


| | | | |
|--------|-------------------|------------|------------------|
| 6 | | | |
| 5 | | | |
| 4 | | | |
| 3 | | | |
| 2 | ČISTOPIS | 06.01.2023 | Ing. Kuba, Ph.D. |
| 1 | VERZE KE KONTROLE | 07.12.2022 | Ing. Kuba, Ph.D. |
| REVIZE | POPIS | DATUM | SCHVÁLIL |

| | | | | | |
|--|-------------------------------------|----------------|------------|---|------------|
| Sweco Hydroprojekt a.s. Ústředí Praha Táborská 31, 140 16 Praha 4; praha@sweco.cz; www.sweco.cz | | | | SWECO  | |
| VYPRACOVAL | Ing. Holuša | HIP | Ing. Rinn | T. KONTROLA | Ing. Trnka |
| PROJEKTANT | Ing. Holuša | ŘEDITEL DIVIZE | Ing. Hanák | DATUM | 01/2023 |
| OBJEDNATEL | Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. | | | OKRES | BRNO |
| AKCE: Kalové hospodářství ČOV Brno - Modřice < | | | | | |

Tato dokumentace včetně všech příloh (s výjimkou dat poskytnutých objednatelem) je duševním vlastnictvím akciové společnosti Sweco Hydroprojekt a.s. Objednatel této dokumentace je oprávněn ji využít k účelům vyplývajícím z uzavřené smlouvy bez jakéhokoliv omezení. Jiné osoby (jak fyzické, tak právnické) nejsou bez předchozího výslovného souhlasu objednatele oprávněny tuto dokumentaci ani její části jakkoli využívat, kopírovat (ani jiným způsobem rozmnožovat) nebo zpřístupnit dalším osobám.

Poznámka: Podpisy zpracovatelů jsou připojeny pouze k výtisku číslo 01 nebo originálu přílohy (matrici).

OBSAH / SEZNAM PŘÍLOH

strana

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Zpráva ke statickému výpočtu | 5 |
| 1.1 | Úvod | 5 |
| 1.2 | Přehled použitých podkladů | 5 |
| 1.3 | Obsah dokumentace | 5 |
| 1.4 | Seznam použitých českých technických norem | 5 |
| 1.5 | Seznam použitých směrnic a předpisů | 6 |
| 1.6 | Seznam použitých programů | 6 |
| 1.7 | Seznam použité literatury | 6 |
| 2 | Konstrukční řešení | 7 |
| 2.1 | Celkový popis objektu | 7 |
| 2.2 | Zhodnocení základových poměrů | 7 |
| 2.2.1 | Úvod | 7 |
| 2.2.2 | Inženýrskogeologické poměry | 8 |
| 2.2.3 | Geotechnické vlastnosti zemin a hornin | 9 |
| 2.2.4 | Popis sond | 9 |
| 2.3 | Stavební jáma a zajištění sousedních objektů | 10 |
| 2.4 | Založení navrhovaných objektů | 10 |
| 2.5 | Konstrukční řešení navrhovaných objektů | 10 |
| 3 | Statický výpočet | 11 |
| 3.1 | Vlastnosti použitých stavebních materiálů | 11 |
| 3.2 | Stanovení zatížení | 11 |
| 3.2.1 | Zatřídění stavby do třídy spolehlivosti | 11 |
| 3.2.2 | Stálá zatížení | 11 |
| 3.2.2.1 | Vlastní tíha konstrukce | 11 |
| 3.2.2.2 | Spádování dna a betonové podlahy | 12 |
| 3.2.3 | Nahodilá zatížení | 12 |
| 3.2.3.1 | Užitné – vodní náplň | 12 |
| 3.2.3.2 | Užitné – čistírenské kaly | 12 |
| 3.2.3.3 | Užitné – náplň do biofiltrů | 12 |
| 3.2.3.4 | Klimatické – sníh | 12 |
| 3.2.3.5 | Klimatické – vítr | 13 |
| 3.2.3.6 | Soustředěná a místní – vodorovné zatížení zábradlí a dělicích stěn | 13 |
| 3.2.4 | Zatížení zemním tlakem a podzemní vodou | 13 |
| 3.2.4.1 | Trvalé a dočasné návrhové situace | 13 |
| 3.2.4.2 | Mimořádná situace | 13 |
| 3.3 | Posouzení stability proti nadzvednutí vztlakem | 13 |
| 3.4 | návrh a posouzení železobetonových konstrukcí | 15 |
| 3.4.1 | Stanovení stupně vlivu prostředí a třídy betonu | 15 |
| 3.4.1.1 | Základová deska | 15 |
| 3.4.1.2 | Obvodové stěny | 15 |
| 3.4.2 | Stanovení návrhové životnosti | 15 |
| 3.4.3 | Stanovení krycí vrstvy výztuže | 15 |
| 3.4.3.1 | Základová deska | 15 |
| 3.4.3.2 | Svislé stěny | 16 |
| 3.4.4 | Obvodové stěny nádrže | 16 |
| 3.4.4.1 | Zatížení obvodové stěny | 16 |
| 3.4.4.2 | Výpočet vnitřních sil ve stěně | 16 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| Kalové hospodářství ČOV Brno - Modřice | D1.2.2407.2 PODROBNÝ STATICKÝ VÝPOČET |
| D1.2.2407 STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ | DPS |

BIOFILTR G SO 2407

| | | |
|-------|--|----|
| 3.4.5 | Základová deska | 19 |
| 3.4.6 | Schéma vnějšího zatížení – příčný směr | 20 |
| 3.4.7 | Návrh výztuže dna..... | 22 |
| 3.4.8 | Posouzení průřezu dna | 23 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| Kalové hospodářství ČOV Brno - Modřice | D1.2.2407.2 PODROBNÝ STATICKÝ VÝPOČET |
| D1.2.2407 STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ | DPS |

BIOFILTR G SO 2407

1 ZPRÁVA KE STATICKÉMU VÝPOČTU

1.1 ÚVOD

Předmětem tohoto podrobného statického výpočtu je návrh a posouzení nových nosných konstrukcí objektu SO 2407 Biofiltr G v rámci akce „Kalové hospodářství ČOV Brno–Modřice“ ve stupni projektové dokumentace pro provádění stavby v podrobnosti odpovídající projektové dokumentaci pro výběr zhotovitele, včetně použití metody BIM (dále jen DPS).

1.2 PŘEHLED POUŽITÝCH PODKLADŮ

Kalové hospodářství ČOV Brno – Modřice, změna DUR. Aquatis a.s., Brno 2021, zakázkové číslo 211026

Kalové hospodářství ČOV Brno – Modřice, architektonicko – stavební část dokumentace ve stupni DSP. Sweco Hydroprojekt a.s., Praha 2022, číslo zakázky 12 2127 01 01

Modřice – ČOV, inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum. GEOTest, a.s., Brno 2017, číslo zakázky 17 7184

ČOV Modřice – Základní korozní průzkum. JEKU s.r.o., Praha 2022, číslo zakázky 22–B–119

1.3 OBSAH DOKUMENTACE

V této části projektové dokumentace je řešena stavebně konstrukční (statická) část navrženého objektu SO 2407 Biofiltr G v rámci akce „**Kalové hospodářství ČOV Brno–Modřice**“ ve stupni projektové dokumentace pro provádění stavby v podrobnosti odpovídající projektové dokumentaci pro výběr zhotovitele, včetně použití metody BIM (dále jen DPS).

Posouzení spolehlivosti a bezpečnosti (mezní stavy únosnosti a stability) navržených nosných konstrukcí bylo zpracováno podle systému technických norem ČSN EN (společných norem CEN), směrnic a předpisů, jejichž přehled je obsažen v kapitolách 1.4 až 1.7. Obdobně bylo postupováno i v případě prověření použitelnosti (mezních stavů omezení šířky trhlin, mezních stavů průhybů betonových a mezních stavů sedání).

