



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

STATICKÉ ŘEŠENÍ VÁLCOVÉ PREFABRIKOVANÉ RETENČNÍ NÁDRŽE

STATIC SOLUTION OF CYLINDRICAL PREFABRICATED RETENTION TANK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

Adéla Červená

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Adéla Červená
Název	Statické řešení válcové prefabrikované retenční nádrže
Vedoucí práce	doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

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

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

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební podklady
2. Normy pro navrhování betonových konstrukcí ČSN a EN
3. L. Gřenčík: Betonové konstrukce II. SNTL/ALFA 1986
4. D. Majdúch: Zásady vystužovania betónových konštrukcií. ALFA 1984.
5. Vhodné výpočetní programy (např. Nexis, SCIA, Ansys apod.)
6. Zich M., Bažant Z., Montované betonové konstrukce, CERM 2018.
7. Zich M., Bažant Z., Plošné konstrukce, nádrže a zásobníky, CERM 2010

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro zadané uspořádání nádrží vypracovat statické řešení. Řešení provést včetně nezbytné výkresové dokumentace (výkresy tvaru a výztuže). Rozsah bakalářské práce stanoví vedoucí práce.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1) Použité podklady

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace

P4)

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

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

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na statické řešení válcové prefabrikované retenční nádrže. Výpočet vnitřních sil je proveden pomocí programu SCIA Engineer. Na velikosti vnitřních sil je navržena výztuž. Dílce nádrže jsou posouzeny na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti. Dále je posouzeno napětí v základové spáře a je proveden posudek na vyplavání nádrže. Součástí práce je výkres skladby a výkresy tvaru a výztuže prefabrikovaných dílců.

KLÍČOVÁ SLOVA

Statické řešení, retenční nádrž, prefabrikovaná nádrž, železobeton, beton, výztuž, dno, stěna, deska.

ABSTRACT

This bachelor's thesis is focused on a static solution of cylindrical prefabricated retention tank. The calculation of internal forces is made by software SCIA Engineer. Reinforcement is designed according to the magnitude of the internal forces. The tank elements are assessed for the ultimate limit state and the serviceability limit state. Furthermore the stress in the foundation base is assessed and ground water is assessed too. Part of the thesis is drawing of structure, formwork drawing and reinforcement drawing of prefabricated elements.

KEYWORDS

Static solution, retention tank, prefabricated tank, reinforced concrete, concrete, reinforcement, bottom, wall, slab.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Adéla Červená *Statické řešení válcové prefabrikované retenční nádrže*. Brno, 2021.
46 s., 133 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební,
Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Statické řešení válcové prefabrikované retenční nádrže* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28. 5. 2021

Adéla Červená
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Statické řešení válcové prefabrikované retenční nádrže* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28. 5. 2021

Adéla Červená
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu své bakalářské práce panu doc. Ing. Miloši Zichovi Ph.D. za ochotu, čas a trpělivost při jejím zpracování.

Obsah

1	ÚVOD	10
1.1	Úvod do problematiky retenčních nádrží	10
1.2	Řešená retenční nádrž	16
2	KONSTRUKČNÍ PRVKY	17
2.1	Zákrytová deska	17
2.2	Stěna	17
2.3	Dno	18
3	ZATÍŽENÍ	19
3.1	Zatěžovací stavy	19
3.2	Kombinace zatížení	20
3.2.1	Mezní stav únosnosti	20
3.2.2	Mezní stav použitelnosti	21
4	ZÁKLADOVÉ POMĚRY	23
5	TECHNOLOGIE MONTÁŽE	24
5.1	Dno	24
5.2	Stěna	24
5.3	Zákrytová deska	24
5.4	Obsypání nádrže	24
6	STUDIE CHOVÁNÍ NÁDRŽE NA VODU	25
6.1	Vliv výšky	25
6.1.1	Průběhy vnitřních sil v zákrytové desce	25
6.1.2	Průběhy vnitřních sil ve stěnách	25
6.1.3	Průběhy vnitřních sil v desce dna	27
6.2	Vliv velikosti průměru	28
6.2.1	Průběhy vnitřních sil v zákrytové desce	28

6.2.2	Průběhy vnitřních sil ve stěnách	29
6.2.3	Průběhy vnitřních sil v desce dna	31
6.3	Vliv podloží.....	32
6.3.1	Průběhy vnitřních sil v zákrytové desce	32
6.3.2	Průběhy vnitřních sil ve stěnách	33
6.3.3	Průběhy vnitřních sil v desce dna	34
6.4	Vliv násypu	35
6.4.1	Průběhy vnitřních sil v zákrytové desce	35
6.5	Vliv nerovnoměrného poklesu	35
6.5.1	Průběhy vnitřních sil v zákrytové desce	35
6.5.2	Průběhy vnitřních sil ve stěnách	36
6.5.3	Průběhy vnitřních sil v desce dna	37
7	ZÁVĚR	40
8	SEZNAM POUŽITÝCH NOREM	41
9	POUŽITÝ SOFTWARE.....	42
10	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	43
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	45
12	SEZNAM PŘÍLOH.....	46

1 ÚVOD

1.1 Úvod do problematiky retenčních nádrží

Retenční nádrž je určena pro zadržování dešťové vody před vypuštěním do kanalizace nebo vodního toku. Bývá vybudována k ochraně kanalizace nebo vodního toku proti zahlcení srážkovou vodou z přívalových dešťů. Nashromážděnou vodu je také možné využít například pro zavlažování nebo po přefiltrování jako užitkovou vodu v domácnosti. Nádrže lze rozdělit na otevřené a uzavřené. Uzavřené se pak dělí podle použitého materiálu nebo konstrukce zajišťující statickou únosnost.

Otevřená retenční nádrž může být vodní nádrž, jejíž hráz je opatřena bezpečnostním přelivem a regulovatelným výpustným zařízením, v podstatě se jedná o rybník, v němž je trvale udržována nižší hladina vody, aby ji bylo v případě přívalových dešťů možné zvýšit. Druhým typem otevřené retenční nádrže je nádrž monolitická železobetonová, která bývá budována v blízkosti průmyslových objektů. Základová deska má nejčastěji půdorys kruhový, může být ale i čtvercový nebo obdélníkový, stěny jsou svislé. Nádrž může být částečně zapuštěná do země. Příkladem výrobce je WOLF SYSTEM spol. s r.o. [1].

Problémovým detailem při betonáži monolitické nádrže, je pracovní spára mezi dnem a stěnou, u které hrozí vznik průsaku. Řešením mohou být umělohmotné těsnící pásy, které prodlužují obtokovou dráhu vody. Těsnící pásy mohou být vnější nebo vnitřní, v případě vnitřních musí být zajištěno vyhnutí pásu s výztuží, které je provedeno zvýšením pracovní spáry nebo úpravou výztužení. Další variantou řešení pracovní spáry je vložení injektážní trubičky nebo bobtnavého bentonit butylkaučukového pásu. Kombinací umělohmotného a bobtnavého pásu je takzvaný KAB, díky kterému není potřeba zvyšovat pracovní spáru ani upravovat tvar výztuže. Také je při návrhu výztuže potřeba vzít v úvahu rozdílné smršťování dřívě vybetonovaného dna a později vybetonované stěny nádrže. Aby nevznikaly trhliny je nutné mohutně vyztužit dolní část stěny.

Uzavřené retenční nádrže se nejčastěji umísťují do země a zasypávají se zeminou. Mohou být plastové samonosné, k obetonování či dvouplášťové nebo železobetonové. V případě nádrží z plastu je omezený jejich objem (maximálně cca 20 m³), železobetonové mohou být i větších rozměrů. Plastová samonosná nádrž není vhodná do míst, s výskytem podzemní vody, jílovitých zemin a kde se předpokládá větší působení vnějších tlaků, protože statickou únosnost zajišťuje pouze konstrukce nádrže. Vyrábí se nádrže tvaru válce (obr.1) nebo kvádrů.



