = 3.812$$

$$\frac{c_{.př.2}}{t_{f.př.2}} \leq 9 \cdot \varepsilon$$

Výsledek<sub>65</sub> = "Podmínka pro pásnici 1. třídy je splněna."

- Vzpěrné délky a vzpěrnostní součinitel

Střešní ztužidlo brání vybočení příčle kolmo k ose z.

$$L_{cr.y.př.2} := 5070 \text{ mm}$$

$$L_{cr.z.př.2} := 5070 \text{ mm}$$

### Štíhlost příčle

$$\lambda_{y.př.2} := \frac{L_{cr.y.př.2}}{i_{y.př.2}} = 61.38$$

$$\lambda_{z.př.2} := \frac{L_{cr.z.př.2}}{i_{z.př.2}} = 226.339$$

### Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel.y.př.2} := \frac{\lambda_{y.př.2}}{\lambda_1} = 0.654$$

$$\lambda_{rel.z.př.2} := \frac{\lambda_{z.př.2}}{\lambda_1} = 2.41$$

### Křivka vzpěrné pevnosti:

$$\frac{h_{př.2}}{b_{př.2}} > 1.2 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.2}{0.1} > 1.2$$

Výsledek<sub>66</sub> = “Křivka vzpěrné pevnosti a,b.”

### Součinitele vzpěrnosti:

Křivka vzpěrné pevnosti	a0	a	b	c	d
Součinitel imperfekce a	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

$$\phi_{y.př.2} := 0.5 \cdot (1 + a \cdot (\lambda_{rel.y.př.2} - 0.2) + \lambda_{rel.y.př.2}^2) = 0.761$$

$$\chi_{y.př.2} := \frac{1}{\phi_{y.př.2} + \sqrt{\phi_{y.př.2}^2 - \lambda_{rel.y.př.2}^2}} = 0.868$$

$$\phi_{z.př.2} := 0.5 \cdot (1 + b \cdot (\lambda_{rel.z.př.2} - 0.2) + \lambda_{rel.z.př.2}^2) = 3.781$$

$$\chi_{z.př.2} := \frac{1}{\phi_{z.př.2} + \sqrt{\phi_{z.př.2}^2 - \lambda_{rel.z.př.2}^2}} = 0.149$$

### Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{Rd.př.2} := \min(\chi_{z.př.2}, \chi_{y.př.2}) \cdot A_{př.2} \cdot f_y = 100.057 \text{ kN}$$

$$N_{Rd.př.2} > N_{Ed.př.2} \xrightarrow{\text{float, 5}} 100.06 \cdot \text{kN} > 3.9 \cdot \text{kN}$$

Výsledek<sub>67</sub> = “Vyhovuje”

### Vliv klopení:

Výpočet  $M_{cr.př.2}$  byl proveden v programu LTBeamN. Viz příloha 4.2.8

$$\mu_{cr.př.2} := 4.266$$

$$M_{cr.př.2} := 97.73 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{LT.př.2} := \sqrt{W_{y.pl.př.2} \cdot \frac{f_y}{M_{cr.př.2}}} = 0.729$$

Křivka klopení:

$$\frac{h_{př.2}}{b_{př.2}} \leq 2 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.2}{0.1} \leq 2$$

Výsledek<sub>68</sub> = “Křivka klopení a.”

Součinitel klopení:

Křivka klopení	a	b
Součinitel imperfekce při klopení $\alpha_{LT}$	0.21	0.34

$$\phi_{LT.př.2} := 0.5 \cdot \left(1 + a_k \cdot (\lambda_{LT.př.2} - 0.2) + \lambda_{LT.př.2}^2\right) = 0.821$$

$$\chi_{LT.př.2} := \frac{1}{\phi_{LT.př.2} + \sqrt{\phi_{LT.př.2}^2 - \lambda_{LT.př.2}^2}} = 0.834$$

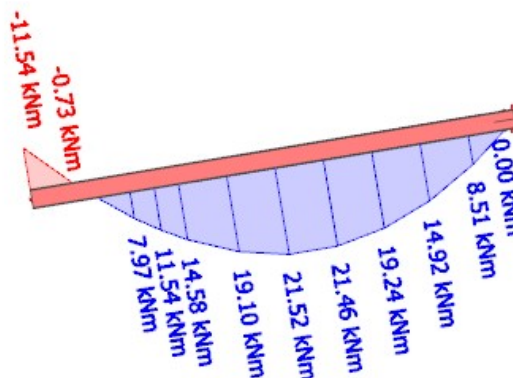
$$M_{b.Rd.př.2} := \chi_{LT.př.2} \cdot W_{y.pl.př.2} \cdot f_y = 43.299 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{b.Rd.př.2} > M_{Ed.př.2} \xrightarrow{\text{float, 4}} 43.3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > 21.52 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Výsledek<sub>69</sub> = “příčel vyhoví”

Využití:

$$\frac{M_{Ed.př.2}}{M_{b.Rd.př.2}} \cdot 100 = 49.7 \quad \%$$

Posouzení příčle na kombinaci tlaku s ohybem.Poměr středového a koncového momentu

$$\alpha_{s.př.2.my} := \frac{21.52 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-11.54 \text{ kN} \cdot \text{m}} = -1.865 \quad -1 \leq \alpha_{s.př.2} \leq 0$$

$$\alpha_{s.př.2.my} := -1$$

Poměr koncových momentů

$$\psi_{př.2.my} := 0 \qquad 0 \leq \psi_{př.1} \leq 1$$

$$C_{my.př.2} := \max(0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{s.př.2.my}, 0.4) = 0.9$$

Součinitel konstantního momentu  $C_{mLT}$  pro průběh momentu  $M_y$  mezi body podepření ve směru  $y$ - $y$

Poměr koncových momentů

$$\psi_{př.2.mLT} := \frac{-8.66 \text{ kN} \cdot \text{m}}{22.91 \text{ kN} \cdot \text{m}} = -0.378 \qquad 0 \leq \psi_{př.1} \leq 1$$

$$\alpha_{s.př.2.mLT} := \frac{13.67 \text{ kN} \cdot \text{m}}{22.91 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.597 \qquad -1 \leq \alpha_{s.př.2} \leq 0$$

$$C_{mLT.př.2} := \max(0.1 - 0.8 \cdot \alpha_{s.př.2.my}, 0.4) = 0.9$$

$$N_{Rk.př.2} := A_{př.2} \cdot f_y = 669.75 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

Součinitele  $k_{yy}$  a  $k_{zy}$ :

$$k_{yy} := \min \left( C_{my.př.2} \downarrow \left( \begin{array}{l} \cdot \left( 1 + (\lambda_{rel.y.př.2} - 0.2) \downarrow \right) \\ \cdot \frac{N_{Ed.př.2}}{\chi_{y.př.2} \cdot \frac{N_{Rk.př.2}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right), \left( C_{my.př.2} \downarrow \left( \begin{array}{l} \cdot \left( 1 + 0.8 \downarrow \right) \\ \cdot \frac{N_{Ed.př.2}}{\chi_{y.př.2} \cdot \frac{N_{Rk.př.2}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right) \right) \right) = 0.901$$

$$\lambda_{rel.y.př.2} = 0.654$$

$$\lambda_{rel.z.př.2} = 2.41$$

$$k_{zy} := \max \left( \left( 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{rel.z.př.2}}{(C_{mLT.př.2} - 0.25)} \downarrow \right) \cdot \frac{N_{Ed.př.2}}{\chi_{z.př.2} \cdot \frac{N_{Rk.př.2}}{\gamma_{M1}}} \right), \left( 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT.př.2} - 0.25)} \downarrow \right) \cdot \frac{N_{Ed.př.2}}{\chi_{z.př.2} \cdot \frac{N_{Rk.př.2}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.994$$

Podmínky spolehlivosti:

$$M_{y.Rk.př.2} := W_{y.pl.př.2} \downarrow \cdot f_y$$

$$M_{y.Rk.př.2} = 51.935 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

$$\chi_{LT.př.2} = 0.834$$

$$\frac{N_{Ed.př.2}}{\chi_{y.př.2} \cdot \frac{N_{Rk.př.2}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed.př.2}}{\chi_{LT.př.2} \cdot \frac{M_{y.Rk.př.2}}{\gamma_{M1}}} = 0.455 < 1$$

Výsledek<sub>70</sub> = "Příčel vyhoví"

$$\frac{N_{Ed.př.2}}{\chi_{z.př.2} \cdot \frac{N_{Rk.př.2}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed.př.2}}{\chi_{LT.př.2} \cdot \frac{M_{y.Rk.př.2}}{\gamma_{M1}}} = 0.512 < 1$$

Výsledek<sub>71</sub> = "Příčel vyhoví"

Smyk z důvodu malých hodnot nebude zohledněn.

Mezní stav použitelnosti

Limitní průhyb:

$$\delta_{lim.př.2} := \frac{L_{př.2}}{150} = 33.8 \text{ mm}$$

Skutečný průhyb:

$$\delta_{př.2} := 9.6 \text{ mm}$$

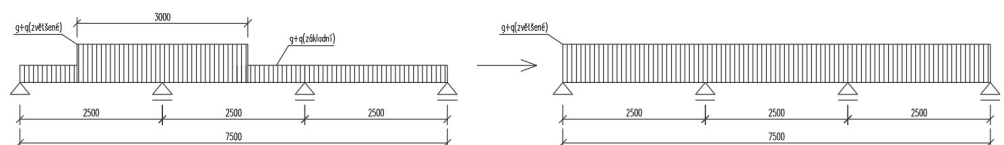
$$\delta_{lim.př.2} > \delta_{př.2} \xrightarrow{\text{float}, 3} 33.8 \cdot \text{mm} > 9.6 \cdot \text{mm}$$

Výsledek<sub>72</sub> = “Příčel vyhoví”

**13.2 NÁVRH TRAPEZOVÉHO PLECHU MEZANINU**

Trapezový plech bude navržen jako spojitý nosník o dvou polích, rozpětí pole je vzdálenost stropnic. TR je navržen v montážním stadiu. V provozním stadiu zatížení bude přenášeno ŽB deskou. Nejpříznivější poloha zvýšeného zatížení je nad vnitřní podporou.

Stálé zatížení	g <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Y	g <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
betonová deska	1.8	1.35	2.363
trapezový plech	0.1	1.35	0.135
<b>Celkem</b>	<b>1.85</b>	<b>1.35</b>	<b>2.50</b>
Proměnné zatížení	g <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Y	g <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
rovnoměrné	0.75	1.5	1.125
zvětšené	1.5	1.5	2.25
<b>Celkem</b>	<b>2.25</b>	<b>1.5</b>	<b>3.38</b>
			<b>5.87</b>



$$L_{TR} := 2.5 \text{ m}$$

$$M_{Ed.TR} := \frac{1}{10} \cdot (g_d + q_d) \cdot L_{TR}^2 = 3.67 \frac{1}{m} \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Potřebný průřezový modul pro plech z S320:

$$W_{min} := \frac{M_{Ed.TR}}{f_{yd.TR}} = 11469.727 \frac{\text{mm}^3}{\text{m}}$$

**Návrh TR50/250/1,13mm**

$$W_{y,eff} := 14990 \frac{\text{mm}^3}{\text{m}}$$

$$I_{eff} := 365000 \frac{\text{mm}^4}{\text{m}}$$

Posouzení na MSÚ

$$M_{eff.Rd} := W_{y,eff} \cdot f_{yd.TR} = 4.797 \text{ kN} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed.TR} < M_{eff.Rd} \xrightarrow{\text{float}, 3} \frac{3.67 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} < 4.8 \cdot \text{kN}$$

$$f_{yd.TR} := 320 \text{ MPa}$$

$Výsledek_{73} = \text{“TR vyhoví”}$

### Posouzení MSP

Průhyb se určí pouze od stálého zatížení pomocí superpozicí

$$M_{bk.TR} := \frac{-1}{10} \cdot g_k \cdot L_{TR}^2 = -1.156 \frac{1}{m} \cdot kN \cdot m$$

$$\delta_{TR} := \frac{1}{E \cdot I_{eff}} \cdot \left( \frac{5}{384} \cdot g_k \cdot L_{TR}^4 + \frac{1}{16} \cdot M_{bk.TR} \cdot L_{TR}^2 \right) = 6.384 \text{ mm}$$

### Ověření rybníkového efektu

$$t_{deska} := 80 \text{ mm} + 50 \text{ mm} \cdot \frac{(54 \text{ mm} + 30.5 \text{ mm})}{250 \text{ mm}} = 96.9 \text{ mm}$$

$$\frac{t_{deska}}{10} = 9.69 \text{ mm}$$

$$\delta_{TR} < \frac{t_{deska}}{10} \xrightarrow{\text{float}, 3} 6.38 \cdot \text{mm} < 9.69 \cdot \text{mm}$$

$Výsledek_{74} = \text{“TR vyhoví, rybníkový efekt není třeba uvažovat”}$

### **13.3 NÁVRH STROPNICE MEZANINU**

Návrh bude proveden pro běžnou vnitřní stropnici s rozpětím

$L_{str} := 5 \text{ m}$ . Stropnice během betonáže je podepřená. Bude posouzená v provozním stadiu.

#### **IPE 240**

$$h_{.str} = 240 \text{ mm}$$

$$i_{y.str} = 99.7 \text{ mm}$$

$$b_{.str} = 120 \text{ mm}$$

$$i_{z.str} = 26.9 \text{ mm}$$

$$t_{w.str} = 6.2 \text{ mm}$$

$$W_{y.pl.str} = 367 \text{ cm}^3$$

$$I_{y.str} = (3.892 \cdot 10^3) \text{ cm}^4$$

$$W_{z.pl.str} = 73.9 \text{ cm}^3$$

$$I_{z.str} = 284 \text{ cm}^4$$

$$d_{w.str} = 190.4 \text{ mm}$$

$$A_{.str} = 39.1 \text{ cm}^2$$

$$t_{f.str} = 9.8 \text{ mm}$$

$$A_{vz.str} = (1.913 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$r_{.str} = 15 \text{ mm}$$

Zatížení:

Stálé zatížení	$g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Y	$g_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
pochozí vrstva 10 mm	0.042	1.35	0.057
lepidlo cem. 5 mm	0.13	1.35	0.176
beton 40 mm	1	1.35	1.350
kročejová iz. 40 mm	0.013	1.35	0.018
betonová deska	1.8	1.35	2.430
trapézový plech	0.1	1.35	0.135
podhled	0.15	1.35	0.203
<b>Celkem</b>	<b>3.24</b>	1.35	<b>4.37</b>
Proměnné zatížení	$g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Y	$g_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
přemístitelné příčky s vlastní tíhou do $\leq 2,0$ kN/m	0.8	1.5	1.2
Užitné zatížení	2.5	1.5	3.75
<b>Celkem</b>	<b>3.3</b>	1.5	<b>4.95</b>
			<b>9.32</b>

$$M_{Ed.str} := 74.11 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{VS jsou převzaté ze SCIA Eng. NK7}$$

$$V_{Ed.str} := 59.29 \text{ kN}$$

$$M_{pl.Rd.str} := W_{y.pl.str} \cdot f_y = 86.245 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$|M_{Ed.str}| < M_{pl.Rd.str} \xrightarrow{\text{float}, 3} 74.1 \cdot |\text{kN} \cdot \text{m}| < 86.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Výsledek<sub>75</sub> = “Stropnice na ohyb vyhoví”

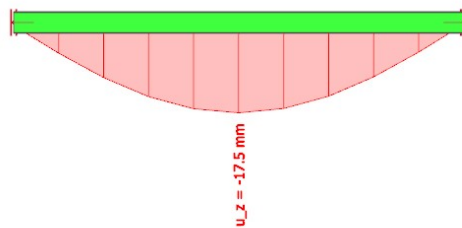
Využití

$$\frac{|M_{Ed.str}|}{M_{pl.Rd.str}} \cdot 100 = 85.93 \%$$

$$V_{pl.Rd.str} := A_{vz.str} \cdot f_y \cdot \sqrt{3} = 778.554 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.str} < V_{pl.Rd.str} \xrightarrow{\text{float}, 3} 59.3 \cdot \text{kN} < 779.0 \cdot \text{kN}$$

Výsledek<sub>76</sub> = “Stropnice na smyk vyhoví”

Posouzení MSP

$$\delta_{str} := 17.5 \text{ mm}$$

$$\delta_{str} < \frac{L_{str}}{250} \xrightarrow{\text{float}, 3} 17.5 \cdot \text{mm} < 0.02 \cdot \text{m}$$

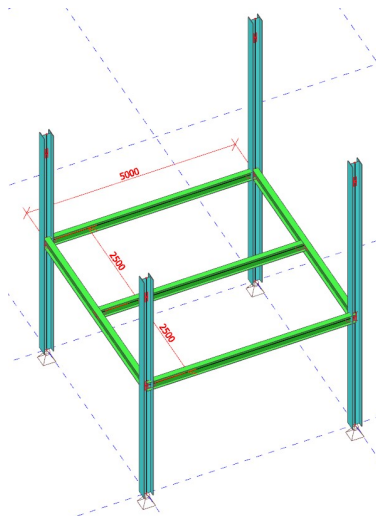


Výsledek<sub>77</sub> = “ Stropnice na průhyb vyhoví”

### 13.4 NÁVRH PRŮVLAKU

Bude navržen nejvíce zatížený průvlak. Průvlak je při betonáži podepřen.

Rozpětí  $L_{prů.2} := 5 \text{ m}$



#### Vnitřní síly

Rozhodující kombinace NK5

$$M_{Ed.prů.2} := 75.84 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

**IPE 270**,  $L_{prů.2} := 5 \text{ m}$

$$h_{prů.2} = 270 \text{ mm}$$

$$i_{y.prů.2} = 112 \text{ mm}$$

$$b_{prů.2} = 135 \text{ mm}$$

$$i_{z.prů.2} = 30.2 \text{ mm}$$

$$t_{w.prů.2} = 6.6 \text{ mm}$$

$$W_{y.pl.prů.2} = 484 \text{ cm}^3$$

$$I_{y.prů.2} = (5.79 \cdot 10^3) \text{ cm}^4$$

$$W_{z.pl.prů.2} = 97 \text{ cm}^3$$

$$I_{z.prů.2} = 420 \text{ cm}^4$$

$$d_{w.prů.2} = 219.6 \text{ mm}$$

$$A_{prů.2} = 45.9 \text{ cm}^2$$

$$t_{f.prů.2} = 10.2 \text{ mm}$$

$$A_{vz.prů.2} = (2.209 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad r_{prů.2} = 15 \text{ mm}$$

$$M_{pl.Rd.prů.2} := W_{y.pl.prů.2} \cdot f_y = 113.74 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$|M_{Ed.prů.2}| < M_{pl.Rd.prů.2} \xrightarrow{\text{float}, 3} 75.8 \cdot |\text{kN} \cdot \text{m}| < 114.0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Výsledek<sub>78</sub> = “ průvlak na ohyb vyhoví”

Využití

$$\frac{|M_{Ed.prů.2}|}{M_{pl.Rd.prů.2}} \cdot 100 = 66.678 \%$$

Smyková únosnost nebude zohledněna kvůli malým hodnotám.

