



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING TESTING

STAVEBNÍ PRŮZKUM A DIAGNOSTIKA KONSTRUKCE

SURVEY AND DIAGNOSTICS OF BUILDING CONSTRUCTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Řezáč

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ ANTON, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav stavebního zkušebnictví

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	David Řezáč
Název	Stavební průzkum a diagnostika konstrukce
Vedoucí práce	Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.

Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

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.
Bažant, Z., Klusáček, L. Statika při rekonstrukcích objektů. Skriptum VUT v Brně FAST, CERM Brno, 2002
Pume, D., Čermák, F. a kol.: Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí, Praha, Arch 1998.
ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí a další platné normy.
Projektová dokumentace a podklady od vlastníka objektu.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem práce je provedení prohlídky, předběžného průzkumu a zhodnocení stavu vybraného objektu.

Teoretická část:

Rešerše literatury - obecný systém hodnocení existujících konstrukcí, metodika průzkumu vodorovných a svislých nosných konstrukcí dle materiálů a typů konstrukcí řešených v rámci praktické části.

Praktická část:

Prvotní prohlídka objektu, dokumentace stavu a poruch.

Identifikace a popis svislých a vodorovných nosných konstrukcí.

Předběžné hodnocení stavu, sestavení plánu stavebně statického průzkumu.

Provedení a vyhodnocení zkoušek in situ a laboratorních zkoušek materiálů odebraných z konstrukcí (rozsah bude upřesněn až v rámci průzkumu). Přehledné zpracování výsledků průzkumu včetně jednoduché schématické výkresové dokumentace. Ideový návrh opatření, pokud vyplynou z výsledků hodnocení.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Ondřej Anton, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Předmětem této bakalářské práce je stavební průzkum a diagnostika konstrukce se zaměřením na ověření polohy předpínací výztuže prefabrikovaného předpjatého mostu. Teoretická část práce se zaměřuje na železobeton, předpjatý beton, jejich vlastnosti a zjišťování těchto vlastností pomocí přístrojů vybraných nedestruktivních, semidestruktivních a destruktivních metod. V návaznosti na teoretickou část byly zvoleny nejvhodnější dostupné metody ověření polohy předpínací výztuže, což znamená použití georadaru Hilti PS1000 a elektromagnetického indikátoru Profometr PM-630.

KLÍČOVÁ SLOVA

Stavebně technický průzkum, mostní konstrukce, předpjatý beton, diagnostika, ověření polohy výztuže, zjištění krytí výztuže, georadar, elektromagnetické indikátory.

ABSTRACT

The subject of this bachelor thesis is the construction research and diagnostics of the construction with the focus on the verification of the prestressing reinforcement of the prefabricated prestressed bridge. The theoretical part of the thesis focuses on reinforced concrete, prestressed concrete, their properties and determination of these properties by means of instruments of selected non-destructive, semi-destructive and destructive methods. In connection with the theoretical part, the most suitable methods were used to verify the position of prestressing reinforcement, which means using the Hilti PS1000 georadar and the electromagnetic indicator Profometr PM-630.

KEYWORDS

Costruction-technological survey, bridge construction, prestressed concrete, diagnostics, reinforcement position verification, reinforcement cover detection, georadar, electromagnetic indicators.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

David Řezáč *Stavební průzkum a diagnostika konstrukce*. Brno, 2019. 94 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Ondřej Anton, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Stavební průzkum a diagnostika konstrukce* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24. 5. 2019

David Řezáč

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Stavební průzkum a diagnostika konstrukce* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2019

David Řezáč

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Ondřeji Antonovi, Ph.D. za poskytnutí cenných rad a připomínek, ochotu, pomoc a laskavý přístup během vytváření této bakalářské práce. Velké díky bych chtěl dále vyjádřit firmě MOSTNÍ A SILNIČNÍ s.r.o., zastoupené panem Ing. Igorem Suzou, za možnost podílet se na průzkumu dané konstrukce, na němž je založená tato bakalářská práce. V neposlední řadě bych také rád poděkoval všem, kteří mi byli podporou během studií a tvorby této práce, především rodičům a přítelkyni, jenž mi byli největší motivací a inspirací.

