

Tel.: 602 432 423

e-mail: info@betonconsult.cz

Objednatel:

Povodí Ohře, s.p.

**Stavebně-technický průzkum zdiva hráze a souvisejících konstrukcí
na VD Stráž pod Ralskem**



Zpracovali:

Miroslav Gottwald
diagnostika staveb, sanace konstrukcí

Schválil:

Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.
autorizovaný inženýr a soudní
znalec

Praha, prosinec 2023

Číslo zprávy: 71/23

[Handwritten signature]
BETONCONSULT s.r.o.
140 00 Praha 4, V Rovínách 123
602 432 423, www.betonconsult.cz
DIČ: CZ27366774

[Handwritten signature]



1. Obsah

1. Obsah	2
2. Úvod.....	3
3. Stručný popis posuzovaného objektu.....	4
4. Výsledky stavebně-technického průzkumu	5
4.1 Vizuální zhodnocení stavu zkoumaných konstrukcí	5
4.1.1 Přelivné pole tělesa hráze (návodní líc)	6
4.1.2 Křídla přelivného pole (návodní líc).....	7
4.1.3 Lícové opevnění levého břehu hráze.....	8
4.1.4 Lícové opevnění pravého břehu hráze	10
4.2 Vyhodnocení výsledků zkoušek.....	12
4.2.1 Pevnost kamenného zdiva	12
4.2.2 Pevnost betonu v tlaku (betonová křídla hráze)	14
4.2.3 Predikce koroze výztuže uvnitř betonových křídel	15
4.2.4 Alkalická reakce kameniva uvnitř betonu	17
4.2.5 Mrazuvzdornost betonu (betonová křídla hráze)	18
5. Celkové zhodnocení výsledků stavebně-technického průzkumu a doporučení sanačních postupů	20
5.1 Přelivné pole tělesa hráze (návodní líc)	20
Doporučení sanačního zásahu pro přelivné pole tělesa hráze	21
5.2 Křídla přelivného pole (návodní líc)	22
Doporučení sanačního zásahu pro křídla přelivného pole	23
5.3 Opevnění levého a pravého břehu hráze	24
Doporučení sanačního zásahu pro lícové opevnění břehu hráze.....	25

2. Úvod

Na základě smlouvy o dílo č. 1.030/2023 se společností Povodí Ohře, s.p., byl proveden dne 18. 10. 2023 stavebně-technický průzkum vodního díla Stráž pod Ralskem, a to v místě zjištěných defektů vzdouvacího objektu.

Předmětem zkoumání byly tyto části konstrukce:

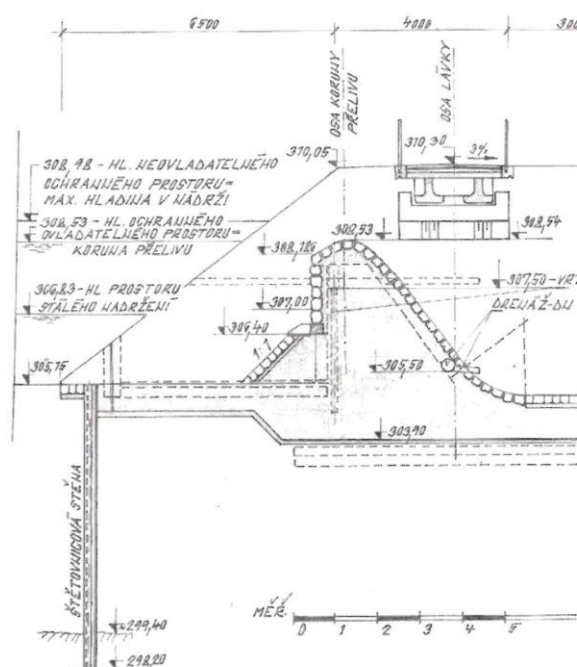
- přelivné pole tělesa hráze (návodní líc),
- křídla přelivného pole (návodní líc),
- lícové zdivo (opevnění) levého břehu hráze,
- lícové zdivo (opevnění) pravého břehu hráze.

Stavebně-technický průzkum byl koncipován tak, aby bylo možné předložit poznatky o složení, rozměrech a stavu zkoumaných konstrukčních prvků vodního díla a současně definovat jejich aktuální kvalitu v konstrukci, včetně předpokladu možnosti dalšího jejího využití či životnosti. Pokladním dokumentem pro rozsah stavebně technického průzkumu byla „Nálezová zpráva VD Stráž pod Ralskem“, která identifikovala a upřesnila oblasti s poškozením opevnění břehů. Rozsah prací byl tedy stanoven v následujícím znění:

- vizuální prohlídka předmětných konstrukcí v místě zjištěných defektů, rozsahy defektů a fotodokumentace,
- odběr jádrových vývrtů o průměru 70 mm v pěti zkoumaných oblastech,
- stanovení pevnosti betonu v tlaku destruktivně na jádrových vývrtech,
- stanovení pevnosti kamene a zdící malty,
- stanovení pevnosti betonu v tlaku nedestruktivně metodou Maškova špičáku na povrchu železobetonových prvků,
- predikce koroze výztuže porovnáním souboru tloušťky krycí a zkarbonatované vrstvy betonu,
- ověření kontaminace konstrukce reakčními gely ASR,
- mrazuvzdornost betonu podle ČSN 73 1326, metoda A na 75 zmrazovacích cyklů,
- hodnotící zpráva o stavu konstrukce, doporučení typu vhodného sanačního zásahu.

Podstatou průzkumu tedy bude zhodnotit aktuální technický stav konstrukcí a navrhnout taková opatření, která by vedla ke zvýšení celkové odolnosti a stability zkoumaných konstrukčních prvků.

V letech 1912 až 1915 byl postaven s pomocí dřevěných pilotů a roštů na řece Ploučnici rybník, který měl zadržovat vody při povodňových vlnách. Jeho hráz byla sypaná. První úpravy hráze, včetně bezpečnostního přelivu nařídila *Zemská komise pro úpravu vod* již v roce 1926. Tehdy byla hráz vysoká 7,3 m a dlouhá cca 950 m. V koruně hráze byla vybudována silnice 2. třídy.



BETONCONSULT®
www.betonconsult.cz

je cca 5,25 m. Tvoří ji betonový blok z opěrné zdi, křídla z návodního a vzdušního líce, vlastní přelivné pole, desky před přelivným polem a desky za přelivným polem (na vzdušné straně přelivu). Přední část desky před přelivným polem navazuje na nosník, přibetonovaný k hornímu zhlaví štětovnicové stěny. Tato vzniklá dilatační spára je těsněna pryžovým pásem šířky cca 40 cm. Dilatace s těsnicím pásem je i v přední části návodního křídla v návaznosti na blok spodních výpustí. Přeliv je dvupolový, nehrazený s čelní beztlakovou přelivnou plochou, rozdělenou objektem spodních výpustí. Povrchové, tedy funkční plochy přelivu jsou obloženy lícovým kamenem.