1.4 SEZNAM POUŽITÝCH ČESKÝCH TECHNICKÝCH NOREM

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 1991-1-3 – Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem

ČSN EN 1991-1-4 – Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem

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

| | |
|--|---------------------------------------|
| Kalové hospodářství ČOV Brno - Modřice | D1.2.2407.2 PODROBNÝ STATICKÝ VÝPOČET |
| D1.2.2407 STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ | DPS |

BIOFILTR G SO 2407

ČSN EN 1992-1-2 – Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování na účinky požáru

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 1997-2 – Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy

ČSN EN 206+A2 – Beton – Specifikace, výroba a shoda

ČSN EN 13670 – Provádění betonových konstrukcí

ČSN 73 0250 – Zásady navrhování a zatížení konstrukcí vodohospodářských staveb

ČSN 73 1001 – Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy

ČSN P 73 1005 – Inženýrskogeologický průzkum

ČSN 73 1201 – Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

ČSN 73 1208 – Navrhování betonových konstrukcí vodohospodářských objektů

ČSN 73 1322 – Stanovení mrazuvzdornosti betonu

ČSN P 73 2404 – Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda – Doplnující informace

ČSN 73 3050 – Zemné práce. Všeobecné ustanovenia

ČSN 75 0250 – Zásady navrhování a zatížení konstrukcí vodohospodářských staveb

ČSN 75 0905 – Zkoušky vodotěsnosti vodárenských a kanalizačních nádrží

1.5 SEZNAM POUŽITÝCH SMĚRNIC A PŘEDPISŮ

Interaktivní mapa zatížení sněhem na zemi, dostupné on-line
na <http://www.snehovamapa.cz/>; VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební a ČHMÚ

1.6 SEZNAM POUŽITÝCH PROGRAMŮ

Fine GEO5 v.2022 – Zemní tlaky – Program počítá základní zemní tlaky (aktivní, pasivní, tlak v klidu) na konstrukci.

1.7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Zich, M. a kol.: Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů; Verlag Dashöfer, Praha 2010

Hulla, J. – Šimek, J. – Hulman, R. – Trávníček, I. – Štěpánek, Z.: Zakladanie stavieb; Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, n.p., Bratislava, 1987

J.Hořejší – J.Šafka: TP 51 Statické tabulky, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha 1987

| | |
|--|---------------------------------------|
| Kalové hospodářství ČOV Brno - Modřice | D1.2.2407.2 PODROBNÝ STATICKÝ VÝPOČET |
| D1.2.2407 STAVEBNÍ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ | DPS |

BIOFILTR G SO 2407

R.A. Bareš: Tabulky pro výpočet desek a stěn, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha 1989

M.I. Gorbunov – Posadov : Výpočet konstrukcí na pružném podkladu, SNTL – Státní nakladatelství technické literatury, Praha 1957

L. Végh a kolektiv: Betonové konstrukce pro FS vysokých škol technických, Vydalo ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČSR, Praha 1989

Procházka a kolektiv: Betonové konstrukce – příklady navrhování podle Eurocode 2

2 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

2.1 CELKOVÝ POPIS OBJEKTU

Projektovaný objekt bude součástí stavby nového kalového hospodářství ČOV. Budova se nachází v areálu stávající ČOV Brno, v extravilánu městských částí Brno – Modřice a Brno – Chrlice, v k. ú. Modřice.

Jedná se o otevřený nadzemní železobetonový monolitický objekt částečně zapuštěný pod úroveň terénu. Nachází se v blízkosti objektu SO 4000 – Strojní zahušťování přebytečného kalu, který bude zahlouben cca 4,0 m pod základovou desku objektu biofiltru G. Vzdálenost obou sousedních objektů bude dostatečná, takže založení objektu SO 4000 v otevřené svahované stavební jámě neovlivní zakládání objektu biofiltru G. Základová deska objektu je založena pod úroveň terénu, její spodní hrana je na kótě 190,80 m n.m., tj. 0,40 m pod úroveň upraveného terénu (191,20 m n.m.).

Objekt obdélníkového tvaru má vnější půdorysné rozměry 21,0 x 6,0 m. Po obvodě je uzavřen nadzemní obvodovou stěnou tloušťky 300 mm s konstrukční výškou 1,76 m. Podlaha bude upravena spádovým betonem vyspádovaným k odtokové gule umístěné ve spádovém betonu.

Základová spára objektu je uvažována na kótě 190,40 m nad Bpv, úroveň terénu bude přibližně ve výšce 191,20 m nad Bpv.

Nadzemní část objektu je tvořena otevřenou nádrží. Jedná se o neizolovanou nádrž, kdy vodonepropustnost zajišťuje železobetonová konstrukce.

2.2 ZHODNOCENÍ ZÁKLADOVÝCH POMĚRŮ

2.2.1 ÚVOD

Navrhovaný objekt je podle ČSN EN 1997-1 – Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí řazen do 2. geotechnické kategorie. Základové poměry jsou složité, přípovrchové vrstvy jsou do značné hloubky ovlivněny předchozí stavební činností a zároveň hladina podzemní vody dosahuje až do těchto přípovrchových vrstev. Pro návrh založení je postupováno v souladu se zásadami pro 2. geotechnickou kategorii. Do geotechnických výpočtů jsou potom podle doporučení IG průzkumu jako charakteristické použity hodnoty geotechnických vlastností uvedené v příslušné tabulce IG průzkumu.

| | |
|--|---------------------------------------|
| Kalové hospodářství ČOV Brno - Modřice | D1.2.2407.2 PODROBNÝ STATICKÝ VÝPOČET |
| D1.2.2407 STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ | DPS |
| BIOFILTR G SO 2407 | |

2.2.2 INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY

Inženýrskogeologické poměry v zájmovém prostoru jsou popsány na základě údajů získaných z realizovaných jádrových vrtů, penetračních sond a z vrtů archivních zpráv. Geologická stavba v prostoru uvažované výstavby je prezentována v sérii inženýrskogeologických řezů ve směru východ západ (A-A' až F-F') a ve směru sever jih (1-1' až 8-8'), které tvoří obsah přílohy závěrečné zprávy IGP.

Zájmový prostor, ležící v údolní nivě regulované řeky Svratky, má geologickou stavbu charakteristickou pro tuto oblast, jak je patrné z uvedených inženýrskogeologických řezů, pokrývajících v přibližně ortogonální síti celou oblast. Zároveň je přípovrchová část do hloubky i více než 5 m postižena antropogenními zásahy v podobě vestavěných konstrukcí stavebních objektů a s výstavbou spojenými terénními úpravami. Ze srovnání s archivními vrty vyplývá, že úroveň povrchu stávajícího terénu se oproti minulosti zvýšila cca o 1 m. Rovinný povrch zájmového území se v čase průzkumu nacházel v rozmezí 190,1 až 191,7 m n.m.

Předkvartérní podloží v celém prostoru zastihuje souvrství neogenního jílu, jehož mocnost je řádově minimálně v desítkách metrů a jeho povrch se nachází v celé oblasti v hloubce 7,3 až 10,5 m od povrchu stávajícího terénu (tj. v nadmořské výšce cca 180,4 až 184,1 m n.m.). V neogenních jílech byly ve vrtech HV211 a J203 ve východní části areálu zastiheny zvodnělé jemnozrnné jílovité písky o mocnosti až 1,2 m. Tyto vrstvy nejsou dle dosavadních poznatků průběžné, když tvoří uzavřené čočky. Z hlediska geotechnických vlastností jsou tyto dílčí polohy kvalitativně srovnatelné nebo i lepší a z toho důvodu nebyly vydělovány jako samostatný geotechnický typ.