### Mezní stav použitelnosti

#### Limitní průhyb:

$$\delta_{\text{lim.prů.2}} := \frac{L_{\text{prů.2}}}{250} = 20 \text{ mm}$$

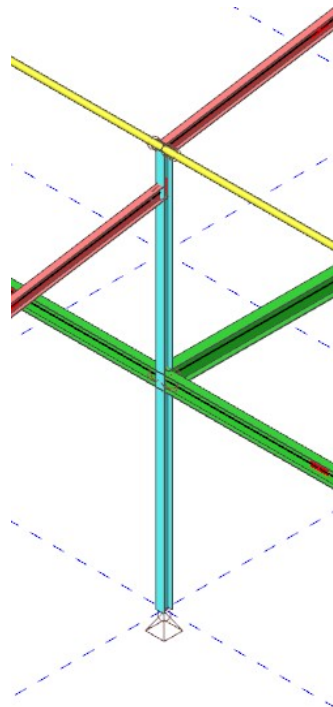
#### Skutečný průhyb:

$$\delta_{\text{prů.2}} := 9.6 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{lim.prů.2}} > \delta_{\text{prů.2}} \xrightarrow{\text{float, 3}} 20.0 \cdot \text{mm} > 9.6 \cdot \text{mm}$$

Výsledek<sub>79</sub> = “průvlak na průhyb vyhoví”

### 13.5 NÁVRH SLOUPU RÁMŮ B-C, G-H



#### Vnitřní síly

Obalové extrémní hodnoty všech kombinací pro pravý sloup

h (m)	Kombinace	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
0	NK12	-168.11	0.06	-0.14	0	0
5.881-	NK11	10.55	3.16	-1.04	2.46	5.94
5.881+	NK4	10.1	-10.46	15.22	2.46	5.95
6.45	NK3	-6.6	-0.25	-24.95	-2.2	0
5.881+	NK9	9.86	-0.08	21.8	-4.94	0.04
6.45	NK8	-28.1	-0.06	-17.55	-15.32	0
5.881-	NK1	7.5	0.1	3.84	13.86	0.77
3.225+	NK4	9.68	3.16	-1.04	5.21	-2.45

Rozhodující kombinace: NK8

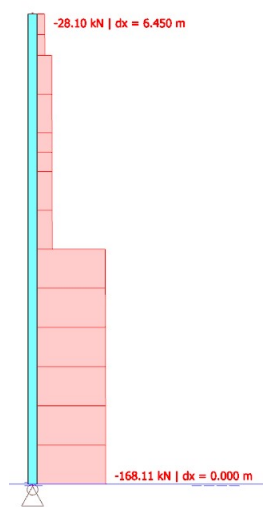
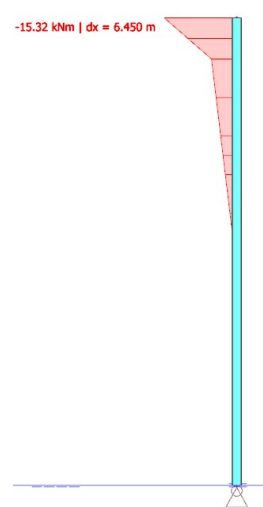
Extremy VS v pravém sloupu haly NK8

h(m)	Kombinace	N	Vz	My
0	NK8	-168.11	-0.14	0
6.45	NK8	-28.1	-17.55	-15.32
3.225+	NK8	-45.31	-1.83	-0.47

Z důvodu nerovnoměrného rozložení VS bude výpočet proveden v dolní části sloupu na vzpěrný tlak a v rámovém rohu na ohyb a tlak.

$$N_{Ed.sl.n.h} := -28.1 \text{ kN}$$

$$M_{Ed.sl.n.h} := 15.32 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Ned - NK8Med - NK8

$$\text{HEA 140, } L_{sl.n} := 6.45 \text{ m}$$

$$h_{sl.n} = 133 \text{ mm}$$

$$i_{y.sl.n} = 57.3 \text{ mm}$$

$$b_{sl.n} = 140 \text{ mm}$$

$$i_{z.sl.n} = 35.2 \text{ mm}$$

$$t_{w.sl.n} = 5.5 \text{ mm}$$

$$W_{y.pl.sl.n} = 173 \text{ cm}^3$$

$$I_{y.sl.n} = (1.033 \cdot 10^3) \text{ cm}^4$$

$$W_{z.pl.sl.n} = 84.8 \text{ cm}^3$$

$$I_{z.sl.n} = 389 \text{ cm}^4$$

$$d_{w.sl.n} = 92 \text{ mm}$$

$$A_{sl.n} = 31.4 \text{ cm}^2$$

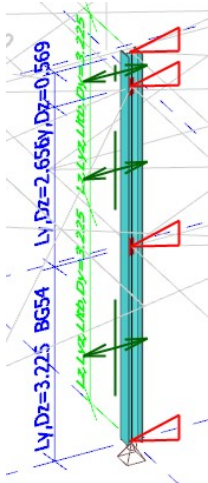
$$t_{f.sl.n} = 8.5 \text{ mm}$$

$$A_{vz.sl.n} = (1.011 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad r_{sl.n} = 12 \text{ mm}$$

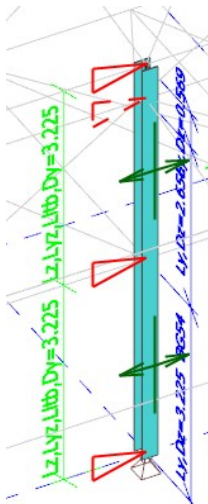
Posudek ohybového momentu

$$M_{pl.Rd.sl.n.h} := W_{y.pl.sl.n} \cdot f_y = 40.655 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Vzpěrné délky kolmo y



Vzpěrné délky kolmo z



$$\frac{M_{Ed.sl.n.h}}{M_{pl.Rd.sl.n.h}} \cdot 100 = 37.683 \%$$

Tah z důvodu malých hodnot nebude posouzen.

- Vzpěrné délky a vzpěrnostní součinitel  
Sloup rámu je podepřen nosníky mezaninu. Stropní deska kolem sloupu je ŽB.

$$L_{cr.y.sl.n} := 2.665 \text{ m}$$

$$L_{cr.z.sl.n} := 3.225 \text{ m}$$

### Štíhlost sloupu

$$\lambda_{y.sl.n} := \frac{L_{cr.y.sl.n}}{i_{y.sl.n}} = 46.51$$

$$\lambda_{z.sl.n} := \frac{L_{cr.z.sl.n}}{i_{z.sl.n}} = 91.619$$

### Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel.y.sl.n} := \frac{\lambda_{y.sl.n}}{\lambda_1} = 0.495$$

$$\lambda_{rel.z.sl.n} := \frac{\lambda_{z.sl.n}}{\lambda_1} = 0.976$$

### Křivka vzpěrné pevnosti:

$$\frac{h_{sl.n}}{b_{sl.n}} < 1.2 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.133}{0.14} < 1.2$$

Výsledek<sub>80</sub> = “Křivka vzpěrné pevnosti b,c.”

### Součinitele vzpěrnosti:

Křivka vzpěrné pevnosti	a0	a	b	c	d
Součinitel imperfekce a	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

$$\phi_{y.sl.n} := 0.5 \cdot (1 + b \cdot (\lambda_{rel.y.sl.n} - 0.2) + \lambda_{rel.y.sl.n}^2) = 0.673$$

$$\chi_{y.sl.n} := \frac{1}{\phi_{y.sl.n} + \sqrt{\phi_{y.sl.n}^2 - \lambda_{rel.y.sl.n}^2}} = 0.886$$

$$\phi_{z.sl.n} := 0.5 \cdot (1 + c \cdot (\lambda_{rel.z.sl.n} - 0.2) + \lambda_{rel.z.sl.n}^2) = 1.166$$

$$\chi_{z.sl.n} := \frac{1}{\phi_{z.sl.n} + \sqrt{\phi_{z.sl.n}^2 - \lambda_{rel.z.sl.n}^2}} = 0.554$$

### Vliv klopení:

Výpočet  $M_{cr.sl.n}$  byl proveden v programu LTBeamN. Viz příloha 4.2.9

$$M_{cr.sl.n} := 411.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\mu_{cr} := 26.86$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{LT.sl.n} := \sqrt{W_{y.pl.sl.n} \cdot \frac{f_y}{M_{cr.sl.n}}} = 0.314$$

Křivka klopení:

$$\frac{h_{.sl.n}}{b_{.sl.n}} < 2 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.133}{0.14} < 2$$

Výsledek<sub>81</sub> = “Křivka vzpěrné pevnosti a,b.”

Součinitel klopení:

Křivka klopení	a	b
Součinitel imperfekce při klopení $\alpha_{LT}$	0.21	0.34

$$\phi_{LT.sl.n} := 0.5 \cdot (1 + a_k \cdot (\lambda_{LT.sl.n} - 0.2) + \lambda_{LT.sl.n}^2) = 0.561$$

$$\chi_{LT.sl.n} := \frac{1}{\phi_{LT.sl.n} + \sqrt{\phi_{LT.sl.n}^2 - \lambda_{LT.sl.n}^2}} = 0.974$$

$$M_{b.Rd.sl.n} := \chi_{LT.sl.n} \cdot W_{y.pl.sl.n} \cdot f_y = 39.603 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

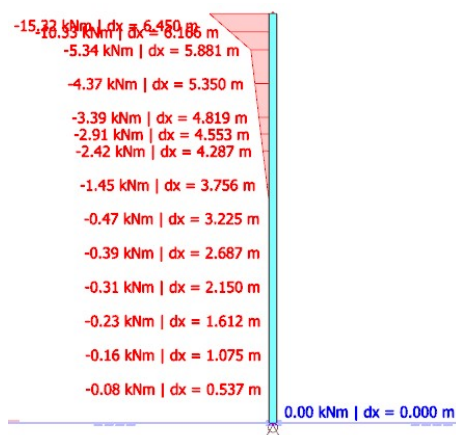
$$M_{b.Rd.sl.n} > M_{Ed.sl.n.h} \xrightarrow{\text{float, 4}} 39.6 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > 15.32 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Výsledek<sub>82</sub> = “Sloup vyhoví”

Využití:

$$\frac{M_{Ed.sl.n.h}}{M_{b.Rd.sl.n}} \cdot 100 = 38.684 \quad \%$$

Posouzení sloupu na kombinaci tlaku s ohybem.



Poměr koncových momentů

$$\psi_{sl.n.my} := \frac{-0.47}{-5.34} = 0.088$$

$$-1 \leq \psi_{sl.n.my} \leq 1$$

Poměr koncového a středového momentu

$$C_{my.sl.n} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl.n.my}, 0.4) = 0.635$$

Součinitel konstantního momentu  $C_{mLT}$  pro průběh momentu  $M_y$  mezi body podepření ve směru  $y-y$

Poměr koncových momentů

$$\psi_{sl.n.mLT} := \frac{-0.47 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-15.32 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.031 \quad -1 \leq \psi_{sl.n.mLT} \leq 1$$

Poměr koncového a středového momentu

$$C_{mLT.sl.n} := \max(0.6 + 0.4 \cdot \psi_{sl.n.mLT}, 0.4) = 0.612$$

$$N_{Rk.sl.n} := A_{sl.n} \cdot f_y = 737.9 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$k_{yy} := \min \left( \left( C_{my.sl.n} \downarrow \cdot \left( 1 + (\lambda_{rel.y.sl.n} - 0.2) \downarrow \right) \cdot \frac{N_{Ed.sl.n.h}}{N_{Rk.sl.n}} \cdot \frac{1}{\gamma_{M1}} \right), \left( C_{my.sl.n} \downarrow \cdot \left( 1 + 0.8 \downarrow \right) \cdot \frac{N_{Ed.sl.n.h}}{N_{Rk.sl.n}} \cdot \frac{1}{\gamma_{M1}} \right) \right) = 0.613$$

$$\lambda_{rel.y.sl.n} = 0.495$$

$$\lambda_{rel.z.sl.n} = 0.976$$

$$k_{zy} := \max \left( \left( 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{rel.z.sl.n}}{(C_{mLT.sl.n} - 0.25) \downarrow} \right) \cdot \frac{N_{Ed.sl.n.h}}{N_{Rk.sl.n}} \cdot \frac{1}{\gamma_{M1}}, \left( 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT.sl.n} - 0.25) \downarrow} \right) \cdot \frac{N_{Ed.sl.n.h}}{N_{Rk.sl.n}} \cdot \frac{1}{\gamma_{M1}} \right) = 1.019$$

$$M_{y.Rk.sl.n} := W_{y.pl.sl.n} \downarrow \cdot f_y$$

$$M_{y.Rk.sl.n} = 40.655 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

$$\chi_{LT.sl.n} = 0.974$$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed.sl.n.h}}{N_{Rk.sl.n}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed.sl.n.h}}{\chi_{LT.sl.n} \cdot \frac{M_{y.Rk.sl.n}}{\gamma_{M1}}} = 0.194 < 1$$

Výsledek<sub>83</sub> = "Sloup vyhoví"

$$\frac{N_{Ed.sl.n.h}}{\chi_{z.sl.n} \cdot \frac{N_{Rk.př}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed.sl.n.h}}{\chi_{LT.sl.n} \cdot \frac{M_{y.Rk.sl.n}}{\gamma_{M1}}} = 0.36 < 1$$

Výsledek<sub>84</sub> = "Sloup vyhoví"

Smyk z důvodu malých hodnot nebude zohledněn.

**Dolní část sloupu**

$\chi_y$	$\chi_z$	NRd kN	Ned kN	Využití %
0.84	0.55	408.91	168.11	41.11

**Mezní stav použitelnosti**Limitní průhyb:

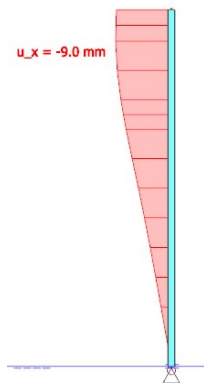
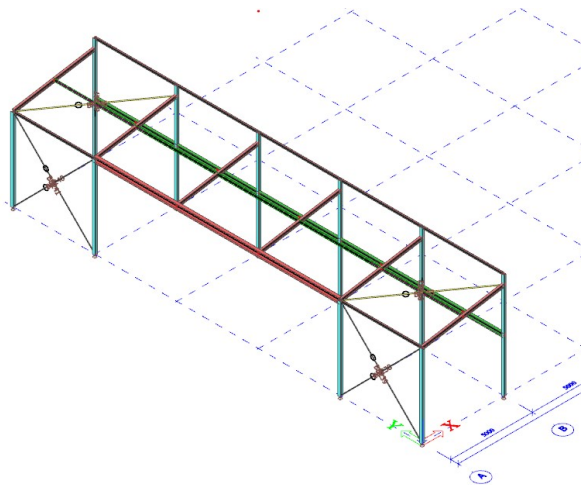
$$\delta_{lim.sl.n} := \frac{L_{sl.n}}{150} = 43 \text{ mm}$$

Skutečný průhyb:

$$\delta_{sl.n} := 9 \text{ mm} \quad w$$

$$\delta_{lim.sl.n} > \delta_{sl.n} \xrightarrow{\text{float}, 3} 43.0 \cdot \text{mm} > 9.0 \cdot \text{mm}$$

Výsledek<sub>85</sub> = "Sloup vyhoví"

**14. NÁVRH KRAJNÍ VAZBY**Předběžný zvolené prvky:

Příčel nad průvlakem: IPE220

Běžná příčel: IPE200

Sloupy: HEA160

Nosník nad vraty: IPE360 symetrický prolamovaný nosník s kruhovými otvory

**14.1 NÁVRH PŘÍČLE NAD NOSNÍKEM:**Obalové extrémní hodnoty kombinaci

h(m)	Kombinace	N	Vz	My
5.067	NK12	3.56	-21.34	0
0	NK12	-3.53	21.31	0
0	NK8	-3.56	21.31	0
2.533	NK4	-0.21	0.42	-6.94
2.533	NK12	-0.06	0.42	27.53

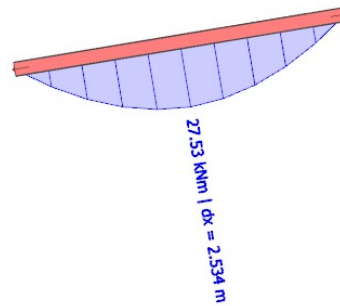
Rozhodující kombinace: NK12

Extremy VS, NK12

h(m)	Kombinace	N	Vz	My
5.069	NK12	3.56	-21.34	0
2.534	NK12	-0.06	0.42	27.53
0	NK12	-3.53	21.31	0

$$M_{Ed.př.k} := 27.53 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Med - NK8

IPE220,  $L_{př.k} := 5.070 \text{ m}$ 

Vypočet je obdobný jak v předchozích kapitolách. Výsledky výpočtu jsou v tabulce níže. Kritický moment je vypočítán v příloze 4.2.10

MbRd kNm	Med kNm	Využití %	NRd kN	Ned kN	Využití %
57.27	27.53	48.07	784.90	3.72	0.32
Cmy	CmLT	ky	kzy		
0.40	0.40	0.40	0.98		
Interakce					
0.20	0.49	<1			

**NÁVRH BĚŽNÉ PŘÍČLE KRAJNÍ VAZBY**

Obalové extrémní hodnoty kombinaci

h(m)	Kombinace	N	Vz	My
1.267-	NK3	-26.6	3.8	2.07
0	NK9	25.82	-9.37	16.95
5.067	NK12	-12.37	-18.46	0
0	NK3	-3.3	-0.56	8.12
0	NK8	-19.87	23.97	-14.13
3.04	NK12	-15.13	-1.85	20.59
0	NK2	-3.29	-0.56	8.13

Rozhodující kombinace: NK8

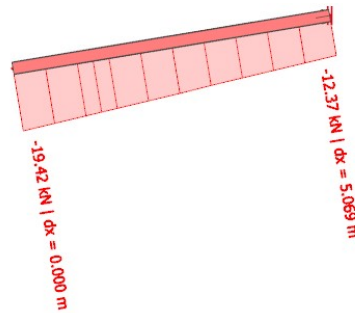
Extremy VS, NK12

h(m)	Kombinace	N	Vz	My
0	NK12	-19.42	23.94	-13.97
3.041	NK12	-15.13	-1.85	20.59
5.069	NK12	-12.37	-18.46	0

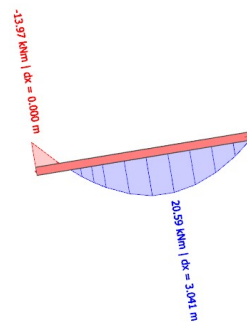


$$N_{Ed.př.k.b} := 15.13 \text{ kN} \quad M_{Ed.př.k.b} := 20.59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Ned - NK12



Med - NK12

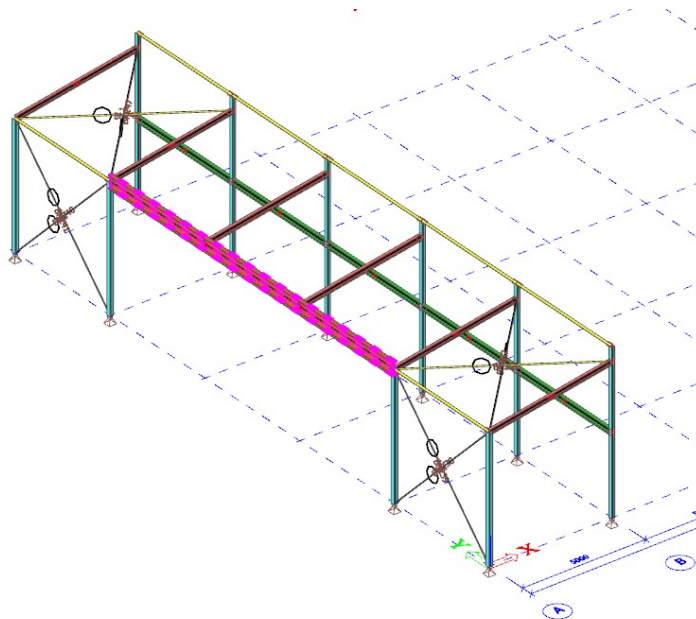
**IPE200**

Vypočet je obdobný jak v předchozích kapitolách. Výsledky výpočtu jsou v tabulce níže. Kritický moment je vypočítán v příloze 4.2.11

MbRd kNm	Med kNm	Využití %	NRd kN	Ned kN	Využití %
43.76	20.59	47.06	669.75	15.13	1.30
Cmy	CmLT	ky	kzy		
0.90	0.90	0.91	0.98		
Interakce					
0.44	0.53	<1			

**14.2 PROLAMOVANÝ NOSNÍK**

je uvažován jako prostý nosník o rozpětí 15m.