Obr. 1 Samonosná plastová retenční nádrž – válcová

Do skalnatého nebo jílovito-písčitého podloží bez výskytu podzemní vody je vhodná plastová nádrž k obetonování. Nádrž se obetonovává ze všech stran a obetonování zajišťuje její únosnost, v případě předpokladu většího tlaku od zeminy nad nádrží lze přebetonovat i horní stranu. Stejně jako u samonosných nádrží se vyrábí ve tvaru válce (obr. 2) či kvádrů.



Obr. 2 Plastová retenční nádrž k obetonování – válcová

Poslední variantou plastové nádrže je dvouplášťová nádrž, která je vhodná i do podloží s výskytem podzemní vody. Statickou únosnost zajišťuje vybetonované a vytužené mezipláště, také lze přebetonovat horní stranu nádrže. Vyrábí se pouze ve tvaru válce (obr. 3). Mezi výrobce plastových retenčních nádrží patří PLV. Bohemia s.r.o. [2], NemKoCZ s.r.o. [3] nebo Renoplast Plzeň s.r.o. [4]



Obr. 3 Dvouplášťová plastová retenční nádrž – válcová

Monolitické konstrukce (obr. 4) se využívají pro velkoobjemové nádrže průmyslových objektů. Nádrž může být částečně nebo zcela zapuštěná do země. Základová deska má kruhový, čtvercový nebo obdélníkový půdorys, stěny jsou svislé a nádrž je zastropena zákrytovou deskou.



Obr. 4 Monolitická železobetonová uzavřená retenční nádrž

Častěji se lze setkat s prefabrikovanými železobetonovými retenčními nádržemi, které sice nemají tak velké rozměry jako monolitické, mohou se ale kombinovat s dalšími nádržemi (obr. 5) a tím lze získat větší objem.



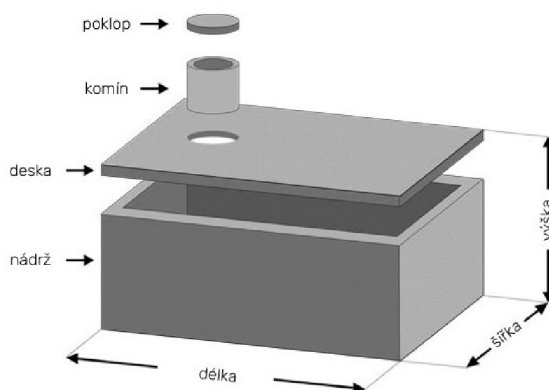
Obr. 5 Montáž kombinované retenční nádrže

Tvarově jsou železobetonové nádrže různé, nejčastěji bývají kruhového nebo obdélníkového půdorysu a mají obdélníkový příčný řez. Také se vyrábí trubní retenční nádrže (obr. 6), jejichž příčný řez je kruhový. Skládají z potrubí o velkém průměru a vstupní šachty pro možnost údržby.



Obr. 6 Trubní retenční nádrž

Téměř každý výrobce má svůj vlastní konstrukční systém. Některé nádrže se prodávají v celku a zákazníkovi stačí ji pouze umístit na místo určení, jiné se skládají z několika částí, díky čemuž lze dosáhnout většího objemu nádrže. Na místě pak musí být vodotěsně propojeny. Asi nejčastěji se nádrže skládají ze samotné nádrže, zákrytové desky a komínu (obr.7).



Obr. 7 Nádrž s deskou a komínem

Dalším typem jsou nádrže kruhového půdorysu skládající se ze dna (obr.8), skruží (obr.9), tvořících stěnu nádrže, a zákrytové desky (obr. 10). Jiní výrobci využívají nádrže obdélníkového půdorysu, které sestávají z průběžných prvků tvaru U, koncových prvků a zákrytových desek (obr. 11). Tyto nádrže nemají omezenou délku. Stejně tak délkově bez omezení lze poskládat rámové nádrže (obr. 12). Mají obdélníkový půdorys i příčný řez a skládají se z průběžných a koncových prvků.



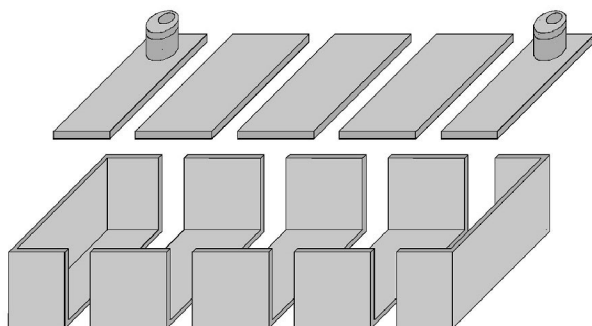
Obr. 8 Dno nádrže



Obr. 9 Skruž



Obr. 10 Zákrytová deska



Obr. 11 Velkoobjemová retenční nádrž



Obr. 12 Prvky rámové nádrže

Spoje jednotlivých prefabrikovaných dílů mohou být provedeny například pomocí nepropustné maltové směsi. Dalším typem spoje je gumové těsnění, které zapadne do drážky v čele prefabrikátu. Pomocí systému svorníků se díly přitáhnou k sobě a následně se svorníky zalijí speciální cementovou záливkou. Pro prodloužení životnosti a zvýšení odolnosti nádrže může být provedena výstelka vnitřního povrchu dna z čediče (obr. 13), polyethylenu, kameniny nebo z keramiky. Mezi výrobce prefabrikovaných železobetonových retenčních nádrží se řadí například Prefa Brno a.s. [5], TIBA BETON CZ, s.r.o. [6], db Betonové jímky s.r.o. [7] nebo B&BC a.s. [8]



Obr. 13 Čedičová výstelka

1.2 Řešená retenční nádrž

Bakalářská práce se zaměřuje na statické řešení válcové prefabrikované retenční nádrže. Celá konstrukce má výšku 5,785 m, světlá výška je 5,475 m, vnitřní průměr činí 2,5 m a vnější průměr 2,7 m. Objem nádrže činí 26,875 hl. Nádrž se skládá ze zákrytové desky, pěti skruží o výšce 1 m a deskostěnové konstrukce dna. Retenční nádrž je celá zasypaná, základová spára je v hloubce 6,585 m pod terénem a nad nádrží je násyp a skladba pozemní komunikace o tloušťce celkem 800 mm.

V zákrytové desce je otvor pro údržbu nádrže, nad kterým je uvažována šachta, jejíž statické řešení není předmětem této práce, proto je počítána pouze jako liniové zatížení na konstrukci. Po účely údržby bude uvnitř nádrže dodatečně instalován ocelový žebřík.

Celá konstrukce je navržena z betonu třídy C25/30 s betonářskou ocelí třídy B500B. Třída prostředí je uvažována z vnější strany nádrže XC2 a z vnitřní strany XC4, vzhledem k tomu, že je beton ve styku s vodou. Třída konstrukce je S4, tedy třída pro návrhovou životnost 50 let, která je v případě desek snížena na konstrukční třídu S3. Spáry mezi jednotlivými díly konstrukce jsou řešeny pomocí samomazného pryžového těsnění.

2 KONSTRUKČNÍ PRVKY

2.1 Zákrytová deska

Jedná se o desku kruhového půdorysu, která je po obvodě prostě podepřená a křížem vyztužená. Průměr desky je 2,7 m a tloušťka 160 mm. V desce je otvor průměru 600 mm, jehož střed leží 550 mm od okraje desky. Otvor slouží pro přívod a odvod vody, instalaci ponorného čerpadla a pro údržbu nádrže. Zákrytová deska je navržena z betonu třídy C25/30 s výztuží z betonářské oceli třídy B500B. Po obvodě desky je ze spodní strany zářez, který pasuje na ozub v horní straně stěny, díky čemuž je dosaženo kloubového připojení. Do spáry mezi stěnou a deskou bude vloženo samomazné pryžové těsnění pro zajištění její vodotěsnosti.



