

**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

## **MONOLITICKÁ NÁDRŽ ČOV**

CAST-IN-PLACE TANK OF SEWAGE PLANT

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**BC. ORSOLYA KUSTYÁNOVÁ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**ING. JIŘÍ STRNAD, PH.D.**

BRNO 2016



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav betonových a zděných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

**Diplomant** Bc. Orsolya Kustyánová

**Název** Monolitická nádrž ČOV

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

**Datum zadání  
diplomové práce** 31. 3. 2015

**Datum odevzdání  
diplomové práce** 15. 1. 2016

V Brně dne 31. 3. 2015

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

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

## **Podklady a literatura**

Schematické výkresy zadaného objektu (půdorysy, řezy)

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

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

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

Výpočetní programy pro PC

## **Zásady pro vypracování**

Proveďte návrh a posouzení monolitické konstrukce nádrže v areálu čistírny odpadních vod.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

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

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

P4. Stavební postup a vizualizace

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

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

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

## **Struktura bakalářské/diplomové práce**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

.....

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

## **Abstrakt**

Diplomová práce je zaměřena na návrh a posouzení nosných částí monolitické železobetonové nádrže v areálu čistírny odpadních vod v obci Vrbice.

Součástí práce jsou technická zpráva, průvodní zpráva ke statickému výpočtu, statický výpočet, výkresová dokumentace, postup výstavby a vizualizace.

Výpočet vnitřních sil byl proveden pomocí programu Scia Engineer a následně ověřen ručním výpočtem.

Výkresová dokumentace se stává z výkresu tvaru a výkresů betonářské výztuže nosných konstrukcí.

## **Klíčová slova**

čistírna odpadních vod, stěny, základová deska, železobeton, trhliny, zatížení teplotou, smršťování, smyk, vnitřní síly, dimenzování, výztuž

## **Abstract**

This thesis deals with the design and assessment of all supporting parts of a cast-in-place reinforced concrete tank of sewage plant in the village Vrbice.

The main parts of the thesis are the technical report, static analysis, drawing documentations, construction process and visualisations.

Calculation of internal forces was performed by the software Scia Engineer and verified by manual calculation.

The drawing documentation consists of shape and reinforcement drawings of supporting parts.

## **Keywords**

wastewater treatment plant, walls, base plate, reinforced concrete, cracks, thermal actions, shrinkage, shear, internal forces, design of structures, reinforcement

## **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Orsolya Kustyánová *Monolitická nádrž ČOV*. Brno, 2016. 18 s., 235 s. příl.  
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových  
a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jiří Strnad, Ph.D.

**Prohlášení:**

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

V Brně dne 14.1.2016

.....  
podpis autora

### **Poděkování**

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce panu Ing. Jiřímu Strnadovi, Ph.D. za jeho čas a odborné rady při konzultacích.

Köszönöm továbbá szüleimnek, hogy mindenben támogattak tanulmányaim során.

**OBSAH**

1. Úvod.....	9
2. Technická zpráva.....	10
2.1. Popis objektu.....	10
2.2. Harmonogram výstavby.....	11
2.3. Materiál.....	12
2.4. Zatížení.....	12
2.5. Vliv stavby na životní prostředí.....	13
2.5.1. Ochrana ovzduší.....	13
2.5.2. Ochrana z hlediska hluku.....	13
2.6. Bezpečnost práce.....	14
2.7. Ochrana obyvatelstva.....	14
3. Závěr.....	15
Seznam použitých zdrojů.....	16
Seznam příloh.....	18



## 1 Úvod

Cílem této práce je navrhnout konstrukci monolitické nádrže čistírny odpadních vod v obci Vrbice. Nádrž bude vybudována jako polopodzemní zasypaná nádrž. Celou konstrukci tvoří monolitický železobeton vyztužený betonářskou výztuží. Hlavním úkolem je analýza zatížení působícího na nádrž a návrh vyztužení nosných částí, základové desky, stěn, lávky nad nádrží a betonového prstene kolem nádrže. Důležitým krokem je posouzení vzniku trhlin v základové desce a ve stěnách.

