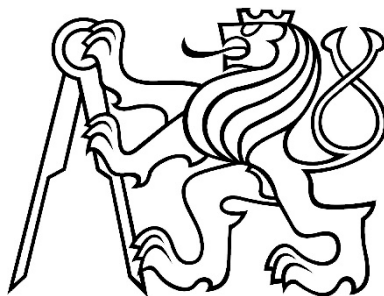


# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Informační centrum ČVUT

Statický výpočet

Studijní program:	Stavební inženýrství
Studijní obor:	Konstrukce pozemních staveb
Vedoucí diplomové práce:	Ing. Hana Hanzlová, CSc.
Zpracovala:	Kristýna Šlampaiová
Akademický rok:	2016/2017



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. ŠLAMPIAKOVÁ	Jméno: Kristýna	Osobní číslo: 396394
Zadávací katedra: betonových a zděných konstrukcí		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh vybraných nosných prvků novostavby informačního pavilonu ČVUT	
Název diplomové práce anglicky: Design of load-bearing members of information pavilion CTU	
Pokyny pro vypracování: Předběžný návrh nosných prvků objektu podle architektonické studie. Podrobný návrh železobetonové vylehčené desky 2PP. Návrh výseku suterénní stěny. Výkresy tvaru a výztuže vybraných prvků. Technická zpráva.	
Seznam doporučené literatury: skripta - doporučená literatura pro studium předmětů bakalářského a magisterského studia	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Hana Hanzlová, CSc.	
Datum zadání diplomové práce: 10.10.2016	Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat 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“.*

10.10.2016	Podpis studenta(ky)
Datum převzetí zadání	

# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Ing. Kristýna Šlaupňáková

Název diplomové práce: \_\_\_\_\_

Základní část: STATICKÁ - BETON podíl: 75 %

Formulace úkolů: Předt. návrh rozporových a  
tržných upevnění pro ojet. Podrobný  
návrh upevnění předkřížem mušket.  
Schéma výhledu stěry. Výkres výskl.  
vybrané des. Stavební technické zpráva  
ke statické část.

Podpis vedoucího DP: \_\_\_\_\_ Datum: 10.10.2016

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

2. Část: KPS podíl: 15 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. Anna Lanková, CSc.

Formulace úkolů: Výkresová dokumentace:  
Podrobný 2D M, 1:50 (územní + vstupy podlah)  
Rez podéluy 1:50, Skladby obal. ker (TETE) a podlah

Podpis konzultanta: \_\_\_\_\_ Datum: 3.11.2016

3. Část: CIEOTECHNIKA podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. Jan ZALÉSKÝ, CSc.

Formulace úkolů: NÁVRH STAVEBNÍ JAMY A ZPŮSOBU ZALOŽENÍ  
KONSTRUKCE. NÁVRH A PODOUZVENÍ PÁŽITĚ STĚNY.  
VÝKRESY SPODNÍ STAVBY, TECH. ZPRÁVA

Podpis konzultanta: \_\_\_\_\_ Datum: 01/12/2016

4. Část: \_\_\_\_\_ podíl: 1 %

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)

## **ABSTRAKT**

Předmětem této diplomové práce je předběžný návrh nosných prvků konstrukce informačního centra ČVUT podle architektonické studie a podrobný návrh vybraných prvků konstrukce. Práce je zaměřena na návrh a posouzení železobetonové vylehčené stropní desky nepravidelného tvaru a k ní připojené obvodové stěny. Architektonická studie pochází z ateliérů fakulty stavební ČVUT v Praze, jedná se o informační pavilon ČVUT, jehož převážná část se nachází v podzemí. Výpočet vnitřních sil je proveden ve výpočtovém programu Scia Engineer. V rámci práce byla vypracována příslušná výkresová dokumentace, výkresy tvaru a výztuže. Přiložena je i stručná technická zpráva.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

předběžný návrh, vylehčená stropní deska, 3D model, vnitřní síly, průhyb, interakční diagram

## **ABSTRACT**

The subject of this thesis is preliminary design of bearing construction elements of the information center CTU based on the architectural study and detailed design of specific elements of this construction. The aim of the thesis is design and verification of lightweight reinforced concrete ceiling slab of irregular shape and peripheral wall which is attached to it. Architectural study comes from the design studio of CTU. It is the project of information center where the majority of the structure is sunk into the ground. Software Scia Engineer is used for calculation of internal forces. The blueprint, reflective ceiling plan, rebar drawings and technical report are attached.

## **KEYWORDS**

Preliminary design, lightweight ceiling slab, 3D design, internal forces, deflection, interaction diagram

### **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Praze dne 8. 1. 2017

.....  
podpis autora  
Kristýna Šlamiaková

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Haně Hanzlové, CSc. za strávený čas při konzultacích, odborné a cenné rady a za celkové vedení při zpracování diplomové práce. Mé poděkování dále patří Matouši Cahákovi za poskytnutí architektonické studie, jako podklad pro mou diplomovou práci.

## Obsah

1	Popis objektu .....	9
2	Nosná konstrukce .....	11
3	Předběžný návrh .....	12
3.1	Použité materiály .....	12
3.2	Krycí vrstva .....	13
3.2.1	Krycí vrstva podzemní obvodové stěny .....	13
3.2.2	Krycí vrstva vnitřních konstrukcí .....	14
3.3	Předběžný návrh tloušťky desky .....	15
3.3.1	Stropní deska D1 .....	15
3.3.2	Stropní deska D2 .....	16
3.3.3	Stropní deska D3 .....	17
3.3.4	Stropní deska D4 .....	18
4	Zatížení .....	20
4.1	Skladby konstrukcí .....	20
4.2	Proměnné zatížení .....	22
4.2.1	Uvažovaná užitná zatížení stropních desek .....	22
4.2.2	Zatížení sněhem .....	23
4.3	Celkové zatížení na stropní desky .....	23
4.3.1	Deska D1 .....	23
4.3.2	Deska D2 .....	24
4.3.3	Deska D3 .....	24
4.3.4	Deska D4 .....	24
4.3.5	Ověření tloušťky desky D1 s ohledem na smyk .....	25
5	Výpočtový model .....	28
5.1	Kombinace zatížení .....	29
5.2	Průhyb desky D1 .....	30
5.3	Průhyb desky D2 .....	31
5.4	Průhyb desky D3 .....	32
5.5	Průhyb desky D4 .....	33
6	Podrobný návrh desky D2 .....	34
6.1	MSÚ – Mezní stav únosnosti .....	36
6.1.1	Návrh ohybové výztuže – použité vzorce .....	36
6.1.2	Posouzení ohybové výztuže – použité vzorce .....	36

6.2	Návrh smykové výztuže desky D2 .....	37
6.3	Kotevní a přesahová délka .....	41
6.4	MSP – mezní stav použitelnosti .....	43
6.4.1	Návrh výztuže s ohledem na šířku trhliny .....	43
6.4.2	Šířka trhlin od účinků zatížení .....	46
6.5	Posouzení na mezní stav použitelnosti – omezení napětí .....	48
7	Obvodová stěna .....	51
7.1	Zatížení na výsek konstrukce .....	51
7.2	Posouzení výztuže obvodové stěny pomocí interakčního diagramu .....	55
8	Návrh rampy .....	58
	Posouzení ohybové výztuže .....	59
9	Závěr .....	60
10	Seznam použitých zdrojů .....	61
10.1	Seznam použité literatury .....	61
10.2	Seznam použitých programů .....	61
11	Seznam obrázků .....	62
12	Seznam přiložené dokumentace .....	63



# 1 POPIS OBJEKTU

K obrázku nelze získat oprávnění, plná verze diplomové práce včetně obrázků je dostupná v tištěné podobě na katedře betonových a zděných konstrukcí fakulty stavební ČVUT v Praze.

*Obrázek 1- řez objektem*

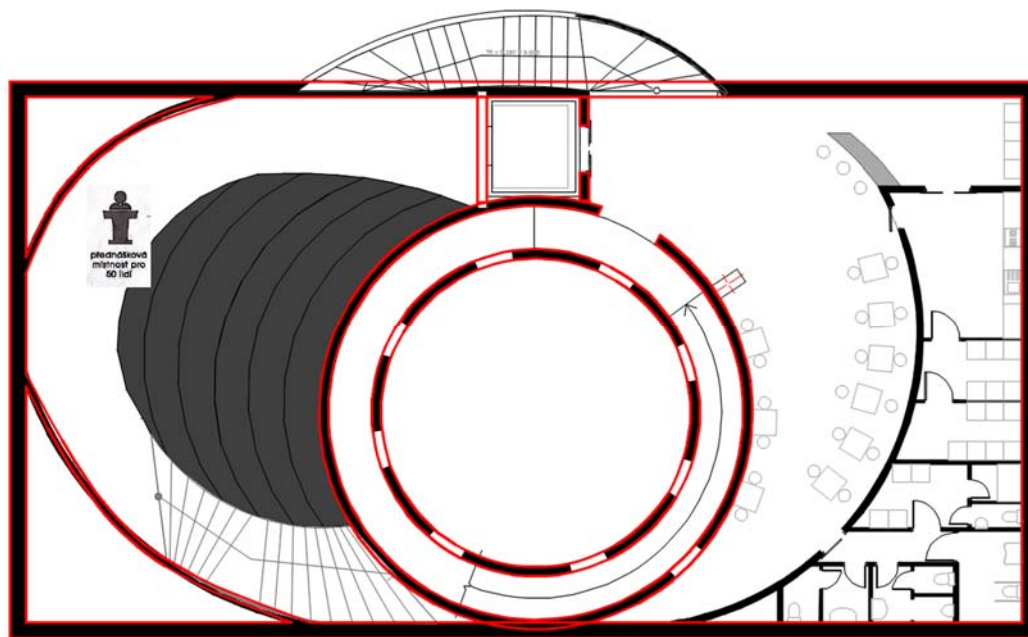
Tento objekt byl navržen před fakultou stavební ČVUT v Praze. Jedná se o informační pavilón, který nabízí nejen možnost seminářů, informačních přednášek, promítání filmů studentského klubu v posluchárně, ale i možnost prohlédnout si stálou expozici, výstavu prací studentů všech fakult a posezení v kavárně. Pavilón se nachází především v podzemí, nenarušuje tak zeleň před fakultou. Celkové půdorysné rozměry nosné konstrukce objektu jsou 32,8 x 17,6 m. Objekt je rozdělen do několika výškových úrovní. Nejnižší bod nosné konstrukce se nachází 8 m pod úrovní terénu. Vstup se nachází na komunikaci v Technické ulici. V dlouhé přístupové chodbě, částečně rozdělené na dvě menší, se nachází stálá expozice, která je zaměřena na úspěchy absolventů a jejich přínosu vědě. Zuzující chodba vede do velkého prostoru sloužící k rautům a podobným využitím. Dále navazuje místnost s krátkodobými výstavami. Po rampě o šířce 1,5m je možné vystoupat o půl patra výš do přednáškového sálu. O dalšího půl patra výše, tj. nad prostorem pro krátkodobé výstavy, se nachází kavárna, ze které je možné vystoupat až na povrch. Strop nad kavárnou má sklon 9 % v jednom směru a v druhém 11 %, minimální světlá výška prostoru kavárny je 4,5m. Všechny podlaží jsou přístupné výtahem, tudíž je celý objekt bezbariérově přístupný. Na povrchu se nachází upravený povrch, který je možno využít k posezení.

K obrázku nelze získat oprávnění, plná verze diplomové práce včetně obrázků je dostupná v tištěné podobě na katedře betonových a zděných konstrukcí fakulty stavební ČVUT v Praze.

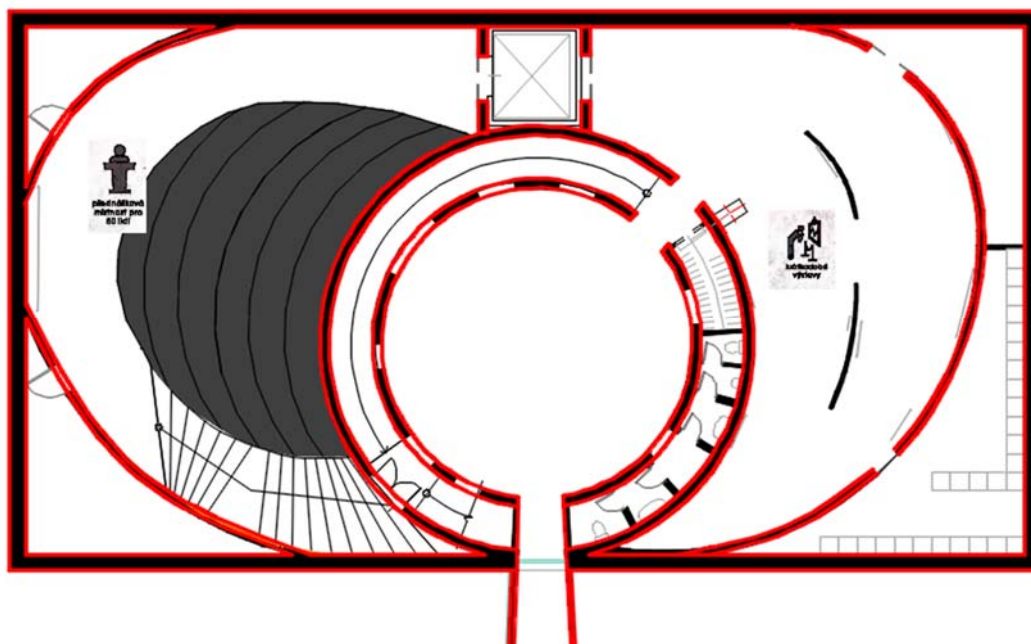
*Obrázek 2 - Situace*

## 2 NOSNÁ KONSTRUKCE

V půdorysných schématech jsou vyznačeny svislé nosné konstrukce, tak aby nenarušovaly dispozici, která byla navržena architektem. Vodorovná nosná konstrukce je tvořena monolitickou stropní deskou.



Obrázek 2.1.: Schéma svislých nosných konstrukcí 1PP



Obrázek 2.2.: Schéma svislých nosných konstrukcí 2PP

## 3 PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH

### 3.1 Použité materiály

#### Obvodové stěny a stropní desky ve styku se zemínou

Beton C 25/30 - XC4, XF1; D<sub>max</sub> 22 mm – S3

Charakteristická pevnost v tlaku  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

Návrhová pevnost v tlaku  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,6 \text{ MPa}$

Střední hodnota pevnosti v tahu za ohybu  $f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$

Modul pružnosti  $E_{cm} = 31 \text{ GPa}$

#### Vnitřní stěny

Beton C 20/25 – XC1, D<sub>max</sub> 22 mm – S3

Charakteristická pevnost v tlaku  $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Návrhová pevnost v tlaku  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,3 \text{ MPa}$

Střední hodnota pevnosti v tahu za ohybu  $f_{ctm} = 2,2 \text{ MPa}$

Modul pružnosti  $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$

Výztuž B 500B

Charakteristická mez kluzu  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Návrhová pevnost výztuže  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$

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

Dle ČSN EN 206

ČSN P 73 2404

Životnost 50 let

## 3.2 Krycí vrstva

### 3.2.1 Krycí vrstva podzemní obvodové stěny

#### Vstupní parametry:

Předpoklad výztuže  $\varnothing_d = 14mm$

Stupeň vlivu prostředí XC4

Třída konstrukce S3

#### Minimální krycí vrstva

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10mm)$$

$c_{min,b} = \varnothing_d = 14mm$  minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti

$c_{min,dur} = 25mm$  minimální krycí vrstva z hlediska prostředí

$\Delta c_{dur,\gamma} = 0$  přídavná hodnota z hlediska bezpečnosti

$\Delta c_{dur,st} = 0$  redukce při použití nerezové oceli

$\Delta c_{dur,add} = 0$  redukce při použití dodatečné ochrany

$$c_{min} = \max(14; 25 + 0 - 0 - 0; 10) mm = 25mm$$

#### Návrhová odchylka

$$\Delta c_{dev} = 10mm$$

#### Nominální krycí vrstva:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = \mathbf{35mm}$$

Navržené krytí betonářské výztuže je 35 mm.

## 3.2.2 Krycí vrstva vnitřních konstrukcí

## Vstupní parametry:

Předpoklad výztuže  $\phi_d = 14mm$ 

Stupeň vlivu prostředí XC1

Třída konstrukce S3

## Minimální krycí vrstva

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10mm)$$

 $c_{min,b} = \phi_d = 14mm$  minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti $c_{min,dur} = 10mm$  minimální krycí vrstva z hlediska prostředí $\Delta c_{dur,\gamma} = 0$  přídatná hodnota z hlediska bezpečnosti $\Delta c_{dur,st} = 0$  redukce při použití nerezové oceli $\Delta c_{dur,add} = 0$  redukce při použití dodatečné ochrany

$$c_{min} = \max(14; 10 + 0 - 0 - 0; 10) mm = 14mm$$

## Návrhová odchylka

$$\Delta c_{dev} = 10mm$$

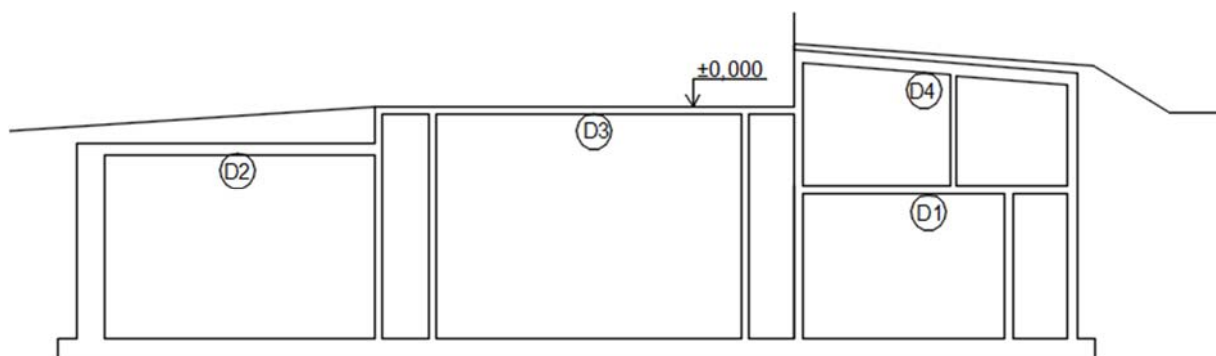
## Nominální krycí vrstva:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 14 + 10 = 24mm$$

Navržené krytí betonářské výztuže je 25 mm.

