

## ČÁST F – DOKUMENTACE STAVBY

### **Technická zpráva – inženýrské objekty a provozní soubory**

S ohledem na neoddělitelnost spolupůsobení stavební a technologické části, respektive chybějící smysl výstavby jednoúčelových bodů bez technologické části, je technická zpráva, ale i výpočtová a výkresová část zpracována jednotně pro provozní soubor i inženýrské objekty.

#### ***a) popis inženýrského objektu, jeho funkčního a technického řešení a účel technologické části***

Stavba je rozdělena na část ochrany staveniště, dále na stavební část – kotvicí železobetonové bloky (kvádry, kvádr se sloupem) a technologickou, která je představována plovoucí normou stěnou s prostupem pro průjezd lodí.

Ochrana staveniště:

Staveniště permanentního kotevního bodu na levém břehu se nachází v těsné blízkosti skalního výchozu, který je tvořen silně zvětřalou horninou. V důsledku erozivních procesů se ze skály uvolňují při aplikaci malé síly kameny a balvany, a hrozí nebezpečí, že probíhající stavební práce uvolní některý z nich, jenž následně ohrozí zdraví pracovníků. Z výše uvedeného důvodu, je navržena ochrana staveniště v podobě síťového závěsu kotveného při horním okraji výchozu tyčovými kotvami a při dolním okraji zatíženému kameny, které jsou v místě staveniště. Pro materiál ocelových sítí je zvolen DELTAX G80/2 nebo obdobný typ splňující požadavky na tahovou pevnost drátu (5,5 kN), podélnou pevnost v tahu (52 kN/m), šířku oka (maximálně 82 mm) a antikorozní ochranu. Sítě budou prováděny horolezeckým způsobem s dostatečnou rezervou na přesahy a přehyby pro tvar výchozu. Kotvy jsou navrženy tyčové Ø 32 mm a 3,0 m dlouhé (při zastižení zdravé horniny lze délku kotev zkrátit na 2,0 m – možnost zkrácení potvrdí prováděcí geotechnik nebo technický dozor zápisem). Kotvy budou realizovány ve vzdálenostech 1,0 m. Staveniště neslouží ke stabilizaci výchozu ani jeho částí, ale pouze jako ochrana před uvolněnými balvany, které se díky sítím sesunou na jejich rubu a neohrozí stavbu. Po dokončení stavby budou sítě ponechány na místě a poskytovat ochranu osobám provádějícím údržbu a kontrolu systému norné stěny.

Kotvicí bloky:

Kotvicí body musí bezpečně přenést zatížení od norné stěny, které je vypočteno dle Metodiky pro stanovení zatížení ochranné konstrukce plávím a návrh nosných prvků norných stěn (certifikovaná metodika uznaná MZe ČR 07/2013). Pro výpočet sil v kotevním systému norné stěny bere metodika do úvahy působení větru, vln a tlaku nahromaděného dřeva.

Návrhová tahová složka v místě ukotvení při uvažování standardních bezpečnostních koeficientů pro nahodilé zatížení při zvolené délce stěny nepřekročí 167 kN. Tuto sílu musí každý bod přenést do podzákladí.

S ohledem na navržené rozměry betonových prvků je zapotřebí realizovat 2 ks mikropilot pro kotvicí bod na pravém břehu, 6 ks mikropilot pro permanentní kotvicí bod na levém břehu a 2 ks mikropilot pro manipulační kotvicí bod na levém břehu za účelem zvýšení bezpečnosti

proti posunutí a překlopení.

Dispoziční řešení kotevních bloků předpokládá půdorysný rozměr bloků 2,0 x 2,0 m. Kóta 445,00 m n.m. =  $\pm 0,000$  ve výkresové dokumentaci. Výška betonové části bodů je vždy 2,0 m, přičemž hloubka založení a výšková úroveň horní hrany se u jednotlivých bodů různí.

Souřadnice středů bodů jsou:

- Y = 807610.33; X = 986099.28 – kotevní bod na pravém břehu nádrže
- Y = 807430.32; X = 986057.95 – kotevní bod na levém břehu nádrže
- Y = 807406.62; X = 986162.55 – manipulační bod na levém břehu nádrže

S ohledem na mocnost pokryvných útvarů nelze na pravém břehu a u manipulačního bodu na levém břehu předpokládat základovou spáru pod úrovní pokryvných útvarů. Hloubka založení těchto bodů je min. 0,8 m. U levého permanentního bodu při skalním výchozu na platu, které vzniklo zářezem lze očekávat zastižení zdravé horniny v hloubce do 50 cm, nicméně by neměla hloubka založení klesnout pod 0,5 m i v případě zastižení „zdravé“ horniny. Z úrovně základové spáry povedou do horniny 2 ks, respektive 6 ks mikropilot o délce 8 - 10 m (dle zastižené kvality horniny po odkrytí základové spáry a možnosti vrtací soupravy) pod úhlem 10° - 15° od svislé. Délka kořene pilot v hornině při plášťovém tření 150 kPa je minimálně 3,0 m. Průměr mikropilot je 200 mm a výztuhou je bezešvá trubka 89 / 10. Uvnitř bloku je trubka navařena na výztuž.

Po provedení mikropilot se provede realizace betonového bloku do připraveného bednění a vyztužení. Permanentní kotvicí blok na pravém břehu budou vybaveny 3 upínacími ocelovými prvky napojenými na vnitřní výztuž bloku (jeden je rezervní). Manipulační bod na levém břehu bude vybaven také 3 upínacími prvky. Z betonové konstrukce permanentního bodu na levém břehu vystupuje ocelový sloup, kolem kterého se na objímce pohybuje s hladinou upínací zařízení pro dva nosné systémy norné stěny (primární a sekundární). Železobetonový blok je vybaven rezervním úchytným prvkem.

Veškeré výkopové práce budou prováděny strojně s případným ručním dolamováním se zřetelem na ochranu okolního porostu a zejména samotnou nádrž.

Bednění pro betonáž může být provedeno z dřevěných nebo ocelových dílů. Samotný beton pro tělesa kotvicích bloků bude dopravován autodomíchači přímo na staveniště.

Betonáž podkladního betonu třídy C16/20 bude provedena betonem dopraveným na staveniště z betonárny. Stejně bude proveden beton pro samotná tělesa kotevních bloků třídy C25/30.

Při použití výplachu při vrtání a injektáži směsi při mikropilotáži je zapotřebí provést ochranou hrázku a zamezit znečištěné vodě kontakt s vodou v nádrži.

Ocelové sloupy jsou tvořeny silnostěnnými bezešvými trubkami D508 tl. 25 mm z oceli S355J2H, které jsou uloženy do chráničky D813 tl. 8 mm z oceli S235. Celková délka sloupů je 7,0 m u kotevního bodu a 3,4 m u manipulačního bodu (1,0 m je hloubka uložení v betonové části).

Použité materiály: beton C25/30 XF3 XA1 S3 – tělo kotvícího bloku  
beton C16/20 – podkladní beton tl. 50 mm  
ocel B500B – výztuž - kari síť 150x150x8 a pruty d = 8 mm  
ocel 1.4301 – oka k uchycení – kulatina d = 26 mm  
ocel 11353 – výztuž mikropilot – bezešvá trubka 89/10  
ocel 11375 – (S235) ocelové sloupy – chráničky, desky na pilotách a rektifikační trubky a pásovina  
ocel 11503 – (S355J2H) ocelové sloupy (tlustostěnné bezešvé trubky)  
metalický nátěr ocelových konstrukcí (žárový pozink)  
cementová směs – tělo mikropiloty  
lokální zemina (výkopek) – obsyp prvku

Norná stěna – technologická část:

Účelem technologické části je omezení pohybu plavenin za profilem směrem k hrázi, respektive šachtovému přelivu. Norná stěna se skládá z bójí, které zajišťují plovatelnost i v případě proražení jejich vnějšího obalu a dále ze samotné clony, která tvoří příčnou překážku v toku. Norná stěna má 2 nezávislé systémy kotvení pro zvýšení spolehlivosti a dále je vybavena lodní propustí (bránou), která je uzavíratelná a otvírá se pouze po dobu průjezdu lodí. Manipulace s bránou je manuální.

