



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

**PREFABRIKOVANÝ BYTOVÝ DŮM ZE STĚNOVÝCH  
PANELŮ**

PREFABRICATED APARTMENT BUILDING MADE OF WALL PANELS

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Martin Dobrovodský**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.**

**BRNO 2020**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608R001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav betonových a zděných konstrukcí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Martin Dobrovodský
<b>Název</b>	Prefabrikovaný bytový dům ze stěnových panelů
<b>Vedoucí práce</b>	doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2019
<b>Datum odevzdání</b>	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

---

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

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

## PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební podklady
2. Normy pro navrhování betonových konstrukcí ČSN a EN
3. L. Gřenčík: Betonové konstrukce II. SNTL/ALFA 1986
4. D. Majdúch: Zásady vystužovania betónových konštrukcií. ALFA 1984.
5. Vhodné výpočetní programy (např. Nexis, SCIA, Ansys apod.)
6. Zich M., Bažant Z., Montované betonové konstrukce, CERM 2018.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracovat stavební a konstrukční návrh prvků objektu. Řešení provést včetně nezbytné výkresové dokumentace (výkresy tvaru a výztuže). Rozsah bakalářské práce stanoví vedoucí práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1) Použité podklady

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace

P4) .....

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x), Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

---

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Martin Dobrovodský *Prefabrikovaný bytový dům ze stěnových panelů*. Brno, 2020. 19 s. s 2 příl.  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Prefabrikovaný bytový dům ze stěnových panelů* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24. 4. 2020

---

Martin Dobrovodský  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Prefabrikovaný bytový dům ze stěnových panelů* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 4. 2020

---

Martin Dobrovodský  
autor práce

## **ABSTRAKT**

Bakalárska práca sa zaoberá statickým riešením prefabrikovaného bytového domu. Konkrétne statickým návrhom vybraných prvkov. Súčasťou práce je tiež projektová dokumentácia, výkresy tvaru a výstuže vybraných prvkov. Výpočtová časť obsahuje konkrétny návrh prvkov prevedený ručným výpočtom a pomocou SCIA engineer

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Statický výpočet, zaťaženie, stropný panel, stenový panel

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis describes a structural solution for an apartment building. Structural design of selected elements to be specific. Project documentation, formwork and armature drawing of selected elements are also part of the thesis. Calculations contain a specific design of selected elements calculated by hand and by SCIA engineer software.

## **KEYWORDS**

Structural design, load, ceiling panel, wall panel

## Obsah

1. Úvod .....	8
2. Popis konštrukčného systému stavby .....	8
3. Materiálové charakteristiky.....	9
3.1. Betón – C30/37.....	9
3.2. Oceľ – B500B .....	9
3.3. Oceľ – 11 373 EZ .....	9
4. Riešené prvky .....	10
4.1. Stropný panel P2 .....	10
4.2. Stropný panel P3 .....	10
4.3. Stropný panel P5 .....	11
4.4. Stropný panel P6 .....	11
4.5. Stropný panel P9 .....	11
4.6. Stropný panel P11 .....	12
4.7. Stenový panel W5.....	12
4.8. Schodiskové rameno SCH1 .....	13
4.9. Schodiskové rameno SCH2 .....	13
4.10. Stenový panel W11.....	14
5. Zaťaženie .....	14
5.1. Popis zaťaženia .....	14
5.2. Skladby .....	15
6. Posúdenie.....	16
6.1. Konštrukčný model.....	16
6.2. Medzné stavy .....	17
6.3. Medzný stav únosnosti.....	17
6.4. Medzný stav použiteľnosti .....	17
6.5. Výrobné štádium .....	17
6.6. Vyhodnotenie.....	17
7. Použité zdroje.....	18
8. Zoznam príloh.....	19

