

## ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

**Stanovení pevnostních parametrů betonu  
Most 602-040 přes řeku Jihlava před obcí Helenín**



**Objednatel:** **Projekční kancelář PRIS spol. s r.o.**  
Osová 717/20; 625 00 Brno  
IČ: 46974806; DIČ CZ46974806

**Zhotovitel:** **Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební**  
Ústav stavebního zkušebnictví  
Veveří 331/95; 602 00 Brno  
IČ: 00216305; DIČ CZ00216305

Ing. Petr Žitt, Ph.D.  
odpovědný řešitel



doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.  
vedoucí Ústavu stavebního zkušebnictví

## OBSAH

1	ÚVODNÍ ČÁST.....	3
1.1	Údaje o zpracovateli.....	3
1.2	Údaje o objednateli .....	3
1.3	Dílčí termíny .....	3
2	PŘEDMĚT .....	4
3	SOUPIS PROVEDENÝCH PRACÍ.....	4
3.1	Diagnosticke práce in-situ .....	4
3.2	Laboratorní zkoušky .....	4
4	METODIKA PROVÁDĚNÝCH ZKOUŠEK .....	5
4.1	Odběr jádrových vývrtů .....	5
4.2	Karbonatace betonu.....	5
4.3	Výroba zkušebních těles, provedení a vyhodnocení zkoušek pevnosti v tlaku .....	5
4.4	Orientační poloha vyztužení.....	5
5	POLOHA PROVEDENÝCH SOND .....	6
6	ODEBRANÉ JÁDROVÉ VÝVRTY z nosné konstrukce .....	7
6.1	Jádrový vývrt V-01.....	7
6.2	Jádrový vývrt V-02.....	8
6.3	Jádrový vývrt V-03.....	9
6.4	Jádrový vývrt V-04.....	10
6.5	Jádrový vývrt V-05.....	11
7	ODEBRANÉ JÁDROVÉ VÝVRTY ZE SPODNÍ STAVBY .....	12
7.1	Jádrový vývrt V-06.....	12
7.2	Jádrový vývrt V-07.....	13
7.3	Jádrový vývrt V-08.....	14
7.4	Jádrový vývrt V-09.....	15
8	FYZIKÁLNĚ MECHANICKÉ PARAMETRY BETONU .....	16
8.1	Nosná konstrukce .....	16
8.2	Spodní stavba .....	17
9	ZÁVĚRY .....	19
9.1	Nosná konstrukce .....	19
9.2	Spodní stavba .....	19
10	SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH PŘÍSTROJŮ.....	20
10.1	Zkušební předpisy a postupy.....	20
10.2	Použité přístroje, vybavení a software .....	20

# 1 ÚVODNÍ ČÁST

## 1.1 ÚDAJE O ZPRACOVATELI

Pracoviště řešitele: Vysoké učení technické v Brně  
Fakulta stavební  
Ústav stavebního zkušebnictví  
Veveří 331/95; 602 00 Brno  
IČ: 00216305; DIČ: CZ00216305  
www.fce.vutbr.cz

Vedoucí pracoviště: doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Vypracoval: Ing. Petr Žítt, Ph.D.  
tel.: +420 541 147 528  
mobil: +420 777 281 289  
email: petr.zitt@vut.cz

Diagnostika in-situ: Ing. Dominik Lisztwan  
Ing. Petr Nápravník  
Ing. Petr Žítt, Ph.D.

## 1.2 ÚDAJE O OBJEDNATELI

Objednatel: Projekční kancelář PRIS spol. s r.o.  
Osová 717/20; 625 00 Brno  
IČ: 46974806; DIČ CZ46974806

Zástupce objednatele: Ing. Martin Řehulka

Objednávka ze dne: 11. 01. 2024 (elektronicky emailem)

## 1.3 DÍLČÍ TERMÍNY

Diagnostika in-situ: 15. a 30. 01. 2024

Laboratorní zkoušky betonu 17. 01. a 01. 02. 2024

Vypracování závěrečné zprávy: únor 2024

## 2 PŘEDMĚT

Předmětem předkládané zprávy je provedení stavebně materiálového průzkumu z hlediska ověření kvality betonu (zařazení betonu do příslušné pevnostní třídy) železobetonové monolitické nosné konstrukce mostu ev. č. 602-040 přes řeku Jihlavu před obcí Helenín.

Výstupem závěrečné zprávy je podklad sloužící pro potřeby stanovení zatížitelnosti předmětného mostního objektu.

Předmětem předkládané závěrečné zprávy jsou výsledky stavebně-materiálového průzkumu dotčeného železobetonového mostu ev. č. 602-041 na základě objednávky č. Obj-0097/2024 - Jég vystavené dne 11. 01. 2024 Ing. Martinem Řehulkou, jednatelem společnosti Projekční kancelář PRIS spol. s r.o.

Předmětné diagnostické práce in-situ byly provedeny ve dnech 15. a 31. 01. 2024. Laboratorní zkoušky betonu byly provedeny 17. 01. a 01. 02. 2024. Závěrečná práva z provedené diagnostiky byla zpracována v únoru 2024.