Clona musí vystupovat nad hladinu minimálně 100 mm a ponořená část nesmí být menší než 400 mm. Clona je udržována bójemi ve svislé poloze a bez dalšího zatížení se nenaklání. Bóje jsou k cloně připevněny pouze z jedné strany (od hráze) tak, že návodní strana clony je hladká a umožňuje podélný skluz zachyceného plávi (výjimkou je prostor uzavíratelné brány).

Brána má vnitřní rozměry 3,0 m na šířku a 1,5 m hloubky a je tvořena ocelovým U rámem (výrobci norných stěn obvykle dodávají i brány a lze tedy použít hotovou konstrukci, za předpokladu splnění požadované únosnosti, plovatelnosti a protikoroze ochrany). Ovládání otevírání a zavírání brány bude ruční z plavidla, čemuž musí být přizpůsoben mechanismus zajišťování (čep a očko).

Veškerý materiál norné stěny je volen s ohledem na klimatické podmínky, zejména výskyt ledových jevů, maximální očekávané zatížení (210 kN), životnost a bezúdržbovost. Zároveň je kladen důraz na minimalizaci obsahu materiálů, které by mohly být označeny jako vykupovatelné druhotné suroviny. Dále je s ohledem na účel nádrže nezbytné požadovat nejvyšší možnou inertnost materiálu v kontaktu s vodou a reference či certifikaci dokládající možnost použití na vodárenských nádržích.

Z výše uvedeného vyplývají následující doporučení pro materiál:

- 1) bóje – plast vyplněný nenasákavým polyuretanem (zajistí plovatelnost i v případě proražení plastového obalu)
- 2) clona – prošívaný gumový laminát
- 3) druhý nosný systém – nerezové lano
- 4) lodní brána – nerezový nebo ocelový minimálně dvakrát metalizovaný profil (nezbytné ověřit použití u vodárenských nádrží)

Z pohledu výstavby se předpokládá montáž stěny ze sjezdové rampy v zavázání pod korunou přehrady na levém břehu. Zde bude pro potřeby montáže a manipulace umístěn autojeřáb a následně bude norná stěna připravena na místo ke kotvicím blokům.

Pro zvýšení ochrany před neoprávněným zásahem bude samotná stěna s bójemi na pravém břehu začínat až na kótě 447,60 m n. m. (úroveň zásobní hladiny). Do této kóty bude i primární nosný systém reprezentovat ocelové lano (délky přibližně 8,0 m), přičemž obě lana (primární i sekundární nosný systém) budou uložena v ochranné PVC rouře min DN 100, která bude natřená do barvy okolního terénu a lehce přesypána 10 cm materiálu. Při napnutí clony pak dojde k odvalu – posuvu celé roury směrem po proudu. Po průchodu povodně je možné trubku znovu zakrýt materiálem pro snížení přístupnosti. V místě bezprostředně následujícím za PVC rourou budou bóje zdvojeny, tak aby byla zajištěna plovatelnost lana.

Všechny výše uvedené podmínky splňuje například systém dodávaný britskou společností Bolina Ltd. (<http://www.bolinabooms.com>), u kterého clona, prošívaný gumový laminát, tvoří zároveň nosný systém primární nosný systém i „hradící“ konstrukci. Společnost má referenční stavby s dodávanou technologií starší 10 let bez závad a zároveň 2 instalace na vodárenských nádržích v Devonském kraji ve Spojeném království. Pouze lodní brána, umístěná daleko od břehu v nádrži, pojistný nosný systém a spojovací prvky jsou tvořeny vykupovatelnými surovinami – nerezovou ocelí. Požadavky splňuje i systém dodávaný společností Hydrotechnik Lübeck GmbH, který byl včetně brány úspěšně instalován na nádrži VD Horka v délce cca 360 m.

Přes příklad výše uvedeného systému lze při dodržení požadovaných vlastností a po konzultaci s projektantem (ověření souladu s požadavky dokumentace) a investorem zvolit jiného dodavatele.

Zhotovitel zpracuje dílenskou dokumentaci norné stěny, která musí obsahovat specifikaci materiálů samotné clony, nosných systémů a bójí. Informace o materiálech musí být rozšířena o jejich odolnosti vůči vlivům vnějšího prostředí, zejména slunečnímu záření, vodě a ledovým jevům, a možností reakce s vodou v nádrži a to i při poškození vnějšího obalu.

Dále musí dokumentace obsahovat rozměry jednotlivých prvků a z toho vyplývající únosnost potvrzená výpočtem nebo zkouškami. Plovatelnost ve stabilní svislé poloze (týká se těla stěny) musí být prokázána výpočtem nebo vyplývat z rozměrů a hmotností prvků – i při poškození vnějšího pláště. Zvláštní pozornost v dokumentaci je zapotřebí věnovat lodní bráně (zejména způsobu otevírání), ukotvení na sloup při levém břehu, kde je zapotřebí, aby toto kopírovalo pohyb hladiny (viz příklad na foto č. 3 výkres F10).

Dodavatelská dokumentace technologické části musí být schválena investorem a projektantem před objednávkou nebo výrobou technologické části.

Zhotovitel dále zpracuje pracovní technologický postup obsahující podrobné požadavky na provoz, manipulaci (přechycení z permanentního bodu na levém břehu na manipulační bod na levém břehu), údržbu jednotlivých prvků a detaily skutečného provedení technologické části v souladu s platnou legislativou, pro následné přiložení k provoznímu řádu VD Jirkov.

**b) požadavky na vybavení**

Pro manipulaci s nornou stěnou z permanentního na manipulační bod na levém břehu je zapotřebí elektrického navijáku, který se připojí na připravená nerezová oka. Naviják je součástí dodávky technologie stavby stejně jako plovoucí PA/PPV lano dl. 115 m s min. pevností 15 kN.

Minimální hodnota maximálního dovoleného zatížení navijáku v tahu je 15 kN.

**c) napojení na stávající technickou infrastrukturu**

Stavba po dokončení nebude záměrně napojena na veřejnou dopravní ani technickou infrastrukturu. Přístup ke kotevnímu bodu na pravém břehu je možný pěšky, případně vozem po lesní cestě na pozemku 419/8 a pak pěšky ze svahu. Rampa pro přesun a ustavení stroje pro realizaci pilot bude po dokončení výstavby zcela zrušena.

Kotevní bod na levém břehu je pěšky či mechanizací přístupný pouze při poklesu hladiny pod úroveň 444,80 m n.m. v systému Bpv. Mimo suchých let je v průběhu jarních, letních i podzimních měsíců plato, na kterém je kotevní bod navržen, pod úrovní hladiny vody v nádrži a bod je tak přístupný pouze lodí.

Manipulační bod na levém břehu je přístupný z koruny hráze při běžných vodních stavech. Pouze při povodňové situaci je k němu přístupnost omezena a v závislosti na výšce hladiny je zapotřebí lodi.

Smyslem plánované absence napojení stavby na veřejnou dopravní a technickou infrastrukturu je minimalizace rizika neoprávněné manipulace či poškození stavby.

V průběhu výstavby bude přístup k bodu na pravém zajištěn z lesní cesty a na levém břehu po snížení hladiny po staré cestě k původnímu lomu z doby výstavby.

**d) vliv na povrchové a podzemní vody včetně řešení jejich zneškodňování**

Stavba po dokončení nebude mít vliv na režim povrchových ani podzemních vody. Ovlivnění odtokových poměrů, je s ohledem na velikost a umístění stavby zanedbatelné.

