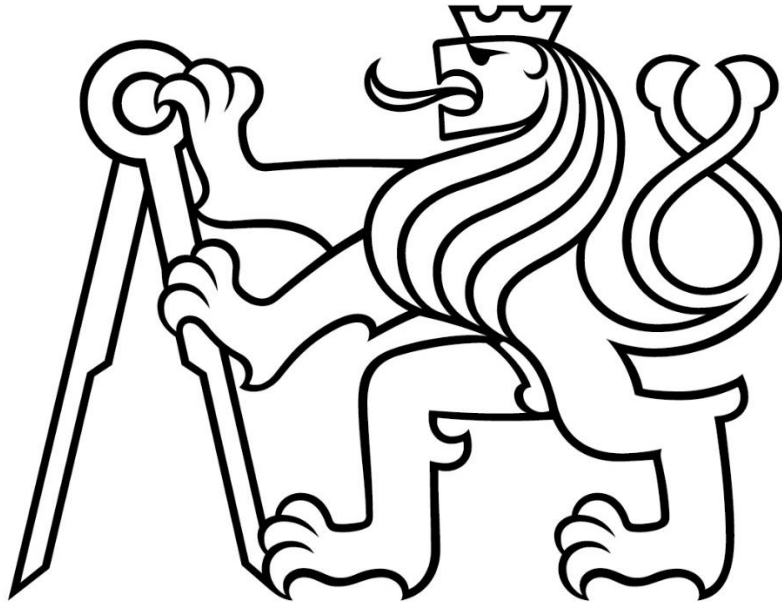


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta stavební**

**Katedra betonových a zděných konstrukcí**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Návrh čistírny odpadních vod v Kamenici  
(Design of sewage treatment plant in Kamenice)

**A – Technická zpráva**

**Alena Malá**

**2020**

Vedoucí práce: Ing. Martin Tipka, Ph.D.



---

## Obsah

<b>1</b>	<b>OBSAH PROJEKTU</b> .....	<b>3</b>
1.1	Zpracovatel.....	3
<b>2</b>	<b>PODKLADY, LITERATURA, ČSN</b> .....	<b>3</b>
2.1	Použitý software.....	4
<b>3</b>	<b>ZÁKLADOVÉ POMĚRY</b> .....	<b>4</b>
3.1	Geologické poměry.....	4
3.2	Hydrogeologické poměry.....	5
<b>4</b>	<b>ZATÍŽENÍ</b> .....	<b>6</b>
4.1	Zemní tlak.....	6
4.2	Užitné zatížení.....	6
4.3	Klimatická zatížení.....	6
4.4	Spodní voda.....	6
4.5	Voda uvnitř.....	6
<b>5</b>	<b>NÁVRHOVÉ SITUACE</b> .....	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>KONSTRUKCE NÁDRŽÍ</b> .....	<b>7</b>
6.1	Popis konstrukce.....	7
6.2	Výkopy.....	7
6.3	Založení.....	7
6.4	Požadavky na vodonepropustnost.....	8
6.5	Provádění.....	8
6.5.1	Beton dna	8
6.5.2	Beton stěn a desky nad kalojemem	8
6.5.3	Výztuž	9
6.5.4	Pracovní spáry a postup	9
6.5.5	Prostupy	9
6.5.6	Ukládání betonu	9
6.5.7	Ošetřování betonu	9
6.5.8	Zkouška těsnosti	9



---

## **1 Obsah projektu**

Jedná se statickou část projektu Kamenice – ČOV. Projekt je zpracován jako dokumentace pro provedení stavby, případně jako dokumentace pro výběr dodavatele. Jsou ověřeny hlavní nosné konstrukce, navrženy tloušťky a vyztužení stěn a dna nádrží. V projektu je řešen provozní objekt a aktivační nádrže s kalojemem.