## 3 SOUPIS PROVEDENÝCH PRACÍ

### 3.1 DIAGNOSTICKÉ PRÁCE IN-SITU

- 4x odběr jádrových vývrtů  $\varnothing$  75 mm vodorovně do bočního líce hlavních mostkových trámů (předpoklad 2 zkušební tělesa na 1 jádrový vývrt) za účelem odběru vzorku betonu pro stanovení pevnostních parametrů, poloha provedených sond je zakreslena ve schématu 5.1 v kapitole 5, sondy jsou po jejich provedení a zdokumentování zapraveny sanačním betonem s omezeným smršťováním
- 1x odběr jádrových vývrtů  $\varnothing$  75 mm vodorovně do koncového železobetonového příčnicku nosné konstrukce nad pilířem P2 (předpoklad 2 zkušební tělesa na 1 jádrový vývrt) za účelem odběru vzorku betonu pro stanovení pevnostních parametrů, poloha provedených sond je zakreslena ve schématu 5.1 v kapitole 5, sondy jsou po jejich provedení a zdokumentování zapraveny sanačním betonem s omezeným smršťováním
- 3x odběr jádrových vývrtů  $\varnothing$  75 mm vodorovně do dříku pilíře P2 (předpoklad 2 zkušební tělesa na 1 jádrový vývrt) za účelem odběru vzorku betonu pro stanovení pevnostních parametrů, poloha provedených sond je zakreslena ve schématu 5.1 v kapitole 5, sondy jsou po jejich provedení a zdokumentování zapraveny sanačním betonem s omezeným smršťováním
- 1x odběr jádrových vývrtů  $\varnothing$  75 mm vodorovně do dříku opěry OP3 (předpoklad 2 zkušební tělesa na 1 jádrový vývrt) za účelem odběru vzorku betonu pro stanovení pevnostních parametrů, poloha provedených sond je zakreslena ve schématu 5.1 v kapitole 5, sondy jsou po jejich provedení a zdokumentování zapraveny sanačním betonem s omezeným smršťováním

### 3.2 LABORATORNÍ ZKOUŠKY

- z 5 odebraných jádrových vývrtů z nosné konstrukce (hlavní nosné trámy a koncový příčník nad pilířem P2) bylo vyrobeno a odzkoušeno na zkoušku pevnosti v tlaku 10 zkušebních těles
- ze 3 odebraných jádrových vývrtů z dříku pilíře P2 bylo vyrobeno a odzkoušeno na zkoušku pevnosti v tlaku 7 zkušebních těles
- z 1 odebraného jádrového vývrtu z dříku opěry OP3 byly vyrobeny a odzkoušeny na zkoušku pevnosti v tlaku 3 zkušební tělesa

## 4 METODIKA PROVÁDĚNÝCH ZKOUŠEK

### 4.1 ODBĚR JÁDROVÝCH VÝVRTŮ

Pro odběr všech jádrových vývrtů byly použity jádrové vrtací stroje HILTI DD200 s příslušenstvím (jádrové korunky vnitřního  $\varnothing$  75 mm, sada klíčů, ponorné čerpadlo umístěné v barelu s chladicí kapalinou, průmyslový vysavač Makita pro odsávání chladicí kapaliny a další). Jádrový stroj je ke konstrukci ukotven přes OMO hmoždinu do předvrtaného otvoru vidiovým vrtákem  $\varnothing$  25 mm.

V průběhu provádění jádrového návrtu je diamantová korunka chlazená vodou. U sondy do vozovky je dále využit průmyslový vysavač Makita pro odsávání chladicí kapaliny v průběhu provádění sondy. Po provedení a případném vyčištění jednotlivých návrtů jsou zkušební místa zdokumentována (foto zkušebního místa, hloubka provedeného vrtu, popis polohy) a následně zapraveny sanačním betonem s omezenou funkcí smršťování.

### 4.2 KARBONATACE BETONU

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 hutných oxidů železa mezi ocelí a betonem. Dojde k takzvané "depasivaci" výztuže. Tímto okamžikem má k výztuži přístup voda a kyslík a startuje koroze výztuže. Po odvrtání jádrového vývrtu a jeho vyjmutí z konstrukce byl 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“.

### 4.3 VÝROBA ZKUŠEBNÍCH TĚLES, PROVEDENÍ A VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK PEVNOSTI V TLAKU

V laboratorních podmínkách jsou odebrané vzorky betonu zdokumentovány (fotografie, popis a poloha případné převrtané výztuže, test karbonatace povrchu betonu). Vzorky jsou dále na okružní pile osazené diamantovým řezným kotoučem nařezány při mokrému řezání a zakončovány (ideálně v poměru průměr/výška 1:1 popř. 2:1).

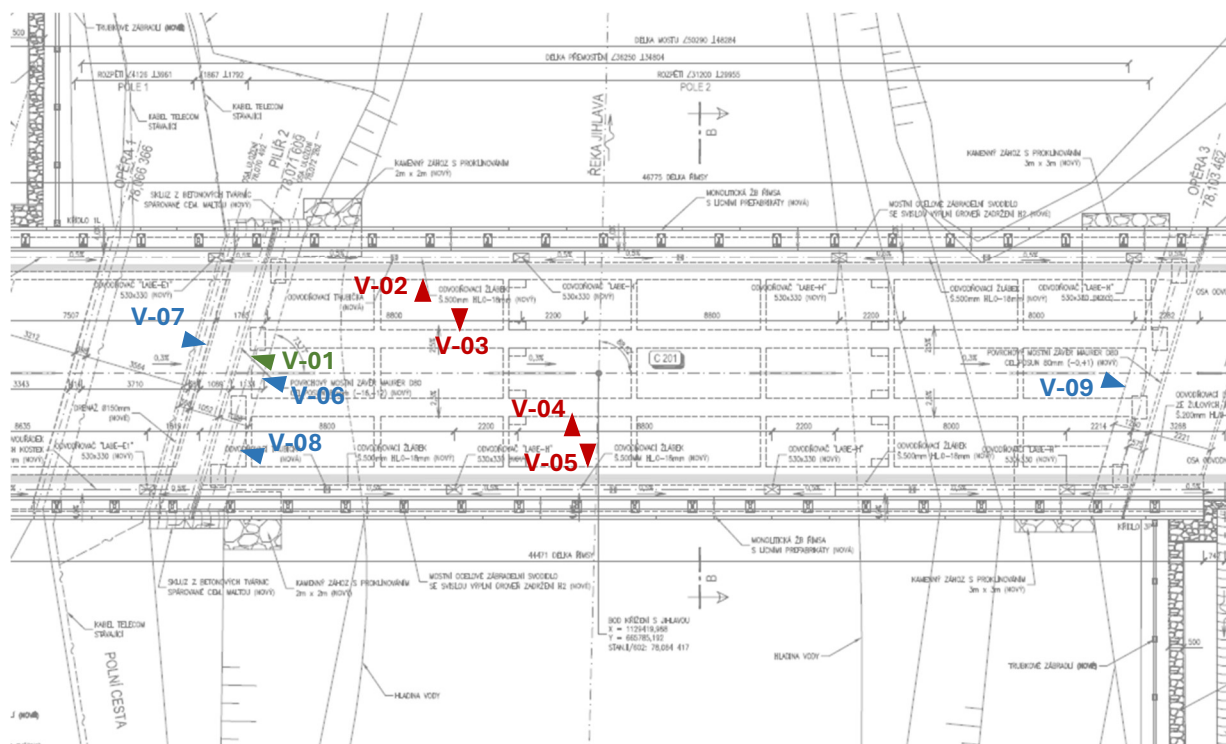
Po osušení zkušebních těles (vysušení v přirozených laboratorních podmínkách) jsou vzorky změřeny s citlivostí alespoň na 0,1 mm, zváženy s přesností 0,1g a podrobeny zkoušce v tlaku v hydraulickém lisu Form+Test s rychlostí zatěžování odpovídající hodně přírůstku 0,6 MPa/s.