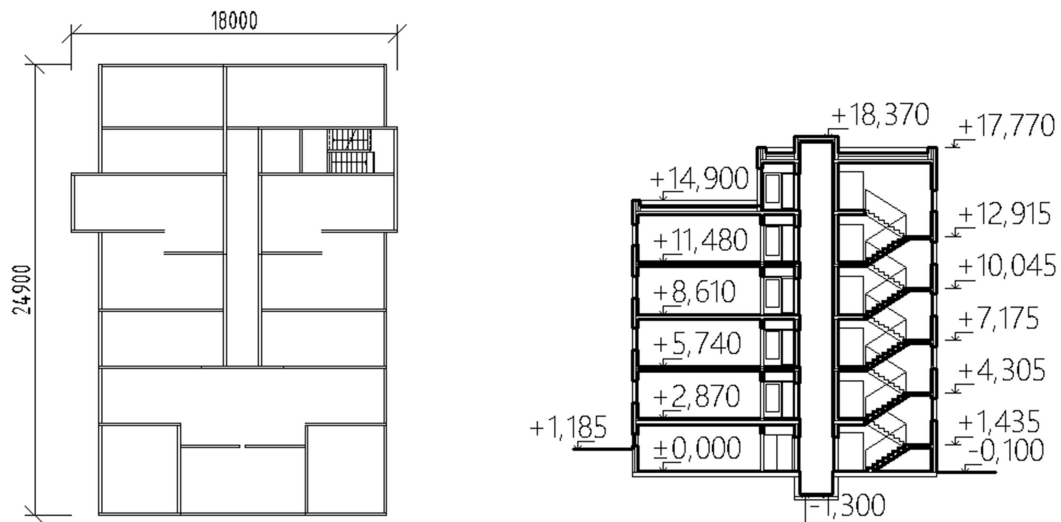
## 1. Úvod

Hlavnou úlohou bakalárskej práce bolo navrhnúť a posúdiť vybrané prvky prefabrikovaného bytového domu.

Bakalárska práca je členená na tri časti. Prvá časť je textová časť, ktorá popisuje konštrukčné riešenie stavby a jej skladby. Druhá časť je výpočtová, ktorá je tvorená ručným výpočtom a výsledkami zo softwaru SCIA Engineer a IDEA StatiCa pre vybrané prvky konštrukcie. Návrh bol prevedený na medzný stav únosnosti a medzný stav použiteľnosti. Prvky boli taktiež posúdené a navrhnuté na výrobné štádium. Tretia časť obsahuje projektovú dokumentáciu.

## 2. Popis konštrukčného systému stavby

Jedná sa o priečny stenový systém, ktorý má 5 podlaží. Jednotlivé podlažia budú komunikačne spojené dvojramenným prefabrikovaným schodiskom, umiestneným pri fasádnej stene, a výťahom umiestneným v jadre podlažia. Prefabrikované schodisko sa skladá z dvoch samostatných ramien a medzipodesty. Funkciu hlavnej podesty zastáva stropný panel P23. Medzipodesta bude uložená na oceľové profily, ktoré budú súčasťou priľahlých stien W26 a W19. Na profily bude umiestnená pružná podložka. Suterén bude tvorený monolitickou "bielou vaňou", ktorá nie je súčasťou riešenia bakalárskej práce. Hrúbka stropných panelov je 150 mm. Do stropných panelov budú osadené úchyty z hladkej strojnej ocele 11 373 EZ, ktoré slúžia na manipuláciu s panelom. Po osadení panelu na miesto, budú tieto závesy odrezané. Alternatívne budú navrhnuté aj prefabrikované úchyty DEHA. Tieto úchyty budú po osadení panelu na miesto zaviečkované. Celková výška objektu je 18,37m. Konštrukčná výška podlažia je 2,87m, pričom svetlá výška podlažia je 2,62m. Svetlá výška v suteréne je znížená na 2,52m. Výška atiky je 0,65m. Celková dĺžka objektu je 24,9m a šírka objektu je 18m.



