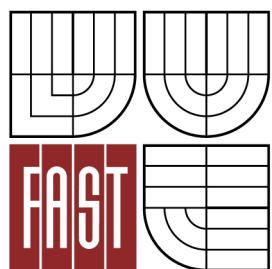




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

ČISTIČKA ODPADNÍCH VOD SEWAGE CLARIFICATION PLANT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

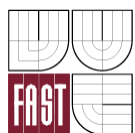
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ANNA ROZSYPALOVÁ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ STRNAD, Ph.D.

BRNO 2013



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

Diplomant	Bc. ANNA ROZSYPALOVÁ
Název	Čistička odpadních vod
Vedoucí diplomové práce	Ing. Jiří Strnad, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2012
Datum odevzdání diplomové práce	11. 1. 2013
V Brně dne 31. 3. 2012	

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

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

Podklady a literatura

Schematické výkresy zadaného objektu (půdorysy, řezy)

EC a ČSN z oboru betonových staveb, geotechniky atd. (včetně změn a doplňků)

Bažant, Šmiřák: Betonové konstrukce III. Konstrukce plošné, nádrže a zásobníky

Majdúch: Zásady vystužovania betónových konštrukcií

Skripta, podklady a opory používané ve výuce na ÚBaZK FAST VUT v Brně

Výpočetní programy pro PC

Zásady pro vypracování

Proveďte návrh a posouzení nosné konstrukce vybrané nádrže v areálu ČOV.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady a varianty řešení

P2. Výkresy (přehledné, podrobné a detaily v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

P3. Stavební postup a vizualizace

P4. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

Licenční smlouva poskytovaná k výkonu práva užít školní dílo (3x), Prohlášení o shodě

listinné a elektronické formy VŠKP (3x), Popisný soubor závěrečné práce

Diplomová práce bude odevzdána 1x v listinné podobě a 2x v elektronické podobě na CD.

Předepsané přílohy

.....

Ing. Jiří Strnad, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt českém jazyce:

Tématem diplomové práce je posouzení navržené čističky odpadních vod. Práce se zabývá návrhem vyztužení nádrže. Průměr nádrže je 17,8m a hloubka je 6,2m.

Klíčová slova:

Únosnost, konstrukce, výztuž, beton, železobeton, nádrž, čistička odpadních vod

Abstract:

The theme of the dissertation is structural survey of designed sewage clarification plant. The work deal about designed of reinforcement of the sewage clarification plant. The diameter of the reservoir is 17,8 m and the depth is 6,2 m.

Keywords:

Load bearing capacity, construction, reinforcement, concrete, reinforced concrete, reservoir, Sewage clarification plant

Bibliografická citace VŠKP

ROZSYPALOVÁ, Anna. *Čistička odpadních vod*. Brno, 2013. 84 s., 73 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jiří Strnad, Ph.D..

**Příloha č. 3 k Dodatku č. 1 Směrnice děkana č. 19/2011
Vzor prohlášení autora o původnosti práce**

Prohlášení:

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

V Brně dne

.....
podpis autora

**Příloha č. 3 k Dodatku č. 1 Směrnice děkana č. 19/2011
Vzor prohlášení autora o původnosti práce**

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat mému vedoucímu diplomové práce, Ing. Jiřímu Strnadovi, Ph.D. za cenné rady a vedení při práci. Také bych chtěla poděkovat Ing. Heleně Brdečkové za poskytnuté rady.

V Brně dne

.....
podpis autora

Obsah

Titulní list

Zadání VŠKP

Abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova

Bibliografická citace VŠKP

Prohlášení autora o původnosti práce

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP

Poděkování

Vlastní text práce práce:

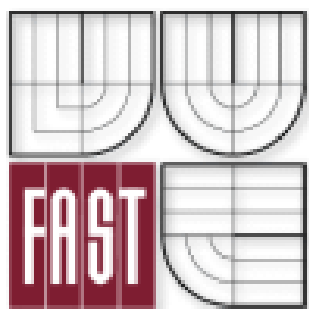
 Statický výpočet
 Technická zpráva
 Průvodní zpráva

Seznam použitých zdrojů

Seznam zkratk a symbolů

Seznam příloh

Přílohy 1, 2, 3



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební

Diplomová práce
Akademický rok 2012/2013

Čistička odpadních vod
TECHNICKÁ ZPRÁVA

Jméno a příjmení studenta :

Bc. Anna Rozsypalová

Vedoucí práce :

Ing. Jiří Strnad, Ph.D.

Ústav :

Ústav betonových a zděných konstrukcí

Obsah

Úvod, popis objektu	3
Geologické poměry.....	3
Popis zatížení, model konstrukce	3
Vyztužení	4
Betonáž.....	4
Bezpečnost	4
Závěr	4
Seznam použité literatury, software	5

Úvod, popis objektu

Projekt řeší statické posouzení nádrže čističky odpadních vod v Horním Jiřetíně. Nádrž je jednokomorová, hloubka je 6200 mm. Průměr dna nádrže je 15 800 mm. Základová deska má průměr 17 800 mm a její tloušťka činí 450 mm. Stěna je tloušťky 400 mm. Nádrž je z větší části pod úrovní terénu, na 5000 mm ode dna. Uvažovaná maximální hladina náplně je 5200 mm ode dna. Maximální objem činí 1020 m³. Nádrž je součástí blízkého komplexu budov, viz. výkres 4,5 – zadání. Tento komplex budov nemá vliv na posouzení nádrže. Jako varianta řešení je uvažován vliv těchto budov, které byly fiktivně posunuty blíže stěny nádrže.

Geologické poměry

Dle Geologického průzkumu (viz. zadání, příloha 2) byly brány parametry zeminy dle sond zjištěných v terénu. Vyskytující se podzemní voda ovlivnila návrh založení konstrukce, prostředí XA2 vlivem podzemní vody mělo vliv na krytí konstrukce. Taktéž musela být konstrukce posouzena na vyplavání.

Podmínky pro založení jsou složité, jedná se o staticky náročnou stavbu. Pevnost zeminy brána dle Geologického průzkumu, stavba byla posouzena na sedání.

Popis zatížení, model konstrukce

Konstrukční model uvažoval dno nádrže jako tuhé a stěny do něj vetknuty. Konstrukce byla namodelována a zatížena v programu Scia Engineering 2010, studentská verze. Bylo využito programu Soilin pro iteraci s podložím.

Byly uvažovány kombinace následujících zatěžovacích stavů:

1. Náplň (hydrostatické zatížení)
2. Zatížení zeminou (geostatické napětí)
3. Nahodilé zatížení na povrchu zeminy
4. Zatížení teplotou
5. Zatížení rozdílným smršťováním konstrukce desky a stěny
6. Zatížení geostatické vlivem blízké budovy – jako druhá varianta projektu

Do statického výpočtu byly zahrnuty tyto rozhodující kombinace:

1. Kombinace 1 – nádrž plná a nezasypaná
2. Kombinace 2 – nádrž prázdná a zasypaná

Vyztužení

Byla použita výztuž B500B (R – 10 505). Krytí činilo 55 mm. Viz. výkresy výztuže a statický výpočet.

Kruhová deska: deska byla vyztužena ortogonálně, průměr horní i dolní výztuže činil Ø12 / 150 mm. Na krajích byla doložena výztuž Ø12 / 300 mm.

Stěna: stěna byla vyztužena svisle, průměr po celé délce činil Ø12 / 100 mm. Vodorovná výztuž byla Ø16 / 70 mm.

Vzájemná pozice výztuží je zajištěna sponami 4 ks na m². Dále je zajištěna kozlíky v desce, 4 ks na m².

Betonáž

Betonovat se smí pouze do +5°C, nebo je nutné přijmout zvláštní opatření, která by zajistila optimální podmínky pro tuhnutí a tvrdnutí betonu. Betonovou směs je třeba řádně provibrovat zvláště v oblasti zvýšené koncentrace výztuže. Konstrukce je ošetřována kropením vodou minimálně 5 dní po vybetonování.

Bezpečnost

Dodavatel je povinen dodržovat platné zákony, vyhlášky, předpisy a normy týkající se bezpečnosti práce, ochrany zdraví a požární ochrany

Všichni pracovníci musí být seznámeni se zásadami BOZP a PO.

Závěr

Upozornění: Mohou se objevit problémy, které nebyly v projektu zahrnuty. V tom případě je nutné kontaktovat zodpovědného statika projektanta.

Seznam použité literatury, software

Normy:

- 1) ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení staveb
- 2) ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí – Zatížení sněhem
- 3) ČSN EN 1991-1-5 Zatížení konstrukcí – Zatížení teplotou
- 4) ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – Obecná pravidla pro pozemní stavby
- 5) ČSN EN 1992-3 Navrhování betonových konstrukcí – Nádrže na kapaliny a zásobníky
- 6) ČSN EN 73 1001 Zakládání staveb – Základová půda pod plošnými základy
- 7) ČSN EN 73 0037 Zakládání staveb – Zemní tlak na stavební konstrukce

Literatura:

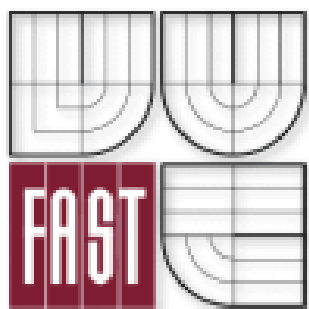
- 8) Weiglová, K. – Glisníková, V. – Masopust, J.: Mechanika zemin a zakládání staveb; VUT 2003
- 9) Zich, M. – Bažant, Z.: Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky; Akademické nakladatelství CERM, s r.o. 2010
- 10) Štěpánek, P. – Zmek, B.: Prvky betonových konstrukcí, část 2; Studijní opory FAST VUT Brno; 2005
- 11) Štěpánek, P. – Zmek, B.: Prvky betonových konstrukcí, část 3; Studijní opory FAST VUT Brno; 2005
- 12) Fiala, A.: Složitější železobetonové konstrukce; Pokyny pro vyztužování; VUT Brno

Software:

- 13) Scia Engineering 2010, studentská licence
- 14) MS Word, MS Excel
- 15) ZW CAD Professional

v Brně dne :

vypracovala:



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební

Diplomová práce
Akademický rok 2012/2013

Čistička odpadních vod

PRŮVODNÍ ZPRÁVA

Jméno a příjmení studenta :

Bc. Anna Rozsypalová

Vedoucí práce :

Ing. Jiří Strnad, Ph.D.

Ústav :

Ústav betonových a zděných konstrukcí

OBSAH:

OBSAH:	2
1 Geometrie.....	3
2 Zatížení	3
2.1 Stálé zatížení.....str.3.....	3
2.2 Nahodilé zatížení.....str.11	3
2.3 Varianta č.2 – přetížení zemním tlakem vlivem blízké sousední budovy.....str.12.....	3
3 Kombinace	3
3.1 Zatěžovací stavy.....str.15	3
3.2 Kombinace pro MSÚ.....str.15.....	3
3.3 Kombinace pro MSP.....str.17	3
4 Posouzení na MSÚ	4
4.1 Stěna.....str.18.....	4
4.2 Desky.....str.37	4
5 Varianta č.2 – přetížení blízkou budovou	5
5.1 Posouzení na I.MSÚ – porovnání variant různých kombinací.....str.52	5
6 Posouzení na MSP	5
6.1 Stěna.....str.56.....	5
7.Kotvení.....	6
7.1 Stěna.....str.63.....	6
7.2 Deska.....str.66	6
8.Posouzení základové půdy	6
8.1 Posouzení na I.MSÚ.....str.67.....	6
8.2 Posouzení na MSP - sedání.....str.67.....	6
8.3 Posouzení na vyplavání.....str.68	6

1 Geometrie

Půdorys a řez A-A; 3D Model Scia Engineering 2010

2 Zatížení

2.1 Stálé zatížení.....str.3

- 2.1.1 Vlastní tíha – viz výpočet Scia Engineering
- 2.1.2 Zatížení zeminou – dle geologického průzkumu uvažován průměrný zemní tlak v klivu vodorovný a svislý.
- 2.1.3 Zatížení vodním tlakem náplně – zatížení vodorovné a svislé
- 2.1.4 Smršťování
 - 2.1.4.1 Předpokádaná časová posloupnost výstavby
 - 2.1.4.2 Základová deska – smršťování od vysychání; - celkový čas smrštění a jeho pokles v čase; smršťování vysycháním a autogenní smršťování
 - 2.1.4.3 Stěna – smršťování od vysychání; pokles smršťování stěny v čase a rozdíly ve smršťování desky a stěny
 - 2.1.4.4 Zatížení od smršťování; - do výpočtu zahrnuto jako teplotní zatížení

2.2 Nahodilé zatížení.....str.11

- 2.2.1 Proměnné zatížení na povrchu terénu; – uvažován pasivní vodorovný zemní tlak
- 2.2.2 Zatížení teplotou; – rovnoměrná složka teploty a lineárně proměnná rozdílová složka průběhu teplot

2.3 Varianta č.2 – přitížení zemním tlakem vlivem blízké sousední budovy.....str.12

- 2.3.1 Stálé zatížení budovy; - brána pouze nejbližší budova čov
- 2.3.2 Nahodilé zatížení budovy
 - 2.3.2.1 Sníh
 - 2.3.2.2 Provozní zatížení
- 2.3.3 Výpočet zemního tlaku
 - 2.3.3.1 Síla připadající na metr základového pásu
 - 2.3.3.2 Výpočet jednotlivých veličin dle obrázku

3 Kombinace

3.1 Zatěžovací stavy.....str.15

3.2 Kombinace pro MSÚ.....str.15

- 3.2.1 ČOV plná, nezasypaná; - 1. rozhodující kombinace
- 3.2.2 ČOV prázdná, zasypaná; - 2. Rozhodující kombinace

3.3 Kombinace pro MSP.....str.17

- 3.3.1 ČOV plná, nezasypaná; - 1. rozhodující kombinace
- 3.3.2 ČOV prázdná, zasypaná; - 2. Rozhodující kombinace

4 Posouzení na MSÚ

4.1 Stěna.....str.18

- 4.1.1 Geometrie; – geometrie stěny
- 4.1.2 Materiál; - materiálové charakteristiky betonu a oceli
- 4.1.3 Dimenzování výztuže ve svislém směru, $h=0-1\text{m}$;
 - 4.1.3.1 Vnitřní síly; - dle přílohy vnitřní síly
 - 4.1.3.2 Návrh výztuže u zemního líce; - dle $A_{s,req}$
 - 4.1.3.3 Kontrola výztuže; - dle vzdálenosti prutů a stupně vyztužení
 - 4.1.3.4 Krytí; - třída prostředí XA2
 - 4.1.3.5 Posouzení u zemního líce; - posouzení na ohyb
 - 4.1.3.6 Návrh výztuže u návodního líce; - dle $A_{s,req}$
 - 4.1.3.7 Kontrola výztuže; - dle vzdálenosti prutů a stupně vyztužení
 - 4.1.3.8 Krytí; - třída prostředí XA2
 - 4.1.3.9 Posouzení u návodního líce; - posouzení na ohyb
- 4.1.4 Dimenzování výztuže ve svislém směru, $h=1-6,2\text{m}$;
 - 4.1.4.1 Vnitřní síly; - dle přílohy vnitřní síly
 - 4.1.4.2 Návrh výztuže u zemního líce; - dle $A_{s,req}$
 - 4.1.4.3 Návrh výztuže u návodního líce; - dle $A_{s,req}$
 - 4.1.4.4 Kontrola výztuže; - dle vzdálenosti prutů a stupně vyztužení
 - 4.1.4.5 Krytí; - třída prostředí XA2
 - 4.1.4.6 Posouzení u zemního líce; - posouzení na ohyb
 - 4.1.4.7 Posouzení u návodního líce; - posouzení na ohyb
- 4.1.5 Dimenzování výztuže ve vodorovném směru, $h=6,2-3,5\text{m}$;
 - 4.1.5.1 Vnitřní síly; - dle přílohy vnitřní síly; zde zohledněna jak normálová síla tak moment
 - 4.1.5.2 Návrh posouzení výztuže na tah; - v místě největšího tahu je moment zanedbatelný; posouzení s vyloučením taženého betonu
 - 4.1.5.3 Krytí
 - 4.1.5.4 Posouzení na kombinaci tlaku a momentu; - interační diagram
- 4.1.6 Dimenzování výztuže ve vodorovném směru, $h=3,5-0\text{m}$;
 - 4.1.6.1 Vnitřní síly; - dle přílohy vnitřní síly; zde zohledněno působení tlaku i tahu
 - 4.1.6.2 Návrh posouzení výztuže na tah; - posouzení s vyloučením taženého betonu
 - 4.1.6.3 Posouzení navržené výztuže na tlak; - průřez převeden na charakteristiky betonu a spočítán na prostý tlak
 - 4.1.6.4 Kontrola výztuže; - dle maximální vzdálenosti a stupně vyztužení

4.2 Desky.....str.37

- 4.2.1 Geometrie; – geometrie desky
- 4.2.2 Materiál; - materiálové charakteristiky betonu a oceli
- 4.2.3 Dimenzování výztuže v poli
 - 4.2.3.1 Vnitřní síly
 - 4.2.3.2 Návrh výztuže u návodního líce; - dle $A_{s,req}$
 - 4.2.3.3 Kontrola výztuže; - dle vzdálenosti prutů a stupně vyztužení
 - 4.2.3.4 Krytí; - třída prostředí XA2
 - 4.2.3.5 Posouzení ve směru X; - posouzení na ohyb

- 4.2.3.6 Posouzení ve směru Y; - posouzení na ohyb
- 4.2.3.7 Návrh výztuže u zemního líce; - dle $A_{s,req}$
- 4.2.3.8 Kontrola výztuže; - dle vzdálenosti prutů a stupně vyztužení
- 4.2.3.9 Krytí; - třída prostředí XA2
- 4.2.3.10 Posouzení ve směru X; - posouzení na ohyb
- 4.2.3.11 Posouzení ve směru Y; - posouzení na ohyb
- 4.2.4 Dimenzování výztuže pod stěnou
 - 4.2.4.1 Vnitřní síly; - brána v úvahu posouvající síla ze stěny
 - 4.2.4.2 Návrh a kontrola výztuže směr X
 - 4.2.4.3 Posouzení průřezu na mimostředný tah; - není počítáno s vlivem tlačné výztuže
 - 4.2.4.4 Návrh a kontrola výztuže směr Y – směr X
 - 4.2.4.5 Posouzení průřezu na mimostředný tah – směr Y; - není počítáno s vlivem tlačné výztuže

5 Varianta č.2 – přetížení blízkou budovou

5.1 Posouzení na I.MSÚ – porovnání variant různých kombinací.....str.52

- 5.1.1 Dimenzování výztuže ve svislém směru, $h=0-1m$
 - 5.1.1.1 Vnitřní síly; - porovnání vnitřních sil u kombinace čov prázdná a zasypaná s přetížením a bez přetížení budovou
- 5.1.2 Dimenzování výztuže ve svislém směru, $h=1-6,2m$
 - 5.1.2.1 Vnitřní síly; - porovnání vnitřních sil u kombinace čov prázdná a zasypaná s přetížením a bez přetížení budovou
- 5.1.3 Dimenzování výztuže ve vodorovném směru
 - 5.1.3.1 Vnitřní síly; - porovnání vnitřních sil u kombinace čov prázdná a zasypaná s přetížením a bez přetížení budovou
- 5.1.4 Celkové porovnání variant – stěna;

6 Posouzení na MSP

6.1 Stěna.....str.56

- 6.1.1 Geometrie
- 6.1.2 Materiál; - materiálové charakteristiky betonu a oceli
- 6.1.3 Posouzení průřezu na vznik trhlin – výztuž ve vodorovném směru; - převážně tažená výztuž, výpočet proveden na prostý tah
 - 6.1.3.1 Vnitřní síly
 - 6.1.3.2 Posouzení bez přímého výpočtu; - spočítáno napětí ve výztuži při vzniku trhlin
 - 6.1.3.3 Posouzení s přímým výpočtem; - výpočet jednotlivých koeficientů a posouzení velikosti trhliny
- 6.1.4 Posouzení průřezu na vznik trhlin – výztuž ve svislém směru; - výpočet proveden na kombinaci ohybu a normálové síly
 - 6.1.4.1 Vnitřní síly
 - 6.1.4.2 Napětí ve výztuži při vzniku trhlin; - tažená oblast těsně před vznikem 1. trhliny

6.1.4.3 Posouzení s přímým výpočtem; - výpočet jednotlivých koeficientů a posouzení velikosti trhliny

7.Kotvení

7.1 Stěna.....str.63

- 7.1.1 Kotvení výztuže, stykování přesahem
 - 7.1.1.1 Svislá výztuž Ø12; - na tah
 - 7.1.1.2 Vodorovná výztuž Ø16; - na tah