Obsah

1. ÚVOD.....	11
1.1 Úvodní část.....	11
1.2 Cíle práce.....	11
2. Teoretická část	12
2.1 Železobeton.....	12
2.1.1 Předpjatý beton.....	13
2.2 Stavebně-technické průzkumy konstrukcí	14
2.3 Diagnostika železobetonu	16
2.3.1 Zkoušené vlastnosti betonu	16
2.3.1.1 Stejnorodost betonu	16
2.3.1.2 Pevnost betonu	17
2.3.1.3 Modul pružnosti betonu	19
2.3.1.4 Objemová hmotnost betonu.....	21
2.3.1.5 Mrazuvzdornost a vodotěsnost betonu	22
2.3.1.6 Vlhkost betonu	24
2.3.1.7 Chemické vlastnosti betonu	25
2.3.1.8 Vlastnosti povrchových vrstev betonu.....	26
2.3.2 Zkoušené vlastnosti ocelové výztuže	28
2.3.2.1 Množství a uložení výztuže, krytí výztuže	28
2.3.2.2 Koroze výztuže	29
2.3.3 Vybrané NDT metody a přístroje pro jejich aplikaci	30
2.3.3.1 Georadar Hilti PS1000	30
2.3.3.2 Proceq GPR Live	31
2.3.3.3 Elektromagnetické indikátory – Profometer PM-630.....	32
2.3.3.4 Ultrazvuková impulzní metoda – Pundit PL-200	33
2.3.4 Semidestruktivní metody	34
2.3.4.1 Jádrové vývrty	34

2.3.4.2	Odtrhové zkoušky.....	35
2.3.4.3	Další používané Semidestruktivní metody	35
2.3.5	Destruktivní metody.....	35
2.4	Diagnostika předpjatého betonu	36
2.4.1	Metody pro stanovení polohy předpínací výztuže v konstrukci	36
2.4.2	Metody stanovení stavu zainjektování kanálů a stavu kabelů.....	37
3.	Praktická část	39
3.1	Úvod a popis objektu	39
3.1.1	Umístění objektu.....	39
3.1.2	Popis objektu.....	39
3.1.3	Nosné prvky mostních objektů	41
3.1.4	Rozmístění sond	42
3.2	Použité metody průzkumu.....	45
3.2.1	Vyztužení nosníků, koncových příčníků a podpěr	45
3.2.2	Georadar Hilti PS1000	47
3.2.3	Profometer PM-630	48
3.3	Výsledky průzkumu – stanovení vyztužení	50
3.4	Srovnání výsledků průzkumu s projektovou dokumentací	79
3.4.1	Srovnání výsledků průzkumu vzpěr.....	79
3.4.2	Srovnání výsledků průzkumu nosníků.....	81
4.	Závěr.....	83
5.	Bibliografie	85
6.	Seznam obrázků a tabulek	89
6.1	Obrázky	89
6.2	Tabulky	94

1. ÚVOD

1.1 Úvodní část

Nedílnou součástí oboru stavebnictví je rovněž diagnostický průzkum stavebních objektů, jenž je využíván pro zjištění konstrukčních a materiálových parametrů, nebo chcete-li pro odhalení vad a poruch konstrukcí. Dále může být požadavek na stavebně-technický průzkum dán změnou typu využití stavby, rekonstrukcí, nástavbou, nedostatečnou projektovou dokumentací, či nutností ověření jednotlivých nosných prvků a jejich kvality, a to v případě, kdy není jisté, že údaje z dokumentace odpovídají reálnému stavu dané konstrukce. Diagnostika ovšem může být třeba i u nových konstrukcí, na kterých se projeví vady a tudíž vznikne nutnost ověřit, zda byla dodržena projektová dokumentace.

Tak jako se vyvíjí celý svět, přichází pokrok i v technologiích výstavby, což zahrnuje i metody diagnostické. Pokrok se odráží ve vývoji materiálů pro výstavbu objektů, technologií a moderních přístrojů jakými jsou např. elektromagnetické indikátory a georadar.

1.2 Cíle práce

Cílem praktické části této bakalářské práce je stavebně-technický průzkum vybraných nosných konstrukcí, jako ověření polohy, průměru a krytí měkkých a předpínacích výztuží v nosnících a vzpěrách mostních objektů na komunikaci 50 – Ostravská přes komunikaci 373 - Bělohorská, vedené pod evidenčními čísly 50-003..1 a 50-003..2, v městské části Brno-Slatina.

