


Číslo zakázky:	20 034 00	HIP:	Ing. Tomáš MÍČKA 606644442, tmi@pontex.cz	 Praha 4, Bezová 1658/1, 147 14 tel: +420 244 462 219 pontex@pontex.cz
Schválil:	Ing. Václav HVÍZDAL	Zodp. projektant:	Ing. Lucie BAZIKOVÁ 724011006, bazikova@pontex.cz	
Tech. kontrola:	Ing. Martin HAVLÍK	Vypracoval:	Ing. Bohumil KUČERA	
602619782, mha@pontex.cz		272011090, JEKU@JEKU.CZ	fa. JEKU, s.r.o.	

Objednatel:	Povodí Vltavy, s.p.	Obec:	Štěchovice/Rabyně	Kraj:	Středočeský
Akce:	VD SLAPY GENERÁLNÍ OPRAVA MOSTNÍ KONSTRUKCE NA HRÁZI			Datum	Stupeň
				07/2021	DSP
Příloha:	ZÁKLADNÍ KOROZNÍ PRŮZKUM			Souprava	Označ. přílohy
					6

VD SLAPY SO 201 – MOST

generální oprava mostní konstrukce na hrázi

Základní korozní průzkum



Číslo zakázky: 21-B-052
Praha, březen 2021

Vypracoval:

JEKU s.r.o.
Pražská 1279/18
Praha 10 – Hostivař
+272 011 090, JEKU@JEKU.CZ

Ing. Bohumil Kučera
Alexandr Litko

Rozsah zprávy:

Celkem 32 stran

výkresová část: schéma orientace bludných proudů

Rozdělovník:

4 výtisky PONTEx s.r.o., Bezová 1658/1, 147 00 Praha 4 – Braník

1 výtisk JEKU s.r.o., Pražská 1279/18, 102 00 Praha 10 – Hostivař

Obsah:

1. Úvod.....	2
2. Podmínky měření	3
3. Použité přístroje.....	4
4. Metodika měření a vyhodnocování	5
5. Stanovení stupně ochranných opatření proti škodlivým vlivům bludných proudů pro železobetonovou stavbu.....	6
6. Měření potenciálu U_z výztuže – půda	7
7. Hodnocení výsledků měření ve vztahu ke zpracování projektové dokumentaci stavby.....	8
8. Fotodokumentace:	8

Seznam výkresů:

1. Situace, umístění bodu M1 až M4

Seznam tabulek:

1. Záznam údajů ΔU , stanoviště M1, měření po 5
2. Záznam údajů ΔU , stanoviště M2, měření po 5
3. Záznam údajů ΔU , stanoviště M3, měření po 5
4. Záznam údajů ΔU , stanoviště M4, měření po 5
5. Zdánlivý měrný odpor půdy v místech M1 až M4
6. Výpočet pole bludných proudů v bodě M1 až M4
7. Průběh směšného potenciálu

Seznam grafů:

1. Grafický záznam hodnot měrného odporu půdy
2. Intenzita elektrického pole v zemi M1
3. Intenzita elektrického pole v zemi M2
4. Intenzita elektrického pole v zemi M3
5. Intenzita elektrického pole v zemi M4
6. Histogram měřených hodnot v bodě M1
7. Histogram měřených hodnot v bodě M2
8. Histogram měřených hodnot v bodě M3
9. Histogram měřených hodnot v bodě M4
10. Průběh směšného potenciálu
11. Průběh směšného potenciálu

1. Úvod

Na základě objednávky společnosti PONTEx s.r.o., provedla firma JEKU s.r.o. elektrická a geofyzikální měření pro zjištění přítomnosti stejnosměrných bludných proudů pro rekonstrukci mostní konstrukce na hrázi VD Slapy. Tento základní korozní průzkum provedený ve smyslu ČSN 03 8372 a norem souvisejících je jedním z podkladů pro návrh projektové dokumentace stavby z hlediska ochrany nelineových zařízení uložených v zemi proti korozním účinkům bludných proudů. Výsledky základního korozního průzkumu jsou vyhodnoceny z hlediska ochrany železobetonové stavby proti účinkům bludných proudů.

Jednotlivá měření a vyhodnocení byla provedena dle metodiky odpovídající ČSN 03 8362, ČSN 03 8363, ČSN 03 8365 a ČSN 03 8372. Při posuzování železobetonové stavby byla respektována související ustanovení technických podmínek MD ČR TP 124 s účinností od 1.1.2009 „Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací”.

Základní korozní průzkum byl proveden s ohledem na uspořádání terénu; bylo provedeno měření elektrických polí ve čtyřech bodech na obou březích přehrady. Zpracovatel na základě dispozičního uspořádání stavby volil měření v místě stavby ve čtyřech bodech tak, aby bylo možno pomocí výpočtů s dostatečnou přesností stanovit stupně agresivity prostředí dle následující specifikace:

- 1.1. Stanovení zdánlivého měrného odporu půdy Wennerovou metodou dle ČSN 03 8363.
- 1.2. Zjišťování napětového spádu ΔU , vždy na dvou kolmých dipólech a na třech stanovištích s technickou úpravou v návaznosti na ČSN 03 8365.
- 1.3. Vyhodnocení hustoty a směru bludných proudů s technickou úpravou v návaznosti na ČSN 03 8365.

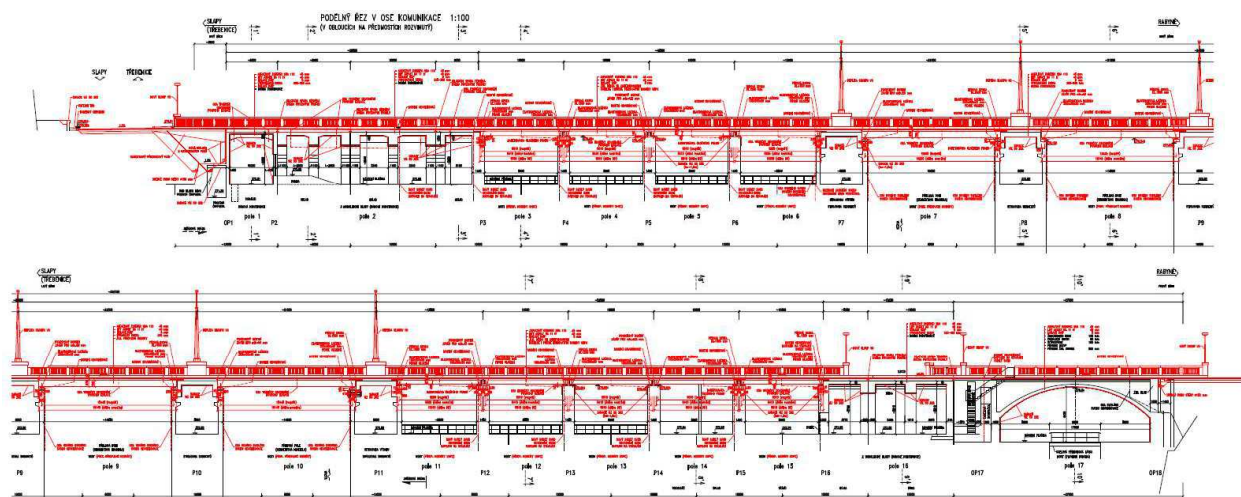
2. Podmínky měření

2.1. Místní podmínky, charakteristika posuzovaného objektu

2.1.1. Stavba objektu

Pro hodnocení ZKP se uvádí základní informace o v budoucnu rekonstruované mostní stavbě.

Mostní objekt se nachází v koruně hráze Slapy. Koruna hráze má délku 260 m a je vysoká 67,5 m.



Obrázek 1 – Podélný řez mostním objektem

2.1.2. Podrobný průzkum

Nad rámec standardního rozsahu ZKP byl proveden podrobný průzkum ve smyslu ČSN 03 8370, část II.

- a) Jako zařízení, které zprostředkovává šíření bludných proudů a významným způsobem může negativně spolupůsobit na novou stavbu je **uzemňovací soustava ČEZ Di** a případně uzemňovací soustava veřejného osvětlení.
- b) **Inženýrské sítě** vedené po mostě mohou v případě špatného izolačního provedení negativně přispět ke zvýšení korozní agresivity.
- c) Nejsou žádné informace o **aktivně chráněných plynovodech** v blízkém okolí stavby.



Obrázek 2 - Vyznačení polohy mostního objektu

2.1.3. Klimatické podmínky měření

Teplota vzduchu v průběhu dne dosahovala +12°C, jasno, zem vlhká, hlinitá.

Měření se uskutečnilo ve všední den, za běžného provozu všech zdrojů bludných proudů, v pátek 23.4.2021 od 10:00 do 16:00 hod.

3. Použité přístroje

Pro níže specifikovaná měření byly použity následující přístroje:

Měření napětí a proudu: **Owon B35T+** s bezdrátovým datovým přenosem

DC napětí:	60,00mV/600,0mV 0,01mV $\pm(0,5\%+2\text{dig})$ V 60,00mV/600,0mV/6,000V/60,00V 0,1mV 600,0V/1000V 0,1V
AC napětí:	60,00mV/600,0mV 0,01mV $\pm(0,8\%+2\text{dig})$ V 60,00mV/600,0mV/6,000V/60,00V 1mV $\pm(0,8\%+2\text{dig})$ 600,0V/750V 0,1V $\pm(1\%+3\text{dig})$
DC proud:	600,0μA 0,1μA $\pm(0,8\%+2\text{dig})$ mA 600,0μA/6,000mA/60,00mA/600,0mA/6,000A 0,01mA $\pm(0,8\%+2\text{dig})$ A 20,00A 1mA $\pm(1,2\%+3\text{dig})$
AC proud:	600,0μA 0,1μA $\pm(1\%+3\text{dig})$ mA 600,0μA/6,000mA/60,00mA/600,0mA/6,000A 0,01mA $\pm(0,8\%+2\text{dig})$ A 20,00A 1mA $\pm(2\%+3\text{dig})$

měření dalších veličin: elektrický odpor, kapacita, frekvence, teplota

Měření zemního odporu: **MRU-200**

rozsah:	0,000Ω až 19,99 kΩ
	přepínání rozsahů automatické, USB
	přesnost měřených veličin ± 2 až 5%, 4 digity

Napětíové datalogery: **HIOKI LR8515 – 2 DC kanály**

rozsah:	± 50 V, mezikanalově 70 V DC -200 až 999,9 °C
rozlišení:	0,01 mV; 0,1 °C
přesnost:	$\pm 0,05$ mV (při rozsahu 50 mV); $\pm 0,8$ °C
kapacita:	500 000 hodnot/ kanál
kommunikace:	wireless – bluetooth

kapacita: 60 000 hodnot

4. Metodika měření a vyhodnocování

4.1. Stanovení zdánlivého měrného odporu

Tato hodnota umožňuje výpočet proudových hustot pro stanovení korozní agresivity prostředí dle ČSN 03 8372, tab. 1. Byla použita Wennerova metoda dle ČSN 03 8363, umožňující interpretaci zvolených odporových vrstev. Při této čtyřelektrodové metodě se hloubkový dosah získává zvětšováním vzdálenosti elektrod. Pro daný případ byly měřeny hodnoty v jednotlivých místech s rozstupem elektrod $a = 1, 3$ a 5 m, což odpovídá měřeným vrstvám půdy hb takto:

$$0,75 a \leq hb \leq 1,25 a$$

Pro měření byl zvolen měřicí přístroj MRU-200 pro odporová měření s použitím vnějšího zdroje proudu. Výstupní napětí zdroje má střídavý charakter s frekvencí 128 Hz. Odečtené hodnoty na přístroji v ohmech byly podkladem pro výpočet zdánlivého měrného odporu půdy dle rovnice:

$$\rho = 2 \pi a R (\Omega m)$$

Pro výpočet proudových hustot byl zvolen nejnižší měrný odpor, zjištěný u jednotlivých vrstev půdy v daném místě měření potenciálových spádů $\Delta U1$ a $\Delta U2$.

Místa měření a výsledky zdánlivého měrného odporu jsou uvedeny na situaci. Naměřené údaje jsou uvedeny v tabulce č. 5. Pro přehled jsou naměřené hodnoty měrného zemního odporu vyneseny graficky v příloze.

Zjištěné hodnoty rezistivity půdy v závislosti na měřené ekvivalentní hloubce:

Měřicí bod	Rezistivita půdy
M1	139,3 – 230,7 Ωm
M2	145,4 – 267,1 Ωm
M3	133,4 – 391,1 Ωm
M4	63,7 – 147,8 Ωm

Z hlediska ČSN 03 8372, tab. 1, na základě měrného odporu horniny, se stanovuje agresivita prostředí ve stupni č. II. – střední

4.2. Stanovení přítomnosti bludných proudů v zemi

Pro tato měření byly použity napěťové datalogery HIOKI a ve funkci doplňkových a ověřovacích přístrojů elektrické měřicí digitální přístroj typu B35T+ se vstupním odporem 10 M Ω . Před vlastním měřením a po něm byla zjišťována polarizace použitých elektrod Cu/CuSO₄, tj. rozdíl potenciálů mezi jednotlivými elektrodami pro každou sadu elektrod. Při zpracování výsledků se případné rozdíly polarizace elektrod (v rozmezí dovolené tolerance) odečítají. Rovněž v souladu s ČSN byla před měřením provedena kontrola elektrolytu.

Kontrolní měření polarizace jednotlivých používaných sad elektrod – potenciály naměřené proti ocelové elektrodě ve vzdálenosti 1 m:

V bodě M1		V bodě M2	
el. č. 1	-380 mV	el. č. 1	-425 mV
el. č. 2	-385 mV	el. č. 2	-424 mV
el. č. 3	-382 mV	el. č. 3	-421 mV

V bodě M3		V bodě M4	
-----------	--	-----------	--

el. č. 1	-461 mV	el. č. 1	-260 mV
el. č. 2	-460 mV	el. č. 2	-254 mV
el. č. 3	-454 mV	el. č. 3	-257 mV

Diferenciál napětí mezi jednotlivými elektrodami v dané sadě splňuje ustanovení ČSN 03 8362 a je menší než 50 mV. Krom standardního měření dle shora uvedené tabulky, bylo provedeno i porovnání chybových potenciálů mezi jednotlivými elektrodami. Pro konkrétní měření byly použity všechny sady elektrod.

Pole bludných proudů v zemi bylo stanoveno z hodnot získaných při současném měření časového průběhu potenciálu na dvou kolmých dipólech pro každé stanoviště. Celková doba měření bodu byla více než 30 minut. Z naměřených hodnot se uvádí výběr údajů v tabulce, přičemž výpočty byly provedeny ze všech získaných hodnot, v grafech je uveden průběh napětí po celou dobu.

Zapojení měřicích přístrojů a elektrod Cu/CuSO₄ bylo následující: záporný pól přístroje byl na elektrodě umístěné v bodě 2, kladný pól přístroje na elektrodách v místech bodů 1, 3, (viz situace). Údaje naměřených hodnot dvojic ΔU jednotlivých stanovišť přiřazených do kvadrantů ”++ (0 - 90°)”, ”+- (90 - 180°)”, ”-- (180 - 270°)”, ”-+ (270 - 360°)”, jsou uvedeny v tabulce č. 1 až 4. Základní operace s naměřenými hodnotami pro každý bod jsou provedeny v týchž tabulkách pod naměřenými hodnotami. Prvním údajem jsou průměrné hodnoty U₁ a U₂ po opravě na polarizaci elektrod (pokud se provádí), na dalším řádku je proveden jejich přepočet na 1 m délky (tj. průměrná intenzita elektrického pole v zemi). Tyto hodnoty jsou stanoveny pro každou polaritu jednotlivých složek snímaného napětí, tj. matematicky ve čtyřech kvadrantech a v dalším řádku je vyhodnocován jejich procentní podíl v každém kvadrantu z celkového počtu naměřených hodnot. V předposledním řádku s označením Ep je uvedena absolutní hodnota vektoru intenzity elektrického pole pro příslušný kvadrant a na posledním řádku úhel tohoto vektoru vztažený k umístění sond v terénu.

Výsledné hodnoty proudových hustot v tabulce č. 6 jsou vypočteny z intenzity elektrického pole Ep a z hodnot zdánlivého měrného odporu půdy dle vzorce:

$$J[A.m^{-2}] = \frac{E_p [V.m^{-1}]}{\rho [\Omega m]}$$

Průměrné hodnoty proudových hustot v jednotlivých bodech a jednotlivých směrech dosahují hodnot:

$$J \in < 3,74 \cdot 10^{-6}; 5,11 \cdot 10^{-5} > (A.m^{-2})$$

***Dle dosažených výsledků průměrných hodnot jsou hustoty proudu dle ČSN 03 8372
tabl. ve III. stupni korozní agresivity***

Na situaci jsou uvedeny směry výsledných proudových hustot (nikoli elektrického pole v zemi). Ke každému směru jsou připsány základní informace o velikosti proudové hustoty **J (A.m⁻²)** a výskyt daného směru v procentech. Šipkou je označen směr toku proudu. Pokud v některém směru dosáhla četnost výskytu hustoty bludných proudů pod deset procent, není vektor v tomto směru v situaci zobrazen, je však uveden v tab. 6.

5. Stanovení stupně ochranných opatření proti škodlivým vlivům bludných proudů pro železobetonovou stavbu

Výsledky měření hustot bludných proudů dle tab. 4 ve čtyřech místech v lokalitě nové stavby dle **TP 124 “Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové stavby pozemních komunikací, Praha 2009”, tab. 1** jsou hodnoceny:

Stanovení sacího efektu stavby:

$$K_s = k_{sm} + k_k + k_p$$

k_{sm} (vlastní sací koeficient stavby)	. . . 1
k_k (konstrukce)	. . . 0
k_p (prostředí)	. . . 0
K_s	= 1

Výsledná proudová hustota bludného proudu:

$$J_v = K_s \cdot J; \quad J_v \in < 3,74 \cdot 10^{-6}; 5,11 \cdot 10^{-5} > (\text{A/m}^2)$$

kde J_v je přepočtená proudová hustota pro stanovení stupně ochranných opatření.

Stupeň ochranných opatření pro SO 201 - rekonstrukci mostní konstrukce na hrázi se dle TP 124, tab. 1 stanovuje na: č. 3

6. Měření potenciálu U_z výztuže – půda

Nad rámec standardního korozního průzkumu bylo provedeno měření potenciálu vybraných konstrukcí vůči nepolarizovatelné elektrodě Cu/CuSO₄. Bylo provedeno potenciálové měření na obnažené výztuži pod vozovkou a koleji na technické rampě.

Popis metody:

Metoda spočívá v umístění elektrody Cu/CuSO₄ do těsné blízkosti betonové konstrukce (základu) stavby. Měřené body jsou vyznačeny ve výkresové příloze tohoto dokumentu. Hodnoty byly naměřené napěťovými dataloggery HIOKI.

Měřený objekt	Směsný potenciál HIOKI (mV)
výztuž pod vozovkou	15,10
kolej (technická rampa)	-343,58

Hodnocení:

V rámci doplňkového měření potenciálů vůči nepolarizovatelné elektrodě Cu/CuSO₄ na koleji technické rampy bylo dosaženo průměrné hodnoty směsného potenciálu cca -340 mV. Tato hodnota je obrazem polarizované oceli v zemi se složkou potenciálu měřeného v zemi. Kolej vykazuje potenciál odpovídající železu v zemi (cca -440 mV) s mírnou polarizací směrem ke kladným hodnotám. Kolej nevykazuje žádné anomální hodnoty a průběh napětí na kolejnici je odlišný od napětí výztuže přehrady.

Měření výztuže pod vozovkou je měření na zkorodované nepochybně neprovažené výztuži v průjezdu příjezdové komunikace na severní straně přehrady. Potenciál výztuže (cca +15 mV) signalizuje korozní stav výztuže viditelný po opadaných krycích vrstvách. Kladný potenciál v oblasti +100 mV indikuje anodické rozpouštění oceli provázené korozními procesy, jak je patrné z prohlídky. Zajímavý je zásadně odlišný průběh potenciálu od elektrického potenciálu v zemi. Těžko lze dovozovat trakční soustavu, více je pravděpodobný vliv střídavého napětí ze zdroje elektrárny. Sanační práce jsou potřebné, je třeba očistit výztuž na kov, poškozené výztuže nahradit novými, a po obnovení poškozené výztuže je vhodné provést pouze referenční srovnávací měření potenciálu výztuže vůči elektrodě Cu/CuSO₄.

Nejedená se o vlivy klasických bludných proudů, ale o projevy chemické koroze s možností mírného vlivu napěťové soustavy 50Hz – v daném okamžiku s obtížně definovatelným původem (elmag. pole, uzemnění);

vliv rozhodně není zásadní, existuje zřetelnější korelace mezi kladným potenciálem výztuže a jejím korozním stavem.

7. Hodnocení výsledků měření ve vztahu ke zpracování projektové dokumentaci stavby

Z výsledků měření provedených v rámci základního korozního průzkumu vyplývá mírnější riziko korozního namáhání železobetonové stavby a je třeba vhodné dodržet zavedené principy pasivní ochrany (snižující působení bludných proudů) - zde především s cílem udržet výztuž v pasivovaném stavu bez korozních produktů bez ohledu na vliv bludných proudů (které se v lokalitě vyskytují jen v omezené míře).

Při zpracování projektové dokumentace zejména stavby objektu projektant stavební části zachová zavedené principy pasivní ochrany výztuže v betonu ve smyslu ČSN EN 50162) příloha NA, resp. technických podmínek TP 124 MD ČR “Základní ochranná opatření pro omezení vlivu bludných proudů na mostní objekty a ostatní betonové konstrukce pozemních komunikací” (účinnost 1.1.2009).

Hlavními zásadami ochrany proti účinkům bludných proudů jsou:

- **na úrovni primárních ochrany:** Stanovení kvality betonů: Navržený beton bude odpovídat dle ČSN EN 206+A1 a ČSN EN 1992-1-1. Primární ochrana bude koordinována s požadavky na sanaci betonových konstrukcí dle TP MD ČR.

- **na úrovni sekundárních ochrany:** Z hlediska ochrany stavby před bludnými proudy se nestanovuje požadavek na aplikaci sekundárních ochrany.

- **na úrovni konstrukčních opatření:** Z hlediska ochrany před účinky BP se **nestanovuje** požadavek na provaření výztuže mostu dle TP 124. Požadavky na eventuální provaření výztuže jsou dány rozsahem sanovaných ploch, požadavky na eliminaci korozních článků mezi novou a starou výztuží a požadavky na možnost kontroly stavu výztuže poločlánkovou metodou dle ASTM.

Rekonstrukce hráze představuje výměnu částí nosníků na úrovni nosné konstrukce mostní stavby včetně obnovy povrchů konstrukce. Pro tyto části bude postupováno dle TP 124 MD ČR pro stupeň ochranných opatření č.3.

- **ostatní požadavky:**

a) Inženýrské sítě – stávající stav není nutno měnit ani do řešení zasahovat. Lze předpokládat, že spodní stavba hráze je využita ve funkci základových zemničů. Na pochozí (horní) straně hráze se neprovádí zásahy do stavby, které by vedly k doplnění nebo úpravě zemnicí soustavy; pokud by takové úpravy byly prováděny, upřednostní se základové zemniče, z hlediska korozních vlivů bludných proudů však není důvod vyžadovat speciální řešení.

b) **Žádná trvale zabudovaná zařízení pro sledování vlivu bludných proudů se stejně jako nedestruktivní diagnostika koroze výztuže nenavrhují.**

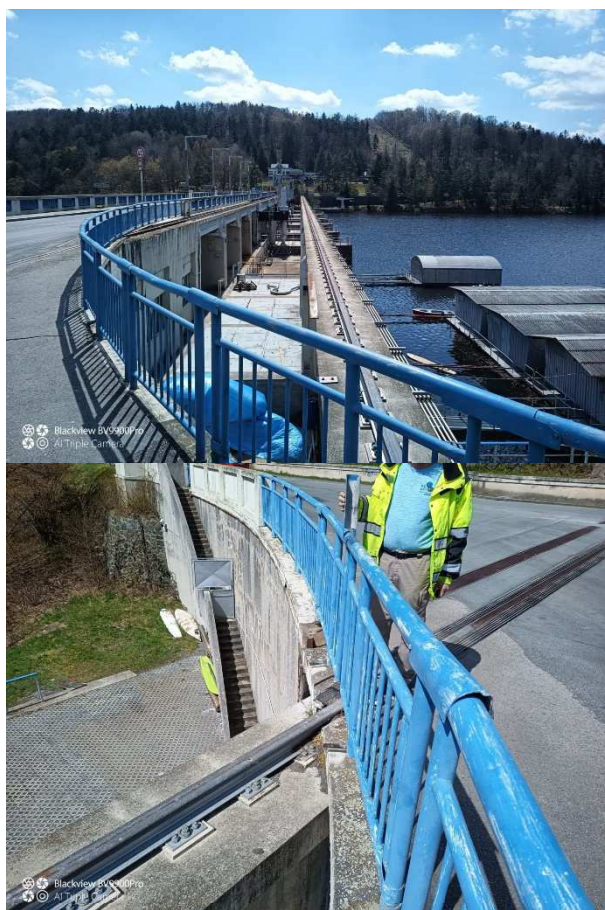
c) **Žádná aktivní ochrana proti účinkům bludných proudů se pro tuto stavbu nenavrhuje.**

e) **Pro danou stavbu se nenavrhují další měření bludných proudů v průběhu a po dokončení stavby.**

- **doporučený postup:** Projektant stavební části a statik zapracují zavedená pasivní ochranná opatření shora zmíněna (ve smyslu TP 124, 2009) do PD). Samostatnou PD z hlediska ochrany stavby před účinky bludných proudů není nutno zpracovávat.

8. Fotodokumentace:





Stav na hrázi nevyžaduje úpravy z hlediska ochrany před účinky bludných proudů. Je patrná kolej vedená z betonové konstrukce do asfaltové komunikace na betonu





Korozně napadená výztuž v průjezdu hráze (korozní stav je potvrzen měřeným potenciálem)



Korozní poškození krycích vrstev s nízkým krytím výztuže je zřejmě ve větších plochách hráze.

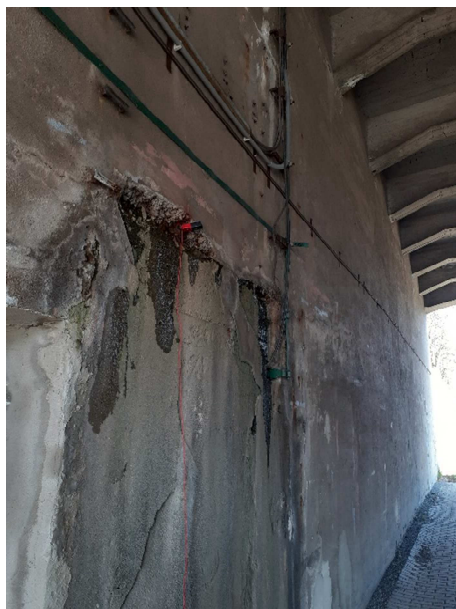




Místa měření elektrického pole v zemi







V rámci sanací je nutné se vypořádat nejen se sanací povrchu dle PD PONTEX, ale i s řešením a obnovou uzemnění.



M3



M2



M1

Místa měření elektrického pole v zemi