

Statický výpočet řeší návrh a posouzení výztuže stěn a dna monobloku, stropu nad denitrifikací a uskladňovací nádrží. Dále řeší návrh a posouzení nosné konstrukce lávky nad dosazovací nádrží.

Zhotovitel zajistí v rámci subdodávek i návrh a posouzení střešní konstrukce ze sbíjených příhradových vazníků a návrh a posouzení všech kompozitních výrobků.

Použité normy

ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Zatížení sněhem

ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Zatížení během provádění

ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Zatížení od jeřábů a strojního vybavení

ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Zatížení zásobníků a nádrží

ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí

ČSN EN 1992-3 Navrhování betonových konstrukcí – Nádrže na kapaliny a zásobníky

ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

ČSN 73 1208 Navrhování betonových konstrukcí vdh objektů

ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

ČSN EN 206 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí

Ostatní literatura

Bareš: Tabulky pro navrhování desek a stěn

Krátký a kol.: Betonové konstrukce

Procházka, Trtík, Vodička: Betonové konstrukce I,II

Studnička, Wald: Ocelářské tabulky

Hořejší, Šafka: Statické tabulky

Rochla: Stavební tabulky

A. Spodní stavba - monoblok

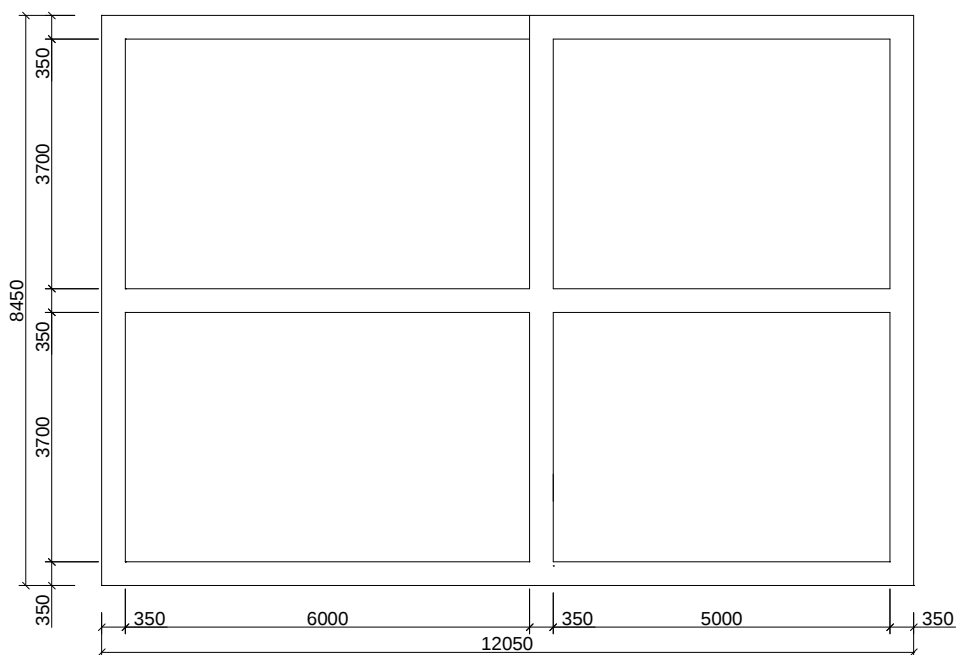
Popis objektu:

Spodní stavba ČOV (železobetonová jímka s obdélníkovým půdorysem a s hloubkou 4,3m) má vnější půdorysné rozměry 12,05m x 8,45m a je rozdělena na čtyři komory (jímky) o vnitřních rozměrech 6m x 3,7m (dosazovací nádrž I, II), 5m x 3,7m (denitrifikace, uskladňovací nádrž)

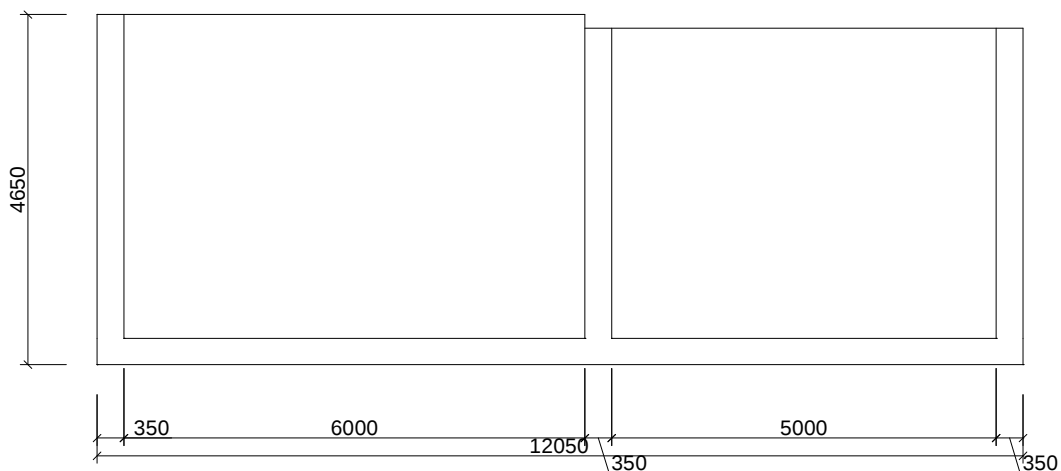
Z hydrologických vrtů prováděných v blízkém okolí vyplývá, že v místě stavby lze očekávat stupně různě zvětralé ruly (eluvium, silně zvětralou až zvětralou rulu), takže bude možno monoblok založit plošně na základové desce na úrovni - 4,855m.