### 4.4 ORIENTAČNÍ POLOHA VYZTUŽENÍ

Pro vytipování místa pro odběr vzorků betonu z dílčích konstrukčních celků bylo provedeno NDT trasování polohy vyztužení konstrukcí (bez pořizování záznamu o vyztužení) přístroji HILTI PS1000 (georadar) a PROCEQ Profometer PM-630 (elektromagnetický indikátor).

## 5 POLOHA PROVEDENÝCH SOND

V následujícím půdorysném schématu 5.1 je zakreslena přibližná poloha odebraných jádrových vývrtů z předmětné konstrukce mostu. V související legendě jsou popsány typy jednotlivých odběrů jádrových vývrtů (sloup pilíře, příčník nosné konstrukce, hlavní nosný trám apod).



**Schéma 5.1**  
*Zakreslení polohy provedených jádrových vývrtů*

### Legenda

- ▶ jádrový vývrt  $\varnothing 75$  mm vedený vodorovně do vybraných hlavních nosných trámů mostovky za účelem odběru vzorku betonu pro stanovení pevnostních parametrů
- ▶ jádrový vývrt  $\varnothing 75$  mm vedený vodorovně do vybraného železobetonového příčníku nosné konstrukce za účelem odběru vzorku betonu pro stanovení pevnostních parametrů
- ▶ jádrový vývrt  $\varnothing 75$  mm vedený vodorovně do dřívků spodní stavby (pilíř P2 a opěra OP3)



## 6 ODEBRANÉ JÁDROVÉ VÝVRTY Z NOSNÉ KONSTRUKCE

### 6.1 JÁDROVÝ VÝVRT V-01

Jádrový vývrt V-01 byl odebrán vodorovně z koncového příčnicku nosné konstrukce nad pilířem P2 mezi 2. a 3. trámem (zleva ve směru staničení ve vzdálenosti 350 mm od líce trámu č. 2 ve výšce 1150 mm od spodního líce příčnicku). Orientační poloha odebraného jádrového vývrtu je zakreslena na schématu 5.1 v kapitole 5. Sonda je po provedení a zdokumentování zapravena vhodným sanačním betonem s omezeným smršťováním.

Základní údaje o odběru vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- monolitický beton</li> <li>- provedená hloubka vrtu 260 mm</li> <li>- při odběru nebyla porušena žádná výztuž</li> <li>- v místě sondy boční líc příčnicku opatřen povrchovou sanační omítkou tloušťky 4 mm</li> </ul>
Popis betonu v odebraném vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kamenivo drcené; maximální frakce 16 mm</li> <li>- běžné množství pórů o velikosti do 4 mm</li> <li>- hrubé kamenivo rovnoměrně rozmístěno v celé délce odebraného vzorku</li> <li>- hloubka karbonatace původního betonu pod provedenou sanací max. 3 mm</li> <li>- z odebraného vzorku vyrobeny 2 zkušební tělesa pro stanovení pevnosti v tlaku</li> </ul>



**Foto 6.1.1**

Pohled na provedené místo jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-01 odebraného z koncového příčnicku nad pilířem P2 mezi 2. a 3. trámem



**Foto 6.1.2**

Měření celkové hloubky provedeného jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-01 odebraného z koncového příčnicku nad pilířem P2 mezi 2. a 3. trámem



**Foto 6.1.3**

Detailní pohled do ostění po vyjmutí provedeného jádrového vývrtu s označením V-01



**Foto 6.1.4**

Laboratorní foto vzorku s označením V-01 včetně provedeného testu hloubky karbonatace a s vyznačenou polohou zkušebních těles

## 6.2 JÁDROVÝ VÝVRT V-02

Jádrový vývrt V-02 byl odebrán vodorovně z 1. hlavního podélného krajního nosného trámu z pravého boku (dle směru staničení mostu) ve vzdálenosti 2250 mm za 1. kolmým příčnickem ve výšce 1100 mm od spodního líce trámu. Orientační poloha odebraného jádrového vývrtu je zakreslena na schématu 5.1 v kapitole 5. Sonda je po provedení a zdokumentování zapravena vhodným sanačním betonem s omezeným smršťováním.

Základní údaje o odběru vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- monolitický beton</li> <li>- provedená hloubka vrtu 240 mm</li> <li>- při odběru nebyla porušena žádná výztuž</li> <li>- v místě sondy boční líc trámu opatřen povrchovou sanační omítkou tloušťky 3 mm</li> </ul>
Popis betonu v odebraném vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kamenivo drcené; maximální frakce 16 mm</li> <li>- menší množství drobnějších pórů o velikosti do 2 mm</li> <li>- hrubé kamenivo rovnoměrně rozmístěno v celé délce odebraného vzorku</li> <li>- hloubka karbonatace původního betonu pod provedenou sanací max. 4 mm</li> <li>- z odebraného vzorku vyrobeny 2 zkušební tělesa pro stanovení pevnosti v tlaku</li> </ul>



**Foto 6.2.1**

Pohled na provedené místo jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-02 odebraného z bočního líce 1. trámu (krajní levý trám) zprava



**Foto 6.2.2**

Měření celkové hloubky provedeného jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-02 odebraného z bočního líce 1. trámu (krajní levý trám) zprava



**Foto 6.2.3**

Detailní pohled do ostění po vyjmutí provedeného jádrového vývrtu s označením V-02



**Foto 6.2.4**

Laboratorní foto vzorku s označením V-02 včetně provedeného testu hloubky karbonatace a s vyznačenou polohou zkušebních těles



### 6.3 JÁDROVÝ VÝVRT V-03

Jádrový vývrt V-03 byl odebrán vodorovně z 2. hlavního podélného krajního nosného trámu z levého boku (dle směru staničení mostu) ve vzdálenosti 1950 mm za 1. kolmým příčnickem ve výšce 900 mm od spodního líce trámu. Orientační poloha odebraného jádrového vývrtu je zakreslena na schématu 5.1 v kapitole 5. Sonda je po provedení a zdokumentování zapravena vhodným sanačním betonem s omezeným smršťováním.

