

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Centrum designu a pokročilé aplikace dřeva

Wood innovation and design centre

**Studijní program:** Stavební inženýrství

**Studijní obor:** Konstrukce pozemních staveb

**Autor:** Michaela Sojáková

**Vedoucí práce:** Ing. Robert Jára

Zimní semestr 2016



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: SOJÁKOVÁ Jméno: MICHAELA Osobní číslo: 895 097  
Zadávací katedra: KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ  
Studijní program: STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ  
Studijní obor: KONSTRUKCE POZEMNÍCH STAVEB

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: CENTRUM DESIGNU A POKROČILÉ APLIKACE DŘEVA  
Název diplomové práce anglicky: WOOD INNOVATION AND DESIGN CENTRE (WIDC)  
Pokyny pro vypracování:  
STATICKÝ VÝPOČET HL. NOSNÝCH PRVKŮ, TECHNICKÁ ZPRÁVA, MOCESONIA  
DOKUMENTACE  
Seznam doporučené literatury:  
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Robert Jára  
Datum zadání diplomové práce: 4.10.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2016  
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku  
Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

4.10.2016 Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: MICHAELA SOJÁKOVÁ

Název diplomové práce: CENTRUM DESIGNU A POKROČILÉ APLIKACE DŘEVA

Základní část: \_\_\_\_\_ podíl: 85 %

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Statický výpočet hl. nosných prvků, technická oprava, ylbresová  
dokumentace

Podpis vedoucího DP: ..

Datum: 4.10.2016

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

2. Část: \_\_\_\_\_ podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): doc. Ing. Eva Burgetová, CSc. ; K124

Formulace úkolů: vybrané konstruktivní detaily fasády 1:10

Podpis konzultanta: ....

Datum: 5.10.16

3. Část: \_\_\_\_\_ podíl: 5 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. Zuzana Veteřková, Ph.D. ; K125

Formulace úkolů: Analýza tepelných zisků kancelářského prostoru

Podpis konzultanta: ....

Datum: 5.10.16

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

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

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: .....

Datum: .....

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

**Poděkování:**

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Robertu Járovi, za jeho odborné vedení, výborný kantorský přístup a neutuchající ochotu dávat cenné rady. Dále bych chtěla poděkovat veškerým svým blízkým za jejich podporu a trpělivost při celém mém studiu. Diplomová práce byla podpořena projektem Evropské unie OP VaVpl č. CZ.1.05/2.1.00/03.0091 – Univerzitní centrum energeticky efektivních budov.



**Název práce:** Centrum designu a pokročilé aplikace dřeva

**Autor:** Michaela Sojáková

**Katedra:** Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Robert Jára

**E-mail vedoucího:** robert.jara@fsv.cvut.cz

**Abstrakt:**

Předmětem této diplomové práce je statická část návrhu administrativní budovy. Cílem práce je ověření možnosti využití dřevěných konstrukčních systémů na vícepodlažní administrativní budovy. Práce se rovněž zabývá návrhem dřevobetonového stropu. Pro konstrukci je vytvořen 3D model a 2D modely ve statických programech, čímž bude prokázán účinek spolupůsobení konstrukce. Konstrukce je navržena na první mezní stav únosnosti, druhý mezní stav použitelnosti a řeší požární odolnost vybraných prvků.

**Klíčová slova:** dřevěné konstrukce, lepené lamelové dřevo, dřevobetonový strop

---

**Title:** Wood Innovation and Design centre

**Author:** Michaela Sojáková

**Department:** Department of Steel and Timber structures

**Supervisor:** Ing. Robert Jára

**Supervisor's e-mail address:** robert.jara@fsv.cvut.cz

**Abstract:**

The subject of this thesis is a static part of the design of an office building. The aim is to verify the possibility of using timber structural system for multi-storey office building. It also studies the design of wood-concrete ceiling. For the construction is created 3D model, 2D models in static programs, which is proven effect interaction design. The structure is designed to first limit state design, the second limit state and solves the fire resistance of selected elements.

**Keywords:** timber structures, glued laminated timber, wood-concrete ceiling

I declare that I worked out the presented thesis independently and I quoted all used sources of information in accord with Methodical instructions about ethical principles for writing academic thesis.

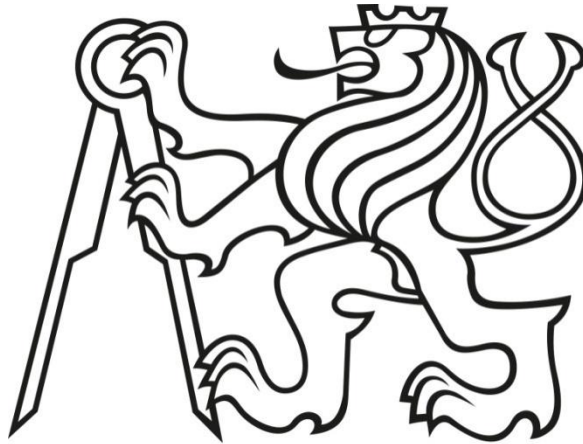
---

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci napsala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů. Souhlasím se zapůjčováním práce a jejím zveřejňováním.

V Praze dne 8. ledna 2016

Michaela Sojáková

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



# DIPLOMOVÁ PRÁCE

---

## ČÁST A: STATICKÝ VÝPOČET

Název projektu:	Centrum designu a pokročilá aplikace dřeva
Vypracovala:	Michaela Sojáková
Vedoucí práce:	Ing. Robert Jára
Datum:	8.1.2016

# Obsah

1. ÚVOD .....	7
2. STATICKÝ VÝPOČET .....	9
2.1 VÝPOČET ZATÍŽENÍ .....	9
2.1.1 Stálé zatížení .....	9
2.1.2 Nahodilé zatížení.....	9
2.1.2.1 Zatížení sněhem.....	9
2.1.2.2 Zatížení větrem.....	11
2.2 STATICKÉ VÝPOČTY .....	16
2.2.1 Kombinace zatížení pro MSÚ .....	16
2.2.2 Výpočet vnitřních sil výpočetním programem Scia Engineering .....	18
2.2.3 Charakteristiky materiálu a konstrukcí.....	18
2.2.4 Posouzení hlavních nosných prvků .....	20
2.2.4.1 Posouzení spojitě stropnice v běžném podlaží .....	20
2.2.4.2 Posouzení průvlaku v přízemním podlaží .....	25
2.2.4.3 Posouzení průvlaku v přízemním podlaží nad posluchárnou.....	32
2.2.4.4 Posouzení sloupu v přízemí .....	40
2.2.4.5 Posouzení sloupu v 1.NP .....	45
2.2.4.6 Posouzení dřevobetonového stropu .....	48
2.2.4.7 Posouzení CLT ztužující stěny .....	57
2.2.4.8 Posouzení kotvení CLT desky.....	64
2.2.4.9 Posouzení spoje dřevěného sloupu a betonové patky .....	66
2.2.4.10 Posouzení spoje průvlaků a sloupu .....	72
2.2.4.11 Posouzení svorníkového spoje s ozubenými hmoždinkami (bulldog).....	79
2.2.4.12 Posouzení přípoje stropnice na průvlak .....	81
2.2.4.13 Návrh a posouzení betonové patky.....	82
3. ZÁVĚR.....	84
4. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PROGRAMŮ.....	84
4.1 NORMY .....	84
4.2 LITERATURA.....	85
4.3 INTERNETOVÉ ZDROJE .....	85
4.4 PROGRAMY .....	86

## Seznam obrázků:

OBRÁZEK 1-1. PŮDORYSNÉ SCHÉMA STŘECHY OBJEKTU. ....	9
OBRÁZEK 1-2 SCHÉMA ZATÍŽENÍ NÁVĚJEMI. ....	10
OBRÁZEK 1-3 SCHÉMA ZATÍŽENÍ NÁVĚJEMI. ....	10
OBRÁZEK 1-4. REFERENČNÍ VÝŠKA, VÍTR. ....	12
OBRÁZEK 1-5 REFERENČNÍ VÝŠKA, VÍTR. ....	12
OBRÁZEK 1-6 ROZLOŽENÍ ZATÍŽENÍ VĚTREM. OBRÁZEK 1-7 ROZLOŽENÍ ZATÍŽENÍ VĚTREM. ....	13
OBRÁZEK 1-8. ROZLOŽENÍ ZATÍŽENÍ, PŘÍČNÝ VÍTR. ....	14
OBRÁZEK 1-9 ROZLOŽENÍ ZATÍŽENÍ, PODÉLNÝ VÍTR. ....	14
OBRÁZEK 1-10. POSOUVAJÍCÍ SÍLY NA STROPNICI. ....	20
OBRÁZEK 1-11. MOMENTY NA STROPNICI. ....	20
OBRÁZEK 1-12. PRŮHYBY OD STÁLÉHO ZATÍŽENÍ NA STROPNICI. ....	22
OBRÁZEK 1-13. NORMÁLOVÉ SÍLY NA PRŮVLAKU. ....	25
OBRÁZEK 1-14. POSOUVAJÍCÍ SÍLY NA PRŮVLAKU 2D MODEL. ....	25
OBRÁZEK 1-15. POSOUVAJÍCÍ SÍLY NA PRŮVLAKU 3D MODEL. ....	25
OBRÁZEK 1-16. MOMENTY NA PRŮVLAKU 2D MODEL. ....	26
OBRÁZEK 1-17. MOMENTY NA PRŮVLAKU 3D MODEL. ....	26
OBRÁZEK 1-18. MOMENTY NA PRŮVLAKU 3D MODEL. ....	26
OBRÁZEK 1-19. PRŮHYBY OD STÁLÉHO ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAKU 2D MODEL. ....	28
OBRÁZEK 1-20. PRŮHYBY OD STÁLÉHO ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAKU 3D MODEL. ....	28
OBRÁZEK 1-21. PRŮHYBY OD NAHODILÉHO ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAKU 2D MODEL. ....	28
OBRÁZEK 1-22. PRŮHYBY OD NAHODILÉHO ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAKU 3D MODEL. ....	28
OBRÁZEK 1-23. NORMÁLOVÉ SÍLY NA PRŮVLAKU 3D MODEL. ....	33
OBRÁZEK 1-24. POSOUVAJÍCÍ SÍLY NA PRŮVLAKU 2D MODEL. ....	33
OBRÁZEK 1-25. POSOUVAJÍCÍ SÍLY NA PRŮVLAKU 3D MODEL. ....	33
OBRÁZEK 1-26. MOMENTY NA PRŮVLAKU 2D MODEL. ....	33
OBRÁZEK 1-27. MOMENTY NA PRŮVLAKU 3D MODEL. ....	34
OBRÁZEK 1-28. PRŮHYBY OD STÁLÉHO ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAKU 2D MODEL. ....	35
OBRÁZEK 1-29. PRŮHYBY OD STÁLÉHO ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAKU 3D MODEL. ....	35
OBRÁZEK 1-30. PRŮHYBY OD NAHODILÉHO ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAKU 2D MODEL. ....	35
OBRÁZEK 1-31. PRŮHYBY OD NAHODILÉHO ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAKU 3D MODEL. ....	35
OBRÁZEK 1-32. NORMÁLOVÉ SÍLY NA SLOUPU 3D MODEL. ....	40
OBRÁZEK 1-33. PRŮHYBY OD STÁLÉHO ZATÍŽENÍ NA SLOUPU 3D MODEL. ....	41
OBRÁZEK 1-34. PRŮHYBY OD NAHODILÉHO ZATÍŽENÍ NA SLOUPU 3D MODEL. ....	42
OBRÁZEK 1-35. NORMÁLOVÉ SÍLY NA SLOUPU 3D MODEL. ....	45
OBRÁZEK 1-36. PRŮHYBY OD STÁLÉHO ZATÍŽENÍ NA SLOUPU 3D MODEL. ....	46
OBRÁZEK 1-37. PRŮHYBY OD NAHODILÉHO ZATÍŽENÍ NA SLOUPU 3D MODEL. ....	47
OBRÁZEK 1-38. SCHÉMA ŽELEZOBETONOVÉHO ZTUŽUJÍCÍHO JÁDRA. ....	57
OBRÁZEK 1-39. SCHÉMA CLT STĚNY. ....	58
OBRÁZEK 1-40. SCHÉMA ŽELEZOBETONOVÉ ŠACHTY. ....	59
OBRÁZEK 1-41. SCHÉMA ZATÍŽENÍ PANELU. ....	61
OBRÁZEK 1-42. SCHÉMA KOTEVNÍHO PRVKU BV/KH (BOVA NAIL). ....	64
OBRÁZEK 1-43. SCHÉMA SPOJE PATKY. ....	66
OBRÁZEK 1-44. SCHÉMA SPOJE PATKY. DETAIL A. ....	66
OBRÁZEK 1-45. SCHÉMA SPOJE PRŮVLAKŮ A SLOUPŮ. DETAIL C. ....	72
OBRÁZEK 1-46. SCHÉMA SPŘAŽENÍ SLOUPU. DETAIL B. ....	79
OBRÁZEK 1-47. SCHÉMA SPŘAŽENÍ SLOUPU. DETAIL B. ....	79
OBRÁZEK 1-48. SCHÉMA SPOJE STROPNICE S PRŮVLAKEM. DETAIL D. ....	81

## Seznam tabulek:

TABULKA 1.1. ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STĚNY.	TABULKA 1.2. ZATÍŽENÍ VĚTREM NA STĚNY.	13
TABULKA 1.3. TABULKA ZATÍŽENÍ PRO OBLASTI VĚTRU. ....		15
TABULKA 1.4. VÝSLEDNÉ ZATÍŽENÍ NA STŘECHU OD VĚTRU. ....		15
TABULKA 1.5. CHARAKTERISTIKY DŘEVA GL28H. ....		18
TABULKA 1.6. ROZMĚRY PRVKŮ. ....		19
TABULKA 1.7. CHARAKTERISTIKY DŘEVA GL36H. ....		32

# 1. ÚVOD

Předloha pro tuto diplomovou práci je administrativní budova situovaná v Kanadě ve městě Prince George. V rámci práce je stavba přenesena do Hlavního města Prahy v České republice. Budova slouží z části ke komerčním účelům a z části k edukativním účelům.

Stavba je navržena tak, aby demonstrovala statické a také estetické možnosti využití dřeva v komerční výstavbě. Zároveň se zaměřuje na nynější trend osidlování měst a zachování zdravého životního prostředí pro budoucí generace. Cílem je tedy dokázat, že je možné stavět ekologicky a zároveň dosahovat stejných prostorových možností, jako je možné například u betonových a ocelových konstrukcí. Stavba záměrně překračuje mezní dovolenou požární výšku dřevěné konstrukce (12 m), tak aby mohlo být prokázáno, že je možné stavět i vyšší dřevostavby než je dáno normou.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> OPER, Emily. Innovative Detail: Wood Innovation and Design Centre. *Architect magazine* [online]. 2015 [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: [http://www.architectmagazine.com/technology/detail/innovative-detail-wood-innovation-and-design-centre\\_o](http://www.architectmagazine.com/technology/detail/innovative-detail-wood-innovation-and-design-centre_o)



Diplomová práce oproti původní stavbě uvažuje s použitím některých betonových konstrukcí. Nosná konstrukce stavby je masivní skelet z lepeného lamelového dřeva. Svislou nosnou konstrukci tvoří sloupy. Vodorovná konstrukce se skládá z dřevěných průvlaků a dřevobetonového stropu. Ztužení je zajištěno pomocí železobetonového jádra a CLT ztužujících stěn. Stěnový plášť se skládá z CLT stěn v přízemním podlaží a z prosklené fasády v nadzemních podlažích. Práce obsahuje teoretické posouzení mezních stavů únosnosti a použitelnosti.

## 2. STATICKÝ VÝPOČET

### 2.1 VÝPOČET ZATÍŽENÍ

#### 2.1.1 Stálé zatížení

Od skladby podlahy:

$$g = 0,02 \cdot 5,92 + 0,02 \cdot 11,5 + 0,05 \cdot 1,177 + 0,018 \cdot 6 + 0,14 + 0,04 \cdot 0,4 = 0,671 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{\text{beton}} = 0,1 \cdot 25 = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{\text{stropnice}} = \frac{0,200 \cdot 0,280 \cdot 4,1 \cdot 6}{6} = 0,2296 \text{ kN/m}^2$$

Od skladby střechy

$$g = 0,23 \cdot 0,04 + 1,1 \cdot 0,04 + 0,013 \cdot 0,025 + 1,7 \cdot 0,05 + 1,4 \cdot 0,15 = 0,357 \text{ kN/m}^2$$

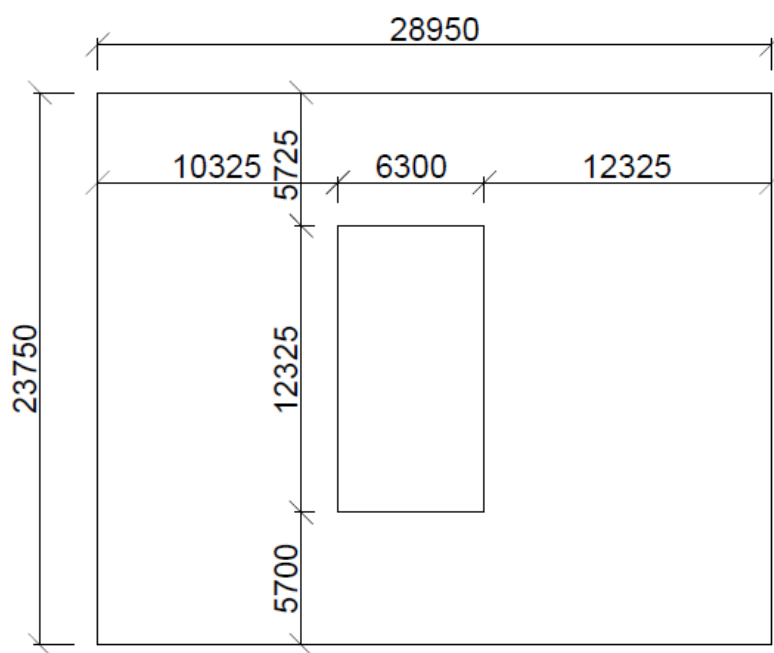
$$g_{\text{beton}} = 0,1 \cdot 25 = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

#### 2.1.2 Nahodilé zatížení

##### 2.1.2.1 Zatížení sněhem

Dle ČSN EN 1995–2.3.1.1.

Dle ČSN EN 1991–1–3



Obrázek 2-1. Půdorysné schéma střechy objektu.

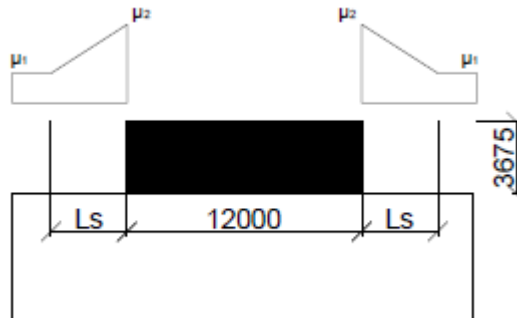
#### Oblast: Praha

- Zatížení sněhem na střeše:  $s_k = 0,7 \text{ kPa}$  → Sněhová oblast I
- Typ krajiny:  $C_e = 1,0$  → Normální (Plochy, kde nedochází na stavbách k výraznému přemístění sněhu)
- Tepelný součinitel:  $C_t = 1$  (Tepelná prostupnost menší než  $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

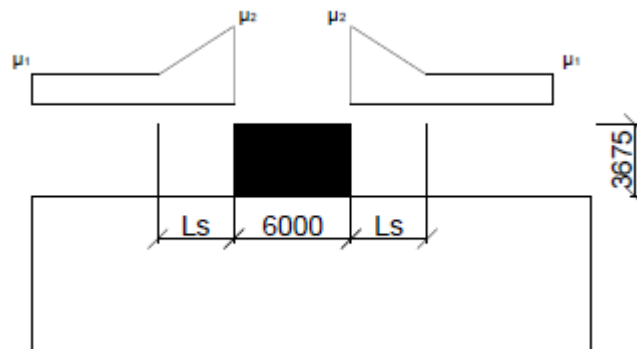
- Tvarový součinitel:

- $\mu_1 = \frac{0,8+0,8\alpha}{30} = \frac{0,8+0,8\cdot 2}{30} = 0,04$
- $\mu_2 = 0,8$

V tomto případě je nutné, vzhledem k výstupu na střechu, uvažovat s návějami. Na obrázku níže je vyobrazená překážka na střeše s její výškou a délkou.



Obrázek 2-2 Schéma zatížení návějami.



Obrázek 2-3 Schéma zatížení návějami.

**Tvarový součinitel:**

- $\mu_1 = 0,8$
- $\mu_2 = \frac{\gamma \cdot h}{s_k} = \frac{2 \cdot 3,675}{0,7} = 10,5 \rightarrow \text{podm.: } 0,8 \leq \mu_2 \leq 2 \rightarrow \mu_2 = 2$
- $L_s = 2 \cdot h = 2 \cdot 3,675 = 7,350 \text{ m} \rightarrow \text{podm.: } 5 \text{ m} \leq L_s \leq 15 \text{ m} \rightarrow \text{vyhovuje}$

**Zatížení sněhem:**

- Rozložení viz obrázky 2. 2.
- $s_1 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \text{pro } \mu_1$
- $s_2 = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,4 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \text{pro } \mu_2$

## 2.1.2.2 Zatížení větrem

### RYCHLOST A TLAK VĚTRU

#### Povětrnostní podmínky

Oblast: Praha

- Základní rychlost větru  $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 22,5 = 22,5 \text{ m/s}$ 
  - Výchozí základní rychlost větru:  $v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$
  - Součinitel směru větru:  $c_{dir} = 1,0$  (Pro běžné případy)
  - Součinitel ročního období:  $c_{season} = 1,0$  (Pro běžné případy)
- Základní tlak větru  $q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 = 316,406 \text{ N/m}^2$ 
  - Hustota vzduchu:  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$  (Závislé na nadmořské výšce, teplotě a tlaku vzduchu, bez vlivů turbulentních poryvů)

#### Místní vlivy

- Střední rychlost větru  $v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$ 
  - Součinitel ortografie:  $c_0(z) = 1,0$  (Rychlost větru není zvětšená o více jak 5 % ortografií)
  - Součinitel drsnosti:  $c_r(z) = k_r \cdot \ln \frac{z}{z_0}$ , ale  $z \geq z_{min}$ 
    - $k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$ 
      - $z = 29,400 \text{ m}$  (Výška do hřebenu střechy)
      - $z_0 = 0,3$  (Dle Tabulky 1-1: Kategorie terénu, III)
      - $z_{min} = 5$  (Dle Tabulky 1-1: Kategorie terénu, III)
      - $z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$
      - $z_{max} = 200 \text{ m}$
    - Součinitel drsnosti:  $c_r(z) = 0,215 \cdot \ln \frac{29,400}{0,3} = 0,986$
- $v_m(z) = 0,986 \cdot 1,0 \cdot 22,5 = 22,185 \text{ m/s}$

#### Charakteristický maximální dynamický tlak $q_p(z)$

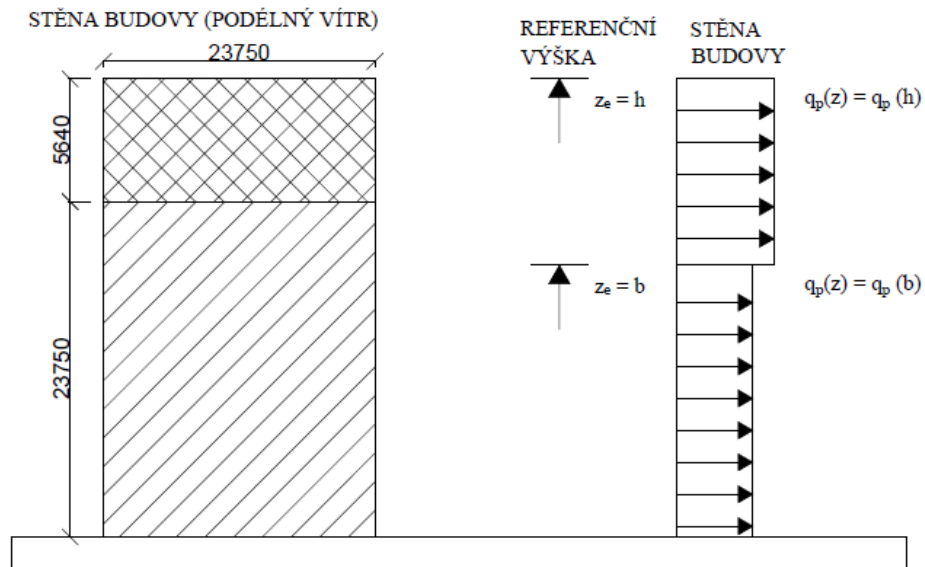
- $q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2 = c_e(z) \cdot q_b$ 
  - Intenzita turbulence:  $I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln \frac{z}{z_0}} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln \frac{29,400}{0,3}} = 0,218$ 
    - Součinitel turbulence:  $k_I = 1,0$  (Běžné)
    - Součinitel ortografie:  $c_0(z) = 1,0$
    - $z = 29,4 \text{ m}$  (Výška do hřebenu střechy)
    - $z_0 = 0,3$  (Dle Tabulky 1-1: Kategorie terénu, III)
- $q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,218] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 22,185^2 = 777,020 \text{ N/m}^2$

→ Ve většině případu bude na konstrukci působit základní tlak větru, pouze v extrémních případech bude působit maximální dynamický tlak. V rámci diplomové práce budeme uvažovat s maximálním dynamickým tlakem, tak abychom byli na straně maximální bezpečnosti.

## KVAZISTATICKÁ ODEZVA

### Referenční výška – Podélný vítr

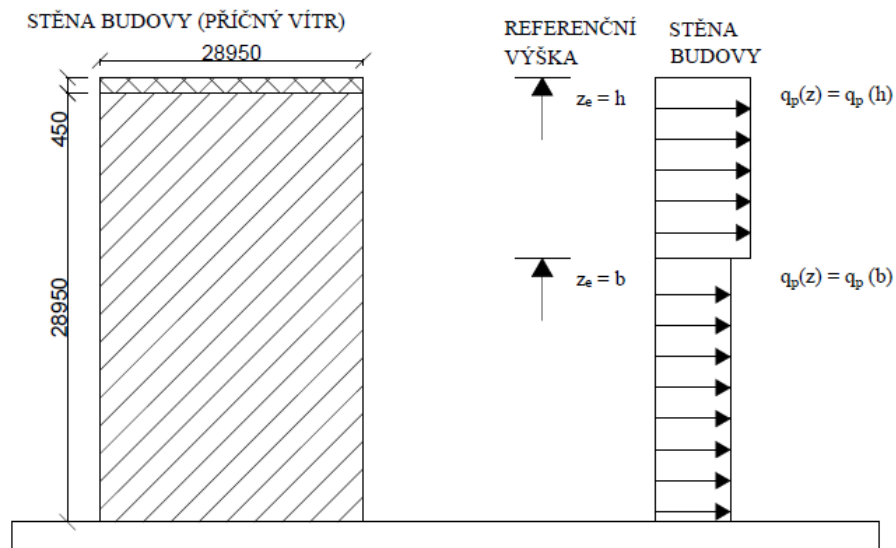
- $h = 29,400 \text{ m}$
- $b = 23,750 \text{ m}$  (Podélný vítr)
- $b < 2h < b = 23,750 < 29,400 < 47,500 \text{ [m]}$



Obrázek 2-4. Referenční výška, vítr.

### Referenční výška – Příčný vítr

- $h = 29,400 \text{ m}$
- $b = 28,950 \text{ m}$  (Příčný vítr)
- $b < h < 2b = 28,950 \text{ m} < 29,400 \text{ m} < 57,900 \text{ [m]}$

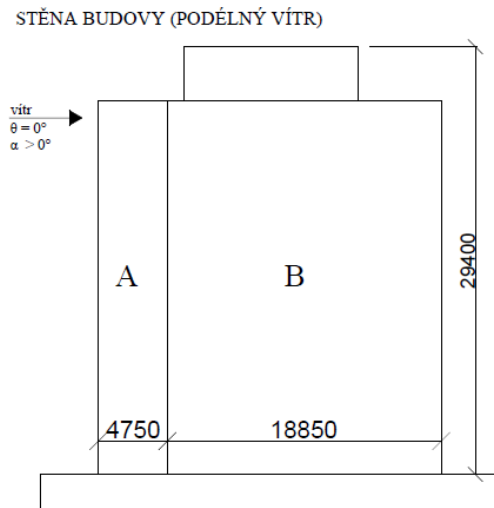


Obrázek 2-5 Referenční výška, vítr.

## Součinitel vnějšího tlaku

$$- A > 10m^2 \rightarrow c_{pe,10}$$

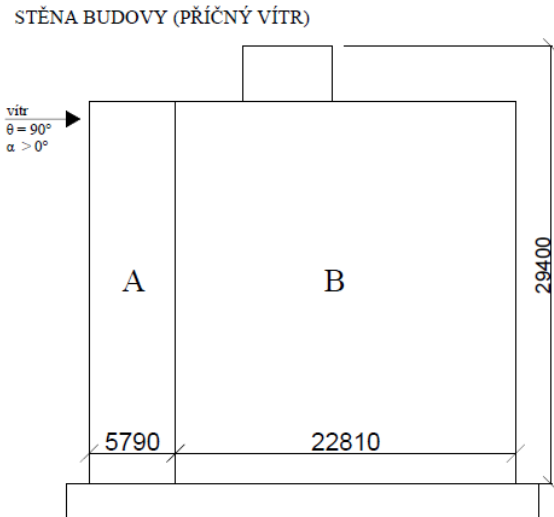
## Zatížení větrem na stěny – Plochá střecha



Obrázek 2-6 Rozložení zatížení větrem.

Tabulka 2.1. Zatížení větrem na stěny.

STĚNY – PODÉLNÝ VÍTR	
Oblast	$c_{pe,10}$ [-]
A	-1,20
B	-0,80
C	-0,50
D	0,80
E	-0,50



Obrázek 2-7 Rozložení zatížení větrem.

Tabulka 2.2. Zatížení větrem na stěny.

STĚNY – PŘÍČNÝ VÍTR	
Oblast	$c_{pe,10}$ [-]
A	-1,20
B	-0,80
C	-0,50
D	0,80
E	-0,51

## VÝSLEDNÉ HODNOTY ZATÍŽENÍ VĚTREM:

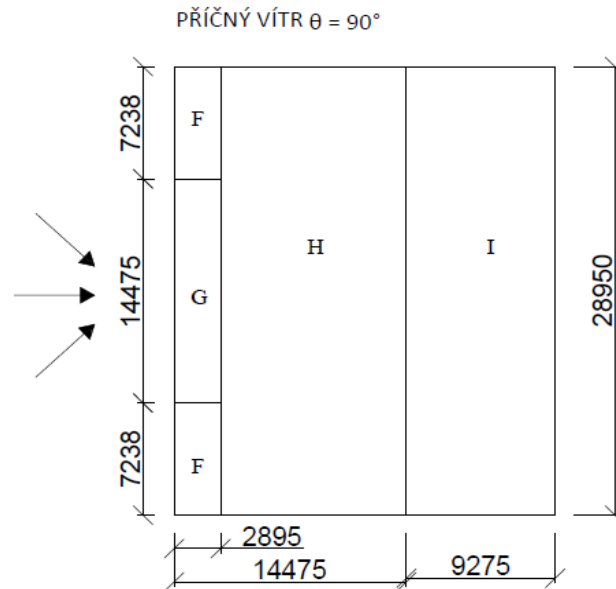
Tabulka 2.3. Zatížení na stěnu.

ZATÍŽENÍ – PODÉLNÝ VÍTR		ZATÍŽENÍ – PŘÍČNÝ VÍTR	
Oblast	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Oblast	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]
A	-0,932	A	-0,932
B	-0,622	B	-0,622
C	-0,389	C	-0,389
D	0,622	D	0,622
E	-0,396	E	-0,389

## Zatížení větrem na střechu – Plochá střecha

### PŘÍČNÝ VÍTR

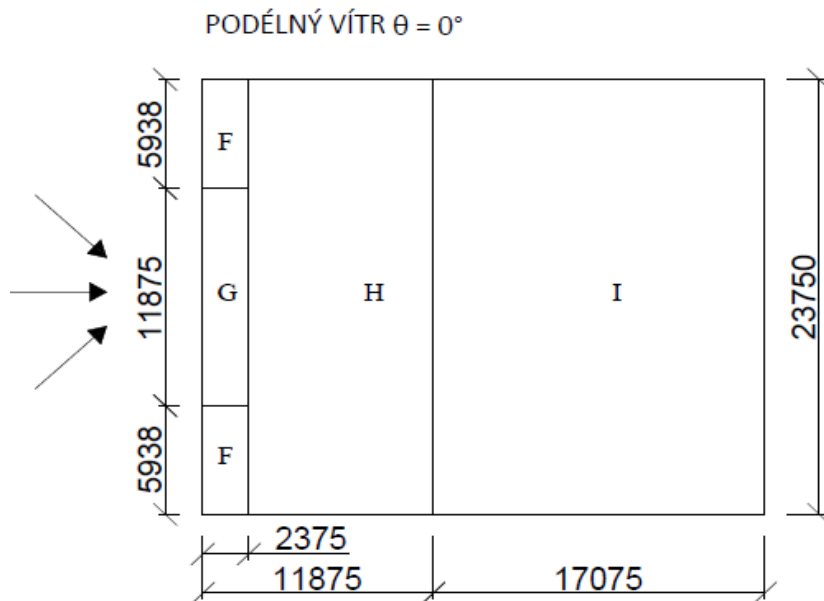
- $e = \min(b; 2h) = \min(28,95; 2 \cdot 29,4) = 28,95 \text{ m}$
- $e/10 = 2,895 \text{ m}$
- $e/4 = 7,2375 \text{ m}$



Obrázek 2-8. Rozložení zatížení, příčný vítr.

### PODÉLNÝ VÍTR

- $e = \min(b; 2h) = \min(23,75; 2 \cdot 29,4) = 23,75 \text{ m}$
- $e/10 = 2,375 \text{ m}$
- $e/4 = 5,9375 \text{ m}$



Obrázek 2-9 Rozložení zatížení, podélný vítr.



Jednotlivé součinitelé vnějšího tlaku jsou pro ploché střechy stejné, liší se pouze rozložení zatížení.

Tabulka 2.3. Tabulka zatížení pro oblasti větru.

STŘECHA		
Oblast	$c_{pe,10}$ [-]	$c_{pe,10}$ [-]
F	-1,80	-1,80
G	-1,20	-1,20
H	-0,70	-0,70
I	-0,20	0,20

VÝSLEDNÉ HODNOTY ZATÍŽENÍ VĚTREM:

Tabulka 2.4. Výsledné zatížení na střechu od větru.

ZATÍŽENÍ – PŘÍČNÝ A PODÉLNÝ VÍTR		
Oblast	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]
F	-1,399	-1,399
G	-0,932	-0,932
H	-0,544	-0,544
I	-0,155	0,155

## 2.2 STATICKÉ VÝPOČTY

### 2.2.1 Kombinace zatížení pro MSÚ

Součinitelé zatížení:

- Stálé zatížení:  $\gamma_G = 1,35$  (Nepříznivé působení)
- Nahodilá zatížení:
  - $\gamma_{Q,1} = 1,5$  (Nepříznivé působení)
  - $\gamma_{Q,1} = 0$  (Příznivé působení)
- Kombinační součinitelé:
  - $\psi_{0,snih} = 0,5$  (Dle EN 1991-1-3)
  - $\psi_{0,vitr} = 0,6$  (Dle EN 1991-1-4)
  - $\psi_{0,užitné} = 0,7$  (Dle EN 1991-1-1; Kategorie C: shromažďovací plochy → z hlediska bezpečnosti.)

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Kombinace zatížení 1: „stálé z. + sníh + příčný vítr + užité z.“  
KZ1: „ $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS2 + 1,5(0,6 \cdot ZS3 + 0,7 \cdot ZS5)$ “
- Kombinace zatížení 1: „stálé z. + sníh + příčný vítr + užité z. šachovnic.“  
KZ2: „ $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS2 + 1,5(0,6 \cdot ZS3 + 0,7 \cdot ZS6)$ “
- Kombinace zatížení 3: „stálé z. + sníh + podélný vítr + užité z.“  
KZ3: „ $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS2 + 1,5(0,6 \cdot ZS4 + 0,7 \cdot ZS5)$ “
- Kombinace zatížení 4: „stálé z. + sníh + podélný vítr + užité z. šachovnic.“  
KZ4: „ $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS2 + 1,5(0,6 \cdot ZS4 + 0,7 \cdot ZS6)$ “
- Kombinace zatížení 5: „stálé z. + příčný vítr + sníh + užité z.“  
KZ5: „ $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3 + 1,5(0,5 \cdot ZS2 + 0,7 \cdot ZS5)$ “
- Kombinace zatížení 6: „stálé z. + příčný vítr + sníh + užité z. šachovnic.“  
KZ6: „ $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3 + 1,5(0,5 \cdot ZS2 + 0,7 \cdot ZS6)$ “
- Kombinace zatížení 7: „stálé z. + podélný vítr + sníh + užité z.“  
KZ7: „ $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5(0,5 \cdot ZS2 + 0,7 \cdot ZS5)$ “
- Kombinace zatížení 8: „stálé z. + podélný vítr + sníh + užité z. šachovnic.“  
KZ8: „ $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5(0,5 \cdot ZS2 + 0,7 \cdot ZS6)$ “
- Kombinace zatížení 9: „stálé z. + užité z. + sníh + příčný vítr“  
KZ9: „ $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5(0,5 \cdot ZS2 + 0,6 \cdot ZS3)$ “
- Kombinace zatížení 10: „stálé z. + užité z. šachovnic. + sníh + příčný vítr“  
KZ10: „ $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS6 + 1,5(0,5 \cdot ZS2 + 0,6 \cdot ZS3)$ “
- Kombinace zatížení 11: „stálé z. + užité z. + sníh + podélný vítr“  
KZ11: „ $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5(0,5 \cdot ZS2 + 0,6 \cdot ZS4)$ “
- Kombinace zatížení 12: „stálé z. + užité z. šachovnic. + sníh + podélný vítr“  
KZ12: „ $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS6 + 1,5(0,5 \cdot ZS2 + 0,6 \cdot ZS4)$ “
- Kombinace zatížení 13: „stálé z. + sníh + užité z.“  
KZ13: „ $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot ZS5$ “
- Kombinace zatížení 14: „stálé z. + sníh + užité z. šachovnic.“  
KZ14: „ $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot ZS6$ “

- Kombinace zatížení 15: „stálé z. + příčný vítr + užité z.“  
KZ15: „1,35·ZS1+1,5·ZS3+1,5·0,7·ZS5“
- Kombinace zatížení 16: „stálé z. + příčný vítr + užité z. šachovnic.“  
KZ16: „1,35·ZS1+1,5·ZS3+1,5·0,7·ZS6“
- Kombinace zatížení 17: „stálé z. + podélný vítr + užité z.“  
KZ17: „1,35·ZS1+1,5·ZS4+1,5·0,7·ZS5“
- Kombinace zatížení 18: „stálé z. + podélný vítr + užité z. šachovnic.“  
KZ18: „1,35·ZS1+1,5·ZS4+1,5·0,7·ZS6“

## 2.2.2 Výpočet vnitřních sil výpočetním programem Scia Engineering

Viz příloha 1,2,3,4.

## 2.2.3 Charakteristiky materiálu a konstrukcí

### Třídy trvání zatížení:

- Vítr – krátkodobé (vzhledem k prostředí stavby)
  - $k_{mod} = 0,9$  (TP2, ČSN EN 1995-1-1)
  - $\psi_2 = 0$  (Pro vítr viz. ČSN EN 1995-1-1)
- Sníh – krátkodobé (Nejedná se o horskou oblast, proto nepoužijeme střednědobé)
  - $k_{mod} = 0,9$  (TP2, ČSN EN 1995-1-1)
  - $\psi_2 = 0$  (Pro sníh viz. EN 1991-1-3; výška  $H \leq 1000\text{m n.m.}$ )
- Vlastní tíha – stálé zatížení
  - $k_{mod} = 0,6$  (TP2, ČSN EN 1995-1-1)
- Střešní krytina – stálé zatížení
  - $k_{mod} = 0,6$  (TP2, ČSN EN 1995-1-1)

→ Pro statický výpočet použijeme nejvíce krátkodobé zatížení:  $k_{mod} = 0,9$

### Třídy provozu:

- TP1 (vlhkost u většiny dřeva nepřesahuje 12 %)

### Vliv trvání zatížení a vlhkosti na deformace:

- Staticky neurčitá konstrukce. Rozdělení sil a momentů v prvku ovlivněno rozdělením tuhosti v konstrukci.
  - $k_{def} = 0,8$

### Charakteristické hodnoty:

Tabulka 2.5. Charakteristiky dřeva GL28h.

Ohyb	$f_{m,k}$	28,0	[MPa]
Tah	$f_{t,0,k}$	19,5	[MPa]
Tah	$f_{t,90,k}$	0,45	[MPa]
Tlak	$f_{c,0,k}$	26,5	[MPa]
Tlak	$f_{c,90,k}$	3,0	[MPa]
Smyk	$f_{v,k}$	3,2	[MPa]
Modul pružnosti	$E_{0,05}$	10 200	[MPa]
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$	12 600	[MPa]

Rekapitulace: TP1,  $k_{def} = 0,8$ ,  $k_{mod} = 0,9$ ,  $\gamma_m = 1,25$  (Lepené lamelové dřevo)

### Návrhové hodnoty:

Návrhová pevnost dřeva v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 20,160 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost dřeva v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{26,5}{1,25} = 19,080 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost dřeva v tlaku kolmo k vláknům:

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{3,0}{1,25} = 2,160 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost dřeva v tahu:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{19,5}{1,25} = 14,040 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost dřeva ve smyku:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{3,2}{1,25} = 2,3040 \text{ MPa}$$

### Součinitel redistribuce napětí a vlivu nehomogenit materiálu v průřezu:

$$- k_m = 0,7 \text{ (Obdélníkový průřez)}$$

### Rozměry prvků:

Tabulka 2.6. Rozměry prvků.

	Příčný rozměr b [mm]	Příčný rozměr h [mm]	Hustota [kg/m <sup>3</sup> ]
SLOUP	480	480	410
PRŮVLAK	240	600	410
VAZNICE	180	180	410
BETONOVÁ DESKA	1000	100	25 000

Rozměry prvků:

$$k_{cr} = 0,67 \text{ (součinitel vlivu výsušných trhlin pro lepené lamelové dřevo)}$$

$$\beta_c = 0,1 \text{ (Lepené lamelové dřevo)}$$

## 2.2.4 Posouzení hlavních nosných prvků

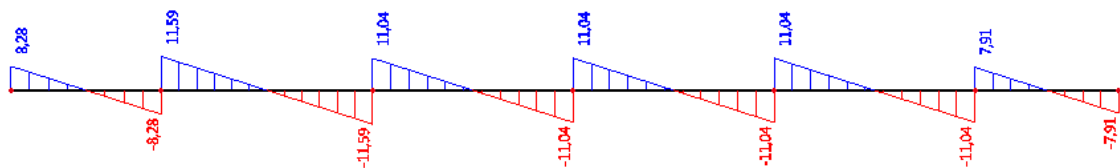
### 2.2.4.1 Posouzení spojitě stropnice v běžném podlaží

#### Postup:

Stropnice je ve výsledném statickém schématu součástí dřevobetonového stropu. Než však dojde k ztvrdnutí betonové vrstvy, musí stropnice přenést stávající tíhu betonové desky, proto posoudím montážní stadium stropnice. Jiným možným řešením je podstojkování konstrukce natolik, že budou vaznice přenášet jen vlastní tíhu. Vnitřní síly vycházejí z přílohy č. 2.

#### POSOUZENÍ MSÚ STROPNICE

##### Posouvající síly na stropnici

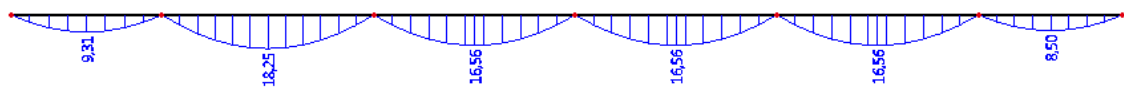


Obrázek 2-10. Posouvající síly na stropnici.

$$V_z = \pm 11,59 \text{ kN}$$

$$\text{Pole: } l = 6,3 \text{ m}$$

##### Momenty na stropnici



Obrázek 2-11. Momenty na stropnici.

$$M_y = 18,25 \text{ kNm}$$

#### Charakteristické hodnoty potřebné pro výpočet průřezu:

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

$$h = 280 \text{ mm}$$

$$A = 5,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^2$$

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 200 = 134 \text{ mm}$$

$$w_y = 2,613 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 3,659 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$i_y = 80,829 \text{ mm}$$

**Ověření stability stropnice:**

$$L_{ef} = 0,9 \cdot L = 0,9 \cdot 6300 = 5670 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b_{fi}^2}{h_{fi} \cdot L_{ef}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 240^2}{280 \cdot 5670} \cdot 10\,200 = 288,653 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{28}{24,975}} = 0,311 < 0,75 \rightarrow k_{crit}=1,0$$

→ Prvek bude po ukončení výstavby dostatečně zajištěný proti klopení spřažením s betonovou deskou. Než dojde ke spolupůsobení konstrukce, nebude stropnice zajištěná, proto je zde posouzena stabilita prvku.

**Posouzení průřezu na ohyb:**Napětí:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{w_y} = \frac{18\,250 \cdot 10^3}{2\,613 \cdot 10^3} = 6,983 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{6,983}{20,16} = 0,346 < 1$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (35%)

**Posouzení průřezu na smyk:**

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V}{A_{ef}} = \frac{1,5 \cdot 11,59 \cdot 10^3}{134 \cdot 280} = 0,463 \text{ kN} < f_{v,d} = 2,304 \text{ kN}$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (20 %)

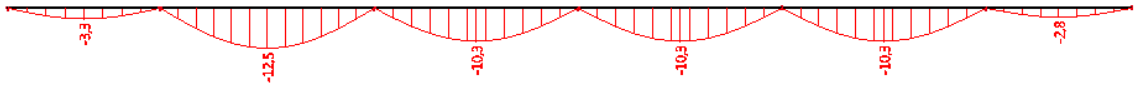


## POSOUZENÍ MSP STROPNICE

### Postup:

Průhyb v montážním stadiu bude uvažován pouze od stálého zatížení.

Vykreslení průhybu od stálého zatížení (SZ):



Obrázek 2-12. Průhyby od stálého zatížení na stropnici.

### Postup:

Nejvyšší průhyb se vyskytuje v nejdelším poli objektu. Poměr mezi rozdíly průhybu a rozdíly mezi délkami je poměrně značný, proto postačí, když posoudím pouze nejdelší pole.

### **Potřebné součinitele:**

$k_{def} = 0,6$  (Třída provozu 1 LLD);  $\varphi_{2,1} = 0,3$  (Kategorie A: kancelářské plochy)

### VZORCE PRO VÝPOČET PRŮHYBU:

Okamžitý průhyb od stálého zatížení:  $u_{1,inst} = 12,5$  mm

Konečný průhyb od stálého zatížení:

$$u_{net,fin} = u_{1,inst} \cdot (1 + k_{def}) = 12,5 \cdot (1 + 0,6) = 20 \text{ mm}$$

$$u_{net,fin,lim} = \frac{l}{300} = \frac{6\,300}{300} = 21 \text{ mm}$$

$u_{net,fin} = 20 \text{ mm} < u_{net,fin,lim} = 21 \text{ mm} \rightarrow$  **PRŮŘEZ VYHOVUJE (95 %)**

## POSOUZENÍ STROPNICE NA ÚČINKY POŽÁRU

### Požadovaná odolnost nosných konstrukcí:

REI 90 (Stropní konstrukce – smíšený konstrukční systém, požární zatížení do 50 kg/m<sup>2</sup> → V. SPB → požárně dělicí konstrukce REI 90 → h = 25,725 m > 22,5 m → výška je vyšší, proto bude ve výpočtu dodržena jistá rezerva.)

$$t = 90 \text{ min}$$

### Vnitřní síly na prvku:

$$V_{Ed} = 11,78 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 18,55 \text{ kNm}$$

$$L = 6300 \text{ mm}$$

### Výpočet vnitřních sil pro posouzení na účinky požáru:

$$g_k = 3,175 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,5$$

$$\psi_{2,1} = 0,3 \text{ (Součinitel pro kancelářské plochy B, hlavní proměnné zatížení: užité)}$$

$$\eta_{fi} = \frac{g_k + \psi_{2,1} \cdot q_k}{\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k} = \frac{3,175 + 0,3 \cdot 3}{1,35 \cdot 3,175 + 1,5 \cdot 3} = 0,464$$

$$V_{Ed,fi} = \eta_{fi} \cdot V_{Ed} = 0,456 \cdot 11,78 = 5,463 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{Ed} = 0,456 \cdot 18,55 = 8,603 \text{ kNm}$$

### Metoda redukovaného průřezu – koeficienty:

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

$$k_{fi} = 1,15 \text{ (Lepené lamelové dřevo)}$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0 \text{ (Doporučená hodnota)}$$

$$\beta_n = 0,7 \text{ mm/min (Lepené lamelové dřevo s charakteristickou hustotou } \geq 290 \text{ kg/m}^3)$$

$$d_0 = 7 \text{ mm (Hodnota daná normou)}$$

$$k_0 = 1,0 \text{ (Pro } t \geq 20 \text{ min)}$$

### Návrhové pevnosti:

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{28}{1,0} = 32,2 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{3,2}{1,0} = 3,68 \text{ MPa}$$

**Účinná hloubka zuhelnatění:**

$$d_{ef} = \beta_n \cdot t + k_0 \cdot d_0 = 0,7 \cdot 90 + 1,0 \cdot 7 = 70 \text{ mm}$$

**Průřezový modul (nosník je vystaven z jedné a částečně dvou stran):**

$$b_{fi} = b - 2 \cdot d_{ef} = 200 - 2 \cdot 70 = 60 \text{ mm}$$

$$h_{fi} = h - d_{ef} = 280 - 70 = 210 \text{ mm}$$

$$A_{fi} = b_{fi} \cdot h_{fi} = 60 \cdot 210 = 12\,600 \text{ mm}^2$$

$$w_{fi} = \frac{1}{6} \cdot b_{fi} \cdot h_{fi}^2 = \frac{1}{6} \cdot 60 \cdot 210^2 = 441\,000 \text{ mm}^3$$

**Ověření stability stropnice:**

$$L_{ef} = 0,9 \cdot L = 0,9 \cdot 6300 = 5670 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b_{fi}^2}{h_{fi} \cdot L_{ef}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 60^2}{210 \cdot 5670} \cdot 10\,200 = 24,054 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{28}{24,054}} = 1,079 > 0,75$$

→ Ověření stability zde bylo provedené proto, že není zajištěná stropnice proti klopení v montážním stadiu, později je zajištěná stropnice pomocí spřažení betonové desky.

$$k_{crit} = 1,56 - (0,75 \cdot \lambda_{rel,m}) = 1,56 - (0,75 \cdot 1,079) = 0,751$$

**Posouzení prvku na ohyb:**

$$\sigma_{m,d,fi} = \frac{M_{Ed,fi}}{w_{fi}} = \frac{8,603 \cdot 10^6}{441\,000} = 19,509 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d,fi}}{k_{crit} \cdot f_{m,d,fi}} = \frac{19,509}{0,751 \cdot 32,2} = 0,807 \rightarrow \text{PRŮŘEZ VYHOVUJE (81\%)}$$

**Posouzení prvku na smyk:**

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V}{A} = \frac{1,5 \cdot 5,463 \cdot 10^3}{12\,600} = 0,650 \text{ kN} < f_{v,d,fi} = 3,68 \text{ kN}$$

→ **PRŮŘEZ VYHOVUJE (18%)**

**Vyhodnocení:**

Stropnice v montážním stadiu je zatížena pouze přitížením od betonové desky, není přitížena ani skladbou podlahy, ani užitným zatížením (předpoklad, že montážníci po stropnicích nebudou chodit). Z toho důvodu je využitelnost prvku na MSÚ velmi nízká. Rozhodující je v tomto případě průhyb. V posouzení na požární únosnost je navíc přihlíženo ke skutečnosti, že v rámci bezpečnosti je nutné ponechat rezervu.

