



# 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

# STATICKÉ ŘEŠENÍ DOSTAVBY NEMOCNICE V PÍSKU

STATIC SOLUTION OF HOSPITAL COMPLETION IN PISEK

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Radim Kukla

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARTIN ZLÁMAL, Ph.D.

BRNO 2017



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Radim Kukla
Název	Statické řešení dostavby nemocnice v Písku
Vedoucí práce	Ing. Martin Zlámal, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2016
Datum odevzdání	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

---

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

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **PODKLADY A LITERATURA**

Stavební podklady – situace, půdorysy, řezy, geologie.

Platné předpisy a normy (včetně změn a oprav):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení stavebních 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 doporučená vedoucím diplomové práce.

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

Navrhněte nosnou konstrukci dostavby nemocnice v Písku.

Proveďte statické řešení konstrukce a nadimenzujte její vybrané části v rozsahu určeném vedoucím práce. Statickou analýzu proveďte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně případné kontroly zjednodušenou metodou).

Vypracujte výkres tvaru dimenzované části konstrukce a podrobné výkresy výztuže posuzovaných prvků.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

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

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

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x).

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 1x na CD.

## **STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

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

---

Ing. Martin Zlámal, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

V mojí diplomové práci „Statické řešení dostavby nemocnice v Písku“ se zabývám statickým řešením novostavby jedné budovy nemocnice. Statické řešení zahrnuje návrh a dimenzování železobetonové stropní konstrukce a obvodových průvlaků. Stropní konstrukci tvoří bodově podepřená železobetonová deska. Deska je podepřená sloupy a stěnami.

Cílem diplomové práce je návrh a posouzení mezního stavu únosnosti stropní desky a průvlaků. Pro výpočet konstrukce byl vytvořen 3D výpočtový model v softwarovém prostředí Scia Engineer. Výsledné hodnoty vnitřních sil byly ověřeny na náhradním rámu. Součástí diplomové práce, je analýza vnitřních sil v konstrukci, při založení na různých typech podloží. Jednotlivé hodnoty jsou porovnány. Vypracována je výkresová dokumentace řešených částí budovy.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Budova nemocnice  
Železobetonová stropní konstrukce  
Bodově podepřená deska  
Průvlaky  
3D výpočtový model  
Náhradní rám  
Mezní stav únosnosti  
Vnitřní síly  
Ohybové momenty  
Statický výpočet  
Výkresová dokumentace

## **ABSTRACT**

In this diploma thesis „Static solution of hospital completion in Pisek“ I study statical solution of one new building of hospital. Statical solution includes the design and dimensioning of reinforced concrete floor structures and peripheral beams. The floor structure consists of point supported reinforced concrete slab. The floor slab is supported by columns and walls.

The aim of the project is to desing and evaluate the ultimate limit state of reinforced concrete slab and beams. Also was created 3D computational model to analysis the construction, model was created in software Scia Engineer. To verify the resulting values of internal forces was used to the method of replacement frames. The thesis includes an analysis of internal forces in the structure, while based on different types of soil. Individual values are compared. Finally was made drawings of solved part of the building.

## **KEYWORDS**

Hospital building  
Reinforced concrete floor construction  
Point supported slab

Beams  
3D computational model  
Replacement frame  
Ultimate limit state  
Internal forces  
Bending moments  
Statical solution  
Drawings

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Bc. Radim Kukla *Statické řešení dostavby nemocnice v Písku*. Brno, 2017. 19 s., 141 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Martin Zlámal, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 9. 1. 2017

---

Bc. Radim Kukla  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Martinu Zlámalovi, Ph.D. za odborné konzultace, cenné rady a výtky, které mi umožnily tuto práci zhotovit. Dále bych rád poděkoval svým rodičům za umožnění studia na vysoké škole a za dodávanou podporu.

V Brně dne 9. 1. 2017

---

Bc. Radim Kukla  
autor práce



## Obsah

1. ÚVOD .....	1
2. TECHNICKÁ ZPRÁVA .....	2
2.1 VŠEOBECNÉ ÚDAJE .....	2
2.1.1 ÚČEL A FUNKCE OBJEKTU .....	2
2.1.2 SITUACE OBJEKTU .....	2
2.1.3 GEOLOGICKÉ POMĚRY .....	2
2.2 KONSTRUKČNÍ ÚDAJE .....	3
2.2.1 KONSTRUKČNÍ SYSTÉM .....	3
2.2.2 MATERIÁL .....	3
2.2.3 ZATÍŽENÍ .....	5
2.3 POPIS JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ .....	6
2.3.1 ZALOŽENÍ OBJEKTU .....	6
2.3.2 ZÁKLADOVÁ DESKA .....	6
2.3.3 SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE .....	6
2.3.4 VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE .....	8
2.4 PODMÍNKY PRO REALIZACI MONOLITICKÝCH KONSTRUKCÍ .....	9
2.4.1 BEDNĚNÍ A ODBEDŇOVÁNÍ .....	9
2.4.2 VÁZÁNÍ VÝZTUŽE .....	9
2.4.3 BETONÁŽ .....	10
2.4.4 OŠETŘOVÁNÍ KONSTRUKCE A ODBEDNĚNÍ .....	11
2.4.5 POVOLENÉ ODCHYLKY TVARU BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ .....	11
3. MODEL KONSTRUKCE .....	11
4. ZÁVĚR .....	12
5. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	16
6. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	17
7. PŘÍLOHY .....	18

