



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

K L O K N E R Ů V Ú S T A V
Šolínova 7, 166 08 Praha 6 – Dejvice

**Expertní zpráva č.
1800 J 150**

Datum vydání zprávy

29. května 2018

Oddělení KÚ

Stavebních materiálů
tel. +420 224 353 509

Objednatel: **Město Nymburk.**
Náměstí Přemyslovců 163,
288 28 Nymburk

Expertní zpráva:

**Diagnostický průzkum předpjaté lávky
pro pěší přes řeku Labe v Nymburce**

Vypracoval:

Ing. Vítězslav Vacek, CSc.

Ing. Milan Rydval

Ing. Petr Pokorný, Ph.D

Spolupráce:

Ing. David Čítek

Ing. Milan Holý

Petr Vrbata

Odpovědný řešitel:

Ing. Vítězslav Vacek, CSc.

Vedoucí oddělení:

Ing. Lukáš Balík, Ph.D.

Ředitel KÚ:

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Výtisk číslo:

1 2 3 4

Rozdělovník:

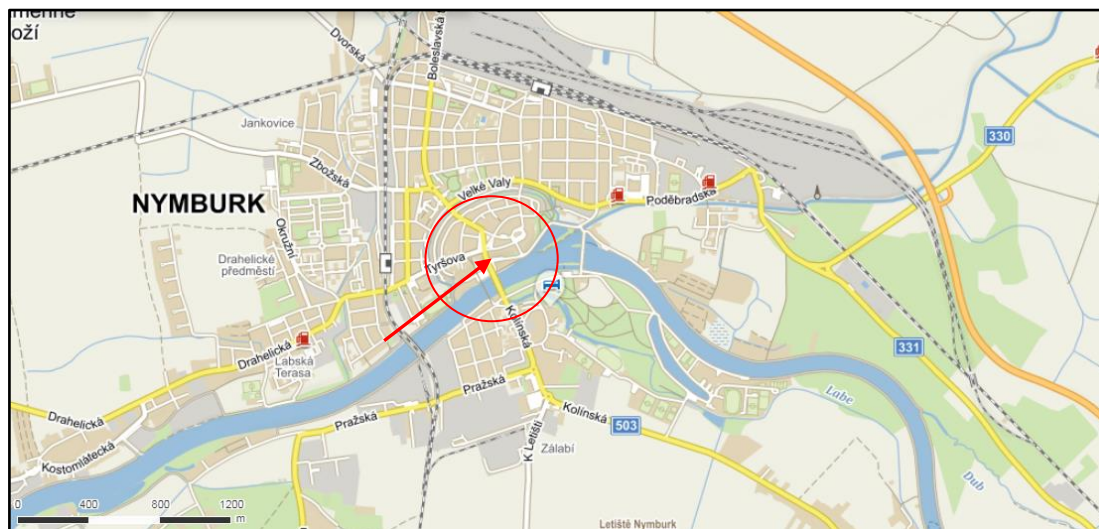
Objednatel: 3x

Archiv KÚ: 1x

Zpráva může být reprodukována pouze jako celek. Části zprávy mohou být reprodukovány, publikovány nebo jinak použity pouze na základě písemného souhlasu ředitele Kloknerova ústavu ČVUT v Praze.

ANOTACE

Tato expertní zpráva uvádí výsledky úvodní - I. etapy stavebně diagnostického průzkumu (SDP) předpjaté lávky pro pěší přes Labe v Nymburce. Byla zpracována na základě poskytnutých podkladů, vizuálních prohlídek a diagnostických prací provedených in situ.



*Obr. 1: Nahoře výsek z mapy s vyznačením polohy objektu lávky pře Labe,
dole výsek z leteckého snímku téhož objektu*



OBSAH

Kap.:	Str.:
1. ÚVOD	4
2. PODKLADY	4
3. POUŽITÉ METODY A POSTUPY	5
3.1 PROSTUDOVÁNÍ DOKUMENTACE	5
3.2 VIZUÁLNÍ PROHLÍDKY	6
3.3 NEDESTRUKTIVNÍ STANOVENÍ POLOHY OCELOVÉ VÝZTUŽE.....	6
3.4 PROVEDENÍ MALÝCH SEMIDESTRUKTIVNÍCH SOND	6
3.4 ANALÝZA OBSAHU CHLORIDŮ	6
3.5 KOROZNÍ PRŮZKUM.....	7
3.6 PEVNOST BETONU	7
3.7 TVAR A CHOVÁNÍ KONSTRUKCE	7
4. POPIS KONSTRUKCE.....	8
5. ZJIŠTĚNÉ VÝSLEDKY	9
5.1 VÝSTUPY Z DOKUMENTACE.....	9
5.2 VÝSLEDKY VIZUÁLNÍCH PROHLÍDEK.....	9
5.4 MALÉ SEMIDESTRUKTIVNÍ SONDY	10
5,4 OBSAH VODOU ROUZPUSTNÝCH CHLORIDŮ A VLHKOST BETONU	12
5.5 VÝSLEDKY KOROZNÍHO PRŮZKUMU.....	15
5.6 PEVNOST BETONU V TLAKU DESTRUKTIVNĚ	19
5.7 VYHODNOCENÍ TVARU A CHOVÁNÍ KONSTRUKCE.....	24
6. SHRUTÍ A ZÁVĚR.....	25
7. NÁVRHY A DOPORUČENÍ K PROVOZU OBJEKTU.....	27

Přílohy: Příloha 1: Schéma polohy zkušebních míst
Příloha 2: Fotodokumentace ze STP
Příloha 3: XRF a XRD analýzy cementové injektáže
Příloha 4: Podélný profil lávky

1. ÚVOD

Tato expertní zpráva shrnuje výsledky úvodní - I. etapy stavebně diagnostického průzkumu (SDP) předpjaté lávky pro pěší přes Labe v Nymburce, realizovaného v období dubna a května 2018, zpracovaného na základě smlouvy o dílo (dále SoD) mezi ČVUT v Praze, Kloknerovým ústavem a městem Nymburk, č. S 201800226, ze dne 11.04.2018.

V rámci expertního posouzení bylo provedeno:

- prostudování dostupné technické dokumentace poskytnuté objednatelem (viz Příloha č.2 SoD),
- nedestruktivní stanovení polohy předpínací výztuže,
- vyhodnocení tvaru lávky na základě provedené technické nivelace,
- odběry betonu pro testy mechanicko-fyzikálních a chemických vlastností,
- odběry korozních zplodin, materiálové laboratorní analýzy,
- shrnutí a vyhodnocení získaných výsledků, a zpracování expertního zprávy,
- doporučení k provozování lávky.

Cílem expertního posudku bylo zhodnotit typy a charakter poruch lávky, její stav z hlediska její trvanlivosti a provozní bezpečnosti, pro účely rozhodování objednatele o dalším postupu v této věci.

2. PODKLADY

- [1] PD Nymburk – Oprava lávky pro pěší přes řeku Labe II (paré č.2), zpracovatel PONTEx s.r.o., datum 09/2017 DSP + PDPS,
- [2] Oprava lávky pro pěší přes řeku Labe II, Diagnostický průzkum, zpracovatel PONTEx s.r.o., datum 06/2017,
- [3] Závěrečná zpráva o jakosti k opravě lávky v roce 2006,
- [4] Dokumentace skutečného provedení k opravě lávky v roce 2006,
- [5] Hlavní prohlídka lávky 10. 3. 2014, Ing. Vladimír Píša,
- [6] Posouzení příčin vzniku koroze svítidel SVÚOM Praha 6. 9. 2012,
- [7] Geodetické zaměření lávky a mostu z roku 1996 a 1997,
- [8] Geodetické zaměření lávky 04/2018 (zasláno elektronicky),
- [9] Měření vlivu bludných proudů JEKU s.r.o., 03/2011,
- [10] Odborný znalecký posudek č. 192 na realizované osvětlení lávky,

- [11] Soupis prací – rok 2016 – zhotovitel SMP Praha,
- [12] ČSN ISO 13822 (73 0038) – Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí, leden 2015.
- [13] ČSN EN 12504-1 – Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 1: Vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku;
- [14] ČSN EN 12390-3 – Zkoušení ztvrdlého betonu. Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles;
- [15] Dohnálek, J. – Kontrola pevnosti betonu ve stavební konstrukci. Úspora cementu při výstavbě betonových konstrukcí – studijní texty, ČSVTS, Praha 1983;
- [16] ČSN EN 13791 – Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a prefabrikovaných betonových dílcích;
- [17] ČSN EN 12390-7 – Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu;
- [18] ČSN EN ISO 10304-1 – Jakost vod – Stanovení rozpuštěných aniontů metodou kapalinové chromatografie iontů – Část 1: Stanovení bromidů, chloridů, fluoridů, dusičnanů, dusitanů, fosforečnanů a síranů.
- [19] Informace od zástupce objednatele (Ing. Bohumila Klicpery a pana Jana Pokorného),
- [20] vlastní zjištění z místních šetření a vizuálních prohlídek.
- [21] J. Stráský, M. Pirner, DS-L Stress-ribon Footbridges, Dopravní stavby, n.p., Olomouc, Tisk 51 2093/86

3. POUŽITÉ METODY A POSTUPY

3.1 PROSTUDOVÁNÍ DOKUMENTACE

Dostupné části technické dokumentace, jsou významným zdrojem informací o posuzované části objektu, jejím uspořádání, popř. hodnocení jejího stavu.

Projektová a operativní dokumentace nebývá úplná a často se liší od výsledného stavu díla, nicméně poskytuje alespoň určitou představu o záměrech projekčního řešení, uspořádání nosných konstrukcí, skladby nebo řešení detailů.

Vedle základní projektové dokumentace jsou důležité i informace o vývoji stavu v čase, tzn. od postupu výstavby, kontrolách přejímkách, zatěžování konstrukcí a uvádění objektu do

provozu až po zjištění výskytu a charakteru rozvoje poruch. Tyto informace ve vazbě na časovou osu jsou zásadními indiciemi pro posouzení poruch, jejich příčin, zhodnocení závažnosti, predikci dalšího vývoje - trvanlivosti.

3.2 VIZUÁLNÍ PROHLÍDKY

Vizuální prohlídka, i když ji nelze upřít subjektivnost, je jedním z nejdůležitějších postupů, neboť jen tento postup umožňuje odhalit nedostatky prakticky v celé přístupné části zkoumané plochy povrchu konstrukce.

Vizuální prohlídka viditelných ploch spolu s fotodokumentací dokáže poskytnout velmi cenný materiál o vývoji problémů a poruch v místě a řadě okamžiků plynoucího času, což může být velmi cenným podkladem k hodnocení např. trvanlivosti konstrukcí. Pokud je to možné, je vhodné ji kombinovat s metodou akustického trasování.

3.3 NEDESTRUKTIVNÍ STANOVENÍ POLOHY OCELOVÉ VÝZTUŽE

V diagnostikovaných oblastech byla tloušťka krycí vrstvy stanovena nedestruktivně pomocí provedení scanů přístrojem HILTI PS 1000 dle metodiky jeho dodavatele. Přístroj pracuje na principu radaru – odrazu vln. Výstupem registrace odrazů elektromagnetických pulzů od nehomogenit materiálu je plošný scan s příčným řezem dané konstrukce.

Pro orientaci bylo použito i měření intenzity magnetického pole ocelové výztuže.

3.4 PROVEDENÍ MALÝCH SEMIDESTRUKTIVNÍCH SOND

Principem malých semidestruktivních sond je zpřístupnění zakrytých částí konstrukce, jako např. předpínací výztuže, k umožnění jejich kontroly - vizuální prohlídky, popř. odběru malých vzorků materiálu (např. korozních zplodin), s minimálním zásahem do struktury samotné konstrukce, v tomto případě betonové části průřezu lávky.

Tyto malé sondy slouží ke kalibraci nedestruktivních diagnostických postupů, resp. jejich výstupů a k šetrné kontrole jinak zakrytých částí konstrukce.

3.4 ANALÝZA OBSAHU CHLORIDŮ

Chloridové ionty svou přítomností významně ovlivňují průběh koroze ocelové výztuže v betonu. Vodou rozpustné, mobilnější a reaktivnější typy, je možno analyzovat z vodného výluhu materiálu získaného z konstrukce prostřednictvím vrtáním odebraného prachu nebo betonové drti získané např. při provádění semidestruktivních sond.

Z hlediska korozního nebezpečí jsou zajímavá zejména jejich obsahy v materiálu těsně obklopujícím ocelovou výztuž (injektáž kanálků, dobetonávka rýh s lany „systému A“) a z oblastí aktivních trhlin, tzn. zejména příčných styčných spár prefabrikátů.

3.5 KOROZNÍ PRŮZKUM

Korozní průzkum se zabývá korozním stavem ocelové výztuže v konstrukci, tzn. typem, stupněm jejího rozvoje a podmínkami prostředí. Jeho hodnocení se opírá o chemické analýzy a vizuální pozorování.

3.6 PEVNOST BETONU

Pro orientační stanovení pevnosti betonu v tlaku byly z konstrukce prefabrikátů odebrány malé jádrové vývrty, které byly po úpravě na zkušební vzorky, v laboratoři KÚ ČVUT v Praze podrobeny destruktivní zkoušce pevnosti v tlaku.

3.7 TVAR A CHOVÁNÍ KONSTRUKCE

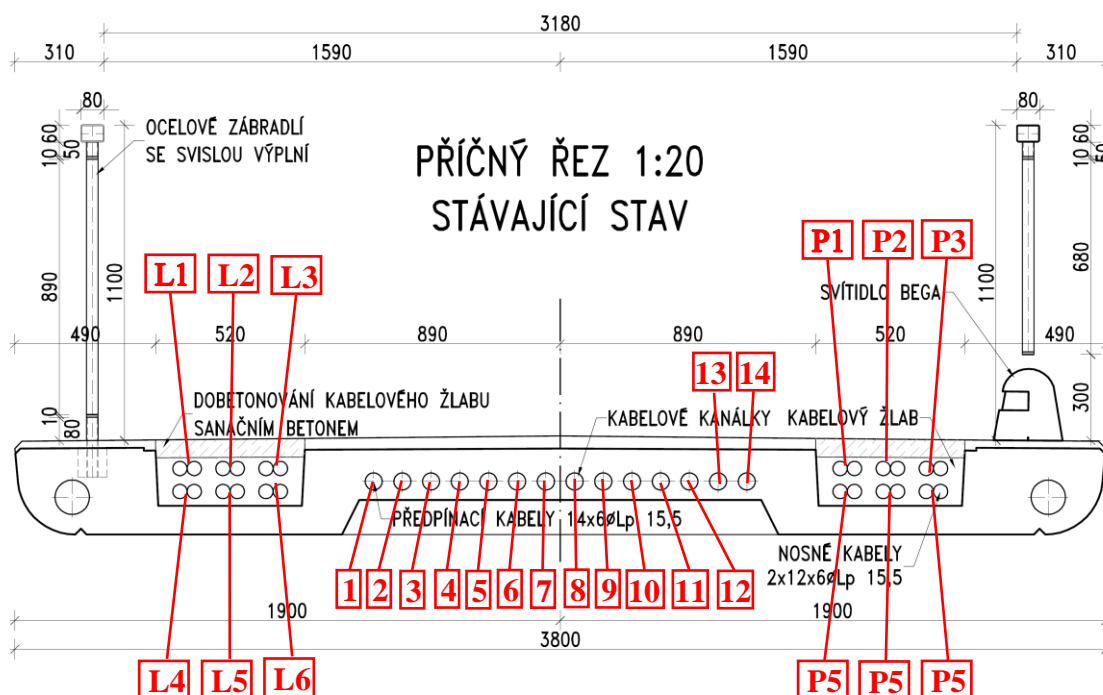
Jednou ze základních informací o stavu konstrukce lávky je její tvar, který byl pro potřeby tohoto hodnocení zaměřen technickou nivelací za podmínek různé teploty prostředí, aby bylo možno hodnotit vliv teploty na její pohyby - chování.

Dále je pro základní úvahy k doporučení pro provoz lávky třeba sestavit její reálný statický model, který vystihuje dostatečně věrně skutečné chování konstrukce a může být vodítkem pro hodnocení obvyklých provozních stavů z hlediska změn vnitřních sil a nároků na konstrukční materiály.