7.2 Deska.....str.66

- 7.2.1 Kotvení výztuže, stykování přesahem
 - 7.2.1.1 Výztuž Ø12

8.Posouzení základové půdy

8.1 Posouzení na I.MSÚ.....str.67

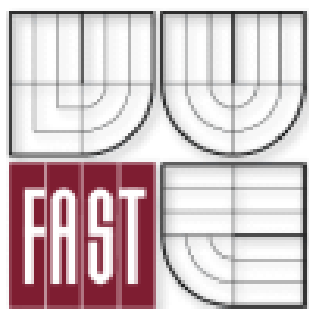
- 8.1.1 Plocha základu
- 8.1.2 Zatížení vlastní tíhou konstrukce, zeminou a náplní
- 8.1.3 Kontaktní napětí

8.2 Posouzení na MSP - sedání.....str.67

8.3 Posouzení na vyplavání.....str.68

v Brně dne :

vypracovala:



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební

Diplomová práce
Akademický rok 2012/2013

Čistička odpadních vod

STATICKÝ VÝPOČET

Jméno a příjmení studenta :

Bc. Anna Rozsypalová

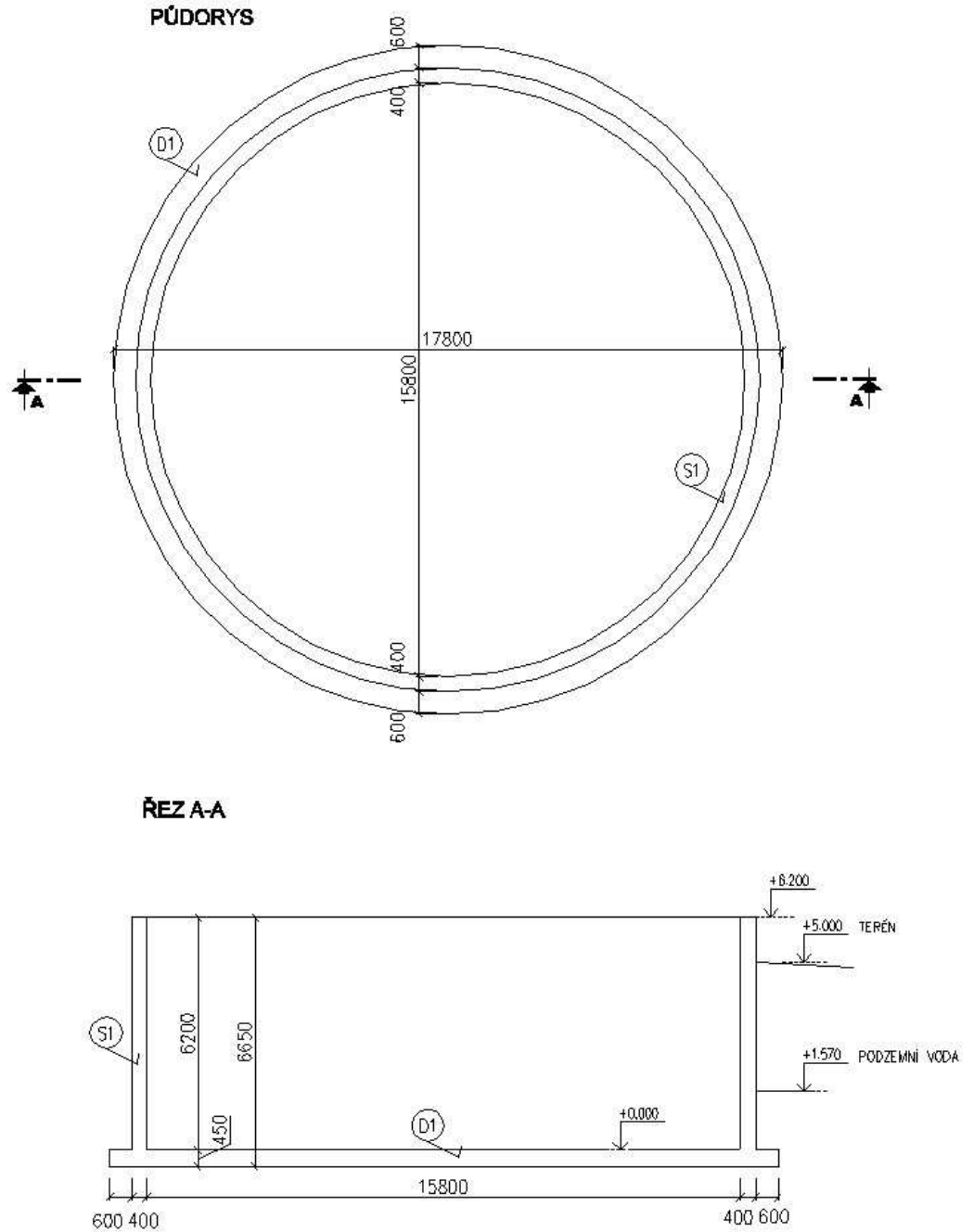
Vedoucí práce :

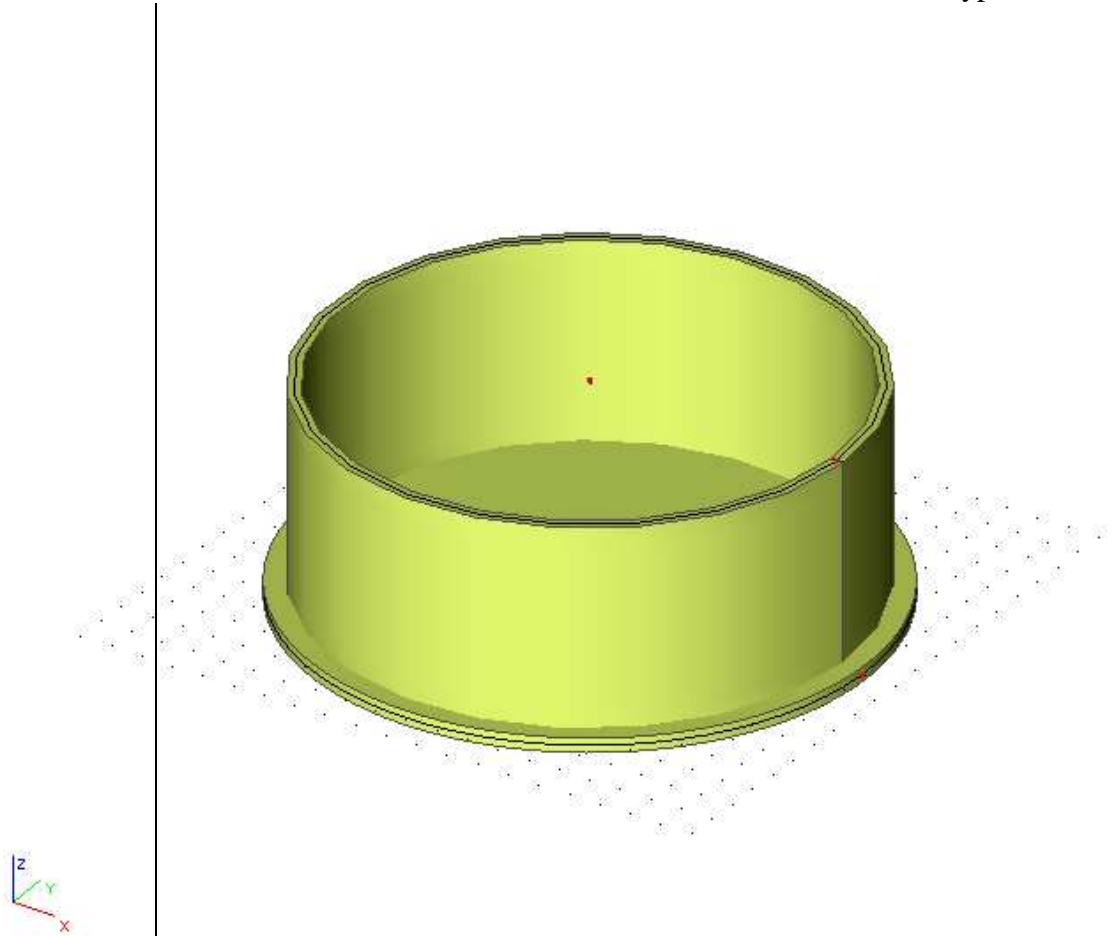
Ing. Jiří Strnad, Ph.D.

Ústav :

Ústav betonových a zděných konstrukcí

1. GEOMETRIE





Obr.1: 3D Model; Scia Engineering 2010, studentská licence

2. ZATÍŽENÍ

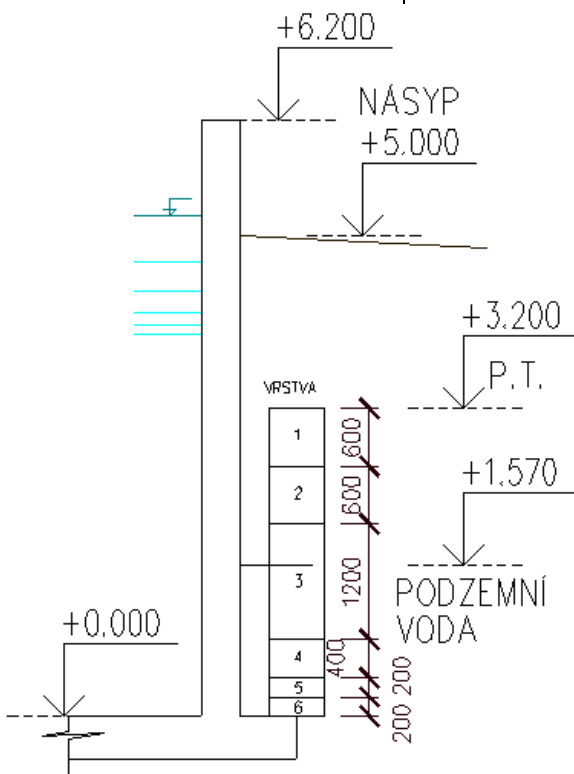
2.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ

2.1.1 VLASTNÍ TÍHA

→ Výpočet viz. Scia Engineering;

2.1.2 ZATÍŽENÍ ZEMINOU

Jedná se o zeminu soudržnou i nesoudržnou. Vzhledem ke způsobu výstavby (konstrukce bude zasypána zeminou promíchanou) byl pro zatížení zvolen průměr tlaků vodorovných i svislých. Zemní tlak vodorovný byl zvolen v klidu, tj. konstrukce je bez pohybu.



1) PRO SOUDRŽNÉ ZEMINY

$$Kr = \frac{v}{1 - v} = \frac{0,4}{1 - 0,4} = \frac{2}{3}$$

2) PRO NESOUDRŽNÉ ZEMINY

$$Kr = 1 - \sin\theta$$

Vrstva 3:

$$Kr = 1 - \sin 35 = 0,426$$

Vrstva 4:

$$Kr = 1 - \sin 33 = 0,455$$

Vrstva 5:

$$Kr = 1 - \sin 30 = 0,5$$

vrstva	hi	γ_i	K_r
1	0,6	19,2	0,667
2	0,6	21,6	0,667
3	1,2	22,5	0,426
4	0,4	22,6	0,455
5	0,2	21,5	0,5
6	0,2	19,3	0,667

3) PRŮMĚRNÝ VODOROVNÝ ZEMNÍ TLAK NA 1m

$$\frac{\sigma_{xr,prům}}{h} = \frac{\sum \gamma_i * h_i * K_{ri}}{\sum h_i} = 10,32 \frac{kN}{m^2} / m$$

4) CELKOVÝ VODOROVNÝ ZEMNÍ TLAK V KLIDU
V HLOUBCE H

$$h = 5m$$

$$\sigma_{xr,prům} = h * \frac{\sigma_{xr,prům}}{h} = 5 * 12,1 = 51,6 kN/m^2$$

$$G_{z1d} = \sigma_{xr,prům} * \gamma_{Fz} = 51,6 * 1,35 = 69,66 kN/m^2$$

$\gamma_{Fv}=1,35$ dle ČSN
EN 1991-4

5) PRŮMĚRNÁ OBJEMOVÁ TÍHA ZEMINY
V NÁSYPU; SVISLÝ ZEMNÍ TLAK EFEKTIVÍ A
TOTÁLNÍ V HLOUBCE H

$\gamma_v=10kN/m^3$
dle ČSN EN 1991-4

$$\gamma_{PRŮM} = \frac{\sum m_i * \gamma_i}{\sum m_i} = 20,7 kN/m^3$$

$$\sigma_{OR,ef} = h * \gamma_{PRŮM} - h_v * \gamma_v = 5 * 20,7 - 1,57 * 10 = 87,8 kN/m^2$$

$$\sigma_{OR,tot} = h * \gamma_{PRŮM} = 5 * 20,7 = 103,5 kN/m^2$$

Byly brány totální parametry zeminy.

$$G_{z2d} = \sigma_{OR,tot} * \gamma_{Fz} = 103,5 * 1,35 = 139,725 kN/m^2$$

2.1.3 ZATÍŽENÍ VODNÍM TLAKEM NÁPLNĚ

$$\gamma_v=10kN/m^3$$

$\gamma_{Fv}=1,35$ dle ČSN
EN 1991-4

$$h = 5,2 m$$

$$g_{k1} = \gamma_v * h = 10 * 5,2 = 52 kN/m^2$$

$$g_{k2} = g_{k1} = 52 kN/m^2$$

$$G_{dv1} = G_{dv2} = g_{kv1} * \gamma_{Fv} = 52 * 1,35 = 70,2kN/m^2$$

2.1.4 SMRŠŤOVÁNÍ (DLE ČSN EN 1992-1-1)**2.1.4.1 PŘEDPOKLÁDANÁ ČASOVÁ POSLOUPNOST VÝSTAVBY**

- 1) Základová deska
 Zahájení betonáže $t_0 = 0$ dní
 Doba ošetřování $t_s = 5$ dní
- 2) Stěna
 Zahájení betonáže $t_0 = 14$ dní
 Doba ošetřování $t_s = 5$ dní
 Konec ošetřování v čase $t_k = 19$ dní

2.1.4.2 ZÁKLADOVÁ DESKA – SMRŠŤOVÁNÍ OD VYSYCHÁNÍ

- 1) Základní charakteristiky betonu

Beton: C30/37
 $f_{ck} = 30$ MPa
 $f_{cm} = 38$ MPa
 $f_{m0} = 10$ MPa

- Cement třídy R:

$\alpha_{ds1} = 6$
 $\alpha_{ds2} = 0,11$

- 2) Vliv prostředí

Relativní vlhkost $RH = 80$ %
 $RH_0 = 100$ %

$$\beta_{RH} = 1,55 * \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right] = 1,55 * \left[1 - \left(\frac{80}{100} \right)^3 \right] = 0,7564$$

- 3) Základní poměrné přetvoření od smršťování vysycháním
- ε_{cd0}

$$\varepsilon_{cd0} = 0,85 * \left[(220 + 110 * \alpha_{ds1}) * \exp \left(-\alpha_{ds2} * \frac{f_{cm}}{f_{m0}} \right) \right] * 10^{-6} * \beta_{RH}$$

$$\varepsilon_{cd0} = 0,85 * \left[(220 + 110 * 6) * \exp \left(-0,11 * \frac{38}{10} \right) \right] * 10^{-6} * 0,7564$$

$$\varepsilon_{cd0} = 3,724929E - 4$$

Hodnoty kh dle
tab.3.3 (ČSN EN
1991-1-1)

4) Náhradní rozměr průřezu

$$u = 1 \text{ m}$$

$$Ac = h * d = 0,45 \text{ m}^2 \rightarrow h_0 = \frac{2 * Ac}{u} = 0,9 \text{ m} \rightarrow kh = 0,7$$

5) Vývoj poměrného smrštění vysycháním v čase $\varepsilon_{cd}(t)$

V čase 0 – 14 dní

$$\beta_{ds}(t,ts) = \frac{(t - ts)}{(t - ts) + 0,04 * \sqrt{ho^3}}$$

$$= \frac{(14 - 5)}{(14 - 5) + 0,04 * \sqrt{900^3}} = 8,2645E - 3$$

$ts \rightarrow$ stáří betonu na
začátku smrštění
vysycháním

$$\varepsilon_{cd}(14) = \beta_{ds}(t,ts) * kh * \varepsilon_{cd0}$$

$$= 8,2645E - 3 * 0,7 * 3,724929E - 4$$

$$= 2,154927E - 6$$

V čase 0 – 28 dní

$$\beta_{ds}(t,ts) = \frac{(t - ts)}{(t - ts) + 0,04 * \sqrt{ho^3}}$$

$$= \frac{(28 - 5)}{(28 - 5) + 0,04 * \sqrt{900^3}} = 0,02085222$$

$$\varepsilon_{cd}(28) = \beta_{ds}(t,ts) * kh * \varepsilon_{cd0}$$

$$= 0,02085222 * 0,7 * 3,724929E - 4$$

$$= 5,437113E - 6$$

V čase 0 – 42 dní

$$\beta_{ds}(t,ts) = \frac{(t - ts)}{(t - ts) + 0,04 * \sqrt{ho^3}}$$

$$= \frac{(42 - 5)}{(42 - 5) + 0,04 * \sqrt{900^3}} = 0,03312444$$

$$\varepsilon_{cd}(42) = \beta_{ds}(t,ts) * kh * \varepsilon_{cd0}$$

$$= 0,03312444 * 0,7 * 3,724929E - 4$$

$$= 8,637033E - 6$$

ČAS SMRŠTĚNÍ	$\varepsilon_{cd}(t)$
14 – 28 dní	3,282E-6
28 – 42 dní	3,1999E-6

6) Poměrné autogenní smršťování

$$\begin{aligned}\varepsilon_{ca}(\infty) &= 2,5 * (f_{ck} - 10) * 10^{-6} \\ &= 2,5 * (25 - 10) * 10^{-6} = 3,75E - 5\end{aligned}$$

V čase 0 – 14 dní

$$\beta_{as}(14) = 1 - \exp(-0,2 * t^{0,5}) = 0,526845$$

$$\varepsilon_{ca}(14) = \beta_{as}(t) * \varepsilon_{ca}(\infty) = 1,97567E - 5$$

V čase 0 – 28 dní

$$\beta_{as}(28) = 1 - \exp(-0,2 * 28^{0,5}) = 0,652955$$

$$\varepsilon_{ca}(28) = \beta_{as}(28) * \varepsilon_{ca}(\infty) = 2,44858E - 5$$

V čase 0 – 42 dní

$$\beta_{as}(42) = 1 - \exp(-0,2 * 42^{0,5}) = 0,72642$$

$$\varepsilon_{ca}(42) = \beta_{as}(42) * \varepsilon_{ca}(\infty) = 2,724062E-5$$

7) Celkové poměrné smršťování v čase

V čase 0 – 14 dní

$$\varepsilon_{cs}(14) = \varepsilon_{cd(14)} + \varepsilon_{ca(14)} = 2,191163E - 5$$

V čase 0 – 28 dní

$$\varepsilon_{cs}(28) = \varepsilon_{cd(28)} + \varepsilon_{ca(28)} = 2,9922913E - 5$$

V čase 0 – 42 dní

$$\varepsilon_{cs}(42) = \varepsilon_{cd(42)} + \varepsilon_{ca(42)} = 3,5877653E - 5$$

CELKOVÝ ČAS SMRŠTĚNÍ	$\varepsilon_{cs}(t)$ [m/m]
0 – 14 dní	2,191163E-5
14 – 28 dní	0,80113E-5
28 – 42 dní	0,59474E-5

Tab.2.3.2 Pokles smršťování základové desky v čase

2.1.4.3 STĚNA – SMRŠŤOVÁNÍ OD VYSYCHÁNÍ

1) Základní charakteristiky betonu

Beton: C30/37

$f_{ck} = 30$ MPa

$f_{cm} = 38$ MPa

$f_{m0} = 10$ MPa

Cement třídy R:

$\alpha_{ds1} = 6$

$\alpha_{ds2} = 0,11$

2) Vliv prostředí

Relativní vlhkost $RH = 60$ %

$RH_0 = 100$ %

$$\beta_{RH} = 1,55 * \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right] = 1,55 * \left[1 - \left(\frac{60}{100} \right)^3 \right] = 1,2152$$

3) Základní poměrné přetvoření od smršťování vysycháním ε_{cd0}

$$\varepsilon_{cd0} = 0,85 * \left[(220 + 110 * \alpha_{ds1}) * \exp \left(-\alpha_{ds2} * \frac{f_{cm}}{f_{m0}} \right) \right] * 10^{-6} * \beta_{RH}$$

$$\varepsilon_{cd0} = 0,85 * \left[(220 + 110 * 6) * \exp \left(-0,11 * \frac{38}{10} \right) \right] * 10^{-6} * 1,2152$$

$$\varepsilon_{cd0} = 5,984313E - 4$$

4) Náhradní rozměr průřezu

$u = 2$ m

$A_c = h * d = 0,4 \text{ m}^2 \rightarrow h_0 = \frac{2 * A_c}{u} = 0,4 \text{ m} \rightarrow kh = 0,725$