**e) údaje o zpracovaných technických výpočtech a jejich důsledcích pro navrhované řešení**

V rámci dokumentace byl zpracován výpočet celkového zatížení působícího plávi na profil a přepočet na síly působící v jednotlivých kotevních bodech dle Metodiky pro stanovení zatížení ochranné konstrukce plávim a návrh nosných prvků norných stěn (certifikovaná metodika uznaná MZe ČR 07/2013), která staví na příspěvku „Clogging of Spillways by Trash“ autorů K. Godtlanda a E. Tesakera publikovaného v rámci kongresu mezinárodní přehradní komise (ICOLD) v Durbanu 1994. Dále bylo vypočteno zatížení tlakem ledové celiny dle ČSN 75 0250 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí vodohospodářských staveb pro permanentní kotevní bod na levém břehu, kde může principiálně dojít ke vzpěrnému tlaku ledu mezi betonovým blokem a skalním výchozem.

Následně byla ověřena celková stabilita bodů na posunutí a překlopení dle ČSN 73 1208 Navrhování betonových konstrukcí vodohospodářských objektů a únosnost ocelového profilu dle ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Návrh stabilizačních mikropilot byl proveden v souladu s ČSN EN 1997–1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – část 1: Obecná pravidla a ČSN EN 14199 Provádění speciálních geotechnických prací – Mikropiloty.

Výše uvedené výpočty mají přímý vliv na rozměry jednotlivých prvků, tj. velikost kotvicích bloků, požadovanou únosnost mikropilot a minimální délku nosných systémů norné stěny.

Ochrana staveniště na levém břehu je navržena dle empirických vztahů a odborného odhadu maximální pravděpodobné velikosti uvolněného kamene, který by se mohl uvolnit.

Z hlediska výškového umístění objektů je zásadní stanovení polohy hladiny při  $Q_{10000}$ , kde jsme vycházeli z hodnoty  $122 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  dle práce ing. Kašpárka z června 2006 a vypočtené transformace povodňové vlny s využitím nově stanovené konsumpční křivky přelivu z modelového výzkumu, viz VD Jirkov úprava dopadiště šachtového přelivu – modelový výzkum; Satrapa a kol. 11/2015. Následně byly vypočtené hodnoty převedeny do systému Balt po vyrovnaní.

#### ***f) požadavky na postup stavebních a montážních prací***

Stavbu bloků na levém břehu lze zahájit za stavu hladiny nižší než 444,80 m n.m. s předpokladem udržení hladiny pod touto úrovní po delší dobu.

Na pravém břehu lze stavbu zahájit kdykoli mimo povodňový stav. V případě nepříznivé hydrologické situace tak lze pokračovat ve stavbě na pravém břehu až do dosažení maximální zásobní hladiny, tj. 447,60 m n.m.

Levý břeh permanentní bod: Stavba bude zahájena vyměřením staveniště a instalací ochranných sítí na skalním výchozu v blízkosti budoucího bodu. Poté budou provedeny výkopy pro založení bloku a realizovány mikropiloty. Dispoziční řešení předpokládá půdorysný rozměr bloku 2,0 x 2,0 m. Základová spára bloku by se měla nacházet pod zvětralou vrstvou horniny, jejíž mocnost je odhadnuta na 0,50 m. I v případě zastižení „zdravé“ horniny by neměla hloubka založení klesnout pod 0,5 m (situaci je možné diskutovat s TDI a autorským dozorem). Bod je umístěn na staré cestě, která vznikla zářezem do svahu, a proto se na ni nenachází pokryvné útvary. Z úrovně základové spáry povedou do horniny 6 ks mikropilot o délce 8 - 10 m pod úhlem  $10^\circ$  respektive  $15^\circ$  od svislé (3 a 3 ks). Při použití výplachu vrtání bude provedena ochranná hrázka pro zamezení znečištění vody v nádrži – pro materiál hrázky výšky 15 – 20 cm bude použit výkopek. Výztužné prvky mikropilot budou provázány s výztuží bloku pomocí navažené ocelové desky.

Po provedení mikropilot se po uložení podkladního betonu provede realizace betonového bloku do připraveného bednění a vyztužení. Součástí je jeden výstupní profil z nerezové oceli (rezervní), který může být použit při selhání plovákového zařízení nebo výrazním snížením hladiny pod 442 m n.m. Při přípravě výztuže a bednění bude osazena a zafixována ocelová trubka D 813 mm, která bude sloužit pro přesné uložení ocelového sloupu. Prostor

trubky nesmí být v této fázi zabetonován! Následně se osadí ocelový sloup D 508 a pomocí navařených rektifikačních tyčí se usadí do svislé polohy a v ní zafixuje, aby při následné betonáži nedošlo k posuvu či pootočení. Následně bude prostor mezi sloupem a ocelovou trubkou (chráničkou) a také vnitřní část sloupu do úrovně horní hrany betonového bloku vylit betonem. Po osazení plovákového zařízení bude horní hrana sloupu zakryta ocelovým plechem s přesahem 5 cm a zavařena na 8 bodech svarem délky 4 cm. Vzhledem k převýšení bude nezbytné použít čerpadla na beton. Pokud by sloup nebyl z důvodů výrobních již opatřen metalickou protikorozií vrstvou, bude tato provedena po osazení (pozinkování). Svary v místě rektifikačních tyčí budou ošetřeny na stavbě. Po dokončení stavby bude přebytečný výkopek rozprostřen na stávajícím terénu v okolí body, aby vzhledově nerušil okolí.

Levý břeh manipulační bod: Nejprve bude provedeno zaměření bodu a výkopové práce. Výkop bude pažený a s ohledem na přístupnost z koruny hráze a velikosti některých balvanů je možné provádět jej pomocí mechanizace. Dispoziční řešení předpokládá půdorysný rozměr bloku 2,0 x 2,0 m. Základová spára bloku by se měla nacházet pod zvětralou vrstvou horniny, jejíž mocnost je odhadnuta na 0,80 m. I v případě zastižení „zdravé“ horniny by neměla hloubka založení klesnout pod 0,5 m (situaci je možné diskutovat s TDI a autorským dozorem). Bod je umístěn na staré cestě, která v tomto místě vznikla částečným zářezem do svahu, a proto lze zde očekávat vrstvu nasypaného, zhutněného a konsolidovaného horninového materiálu ze svahových sutí. Z úrovně základové spáry povedou do horniny 2 ks mikropilot o délce 8 - 10 m pod úhlem 15° od svislé. Při použití výplachu vrtání bude provedena ochranná hrázka pro zamezení znečištění vody v nádrži – pro materiál hrázky výšky 15 – 20 cm bude použit výkopek. Výztužné prvky mikropilot budou provázány s výztuží bloku pomocí navařené ocelové desky.

Po provedení mikropilot se po uložení podkladního betonu provede realizace betonového bloku do připraveného bednění a vyztužení. Součástí jsou dva výstupní profily z nerezové oceli pro napojení při nízké poloze hladiny. Při přípravě výztuže a bednění bude osazena a zafixována ocelová trubka D 813 mm, která bude sloužit pro přesné uložení ocelového sloupu. Prostor trubky nesmí být v této fázi zabetonován! Následně se osadí ocelový sloup D 508 a pomocí navařených rektifikačních tyčí se usadí do svislé polohy a v ní zafixuje, aby při následné betonáži nedošlo k posuvu či pootočení. Následně bude prostor mezi sloupem a ocelovou trubkou (chráničkou) a také vnitřní část sloupu do úrovně horní hrany betonového bloku vylit betonem. Horní hrana sloupu bude zakryta ocelovým plechem s přesahem 5 cm a zavařena na 8 bodech svarem délky 4 cm. Na sloup bude navařeno 5 ocelových oblouků pro uchycení vrátku respektive primárního a sekundárního nosného systému v závislosti na poloze hladiny. Vzhledem k převýšení bude nezbytné použít čerpadla na beton. Pokud by sloup nebyl z důvodů výrobních již opatřen metalickou protikorozií vrstvou, bude tato provedena po osazení (pozinkování). Svary v místě rektifikačních tyčí budou ošetřeny na stavbě (ocelové oblouky mohou být navařeny před celkovou metalizací sloupu, což zvýší spolehlivost protikorozií ochrany). Po dokončení stavby a obsypání bodu do původního tvaru terénu bude přebytečný výkopek rozprostřen na stávajícím terénu v okolí body, aby vzhledově nerušil okolí.