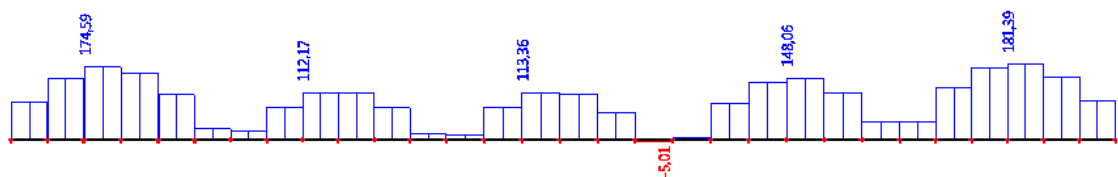
## 2.2.4.2 Posouzení průvlaku v přízemním podlaží

### Postup:

Pro objekt jako celek byl vytvořený 3D model pro výpočet vnitřních sil ve Scie Engineering. Model se skládá z dřevěného skeletu, dřevobetonových desek a ztužujícího jádra. Navzájem se tyto konstrukce ovlivňují a proto se vnitřní síly 3D modelu a 2D modelu výrazně liší. Rozdílné velikosti vnitřních sil jsou zejména dané působením dřevobetonové desky. Z tohoto důvodu budou uvedeny výsledky z obou modelů. K výpočtu je přiložena příloha 1 (3D model) a příloha 3 (2D model průvlaku v běžném podlaží). Rozhodující kombinace v obou případech je KZ9.

### POSOUZENÍ MSÚ PRŮVLAKU

#### Normálové síly na průvlaku

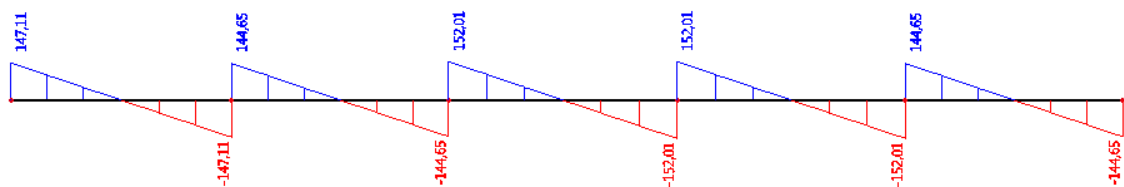


Obrázek 2-13. Normálové síly na průvlaku.

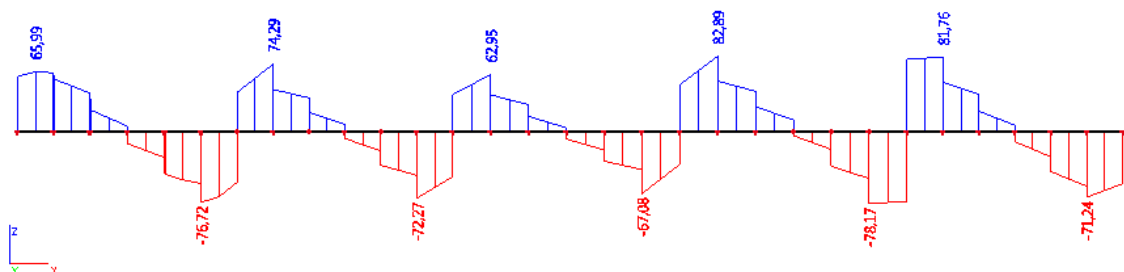
$$N_{\text{tah}} = 148,06 \text{ kN}$$

Tah v průvlaku vzniká pouze v 3D modelu z důvodu prostorového působení. Při výpočtu 2D modelu jsem vnášela pouze svislé přitížení, proto vznikaly pouze posouvající síly a momenty.

#### Posouvající síly na průvlaku



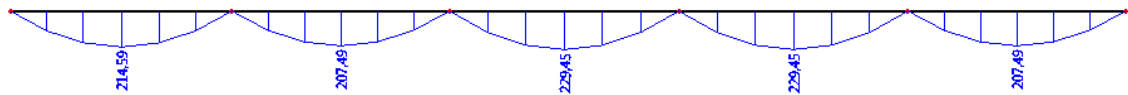
Obrázek 2-14. Posouvající síly na průvlaku 2D model.



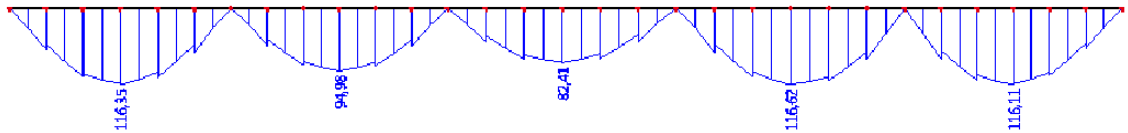
Obrázek 2-15. Posouvající síly na průvlaku 3D model.

$$V_{z,\text{max},2\text{D}} = \pm 152,01 \text{ kN}, V_{z,\text{max},3\text{D}} = + 82,89 \text{ kN}, V_{z,\text{max},3\text{D}} = - 78,17 \text{ kN}$$

## Momenty na průvlaku



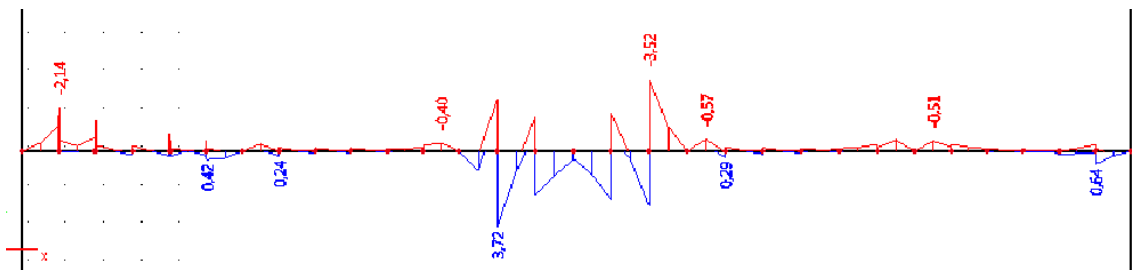
Obrázek 2-16. Momenty na průvlaku 2D model.



Obrázek 2-17. Momenty na průvlaku 3D model.

$$M_{y,2D} = 229,45 \text{ kNm}; M_{y,3D} = 116,62 \text{ kNm}$$

Ve 3D modelu vzniká také moment ve druhém směru:



Obrázek 2-18. Momenty na průvlaku 3D model.

$$M_{z,3D} = 3,52 \text{ kNm}$$

Z vykreslení vnitřních sil vyplývá, že jsou síly ve 3D modelu výrazně redukovány. Průběhy jsou relativně obdobné, ovšem v 3D modelu jsou patrné mírné skoky, ty jsou dané spolupůsobením s dřevobetonovou deskou. Skoky lze redukovat zjemněním sítě desky. Nyní je síť desky zjemněná na 0,25 m.

## Charakteristické hodnoty potřebné pro výpočet průřezu:

$$A = 1,536 \cdot 10^5 \text{ mm}^2 \text{ (} b = 240 \text{ mm; } h = 640 \text{ mm)}$$

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 240 = 160,8 \text{ mm}$$

$$w_y = 1,6384 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$$

$$w_z = 6,144 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 5,243 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 7,373 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$i_y = 184,8 \text{ mm}$$

$$i_z = 69,3 \text{ mm}$$

### Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a osového tahu (3D Model):

Napětí:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{148\,060}{153\,600} = 0,964 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{w_y} = \frac{116\,620 \cdot 10^3}{1\,638 \cdot 10^4} = 7,118 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{w_y} = \frac{3\,520 \cdot 10^3}{6\,144 \cdot 10^3} = 0,573 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \frac{0,964}{14,04} + 0,7 \cdot \frac{7,118}{20,16} + \frac{0,573}{20,16} = 0,344 < 1$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (34%)

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \frac{0,964}{14,04} + \frac{7,118}{20,16} + 0,7 \cdot \frac{0,573}{20,16} = 0,442 < 1$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (44%)

### Posouzení průřezu na ohyb (2D Model):

Napětí:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{w_y} = \frac{229\,450 \cdot 10^3}{1\,638 \cdot 10^4} = 14,005 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{14,005}{20,16} = 0,695 < 1$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (70%)

### Posouzení na smyk za ohybu (2D model):

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V}{A} = \frac{1,5 \cdot 152,01 \cdot 10^3}{160,8 \cdot 640} = 2,216 \text{ kN} < f_{v,d} = 2,304 \text{ kN}$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (96 %)

## POSOUZENÍ MSP PRŮVLAKU

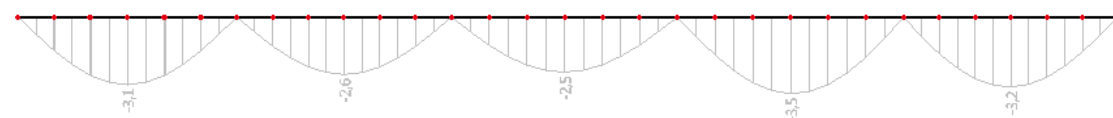
### Postup:

Pro jednotlivé modely jsou rozdíly i v průhybech. Jak je vidět níže je znovu průhyb v 2D modelu výrazně větší než u 3D modelu. Ve 3D modelu napomáhá přenášet průhyb spřažená dřevobetonová deska.

Vykreslení průběhu průhybu od stálého zatížení:



Obrázek 2-19. Průhyby od stálého zatížení na průvlaku 2D model.

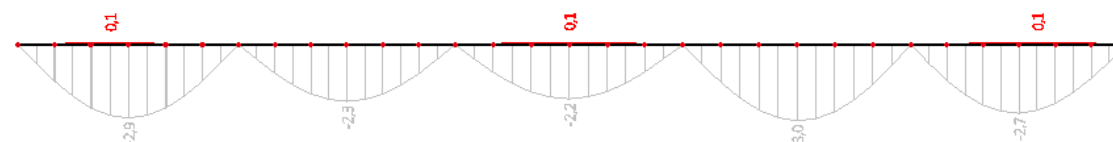


Obrázek 2-20. Průhyby od stálého zatížení na průvlaku 3D model.

Vykreslení průběhu průhybu od nahodilého zatížení:



Obrázek 2-21. Průhyby od nahodilého zatížení na průvlaku 2D model.



Obrázek 2-22. Průhyby od nahodilého zatížení na průvlaku 3D model.

Vzhledem k rozdílům mezi průhyby posoudím průhyby z 2D modelu, a tím zůstaneme na straně bezpečnosti.

### **Potřebné součinitele:**

$k_{\text{def}} = 0,6$  (Třída provozu 1 pro Lepené lamelové dřevo)

$\varphi_{2,1} = 0,3$  (Kategorie A, kancelářské plochy)

### VÝPOČET PRŮHYBU:

Okamžitý průhyb od stálého zatížení:  $u_{1,\text{inst}} = 7,4$  mm

Okamžitý průhyb od nahodilého zatížení:  $u_{2,\text{inst}} = 7,9$  mm



Konečný průhyb od stálého a nahodilého zatížení:

$$u_{\text{net,fin}} = u_{1,\text{inst}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) + u_{2,\text{inst}} \cdot (1 + \varphi_{2,1} \cdot k_{\text{def}})$$

$$u_{\text{net,fin}} = 7,4 \cdot (1,6) + 7,9 \cdot (1 + 0,6 \cdot 0,3)$$

$$u_{\text{net,fin}} = 21,2 \text{ mm} < u_{\text{net,fin,lim}} = \frac{l}{300} = \frac{6\,000}{250} = 24 \text{ mm}$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (88%)

## POSOUZENÍ PRŮVLAKU NA ÚČINKY POŽÁRU

### Požadovaná odolnost nosných konstrukcí:

REI 90 (Stropní konstrukce – smíšený konstrukční systém, požární zatížení do 50 kg/m<sup>2</sup>  
→ V. SPB → požárně dělící konstrukce REI 90 → h = 25,725 m > 22,5 m → Výška je vyšší,  
proto bude ve výpočtu dodržena jistá rezerva.)

$$t = 90 \text{ min}$$

### Vnitřní síly na prvku:

$$N_{\text{Ed,3D}} = 148,06 \text{ kN}$$

$$M_{y,3D} = 116,62 \text{ kNm}$$

$$M_{z,3D} = 3,520 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{Ed,2D}} = 152,010 \text{ kN}$$

$$M_{\text{Ed,2D}} = 229,450 \text{ kNm}$$

$$L = 6300 \text{ mm}$$

### Výpočet vnitřních sil pro posouzení na účinky požáru:

$$g_k = 3,175 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,5$$

$\psi_{2,1} = 0,3$  (Součinitel pro kancelářské plochy B, hlavní proměnné zatížení: užitné)

$$\eta_{fi} = \frac{g_k + \psi_{2,1} \cdot q_k}{\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k} = \frac{3,175 + 0,3 \cdot 3}{1,35 \cdot 3,175 + 1,5 \cdot 3} = 0,464$$

$$N_{Ed,3D,fi} = \eta_{fi} \cdot N_{Ed,3D} = 0,464 \cdot 148,06 = 68,669 \text{ kN}$$

$$M_{y,3D,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{y,3D} = 0,464 \cdot 116,62 = 54,088 \text{ kNm}$$

$$M_{z,3D,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{z,3D} = 0,464 \cdot 3,520 = 1,633 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed,2D,fi} = \eta_{fi} \cdot V_{Ed,2D} = 0,464 \cdot 152,010 = 70,501 \text{ Kn}$$

$$M_{Ed,2D,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{Ed,2D} = 0,464 \cdot 229,450 = 106,417 \text{ kNm}$$

#### **Metoda redukovaného průřezu – koeficienty:**

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

$$k_{fi} = 1,15 \text{ (Lepené lamelové dřevo)}$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0 \text{ (Doporučená hodnota)}$$

$$\beta_n = 0,7 \text{ mm/min (Lepené lamelové dřevo s charakteristickou hustotou } \geq 290 \text{ kg/m}^3)$$

$$d_0 = 7 \text{ mm (Hodnota daná normou)}$$

$$k_0 = 1,0 \text{ (Pro } t \geq 20 \text{ min)}$$

#### **Návrhové pevnosti:**

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{19,5}{1,0} = 22,425 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{28}{1,0} = 32,2 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{3,2}{1,0} = 3,68 \text{ MPa}$$

#### **Účinná hloubka zuhelnatění:**

$$d_{ef} = \beta_n \cdot t + k_0 \cdot d_0 = 0,7 \cdot 90 + 1,0 \cdot 7 = 70 \text{ mm}$$

#### **Průřezový modul (nosník je vystaven z jedné a částečně dvou stran):**

$$b_{fi} = b - 2 \cdot d_{ef} = 240 - 2 \cdot 70 = 100 \text{ mm}$$

$$h_{fi} = h - d_{ef} = 640 - 70 = 570 \text{ mm}$$

$$A_{fi} = b_{fi} \cdot h_{fi} = 100 \cdot 570 = 57\,000 \text{ mm}^2$$

$$w_{y,fi} = \frac{1}{6} \cdot b_{fi} \cdot h_{fi}^2 = \frac{1}{6} \cdot 100 \cdot 570^2 = 5\,415\,000 \text{ mm}^3$$

$$w_{z,fi} = \frac{1}{6} \cdot h_{fi} \cdot b_{fi}^2 = \frac{1}{6} \cdot 570 \cdot 100^2 = 950\,000 \text{ mm}^3$$

#### **Ověření stability průvlaku:**

Průvlak je držený proti klopení pomocí stropnic.

### Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a osového tahu (3D Model):

Napětí:

$$\sigma_{t,0,d,fi} = \frac{N_{Ed,3D,fi}}{A_{fi}} = \frac{68\,669}{57\,000} = 1,205 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{M_{y,3D,fi}}{W_{y,fi}} = \frac{54\,088 \cdot 10^3}{5\,415 \cdot 10^3} = 9,988 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d,fi} = \frac{M_{z,3D,fi}}{W_{z,fi}} = \frac{1\,633 \cdot 10^3}{950 \cdot 10^3} = 1,719 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,d,fi}} = \frac{1,719}{22,425} + 0,7 \cdot \frac{9,988}{32,2} + \frac{1,719}{32,2} = 0,324 < 1$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (32%)

$$\frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,d,fi}} = \frac{1,719}{22,425} + \frac{9,988}{32,2} + 0,7 \cdot \frac{1,719}{32,2} = 0,401 < 1$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (40%)

### Posouzení průřezu na ohyb (2D Model):

Napětí:

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{M_{Ed,2D,fi}}{W_{y,fi}} = \frac{106\,417 \cdot 10^3}{5\,415 \cdot 10^3} = 19,652 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,d,fi}} = \frac{19,652}{32,2} = 0,610 < 1$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (61%)

### Posouzení na smyk za ohybu (2D model):

$$\tau_{d,fi} = \frac{1,5 \cdot V_{Ed,2D,fi}}{A_{fi}} = \frac{1,5 \cdot 70,501 \cdot 10^3}{100 \cdot 570} = 1,855 \text{ kN} < f_{v,d,fi} = 3,680 \text{ kN}$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (50 %)

**Vyhodnocení:**

Při posouzení průvlaku je rozhodující zejména smykové napětí, na které je prvek dimenzován. Také průhyb průvlaků je optimální z hlediska ekonomického návrhu konstrukce. Z požárního posouzení vyplývá, že je dodržena na počátku navržená rezerva.

### 2.2.4.3 Posouzení průvlaku v přízemním podlaží nad posluchárnou

#### Postup:

V přízemním podlaží se nachází kromě běžných průvlaků také průvlak, jehož délka v jednom poli je výrazně delší než 6 metrů. Zde je vidět výrazný rozdíl mezi 3D modelem (Příloha 1) a 2D modelem (Příloha 4). Zatímco v 3D modelu vznikají výrazné normálové síly, tak v 2D modelu vznikají výrazně větší momentové síly. Právě u tohoto prvku by se měl osvědčit 3D model, kdy danému průvlaku pomáhá dřevobetonová konstrukce stropu. Rozhodující kombinace zatížení je KZ9.

Vzhledem k velkým vnitřním silám bylo nutné zvětšit i pevnost průřezu, níže uvádím nové návrhové hodnoty:

#### **Charakteristické hodnoty:**

Tabulka 2.7. Charakteristiky dřeva GL36h.

Ohyb	$f_{m,k}$	36,0	[MPa]
Tah	$f_{t,0,k}$	26	[MPa]
Tah	$f_{t,90,k}$	0,6	[MPa]
Tlak	$f_{c,0,k}$	31,0	[MPa]
Tlak	$f_{c,90,k}$	3,6	[MPa]
Smyk	$f_{v,k}$	4,3	[MPa]
Modul pružnosti	$E_{0,05}$	11 900	[MPa]
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$	14 700	[MPa]

TP1,  $k_{def} = 0,8$ ,  $k_{mod} = 0,9$ ,  $\gamma_m = 1,25$  (Lepené lamelové dřevo)

#### **Návrhové hodnoty:**

Návrhová pevnost dřeva v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{36,0}{1,25} = 25,920 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost dřeva v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{31,0}{1,25} = 22,320 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost dřeva v tahu:

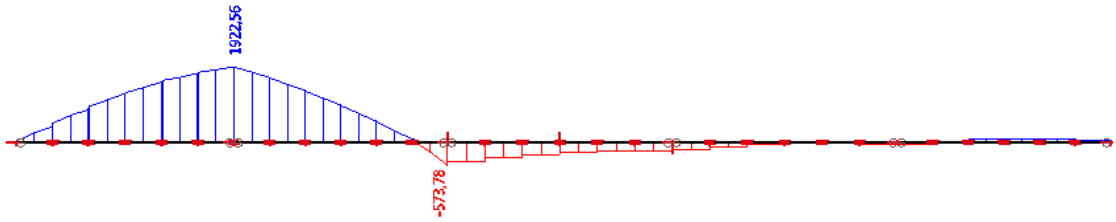
$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{26,0}{1,25} = 18,72 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost dřeva ve smyku:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{4,3}{1,25} = 3,096 \text{ MPa}$$

## POSOUZENÍ MSÚ PRŮVLAKU

### Normálové síly na průvlaku

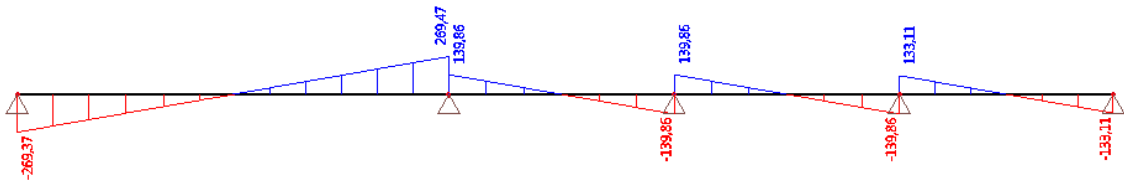


Obrázek 2-23. Normálové síly na průvlaku 3D model.

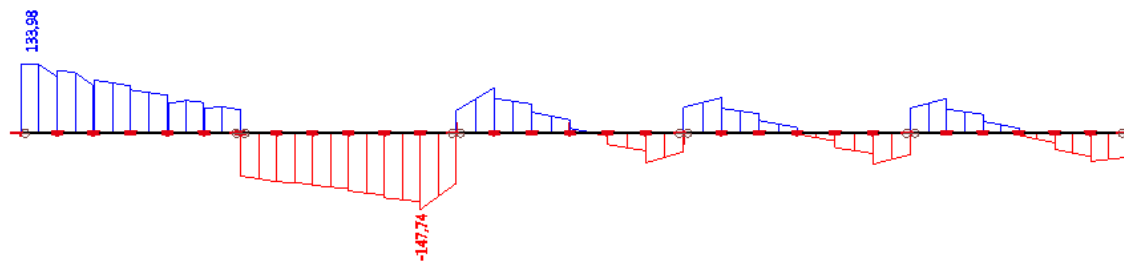
$$N_{\text{tah}} = 1922,56 \text{ kN}; N_{\text{tlak}} = - 573,78 \text{ kN}$$

Tah v průvlaku vzniká pouze v 3D modelu z důvodu prostorového působení. Při výpočtu 2D modelu jsem vnášela pouze svislé přitížení, proto vznikaly pouze posouvající síly a momenty.

### Posouvající síly na průvlaku



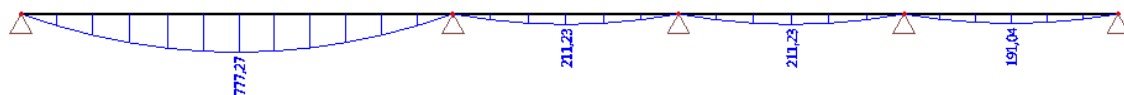
Obrázek 2-24. Posouvající síly na průvlaku 2D model.



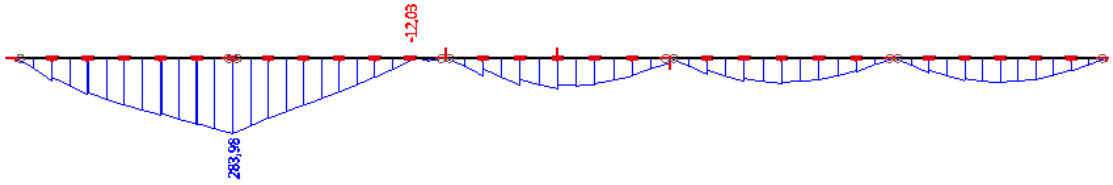
Obrázek 2-25. Posouvající síly na průvlaku 3D model.

$$V_{z,\text{max},2\text{D}} = \pm 269,37 \text{ kN}, V_{z,\text{max},3\text{D}} = + 133,98 \text{ kN}, V_{z,\text{max},3\text{D}} = - 147,74 \text{ kN}$$

### Momenty na průvlaku



Obrázek 2-26. Momenty na průvlaku 2D model.



Obrázek 2-27. Momenty na průvlaku 3D model.

$M_{\max,2D} = 777,27 \text{ kNm}$ ,  $M_{y,\max,3D} = 283,98 \text{ kNm}$ ,  $M_{z,\max,3D} = 3,26 \text{ kNm}$  (zanedbatelné)

**Charakteristické hodnoty potřebné pro výpočet průřezu:**

$$A = 20,160 \cdot 10^4 \text{ mm}^2 \text{ (} b = 240 \text{ mm; } h = 840 \text{ mm)}$$

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 240 = 160,8 \text{ mm}$$

$$w_y = 2,822 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$$

$$w_z = 8,064 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 1,185 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_z = 9,677 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$i_y = 242,5 \text{ mm}$$

$$i_z = 69,3 \text{ mm}$$

**Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a osového tahu (3D Model):**

Napětí:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{1\,922\,560}{201\,600} = 9,537 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{w_y} = \frac{283\,980 \cdot 10^3}{2\,822,4 \cdot 10^4} = 10,062 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{w_z} = \frac{3\,260 \cdot 10^3}{8\,064 \cdot 10^3} = 0,404 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \frac{9,537}{18,72} + 0,7 \cdot \frac{10,062}{25,92} + \frac{0,404}{25,92} = 0,797 < 1$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (80%)

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \frac{9,537}{18,72} + \frac{10,062}{25,92} + 0,7 \cdot \frac{0,404}{25,92} = 0,909 < 1$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (91%)

### Posouzení průřezu na ohyb (2D model):

#### Napětí:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{w_y} = \frac{777\,270 \cdot 10^3}{2\,822,4 \cdot 10^4} = 27,239 \text{ MPa}$$

#### Posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{27,239}{25,92} = 1,051 < 1 \rightarrow \text{PRŮŘEZ NEVYHOVUJE (105\%)}$$

### Posouzení průřezu na smyk (2D model):

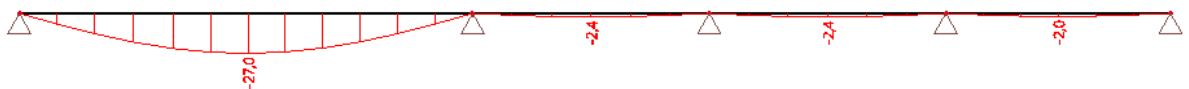
$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V}{A} = \frac{1,5 \cdot 269,47 \cdot 10^3}{160,8 \cdot 840} = 2,993 \text{ kN} < f_{v,d} = 3,096 \text{ kN} \rightarrow \text{PRŮŘEZ VYHOVUJE (97\%)}$$

## POSOUZENÍ MSP PRŮVLAKU

#### Postup:

Pro jednotlivé modely jsou rozdíly i v průhybech. Jak je vidět níže, je znovu průhyb v 2D modelu výrazně větší než u 3D modelu. Ve 3D modelu napomáhá přenášet průhyb spřažená dřevobetonová deska. Tento rozdíl je natolik markantní, že navrhovat průřez na 2D model, kdy uvažujeme pouze přitížení betonové desky, je nelogické.

Vykreslení průběhu průhybu od stálého zatížení:

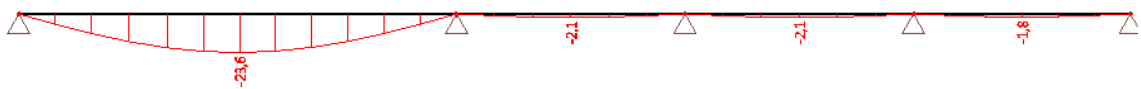


Obrázek 2-28. Průhyby od stálého zatížení na průvlaku 2D model.

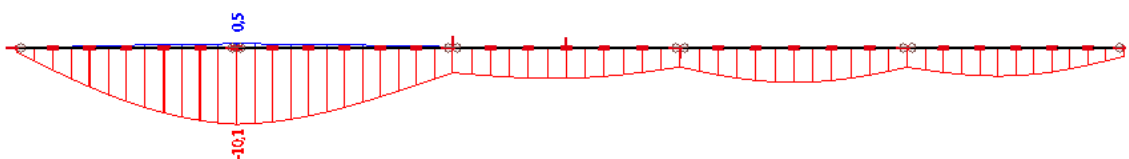


Obrázek 2-29. Průhyby od stálého zatížení na průvlaku 3D model.

Vykreslení průběhu průhybu od nahodilého zatížení:



Obrázek 2-30. Průhyby od nahodilého zatížení na průvlaku 2D model.



Obrázek 2-31. Průhyby od nahodilého zatížení na průvlaku 3D model.

**Potřebné součinitele:**

$k_{def} = 0,6$  (Třída provozu 1 pro Lepené lamelové dřevo)

$\varphi_{2,1} = 0,3$  (Kategorie A, kancelářské plochy)

**VÝPOČET PRŮHYBU:**

Okamžitý průhyb od stálého zatížení:  $u_{1,inst} = 12,0$  mm

Okamžitý průhyb od nahodilého zatížení:  $u_{2,inst} = 10,1$  mm

Konečný průhyb od stálého a nahodilého zatížení:

$$u_{net,fin} = u_{1,inst} \cdot (1 + k_{def}) + u_{2,inst} \cdot (1 + \varphi_{2,1} \cdot k_{def})$$

$$u_{net,fin} = 12,0 \cdot (1,6) + 10,1 \cdot (1 + 0,6 \cdot 0,3)$$

$$u_{net,fin} = 31,1 \text{ mm} < u_{net,fin,lim} = \frac{l}{300} = \frac{11\,300}{300} = 37,7 \text{ mm}$$

→ **PRŮŘEZ VYHOVUJE (83%)**

**Vyhodnocení:**

Ve výpočtech výše vychází, že pokud bychom uvažovali pouze 2D model a neuvažovali spřažení celkové konstrukce, prvek nevyhoví na ohybové namáhání. Vyhověl by pouze prvek o jednu lamelu větší. V případě posouzení MSP by dokonce prvek nevyhověl velmi výrazně. V případě, že chceme zůstat na straně větší bezpečnosti, lze průřez mírně zvětšit, ovšem v případě dodržení mezních průhybů, by bylo nutné prvek zvětšit ještě výrazněji.

**POSOUZENÍ PRŮVLAKU NA ÚČINKY POŽÁRU****Požadovaná odolnost nosných konstrukcí:**

REI 90 (Stropní konstrukce – smíšený konstrukční systém, požární zatížení do 50 kg/m<sup>2</sup> → V. SPB → požárně dělící konstrukce REI 90 →  $h = 25,725$  m > 22,5 m → výška je vyšší, proto bude ve výpočtu dodržena jistá rezerva.)

$$t = 90 \text{ min}$$

**Vnitřní síly na prvku:**

$$N_{Ed,3D} = 1922,56 \text{ kN}$$

$$M_{y,3D} = 283,98 \text{ kNm}$$

$$M_{z,3D} = 3,260 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed,2D} = 269,370 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,2D} = 777,270 \text{ kNm}$$

$$L = 6\,000 \text{ mm}$$



**Výpočet vnitřních sil pro posouzení na účinky požáru:**

$$g_k = 3,175 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,5$$

$$\psi_{2,1} = 0,3 \text{ (Součinitel pro kancelářské plochy B, hlavní proměnné zatížení: užité)}$$

$$\eta_{fi} = \frac{g_k + \psi_{2,1} \cdot q_k}{\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k} = \frac{3,175 + 0,3 \cdot 3}{1,35 \cdot 3,175 + 1,5 \cdot 3} = 0,464$$

$$N_{Ed,3D,fi} = \eta_{fi} \cdot N_{Ed,3D} = 0,464 \cdot 1922,56 = 891,670 \text{ kN}$$

$$M_{y,3D,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{y,3D} = 0,464 \cdot 283,98 = 131,708 \text{ kNm}$$

$$M_{z,3D,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{z,3D} = 0,464 \cdot 3,26 = 1,512 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed,2D,fi} = \eta_{fi} \cdot V_{Ed,2D} = 0,464 \cdot 269,37 = 124,932 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,2D,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{Ed,2D} = 0,464 \cdot 777,27 = 360,492 \text{ kNm}$$

**Metoda redukovaného průřezu – koeficienty:**

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

$$k_{fi} = 1,15 \text{ (Lepené lamelové dřevo)}$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0 \text{ (Doporučená hodnota)}$$

$$\beta_n = 0,7 \text{ mm/min (Lepené lamelové dřevo s charakteristickou hustotou } \geq 290 \text{ kg/m}^3)$$

$$d_0 = 7 \text{ mm (Hodnota daná normou)}$$

$$k_0 = 1,0 \text{ (Pro } t \geq 20 \text{ min)}$$

**Návrhové pevnosti:**

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{26}{1,0} = 29,9 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{36}{1,0} = 41,4 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{4,3}{1,0} = 4,945 \text{ MPa}$$

**Účinná hloubka zuhelnatění:**

$$d_{ef} = \beta_n \cdot t + k_0 \cdot d_0 = 0,7 \cdot 90 + 1,0 \cdot 7 = 70 \text{ mm}$$

**Průřezový modul (nosník je vystaven z jedné a částečně dvou stran):**

$$b_{fi} = b - 2 \cdot d_{ef} = 240 - 2 \cdot 70 = 100 \text{ mm}$$

$$h_{fi} = h - d_{ef} = 840 - 70 = 770 \text{ mm}$$

$$A_{fi} = b_{fi} \cdot h_{fi} = 100 \cdot 770 = 77\,000 \text{ mm}^2$$

$$w_{y,fi} = \frac{1}{6} \cdot b_{fi} \cdot h_{fi}^2 = \frac{1}{6} \cdot 100 \cdot 770^2 = 9,882 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$w_{z,fi} = \frac{1}{6} \cdot h_{fi} \cdot b_{fi}^2 = \frac{1}{6} \cdot 770 \cdot 100^2 = 1,283 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

**Ověření stability průvlaku:**

Průvlak je držený proti klopení pomocí stropnic.

**Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a osového tahu (3D Model):**

Napětí:

$$\sigma_{t,0,d,fi} = \frac{N_{Ed,3D,fi}}{A_{fi}} = \frac{891\,670}{77\,000} = 11,580 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{M_{y,3D,fi}}{w_{y,fi}} = \frac{131\,708 \cdot 10^3}{9\,882 \cdot 10^3} = 13,329 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d,fi} = \frac{M_{z,3D,fi}}{w_{z,fi}} = \frac{1\,512 \cdot 10^3}{1\,283 \cdot 10^3} = 1,178 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,d,fi}} = \frac{11,580}{29,9} + 0,7 \cdot \frac{13,329}{41,4} + \frac{1,178}{41,4} = 0,641 < 1$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (64%)

$$\frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,d,fi}} = \frac{11,580}{29,9} + \frac{13,329}{41,4} + 0,7 \cdot \frac{1,178}{41,4} = 0,729 < 1$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (73%)

**Posouzení průřezu na ohyb (2D Model):**

Napětí:

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{M_{Ed,2D,fi}}{w_{y,fi}} = \frac{360\,492 \cdot 10^3}{9\,882 \cdot 10^3} = 36,481 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,d,fi}} = \frac{36,481}{41,4} = 0,881 < 1$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (88%)

**Posouzení na smyk za ohybu (2D model):**

$$\tau_{d,fi} = \frac{1,5 \cdot V_{Ed,2D,fi}}{A_{fi}} = \frac{1,5 \cdot 124,932 \cdot 10^3}{100 \cdot 770} = 2,434 \text{ kN} < f_{v,d,fi} = 4,945 \text{ kN}$$

→ **PRŮŘEZ VYHOVUJE (50 %)**

**Vyhodnocení:**

Celkově je prvek navržený jako plně optimalizovaný. Využíváme zde předpoklad, že spřažený dřevobetonový strop výrazně napomůže přenosu zatížení v konstrukci. V požárním posouzení naproti běžnému průvlaku nevzniká velká rezerva. Uvažujeme, že vznikne rezerva zakrytím nosné konstrukce akustickým podhledem. V případě, že by byly prvky odkryty, měla by vyhovět i tak.

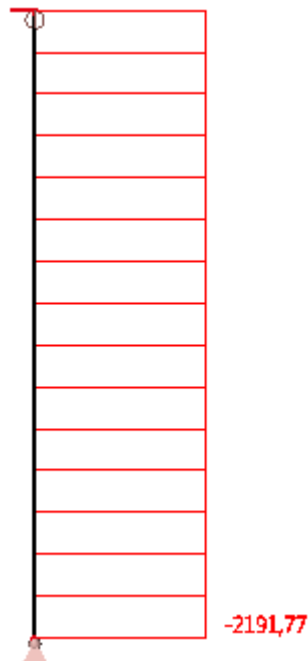
#### 2.2.4.4 Posouzení sloupu v přízemí

Postup:

Vzhledem k výšce objektu a sčítání zatížení z jednotlivých podlaží vznikají na sloupech vysoké hodnoty vnitřních sil. Z tohoto důvodu je navržený v dolních podlažích průřez složený ze dvou průřezů. Sloup bude spřažený mechanickými spojovacími prostředky. Vnitřní sloupy jsou zatíženy pouze osovou silou a vznikají v nich pouze normálové síly. Obvodové sloupy jsou navíc zatíženy větrem do stěn, proto v nich vznikají i momentové síly, jsou zde ale výrazně nižší normálové síly, proto nejsou sloupy dále posuzovány. V tomto případě vzhledem k jednoduchosti zatížení není nutné porovnávat dva modely a proto jsou síly uvažované pouze z 3D modelu (Příloha 1). Rozhodující kombinace zatížení je KZ9.

#### POSOUZENÍ MSÚ SLOUPU

##### Normálové síly



Obrázek 2-32. Normálové síly na sloupu 3D model.

$$N = 2191,77 \text{ kN}$$

**Charakteristické hodnoty potřebné pro výpočet průřezu:**

$$A = 2,304 \cdot 10^5 \text{ mm}^2 \text{ (} b = 480 \text{ mm; } h = 480 \text{ mm)}$$

$$I_y = 4,424 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 4,424 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$i_y = 139 \text{ mm}$$

$$i_z = 139 \text{ mm}$$

### Posouzení sloupu na osový tlak

Sloup je obdélníkového průřezu, proto součinitele vzpěru budou shodné.

Vzpěr:

$$\lambda_y = \frac{L_{ef,y}}{i_y} = \frac{7\,350}{139} = 53,044$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{3,14^2 \cdot 10\,200}{53,044^2} = 35,779 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{crit,y}}} = \sqrt{\frac{26,500}{35,779}} = 0,861$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,861 - 0,3) + 0,861^2)$$

$$k_y = 0,898$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,898 + \sqrt{0,898^2 - 0,861^2}} = 0,865$$

Napětí:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{2\,197\,770}{230\,400} = 9,513 \text{ MPa}$$

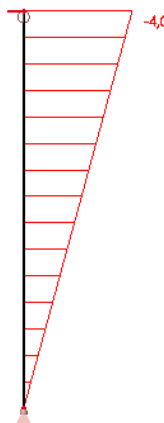
Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{9,513}{0,865 \cdot 19,08} = 0,576$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (58%)

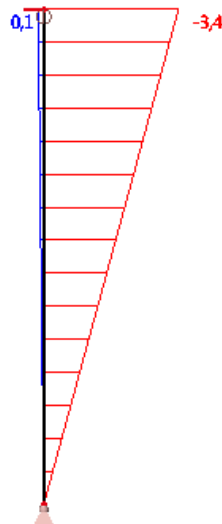
### POSOUZENÍ MSP SLOUPU

Vykreslení průběhu průhybu od stálého zatížení:



Obrázek 2-33. Průhyby od stálého zatížení na sloupu 3D model.

Vykreslení průběhu průhybu od nahodilého zatížení:



Obrázek 2-34. Průhyby od nahodilého zatížení na sloupu 3D model.

Postup:

Sloupy fungují jako průběžný prvek přes všechna poschodí, proto limitní průhyb vychází z celé délky sloupů.

**Potřebné součinitele:**

$k_{def} = 0,6$  (Třída provozu 1 pro Lepené lamelové dřevo)

$\varphi_{2,1} = 0,3$  (Kategorie A, kancelářské plochy)

**VÝPOČET PRŮHYBU:**

Okamžitý průhyb od stálého zatížení:  $u_{1,inst} = 4,0$  mm

Okamžitý průhyb od nahodilého zatížení:  $u_{2,inst} = 3,4$  mm

Konečný průhyb od stálého a nahodilého zatížení:

$$u_{net,fin} = u_{1,inst} \cdot (1 + k_{def}) + u_{2,inst} \cdot (1 + \varphi_{2,1} \cdot k_{def})$$

$$u_{net,fin} = 4,0 \cdot (1,6) + 3,4 \cdot (1 + 0,6 \cdot 0,3)$$

$$u_{net,fin} = 10,4 \text{ mm} < u_{net,fin,lim} = \frac{l}{300} = \frac{25\,725}{300} = 85,8 \text{ mm}$$

→ **PRŮŘEZ VYHOVUJE (12%)**

## POSOUZENÍ SLOUPU NA ÚČINKY POŽÁRU

### Požadovaná odolnost nosných konstrukcí:

R120

$t = 120 \text{ min}$

### Vnitřní síly na prvku:

$N_{Ed} = 2191,77 \text{ kN}$

$L = 7350 \text{ mm}$

### Výpočet vnitřních sil pro posouzení na účinky požáru:

$G_k = 120,015 \text{ kN} \rightarrow$  Uvažuji pouze jedno patro pro výpočet koeficientu.

$Q_k = 113,4 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$  Uvažuji pouze jedno patro pro výpočet koeficientu.

$\gamma_G = 1,35$

$\gamma_Q = 1,5$

$\psi_{2,1} = 0,3$  (Součinitel pro kancelářské plochy B, hlavní proměnné zatížení: užité)

$$\eta_{fi} = \frac{g_k + \psi_{2,1} \cdot q_k}{\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k} = \frac{120,015 + 0,3 \cdot 113,4}{1,35 \cdot 120,015 + 1,5 \cdot 113,4} = 0,464$$

$N_{Ed,fi} = \eta_{fi} \cdot N_{Ed} = 0,464 \cdot 2191,77 = 1016,527 \text{ kN}$

### Metoda redukovaného průřezu – koeficienty:

$k_{mod,fi} = 1,0$

$k_{fi} = 1,15$  (Lepené lamelové dřevo)

$\gamma_{M,fi} = 1,0$  (Doporučená hodnota)

$\beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$  (Lepené lamelové dřevo s charakteristickou hustotou  $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ )

$d_0 = 7 \text{ mm}$  (Hodnota daná normou)

$k_0 = 1,0$  (Pro  $t \geq 20 \text{ min}$ )

### Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{26,5}{1,0} = 30,475 \text{ MPa}$$

### Účinná hloubka zuhelnatění:

$d_{ef} = \beta_n \cdot t + k_0 \cdot d_0 = 0,7 \cdot 120 + 1,0 \cdot 7 = 91 \text{ mm}$

### Průřezový modul (nosník je vystaven z jedné a částečně dvou stran):

$b_{fi} = b - 2 \cdot d_{ef} = 480 - 2 \cdot 91 = 258 \text{ mm}$

$h_{fi} = h - d_{ef} = 480 - 2 \cdot 91 = 258 \text{ mm}$

$$A_{fi} = b_{fi} \cdot h_{fi} = 258 \cdot 258 = 66\,564 \text{ mm}^2$$

$$I_{fi} = \frac{1}{12} \cdot b_{fi} \cdot h_{fi}^3 = \frac{1}{12} \cdot 258 \cdot 258^3 = 3,692 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$i_{fi} = \sqrt{\frac{I_{fi}}{A_{fi}}} = \sqrt{\frac{3,692 \cdot 10^8}{66\,564}} = 74,5 \text{ mm}$$

$$w_{fi} = \frac{1}{6} \cdot b_{fi} \cdot h_{fi}^2 = \frac{1}{6} \cdot 58 \cdot 189^2 = 345\,303 \text{ mm}^3$$

#### Posouzení prvku na tlakové namáhání:

Vzpěr:

$$\lambda_{fi} = \frac{L_{cr}}{i_{fi}} = \frac{7\,350}{74,5} = 98,687$$

$$\sigma_{c,crit,fi} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_{fi}^2} = \frac{3,14^2 \cdot 10\,200}{98,687^2} = 2,221 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,fi} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{crit,fi}}} = \sqrt{\frac{26,500}{2,221}} = 0,561$$

$$k_{fi} = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,fi} - 0,3) + \lambda_{rel,fi}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,561 - 0,3) + 0,561^2)$$

$$k_{fi} = 0,671$$

$$k_{c,fi} = \frac{1}{k_{fi} + \sqrt{k_{fi}^2 - \lambda_{rel,fi}^2}} = \frac{1}{0,671 + \sqrt{0,671^2 - 0,561^2}} = 0,964$$

Napětí:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A_{fi}} = \frac{2\,197\,770}{66\,564} = 15,845 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d,fi}} = \frac{15,845}{0,964 \cdot 30,475} = 0,519$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (52%)

#### Vyhodnocení:

Při návrhu sloupu rozhoduje posouzení prvku na MSÚ. Využití prvku naznačuje, že je možné prvek optimalizovat. Průřez není zmenšený proto, že při odebrání jedné lamely nemá prvek dostatečnou rezervu (vyhoví na 97 %) a dále je požadavek na čtvercový průřez sloupu.



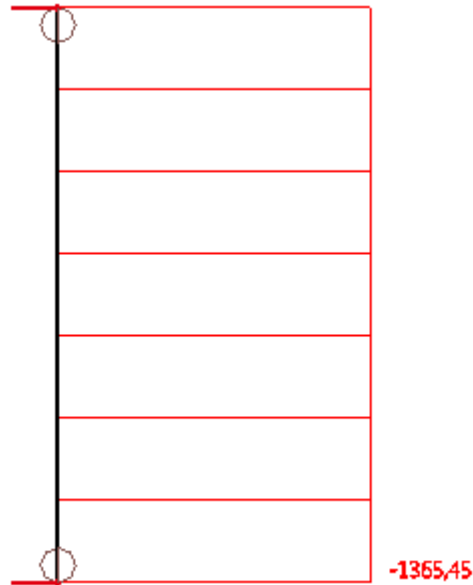
### 2.2.4.5 Posouzení sloupu v 1.NP

Postup:

Výpočet bude obdobný jako u sloupu v přízemním podlaží. Ovšem bude zde působit nižší normálové napětí, proto bude provedený přepočít a dimenze případně zmenšena z důvodu ekonomické úspory.

#### POSOUZENÍ MSÚ SLOUPU

##### Normálové síly



Obrázek 2-35. Normálové síly na sloupu 3D model.

$$N = 1365,45 \text{ kN}$$

##### Charakteristické hodnoty potřebné pro výpočet průřezu:

$$A = 1,600 \cdot 10^5 \text{ mm}^2 \text{ (} b = 400 \text{ mm; } h = 400 \text{ mm)}$$

$$I_y = 2,133 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 2,133 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$i_y = 115,5 \text{ mm}$$

$$i_z = 115,5 \text{ mm}$$

### Posouzení sloupu na osový tlak

Sloup je obdélníkového průřezu, proto součinitele vzpěru budou shodné.