Obr. 14 Zákrytová deska

2.2 Stěna

Stěna nádrže je tvořena pěti skružemi, každá má výšku 1 m, tloušťku 100 mm, vnitřní průměr 2,5 m a vnější průměr 2,7 m. Horní čtyři skruže jsou navrženy z prostého betonu třídy C25/30, ve spodní skruži vznikají větší hodnoty vnitřních sil, proto je vyztužena betonářskou ocelí třídy B500B. Jednotlivé skruže jsou kloubově připojeny pomocí ozubů na horní a spodní straně stěny. Do spár je opět vloženo samomazné pryžové těsnění.



Obr. 15 Stěna

2.3 Dno

Dno nádrže je deskostěnová konstrukce. Tloušťka desky je 150 mm a průměr 2,7 m. Výška stěnové části je 475 mm nad horní hranu desky, tloušťka stěny 100 mm, vnitřní průměr 2,5 m a vnější průměr je 2,7 m. Konstrukce je navržena z betonu třídy C25/30 s betonářskou výztuží třídy B500B. Na horní hraně stěnové části je ozub, takže spoj dna a skruže je proveden stejným způsobem jako spoj mezi jednotlivými skružemi.



Obr. 16 Dno

3 ZATÍŽENÍ

Při statickém výpočtu bylo zohledněno zatížení působící na retenční nádrž. Tedy vlastní tíha konstrukce nádrže, geostatický tlak, což je vodorovně a svisle působící tlak od okolní zeminy. Dále hydrostatický tlak způsobený podzemní vodou. V případě, že je nádrž zaplněna vodou působí na ni i tlak náplně. A v neposlední řadě užité zatížení, například od působení dopravy na přilehlé pozemní komunikaci.

3.1 Zatěžovací stavy

ZS1 – Vlastní tíha

Zatížení od vlastní tíhy počítá program SCIA Engineer automaticky.

ZS2 – Vozovka a násyp

Nad retenční nádrží je uvažován šterkový násyp, nad kterým je skladba vozovky. Jedná se o stálé zatížení působící ve svislém směru na zákrytovou desku nádrže.

ZS3 – Větrací šachta

Statické řešení větrací šachty není předmětem této práce, proto je vlastní tíha šachty uvažována jako stálé liniové zatížení působící na zákrytovou desku po obvodu otvoru v desce.

ZS4 – Kolový tlak (ve středu zákrytové desky)

Proměnné zatížení od kolového tlaku je určeno dle ČSN EN 1991-2, jedná se o model zatížení 2. Z povrchu vozovky se zatížení do střednice zákrytové desky roznáší pod úhlem 45°. Roznášecí plocha zatížení je umístěna do středu zákrytové desky.

ZS5 – Kolový tlak (nad otvorem v zákrytové desce)

Jedná se o totožné proměnné zatížení jako v případě zatěžovacího stavu 4, ale roznášecí plocha je umístěna blíže k otvoru v zákrytové desce.

ZS6 – Zemní tlak

Stálé zatížení působící ve vodorovném směru na stěnu nádrže způsobené zemním tlakem je uvažováno jako tlak v klidu. Je počítáno podle parametrů jednotlivých vrstev podloží a jeho velikost směrem dolu roste v závislosti na objemové hmotnosti vrstev podloží, které se v dané hloubce nachází.

ZS7 – Hydrostatický tlak

Jedná se o proměnné zatížení způsobené vodou uvnitř nádrže, působící na stěny a dno nádrže. Je uvažováno s úplným naplněním kapacity nádrže, tedy přímo pod zákrytovou deskou je zatížení nulové a směrem dolů lineárně roste.

ZS8 – Přetížení od dopravy

Svislé zatížení na povrchu vozovky v blízkosti konstrukce způsobuje proměnné zatížení ve vodorovném směru působící na stěnu nádrže z vnější strany. Zatížení je zmenšeno součinitelem pro tlak v klidu a je po celé výšce konstantní.

3.2 Kombinace zatížení

Jednotlivé hodnoty ztížení jsou zadávány do programy SCIA Engineer v charakteristických hodnotách. Poté jsou v kombinacích dle ČSN EN 1990 uvažovány součinitele pro stálé zatížení $\gamma_G = 1,35$ a pro proměnné zatížení $\gamma_Q = 1,5$. Pro výpočet vnitřních sil na posouzení mezního stavu únosnosti jsou použity kombinační vztahy 6.10a a 6.10b. K posouzení mezního stavu použitelnosti je využit vztah pro charakteristickou kombinaci 6.14b a v případě zákrytové desky navíc vztah pro kvazistálou kombinaci 6.16b, potřebnou k výpočtu šířky trhlin.

Pro maximální hodnoty vnitřních sil byly vytvořeny kombinace pro prázdnou zasypanou a pro plnou nezasypanou nádrž. V případě prázdné nádrže vznikají ve vodorovném směru ve stěně tlakové normálové síly od působení zemního tlaku, naopak v případě plné nádrže jsou vodorovné normálové síly tahové. Ohybové momenty v desce dna vychází v případě prázdné nádrže tak, že jsou tažena horní vlákna, v případě plné nádrže jsou tažena dolní vlákna, proto je potřeba vyztužit oba povrchy.

3.2.1 Mezní stav únosnosti

6.10a:

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

Prázdná nádrž – zasypaná:

$$\begin{aligned} K_1 &= \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k \\ &= 1,35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS6) + 1,5 \cdot 0,7 \cdot (ZS4 + ZS8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
K_2 &= \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k \\
&= 1,35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS6) + 1,5 \cdot 0,7 \cdot (ZS5 + ZS8)
\end{aligned}$$

Plná nádrž – nezasypaná:

$$\begin{aligned}
K_3 &= \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k \\
&= 1,35 \cdot (ZS1 + ZS3) + 1,5 \cdot 0,7 \cdot ZS7
\end{aligned}$$

6.10b:

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

Prázdná nádrž – zasypaná:

$$\begin{aligned}
K_4 &= \xi_j \cdot \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k \\
&= 0,85 \cdot 1,35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS6) + 1,5 \cdot (ZS4 + ZS8)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
K_5 &= \xi_j \cdot \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k \\
&= 0,85 \cdot 1,35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS6) + 1,5 \cdot (ZS5 + ZS8)
\end{aligned}$$

Plná nádrž – nezasypaná:

$$\begin{aligned}
K_6 &= \xi_j \cdot \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k \\
&= 0,85 \cdot 1,35 \cdot (ZS1 + ZS3) + 1,5 \cdot ZS7
\end{aligned}$$

3.2.2 Mezní stav použitelnosti

3.2.2.1 Charakteristická kombinace

6.14b:

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

Prázdná nádrž – zasypaná:

$$\begin{aligned}
K_7 &= G_k + Q_k \\
&= (ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS6) + (ZS4 + ZS8)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
K_8 &= G_k + Q_k \\
&= (ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS6) + (ZS5 + ZS8)
\end{aligned}$$

Plná nádrž – nezasypaná:

$$\begin{aligned}
K_9 &= G_k + Q_k \\
&= (ZS1 + ZS3) + ZS7
\end{aligned}$$

3.2.2.2 Kvazistálá kombinace

6.16b:

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

$$\begin{aligned} K_{10} &= G_k + \psi_2 \cdot Q_k \\ &= (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 0,7 \cdot ZS4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{11} &= G_k + \psi_2 \cdot Q_k \\ &= (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 0,7 \cdot ZS5 \end{aligned}$$

4 ZÁKLADOVÉ POMĚRY

Nádrž je umístěna v obci Líšný 2. díl v okrese Jablonec nad Nisou, a tedy z geologického hlediska spadá do krkonošsko-jizerského krystalinika. Podloží se skládá celkem ze třinácti vrstev. Zjednodušeně se ale dá říct, že do hloubky 2,2 m pod povrchem terénu se nachází hlíny s nízkou až střední plasticitou, mezi hloubkami 2,2 m a 8,0 m se nachází štěrky jílovité, jílovito-písčité nebo hlinité a pod hloubkou 8,3 m se nachází silně zvětralý fylit. Parametry jednotlivých vrstev byly zadány do programu SCIA Engineer, ve kterém byl využit modul Soilin pro interakci konstrukce s podložím.