### 3.3 Předběžný návrh tloušťky desky

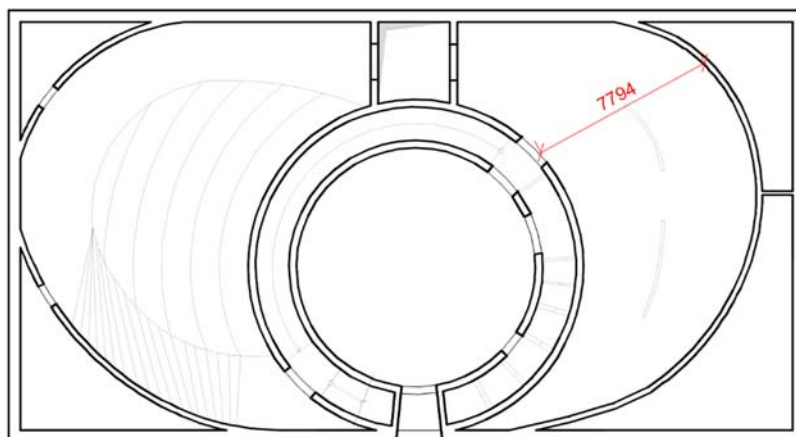
V objektu se nacházejí čtyři stropní desky v různých výškových úrovních. Znázornění stropních desek je znázorněno na řezu podélném řezu konstrukce. Viz obrázek č. 3.1.



Obrázek 3.1. - Schéma řezu – popis stropních desek

#### 3.3.1 Stropní deska D1

Maximální uvažované rozpětí stropní konstrukce  $l_{max} = 7,794m$  dle Obrázku 3.2..



Obrázek 3.2: Schéma maximálního rozpětí desky D1

**Empirie:**

$$h_d = \frac{1}{33} \cdot l_{max} = \frac{1}{33} \cdot 7794 = 236mm$$

$$h_d + 10\% = 236 \cdot 1,1 = \mathbf{260mm}$$

**Ohybová štíhlost:**

$$\lambda = \frac{l}{a} \leq \lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}$$

$$\kappa_{c1} = 1,0 \quad \text{součinitel tvaru průřezu}$$

$$\kappa_{c2} = \frac{7}{l} = \frac{7}{7,794} = 0,898 \quad \text{rozpětí}$$

$$\kappa_{c3} = 1,2 \quad \text{součinitel napětí tahové výztuže}$$

$\lambda_{d,tab} = 27,8$  Vnitřní pole spojitého nosníku nebo desky nosné v jednom nebo ve dvou směrech předpoklad:  $\rho = 0,5$ ; beton pevnosti C 25/30

$$d \geq \frac{l}{\kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}} = \frac{7794}{1 \cdot 0,898 \cdot 1,2 \cdot 27,8} = 260 \text{ mm}$$

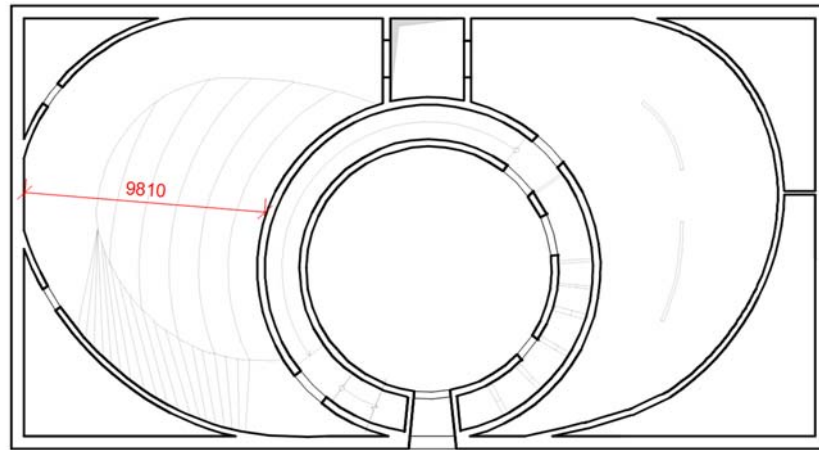
Tloušťka desky podle ohybové štíhlosti

$$h_D = d + \frac{\emptyset}{2} + c_{nom} = 260 + \frac{14}{2} + 35 = 302 \text{ mm}$$

Návrh tloušťky desky  $\rightarrow h_D = 260 \text{ mm}$

### 3.3.2 Stropní deska D2

Maximální uvažované rozpětí stropní konstrukce  $l_{max} = 9,81 \text{ m}$  dle Obrázku 3.3. .



Obrázek 3.3.: Schéma maximálního rozpětí desky D2

**Empirie:**

$$h_d = \frac{1}{33} \cdot l_{max} = \frac{1}{33} \cdot 9810 = 297 \text{ mm}$$

$$h_d + 10\% = 297 \cdot 1,1 = 327 \text{ mm}$$

**Ohybová štíhlost:**

$$\lambda = \frac{l}{d} \leq \lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}$$

$$\kappa_{c1} = 1,0 \quad \text{součinitel tvaru průřezu}$$

$$\kappa_{c2} = \frac{7}{l} = \frac{7}{9,81} = 0,7 \quad \text{rozpětí}$$

$$\kappa_{c3} = 1,2 \quad \text{součinitel napětí tahové výztuže}$$

$\lambda_{d,tab} = 27,8$  Vnitřní pole spojitého nosníku nebo desky nosné v jednom nebo ve dvou směrech – předpoklad:  $\rho = 0,5$ ; beton pevnosti C 25/30

$$d \geq \frac{l}{\kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}} = \frac{9810}{1 \cdot 0,7 \cdot 1,2 \cdot 27,8} = 420,1 \text{ mm}$$



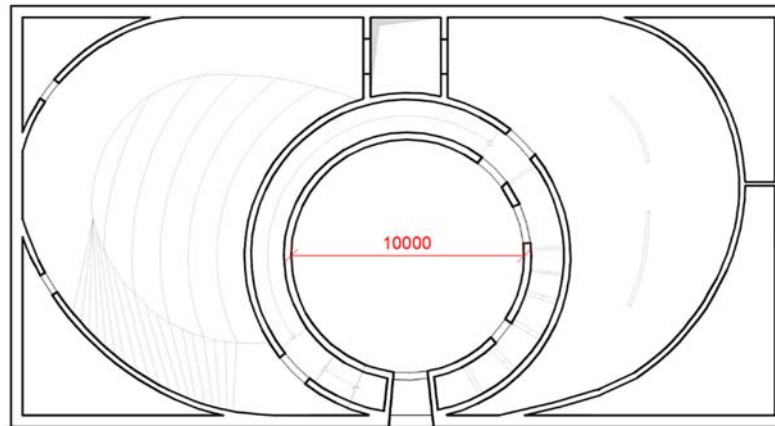
Tloušťka desky podle ohybové štíhlosti

$$h_D = d + \frac{\emptyset}{2} + c_{nom} = 420 + \frac{14}{2} + 35 = 462 \text{ mm}$$

Návrh tloušťky desky  $\rightarrow h_D = 400 \text{ mm}$

### 3.3.3 Stropní deska D3

Maximální uvažované rozpětí stropní konstrukce  $l_{max} = 10\text{m}$  dle Obrázku 3.4..



Obrázek 3.4.: Schéma maximálního rozpětí desky D3

**Empirie:**

$$h_d = \frac{1}{33} \cdot l_{max} = \frac{1}{33} \cdot 10000 = 303 \text{ mm}$$

$$h_d + 10\% = 303 \cdot 1,1 = 333 \text{ mm}$$

**Ohybová štíhlost:**

$$\lambda = \frac{l}{d} \leq \lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}$$

$$\kappa_{c1} = 1,0 \quad \text{součinitel tvaru průřezu}$$

$$\kappa_{c2} = \frac{7}{l} = \frac{7}{10} = 0,7 \quad \text{rozpětí}$$

$$\kappa_{c3} = 1,2 \quad \text{součinitel napětí tahové výztuže}$$

$$\lambda_{d,tab} = 27,8 \quad \text{Vnitřní pole spojitého nosníku nebo desky nosné v jednom nebo ve dvou směrech předpoklad: } \rho = 0,5; \text{ beton pevnosti C 25/30}$$

$$d \geq \frac{l}{\kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}} = \frac{10000}{1 \cdot 0,7 \cdot 1,2 \cdot 27,8} = 428 \text{ mm}$$

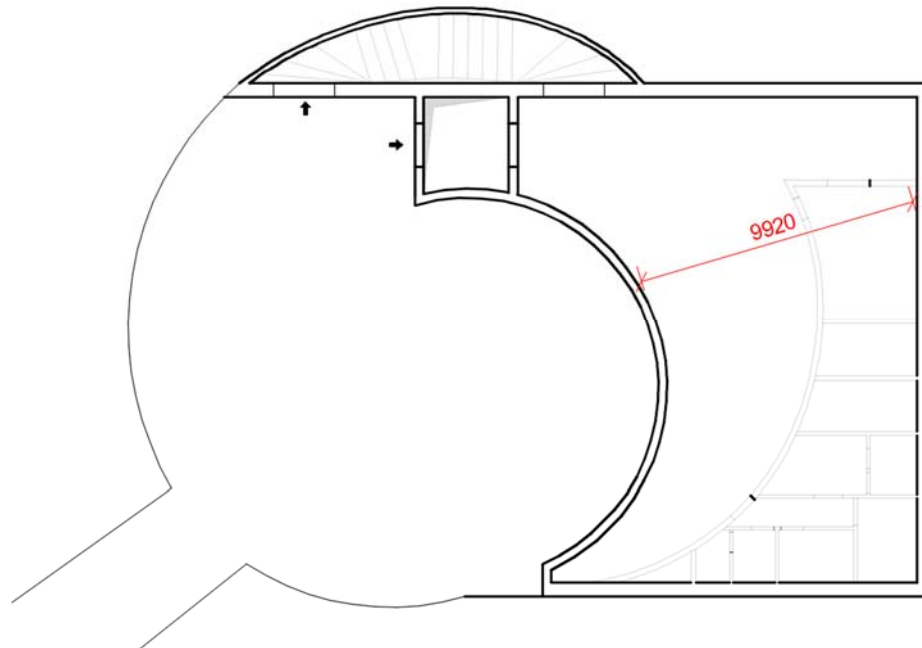
Tloušťka desky podle ohybové štíhlosti

$$h_D = d + \frac{\emptyset}{2} + c_{nom} = 428 + \frac{14}{2} + 35 = 470 \text{ mm}$$

Návrh tloušťky desky  $\rightarrow h_D = 400 \text{ mm}$

## 3.3.4 Stropní deska D4

Maximální uvažované rozpětí stropní konstrukce  $l_{max} = 9,92m$  dle Obrázku 3.5.



Obrázek 3.5.: Schéma maximálního rozpětí

**Empirie:**

$$h_d = \frac{1}{33} \cdot l_{max} = \frac{1}{33} \cdot 9920 = 301mm$$

$$h_d + 10\% = 301 \cdot 1,1 = \mathbf{331mm}$$

**Ohybová štíhlost:**

$$\lambda = \frac{l}{d} \leq \lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}$$

$$\kappa_{c1} = 1,0 \quad \text{součinitel tvaru průřezu}$$

$$\kappa_{c2} = \frac{7}{l} = \frac{7}{9,92} = 0,71 \quad \text{rozpětí}$$

$$\kappa_{c3} = 1,2 \quad \text{součinitel napětí tahové výztuže}$$

$$\lambda_{d,tab} = 27,8 \quad \text{Vnitřní pole spojitého nosníku nebo desky nosné v jednom nebo ve dvou směrech předpoklad: } \rho = 0,5; \text{ beton pevnosti C 25/30}$$

$$d \geq \frac{l}{\kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}} = \frac{9920}{1 \cdot 0,71 \cdot 1,2 \cdot 27,8} = 419 \text{ mm}$$

Tloušťka desky podle ohybové štíhlosti

$$h_D = d + \frac{\emptyset}{2} + c_{nom} = 419 + \frac{14}{2} + 35 = \mathbf{316 \text{ mm}}$$

**Návrh tloušťky desky  $\rightarrow h_D = 400 \text{ mm}$**

Průhyby stropních desek budou kontrolovány později výpočtem

Pro snížení vlastní hmotnosti stropních desek, budou desky D2, D3 a D4 vylehčeny tvarovkami U-Boot Beton. Pro optimalizaci a vhodnou volbu tvarovek, jsem použila program Excel. Výsledky z programu Excel jsou znázorněny na obrázku č. 3. Z obrázku je patrné, že při tloušťce stropní desky  $h_d = 0,4 \text{ m}$ , použití vylehčovacích tvarovek o výšce  $h_t = 0,22 \text{ m}$  a vzájemné vzdálenosti  $y_1 = 0,16 \text{ m}$  byla vlastní tíha desky snížena téměř o 40%.

### Prostorové schéma

K obrázku nelze získat oprávnění, plná verze diplomové práce včetně obrázků je dostupná v tištěné podobě na katedře betonových a zděných konstrukcí fakulty stavební ČVUT v Praze.

Výztuž	HV	DV	Geometrie
$\phi_{st} =$	10	10 mm	$b =$ 1 m
$\phi_1 =$	16	14 mm	$h =$ 0,4 m
$\phi_2 =$	16	14 mm	$y_1 =$ 0,16 m
$c =$	35	25 mm	$y_2 =$ 0,42 m
$t_\phi =$	77	63 mm	$y_3 =$ 0,42 m
$z_{min} =$	93	77 mm	$z_D =$ 0,080 m
			$z_H =$ 0,100 m
			$h_t =$ 0,22 m

Těžiště	Geometrie půdorysu
$t_y =$ 0,209 m	$x_1 = y_1 =$ 0,16 m
Moment setrvačnosti	$x_2 = y_2 =$ 0,42 m
$I_y =$ 0,00455 m <sup>4</sup>	$x_3 = y_3 =$ 0,42 m
Tloušťka desky Scia	
$h_{new} =$ 0,379 m	

vlastní tíha 10 kN/m<sup>2</sup>

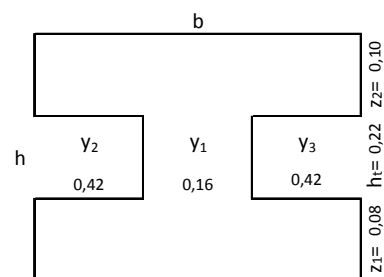
vlastní tíha<sub>new</sub> 6,12 kN/m<sup>2</sup>

snížení vlastní tíhy o 38,81 %

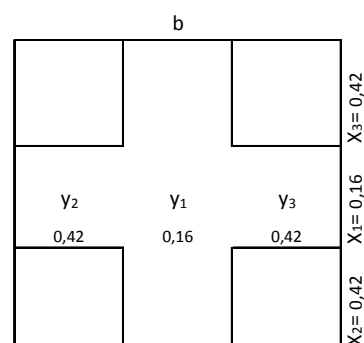
### Náhradní tloušťka desky s ohledem na objemové změny - MSÚ

$h_{new} =$  0,245 m

### Geometrie řezu



### Půdorysné schéma

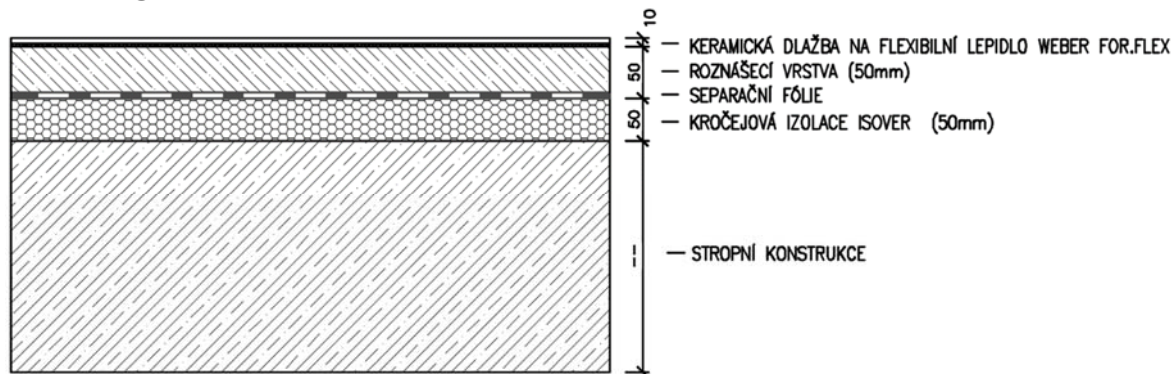


Obrázek 3: vylehčená deska

## 4 ZATÍŽENÍ

### 4.1 Skladby konstrukcí

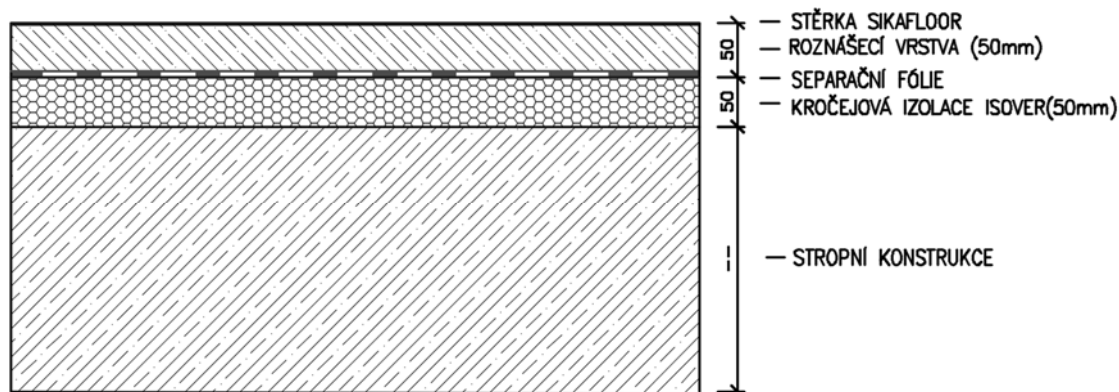
#### SKLADBA ①



Obrázek 4 - Skladba1

Stálé zatížení	Charakteristické $g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_G$ [—]	Návrhové $g_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Keramická dlažba+ lepidlo	$0,008m \cdot 22kN/m^3$	0,18	
Roznášecí vrstva	$0,05m \cdot 23kN/m^3$	1,15	
Separáční fólie	-		
Kročejoiva izolace Isover N	$0,05m \cdot 1,0kN/m^3$	0,05	
Celkem	$g_k = 1,38$	1,35	1,863