5) Vývoj poměrného smršťování vysycháním v čase $\varepsilon_{cd}(t)$

V čase 0 – 14 dní (celkový čas 14 – 28 dní)

$$\begin{aligned} \beta_{ds}(t,ts) &= \frac{(t - ts)}{(t - ts) + 0,04 * \sqrt{h_0^3}} \\ &= \frac{(14 - 5)}{(14 - 5) + 0,04 * \sqrt{400^3}} = 0,0273556 \end{aligned}$$

Hodnoty kh dle
tab.3.3 (ČSN EN
1991-1-1)

$$\begin{aligned}\varepsilon_{cd}(14) &= \beta_{ds}(t, ts) * kh * \varepsilon_{cd0} \\ &= 0,0273556 * 0,725 * 5,984313E - 4 \\ &= 1,1868574E - 5\end{aligned}$$

V čase 0 – 28 dní (celkový čas 14 – 42 dní)

$$\begin{aligned}\beta_{ds}(t, ts) &= \frac{(t - ts)}{(t - ts) + 0,04 * \sqrt{ho^3}} \\ &= \frac{(28 - 5)}{(28 - 5) + 0,04 * \sqrt{400^3}} = 0,0670554\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{cd}(28) &= \beta_{ds}(t, ts) * kh * \varepsilon_{cd0} \\ &= 0,0670554 * 0,725 * 5,984313E - 4 \\ &= 2,9092836E - 5\end{aligned}$$

6) Poměrné autogenní smršťování

$$\begin{aligned}\varepsilon_{ca}(\infty) &= 2,5 * (fck - 10) * 10^{-6} \\ &= 2,5 * (25 - 10) * 10^{-6} = 3,75E - 5\end{aligned}$$

V čase 0 – 14 dní (celkový čas 14 – 28 dní)

$$\beta_{as}(14) = 1 - \exp(-0,2 * t^{0,5}) = 0,526845$$

$$\varepsilon_{ca}(14) = \beta_{as}(t) * \varepsilon_{ca}(\infty) = 1,97567E - 5$$

V čase 0 – 28 dní (celkový čas 28 – 42 dní)

$$\beta_{as}(28) = 1 - \exp(-0,2 * 28^{0,5}) = 0,652955$$

$$\varepsilon_{ca}(28) = \beta_{as}(28) * \varepsilon_{ca}(\infty) = 2,44858E - 5$$

7) Celkové poměrné smršťování v čase

V čase 0 – 14 dní (celkový čas 14 – 28 dní)

$$\varepsilon_{cs}(14) = \varepsilon_{cd}(14) + \varepsilon_{ca}(14) = 3,1625274E - 5$$

V čase 0 – 28 dní (celkový čas 28 – 42 dní)

$$\varepsilon_{cs}(28) = \varepsilon_{cd}(28) + \varepsilon_{ca}(28) = 5,357864E - 5$$

CELKOVÝ ČAS SMRŠTĚNÍ	$\epsilon_{cs}(t)$ [m/m]
0 – 14 dní (14 – 28 dní)	3,162527E – 5
14 – 28 dní (28 – 42 dní)	2,1953366E-5

Tab.2.3.3a Pokles smršťování stěny v čase

ČAS VÝSTAVBY	SMRŠTĚNÍ DESKY	SMRŠTĚNÍ STĚNY
14 – 28 dní	0,80113E-5	3,162527E – 5
28 – 42 dní	0,59474E-5	2,1953366E-5

Tab.2.3.3b Rozdíly ve smršťování desky a stěny

2.1.4.4 ZATÍŽENÍ OD SMRŠŤOVÁNÍ

Čas vybetonování základové desky a stěny je odlišný, posunutý o 14 dní. V tomto čase již základová deska přestává výrazně smršťovat. Ovšem stěna po čase ošetřování smršťuje mnohem více, než deska. Tímto rozdílem je třeba stěnu zatížit. Byl zvolen čas 14 dní po výstavbě stěny.

Tento rozdíl ve smršťování bude do výpočtu zahrnut jako teplotní zatížení.

$$\alpha = 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \Delta\epsilon_{cs(28)} &= \epsilon_{cs,deska(14-28)} - \epsilon_{cs,stěna(14)} \\ &= (0,80113E - 5) - (3,162527E - 5) \\ &= -2,361397E - 5 \end{aligned}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta\epsilon_{cs(28)}}{\alpha} = \frac{-2,361397E - 5}{10^{-5}} = -2,36^{\circ}\text{C}$$

2.2 NAHODILÉ ZATÍŽENÍ

2.2.1 PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ NA POVRCHU TERÉNU

$$q = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$K_r = 0,5$$

$$q_{k(0)} = q * K_r * b = 5 * 0,5 * 1 = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{d(0)} = Q_{d(hz)} = q_{k(0)} * \gamma_{Fq} = 2,5 * 1,5 = 3,75 \text{ kN/m}^2$$

Uvažován pasivní
 zemní tlak –
 součinitel K_r
 viz. 2.1.2

$\gamma_{Fq} = 1,5$ dle ČSN
 EN 1991-4

2.2.2 ZATÍŽENÍ TEPLOTOU

$$T_0 = 10 \text{ °C}$$

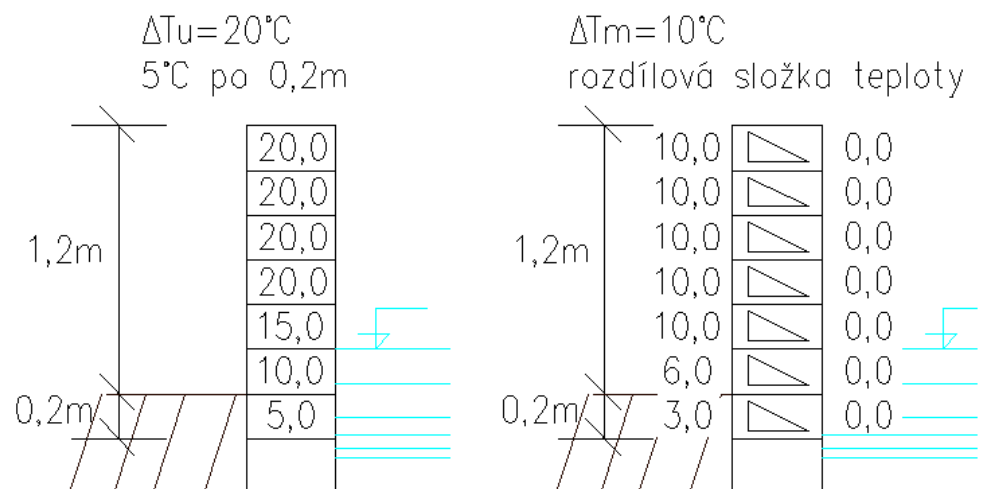
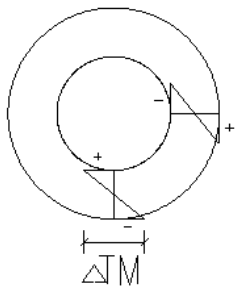
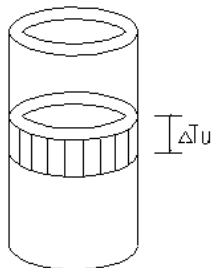
1) Rovnoměrná složka teploty ΔT_u

$$\Delta T_u = 20 \text{ °C} \quad (\text{Dle doporučení pro bílé vany})$$

2) Lineárně proměnná rozdílová složka průběhu teplot

$$\Delta T_M = 10 \text{ °C}$$

T_0 dle PŘÍLOHY A
 dle ČSN EN 1991-
 1-5



2.3 VARIANTA Č. 2 – PŘÍTÍŽENÍ ZEMNÍM TLAKEM VLIVEM BLÍZKÉ SOUSEDNÍ BUDOVY

(DLE ČSN 73 0037)

2.3.1 STÁLÉ ZATÍŽENÍ BUDOVY

	m3	kN/m3	kN
základy	21,804	25	545,1
základová deska	12,482	25	312,05
stěny	53,325	18	959,85
podlaha	7,80125	25	195,03125
věvec	3,002	25	75,05
strop	12,482	25	312,05
TI	7,4892	1,5	11,2338
pozednice, krokve, latě	5,6312	5	28,156
	m2	kN/m2	kN
střecha	86,4	0,87	75,168
		ΣQk=	2513,68905

2.3.2 NAHODILÉ ZATÍŽENÍ BUDOVY

2.3.2.1 SNÍH

$$sk = 1,5 \text{ kN/m}^2 \quad \text{III. Sněhová oblast}$$

$$C_e = 1,0$$

$$C_t = 1,0$$

$$\mu_{30^\circ} = 0,8$$

$$s = sk * C_e * C_t * \mu_{30^\circ} = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

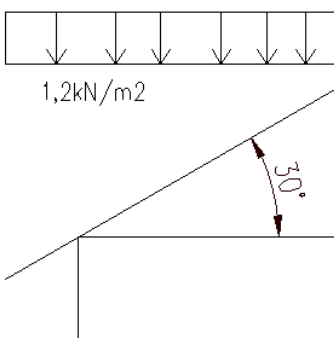
$$Q_s = s * A_s = 1,2 * 7,9^2 = 74,89 \text{ kN}$$

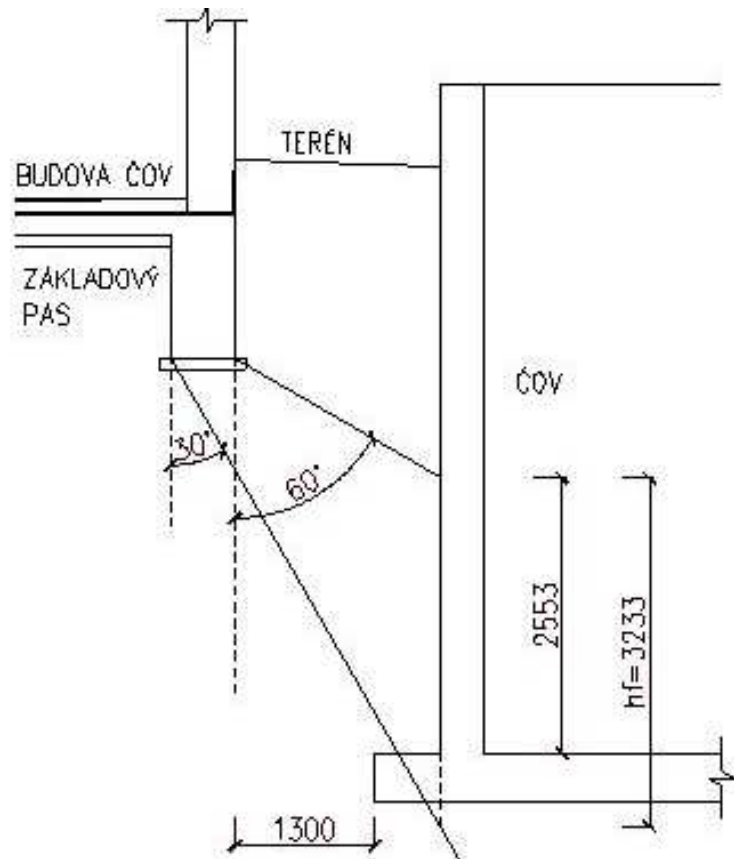
2.3.2.2 PROVOZNÍ ZATÍŽENÍ

$$q_n = 5 \text{ kN/m}^2$$

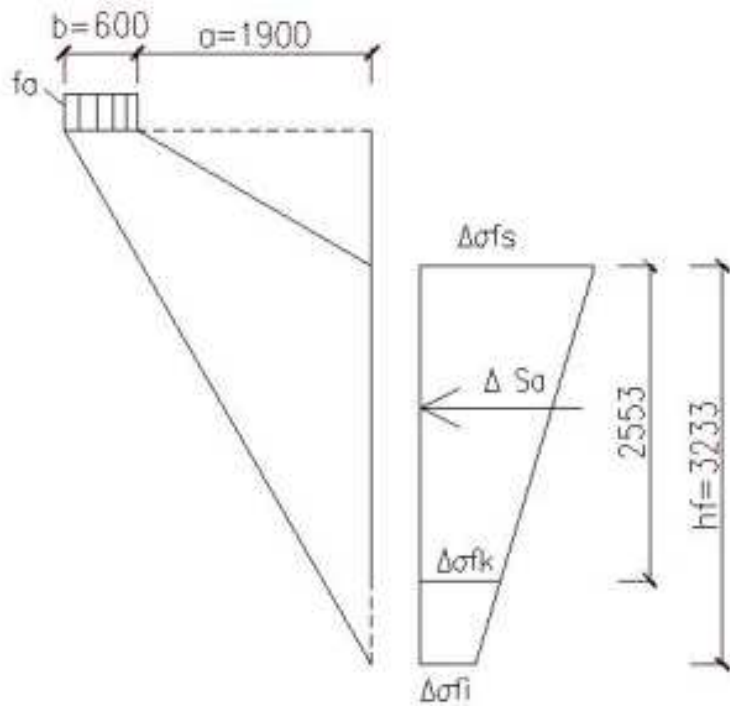
$$Q_n = q_n * A_n = 5 * 7^2 = 245 \text{ kN}$$

Sklon střechy: 30°





Obr.2.3a) Úhel přitížení od budovy zemním tlakem



Obr.2.3b) Působení zemním tlakem

$$A(\text{pásu}) = 17,52 \text{ m}^2$$

φ – úhel vnitřního
tření; 30°

2.3.3 VÝPOČET ZEMNÍHO TLAKU

2.3.3.1 SÍLA PŘIPADAJÍCÍ NA METR ZÁKLADOVÉHO PÁSU - f_a

$$A_{\text{pásu}} = 17,52 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{celková}} = Q_k + Q_s + Q_n = 2513,69 + 74,89 + 245 = 2833,58 \text{ kN}$$

$$f_a = \frac{F_{\text{celková}}}{A_{\text{pásu}}} = 161,73 \text{ kN/m}$$

2.3.3.2 VÝPOČET JEDNOTLIVÝCH VELIČIN DLE OBRÁZKU 2.3.a) A 2.3.b)

$$K_{af} = \text{tg} \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) = \text{tg} \left(45 - \frac{30}{2} \right) = 6,405$$

$$\Delta s_a = f_a * b * K_{af} = 161,73 * 0,6 * 6,405 = 621,53 \text{ kN}$$

$$a = 1,9 \text{ m}$$

$$b = 0,6 \text{ m}$$

$$h = 2,553 \text{ m}$$

$$h_f = 3,233 \text{ m}$$

$$\Delta \sigma_{fs} = \frac{\Delta s_a}{h_f} * \left(1 + \frac{a}{a+b} \right) = 338,57 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta \sigma_{fi} = \frac{\Delta s_a}{h_f} * \left(1 - \frac{a}{a+b} \right) = 46,14 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta \sigma_{fk} = \frac{\Delta \sigma_{fs} * (h_f - h)}{h_f} = 71,17 \text{ kN/m}^2$$

3. KOMBINACE

3.1. ZATĚŽOVACÍ STAVY

VARIANTA č. 1 (Bez přitížení od blízké budovy)

VLASTNÍ TÍHA
TLAK OD ZEMINY
TLAK OD NÁPLNĚ
SMRŠŤOVÁNÍ
PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ NA POVRCHU TERÉNU
ZATÍŽENÍ TEPLOTOU – Rovnoměrná složka
- Lineárně rozdílová složka

VARIANTA č. 2 (S přitížením od blízké budovy)

VLASTNÍ TÍHA
TLAK OD ZEMINY
TLAK OD ZEMINY VLIVEM SOUSEDNÍ BUDOVY
TLAK OD NÁPLNĚ
SMRŠŤOVÁNÍ
PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ NA POVRCHU TERÉNU
ZATÍŽENÍ TEPLOTOU – Rovnoměrná složka
- Lineárně rozdílová složka

3.2. KOMBINACE PRO MSÚ (dle ČSN EN 1990)

dle ČSN EN 1991-4

$$6.10) \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} * G_{k,j} + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

3.2.1 ČOV PLNÁ, NEZASYPANÁ

$G_{k,j}$ – STÁLÉ, NEPŘÍZNIVÉ:

Vlastní tíha
Tlak od náplně
Smršťování

$$\gamma_{G,j} = 1,35 \text{ (dle ČSN EN 1991-4 pro náplň)}$$

$Q_{k,1}$ – HLAVNÍ PROMĚNNÉ

Zatížení teplotou – Lineárně rozdílová složka teploty

$$\gamma_{G,j} = 1,5$$

$Q_{k,i}$ – VEDLEJŠÍ PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ
Proměnné zatížení na povrchu terénu
Zatížení teplotou – rovnoměrná složka teploty

$$\gamma_{Q,i} = 1,5$$

$$\psi_{0,TEPLOTA} = 0,6 \quad (\text{dle EN 1991-1-5})$$

$$\psi_{0,POVRCH} = 1,0$$

3.2.2 ČOV PRÁZDNÁ, ZASYPANÁ

$G_{k,j}$ – STÁLÉ, NEPŘÍZNIVÉ:
Vlastní tíha
Tlak od zeminy
Tlak od zeminy vlivem sousední budovy (*pouze
varianta č. 2*)
Smršťování

$$\gamma_{G,j} = 1,35 \quad (\text{dle ČSN EN 1991-4 pro zeminu})$$

$Q_{k,1}$ – HLAVNÍ PROMĚNNÉ
Zatížení teplotou – Lineárně rozdílová složka teploty

$$\gamma_{G,j} = 1,5$$

$Q_{k,i}$ – VEDLEJŠÍ PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ
Proměnné zatížení na povrchu terénu
Zatížení teplotou – rovnoměrná složka teploty

$$\gamma_{Q,i} = 1,5$$

$$\psi_{0,TEPLOTA} = 0,6 \quad (\text{dle EN 1991-1-5})$$

$$\psi_{0,POVRCH} = 1,0$$

3.3. KOMBINACE PRO MSP (dle ČSN EN 1990)

$$6.14) \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

3.3.1 ČOV PLNÁ, NEZASYPANÁ

$G_{k,j}$ – STÁLÉ, NEPŘÍZNIVÉ:

Vlastní tíha
Tlak od náplně
Smršťování

$Q_{k,1}$ – HLAVNÍ PROMĚNNÉ

Zatížení teplotou – Lineárně rozdílová složka teploty

$Q_{k,i}$ – VEDLEJŠÍ PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

Proměnné zatížení na povrchu terénu
Zatížení teplotou – rovnoměrná složka teploty

$$\psi_{0,TEPLOTA} = 0,6 \quad (\text{dle EN 1991-1-5})$$

$$\psi_{0,POVRCH} = 1,0$$

3.3.2 ČOV PRÁZDNÁ, ZASYPANÁ

$G_{k,j}$ – STÁLÉ, NEPŘÍZNIVÉ:

Vlastní tíha
Tlak od zeminy
Tlak od zeminy vlivem sousední budovy (*pouze
varianta č. 2*)
Smršťování

$Q_{k,1}$ – HLAVNÍ PROMĚNNÉ

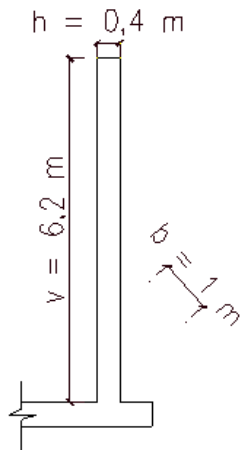
Zatížení teplotou – Lineárně rozdílová složka teploty

$Q_{k,i}$ – VEDLEJŠÍ PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

Proměnné zatížení na povrchu terénu
Zatížení teplotou – rovnoměrná složka teploty

$$\psi_{0,TEPLOTA} = 0,6 \quad (\text{dle EN 1991-1-5})$$

$$\psi_{0,POVRCH} = 1,0$$

4. POSOUZENÍ NA MSÚ (DLE ČSN 1992-1-1)**4.1 STĚNA****4.1.1 GEOMETRIE**

tloušťka $h = 0,4 \text{ m}$
 výška $v = 6,2 \text{ m}$
 šířka (pro dimenzaci) $b = 1 \text{ m}$

4.1.2 MATERIÁL**BETON**

C 30/37

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

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

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

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

$$\varepsilon_{cu2} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_c = 2 \text{ ‰}$$