### 3. Materiálové charakteristiky

#### 3.1. Betón – C30/37

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

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 30 / 1,5 = 20 \text{ MPa}$$

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

$$f_{ctk,0,05} = 2 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$E_{cm} = 33 \text{ GPa}$$

#### 3.2. Oceľ – B500B

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

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,78 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 434,78 / 200 \cdot 10^3 = 2,17 \text{ ‰}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

#### 3.3. Oceľ – 11 373 EZ

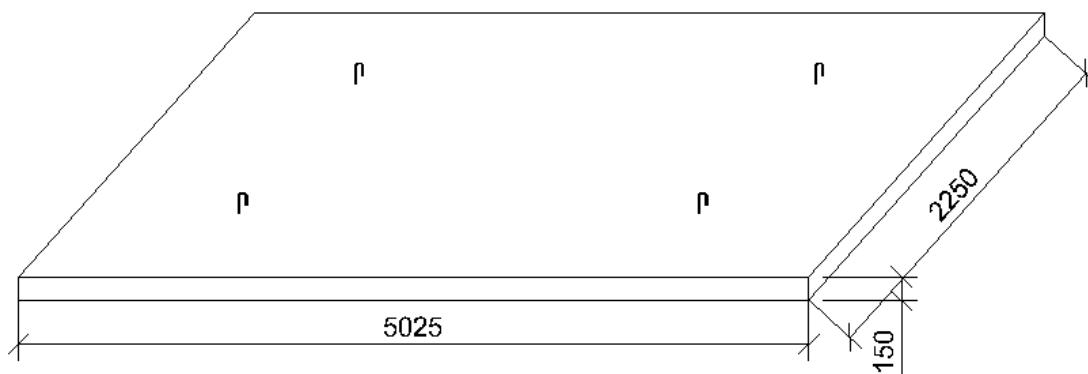
$$f_{yk} = 235 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 235 / 1,15 = 205 \text{ MPa}$$

## 4. Riešené prvky

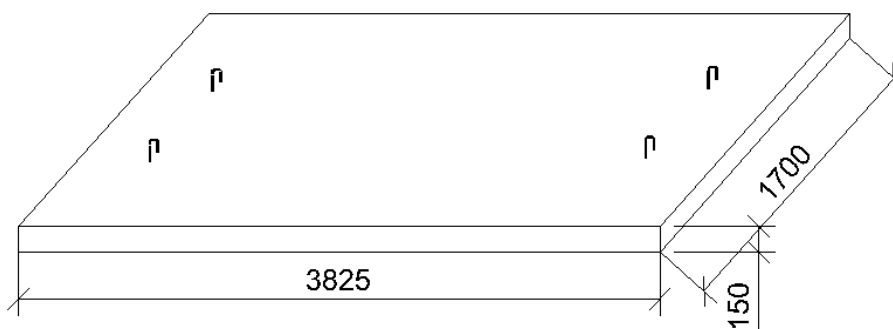
### 4.1. Stropný panel P2

Stropný panel P2 je navrhnutý ako proste podoprený z troch strán. Rozmery sú 150x2250x5025 mm.



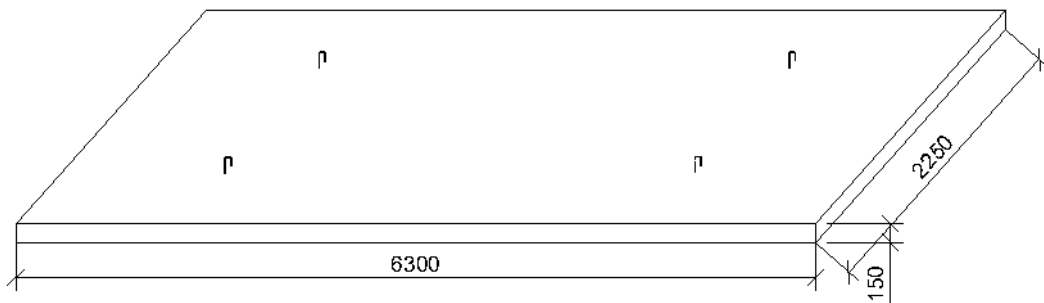
### 4.2. Stropný panel P3

Stropný panel P3 je navrhnutý ako proste uložený na dvoch stranách. Rozmery sú 150x1700x3825 mm.