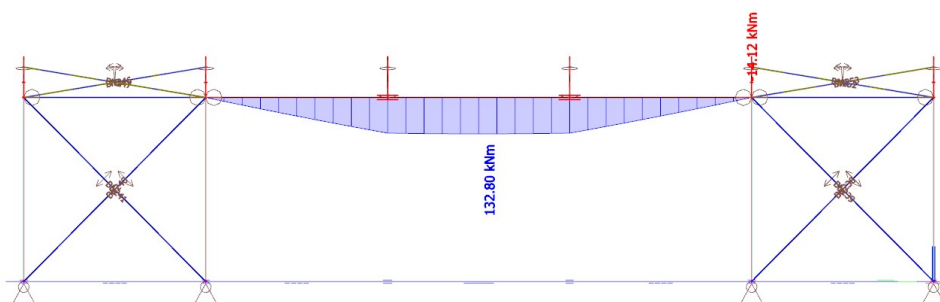
Rozhodující kombinace: NK12

**Extremy VS, NK12**

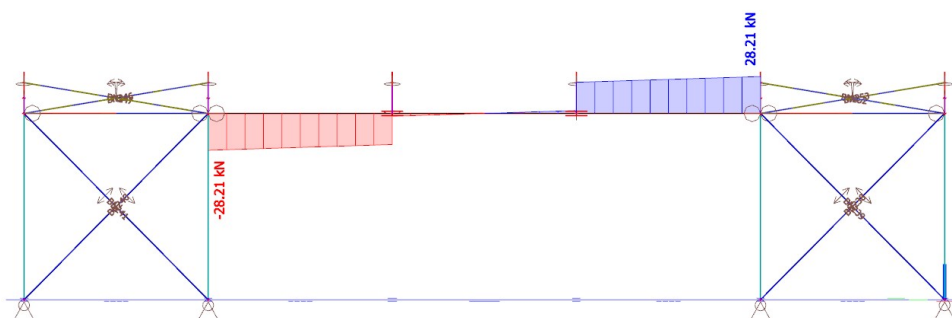
h(m)	Kombinace	N	Vz	My
15	NK12	12.32	-28.21	0
0	NK12	12.32	28.21	0
7.500-	NK12	12.32	0	132.8
5.000+	NK12	12.32	2.2	130.05
10.000+	NK12	12.32	-23.81	130.05

$M_{Ed.pro.k} := 132.80 \text{ kN}\cdot\text{m}$      $V_{Ed.pro.k} := 28.21 \text{ kN}$

**Med - NK12**

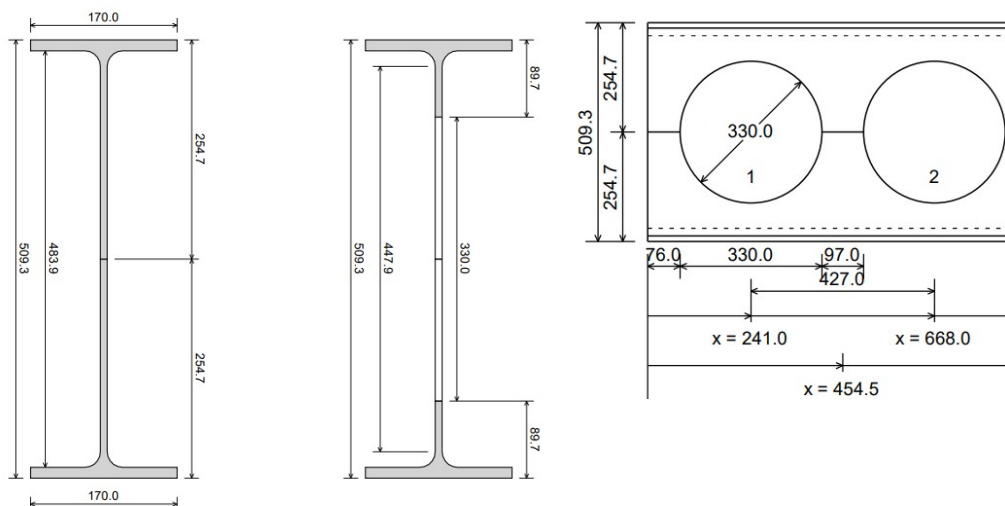


**Ved - NK12**



Předběžná volba profilu nosníku je provedena v programu Arcelor mittal viz. příloha 4.3

**IPE360 symetrický prolamovaný nosník s kruhovými otvory**



$$h_{.pro.k} := 509.3 \text{ mm} \quad a_0 := 330 \text{ mm}$$

$$b_{.pro.k} := 170 \text{ mm} \quad S := 427 \text{ mm}$$

$$t_{w.pro.k} := 8 \text{ mm} \quad W_{y.pl.pro.k} := 1.608 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$I_{y.pro.k} := 35757 \text{ cm}^4 \quad W_{z.pl.pro.k} := 1.935 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$I_{z.pro.k} := 1044 \text{ cm}^4 \quad t_{f.pro.k} := 12.7 \text{ mm}$$

$$A_{.pro.k} := 84.67 \text{ cm}^2 \quad r_{.pro.k} := 18 \text{ mm}$$

$$I_{w.pro.k} := 6.414 \cdot 10^{-7} \text{ m}^6 \quad f_{y.355} := 355 \text{ MPa}$$

$$I_{t.pro.k} := 3.169 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4 \quad G := 80.7 \text{ GPa}$$

#### Posouzení na ohyb:

$$M_{pl.Rd.pro.k} := W_{y.pl.pro.k} \cdot f_{y.355} = 570.84 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$|M_{Ed.pro.k}| < M_{pl.Rd.pro.k} \xrightarrow{\text{float}, 3} 133.0 \cdot |\text{kN} \cdot \text{m}| < 571.0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Výsledek<sub>86</sub> = “ nosník na ohyb vyhoví”

#### Využití

$$\frac{|M_{Ed.pro.k}|}{M_{pl.Rd.pro.k}} \cdot 100 = 23.264 \%$$

#### Posouzení na smyk:

$$A_{vz.pro.k} := \left( \frac{h_{.pro.k}}{2} - \frac{a_0}{2} - t_{f.pro.k} \right) \cdot t_{w.pro.k} = 615.6 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl.Rd.pro.k} := A_{vz.pro.k} \cdot \frac{f_{y.355}}{\sqrt{3}} = 126.173 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed.pro.k}| < V_{pl.Rd.pro.k} \xrightarrow{\text{float}, 3} 28.2 \cdot |\text{kN}| < 126.0 \cdot \text{kN}$$

Výsledek<sub>87</sub> = “ nosník na smyk vyhoví”

#### Využití:

$$\frac{|V_{Ed.pro.k}|}{V_{pl.Rd.pro.k}} \cdot 100 = 22.358 \%$$

$$V_{Ed.pro.k} < \frac{V_{pl.Rd.pro.k}}{2} \xrightarrow{\text{float}, 3} 28.2 \cdot \text{kN} < 63.1 \cdot \text{kN}$$

- není třeba uvažovat interakci mezi ohybem a smykem

#### Vliv klopení:

Prolamovaný nosník je podepřen proti klopení pomocí přípoje střešních nosníků. Délka uvažována pro klopení  $L_{pro.k.klop} := 5000 \text{ mm}$ . Délka nosníku

$$L_{pro.k} := 15 \text{ m}$$

Zatřídění stojiny

$$c_{.pro.k} := h_{.pro.k} - 2 \cdot (r_{.pro.k} + t_{f,.pro.k}) - a_0 = 117.9 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{.pro.k}}{t_{f,.pro.k}} = 9.283$$

$$\frac{c_{.pro.k}}{t_{f,.pro.k}} \leq 72 \cdot \varepsilon \xrightarrow{\text{float, 3}} \frac{9.28 \cdot \text{mm}}{\text{mm}} \leq 72.0$$

Výsledek<sub>88</sub> = “ stojina třídy 1 ”

Zatřídění pásnice

$$c_{.pro.k} := \frac{b_{.pro.k} - 2 \cdot r_{.pro.k} - t_{w,.pro.k}}{2} = 63 \text{ mm}$$

$$\frac{c_{.pro.k}}{t_{w,.pro.k}} = 7.875$$

$$\frac{c_{.pro.k}}{t_{w,.pro.k}} \leq 9 \cdot \varepsilon \xrightarrow{\text{float, 3}} \frac{7.88 \cdot \text{mm}}{\text{mm}} \leq 9.0$$

Výsledek<sub>89</sub> = “ pásnice třídy 1 ”

Podmínky uložení konce:

kloubové uložení

$$k_z := 1$$

$$k_w := 1$$

Poměr koncových momentu:

$$\psi := 0$$

Pro  $k_z := 1$  lze součinitel  $C_1$  pro libovolný poměr koncových momentu určit vztahem:

$$C_1 := (0.310 + 0.428 \cdot \psi + 0.262 \cdot \psi^2)^{-0.5} = 1.796$$

Bezrozměrný parametr kroucení:

$$k_{wt} := \frac{\pi}{k_w \cdot L_{pro.k.klop}} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_{w,.pro.k}}{G \cdot I_{t,.pro.k}}} = 1.442$$

$$\mu_{cr} := \frac{C_1}{k_z} \cdot (\sqrt{1 + k_{wt}^2}) = 3.152$$

$$M_{cr,.pro.k} := \mu_{cr} \cdot \pi \cdot \frac{\sqrt{E \cdot I_{z,.pro.k} \cdot G \cdot I_{t,.pro.k}}}{L_{pro.k.klop}} = 468.901 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{LT,.pro.k} := \sqrt{W_{y,.pl,.pro.k} \cdot \frac{f_{y.355}}{M_{cr,.pro.k}}} = 1.103$$

Křivka klopení:  
svařovaný průřez

$$\frac{h_{.pro.k}}{b_{.pro.k}} > 2 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{509.3 \text{ mm}}{170 \text{ mm}} > 2$$

Výsledek<sub>90</sub> = “Křivka klopení d.”

Součinitel klopení:

Křivka klopení	a	b	c	d
Součinitel imperfekce při klopení $\alpha_{LT}$	0.21	0.34	0.49	0.76

$$\lambda_{LT.pro.k.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\phi_{LT.pro.k} := 0.5 \cdot \left(1 + d_k \cdot (\lambda_{LT.pro.k} - \lambda_{LT.pro.k.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT.pro.k}^2\right) = 1.224$$

$$\chi_{LT.pro.k} := \frac{1}{\phi_{LT.pro.k} + \sqrt{\phi_{LT.pro.k}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT.pro.k}^2}} = 0.503$$

$$M_{b.Rd.pro.k} := \chi_{LT.pro.k} \cdot W_{y.pl.pro.k} \cdot f_{y.355} = 287.082 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{b.Rd.pro.k} > M_{Ed.pro.k} \xrightarrow{\text{float, 4}} 287.1 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > 132.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Výsledek<sub>91</sub> = “vyhoví”

Využití:

$$\frac{M_{Ed.pro.k}}{M_{b.Rd.pro.k}} \cdot 100 = 46.258 \%$$

Únosnost stojiny mezi otvory v ohybu a vzpěru (boulení):

$$V_{h.pro.k} := \frac{S}{(h_{.pro.k} - 2 \cdot (89.7 \text{ mm} - r_{.pro.k} - t_{f.pro.k}))} \cdot V_{Ed.pro.k} = 30.784 \text{ kN}$$

$$V_{pl.Rd.pro.k} := (S - a_0) \cdot t_{w.pro.k} \cdot \frac{f_{y.355}}{\sqrt{3}} = 159.048 \text{ kN}$$

$$M_{.pro.k} := 0.45 \cdot a_0 \cdot V_{h.pro.k} = 4.571 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Pružná únosnost stojiny:

$$W := \frac{1}{6} \cdot t_{w.pro.k} \cdot (S - 0.436 \cdot a_0)^2 = (1.069 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$M_{el.pro.k} := W \cdot f_{y.355} = 37.941 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Součinitele C1, C2, C3:

$$C_1 := 5.097 + 0.1464 \cdot \left(\frac{a_0}{t_{w.pro.k}}\right) - 0.00174 \cdot \left(\frac{a_0}{t_{w.pro.k}}\right)^2 = 8.175$$

$$C_2 := 1.441 + 0.0625 \cdot \left(\frac{a_0}{t_{w.pro.k}}\right) - 0.000683 \cdot \left(\frac{a_0}{t_{w.pro.k}}\right)^2 = 2.857$$

$$C_3 := 3.645 + 0.0853 \cdot \left( \frac{a_0}{t_{w.pro.k}} \right) - 0.00108 \cdot \left( \frac{a_0}{t_{w.pro.k}} \right)^2 = 5.326$$

$$M_{max.pro.k} := \left( C_1 \cdot \left( \frac{S}{a_0} \right) - C_2 \cdot \left( \frac{S}{a_0} \right)^2 - C_3 \right) \cdot M_{el.pro.k} = 17.796 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{.pro.k} < M_{max.pro.k} \xrightarrow{\text{float}, 3} 4.57 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < 17.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

### Mezní stav použitelnosti

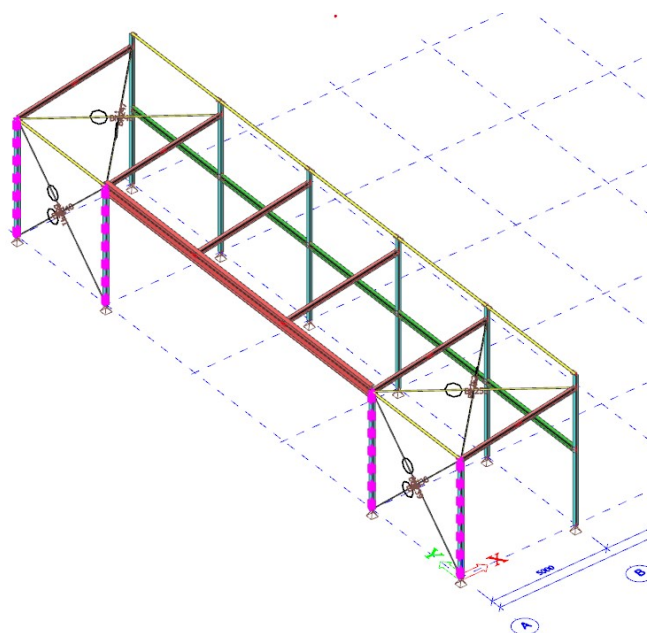
$$\delta_{lim} := \frac{L_{pro.k}}{400} = 37.5 \text{ mm}$$

$$\delta_{.pro.k.360} := 29.6 \text{ mm} \quad \text{-IPE360 symetrický prolamovaný nosník s kruhovými otvory}$$

$$\delta_{.pro.k.330} := 45 \text{ mm} \quad \text{-IPE330 symetrický prolamovaný nosník s kruhovými otvory}$$

Návrh IPE360 symetrický prolamovaný nosník s kruhovými otvory **vyhoví**

### 14.3 NÁVRH KRAJNÍCH SLOUPŮ.



### Vnitřní síly

Získané pomocí SCIA Eng. s vlivem rámových imperfekci. Volba vnitřních sil bude provedena na sloupu s největšími VS.

### Extremy VS ve sloupu vpravo u otvoru

h(m)	Kombinace	N	Vz	My
5.05	NK1	3.35	-19.18	3.41
2.525+	NK1	-1.2	0.67	26.77
0	NK1	-5.75	20.53	0

Extremy VS ve sloupu vlevo u otvoru

h(m)	Kombinace	N	Vz	My
5.05	NK12	-53.47	-2.79	-14.05
0	NK12	-62.67	-2.77	0

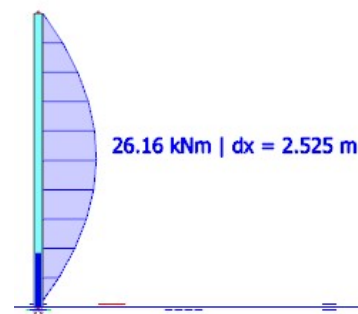
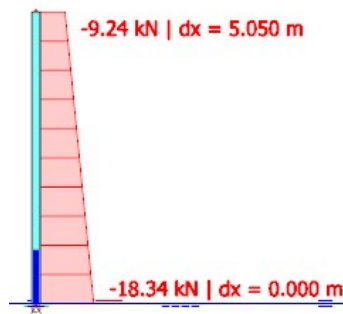
NK1

$$N_{Ed.sl.n.h} := 1.2 \text{ kN} \quad \text{tlak}$$

$$M_{Ed.sl.n.h} := 26.77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Ned - NK1

Med - NK1

**HEA 160**

$$h_{sl.n} = 152 \text{ mm}$$

$$i_{y.sl.n} = 65.7 \text{ mm}$$

$$b_{sl.n} = 160 \text{ mm}$$

$$i_{z.sl.n} = 39.8 \text{ mm}$$

$$t_{w.sl.n} = 6 \text{ mm}$$

$$W_{y.pl.sl.n} = 245 \text{ cm}^3$$

$$I_{y.sl.n} = (1.673 \cdot 10^3) \text{ cm}^4$$

$$W_{z.pl.sl.n} = 118 \text{ cm}^3$$

$$I_{z.sl.n} = 616 \text{ cm}^4$$

$$d_{w.sl.n} = 104 \text{ mm}$$

$$A_{sl.n} = 38.8 \text{ cm}^2$$

$$t_{f.sl.n} = 9 \text{ mm}$$

$$A_{vz.sl.n} = (1.324 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 \quad r_{sl.n} = 15 \text{ mm}$$

Posudek ohybového momentu

$$M_{pl.Rd.sl.n.h} := W_{y.pl.sl.n} \cdot f_y = 57.575 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.sl.n.h}}{M_{pl.Rd.sl.n.h}} \cdot 100 = 46.496 \%$$

Tlak z důvodu malých hodnot nebude posouzen.

- Vzpěrné délky a vzpěrnostní součinitel  
Sloup rámu je podepřen nosníky mezaninu. Stropní deska kolem sloupu je ŽB.

$$L_{cr.y.sl.n} := 5.05 \text{ m}$$

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$L_{cr.z.sl.n} := 5.05 \text{ m}$$

### Štíhlost sloupu

$$\lambda_{y.sl.n} := \frac{L_{cr.y.sl.n}}{i_{y.sl.n}} = 76.865$$

$$\lambda_{z.sl.n} := \frac{L_{cr.z.sl.n}}{i_{z.sl.n}} = 126.884$$

### Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel.y.sl.n} := \frac{\lambda_{y.sl.n}}{\lambda_1} = 0.819$$

$$\lambda_{rel.z.sl.n} := \frac{\lambda_{z.sl.n}}{\lambda_1} = 1.351$$

### Křivka vzpěrné pevnosti:

$$\frac{h_{.sl.n}}{b_{.sl.n}} < 1.2 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.152}{0.16} < 1.2$$

Výsledek<sub>92</sub> = “Křivka vzpěrné pevnosti b,c.”

### Součinitele vzpěrnosti:

Křivka vzpěrné pevnosti	a0	a	b	c	d
Součinitel imperfekce a	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

$$\phi_{y.sl.n} := 0.5 \cdot (1 + b \cdot (\lambda_{rel.y.sl.n} - 0.2) + \lambda_{rel.y.sl.n}^2) = 0.94$$

$$\chi_{y.sl.n} := \frac{1}{\phi_{y.sl.n} + \sqrt{\phi_{y.sl.n}^2 - \lambda_{rel.y.sl.n}^2}} = 0.713$$

$$\phi_{z.sl.n} := 0.5 \cdot (1 + c \cdot (\lambda_{rel.z.sl.n} - 0.2) + \lambda_{rel.z.sl.n}^2) = 1.695$$

$$\chi_{z.sl.n} := \frac{1}{\phi_{z.sl.n} + \sqrt{\phi_{z.sl.n}^2 - \lambda_{rel.z.sl.n}^2}} = 0.368$$

### Vliv klopení:

Výpočet  $M_{cr.sl.n}$  byl proveden v programu LTBeamN. Viz příloha 4.2.12

$$M_{cr.sl.n} := 266.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\mu_{cr} := 10.17$$

### Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{LT.sl.n} := \sqrt{W_{y.pl.sl.n} \cdot \frac{f_y}{M_{cr.sl.n}}} = 0.465$$

### Křivka klopení:

$$\frac{h_{.sl.n}}{b_{.sl.n}} < 2 \xrightarrow{\text{explicit, ALL}} \frac{0.152}{0.16} < 2$$



Výsledek<sub>93</sub> = “Křivka klopení a.”