Základní údaje o odběru vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- monolitický beton</li> <li>- provedená hloubka vrtu 255 mm</li> <li>- při odběru nebyla porušena žádná výztuž</li> <li>- v místě sondy boční líc trámu opatřen povrchovou sanační omítkou tloušťky 2 mm</li> </ul>
Popis betonu v odebraném vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kamenivo drcené; maximální frakce 16 mm</li> <li>- běžné množství pórů o velikosti do 3 mm</li> <li>- hrubé kamenivo rovnoměrně rozmístěno v celé délce odebraného vzorku</li> <li>- hloubka karbonatace původního betonu pod provedenou sanací 4 - 6 mm</li> <li>- z odebraného vzorku vyrobeny 2 zkušební tělesa pro stanovení pevnosti v tlaku</li> </ul>



**Foto 6.3.1**

Pohled na provedené místo jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-03 odebraného z bočního líce 2. trámu (levý vnitřní trám) zleva



**Foto 6.3.2**

Měření celkové hloubky provedeného jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-03 odebraného z bočního líce 2. trámu (krajní vnitřní trám) zleva



**Foto 6.3.3**

Detailní pohled do ostění po vyjmutí provedeného jádrového vývrtu s označením V-03



**Foto 6.3.4**

Laboratorní foto vzorku s označením V-03 včetně provedeného testu hloubky karbonatace a s vyznačenou polohou zkušebních těles

## 6.4 JÁDROVÝ VÝVRT V-04

Jádrový vývrt V-04 byl odebrán vodorovně z 3. hlavního podélného krajního nosného trámu z pravého boku (dle směru staničení mostu) ve vzdálenosti 900 mm před 4. kolmým příčným ve výšce 950 mm od spodního líce trámu. Orientační poloha odebraného jádrového vývrtu je zakreslena na schématu 5.1 v kapitole 5. Sonda je po provedení a zdokumentování zapravena vhodným sanačním betonem s omezeným smršťováním.

Základní údaje o odběru vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- monolitický beton</li> <li>- provedená hloubka vrtu 245 mm</li> <li>- při odběru nebyla porušena žádná výztuž</li> <li>- v místě sondy boční líc trámu opatřen povrchovou sanační omítkou tloušťky 3 mm</li> </ul>
Popis betonu v odebraném vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kamenivo drcené; maximální frakce 16 mm</li> <li>- běžné množství pórů o velikosti do 4 mm</li> <li>- hrubé kamenivo rovnoměrně rozmístěno v celé délce odebraného vzorku</li> <li>- hloubka karbonatace původního betonu pod provedenou sanací 3 - 6 mm</li> <li>- z odebraného vzorku vyrobeny 2 zkušební tělesa pro stanovení pevnosti v tlaku</li> </ul>



**Foto 6.4.1**

Pohled na provedené místo jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-04 odebraného z bočního líce 3. trámu (pravý vnitřní trám) zprava



**Foto 6.4.2**

Měření celkové hloubky provedeného jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-04 odebraného z bočního líce 3. trámu (pravý vnitřní trám) zprava



**Foto 6.4.3**

Detailní pohled do ostění po vyjmutí provedeného jádrového vývrtu s označením V-04



**Foto 6.4.4**

Laboratorní foto vzorku s označením V-04 včetně provedeného testu hloubky karbonatace a s vyznačenou polohou zkušebních těles

## 6.5 JÁDROVÝ VÝVRT V-05

Jádrový vývrt V-05 byl odebrán vodorovně z boční stěny 2. sloupu pilíře P3 zprava (ve směru staničení mostu) ve vzdálenosti 140 mm od levé hrany sloupu v pohledu ve výšce 480 mm pod spodním lícem příčníku. Orientační poloha odebraného jádrového vývrtu je zakreslena na schématu 5.1 v kapitole 5. Sonda je po provedení a zdokumentování zapravena vhodným sanačním betonem s omezeným smršťováním.

Základní údaje o odběru vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- monolitický beton</li> <li>- provedená hloubka vrtu 260 mm</li> <li>- při odběru nebyla porušena žádná výztuž</li> <li>- v místě sondy boční líc trámu opatřen povrchovou sanační omítkou tloušťky 3 mm</li> </ul>
Popis betonu v odebraném vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kamenivo drcené; maximální frakce 16 mm</li> <li>- běžné množství pórů o velikosti do 4 mm</li> <li>- hrubé kamenivo rovnoměrně rozmístěno v celé délce odebraného vzorku</li> <li>- hloubka karbonatace původního betonu pod provedenou sanací max. 5 mm</li> <li>- z odebraného vzorku vyrobeny 2 zkušební tělesa pro stanovení pevnosti v tlaku</li> </ul>



**Foto 6.5.1**

Pohled na provedené místo jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-05 odebraného z bočního líce 4. trámu (pravý krajní trám) zleva



**Foto 6.5.2**

Měření celkové hloubky provedeného jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-05 odebraného z bočního líce 4. trámu (pravý krajní trám) zleva



**Foto 6.5.3**

Detailní pohled do ostění po vyjmutí provedeného jádrového vývrtu s označením V-05



**Foto 6.5.4**

Laboratorní foto vzorku s označením V-05 včetně provedeného testu hloubky karbonatace a s vyznačenou polohou zkušebních těles



## 7 ODEBRANÉ JÁDROVÉ VÝVRTY ZE SPODNÍ STAVBY

### 7.1 JÁDROVÝ VÝVRT V-06

Jádrový vývrt V-06 byl odebrán z pilíře P2 v pohledu od opěry OP3 ve vzdálenosti 6800 mm od pravé hrany pilíře (ve směru staničení mostu) ve výšce 2300 mm od horní hrany úložného prahu. Orientační poloha odebraného jádrového vývrtu je zakreslena na schématu 5.1 v kapitole 5. Sonda je po provedení a zdokumentování zapravena vhodným sanačním betonem s omezeným smršťováním.