## 1. ÚVOD

Předmětem mé diplomové práce je novostavba samostatně stojící budovy „Q“, která se bude nacházet v areálu Nemocnice Písek. Jedná se o budovu obdélníkového tvaru o rozměrech 40,4x18,8m. Objekt má jedno podzemní ustupující podlaží pod částí půdorysu, tři nadzemní podlaží a čtvrté nadzemní podlaží nad částí půdorysu. Budova je zasazena do svažitého terénu, kde je 1.PP na severní straně plně pod úrovní terénu, a na jižní straně vystupuje podlahou na terén. V částečném 4.NP jsou umístěna zařízení VZT.

Konstrukční systém objektu:

Z konstrukčního hlediska se jedná o kombinaci stěnového a skeletového systému.

Skeletový systém tvoří:

v podélném směru celkem 11 polí, každé o rozměrech 3,6m

v příčném směru 3 pole o rozměrech 7,2m ; 3,6m ; 7,2m.

Ve všech patrech budou svislé nosné konstrukce tvořeny železobetonovými monolitickými stěnami a železobetonovými monolitickými sloupy. Stropní konstrukci tvoří monolitická železobetonová křížem vyztužená bodově podepřená deska doplněná o průvlaky po obvodě budovy. Příčné a podélné ztužení objektu bude zajištěno železobetonovými stěnami schodišťového a výtahového prostoru. Vnitřní schodiště budou dvouramenné s mezipodestou a budou provedeny jako monolitická železobetonová konstrukce. Objekt bude založen na plošných základech, na monolitické základové desce.

Cílem diplomové práce je návrh a posouzení mezního stavu únosnosti stropní desky, obvodových průvlaků a sloupu. Pro analýzu vnitřních sil v konstrukci, byl vytvořen 3D výpočtový model v softwarovém prostředí Scia Engineer. Výsledné hodnoty vnitřních sil byly ověřeny na náhradním rámu. Součástí diplomové práce, je analýza vnitřních sil v konstrukci, při založení na různých typech podloží. Jednotlivé hodnoty jsou porovnány. Vypracována je výkresová dokumentace řešených částí budovy.

## 2. TECHNICKÁ ZPRÁVA

### 2.1 VŠEOBECNÉ ÚDAJE

#### 2.1.1 ÚČEL A FUNKCE OBJEKTU

Předmětem projektu je novostavba samostatně stojící budovy „Q“, která se bude nacházet v areálu Nemocnice Písek. V objektu se nacházejí ambulantní a laboratorní provozy nemocnice. Dále se zde nacházejí administrativní a skladovací prostory.

V 1.PP se nacházejí převážně šatny a hygienické zázemí pro personál. Dále sklady, technické zázemí nemocnice a strojovna VZT.

V 1.NP se nachází administrativní zázemí a laboratorní a dárcovská část.

V 2.NP se nachází ambulantní a laboratorní prostory.

V 3.NP se nachází laboratorní části a strojovna VZT.

V 4.NP se nachází strojovna chladu.

Budova je navržena jako plně bezbariérová, pro umožnění přístupu tělesně handicapovaných osob. Všechna podlaží jsou propojena jedním osobním výtahem pro přepravu tělesně postižených. Dále je budova vybavena nákladním výtahem pro přepravu zdravotnického materiálu. V budově jsou navržena dvě schodiště, z nichž jedno slouží jako schodiště zásobovací a druhé jako veřejné pro pohyb návštěvníků nemocnice.

#### 2.1.2 SITUACE OBJEKTU

Nemocniční budova je navržena jako samostatně stojící objekt, který je nachází v areálu nemocnice v Písku. Budova je zasazena do svažitého terénu, kde je 1.PP na severní straně plně pod úrovní terénu, a na jižní straně vystupuje podlahou na terén. Hlavní vstup do budovy je v 1.PP, kde je přímý přístup k veřejnému schodišti a osobnímu výtahu.