Pravý břeh permanentní bod: Stavba bude zahájena vyměřením staveniště a instalací oplocení části cesty. Poté budou provedeny zemní práce – sjezdová rampa a výkopy pro založení bloku. Dispoziční řešení předpokládá půdorysný rozměr bloku 2,0 x 2,0 m. Základová spára bloku se nebude nacházet pod vrstvou sutí, které tvoří pokryvné útvary a

jejichž mocnost je odhadnuta na 3,0 m. I v případě zastižení „zdravé“ horniny by neměla hloubka založení klesnout pod 0,8 m (situaci je možné diskutovat s TDI a autorským dozorem). Bod je umístěn ve svahu pod lesní cestou, která v tomto místě vznikla částečným zářezem do svahu a částečným násypem. V horní části výkopu lze očekávat vrstvu nasypného, zhuťného a konsolidovaného horninového materiálu ze svahových sutí. Výkop musí být zapažený, aby se předešlo vyvalení sutí do prostoru stavební jámy. Sjezdová rampa a realizační plocha pro vrtnou soupravu bude provedena urovnáním svahu, vysypáním vrstvou šterku fr. 32 – 63 a jejím zhuťněním vibračním pěchem (po dokončení stavby se realizační plocha a rampa zasype výkopkem, aby splynuly se svahem. Z úrovně základové spáry povedou do horniny 2 ks mikropilot o délce 8 - 10 m pod úhlem 15° od svislé. Při použití výplachu vrtání bude provedena ochranná hrázka pro zamezení znečištění vody v nádrži – pro materiál hrázky výšky 15 – 20 cm bude použit výkopek. Výztužné prvky mikropilot budou provázány s výztuží bloku pomocí navařené ocelové desky.

Po provedení mikropilot se po uložení podkladního betonu provede realizace betonového bloku do připraveného bednění a vyztužení. Součástí jsou tři výstupní profily z nerezové oceli (jeden je rezervní). Vzhledem k převýšení lze beton dopravit z cesty soustavou žlabů nebo pomocí čerpadla. Po dokončení stavby a obsypání bodu do původního tvaru terénu bude přebytečný výkopek rozprostřen na stávajícím terénu v okolí body, aby vzhledově nerušil okolí.

Další postup a obecné poznámky:

Betonová směs musí být řádně zhuťněna a doba odhalení pracovní spáry by neměla překročit 12 hodin. Pokud je nezbytná delší časová prodleva, očistí se pracovní spára a aplikují se vhodné adhezní můstky.

Po dokončení betonáže následuje technologická přestávka, během níž se beton dle počasí a potřeby ošetřuje.

Montážní práce na norné stěně probíhají na sjezdu z koruny hráze při levém zavázání. Počáteční sestavování probíhá za účasti zástupce dodavatele technologie, který dohlíží na dodržení postupu. Sestavené části se postupně posouvají do nádrže a po celkovém sestavení se celá konstrukce norné stěny přeplaví na určené místo.

Jako součást dokumentace stavby zajistí zhotovitel protokol či jiný doklad o provedených mikropilotách (celková délka, použitá směs, zastižené podmínky v hornině, délka kořene), dále o použitém betonu (třída, označení atd.), o dodržení jakosti oceli sloupů a horninových kotvách na ochranu staveniště. V průběhu stavby je dále nezbytné provést kontrolu zakrývaných konstrukcí tj. po ukončení výkopových prací (kontrola figury výkopů); po provedení mikropilotáže a přípravy bednění a výztuže (kontrola vyvázání výztuže, provedení napojení výztuhy mikropilot, nerezových ok a chráničky na výztuž bloku) a po osazení sloupů.

### ***g) požadavky na provoz zařízení, údaje o materiálech, energiích, dopravě, skladování apod.***

Provoz norné stěny sestává z pravidelného odstraňování zachyceného plávi v souladu s běžnými postupy a praxí na vodním díle Jirkov. Dále se předpokládá 2 x v roce vizuální kontrola stavu jednotlivých prvků, zejména ocelových – lana, šrouby, úchyty.



Mimo okamžik manipulaci bude primární nosný systém norné stěny ukotven do středních úchytů na kotevních bodech a sekundární do spodních.

Samostatným prvkem z hlediska provozu je lodní brána, která by měla být „zavřená“ a otvírána pouze pro proplutí lodi.

V prostorách provozovatele vodního díla by měl být uložen elektrický naviják a plovoucí lano s požadovanými vlastnostmi dl. 115 m a dále náhradní díly – spojovací materiál, nerezová lana potřebných délek a bóje a další náhradní prvky stěny.

### ***h) řešení komunikací a ploch z hlediska přístupu a užívání osobami s omezenou schopností pohybu a orientace***

Na stavbu ani staveniště není povolen vstup osobám s omezenou schopností pohybu a orientace a žádné úpravy komunikací ani ploch pro účely užívání jmenovanými osobami nejsou navrženy.

### ***i) důsledky na životní prostředí a bezpečnost práce***

Po dokončení nebude stavba negativně ovlivňovat životní prostředí. Navržená stavební ani technologická část neprodukuje žádné emise do ovzduší, hluk ani odpad. Navržené materiály stavební části neuvolňují v průběhu životnosti konstrukce látky poškozující životní prostředí.

Materiály technologické části, které jsou v kontaktu se surovou pitnou vodou v nádrži, musí splňovat požadavky na inertnost, i při poškození vnějšího obalu. Dodavatel norné stěny musí prokázat aplikace na vodárenských nádržích nebo certifikáty dokládající nezávadnost použitých látek.

Navržené řešení norné stěny předpokládá nerezovou a zinkem metalizovanou ocel pro rám brány a jistící nosný systém, UV stabilizované MDPE s nenasákavý PU pro bóje a gumo-nylonový kompozit pro tělo stěny a primární nosný systém. Pro ocelové sloupy se použije metalizovaná ocel (body po svarech je zapotřebí opatřit protikorozi ochranou přímo na stavbě).

Z pohledu zpracovatele projektové dokumentace se předpokládá více zhotovitelů na stavbě. Zároveň zpracovatel dokumentace nepředpokládá, že celkový plánovaný objem prací a činností během realizace díla přesáhne 500 pracovních dnů v přepočtu na jednu fyzickou osobu. Samostatnou částí dokumentace je kompletní plán BOZP stavby.