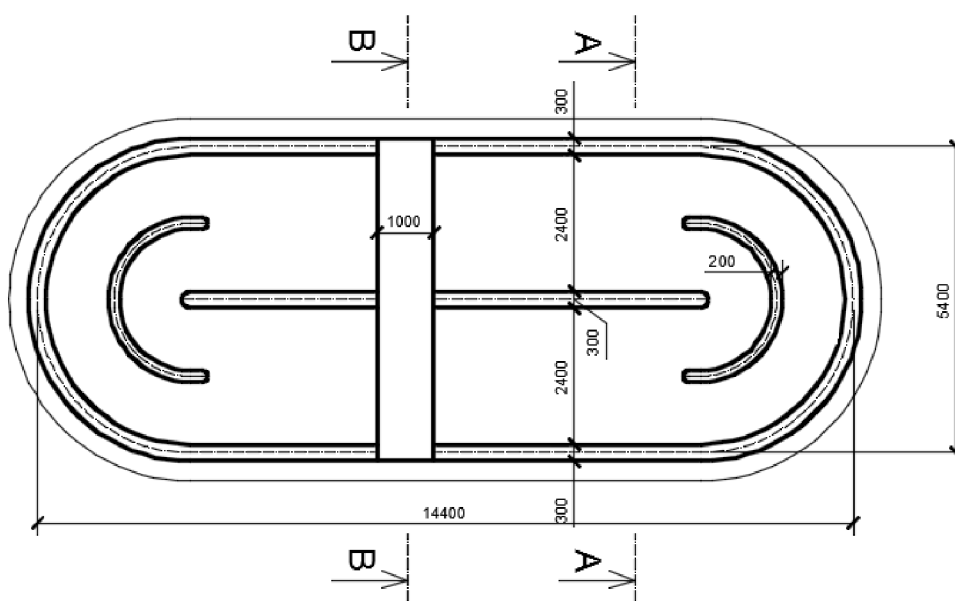
## 2 Technická zpráva

### 2.1. Popis objektu

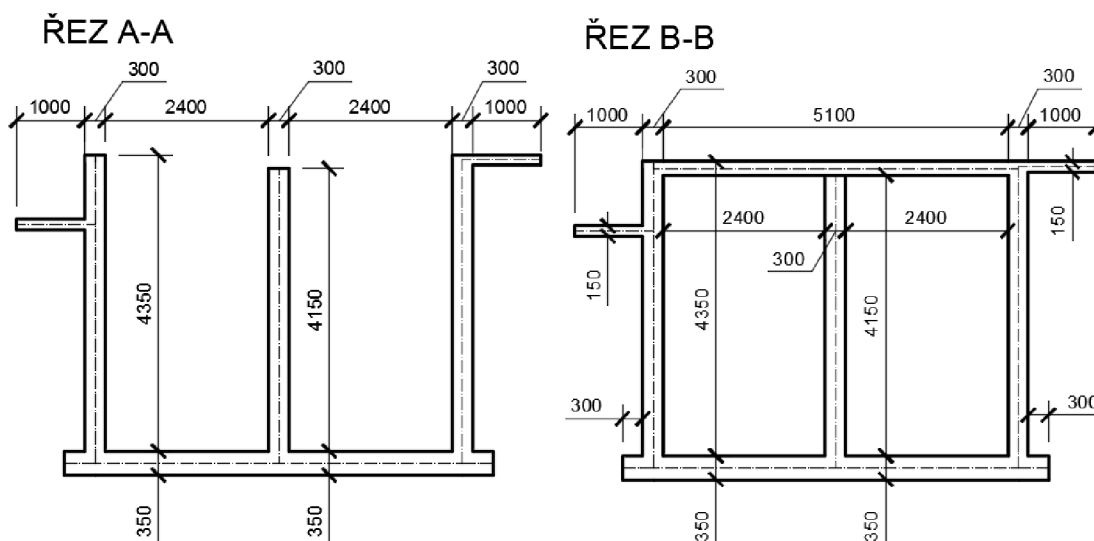
Jedná se o polopodzemní nádrž čistírny odpadních vod v obci Vrbice. Nádrž bude sloužit pro takzvanou oběhovou aktivaci, která je důležitým procesem čištění vody. Kal se vstupuje do oběhové nádrže přes selektor. Účelem je podpora růstu rychle rostoucích mikroorganismů a potlačení pomalu rostoucích. Tím se vytvoří tzv. vločkovitý kal. Dále dochází k odstranění organických látek a k nitrifikaci. Potom se kapalina dostane do dalších dosazovacích nádrží.

Nádrž má v půdorysu atypický oválný tvar. Základ tvoří 350 mm tlustá základová deska o rozměrech cca. 15,3 x 6,3 m. Obvodové stěny mají tloušťku 300 mm, a jsou 4,35 m vysoké. Součástí nádrže jsou i vnitřní stěny pro usměrnění oběhu kapaliny. Prostřední rovná stěna má tloušťku 300 mm a výšku 4,15 m, vnitřní obloukové stěny mají tloušťku 200 mm a výšku 4,15 m. Přes nádrž vede 1 m široká železobetonová lávka o tloušťce 200 mm. Kolem nádrže je 1 m široký betonový prsten, jako konzola, o tloušťce 150 mm. Lávka a prsten slouží pro pohyb pracovníků čistírny odpadních vod. Na okrajích těchto prvků bude instalováno zábradlí.