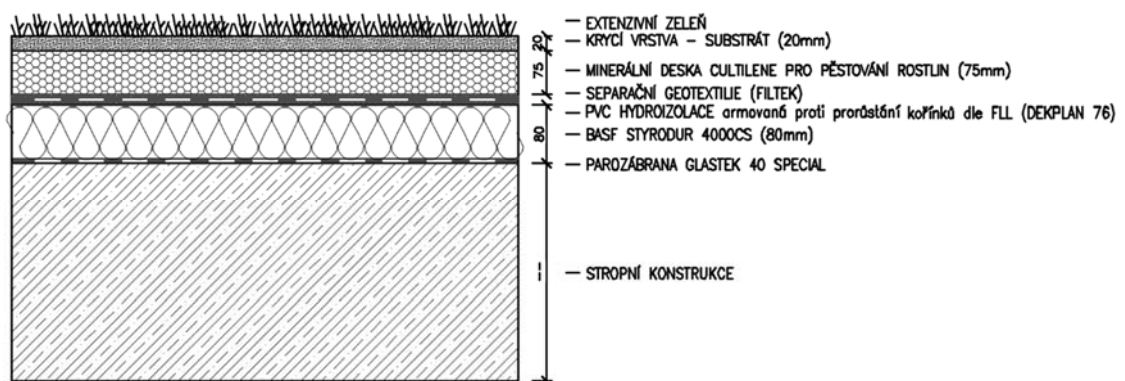
#### SKLADBA ②



Obrázek 5-Skladba2

Stálé zatížení		Charakteristické $g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_G$ [–]	Návrhové $g_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Stěrka Sikafloor		-		
Roznášecí vrstva	$0,05m \cdot 23kN/m^3$	1,15		
Separační fólie		-		
Kročejoza izolace Isover N	$0,05m \cdot 1,0kN/m^3$	0,05		
<b>Celkem</b>		$g_k = 1,2$	1,35	1,62

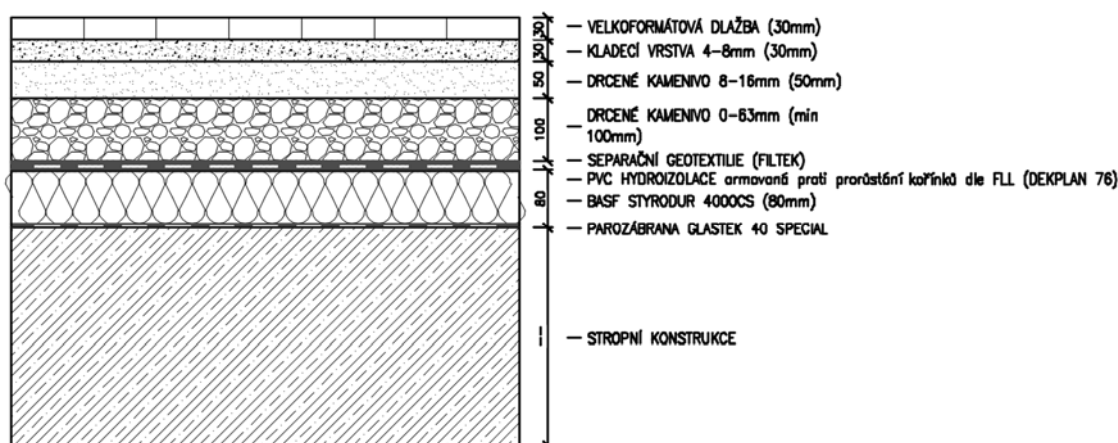
## SKLADBA ③



Obrázek 6-Skladba 3

Stálé zatížení		Charakteristické $g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_G$ [–]	Návrhové $g_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Substrát	$0,02m \cdot 19kN/m^3$	0,38		
Minerální deska Cultilene	$0,75m \cdot 0,7kN/m^3$	0,53		
Geotextilie		-		
PVC hydroizolace		-		
Tepelná izolace	$0,8m \cdot 0,3kN/m^3$	0,24		
Parozábrana		-		
<b>Celkem</b>		$g_k = 1,15$	1,35	1,97

## SKLADBA ④



Obrázek 7-Skladba 4

Stálé zatížení	Charakteristické $g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_G$ [-]	Návrhové $g_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Velkoformátová dlažba	$0,03m \cdot 21kN/m^3$	0,63	
Kladecí vrstva	$0,03m \cdot 16kN/m^3$	0,48	
Drcené kamenivo 6-18mm	$0,05m \cdot 18kN/m^3$	0,9	
Drcené kamenivo 0-63mm	$0,1m \cdot 17kN/m^3$	1,7	
Geotextilie	-		
PVC hydroizolace	-		
Tepelná izolace	$0,8m \cdot 0,3kN/m^3$	0,24	
Parozábrana	-		
<b>Celkem</b>	$g_k = 3,95$	1,35	5,33

## 4.2 Proměnné zatížení

## 4.2.1 Uvažovaná užitná zatížení stropních desek

Užitné zatížení kategorie C1:

- C1: plochy se stoly atd., např. plochy ve školách, kavárnách, restauracích, jídelnách, čítárnách, recepcích, atd.
- $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$

Užitné zatížení kategorie C3:

- C3: plochy bez překážek pro pohyb osob, např. plochy v muzeích, na výstavách atd., dále přístupné plochy ve veřejných a administrativních budovách, hotelích atd.
- $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$

### 4.2.2 Zatížení sněhem

Objekt se nachází v Dejvicích, Praha 6. Tato lokalita spadá do sněhové oblasti I, a proto pro výpočet zatížení sněhem uvažují  $s_k = 0,7kPa$ .

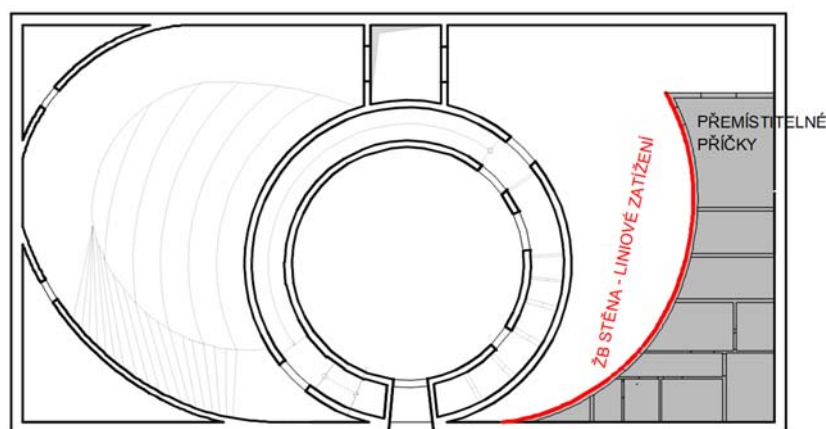
$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,56kN/m^2$$

$\mu_i = 0,8$	tvarový součinitel – sklon $\alpha = 0^\circ$
$C_e = 1,0$	součinitel expozice
$C_t = 1,0$	tepelný součinitel

## 4.3 Celkové zatížení na stropní desky

### 4.3.1 Deska D1

	Charakteristické [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [-]	Návrhové [kN/m <sup>2</sup> ]
<b>Stálé</b>			
• Skladba podlahy ②	1,2	1,35	1,62
• Stropní deska tl.270 mm	6,75	1,35	9,1
<b>Proměnné</b>			
• Užitné zatížení C3	5	1,5	7,5
<b>Celkem</b>	$(g + q)_k = 12,95$		$(g + q)_d = 18,2$
Liniové zatížení od železobetonové stěny	$g_k = 28kN/m'$	$\gamma_q = 1,35$	$g_d = 37,8kN/m'$
Plošné zatížení od sádkartonových přemístitelných příček. Pouze na části stropní desky			
	$g_k = 0,25kN/m^2$	$\gamma_q = 1,35$	$g_d = 0,34kN/m^2$



Obrázek 8 - Zatížení desky D1

## 4.3.2 Deska D2

	Charakteristické $g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_G$ [–]	Návrhové $g_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Stálé			
• Skladba podlahy ④	3,95	1,35	5,3
• Zemina tl. 0,8m	15,2	1,35	20,52
• Vylehčená stropní deska tl.400 mm	6,12	1,35	8,3
Proměnné			
• Užité zatížení C1	3	1,5	4,5
• Sníh	0,56	1,5	0,84
Celkem	$(g + q)_k = 28,83$		$(g + q)_d = 39,02$

## 4.3.3 Deska D3

	Charakteristické $g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_G$ [–]	Návrhové $g_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Stálé			
• Skladba podlahy ④	3,95	1,35	5,3
• Vylehčená stropní deska tl.400 mm	6,12	1,35	8,3
Proměnné			
• Užité zatížení C1	3	1,5	4,5
• Sníh	0,8	1,5	1,2
Celkem	$(g + q)_k = 13,87$		$(g + q)_d = 19,3$

## 4.3.4 Deska D4

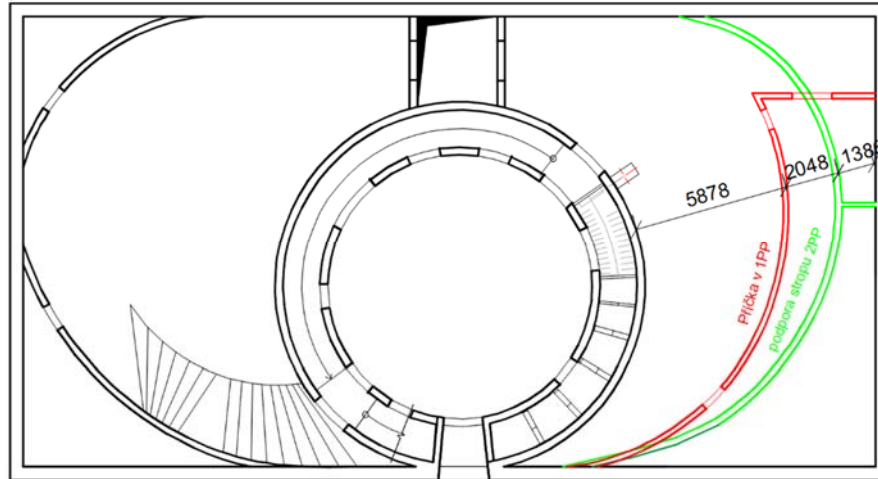
	Charakteristické $g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_G$ [–]	Návrhové $g_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Stálé			
• Skladba podlahy ③	1,15	1,35	1,6
• Vylehčená stropní deska tl.400 mm	6,12	1,35	8,3
Proměnné			
• Užité zatížení C1	3	1,5	4,5
• Sníh	0,8	1,5	1,2
Celkem	$(g + q)_k = 11,07$		$(g + q)_d = 15,6$



### 4.3.5 Ověření tloušťky desky D1 s ohledem na smyk

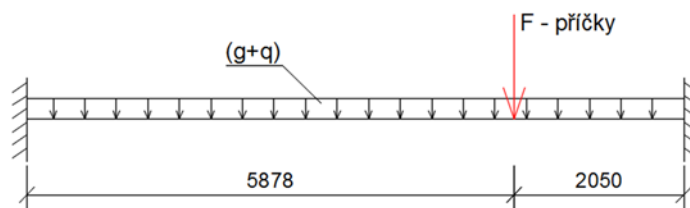
V blízkosti podpory se vyskytuje osamělé liniové břemeno (příčky v 1PP), proto je nutné ověřit tloušťku desky s ohledem na smyk. Pro ověření postačí 2D výsek stropní konstrukce.

Schéma zatížení desky od příčky v 1PP



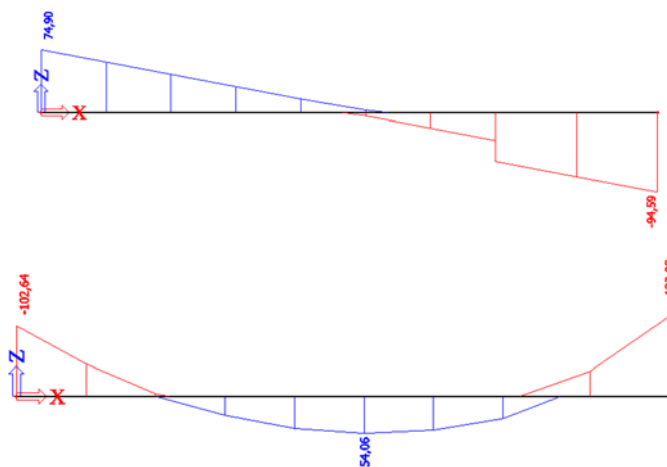
Obrázek 9 - Liniové zatížení - smyk

Nosník



Obrázek 10 - nosník

Vnitřní síly



Obrázek 11 - Vnitřní síly

Dle předběžného návrhu byla určena tloušťka desky  $h = 260 \text{ mm}$  s předpokládaným vyztužením  $\varnothing = 14 \text{ mm}$

Účinná výška průřezu: 
$$d = h - c - \frac{\emptyset}{2} = 260 - 30 - \frac{14}{2} = 223 \text{ mm}$$

**Minimální a maximální plochy vyztužení:**

$$A_{s,min} = \max\left(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d\right)$$

$$A_{s,min} = \max\left(0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1000 \cdot 223; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 223\right)$$

$$A_{s,min} = \max(337,8; 291,2) = 337,8 \text{ mm}^2$$

**Návrh vyztuže pro:**

Nnejvětší moment  $M_{Ed} = 123,8 \text{ kNm}$

Požadovaná plocha vyztuže

$$A_{s,req} = \frac{M_{Ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{123,8 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 0,223 \cdot 435 \cdot 10^6} = 1,35716 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 1357,2 \text{ mm}^2$$

Plocha jednoho prutu  $A_{\emptyset 14} = \pi \cdot 7^2 = 153,9 \text{ mm}^2$

Návrh vyztuže 10x  $\emptyset 14 \text{ mm} \rightarrow A_{s,prov} = 1539 \text{ mm}^2$ .

**Posouzení:**

Podmínka rovnováhy  $F_s = F_c$

$$A_s \cdot f_{yd} \cdot z = 0,8 \cdot x \cdot f_{cd} \cdot z$$

Výšk tlačené oblasti průřezu  $x = \frac{A_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{1539 \cdot 435 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 20 \cdot 10^6} = 42 \text{ mm}$

Rameno vnitřních sil  $z = d - 0,4 \cdot x = 223 - 0,4 \cdot 42 = 206 \text{ mm}$

Moment únosnosti

$$M_{Rd} = F_s \cdot z = A_s \cdot f_{yd} \cdot z$$

$$M_{Rd} = 1539 \cdot 435 \cdot 10^6 \cdot 206 = 137,9 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 137,9 \text{ kNm} > M_{Ed} = 123,8 \text{ kNm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{42}{223} = 0,19 < 0,45$$

**Ověření na smyk**

Maximální posouvající síla  $V_{Ed,max} = 94,59 \text{ kN}$

Účinná výška průřezu:  $d = h - c - \frac{\emptyset}{2} = 260 - 30 - \frac{14}{2} = 223 \text{ mm}$

Návrhová únosnost

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] \cdot b_w \cdot d \geq v_{min} \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \left( \frac{200}{d} \right)^{1/2} = 1 + \left( \frac{200}{223} \right)^{1/2} = 1,94 \leq 2,0$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{1470}{1000 \cdot 223} = 0,007 \leq 0,02$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,94 \cdot (100 \cdot 0,007 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 1 \cdot 0,223 = 143,8 \text{ kN}$$

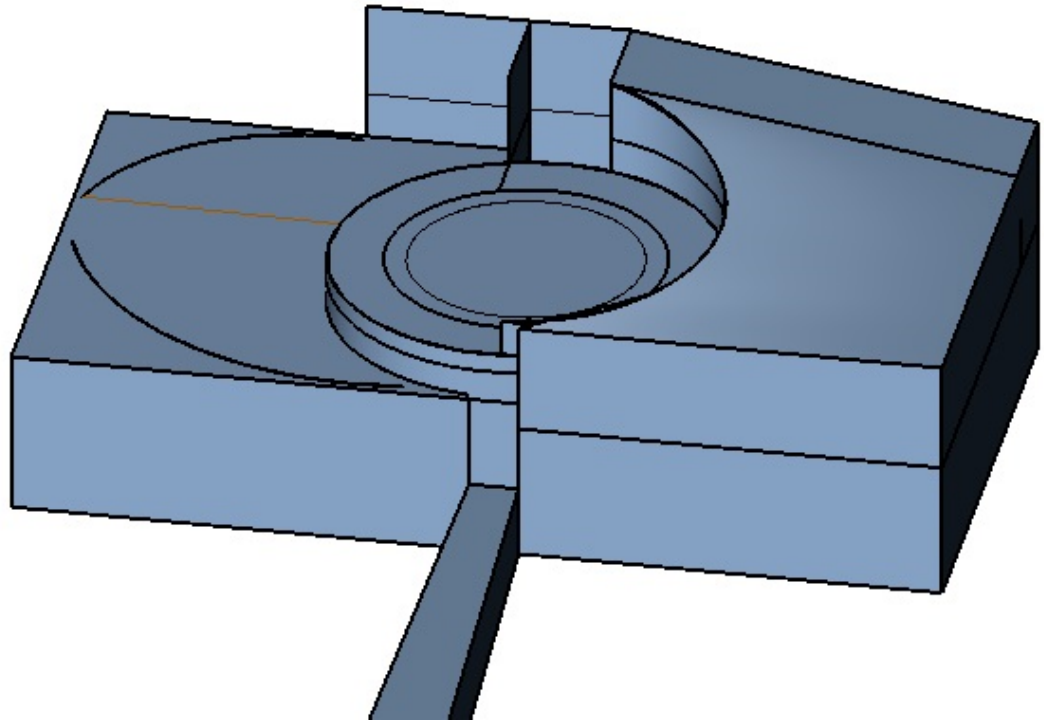
$$V_{Rd,c} \geq |V_{Ed}|$$

$$\mathbf{143,8 \text{ kN} > 94,59 \text{ kN}}$$

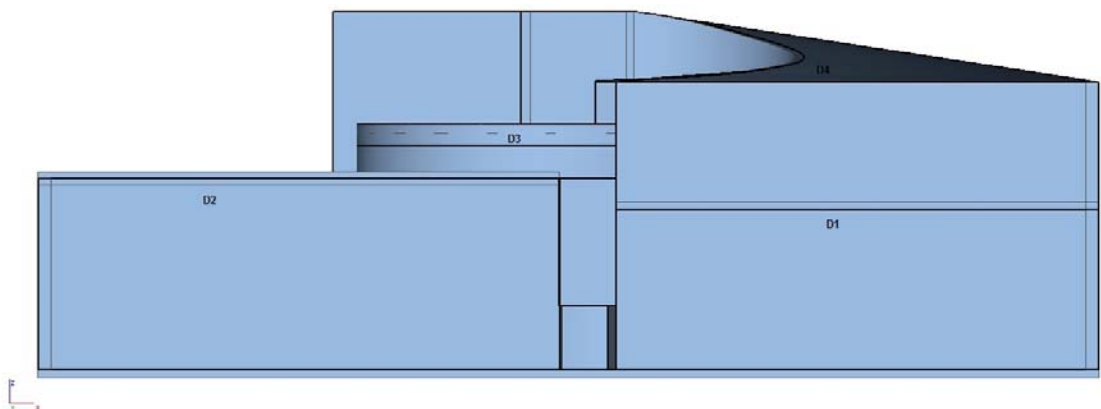
Deska zvládá osamělé břemeno bez smykové výztuže

## 5 VÝPOČTOVÝ MODEL

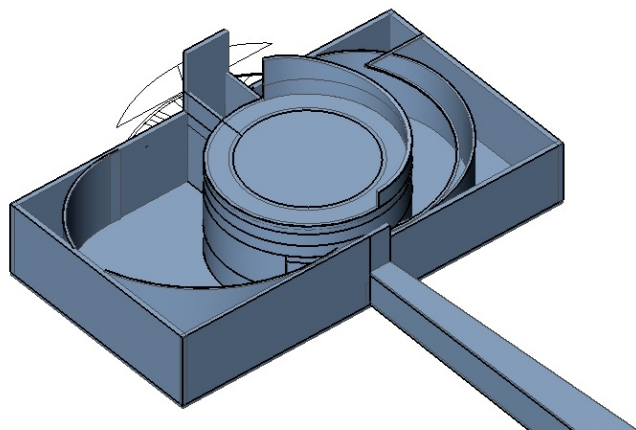
Výpočtové modely byly vytvořeny v programu Scia Engineer 2015. Ve výpočtovém modelu jsem se zaměřila na stropní desku D2 a jí přilehlé obvodové stěny.