### **1.1 Zpracovatel**

Alena Malá  
Švabinského 68  
Ústí nad Labem, 400 03

## **2 Podklady, literatura, ČSN**

- Rozpracovaná stavební část uvedené akce poskytnutá hlavním projektantem firmou PROVOD, inženýrská spol. s r. o.
- Geologický posudek pro ČOV Kamenice, RNDr. Jan Kněžek, RNDr. Eliška Čechová, Pod Parkem 32, 400 12 Ústí nad Labem, říjen 2010
- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží
- ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1992-3 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 3: Nádrže na kapaliny a zásobníky
- ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla
- ČSN EN 13670 Provádění betonových konstrukcí
- ČSN EN 206 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- ČSN P 73 2404 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda – Doplňující informace
- TP51 Statické tabulky



- Technická pravidla ČBS 02 – Bílé vany – Vodonepropustné betonové konstrukce, překlad rakouské směrnice a komentáře
- Technická pravidla ČBS 04 – Vodonepropustné betonové konstrukce, překlad německé směrnice a komentáře

### 2.1 Použitý software

- Výpočetní program SCIA Engineer
- AutoCAD 2018
- RECOC BETON R2018
- MS Office – Word
- Výpočetní program pro návrh výztuže při předepsané šířce trhlin, Ing. Radek Štefan Ph.D., CSc., 2009

## 3 Základové poměry

### 3.1 Geologické poměry

Nejvyšší vrstvou je násyp pro stavbu ČOV provedený v době její výstavby. Sondami byly zjištěny písčité materiály vzhledu žulového eluvia, tedy písku s neopracovanými žulovými kameny. Cizorodé příměsi se téměř nevyskytují, pomine-li se několik kusů algonkické břidlice. Násyp má mocnost 5,5. Pod ním je povrch původního terénu.

Další vrstvou jsou jíly výrazně tmavé až černošedé barvy, s organickými zbytky v tenkých souvislých polohách, tvořených kořeny a stvoly rákosu. Jíl hnilobně zapáchá. Pravděpodobně vrstva rybníčního sedimentu. Zrnitostně je složena z 15 % jílu, 45 % prachu, 25 % písku a zbytek jsou hrubší částice. Další vrstvou, od hloubky cca 2,7 m pod terénem, jsou písky klasifikovatelné jako hlinité. V odebraném vzorku (Sl, 4 m) jílová frakce chybí, prachu je 22 %, písku 60 % a 18 % hrubších částí, ne větších než 8 mm. Tato vrstva má tak malou vnitřní soudržnost, že prohlubování sond bylo krajně obtížné, a pokusy o překonání hloubky 4,2 m skončily v obou případech masivním vypadáváním stěn až do zhroucení vrstev písku a vykavernováním všeho pod spodní plochou jílu.



Základová půda pro hloubku založení 6,0 m bude tvořena pravděpodobně hlinitým pískem atypické zrnitosti. Podle ČSN 73 1001 řadíme do třídy S4 symbol SM se směrnými normovými charakteristikami:

modul přetvárnosti základové půdy	15 MPa
efektivní úhel vnitřního tření	28°
efektivní soudržnost	0
Poissonovo číslo	0,30
objemová tíha	19 kN/m <sup>3</sup>
tabulková výpočtová únosnost pro základ	0,5 - 6,0 m 175 - 250 kPa

V případě, že by v hloubce založení byla zastižena navětralá rozpukaná žula, zařadí se jako základová půda podle ČSN 73 1001 do třídy R4, s nízkou pevností a větší hustotou puklin. Směrné normové charakteristiky činí:

modul přetvárnosti základové půdy	150 MPa
Poissonovo číslo	0,20
tabulková výpočtová únosnost	250 kPa

### 3.2 Hydrogeologické poměry

Hlavním zvodnělým horizontem je celá mocnost písků. Při hloubení byly přítoky prakticky v celé mocnosti, s výjimkou etáže přímo pod jílem, mocné asi 1 m, pravděpodobně sekundárně znepropustněné zatečeným jílem.

Hladina spodní vody byla zjištěna v hloubce 1,5 m pod terénem. V mokrých obdobích je nutné počítat s hladinou vyšší než 1 m pod terénem.

Do výkopu bude trvalý přítok, který může dosáhnout 2-4 l/ s. Okamžitý přítok bude vyšší. Vzhledem k náchylnosti písků na vyplavování je nutno snižovat hladinu vody ve výkopu pomalu, bez ohledu na způsob a tvar stavební jámy.

Jakost vody: voda je kyselá, středně tvrdá, slabě agresivní obsahem CO<sub>2</sub> (XA1)



---

## 4 Zatížení

### 4.1 Zemní tlak

Je uvažován zemní tlak v klidu dle ČSN EN 1997-1, zemina písčítá s objemovou tíhou  $19,0 \text{ kN/m}^3$ ,  $f' = 28^\circ$ ;  $c = 0$ , zemina nasycená vodou  $12,0 \text{ kN/m}^3$ . Součinitel zemního tlaku v klidu je  $K_0 = 0,53$ .