Základní údaje o odběru vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- monolitický beton</li> <li>- celková provedená hloubka vrtu 415 mm</li> <li>- při odběru nebyla porušena žádná výztuž</li> <li>- v místě sondy povrch pilíře opatřen sanační omítkou tloušťky 2 mm a předsádkou z jemnozrnného betonu tloušťky 80 mm</li> </ul>
Popis betonu v odebraném vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kamenivo těžené; maximální frakce &gt;63 mm, v hloubce 300 mm od povrchu konstrukce vyjmut fragment lomového kamene</li> <li>- lokální mezerovitost v betonu, patrné použité nižší množství cementu v betonu</li> <li>- hloubka karbonatace betonu 45 – 50 mm v betonové předsádce a 60 – 65 mm ve vnitřní části pilíře</li> <li>- z odebraného vzorku vyrobeno 1 zkušební těleso pro stanovení pevnosti v tlaku z betonu předsádky a 1 zkušební těleso z vnitřní části betonu pilíře</li> </ul>



**Foto 7.1.1**  
Pohled na provedené místo jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-06 odebraného z dřívku pilíře P2 v pohledu od opěry OP3 ve výšce 2300 mm od horní hrany ÚP



**Foto 7.1.2**  
Měření celkové hloubky provedeného jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-06 odebraného z dřívku pilíře P2 v pohledu od opěry OP3 ve výšce 2300 mm od horní hrany ÚP



**Foto 7.1.3**  
Detailní pohled do ostění po vyjmutí provedeného jádrového vývrtu s označením V-06



**Foto 7.1.4**  
Laboratorní foto vzorku s označením V-06 včetně provedeného testu hloubky karbonatace a s vyznačenou polohou zkušebních těles

## 7.2 JÁDROVÝ VÝVRT V-07

Jádrový vývrt V-07 byl odebrán z pilíře P2 v pohledu od opěry OP1 ve vzdálenosti 4400 mm od levé hrany pilíře (ve směru staničení mostu) ve výšce 1050 mm nad terénem. Orientační poloha odebraného jádrového vývrtu je zakreslena na schématu 5.1 v kapitole 5. Sonda je po provedení a zdokumentování zapravena vhodným sanačním betonem s omezeným smršťováním.

Základní údaje o odběru vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- monolitický beton</li> <li>- celková provedená hloubka vrtu 300 mm</li> <li>- při odběru nebyla porušena žádná výztuž</li> <li>- v místě sondy povrch pilíře opatřen sanační omítkou tloušťky 4 mm a předsádkou z jemnozrnného betonu tloušťky 80 mm</li> </ul>
Popis betonu v odebraném vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kamenivo těžené; maximální frakce 32 mm</li> <li>- hloubka karbonatace betonu 40 mm v betonové předsádce a 25 - 30 mm ve vnitřní části pilíře</li> <li>- z odebraného vzorku vyrobeno 1 zkušební těleso pro stanovení pevnosti v tlaku z betonu předsádky a 2 zkušební tělesa z vnitřní části betonu pilíře</li> </ul>



**Foto 7.2.1**

Pohled na provedené místo jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-07 odebraného z dřívku pilíře P2 v pohledu od opěry OP1 ve výšce 1050 mm nad terénem



**Foto 7.2.2**

Měření celkové hloubky provedeného jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-07 odebraného z dřívku pilíře P2 v pohledu od opěry OP1 ve výšce 1050 mm nad terénem



**Foto 7.2.3**

Detailní pohled do ostění po vyjmutí provedeného jádrového vývrtu s označením V-07



**Foto 7.2.4**

Laboratorní foto vzorku s označením V-07 včetně provedeného testu hloubky karbonatace a s vyznačenou polohou zkušebních těles



### 7.3 JÁDROVÝ VÝVRT V-08

Jádrový vývrt V-08 byl odebrán z pilíře P2 v pohledu od opěry OP3 ve vzdálenosti 2650 mm od pravé hrany pilíře (ve směru staničení mostu) ve výšce 1200 mm nad terénem. Orientační poloha odebraného jádrového vývrtu je zakreslena na schématu 5.1 v kapitole 5. Sonda je po provedení a zdokumentování zapravena vhodným sanačním betonem s omezeným smršťováním.

Základní údaje o odběru vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- monolitický beton</li> <li>- celková provedená hloubka vrtu 305 mm</li> <li>- při odběru nebyla porušena žádná výztuž</li> <li>- v místě sondy povrch pilíře opatřen sanační omítkou tloušťky 3 mm a předsádkou z jemnozrnného betonu tloušťky 100 mm</li> </ul>
Popis betonu v odebraném vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kamenivo těžené; maximální frakce 32 mm</li> <li>- lokální mezerovitost v betonu, patrné použité nižší množství cementu v betonu</li> <li>- hloubka karbonatace betonu 15 - 20 mm v betonové předsádce a 30 mm ve vnitřní části pilíře</li> <li>- z odebraného vzorku vyrobeno 1 zkušební těleso pro stanovení pevnosti v tlaku z betonu předsádky a 1 zkušební těleso z vnitřní části betonu pilíře</li> </ul>



**Foto 7.3.1**

Pohled na provedené místo jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-08 odebraného z dřívku pilíře P2 v pohledu od opěry OP3 ve výšce 1200 mm nad terénem



**Foto 7.3.2**

Měření celkové hloubky provedeného jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-08 odebraného z dřívku pilíře P2 v pohledu od opěry OP3 ve výšce 1200 mm nad terénem



**Foto 7.3.3**

Detailní pohled do ostění po vyjmutí provedeného jádrového vývrtu s označením V-08



**Foto 7.3.4**

Laboratorní foto vzorku s označením V-08 včetně provedeného testu hloubky karbonatace a s vyznačenou polohou zkušebních těles

## 7.4 JÁDROVÝ VÝVRT V-09

Jádrový vývrt V-09 byl odebrán z opěry OP3 ve vzdálenosti 2700 mm od pravé hrany opěry (ve směru staničení mostu) ve výšce 1100 mm nad terénem. Orientační poloha odebraného jádrového vývrtu je zakreslena na schématu 5.1 v kapitole 5. Sonda je po provedení a zdokumentování zapravena vhodným sanačním betonem s omezeným smršťováním.