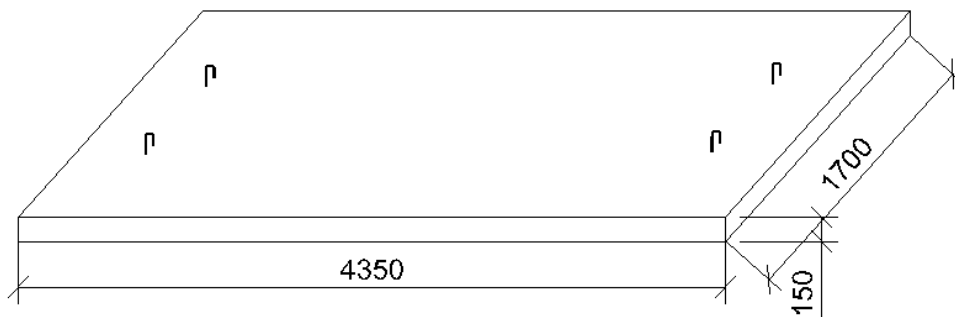
#### 4.3. Stropný panel P5

Stropný panel P5 je navrhnutý ako spojitý o dvoch poliach proste podporený. Rozmery sú 150x2250x6300 mm.



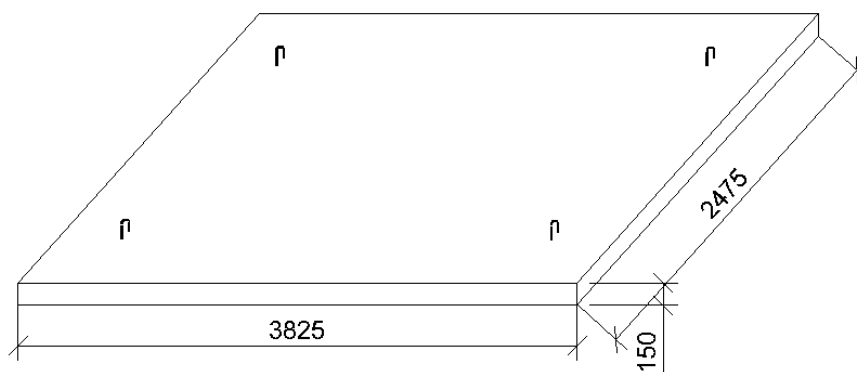
#### 4.4. Stropný panel P6

Stropný panel P6 je navrhnutý ako proste uložený na dvoch stranách. Rozmery sú 150x1700x4350 mm.



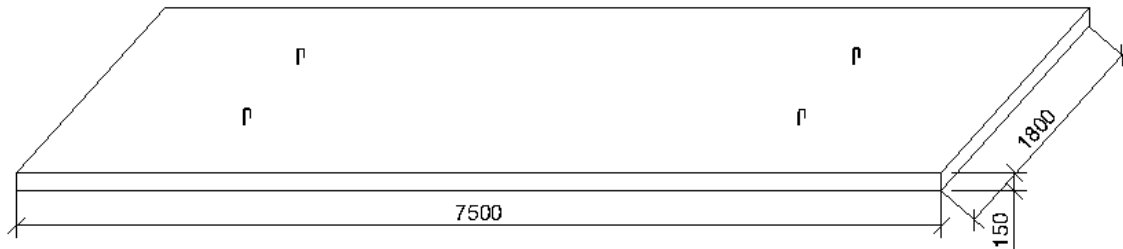
#### 4.5. Stropný panel P9

Stropný panel P9 je navrhnutý ako proste uložený na dvoch stranách. Rozmery sú 150x2475x3825 mm.