V nadloží neogenních sedimentů je vyvinuto kvartérní souvrství údolní nivy tvořené šterky, místy s málo mocnými písky na povrchu. Mocnost šterkového souvrství se pohybuje v rozmezí 0,9 m ve vrtu J217 až 5,4 m, přičemž jeho povrch se nachází v nadmořských výškách 184,06 až 187,0 m n.m. a jeho báze v nadmořských výškách 181,81 až 183,92 m n.m. Nesoudržné písčité sedimenty v nadloží šterků mají ověřenou mocnost 0,2 až 1,0 m, výjimečně až 1,5 m (vrt J209), přičemž, v některých částech úplně chybí. Toto souvrství je nasycené vodou a tvoří hlavní hydrogeologický kolektor v oblasti. Ustálená hladina podzemní vody zaznamenaná současným průzkumem tvoří souvislou kvartérní zvodeň ve fluvialních sedimentech v hloubce 3,1 až 4,3 m pod terénem, tj. v rozmezí 186,5 až 187,9 m n.m. Nadložní jílovitohlinita, téměř nepropustná poloha kvartérních sedimentů způsobuje její mírné napětí.

V nadloží klastických souvrství údolní nivy je vyvinuto souvrství soudržných zemin. Až 1,8 m mocné polohy plastičtějších jílu měkké až tuhé konzistence se nachází v hloubce 3,0 až 5,7 m pod terénem (185,7 až 188,3 m n.m.). Na ně nasedá souvrství jílovitohlinité (mocné až 2,5 m), situované v úrovni 186,4 až 190,3 m n.m.

Souvrství soudržných kvartérních zemin je v oblasti bývalých, nyní asanovaných nádrží nahrazené souvrstvím navážek tvořených převážně soudržnými zeminami vyplňujícími prostory asanovaných nádrží. Nádrže se vyskytují na větší ploše zájmového prostoru. Současný průzkum měl také snahu ověřit bodově hloubku jejich založení a stav zrušených konstrukcí. Zvolená technologií jádrového vrtání neumožnila průnik skrze konstrukce z vysoce kvalitního železobetonu. Provrtat betonové dno nádrží a ověřit zeminu v podzákladí se tak podařilo pouze ve vrtu J230, kde byla zjištěna tloušťka betonového dna 80 cm s úrovní spodního líce 4,5 m pod terénem. V ostatních vrtech a sondách situovaných do půdorysu jednotlivých nádrží bylo vrtání ukončeno na povrchu betonu nebo v betonu po prvních metrech. Nicméně lze konstatovat, že úroveň zastíženého povrchu dna původních nádrží odpovídá archivním údajům. Mocnost navážek ověřená průzkumem činí 1,1 m až 5,2 m, jejich báze se nachází v nadmořské výšce 190,0 až 186,18 m nad mořem.

2.2.3 GEOTECHNICKÉ VLASTNOSTI ZEMIN A HORNIN

V následující tabulce jsou uvedeny základní geotechnické charakteristiky zemin a hornin, které se vyskytují v prostoru staveniště a přicházejí tak v úvahu jako základová půda.

| Geologické prostředí | ČSN 731001 třída symbol | | γ (kgm ⁻³) | ϕ_{ef} (°) | c_{ef} (kPa) | ν | R_{dt} (kPa) | E_{def} (MPa) |
|--|----------------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------|-------|-------------------|--------------------|
| Navážky , charakteru převážně hlíny prachovitoúpisčité, jílovité, ulehle, konzistence pevné | F4 F8 F3 | CS CH MS | 1950 | 25 | 18 | 0,35 | | 8,7 |
| Jílovitoprachovitá zemina s příměsí písčité frakce, konzistence tuhá | F8 F6 | CH CI | 1910 | 25 | 10 | 0,42 | | 8,5 |
| Jíly, prachovitopísčité jíly konzistence tuhá, případně měkká až tuhá | F8 F6 F4 | CV/CH CI CS | 1870 | 18 | 19 | 0,42 | | 4,0 |
| Jíly písčité, písčité hlína až jílovitý písek , středně uhlý | F3 F4 S3 S4 | MS CS S-F SM | 1950 | 24,5 | 18 | 0,38 | | 12,5 |
| Písčité a hlinitopísčité štěrky s jemnozrnnou příměsí | G3 G4 | G-F GM | 1900 | 32 | 0 | 0,25 | | 80 |
| Neogenní jíly vápnité konzistence tuhá a vysoká a velmi vysoká plasticita | F8 F8 | CV CH | 1870 | 19 | 25 | 0,42 | | 4 |

uvedené hodnoty R_{dt} jsou základní, platí pro hloubku založení 1 m a šířku základu 3 m, dále je třeba provést přepočty dle skutečné hloubky zakládání a šířky základu. S ohledem na 2. geotechnickou kategorii je uvádíme pouze pro orientaci.

2.2.4 POPIS SOND

V blízkosti objektu byla provedena sonda **J230** s těmito výsledky:

Sonda J230 (terén 191,05 m n.m.)

- 0,00 – 0,10 : **Hlína písčité**, hnědá, pevná, s kořínky, drn;
- 0,10 – 3,70 : **Navážka** charakteru **písčité hlíny** s úlomky, hnědá, s rezavým a černým F3 MS-Y smouhováním, ulehle, vlhká, vápnitá, konzistence pevná, s drobnozrnnými poloopracovanými úlomky horniny do velikosti 5 cm, $I_c = 0,92$;
- 3,70 – 4,50 : **Beton**;
- 4,50 – 7,50 : **Štěrka s jemnozrnnou příměsí**, hnědý, středně uhlý. zvodnělý, písčité frakce G3 G-F jemno až hrubozrnná, poloopracované, zaoblené i poloostrohranné valouny horniny;
- 7,50 – 8,00 : **Jíl**, šedozelený, tuhý, **jíl s vysokou plasticitou** neogenní F8 CH

Hladina podzemní vody naražená: 4,50 m pod terénem

Hladina podzemní vody ustálená: 3,70 m pod terénem

| | |
|--|---------------------------------------|
| Kalové hospodářství ČOV Brno - Modřice | D1.2.2407.2 PODROBNÝ STATICKÝ VÝPOČET |
| D1.2.2407 STAVEBNÍ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ | DPS |
| BIOFILTR G SO 2407 | |

2.3 STAVEBNÍ JÁMA A ZAJIŠTĚNÍ SOUSEDNÍCH OBJEKTŮ

Předpokládá se provedení objektu v mělké otevřené svahované stavební jámě do hloubky cca 0,80 m pod terén. Celé staveniště bude situováno do dočasné těsnící jímky protínající vodonosné štěrky terasy. Návrh stavební jámy včetně zohlednění zajištění sousedních objektů a návrh těsnící jímky pro celé staveniště jsou součástí samostatných dokumentů.

2.4 ZALOŽENÍ NAVRHOVANÝCH OBJEKTŮ

Založení objektu je navrženo jako plošné na základové desce na podkladním betonu a kluzné vrstvě. Základová spára podle inženýrsko geologického průzkumu spadá do prostředí navážek charakteru písčité hlíny pevné konzistence.

Plošné založení tohoto objektu bude provedeno mělce pod terénem v hloubce 800 mm. V této hloubce je navržena podkladní vrstva štěrku tl. 300 mm. S ohledem na výskyt navážek doporučujeme při odkrytí základové spáry ověřit základové poměry v rámci geotechnického sledu. Na urovanou základovou spáru se provede štěrkový polštář celkové tloušťky 300 mm po zhutnění. Nejprve se uloží vrstva tl. 150 mm hrubší štěrkodrti frakce 32/63 mm, na kterou se rozprostře druhá vrstva tl. 150 mm jemnější frakce kameniva 0/32 mm.

Po zhutnění se provede statická zatěžovací zkouška dle ČSN 72 1006 – Kontrola zhutnění zemin a sypanin (prosinec 1998). Statický modul přetvárnosti požadujeme $E_{def,2} > 50 \text{ MPa}$. Míra zhutnění se požaduje hodnotou poměru $E_{def,2}/E_{def,1} = 2,1$.

Ustálená hladina podzemní vody byla sondou J230 zastižena na kótě 187,35 m n.m., takže pod úrovní základové spáry, a konstrukci objektu biofiltru G nikterak neovlivní.