#### 2.1.3 GEOLOGICKÉ POMĚRY

V řešeném území byl proveden inženýrsko-geologický průzkum, z jehož výsledků vychází návrh založení konstrukce. Dle tohoto průzkumu tvoří podloží v místě základové spáry zemina třídy F4-CS tedy jíla písčité. Konzistence jílu pevná s deformačním modulem pružnosti  $E_{def} = 8 \text{ MPa}$ . Základové poměry jsou jednoduché. Hydrogeologickým průzkumem nebyl výskyt podzemní vody zjištěn. Způsob založení budovy byl doporučen pomocí plošné základové desky.

## 2.2 KONSTRUKČNÍ ÚDAJE

### 2.2.1 KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

Novostavba budovy nemocnice je tvořena jedním dilatačním celkem o rozměrech 40,4x18,8m. Z konstrukčního hlediska se jedná o kombinaci stěnového a skeletového systému.

Skeletový systém tvoří v půdorysu:

- v podélném směru celkem 11 polí, každé o rozměrech 3,6m
- v příčném směru 3 pole o rozměrech 7,2m ; 3,6m ; 7,2m.

Monolitický skelet má čtyři nadzemní podlaží a jedno podzemní podlaží konstrukční výšce 4,22m. Konstrukční výška nadzemních podlaží 1.NP až 4.NP je 3,80m.

Objekt je ztužen proti účinkům větru železobetonovými monolitickými stěnami tl. 200 mm. Stropy jsou navrženy jako monolitické železobetonové křížem vyztužené bezhřibové desky tl. 220 mm lokálně podporované železobetonovými sloupy průřezu 400x400mm.

Obvodový plášť tvoří výplň mezi jednotlivými stropními deskami, které jsou liniově zatěžovány po svém obvodu tímto pláštěm dle výšky daného patra. Obvodový plášť je tvořen výplňovým keramickým zdivem Porotherm 24 Profi zatepleným fasádním polystyrénem tl. 160mm.

V podzemním podlaží je navržena železobetonová opěrná stěna tl. 300 mm.

Objekt bude založen na plošných základech, na monolitické základové desce tl. 600mm, z důvodu stejnoměrného sedání všech částí budovy.

### 2.2.2 MATERIÁL

#### **Výztuž:**

Všechny výztužné vložky budou vyrobeny z oceli B500B. Jedná se o žebírkovou výztuž, která zlepšuje soudržnost s betonem. Při kladení výztuže do bednění je nutno výztuž správně distančně oddělit od bednění. K tomuto účelu poslouží plastové distanční lišty (spodní výztuž) a ocelové distanční prvky zhotovené z drátu (horní výztuž). Všechny výztuže musí být řádně kotveny a stykovány podle výrobní dokumentace. Výztuže sloupů a průvlaků budou sestaveny z vázané výztuže. Stropní desky budou rovněž vyskládány z vázané výztuže. Místa, kde výztuž teoreticky není potřebná, budou vyztužena dle minimálního stupně vyztužení kvůli omezení vlivů smršťování a dotvarování betonu.

## DRUH A MECHANICKÉ VLASTNOSTI VÝZTUŽE

	$E_s$ [GPa]	$f_{yk}$ [MPa]	$f_{tk}$ [MPa]
Výztuž <b>B500B</b>	200	500	550

**Beton:**

Pro nosné svislé a vodorovné konstrukce je použit beton C30/37, na základové konstrukce je použit beton C20/25. Ostatní betonové konstrukce jako podkladní betony aj., jsou provedeny z betonu C20/25.

**Beton:** Vodorovné nosné konstrukce, svislé nosné konstrukce, ztužující stěny:

Návrhová pevnost v tlaku	$f_{ck}$	30	MPa
Návrhová pevnost v tahu	$f_{cd}$	20	MPa
Výpočtová pevnost v tlaku	$f_{ctm}$	2,9	MPa
Modul pružnosti	$E_{cm}$	32	GPa
Mezní přetvoření	$\epsilon_{cu3}$	-0,0035	
Dílčí součinitel materiálu	$\gamma_c$	1,5	

**Požadavky na složky betonu:**

- Kamenivo – bude použito drcené kamenivo frakce 2/4; 4/8; 8/16; vyšší frakce nelze použít kvůli navrženému krytí výztuže.
- Cement – portlandský cement I nebo portlandský struskový II – třídy 42,5 minimální dávka 300 kg/m<sup>3</sup>
- Voda – chemicky nezávadná, bez nečistot a příměsí, optimální vodní součinitel je 0,35 – 0,40.
- Přísady – zejména plastifikátory, neboť se očekává doprava betonu do bednění pomocí betonových čerpadel

### 2.2.3 ZATÍŽENÍ

**Užitná zatížení:** Normové hodnoty rovnoměrných užitných zatížení byly uvažovány dle **ČSN EN 1991 – 1 – 1**.

Stropní desky	Pokoje, ordinace	1,50 kN/m <sup>2</sup>
	Chodby, schodiště	4,00 kN/m <sup>2</sup>
Tech. Místnosti VZT		7,5 kN/m <sup>2</sup>