## **Statické výpočty a výkresy – inženýrské objekty a provozní soubory**

### ***Použité podklady a normy:***

- VD Jirkov - Posudek bezpečnosti při povodních, Vodní díla – TBD, a.s.; prosinec 2005
- VD Jirkov – Zajištění bezpečnosti vodního díla při povodních, Vodní díla – TBD, a.s.; prosinec 2006

- Metodika pro stanovení zatížení ochranné konstrukce plávím a návrh nosných prvků norných stěn (certifikovaná metodika uznaná MZe ČR 07/2013)
- Clogging of Spillways by Trash; K. Godtland & E. Tesaker; ICOLD Congress Durban 1994.
- Floating Debris Boom Design Recommendations – Modelling Report; Jungseok Ho, University of New Mexico; 2005
- Debris Booms for Protection of Spillways; W.N. Rea, I.R. Kerr; 1999
- US Army, Corps of Engineers: Technical Paper No. 78-3; 1978
- Manipulační řád soustavy vodohospodářských nádrží v oblasti SHP; I.5. Manipulační řád vodního díla Jirkov; Povodí Ohře, s.p; leden 2010
- Manipulační řád soustavy vodohospodářských nádrží v oblasti SHP; I.1. Manipulační řád vodohospodářské soustavy SHP; Povodí Ohře, s.p; červen 2010
- Větrná růžice – VD Jirkov; Český hydrometeorologický ústav
- ČSN 73 6506 Zatížení vodohospodářských staveb ledem
- ČSN 75 0250 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí vodohospodářských staveb
- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
- ČSN EN 1992 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí
- ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí
- ČSN EN 1997–1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – část 1: Obecná pravidla
- ČSN EN 14199 Provádění speciálních geotechnických prací – Mikropiloty
- ČSN EN 12385 - 4+A1 Ocelová drátěná lana – Bezpečnost – Část 4: Pramenná lana pro všeobecné zdvihadací účely
- ČSN 73 1208 Navrhování betonových konstrukcí vodohospodářských objektů

### **Postup výpočtu:**

1. Stanovení zatížení na příčný profil
2. Určení sil v nosném systému (parabolická řetězovka) pro délky systému po 5 m
3. Stanovení hodnoty zatížení od tlaku ledu
4. Výpočet stability betonového bloku bez mikropilot - nevyhovující
5. Návrh mikropilot pro zvolenou hodnotu kotvicích sil
6. Přepočet minimální délky nosného systému pro zvolené síly
7. Ověření stability kotvicích bodů
8. Návrh a posouzení prvků lodní brány

### **Výpočet:**

#### Ad 1. Stanovení zatížení na příčný profil

Výpočet vychází Metodiky pro stanovení zatížení ochranné konstrukce plávím a návrh nosných prvků norných stěn (certifikovaná metodika uznaná MZe ČR 07/2013). Hodnotu stanoveného zatížení dle Metodiky pokládáme v rámci teorie mezních stavů za charakteristickou.

Celková kotevní síla  $F_R$  kolmá na příčný profil se skládá ze tří složek.

$$F_R = F_w + F_u + F_{wav} = 156,85 \text{ kN}$$

a) Příspěvek od proudění vody  $F_w$ 

Nápěch pláví je tažený proudící vodou směrem k hrázi, respektive k šachtovému přelivu a spodním výpustem.

$$F_w = C_d \cdot b \cdot (30 \cdot t + l) \cdot \rho_w \cdot v^2 / 2 = 68,1 \text{ kN}$$

Kde:  $b = 190 \text{ m}$  ...šířka profilu (zaokrouhleno)

$l = 250 \text{ m}$  ...délka nápěchu (stanoveno dle pozice stěny a tvaru nádrže)

$t = 1,0 \text{ m}$  ...průměrná ponořená hloubka nápěchu (předpoklad – dle literatury)

$v = 0,16 \text{ m.s}^{-1}$  ...rychlost proudění při hladině (stanoveno z průtoku  $Q_{10000}$  a aktivního profilu v místě stěny)

$\rho_w = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$  ...hustota vody (zaokrouhleno)

$C_d = 0,1$  ...modelová konstanta – hodnota odpovídá situaci, kdy je rychlost proudění vyšší než 1,1 násobek rychlosti sedimentační

b) Příspěvek od větru  $F_u$ 

Nápěch pláví je tažený větrem vanoucím směrem k hrázi, respektive k šachtovému přelivu a spodním výpustem. S ohledem na nízkou pravděpodobnost směru větru k hrázi (menší než 25%) je zvolena návrhová hodnota rychlosti větru s pravděpodobností překročení 2%.

$$F_u = b \cdot (h + C_{du} \cdot l) \cdot \rho_a \cdot u^2 / 2 = 87,15 \text{ kN}$$

Kde:  $b = 190 \text{ m}$  ...šířka profilu (zaokrouhleno)

$l = 250 \text{ m}$  ...délka nápěchu (stanoveno dle pozice stěny a tvaru nádrže)

$h = 0,5 \text{ m}$  ...průměrná výška nápěchu (předpoklad – dle literatury)

$u = 9,7 \text{ m.s}^{-1}$  ...rychlost větru (odpovídá rychlosti nad hladinou po dobu 30 minut a pravděpodobnosti překročení 2%)

$\rho_a = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$  ...hustota vzduchu (zaokrouhleno)

$C_{du} = 0,028$  ...modelová konstanta

c) Příspěvek od účinků vln  $F_{wav}$ 

Pro vlny do výšky 0,3 m:

$$F_{wav} = b \cdot C_{wav} = 1,9 \text{ kN}$$

Kde:  $b = 190 \text{ m}$  ...šířka profilu (zaokrouhleno)

$C_{wav} = 10$  ...modelová konstanta odvozená z literatury

Ad 2. Určení sil v nosném systému

Primární i sekundární nosný systém norné stěny lze principiálně aproximovat modelem parabolické řetězovky, kde celkovou kotevní sílu  $F_R$  (kN) spočtenou v bodě 1 rovnoměrně rozložíme na celou šířku profilu a získáme spojitě rovnoměrné zatížení  $q$  (kN/m).

Průhyb, tj. vzdálenost jednotlivých bodů nosného systému od teoretické spojnice kotvicích

bodů se za předpokladu nulových momentů řídí rovnicí:

$$F_{rz} \cdot x - F_{rx} \cdot z - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2 = 0$$

Kde:  $F_{rz}$ ...složka výsledné síly v kotvicím bodě kolmá na osu normé stěny  
 $F_{rx}$ ...složka výsledné síly v kotvicím bodě rovnoběžná s osou normé stěny  
 $x$ ...pořadnice rovnoběžná s osou normé stěny (počátek je v pravobřežním bodě)  
 $z$ ...pořadnice kolmá na osu normé stěny (kladná hodnota je směrem k hrázi)

Celkovou délku paraboly  $L$  (m) lze určit s pomocí proměnné  $\lambda$ , jako:

$$L = \frac{F_{rx}}{q} \left( \lambda \sqrt{1 + \lambda^2} + \ln \left( \lambda + \sqrt{1 + \lambda^2} \right) \right)$$

Kde:  $\lambda = F_R / 2 F_{rx}$

Iteračním postupem lze poté dopočítat celkovou sílu v nosném systému a kotvicích bodech. Následující tabulka udává charakteristické hodnoty sil pro různé délky nosného systému.

L (m)	$F_r$ (kN)
195,0	210,3
200,0	157,4
205,0	135,3
210,0	122,8
211,0	120,9
212,0	119,2
212,5	118,4

Z výpočtů je zřejmé, že síla v nosném systému neklesá lineárně s narůstající délkou. Při návrhu se uvažuje s charakteristickou hodnotou síly 118,4 kN, tj. s minimální délkou nosných systémů 212,5 m.

### Ad 3. Stanovení hodnoty zatížení od tlaku ledu

Tlaková síla působící na levý permanentní kotevní bod je stanovena dle ČSN 75 0250 přílohy A – Zatížení vodohospodářských staveb ledem

$$F_s = \gamma_L \cdot (f_{y,el} \cdot h + 2 \cdot \alpha_{iL} \cdot h \cdot \tau \cdot \eta \cdot \varphi) = 240 \text{ kN/m}$$

Kde:  $\gamma_L = 1$  ... součinitel závislý na příslušné délce  $L$  (m) ledové celiny (= 1 při  $L$  do 50 m)  
 $f_{y,el} = 50 \text{ kPa}$  ... mez pružnosti ledu  
 $h = 0,7 \text{ m}$  ... tloušťka ledové celiny (m), (viz článek A.2.2 normy)  
 $\alpha_{iL} = 5,5 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  ... součinitel teplotní délkové roztažnosti ledu  
 $\tau = 2,0 \text{ K.hod}^{-1}$  ... rychlost stoupání teploty vzduchu (K/h)  
 $\eta = 34,73 \text{ kN.h/m}^2$  ... dynamická viskozita ledu  
 $\varphi = 0,38$  ... součinitel dle obr. A.3

Pro účely návrhu uvažujeme maximální úroveň hladiny pro tvorbu ledové celiny na kótě 447,60 m n.m., tj. maximální zásobní hladina. Největšího zatížení ledu bude dosaženo, pokud bude střed zamrzlé celiny na úrovni 446,55 m n.m. (0,7 m tl. celiny; 446,90 m n.m. je hrana betonu, který je 2 m široký).