Agresivita prostředí z hlediska chemického působení vody na beton je v souladu s ČSN EN 206+A2 stanovena jako slabě agresivní chemické prostředí (XA1).

Korozivní účinky bludných proudů na betonářskou výztuž jsou hodnoceny agresivitou prostředí ve stupni č. IV podle normy ČSN 03 8372, a to v dokumentu „ČOV Modřice – Základní korozní průzkum“. Stupeň ochranných opatření se podle TP 124 stanovuje na č. 4. Po dohodě s autorem průzkumu je pro železobetonové konstrukce požadován maximální průsak 30 mm podle ČSN EN 12390-8 a nominální krytí výztuže betonem 40 mm. Při dodržení výše uvedených požadavků není požadováno svařování výztuže proti korozivním účinkům bludných proudů.

2.5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ NAVRHOVANÝCH OBJEKTŮ

Objekt je navrženo jako jeden dilatační celek. Veškeré pracovní spáry jsou v celém objektu řešeny jako těsněné.

Základová deska objektu je navržena tl. 500 mm z monolitického železobetonu třídy C 30/37 – XC2, XF3, XA1 (F.1.1), s omezeným průsakem do 30 mm podle ČSN EN 12 390-8, je předepsán cement s nízkým vývinem hydratačního tepla (typ LH podle ČSN EN 197-1). Základová deska bude vyztužena vázanou výztuží třídy B 500B navrženou na omezenou velikost šířky trhlín. Základová deska bude betonována na kluznou vrstvu položenou na hlazeném podkladním betonu. Kluzná vrstva bude tvořena dvěma vrstvami natupo stykovaných bitumenových pásů, které musí mít hmotnost minimálně 4 kg/m^2 , a z toho obsah asfaltové substance nejméně $2,5 \text{ kg/m}^2$.

Založení objektu je navrženo jako plošné na základové desce na podkladním betonu a kluzné vrstvě. Základová spára podle IG průzkumu spadá do prostředí navážky charakteru písčité hlíny

| | |
|--|---------------------------------------|
| Kalové hospodářství ČOV Brno - Modřice | D1.2.2407.2 PODROBNÝ STATICKÝ VÝPOČET |
| D1.2.2407 STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ | DPS |

BIOFILTR G SO 2407

pevné konzistence, která bude částečně odstraněna a nahrazena hutněným štěrkovým polštářem minimální tloušťky 300 mm, případně postupovat dle textu v kapitole 2.3.

Obvodové stěny nadzemní části objektu jsou navrženy tloušťky 300 mm z monolitického železobetonu třídy C 30/37 – XC4, XF3, XA1 (F.1.1), s omezeným průsakem do 30 mm podle ČSN EN 12 390-8, je předepsán cement s nízkým vývinem hydratačního tepla (typ LH podle ČSN EN 197-1). Stěny budou vyztuženy vázanou výztuží třídy B 500B navrženou na omezenou velikost šířky trhlin.

3 STATICKÝ VÝPOČET

3.1 VLASTNOSTI POUŽITÝCH STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ

beton třídy C 30/37:

$$\begin{aligned}f_{ck} &= 30,0 \text{ MPa} \\f_{ctk,0,05} &= 2,0 \text{ MPa} \\ \gamma_c &= 1,5 \\ E_{cm} &= 33,0 \text{ GPa}\end{aligned}$$

žebírková bet. výztuž jakosti B500 B:

$$\begin{aligned}f_{yk} &= 500,0 \text{ MPa} \\f_{uk} &= 550,0 \text{ MPa} \\ \gamma_s &= 1,15 \\ E_s &= 210,0 \text{ GPa}\end{aligned}$$

3.2 STANOVENÍ ZATÍŽENÍ

3.2.1 ZATŘÍDĚNÍ STAVBY DO TŘÍDY SPOLEHLIVOSTI

Nosné konstrukce všech objektů jsou zařazeny do třídy spolehlivosti RC2 podle ČSN 73 1208, dílčí součinitele nepříznivých zatížení se vynásobí součinitelem $K_{FI} = 1,1$.

3.2.2 STÁLÁ ZATÍŽENÍ

3.2.2.1 VLASTNÍ TÍHA KONSTRUKCE

Zatížení od vlastní tíhy nosné konstrukce je stanoveno výpočtem v tabulce.

| | Tloušťka [m] | Objemová tíha [kNm ⁻³] | Zatížení [kNm ⁻²] |
|--|-----------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| Železobetonová základová deska | 0,500 | 25,0 | 12,50 |
| Spádová vrstva dna | 0,200 | 23,0 | 4,60 |
| Náplň do biofiltru | 1,000 | 8,5 | 8,50 |
| Celkem stálé $g_k =$ | | | 25,60 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| Kalové hospodářství ČOV Brno - Modřice | D1.2.2407.2 PODROBNÝ STATICKÝ VÝPOČET |
| D1.2.2407 STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ | DPS |
| BIOFILTR G SO 2407 | |

3.2.2.2 SPÁDOVÁNÍ DNA A BETONOVÉ PODLAHY

Spádový beton $23,0 \text{ kNm}^{-3}$
 $g_k = 23,0 \text{ kNm}^{-3}$

3.2.3 NAHODILÁ ZATÍŽENÍ

3.2.3.1 UŽITNÉ – VODNÍ NÁPLŇ

Zatížení vodou s proměnnou hladinou
 $q_k = 10,0 \text{ kNm}^{-3}$

Hodnoty součinitelů Ψ_i

$\Psi_0 = 1,0$ kombinační hodnota

$\Psi_1 = 0,9$ častá hodnota

$\Psi_2 = 0,8$ kvazistálá hodnota

Dílčí součinitele γ

Je dána maximální hloubka kapaliny a objemová tíha nejtěžší skladované kapaliny, proto je hodnota dílčího součinitele γ_F snížena z 1,50 na 1,35. V případě, že je zcela zřejmá maximální úroveň vodní hladiny, je použit dílčí součinitel $\gamma_w = 1,0$.

3.2.3.2 UŽITNÉ – ČISTÍRENSKÉ KALY

Zatížení vodou s proměnnou hladinou
 $q_k = 11,0 \text{ kNm}^{-3}$

Hodnoty součinitelů Ψ_i

$\Psi_0 = 1,0$ kombinační hodnota

$\Psi_1 = 0,9$ častá hodnota

$\Psi_2 = 0,8$ kvazistálá hodnota

Dílčí součinitele γ

Je dána maximální hloubka kapaliny a objemová tíha nejtěžší skladované kapaliny, proto je hodnota dílčího součinitele γ_F snížena z 1,50 na 1,35. V případě, že je zcela zřejmá maximální úroveň vodní hladiny, je použit dílčí součinitel $\gamma_w = 1,0$.

3.2.3.3 UŽITNÉ – NÁPLŇ DO BIOFILTRŮ

Kategorie E

$q_k = 8,5 \text{ kNm}^{-3}$

Hodnoty součinitelů Ψ_i

$\Psi_0 = 1,0$ kombinační hodnota

$\Psi_1 = 0,9$ častá hodnota

$\Psi_2 = 0,8$ kvazistálá hodnota

Dílčí součinitele γ

Je dána maximální hloubka kapaliny a objemová tíha nejtěžší skladované kapaliny, proto je hodnota dílčího součinitele γ_F snížena z 1,50 na 1,35. V případě, že je zcela zřejmá maximální úroveň vodní hladiny, je použit dílčí součinitel $\gamma_w = 1,0$.