**Klimatická zatížení:** Normové hodnoty byly uvažovány dle **ČSN EN 1991 – 1 – 3, 4**

Sníh: sněhová oblast II	0,8 kN/m <sup>2</sup>
Vítr: větrná oblast II	0,841 kN/m <sup>2</sup>

**Stálá zatížení:** Vlastní hmotnost jednotlivých prvků je vygenerována programem SCIA Engineer.

Podlaha v 1.NP	2,41 kN/m <sup>2</sup>
Podlaha v 2.NP+3.NP	2,36 kN/m <sup>2</sup>
Střecha	2,89 kN/m <sup>2</sup>
Obvodový plášť	6,63 kN/m'
Příčky	0,8 kN/m <sup>2</sup>

Jednotlivé hodnoty zatížení jsou uvedeny jako charakteristické hodnoty.

## 2.3 POPIS JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ

### 2.3.1 ZALOŽENÍ OBJEKTU

V řešeném území byl proveden inženýrsko-geologický průzkum, z jehož výsledků vychází návrh založení konstrukce. Dle tohoto průzkumu tvoří podloží v místě základové spáry zemina třídy F4-CS tedy jíla písčité. Základové poměry v této oblasti byly posouzeny jako jednoduché a hlavní objekt jako náročný, tudíž základové konstrukce jsou zařazeny do 2. geotechnické kategorie. Celý objekt je založený na základové desce, která je zhotovena jako vodotěsná jímka (beton C 20/25 – XC2). Objekt je částečně podsklepený, základová deska je založena ve dvou úrovních.

### 2.3.2 ZÁKLADOVÁ DESKA

Základová deska tvoří základ pro železobetonové sloupy i stěny. Základová deska tl. 600mm je zhotovena jako vodotěsná jímka (beton C 20/25 – XC2) a je založena ve dvou úrovních:

- deska pod 1.PP -4,730 m
- deska pod 1.NP -0,730 m

Výjimkou jsou výtahové šachty a dojezdem výtahu s úrovní -1,660 m.

Deska je opatřena podkladním betonem tloušťky 100mm, a proto uvažované krytí je 50 mm.

### 2.3.3 SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

#### 2.3.3.1 SLOUPY

Vytváří podpory pro stropní konstrukce. Jsou vetknuty do základové desky nebo ukončeny stropními konstrukcemi. Sloupy jsou navrženy čtvercové, železobetonové z betonu C30/37 XC1 a jsou vyztuženy symetricky 4Ø18. Výztuž sloupů je tvořena pruty vázané výztuže B500B. Všechny sloupy mají rozměr 400x400 mm. Krytí výztuže je navrženo v tloušťce 35 mm.

Při realizaci výztuže sloupů se musí vytáhnout podélná výztuž z nižšího podlaží nebo ze základových konstrukcí do vyššího podlaží (viz výkresová dokumentace). K této vyčnívající výztuži se připojí výztuž sloupu realizovaného podlaží.

Dimenzování sloupu bylo provedeno pomocí interakčního diagramu pro normálovou sílu a moment v obou směrech.

### **2.3.3.2 STĚNY**

Nosné železobetonové stěny jsou navrženy ve všech podlažích.

V suterénu jsou zhotoveny obvodové stěny tl. 300 mm, jež odolávají účinkům zemního tlaku a vynášejí část stropní konstrukce nad 1.PP. Obvodové stěny suterénu jsou vyrobeny z vodostavebního betonu C30/37 XC2 – průsak 50 mm, krytí výztuže 35 mm. Suterénní stěny je nutno betonovat po částech s vodotěsnou pracovní spárou kvůli omezení smršťování betonu. Ošetření vodotěsnosti pracovních spár se provede vložením bobtnavého pásu.

Stěny v nadzemních podlažích mají tloušťku 200 mm, kde jsou navrženy z důvodu ztužení objektu proti účinkům vodorovných sil od větru, nebo jako ohraničení výtahové šachty pro přenos zatížení od výtahu a jeho užité zátěže. Druh použitého betonu je stejný C30/37 XC1 s krytím 35 mm.

Další stěnové prvky tvoří schodišťové stěny tloušťky 200 mm, jež konstrukčně oddělují schodišťový prostor. Tyto stěny prostupují všemi podlažemi a tvoří podpory pro uložení schodišťové mezipodesty.

### **2.3.3.3 OBVODOVÝ PLÁŠŤ**

Obvodový plášť tvoří výplň mezi jednotlivými stropními deskami, které jsou liniově zatěžovány po svém obvodu tímto pláštěm.

Obvodový plášť je tvořen výplňovým keramickým zdivem Porotherm 24 Profi zatepleným fasádním polystyrénem tl. 160mm. V některých částech objektu je zděný obvodový plášť nahrazen samonosným proskleným fasádním systémem.