Základní údaje o odběru vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- monolitický beton</li> <li>- celková provedená hloubka vrtu 310 mm</li> <li>- při odběru nebyla porušena žádná výztuž</li> <li>- v místě sondy povrch opěry opatřen sanační omítkou tloušťky 3 mm a předsádkou z jemnozrnného betonu tloušťky 90 mm</li> </ul>
Popis betonu v odebraném vzorku:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kamenivo těžené; maximální frakce 32 mm</li> <li>- hloubka karbonatace betonu max. 5 mm v betonové předsádce a cca 10 mm ve vnitřní části opěry</li> <li>- z odebraného vzorku vyrobeno 1 zkušební těleso pro stanovení pevnosti v tlaku z betonu předsádky a 2 zkušební tělesa z vnitřní části betonu opěry</li> </ul>



**Foto 7.4.1**

Pohled na provedené místo jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-098 odebraného z dířku opěry OP3 ve výšce 1100 mm nad terénem



**Foto 7.4.2**

Měření celkové hloubky provedeného jádrového vývrtu Ø75 mm s označením V-09 odebraného z dířku opěry OP3 ve výšce 1100 mm nad terénem



**Foto 7.4.3**

Detailní pohled do ostění po vyjmutí provedeného jádrového vývrtu s označením V-09



**Foto 7.4.4**

Laboratorní foto vzorku s označením V-09 včetně provedeného testu hloubky karbonatace a s vyznačenou polohou zkušebních těles

## 8 FYZIKÁLNĚ MECHANICKÉ PARAMETRY BETONU

### 8.1 NOSNÁ KONSTRUKCE

Celkem bylo provedeno 10 zkoušek pevnosti betonu v tlaku na zkušebních tělesech vyrobených z 5 odebraných jádrových vývrtů.

Z hlediska posouzení souboru výsledků získaných pevností z dílčích jádrových vývrtů byl soubor hodnocen jako celek, tj. jedna výsledná pevnostní třída betonu pro odebrané vzorky z mostovkových trámů a z příčnicku nosné konstrukce nad pilířem P2.

V tabulce, tab. 8.1.1 jsou uvedeny jednotlivé výsledky pevností na dílčích zkušebních tělesech (vždy vztaženo k průměrné hodnotě pevnosti na vývrt). V tabulce, tab. 8.1.2 je provedeno statistické vyhodnocení souboru výsledků se zařazením do příslušné pevnostní třídy betonu.

**Tab. 8.1.1** Stanovení dílčích pevnostních parametrů betonu na zkušebních tělesech vyrobených z odebraných jádrových vývrtů – vývrtů V-01 až V-05

označení vzorku	naměřené veličiny				vyhodnocení						
	rozměry vzorku		hmotn. vzorku	max. síla	štíhlost prvku	objemová hmotnost	pevnost vzorku	faktor CLF	válcová pevnost vzorku		
	průměr	délka							$f_{c,2:1}$		
	<b>d</b>	<b>L</b>	<b>m</b>	<b>F</b>	<b>i</b>	<b>D</b>	<b>f<sub>c,1:1</sub></b>		<b>f<sub>c,2:1</sub></b>		
	[mm]	[mm]	[g]	[kN]	[ - ]	[kgm <sup>-3</sup> ]	[MPa]	[ - ]	[MPa]		
V-01.1	74.3	76.6	763.9	205.6	1.03	2300	2310	47.4	0.82	38.9	39.8
V-01.2	74.2	76.2	761.2	214.7	1.03	2310		49.7	0.82	40.8	
V-02.1	74.2	76.6	775.2	231.7	1.03	2340	2350	53.6	0.82	44.0	44.9
V-02.2	74.2	76.5	781.8	241.5	1.03	2360		55.8	0.82	45.8	
V-03.1	74.2	76.3	774.6	250.4	1.03	2350	2350	57.9	0.82	47.5	46.7
V-03.2	74.3	76.2	772.4	242.3	1.03	2340		55.9	0.82	45.8	
V-04.1	74.2	75.7	751.7	189.2	1.02	2300	2300	43.8	0.82	35.9	36.1
V-04.2	74.2	76.3	759.3	191.7	1.03	2300		44.3	0.82	36.3	
V-05.1	74.2	76.2	774.8	232.6	1.03	2350	2350	53.8	0.82	44.1	45.7
V-05.2	74.2	76.5	773.6	249.1	1.03	2340		57.6	0.82	47.2	

**Tab. 8.1.2** Statistické hodnocení souboru pevností na zkušebních tělesech vyrobených z jádrových vývrtů odebraných z nosné konstrukce se zařazením do příslušné pevnostní třídy