Teoretická část této práce je věnována stavebním materiálům užitým ve výše zmíněné konstrukci, jejich vlastnostem a vybraným přístrojům pro aplikaci zkušebních metod.

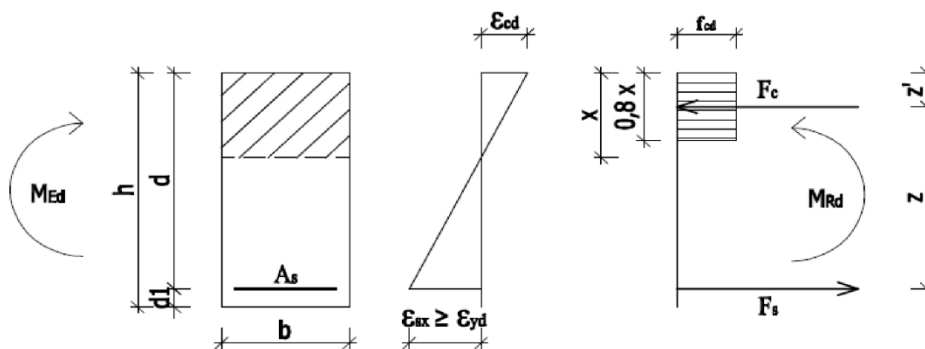
V části praktické je ověřováno vyztužení prvků dle výkresů pomocí profometru a georadaru Hilti PS1000 a výsledky měření jsou porovnávány s projektovou dokumentací.

Výsledná práce může sloužit jako podklad pro následné určení stavu zainjektování a koroze předpínací výztuže.

2. Teoretická část

2.1 Železobeton

Tento materiál vymyslel a patentoval pařížský zahradník Joseph Monier. Beton se vyznačuje vysokou pevností v tlaku ale malou pevností v tahu, která dosahuje přibližně 10 % hodnoty pevnosti v tlaku. Dále je to křehký materiál náchylný k tvorbě trhlin. Z důvodů těchto nedostatků byl vhodný pouze pro využití v konstrukcích namáhaných především tlakem ale vložením ocelové výztuže do tahové zóny, která má výrazně vyšší pevnost v tahu než beton, bylo možné využít i v ostatních konstrukcích.



Obr. 2.1.1 - Roznos ohybových napětí v železobetonovém průřezu [1].

Z normy ČSN EN 206 +A1 (732403) [2] je pro vzájemné spolupůsobení materiálů nutné zajistit dobrou soudržnost materiálů, blízké hodnoty tepelné roztažnosti a vzájemné snášenlivosti bez vzniku korozivních reakcí. Výztuž musí být řádně zakotvená a může být opatřena povrchovou úpravou pro zajištění soudržnosti betonu a výztuže. Hodnota tepelné roztažnosti oceli je $(10 \text{ až } 12) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ a betonu $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ čímž je zajištěno, aby nenastalo porušení soudržnosti od vlivů změn teploty. Výztuž musí být chráněna dostatečnou krycí vrstvou betonu, aby nepodléhala korozi způsobené okolními vlivy.

Při správném zabetonování výztuže se docílí stavu, kdy beton přenáší hlavně tlaková napětí a ocelová výztuž tahová napětí, a dále je bráněno smršťování betonu. V průřezu je uložena ocelová výztuž nosná a konstrukční, kdy konstrukční má hlavní funkci zachování tvaru průřezu a nosná přenáší napětí. Výztuž může být namáhána tlakem, tahem za ohybu, prostým tahem, smykem a kroucením. Nevýhodou železobetonu je jeho vysoká hmotnost, jež je snižována použitím vysokopevnostních betonů nebo předpjetím výztuže.