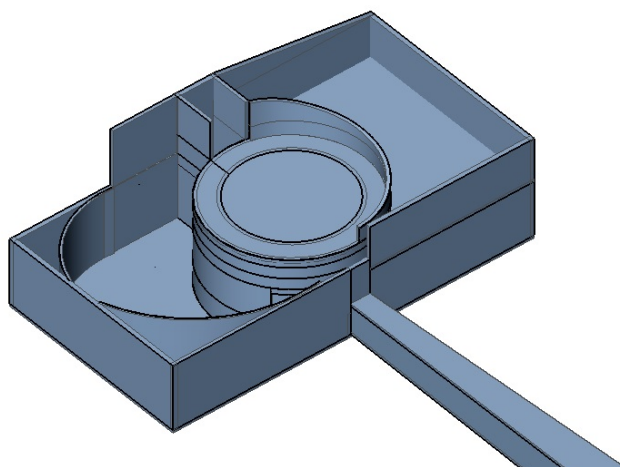
Obrázek 13 - Výpočtový model



Obrázek 14-výpočtový model



Obrázek 16- Výpočtový model



Obrázek 15- výpočtový model

## 5.1 Kombinace zatížení

Kombinace zatížení uvažované ve výpočtových modelech

Kombinace pro mezní stav únosnosti

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

Součinitelé zatížení

- $\gamma_G = 1,35$
- $\gamma_Q = 1,5$
- $\psi_0 = 1$

Kombinace pro mezní stav použitelnosti

Charakteristická kombinace

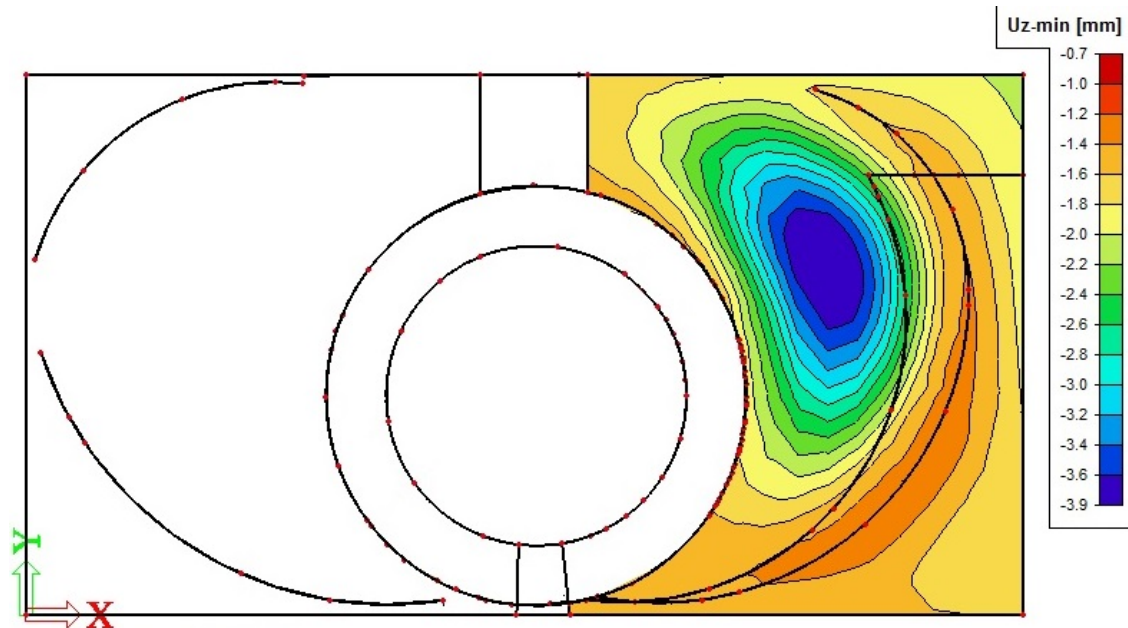
$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kvazistálá kombinace

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Kde  $\psi_2 = 0,6$

## 5.2 Průhyb desky D1



Obrázek 17 - Průhyb desky D1

Průhyb z výpočtového modelu je uvažován bez vlivu dotvarování a smršťování. Okamžitý „pružný“ průhyb stanovený pomocí MKP od kvazistálé kombinace je roven  $y_{kvazi} = 3,9 \text{ mm}$ .

- 1) V důsledku dotvarování se snižuje modul pružnosti betonu  $E_{cm}$  a to zapříčiňuje zvýšení průhybu. Uvažují-li součinitel dotvarování  $\varphi = 2$ , Modul pružnosti bude třetinový tzv. efektivní modul pružnosti a deformace se zvýší 3x.

$$E_{c,eff,lt} = \frac{E_{cm}}{1+\varphi} = \frac{E_{cm}}{3}$$

- 2) Po vzniku trhlin poklesne moment setrvačnosti  $I_y$ , klesá tuhost konstrukce, a to přibližně 2x.

Odhadovaný průhyb celkový s vlivem trhlin a vlivem dotvarování betonu:

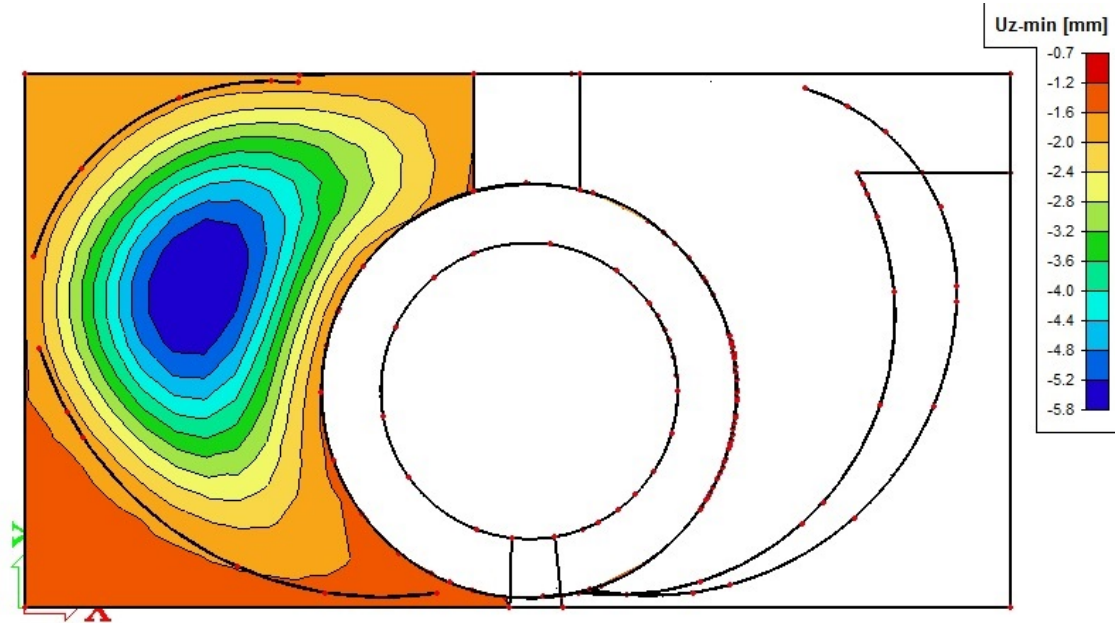
$$y_{celkem} = y_{kvazi} \cdot 3 \cdot 2 = 3,9 \cdot 3 \cdot 2 = 23,4 \text{ mm}$$

$$\text{Limitní průhyb: } y_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{7794}{250} = 31,2 \text{ mm}$$

$$y_{lim} = 31,2 > y_{celkem} = 23,4$$

Podle odhadu deformace stropní desky po vzniku prvních trhlin a dotvarování betonu, stropní deska při podrobném výpočtu pravděpodobně vyhoví limitní hodnotě průhybu.

## 5.3 Průhyb desky D2



Obrázek 18 - Průhyb desky D2

Průhyb z výpočtového modelu je uvažován bez vlivu dotvarování a smršťování. U vylehčené desky o tloušťce 400 mm je její vlastní tíha snížena na 61,19 %. Okamžitý „pružný“ průhyb stanovený pomocí MKP od kvazistálé kombinace je roven  $y_{kvazi} = 5,8 \text{ mm}$ .

- 1) V důsledku dotvarování se snižuje modul pružnosti betonu  $E_{cm}$  a to zapříčiňuje zvýšení průhybu. Uvažují-li součinitel dotvarování  $\varphi = 2$ , Modul pružnosti bude třetinový tzv. efektivní modul pružnosti a deformace se zvýší 3x.

$$E_{c,eff,lt} = \frac{E_{cm}}{1+\varphi} = \frac{E_{cm}}{3}$$

- 2) Po vzniku trhlin poklesne moment setrvačnosti  $I_y$ , klesá tuhost konstrukce, a to přibližně 2x.

Odhadovaný průhyb celkový s vlivem trhlin a vlivem dotvarování betonu:

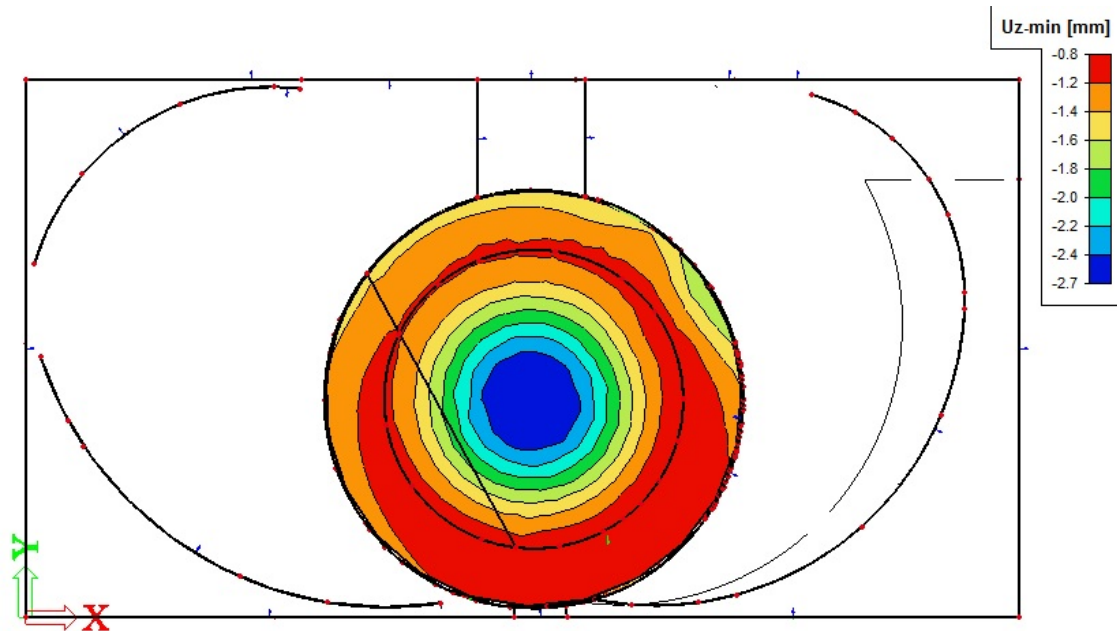
$$y_{celkem} = y_{kvazi} \cdot 3 \cdot 2 = 5,8 \cdot 3 \cdot 2 = 34,8 \text{ mm}$$

$$\text{Limitní průhyb: } y_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{9810}{250} = 39,2 \text{ mm}$$

$$y_{lim} = 39,2 > y_{celkem} = 34,8$$

Podle odhadu deformace stropní desky po vzniku prvních trhlin a dotvarování betonu, stropní deska při podrobném výpočtu pravděpodobně vyhoví limitní hodnotě průhybu.

## 5.4 Průhyb desky D3



Obrázek 19 - Průhyb desky D3

Průhyb z výpočtového modelu je uvažován bez vlivu dotvarování a smršťování. U vylehčené desky o tloušťce 400 mm je její vlastní tíha snížena na 61,19 %. Okamžitý „pružný“ průhyb stanovený pomocí MKP od kvazistálé kombinace je roven  $y_{kvazi} = 2,7 \text{ mm}$ .

- 1) V důsledku dotvarování se snižuje modul pružnosti betonu  $E_{cm}$  a to zapříčiňuje zvýšení průhybu. Uvažují-li součinitel dotvarování  $\varphi = 2$ , Modul pružnosti bude třetinový tzv. efektivní modul pružnosti a deformace se zvýší 3x.

$$E_{c,eff,lt} = \frac{E_{cm}}{1+\varphi} = \frac{E_{cm}}{3}$$

- 2) Po vzniku trhlin poklesne moment setrvačnosti  $I_y$ , klesá tuhost konstrukce, a to přibližně 2x.

Odhadovaný průhyb celkový s vlivem trhlin a vlivem dotvarování betonu:

$$y_{celkem} = y_{kvazi} \cdot 3 \cdot 2 = 2,7 \cdot 3 \cdot 2 = 16,2 \text{ mm}$$

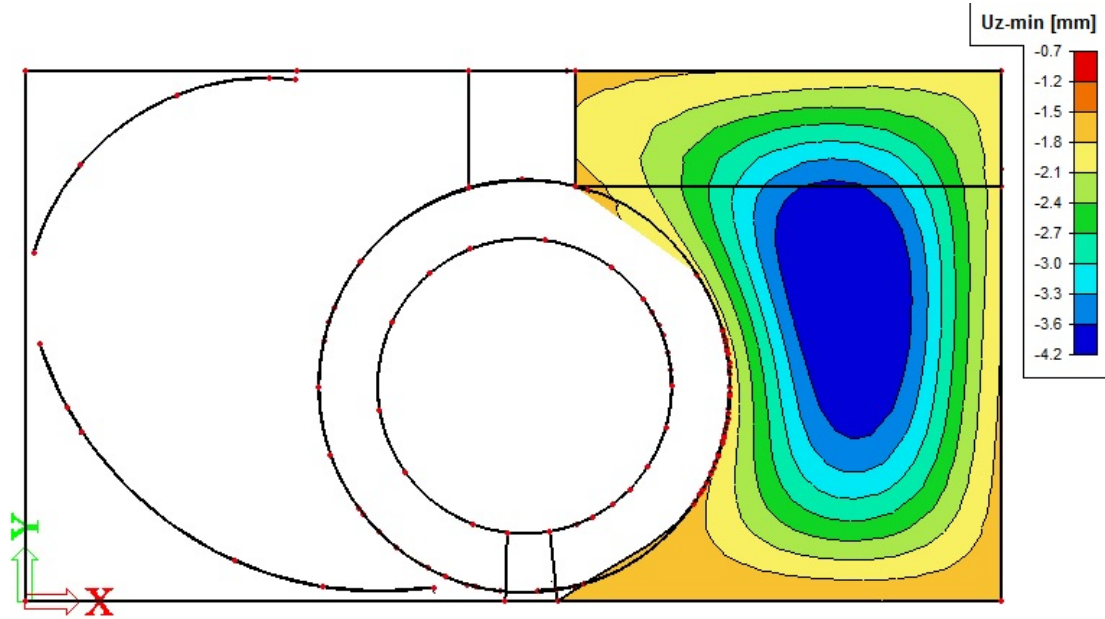
Limitní průhyb:  $y_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{10000}{250} = 40 \text{ mm}$

$$y_{lim} = 40 > y_{celkem} = 16,2$$

Podle odhadu deformace stropní desky po vzniku prvních trhlin a dotvarování betonu, stropní deska při podrobném výpočtu pravděpodobně vyhoví limitní hodnotě průhybu.



## 5.5 Průhyb desky D4



Obrázek 20 - Průhyb desky D4

Průhyb z výpočtového modelu je uvažován bez vlivu dotvarování a smršťování. U vylehčené desky o tloušťce 400 mm je její vlastní tíha snížena na 61,19 %. Okamžitý „pružný“ průhyb stanovený pomocí MKP od kvazistálé kombinace je roven  $y_{kvazi} = 4,2 \text{ mm}$ .