Spodní výpusti jsou umístěny v železobetonovém objektu o rozměrech cca 6,8 x 5,9 m, který je situován uprostřed funkčního objektu hráze mezi přelivnými poli.

4. Výsledky stavebně-technického průzkumu

Níže v textu jsou popsány metodiky jednotlivých provedených zkoušek a současně jejich výsledky. Z vybraných konstrukčních prvků vodního díla byly odebrány jádrové vývrty s cílem zachytit aktuální kvalitu a složení zděné konstrukce, včetně typu jejího poškození, vedoucí k degradaci, především zdící malty. Odebrané jádrové vývrty tak byly následně podrobeny příslušným zkouškám.

Provedené zkoušky probíhaly v souladu s českými normami, popř. s harmonizovanými tzv. evropskými normami. Některé zkoušky vycházejí z Technických podmínek pro sanace železobetonových konstrukcí TP SSBK III s využitím dlouhodobých zkušeností zpracovatelů stavebně-technického průzkumu. Výsledky zkoušek jsou uvedeny v příložených tabulkách.

4.1 Vizuální zhodnocení stavu zkoumaných konstrukcí

Předmětem zkoumání byly oblasti, zasažené defekty, a to jak v případě tělesa hráze, tak i jeho návazných břehových partií. Jedná se o oblasti jak obložené lícovým kamenným zdivem, tak i železobetonové prvky např. křídel. Průzkumné práce, resp. vizuální hodnocení stavu konstrukce bylo současně zaměřeno i na dříve zjištěné defekty, které byly popsány v dokumentu „Nálezová zpráva VD Stráž pod Ralskem“.

4.1.1 Přelivné pole tělesa hráze (návodní líc)

Povrch konstrukce přelivného pole tělesa hráze je celoplošně opatřen kamenným lícovým zdívem. To je ukládáno do maltového lože a přizděno před železobetonovou stěnu



přelivu. Lícové zdivo je ve většině případů poměrně kvalitně vyspárováno, jak v ložných, tak i styčných spárách zdiva. Jediné oblasti, kde bylo zaznamenáno poškození či výskyt trhlin, je v místě dilatačních spár nebo některých oblastí rohových partií přelivného pole (hrana). Smršťovací trhliny ve spárovací

hmotě byly zaznamenány pouze v lokálních oblastech.

Před přelivnou hranou je umístěna svažité stěna, pravděpodobně provedena z násypu, která je opatřena kamenným lícovým opevněním.

Na povrchu kamenného lícového opevnění nejsou zaznamenány žádné zásadnější defekty vyjma lokální mrazové degradace, kde dochází k poškozování povrchových vrstev kamene, a to především v místě kolísání vodní hladiny. Jedná se však o zanedbatelné povrchové defekty do hloubky cca 1 mm. V ložných a styčných spárách opevnění jsou zřejmé trhliny, které vznikají objemovými změnami použitých spárovacích hmot. Pokud se nejedná o materiály s expanzivními přísadami, jejich objemová změna je natolik výrazná, že dojde k otevření spáry a k výskytu trhlin. Tyto defekty umožňují transport vlhkosti do konstrukce, což má negativní dopad na vyluhování např. hydraulického pojiva z maltového lože. To postupně vede k jeho rozpadu.



To také bylo zachyceno na jádrovém vývrtu č. 3, který byl situován do oblasti přelivného pole, kde je vynesena spárovací malta kompaktní do hloubky cca 50 až 70 mm.

V ostatních případech jsou vyluhovány prakticky veškeré pojivové látky z maltového lože a při odběru jádrového vývrtu byly tyto oblasti vynášeny v podobě výplňových složek (hrubé podíly písků a lokálně kompaktní části zdicí malty), a to až k podloží.

Na povrchu lícového zdiva bezpečnostního přelivu se vyskytuje poměrně značné množství výluhů v odhadovaném rozsahu cca 6 m². Jedná se o oblasti, kde dochází k dlouhodobému zatékání do konstrukčního prvku, což má za následek vyluhování hydraulického pojiva z cementové matrice zdicí malty, resp. maltového lože.



Konstrukce samotného bezpečnostního přelivu je členitá a tvoří ji návazná železobetonová deska před přelivným polem, navazující na nosník, přibetonovaný k hornímu zhlaví štětovicové stěny. Byť je standardně dilatační spára mezi štětovicovou stěnou a vodorovnou deskou s jistotou těsněna, dochází zde k výskytu trhliny a k otevření dilatační spáry v podélném směru. Tato trhlina se současně propisuje do železobetonových křídel konstrukce. Dále byly na konci tělesa hráze zaznamenány diagonální trhliny, které signalizují mírný pokles lícového zdiva (kamene), tedy v místě absence paty zdiva. Tento defekt je zaznamenán na levé straně konstrukce.

4.1.2 Křídla přelivného pole (návodní líc)

Obě železobetonová křídla přelivného pole jsou na svém povrchu narušena mrazovou degradací. V některých oblastech byly zaznamenány sítě všesměrných trhlin, které souvisí s poškozením povrchových vrstev zmiňovanou mrazovou degradací. Nejvíce těchto trhlin je zaznamenáno v místě kolísání vodní hladiny.

Zásadní je však trhlina, která navazuje na dilatační spáru u štětovnicové stěny, tedy v desce před přelivným polem, která se následně propisuje do křídel. V některých oblastech jsou zřejmé i uhličitanové výluhy, které jsou doprovodným jevem v případě zatékání do konstrukčního prvku a vyluhování hydraulického pojiva z cementové matrice betonu.



Na plášti vynesných jádrových vývrtů je zřejmý beton, plněný především hrubozrnnými podíly těžného říčního kameniva, doplněného jemnozrnnými frakcemi drceného lomového kamene frakce 4/8, maximálně 8/16 mm.

Na plášti vynesných jádrových vývrtů nejsou zaznamenány žádné dislokované oblasti kameniva, tedy jejich větších zrn. Jedná se tedy spíše o jemnozrnné betony. Při odběru



jádrových vývrtů byla dále zachycena výztuž o průměru cca 14 mm, a to cca 70 až 120 mm od čela vývrtu. Výztužné vložky nevykazují známky jakéhokoliv korozního napadení. V okolí výztuže je maltový tmel spolehlivě zhutněn a bezproblémově

obaluje výztužné vložky. Hutnost maltového tmelu je dokládána po celé délce odebraného jádrového vývrtu, neboť se zde nevyskytují žádné významnější vzduchové póry či jiné oblasti, které by signalizovaly horší probetonování konstrukce.

4.1.3 Lícové opevnění levého břehu hráze

Jedná se o levobřežní opevnění návodního svahu, kde horní partie konstrukce jsou zaneseny travním porostem, který je uchycen jak v ložných tak i styčných spárách lícového

zdiva. Součástí levobřežní stěny je i sjezdová komunikace. Tu tvoří také kamenné opevnění, které je poměrně slušně vyspárováno a nejeví známky zásadnějšího poškození. Většina defektů je zaznamenána přímo na návodní straně konstrukce, tedy v místě kontaktu s vodní hladinou.