OCEL

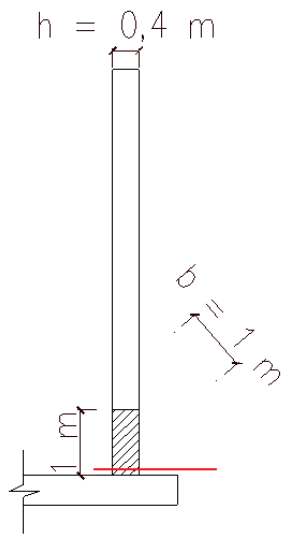
B500B

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

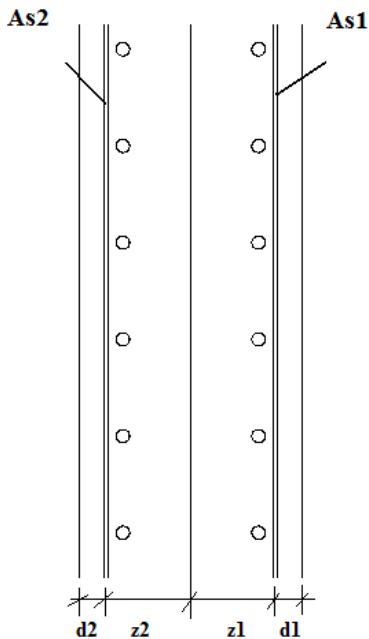
$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_y} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon_{yd} = 2,17 \text{ ‰}$$



$m_y D = 84,19 \text{ kNm/m}$



4.1.3 DIMENZOVÁNÍ VÝZTUŽE VE SVISLÉM SMĚRU; $h = 0,0 \sim 1,0 \text{ m}$

4.1.3.1 VNITŘNÍ SÍLY

Kombinace 2, $m_y D$ – viz. Příloha ke statickému výpočtu – vnitřní síly; str.22

$$M_y D = 135,14 \text{ kNm}$$

Kombinace 1, $m_y D$ – viz. Příloha ke statickému výpočtu – vnitřní síly; str.18

$$M_y D = 30,78 \text{ kNm}$$

N_y – příliš malá, není započítána (viz. kombinace Příloha ke statickému výpočtu – vnitřní síly)

4.1.3.2 NÁVRH VÝZTUŽE U ZEMNÍHO LÍCE

1) Odhad parametrů pro $A_{s,req}$

$\emptyset 14$

$$d_1 = 0,055 + \frac{\emptyset}{2} = 0,055 + \frac{0,012}{2} = 0,061 \text{ m}$$

$$d = h - d_1 = 0,4 - 0,061 = 0,339 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right)$$

$$A_{s,req} = 1 * 0,339 * \frac{20}{434,783} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 135,14}{1 * 0,339^2 * 20 * 10^3}} \right) = 9,455 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

→ navrhuji $\emptyset 14$ po 150,

$$A_{s1} = 10,26 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

4.1.3.3 KONTROLA VÝZTUŽE

1) Dle vzdálenosti prutů

$$s = 150\text{mm}$$

$$s_{min} = \max\{\phi_{s,max}; d_g + 5\text{mm}; 20\text{mm}\} \\ = \max\{12; 16 + 5\text{mm}; 20\text{mm}\} = 21\text{mm}$$

$$s_{max} = \min\{3 * h; 0,4\text{m}\} = \min\{1,2\text{m}; 0,4\text{m}\} = 0,4\text{m}$$

$$s_{min} = 21\text{mm} < s = 150\text{mm} < s_{max} = 400\text{mm}$$

VYHOVUJE

2) Dle stupně vyztužení

$$A_{s1} = 10,26 * 10^{-4}\text{m}^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 1 * 0,338 \\ = 5,11 * 10^{-4}$$

$$\geq 0,0013 * b_t * d = 0,0013 * 1 * 0,338 = 4,407 * 10^{-4}$$

$$A_{s,max} = 0,004 * A_c = 0,004 * (1 * 0,4) = 16 * 10^{-4}\text{m}^2$$

$$A_{s,min} = 5,11 * 10^{-4} < A_s = 10,26 * 10^{-4} < A_{s,max} \\ = 16 * 10^{-4}$$

VYHOVUJE

4.1.3.4 KRYTÍ

Třída prostředí XA2

(Dle Geologického průzkumu; příloha č. 2, strana 9)

$$c_{min,dur} = 45\text{mm}$$

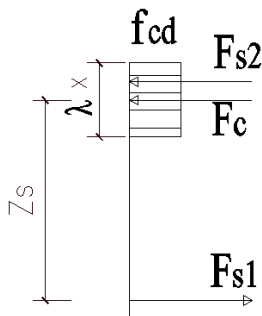
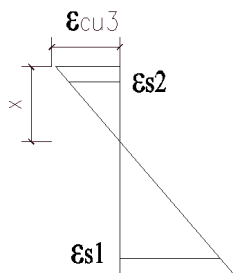
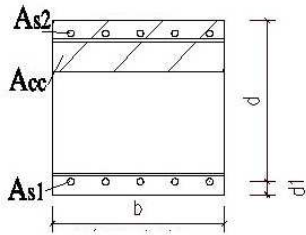
$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} \\ - \Delta c_{dur,sdd}; 10\text{mm}\}$$

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; 45\text{mm} + 0 - 0 - 0; 10\text{mm}\} = 45\text{mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 45 + 10 = 55\text{mm}$$

$$d_1 = c_{nom} + \frac{\phi}{2} = 62\text{mm} = 0,062\text{m}$$

$$d = h - d_1 = 0,4 - 0,062 = 0,338\text{m}$$



4.1.3.5 POSOUZENÍ U ZEMNÍHO LÍCE

1) Poloha neutrálné osy

$$x = \frac{A_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * f_{cd}} = \frac{10,26 * 10^{-4} * 434,783}{1 * 0,8 * 20} = 0,02788m$$

2) Kontrola přetvoření výztuže

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} (d - x) = \frac{3,5\text{‰}}{0,02788} (0,338 - 0,02788) = 38,93\text{‰}$$

$$\varepsilon_s = 38,93\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,17\text{‰}$$

VYHOVUJE

3) Kontrola únosnosti průřezu

$$z_s = d - 0,4 * x = 0,338 - 0,4 * 0,02788 = 0,327m$$

$$M_{Rd} = A_{s1} * f_{yd} * z_s = 10,26 * 10^{-4} * 434\,783 * 0,327 = 145,87kNm$$

$$M_{Rd} = 145,87kNm > M_{Ed} = 135,14kNm$$

VYHOVUJE

Dle MSP navržen Ø12 po 100 mm – viz. 6.1.4

4.1.3.6 NÁVRH VÝZTUŽE U NÁVODNÍHO LÍCE

1) Odhad parametrů pro $A_{s,req}$

Ø 12

$$d_1 = 0,055 + \frac{\phi}{2} = 0,055 + \frac{0,012}{2} = 0,061m$$

$$d = h - d_1 = 0,4 - 0,061 = 0,339m$$

$$A_{s,req} = b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right)$$

$$\begin{aligned} A_{s,req} &= 1 * 0,339 * \frac{20}{434,783} \\ &* \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 30,8}{1 * 0,339^2 * 20 * 10^3}} \right) \\ &= 2,104 * 10^{-4} m^2 \end{aligned}$$

→ navrhuji Ø 12 po 150, kvůli minimálnímu vyztužení a z konstrukčních důvodů

$$A_{s2} = 7,54 * 10^{-4} m^2$$

4.1.3.7 KONTROLA VÝZTUŽE

1) Dle vzdálenosti prutů

$$s = 150mm$$

$$\begin{aligned} s_{min} &= \max\{\phi_{s,max}; d_g + 5mm; 20mm\} \\ &= \max\{12; 16 + 5mm; 20mm\} = 21mm \end{aligned}$$

$$s_{max} = \min\{3 * h; 0,4m\} = \min\{1,2m; 0,4m\} = 0,4m$$

$$s_{min} = 21mm < s = 150mm < s_{max} = 400mm$$

VYHOVUJE

3) Dle stupně vyztužení

$$A_{s1} = 7,54 * 10^{-4} m^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 1 * 0,339$$
$$= 5,13 * 10^{-4}$$
$$\geq 0,0013 * b_t * d = 0,0013 * 1 * 0,339 = 4,42 * 10^{-4}$$

$$A_{s,max} = 0,004 * A_c = 0,004 * (1 * 0,4) = 16 * 10^{-4} m^2$$

$$A_{s,min} = 5,13 * 10^{-4} < A_s = 7,54 * 10^{-4} < A_{s,max}$$
$$= 16 * 10^{-4}$$

VYHOVUJE

4.1.3.8 KRYTÍ

Třída prostředí XA2
(Dle Geologického průzkumu; příloha č. 2, strana 9)

$$c_{min,dur} = 45 mm$$

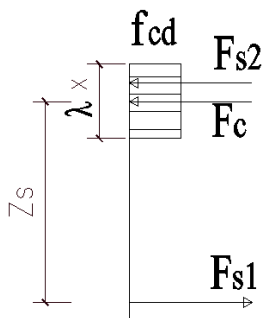
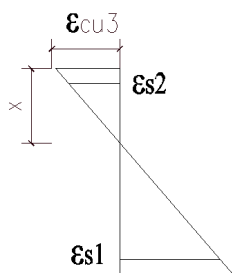
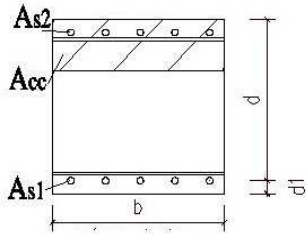
$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,sdd}; 10mm\}$$

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; 45mm + 0 - 0 - 0; 10mm\} = 45mm$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 45 + 10 = 55mm$$

$$d_1 = c_{nom} + \frac{\emptyset}{2} = 61mm = 0,061m$$

$$d = h - d_1 = 0,4 - 0,061 = 0,339m$$



4.1.3.9 POSOUZENÍ U NÁVODNÍHO LÍCE

1) Poloha neutrálné osy

$$x = \frac{A_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * f_{cd}} = \frac{7,54 * 10^{-4} * 434,783}{1 * 0,8 * 20} = 0,0205m$$

2) Kontrola přetvoření výztuže

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} (d - x) = \frac{3,5\text{‰}}{0,0205} (0,339 - 0,0205) = 54,38\text{‰}$$

$$\varepsilon_s = 54,38\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,17\text{‰}$$

VYHOVUJE

3) Kontrola únosnosti průřezu

$$z_s = d - 0,4 * x = 0,339 - 0,4 * 0,0205 = 0,3308m$$

$$M_{Rd} = A_{s1} * f_{yd} * z_s = 7,54 * 10^{-4} * 434\,783 * 0,3308 = 108,44kNm$$

$$M_{Rd} = 108,44kNm > M_{Ed} = 30,8\,kNm$$

VYHOVUJE

Dle MSP navržen Ø12 po 100 mm – viz. 6.1.4

4.1.4 DIMENZOVÁNÍ VÝZTUŽE VE SVISLÉM SMĚRU; $h = 1,0 \sim 6,2 \text{ m}$

4.1.4.1 VNITŘNÍ SÍLY

Kombinace 1, $m_y D$ – viz. Příloha ke statickému výpočtu – vnitřní síly; str.18

$$M_y D = 72,29 \text{ kNm} \quad \text{řez II.}$$

Kombinace 2, $m_y D$ – viz. Příloha ke statickému výpočtu – vnitřní síly; str.22

$$M_y D = 61,01 \text{ kNm} \quad \text{řez I.}$$

N_y – příliš malá, není započítána (viz. kombinace Příloha ke statickému výpočtu – vnitřní síly)

4.1.4.2 NÁVRH VÝZTUŽE U ZEMNÍHO LÍCE

1) Odhad parametrů pro $A_{s,req}$

$$\varnothing 10$$

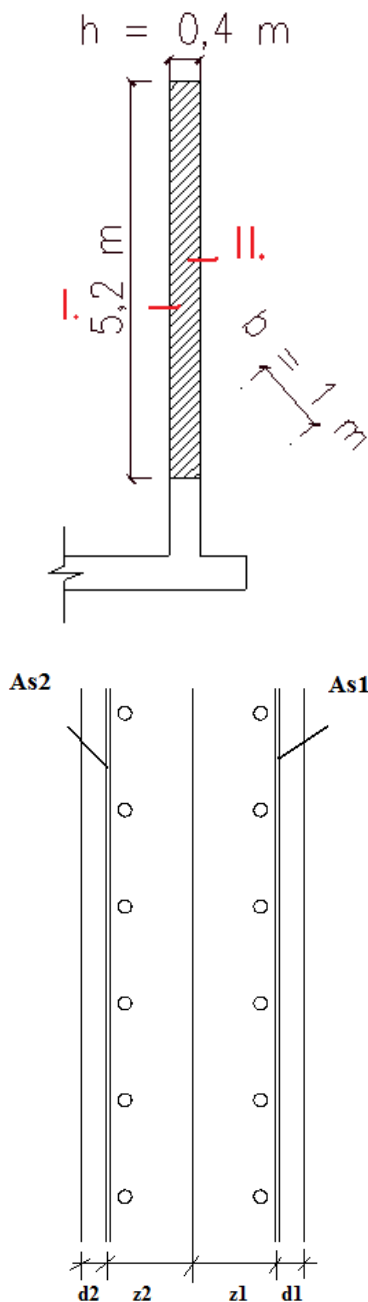
$$d_1 = 0,055 + \frac{\varnothing}{2} = 0,055 + \frac{0,01}{2} = 0,06 \text{ m}$$

$$d = h - d_1 = 0,4 - 0,06 = 0,34 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right)$$

$$A_{s,req} = 1 * 0,34 * \frac{20}{434,783} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 72,29}{1 * 0,34^2 * 20 * 10^3}} \right) = 4,969 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

→ navrhují $\varnothing 10$ po 150,
 $A_{s1} = 5,24 * 10^{-4} \text{ m}^2$



4.1.4.3 NÁVRH VÝZTUŽE U NÁVODNÍHO LÍCE

2) Odhad parametrů pro $A_{s,req}$

Ø 10

$$d_1 = 0,055 + \frac{\varnothing}{2} = 0,055 + \frac{0,01}{2} = 0,06m$$

$$d = h - d_1 = 0,4 - 0,06 = 0,34m$$

$$A_{s,req} = b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right)$$

$$\begin{aligned} A_{s,req} &= 1 * 0,34 * \frac{20}{434,783} \\ &\quad * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 61,01}{1 * 0,34^2 * 20 * 10^3}} \right) \\ &= 4,183 * 10^{-4} m^2 \end{aligned}$$

→ navrhuji Ø 10 po 150,
 $A_{s2} = 5,24 * 10^{-4} m^2$

4.1.4.4 KONTROLA VÝZTUŽE

2) Dle vzdálenosti prutů

$$s = 150mm$$

$$\begin{aligned} s_{min} &= \max\{\varnothing_{s,max}; d_g + 5mm; 20mm\} \\ &= \max\{12; 16 + 5mm; 20mm\} = 21mm \end{aligned}$$

$$s_{max} = \min\{3 * h; 0,4m\} = \min\{1,2m; 0,4m\} = 0,4m$$

$$s_{min} = 21mm < s = 150mm < s_{max} = 400mm$$

VYHOVUJE

4) Dle stupně vyztužení

$$A_{s1} = 5,24 * 10^{-4} m^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 1 * 0,34$$

$$= 5,13 * 10^{-4}$$

$$\geq 0,0013 * b_t * d = 0,0013 * 1 * 0,34 = 4,42 * 10^{-4}$$

$$A_{s,max} = 0,004 * A_c = 0,004 * (1 * 0,4) = 16 * 10^{-4} m^2$$

$$A_{s,min} = 5,13 * 10^{-4} < A_s = 5,24 * 10^{-4} < A_{s,max}$$

$$= 16 * 10^{-4}$$

VYHOVUJE

4.1.4.5 KRYTÍ

Třída prostředí XA2
(Dle Geologického průzkumu; příloha č. 2, strana 9)

$$c_{min,dur} = 45 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,sdd}; 10\text{mm}\}$$

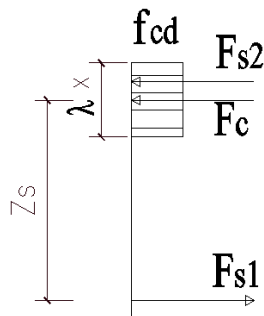
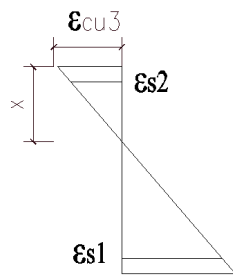
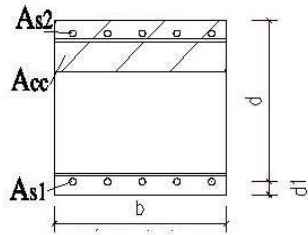
$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; 45\text{mm} + 0 - 0 - 0; 10\text{mm}\} = 45\text{mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 45 + 10 = 55\text{mm}$$

$$d_1 = c_{nom} + \frac{\emptyset}{2} = 60\text{mm} = 0,06\text{m}$$

$$d = h - d_1 = 0,4 - 0,06 = 0,34\text{m}$$

Krytí je navrženo pro zemní líc i návodní líc.



4.1.4.6 POSOUZENÍ U ZEMNÍHO LÍCE A_{s1}

4) Poloha neutrálné osy

$$x = \frac{A_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * f_{cd}} = \frac{5,24 * 10^{-4} * 434,783}{1 * 0,8 * 20} = 0,01423m$$

5) Kontrola přetvoření výztuže

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} (d - x) = \frac{3,5\text{‰}}{0,01423} (0,34 - 0,01423) = 80,13\text{‰}$$

$$\varepsilon_s = 80,13\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,17\text{‰}$$

VYHOVUJE

6) Kontrola únosnosti průřezu

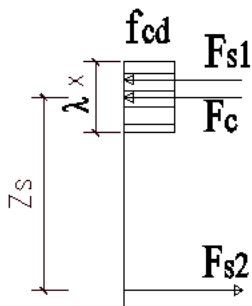
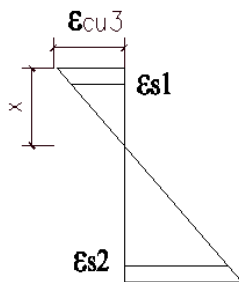
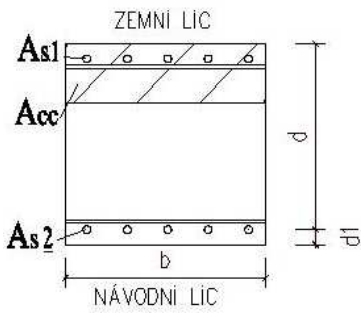
$$z_s = d - 0,4 * x = 0,34 - 0,4 * 0,01423 = 0,334m$$

$$M_{Rd} = A_{s1} * f_{yd} * z_s = 5,24 * 10^{-4} * 434\,783 * 0,334 = 76,09kNm$$

$$M_{Rd} = 76,09kNm > M_{Ed} = 72,29\,kNm$$

VYHOVUJE

Dle MSP navržen Ø12 po 100 mm – viz. 6.1.4



4.1.4.7 POSOUZENÍ U NÁVODNÍHO LÍCE A_{s2}

1) Poloha neutrálné osy

$$x = \frac{A_{s2} * f_{yd}}{b * \lambda * f_{cd}} = \frac{5,24 * 10^{-4} * 434,783}{1 * 0,8 * 20} = 0,01423m$$

2) Kontrola přetvoření výztuže

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} (d - x) = \frac{3,5\text{‰}}{0,01423} (0,34 - 0,01423) = 80,13\text{‰}$$

$$\varepsilon_s = 80,13\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,17\text{‰}$$

VYHOVUJE

3) Kontrola únosnosti průřezu

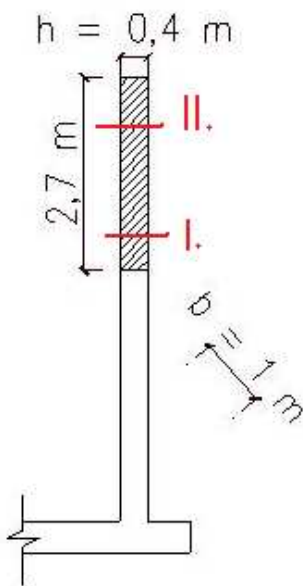
$$z_s = d - 0,4 * x = 0,34 - 0,4 * 0,01423 = 0,334m$$

$$M_{Rd} = A_{s2} * f_{yd} * z_s = 5,24 * 10^{-4} * 434\,783 * 0,334 = 76,09kNm$$

$$M_{Rd} = 76,09kNm > M_{Ed} = 61,01kNm$$

VYHOVUJE

Dle MSP navržen Ø12 po 100 mm – viz. 6.1.4



4.1.5 DIMENZOVÁNÍ VÝZTUŽE VE VODOROVNÉM SMĚRU; h = 6,2 ~ 3,5 m

4.1.5.1 VNITŘNÍ SÍLY

Kombinace 1, n_x – viz. Příloha ke statickému výpočtu –
vnitřní síly; str.20

$$N_x = 549 \text{ kN} \quad \text{řez I.}$$

M_{xD} – příliš malá, není započítána (viz. kombinace Příloha
ke statickému výpočtu – vnitřní síly)

Kombinace 2, n_x – viz. Příloha ke statickému výpočtu –
vnitřní síly; str.20 a str.19

$$\max N_x = -466 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad M_{xD} = 69 \text{ kNm} \quad \text{řez II.}$$

$$N_x = -440 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad \max M_{xD} = 70,71 \text{ kNm}$$

4.1.5.2 NÁVRH A POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA TAH

Uvažovaná pouze výztuž, beton v tahu nepůsobí

Navrhuji $\emptyset 10$ po 120mm

$$A_{s1} = A_{s2} = 6,54 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,celková} = 13,08 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma_{výzuž} = \frac{N_x}{A_{s,celková}} \leq f_{yd}$$

$$\sigma_{výzuž} = \frac{549}{13,08 * 10^{-4}} = 419 \text{ 724 kPa} < 434 \text{ 783 kPa}$$

VYHOVUJE

4.1.5.3 KRYTÍ

Třída prostředí XA2
(Dle Geologického průzkumu; příloha č. 2, strana 9)

$$c_{min,dur} = 45 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,sdd}; 10\text{mm}\}$$

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; 45\text{mm} + 0 - 0 - 0; 10\text{mm}\} = 45\text{mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 45 + 10 = 55\text{mm}$$

$$d_1 = c_{nom} + \varnothing_{SVISLÁ} + \frac{\varnothing}{2} = 70\text{mm} = 0,07\text{m}$$

$$d = h - d_1 = 0,4 - 0,07 = 0,33\text{m}$$

Krytí je navrženo pro zemní líc i návodní líc.

4.1.5.3 POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA KOMBINACI TLAKU A MOMENTU – INTERAČNÍ DIAGRAM

1) MATERIÁLOVÉ A GEOMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY

BETON

$\alpha_{cc} =$	1	$\varepsilon_{c2} =$	2
$\eta =$	1	$\varepsilon_{c3} =$	3,5
$\lambda =$	0,8	$\gamma_c =$	1,5
$f_{ck} =$	30	MPa	
$f_{cd} =$	20	MPa	

OCEL

$f_{yk} =$	500	MPa	$\gamma_s =$	1,15
$f_{yd} =$	434,7826	MPa	$E_s =$	200
$\varepsilon_{yd} =$	2,173913	‰		
$\xi_{bal,1} =$	0,616858			
$x_{bal,1} =$	0,203563	m	$x \leq x_{bal,1} \rightarrow$	$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{yd} ; \sigma_{s1} = f_{yd}$
$\xi_{bal,2} =$	2,639344			
$x_{bal,2} =$	0,184754	m	$x \geq x_{bal,1} \rightarrow$	$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd} ; \sigma_{s2} = f_{yd}$

$$z_1 = 0,13 \text{ m}$$

$$z_2 = 0,13 \text{ m}$$

$$A_{s1} = 0,000654 \text{ m}^2$$

$$A_{s2} = 0,000654 \text{ m}^2$$

$$F_{s1} = 284,5646 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = 284,5646 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = 0 \text{ kN}$$

1) BOD 0; TLAK PO CELÉ VÝŠCE

$$N_{Rd0} = -(b * h * \eta * f_{cd} + (A_{s1} + A_{s2}) * \sigma_s)$$

$$N_{Rd0} = -(1 * 0,4 * 1 * 20000 + (0,000654 * 2) * 400\,000) = -8523,6 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2} * z_2 + A_{s1} * z_1) * \sigma_s$$

$$M_{Rd0} = (0,000654 * 0,13 - 0,000654 * 0,13) * 400\,000 = 0$$

$$\sigma_s = \varepsilon_{s2} * E_s = 0,002 * 200 * 10^3 = 400 * 10^3 < f_{yd} = 434,8 * 10^3 \text{ kPa}$$

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{c2} = 2\text{‰}$$

2) BOD 1; x=d

$$x = d; F_{s1} = 0 \text{ kN}; \varepsilon_{s1} = 0; x > x_{bal,2} \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1} = -(\lambda * b * d * \eta * f_{cd} + F_{s2})$$

$$N_{Rd1} = -(0,8 * 1 * 0,33 * 1 * 20 * 10^3 + 284,56) = -5564,56 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda * b * d * \eta * f_{cd} * \frac{(h - \lambda * d)}{2} + F_{s2} * z_2$$

$$M_{Rd1} = 0,8 * 1 * 0,33 * 1 * 20 * 10^3 * \frac{(0,4 - 0,8 * 0,33)}{2} + 284,56 * 0,13 = 396,03 \text{ kNm}$$

3) BOD 2; $x = x_{bal,1}$

$$x = x_{bal,1}; \quad x_{bal,1} > x_{bal,2} \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd2} = -(\lambda * b * x_{bal,1} * \eta * f_{cd} + \Delta F_s)$$

$$N_{Rd2} = -(0,8 * 1 * 0,2036 * 1 * 20 * 10^3 + 0) \\ = -\mathbf{3257,01 \text{ kN}}$$

$$M_{Rd2} = \lambda * b * x_{bal,1} * \eta * f_{cd} * \frac{(h - \lambda * x_{bal,1})}{2} + F_{s1} * z_1 \\ + F_{s2} * z_2$$

$$M_{Rd2} = 0,8 * 1 * 0,2036 * 1 * 20 * 10^3 \\ * \frac{(0,4 - 0,8 * 0,2036)}{2} + 2 * 284,56 * 0,13 \\ = \mathbf{460,186 \text{ kNm}}$$

4) BOD 3; OHYB

$$x = \frac{F_{s1}}{b * \eta * f_{cd} * \lambda} = \frac{284,56}{1 * 1 * 20 * 10^3 * 0,8} = 0,0397$$

$$N_{Rd3} = \mathbf{0,0 \text{ kN}}$$

$$M_{Rd3} = (d - \lambda * x) * F_s = (0,33 - \lambda * 0,0397) * 284,56 \\ = \mathbf{108,3476 \text{ kNm}}$$

5) BOD 4;

$$\varepsilon_{s2} = 0; \quad F_{s2} = 0 \text{ kN}$$

$$N_{Rd3} = F_{s1} = \mathbf{284,56 \text{ kN}}$$

$$M_{Rd3} = F_{s1} * z_1 = 284,56 * 0,13 = \mathbf{36,99 \text{ kNm}}$$

6) BOD 5;

$$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd5} = F_{s1} + F_{s1} = \mathbf{569,13 \text{ kN}}$$

$$M_{Rd5} = F_{s1} * z_1 - F_{s2} * z_2 = \mathbf{0,0 \text{ kNm}}$$

7) BOD Z

$$x = x_{bal,2}; \quad \varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd}; \quad \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rdz} = -(\lambda * b * x_{bal,2} * \eta * f_{cd} + \Delta F_s)$$

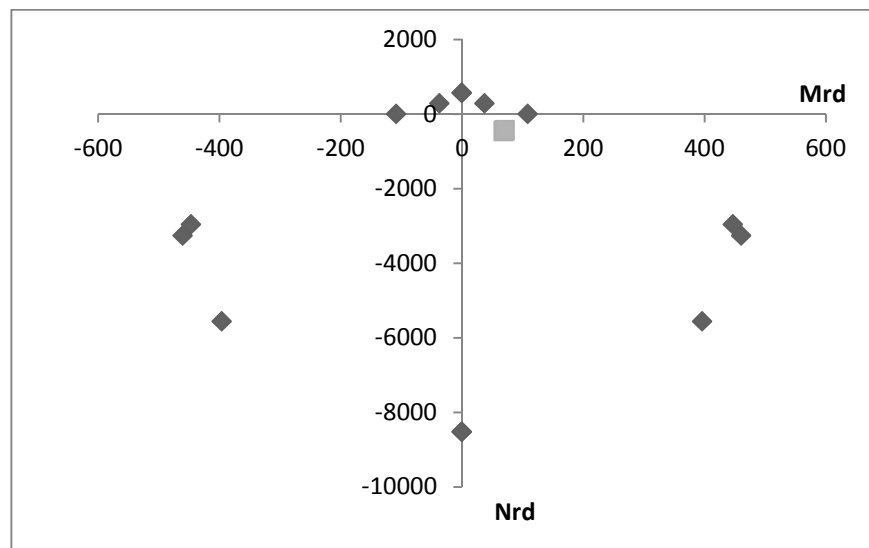
$$N_{Rdz} = -(0,8 * 1 * 0,18475 * 1 * 20 * 10^3 + 0) \\ = -2956,07 \text{ kN}$$

$$M_{Rdz} = \lambda * b * x_{bal,2} * \eta * f_{cd} * \frac{(h - \lambda * x_{bal,2})}{2} + F_{s1} * z_1 \\ + F_{s2} * z_2$$

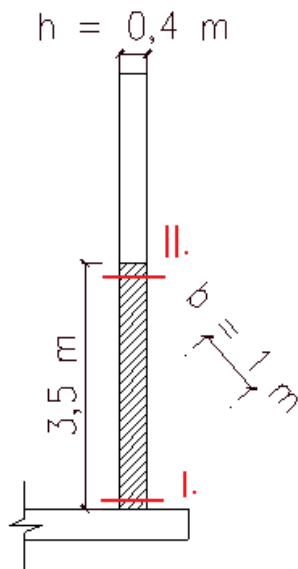
$$M_{Rdz} = 0,8 * 1 * 0,18475 * 1 * 20 * 10^3 \\ * \frac{(0,4 - 0,8 * 0,18475)}{2} + 2 * 284,56 \\ * 0,13 = 446,74 \text{ kNm}$$

Vzhledem k symetrickému průřezu jsou další body diagramu (1', 2', 3', 4', Z') v absolutní hodnotě stejné jako body (1, 2, 3, 4, Z).

	0	1	2	z	3	4	5
Mrd	0	396,0334	460,186	446,7418	108,3476	36,99339	0
Nrd	-8523,6	-5564,56	-3257,01	-2956,07	0	284,5646	569,1291



Body dle vnitřních sil (označené světle šedě) jsou uvnitř diagramu – průřez VYHOVÍ. Dle MSP navržen Ø16 po 70 mm – viz. 6.1.3



4.1.6 DIMENZOVÁNÍ VÝZTUŽE VE VODOROVNÉM SMĚRU; $h = 3,5 \sim 0 \text{ m}$

4.1.6.1 VNITŘNÍ SÍLY

Kombinace 1, N_x – viz. Příloha ke statickému výpočtu – vnitřní síly; str.20

$$N_x = 259,94 \text{ kN} \quad \text{řez I.}$$

Kombinace 2, N_x – viz. Příloha ke statickému výpočtu – vnitřní síly; str.24

$$N_x = -276 \text{ kN} \quad \text{řez II.}$$

M_{xD} – příliš malá, není započítána (viz. kombinace Příloha ke statickému výpočtu – vnitřní síly)

4.1.6.2 NÁVRH A POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA TAH

Uvažovaná pouze výztuž, beton v tahu nepůsobí

Navrhuji $\emptyset 10$ po 150mm

$$A_{s1} = A_{s2} = 5,24 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,celková} = 10,48 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma_{výzuž} = \frac{N_x}{A_{s,celková}} \leq f_{yd}$$

$$\sigma_{výzuž} = \frac{259,94}{10,48 * 10^{-4}} = 253\,847 \text{ kPa} < 434\,783 \text{ kPa}$$

VYHOVUJE

4.1.6.3 POSOUZENÍ PRŮŘEZU NA TLAK

1) PLOCHA BETONU, OCELI

$$A_c = 1 * 0,4 = 0,4 \text{ m}^2$$

$$A_{s,celková} = 10,48 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

2) PŘEVEDENO NA BETONOVÝ PRŮŘEZ

$$\alpha = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{33} = 6,06$$

$$A_{průřez} = A_c + \alpha * A_{s,celková} = 0,4 + 6,06 * 10,48 * 10^{-4} \\ = 0,4064 \text{ m}^2$$

3) POSOUZENÍ

$$\sigma_{průřez} = \frac{Nx}{A_{průřez}} \leq f_{cd}$$

$$\sigma_{průřez} = \frac{276}{0,4064} = 679,2 \text{ kPa} < 20\,000 \text{ kPa}$$

VYHOVUJE

4.1.6.4 KONTROLA VÝZTUŽE

1) Max. vzdálenost výztuže

$$s = 150 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

2) Dle stupně vyztužení

$$A_s = 2 * A_{s1} = 10,48 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 1 * 0,328 \\ = 4,95 * 10^{-4}$$

$$\geq 0,0013 * b_t * d = 0,0013 * 1 * 0,339 = 4,407 * 10^{-4}$$

$$A_{s,max} = 0,004 * A_c = 0,004 * (1 * 0,4) = 16 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 4,95 * 10^{-4} < A_s = 10,48 * 10^{-4} < A_{s,max} \\ = 16 * 10^{-4}$$

VYHOVUJE

Dle MSP navržen Ø16 po 70 mm – viz. 6.1.3

4.2 DESKA

4.2.1 GEOMETRIE

tloušťka $h = 0,45 \text{ m}$
délka $\varnothing = 17,8 \text{ m}$
šířka (pro dimenzaci) $b = 1 \text{ m}$

4.2.2 MATERIÁL

BETON

C 30/37

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

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

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

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

$$\varepsilon_{cu2} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_c = 2 \text{ ‰}$$

OCEL

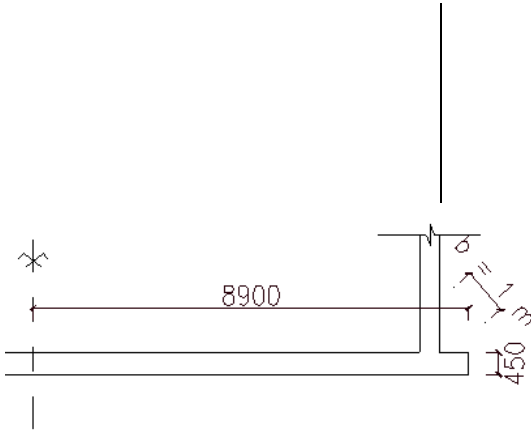
B500B

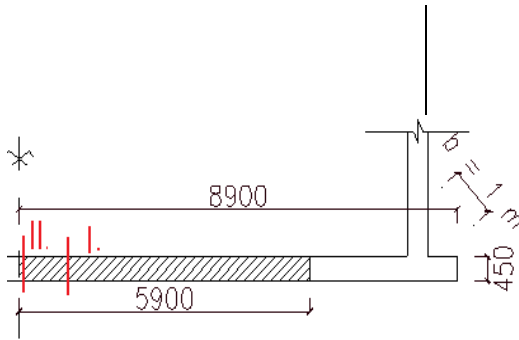
$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_y} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon_{yd} = 2,17 \text{ ‰}$$





4.2.3 DIMENZOVÁNÍ VÝZTUŽE V POLI

4.2.3.1 VNITŘNÍ SÍLY

Deska, Kombinace 2, mxD – viz. Příloha ke statickému výpočtu – vnitřní síly; str.25

$$M_{Ed} = 46,8 \text{ kNm} \quad \text{řez I.}$$

Deska, Kombinace 1, mxD – viz. Příloha ke statickému výpočtu – vnitřní síly; str.21

$$M_{Ed} = 6,98 \text{ kNm} \quad \text{řez II.}$$

Momenty ve směru y jsou totožné. Posouzení provedeno znova kvůli rozdílnému krytí.

4.2.3.2 NÁVRH VÝZTUŽE U NÁVODNÍHO LÍCE

1) Odhad parametrů pro $A_{s,req}$

Ø 10

$$d_1 = 0,055 + \frac{\phi}{2} = 0,055 + \frac{0,01}{2} = 0,06 \text{ m}$$

$$d = h - d_1 = 0,45 - 0,06 = 0,39 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right)$$

$$A_{s,req} = 1 * 0,39 * \frac{20}{434,783} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 46,8}{1 * 0,39^2 * 20 * 10^3}} \right) = 2,78 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

→ navrhují Ø 12 po 150, z konstrukčních důvodů a z důvodu minimálního vyztužení

$$A_{s1} = 7,54 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

4.2.3.3 KONTROLA VÝZTUŽE

1) Dle vzdálenosti prutů

$$s = 150\text{mm}$$

$$s_{min} = \max\{\phi_{s,max}; d_g + 5\text{mm}; 20\text{mm}\} \\ = \max\{8; 16 + 5\text{mm}; 20\text{mm}\} = 21\text{mm}$$

$$s_{max} = \min\{3 * h; 0,4\text{m}\} = \min\{1,2\text{m}; 0,4\text{m}\} = 0,4\text{m}$$

$$s_{min} = 21\text{mm} < s = 150\text{mm} < s_{max} = 400\text{mm} \\ \text{VYHOVUJE}$$

2) Dle stupně vyztužení

$$A_s = 7,54 * 10^{-4}\text{m}^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 1 * 0,39 \\ = 5,88 * 10^{-4}$$

$$\geq 0,0013 * b_t * d = 0,0013 * 1 * 0,39 = 5,07 * 10^{-4}$$

$$A_{s,max} = 0,004 * A_c = 0,004 * (1 * 0,45) = 18 * 10^{-4}\text{m}^2$$

$$A_{s,min} = 5,88 * 10^{-4} < A_s = 7,54 * 10^{-4} < A_{s,max} \\ = 18 * 10^{-4}$$

VYHOVUJE

4.2.3.4 KRYTÍ – SMĚR X A Y

Třída prostředí XA2

(Dle Geologického průřezu; příloha č. 2, strana 9)

$$c_{min,dur} = 45\text{mm}$$

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} \\ - \Delta c_{dur,sdd}; 10\text{mm}\}$$

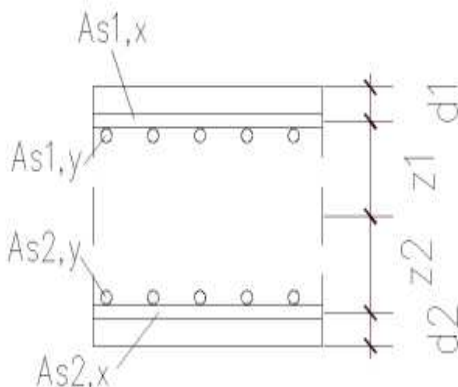
$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; 45\text{mm} + 0 - 0 - 0; 10\text{mm}\} = 45\text{mm}$$

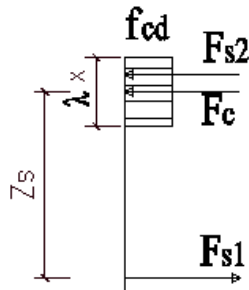
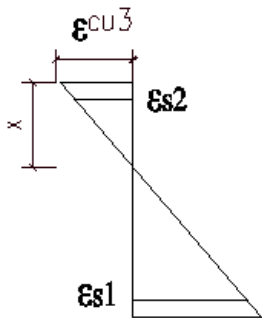
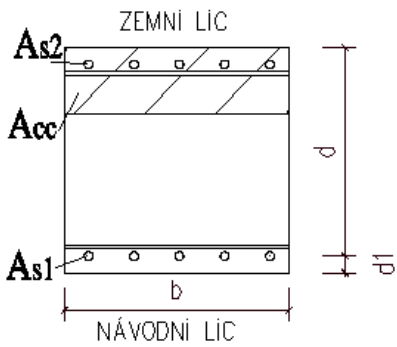
$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 45 + 10 = 55\text{mm}$$

$$d_{1x} = c_{nom} + \frac{\phi}{2} = 61\text{mm} = 0,061\text{m}$$

$$d_x = h - d_{1x} = 0,45 - 0,061 = 0,389\text{m}$$

$$d_y = h - d_{1x} - \phi = 0,45 - 0,061 - 0,012 = 0,377\text{m}$$





4.2.3.5 POSOUZENÍ VE SMĚRU X

1) Poloha neutrálné osy

$$x = \frac{A_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * f_{cd}} = \frac{7,54 * 10^{-4} * 434,783}{1 * 0,8 * 20} = 0,0205m$$

2) Kontrola přetvoření výztuže

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} (d - x) = \frac{3,5\text{‰}}{0,0205} (0,389 - 0,0205) = 62,91\text{‰}$$

$$\varepsilon_s = 62,91\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,17\text{‰}$$

VYHOVUJE

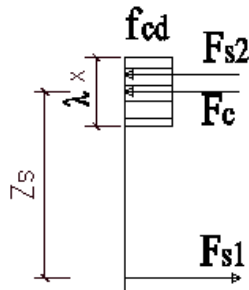
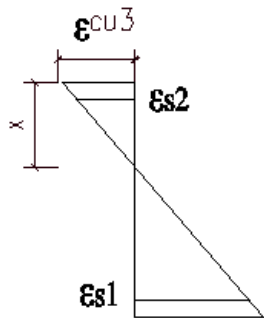
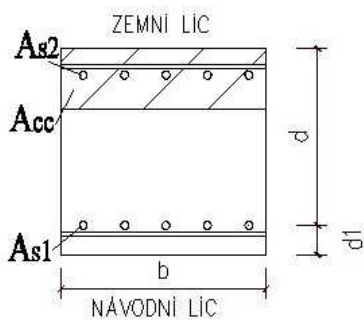
3) Kontrola únosnosti průřezu

$$z_s = d - 0,4 * x = 0,389 - 0,4 * 0,0205 = 0,3808m$$

$$M_{Rd} = A_{s1} * f_{yd} * z_s = 7,54 * 10^{-4} * 434\,783 * 0,3808 = 124,84kNm$$

$$M_{Rd} = 124,84kNm > M_{Ed} = 46,8\,kNm$$

VYHOVUJE



4.2.3.6 POSOUZENÍ VE SMĚRU Y

1) Poloha neutrálné osy

$$x = \frac{A_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * f_{cd}} = \frac{7,54 * 10^{-4} * 434,783}{1 * 0,8 * 20} = 0,0205m$$

2) Kontrola přetvoření výztuže

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} (d - x) = \frac{3,5\text{‰}}{0,0205} (0,377 - 0,0205) = 60,87\text{‰}$$

$$\varepsilon_s = 60,87\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,17\text{‰}$$

VYHOVUJE

3) Kontrola únosnosti průřezu

$$z_s = d - 0,4 * x = 0,377 - 0,4 * 0,0205 = 0,3688m$$

$$M_{Rd} = A_{s1} * f_{yd} * z_s = 7,54 * 10^{-4} * 434\,783 * 0,3688 = 120,9kNm$$

$$M_{Rd} = 120,9kNm > M_{Ed} = 46,8\,kNm$$

VYHOVUJE

4.2.3.7 NÁVRH VÝZTUŽE U ZEMNÍHO LÍCE

1) Odhad parametrů pro $A_{s,req}$

Ø 10

$$d_1 = 0,055 + \frac{\phi}{2} = 0,055 + \frac{0,01}{2} = 0,06m$$

$$d = h - d_1 = 0,45 - 0,06 = 0,39m$$

$$A_{s,req} = b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right)$$

$$\begin{aligned} A_{s,req} &= 1 * 0,39 * \frac{20}{434,783} \\ &\quad * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 6,98}{1 * 0,39^2 * 20 * 10^3}} \right) \\ &= 4,12 * 10^{-5} m^2 \end{aligned}$$

→ navrhuji Ø 12 po 150, z konstrukčních důvodů a z důvodu minimálního vyztužení

$$A_{s2} = 7,54 * 10^{-4} m^2$$

4.2.3.8 KONTROLA VÝZTUŽE

1) Dle vzdálenosti prutů

$$s = 150mm$$

$$\begin{aligned} s_{min} &= \max\{\phi_{s,max}; d_g + 5mm; 20mm\} \\ &= \max\{8; 16 + 5mm; 20mm\} = 21mm \end{aligned}$$

$$s_{max} = \min\{3 * h; 0,4m\} = \min\{1,2m; 0,4m\} = 0,4m$$

$$s_{min} = 21mm < s = 150mm < s_{max} = 400mm$$

VYHOVUJE

2) Dle stupně vyztužení

$$A_s = 7,54 * 10^{-4} m^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 1 * 0,39$$

$$= 5,88 * 10^{-4}$$

$$\geq 0,0013 * b_t * d = 0,0013 * 1 * 0,39 = 5,07 * 10^{-4}$$

$$A_{s,max} = 0,004 * A_c = 0,004 * (1 * 0,45) = 18 * 10^{-4} m^2$$

$$A_{s,min} = 5,88 * 10^{-4} < A_s = 7,54 * 10^{-4} < A_{s,max}$$

$$= 18 * 10^{-4}$$

VYHOVUJE

4.2.3.9 KRYTÍ

Třída prostředí XA2
 (Dle Geologického průzkumu; příloha č. 2, strana 9)

$$c_{min,dur} = 45 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,sdd}; 10\text{mm}\}$$

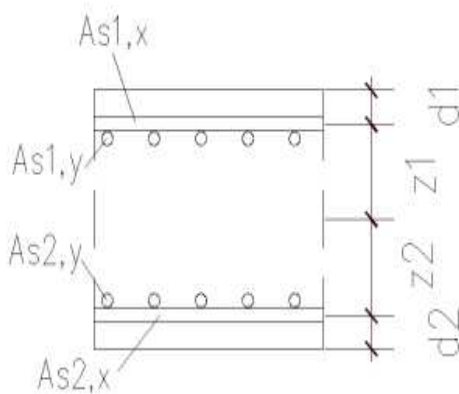
$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; 45\text{mm} + 0 - 0 - 0; 10\text{mm}\} = 45\text{mm}$$

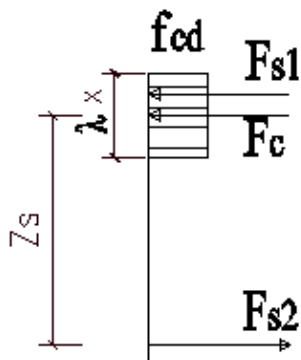
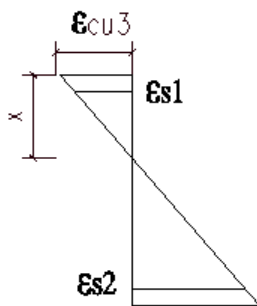
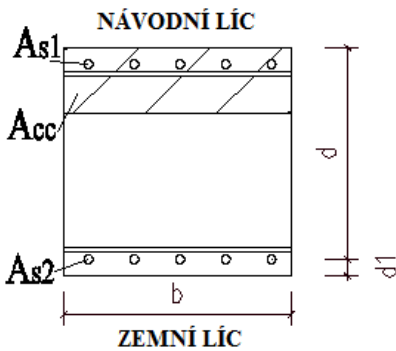
$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 45 + 10 = 55\text{mm}$$

$$d_{1x} = c_{nom} + \frac{\varnothing}{2} = 61\text{mm} = 0,061\text{m}$$

$$d_x = h - d_{1x} = 0,45 - 0,061 = 0,389\text{m}$$

$$d_y = h - d_{1x} - \varnothing = 0,45 - 0,061 - 0,012 = 0,377\text{m}$$





4.2.3.10 POSOUZENÍ VE SMĚRU X

1) Poloha neutrálné osy

$$x = \frac{A_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * f_{cd}} = \frac{7,54 * 10^{-4} * 434,783}{1 * 0,8 * 20} = 0,0205m$$

2) Kontrola přetvoření výztuže

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} (d - x) = \frac{3,5\text{‰}}{0,0205} (0,389 - 0,0205) = 62,91\text{‰}$$

$$\varepsilon_s = 62,91\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,17\text{‰}$$

VYHOVUJE

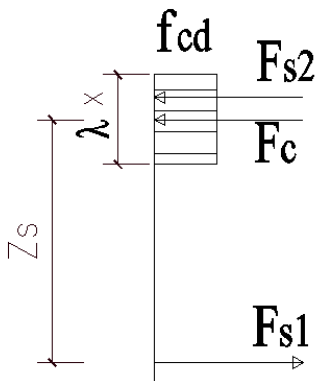
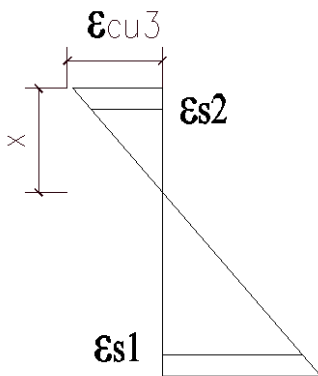
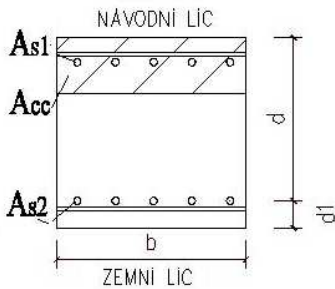
3) Kontrola únosnosti průřezu

$$z_s = d - 0,4 * x = 0,389 - 0,4 * 0,0205 = 0,3808m$$

$$M_{Rd} = A_{s1} * f_{yd} * z_s = 7,54 * 10^{-4} * 434\,783 * 0,3808 = 124,84kNm$$

$$M_{Rd} = 124,84kNm > M_{Ed} = 6,98\,kNm$$

VYHOVUJE



4.2.3.11 POSOUZENÍ VE SMĚRU Y

4) Poloha neutrálné osy

$$x = \frac{A_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * f_{cd}} = \frac{7,54 * 10^{-4} * 434,783}{1 * 0,8 * 20} = 0,0205m$$

5) Kontrola přetvoření výztuže

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} (d - x) = \frac{3,5\text{‰}}{0,0205} (0,377 - 0,0205) = 60,87\text{‰}$$

$$\varepsilon_s = 60,87\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,17\text{‰}$$

VYHOVUJE

6) Kontrola únosnosti průřezu

$$z_s = d - 0,4 * x = 0,377 - 0,4 * 0,0205 = 0,3688m$$

$$M_{Rd} = A_{s1} * f_{yd} * z_s = 7,54 * 10^{-4} * 434\,783 * 0,3688 = 120,9kNm$$

$$M_{Rd} = 120,9kNm > M_{Ed} = 6,98\,kNm$$

VYHOVUJE

4.2.4 DIMENZOVÁNÍ VÝZTUŽE POD STĚNOU

4.2.4.1 VNITŘNÍ SÍLY

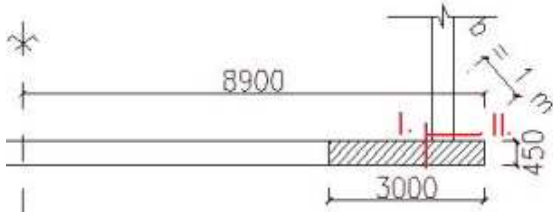
Deska, Kombinace 2, Prázdná a zasypaná, mxD – viz. Příloha ke statickému výpočtu – vnitřní síly, str.25

$$M_{ED} = 144,6 \text{ kNm} \quad \text{řez I.}$$

Stěna, Kombinace 2, Prázdná a zasypaná, vy – viz. Příloha ke statickému výpočtu – vnitřní síly, str.32

$$N_{ED} = 153,28 \text{ kN} \quad \text{řez II.}$$

Momenty ve směru y jsou totožné. Posouzení provedeno znova kvůli rozdílnému krytí.



4.2.4.2 NÁVRH A KONTROLA VÝZTUŽE – SMĚR X

→ navrhuji $\emptyset 12$ po 100, z konstrukčních důvodů pro návaznost výztuže doložením

$$A_{s1} = 11,31 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

1) Kontrola výztuže dle vzdálenosti prutů

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

$$s_{min} = \max\{\emptyset_{s,max}; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}\} \\ = \max\{12; 16 + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}\} = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \min\{3 * h; 0,4 \text{ m}\} = \min\{1,2 \text{ m}; 0,4 \text{ m}\} = 0,4 \text{ m}$$

$$s_{min} = 21 \text{ mm} < s = 100 \text{ mm} < s_{max} = 400 \text{ mm} \\ \text{VYHOVUJE}$$

2) Dle stupně vyztužení

$$A_s = 11,31 * 10^{-4} \text{m}^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 1 * 0,388$$

$$= 5,85 * 10^{-4}$$

$$\geq 0,0013 * b_t * d = 0,0013 * 1 * 0,388 = 5,044 * 10^{-4}$$

$$A_{s,max} = 0,004 * A_c = 0,004 * (1 * 0,45) = 18 * 10^{-4} \text{m}^2$$

$$A_{s,min} = 5,85 * 10^{-4} < A_s = 11,31 * 10^{-4} < A_{s,max} = 18 * 10^{-4}$$

VYHOVUJE

3) Krytí výztuže

Třída prostředí XA2
 (Dle Geologického průzkumu; příloha č. 2, strana 9)

$$c_{min,dur} = 45 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,sdd}; 10\text{mm}\}$$

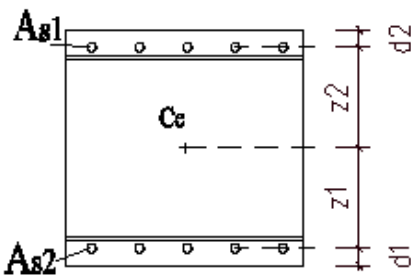
$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; 45\text{mm} + 0 - 0 - 0; 10\text{mm}\} = 45\text{mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 45 + 10 = 55\text{mm}$$

$$d_{1x} = c_{nom} + \frac{\emptyset}{2} = 61\text{mm} = 0,061\text{m}$$

$$d_x = d_y = h - d_{1x} = 0,45 - 0,061 = 0,389\text{m}$$

$$z_1 = z_2 = \frac{h}{2} - d_1 = \frac{0,45}{2} - 0,061 = 0,164 \text{ m}$$



4.2.4.3 POSOUZENÍ PRŮŘEZU NA MIMOSTŘEDNÝ TAH – SMĚR X

$$N_{Rdt,bal} = A_{s1} * f_{yd} = 11,31 * 10^{-4} * 434\,738 \\ = 491,74 \text{ kPa}$$

$$N_{Ed} = 153,28 \text{ kN} < N_{Rdt,bal} = F_{s1} = 491,74$$

→ část průřezu je tlačena, jedná se o tah s působícím
tlačeným betonem – s vlivem tlačené výztuže není (na
stranu bezpečnou) uvažováno.

$$x = \frac{-N_{Ed} + A_{s1} * f_{yd}}{\lambda * b * f_{cd}} = \frac{-153 + 11,31 * 10^{-4} * 434\,783}{0,8 * 1 * 20 * 10^3} \\ = 0,02115 \text{ m} < (d_2 = 0,061 \text{ m})$$

→ tzn., že horní výztuž je stejně mimo tlačenou oblast

$$M_{Rd} = \lambda * x * b * f_{cd} * 0,5 * (h - x) + A_{s1} * f_{yd} * z_1$$

$$M_{Rd} = 0,8 * 0,02115 * 1 * 20 * 10^3 * 0,5 \\ * (0,45 - 0,02115) + 11,31 * 10^{-4} \\ * 434\,783 * 0,164 = 153,2 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 153,2 \text{ kNm} > M_{Ed} = 144,6 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

4.2.4.4 NÁVRH A KONTROLA VÝZTUŽE – SMĚR Y

→ navrhují Ø 12 po 100, z konstrukčních důvodů pro návaznost výztuže doložením

$$A_{s1} = 11,31 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

1) Kontrola výztuže dle vzdálenosti prutů

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

$$s_{min} = \max\{\phi_{s,max}; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}\} \\ = \max\{12; 16 + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}\} = 21 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \min\{3 * h; 0,4 \text{ m}\} = \min\{1,2 \text{ m}; 0,4 \text{ m}\} = 0,4 \text{ m}$$

$$s_{min} = 21 \text{ mm} < s = 100 \text{ mm} < s_{max} = 400 \text{ mm} \\ \text{VYHOVUJE}$$

2) Dle stupně vyztužení

$$A_s = 11,31 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

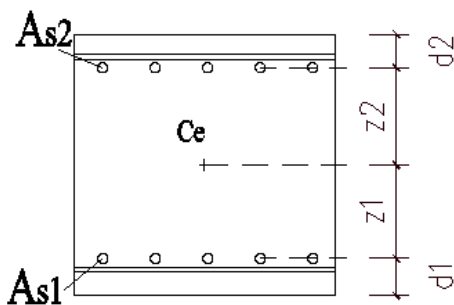
$$A_{s,min} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_t * d = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 1 * 0,377 \\ = 5,85 * 10^{-4}$$

$$\geq 0,0013 * b_t * d = 0,0013 * 1 * 0,377 = 4,901 * 10^{-4}$$

$$A_{s,max} = 0,004 * A_c = 0,004 * (1 * 0,45) = 18 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 4,901 * 10^{-4} < A_s = 11,31 * 10^{-4} < A_{s,max} \\ = 18 * 10^{-4}$$

VYHOVUJE



3) Krytí výztuže

Třída prostředí XA2
 (Dle Geologického průzkumu; příloha č. 2, strana 9)

$$c_{min,dur} = 45 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,sdd}; 10\text{mm}\}$$

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; 45\text{mm} + 0 - 0 - 0; 10\text{mm}\} = 45\text{mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 45 + 10 = 55\text{mm}$$

$$d_{1x} = c_{nom} + \phi + \frac{\phi}{2} = 73\text{mm} = 0,073\text{m}$$

$$d_x = d_y = h - d_{1x} = 0,45 - 0,073 = 0,377\text{m}$$

$$z_1 = z_2 = \frac{h}{2} - d_1 = \frac{0,45}{2} - 0,073 = 0,152 \text{ m}$$

4.2.4.5 POSOUZENÍ PRŮŘEZU NA MIMOSTŘEDNÝ TAH – SMĚR Y

$$N_{Rdt,bal} = A_{s1} * f_{yd} = 11,31 * 10^{-4} * 434\,738 = 491,74 \text{ kPa}$$

$$N_{Ed} = 153,28\text{kN} < N_{Rdt,bal} = F_{s1} = 491,74$$

→ část průřezu je tlačena, jedná se o tah s působícím tlačným betonem – s vlivem tlačené výztuže není (na stranu bezpečnou) uvažováno.

$$x = \frac{-N_{Ed} + A_{s1} * f_{yd}}{\lambda * b * f_{cd}} = \frac{-153 + 11,31 * 10^{-4} * 434\,783}{0,8 * 1 * 20 * 10^3} = 0,02115\text{m} < (d_2 = 0,073\text{m})$$

→ tzn., že horní výztuž je stejně mimo tlačnou oblast

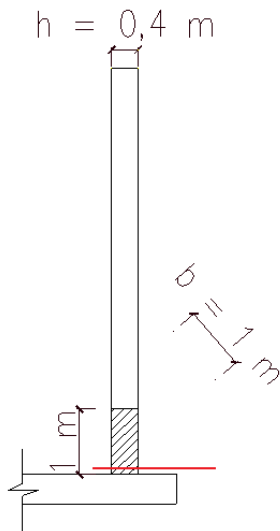
$$M_{Rd} = \lambda * x * b * f_{cd} * 0,5 * (h - x) + A_{s1} * f_{yd} * z_1$$

$$M_{Rd} = 0,8 * 0,02115 * 1 * 20 * 10^3 * 0,5 \\ * (0,45 - 0,02115) + 11,31 * 10^{-4} \\ * 434\,783 * 0,152 = 153,2 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 147,3 \text{ kNm} > M_{Ed} = 144,6 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

5. VARIANTA č.2 – PŘITÍŽENÍ BLÍZKOU BUDOVOU (KOMBINACE 5)



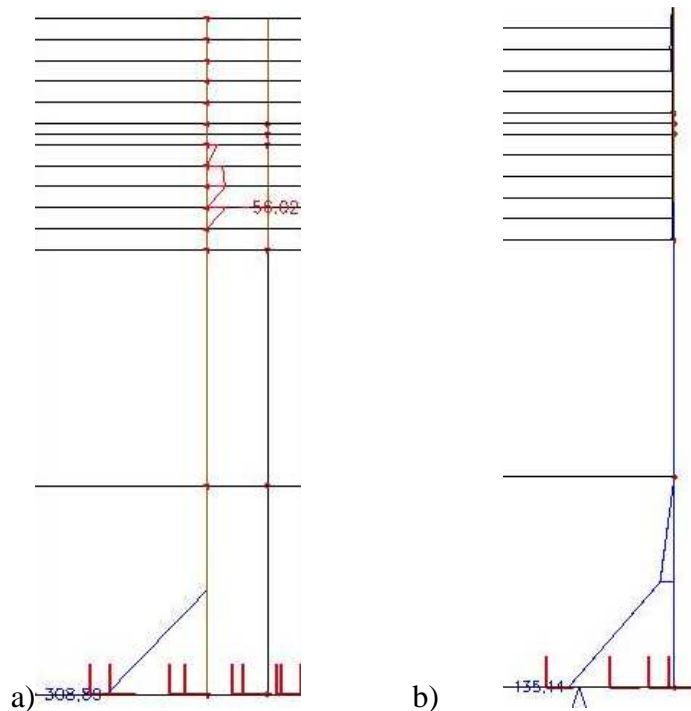
5.1 POSOUZENÍ NA I. MSU – POROVNÁNÍ VARIANT VYBRANÝCH KOMBINACÍ