### 4.2 Užité zatížení

Povrchové zatížení terénu dle ČSN EN 1991-1-1 jako Kategorie G – dopravní a parkovací plochy pro středně těžká vozidla ( $120 \text{ kN/nápravu}$ )  $5,00 \text{ kN/m}^2$ . Na ocelové lávce uvažují  $2,50 \text{ kN/m}^2$  a vodorovné zatížení na madlo zábradlí  $0,50 \text{ kN/m}^2$ . Užité zatížení v objektu dle ČSN EN 1991-1-1 jako Kategorie E1 – skladovací prostory  $7,50 \text{ kN/m}^2$ .

### 4.3 Klimatická zatížení

Objekt se nachází v II. sněhové oblasti. Dle ČSN EN 1991-1-3/Z1 sněhové mapy je  $s_k = 1,00 \text{ kPa} = 1,00 \text{ kN/m}^2$ . Zatížení větrem o rychlosti  $25 \text{ m/s}$ , krajina typu vesnice.

### 4.4 Spodní voda

Pro návrh vyztužení je uvažováno, že spodní voda se vyskytuje v hloubce  $1,5 \text{ m}$  pod povrchem současného terénu, což znamená cca  $4,1 \text{ m}$  nad horní hranou dna. V případě vyprázdňené nádrže je posouzeno vyplavání, pro maximální hladinu spodní vody vyhovuje.

### 4.5 Voda uvnitř

Uvažována výška hladiny  $5,25 \text{ m}$  nad horní hranou dna nádrží, objemová tíha  $10 \text{ kN/m}^3$ .

## 5 Návrhové situace

Pro návrh a ověření dimenzí stěny jsou rozhodující následující návrhové situace:

1. zkouška těsnosti, kdy je nádrž nezasypaná a uvnitř je voda do výše předepsané maximální provozní hladiny, a to alespoň v jedné z komor nádrže
2. prázdná nádrž při maximálním působení zemního tlaku, užitého zatížení a tlaku spodní vody



3. plná nádrž pro určení zatížení základové spáry, lze uvažovat i hladinu spodní vody níže než dno
4. vyplavání při zcela vyprázdněných nádržích a maximálním vztlaku vody pro případ 100leté vody, případně určení minimální výšky hladiny vody v nádržích
5. maximální účinek užitého zatížení při návrhu podlahových desek anebo ocelových konstrukcí

## 6 Konstrukce nádrží

### 6.1 Popis konstrukce

Jedná se o čtyřkomorovou nádrž, tři komory (denitrifikace, nitrifikace a dosazovací nádrže) jsou umístěny za sebou a komora kalojemu rozšiřuje nádrže o 2,6 m. Vnější půdorysné rozměry stěn jsou 5,0 m (7,6 m s kalojemem) x 14,90 m, tloušťka vnitřních přepážek 300 mm, tloušťky dna, obvodových stěn a vnitřní stěny u kalojemu je 400 mm. Stěna při provozním objektu je navržena tl. 500 mm. Dno nádrží přesahuje vnější obrys stěn o 200 mm.

### 6.2 Výkopy

Výkopy budou provedeny se svahováním 1:1. Je nutné předpokládat, že se budou vyskytovat přítoky spodní vody a je nutné uvažovat se zajištěním odvodnění stavební jámy drenáží a čerpacími studněmi.

### 6.3 Založení

Základová spára se bude nacházet pravděpodobně v jílovitých pískách. Vzhledem k možné různorodosti podloží je navržen šterkový polštář o mocnosti 400 mm hutněný na  $E_{def,2} > 25\text{MPa}$ . Bude provedeno svedení spodní vody drenáží ve vrstvách polštáře do čerpacích jímek na okrajích výkopů. Na polštář bude proveden podkladní beton tl. 100 mm, beton C8/10 (nebo vyšší pevnosti). Mezi podkladní beton a základovou desku bude uložena dvojice asfaltových pásů s papírovou vložkou, umožňující volné smršťování čerstvě vybetonovaného dna nádrží a tím zmenšení a snížení výskytu trhlin vlivem omezení přetvoření.



## 6.4 Požadavky na vodonepropustnost

Konstrukce železobetonových nádrží byla zaříděna podle tabulky 7.105 ČSN EN 1992-3. Konstrukce jsou navrženy ve třídě nepropustnosti 1.

