

MVE JEZ RAJHRAD

vč. rybího přechodu a rekonstrukce jezu

Dokumentace pro provádění stavby

Objednatel : Povodí Moravy, s. p.

D.1.4.4. Statické výpočty

D.1.4.4.1. Statický výpočet pro SO 02 Strojovna MVE

OBSAH

D	STATICKÝ VÝPOČET PRO SO 02 – STROJOVNA MVE	2
D.1	Identifikační údaje	2
D.1.1	Identifikační údaje o stavbě	2
D.1.2	Údaje o stavebníkovi	2
D.1.3	Údaje o zpracovateli společné projektové dokumentace	3
D.1.4	Příslušný vodoprávní úřad	3
D.2	Členění stavby na stavební objekty a technologická zařízení	4
D.3	Seznam použitých vstupních podkladů	5
D.4	Obecný popis	8
D.5	Použité materiály	9
D.1.5	Beton	9
D.1.6	Betonářská výztuž	9
D.6	Trvanlivost a krycí vrstva ŽB konstrukcí	10
D.1.7	Krycí vrstva	10
D.1.8	Trvanlivost a šířky trhlin	10
D.7	Zatížení	11
D.1.9	Stálé zatížení	11
a)	Vlastní tíha	11
b)	Technologie	11
c)	Střecha	12
d)	Jeřáby	13
e)	Zemní tlak	13
f)	Tlak vody	13
g)	Rybochod	14
D.1.10	Proměnné zatížení	14
h)	Turbíny	14
i)	Jeřáby	15
j)	Užitné	15
k)	Sníh	15
l)	Vítr	16
m)	Teplota	17
D.8	Strojovna MVE	18
D.1.11	Výpočtový model	18
D.1.12	Mezní stav únosnosti a použitelnosti konstrukce nádrže	18
D.1.13	MSP – Průhyb střešní konstrukce	18
D.1.14	Konstrukční zásady	21
D.9	Mezní stavy základové půdy	23
D.1.15	Únosnost základové půdy	23
D.1.16	Stabilita proti vymoření	27
D.1.17	Sedání	29
D.10	Závěr	30
D.11	Literatura	30
D.12	Podklady	31
D.13	Přílohy	31

D STATICKÝ VÝPOČET PRO SO 02 – STROJOVNA MVE

D.1 Identifikační údaje

D.1.1 Identifikační údaje o stavbě

Název stavby:	MVE jez Rajhrad vč. rekonstrukce jezu a rybího přechodu		
Charakter stavby:	Novostavba malé vodní elektrárny s rybím přechodem bazénového typu s kamennými přehrážkami pro překonání návrhového (čistého) spádu $H_n = 5,2$ m jezu Rajhrad na řece Svratce (vodní útvar D063)		
Vodní tok:	Svratka, říční km 29,430 – jez Rajhrad (dle TP evidence správce toku) Svratka, říční km 34,970 – jez Rajhrad (dle platného MŘ z roku 2008)		
Kraj:	Jihomoravský, okres Brno - venkov		
Obec:	Rajhrad (583758),		
Obec s rozšířenou působností:	Židlochovice (584282)		
Číslo hydrologického pořadí:	4-15-03-0260	4-15-03-0211	4-15-03-0212
	4-15-03-0272	4-15-03-0271	
Katastrální území:	Rajhrad (738921),		
Pozemky parc. č.:	trvalý a dočasný zábor – parcely č. 1671/3 (náhon), 1914/3 , 1914/7 (Svratka pod jezem), 1914/18 (Svratka nad jezem – dříve 1914/7), 1914/8 (jez), 1914/16 (dříve 1914/7), 1977/1 , 1977/6 , 2244/1 (dříve 1977/7 a 1914/7), 1562/1 (Městské rameno) → parcely pro MVE jsou ve vlastnictví investora, 1975/8 (náhon LB – dříve 1975)		
Instalovaný výkon MVE:	$P_{MVE} = 2 \times 210 \text{ kW} = 420 \text{ kW}$		
Strojní vybavení MVE:	2x přímoproudá Kaplanova turbína typu „S“, výkon $P_{Tmax} = 215 \text{ kW}$ \varnothing oběžného kola $D = 1\,000 \text{ mm}$, generátor – horizontální, synchronní		
Pracovní rozsah průtoků:	$Q_T = \text{min. } 2,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \text{ až max. } 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ celkově max. $2 \times 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 10,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		
Průměr. roční výroba energie:	1,60 GWh		

D.1.2 Údaje o stavebníkovi

Investor stavby:	Povodí Moravy, s. p. Dřevařská 11, 601 75 Brno ☎: +420 541 637 111 IČ: 70890013 DIČ: CZ70890013	
Technický zástupce:	Ing. Libor Holán	holan@pmo.cz
Přímá správa:	Povodí Moravy, s. p., závod Dyje Dřevařská 11, 601 75 Brno ☎: +420 541 637 602	

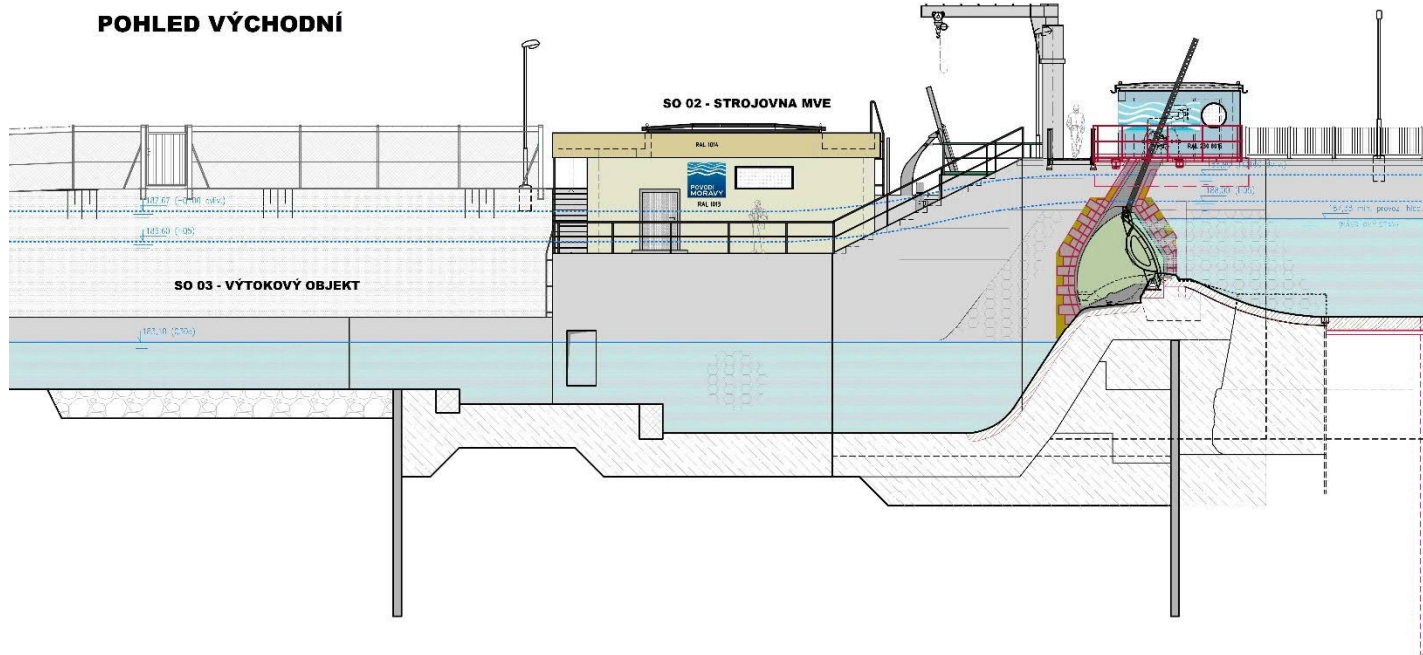
Provoz: **Povodí Moravy, s. p., závod Dyje – provoz Brno**
K Povodí 10, 617 00 Brno - Komárov
☎: +420 543 423 441
Vedoucí provozu: Ing. Bohuslav Štol stol@pmo.cz

D.1.3 Údaje o zpracovateli společné projektové dokumentace

Generální projektant: **AQUATIS a.s.**
Botanická 834/56, 602 00 Brno
☎: 541 554 111
IČ: 46347526 DIČ: CZ46347526
Hlavní inženýr projektu: Ing. David Prachař david.prachar@aquatis.cz
☎: 541 554 259 mobil 724 878 435
autorizovaný inženýr pro stavby vodního hospodářství a krajinného inženýrství – osvědčení č. 40190, zapsán v evidenci autorizovaných osob ČKAIT pod číslem 1006418

D.1.4 Příslušný vodoprávní úřad

Vodoprávní úřad: **Městský úřad Židlochovice, odbor životního prostředí**
Masarykova 100, 667 01 Židlochovice
Kontaktní osoba: Ing. Vladimír Maršálek vladimir.marsalek@zidlochovice.cz
☎: 547 428 761



Obr.: Stávající jez Rajhrad, na pravém břehu je areál Povodí Moravy, s. p. a plánovaná MVE

D.2 Členění stavby na stavební objekty a technologická zařízení

Novostavba „MVE jez Rajhrad vč. rybího přechodu“ je členěna do následujících stavebních objektů a provozních souborů :

Stavební část

- SO 01 Vtokový objekt
- SO 02 Strojovna MVE
 - SO 02.1 Strojovna MVE – spodní stavba
 - SO 02.2 Strojovna MVE – horní stavba
 - SO 02.3 Strojovna MVE – stavební elektroinstalace
- SO 03 Výtokový objekt
- SO 04 Opěrná PB zeď v nadjezí
- SO 05 Komunikace a zpevněné plochy
- SO 06 Vyvedení výkonu z MVE – přípojka vn
- SO 07 Venkovní kabelové rozvody
- SO 08 Objekt Stará Pila – stavební část
- SO 09 Rybí přechod na jezu Rajhrad
- SO 10 Prohrábky koryta v podjezí
- SO 11 Venkovní úpravy a oplocení

Technologická část

- PS 21 MVE – technologická část strojní
- PS 22 MVE – technologická část elektro
- ~~PS 23 Hradící jezové klapky – technologická část strojní~~ viz. dole
- ~~PS 24 Hradící jezové klapky – technologická část elektro~~ viz. dole
- PS 25 Objekt Stará Pila – strojní část

Podrobný popis technického řešení a výkresy jednotlivých stavebních objektů a provozních souborů jsou uvedeny v části **D.** této dokumentace.

Technologická část strojní (PS 23) a elektro (PS 24) pro nové jezové klapky je v DPS 2023 z důvodu provádění v souběhu s rekonstrukcí přelivů a strojoven zahrnuta v projektu „**Rekonstrukce LB části stávajícího jezu Rajhrad**“, na který bylo vydáno právoplatné stavební povolení – viz. níže.

Stavební povolení na stavbu „**MVE jez Rajhrad vč. rybího přechodu a rekonstrukce jezu**“ a Povolení k nakládání s povrchovými vodami pro účely využívání hydroenergetického potenciálu bylo vodoprávním úřadem MÚ Židlochovice, Odborem životního prostředí a stavebním úřadem vydáno v rozhodnutí pod č.j. [OZPSU/11247/2017-32](#) (Ing. Šlapalová) dne 18.12. 2018 a definitivně nabylo právní moci dne 24.8. 2021.

Stavební povolení na tuto stavbu „**Rekonstrukce LB části stávajícího jezu Rajhrad**“ bylo vodoprávním úřadem MÚ Židlochovice, Odborem životního prostředí a stavebním úřadem vydáno v rozhodnutí pod č.j. [MZI-OZPSU/2525/2022-12](#) (Ing. Šlapalová) dne 10.11. 2022 a definitivně nabylo právní moci dne 20.12. 2022.

Součástí prací při stavbě nové MVE musí být i technickobezpečnostní dohled a monitoring stávajících konstrukcí jezu, který zahrnuje osazení monitorovacích a měřicích prvků a zařízení na pilířích jezu. Účelem je sledování vlivů výstavby na jez Rajhrad, který bude v průběhu stavby částečně omezen na provozu. Tento objekt **SO 05** Monitorovací systém TBD je detailněji řešený v samostatném projektu, který pro investora Povodí Moravy, s. p. zpracovala firma Vodní díla – TBD a.s. v lednu 2022 (viz. část „Rekonstrukce LB části stávajícího jezu Rajhrad“).