5.1.1 DIMENZOVÁNÍ VÝZTUŽE VE SVISLÉM SMĚRU; $h = 0,0 \sim 1,0$ m

5.1.1.1 VNITŘNÍ SÍLY

Kombinace 5, $m_y D$ – viz. Příloha ke statickému výpočtu –
vnitřní síly; str.30

$$M_y D = 308,89 \text{ kNm}$$



Obr.5.1.1 – srovnání vnitřních sil; a)Kombinace 5;
b)Kombinace 2

- Posouzení na MSÚ viz. 4.1.3; Navrhuji $\text{Ø}18/100$ mm

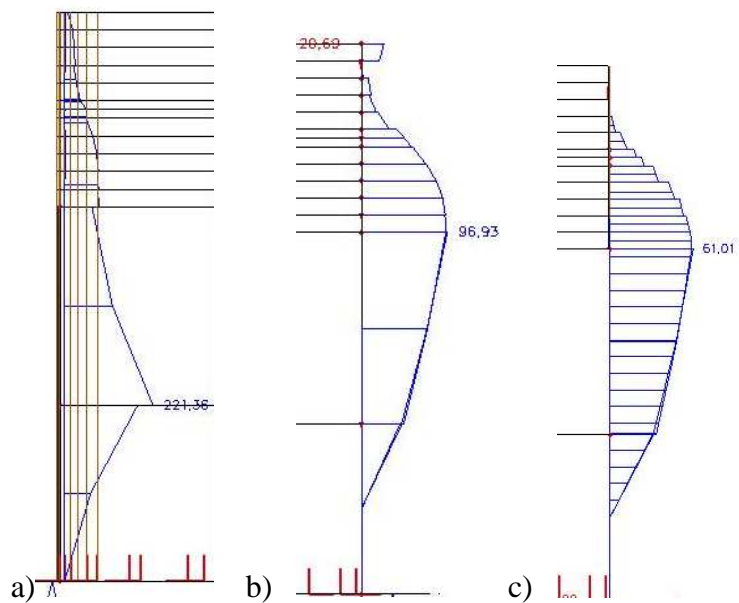
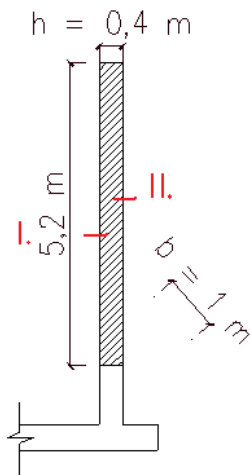
Pro variantu b) byla navržena výztuž $\text{Ø}14/150$ mm
viz.4.1.3(upravena na $\text{Ø}12/100$)

5.1.2 DIMENZOVÁNÍ VÝZTUŽE VE SVISLÉM SMĚRU; $h = 1,0 \sim 6,2 \text{ m}$

5.1.2.1 VNITŘNÍ SÍLY

Kombinace 5, m_yD – viz. Příloha ke statickému výpočtu – vnitřní síly; str.15

$$M_yD = 221,36 \text{ kNm} .$$



Obr.5.1.2 – srovnání vnitřních sil; a) Kombinace 5; b) Kombinace 5 – nezátížená strana; c) Kombinace 2

- Posouzení na MSÚ viz. 4.1.4; Navrhují $\text{Ø}16/100 \text{ mm}$ na přitížené straně a $\text{Ø}10/100 \text{ mm}$ na nezátížené straně, místo původního návrhu pro variantu c), kde byla navržena výztuž $\text{Ø}10/150 \text{ mm}$ viz.4.1.4

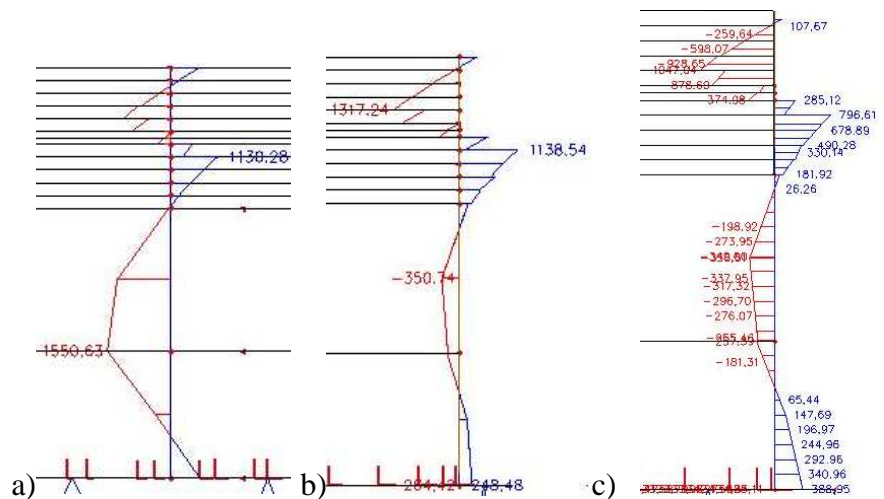
5.1.3 DIMENZOVÁNÍ VÝZTUŽE VE VODOROVNÉM SMĚRU;

5.1.3.1 VNITŘNÍ SÍLY

Kombinace 5, n_x – viz. Příloha ke statickému výpočtu – vnitřní síly; str.17

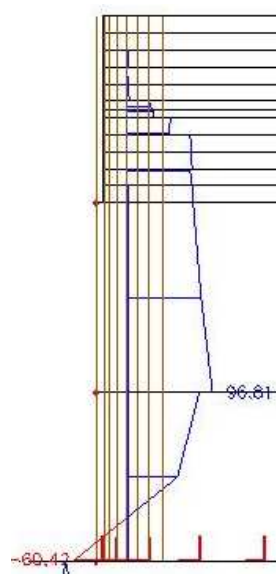
$$N_x = -1550 \text{ kN}$$

a)



Obr.5.1.3 – srovnání vnitřních sil; a) Kombinace 5-zatížená strana; b) Kombinace 5 – nezatížená strana; c) Kombinace 2

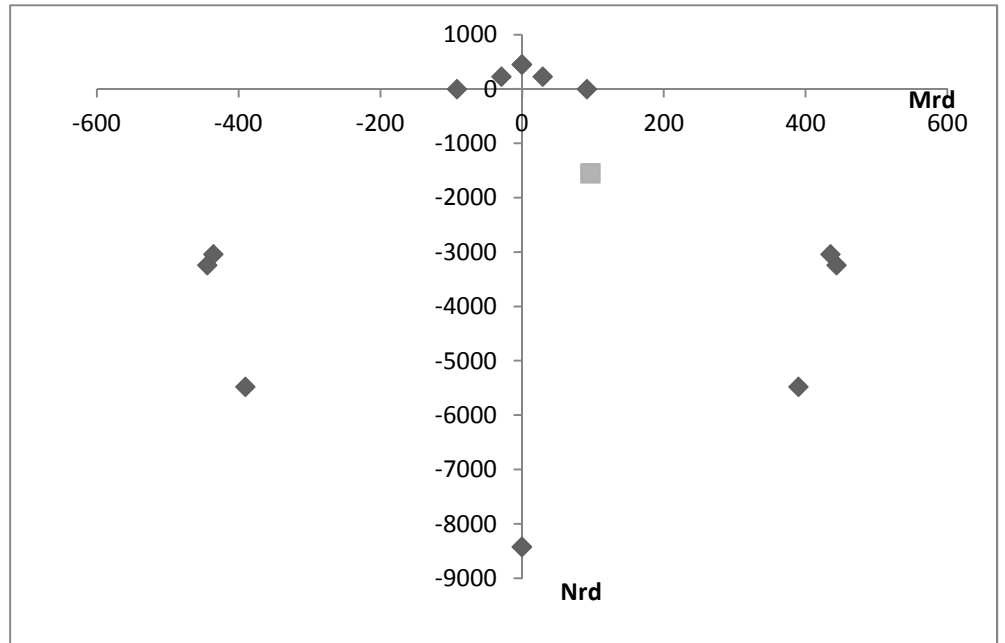
- V obrázku a) je vidět velké tlakové namáhání, pětikrát větší, než bylo bez přetížení; také vzniká větší tah v patě stěny – 701kN



Obr.5.1.3b) - Kombinace 5

$$M_{xD} = 96,81 \text{ kNm}$$

- Posouzení na MSÚ viz. 4.1.5.3 – interační diagram pro kombinaci tlakového namáhání a ohybu v jedné třetině od spodního okraje

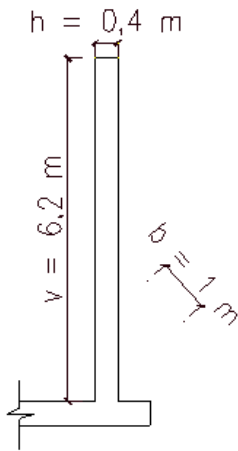


Interační diagram; vyhověla výztuž již navrhnutá v předchozí variantě na MSÚ – Ø10/150

- Posouzení na MSÚ viz. 4.1.6.2 - pro velké tahové namáhání
Navržen Ø12/150, místo Ø10/150

5.1.4 CELKOVÉ POROVNÁNÍ VARIANT - STĚNA

Vzhledem k tomu, že porovnávám pouze MSÚ a to jen ve vybraných případech, mohu říci pouze orientačně, že vyztužení stěny se navýší řádově o 2-6 mm v průměru, což někde činí až 4x větší plochu vyztužení.



6. POSOUZENÍ NA MSP

(DLE ČSN EN 1992-1-1 A DLE ČSN EN 1992 - 3)

6.1 STĚNA

6.1.1 GEOMETRIE

tloušťka $h = 0,4 \text{ m}$
výška $v = 6,2 \text{ m}$
šířka (pro posouzení) $b = 1 \text{ m}$

6.1.2 MATERIÁL

BETON

C 30/37

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

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

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

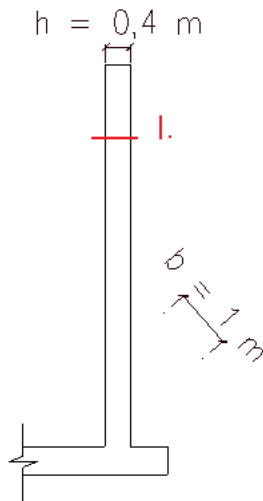
OCEL

B500B

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

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

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32} = 6,25$$



6.1.3 POSOUZENÍ PRŮŘEZU NA VZNIK TRHLIN – VÝZTUŽ VE VODOROVNÉM SMĚRU

Posouzení ve vodorovném směru, kde má průřez převážně taženou vodorovnou výztuž. Výpočet je proveden na prostý tah.

6.1.3.1 VNITŘNÍ SÍLY

Kombinace 3, n_x – viz. Příloha ke statickému výpočtu – vnitřní síly; str.11

$$N_x = 370,95 \text{ kN} \quad \text{řez I.}$$

6.1.3.2 POSOUZENÍ BEZ PŘÍMÉHO VÝPOČTU

Dle ČSN EN 1992-3, NA.2.1, článek 7.3.1

Max. šířka trhliny $w_k = 0,15 \text{ mm}$

1) NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI PŘI VZNIKU TRHLIN

$$A_{s,min} = 57,44 * 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \text{viz.4.1.5.2}$$

$$A_{ct} = b * h = 1 * 0,4 = 0,4 \text{ m}^2 \quad \text{celý průřez tlačěn}$$

- Čas prvních trhlin – od smršťování; čas 3 dny

$$\begin{aligned} \beta_{cc}(t) &= \exp \left\{ s * \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0,5} \right] \right\} \\ &= \exp \left\{ 0,2 * \left[1 - \left(\frac{28}{3} \right)^{0,5} \right] \right\} = 0,6629 \end{aligned}$$

$$f_{ct,eff} = \beta_{cc}(t) * f_{ctm} = 1,922 \text{ MPa}$$

$$k = 0,93$$

$$k_c = 1,0$$

k - interpolací dle
ČSN EN 1992-1-1;
7.3.2 (7.1),

$$\sigma_s = \frac{k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct}}{A_{s,min}} = \frac{1 * 0,93 * 1,922 * 0,4}{57,44 * 10^{-4}} \\ = 124,52 < f_{yk} = 500$$

VYHOVUJE

-Max. upravený průměr prutu:

$$\varnothing_s = 16 \text{ mm}$$

$$h_{cr} = 0,4 \text{ m}$$

$$(h - d) = d_1 = 0,075$$

-Max. tabulkový průměr prutu dle 7.122 dle ČSN EN 1992-3 NA.2.1:

$$\varnothing_s^* = \varnothing_s * \frac{2,9 * 10 * (h - d)}{f_{ct,eff} * k_c * h_{cr}} = 10 * \frac{2,9 * 10 * 0,075}{1,922 * 1 * 0,4} \\ = 45,2 \text{ mm}$$

- Napětí dle grafu 7.103N dle ČSN EN 1992-3 NA.2.1

$$\sigma_s = 118 \text{ MPa} < 124,52 \text{ MPa}$$

NEVYHOVUJE, JE NUTNÝ PŘÍMÝ VÝPOČET

6.1.3.3 POSOUZENÍ S PŘÍMÝM VÝPOČTEM

$$k_t = 0,4$$

$$k_1 = 0,8$$

$$k_2 = 1$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32} = 6,25$$

$$c = 0,055$$

$$h_{c,eff} = \min \begin{cases} 2,5 * (h - d) \\ (h - x)/3 \\ h/2 \end{cases} = \min \begin{cases} 2,5 * 0,075 \\ (0,4 - 0)/3 \\ 0,4/2 \end{cases}$$

$$= \begin{cases} 0,1875 \\ 0,133333 \\ 0,2 \end{cases} = 0,133333$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{b * h_{c,eff}} = \frac{57,44 * 10^{-4}}{1 * 0,133333} = 0,04308$$

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

$$w_k = \left(k_3 * c + k_1 * k_2 * k_4 * \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \right) * \frac{1}{E_s}$$

$$* \left[\sigma_s - k_t * \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) \right]$$

$$w_k = \left(3,4 * 0,055 + 0,8 * 1 * 0,425 * \frac{0,016}{0,043} \right) * \frac{1}{200 * 10^3}$$

$$* \left[124,52 - 0,4 * \frac{1,922}{0,043} \right]$$

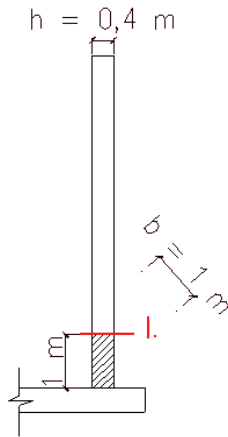
$$* (1 + 6,25 * 0,043)$$

$$w_k = 0,0001499m = 0,1499mm < w_{lim} = 0,15mm$$

VYHOVUJE

6.1.4 POSOUZENÍ PRŮŘEZU NA VZNIK TRHLIN – DOLNÍ VÝZTUŽ VE SVISLÉM SMĚRU

Výpočet je proveden na kombinaci ohybu a normálové síly



6.1.4.1 VNITŘNÍ SÍLY

Kombinace 4, n_y – viz. Příloha ke statickému výpočtu –
 vnitřní síly; str.14

$$N_y = -37,59 \text{ kN} \quad \text{řez I.}$$

Dle ČSN EN 1992-3, NA.2.1, článek 7.3.1

Max. šířka trhliny $w_k = 0,15 \text{ mm}$

6.1.4.2 NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI PŘI VZNIKU TRHLIN

1) Minimální plocha výztuže

$$A_{s,min} = 22,62 * 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \text{Ø12 po 100mm}$$

2) Tažená oblast těsně před vznikem první trhliny – pružné chování

- Podmínka rovnováhy:

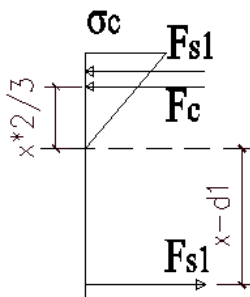
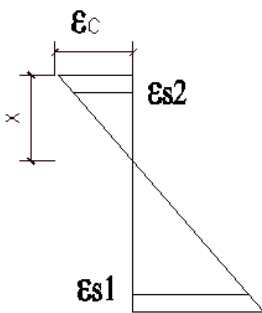
$$\frac{\varepsilon_c}{x} = \frac{\varepsilon_{s2}}{x - d_2} = \frac{\varepsilon_{s1}}{d_1 - x}$$

- Silová podmínka:

$$F_{cc} + F_{s2} = F_{s1}$$

$$\frac{E_{cm} * \varepsilon_c * A_{cc}}{2} + E_s * \varepsilon_{s2} * A_{s2} = E_s * \varepsilon_{s2} * A_{s2}$$

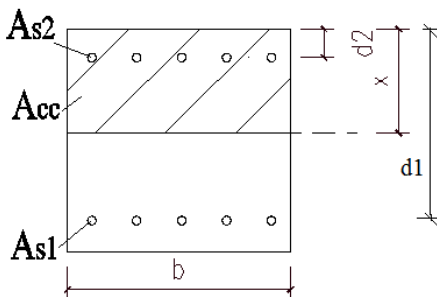
$$\frac{E_{cm} * \varepsilon_c * x * b}{2} + \frac{E_s * \varepsilon_c * (x - d_2) * A_{s2}}{x} = \frac{E_s * \varepsilon_c * (d_1 - x) * A_{s1}}{x}$$



$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32} = 6,25$$

$$x_{1/2} = \frac{-\alpha_E * (A_{s1} + A_{s2})}{b} \mp \sqrt{\frac{\alpha_E^2 * (A_{s1} + A_{s2})^2}{b^2} + \frac{2 * \alpha_E * (d_1 A_{s1} + d_2 A_{s2})}{b}}$$

$$x_i = \frac{-6,25 * (22,6 * 10^{-4})}{1} + \sqrt{\frac{6,25^2 * (0,00226)^2}{1^2} + \frac{2 * 6,25 * (0,00226 * 0,339 + 0,061 * 0,00226)}{1}}$$



$$x_i = 0,06238 \text{ m}$$

$$A_{ct} = A_c - A_{cc} = h * b - x_i * b = 0,4 * 1 - 0,06238 * 1 = 0,33762 \text{ m}$$

- Jednotliví součinitelé

$$k = 0,93$$

$$\sigma_c = \frac{N_{Ed}}{b * h} = \frac{0,03759}{1 * 0,4} = 0,0925$$

$$k_1 = 1,5$$

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

$$\frac{h}{h^*} = \frac{0,4}{0,4} = 1$$

$$k_c = 0,4 * \left[1 - \frac{\sigma_c}{k_1 * \frac{h}{h^*} * f_{ct,eff}} \right] = 0,4 * \left[1 - \frac{0,0925}{1,5 * 1 * 2,9} \right] = 0,391 \leq 1$$

VYHOVUJE

$$\sigma_s = \frac{k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct}}{A_{s,min}} = \frac{0,391 * 0,93 * 2,9 * 0,4}{22,62 * 10^{-4}} = 156,99 < f_{yk} = 500$$

VYHOVUJE

k - interpolací dle
 ČSN EN 1992-1-1;
 7.3.2 (7.1),

6.1.4.3 POSOUZENÍ S PŘÍMÝM VÝPOČTEM

$$k_t = 0,4$$

$$k_1 = 0,8$$

$$k_2 = 0,5$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32} = 6,25$$

$$c = 0,055$$

$$h_{c,eff} = \min \begin{cases} 2,5 * (h - d) \\ (h - x)/3 \\ h/2 \end{cases} = \min \begin{cases} 2,5 * 0,061 \\ (0,4 - 0,06238)/3 \\ 0,4/2 \end{cases} \\ = \begin{cases} 0,1875 \\ 0,11254 \\ 0,2 \end{cases} = 0,11254$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{b * h_{c,eff}} = \frac{22,62 * 10^{-4}}{1 * 0,11254} = 0,020099$$

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

$$w_k = \left(k_3 * c + k_1 * k_2 * k_4 * \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \right) * \frac{1}{E_s} \\ * \left[\sigma_s - k_t * \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) \right]$$

$$w_k = \left(3,4 * 0,055 + 0,8 * 0,5 * 0,425 * \frac{0,012}{0,02} \right) \\ * \frac{1}{200 * 10^3} \\ * \left[156,99 - 0,4 * \frac{2,9}{0,02} * (1 + 6,25 * 0,02) \right]$$

$$w_k = 0,000133m = 0,133mm < w_{lim} = 0,15mm$$

VYHOVUJE

7. KOTVENÍ (DLE ČSN 1992-1-1)**7.1 STĚNA****7.1.1 KOTVENÍ VÝZTUŽE, STYKOVÁNÍ PŘESAHEM**

7.1.1.1 SVISLÁ VÝZTUŽ – Ø12

1) Mezní napětí v soudržnosti

$$f_{cta} = \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = \frac{2,0}{1,5} = 1,33 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1,0$$

$$\eta_2 = 1,0$$

$$f_{bd} = 2,25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{cta} = 2,25 * 1 * 1 * 1,33 = 3 \text{ MPa}$$

2) Základní kotevní délka

$$\sigma_{sd} = f_{yd} = 434,783 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\emptyset * \sigma_{sd}}{4 * f_{bd}} = \frac{12 * 434,783}{4 * 3} = 434,783 \text{ mm}$$

3) Minimální kotevní délka

$$l_{b,min} > \max(0,3 * l_{b,rqd}; 10 * \emptyset; 100\text{mm})$$

$$l_{b,min} > \max(0,3 * 434,783; 10 * 12; 100\text{mm})$$

$$l_{b,min} > \max(130,43; 120; 100\text{mm}) = 130,43 \text{ mm}$$

4) Návrhová kotevní délka

$$c_d = \min\left(\frac{a}{2}; c_1; c\right) = \min\left(\frac{140}{2}; 55; 55\right) = 55\text{mm}$$

$$c_d = 55 > 3 * \emptyset = 3 * 12 = 36 \rightarrow \alpha_2 = 0,7$$

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

$$l_{bd} = 1 * 0,7 * 1 * 1 * 1 * 434,783 \geq 130,43$$

$$l_{bd} = 304,34 \geq 130,43 \rightarrow l_{bd} = 310 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 1,0$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

5) Stykování výztuže přesahem

- Stykováno 50% výztuže v jednom místě

$$\alpha_6 = (\rho_1/25)^{0,5} = (50/25)^{0,5} = 1,41$$

$$l_{0,min} = \max(0,3 * \alpha_6 * l_{b,rqd}; 15 * \varnothing; 200mm)$$

$$l_{0,min} = \max(0,3 * 1,41 * 434,783 ; 15 * 12; 200mm)$$

$$l_{0,min} = \max(183,9; 180; 200mm) = 200 mm$$

- Návrhová délka přesahu

$$l_0 = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_5 * \alpha_6 * l_{b,rqd} * \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \geq l_{0,min}$$

$$l_0 = 1 * 1 * 1 * 1 * 1,41 * 434,783 * 1 \geq 200 mm$$

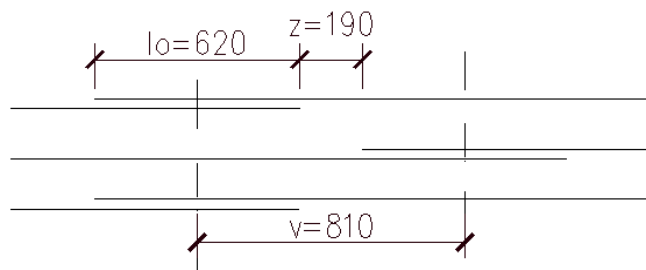
$$l_0 = 613 \geq 200 mm \rightarrow l_{od} = 620 mm$$

- Vzdálenost středů přesahů v:

$$v = 1,3 * l_{od} = 1,3 * 620 = 806 \rightarrow v = 810 mm$$

- Vzdálenost mezi jednotlivými styky z:

$$z = v - l_{od} = 810 - 620 = 190mm$$



Min. vzdálenosti a délky přesahů.

