

VD STŘEKOV

POSOUZENÍ STAVU PROVIZORNÍHO HRAZENÍ VELKÉ PLAVEBNÍ KOMORY Z HORNÍ VODY



Obsah:

1.	ÚVOD	3
2.	STRUČNÝ POPIS HRADÍCÍ KONSTRUKCE A JEJÍ PARAMETRY	3
2.1	Podklady pro posouzení hradidel	4
3.	PODMÍNKY PŘI PROHLÍDCE	4
4.	PŘEDPOKLADY PRO HODNOCENÍ OCELOVÉ KONSTRUKCE: OBECNĚ	5
5.	HODNOCENÍ STAVU OCELOVÉ KONSTRUKCE PŘI PROHLÍDCE DNE 10. 5. 2024	5
5.1	Popis poruch a závad, Hradidlo č. 1	5
5.2	Popis poruch a závad, Hradidlo č. 2	6
5.3	Popis poruch a závad, Hradidlo č. 3	7
5.4	Popis poruch a závad, Hradidlo č. 4	9
5.5	Popis poruch a závad, Hradidlo č. 5	11
6.	SHRNUTÍ POZNATKŮ PO PROHLÍDCE	13
7.	ZÁVĚR.....	13
8.	ROZDĚLOVNÍK	15

Posouzení stavu provizorního hrazení z horní vody zdymadla Střekov.**1. ÚVOD**

Prohlídka byla provedena na základě smlouvy s VD TBD (č. objednatele D911200036, příloha 2d, ostatní činnosti na VD II. kategorie, mimořádná komplexní prohlídka).

Prohlídka se konala dne 10. 5. 2024

Přítomni při prohlídce:

Za Povodí Labe: Ing. Benčík Pavel, Bc. Tomáš Waldhauser

Za VD-TBD a.s.: Ing. Jan Křištof

Posouzení stavu hradidel horního hrazení velké plavební komory a jednotlivých jezových polí na zdymadle Střekov.

Posuzován je stav sady provizorního hrazení VPK a jednotlivých jezových polí z horní vody. Sada obsahuje 5 kusů hradidel, která jsou geometricky identické konstrukce. Provizorní hradidla jsou používána v případě nutnosti realizace rekonstrukcí či oprav trvale zatopených konstrukcí vodního díla v oblasti jezu nebo VPK.

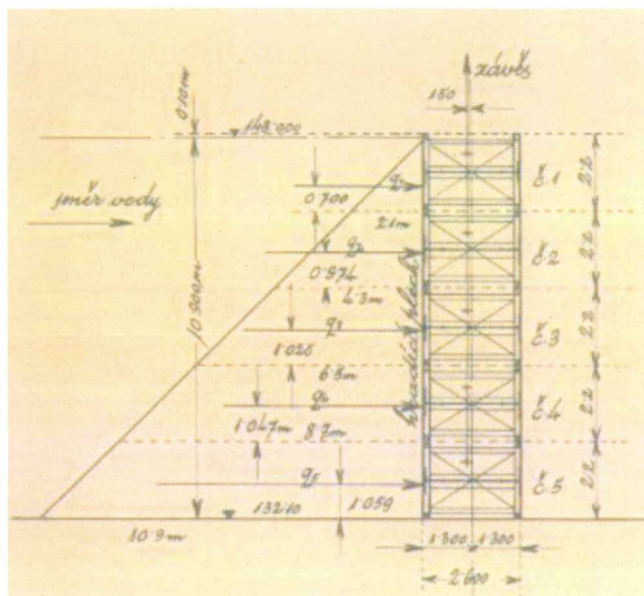
Stáří konstrukce hradidel je z období výstavby vodního díla tedy 86 let. Hradidla byla kolaudována v březnu 1938. Posouzení dosavadního stavu je vypracováno k účelům rozhodovacího stanoviska o celkové opravě provizorního hrazení.

2. STRUČNÝ POPIS HRADICÍ KONSTRUKCE A JEJÍ PARAMETRY

Konstrukčně jsou hradidla řešena jako ocelová příhradová nýtovaná konstrukce s opláštěním návodní strany hradicím plechem (plech $t=12.0$ mm). Příhradová konstrukce je tvořena středním příhradovým nosníkem, který je propojen s horním i dolním rámem hradidla příhradovými pruty ve styčnickových uzlech. Vzdušná strana hradidla i obě horní strany jsou otevřené, kromě plechy opláštěných krajních sekcí. Ze strany povodní se jedná o otevřenou konstrukci, kterou svislé stojiny dělí na 12 polí. Konstrukčně jsou jako pruty užity válcované profily L, některé části konstrukce jsou provedeny vedením ke styčníku v jednom nebo ve dvou členěných prutech, do styčnickového plechu. U některých styčnicků dochází k zesílení daného místa výztuhami. Vodorovné spáry mezi hradidly jsou těsněny dubovými trámy v rovině hradicí stěny. Šířka, výška a délka je shodná u všech pěti hradidel, konstrukčně se jednotlivá hradidla od sebe liší a každé hradidlo má v sestavě svoji určenou pozici. Takto z důvodu rozdílného zatížení vodním tlakem, dále rozdílným zatížením od horních položených dílců hradidla. Z tohoto důvodu jsou konstrukce hradidla rozdílně dimenzována. Hradidla jsou po stranách vybavena dvojicemi pojezdových kol, které se pohybují po kolejnici v pilířové drážce. Hradidla se osazují a manipulují traverzou s automatickými výklopnými háky. Traverza je zavěšena dvěma lany na bubny zdviháků jeřábu s pojezdem, jeřáb disponuje pracovní nosností 54 t. Pro pojezd jeřábu od jednoho jezového pole k druhému a na přenášení hradidel slouží přemostění s jeřábovou dráhou.

Základní údaje

Rozpětí hradící konstrukce:	24 290 mm
Výška hradící konstrukce:	11 000 mm
Hradící výška jednoho dílce hradící sady:	2 200 mm

**Hmotnost jednotlivých hradidel:**

hmotnost hradidla č. 1:	21tun
hmotnost hradidla č. 2:	27tun
hmotnost hradidla č. 3:	30tun
hmotnost hradidla č. 4:	33tun
hmotnost hradidla č. 5:	37tun

2.1 Podklady pro posouzení hradidel

- Projektová dokumentace náhradního hrazení nadjezí a horního ohlaví VPK + statický výpočet / ČKD 1934 /
- Projektová dokumentace manipulační jeřáb 54t + statický výpočet traverzy jeřábu / ČKD 1934 /
- Oprava provizorního hrazení VPK z dolní a horní vody /AW-DAD, s.r.o. 12/2020/
- Oprava provizorního hrazení jezu a VPK z horní vody – aktualizace / Ing. Pavla Hajdinová Povodí Labe s.p. / 16. 2. 2023
- Prohlídka hradidel dne 10. 5. 2024 + fotodokumentace (2020 až 2024 poskytnuto z archivu Povodí Labe s.p.)

3. PODMÍNKY PŘI PROHLÍDCE

Prohlídka se konala v souběhu celkové opravy vrat VPK z horní vody. V den prohlídky bylo tedy provizorní hrazení instalováno ve své pracovní pozici v horním ohlaví VPK. Předmětem prohlídky ocelové konstrukce byla povodňová část. Instalace provizorního hrazení v jeho pracovní fázi nebyla limitující pro plný účel kontrolovaných prvků ocelové konstrukce. Prohlídka byla prováděna průlezem příhradové konstrukce a to ke každému jednotlivému dílci sady provizorního hrazení, takto mimo dílec číslo 5., který byl do jeho výšky 1,70 m zaplaven dolní vodou ve VPK. Při kontrole proběhla podrobná prohlídka těchto konstrukčních prvků: střední příhradový nosník, horní a dolní rám příhradové konstrukce, příhradové pruty soustředěné do styčníků, dále podrobná kontrola nerozebíratelných nýtovaných spojů, které jsou v současnosti ve fázi silného korozního napadení, které zeslabuje tuhost a celkovou únosnost konstrukce. Společně s výše uvedeným byl hodnocen i stav protikorozních ochranných a geometrie ocelové konstrukce.

4. PŘEDPOKLADY PRO HODNOCENÍ OCELOVÉ KONSTRUKCE: OBECNĚ

Pro využitelnost stávajících hradidel je rozhodující stav hradicí stěny, hlavních nosníků, příhrad a stav nýtovaných spojů. Nejzásadnější je funkce středního příhradového nosníku společně s horním a dolním rámem: nosník a rám musí být schopny zachytit síly od tlaku vody, kde nesmí být překročeno dovolené namáhání, které je prokázáno statickým výpočtem.

Respektive: **profily prvků příhradového nosníku a rámu musí odpovídat profilům navrženým a ve statickém výpočtu uvažovaným**, ve velmi úzké souvislosti je nutné uvažovat i stav nýtovaných spojů, od kterých je očekávána dostatečná svěrná síla, která zaručuje tuhost a únosnost spojovaných prvků.

Pokud by tato podmínka nebyla splněna, nastává **nebezpečný stav**, tj. stav, při němž nastává riziko, závažných poruch nebo zhroutení ocelové konstrukce.

5. HODNOCENÍ STAVU OCELOVÉ KONSTRUKCE PŘI PROHLÍDCE DNE 10. 5. 2024

5.1 Popis poruch a závad, Hradidlo č. 1

Hradidlo číslo jedna, které je svoji pozicí umístěno jako horní, je z pohledu funkce protikorozní ochrany na pomezí svoji životnosti. Hradicí plech je z pohledu uvnitř příhradové konstrukce bez zásadního korozního napadení a deformací. Protikorozní ochrany příhradové konstrukce, zůstávají na 80% plochy, ostatní plochy jsou místně postiženy povrchovou korozí. Korozivní napadení se u hradidla č.1, projevuje i na styčnickových uzlech, takto v oblastech připojených prutů jednotlivých příhrad a v místech mezi výztuhami u spodního rámu ocelové konstrukce. Na povrchu a v mezi-prostoru členěných prutů příhrad (profil L) byla rovněž indikována plošná koroze. Spodní část rámu u hradicího plechu z povodní strany, která slouží jako nosič dubového trámce je místními průsaky postižena počínající plošnou korozí.

Krycí a výztužný plech krajních polí hradidla zužující se dle geometrie rámu do drážky, je postižen počínající plošnou korozí a místně jsou části protikorozních ochrany podkordované. Korozní projev v těchto místech v současnosti nezpůsobuje zhoršení funkce posuzovaného hradidla. Geometrické deformace nebyly zaznamenány.





5.2 Popis poruch a závad, Hradidlo č. 2

Svojí pozicí je dílec umístěn jako druhý z vrchu. Hradidlo číslo dvě, je z pohledu funkce protikoroziční ochrany již za svoji životnost a neplní na více jak 30ti % povrchu vnitřní části ocelové konstrukce svoji funkci. Mimo popis poruch a závad uvedených při hradidle č.1 je viditelný závažnější stupeň korozních poruch konstrukce. Na postižených místech již dochází k úbytku materiálu.

U ocelové konstrukce hradidla vlivem vad PKO v kombinaci s korozním prostředím došlo ke koroznímu napadení základního materiálu a místy i k nezanedbatelným úbytkům tloušťky některých konstrukčních prvků. Geometrické deformace konstrukce nebyly zaznamenány. Mezi závažnější korozní poruchy, které byly nalezeny na hradidle č.2, patří štěrbinová koroze v přípojích nýtovaných konstrukcí, korozní degradaci jsou místně postiženy nýtované spoje.





5.3 Popis poruch a závad, Hradidlo č. 3

Při prohlídce hradidla č.3. došlo k zjištění, že PKO se již na většině důležitých konstrukčních uzlů nevyskytuje, tímto stavem dále dochází k oslabování konstrukce korozním úbytkem materiálu. Korozní závady se vyskytují na všech prvcích ocelové konstrukce hradidla a na mnoha místech jsou v pokročilém stádiu. Jednotlivé pruty příhrad – vodorovné, šikmé a svislé jsou napadeny plošnou a důlkovou korozí. Styčníky jsou okorodované v různé míře, především důlkovou a mezi-stykovou korozí. Dále se na jednotlivých konstrukčních prvcích vyskytuje koroze v podobě opadávajících plátek zoxidovaného povrchu oceli, tímto dochází k razantnějšímu úbytku materiálu na výztužných prvcích. Nýťované spoje jsou rovněž pod silným korozním účinkem s projevem úbytku materiálu na hlavách nýtů. Dosavadní celkový stav jednotlivých nýtů nelze s jistotou určit, v některých případech se již může jednat o uvolněný stav, což ilustruje i fotografie, kde nýťový spoj musel být nahrazen šroubovým (tato závada se na ocelové konstrukci objevuje ve více jejích oblastech). Geometrické deformace na hradidle nebyly zaznamenány.



5.4 Popis poruch a závad, Hradidlo č. 4

U hradidla č.4 se stejně jako u hradidla č.3 jedná o obdobné korozní závady. PKO se na více jak 60% celkové plochy konstrukce nevyskytuje a na místech, kde jsou její pozůstatky, již neplní svoji funkci. Z celkového pohledu korozních závad a jejich četností, je stav hradidla č.4, ve výrazně horším stavu, takto vlivem výrazného korozního oslabení, ke kterému dochází v důsledku selhání funkce protikorozní ochrany. Míra úbytku materiálu a projev důlkové koroze napovídá o zásadním nárůstu korozní rychlosti oproti předchozím dílcům pomocného hradidla. Na příhradových konstrukčních prvcích, plošná koroze přechází v intenzivní důlkovou korozi, šterbinová koroze se vyskytuje téměř ve všech případech připojovaných dílců v uzlech ocelové konstrukce. V mezerách členěných prutů, které odpovídají tloušťce plechů ve styčnicích je viditelná celková plošná koroze v kombinaci s důlkovou korozi. Složené pruty umístěné v dolní části spodního příhradového rámu mají viditelně naplavené a usedlé jemné nečistoty, které svým objemem rozpínají již korozně zeslabené pruty (pruty jsou objemem jemných naplavenin a nárůstem korozních produktů zeslabené a deformované – viz obrázky níže). Nýťované spoje jsou na hradidle č.4, postiženy silným korozním účinkem. Na závěrných a opěrných hlavách nýtů jsou korozní projevy ve formě otevřených korozních prasklin. Ke skutečnosti, že nýťované spoje jsou nerozebíratelné, lze určit stav koroze podél dráhy nýtu s nejistotou, vzhledem k zaznamenaným korozním poruchám na konstrukci se přikláníme k názoru, že jejich stav bude nevyhovující a ve velké četnosti se bude jednat o uvolněné stavy způsobené vnitřními vadami nýtů. Takto uvolněné nýty, jsou dále namáhány stříhem od spojovaných dílců. Následkem tohoto stavu bude v průběhu času docházet k absenci jednotlivých nýtů v jejich spojkách. Geometrické deformace nebyly na dílci č.4 prozatím zaznamenány.





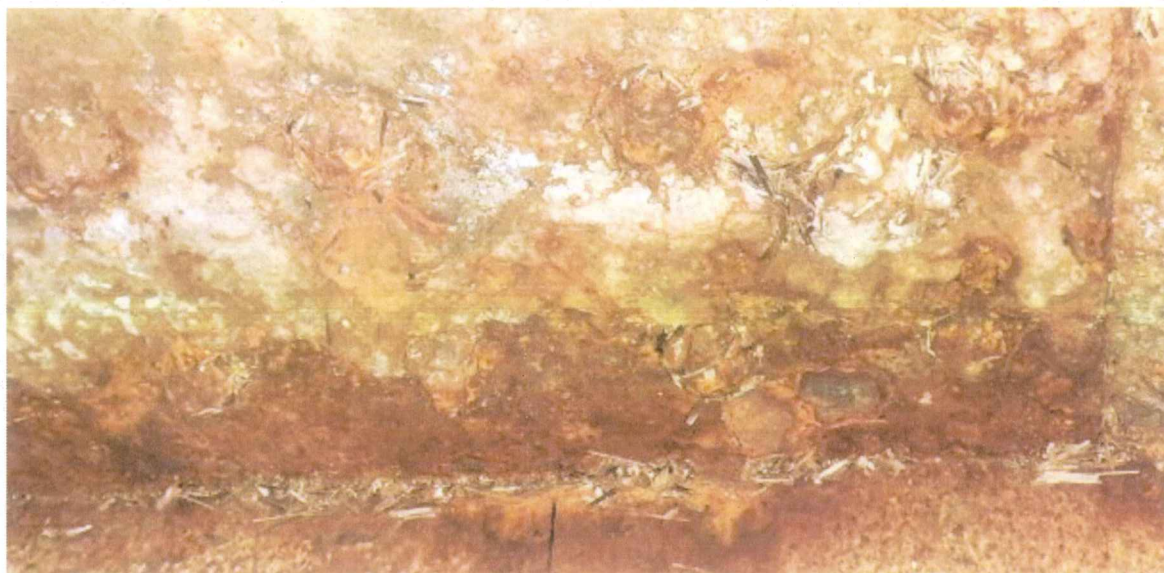
Na fotografii výše jsou viditelné jemné naplaveniny nečistot v meziprostoru vedených sdrúžených prutů (profilu L). Dodatečné namáhání nýtů tahem, které jsou již korozně napadeny, je pro jejich správnou únosnost nepřijatelné.

5.5 Popis poruch a závad, Hradidlo č. 5

Hradidlo č.5 bylo zaplaveno do 1,70 m jeho výšky. Kontrolována byla pouze část konstrukce nad hladinou, tedy okolí horního příhradového rámu. Kladený důraz byl na tyto prvky: styčníky a uzly u horního rámu, složené pruty zavázané s horním rámem, výztuhy a nýtované spoje. Konstrukce hradidla č.5 je v horším technickém stavu a vyznačuje se tedy závažnějšími závadami jako předešlý dílec. Korozní napadení je v kritickém stupni, kde u jednotlivých konstrukčních detailů dochází k úbytku a rozpadu materiálu.



Na fotografii výše je vzpěrný prut vedený k horní části rámu stavidla. Jak je viditelné, korozní stav spoje je v kritickém stupni, nýtované spoje ve vedlejší oblasti styčníku již nejsou viditelné a jeho únosnost je ve velmi špatném stavu, který již nesplňuje požadovanou únosnost. (obdobné závady se vyskytují na hradidle č.5 ve velké četnosti)



Na fotografii výše jsou uvedeny nýtované spoje ve dvou řadách, jedná se o výztuhu horního rámu příhradové konstrukce. Hlavy nýtů ve vedené spodní řadě již nejsou téměř viditelné. Úbytek materiálu na hlavách nýtů je přibližně 80%. Totožná oblast OK je pro porovnání fotograficky dokumentována i pro hradidlo č.4 (kapitola 5.4, foto č.2)



Na fotografii výše jsou uvedeny sružené pruty (profil L) z vnější strany jeho ramen, kde dochází k rozkladu povrchu materiálu důlkovou korozi v celém jeho povrchu. Obdobné případy korozního napadení sružených prutů jsou na ocelové konstrukci hradidla č.5 ve velké četnosti.

6. SHRNUTÍ POZNATKŮ PO PROHLÍDCE

Hradidlo č.1, které není při pracovním užití vystaveno trvalému působení v mokřém prostředí, je v poměrně dobrém stavu. Stav hradidel č.2 až č.5 je nevyhovující z důvodu pokročilého stádia koroze, kdy dochází zejména k oslabení nosných prvků úbytkem materiálu. Z celkového pohledu na stav provizorního hrazení, se konstrukce již blíží (hradidlo č. 1), případně překračuje (hradidlo č.2 až 5.) plánovanou životnost, tedy ocelová konstrukce již vyčerpala svůj provozní a bezpečnostní potenciál.

Základním posuzovacím kritériem je vliv korozních poruch na bezpečnou funkci provizorních hradidel. Četnost jednotlivých poruch narůstá směrem od hradidla č.1 po hradidlo č.5. Závažné korozní oslabení, které je provozně nepřípustné se projevuje u hradidel č. 3 až číslo 5.

Zjištěné korozní napadení ocelové konstrukce lze převážně charakterizovat:

- rovnoměrná koroze,
- důlková koroze,
- šterbinová koroze.

Největší korozní oslabení zpravidla postihuje místa, kde se zadržují nečistoty a voda. Mezi závažnější korozní poruchy patří šterbinová koroze v přípojích nýtovaných konstrukcí, kde může dojít z důvodu nárůstu korozních zplodin ke zvýšenému tahovému namáhání nýtů, již korozně oslabených. Nýtový spoj namáhaný těmito dodatečnými momenty může selhat a přejít do uvolněného stavu. V uvolněném stavu je dále dřík nýtu namáhaný stříhem od spojovaných dílců.

Důlková koroze, která byla zaznamenána na hradidlech č.2 až č.5, může být dramaticky nebezpečnou zvláště pro štíhlejší komponenty příhradových prvků, tyto se mohou po korozním napadení deformovat a může docházet k selhání jejich funkce. Výskyt korozních důlků a drsnost oxidovaného povrchu výrazně snižuje únavovou životnost konstrukčních prvků.

Šterbinová koroze, která je u hradidel v průběhu pracovní expozice rovněž ve velké četnosti výskytu, povede k zeslabování styčnickových plechů, které slouží jako uzly soustředěných příhradových výztuh.

Únavové chování zkorodované ocelové konstrukce, tedy zkorodovaných nosných, výztužných a nýtovaných spojů je u hradidel č.2 až č.5 v závažném technickém stavu, tedy z pohledu provozně-technického a bezpečnostního vypovídají o jejich celkové zbytkové životnosti.

7. ZÁVĚR

Stáří ocelové konstrukce pomocného hrazení je 86 let. Místa ocelové nýtované konstrukce, která jsou poškozena závažnými korozními závadami, budou v čase dále korozně degradována. Tato skutečnost má závažný dopad na udržitelnost tuhosti a stability zejména hradicích dílců č.3 až č.5. Podle uvedeného výše se ocelová konstrukce nachází v oblasti její zbytkové životnosti se sníženou bezpečností při jejím použití.

V současnosti, vzhledem k závažnému technickému stavu ocelové nýtované konstrukce (zejména hradidel č.3 až č.5), doporučujeme realizaci výměny hradicích těles za nové. Konstrukce hradidel spadá do kategorie těžkého strojírenství, ve které je technologie nýtování pro obdobné typy ocelových konstrukcí již několik dekád na výrazném ústupu. Při obecném průzkumu trhu s poptávkou na dodavatele ocelové nýtované konstrukce v této kategorii se setkáváme se skutečností, že jejich výroba již byla zastavena.

Nové konstrukce hradidel, budou svařované. Navrženy a provedeny budou dle stávajících platných norem:

ČSN EN 1090-1+A1

ČSN EN 1090-2

dále dle souboru eurokódů 3, ČSN EN 1993

Projekční příprava s následným provedením kompletní výměny provizorního hrazení by měla proběhnout v nejbližším možném uvažovaném termínu.

V Brně, květen 2024

Vypracoval:

Ing. Jan Křištof

Spolupráce:

Ing. Miroslav Bubeník

Schválil:

Ing. Jiří Hodák Ph.D.

Vedoucí útvaru 403

8. ROZDĚLOVNÍK

- 1 - 3 Povodí Labe s.p., Ing. Benčík, Víta Nejedlého 951, 500 03 Hradec Králové
- 4 VD-TBD a.s., Ing. Jan Chroumal, Hybernská 40, 110 00 Praha 1
- 5 VD-TBD a.s., Ing. Jan Křištof, Studená 909/2, 638 00 Brno
- 6 VD-TBD a.s., ADIS, Hybernská 40, 110 00 Praha 1