## 2.3.4 VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

### 2.3.4.1 STROPNÍ KONSTRUKCE

Stropní konstrukci tvoří monolitická železobetonová bezhřibová deska tl. 220 mm lokálně podporovaná železobetonovými sloupy průřezu 400x400mm a liniově železobetonovými ztužujícími stěnami tl. 200 mm. Deska je po vnějším obvodu budovy podepřena průvlaky, které ztužují budovu a vynášejí obvodový plášť. Deska je provedena z betonu C30/37. V desce je navržena při obou površích ohybová výztuž třídy B500B. U dolního povrchu  $\varnothing 10$  v základním rastru po 240mm a dovyztužením v potřebných místech. U horního povrchu  $\varnothing 10$  v základním rastru po 240mm a dovyztužením  $\varnothing 14$ . Výztuž na protlačení je provedena systémem 12x Schöck BOLE 10/170-2/A240-CV25 pro každý sloup. Distanční prvky navrženy systémem U – KORB – UKN12. Konzistence betonové směsi dle ČSN EN 206 je S2. Krytí podélné výztuže je navrženo 25mm.

Deska je dimenzována dle mezního stavu únosnosti. Výpočet vnitřních sil byl proveden pomocí výpočetního programu scia engineer. Výpočet byl proveden na 3D modelu, složeného z deskových prvků 2D, které jsou podepřeny sloupy a stěnami.

( Schéma výpočtového modelu viz. Příloha ke statickému výpočtu).

Při realizaci stropů je nutno pamatovat na navázání výztuže později betonovaných schodišťových ramen. Proto se provede pracovní spára a nechají se vytažené pruty pro navázání výztuže schodišťového ramene.

### 2.3.4.2 PRŮVLAKY

Průvlaky podporují stropní desky po jejich vnějších obvodech, ztužují budovu a vynášejí obvodový plášť. Rozměr průvlaku je 250x780mm včetně stropní desky. Průvlaky jsou z betonu pevnostní třídy C30/37. Navržená ohybová výztuž je třídy B500B. Krytí podélné výztuže je 30mm a krytí třmínků je 25mm. Průvlaky jsou namáhány ohybem ve svislém směru, ale také ohybem vodorovným a kroucením. Podélnou výztuž tvoří pruty  $\varnothing 18$ . Pro zachycení smyku a kroutícího momentu jsou navrženy čtyřstržné třmínky  $\varnothing 8$  á 200mm, a dvoustřžné třmínky  $\varnothing 8$  á 250mm.

### 2.3.4.3 KONSTRUKCE SCHODIŠTĚ

Komunikačně propojuje jednotlivá podlaží budovy. Schodiště je navrženo jako deskové monolitické z betonu C30/37 XC1, výztuž z oceli B500B, krytí výztuže 25 mm. Mezipodesty o výšce 160 mm jsou uloženy na železobetonové schodišťové stěny. Schodišťová ramena mají nosnou desku vysokou 150 mm, rozměr schodišťových stupňů je 172x280 mm. Schodiště bude betonováno až po betonáži stropních konstrukcí, ze kterých musí vyčnívat kotevní výztuž. Stupně budou betonovány až po betonáži schodišťových ramen. Zábradlí bude kotveno dodatečně pomocí ocelových kotev.

## 2.4 PODMÍNKY PRO REALIZACI MONOLITICKÝCH KONSTRUKCÍ

**Pro monolitické konstrukce** je nutné dodržet:

- ČSN EN 206-1: Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

### 2.4.1 BEDNĚNÍ A ODBEDŇOVÁNÍ

Bednění musí zajistit dostatečnou únosnost a tuhost tak, aby nedošlo vlivem hmotnosti mokré betonové směsi k jeho nechtěné deformaci, netěsnosti a vytékání betonu či kolapsu konstrukce bednění. Vhodným druhem bednění jsou prvky systémového bednění, jež umožňují výškovou rektifikaci stojek. Stojky se musí opírat o pevný povrch a musí být opatřeny vzpěrami. Vzdálenost stojek se stanoví dle technologického předpisu jeho výrobce. Vrchní část bednění tvoří plošné překližkové dílce, které se před uložením výztuže a betonáží musí natřít odbedňovacím přípravkem.

### 2.4.2 VÁZÁNÍ VÝZTUŽE

Výztuž prutových prvků (sloupy, průvlaky) bude svázána do armovacích košů na pevném podkladě, výztužné koše budou následně dopraveny na místo zabudování. Výztuž desek bude vázána přímo na místě zabudování ve dvou kolmých směrech. Armatura bude spojována vázacím drátem. Armatura desky je navržena převážně v osových vzdálenostech 240 mm, výztužné vložky u dolního a horního povrchu jsou situovány přímo nad sebou.