3.2.3.4 KLIMATICKÉ – SNÍH

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

$s_k = 0,56 \text{ kPa}$ (podle interaktivní mapy) $< 0,70 \text{ kPa}$

$s_k = 0,70 \text{ kPa}$

| | |
|--|---------------------------------------|
| Kalové hospodářství ČOV Brno - Modřice | D1.2.2407.2 PODROBNÝ STATICKÝ VÝPOČET |
| D1.2.2407 STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ | DPS |

BIOFILTR G SO 2407

Hodnoty součinitelů $\Psi_{i,s}$

$\Psi_0 = 0,5$ kombinační hodnota

$\Psi_1 = 0,2$ častá hodnota

$\Psi_2 = 0,0$ kvazistálá hodnota

3.2.3.5 KLIMATICKÉ – VÍTR

Vstupní údaje

Větrná oblast: Oblast II

Základní rychlost větru: $v_{b,0} = 25,0$ m/s

Kategorie terénu: Kategorie II

Výška konstrukce: $h = 1,86$ m nad terénem

Hodnoty součinitelů $\Psi_{i,s}$

$\Psi_0 = 0,6$ kombinační hodnota

$\Psi_1 = 0,2$ častá hodnota

$\Psi_2 = 0,0$ kvazistálá hodnota

3.2.3.6 SOUSTŘEDĚNÁ A MÍSTNÍ – VODOROVNÉ ZATÍŽENÍ ZÁBRADLÍ A DĚLÍCÍCH STĚN

Vodorovné zatížení zábradlí

$q_k = 2,0$ kNm⁻¹

3.2.4 ZATÍŽENÍ ZEMNÍM TLAKEM A PODZEMNÍ VODOU

3.2.4.1 TRVALÉ A DOČASNÉ NÁVRHOVÉ SITUACE

Stanovení zatížení konstrukcí zemním tlakem je provedeno v programu GEO. Hodnota výšky ustálené hladiny podzemní vody je uvažována na kótě 187,51 m nad Bpv. Pro výpočet MSÚ je účinek zatížení podzemní vodou vynásoben součinitelem $\gamma_f = 1,35$.

3.2.4.2 MIMOŘÁDNÁ SITUACE

Stanovení zatížení konstrukcí zemním tlakem je provedeno v programu 0. Maximální hodnota výšky hladiny podzemní vody je uvažována shodná s úrovní horní hrany stěny nádrže.

3.3 POSOUZENÍ STABILITY PROTI NADZVEDNUTÍ VZTLAKEM

V následující kapitole je provedeno posouzení stability objektu proti nadzvednutí vztlakem při trvalé a mimořádné návrhové situaci (povodeň do přelítí stěny nádrže).

ROZMĚRY BIOFILTRU G :

vnější půdorysné rozměry nadzemní části : 21,00 x 6,00 m

vnější půdorysné rozměry dna : 21,00 x 6,00 m

světlá výška stěn nádrží : 1,76 m

výška nadzemní části objektu : 1,86 m

rozměry konstrukcí

podzemní nádrž - dno : 500 mm

- obvodové stěny - podélné : 300 mm

| | |
|---------------------------------------|---------------|
| - příčné : | 300 mm |
| kóta upraveného terénu: | 191,20 m n.m. |
| kóta rostlého terénu: | 191,20 m n.m. |
| kóta vrchu konstrukce : | 193,06 m n.m. |
| kóta dna konstrukce - spodní líc : | 190,80 m n.m. |
| - horní líc : | 191,30 m n.m. |
| kóta hladiny podzemní vody : ustálená | 187,35 m n.m. |
| kóta max. hladiny podzemní vody | 193,06 m n.m. |

TÍHA KONSTRUKCE :

podzemní nádrž :

 součinitel zatížení : $\gamma_f = 0,9$

 objemová tíha železobetonu : $\gamma_B = 25,0 \text{ kNm}^{-3}$

| | | |
|-----------|--|---|
| - dno : | $G_{s1} = 21,00 \times 6,00 \times 0,50 \times 25,00 =$ | 1575,00 kN |
| - stěny : | $G_{s2} = 2 \times (21,0 + 5,4) \times 0,30 \times 1,76 \times 25,0 =$ | 696,96 kN |
| | | $G_{si} = 2271,96 \text{ kN}$ |

| | | |
|-------------------|--|---|
| - spád.beton dna: | $G_{s4} = 20,40 \times 5,40 \times 0,20 \times 23,0 =$ | 506,74 kN |
| - náplň do BF: | $G_{s5} = 20,40 \times 5,40 \times 1,00 \times 8,50 =$ | 1685,45 kN |
| | | $G_{si} = 4364,79 \text{ kN}$ |

Výpočtový odpor proti nadzvednutí vztlakem :

- před obsypáním nádrží :

$$U_{v1} = \Sigma(G_i \times \gamma_f) = 4364,79 \times 0,9 = \underline{\underline{3928,31 \text{ kN}}}$$

Výslednice sil od extrémního zatížení vztlakem :

Výška vodního sloupce :

$$h_v = 193,10 - 189,70 = \underline{\underline{3,40 \text{ m}}}$$

Zatížení vztlakem :

$$g_{vzt,s} = 10,0 \times 3,40 = 34,00 \text{ kNm}^{-2}$$

Plocha dna nádrže :

$$A = 21,00 \times 6,00 = 126,0 \text{ m}^2$$

Výslednice :

$$F_{vd} = g_{vzt,s} \cdot A = 126,0 \times 34,00 = \underline{\underline{4284,00 \text{ kN}}}$$

POSOUZENÍ STABILITY :

$$\gamma_u \cdot \gamma_k \cdot F_{vd} = 1,0 \times 1,0 \times 4284,0 = 4284,00 \text{ kN} > \gamma_{stp} \cdot U_v = 1,00 \times 3928,31 = 3928,31 \text{ kN}$$

STABILITNÍ PODMÍNKA NENÍ SPLNĚNA

Z uvedeného posouzení je zřejmé, že objekt biofiltru nevyhoví na hladinu vody na kótě horní hrany stěny konstrukce. Proto bude muset být v případě povodní zaplavován přes kanalizaci.

3.4 NÁVRH A POSOUZENÍ ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

3.4.1 STANOVENÍ STUPNĚ VLIVU PROSTŘEDÍ A TŘÍDY BETONU

3.4.1.1 ZÁKLADOVÁ DESKA

Vnitřní prostředí – nádrž

Povrch betonu vystavený dlouhodobému působení vody: XC2; Nádrže čistíren odpadních vod: XA1; Průsak z odvráceného líce: XRD;

Vnější prostředí

Povrch betonu vystavený dlouhodobému působení vody: XC2; Slabě agresivní chemické prostředí: XA1; Průsak z odvráceného líce (v místě nádrží): XRD;

Navržená pevnostní třída betonu C 30/37

3.4.1.2 OBVODOVÉ STĚNY

Vnitřní prostředí – nádrž

Povrch betonu ve styku s vodou, který není zahrnut ve stupni vlivu prostředí XC2: XC4; Nádrže čistíren odpadních vod: XA1; Průsak z odvráceného líce: XRD;

Vnější prostředí

Povrch betonu vystavený dlouhodobému působení vody: XC2; Beton značně nasycen vodou bez rozmrazovacích prostředků: XF3; Slabě agresivní chemické prostředí: XA1; Průsak z odvráceného líce (v místě nádrží): XRD;

Navržená pevnostní třída betonu C 30/37

3.4.2 STANOVENÍ NÁVRHOVÉ ŽIVOTNOSTI

Objekt má v souladu s požadavky normy ČSN 750250 stanovenou návrhovou životnost 50 let.

3.4.3 STANOVENÍ KRYCÍ VRSTVY VÝZTUŽE

Uvažovaná životnost konstrukce 50 let – třída konstrukce S4, pro deskové konstrukce S3. Použití prvků vyztužených předpínací výztuží není uvažováno.

Přídavek na návrhovou odchylku (není-li u konkrétního prvku uvedeno jinak): $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

3.4.3.1 ZÁKLADOVÁ DESKA

Třída betonu a stupeň vlivu prostředí: C 30/37 XC2, XF3, XA1 (CZ, F.1.1.)

Třída konstrukce: S3

| | |
|--|---------------------------------------|
| Kalové hospodářství ČOV Brno - Modřice | D1.2.2407.2 PODROBNÝ STATICKÝ VÝPOČET |
| D1.2.2407 STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ | DPS |

BIOFILTR G SO 2407

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\} = \max\{16; 25 + 0 - 0 - 0; 10\} = 20 \text{ mm}$$

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

Návrh: $c = 40 \text{ mm}$

3.4.3.2 SVISLÉ STĚNY

Třída betonu a stupeň vlivu prostředí: C 30/37 XC4, XF3, XA1 (CZ, F.1.1.)

Třída konstrukce: S4

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\} = \max\{16; 30 + 0 - 0 - 0; 10\} = 30 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = 40 \text{ mm}$$

Návrh: $c = 40 \text{ mm}$

3.4.4 OBVODOVÉ STĚNY NÁDRŽE

Navrhovaný objekt biofiltru má půdorysný tvar obdélníka o vnějších půdorysných rozměrech 21,0 x 6,0 m. Světlá výška stěn nádrží je 1,76 m.

Obvodové stěny jsou zatíženy hydrostatickým tlakem od náplně společně s vodorovným tlakem vyvozeným kúrou.

3.4.4.1 ZATÍŽENÍ OBVODOVÉ STĚNY

a) hydrostatický tlak vodní náplně

měrná tíha náplně : $\gamma_w = 10,0 \text{ kNm}^{-2}$

součinitel zatížení : $\gamma_{fw} = 1,35$

součinitel účelu : $\gamma_n = 1,1$

výška vodního sloupce : $h_w = 1,76 \text{ m}$

Vodní tlak v hloubce 1,76 m pod povrchem terénu (u dna) :

$$q_{wd} = 1,76 \cdot 11,0 \cdot 1,35 \cdot 1,1 = 28,75 \text{ kNm}^{-2}$$

$$q_{wk} = 1,76 \cdot 11,0 \cdot 1,1 = 21,30 \text{ kNm}^{-2}$$

b) hydrostatický tlak vyvozený sloupцем vody vystavené při povodni do úrovně zhlaví stěny nádrže

$$h_w = 1,85 \text{ m}$$

$$q_{wk} = 1,85 \cdot 11,0 \cdot 1,1 = 22,39 \text{ kNm}^{-2}$$

3.4.4.2 VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL VE STĚNĚ

a) Náplň nasycená vodou

Poměr délky k výšce stěny je číslo větší jak 2 ($6,3 : 2,01 = 3,13 > 2$ a $21,3 : 2,01 = 10,6 > 2$). Znamená to tedy, že nemůžeme vyšetřit vnitřní síly ve stěnách jako vnitřní síly v desce (limitní poměr je právě číslo 2).

Proto vyšetříme vnitřní síly v desce jako síly působící na konzole ve svislém směru:

Maximální moment na konzole bude:

$$M_{d,max} = - 1/6 \cdot q_{wd} \cdot L^2 = - 1/6 \cdot 28,75 \cdot 1,76^2 = - 14,84 \text{ kNm}$$

Ohybový moment od náplně biofiltru nasycené vodou:

$$M_{d,max} = - 1/6 \cdot q_{w2d} \cdot L^2 = - 1/6 \cdot (8,50 + 11,50) \cdot 1,35 \cdot 1,1 \cdot 1,76^2 = - 15,33 \text{ kNm}$$

Ohybový moment od hladiny vody vystavené do úrovně zhlaví stěny při povodni:

$$M_{d,max} = - 1/6 \cdot q_{wk} \cdot L^2 = - 1/6 \cdot 22,39 \cdot 1,85^2 = - 12,77 \text{ kNm}$$

b) Klimatická zatížení

Projekt

Akce : ČOV Brno - Modřice

Část : SO 2407 - Biofiltr G

Popis : Zatížení větrem

Datum : 09.11.2022

Norma

Použita národní příloha pro Česko

1 Protokol zatížení: Zatížení větrem

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

| | | |
|---------------------------|------------------|---------------------------|
| Větrná oblast: | | II |
| Rychlost větru | $v_{b,0}$ | = 25,00 m/s |
| Kategorie terénu: | | II |
| Referenční výška budovy | z_e | = 1,90 m |
| Součinitel směru větru | c_{dir} | = 1,00 |
| Součinitel ročního období | c_{season} | = 1,00 |
| Měrná hmotnost vzduchu | ρ | = 1,250 kg/m ³ |
| Součinitel orografie | c_o | = 1,00 |
| Maximální dynamický tlak | q_p | = 0,56 kN/m ² |
| Součinitel zatížení | γ_f | = 1,50 |
| Plocha pro stanovení | $c_{pe} \cdot A$ | = 39,00 m ² |

Stěny pravoúhlého objektu - směr 1

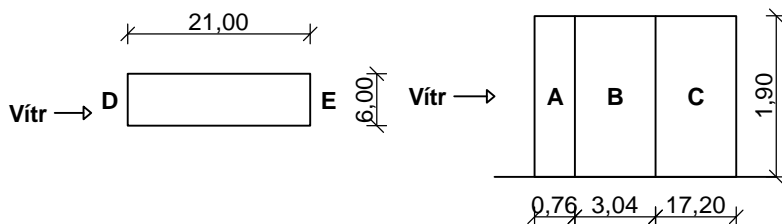
Výška objektu $h = 1,90 \text{ m}$

Délka objektu $d = 21,00 \text{ m}$

Šířka objektu $b = 6,00 \text{ m}$

Půdorys

Pohled



Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

| Výška nad terénem | Tlak větru v oblastech [kN/m ²] | | | | |
|-------------------|---|---------------|---------------|-------------|---------------|
| [m] | A | B | C | D | E |
| 1,00 | -0,67 (-1,00) | -0,44 (-0,67) | -0,28 (-0,42) | 0,33 (0,50) | -0,14 (-0,21) |

Nedostatečná korelace tlaků uvažována koeficientem 0,85.

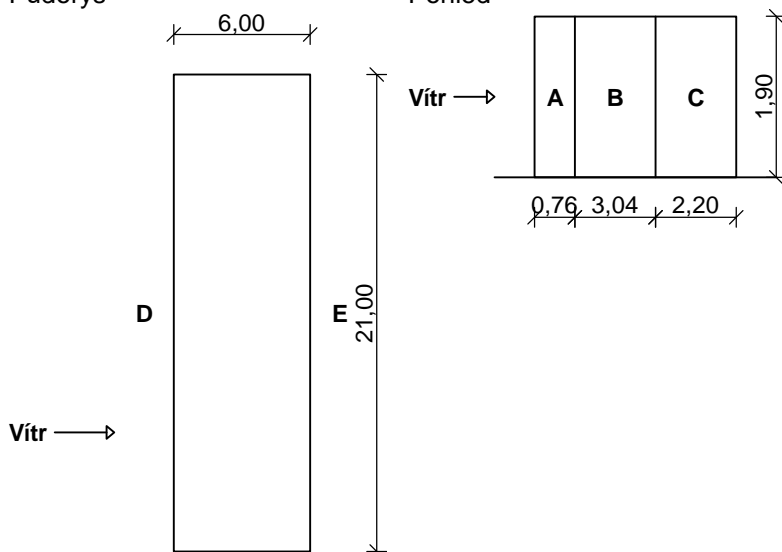
Stěny pravoúhlého objektu - směr 2

Výška objektu h = 1,90 m

Délka objektu d = 6,00 m

Šířka objektu b = 21,00 m

Půdorys



Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

| Výška nad terénem | Tlak větru v oblastech [kN/m ²] | | | | |
|-------------------|---|---------------|---------------|-------------|---------------|
| [m] | A | B | C | D | E |
| 1,00 | -0,67 (-1,00) | -0,44 (-0,67) | -0,28 (-0,42) | 0,34 (0,50) | -0,15 (-0,23) |

Nedostatečná korelace tlaků uvažována koeficientem 0,85.

Maximální moment na konzole bude:

$$M_{d,max} = - 1/6 \cdot q_{vd} \cdot L^2 = - 1/6 \cdot 0,50 \cdot 1,1 \cdot 1,76^2 = - 0,28 \text{ kNm (nerozhoduje)}$$

2 Protokol zatížení: Zatížení sněhem

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-3

Sněhová oblast:

I

Charakteristická hodnota zatížení $s_k = 0,70 \text{ kN/m}^2$

Typ krajiny:

normální

Součinitel expozice

$C_e = 1,00$

Tepelný součinitel

$C_t = 1,00$

Součinitel zatížení

$\gamma_f = 1,50$

Tvar zastřešení: pultová střecha

Sklon střechy

$\alpha = 0,1^\circ$

Konstrukčními prvky je zabráněno sklouzávání sněhu ze střechy

Tvarový součinitel

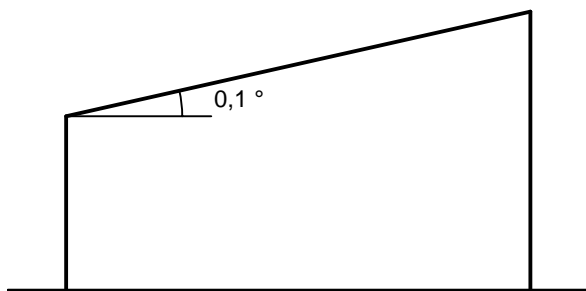
$\mu_1 = 0,80$

Charakteristická hodnota zatížení (v závorce návrhová hodnota)

$s_1 = 0,56 \text{ kN/m}^2$ ($0,84 \text{ kN/m}^2$)



0,56;(0,84) [kN/m²]



Maximální moment od sněhu na zakrytí biofiltrů bude:

$$M_{d,max} = - 1/8 \cdot q_{sd} \cdot L^2 = + 1/8 \cdot 0,84 \cdot 1,1 \cdot 6,00^2 = + 4,16 \text{ kNm}$$

3.4.5 ZÁKLADOVÁ DESKA

Základová deska biofiltru se řeší jako obdélníková deska na pružném podkladu dle tabulek uveřejněných v publikaci Gorbunov – Posadov : Výpočet konstrukcí na pružném podkladu. Základová deska je dimenzovaná na účinky vlastní tíhy a užitných zatížení.

Předpokládá se zemina o modulu deformace :

$E_0 = 36,0 \text{ MPa}$

Poissonovo číslo - pro zeminu :

$\nu_0 = 0,35$

- pro železobeton :

$\nu_1 = 0,167$

Modul pružnosti betonu B30 (stanoven podle Gorbunova) :

$E_1 = 24\,000 \text{ MPa}$

Rozměry :

tloušťka

$h = 500 \text{ mm}$

půdorys : 21,00 x 6,00 m
šířka pásu 2L = 6,00 m

Moment setrvačnosti :

$$I = \frac{1}{12} b' h^3 = \frac{1}{12} 1,0 \cdot 0,50^3 = 0,010417 \text{ m}^4$$

Index ohebnosti pásu :

$$t = \frac{(1 - \nu_1^2) \pi \cdot E_0 \cdot b' \cdot L^3}{(1 - \nu_0^2) \cdot 4 E_1 I}$$

tvár upravíme dosazením za $I = \frac{1}{12} b' h^3$

$$t = 3 \pi \frac{(1 - \nu_1^2) E_0 \cdot L^3}{(1 - \nu_0^2) E_b \cdot h^3} = 10,44095 \cdot \frac{36,0 \cdot 3,00^3}{24000 \cdot 0,50^3} = 3,4 < 10$$

$t = 3,4 < 10 \rightarrow$ pás se považuje jako konstrukce konečné délky a konečné tuhosti
zařadí se do třídy krátkých pásů ($t = 3$)

Zatížení :,

- vlastní tíha základové desky : $g_{d1} = 25,60 \text{ kNm}^{-2}$
- přitížení vodou : $g_w = 1,15 \cdot 10,0 = 11,50 \text{ kNm}^{-2}$
- přitížení sněhem : $q_{sk} = 0,84 \text{ kNm}^{-2}$
- celkem : $q_k = 25,60 + 11,50 + 0,84 = 37,94 \text{ kNm}^{-2}$

3.4.6 SCHÉMA VNĚJŠÍHO ZATÍŽENÍ – PŘÍČNÝ SMĚR

1.ZS – Nádrž naplněná vodou, zemní tlak nepůsobí

zatížení :

zatížení náplní : $f_{wd} = 37,94 \text{ kNm}^{-2}$

vlastní tíha stěn :

- Nadzemní žebet. stěna: rozměry: délka stěny $L = 21,00 \text{ m}$
tloušťka stěny $t_1 = 300 \text{ mm}$

výška stěny $h = 1,76 \text{ m}$

Obvodová stěna P_1, P_2

Nadzemní betonová část $0,30 \cdot 1,76 \cdot 25,0 \cdot 1,35 \cdot 1,1 =$

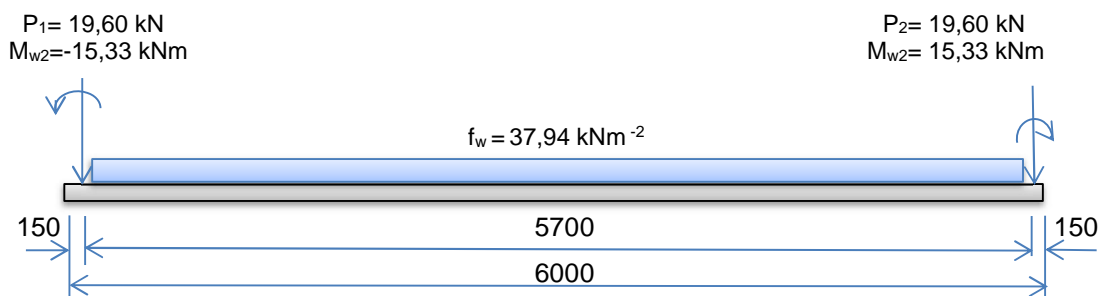
$19,60 \text{ kNm}^{-1}$

CELKEM:

$19,60 \text{ kNm}^{-1}$

ohybový moment v patě od náplně: $M_{w1} = -15,33 \text{ kNm}$, $M_{w2} = 15,33 \text{ kNm}$,

Schéma :



Výpočet je proveden tabelárně podle tabulek pro souměrné zatížení pro $t = 3$ (tabulky 15, 33, 39).

Redukované vzdálenosti od středu pásu k působišti břemen jsou : $\alpha_1 = 2,85/3,0 = 0,9$

Vzorce pro přechod od bezrozměrných hodnot diagramů k hodnotám skutečným :

pro rovnoměrné zatížení f_d : $M_f = M_f' \cdot b' l^2 f_{wd} = M_f' \cdot 1,0 \cdot 3,0^2 \cdot 37,94 = 341,46 M_f'$

pro zatížení osamělým břemenem: $M_P = M_P' \cdot l \cdot P = M_P' \cdot 3,0 \cdot 19,60 = 58,80 M_P'$

pro zatížení ohybovým momentem: $M_1 = M_1' \cdot M_1 = M_1' \cdot 15,33$

Příčný směr – 1.ZS

| x | ξ | M_f' | M_P' | M_M' | M_f | M_P | M_M | $M = \Sigma M$ |
|------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|----------------|
| 0,0 | 0,0 | 0,090 | -0,27 | -0,77 | 30,73 | -11,76 | -11,80 | + 7,17 |
| 0,60 | 0,2 | 0,085 | -0,26 | -0,79 | 29,02 | -15,29 | -12,11 | + 1,62 |
| 1,20 | 0,4 | 0,070 | -0,23 | -0,83 | 23,90 | -13,52 | -12,72 | - 2,34 |
| 1,80 | 0,6 | 0,046 | -0,19 | -0,89 | 15,71 | -11,17 | -13,64 | - 9,10 |
| 2,40 | 0,8 | 0,018 | -0,10 | -0,96 | 6,15 | - 5,88 | -14,72 | -14,45 |
| 3,00 | 1,0 | 0 | 0 | -1,00 | 0 | 0 | 0 | 0 |