Geologické poměry jsou jednoduché a pro posouzení napětí v základové spáře je uvažována tabulková hodnota výpočtové únosnosti $R_{dt} = 500 \text{ kPa}$. Hladina podzemní vody se ustálila v hloubce 3,45 m pod terénem a vliv zvodnělého prostředí byl charakterizován jako neagresivní. Bylo provedeno posouzení na vyplavání nádrže a výpočet nejvýše možné hladiny podzemní vody, která je 2,91 m pod povrchem terénu.

5 TECHNOLOGIE MONTÁŽE

5.1 Dno

Podloží musí být srovnané, zhutněné a ve správné výšce, dle projektové dokumentace. Pomocí tří manipulačních svěrek se do připraveného podloží osadí dno nádrže a po uložení je nutné zkontrolovat jeho rovinnost. Dále se očistí zámek nádrže od nečistot a na dřík se osadí samomazné pryžové těsnění.

5.2 Stěna

Na očištěné a těsněním opatřené dno se osadí skruž, s níž je manipulováno stejně jako se dnem, pomocí tří manipulačních svěrek. Musí být zkontrolováno správné dosednutí prvků na sebe a rovnoměrnost spáry po obvodu nádrže. Následně se stejně jako u dna očistí zámek skruže a na čistý dřík se osadí samomazné pryžové těsnění. Stejným způsobem se pokračuje i v případě následujících skruží.

5.3 Zákrytová deska

Zákrytová deska se osazuje stejným způsobem jako skruž. S deskou je manipulováno pomocí tří osazených úchytů s kulovou hlavou, do kterých se zasunou spojky, na které se poté mohou připevnit lana závěsu. Po osazení se zkontroluje správné dosednutí prvků a rovnoměrnost spáry.

5.4 Obsypání nádrže

Následně se osadí větrací šachta a poté se provede obsypání nádrže zeminou s průběžným hutněním. Poté je proveden násyp a skladba vozovky nad nádrží.

6 STUDIE CHOVÁNÍ NÁDRŽE NA VODU

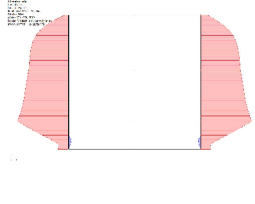
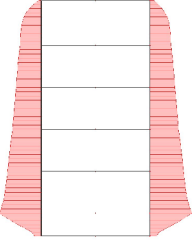
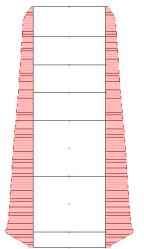



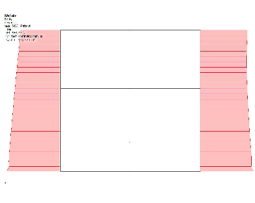
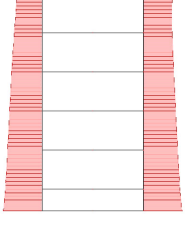
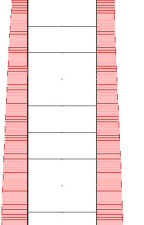



6.1 Vliv výšky


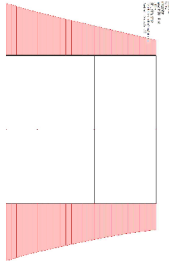

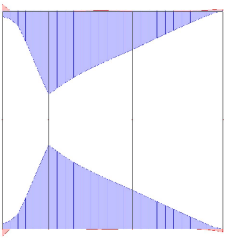
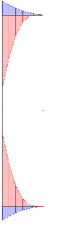
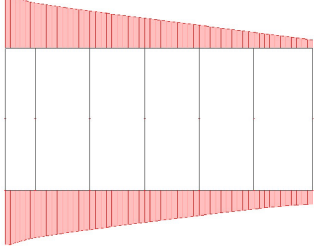
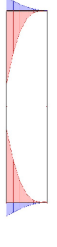
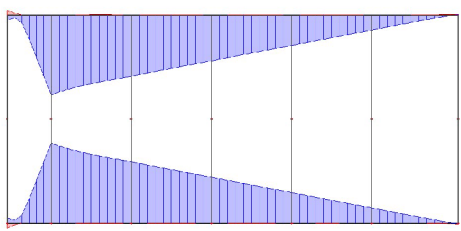

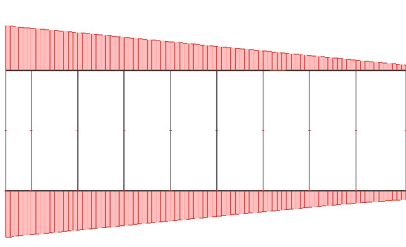

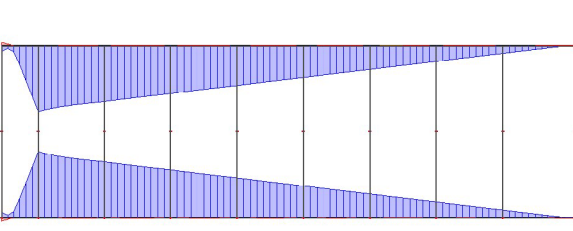
Pro posouzení vlivu výšky nádrže na velikost vnitřních sil byly v Programu SCIA Engineer vytvořeny modely nádrží s výškami 2,5 m, 5,5 m a 8,5 m.

6.1.1 Průběhy vnitřních sil v zákrytové desce

Výška nádrže nemá na vnitřní síly v zákrytové desce vliv, protože na zákrytovou desku působí pouze vlastní tíha, tíha násypu a proměnné zatížení od kolového tlaku. Tyto zatěžovací stavy zůstaly beze změny.

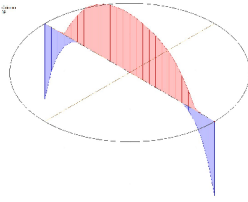
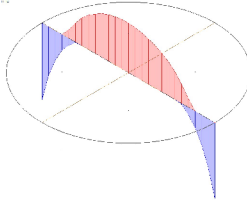
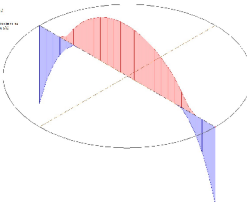
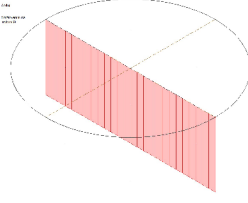
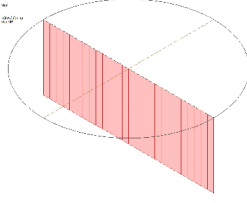
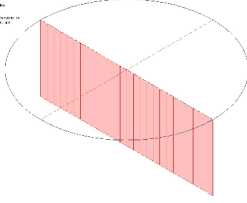
6.1.2 Průběhy vnitřních sil ve stěnách

		Výška 2,5 m	Výška 5,5 m	Výška 8,5 m
Prázdná nádrž	Normálová síla ve vodorovném směru (Nx)	 -108,61 kN	 -168,40 kN	 -218,22 kN
	Ohyb. moment ve vodorov. směru (Mx)	 0,81 kNm	 0,92 kNm	 1,05 kNm
	Normálová síla ve svislém směru (Ny)	 -54,72 kN	 -68,87 kN	 -69,78 kN
	Ohyb. moment ve svisl. směru (My)	 4,07 kNm	 4,62 kNm	 5,25 kNm