Na základě provedeného vizuálního hodnocení stavu břehového opevnění byly zaznamenány v některých oblastech výdutě lícového kamene, tedy jeho rozvolnění s absencí zdicí malty, resp. maltového lože. Plošně se jedná o cca 62 m² poškozeného lícového zdiva ovšem s tím, že v místě travních porostů není zřejmé, jaké rozsahy poškození je možné v těchto oblastech



předpokládat. V úvahu připadá rozsah rozvolnění kamenů, rozpad zdicí malty a spárování (včetně trhlin), a to na odhadované ploše cca 30 % povrchu. V dané oblasti je konstrukce hůře přístupná a současně nelze spolehlivě predikovat rozsahy defektů s omezením v podobě porostu povrchu.

Dále byly zaznamenány trhliny ve spárách lícového zdiva, související především s objemovými změnami spárovací hmoty nebo s rozvolněním kamenného opevnění. Celková



délka těchto trhlin je odhadována na cca 395 m. Hlubší defekty spárovací malty lícového zdiva, především v okolí zmiňovaných trhlin, kopírují linii provozní hladiny vody, tedy oblast jejího kolísání. Defekty zdicí malty zasahují až do hloubky 140 mm. Intervalem je pak poškození od

40 mm až do 140 mm.

Rozpad zdicí malty v místě kolísání hladiny byl zaznamenán v celkové délce 118 m (počítány délky ložných a styčných spár zdiva). Rozpad této zdicí malty právě souvisí s výše uvedenými hlubšími defekty v místě spár lícového zdiva, dosahující intervalu od 40 do 140

mm. Absence či poškození paty zdiva je možné vnímat jako statický defekt, neboť tato část konstrukce zajišťuje samotnou stěnu svahu a omezuje její mikropohyby či rozvolnění kamenného opevnění. V případě rozpadu paty zdiva je nutné vnímat tento stav jako nežádoucí a je nezbytné v tomto směru sjednat nápravu. V rámci vizuální prohlídky byly zaznamenány rozpady paty zdiva v celkové délce 31 m. Jedná se buď o rozvolněné části, nebo úplnou absenci kamene v rámci paty zdiva.

Na odebraném jádrovém vývrtnu č. 4 je zachycena část lícového kamene i stav zdicí malty v dané oblasti. Prakticky bylo zachyceno pouze kompaktní čelo vývrtnu, tedy zdicí, resp. spárovací malta, neboť vývrt byl situován do ložné a styčné spáry opevnění. Dále byla z tělesa zaznamenána rozpadlá část zdicí malty, tedy maltového lože, kde byly vynášeny pouze hrubozrnné podíly těžných říčních písků. Sonda byla ukončena ve vzdálenosti cca 500 mm od čela vývrtnu. Konec sondy je zastižen v písčitém podloží nebo v podkladu samotného návodního líce stěny.



4.1.4 Lícové opevnění pravého břehu hráze



Na základě provedené vizuální prohlídky stavu kamenného opevnění břehu hráze byly zaznamenány rozsáhlé defekty, v podobě rozpadu paty zdiva, nebo její úplné absence, a to v délce cca 13 m. Pata zdiva je považována za statický prvek, zajišťující hrázní těleso, resp. svahové oblasti proti pohybům dílčích částí kamenného opevnění. Povrchové vrstvy konstrukce jsou celoplošně vybaveny kamenným lícovým zdivem, nejspíše ukládaným do maltového lože. V horní oblasti konstrukce je však zřejmý porost travin, který narušuje jak ložné tak styčné spáry opevnění.

V těchto oblastech není zřejmý rozsah poškození a lze je jen velmi těžko predikovat. V úvahu připadá rozsah rozvolnění kamenů, rozpad zdící malty a spárování (včetně trhlin), a to na odhadované ploše cca 30 % povrchu.



Naopak v oblastech, které vykazují poškození lícového zdiva, byly zaznamenány jeho výdutě, tedy rozvolnění, v odhadovaném rozsahu cca 30 m². Některé oblasti kamenného opevnění nejsou zcela kompaktní. Jedná se především o oblast diagonální trhliny, nacházející se na konci tělesa hráze, právě navazující na pravobřežní kamenné opevnění břehu hráze.

Dále byly ve spárách lícového zdiva zaznamenány trhliny v celkové délce cca 595 m, které souvisí jak s objemovými změnami použité spárovací hmoty, tak současně i s oblastmi, zaznamenanými jako rozvolněné části opevnění.

Dále byla zaznamenána degradace zdící malty především v oblasti kolísání vodní hladiny a její úplný rozpad. Mrazové poškození konstrukce je zřejmé po celé délce břehového opevnění, především v místě kolísání vodní hladiny. Zaznamenaný rozpad zdící malty byl v odhadované délce cca 98 m, a to jak v ložných, tak i styčných spárách zdiva s hloubkou narušení spárovací hmoty v intervalu od 30 až do 200 mm. Tyto defekty navazují převážně na poškozené oblasti zmiňované paty zdiva. S tím souvisí i konstatování, že se jedná o statický prvek, který svahové části zajišťuje.

Jádrový vývrt č. 5 byl situován do zdiva hráze ve vzdálenosti cca 30 m od betonového křídla, v místě přelivného pole. Vývrtem bylo vyneseno kamenné lícové zdivo v tloušťce cca 240 mm, pod nímž následuje rozpad maltového lože, kde vyluhováním došlo k úplnému rozpadu zdící malty. Při vynášení jádrového vývrtu byly prakticky z dutiny čerpány pouze hrubozrnné podíly výplňového písku. Vývrt byl ukončen v hloubce cca 500 mm na písčitém, resp. podkladním materiálu břehového svahu.



4.2 Vyhodnocení výsledků zkoušek

4.2.1 Pevnost kamenného zdiva

Ke zkouškám kvality zdiva in situ chybí v našich normách prakticky jakékoliv podklady. Pokud se týče kamenných prvků, připadá v úvahu pouze vyjímání celistvých částí ze zdiva a jejich následné destruktivní zkoušení. V případě zdící malty se používají ke stanovení její kvality nedestruktivní metody, případně se její kvalita odhaduje podle jejího složení zjištěného chemickým rozborem.

Pro posuzování kvality malty ve zdivu byla použita speciální nedestruktivní tvrdoměrná metoda vyvinutá a dlouhodobě provozovaná zpracovatelem posudku. Předmětem zkušebního postupu je stanovení tvrdosti malty. Tvrdost malty je při této metodě charakterizována jejím odporem proti vnikání válcového indentoru. Princip metody tedy vychází z předpokladu, že existuje závislost mezi pevností malty v tlaku a její tvrdostí. Při zkoušce je sledován počet úderů m kladivem o hmotnosti 1 kg ze vzdálenosti 0,2 m potřebný

k zaražení indentoru do hloubky 5 mm. Údaj m představuje měřený parametr, který je korelován s pevností malty v tlaku. Získané hodnoty je třeba dále statisticky jistit s ohledem na spodní toleranční mez použitého kalibračního vztahu.

