



# 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

# KONSTRUKCE BYTOVÉHO DOMU – VYBRANÉ PRVKY

STRUCTURE OF APARTMENT BUILDING – SELECTED ELEMENTS

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Barbora Kanichová

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2021



# 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>	Barbora Kanichová
<b>Název</b>	Konstrukce bytového domu – vybrané prvky
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Jan Perla
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2020
<b>Datum odevzdání</b>	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

---

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

---

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

## **PODKLADY A LITERATURA**

Podklady:

Situace, stavební půdorysy a řezy, IGP

Základní normy (včetně všech změn a doplňků):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura:

podle doporučení vedoucího bakalářské práce.

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

Návrh vybraných konstrukčních prvků nízkopodlažního bytového domu – při návrhu bude respektováno dispoziční využití půdorysu vyššího podlaží a provedeno posouzení přetvoření stropní konstrukce s ohledem na celistvost vynášených výplňových konstrukcí. Při návrhu bude rovněž zohledněn požadavek na omezení šíření kročejového hluku konstrukcí a přerušení tepelných mostů u balkónů. Statický výpočet bude obsahovat i ověření účinků přibližnými metodami řešení.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady.

P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím práce).

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce).

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1× 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).

---

Ing. Jan Perla  
Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Záměrem bakalářské práce jsou vybrané konstrukční prvky nízkopodlažního bytového domu. Řešená je železobetonová stropní konstrukce vyššího podlaží. Při návrhu je zohledněn požadavek na omezení šíření kročejového hluku ze schodišťového prostoru do bytových jednotek a přerušení tepelných mostů u balkónových desek. Je ověřeno přetvoření stropní konstrukce s ohledem na celistvost vynášených výplňových konstrukcí. Pro řešení vnitřních sil je použit software RFEM 5.18. Veškeré výpočty jsou vykonány dle ČSN EN 1992-1-1 a ČSN 73 1201.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Spojité železobetonové stropní deska, monolitická konstrukce, schodiště, balkonová deska, ohybový moment, mezní stav použitelnosti a únosnosti

## **ABSTRACT**

The aim of the bachelor thesis is selected construction elements of low-rise apartment building. Reinforced concrete slab of the upper floor is solved in this thesis. The requirement to limit the propagation of impact noise from the staircase to the building and thermal bridge interruption was taken into account in the design of the construction. The deformation of the ceiling structure was verified regarding the integrity of the deposited infill structures. RFEM 5.18 software is used to solve internal forces. All the calculation are performed according to ČSN EN 1992-1-1 and ČSN 73 1201.

## **KEYWORDS**

Continuous reinforced concrete slab, cast-in-place structure, staircase, cantilever slab, bending moment, ultimate and serviceability limit state

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Barbora Kanichová *Konstrukce bytového domu – vybrané prvky*. Brno, 2021. 26 s., 210 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Konstrukce bytového domu – vybrané prvky* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 19. 5. 2021

---

Barbora Kanichová  
autor práce

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Konstrukce bytového domu – vybrané prvky* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 19. 5. 2021

---

Barbora Kanichová  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji mému vedoucímu práce panu Ing. Janovi Perlovi za ochotu, jeho přínosné informace, poznatky z praxe a čas, který mi věnoval při vypracování této bakalářské práce.

Ráda bych poděkovala také své rodině za nekonečnou podporu během celého studia.



## OBSAH

1. ÚVOD	10
2. POPIS OBJEKTU	11
2.1. STAVEBNÍ ŘEŠENÍ	11
2.2. VODOROVNÉ KONSTRUKCE	12
2.3. SVISLÉ KONSTRUKCE	12
2.4. SCHODIŠTĚ	12
3. MATERIÁLY	13
4. ZATÍŽENÍ	14
4.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ	14
4.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ	14
5. KOMBINACE VÝSLEDKŮ	15
6. VNITŘNÍ SÍLY	16
6.1. ŽELEZOBETONOVÁ STROPNÍ DESKA	16
6.1.1. RUČNÍ VÝPOČET	16
6.1.2. VÝPOČTOVÝ SOFTWARE	16
6.1.3. POROVNÁNÍ NÁVRHOVÝCH OHYBOVÝCH MOMENTŮ	17
6.1.4. VYHODNOCENÍ	17
6.2. SCHODIŠŤOVÁ DESKA	18
6.2.1. RUČNÍ VÝPOČET	18
6.2.2. VÝPOČTOVÝ SOFTWARE	18
6.2.3. POROVNÁNÍ NÁVRHOVÝCH OHYBOVÝCH MOMENTŮ	18
6.2.4. VYHODNOCENÍ	18
7. POSTUP VYZTUŽOVÁNÍ	19
7.1. VYZTUŽENÍ DESEK	19
7.2. VYZTUŽENÍ BALKONÝCH DESEK	19
7.3. VYZTUŽENÍ SCHODIŠTĚ	19
8. POSOUZENÍ MEZNÍHO STAVU POUŽITELNOSTI	20
8.1. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI DESKY	20
8.2. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI SCHODIŠTĚ	20
9. ZÁVĚR	21
10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	22
11. SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK	24
12. PŘÍLOHY	26