Vzpěr:

$$\lambda_y = \frac{L_{ef,y}}{i_y} = \frac{7\,350}{115,5} = 63,653$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{3,14^2 \cdot 10\,200}{63,653^2} = 24,846 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{crit,y}}} = \sqrt{\frac{26,500}{24,846}} = 1,033$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,033 - 0,3) + 1,033^2)$$

$$k_y = 1,070$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,070 + \sqrt{1,070^2 - 1,033^2}} = 0,741$$

Napětí:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{1\,365\,450}{160\,000} = 10,692 \text{ MPa}$$

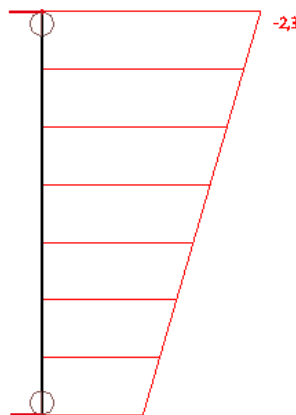
Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{10,692}{0,741 \cdot 19,08} = 0,756$$

→ PRŮŘEZ VYHOVUJE (76%)

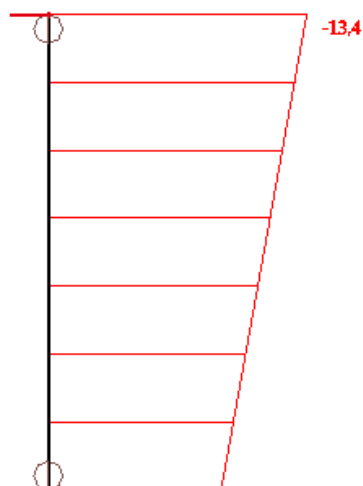
### POSOUZENÍ MSP SLOUPU

Vykreslení průběhu průhybu od stálého zatížení:



Obrázek 2-36. Průhyby od stálého zatížení na sloupu 3D model.

Vykreslení průběhu průhybu od nahodilého zatížení:



Obrázek 2-37. Průhyby od nahodilého zatížení na sloupu 3D model.

Postup:

Sloupy fungují jako průběžný prvek přes všechna poschodí, proto limitní průhyb vychází z celé délky sloupů.

**Potřebné součinitele:**

$k_{def} = 0,6$  (Třída provozu 1 pro Lepené lamelové dřevo)

$\varphi_{2,1} = 0,3$  (Kategorie A, kancelářské plochy)

VÝPOČET PRŮHYBU:

Okamžitý průhyb od stálého zatížení:  $u_{1,inst} = 2,3 \text{ mm}$

Okamžitý průhyb od nahodilého zatížení:  $u_{2,inst} = 13,4 \text{ mm}$

Konečný průhyb od stálého a nahodilého zatížení:

$$u_{net,fin} = u_{1,inst} \cdot (1 + k_{def}) + u_{2,inst} \cdot (1 + \varphi_{2,1} \cdot k_{def})$$

$$u_{net,fin} = 2,3 \cdot (1,6) + 13,4 \cdot (1 + 0,6 \cdot 0,3)$$

$$u_{net,fin} = 19,5 \text{ mm} < u_{net,fin,lim} = \frac{l}{300} = \frac{25\,725}{300} = 85,8 \text{ mm}$$

→ **PRŮŘEZ VYHOVUJE**

**Vyhodnocení:**

Dle snižovaného tlakového namáhání je možné posuzovat i další podlaží a průřez sedále bude zmenšovat. Ale vzhledem k tomu, že by se pouze opakoval tentýž výpočet, uvedu zde pouze rozměry. Požární odolnost sloupu není znova počítána, jednalo by se o shodný výpočet

2.NP – 360x360 mm; 3.NP – 360x360 mm; 4.NP 320x320 mm, 5.NP 320x320 mm

## 2.2.4.6 Posouzení dřevobetonového stropu

### Postup:

V rámci diplomové práce bude pro posouzení dřevo-betonové konstrukce použitý zjednodušený postup označovaný jako  $\gamma$  – metoda. V této metodě písmeno  $\gamma$  označuje součinitel poddajnosti spřáhnutí. Skrze tento součinitel a charakteristiky jednotlivých průřezu se odvodí poloha neutrální osy, díky čemuž můžeme spočítat účinnou ohybovou tuhost. Poté již můžeme posuzovat průřez na normálová a smyková napětí, vznikající ve spřaženém průřezu. Při výpočtu bude zanedbaná nenosná vrstva mezi materiály, tedy bednění z OSB. Následně je nutné posoudit spřahovací prvky.

### **POSOUZENÍ MSÚ SPŘAŽENÉHO PRŮŘEZU**

#### Vstupní údaje průřezu pro posouzení:

##### **Beton:**

##### Průřezové charakteristiky:

$$b_1 = 1000 \text{ mm}$$

$$h_1 = 100 \text{ mm}$$

$$L_1 = 1000 \text{ mm (Vzdálenost mezi dřevěnými trámy)}$$

$$A_1 = b_1 \cdot h_1 = 100\,000 \text{ mm}^2$$

$$I_1 = \frac{1}{12} \cdot b_1 \cdot h_1^3 = \frac{1}{12} \cdot 1000 \cdot 100^3 = 8,333 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

##### Vlastnosti materiálu:

C 30/37 XC1 – Cl 0,2 – D<sub>max</sub> 16 – S3

##### Dílčí součinitel vlastnosti materiálu:

$$\gamma_M = 1,5$$

##### Součinitel dotvarování betonu (Výpočet dle ČSN EN 1992-1-1):

$$A_c = b_1 \cdot h_1 = 1000 \cdot 100 = 100\,000 \text{ mm}^2 \text{ (Průřezová plocha betonu)}$$

$$u = 2\,000 \text{ mm (Obvod části průřezu vystavené vysychání)}$$

$$h_0 = 2 \cdot A_c / u = 2 \cdot 100\,000 / 2\,000 = 100 \text{ mm}$$

$$t_0 = 28 \text{ dní (Stáří betonu v okamžiku prvního zatížení)}$$

$$\text{Provedeno odečtení z grafu: } \varphi_{(\infty, t_0)} = 2,6$$

Válcová pevnost betonu v tlaku:

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_M} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

Střední hodnota pevnosti v tlaku:

$$f_{cm} = 38 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = \frac{f_{cm}}{\gamma_M} = \frac{38}{1,5} = 25,333 \text{ MPa}$$

Střední hodnota pevnosti v tahu:

$$f_{ctm,k} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm,d} = \frac{f_{ctm,k}}{\gamma_M} = \frac{2,9}{1,5} = 1,933 \text{ MPa}$$

Střední hodnota modulu pružnosti:

$$E_{cm} = 32\,000 \text{ MPa}$$

### **Dřevěný trám:**

Průřezové charakteristiky:

$$b_2 = 200 \text{ mm}$$

$$h_2 = 280 \text{ mm}$$

$$L = 6300 \text{ mm}$$

$$A_2 = b_2 \cdot h_2 = 200 \cdot 280 = 56\,000 \text{ mm}^2$$

$$I_2 = \frac{1}{12} \cdot b_2 \cdot h_2^3 = \frac{1}{12} \cdot 200 \cdot 280^3 = 3,659 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

Vlastnosti materiálu:

Dílčí součinitel vlastnosti materiálu:

$$\gamma_M = 1,25 \text{ (Lepené lamelové dřevo)}$$

Třída trvání zatížení:

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (TP1, krátkodobé zatížení)}$$

Součinitel dotvarování dřeva:

$$k_{def} = 0,6 \text{ (Lepené lamelové dřevo, TP1)}$$

Modul pružnosti:

$$E_{0,\text{mean}} = 12\,600 \text{ MPa}$$

Ohybová pevnost:

$$f_{m,k} = 28 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{28}{1,25} = 20,160 \text{ MPa}$$

Pevnost v tahu:

$$f_{t,0,k} = 19,5 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{19,5}{1,25} = 14,040 \text{ MPa}$$

Smyková pevnost:

$$f_{v,k} = 3,2 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{3,2}{1,25} = 2,304 \text{ MPa}$$

Hustota dřeva:

$$\rho = 410 \text{ kg/m}^3$$

### **Spojovací prostředky**

Typ uvažovaného prostředku: SFS vruty VB-48-7,5 x 165

Údaje z technického osvědčení prostředku:

$l_{ef} = 135 \text{ mm}$  (Hloubka zapuštění vrutu do dřevěného trámu)

Modul prokluzu pro MSP:

$$K_{\text{ser}} = 240 \cdot l_{ef} = 240 \cdot 135 = 32\,400 \text{ N/mm (Platí při úhlu obou vrutů } \pm 45^\circ)$$

Modul prokluzu pro MSÚ:

$$K_u = \frac{2}{3} \cdot K_{\text{ser}} = \frac{2}{3} \cdot 32\,400 = 21\,600 \text{ N/mm}$$

### Únosnost vrutu:

$$F_{Rk} = k_a \cdot \min \left\{ \frac{F_{ax,\alpha,Rk}}{13\,000} \right\} = 1,414 \cdot \min \left\{ \frac{90 \cdot l_{ef} \cdot \left( \frac{\rho_k}{350} \right)^{0,8}}{13\,000} \right\}$$

$$F_{Rk} = 1,414 \cdot \min \left\{ \frac{90 \cdot 135 \cdot \left( \frac{410}{350} \right)^{0,8}}{13\,000} \right\} = 1,414 \cdot \min \left\{ \frac{13\,790}{13\,000} \right\} = 18\,382 \text{ N}$$
$$= 18,382 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \frac{F_{Rk}}{\gamma} = \frac{18,382}{1,3} = 14,140 \text{ kN}$$

### Vzdálenost spojovacích prostředků:

$$a = s_1 = 100 \text{ mm}$$

### Součinitel dotvarování spřahovacího prostředku:

$$\varphi_{v,t} = 0,6$$

### **Zatížení konstrukce**

#### Stálé zatížení:

Zatížení od skladby podlahy:

$$g_k = 0,02 \cdot 5,92 + 0,02 \cdot 11,5 + 0,05 \cdot 1,177 + 0,018 \cdot 6 + 0,14 + 0,04 \cdot 0,4 = 0,675 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení od betonové desky:

$$g_{k,beton} = 0,1 \cdot 25 = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení od dřevěného trámu:

$$g_{k,trám} = \frac{0,200 \cdot 0,280 \cdot 4,1 \cdot 6}{6} = 0,2296 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{k,celkem} = 0,675 + 2,5 + 0,2296 = 3,405 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{d,celkem} = g_{k,celkem} \cdot \gamma_G = 3,405 \cdot 1,35 = 4,596 \text{ kN/m}^2$$

#### Proměnné zatížení:

$$q_k = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = q_k \cdot \gamma_Q = 3 \cdot 1,5 = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

#### Celkové zatížení:

$$f = g_{d,celkem} + q = 4,596 + 4,5 = 9,097 \text{ kN/m}^2$$

### Vnitřní síly

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot f \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 9,097 \cdot 6,300 = 28,655 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 9,097 \cdot 6,300^2 = 45,413 \text{ kNm}$$

### Výpočet spolupůsobící šířky

Postup: Výpočet dle *eurokódu EC 4 1994-1-1*

Ekvivalentní rozpětí koncového pole:

$$L_e = 6\,300 \text{ mm (Přibližná délka mezi nulovými momenty)}$$

Osová vzdálenost mezi spřahovacími prvky:

$$b_0 = 100 \text{ mm}$$

Vzdálenost od krajního spřahovacího prvku doprostřed nosníku:

$$b_1 = 490 \text{ mm}$$

Účinná šířka uprostřed koncového pole:

$$b_{ei} = \frac{L_e}{8} = \frac{6\,300}{8} = 787,5 \text{ mm} < b_1 = 490 \text{ mm} \rightarrow \text{NEVYHOVUJE!} \rightarrow b_{ei} = 490 \text{ mm}$$

Účinná šířka v koncové podpoře:

$$b_{eff} = b_0 + \sum b_{ei} = 100 + (490 + 490) = 1080 \text{ mm} < b = 1000 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 1000 \text{ mm}$$

### Výpočet účinné ohybové tuhosti pro MSÚ

Součinitel poddajnosti spřažení pro betonovou část:

$$\gamma_1 = \left( 1 + \frac{\pi^2 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot s_1}{K_1 \cdot L^2} \right)^{-1} = \left( 1 + \frac{\pi^2 \cdot 32\,000 \cdot 100\,000 \cdot 100}{21\,600 \cdot 6\,300^2} \right)^{-1} = 0,213$$

Součinitel poddajnosti spřažení pro dřevěnou část:

$$\gamma_2 = \left( 1 + \frac{\pi^2 \cdot E_2 \cdot A_2 \cdot s_1}{K_1 \cdot L^2} \right)^{-1} = \left( 1 + \frac{\pi^2 \cdot 12\,600 \cdot 56\,000 \cdot 100}{21\,600 \cdot 6\,300^2} \right)^{-1} = 0,552$$



Vzdálenost těžiště betonové desky od těžiště spřaženého průřezu:

$$a_2 = \frac{\gamma_2 \cdot E_2 \cdot A_2 \cdot \left(\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2}\right)}{(\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 + \gamma_2 \cdot E_2 \cdot A_2)}$$

$$a_2 = \frac{0,552 \cdot 12\,600 \cdot 56\,000 \cdot \left(\frac{100}{2} + \frac{280}{2}\right)}{(0,213 \cdot 32\,000 \cdot 100\,000 + 0,552 \cdot 12\,600 \cdot 56\,000)}$$

$$a_2 = 121 \text{ mm}$$

Vzdálenost těžiště dřevěného trámu od těžiště spřaženého průřezu (MSÚ)

$$a_1 = \left(\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2}\right) - a_2 = \left(\frac{100}{2} + \frac{280}{2}\right) - 121 = 69 \text{ mm}$$

Ověření polohy neutrální osy vůči betonovému průřezu

$$\gamma_1 \cdot a_1 \geq 0,5 \cdot h_1$$

$$0,213 \cdot 69 = 14,7 \text{ mm} < 0,5 \cdot 100 = 50 \text{ mm}$$

→ **Vzniká tah, tahové napětí přebírá výtuž**

Účinná ohybová tuhost spřaženého průřezu pro MSÚ:

$$(EI)_{ef} = (E_1 \cdot I_1 + \gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2) + (E_2 \cdot I_2 + \gamma_2 \cdot E_2 \cdot A_2 \cdot a_2^2)$$

$$(EI)_{ef} = (32\,000 \cdot 8,333 \cdot 10^7 + 0,213 \cdot 32\,000 \cdot 100\,000 \cdot 69^2)$$

$$+ (12\,600 \cdot 56\,000 + 0,552 \cdot 12\,600 \cdot 56\,000 \cdot 121^2) = 1,623 \cdot 10^{13} \text{ N/mm}^2$$

Účinná ohybová tuhost spřaženého průřezu pro MSP:

$$(EI)_{ef} = (E_1 \cdot I_1 + \gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2) + (E_2 \cdot I_2 + \gamma_2 \cdot E_2 \cdot A_2 \cdot a_2^2)$$

$$(EI)_{ef} = (32\,000 \cdot 8,333 \cdot 10^7 + 0,478 \cdot 32\,000 \cdot 100\,000 \cdot 62^2)$$

$$+ (12\,600 \cdot 56\,000 + 0,649 \cdot 12\,600 \cdot 56\,000 \cdot 128^2)$$

$$(EI)_{ef} = 7,060 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

### **Výpočet napětí v průřezu**

#### **Ohybové napětí**

Betonová deska:

$$\sigma_{1,N} = -\frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot a_1 \cdot M_{Ed}}{(EI)_{ef}} = -\frac{0,213 \cdot 32\,000 \cdot 69 \cdot 45,131 \cdot 10^6}{1,623 \cdot 10^{13}} = -1,310 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{1,M} = \frac{0,5 \cdot E_1 \cdot h_1 \cdot M_{Ed}}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 32\,000 \cdot 100 \cdot 45,131 \cdot 10^6}{1,623 \cdot 10^{13}} = 4,449 \text{ MPa}$$

Dřevěný trám:

$$\sigma_{2,N} = \frac{\gamma_2 \cdot E_2 \cdot a_2 \cdot M_{Ed}}{(EI)_{ef}} = \frac{0,552 \cdot 12\,600 \cdot 121 \cdot 45,131 \cdot 10^6}{1,623 \cdot 10^{13}} = 2,304 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{2,M} = \frac{0,5 \cdot E_2 \cdot h_2 \cdot M_{Ed}}{(EI)_{ef}} = \frac{0,5 \cdot 12\,600 \cdot 280 \cdot 45,131 \cdot 10^6}{1,623 \cdot 10^{13}} = 4,905 \text{ MPa}$$

### Smykové napětí

Počítáno v místě nulových normálových napětí, dle ČSN EN 1995-1-1:

$$\tau_{2,max} = \frac{0,5 \cdot E_2 \cdot b_2 \cdot h_2^2}{b_2 \cdot (EI)_{ef}} \cdot V_{Ed}$$

$$\tau_{2,max} = \frac{0,5 \cdot 12\,600 \cdot 200 \cdot 280^2}{200 \cdot 1,623 \cdot 10^{13}} \cdot 28\,655 = 0,804 \text{ MPa}$$

### POSOUZENÍ MSÚ PRŮŘEZU

Posouzení napětí v betonové části v horních vláknech:

$$\sigma_{c,1} = \sigma_{1,N} - \sigma_{1,M} = -1,310 - 4,449 = -5,760 \text{ MPa} < f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE (29 %)**

Posouzení napětí v betonové části v dolních vláknech:

$$\sigma_{t,1} = \sigma_{1,N} + \sigma_{1,M} = -1,310 + 4,103 = 2,793 \text{ MPa} > f_{ctd} = 1,933 \text{ MPa}$$

→ **NEVYHOVUJE (144 %), Nutná výztuž**

Posouzení napětí v dřevěné části v horních vláknech:

$$\sigma_{c,2} = \sigma_{2,N} - \sigma_{2,M} = 2,340 - 4,905 = -2,565 \text{ MPa} < f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE (13 %)**

Posouzení napětí v dřevěné části v dolních vláknech:

$$\sigma_{t,2} = \sigma_{2,N} + \sigma_{2,M} = 2,340 + 4,905 = 7,245 \text{ MPa} < f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE (35 %)**

Posouzení smykových napětí:

$$\tau_{2,max} = 0,805 \text{ MPa} < f_{v,d} = 2,304 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE (35 %)}$$

## POSOUZENÍ MSP SPŘAŽENÉHO PŘŮŘEZU

Postup:

Pro posouzení limitního průhybu je nutné uvažovat dlouhodobé chování průřezu, čehož jde docílit snížením modulů pružnosti materiálů a snížením tuhosti spojovacích prostředků. Zavedeme tak do výpočtu vliv reologických změn. Následně spočítáme novou účinnou ohybovou tuhost pro další posuzování.

### Výpočet modulů pružnosti a modulu prokluzu

Dřevěný trám:

$$E_{0,\text{mean},t=\infty} = \frac{1}{1 + k_{\text{def}}} \cdot E_{0,\text{mean},t=0} = \frac{1}{1 + 0,6} \cdot 12\,600 = 7\,875 \text{ MPa}$$

Betonová deska:

$$E_{c,t=\infty} = \frac{1}{1 + \varphi_{(\infty,t_0)}} \cdot E_{c,t=28\text{d}} = \frac{1}{1 + 2,6} \cdot 32\,000 = 8\,888,889 \text{ MPa}$$

Modul prokluzu SFS vrutů:

$$K_{\text{ser},t=\infty} = \frac{1}{1 + k_{\text{def}}} \cdot K_{\text{ser},t=0} = \frac{1}{1 + 0,6} \cdot 32\,400 = 20\,250 \text{ MPa}$$

### Výpočet účinné ohybové tuhosti pro MSP

Součinitel poddajnosti spřažení pro betonovou část:

$$\gamma_1 = \left( 1 + \frac{\pi^2 \cdot E_{c,t=\infty} \cdot A_1 \cdot s_1}{K_{\text{ser},t=\infty} \cdot L^2} \right)^{-1} = \left( 1 + \frac{\pi^2 \cdot 8\,888,8 \cdot 100\,000 \cdot 100}{20\,250 \cdot 6\,300^2} \right)^{-1} = 0,478$$

Součinitel poddajnosti spřažení pro dřevěnou část

$$\gamma_2 = \left( 1 + \frac{\pi^2 \cdot E_{0,\text{mean},t=\infty} \cdot A_2 \cdot s_1}{K_{\text{ser},t=\infty} \cdot L^2} \right)^{-1} = \left( 1 + \frac{\pi^2 \cdot 7\,875 \cdot 56\,000 \cdot 100}{20\,250 \cdot 6\,300^2} \right)^{-1} = 0,649$$

Vzdálenost těžiště betonové desky od těžiště spřaženého průřezu:

$$a_2 = \frac{\gamma_2 \cdot E_{0,\text{mean},t=\infty} \cdot A_2 \cdot \left( \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \right)}{\left( \gamma_1 \cdot E_{c,t=\infty} \cdot A_1 + \gamma_2 \cdot E_{0,\text{mean},t=\infty} \cdot A_2 \right)}$$
$$a_2 = \frac{0,649 \cdot 7\,875 \cdot 56\,000 \cdot \left( \frac{100}{2} + \frac{280}{2} \right)}{\left( 0,478 \cdot 8\,888,8 \cdot 100\,000 + 0,649 \cdot 7\,875 \cdot 56\,000 \right)} = 128 \text{ mm}$$

Vzdálenost těžiště dřevěného trámu od těžiště spřaženého průřezu:

$$a_1 = \left(\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2}\right) - a_2 = \left(\frac{100}{2} + \frac{280}{2}\right) - 128 = 62 \text{ mm}$$

Ověření polohy neutrální osy vůči betonovému průřezu:

$$\gamma_1 \cdot a_1 \geq 0,5 \cdot h_1$$

$$0,478 \cdot 62 = 29,7 \text{ mm} < 0,5 \cdot 100 = 50 \text{ mm}$$

→ **Vzniká tah, tahové napětí přebírá výtuž**

Účinná ohybová tuhost spřaženého průřezu

$$(EI)_{ef} = (E_{c,t=\infty} \cdot I_1 + \gamma_1 \cdot E_{c,t=\infty} \cdot A_1 \cdot a_1^2) + (E_{0,\text{mean},t=\infty} \cdot I_2 + \gamma_2 \cdot E_{0,\text{mean},t=\infty} \cdot A_2 \cdot a_2^2)$$

$$(EI)_{ef} = (8\,888,8 \cdot 8,333 \cdot 10^7 + 0,478 \cdot 8\,888,8 \cdot 100\,000 \cdot 62^2) + (7\,875 \cdot 56\,000 + 0,649 \cdot 7\,875 \cdot 56\,000 \cdot 128^2) = 7,060 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

### **Výpočet průhybů**

Průhyb od stálého zatížení:

$$w_g = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{(EI)_{ef}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{3,405 \cdot 6\,300^4}{8,260 \cdot 10^{12}} = 9,9 \text{ mm}$$

Průhyb od proměnného zatížení:

$$w_q = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{(EI)_{ef}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{3 \cdot 6\,300^4}{8,260 \cdot 10^{12}} = 8,7 \text{ mm}$$

Finální průhyb:

$$w_{fin} = w_g + w_q = 9,9 + 8,7 = 18,6 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$w_{fin} = 18,6 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{6\,300}{300} = 21 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE! (86 \%)}$$

### **Posouzení spřažovacích prvků**

Maximální namáhání jednoho vrutu:

$$F_{d,\text{max}} = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot a_1 \cdot s_{ef}}{(EI)_{ef}} \cdot V_{Ed} = \frac{0,213 \cdot 32\,000 \cdot 100\,000 \cdot 69 \cdot 100}{1,623 \cdot 10^{13}} \cdot 28\,655$$

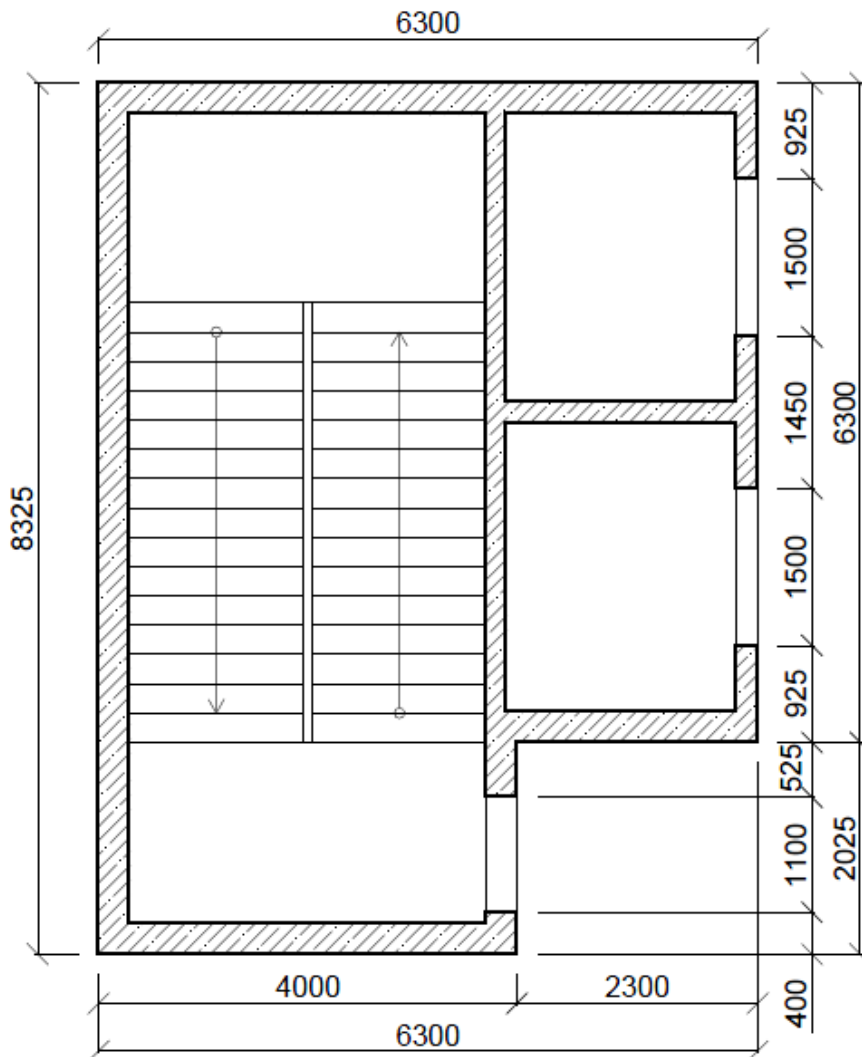
$$F_{d,\text{max}} = 8,041 \text{ kN} < F_{Rd} = 14,140 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE (59 \%)}$$

## 2.2.4.7 Posouzení CLT ztužující stěny

### Charakteristiky jednotlivých částí ztužení:

#### Schodiště s šachtami:

#### Schéma konstrukce:



Obrázek 2-38. Schéma železobetonového ztužujícího jádra.

$$A = 8\,495\,000 \text{ mm}^2$$

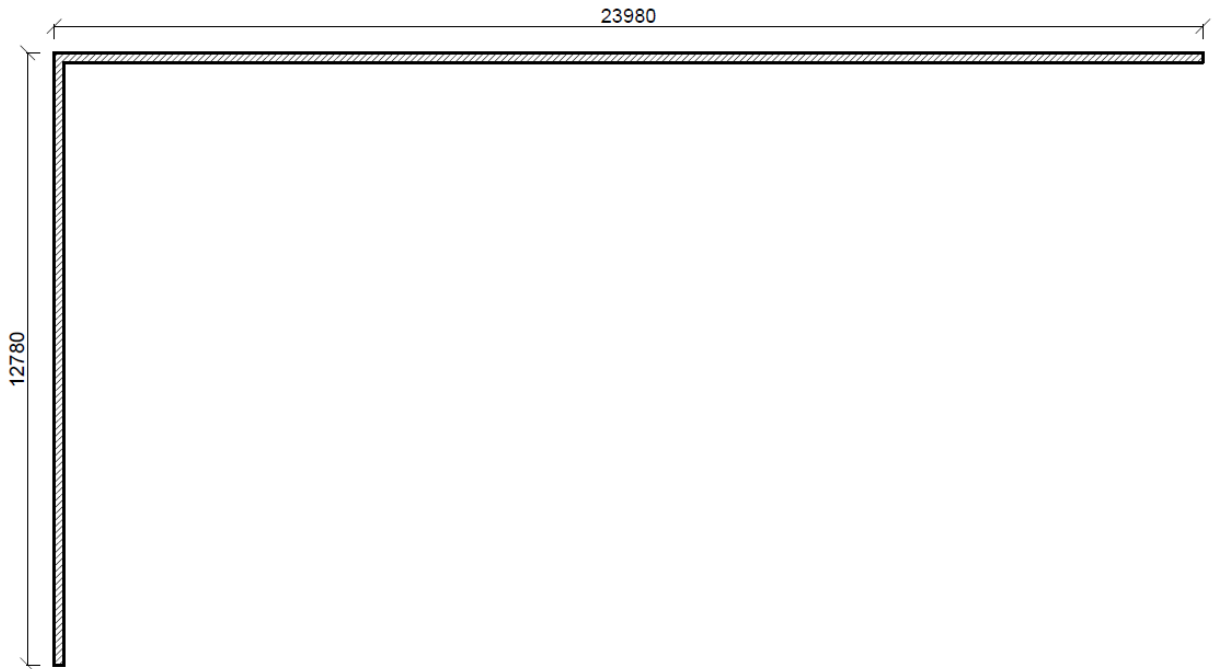
$$I_y = 7,169 \cdot 10^{13} \text{ mm}^4 \text{ (Odečteno z AutoCAD 2016)}$$

$$I_z = 3,922 \cdot 10^{13} \text{ mm}^4 \text{ (Odečteno z AutoCAD 2016)}$$

$$E_{cm} = 32\,000 \text{ MPa (Beton C30/37)}$$

### CLT stěna:

#### Schéma konstrukce:



Obrázek 2-39. Schéma CLT stěny.

$$A = 7\,311\,954 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 1,0058 \cdot 10^{14} \text{ mm}^4 \text{ (Odečteno z AutoCAD 2016)}$$

$$I_z = 4,6313 \cdot 10^{14} \text{ mm}^4 \text{ (Odečteno z AutoCAD 2016)}$$

$$E_{\text{CLT}} = 11\,000 \text{ MPa}$$

#### **Šachta:**

$$A = 2\,280\,000 \text{ mm}^2$$

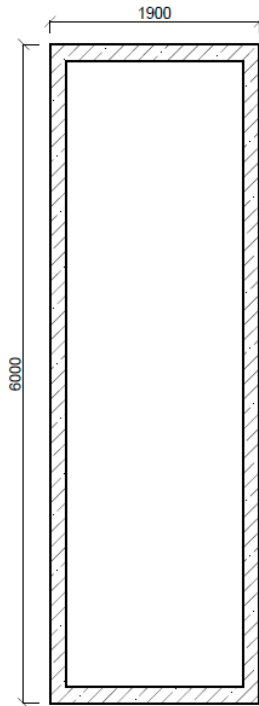
$$I_y = 9,5076 \cdot 10^{12} \text{ mm}^4 \text{ (Odečteno z AutoCAD 2016)}$$

$$I_z = 1,4839 \cdot 10^{12} \text{ mm}^4 \text{ (Odečteno z AutoCAD 2016)}$$

$$E_{\text{cm}} = 32\,000 \text{ MPa (Beton C30/37)}$$

## Železobetonová šachta:

### Schéma konstrukce:



### Výpočet poměrné tuhosti:

$$n_{y,CLT} = \frac{EI_{y,clt}}{EI_{y,celkem}}$$

Obrázek 2-40. Schéma železobetonové šachty.

$$n_{y,CLT} = \frac{11\,000 \cdot 1,0058 \cdot 10^{14}}{32\,000 \cdot 7,169 \cdot 10^{13} + 11\,000 \cdot 1,0058 \cdot 10^{14} + 32\,000 \cdot 9,508 \cdot 10^{12}}$$

$$n_{y,CLT} = 0,299 = n_{90}$$

$$n_{z,CLT} = \frac{EI_{z,clt}}{EI_{z,celkem}}$$

$$n_{z,CLT} = \frac{11\,000 \cdot 4,6313 \cdot 10^{14}}{32\,000 \cdot 3,922 \cdot 10^{13} + 11\,000 \cdot 4,6313 \cdot 10^{14} + 32\,000 \cdot 1,4839 \cdot 10^{12}}$$

$$n_{z,CLT} = 0,796 = n_0$$

### Rozdělení zatížení od větru:

$$b = 30,225 \text{ m (Půdorysný rozměr objektu)}$$

$$d = 33,850 \text{ m (Půdorysný rozměr objektu)}$$

$$h = 7,350 \text{ m}$$

$$F_{90} = n_{90} \cdot (w_D \cdot b \cdot h + w_E \cdot b \cdot h) \cdot \gamma_Q$$

$$F_{90} = 0,299 \cdot (0,622 \cdot 30,225 \cdot 7,350 + 0,396 \cdot 30,225 \cdot 7,350) \cdot 1,5 = 101,429 \text{ kN}$$

$$F_0 = n_0 \cdot (w_D \cdot d \cdot h + w_E \cdot d \cdot h) \cdot \gamma_Q$$

$$F_0 = 0,796 \cdot (0,622 \cdot 33,850 \cdot 7,350 + 0,389 \cdot 33,850 \cdot 7,350) \cdot 1,5 = 300,332 \text{ kN}$$

Charakteristika panelu:

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

$$b = 3\,000 \text{ mm}$$

$$A_1 = b \cdot h = 200 \cdot 3000 = 600\,000 \text{ mm}^2 z_{1,5} = \pm 80 \text{ mm}$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 200 \cdot 3000^3 = 4,5 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 = \frac{1}{12} \cdot 3000 \cdot 200^3 = 2,0 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{4,5 \cdot 10^{11}}{200 \cdot 3000}} = 866,03 \text{ mm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{2,0 \cdot 10^9}{200 \cdot 3000}} = 57,74 \text{ mm}$$

Pevnostní charakteristiky materiálu:

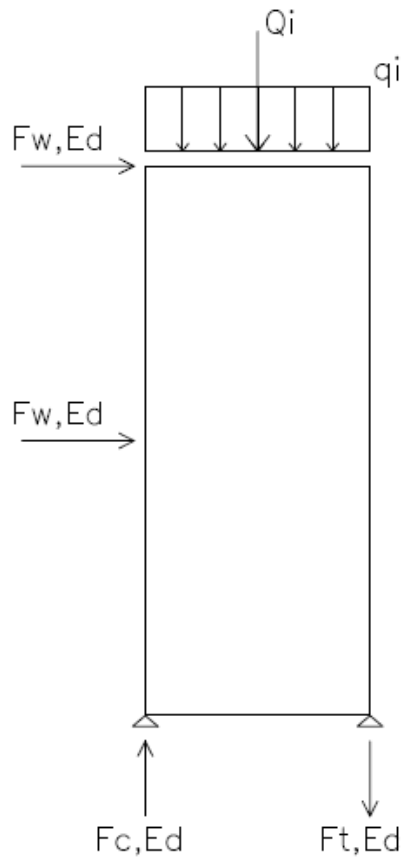
Návrhová pevnost dřeva v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{21,0}{1,25} = 15,12 \text{ MPa}$$

$$E_{0,\text{mean}} = 11\,000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,\text{mean}} = 370 \text{ MPa}$$





Obrázek 2-41. Schéma zatížení panelu.

$$F_{w,Ed} = \frac{F_0}{2} = \frac{300,322}{2} = 150,161 \text{ kN}$$

$$F_{w,Ek} = \frac{F_0}{b} = \frac{300,322}{6} = 50,054 \text{ kN/m (Vstupní hodnota do CLT designeru)}$$

$$q_i = (3,401 \cdot 1,35 + 3 \cdot 1,5) \cdot 5,4 = 49,093 \text{ kN/m}$$

$$q_{i,k} = (3,401 + 3) \cdot 5,4 = 34,565 \text{ kN/m (Vstupní hodnota do CLR designeru)}$$

$$Q_i = 49,093 \cdot 3 + 1710,68 = 1857,959 \text{ kN}$$

$$Q_{i,k} = 34,565 \cdot 6 + 1205,48 = 1412,87 \text{ kN (Vstupní hodnota do CLR designeru)}$$

### Postup:

CLT stěna je namáhána tlakem, smykem a ohybem. Největší namáhání je tlakové, proto bude níže posouzeno. Zároveň byl pro výpočet použitý i software společnosti Stora enso Calculatis (Příloha 5). V tomto programu je posouzena i smykové a ohybová pevnost.

### **Posouzení stěna tlak se vzpěrem:**

Vzpěr ve směru z:

$$\lambda_z = \frac{L_{ef,z}}{i_z} = \frac{7\,350}{866,03} = 8,5$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{3,14^2 \cdot 7\,400}{8,5^2} = 1010,866 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{crit,y}}} = \sqrt{\frac{21}{1\,010,866}} = 0,144$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,144 - 0,3) + 0,144^2)$$

$$k_y = 0,503$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,503 + \sqrt{0,503^2 - 0,144^2}} = 1,015$$

Vzpěr ve směru y:

$$\lambda_z = \frac{L_{ef,z}}{i_z} = \frac{7\,350}{57,74} = 127,306$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{3,14^2 \cdot 7\,400}{127,306^2} = 4,506 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{crit,y}}} = \sqrt{\frac{21}{4,506}} = 2,159$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (2,159 - 0,3) + 2,159^2)$$

$$k_y = 2,924$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{2,924 + \sqrt{2,924^2 - 2,159^2}} = 0,204$$

Napětí:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{1\,857\,959}{720\,000} = 2,580 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{2,580}{0,204 \cdot 15,12} = 0,836$$

→ **PRŮŘEZ VYHOVUJE (84%)**

**Vyhodnocení:**

V příloze s výsledky z výpočtu programu Calculatis je využití prvku v posouzení na tlak se vzpěrem 82 %. Výpočtem výše vyšlo využití prvku na 84 %. Tyto dvě hodnoty jsou porovnatelné, což může sloužit jako kontrola obou výpočtů. V rámci výpočtu v programu bylo nutné vkládat hodnoty charakteristické, proto se výše liší zatížení. Rozdíl dvou procent je s největší pravděpodobností způsobem rozdílnými momenty setrvačnosti. Rozdíl v momentu setrvačnosti může být dán tím, že v rámci programu je použitý sofistikovanější výpočet momentu setrvačnosti, a nebo také tím, že se uvažuje rozdílná délka panelu.

**Výpočet tahové síly v kotvení stěny:**

$$L = 24 \text{ m (délka stěny)}$$

$$b = 3 \text{ m (jedna část stěny)}$$

$$n = \frac{L}{b} = \frac{24}{3} = 8 \text{ (počet částí stěny)}$$

$$F_{t,Ed} = \frac{2 \cdot F_{w,Ed} \cdot h}{b \cdot n} = \frac{2 \cdot 150,161 \cdot 7,35}{3 \cdot 8} = 91,974 \text{ kN}$$

## 2.2.4.8 Posouzení kotvení CLT desky

### Postup:

Kotvení bude provedeno pomocí kotevních úhelníků, které budou zakotveny do základového prahu. Nejdříve bude stanovena únosnost hřebíků a vrutů a následně bude určený nutný počet úhelníků. Jako kotevní prvek bude použitý BV/KP 12-43 s tloušťkou 3 mm zároveň pozinkovaného plechu jakosti S280GD+Z275, konvexní hřebíky průměru 4 mm a svorníky a matice průměru 12 mm.

### **Stanovení návrhové únosnosti hřebíků:**

Konvexní hřebík BV/KH 4,0 x 80 mm

Charakteristická únosnost (dána výrobcem: Bova nail)

$$F_{vR,k} = 0,71 \text{ kN (Střih)}$$

$$F_{tR,k} = 0,88 \text{ kN (Vytažení)}$$

Návrhová únosnost na střih jednoho hřebíku:

$$F_{vR,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{F_{vR,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{0,71}{1,25} = 0,491 \text{ kN}$$

Maximální počet hřebíku v desce je 15, bude navržený plný počet.

### Stanovení únosnosti vrutu se šestihrannou hlavou:

#### Charakteristiky spoje pro výpočet vrutu $\phi 12$ mm:

$d = 10$  mm (Průměr závitu)

Pevnost 8.8

$f_{uk} = 800$  MPa

$t_1 = 3$  mm (Tloušťka plechu)

$t_2 = 200$  mm (Tloušťka CLT)

$\rho_v = 360$  kg/m<sup>3</sup> (Hustota dřeva C24)

#### Výpočet charakteristické pevnosti v otačení dřevěného prvku pro svorníkový spoj:

$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 10) \cdot 360 = 26,568$  MPa

#### Výpočet charakteristické hodnoty plastického momentu únosnosti:

$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 10^{2,6} = 95\,546$  Nmm

#### Výpočet únosnosti pro tenkou ocelovou desku jednostřížně namáhanou:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d}{1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d + \frac{F_{ax,Rk}}{4}}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,4 \cdot 26,568 \cdot 200 \cdot 10}{1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot 95\,546 \cdot 26,568 \cdot 10}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{matrix} 21\,254 \\ 8\,194 \end{matrix} \right\} \text{ N}$$

$F_{v,Rk,vrut} = 8,194$  kN

$$F_{v,Rd,vrut} = k_{mod} \cdot \frac{F_{vR,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{8,194}{1,25} = 5,8997 \text{ kN}$$

V jednom kotevním úhelníku jsou 2 vruty.

#### **Návrh přípoje kotevního úhelníku zesíleného k CLT stěně:**

$F_{vR,d} = 0,491$  kN

$F_{v,Rd,vrut} = 5,8997$  kN

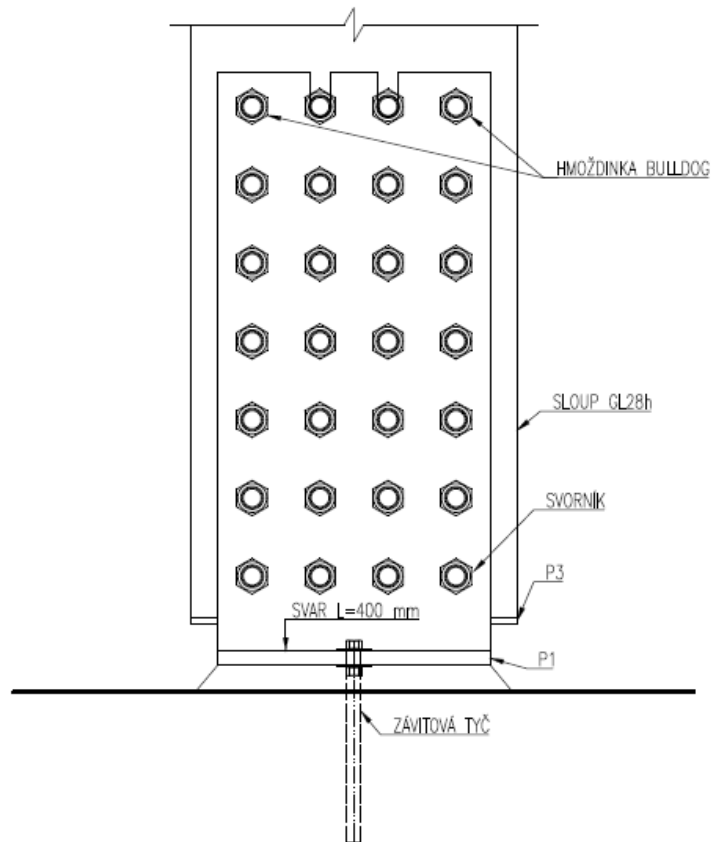
$F_{v,R,d,celkem} = 0,491 \cdot 15 + 5,8997 \cdot 2 = 19,164$  kN

Navrhují 5 kotevních úhelníků vedle sebe:

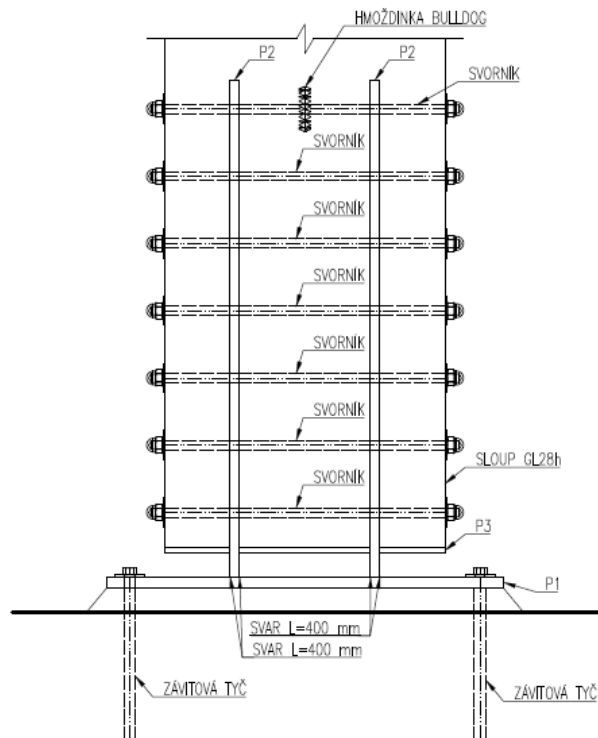
$F_{v,R,d,celkem,5} = 19,164 \cdot 5 = 95,822 \text{ kN} < F_{t,Ed} = 91,974 \text{ kN}$

→ VYHOVUJE! (96%)

2.2.4.9 Posouzení spoje dřevěného sloupu a betonové patky  
**KONSTRUKČNÍ SCHÉMA SPOJE**



Obrázek 2-42. Schéma spoje patky.



Obrázek 2-43. Schéma spoje patky. Detail A.

### Charakteristiky použitých materiálů:

#### OCEL S355

$$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1,0 \text{ (Únosnost průřezů jakékoliv třídy)}$$

$$\gamma_{M1} = 1,0 \text{ (Únosnost průřezů při posuzování stability prvků)}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \text{ (Únosnost průřezů při porušení oslabeného průřezu v tahu)}$$

#### Spojovací prostředky

Pevnost 8.8

$$f_{uk} = 800 \text{ MPa}$$

#### Dřevěná konstrukce GL28h

$$\rho_v = 410 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_M = 1,25 \text{ (Lepené lamelové dřevo)}$$

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (Třída provozu dřeva)}$$

#### Postup:

V rámci posouzení únosnosti budou navrženy a posouzeny hlavní plechy, svorníky a svary na vnitřní síly v patě sloupů. Vnitřní síly budou brány ze dvou nejzatíženějších sloupů, z vnitřního sloupu, kde je maximální normálová síla, a z obvodového sloupu, který je zatížený i větrem a vzniká tak v patě i posouvající síla. Pomocné plechy (P3) budou navrženy pouze konstrukčně. Konstrukčně budou navrženy i kotvy v podobně závitových tyčí kotvených v chemické kotvě.

### **POSOUZENÍ PLECHU Č. 1**

#### Charakteristiky plechu:

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

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

$$d_0 = 33 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = 115 \text{ mm}$$

$$L = 1080 \text{ mm}$$

$$A = 8\,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{osl} = b \cdot d - t \cdot d_0 \cdot n = 400 \cdot 20 - 20 \cdot 33 \cdot 4 = 5\,360 \text{ mm}^2$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 - 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot b_1 \cdot h^3 - 3 \cdot \frac{1}{12} \cdot b_2 \cdot h^3$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot 400 \cdot 20^3 - 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 33,5 \cdot 20^3 - 3 \cdot \frac{1}{12} \cdot 67 \cdot 20^3 = 1,787 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{178\,666,7}{5\,360}} = 5,77 \text{ mm}$$

#### **Výpočet vzpěru:**

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,400$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2 \cdot 115}{5,77} \cdot \frac{1}{76,4} = 0,521$$

Odečtení vzpěrnostního součinitele z ocelových tabulek:  $\bar{\lambda} = 0,521$ , křivka c (plné průřezy):

$$\rightarrow \chi = 0,831$$

#### **Návrhová vzpěrná únosnost tlačení desky:**

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A_{osl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,831 \cdot 5\,360 \cdot 355}{1,25} = 1\,264\,981 \text{ N}$$

#### **Posouzení únosnosti desek:**

$$N_{Ed} = 2\,197,77 \text{ kN} < 2 \cdot N_{b,Rd} = 2 \cdot 1\,264,981 = 2\,529,96 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE! (87\%)}$$

### **POSOUZENÍ SVORNÍKU**

#### **Charakteristiky průřezu pro výpočet stříhu svorníku:**

$$t_1 = 240 \text{ mm}$$

$$t_2 = 240 \text{ mm}$$

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

$$n = 12 \text{ (Počet svorníků v řadě)}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

#### **Vnitřní síla:**

$$N_{Ed} = 2191,77 \text{ kN}$$

Výpočet charakteristické pevnosti v otláčení dřevěného prvku pro svorníkový spoj:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 30) \cdot 410 = 23,534 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 30 = 1,8 \text{ (Vzorec pro dřevo jehličnatých dřevin)}$$



$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{23,534}{1,8 \cdot \sin^2 90 + \cos^2 90} = 13,074 \text{ MPa}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{23,534}{1,8 \cdot \sin^2 90 + \cos^2 90} = 13,074 \text{ MPa}$$

Výpočet charakteristické hodnoty plastického momentu únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 30^{2,6} = 1\,662\,365 \text{ Nmm}$$

Výpočet únosnosti pro ocelovou desku libovolné tloušťky jako střední prvek dvojitřžného spoje:

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

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 13,074 \cdot 220 \cdot 30 \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 1\,662\,365}{13,074 \cdot 30 \cdot 220^2}} - 1 \right] + 0 \\ 2,3 \cdot \sqrt{1\,662\,365 \cdot 13,074 \cdot 30} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 86,291 \\ 45,998 \\ 58,730 \end{array} \right\} \text{ N}$$

$$F_{v,Rk} = 45,998 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{45,998}{1,25} = 33,119 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost jednoho spojovacího prostředku na jednu stříhovou plochu:

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right\} = \min \left\{ 7^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{100}{13 \cdot 30}} \right\} = 4,292$$

Počet stříhů:

$$s = 4$$

Počet řad svorníků:

$$r = 4$$

Únosnost spoje:

$$V_{Rd} = n_{ef} \cdot F_{v,Rd} \cdot s \cdot r = 4,292 \cdot 33,119 \cdot 4 \cdot 4 = 2274,348 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$F_{v,Rd} = 2274,348 \text{ kN} > F = 2191,7 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE! (96 \%)}$$

**Návrh: 4x svorník M30 v 7 řadách**

## **POSOUZENÍ PLECHU Č. 2**

Charakteristiky plechu:

$$b = 400 \text{ mm (Konstrukční rozměr)}$$

$$h = 680 \text{ mm (Konstrukční rozměr)}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$d = 16 \text{ mm (otvor 17 mm)}$$

$$A_{\text{průřez}} = b \cdot h = 400 \cdot 680 = 272\,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{otvor}} = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi \cdot \left(\frac{17}{2}\right)^2 = 226,98 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{eff}} = A_{\text{průřez}} - A_{\text{otvor}} = 272\,000 - 227 = 271\,733 \text{ mm}^2$$

Vnitřní síla:

$$N_{Ed} = 2197,77 \text{ kN}$$

Posouzení oslabeného průřezu:

$$N_{Rd} = \frac{A_{\text{eff}} \cdot f_y}{\gamma_{M2}} = \frac{271\,733 \cdot 355}{1,25} = 77\,172,172 \text{ kN}$$

→ **VYHOVUJE!** (Průřez je zbytečně předimenzovaný, je takto navržený z konstrukčních důvodů)

## **POSOZENÍ SVARU MEZI PLECHY Č. 1 A Č. 2**

### Charakteristiky svaru a svařovaných materiálů:

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

$$\beta_w = 0,9 \text{ (korelační součinitel pro ocel S355)}$$

$$L = 400 \text{ mm (Délka svaru)}$$

### Postup:

Svar bude provedený z obou stran daného plechu, tím bude sníženo zatížení na jeden svar.