Podstatné pro posouzení kvality zdiva jako celku je vizuální hodnocení konstrukce, zaměřené na tloušťku ložných a svislých spár ve zdivu i celkové provedení, tedy především tzv. vazbu jednotlivých zdicích prvků.

Většina posuzovaných stěn z hlediska stability zdiva vykazuje plošné defekty, spojené s rozvolněním zdicí malty a prakticky s uvolněním dílčích oblastí lícového kamene břehového opevnění. Z hlediska trvanlivosti lze posuzované stěny levého a pravého břehu hráze popsat jako narušené, zejména s ohledem na rozsah poškození zdicí malty, resp. maltového lože. Zachycené traviny v ložných i styčných spárách zdiva (nad provozovanou hladinou) jsou plošného charakteru s pravděpodobným výskytem obdobných defektů. Ve spárách zdiva se v oblastech, kde nebylo popsáno jejich narušení, pravděpodobně vyskytují trhlinky, které umožňují vsakování vody do zdiva a uchycování zmiňované vegetace. Narušení vlastních kamenů, resp. jejich povrchových vrstev, nebylo zásadněji zaznamenáno.

Zjištěná průměrná válcová pevnost lícového kamenného zdiva jako celku je 86,09 MPa při objemové hmotnosti 2.618 kg/m³. Pro lepší představu lze aktuální hodnoty zařadit do třídy pro betony, což by odpovídalo aktuálně C 40/50.

Kvalita spárovací hmoty, zasahující do hloubky cca 70 mm od líce stěny, odpovídá průměrné hodnotě válcové pevnosti na úrovni 11,14 MPa. Aktuální hodnotu lze zařadit do nejnižší pevnostní třídy C 8/10 podle platné ČSN EN 206 +A2.

Rozdílná situace je v kvalitě zdicí malty, resp. maltového lože, kde průměrné hodnoty, stanovené válcovým indetorem, se pohybují v intervalu od 0,42 MPa až do 0,45 MPa. To jsou hodnoty, ovlivňující samotnou výpočtovou pevnost zdiva. **Prakticky signalizují rozpad zdicí malty.**

Při statickém posuzování je třeba zohlednit skutečnost, že tahová pevnost zdiva je prakticky nulová a toto tahové namáhání tedy u ní nelze připustit.

Aktuální kvalita zdicí malty je nízká, nejspíše i s omezenou dávkou cementu. Její rozpad může být do jisté míry ovlivněn i zatékáním do konstrukce, což vede k vyluhování hydraulického pojiva z malty a její následné degradaci. To ostatně potvrdily i odebrané jádrové vývrty, kde došlo úplnému rozpadu maty a vynášeny byly pouze podíly písků. Jediným kompaktním prvkem byly lícové kameny.

Povrchové vrstvy spárovací hmoty vykazují hodnoty, odpovídající nejnižší pevnostní třídě C 8/10.

4.2.2 Pevnost betonu v tlaku (betonová křídla hráze)

Z vynesných jádrových vývrtů z betonových křídel hráze, byla řezáním zhotovena relevantní zkušební válcová tělesa, která byla následně změřena a zvážena tak, aby na nich mohla být stanovena objemová hmotnost. Tělesa byla vyřezána z podpovrchových partií vynesných jádrových vývrtů. Následně byla okoncována speciální rychletuhnoucí sírovou směsí a odzkoušena na pevnost betonu v tlaku destruktivně v elektronicky řízeném hydraulickém zkušebním stroji ADR-ELE 25/250.



Uvedené výsledky zkoušek se dle normativních odkazů běžně stanovují na válci o průměru 150 mm a výšce 300 mm. S ohledem na skutečnost, že takto velká tělesa nelze v mnoha případech vůbec odebírat, jsou u menších těles pomocí souboru výše uvedených zkoušek tyto výsledky kalibrovány a zařizovány a současně hodnoceny dle ČSN EN 13 791. Určení minimální charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci a její zařizování bylo provedeno dle ČSN EN 206.

Povrchové vrstvy všech zkoumaných konstrukčních prvků byly podrobeny nedestruktivnímu stanovení pevnosti betonu v tlaku metodou Maškova špičáku.

V níže uvedené tabulce jsou zapsány průměry jednotlivých zkoušek pevnosti betonu v tlaku v předmětné zkoumané oblasti.

Konstrukce - povrch	Nedestruktivně stanovená pevnost	Odpovídající třída betonu	Destruktivně stanovená pevnost	Odpovídající třída betonu	Průměrná objemová hmotnost
	[MPa]		[MPa]		[kg/m ³]
Betonové křídlo hráze – návodní líc	29,7	C 16/20	39,75	C 30/37	2285

Upozorňujeme, že z dlouhodobých zkušeností víme, že při vyhodnocování výsledků pevnosti betonu v tlaku v konstrukci jsou výsledky u menších průměrů těles mírně

podhodnocovány v řádu cca 15 %. Je to dáno především tím, že s kumulací zrn kamene uvnitř jádrového vývrtu v lokálních oblastech dochází ke zvýšení, resp. ke zpevnění konstrukce. Naopak oblasti, kde kamenivo téměř absentuje, mají velmi nízké hodnoty pevnosti betonu v tlaku. Důležitým parametrem při stanovení pevnosti betonu v tlaku je tak i maximální rozměr kameniva vůči průměru tělesa.

Z vytvořených relevantních těles byla stanovena průměrná válcová pevnost u všech zkoumaných konstrukcí, kde výsledkem je válcová pevnost betonu v tlaku. Zatřídění konstrukce se provádí výpočtem nižší ze dvou hodnot, kde v prvním případě je využita zjištěná průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku, ponížena o koeficient k_n z tabulky D1 normy ČSN 1990 (strana 63) podle počtu těles a následně vynásobena směrodatnou odchylkou. Z tohoto výsledku vyplyne hodnota, která umožňuje zařadit předmětnou konstrukci do pevnostní třídy podle platné ČSN EN 206 +A2.

V případě betonových křídel hráze, byla zjištěna průměrná válcová pevnost na úrovni 39,75 MPa, kde zjištěná výsledná hodnota po odečtení koeficientu, vynásobeného směrodatnou odchylkou, vychází hodnota 30,54 MPa. To umožňuje zařadit zkoumanou konstrukci do pevnostní třídy C 30/37 podle platné ČSN EN 206 +A2. S ohledem na skutečnost, že zjištěná objemová hmotnost na úrovni 2.285 kg/m³ je velmi dobrá, tedy na vysoké úrovni, což vypovídá o kvalitě zhutnění konstrukce.