Velikost krycí vrstvy betonu bude zajištěna pomocí plastových distančních lišt u dolního povrchu desek a pomocí ocelových distančních žebříčků při horním povrchu desek. Ke správnému krytí výztuže sloupů a žeber poslouží plastová nasazovací distanční tělíska.

Pro dodržení vzdálenosti krytí výztuže je nutné, aby pracovníci provádějící betonáž, se pohybovali po pracovní ploše podepřené bez dotyku s výztuží, tj. nesmí se pohybovat po horní zóně výztuže. Dále je nutné dodržet, aby krytí výztuže hlavně u desek bylo stavebním dozorem kontrolováno před betonáží i během betonáže a pokud nebude dodrženo, hlavně pokud bude krytí výztuže desek větší než jsou povolené odchylky, aby betonáž nebyla povolena, dokud nebude poloha výztuže zajištěna tak, aby i po dokončení betonáže měla správnou polohu.

### 2.4.3 BETONÁŽ

Před vlastním zahájením betonáže je nutno provést řadu kontrol. Zejména kontrolu množství a polohy výztuže, správnost zajištění krytí výztuže či správnost půdorysného a výškového osazení bednění. Před betonáží bude provedena zkouška konzistence sednutím kužele dle Abramse a sednutí nesmí být větší než  $120 \pm 20\text{mm}$ .

Betonují se především celé pracovní záběry, pokud je to technologicky možné. Pokud je to nezbytně nutné, nebo je konstrukce příliš rozsáhlá, betonáž se přerušuje v pracovních spárách, které musí být řádně ošetřeny a jejichž poloha musí být předem určena.

Transport betonu bude zajištěn pomocí čerpadel betonové směsi přímo do bednění. Je nutno nepřekročit maximální výšku dopadu čerstvého betonu do bednění (1,0m) tak, aby nedošlo k následné separaci jednotlivých frakcí kameniva. Hutnění bude realizováno pomocí ponorných vibrátorů u prutových prvků a pomocí vibračních lišt u plošných prvků. Finální úprava povrchu betonu se provede stáhnutím pomocí dřevěných hladítek.

Betonáž se nesmí provádět, klesnou-li teploty pod  $5^{\circ}\text{C}$ . Je-li po betonáží předpoklad poklesu teplot vzduchu pod tuto hodnotu, je nutné chránit beton proti promrznutí.

#### 2.4.4 OŠETŘOVÁNÍ KONSTRUKCE A ODBEDNĚNÍ

Po dobu alespoň 7 dní po dokončení betonáže, musí být beton důkladně ošetřován. Zejména se jedná o pravidelné zvlhčování povrchu betonu. Opomenutí kropení vede ke tvorbě smršťovacích trhlin. Při extrémních počasí je třeba konstrukci chránit (např. zakrytí fólií v době intenzivního deště či zakrytí izolačním materiálem při snížených teplotách). Odbednění konstrukce se provede až po dosažení normové pevnosti betonu po 28 dnech od doby betonáže.

#### 2.4.5 POVOLENÉ ODCHYLKY TVARU BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

• půdorysná poloha osy sloupů a stěn	± 25 mm
• tvar sloupů	± 6 mm
• tloušťka stěn	± 6 mm
• rovinatost stěn	± 6 mm na 2 m lati
• svislost stěn a sloupů	± 8 mm
• tvar spodního líce stropní desky, výšková poloha	± 15 mm
• rovinatost podhledu	± 5 mm na 2 m lati
• rovinatost horního líce hotové desky	± 10 mm na 2 m lati

### 3. MODEL KONSTRUKCE

Výpočtový model řešené konstrukce byl vytvořen v softwarovém prostředí Scia Engineer. Konstrukce byla modelována jako prostorová v rovině XYZ. Zatěžovací stavy a jejich kombinace budou vyhodnoceny podle EN-EC a českým národním dodatkem.

Model je složený z plošných prvků (desky, stěny) a prutových prvků (sloupy, průvlaky). Sloupy jsou modelovány jako vetknuté v hlavě i patě. V modelu byla vytvořena také schodiště, která zatěžují okraje stropní desky. Vytvořeny byly také otvory ve stropní desce.

## 4. ZÁVĚR

V této diplomové práci byl proveden statický výpočet vybraných částí budovy nemocnice, podle platné normy: EN 1992-1-1.

Konkrétně se jedná o návrh a posouzení z hlediska mezního stavu únosnosti těchto vybraných částí:

- Stropní deska nad 2.NP
- Obvodové průvlaky této stropní desky
- Nejvíce namáhaný sloup

### Stropní deska nad 2.NP

V desce je navržena při obou površích ohybová výztuž třídy B500B.