## 1. ÚVOD

V mojí bakalářské práci se zabírám návrhem železobetonové stropní konstrukce předposledního nadzemního podlaží bytového domu, jehož svislými nosními konstrukcemi jsou zděné stěny, dále návrhem prefabrikovaných balkonových desek a monolitického schodiště.

Cílem práce je vytvoření vhodného statického modelu, výpočet vnitřních sil softwarem a ověření hodnot ruční zjednodušenou metodou. Následně nadimenzování výztuže, zpracování výkresové dokumentace a posouzení přetvoření stropní konstrukce s ohledem na celistvost vynášených výplňových konstrukcí.

Při návrhu se klade důraz na přerušení tepelných mostů v místech napojení prefabrikovaných balkonových desek a přerušení vedení kročejového hluku ze schodišťového prostoru do okolních konstrukcí.

Statický model konstrukce a výpočet vnitřních sil na konstrukci je proveden pomocí výpočetního softwaru RFEM 5.18., založeném na metodě konečných prvků. Z hodnot vnitřních sil modelu v softwaru jsem vycházela při návrhu výztuže.

## 2. POPIS OBJEKTU

### 2.1. STAVEBNÍ ŘEŠENÍ OBJEKTU

Bytový dům řešený v bakalářské práci je objekt SO 01, který je jedním ze tří bytových objektů polyfunkčního objektu Rezidence Říční, Svitavy, ulice Říční. Jedná se o vícepodlažní stavbu zděnou z keramických tvárnic. Obvodové tvárnice jsou opatřeny tepelnou izolací a venkovní omítkou. Vnitřní nosné tvárnice v pravidelném modulu zároveň oddělují jednotlivé byty, proto jsou navrženy jako akustické, s parametry pro mezibytové stěny. Stejněmu modulu jsou podřízeny i okenní otvory, které vytvářejí utilitární a pravidelný rastr, který se projevuje zejména na fasádě do ulice. Do dvora jsou navrženy balkonové dveře spolu s vykonzolovanými balkony. Objekt je rozdělený do třech provozních segmentů, které jsou obslouženy vlastním systémem schodišť. Ve čtyřech podlažích objektu se nachází dva typy bytů. Větší bytové jednotky jsou vybaveny menším balkonem směrem do vnitrobloku. Hlavní vstupy do třech oddělených segmentů bytového domu jsou umístěny v jihovýchodní fasádě do ulice Říční, stejně jako průjezd do vnitrobloku. Ten je rovněž přístupný třemi provozními vstupy pro přímou obsluhu venkovního parkoviště. Jedná se o čtyřpodlažní stavbu obdélníkového půdorysu o rozměrech 62,05 m x 12,00 m, nepodsklepenou, zděnou z keramických tvárnic, které vynášejí železobetonové stropy včetně ploché střechy. Do prvního nadzemního podlaží je umístěna vybavenost (sklepy, místa pro kočárky a kola) a technické zázemí. Další podlaží (2.NP, 3.NP, 4.NP) mají pak typický půdorys. Všechny podlaží jsou přepojeny jednoramenným železobetonovým schodištěm.

## 2.2. VODOROVNÉ KONSTRUKCE

Stropní konstrukce jsou v celém objektu vynášeny keramickými tvárnici. V třetím nadzemním podlaží je strop vynášen zděným stěnovým systémem a konstrukce je navržena jako patnáct vzájemně navazujících desek po obvodě podepřených nosními stěnami. Jedenáct z těchto desek je navrženo na konstrukční tloušťku 180 mm, jedna s největším rozpětím na 200 mm a tři desky ve schodišťovém prostoru jsou navrženy na tloušťku 240 mm. Půdorysné rozměry záleží na zadaném tvaru půdorysu.