#### **Návrh prvků (ad 4-7):**

Návrh primárního nosného systému je odvislý od zvolené technologie. Dodavatel musí prokázat, že jeho pevnost je vyšší než 177,6 kN (součinitel nahodilého zatížení 1,5).

Záložní nosný systém může a nemusí být součástí dodávané technologie. V rámci projektové dokumentace je navrženo nerezové 6-ti pramenné ocelové lano s duší z oceli - 6x19WSC o průměru 16 mm při třídě pevnosti lana 1960 nebo 2160. Pro nižší třídu pevnosti (1770) je zapotřebí použít průměr 18 mm.

Betonová část kotevních bodů má rozměry 2,0 x 2,0 x 2,0 m. Tíha betonu je min. 23 kN.m<sup>-3</sup>. Na levém břehu má permanentní kotevní bod 6,0 m vysoký ocelový sloup (celková délka je 7,0 m – 1,0 m zapuštěn do betonu pomocí ocelové chráničky) tvořený silnostěnnou bezešvou trubkou D508 tl. 25 mm z oceli S355J2H. Chránička je tvořena trubkou D813 tl. 8 mm z oceli S235. Pro manipulační bod jsou navrženy stejné trubky, jen výška sloupu je pouze 2,4 m.

Výztuž kotvicího bodu tvoří svařované (kari) sítě KY50 (150 x 150 x 8 mm) umístěné ve vrstvách po 200 mm a provázané v rastru 300 x 300 smykovou výztuží Ø 8 mm 10 505R.

Maximální výška uchycení primárního nosného systému se nachází u permanentního bodu na levém břehu 8,0 m nad základovou sparou. U bodu na pravém břehu 1,5 m a u manipulačního bodu 3,9 m.

Mikropiloty – 2 či 6 ks v kotvicích bodech bodě. Délka 8 - 10 m pod úhlem 10° respektive 15° od svislé (dle zastižené kvality horniny po odkrytí základové spáry a možnosti vrtací soupravy).

Délka kořene pilot v hornině při plášťovém tření 150 kPa je minimálně 3,0 m. Průměr mikropilot je 200 mm a výztuhou je bezešvá trubka 89 / 10 přesahující 0,5 m do bloku. Uvnitř bloku je trubka navařena nebo navázána na výztuž.

#### **Posouzení (ad 4-7):**

##### Navržený primární nosný systém spol. Bolina Booms variantně Hydrotechnik Lübeck

- Charakteristická hodnota síly  $F_r = 118,4$  kN
- Návrhová hodnota síly  $F_{r,d} = 177,6$  kN
- Minimální síla při přetržení (Min. break load)  $F_u = 210$  kN (hodnota poskytnuta dodavatelem Bolina Booms) respektive  $F_u = 240$  kN (hodnota poskytnuta dodavatelem Hydrotechnik Lübeck)

S ohledem na charakter materiálu a systém kontroly volíme součinitel materiálu  $\gamma_m = 1,15$  a návrhová únosnost je tedy min.  $F_{u,d} = 182,6$  kN

$$F_{u,d} = 182,6 \text{ kN} > F_{r,d} = 177,6 \text{ kN} \rightarrow \text{primární nosný systém VYHOVÍ}$$

Lano v záložním nosném systému:

Charakteristická hodnota síly  $F_r = 118,4 \text{ kN}$

Návrhová hodnota síly  $F_{r,d} = 177,6 \text{ kN}$

Minimální síla při přetržení  $F_u = 179 \text{ kN}$

S ohledem na zdvojení systému a pravděpodobnost výskytu jevu je součinitel materiálu  $\gamma_m = 1,0$  a  $F_{u,d} = 179,0 \text{ kN}$

$$F_{u,d} = 179 \text{ kN} > F_{r,d} = 177,6 \text{ kN} \rightarrow \text{záložní lano VYHOVÍ}$$

Kotvicí body - posunutí:a) posouzení na zatížení od normé stěny

Vlastní tíha bodu  $G = 2 \cdot 2 \cdot 23 = 184 \text{ kN}$

Vztlak u levého permanentního bodu  $F_{vz} = 80 + 11,8 = 91,8 \text{ kN}$

Vztlak u pravého permanentního bodu  $F_{vz} = 80 \text{ kN}$

Návrhová posouvající síla  $F_{r,d} = 177,6 \text{ kN}$

Součinitel tření  $f = 0,7$

Bez spolupůsobení mikropilot:

$$F_{r,d} = 177,6 \text{ kN} > G \cdot f = 128,8 \rightarrow \text{NEVYHOVÍ}$$

Se započtením mikropilot:

- Výztuž mikropilot – bezešvá trubka TK 89 x 10 – smyková únosnost jedné mikropiloty (při uvažování plochy pro smyk od posouvající síly  $A = 1,764 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ )
- $F_u = 414 \text{ kN}$  a při uvažování součinitele materiálu  $\gamma_m = 1,15$  je návrhová smyková únosnost jedné mikropiloty  $F_{u,d} = 360 \text{ kN}$

$$F_{u,d} = 360,0 \text{ kN} > F_{r,d} = 177,6 \text{ kN} \rightarrow \text{na posunutí kotvicí bod VYHOVÍ i při realizaci pouze jedné mikropiloty}$$

b) posouzení na zatížení od tlaku ledové celiny – levý permanentní bod

Šířka betonového bloku 2,0 m; součinitel zatížení  $\gamma_Q = 1,5$

$$F_{S,d} = 240,0 \cdot 2,0 \cdot 1,5 = 720 \text{ kN}$$

Bez spolupůsobení mikropilot:

$$F_{S,d} = 720,0 \text{ kN} > G \cdot f = 128,8 \rightarrow \text{NEVYHOVÍ}$$

Se započtením mikropilot (6 ks):

$$F_{u,d} = 2160,0 \text{ kN} > F_{r,d} = 720,0 \text{ kN}$$

Kotvicí bod – excentricita / překlopení:a) permanentní bod na pravém břehu

S ohledem na pravděpodobnost souběhu veličin vyvozujících spočtené zatížení, hodnotíme návrhový stav jako „mimořádný“ resp. „extrémní“ a požadujeme, aby výslednice působících sil směřovala do průřezu, tj.  $e < 1,0$  m.