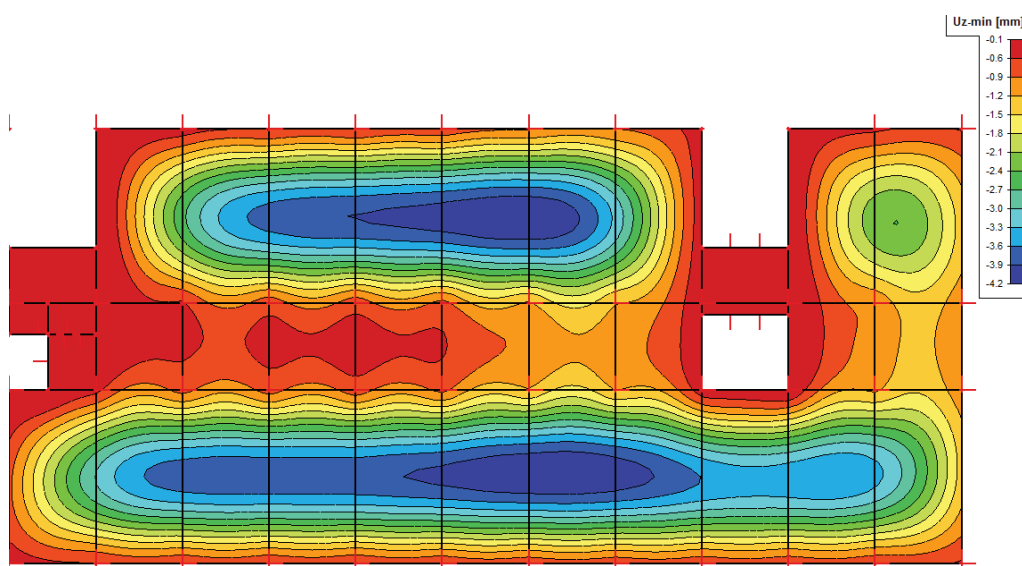
U dolního povrchu : v základním rastru  $\varnothing 10$  á 240mm v obou směrech. Dovyztužení ve směru Y je provedeno opět z prutů  $\varnothing 10$  á 240mm.

U horního povrchu : v základním rastru  $\varnothing 10$  á 240mm v obou směrech. Dovyztužení ve směru Y je provedeno z prutů  $\varnothing 14$  á 160mm. Dovyztužení ve směru X je provedeno z prutů  $\varnothing 14$  á 220mm.

MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI:

Limitní deformace stropní desky je  $w_{lim}=1/250 L$

Lineární průhyb desky od kvazistálé kombinace zatížení:  $w = 4,2mm$



Limitní průhyb desky:  $w_{lim} = 3600/250 = 14,4 \text{ mm}$

Lineární průhyb od kvazistálé kombinace zatížení:  $w_{Lin} = 4,2 \text{ mm}$

Nelineární průhyb desky: vzhledem k náročnosti vyztužení 3D modelu, odpovídajícím množstvím výztuže, bude nelineární průhyb odhadnut jako trojnásobek hodnoty lineárního průhybu.

$w_{max} = 4,2 * 3 = 12,6 \text{ mm} < w_{lim} = 14,4 \text{ mm}$

**Deska z hlediska mezního stavu použitelnosti vyhovuje.**

### Průvlaky

Průvlaky jsou namáhány ohybem ve svislém směru, ale také ohybem vodorovným a kroucením. Podélnou výztuž tvoří pruty  $\varnothing 18$  a  $\varnothing 12$ , délka a počet prutů výztuže je různě odstupňován, viz statický výpočet a výkresová dokumentace. Pro zachycení smyku a kroučícího momentu jsou navrženy čtyřstřížné třmínky  $\varnothing 8$  á 200mm, a dvoustřížné třmínky  $\varnothing 8$  á 250mm.

### Sloupy

Posouzen byl nejvíce namáhaný sloup, jehož rozměr je 400x400 mm, se symetrickou výztuží 4 $\varnothing 18$ . Dimenzování sloupu bylo provedeno pomocí interakčního diagramu pro normálovou sílu a moment v obou směrech.

- Další částí této diplomové práce bylo ověření správnosti výpočtu 3D modelu celé konstrukce. Ověření bylo provedeno pomocí 2D rámového výseku.

### Tabulka porovnávaných hodnot

	Ohybové momenty kN/m		Odchylka	
	2D rám	3D model	$\Delta$ (kNm)	$\Delta$ (%)
bod B1	78,7	86,24	7,54	8,74%
bod B2 <sub>zprava</sub>	-122,11	-113,3	8,81	7,78%
bod B2 <sub>zleva</sub>	-56,58	-63,65	7,07	11,11%
bod B3	-49,13	-66,59	17,46	26,22%
bod B4	75,55	50,66	24,89	32,95%
bod B5	-47,05	-51,52	4,47	8,68%

Pozn.: stanovení odchylky:  $\Delta = \frac{\text{Abs}(M_{y,2D} - M_{y,3D})}{\text{Max}(M_{y,2D}; M_{y,3D})} * 100 = \Delta$  (%)

Porovnávané hodnoty dosahují odchylky okolo 10% , s výjimkou ohybového momentu v bodě B3 a B4. K odchylkám dochází z důvodu rozdílu tuhostí na výseku rámu, kde není uvažováno s tuhostí okolních stěn a vlivu dalších přiléhajících polí stropních desek.