Veličina	označení	hodnota	jednotka
Maximální objemová hmotnost betonu na odebraném jádrovém vývrtu	$D_{max}$	2350	[kgm <sup>-3</sup> ]
Objemová hmotnost betonu	$D_r$	2330	[kgm <sup>-3</sup> ]
Minimální objemová hmotnost betonu na odebraném jádrovém vývrtu	$D_{min}$	2300	[kgm <sup>-3</sup> ]
Maximální hodnota válcové pevnosti betonu	$f_{c,ls,high,2:1}$	46.7	[MPa]
Střední (průměrná) hodnota válcové pevnosti betonu	$f_{c,m(f)ls,2:1}$	42.6	[MPa]
Minimální hodnota válcové pevnosti betonu	$f_{c,ls,low,2:1}$	36.1	[MPa]
Výběrová směrodatná odchylka	$s$	4.5	[MPa]
Výběrová směrodatná odchylka pro $V = 8\%$	$s$	3.4	[MPa]
Výsledný variační koeficient	$V$	10.5	[%]
Počet platných zkušebních těles	$n_{zk}$	10	[n]
Počet odebraných jádrových vývrtů	$n_{vz}$	5	[n]
Součinitel odhadu 5% - ního kvantilu	$k_n$	2.33	[-]
Hodnota M	$M$	4	[MPa]
Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$f_{c,m(f)ls} - k_n s$	$f_{ck,ls}$	32.2 [MPa]
	$f_{c,ls,lowest} + M$	$f_{ck,ls}$	40.1 [MPa]
Pevnostní třída betonu dle ČSN EN 206 + A2 (dle $f_{ck,spec,2:1}$ )		C 30/37	

## 8.2 SPODNÍ STAVBA

Beton spodní stavby je z hlediska provedených zkoušek dále členěn do betonu povrchové vrstvy (předsádky pravděpodobně dodatečně zhotovené v rámci rekonstrukce mostu v minulosti) a z konstrukčního betonu spodní stavby (pilíře, opěry).

Celkem byly provedeny 4 zkoušek pevnosti betonu v tlaku na zkušebních tělesech vyrobených z jádrových vývrtů z povrchových vrstev a 6 zkoušek pevnosti v tlaku z konstrukčního betonu spodní stavby.

V tabulkách, tab. 8.2.1 a 8.2.2 jsou uvedeny jednotlivé výsledky pevností na dílčích zkušebních tělesech z povrchových vrstev a v tabulkách 8.2.3 a 8.2.4 jsou uvedeny hodnoty pevností konstrukčního betonu spodní stavby.

**Tab. 8.2.1** Stanovení dílčích pevnostních parametrů betonu povrchových vrstev spodní stavby na zkušebních tělesech vyrobených z odebraných jádrových vývrtů – vývrtů V-06 až V-09

označení vzorku	naměřené veličiny				vyhodnocení						
	rozměry vzorku		hmotn. vzorku	max. síla	štíhlost prvku	objemová hmotnost		pevnost vzorku	faktor CLF	válcová pevnost vzorku	
	průměr	délka									
	d	L	m	F	i	D		$f_{c,1:1}$		$f_{c,2:1}$	
	[mm]	[mm]	[g]	[kN]	[-]	[kgm <sup>-3</sup> ]		[MPa]	[-]	[MPa]	
V-06.A	74.2	76.4	627.4	62.5	1.03	1900	1900	14.5	0.82	11.9	11.9
V-07.A	74.1	76.4	692.5	167.1	1.03	2100	2100	38.7	0.82	31.7	31.7
V-08.A	74.1	76.2	662.4	73.5	1.03	2020	2020	17.0	0.82	13.9	13.9
V-09.A	74.2	76.7	687.3	119.4	1.03	2070	2070	27.6	0.82	22.6	22.6



**Tab. 8.2.2** Základní statistické hodnocení souboru pevností na zkušebních tělesech z povrchových vrstev vyrobených z jádrových vývrtů odebraných z konstrukcí spodní stavby

Veličina	označení	hodnota	jednotka
Maximální objemová hmotnost betonu na odebraném jádrovém vývrtu	$D_{max}$	2100	[ kgm <sup>-3</sup> ]
Objemová hmotnost betonu	$D_r$	2020	[ kgm <sup>-3</sup> ]
Minimální objemová hmotnost betonu na odebraném jádrovém vývrtu	$D_{min}$	1900	[ kgm <sup>-3</sup> ]
Maximální hodnota válcové pevnosti betonu	$f_{c,ls,high,2:1}$	31.7	[ MPa ]
Střední (průměrná) hodnota válcové pevnosti betonu	$f_{c,m(l)is,2:1}$	20.0	[ MPa ]
Minimální hodnota válcové pevnosti betonu	$f_{c,ls,low,2:1}$	11.9	[ MPa ]
Výběrová směrodatná odchylka	$s$	9.1	[ MPa ]
Výběrová směrodatná odchylka pro V = 8%	$s$	1.6	[ MPa ]
Výsledný variační koeficient	$V$	45.3	[ % ]

**Tab. 8.2.3** Stanovení dílčích pevnostních parametrů konstrukčního betonu spodní stavby na zkušebních tělesech vyrobených z odebraných jádrových vývrtů – vývrtů V-06 až V-09

označení vzorku	naměřené veličiny				vyhodnocení						
	rozměry vzorku		hmotn. vzorku	max. síla	štíhlost prvku	objemová hmotnost		pevnost vzorku	faktor CLF	válcová pevnost vzorku	
	průměr	délka									
	d	L	m	F	i	D		f <sub>c,1:1</sub>		f <sub>c,2:1</sub>	
	[mm]	[mm]	[g]	[kN]	[ - ]	[kgm <sup>-3</sup> ]		[MPa]	[ - ]	[MPa]	
V-06.1	74.2	76.4	652.0	40.3	1.03	1970	1970	9.3	0.82	7.6	7.6
V-07.1	74.2	76.4	672.5	177.9	1.03	2040	2040	41.1	0.82	33.7	34.4
V-07.2	74.2	75.8	669.8	184.9	1.02	2040		42.8	0.82	35.1	
V-08.1	74.2	75.8	653.8	37.7	1.02	1990	1990	8.7	0.82	7.1	7.1
V-09.1	74.1	75.8	679.9	80.2	1.02	2080	2080	18.6	0.82	15.3	15.5
V-09.2	74.1	75.6	679.7	83.4	1.02	2080		19.3	0.82	15.8	

**Tab. 8.2.4** Základní statistické hodnocení souboru pevností na zkušebních tělesech z konstrukčního betonu vyrobených z jádrových vývrtů odebraných z konstrukcí spodní stavby