Součinitel klopení:

Křivka klopení	a	b
Součinitel imperfekce při klopení $\alpha_{LT}$	0.21	0.34

$$\phi_{LT.sl.n} := 0.5 \cdot \left( 1 + a_k \cdot (\lambda_{LT.sl.n} - 0.2) + \lambda_{LT.sl.n}^2 \right) = 0.636$$

$$\chi_{LT.sl.n} := \frac{1}{\phi_{LT.sl.n} + \sqrt{\phi_{LT.sl.n}^2 - \lambda_{LT.sl.n}^2}} = 0.935$$

$$M_{b.Rd.sl.n} := \chi_{LT.sl.n} \cdot W_{y.pl.sl.n} \cdot f_y = 53.817 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{b.Rd.sl.n} > M_{Ed.sl.n.h} \xrightarrow{\text{float}, 4} 53.82 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > 26.77 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Výsledek<sub>94</sub> = “Sloup vyhoví”

Využití:

$$\frac{M_{Ed.sl.n.h}}{M_{b.Rd.sl.n}} \cdot 100 = 49.742 \quad \%$$

Posouzení sloupu na kombinaci tlaku s ohybem.



$$\psi_{sl.n.my} := 0 \qquad -1 \leq \psi_{sl.n.my} \leq 1$$

$$a_{sl.n.my} := 0$$

$$C_{my.sl.n} := \max(0.2 + 0.8 \cdot a_{sl.n.my}, 0.4) = 0.4$$

Součinitel konstantního momentu  $C_{mLT}$  pro průběh momentu  $M_y$  mezi body podepření ve směru y-y

$$\psi_{sl.n.mLT} := 0 \qquad -1 \leq \psi_{sl.n.mLT} \leq 1$$

$$\alpha_{sl.n.mLT} := 0$$

$$N_{Rk.sl.n} := A_{sl.n} \cdot f_y = 911.8 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\lambda_{rel.y.sl.n} = 0.819$$

$$\lambda_{rel.z.sl.n} = 1.351$$

$$M_{y.Rk.sl.n} := W_{y.pl.sl.n} \cdot f_y$$

$$M_{y.Rk.sl.n} = 57.575 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

$$\chi_{LT.sl.n} = 0.935$$

$$C_{mLT.sl.n} := \max(0.2 + 0.8 \cdot \alpha_{sl.n.mLT}, 0.4) = 0.4$$

Součinitele kyy a kzy:

$$k_{yy} := \min \left( C_{my.sl.n} \cdot \left( 1 + (\lambda_{rel.y.sl.n} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.sl.n.h}}{\chi_{y.sl.n} \cdot \frac{N_{Rk.sl.n}}{\gamma_{M1}}} \right), \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.sl.n.h}}{\chi_{y.sl.n} \cdot \frac{N_{Rk.sl.n}}{\gamma_{M1}}} \right) \right) = 0.4$$

$$k_{zy} := \max \left( \left( 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_{rel.z.sl.n}}{(C_{mLT.sl.n} - 0.25)} \right) \cdot \frac{N_{Ed.sl.n.h}}{\chi_{z.sl.n} \cdot \frac{N_{Rk.sl.n}}{\gamma_{M1}}}, \left( 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT.sl.n} - 0.25)} \right) \cdot \frac{N_{Ed.sl.n.h}}{\chi_{z.sl.n} \cdot \frac{N_{Rk.sl.n}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.998$$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed.sl.n.h}}{\chi_{y.sl.n} \cdot \frac{N_{Rk.sl.n}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed.sl.n.h}}{\chi_{LT.sl.n} \cdot \frac{M_{y.Rk.sl.n}}{\gamma_{M1}}} = 0.201 < 1$$

*Výsledek*<sub>95</sub> = "Sloup vyhoví"

$$\frac{N_{Ed.sl.n.h}}{\chi_{z.sl.n} \cdot \frac{N_{Rk.př}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed.sl.n.h}}{\chi_{LT.sl.n} \cdot \frac{M_{y.Rk.sl.n}}{\gamma_{M1}}} = 0.498 < 1$$

*Výsledek*<sub>96</sub> = "Sloup vyhoví"

NK12

h(m)	Kombinace	N	Vz	My
5.05	NK12	-53.47	-2.79	-14.05
0	NK12	-62.67	-2.77	0

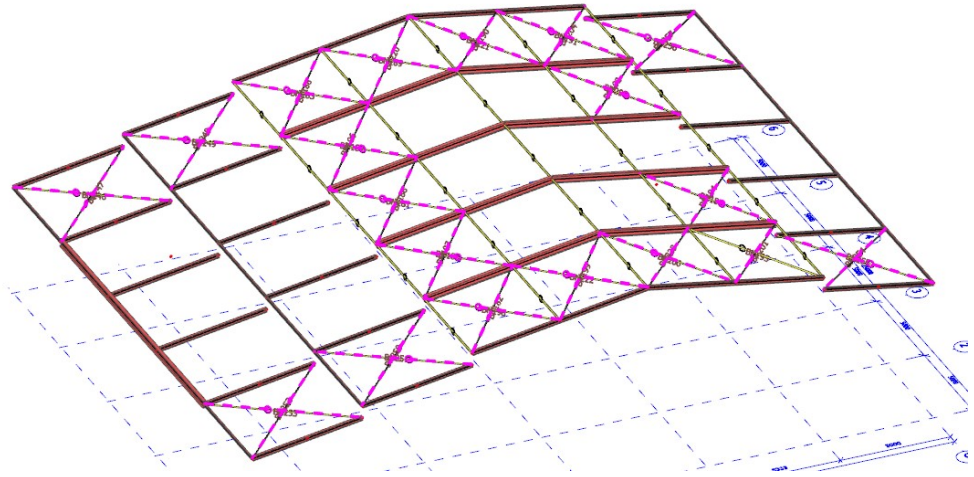
Tabulka výsledků pro NK12

MbRd kNm	Med kNm	Využití %	NRd kN	Ned kN	Využití %
57.58	14.04	24.39	911.80	53.47	5.86
C <sub>my</sub>	C <sub>mLT</sub>	k <sub>y</sub>	k <sub>zy</sub>		
0.60	0.60	0.63	0.95		
Interakce					
0.25	0.41	<1			

## 15. ZTUŽENÍ HALY

### 15.1 DIAGONALY

Navržený ztužidla u každého štítu a ostatní po okrajích hlavního potrálu rámu podél haly. Ztužidla jsou uvažované pouze tažené za vyloučení tlaku s pouze osovým působením, táhla firmy Macalloy. Uložení je kloubové se zamezením posunů. Podrobně je rozebráno táhlo s největším tahem. Další posouzení ostatních střešních táhel je uvedeno v tabulce na konci kapitoly.



Rozhodující kombinace NK6 - kombinace s podélným větrem.

$$N_{Ed.s.t} := 27.99 \text{ kN}$$

Předběžně volím Jednopramenné vinuté lano 1 x 19.

#### Průměr průřezu

$$d_{lano} := 10 \text{ mm}$$

#### Plocha průřezu:

$$A_{lano} := \pi \cdot \left( \frac{d_{lano}}{2} \right)^2 = 78.54 \text{ mm}^2$$

#### Mez kluzu:

$$f_{y.lano} := 460 \text{ MPa}$$

#### Návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{.lano} := \frac{N_{Ed.s.t}}{A_{lano}} = 356.38 \text{ MPa}$$

#### Posouzení průřezu na tah:

$$\sigma_{.lano} < f_{y.lano} \xrightarrow{\text{float}, 4} 356.4 \cdot \text{MPa} < 460.0 \cdot \text{MPa}$$

Výsledek<sub>97</sub> = “lano na tah vyhoví”

#### Posouzení MSP

Rozhodující kombinace NK18 MSP - kombinace s podélným větrem.

Modul pružnosti pro jednopramenné vinuté lano 1 x 19

$$L_{lano} := 6.44 \text{ m}$$

$$E_{lano} := 107 \frac{kN}{mm^2}$$

$$N_{Ed.s.t.MSP} := 22.6 \text{ kN}$$

Elastické protažení lana:

$$W_{EL.lano} := \frac{N_{Ed.s.t.MSP} \cdot L_{lano}}{E_{lano} \cdot A_{lano}} = 17.319 \text{ mm}$$

Maximální doporučené protažení dle výrobce:

$$W_{EL.lano.max} := L_{lano} \cdot 0.75\% = 48.3 \text{ mm}$$

Posouzení protažení:

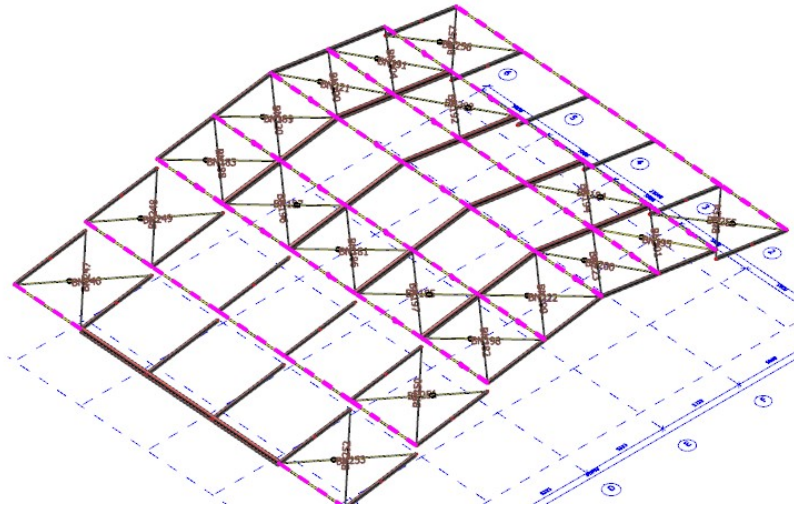
$$W_{EL.lano} < W_{EL.lano.max} \xrightarrow{\text{float}, 3} 17.3 \cdot \text{mm} < 48.3 \cdot \text{mm}$$

Výsledek<sub>98</sub> = "lano na protažení vyhoví"

Tabulka posouzení střešních táhel

Prvek	Kombinace	NED.t [kN]	L [mm]	d [mm]	A [mm <sup>2</sup> ]	fy [MPa]	σ <sub>lano</sub> [Mpa]	výužití [%]
B393	NK1	24.3	7.1	10.0	78.5	460	309.1	67.2
B394	NK10	1.5	7.1	10.0	78.5	460	18.5	4.0
B395	NK4	16.2	7.1	10.0	78.5	460	206.7	44.9
B396	NK10	8.8	7.1	10.0	78.5	460	112.1	24.4
B397	NK1	19.7	7.1	10.0	78.5	460	250.2	54.4
B398	NK6	7.6	7.1	10.0	78.5	460	96.1	20.9
B400	NK1	27.0	7.1	10.0	78.5	460	343.5	74.7
B441	NK6	18.7	7.1	10.0	78.5	460	238.1	51.8
B442	NK9	25.4	7.1	10.0	78.5	460	323.8	70.4
B443	NK2	17.7	7.1	10.0	78.5	460	225.8	49.1
B444	NK9	11.7	7.1	10.0	78.5	460	149.4	32.5
B559	NK4	22.1	6.4	10.0	78.5	460	281.3	61.2
B560	NK1	20.4	6.4	10.0	78.5	460	260.0	56.5
B561	NK11	5.0	6.4	10.0	78.5	460	63.7	13.8
B562	NK10	0.2	6.4	10.0	78.5	460	2.0	0.4
B564	NK1	25.2	6.4	10.0	78.5	460	320.9	69.8
B564	NK6	2.6	6.4	10.0	78.5	460	32.9	7.1
B565	NK6	3.7	6.4	10.0	78.5	460	47.1	10.2
B566	NK10	0.6	6.4	10.0	78.5	460	7.4	1.6
B566	NK1	27.5	6.4	10.0	78.5	460	350.5	76.2
B567	NK9	18.6	6.4	10.0	78.5	460	236.4	51.4
B568	NK6	16.9	6.4	10.0	78.5	460	215.5	46.8
B569	NK9	14.6	6.4	10.0	78.5	460	186.2	40.5
B571	NK2	23.7	6.4	10.0	78.5	460	301.7	65.6
B574	NK3	3.0	6.4	10.0	78.5	460	37.9	8.2
B575	NK4	28.4	6.4	10.0	78.5	460	361.3	78.5
B576	NK10	8.2	6.4	10.0	78.5	460	103.9	22.6
B577	NK1	26.0	6.4	10.0	78.5	460	330.5	71.8
B578	NK9	11.5	6.4	10.0	78.5	460	146.6	31.9
B579	NK2	16.2	6.4	10.0	78.5	460	206.0	44.8
B581	NK6	28.8	6.4	10.0	78.5	460	366.6	79.7
B582	NK9	19.6	6.4	10.0	78.5	460	249.3	54.2
B599	NK6	21.8	6.4	10.0	78.5	460	277.2	60.3
B600	NK10	5.9	6.4	10.0	78.5	460	75.3	16.4
B601	NK2	19.0	6.4	10.0	78.5	460	242.0	52.6

## 15.2 NÁVRH PODÉLNÝCH STŘEŠNÍCH ZTUŽIDEL



Navržený 8 řád podélných střešních ztužidel. Přenášejí vítr ze sloupů do rámu a zajišťují geometrický tvar konstrukce. Podrobně je rozebráno ztužidlo s největším namáháním. Další posouzení ostatních střešních táhel je uvedeno v tabulce na konci kapitoly. Ztužidla jsou posouzená pouze na osově síly.

Rozdodující kombinace NK5 - kombinace s nenavatým sněhem.

$$N_{Ed.s.t} := 47.73 \text{ kN} \quad \text{tlak}$$

Vzhledem k výpočtu pomocí II. řádu ve vnitřních sílách jsou zohledněny i účinky deformace. V daném případě rám od zatížení sněhem se prohne a tím vyvolá normálové síly ve ztužidle.

### Návrh TR89/4

$$A_{p.z} := 1070 \text{ mm}^2$$

$$i_{p.z} := 30 \text{ mm}$$

Vzpěrná délka:

$$L_{cr.y.p.z} := 5 \text{ m}$$

Štíhlost prutu

$$\lambda_{p.z} := \frac{L_{cr.y.p.z}}{i_{p.z}} = 166.667$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel.p.z} := \frac{\lambda_{p.z}}{\lambda_1} = 1.775$$

Křivka vzpěrné pevnosti:

Křivka C

Součinitele vzpěrnosti:

Křivka vzpěrné pevnosti	a0	a	b	c	d
Součinitel imperfekce a	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

$$\phi_{p.z} := 0.5 \cdot \left( 1 + c \cdot (\lambda_{rel.p.z} - 0.2) + \lambda_{rel.p.z}^2 \right) = 2.461$$

$$\chi_{p.z} := \frac{1}{\phi_{p.z} + \sqrt{\phi_{p.z}^2 - \lambda_{rel.p.z}^2}} = 0.24$$

### Posouzení na tlak s vlivem vybočení

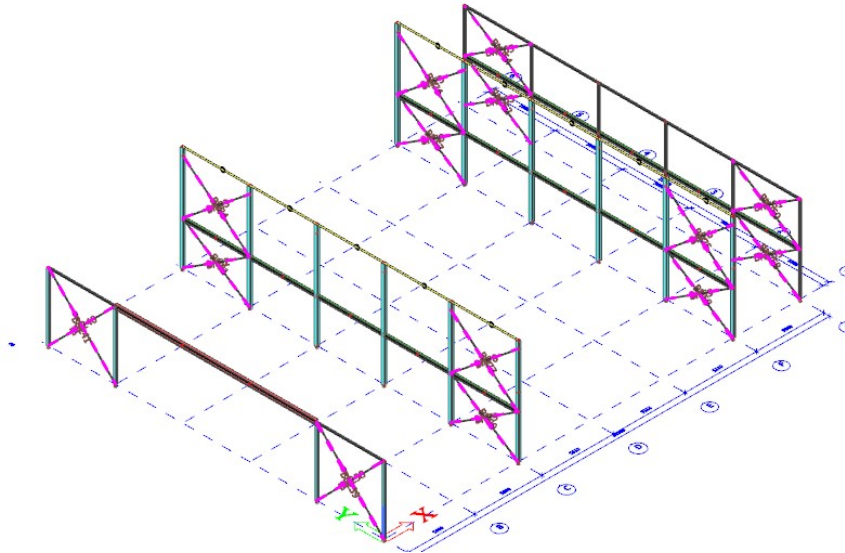
$$N_{Rd.s.2} := \chi_{p.z} \cdot A_{p.z} \cdot f_y = 60.359 \text{ kN}$$

$$N_{Rd.s.2} > N_{Ed.s.t} \xrightarrow{\text{float}, 5} 60.359 \cdot \text{kN} > 47.73 \cdot \text{kN}$$

Výsledek<sub>99</sub> = “vyhoví”

Prvek	Kombinace	NED [kN]	Tlak	L [mm]	$\lambda_{rel}$	$\Phi$	$\chi$	i [mm]	A [mm <sup>2</sup> ]	$f_y$ [MPa]	Nrd	výužití [%]
B49	NK1	15.0		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	24.9
B53	NK4	19.4		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	32.1
B59	NK9	19.0		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	31.5
B60	NK9	11.5		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	19.0
B61	NK9	11.5		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	19.1
B62	NK9	11.5		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	19.1
B62	NK5	26.1		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	43.3
B63	NK9	11.6		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	19.2
B74	NK1	17.7		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	29.3
B75	NK4	8.8		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	14.6
B76	NK4	8.6		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	14.3
B77	NK4	8.4		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	14.0
B78	NK4	19.2		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	31.7
B583	NK5	57.3		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	95.0
B584	NK5	57.4		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	95.1
B585	NK5	57.5		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	95.2
B586	NK5	57.6		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	95.4
B587	NK5	57.7		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	95.5
B588	NK4	32.1		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	53.1
B589	NK7	20.2		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	33.5
B590	NK7	21.8		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	36.1
B591	NK7	21.7		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	36.0
B592	NK7	31.4		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	52.0
B593	NK5	29.0		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	48.1
B594	NK5	21.6		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	35.7
B595	NK5	21.5		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	35.6
B596	NK5	21.4		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	35.5
B597	NK5	37.3		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	61.8
B612	NK4	21.8		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	36.2
B612	NK10	10.0		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	16.5
B613	NK4	17.6		5000.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.4	29.2
B614	NK4	17.9		5001.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.3	29.6
B615	NK4	18.0		5002.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.3	29.8
B616	NK4	20.2		5003.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.3	33.5
B617	NK5	24.0		5004.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.3	39.8
B618	NK9	13.8		5005.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.3	22.9
B619	NK9	13.8		5006.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.2	22.9
B620	NK9	13.8		5007.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.2	22.9
B621	NK5	25.2		5008.0	1.8	2.5	0.2	30.0	1070.0	235.0	60.2	41.8

### 15.3 NÁVRH STĚNOVÝCH PODÉLNÝCH ZTUŽIDEL



Ztužidla jsou uvažované pouze tažené za vyloučení tlaku s pouze osovým působením, táhla firmy Macalloy. Uložení je kloubové se zamezením posunů. Podrobně je rozebráno táhlo s největším tahem. Další posouzení ostatních stěnových táhel je uvedeno v tabulce na konce kapitoly.

Rozhodující kombinace NK6 - kombinace s podélným větrem.

$$N_{Ed.stěna.t} := 41.19 \text{ kN} \quad \text{tah}$$

Předběžně volím Jednopramenné vinuté lano 1 x 19.