### Vnitřní síly:

$$N = 2\,197\,770 \text{ N}$$

$$N_s = \frac{N}{4} = \frac{2\,197\,770}{4} = 549\,443 \text{ N}$$

### Návrh svaru dle délky:

Návrhová smyková pevnost svaru:

$$f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{355 / \sqrt{3}}{0,9 \cdot 1,25} = 182,186 \text{ N/mm}^2$$

Výpočet tloušťky svaru:

$$a = \frac{N_s}{f_{vw,d} \cdot L} = \frac{549\,443}{182,186 \cdot 400} = 7,5 \text{ mm} \rightarrow a = 8 \text{ mm}$$

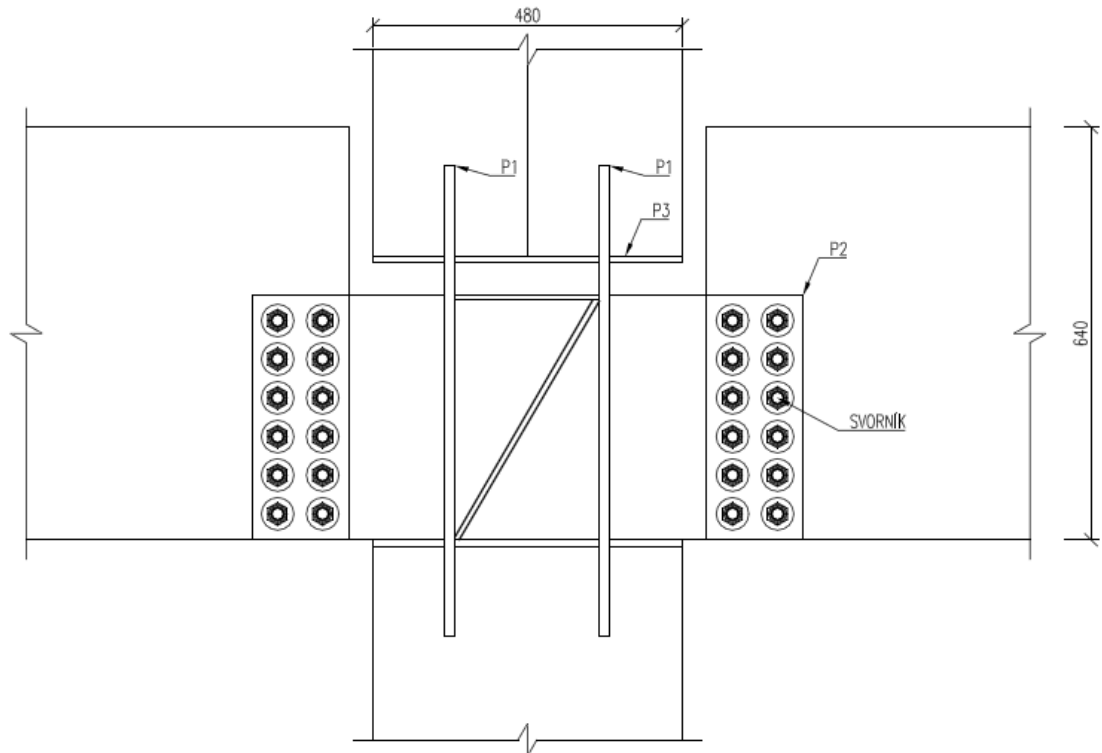
### Výpočet únosnosti a posouzení svaru:

$$F_{w,Rd} = L \cdot a \cdot f_{vw,d} = 400 \cdot 8 \cdot 182,186 = 582\,996 \text{ N} > N_s = 549\,443 \text{ N}$$

→ **VYHOVUJE!**

## 2.2.4.10 Posouzení spoje průvlaků a sloupu

Schéma spoje:



Obrázek 2-44. Schéma spoje průvlaků a sloupů. Detail C.

### **Charakteristiky použitých materiálů:**

#### OCEL S355

$$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1,0 \text{ (Únosnost průřezů jakékoliv třídy)}$$

$$\gamma_{M1} = 1,0 \text{ (Únosnost průřezů při posuzování stability prvků)}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \text{ (Únosnost průřezů při porušení oslabeného průřezu v tahu)}$$

#### Spojovací prostředky

Pevnost 8.8

$$f_{uk} = 800 \text{ MPa}$$

#### Dřevěná konstrukce GL28h

$$\rho_v = 410 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_M = 1,25 \text{ (Lepené lamelové dřevo)}$$

$$k_{mod} = 0,9 \text{ (Třída provozu dřeva)}$$

### Postup:

V rámci posouzení spoje bude ověřena únosnost svorníků. Následně bude ověřena únosnost plechu, který vynáší zatížení z průvlaku do sloupů. Poté bude posouzený plech, který přenáší zatížení z vyššího sloupu a z průvlaku. Nakonec bude navržený a posouzený svar mezi plechem 1 a plechem 2.

### **POSOUZENÍ SVORNÍKU 1**

#### Charakteristiky průřezu pro výpočet stříhu svorníku:

$$t_1 = 240 \text{ mm}$$

$$t_2 = 240 \text{ mm}$$

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

$$n = 12 \text{ (Počet svorníků v řadě)}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

#### Vnitřní síla:

$$N_{Ed} = 151,020 \text{ kN}$$

Výpočet charakteristické pevnosti v otažení dřevěného prvku pro svorníkový spoj:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 410 = 26,896 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 20 = 1,65$$

(Vzorec pro dřevo jehličnatých dřevin)

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{26,896}{1,65 \cdot \sin^2 90 + \cos^2 90} = 16,301 \text{ MPa}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{26,896}{1,65 \cdot \sin^2 90 + \cos^2 90} = 16,301 \text{ MPa}$$

#### Výpočet charakteristické hodnoty plastického momentu únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 20^{2,6} = 579\,281 \text{ Nmm}$$

#### Výpočet únosnosti pro tenkou ocelovou desku jako vnější prvek dvojstřížného spoje:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d}{1,15 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot 16,301 \cdot 240 \cdot 20}{1,15 \cdot \sqrt{579\,281 \cdot 16,301 \cdot 20}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{matrix} 39,121 \\ 22,350 \end{matrix} \right\} \text{ N}$$

$$F_{v,Rk} = 22,350 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{22,350}{1,25} = 16,092 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost jednoho spojovacího prostředku na jednu stříhovou plochu:

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right\} = \min \left\{ 2^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{70}{13 \cdot 20}} \right\} = 1,344$$

Počet stříhů:

$$s = 2$$

Počet řad svorníků:

$$r = 6$$

Únosnost spoje:

$$V_{Rd} = n_{ef} \cdot F_{v,Rd} \cdot s \cdot r = 1,344 \cdot 16,092 \cdot 2 \cdot 6 = 259,532 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$F_{v,Rd} = 259,532 \text{ kN} > F = 151,020 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE! (58 \%)}$$

**Návrh: 2x svorník M20 v 6 řadách**

**POSOUZENÍ PLECHU Č. 1**

Charakteristiky plechu:

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = 530 \text{ mm}$$

$$L = 730 \text{ mm}$$

$$A = 8\,000 \text{ mm}^2$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 400 \cdot 20^3 = 266\,666,667 \text{ mm}^4$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{266\,666,7}{8\,000}} = 5,77 \text{ mm}$$

Postup:

Plech je namáhán tlakovou silou se vzpěrem. Kritická délka je zkrácená vloženou výztuhou. Jako kritická délka je uvažována plná délka mezi spodní hranou plechu a výztuhou, ačkoliv reálná vzpěrná délka bude jistě složitější. Zároveň by bylo vhodné posoudit celkové boulení prvku. V této práci boulení prvku není počítáno, ale s největší pravděpodobností by bylo počítáno ve snaze optimalizovat řešení a provést tak úsporu.

### Výpočet vzpěru:

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,400$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{530}{5,77} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,202$$

Odečtení vzpěrnostního součinitele z ocelových tabulek:  $\bar{\lambda} = 1,092$ , křivka c (plné průřezy):

$$\rightarrow \chi = 0,433$$

### Návrhová vzpěrná únosnost tlačného desky:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,433 \cdot 8\,000 \cdot 355}{1,25} = 983\,776 \text{ N}$$

### Posouzení únosnosti desek:

$$N_{Ed} = 1710,68 \text{ kN} < 2 \cdot N_{b,Rd} = 2 \cdot 983,776 = 1\,967,552 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE! (87\%)}$$

### **POSOUZENÍ SVORNÍKU 2**

#### Charakteristiky průřezu pro výpočet stříhu svorníku:

$$t_1 = 240 \text{ mm}$$

$$t_2 = 240 \text{ mm}$$

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

$$\alpha = 90^\circ$$

#### Vnitřní síla:

$$N_{Ed} = 1710,68 \text{ kN}$$

Výpočet charakteristické pevnosti v otláčení dřevěného prvku pro svorníkový spoj:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 30) \cdot 410 = 23,534 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 30 = 1,8 \text{ (Vzorec pro dřevo jehličnatých dřevin)}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{23,534}{1,8 \cdot \sin^2 90 + \cos^2 90} = 13,074 \text{ MPa}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{23,534}{1,8 \cdot \sin^2 90 + \cos^2 90} = 13,074 \text{ MPa}$$

#### Výpočet charakteristické hodnoty plastického momentu únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 30^{2,6} = 1\,662\,365 \text{ Nmm}$$

Výpočet únosnosti pro ocelovou desku libovolné tloušťky jako střední prvek dvojstřížného spoje:

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

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 13,074 \cdot 220 \cdot 30 \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 1\,662\,365}{13,074 \cdot 30 \cdot 220^2}} - 1 \right] + 0 \\ 2,3 \cdot \sqrt{1\,662\,365 \cdot 13,074 \cdot 30} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 86,291 \\ 45,998 \\ 58,730 \end{array} \right\} \text{ N}$$

$$F_{v,Rk} = 45,998 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{45,998}{1,25} = 33,119 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost jednoho spojovacího prostředku na jednu stříhovou plochu:

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right\} = \min \left\{ 5^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{100}{13 \cdot 30}} \right\} = 3,170$$

Počet stříhů:

$$s = 4$$

Počet řad svorníků:

$$r = 4$$

Únosnost spoje:

$$V_{Rd} = n_{ef} \cdot F_{v,Rd} \cdot s \cdot r = 3,170 \cdot 33,119 \cdot 4 \cdot 4 = 1770 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$F_{v,Rd} = 1770 \text{ kN} > F = 1710,68 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE! (96 \%)}$$

**Návrh: 4x svorník M30 v 5 řadách**



## POSOUZENÍ PLECHU Č. 2

### Charakteristiky plechu:

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

$$b = 318 \text{ mm}$$

$$h = 380 \text{ mm}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$d_0 = 22 \text{ mm}$$

$$n = 12$$

$$A = t \cdot h = 10 \cdot 380 = 3\,800 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{eff}} = t \cdot h - t \cdot d_0 \cdot n = 10 \cdot 380 - 10 \cdot 22 \cdot 2 = 3\,560 \text{ mm}^2$$

### Vnitřní síla:

$$V_{\text{Ed}} = 260,42 \text{ kN}$$

### Posouzení oslabeného průřezu:

$$V_{\text{Rd}} = \frac{A_{\text{eff}} \cdot f_y}{\gamma_{\text{M2}}} = \frac{3\,560 \cdot 355}{1,25} = 1\,011,040 \text{ kN} > V_{\text{Ed}} = 260,42 \text{ kN}$$

→ **VYHOVUJE!** (Průřez je zbytečně předimenzovaný, je takto navržený z konstrukčních důvodů)

## POSOZENÍ SVARU MEZI PLECHY Č. 1 A Č. 2

### Charakteristiky svaru a svařovaných materiálů:

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

$$\beta_w = 0,9 \text{ (korelační součinitel pro ocel S355)}$$

$$L = 380 \text{ mm (Délka svaru)}$$

### Postup:

Svar bude provedený z obou stran daného plechu, tím bude sníženo zatížení na jeden svar.

### Vnitřní síly:

$$N = 151\,020 \text{ N}$$

$$N_s = \frac{N}{2} = \frac{151\,020}{2} = 75\,510 \text{ N}$$

### **Návrh svaru dle délky:**

Návrhová smyková pevnost svaru:

$$f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{355 / \sqrt{3}}{0,9 \cdot 1,25} = 182,186 \text{ N/mm}^2$$

Výpočet tloušťky svaru:

$$a = \frac{N_s}{f_{vw,d} \cdot L} = \frac{75\,510}{182,186 \cdot 380} = 1,1 \text{ mm} \rightarrow a = 3 \text{ mm}$$

→ Navrženo z konstrukčních důvodů.

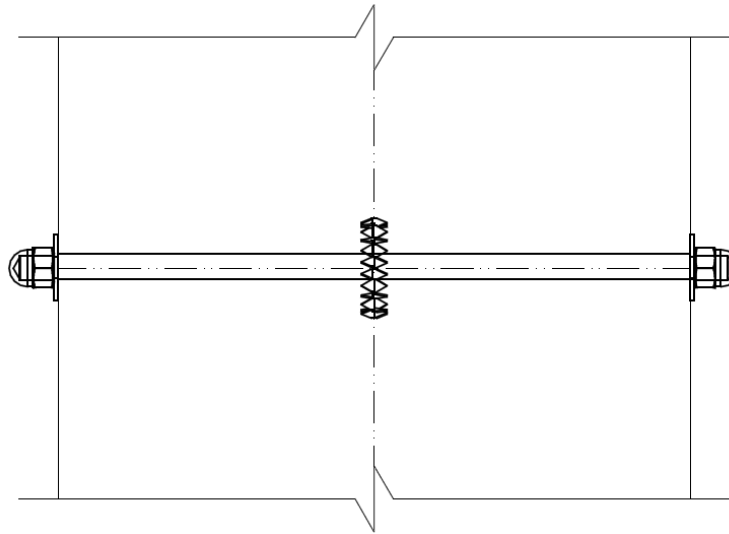
### **Výpočet únosnosti a posouzení svaru:**

$$F_{w,Rd} = L \cdot a \cdot f_{vw,d} = 380 \cdot 3 \cdot 182,186 = 208\,615 \text{ N} > N_s = 151\,020 \text{ N}$$

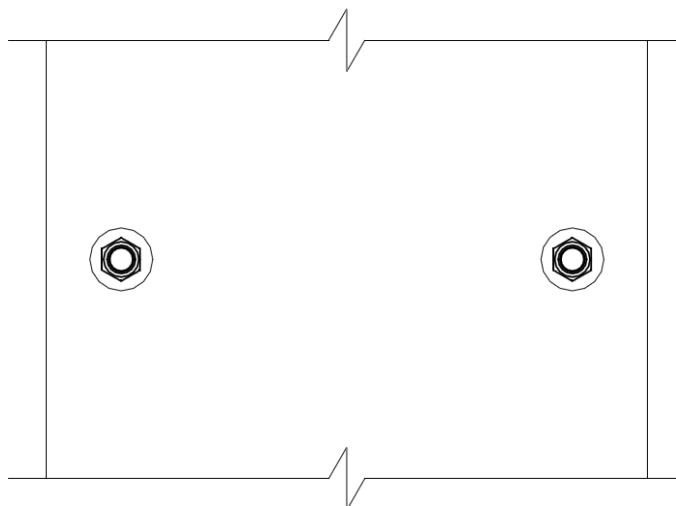
→ **VYHOVUJE!**

### 2.2.4.11 Posouzení svorníkového spoje s ozubenými hmoždinkami (bulldog)

Schéma spoje:



Obrázek 2-45. Schéma spřažení sloupu. Detail B.



Obrázek 2-46. Schéma spřažení sloupu. Detail B.

Charakteristiky spoje:

Použitý prostředek: Hmoždinka bulldog oboustranná 75/20 mm

$$d_c = 75 \text{ mm}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$h_c = 18,2 \text{ mm}$$

$$t_1 = 220 \text{ mm}$$

$$t_2 = 220 \text{ mm}$$

$$\rho_k = 410 \text{ kg/m}^3$$

### Vnitřní síla:

Vnitřní sloup je zatížený pouze osovou silou, tudíž by nemělo docházet k porušení v místě tohoto styku. Ale vzhledem k tomu, že je sloup spojený ze dvou průřezů, je nutné tyto dva průřezy dohromady dostatečně spráhnout. Pro návrh tak použijí 1/100 osovou sílu, s uvažováním umístění styku a vzpěru. Také lze u vnějších sloupů použít posouvající sílu vznikající od působení větru, v tomto případě je ovšem 1/100 normálové síly vyšší a je tak návrh na straně větší bezpečnosti. Spřažení je umístěno po třetinách výšky sloupu.

$$N = 2197,77 \text{ kN}$$

$$F = \frac{2197,77}{100} = 21,978 \text{ kN}$$

### Výpočet modifikačních součinitelů:

$$a_{3,t} = \max \left\{ \frac{1,1 \cdot d_c}{7 \cdot d} \right\} = \max \left\{ \frac{1,1 \cdot 75}{7 \cdot 20} \right\} = \max \left\{ \frac{82,5}{140} \right\} = 140 \text{ mm}$$

$$k_1 = \min \left\{ \frac{\frac{1}{t_1}}{3 \cdot h_c} \right\} = \min \left\{ \frac{\frac{1}{220}}{3 \cdot 18} \right\} = \min \left\{ \frac{1}{4,0} \right\} = 1$$

$$k_2 = \min \left\{ \frac{1}{1,5 \cdot d_c} \right\} = \min \left\{ \frac{1}{1,5 \cdot 75} \right\} = \min \left\{ \frac{1}{1,2} \right\} = 1$$

$$k_3 = \min \left\{ \frac{1,5}{\rho_k} \right\} = \min \left\{ \frac{1,5}{410} \right\} = \min \left\{ \frac{1,5}{1,171} \right\} = 1,171$$

### Výpočet únosnosti spoje:

$$F_{v,Rk} = 25 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot d_c^{1,5} = 25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,171 \cdot 75^{1,5} = 19,022 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{19,022}{1,25} = 13,696 \text{ kN}$$

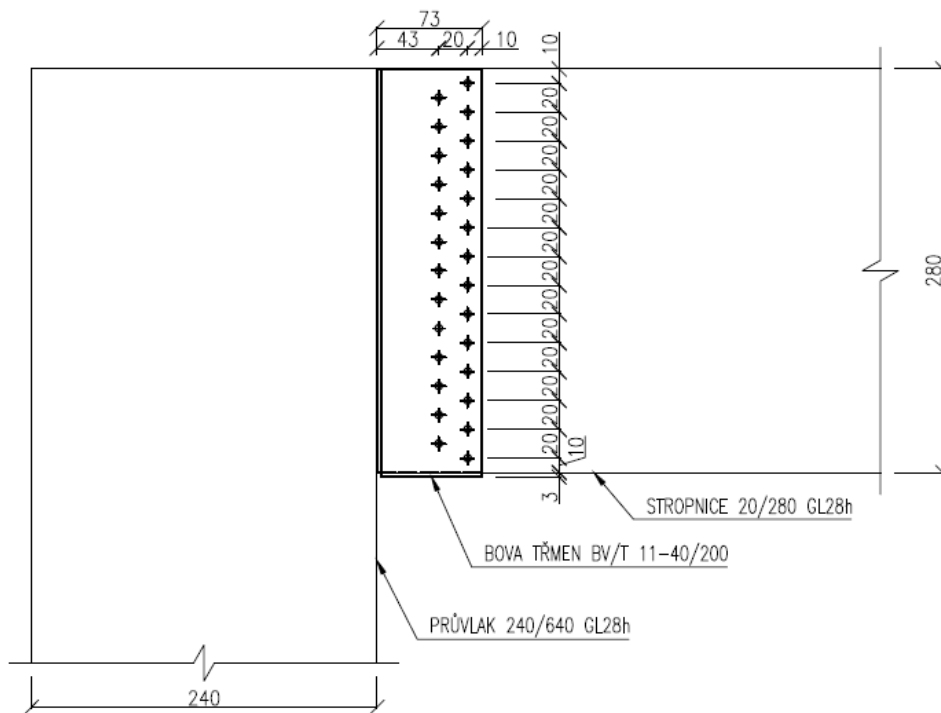
$$\rightarrow \text{Navrhují dvojici svorníků s hmoždinkami: } F_{v,Rd} = 2 \cdot 13,696 = 27\,392 \text{ kN}$$

### Posouzení spoje:

$$F = 21,918 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 27\,392 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE!}$$

## 2.2.4.12 Posouzení přípoje stropnice na průvlak

Schéma spoje:



Obrázek 2-47. Schéma spoje stropnice s průvlakem. Detail D.

### Charakteristiky třmenu:

**BV/T 11-40/200** (Ocelový plech žárově zinkovaný S280GD+Z275)

$$t_{\text{plech}} = 3 \text{ mm}$$

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

$$h = 280 \text{ mm}$$

### Charakteristiky hřebíků:

$$d = 4 \text{ mm}$$

$$l = 70 \text{ mm}$$

### Vnitřní síly:

$$V_{Ed} = 11,59 \text{ kN}$$

### **Výpočty únosnosti dle výrobce Bova:**

#### Stanovení únosnosti plechů oslabené otvory:

$$F_{us} = 0,243 \cdot 0,6 \cdot (B - \text{otv}) \cdot 3 \cdot 2 = 0,243 \cdot 0,6 \cdot (280 - 65) \cdot 3 \cdot 2 = 188,08 \text{ kN}$$

*Stanovení únosnosti hřebíků:*

Odečteno z tabulky:  $F_{HR,k} = 31,95 \text{ kN}$

$$F_{HR,d} = k_{mod} \cdot \frac{F_{HR,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{31,95}{1,25} = 23,004 \text{ kN}$$

Posouzení:

$V_{Ed} = 11,59 \text{ kN} < F_{HR,d} = 23,004 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE!}$

### 2.2.4.13 Návrh a posouzení betonové patky

Vstupní údaje:

Beton: C25/30

Návrhová únosnost zeminy:  $R_d = 650 \text{ kPa}$  (G2 – špatně zrněný štěrk)

Zatížení:  $N_{Ed} = 2197,77 \text{ kN}$

**Návrh centricky zatížené betonové patky:**

Materiálové charakteristiky:

Návrhová únosnost betonu:

Beton: C 25/30

$f_{ctk0,05} = 1,8 \text{ MPa}$

$$f_{ctd} = \phi_{ct} \cdot \frac{f_{ctk}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{1,8}{1,5} = 0,96 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost zeminy:

$R_d = 650 \text{ kPa}$

Odhad vlastní tíhy patky:

$N_{G0} = 0,1 \cdot N_{Ed} = 0,1 \cdot 2191,77 = 219,177 \text{ kN}$

Excentricita patky:

Excentricita  $e$  je nulová z důvodu nulové posouvající síly a rovněž i momentu v patě sloupu.

Požadovaná plocha:

$$A = \frac{N_{Ed} + N_{G0}}{R_d} = \frac{2191,77 + 219,778}{650} = 3,709 \text{ m}^2$$

Půdorysné rozměry patky (uvažuji čtvercovou patku):

$b = \sqrt{A} = \sqrt{3,709} = 1,926 \text{ m} \rightarrow \text{Návrh: } \mathbf{b = 2,000 \text{ m}}$

Vyložení patky:

$$a = \frac{b - b_s}{2} = \frac{2 - 0,4}{2} = 0,8 \text{ m}$$

Napětí v základové spáře vyvolávající ohyb konzoly základové patky:

$$A = b^2 = 2^2 = 4 \text{ m}^2$$

$$\sigma_{gd} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{2191,77}{4} = 547,943 \text{ kPa}$$

Výška patky:

$$h_f \geq \frac{a}{0,85} \cdot \sqrt{3 \cdot \frac{\sigma_{gd}}{f_{ctd}}} = \frac{0,8}{0,85} \cdot \sqrt{3 \cdot \frac{0,548}{0,96}} = 1,232 \text{ m} \rightarrow \text{Návrh: } \mathbf{h = 1,300 \text{ m}}$$

**Posouzení základové patky**

Skutečná vlastní tíha patky:

$$N_{G0} = \gamma_G \cdot b^2 \cdot h_F \cdot \gamma_C = 1,35 \cdot 2^2 \cdot 1,3 \cdot 24 = 168,48 \text{ kN}$$

Posouzení základové spáry:

$$\sigma_d = \frac{N}{A} = \frac{N_{Ed} + N_{G0}}{A} = \frac{2191,77 + 168,48}{4} = 590,063 \text{ kPa} < R_d = 650 \text{ kPa}$$

→ **VYHOVUJE!**

Posouzení únosnosti patky na ohyb:

$$\sigma_{ct} = \frac{M}{W} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \sigma_{gd} \cdot b \cdot a^2}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 0,548 \cdot 2 \cdot 0,8^2}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot 1,3^2} = 0,623 \text{ MPa} < f_{ctd} = 0,96 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE!**

**Vyhodocení:**

V rámci této práce byla uvažovaná jako základová konstrukce patka. Ve skutečnosti by bylo nutné navrhnout sofistikovanější základovou konstrukci. V předloze byla například navržená základová deska se spodními žebry. Návrh této konstrukce není předmět této práce, proto zde není navrhována.

### 3. ZÁVĚR

Základní cíl ověřit únosnost prvků byl splněn. Zároveň z daných výpočtů a porovnání vnitřních sil vyplynulo, že je rozdíl mezi vnitřními silami z 2D modelů a 3D modelů. Tento rozdíl je dán zejména použitím dřevobetonové desky, která napomáhá přenášet zatížení a ztužuje konstrukci. Je tedy možné, v případě provedení správného modelu konstrukce, provést úsporu v materiálech. Důležité ale je, provést dostatečné oddílatování betonové desky, tak aby nedocházelo k vibracím.

Dalším závěrem je, že hlavní nosné dřevěné prvky jsou natolik masivních průřezů, že vyhovují na požární odolnost REI 90. Mohou tedy být odkryté a splnit i svůj estetický účel.

### 4. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PROGRAMŮ

#### 4.1 NORMY

- [1] ČSN EN 1991-1-1, *Eurokód 1. Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.*
- [2] ČSN EN 1991-1-1, *Eurokód 1. Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení – Zatížení sněhem.*
- [3] ČSN EN 1991-1-1, *Eurokód 1. Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení – Zatížení větrem.*
- [4] ČSN EN 338. *Konstrukční dřevo – třídy pevnosti.*
- [5] ČSN EN 338. *Dřevěné konstrukce. Konstrukční dřevo a lepené lamelové dřevo – Stanovení některých fyzikálních a mechanických vlastností.*
- [6] ČSN 73 1701. *Navrhování dřevěných stavebních konstrukcí.*
- [7] ČSN EN 1991-1-1, *Eurokód 5. Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla. Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*
- [8] ČSN EN 1991-1-2, *Eurokód 1. Zatížení konstrukcí. Část 1-2: Obecná zatížení – Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru.*
- [9] ČSN EN 1992-1-1, *Eurokód 2. Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla. Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*
- [10] ČSN EN 1994-1-1, *Eurokód 4. Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla. Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*
- [11] ČSN 73 1702. *Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*
- [12] ČSN 73 0821 ed.2 - *PBS – Požární odolnost stavebních konstrukcí (2007/05).*



## 4.2 LITERATURA

- [1] POKORNÝ, Marek. *Požární bezpečnost staveb: sylabus pro praktickou výuku*. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 978-80-01-05456-7.
- [2] Kuklíková, A.: *Kompozitní dřevobetonové konstrukce*, ČVUT v Praze, 2004.
- [3] PEXOVÁ, J., NOVOTNÝ, M. *Rozbor vlivu separační vrstvy u dřevobetonových konstrukcí. Sborník přednášek z odborného semináře se zahraniční účastí Dřevostavby 2011*, 1. vyd., Volyně: VOŠ Volyně, 2011, s. 87–92, ISBN 978-80-86837-33-8.
- [4] PROKSA, Dávid. *Optimalizácia spriahnutia v drevobetónových konštrukciách*. Bratislava, 2013. Dizertačná práca. SVF STU Bratislava. Vedoucí práce Prof. Ing. Ján Brodniansky, PhD.
- [5] VÁLEK, Jakub. *Návrh dřevobetonové spřažené stropní konstrukce*. Brno, 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Ivana Švaříčkové, Ph.D.

## 4.3 INTERNETOVÉ ZDROJE

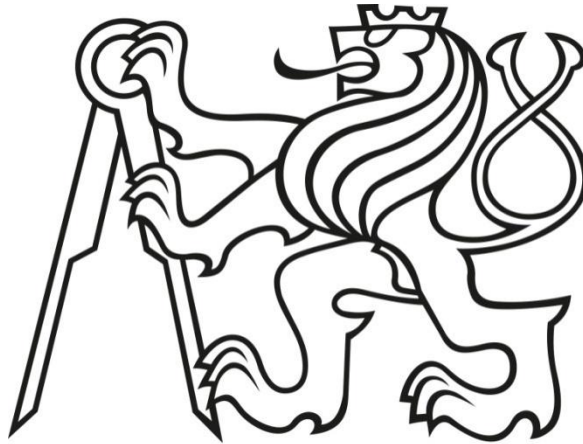
- [1] Katalog. *BOVA spol. s r.o.* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z: <http://bova-nail.cz/katalog/>
- [2] Spojovací prostředky pro konstrukční dřevostavby: Spřažení betonu se dřevem v systému VB. *SFS intec* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z:  
[http://www.sfsintec.biz/mo/cz/cs/web/industrial\\_solutions/construction/timber\\_work/timber\\_work\\_1.html](http://www.sfsintec.biz/mo/cz/cs/web/industrial_solutions/construction/timber_work/timber_work_1.html)
- [3] *Europen Technical Approval ETA-13/0699* [online]. 2013, , 1-13 [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z:  
[http://www.sfsintec.biz/sfs\\_download/media/fi/general\\_media/downloadcenter/sfs\\_intec\\_mo\\_fi/hyvaeksynnaet/eta\\_13\\_0699\\_vb\\_en.pdf](http://www.sfsintec.biz/sfs_download/media/fi/general_media/downloadcenter/sfs_intec_mo_fi/hyvaeksynnaet/eta_13_0699_vb_en.pdf)
- [4] Produkty. *Isover* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z: <http://www.isover.cz/aplikace>
- [5] Hydroizolace. *DEK stavebniny* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/vypis/2-hydroizolace>
- [6] Akustické podhledy. *Rigips* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z: <https://www.rigips.cz/produkt/podhledy-akusticke/#tab-konstrukce>
- [7] Sádrovláknité izolace. *Fermacell* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z: <http://www.fermacell.cz/sadrovlaknité-produkty-fermacell.php>

- [8] Spádové desky Rockfall. *Rockwool* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z: <http://www.rockwool.cz/produkty-a-reseni/u/2441/stavebni-izolace/spadove-desky-rockfall>
- [9] Minerální vata Isover Woodsil. *DEK stavebniny* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/detail/1435541600-isover-woodsil-60mm-5-57m2-bal>

#### 4.4 PROGRAMY

- [1] Autodesk. *AutoCAD 2016 (studenská verze)*. [online]. 2016. vyd. [cit. 2017-08-01]. Dostupné z: <http://www.autodesk.cz/>
- [2] Microsoft Office. *Sada nástrojů Microsoft Office*. [online]. 2016. vyd. [cit. 2017-08-01]. Dostupné z: <http://www.microsoftstore.com>
- [3] Scia Engineering. *Scia Engineering 2014 (studenská verze)*. [online]. 2016. vyd. [cit. 2017-08-01]. Dostupné z: <https://www.scia.net/cs/support/downloads>
- [4] Calculatis. *Stora enso* [online]. [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: <https://calculatis.clt.info/>

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



# DIPLOMOVÁ PRÁCE

---

## ČÁST B: TECHNICKÁ ZPRÁVA

Název projektu: Centrum designu a pokročilá aplikace dřeva

Vypracovala: Michaela Sojáková

Vedoucí práce: Ing. Robert Jára

Datum: 8.1.2016

## Obsah

1. Základní údaje o stavbě .....	3
1.1. Obecný popis stavby .....	3
1.2. Podklady pro zhotovení projektu .....	3
1.3. Použitý software .....	6
2. Základní charakteristika konstrukčního řešení .....	6
2.1. Urbanistické, architektonické a dispoziční řešení stavby .....	6
2.2. Technické řešení stavby .....	6
2.3. Materiálové řešení stavby .....	6
3. Zatížení .....	7
3.1. Stálá zatížení .....	7
3.2. Užitná zatížení .....	7
3.3. Zatížení sněhem .....	7
3.4. Zatížení větrem .....	7
3.5. Montážní zatížení .....	7
4. Základové konstrukce .....	7
4.1. Výsledky inženýrsko-geologického průzkumu .....	7
4.2. Zemní práce .....	7
4.3. Základové konstrukce .....	8
5. Nosný systém .....	8
5.1. Svislé nosné konstrukce .....	8
5.2. Vodorovné nosné konstrukce .....	8
5.3. Svislé komunikační prvky .....	9
5.4. Zajištění vodorovného ztužení .....	9
6. Ochrana nosných konstrukcí proti nepříznivým vlivům .....	9
6.1. Ochrana proti požáru .....	9
6.2. Ochrana proti korozi .....	9
7. Technologie a provádění stavby .....	10
7.1. Technologie betonáže .....	10
7.2. Osazování dřevěných prvků .....	10
7.3. Povrchové úpravy .....	10
8. Zdroje .....	11
8.1. Normy .....	11

8.2.	Literatura.....	11
8.3.	Internetové zdroje.....	12
8.4.	Programy.....	12

## 1. Základní údaje o stavbě

### 1.1. Obecný popis stavby

Předmětem projektu je novostavba administrativní budovy s přízemním prostorem pro veřejnost, s výukovými prostory v 2. NP a komerčními prostory v 3. NP – 5. NP. Objekt bude napojen na inženýrské sítě, které jsou vedeny v přílehlé komunikaci. Stavbou nebudou dotčeny žádné stávající objekty.

Název stavby:	Centrum designu a pokročilé aplikace dřeva
Kraj:	Hlavní město Prah
Stavební úřad:	Úřad městské části Praha 4
Účel dokumentace:	Statická část projektu

### 1.2. Podklady pro zhotovení projektu

Obecné informace o objektu ze zdrojů na internetových stránkách viz níže.

<http://www.archdaily.com/630264/wood-innovation-design-centre-michael-green-architecture>

<http://mg-architecture.ca/work/wood-innovation-design-center/>

<http://www.unbc.ca/engineering-graduate-program/construction-wood-innovation-design-centre>

[http://www.architectmagazine.com/technology/detail/innovative-detail-wood-innovation-and-design-centre\\_o](http://www.architectmagazine.com/technology/detail/innovative-detail-wood-innovation-and-design-centre_o)





### 1.3. Použitý software

AutoCAD 2016 (Studentská verze)

Scia Engineer 2014 (Studentská verze)

Microsoft Office 2016 (Studentská verze)

## 2. Základní charakteristika konstrukčního řešení

### 2.1. Urbanistické, architektonické a dispoziční řešení stavby

Předmětem daného projektu je administrativní budova obdélníkového půdorysu, který je rozdílný v přízemním a nadzemních podlaží. Na střechu vystupuje betonové jádro, z kterého vede výstup na plochou střechu. Půdorysné rozměry v přízemím podlaží jsou 30,225x33,85 m, v nadzemní podlaží jsou 24,415x29,615 m. Celková výška objektu je 29,4 m. Konstrukční výška přízemního podlaží je 7,35 m a nadzemního podlaží je výška 3,675 m. V přízemním podlaží se nachází posluchárna, technické místnosti a předváděcí hala. V 1.NP je velká učebna. V 2.NP-5.NP je velká otevřená kancelářská místnost.

### 2.2. Technické řešení stavby

Objekt je založený na betonových patkách a pasech. Nosný systém je masivní dřevěný skelet, který je tvořen sloupy a průvlaky z lepeného lamelového dřeva. Vodorovnou nosnou konstrukci tvoří dřevobetonový strop. Ztužení objektu je zajištěno pomocí dřevobetonového stropu, CLT stěn a železobetonového jádra. V železobetonovém jádru je umístěno schodiště, které je železobetonové deskové monolitické dvouramenné.

### 2.3. Materiálové řešení stavby

Hlavní nosné prvky dřevěného masivního skeletu jsou navrženy v pevnostní třídě GL28h z lepeného lamelového dřeva. Dřevobetonový strop se skládá z dřevěných prvků z lepeného lamelového dřeva v pevnostní třídě rovněž GL28h a z betonové desky z betonu: C 30/37 XC1 - Cl 0,2 - Dmax 16 - S3. Betonové jádro a šachty jsou z betonu: C 30/37 XC1 - Cl 0,2 - Dmax 16 - S3. CLT výztužné stěny jsou z rostlého smrkového dřeva pevnostní třídy C24. Jako materiál pro spojovací prostředky je použita ocel S355 s pozinkovanou úpravou. Výztuž železobetonových konstrukcí je ocel B500B.



### 3. Zatížení

V rámci práce jsou hodnoty ve statickém výpočtu uvedeny jako charakteristické hodnoty. Pro získání návrhových hodnot je nutné hodnoty vynásobit odpovídajícím dílčím součinitelem bezpečnosti. Pro stálá zatížení je to hodnota 1,35, pro proměnná zatížení je to hodnota 1,5.

#### 3.1. Stálá zatížení

Stálá zatížení jsou rozepsána ve Statickém výpočtu v kapitole 1.1.1.

#### 3.2. Užitná zatížení

Užitná zatížení jsou v celém objektu uvažovány 3 kN/m<sup>2</sup> (kategorie B dle ČSN EN 1991-1-1).

#### 3.3. Zatížení sněhem

Objekt je umístěn v Praze (I sněhová oblast) v terénu s normální topografií. Na ploché střeše vystupuje železobetonové jádro. Z důvodu vytvoření překážky na střeše je uvažováno se zatížením sněhem návějemi. Největší charakteristické zatížení sněhem je 1,4 kN/m<sup>2</sup> a nejnižší zatížení sněhem je 0,56 kN/m<sup>2</sup>.

#### 3.4. Zatížení větrem

Objekt se nachází v Praze (větrná oblast I), v městské oblasti, která je rovnoměrně pokrytá budovami a vegetací (kategorie terénu III). Charakteristické hodnoty zatížení větrem jsou specifikovány ve Statickém výpočtu v kapitole 1.1.2.2.

#### 3.5. Montážní zatížení

Montážní zatížení se týká zejména dřevěných stropnic, které jsou součástí dřevobetonového stropu. V rámci tohoto montážního zatížení musí stropnice přenést tíhu betonu bez jeho příznivých účinků.

### 4. Základové konstrukce

#### 4.1. Výsledky inženýrsko-geologického průzkumu

Geologický profil se skládá ze svrchní vrstvy ornice do hloubky cca 0,2 m. Dále se v hloubce 0,5 – 3 m nachází špatně zrněný štěrk, jenž lze klasifikovat jako hrubozrnnou zeminu třídy G2. Jedná se pouze o předběžný průzkum.

#### 4.2. Zemní práce

V rámci zemních prací bude provedeno vytyčení stavební jámy oprávněnými geodety. Dále budou vytyčené hlavní vztažné body objektu. Srovnávací rovina se nachází ve 310,767 m.n.m.

Pro sejmutí ornice bude použitý nakladač značky Carerpillar (objem lopaty musí být dodatečně stanoven), který bude na tuto úpravu zapůjčený. Pro odtěžení zeminy stavební jámy bude použito kolové rypadlo s hloubkovou lopatou také značky Carerpillar (objem lopaty musí být dodatečně stanoven). Odtěžená ornice i zemina bude odvážena nákladním automobilem Tatra. Nakonec budou vedlejší figury začištěny ručně.

Vzhledem k nízké hloubce založení základové konstrukce nebude nutné provádět pažení stavební jámy.

Hladina podzemní vody je pod úrovní navržené základové spáry. Jámy pro základové konstrukce (patky, pasy) nebudou odvodňovány.

V rámci stavebního pozemku nejsou přítomné žádné inženýrské sítě, není tedy nutno dbát zvýšené opatrnosti či řešit ochranu těchto sítí.

#### 4.3. Základové konstrukce

Základové poměry na pozemku jsou podle geologického posudku jednoduché ve smyslu znění ČSN 73 1001.

Hlavní základovou konstrukci tvoří patky pod jednotlivými sloupy a prahy mezi sloupy. Pod ztužující stěnou z CLT je navíc konstrukce základového pasu. Mezi patkami a prahy je provedena vyrovnávající základová deska z železobetonu tloušťky 150 mm s výztužnou KARI sítí. Patky jsou navrženy o rozměrech 2x2x0,8 m. Základové konstrukce budou z betonu C25/30.

Na betonovou desku bude uložena izolace ve formě modifikovaných asfaltových pásů proti radonu a proti zemní vlhkosti.

### 5. Nosný systém

#### 5.1. Svislé nosné konstrukce

Svislou nosnou konstrukci tvoří dřevěné sloupy z lepeného lamelového dřeva o pevnostní třídě GL28h. Sloupy budou složeny z dvojice průřezů, které budou spřažené vždy v patě a hlavě sloupu a zároveň v třetinách výšky sloupu. Spřažení sloupu v třetinách výšky bude provedeno pomocí svorníkových spojů s hmoždinkami typu bulldog. Rozměry sloupů v přízemí a 1.NP budou 0,48x0,48 m.

#### 5.2. Vodorovné nosné konstrukce

Vodorovné nosnou konstrukci tvoří dřevobetonový strop. Betonová deska je tloušťky 100 mm z betonu C 30/37 XC1 - Cl 0,2 - Dmax 16 - S3 a bude vyztužena pomocí betonářské výztuže B500B. Dřevěná stropnice je z lepeného lamelového dřeva o třídě pevnosti GL28h a o rozměrech 200x280 mm.

Betonová jednosměrně pnutá deska i stropnice jsou podepřeny dřevěnými průvlaky. Jako trvalé bednění pro betonovou desku je použita OSB deska tloušťky 18 mm. Na OSB desku je položena separační fólie, tak aby zabraňovala vnikání vlhkosti do OSB desky a dále do dřevěných stropnic. Separací fólie může zhoršit modul prokluzu mezi vrstvami, což je nutné vzít v úvahu. Spřažení jednotlivých vrstev je provedeno pomocí SFS vrutů VB-48-7,5 x 165.

Prostupy pro rozvody vody, kanalizace a vzduchotechniky budou vedeny v železobetonových šachtách. Dále budou rozvody vedeny v podhledech pod stropem.

### 5.3. Svislé komunikační prvky

V objektu se nachází jedno hlavní schodiště, které se skládá z deskové monolitické železobetonové dvouramenné konstrukce. Jednotlivé desky budou pnuté do železobetonového ztužujícího jádra. Tloušťka desek bude 220 mm. Schodišťová ramena budou tloušťky 168 mm, což vychází z geometrie schodiště. Schodišťové stupně jsou betonovány společně se schodišťovými rameny a jejich šířka je 323,75 a výška 153,125 mm. Schodiště bude opatřené dřevěným zábradlím.

### 5.4. Zajištění vodorovného ztužení

Ztužení konstrukce bude zajištěno pomocí dřevobetonového stropu, železobetonového jádra a CLT stěn v přízemním podlaží. Dřevobetonový strop vytváří celistvou stropní rovinu a napomáhá tak ztužení objektu.

## 6. Ochrana nosných konstrukcí proti nepříznivým vlivům

### 6.1. Ochrana proti požáru

Nosné prvky masivního skeletu jsou z větší části odkryté a nejsou tak chráněny proti požáru. V rámci statického výpočtu jsou prvky posouzeny, zda vyhoví na požární odolnost REI 90 min. Dělicí konstrukce a podhledy jsou zakryty SDK deskami.

### 6.2. Ochrana proti korozi

Spojovací prostředky, které nejsou zakryté, jsou ošetřeny povrchovou úpravou, žárovým zinkováním v bílé barvě.

## 7. Technologie a provádění stavby

### 7.1. Technologie betonáže

### 7.2. Osazování dřevěných prvků

Dřevěné nosné prvky budou spojovány šroubovými spoji a ocelovými svařenci. Svařence budou svařovány ve specializované výrobně, kde budou vyráběny i plechy.

#### Spoj patky sloupu

Do betonové patky budou připraveny otvory. Otvory se při montáži ocelových svařenců vyplní chemickou maltou a následně se svařenec připevní závitovými tyčemi. Před montáží sloupu se mezi jednotlivé průřezy tvořící sloup vloží hmoždinky typu bulldog. Po zakotvení svařence a spřažení sloupu bude sloup umístěn mezi ocelové plechy, které jsou součástí svařence. Nakonec bude sloup opatřen svorníky.

#### Spoj průvlaku a sloupu

Dřevěné sloupy budou mít šlice pro osazení ocelových plechů, které budou probíhat v polovině každé části průřezu. Z výroby bude připravený svařenec, který se vloží do připravených šliců (ty musí být minimálně o 2 mm větší šířky). Svařenec se sešroubuje s hlavou dolního sloupu. Aby byla konstrukce dostatečně stabilní, bude spoj dočasně rozepřený pomocí ocelových prvků. Následně bude uložen horní sloup do již připravené konstrukce svařence a sešroubován pomocí svorníků. Do připravených bočních plechů se nakonec ukotví průvlaky, které jsou také spojeny svorníky.

#### Spoj stropnice a průvlaku

Po osazení sloupů a průvlaku budou namontovány stropnice. Na průvlaky budou připevněny třmeny, do kterých budou následně ukotveny stropnice.

### 7.3. Povrchové úpravy

Dřevěné prvky z lepeného dřeva budou dodávány v pohledové kvalitě. Zároveň bude z výroby provedené bezbarvá impregnace a bezbarvý nátěr. Povrchová úprava zajistí ochranu prvku vůči vnějším vlivům a zajistí jeho delší životnost.

Betonové konstrukce (železobetonové jádro) budou obloženy SDK deskami a následně pohledovými deskami imitujícími dřevo.

## 8. Zdroje

### 8.1. Normy

- [1] ČSN EN 1991-1-1, *Eurokód 1. Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.*
- [2] ČSN EN 1991-1-1, *Eurokód 1. Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení – Zatížení sněhem.*
- [3] ČSN EN 1991-1-1, *Eurokód 1. Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení – Zatížení větrem.*
- [4] ČSN EN 338. *Konstrukční dřevo – třídy pevnosti.*
- [5] ČSN EN 338. *Dřevěné konstrukce. Konstrukční dřevo a lepené lamelové dřevo – Stanovení některých fyzikálních a mechanických vlastností.*
- [6] ČSN 73 1701. *Navrhování dřevěných stavebních konstrukcí.*
- [7] ČSN EN 1991-1-1, *Eurokód 5. Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla. Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*
- [8] ČSN EN 1991-1-2, *Eurokód 1. Zatížení konstrukcí. Část 1-2: Obecná zatížení – Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru.*
- [9] ČSN EN 1992-1-1, *Eurokód 2. Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla. Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*
- [10] ČSN EN 1994-1-1, *Eurokód 4. Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla. Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*
- [11] ČSN 73 1702. *Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*
- [12] ČSN 73 0821 ed.2 - *PBS – Požární odolnost stavebních konstrukcí (2007/05).*

### 8.2. Literatura

- [1] POKORNÝ, Marek. *Požární bezpečnost staveb: sylabus pro praktickou výuku.* V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 978-80-01-05456-7.
- [2] KUKLÍKOVÁ, A.: *Kompozitní dřevobetonové konstrukce*, ČVUT v Praze, 2004.
- [3] PEXO VÁ, J., NOVOTNÝ, M. *Rozbor vlivu separační vrstvy u dřevobetonových konstrukcí. Sborník přednášek z odborného semináře se zahraniční účastí Dřevostavby 2011*, 1. vyd., Volyně: VOŠ Volyně, 2011, s. 87–92, ISBN 978-80-86837-33-8.
- [4] PROKSA, Dávid. *Optimalizácia spriahnutia v drevobetónových konštrukciách.* Bratislava, 2013. Dizertačná práca. SVF STU Bratislava. Vedoucí práce Prof. Ing. Ján Brodniansky, PhD.
- [5] VÁLEK, Jakub. *Návrh dřevobetonové spřažené stropní konstrukce.* Brno, 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Ivana Švaříčkové, Ph.D.