2.1.1 Předpjatý beton

Postupné zlepšování kvality betonů a oceli vedlo k vytvoření nové technologie předpjatého betonu. Základní charakteristikou této technologie je vnesení tlakových napětí do betonu v částech, kde by obvykle vznikala tahová napětí, čímž se výrazně zvýší únosnost konstrukce. Vlivem předpětí působí na konstrukci kombinace tlaku a ohybu obdobně jako je tomu u kleneb. Technologie předpjatého betonu se dělí na dva druhy, předem předpjatý beton a dodatečně předpjatý beton, přičemž každý z nich má své vlastní postupy výroby, jež ale v konečné fázi vedou k podobným výsledkům, což jsou omezení tahových napětí v betonu a snížení nutného objemu konstrukce. Při využití těchto technologií je třeba používat beton vysoké kvality a vysokopevnostní předpínací výztuž.

Při výrobě předem předpjatých betonových prvků se nejdříve napne a zakotví výztuž v čelech tuhé formy nebo v kotevních blocích a následně se zabetonuje. Po ztvrdnutí betonu se uvolní výztuž z kotev a vlivem soudržnosti betonu se do ní vnesou tlaková napětí. Při dodatečném předpínání se vybetonuje dílec, ve kterém se vytvoří soustava kanálků vložením ohebných trubek a až po ztvrdnutí betonu se do kanálků vloží předpínací výztuž, která se na jedné straně zakotví a na straně druhé je do ní pomocí napínacího lisu vneseno požadované napětí a tím dojde k zakotvení. Zbývající prostor v kanálkách se tlakově zainjektuje cementovou kaší kvůli ochraně proti korozi výztuže.



Obr. 2.1.2 – Výroba předem předpjatých stropních panelů Spiroll [3].

Předem předpjaté prvky se většinou používají pro stropní a střešní konstrukce, zatímco dodatečně předpjaté prvky jsou využívány hlavně v mostním stavitelství při provádění konstrukcí na velká rozpětí, která se navrhují dle normy ČSN EN 1992-2 (736208) [4].

Z materiálu *Stavební hmoty* [5] vyplývá, že jsou předpjaté konstrukce úsporné na spotřebu materiálu. Uvádí se, že oproti železobetonu lze dosáhnout úspory betonu 20 - 30 % a u oceli 50 - 70 % ale z hlediska ceny, kvůli specifickým technologickým vybavením a vysokým nárokům na kvalitu betonu a oceli, k úspoře nedojde, spíše naopak dojde k cenovému nárůstu.

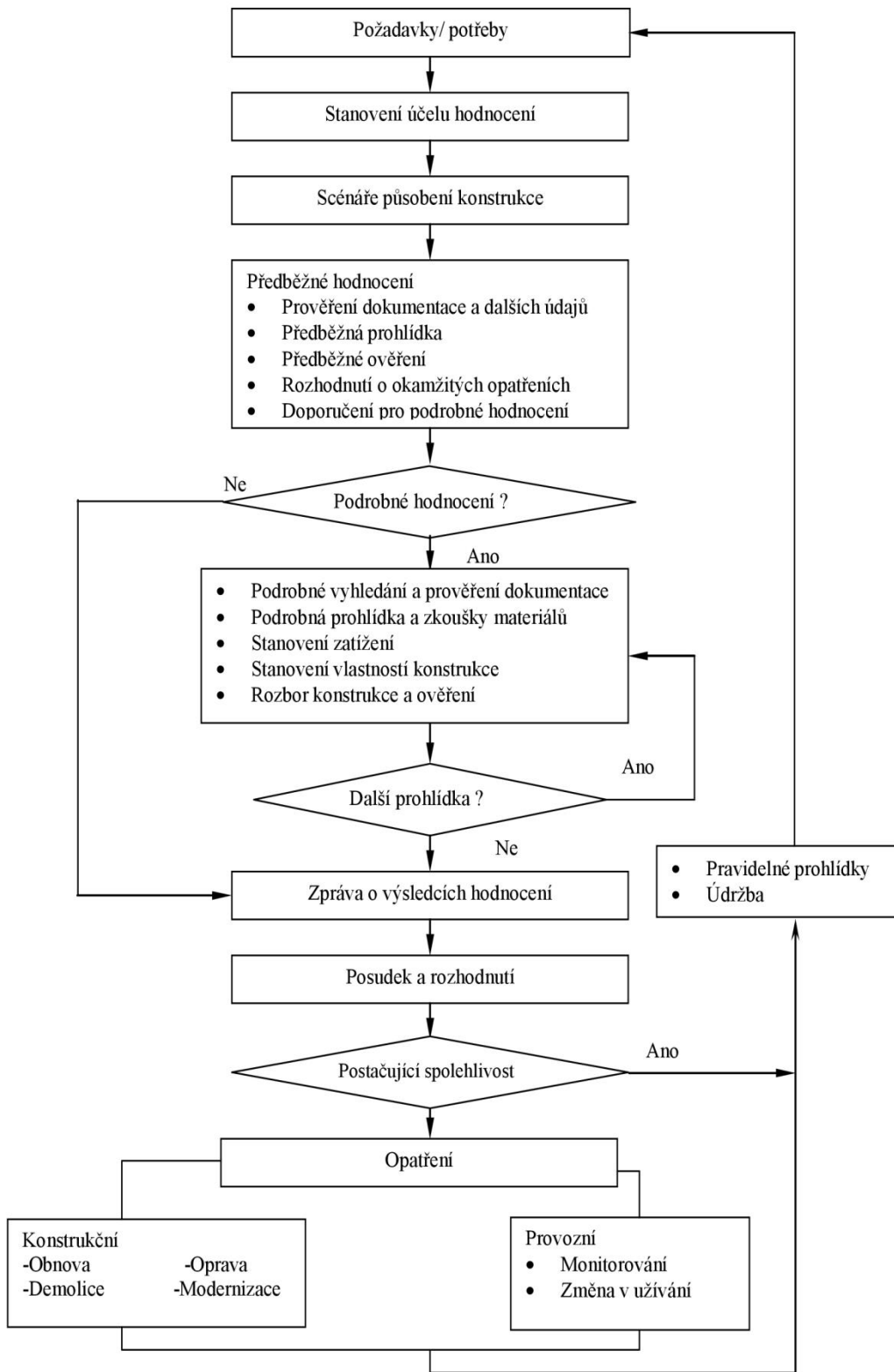
2.2 Stavebně-technické průzkumy konstrukcí