Druhým postupem byla vypočtena vyšší hodnota, se kterou nelze pro zatřídění betonu zkoumaných trámů dle ČSN EN 13 791 uvažovat (40,65 MPa).

Z hlediska pevnosti betonu v tlaku, stanovené at' již destruktivně či nedestruktivně, jsou zkoumané konstrukční prvky nadále spolehlivě využitelné. Snížené mechanické vlastnosti betonu povrchových vrstev jsou dány působením klimatických vlivů (degradace betonu), kterým je konstrukce vystavena.

Pevnost betonu v tlaku však není jediným parametrem, který ovlivňuje funkčnost či životnost konstrukce.

4.2.3 Predikce koroze výztuže uvnitř betonových křídel

Na povrchu betonových křídel hráze bylo provedeno stanovení tloušťky krycí vrstvy betonu nad výztuží. Ke stanovení byl použit magnetický indikátor výztuže Profoscope

(Proceq, Švýcarsko), který umožňuje stanovit tloušťku krycí vrstvy betonu nad výztuží s přesností ± 1 mm.

Tloušťka zkarbonatované vrstvy byla stanovována kolorimetrickým testem tak, že na prach, vynášený při příklepovém vrtání, bylo sprejem aplikováno kolorimetrické činidlo – fenolftalein. Tloušťka zkarbonatované vrstvy je indikována stavem, kdy dojde k barevnému přechodu vynášeného prachu na temně fialovou. V tomto okamžiku je zastaveno vrtání a hloubka návrtu je považována za tloušťku zkarbonatované vrstvy.

Porovnání souboru tloušťky krycí a zkarbonatované vrstvy umožňuje posoudit, zda se výztuž nachází již ve zkarbonatované oblasti, či je dosud v alkalickém betonu, jehož alkalitou je pasivována a chráněna před rozběhem koroze výztuže. Porovnání obou souborů tedy umožňuje posoudit korozní stav i v oblastech, které nejsou dosud vizuálně poškozeny oddělením krycích vrstev.

V níže uvedené tabulce jsou zaznamenány jednotlivé hodnoty, na jejichž základě lze prognózovat vývoj koroze výztuže i v oblastech, které prozatím nejsou vizuálně poškozeny.

Konstrukce - povrch	Veličina	min [mm]	max [mm]	Průměrná hodnota [mm]	Stav ochrany výztuže alkalitou betonu
Betonové křídlo hráze – návodní líc	krytí	12	51	25,8	Výztuž není chráněna
	karbonatace	13	20	17,0	

Celkově lze výše uvedené výsledky zkoušek považovat za nevyhovující, neboť větší část výztužných vložek se již nachází ve zkarbonatovaném betonu, který ji neochraňuje svou alkalitou před rozběhem koroze. Ztráta pasivační schopnosti betonu je dána poklesem pH uvnitř konstrukce pod 9,6, což je iniciační fáze rozběhu korozních procesů na výztuži. Ovlivňuje to také korozní úbytky výztuže, především jejich objemové změny, které jsou mnohonásobné a poškozují tak ve svém okolí i betonovou konstrukci.

4.2.4 Alkalická reakce kameniva uvnitř betonu

Obsah alkálií (obsah sodíku a draslíku) v betonu je jedním z rozhodujících faktorů, který ovlivňuje riziko vzniku alkalické reakce kameniva v betonu. Reálné stanovení obsahu alkálií v betonu však komplikuje celá řada skutečností. Tam, kde je beton vystaven působení jakýchkoliv zdrojů vody, může být obsah alkálií výrazně snížen dlouhodobým vyluhováním. Podobně, pokud byl beton vystaven transportu vlhkosti na jedné straně a na protilehlé spíše vysoušen, může dojít v jedné oblasti k redukci obsahu alkálií, naopak ve druhé k jejímu zvýšení.

Současně je nezbytné upozornit, že obsah alkálií mohou zvyšovat alkálie obsažené v různých typech kameniva, např. v živici. Pokud existuje podezření, že alkálie mohou být přítomny v minerálech kameniva, doporučuje se, aby bylo z hlediska obsahu alkálií analyzováno separátně kamenivo, a to zejména jemné frakce. Naopak některé typy kameniva mohou alkálie absorbovat. Výrazný vliv na obsah alkálií v betonu mohou mít dále přísady popílku a jemně mleté vysokopevnostní strusky.

Alkalicko-křemičitá reakce způsobuje porušení betonu, protože jde o expanzivní reakci s destruktivním účinkem zejména na povrchu betonových konstrukcí, ale současně i v jeho mikrostruktuře. Reaktivní zrna, obsahující amorfni formu SiO_2 , nebo nedokonale krystalický křemen při kontaktu s vodou a alkáliemi zvětšují několikanásobně svůj objem. Expanzivní charakter ASR způsobuje vznik trhlin tam, kde je reakční zrno kameniva blízko povrchu. K porušení konstrukce tak může dojít jedním z následujících způsobů:

- síť mikrotrhlin s výkvěty bělavých produktů na povrchu: tyto produkty jsou N-S-H a K-S-H, mají zpočátku bělavý charakter a později tvrdnou,
- odlupováním kousků betonu nad zrna reaktivního kameniva,
- nepravidelnými trhlinami na povrchu betonu,
- kombinací několika těchto faktorů.

Při interpretaci výše uvedených faktorů je nezbytné vnímat, že alkálie se v betonu vyskytují již od prvopočátku. Identifikace reakčního gelu je tak nezbytné provádět porovnáním výsledků s ověřovací fluorescenční metodou a laboratorními testy.

K jednoduché identifikaci slouží fluorescenční metoda podle AASHTO-T-299-93. Test se provádí na odebraných vzorcích z konstrukce tak, že aby vznikla čerstvá lomová plocha zkoumaného vzorku. Tento je opláchnut vodou a na něj je nanesen roztok octanu uranulu,

kterým je možné detekovat reakční produkty alkalické reakce kameniva, tzv. reakční gely. Roztok se nechá reagovat po dobu 3 až 5 minut. Potom je opláchnut vodou a následně je roztok nasvícen UV lampou vlnové délky 240 nm. Přítomnost ASR gelu se projeví žlutozelenou fluorescencí.

Zkoušce byly podrobeny amorfni vzorky betonu, zhotovené z vynesných jádrových vývrtů. Na žádném ze zkoumaných vzorků stopy alkalické reakce kameniva zachyceny nebyly.

Je tedy zřejmé, že posuzované nosné železobetonové konstrukce křídla hráze na návodním líci nejsou kontaminovány reakčními gely alkalické reakce kameniva. Případný sanační zásah tak může být prováděn standardním způsobem.