Pro vnitřní prostředí se stupněm vlivu prostředí XC1 je navržena třída betonu C25/30, pro balkony se stupněm vlivu prostředí XC3 je navržena třída betonu C30/37. Betonářská výztuž navržena B500B.

Výztuž vnitřních desek je z důvodu předejití záměny při kladení výztuže navržena stejného průměru  $\varnothing 10$ . Případné příložky jsou navrženy o průměru  $\varnothing 6$ . Výztuž balkonových prefabrikovaných desek je navržena průměru  $\varnothing 8$ , která navazuje na výztuž navrženo nosných prvků na přerušení tepelného mostu HALFEN MVX.

## 2.3. SVISLÉ KONSTRUKCE

Svislé konstrukce jsou v celém objektu zděné z keramických tvárníc HELUZ. Obvodové zdi jsou zhotovené z tvárníc HELUZ UNI 30 broušené, pevnostní třídy 12,5 MPa, zděné na tenkovrstvou maltu, vnitřní nosné zdi HELUZ UNI 25 broušené, pevnostní třídy 12,5 MPa, zděné na tenkovrstvou maltu. Příčky jsou navrženy o tloušťce 140 mm a 115 mm. V hygienických zařízeních každého bytu je přízdívka z pórobetonových tvárníc YTONG o tloušťce 140 mm. Nad navrhnutými otvory s vyhovující světlou šířkou otvoru jsou systémové překlady HELUZ, které však nejsou předmětem této práce a jejich typ a počet řeší projektant ve stavební části projektu.

## 2.4. SCHODIŠTĚ

Jednoramenné schodiště je tvořeno jednou monolitickou železobetonovou deskou, která je dvakrát zalomena tloušťky 300 mm. Celý schodišťový prostor je oddílán od zbytku objektu z důvodu přerušení šíření hluku. Toho je dosaženo uložení schodiště do zabudovaných nosných prvků s typovým armokošem a elastomerovými ložiskama pro izolaci kročejového hluku-Schöck Tronsole® typ Z, který je doplněn spárovými deskami Schöck Tronsole® typ L, umístěnými po celém obvodu schodiště ve styku s okolními konstrukcemi. Navržena pevnost betonu C30/37 se stupněm vlivu prostředí XC1, betonářská výztuž třídy B500B průměru  $\varnothing 10$ .

### 3. MATERIÁLY

#### BETON

##### C25/30

Charakteristická válcová pevnost v tlaku:

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

Dílčí součinitel vlastností materiálu:

$$\gamma_c = 1,5$$

Návrhová pevnost betonu v tlaku:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

Průměrná hodnota pevnosti v dostředném tahu:

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

Sečnový modul pružnosti:

$$E_{cm} = 30,5 \text{ GPa}$$

##### C30/37

Charakteristická válcová pevnost v tlaku:

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

Dílčí součinitel vlastností materiálu:

$$\gamma_c = 1,5$$

Návrhová pevnost betonu v tlaku:

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

Průměrná hodnota pevnosti v dostředném tahu:

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

Sečnový modul pružnosti:

$$E_{cm} = 32 \text{ GPa}$$

#### OCEL

##### B500B

Charakteristická mez kluzu:

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

Dílčí součinitel vlastností materiálu:

$$\gamma_s = 1,15$$

Návrhová pevnost v tlaku:

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

Návrhová hodnota modulu pružnosti:

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

## 4. ZATÍŽENÍ

### 4.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Stálé zatížení je rozdělené do tří zatěžovacích stavů pro zjednodušení vyšetřování vnitřních sil.

První zatěžovací stav je tvořen jenom vlastní tíhou konstrukce – plošné zatížení.

Druhý zatěžovací stav je tvořen zatížením skladbou podlah, které se mění v závislosti na část konstrukce (čtyři druhy skladeb) – plošné zatížení.

Třetí zatěžovací stav je tvořen příčkami, které se uvažují jako stálé zatížení, protože je uvažujeme jako pevné konstrukce, které se nebudou přemísťovat. Do výpočtu vstupují jako liniové zatížení ve výpočtovém softwaru, ale pro zjednodušený výpočet se přepočítává liniové zatížení od příček do plochy.

### 4.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

Jediné proměnné zatížení vstupující do výpočtu je uvažováno zatížení užité.