- Další částí diplomové práce bylo založení stejného typu konstrukce na různých typech podloží a následné porovnání změn v hodnotách vnitřních sil.

Porovnání vnitřních sil na konstrukci bylo provedeno pro různé typy podloží, na kterých by mohl být objekt založen.

1. Typ : Založení na jílovitém podloží
2. Typ : Založení na skalnatém podloží
3. Typ : Založení neposuvné podpoře

Po analýze jednotlivých výpočtových modelů, byly porovnány vnitřní síly od stejné kombinace zatížení ve stejných místech konstrukce.

Z porovnaných hodnot lze vyčíst následující: (porovnání je určeno k modelu s neposuvnou podporou)

- Poddajné typy podloží JÍLOVITÉ : dochází k většímu sedání (deformacím), tím dochází k nárůstu vnitřních sil ve sloupech tj. nárůst normálové síly a ohybových momentů, s tím spojený je nárůst nadpodporových momentů u stropních desek. Momenty v polích stropních desek jsou téměř totožné.
- Nepoddajné typy podloží SKLANATÉ: Dochází téměř k totožným deformacím, tím je způsobeno, že vnitřní síly ve sloupech i ve stropních deskách se liší maximálně v jednotkách procent.

Iterační výpočet pomocí rozšíření SOILIN, je vhodné použít především pro budovy zakládáné na poddajném podloží. Kde rozdíl ve velikostech vnitřních sil, se může pohybovat až okolo 15 až 20 %.

Naopak pro budovy zakládáné na nepoddajném podloží, je postačující zvolit podepření na neposuvné podpoře. Kde jsou výsledky vnitřních sil v konstrukci téměř totožné.



## 5. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] ČSN EN 1990. Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2002. 73 stran.

[2] ČSN EN 1991-1-1. Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2003. 43 stran.

[3] ČSN EN 1991-1-3. Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2004. 37 stran.

[4] ČSN EN 1991-1-4. Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2007. 124 stran.

[5] ČSN EN 1992-1-1. Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2005. 213 stran.

[6] ČSN 731204. Navrhování betonových deskových konstrukcí působících ve dvou směrech. Praha: Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření, 1986. 67 stran.

[7] BAŽANT, Zdeněk, a kol., Plošné betonové konstrukce, Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1997, ISBN 80-214-0975-4

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

[9] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. [online].

Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/>

[10] LANÍKOVÁ, Ivana. [online]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/BZK/lanikova.i/>

[11] NEMETSCHKEK SCIA. Tutoriály [online].

Dostupné z: <http://www.scia-online.cz/index.php?typ=CDA&showid=806>

[12] PERI [peri.cz] 2013, revize 2013

Dostupné z:

<http://www.peri.cz/produkty.cfm/fuseaction/anwendungen/subaction/anwendung/ID/3.cfm>

<http://www.peri.cz/produkty.cfm/fuseaction/anwendungen/subaction/anwendung/ID/4.cfm>

## 6. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

$f_{ck}$	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku
$f_{cd}$	návrhová pevnost betonu v tlaku
$f_{ctm}$	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
$E_{cm}$	sečnový modul pružnosti betonu
$\epsilon_{cu3}$	mezní přetvoření betonu
$f_{yk}$	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
$f_{yd}$	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
$\gamma_c$	dílčí součinitel pro beton
$\gamma_s$	dílčí součinitel betonářské oceli
$E_s$	modul pružnosti betonářské oceli
$\epsilon_{yd}$	mezní přetvoření oceli na mezi kluzu
$g_k$	charakteristická hodnota stálého zatížení
$q_k$	charakteristická hodnota proměnného zatížení
$\gamma_G$	dílčí součinitel stálého zatížení
$\gamma_Q$	dílčí součinitel proměnného zatížení
$\psi_0$	součinitel pro kombinační hodnoty proměnného zatížení
$M_{x8}$	ohybový moment v poli ve směru X na desce číslo 8
$M_{x,C,8}$	ohybový moment nadpodporový ve směru X mezi deskami na ose C a 8
$f_{ywd}$	návrhová mez kluzu třmíneků
$T_{rd,c}$	krouťící moment při vzniku trhlin
$T_{rd,max}$	krouťící moment na mezi únosnosti
$A_{sl}$	plocha podélné výztuže na kroucení

## 7. PŘÍLOHY

A) Použité podklady

B) Statický výpočet

C) Přílohy statického výpočtu

D) Výkresy