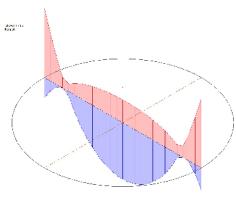
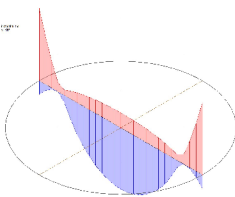
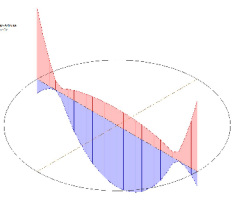
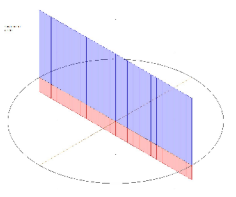
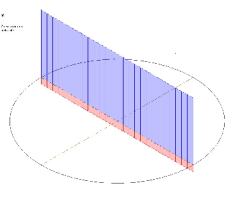
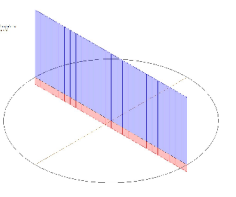
Plná nádrž					
Ohyb. moment ve svis. směru (My)	Normálová síla ve svislém směru (Ny)	Ohyb. moment ve vodorov. směru (Mx)	Normálová síla ve vodorovném směru (Nx)		
-1,96 kNm 	-13,84 kN 	-0,39 kNm 	42,25 kN 	Výška 2,5 m	
-5,16 kNm 	-23,99 kN 	-1,03 kNm 	101,74 kN 	Výška 5,5 m	
-8,47 kNm 	-33,10 kN 	-1,70 kNm 	161,55 kN 	Výška 8,5 m	

Normálové síly ve vodorovném směru s rostoucí výškou nádrže směrem dolů rostou, protože se zvětšuje i zatížení od zemního tlaku (v případě prázdné nádrže) a hydrostatický tlak (v případě plné nádrže). Normálové síly ve svislém směru také s větší výškou rostou, protože se zvětšuje vlastní tíha nádrže. Ohybový moment v místě vetknutí stěny do dna ve vodorovném směru má ve všech případech srovnatelnou hodnotu, v případě ohybového momentu ve svislém směru jsou rozdíly způsobené s výškou rostoucím zatížením od zemního tlaku (v případě prázdné nádrže) a hydrostatickým tlakem (v případě plné nádrže).

6.1.3 Průběhy vnitřních sil v desce dna

		Výška 2,5 m	Výška 5,5 m	Výška 8,5 m
Prázdná nádrž	Ohybový moment	 -3,27 kNm 4,19 kNm	 -3,16 kNm 4,77 kNm	 -3,03 kNm 5,40 kNm
	Normálová síla	 -22,17kN	 -29,49 kN	 -35,89 kNm

Hodnoty ohybových momentů v desce dna prázdné nádrže jsou u všech výšek srovnatelné. Normálová síla je tlaková a její hodnota roste s rostoucí výškou nádrže, protože roste i velikost zatížení od zemního tlaku působícího na stěnu nádrže.

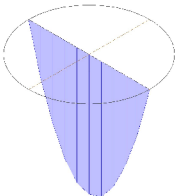
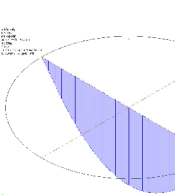
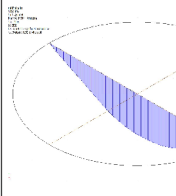
		Výška 2,5 m	Výška 5,5 m	Výška 8,5 m
Plná nádrž	Ohybový moment	 -1,98 kNm 1,16 kNm	 -5,21 kNm 4,43 kNm	 -8,56 kNm 7,29 kNm
	Normálová síla	 11,30 kN -1,73 kN	 27,50 kN -2,65 kN	 44,05 kN -3,73 kN

Hodnoty ohybových momentů v desce dna plné nádrže s rostoucí výškou rostou, protože roste i velikost hydrostatického tlaku působícího na dno nádrže. Normálová síla je tahová a její hodnota s rostoucí výškou nádrže také roste, protože roste i velikost hydrostatického tlaku působícího na stěnu nádrže.

6.2 Vliv velikosti průměru

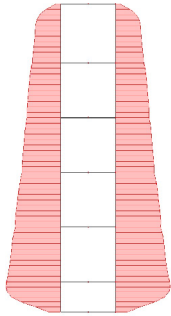
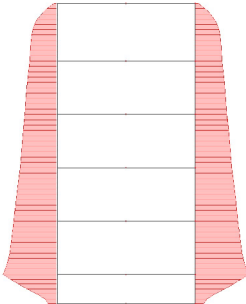




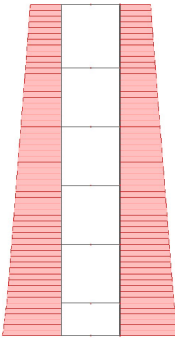
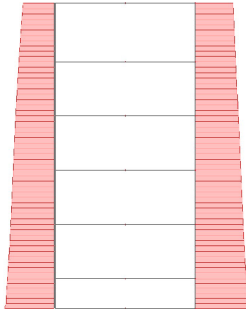




Pro posouzení vlivu velikosti průměru nádrže na velikost vnitřních sil byly v Programu SCIA Engineer vytvořeny modely nádrží s průměry 1 m, 2,5 m a 5 m.

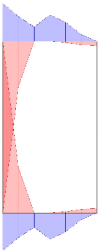
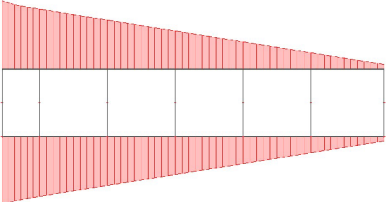
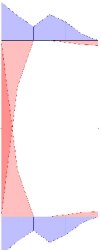
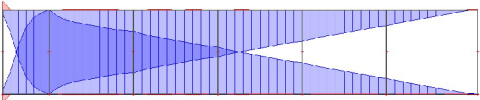

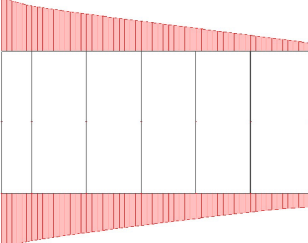
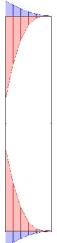
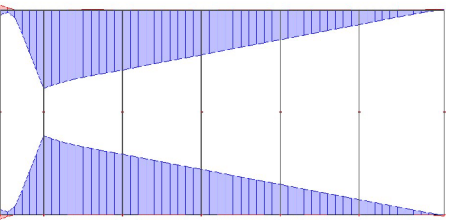

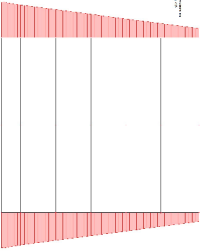

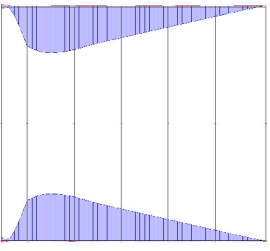
6.2.1 Průběhy vnitřních sil v zákrytové desce

	Průměr 1 m	Průměr 2,5 m	Průměr 5 m
Ohybový moment	 3,72 kNm	 24,94 kNm	 66,47 kNm

Ohybový moment roste s druhou mocninou průměru zákrytové desky.

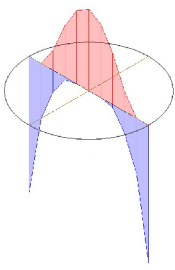
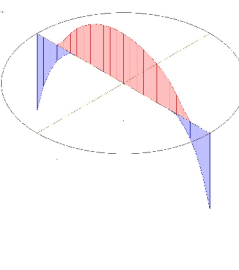
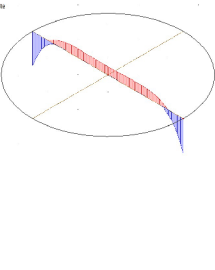
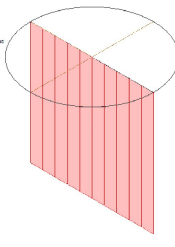
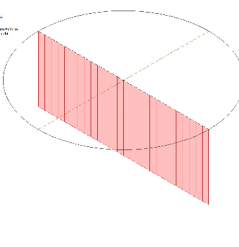
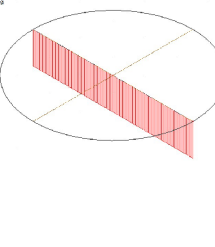
6.2.2 Průběhy vnitřních sil ve stěnách