- 1) V důsledku dotvarování se snižuje modul pružnosti betonu  $E_{cm}$  a to zapříčiňuje zvýšení průhybu. Uvažují-li součinitel dotvarování  $\varphi = 2$ , Modul pružnosti bude třetinový tzv. efektivní modul pružnosti a deformace se zvýší 3x.

$$E_{c,eff,lt} = \frac{E_{cm}}{1+\varphi} = \frac{E_{cm}}{3}$$

- 2) Po vzniku trhlin poklesne moment setrvačnosti  $I_y$ , klesá tuhost konstrukce, a to přibližně 2x.

Odhadovaný průhyb celkový s vlivem trhlin a vlivem dotvarování betonu:

$$y_{celkem} = y_{kvazi} \cdot 3 \cdot 2 = 4,2 \cdot 3 \cdot 2 = 25,2 \text{ mm}$$

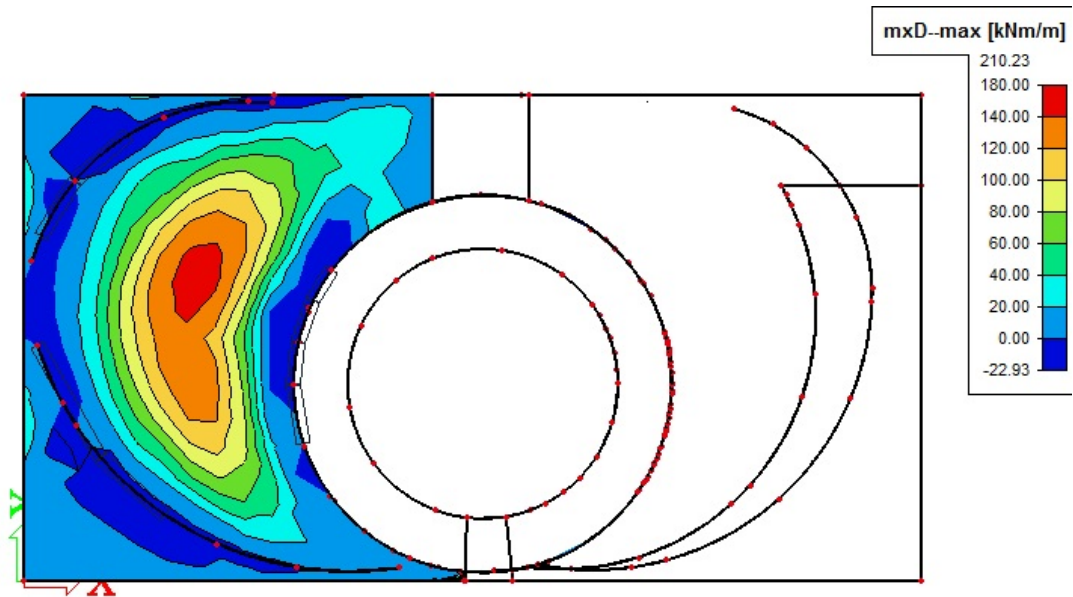
$$\text{Limitní průhyb: } y_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{9810}{250} = 39,2 \text{ mm}$$

$$y_{lim} = 39,2 > y_{celkem} = 25,2$$

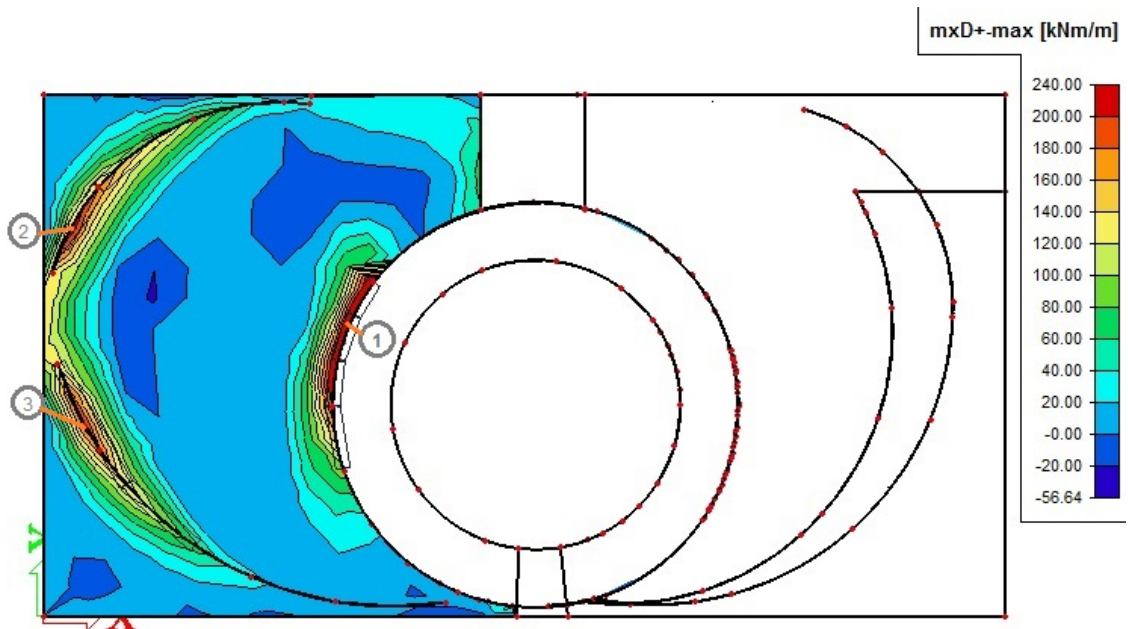
Podle odhadu deformace stropní desky po vzniku prvních trhlin a dotvarování betonu, stropní deska při podrobném výpočtu pravděpodobně vyhoví limitní hodnotě průhybu.

## 6 PODROBNÝ NÁVRH DESKY D2

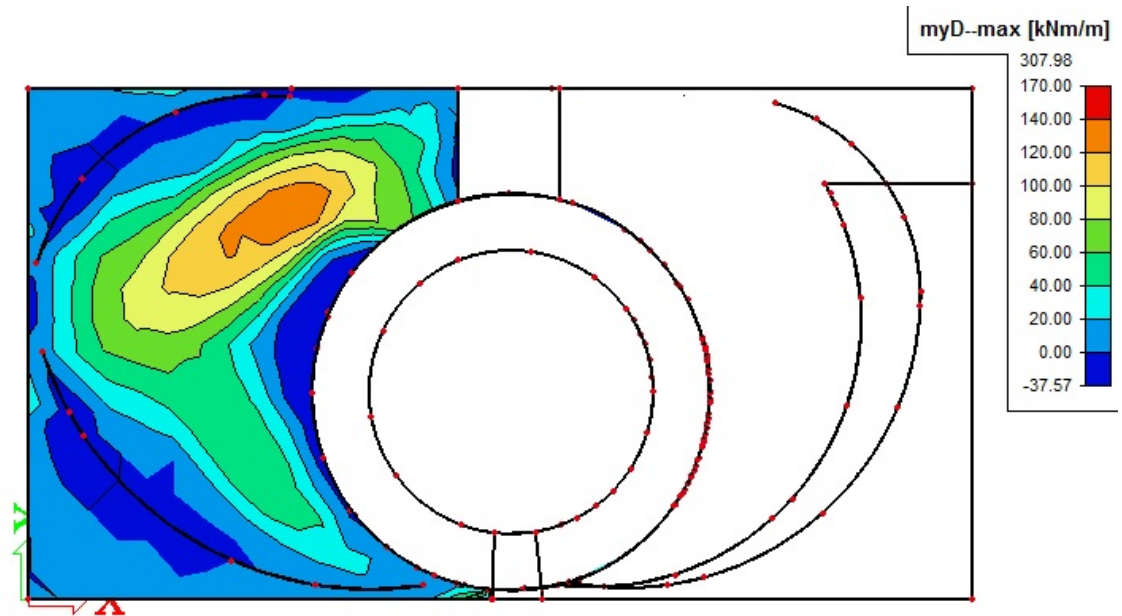
$$m_{xD-} \left[ \frac{kNm}{m} \right]$$

Obrázek 21- Návrhový moment v poli  $m_{xD}$ 

$$m_{xD+} \left[ \frac{kNm}{m} \right]$$

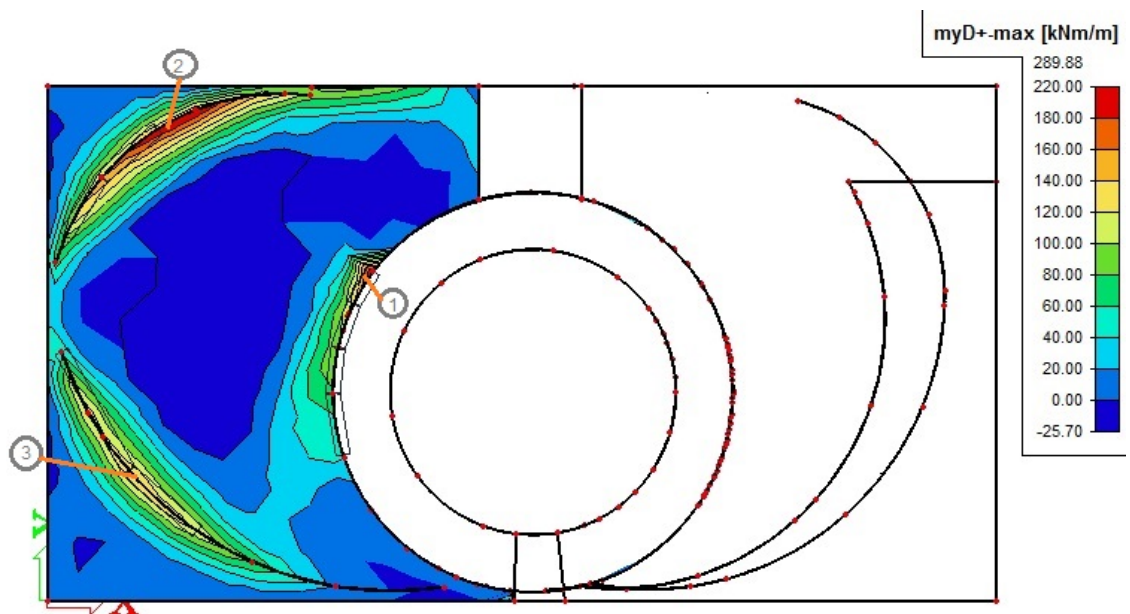
Obrázek 22- Návrhový moment nad podporou  $m_{xD}$

$$m_{yD-} \left[ \frac{kNm}{m} \right]$$



Obrázek 23- Návrhový moment v poli myD

$$m_{yD+} \left[ \frac{kNm}{m} \right]$$



Obrázek 24 - Návrhový moment nad podporou myD

Návrhové momenty [kNm/m']	1	2	3
$m_{xD-}$	147,24		
$m_{xD+}$	201,46	185,2	162
$m_{yD-}$	131,6		
$m_{yD+}$	181,61	183,6	122,4

## 6.1 MSÚ – Mezní stav únosnosti

$h = 400\text{mm}$  .....tloušťka desky

$c = 35\text{mm}$ .....krycí vrstva

### 6.1.1 Návrh ohybové výztuže – použité vzorce

Účinná tloušťka desky

- Ve směru X -  $d_x = h - c - \phi/2 = 400 - 35 - \frac{16}{2} = 357\text{mm}$
- Ve směru Y -  $d_y = h - c - \phi - \phi/2$

Návrhový moment  $m_{xd+} = 185,6 \text{ kNm/m}$

Plocha jedné výztuže  $\phi 16$   $A_{16} = 201\text{mm}^2$

Podmínka rovnováhy  $M_{ed} = M_{rd}$

$$F_c \cdot z = F_s \cdot z$$

$$M_{ed} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z$$

Odhad ramene vnitřních sil  $z = 0,9 \cdot d$

Návrh požadované plochy výztuže

$$a_{s,req} = \frac{m_{ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{185,6}{0,9 \cdot 357 \cdot 435} = 138,6 \text{ mm}^2$$

Návrh 7 x  $\phi 16\text{mm}$   $\rightarrow a_{s,prov} = 1407,43 \text{ mm}^2$

### 6.1.2 Posouzení ohybové výztuže – použité vzorce

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{1407,43 \cdot 435}{0,8 \cdot 1 \cdot 16,6} = 46,08\text{mm}$$

Rameno sil

$$z = d - 0,4 \cdot x = 357 - 0,4 \cdot 46,08 = 339,6\text{mm}$$

Moment únosnosti

$$m_{Rd} = F_s \cdot z = A_s \cdot f_{yd} \cdot z = 1407,43 \cdot 435 \cdot 339,6 = 207,18\text{kNm/m}$$

Posouzení

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{46,08}{357} = 0,13 < \xi_{bal} = 0,617 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$m_{ed} = 185,6\text{kNm/m} > m_{rd} = 207,18\text{kNm/m} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Minimální plocha výztuže

$$a_{s,min} = \max\left(\frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b \cdot d\right) = \max\left(\frac{0,26 \cdot 2,6 \cdot 1000 \cdot 357}{435}; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 357\right) = \max(555,1; 464,1) = 555,1 \text{ mm}^2$$

Stupeň vyztužení

$$\rho = \frac{a_{s,prov}}{b \cdot d} = \frac{1407,43}{1000 \cdot 357} = 0,0039$$

$$\rho_{max} \geq \rho \geq \rho_{min}$$

$$0,04 > 0,0039 > 0,0015$$

Návrh ohybové výztuže stropní desky D2 je shrnuta v tabulce č.1 a posouzení ohybové výztuže v tabulce č.2. Návrhové ohybové momenty jsou vzaty z výpočtového modelu.

Stropní deska D2											
	směr	Návrh výztuže									
		$m_{ed}$	průměr	h	b	d	z	$a_{s,req}$	$a_{s,min}$	počet kusů	$a_{s,prov}$
		[kNm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	do m'	[mm <sup>2</sup> ]
v poli	x	147,24	14	400	1000	351	315,9	1072,02	545,7	7	1077,57
	y	131,60	14	400	1000	344	309,6	977,65	534,9	7	1077,57
nad podporou	x1	201,46	16	400	1000	357	321,3	1442,14	555,1	7	1407,43
	x2	185,60	16	400	1000	357	321,3	1328,60	555,1	7	1407,43
	x3	165,00	16	400	1000	357	321,3	1181,14	555,1	7	1407,43
	y1	181,61	16	400	1000	341	306,9	1361,04	530,2	7	1407,43
	y2	183,60	16	400	1000	341	306,9	1375,95	530,2	7	1407,43
	y3	122,40	14	400	1000	344	309,6	909,30	534,9	6	923,63

Tabulka 1

Posouzení výztuže											
	směr	x	$m_{rd}$	$\xi$	$\rho$	$\epsilon$	$m_{rd} > m_{ed}$	$\xi < \xi_{bal}$	$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$	$\epsilon < \epsilon_{su}$	
		[mm]	[kNm]	[-]	[%]	[-]					
v poli	x	35,28	157,83	0,10	0,31	3,13	OK	OK	OK	OK	
	y	35,28	154,56	0,10	0,31	3,06	OK	OK	OK	OK	
nad podporou	x1	46,08	207,18	0,13	0,39	2,36	OK	OK	OK	OK	
	x2	46,08	207,18	0,13	0,39	2,36	OK	OK	OK	OK	
	x3	46,08	207,18	0,13	0,39	2,36	OK	OK	OK	OK	
	y1	46,08	197,39	0,14	0,41	2,24	OK	OK	OK	OK	
	y2	46,08	197,39	0,14	0,41	2,24	OK	OK	OK	OK	
	y3	30,24	133,29	0,09	0,27	3,63	OK	OK	OK	OK	

Tabulka 2

## 6.2 Návrh smykové výztuže desky D2

Ověření únosnosti tlačené diagonály:

- $V_{Ed,max} = 166,99 \text{ kN}$

$$\cot g(\theta) = 1,75$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right) = 0,54$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 351 = 316 \text{ mm}$$

- únosnost tlačené diagonály

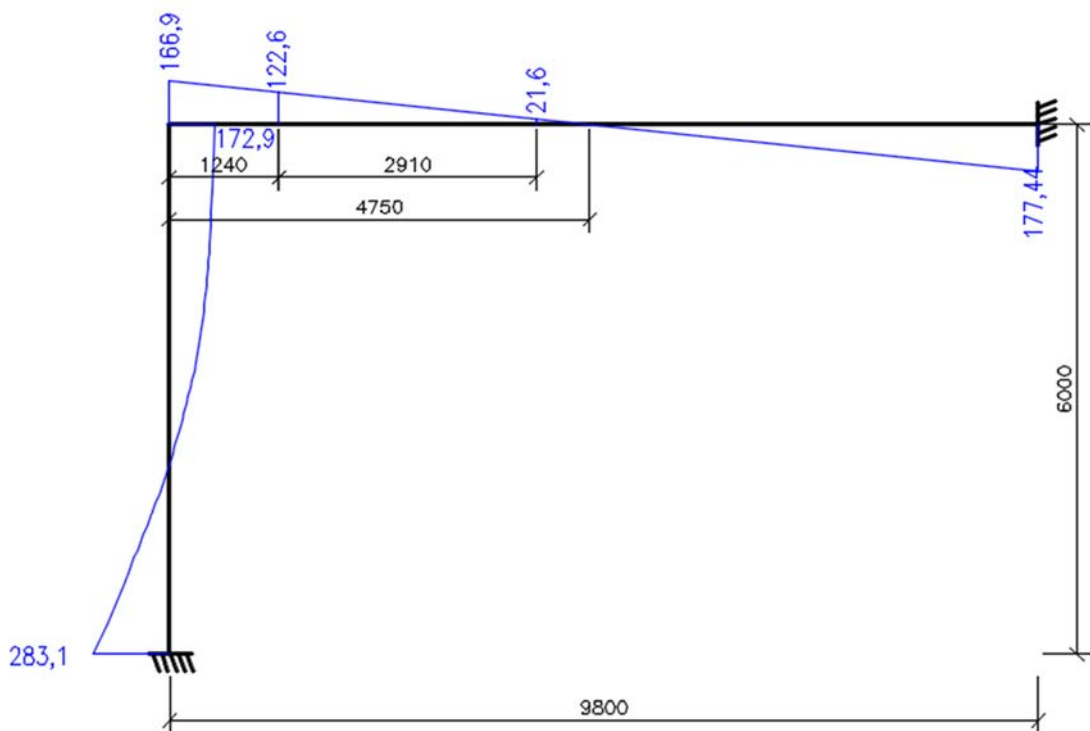
$$V_{Rd,max} = v \cdot f_{cd} \cdot b_T \cdot z \cdot \frac{\cot g(\theta)}{1 + \cot g^2(\theta)} = 0,54 \cdot 16,6 \cdot 1 \cdot 0,316 \cdot \frac{1,75}{1 + 1,75^2}$$

$$= 1225,1 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 1225,1 \text{ kN} > V_{Ed,max} = 166,99 \text{ kN} \rightarrow \text{tlaková diagonála vyhovuje.}$$