4.2.5 Mrazuvzdornost betonu (betonová křídla hráze)

Mrazuvzdornost betonu je mimořádně podstatným parametrem z hlediska nejen jeho životnosti, ale především v případě, má-li být povrch betonu jakkoliv sanován. Reprofilační vrstvy totiž podstatným způsobem omezí transport vlhkosti v sanovaném konstrukčním prvku a velmi často dochází pod hutnou, nově provedenou reprofilační vrstvou ke zvýšené kumulaci v kapilárním pórovém systému betonu. Pokud je tento podklad nemrazuvzdorný, dochází velmi záhy k postupné delaminaci nově provedených povrchových vrstev a k jejich následnému odpadávání. Obecně tedy platí, že pokud podklad není mrazuvzdorný, nelze k němu nově zbudované reprofilační vrstvy spolehlivě a dlouhodobě kotvit adhezí a je nezbytné provést kotvení mechanické.



Princip zkoušky mrazuvzdornosti betonu byl hodnocen podle ČSN 73 1326 na 75 zmrazovacích cyklů (metoda A). Zkouška se provádí tak, že se z čela vynesného jádrového vývrtu odřízne cca 50 mm tlustá povrchová vrstva, která se čelní stranou ponoří do 5 mm vrstvy tříprocentního roztoku chloridu sodného ve vodě. Takto exponované těleso se vystaví vždy 25 zmrazovacím cyklům v automatické zmrazovací aparatuře. Po ukončení 25 zmrazovacích cyklů se roztok slije a odpad, který se z povrchu tělesa oddělil, se vysuší

a následně zvaží. Odpad se přepočítá v g/m^2 . Standardním kritériem pro mrazuvzdorný beton je, že jeho odpad po 75 zmrazovacích cyklech nesmí být větší než 1.000 g/m^2 . Betony s větším odpadem jsou ve smyslu citované normy považovány za nemrazuvzdorné.

Přesto je třeba zdůraznit, že mechanické vlastnosti betonu, tedy i vysoká kvalita betonu, v žádném případě neindikují a nekorelují s vysokou mrazuvzdorností. Obecně platí, že mimořádně hutné a pevné betony jsou nemrazuvzdorné a naopak betony nižších tříd, přiměřeně provzdušněné, mají vynikající mrazuvzdornost.

Zkoušky mrazuvzdornosti betonu byly podrobeny dvě zkušební tělesa, odebraná z betonových křídel hráze, a to na jejich návodním líci. Dílčí hodnoty měření odpadů po 75 zmrazovacích cyklech se pohybují v intervalu od $118,08 \text{ g/m}^2$ do $447,12 \text{ g/m}^2$. Uvedené hodnoty jsou hluboko pod limitní hranicí, která je pro mrazuvzdorné betony na úrovni 1000 g/m^2 .

Výše uvedené výsledky zkoušek jednoznačně umožňují konstatovat, že zkoumané konstrukce betonových křídel hráze (na návodním líci) jako celek jsou vystavěny z mrazuvzdorného betonu. Případné nové povrchové vrstvy (reprofilace) lez k podkladu kotvit adhezí.



5. Celkové zhodnocení výsledků stavebně-technického průzkumu a doporučení sanačních postupů

Na základě provedeného stavebně-technického průzkumu vybraných konstrukčních prvků vodního díla Stráž pod Ralskem jsou níže uvedena zjištěná fakta a případná doporučení pro sanační zásah:

V níže uvedené tabulce jsou zaznamenány veškeré zjištěné defekty na základě provedené vizuální prohlídky dílčích částí objektu vodního díla Stráž pod Ralskem. Současně jsou uvedeny v tabulce odhady rozsahu některých defektů v oblastech, které jsou obtížněji přístupné nebo zarostlé travinami.

Celkový přehled odhadovaného rozsahu poruch

Typ poruch	jednotka	Pravobřežní opevnění hráze	Levobřežní opevnění hráze	Odhad poruch v místě travního porostu (P+L)	Přelivné pole tělesa hráze
Rozvolnění zdiva, porušení kompaktnosti	/m ² /%/	30 m ²	62 m ²	cca 30%	0
Trhlíny ve spárách zdiva (opevnění)	/m/	595	395	cca 1000	50
Degradace a rozpad zdící malty v místě kolísání hladiny	/m/	98	118	cca 250	V místě dilatací 0,5 m ²
Úsady mečů, nálety travin a dřevin	/%/	60	60	60	0
Výluhy	/m ² /	0	0	0	6
Rozpad paty zdiva	/m/	13	31	0	0

5.1 Přelivné pole tělesa hráze (návodní líc)

- Předmětem průzkumných prací je vizuálně zhodnotit aktuální stav stávajících konstrukčních prvků, a to nejen vodorovné železobetonové desky před přelivným polem, ale současně i návodního líce násypu před bezpečnostním přelivem.
- Konstrukce bezpečnostního přelivu je tvořena z monolitického železobetonu, ke kterému je fixováno lícové kamenné zdivo. V dané oblasti se vyskytují sítě

všesměrných vlasových trhlin, probíhajících jak v ložných tak styčných spárách zdiva, současně se zde vyskytují i uhlíčitanový výluhy, spojené s vyluhováním hydraulického pojiva z cementové matrice betonu.

- V místě násypu paty bezpečnostního přelivu je provedeno kamenné opevnění, vkládané do zdicí malty, resp. maltového lože, které na základě odebraných jádrových vývrtů vykazuje rozpad zdicí malty. Ta byla uložena pravděpodobně na písčitém podkladě. Jádrový vývrt č. 3 byl situován do ložné a styčné spáry zdiva. Zdicí malta do hloubky cca 50 mm je zcela kompaktní. Pak jsou části zdicí malty vyluhovány, kde dochází k rozpadu hutného maltového tmele.
- V místě styku vodorovné konstrukce se svislou štetovnicovou stěnou (návazná železobetonová deska před přelivným polem) dochází k výskytu trhliny a otevření dilatační spáry v podélném směru objektu. Tato trhlina navazuje i do železobetonových křídel konstrukce.
- Na přelivném poli jsou zřejmé po obou stranách objektu spodních výpustí svislé dilatační spáry, které jsou mírně otevřené, avšak prozatím vyplněné tmelem, který se v některých oblastech mírně smršťil, čímž dochází k transportu vody do konstrukce.

Doporučení sanačního zásahu pro přelivné pole tělesa hráze

Z hlediska stability posuzované části konstrukce je možné konstatovat, že opevnění je provedeno na násypu, tvořené převážně hrubými podíly kameniva a písků. K rozpadu maltového lože, do kterého bylo kamenné opevnění vkládáno, dochází v hloubce již cca 50 mm od čela zdicích prvků, a to v oblasti ložných a styčných spár zdiva. Současně se zde vyskytují trhliny, způsobené smrštěním použité spárovací hmoty.

Zmiňované trhliny jsou zdrojem objemových změn použitých spárovacích hmot. Musí se pro spárování opevnění volit materiály s minimálními objemovými změnami, tedy s minimálním smrštěním. Upozorňujeme, že použití standardních cementových malt k tomuto účelu není vhodné, neboť ty sice vykazují vysokou pevnost v tlaku, avšak současně i vysoké hodnoty smrštění. V důsledku těchto objemových změn se vytváří mezi lícovým kamenným opevněním sítě trhlin, kterými dochází k prosakování vody a k poškozování podkladních vrstev.