4. POPIS KONSTRUKCE

Předmětná lávka, postavená v roce 1985, [1- 11, 21] byla konstrukčně řešena jako visutý pás s mostovkou ze železobetonových prefabrikátů, nesených systémem předpínacích lan, opatřený oboustranným ocelovým zábradlím se svisle dělenou výplní a průběžným, dilatačně děleným, horním madlem. Podélně byla uspořádána jako most o třech polích o rozpětích 46,5 m, 102m a 70,5 m (uvedeno ve směru staničení, tj. od Zálabí k centru), s dvěma koncovými kotevními bloky a dvěma mezilehlými pobřežními pilíři. Příčné uspořádání mostovky bylo s mírným střechovitým sklonem o šířce prefabrikátu 3,8m a délce cca 3m. Příčný řez prefabrikátu je podle svislé osy jednoose symetrický. Podhled prefabrikátu je převážně řešen s vylehčením ve tvaru kazety se žebrem po celém obvodu, plné typy jsou jen v oblasti podpor. V podporových oblastech je visutý pás mostovky namísto prefabrikátů proveden v technologii železobetonového monolitu.

Ocelová předpínací lana byla dle [21] Lp 15,5 (1800 MPa), uspořádaná po šesti do kabelů, jdou vedena podélně. Nosné kabely jsou uloženy v obou krajních rýhách po třech vedle sebe, ve dvou vrstvách, polohově i výškově vymezených vždy ve čtyřech okrajových částech prefabrikátů ocelovými přípravky, které zajišťují funkci spojení prefabrikátů s nosnými lany. Ve střední, převážně tenčí deskové části prefabrikátu (vylehčený typ), jsou šestice předpjatých předpínacích lan vedeny ve čtrnácti paralelních kruhových, dodatečně zainjektovaných betonových kanálcích, s krátkou ocelovou průchodkou v místech příčných spár.



Obr. 2: Typický příčný řez lávky [1]

Pro účely popisu konstrukce, jsou styčné spáry prefabrikátů (včetně napojení na monolitická sedla) očíslovány ve směru staničení dle [1]. Při pohledu na příčný řez ve směru staničení (ve shodě s [1]), jsou dvojice nosných kabelů v levé rýze označeny písmenem L a zleva pořadovým číslem, tzn. L1, L2, L3 v horní vrstvě, L4, L5, L6 ve spodní vrstvě, obdobně s písmenem P a čísla jsou označeny kabely v pravé rýze. Kabely v kanálcích desky jsou označeny zleva doprava čísly 1 – 14.

Schématické vyznačení polohy zkoumaných míst a odběru vzorků je zaneseno do půdorysu lávky v Příloze 1.

5. ZJIŠTĚNÉ VÝSLEDKY

5.1 VÝSTUPY Z DOKUMENTACE

V rámci provedených prací byla prostudována objednatelům poskytnutá dokumentace [1-11]. Vedle základních informací popsanych v kap. 4, z ní plyne, že:

- v minulosti byl opakovaně zaměřen tvar lávky (např. 1996, 1997, 2018)
- lávka byla v roce 2006 rekonstruována společností SMP a.s.,
- byly problémy s instalovaným systémem osvětlení v rámci rekonstrukce 2006,
- v roce 2004 byla v rámci hlavní prohlídky zjištěna řada závad, resp. poruch,
- v roce 2017 byl proveden Diagnostický průzkum a připravován projekt Opravy lávky pro pěší přes řeku Labe II, společností PONTEX s.r.o.

V souvislosti s havárií obdobné lávky v pražské Troji, byl na lávce v Nymburce vyloučen běžný provoz.

5.2 VÝSLEDKY VIZUÁLNÍCH PROHLÍDEK

Vizuální prohlídky v průběhu provádění diagnostických prací byly provedeny období 2.- 28.5. 2018. Fotodokumentace charakteristických míst s popisem z těchto termínů je uvedena v Příloze 2 [20].

Zjištěné poznatky lze souhrnně vyhodnotit takto:

- povrch mostovky je výrazně nerovný,
- stěrkový systém a povrchu mostovky je značně opotřebený, lokálně až na izolační membránu, vykazuje množství lokálních oprav a trhlin prakticky v místech všech příčných styčných spár mezi prefabrikáty,

- na podhledu mostovky jsou na řadě míst stopy průsaků, opět zejména v místech všech příčných styčných spár mezi prefabrikáty,
- u řady příčných styčných spár mezi prefabrikáty jsou na jedné nebo obou stranách lávky dobře patrné projevy rozvoje koroze betonářské výztuže prefabrikátů - vysoká pravděpodobnost přítomnosti Cl^- ve stékající srážkové vodě,
- v jednom místě (spára 66 vlevo) byl zjištěn v místě průsaků krápník,
- na několika místech byly na konstrukci zjištěny stopy dříve prováděných sond.

5.4 MALÉ SEMIDESTRUKTIVNÍ SONDY

Rozmístění, tvar a velikost malých semidestruktivních sond na konstrukci lávky bylo voleno tak, aby bylo možné s co nejmenším zásahem do nosné konstrukce – její betonové části, ověřit skutečný stav předpínacích kabelů, především z korozního hlediska či vyplnění kanálků injektáží.

Sondy byly prováděny po nedestruktivním prozkoumání místa, ručně, pouze s použitím lehkého elektrického náradí. Po vyčištění, prohlídce a fotodokumentaci bylo ihned provedeno jejich uvedení do původního stavu – reprofílace. Při tomto postupu byla nejvyšší péče věnována tomu, aby se do konstrukce nad technologicky nezbytnou, minimální míru nedostávala voda.

Z důvodu zajištění bezpečnosti pracovníků proti možnému riziku pádu do hloubky, byly tyto práce prováděny za individuálního jištění každého z nich s využitím automobilní hydraulické pracovní plošiny.

V potenciálně nejrizikovější oblasti středu lávky sondy prováděny nebyly mj. z důvodu velmi obtížného zajištění bezpečnosti pracovníků proti pádu do hloubky. V této oblasti byly v rámci průzkumu zpracovaného společností Pontex [2] provedena sondy k lanům „systému B“ zespodu. Snímky na str. 41 [2] v místech sond ukazují, že kanálky s kabely č. 6,8 a 12 nejsou vůbec zainjektovány, předpínací lana mají lokálně rozvinutou povrchovou korozi a místy z mezer mezi dráty viditelně postupuje i koroze ve formě oddělujících se korozních zplodin, tzn. s následkem oslabení průřezu patentového drátu.

Celkem pracovníci KÚ provedli 26 sond, které zachytily celkem 56 míst na předpínacích lanech. Poloha sond je patrná z Přílohy 1. Stav sond je patrný z následujících komentovaných fotografií v Příloze 2:

- „systém A“ Foto 67 – 146.
- „systém B“ Foto 44 – 66.

Na základě provedeného šetření lze konstatovat

- z 10 prohlédnutých míst předpínacích lan v 6 provedených sondách „systému B“ je 5 kanálků zcela nezainjektovaných (Příloha 2 , Foto 58-66),
- v nezainjektovaných kanálkách byla zjištěna mírná koroze povrchu patentových drátů předpínacích lan, s lokálně intenzivnější korozí ve štěrbinách mezi dráty, přecházející místy do fáze volných korozních produktů (zejména např. střední pole, spáry 43-44, kabely 8, 10, 11, 14),
- ze 48 prohlédnutých míst předpínacích lan ve 20 provedených sondách „systému A“ byl zjištěn následující stav:
 - mírná povrchová koroze, lokálně s projevy rozvíje koroze ve štěrbinách mezi patentovými dráty předpínacích lan28 x,
 - středně rozvinutá koroze plošného charakteru13x,
 - intenzivnější koroze s přechodem k důlkové podobě2x,
 - intenzivní koroze s tvorbou odlupujících se šupin5x
- ve dvou sondách v oblasti „systému A“ - pravé rýhy byly nalezeny nezabetonované dutiny s masivní korozí lan projevující se již uvolňujícími se korozními zplodinami:
 - v menším rozsahu ve spáře 13 (viz Příloha 2, Foto 107),
 - ve velkém rozsahu (plocha cca 1 x 0,2 m) ve spáře 2 (viz Příloha 2, Foto 73 - 89).

Souhrnně lze konstatovat, že hlavní nosný prvek tj. předpínací lana Lp 15,5 nejsou ve značném rozsahu antikorozně chráněna alkalickým prostředím betonu, resp. injektáže (lana B) či dobetonávky (lana A).

Vlivem nezainjektování či nezabetonování jsou lana vystavena působení silného agresivního prostředí tj. vlhkosti a místy působení chloridů (viz dále). Ze sond k předpínací výztuži je zcela zřejmé, že dochází místy k její silné korozi a místy i za přítomnosti uvolňujících se korozních zplodin.

Zjištěný korozní stav předpínací výztuže a probíhající korozní proces lze pokládat za daného uspořádání a stavebního provedení této konkrétní konstrukce lávky za zcela nekontrolovaný a jeho vývoj nepredikovatelný.

Jak vyplývá provedeného průzkumu a také z našich zkušeností z problematikou Trojské lávky, velmi silná a masivní koroze výztuže se může lokalizovat i do velmi malých úseků např. oblasti spár mezi prefabrikáty a nezabetonované (lana A) či nezainjektované kanálky (lana B).

Z experimentálních zkušeností KÚ při provádění mechanických testů různě zkorodované předpínací výztuže provedených v minulosti vyplývá, že jakmile předpínací výztuž povrchově koroduje s náběhem na korozní zplodiny či již s korozními zplodinami znamená to ztrátu tažnosti (výztuž se poruší křehkým lomem) a současně významný pokles mechanické pevnosti výztuže v řádu i několika desítek % (snížení místy o 20-30 %). Snížení mechanických parametrů výztuže ovlivňuje samozřejmě spolehlivost a bezpečnost konstrukce.

Z výše uvedeného je tedy zřejmé, že z hlediska korozního stavu je lávka ve zcela nepredikovatelném stavu. Stoprocentní kontrola stavu předpínací výztuže není technicky možná. Ani rozšířené šetření bohužel nemůže odhalit všechny problémové oblasti a ani nejrizikovější oblast. Prakticky každá spára mezi prefabrikáty je touto rizikovou oblastí.

Za této situace lze velmi obtížně jakýmkoli způsobem odhadovat zbytkovou životnost lávky a objektivně odhadovat rizika poruchy. Proto dle našeho názoru nelze doporučit uvést lávku zpětně do provozu.

5.4 OBSAH VODOU ROUZPUSTNÝCH CHLORIDŮ A VLHKOST BETONU

Vysušené vzorky z polních odběrů byly namlety na analytickou jemnost. Následně byly ze vzorků připraveny vodné výluhy v destilované vodě v poměru 1:10 (vzorek : voda). Doba vyluhování byla 24 hodin. Ve výluzích se stanovoval obsah ve vodě rozpustných chloridových iontů (Cl^-), síranových iontů (SO_4^{2-}) a dusičnanových iontů (NO_3^-). Zkoušky vodných výluhů byly provedeny podle ČSN EN ISO 10304-1. Výsledky chemického rozboru vodných výluhů jsou uvedeny v následující Tabulce 1.

Tabulka 1: Výsledek chemických analýz obsahu chloridů v materiálech lávky

Označení vzorku = číslo prefabrikátu prefabrikát + lano nebo spára. Hloubka u prefabrikátu	Chloridy Cl ⁻ v % hmotnosti suchého vzorku	Přepočet obsahu Cl ⁻ na cement v množství přibližně 400 kg v 1 m ³ betonu [%]	Označení vzorku = číslo prefabrikátu prefabrikát + lano nebo spára. Hloubka u prefabrikátu	Chloridy Cl ⁻ v % hmotnosti suchého vzorku	Přepočet obsahu Cl ⁻ na cement v množství přibližně 400 kg v 1 m ³ betonu [%]
2P- 20 -40 mm	0,001	0,01	13 - 10 mm	0,064	0,37
2P, injektláž kabelu 1	0,001	0,01	13- 30 mm	0,092	0,53
3-4L - 20 -40 mm	0,005	0,03	13- 50 mm	0,089	0,51
3-4L, injektláž kabelu 14	0,002	0,01	S3P- 30 mm	0,005	0,03
8P - 20 -40 mm	0,004	0,02	S3L -30mm	0,009	0,05
8P, injektláž kabelu 10	0,001	0,01	21 - 10 mm	0,096	0,55
8-9L20 -40 mm	0,002	0,01	21 - 30 mm	0,140	0,81
8-9L , injektláž kabelu 9	0,001	0,01	21 - 50 mm	0,130	0,75
11P, 20 -40 mm	0,001	0,01	4 - 10 mm	0,070	0,40
11P, injektláž kabelu 7	0,001	0,01	4 - 30 mm	0,065	0,37
43-44, lano 8	0,004	0,02	4 - 50 mm	0,072	0,41
43-44, lano 10	0,001	0,01	6 - 10 mm	0,009	0,05
43-44, lano 14	0,001	0,01	6 - 30 mm	0,022	0,13
44 P -20mm	0,007	0,04	6 - 50 mm	0,026	0,15
54P 0-20 mm	0,003	0,02	8 - 10 mm	0,006	0,03
54P 20-40 mm	0,003	0,02	16 - 10 mm	0,005	0,03
58L 0-20 mm	0,005	0,03	16 - 30 mm	0,002	0,01
58L 20-40 mm	0,005	0,03	10 - 10 mm	0,096	0,55
S2L - 30 mm	0,008	0,05	10 - 30 mm	0,170	0,98
S2P - 30mm	0,003	0,02	12 - 10 mm	0,006	0,03
19P - 10mm	0,130	0,75	12- 30 mm	0,012	0,07
19P - 30 mm	0,150	0,86	66L - 20 mm	0,006	0,03
19P - 50mm	0,100	0,58	66L - 40 mm	0,005	0,03
19L - 10 mm	0,110	0,63	69L - 20 mm	0,002	0,01
19L - 30 mm	0,140	0,81	69L - 40 mm	0,003	0,02
19L - 50 mm	0,105	0,60	70P -20 mm	0,003	0,02
1 - 10 mm	0,030	0,17	70P - 40 mm	0,002	0,01
1 - 30 mm	0,039	0,22			
1 - 50 mm	0,041	0,24			
Legenda					
	obsah chloridů do limitu 0,2 % hmotnosti cementu				
	obsah chloridů větší než limit 0,2 % z hmoty cementu pro předpjaté konstrukce				
	obsah chloridů větší než limit 0,4 % hmoty cementu pro železobeton a výrazně vyšší než limit 0,2 % pro předpjaté konstrukce				

U vybraných vzorků z odebrané betonové suti byla také informativně gravimetricky stanovena vlhkost v povrchové vrstvě betonu do hloubky cca 40mm. Zjištěné výsledky shrnuje následující tabulka 2.

Tabulka 2: Výsledek stanovení vlhkosti betonu

Vzorek	Vlhkost v proc. hmotnosti
1-2 0-40 mm	3,5%
2P - dutina, výplň	6,4%
3-4L 0-40 mm	2,7%
8P 0-40 mm	5,7%
43-44 0-40 mm	2,9%
45L 0-40 mm	4,5%
46L 0-30 mm	4,0%
47P 0-30 mm	7,0%
52L 0-25 mm	6,7%
53L 0-40 mm	4,7%
54L 0-40 mm	3,3%

Z měření vyplývá:

- Zjištěný obsah chloridových iontů v betonu a to i v blízkosti výztuže je místy velmi vysoký a významně převyšuje limity pro předpjatý beton (0,2 % hmotnosti cementu) i železobeton (0,4% hmotnosti cementu). **Lokálně zjištěný vysoký obsah chloridů významně zvyšuje korozní riziko pro velmi nebezpečnou lokální korozi předpínací výztuže.**
- V řadě míst je obsah chloridů i relativně nízký a vyhovuje limitu požadovaného pro předpjaté konstrukce 0,2 %. Tento překvapivě pozitivní stav lze přisoudit i dobrým odtokovým poměrům z povrchu mostovky a snadné vyluhovatelnosti chloridů vodou.
- Průměrná vlhkost betonu v oblasti blízké předpínací výztuži se pohybovala v rozmezí cca 2,7 – 7 % hm.

Zjištěné výsledky ukazují vyšší vlhkost v dutině pravé rýhy v oblasti spáry 2 a potenciální riziko aktuálního zatékání do oblastí spár 8, 47, 52 (ze zkoumaného souboru). U spár 52, 53 a 54 je nyní stav zatékání obdobný jako odpovídá průsakům na fotografiích před provedením opravy v roce 2006 [1].

5.5 VÝSLEDKY KOROZNÍHO PRŮZKUMU

Korozní průzkum aktuálního stavu lávky v Nymburku byl založen na vizuálním hodnocení vlastního korozního napadení v typové škále dle **Obr. 1. – Obr. 3.**, a analýzou složení cementové injektáže v kanálcích s předpínací výztuží.

V rámci odběru vzorků injektáže bylo vytipováno celkem 5 míst, jednotlivé odběry jsou specifikované v **Tab. 1.** Vzorky cementové injektáže z každého odběrového místa byly podrobeny XRF analýze (**Tab. 2. – Tab. 6.**) a XRD analýze (**Obr. 4. – Obr. 13.**), výsledky jsou uvedeny v Příloze 3.



Obr. 1. Vzhled minimálně, převážně povrchově korozně napadeného lana („systém A“, spára 46, kabel L1)



Obr. 2. Vzhled lana s vrstvou pouze povrchově precipitovaných korozních produktů („systém A“, spára 13, kabel P1)



Obr. 3. Vzhled odhaleného korozně nejintenzivněji napadeného lana („systém A“, spára 2, kabel P3)

Z vizuálního korozního průzkumu vyplývá, že korozní poškození má elektrochemickou formu s kyslíkovou depolarizací (katodická korozní reakce). Koroze vykazuje lokalizovaný průběh evidentně stimulovaný možnou přítomností chloridových aniontů z posypových solí a činností koncentračního článku s diferenční aerací (odlišná dostupnost svazku v délce pro přístup kyslíku z atmosféry). Na některých místech byly kolem lan (např. Obr. 3.) zjištěny dutiny, proto zde nelze vyloučit vyšší stimulaci korozního poškození mechanismem štěrbinové koroze, jehož projevy byly zjištěny na řadě kontrolovaných míst předpínacích lan. Tímto může dojít k silné intenzifikaci lokálního korozního poškození za předpokladu přítomnosti chloridových aniontů uvnitř dutiny. (Christofer Leygraf, Thomas E. Graedel: Atmospheric Corrosion, Electrochemical Society Series, Wiley & Sons, New Jersey 2000; Dieter Landolt: Corrosion and surface chemistry of metals, EPFL Press, Lousanne 2006).

Povrchu drátů většiny předpínacích lan vykazuje relativně malé korozní poškození (velmi často stále nesouvislá vrstva bazických oxidů železa bez přítomnosti magnetitu, tj. povrchová koroze – **Obr. 1 až 2.**). Ovšem byla odkryta i místa s již silně lokalizovaným korozním napadením (**Obr. 3.**), kde kromě bazických oxidů železa je přítomen magnetit (Fe_3O_4), poukazující na hloubkově rozsáhlejší korozní poškození. Toto je potvrzeno i viditelným odprýskáváním horních vrstev korozních produktů.

Při tomto hodnocení je nutno brát v potaz i uspořádání drátů v lanech, která mají významné dutiny mezi centrálním a obvodovými dráty. V těchto dutinách se dle našich zkušeností koroze

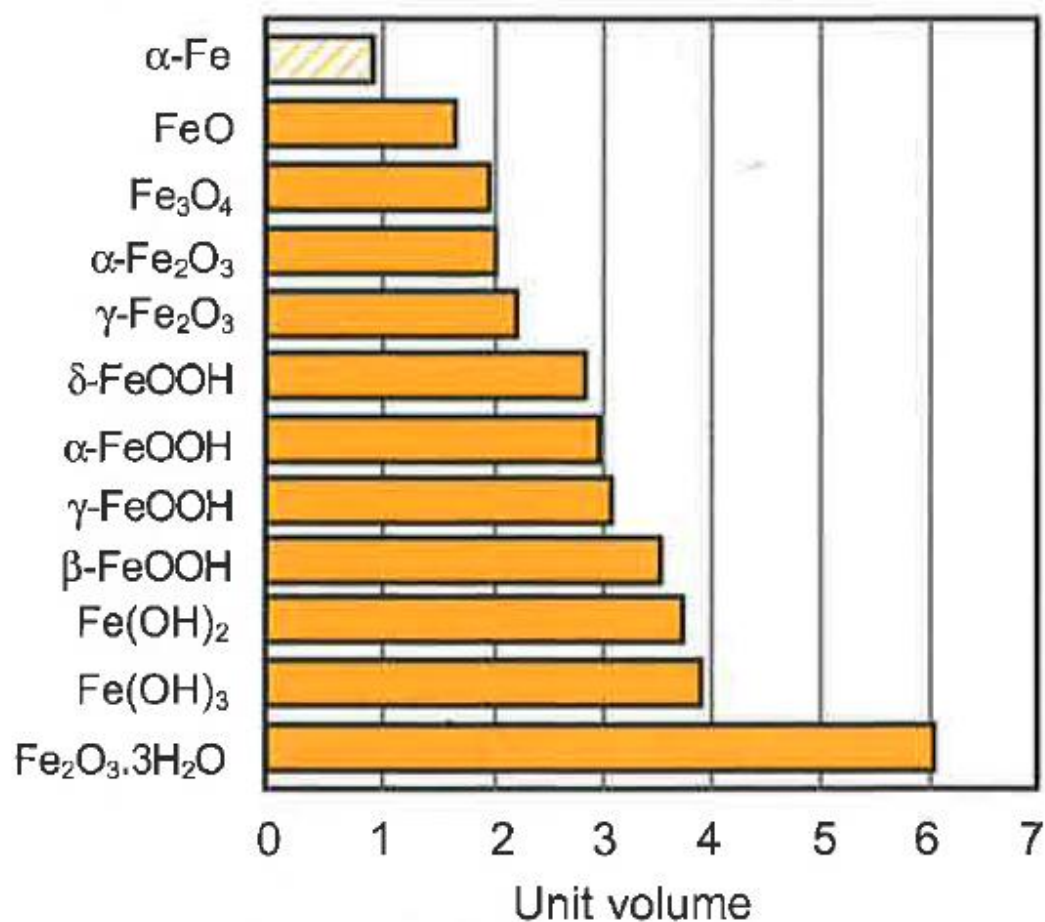
rozvíjí i v jinak alkalickém okolí také, o čemž mj. svědčí expanze korozního napadení povrchu drátů z mezer mezi nimi (viz např. výše a Foto. 74, 75, 79-89, 107 v Příloze 2 nebo PV5 – 7, na str. 41 [2]).

Analýza 5 vzorků cementové injektáže ukázala její srovnatelné fázové složení, především s vyšším zastoupením portlanditu a ettringitu (konceptně očekávané produkty hydratace) a menší podíl jiných slínekových či semihydraulických fází. Obsah hydrocalumitu, tj. Friedelovy soli je u vzorků minimální na samé hranici detekce XRD analýzy.

Tato zjištění potvrzují, že byla použita injektážní směs na bázi portlandského cementu a až později došlo lokálně k zatečení vodných roztoků s rozpuštěným NaCl (halit, posypové soli používané při zimní údržbě). Injektáž nebyla znečištěna korozními produkty.

Korozní poškození ocelových předpínacích lan bylo nejpravděpodobněji vyvoláno výskytem kondenzované vlhkosti, resp. opakovaným zatečením srážkové vody z povrchu lávky, které v některých případech kontaminované chemickými rozmrazovacími látkami (posypovými solemi).

V průběhu korozního průzkumu byla zjištěna tloušťka korozních produktů až 0,3 mm (precipitáty na majoritní bázi lepidokrokitu (γ -FeO(OH)) a goetitu (α -FeO(OH)) s menším podílem magnetitu (Fe_3O_4)) na nejintenzivněji napadených lanech (např. Obr. 3.). S ohledem na tento údaj lze predikovat úbytek tloušťky stěny (plocha válce) jednoho drátu lana z jedné strany na hodnotu přibližně 0,1 mm (tj. 0,2 mm se započtením obou stran). Tento úbytek lze uvést s ohledem na dostupnou literaturu (Amir Poursaei, Corrosion of Steel in Concrete Structures, Woodhead Publishing, Duxford 2016). Srovnávací tabulka zabíraného objemu obvyklých korozních produktů oceli s objemem elementární Bravaisovy mřížky α -feritu (uhlíková ocel) je z uvedené literatury uveden na **Obr. 4.**



Obr. 4. Porovnání zabíraných objemů korozních produktů s ohledem na objem elementární buňky α -feritu (Amir Poursaei, Corrosion of Steel in Concrete Structures, Woodhead Publishing, Duxford 2016, str. 27)

Souhrnně lze tedy konstatovat, že předpínací výztuž lokálně silně koroduje s dopadem na tvorbu korozních zplodin a tedy i zjevný korozní úbytek a relativně malé zmenšení průřezu výztuže. Jak je konstatováno v předchozí kapitole experimentální zkušeností KÚ z provádění mechanických testů různě zkorodované předpínací výztuže provedených v minulosti vyplývá, že tento stav znamená ztrátu tažnosti takto zasažené výztuže (výztuž se poruší křehkým lomem) a současně významný pokles mechanické pevnosti výztuže v řádu i několika desítek % (snížení o 20-30 %).

5.6 PEVNOST BETONU V TLAKU DESTRUKTIVNĚ

Pevnost betonu v tlaku byla stanovena laboratorně na odebraných jádrech z malých vývrtů odebraných při provádění sond k výztuži. Popis vzorků, jejich fotodokumentace a výsledky zkoušek jsou uvedeny dále:

Tabulka 3: Popis vývrtů

Označení vývrtu	Délka /průměr [mm]	Popis struktury vývrtu
45-46 (3 ks)	60+90+70 / Ø60	Ve vývrtu převažuje podíl HTK a HDK nad DTK. Max. velikost zrna HTK je 20 mm, max. velikost zrna HDK je 25 mm. Beton je hutný až pórovitý, místy mezerovitý, na povrchu vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 5 mm, místy byly zachyceny dutiny velikosti až 14 mm. Povrch vývrtu je hladký. Na líci jednotlivých částí vývrtů bylo zaznamenáno souvrství stěrky a malty o tloušťce 17 mm. Druhá část vývrtu je v podélném směru rozlomena.
53PV, 53LV (2 ks)	100+50 / Ø60	Vývrt obsahuje vyvážený podíl HTK, HDK a DTK. Max. velikost zrna HTK je 22 mm, max. velikost zrna HDK je 22 mm. Beton je hutný až mírně pórovitý, na povrchu vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 6 mm. Povrch vývrtu je hladký. Na líci jednotlivých částí vývrtů bylo zaznamenáno souvrství stěrky a malty o tloušťce až 13 mm. V první části vývrtu byla zachycena zřejmě pracovní spára.
62-63	75 / Ø60	Vývrt obsahuje vyvážený podíl HTK, HDK a DTK. Max. velikost zrna HTK je 10 mm, max. velikost zrna HDK je 25 mm. Beton je hutný až mírně pórovitý, na povrchu vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 3 mm. Povrch vývrtu je hladký. Na líci vývrtu bylo zaznamenáno souvrství stěrky a malty o tloušťce 13 mm.
64-65 (2 ks)	60+40 / Ø60	Ve vývrtu převažuje podíl HTK a HDK nad DTK. Max. velikost zrna HTK je 25 mm, max. velikost zrna HDK je 22 mm. Beton je hutný až pórovitý, na povrchu vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 4 mm. Povrch vývrtu je hladký. Na líci jednotlivých částí vývrtů bylo zaznamenáno souvrství stěrky a malty o tloušťce až 15 mm. Na zlomu první části vývrtu byl zachycen otisk výztuže – žebrovaná, Ø nelze specifikovat.
67-68 (3 ks)	60+50+50 / Ø60	Ve vývrtu převažuje podíl HTK nad DTK. Vývrt obsahuje ojedinělá zrna HDK. Max. velikost zrna HTK je 25 mm, max. velikost zrna HDK je 18 mm. Beton je hutný až mírně pórovitý, na povrchu vývrtu byl zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 5 mm. Povrch vývrtu je hladký. Na líci jednotlivých částí vývrtů bylo zaznamenáno souvrství stěrky a malty o tloušťce až 15 mm. Na zlomu každé části vývrtu byl zachycen otisk výztuže – žebrovaná, Ø nelze specifikovat.

Zkratky: DTK – drobné těžené kamenivo, HTK – hrubé těžené kamenivo, HDK – hrubé drcené kamenivo



Foto 1: Pohled na vzorky 45-46, 56PV, 56LV a 62-63



Foto 2: Pohled na vzorky 64-65 a 67-68

V rámci provádění odběru malých jádrových vývrtů byla zjištěna výrazná pracovní spára (s plošným oddělením) mezi prefabrikátem a betonem pravé rýhy ve třetím poli. Beton výplně rýhy nebyl řádně hutný, měl výrazně světlejší barvu a zjevně nižší pevnost.



Foto 3: Pohled na vývrt v pracovní spáře prefabrikátu a betonu pravé rýhy, třetí pole (53-54), zřetelně rozsáhlé oddělení trhlinou

DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY BETONU V TLAKU

Provedení zkoušky	:	29. 5. 2018
Značení vzorků	:	viz Tabulka 3 a 4
Identifikace vzorků	:	zkoušeny byly vývrty o \varnothing cca 60 mm výsledky zkoušek jsou uvedeny v Tabulce 4
Úprava vzorků	:	zaříznuty diamantovým kotoučem
Koncování	:	ano, směsí síry a plniv
Zatěžovací stroj	:	WPM 500 kN, metrologické číslo S 12 011 M
Prostředí zkoušky	:	teplota 22 °C, vlhkost 51 %
Provedl	:	Pavel Borodáč

Pro účely destruktivních zkoušek pevnosti betonu v tlaku byly použity vzorky vzniklé při provádění sond k výztuži tj. jádrové vývrty \varnothing cca 60 mm. V laboratoři byly vývrty zaříznuty a zakoncovány směsí, jejímž pojivem je síra. Před koncováním byly vývrty změřeny a zváženy, aby bylo možno stanovit objemovou hmotnost betonu. Takto připravené vzorky byly zkoušeny v zatěžovacím stroji WPM 500 kN, metrologické číslo S 12 011 M. Odběry jádrových vývrtů a zkoušky vzorků byly provedeny dle ČSN EN 12504-1 [13].

Válcové pevnosti betonu $f_{c, core}$ zjištěné na vývrtech je nutné převést na krychelné pevnosti $f_{c, cube}$, které odpovídají pevnostem na krychli základních rozměrů, tj. krychli s délkou hrany 150 mm. Převod se provede dle ČSN EN 12390-3, změna Z1, příloha NA [14].

Nejprve se provede převod na vývrtech zjištěných válcových pevností betonu $f_{c, core}$ na válcové pevnosti betonu $f_{c, cyl}$, které odpovídají pevnostem betonu na válcích základních rozměrů, tj. na válcích o průměru 150 mm a výšce 300 mm, dle vztahu:

$$f_{c, cyl} = K_{c, cyl} \cdot K_{d, cyl} \cdot f_{c, core}$$

$K_{c, cyl}$ je opravný součinitel štíhlosti dle ČSN EN 12390-3 [14] v závislosti na štíhlostním poměru $\lambda = h / d$ (kde h je výška vývrtu a d je průměr vývrtu); pro $1 \leq \lambda < 2$,
 $K_{d, cyl}$ je experimentálně stanovený převodní součinitel v závislosti na průměru vývrtu dle diagramu vypracovaného v KU ČVUT [15].

Válcové pevnosti betonu $f_{c, cyl}$, které odpovídají pevnostem betonu na válcích základních rozměrů, se následně převedou na krychelné pevnosti $f_{c, cube}$, které odpovídají pevnostem betonu na krychlích základních rozměrů dle vztahu:

$$f_{c, cube} = K_{cyl, cube} \cdot f_{c, cyl}$$

$K_{cyl, cube}$ je převodní součinitel pevností betonu na válcích základních rozměrů na krychelné pevnosti betonu na krychlích základních rozměrů dle ČSN EN 12390-3 [14].

Při provádění zkoušek vývrtů je nutné sledovat i způsob porušení vzorků, tj. aby skutečně došlo k porušení tlakem a nikoli smykem či příčným tahem. Nesprávně porušená tělesa vykazují obvykle velmi nízké pevnosti a takové výsledky se vyřazují z vyhodnocení.

Posouzení krychelné, resp. válcové charakteristické pevnosti betonu v tlaku $f_{ck, cube}$, resp. $f_{ck, cyl}$ v konstrukci zkoušením vývrtů bylo provedeno dle ČSN EN 13791 [16].

Tabulka 4: Výsledky zkoušky pevnosti betonu v tlaku na vývrtech

Vývrt	Ozn. zk. vzorku	Průměr vzorku	Výška vzorku	Výška vzorku po zakoncování	Hmotnost	Objem. hmot.	Max. tlak. síla F	Pevnost betonu na vývrtnu $f_{c, core}$	Štíhl. poměr λ	Opravný součinitel (štíhlost) κ_c, cyl	Převodní součinitel (průměr) κ_d, cyl	Válcová pevnost betonu $f_{c, cyl}$	Převodní součinitel (cyl-cube) $\kappa_{cyl, cube}$	Krychelná pevnost betonu $f_{c, cube}$
		[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[--]	[--]	[--]	[MPa]	[--]	[MPa]
45-46	45-46	54,3	46,7	49,2	248	2300	119,0	51,4	0,906	0,800	0,914	37,6	1,239	46,6
56	56LV	54,3	38,5	42,3	206	2320	119,0	51,4	0,779	0,779	0,914	36,6	1,240	45,4
62-63	62-63	59,9	49,3	51,8	323	2330	186,0	66,0	0,865	0,800	0,918	48,5	1,225	59,4
64-65	64-65	59,8	46,3	50,3	310	2390	134,0	47,7	0,841	0,800	0,918	35,0	1,248	43,7
67-68	67-68	59,8	39,4	43,6	242	2190	128,0	45,6	0,729	0,729	0,918	30,5	1,246	38,0
Průměr ze všech vzorků:						2310						39,4		48,8
Směrodatná odchylka:						73,0						6,1		7,2
Variační koeficient [%]:						3,2						15,5		14,7

Vysvětlivky k tabulce:

	Zkušební vzorek nesplňuje požadavek ČSN EN 12504-1 na poměr velikosti max. zna kameniva k průměru vývrtnu (max. 1 : 3).
	Zkušební vzorek z důvodu nevhodného porušení vyloučen z vyhodnocení.

Nejistota měření:

Rozšířená nejistota měření pevnosti v tlaku je 2,0 MPa.

Rozšířená nejistota měření objemové hmotnosti je 20 kg/m³.

Standardní nejistota odpovídá jedné směrodatné odchylce a byla vypočtena jako kombinovaná. Uvedená nejistota je rozšířená nejistota, která byla vypočtena s použitím koeficientu rozšíření $k=2$, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95%.

Posouzení charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci zkoušením vývrtů

(ČSN EN 13791, čl. 7.3.3 – Postup B)

Počet zkoušek n : 4

Krajní mez k příslušející malému počtu zkoušek (v závislosti na n): 7

Odhad charakteristické pevnosti betonu v tlaku je nižší hodnota z následujících hodnot:

$$f_{ck, is} = f_m(n), is - k = 48,8 - 7 = 41,8 \text{ MPa} \quad \text{nebo} \quad f_{ck, is} = f_{is, min.} + 4 = 43,7 + 4 = 47,7 \text{ MPa}$$

Kritérium shody dle tab. 1, ČSN EN 13791 pro beton pevnostní třídy C 35/45

$$f_{ck, is, cube} = 41,8 > 38 \text{ MPa} = f_{ck, is, cube} \text{ (min. charakt. pevnost betonu, ČSN EN 13791, tab. 1)}$$

Minimální charakteristická pevnost betonu C 35/45 $f_{ck, is, cube} = 38 \text{ MPa}$.

Minimální charakteristická pevnost zkoušeného betonu $f_{ck, is, cube} = 41,8 \text{ MPa}$.

Minimální charakteristická pevnost betonu C 40/50 $f_{ck, is, cube} = 43 \text{ MPa}$.

Značky a zkratky:

$f_{ck, is}$	charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci
$f_m(n), is$	střední hodnota n výsledků zkoušek pevnosti betonu v tlaku v konstrukci
$f_{is, min.}$	nejnižší výsledek zkoušky pevnosti betonu v tlaku v konstrukci
$f_{ck, is, cube}$	min. charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci

Beton splňuje požadavky pevnostní třídy C 35/45, dle ČSN EN 206.

5.7 VYHODNOCENÍ TVARU A CHOVÁNÍ KONSTRUKCE

Ve smyslu kap. 3.7 bylo provedeno měření tvaru lávky za různých teplot prostředí technickou nivelací. Jeho výsledky jsou ve formě podélného profilu zachyceny v Příloze 4. Z výsledků měření plyne, že při teplotním rozdílu 10°C dochází ke zvednutí nebo poklesu středním poli lávky o cca 11 cm. Tento nezvykle velký pohyb mostovky lávky je, vzhledem k jejímu konstrukčnímu řešení, v intencích statického výpočtu jejího pravděpodobného teoretického modelu. Provedené měření potvrzuje významný vliv teploty na pravidelné cyklické zatěžování její konstrukce změnou teploty.“ Naměřená odezva nivelety na změnu teploty, podobná údajům uvedeným v [21], také ukazuje, že konstrukce lávky v tomto ohledu prakticky nijak zřetelně nesignalizuje aktuální, evidentně neuspokojivý stav ocelových předpínacích lan, tj. kritické části jejího nosného systému. To mj. znamená, že porušení skutečně může nepredikovatelně nastat.

Zjištění z vizuální prohlídky mostovky potvrdilo naše zkušenosti i z jiných podobných objektů, že při změnách teploty dochází opakovaně k pohybům v styčných spárách mezi prefabrikáty a v důsledku toho se zde mohou vytvářet aktivní trhliny, tj. jejichž šířka se odpovídajícím způsobem neustále mění. Vznik a pohyb trhlin je u této konstrukce mj. také podpořen nezainjektovanými předpínacími kabely „systému B“ (nalezeno na 5 místech), kdy předpínací výztuž se železobetonovou částí průřezu spolupůsobí jinak, než pravděpodobně předpokládal její teoretický statický model.

Toto charakteristické chování dokumentuje i porovnání stavu zatékání v oblasti spár 52-54 před opravou v roce 2006 a zjištěný stav vlhkosti v rámci našeho průzkumu nyní. Vyrovnávací vrstva pod pochozí stěrkou neдрží v celé ploše na betonovém podkladu, což je možno zkontrolovat akustickým trasováním a v těchto místech vzniká riziko kumulace vlhkosti v důsledku zatékání (viz např. provedená sonda 46-47 – Příloha 2, Foto 124).

Pohyby nivelety lávky v souvislosti se změnami teploty (Příloha 4) jsou doprovázeny také významnou změnou napjatosti předpínacích lan (viz také [21]), což za nepredikovatelnosti stavu oslabení předpínací výztuže korozí, generuje značnou nejistotu v chování konstrukce a riziko jejího náhlého kolapsu tj. zřícení.

6. SHRNUTÍ A ZÁVĚR

Tato expertní zpráva shrnuje výsledky úvodní - I. etapy stavebně diagnostického průzkumu (SDP) předpjaté lávky pro pěší přes Labe v Nymburce, realizovaného v období dubna a května 2018, zpracovaného na základě smlouvy o dílo (dále SoD) mezi ČVUT v Praze, Kloknerovým ústavem a městem Nymburk, č. S 201800226, ze dne 11.04.2018.

V rámci expertního posouzení bylo provedeno:

- a) prostudování dostupné technické dokumentace poskytnuté objednatelem (viz Příloha č.2 SoD),
- b) nedestruktivní stanovení polohy předpínací výztuže,
- c) vyhodnocení tvaru lávky na základě provedené technické nivelace,
- d) odběry betonu pro testy mechanicko-fyzikálních a chemických vlastností,
- e) odběry korozních zplodin, materiálové laboratorní analýzy,
- f) shrnutí a vyhodnocení získaných výsledků, a zpracování expertního zprávy,
- g) doporučení k provozování lávky.

Cílem expertního posudku bylo zhodnotit typy a charakter poruch lávky, její stav z hlediska její trvanlivosti a provozní bezpečnosti, pro účely rozhodování objednatele o dalším postupu v této věci.

Na základě provedených diagnostických zjištění na předmětné lávce pro pěší v Nymburku a vyhodnocení výsledku provedených zkoušek, bylo zjištěno následující:

- lávka byla v roce 2006 rekonstruována společností SMP a.s.,
- v roce 20014 byla v rámci hlavní prohlídky zjištěna řada závad, resp. poruch,
- v roce 2017 byl proveden Diagnostický průzkum a připravován projekt Opravy lávky pro pěší přes řeku Labe II, společností PONTEX s.r.o.
- stěrkový systém a povrchu mostovky je značně opotřebený, lokálně až na izolační membránu, vykazuje množství lokálních oprav a trhlin prakticky v místech všech příčných styčných spár mezi prefabrikáty,
- u řady příčných styčných spár mezi prefabrikáty jsou na jedné nebo obou stranách lávky dobře patrné projevy rozvoje koroze betonářské výztuže prefabrikátů, spáry mezi segmenty jsou trvale tzv. aktivní, tj. dochází k pohybu ve spárách ke vzniku trhlin a riziku vnikání vlhkosti spárami k předpínací výztuži,
- na podhledu mostovky jsou na řadě míst stopy průsaků, opět zejména v místech všech příčných styčných spár mezi prefabrikáty, v jednom místě (spára 66 vlevo) byl zjištěn v místě průsaků krápník,
- z 10 prohlédnutých předpínacích kabelů v 6 provedených sondách „systému B“ je 5 kanálků zcela nezainjektovaných (Příloha 2, Foto 58-66),

- v nezainjektovaných kanálcích byla zjištěna mírná koroze povrchu patentových drátů předpínacích lan, s lokálně intenzivnější korozí ve štěrbinách mezi dráty, přecházející místy do fáze volných korozních produktů (zejména např. střední pole, spáry 43-44, kabely 8, 10, 11, 14),
- ze 48 prohlédnutých předpínacích kabelů ve 20 provedených sondách „systému A“ byl zjištěn následující stav:
 - mírná povrchová koroze, lokálně s projevy rozvíje koroze ve štěrbinách mezi patentovými dráty předpínacích lan28 x,
 - středně rozvinutá koroze plošného charakteru13x,
 - intenzivnější koroze s přechodem k důlkové podobě2x,
 - intenzivní koroze s tvorbou odlupujících se šupin5x
- ve dvou sondách v oblasti „systému A“ - pravé rýhy byly nalezeny nezabetonované dutiny s masivní korozí lan projevující se již uvolňujícími se korozními zplodinami:
 - v menším rozsahu ve spáře 13 (viz Příloha 2, Foto 107),
 - ve velkém rozsahu (plocha cca 1 x 0,2 m) ve spáře 2 (viz Příloha 2, Foto 73 - 89),
- lokálně byly zjištěny vysoké koncentrace vodou rozpustných chloridů Cl⁻, překračující několikanásobně povolené hodnoty pro předpjatý, ale i železový beton (viz kap. 5.4), na některých místech byla jejich zjištěná koncentrace překvapivě nízká, což svědčí o možnosti jejich snadného vyluhování srážkovou vodou,
- korozní poškození ocelových předpínacích lan bylo s vysokou pravděpodobností vyvoláno výskytem kondenzované vlhkosti, resp. i opakovaným zatečením srážkové vody z povrchu lávky, v některých případech kontaminované chemickými rozmrazovacími látkami (posypovými solemi),
- při odhadované tloušťce uvolněných korozních zplodin cca 0,3mm (viz spára 2 a 13 - Příloha 2, Foto 73 – 89, 107), lze predikovat úbytek tloušťky oceli patentového drátu z jedné strany hodnotou přibližně 0,1 mm (tzn.. 0,2 mm na průměru drátu),
- **zjištěný korozní stav předpínací výztuže a probíhající korozní proces lze pokládat za daného uspořádání a stavebního provedení této konkrétní konstrukce lávky za zcela nekontrolovaný a jeho vývoj nepredikovatelný.**
- pevnost betonu prefabrikátů v tlaku zjištěná na malých vývrtech splňuje požadavky pevnostní třídy C 35/45, dle ČSN EN 206, o rozdílnosti kvality svědčí poměrně vysoký rozptyl zjištěných hodnot.

Na základě uvedených závěrů je možno konstatovat, že aktuální korozní stav předpínacích lan je prakticky nepredikovatelný a konstrukce se může nacházet ve fázi vysokého rizika náhlého kolapsu – zřícení.

7. NÁVRHY A DOPORUČENÍ K PROVOZU OBJEKTU

Za aktuálně zjištěného fyzického stavu lávky, kdy:

- lávka nemá funkční celoplošnou hydroizolaci mostovky,
- ve výplni rýh s nosnými lany systému A jsou zjištěny dutiny a přítomnost vlhkosti,
- kanálky s předpínacími lany v desce nejsou evidentně z velké části zainjektované,
- spáry mezi segmenty jsou trvale aktivní tj. dochází ke vzniku trhlin a riziku vnikání vlhkosti spárami k předpínací výztuži,
- dochází k nekontrolovatelné rozvinuté korozi ocelových předpínacích lan systému A i B, lokálně velmi intenzivní s přítomností magnetitu (Fe_3O_4) a uvolňujících se korozních zplodin, které významně negativně ovlivňují mechanické parametry předpínacích lan tj. křehké chování výztuže a významné snížení mechanických pevností,

doporučujeme:

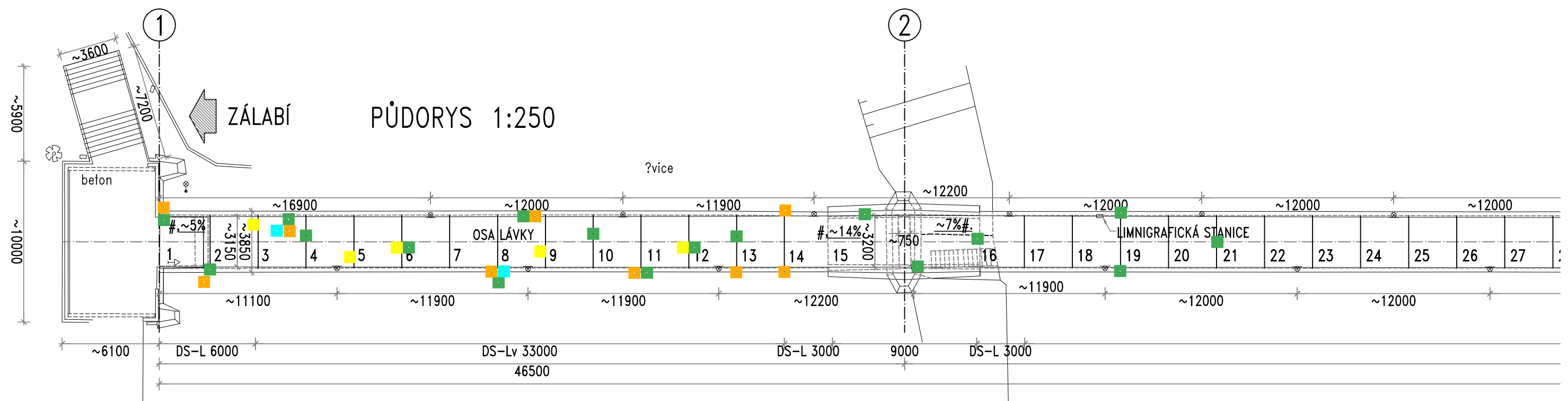
- lávku k běžnému provozu neužívat,
- zabránit vzniku obecného ohrožení, tj. zajistit mostovku a také prostor pod lávkou (břehy i vodní plochu) proti vstupu osob a dopravy atp., tzn. předejít možným škodám na životech, zdraví a majetku. Bezpečný příčný průchod – průjezd, pod lávkou, je možno lokálně zajistit zřízením chráněné komunikace, tzn. vhodnou pomocnou konstrukcí,
- zahájit bez odkladu práce na přípravě generální opravy lávky (míněno nahrazení nosné funkce stávajících předpínacích lan ze 100 % novým nosným systémem), resp. jejím snesení a nahrazení zcela novou lávkou s jiným konstrukčním řešením.

Závěry uvedené v této expertní zprávě vycházejí ze současného stavu poznání konstrukce a byly formulovány na základě výsledků prohlídek prováděných v určitých oblastech a časech.

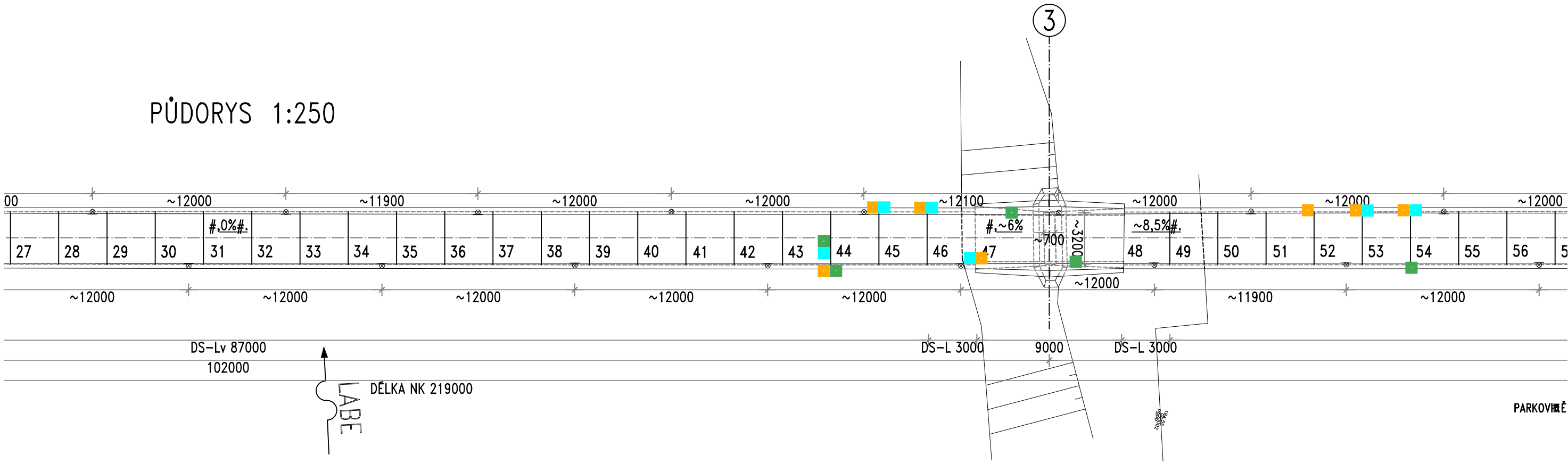
Zpracovatel si vyhrazuje právo na korekce a doplnění závěrů, pokud budou zjištěny další podstatné skutečnosti, které byly nad rámec provedených prací nebo byly dodatečně zjištěny.

Příloha 1

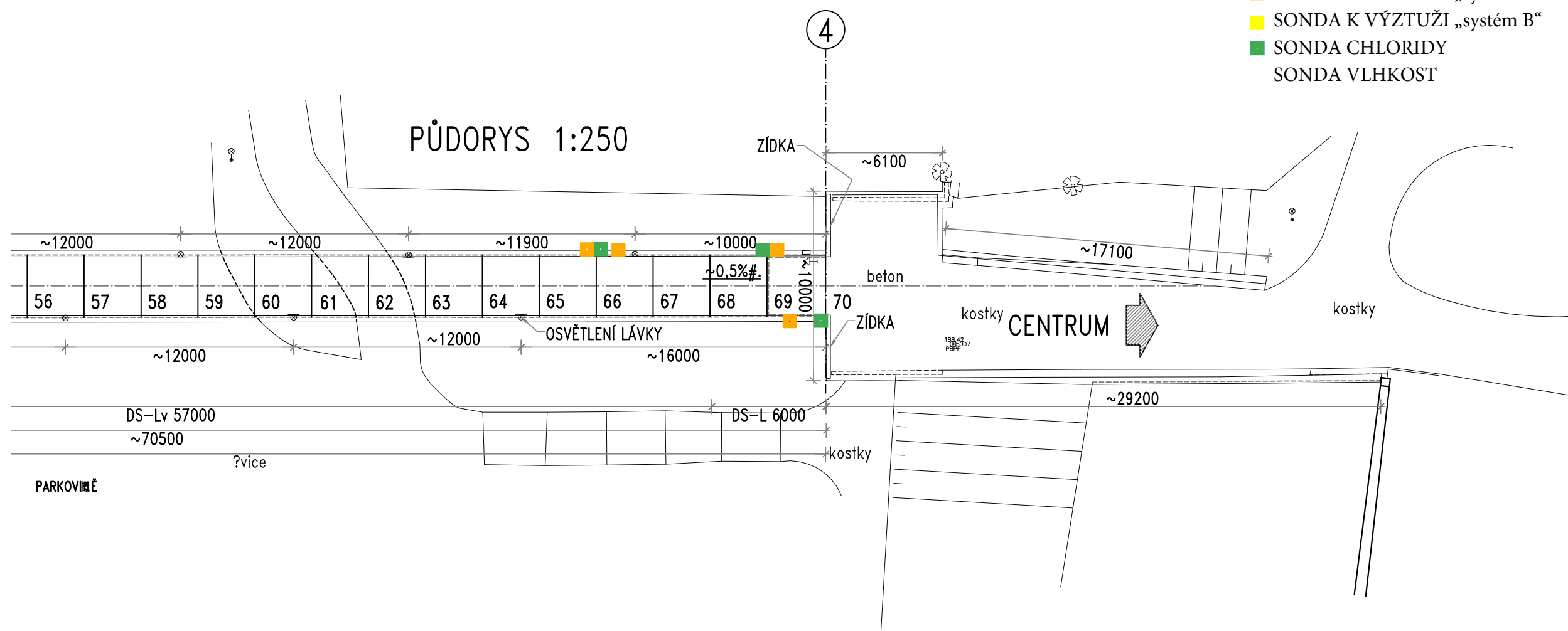
SCHÉMA POLOHY ZKUŠEBNÍCH MÍST



PŮDORYS 1:250



- SONDA K VÝZTUŽI „systém A“
- SONDA K VÝZTUŽI „systém B“
- SONDA CHLORIDY
- SONDA VLHKOST



Příloha 2

FOTODOKUMENTACE

- a. zjištění z vizuální prohlídky
a provádění diagnostických prací**



Foto 1: Celkový boční pohled na povodní stranu lávky ze Zálabí k centru města Nymburku, proti směru staničení



Foto 2: Celkový boční pohled na návodní stranu lávky od centra města k Zálabí, po směru staničení, vlevo u pilíře 3 montážní plošina pro jištění pracovníků proti pádu do hloubky při provádění průzkumných prací



Foto 3: Uzavřený vstup na lávky ze strany Zálabí, provádění nedestruktivní diagnostiky ocelové výztuže přístrojem HILTI 1000



Foto 4: Pohled na typicky degradovanou povrchovou stěrku pole 3-4, vlevo zdrsněné pruhy na nejstrmější části lávky, pro bezpečnější zimní provoz chodců, řada lokálních oprav v ploše, obnažená – mechanicky nechráněná izolační membrána ve velkých plochách vpravo



Foto 5: Pohled na typicky rozvinutý stav koroze sloupků ocelového zábradlí, černé kupole bočního osvětlení – instalace z roku 2006



Foto 6: Bližší pohled na kondenzaci uvnitř plastového tělesa svítidla



Foto 7: Pohled na typický stav deformovaného zábradlí – dilatace madla a horní pásnice výplně

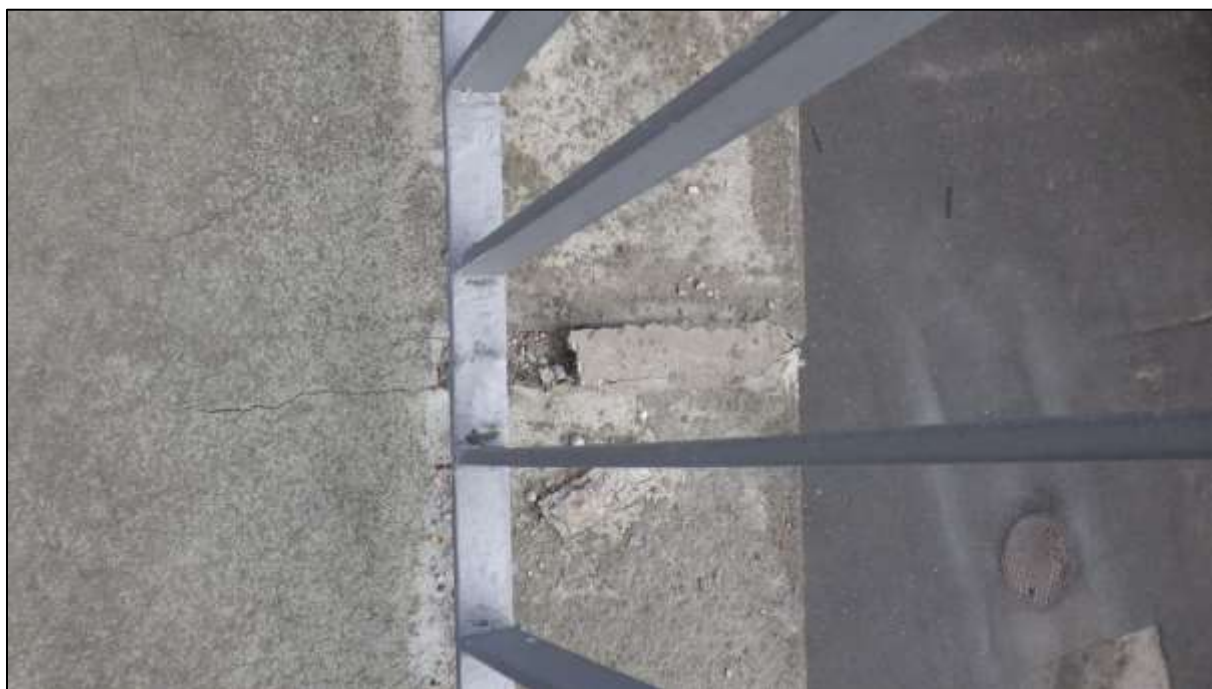


Foto 8: Pohled na totéž místo dole – spodní pásnice zábradlí pevně svařená, typická trhлина stěrkového systému v oblasti styčné spáry prefabrikátů a porucha její opravované výplně vně zábradlí, s vykreslením obou hran prefabrikátů trhlinami



Foto 9: Charakteristický průběh trhliny ve stěrkovém systému, prakticky obdobný u všech příčných styčných spár prefabrikátů lávky



Foto 10: Pohled na typickou poruchu stěrky na pravé straně příčné spáry č.10 a prasklý svár spodní pásnice výplně zábradlí s příčným posunem obou částí



Foto 11: Pohled na průběh trhliny stěrky ve střední části spáry č.10 – typický příklad



Foto 12: Obdobný stav s trhlinou stěrky a prasklým svarem v pravé části spáry č.11



Foto 13: Pohled na levou stranu spáry č.16 – napojení prefabrikátu na monolitické sedlo pilíře 2, s vyznačením polohy os předpínacích kabelů („systému A“) v krajní rýze



Foto 14: Pohled Přes pilíř 2 zpět ke kotevnímu bloku 1, výrazná deformace zábradlí na obou stranách a velké nerovnosti povrchu mostovky



Foto 15: Pohled z lávky proti proudu na sousední silniční betonový most směrem k jezu za ním vpravo



Foto 16: Pohled střední pole lávky směrem k městu, vlevo limnigraf, viditelné množství oprav stěrky a deformace zábradlí na obou stranách



Foto 17: Příklad nedestruktivního měření magnetického pole paralelně pod styčnou spárou prefabrikátů, černě vyznačeny osy předpínacích kabelů, vlevo v rýze „systém A, uprostřed v kanálcích desky „systém B“



Foto 18: Deformace zábradlí – levá strana, sedlo nad pilířem 2, značně proměnná výška spodní pásnice výplně nad mostovkou



Foto 19: Sedlo vpravo nad pilířem č.2, koroze dodatečného překrytí místa vně zábradlí, snad otvoru - nejasného účelu



Foto 20: Pohled na typické projevy koroze betonářské výztuže prefabrikátů (vylehčených) v odkapové drážce zespodu (pravá strana pole 1-2)



Foto 21: Pohled na rozvinuté projevy koroze výztuže a výluhy na podhledu pole 1-2, u styčné spáry vlevo



Foto 22: Širší pohled na největší viditelné poruchy zesponu v poli 1-2, příčné styčné spáry 14 a 15



Foto 23: Pohled na podhled středního pole (2-3), vlevo výrazný průsak na spáře 18



Foto 24: Pohled na podhled posledního pole (3-4), od spáry se sedlem (48-70) - centru, viditelné lokální průsaky s korozí výztuže na krajích v místech příčných spár, visící vypadávající tmelové výplně na podhledu



Foto 25: Detailní pohled na stav u spáry 51 - podhled



Foto 26: Viditelné stopy průsaků a rozvoj koroze na podhledu v oblasti spáry 56



Foto 27: Pohled na výluhy a krápníčky na podhledu spáry 66 vlevo



Foto 28: Pohled na detail krápníčku, v současné chvíli neaktivní – bez kapky vody vlevo u příčné spáry 66



Foto 29: Dřívě prováděné sondy na podhledu prefabrikátu 66-67, vlevo i ve střední části



Foto 30: Lokální koroze betónářské výztuže vlevo na podhledu prefabrikátu 67-68, pod rýhou lan „systému A“



Foto 31: Pohled na dříve provedené sondy k lanům „systému B“ [2], prefabrikát 43-44 středního pole, u spáry 44



Foto 32: Pohled na dříve provedené sondy k lanům „systému B“ [2], prefabrikát 31-32 uprostřed středního pole, u spáry 32



Foto 33: Bližší pohled na stav podhledu pravděpodobně nejvíce porušeného prefabrikátu 13-14, korozi měkké betonářské výztuže



Foto 34: Spára 1, pohled zpět na stopy dlouhodobého zatékání na kotevním bloku, (opěra1) a navazujícím kolmém křídle, levá strana lávky - Zálabí

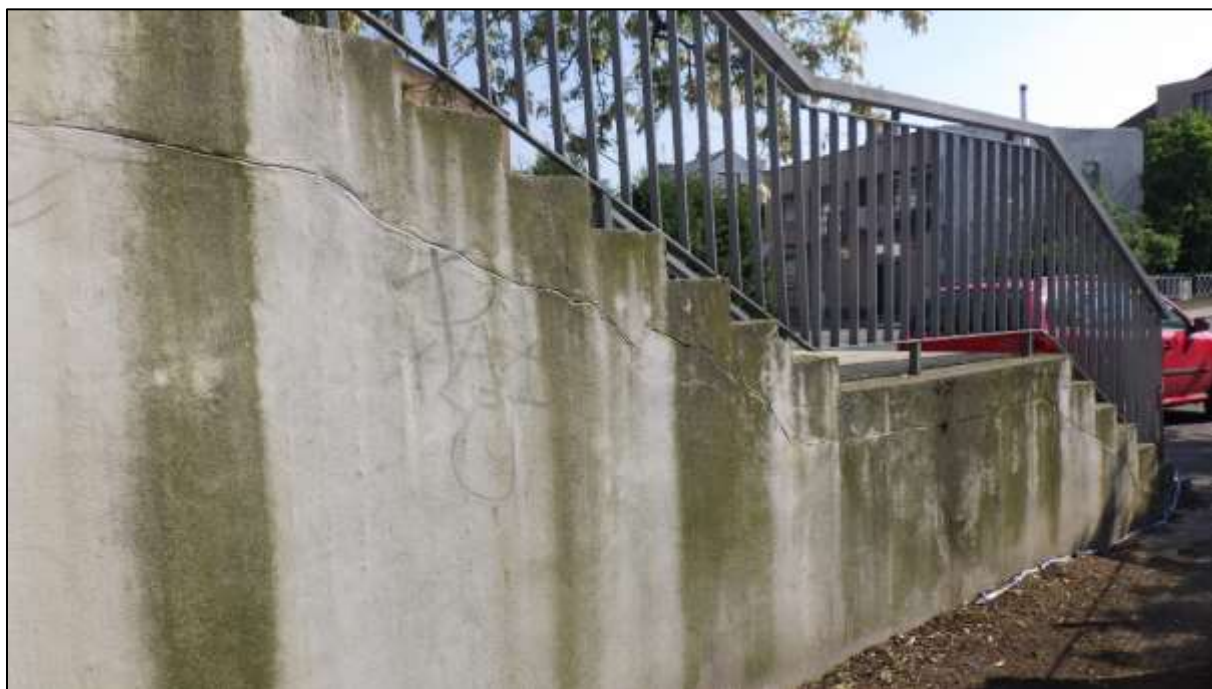


Foto 35: Obdobně provozně nevyhovující stav navazujícího schodiště



Foto 36: Odběr malých jádrových vývrtů betonu



Foto 37: Odběr prachových vzorků na chemickou analýzu betonu



Foto 38: Pohled do vývrtu na rozhraní prefabrikátu (vlevo) a betonu kabelové rýhy (vpravo), zřetelně odlišná barva betonu a dutiny ve výplni rýhy (pravá stěna)

01

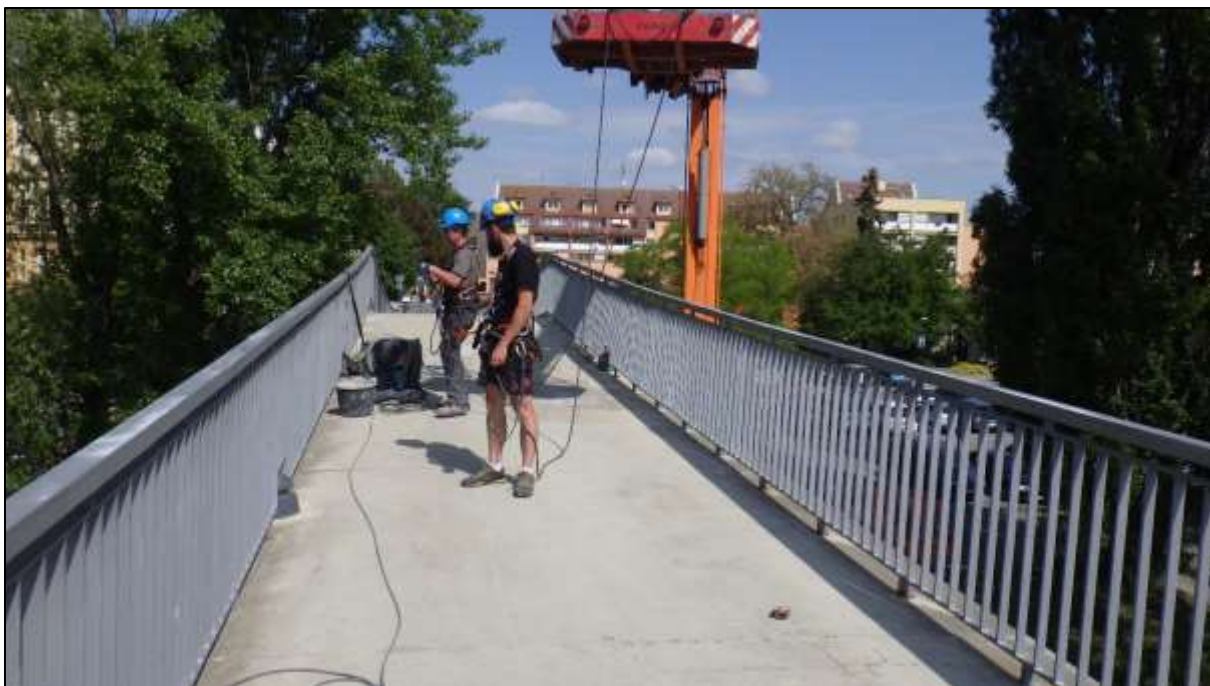


Foto 39: Provádění semidestruktivních sond a odběru vzorků za použití montážní plošiny pro jištění pracovníků proti pádu do hloubky



Foto 40: Provádění výplně semidestruktivních sond po prohlídce a dokumentaci stavu předpínacích lan reprofilace zavlhlou správkovou maltou

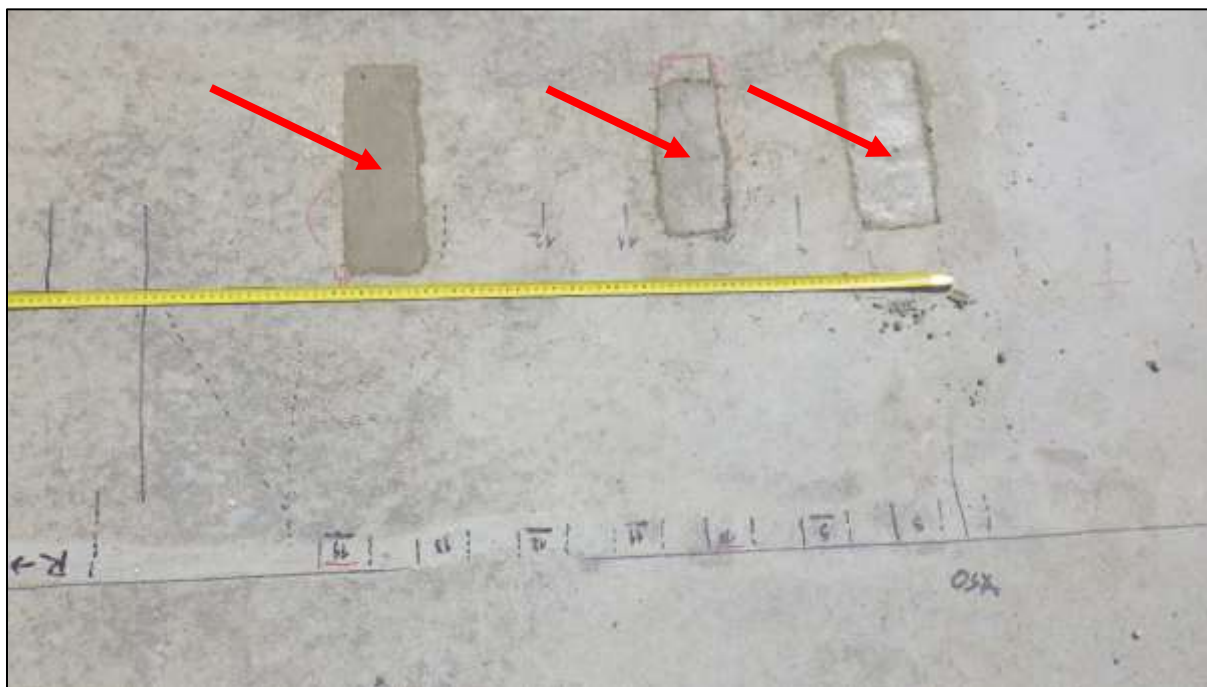


Foto 41: Pohled na stav semidestruktivních sond bezprostředně po dokončení reprofilace



Foto 42: Vícevrstvé zakrytí – vlhké ošetřování provedené reprofilace v době tuhnutí a počátku tvrdnutí (48 hod.)



Foto 43: Přeprava vybraných segmentů mostovky na deponii, stav 10.12.2017

FOTODOKUMENTACE

- b. z vizuální prohlídky
semidestruktivních sond**

1. sondy ke kabelům „systému B“



Foto 44: Semidestruktivní sonda ke kabelu „systému B“ v kanálku, prefabrikát 2-3, kanálek 1, odebraný vzorek betonu a injektáže



Foto 45: Pohled do otevřené sondy ke kabelu 1, světlá injektážní hmota se vzduchovými bublinami v horním segmentu



Foto 46: Pohled z blízka na povrch předpínací výztuže s drobnými bodovými náznaky počínající povrchové koroze



Foto 47: Pohled na povrch patentových drátů po odběru vzorku injektážní hmoty, pouze bodové stopy povrchové koroze



Foto 48: Semidestruktivní sonda ke kabelu „systému B“ v kanálku, prefabrikát 4-5, kanálek 14, odebraný vzorek betonu a injektáže



Foto 49: Pohled na kabel 14 po odebrání vzorků injektáže, velmi malé náznaky bodové koroze na povrchu předpínacího lana, viditelný rozvoj koroze ve štěrbině mezi jeho patentovými dráty



Foto 50: Semidestruktivní sonda ke kabelu „systému B“ v kanálku, prefabrikát 5-6, mezi kanálky 10 a 11, odebraný vzorek betonu a injektáže



Foto 51: Pohled do otevřené sondy, počátky koroze mezi dráty lan kabelu 10 (vlevo), světlá injektáž kanálku lana 11 (vpravo), bez známek koroze



Foto 52: Detailnější pohled na charakter počínající lokální koroze na drátech kabelu 10 po jeho odstranění další části injektážní hmoty z jeho povrchu



Foto 53: Semidestruktivní sonda ke kabelu „systému B“ v kanálku, prefabrikát 8-9, mezi kanálky 9 a 10, odebraný vzorek betonu a injektáže



Foto 54: Detail poměrně dobře zainjektovaného kanálku s kabelem 9, po sejmutí části injektážní hmoty zřetelně viditelné počátky lokální koroze na povrchu patentových drátů



Foto 55: Semidestruktivní sonda ke kabelu „systému B“ v kanálku, prefabrikát 11-12, mezi kanálky 7 a 8



Foto 56: Detail poměrně dobře zainjektovaného kanálku s kabelem 7, po sejmutí části injektážní hmoty zřetelně drsný povrchu patentových drátů, zasažených rozvinutou povrchovou korozí, s odlupující se tmavou vrstvičkou - patrně již magnetitu



Foto 57: Obdobný korozní stav kabelu 7 na druhém konci sondy, s viditelně stejně korozně napadenou ocelovou trubičkou – průchodkou styčné spáry panelů, lokální koroze na povrchu měkké žebírkové výztuže nad kabelem

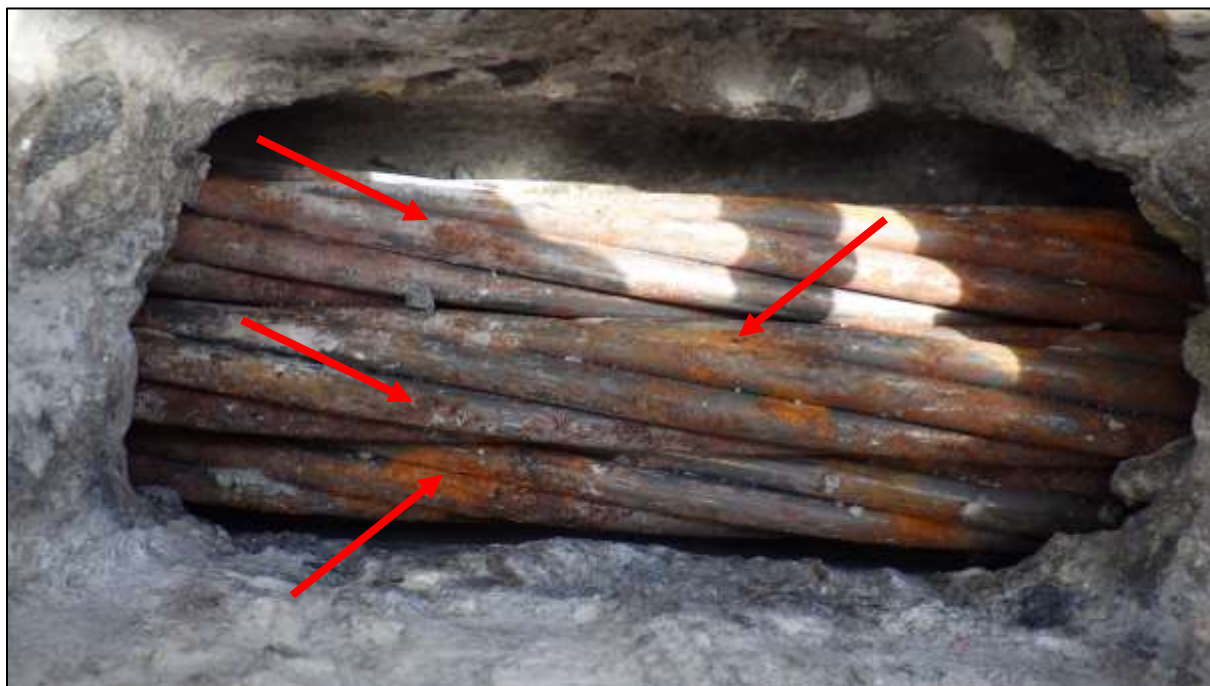


Foto 60: Detailní pohled na korozi patentových drátů předpínacích lan kabelu 8, lokální důlková koroze, kombinovaná místy s intenzivnějším napadením v oblasti štěrbin mezi patentovými dráty s uvolňujícími se vrstvičkami korozních zplodin



Foto 61: Ilustrace velikosti provedené sondy, resp. hloubky vedení kabelu 8



Foto 62: Detailní pohled na sondou zjištěné různé fáze koroze patentových drátů předpínacích lan kabelu 8, dobře rozlišitelné při přímém oslnění sondy



Foto 63: Pohled do sousední sondy, na kabely v nezainjektovaných kanálcích 10 a 11, viditelné stopy koroze na povrchu patentových drátů předpínacích lan



Foto 64: Bližší pohled na zasažení povrchu patentových drátů předpínacích lan kabelu 10 lokální důlkovou korozi se zřetelným oslabením jejich profilu



Foto 65: Pohled na kabel v nezainjektovaném kanálku 14, viditelné stopy koroze na povrchu předpínacích lan



Foto 66: Detail stavu rozvoje povrchové koroze drátů lana 14, s viditelně aktivní korozí na štěrbinách mezi nimi

2. sondy ke kabelům „systému A“



Foto 67: Pohled na otevřené semidestruktivní sondy ke kabelům „systému A“ v levé rýze, prefabrikát 1-2, mezi kabely L 1-2, 2-3



Foto 68: Bližší pohled na korozní stav kabelů L 1 a 2, pouze nevýrazná lokální povrchová koroze



Foto 69: Bližší pohled na korozní stav kabelů L 2 a 3, pouze nevýrazná lokální povrchová koroze



Foto 70: Pohled na korozní stav kabelů L 1 a 2, po zvýraznění kontrastu navlhčením povrchu



Foto 71: Pohled na korozní stav kabelů L 2, po zvýraznění kontrastu navlhčením povrchu



Foto 72: Pohled na korozní stav kabelů L 3, po zvýraznění kontrastu navlhčením povrchu



Foto 73: Pohled na otevřenou semidestruktivní sondu ke kabelům „systému A“ v pravé rýze, spára 2, mezi kabely P 2-3



Foto 74: Do dutiny mezi vrstvy lan lze vložit ruku



Foto 75: Bližší pohled na výrazné korozní napadení lana P 3 v sondě a dutinu pod ním



Foto 76: Bližší pohled shora na výrazné korozní napadení lana P 3 v sondě



Foto 77: Pohled do sondy na kabel P3 po odstranění volných vrstev korozních zplodin z horního předpínacího lana – výrazné oslabení drátů



Foto 78: Detail výrazně korozně oslabených drátů horního předpínacího lana kabelu P3



Foto 79: Pohled na rozvinutý korozní stav spodního lana kabelu P3 a dutinou pod ním a nehtný světlým betonem výplně rýhy



Foto 80: Pohled do sondy shora na kabely P2 a 4 s dutinou mezi vrstvami



Foto 81: Boční pohled do dutiny mezi kabely P2 a 4 s viditelnou korozi spodního lana kabelu P2 a nehybnou vrstvou betonu výplně



Foto 82: Pohled endoskopem zespodu na lana kabelu P2, směr spára 3, délka dutiny cca 40 cm od horní hrany sondy



Foto 83: Detailní pohled na lana kabelu P2, patrná koroze patentových drátů, směr spára 3, délka dutiny cca 40 cm od hrany sondy



Foto 84: Detailní pohled na lana kabelu P2, patrná koroze patentových drátů, směr spára 3, stav v úrovni horní hrany sondy



Foto 85: Detailní pohled na lana kabelu P2, patrná koroze patentových drátů, směr spára 1, délka dutiny cca 60 cm od spodní hrany sondy



Foto 86: Detailní pohled na lana kabelu P2, patrná koroze patentových drátů, směr spára 1, délka dutiny cca 50 cm od spodní sondy



Foto 87: Detailní pohled lana kabelu P2, patrná koroze patentových drátů, směr spára 1, délka dutiny cca 40 cm od spodní sondy



Foto 88: Detailní pohled na lana kabelu P2, patrná koroze patentových drátů, směr spára 1, délka dutiny cca 20 cm od spodní sondy



Foto 89: Detailní pohled na lana kabelu P2, patrná koroze patentových drátů, směr spára 3, délka dutiny cca 10 cm od horní sondy



Foto 90: Pohled na otevřenou semidestruktivní sondu ke kabelům „systému A“ v levé rýze, prefabrikát 3-4, kabel L 2



Foto 91: Bližší pohled na korozní stav předpínacích lan kabelu L2, mírná lokální povrchová, místy počínající důlková koroze, lokálně slabší propagace koroze ze štěrbiny mezi patentovými dráty



Foto 92: Zvýraznění barevného kontrastu po navlhčení povrchu kabelu



Foto 93: Pohled na otevřenou semidestruktivní sondu ke kabelům „systému A“ v pravé rýze, spára 8, kabel P 1- 2 a 2-3



Foto 94: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelů P 1 a 2



Foto 95: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu P 3



Foto 96: Zvýraznění barevného kontrastu po navlhčení povrchu odkrytých předpínacích lan kabelů P 1 a 2, lokální povrchová koroze, místy důlková



Foto 97: Pohled na otevřenou semidestruktivní sondu ke kabelům „systému A“
v levé rýze, prefabrikát 8-9, kabely L 1-2



Foto 98: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 1,
nesouvislá povrchová koroze, místy propagace koroze ze štěrbin mezi patentovými dráty



Foto 99: Blížeší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 2, obdobný jako u L1 ve stejné sondě



Foto 100: Zvýraznění barevného kontrastu po navlhčení povrchu odkrytých předpínacích lan kabelů L 1 a 2, dobře zřetelná propagace koroze ze štěrbiny mezi patentovými dráty



Foto 101: Pohled na otevřenou semidestruktivní sondu ke kabelům „systému A“
v pravé rýze, spára 11, kabel P 1- 2 a 2-3



Foto 102: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu P 3,
nesouvislá povrchová koroze, ojediněle propagace koroze ze štěrbiny mezi
patentovými dráty



Foto 103: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu P 1 a 2, nesouvislá povrchová korozí, ojediněle propagace korozí ze štěrbiny mezi patentovými dráty



Foto 104: Pohled na otevřenou semidestruktivní sondu ke kabelům „systému A“ v pravé rýze, spára 13, kabel P 1- 2 a 2-3



Foto 105: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelů P 2 a 3, nesouvislá povrchová koroze, místy důlková, nehtný a trhlinami porušený výplňový beton rýhy mezi nimi



Foto 106: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelů P1, nesouvislá povrchová koroze, místy naznačená důlková, nehtný a trhlinami porušený výplňový beton rýhy kolem kabelu



Foto 107: Boční pohled na kabel P1 v sondě, dutinu pod ním a rozvinutou korozi jeho spodních lan



Foto 108: Pohled na otevřenou semidestruktivní sondu ke kabelům „systému A“ v levé rýze, spára 14, kabely L 1-2 a 2-3



Foto 109: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L2, pouze nesouvislá povrchová koroze



Foto 110: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L3, pouze nepatrná nesouvislá povrchová koroze



Foto 111: Pohled na otevřenou semidestruktivní sondu ke kabelům „systému A“
v pravé rýze, spára 14, kabely P 2-3



Foto 112: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelů P 2-3,
pouze nepatrná lokální povrchová koroze



Foto 113: Pohled na otevřenou semidestruktivní sondu ke kabelům „systému A“ v pravé rýze, prefabrikát 43-44, kabely P 1-2 a 2-3



Foto 114: Blížeší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L1-2 a 3, nesouvislá povrchová koroze, místy propagace koroze ze štěrbin mezi patentovými dráty



Foto 115: Bližší boční pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 2-3, nesouvislá povrchová koroze, lokálně zřetelná propagace koroze ze štěrby mezi patentovými dráty



Foto 116: Pohled na otevřenou semidestruktivní sondu ke kabelům „systému A“ v levé rýze, spára 45, kabely L 1-2 a 2-3



Foto 117: Bližší boční pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 1, nesouvislá povrchová koroze, lokálně počínající propagace koroze ze štěrbiny mezi patentovými dráty



Foto 118: Bližší boční pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 2 nesouvislá povrchová koroze, lokálně počínající propagace koroze ze štěrbiny mezi patentovými dráty



Foto 119: Bližší boční pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L (sonda L 2-3), nesouvislá povrchová koroze, lokálně počínající propagace koroze ze štěrbin mezi patentovými dráty



Foto 120: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 3, nesouvislá povrchová koroze, místy slabá propagace koroze ze štěrbin mezi patentovými dráty



Foto 121: Pohled na otevřenou semidestruktivní sondu ke kabelům „systému A“ v levé rýze, spára 46, kabely L 1-2



Foto 122: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 1, souvislá povrchová koroze, místy propagace koroze ze štěrbin mezi patentovými dráty



Foto 123: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 1, nesouvislá povrchová koroze, místy propagace koroze ze štěrbin mezi patentovými dráty

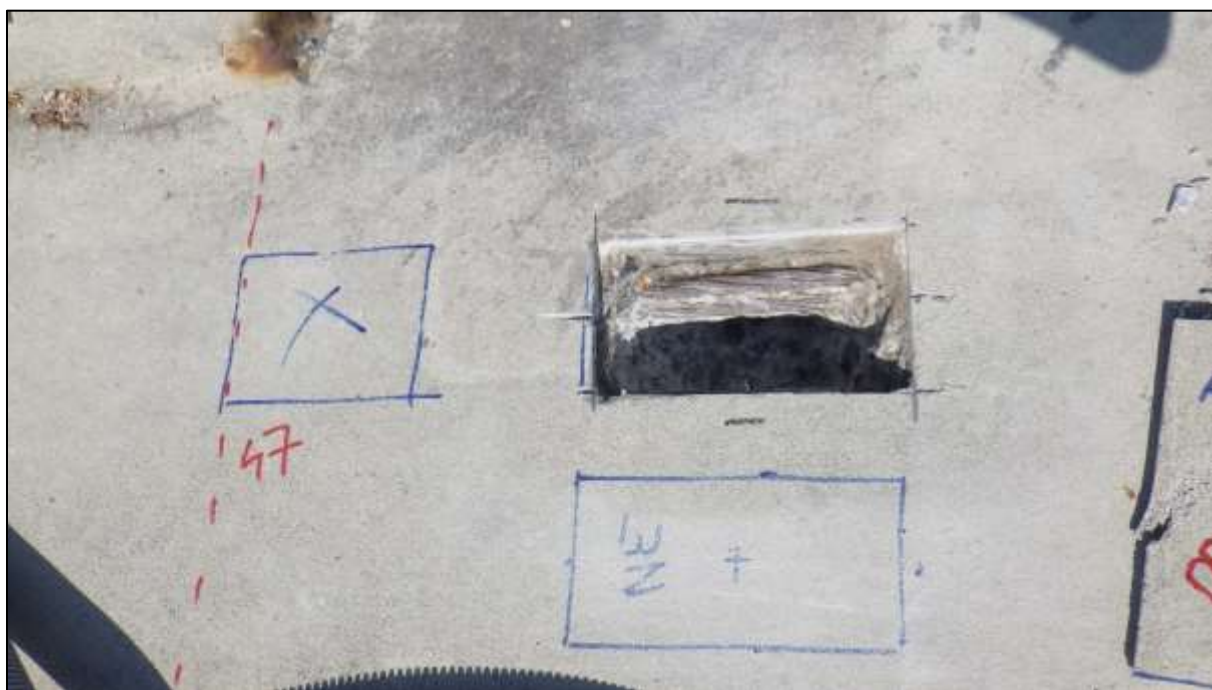


Foto 124: Pohled na otevřenou semidestruktivní sondu ke kabelům „systému A“ v pravé rýze, prefabrikát 46-47, kabely P 2-3, zřetelně vysoká vlhkost vyrovnávací vrstvy pod stěrkou (dva dny po dešti)



Foto 125: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 2, nesouvislá povrchová koroze, místy počínající důlky a propagace koroze ze štěrbiny mezi patentovými dráty



Foto 126: Detail koroze bočního drátu spodního lana, stav L1 je obdobný



Foto 127: Pohled na otevřenou semidestruktivní sondu ke kabelům „systému A“ v pravé rýze, spára 47, kabel P 3, viz Foto 124, zde vysoká vlhkost vyrovnávací vrstvy pod stěrkou nezjištěna, povrchová koroze patentových drátů P3



Foto 128: Pohled do téže sondy, vpravo kabel P2, nesouvislá povrchová koroze, místy propagace koroze ze štěrbiny mezi patentovými dráty



Foto 129: Pohled na otevřenou semidestruktivní sondu ke kabelům „systému A“
v levé rýze, spára 52, kabely L 1-2



Foto 130: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 2,
nesouvislá povrchová koroze, místy propagace koroze ze štěrbiny mezi
patentovými dráty



Foto 131: Bližší pohled na obdobný korozní stav lan kabelu L 1, nesouvislá povrchová koroze



Foto 132: Pohled na otevřenou semidestruktivní sondu ke kabelům „systému A“ v levé rýze, spára 53, kabely L 1-2, 3



Foto 133: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 3, nesouvislá slabá povrchová koroze, místy propagace koroze ze štěrbin mezi patentovými dráty (viditelné dutiny mezi lany)



Foto 134: Bližší pohled na obdobný korozní stav lan kabelu L 1, nesouvislá povrchová koroze, místy propagace koroze ze štěrbin mezi patentovými dráty



Foto 135: Pohled na otevřenou semidestruktivní sondu ke kabelům „systému A“ v levé rýze, spára 54, kabely L 1-2, 3



Foto 136: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 1, nesouvislá slabá povrchová koroze, místy propagace koroze ze štěrbin mezi patentovými dráty (viditelné dutiny mezi dráty)



Foto 137: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 2, nesouvislá slabá povrchová koroze, místy propagace koroze ze štěrbiny mezi patentovými dráty (viditelné dutiny mezi dráty)



Foto 138: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 3, obdobný stav, slabá nesouvislá povrchová koroze, místy propagace koroze ze štěrbiny mezi patentovými dráty (viditelné dutiny mezi dráty)



Foto 139: Pohled na otevřené semidestruktivní sondy ke kabelům „systému A“
v levé rýze, zleva - spára 66, prefabrikát 66-67, kabely L 2-3



Foto 140: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 3, kontrastní vzhled po navlhčení, slabá takřka souvislá povrchová koroze,



Foto 141: Bližší boční pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 2 a 4, ve spáře 66, nesouvislá povrchová koroze, místy propagace koroze ze štěrbin mezi patentovými dráty



Foto 142: Pohled na otevřené semidestruktivní sondy ke kabelům „systému A“ v levé rýze, zleva - spára 69, kabely L 1-2, nesouvislá povrchová koroze



Foto 143: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 2, nesouvislá povrchová koroze, místy propagace koroze ze štěrbin mezi patentovými dráty



Foto 144: Pohled na otevřené semidestruktivní sondy ke kabelům „systému A“ v pravé rýze, prefabrikát 69-70, kabely P 2-3, slabá nesouvislá povrchová koroze u patentových drátů obou kabelů



Foto 145: Bližší pohled na korozní stav odkrytých předpínacích lan kabelu L 3, nevýrazná povrchová koroze, místy tendence ke vzniku důlků



Foto 146: Kontrastní vzhled povrchu patentových drátů předpínacích lan kabelu L 3 po navlhčení, takřka souvislá slabá povrchová koroze, místy tendence ke vzniku důlků

Příloha 3

XRF a XRD analýza cementové injektáže

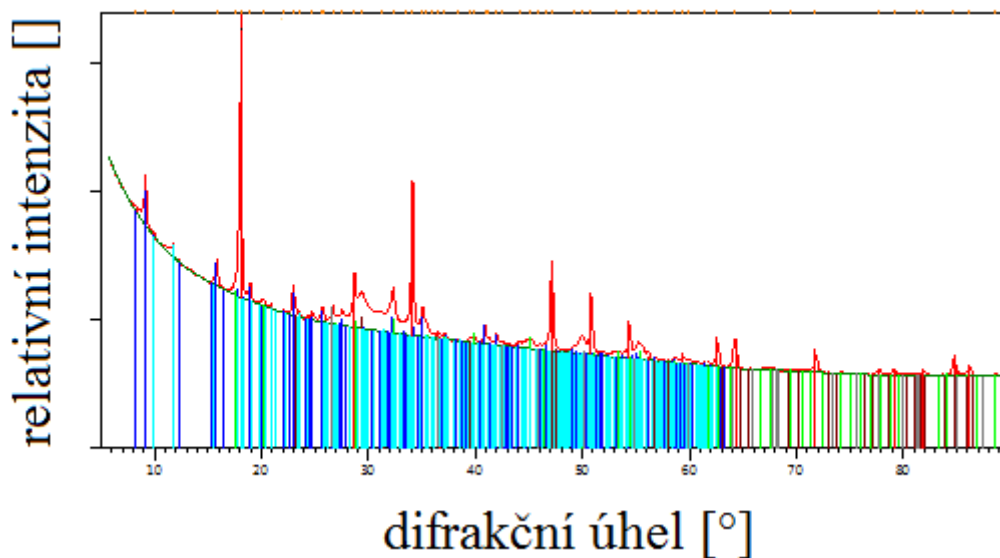
Tab. 1. Specifikace míst odběru cementové injektáže

číslo odběru	označení prefabrikovaného dílce	lano	vizuální hodnocení korozního poškození předpínací výztuže
1	1-2	1.	bez napadení/povrchová koroze
2	3-4	14.	bez napadení/povrchová koroze
3	5-6	10.	bez napadení/povrchová koroze
4	8-9	9.	bez napadení/povrchová koroze
5	11-12	8.	bez napadení/povrchová koroze

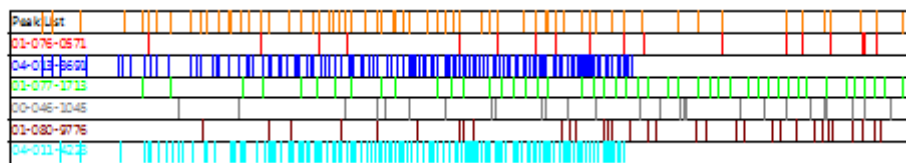
Odběrové místo 1

Tab. 2. Výsledky XRF analýzy odebrané cementové injektáže z čísla odběru 1

prvek	zastoupení [hm. %]
Na	0,03
Mg	0,02
Al	29,88
Si	15,43
Cl	-
Ca	53,44
Fe	-



Obr. 4. Difraktogram korozních produktů z odběrového místa číslo 1



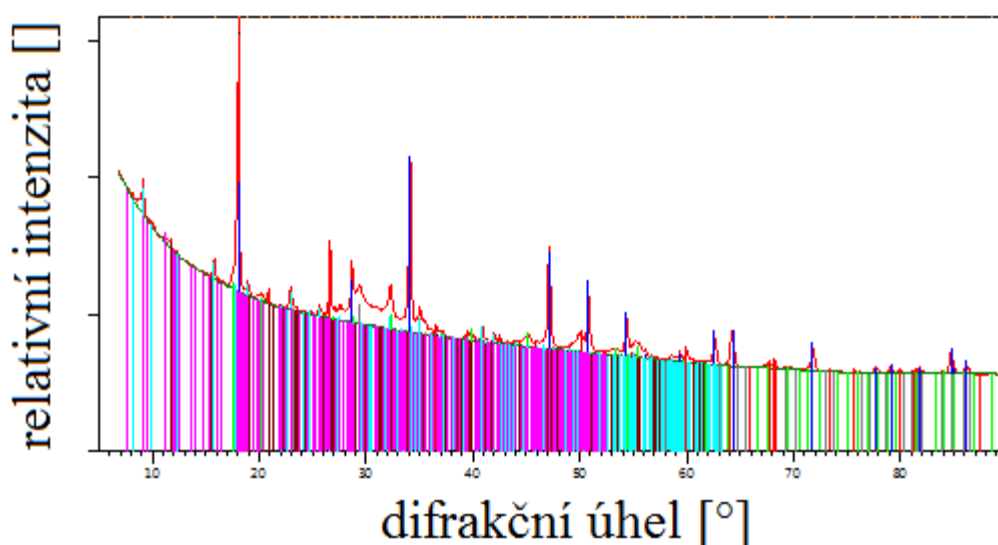
název fáze	chemický vzorec	zastoupení [semiquant, hm. %]
portlandit	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	48
ettringit	$\text{Ca}_x\text{Al}_y\text{S}_z\text{O}_p\text{H}_r$	29
katoit	$\text{Ca}_x\text{Al}_y\text{S}_z\text{O}_p\text{H}_r$	4
křemen	SiO_2	4
vápenec	CaCO_3	3
baz. aluminát	$\text{Ca}_x\text{Al}_y\text{C}_z\text{O}_p\text{H}_r$	7

Obr. 5. Legenda k difraktogramu z Obr. 4.

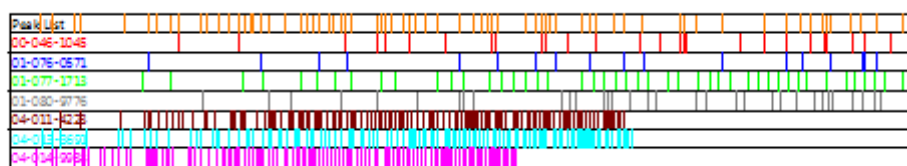
Odběrové místo 2

Tab. 3. Výsledky XRF analýzy odebrané cementové injektáže z čísla odběru 2

prvek	zastoupení [hm. %]
Na	0,01
Mg	-
Al	22,09
Si	29,87
Cl	0,01
Ca	47,33
Fe	-



Obr. 6. Difraktogram korozních produktů z odběrového místa číslo 2



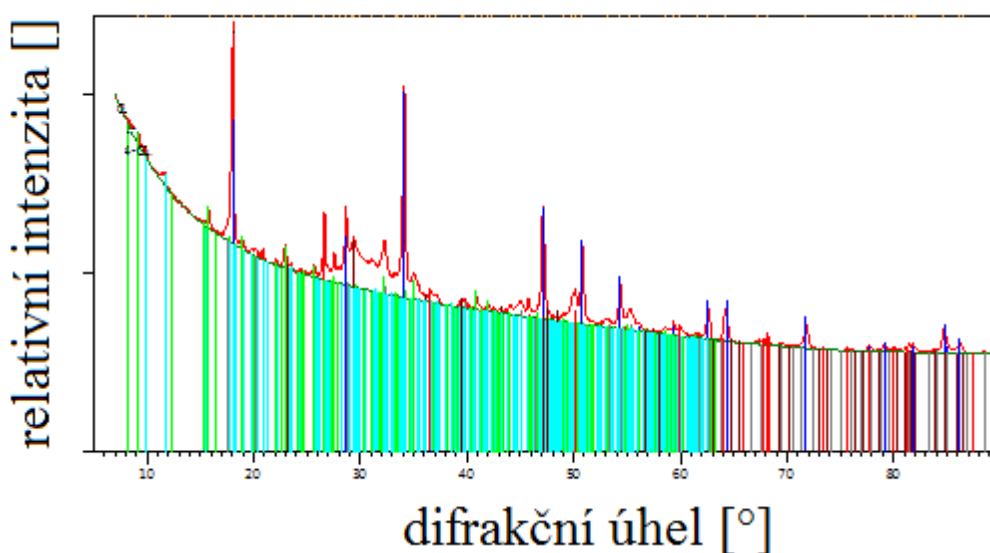
název fáze	chemický vzorec	zastoupení [semiquant, hm. %]
křemen	SiO ₂	17
portlandit	Ca(OH) ₂	46
katoit	Ca _x Al _y S _z O _p H _r	8
vápenec	CaCO ₃	4
baz. aluminát	Ca _x Al _y C _z O _p H _r	3
ettringit	Ca _x Al _y S _z O _p H _r	20
hydrocalumit	Ca _x Al _y Cl _z O _p H _r	2

Obr. 7. Legenda k difraktogramu z Obr. 6.

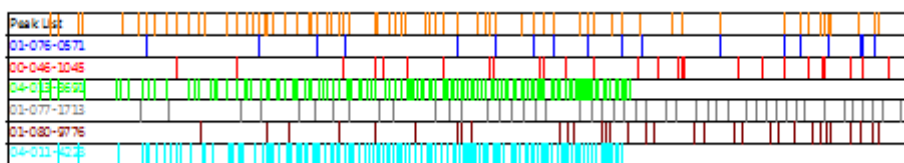
Odběrové místo 3

Tab. 3. Výsledky XRF analýzy odebrané cementové injektáže z čísla odběru 3

prvek	zastoupení [hm. %]
Na	0,04
Mg	0,01
Al	26,88
Si	24,00
Cl	-
Ca	47,14
Fe	-



Obr. 8. Difraktogram korozních produktů z odběrového místa číslo 3

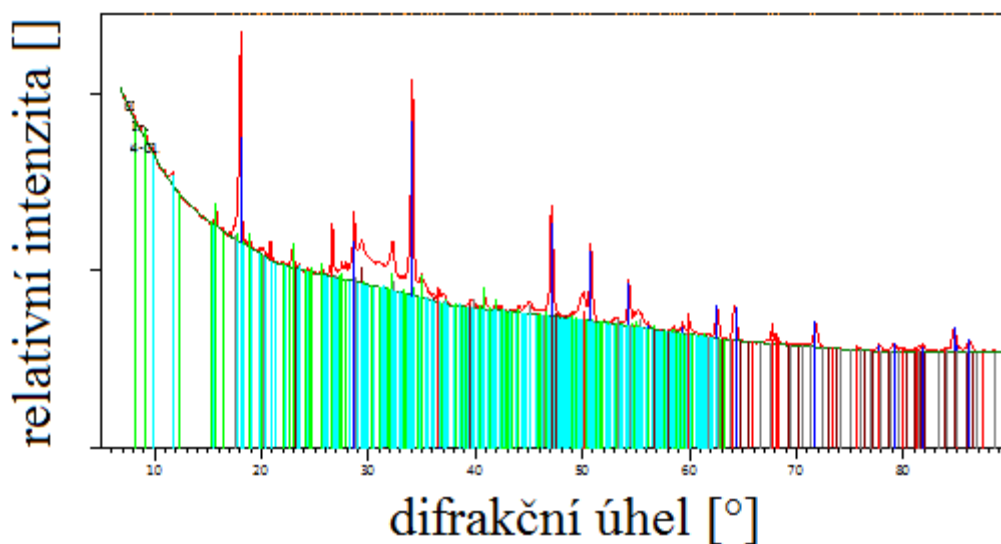


Obr. 9. Legenda k difraktogramu z Obr. 8.

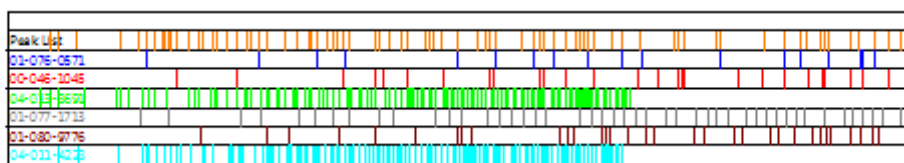
Odběrové místo 4

Tab. 5. Výsledky XRF analýzy odebrané cementové injektáže z čísla odběru 4

prvek	zastoupení [hm. %]
Na	0,02
Mg	-
Al	23,93
Si	22,61
Cl	-
Ca	51,20
Fe	-



Obr. 10. Difraktogram korozních produktů z odběrového místa číslo 4



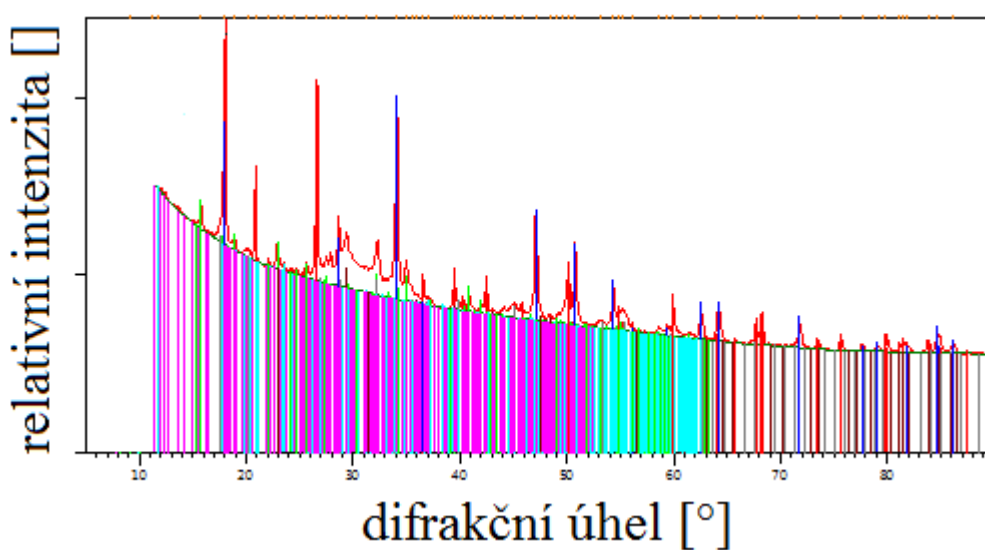
název fáze	chemický vzorec	zastoupení [semiquant, hm. %]
portlandit	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	46
křemen	SiO_2	12
ettringit	$\text{Ca}_x\text{Al}_y\text{S}_z\text{O}_p\text{H}_r$	27
katoit	$\text{Ca}_x\text{Al}_y\text{S}_z\text{O}_p\text{H}_r$	6
vápenec	CaCO_3	4
baz. aluminát	$\text{Ca}_x\text{Al}_y\text{C}_z\text{O}_p\text{H}_r$	6

Obr. 11. Legenda k difraktogramu z Obr. 10.

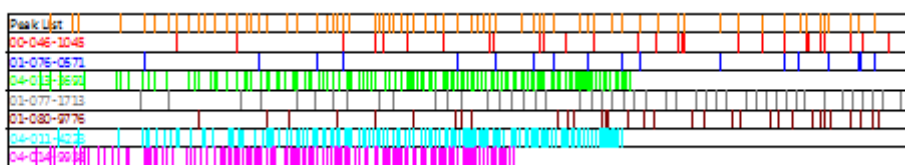
Odběrové místo 5

Tab. 6. Výsledky XRF analýzy odebrané cementové injektáže z čísla odběru 5

prvek	zastoupení [hm. %]
Na	0,06
Mg	-
Al	19,46
Si	32,63
Cl	-
Ca	46,78
Fe	-



Obr. 12. Difraktogram korozních produktů z odběrového místa číslo 5



název fáze	chemický vzorec	zastoupení [semiquant, hm. %]
křemen	SiO ₂	35
portlandit	Ca(OH) ₂	33
ettringit	Ca _x Al _y S _z O _p H _r	19
katoit	Ca _x Al _y S _z O _p H _r	5
vápenec	CaCO ₃	4
baz. aluminát	Ca _x Al _y C _z O _p H _r	5
hydrocalumit	Ca _x Al _y Cl _z O _p H _r	1

Obr. 13. Legenda k difraktogramu z Obr. 12.

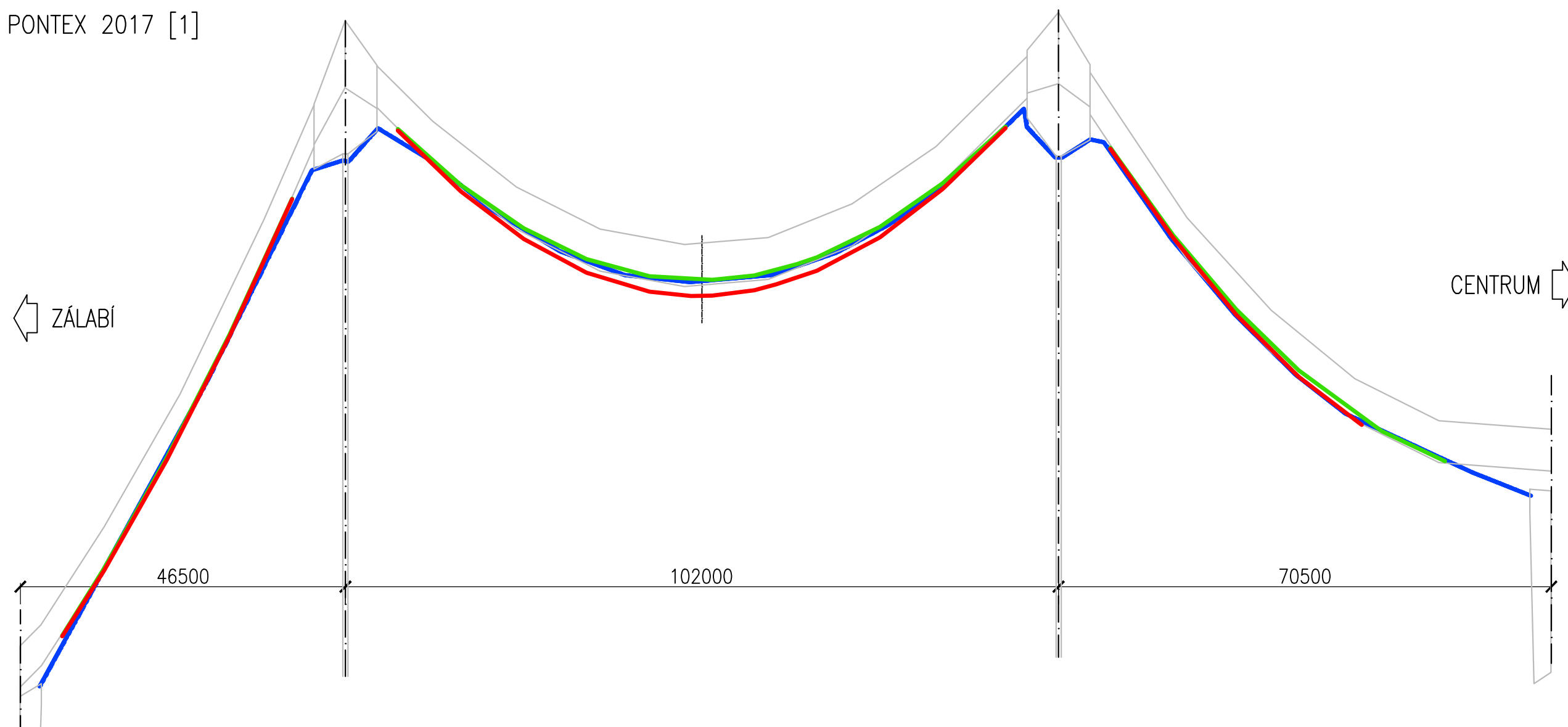
Příloha 4

PODÉLNÝ PROFIL LÁVKY

TVARY PŘI ZMĚNĚ TEPLoty – TECHNICKÁ NIVELACE

PODÉLNÝ PROFIL

VÝŠKOVĚ 20x PŘEVÝŠENO
PODKRES – PONTEX 2017 [1]



SPODNÍ HRANA MOSTOVKY ZE ZAMĚŘENÍ

25.5.2018, 7:00, 17°C		187 003	187 483	188 276	189 155	190 127		190 624	190 224	189 914	189 694	189 572		189 547	189 578	189 658	189 707	189 925	190 237	190 641		190 491	189 864	189 335	188 899		188 464	188 249
25.5.2018, 17:00, 27°C		186 998	187 468	188 259	189 143	190 123		190 613	190 178	189 839	189 597	189 462	189 430	189 434	189 471	189 514	189 611	189 850	190 195	190 632		190 484	189 845	189 296	188 852	188 509		
18.4.2018, 5–21°C *		187 50		188 82		190 33	190 40	190 63	190 41		190 05	189 75	189 58	189 53		189 58	189 74	189 94	190 25		190 77	190 42	190 53	189 84	189 30	188 87	188 59	188 17

* PŘESNÁ TEPLOTA BĚHEM MĚŘENÍ NENÍ ZNÁMA