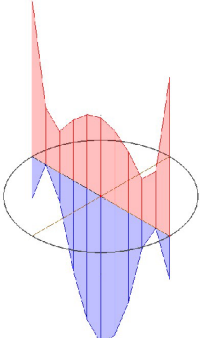
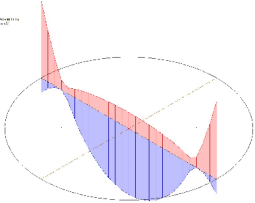
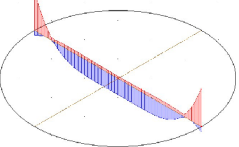
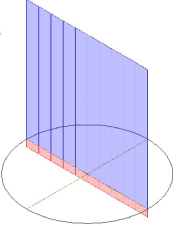
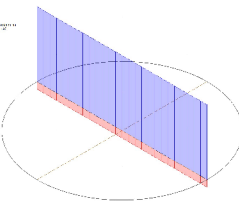
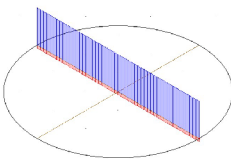
		Průměr 1 m	Průměr 2,5 m	Průměr 5 m
Prázdná nádrž	Normálová síla ve vodorovném směru (N_x)	 -61,33 kN	 -168,40 kN	 -281,82 kN
	Ohyb. moment ve vodorov. směru (M_x)	 0,22 kNm	 0,92 kNm	 1,76 kNm
	Normálová síla ve svislém směru (N_y)	 -35,73 kN	 -68,87 kN	 -71,18 kN
	Ohyb. moment ve svislém směru (M_y)	 1,10 kNm	 4,62 kNm	 8,81 kNm

Plná nádrž			
Ohyb. moment ve svis. směru (M_y)	Normálová síla ve svislém směru (N_y)	Ohyb. moment ve vodorov. směru (M_x)	Normálová síla ve vodorovném směru (N_x)
 <p>-1,17 kNm</p>	 <p>-20,64 kN</p>	 <p>-0,23 kNm</p>	 <p>40,84 kN</p>
 <p>-5,16 kNm</p>	 <p>-25,20 kN</p>	 <p>-1,03 kNm</p>	 <p>101,74 kN</p>
 <p>-9,42 kNm</p>	 <p>-28,00 kN</p>	 <p>-1,88 kNm</p>	 <p>165,24 kN</p>

Velikosti normálových sil ve vodorovném směru se zvětšují úměrně s průměrem. Normálové síly ve svislém směru v případě prázdné nádrže jsou srovnatelné s výjimkou nádrže o průměru 1 m, protože zatěžovací plocha kolového tlaku je větší než plocha zákrytové desky, a tedy nádrž nepřenáší veškeré zatížení. V případě plné nádrže jsou rozdíly normálových sil ve svislém směru způsobené vlastní tíhou zákrytové desky. Velikosti ohybových momentů ve vetknutí stěny do dna rostou úměrně s průměrem nádrže.

6.2.3 Průběhy vnitřních sil v desce dna

		Průměr 1 m	Průměr 2,5 m	Průměr 5 m
Prázdná nádrž	Ohybový moment	 -0,74 kNm 1,24 kNm	 -3,16 kNm 4,77 kNm	 -2,34 kNm 8,89 kNm
	Normálová síla	 -14,29 kN	 -29,49 kN	 -40,17 kNm

		Průměr 1 m	Průměr 2,5 m	Průměr 5 m
Plná nádrž	Ohybový moment	 -1,20 kNm 1,11 kNm	 -5,21 kNm 4,43 kNm	 -9,47 kNm 4,00 kNm
	Normálová síla	 12,88 kN -0,74 kN	 27,50 kN -2,65 kN	 36,74 kN -2,90 kN

Normálové síly v desce dna rostou úměrně s průměrem, stejně tak i ohybové momenty. V případě nádrže o průměru 5 m nemá moment tvar křivky druhého stupně, protože je deska moc tenká a dojde k její deformaci.

6.3 Vliv podloží

Pro posouzení vlivu podloží na velikost vnitřních sil byly v Programu SCIA Engineer vytvořeny modely nádrží s jílovým, štěrkovým a skalním podložím.

6.3.1 Průběhy vnitřních sil v zákrytové desce

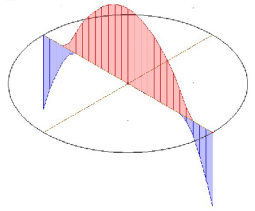
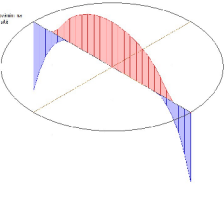
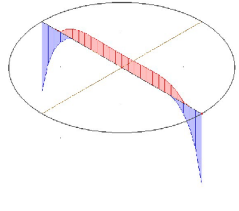
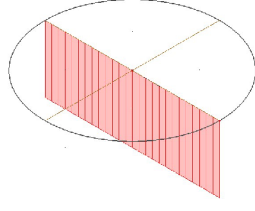
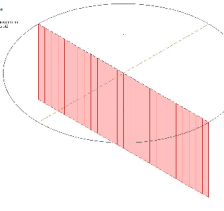
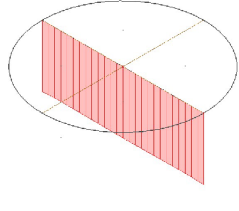
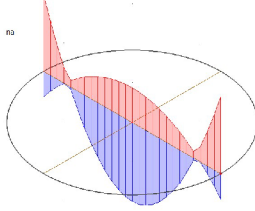
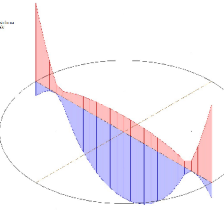
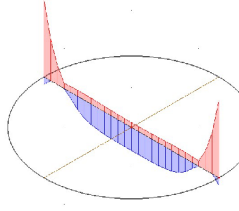
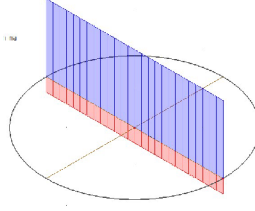
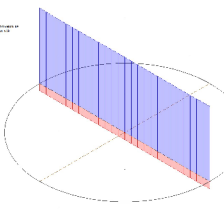
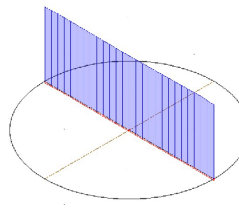
Podloží nemá na vnitřní síly v zákrytové desce vliv. Vnitřní síly jsou ve všech případech stejné.

6.3.2 Průběhy vnitřních sil ve stěnách

		Jíl	Štěrka	Skála
Prázdná nádrž	Ohyb. moment ve vodorov. směru (M_x)	 1,37 kNm	 0,90 kNm	 0,69 kNm
	Ohyb. moment ve svis. směru (M_y)	 6,83 kNm	 4,48 kNm	 3,42 kNm
Plná nádrž	Ohyb. moment ve vodorov. směru (M_x)	 -1,12 kNm	 -0,97 kNm	 -0,57 kNm
	Ohyb. moment ve svis. směru (M_y)	 -5,58 kNm	 -4,84 kNm	 -2,88 kNm

Normálové síly ve stěnách nádrže jsou ve všech případech podloží srovnatelné, proto ani nejsou vykresleny. Ohybové momenty v místě vetknutí stěny do dna jsou rozdílné v závislosti na pevnosti podloží, čím je podloží pevnější, tím je menší hodnota ohybového momentu.