#### Průměr průřezu

$$d_{lano} := 12 \text{ mm}$$

#### Plocha průřezu:

$$A_{lano} := \pi \cdot \left( \frac{d_{lano}}{2} \right)^2 = 113.097 \text{ mm}^2$$

#### Mez kluzu:

$$f_{y.lano} := 460 \text{ MPa}$$

#### Návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{.lano} := \frac{N_{Ed.stěna.t}}{A_{lano}} = 364.2 \text{ MPa}$$

#### Posouzení průřezu na tah:

$$\sigma_{.lano} < f_{y.lano} \xrightarrow{\text{float, 4}} 364.2 \cdot \text{MPa} < 460.0 \cdot \text{MPa}$$

Výsledek<sub>100</sub> = “vyhoví”

#### **Posouzení MSP**

Rozhodující kombinace NK18 MSP - kombinace s podélným větrem.

Modul pružnosti pro jednopramenné vinuté lano 1 x 19

$$E_{\text{lano}} := 107 \frac{kN}{mm^2}$$

$$N_{\text{Ed.stěna.MSP}} := 30.07 \text{ kN}$$

Elastické protažení lana:

$$W_{\text{El.lano}} := \frac{N_{\text{Ed.stěna.MSP}} \cdot L_{\text{lano}}}{E_{\text{lano}} \cdot A_{\text{lano}}} = 14.785 \text{ mm}$$

Maximální doporučené protažení dle výrobce:

$$W_{\text{El.lano.max}} := L_{\text{lano}} \cdot 0.75\% = 44.625 \text{ mm}$$

Posouzení protažení

$$W_{\text{El.lano}} < W_{\text{El.lano.max}} \xrightarrow{\text{float}, 3} 14.8 \cdot \text{mm} < 44.6 \cdot \text{mm}$$

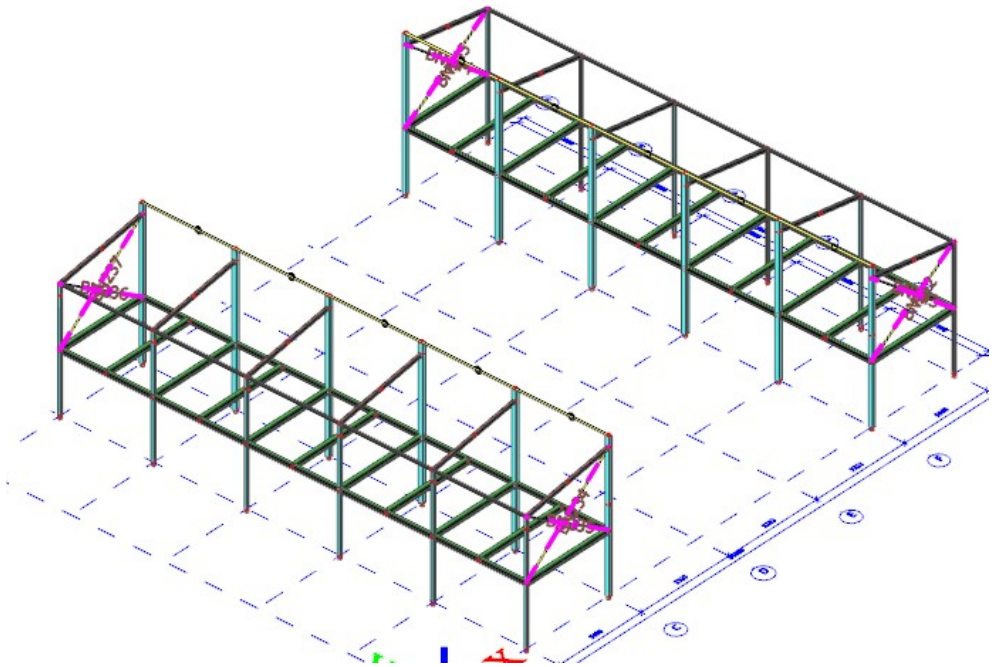
Výsledek<sub>101</sub> = “vyhoví”

Tabulka posouzení stěnových podélných táhel

Prvek	Kombinace	NED.t [kN]	L [mm]	d [mm]	A [mm <sup>2</sup> ]	fy [MPa]	σ <sub>lano</sub> [Mpa]	výužití [%]
B468	NK1	31.5	5.95	12	113.1	460	278.4	60.5
B450	NK10	18.0	5.95	12	113.1	460	159.0	34.6
B469	NK6	44.6	5.95	12	113.1	460	394.8	85.8
B470	NK11	40.9	5.95	12	113.1	460	361.9	78.7
B453	NK1	15.4	6.44	12	113.1	460	136.3	29.6
B471	NK2	33.4	5.95	12	113.1	460	295.2	64.2
B447	NK1	20.6	5.95	12	113.1	460	182.4	39.7
B472	NK10	16.0	6.44	12	113.1	460	141.1	30.7
B454	NK11	23.8	6.44	12	113.1	460	210.3	45.7
B473	NK6	23.5	6.44	12	113.1	460	207.8	45.2
B156	NK3	16.9	7.11	12	113.1	460	149.6	32.5
B630	NK6	9.7	5.95	12	113.1	460	85.6	18.6
B455	NK6	26.2	6.44	12	113.1	460	231.8	50.4
B631	NK2	9.5	5.95	12	113.1	460	83.7	18.2
B448	NK6	28.3	5.95	12	113.1	460	250.3	54.4
B632	NK11	25.9	5.95	12	113.1	460	228.9	49.8
B456	NK1	15.5	6.44	12	113.1	460	137.2	29.8
B633	NK10	14.3	5.95	12	113.1	460	126.1	27.4
B634	NK6	23.9	5.95	12	113.1	460	210.9	45.9
B466	NK6	22.6	6.44	12	113.1	460	199.4	43.4
B635	NK9	13.2	5.95	12	113.1	460	116.6	25.3
B449	NK4	28.8	5.95	12	113.1	460	254.7	55.4
B636	NK6	13.2	5.95	12	113.1	460	116.4	25.3
B467	NK3	21.4	6.44	12	113.1	460	189.3	41.2
B637	NK9	8.6	5.95	12	113.1	460	75.9	16.5
B154	NK3	17.2	7.11	12	113.1	460	151.7	33.0



### 15.4 NÁVRH STĚNOVÝCH PŘÍČNÝCH ZTUŽIDEL



Ztužidla jsou uvažované pouze tažené za vyloučení tlaku s pouze osovým působením, táhla firmy Macalloy. Umístěné z dispozičních důvodů pouze na výšku mezaninu. Uložení je kloubové se zamezením posunů. Podrobně je rozebráno táhlo s největším tahem. Další posouzení ostatních stěnových příčných táhel je uvedeno v tabulce na konce kapitoly.

Rozdodující kombinace N2 - kombinace s příčným větrem.

$$N_{Ed.stěna.t.p} := 56.69 \text{ kN} \quad \text{tah}$$

Předběžně volím Jednoprámené vinuté lano 1 x 19.

#### Průměr průřezu

$$d_{lano} := 14 \text{ mm}$$

#### Plocha průřezu:

$$A_{lano} := \pi \cdot \left( \frac{d_{lano}}{2} \right)^2 = 153.938 \text{ mm}^2$$

#### Mez kluzu.:

$$f_{y.lano} := 460 \text{ MPa}$$

#### Návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{lano} := \frac{N_{Ed.stěna.t.p}}{A_{lano}} = 368.265 \text{ MPa}$$

#### Posouzení průřezu na tah:

$$\sigma_{lano} < f_{y.lano} \xrightarrow{\text{float, 4}} 368.3 \cdot \text{MPa} < 460.0 \cdot \text{MPa}$$

Výsledek<sub>102</sub> = "vyhoví"

**Posouzení MSP**

Rozhodující kombinace NK14 MSP - kombinace s podélným větrem.

Modul pružnosti pro jednopramenné vinuté lano 1 x 19

$$E_{\text{lano}} := 107 \frac{kN}{mm^2}$$

$$N_{Ed.stěna.MSP} := 46.1 \text{ kN}$$

Elastické protažení lana:

$$W_{El.lano} := \frac{N_{Ed.stěna.MSP} \cdot L_{lano}}{E_{lano} \cdot A_{lano}} = 18.019 \text{ mm}$$

Maximální doporučené protažení dle výrobce:

$$W_{El.lano.max} := L_{lano} \cdot 0.75\% = 48.285 \text{ mm}$$

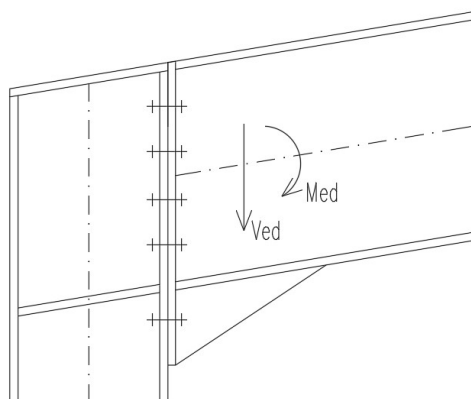
Posouzení protažení

$$W_{El.lano} < W_{El.lano.max} \xrightarrow{\text{float}, 3} 18.0 \cdot \text{mm} < 48.3 \cdot \text{mm}$$

Výsledek<sub>103</sub> = "vyhoví"

Tabulka posouzení stěnových táhel

Prvek	Kombinace	NED.t [kN]	L [mm]	d [mm]	A [mm <sup>2</sup> ]	f <sub>y</sub> [MPa]	σ <sub>lano</sub> [Mpa]	výužití [%]
B622	NK2	52.1	6.43	14	153.9	460.0	338.6	73.6
B623	NK9	19.6	5.95	14	153.9	460.0	127.5	27.7
B624	NK2	55.9	5.94	14	153.9	460.0	363.5	79.0
B625	NK9	12.6	6.44	14	153.9	460.0	82.1	17.9
B626	NK7	23.5	6.44	14	153.9	460.0	152.4	33.1
B627	NK1	49.2	5.94	14	153.9	460.0	319.6	69.5
B628	NK9	22.1	5.95	14	153.9	460.0	143.7	31.2

**16. PŘÍPOJ RÁMOVÝ ROH**

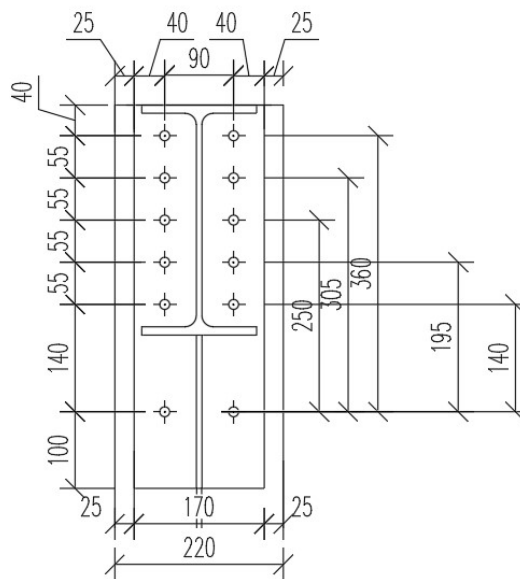
Vnitřní síly:

Rozhodující kombinace: NK7

$$V_{Ed.s1} := 48.34 \text{ kN}$$

$$M_{Ed.s1} := 88.97 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

### Rozmístění šroubu



$$\beta_w := 0.9$$

$$\gamma_{m2} := 1.25$$

$$\gamma_m := 1$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

### Návrh koutových svarů:

Svar čelní desky a stojiny příčle

$$a_1 \geq \frac{t_{w.př} \cdot f_y \cdot \beta_w \cdot \gamma_{m2} \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot \gamma_m \cdot f_u}$$

$$\frac{t_{w.př} \cdot f_y \cdot \beta_w \cdot \gamma_{m2} \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot \gamma_m \cdot f_u} = 3.9 \text{ mm}$$

Navrhnu výšku svaru na stojině 4mm

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Svar čelní desky a pásnice příčle

$$a_2 \geq \frac{t_{f.př} \cdot f_y \cdot \beta_w \cdot \gamma_{m2} \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot \gamma_m \cdot f_u}$$

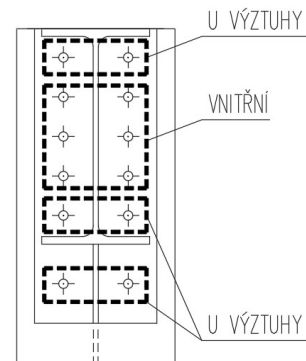
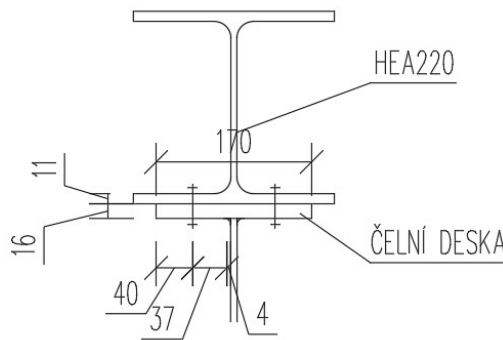
$$\frac{t_{f.př} \cdot f_y \cdot \beta_w \cdot \gamma_{m2} \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot \gamma_m \cdot f_u} = 6 \text{ mm}$$

Navrhnu výšku svaru na pásnici 6mm

$$a_2 := 6 \text{ mm}$$

### Výpočet únosnosti řad šroubů

proveden pomocí modelu náhradního T-průřezu. Jenou únosnost je dána jedním ze tří způsobu porušení: vytvoření čtyř plastických kloubů, porušením T profilu při vytvoření dvou plastických kloubů, porušením šroubů.

Výpočet 1., 5. a 6. řady šroubů (u výztuhy):

$$b_d := 170 \text{ mm}$$

$$e_{min} := 40 \text{ mm}$$

$$t_{f.sl1} = 11 \text{ mm}$$

$$t_d := 16 \text{ mm}$$

$$p := 55 \text{ mm}$$

$$c_1 := 0.8 \cdot a_1 \cdot \sqrt{2} = 4.525 \text{ mm}$$

$$m := \frac{b_d - t_{w.sl1}}{2} - e_{min} - c_1 = 37 \text{ mm}$$

$$n_{min} := \min(e_{min}, 1.25 \cdot m) = 40 \text{ mm}$$

$$t_p := \min(t_{f.sl1}, t_d) = 11 \text{ mm}$$

$$\lambda_{1s} := \frac{m}{m + e_{min}} = 0.48$$

$$c_2 := 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 6.8 \text{ mm}$$

$$m_2 := 40 \text{ mm} - c_2 = 33.212 \text{ mm}$$

$$\lambda_{2s} := \frac{m_2}{m + e_{min}} = 0.431$$

$$\alpha_s := 6.15$$

Účinná délka jedné řady šroubů:

- pro kruhové porušení

$$L_{erff.cp} := 2 \cdot \pi \cdot m = 232.318 \text{ mm}$$

- pro jiné

$$L_{erff.op} := \alpha_s \cdot m = 227.393 \text{ mm}$$

Účinná délka skupiny šroubů:

- pro kruhové porušení

$$L_{erff.cp.sk} := \pi \cdot m + p = 171.2 \text{ mm}$$

- pro jiné

$$L_{erff.op.sk} := 0.5 \cdot p + \alpha_s \cdot m - 2 \cdot m - 0.625 \cdot e_{min} = 155.944 \text{ mm}$$

$$L_{erff} := \min(L_{erff.cp}, L_{erff.op}, L_{erff.cp.sk}, L_{erff.op.sk}) = 155.944 \text{ mm}$$

## Návrhová únosnost řady šroubů:

$$p = 0.055 \text{ m}$$

$$M_{pl.Rd.1} := \frac{1}{4} \cdot L_{erff} \cdot t_{f.sl1}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_m} = 1.109 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.Rd.2} := \frac{1}{4} \cdot L_{erff} \cdot t_{f.sl1}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_m} = 1.109 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Návrhová únosnost pro první způsob porušení

$$F_{t.1.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.Rd.1}}{m} = 119.928 \text{ kN}$$

$$f_{ub.8.8} := 800 \text{ MPa}$$

Návrhová únosnost pro druhý způsob porušení

$$A_{s.18} := 254 \text{ mm}^2$$

Únosnost jednoho šroubu v tahu:

$$B_{t.Rd} := 0.9 \cdot A_{s.18} \cdot \frac{f_{ub.8.8}}{\gamma_{m2}} = 146.304 \text{ kN}$$

$$F_{t.2.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.Rd.1} + n_{min} \cdot 2 \cdot B_{t.Rd}}{m + n_{min}} = 180.858 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost pro třetí způsob porušení

$$F_{t.3.Rd} := 2 \cdot B_{t.Rd} = 292.608 \text{ kN}$$

Únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí:

$$F_{t.Rd.vyzt} := \min(F_{t.1.Rd}, F_{t.2.Rd}, F_{t.3.Rd}) = 119.928 \text{ kN}$$

Výpočet 2., 3. a 4. řady šroubů (vnitřní řada šroubů):

Účinná délka vnitřní řady šroubů:

$$\alpha_s = 6.15$$

- pro kruhové porušení

$$L_{erff.cp} := 2 \cdot \pi \cdot m = 232.318 \text{ mm}$$

- pro jiné

$$L_{erff.op} := 4 \cdot m + 1.25 \cdot e_{min} = 197.898 \text{ mm}$$

Účinná délka skupiny řad vnitřních šroubů:

- pro kruhové porušení

$$L_{erff.cp.sk} := 2 \cdot p = 110 \text{ mm}$$

- pro jiné

$$L_{erff.op.sk} := p = 55 \text{ mm}$$

$$L_{erff} := \min(L_{erff.cp}, L_{erff.op}, L_{erff.cp.sk}, L_{erff.op.sk}) = 55 \text{ mm}$$

Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí:

$$M_{pl.Rd.1} := \frac{1}{4} \cdot L_{erff} \cdot t_{f.sl1}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_m} = 0.391 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.Rd.2} := \frac{1}{4} \cdot L_{erff} \cdot t_{f.sl1}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_m} = 0.391 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Návrhová únosnost pro první způsob porušení

$$F_{t.1.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.Rd.1}}{m} = 42.297 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost pro druhý způsob porušení

Únosnost jednoho šroubu v tahu:

$$B_{t.Rd} := 0.9 \cdot A_{s.18} \cdot \frac{f_{ub.8.8}}{\gamma_{m2}} = 146.304 \text{ kN}$$

$$F_{t.2.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.Rd.1} + n_{min} \cdot 2 \cdot B_{t.Rd}}{m + n_{min}} = 162.213 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost pro třetí způsob porušení

$$F_{t.3.Rd} := 2 \cdot B_{t.Rd} = 292.608 \text{ kN}$$

Únosnost vnitřní řady:

$$F_{t.vn.Rd} := \min(F_{t.1.Rd}, F_{t.2.Rd}, F_{t.3.Rd}) = 42.297 \text{ kN}$$

Smyková únosnost spoje:

$$F_{v.Rd.sp} := \frac{a_v \cdot A_{s.18} \cdot f_{ub.8.8}}{\gamma_m} = 121.92 \text{ kN}$$

$$\min\left(2.5, 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7\right) \cdot \min\left(\frac{f_{ub.8.8}}{f_u}, 1, \frac{e_1}{3 \cdot d_0}\right) \downarrow$$

$$F_{b.Rd.sp} := \frac{f_u \cdot d_s \cdot t_{f.sl1}}{\gamma_{m2}} = 130.68 \text{ kN}$$

$$V_{Rd.sp} := 2 \cdot \min(F_{v.Rd.sp}, F_{b.Rd.sp}) = 243.84 \text{ kN}$$

$$V_{Rd.sp} > V_{Ed.s1} \rightarrow 243.84 \cdot \text{kN} > 48.34 \cdot \text{kN}$$

Výsledek<sub>104</sub> = "Spoj na smyk vyhoví"

Únosnost pásnice příčle v tlaku:

$$F_{c.fb.Rd} := \frac{W_{y.pl.př} \cdot f_y}{(h_{.př} - t_{f.př}) \cdot \gamma_m} = 593.218 \text{ kN}$$

Podmínka tažených šroubů a tlačené pásnice:

$$F_{c.fb.Rd} \geq F_{t.Rd.vyzt} \cdot 3 + F_{t.vn.Rd} \cdot 3 \xrightarrow{\text{float}, 4} 593.2 \cdot \text{kN} \geq 486.7 \cdot \text{kN}$$

Výsledek<sub>105</sub> = "Vyhovuje"

$$a_v := 0.6$$

$$\gamma_m = 1$$

$$e_1 := 55 \text{ mm}$$

$$d_0 := 20 \text{ mm}$$

$$e_2 := 40 \text{ mm}$$

$$d_s := 18 \text{ mm}$$

$$h_{.př} = 330 \text{ mm}$$

$$t_{f.př} = 11.5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = 1$$

$$d_{w.sl1} = 152 \text{ mm}$$

$$t_{w.sl1} = 7 \text{ mm}$$

### Únosnost stěny sloupu ve smyku:

Ověření třídy průřezu stěny sloupu:

$$\frac{d_{w.sl1}}{t_{w.sl1}} = 21.714$$

$$\frac{d_{w.sl1}}{t_{w.sl1}} \leq 69 \cdot \varepsilon$$

stěna sloupu je třídy průřezu 1

### Příspěvek příčných výtuh a pásnic

$$d_s := h_{.pr} - t_{f.pr} = 318.5 \text{ mm}$$

Návrhová plastická momentová únosnost pásnice sloupu:

$$M_{pl.fc.Rd} := 4 \cdot b_{.sl1} \cdot t_{f.sl1}^2 \cdot f_y = 25.023 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Návrhová plastická momentová únosnost výtuh sloupu:

$$M_{pl.st.Rd} := \frac{1}{4} \cdot b_{.sl1} \cdot t_d^2 \cdot f_y = 3.309 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{w.add.Rd} := \min \left( \frac{4 \cdot M_{pl.fc.Rd}}{d_s}, \frac{2 \cdot M_{pl.fc.Rd} + 2 \cdot M_{pl.st.Rd}}{d_s} \right) = 177.906 \text{ kN}$$

$$V_{wp.Rd} := \frac{0.9 \cdot f_y \cdot A_{vz.sl1}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_m} + V_{w.add.Rd} = 429.819 \text{ kN}$$

$$V_{wp.Rd} < F_{t.Rd.vyzt} \cdot 3 + F_{t.vn.Rd} \cdot 3 \xrightarrow{\text{float}, 4} 429.8 \cdot \text{kN} < 486.7 \cdot \text{kN}$$

Výsledek<sub>106</sub> = "Podmínka není splněná"

$$t_{plech} := 5 \text{ mm}$$

$$d_{w.sl1} = 152 \text{ mm}$$

Navrhují zesílení stojiny sloupu přivařením plechu tl.5mm jednostránně

$$V_{wp.Rd} := \frac{0.9 \cdot f_y \cdot (A_{vz.sl1} + (t_{plech} \cdot d_{w.sl1}))}{\sqrt{3} \cdot \gamma_m} + V_{w.add.Rd} = 522.622 \text{ kN}$$

$$V_{wp.Rd} > F_{t.Rd.vyzt} \cdot 3 + F_{t.vn.Rd} \cdot 3 \xrightarrow{\text{float}, 4} 522.6 \cdot \text{kN} > 486.7 \cdot \text{kN}$$

### Momentová únosnost spoje:

Plastické rozdělení síl

$$r_{1.sp} := 420 \text{ mm}$$

$$r_{2.sp} := 365 \text{ mm}$$

$$r_{3.sp} := 310 \text{ mm}$$

$$r_{4.sp} := 255 \text{ mm}$$

$$r_{5.sp} := 200 \text{ mm}$$

$$M_{Ed.s1} = 88.97 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

$$M_{Rd.sp} := F_{t.Rd.vyzt} \cdot r_{1.sp} + F_{t.vn.Rd} \cdot r_{2.sp} + F_{t.vn.Rd} \cdot r_{3.sp} \downarrow = 113.692 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ + F_{t.vn.Rd} \cdot r_{4.sp} \downarrow \\ + F_{t.Rd.vyzt} \cdot r_{5.sp}$$

$$M_{Rd.sp} > M_{Ed.s1} \xrightarrow{\text{float}, 3} 114.0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} > 89.0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Výsledek<sub>107</sub> = "vyhovuje"

### 17. PŘÍPOJ STROPNICE NA PRŮVLAK

Strtopnice IPE240

Průvlak IPE270

Rozhodující kombinace: NK7

Normálová síla je zanedbána z důvodu malých hodnot

$$V_{Ed.str.1} := 59.29 \text{ kN}$$

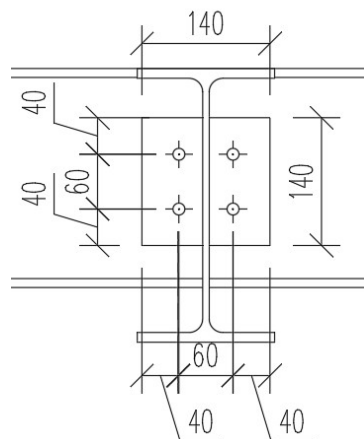
#### Rozteče:

$$e_{1min} := 1.2 \cdot d_0 = 24 \text{ mm} \quad e_1 := 40 \text{ mm}$$

$$e_{2min} := 1.5 \cdot d_0 = 30 \text{ mm} \quad e_2 := 40 \text{ mm}$$

$$p_{1min} := 2.22 \cdot d_0 = 44.4 \text{ mm} \quad p_{1min} := 60 \text{ mm} \quad p_{2min} := 60 \text{ mm}$$

#### Rozmístění šroubu



#### Návrh:

**4xM16 8.8, styčníkový plech 140x140x10mm, svar  $a_w := 4 \text{ mm}$ ,**

$$l_w := 140 \text{ mm}$$

$$d_1 := 16 \text{ mm} \quad d_0 := 18 \text{ mm} \quad t_p := 10 \text{ mm} \quad n := 4$$

$$f_{ub.8.8} = 800 \text{ MPa} \quad A_{s.12} := 157 \text{ mm}^2$$



$$\alpha_v := 0.6$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\beta_w := 0.8$$

$$\gamma_{mw} := 1.25$$

### Únosnost šroubu ve stříhu:

$$F_{v.Rd} := \frac{\alpha_v \cdot f_{ub.8.8} \cdot A_{s.12}}{\gamma_{m2}} = 60.288 \text{ kN}$$

### Únosnost šroubu v otažení

$$a_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub.8.8}}{f_u}, 1\right) = 0.741 \quad \text{Pro šrouby na konci}$$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5 \quad \text{Pro šrouby u okraje}$$

$$F_{b.Rd} := \frac{a_b \cdot k_1 \cdot d_1 \cdot \min(t_{w.str}, t_p) \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = 52.907 \text{ kN}$$

### Únosnost šroubového přípoje:

$$F_{Rd} := n \cdot \min(F_{v.Rd}, F_{b.Rd}) = 211.627 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.str.1} < F_{Rd} \xrightarrow{\text{float}, 3} 59.3 \cdot \text{kN} < 212.0 \cdot \text{kN}$$

Výsledek<sub>108</sub> = "vyhovuje"

### Svar stropnice a čelní desky

$$\tau_{ll} := \frac{V_{Ed.str.1}}{2 \cdot a_w \cdot l_w} = 52.938 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{3 \cdot \tau_{ll}^2} = 91.69 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{3 \cdot \tau_{ll}^2} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{mw}}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{mw}} = 360 \text{ MPa}$$

Výsledek<sub>109</sub> = "vyhovuje"

## **18. PŘÍPOJ PRŮVLAKU NA SLOUP**

Průvlak IPE240

Sloup HEA220

**Vnitřní síly:**

Rozhodující kombinace: NK7

Normálová síla je zanedbána

$$V_{Ed.str.1} := 30.93 \text{ kN}$$

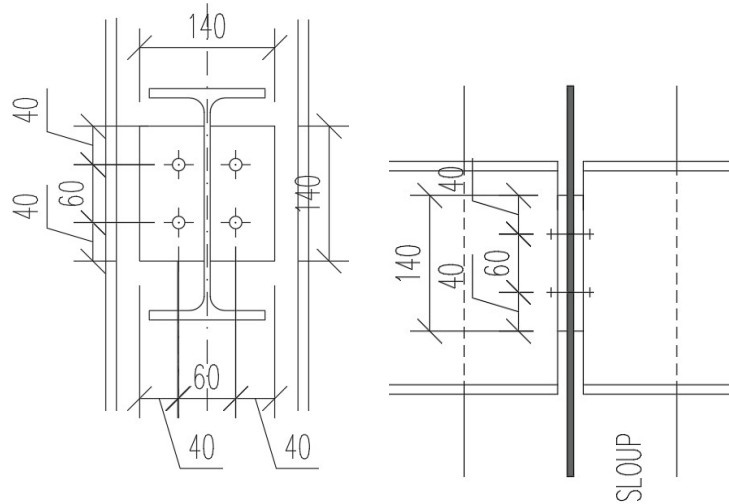
### Rozteče:

$$e_{1min} := 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm} \quad e_1 := 40 \text{ mm}$$

$$e_{2min} := 1.5 \cdot d_0 = 27 \text{ mm} \quad e_2 := 40 \text{ mm}$$

$$p_{1min} := 2.22 \cdot d_0 = 39.96 \text{ mm} \quad p_{1min} := 60 \text{ mm}$$

$$p_{2min} := 60 \text{ mm}$$

**Návrh:**

**4xM16 8.8, styčnickový plech 140x140x10mm, svar  $a_w := 4 \text{ mm}$ ,  
 $l_w := 140 \text{ mm}$**

$$d_1 := 16 \text{ mm} \quad d_0 := 18 \text{ mm} \quad t_p := 10 \text{ mm} \quad n := 4$$

$$f_{ub.8.8} = 800 \text{ MPa} \quad A_{s.12} := 157 \text{ mm}^2$$

Únosnost šroubu ve stříhu:

$$F_{v.Rd} := \frac{2 \cdot \alpha_v \cdot f_{ub.8.8} \cdot A_{s.12}}{\gamma_{m2}} = 120.576 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení

$$a_b := \min \left( \frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub.8.8}}{f_u}, 1 \right) = 0.741$$

$$k_1 := \min \left( 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right) = 2.5$$

$$t_{w.sl1} = 7 \text{ mm}$$

$$F_{b.Rd} := \frac{a_b \cdot k_1 \cdot d_1 \cdot \min(t_{w.sl1}, t_p) \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = 59.733 \text{ kN}$$

Únosnost šroubového přípoje:

$$F_{Rd} := n \cdot \min(F_{v.Rd}, F_{b.Rd}) = 238.933 \text{ kN}$$

$$2 \cdot V_{Ed.str.1} < F_{Rd} \xrightarrow{\text{float}, 4} 61.86 \cdot \text{kN} < 238.9 \cdot \text{kN}$$

Výsledek<sub>110</sub> = “vyhovuje”

Svar stropnice a čelní desky

$$\tau_{II} := \frac{V_{Ed.str.1}}{2 \cdot a_w \cdot l_w} = 27.616 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{3 \cdot \tau_{ll}^2} = 47.832 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{3 \cdot \tau_{ll}^2} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{mw}}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{mw}} = 360 \text{ MPa}$$

Výsledek<sub>111</sub> = “vyhovuje”

Ostatní přípoje jsou posouzeny v programu Idea Statica. Viz příloha 4.4

### 19. PATKA SLOUPU

Patky jsou navrženy jako klubové. Přenášejí normálové a smykové síly. Pátní plech je z S235, chemické kotvy třídy 8.8. Únosnost základové půdy je 350kPa. Patka je z prostého betonu C25/30. Sloup HEA220

Vnitřní síly NK8:

$$N_{ed.sl} := 193.69 \text{ kN}$$

$$R_d := 350 \text{ kPa}$$

Geometrie:

$$b_p := \sqrt{\frac{N_{ed.sl}}{R_d}} = 0.744 \text{ m}$$

Betonová patka:

$$a_c := 800 \text{ mm} \quad b_c := 800 \text{ mm} \quad h_c := 800 \text{ mm}$$

Pátní plech:

$$a_0 := 300 \text{ mm} \quad b_0 := 300 \text{ mm} \quad t_0 := 15 \text{ mm}$$

Započitatelné rozměry betonové patky:

$$a_1 := \min(a_0 \cdot 3, a_0 + h_c, a_c) = 0.8 \text{ m}$$

$$b_1 := \min(b_0 \cdot 3, b_0 + h_c, b_c) = 0.8 \text{ m}$$

Tloušťka podlití:

$$t_{pod} := 0.2 \cdot \min(a_0, b_0) = 60 \text{ mm}$$

$$t_{pod} := 30 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí:

$$k_j := \sqrt{\frac{(a_1 \cdot b_1)}{a_0 \cdot b_0}} = 2.67$$

Návrhová pevnost betonu:

$$f_{j.d} := \frac{\beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 29.63 \text{ MPa}$$

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

$$\beta_j := \frac{2}{3}$$

$$\gamma_c := 1.5$$

Účinná šířka patní desky:

$$c := t_0 \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{j,d}}} = 24.389 \text{ mm}$$

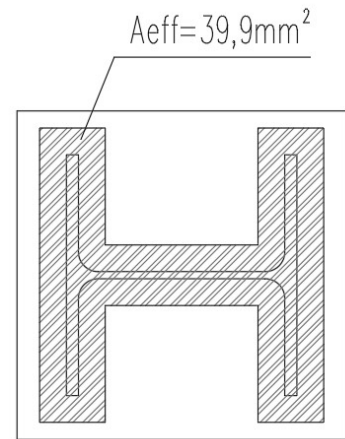
Efektivní plocha - stanovena graficky:

$$A_{eff} := 39900 \text{ mm}^2$$

Únosnost patky:

$$N_{Rd} := A_{eff} \cdot f_{j,d} = 1182.222 \text{ kN}$$

$$N_{ed,sl} < N_{Rd} \xrightarrow{\text{float}, 4} 193.7 \cdot \text{kN} < 1182.0 \cdot \text{kN}$$



Návrh kotvení:

Návrh bude proveden pro kombinaci s největším smykem a s největším tahem v programu FIXPERIENCE. Protokol výpočtu je v příloze 4.5

Vnitřní síly:

NK4

$$R_y := -40.36 \text{ kN}$$

$$R_x := -11.43 \text{ kN}$$

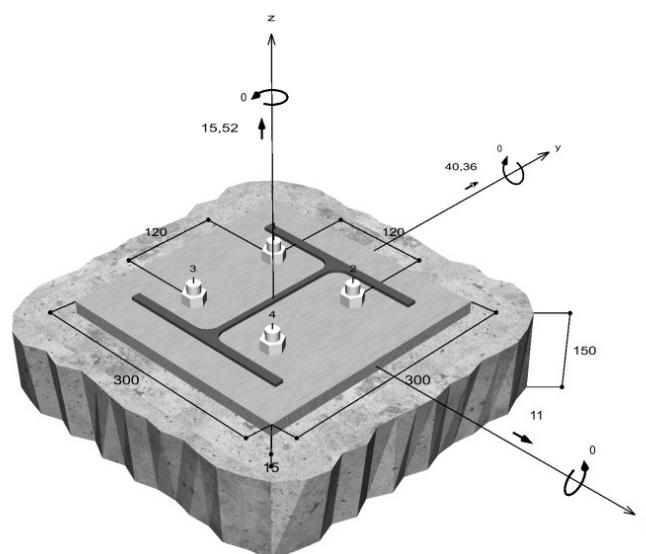
$$N := -15.52 \text{ kN}$$

**Návrh 4kotevní šroub M16**

fischer Vysokozátěžový kotevní systém lepený FHB II

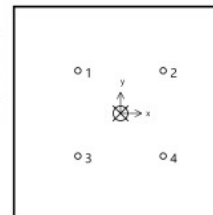
Kuželová tyč vysoce korozivzdorná ocel

FHB II-A S 95/30 C



**Výsledné síly kotev**

Kotva č.	Tahová síla kN	Smyková síla kN	Smyková síla x kN	Smyková síla y kN
1	3,88	10,46	2,75	10,09
2	3,88	10,46	2,75	10,09
3	3,88	10,46	2,75	10,09
4	3,88	10,46	2,75	10,09



Max. stlačení betonu : 0,00 ‰  
 Max. tlakové napětí v betonu : 0,0 N/mm<sup>2</sup>  
 Výsledné tahové síly : 15,52 kN , Poloha X/Y ( 0 / 0 )  
 Výsledné tlakové síly : 0,00 kN , Poloha X/Y ( 0 / 0 )

**Únosnost kombinace tahu a smyku.**

$$\beta_N = \beta_{N,sp1} = 0,25 \leq 1$$

$$\beta_V = \beta_{V,sp1} = 0,30 \leq 1$$

$$\beta_N^{1,0} + \beta_V^{1,0} = \beta_{N,sp1}^{1,0} + \beta_{V,sp1}^{1,0} = 0,29 \leq 1$$

**Zkouška úspěšná**

Rovnice (5.8a)

Rovnice (5.8b)

Rovnice (5.9)



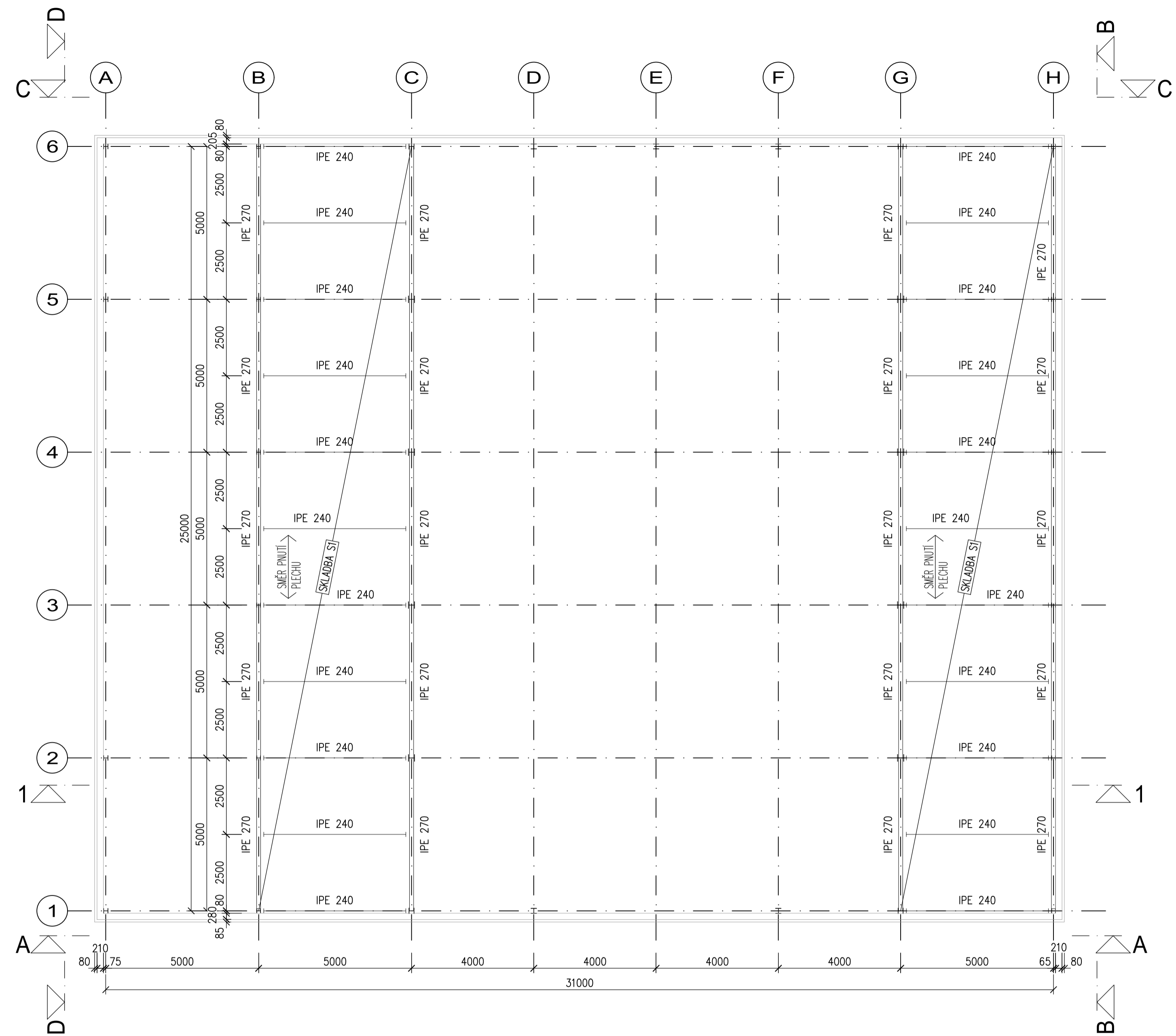
Fakulta stavební  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
**VÝROBNÍ A ADMINISTRATIVNÍ HALA**  
**3. VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE**