### 8.3. Internetové zdroje

- [1] Katalog. *BOVA spol. s r.o.* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z: <http://bova-nail.cz/katalog/>
- [2] Spojovací prostředky pro konstrukční dřevostavby: Spřažení betonu se dřevem v systému VB. *SFS intec* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z:  
[http://www.sfsintec.biz/mo/cz/cs/web/industrial\\_solutions/construction/timber\\_work/timber\\_work\\_1.html](http://www.sfsintec.biz/mo/cz/cs/web/industrial_solutions/construction/timber_work/timber_work_1.html)
- [3] *European Technical Approval ETA-13/0699* [online]. 2013, , 1-13 [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z:  
[http://www.sfsintec.biz/sfs\\_download/media/fi/general\\_media/downloadcenter/sfs\\_intec\\_mo\\_fi/hyvaeksynnaet/eta\\_13\\_0699\\_vb\\_en.pdf](http://www.sfsintec.biz/sfs_download/media/fi/general_media/downloadcenter/sfs_intec_mo_fi/hyvaeksynnaet/eta_13_0699_vb_en.pdf)
- [4] Produkty. *Isover* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z: <http://www.isover.cz/aplikace>
- [5] Hydroizolace. *DEK stavebniny* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/vypis/2-hydroizolace>
- [6] Akustické podhledy. *Rigips* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z: <https://www.rigips.cz/produkt/podhledy-akusticke/#tab-konstrukce>
- [7] Sádroláknité izolace. *Fermacell* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z: <http://www.fermacell.cz/sadrolaknitye-produkty-fermacell.php>
- [8] Spádové desky Rockfall. *Rockwool* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z: <http://www.rockwool.cz/produkty-a-reseni/u/2441/stavebni-izolace/spadove-desky-rockfall>
- [9] Minerální vata Isover Woodsil. *DEK stavebniny* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/detail/1435541600-isover-woodsil-60mm-5-57m2-bal>

### 8.4. Programy

- [1] Autodesk. *AutoCAD 2016 (studenská verze)*. [online]. 2016. vyd. [cit. 2017-08-01].  
Dostupné z: <http://www.autodesk.cz/>
- [2] Microsoft Office. *Sada nástrojů Microsoft Office*. [online]. 2016. vyd. [cit. 2017-08-01].  
Dostupné z: <http://www.microsoftstore.com>
- [3] Scia Engineering. *Scia Engineering 2014 (studenská verze)*. [online]. 2016. vyd. [cit. 2017-08-01].  
Dostupné z: <https://www.scia.net/cs/support/downloads>
- [4] Calculatis. *Stora enso* [online]. [cit. 2017-01-05].  
Dostupné z: <https://calculatis.clt.info/>

## 9. Výkresová dokumentace

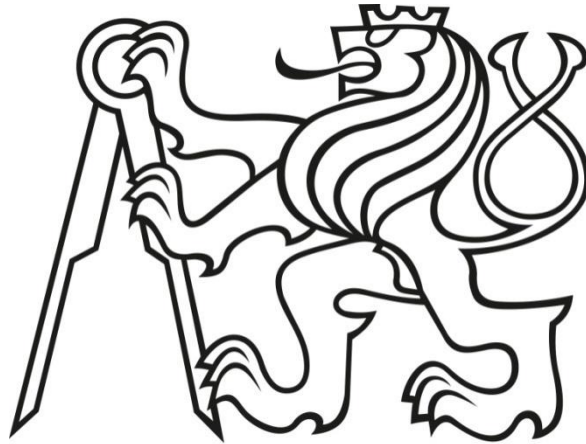
### 9.1. Statická část

- Výkres číslo 1: Výkres tvaru 1.PP
- Výkres číslo 2: Výkres tvaru 1.NP – 5.NP
- Výkres číslo 3: Statický řez konstrukcí
- Výkres číslo 4: Skladby vodorovných konstrukcí
- Výkres číslo 5: Skladby svislých konstrukcí
- Výkres číslo 6: Detail A
- Výkres číslo 7: Detail B
- Výkres číslo 8: Detail C
- Výkres číslo 9: Detail D

### 9.2. Část konstrukce pozemních staveb

- Výkres číslo 1: Detail soklu
- Výkres číslo 1: Detail terasy

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



# DIPLOMOVÁ PRÁCE

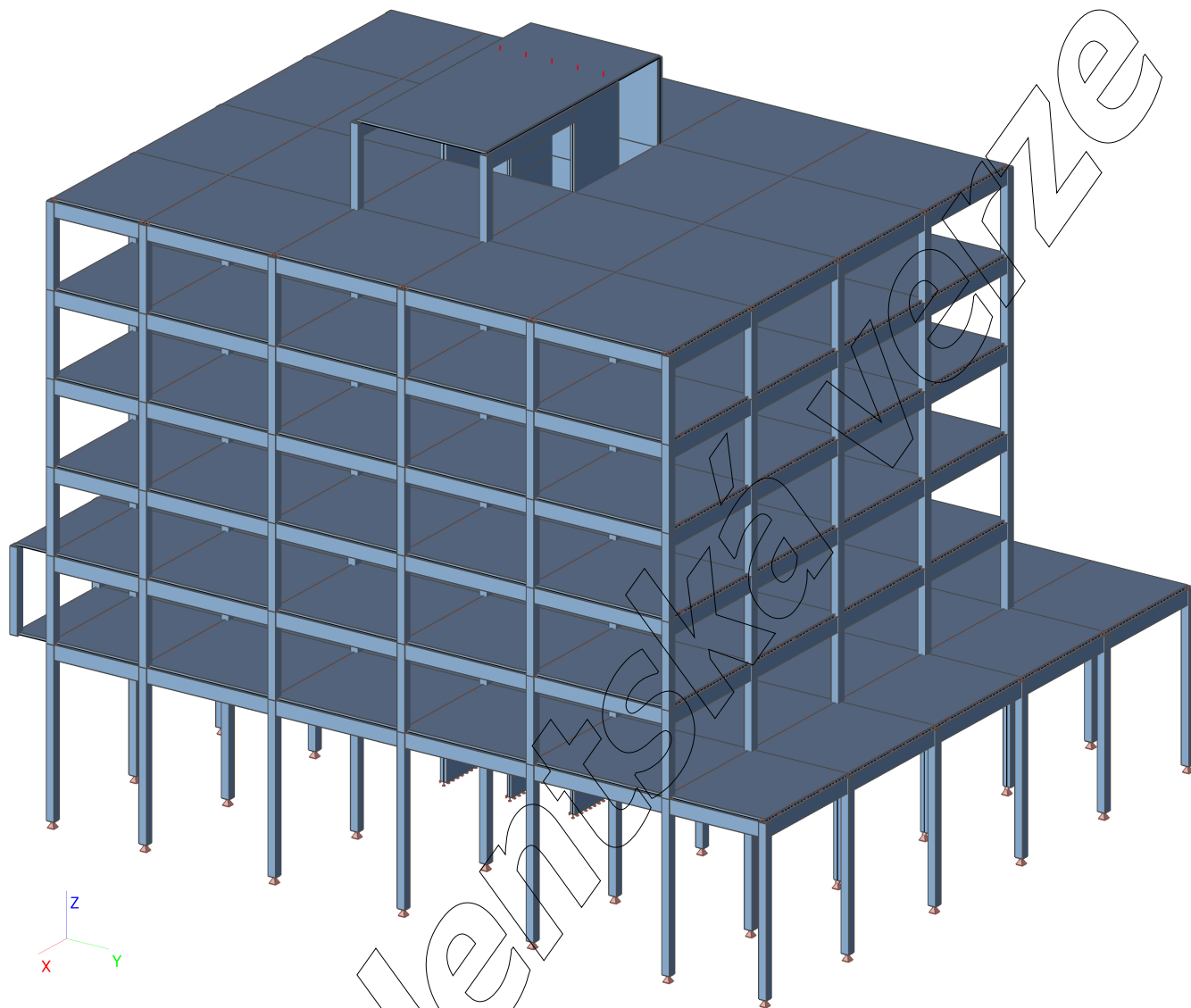
---

## ČÁST C: PŘÍLOHY ZE STATICKÝCH PROGRAMŮ

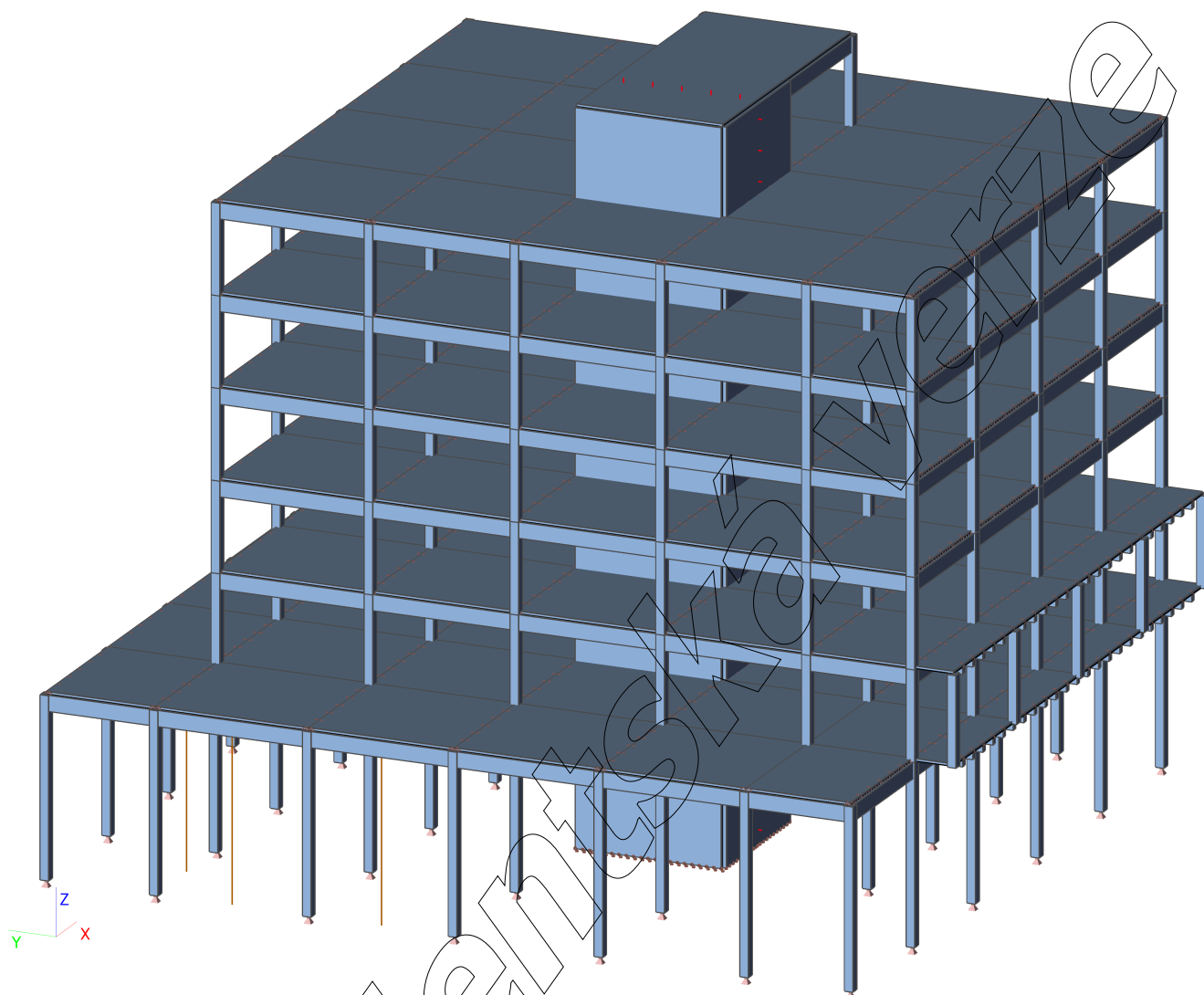
Název projektu:	Centrum designu a pokročilá aplikace dřeva
Vypracovala:	Michaela Sojáková
Vedoucí práce:	Ing. Robert Jára
Datum:	8.1.2016



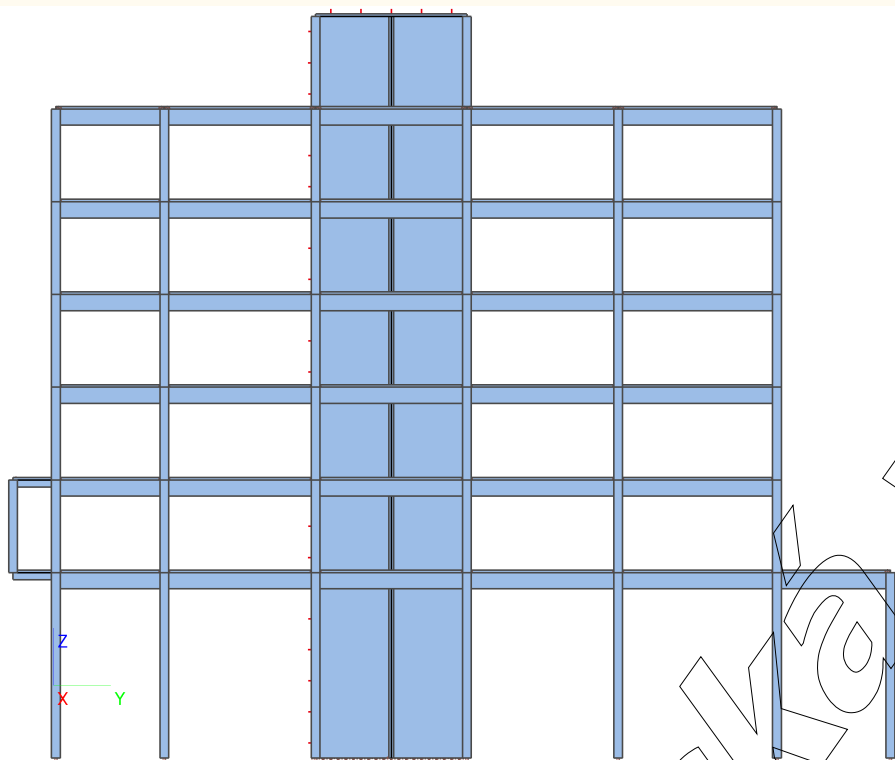
## 1. Výpočetní model



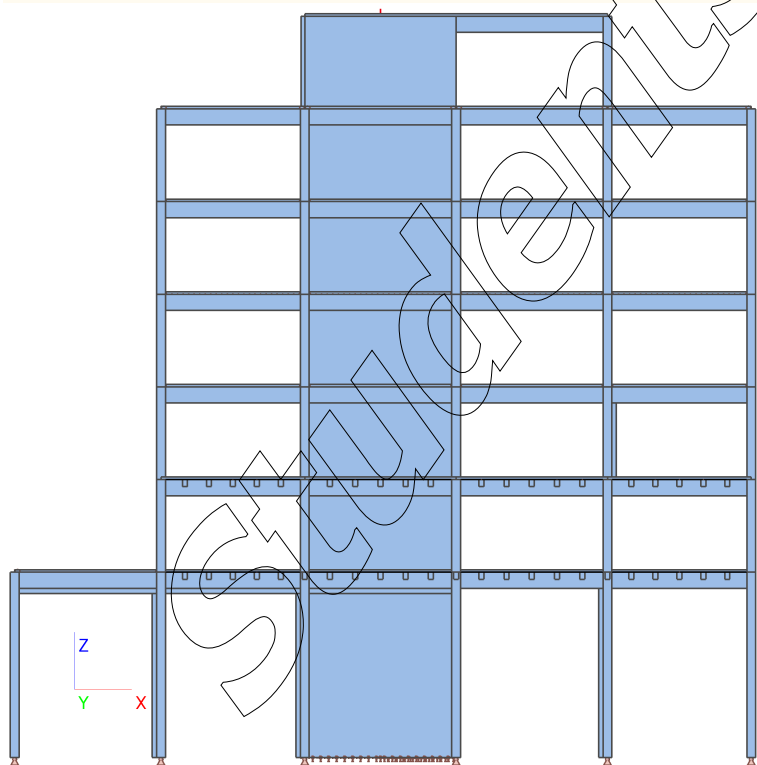
## 2. Výpočtový model



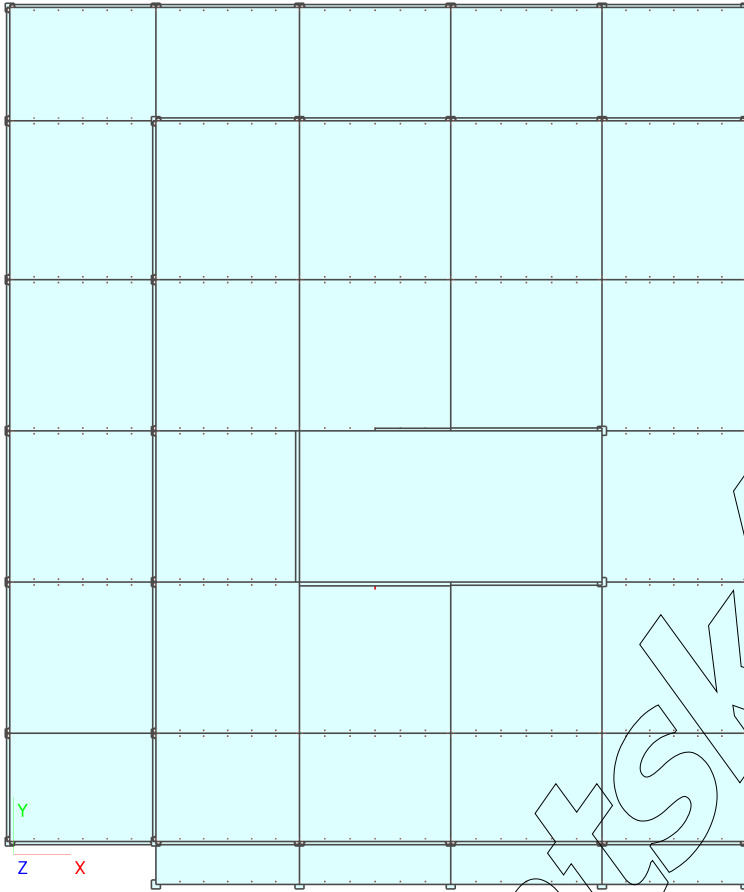
### 3. Výpočtový model



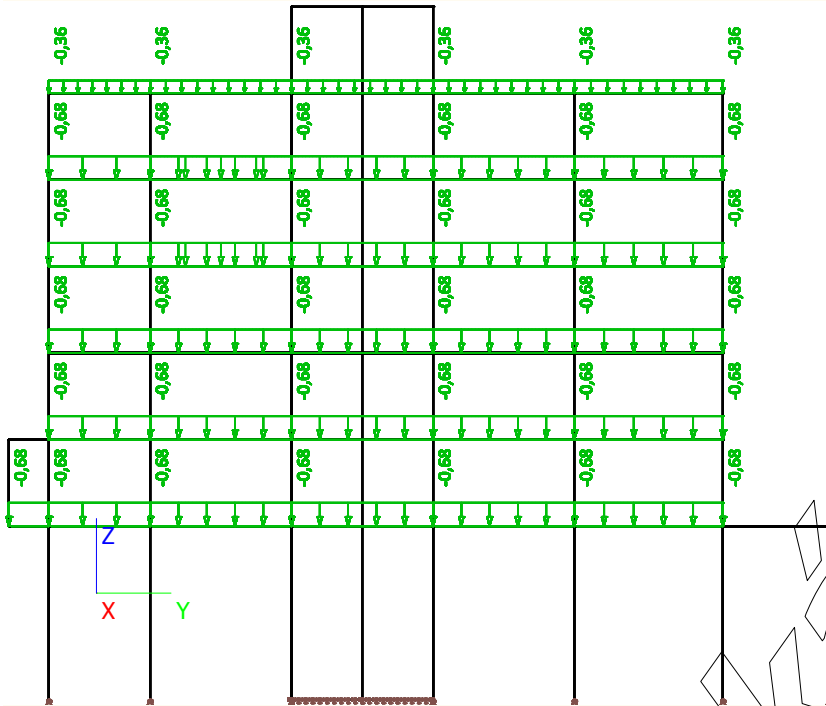
### 4. Výpočtový model



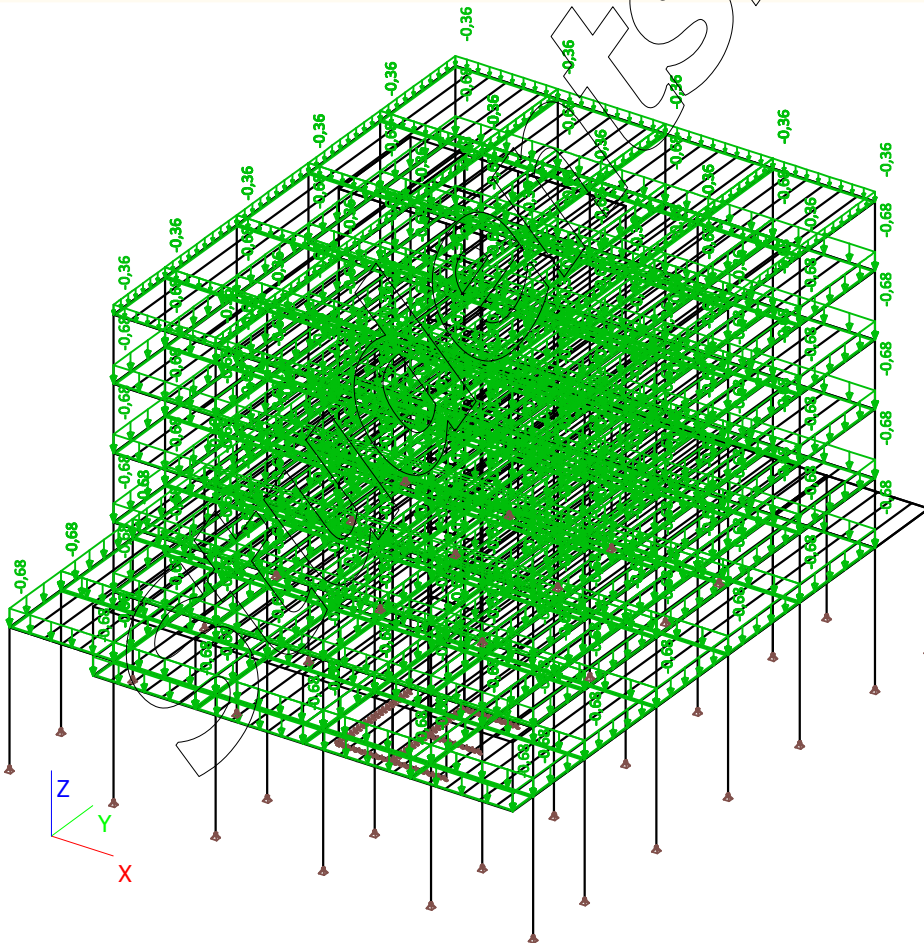
## 5. Výpočtový model



## 6. Stálé zatížení



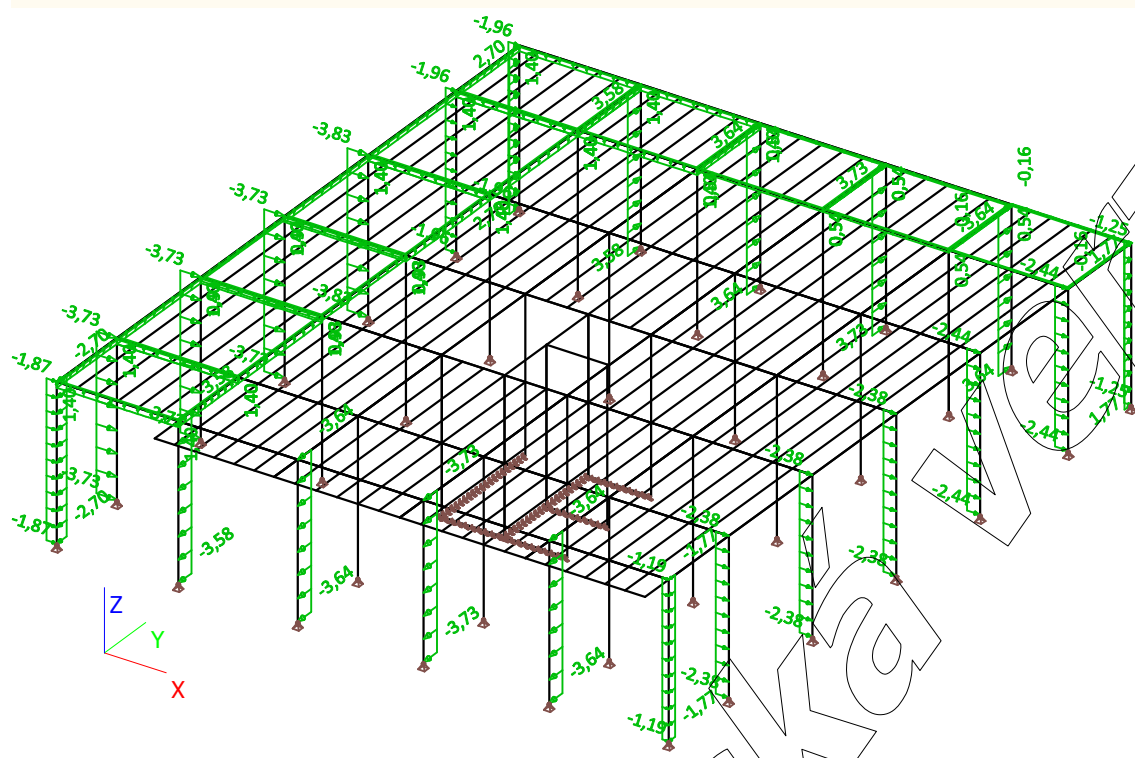
## 7. Stálé zatížení



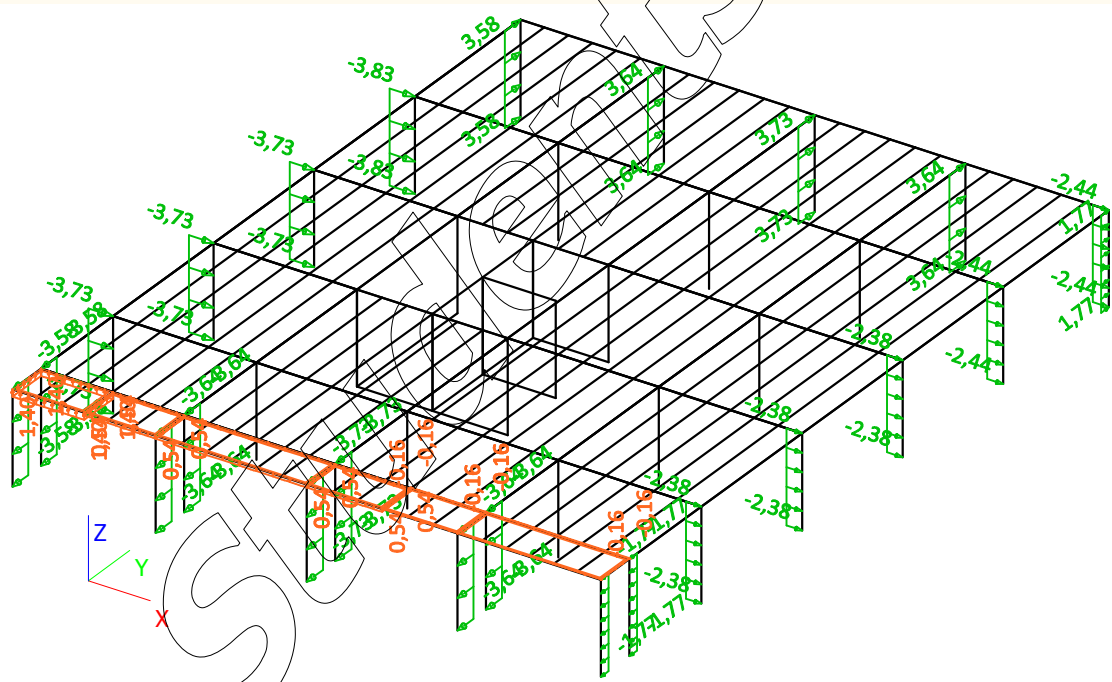




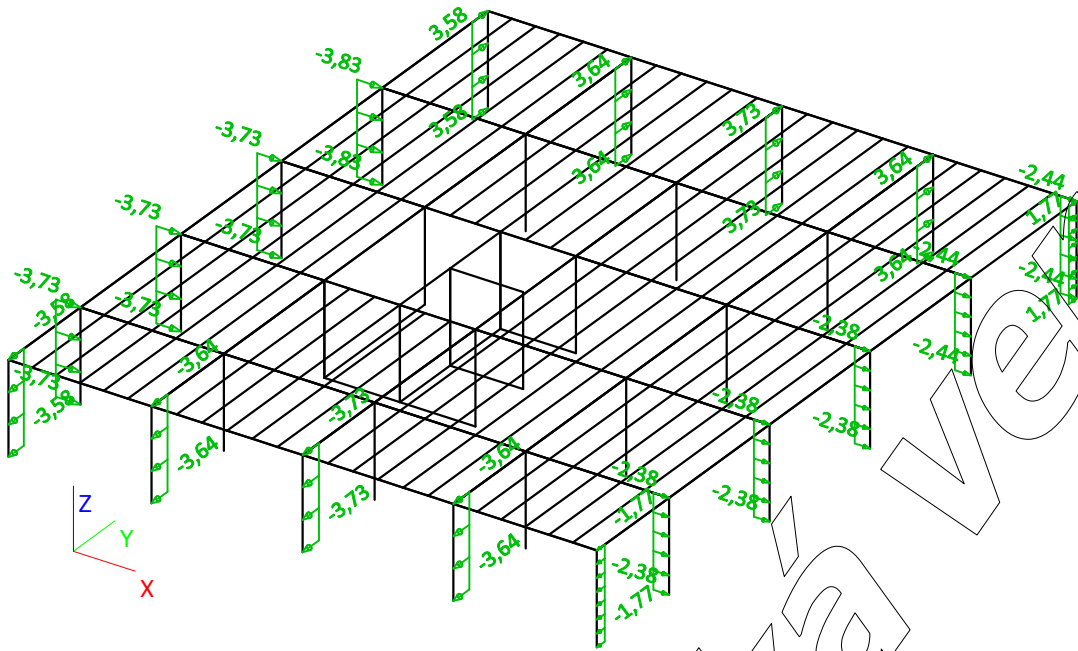
### 9. Zatížení příčným větrem přízemí



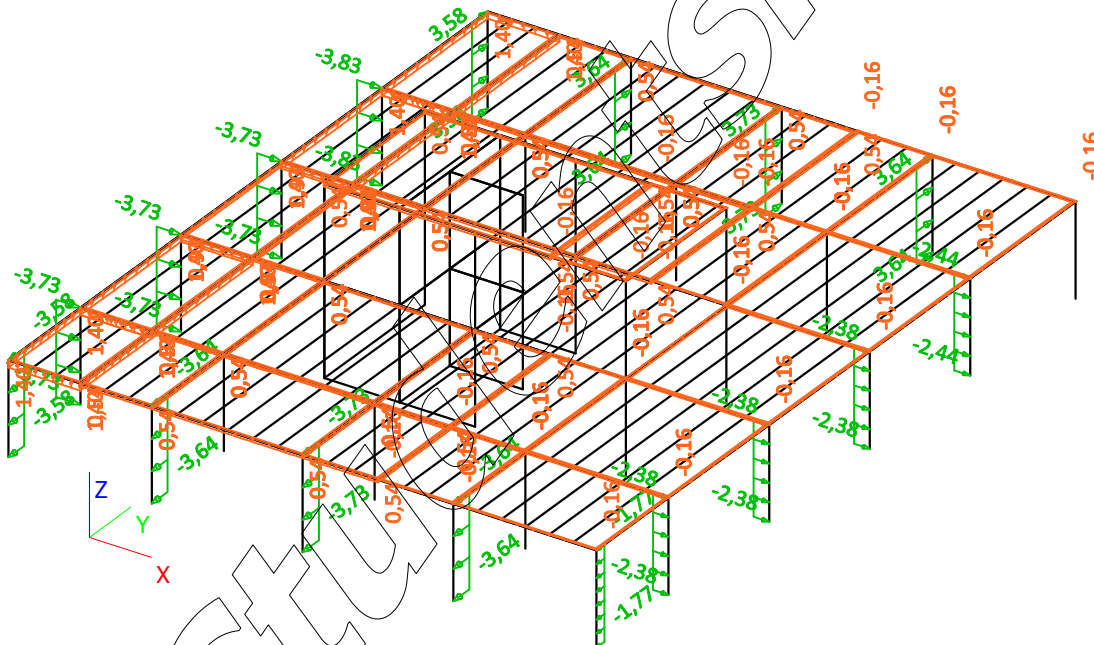
### 10. Zatížení příčným větrem 1NP



### 11. Zatížení příčným větrem 2NP-4NP



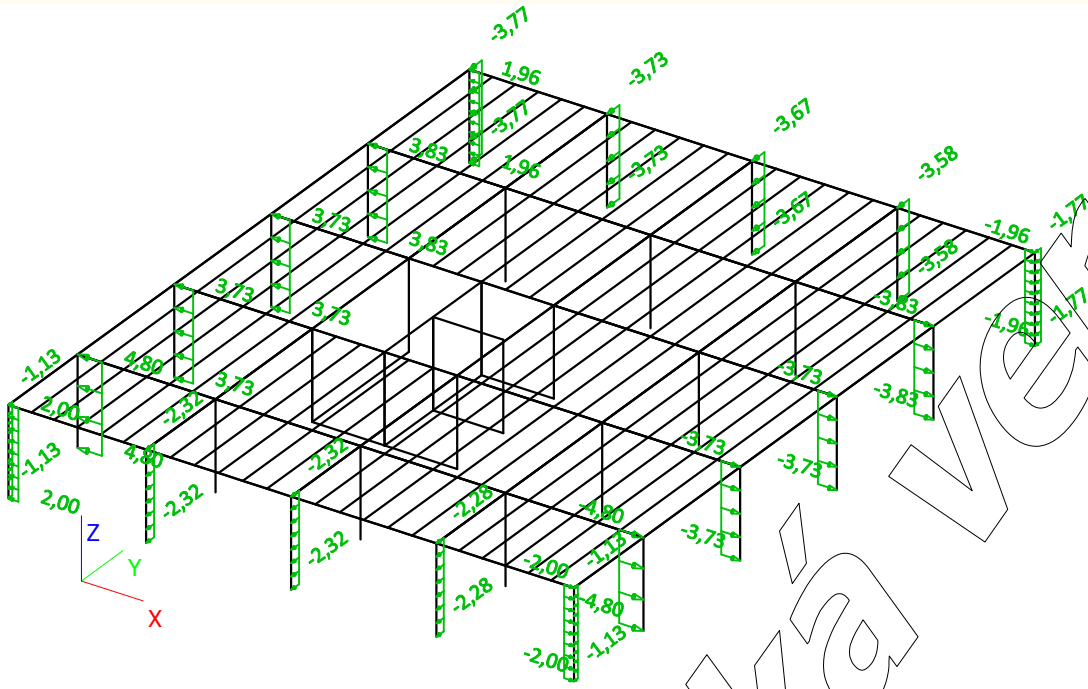
### 12. Zatížení příčným větrem střecha



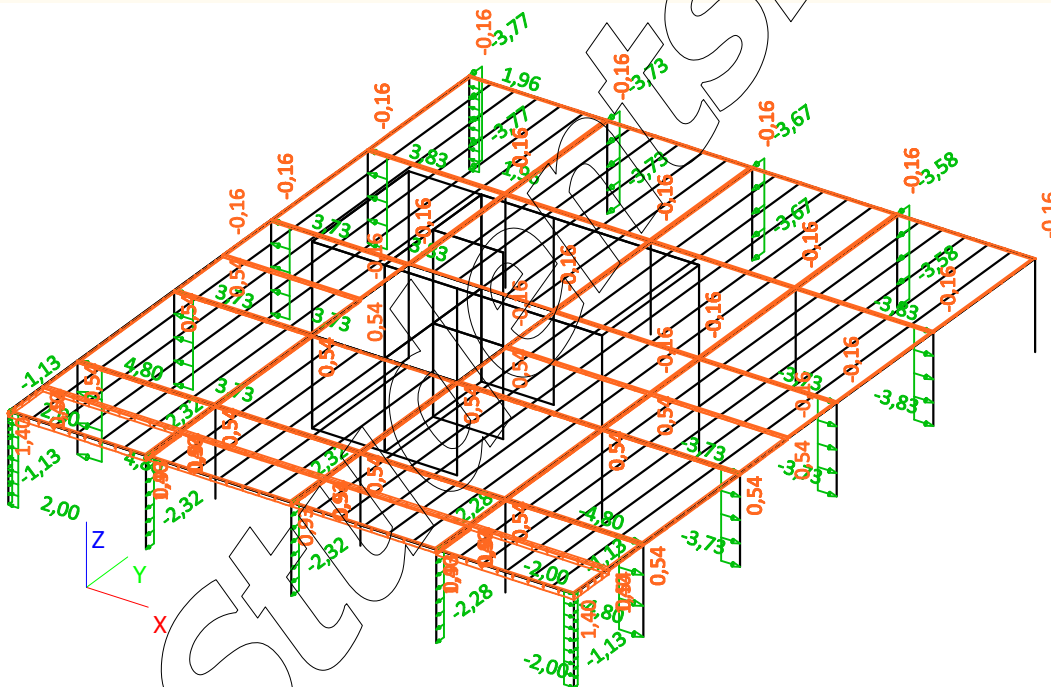




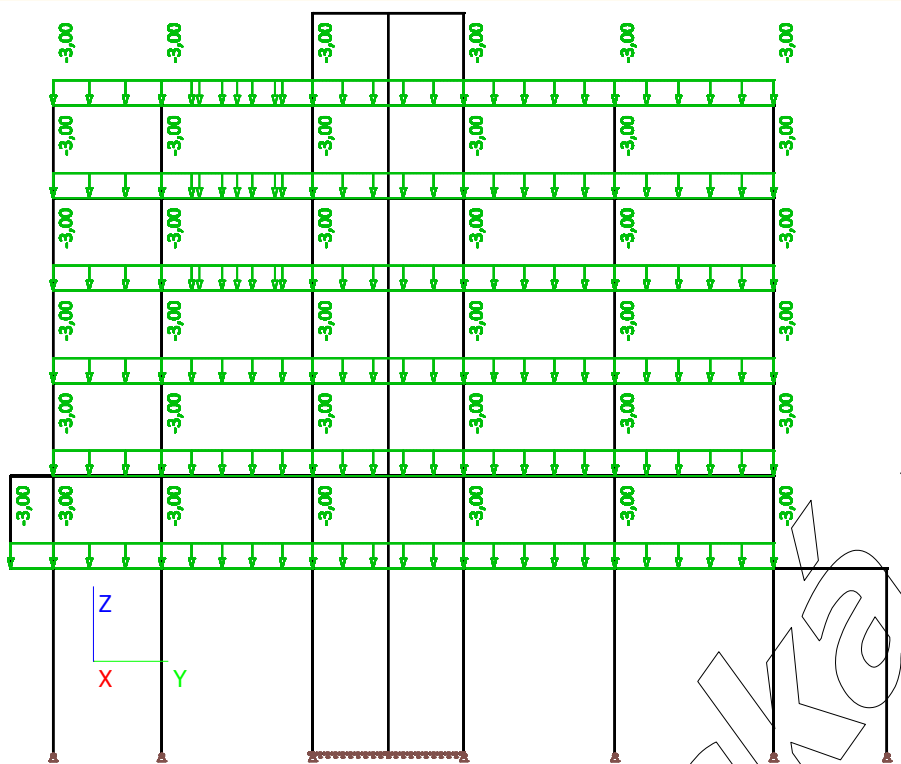
### 15. Zatížení podélným větrem 2NP-4NP



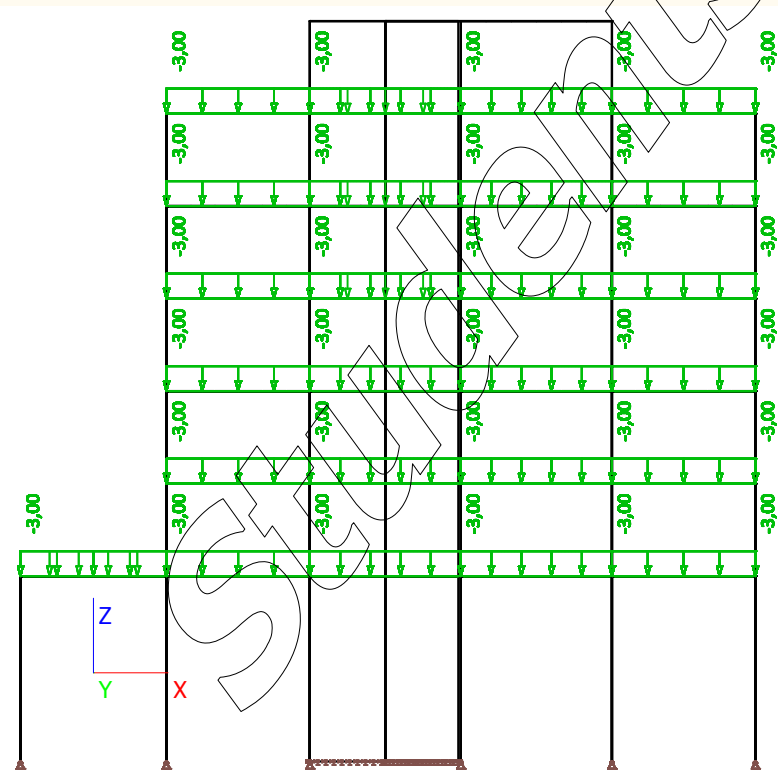
### 16. Zatížení podélným větrem střecha



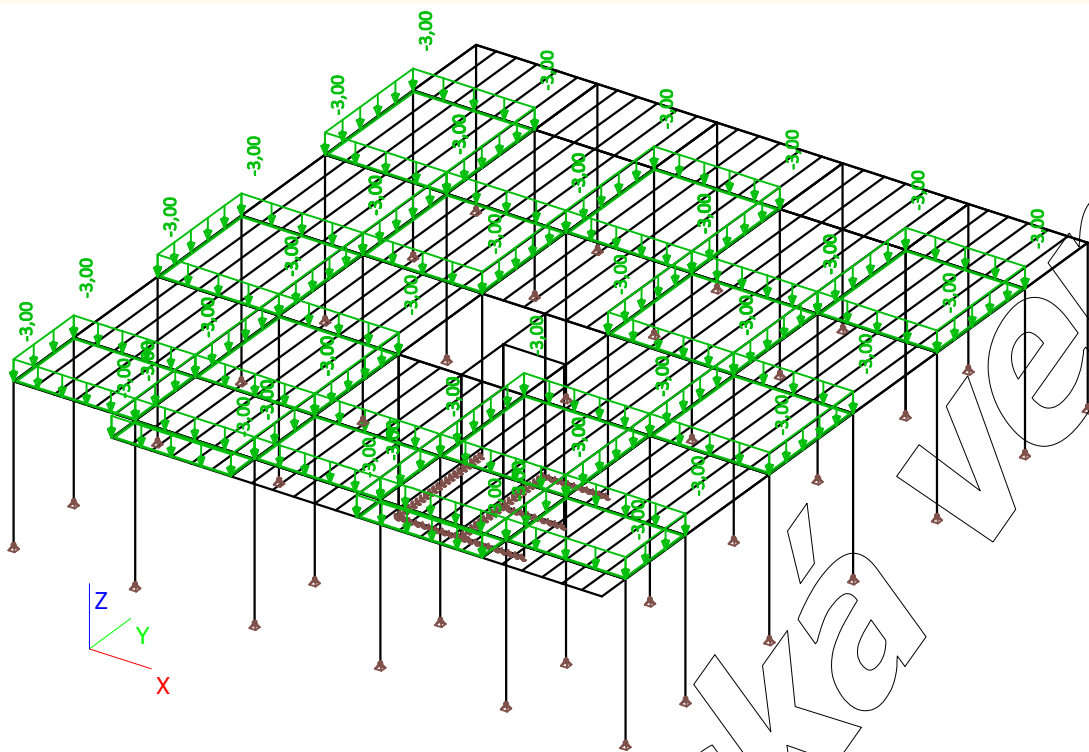
### 17. Užité zátěžení



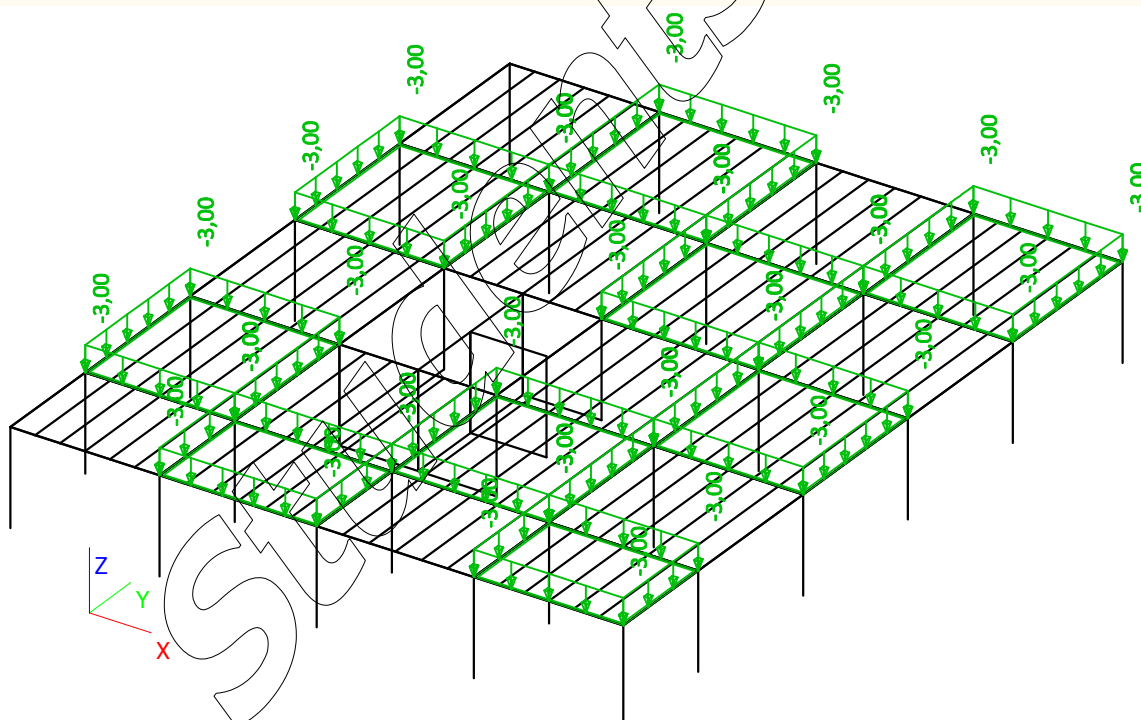
### 18. Užité zátěžení



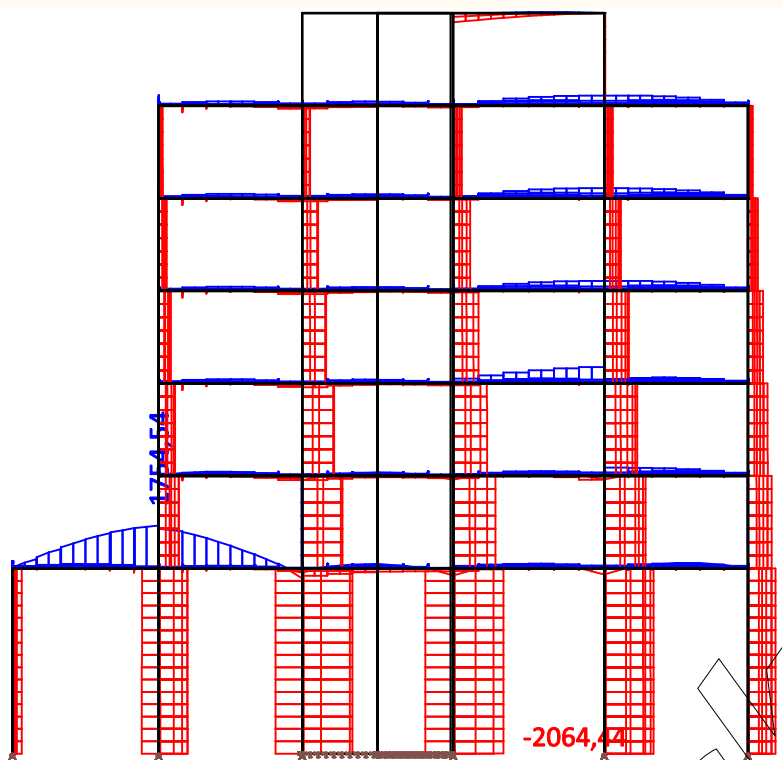
## 19. Zatížení užitným šachovnicovým zatížením