Úkolem stavebně technického průzkumu je odzkoušet a zhodnotit stav konstrukce z hlediska statického a může být zaměřen na celou konstrukci nebo její části. Je nutné přizpůsobit průzkum druhu plánovaných úprav, danému stavu a povaze objektu. Stavebně technický průzkum musí provádět pouze oprávněné osoby, a to autorizovaní inženýři v oboru zkoušení a diagnostika staveb nebo znalci v oboru stavebnictví – zkoušení a diagnostika staveb [6].

Stavebně technický průzkum se zpracovává do závěrečné zprávy, která je pro předběžný, podrobný nebo doplňující, či speciální stavebně technický průzkum. Předběžný stavebně technický průzkum je pro zadávací studie rekonstrukce nebo modernizace objektu. Podrobný stavebně technický průzkum je pro zpracování statických výpočtů a projektové dokumentace, doplňující a speciální stavebně technický průzkum je pro doplnění podrobného stavebně technického průzkumu nebo řešení změn z úprav při realizaci stavebních prací.

Závěrečná zpráva by měla vyčerpávajícím způsobem zhodnotit stav konstrukce a měla by obsahovat základní údaje o objektu, rozsah a zaměření průzkumu včetně prvních podkladů. Dále zhodnocení vodorovných svislých nosných konstrukcí, podrobné posouzení krovu a střešního pláště, zjištění a popsání vlhkostního režimu objektu, podrobný popis základových konstrukcí, zhodnocení podzákladí objektu a závěrečné zhodnocení stavu objektu s doporučením k provádění stavebních úprav.

Postupy při provádění stavebně technického průzkumu jsou uvedeny v normě ČSN ISO 13822 [7].



Obr. 2.2.1 – Vývojový diagram postupu hodnocení existujících konstrukcí [7].

2.3 Diagnostika železobetonu

Potřeba diagnostiky vychází z pochybností o kvalitě betonu či krytí výztuže, pochybnostech o bezpečnosti konstrukce a při přípravě rekonstrukce, přestavby nebo nástavby. Dále je-li vyžadována v projektové dokumentaci po určité době. Obecné postupy zjišťování vlastností železobetonových konstrukcí je nutné modifikovat pro konkrétní případ [6].