Hodnoty užitého zatížení pro kategorii A – obytné plochy a plochy pro domácí činnosti:

- stropní konstrukce  $q_k = 2,00 \text{ kN/m}^2$
- schodiště  $q_k = 3,00 \text{ kN/m}^2$
- balkony  $q_k = 3,00 \text{ kN/m}^2$

Při užitém zatížení balkonů byli zvažované 2 varianty zatížení, a to varianta plného plošného zatížení a varianta s plošným zatíženými okraji části desky v kombinaci se svislou silou působící na zábradlí, která zahrnuje zatížení osobami stojícími na okraji desky. Hodnota svislé síly  $Q_k = 2,00 \text{ kN}$ .

Následně byly vytvořeny zatěžovací stavy šachů v obou směrech konstrukce pro vyvození maximálních ohybových momentů v charakteristických místech konstrukce potřebných pro dimenzování, teda v polích a nad podporami.

## 5. KOMBINACE VÝSLEDKŮ

Pro výsledné kombinace účinků zatížení byly použity kombinace výsledků pro mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti. Byla vytvořena kombinace pro působení užitečného zatížení, a pak byla zkombinována se stálým zatížením dle rovnic:

MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

- rovnice 6.10a

$$\sum_{j \geq 1}^n \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \Psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1}^n \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- rovnice 6.10b

$$\sum_{j \geq 1}^n \xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1}^n \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

- rovnice 6.14b (charakteristická)
- rovnice 6.16b (kvazistálá)

Dílčí součinitele spolehlivosti pro mezní stavy únosnosti dle ČSN EN 1991:

- Stálé zatížení:
- příznivé  $\gamma_{Gj,inf} = 1,00$
  - nepříznivé  $\gamma_{Gj,sup} = 1,35$
  - nepříznivé  $\xi = 0,85$

Dílčí součinitele spolehlivosti pro mezní stavy použitelnosti uvažované 1,00.

Hodnoty součinitele  $\Psi$  pro kombinaci zatížení:

- užitečné zatížení dle kategorie zatěžovacích ploch

- Kategorie A: obytné plochy:
- $\Psi_0 = 0,7$
  - $\Psi_1 = 0,5$
  - $\Psi_2 = 0,3$

## 6. VNITŘNÍ SÍLY

Výpočet vnitřních sil byl proveden ve dvou variantách. Ruční výpočet byl proveden pro kontrolu softwarového výpočtu vnitřních sil. Ve výpočtovém softwaru RFEM 5.18 byl výpočet proveden metodou konečných prvků.

### 6.1. ŽELEZOBETONOVÁ STROPNÍ DESKA

#### 6.1.1. RUČNÍ VÝPOČET

V ručním výpočtu byla použita zjednodušená metoda vyšetřování vnitřních sil, a to z metrového výseku pruhu desek. Statickým schématem byl spojitý nosník zatížený plošným zatížením. Z empirických vztahů byl určený způsob působení desek a způsob přenášení zatížení. Všechny desky působí a přenášejí zatížení v jednom směru. Stálé zatížení bylo rozděleno do tří zatěžovacích stavů: zatěžovací stav vlastní tíha, zatěžovací stav zatížení od podlahy a zatěžovací stav od příček, které byly uvažovány jako stálé zatížení, přepočteno na zatížení na plochu. Dále do výpočtu vstupovalo užité zatížení. Po stanovení návrhových hodnot zatížení bylo na výpočet vnitřních sil použito statické schéma dle obrázků a zatížení rozděleno do dvou směrů pomocí Barešových tabulek pro výpočet desek a stěn. Každá dílčí deska má svoje statické schéma v obou směrech. Pro vyrovnání nadpodporových momentů byla použita Crossova metoda.

1	0,500	2	0,500	3	0,500	4	0,500	5	0,500	6	0,500	7	0,500	
	38,000	-26,400	26,400	-26,400	26,400	-26,400	26,400	-26,400	26,400	-26,400	26,400	-26,400	26,400	-26,400
	-5,800	-5,800	-2,900										3,635	
		0,725	1,450	1,450	0,725								-1,818	-1,818
	-0,363	-0,363	-0,181	-0,181	-0,363	-0,363	-0,181						1,249	
		0,091	0,181	0,181	0,091	0,045	0,091	0,091		0,045	-0,312		-0,624	-0,624
	-0,045	-0,045	-0,023	-0,034	-0,068	-0,068	-0,034	0,067		0,134	0,134		0,067	0,237
0	31,792	-31,792	24,927	-24,984	26,785	-26,785	26,275	-26,242	26,579	-26,578	24,025		-23,722	