D.3 Seznam použitých vstupních podkladů

Pro zpracování projektu byly využity níže uvedené podklady :

a) Podklady předané investorem v rámci zadání projektu v červenci 2016

Objednatel před uzavřením smlouvy o dílo na akci předal zhotoviteli tyto podklady :

- Zadání rozsahu díla – příloha č. 1 k uzavřené SoD (ev. č. objednatele [PM42726/2016-504](#))
- Situace a podélný řez stavbou z dokumentace „MVE Rajhrad – dokumentace pro stavební řízení a zadání stavby“, AQUATIS a.s., 2006
- „Rybí přechod jezu Rajhrad“ – dokumentace pro stavební povolení, Pöyry Environment a.s., 2008
- „Návrh rozdělení průtoků pro budoucí VD Rajhrad“ – tabulka (1a), schéma (1b), soupis podkladů (1c), čára překročení průtoků (1d), Ing. Jan Ježek – Povodí Moravy, s. p., březen 2016
- „Závěrečná zpráva – rekonstrukce levého jezového pole“ – Profi Brno 1999, výpočet navýšení jezové klapky Rajhrad, pokyny pro úpravy hradící konstrukce jezových klapek – ČKD Blansko
- „Závěrečná zpráva z potápěčského průzkumu stavební části jezu Rajhrad“ – PS Profi Brno; prohlídka provedena dne 12.10. 2016, aktualizace zprávy o prohlídce ze dne 6.6. 2012
- „Rozbor jakosti betonů přelivu jezu z roku 1998 – Dopravní stavby holding a.s.“ na objednávku firmy AQUATIS a.s., diagnostika a rozbor jakosti betonů z přelivného tělesa – viz. [Zpráva č. 1/Za/98](#) s
- „Provizorní hrazení jezu Rajhrad“ – prováděcí projekt, červen 1996
- „Rybí přechod na jezu Rajhrad“ – Podklad pro zadání projekt. prací, Ing. Pavel Jurajda, Ph.D, 2016
- Nezávazný vzor „Rámcové řešení technologické části – dokumentace rekonstrukce MVE Ivančice“

b) Projektové podklady z dřívějšího zpracování projektu MVE Rajhrad (DUR, DSP, DPS)

- „MVE jez Rajhrad vč. rybochodu a rekonstrukce jezu“, aktualizace dokumentace pro stavební řízení (Ing. Prachař), AQUATIS a.s., únor 2017
- „Rekonstrukce LB části jezu Rajhrad“, dokumentace pro sloučené územní a stavební řízení (DUR/DSP), leden 2022 a pro provedení stavby (DPS), AQUATIS a.s. (Ing. Prachař), prosinec 2022
- „Dělení průtoků Svatky u jezu Rajhrad mezi jednotlivé MVE – technická studie“ (autor Ing. Richard Ježek), květen 2013
- „MVE Rajhrad“, dokumentace pro stavební řízení a dokumentace pro zadání stavby (DSP, DZS), Pöyry Environment a.s. (Ing. Dvořák), únor 2006
- Povodňový dvůr Rajhrad, provozní budova – dokumentace pro provedení stavby, Ing. Příbyl, AV Atelier, červen 2017

c) Projektové podklady z dřívějšího zpracování projektu rybochodu (DUR, DSP, DVZ)

- „Rybí přechod na jezu Rajhrad“ – dokumentace pro stavební povolení a pro výběr zhotovitele (DSP, DVZ), Pöyry Environment a.s. (Ing. Novotný), září 2008
- „Rybí přechod na jezu Rajhrad“ – dokumentace pro územní řízení (DUR), Pöyry Environment a.s. (Ing. Novotný), srpen 2008

- „MVE Rajhrad – rybí přechod Vojkovice – Rajhrad“ – zohlednění požadavku na ochranu vodních a na vodu vázaných ekosystémů, Povodí Moravy, s. p., únor 2007
- „Biologické hodnocení záměru – MVE Rajhrad, rybí přechod Vojkovice – Rajhrad“ – odborný znalecký posudek, zpracoval RNDr. Jiří Zahrádka CSc., březen 2007
- „D063 Rybí přechod Rajhrad – revitalizační opatření na tocích ve správě Povodí Moravy, s. p.“ – investiční záměr zpracovaný Povodím Moravy, s. p., červenec 2008

d) Projektové podklady k jezu Rajhrad zapůjčené z archívu Povodí Moravy, s. p.

- „Projekt přestavby jezu na řece Svatce v Rajhradě, I. etapa“, zpracoval Čs. stavební závody n.p., závod pro inženýrské stavby Brno, 02/1949 (svazek C, paré 3)
- „Projekt přestavby jezu na řece Svatce v Rajhradě, II. etapa“, zpracoval Čs. stavební závody n.p., závod pro inženýrské stavby Brno, 06/1950 (svazek 6, paré 1)
- „Oprava jezu Rajhrad – rozbor kvality betonu tělesa jezu – zpráva č.1/Za/98“, zpracoval Dopravní stavby holding Brno jako podklad pro projekt celkové opravy jezu, leden 1998
- „Jez v Rajhradě na řece Svatce“ – prováděcí výkresy pravobřežního pilíře a zdi, Hydroprojekt s. p., Ing. Richard Ježek, 1954
- „Jez v Rajhradě – přestavba jezu“ – originály návrhu z roku 1946 až 1948, Ing. Feyrer
- „Projekt hrazení s příplavovanými hradidly“ – výrobní dokumentace, Ing. Florian, červen 1995
- „Oprava jezu Rajhrad – Posouzení vlivu zvýšené hladiny stálého nadržení na koryto Svatky a náhonu – I. etapa“, technická pomoc, Ing. Kadaňka, AQUATIS a.s. Brno, paré 2, únor 1999

e) Geodetické a mapové podklady

- „MVE Rajhrad vč. rekonstrukce jezu a rybího přechodu“ – Geodetické podklady, zaměření provedla geodetická skupina AQUATIS a.s. Brno, srpen 2016, z. č. [16124932](#), souřadnicový systém S-JTSK, výškový systém Balt po vyrovnání – vyhotovena 2x účelová mapa 1 : 200 (prostor kolem jezu Rajhrad a zaměření objektu Stará Pila)
- Digitální mapa katastru nemovitostí – stav DKM k 6.11. 2021
- Výpisy parcel z katastru nemovitostí – stav k 22.5. 2023
- Ortofotomapy lokality, listy Brno [9-5/32](#), [9-5/41](#), [9-5/34](#), [9-5/43](#), [9-6/12](#), [9-6/21](#), [9-6/14](#), [9-6/23](#) atd.
- Základní mapy ČR v měřítku 1 : 10 000, listy [24 - 34 - 15](#), [24 - 34 - 20](#)
- Základní vodohospodářská mapa ČR v měřítku 1 : 50 000, list [24 - 34](#) *Ivančice*
- „Studie záplavových území a aktivních zón – Svatka pod ČOV Brno po VD Brno“ – mapa rozlivů, zdroj Povodí Moravy, s. p. – útvar hydroinformatiky (2013)
- „Mapy rizik a povodňového ohrožení – řeka Svatka – mapy rozlivů pro Q₅, Q₂₀, Q₁₀₀, Q₅₀₀“ zdroj Centrální datový sklad – viz. https://www.mzp.cz/mapy_povodnove_ohrozeni_rizika/index.html
- Podélný profil Svatky v ř.km (8,760 až 42,100) s hladinami Q_{30d}, Q₁, Q₅, Q₁₀, Q₂₀, Q₅₀, Q₁₀₀ – zdroj Generel odvodnění města Brna – část toky (2007) a Mapy povodňového nebezpečí (2009), Povodí Moravy, s. p. – útvar hydroinformatiky (pozn.: doloženo v DSP, aktuálně již hladiny neplatí)
- Podklady pro dendrologické posouzení obory Popovický les – porostní a typologická mapa a lesní hospodářský plán, zaslala Ing. Procházková z Mendelu – Školní lesní podnik Masarykův les Křtiny

f) Geologické podklady

- MVE Rajhrad vč. rekonstrukce jezu a rybího přechodu – Inženýrskogeologický průzkum, zpráva z terénních průzkumných prací realizovaných v srpnu 2016, p.g. Luboš Souček – AQUATIS a.s.
- Geologická mapa ČR 1 : 50 000, list [24 - 34](#) *Ivančice*
- Informace o geologických podmínkách převzaté z archivní dokumentace rekonstrukce jezu

g) Hydrologické podklady

- Údaje o m-denních a N-letých průtocích v profilu jezu Rajhrad – hydrologická data stanovená ČHMÚ pobočka Brno z požadavku projektanta (zn. [P16010675/561](#) ze dne 6.10. 2016)
- Měrná křivka koryta Svatky v profilu jezu Rajhrad

h) Ostatní podklady

- Jez Rajhrad, **SO 05** Monitorovací systém TBD – projekt Vodní díla – TBD a.s., leden 2022
- Manipulační řád pro jez Rajhrad na řece Svatce v ř.km 34,970, Povodí Moravy, VH dispečink, červenec 2008, schválený odborem ŽP MěÚ Židlochovice dne 12.9. 2008 (platnost do 12.5. 2018) pod č.j. [OZP/12142/2008](#)
- Manipulační řád pro objekty náhonu Rajhrad – Vojkovice (vč. MVE Rajhrad a MVE Vojkovice a jezu na náhonu ve Vojkovicích), zpracoval Ing. Richard Ježek, listopad 2005 schválený odborem ŽP MěÚ Židlochovice pod č.j. [OZP/669/06](#) dne 14.11. 2006 (platnost do 31.7. 2016)
- Manipulační řád pro jez Komín a MVE Komín na řece Svatce v ř.km 52,700 schválený Magistrátem města Brna, odborem VLHZ dne 17.7. 2012 (platnost do 30.9. 2022) pod č.j. [MMB/0233575/2012](#)
- Manipulační řád pro vodní dílo Brno na řece Svatce v km 56,187 schválený Magistrátem města Brna, odborem VLHZ, zpracoval Povodí Moravy, s. p. – VH dispečink v srpnu 2008
- MVE Rajhrad – Analýza průtokových poměrů – studie, Ing. Sehnal, AQUATIS a.s. Brno, říjen 2005
- Rybník za Starou Pilou v Rajhradě – stavební povolení a povolení k nakládání s vodami, vydané odborem ŽP MěÚ Židlochovice, č.j. [OZP/12559/2013](#) dne 16.10. 2013 (platnost po dobu životnosti)
- Rybník za Starou Pilou v Rajhradě – část PD ze změny stavby, Ing. František Marcián, květen 2014
- Studie protipovodňových opatření na území JM kraje – kap. 4, Pöry Environment a.s., květen 2007
- Digitální povodňový plán města Rajhrad, zdroj www.edpp.cz/povodnovy-plan/rajhrad/
- Územní plán města Rajhrad, Urbanistické středisko Brno, s.r.o., zdroj geoportál ORP Židlochovice
- Fotodokumentace z pochůzek lokality – v roce 1999, srpen 2008, květen 2016, leden 2022 atd.
- Vyjádření různých správců a situační zákresy inženýrských sítí a zařízení v jejich správě obdržené na žádost projektanta v rámci PD – viz. doklady – příloha [E.2.2. Vyjádření správců k existenci sítí](#)
- Vyjádření investora a útvaru TBD Povodí Moravy, s. p. k projektu v průběhu projednávání DPS – viz. doklady – příloha [E.3. Záznamy z projednání dokumentace DPS](#)

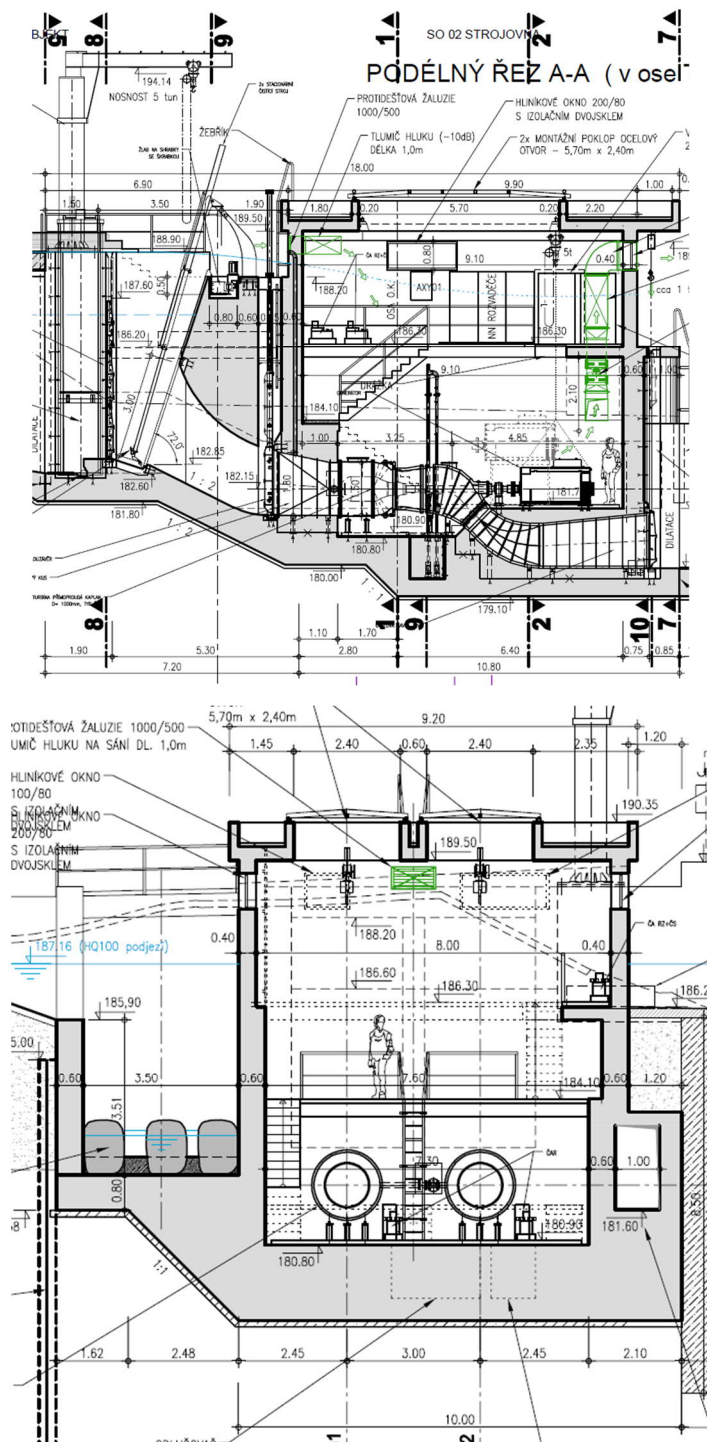
ZPRACOVAL :

V Brně, květen 2023

Ing. David Prachař

D.4 Obecný popis

Předmětem výpočtu je návrh a posouzení dilatačního celku SO02 – strojovna MVE Rajhrad. Dilatační celek zahrnuje základovou desku, strojovnu, jalovou propust a část rybochodu přidruženou k objektu strojovny. Konstrukce je železobetonová. Půdorysné rozměry dilatačního celku jsou 18,5x10,0 m. Výška strojovny je 11,25 m. Deska dna je tloušťky 800 mm, stěny 400-600 mm, střecha 300 mm.