Schematický půdorys objektu:



Řezy:



## 2.2. Harmonogram výstavby

Konstrukci navrhuji jako monolitický železobetonový celek, vybetonovaný ve více etapách. Po vyhloubení stavební jámy o hloubce 2,8 m a půdorysných rozměrech minimálně 17,5 x 8,5 m je nutno zabezpečit stavební jámu vhodným pažením odpovídajícím místním geologickým poměrům.

Následně bude prováděna 100 mm tlustá vyrovnávací betonová vrstva z prostého betonu o půdorysných rozměrech minimálně 15,5 x 6,5 m. Po ztuhnutí této vrstvy lze umístit hydroizolační fólii a vybetonovat základ nádrže. Základ konstrukce tvoří železobetonová deska o tloušťce 350 mm a půdorysného tvaru dle výkresové dokumentace. Výztuž základové desky je navržena v příloze „P3. Statický výpočet“ a znázorněna v příloze „P2. Výkresová dokumentace“.

Poté se provede utěsnění pracovní spáry pomocí těsnících pásů typu FORTE, které jsou výhodné tím, že se aplikují pouhým zatlačením do betonové směsi bez nutnosti dalšího kotvení.

Na základovou desku přímo navazují stěny nádrže, taktéž ze železobetonu. Obvodové stěny jsou 300 mm tlusté a 4,35 m vysoké, vnitřní prostřední stěna je 300 mm tlustá a 4,15 m

vysoká, vnitřní obloukové stěny jsou 200 mm tlusté a 4,15 m vysoké. Jsou oboustranně vyztuženy dle příloh „P3. Statický výpočet“ a „P2. Výkresová dokumentace“.

Lávka nad nádrží je též ze železobetonu, je vetknuta do okrajových stěn. Betonáž lávky je posledním krokem spolu s betonáží okrajového prstene kolem nádrže. Lávka má tloušťku 200 mm a šířku 1 m, prsten má tloušťku 150 mm a šířku 1 m. Navržené vyztužení lze nalézt v přílohách P3. a P2.

Po betonáži se provedou povrchové úpravy pro utěsnění povrchu systémem Sikagard a Sikalastic.

### **2.3. Materiál**

Nádrž je budována jako monolitický celek z betonu třídy C35/45 vyztuženého betonářskou výztuží B550B. Pro podkladní vrstvu tl. 100 mm bude používán beton třídy C12/15.

### **2.4. Zatížení**

Nádrž je zatížena jak stálým, tak i proměnným zatížením. Stálé zatížení se skládá z vlastní tíhy betonových konstrukcí, ostatních stálých zatížení (zábradlí na lávce a po okrajích prstýnku), zatížení kapalinou a zatížení zemním tlakem v klidu. Proměnné zatížení tvoří užitné zatížení na lávce a na prstýnku a zatížení teplotou.

Zatížení teplotou je z hlediska statické analýzy konstrukce jedno z nejvýznamnějších zatížení. Jelikož nádrž není úplně zasypána až po okraji zeminou, ale část nádrže je v podzemí a část v nadzemí, na těchto oblastech musím uvažovat rozdílné teplotní poměry jak v létě, tak aj v zimě. V létě kromě jednoduchého oteplení ovzduší (které v místě stavby může dosáhnout podle norem aj +39 °C) musím započítat aj vliv slunečního záření, který nejvíce oteplí prvky vodorovné, nebo orientované jiho-západně. Naopak v zimě sice sluneční záření nemá takový vliv na teplotu konstrukcí, ale ovzduší se ochlazuje až na -30 °C. Takové výkyvy teplot mohou způsobit značné vnitřní síly v konstrukci, na které jsem musela dimenzovat aj výztuž nádrže.

Ve statickém výpočtu naleznete podrobnou analýzu jednotlivých zatěžovacích stavů od teploty a jejich kombinace.

## **2.5. Vliv stavby na životní prostředí**

Negativní vliv na životní prostředí bude mít stavba pouze po dobu výstavby. Dodavatel musí po dobu výstavby minimalizovat prašnost, hlučnost a dbát na ochranu stávající zeleně a v neposlední řadě zabránit kontaminaci podzemní vody.

### **2.5.1. Ochrana ovzduší**

Postavená nádrž čistírny odpadních vod nebude zatěžovat životní prostředí dotčeného území. Stavba respektuje veškeré platné předpisy. Čistírna odpadních vod nebude zatěžovat okolní zastavěné území nežádoucím pachem – s přihlédnutím k využití nejmodernějších větracích technologií.