- Vlastní tíha bodu  $G = 2 \cdot 2 \cdot 23 = 184$  kN
- Vztlak  $F_{vz} = 80$  kN
- Rameno vlastní tíhy ke středu průřezu  $r_{g1} = 0,0$  m
- Rameno vlastní tíhy k hraně bodu  $r_{g2} = 1,0$  m
- Rameno vztlakové síly ke středu průřezu  $r_{vz1} = 0,0$  m
- Rameno vztlakové síly k hraně bodu  $r_{vz2} = 1,0$  m
- Návrhová posouvající síla  $F_{r,d} = 177,6$  kN
- Rameno posouvající síly pro primární nosný systém  $r_F = 1,5$  m

Bez spolupůsobení mikropilot:

Součinitel bezpečnosti proti překlopení

$$k = \frac{M_{bránící}}{M_{klopící}} = \frac{184 \cdot 1}{177,6 \cdot 1,5 + 80} = 0,53 \leq 1,0 \rightarrow \text{NEVYHOVÍ}$$

Excentricita

$$e = \frac{M}{N} = \frac{177,6 \cdot 1,5}{184 - 80} = 2,56 \geq 1,0 \rightarrow \text{NEVYHOVÍ}$$

Se započtením mikropilot:

- Výpočtová únosnost kořene mikropiloty  $Q_{rd} = 285$  kN
- Výpočtová únosnost spřaženého průřezu mikropiloty = 347 kN
- Rameno svislé složky síly ke středu průřezu  $r_{m1} = 0,35$  m
- Rameno svislé složky síly k hraně bodu  $r_{m2} = 1,35$  m

Součinitel bezpečnosti proti překlopení

$$k = \frac{M_{bránící}}{M_{klopící}} = \frac{184 \cdot 1 + 2 \cdot (285 \cdot \cos 15^\circ) \cdot 1,35}{177,6 \cdot 1,5 + 80} = 2,68 \geq 1,0 \rightarrow \text{kotvicí bod VYHOVÍ}$$

Excentricita

$$e = \frac{M}{N} = \frac{177,6 \cdot 1,5 - 2 \cdot (285 \cdot \cos 15^\circ) \cdot 0,35}{184 + 2 \cdot (285 \cdot \cos 15^\circ) - 80} = 0,11 \leq 1,0 \rightarrow \text{kotvicí bod VYHOVÍ}$$

Z posouzení je patrné, že v případě výskytu extrémního namáhání a vývoje limitních hodnot sil v mikropilotách je kotevní bod bezpečný z hlediska momentového namáhání.

**b) permanentní bod na levém břehu – posouzení na přenos sil od norné stěny**

S ohledem na pravděpodobnost souběhu veličin vyvolujících spočtené zatížení, hodnotíme návrhový stav jako „mimořádný“ resp. „extrémní“ a požadujeme, aby výslednice působících sil směřovala do průřezu, tj.  $e < 1,0$  m.

- Vlastní tíha betonové části bodu  $G = 2 \cdot 2 \cdot 23 = 184$  kN
- Vlastní tíha ocelového sloupu  $G = (6 \cdot 298 \cdot 10) / 1000 = 17,9$  kN
- Vztlak  $F_{vz} = 80 + 11,8 = 91,8$  kN
- Rameno vlastní tíhy ke středu průřezu  $r_{g1} = 0,0$  m
- Rameno vlastní tíhy k hraně bodu  $r_{g2} = 1,0$  m
- Rameno vztlakové síly ke středu průřezu  $r_{vz1} = 0,0$  m
- Rameno vztlakové síly k hraně bodu  $r_{vz2} = 1,0$  m
- Návrhová posouvající síla  $F_{r,d} = 177,6$  kN
- Rameno posouvající síly pro primární nosný systém  $r_F = 8,0$  m

Bez spolupůsobení mikropilot:

Součinitel bezpečnosti proti překlopení

$$k = \frac{M_{bránící}}{M_{klopící}} = \frac{201,9.1}{177,6.8 + 91,8.1} = 0,13 \leq 1,0 \rightarrow \text{NEVYHOVÍ}$$

Excentricita

$$e = \frac{M}{N} = \frac{177,6.8}{110,1} = 12,9 \geq 1,0 \rightarrow \text{NEVYHOVÍ}$$

Se započtením mikropilot:

- Výpočtová únosnost kořene mikropiloty  $Q_{rd} = 285$  kN
- Výpočtová únosnost spřaženého průřezu mikropiloty = 347 kN
- První trojice mikropilot
  - Rameno svislé složky síly ke středu průřezu  $r_{m1} = 0,45$  m
  - Rameno svislé složky síly k hraně bodu  $r_{m2} = 1,45$  m
- Druhá trojice mikropilot
  - Rameno svislé složky síly ke středu průřezu  $r_{m1} = -0,45$  m
  - Rameno svislé složky síly k hraně bodu  $r_{m2} = 0,55$  m

Součinitel bezpečnosti proti překlopení

$$k = \frac{M_{bránící}}{M_{klopící}} = \frac{201,9.1 + 3 \cdot (285 \cdot \cos 15^\circ) \cdot 1,45 + 3 \cdot (285 \cdot \cos 10^\circ) \cdot 0,55}{177,6.8 + 91,8.1} = 1,23 \geq 1,0 \rightarrow$$

kotvicí bod VYHOVÍ



## Excentricita

$$e = \frac{M}{N} = \frac{177,6,8 - 3 \cdot (285 \cdot \cos 15^\circ) \cdot 0,45 + 3 \cdot (285 \cdot \cos 10^\circ) \cdot 0,45}{201,9 + 3 \cdot (285 \cdot \cos 15^\circ) + 3 \cdot (285 \cdot \cos 10^\circ) - 91,8} = 0,80 \leq 1,0 \rightarrow \text{kotvici}$$

bod VYHOVÍ

Z posouzení je patrné, že v případě výskytu extrémního namáhání a vývoje limitních hodnot sil v mikropilotách je kotevní bod bezpečný z hlediska momentového namáhání od sil v primárním systému normé stěny.

Posouzení ocelového profilu sloupu na namáhání od ohybu:

$$\sigma_d = \frac{N_d}{A} + \frac{M_d}{W_e} = \frac{17,9}{37,9 \cdot 10^{-3}} + \frac{1065,6}{4,37 \cdot 10^{-3}} = 244,3 \text{ MPa}$$

Kde:  $N_d = 17,9 \text{ kN}$  ... vlastní tíha sloupu k profilu zapaštění  
 $M_d = 1065,6 \text{ kNm}$  ... návrhová hodnota momentu (177,66)  
 $A = 37,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$  ... plocha průřezu (D508, tl. 25)  
 $W_e = 4,37 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  ... elastický modul průřezu (D508, tl. 25)

Únosnost materiálu S355J2H do meze kluzu:

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_m} = \frac{355}{1,15} = 308,7 \text{ MPa}$$

$$f_{y,d} = 308,7 \geq 244,3 = \sigma_d \rightarrow \text{průřez VYHOVÍ}$$

c) permanentní bod na levém břehu – posouzení na tlak ledové celiny

S ohledem na pravděpodobnost souběhu veličin vyvozujících spočtené zatížení, hodnotíme návrhový stav jako „mimořádný“ resp. „extrémní“ a požadujeme, aby výslednice působících sil směřovala do průřezu, tj.  $e < 1,0 \text{ m}$ .

- Vlastní tíha betonové části bodu  $G = 2 \cdot 2 \cdot 23 = 184 \text{ kN}$
- Vlastní tíha ocelového sloupu  $G = (6 \cdot 298 \cdot 10) / 1000 = 17,9 \text{ kN}$
- Vztlak  $F_{vz} = 80 + 11,8 = 91,8 \text{ kN}$
- Rameno vlastní tíhy ke středu průřezu  $r_{g1} = 0,0 \text{ m}$
- Rameno vlastní tíhy k hraně bodu  $r_{g2} = 1,0 \text{ m}$
- Rameno vztlakové síly ke středu průřezu  $r_{vz1} = 0,0 \text{ m}$
- Rameno vztlakové síly k hraně bodu  $r_{vz2} = 1,0 \text{ m}$
- Návrhová posouvající síla od tlaku celiny  $F_{r,d} = 720,0 \text{ kN}$
- Rameno posouvající síly pro primární nosný systém  $r_F = 1,65 \text{ m}$

Bez spolupůsobení mikropilot:

Součinitel bezpečnosti proti překlopení

$$k = \frac{M_{bránici}}{M_{klopici}} = \frac{201,9.1}{720,0.1,65 + 91,8.1,0} = 0,16 \leq 1,0 \rightarrow \text{NEVYHOVÍ}$$