7.1.1.2 VODOROVNÁ VÝZTUŽ – Ø16

1) Mezní napětí v soudržnosti

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = \frac{2,0}{1,5} = 1,33 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1,0$$

$$\eta_2 = 1,0$$

$$f_{bd} = 2,25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd} = 2,25 * 1 * 1 * 1,33 = 3 \text{ MPa}$$

2) Základní kotevní délka

$$\sigma_{sd} = f_{yd} = 434,783 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\varnothing * \sigma_{sd}}{4 * f_{bd}} = \frac{16 * 434,783}{4 * 3} = 579,7 \text{ mm}$$

3) Minimální kotevní délka

$$l_{b,min} > \max(0,3 * l_{b,rqd}; 10 * \varnothing; 100\text{mm})$$

$$l_{b,min} > \max(0,3 * 579,7; 10 * 16; 100\text{mm})$$

$$l_{b,min} > \max(104,35; 160; 100\text{mm}) = 160 \text{ mm}$$

4) Návrhová kotevní délka

$$c_d = \min\left(\frac{a}{2}; c_1; c\right) = \min\left(\frac{140}{2}; 55; 55\right) = 55\text{mm}$$

$$c_d = 55 > 3 * \varnothing = 3 * 16 = 48 \rightarrow \alpha_2 = 0,7$$

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

$$l_{bd} = 1 * 0,7 * 1 * 1 * 1 * 579,7 \geq 160$$

$$l_{bd} = 405,79 \geq 160 \rightarrow l_{bd} = 410 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0$$

$$\alpha_4 = 1,0$$

$$\alpha_5 = 1,0$$

5) Stykování výztuže přesahem

- Stykováno 50% výztuže v jednom místě

$$\alpha_6 = (\rho_1/25)^{0,5} = (50/25)^{0,5} = 1,41$$

$$l_{0,min} = \max(0,3 * \alpha_6 * l_{b,rqd}; 15 * \varnothing; 200mm)$$

$$l_{0,min} = \max(0,3 * 1,41 * 579,7 ; 15 * 16; 200mm)$$

$$l_{0,min} = \max(245,2; 240; 200mm) = 245,2 \text{ mm}$$

- Návrhová délka přesahu

$$l_0 = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_5 * \alpha_6 * l_{b,rqd} * \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \geq l_{0,min}$$

$$l_0 = 1 * 1 * 1 * 1 * 1,41 * 579,7 * 1 \geq 245,2 \text{ mm}$$

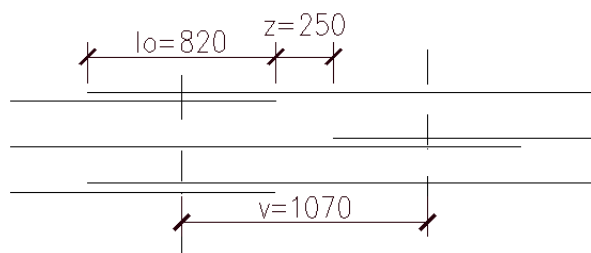
$$l_0 = 817,4 \geq 245,2 \text{ mm} \rightarrow l_{0d} = 820 \text{ mm}$$

- Vzdálenost středů přesahů v:

$$v = 1,3 * l_{0d} = 1,3 * 820 = 1066 \rightarrow v = 1070 \text{ mm}$$

- Vzdálenost mezi jednotlivými styky z:

$$z = v - l_{0d} = 1070 - 820 = 250mm$$



Min. vzdálenosti a délky přesahů

7.2 DESKA

7.2.1 KOTVENÍ VÝZTUŽE, STYKOVÁNÍ PŘESAHEM

7.2.1.1 VÝZTUŽ – Ø12

- Viz. 7.1.1.2

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= 1,0 \\ \alpha_2 &= 1,0 \\ \alpha_3 &= 1,0 \\ \alpha_5 &= 1,0\end{aligned}$$

8. POSOUZENÍ ZÁKLADOVÉ PŮDY (DLE ČSN 73 1001)

8.1 POSOUZENÍ NA I. MSU

Dle Geologického průzkumu str.9, odstavec Únosnost základových půd, je únosnost základové půdy stanovena na 150 kPa vzhledem k hloubce založení a vlivu podzemní vody.

$$R_{dt} = 150 \text{ kPa}$$

8.1.1 PLOCHA ZÁKLADU

$$A_c = \pi * r^2 = \pi * 17,8^2 = 995,38 \text{ m}^2$$

8.1.2 ZATÍŽENÍ VLASTNÍ TÍHOU KONSTRUKCE, ZEMINOU A NÁPLNÍ

ČÁST	OBJEM [m ³]	OBJEM. HMOTNOST [kN/m ³]	HMOTNOST m [kN]
Stěna	504,87	25	12 622
Deska	447,92	25	11 198
Náplň	4078,19	10	40 782
Zemina	648,42	20	12 968
		Σ	77 570

8.1.3 KONTAKTNÍ NAPĚTÍ

$$\sigma_{de} = \frac{\sum m * \gamma_z}{A_c} = \frac{77 570 * 1,35}{995,38} = 105,2 \text{ kPa}$$

$$R_{dt} = 150 \text{ kPa} > \sigma_{de} = 105,2 \text{ kPa}$$

VYHOVUJE

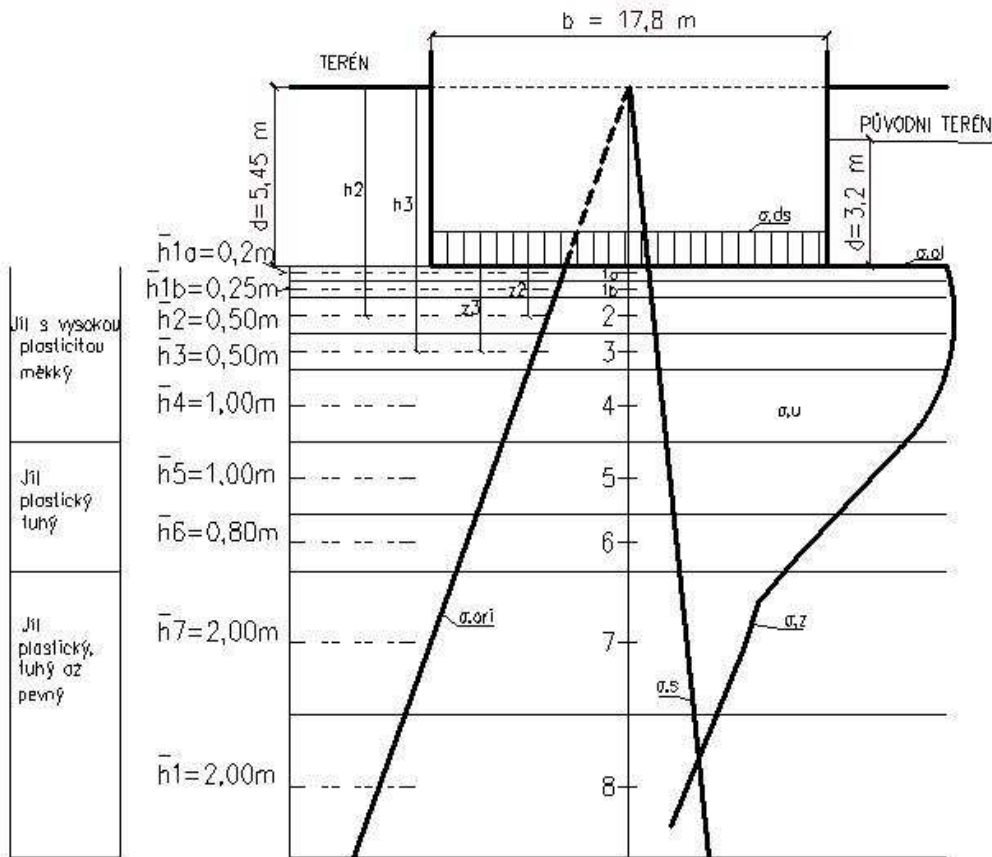
8.2 POSOUZENÍ NA MSP - SEDÁNÍ

$$\sigma_{ds} = \sigma_{de} = 105,2 \text{ kPa}$$

$$d_{p\u00fav} = 3,2 \text{ m}$$

$$d = 5,45 \text{ m}$$

$$\sigma_{ol} = \sigma_{ds} - \gamma * d_{p\u00fav} = 105,2 - 19,2 * 3,2 = 43,77$$



Obr.8.2: Teoretický průběh napětí v zemině a rozložení do vrstev

κ_1 – dle grafu pro vliv hloubky založení

$$z_{r1} = \kappa_1 * z - \text{Náhradní hloubka } z_{r1}$$

$$b = 17,8 \text{ m}$$

$I5_{(A1)}$ – dle grafu pro sedání uprostřed

$I5_{(A3)}$ – dle grafu pro sedání na kraji

$$\sigma_z = \sigma_{ol} * I5$$

$$\sigma_{OR} = \gamma * h - \text{původní}$$

$m = 0,2$ – dle tab. pro hodnoty opravného souč. m

$$E_{oed} = \frac{E_{def}}{\beta}; \quad \beta = 1 - \frac{2 * \nu^2}{1 - \nu}$$

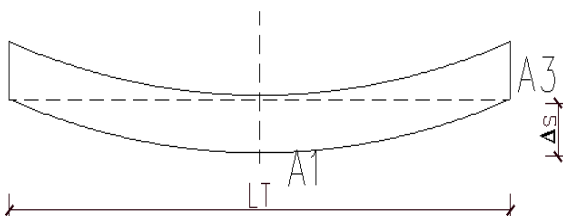
- E_{def} a ν dle Geologického průzkumu; Sonda HJ1

Čistička odpadních vod
 Statický výpočet
 Bc. Anna Rozsypalová

BOD	z [m]	d/z	κ_1	$zr_1 = \kappa_1 * z$	zr/b	I5 (A1)	I5 (A3)	σ_z (A1)	σ_z (A3)	γ_i	h_i
1a	0,1	54,5	1,53	0,153	0,01	1	0,5	43,77	21,88275	17,5	5,55
1b	0,325	16,77	1,53	0,49725	0,03	1	0,49	43,77	21,4451	17,5	5,775
2	0,7	7,786	1,52	1,064	0,06	0,99	0,47	43,33	20,56979	17,5	6,15
3	1,2	4,542	1,5	1,8	0,1	0,75	0,35	32,82	15,31793	17,5	6,65
4	1,95	2,795	1,475	2,87625	0,16	0,6	0,315	26,26	13,78613	17,5	7,4
5	2,95	1,847	1,425	4,20375	0,24	0,49	0,26	21,45	11,37903	18,6	8,4
6	3,85	1,416	1,4	5,39	0,3	0,34	0,22	14,88	9,62841	18,6	9,3
7	5,25	1,038	1,35	7,0875	0,4	0,33	0,21	14,44	9,190755	19,4	10,7
8	7,25	0,752	1,3	9,425	0,53	0,29	0,19	12,69	8,315445	19,4	12,7

Tabulka výpočtu sedání; předpokládaný počet vrstev byl 8,
 ovšem sedání po první vrstvě (zdvojené) již nepokračuje.

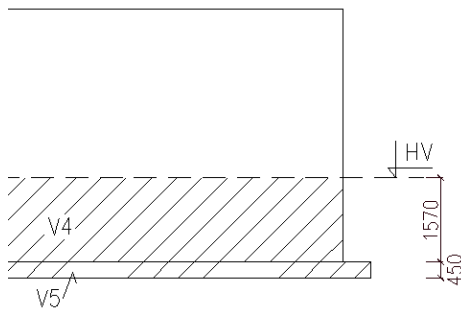
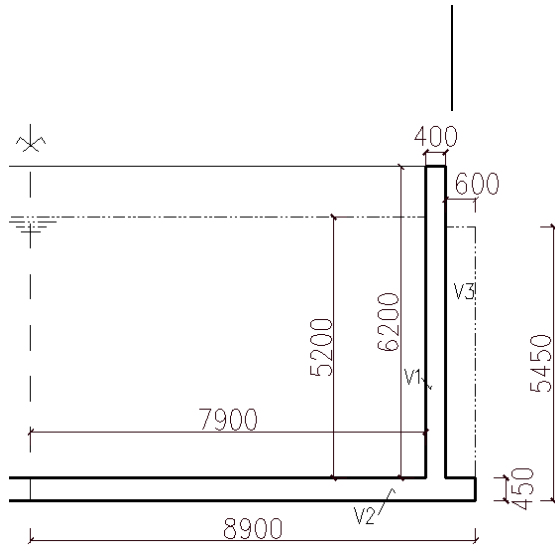
σ_{or}	$m * \sigma_{or}$	Edef	ν	β	Eoed	Δs (A1)	Δs (A3)	σ_u (A1)	σ_u (A3)
163,4	32,673	2000	0,4	0,47	4285,7	0,0144	-0,014	11,09	-10,8
264,4	52,886	2000	0,4	0,47	4285,7	-0,012	-0,042	-9,12	-31,4
372,1	74,411	2000	0,4	0,47	4285,7	-0,045	-0,077	-31,08	-53,8
488,4	97,686	2000	0,4	0,47	4285,7	-0,101	-0,128	-64,86	-82,4
617,9	123,59	2000	0,4	0,47	4285,7	-0,168	-0,19	-97,33	-110
774,2	154,83	4000	0,42	0,39	10211	-0,11	-0,118	-133,4	-143
947,1	189,43	4000	0,42	0,39	10211	-0,159	-0,164	-174,5	-180
1155	230,95	6000	0,42	0,39	15317	-0,151	-0,155	-216,5	-222
1401	280,22	6000	0,42	0,39	15317	-0,222	-0,225	-267,5	-272
					Σ	0,0144	0		



$$\Delta s = \Delta s_{A1} - \Delta s_{A3} = 0,0144 - 0 = 0,0144m$$

$$\frac{\Delta s}{L_T} = \frac{0,0144}{17,8} = 0,0008 < 0,002$$

VYHOVUJE



8.3 POSOUZENÍ NA VYPLAVÁNÍ

- TÍHA PRÁZDNÉ NÁDRŽE

$$V_1 = \pi * (8,3^2 - 7,9^2) * 6,2 = 126,2m^3$$

$$V_2 = \pi * 8,9^2 * 0,45 = 111,98m^3$$

$$g_n = 25 * (V_1 + V_2) = 25 * (126,2 + 111,98) = 5954,5kN$$

- TÍHA ZEMINY NA OKRAJÍCH

$$V_3 = \pi * (8,9^2 - 8,3^2) * 5 = 162,1m^3$$

$$\gamma = \gamma_{prům} - \gamma_v = 20,7 - 10 = 10,7 kN/m^3$$

$$g_z = \gamma * V_3 = 10,7 * 162,1 = 1734kN$$

- TÍHA VODY NÁDRŽÍ VYTLAČENÁ

$$V_4 = \pi * 7,9^2 * 1,57 = 307,8m^3$$

$$V_5 = V_2 = 111,98m^3$$

$$g_v = \gamma_v * (V_4 + V_5) = 10 * (307,8 + 111,98) = 4197,8kN$$

- POSOUZENÍ

$$V_d < V_u$$

$$\gamma_u * \gamma_{sit} * \gamma_f * g_v < (g_n + g_z)$$

$$1 * 1 * 1,1 * 4197,8 < (5954,5 + 1734)$$

$$4616,7 < 7688,5$$

VYHOVUJE

Seznam použitých zdrojů

Normy:

- 1) ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení staveb
- 2) ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí – Zatížení sněhem
- 3) ČSN EN 1991-1-5 Zatížení konstrukcí – Zatížení teplotou
- 4) ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – Obecná pravidla pro pozemní stavby
- 5) ČSN EN 1992-3 Navrhování betonových konstrukcí – Nádrže na kapaliny a zásobníky
- 6) ČSN EN 73 1001 Zakládání staveb – Základová půda pod plošnými základy
- 7) ČSN EN 73 0037 Zakládání staveb – Zemní tlak na stavební konstrukce

Literatura:

- 8) Weiglová, K. – Glisníková, V. – Masopust, J.: Mechanika zemin a zakládání staveb; VUT 2003
- 9) Zich, M. – Bažant, Z.: Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky; Akademické nakladatelství CERM, s r.o. 2010
- 10) Štěpánek, P. – Zmek, B.: Prvky betonových konstrukcí, část 2; Studijní opory FAST VUT Brno; 2005
- 11) Štěpánek, P. – Zmek, B.: Prvky betonových konstrukcí, část 3; Studijní opory FAST VUT Brno; 2005
- 12) Fiala, A.: Složitější železobetonové konstrukce; Pokyny pro vyztužování; VUT Brno

Seznam použitých zkratek a symbolů

Ac	průřezová plocha betonu
As	průřezová plocha betonářské výztuže
As,min	minimální plocha betonářské výztuže
As,max	maximální plocha betonářské výztuže
Ec	sečnový modul pružnosti betonu
Ec,eff	účinný modul pružnosti betonu
Es	návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli
I	moment setrvačnosti průřezu
EI	ohybová tuhost
Fd	návrhová hodnota zatížení
Fk	charakteristická hodnota zatížení
L	délka
Ved	návrhová hodnota posouvající síly
b	celková šířka průřezu
a	uložení
Qk	charakteristická hodnota zatížení
d	účinná výška průřezu
fcd	návrhová pevnost betonu v tlaku
fck	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní
fctm	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
fyd	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
fyk	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
h	celková výška průřezu
t0	stáří betonu v okamžiku zatížení
x,y,z	souřadnice
z	rameno vnitřních sil
γ_c	dílčí součinitel betonu
γ_s	dílčí součinitel betonářské oceli
γ_G	dílčí součinitel stálého zatížení G
γ_Q	dílčí součinitel proměnného zatížení Q
ecu	mezní poměr stlačení betonu
\emptyset	průměr betonářské výztuže
Zd	celkové zatížení
$\varphi(\infty, t_0)$	konečná hodnota součinitele dotvarování