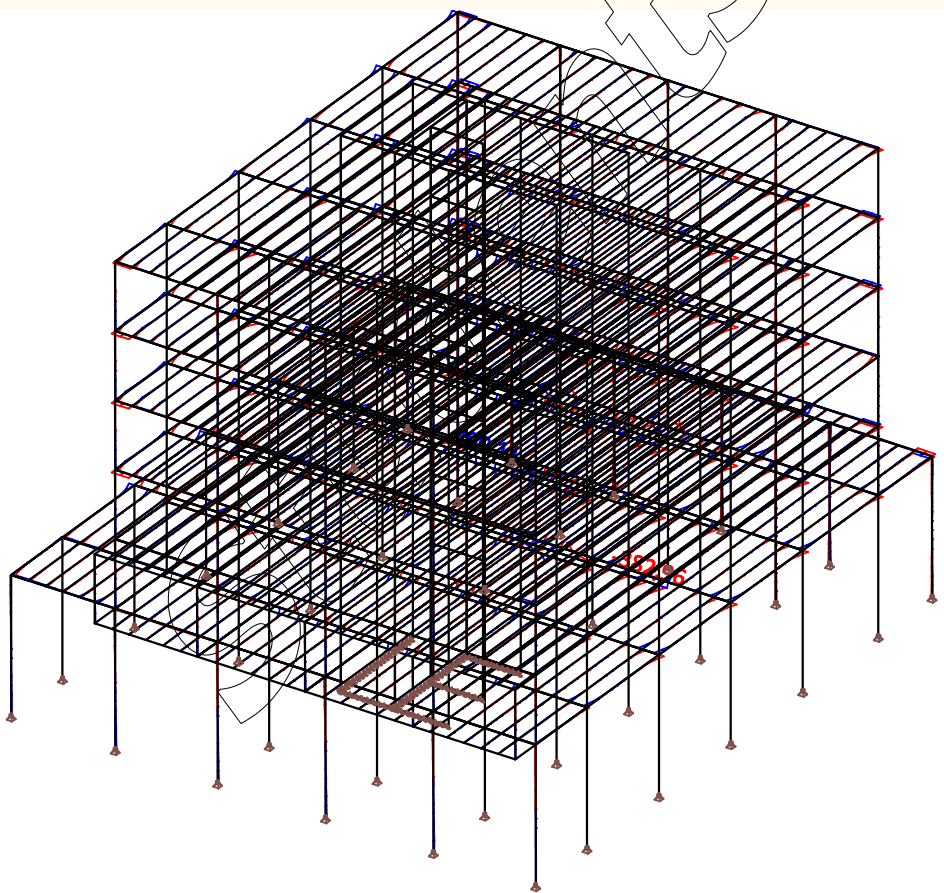
## 20. Zatížení užitným šachovnicovým zatížením



## 21. Normálové síly

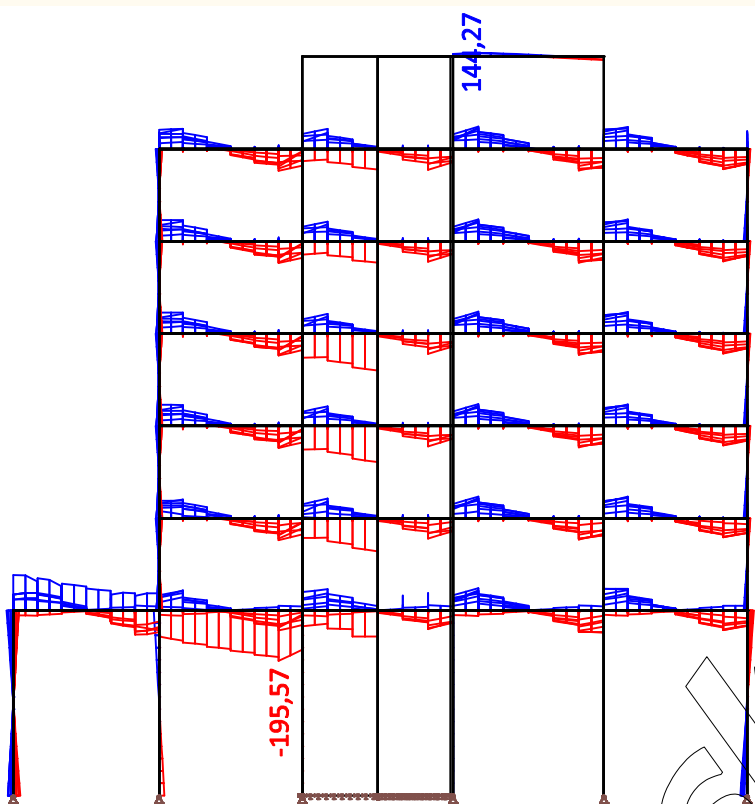


## 22. Posouvající síly ve směru y

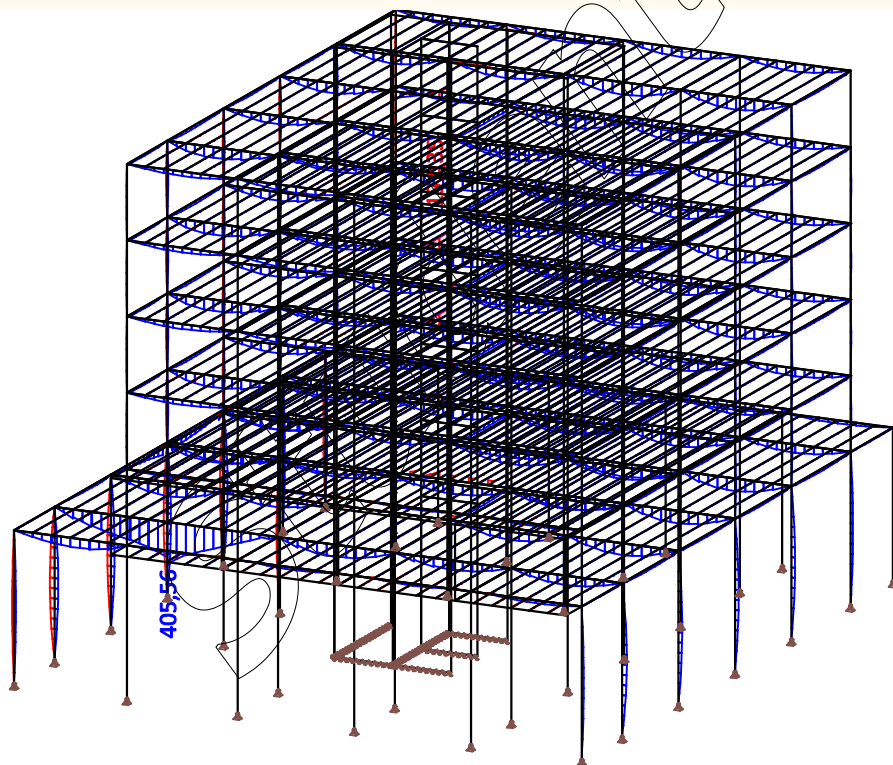




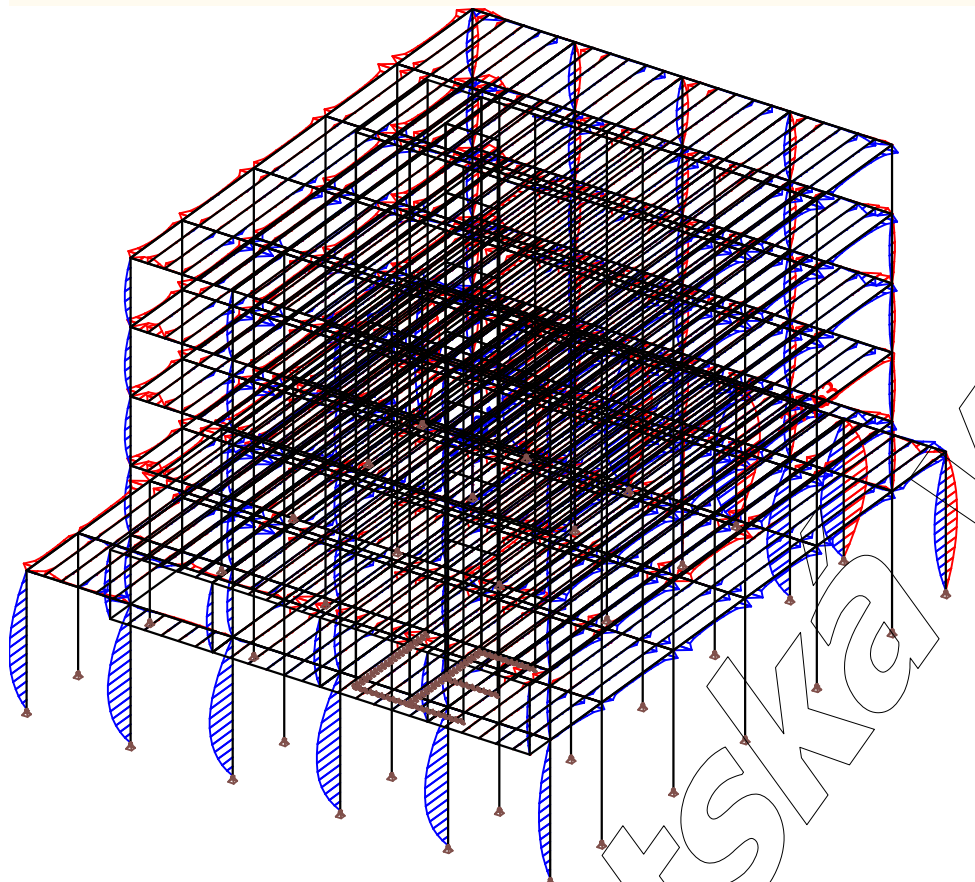
### 23. Posouvající síly ve směru z



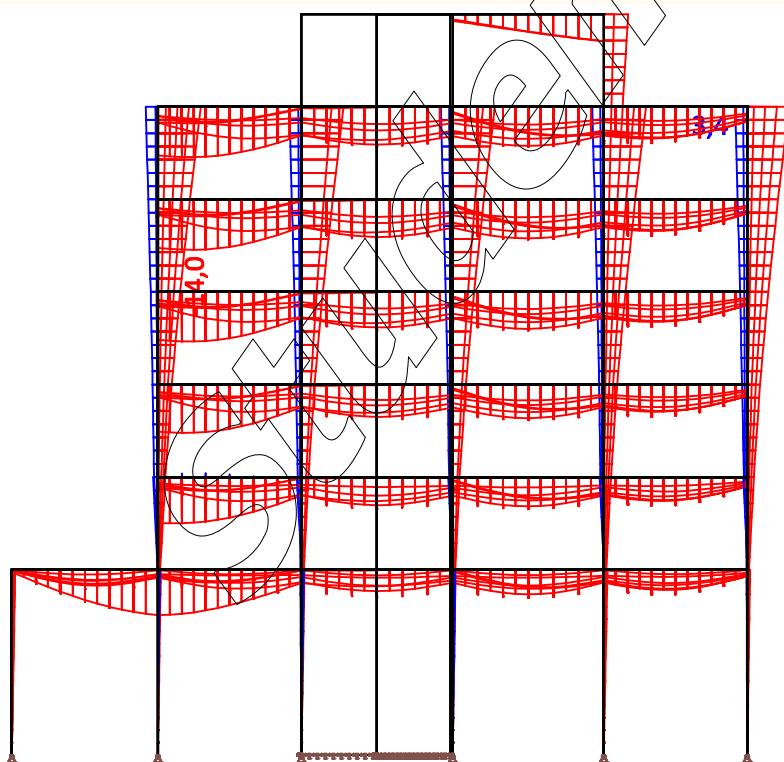
### 24. Moment ve směru y



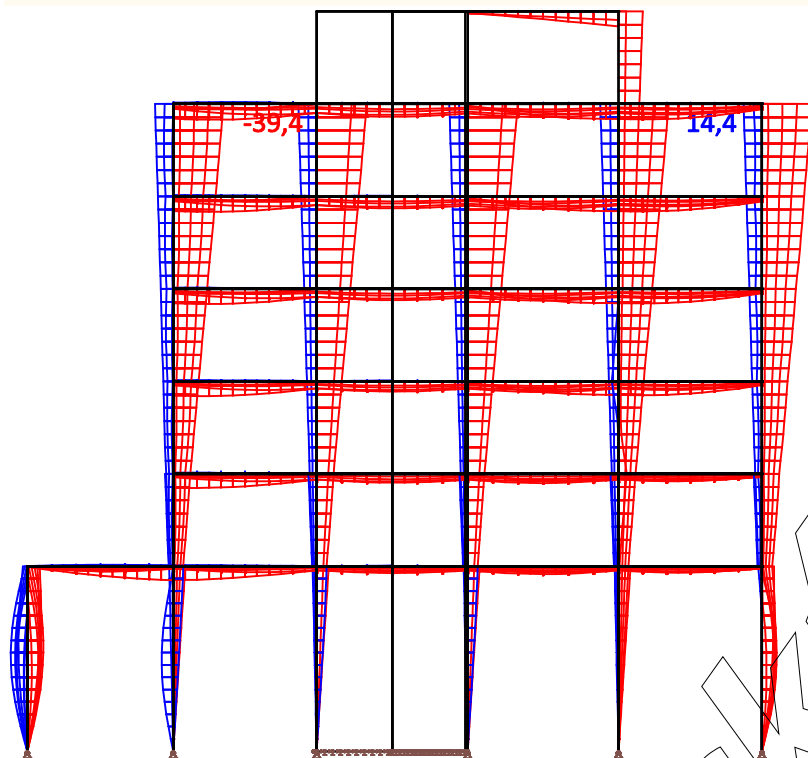
## 25. Momenty ve směru z



## 26. Průhyby od stálého zatížení



## 27. Průhyby od proměnného zatížení



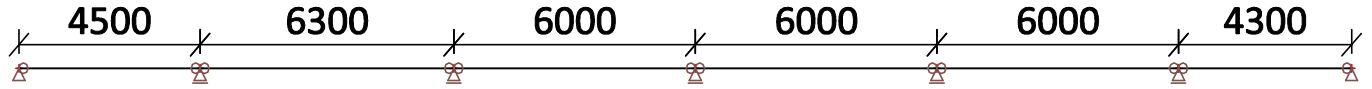
## 28. Výkaz materiálu

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>			
Celkový součet :	241295,5	7360,848	5,5295e+02

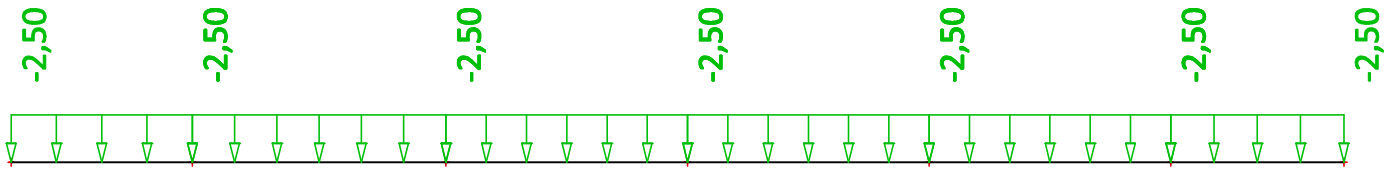
Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>							
SLOUP - OBDEL (480; 480)	GL28h	94,5	374,850	35409,8	719,712	410,0	8,6365e+01
PRŮVLAK - Obdélník (600; 240)	C30/37	360,0	48,000	17280,0	80,640	2500,0	6,9120e+00
PRŮVLAK1 - OBDEL (240; 640)	GL28h	63,0	1187,101	74758,9	2089,298	410,0	1,8234e+02
vaznice - OBDEL (200; 280)	GL28h	23,0	4077,909	93628,4	3914,793	410,0	2,2836e+02
průvlak2 - OBDEL (240; 840)	GL36h	90,7	17,500	1587,6	37,800	450,0	3,5280e+00
sloup_1NP - 2 obdel (200; 400)	GL28h	65,6	113,925	7473,5	182,280	410,0	1,8228e+01
sloup_2NP-3NP - 2 obdel (180; 360)	GL28h	53,1	191,100	10154,3	275,184	410,0	2,4767e+01
sloup_4NP-5NP - 2 obdel (80; 160)	GL28h	10,5	95,550	1002,9	61,152	410,0	2,4461e+00



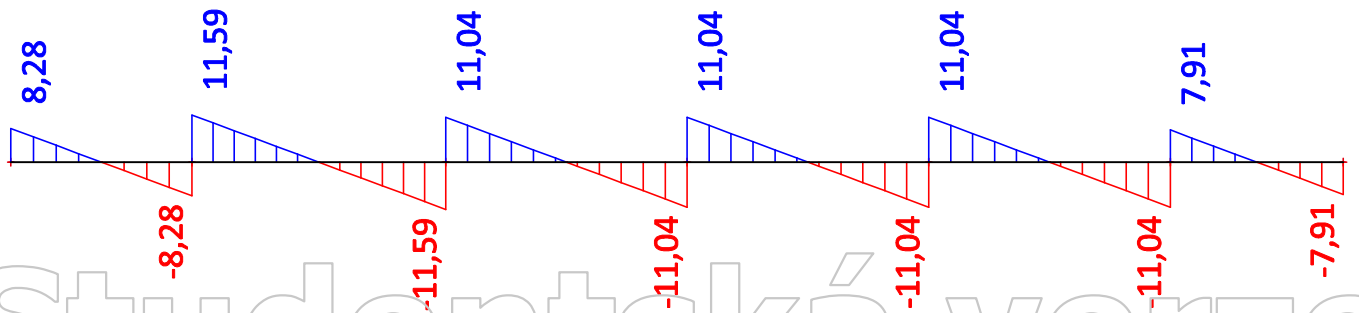
## Geometrie



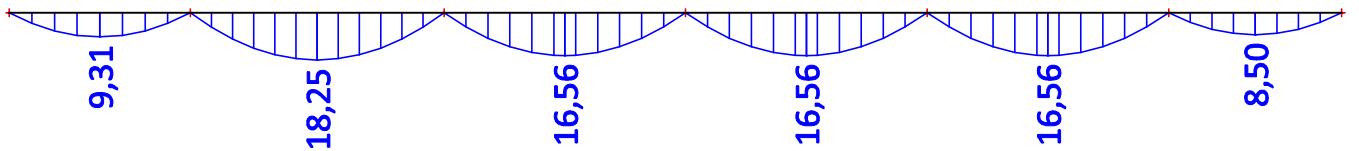
## Zatížení betonovou deskou



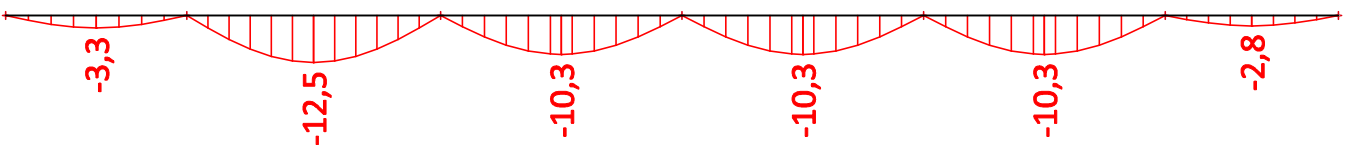
## Posouvající síly



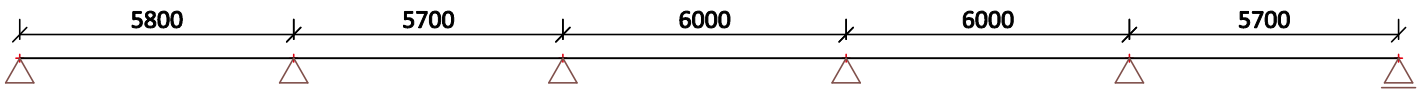
## Momenty



## Průhyby

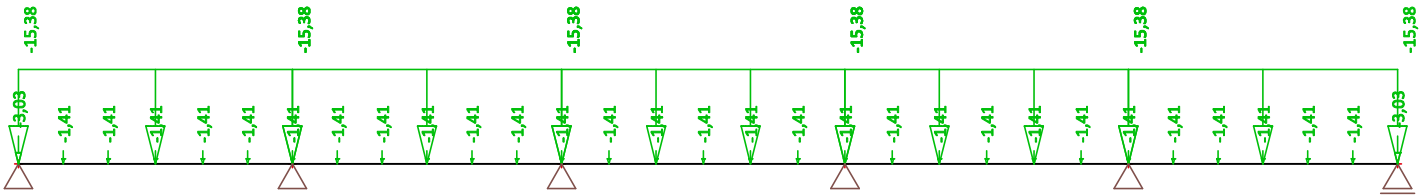


## GEOMETRIE PRŮVLAKU

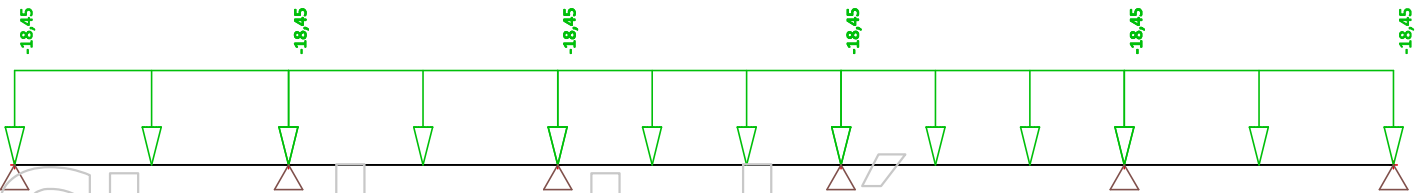


## ZATÍŽENÍ PRŮVLAKU

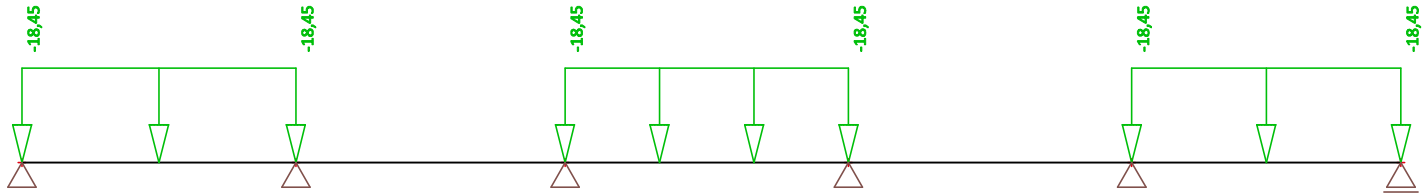
### Stálé zatížení



### Užitné zatížení



### Užitné zatížení šachovnicové 1

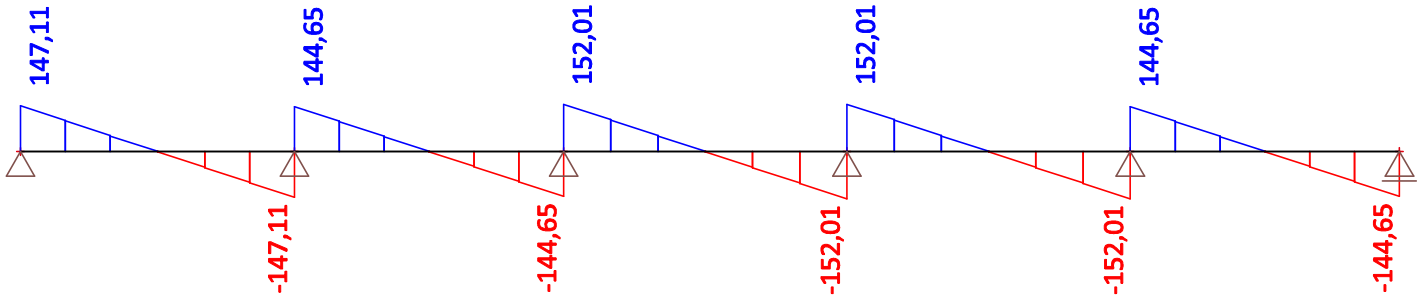


### Užitné zatížení šachovnicové 2

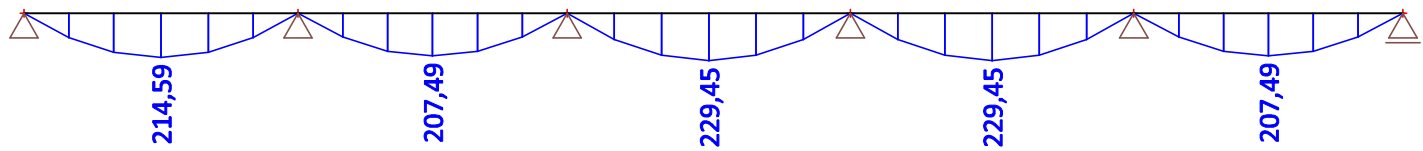


## VNITŘNÍ SÍLY PRO MSÚ

### Posouvající síly

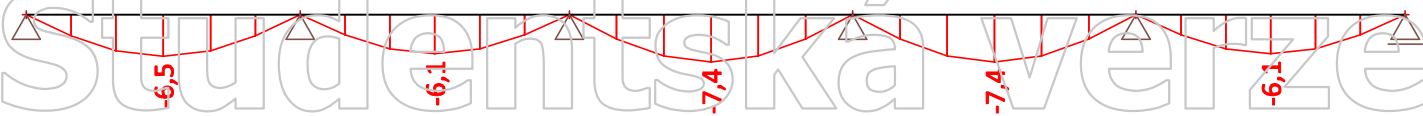


### Momenty

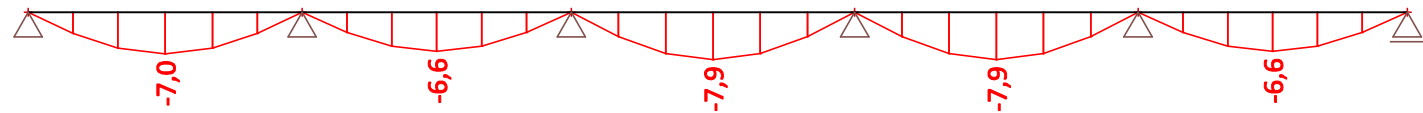


## VNITŘNÍ SÍLY PRO MSP

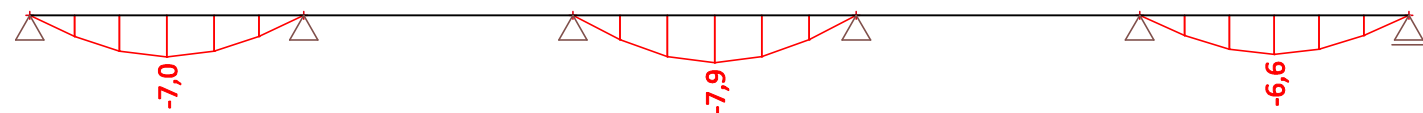
### Průhyb od stálého zatížení



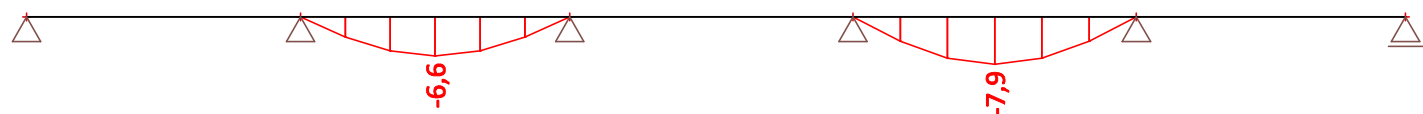
### Průhyb od rovnoměrného užitečného zatížení



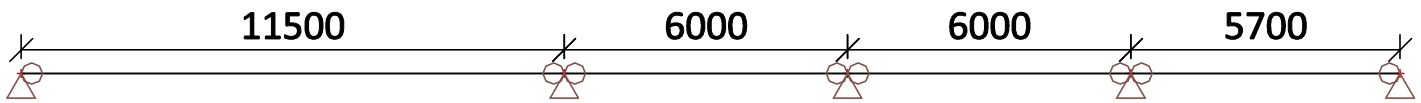
### Průhyb od šachovnicového užitečného zatížení



### Průhyb od šachovnicového zatížení 2

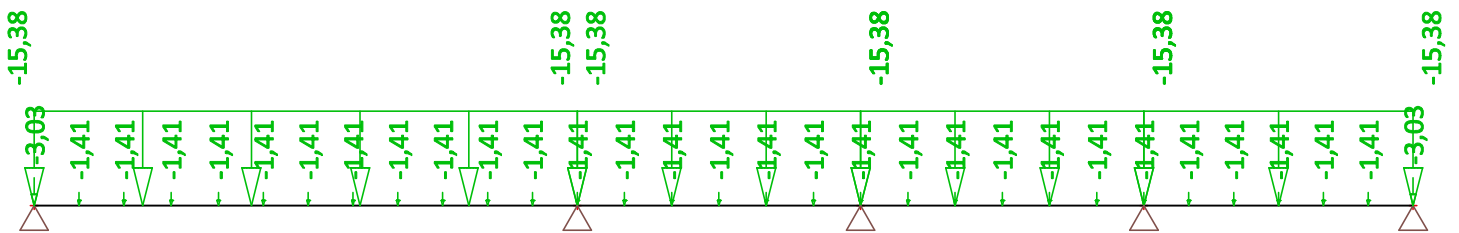


## GEOMETRIE PRŮVLAKU

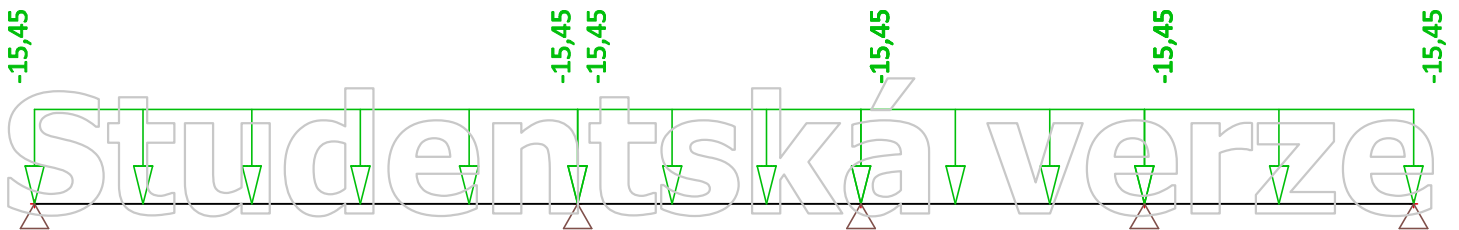


## ZATÍŽENÍ PRŮVLAKU

### Stálé zatížení



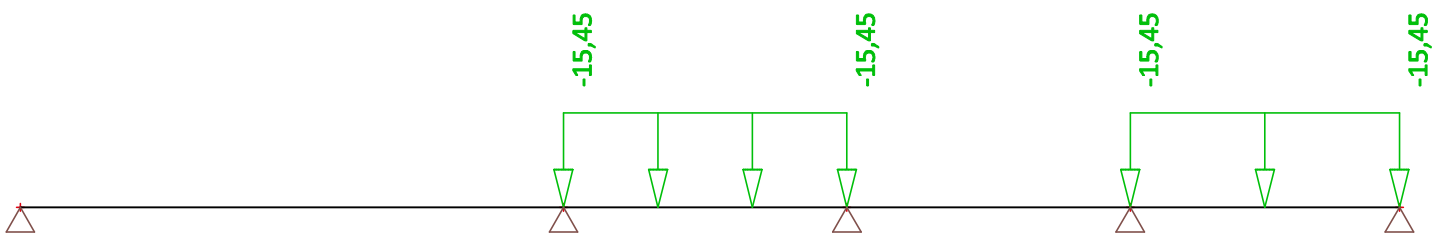
### Užitné zatížení rovnoměrné



### Užitné zatížení šachovnicové

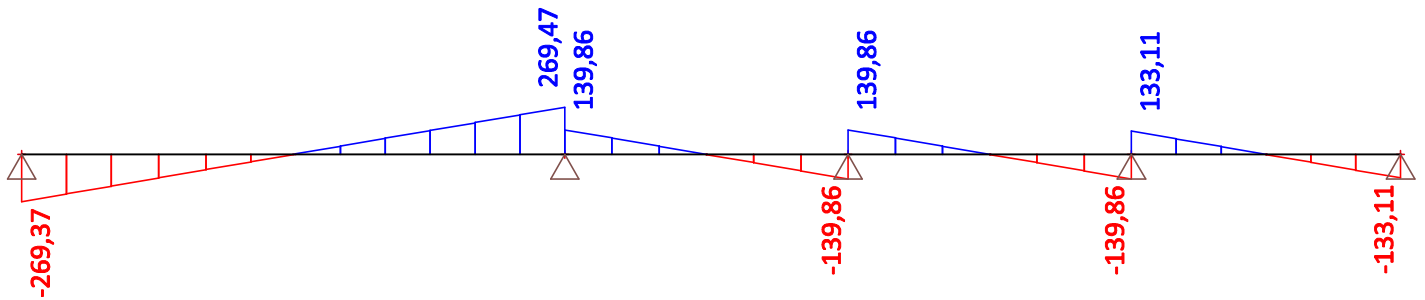


### Užitné zatížení šachovnicové 2

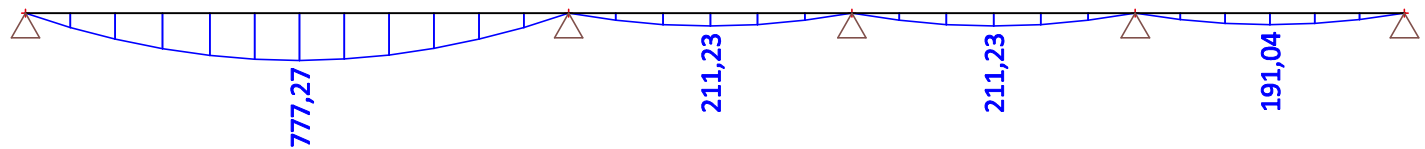


## VNITŘNÍ SÍLY PRO MSÚ

### Posouvající síly



### Momenty

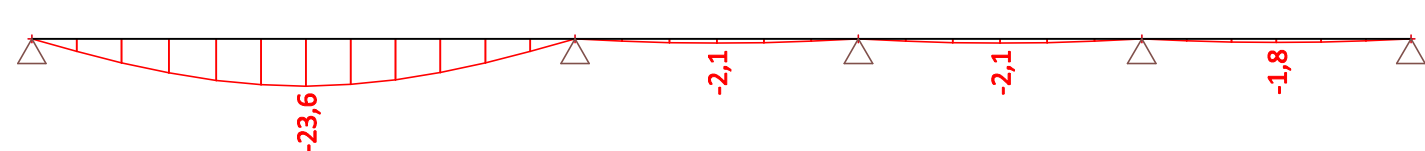


## VNITŘNÍ SÍLY PRO MSP

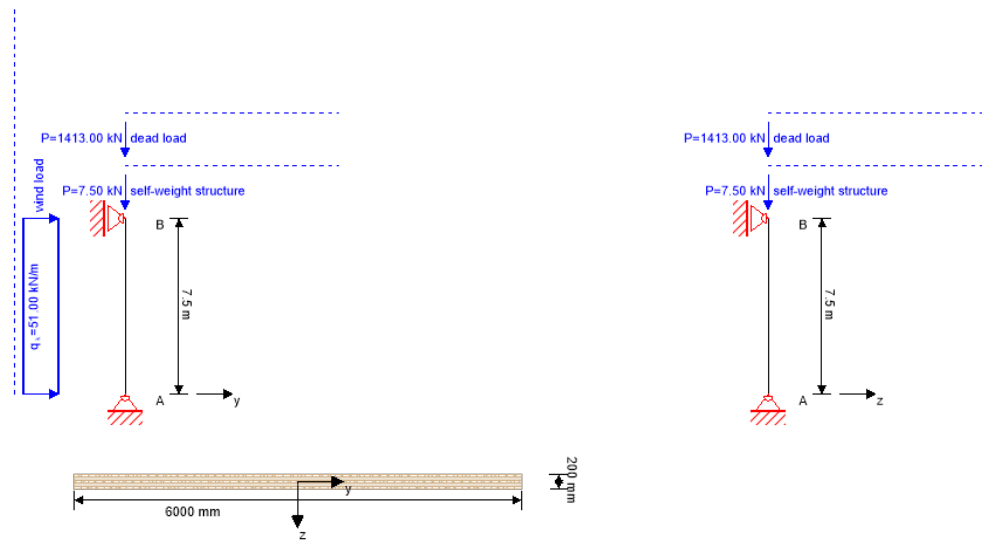
### Průhyb od stálého zatížení



### Průhyb od užitečného zatížení



**system**



**global utilization ratio** 93 %

ULS	82 %	ULS fire	93 %
-----	------	----------	------

**section: CLT 200 L5s**

	layer	thickness	orientation	material
	1	40.0 mm	0°	C24 spruce
	2	40.0 mm	90°	C24 spruce
	3	40.0 mm	0°	C24 spruce
	4	40.0 mm	90°	C24 spruce
	5	40.0 mm	0°	C24 spruce
t <sub>CLT</sub>	<b>200.0 mm</b>			

**section fire: CLT 200 L5s**

	layer	thickness	orientation	material
	1	15.0 mm	90°	C24 spruce
	2	40.0 mm	0°	C24 spruce
	3	40.0 mm	90°	C24 spruce
	4	40.0 mm	0°	C24 spruce
t <sub>CLT</sub>	<b>135.0 mm</b>			

fire resistance class: R 90      time      **90 min**

fire protection layering : 12.5 mm gypsum plasterboard Type F gypsum plasterboard Type A (acc. to EN 520) gypsum plasterboard Type F (acc. to EN 520)	t <sub>ch,h</sub>	t <sub>f,h</sub>	t <sub>a,h</sub>	d <sub>ta,h</sub>	k <sub>0</sub>	d <sub>0</sub>	d <sub>char,0,h</sub>	d <sub>ef,h</sub>
	[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]
	21	32	47	26	1	7	58.0	65.0

**material values**

material	f <sub>m,k</sub>	f <sub>t,0,k</sub>	f <sub>t,90,k</sub>	f <sub>c,0,k</sub>	f <sub>c,90,k</sub>	f <sub>v,k</sub>	f <sub>r,k min</sub>	E <sub>0,mean</sub>	G <sub>mean</sub>	G <sub>r,mean</sub>
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
C24 spruce	24.00	14.00	0.35	21.00	2.40	4.00	1.25	12,500.00	690.00	50.00

**load**

**load case groups**

	load case category	Typ	duration	Kmod	γ <sub>inf</sub>	γ <sub>sup</sub>	Ψ <sub>0</sub>	Ψ <sub>1</sub>	Ψ <sub>2</sub>
LC1	self-weight structure	G	permanet	0.6	1	1.35	1	1	1

load case groups										
	load case category	Typ	duration	Kmod	$\gamma_{inf}$	$\gamma_{sup}$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	
LC2	wind load	Q	short term	0.9	0	1.5	0.6	0.2	0	
LC3	dead load	G	permanet	0.6	1	1.35	1	1	1	

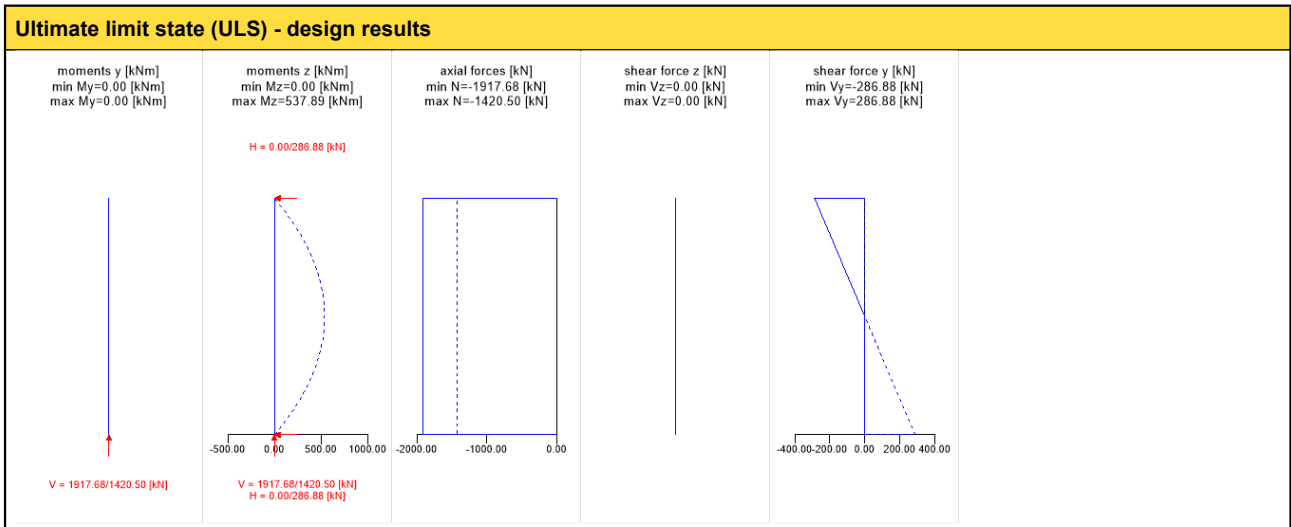
LC1:self-weight structure		
vertical load		
$P_k$	ex. y	ex. z
[kN]	[m]	[m]
7.5	0.00	0.00

LC2:wind load	
continous load	
$q_k$	
[kN/m]	
51	

LC3:dead load		
vertical load		
$P_k$	ex. y	ex. z
[kN]	[m]	[m]
1413	0.00	0.00

ULS combinations	
	combination rule
LCO1	$1.35/1.00 * LC1 + 1.35/1.00 * LC3$
LCO2	$1.35/1.00 * LC1 + 1.35/1.00 * LC3 + 1.50/0.00 * LC2$

ULS combinations fire	
	combination rule
LCO1	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3$
LCO2	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.00 * LC2$



ULS flexural design							
dist.	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,d}$	$f_{c,d}$
[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
3.75	1.25	0.90	1.10	24.00	19.01	10.08	15.12

$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	ratio	
[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
0.00	- 1917.68	0.00	0.00	2.66	0.00	7 %	LCO2

ULS shear analysis								
dist.	$f_{v,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$f_{v,d}$	$V_d$	$T_{v,d}$	ratio	
[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
7.5	4.00	1.25	0.90	2.88	0.00	0.00	0 %	LCO2

ULS rolling shear								
dist.	$f_{r,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$f_{r,d}$	$V_d$	$T_{r,d}$	ratio	
[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
7.5	1.05	1.25	0.90	0.76	0.00	0.00	0 %	LCO2

ULS shear design in plane of CLT - gross section							
dist.	$f_{v,IP,Gross,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$f_{v,IP,Gross,d}$	$V_d$	$T_{IP,Gross,d}$	ratio
[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
0.0	3.50	1.25	0.90	2.52	286.88	0.36	14 % LCO2

ULS shear design in plane of CLT - net section							
dist.	$f_{v,IP,Net,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$f_{v,IP,Net,d}$	$V_{Net,d}$	$T_{v,IP,Net,d}$	ratio
[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
0.0	8.00	1.25	0.90	5.76	286.88	0.90	16 % LCO2

ULS shear design in plane of CLT - gross section kombiniert						
dist.	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$V_d$	$T_{v,d}$	ratio	
[m]	[-]	[-]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
0.0	1.25	0.90	0.00	0.00	2 %	LCO2

ULS shear design in plane of CLT - net section kombiniert						
dist.	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$V_d$	$T_{v,d}$	ratio	
[m]	[-]	[-]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
0.0	1.25	0.90	0.00	0.00	2 %	LCO2

ULS torsional shear design in plane of CLT - in face glued surfaces										
$f_{v,T,Node,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$f_{v,T,Node,d}$	$V_{\delta,d}$	$\delta M_t$	n	a	$I_p$	ratio	
[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kNm]	[-]	[m]	[mm <sup>4</sup> ]		
2.50	1.25	0.90	1.80	286.88	43.03	160	0.150	84375010.00	13 %	LCO2

ULS buckling design											
dist.	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$k_{sys,z}$	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{m,z,d}$	$f_{t,d}$	$f_{c,d}$		
[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
0.0	1.25	0.60	1.10	1.00	24.00	12.67	11.52	0.00	10.08		
$l_{k,y}$	$l_{k,z}$	$\lambda_y$	$\lambda_z$	$\lambda_{rel,y}$	$\lambda_{rel,z}$	$\beta_c$	$k_y$	$k_z$	$k_{c,y}$	$k_{c,z}$	
[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	
7.500	7.500	113	4	1.70	0.07	0.1	2.02	0.49	0.32	1.00	
$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{m,z,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	ratio				
[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
0.00	- 1917.68	0.00	0.00	0.00	2.66	0.00	82 %	LCO1			

ULS lateral torsional buckling design										
dist.	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,d}$	$f_{c,d}$			
[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			
0.0	1.25	0.60	1.10	24.00	12.67	0.00	10.08			
$l_{ef}$	$l_k$	$\lambda_y$	$\lambda_{rel,y}$	$\lambda_{rel,m}$	$\beta_c$	$k_y$	$k_{c,y}$	$\sigma_{m,crit}$	$k_{crit}$	
[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	
7.500	7.500	113	1.70	1.68	0.1	2.02	0.32	8.52	0.36	



$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	ratio	
[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
0.00	- 1917.68	0.00	0.00	2.66	0.00	82 %	LCO1

flexural stress analysis							
$M_{y,d} =$	0.00	kNm		$f_{m,k} =$	24.00	N/mm <sup>2</sup>	
$N_{c,d} =$	-1917.68	kN		$\gamma_m =$	1.25	-	
				$k_{mod} =$	0.90	-	
				$k_{sys,y} =$	1.10	-	
$\sigma_{c,d} =$	2.66	N/mm <sup>2</sup>		$f_{c,d} =$	15.12	N/mm <sup>2</sup>	
$\sigma_{m,y,d} =$	0.00	N/mm <sup>2</sup>	<	$f_{m,y,d} =$	19.01	N/mm <sup>2</sup>	✓
utilization ratio						7 %	

shear stress analysis							
$V_d =$	0.00	kN		$f_{v,k} =$	4.00	N/mm <sup>2</sup>	
				$\gamma_m =$	1.25	-	
				$k_{mod} =$	0.90	-	
$T_{v,d} =$	0.00	N/mm <sup>2</sup>	<	$f_{v,d} =$	2.88	N/mm <sup>2</sup>	✓
utilization ratio						0 %	

rolling shear analysis							
$V_d =$	0.00	kN		$f_{r,k} =$	1.05	N/mm <sup>2</sup>	
				$\gamma_m =$	1.25	-	
				$k_{mod} =$	0.90	-	
$T_{r,d} =$	0.00	N/mm <sup>2</sup>	<	$f_{r,d} =$	0.76	N/mm <sup>2</sup>	✓
utilization ratio						0 %	

shear analysis gross section							
$V_d =$	286.88	kNm		$f_{v,IP,Gross,k} =$	3.50	N/mm <sup>2</sup>	
				$\gamma_m =$	1.25	-	
				$k_{mod} =$	0.90	-	
$T_{IP,Gross,d} =$	0.36	N/mm <sup>2</sup>	<	$f_{v,IP,Gross,d} =$	2.52	N/mm <sup>2</sup>	✓
utilization ratio						14 %	

shear analysis net section							
$V_{Net,d} =$	286.88	kNm		$f_{v,IP,Net,k} =$	8.00	N/mm <sup>2</sup>	
				$\gamma_m =$	1.25	-	
				$k_{mod} =$	0.90	-	
$T_{v,IP,Net,d} =$	0.90	N/mm <sup>2</sup>	<	$f_{v,IP,Net,d} =$	5.76	N/mm <sup>2</sup>	✓
utilization ratio						16 %	

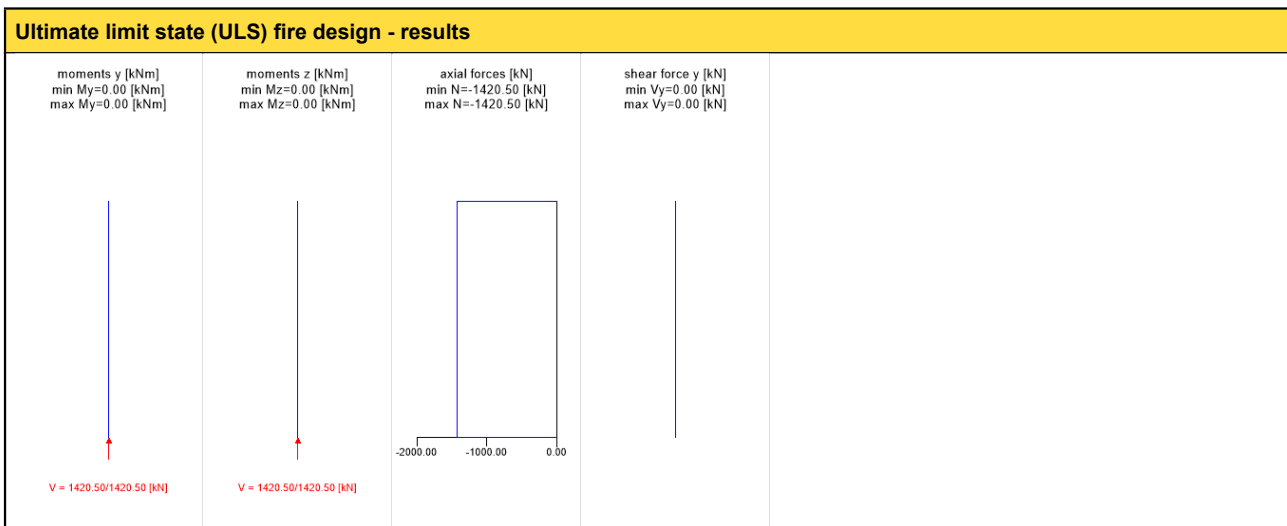
shear analysis gross section combined							
$V_d =$	0.00	kN		$f_{v,k} =$	4.00	N/mm <sup>2</sup>	
$V_{Gross,d} =$	286.88	kNm		$f_{v,IP,Gross,k} =$	3.50	N/mm <sup>2</sup>	
				$\gamma_m =$	1.25	-	
				$k_{mod} =$	0.90	-	
$T_{v,d} =$	0.00	N/mm <sup>2</sup>		$f_{v,d} =$	2.88	N/mm <sup>2</sup>	
$T_{IP,Gross,d} =$	0.36	N/mm <sup>2</sup>	<	$f_{v,IP,Gross,d} =$	2.52	N/mm <sup>2</sup>	✓
utilization ratio						2 %	

shear analysis net section combined							
$V_d =$	0.00	kN		$f_{v,k} =$	4.00	N/mm <sup>2</sup>	
$V_{Net,d} =$	286.88	kNm		$f_{v,IP,Net,k} =$	8.00	N/mm <sup>2</sup>	
				$\gamma_m =$	1.25	-	
				$k_{mod} =$	0.90	-	
$T_{v,d} =$	0.00	N/mm <sup>2</sup>		$f_{v,d} =$	2.88	N/mm <sup>2</sup>	
$T_{IP,Net,d} =$	0.90	N/mm <sup>2</sup>	<	$f_{v,IP,Net,d} =$	5.76	N/mm <sup>2</sup>	✓
utilization ratio						2 %	

torsional shear design in plane of CLT - in face glued surfaces			
$V_{\delta,d} =$	286.88 kNm	$f_{v,T,Node,k} =$	2.50 N/mm <sup>2</sup>
		$\gamma_m =$	1.25 -
		$k_{mod} =$	0.90 -
$T_{T,Node,d} =$	0.24 N/mm <sup>2</sup>	$f_{v,T,Node,d} =$	1.80 N/mm <sup>2</sup> ✓
utilization ratio			13 %

buckling analysis			
$M_{y,d} =$	0.00 kNm	$f_{m,k} =$	24.00 N/mm <sup>2</sup>
$N_{c,d} =$	-1917.68 kN	$\gamma_m =$	1.25 -
		$k_{mod} =$	0.60 -
		$k_{sys,y} =$	1.10 -
$\sigma_{c,d} =$	2.66 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d} =$	10.08 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d} =$	0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,y,d} =$	12.67 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,z,d} =$	11.52 N/mm <sup>2</sup> ✓
utilization ratio			82 %

lateral torsional buckling analysis			
$M_{y,d} =$	0.00 kNm	$f_{m,k} =$	24.00 N/mm <sup>2</sup>
$N_{c,d} =$	-1917.68 kN	$\gamma_m =$	1.25 -
		$k_{mod} =$	0.60 -
		$k_{sys,y} =$	1.10 -
$\sigma_{c,d} =$	2.66 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d} =$	10.08 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d} =$	0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,y,d} =$	12.67 N/mm <sup>2</sup> ✓
utilization ratio			82 %