Excentricita

$$e = \frac{M}{N} = \frac{720,0.1,65}{110,1} = 10,8 \geq 1,0 \rightarrow \text{NEVYHOVÍ}$$

Se započtením mikropilot:

- Výpočtová únosnost kořene mikropiloty  $Q_{rd} = 285 \text{ kN}$
- Výpočtová únosnost spřaženého průřezu mikropiloty = 347 kN
- První trojice mikropilot
  - Rameno svislé složky síly ke středu průřezu  $r_{m1}=0,45 \text{ m}$
  - Rameno svislé složky síly k hraně bodu  $r_{m2}=1,45 \text{ m}$
- Druhá trojice mikropilot
  - Rameno svislé složky síly ke středu průřezu  $r_{m1}=-0,45 \text{ m}$
  - Rameno svislé složky síly k hraně bodu  $r_{m2}=0,55 \text{ m}$

Součinitel bezpečnosti proti překlopení

$$k = \frac{M_{bránici}}{M_{klopici}} = \frac{201,9.1 + 3.(285.\cos 15^\circ).1,45 + 3.(285.\cos 10^\circ).0,55}{720,0.1,65 + 91,8.1,0} = 1,46 \geq 1,0 \rightarrow$$

kotvicí bod VYHOVÍ

Excentricita

$$e = \frac{M}{N} = \frac{720,0.1,65 - 3.(285.\cos 15^\circ).0,45 + 3.(285.\cos 10^\circ).0,45}{201,9 + 3.(285.\cos 15^\circ) + 3.(285.\cos 10^\circ) - 91,8} = 0,66 \leq 1,0 \rightarrow$$

kotvicí bod VYHOVÍ

Z posouzení je patrné, že v případě výskytu extrémního namáhání a vývoje limitních hodnot sil v mikropilotách je kotevní bod bezpečný z hlediska momentového namáhání od sil tlaku ledové celiny.

#### d) manipulační bod na levém břehu – posouzení na přenos sil od norné stěny

S ohledem na pravděpodobnost souběhu veličin vyvolujících spočtené zatížení, hodnotíme návrhový stav jako „mimořádný“ resp. „extrémní“ a požadujeme, aby výslednice působících sil směřovala do průřezu, tj.  $e < 1,0 \text{ m}$ .

- Vlastní tíha betonové části bodu  $G = 2.2.2.23 = 184 \text{ kN}$
- Vlastní tíha ocelového sloupu  $G = (2,4.298.10)/1000 = 7,7 \text{ kN}$
- Vztlak  $F_{vz} = 80 + 3,7 = 83,7 \text{ kN}$
- Rameno vlastní tíhy ke středu průřezu  $r_{g1}=0,0 \text{ m}$
- Rameno vlastní tíhy k hraně bodu  $r_{g2}=1,0 \text{ m}$

- Rameno vztlakové síly ke středu průřezu  $r_{vz1}=0,0$  m
- Rameno vztlakové síly k hraně bodu  $r_{vz2}=1,0$  m
- Návrhová posouvající síla  $F_{r,d}=177,6$  kN
- Rameno posouvající síly pro primární nosný systém  $r_F=3,9$  m

Bez spolupůsobení mikropilot:

Součinitel bezpečnosti proti překlopení

$$k = \frac{M_{bránici}}{M_{klopici}} = \frac{191,7.1}{177,6.3,9 + 83,7.1,0} = 0,25 \leq 1,0 \rightarrow \text{NEVYHOVÍ}$$

Excentricita

$$e = \frac{M}{N} = \frac{177,6.3,9}{191,7 - 83,7} = 6,41 \geq 1,0 \rightarrow \text{NEVYHOVÍ}$$

Se započtením mikropilot:

- Výpočtová únosnost kořene mikropiloty  $Q_{rd}=285$  kN
- Výpočtová únosnost spřaženého průřezu mikropiloty = 347 kN
- Rameno svislé složky síly ke středu průřezu  $r_{m1}=0,45$  m
- Rameno svislé složky síly k hraně bodu  $r_{m2}=1,45$  m

Součinitel bezpečnosti proti překlopení

$$k = \frac{M_{bránici}}{M_{klopici}} = \frac{191,7.1 + 2.(285.\cos 15^\circ).1,45}{177,6.3,9 + 83,7} = 1,28 \geq 1,0 \rightarrow \text{kotvicí bod VYHOVÍ}$$

Excentricita

$$e = \frac{M}{N} = \frac{177,6.3,9 - 2.(285.\cos 15^\circ).0,45}{191,7 + 2.(285.\cos 15^\circ) - 83,7} = 0,68 \leq 1,0 \rightarrow \text{kotvicí bod VYHOVÍ}$$

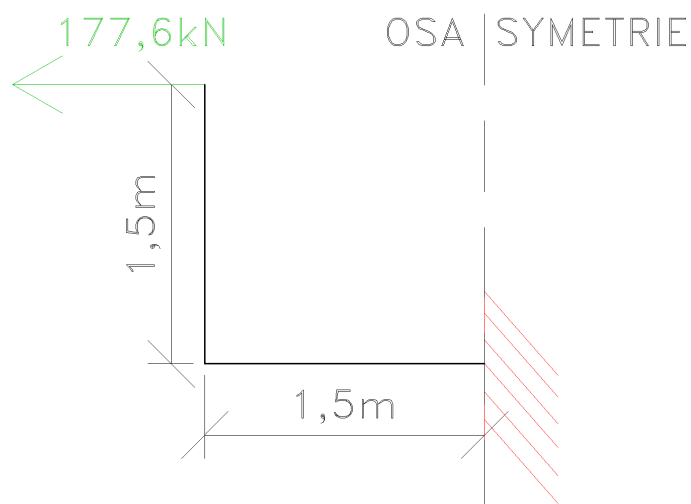
Z posouzení je patrné, že v případě výskytu extrémního namáhání a vývoje limitních hodnot sil v mikropilotách je kotevní bod bezpečný z hlediska momentového namáhání od sil v primárním systému norné stěny.

#### Ad 8. Návrh a posouzení prvků lodní brány

Lze předpokládat, že lodní brána bude součástí technologické dodávky. Následující výpočet představuje jednoduchý návrh z nerezového U rámu svařeného z uzavřených čtvercových svařovaných celistvých profilů 300 x 300 x 15 mm. V případě potřeby je možné návrh optimalizovat, například změnou statického schématu, za účelem snížení množství materiálu

a ceny v dalším stupni dokumentace při zachování spolehlivosti. Optimalizace by měla být provedena až po výběru dodavatele technologie a v souladu s jeho přípojovacími prvky, aby nevznikl problém s napojením.

Statické schéma a je patrné z následujícího obrázku:



Prvek je namáhaný normálovou silou a momentem, kde napětí v horních vláknech vodorovné části lze spočítat jako:

$$\sigma_d = \frac{N_d}{A} + \frac{M_d}{W_e} = \frac{177,6}{17,1 \cdot 10^{-3}} + \frac{177,6 \cdot 1,5}{1,55 \cdot 10^{-3}} = 182,3 \text{ MPa}$$

Kde:  $N_d = 165 \text{ kN}$  ...návrhová hodnota normálové síly

$M_d = 247,5 \text{ kNm}$  ...návrhová hodnota momentu

$A = 17,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$  ... plocha průřezu

$W_e = 1,55 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  ...elastický modul průřezu

Únosnost materiálu 1.4301 do meze kluzu:

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_m} = \frac{210}{1,15} = 182,6 \text{ MPa}$$

$$f_{y,d} = 182,6 \geq 182,3 = \sigma_d \rightarrow \text{průřez VYHOVÍ}$$

S ohledem na pravděpodobnost výskytu jevu není požadováno splnění mezního stavu použitelnosti.