Veličina	označení	hodnota	jednotka
Maximální objemová hmotnost betonu na odebraném jádrovém vývrtu	$D_{max}$	2080	[ kgm <sup>-3</sup> ]
Objemová hmotnost betonu	$D_r$	2020	[ kgm <sup>-3</sup> ]
Minimální objemová hmotnost betonu na odebraném jádrovém vývrtu	$D_{min}$	1970	[ kgm <sup>-3</sup> ]
Maximální hodnota válcové pevnosti betonu	$f_{c,ls,high,2:1}$	34.4	[ MPa ]
Střední (průměrná) hodnota válcové pevnosti betonu	$f_{c,m(l)is,2:1}$	16.2	[ MPa ]
Minimální hodnota válcové pevnosti betonu	$f_{c,ls,low,2:1}$	7.1	[ MPa ]
Výběrová směrodatná odchylka	$s$	12.7	[ MPa ]
Výběrová směrodatná odchylka pro V = 8%	$s$	1.3	[ MPa ]
Výsledný variační koeficient	$V$	78.8	[ % ]



## 9 ZÁVĚRY

### 9.1 NOSNÁ KONSTRUKCE

Na základě odběru 5 jádrových vývrtů, z nichž bylo vyrobeno celkem 10 zkušebních těles pro stanovení pevnosti betonu v tlaku nosné konstrukce a z prohlídky konstrukcí v průběhu odběru dílčích vzorků lze konstatovat následující:

- průměrná hodnota objemové hmotnosti betonu stanovená na zkušebních tělesech vyrobených z odebraných jádrových vývrtů  $\varnothing$  75 mm je  $2330 \text{ kgm}^{-3}$ , přičemž stanovené minimum je  $2300 \text{ kgm}^{-3}$  a maximum  $2350 \text{ kgm}^{-3}$
- průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku na zkušebních tělesech vztažených na jednotlivé vývrty je 42,6 MPa, přičemž stanovené minimum je 36,1 MPa a maximum 46,7 MPa
- výsledná charakteristická válcová pevnost betonu nosné konstrukce včetně sloupů mezilehlých pilířů je stanovena hodnotou  $f_{ck,ls} = 32,2 \text{ MPa}$
- odpovídající pevnostní třída betonu je **C 30/37**
- variační koeficient souboru výsledků průměrných pevností na jednotlivých odebraných jádrových vývrtech je 10,5%, limitní hodnota pro třídu betonu C 30/37 je 12%, beton předmětné konstrukce je tedy stejnoměrný s poměrně dobrým rozptylem výsledků
- výsledné hodnoty hloubky karbonatace betonu se pohybují maximálně v hodnotách do 6 mm

Při odběru vzorků betonu nebyly v konstrukci shledány žádné vady ani poruchy mající za následek přímé snížení únosnosti dané konstrukce. Na povrchu sanované konstrukce jsou lokálně viditelné poruchy ve formě trhlin zejména u spodního líce jednotlivých trámů.

### 9.2 SPODNÍ STAVBA

U betonu povrchových vrstev, které byly zjištěny o maximální tloušťce 100 mm (pravděpodobná sanace povrchů v minulosti) byla zjištěna velmi vysoká variabilita výsledků pevnosti v tlaku v rozmezí 11,9 – 31,7 MPa. Výsledný variační koeficient je 45,3%, což je hodnota velmi vysoká a svědčí o velmi špatné rovnoměrnosti kvality betonu. Odhadovaná pevnostní třída betonu je maximálně C8/10.

U konstrukčního betonu spodní stavby byla zjištěna velmi vysoká variabilita výsledků pevnosti v tlaku v rozmezí 7,1 – 34,4 MPa. Výsledný variační koeficient je 78,7%. Odhadovaná pevnostní třída betonu je maximálně C6/7,5. Vzhledem k faktu, že se v konstrukci nachází i fragmenty lomového kamene, tak nelze zcela zaručit, že se jedná o klasickou železobetonovou konstrukci. Může se jednat o beton smíšený s hrubým lomovým kamenem, zejména hlouběji v jádru konstrukcí spodní stavby.

## 10 SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH PŘÍSTROJŮ

### 10.1 ZKUŠEBNÍ PŘEDPISY A POSTUPY

Prováděné průzkumné práce in-situ a následné laboratorní zkoušky byly prováděny a vyhodnocovány v souladu s následujícími normovými předpisy:

- |      |                  |   |
|------|------------------|---|
| [01] | ČSN ISO 13822    | Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí                          |
| [02] | ČSN 73 0038      | Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - Doplnující ustanovení                     |
| [03] | ČSN EN 13791     | Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích |
| [04] | ČSN EN 12504-1   | Zkoušení betonu v konstrukcích<br>Část 1: Vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku    |
| [05] | ČSN EN 12390-3   | Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles                      |
| [06] | ČSN EN 206       | Beton. Vlastnosti, výroba, ukládání a kritéria hodnocení                                  |
| [07] | Schmid P. a kol. | Základy zkušebnictví, skriptu FAST VUT v Brně   |
| [08] |                  | Vybrané části projektové dokumentace objektu a další podklady                             |
| [09] |                  | Fotodokumentace prací in-situ   |

### 10.2 POUŽITÉ PŘÍSTROJE, VYBAVENÍ A SOFTWARE

- |      |   |
|------|---|
| [01] | Jádrové vrtačky HILTI DD120 a HILTI DD160 s příslušenstvím      |
| [02] | Vrtací a bourací kladiva; 2x HILTI + příslušenství              |
| [03] | Průmyslový vysavač Makita s příslušenstvím                      |
| [04] | Radar Hilti PS 1000   |
| [05] | Proceq Profometer PM 630  |
| [06] | Digitální fotoaparát Canon PowerShot D30                        |
| [07] | Drobné příslušenství (svinovací metry, lihové značkovače apod.) |
| [08] | Fenolftaleinový test (1%-ní roztok fenolftaleinu)               |
| [09] | Okružní pila VECTOR osazena řezným kotoučem pro řezání betonu   |
| [10] | Posuvné digitální měřítka MAHR s citlivostí 0,01 mm             |
| [11] | Laboratorní váhy Sartorius, váživost 30 kg s citlivostí 0,1 g   |
| [12] | Zkušební lis Form+Test  |
| [13] | Elektrocentrála Honda 6,5kW                                     |
| [14] | MS Office 2016  |