6.3.3 Průběhy vnitřních sil v desce dna

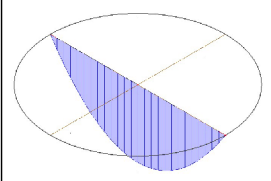
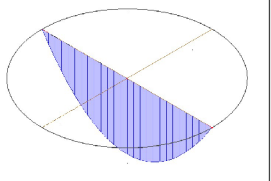
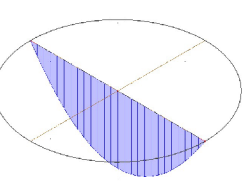
		Jíl	Štěrk	Skála
Prázdná nádrž	Ohybový moment	 -7,05 kNm 6,95 kNm	 -2,97 kNm 4,60 kNm	 -0,71 kNm 3,56 kNm
	Normálová síla	 -36,29 kN	 -28,97 kN	 -25,47 kNm
Plná nádrž	Ohybový moment	 -5,63 kNm 5,74 kNm	 -4,91 kNm 3,93 kNm	 -2,96 kNm 0,88 kNm
	Normálová síla	 28,94 kN -5,70 kN	 26,59 kN -2,38 kN	 20,22 kN -0,44 kN

Ohybové momenty v desce dna jsou stejně jako u stěn rozdílné v závislosti na pevnosti podloží, čím je podloží pevnější, tím je menší hodnota ohybového momentu. Stejně tak to je i s normálovými silami.

6.4 Vliv násypu

Pro posouzení vlivu násypu na velikost vnitřních sil byly v programu SCIA Engineer vytvořeny modely nádrží bez násypu, se štěrkovým násypem o výšce 1 m a výšce 3 m.

6.4.1 Průběhy vnitřních sil v zákrytové desce

	Bez násypu	Násyp 1 m	Násyp 3 m
Ohybový moment	 1,79 kNm	 10,69 kNm	 28,48 kNm

Velikost ohybového momentu v zákrytové desce je úměrná plošnému zatížení násypu a vlastní tíze desky.













6.5 Vliv nerovnoměrného poklesu

Pro posouzení vlivu nerovnoměrného poklesu na velikost vnitřních sil byly v Programu SCIA Engineer vytvořeny modely nádrží bez nerovnoměrného poklesu, s nerovnoměrným poklesem na $\frac{1}{4}$ půdorysu a na $\frac{1}{2}$ půdorysu nádrže.

6.5.1 Průběhy vnitřních sil v zákrytové desce

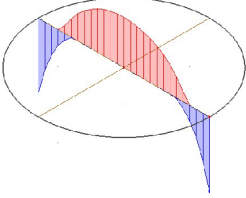
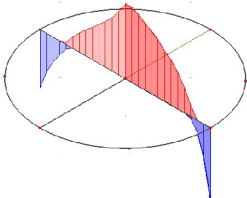
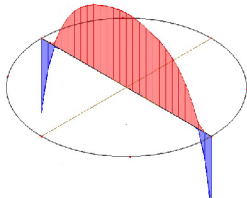
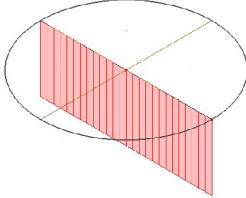
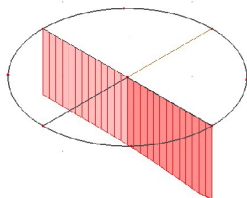
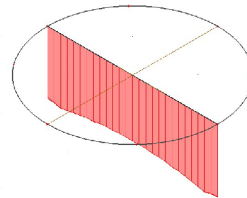
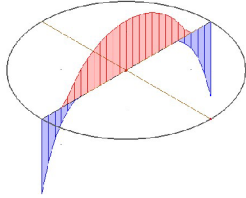
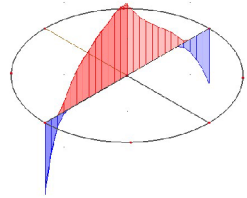
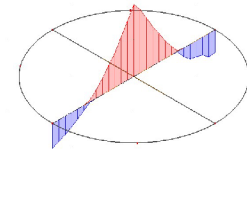
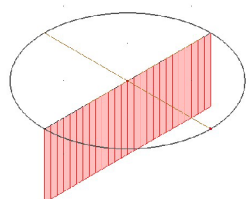
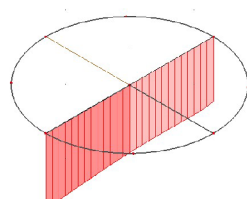
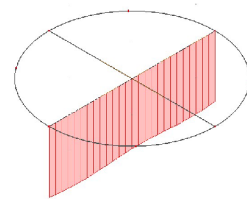
Pokles nemá na vnitřní síly v zákrytové desce vliv. Vnitřní síly jsou ve všech případech srovnatelné.

6.5.2 Průběhy vnitřních sil ve stěnách

		Bez poklesu	¼ pokles	½ pokles
Prázdná nádrž	Ohyb. moment ve vodorov. směru (M _x)	 0,92 kNm	 1,66 kNm	 3,73 kNm
	Ohyb. moment ve svis. směru (M _y)	 4,62 kNm	 8,50 kNm	 19,06 kNm
Plná nádrž	Ohyb. moment ve vodorov. směru (M _x)	 0,18 kNm -1,03 kNm	 0,47 kNm -0,50 kNm	 1,95 kNm -0,24 kNm
	Ohyb. moment ve svis. směru (M _y)	 0,91 kNm -5,16 kNm	 2,41 kNm -2,48 kNm	 10,25 kNm -0,08 kNm

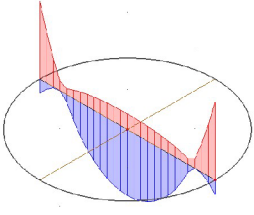
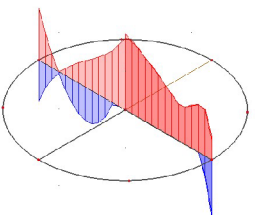
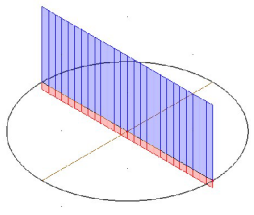
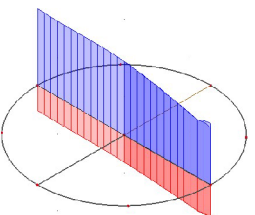
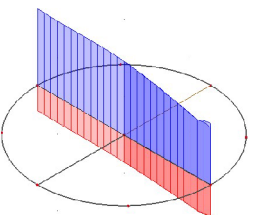
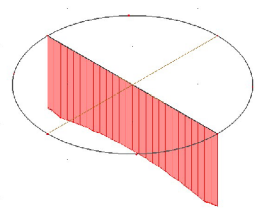
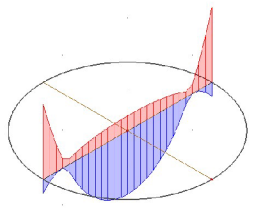
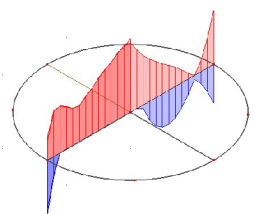
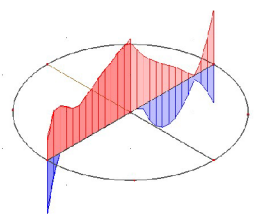
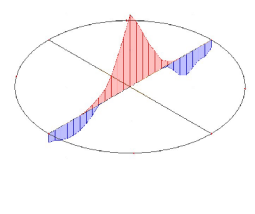
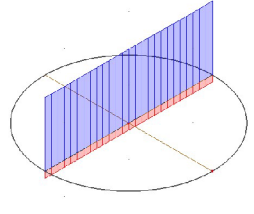
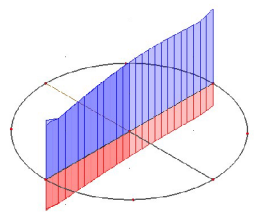
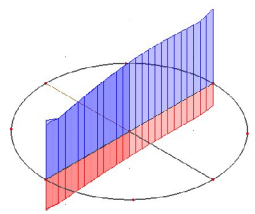
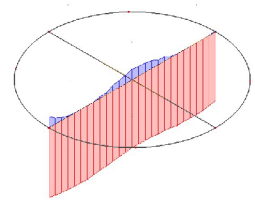
Normálové síly ve stěnách nádrže jsou ve všech případech nerovnoměrného poklesu srovnatelné, proto ani nejsou vykresleny. Ohybové momenty v místě vetknutí stěny do dna jsou rozdílné. V případě prázdné nádrže jsou ve všech případech tažena vnější vlákna a velikosti ohybových momentů jsou větší se zvětšující se plochou nerovnoměrného poklesu. U plné nádrže jsou ve variantě bez nerovnoměrného poklesu tažena převážně vnitřní vlákna, ve variantě nerovnoměrného poklesu ¼ plochy jsou tažena vnitřní i vnější vlákna a v případě nerovnoměrného poklesu ½ plochy jsou tažena vnější vlákna.

