

Most Žirovnice
Ev. číslo: 1329-1

08/2020

Diagnostický průzkum – závěrečná zpráva



Ing. Ivo Hodovský

Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.

28.8.2020

Zakázka: Most Žirovnice, ev. č. 1329 - 1 – diagnostický průzkum

Objednatel: D projekt, Ing. Jan Pracný, Výholec 1148/23, 62400 Brno

Zhotovitel: Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., Líšeňská 33a, 61400

Odpovědný řešitel: Ing. Ivo Hodovský

Ředitel divize: Ing. Jiří Grošek Ph.D.

Dokument vypracovali: Ing. Ivo Hodovský

Terénní práce provedli: Ing. Ivo Hodovský
Radek Bednář

Výstupní kontrola: Ing. Jiří Grošek

Rozdělovník: 1-3 D projekt, Ing. Jan Pracný
A
0 Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.

OBSAH:

TEXTOVÁ ČÁST:

1. ÚVOD	4
1.1 Identifikační údaje	4
1.2 Účel a vymezení zakázky	4
1.3 Podklady pro vypracování zprávy:.....	4
2. IDENTIFIKACE OBJEKTU	5
3. Metodika prací	10
3.1 Pevnost betonu v tlaku na jádrových vývrtech.....	10
3.2 Chemické vyšetření betonu na zjištění míry jeho karbonatace fenolftaleinovým testem	10
3.3 Stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) v živičných vozovkových vrstvách	10
4. PROHLÍDKA MOSTU.....	12
4.1 Nález prohlídky.....	12
5. PROVEDENÉ PRÁCE.....	16
5.1 Pevnost betonu v tlaku.....	17
Pevnost betonu v tlaku na jádrových vývrtech.....	17
Vyhodnocení pevnosti betonu v tlaku	17
5.2 Chemické vyšetření betonu na zjištění míry jeho karbonatace fenolftaleinovým testem	21
5.3 Stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) v živičných vozovkových vrstvách	22
6. NÁVRH OPRAVY A ODHAD NÁKLADŮ	23
7. ZÁVĚR	24

PŘÍLOHOVÁ ČÁST:

- Příloha 1: Protokol z laboratorních zkoušek betonu: Stanovení pevnosti betonu v tlaku, Zkušební laboratoř CDV, v.v.i.
- Příloha 2: Protokol o stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) plynovou chromatografií a jejich sumy výpočtem z naměřených hodnot v asfaltových směsích, Zkušební laboratoř CDV, v.v.i.
- Příloha 3: Příloha 3: Digitalizace zprávy a kompletní fotodokumentace pořízená při prohlídce a diagnostickém průzkumu – datový disk

1. ÚVOD

1.1 Identifikační údaje

Objednatel:	D projekt, Ing. Jan Pracný Výholec 1148/23, 62400 Brno IČ:62087851, DIČ: CZ6007070025
Zhotovitel:	Centrum dopravního výzkumu, v.v.i. Líšeňská 33a, 636 00 Brno IČ: 44994575, DIČ: CZ44994575
Objednávka:	ze dne 20.07 2020
Předmět objednávky:	Diagnostický průzkum mostu – posouzení stavu opěr, zjištění skladby vozovky na předmostí a stanovení obsahu PAU ve stávajících vozovkových vrstvách.

1.2 Účel a vymezení zakázky

Cílem je provedení diagnostického průzkumu mostu s ev. č. 1329-1 v Žirovnici na ul. Nádražní, před v.n. Budín za účelem popsání a stanovení materiálových charakteristik spodní stavby (opěr) mostu a zjištění skladby vozovky v jeho předpolí se stanovením hodnot PAU v zastižených živičných vrstvách. Rozsah prací je specifikován v objednávce.

1.3 Podklady pro vypracování zprávy:

- [1] Místní šetření
- [2] Výsledky šetření a zkoušek provedených pracovníky CDV, v.v.i..
- [3] TP 72 MD ČR Diagnostický průzkum mostů PK
- [4] ČSN 73 6200 Mosty – terminologie a třídění
- [5] ČSN EN 12504-1 Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 1: Vývrty – Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku
- [6] ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles
- [7] ČSN EN 12390-7 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu
- [8] ČSN EN 206+A1: Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- [9] ČSN EN 1542 Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí
- [10] ČSN 731326 – Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek
- [11] TP 120 MD ČR – Údržba, opravy a rekonstrukce betonových mostů PK
- [12] TKP kapitola 18: Betonové konstrukce a mosty a další související předpisy

2. IDENTIFIKACE OBJEKTU

Předmětem prováděných prací je mostní objekt v Žirovnici s ev. č. 1329-1, na ul. Nádražní, ve směru staničení komunikace k obci Stojčín před v.n. Budín. Jedná se o jednopolový most s kolmou šikmostí s rokem výstavby 1927.

Spodní stavba mostu je tvořena dvěma masivními tížnými opěrami z prostého betonu. Na opěry navazují svahová křídla, která jsou taktéž z prostého betonu. Fasádní povrch betonu opěr a křídel je opatřen vápenocementovou omítkou. Půdorysně jsou křídla vůči převáděné komunikaci kolmá. Pata opěr a křídel je opevněna průběžným ochranným prahem z kamen. kvádrů překrytých betonovou mazaninou. Dle systému BMS je rozměr opěr (D/Š/V): 10,30/0,75/~3,60 m. Výška opěr je uvedena včetně základu o výšce 1,0 m. Dřík opěry je tedy vysoký 2,6 m, ale jeho viditelná výška je pouze 2,0 m (pata dříku je krytá ochranným prahem).

Nosnou konstrukci tvoří prostá monolitická železobetonová deska. Uložení nosné konstrukce na opěrách je provedeno s největší pravděpodobností na lepenku. Řešení překrytí dilatační spáry (rub ložné spáry) mezi NK a spodní stavbou není známé. Bez provedení sondy jeho existenci a stav není možné ověřit.

Na obou stranách NK (návodní/povodní) jsou na původních římsách zbudované čelní zdi z monolitického betonu, které drží přesypávku mostu vysokou cca 1,5 m.

Vozovka na mostě je s živičným krytem s nezpevněnou krajnicí. Příčný sklon vozovky je oboustranný, podélný sklon je proti směru staničení. Odrazné proužky nejsou vytvořeny.

Typ a způsob provedení izolace NK není znám. Předpokládá se, že izolace je provedena formou živičného nátěru s natavenými asfaltovými pásy).

Odvodnění mostu je provedeno příčným a podélným sklonem vozovky mimo most.

Záchytný systém na mostě je tvořen svodidlem typu NH kotveného přes zabírané sloupky do přesypávky mostu v krajnici převáděné komunikace.

Území pod mostem tvoří koryto místního potoka s přírodním dnem. Koryto za mostem je regulováno ke křídům připojenými opěrnými zídками.

Účelové přístupové cesty pod most nejsou. Přístup pod most je možný po přilehlých strmých svazích.

Na mostě jsou na obou stranách osazeny tabulky s evidenčním číslem.

Základní údaje o mostní konstrukci (dle systému BMS):

Název mostu:	Most Žirovnice
Evidenční číslo mostu:	1329-1
Předmět přemostění:	Vodoteč (stálý průtok)
Převáděná komunikace:	III/1329
Kraj:	Vysočina
Okres:	Pelhřimov
Katastrální území:	Žirovnice
Správce:	Kraj Vysočina, Krajská správa a údržba silnic Vysočiny, KSUSV Pelhřimov, cestmistrovství Pelhřimov
Délka mostu:	5,40 m
Délka NK mostu:	4,90 m
Délka přemostění:	3,40 m
Šířka mostu:	10,52 m
Volná šířka:	6,92 m
Výška mostu nad terénem:	4,50 m
Šikmost mostu:	kolmý/100 g
Rok postavení	1927



Obr. 1: Zeměpisná poloha mostu ev. č. 1329-1



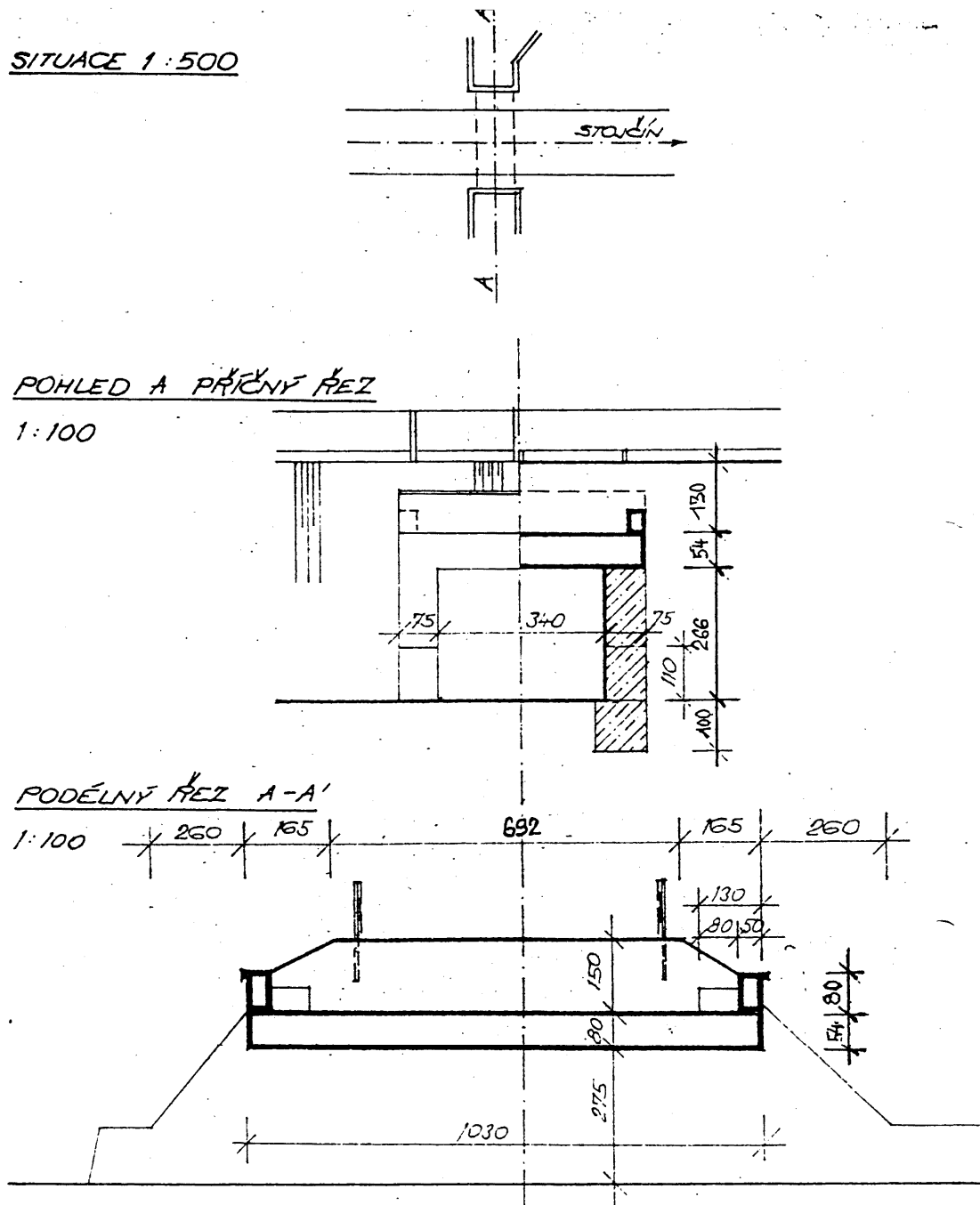
Obr. 2: Pohled na most ve směru staničení.



Obr. 3: Navodní strana mostu. Vpravo opěra 1 (Op1), vlevo opěra 2 (Op2). .



Obr. 4: Povodní strana mostu. Vlevo opěra 1 (Op1), vpravo opěra 2 (Op2). .



Obr. 5: Náčresy mostu převzaté z BMS: půdorys, podélný řez/pohled, příčný řez

3. Metodika prací

V rámci diagnostického průzkumu byly použity následující metody:

3.1 Pevnost betonu v tlaku na jádrových vývrtech

Pro stanovení pevnosti betonu v tlaku se z konstrukce vrtačkou s jádrovým vrtákem, který je během vrtání chlazen vodou, odeberou vývrty o průměru cca 100 mm. Místa odběru jsou předem vybrána tak, aby konstrukční výztuž nebyla zasažena vůbec, resp. co možná nejméně. Vývrty se ihned po skončení vrtání označí a prohlédnou. Před vlastním zkoušením v laboratoři se znovu provede vizuální vyšetření pro zjištění případných odchylek, změří se průměr, délka a vývrt se upraví broušením a koncováním. Poté se provede zkouška ve zkušebním lisu a následné stanovení krychelné pevnosti betonu v tlaku.

Odběr, vyšetření a zkoušení jádrových vývrťů je popsáno v normě ČSN EN 12504-1. Vyhodnocení se provádí dle norem ČSN EN 12504-1 a ČSN EN 13791.

3.2 Chemické vyšetření betonu na zjištění míry jeho karbonatace fenolftaleinovým testem

Karbonatace betonu je chemický proces, jehož důsledkem je koroze ocelové výztuže. Korozi ocelové výztuže způsobuje voda a kyslík.

V mladém betonu je mezi ocelovou výztuží a betonem slabá vrstva oxidů železa, která je velmi hutná a tudíž nepropustná.

Krycí vrstva výztuže má vysoké pH a tím chrání zmíněnou vrstvu oxidů železa. Když pH betonu klesne pod hodnotu 9,5 rozpadne se vrstvička oxidů železa mezi ocelí a betonem. Dojde k depasivaci výztuže. Tímto okamžikem má k výztuži přístup voda a kyslík a startuje koroze výztuže.

Po odvrtání jádrového vývrťu a jeho vyjmutí z konstrukce se vzorek betonu omyje vodou a vysuší. Následně bude proveden základní test karbonatace povrchových vrstev betonu 1%-ním roztokem fenolftaleinu.

Princip spočívá ve stanovení stavu zbarvení povrchu betonu, kdy při hodnotě pH vyšší než 9,5 dochází ke zbarvení betonu do fialova.

Zkarbonatovaná povrchová vrstva betonu se vizuálně nezmění, beton, který není napaden karbonatací se zbarví do sytě růžové až fialové barvy. Toto indikuje z hlediska karbonatace „zdravý beton“.

3.3 Stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) v živičných vozovkových vrstvách

Odběr vzorků pro stanovení PAU se z vozovky odebírají postupem dle ČSN EN 12697-27, čl. 4.7.

Získané jádrové vývrty (dle výše zvoleného postupu) se v případě potřeby rozdělí na jednotlivé vrstvy postupem dle ČSN 73 6160, kap. 7.3 a následně vysuší v sušárně s nucenou cirkulací při teplotě cca 60 - 65 °C po dobu alespoň 2 hodin.

Nahřáté části vývrťů (jednotlivé dílčí vzorky) se ručně nebo s použitím granulátoru

rozdrobí dle ČSN EN 12697-5, čl. 8.3 na hrubé částice a shluky, přičemž největší rozměr shluků může být do 6 mm. Oproti zmíněnému normovému postupu je nutno při rozdrobení používat co nejnižší možnou teplotu, aby nebyl ovlivněn obsah PAU v připravovaném vzorku. Z takto upravené asfaltové směsi se připraví souhrnný vzorek, který se následně zhomogenizuje promícháním. Jeho následným dělením nebo kvartováním podle ČSN EN 12697-28 se získá směsný zkušební vzorek o minimální hmotnosti 50 D (dle ČSN EN 12697-5, čl. 7.2, kde D je max. zrno kameniva v asfaltové směsi). Laboratoř provádějící zkoušky pro účely diagnostického průzkumu musí splňovat čl. 2.1.4 části II/2 MP SJ-PK.

Aby se eliminovalo nebezpečí kontaminace vzorků v drticím zařízení polyaromatickými uhlovodíky obsaženými v předchozích vzorcích, musí být použité zařízení důkladně vyčištěno a přípravu vzorků pro analýzu smí provádět pouze laboratoř, která je akreditována pro stanovení PAU, ve svém SOP (standardní operační postup) má popsánu přípravu vzorku včetně namletí/nadrcení a která má praxi s přípravou vzorků pro tento účel.

Stanovení obsahu PAU se provádí výhradně na vzorku asfaltové směsi, nikoli na vyextrahovaném pojivu.

Při respektování bezpečnostní linie pro úpravu a zmenšování vzorku laboratoř provede přípravu vzorků pro analýzu z celého předaného množství vzorku (vícefázové mletí/drcení doprovázené homogenizací a zmenšováním vzorku až do dosažení předepsané zrnitosti nebo namletí/nadrcení celého množství na přímo na předepsanou zrnitost, následná homogenizace a teprve pak zmenšování vzorku). Při přípravě vzorků pro analýzu (rozemletím/mechanickým rozdrcením) se využívá pouze kryogenních (zmrazení tekutým dusíkem) postupů.

Analýza se provede na vzorku materiálu namletého na analytickou jemnost (sítím 1,0 mm musí propadnout nejméně 95 % vzorku). Z takto připraveného vzorku laboratoř odebere vzorek pro vlastní stanovení PAU a postupuje obvyklým způsobem dle SOP.

Celkové množství 16 polycyklických aromatických uhlovodíků uvedených ve Vyhlášce č. 130/2019 Sb, Příloha 1, Tab. 2 se stanoví akreditovaným postupem pro stanovení aromatických uhlovodíků (PAH) v pevných vzorcích plynovou chromatografií s hmotnostním spektrometrem (GC/MS).

4. PROHLÍDKA MOSTU

Jako součást diagnostického průzkumu (volba míst pro odběr vzorků) byla nejprve provedena vizuální prohlídka mostu. Prohlídka byla zaměřena především na zjištění skutečného stavu spodní stavby. Nosná konstrukce a svršek mostu nebyly pro účely této diagnostiky podrobněji sledovány a jsou zmíněny jen okrajově.

4.1 Nález prohlídky

Základy mostních podpěr jsou nepřístupné. Při prohlídce nebyly podrobněji diagnostikovány, jelikož stav základů bez provedení sond nelze zjistit. Žádné závady, které by poruchy v založení signalizovaly, však nebyly zjištěny.

Spodní stavba mostu, která je tvořena dvěma masivními tížnými opěrami z prostého betonu a navazujícími kolmými svahovými křídly, je trvale vystavena přítomnosti zadržované vlhkosti. Ta je způsobena plošným průsakem zemní vlhkosti z rubu opěr a křídel, a které z čelní strany v prostupu brání cemento-vápenná omítka provedena na fasádních plochách betonu. Tento dlouhodobý stav způsobil, že omítka je na převážné ploše spodní stavby separovaná („dutá“) a na opěře 2 již ze 70% její plochy odpadá. Vizuálně je obnažený beton porézní, s nerovnoměrným promícháním kameniva větší frakce v záměsi a patrným malým obsahem cementu. Všechny tyto faktory přispívají i s ohledem na stáří betonu (93 let) k jeho zřetelné hloubkové degradaci, která lokálně dosahuje až 80 mm (obr.11).

Průběžné ochranné prahy paty opěr a křídel se lokálně oddělují od jejich líce. Krycí cementová mazanina na kamenných kvádrech tvořících tělo ochranných prahů se místy rozpadá, anebo dochází k její separaci. Na svislé ploše v omývané části eroduje a obnažuje spáry mezi kamennými kvádry jsou vymílány.

Zátoky ze zasypaného rubu mostu syceného odtokem nashromážděné vlhkosti přes koncová čela NK jsou patrné také na jejím podhledu v místě ložné spáry s opěrami, kde jsou patrné výrazné mapy promáčení a výluhů s výkvěty.

Další defekty na NK, čelních zdech a svršku mostu) způsobené především nefunkční izolací nebudou dále probírány.



Obr. 6: Pohled na Op1.



Obr. 7: Návodní křídlo Op1.



Obr. 8: Povodní křídlo Op1.



Obr. 9: Pohled na Op2 ve směru od návodní k povodní straně mostu .



Obr. 10: Pohled na Op2 ve směru od povodní k návodní straně mostu .



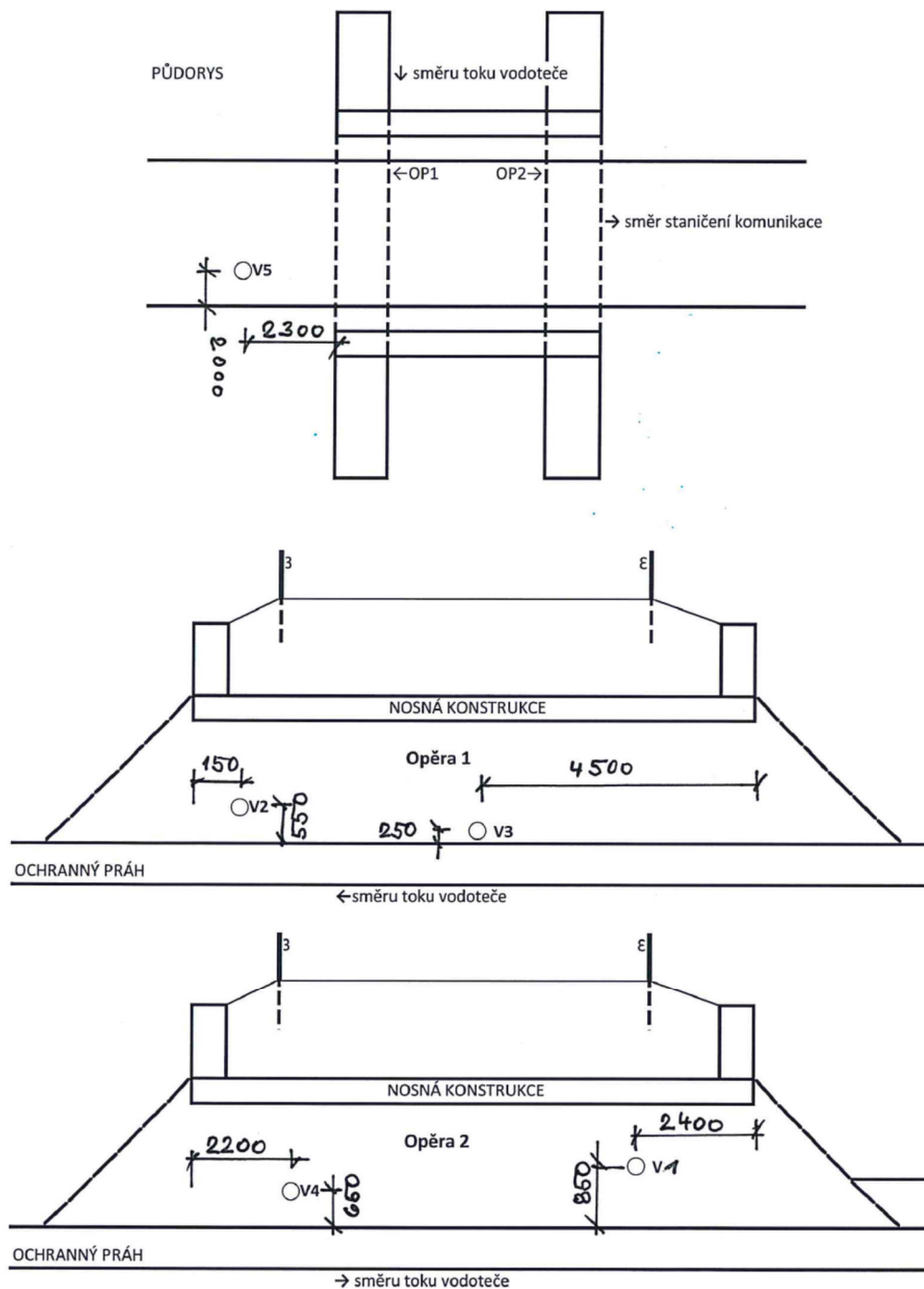
Obr. 11: Op2. Hloubka odpadlého degradovaného betonu.



Obr. 12: Op1. Ochranný práh v patě opěry z kamen. kvádrů překrytých betonovou mazaninou. Ve výšce kolísání hladiny dochází k erozi mazaniny a vymývání vodorovného spárování kamen. kvádrů, což způsobuje jejich podemílání.

5. PROVEDENÉ PRÁCE

Terénní práce byly provedeny dnech 31.7.2020 pracovníky Centra dopravního výzkumu, v.v.i. a laboratorní zkoušky v laboratořích v místě jeho sídla. Místa provedení jednotlivých zkoušek jsou znázorněna ve schématu na obrázku 13.



Obr. 13: Schéma rozmístění provedených sond

5.1 Pevnost betonu v tlaku

Pevnost betonu v tlaku na jádrových vývrtech

Pro stanovení mechanicko-fyzikálních vlastností betonu opěr byly z konstrukce odebrány jádrové vývrty, ze kterých byla vyrobena zkušební tělesa a zjištěna pevnost betonu v tlaku rozdrčením těles. Odběr jádrových vývrtů, výrobu zkušebních těles i samotné zkoušky pevnosti provedli pracovníci Centra dopravního výzkumu, v.v.i.. K odběru jádrových vývrtů pro stanovení pevnosti betonu v tlaku byla použita pevná ukotvená vrtačka s vodním výplachem a diamantovou korunkou Ø 100 mm. Všechny vývrty byly na místě zapraveny sanační hmotou na bázi cementu.

Pro určení pevnosti betonu v tlaku byly vodorovným vývrtem ze spodní stavby mostu (opěra 1 a 2) odebrány čtyři zkušební vzorky DN100 (viz Obr. 13): Schéma rozmístění provedených sond: První byl vývrtem odebrán na čelní stěně Op2 v její pravé (návodní) části a byl označen jako V1. Zároveň byl tímto vývrtem i ověřen rozměr šířky opěry, zda je ve shodě s údajem uvedeným v náčrtku vedeném v BMS. Odebraný vývrt V1 byl dlouhý 77 cm a byla z něj vyrobena 3 zkušební tělesa V1A – V1C. Vzorky V2 a V3 byly odebrány z opěry 1 v její spodní části. Odebraný vzorek V2 byl dlouhý cca 40 cm, ale jeho soudržná část (vhodná pro zhotovení zkušeb. tělesa) byla dlouhá cca 20 cm (obr. 28). Ze vzorku V2 bylo vyrobeno 1 zkušební těleso. Odebraný vzorek V3 byl dlouhý 47 cm a byly z něj vyrobeny 2 zkušební tělesa. Vývrtem dlouhým 37 cm byl v levé části opěry 2 odebrán vzorek V4. Jelikož tento vzorek byl po většinu své délky nesoudržný, zkušební těleso z něj nebylo provedeno.

Vyhodnocení pevnosti betonu v tlaku

Vyhodnocení pevnosti betonu v tlaku na jednotlivých zkušebních tělesech je uvedeno v tab. 1., kde pevnosti betonu zkušebních těles zjištěné provedenou tlakovou zkouškou byly zaříděny do odpovídající pevnostní třídy betonu. Jak je z tab.1 zřejmé, beton opěr v místě odebraného vzorku V1A (beton Op2 v hloubce cca 5-15 cm od svislého líce) a V2 (beton Op1 v hloubce cca 27-37 cm od svislého líce) vykazuje velice nízké hodnoty pevnosti (v řádu jednotek MPa). Dle ČSN EN 206-1+A1 jsou tak nízké hodnoty pevnosti betonu nezatříditelné do pevnostní třídy. Ostatní zkušební tělesa vyrobená z odebraných vývrtů betonu opěr vykazovala již zatříditelné pevnosti. Na Op1 byl beton v poloze vývrtu V3 zařazen do pevnostní třídy C 16/20 (V3A – hloubka cca 5-15 cm) a C 20/25 (V3B - hloubka 30-40 cm). Beton Op2 v poloze vývrtu V1 od hloubky 30 cm i hlouběji (V1B a V1C) od jeho líce byl zařazen do pevnostní třídy C 12/15.

Samostatné protokoly o provedené zkoušce pevnosti betonu v tlaku jsou v zařazeny v příloze č. 1.

Tab. 1: Protokol o provedené zkoušce pevnosti betonu v tlaku na odebraných vzorcích

Objekt, místo vrtání: Most v Žirovnici ev.č. 1329-1
Opěry 1 a 2

Datum odběru: 31.07.2020 **Datum výroby:** 1927

Označení vzorku: V1, V2 a V3 **Stáří betonu:** 93 let

Třída a druh betonu: neuvedeno/prostý beton

Datum provedení zk.: 24.8.2020

Ošetřování, uložení: laboratorní prostředí 21 °C, 72 % relativní vlhkost

Zkušební zařízení: (lis) Beton System, BS 4000, (0 - 4000) kN;

Označení vzorku (vývrtu)	Průměr vývrtu /d _m /	Délka vývrtu				Hmotnost vývrtu po úpravě	Objemová hmotnost	Vizuální vyšetření vývrtu, případná výztuž, (průměr, umístění, /mm/)	
		Po odběru		Po úpravě					
		max.	min.	max.	min.				
	/mm/	/mm/±1% délky				/kg/	/kg/m ³ /	Po odběru	Po úpravě
206/20 (V1A)	99,6	773	773	100,0	100,0	1,478	1900	Porézní	Porézní
207/20 (V1B)	99,6	773	773	100,1	100,1	1,692	2170	Porézní	Porézní
208/20 (V1C)	99,6	773	773	100,1	100,1	1,696	2170	Porézní	Porézní
209/20 (V2)	99,5	410	373	101,1	101,1	1,563	1990	Porézní	Porézní
210/20 (V3A)	90,5	473	445	91,0	91,0	1,285	2200	Porézní	Porézní
211/20 (V3B)	94,5	473	445	94,7	94,7	1,496	2250	Porézní	Porézní

Označení vzorku (vývrtu)	Maximální velikost kameniva	Metoda úpravy vývrtu	Poměr délky k průměru po úpravě	Vlhkost povrchu při zkoušce	Zatížení	Pevnost v tlaku	Přiřazení k pevnostní třídě betonu dle EN 206-1
	/mm/						
206/20 (V1A)	51	řezání, broušení	1,016	suchý	25,0	3,2	-
207/20 (V1B)	51	řezání, broušení	1,005	suchý	113,4	14,6	C 12/15
208/20 (V1C)	51	řezání, broušení	1,005	suchý	103,5	13,3	C 12/15
209/20 (V2)	55	řezání, broušení	1,016	suchý	40,0	5,2	-
210/20 (V3A)	52	řezání, broušení	1,006	suchý	118,3	18,4	C 16/20
211/20 (V3B)	52	řezání, broušení	1,002	suchý	165,0	23,5	C 20/25

Poznámka: vzorek 206/20 byl připraven z vývrtu V1 (opěra 2), první část vývrtu cca 50 mm od povrchu
vzorek 207/20 byl připraven z vývrtu V1 (opěra 2), druhá část vývrtu cca 300 mm od povrchu
vzorek 208/20 byl připraven z vývrtu V1 (opěra 2), třetí část vývrtu cca 600 mm od povrchu
vzorek 209/20 byl připraven z vývrtu V2 (opěra 1), část vývrtu cca 270 mm od povrchu
vzorek 210/20 byl připraven z vývrtu V3 (opěra 1), první část vývrtu cca 50 mm od povrchu
vzorek 211/20 byl připraven z vývrtu V3 (opěra 1), druhá část vývrtu cca 300 mm od povrchu



Obr. 14: Provádění vývrtu na Op2 pro odběr vzorku V1.



Obr. 15: Otvor po odběru vzorku V1.



Obr. 16: Vnitřek otvoru po odbranění vzorku V1.



Obr. 17: Změřené délka odtvoru po vývrtu V1.



Obr. 18: Poloha vývrtu V2 na Op1.



Obr. 19: Otvor po odběru vzorku V2.



Obr. 20: Vnitřek otvoru po odbranén vzorku V2..



Obr. 21: Změřené délka odtvoru po vývrtu V2..



Obr. 22: Otvor po odběru vzorku V3.



Obr. 23: Vnitřek otvoru po odbranén vzorku V3..



Obr. 24: Změřené délka odtvoru po vývrtu V3..



Obr. 25: Otvor po odběru vzorku V4.



Obr. 26: Vnitřek otvoru po odbranění vzorku V4.



Obr. 27: Vnitřek otvoru po odbranění vzorku V4v detailním pohledu.

5.2 Chemické vyšetření betonu na zjištění míry jeho karbonatace fenolftaleinovým testem

Provedení této zkoušky je patrné z obr. 28 až 30. Zkouška byla provedena na zkušebních vzorcích V1 a V3. Vzorky V2 a V4 zkoušce nebyly podrobeny z důvodu jejich rozpadu v oblasti jejich počátečních cca 20 cm. Na odebraném vzorku betonu V1 nebyla karbonatace zjištěna. Na vzorku V3 byla zjištěná hloubka karbonatace cca 23 cm.



Obr. 28: Vzorek V1 s provedeným fenolftaleinovým testem.



Obr. 29: Vzorek V2.



Obr. 30: Vzorek V3 s provedeným fenoltaleinovým testem..



Obr. 31: Vzorek V4.

5.3 Stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) v živičných vozovkových vrstvách

Pro stanovení přítomnosti a množství polycyklických aromatických uhlovodíků v živičných vrstvách konstrukce vozovky byl vývrtem odebrán jeden zkušební vzorek V5) v předpolí mostu na straně opěry 1. Vývrtem bylo zjištěno, že zpevněné živičné vrstvy v konstrukci vozovky mají tloušťku 22 cm a další vrstvy jsou již nezpevněné. Na odebraném vzorku bylo s určitostí patrné rozhraní pouze dvou vrstev. Jedna vrstva byla obsažena na vývrtnu od 0-80 mm, druhá pak od 80 – 220 mm, tedy o tloušťce 140 mm.

Výsledky analýzy rozborů PAU jsou pro obě vrstvy příznivé a lze je běžným způsobem frézovat. Takto znovuzískaná asfaltová směs se podle vyhlášky č. 130/2019 Sb. zařazuje do kvalitativní třídy ZAS-T1 a za předpokladu dalšího využití podle § 4 vyhlášky se nestává odpadem a je vedlejším produktem.



Obr. 32: Provádění vývrtnu V5 v komunikaci před mostem.



Obr. 33: Otvor po odběru vzorku V5..Na obr. vlevo – kamenivo z nezpevněné vrstvy konstrukce vozovky ze dna vyvrtaného otvoru..



Obr. 34: Vnitřek otvoru vývrtu po odbranén vzorku V5.



Obr. 35: Odebraný vorek (V5) ze zpevněných vrstev konstrukce vozovky..

6. NÁVRH OPRAVY A ODHAD NÁKLADŮ

Shora popsaný a provedenými zkouškami ověřený stav opěr (potažno křídel) je špatný a žádá si brzkou celkovou rekonstrukci. Omítka opěr se plošně separuje a dochází k jejími odpadu. Beton pod ní hloubkově degraduje (lokálně s rozpadem do hloubky až 80 mm), je porézní, vizuálně s „jalovým“ cementovým tmelem a velice proměnlivými, zkouškami zjištěnými pevnostními parametry. Spodní stavba také nemá funkční odvodnění a izolaci jejího rubu. Z dnešního pohledu je zcela nevyhovující. Přesto se most bez větších zásahů do spodní stavby dožil 93 let, což bezmála naplňuje jeho očekávanou životnost (100 roků). Má-li tedy být navržen způsob jeho opravy je potřeba vzít v úvahu skutečnost, že most je takřka 100 let starý.

V úvahu přicházejí dvě možné varianty. Ta jednoduchá a bez rizik je zbourání stávajícího mostu a výstavba nového. Z ekonomického hlediska bude tato varianta v prvotních nákladech vždy tou nejdražší, ale v rámci celého životního cyklu mostu se postupně stane finančně srovnatelnou a zároveň vůči rekonstrukci kvalitativně neporovnatelnou.

Druhou variantou je oprava, resp. rekonstrukce mostu. I tato varianta může být vhodným řešením, ale vždy bude podvázaná riziky spojenými s možným výskytem neočekávaným skutečností vzniklých při samotné rekonstrukci mostu. Pro zvolení této varianty bude tedy zásadní ekonomická vyváženost vůči možným vzniklým rizikům resp., ceně za novostavbu.

Pro rekonstrukci mostu, tedy zvolení druhé varianty, hovoří především vizuálně uspokojivý stav nosné konstrukce, a která by při její opravě z finančního hlediska netvořila významnou část ceny opravovaného mostu. Tu bude tvořit především oprava spodní stavby, která by měla zahrnovat odkop rubu opěr, jeho odvodnění, izolaci a zpětné zasypání. Dále opravu fasádních povrchů betonu opěr s křídly např. stříkaným betonem vyztuženým kotvenými Kari sítěmi. Pravděpodobná je i možnost proinjetování porézního betonu.

Pokud přijmeme hrubý odhad nákladů obou variant prezentovaný v tabulce 2, zjistíme že, varianta s výstavbou nového mostu je v prvotních nákladech vůči opravovanému jednou tak dražší. Na rozdíl od celkových nákladů rozpočítaných na rok životnosti, které jsou oproti variantě s rekonstrukcí mostu na cca 60 procentech.

Tab. 2: Hrubý odhad nákladů na varianty oprav mostu

varianta opravy	délka NK	šířka NK	jednotková cena (Kč/m ²)	Stavební náklady (odhad) (Kč)	životnost (roky)	náklady na rok životnosti (Kč)
	(m)	(m)				
nový most	5	11	80 000,00	4 400 000,00	100	44 000,00
rekonstrukce mostu	5	11	40 000,00	2 200 000,00	30	73 333,33

Jak bylo uvedeno výše, stavba nového mostu je drahá. Má však dlouhou předpokládanou životnost, je plně parametricky vyhovující současnému normovému rámci a po dobu 25 – 35 let bude vykazovat potřebu velmi nízkých provozních nákladů.

Oproti tomu celková rekonstrukce mostu bude cca na 50% ceny nového, tedy výrazně levnější. K významnému zlepšení parametrických vlastností mostu sice úplně nedojde, ale pokud bude možné opravou dosáhnout prodloužení jeho životnosti i požadované zatížitelnosti, může střednědobé ekonomické hledisko převážet. V takovém případě je nutné i zvážit možná rizika, která by zásadně ekonomický záměr ovlivnila.

7. ZÁVĚR

Obsahem této zprávy jsou výsledky průzkumných prací provedených na mostním objektu ev. č. 1329-1 Most v Žirovnici.

Průzkumné práce byly soustředěny na zjištění stavu spodní stavby tvořenou dvěma masívními opěrami z prostého monolitického betonu.

Při diagnostice mostního objektu byly zjištěny následující skutečnosti:

Zjištěné pevnostní charakteristiky na vzorcích odebraného betonu z opěr ukazují na jeho velice proměnlivou kvalitu, a to jak v plošné poloze, tak i hloubce odběru. Na opěře 1 vykazuje beton pevnostní třídu od C 0/0 přes C16/20 až po C 20/25. Na opěře 2 pak od C0/0 po C 12/15. Odběry vývrtů a tlakovými zkouškami bylo zjištěno, že na rozdíl od vizuálního stavu nejsou nejhorší pevnostní parametry betonu (takřka nulové) pouze v oblasti zvětralého líce opěr tj. do hloubky cca 15 cm od povrchu betonu, ale i hlouběji tj. v hloubce 30-40 cm viz. vývrt V2 a V4, který se rozpadl již při jeho odběru.

Orientačním fenolfaleinovým testem byla hloubka karbonatace betonu opěry 1 shledána cca 23 cm a betonu opěry 2 jako nulová při zanedbání nezkoušené odpadlé degradované vrstvy cca 30 mm.

Též bylo zkouškou zjištěno, že v případě budoucího odstranění živičných vrstev se s takto vyzískaným materiálem může počítat jako s vedlejším produktem a nikoliv odpadem.

Na základě provedených zjištění a závěrů popsaných v závěrečné zprávě bylo prokázáno, že mostní objekt resp., jeho spodní stavba je v takovém stavu, který je potřeba co nejdříve řešit. Z možností způsobu řešení, které přichází v úvahu jsou dvě varianty, a to výstavba nového mostu nebo jeho rekonstrukce. Obě varianty mají své výhody i nevýhody, které jsou popsány v kap. 6. Z hlediska doporučení jedné z variant je nejlepší ta nejjednodušší, tj. výstavba nového mostu i s ohledem na stáří současného mostu, který je u konce předpokládané životnosti. Nicméně i rekonstrukce mostu může dosáhnout na významné prodloužení životnosti i zachování zatížitelnosti. Toto řešení technologie opravy mostu je i ze střednědobého hlediska ekonomicky nejvýhodnější.


Zprávu vypracoval Ing. Ivo Hodovský

Příloha č. 1

Protokol z laboratorních zkoušek betonu: Stanovení pevnosti betonu v tlaku

Zkušební laboratoř CDV, v.v.i.

PROTOKOL

č.: 094/20-B

Odběr jádrových vývrtů z betonových konstrukcí dle ČSN EN 12504-1 *

Stanovení pevnosti v tlaku dle ČSN EN 12390-3 **

Stanovení objemové hmotnosti ČSN EN 12390-7, mimo čl. 6.4, 6.5 a 6.7 ***

Objednatel: Ing. Jan Pracný, Výholec 23, 624 00 Brno

Záznam číslo: 0094/20

Objekt, místo vrtání: most ev.č. 1329-1, Žirovnice - Opěry

Datum odběru: 31.7.2020

Místo provedení zkoušky: Laboratoř centra dopravního výzkumu

Datum výroby: 1927

Stáří betonu: 93 let

Datum provedení zk.: 24.08.2020

Ošetřování, uložení: laboratorní prostředí 21 °C, relativní vlhkost 72 %

Zkušební zařízení: (lis) Beton System, BS 4000, (0 - 4000) kN;

Označení vzorku (vývrtu)	Průměr vývrtu /d _m /	Délka vývrtu				Hmotnost vývrtu po úpravě	Objemová hmotnost	Vizuální vyšetření vývrtu, případná výtěž, (průměr, umístění, /mm/)	
		Po odběru		Po úpravě					
		max.	min.	max.	min.				
	/mm/	/mm/				/kg/	/kg/m ³ /	Po odběru	Po úpravě
206/20	99,6	773	772	100,0	100,0	1,478	1900	porézní vzorek	porézní vzorek
207/20	99,6	773	772	100,1	100,1	1,692	2170	porézní vzorek	porézní vzorek
208/20	99,6	773	772	100,1	100,1	1,696	2170	porézní vzorek	porézní vzorek
209/20	99,5	410	373	101,1	101,1	1,563	1990	rozpad vzorku v délce 0 - 220 mm, porézní vzorek	porézní vzorek
210/20	90,5	473	445	91,0	91,0	1,285	2200	porézní vzorek	porézní vzorek
211/20	94,5	473	445	94,7	94,7	1,496	2250	porézní vzorek	porézní vzorek

Poznámka: vzorek 206/20 byl připraven z vývrtu V1 (opěra 2), první část vývrtu cca 50 mm od povrchu
vzorek 207/20 byl připraven z vývrtu V1 (opěra 2), druhá část vývrtu cca 300 mm od povrchu
vzorek 208/20 byl připraven z vývrtu V1 (opěra 2), třetí část vývrtu cca 600 mm od povrchu
vzorek 209/20 byl připraven z vývrtu V2 (opěra 1), část vývrtu cca 270 mm od povrchu
vzorek 210/20 byl připraven z vývrtu V3 (opěra 1), první část vývrtu cca 50 mm od povrchu
vzorek 211/20 byl připraven z vývrtu V3 (opěra 1), druhá část vývrtu cca 300 mm od povrchu

PROTOKOL

č.: 094/20-B

Odběr jádrových vývrtů z betonových konstrukcí dle ČSN EN 12504-1 *

Stanovení pevnosti v tlaku dle ČSN EN 12390-3 **

Stanovení objemové hmotnosti ČSN EN 12390-7, mimo čl. 6.4, 6.5 a 6.7 ***

Označení vzorku (vývrtu)	Maximální velikost kameniva	Metoda úpravy vývrtu	Poměr délky k průměru po úpravě	Vlhkost povrchu při zkoušce	Zatížení	Pevnost v tlaku
	/mm/					/MPa/
206/20	51	řezání, broušení	1,004	suchý	24,9	3,2
207/20	51	řezání, broušení	1,005	suchý	113,8	14,6
208/20	51	řezání, broušení	1,005	suchý	103,6	13,3
209/20	55	řezání, broušení	1,016	suchý	40,4	5,2
210/20	52	řezání, broušení	1,006	suchý	118,4	18,4
211/20	52	řezání, broušení	1,002	suchý	164,8	23,5

Poznámka: * zkouška provedena dle ČSN EN 12504-1 s účinností od 1.10.2019

** zkouška provedena dle ČSN EN 12390-3 s účinností od 1.5.2020

*** zkouška provedena dle ČSN EN 12390-7 s účinností od 1.8.2020

Odběr vzorku provedl(a): Radek Bednář

Zkoušku provedl(a): Radek Bednář
Zkušební pracovník(ice) LCDV



protokol kontroloval:

Ing. Tomáš Zavřel, technický vedoucí LDI





Mgr. Roman Ličbinský, vedoucí LCDV

(Podpis, razítko)

Výsledky zkoušek se týkají pouze zkoušených vzorků a protokol neznámá schválení výrobku orgánem udělujícím akreditaci ani žádným jiným orgánem.

Protokol nesmí být bez písemného souhlasu LCDV reprodukován jinak než v celkovém počtu stran.

Změny a doplňky mohou být provedeny pouze laboratoří, která Protokol vystavila.

----- konec protokolu -----

Příloha č. 2

Protokol o stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) v živičných vozovkových vrstvách

Zkušební laboratoř CDV, v.v.i



Centrum dopravního výzkumu, v. v. i,
Laboratoř centra dopravního výzkumu (LCDV),
Líšeňská 33a, 636 00 Brno

PROTOKOL

č.: CH – 070/20-n

Stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků plynovou chromatografií (GS-MS) a jejich sumy výpočtem z naměřených hodnot v asfaltových směsích, Zkušební postup č. 66: SOP – CH 14 (ČSN EN 15527), SOP CH – 22 (ČSN EN 15527), SOP CH – 23 (ČSN EN 15527) a SOP – CH 24 (ČSN ISO 11465).

Použité přístroje:	Plynový chromatograf s hmotnostní detekcí Triple Quadrupole Agilent GC/QQQ 7000C, e. č. 907-i Elektronická pipeta eVol SGE, e. č. 9640 Zakoncentrovávací zařízení Turbo Vap II, e. č. IN 1044 Extraktor SER 158, e. č. IN 1062 Pipeta FINNPIPETE 10-100 µl, e.č. 5940 Laboratorní mikrováhy-Mettler XS 204, e.č. 458-i Sušárna SLN 53, e. č. 4505 Kulový mlýn Retsch MM 400, bez e.č. Čelistový drtič BB50, e.č. 708 F Síto Retsch 1 mm, bez e.č. Sítovací zařízení Retsch AS 200, e.č. 707 F
Objednatel:	D projekt, Ing. Jan Pracný Výholec 23, 624 00 Brno
Č. objednávky:	SML/9124/2020
Lokalizace měření:	III/1329 Žirovnice, most ev.č. 1329-1
Lokalizace zkoušky:	LCDV - LZP
Požadované měření:	Suma 16 PAU (naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, anthracen, fluoranthren, pyren, benz[a]anthracen, chrysen, benzo[b]fluoranthren, benzo[k]fluoranthren, benzo[a]pyren, indeno[1,2,3-cd]pyren, dibenz[a,h]anthracen, benzo[ghi]perylene); benzo[a]pyren
Počet obrázků:	0
Počet příloh:	0

-----konec stránky-----

Počet výtisků: 3

Protokol číslo: CH – 070/20-n

Výtisk číslo: 1

Datum vydání: 25.08.2020



Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.
Laboratoř centra dopravního výzkumu (LCDV),
Líšeňská 33a, 636 00 Brno

Tabulka č.1: Suma 16 polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) ve vzorcích
Záznam číslo Og-55/20

Číslo vzorku	Začátek měření	Konec měření	Σ PAU [mg.kg ⁻¹ sušiny]	U PAU [mg.kg ⁻¹ sušiny]	Číslo vzorku zadavatele
O-680/20	20.8.2020	24.8.2020	2,76	0,55	024/20/F
O-681/20	20.8.2020	24.8.2020	3,80	0,76	025/20/F

Tabulka č.2: Koncentrace benzo[a]pyrenu (BaP) ve vzorcích
Záznam číslo Og-55/20

Číslo vzorku	Začátek měření	Konec měření	BaP [mg.kg ⁻¹ sušiny]	U BaP [mg.kg ⁻¹ sušiny]	Číslo vzorku zadavatele
O-680/20	20.8.2020	24.8.2020	0,159	0,032	024/20/F
O-681/20	20.8.2020	24.8.2020	0,241	0,048	025/20/F

Rozšířené nejistoty měření U jsou součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k=2$, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95%, nezohledňují vliv odběru vzorků.

Standardní nejistota měření byla určena v souladu s EA-4/16.

-----konec stránky-----



Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.
Laboratoř centra dopravního výzkumu (LCDV),
Líšeňská 33a, 636 00 Brno

Prohlášení laboratoře: Výsledky měření se týkají jen uvedeného místa, předmětu a času měření. Protokol nesmí být bez písemného souhlasu LCDV reprodukován jinak než v celkovém počtu stran. Změny a doplňky mohou být provedeny pouze laboratoří, která protokol vystavila.


Měřil: Mgr. Martina Bucková

Protokol zpracoval: Mgr. Martina Bucková

Protokol kontroloval:


.....
Ing. Vilma Jandová
Technický vedoucí LZP

Protokol schválil:


.....
Mgr. Roman Ličbinský
Vedoucí LCDV
(Podpis, razítko)

Dne: 25. 8. 2020

-----Konec protokolu-----

Počet výtisků: 3

Protokol číslo: CH – 070/20-n

Výtisk číslo: 1

Datum vydání: 25.08.2020

Příloha č. 3

**Digitalizace zprávy a kompletní fotodokumentace
pořízená při prohlídce a diagnostickém průzkumu –
datový disk**

Zkušební laboratoř CDV, v.v.i