ULS fire flexural design								
dist.	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$k_{fi}$	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,d}$	$f_{c,d}$
[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
0.0	1.00	1.00	1.10	1.15	24.00	30.36	16.10	24.15
$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	ratio		
[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			
0.00	-1420.50	0.00	0.00	2.96	0.00	2 %	LCO1	

ULS fire shear analysis										
dist.	$f_{v,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$k_{fi}$	$f_{v,d}$	$V_d$	$\tau_{v,d}$	ratio	
[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
7.5	4.00	1.00	1.00	1.10	1.15	4.60	0.00	0.00	0 %	LCO2

ULS fire rolling shear										
dist.	$f_{r,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$k_{fi}$	$f_{r,d}$	$V_d$	$\tau_{r,d}$	ratio	
[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
7.5	1.25	1.00	1.00	1.10	1.15	1.44	0.00	0.00	0 %	LCO2

ULS buckling design									
dist.	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$k_{sys,z}$	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{m,z,d}$	$f_{t,d}$	$f_{c,d}$
[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
0.0	1.00	1.00	1.10	1.00	24.00	30.36	27.60	0.00	24.15
$l_{k,y}$	$l_{k,z}$	$\lambda_y$	$\lambda_z$	$\lambda_{rel,y}$	$\lambda_{rel,z}$	$\beta_c$	$k_y$	$k_z$	$k_{c,y}$
[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
7.500	7.500	180	4	2.71	0.07	0.1	4.29	0.49	0.13
$k_{c,z}$	$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{m,z,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	ratio	
[-]	[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	2.96	0.00	93 %	LCO1
		1420.50							

ULS fire lateral torsional buckling design									
dist.	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$k_{fi}$	$f_{m,k}$	$f_{m,y,d}$	$f_{t,d}$	$f_{c,d}$	
[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
0.0	1.00	1.00	1.10	1.15	24.00	30.36	0.00	24.15	
$l_{ef}$	$l_k$	$\lambda_y$	$\lambda_{rel,y}$	$\lambda_{rel,m}$	$\beta_c$	$k_y$	$k_{c,y}$	$\sigma_{m,crit}$	$k_{crit}$
[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]
7.500	7.500	180	2.71	2.57	0.1	4.29	0.13	3.65	0.15
$M_{y,d}$	$N_{c,d}$	$N_{t,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{t,d}$	ratio			
[kNm]	[kN]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
0.00	-	0.00	0.00	2.96	0.00	93 %			LCO1
	1420.50								

flexural stress analysis fire									
$M_{y,d} =$	0.00	kNm			$f_{m,k} =$	24.00	N/mm <sup>2</sup>		
$N_{c,d} =$	-1420.50	kN			$\gamma_m =$	1.00	-		
					$k_{mod} =$	1.00	-		
					$k_{sys,y} =$	1.10	-		
					$k_{fi} =$	1.15	-		
$\sigma_{c,d} =$	2.96	N/mm <sup>2</sup>			$f_{c,d} =$	24.15	N/mm <sup>2</sup>		
$\sigma_{m,y,d} =$	0.00	N/mm <sup>2</sup>	<		$f_{m,y,d} =$	30.36	N/mm <sup>2</sup>		✓
<b>utilization ratio</b>								2 %	

shear stress analysis fire									
$V_d =$	0.00	kN			$f_{v,k} =$	4.00	N/mm <sup>2</sup>		
					$\gamma_m =$	1.00	-		
					$k_{mod} =$	1.00	-		
					$k_{fi} =$	1.15	-		
$T_{v,d} =$	0.00	N/mm <sup>2</sup>	<		$f_{v,d} =$	4.60	N/mm <sup>2</sup>		✓
<b>utilization ratio</b>								0 %	

rolling shear analysis fire									
$V_d =$	0.00	kN			$f_{r,k} =$	1.25	N/mm <sup>2</sup>		
					$\gamma_m =$	1.00	-		
					$k_{mod} =$	1.00	-		
					$k_{fi} =$	1.15	-		
$T_{r,d} =$	0.00	N/mm <sup>2</sup>	<		$f_{r,d} =$	1.44	N/mm <sup>2</sup>		✓
<b>utilization ratio</b>								0 %	

buckling analysis fire						
$M_{y,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k} =$	24.00	N/mm <sup>2</sup>	
$N_{c,d} =$	-1420.50	kN	$\gamma_m =$	1.00	-	
			$k_{mod} =$	1.00	-	
			$k_{sys,y} =$	1.10	-	
			$k_{fi} =$	1.15	-	
$\sigma_{c,d} =$	2.96	N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d} =$	24.15	N/mm <sup>2</sup>	
$\sigma_{m,y,d} =$	0.00	N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,y,d} =$	30.36	N/mm <sup>2</sup>	
$\sigma_{m,z,d} =$	0.00	N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,z,d} =$	27.60	N/mm <sup>2</sup>	✓
<b>utilization ratio</b>					93 %	

lateral torsional buckling analysis fire						
$M_{y,d} =$	0.00	kNm	$f_{m,k} =$	24.00	N/mm <sup>2</sup>	
$N_{c,d} =$	-1420.50	kN	$\gamma_m =$	1.00	-	
			$k_{mod} =$	1.00	-	
			$k_{sys,y} =$	1.10	-	
			$k_{fi} =$	1.15	-	
$\sigma_{c,d} =$	2.96	N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d} =$	24.15	N/mm <sup>2</sup>	
$\sigma_{m,y,d} =$	0.00	N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,y,d} =$	30.36	N/mm <sup>2</sup>	✓
<b>utilization ratio</b>					93 %	

support reaction						
load case category	$k_{mod}$	$A_y$	$A_z$	$B_x$	$B_y$	$B_z$
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
self-weight structure	0.6	0.00	0.00	7.50	0.00	0.00
		0.00	0.00	7.50	0.00	0.00
wind load	0.9	191.25	0.00	0.00	191.25	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
dead load	0.6	0.00	0.00	1413.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	1413.00	0.00	0.00

reference documents for this analysis	
English title	description
EN 338	EN 338 - Structural timber — Strength classes
EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings
ETA-14/0349	European Technical Assessment ETA-14/0349 of 02.10.2014
Expertise Rolling shear - no edge gluing, H.J. Blass	Expertise on Rolling shear for CLT
EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocode 5 — Design of timber structures — Part 1-2: General — Structural fire design
Technical expertise 122/2011/02: analysis of load bearing capacity and separation performance of CLT elements	Verification of the load bearing capacity and the insulation criterion of CLT structures with Stora Enso CLT
Technical expertise 2434/2012 - BB: failure time $t_f$ of gypsum fire boards (GKF) according to ON B 3410	Expertise on failure time $t_f$ of gypsum wall fire boards according to ON B3410 and gypsum wall boards type DF according to EN 520
EN 1990	EN 1990 - Eurocode — Basis of structural design
BS EN 1995-1-1 NA	BS EN 1995-1-1 - UK - National Annex to Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General- Common rules and rules for buildings
BS EN 1995-1-2 NA	BS EN 1995-1-2 - UK National Annex to Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-2: General - Structural fire design
Fire safety in timber buildings - technical guideline for Europe	Fire safety in timber buildings - technical guideline for Europe; publishes by SP Technical Research Institute of Sweden
National specifications concerning ÖNORM EN 1995-1-2, national comments and national supplements, chapter 12	ÖNORM EN 1995-1-2 - National specifications concerning ÖNORM EN 1995-1-2, national comments and national supplements, chapter 12
BS EN 1995-1-2_NA	BS EN 1995-1-2 - United Kingdom - National Annex - Eurocode 5: Design of timber structures — Part 1-2: General — Structural fire design — National specifications concerning BS EN 1995-1-2, national comments and national supplements
Expertise Rolling shear, H.J. Blass	Expertise on rolling shear strength and rolling shear modulus of CLT panels
Expertise shear in plane of CLT, H.J. Blass	Expertise - revision of DIBt technical approval Z-9.1/599 - shear in the plane of CLT

**Disclaimer**

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for



plausibility.

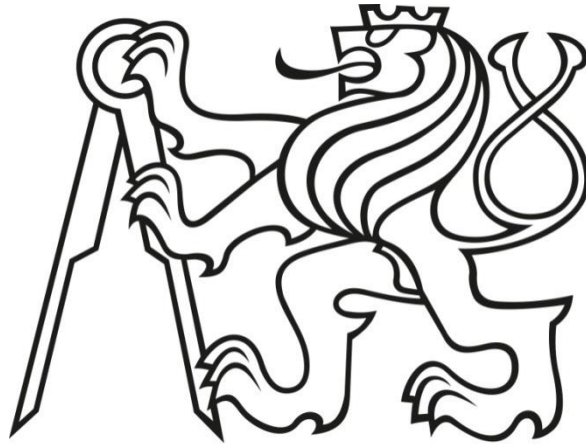
The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



# DIPLOMOVÁ PRÁCE

---

## ČÁST D: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

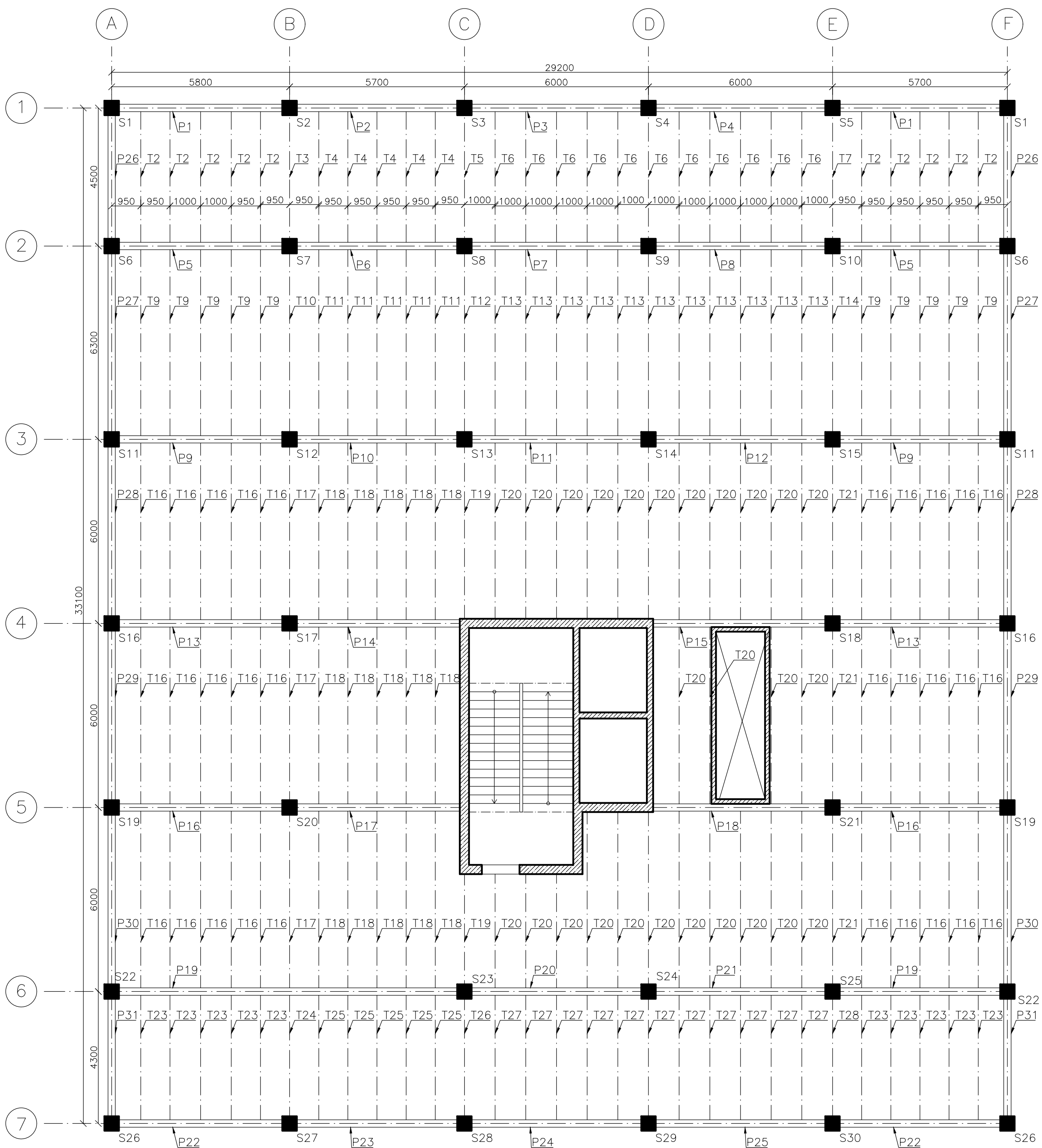
Název projektu: Centrum designu a pokročilá aplikace dřeva

Vypracovala: Michaela Sojáková

Vedoucí práce: Ing. Robert Jára

Datum: 8.1.2016

# VÝKRES TVARU PŘÍZEMNÍHO PODLAŽNÍ 1:100



## LEGENDA PRVKŮ A MATERIÁLŮ:

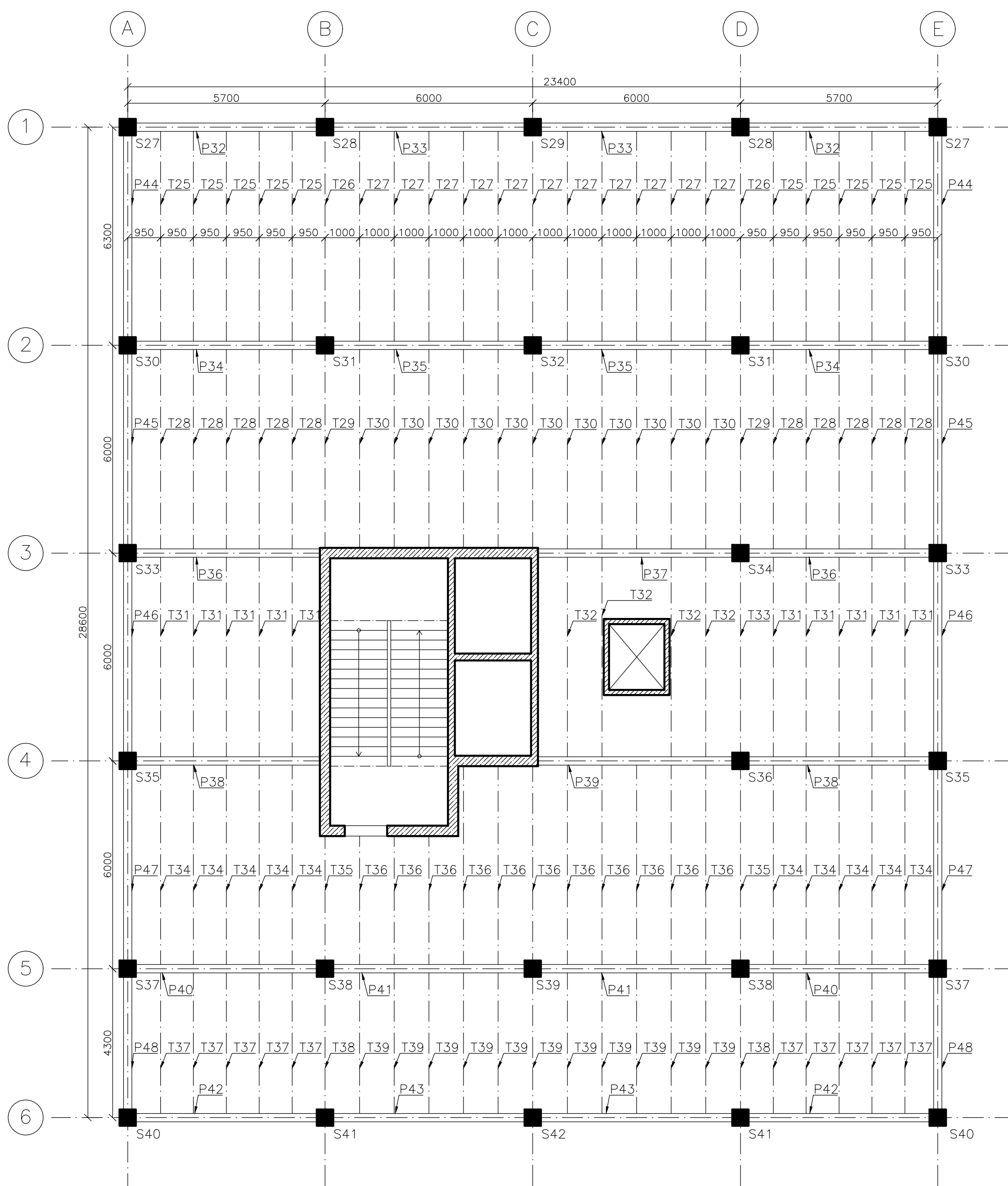
S1-S16 Sloup GL28h 480/480 mm  
 P1-P11 Průvlak GL28h 240/640 mm  
 T1-T20 Stropnice GL28h 200/280 mm  
 Součást dřevobetonového stropu

Betonová deska Tloušťka 100 mm  
 C 30/37 XC1 - Cl 0,2 - Dmax 16 - S3  
 Součást dřevobetonového stropu

Spojovací materiál: Ocel S355 Zn  
 SFS vřuty VB-48-7,5 x 165 (Dřevobetonový strop)

Zpracoval:	Vedoucí práce:	Školní rok:	Fakulta stavební
Michaela Sojáková	Ing. Robert Jára	2016/ 2017	CVUT
Stavba:	Centrum designu a pokročilé aplikace dřeva WIDC		Datum
Část:	Statická část		12.12.2016
Výkres:	Výkres tvaru běžného podlaží		Měřítko
			1:100
			Formát
			A2
			č. výkresu
			01

# VÝKRES TVARU BĚŽNÉHO PODLAŽÍ 1:100



## LEGENDA PRVKŮ A MATERIÁLŮ:

S27-S42 Sloup GL28h 400/400 mm  
 S43-S58 Sloup GL28h 360/360 mm (2.NP+3.NP)  
 S58-S73 Sloup GL28h 320/320 mm (4.NP+5.NP)

P32-P43 Průvlak GL28h 240/640 mm  
 T24-T37 Stropnice GL28h 200/280 mm  
 Součást dřevobetonového stropu

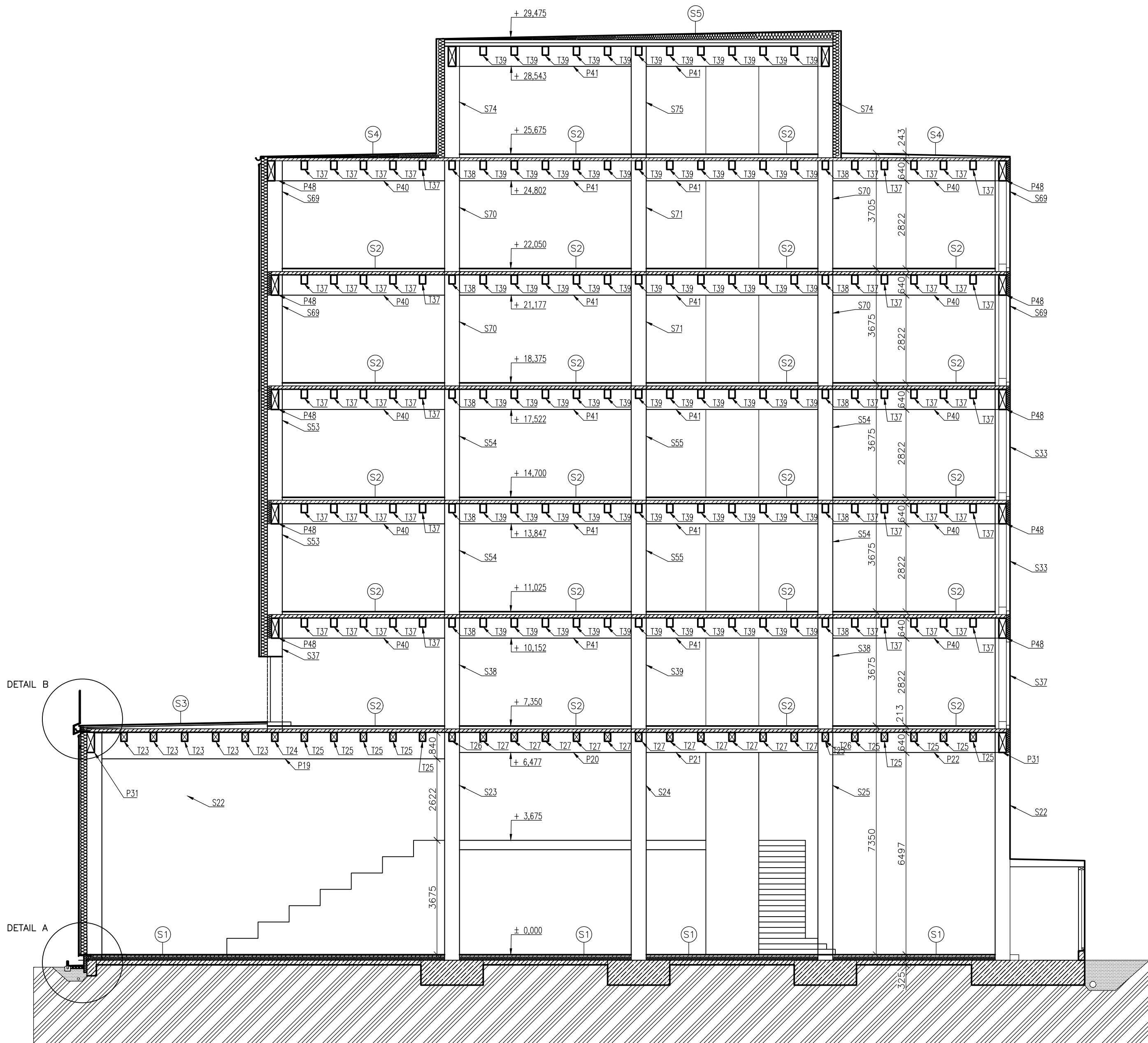
Betonová deska Tloušťka 100 mm  
 C 30/37 XC1 - Cl 0,2 - Dmax 16 - S3  
 Součást dřevobetonového stropu

Spojovací materiál: Ocel S355 Zn  
 SFS vruty VB-48-7,5 x 165 (Dřevobetonový strop)

Zpracoval: Michaela Sojáková	Vedoucí práce: Ing. Robert Jára	Školní rok: 2016/ 2017	Fakulta stavební <b>CVUT</b>
Stavba: Centrum designu a pokročilé aplikace dřeva WIDC			Datum 12.12.2016
Část: Statická část			Měřítko 1:100
Výkres: Výkres tvaru běžného podlaží			Formát A2
			Č. výkresu 02



# ŘEZ 1:100



- S1** NÁŠLAPNÁ VRSTVA – DUBOVÁ PODLAHA tl. 20 mm (592 kg/m<sup>3</sup>)  
 DESKA FERMACELL tl. 20 mm (1150 kg/m<sup>3</sup>)  
 ROCKWOLL STEPROCK ND tl. 50 mm (1,177 kN/m<sup>3</sup>)  
 ROZNAŠEČÍ BETONOVÁ MAZANINA tl. 50 mm (24 kN/m<sup>3</sup>)  
 SEPARAČNÍ POLYETHYLENOVÁ PODLOŽKA tl. 0,1 mm  
 TEPELNÁ IZOLACE tl. 100 mm  
 HYDROIZOLAČNÍ ASFALTOVÝ PÁS (SBS modifikovaný asfalt s nosnou vložkou)  
 PENETRAČNÍ ASFALTOVÁ EMULZE  
 PODKLADNÍ BETONOVÁ DESKA tl. 150 mm  
 ZEMINA
- S2** NÁŠLAPNÁ VRSTVA – DUBOVÁ PODLAHA tl. 20 mm (592 kg/m<sup>3</sup>)  
 DESKA FERMACELL SILENTIO tl. 20 mm (1150 kg/m<sup>3</sup>)  
 ROCKWOLL STEPROCK ND tl. 50 mm (1,177 kN/m<sup>3</sup>)  
 BETONOVÁ DESKA tl. 100 mm + VÝZTUŽNÁ KARI SÍŤ  
 SEPARAČNÍ FÓLIE  
 OSB DESKA tl. 18 mm (600 kg/m<sup>3</sup>)  
 DŘEVĚNÝ STROPNICE Z LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA 200/280 mm (410 kg/m<sup>3</sup>)  
 ZAVĚŠENÝ SDK PODHLED (14 kg/m<sup>2</sup>) + TEPELNÁ IZOLACE tl. 50 mm (0,4 kN/m<sup>3</sup>)
- S3** NÁŠLAPNÁ VRSTVA – DUBOVÁ PODLAHA tl. 20 mm  
 PROVĚTRÁVANÁ MEZERA + DŘEVĚNÝ ROŠT 40/60 mm  
 PAROZÁBRANA  
 SPÁDOVÁ TEPELNÁ IZOLACE ROCKFALL (MIN 40 mm)  
 BETONOVÁ DESKA TL. 100 mm  
 SEPARAČNÍ FÓLIE  
 OSB DESKA TL. 18 mm  
 DŘEVĚNÁ STROPNICE Z LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA 200/280 (410 KG/M<sup>3</sup>)  
 ZAVĚŠENÝ SDK PODHLED (14 kg/m<sup>2</sup>) + TEPELNÁ IZOLACE tl. 50 mm (0,4 kN/m<sup>3</sup>)

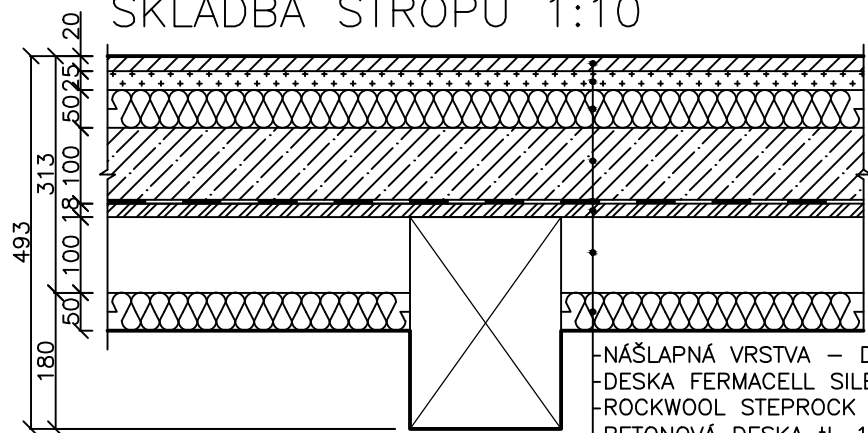
- S4** URBANSCAPE ZELENÝ ROZCHODNÍKOVÝ KOBEREK SEDUM–MIX 40 mm<sup>(1)</sup>  
 URBANSCAPE GREEN ROLL NASÁKAVÝ SUBSTRÁT Z KAMENNÉ VLNY 40 mm<sup>(1)</sup>  
 URBANSCAPE DRENÁŽNÍ A RETENČNÍ FÓLIE 25 mm<sup>(1)</sup>  
 URBANSCAPE OCHRANNÁ FÓLIE PROTI PRORŮSTÁNÍ KOŘINKŮ 0,5 mm<sup>(1)</sup>  
 STŘEŠNÍ HYDROIZOLAČNÍ FÓLIE<sup>(1)</sup>  
 TEPELNĚ – IZOLAČNÍ VRSTVA Z MINERÁLNÍ VLNY KNAUF INSULATION SMARTROOF Top (spádové desky)<sup>(1)</sup>  
 TEPELNĚ – IZOLAČNÍ VRSTVA Z MINERÁLNÍ VLNY KNAUF INSULATION SMARTROOF Thermal<sup>(1)</sup>  
 PAROTĚSNÁ ZÁBRANA HOMESEAL LDS 100 0,2 mm, SPOJE LEPENY PÁSKOU HEMSEAL LDS SOLIFIT<sup>(1)</sup>  
 SEPARAČNÍ VRSTVA Z GEOTEXTIIE<sup>(1)</sup>  
 MECHANICKÉ KOTVENÍ – S TELESKOPEM<sup>(1)</sup>  
 BETONOVÁ DESKA tl. 100 mm  
 SEPARAČNÍ FÓLIE  
 OSB DESKA tl. 18 mm (600 kg/m<sup>3</sup>)  
 DŘEVĚNÝ STROPNICE Z LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA 200/280 mm (410 kg/m<sup>3</sup>)  
 ZAVĚŠENÝ SDK PODHLED (14 kg/m<sup>2</sup>) + TEPELNÁ IZOLACE tl. 50 mm (0,4 kN/m<sup>3</sup>)
- S5** VRYCHNÍ HYDROIZOLACE BAUKUBIT K5K tL. 5,2 mm<sup>(2)</sup>  
 SPODNÍ HYDROIZOLACE BAUDERTHERM UL 50 tL. 4,2 mm<sup>(2)</sup>  
 SPÁDOVÁ IZOLACE BAUDERPIR DNA tl. 200 mm<sup>(2)</sup>  
 PAROZÁBRANA BAUDERFLEX DNA tl. 4 mm<sup>(2)</sup>  
 PENETRAČNÍ NÁTĚR BURKOLIT V<sup>(2)</sup>  
 BETONOVÁ DESKA tl. 100 mm  
 SEPARAČNÍ FÓLIE  
 OSB DESKA tl. 18 mm (600 kg/m<sup>3</sup>)  
 DŘEVĚNÝ STROPNICE Z LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA 200/280 mm (410 kg/m<sup>3</sup>)  
 ZAVĚŠENÝ SDK PODHLED (14 kg/m<sup>2</sup>) + TEPELNÁ IZOLACE tl. 50 mm (0,4 kN/m<sup>3</sup>)

LEGENDA PRVKŮ A MATERIÁLŮ:  
 S1 Sloup GL28h 480/480 mm  
 S2 Sloup GL28h 400/400 mm  
 S3 Sloup GL28h 360/360 mm  
 S4 Sloup GL28h 320/320 mm  
 P1 Průvlak GL28h 240/640 mm  
 T1–T23 Stropnice GL28h 200/280 mm  
 Součást dřevobetonového stropu  
 Betonová deska Tloušťka 100 mm  
 C 30/37 XC1 – Cl 0,2 – Dmax 16 – S3  
 Součást dřevobetonového stropu  
 Spojovací materiál: Ocel S355 Zn  
 SFS vruty VB–48–7,5 x 165 (Dřevobetonový strop)

<sup>(1)</sup>Zelená střecha Urbanscape. Knauf insulation [online]. [cit. 2017–01–07].  
 Dostupné z: <http://www.knaufinsulation.cz/zelene-strechy-urbanscape>  
<sup>(2)</sup>Plochá střecha: systémové řešení. Bauder [online]. [cit. 2017–01–07].  
 Dostupné z: <http://www.bauder.cz/cz/plocha-strecha/systemova-reseni/novostavba/skladba-na-betonu/novostavbabeton-pr2.html>

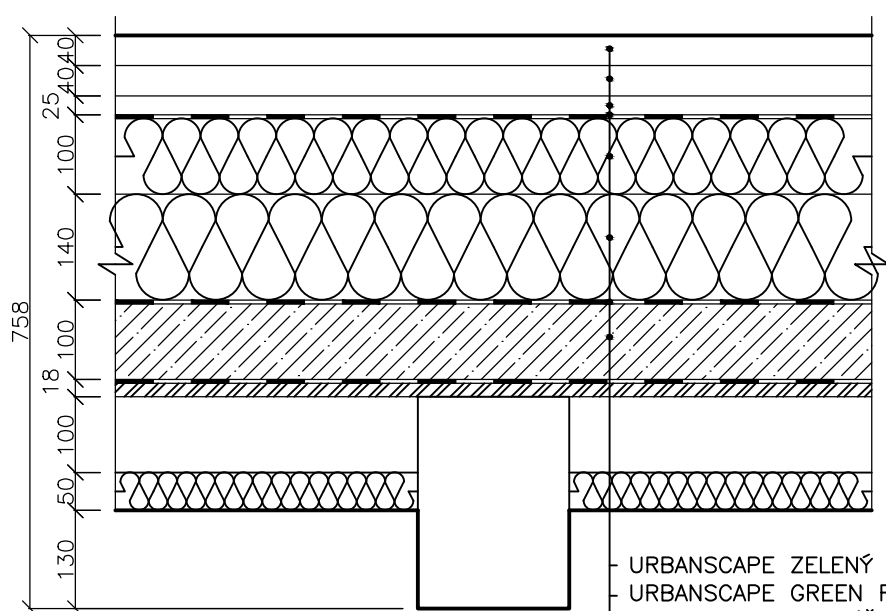
Zpracoval:	vedoucí práce:	Školní rok:	Fakulta stavební
Michaela Sojáková	Ing. Robert Jára	2016/ 2017	ČVUT
Stavba:	Centrum designu a pokročilé aplikace dřeva WIDC		Datum 08.01.2017
Část:	Statická část	Měřítko 1:100	Formát A2
Výkres:	Statický řez	Č. výkresu 03	

## SKLADBA STROPU 1:10




- NÁŠLAPNÁ VRSTVA – DUBOVÁ PODLAHA tl. 20 mm (592 kg/m<sup>3</sup>)
- DESKA FERMACELL SILENTIO tl. 20 mm (1150 kg/m<sup>3</sup>)
- ROCKWOOL STEP ROCK ND tl. 50 mm (1,177 kN/m<sup>3</sup>)
- BETONOVÁ DESKA tl. 100 mm + VÝZTUŽNÁ KARI SÍŤ
- SEPARAČNÍ FÓLIE
- OSB DESKA tl. 18 mm (600 kg/m<sup>3</sup>)
- DŘEVĚNÝ STŘOPNICE Z LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA 200/280 mm (410 kg/m<sup>3</sup>)
- ZAVĚŠENÝ SDK PODHLED (14 kg/m<sup>2</sup>) + TEPELNÁ IZOLACE tl. 50 mm (0,4 kN/m<sup>3</sup>)

## SKLADBA STŘECHY 1:10

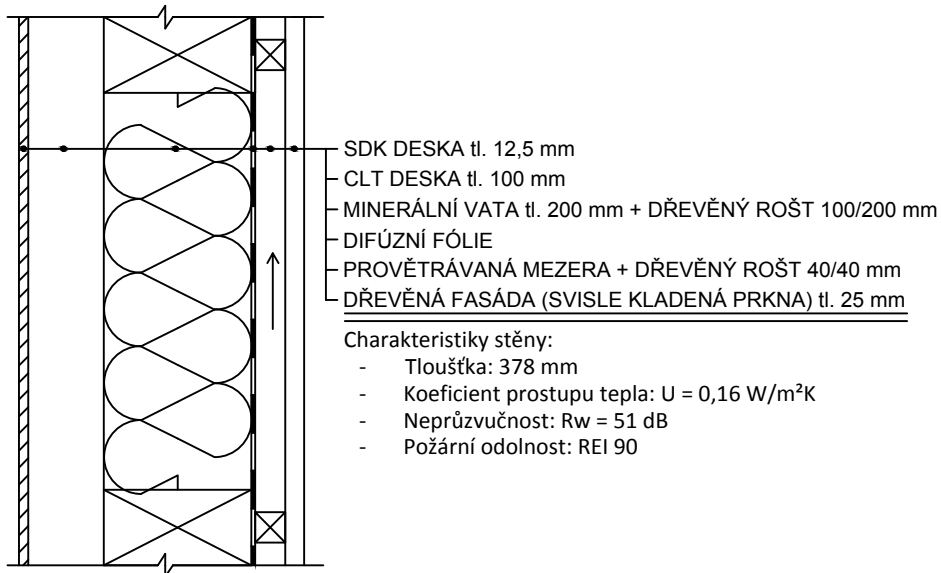


- URBANSCAPE ZELENÝ ROZCHODNÍKOVÝ KOBEREC SEDUM-MIX 40 mm<sup>1</sup>
- URBANSCAPE GREEN ROLL NASÁKAVÝ SUBSTRÁT Z KAMENNÉ VLNY 40 mm<sup>1</sup>
- URBANSCAPE DRENÁŽNÍ A RETENČNÍ FÓLIE 25 mm<sup>1</sup>
- URBANSCAPE OCHRANNÁ FÓLIE PROTI PRORŮSTÁNÍ KOŘINKŮ 0,5 mm<sup>1</sup>
- STŘEŠNÍ HYDROIZOLAČNÍ FÓLIE<sup>1</sup>
- TEPELNĚ – IZOLAČNÍ VRSTVA Z MINERÁLNÍ VLNY KNAUF INSULATION SMARTROOF Top (spádové desky)<sup>1</sup>
- TEPELNĚ – IZOLAČNÍ VRSTVA Z MINERÁLNÍ VLNY KNAUF INSULATION SMARTROOF Thermal<sup>1</sup>
- PAROTĚSNÁ ZÁBRANA HOMESEAL LDS 100 0,2 mm, SPOJE LEPENY PÁSKOU HEMSEAL LDS SOLIFIT<sup>1</sup>
- SEPARAČNÍ VRSTVA Z GEOTEXILIE<sup>1</sup>
- MECHANICKÉ KOTVENÍ – S TELESKOPEM<sup>1</sup>
- BETONOVÁ DESKA tl. 100 mm
- SEPARAČNÍ FÓLIE
- OSB DESKA tl. 18 mm (600 kg/m<sup>3</sup>)
- DŘEVĚNÝ STŘOPNICE Z LEPENÉHO LAMELOVÉHO DŘEVA 200/280 mm (410 kg/m<sup>3</sup>)
- ZAVĚŠENÝ SDK PODHLED (14 kg/m<sup>2</sup>) + TEPELNÁ IZOLACE tl. 50 mm (0,4 kN/m<sup>3</sup>)

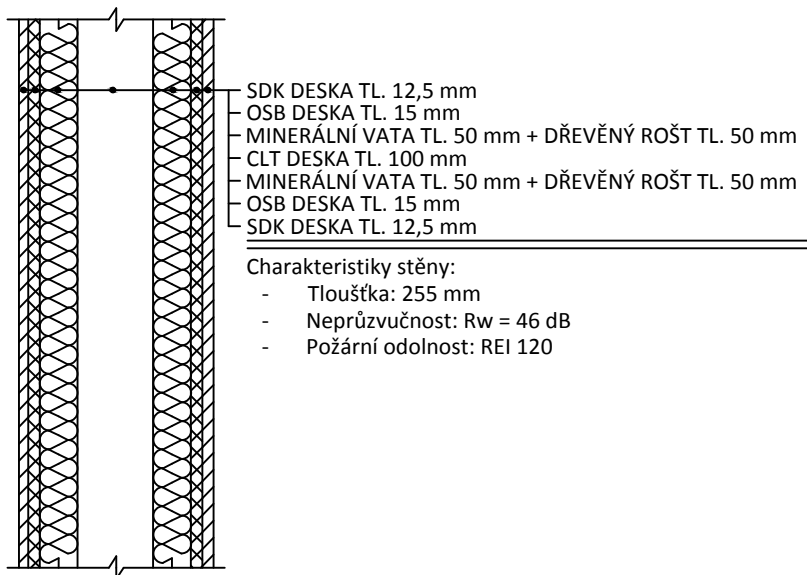
<sup>1</sup>Zelená střecha Urbanscape. Knauf insulation [online]. [cit. 2017-01-07].  
Dostupné z: <http://www.knaufinsulation.cz/zelene-strechy-urbanscape>

Zpracoval:	Vedoucí práce:	Školní rok:	Fakulta stavební
Michaela Sojáková	Ing. Robert Jára	2016/ 2017	<b>ČVUT</b> 
Stavba:	Centrum designu a pokročilé aplikace dřeva WIDC		Datum
Část:	Statická část		08.01.2017
Výkres:	Skladby vodorovných konstrukcí		Měřítko
			1:10
			Formát
			A3
			Č. výkresu
			04

## SKLADBA CLT VNĚJŠÍ STĚNA 1:10




## SKLADBA CLT VNITŘNÍ STĚNA 1:10

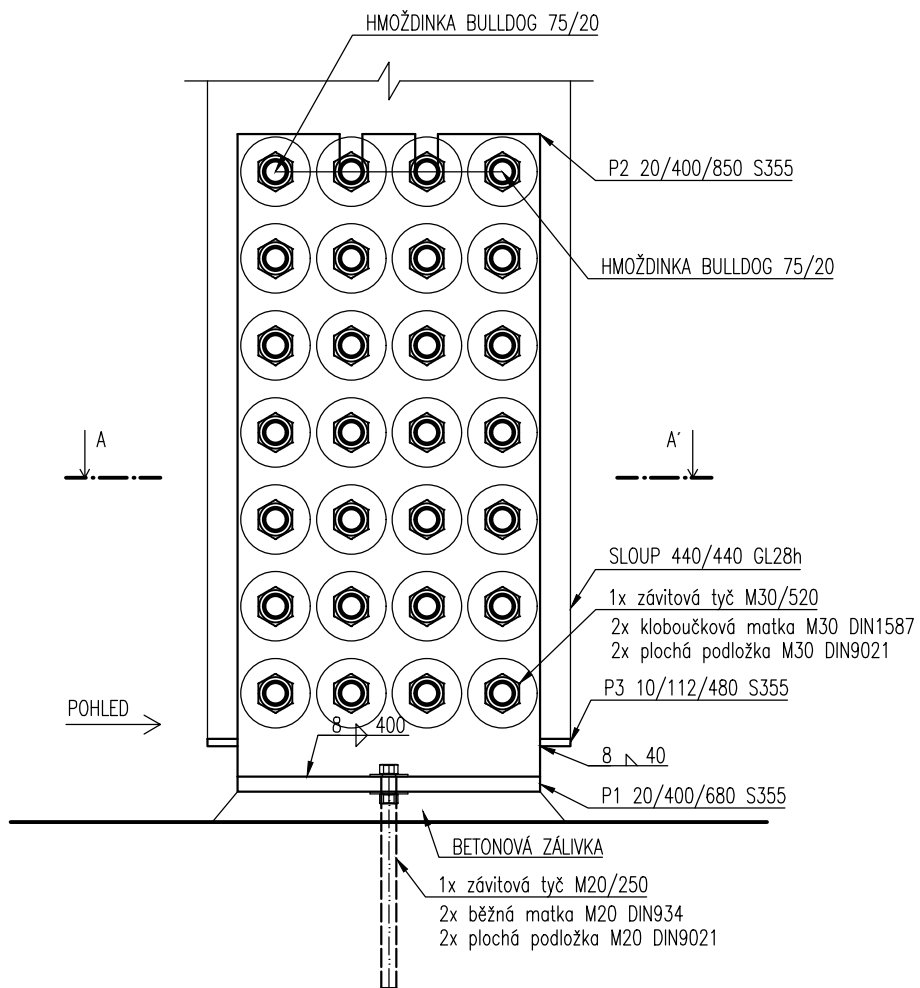


## SKLADBA CLT PŘÍČKA 1:10

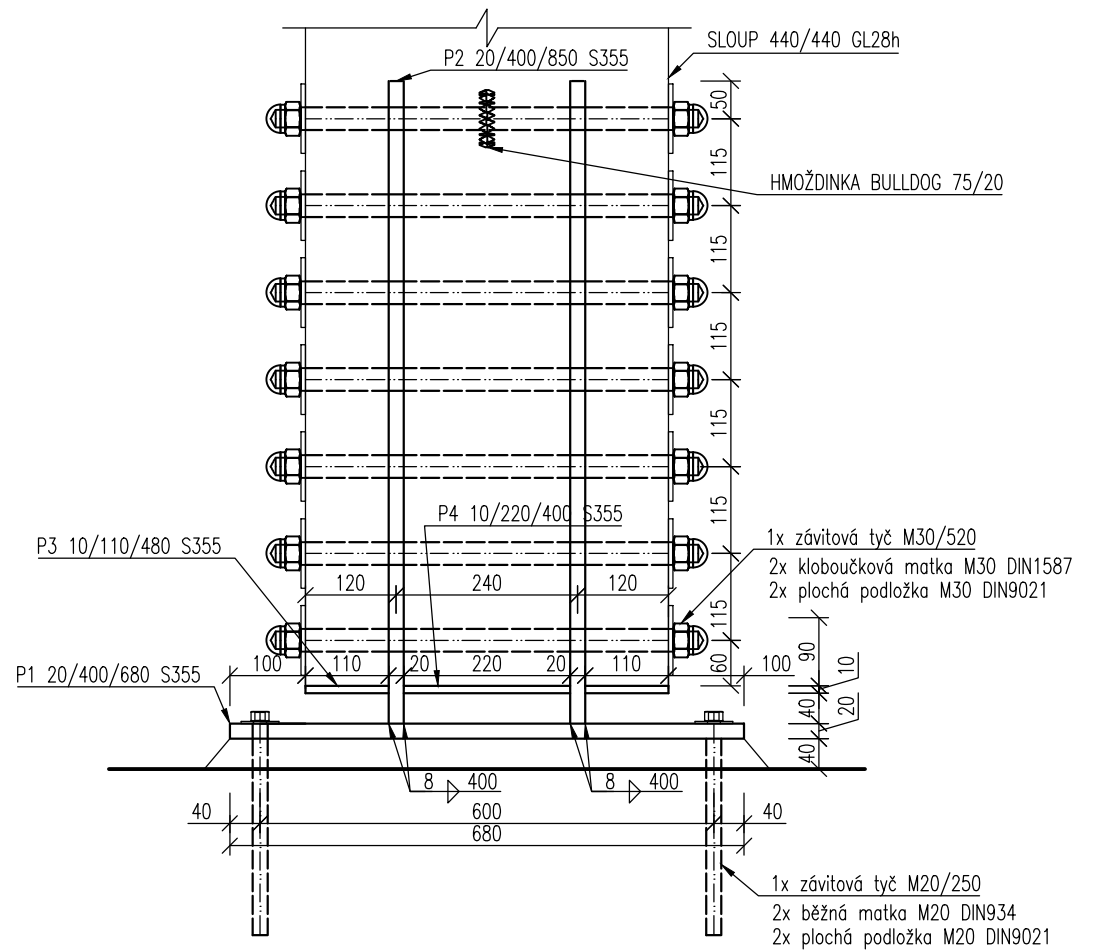


Zpracoval:	Vedoucí práce:	Školní rok:	Fakulta stavební	
Michaela Sojáková	Ing. Robert Jára	2016/ 2017		
Stavba:			Datum	08.01.2017
Centrum designu a pokročilé aplikace dřeva WIDC			Měřítko	1:10
Část:			Formát	A4
Statická část			Č. výkresu	05
Výkres:			Skladby svislých konstrukcí	