6.5.3 Průběhy vnitřních sil v desce dna

		Bez poklesu	¼ pokles	½ pokles
		Prázdná nádrž		
Prázdná nádrž	Ohybový moment ve směru x (M_x)	 -3,16 kNm 4,77 kNm	 -9,40 kNm 9,25 kNm	 -20,55 kNm 20,88 kNm
	Normálová síla ve směru x (N_x)	 -29,49 kN	 -42,82 kN	 -77,69 kN
	Ohybový moment ve směru y (M_y)	 -3,15 kNm 4,76 kNm	 -9,38 kNm 9,25 kNm	 -36,16 kNm 12,37 kNm
	Normálová síla ve směru y (N_y)	 -29,58 kN	 -42,55 kN	 -58,44 kN

Ohybové momenty v desce dna prázdné nádrže mají v případě většího nerovnoměrného poklesu větší hodnotu. Na hraně mezi podepřenou částí desky a částí bez podepření vzniká vrchol s několikanásobně větší hodnotou ohybového momentu oproti desce bez nerovnoměrného poklesu. V případě desky s nerovnoměrným poklesem

na $\frac{1}{2}$ plochy má deska tendenci se zlomit. Normálové síly mají také v případě nerovnoměrného poklesu větší hodnotu.

		Bez poklesu	$\frac{1}{4}$ pokles	$\frac{1}{2}$ pokles	
		Plná nádrž		 Ohybový moment ve směru x (Mx)	 -5,21 kNm 4,43 kNm
 Normálová síla ve směru x (Nx)	 27,50 kN -2,65 kN			 18,40 kN -28,97 kN	 -25,84 kNm
 Ohybový moment ve směru y (My)	 -5,24 kNm 4,43 kNm			 -3,67 kNm 2,72 kNm	 -32,52 kNm 9,51 kNm
 Normálová síla ve směru y (Ny)	 27,50 kN -2,66 kN			 19,02 kN -8,01 kN	 2,25 kN -14,74 kNm

V případě desky s nerovnoměrným poklesem na $\frac{1}{2}$ plochy se vnitřní síly prázdné a plné nádrže chovají srovnatelně. Z pohledu normálových sil je dno plné nádrže bez poklesu taženo a dno s poklesem na $\frac{1}{2}$ plochy je tlačeno.

7 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo provést statické řešení válcové prefabrikované retenční nádrže. Byla navržena výztuž jednotlivých dílců tak, aby byly splněny podmínky mezního stavu únosnosti a mezního stavu použitelnosti, tedy mezního stavu omezení napětí a v případě zákrytové desky i mezního stavu omezení trhlin. Dále bylo provedeno posouzení napětí v základové spáře a posouzení nádrže na vyplavání způsobené zvýšenou hladinou podzemní vody.

Vnitřní síly, na které byla výztuž dimenzována, byly spočteny pomocí programu SCIA Engineer, do kterého byly zadány kombinace zatěžovacích stavů a ve kterém byl také využit modul Soilin pro interakci konstrukce se zadaným podložím. Byly navrženy manipulační úchyty.

Přílohami této práce jsou výkresy tvaru a výztuže jednotlivých dílců řešené retenční nádrže, výkres skladby a v neposlední řadě statický výpočet.

Součástí této práce je také studie chování nádrže na vodu, ve které byly porovnány velikosti vnitřních sil v závislosti na rozdílných rozměrech nádrže, vlivu podloží, nebo násypu.

8 SEZNAM POUŽITÝCH NOREM

- ČSN EN 206+A1 (732403) *Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*
- ČSN EN 1990 ed.2 (730002) *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*
- ČSN EN 1991-1-1 (730035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*
- ČSN EN 1991-4 ed. 2 (730035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží*
- ČSN EN 1992-1-1 ed. 2 (731201) *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*
- ČSN EN 1992-3 (731201) *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 3: Nádrže na kapaliny a zásobníky*
- ČSN EN 1991-2 ed. 2 (736203) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou*

9 POUŽITÝ SOFTWARE

- Microsoft Word – verze 2104
- Microsoft Excel – verze 2104
- Scia Engineer 20.0 – studentská verze
- Tekla Structures 2020 – studentská verze
- AutoCAD 2018 – studentská verze

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr.1: Samonosná plastová retenční nádrž – válcová. In: *hydroplast.cz* [online]. [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://www.hydroplast.cz/cs/nadrze-na-destovou-vodu/95-retencni-nadrz-samosna-kruhova-2m3.html>
- Obr.2: Plastová retenční nádrž k obetonování – válcová. In: *hydroplast.cz* [online]. [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://www.hydroplast.cz/cs/nadrze-na-destovou-vodu/109-retencni-nadrz-k-obetonovani-kruhova-2m3.html>
- Obr.3: Dvouplášťová plastová retenční nádrž – válcová. In: *hydroplast.cz* [online]. [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://www.hydroplast.cz/cs/nadrze-na-destovou-vodu/121-retencni-nadrz-dvouplastova-kruhova-2m3.html>
- Obr. 4: Monolitická železobetonová uzavřená retenční nádrž. In: *wolfssystem.cz* [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://www.wolfssystem.cz/reference/zelezobetonove-nadrze>
- Obr. 5: Montáž kombinované retenční nádrže. In: *facebook.com* [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: https://www.facebook.com/pg/db.betonove.jimky/photos/?tab=album&album_id=147467308605376
- Obr. 6: Trubní retenční nádrž. In: *babc.cz* [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <http://www.babc.cz/kralovice-tvrz-retencni-nadrz-dn-1800>
- Obr. 7: Nádrž s deskou a komínem. In: *deštovka.eu* [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://eshop.destovka.eu/betonova-jimka-na-destovou-vodu-jbj-10m3-10-000/>
- Obr. 8: Dno nádrže. In: *tibanet.cz* [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <http://www.tibanet.cz>
- Obr. 9: Skruž. In: *tibanet.cz* [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <http://www.tibanet.cz>
- Obr. 10: Zákrytová deska. In: *tibanet.cz* [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <http://www.tibanet.cz>

Obr. 11: Velkoobjemová retenční nádrž. In: *dywidag-beton.cz* [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <http://www.dywidag-beton.cz/velkoobjemove-nadrze>

Obr. 12: Prvky rámové nádrže. In: *prefa.cz* [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://www.prefa.cz/nadrze-a-prostorove-prefabrikaty/nadrze-2/pravouhle-nadrze/ramove-nadrze/>

Obr. 13: Čedičová výstelka. In: *babc.cz* [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <http://www.babc.cz/prestice-ctp-park>

Obr. 14: Zákrytová deska

Obr. 15: Stěna

Obr. 16: Dno

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] WOLF SYSTEM spol. s r.o. Dostupné z: <https://www.wolfsystem.cz>
 - [2] PLV. Bohemia s.r.o. Dostupné z: <https://plastovar.cz>
 - [3] NemKoCZ s.r.o. Dostupné z: <https://www.nemko.cz>
 - [4] Renoplast Plzeň s.r.o. Dostupné z: <https://www.renoplast.cz>
 - [5] Prefa Brno a.s. Dostupné z: <https://www.prefa.cz>
 - [6] TIBA BETON CZ, s.r.o. Dostupné z: <http://www.tibanet.cz>
 - [7] db Betonové jímky s.r.o. Dostupné z: <https://www.db-jimky.cz>
 - [8] B&BC a.s. Dostupné z: <http://www.babc.cz>
- ZICH, Miloš, BAŽANT Zdeněk. *Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky*. Akademické nakladatelství CERM, Brno 2010.

12 SEZNAM PŘÍLOH

P1) Použité podklady

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace