



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING TESTING

# PŘÍPRAVA A REALIZACE STAVEBNĚ TECHNICKÉHO PRŮZKUMU PŘEDPJATÉ MOSTNÍ KONSTRUKCE

PREPARATION AND IMPLEMENTATION OF CONSTRUCTION AND TECHNICAL SURVEY OF  
PRESTRESSED BRIDGE STRUCTURE

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Kummer

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Ondřej Anton, Ph.D.

BRNO 2024

## Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav stavebního zkušebnictví
Student:	<b>Jan Kummer</b>
Vedoucí práce:	<b>doc. Ing. Ondřej Anton, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2023/24
Studijní program:	B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor:	Konstrukce a dopravní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Příprava a realizace stavebně technického průzkumu předpjaté mostní konstrukce**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

V rámci bakalářské práce bude navržen, zpracován a vyhodnocen stavebně technický průzkum mostní konstrukce z předpjátého betonu, ve spolupráci s firmou Mostní a silniční s.r.o. dle požadavků praxe.

#### **Cíle a výstupy bakalářské práce:**

Cíle práce – v teoretické části práce provést rešerše doporučené literatury a vypracování podkladů pro řešení práce. V rámci praktické části provést prvotní prohlídku hodnocené konstrukce, předběžné hodnocení stavu a sestavení plánu stavebně technického průzkumu. Provedení a vyhodnocení průzkumu konstrukce. Závěrečné zhodnocení stavu konstrukce.

Závěr - proveďte krátké shrnutí a jasně a přehledně deklarujte výsledky bakalářské práce.

#### **Seznam doporučené literatury a podklady:**

Cikrle, P. a kol. Diagnostické metody ve stavebnictví. Studijní opora, VUT v Brně FAST, 2011

Adámek, J., Hobst, L., Cikrle, P., Schmid, P. Diagnostika stavebních konstrukcí. Studijní opora, VUT v Brně FAST, 2005.

Holický, M. a kol. Příručka pro hodnocení existujících konstrukcí. 1. vydání Praha: ČVUT, 2007.

Vítek, J., Historie předpjátého betonu, 1. vydání: ČKAIT Praha, 2016.

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí a další platné normy.

Projektová dokumentace a podklady od vlastníka objektu.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 17. 5. 2024

L. S.

---

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.  
vedoucí ústavu

---

doc. Ing. Ondřej Anton, Ph.D.  
vedoucí práce

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.  
děkan

## ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá stavebně technickým průzkumem konstrukce předpjatého mostu ev. č. 57-068. Most se nachází v jižní části města Vsetín a byl postaven v roce 1991. Práce je zaměřena na vizuální prohlídku s fotodokumentací, lokalizaci předpínací výztuže prefabrikovaných nosníků typu DS-T a zjištění jejího stavu a na odběr jádrových vývrtů pro zjištění pevnosti betonu v tlaku. V teoretické části je popsán princip statického působení předpjatého betonu, základní rozdělení stavebně technického průzkumu konstrukcí a diagnostických metod. Dále jsou uvedeny konkrétní diagnostické metody pro stanovení polohy a stavu předpínací výztuže. V praktické části se práce věnuje fotodokumentaci mostu, zjišťování polohy výztuže nosníků pomocí georadaru, sekaných sond k výztuži a odběru jádrových vývrtů. Výstupem je určení polohy předpínací výztuže a jejího stavu z hlediska míry koroze a zainjektování, fotodokumentace mostu a odběr vzorků jádrových vývrtů pro určení pevnosti betonu v tlaku.

## KLÍČOVÁ SLOVA

předpjatý beton, stavebně technický průzkum, most, lokalizace předpínací výztuže, stav předpínací výztuže, koroze výztuže, zainjektování kabelového kanálku, pevnost betonu v tlaku, georadar, jádrové vrtání

## ABSTRACT

The thesis focuses on a visual excursion with photo documentation, the localisation of prestressing reinforcement of prefabricated beams type DS-T and the analysis of their state as well as the offtake of core drilling in order to establish their strength under pressure. In the theoretical part I describe the principles of the static effect of prestressed concrete and the basic sorting of technical survey and diagnostic methods. Furthermore I explain specific diagnostic methods for the determination of the location and state of prestressing reinforcement. The practical part focuses on photodocumentation of a bridge, the determination of the location of the beams reinforcement using georadar, (chopped probes to reinforcement and removal of core drilling samples. The conclusion provides the location of prestressing reinforcement and the level of its corrosion and grouting, the photo documentation of the bridge and a collection of samples from core drilling in order to determine the strength under pressure of the concrete.

## KEYWORDS

technical survey, bridge, prestressed concrete, location of prestressing reinforcement, quality of prestressing reinforcement, reinforcement corrosion, grouting of the cable duct, compressive strength of concrete, ground penetrating radar, core drilling

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KUMMER, Jan. *Příprava a realizace stavebně technického průzkumu předpjeté mostní konstrukce*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí doc. Ing. Ondřej Anton, Ph.D.

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Příprava a realizace stavebně technického průzkumu předpjaté mostní konstrukce* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 17. 5. 2024

---

Jan Kummer

autor

# PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Příprava a realizace stavebně technického průzkumu předpjaté mostní konstrukce* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 17. 5. 2024

---

Jan Kummer

Autor

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat panu doc. Ing. Ondřejovi Antonovi, Ph.D. za veškerý čas, který mi věnoval při konzultacích, výkladech a vůbec za celkové vedení mé bakalářské práce a jeho ochotu. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Igorovi Suzovi a všem zaměstnancům firmy Mostní a silniční, spol. s r. o. za to, že mi umožnili se podílet na diagnostickém průzkumu předpjaté mostní konstrukce.

# Obsah

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1. ŠIRŠÍ SOUVISLOSTI A KONTEXT .....	1
1.2. CÍLE PRÁCE .....	1
<b>2. TEORETICKÉ SOUVISLOSTI .....</b>	<b>2</b>
2.1. PŘEDPJATÝ BETON.....	2
2.1.1. Základní principy předpjatého betonu .....	2
2.1.2. Statické působení předpjatého betonu .....	2
2.2. DIAGNOSTIKA BETONOVÝCH MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ .....	3
2.2.1. Kategorie stavebně technického průzkumu .....	4
2.2.2. Zjišťované charakteristiky a parametry konstrukce .....	4
2.2.3. Rozdělení diagnostických metod .....	5
2.2.4. Druhy mostních prohlídek.....	6
2.3. PŘÍČINY URČENÍ UMÍSTĚNÍ VÝZTUŽE .....	6
2.4. DESTRUKTIVNÍ A NEDESTRUKTIVNÍ METODY PRO LOKALIZACI VÝZTUŽE .....	7
2.4.1. Prozařování konstrukce gamazářičem .....	7
2.4.2. Elektromagnetické indikátory.....	8
2.4.3. Georadar.....	9
2.4.4. Tvrdoměrné zkoušení betonu .....	11
2.4.5. Sekaná sonda.....	11
2.4.6. Jádrové vývrty.....	12
2.4.7. Metody používané k lokalizaci předpínací výztuže .....	13
2.5. DŮVODY STANOVOVÁNÍ STAVU PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽE .....	13
2.5.1. Koroze předpínací výztuže .....	13
2.5.2. Kontrola stavu zainjektování kabelových kanálků .....	14
2.6. VÝVOJ NOVÝCH METOD .....	15
<b>3. STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM PŘEDPJATÉ MOSTNÍ KONSTRUKCE .....</b>	<b>16</b>
3.1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE .....	16
3.1.1. Nosná konstrukce .....	17
3.2. VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA S FOTODOKUMENTACÍ.....	19
3.2.1. Mostní podpěry a křídla .....	21
3.2.2. Nosná konstrukce .....	27
3.2.3. Mostní svršek.....	32
3.2.4. Mostní vybavení.....	33
3.3. ZJIŠTĚNÍ KOROZE PŘEDPJATÉ VÝZTUŽE .....	35
3.3.1. Průzkum konstrukce georadarem a určení rozmístění sond.....	35
3.3.2. Výsledky průzkumu georadarem .....	38
3.3.3. Sondy k předpjaté výztuži.....	44
3.4. STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU .....	51
3.4.1. Sklerometrická metoda .....	51
3.4.2. Jádrové vývrty.....	52
3.5. CHEMICKÝ ROZBOR BETONU .....	60
<b>4. ZÁVĚR.....</b>	<b>62</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>63</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>65</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>66</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>67</b>

# 1. ÚVOD

## 1.1. Širší souvislosti a kontext

Zejména od havárie předpjaté lávky v Praze – Tróji, nebo dálničního mostu V Itálii – Janově se začala veřejnost, ale i odborníci, zajímat o technický stav těchto konstrukcí. Je snahou zkontrolovat všechny předpjaté mostní konstrukce, zejména ty starší. Velké množství takovýchto konstrukcí bylo v České republice budováno během druhé poloviny 20. století a v provozu jsou tak již několik desítek let. Některé konstrukce jsou využívány méně, některé však patří k těm nejvytíženějším dopravním tahům a proto je kladen velký důraz na bezpečnost při používání těchto konstrukcí. Mostní konstrukce z předpjatého betonu se navrhují čím dál víc, jelikož jsou například na rozdíl od železobetonu odolnější proti vzniku trhlin a ekonomičtější z hlediska množství použitého betonu.

Pro předepnutou mostní konstrukci je nezbytně nutné, aby byla výztuž v dobrém stavu, jelikož se významně podílí na přenosu zatížení. Proto je také velká část stavebně technických průzkumů předpjatých mostních průzkumů zaměřená právě na lokalizaci a ověření jejího stavu (zdali je výztuž korodovaná a dostatečně zainjektovaná injektážní maltou).

S rostoucí poptávkou po provádění stavebně technických průzkumů, zejména tedy stavu předpínací výztuže, roste také nabídka a vývoj přístrojů jako jsou georadary, elektromagnetické indikátory, apod. Můžeme tedy doufat, že se v budoucnu na trhu objeví přístroje, se kterými se bude moci provádět komplexnější a přesnější průzkum konstrukce, než spíše "bodové" sondy – ve vztahu ke konstrukci, které nám poskytují pouze částečné výsledky o dané konstrukci.

## 1.2. Cíle práce

Bakalářská práce je rozdělena do dvou hlavních částí. V části Teoretické souvislosti bude stručně vysvětlena podstata a chování předpjatého betonu. Dále bude popsáno třídění základních kategorií diagnostiky betonových konstrukcí. Následně budou vysvětleny podněty k určení lokalizace a stavu předpínací výztuže a konkrétní metody pro její diagnostiku. Jako poslední bude naznačen vývoj nových metod. V druhé části bude práce zaměřena na praktické využití teoretických poznatků uvedených v předešlé kapitole. Hlavním cílem kapitoly s názvem Analýza předpjatého mostu je provést v konkrétní mostní předpjaté konstrukci stavebně technický průzkum zaměřený na celkovou diagnostiku konstrukce. Bude provedena vizuální prohlídka s fotodokumentací, bude se zjišťovat poloha výztuže a její stav. Také budou popsány vybrané jádrové vývrty, které byly odebrány pro zjištění pevnosti betonu v tlaku. Výsledky budou zpracovány a zhodnoceny ve formě přehledných tabulek.

## 2. TEORETICKÉ SOUVISLOSTI

### 2.1. Předpjatý beton

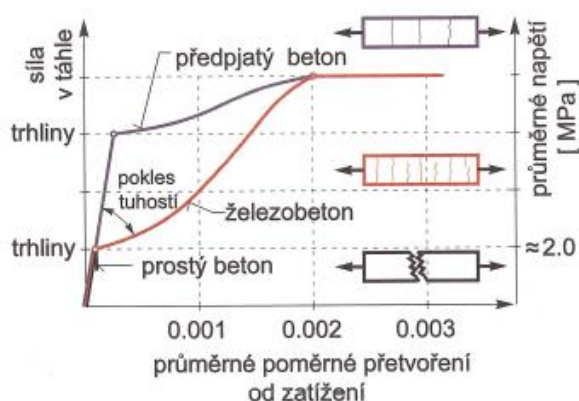
První zmínky o předpjatém betonu zasahují až do 19. století, kdy inženýři dospěli k závěru, že v železobetonovém průřezu namáhaném tlakem, je výhodné, pokud možno co nejvíce omezit tažené zóny. První pokusy napínání ocelových tyčí a jejich upevňování do betonu, se prováděly s tehdy běžnou ocelí, se kterou se dařilo získat jen malé předpětí, které po nějaké době vymizelo. Až Eugène Freyssinet dovedl teoretické úvahy předpínání do zdárného konce a nastavil tak zcela nový směr ve stavebnictví. Předpjatý beton se rozšířil při navrhování železobetonových trémových mostů zejména větších rozpětí. V Česku jsme se dočkali první stavby až po druhé světové válce v roce 1947 při stavbě mostu u Koberovic [1].

#### 2.1.1. Základní principy předpjatého betonu

V předpjatém betonu přenáší tahová napětí, stejně jako u železobetonu, ocelová výztuž. Navíc však vnáší do betonového prvku přídavná tlaková napětí, jelikož je napnuta přes daný betonový prvek. Tato napětí mohou být využita při přenosu zatížení jako tlaková rezerva a díky tomu jsme schopni lépe využívat schopnosti betonu [2].

#### 2.1.2. Statické působení předpjatého betonu

Rozdíl, mezi betonem prostým, železobetonovým a předpjatým, se dá vysvětlit na příkladě betonového prvku namáhaného v tahu. Na obrázku 2.1 je vidět znázornění průměrného napětí na průměrném poměrném přetvoření táhla od zatížení.



Obr. 2.1: Působení prostého, železového a předpjatého betonu v tahu [2]

Prvek z prostého betonu dokáže vzdorovat pouze malému tahovému zatížení a působí u toho lineárně do vzniku první trhliny, která se objevuje při průměrném zatížení 2 MPa, přičemž dochází k vyčerpání únosnosti křehkým porušením.

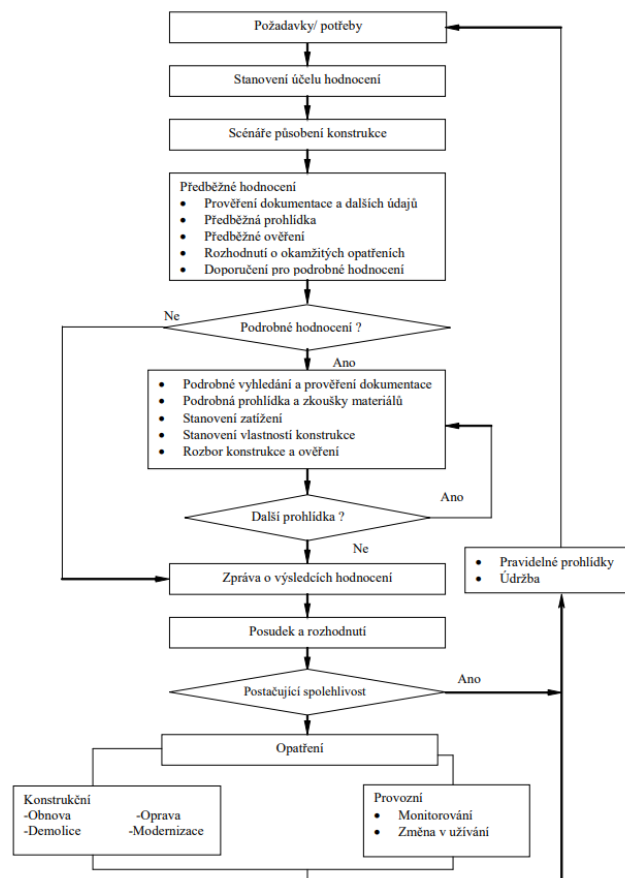
U betonového prvku vyztuženého betonářskou výztuží, zatíženého tahovou silou, nedochází k porušení při vzniku první trhliny, ale prvek zatížení odolává. Díky oceli nedochází k náhlému porušení ani po dosažení meze kluzu ve výztuži. Vyztužený beton tedy vykazuje vyšší únosnost, houževnatost a tažnost.

Předpjatý beton má ještě lepší odezvu při stejném typu zatížení než železobeton, nebo beton prostý. Při zatěžování tahovou silou, totiž prvek nejdříve využívá tlakovou rezervu, která do něho byla vnesena předpětím a až po dosažení nulového napětí při určité úrovni zatížení, začíná působit beton v tahu. Tato tlaková rezerva výrazně posouvá vznik trhlin, jejich rozvinutí a šířku [2].

## 2.2. Diagnostika betonových mostních konstrukcí

Vývoj techniky, metod výstavby i nových materiálů vede k tomu, že dřívější stavby z kamene a cihel jsou nahrazovány betonem a ocelí. Při navrhování takovýchto staveb, se spoléháme na to, že materiály jejich dané vlastnosti opravdu budou mít. Zhroucení a kolaps mostní konstrukce může mít fatální následky, i proto se těmto stavbám věnuje velká pozornost v rámci diagnostiky stavebních konstrukcí. Níže v této práci budou více popsány metody nedestruktivní, semidestruktivní a destruktivní, kterými se kontroluje stav konstrukce.

Zejména od pádu lávky v Troji a dálničního mostu v Janově se věnuje diagnostice mostních konstrukcí pozornost a snaha zmonitorovat veškeré mostní konstrukce, aby se podobným tragédiím předešlo [8].



Obr. 2.2: Vývojový diagram postupu hodnocení [14]

### 2.2.1. Kategorie stavebně technického průzkumu

Cílem stavebně technického průzkumu je zhodnocení stavu stavebních konstrukcí, zejména ze statického hlediska. Průzkum se může zaměřovat jak na konstrukci jako celek, tak na pouze zjišťovanou část konstrukce. Každý průzkum se musí přizpůsobit požadavkům zjišťovanému objektu, jeho stavu a druhu úprav, které jsou v plánu. Je nezbytné, aby stavebně technický průzkum vedl autorizovaný inženýr, diagnostik s odbornou způsobilostí. Stavebně technický průzkum se provádí ve třech stupních, a to:

- A. Předběžný stavebně technický průzkum
  - Vizuální kontrola
  - Zjišťování co největšího množství informací o konstrukci
  - Hrubý odhad stavu konstrukce
  - V případě zjištění trhlin, nebo prosakování vody, je zapotřebí provést detailní průzkum
- B. Podrobný stavebně technický průzkum
  - Zjišťování: hloubky karbonatace, rozsahu a stupni koroze výztuže, rozsahu a velikosti trhlin, průsaku vody, pevnosti betonu, průhybů, degradace povrchových vrstev
- C. Doplnující a speciální stavebně technický průzkum
  - Provádí se v případě, kdy podrobný průzkum odhalí velmi špatný stav konstrukce

Vizuální kontrola konstrukce je velmi důležitá a udává další kroky pro průzkum stavu konstrukce. Výhodou této metody jsou velmi malé náklady, je však zapotřebí, aby prohlídku prováděl zkušený inženýr, který ví, jak se konstrukce chová. Výsledkem této prohlídky je zpráva s fotodokumentací mostu a jeho závadných částí, většinou v pořadí:

1. Spodní stavba – základy mostních podpěr a křídel, mostní podpěry a křídla
2. Nosná konstrukce – nosná konstrukce, ložiska, klouby, mostní závěry
3. Mostní svršek – vozovka, římsy, obrubníky, zálivky, odvodnění mostu
4. Vybavení mostu – svodidla, zábradlí, území pod mostem, přístupové cesty

[3]

### 2.2.2. Zjišťované charakteristiky a parametry konstrukce

Aby se mohla konstrukce zhodnotit jako celek, je potřeba zjistit a posoudit kvalitu jednotlivých částí a materiálů, ze kterých se skládá. Hodnotíme tedy kvalitu a vlastnosti betonu a ocelové výztuže a hledáme možné vady

#### Zjištění vlastností betonu

- Rovnoměrnost
- Modul pružnosti
- Pevnost v tlaku
- Karbonatace
- Objemová hmotnost
- Mrazuvzdornost, vlhkost, přidržnost, vodotěsnost, propustnost povrchu

### Zjištění vlastnosti výztuže

- Poloha výztuže
- Průměr prutů
- Počet prutů
- Třída oceli
- Míra koroze

### Zjištění vlastností konstrukce

- Únosnost a tuhost
- Poruchy

[4]

## 2.2.3. Rozdělení diagnostických metod

Metod používaných ke zjišťování vlastností konstrukcí je velmi mnoho. Provádí se buď ve zkušební laboratoři, nebo přímo na konstrukci v terénu. Základní dělení diagnostických metod:

- Metody destruktivní
- Metody semidestruktivní
- Metody nedestruktivní

### Metody destruktivní

Tyto metody jsou nejpřesnější. Provádějí se zpravidla v laboratořích. Výsledky z těchto zkoušek jsou například pevnost betonu v tlaku, která se zjišťuje na válcových vzorcích získaných jádrovým vrtáním přímo z konstrukce, dále se může zkoumat pevnost v tlaku za ohybu, nebo pevnost v tahu.

### Metody semidestruktivní

*„Při používání semidestruktivních (částečně destruktivních) metod zkoušenou konstrukci částečně poškodíme, například vrtáním, odtrhy apod. Při STP (stavebně technickém průzkumu) velmi pečlivě volíme ta kontrolní místa na konstrukci, kde budeme provádět semidestruktivní zkoušky. V žádném případě např. odběrem jádrových vývrtů nesmíme nepříznivě ovlivnit únosnost nebo stabilitu konstrukce“ [8].*

Mezi semidestruktivní metody patří například:

- Jádrové vývrty
- Odtrhové metody

### Metody nedestruktivní

*„Nedestruktivní zkušební metody většinou povrch zkoušené konstrukce nepoškodí, pouze u některých tvrdoměrných metod se zkoušené místo upraví sbroušením, příp. vrypem nebo vtiskem“ [8].*

## 2.2.4. Druhy mostních prohlídek

Mostní prohlídky se provádějí dle normy ČSN 73 6221. Mostní prohlídky se dělí takto:

### 1. Běžné mostní prohlídky

- provádí se 1x ročně u mostů se stavebním stavem v klasifikačním stupni I – III
- provádí se nejméně 2x ročně u mostů se stavebním stavem v klasifikačním stupni IV – VII

### 2. Hlavní mostní prohlídky

Tyto prohlídky smí vykonávat pouze osoba s platným oprávněním k výkonu provádění hlavních prohlídek mostů. Termíny prohlídek mostů se liší dle druhu mostu a klasifikačním stupni, ve kterém je most zařazen. U mostů betonových, ocelových, ocelobetonových, kamenných a cihelných jsou intervaly následující:

- 4–6 let při klasifikačním stupni I – III
- 3–4 roky při klasifikačním stupni IV
- Nejdéle 2 roky při klasifikačním stupni V – VII

U mostů dřevěných a mostů provizorních je stanoven limit hlavních prohlídek na 2 roky.

Termíny hlavních prohlídek se mohou, na základě závěru hlavní prohlídky, zkrátit, v případě zhoršení stavu mostu, nebo dojde-li při provozu k poškození mostu.

### 3. Mimořádné prohlídky

Provádějí se po živelných pohromách, dopravních nehodách, nebo při zjištění pohybu svážného území

### 4. Kontrolní prohlídky

Tyto prohlídky slouží jako kontrola běžných a hlavních prohlídek mostů a také jako kontrola plnění navržených opatření pro údržbu.

Kontrolní prohlídky zajišťují nadřízené správní úřady správce mostu [5].

## 2.3. Příčiny určení umístění výztuže

*„V rámci stavebně technických průzkumů železobetonových konstrukcí se běžně setkáváme s požadavkem stanovení vyztužení vybraných prvků konstrukce. Důvodů může být více, ale dominují dva: Absence dokumentace (projektová či prováděcí dokumentace konstrukce), zahrnující výkresy množství a tvarů ocelové výztuže v jednotlivých prvcích konstrukce. Důvodem nutnosti zjištění vyztužení je potřeba statického přepočtu únosnosti konstrukce. Pochybnost o správném vyztužení konstrukce – většinou motivovaná nežádoucím chováním konstrukce, poruchami v podobě trhlin, nadměrných deformací a podobně.*

*Nedodržení předepsaného vyztužení v minulosti většinou souviselo s dvojitou příčinou:*

- *Nedostatkem konkrétní výztuže na trhu, a její adekvátní náhrada například jinými průměry prutů (kumulace tohoto faktu v objektech z konce 30. let 20. století může souviset s velkou spotřebou výztuže při budování pohraničního opevnění, a přednostními dodávkami na tyto stavby).*
- *Druhou typickou příčinou je změna typu výztuže v období probíhajících změn sortimentu vyráběných výztuží, kdy v době realizace stavby již původně projektovaná výztuž nebyla k dispozici“ [6].*

## 2.4. Destruktivní a nedestruktivní metody pro lokalizaci výztuže

Jediná metoda, která dokáže poskytnout komplexní výsledky je radiografie. Tato metoda byla však poměrně nedávno velmi omezena a v současné době se v České republice při měření veřejných zakázek nepoužívá. V následující části budou popsány metody, pomocí kterých lze lokalizovat výztuž v konstrukci, případně i tvar prutů, průměr výztuže a její množství [6].

### 2.4.1. Prozařování konstrukce gamazářičem

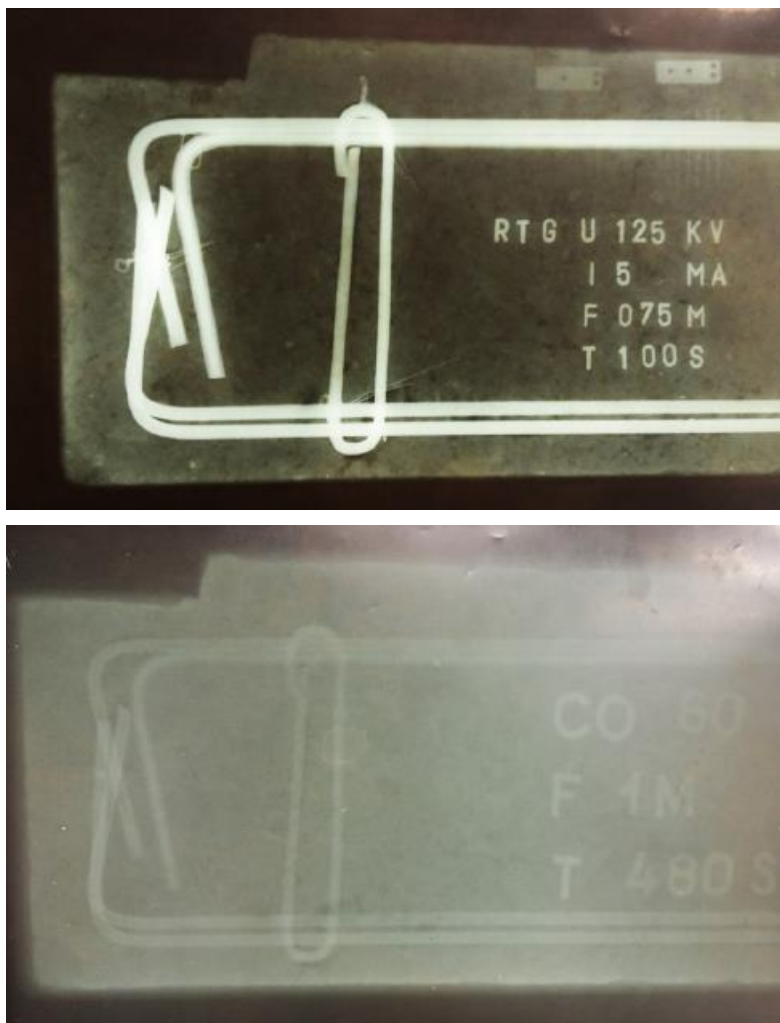
Radiografická metoda využívá specifické vlastnosti gama, či rentgenového záření, které interaguje s procházejícím prostředím tím, že se rozptyluje a absorbuje. Tento proces zeslabení záření při stejné energii je závislý na tloušťce materiálu a na jeho objemové hmotnosti. Tímto způsobem umožňuje tato metoda zobrazovat vnitřní nehomogenity materiálů a konstrukcí bez jejich poškození. Například při zkoumání železobetonu je záření výrazněji zeslabováno ocelovou výztuží než betonem. Zaznamenané zeslabení záření je pak vyhodnocováno pomocí radiografického filmu, nebo elektronických záznamových médií, jako jsou flatpanely nebo paměťové folie. U železobetonu se poloha výztuže projevuje světlejšími stopami.

Provedení radiografie probíhá s použitím gamazářiče umístěného v ochranném krytu, obvykle zhotoveném z ochuzeného uranu. Velikost krytu omezuje aktivitu zářiče. Gamazářiče umožňují prozařovat železobetonové konstrukce až do tloušťky 1 m, vyhotovení expozice však trvá velmi dlouhou dobu. Výhodou gamazářičů je mobilnost a nezávislost na externích zdrojích energie, což je činilo ideálními pro použití v terénu.

Nejběžnějším využitím radiografie v diagnostice konstrukcí bylo určení vyztužení, zejména u silně vyztužených železobetonových konstrukcí, kde jsou pruty výztuže blízko sebe, nebo v několika vrstvách nad sebou, a u konstrukcí, kde je ocelová výztuž pokryta tlustou vrstvou betonu. V těchto případech se používala gamagrafie, která umožňuje prozáření betonu do tlouštěk kolem 1 m. Radiografii lze využít i k ověření zainjektování předpínací výztuže. Rentgenografie (radiografie s užitím rentgenu), se používá při diagnostice železobetonových konstrukcí, zejména kdy tloušťka betonu nepřesahuje 150 mm. Rentgenografie je preferována díky nižší energii záření, která přispívá k výrazně vyšší kvalitě radiogramů. Tyto snímky mají lepší kontrast a ostrost než ekvivalentní snímky pořízené pomocí gamazářiče [6].



← Obr. 2.3: Provádění radiografie zářičem Co60 [15]



← Rentgenogram

Obr. 2.4: Radiogramy stejného prvku (pro porovnání kvality výstupu) [6]

← Gamagram

#### 2.4.2. Elektromagnetické indikátory

Indikátory výztuže využívají elektromagnetický princip, tvorbu vířivých proudů a magnetické vlastnosti ocelové výztuže. Budící cívky přístroje vytvářejí kolem sondy elektromagnetické pole, které proniká betonem ke kovové výztuži. Toto primární elektromagnetické pole je deformováno hledaným kovovým cílem a vyvolává v něm vířivý proud, který je detekován přijímacími cívkami přístroje. Tato metoda umožňuje ověřit umístění výztuže a dodržení předepsaného krytí u nových konstrukcí. Při diagnostice starších mostů slouží k určení rozteče výztuže a identifikaci vhodných míst pro odběr jádrových vývrtů, přičemž se snaží minimalizovat riziko poškození výztuže a znehodnocení vývrtu. Avšak tato metoda má svá omezení, například nedokáže rozlišit pruty umístěné příliš blízko vedle sebe nebo nad sebou, ani určit druh výztuže či míru koroze. Elektromagnetické indikátory výztuže jsou v diagnostice betonových konstrukcí využívány již desítky let, avšak jejich technologie se neustále zdokonaluje. Základní modely lze pořídit za nízkou cenu, ale nabízejí pouze základní funkce. Pokročilejší přístroje dokáží odhadnout tloušťku krytí pro předdefinovaný průměr výztuže. Nejmodernější indikátory, jako jsou například Profometer PM-650 od firmy Proceq a Ferrosan PS300 od firmy Hilti, dokáží dokonce určit průměr výztuže s minimální chybou měření. Dosah těchto přístrojů je 60 mm až 100 mm, u hloubkových sond 150 mm až 220 mm, který je na rozdíl od radiografie, značně menší. Během diagnostických průzkumů mostů se často provádějí i sekané sondy, které slouží k potvrzení nebo upřesnění hodnot získaných nedestruktivními metodami [7].



Obr. 2.5: Profometer PM 650 od firmy Proceq [22]



Obr. 2.6: Ferroskan PS300 od firmy Hilti [21]

### 2.4.3. Georadar

Georadar, někdy známý pod zkratkou GPR, je metoda založená na vysílání vysokofrekvenčních elektromagnetických pulzů do zkoumaného prostředí a na následné registraci odrazů těchto pulzů od překážek. Dosah georadaru se pohybuje až kolem 15 metrů v závislosti na konkrétním prostředí. Tato metoda je dnes běžně používána k lokalizaci nehomogenit v zemi (například při archeologických průzkumech, hledání potrubí atd.), k nalezení dutin za stěnami a v ostění tunelů, chodeb a stok, a v poslední době se využívá i pro lokalizaci ocelové výztuže a dalších nehomogenit v betonu při diagnostice železobetonových konstrukcí.

Vysílací anténa generuje vysokofrekvenční elektromagnetický puls, který se šíří zkoumaným prostředím. Příjímač zachycuje pulzní odezvu v určeném časovém úseku. Každá změna elektromagnetických vlastností prostředí vede k odrazu elektromagnetických vln, které jsou srovnatelné s vlnovou délkou signálu. Intenzita odražené vlny, zaznamenávaná v diskretních časových okamžicích, je registrovanou veličinou. Měření lze provádět s velkým počtem měřicích bodů, což umožňuje získat prakticky kontinuální obraz zkoumaného prostředí. Z času, který trvá elektromagnetickému vlnění projít určitou vzdáleností, lze vypočítat hloubku odrazného rozhraní od povrchu. Rychlost šíření vlnění v prostředí závisí především na relativní permitivitě zkoumaného materiálu.

Uvedení přístroje Hilti PS1000 X-scan na trh, který je navržen přímo pro diagnostiku ocelových výztuží, se stalo zlomovým bodem pro využívání principu georadaru při stavebně technických průzkumech konstrukcí.

→ Obr 2.7: Georadar Hilti PS 1000 X-scan [20]



Pro dokonalé určení polohy i několika objektů ležících nad sebou je osazena trojicí antén. Výrobce zvolil vysílací frekvenci 2 GHz, což umožňuje detekci objektů s následující přesností:

- Hloubka detekce do 300 mm.
- Přesnost lokalizace  $\pm 10$  mm.
- Přesnost určení hloubky  $\pm 10$  mm.

Údaje o přesnosti jsou orientační, avšak při přesném měření je přesnost prostorového určení objektu vyšší.

Sonda umožňuje dva základní typy skenování: liniové a plošné. Liniový sken lze měřit až na délku 10 m, zatímco plošný sken probíhá po povrchu konstrukce ve dvou na sebe kolmých směrech na ploše 600 × 600 mm nebo 1200 × 1200 mm.

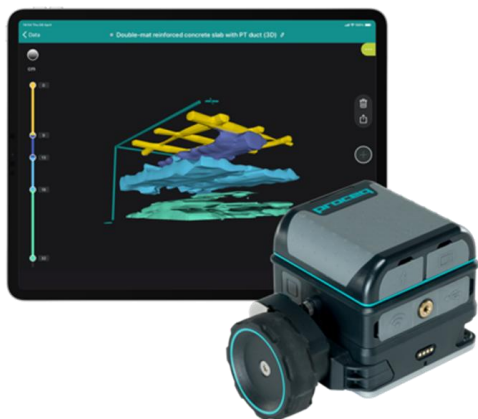
Připojený software automaticky vykresluje na monitoru polohu zachycených objektů buď jako 2D zobrazení, nebo jako 3D zobrazení skladby zjištěných objektů ve zkoumané části konstrukce.

Jako důkaz, že georadary jsou přístroje s velkým potenciálem, je nedávné uvedení přístroje GP8000 od firmy Proceq na trh. Tato sonda je obdobně veliká jako výše zmiňovaný radar Hilti PS 1000 X-scan, má však výhodnější pozici displeje, a to ne integrovaného v sondě, ale jako připojený Apple iPad, takže se naměřené výsledky mohou příjemněji zpracovávat. Další výhodou je dosah hloubky měření až do 700 mm, a to díky anténě, která je multifrekvenční v rozsahu 0,9 až 305 GHz. Nevýhodou tohoto radaru je osazení pouze jedné antény.

Lze tedy očekávat vývoj těchto sond, díky čemuž by se mohly objevit nové možnosti měření radary, například jako miniaturizovaná sonda Proceq GP8800, která je oproti svému předchůdci téměř čtvrtinová, nebo možnost „rozšířené reality“, kterou rovněž nabízí firma Proceq a díky ní si lze naměřená data z plošných skenů zobrazit pohledem iPadu na samotnou konstrukci, res. pohledem do ní [6], [9].



← Obr. 2.8.1: Radar Proceq GP8000 [18]



← Obr. 2.8.2: Radar Proceq GP8800 [19]

#### 2.4.4. Tvrdoměrné zkoušení betonu

Tato nedestruktivní metoda patří k těm nepoužívanějším při diagnostikách betonových konstrukcí. Je velmi jednoduchá k provedení a výsledkem této metody je stanovená hodnota krychelné pevnosti betonu v tlaku. V praxi se používá nejčastěji tvrdoměr Schmidt N, který je určený pro běžné případy zkoušení betonu.

Pevnost betonu lze stanovit jak u betonu s neznámou, resp. nezaručenou pevností, která se stanovuje z obecného nebo směrného kalibračního vztahu, nebo jako upřesněnou pevnost betonu, která se vyhodnocuje podle určujícího kalibračního vztahu, který je vytvořený přímo pro konkrétní typ betonu, nebo podle obecného kalibračního vztahu upřesněného součinitelem  $\alpha$ . Tato metoda se však doporučuje vždy upřesňovat, protože výsledky jsou pouze orientační. Při zkoušení nových konstrukcí je zapotřebí zhotovit nejméně 9 krychlí nebo válců, ze stejného betonu a stejně ošetřovaného, jako je nová konstrukce. Při zkoušení stávajících konstrukcí se musí zhotovit níže uvedené množství jádrových vývrtů:

- Do 10 m<sup>3</sup> minimálně 3 jádrové vývrty
- Do 50 m<sup>3</sup> minimálně 6 jádrové vývrty
- Nad 50 m<sup>3</sup> minimálně 9 jádrových vývrtů

[7], [3], [11]



Obr. 2.9: Schmidtovo kladívko typu N [17]

#### 2.4.5. Sekaná sonda

Sekaná sonda se řadí mezi metody semidestruktivní. Při provádění sekané sondy dochází k odstranění krycí vrstvy betonu v potřebném rozsahu. Jedná se sice o jednu z nejlevnějších a nejjednodušších metod, ale při jejím provádění hrozí hned několik možných komplikací, které jsou vypsány níže:

"

- *Dochází k poškození povrchu konstrukce, což je v řadě případů (zejména u nových konstrukcí) nevhodné, u některých konstrukcí (pohledový beton, vodonepropustné konstrukce) vysloveně nepřijatelné.*
- *V extrémním případě může dojít i k zásadnímu statickému oslabení v místě realizace sondy*
- *Sekaná sonda nemusí odhalit u prvků vyztužených ve více vrstvách veškerou hledanou výztuž, což vede při statickém přepočtu k podcenění únosnosti konstrukce.*
- *Samotné odstranění krycí vrstvy výztuže ve značném rozsahu v kombinaci s nekvalitním zapravením, nebo jeho absencí může být v budoucnu zdrojem koroze.*

[6]

"

Z těchto důvodů se sekané sondy provádějí jen v minimálním možném rozsahu a považují se spíše jako pomocná metoda, díky které můžeme například ověřit průměr výztuže, nebo naopak, pro kalibraci nedestruktivních metod [6].

#### 2.4.6. Jádrové vývrty

K ověření a upřesnění sklerometrické metody se odebírají jádrové vývrty, na kterých se určuje pevnost betonu v tlaku podle ČSN EN 13791 a ČSN EN 12504-1. Základní rozměry zkušebního tělesa je válec o průměru 150 mm a výšce 300 mm. Odběr více takovýchto vzorků ovšem znamená značný zásah do konstrukce, proto nově znění normy povoluje zjišťování pevnosti v tlaku in situ na vývrtech o průměru  $\geq 75$  mm. Aby se předešlo chybám v měření, měl by být průměr vývrту alespoň 3x větší než největší velikost zrn kameniva.

Vzorky se odebírají vždy z míst, kde byly provedeny nedestruktivní zkoušky. Místa se volí tak, aby při odběru nebyla narušena ocelová výztuž mostu a aby byla rovnoměrně rozmístěna. Vývrty se odebírají z oblastí nejlepší, průměrné a nejhorší kvality betonu. K upřesnění nedestruktivních zkoušek se z konstrukce musí odebrat minimálně 9 jádrových vývrťů. Všechny dutiny, které vzniknou odběrem vzorků se následně musí vyplnit betonem o třídu lepším, než byl odebíraný vzorek [12].



Obr. 2.10: Jádrová vrtačka Hilti DD 350-CA [23]

### 2.4.7. Metody používané k lokalizaci předpínací výztuže

Pro zjištění stavu předpjaté konstrukce je nejdůležitější zjištění stavu předpínací výztuže, umístěné v kabelových kanálech. I když je poloha předpínací výztuže dána výrobní dokumentací, vždy je třeba počítat s určitými odchylkami, které mohou vzniknout při výrobě.

*„Ochrana výztuže v kabelových kanálech před korozí je do značné míry závislá na včasném a správném zainjektování kabelového kanálu vhodnou injektážní směsí. V rámci stavebně technických průzkumů předpjatých konstrukcí a dílců by tedy měla být věnována mimořádná pozornost nejen již vzniklé korozi předpínací výztuže, ale i samotné existenci správného zainjektování kabelových kanálů, kde absence injektážní směsi je vada, kterou je třeba pro snížení budoucích rizik neprodleně odstranit. Pochopitelně v rámci diagnostiky předpjatých konstrukcí je věnována pozornost i ostatním parametrům, například vlastnostem betonu, ale stav předpínací výztuže, nebo její ohrožení je základním parametrem. Samotnou diagnostiku stavu předpínací výztuže lze rozdělit do dvou fází. V první fázi jde o přesné určení polohy, respektive průběhu předpínacích drátů či kabelů, ve druhé fázi pak stanovení přítomnosti injektážní směsi a jejich stavu (koroze)“ [10].*

Z toho tedy vyplývá, že výběr správné metody, která nám pomůže lokalizovat polohu předpínací výztuže, je zásadní, pro provedení diagnostiky na konstrukci. Dané metody byly popsány v předchozí části této práce. Jak již bylo zmíněno, v současné době se v České republice neprovádí nej přesnější z těchto metod – radiografie, proto tuto metodu nejčastěji nahrazujeme georadarem, který je ideální pro přesné stanovení polohy výztuže [6].

## 2.5. Důvody stanovování stavu předpínací výztuže

Předpínací výztuž se významně podílí na přenosu zatížení u předepnutých konstrukcí a při jejím porušení může dojít ke kolapsu celé konstrukce. Z tohoto důvodu je kladen velký důraz na zjištění jejího stavu. A to na:

- Stav koroze výztuže
- Zainjektovanost kabelových kanálků

[10]

### 2.5.1. Koroze předpínací výztuže

Koroze předpínací výztuže je významné a v poslední době často řešené téma, na jehož řešení se neshodují ani autorizovaní inženýři a odborníci. V roce 1948 byla postavena v České republice první předpjatá mostní konstrukce. Havárie některých mostních objektů, u kterých se po následném přezkoumání konstrukce zjistila značná koroze předpínací výztuže, vedly k zahájení rozsáhlých kontrol stavu koroze předpínací výztuže a její protikorozní ochraně. V novějších konstrukcích jsou předpínací lana nebo dráty vedeny v ocelové chráničce (bezešvé trubky Sandrik), starší konstrukce tyto chráničky neobsahovaly, protikorozní ochrana byla zajišťována pouze obetonováním předepnutých prvků v kanálcích.

*„Objekty lávky v Praze-Troji a Morandiho mostu jsou konstrukčně zcela rozdílné, avšak mají něco společného. Vysoce problematický přístup k antikorozní ochraně použité předpínací výztuže a problematický návrh z hlediska množství spár (segmentové lávky) či vysoký potenciál vniku spár a trhlin (obetonované závěsy), kterými se mohla voda, případně i s chloridy, dostat k výztuži a iniciovat její korozi“ [27].*

Problém nepřístupnosti k předpínací výztuži je bohužel u velkého množství předepjatých mostních konstrukcí, kdy se v rámci diagnostiky dá vizuálně zkontrolovat pouze velmi malé procento z celkového množství výztuže. Předpínací výztuž je sice z mnohem kvalitnější oceli, tudíž často menších průměrů než výztuž betonářská, korozi však podléhá stejně.

*„Koroze předpínací výztuže s úbytkem průřezové plochy nad 5 % je chápána normou ČSN 73 6221 jako havarijný stav konstrukce. Úbytek průřezové plochy lana do 5 % je hodnocen jako stupeň stavebního stavu VI, do 1 % jako stupeň stavebního stavu V. Pro lano 15,5 mm již zcela nepatrný rovnoměrný korozní úbytek 0,013 mm, tj. 13 mikrometrů po obvodu jednotlivých drátů znamená ztrátu plochy lana 1 % [27].*

Zmenšení průřezové plochy lana již v řádu jednotek procent zásadně ovlivňuje celkovou tažnost lana a nosnost lana vyjádřenou v kN. Nosnost je přímo úměrná průřezové ploše v nejslabším místě lana. Stanovení průřezové plochy lana neboli jeho korozního poškození, v tomto nejslabším místě, není u koroze napadeného lana jednoduché.

Zmenšení plochy lana vlivem koroze zahrnuje nejen plošnou korozi, ale také lokalizovanou formu koroze s případným lokálním narušením mikrostruktury oceli. Vizualně lze míru tohoto poškození obtížně jednoznačně popsat a hodnotit. V případě koroze s odlupujícími se korozními zplodinami lze doporučit uvažovat přítomnost lokalizované formy koroze. Tato koroze ještě více zmenší skutečnou plochu lana přenášející zatížení. Bez reálných testů nelze prozatím prezentovat realistický vztah mezi plošnou a lokalizovanou korozi.

V současnosti není známá spolehlivá NDT metoda pro věrohodnou a průkaznou detekci korozního stavu předpínací výztuže přímo v konstrukci. Bohužel se stále jako nejúčinnější a průkazné ukazují klasické lokální semidestruktivní bourané sondy. V případě semidestruktivních sond do kanálků pro posuzování stavu výztuže lze analýzou korozních zplodin zjistit, zda koroze je indukována chloridy či nikoli“ [27].

## 2.5.2. Kontrola stavu zainjektování kabelových kanálků

*„V současnosti se v rámci diagnostiky předpjatých zejména mostních konstrukcí praktikuje de facto jediná základní metoda pro stanovení správnosti zainjektování kabelových kanálků a posouzení případné koroze předpínací výztuže. Jde o metodu destruktivní spočívající ve vybraných místech v cíleném návrtu k samému okraji kabelového kanálku, či až k předpínací výztuž, a následně vizuální posouzení a konstatování požadovaných skutečností – v případě správného zainjektování je proveden i test injektážní směsi na karbonatoci roztokem fenolftaleinu. V neposlední řadě se v posledních letech mezi odborníky rozvíjí diskuse, zda je vůbec vhodné v rámci těchto sond otevřít doposud chráněné vnitřní prostředí kabelového kanálku vnějším vlivům (ovzduší, vlhkost), tedy zda právě takto provedená diagnostika nemůže být v budoucnu příčinou vzniku koroze výztuže. Dalšími riziky je pochopitelně možnost poškození předpínací výztuže při vrtání, a obecnou nevýhodou metody je pouze bodové zjištění stavu, který může být „o pár centimetrů dál“ zcela odlišný – výsledek může být v extrémním případě zcela zavádějící, v závislosti na počtu a místech provedených sond“ [6].*

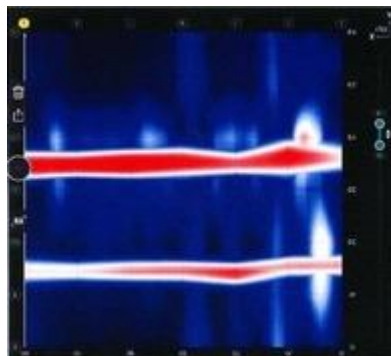
Co se týče kontroly stavu zainjektování kabelových kanálků, existuje i nedestruktivní metoda, která dokáže bez jeho narušení odhalit, jestli je kanálek správně zainjektovaný, nebo ne a tou metodou je radiografie, která je v této práci výše zmíněna. Tato metoda je bohužel v současnosti v České republice nedostupná [6].

## 2.6. Vývoj nových metod

V rámci diagnostiky předpínací výztuže se vyvíjejí stále nové radarové přístroje, které dokáží nejen identifikovat polohu předpínací výztuže, ale naznačují stav zainjektovanosti kabelových kanálků. Kdyby se tyto přístroje ukázaly jako spolehlivé, mohly by v budoucnu redukovat počet sond k výztuži a tím i možné oslabení konstrukce.



Obr. 2.11: Proceq GPR Live [18]

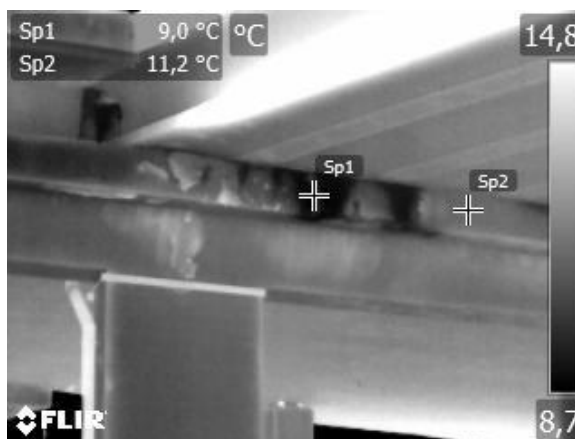


Obr. 2.12: Výstup z radaru GPR Live, naznačující rozdíl mezi zainjektovaným (nahore) a nezainjektovaným (dole) kanálem [10]

Pro průzkum konstrukce vizuální metodou, ke které je potřeba použití vysokozdvížné plošiny, mohou být použity průzkumné drony. Drony jsou cenově i časově méně náročnější než vysokozdvížné plošiny, ale dokáží konstrukci prozkoumat efektivně. Jsou vybaveny ochrannou klecí, která brání dron před poškozením, výkonným přisvícením, digitální kamerou. Dron Flyability Elios 2 je vybaven i termokamerou, díky které se může například zjišťovat přítomnost vody v betonové konstrukci, soudržnost sanační vrstvy s betonem, nebo přítomnost trhlin [9], [10].



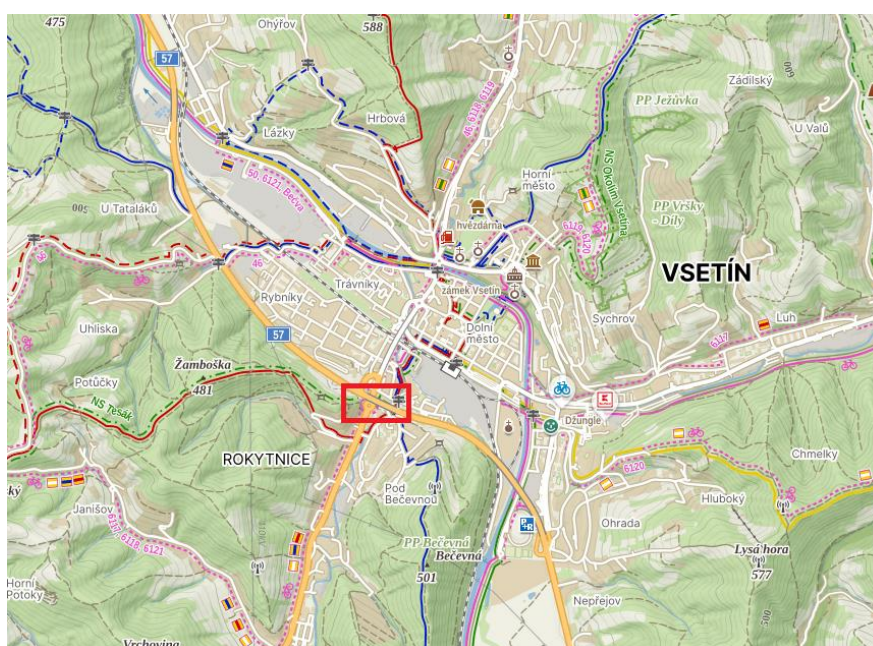
Obr. 2.13: Dron Flyability Elios 2 [9]



Obr. 2.14: Termogram zatékání po povrchu úložného prahu [9]

### 3. STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM PŘEDPJTÉ MOSTNÍ KONSTRUKCE

Tato část bakalářské práce se bude věnovat stavebně technickému průzkumu předpjté mostní konstrukce a výsledkům měření. Předmětem diagnostického průzkumu je most ev. č. 57-068, který převádí silnici I/57 přes silnici I/69 v 1. poli a potok Rokytenku v 5. poli. Most se nachází v jižní části města Vsetín. Most je popisován a posuzován dle ČSN 73 6220 (Zatížitelnost a evidence mostů pozemních komunikací) a dle ČSN 73 6221 (Prohlídky mostů pozemních komunikací) a to ve směru staničení přecházející komunikace I/57, tedy z Valašského Meziříčí do Valašské Polanky, což odpovídá přibližně světovým stranám od západu na východ. Pravá strana mostu je tedy jižní, levá strana severní. Polohopis mostu je vyznačený na obrázku.



Obr. 3.1: Polohopis mostu ev.č. 57-068 [13]

#### 3.1. Základní údaje

Most byl postaven v roce 1991 (dle BMS), je kolmý a tvoří jej 5 polí. Jejich rozpětí je  $36,6 + 3 \times 39,0 + 36,6 = 190,2$  m. Celková délka NK je 193,2 m a celková délka mostu 204,76 m. Most se nachází směrově v levotočivém oblouku o poloměru 2800 m, výškově komunikace ve směru staničení klesá s hodnotou sklonu přibližně 2 %. Příčný sklon klesá doleva také s hodnotou 2 %.

Spodní stavbu mostu tvoří dvě krajní opěry (O1 a O6) a čtyři mezilehlé podpěry (P2, P3, P4 a P5). Opěry jsou masivní železobetonové, první opěra se nachází směrem na Valašské Meziříčí, poslední, šestá, směrem na Valašskou Polanku. Na opěry navazují masivní železobetonová křídla.

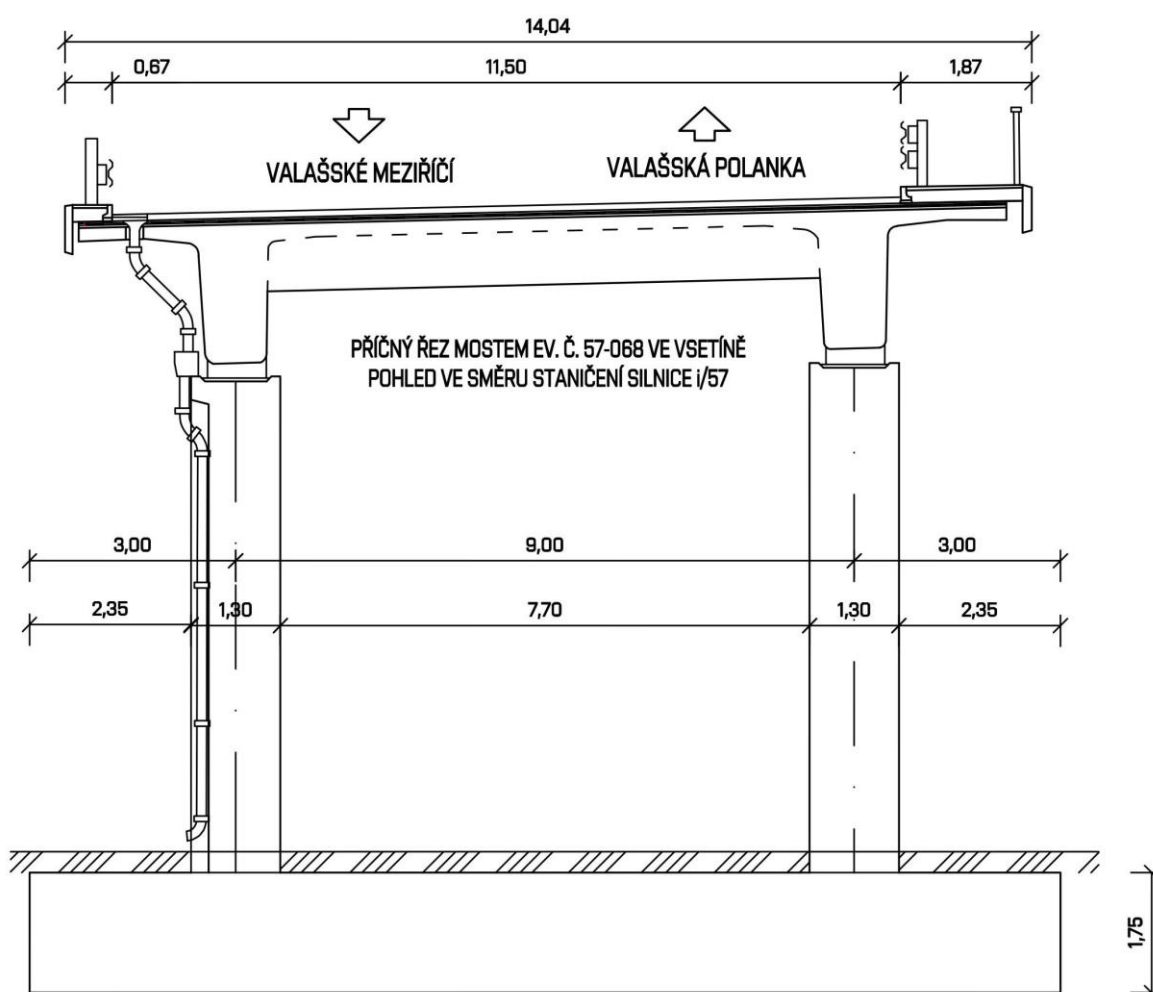
Podpěry jsou členěné, tvořené dvojicí sloupů šestibokého průřezu v osové vzdálenosti 9 m. Výška mezilehlých podpěr klesá spolu s klesající vozovkou. Sloupy nejsou propojeny. Jednotlivé sloupy jsou v textu číslovány zleva doprava. První číslo označuje číslo podpěry, druhé číslo sloupu. Na mostě se tedy nacházejí sloupy 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2, 5.1 a 5.2. Spodní stavba je uvažována po horní líc sloupů.

### 3.1.1. Nosná konstrukce

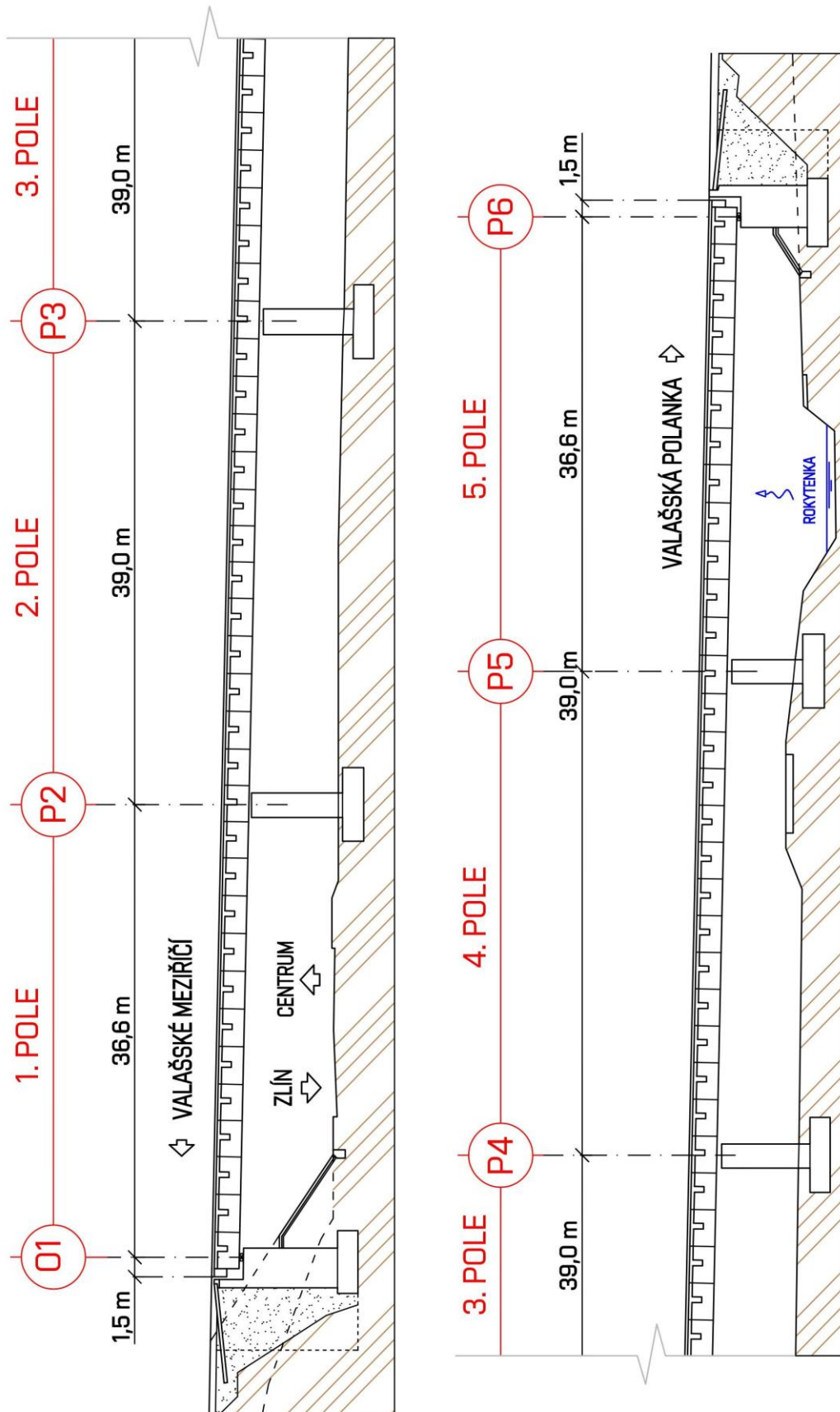
NK je spojitá, pětipolová, tvoří ji 64 ks prefabrikovaných lamel typu DS-T výšky 2,03 m, délky 3,00 m a šířky 13,50 m. Prefabrikát má symetrické konzoly a v polovině délky je ztužen žebrem spojujícím oba trámy. Lamely jsou číslovány ve směru staničení a číslování je společné pro všechna pole mostu. U opěry O1 se tedy nachází lamela č. 1, u opěry O6 lamela č. 64. Trámy jsou označovány jako levý a pravý ve směru staničení.

Na pravé straně mostu je zřízen chodník šířky 1,25 m. Volná šířka mezi svodidly je 11,50 m. Na levé straně mostu je osazeno jednoduché zábradelní svodidlo, na pravé straně odděluje chodník od komunikace svodidlo se dvěma svodnicemi, následuje ocelové zábradlí se svislou výplní.

Na další straně je schématický podélný řez konstrukcí z pravé strany mostu a příčný řez konstrukcí v místě mezilehlé podpěry



Obr. 3.2: Příčný řez mostem ev.č. 57-068 v místě mezilehlých podpor včetně základového bloku



Obr. 3.3: Schematický podélný řez mostu ev.č. 57-068

### Na mostním objektu byly prováděny následující zkoušky:

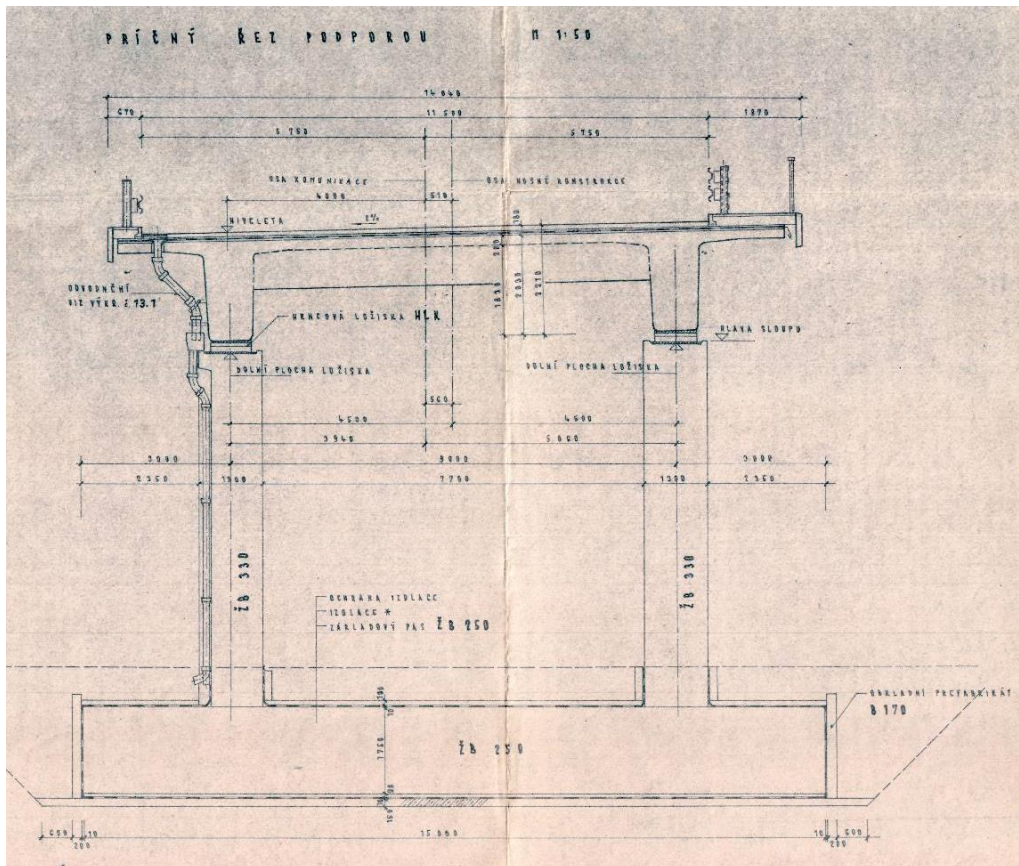
- Vizuální prohlídka s fotodokumentací
- Stanovení množství, polohy a krytí předpjaté výztuže nosníků
- Zjištění koroze předpjaté výztuže
- Pevnost betonu spodní stavby a NK
- Chemický rozbor betonu

### 3.2. Vizuální prohlídka s fotodokumentací



Obr. 3.4: Celkový pohled na most 57-068 [25]

- Pohled od 1. opěry ve směru staničení
- Silnice I/69 prochází pod 1. polem mostu



Obr. 3.5: Sken z původní stavební dokumentace [26]

- Pohled na mezilehlou podpěru včetně základů
- NK je tvořena 64 ks prefabrikovaných lamel typu DS-T



Obr. 3.6: Pohled na mezilehlé podpěry 2.1, 2.2 a 1. opěru O1 [25]

- Pohled proti směru staničení

### 3.2.1. Mostní podpěry a křídla

Spodní stavbu tvoří dvě krajní opěry a 4 mezilehlé podpěry. Opěry jsou masivní železobetonové, na jejich konstrukci navazují rovnoběžná křídla. Dle dokumentace jsou opěry z železobetonu B250, s úložným prahem a závěrnou zídou z B330. Sloupy podpěr jsou taktéž ze železobetonu třídy B330.

#### Krajní opěry

Krajní opěry jsou masivní, železobetonové, šířky 13,5 m, hloubky 3,3 m a výšky 7,5 m (O1) a 5,8 m (O6). Úložný práh se závěrnou zídou jsou zřízeny z o třídu lepšího betonu. Hloubka závěrné zídky je dle projektové dokumentace 0,75 m. Na opěru navazují masivní dilatovaná křídla délky 5 m (O1) a 4,5 m (O6). Z obou opěr vyčnívá nad svah pouze cca 1,8 m, zbytek opěry není přístupný. Svah pod mostem je osazen betonovou dlažbou.

Opěry jsou znečištěny graffiti (zejména O6), místy vyčnívají z povrchu korodované části výztuže. Lokálně se vyskytují na bočních částech zavlhlá místa. Odvodňovací žlábký jsou lehce zaneseny degradovaným materiálem, svou funkci ovšem plní. Na všech bočních plochách opěr je odchlíplá izolace.

Stanovení pevnosti betonu v tlaku opěr i úložných prahů bylo provedeno sklerometricky s upřesněním pevností na jádrových vývrtech s výsledkem  $f_{ck}=31,7$  MPa (B330, C25/30) pro opěry a  $f_{ck}=39,1$  MPa (B400, C30/37) pro úložné prahy opěr. (Popis stanovení pevnosti betonu v tlaku pro tuto část konstrukce je v části 3.4.)



Obr. 3.7: Pohled na opěru O1 [25]

- Pohled proti směru staničení, z pravé strany
- Svah pod opěrou je osazen betonovou dlažbou



Obr. 3.8: Pohled na opěru O6 [25]

- Pohled ve směru staničení
- Opěra silně znečištěna graffiti



← Obr. 3.9: Detail zkušebního místa pro tvrdoměrnou zkoušku [25]

- Zkušební místo č. 74 na opěře O6
- Na obrázku je vidět silná vrstva graffiti, kterou jsou opěra i úložný práh znečištěny



← Obr. 3.10: Detail O1 [25]

- Na fotografii je zachycen úložný práh, opěra O1, závěrná zídka, část křídla a ložisko
- Zachycena je levá strana O1

## Mostní křídla

Křídla jsou masivní železobetonová, rovnoběžná, dilatovaná. Na styku se zemním tělesem vzlíná vlhkost. Spáry mezi křídly a opěrou byly vyplněny dřevovláknitými deskami, materiál postupně degraduje a spára tak místy dosahuje šířky až 8 cm.

Stanovení pevnosti betonu v tlaku křídel bylo provedeno sklerometricky s upřesněním pevností na jádrových vývrtech s výsledkem  $f_{ck}=37,6$  MPa (B400, C30/37). (Popis stanovení pevnosti betonu v tlaku pro tuto část konstrukce je v části 3.4.)



← Obr. 3.11:

Pohled na levé křídlo u opěry O1  
[25]

- Pohled proti směru staničení



↓ Obr. 3.12:

Pohled na pravé křídlo u opěry O6  
[25]

- Pohled ve směru staničení
- Na snímku je vidět zkušební místo pro jádrový vývrt V12
- Značná spára mezi křídlem a opěrou O6



Obr. 3.13: Spára mezi opěrou O1 a křídlem [25]

- Spára se nachází na levém křídle ve směru staničení
- Spára dosahovala šířky až 8 cm

### Mezilehlé podpěry

Mezilehlé podpěry jsou členěné, tvořené dvojicí sloupů šestibokého průřezu. Jsou značeny P2 - P5. Levé sloupy jsou nižší z důvodu příčného sklonu (náklonu) NK. Úložné prahy nejsou na mezilehlých podporách zřízeny, na hlavách sloupů jsou osazena ložiska vynášející NK. Sloupy jsou založeny na společném základovém bloku.

Sloupy jsou v dobrém stavu. V každém sloupu je umístěno zvláštní zařízení pro případnou destrukci mostu. Na levých sloupech jsou osazeny svody pro odvod vody z povrchu mostu. Lokálně se vyskytují nepatrné vady bez vlivu na životnost konstrukce.

Stanovení pevnosti betonu v tlaku mezilehlých podpěr bylo provedeno sklerometricky s upřesněním pevností na jádrových vývrtech s výsledkem  $f_{ck}=40,6$  MPa (B400, C30/37). (Popis stanovení pevnosti betonu v tlaku pro tuto část konstrukce je v části 3.4.)



Obr. 3.14: Pohled na mezilehlou opěru – sloup P2.2 [25]

- Zapravené zkušební místo jádrového vývrtu V4
- Zvláštní zařízení pro případnou destrukci mostu



← Obr. 3.15: Pohled na sloup P2.1 [25]

- Pohled ve směru staničení na levý sloup
- Na sloupu byly zhotoveny 3 zkušební místa pro tvrdoměrnou zkoušku



Obr. 3.16: Sloup P5.1 [25]

- Pohled zleva na sloup
- Odvodňovač je silně korodovaný, na konzole NK se v jeho blízkosti nacházejí vlhké stopy od zatékání

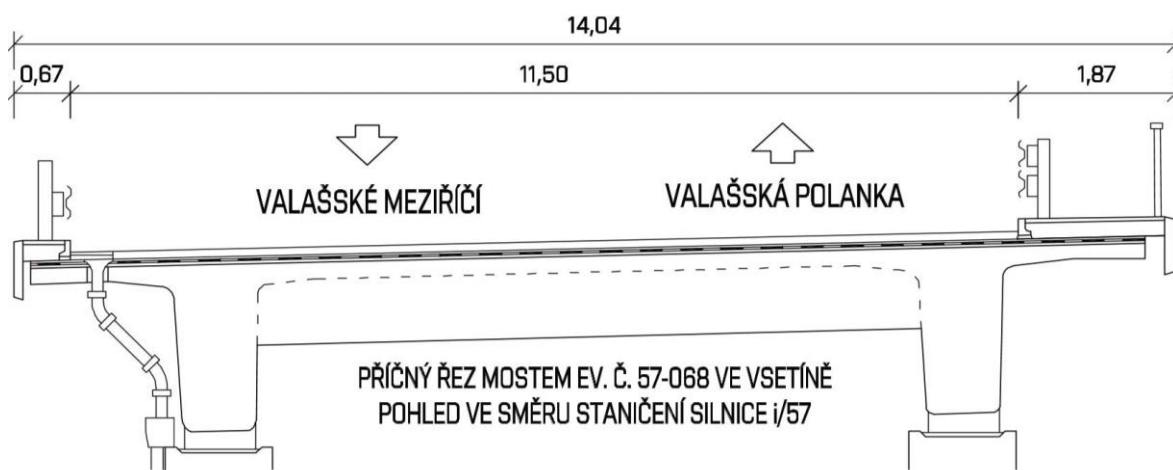
### 3.2.2. Nosná konstrukce

#### Stručný popis a orientace Nosné konstrukce

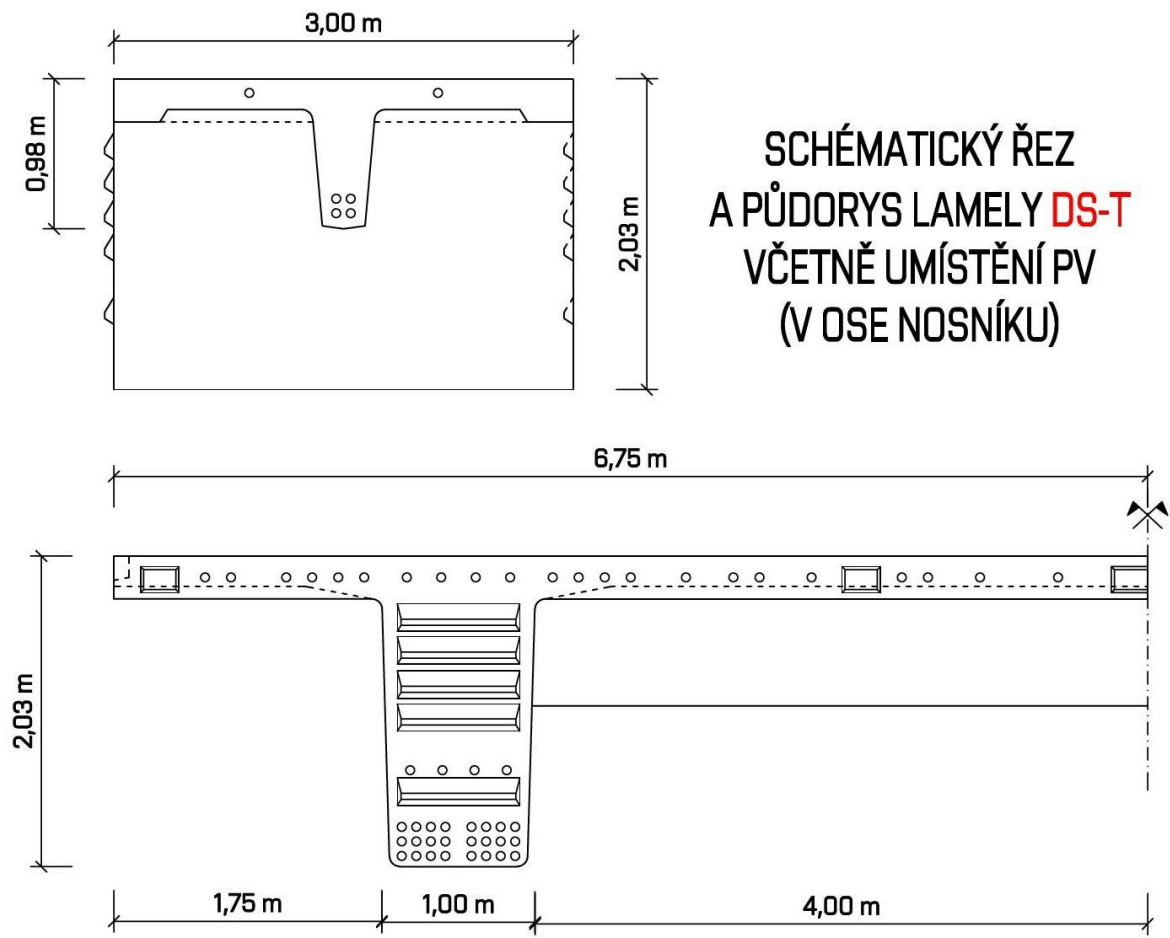
Vodorovná nosná konstrukce (NK) mostu je pětipolová o celkové délce 193,2 m, přičemž jednotlivá pole mají rozpětí 36,6 + 3 x 39,0 + 36,6 m. Je tvořena prefabrikovanými dvoutrámovými předepjatými lamelami DS-T (celkem 64 ks) se symetricky vyloženými konzolami. Schéma lamel je na následující straně. Šířka lamely je 13,5 m, výška 2,03 m a délka 3 m. Minimální tloušťka desky je 0,2 m. Trámy jsou v polovině lamely propojeny žebrem o výšce 0,7 m a šířce 0,28 m až 0,4 m. Lamely jsou sepnuty pomocí předpínacích lan. Rozmístění lan je v původní projektové dokumentaci. Trámy NK dosedají na mezilehlé podpěry přímo skrze ložiska (není zřízen příčník).

Most se nachází směrově v levotočivém oblouku o poloměru 2800 m, výškově komunikace ve směru staničení klesá s hodnotou sklonu přibližně 2 %. Příčný sklon klesá doleva také s hodnotou 2 %. Volná šířka mezi svodidly je 11,5 m, na pravé straně je zřízen chodník o šířce 1,25 m.

Stanovení pevnosti betonu v tlaku NK bylo provedeno sklerometricky s upřesněním pevností na jádrových vývrtech s výsledkem  $f_{ck}=53,3$  MPa (B500, C40/50). (Popis stanovení pevnosti betonu v tlaku pro tuto část konstrukce je v části 3.4.)



Obr. 3.17: Schematický příčný řez mostem ev.č. 57-068



Obr. 3.18: Schematický řez a půdorys lamely DS-T



Obr. 3.19: Pohled na NK [25]

- Pohled ve směru staničení
- NK tvoří prefabrikované lamely typu DS-T
- Jedná se o dvojtrám ztužený v polovině šířky lamely žebrem



Obr. 3.20: Spára mezi lamelami [25]

- Lze vidět místa sond k předpínací výztuži
- Sondy byly prováděny v nejhorších vytipovaných místech (zatékání, spáry...)



Obr. 3.21: Lamela č. 2 [25]

- Pohled na pravý trám lamely č. 2 a část žebra
- Na obrázku lze vidět zkušební místo č. 115 pro tvrdoměrnou zkoušku NK



← Obr. 3.22: Levá konzola s odvodňovačem [25]

- Patrné jsou stopy po zatékání a korodovaný odvodňovač

## Ložiska

NK je uložena na hrncových ložiskách. Pravé ložisko na O1 a levé ložisko na O6 jsou značně posunuta, píst přesahuje přes kluznou desku. Teplota při prohlídce byla 10°C. Ložiska jsou korodovaná, zanesená nečistotami a některé prachové manžety se uvolňují. Podrobnější prohlídka ložisek nebyla součástí této bakalářské práce.



Obr. 3.23: Levé ložisko na O1 [25]



Obr. 3.24: Pravé ložisko na O1 [25]

- Ložisko je značně posunuto, korodované a prachová manžeta je stržena



Obr. 3.25: Levé ložisko na O6 [25]

- Ložisko je značně posunuto, korodováno a chybí prachová manžeta

### 3.2.3. Mostní svršek

#### Vozovka

Vozovka je asfaltobetonová, nachází se směrově v levotočivém oblouku o poloměru 2800 m. Výškově ve směru staničení klesá s hodnotou přibližně 2 %. Příčný sklon je 2 % k levé římse. Vozovka se sestává ze dvou jízdních pruhů šířky 3,5 m a zpevněných krajnic šířky 2 m. Celková šířka mezi obrubami je 11,5 m. Vozovka je v okolí mostního závěru degradovaná, zbytek vozovky je v lepším stavu ale i přesto degradovaný, s úbytkem pojiva, lokálně vyspravovaný.



Obr. 3.26: Vozovka [25]

- Degradovaná vozovka v okolí mostního závěru nad opěrou O1

### Mostní závěry

Mostní závěry u obou opěr jsou lamelové, nůžkové, typu 3W – 160. Povrch mostních závěrů je u okrajů vozovky zanesen nečistotami a roste v nich vegetace. Ve vozovce směrem od středu mostu se u obou mostních závěrů vyskytují příčné trhliny.



Obr. 3.27: Mostní závěr nad 06 [25]

- Kraje mostního závěru jsou zaneseny nečistotami
- V blízkosti mostního závěru jsou trhliny ve vozovce



Obr. 3.28: Mostní závěr nad 01 [25]

- Pohled zespodu na mostní závěr
- Nejeví známky porušení, pouze lokální koroze

### 3.2.4. Mostní vybavení

#### Zábradlí a svodidla

Bezpečnost na mostě je zajištěna zábradelním svodidlem na levé straně mostu a svodidlem se dvěma svodnicemi na jeho pravé straně. Za svodidlem následuje chodník, který je v pravé části zakončen zábradlím se svislou výplní. Zábradlí je opatřeno modrým nátěrem.

Nátěr zábradlí se místy odlupuje, svodidla jsou na několika místech deformovaná po nárazu vodidla. Některé deformační prvky jsou poškozené, nebo vybočené. Spojovací prvky svodidel jsou korodované. V prvním poli u levého svodidla chybí, či jsou poškozeny šrouby pro upevnění svodidla ke sloupku.



Obr. 3.29: Pravé zábradlí [25]

- Dochází k lokálnímu loupání nátěru zábradlí



← Obr. 3.30: Levé svodidlo [25]

- Deformace prvků svodidla



↓ Obr. 3.31: Pohled na svodidla [25]

- Pohled ve směru staničení na svodidla a zábradlí

### 3.3. Zjištění koroze předpjeté výztuže

K upřesnění reálného stavu NK byla mechanicky odhalena předpjetá výztuž celkem na 45 místech. V prvním poli se provádělo 11 sond, ve druhém poli 6 sond, ve třetím poli 16 sond a ve čtvrtém poli 12 sond. Před vlastním provedením sond byla pečlivě vyhledána měkká i tvrdá výztuž metodou georadaru. K nalezení výztuže byl použit georadar PS1000 X-SCAN od firmy HILTI.

Všechny obnažené kanálky, vybrané pro tuto bakalářskou práci, byly prozkoumány a jejich fotodokumentace je na následujících stranách. Místa sond nebyla záměrně volena plošně rovnoměrně.

Poloha výztuže byla odhalena v místech, která se zdála na konstrukci jako nejhorší – místa předpokládaných poruch. Jsou to tedy místa s podélnou trhlinkou, inkrustací, stopami po dlouhodobém zatékání, odpadem krycí vrstvy betonu atd.

Po provedení sond byly otvory vyplněny speciální sanační hmotou na bázi cementu.

#### 3.3.1. Průzkum konstrukce georadarem a určení rozmístění sond



Obr. 3.32: Provádění skenů

- Pro přístup k NK byla použita plošina
- Skeny se prováděly v předem vybraných místech

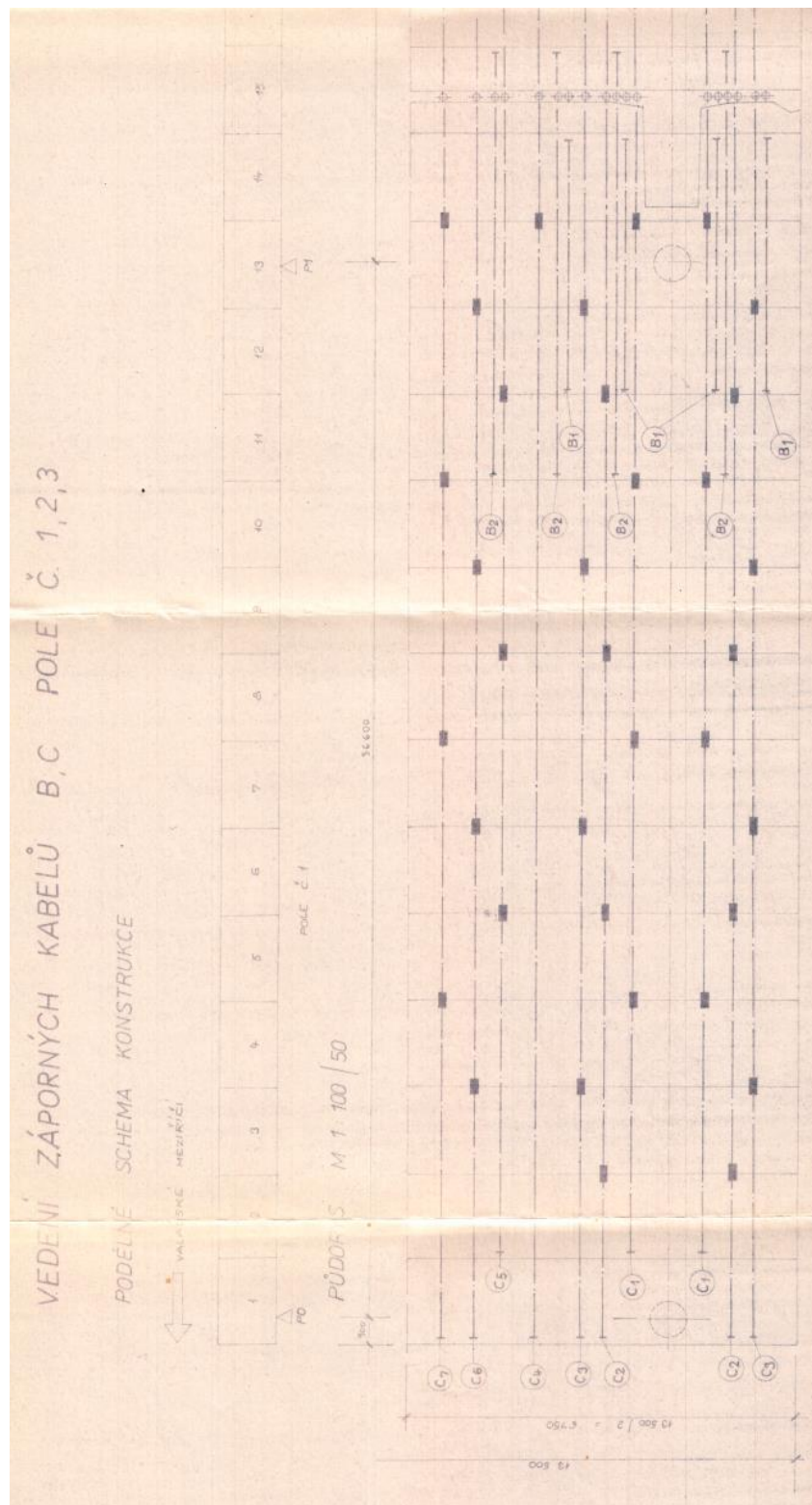


Obr. 3.33: Provádění liniového skenu na levé konzole lamely typu DS-T



Obr. 3.34 Provádění liniového skenu

- Byl použit radar PS1000 od firmy Hilti
- Byla zjišťována poloha předpínací i rozdělovací betonářské výztuže

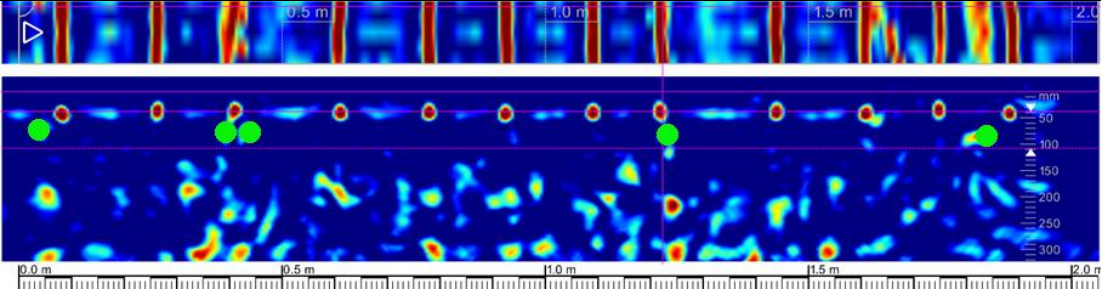
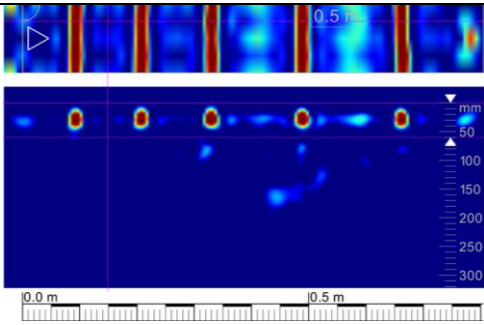


Obr. 3.35: Vedení předpínacích výztuže [26]

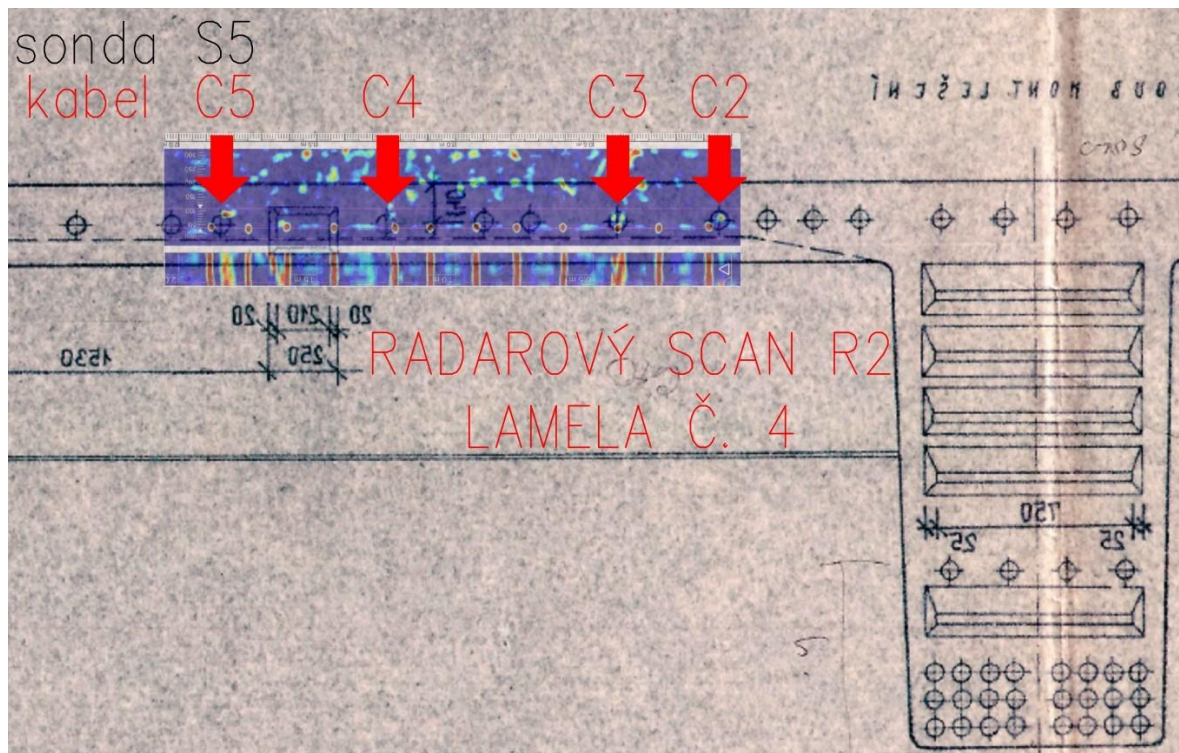
- Jedná se o kopii původní dokumentace
- Na spodní straně obrázku je opěra O1, směr nahoru je směr staničení, na horní straně obrázku je mezilehlá podpěra P2
- Kabely C jsou dle dokumentace průběžné, kabely B jsou pouze nad mezilehlými podpěrami

### 3.3.2. Výsledky průzkumu georadarem

Celkem bylo prováděno 15 radarových sond pro zjištění polohy předpínacích a rozdělovacích betonářských výztuže. Pro zjednodušení jsou níže popsány 3 vybrané skeny pro tuto bakalářskou práci.

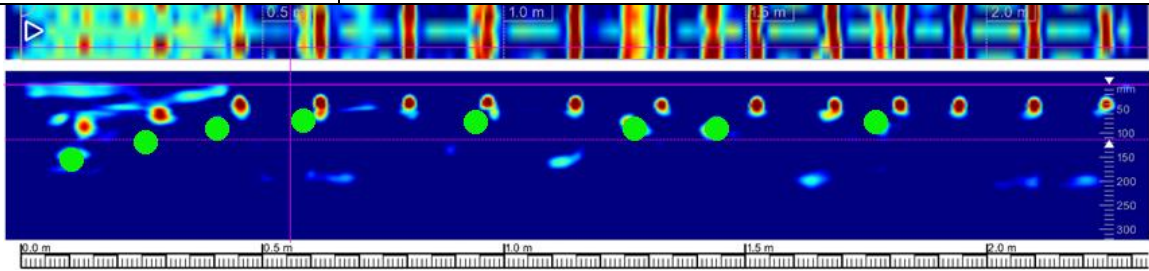
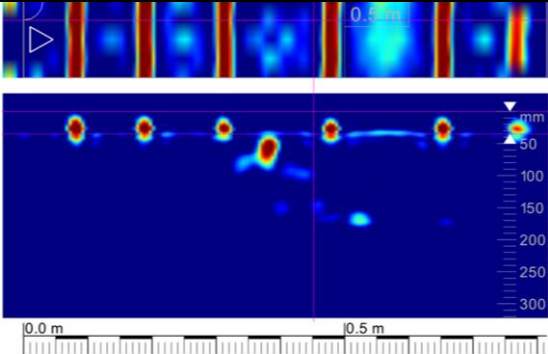
Radarový sken R2	
Místo sondy	Byla situována na spodním líci lamely č. 4 cca 500 mm od lamely č. 3 v prostoru mezi trámy
Typ sondy	V místě sondy byl proveden liniový radarový sken kolmo k ose nosníku, počátek skenu se nacházel cca 720 mm od líce pravého trámu a směřoval k levému. Dále byl v místě sondy proveden liniový sken rovnoběžně s osou nosníku pro zjištění polohy rozdělovacích betonářských výztuže.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000
	
<p>Obr. 3.36: Radarový liniový sken vedlý po spodním líci desky lamely v místě sondy R2. Na skenu je patrných 5 předpínacích kabelů (krytí cca 65 – 80 mm), a současně blíže povrchu pruty měkké výztuže s krytím 25 - 30 mm a průměrnou roztečí 163 mm. Pro názornost jsou ve spodním obrázku detekované kabely předpínací výztuže vyznačené zeleně. Některé kabely jsou obtížně detekovatelné, díky vykrytí měkkou výztuží blíže povrchu.</p>	
	
<p>Obr. 3.37: Radarový liniový sken vedlý v místě sondy R2 rovnoběžně s osou mostu. Na skenu jsou patrné pruty měkké výztuže s průměrnou roztečí 143 mm a krytím cca 15 mm.</p>	

Tabulka 1: Radarový sken R2

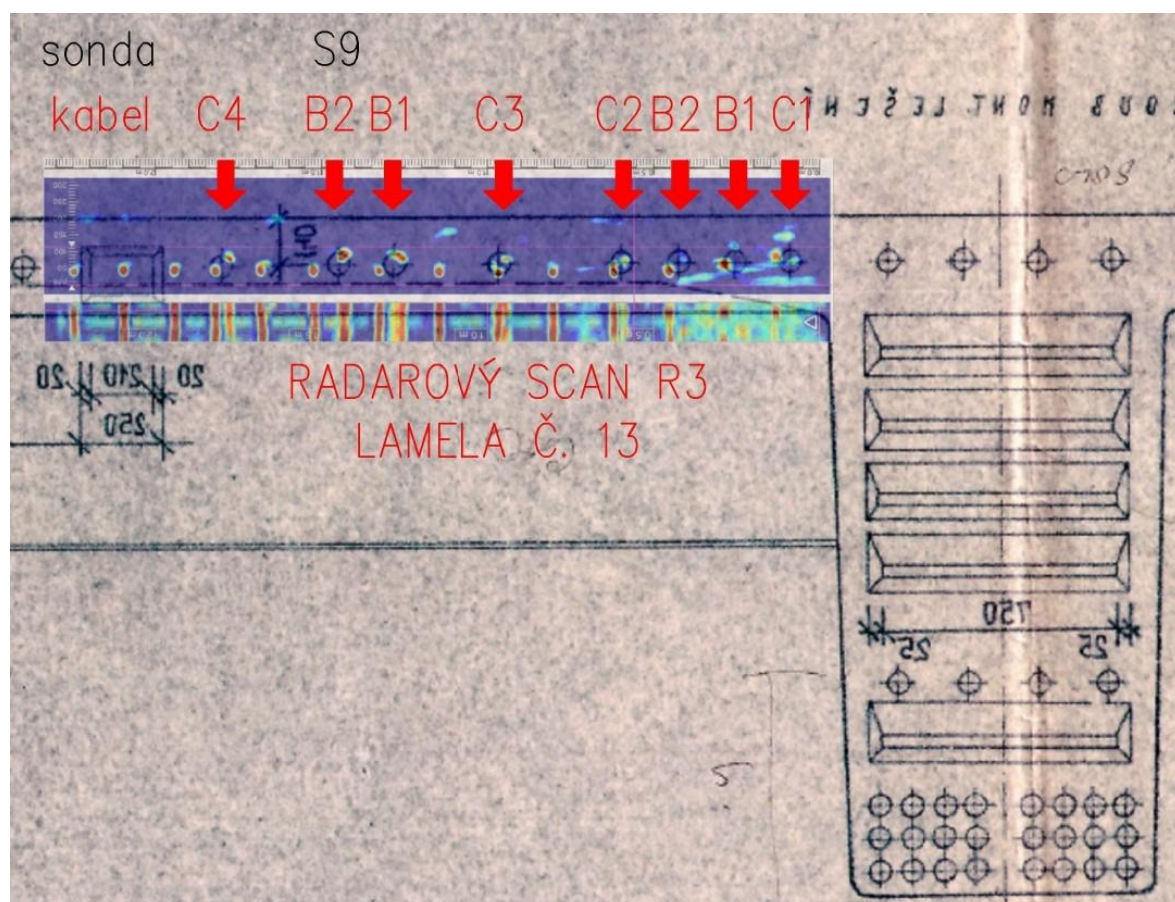


Obr. 3.38: Radarový sken R2 podložený původní dokumentací

- Pravá strana lamely po pravý trám
- 4 kabely odhalené georadarem
- Prováděná sonda S5 ke kabelu C5

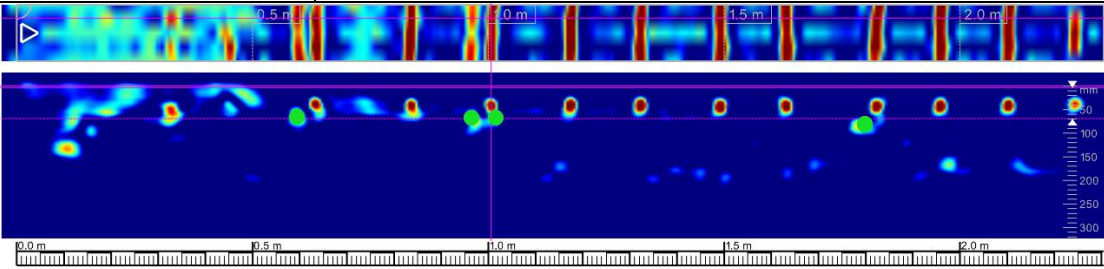
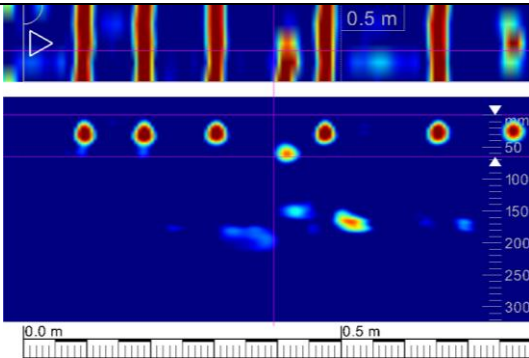
Radarový sken R3	
Místo sondy	Byla situována na spodním líci lamely č. 13 cca 500 mm od lamely č. 12 v prostoru mezi trámy
Typ sondy	V místě sondy byl proveden liniový radarový sken kolmo k ose nosníku, počátek skenu se nacházel cca 100 mm od líce pravého trámu a směřoval k levému. Dále byl v místě sondy proveden liniový sken rovnoběžně s osou nosníku pro zjištění polohy rozdělovací betonářské výztuže.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000
	
<p>Obr. 3.39: Radarový liniový sken vedený po spodním líci desky lamely v místě sondy R3. Na skenu je patrných 8 předpínacích kabelů (krytí cca 65 – 130 mm), a současně blíže povrchu pruty měkké výztuže s krytím cca 30 mm a průměrnou roztečí 163 mm. Pro názornost jsou na obrázku detekované kabely předpínací výztuže vyznačeny zeleně. V levé krajní partii skenu je vyšší krytí kabelů dáno náběhem u trámy.</p>	
	
<p>Obr. 3.40: Radarový liniový sken vedený v místě sondy R3 rovnoběžně s osou mostu. Na skenu jsou patrné pruty měkké výztuže s průměrnou roztečí 138 mm a krytím cca 15 mm, jeden kabel příčné výztuže je v hloubce 45 mm.</p>	

Tabulka 2: Radarový sken R3

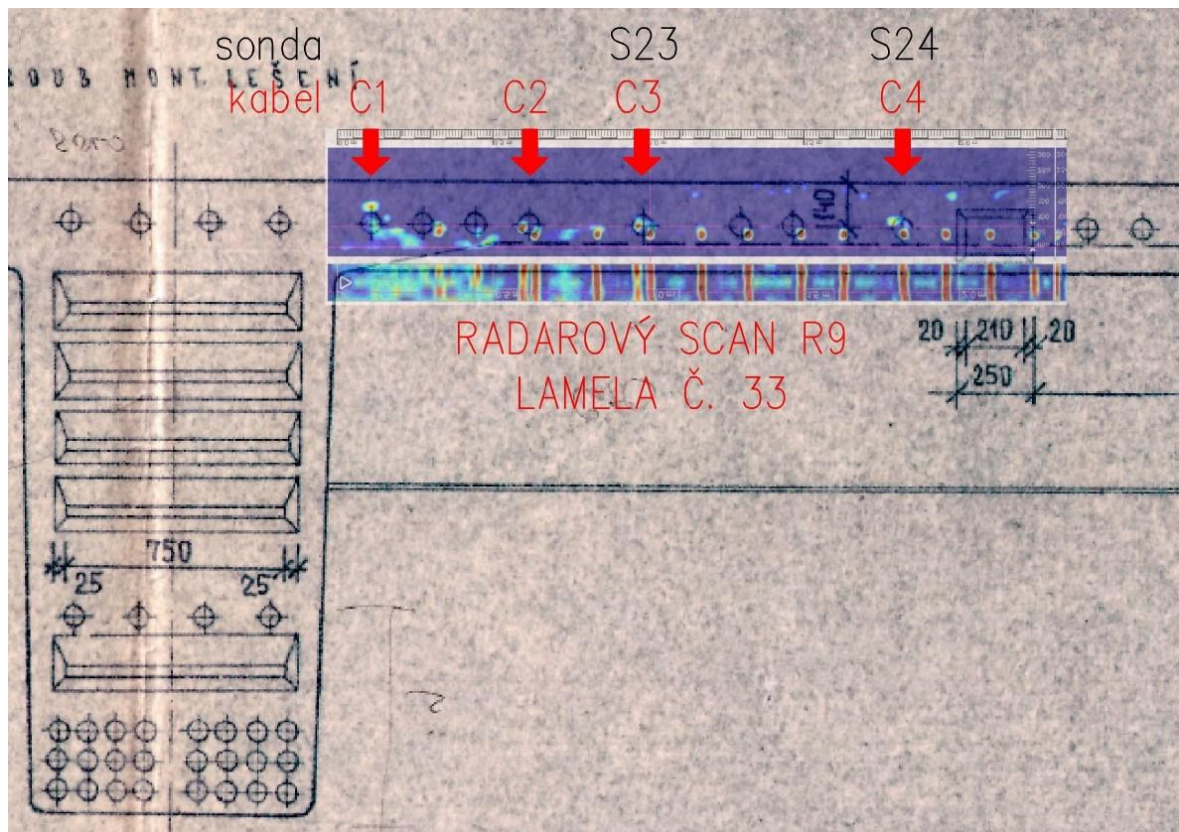


Obr. 3.41: Radarový sken R3 podložený původní dokumentací

- Pravá strana lamely č. 13 po pravý líc pravého trámu
- 8 kabelů odhalených georadarem
- Prováděná sonda S9 ke kabelu B2

Radarový sken R9	
Místo sondy	Byla situována na spodním líci lamely č. 33 cca 500 mm od lamely č. 32 v prostoru mezi trámy
Typ sondy	V místě sondy byl proveden liniový radarový sken kolmo k ose nosníku, počátek skenu se nacházel cca 100 mm od líce levého trámu a směřoval k ose mostu. Dále byl v místě sondy proveden liniový sken rovnoběžně s osou nosníku pro zjištění polohy rozdělovací betonářské výztuže.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000
	
<p>Obr. 3.42: Radarový liniový sken vedený po spodním líci desky lamely v místě sondy R9. Na skenu jsou patrné pravděpodobně 4 předpínací kabely (krytí cca 90 – 100 mm), a současně blíže povrchu pruty měkké výztuže s krytím cca 30 - 90 mm a průměrnou roztečí 160 mm. Kabely pod náběhem u trámu nejsou díky vykrytí měkkou výztuží detekovatelné. Pro názornost jsou na obrázku detekované kabely předpínací výztuže vyznačeny zeleně.</p>	
	
<p>Obr. 3.43: Radarový liniový sken vedený v místě sondy R9 rovnoběžně s osou mostu. Na skenu jsou patrné pruty měkké výztuže s průměrnou roztečí 135 mm a krytím cca 15 mm, jeden kabel příčné výztuže je v hloubce 45 mm.</p>	

Tabulka 3: Radarový sken R9





Obr. 3.44: Radarový sken R9 podložený původní dokumentací

- Levá strana lamely č. 33 od pravého líce levého trámu směrem k ose mostu
- 4 kabely odhalené georadarem
- Prováděné sondy S23 a S 24 ke kabelům C3 a C4

Prováděné sondy potvrdily polohu předpínací výztuže zjišťovanou pomocí georadaru Hilti PS1000, která souhlasí s původní projektovou dokumentací.

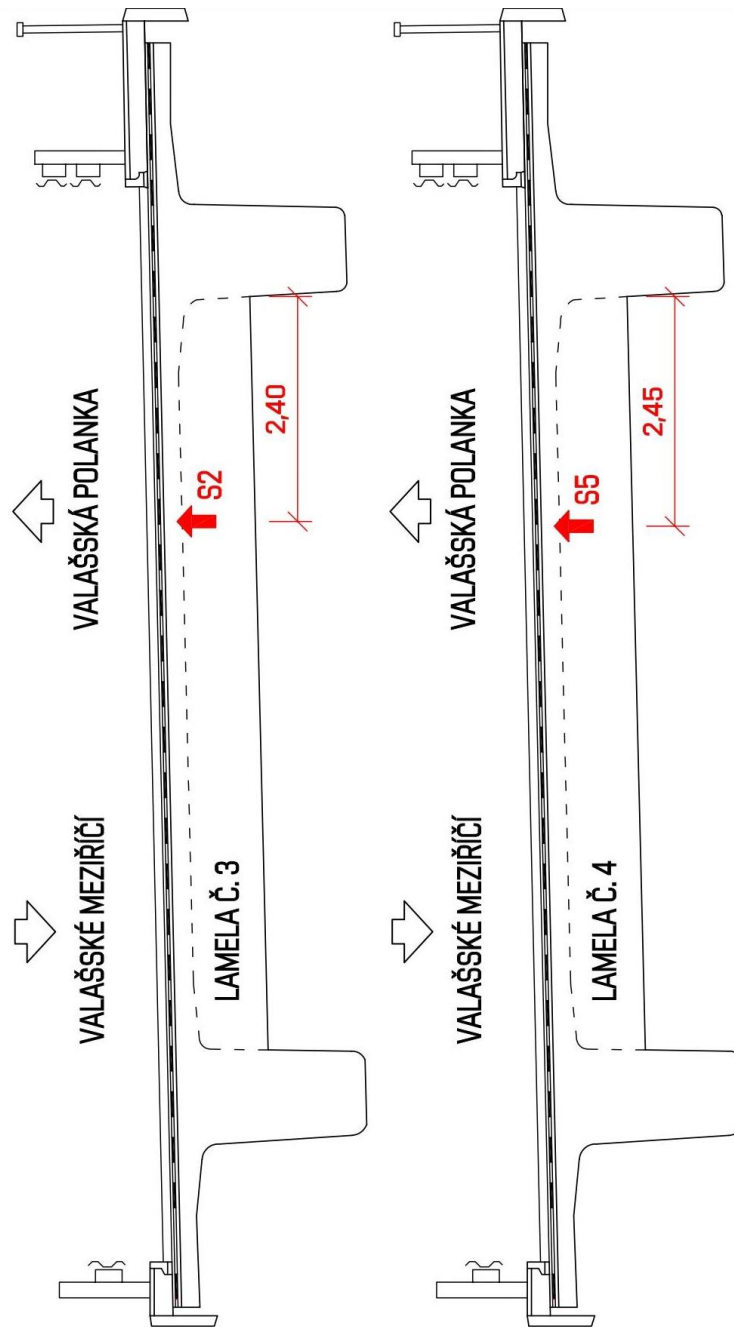
### 3.3.3. Sondy k předpjaté výztuži

Celkem bylo prováděno 45 sond k předpínací výztuži pro zjištění jejího stavu a zainjektovanosti. Pro zjednodušení je níže uveden seznam 6 vybraných sond pro tuto bakalářskou práci.



<i>Označení sondy</i>	<i>Poloha sondy</i>	<i>Stav předp. výztuže</i>	<i>Hl. krytí předp. výztuže [mm]</i>	<i>Poznámka</i>
S2	sonda ze spodního líce 3. lamely, 0,36 m od spáry 2/3 a zároveň 2,4 m od levého líce pravého trámu	Bez koroze	70	Sonda byla provedena v místě bez vady. Kabelový kanálek byl částečně (cca 50 %) zainjektován suchou maltou.
S5	sonda ze spodního líce ve spáře mezi 3. a 4. lamelou a zároveň 2,45 m od levého líce pravého trámu	Mírná koroze	150	Sonda byla provedena v místě příčné montážní spáry. Kabelový kanálek nebyl proinjektován suchou maltou.
				
Obr. 3.45: Sonda k PV [25]		Obr. 3.46: Sonda k PV [25]		

Tabulka 4: Sondy k předpínací výztuži S2 a S5

S2	Lamela č. 3 1. pole	S5	Spára mezi lamelami 3 a 4 1. pole
----	------------------------	----	--------------------------------------

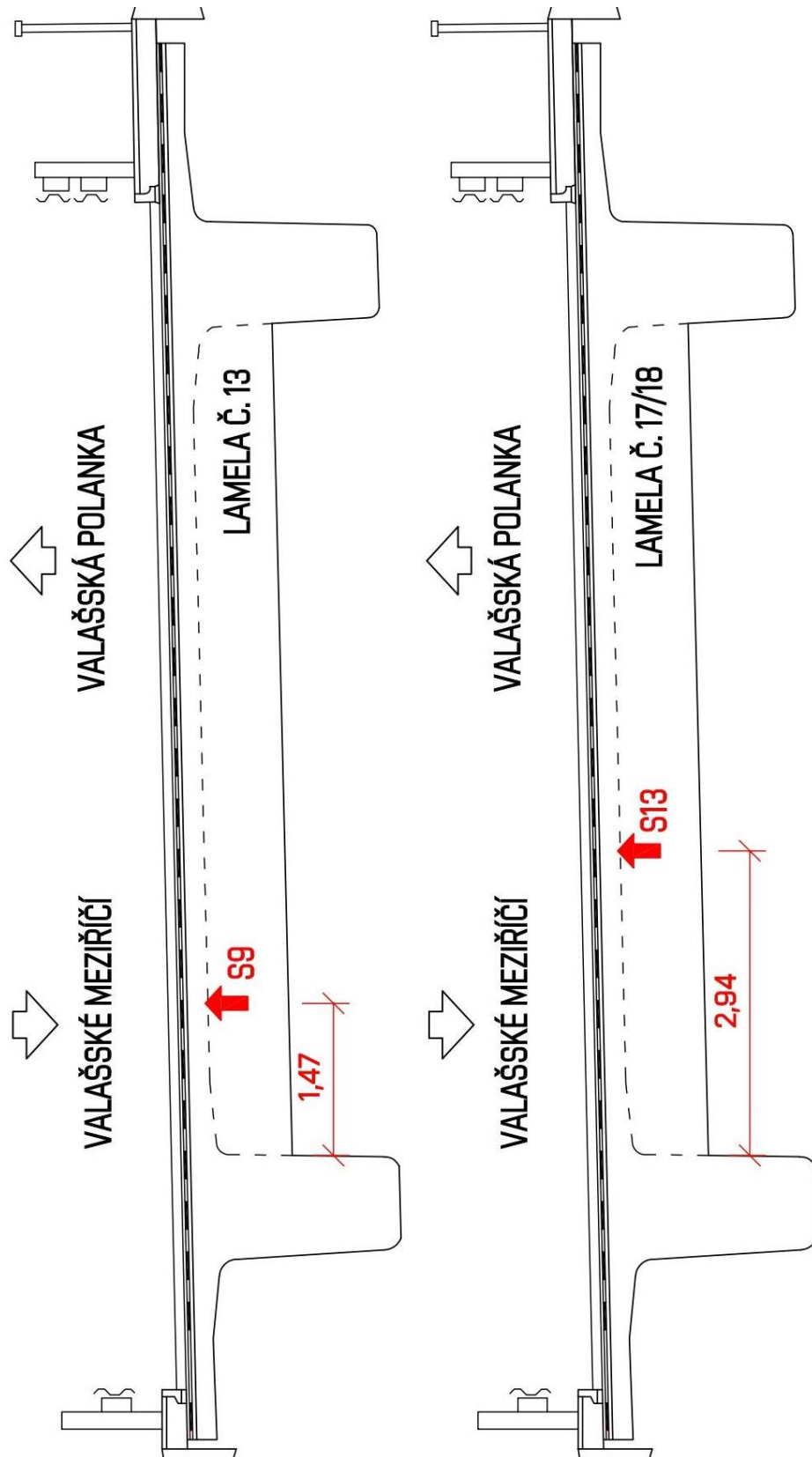


Obr. 3.47: Místo sond S2 a S5



<i>Označení sondy</i>	<i>Poloha sondy</i>	<i>Stav předp. výztuže</i>	<i>Hl. krytí předp. výztuže [mm]</i>	<i>Poznámka</i>
S9	sonda ze spodního líce ve spáře mezi 12. a 13. lamelou a zároveň 1,47 m od pravého líce levého trámu	Bez koroze	132	Sonda byla provedena v místě příčné montážní spáry. Kabelový kanálek byl plně zainjektován suchou maltou.
S13	sonda ze spodního líce ve spáře mezi 17. a 18. lamelou a zároveň 2,94 m od pravého líce levého trámu	Koroze	141	Sonda byla provedena v místě příčné montážní spáry s podélnými trhlinami. Kabelový kanálek byl plně proinjektován suchou maltou.
				
Obr. 3.48: Sonda k PV [25]		Obr. 3.49: Sonda k PV [25]		

**Tabulka 5: Sondy k předpínací výztuži S9 a S13**

S9	Spára mezi lamelami 12 a 13 1. pole	S13	Spára mezi lamelami 17 a 18 2. pole
----	--	-----	--

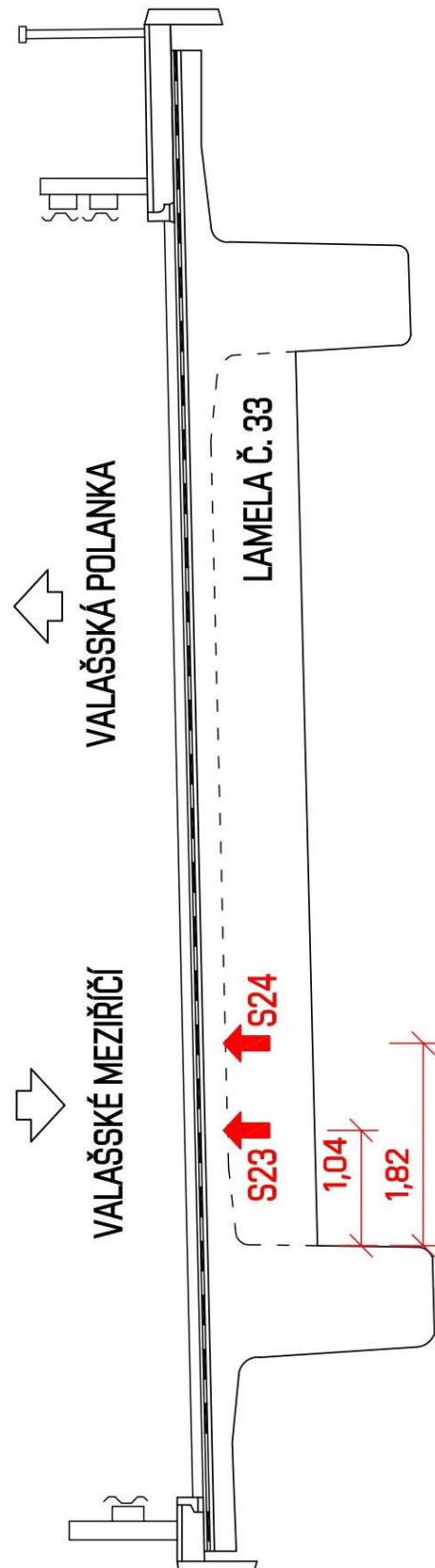


Obr. 3.50: Místo sond S9 a S13

<i>Označení sondy</i>	<i>Poloha sondy</i>	<i>Stav předp. výztuže</i>	<i>Hl. krytí předp. výztuže [mm]</i>	<i>Poznámka</i>
S23	sonda ze spodního líce 33. lamely, 0,35 m od spáry 32/33 a zároveň 1,04 m od pravého líce levého trámu	Mírná koroze	53	Sonda byla provedena v místě s podélnou trhlinou se suchými stopami po zatékání. Kabelový kanálek byl plně proinjektován suchou maltou.
S24	sonda ze spodního líce ve spáře mezi 32. a 33. lamelou a zároveň 1,82 m od pravého líce levého trámu	Mírná koroze	135	Sonda byla provedena v místě příčné montážní spáry. Kabelový kanálek byl plně proinjektován suchou maltou.
				
Obr. 3.51: Sonda k PV [25]		Obr. 3.52: Sonda k PV [25]		

**Tabulka 6: Sondy k předpínací výztuži S23 a S24**

S23	Lamela č. 33 3. pole	S24	Spára mezi lamelami 32 a 33 3. pole
-----	-------------------------	-----	--



Obr. 3.53: Místa sond S23 a S24

V následujících tabulkách je zaznamenán stav předpjaté výztuže a zainjektovanosti. Zvýrazněné jsou sondy použité pro tuto bakalářskou práci, ostatní výsledky jsou zde uvedeny pro celistvost prováděné diagnostiky.

<i>Stav předpjaté výztuže</i>	<i>Charakteristika</i>	<i>Výskyt</i>	
Bez koroze	Na žádném z obnažených drátů předpjaté výztuže se nenachází koroze	<b>S2, S6, S9-S11, S14, S15, S17, S18, S21, S22, S25-S27, S38, S39, S41-S43, S45</b>	44 %
Mírná koroze	Jen povrchová koroze bez oslabení profilu drátů. Mohla vzniknout i během výstavby. Není celoplošná, dráty výztuže nejsou zasaženy stejně.	<b>S1, S3-S5, S7, S12, S16, S19, S20, S23, S24, S28-S37, S40, S44</b>	51 %
Koroze	Celoplošná koroze obnažených drátů. Prokazatelné oslabení profilu drátu odhadem 5 – 10 %.	<b>S8, S13</b>	4 %
Silná koroze	Celoplošná koroze obnažených drátů se zřetelným, výrazným oslabením profilu nad 10 %. Ve výpočtu se doporučuje kabel předpjaté výztuže neuvažovat, případně uvažovat omezeně.	/	0%

Tabulka 7: Stav koroze předpínací výztuže [24]

<i>Stav zainjektovanosti</i>	<i>Charakteristika</i>	<i>Výskyt</i>	
Plně	v celém profilu sondy je viditelná plná zainjektovanost	<b>S1, S3, S4, S6-S9, S10-S13, S14-S23, S24-S45</b>	96 %
Částečně	částečná zainjektovanost, v sondě jsou prokazatelné části injektážní malty, ale vedle drátů jsou patrná dutá místa a kaverny	<b>S2</b>	2%
Nezainjektováno	v celém profilu sondy nejsou ani patrné částičky injektážní malty	<b>S5</b>	2 %

Tabulka 8: Stav zainjektovanosti kanálků [24]

### 3.4. Stanovení pevnosti betonu

#### 3.4.1. Sklerometrická metoda

Pro stanovení pevnosti betonu vybraných prvků mostu ev.č. 57-068 přes silnici I/69 a potok Rokytenku ve městě Vsetín byla použita diagnostická metoda kombinací sklerometrických měření, upřesněné s použitím odebraných jádrových vývrtů. Nedestruktivní zkoušky Schmidovým sklerometrem typu N byly vyhodnocovány pomocí obecného kalibračního vztahu upřesněného součinitelem alfa.

Vyhodnocování sklerometrické metody není součástí této bakalářské práce, je zde však uveden její výsledek, pro celistvost celého průzkumu konstrukce.

Beton konstrukcí mostu ev.č. 57-068 vykazoval následující charakteristickou pevnost v tlaku  $f_{ck}$  a byl zatříděn do pevnostních tříd:

Lokalita	$f_{ck}$ [MPa]	ČSN 731205	ČSN 732001	ČSN EN 206
Opěry	31,7	B30	330	C25/30
Křídla	37,6	B35	400	C30/37
Úložné prahy opěr	39,1	B35	400	C30/37
Mezilehlé podpěry	40,6	B40	400	C30/37
Nosná konstrukce	53,3	B50	500	C40/50

Tabulka 9: Pevnosti betonových částí konstrukce stanovené sklerometrickou metodou [24]

### 3.4.2. Jádrové vývrty

V rámci diagnostických prací bylo odebráno z konstrukce celkem 12 jádrových vývrtů o průměru 75 mm. Vrty jsou označeny 68-V1 až 68-V12, ze spodní stavby bylo odebráno celkem 10 vývrtů, z nosné konstrukce 2 vývrty. Před provedením vrtů byla pečlivě vyhledána měkká i tvrdá výztuž metodou georadaru Hilti PS1000.

Pro zjednodušení je níže uveden seznam 5 vybraných jádrových vývrtů pro tuto bakalářskou práci s přibližnou lokalizací a vybranými vlastnostmi. (1 vývrt z každé části konstrukce mostu). Odebrané vývrty byly prozkoumány a jejich fotodokumentace je na následujících stranách. Pevnost betonu z odebraných vzorků a jejich další vlastnosti byly zjišťovány v laboratoři.

<i>Označení vrtu</i>	<i>Spodní stavba / nosná konstrukce</i>	<i>Lokalizace</i>	<i>Reakční hloubka fenolftaleinu [mm]</i>	<i>Pevnost [MPa]</i>
68-V1	Spodní stavba	1. Opěra	15	39,6
68-V2	Spodní stavba	Úložný práh 1. opěry	5	61,1
68-V5	Nosná konstrukce	Pravý trám 24. lamely	15	55,9
68-V6	Spodní stavba	Levý sloup 3. podpěry	20	46,7
68-V12	Spodní stavba	Pravé křídlo 6. opěry	25	45,6

**Tabulka 10: Seznam vybraných jádrových vývrtů [24]**



← Obr. 3.54: Odběr vzorku 68-V12

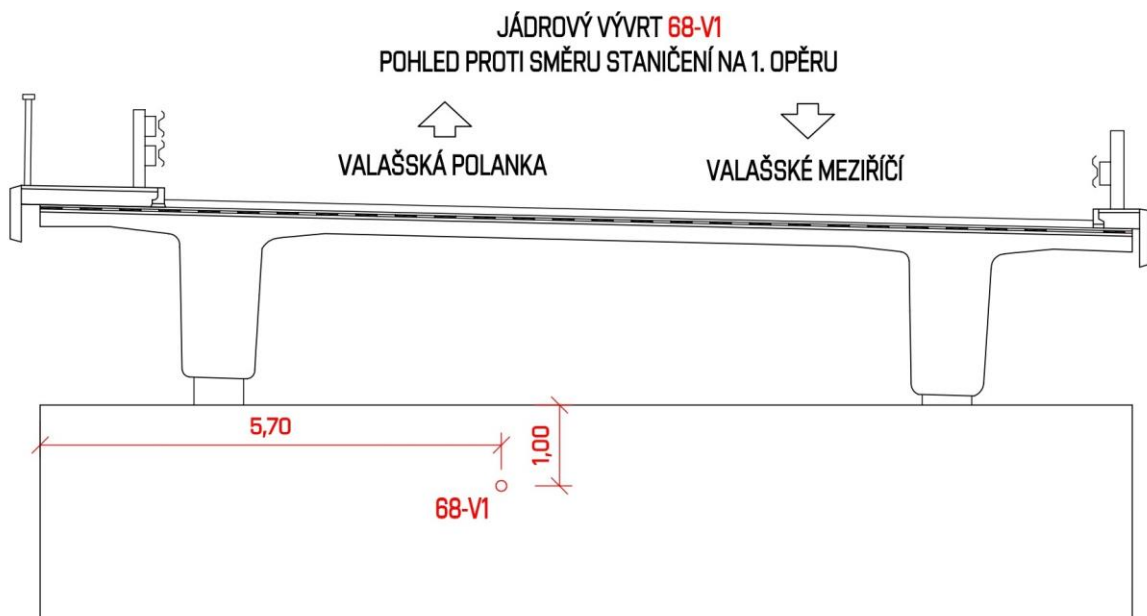


← Obr. 3.55: Odběr vzorku 68-V6



Obr. 3.56: Jádrový vývrt z 1. opěry [25]

- Pohled na vývrt  $\varnothing$  75 mm odebraný z 1. opěry
- Vrt byl proveden v blízkosti zkušebního sklerometrického místa č. 9
- Délka vrtu je 0,17 m
- Níže je schéma polohy vrtu

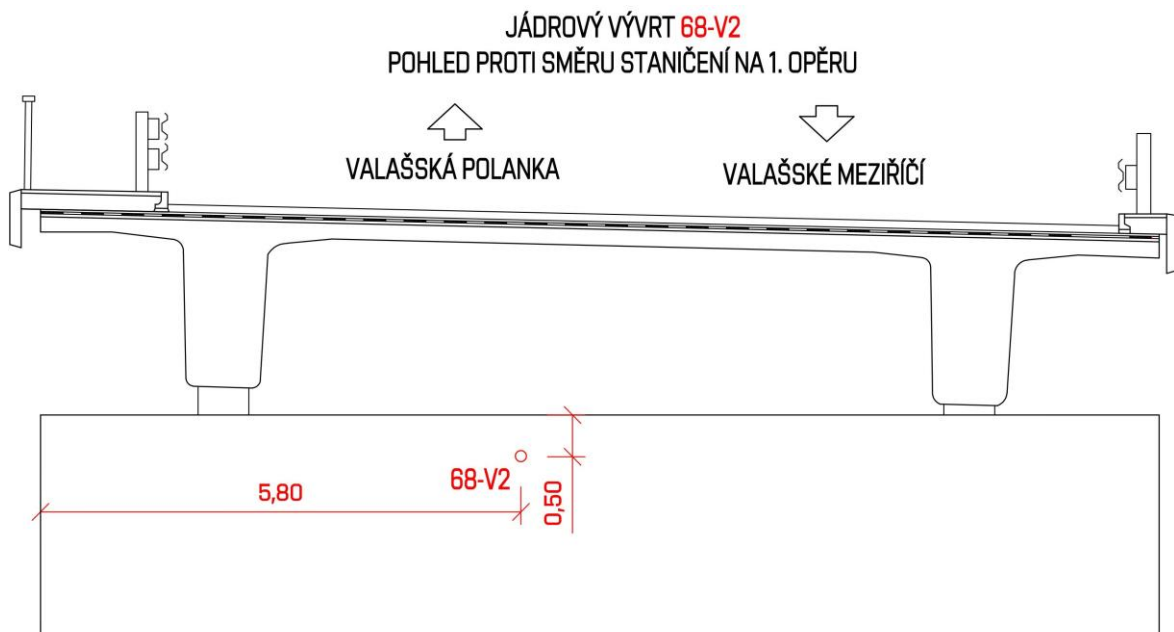


Obr. 3.57: Místo odběru vývrtu 68-V1



Obr. 3.58: Jádrový vývrt z úložného prahu 1. opěry [25]

- Pohled na vývrt  $\varnothing$  75 mm odebraný z úložného prahu 1. opěry
- Vrt byl proveden v blízkosti zkušebního sklerometrického místa č. 55
- Délka vrtu je 0,20 m
- Níže je schéma polohy vrtu



Obr. 3.59: Místo odběru vývrtu 68-V2

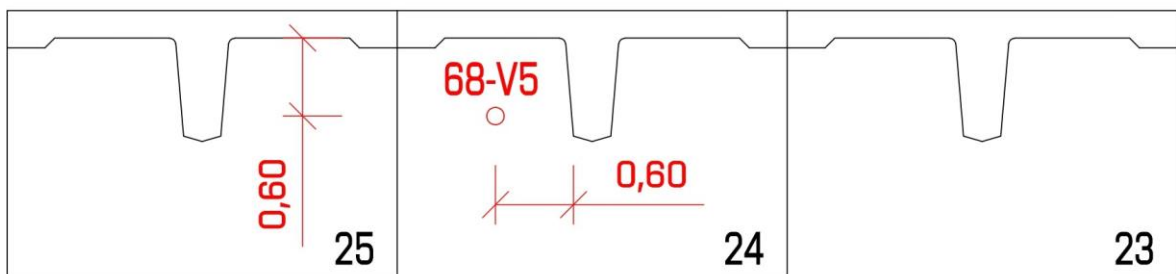


Obr. 3.60: Jádrový vývrt z pravého trámu 24. lamely [25]

- Pohled na vývrt  $\varnothing$  75 mm odebraný z pravého trámu 24. lamely
- Vrt byl proveden v blízkosti zkušebního sklerometrického místa č. 120
- Délka vrtu je 0,19 m
- Níže je schéma polohy vrtu

### JÁDROVÝ VÝVRT 68-V5 POHLED OD OSY MOSTU NA 24. LAMELU

← VALAŠSKÁ POLANKA VALAŠSKÉ MEZIŘÍČÍ →

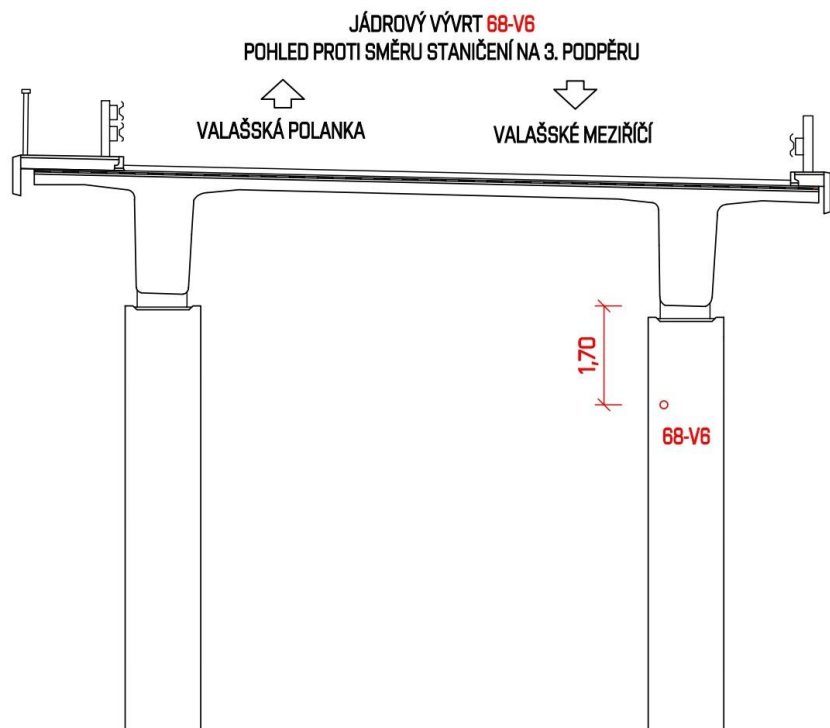


Obr. 3.61: Místo odběru vývrtu 68-V5



Obr. 3.62: Jádrový vývrt z levého sloupu 3. podpěry [25]

- Pohled na vývrt  $\varnothing$  75 mm odebraný z levého sloupu 3. podpěry
- Vrt byl proveden v blízkosti zkušebního sklerometrického místa č. 88
- Délka vrtu je 0,20 m
- Níže je schéma polohy vrtu

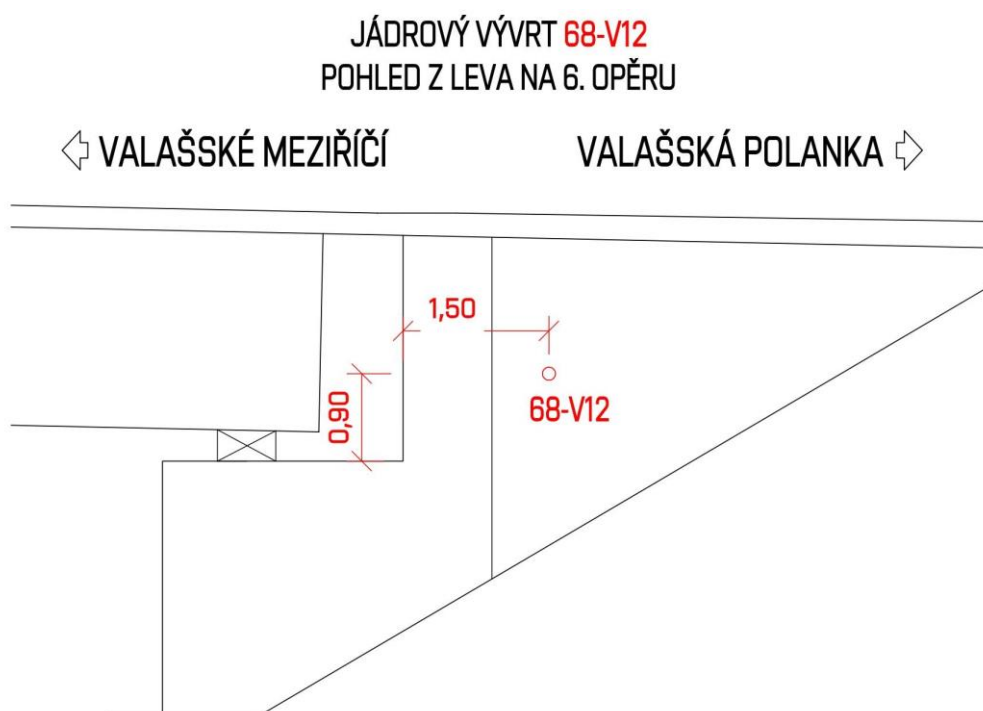


Obr. 3.63: Místo odběru vývrtu 68-V6



Obr. 3.64: Jádrový vývrt z pravého křídla 6. opěry [25]

- Pohled na vývrt  $\varnothing$  75 mm odebraný z pravého křídla 6. opěry
- Vrt byl proveden v blízkosti zkušebního sklerometrického místa č. 47
- Délka vrtu je 0,20 m
- Níže je schéma polohy vrtu



Obr. 3.65: Místo odběru vývrtu 68-V12

Pro celistvost prováděné diagnostiky a porovnání výsledků se sklerometrickou metodou je níže uveden seznam všech odebraných jádrových vývrtů a jejich stanovených pevností betonu v tlaku, které se prováděly v laboratoři. Vrty vybrané pro tuto bakalářskou práci jsou v tabulce zvýrazněny.

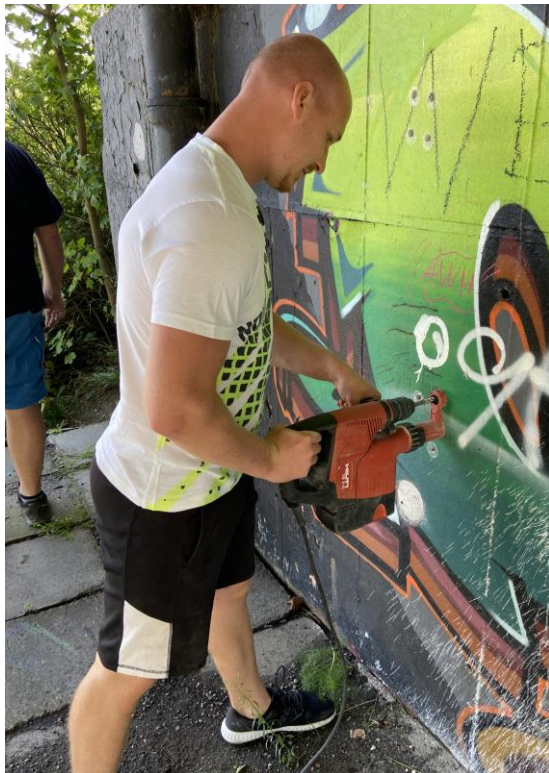
Označení vrtu	Spodní stavba / Nosná konstrukce	Lokalizace	Reakční hloubka fenolftaleinu [mm]	Pevnost [MPa]
68-V1	Spodní stavba	1.opěra	15	39,6
68-V2	Spodní stavba	ÚP 1. opěry	5	61,1
68-V3	Spodní stavba	Levé křídlo 1. opěry	3	50,0
68-V4	Spodní stavba	Pravý sloup 2. podpěry	20	51,6
68-V5	Nosná konstrukce	Pravý trám 24. lamely	15	55,9
68-V6	Spodní stavba	Levý sloup 3. podpěry	20	46,7
68-V7	Spodní stavba	Pravý sloup 3. podpěry	20	43,3
68-V8	Nosná konstrukce	Levý trám 28. lamely	15	64,5
68-V9	Spodní stavba	Levý sloup 5. podpěry	15	41,0
68-V10	Spodní stavba	6.opěra	10	42,3
68-V11	Spodní stavba	ÚP 6.opěry	5	48,9
68-V12	Spodní stavba	Pravé křídlo 6. opěry	25	45,6

**Tabulka 11: Pevnosti jádrových vývrtů stanovené v laboratoři [24]**

### 3.5. Chemický rozbor betonu

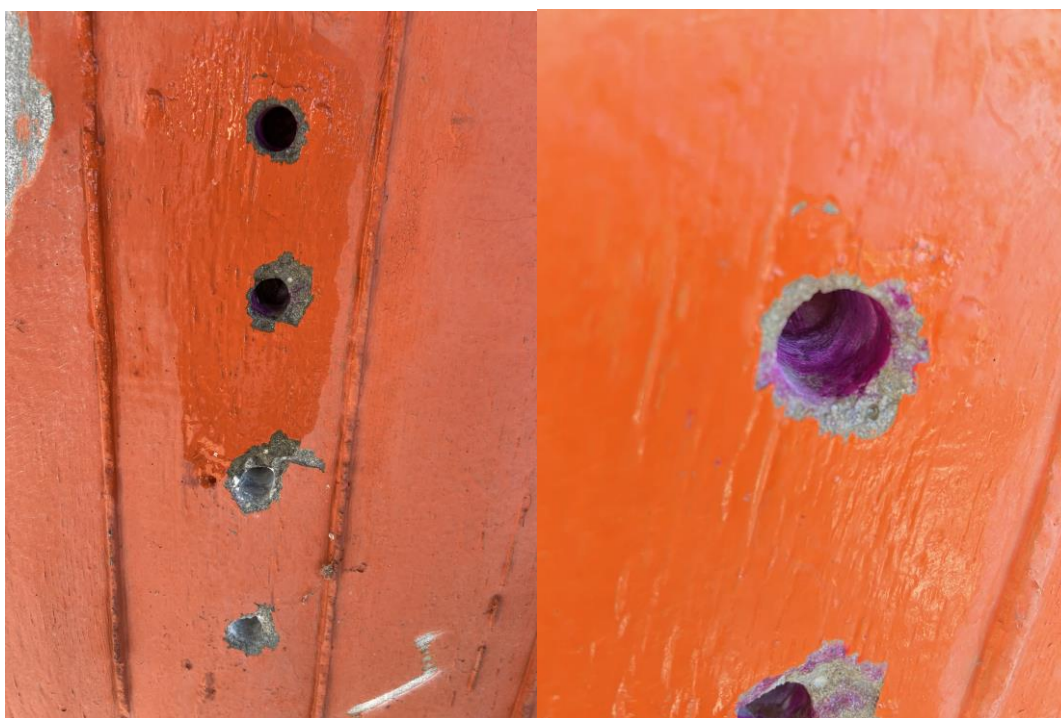
Hloubka karbonatce betonu byla stanovována in situ pomocí indikátorů – zbarvení fenolftaleinu ve vrtech a dále chemickým rozbohem betonového prášku odebraného z vrtů vrтанých do různých hloubek.

Vyhodnocování hloubky karbonatce betonu není součástí této bakalářské práce. Pro celistvost diagnostického průzkumu měřené mostní konstrukce je zde uveden výsledek této zkoušky.



Obr. 3.66: Provádění vrtu pro zjištění karbonatce betonu

- Vrt byl prováděn do opěry 06



Obr. 3.67: Vrtý na mezilehlých podporách – zbarvení fenolftaleinu [25]

Hloubky karbonatace byly měřeny ve vrtech  $\varnothing$  18 mm. Vrtly byly následně zbaveny betonového prachu, který ulpěl na stěnách vrtů během vrtání. Následně byl aplikován roztok fenolftaleinu. Ihned po aplikaci fenolftaleinu bylo provedeno měření reakční vrstvy, a to vždy od povrchu měřené konstrukce.

Stanovení hloubky karbonatace fenolftaleinovým testem						
Místo vrtu	Místo č.	[mm]		Místo vrtu	Místo č.	[mm]
Opěra O1	1-3	3-5		Opěra O6	14-16	3-8
ÚP 1. opěry	4-6	2-4		ÚP 6. opěry	17-19	2-4
Levé křídlo 1. opěry	7	2-3		Pravé křídlo 6. opěry	20	6-13
Pravý sloup P2	8	3-6		Levý trám 1. lamely	21	2-5
Levý sloup P2	9	2-5		Pravý trám 1. lamely	22	3-5
Pravý sloup P3	10	3-5		Deska 1. lamely	23	2-3
Levý sloup P3	11	3-8		Pravý trám 39. lamely	24	3-5
Pravý sloup P4	12	4-10		Žebro 39. lamely	25	0-1
Levý sloup P4	13	2-4		Levý trám 40. lamely	26	1-2
Deska 40. lamely	27	2-5		Pravý trám 64. lamely	28	20-25
Deska 64. lamely	29	1-2		Levý trám 64. lamely	30	1-3

**Tabulka 12: Stanovené hloubky karbonatace fenolftaleinovým testem [24]**

## 4. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala přípravou a realizací stavebně technického průzkumu předpjaté mostní konstrukce mostu ev. č. 57-068 který převádí silnici I/57 přes silnici I/69 a přes řeku Rokytenku v jižní části města Vsetín. Diagnostika byla zaměřena na zhodnocení celkového stavu mostu, zejména na pevnost betonu a stav koroze a zainjektovanosti předpínací výztuže mostu. V předešlé kapitole 3.2 a jejích podkapitolách bylo shrnuto provedení fotodokumentace. Kapitola 3.3 se zabývala kontrolou stavu koroze a zainjektovanosti předpjaté výztuže. Kapitoly 3.3.1 a 3.3.2 jsou zaměřeny na lokalizaci výztuže. V rámci diagnostiky mostu ev. č. 57-068 bylo provedeno celkem 15 sond nedestruktivní metodou pomocí georadaru Hilti PS1000, které odhalily celkem 61 předpínacích kabelů, jejichž poloha byla porovnána s původní projektovou dokumentací. Kapitola 3.3.3 se zabývala prováděním vrтанých sond k předpínací výztuži. V rámci diagnostiky jich bylo na mostě prováděno celkem 45. Všechny sondy odhalily předpínací výztuž, která se poté hodnotila z hlediska koroze a zainjektovanosti. V rámci této bakalářské práce byly uvedeny jen některé příklady sond. Z této práce vyplívá, že je vhodné před prováděním destruktivních vrтанých sond zjistit polohu předpínací a měkké betonářské výztuže nedestruktivní metodou radaru, aby byly práce snazší, přesnější a aby nedocházelo ke zbytečnému oslabování konstrukce. Kapitola 3.4 se zabývala zjišťováním pevnosti betonu. V kapitole 3.4.1 je uveden pouze výsledek z měření nedestruktivní sklerometrickou metodou, neboť vyhodnocování této zkoušky není součástí této bakalářské práce. Na konstrukci bylo celkem 144 zkušebních míst, z nichž se určovala pevnost betonu, která je zaznamenána v tabulce 9. V kapitole 3.4.2 pojednává o jádrových vývrtech, kterých se na měřené konstrukci provádělo celkem 12. Pro zjednodušení je v této bakalářské práci zmíněno 5 z těchto prováděných vývrťů. Kapitola 3.5 shrnuje pouze výsledky stanovování hloubky karbonatace fenolftaleinovým testem, neboť vyhodnocování této zkoušky nebylo součástí této bakalářské práce.

Na závěr je nutné podotknout, že i když se provedlo na konstrukci značné množství sond k předpínací výztuži, dle projektové dokumentace byl možný na jedné lamelle přístup pouze k 62 kanálkům s předpínací výztuží, z celkového počtu 100 kanálků (v případě že neomezíme provoz na mostě – sondy se provádí ze spodního líce NK). Znamená to tedy, že musíme předpokládat, že stav výztuže v těchto nedostupných kanálcích je stejný jako v kanálcích přístupných. S přihlédnutím k faktu, že výztuž může být korodovaná i jen „bodově“, zjistíme, že abychom mohli získávat kvalitní a přesné výsledky při diagnostice předpínací výztuže, je potřeba zdokonalovat a vyvíjet nové diagnostické metody pro průzkum výztuže konstrukce. Pomoci by také mohlo, kdyby se konstrukce již navrhovaly tak, aby byly při diagnostických průzkumech dobře dostupné všechny její části.

## Literatura

- [1] VÍTEK, Jan. *Historie předpjatého betonu*. 1.vyd. Praha: ČKAIT, 2016. ISBN: 978-80-87-438-84-8.
- [2] NAVRÁTIL, J. *Předpjaté betonové konstrukce*. Předpjaté betonové konstrukce. Brno: 2004. ISBN: 80-214-2649-7.
- [3] SOVJÁK, R. ZATLOUKAL, J. LITOŠ, J. REITERMAN, P. *Diagnostika poruch stavebních materiálů*. 210DPSM. [online]. České Vysoké učení technické v Praze. Fakulta Stavební. [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: [http://ecentrum.fsv.cvut.cz/download/DPSM/1\\_2DPSM.pdf](http://ecentrum.fsv.cvut.cz/download/DPSM/1_2DPSM.pdf).
- [4] CIKRLÉ, Petr. ANTON, Ondřej. *Metody průzkumu a diagnostiky na stavbě - odběry vzorků*. [online]. Analýza a prezentace hodnot moderní architektury 60. a 70. let 20. století jako součásti národní a kulturní identity ČR. Hodnocení výsledků experimentálních prací. 2016. [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: [https://www.ma6070.cz/pamatky/architektura-60-a-70-let/ke-stazeni/wkshp2016/05\\_cikrle-anton.pdf](https://www.ma6070.cz/pamatky/architektura-60-a-70-let/ke-stazeni/wkshp2016/05_cikrle-anton.pdf)
- [5] ČSN 736221. *Prohlídky mostů pozemních komunikací*. Projektování pozemních komunikací mostů a tunelů, 2018. 64 s. Třídící znak 736221.
- [6] ANTON, Ondřej. *Vybrané aspekty diagnostiky ocelové výztuže v železobetonových konstrukcích a konstrukcích z předpjatého betonu*. Vědecké spisy Vysokého učení technického v Brně. Edice Habilitační a inaugurační spisy, sv. 704. Brno: 2021. ISBN: 80-214-5993-9
- [7] CIKRLÉ, P. *Význam nedestruktivních diagnostických metod pro hodnocení železobetonových konstrukcí*. Brno, 2016. 174 s. Habilitační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví.
- [8] HOBST, L., ADÁMEK, J., CIKRLÉ, P. a SCHMID, P. *Diagnostika stavebních konstrukcí*. Studijní opora, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2005
- [9] JANKŮ, Michal a Jiří GROŠEK. *Moderní metody používané nejenom při diagnostice mostů*. In: Sborník příspěvků konference Expert Forensic Science Brno 2020. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2020, s. 276–283. ISBN 978-80-214-5829-1
- [10] ANTON, O., CIKRLÉ, P. a HEŘMÁNKOVÁ, V. *Problematika současných možností diagnostiky předpínací výztuže v konstrukcích*. Sborník recenzovaných příspěvků konference *ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2019*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2019. s. 5-14. ISBN 978-80-214-5750-8
- [11] CIKRLÉ, P., KOCÁB D. a ČERVENKA, J. *Tvrdoměrné zkoušení betonu - část 2*. Beton. 2019, 27(110), 14-19.
- [12] CIKRLÉ, P. a kolektiv. *Nedestruktivní metody ve stavebním zkušebnictví*. Příručka kurzu Nedestruktivní metody ve stavebním zkušebnictví 2024
- [13] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2024-17-05]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?x=17.9847372&y=49.3312541&z=14>
- [14] HOLICKÝ, M. et al. *Příručka pro hodnocení existujících konstrukcí*. 1. vyd. Česká technika – nakladatelství ČVUT v Praze, 2007. ISBN 987-80-01-03790-4

- [15] ANTON, O.; HEŘMÁNKOVÁ, V. *Průkazné stanovení vyztužení železobetonové konstrukce a vhodné NDT metody*. *TZB-info*, 2017, roč. 9, č. 2017, s. 1-6. ISSN: 1801-4399. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/16245-prukazne-stanoveni-vyztuzeni-zelezobetonove-konstrukce-a-vhodne-ndt-metody>
- [16] *Elektromagnetický indikátor Profometer PM 650* [online]. Proceq
- [17] *Original Schmidt* [online]. Proceq [cit. 2024-17-05]. Dostupné z: <https://www.screeningeagle.com/en/products/original-schmidt>
- [18] *Portable Ground Penetrating Radar – Proceq GP8000* [online]. Proceq [cit. 2024-17-05]. Dostupné z: <https://www.screeningeagle.com/en/products/proceq-gp8000>
- [19] *Portable Ground Penetrating Radar – Proceq GP8800* [online]. Proceq [cit. 2024-17-05]. Dostupné z: <https://www.screeningeagle.com/en/products/proceq-gp8800>
- [20] *Skener betonu PS 1000 X-Scan* [online]. Hilti [cit. 2024-17-05]. Dostupné z: [https://www.hilti.cz/c/CLS\\_MEA\\_TOOL\\_INSERT\\_7127/CLS\\_CONCRETE\\_SCANNERS\\_SENSORS\\_7127/r6436760](https://www.hilti.cz/c/CLS_MEA_TOOL_INSERT_7127/CLS_CONCRETE_SCANNERS_SENSORS_7127/r6436760)
- [21] *Ferrosan systém PS 300* [online]. Hilti [cit. 2024-17-05]. Dostupné z: [https://www.hilti.cz/c/CLS\\_MEA\\_TOOL\\_INSERT\\_7127/CLS\\_CONCRETE\\_SCANNERS\\_SENSORS\\_7127/r9374764](https://www.hilti.cz/c/CLS_MEA_TOOL_INSERT_7127/CLS_CONCRETE_SCANNERS_SENSORS_7127/r9374764)
- [22] *Profometer 6 cover meters* [online]. Gilson [cit. 2024-17-05]. Dostupné z: <https://www.globalgilson.com/profometer-6-cover-meters>
- [23] *Diamantový jádrový vrtací troj DD 350-CA* [online]. Hilti [cit. 2024-17-05]. Dostupné z: [https://www.hilti.cz/c/CLS\\_POWER\\_TOOLS\\_7125/CLS\\_DIAMOND\\_CORING\\_7125/r3411829](https://www.hilti.cz/c/CLS_POWER_TOOLS_7125/CLS_DIAMOND_CORING_7125/r3411829)
- [24] SUZA, I. SEDLÁČEK, O., KŘEPELKA J. et al. *Diagnostický průzkum mostu ev. č. 57-068 přes silnici I/69 a potok Rokytenku ve městě Vsetín*. Brno: Mostní a silniční, s.r.o., 2024
- [25] MOSTNÍ A SILNIČNÍ s.r.o. *fotoarchiv*. 2024
- [26] BMS, Databanka Ostrava. *Most 57-068 (most přes silnici I/69 a potok Rokytenku ve městě Vsetín)*. 2024
- [27] VACEK, V., KOLÍSKO, J. a POKORNÝ P. *Vliv koroze předpínací výztuže na její vlastnosti a možnosti sanace takto vyztužených betonových konstrukcí*. In: *tzbinfo* [online] Aug 12, 2019 [cit. 2024-17-05]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/19417-vliv-koroze-predpinaci-vyztuze-na-jeji-vlastnosti-a-moznosti-sanace-takto-vyztuzenych-betonovych-konstrukci>

## Seznam zkratk

<b>NK</b>	nosná konstrukce
<b>mm</b>	milimetr
<b>m</b>	metr
<b>MZ</b>	mostní závěr
<b>O</b>	opěra
<b>P</b>	podpěra
<b>PD</b>	projektová dokumentace
<b>ÚP</b>	úložný práh
<b>GPR</b>	ground penetrating radar

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Radarový sken R2.....	38
Tabulka 2: Radarový sken R3.....	40
Tabulka 3: Radarový sken R9.....	42
Tabulka 4: Sondy k předpínací výztuži S2 a S5.....	44
Tabulka 5: Sondy k předpínací výztuži S9 a S13.....	46
Tabulka 6: Sondy k předpínací výztuži S23 a S24.....	48
Tabulka 7: Stav koroze předpínací výztuže [24].....	50
Tabulka 8: Stav zainjektovanosti kanálků [24].....	50
Tabulka 9: Pevnosti betonových částí konstrukce stanovené sklerometrickou metodou [24].....	51
Tabulka 10: Seznam vybraných jádrových vývrtů [24].....	52
Tabulka 11: Pevnosti jádrových vývrtů stanovené v laboratoři [24].....	59
Tabulka 12: Stanovené hloubky karbonatace fenolftaleinovým testem [24].....	61

## Seznam obrázků

Obr. 2.1: Působení prostého, železového a předpjatého betonu v tahu [2].....	2
Obr. 2.2: Vývojový diagram postupu hodnocení [14] .....	3
Obr. 2.3: Provádění radiografie zářičem Co60 [15].....	7
Obr. 2.4: Radiogramy stejného prvku (pro porovnání kvality výstupu) [6].....	8
Obr. 2.5: Profometer PM 650 od firmy Proceq [22].....	9
Obr. 2.6: Ferrosan PS300 od firmy Hilti [21] .....	9
Obr. 2.7: Georadar Hilti PS 1000 X-scan [20].....	9
Obr. 2.8.1: Radar Proceq GP8000 [18] .....	10
Obr. 2.8.2: Radar Proceq GP8800 [19] .....	10
Obr. 2.9: Schmidtovo kladívko typu N [17] .....	11
Obr. 2.10: Jádrová vrtačka Hilti DD 350-CA [23].....	12
Obr. 2.12: Výstup z radaru GPR Live, naznačující rozdíl mezi zainjektovaným (nahore) a nezainjektovaným (dole) kanálem [10].....	15
Obr. 2.11: Proceq GPR Live [18] .....	15
Obr. 2.14: Termogram zatékání po povrchu úložného prahu [9].....	15
Obr. 2.13: Dron Flyability Elios 2 [9].....	15
Obr. 3.1: Polohopis mostu ev.č. 57-068 [13] .....	16
Obr. 3.2: Příčný řez mostem ev.č. 57-068 v místě mezilehlých podpor včetně základového bloku .....	17
Obr. 3.3: Schematický podélný řez mostu ev.č. 57-068 .....	18
Obr. 3.4: Celkový pohled na most 57-068 [25].....	19
Obr. 3.5: Sken z původní stavební dokumentace [26].....	20
Obr. 3.6: Pohled na mezilehlé podpěry 2.1, 2.2 a 1. opěru O1 [25] .....	20
Obr. 3.7: Pohled na opěru O1 [25] .....	21
Obr. 3.8: Pohled na opěru O6 [25].....	22
Obr. 3.9: Detail zkušebního místa pro tvrdoměrnou zkoušku [25] .....	22
Obr. 3.10: Detail O1 [25] .....	22
Obr. 3.12: Pohled na pravé křídlo u opěry O6 [25] .....	23
Obr. 3.11: Pohled na levé křídlo u opěry O1 [25].....	23
Obr. 3.13: Spára mezi opěrou O1 a křídlem [25].....	24
Obr. 3.14: Pohled na mezilehlou opěru – sloup P2.2 [25].....	25
Obr. 3.15: Pohled na sloup P2.1 [25] .....	25
Obr. 3.16: Sloup P5.1 [25] .....	26
Obr. 3.17: Schematický příčný řez mostem ev.č. 57-068 .....	27
Obr. 3.18: Schematický řez a půdorys lamely DS-T .....	28
Obr. 3.19: Pohled na NK [25] .....	29

Obr. 3.20: Spára mezi lamelami [25] .....	29
Obr. 3.21: Lamela č. 2 [25] .....	30
Obr. 3.22: Levá konzola s odvodňovačem [25] .....	30
Obr. 3.23: Levé ložisko na O1 [25] .....	31
Obr. 3.24: Pravé ložisko na O1 [25] .....	31
Obr. 3.25: Levé ložisko na O6 [25] .....	32
Obr. 3.26: Vozovka [25] .....	32
Obr. 3.27: Mostní závěr nad O6 [25] .....	33
Obr. 3.28: Mostní závěr nad O1 [25] .....	33
Obr. 3.30: Levé svodidlo [25] .....	34
Obr. 3.29: Pravé zábradlí [25] .....	34
Obr. 3.31: Pohled na svodidla [25] .....	34
Obr. 3.32: Provádění skenů .....	35
Obr. 3.33: Provádění liniového skenu na levé konzole lamely typu DS-T .....	36
Obr. 3.34: Provádění liniového skenu .....	36
Obr. 3.35: Vedení předpínací výztuže [26] .....	37
Obr. 3.36: Radarový liniový sken .....	38
Obr. 3.37: Radarový liniový sken .....	38
Obr. 3.38: Radarový sken R2 podložený původní dokumentací .....	39
Obr. 3.39: Radarový liniový sken .....	40
Obr. 3.40: Radarový liniový sken .....	40
Obr. 3.41: Radarový sken R3 podložený původní dokumentací .....	41
Obr. 3.42: Radarový liniový sken .....	42
Obr. 3.43: Radarový liniový sken .....	42
Obr. 3.44: Radarový sken R9 podložený původní dokumentací .....	43
Obr. 3.45: Sonda k PV [25] .....	44
Obr. 3.46: Sonda k PV [25] .....	44
Obr. 3.47: Místo sond S2 a S5 .....	45
Obr. 3.48: Sonda k PV [25] .....	46
Obr. 3.49: Sonda k PV [25] .....	46
Obr. 3.50: Místo sond S9 a S13 .....	47
Obr. 3.51: Sonda k PV [25] .....	48
Obr. 3.52: Sonda k PV [25] .....	48
Obr. 3.53: Místa sond S23 a S24 .....	49
Obr. 3.55: Odběr vzorku 68-V6 .....	53
Obr. 3.54: Odběr vzorku 68-V12 .....	53

Obr. 3.56: Jádrový vývrt z 1. opěry [25].....	54
Obr. 3.57: Místo odběru vývrtu 68-V1 .....	54
Obr. 3.58: Jádrový vývrt z úložného prahu 1. opěry [25] .....	55
Obr. 3.59: Místo odběru vývrtu 68-V2.....	55
Obr. 3.60: Jádrový vývrt z pravého trámu 24. lamely [25] .....	56
Obr. 3.61: Místo odběru vývrtu 68-V5.....	56
Obr. 3.62: Jádrový vývrt z levého sloupu 3. podpěry [25] .....	57
Obr. 3.63: Místo odběru vývrtu 68-V6.....	57
Obr. 3.64: Jádrový vývrt z pravého křídla 6. opěry [25].....	58
Obr. 3.65: Místo odběru vývrtu 68-V12.....	58
Obr. 3.66: Provádění vrtu pro zjištění karbonatce betonu .....	60
Obr. 3.67: Vrty na mezilehlých podporách – zbarvení fenolftaleinu [25].....	60