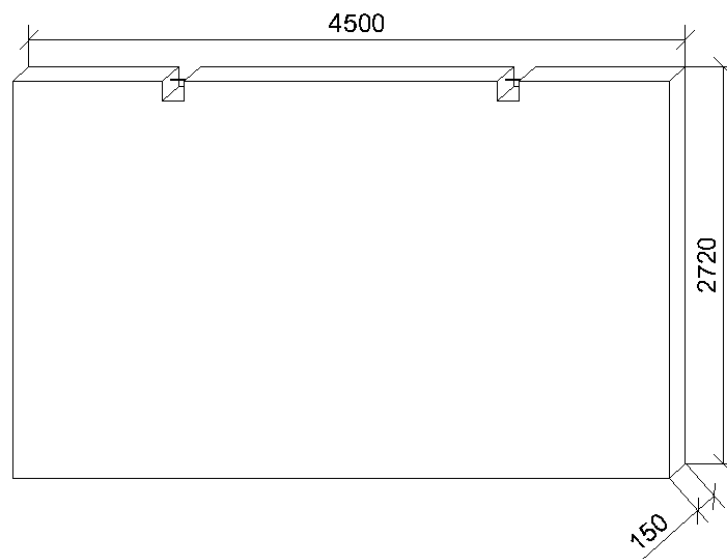
#### 4.6. Stropný panel P11

Stropný panel P11 je navrhnutý ako spojité o dvoch poliach proste podoprený. Rozmery sú 150x1800x7500 mm.



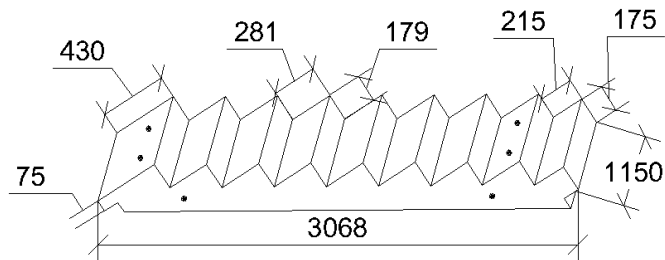
#### 4.7. Stenový panel W5

Stenový panel W5 ja namáhaný normálovými silami v rovine panelu. Rozmery stenového panelu sú 150x2720x4500 mm. Úchyty v stenovom panely sú namáhané na strich. Musí byť zabránené ich vytrhnutiu z dielca pomocou spon.



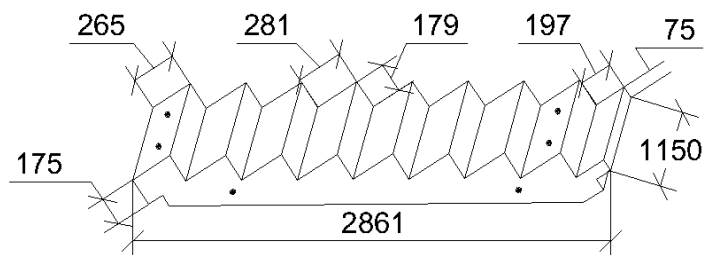
#### 4.8. Schodiskové rameno SCH1

Schodiskové rameno SCH1 je usadené na ozuby pomocou pružnej podložky. V ramene sa nachádza 8 montážnych úchytoch typu DEHA. Bočné úchyty slúžia na vyberanie z formy a na manipuláciu vo výrobni. Vrchné úchyty slúžia na manipuláciu pri montáži ramena. Rozmery ramena sú 1150x300x3068 mm.