Dobré zkušenosti jsou v tomto směru se speciálními thixotropními maltami pro fixaci kotev (např. frém a jiných konstrukcí). Jedná se o jednosložkové rozpínavé malty na bázi portlandského cementu. Jejich výhodou jsou rozpínavé příměsi, které prakticky smrštění malty zcela omezí.

Co se týká dilatačních spár jak svislých v oblasti bezpečnostního přelivu, tak i vodorovných v místě styku návazné železobetonové desky před přelivným polem a štětovnicovou stěnou, je možné doporučit dva postupy k jejich zpětnému dotěsnění:

1. V případě svislé dilatační spáry u objektu spodních výpustí, v místě přelivného pole, doporučujeme tuto oblast plošně vyčistit, starý nefunkční tmel z konstrukce odstranit a nahradit jej novým, pružným tmelem na bázi MS polymerů, který vyniká velmi dobrou přilnavostí k podkladu a současně vynikající odolností vůči vlivům počasí.
2. Dilatační spáru lze přiznat proříznutím (předpoklad cca 50 mm hluboko) a vyplnit ji následně polyetylenovým těsnicím provazcem s uzavřenými buňkami, který po vyplnění spáry změní průměr o cca 20 %. V tomto ohledu je třeba vnímat, že poměr šířky spáry a hloubky vyplnění spáry dodatečně tmelem by neměl překročit poměr 2:1 nad těsnicím provazcem.

V případě spáry širší než 50 mm je potřeba spáru vyplnit nejprve na okrajích a následně doplnit tmel na úroveň spáry dle obecných zásad pro tmelení. Po vyplnění spáry těsnicím provazcem jsou právě na základě výše uvedených poznatků doporučeny aplikace těsnicích tmelů na bázi MS polymerů. I v tomto případě se jedná o jednosložkovou trvale pružnou kompozici s velmi dobrými mechanickými vlastnostmi a přilnavostí k podkladu.

U vodorovné konstrukce je možné povrch v oblasti dodatečně dotěsněné dilatační spáry opatřit trvale pružným těsnicím hydroizolačním tmelem na bázi MS polymerů, který má průtažnost na úrovni cca 200 %. Aplikace stěrky je třeba provést cca 150 mm na každou stranu od osy těsněné dilatace.

5.2 Křídla přelivného pole (návodní líc)

- Monolitické železobetonové konstrukce opěrných křídel vykazují na svém povrchu známky mrazové degradace, která však dosahuje do hloubky maximálně 2 mm. Nejedná se tedy o zásadní poškození konstrukce.

- Zkoušky mrazuvzdornosti betonu jednoznačně potvrdily, že zkoumaná konstrukce železobetonových křídel je vystavěna z mrazuvzdorného betonu a při plánování jakéhokoliv sanačního zásahu je možné k podkladu kotvit nově zbudované povrchové vrstvy adhezí.
- Mechanické vlastnosti pevnosti betonu v tlaku u zkoumaných křídel dosahují mimořádné kvality na úrovni pevnostní třídy C 30/37 s objemovou hmotností betonu 2.285 kg/m^3 . Železobetonová konstrukce je tak velmi kvalitně zpracována a při ukládce betonu do bednění ji byla věnována dostatečná pozornost.
- Nedestruktivně stanovené pevnosti poukazují na stav konstrukce, která je mrazově narušena do několika mm. Aktuální pevnost povrchových vrstev železobetonových křídel je na úrovni pevnostní třídy C 16/20 podle platné ČSN EN 206+A2.
- Obě železobetonová křídla tělesa hráze vykazují trhlinu, navazující na dilatační spáru u štětovicové stěny. Pravděpodobně je dilatace uvnitř konstrukce provedena, avšak není přiznána, k čemuž dochází propisováním zmiňované trhliny.
- Odtrženy jsou také části patky čela železobetonového křídla.

Doporučení sanačního zásahu pro křídla přelivného pole

Zkoumaná konstrukce křídel přelivného pole na návodním líci je namáhána působením klimatických vlivů v zimním období, a to především nad úrovní provozované hladiny. Přesto je povrchové poškození konstrukce prozatím nevýrazné a není třeba v tomto směru podnikat zásadnější sanační zásah.

Pokud by přeci jen měla být povrchová vrstva konstrukce dodatečně stabilizována, doporučuje se ji pouze očistit tlakovou vodou, velmi citlivě tak, aby nedocházelo k poškození zdravých částí konstrukce nebo rozpadu maltového tmelu a dodatečně povrchové vrstvy opatřit difúzně otevřeným ochranným prostředkem v podobě epoxidové hloubkové penetrace. Typologicky se jedná o dvousložkový, vodou ředitelný nátěrový systém na bázi nízkomolekulární modifikované epoxidové pryskyřice, která je hojně využívána právě pro zhotovení ochranných nátěrů betonu a betonových konstrukcí. Současně její difúzní otevřenost umožňuje zajistit dostatečný transport vlhkosti z konstrukce, což je velmi důležité pro zajištění stability povrchové vrstvy.

Propisující se nepřiznaná dilatační spára konstrukčního prvku křídel by měla být proříznuta, přiznána, dodatečně vyplněna těsnícím provazcem s uzavřenými buňkami. Teprve poté je možné zbývající část dilatační spáry vyplnit jednosložkovým elastickým univerzálním těsnícím tmelem na bázi MS polymerů.

V případě části konstrukce, která je odtržena v místě paty křídel, se doporučuje tyto oblasti vybourat, doplnit a provázat výztužnými trny či inertní výztuží a dodatečně oblast dobetonovat. K tomu lze využít i správkové malty třídy R3 R4 pro opravu konstrukce se statickou funkcí dle požadavků na funkční vlastnosti výrobků, a to podle ČSN EN 1504-3.

5.3 Opevnění levého a pravého břehu hráze

- Opevnění břehu hráze je provedeno lícovým kamenem, který je ukládán do maltového lože na násyp tělesa hráze. Současně kameny byly vyspárovány cementovou maltou.
- Na základě provedené vizuální prohlídky jsou ve výše uvedené tabulce zachyceny všechny defekty, které byly při kontrole objektu zachyceny. Současně jsou tam provedeny i odhady některých rozsahů defektů, které jsou situovány v nepřístupných oblastech, nebo v partiích stěn, které jsou zarostlé travním porostem.
- V některých oblastech byly zaznamenány výdutě zdiva, tedy jejich absolutní rozvolnění a rozpad zdicí malty.
- Dále byly na konstrukci zachyceny sítě všesměrných trhlin, probíhající jak v ložných tak styčných spárách zdiva. To souvisí s objemovými změnami použité spárovací hmoty, která pak vznikem trhlin umožňuje transport vlhkosti do konstrukce, což je nežádoucí s ohledem na rozpad zdicí malty, resp. maltového lože. Současně s tím je poškozována i samotná podkladní vrstva.
- U břehového kamenného opevnění je v mnoha případech zasaženo v místě kolísání vodní hladiny mrazovou degradací, a to nejen v oblasti zdicí malty, ale současně i na povrchu kamene. Jedná se však o velmi mělké defekty.
- V oblasti konce hráze tělesa a návazných opevnění břehu hráze se vyskytují diagonální trhliny, způsobené rozpadem paty zdiva. V těchto oblastech dochází k posunu kamenného opevnění po povrchu svahování tělesa hráze.