2.ZS – Nádrž prázdná, působí zemní tlak

zatížení :

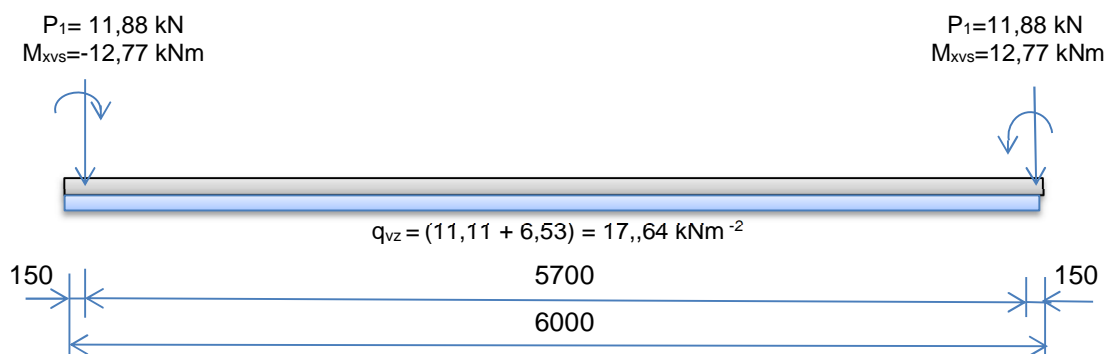
Vlastní tíha stěn : $P_1 = 0,30 \cdot 1,76 \cdot 25,0 \cdot 0,9 = 11,88 \text{ kN/m}$

Zatížení vztlakem : $q_{vz} = 2,26 \cdot 10,0 \cdot 1,1 - 0,50 \cdot 25,0 \cdot 1,1 = 11,11 \text{ kNm}^{-2}$

Reakce zeminy : $q_R = 2 \cdot 19,60 : 6,0 = 6,53 \text{ kNm}^{-2}$

ohybový moment v patě od vztlaku: $M_{xvs} = -12,77 \text{ kNm}$

Schéma :



Výpočet je proveden tabelárně podle tabulek pro souměrné zatížení pro $t = 3$ (tabulky 15, 33, 39).

Redukované vzdálenosti od středu pásu k působišti břemen jsou : $\alpha_1 = 2,85/3,0 = 0,9$

Vzorce pro přechod od bezrozměrných hodnot diagramů k hodnotám skutečným :

pro rovnoměrné zatížení f_w : $M_{fw} = M_{fw}' \cdot b \cdot l^2 \cdot q_{wd} = M_{fw}' \cdot 1,0 \cdot 3,0^2 \cdot -17,64 = -158,76 M_{fw}'$

pro zatížení osamělým břemenem: $M_{P1} = M_P' \cdot l \cdot P_1 = M_P' \cdot 3,0 \cdot 11,88 = 35,64 M_P'$

pro zatížení ohybovým momentem: $M_{M1} = M_{M1}' \cdot M_1 = M_{M1}' \cdot (-12,77)$

Příčný směr – 2.ZS

| x | ξ | M_f' | M_{P1}' | M_M' | M_f | M_{P1} | M_M | $M = \Sigma M$ |
|------|-------|--------|-----------|--------|--------|----------|--------|----------------|
| 0,0 | 0,0 | 0,090 | -0,27 | -0,77 | +14,29 | -9,62 | +9,83 | +14,50 |
| 0,60 | 0,2 | 0,085 | -0,26 | -0,79 | +13,49 | -9,26 | +10,09 | +14,32 |
| 1,20 | 0,4 | 0,070 | -0,23 | -0,83 | +11,11 | -8,20 | +10,60 | +13,51 |
| 1,80 | 0,6 | 0,046 | -0,19 | -0,89 | +7,30 | -6,77 | +11,37 | +11,90 |
| 2,40 | 0,8 | 0,018 | -0,10 | -0,96 | +2,86 | -3,56 | +12,26 | +11,56 |
| 3,00 | 1,0 | 0 | 0 | -1,00 | 0 | 0 | +12,77 | +12,77 |

3.4.7 NÁVRH VÝZTUŽE DNA

| | | |
|----------------|---------------|--|
| Dolní povrch: | - kratší směr | 6 Ø 12/m' ($A_1 = 6,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$) |
| | - delší směr | 6 Ø 12/m' ($A_1 = 6,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$) |
| Horní povrch : | - kratší směr | 6 Ø 12/m' ($A_2 = 6,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$) |
| | - delší směr | 6 Ø 12/m' ($A_2 = 6,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$) |

3.4.8 POSOUZENÍ PRŮŘEZU DNA

Dolní povrch : **6Ø14/m'** $A = 6,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ C30/37

$$M_{Ed} = M_{xvs} = + 14,45 \text{ kNm}$$

výška průřezu : $h = 0,50 \text{ m}$,

šířka průřezu : $b = 1,000 \text{ m}$,

krytí výztuže : $d_1 = 0,04 + 0,006 = 0,046 \text{ m}$

účinná výška: $d = h - d_1 = 0,50 - 0,046 = 0,454 \text{ m}$

Poloha neutrální osy:

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{6,79 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78}{1,0 \cdot 0,8 \cdot 20,0} = 0,018451 \text{ m}$$

Kontrola přetvoření tažené výztuže:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} (d - x) = \frac{3,5 \text{ ‰}}{0,018451} (0,454 - 0,018451) = 82,62 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_s = 82,62 \text{ ‰} > \varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,8}{200 \cdot 10^3} = 2,18 \text{ ‰} \quad \text{- vyhovuje}$$

Kontrola únosnosti průřezu

Moment na mezi únosnosti :

$$z_c = d - 0,4 \cdot x = 0,454 - 0,4 \cdot 0,018451 = 0,447 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 6,79 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot 0,447 = 131,85 \text{ kNm}$$

Výstup :

$$\underline{M_{Rd} = 131,85 \text{ kNm} > M_{xvs} = 14,50 \text{ kNm} \quad \text{- VYHOVUJE (11,0\%)}$$

Výztuž ponecháme s ohledem na podmínku minimálního vyztužení průřezu.

Horní povrch : **6Ø14/m'** $A = 6,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ C30/37

$$M_{Ed} = M_{xvs} = + 14,50 \text{ kNm}$$

výška průřezu : $h = 0,50 \text{ m}$,

šířka průřezu : $b = 1,000 \text{ m}$,

krytí výztuže : $d_1 = 0,04 + 0,006 = 0,046 \text{ m}$

účinná výška: $d = h - d_1 = 0,50 - 0,046 = 0,454 \text{ m}$

| | |
|--|---------------------------------------|
| Kalové hospodářství ČOV Brno - Modřice | D1.2.2407.2 PODROBNÝ STATICKÝ VÝPOČET |
| D1.2.2407 STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ | DPS |

BIOFILTR G SO 2407

Poloha neutrální osy:

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{6,79 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78}{1,0 \cdot 0,8 \cdot 20,0} = 0,018451 \text{ m}$$

Kontrola přetvoření tažené výztuže:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} (d - x) = \frac{3,5 \text{ ‰}}{0,018451} (0,454 - 0,018451) = 82,62 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_s = 82,62 \text{ ‰} > \varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,8}{200 \cdot 10^3} = 2,18 \text{ ‰} \quad \text{- vyhovuje}$$

Kontrola únosnosti průřezu

Moment na mezi únosnosti :

$$z_c = d - 0,4 \cdot x = 0,454 - 0,4 \cdot 0,018451 = 0,447 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 6,79 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot 0,447 = 131,85 \text{ kNm}$$

Výstup :

$$\underline{M_{Rd} = 131,85 \text{ kNm} > M_{xvs} = 14,50 \text{ kNm} \quad \text{- VYHOVUJE (11,0\%)}}$$

Výztuž ponecháme s ohledem na podmínku minimálního vyztužení průřezu.

Výztuž v delším směru není nutné posuzovat.

Vypracoval: Ing. Petr Holuša

Praha, prosinec 2022