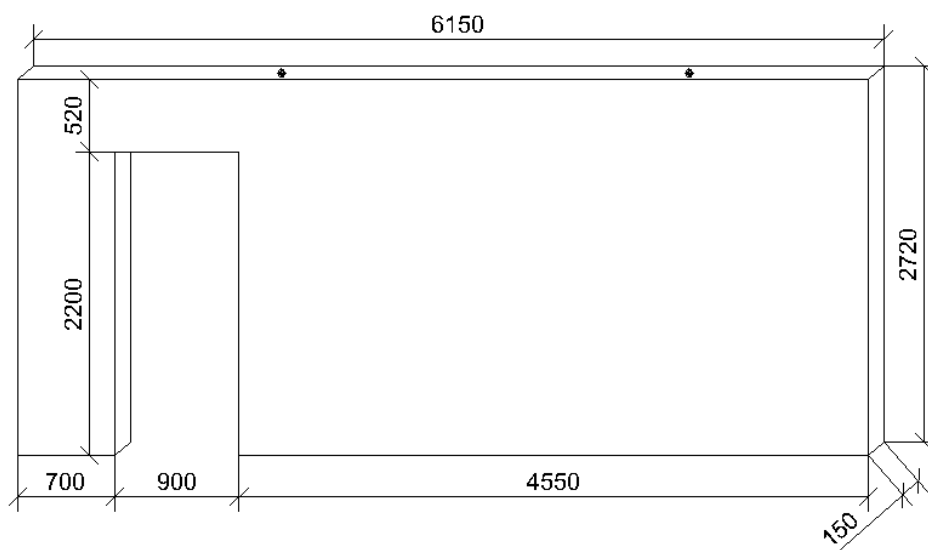
#### 4.9. Schodiskové rameno SCH2

Schodiskové rameno SCH2 je usadené na ozuby pomocou pružnej podložky. V ramene sa nachádza 8 montážnych úchytoch typu DEHA. Bočné úchyty slúžia na vyberanie z formy a na manipuláciu vo výrobni. Vrchné úchyty slúžia na manipuláciu pri montáži ramena. Rozmery ramena sú 1150x300x2861 mm.



#### 4.10. Stenový panel W11

Stenový panel W11 ja namáhaný normálovými silami v rovine panelu. Rozmery stenového panelu sú 150x2720x6150 mm. V panely sa nachádza dverný otvor rozmerov 2200x900 mm a je opatrený 2 montážnymi kotvami typu DEHA.



### 5. Zataženie

#### 5.1. Popis zaťaženia

Všetko zaťaženie bolo definované podľa ČSN EN 1991-1. Konštrukcia vzhľadom na svoju polohu zapadá do snehovej oblasti typu III a taktiež do veternej oblasti typu III. Jedná sa o parametre potrebné pre výpočet zaťaženia od klimatických podmienok.

Pre výpočet medzného stavu únosnosti boli použité kombinačné rovnice 6.10a a 6.10b podľa ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí.

Pre výpočet medzného stavu použiteľnosti boli použité kombinačné rovnice pre kvázistálu a charakteristickú kombynáciu podľa ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí.

## 5.2. Skladby

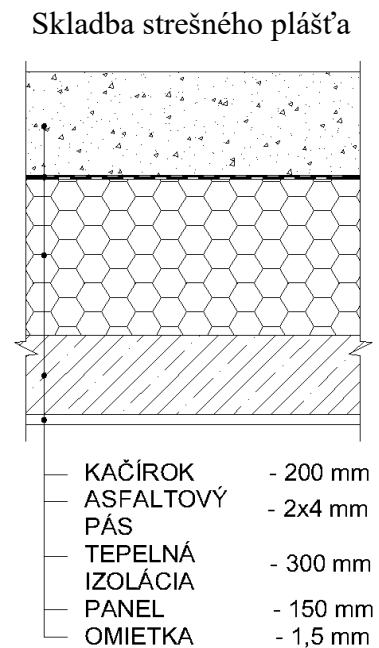
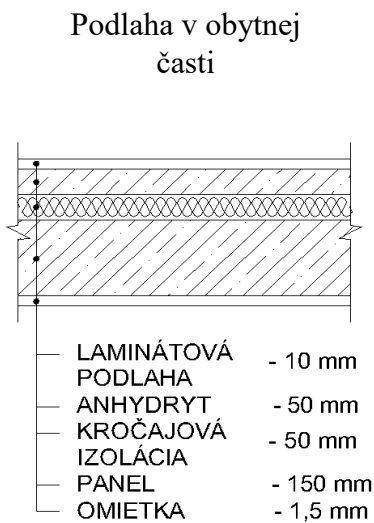
Typická skladba podlahy pre daný objekt vzhľadom k jeho účelu je nasledovná:

### 5.2.1. Podlaha v obytnej časti

- |                           |   |          |
|---------------------------|---|----------|
| - laminátová podlaha      | - objemová hmotnosť 9,4 kN/m <sup>3</sup> | - 10 mm  |
| - anhydrit                | - objemová hmotnosť 22 kN/m <sup>3</sup>  | - 50 mm  |
| - kročajová izolácia      | - objemová hmotnosť 1,6 kN/m <sup>3</sup> | - 50 mm  |
| - stropný panel           | - objemová hmotnosť 25 kN/m <sup>3</sup>  | - 150 mm |
| - vápenocementová omietka | - objemová hmotnosť 20 kN/m <sup>3</sup>  | - 1,5 mm |

### 5.2.2. Skladba strešného plášťa

- |                                  |  |          |
|----------------------------------|--|----------|
| - kačirok                        | - objemová hmotnosť 17 kN/m <sup>3</sup>   | - 200 mm |
| - hydroizolácia 2x asfaltový pás | - objemová hmotnosť 0,02 kN/m <sup>2</sup> | - 2x4 mm |
| - tepelná izolácia EPS           | - objemová hmotnosť 0,2 kN/m <sup>3</sup>  | - 300 mm |
| - stropný panel                  | - objemová hmotnosť 25 kN/m <sup>3</sup>   | - 150 mm |
| - vápenocementová omietka        | - objemová hmotnosť 20 kN/m <sup>3</sup>   | - 1,5 mm |

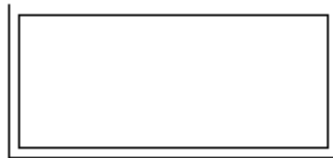


## 6. Posúdenie

### 6.1. Konštrukčný model

Pri výpočte boli použité nasledujúce konštrukčné modeli:

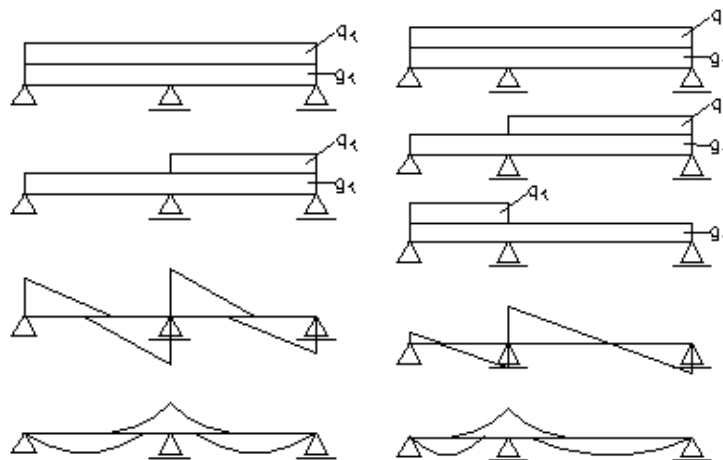
6.1.1. Stropný panel P2 bol uvažovaný ako proste podopretý na troch stranách.



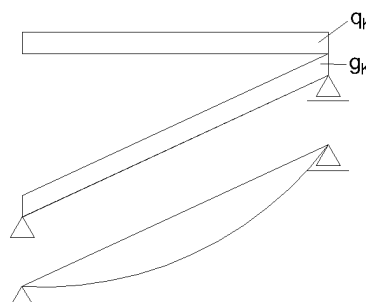
6.1.2. Stropné panely P3, P6 a P9, ktoré sú proste podopreté po dvoch stranách, boli uvažované zjednodušene ako prostý nosník o šírke 1m.



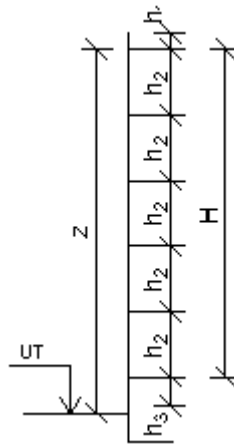
6.1.3. Stropné panely P5 a P11 sú spojité a ich konštrukčný model bol uvažovaný ako spojité nosníky o šírke 1m, ktorý bol striedavo zaťažovaný premenným zaťažením aby vznikli maximálne momenty



6.1.4. Schodiskové ramená boli uvažované ako šikmý prostý nosník ktorý bol zaťažovaný stálym zaťažením na strednicu a premenným zaťažením na svoj pôdorysný priemet.