0,418	8	0,582	0,582	9	0,418	0,500	10	0,500	0,500	11	0,500	0,500	12	0,500	13
26,400	-43,800	43,800	-26,400	26,400	-26,400	26,400	-26,400	26,400	-26,400	26,400	-38,000	26,400	-38,000		
7,270	10,130									2,900	5,800	5,800			
-0,909	-5,065	-10,130	-7,270	-3,635	-0,725	-1,450	-1,450	-0,725							
2,497	3,477	1,739	1,090	2,180	2,180	1,090	0,181	0,363	0,363						
-0,312	-0,820	-1,640	-1,183	-0,592	-0,318	-0,636	-0,636	-0,318							
0,473	0,659	0,330	0,228	0,455	0,455	0,228	0,080	0,159	0,159						
		-0,324	-0,233												
35,419	-35,419	33,774	-33,769	24,809	-24,808	25,632	-25,325	31,679	-31,679	0					

#### 6.1.2. VÝPOČTOVÝ SOFTWARE

Model nasimulován v programu vytvoří reálné působení konstrukce stropních desek a předpokládá roznoš zatížení do obou směrů v každém případě i když se jedná o malé hodnoty.



### 6.1.3. POROVNÁNÍ NÁVRHOVÝCH OHYBOVÝCH MOMENTŮ

<b>NÁVRHOVÝ OHYBOVÝ MOMENT</b>	<b>SOFTWARE [kNm/m]</b>	<b>RUČNÍ VÝPOČET [kNm/m]</b>	<b>ROZDÍL HODNOT [%]</b>
Vnitřní podpora krajní desky	26,75	31,79	15,85
Vnitřní typická podpora	26,78	28,76	6,88
Podpora zleva desky D5	31,60	35,42	10,78
Podpora zprava desky D5	32,55	33,77	3,61

### 6.1.4. VYHODNOCENÍ

Z uvedených hodnot můžeme vidět, že hodnoty získané z ručního výpočtu se liší průměrně o 10 %. Tato odchylka je způsobena rozdílným uvažováním působení desek. V ručním výpočtu hodnoty působily v jednom směru, zatímco program RFEM toto zatížení rozděluje do obou směrů. I navzdory rozdílům můžeme hodnoty považovat za srovnatelné.

## 6.2. SCHODIŠŤOVÁ DESKA

### 6.2.1. RUČNÍ VÝPOČET

Pro zjednodušenou metodu byl jako statické schéma zvolen prostý, dvakrát zalomený nosník. Zatížení je uvažováno jako liniové zatížení na jeden metr délky. Kombinace účinků zatížení byla vypočtena ze tří zatěžovacích stavů. V prvním zatěžovacím stavu bylo uvažováno zatížení od omítky, tíha stupně a železobetonové schodišťové desky. Druhý zatěžovací stav byl tvořen zatížením od podlahy. Třetím zatěžovacím stavem bylo proměnné užité zatížení.

### 6.2.2. VÝPOČTOVÝ SOFTWARE

Model nasimulován v programu vytváří reálné působení konstrukce. Jedná se o trojrozměrnou konstrukci, takže kromě dimenzačních ohybových momentů vznikají i dimenzační normálové síly. Interakce normálových sil a ohybových momentů byla ověřena interakčním diagramem.

### 6.2.3. POROVNÁNÍ NÁVRHOVÝCH OHYBOVÝCH MOMENTŮ

NÁVRHOVÝ OHYBOVÝ MOMENT	SOFTWARE [kNm/m]	RUČNÍ VÝPOČET [kNm/m]	ROZDÍL HODNOT [%]
$M_{Ed1}$	71,53	78,26	8,6
$M_{Ed2}$	68,23	75,67	9,8

### 6.2.4. VYHODNOCENÍ

Z porovnání hodnot je patrné, že se návrhové ohybové momenty ve dvou sledovaných místech schodiště se liší přibližně o 10 %. Tato odchylka je způsobena rozdílným uvažováním působení desek. Software rozděluje zatížení do dvou směrů, co způsobuje jiné přerozdělení vnitřních sil než při ručním zjednodušeném výpočtu.

## 7. POSTUP VYZTUŽOVÁNÍ

Návrh výztuže byl proveden na tzv. dimenzační momenty.