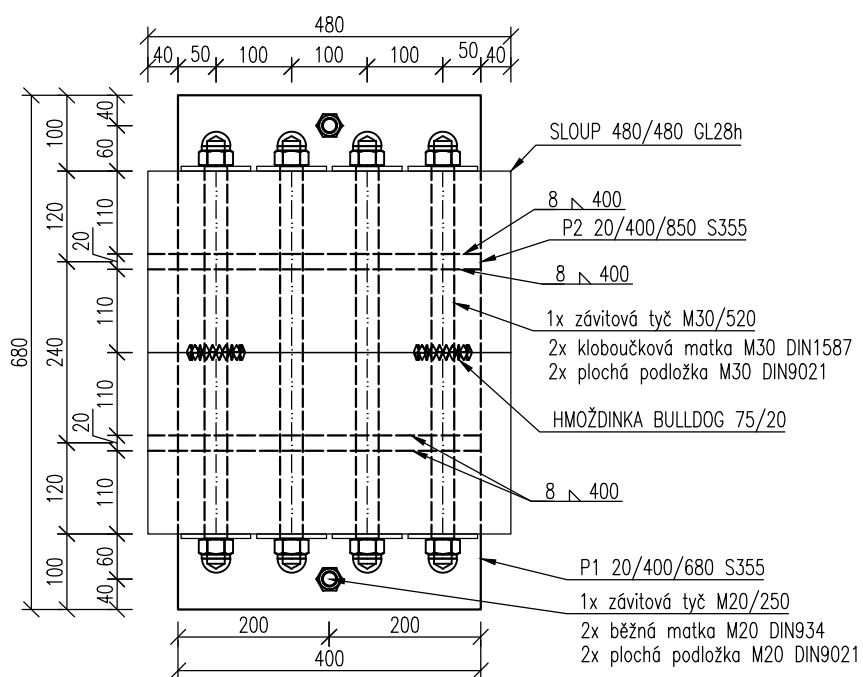
# DETAIL A



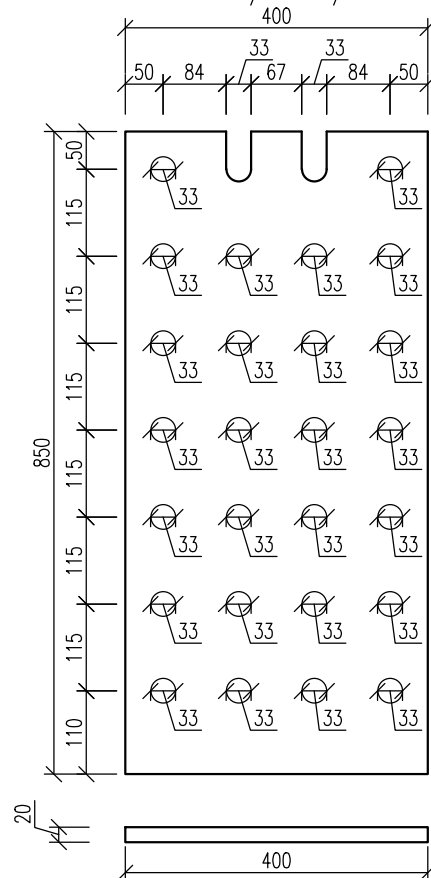
## POHLED



## ŘEZ A-A'



## PLECH P2 20/400/850

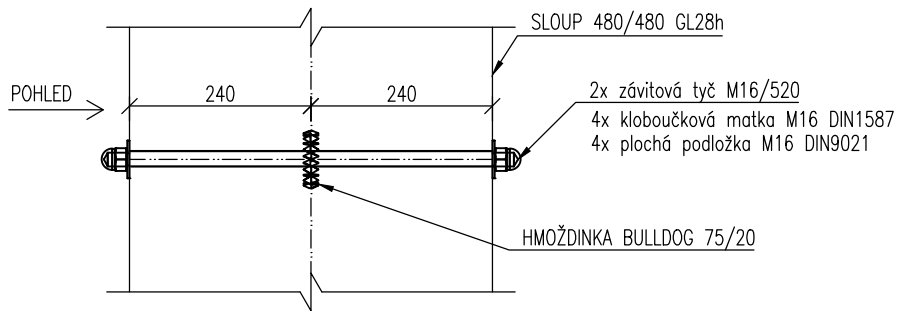


### LEGENDA MATERIÁLŮ:

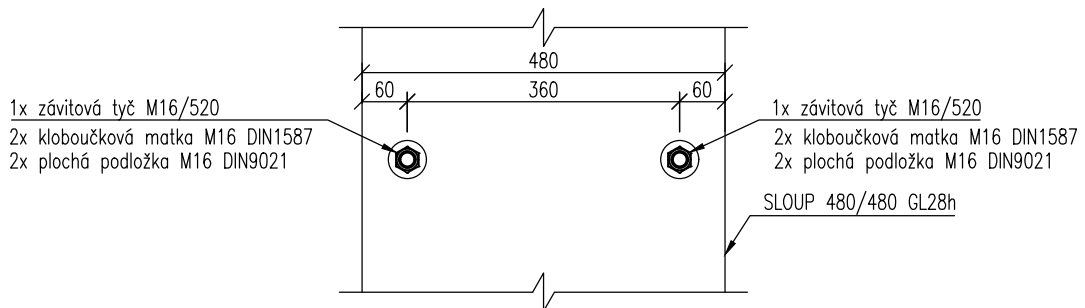
Dřevo: GL28h  
 Spojovací materiál: Ocel S355 Zn

Zpracoval:	Vedoucí práce:	Školní rok:	Fakulta stavební
Michaela Sojáková	Ing. Robert Jára	2016/ 2017	<b>ČVUT</b>
Stavba:			Datum
Centrum designu a pokročilé aplikace dřeva WIDC			08.01.2017
Část:			Měřítko
Statická část			1:10
Výkres:			Formát
Detail A – Spoj dřevěného sloupu s betonovou patkou			A3
			Č. výkresu
			06

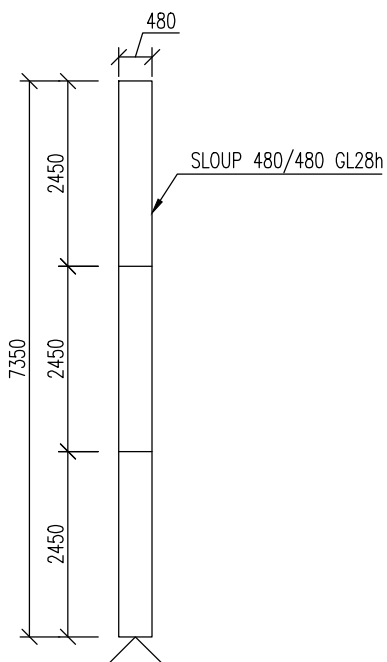
# DETAIL B



POHLED




## SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ STYKŮ 1:100

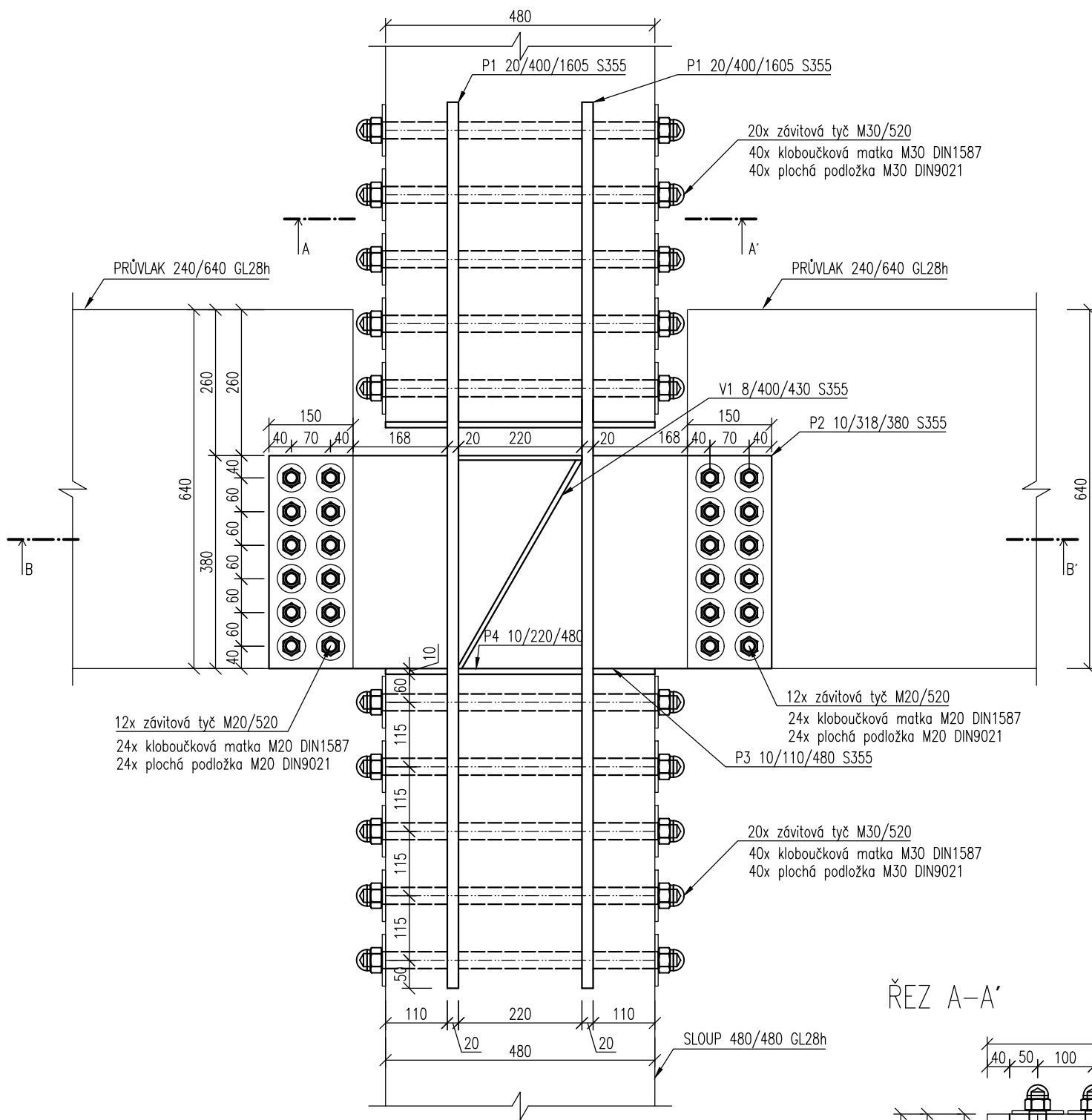


### LEGENDA MATERIÁLŮ:

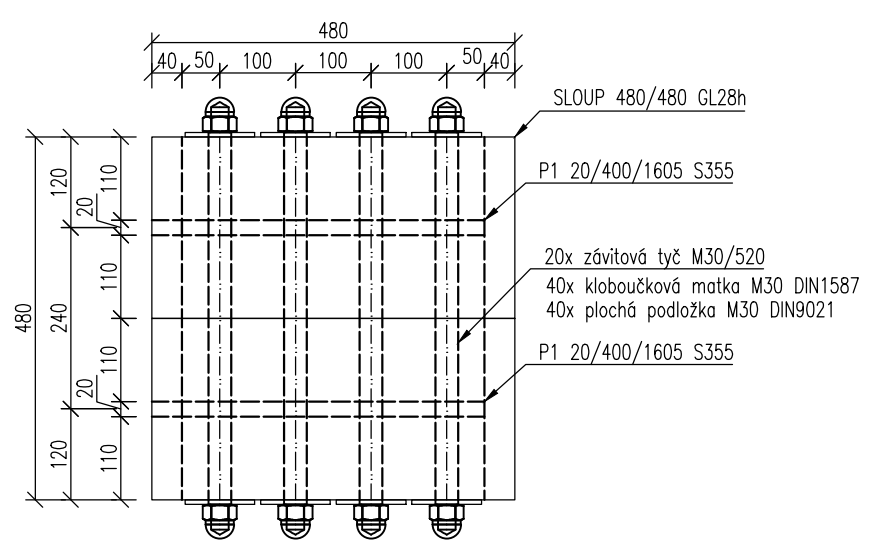
Dřevo: GL28h  
Spojovací materiál: Ocel S355 Zn

Zpracoval: Michaela Sojáková	Vedoucí práce: Ing. Robert Jára	Školní rok: 2016/ 2017	Fakulta stavební <b>CVUT</b> 	
Stavba: Centrum designu a pokročilé aplikace dřeva WIDC			Datum	08.01.2017
Část: Statická část			Měřítko	1:10
Výkres: Detail B – Přežení průřezu dřevěného sloupu			Formát	A4
			Č. výkresu	07

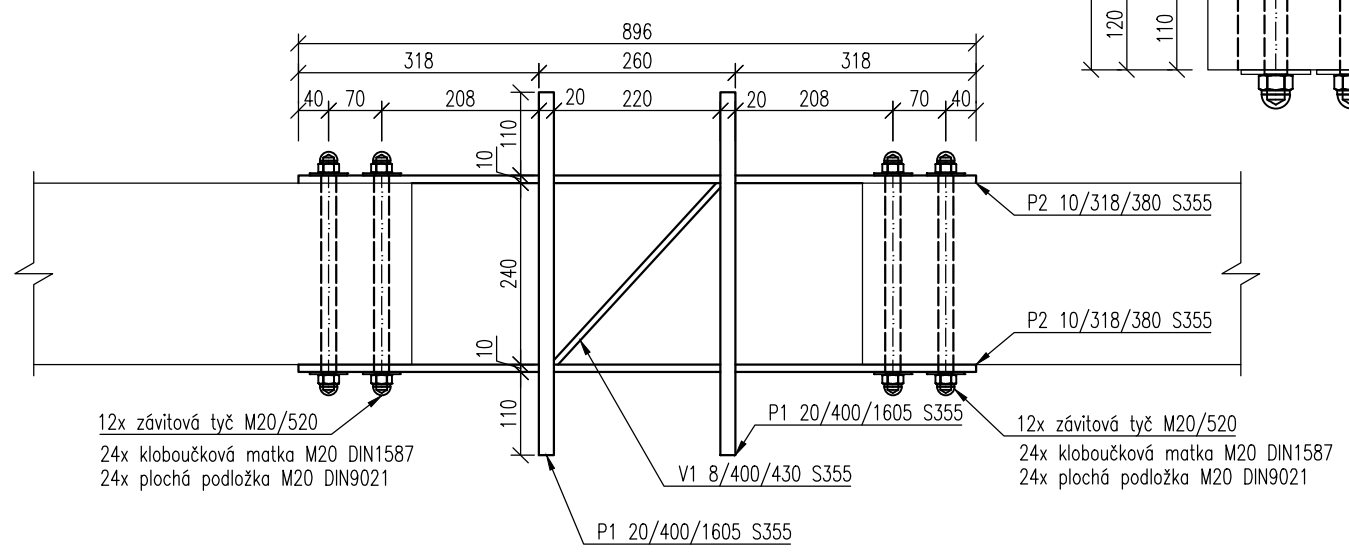
# DETAIL C



## ŘEZ A-A'



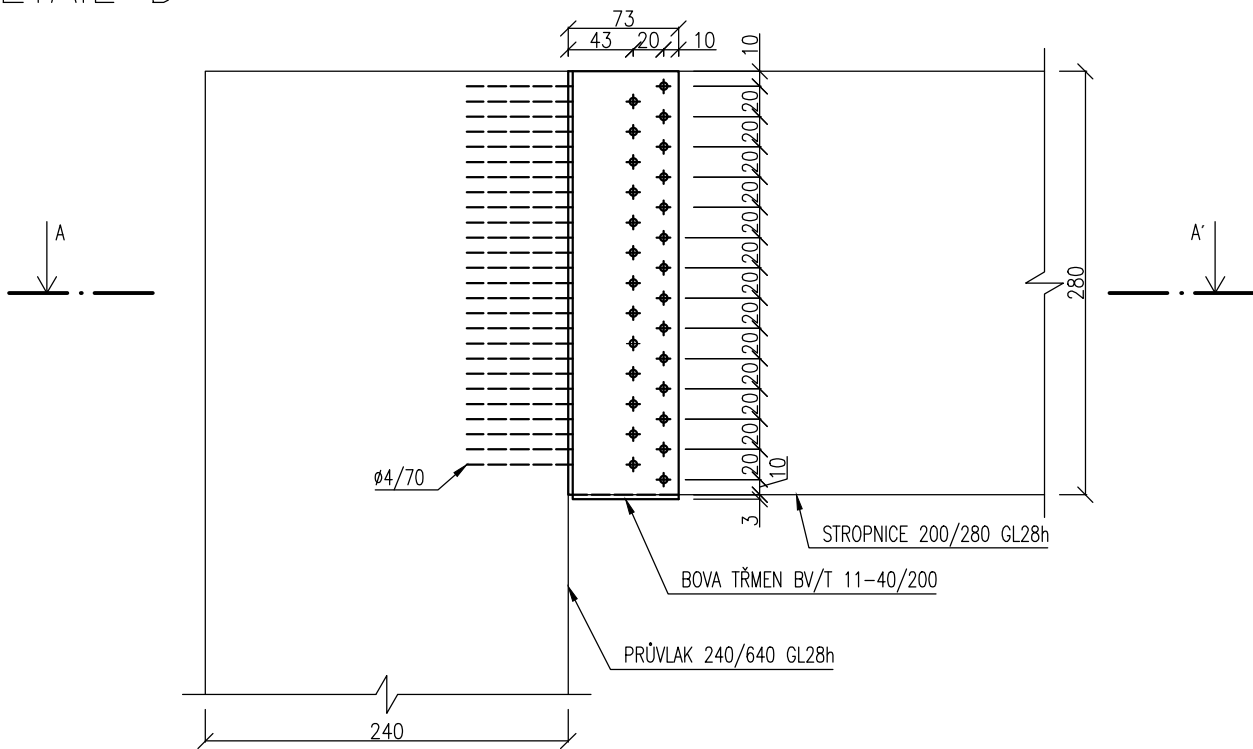
## ŘEZ B-B'



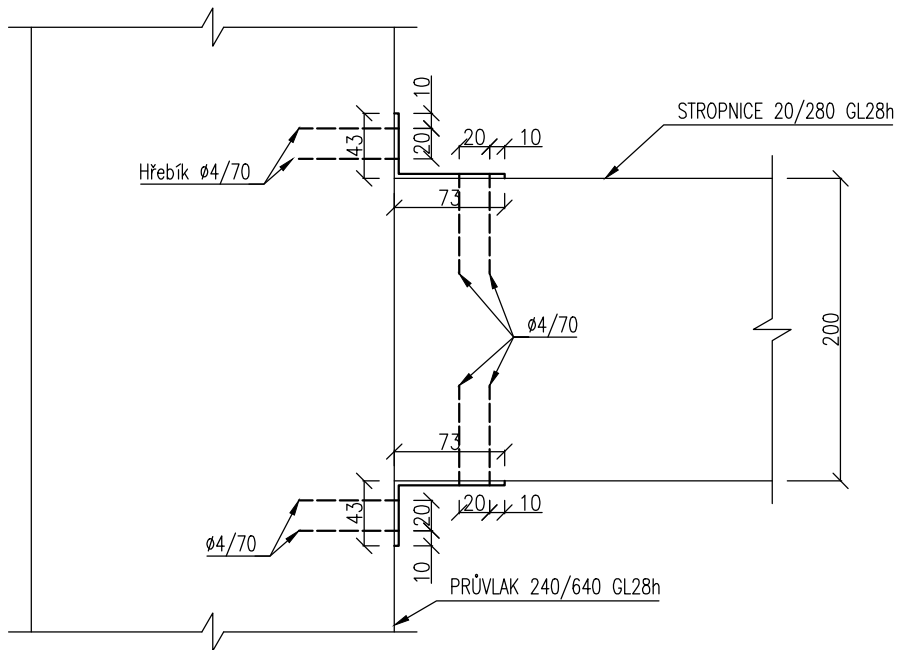
**LEGENDA MATERIÁLŮ:**  
 Dřevo: GL28h  
 Spojovací materiál: Ocel S355 Zn

Zpracoval:	Vedoucí práce:	Školní rok:	Fakulta stavební <b>ČVUT</b>	
Michaela Sojáková	Ing. Robert Jára	2016/ 2017		
Stavba:	Centrum designu a pokročilé aplikace dřeva WIDC		Datum	08.01.2017
Část:	Statická část		Měřítko	1:10
Výkres:	Detail C – Spoj dřevěného sloupu s průvlaky		Formát	A4
			Č. výkresu	08

# DETAIL D




ŘEZ A-A'



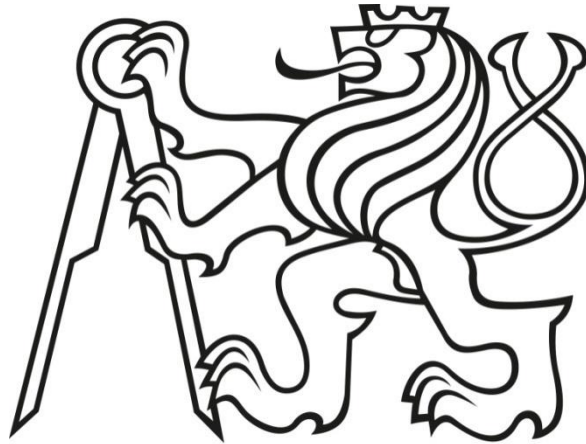
## LEGENDA MATERIÁLŮ:

Dřevo: GL28h

Spojovací materiál: Ocel S355 Zn

Zpracoval:	Vedoucí práce:	Školní rok:	Fakulta stavební	
Michaela Sojáková	Ing. Robert Jára	2016/ 2017	 <b>ČVUT</b>	
Stavba:	Centrum designu a pokročilé aplikace dřeva WIDC		Datum	08.01.2017
Část:	Statická část		Měřítko	1:5
Výkres:	Detail D – Připoj stropnice na průvlak		Formát	A4
			Č. výkresu	09

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



# DIPLOMOVÁ PRÁCE

---

## ČÁST E: KONSTRUKCE POZEMNÍCH STAVEB

Název projektu: Centrum designu a pokročilá aplikace dřeva

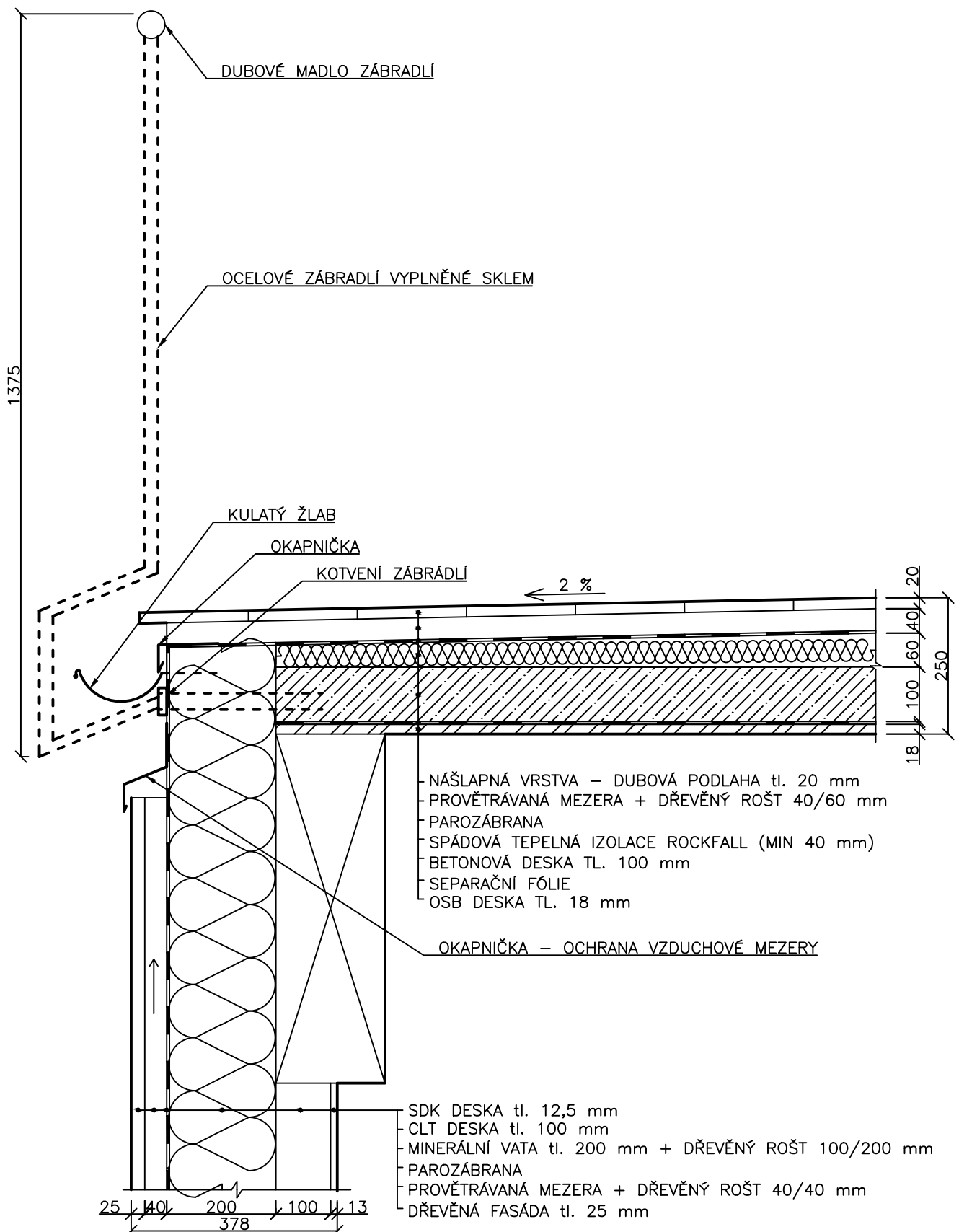
Vypracovala: Michaela Sojáková


Vedoucí práce: doc. Ing. Eva Burgetová, CSc.

Datum: 8.1.2016

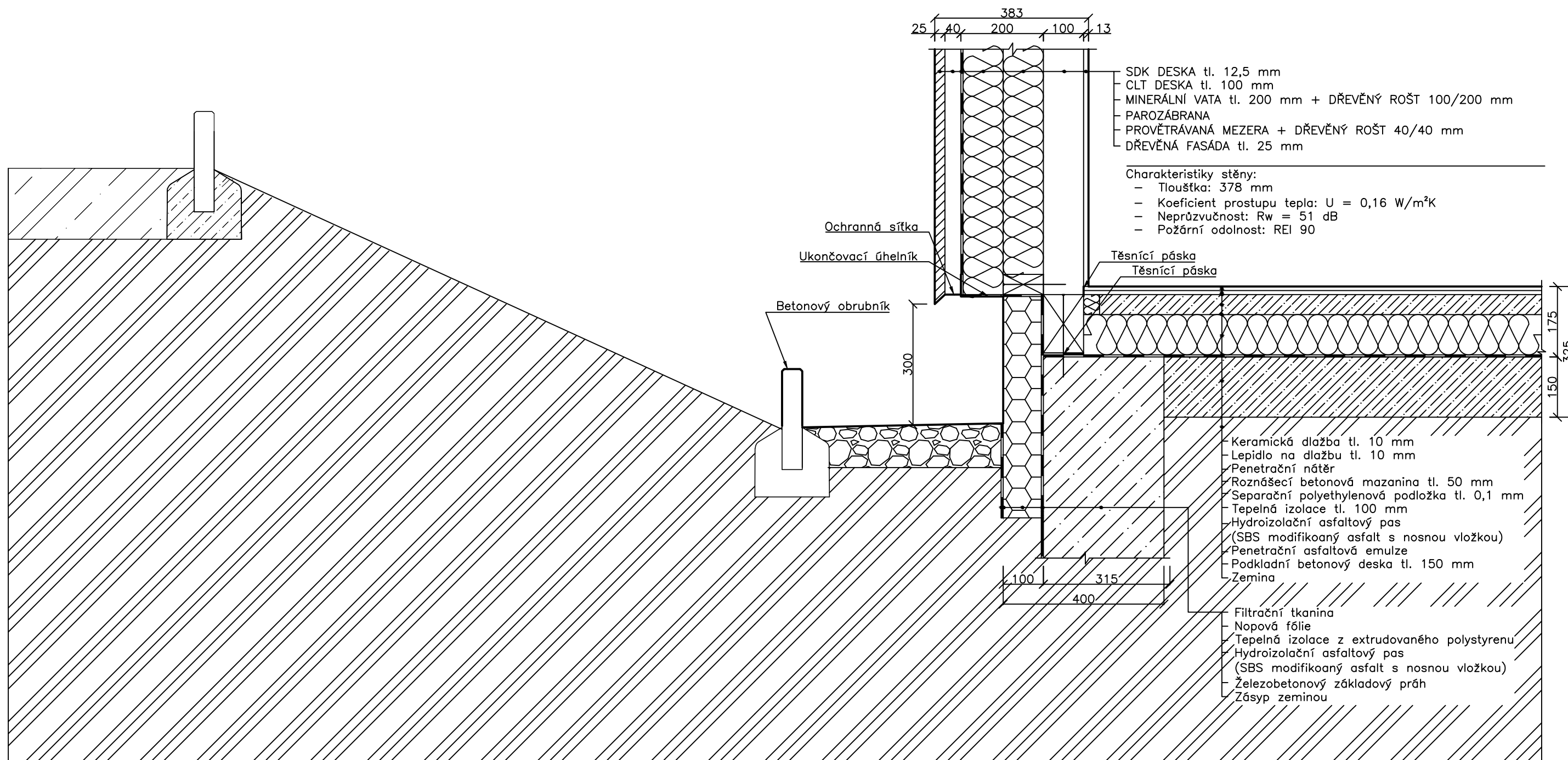



# DETAIL B NAPOJENÍ ZÁBRADLÍ NA TERASE 1:10



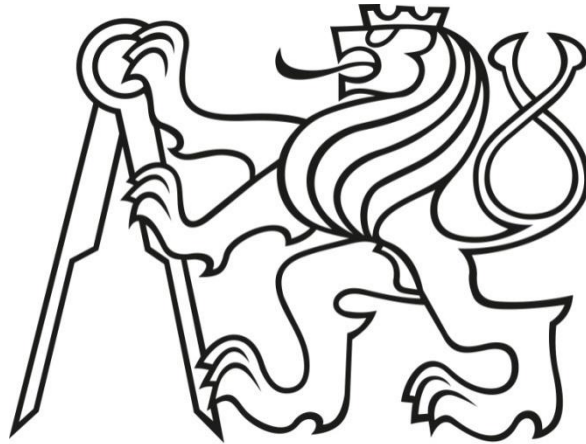
Zpracoval:	Vedoucí práce:	Školní rok:	Fakulta stavební	
Michaela Sojáková	doc. Ing. Eva Burgetová, CSc.	2016/ 2017		
Stavba:			Datum	08.01.2017
Centrum designu a pokročilé aplikace dřeva WIDC			Měřítko	1:10
Část:			Formát	A4
Konstrukce pozemních staveb			Č. výkresu	11
Výkres:				
Detail A – Ukončení terasy				

DETAIL B SOKLU 1:10



Zpracoval:	Vedoucí práce:	Školní rok:	Fakulta stavební
Michaela Sojáková	doc. Ing. Eva Burgetová, CSc.	2016/ 2017	<b>CVUT</b> 
Stavba:			Datum
Centrum designu a pokročilé aplikace dřeva WIDC			08.01.2017
Část:			Měřítko
Konstrukce pozemních staveb			1:10
Výkres:			Formát
Detail A – Sokl			A3
			Č. výkresu
			10

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



# DIPLOMOVÁ PRÁCE

---

ČÁST F: TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ BUDOV  
ANALÝZA TEPELNÝCH ZISKŮ KANCELÁŘSKÉHO PROSTORU

Název projektu:	Centrum designu a pokročilá aplikace dřeva
Vypracovala:	Michaela Sojáková
Vedoucí práce:	Ing. Zuzana Veverková, Ph.D.
Datum:	8.1.2016

# Obsah

Vnitřní tepelné zisky .....	3
Tepelné zisky od lidí.....	3
Tepelné zisky od technologie: .....	3
Tepelné zisky svítidel: .....	3
Varianta 1 – vnější tepelné zisky bez použití stínění.....	4
Prostup tepla konvekcí oknem .....	4
Prostup tepla konvekcí oknem .....	4
Prostup tepla oknem radiací (S fasáda):.....	5
Prostup tepla oknem radiací (SV fasáda): .....	5
Celkové tepelné zisky okny (větší zisky):.....	6
Varianta 2 – tepelné zisky s použitím stínění.....	6
Prostup tepla konvekcí oknem .....	6
Prostup tepla konvekcí oknem .....	7
Prostup tepla oknem radiací (S fasáda) s použitím stínících prostředků: .....	7
Prostup tepla oknem radiací (SV fasáda): .....	8
Celkové tepelné zisky okny (větší zisky):.....	9
NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY.....	10
ZDROJE.....	11

## HODNOCENÍ RIZIKA NEROVNOMĚRNÉHO OHŘÍVÁNÍ BUDOVY

Při řešení vnitřní pohody dané administrativní budovy je významným hlediskem procento prosklení obvodového pláště. Od druhého patra výše jsou prosklené tři ze čtyř obvodových stěn. Vzhledem k této skutečnosti bude zejména v letních měsících pravděpodobně docházet k přehřívání budovy. Z těchto důvodů bude nutné zajistit vhodné chlazení budovy. Důležitým kritériem je, zda vychází větší tepelné zisky z vnějších či vnitřních zdrojů. Pokud budeme vědět, co zde rozhoduje, můžeme navrhnout způsob chlazení.

### Vnitřní tepelné zisky

#### Tepelné zisky od lidí

Počet osob a pohlaví:

$$i_z = 25 \text{ (počet žen)}$$

$$i_m = 25 \text{ (počet mužů)}$$

$$i_d = 0 \text{ (počet dětí)}$$

$$i_1 = 0,85 \cdot i_z + 0,75 \cdot i_d + i_m = 0,85 \cdot 25 + 0,75 \cdot 0 + 25 = 47$$

$$Q_1 = i_1 \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) = 47 \cdot 6,2 \cdot (36 - 25) = 3\,205,4 \text{ W}$$

#### Tepelné zisky od technologie:

Zařízení kanceláře:

50 x PC + monitor

$$P = 140 \text{ W (příkon počítače)}$$

$$c = 0,85 \text{ (činitel současnosti)}$$

3 x tiskárna

$$P = 275 \text{ W (příkon tiskárny)}$$

$$c = 0,4 \text{ (činitel současnosti)}$$

$$Q_m = c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot \sum P = 50 \cdot 0,85 \cdot 140 + 3 \cdot 0,4 \cdot 275 = 6\,280 \text{ W}$$

#### Tepelné zisky svítidel:

$$Q_{sv} = P \cdot c_1 \cdot c_2 = 540 \cdot 0,85 \cdot 0,7 = 321,3 \text{ W}$$

$$c_2 = 0,7 \text{ (zbytkový součinitel; odvodní ústí vzduchotechniky u stropu)}$$

$$c_1 = 0,85 \text{ (činitel současnosti)}$$

$$P = 540 \text{ W (příkon zářivek; 18 zářivek)}$$

## Varianta 1 – vnější tepelné zisky bez použití stínění

### Prostup tepla konvekcí oknem

Severní fasáda

$$U_0 = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (Součinitel prostupu tepla oknem)}$$

$$S_0 = 3,1 \cdot 19,5 = 60,45 \text{ m}^2 \text{ (Plocha oken včetně rámu)}$$

$$t_e = 32 \text{ °C}; t_i = 25 \text{ °C}$$

$$Q_{Ok} = U_0 \cdot S_0 \cdot (t_e - t_i) = 0,9 \cdot 60,45 \cdot (32 - 25) = 380,835 \text{ W}$$

### Prostup tepla konvekcí oknem

Severovýchodní fasáda

$$U_0 = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (Součinitel prostupu tepla oknem)}$$

$$S_0 = 3,1 \cdot 27,1 = 84,01 \text{ m}^2 \text{ (Plocha oken včetně rámu)}$$

$$t_e = 32 \text{ °C}; t_i = 25 \text{ °C}$$

$$Q_{Ok} = U_0 \cdot S_0 \cdot (t_e - t_i) = 0,9 \cdot 84,01 \cdot (32 - 25) = 529,263 \text{ W}$$

### Sluneční deklinace:

$$\delta = -23,5 \cdot \cos(30M) = -23,5 \cdot \cos(30 \cdot 7) = 20,4 \text{ (Červenec)}$$

### Výška slunce nad obzorem:

$$\sin h = 0,766 \cdot \sin \delta - 0,643 \cdot \cos \delta \cdot \cos 15\tau \text{ (viz tabulka níže)}$$

### Sluneční azimut:

$$\sin a = \frac{\sin 15\tau \cdot \cos \delta}{\cos h} \text{ (viz tabulka níže)}$$

<b>Střední slunečný čas</b>	<b>Výška sl. nad obzorem</b>	<b>Sluneční azimut</b>	<b>Celková intenzita sluneční radiace S 21.7.2016</b>	<b>Celková intenzita sluneční radiace SV 21.7.2016</b>
<b><math>\tau</math></b>	<b>h</b>	<b>a</b>	<b>Io</b>	<b>Io</b>
<b>[h]</b>	<b>[°]</b>	<b>[°]</b>	<b>[W/m<sup>2</sup>]</b>	<b>[W/m<sup>2</sup>]</b>
7	25	88	80	361
8	35	99	100	321
9	44	113	117	217
10	52	130	130	135
11	58	153	139	139
12	60	180	141	141
13	58	207	139	139
14	52	230	130	130
15	44	247	117	117

16	35	261	100	100
17	25	272	80	78
18	15	283	87	53

Prostup tepla oknem radiací (S fasáda):

$$Q_{or} = (S_{os} \cdot I_0 \cdot c_0 + (S_0 - S_{os}) \cdot I_{odif}) \cdot s$$

$c_0 = 0,85$  (korekce na čistotu atmosféry; průmyslová)

$s = 0,35$  (Průměrná hodnota daná výrobcem)

$L = 19,08$  m (šířka zasklené části okna)

$H = 3,04$  m (výška zasklené části okna)

Osluněný povrch okna:

$$S_{os} = L \cdot H = 19,08 \cdot 3,04 = 58,003 \text{ m}^2$$

<b>Tepelné zisky</b>		
<b><math>Q_{or}=[S_{os} \cdot I_0 \cdot c_0 + (S_0 - S_{os}) \cdot I_{odif}] \cdot s:</math></b>		
<b>Čas [hod]</b>	<b><math>Q_{or}</math> [W]</b>	
8.hod	5639,357	<b>MAX</b>
9.hod	3862,722	
10.hod	2460,580	
11.hod	2538,167	
12.hod	2575,248	
13.hod	2538,167	
14.hod	2374,300	
15.hod	2137,127	
16.hod	1825,792	
17.hod	1440,166	

Prostup tepla oknem radiací (SV fasáda):

$$Q_{or} = (S_{os} \cdot I_0 \cdot c_0 + (S_0 - S_{os}) \cdot I_{odif}) \cdot s$$

$c_0 = 0,85$  (korekce na čistotu atmosféry; průmyslová)

$s = 0,35$  (Průměrná hodnota daná výrobcem)

$L = 26,68$  m (šířka zasklené části okna)

$H = 3,04$  m (výška zasklené části okna)

Osluněný povrch okna:

$$S_{os} = L \cdot H = 26,68 \cdot 3,04 = 81,107 \text{ m}^2$$

<b>Tepelné zisky</b>		
$Q_{or}=[S_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{odif}] \cdot s:$		
<b>Čas [hod]</b>	<b>Q<sub>or</sub> [W]</b>	
8.hod	2861,267	
9.hod	3347,357	
10.hod	3719,383	
11.hod	3977,052	
12.hod	4034,084	<b>MAX</b>
13.hod	3977,052	
14.hod	3719,383	
15.hod	3347,357	
16.hod	2861,267	
17.hod	2284,211	

Celkové tepelné zisky okny (větší zisky):

Maximální tepelné zisky jsou ráno v 8 hodin:

$$Q = Q_{or,S} + Q_{or,SV} + Q_{Ok,S} + Q_{Ok,SV} = 5639,357 + 2861,267 + 380,835 + 529,263$$

$$Q = 9410,722 \text{ W}$$

Celkové vnitřní zisky:

$$Q = Q_1 + Q_m + Q_{sv} = 3205,4 + 6280 + 321,3 = 9806,7 \text{ W}$$

**Vyhodnocení:**

Z výpočtů vyplývá, že největší tepelné zisky vznikají z vnitřního prostředí. V rámci výpočtu je již uvažováno s použitím oken Heat mirror. Heat mirror jsou okna, která mají uvnitř izolačního dvojskla nataženou fólii tzv. Heat mirror. Tato vlastnost je dána zejména tím, že má fólie nízkou propustnost v infračervené oblasti. Je tedy nutné navrhnout chlazení pomocí vzduchotechniky. Rovněž je ale vhodně navrhnout vnější ochranu, jelikož i vnější tepelné zisky jsou značné. Nyní tedy provedu výpočet se sluněním pomocí slunolamů. Slunolamy budou zároveň využité jako architektonický prvek, budou navrženy slunolamy dřevěné, aby tak doplňovaly celkový výraz stavby.

Varianta 2 – tepelné zisky s použitím stínění

Prostup tepla konvekcí oknem

Severovýchodní fasáda

$$U_0 = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (Součinitel prostupu tepla oknem)}$$

$$S_0 = 3,1 \cdot 27,1 = 84,01 \text{ m}^2 \text{ (Plocha oken včetně rámu)}$$

$$t_e = 32 \text{ °C}; t_i = 25 \text{ °C}$$

$$Q_{Ok} = U_0 \cdot S_0 \cdot (t_e - t_i) = 0,9 \cdot 84,01 \cdot (32 - 25) = 529,263 \text{ W}$$



Prostup tepla konvekcí oknem

Severovýchodní fasáda

$$U_0 = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (Součinitel prostupu tepla oknem)}$$

$$S_0 = 3,1 \cdot 27,1 = 84,01 \text{ m}^2 \text{ (Plocha oken včetně rámu)}$$

$$t_e = 32 \text{ }^\circ\text{C}; t_i = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{Ok} = U_0 \cdot S_0 \cdot (t_e - t_i) = 0,9 \cdot 84,01 \cdot (32 - 25) = 529,263 \text{ W}$$

Prostup tepla oknem radiací (S fasáda) s použitím stínících prostředků:

$$Q_{Or} = (S_{os} \cdot I_0 \cdot c_0 + (S_0 - S_{os}) \cdot I_{odif}) \cdot s$$

$$c_0 = 0,85 \text{ (korekce na čistotu atmosféry; průmyslová)}$$

$$s = 0,13 \text{ (vnější stínění)}$$

Osluněný povrch okna:

$$S_{os} = (L - (e_1 - f)) \cdot (H - (e_2 - g))$$

$$L = 19,08 \text{ m (šířka zasklené části okna)}$$

$$H = 3,04 \text{ m (výška zasklené části okna)}$$

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

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

$$e_1, e_2 = \text{viz tabulka}$$

$$d = 1 \text{ m (hloubka okna)}$$

Délka stínu $e_1 = d \cdot  \operatorname{tg}(a-\gamma) $ :		Délka stínu $e_2 = c \cdot  \operatorname{tgh}  /  \cos(a-\gamma) $ :		Osluněný povrch okna $S_{os}=[L-(e_1-f)] \cdot [H-(e_2-g)]$ :	
Čas [hod]	e1 [m]	Čas [hod]	e2 [m]	Čas [hod]	Sos [m <sup>2</sup> ]
8.hod	6,313751515	8.hod	4,4760439	8.hod	-14,835
9.hod	2,355852366	9.hod	2,4714918	9.hod	16,476
10.hod	1,191753593	10.hod	1,9912357	10.hod	26,637
11.hod	0,509525449	11.hod	1,7960974	11.hod	31,421
12.hod	1,22515E-16	12.hod	1,7320508	12.hod	33,526
13.hod	0,509525449	13.hod	1,7960974	13.hod	31,421
14.hod	1,191753593	14.hod	1,9912357	14.hod	26,637
15.hod	2,355852366	15.hod	2,4714918	15.hod	46,476
16.hod	6,313751515	16.hod	4,4760439	16.hod	-14,835
17.hod	28,63625328	17.hod	13,361444	17.hod	85,033

Tepelné zisky		
$Q_{or}=[S_{os} \cdot I_0 \cdot c_0 + (S_0 - S_{os}) \cdot I_{odif}] \cdot s$ :		
Čas [hod]	Qor [W]	
8.hod	618,888	
9.hod	1183,961	<b>MAX</b>
10.hod	1069,897	
11.hod	1097,734	
12.hod	1103,373	
13.hod	1097,734	
14.hod	1055,180	
15.hod	1001,906	
16.hod	981,156	
17.hod	381,360	

Prostup tepla oknem radiací (SV fasáda):

$$Q_{or} = (S_{os} \cdot I_0 \cdot c_0 + (S_0 - S_{os}) \cdot I_{odif}) \cdot s$$

$c_0 = 0,85$  (korekce na čistotu atmosféry; průmyslová)

$s = 0,13$  (vnější stínění)

Osluněný povrch okna:

$$S_{os} = (L - (e_1 - f)) \cdot (H - (e_2 - g))$$

$L = 26,68$  m (šířka zasklené části okna)

$H = 3,04$  m (výška zasklené části okna)

$f = 0,3$  m

$g = 0,3$  m

$e_1, e_2 =$  viz tabulka

$d = 1$  m (hloubka okna)

Délka stínu $e1 = d \cdot  \operatorname{tg}(a-\gamma) $ :		Délka stínu $e2 = c \cdot  \operatorname{tgh}  /  \cos(a-\gamma) $ :		Osluněný povrch okna $Sos=[IA-(e1-f)] \cdot [IB-(e2-g)]$ :	
Čas [hod]	e1 [m]	Čas [hod]	e2 [m]	Čas [hod]	Sos[m <sup>2</sup> ]
8.hod	1,37638192	8.hod	1,1912642	8.hod	55,015
9.hod	2,475086853	9.hod	2,5778745	9.hod	18,676
10.hod	11,4300523	10.hod	14,685683	10.hod	-176,425
11.hod	3,077683537	11.hod	5,1787913	11.hod	-43,951
12.hod	1	12.hod	2,4494897	12.hod	23,135
13.hod	0,324919696	13.hod	1,6826913	13.hod	44,176
14.hod	0,087488664	14.hod	1,2848308	14.hod	55,269
15.hod	0,404026226	15.hod	1,0415289	15.hod	61,084
16.hod	0,726542528	16.hod	0,8655041	16.hod	64,964
17.hod	1,07236871	17.hod	0,6837372	17.hod	68,817

<b>Tepelné zisky</b>		
<b><math>Q_{or}=[S_{os}*I_o*co+(S_o-S_{os})*I_{odif}]*s:</math></b>		
<b>Čas [hod]</b>	<b>Qor [W]</b>	
8.hod	994,172	
9.hod	1348,962	
10.hod	2574,102	<b>MAX</b>
11.hod	1960,146	
12.hod	1596,447	
13.hod	1446,322	
14.hod	1293,996	
15.hod	1136,432	
16.hod	952,786	
17.hod	774,120	

Celkové tepelné zisky okny (větší zisky):

Maximální tepelné zisky jsou ráno v 10 hodin:

$$Q = Q_{or,S} + Q_{or,SV} + Q_{Ok,S} + Q_{Ok,SV} = 1069,897 + 2574,102 + 380,835 + 529,263$$

$$Q = 4554,097 \text{ W}$$

#### **Vyhodnocení:**

Díky zvolení použití speciálních skel s kombinací se slunolamy byla ušetřena více než polovina tepelných zisků. Je ale nutné navrhnout i vzduchotechnické jednotky.

Součet všech tepelných zisků místnosti:

$$Q = Q_{or,S} + Q_{or,SV} + Q_1 + Q_m + Q_{sv} + Q_{Ok,S} + Q_{Ok,SV} =$$

$$Q = 1069,897 + 2574,102 + 380,835 + 529,263 + 3\ 205,4 + 6\ 280 + 321,3$$

$$Q = 14,361 \text{ kW}$$

## NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY

V kancelářích budou umístěné jednotky fan-coil. Jednotka Fan-coil funguje na bázi konvektoru a upravuje vzduch tak, že ho chladí, vytápí, případně upravuje také vlhkost vzduchu. Každý jednotka fan-coil se skládá z ventilátoru a výměníku tepla.

### Výpočet množství vzduchu a návrh jednotek:

#### Dle počtu osob:

$V_{ps} = 30 \text{ m}^3/\text{h}$  (Potřeba vzduchu člověka při lehké činnosti)

$V_e = n \cdot V_{ps} = 50 \cdot 30 = 1\,500 \text{ m}^3/\text{h}$

#### Dle produkce CO<sub>2</sub>:

$$V_e = \frac{m_{\text{CO}_2} \cdot n}{(\rho_{\text{max}} - \rho_{\text{CO}_2})} = \frac{13 \cdot 50}{(1\,000 - 350) \cdot 10^3} = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$n = 50$  (počet osob)

$m_{\text{CO}_2} = 13 \text{ l/h}$  (produkce člověka CO<sub>2</sub> za hodinu)

$\rho_{\text{max}} = 1000 \text{ g/g}$  (maximální koncentrace v interiéru pro třídu B dle EN 13 779)

$\rho_{\text{CO}_2} = 350 \text{ g/g}$  (koncentrace CO<sub>2</sub> ve venkovním přiváděném vzduchu)

#### Dle tepelné zátěže:

$$V_p = \frac{Q}{\rho \cdot c \cdot \Delta t} = \frac{14\,361,098}{1,2 \cdot 1,01 \cdot 6} = 1974,848 \text{ m}^3/\text{h}$$

$c = 1,01 \text{ J/kgK}$  (měrná tepelná kapacita vzduchu)

$\Delta t = 6 \text{ }^\circ\text{C}$  (rozdíl mezi interiérovou teplotou a teplotou přiváděného vzduchu)

$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$  (měrná hmotnost vzduchu)

**Navrhují na množství vzduchu z tepelné zátěže.**

Podmínka:  $V_e \geq 0,15 \cdot V_p$

$$1\,500 \geq 0,15 \cdot 1849,697 = 277,455 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow \text{VYHOVUJE!}$$

### Návrh jednotek na potřebné množství vzduchu:

Jednotka: IVAR SLI 1000<sup>[1]</sup>

Minimální průtok vzduchu:  $426 \text{ m}^3/\text{h}$

Počet jednotek:

$$\frac{1974,848}{426} = 4,636$$

**Musí být navrženy minimálně 5 jednotek. Dále budou v návrhu rozhodovat také tepelné ztráty, ty už ale nejsou obsahem diplomové práce.**

## ZDROJE

- [1] PAPEŽ, Karel. *Energetické a ekologické systémy budov 2: vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03622-8.
- [2] FANCOIL IVAR.SLI. *Ivar CS* [online]. [cit. 2016-02-22].  
Dostupné z: <http://www.ivarcs.cz/cz/fancoil-ivar-produktova-rada-sli-vestavny-ivar-sli-dc>
- [3] GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. 2. vyd. Brno: ERA, 2007. Technická knihovna (ERA). ISBN 978-80-7366-091-8.
- [4] ČSN EN ISO 13790: *Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*, 2009.