Redukce posouvající síly ve vzdálenosti 1,24m od podpory. Vzdálenost mezi vylehčovacími tvarovkami  $b_1 = 160 \text{ mm}$ . viz výkres č.5 – Vylehčení desky D2 U-Boot tvarovkami.

$$v_{Ed,1} = 122,6 \text{ kN}$$



Obrázek 25 - posouvající síla

Smyková únosnost vylehčené desky bez smykové výztuže:

$$\bullet v_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})}] b_1 \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{316}} = 1,75$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b \cdot d} = \frac{1077}{1000 \cdot 316} = 0,0034$$

$$v_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,75 \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot 0,0034 \cdot 25)}] 160 \cdot 351 = 21,6 \text{ kN}$$

$$v_{Ed1} = 122,6 \text{ kN} \not\leq v_{Rd,c} = 21,6 \text{ kN}$$

→ nevyhovuje – nutná smyková výztuž do vzdálenosti od obvodové stěny  
 $L_1 = 4,15 \text{ m}$

Návrh třmínku:

$$\phi_{sw} = 6 \text{ mm}$$

$$n = 1$$

plocha smykové výztuže (1 třmínek):

$$A_{sw} = n \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{sw}^2}{4} = 1 \cdot \frac{\pi \cdot 6^2}{4} = 28,3 \text{ mm}^2$$

Oblast pro  $V_{Ed,1}$ :

$$\begin{aligned} s &= \min \left[ \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{V_{Ed,1}} \cdot z \cdot \cot g(\theta); 0,75 \cdot d; 400 \right] \\ &= \min \left[ \frac{28,3 \cdot 435}{122,6} \cdot 1,75 \cdot 316; 0,75 \cdot 351; 400 \right] \\ &= \min[55,2; 263; 400] = 55,2 \text{ mm} \rightarrow 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\phi_{sw} = 8 \text{ mm}$$

$$n = 1$$

plocha smykové výztuže (1 třmínek):

$$A_{sw} = n \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{sw}^2}{4} = 1 \cdot \frac{\pi \cdot 8^2}{4} = 50,3 \text{ mm}^2$$

Oblast pro  $V_{Ed,1}$ :

$$\begin{aligned}
 s &= \min \left[ \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{V_{Ed1}} \cdot z \cdot \cot g(\theta); 0,75 \cdot d; 400 \right] \\
 &= \min \left[ \frac{50,3 \cdot 435}{122,6} \cdot 1,75 \cdot 316; 0,75 \cdot 351; 400 \right] \\
 &= \min[98; 263; 400] = 98\text{mm} \rightarrow 90\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\phi_{sw} = 10\text{mm}$$

$$n = 1$$

plocha smykové výztuže (1 třmínek):

$$A_{sw} = n \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{sw}^2}{4} = 1 \cdot \frac{\pi \cdot 10^2}{4} = 78,5 \text{ mm}^2$$

Oblast pro  $V_{Ed1}$ :

$$\begin{aligned}
 s &= \min \left[ \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{V_{Ed1}} \cdot z \cdot \cot g(\theta); 0,75 \cdot d; 400 \right] \\
 &= \min \left[ \frac{78,5 \cdot 435}{122,6} \cdot 1,75 \cdot 316; 0,75 \cdot 351; 400 \right] \\
 &= \min[154; 263; 400] = 154\text{mm} \rightarrow 150\text{mm}
 \end{aligned}$$

S ohledem na provádění volím spony  $\phi 10$  se vzdáleností  $150\text{mm}$ , tj.  $7\text{ks}/\text{m}^2$ . Rozmístění spon a podložek viz výkres č.B-10.

Posouzení:

$$\begin{aligned}
 V_{Rd,s} &= \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot z \cdot \cot g(\theta) = \frac{78,5 \cdot 435}{150} \cdot 1,75 \cdot 316 = \mathbf{125,9\text{kN}} \geq V_{Ed} \\
 &= \mathbf{122,6\text{kN}}
 \end{aligned}$$



### 6.3 Kotevní a přesahová délka

**Kotevní a přesahové délky pro :  $\varnothing = 14 \text{ mm}$**

#### Základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{\sigma_s}{f_{bd}} = \frac{14}{4} \cdot \frac{435}{2,73} = 558 \text{ mm}$$

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{f_{ctk,0.05}}{1,5} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{1,82}{1,5} = 2,73$$

$$\eta_1 = 1,0 \quad \text{pro dobré podmínky soudržnosti}$$

$$\eta_2 = 1,0 \quad \text{pro } \varnothing \leq 32 \text{ mm}$$

#### Kotevní délka

$$l_{b,d} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

$$l_{b,d} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 558 = \mathbf{558 \text{ mm}} \geq 167 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 0,7 \quad \text{Vliv tvaru prutu - přímý prut}$$

$$\alpha_2 = 1 \quad \text{vliv krycí vrstvy}$$

$$\alpha_3 = 1,0 \quad \text{vliv příčné nepřivařené výztuže}$$

$$\alpha_4 = 1,0 \quad \text{Vliv příčně přivařené výztuže}$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$l_{b,min} = \max(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\varnothing; 100) = \max(167; 140; 100) = 167 \text{ mm}$$

#### Přesahová délka

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

$$l_0 = 1 \cdot 0,78 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 558 = \mathbf{837 \text{ mm}} \geq 251 \text{ mm}$$

$$l_{0,min} \geq \max(0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}; 15\varnothing; 200) = \max(251; 210; 200) = 251 \text{ mm}$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

**Kotevní a přesahové délky pro :  $\varnothing = 16 \text{ mm}$**

#### Základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{\sigma_s}{f_{bd}} = \frac{16}{4} \cdot \frac{435}{2,73} = 637 \text{ mm}$$

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{f_{ctk,0.05}}{1,5} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{1,82}{1,5} = 2,73$$

$$\eta_1 = 1,0 \quad \text{pro dobré podmínky soudržnosti}$$

$$\eta_2 = 1,0 \quad \text{pro } \varnothing \leq 32 \text{ mm}$$

**Kotevní délka**

$$l_{b,d} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

$$l_{b,d} = 1 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 637 = \mathbf{637 \text{ mm}} \geq 167 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 0,7 \quad \text{Vliv tvaru prutu - přímý prut}$$

$$\alpha_2 = 1 \quad \text{vliv krycí vrstvy}$$

$$\alpha_3 = 1,0 \quad \text{vliv příčné nepřivařené výztuže}$$

$$\alpha_4 = 1,0 \quad \text{Vliv příčně přivařené výztuže}$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

$$l_{b,min} = \max(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\varnothing; 100) = \max(167; 140; 100) = 167 \text{ mm}$$

**Přesahová délka**

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

$$l_0 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 637 = \mathbf{955 \text{ mm}} \geq 251 \text{ mm}$$

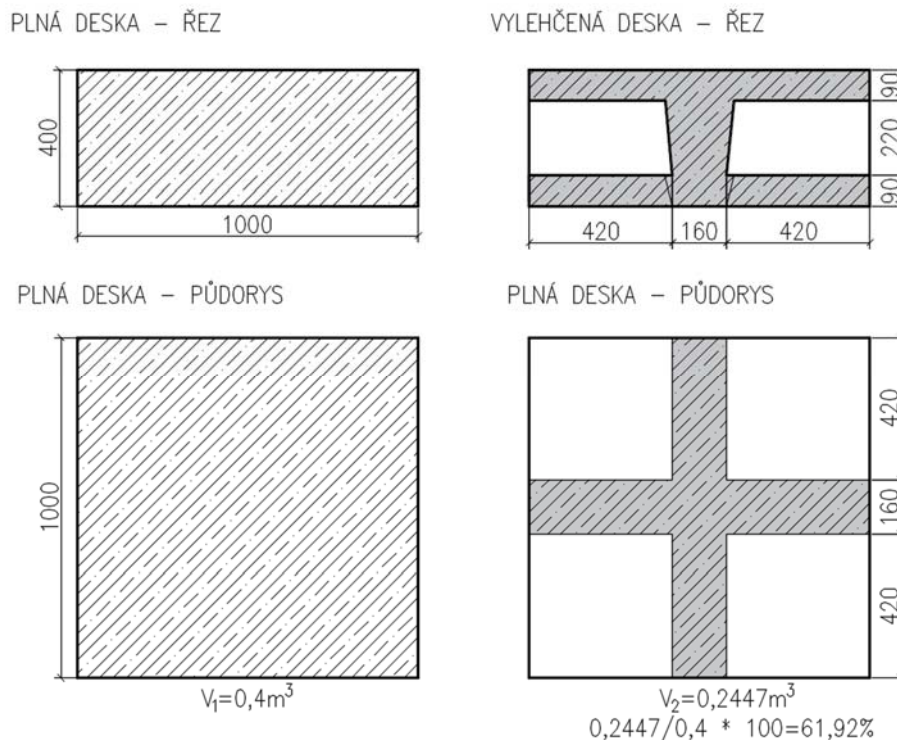
$$l_{0,min} \geq \max(0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}; 15\varnothing; 200) = \max(251; 240; 200) = 251 \text{ mm}$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

## 6.4 MSP – mezní stav použitelnosti

### 6.4.1 Návrh výztuže s ohledem na šířku trhliny

Jedná se o desku vylehčenou tvarovkami s tloušťkou  $h = 400\text{mm}$ . Je nutné zvolit náhradní tloušťku desky, s ohledem na objemové změny. Jak je naznačeno na Obrázku 26, objem betonu vylehčené desky na  $1\text{m}^2$  je snížen na 61,92% oproti desce plné, tj. snížení betonu o  $100 - 61,92 = 38,08\%$ . Tloušťka desky pro další výpočet bude tedy také snížena přibližně o 38%.  $h_{new} = 400 \cdot 0,62 = 248\text{mm} \rightarrow h_{new} = 250\text{mm}$



Obrázek 26

Pro třídu prostředí XC4 je doporučená šířka trhliny  $w_{max} = 0,3\text{mm}$ .

Podmínka spolehlivosti

$$w_k \leq w_{max}$$

Charakteristická šířka trhliny  $w_k$

$$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Rozdíl poměrných přetvoření výztuže a betonu – použité vzorce

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{1}{E_s} \cdot \left( \sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff}) \right)$$

S omezením

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} \geq \frac{0,6 \cdot \sigma_s}{E_s}$$

$$k_t = 0,4$$

Součinitel vyjadřující vliv doby trvání zatížení

$$f_{ct,eff} = 0,5 \cdot f_{ctm}$$

Pevnost betonu v tahu v okamžiku vzniku trhlin

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{32000}$$

Poměr modulů pružnosti

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s + \xi_1^2 \cdot A_p}{A_{c,eff}} \quad \text{Účinný stupeň vyztužení efektivní tažené oblasti}$$

betonu

$$A_p = 0 \quad \text{Plocha předpínací výtzuže}$$

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff} \quad \text{Plocha betonu obklopující taženou výtzuž}$$

$$h_{c,eff} = \min\left(2,5 \cdot (h - d); \frac{h-x}{3}; \frac{h}{2}\right)$$

$$\text{Napětí ve výtzuži} \quad A_s \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} \rightarrow \sigma_s = \frac{k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}}{A_s}$$

$$k_c = 1$$

$$k = 1$$

$$A_{ct} = 0,5 \cdot h \cdot b \quad \text{Plocha taženého betonu}$$

$$\text{Maximální vzdálenost trhlin} \quad s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\sigma}{\rho_{p,eff}}$$

$$\text{Součinitelé} \quad k_1 = 0,8 \quad \text{vliv soudržnosti výtzuže}$$

$$k_2 = 1,0 \quad \text{vliv rozdělení poměrného přetvoření po výšce}$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

Výsledky pro rané trhliny jsou shrnuty v tabulce pro dva různé průřezy. S ohledem na maximální šířku trhliny navrhuji v poli výtzuž  $\emptyset 14$  po 143mm tj. 7 kusu na m' a nad podporou dle mezního stavu únosnosti  $\emptyset 16$  po 143mm tj. 7 kusu na m'. Pro návrh ohybové výtzuže v poli je rozhodující mezní stav použitelnosti a pro návrh ohybové výtzuže je rozhodující mezní stav únosnosti.

Tabulka 3

Rozměry prvku [m]	b=	1	1	1	1
	h=	0,25	0,25	0,25	0,25
	$h_{cr}$ =	0,124	0,124	0,124	0,124
Krycí vrstva [m]	c=	0,035	0,035	0,035	0,035
Ø výztuže [m]	Ø=	0,014	0,014	0,016	0,016
Účinná výška průřezu [m]	d=	0,206	0,206	0,205	0,205
Plocha NO (stavl) [m]	x=	0	0	0	0
Pevnost betonu [MPa]	$f_{ct,eff}$ =	1,3	1,3	1,3	1,3
Modul pružnosti oceli [MPa]	$E_s$ =	200000	200000	200000	200000
Modul pružnosti betonu [MPa]	$E_{cm}$ =	31000	31000	31000	31000
Poměr modulů	$\alpha_s$ =	6,45	6,45	6,45	6,45
Součinitelé	k=	1	1	1	1
	$k_c$ =	1	1	1	1
	$k_1$ =	0,8	0,8	0,8	0,8
	$k_2$ =	1	1	1	1
	$k_3$ =	3,4	3,4	3,4	3,4
	$k_4$ =	0,425	0,425	0,425	0,425
	$k_t$ =	0,4	0,4	0,4	0,4
Plocha tlačného betonu [m <sup>2</sup> ]	$A_{ct}$ =	0,124	0,124	0,124	0,124
Vzdálenost prutů [m]	s=	0,167	0,143	0,200	0,167
počet kusů do m'		6	7	5	6
Plocha výztuže [m <sup>2</sup> ]	$A_s$ =	0,00092	0,00108	0,00101	0,00120
Plocha výztuže obklopující taženou výztuž [m <sup>2</sup> ]	$A_{c,eff}$ =	0,08267	0,08267	0,08267	0,08267
	$h_{c,eff}$ =	0,08267	0,08267	0,08267	0,08267
Účinný stupeň vyztužení	$\rho_{p,eff}$ =	0,01115	0,01302	0,01216	0,01456
Napětí ve výztuži [MPa]	$\sigma_s$ =	174,878	149,746	160,349	133,891
Maximální vzdálenost [m]	$s_{r,max}$ =	0,54588	0,48453	0,56633	0,49252
Rozdíl přetvoření	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ =	0,00062	0,00053	0,00057	0,00047
Omezení	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} \geq$	0,00052	0,00045	0,00048	0,00040
Šířka trhliny [m]	$w_k$ =	0,000341	0,000258	0,000323	0,000234

## 6.4.2 Šířka trhlin od účinků zatížení

Charakteristická šířka trhliny  $w_k = s_{r,max}(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$

Rozdíl poměrných přetvoření výztuže a betonu

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{1}{E_s} \cdot \left( \sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff}) \right)$$

S omezením  $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} \geq \frac{0,6 \cdot \sigma_s}{E_s}$

$$\sigma_s = 338,3 \text{ MPa}$$

$$k_t = 0,4$$

Součinitel vyjadřující vliv doby trvání zatížení

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$$

Pevnost betonu v tahu v okamžiku vzniku trhlin

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{31000} = 6,45$$

Poměr modulů pružnosti

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s + \xi_1^2 \cdot A_p}{A_{c,eff}}$$

Účinný stupeň vyztužení

$$A_p = 0$$

Plocha předpínací výztuže

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff}$$

Plocha betonu obklopující taženou výztuž

$$h_{c,eff} = \min \left( 2,5 \cdot (h - d); \frac{h-x}{3}; \frac{h}{2} \right)$$

Maximální vzdálenost trhlin  $s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\sigma}{\rho_{p,eff}}$

Koeficienty  $k_1 = 0,8$  vliv soudržnosti výztuže

$$k_2 = 0,5$$

vliv rozdělení poměrného přetvoření po výšce

$$k_3 = 3,4 \cdot \left( \frac{25}{c} \right)^{\frac{2}{3}} = 3,4 \cdot \left( \frac{25}{35} \right)^{\frac{2}{3}} = 2,72$$

$$k_4 = 0,425$$

Rozměry prvku [m]	b=	1	1
	h=	0,25	0,25
	$h_{cr}$ =	0,124	0,124
Krycí vrstva [m]	c=	0,035	0,035
Ø výztuže [m]	Ø=	0,014	0,016
Účinná výška průřezu [m]	d=	0,206	0,205
Plocha NO (stav) [m]	x=	0	0
Pevnost betonu [MPa]	$f_{ct,eff}$ =	2,6	2,6
Modul pružnosti oceli [MPa]	$E_s$ =	200000	200000
Modul pružnosti betonu [MPa]	$E_{cm}$ =	31000	31000
Poměr modulů	$\alpha_e$ =	6,45	6,45
Součinitelé	k=	1	1
	$k_c$ =	1	1
	$k_1$ =	0,8	0,8
	$k_2$ =	0,5	0,5
	$k_3$ =	2,72	2,72
	$k_4$ =	0,425	0,425
	$k_t$ =	0,4	0,4
Plocha tlačného betonu [m <sup>2</sup> ]	$A_{ct}$ =	0,124	0,124
Vzdálenost prutů [m]	s=	0,143	0,143
počet kusů do m'		7	7
Plocha výztuže [m <sup>2</sup> ]	$A_s$ =	0,00108	0,00141
Plocha výztuže obklopující taženou výztuž [m <sup>2</sup> ]	$A_{c,eff}$ =	0,08267	0,08267
	$h_{c,eff}$ =	0,08267	0,08267
Účinný stupeň vyztužení	$\rho_{p,eff}$ =	0,01302	0,01701
Napětí ve výztuži [MPa]	$\sigma_s$ =	299,492	229,299
Maximální vzdálenost [m]	$s_{r,max}$ =	0,27797	0,25512
Rozdíl přetvoření	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ =	0,00106	0,00081
Omezení	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} \geq$	0,00090	0,00069
Šířka trhliny [m]	$w_k$ =	0,000296	0,000206

Šířka trhliny od účinků zatížení vyhovuje požadavkům. Požadavek je závislý na stupni vlivu prostředí. Jelikož stupeň vlivu prostředí stropní desky je XC3, požadavek je  $w_{max} = 0,3mm$ .