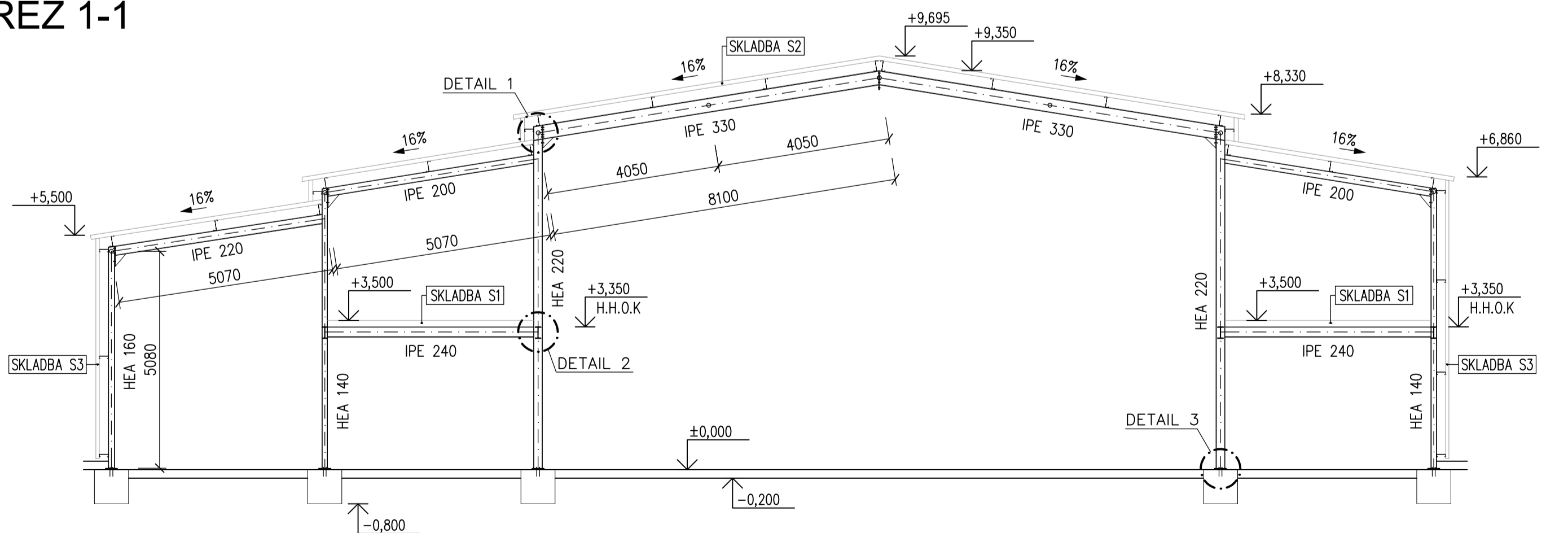
Vedoucí práce: Ing. Jiří Mareš, Ph.D.

Autor: Roman Khayrulin

PŮDORYS +3,225  
M:100



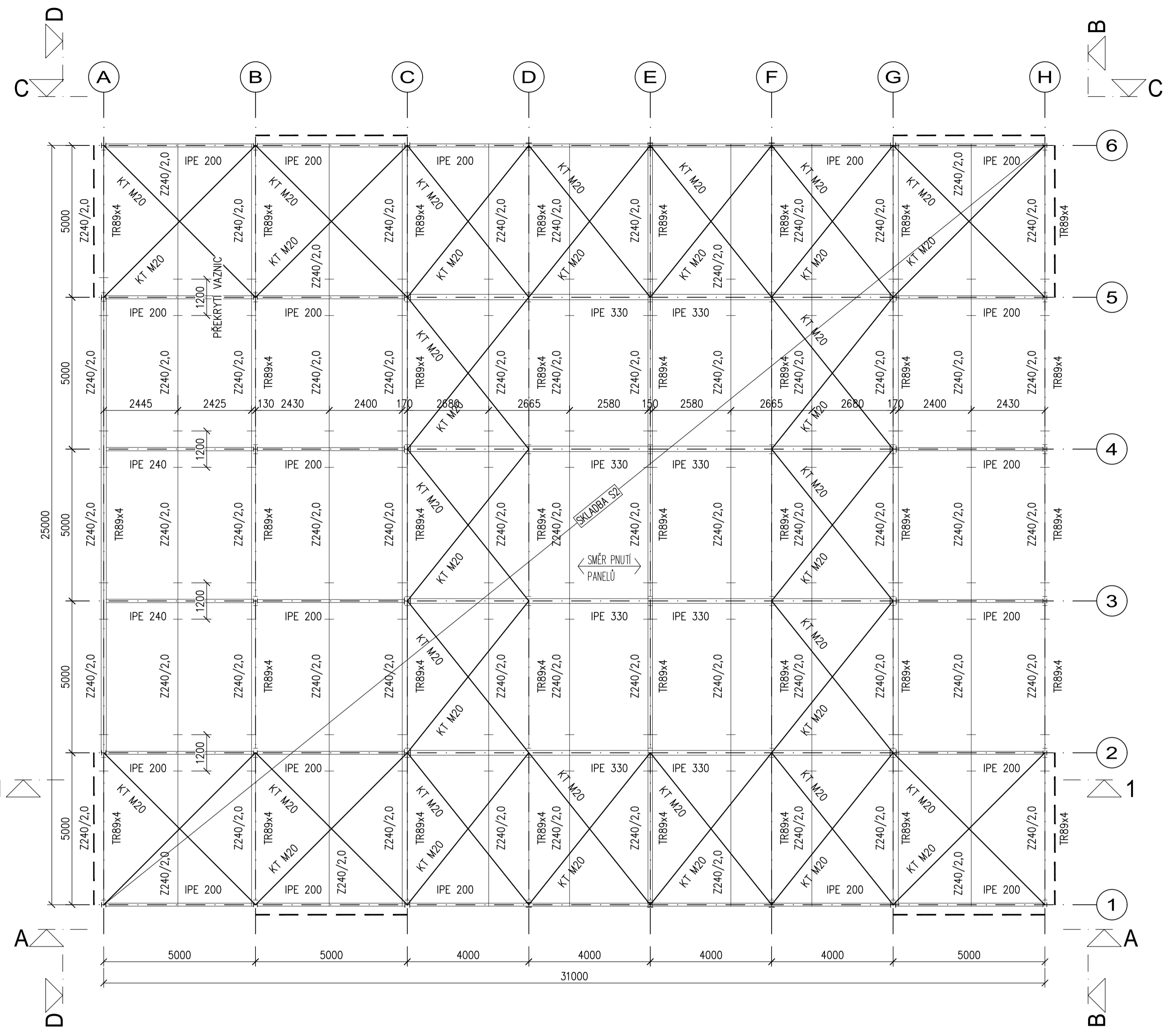
ŘEZ 1-1



- SKLADBA S1**  
- TR 50/250 tl. 1,13mm + NADBETONÁKA 100 mm
- SKLADBA S2**  
- SENDVIČOVÝ PANEĽ KINGSPAN K51000 RW 60
- SKLADBA S3**  
- SENDVIČOVÝ PANEĽ K51000/1150 NF 40  
- PAŽDŽKY C210/2,0

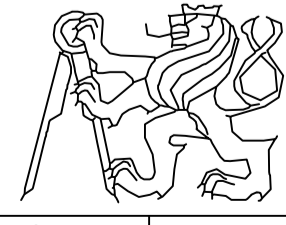
**BETON C20/25 - XC1**  
 POUŽITÍ: PLECHOBETONOVÁ DESKA S4  
 BETONOVÁ SMĚS: 54  
 KRYTÍ: 25mm  
**KONSTRUKČNÍ OCEL S235 JR**  
 OCELOVÁ KONSTRUKCE  
**LEPENÉ KOTVY FISCHER FHB II**  
**ŠROUBY M16 (8.8)**  
**SVARY** 0 = 4  
 TYPÉ NA PLNOU ÚNOSNOST  
 POKUD VE VÝKRESECH DETAILŮ NENÍ UVEDENO JINAK

PŮDORYS STŘECHY  
M:100

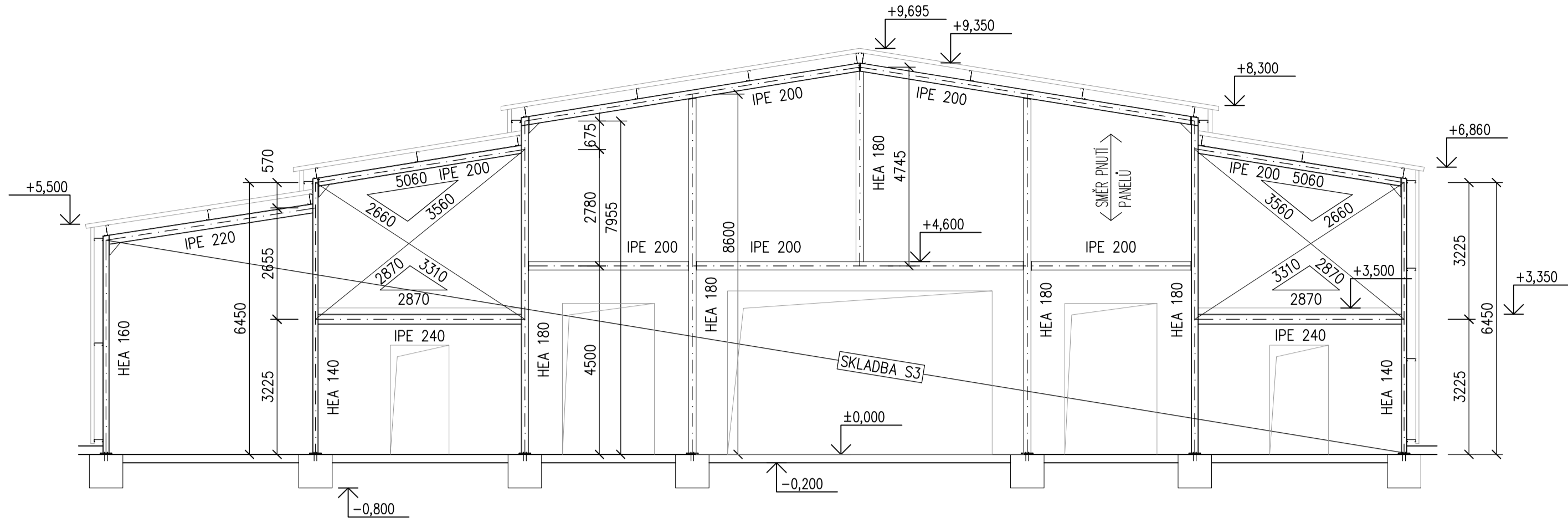


VÝKAZ MATERIÁLU - OCELOVÉ KONSTRUKCE

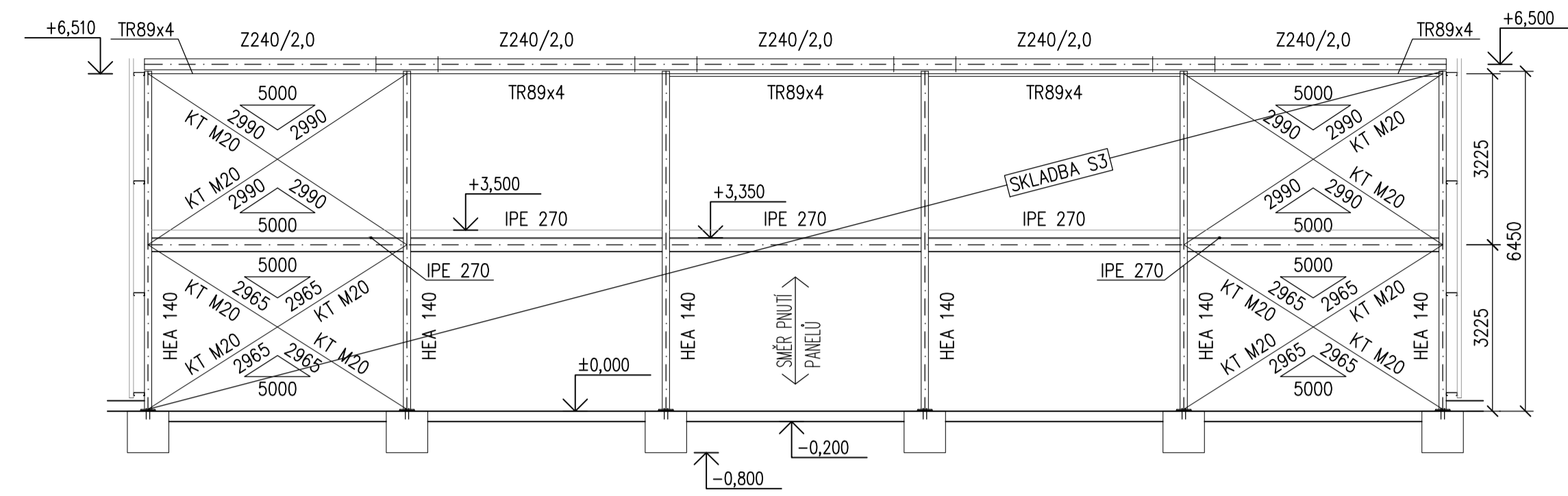
Akce		BAPC		Datum		09.01.2023	
Pol.	Profil	Kusů	Délka [m]	Délka (plocha) celkem [(m <sup>2</sup> )]	Hmotnost /jedm. [(kg/m <sup>2</sup> )]	Hmotnost [kg]	Materiál
1	HEA 220	8	8200	65.600	50.51	3313.3	S 235
2	HEA 160	4	5400	21.600	30.44	657.4	S 235
3	HEA 140	12	6750	81.000	24.66	1997.6	S 235
4	HEA 180	1	9200	9.200	35.52	326.8	S 235
5	HEA 180	4	8550	34.200	35.52	1214.9	S 235
6	HEA 180	1	4700	4.700	35.52	167.0	S 235
7	IPE 330	8	8100	64.800	49.15	3184.7	S 235
8	IPE 200	4	8100	32.400	22.36	724.5	S 235
9	IPE 200	16	5100	81.600	22.36	1824.6	S 235
10	IPE 220	4	5100	20.400	26.20	534.4	S 235
11	IPE 240	22	5000	110.000	30.71	3377.7	S 235
12	IPE 270	20	5000	100.000	36.07	3606.7	S 235
Celkem profily						20929 kg	
Přídavek na svary				2 %		419 kg	
Spojovací materiál + prořez				8 %		1674 kg	
<b>Celkem</b>						<b>23022 kg</b>	

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
SI	K134	Roman Khayrulin	
ROČNÍK	VEDOUČÍ PRÁCE:		
4	Ing. Jiří Mareš, Ph.D.		
AKCE : BAKALÁŘSKÁ PRÁCE - VYROBNÍ A ADMINISTRATIVNÍ HALA			
FORMÁT	A1		
MĚŘÍTKO	1:100		
DATUM	09.01.2023		
Č. VÝKR.	3.1		

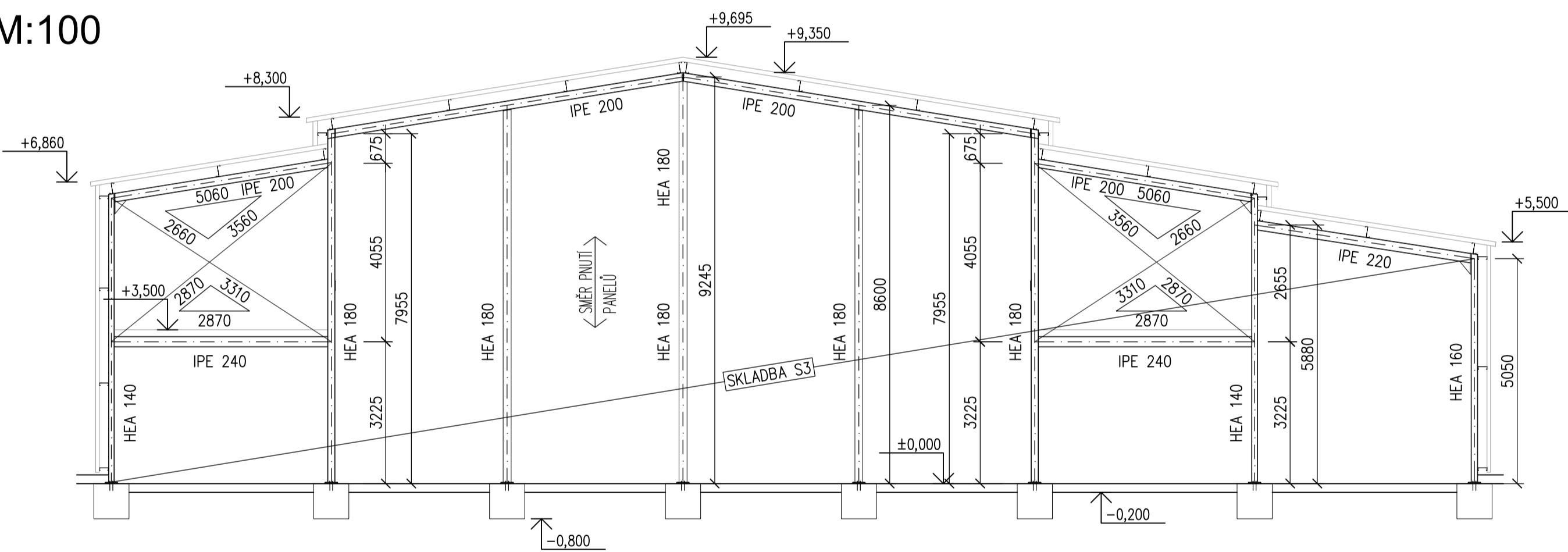
POHLED A-A  
M:100



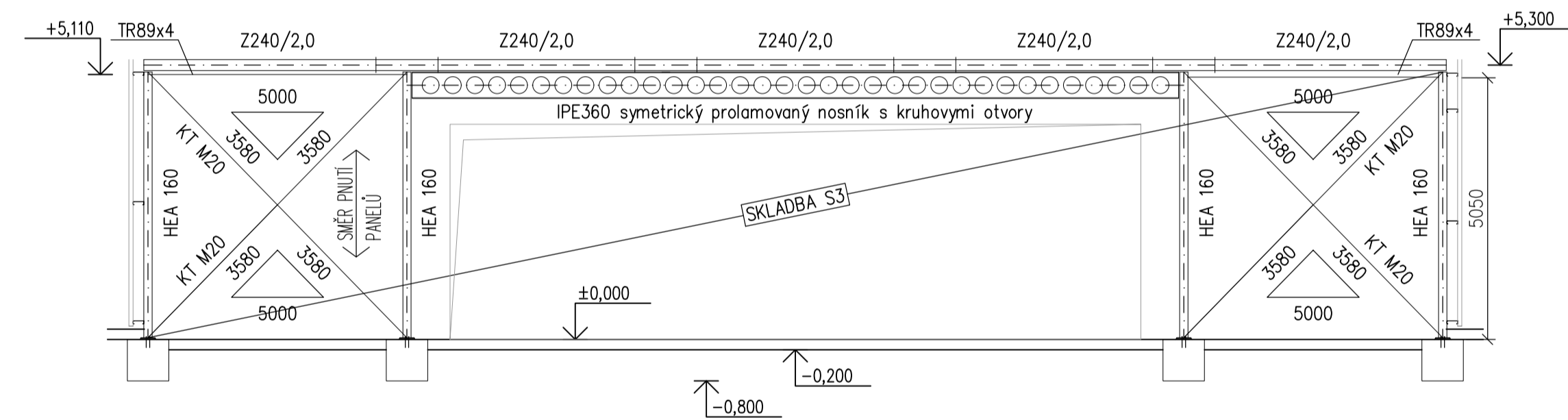
POHLED B-B  
M:100



POHLED C-C  
M:100



POHLED D-D  
M:100



**SKLADBA S3**

- SENDVÍČOVÝ PANEL KS1000/1150 NF 40
- PAŽDÍKY Z210/2,0

**BETON C20/25 - XC1**

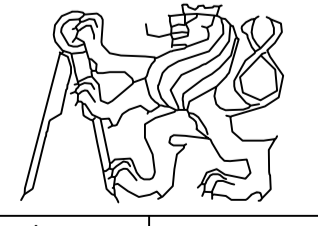
- POUŽITÍ: PLECHOBETONOVÁ DESKA
- BETONOVÁ SMĚS: S4
- KRYTÍ: 25mm