### 7.1. VYZTUŽENÍ DESKY

Návrh výztuže byl proveden při vrchním i spodním povrchu. Při spodním povrchu byla navržena základní síť vyhovující minimálnímu stupni vyztužení desky a konstrukčním zásadám umístění výztuže. Základní síť byla doplněna příložkami v místech, kde základní síť nebyla dostačující a dále kolem otvorů kvůli zamezení vzniku smršťovacích trhlin. Horní výztuž má v některých místech rozdílnou délku v závislosti na velikosti nadpodporových momentů, ale se snahou minimalizovat malé, nepatrné, těžko rozeznatelné výztuže rozdílné délky. Uprostřed rozpětí desek, v místech, kde není výztuž staticky potřebná, jsou umístěny kari sítě kvůli zamezení vzniku trhlin.

### 7.2. VYZTUŽENÍ BALKONOVÝCH DESEK

Balkonové desky jsou opatřeny statickým systémem HIT-MVX ELEMENTS, jedná se o standardní napínací tyče z výztužné oceli, jejichž funkce je přenos ohybových momentů a posouvajících sil. Prvek je použitý pro přerušení tepelného mostu. Dovyztužení horního a spodního povrchu je provedeno dle zásad výrobce.

### 7.3. VYZTUŽENÍ SCHODIŠŤE

Výztuž schodišťové desky tloušťky 300 mm je navržena na současné působení návrhových dimenzačních momentů a vznikajících normálových sil. Výztuž je navržena při horním i spodním povrchu.

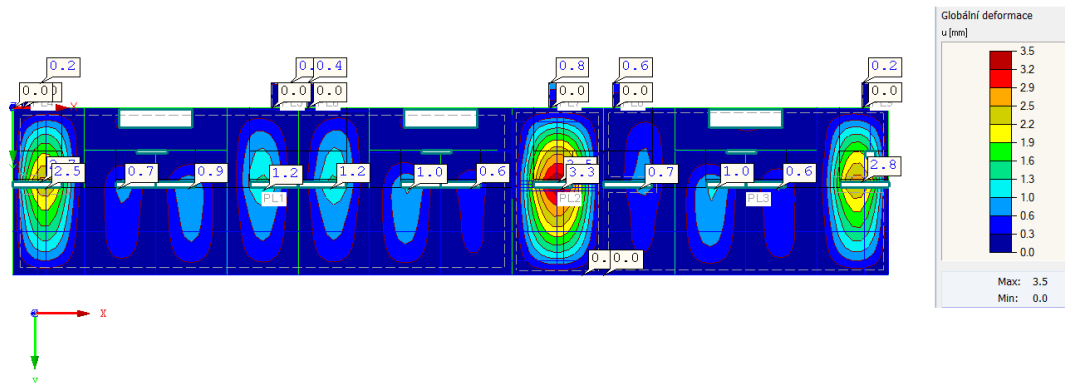
## 8. POSOUZENÍ MEZNÍHO STAVU POUŽITELNOSTI

### 8.1. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI DESKY

Mezní stav použitelnosti byl určen u desky D5, jakožto u desky s největším rozpětím a největší tloušťkou. Jeho hodnota byla vypočtena z kvazistálé kombinace a jeho hodnota dosáhla 3,5 mm.

KV7 : MSP - kvazistálá  
Kombinace výsledků: Max. hodnoty  
Hodnoty: u [mm]

Ve směru Z



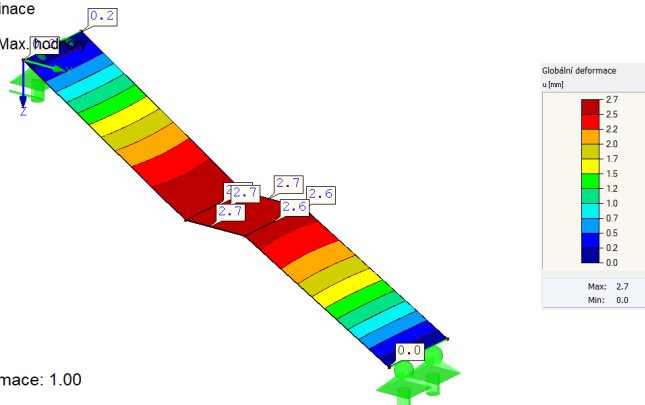
Součinitel pro deformace: 1.00  
Max u: - Min u: -

Hodnota výsledného průhybu při návrhové životnosti konstrukce 50 let s vlivem dotvarování a smršťování konstrukce je 20,74 mm. Jeho limitní hodnota je  $\frac{L}{250} = \frac{6500}{250} = 26$  mm, takže konstrukce vyhovuje požadavku na životnost konstrukce. Dále byl určen průhyb pro poškození příček, jeho hodnota je 6,12 mm a limitní hodnota pro tento průhyb je  $\frac{L}{650} = \frac{6500}{650} = 10$  mm, takže by neměl způsobit poškození příček a omítek.

### 8.2. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI SCHODIŠTĚ

Mezní stav použitelnosti schodiště posuzujeme zjednodušenou metodou, zanedbáváme vliv normálových sil, protože jsou tlakové a tím pádem jsou na straně bezpečné. Hodnota byla vypočtena z kvazistálé kombinace.

KV5 : kvazistálá kombinace  
Podporové reakce  
Kombinace výsledků: Max. hodnoty  
Hodnoty: u [mm]



Součinitel pro deformace: 1.00  
Max u: - Min u: -

Celková hodnota průhybu je 7,01 mm, což vyhovuje limitní hodnotě 23 mm.

## 9. ZÁVĚR

V mojí bakalářské práci jsem navrhla stropní konstrukce nad předposledním nadzemním podlažím bytového domu, provedla jsem návrh rozměrů, ruční výpočet zjednodušenou metodou, návrh prefabrikovaného balkonu a návrh schodiště.

Ruční výpočet je možné považovat za vhodnou přibližnou kontrolu výpočtu se softwarovými hodnotami vypočtenými metodou konečných prvků v programu RFEM 5.18. K odchylkám mezi porovnávanými hodnotami dochází kvůli vlivům liniového zatížení.

Dále jsem posoudila mezní stav použitelnosti stropní desky v kritickém místě při návrhové životnosti 50 let. Posoudila jsem vliv tohoto průhybu na celistvost vynášených příček, který vyhověl se značnou rezervou, z čeho plyne, že by šlo konstrukci navrhnout i na menší tloušťku. Otázka je ale, jestli by pak průhyb vyhověl na mezní průhyb poškození příček.

Při návrhu balkonové desky bylo zavedeno přerušení tepelného mostu použitím prvku HALFEN.

## 10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### NORMY:

[1] 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. Český normalizační institut, duben 2004.

[2] ČSN EN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.

[3] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Český normalizační institut, březen 2004

[4] ČSN 73 1201. Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2010.

### POUŽITÁ LITERATURA:

[5] BAREŠ, Richard. *Tabulky pro výpočet desek a stěn*. 2., dopl. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1979.

[6] HÁJEK, Ján. *Pretvorenia betónových konštrukcií*. vyd. Bratislava: Slovenská akadémia vied, Ústav stavebníctva a architektury, 1994.

[7] ZICH, Miloš. *Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů*. Praha: Dashöfer, 2010. ISBN 978-80-86897-38-7.

[8] KOLEKTIV, *Betonové konstrukce*. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT

### WEBOVÉ STRÁNKY:

[9] DEHA systém přepravních úchytů s kulovou hlavou [online]. [cit. 2021-05-19]. Dostupné z: <https://www.halfen.com/cz/1918/katalogy/?category=9>

[10] Schöck Isokorb® typ Z [online]. [cit. 2021-05-19]. Dostupné z: <https://www.schoeck.com/cs/tronsole-typ-Z>

[11] Schöck Isokorb® typ L [online]. [cit. 2021-05-19]. Dostupné z: <https://www.schoeck.com/cs/tronsole-typ-l>

[12] Halfen MVX [online]. [cit. 2021-05-19]. Dostupné z: <https://www.halfen.com/en/641/brochures/?category=4>

[13] Distanční výztuž UTH [online]. [cit. 2021-05-19]. Dostupné z:  
<http://www.kotaca.cz/podrubrika.php?ID=1>

[14] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. *Pomůcky do cvičení* [online]. [cit. 2021-05-19]. Dostupné z:  
<https://vutbr.sharepoint.com/sites/Svarickova/SitePages/V%C3%BDuka.aspx>

SOFTWARE:

AutoCAD 2021 – *Autodesk*

RFEM 5.18.01. – *Dlubal Software s.r.o.*

Word 2016 – *Microsoft*

Excel 2016 – *Microsoft*

## 11. SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK

### Latinská velká písmena

A	průřezová plocha
$A_c$	průřezová plocha betonu
$A_s$	průřezová plocha tažené výztuže
$A_i$	průřezová plocha ideálního průřezu
$A_{s,min}$	minimální průřezová plocha betonářské výztuže
$A_{sw}$	průřezová plocha smykové výztuže
$A_{s,prov}$	prováděná průřezová plocha betonářské výztuže
$B_i$	tuhost neporušeného průřezu
$B_{ir}$	tuhost průřezu porušeného trhlinou
$D_{rfem}$	desková tuhost
$E_{ceff}$	účinný modul pružnosti betonu
$E_{ceff(t=100)}$	účinný modul pružnosti betonu v čase $t=100$ dní
$E_{ceff(t=50let)}$	účinný modul pružnosti betonu v čase $t=50$ let
G	hodnota stálého zatížení
I	moment setrvačnosti průřezu
$I_i$	moment setrvačnosti ideálního průřezu
$I_{ir}$	moment setrvačnosti průřezu porušeného trhlinou
K	poměrná tuhost
L	délka
$M_{Ed}$	návrhová hodnota působícího vnitřního ohybového momentu
$M_{Ek,g0}$	častá hodnota působícího ohybového momentu od vlastní tíhy
$M_{Ek,kv}$	kvazistálá hodnota působícího ohybového momentu
$M_{Rd}$	návrhová momentová únosnost průřezu
$M_{cr}$	moment na mezi vzniku trhlin
$N_{Ed}$	návrhová hodnota působící normálové síly
$R_1$	výslednice tíhy schodišťového stupně
$R_2$	výslednice tíhy dlažby na schodišti
$S_i$	statický moment plochy výztuže k těžišti ideálního průřezu
$S_{ir}$	statický moment výztuže k těžišti průřezu porušeného trhlinou
$V_{Ed}$	návrhová hodnota posouvající síly

### Latinská malá písmena

a	uložení desky
$a_c$	vzdálenost těžiště betonového průřezu od horních vláken
$a_s$	vzdálenost těžiště tažené výztuže od horních vláken
$a_i$	vzdálenost těžiště ideálního průřezu od horních vláken
b	šířka průřezu
d	průměr, účinná výška průřezu
$d_g$	nejmenší jmenovitý rozměr zrna kameniva
$g_k$	charakteristická hodnota stálého zatížení
$g_d$	návrhová hodnota stálého zatížení



$h$	výška průřezu
$h_D$	tloušťka desky
$l$	délka, rozpětí
$S_{max}$	maximální osová vzdálenost prutů výztuže
$S_{sn}$	minimální světlá vzdálenost mezi pruty výztuže
$V_{Ed}$	maximální smykové napětí
$V_{Rd,c}$	smyková únosnost prvku bez smykové výztuže
$V_{min}$	minimální smyková únosnost prvku bez smykové výztuže
$x$	poloha neutrální osy výztuže
$w_{lt}$	hodnota dlouhodobého průhybu
$w_{př}$	hodnota průhybu pro poškození příček
$w_{sh}$	hodnota průhybu od smršťování
$w_{st}$	hodnota krátkodobého průhybu
$w$	hodnota celkového průhybu
$z$	rameno vnitřních sil

### Řecká písmena

$\alpha_1$	součinitel zohledňující vliv tvaru prutu za předpokladu přiměřené tloušťky krytí
$\alpha_2$	vliv tloušťky krycí vrstvy a velikosti mezer mezi jednotlivými pruty výztuže
$\alpha_3$	vliv ovinutí příčnou výztuží
$\alpha_4$	vliv jednoho nebo více přivařených příčných prutů v oblasti návrhové kotevní délky
$\alpha_5$	vliv příčného tlaku kolmého k rovině trhlin podél návrhové kotevní délky
$\alpha_6$	součinitel
$\alpha_e$	poměr modulu pružnosti betonářské výztuže a betonu
$\beta$	součinitel druhu působení zatížení (dlouhodobé/krátkodobé)
$\beta_{(t_0)}$	součinitel vyjadřující vliv stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení na základní součinitel dotvarování
$\gamma_{man}$	součinitel působení dílce
$\varepsilon_{cs}$	volné přetvoření od smršťování
$\rho$	stupeň vyztužení
$\emptyset$	profil výztuže
$\varphi_{(t,t_0)}$	součinitel dotvarování
$\varphi_0$	základní součinitel dotvarování
$\varphi_{RH}$	součinitel vyjadřující vlhkost prostředí

## **12. PŘÍLOHY**

P1. POUŽITÉ PODKLADY

P2. VÝKRESY TVARU A VÝZTUŽE

P3. STATICKÝ VÝPOČET

P4. VÝSTUPY Z PROGRAMU RFEM