Třída nepropustnosti	Požadavky na průsak
0	Jiný stupeň průsaku se připouští nebo je průsak kapalin irelevantní.
1	Průsak je omezen na malé množství. Připouští se několik povrchových skvrn nebo vlhkých míst.
2	Průsak je minimální. Vzhled nesmí být znehodnocen skvrnami.
3	Průsak není povolen.

Mezní navržená šířka trhliny pro dno nádrží a stěny tloušťky 400 mm je  $w_{\text{klim}} = 0,16$  mm, pro vnitřní stěny tloušťky 300 mm je limitní hodnota  $w_{\text{klim}} = 0,16$  mm a pro stěnu tloušťky 500 mm je maximální šířka trhliny  $w_{\text{klim}} = 0,17$  mm.

## 6.5 Provádění

### 6.5.1 Beton dna

Použitý beton bude dle ČSN EN 206 C25/30 pro prostředí XA1, XC4 – slabě chemicky agresivní prostředí, beton střídavě suchý nebo značně nasycený vodou. Nutné je dodržet mezní hodnoty pro složení betonu podle tab. F.1.1 v ČSN P 732404, zejména vodní součinitel, jehož maximální hodnota je  $w/c = 0,50$  a množství cementu, jehož minimální hodnota je 300 kg cementu/m<sup>3</sup> betonu. Cement bude použit struskoportlandský CEM II/B-S 42,5 N, dle ČSN EN 197-1. Beton bude splňovat i kritéria vodonepropustnosti podle ČSN EN 12390-8 na max. průsak 50 mm.

### 6.5.2 Beton stěn a desky nad kalojemem

Použitý beton bude dle ČSN EN 206 C25/30 pro prostředí XA1, XC4, XF3 – slabě chemicky agresivní prostředí, beton střídavě suchý nebo značně nasycený vodou s možností působení mrazu bez rozmrazovacích solí. Nutné je dodržet mezní hodnoty pro složení betonu podle tab. F.1.1 v ČSN P 732404, zejména vodní součinitel, jehož maximální hodnota je  $w/c = 0,50$  a množství cementu, jehož minimální hodnota je 300 kg cementu/m<sup>3</sup> betonu. Cement bude použit struskoportlandský CEM II/B-S 42,5 N, dle ČSN EN 197-1. Beton bude splňovat i kritéria vodonepropustnosti podle ČSN EN 12390-8 na max. průsak 35 mm.





### 6.5.3 Výztuž

Použitá výztuž B500B bude mít krytí 40 mm, bude splňovat ČSN EN 13670.

### 6.5.4 Pracovní spáry a postup

Dno nádrží bude betonované v jednom záběru. Vodotěsnost pracovní spáry mezi dnem a stěnami nádrží bude zajištěna pomocí bitumenových plechových pásů.

Obvodové stěny nádrží budou betonované ve třech záběrech. Pracovní spáry jsou zobrazeny ve výkresu tvaru.

### 6.5.5 Prostupy

Řešením prostupů je technologie z PVC potrubí. Napojovací část trubky s hrdlem bude vložena do bednění a obalena bentonitovým páskem.

### 6.5.6 Ukládání betonu

Ukládání betonu bude prováděno pomocí pumpy a trubky tak, aby nedošlo k padání betonu z výšky větší než 1,0 m. Čerstvý beton bude řádně zvibrován ponorným vibrátorem. Teplota ukládaného betonu nesmí být vyšší než 25°C.

### 6.5.7 Ošetřování betonu

Délka ošetřování betonu závisí na povrchové teplotě a rychlosti nárůstu pevnosti. Min. doba dle ČSN EN 13670 jsou 4 dny při předpokladu středního nárůstu pevnosti a teplotě povrchu 10-15°C. Delší doba nárůstu pevnosti, resp. nižší povrchová teplota znamenají prodloužení doby ošetřování. Ošetřováním se rozumí kropení povrchu betonu vodou. V případě odbednění po méně než 4 dnech, je nutné betonovou konstrukci chránit před nadměrným unikem tepla a vody z jejího povrchu.

### 6.5.8 Zkouška těsnosti

Zkušební hladina při zkoušce vodotěsnosti nádrží je nejvyšší hladina vody. Zkouška bude provedena nejdříve po 12 dnech od dokončení betonáže.

V Praze dne:

.....

Alena Malá