**KONSTRUKČNÍ OCEL S235 JR**

OCELOVÁ KONSTRUKCE

**LEPENÉ KOTVY FISCHER FHB II ŠROUBY M16 (8.8)**

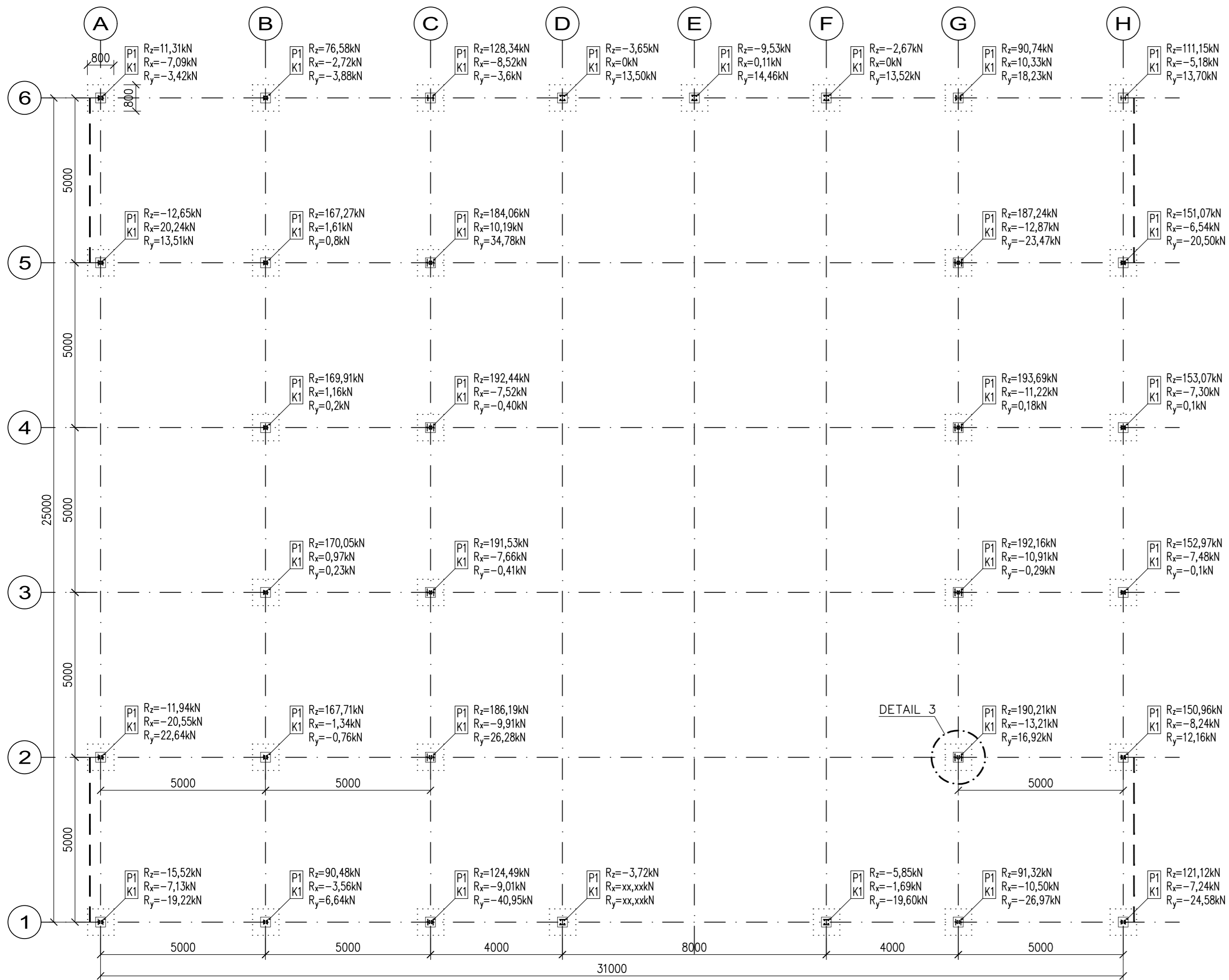
**SVARY**  $\sigma = 4$   
TUPE NA PLNOU ÚNOSNOST  
POKUD VE VÝKRESECH DETAILŮ NENÍ UVEDENO JINAK

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
SI	K134	Roman Khayrulin	
ROČNÍK	VEDOUČÍ PRÁCE:		
4	Ing. Jiří Mareš, Ph.D.		
AKCE : BAKALÁŘSKÁ PRÁCE - VYROBNÍ A ADMINISTRATIVNÍ HALA			
FORMÁT	A1		
MĚŘÍTKO	1:100		
DATUM	09.01.2023		
OBSAH POHLEDY	Č. VÝKR.	3.2	



# PŮDORYS KOTVENÍ

## M:100



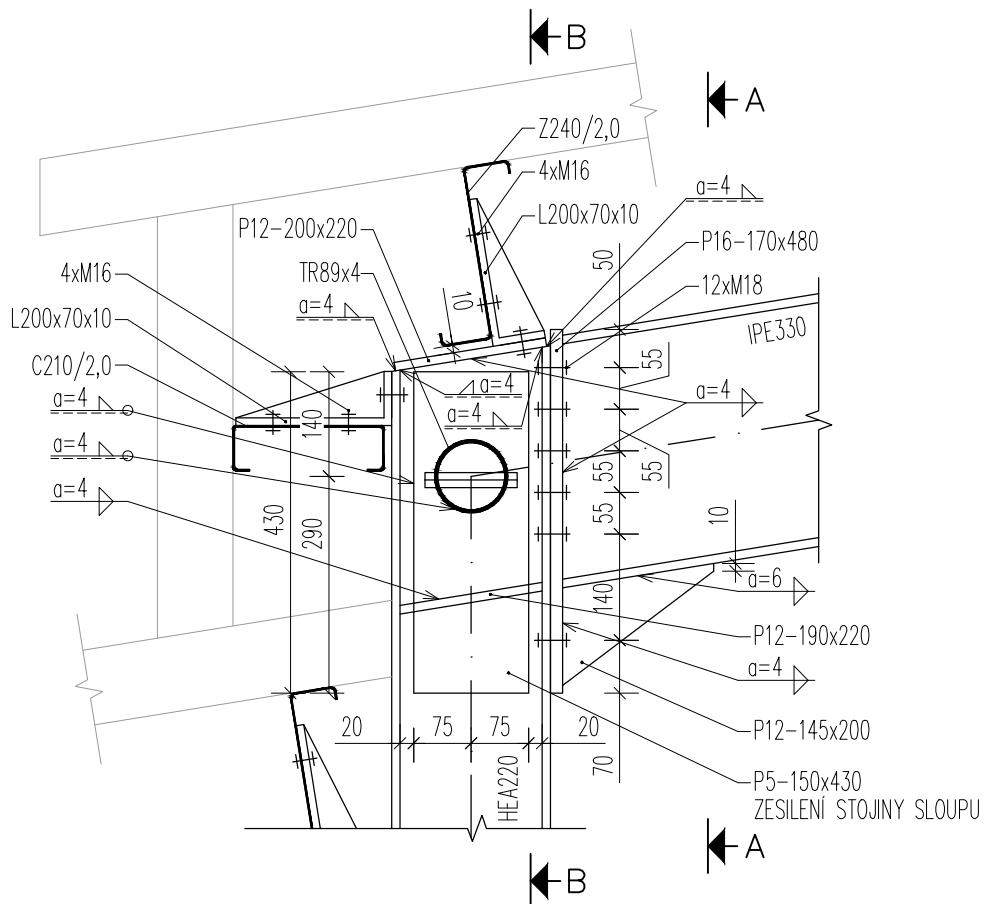
### VÝKAZ MATERIÁLU - PATNÍ PLECH

Akce		BAPC				Datum		09.01.2023	
Pol.	Profil	Kusů	Délka	Šířka	Délka (plocha) celkem	Hmotnost /jedn.	Hmotnost	Materiál	
			[mm]	[mm]	[m] ([m <sup>2</sup> ])	[kg/m] ([kg/m <sup>2</sup> ])	[kg]		
P1	P 15	34	300	300	3.060	117.75	360.3	S 235	
<b>Celkem profily</b>							<b>360 kg</b>		
Přídavek na svary			2 %		7 kg				
Spojovací materiál + prořez			8 %		29 kg				
<b>Celkem</b>							<b>396 kg</b>		

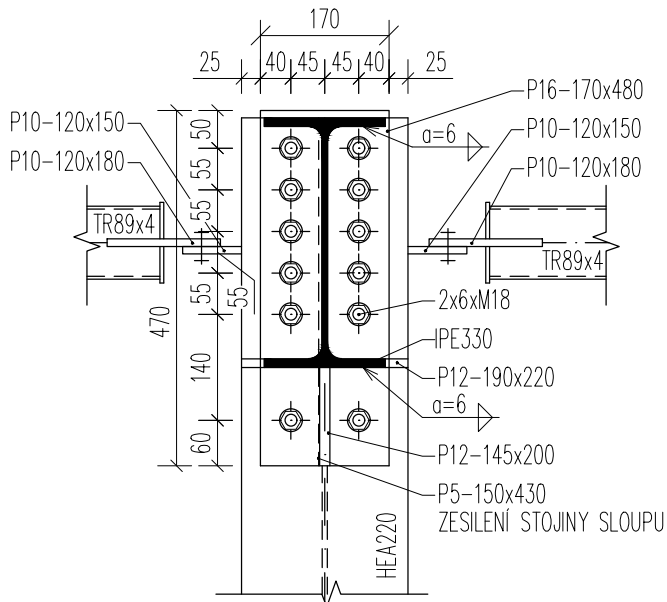
**BETON C16/20 - X0**  
 POUŽITÍ: PODLŽÍ  
**KONSTRUKČNÍ OCEĽ S235 JR**  
 OCEĽOVÁ KONSTRUKCE  
**K1 - 4 x LEPENÉ KOTVY FISCHER FHB II M16**

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
SI	K134	Roman Khayrulin		
ROČNÍK	VEDOUČÍ PRÁCE:			
4	Ing. Jiří Mareš, Ph.D.			
AKCE : BAKALÁŘSKÁ PRÁCE - VÝROBNÍ A ADMINISTRATIVNÍ HALA				
OBSAH : PŮDORYS KOTVENÍ			FORMÁT	A2
			MĚŘÍTKO	1:100
			DATUM	09.01.2023
			Č. VÝKR.	3.3

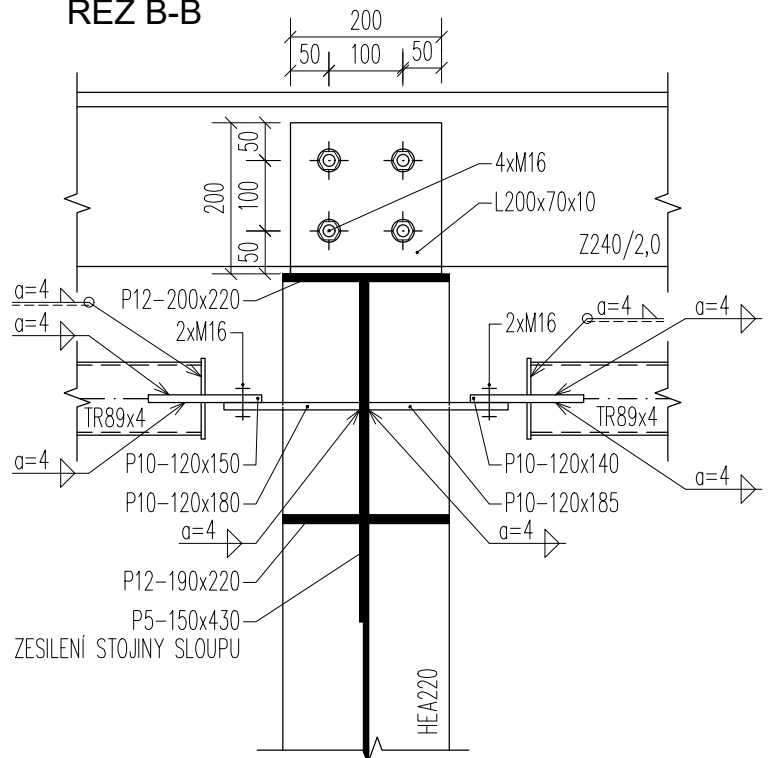
# DETAIL 1 - PŘÍPOJ PŘÍČLE KE SLOUPU



ŘEZ A-A



ŘEZ B-B



**KONSTRUKČNÍ OCEL S235 JR**

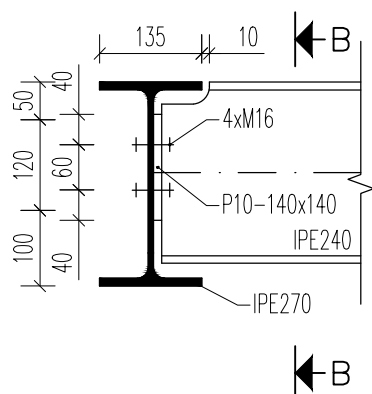
OCELOVÁ KONSTRUKCE

ŠROUBY 8.8

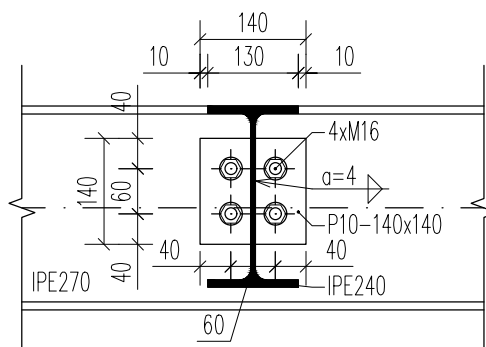
OBSAH :DETAIL 1

Č. VÝKR.	3.4
M:	1:10
JMÉNO:	Roman Khayrulin

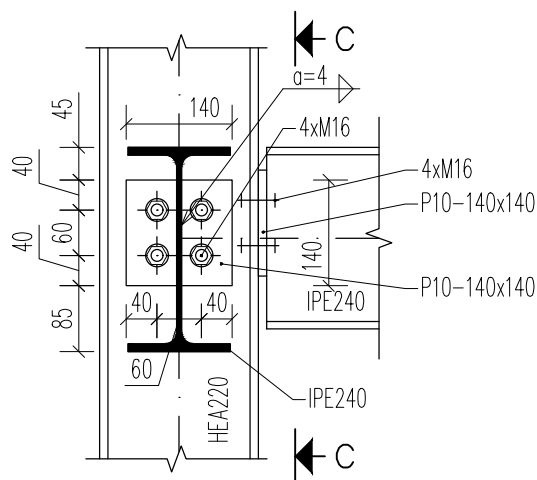
# DETAIL 2a - PŘÍPOJ STROPNICE NA PRŮVLAK



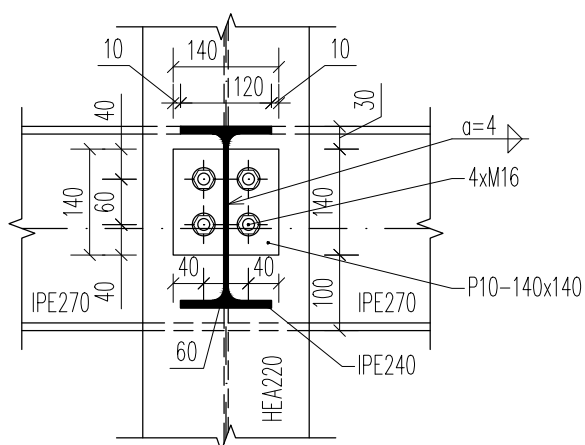
ŘEZ B-B



# DETAIL 2b - PŘÍPOJ PRŮVLAKU A STROPNICE NA SLOUP



ŘEZ C-C



KONSTRUKČNÍ OCEL S235 JR

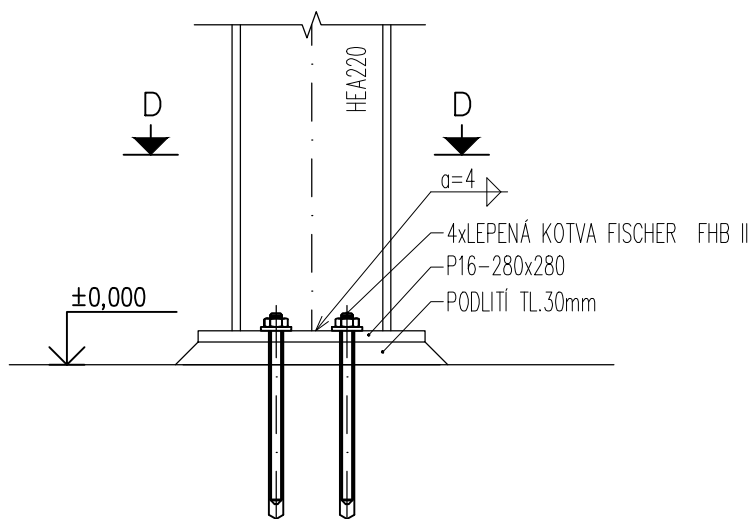
OCELOVÁ KONSTRUKCE

ŠROUBY M16 (8.8)

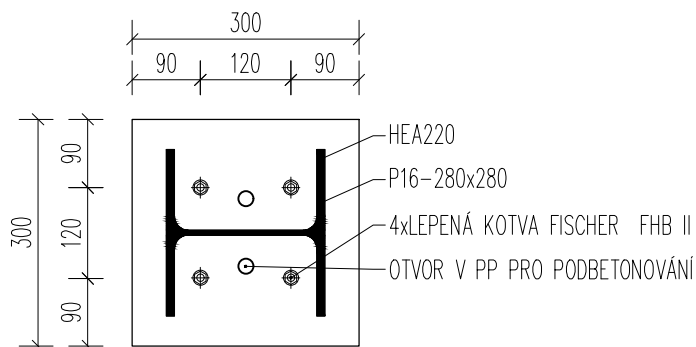
OBSAH :DETAIL 2

Č. VÝKR.	3.5
M:	1:10
JMÉNO:	Roman Khayrulin

# DETAIL 3 - KOTVENÍ TYPICKÉHO SLOUPU K PATCE



## ŘEZ D-D



**BETON**

**C16/20 - X0**

POUŽITÍ:

PODLITÍ

**KONSTRUKČNÍ OCEL S235 JR**

OCELOVÁ KONSTRUKCE

**LEPENÉ KOTVY FISCHER FHB II M16**

OBSAH :DETAIL 3

Č. VÝKR.	3.6
M:	1:10
JMÉNO:	Roman Khayrulin