- Aktuální pevnost lícového kamenného opevnění (žula) dosahuje válcové pevnosti na úrovni 86,09 MPa, při objemové hmotnosti kamene 2.618 kg/m³. Pro lepší představu lze aktuální hodnoty zařadit do třídy pro betony, což odpovídá třídě C 40/50.
- Cementová spárovací malta zasahuje do hloubky cca 70 mm, kde ji lze považovat za kompaktní. Její aktuální pevnost odpovídá válcové pevnosti na úrovni 11,14 MPa, což lze s jistotou zařadit do nejnižší pevnostní třídy C 8/10 podle platné ČSN EN 206+A2,
- Zdicí malta, resp. maltové lože, do kterého je kamenné opevnění ukládáno na svahový násyp hráze, vykazuje v hlubších partiích rozpad zdicí malty, což potvrzují i provedené zkoušky pevnosti v tlaku válcovým indentorem. Ty se pohybují v intervalu od 0,42 MPa až do 0,45 MPa. To prakticky signalizuje vyluhování povrchu zdicí malty a tím i ztrátu hydraulického pojiva, vedoucí k jejímu rozpadu.

Doporučení sanačního zásahu pro lícové opevnění břehu hráze

Zkoumané konstrukce břehu hráze je třeba vnímat jako opevnění, nikoliv jako zděnou konstrukci. Stávající lícové kamenné prvky byly ukládány do maltového lože na povrchu svahování, tedy násypu tělesa hráze. Hloubkové přespárování cementovou maltou dosahuje na úroveň cca 70 až 100 mm. V ostatních partiích jsou kameny ukládány do zmiňovaného maltového lože.

Stav těchto komponentů, především maltového lože, je nepříznivý a prakticky jej lze považovat za dožitý, především v poškozených oblastech. Ty však v odhadu dosahují až 30 % plochy opevnění a jejich životnost je již ukončena. V současnosti nepoškozené partie mají určitou životnost, avšak ta je odvislá od stavu zdicí malty a predikce vývoje poruch. Předpokládat lze, že bez sanačního zásahu je životnost nepoškozených partií odhadována v intervalu od 8 do 15 let.

V rámci souboru všech provedených zkušebních postupů lze konstatovat, že k rozpadu zdicí malty dochází prakticky celoplošně. V oblastech, které nevykazují známky poškození, je samotná spárovací hmota mezi ložnými a styčnými spárami kamene v některých oblastech v lepším stavu, avšak dosahuje nejnižší hodnoty pevnostní třídy C 8/10.

Odhadovaná plocha poruch, ať již sítěmi trhlin či rozvolnění zdiva, tedy rozpadem všech pojivých materiálů, je na úrovni cca 30 % plochy.

V aktuálním stavu zkoumaného opevnění jak pravého, tak i levého břehu hráze, lze uvažovat v současnosti se dvěma variantami na stabilizaci konstrukce:

1. **Kompletní obnova opevnění břehu hráze** – spočívá v rozebrání veškerých partií opevnění, očištění kamene, které lze zpětně využít pro zbudování nových partií, tedy opevnění jak pravého tak levého břehu. Nezbytné je vyčistit svahové povrchové vrstvy a rozhodnout, zda bude nové opevnění uloženo do maltového lože a vyspárováno, nebo jen na sucho uloženo. V případě mokrého procesu je třeba vytvořit na povrchu svahování mazaninu, do které budou ukládány dodatečně lícové kamenné prvky opevnění. Současně s tím je nezbytné upozornit, že po uložení kamene do maltového lože je třeba velmi pečlivě zvážit použití speciálních maltovin, a to na vyspárování konstrukce tak, aby bylo zamezeno jakýmkoliv výraznějším objemovým změnám těchto malt. Standardní cementové malty k tomuto účelu nejsou vhodné, byť vykazují vysoké pevnosti v tlaku. Jejich nešvarem jsou poměrně velké objemové změny a výrazné smrštění. Tím by nedošlo k zamezení transportu vlhkosti do podpovrchových partií.

V současnosti jsou dobré zkušenosti se speciálními thixotropními maltami pro fixaci kotev (např. frém a jiných prvků). Jedná se o jednosložkové rozpínavé malty a bázi portlandského cementu. Jejich výhodou jsou rozpínavé příměsi, které prakticky smrštění malty zcela omezí.

Z našeho úhlu pohledu je tento krok z hlediska garance úspěšnosti opravy opevnění břehů a jejich další spolehlivé funkčnosti či životnosti nezbytný, umožňující provozovateli stabilizovat dlouhodobě konstrukci, a to minimálně na 30 let.

2. **Lokální opravy opevnění břehu hráze** – v tomto případě lze postupovat shodným způsobem jako v celoplošné opravě opevnění (mokrý proces), avšak týkat se bude pouze jednotlivých oblastí, které vykazují zásadní defekty. Jedná se tedy o rozvolněné části zdiva či rozpad paty zdiva nebo zcela absentující oblasti lícového kamene opevnění. I v tomto případě bude nezbytné danou oblast rozebrat, podklad stabilizovat a vyčistit, opatřit novou mazaninou, do níž následně budou vkládány

lícové kamenné prvky. V některých partiích bude nezbytné přezdít či doplnit patu zdiva. Tu je možné provést buď dozděním části konstrukce, nebo jejím dobetonováním a následně povrch opatřit lícovým kamenem.

I v tomto případě platí, že po stabilizaci povrchových vrstev a následně doplnění opevnění lícovým kamenem je nezbytné zvolit vhodnou spárovací směs pro hloubkové přespárování konstrukce tak, aby bylo omezeno jakékoliv výraznější smrštění, tedy výskyt sítí trhlin v dané správkové hmotě.

V kontextu výše uvedených poznatků je nutné přijmout fakt, že lokální opravy opevnění břehu jsou spíše dočasným řešením, které lze vnímat jako možnost odložit celkovou rekonstrukci břehových partií a připravit se na ni jak kvalitním projektem, tak i patřičným finančním obnosem. Tento krok umožňuje pouze oddálit razantnější sanační zásah, který považujeme za nevyhnutelný, a to v odhadovaném časovém horizontu maximálně 10 let. Stále platí, že aktuální životnost doposud nenarušených partií je odhadována v intervalu od 8 do 15 let, dle vývoje poruch.