6.1.5. Stropné panely W5 a W11 sú zaťažované vo svojej rovine normálovými silami, ktoré sú od zaťaženie nad týmito panelmi (ostatné poschodia). Panel W5 je navyše zaťažovaný aj momentom, ktorý pôsobí v rovine panelu a vzniká od zaťaženia vetrom.



## 6.2. Medzné stavy

### 6.3. Medzný stav únosnosti

Základný výpočet bol riešený pre MSU pri čom boli použité kombinačné rovnice 6.10a a 6.10b.

$$6.10a - \sum \gamma_{gi} \cdot g_i + \gamma_{qi} \cdot \Psi_0 \cdot q_{ki}$$

$$6.10b - \sum \xi \gamma_{gi} \cdot g_i + \gamma_{qi} \cdot q_{ki}$$

### 6.4. Medzný stav použiteľnosti

Na určenie prihybu jednotlivých stropných panelov bola použitá charakteristická a kvázistála kombinácia.

Charakteristická kombinácia sa používa pre nevratné zmeny (trhliny)

$$\sum g_{ki} + q_{ki} + \sum \Psi_{0,i} \cdot q_{ki}$$

Kvázistála kombinácia sa používa pre dlhodobé účinky a tavr konštrukcie (prihyb)

$$\sum g_{ki} + \sum \Psi_{2,i} \cdot q_{ki}$$

### 6.5. Výrobné štádium

Jednotlivé prvky boli tiež posúdené vo výrobnom štádiu a to pri vyberaní z formy

$$f_d = 1,3 \cdot \gamma_g \cdot (f_k + f_{adh})$$

a počas manipulácie na stavenisku

$$f_d = 1,8 \cdot \gamma_g \cdot \gamma_{man} \cdot f_k$$

### 6.6. Vyhodnotenie

Na základe získaných výsledkov a podľa rozhodujúcich kombinácií bola do jednotlivých prvkov navrhnutá nosná a rozdeľovacia výstuž.

## 7. Použité zdroje

### Použité normy:

- [1] ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb, Praha 9/2010
- [2] ČSN 73 1211: Navrhování betonových konstrukcí panelových budov, 1982
- [3] ČSN EN 1990, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, březen 2004
- [4] ČSN EN 1991-1-1 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [5] ČSN EN 1991-1-3 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- [6] ČSN EN 1991-1-4 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- [7] ČSN EN 1991-1-6 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění
- [8] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí
- [9] ČSN EN 206+A1 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- [10] ČSN EN 13369 Společná pravidla pro betonové prefabrikáty
- [11] ČSN EN 10080 Ocel pro výztuž do betonu - Svařitelná betonářská ocel – Všeobecně

### Použitá literatura:

- [12] ZICH, Miloš a Zdeněk P. BAŽANT. *Montované betonové konstrukce*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2018. ISBN 978-80-7204-983-7

### Zoznam použitých softwarov:

- [13] SCIA Engineer 18.1 - pre výpočty konštrukcií
- [14] IDEA StatiCa 10 – pre výpočet výstuže v detailoch
- [15] Autodesk AutoCAD 2018
- [16] RECOC 2018
- [17] Microsoft Word
- [18] Microsoft Excel

## 8. Zoznam príloh

- P1) Statický výpočet
- P2) Výkresová dokumentácia
  - V01 – výkres 1.NP
  - V02 – rez A-A'
  - V03 – výkres skladby
  - V04 – stropný panel P2
  - V05 – stropný panel P3
  - V06 – stropný panel P5
  - V07 – stropný panel P6
  - V08 – stropný panel P9
  - V09 – stropný panel P11
  - V10 – stenový panel W5
  - V11 – schodiskové rameno SCH1
  - V12 – schodiskové rameno SCH2
  - V13 – stenový panel W11