### **2.5.2. Ochrana ovzduší**

Při provozu zařízení způsobující hluk (vrtulová čerpadla) nebude překročena limitní hodnota 40dB v okolí čistírny odpadních vod. Nedojde tedy k překročení limitní hodnoty hluku pro nejbližší obytnou zástavbu nacházející se ve vzdálenosti cca 1000 m od čistírny.

## 2.6. Bezpečnost práce

Nádrž bude stavba s běžným technickým vybavením, nevyžadující zvláštní nároky na bezpečnost při práci. Nebezpečná místa (lávka, prsten na okraji) budou opatřena zábradlím. Hotová čistírna odpadních vod musí mít definitivní oplocení minimálně 2 m vysoké, aby kolem nádrží a strojů mohli pohybovat pouze zaškolení pracovníci čistírny.

Po dobu výstavby mají být dodrženy všechny bezpečnostní předpisy a podmínky týkající se práce na staveništi. Pracovníci při výstavbě musí být vybaveni vhodnými ochrannými pomůckami a dodržet předepsaný postup a všechny pokyny stavbyvedoucího.

## 2.7. Ochrana obyvatelstva

Stavba bude umístěna v extravilánu obce Vrbice. Nejbližší obytné stavby se nachází ve vzdálenosti cca 1 km. Z hlediska zajištění bezpečnosti obyvatelstva obce musí být dodrženy následující zásady:

- Staveniště musí mít alespoň provizorní oplocení s výškou 2 m s vjezdovou brankou
- V případě znečištění veřejné pozemní komunikace nebo chodníku je nutno toto znečištění okamžitě odstranit
- Hotová čistírna odpadních vod musí mít definitivní oplocení 2 m vysoké

### 3 Závěr

Nosné prvky nádrže čistírny odpadních vod byly navrženy dle platných norem na mezní stav únosnosti. Z hlediska mezního stavu použitelnosti byla konstrukce posouzena na vznik a šířku trhlin. Součástí přílohy textové části jsou statický výpočet a výkresová dokumentace, ve kterých lze nalézt podrobný postup návrhu. Ke statickému výpočtu patří ještě příloha P5. Průvodní zpráva ke statickému výpočtu.

Navržená konstrukce byla posouzena jako vyhovující.

V Brně dne 14.1.2016

.....  
podpis autora

Bc. Orsolya Kustyánová

**Seznam použitých zdrojů:****Seznam použitých norem:**

- [1] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, Praha: ČNI, 2004
- [2] ČSN EN 1991 – 1 – 1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení– Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Praha: ČNI, 2004
- [3] ČSN EN 1991 – 1 – 5. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení– Zatížení teplotou, Praha: ČNI, 2005
- [4] ČSN EN 1991 – 4 . Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží, Praha: ČNI, 2013
- [5] ČSN EN 1992–1–1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Praha: ČNI, 2011
- [6] ČSN EN 1992–3. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 3: Nádrže na kapaliny a zásobníky, Praha: ČNI, 2011

**Seznam ostatní literatury:**

- [7] ZICH, Miloš. *Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů.* vyd. Praha: Dashöfer, 2010, 145 s. ISBN 978-80-86897-38-7.
- [8] BAREŠ, Richard. *Tabulky pro výpočet desek a stěn.* vyd. Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury, 1989, 617 s. Typové číslo L17-B3-II-84/72 395



- [9] Geologická mapa 1:50 000. ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA, Český úřad zeměměřický a katastrální. *Geologické a geovědní mapy* [online]. [cit. 2015-12-30].  
Dostupné z:  
[http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show\\_map.php?mapa=g50&y=580400&x=1194000&s=1](http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=580400&x=1194000&s=1)

### **Výkresové podklady:**

- [10] Půdorys a řez nádrže

### **Použitý software:**

- Textová část, statický výpočet
- [11] Microsoft Word, Microsoft Corporation
- Výpočet vnitřních sil, kombinací
- [12] Scia Engineer 2015, Nemetschek Scia
- Výkresová dokumentace
- [13] Autodesk AutoCad 2015, Autodesk, Inc.
- Vizualizace
- [14] SketchUp, Trimble Navigation Limited

## Seznam příloh

- P1. Použité podklady
- P2. Výkresová dokumentace
  - P2.1. Výkres tvaru
  - P2.2. Výkres výztuže základové desky
  - P2.3. Výkres výztuže stěn
  - P2.4. Výkres výztuže lávky nad nádrží
  - P2.5. Výkres výztuže prstene kolem nádrže
- P3. Statický výpočet
- P4. Stavební postup a vizualizace
- P5. Průvodní zpráva ke statickému výpočtu