## 6.5 Posouzení na mezní stav použitelnosti – omezení napětí

Průřezové charakteristiky ideálního průřezu – bez trhliny

$E_s = 200\,000\text{MPa}$  .....modul pružnosti betonářské výztuže

$E_{cm} = 31\,000\text{MPa}$  ... ..střední hodnota sečného modulu pružnosti betonu

$A_c = 0,2152\text{m}^2$  .....plocha betonové vylehčené stropní desky

$A_{s1,pole} = 1077,6\text{m}^2$  ....průřezová plocha tažené výztuže v poli

$A_{s1,pod} = 1407,4\text{m}^2$  ....průřezová plocha tažené výztuže nad podporou

$A_{s2,pole} = 1407,4\text{m}^2$  ....průřezová plocha tlačené výztuže v poli

$A_{s2,pod} = 1077,6\text{m}^2$  ....průřezová plocha tlačené výztuže nad podporou

$I_c = 0,0046\text{m}^4$  .....moment setrvačnosti vylehčené stropní desky

$a_c = 125\text{mm}$

Efektivní modul pružnosti betonu  $E_{c,eff}$ ; součinitel dotvarování  $\varphi = 0$

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1+\varphi} = \frac{31000}{1} = 31000\text{MPa}$$

Poměr modulů pružnosti výztuže a betonu

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{c,eff}} = \frac{200000}{31000} = 6,4516$$

Plocha ideálního průřezu – použité vzorce

$$A_i = A_c + (\alpha_e - 1)(A_{s1} + A_{s2})$$

Vzdálenost těžiště ideálního průřezu vztažený k těžišti průřezu

$$a_{gi} = [A_c \cdot a_c + (\alpha_e - 1)(A_{s1} \cdot d + A_{s2} \cdot d_2)]/A_i$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu vztažený k těžišti průřezu

$$I_i = I_c + A_c(a_{gi} - a_c)^2 + (\alpha_e - 1) [A_{s1}(d - a_{gi})^2 + A_{s2}(a_{gi} - d_2)^2]$$

Průřezové charakteristiky ideálního průřezu s trhlinou – použité vzorce

Výška tlačené oblasti

$$x_{ir} = \frac{\alpha_e \cdot (A_{s1} + A_{s2})}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2b \cdot (A_{s1} \cdot d + A_{s2} \cdot d_2)}{\alpha_e \cdot (A_{s1} + A_{s2})}} \right)$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu s trhlinou

$$I_{ir} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot x_{ir}^3 + \alpha_e \cdot [A_{s1} \cdot (d - x_{ir})^2 + A_{s2} \cdot (x_{ir} - d_2)^2]$$



Průřezové charakteristiky ideálního průřezu nad podporou a v poli jsou shrnuty v tabulce č. 4.

Průřezové charakteristiky ideálního průřezu									
směr	d [m]	d <sub>2</sub> [m]	A <sub>s1</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>s2</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	a <sub>gi</sub> [m]	I <sub>i</sub> [m <sup>4</sup> ]	x <sub>ir=</sub> [m]	I <sub>ir=</sub> [m <sup>4</sup> ]
x	0,358	0,043	0,001078	0,001407	0,22875	0,199	0,004925	0,062	0,000692
y	0,344	0,057	0,001078	0,001407	0,22875	0,199	0,004868	0,062	0,000633
x1	0,357	0,042	0,001407	0,001078	0,22875	0,201	0,004925	0,070	0,000868
x2	0,357	0,042	0,001407	0,001078	0,22875	0,201	0,004925	0,070	0,000868
x3	0,357	0,042	0,001407	0,001078	0,22875	0,201	0,004925	0,070	0,000868
y1	0,373	0,058	0,001407	0,001078	0,22875	0,202	0,004937	0,072	0,000948
y2	0,373	0,058	0,001407	0,001078	0,22875	0,202	0,004937	0,072	0,000948
y3	0,373	0,058	0,001407	0,001078	0,22875	0,202	0,004937	0,072	0,000948

Tabulka 4

### 6.5.1.1 Omezení tlakových napětí v betonu

$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ .....charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku

Omezení tlakových napětí v betonu – vznik podélných trhlin

- Charakteristická kombinace

$$\sigma_c = \frac{M_{ek}}{I_{y,II,st}} \cdot x_{ir}$$

$$\sigma_c < k_1 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 25$$

Omezení tlakových napětí v betonu – ověření lineárního dotvarování

- Kvazi-stálá kombinace

$$\sigma_c = \frac{M_{gk}}{I_{y,II,lt}} \cdot x_{ir}$$

$$\sigma_c < k_2 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 25$$

Omezení tlakových napětí v průřezích jsou shrnuta v tabulce č.5

Omezení tlakových napětí v betonu								
směr	m <sub>ek</sub> [kNm/m']	σ <sub>c1</sub> [Mpa]	k <sub>1</sub> *f <sub>ck</sub>	σ <sub>c1</sub> <k <sub>1</sub> *f <sub>ck</sub>	m <sub>gk</sub> [kNm/m']	σ <sub>c2</sub> [Mpa]	k <sub>2</sub> *f <sub>ck</sub>	σ <sub>c2</sub> <k <sub>2</sub> *f <sub>ck</sub>
x	107,9	9,60	15,0	OK	101,9	9,06	11,25	OK
y	95,6	9,36	15,0	OK	89,2	8,73	11,25	OK
x1	158,3	12,69	15,0	OK	138,4	11,09	11,25	OK
x2	130,4	10,45	15,0	OK	118,6	9,51	11,25	OK
x3	111,6	8,95	15,0	OK	102,9	8,25	11,25	OK
y1	128,1	9,79	15,0	OK	120,93	9,24	11,25	OK
y2	128,9	9,85	15,0	OK	121,4	9,28	11,25	OK
y3	76,4	5,84	15,0	OK	71,9	5,50	11,25	OK

Tabulka 5

## 6.5.1.2 Omezení tahových napětí ve výztuži

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

- Charakteristická kombinace

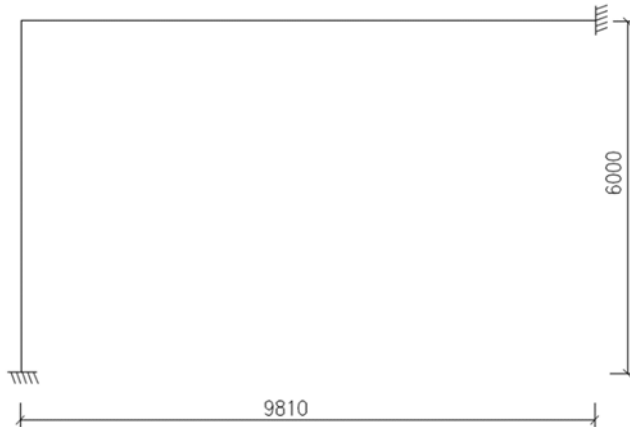
$$\sigma_s = \sigma_{s1} = \alpha_e \cdot \left( \frac{M_{ek}}{I_{y,II,st}} \right) \cdot (d - x_{ir}) = \sigma_s < k_3 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500$$

Omezení tahových napětí ve výztuži			
směr	$\sigma_s$ [Mpa]	$k_3 \cdot f_{yk}$	$\sigma_s < k_3 \cdot f_{yk}$
x	298,3	400	OK
y	275,1	400	OK
x1	338,3	400	OK
x2	278,7	400	OK
x3	238,5	400	OK
y1	261,9	400	OK
y2	263,5	400	OK
y3	156,2	400	OK

Tabulka 6

## 7 OBVODOVÁ STĚNA

Výsek konstrukce – napojení stropní desky D2 na obvodovou stěnu.



### 7.1 Zatížení na výsek konstrukce

Při převodu prostorového modelu na 2D výsek konstrukce je nutné rozdělit zatížení do dvou směrů ve správném poměru. Jelikož stropní deska není pravidelného tvaru, byla stropní deska idealizována na obdélníkový tvar po obvodě vetknutém o rozměrech 17,5 x 10 m.

Rozdělení zatížení na stropní desku D2 ve výseku konstrukce

$$\text{Poměr rozpětí } \alpha = \frac{l_b}{l_a} = \frac{17,5}{10} = 1,75$$

$$c = 0,903$$

Při rozdělení zatížení s užitím tabulek podle teorie pružnosti, převládá zatížení v jednom směru.

$$f_a = 0,9(g + q)_d = 0,9 \cdot 39,82 = 35,11 \text{ kN/m}^2$$

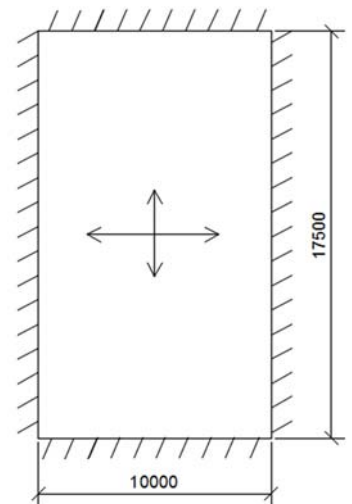
Zatížení na obvodovou stěnu

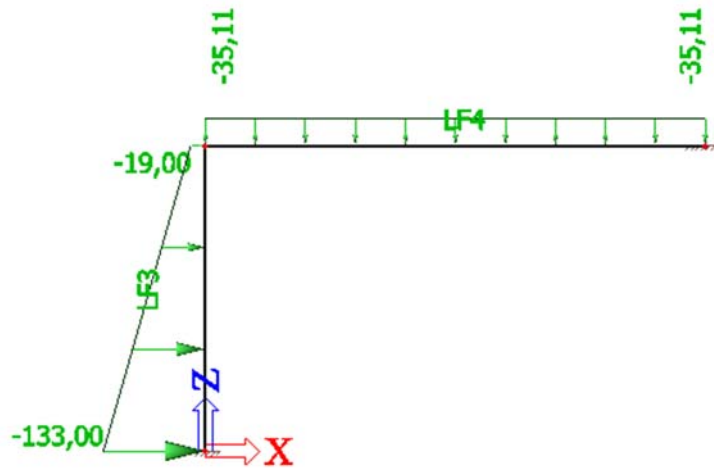
Zatížení zeminou

$$\gamma_z = 17,5 \text{ kN/m}^2 \quad \text{objemová tíha zeminy}$$

$$g_{d,h} = \gamma_z \cdot \gamma_g \cdot h \cdot K_o = 17,5 \cdot 1,35 \cdot 8 \cdot 1 = 19 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{d,d} = g_{d,h} + \gamma_z \cdot \gamma_g \cdot h \cdot K_o = 19 + 14 \cdot 1,35 \cdot 6 \cdot 1 = 133 \text{ kN/m}^2$$





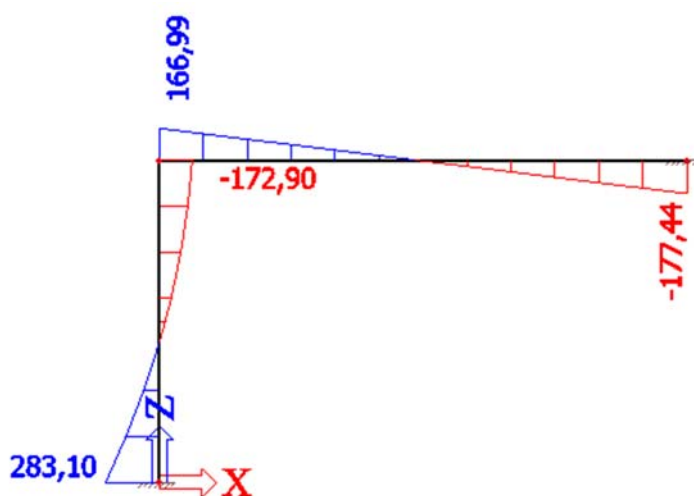
Obrázek 27

Normálová síla působící na výsek konstrukce



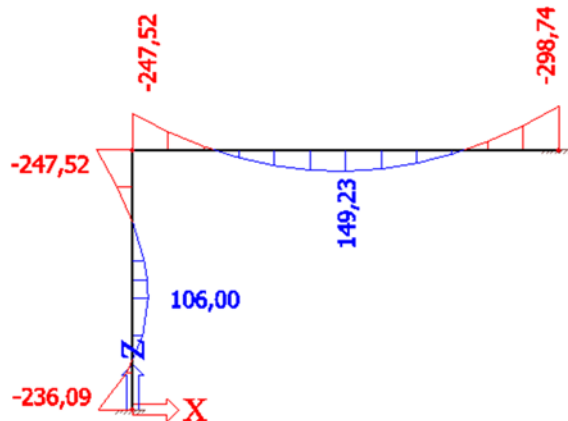
Obrázek 28

Posouvající síla působící na výsek konstrukce



Obrázek 29

Ohybový moment působící na výsek konstrukce



Obrázek 30

Srovnání momentů s výpočtovým modelem.

	Z prostorového modelu	D 2D výseku
Moment v poli [kNm/m']	147,24	185,6
Moment nad podporou [kNm/m']	149,23	247,52

Stropní deska v prostorovém modelu má nepravidelný tvar. Z důvodu idealizace tvaru a rozložení zatížení jsou ohybové momenty z rámového výseku jsou vyšší. Pro další výpočet budou použity momenty z 2D výseku.

Stanovení účinné délky obvodové stěny:

 $l_0$  ... účinná délka $l = 6m$  ... výška stěny

$$l_0 = \beta \cdot l$$

 $\beta = 0,9$  ... součinitel závislý na uložení v patě a ve vrcholu stěny.

$$l_0 = 0,9 \cdot 6 = 5,4m$$

Štíhlost obvodové stěny:

$$\lambda = \frac{l_0}{i}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{A^2}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 0,3^3}{1 \cdot 0,3}} = 0,086m$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{5,4}{0,086} = 62,35$$

Limitní štíhlost:

$$\lambda_{lim} = \frac{20ABC}{\sqrt{n}} \leq 75$$

 $A = 0,7$  vliv dotvarování betonu $B = 1,1$  vliv podélné výztuže

$$C = 0,7$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{166,99}{1 \cdot 0,3 \cdot 16,6} = 0,034$$

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 0,7}{\sqrt{0,04}} = 58,5 \leq 75$$

$$\lambda_{lim} = 58,5 \not\geq \lambda = 62,35 \rightarrow \text{štíhlý prvek}$$

Výpočtu účinku druhého řádu

Výsledný návrhový moment

$$M_{Ed} = M_{oEd} + M_2$$

$$M_2 = N_{Ed} \cdot e_2$$

$$e_2 = \frac{\left(\frac{1}{r}\right) \cdot l_0^2}{c} \quad \text{průhyb druhého řádu}$$

$$c = 10 \quad \text{součinitel závislý na rozdělení křivosti}$$

$$\frac{1}{r} = K_r \cdot K_\varphi \cdot \frac{1}{r_0} \quad \text{křivost}$$

Opravný součinitel závislý na normálové síle

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) \leq 1,0$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{166,99}{1 \cdot 0,3 \cdot 16,6} = 0,034$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + 0,0047 = 1,123$$

$$n_{bal} = 0,34$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{1407 \cdot 435}{300 \cdot 1000 \cdot 16,6} = 0,123$$

$$K_r = (1,123 - 0,034) / (1,123 - 0,034) = 1$$

Součinitel zohledňující dotvarování

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} \geq 1$$

$$\beta = 0,35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda}{150}$$

$$\varphi_{ef} = 0$$

$$K_\varphi = 1$$

$$\frac{1}{r_0} = \frac{\varepsilon_{yd}}{0,45 \cdot d}$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{435}{200000} = 0,00218$$

$$d = 341 \text{ mm}$$

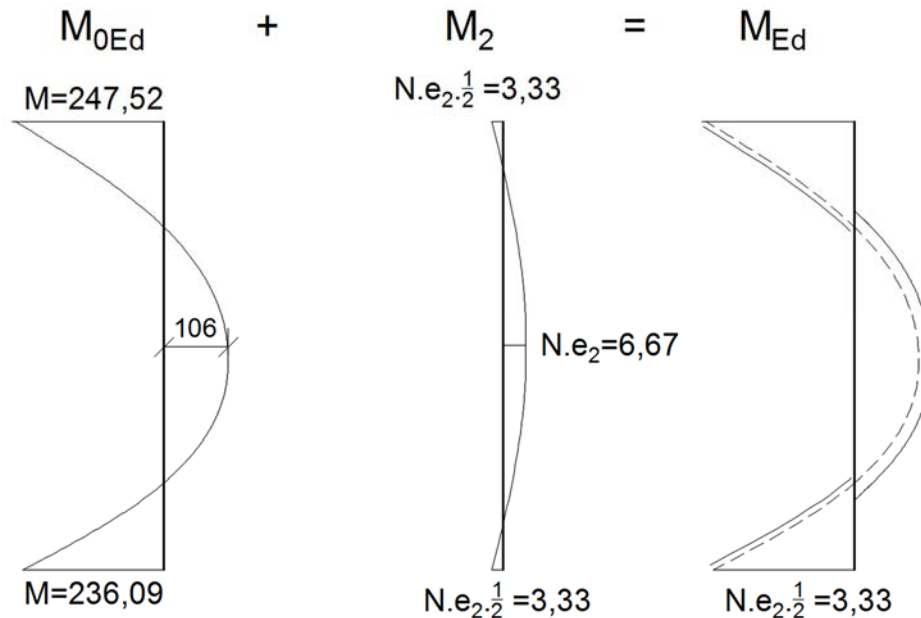
$$\frac{1}{r_0} = \frac{0,00218}{0,45 \cdot 0,341} = 0,014$$

$$\frac{1}{r} = 1 \cdot 1 \cdot 0,014 = 0,014$$

$$e_2 = 0,014 \cdot \frac{5,4^2}{10} = 0,04m$$

$$M_2 = 166,99 \cdot 0,04 = 6,67 \text{ kNm}$$

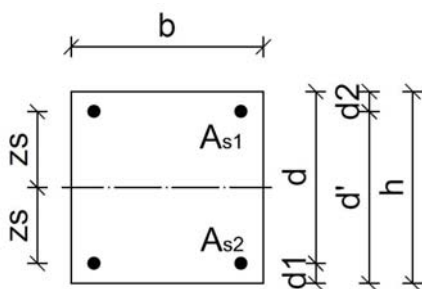
$$M_{ed} = 247,52 + 6,67 = 254,19 \text{ kNm}$$



Obrázek 31

## 7.2 Posouzení výztuže obvodové stěny pomocí interakčního diagramu

Parametry průřezu sloupu:



$$h = 300 \text{ mm}$$

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

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

8 kusů na m'

$$A_{s1} = A_{s2} = 8 \cdot \frac{\pi \cdot \emptyset^2}{4} = 3040 \text{ mm}^2$$

$$c = 35 \text{ mm}$$

$$d = h - c - \frac{\emptyset}{2} = 300 - 35 - \frac{22}{2} = 254 \text{ mm}$$

$$d_1 = d_2 = c + \frac{\emptyset}{2} = 35 + \frac{22}{2} = 46 \text{ mm}$$

$$z_{s1} = z_{s2} = \frac{h - d_1 - d_2}{2} = \frac{300 - 46 - 46}{2} = 104 \text{ mm}$$

$$\xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}} = \frac{3,5}{3,5 + 2,175} = 0,617$$

$$\xi_{bal,2} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{yd}} = \frac{3,5}{3,5 - 2,175} = 2,632$$

**Použité vzorce****Bod 0 – dostředný tlak:**

$$\sigma_s = \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 0,002 \cdot 200000 = 400 \text{ MPa}$$

$$N_{Rd,0} = b \cdot h \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \sigma_{s1} + A_{s2} \cdot \sigma_{s2}$$

$$M_{Rd,0} = (A_{s1} \cdot \sigma_{s1} \cdot z_{s,1} - A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \cdot z_{s,2}) = \mathbf{0 \text{ kNm}}$$

**Bod 1 – neutrální osa prochází taženou výztuží:**

$$N_{Rd,1} = 0,8 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot f_{yd}$$

$$M_{Rd,1} = 0,8 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \left( \frac{h}{2} - 0,4d \right) + A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot z_{s,2}$$

$$d \geq \xi_{bal,2} \cdot d_2$$

$$254 \text{ mm} > 2,632 \cdot 46 = 121 \text{ mm}$$

**Bod 2 – napětí v tažené výztuži je na mezi kluzu:**

$$x_{bal,1} = \xi_{Bal,1} \cdot d = 0,617 \cdot 254 = 156,7 \text{ mm}$$

$$N_{Rd,2} = 0,8 \cdot b \cdot x_{bal,1} \cdot f_{yd} + A_{s2} \cdot f_{yd} - A_{s1} \cdot f_{yd}$$

$$M_{Rd,2} = 0,8 \cdot b \cdot x_{bal,1} \cdot f_{cd} \left( \frac{h}{2} - 0,4x_{bal,1} \right) + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \cdot z_{s,2} + A_{s1} \cdot \sigma_{s1} \cdot z_{s,1}$$

**Bod 3 – prostý ohyb:**

$$N_{Rd,3} = \mathbf{0 \text{ kN}}$$

Dvě neznámé  $x$  a  $\sigma_s \rightarrow$  dvě podmínky

$$1) \quad F_{cc} + F_{s2} = F_{s1}$$

$$0,8 \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s = A_s \cdot f_{yd}$$

$$2) \quad \frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_{s2}}{x - d_2}$$

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{cu} - \frac{\varepsilon_{cu} \cdot d_2}{x}$$

$$\rightarrow x = 66 \text{ mm}$$



$$\rightarrow \sigma_s = \frac{(\varepsilon_{cu} \cdot (x - d_2) \cdot E_s)}{x} = 146,5 \text{ MPa}$$

$$M_{Rd,3} = 0,8 \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} \left( \frac{h}{2} - 0,4x \right) + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \cdot z_{s,2} + A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot z_{s,1}$$

**Bod 4** – nulové přetvoření tlačené výztuže:

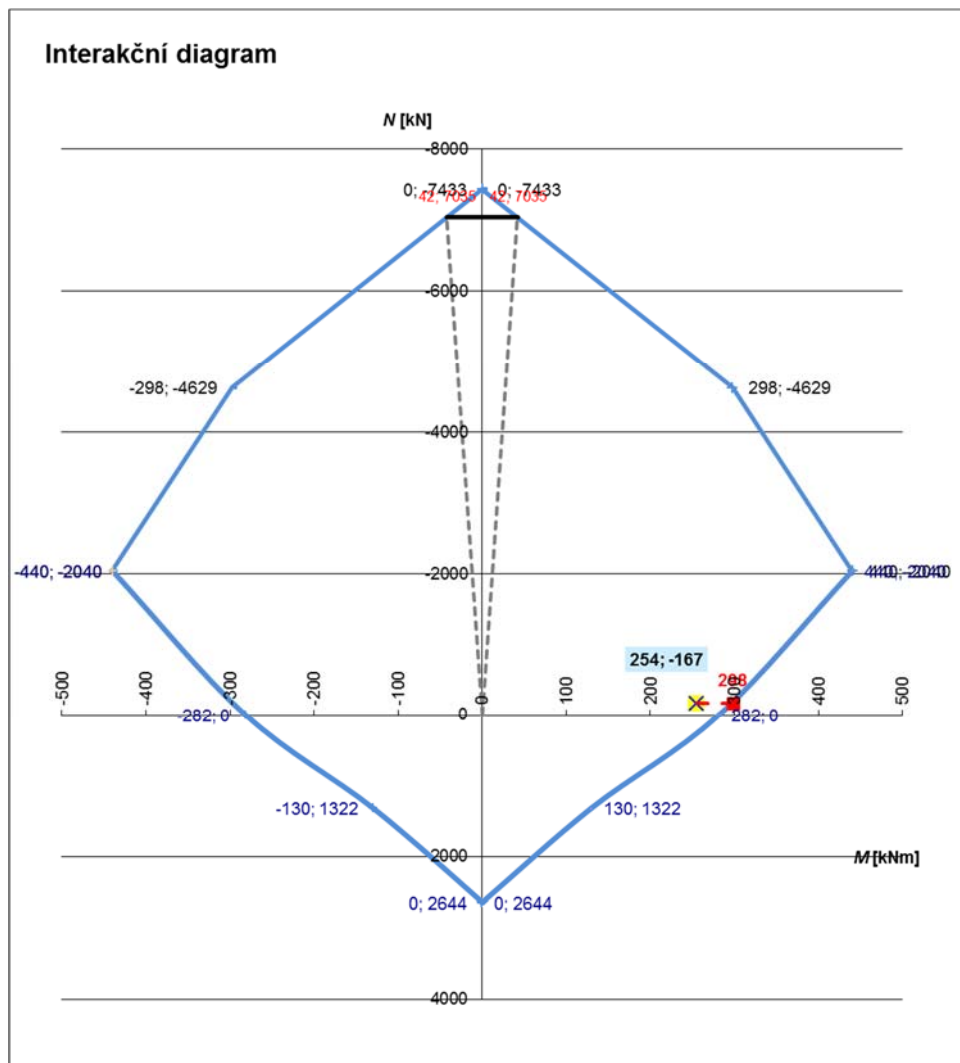
$$N_{Rd,4} = A_{s1} \cdot f_{yd}$$

$$M_{Rd,4} = A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot z_{s,1}$$

**Bod 5** – prostý tah:

$$N_{Rd,5} = (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_{yd}$$

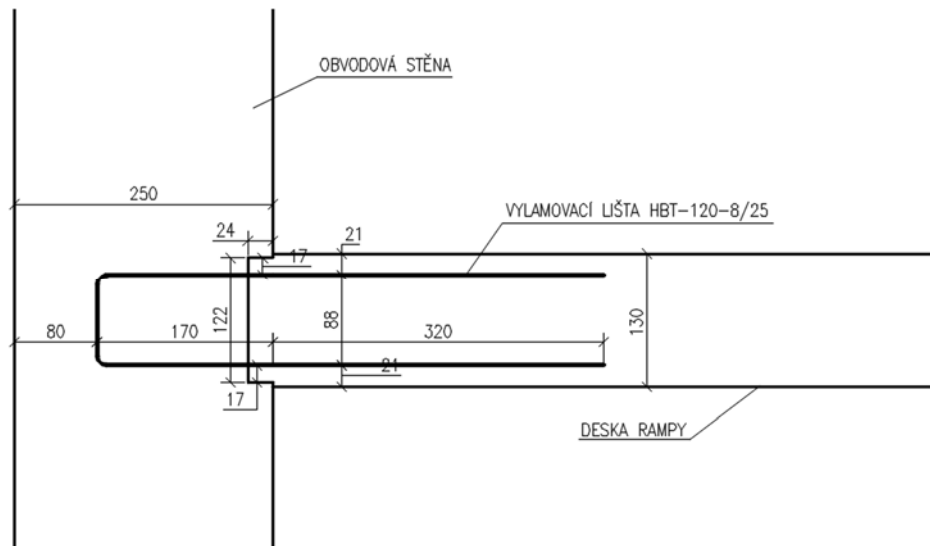
$$M_{Rd,4} = \mathbf{0 \text{ kNm}}$$



Obrázek 32 - Interakční diagram

## 8 NÁVRH RAMPY

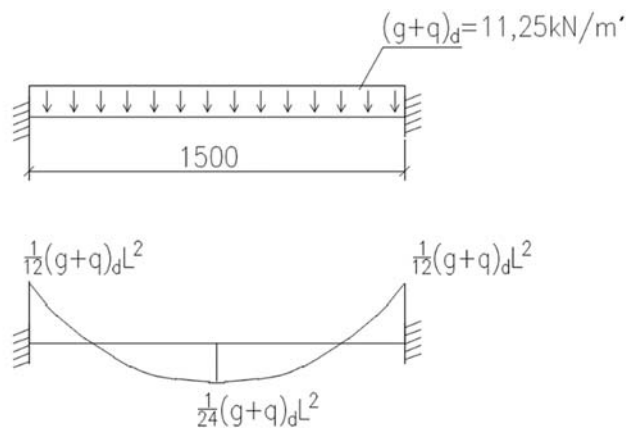
Rampa je provedena jako jednostraně pnutá deska o rozponu  $L = 1500\text{mm}$ . Odhad tloušťka desky při uvažovaném vetknutí  $h_r = \frac{L}{30} = \frac{1500}{30} = 50\text{mm}$  s podmínkou minimální výšky  $h = 70\text{mm}$ . Z důvodu provádění je třeba použít vylamovací lišty. Při použití vylamovací lišty HBT-120-8/25 je minimální tloušťka desky  $h_r = 130\text{mm}$



Obrázek 33 – vylamovací lišta

### Zatížení:

	Charakteristické [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [–]	Návrhové [kN/m <sup>2</sup> ]
Stálé zatížení			
- ŽB deska tl. 130mm	$25 \cdot 0,13 = 3,25$	1,35	6,75
Užitné zatížení – kategorie A-schodiště	3	1,5	4,5
Celkem			$g_d + q_d = 11,25$



**Návrhové momenty:**

$$M_{pod} = \frac{1}{12}(g + q)_d \cdot L^2 = \frac{1}{12} \cdot 11,25 \cdot 1,5^2 = 2,11 \text{ kNm/m'}$$

$$M_{pol} = \frac{1}{24}(g + q)_d \cdot L^2 = \frac{1}{24} \cdot 11,25 \cdot 1,5^2 = 1,05 \text{ kNm/m'}$$

Z důvodu malých momentů pouze posoudím ohybovou výztuž 4ks Ø8/m

**Posouzení ohybové výztuže**

Účinná tloušťka desky

- $d_x = h - c - \phi/2 = 130 - 17 - \frac{8}{2} = 109 \text{ mm}$

Plocha jedné výztuže Ø8  $A_8 = 50,3 \text{ mm}^2$

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{4 \cdot 50,3 \cdot 435}{0,8 \cdot 1 \cdot 16,6} = 6,56 \text{ mm}$$

Rameno sil

$$z = d - 0,4 \cdot x = 109 - 0,4 \cdot 6,56 = 106,4 \text{ mm}$$

Moment únosnosti

$$m_{Rd} = F_s \cdot z = A_s \cdot f_{yd} \cdot z = 4 \cdot 50,3 \cdot 435 \cdot 106,4 = 9,3 \text{ kNm/m'}$$

Posouzení

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{6,56}{109} = 0,06 < \xi_{bal} = 0,617 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$M_{ed} = 2,11 \text{ kNm/m'} > M_{rd} = 9,3 \text{ kNm/m'} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Kontrola vyztužení

$$A_{s,min} = \max\left(\frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b \cdot d\right) = \max\left(\frac{0,26 \cdot 2,6 \cdot 1000 \cdot 109}{435}; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 109\right) = \max(169,4; 141,7) = 169,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 169,4 \text{ mm}^2 < A_{s,prov} = 201,2 \text{ mm}^2$$

Podle předpokladu výztuž v desce rampy vyhoví.

## 9 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navržení nosné konstrukce informačního pavilonu ČVUT podle architektonické studie. Jelikož vstupní podklady jsou pouze orientační, bylo nutné odhadnout rozměry hlavní nosné konstrukce.

V Diplomové práci byl proveden předběžný návrh vodorovných prvků konstrukce a rampy. Vzhledem k velkým rozponům stropních konstrukcí bylo navrženo vylehčení stropních desek. Bylo také definováno působení stálého a proměnného zatížení, které na konstrukci působí.

Dalším krokem bylo vytvoření statického modelu v programu Scia Engineer, na základě, jehož výsledků byly stropní desky posouzeny na okamžitý průhyb. Poté byl proveden podrobný návrh vylehčené stropní desky D2. Hlavní nosná výztuž desky D2 byla navržena na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Nakonec byla navržena smyková výztuž v desce. Nakonec byla navržena výztuž ve výseku suterénní stěny navazující na stropní desku D2.

Vybrané prvky navrhované konstrukce byly navrženy dle platných norem a zásad. K řešeným prvkům jsou vypracovány výkresy tvaru, k stropní desce D2 i výkresy výztuže.

# 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

## 10.1 Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 1990 *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*
- [2] ČSN EN 1991-1-1 *Eurokód1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*
- [3] ČSN EN 1991-1-3 *Eurokód1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*
- [4] ČSN EN 206: *Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*
- [5] ČSN P 73 2404: *Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda – Doplnující informace*
- [6] ČSN 73 1201: *Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb*
- [7] ČSN EN 1997-1 *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla*
- [8] ČSN 42 0139: *Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná betonářská ocel žebírková a hladká*
- [9] ČSN EN 10080: *Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná betonářská ocel – Všeobecně*
- [10] PROCHÁZKA, Jaroslav. 2007. *Navrhování betonových konstrukcí 1*. 3. vyd. Praha: ČBS Servis, 316 s. ISBN 978-80-903807-5-2.
- [11] HANZLOVÁ, Hana a Jiří ŠMEJKAL. 2013. *Betonové a zděné konstrukce 1: základy navrhování betonových konstrukcí*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 255 s. ISBN 978-80-01-05323-2.

## 10.2 Seznam použitých programů

SCIA ENGINEER 2016 - Studentská verze

AutoCad 2016 - Studentská verze

Microsoft Office Excel 2016

Microsoft Office Word 2016

# 11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1- řez objektem.....	9
Obrázek 2 - Situace .....	10
Obrázek 3: vylehčená deska.....	19
Obrázek 4 - Skladba1 .....	20
Obrázek 5-Skladba2 .....	20
Obrázek 6-Skladba 3 .....	21
Obrázek 7-Skladba 4 .....	22
Obrázek 8 - Zatížení desky D1 .....	23
Obrázek 9 - Liniové zatížení - smyk .....	25
Obrázek 10 - nosník .....	25
Obrázek 11 - Vnitřní síly .....	25
Obrázek 13 - Výpočtový model.....	28
Obrázek 12 .....	28
Obrázek 14-výpočtový model .....	28
Obrázek 15-výpočtový model .....	29
Obrázek 16- Výpočtový model.....	29
Obrázek 17 - Průhyb desky D1 .....	30
Obrázek 18 - Průhyb desky D2 .....	31
Obrázek 19 - Průhyb desky D3 .....	32
Obrázek 20 - Průhyb desky D4 .....	33
Obrázek 21- Návrhový moment v poli $mxD$ .....	34
Obrázek 22- Návrhový moment nad podporou $mxD$ .....	34
Obrázek 23- Návrhový moment v poli $myD$ .....	35
Obrázek 24 - Návrhový moment nad podporou $myD$ .....	35
Obrázek 25 - posouvající síla.....	38
Obrázek 26 .....	43
Obrázek 27 .....	52
Obrázek 28 .....	52
Obrázek 29 .....	52
Obrázek 30 .....	53
Obrázek 31 .....	55
Obrázek 32 - Interakční diagram.....	57
Obrázek 33 – vylamovací lišta.....	58

## 12 SEZNAM PŘILOŽENÉ DOKUMENTACE

Č. Výkresu	Název	Měřítko
<b>A – PODKLADY PRO ZADÁNÍ</b>		
<b>B – STATICKÁ ČÁST</b>		
B-01	VÝKRES TVARU DESKY D1	1:50
B-02	VÝKRES TVARU DESKY D2	1:50
B-03	VÝKRES TVARU DESKY D3	1:50
B-04	VÝKRES TVARU DESKY D4	1:50
B-05	SCHÉMA VYLEHČENÍ DESKY D2 U-Boot TVAROVKAMI	1:50
B-06	SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ VYLAMOVAÍCH LIŠT	1:50
B-07	UMÍSTĚNÍ OTVORŮ VE STĚNĚ ST1	1:50
B-08	VÝKRES DOLNÍ VÝZTUŽE DESKY D2	1:50
B-09	VÝKRES HORNÍ VÝZTUŽE DESKY D2	1:50
B-10	VÝKRES SPON A STOLIČEK V DESCE D2	1:50
B-11	Technická zpráva	
<b>C – KONSTRUKČNÍ ČÁST</b>		
C-01	PŮDORYS VSTUPNÍHO PODLAŽÍ	1:50
C-02	PŮDORYS NEJNIŽŠÍHO PODLAŽÍ	1:50
C-03	ŘEZ A-A'	1:50
C-04	SKLADBY PODLAH	1:5
C-05	TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ	
<b>D – GEOTECHNIKA</b>		
D-01	SCHÉMA VÝKOPU	1:200
D-02	SCHÉMA VÝKOPU – ŘEZY	1:200
D-03	TVAR ZÁKLADOVÉ DESKY	1:100
D-04	Posouzení kotvené pažící stěny	
D-05	Technická zpráva	