D.5 Použité materiály

D.1.5 Beton

Třída betonu	C 30/37	
Charakteristická válcová pevnost betonu	f_{ck} [MPa]	30
součinitel účinné pevnosti betonu v tlaku	η	1,00
Součinitel pevnosti v tlaku pro dlouhodobé účinky	α_{cc}	1,0
Součinitel spolehlivosti betonu	γ_c	1,5
Návrhová pevnost betonu v tlaku	f_{cd} [MPa]	20,00
Mezní poměrné přetvoření betonu v tlaku	ϵ_{cu3} [‰]	-3,5
Střední pevnost betonu v tahu	f_{ctm} [MPa]	2,9
5% kvantil pevnosti betonu v tahu	$f_{ctk;0,05}$ [MPa]	2,0
Součinitel pevnosti v tahu pro dlouhodobé účinky	α_{ct}	1,00
Návrhová pevnost betonu v tahu	f_{ctd} [MPa]	1,33
součinitel účinné výšky tlačené oblasti	λ	0,80

D.1.6 Betonářská výztuž

Třída výztuže	B500B	
Charakteristická mez kluzu výztuže	f_{yk} [MPa]	500
Součinitel spolehlivosti výztuže	γ_s	1,15
Návrhová mez kluzu výztuže	f_{yd} [MPa]	434,8
Modul pružnosti výztuže	E_s [MPa]	200
Poměrné přetvoření na mezi kluzu	ϵ_{yd} [‰]	2,17

D.6 Trvanlivost a krycí vrstva ŽB konstrukcí

- Je navržena třída prostředí **XC4, XF3, XA1**.
- Je uvažována třída konstrukce S3 (deskové konstrukce, životnost 50 let).
- Max. průsak z vnější strany je uvažován dle – ČSN EN 206+A2 [10] + ČSN P 732404 (2021) [11]: 30 mm.

D.1.7 Krycí vrstva

Minimální krycí vrstva:

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10mm\} = \max\{28; 40 + 0 - 0 - 0; 10mm\} = 40mm.$$

Požadavek na krytí vzhledem k soudržnosti

- Platí pro maximální jmenovitý rozměr kameniva větší než 32 mm
- maximální navržený průměr výztuže je 28 mm

$$\rightarrow c_{min,b} = 28 \text{ mm}$$

Požadavek na krytí vzhledem ke třídě prostředí **XF3, XA1**:

$$\rightarrow c_{min,dur} = 40 \text{ mm}$$

Návrhový přírůstek krytí: $\rightarrow \Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

Nominální krycí vrstva: $C_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 40 + 10 = 50 \text{ mm}$

Navržené krytí podélné výztuže: $c = 50 \text{ mm}$

D.1.8 Trvanlivost a šířky trhlin

Pro návrh mezní hodnoty šířky trhlin na zaplavovaných částech strojovny je uplatněna podmínka mezní šířky trhlin dle [12]. Výška vodního sloupce hladiny $h_D = 6,0 \text{ m}$ (187,38 m. n. m.). Šířka stěny je $h = 0,6 \text{ m}$.

$$\frac{h_D}{h} = \frac{6,0}{0,6} = 10,0 \rightarrow w_{lim} = 0,2 \text{ mm}$$

Limitní šířka trhlin pro zaplavované části (základová deska, stěny, jalová propust a rybochod) je uvažována $w_{lim} = 0,2 \text{ mm}$ pro zatížení od kvazi-stálé kombinace.

Nezaplavované části konstrukce jsou navrhovány na prostředí XC4, limitní šířka je dle [7]: $w_{lim} = 0,3 \text{ mm}$.

Limitní šířka trhlin pro nezaplavované části (střecha, ochozy) je uvažována $w_{lim} = 0,3 \text{ mm}$ pro zatížení od kvazi-stálé kombinace.

Pracovní spáry

Pracovní spáry v betonu nutno těsnit PVC pásy.

D.7 Zatížení

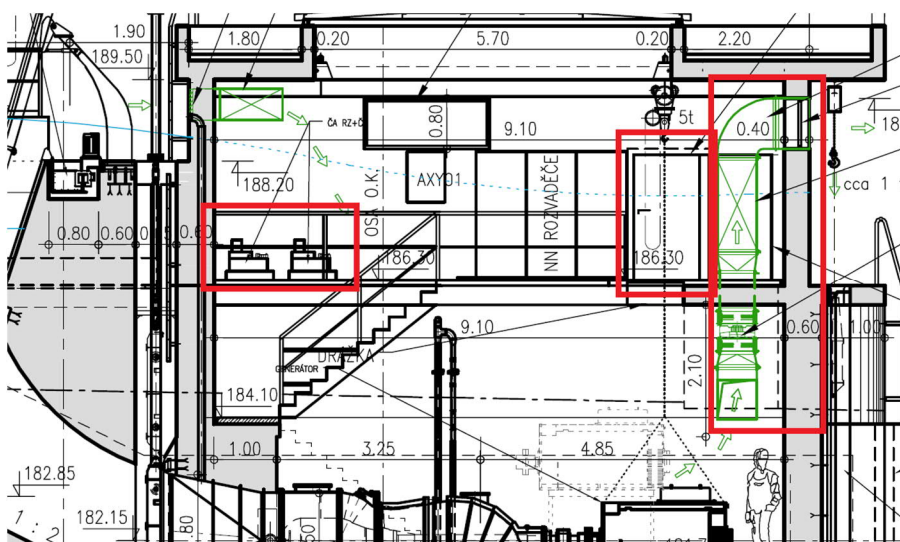
D.1.9 Stálé zatížení

a) Vlastní tíha

Vlastní tíha je spočítána softwarem SCIA Engineer za předpokladu tíhového zrychlení 10 m/s^2 a objemové tíhy železobetonu 2500 kg/m^3 .

b) Technologie

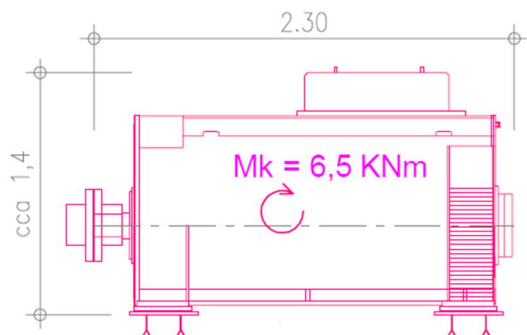
- ČA RZ+ČS (oba po 5 kN) $\rightarrow 5 \text{ kN} / (0,4 \text{ m} \cdot 0,75 \text{ m}) = 16,7 \text{ kN/m}^2$
- Transformátor (25 kN) $\rightarrow 25 \text{ kN} / (2,2 \text{ m} \cdot 1,15 \text{ m}) = 9,88 \text{ kN/m}^2$
- VZT jednotka (kotvení do podlahy 2 kN) $\rightarrow 2 \text{ kN} / (0,71 \text{ m} \cdot 0,88 \text{ m}) = 3,2 \text{ kN/m}^2$
- VZT jednotka (kotvení do stěny 2 kN) $\rightarrow 2 \text{ kN} / (0,8 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m}) = 3,13 \text{ kN/m}^2$



- Generátor (45 kN) $\rightarrow 45 \text{ kN} / (2,0 \text{ m} \cdot 1,0 \text{ m}) = 22,5 \text{ kN/m}^2$
- Krouticí moment generátoru ($6,5 \text{ kNm}$) $\rightarrow 6,5 \text{ kNm} / 0,8 \text{ m} = 8,1 \text{ kN} / 2 \text{ m} = \pm 4,05 \text{ kN/m}$
($0,8 \text{ m}$... příčná rozteč; $2,0 \text{ m}$... délka generátoru)
- Turbína 75 % tíhy ($34,5 \text{ kN}$) $\rightarrow 34,5 \text{ kN} / (0,7 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m}) = 61,6 \text{ kN/m}^2$
- Turbína 25 % tíhy ($11,5 \text{ kN}$) $\rightarrow 11,5 \text{ kN} / (0,7 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m}) = 20,5 \text{ kN/m}^2$
- Krouticí moment turbíny ($6,5 \text{ kNm}$) $\rightarrow 6,5 \text{ kNm} / 0,8 \text{ m} = 8,1 \text{ kN} / 0,7 \text{ m} = \pm 11,57 \text{ kN/m}$
($0,8 \text{ m}$... příčná rozteč; $0,7 \text{ m}$... délka turbíny)

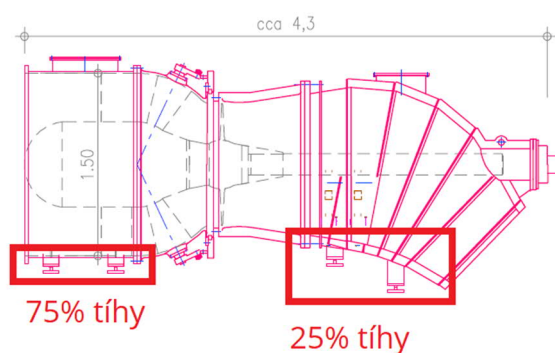
GENERÁTOR

HMOTNOST: 4,5 tuny
KROUTÍCÍ MOMENT: 6,5 kNm



TURBÍNA KOMPLET

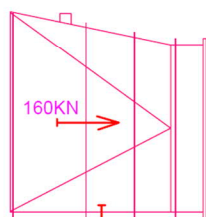
HMOTNOST: 4,6 tuny
KROUTÍCÍ MOMENT: 6,5 kNm
HMOTNOST OD VODY: 4 tuny



- Vtokový kus (9,5 kN) → $9,5 \text{ kN} / (1,3 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m}) = 4,87 \text{ kN/m}^2$
- Savka (23 kN) → $23 \text{ kN} / (5,05 \text{ m} \cdot 2,0 \text{ m}) = 2,3 \text{ kN/m}^2$

VTOKOVÝ KUS

HMOTNOST: 0,95 tuny
ZATÍŽENÍ VERTIKÁLNÍ (PŘI ZAVŘENÍ TURBÍNY)...160kN
HMOTNOST OD VODY: 4,2tuny



SAVKA

HMOTNOST: 2,3 tuny
HMOTNOST OD VODY: 9,7tuny

PŘIDAVNÁ SILA V KOLENU SAVKY OD ZMĚNY TOKU VODY: cca 28kN



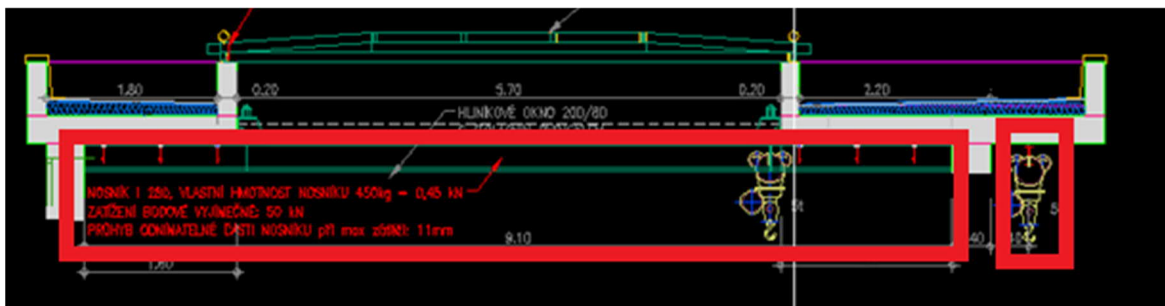
c) Střecha

- Tíha poklopu včetně sněhu na poklop (2 kN/m)
- Střešní plášť (odhad): - Bet. Mazanina: $0,05 \text{ m} \cdot 20 \text{ kN/m}^3 = 1 \text{ kN/m}^2$
 - Izolace: $0,25 \text{ m} \cdot 2 \text{ kN/m}^3 = 0,5 \text{ kN/m}^2$
 - Celkem: $1 + 0,5 = 1,5 \text{ kN/m}^2$



d) Jeřáby• **Na strojovně**

Střešní podvěšené jeřábové dráhy tvoří nosník IPN280 → **0,5 kN/m**

• **Venkovní**

Tíha jeřábu 350 kN

základ jeřábu: $2,5 \text{ m} \cdot 2,7 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} \cdot 25 \text{ kNm}^3 = 506 \text{ kN}$

Celkem: $350 + 506 = \mathbf{856 \text{ kN}}$

e) Zemní tlak

- Typ zeminy kolem konstrukce (odhad): F8 ($\gamma_z = 20,5 \text{ kN/m}^3$; $\varphi_{ef} = 15^\circ$)
- Hodnota zemního klidového tlaku $K_0 = 1 - \sin(\varphi_{ef}) = 1 - \sin(15) = 0,74$
- Dále je uvažováno proměnné zatížení na zemi $q'_k = 5 \text{ kN/m}^2$; toto zatížení je vynásobeno $\frac{\gamma_Q}{\gamma_G} = \frac{1,5}{1,35} = 1,11$ aby se mohlo přidat do složky stálého zatížení → $q_k = q'_k \cdot 1,11 = 5 \cdot 1,11 = 5,55 \text{ kN/m}^2$, boční tlak od proměnného zatížení je tedy: $q_k \cdot K_0 = 5,55 \cdot 0,74 = \mathbf{4,1 \text{ kN/m}^2}$

• **Na strojovnu**

Horní zatížení ... **4,1 kN/m²**

Spodní zatížení ... $K_0 \cdot \gamma_z \cdot h = 0,74 \cdot 20,5 \cdot 4,66 = 70,7 + 4,1 = \mathbf{74,8 \text{ kN/m}^2}$

• **Na rybochod**

Zvýšený zásyp vedle stěn rybochodu je uvažován náhradní výškou 1,3m

Horní zatížení ... $K_0 \cdot \gamma_z \cdot h = 0,74 \cdot 20,5 \cdot (1,3) = 19,7 + 4,1 = \mathbf{23,8 \text{ kN/m}^2}$