Z hydrologického průzkumu dále vyplývá že hladina podzemní vody je cca 1 ÷ 1,5 pod úrovní rostlého terénu.

PŮDORYS



ŘEZ I-I'



Výpočet vnitřních sil

Výpočet vnitřních sil bude proveden pomocí Tabulek pro výpočet desek a stěn (Bareš)
Jednotlivé stěny nádrží o výšce maximálně 4,3m budou zatíženy:

1. Vnitřní náplň vody
2. Vnější (klidový) tlakem zeminy – obsypu

Uvažované kombinace:

K1 = 1. (pouze vody uvnitř – zkouška vodotěsnosti)

K2 = 2. (prázdná nádrž)

K3 = 1.+2. (provozní zatížení)

Zemní tlak – klidový $K_0=0,5$, $\gamma_z= 20 \text{ kN/m}^3$

$$\sigma_z = 0,5 \times 20 \times 4,3 = 43 \text{ kPa}$$

Vnitřní tlak vody – výška vodního sloupce – 3,3m

$$\sigma_h = 10 \times 3,3 = 33 \text{ kPa}$$

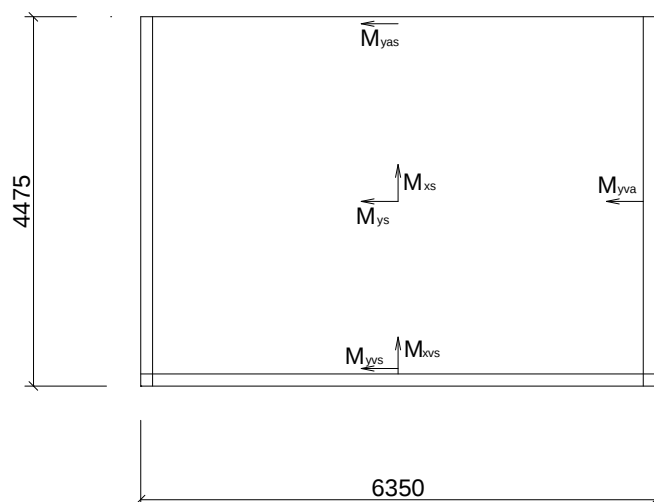
Posouzení jednotlivých nosných konstrukcí:

1. Nejdelší stěna

Vnitřní rozměry – 6 m x 4,3 m (výška)

Statické rozměry 6,35 x 4,475 m

$$\gamma = a/b = 4,475/6,35 = 0,704 \div 0,7$$



1.ZS Vnitřní tlak vody (působí zevnitř) = K1

$$-M_{xs} = 0,0122 \times 33 \times 4,475^2 = 8,06 \text{ kNm}$$

$$-M_{xvs} = -0,0565 \times 33 \times 4,475^2 = -37,34 \text{ kNm}$$

$$-M_{ys} = 0,0081 \times 33 \times 6,35^2 = 10,78 \text{ kNm}$$

$$-M_{yas} = 0,0092 \times 33 \times 6,35^2 = 12,24 \text{ kNm}$$

$$-M_{yvs} = -0,0202 \times 33 \times 6,35^2 = -26,88 \text{ kNm}$$

$$-M_{yva} = -0,0164 \times 33 \times 6,35^2 = -21,82 \text{ kNm}$$

2.ZS Zemní tlak = K2

$$M_{xs} = 0,0122 \times 43 \times 4,475^2 = 10,51 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{M_{xvs} = -0,0565 \times 43 \times 4,475^2 = -48,65 \text{ kNm}}$$

$$M_{ys} = 0,0081 \times 43 \times 6,35^2 = 14,04 \text{ kNm}$$

$$M_{yas} = 0,0092 \times 43 \times 6,35^2 = 15,95 \text{ kNm}$$

$$M_{yvs} = -0,0202 \times 43 \times 6,35^2 = -35,02 \text{ kNm}$$

$$M_{yva} = -0,0164 \times 43 \times 6,35^2 = -28,44 \text{ kNm}$$

3.ZS Provozní = K2

$$M_{xs} = -8,06 + 10,51 = 2,45 \text{ kNm}$$

$$M_{xvs} = 37,34 - 48,65 = -11,31 \text{ kNm}$$

$$M_{ys} = -10,78 + 14,04 = 3,26 \text{ kNm}$$

$$M_{yas} = -12,24 + 15,95 = 3,71 \text{ kNm}$$

$$M_{yvs} = 26,28 - 35,02 = -8,74 \text{ kNm}$$

$$M_{yva} = 21,28 - 28,44 = -7,16 \text{ kNm}$$

Dimenzování: $M_{\max} = 48,65 \text{ kNm}$ (vnější svislá dole)

Z důvodů zajištění vodotěsnosti a mrazuvzdornosti bude navržen vodostavební beton se stupněm mrazuvzdornosti T100 ve třídě C 30/37 XC4, XF3, XA2

Beton: C30/37 XC4, XF3, XA2

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

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

$$E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuž: 10505 (R)

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

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Návrh $\varnothing R12$ – á 150mm

Třída konstrukce S4 → krytí minimálně 40mm

Posouzení MSÚ

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

$$\rho_s = A_s/A_c = 754/350 \cdot 10^3 = 0,00215$$

$$\rho_{s,min} = 0,002$$

$$\rho_s = 0,00215 \geq \rho_{s,min} = 0,002 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,00215 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Minimální plocha vodorovné výztuže $A_{sh,min} = 350 \text{ mm}^2$

Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly průřezu – spočteno pomocí programu FIN

Nejmenší deformace v betonu: $-3,47\text{‰}$

Největší deformace v betonu: $52,33\text{‰}$

Nejmenší deformace ve výztuži: 45‰

Největší deformace ve výztuži: 45‰

Výška tlačené části průřezu: $x = 21,8 \text{ mm}$

Efektivní výška průřezu: $d = 0,3 \text{ m}$

$$\xi = 0,07 \leq \xi_{\max} = 0,58 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$M_{Edy} = 48,65 \leq M_{Rdy} = 103,62 \text{ kNm}$$

Posouzení průřezu na ohyb vyhovuje

Využití 46,9%

Posouzení MSP

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

$$\text{Průřezová plocha: } A = 355 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu: $y_t = 500 \text{ mm}$ $z_t = 173,3 \text{ mm}$

$$\text{Moment setrvačnosti: } I_y = 3,65 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \quad I_z = 29,6 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\text{Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu: } S_{y,s} = 1,25 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$$

Průřez s vyloučením tahu v betonu

$$\text{Průřezová plocha: } A = 53\,776 \text{ mm}^2$$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu: $y_t = 500 \text{ mm}$ $z_t = 301,7 \text{ mm}$

$$\text{Moment setrvačnosti: } I_y = 336 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad I_z = 4,53 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu: $S_{y,s} = -95,5 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff} = 0,000754 / 0,115 = 0,00656$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 200000 / 33000 = 6,061$$

$$\epsilon_{s-} \epsilon_{cm} = \max(0,6 \times \sigma_s / E_s; [\sigma_s - k_t \times f_{ctm} / \rho_{p,eff} \times (1 + \alpha_e \times \rho_{p,eff})] / E_s) \\ = \max(0,6 \times 224,1 / 200 \cdot 10^3; [224,1 - 0,4 \times 2,9 / 0,00656 \times (1 + 6,061 \times 0,00656)] / 200 \cdot 10^3) = 0,000672$$

$$s_{r,max} = k_3 \times c + k_1 \times k_2 \times k_4 \times d / \rho_{p,eff} = 3,4 \times 41,1 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 11,74 / 0,00656 \\ = 444,1 \text{ mm}$$

$$w = \epsilon_{s-} \epsilon_{cm} \times s_{r,max} = 0,000672 \times 444,1 = \mathbf{0,299 \text{ mm}}$$

Maximální povolená šířka trhlin: 0,300mm (prostředí – XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XD3, XS1, XS2 nebo XS3)

Výška tlačené části průřezu: $h = 48,3 \text{ mm}$

Využití průřezu: 99,5%

Posouzení průřezu na mezní stav omezení šířky trhlin vyhovuje

Závěr:

V dalších místech stěny působí menší vnitřní síly (ohybové momenty), takže vyhovuje stejné vyztužení. Z konstrukčních důvodů a i z důvodu minimálního stupně vyztužení je třeba dodržet **ØR12 – á 150mm**. V celé stěně budou tedy **ØR12 – á 150mm** při obou površích a oběma směry

V dalších stěnách, které mají menší rozměry, budou působit i menší vnitřní síly (ohybové momenty), a proto vyhoví stejný způsob vyztužení jako u předchozí stěny.

Vyztužení dna monobloku:

Dno tloušťky 350mm bude zatíženo tlakem vnitřní vodní náplně, který bude rovnoměrně přenášen do podloží, tzn že postačuje konstrukční vyztužení.

Návrh ØR12 – á 200mm

Třída konstrukce S4 → krytí minimálně 40mm

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

$$\rho_{s,t} = A_s / (b_t \times d) = 754 / (1000 \times 304) = 0,00248$$

$$\rho_s = A_s / A_c = 754 / 350 \cdot 10^3 = 0,00215$$

$$\rho_{s,min} = \max(0,26 \times f_{ctm} / f_{yk}; 0,0013) = \max(0,26 \times 2,9 / 500; 0,0013) = 0,00151$$

$$\rho_{s,t} = 0,00248 \geq \rho_{s,min} = 0,00151 \rightarrow \mathbf{vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,00215 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \rightarrow \mathbf{vyhovuje}$$

Závěr

Z konstrukčních důvodů a i z důvodu minimálního stupně vyztužení je třeba dodržet **ØR12 – á 200mm**. V celé desce dna budou tedy **ØR12 – á 200mm** při obou površích a oběma směry

Posouzení odolnosti proti nadzdvihnutí vztlakem podzemní vody

Hladina podzemní vody je cca 1m pod úrovní rostlého terénu.

Výtlačný objem

$$V = 14,05 \times 10,45 \times 0,15 + 12,05 \times 8,45 \times 3,45 = 373,311 \text{ m}^3$$

Vztlaková síla

$$F_{\text{vzt}} = 373,311 \times 10 = 3733,11 \text{ kN}$$

Vzdorující síla:

- vl. tíha žb. Kce

$$(0,15 \times 14,05 \times 10,45 + 0,35 \times 8,45 \times 12,05 + 4,3 \times 0,35 \times (12,05 + 7,4) \times 3) \times 25 = 3636,95$$

- nadzemní objekt

$$0,18 \times 3,7 \times 5 \times 2 \times 25 = 166,5$$

$$(2,94 \times (12,23 + 7,75) \times 2 + 2,455 \times 8,63) \times 3,65 = 506,14$$

$$9,83 \times 12,93 \times 1 = 127,1$$

$$G = 3636,95 + 166,5 + 506,14 + 127,1 = 4436,69 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$F_{\text{vzt}} = 3733,11 \text{ kN} < G = 4436,69 \text{ kN} - \textbf{vyhovuje}$$

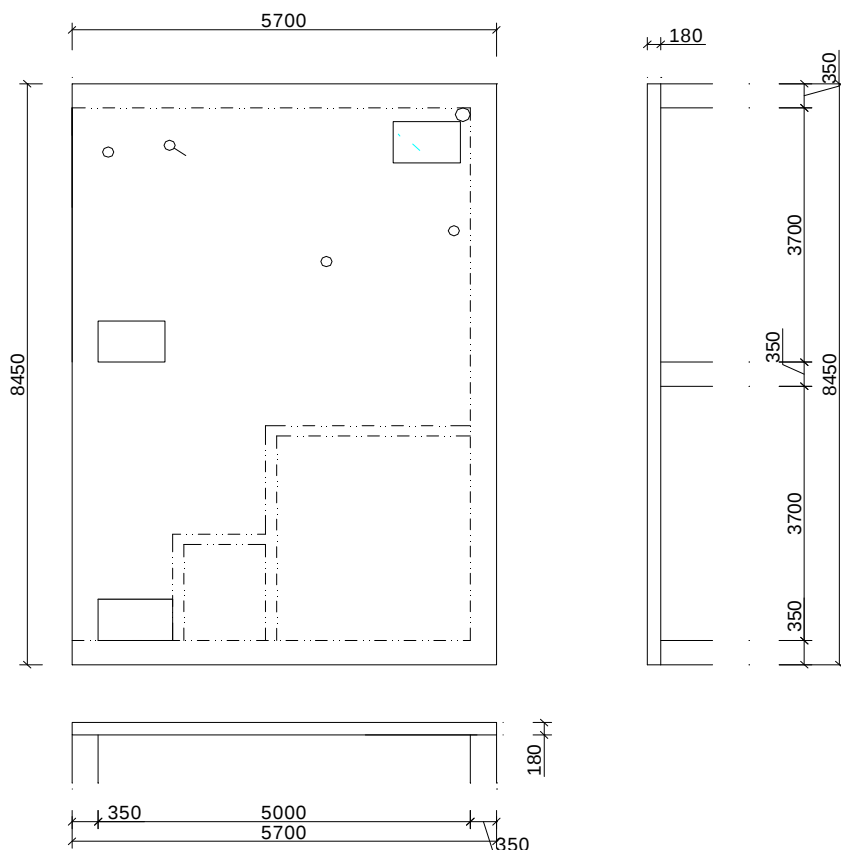
V případě povodní je nutné, aby nádrže byly naplněny.

B. Stropní konstrukce nad zakrytou částí nádrží

Popis objektu:

Stropní konstrukce nad zakrytými částmi nádrží bude tvořena železobetonovou deskou křížem vyztuženou deskou o tloušťce 180mm. Vnější půdorysné rozměry desky jsou 8,45m x 5,7m.

Ze statického hlediska jde o dvě desky o rozměrech 5,35m x 4,05m, které jsou po obvodě prostě uloženy a nad společnou podporou vetknuty.



Výpočet vnitřních sil

Zatížení

Stálé

- železobetonová deska	$0,18 \times 25 = 4,5 \times 1,1 = 4,95$
- izolace	$0,015 = 0,015 \times 1,2 = 0,018$
- mazanina	$0,04 \times 23 = 0,92 \times 1,2 = 1,104$
- dlažba	$0,015 \times 26 = 0,39 \times 1,2 = 0,468$
Stálé zatížení celkem	6,54 kN/m ²

Užitné $11 = 11 \times 1,2 = 13,2$ kN/m²

max(užitné dle tabulky 3 + rovnoměrné zatížení od příček, technologické zařízení)

Zatížení celkem 19,74 kN/m²

Výpočet momentů dle tabulek pro křížem vyztužené desky

Typ 2

$$\lambda = l_b/l_a = 5,35/4,05 = 1,32$$

$$a = 21,12$$

$$b = 83,1$$

$$c = 0,883$$

$$g_a = c \times g = 0,883 \times 19,74 = 17,43 \text{ kN/m}$$

$$g_b = (1-c) \times g = 0,117 \times 19,74 = 2,31 \text{ kN/m}$$

Mezipodporové momenty

$$M_a = 1/a \times g \times l_a^2 = 1/21,12 \times 19,74 \times 4,05^2 = \mathbf{15,33 \text{ kNm}}$$

$$M_b = 1/b \times g \times l_b^2 = 1/83,1 \times 19,74 \times 5,35^2 = 6,8 \text{ kNm}$$

Podporové momenty

$$M_{ap} = 1/10 \times g_a \times l_a^2 = 1/12 \times 17,43 \times 4,05^2 = \mathbf{23,82 \text{ kNm}}$$

Dimenzování:

Spodní výztuž $M_{\max} = 15,33 \text{ kNm}$ (kratší rozměr)

Z důvodů zajištění vodotěsnosti a mrazuvzdornosti bude navržen vodostavební beton se stupněm mrazuvzdornosti T100 ve třídě C 30/37 XC4, XF3, XA2

Beton: C30/37 XC4, XF3, XA2

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

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

$$E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$$

Podélná výztuž: 10505 (R)

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

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Návrh $\varnothing R12$ – á 200mm

Třída konstrukce S3 → krytí minimálně 35mm

Posouzení MSÚ

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

$$\rho_{s,t} = A_s/(b_t \times d) = 565,5/(1000 \times 139) = 0,00407$$

$$\rho_s = A_s/A_c = 565,5/180 \cdot 10^3 = 0,00314$$

$$\rho_{s,min} = \max(0,26 \times f_{ctm} / f_{yk}; 0,0013) = \max(0,26 \times 2,9/500; 0,0013) = 0,00151$$

$$\rho_{s,t} = 0,00407 \geq \rho_{s,min} = 0,00151 \rightarrow \mathbf{vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,00314 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \rightarrow \mathbf{vyhovuje}$$

Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly – spočteno pomocí programu FIN

Nejmenší deformace v betonu: -3,50‰

Největší deformace v betonu: 36,27‰

Nejmenší deformace ve výztuži: 27,21‰

Největší deformace ve výztuži: 27,21‰

Výška tlačené části průřezu: $x = 15,8 \text{ mm}$

Efektivní výška průřezu: $d = 0,14 \text{ m}$

$$\xi = 0,11 \leq \xi_{\max} = 0,58 \rightarrow \mathbf{vyhovuje}$$

$$\mathbf{M_{Edy} = 15,33 \leq M_{Rdy} = 33,92 \text{ kNm}}$$

Posouzení průřezu na ohyb vyhovuje

Využití 45,2%

Posouzení MSP

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 183 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu: $y_t = 500 \text{ mm}$ $z_t = 89,08 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti: $I_y = 494 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ $I_z = 15,4 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu: $S_{y,s} = 518 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$ $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$

Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha: $A = 31\,319 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu: $y_t = 500 \text{ mm}$ $z_t = 152,4 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti: $I_y = 49,5 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ $I_z = 2,69 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu: $S_{y,s} = -35,3 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff} = 0,000565 / 0,09 = 0,00628$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 200000 / 33000 = 6,061$$

$$\begin{aligned} \epsilon_s - \epsilon_{cm} &= \max(0,6 \times \sigma_s / E_s; [\sigma_s - k_t \times f_{ctm} / \rho_{p,eff} \times (1 + \alpha_e \times \rho_{p,eff})] / E_s) \\ &= \max(0,6 \times 288,9 / 200 \cdot 10^3; [208,9 - 0,4 \times 2,9 / 0,00628 \times (1 + 6,061 \times 0,00628)] / 200 \cdot 10^3) = 0,000627 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_{r,max} &= k_3 \times c + k_1 \times k_2 \times k_4 \times d / \rho_{p,eff} = 3,4 \times 35 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 12 / 0,00628 \\ &= 443,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$w = \epsilon_s - \epsilon_{cm} \times s_{r,max} = 0,000627 \times 443,7 = \mathbf{0,278 \text{ mm}}$$

Maximální povolená šířka trhlin: 0,300mm

Výška tlačené části průřezu: $h = 27,6 \text{ mm}$

Využití průřezu: 92,7%

Posouzení průřezu na mezní stav omezení šířky trhlin vyhovuje

Spodní výztuž $M_{max} = 6,8 \text{ kNm}$ (delší rozměr)

Z důvodů zajištění vodotěsnosti a mrazuvzdornosti bude navržen vodostavební beton se stupněm mrazuvzdornosti T100 ve třídě C 30/37 XC4, XF3, XA2

Beton: C30/37 XC4, XF3, XA2

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

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

$E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

Podélná výztuž: 10505 (R)

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

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

Návrh $\varnothing R10$ – á 200mm

Třída konstrukce S3 → krytí minimálně 47mm

Posouzení MSÚ

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

$$\rho_{s,t} = A_s / (b_t \times d) = 392,7 / (1000 \times 128) = 0,00307$$

$$\rho_s = A_s / A_c = 392,7 / 180 \cdot 10^3 = 0,00218$$

$$\rho_{s,min} = \max(0,26 \times f_{ctm} / f_{yk}; 0,0013) = \max(0,26 \times 2,9 / 500; 0,0013) = 0,00151$$

$$\rho_{s,t} = 0,00307 \geq \rho_{s,min} = 0,00151 \rightarrow \mathbf{vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,00218 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \rightarrow \mathbf{vyhovuje}$$

Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly – spočteno pomocí programu FIN

Nejmenší deformace v betonu: $-3,50\text{‰}$

Největší deformace v betonu: $52,92\text{‰}$

Nejmenší deformace ve výztuži: $36,62\text{‰}$

Největší deformace ve výztuži: 36,62‰
Výška tlačené části průřezu: $x=11,2\text{mm}$
Efektivní výška průřezu: $d=0,13\text{m}$
 $\xi=0,09 \leq \xi_{\max}=0,58 \rightarrow \text{vyhovuje}$

$M_{\text{Edy}}=6,8 \leq M_{\text{Rdy}}=22,29 \text{ kNm}$

Posouzení průřezu na ohyb vyhovuje

Využití 30,5%

Posouzení MSP

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e=6,061$

Průřezová plocha: $A=182 \cdot 10^3 \text{mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu: $y_t=500\text{mm}$ $z_t=89,5\text{mm}$

Moment setrvačnosti: $I_y=489 \cdot 10^6 \text{mm}^4$ $I_z=15,2 \cdot 10^9 \text{mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu: $S_{y,s}=195 \cdot 10^3 \text{mm}^4$ $S_{z,s}=0 \text{mm}^4$

Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha: $A=25\,428 \text{mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu: $y_t=500\text{mm}$ $z_t=157,6\text{mm}$

Moment setrvačnosti: $I_y=30,3 \cdot 10^6 \text{mm}^4$ $I_z=2,16 \cdot 10^9 \text{mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu: $S_{y,s}=-26,5 \cdot 10^6 \text{mm}^4$ $S_{z,s}=0 \text{mm}^4$

$$\rho_{p,\text{eff}} = A_s/A_{c,\text{eff}} = 0,000393/0,09 = 0,00436$$

$$\alpha_e = E_s/E_{\text{cm}} = 200000/33000 = 6,061$$

$$\begin{aligned} \epsilon_s - \epsilon_{\text{cm}} &= \max(0,6 \times \sigma_s/E_s; [\sigma_s - k_t \times f_{\text{ctm}} / \rho_{p,\text{eff}} \times (1 + \alpha_e \times \rho_{p,\text{eff}})] / E_s \\ &= \max(0,6 \times 143,7/200 \cdot 10^3; [143,7 - 0,4 \times 2,9/0,00436 \times (1 + 6,061 \times 0,00436)] / 200 \cdot 10^3) = 0,000431 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_{r,\text{max}} &= k_3 \times c + k_1 \times k_2 \times k_4 \times d / \rho_{p,\text{eff}} = 3,4 \times 47 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 10 / 0,00436 \\ &= 549,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$w = \epsilon_s - \epsilon_{\text{cm}} \times s_{r,\text{max}} = 0,000431 \times 549,4 = \mathbf{0,237 \text{ mm}}$$

Maximální povolená šířka trhlin: 0,300mm

Výška tlačené části průřezu: $h=22,4\text{mm}$

Využití průřezu: 78,9%

Posouzení průřezu na mezní stav omezení šířky trhlin vyhovuje

Horní výztuž $M_{\text{max}} = 23,82 \text{ kNm}$ (nad vnitřní podporou)

Návrh $\varnothing R12$ a 160mm

Třída konstrukce S3 $\rightarrow$ krytí minimálně 25mm

Posouzení MSÚ

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

$$\rho_{s,t} = A_s/(b_t \times d) = 706,9/(1000 \times 139) = 0,00509$$

$$\rho_s = A_s/A_c = 706,9/180 \cdot 10^3 = 0,00393$$

$$\rho_{s,\text{min}} = \max(0,26 \times f_{\text{ctm}} / f_{yk}; 0,0013) = \max(0,26 \times 2,9/500; 0,0013) = 0,00151$$

$$\rho_{s,t} = 0,00509 \geq \rho_{s,\text{min}} = 0,00151 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,00393 \leq \rho_{s,\text{max}} = 0,04 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly – spočteno pomocí programu FIN

Nejmenší deformace v betonu: -3,50‰

Největší deformace v betonu: 28,62‰

Nejmenší deformace ve výztuži: 21,31‰

Největší deformace ve výztuži: 21,31‰

Výška tlačené části průřezu: $x=19,6\text{mm}$

Efektivní výška průřezu: $d=0,14\text{m}$

$$\xi=0,14 \leq \xi_{\max}=0,58 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$M_{\text{Edy}}=23,82 \leq M_{\text{Rdy}}=41,50 \text{ kNm}$$

Posouzení průřezu na ohyb vyhovuje

Využití 57,4%

Posouzení MSP

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $a_e=6,061$

Průřezová plocha: $A=184 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu: $y_t=500 \text{ mm}$ $z_t=88,86 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti: $I_y=496 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ $I_z=15,4 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu: $S_{y,s}=805 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$ $S_{z,s}=0 \text{ mm}^4$

Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha: $A=34\,930 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu: $y_t=500 \text{ mm}$ $z_t=149,5 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti: $I_y=59,9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ $I_z=2,97 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu: $S_{y,s}=-42,1 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ $S_{z,s}=0 \text{ mm}^4$

$$\rho_{p,\text{eff}} = A_s/A_{c,\text{eff}} = 0,000707/0,09 = 0,00785$$

$$a_e = E_s/E_{cm} = 200000/33000 = 6,061$$

$$\begin{aligned} \epsilon_s - \epsilon_{cm} &= \max(0,6 \times \sigma_s/E_s; [\sigma_s - k_t \times f_{ctm} / \rho_{p,\text{eff}} \times (1 + a_e \times \rho_{p,\text{eff}})] / E_s \\ &= \max(0,6 \times 261,6/200 \cdot 10^3; [261,6 - 0,4 \times 2,9/0,00785 \times (1 + 6,061 \times 0,00785)] / 200 \cdot 10^3) = 0,000785 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_{r,\text{max}} &= k_3 \times c + k_1 \times k_2 \times k_4 \times d / \rho_{p,\text{eff}} = 3,4 \times 38 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 11,54/0,00785 \\ &= 379 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$w = \epsilon_s - \epsilon_{cm} \times s_{r,\text{max}} = 0,000785 \times 379 = \mathbf{0,297 \text{ mm}}$$

Maximální povolená šířka trhlin: 0,300mm

Výška tlačené části průřezu: $h=30,5 \text{ mm}$

Využití průřezu: 99,1%

Posouzení průřezu na mezní stav omezení šířky trhlin vyhovuje

Závěr:

Stropní deska bude vyztužena při dolním povrchu v kratším směru výztuží **ØR12 – á 200mm** v delším směru výztuží **ØR10 – á 200mm**. Nad vnitřní stěnou (stěnou mezi denitrifikací a uskladňovací nádrží) bude deska vyztužena horní výztuží **ØR12 – á 160mm**. Jako konstrukční výztuž bude použita KARI síť typ KY 49 (Ø8/100 - Ø8/100) mm.

C. Nosná část konstrukce lávky nad dosazovací nádrží

Popis objektu:

Obslužná lávka nad dosazovací nádrží, světlá délky 6m. Lávka je tvořena nosnou konstrukcí z ocelových profilů, kompozitním ochranným zábradlím výšky 1100mm s bočním kotvením, pochozí plochou z kompozitních roštových profilů s oky 30x30mm s protiskluzovou povrchovou úpravou. Světlá šířka lávky je 1000mm. Provozní zatížení se předpokládá 250 kg/m².

Nosná konstrukce je tvořena z dvou hlavních nosníků U120 dl.6,4m (délka uložení 200mm) a 7 ks příčníků I100. Ze statického hlediska jde o prostý nosník.

Výpočet vnitřních sil (na 1 hlavní nosník)

Zatížení

Stálé

- nosník U120 - 18,8 kg/m	0,19	= 0,19 x 1,1 = 0,209 kN/m
- příčník I80 - 6 kg/m	0,06	= 0,06 x 1,1 = 0,066 kN
- rošty - 19,6 kg/m ²	0,1	= 0,1 x 1,1 = 0,11 kN/m
- zábradlí - 6,2kg/m	0,06	= 0,06 x 1,1 = 0,068 kN/m
Užitné 250kg/m ²	1,25	= 1,25 x 1,2 = 1,5 kN/m

Zatížení celkem	spojité	1,89 kN/m
	osamělé břemeno (příčník)	0,07kN

Moment od spojitého zatížení

$$M = 1/8 \times f \times l^2 = 1/8 \times 1,89 \times 6,4^2 = 9,68 \text{ kNm}$$

Moment od příčníků

$$M = -F \times (l_1 + l_2 + l_3 - l/2 \times 3,5) = -0,07 \times (1 + 2 + 3 - 3,2 \times 3,5) = 0,364 \text{ kNm}$$

Celkový moment v polovině rozpětí (maximální) 9,68+0,364 = **10,04 kNm**

Návrh hlavní nosník U(UPN)120

Průřezová plocha $A = 1,7 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště $y_t = 16 \text{ mm}$ $z_t = 60 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti $I_y = 3,64 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ $I_z = 4,32 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly $W_{y,1} = -6,072 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 1,106 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 6,072 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -2,681 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení $I_k = 4,15 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

Výsečový moment setrvačnosti $I_\omega = 9 \cdot 10^8 \text{ mm}^6$

Plastické průřezové moduly $W_{pl,y} = 7,26 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 2,12 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$

Materiálové charakteristiky – EN 10025: Fe 360

Mez kluzu $f_y = 235 \text{ MPa}$

Mez pevnosti $f_u = 360 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E = 210000 \text{ MPa}$

Modul pružnosti ve smyku $G = 81000 \text{ MPa}$

Posouzení nejnepříznivějšího ohybu – spočteno programem FIN

Únosnost $M_{y,R} = 17,061 \text{ kNm}$

10,04 kNm = M_y < $M_{y,R} = 17,061 \text{ kNm}$

Posouzení průřezu vyhovuje

Využití průřezu 58,8%

D. Čerpací jímka – převzato z DSP

V blízkosti nádrží je navržena konstrukce čerpací jímky. Jímka je navržena ze spec. prefabrikátů a to jako čtvercová s vnitřními světlymi rozměry 2,4m a celkovou výškou 7m (cca 0,2 nad okolní úroveň terénu). Spodní díl = dno je typu PNC 240/240/104 BZP a vrchní díly – 6 ks typ PNC 240/240/100 SVP. Prefabrikáty (spodní díl) bude uložen na železobetonové podkladní desce tl. 250mm z betonu tř. 30/37 a ta pak uložena na vrstvě podkladního betonu tl. 100mm. Základová spára jímky (žb. ochranné konstrukce) je ve velké hloubce cca 6,0m (od rostlého terénu) na kotě 439,94 m.n.m. Konstrukce jímky nebude zastropena spec. prefa deskou, ale pouze spec. plastovým lehkým odnímatelným deklem.

Podle technického katalogu výrobce je možno tyto prefabrikáty založit až 6m pod terén, a tedy navržené prefabrikáty nevyhoví na zemní tlak s výškou 6,9m s event. přitížením od pojezdu vozidel na přilehlé zpevněné ploše. Z tohoto důvodu a rovněž z důvodu stability konstrukce jímky proti nadzvednutí vztlakem vody budou prefa dílce po smontování obetonovány žb konstrukcí s tl. stěn 0,26m a dna 0,25m. Hladina ustálené podzemní vody je cca 5,06m nad spodní hranou monolitické vodotěsné desky žb. dna. S ohledem na velké vodorovné zatížení monolitických stěn a desky dna budou tyto vetknuty s provázáním svislou výztuží $\varnothing R12$ á 200 mm. Stěny staticky působící jako vodorovné rámy budou vyztuženy výztuží $\varnothing R12$ á 125 mm – cca první dva spodní metry, pak výztuží $\varnothing R12$ á 150 mm – v dalších dvou horních metrech a konečně výztuží $\varnothing R12$ á 200 mm – v pruzích až na vrch jímky. Jako svislá rozdělovací výztuž postačí $\varnothing R8$ á 250 mm. Vnitřní povrch stěn bude vyztužen KARI sítěmi typ KY 49 ($\varnothing 8/100$ - $\varnothing 8/100$) mm rozměrů 3,0 x 2,0 m. Jako horní výztuž desky dna bude opět vložena tato KARI síť. Beton monolitické „ochranné konstrukce“ jímky bude tř. C30/37 XA1 a krytí výztuže 30 mm stejně jako beton prefabrikátů.

Posouzení odolnosti proti nadzdvihnutí vztlakem podzemní vody

Hladina podzemní vody je cca 1m pod úrovní rostlého terénu.

Výtlačný objem

$$V = 3,32 \times 3,32 \times 0,1 + 3,12 \times 3,12 \times 4,016 = 40,2\text{m}^3$$

Vztlaková síla

$$F_{vzt} = 40,2 \times 10 = 402 \text{ kN}$$

Vzdorující síla:

- vl. tíha žb. Kce
 $(0,1 \times 3,32 \times 3,32 + 3,12 \times 3,12 \times 6,916 - 2,4 \times 2,4 \times 6,546) \times 25 =$
 $= 768$
- výplňový beton
 $0,85 \times 1,234 \times 2,4 \times 25 = 62,93$

$$G = 768 + 62,93 = 830,93 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$F_{vzt} = 402 \text{ kN} < G = 830,93 \text{ kN} - \textbf{vyhovuje}$$