Spodní zatížení ... $K_0 \cdot \gamma_z \cdot h = 0,74 \cdot 20,5 \cdot (3,51 + 1,3) = 72,96 + 4,1 = \mathbf{77,1 \text{ kN/m}^2}$

f) Tlak vody• **Provozní**

před strojovnou - 187,65 m.n.m ... $\gamma_w \cdot h = 10 \cdot 6 = \mathbf{60 \text{ kN/m}^2}$

za strojovnou - 183,10 m.n.m ... $\gamma_w \cdot h = 10 \cdot 3,2 = \mathbf{32 \text{ kN/m}^2}$

v rybochodu - 183,38 m.n.m ... $\gamma_w \cdot h = 10 \cdot 1,0 = \mathbf{10 \text{ kN/m}^2}$

• **Povodeň**

před strojovnou - 188,90 m.n.m ... $\gamma_w \cdot h = 10 \cdot 7,5 = \mathbf{75 \text{ kN/m}^2}$

za strojovnou - 188,90 m.n.m ... $\gamma_w \cdot h = 10 \cdot 9,0 = \mathbf{90 \text{ kN/m}^2}$

jsou uvažovány stavy bez i se vzlakem podzemní vody na základovou desku

g) Rybochod

Balvany v rybochodu jsou uvažovány náhradní výškou $h = 1,0 \text{ m}$ a $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$

Plošné zatížení na rybochod $\rightarrow 22 \cdot 1,0 = 22 \text{ kN/m}^2$

D.1.10 Proměnné zatížení

h) Turbíny

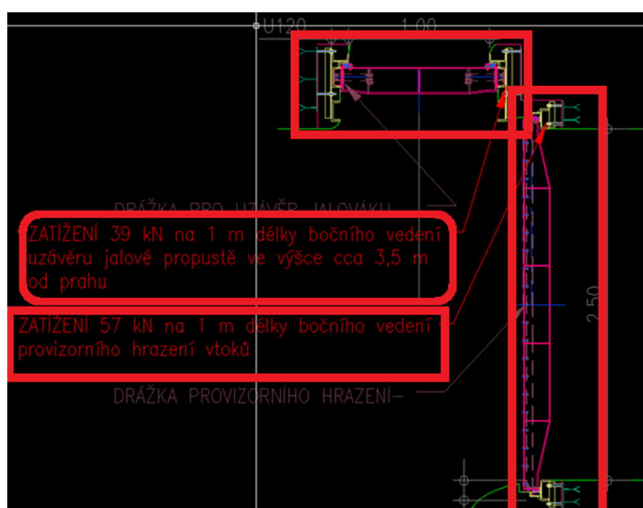
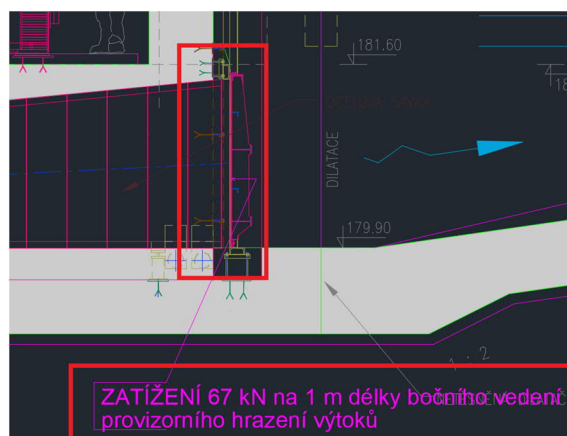
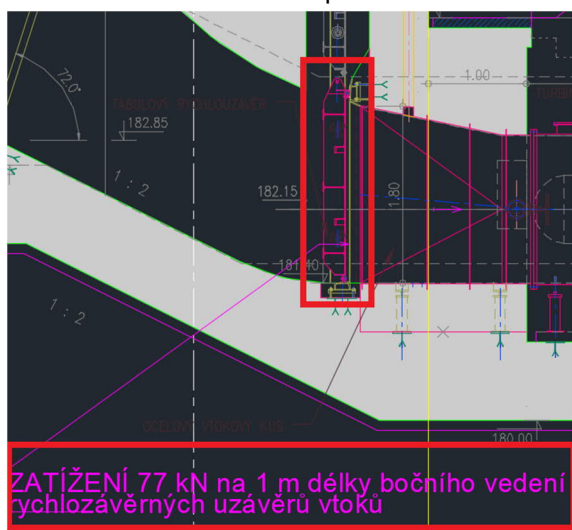
Tíha vody (hodnoty zatížení viz obr. technologie)

- Turbína 75 % tíhy (30 kN) $\rightarrow 30 \text{ kN} / (0,7 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m}) = 53,6 \text{ kN/m}^2$
- Turbína 25 % tíhy (10 kN) $\rightarrow 10 \text{ kN} / (0,7 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m}) = 17,9 \text{ kN/m}^2$
- Vtokový kus (42 kN) $\rightarrow 42 \text{ kN} / (1,3 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m}) = 21,5 \text{ kN/m}^2$
- Vtokový kus (vodor. Síla 160 kN) $\rightarrow 160 \text{ kN} / 2 \cdot (3,65 \text{ m} + 3,6 \text{ m}) = 11 \text{ kN/m}$
- Savka (97 kN) $\rightarrow 97 \text{ kN} / (5,05 \text{ m} \cdot 2,0 \text{ m}) = 9,6 \text{ kN/m}^2$
- Savka (přídavná síla 28 kN; úhel 70°) $\rightarrow 28 \text{ kN} / 2,0 \text{ m} = 14 \text{ kN/m}$

Vodorovná složka ... $14 \cdot \cos(70) = 4,8 \text{ kN/m}$

Svislá složka ... $14 \cdot \sin(70) = 13,2 \text{ kN/m}$

- Zatížení bočního vedení provizorního hrazení od vodního tlaku ... viz obr níže



i) Jeřáby

- Na strojovně

Tíha maximálního břemena $50 \text{ kN} \rightarrow 50 \text{ kN} / 0,5 \text{ m} = 100 \text{ kN/m}$

...rozmístěno v kritických polohách

- Venkovní

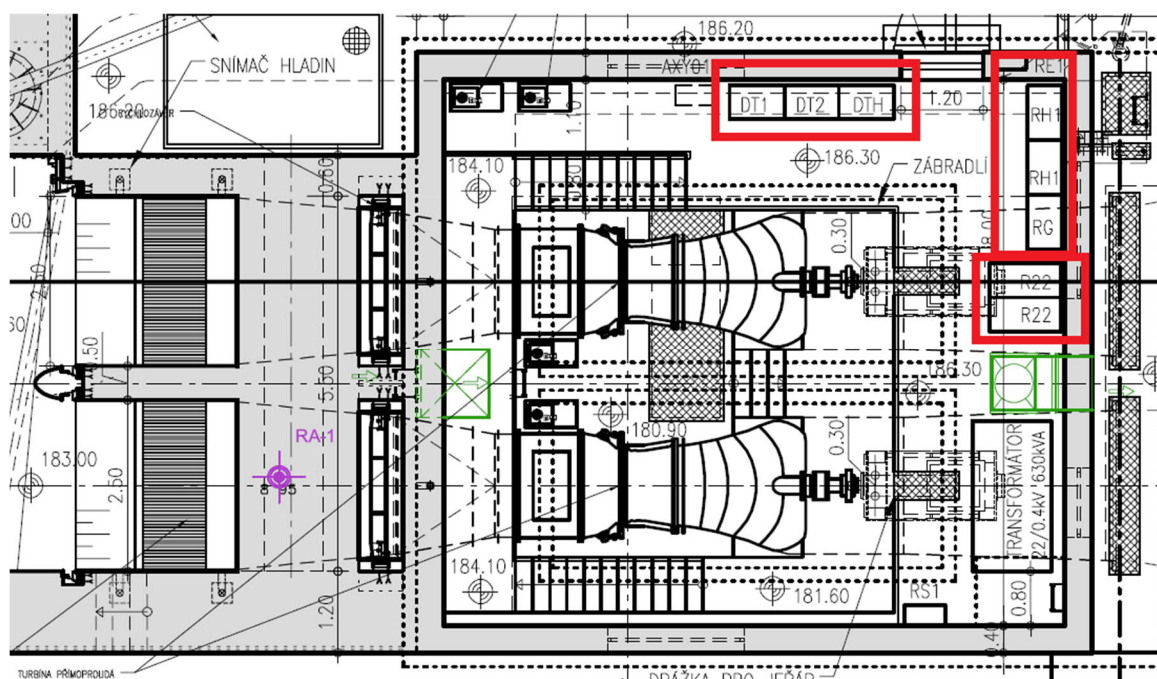
Tíha maximálního břemena **50 kN**, vyložení 4,5 m

Moment od břemena ... $50 \cdot 4,5 = 225 \text{ kNm}$...zadán ve všech směrech v intervalu 45°

j) Užité

- Nezapočítané technologie ve stálém zatížení:

hmotnosti: DT1...0,2kN, DT2...0,2kN, DTH...0,2kN, RH1 (2x)...2 x 0,2kN,
RG...0,2kN, R22 (2x)...2 x 0,2kN



- Pohyb osob po ochozech, uvnitř a vně strojovny
- Pohyb automobilů kolem strojovny

Vše započítáno v užitém zatížení $\rightarrow q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$

k) Sníh

Lokalita stavby Rajhrad \rightarrow oblast I ($s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$)

Plochá střecha $\rightarrow \mu = 0,8$

Součinitele $C_e; C_t = 1,0$

$$s = s_k \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

I) Větr

Větrná oblast	II (Rajhrad)	
Kategorie terénu	I (oblast se zanedbatelnou vegetací bez překážek)	
Referenční výška	z [m]	10,75
Minimální výška	z_{\min} [m]	1,0
Výchozí základní rychlost větru	$V_{b,0}$ [m/s]	25
Součinitel směru větru	C_{dir}	1,0
Součinitel ročního období	C_{season}	1,0
Základní rychlost větru	V_b [m/s]	25,00
Délka nerovnosti	z_0 [m]	0,01
Střední rychlost větru	$v_{m(z)}$ [m/s]	29,62
Součinitel orografie	$C_{0(z)}$	1,00
Součinitel drsnosti terénu	$C_{r(z)}$	1,18
Součinitel terénu	k_r	0,17
Intezita turbulence	$I_v(z)$	0,14
Součinitel turbulence	k_t	1,00
Základní dynamický tlak větru	q_b [kN/m ²]	548,44
Objemová hmotnost vzduchu	ρ [kg/m ³]	1,25
Maximální dynamický tlak větru	$q_p(z)$ [kN/m²]	1,10

m) Teplota

- Maximální a minimální teploty vzduchu dle lokality (Rajhrad).
- Teplota vnitřního prostředí v letě 30 °C (neklimatizované prostředí, stěny bez tepelné izolace).
- Teplota vnějšího prostředí v zimě 10 °C (temperováno při nečinnosti soustrojí turbín).
- Průběh teplot ve stěnách stanoven dle [5], přílohy D.

Maximální teplota vzduchu	T_{\max} [°C]	40
Minimální teplota vzduchu	T_{\min} [°C]	-30
Výchozí teplota konstrukce	T_0 [°C]	10
Teplota vnitřního prostředí	$T_{\text{in (léto)}}$ [°C]	30
	$T_{\text{in (zima)}}$ [°C]	10

Součinitel tepelné vodivosti betonu	λ [W/mK]	1,71
průměrná tloušťka stěn strojovny	t [m]	0,5

odpor při přestupu tepla na vnitřním povrchu	R_{in} [m²K/W]	0,1
odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu	R_{out} [m²K/W]	0,04
odpor betonové stěny	$R_{\text{stěna}}$ [m²K/W]	0,292
Celkový odpor konstrukce	R_{tot} [m²K/W]	0,432

		Léto		Zima
Světová strana		S, V	J, Z	S, J, V, Z
Vliv oslunění	ΔT_{\max} [°C]	4	42	0

Teplota vnitřního prostředí	T_{in} [°C]	30	30	10
Teplota vnitřního povrchu stěny	T_1 [°C]	33	42	1
Teplota vnějšího povrchu stěny	T_2 [°C]	43	77	-26
Teplota vnějšího prostředí	T_{out} [°C]	44	82	-30

Rovnoměrná složka	ΔT_u [°C] = $(T_1 + T_2)/2 - T_0$	28	50	-23
Lineárně proměnná složka	ΔT_M [°C] = $T_2 - (T_1 + T_2)/2$	5	18	-14

D.8 Strojovna MVE

D.1.11 Výpočtový model

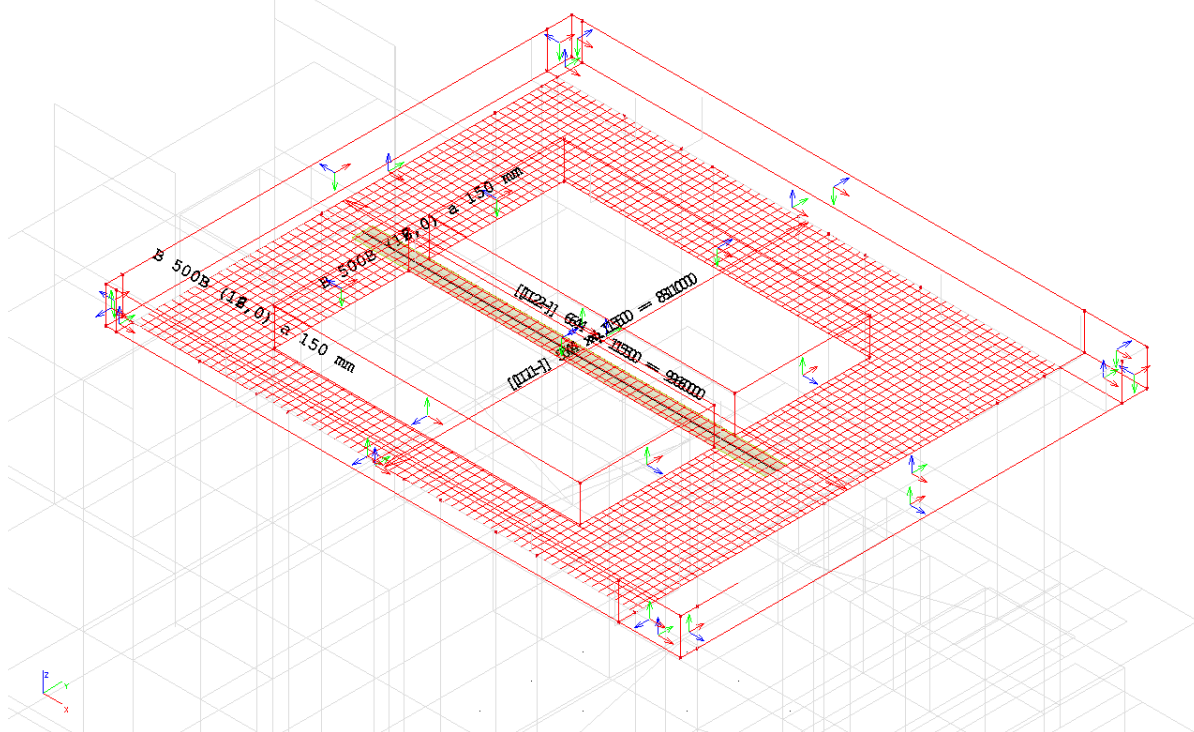
- Pro ověření účinků zatížení byl vytvořen 3D deskostěnový model v programu Scia Engineer [13].
- Popis výpočtového modelu, zatěžovací stavy, kombinace, výpočet vnitřních sil je uveden v samostatné příloze P1.

D.1.12 Mezní stav únosnosti a použitelnosti konstrukce nádrže

- Dimenzování průřezů je provedeno výpočtovým programem [14], z vnitřních sil stanovených na 3D výpočtovém modelu.
- Dimenzování jednotlivých průřezů je uvedeno v samostatné příloze P2.

D.1.13 MSP – Průhyb střešní konstrukce

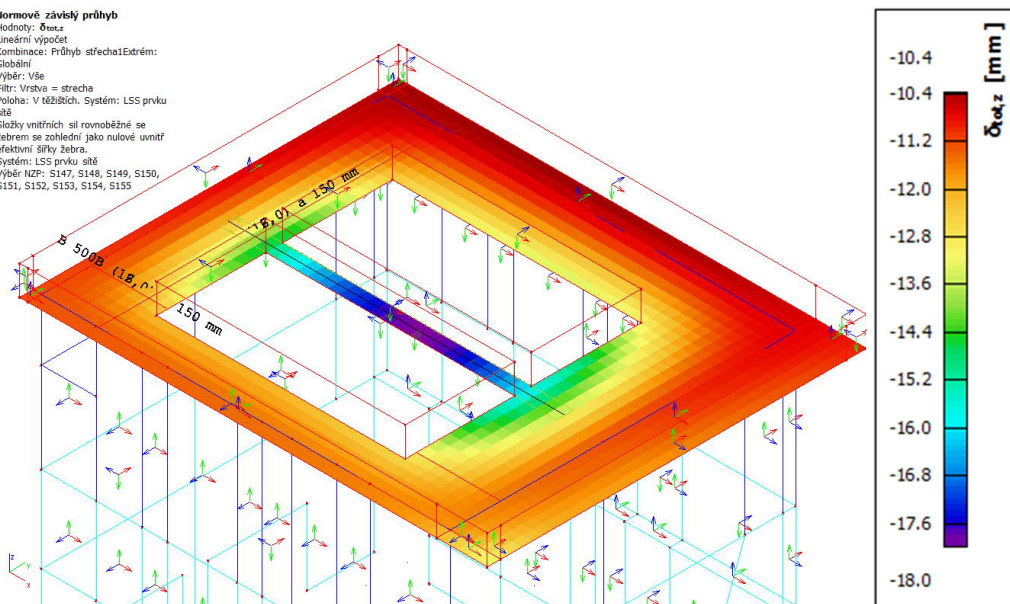
- Průhyb je posouzen na střeše analyzovaného 3D modelu. Pro stanovení tuhosti pro výpočet nelineárního průhybu je do střechy zadána skutečná výztuž.
- Průhyb je posouzen vzhledem ke kratšímu rozpětí střechy ($L = 8,0 \text{ m}$)
- Kritérium obecné použitelnosti: $u_{z,lim} = \frac{L}{250} = \frac{8000}{250} = 32 \text{ mm}$
- Průhyby, které by mohly poškodit funkčnost jeřábových drah jsou uvažovány následujícím kritériem: $u_{z,lim} = \frac{L}{500} = \frac{8000}{500} = 16 \text{ mm}$



Celkový průhyb

Normové závislý průhyb

Hodnoty: $\delta_{tot,z}$
Lineární výpočet
Kombinace: Průhyb střecha1Extrém:
Globální
Výběr: Vše
Filtr: Vrstva = střecha
Položka: V těžištích. Systém: LSS prvku
sítě
Složky vnitřních sil rovnoběžné se
žebrem se zohlední jako nulové uvnitř
efektivní šířky žebra.
Systém: LSS prvku sítě
Výběr NZP: S147, S148, S149, S150,
S151, S152, S153, S154, S155



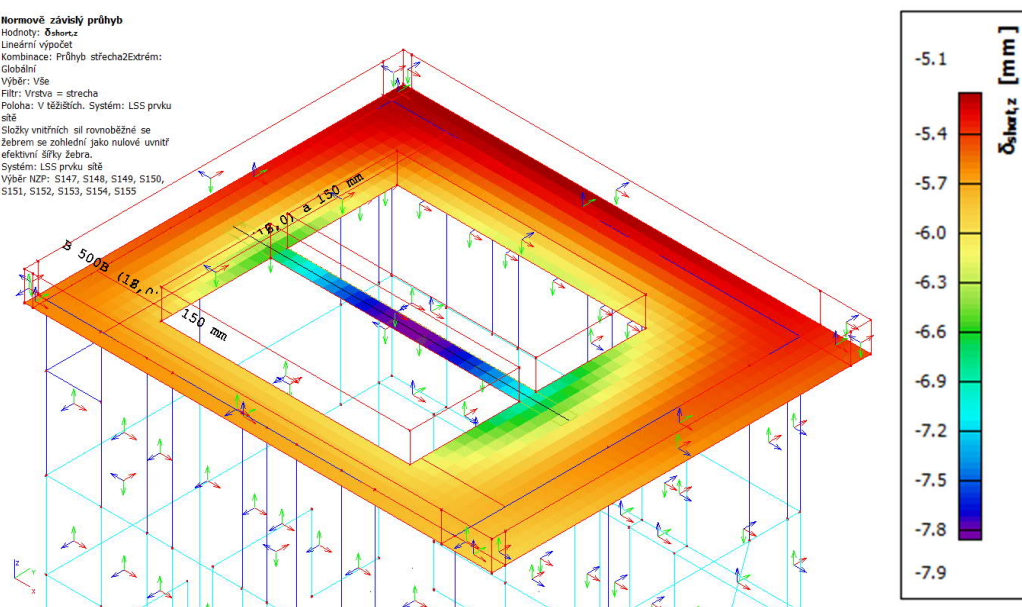
SLS Průhyb střecha1	Celkový	Obálka - použitelnost		
			g0 - Vlastní tíha	1,000
			g2 - Střešní poklop+sníh+strplast+balvany rybochod	1,000
			g4 (j) - Jeřáby tíha	1,000
			qj1 - Jeřáby vnitřní - stav 1	1,000
			qj2 - Jeřáby vnitřní - stav 2	1,000
			qj3 - Jeřáby vnější - stav 3	1,000
			qj4 - Jeřáby vnější - stav 4	1,000
			qj5 - Jeřáby vnější - stav 5	1,000
			s - Sníh	1,000

Celkový průhyb střechy s dotvarováním: 18,0 - 10,4 mm = 7,6 mm

Průhyb po vybudování

Normové závislý průhyb

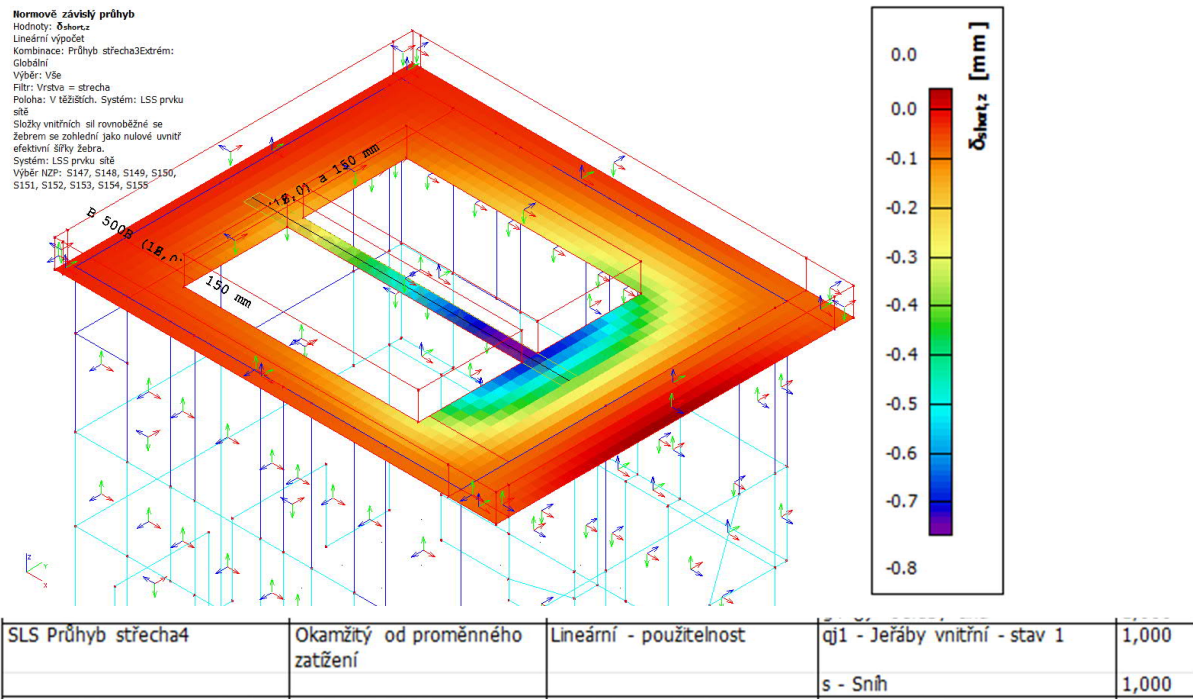
Hodnoty: $\delta_{short,z}$
Lineární výpočet
Kombinace: Průhyb střecha2Extrém:
Globální
Výběr: Vše
Filtr: Vrstva = střecha
Položka: V těžištích. Systém: LSS prvku
sítě
Složky vnitřních sil rovnoběžné se
žebrem se zohlední jako nulové uvnitř
efektivní šířky žebra.
Systém: LSS prvku sítě
Výběr NZP: S147, S148, S149, S150,
S151, S152, S153, S154, S155



SLS Průhyb střecha3	Po vybudování	Lineární - použitelnost	g0 - Vlastní tíha	1,000
			g2 - Střešní poklop+sníh+strplast+balvany rybochod	1,000
			g4 (j) - Jeřáby tíha	1,000

Průhyb po vybudování: 7,9 – 5,1 mm = **2,8 mm**

Okamžitý průhyb od proměnných zatížení



Okamžitý průhyb po aplikaci proměnných zatížení: = **0,8 mm**

Posudky

Celkový průhyb: $u_z < u_{z,lim} \rightarrow 7,6 \text{ mm} < 32 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Okamžitý průhyb od proměnných zatížení: $u_z < u_{z,lim} \rightarrow 0,8 \text{ mm} < 16 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

D.1.14 Konstrukční zásady

Podélná výztuž

Prvek (podélná výztuž)		směr, povrch	účinná výška	výška	průměr	roztěč	Plocha navržené výztuže	Minimální plocha vyztužení (desky)		Vyhodnocení	Plocha navržené výztuže	Minimální plocha vyztužení (stěny)	Vyhodnocení	Poznámka
			d_{max} [m]	h [m]	ϕ [mm]	s [mm]	$A_{s,\text{prov}}$ [$\times 10^{-4}$ m^2]	$A_{s,\text{min}}$ [$\times 10^{-4}$ m^2] ČSN EN 1992-1-1	$A_{s,\text{min}}$ [$\times 10^{-4}$ m^2] ČSN EN 73 1201		$A_{s,\text{prov}}$ [$\times 10^{-4}$ m^2] (oba povrchy)	$A_{s,\text{min}}$ [$\times 10^{-4}$ m^2] ČSN EN 1992-1-1		
Strojovna bez střechy	Základová deska výtok	x+	1,64	1,70	25	150	32,72	24,69	29,48	VYHOVUJE	-	-	-	
		x-	1,64	1,70	25	150	32,72	24,69	29,48	VYHOVUJE	-	-	-	
		y+	1,64	1,70	28	150	41,04	24,67	29,45	VYHOVUJE	-	-	-	
	Základová deska vtok a před strojovnou	y-	1,64	1,70	25	150	32,72	24,69	29,48	VYHOVUJE	-	-	-	
		x+	0,74	0,8	20	150	20,94	11,16	13,32	VYHOVUJE	-	-	-	
		x-	0,74	0,8	20	150	20,94	11,16	13,32	VYHOVUJE	-	-	-	
		y+	0,74	0,8	25	150	32,72	11,12	13,28	VYHOVUJE	-	-	-	
		y-	0,74	0,8	25	150	32,72	11,12	13,28	VYHOVUJE	-	-	-	
	Stěny vtok levá (směr toku)	x+ (RV)	2,24	2,30	16	150	13,40	9,24	-	VYHOVUJE	26,80	23,09	VYHOVUJE	
		x- (RV)	2,24	2,30	16	150	13,40	9,24	-	VYHOVUJE	26,80	23,09	VYHOVUJE	
		y+	2,24	2,30	29,7	150	46,18	33,71	40,23	VYHOVUJE	92,35	46,00	VYHOVUJE	25/150 + 16/150
		y-	2,24	2,30	29,7	150	46,18	33,71	40,23	VYHOVUJE	92,35	46,00	VYHOVUJE	25/150 + 16/150
	Stěny vtok střední	x+ (RV)	1,44	1,50	16	150	13,40	6,54	-	VYHOVUJE	26,80	16,36	VYHOVUJE	
		x- (RV)	1,44	1,50	16	150	13,40	6,54	-	VYHOVUJE	26,80	16,36	VYHOVUJE	
		y+	1,44	1,50	25	150	32,72	21,68	25,88	VYHOVUJE	65,44	30,00	VYHOVUJE	
		y-	1,44	1,50	25	150	32,72	21,68	25,88	VYHOVUJE	65,44	30,00	VYHOVUJE	
	Stěny vtok pravá	x+ (RV)	1,64	1,70	16	150	13,40	6,54	-	VYHOVUJE	26,80	17,00	VYHOVUJE	
		x- (RV)	1,64	1,70	16	150	13,40	6,54	-	VYHOVUJE	26,80	17,00	VYHOVUJE	
		y+	1,64	1,70	25	150	32,72	24,69	29,48	VYHOVUJE	65,44	34,00	VYHOVUJE	
		y-	1,64	1,70	25	150	32,72	24,69	29,48	VYHOVUJE	65,44	34,00	VYHOVUJE	
	Deska nad vtokovým kusem	x+ (RV)	1,04	1,10	20	150	20,94	4,19	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		x- (RV)	1,04	1,10	20	150	20,94	4,19	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		y+	1,04	1,10	20	150	20,94	15,68	18,72	VYHOVUJE	-	-	-	
		y-	1,04	1,10	20	150	20,94	15,68	18,72	VYHOVUJE	-	-	-	
	Nátokový blok (kulatý)	x+ (RV)	2,19	2,25	20	150	20,94	13,05	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		x- (RV)	2,19	2,25	20	150	20,94	13,05	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		y+	2,18	2,25	35,3	150	65,23	32,91	39,28	VYHOVUJE	-	-	-	25/150 + 25/150
		y-	2,18	2,25	35,3	150	65,23	32,91	39,28	VYHOVUJE	-	-	-	25/150 + 25/150
	Stěny výtok levá (vedle savky)	x+ (RV)	1,99	2,05	22,6	300	13,37	8,33	-	VYHOVUJE	26,74	20,50	VYHOVUJE	16/300 + 16/300
		x- (RV)	1,99	2,05	22,6	300	13,37	6,54	-	VYHOVUJE	26,74	20,50	VYHOVUJE	16/300 + 16/300
		y+	1,99	2,05	28,2	150	41,63	29,95	35,75	VYHOVUJE	74,35	41,00	VYHOVUJE	20/150 + 20/150
		y-	1,99	2,05	25	150	32,72	29,97	35,78	VYHOVUJE	74,35	41,00	VYHOVUJE	
	Stěny výtok střední (mezi savkami)	x+ (RV)	0,94	1,00	16	150	13,40	6,54	-	VYHOVUJE	26,80	16,36	VYHOVUJE	
		x- (RV)	0,94	1,00	16	150	13,40	6,54	-	VYHOVUJE	26,80	16,36	VYHOVUJE	
		y+	0,94	1,00	25	150	32,72	14,14	16,88	VYHOVUJE	65,44	20,00	VYHOVUJE	
		y-	0,94	1,00	25	150	32,72	14,14	16,88	VYHOVUJE	65,44	20,00	VYHOVUJE	
	Stěny výtok pravá (vedle savky)	x+ (RV)	1,39	1,45	22,6	300	13,37	8,33	-	VYHOVUJE	20,07	18,59	VYHOVUJE	16/300 + 16/300
		x- (RV)	1,39	1,45	16,0	300	6,70	6,54	-	VYHOVUJE	20,07	18,59	VYHOVUJE	16/300 + 16/300
		y+	1,39	1,45	28,2	150	41,63	20,90	24,95	VYHOVUJE	74,35	29,00	VYHOVUJE	20/150 + 20/150
		y-	1,39	1,45	25	150	32,72	20,92	24,98	VYHOVUJE	74,35	29,00	VYHOVUJE	
	Deska nad savkou (pod generátorem)	x+ (RV)	0,34	0,4	12	300	3,77	2,68	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		x- (RV)	0,34	0,4	12	300	3,77	2,68	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		y+	0,34	0,4	16	150	13,40	5,16	6,16	VYHOVUJE	-	-	-	
		y-	0,34	0,4	16	150	13,40	5,16	6,16	VYHOVUJE	-	-	-	
	Stěny 1NP, 2NP	x+ (RV)	0,54	0,60	20	150	20,94	8,14	9,72	VYHOVUJE	41,88	10,47	VYHOVUJE	
		x- (RV)	0,54	0,60	20	150	20,94	8,14	9,72	VYHOVUJE	41,88	10,47	VYHOVUJE	
		y+	0,54	0,60	20	150	20,94	8,14	9,72	VYHOVUJE	41,88	12,00	VYHOVUJE	
		y-	0,54	0,60	20	150	20,94	8,14	9,72	VYHOVUJE	41,88	12,00	VYHOVUJE	
	Stěny 3NP	x+ (RV)	0,34	0,40	16	150	13,40	5,16	6,16	VYHOVUJE	26,80	6,70	VYHOVUJE	
		x- (RV)	0,34	0,40	16	150	13,40	5,16	6,16	VYHOVUJE	26,80	6,70	VYHOVUJE	
		y+	0,34	0,40	16	150	13,40	5,16	6,16	VYHOVUJE	26,80	6,84	VYHOVUJE	
		y-	0,34	0,40	16	150	13,40	5,16	6,16	VYHOVUJE	26,80	6,84	VYHOVUJE	
	ochozy	x+	0,24	0,30	16	150	13,40	3,65	4,36	VYHOVUJE	-	-	-	
		x-	0,24	0,30	12	150	7,54	3,68	4,39	VYHOVUJE	-	-	-	
		y+	0,24	0,30	12	150	7,54	3,68	4,39	VYHOVUJE	-	-	-	
		y-	0,24	0,30	12	150	7,54	3,68	4,39	VYHOVUJE	-	-	-	
	ochoz-lavka přes rybochod	y+	0,24	0,30	12	150	7,54	3,68	4,39	VYHOVUJE	-	-	-	
		y-	0,24	0,30	16	150	13,40	3,65	4,36	VYHOVUJE	-	-	-	

Jalová propust	Strop	x+ (RV)	0,44	0,50	16	300	6,70	2,68	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		x- (RV)	0,44	0,50	16	300	6,70	2,68	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		y+	0,44	0,50	16	150	13,40	6,67	7,96	VYHOVUJE	-	-	-	
		y-	0,44	0,50	16	150	13,40	6,67	7,96	VYHOVUJE	-	-	-	
	Deska	x+ (RV)	0,74	0,80	16	300	6,70	2,68	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		x- (RV)	0,74	0,80	16	300	6,70	2,68	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		y+	0,74	0,80	16	150	13,40	11,19	13,36	VYHOVUJE	-	-	-	
		y-	0,74	0,80	16	150	13,40	11,19	13,36	VYHOVUJE	-	-	-	
	stěna	x+ (RV)	0,44	0,50	16	300	6,70	2,68	-	VYHOVUJE	13,40	6,70	VYHOVUJE	
		x- (RV)	0,44	0,50	16	300	6,70	2,68	-	VYHOVUJE	13,40	6,70	VYHOVUJE	
		y+	0,44	0,50	16	150	13,40	6,67	7,96	VYHOVUJE	26,80	8,84	VYHOVUJE	
		y-	0,44	0,50	16	150	13,40	6,67	7,96	VYHOVUJE	26,80	8,84	VYHOVUJE	
	výtok	x+ (RV)	0,54	0,60	16	300	6,70	4,19	-	VYHOVUJE	13,40	10,47	VYHOVUJE	
		x- (RV)	0,54	0,60	16	300	6,70	4,19	-	VYHOVUJE	13,40	10,47	VYHOVUJE	
		y+	0,54	0,60	20	150	20,94	8,14	9,72	VYHOVUJE	41,88	10,80	VYHOVUJE	
		y-	0,54	0,60	20	150	20,94	8,14	9,72	VYHOVUJE	41,88	10,80	VYHOVUJE	
Jalová propust - pod jeřábem	deska pod jeřábem	x+	0,74	0,80	20	150	20,94	11,16	13,32	VYHOVUJE	-	-	-	
		x-	0,74	0,80	20	150	20,94	11,16	13,32	VYHOVUJE	-	-	-	
		y+	0,74	0,80	20	150	20,94	11,16	13,32	VYHOVUJE	-	-	-	
		y-	0,74	0,80	20	150	20,94	11,16	13,32	VYHOVUJE	-	-	-	
	stěna pod jeřábem	x+ (RV)	1,24	1,30	16	150	13,40	6,86	-	VYHOVUJE	26,80	17,15	VYHOVUJE	
		x- (RV)	1,24	1,30	16	150	13,40	6,86	-	VYHOVUJE	26,80	17,15	VYHOVUJE	
		y+	1,24	1,30	25,6	150	34,31	18,66	22,27	VYHOVUJE	68,62	24,74	VYHOVUJE	20/150 + 16/150
		y-	1,24	1,30	25,6	150	34,31	18,66	22,27	VYHOVUJE	68,62	24,74	VYHOVUJE	20/150 + 16/150
	strop pod jeřábem	x+	1,24	1,30	20	150	20,94	18,70	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		x-	1,24	1,30	20	150	20,94	18,70	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		y+	1,24	1,30	20	150	20,94	18,70	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		y-	1,24	1,30	20	150	20,94	18,70	-	VYHOVUJE	-	-	-	
Strojovna střecha	Střecha	x+	0,24	0,30	16	150	13,40	3,65	4,36	VYHOVUJE	-	-	-	
		x-	0,24	0,30	16	150	13,40	3,65	4,36	VYHOVUJE	-	-	-	
		y+	0,24	0,30	16	150	13,40	3,65	4,36	VYHOVUJE	-	-	-	
		y-	0,24	0,30	16	150	13,40	3,65	4,36	VYHOVUJE	-	-	-	
	Střecha atika	x+ (RV)	0,15	0,20	8	300	1,68	1,51	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		x- (RV)	0,15	0,20	8	300	1,68	1,51	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		y+	0,14	0,20	12	150	7,54	2,17	2,59	VYHOVUJE	-	-	-	
		y-	0,14	0,20	12	150	7,54	2,17	2,59	VYHOVUJE	-	-	-	
Rybochod	deska	x+ (RV)	0,74	0,80	12	150	7,54	4,19	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		x- (RV)	0,74	0,80	16	150	13,40	6,54	-	VYHOVUJE	-	-	-	
		y+	0,74	0,80	20	150	20,94	11,16	13,32	VYHOVUJE	-	-	-	
		y-	0,74	0,80	25	150	32,72	11,12	13,28	VYHOVUJE	-	-	-	
	stěna	x+ (RV)	0,54	0,60	12	150	7,54	4,19	-	VYHOVUJE	20,94	13,41	VYHOVUJE	
		x- (RV)	0,54	0,60	16	150	13,40	6,54	-	VYHOVUJE	20,94	13,41	VYHOVUJE	
		y+	0,54	0,60	20	150	20,94	8,14	9,72	VYHOVUJE	53,66	12,00	VYHOVUJE	
		y-	0,54	0,60	25	150	32,72	8,11	9,68	VYHOVUJE	53,66	12,00	VYHOVUJE	

Pozn.: RV=rozdělovací výztuž

Rozteč nosné výztuže

- Veškerá výztuž je navržena v rastru 150/150 mm
- $s_{max} = \min(2h; 250) = \min(400; 250) = 250 \text{ mm}$
- minimální výška prvku z celé konstrukce: $h = 200 \text{ mm}$ (střecha – atika)

$$s < s_{max} \rightarrow 150 < 250 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Rozteč rozdělovací výztuže

- Maximální navržená rozteč RV: 300 mm
- $s_{max} = \min(3h; 250) = \min(600; 400) = 400 \text{ mm}$
- minimální výška prvku z celé konstrukce: $h = 200 \text{ mm}$ (střecha – atika)

$$s < s_{max} \rightarrow 300 < 400 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Smyková výztuž

Prvek (smyková výztuž)	účinná výška	výška	průměr	Rozteče třminků		Maximální rozteč		Vyhodnocení	Stupeň vyztužení		Vyhodnocení
	d _{max} [m]	h [m]	φ [mm]	s _y [mm]	s _t [mm]	s _{t,max} [mm]	s _{t,min} [mm]		ρ _w [-]	ρ _{w,min} [-]	
Základová deska	0,74	0,80	12	300	300	400	558	VYHOVUJE	1,69E-03	8,76E-04	VYHOVUJE
Rybochod - deska	0,74	0,80	12	300	300	400	558	VYHOVUJE	1,69E-03	8,76E-04	VYHOVUJE
Rybochod - stěna	0,54	0,6	12	150	300	400	408	VYHOVUJE	4,62E-03	8,76E-04	VYHOVUJE
Jalová propust - stěna	0,44	0,5	12	150	300	333	333	VYHOVUJE	5,66E-03	8,76E-04	VYHOVUJE
ochoz-lavka přes rybochod	0,25	0,3	8	150	150	185	185	VYHOVUJE	9,08E-03	8,76E-04	VYHOVUJE
Střecha průvlak	0,79	0,85	12	150	200	400	596	VYHOVUJE	4,75E-03	8,76E-04	VYHOVUJE

D.9 Mezní stavy základové půdy

- Geologický vrt RA-1 je ukončen v úrovni 168,95 m. n. m., předpokládá se, že vrstva F8-CH pokračuje i nadále do hloubky pod strojovnou.

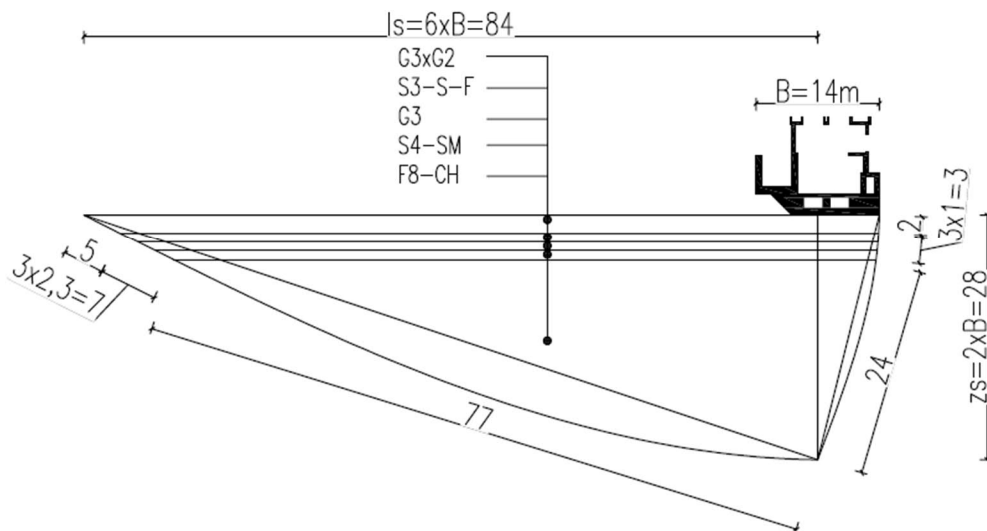
D.1.15 Únosnost základové půdy

- Konstrukce nádrže je zaříděna do 3.GK – únosnost zeminy bude stanovena výpočtem.
- Idealizace smykové plochy a průměrných charakteristik zemin je provedena, viz obr. níže.
- Základová spára je převážně vodorovná s místními sklony, pro výpočet únosnosti je tedy uvažována jako vodorovná.
- Charakteristiky zemin jsou uvažovány dle IGP [16]

	G3	S3-S-F	S4-SM	F8-CH
γ [kN/m ³]	20,0	18,5	18,0	20,5
c_{ef} (c') [kPa]	0	0	3	14
ϕ_{ef} (ϕ ') [°]	35	31	28	17

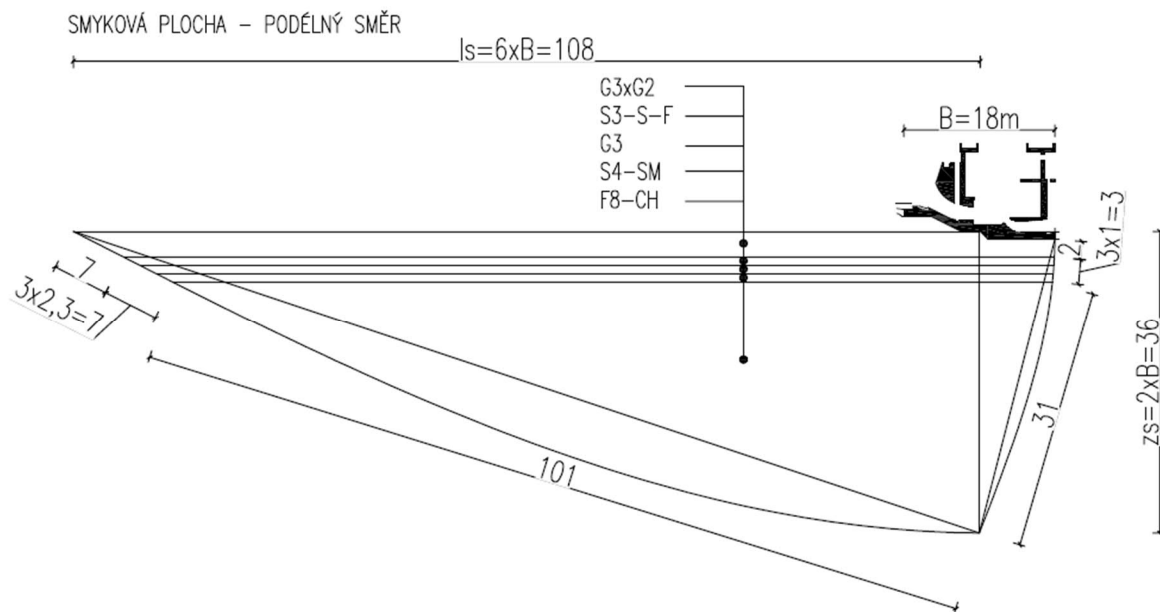
Výpočet průměrných charakteristik zemin:

SMYKOVÁ PLOCHA – PŘÍČNÝ SMĚR



$$c_{ef,m} = \frac{0 \cdot (5 + 2) + 0 \cdot (2,3 + 1) + 0 \cdot (2,3 + 1) + 3 \cdot (2,3 + 1) + 14 \cdot (77 + 24)}{5 + 3 \cdot 2,3 + 77 + 24 + 3 \cdot 1 + 2} = 12 \text{ kPa}$$

$$\phi_{ef,m} = \frac{35 \cdot (5 + 2) + 31 \cdot (2,3 + 1) + 35 \cdot (2,3 + 1) + 28 \cdot (2,3 + 1) + 17 \cdot (77 + 24)}{5 + 3 \cdot 2,3 + 77 + 24 + 3 \cdot 1 + 2} = 19^\circ$$



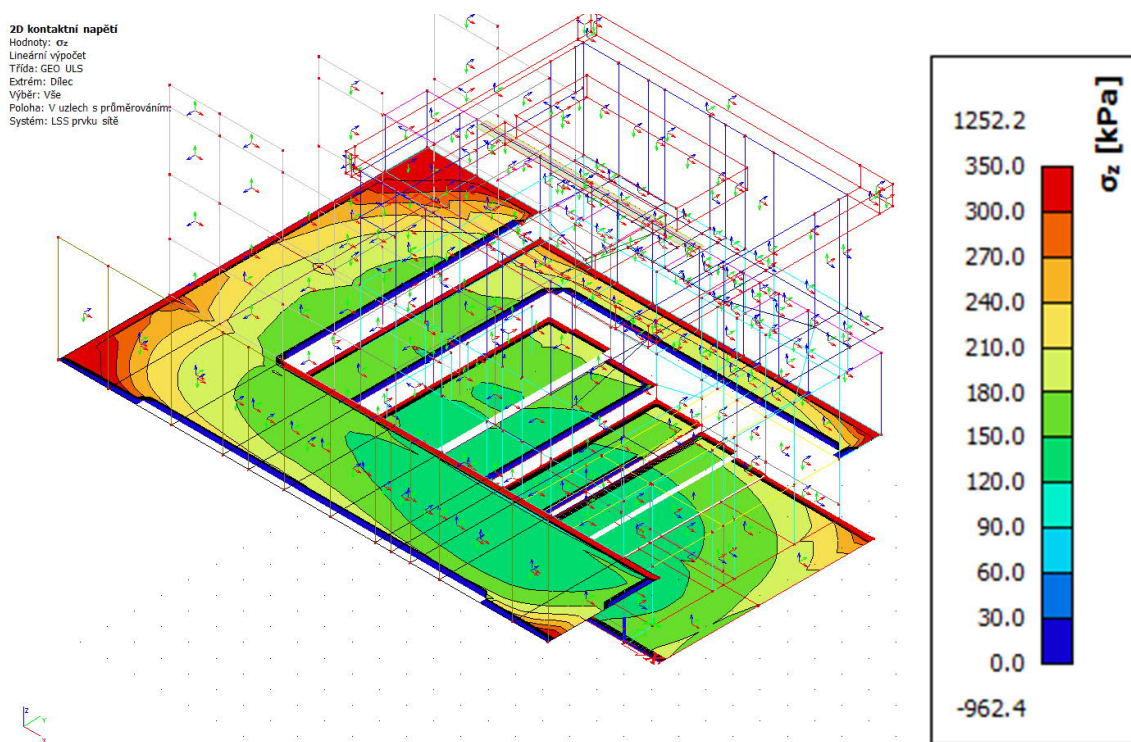
$$c_{ef,m} = \frac{0 \cdot (7 + 2) + 0 \cdot (2,3 + 1) + 0 \cdot (2,3 + 1) + 3 \cdot (2,3 + 1) + 14 \cdot (101 + 31)}{7 + 3 \cdot 2,3 + 101 + 31 + 3 \cdot 1 + 2} = 12 \text{ kPa}$$

$$\varphi_{ef,m} = \frac{35 \cdot (7 + 2) + 31 \cdot (2,3 + 1) + 35 \cdot (2,3 + 1) + 28 \cdot (2,3 + 1) + 17 \cdot (101 + 31)}{7 + 3 \cdot 2,3 + 101 + 31 + 3 \cdot 1 + 2} = 19^\circ$$

Únosnost zeminy dle EN 1997-1 (D.2 Odvodněné podmínky)		
ZÁKLAD		
Efektivní šířka základu	B' [m]	14,00
Efektivní délka základu	L' [m]	18,00
Efektivní plocha základu	A' [m ²]	252,00
Hloubka základové spáry pod povrchem terénu	d [m]	6,8
Svislá síla (pro šikmost zatížení)	V	1,00
Vodorovná síla (pro šikmost zatížení)	H	0,00
SOUČinitele BEZPEČNOSTI		
Úhel vnitřního tření	$\gamma_{\phi_{ef}}$	1,25
Efektivní soudržnost	$\gamma_{c_{ef}}$	1,25
Neodvodněná smyková pevnost	γ_{cu}	1,40
Objemová tíha zeminy	γ_y	1,00
PARAMETRY ZEMINY		
Objemová tíha zeminy nad Z.S.	γ_1 [kN/m ³]	20,0
Objemová tíha zeminy pod Z.S.	γ_2 [kN/m ³]	20,5
Návrhová efektivní objemová tíha zeminy pod Z.S.	$\gamma_{2,d}$ [kN/m ³]	20,50
Efektivní soudržnost (pouze zemina)	$c_{ef}(c')$ [kPa]	12,00
Návrhová efektivní soudržnost	$c_{ef,d}(c'_d)$ [kPa]	8,57
Efektivní úhel vnitřního tření (pouze zemina)	$\phi_{ef}(\phi')$ [°]	19,00
Tangens návrhového efektivního úhlu vnitřního tření	$tg \phi_{ef,d}(\phi')$	0,28
VÝPOČET ÚNOSNOSTI		
Součinitele únosnosti	N_c	13,32
	N_q	4,67
	N_y	2,02
Sklon základové spáry	α	0,00
Součinitele sklonu základové spáry	b_c	1,00
	b_q	1,00
	b_y	1,00
Tvar základu	OBDELNÍKOVÝ	
Součinitele tvaru základu	s_c	1,32
	s_q	1,25
	s_y	0,77
Součinitele šikmosti zatížení	i_c	1,00
	i_q	1,00
	i_y	1,00
Směr působení vodorovného zatížení H	SMĚR L'	
	m	1,44
Únosnost zeminy	R/A' [kPa]	1169,12

Kontaktní napětí:**2D kontaktní napětí**

Hodnoty: σ_z
 Lineární výpočet
 Třída: GEO ULS
 Extrém: Dílce
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním
 Systém: LSS prvku síť



GEO ULS	ULS provoz (Mk alt.1) - EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B
	ULS provoz (Mk alt.2) - EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B
	ULS provoz (bez vody v rybochodu) (Mk alt.1) - EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B
	ULS provoz (bez vody v rybochodu) (Mk alt.2) - EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B
	ULS servis (Mk alt.1) - EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B
	ULS servis (Mk alt.2) - EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B
	ULS povodeň (plný vztlak) - EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B
	ULS povodeň (částečný vztlak) - EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B

Kontaktní napětí: 150–270 kPa

Maximální kontaktní napětí: $\sigma_z = 270 \text{ kPa}$

Posudek:

$$\sigma_z < \frac{R}{A} \rightarrow 270 < 1169 \text{ kPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

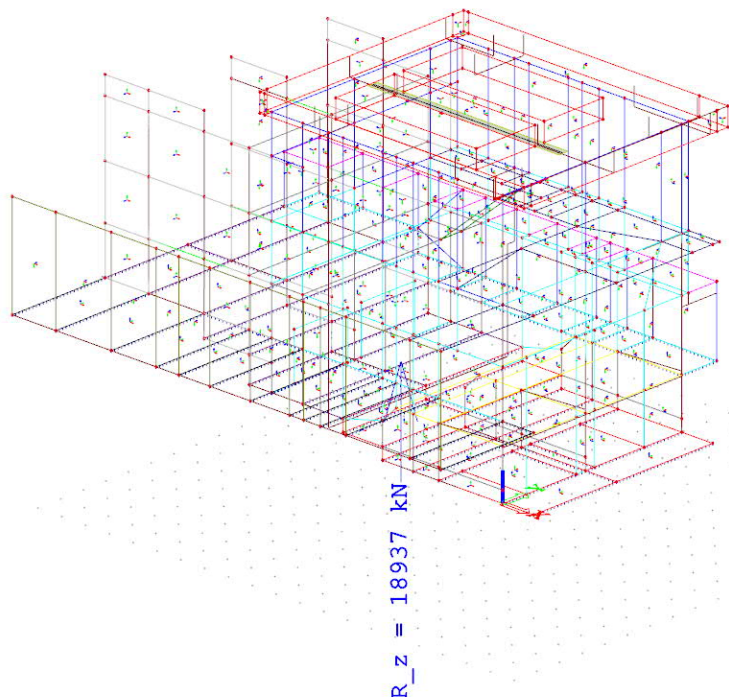
Základovou spáru musí převzít oprávněný geolog.

Podloží pod základovou deskou je nutné dostatečně zhutnit.

D.1.16 Stabilita proti vymoření

- Je uvažována kombinace zatížení pro povodeň (188,9 m.n.m.). V této kombinaci voda nateče i do objektu rybochodu a nad jalovou propust.
- Pro výpočet stabilizujících sil je uvažována pouze stálá tíha dilatačního celku.
- Pro výpočet destabilizujících sil je uvažováno, že provizorní hrazení vtoků a výtoků, včetně uzávěru jalové propusti jsou uzavřeny. Vodní sloupec v úrovni strojovny je uvažován výškou 10 m. Rozdíl vodního sloupce mezi horní a spodní hranou desky rybochodu, popř. jalové propusti je zohledněn (voda při povodni je přítomna v rybochodu a nad jalovou propustí).

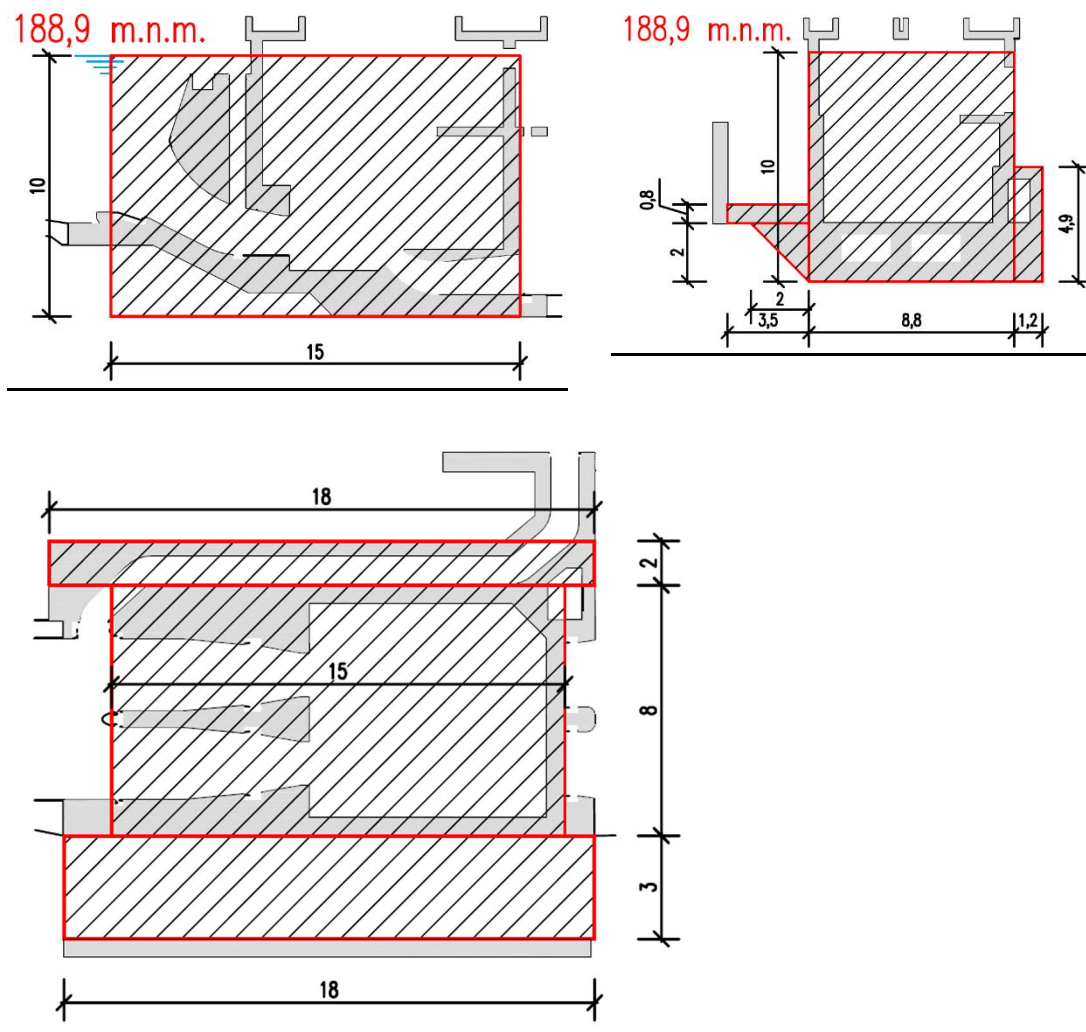
Stabilizující složky



GEO Stabilita proti vymoření	stabilizující složky	Lineární - použitelnost		
			g0 - Vlastní tíha	0,900
			g1 - Technologie - ochozy	0,900
			g3.1 (t) - Turbíny, generátory, potrubí	0,900
			g4 (j) - Jeřáby tíha	0,900

$$F_{Ed, stb} = 18937 \text{ kN}$$

Destabilizující složky



Součinitel bezpečnosti	$\gamma_{Q,dst}$	1,1				
Název vrstvy	γ [kN/m ³]	výška [m]	šířka [m]	délka [m]	objem [m ³]	$F_{Ed,dst}$ [kN]
Strojovna	10,0	10,0	8,8	15,0	1320,0	14520
Jalová propust	10,0	4,9	1,2	18,0	105,8	1164
Rybochod - deska	10,0	0,8	3,5	18,0	50,4	554
Rybochod - deska zbytek	10,0	plocha = 2m ²		18,0	36,0	396
Celkem						16635

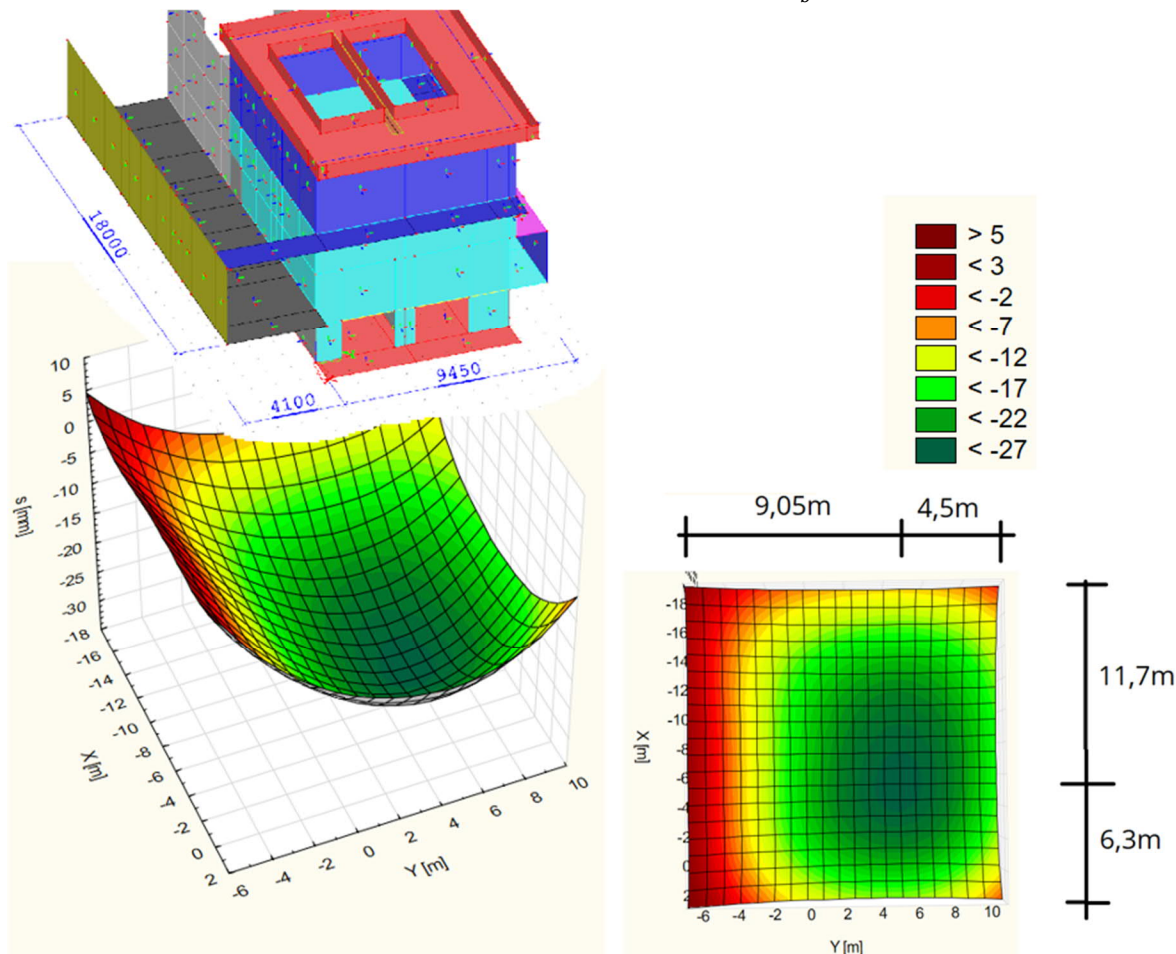
Posudek:

$$F_{Ed,dst} < F_{Ed,stb} \rightarrow 16635 < 18937 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

- Konstrukce vyhovuje na stabilitu proti vymoření

D.1.17 Sedání

- Je uvažováno s poklesem předkonsolidačního účinku díky velikosti stavební jámy → pro přitížení základové spáry není odečítáno původní geostatické napětí σ_{or}
- Pro železobetonové staticky neurčené konstrukce je limitní celková hodnota sedání: $s_{lim} = 60 \text{ mm}$.
- Nerovnoměrné sedání je posouzeno limitní hodnotou naklonění: $\frac{\Delta s}{b} = 0,003$



GEO Sedání		Lineární - použitelnost	g0 - Vlastní tíha	1,000
			g1 - Technologie - ochozy	1,000
			g2 - Střešní poklop+sníh+strplast+balvany rybochod	1,000
			g3.1 (t) - Turbíny, generátory, potrubí	1,000
			qt3 - Turbína - provoz obě - tlak vody uvnitř	1,000
			g4 (j) - Jeřáby tíha	1,000
			g5 - Zemní tlak	1,000
			g6 - Tlak vody vnější (provozní)	1,000
			g9 (j2) - jeřáb2 tíha + základ	1,000
			qu3 - Užité - stav 3	1,000

Posudek:Celkové sedání:

$$s < s_{lim} \rightarrow 27 < 60 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Nerovnoměrné sedání:

Nerovnoměrné sedání	Δs [mm]	b [mm]	$\Delta s/b$	$\Delta s/b, \text{lim}$	Posudek
	27	9050	0,00298	0,003	VYHOVUJE
	10	4500	0,00222		
	17	11700	0,00145		
	10	6300	0,00159		

D.10 Závěr

Konstrukce byla navržena a posouzena dle platných norem. Navržená konstrukce vyhovuje na mezní stav použitelnosti i únosnosti.

D.11 Literatura

- [1] ČSN EN 1990 ed. 2: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: ÚNMZ, 2021.
- [2] ČSN EN 1991-1-1+Opr.1+Z1+Z2: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: ÚNMZ, 2010.
- [3] ČSN EN 1991-1-3 ed. 2+A1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem. Praha: ÚNMZ, 2016.
- [4] ČSN EN 1991-1-4 ed. 2: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem. Praha: ÚNMZ, 2020.
- [5] ČSN EN 1991-1-5+Opr.1+Opr.2+Z1+Z2: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou. Praha: ÚNMZ, 2005.
- [6] ČSN EN 1991-4 ed. 2: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží. Praha: ÚNMZ, 2018.
- [7] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ÚNMZ, 2011.
- [8] ČSN EN 1992-3+Z1: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 3: Nádrže na kapaliny a zásobníky. Praha: ÚNMZ, 2007.
- [9] ČSN EN 1997-1+A1+Opr.1: Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla. Praha: ÚNMZ, 2006.
- [10] ČSN EN 206+A2: Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Praha: ÚNMZ, 2021.
- [11] ČSN P 73 2404: Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda - Doplnující informace. Praha: ÚNMZ, 2021.

- [12] Technická pravidla ČBS 04: Vodonepropustné betonové konstrukce: DAfStb-Richtlinie wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie). Praha: Česká betonářská společnost ČBSI, [2015]. Technická pravidla ČBS. ISBN 978-80-903806-9-1.
- [13] Výpočetní program pro statiku stavebních konstrukcí SCIA Engineer 21.1, <https://www.scia.net/cs>.
- [14] Výpočetní program Ideastatica 21.0, program pro dimenzování betonových průřezů. <https://www.ideastatica.com/cz>.

D.12 Podklady

- [15] DPS MVE Jez Rajhrad včetně rybochodu a rekonstrukce jezu, zatížení technologií. Ing. David Prachař. Emailová komunikace 16.1.2023 až 9.3.2023.
- [16] Zpráva - IG průzkum, MVE Jez Rajhrad, Aquatis a.s., říjen 2016.

D.13 Přílohy

- příloha P1 – 3D výpočtový model, 92 stran.
- příloha P2 – dimenzování, 59 stran.

VYPRACOVALI : V Brně, květen 2023

Ing. Ondřej Šimek
doc. Ing. Miloš Zich Ph.D.