2.3.1 Zkoušené vlastnosti betonu

2.3.1.1 Stejnorodost betonu

Stejnorodost betonu je zcela zásadní pro pozdější posouzení a měla by se zjistit jako první. Jedná se o charakteristiku betonu, při které jsou rozdíly sledovaných vlastností tak malé, že je lze vyjádřit obvykle pouze pomocí průměrné hodnoty. Pro statistické hodnocení stejnorodosti betonu využíváme pevnost v tlaku či tahu, rychlost šíření impulzů ultrazvukového vlnění nebo objemovou hmotnost. Beton je stejnorodý je-li variační součinitel V_x a rozdíl Δ znaků zjištěných na přilehlých zkušebních místech menší než hodnoty uvedené v Tab. 2.3.1.

Tab 2.3.1 – Hodnoty max. variačního součinitele V_x a rozdílu na sousedních místech Δ [6].

Zkoušená vlastnost	Statistické hodnocení	Třída betonu			
		(B 12,5) C 8/10	(B 20) C 16/20	(B 30) C 25/30	(B 35 až 60) C 30/37
Pevnost v tlaku	V_x %	16	16	14	12
	Δ %	30	30	30	30
Pevnost v tahu	V_x %	22	20	18	16
	Δ %	40	40	40	40
Rychlost šíření	V_x %	4	4	3,5	3
Podél. UZ vln	Δ %	7,5	7,5	7,5	7,5
Objemová hmotnost	V_x %	2,5	2,5	2,5	2,5
	Δ %	4	4	4	4

Variační součinitel V_x v procentech se vypočte ze vztahu:
$$V_x = \frac{s_x}{m_x} \cdot 100$$

Kde s_x je výběrová směrodatná odchylka souboru hodnot a m_x je aritmetický průměr hodnot materiálové vlastnosti.

Zkoušet stejnorodost lze pouze v případě, že na povrchu konstrukce nejsou patrné viditelné vady a poruchy. Pokud dojde ke zjištění vrstevnatosti, lze hodnotit vrstevnatost pouze pro jednotlivé vrstvy.

2.3.1.2 Pevnost betonu

Při odhadu charakteristické pevnosti betonu se uplatňují statistické metody. Lze použít postupy pro určení pevnosti betonu dle normy ČSN 73 2011 [8] pro určení zaručené pevnosti betonu v tlaku, ČSN ISO 13822 [7] pro charakteristickou pevnost betonu v konstrukci a ČSN EN 13791 [9] pro pevnost betonu v konstrukci.

a) Zaručená pevnost betonu v tlaku podle ČSN 73 2011 [8]

Zaručená pevnost betonu v tlaku konstrukce nebo její části R_{bg} se vypočte ze vztahu:

$$R_{bg} = \overline{R_b} - \beta_n \cdot s_r$$

Kde β_n je součinitel odhadu 5% kvantilu dle Tab. 2.3.2. a $\overline{R_b}$ je aritmetický průměr pevností betonu vypočtený z pevností získaných na jednotlivých zkušebních místech.

Výběrová směrodatná odchylka s_r se vypočte ze vztahu:

$$s_r = \sqrt{s_x^2 - s_{rez,e}^2}$$

Kde s_x je výběrová směrodatná odchylka pevností určených nedestruktivními metodami a $s_{rez,e}$ je reziduální směrodatná odchylka, která je stanovena při tvorbě kalibračního vztahu nebo se uvažuje hodnotou 2,5 MPa. [6]

Tab 2.3.2 – Hodnoty součinitele odhadu 5% kvantilu β_n podle ČSN 73 201 [8]

Počet získaných výsledků	β_n	Počet získaných výsledků	β_n
6	1,98	20	1,71
7	1,90	25	1,69
8	1,86	30	1,68
9	1,83	40	1,66
12	1,77	50	1,64
15	1,74	Více než 50	1,64
Pro mezilehlé hodnoty se součinitel β_n získá interpolací podle přímky			

b) Charakteristická pevnost betonu v konstrukci podle ČSN ISO 13822 [7]

Charakteristickou pevnost betonu lze určit pomocí 3 až 6 zkoušek. Z výsledků zkoušek n dané materiálové vlastnosti se stanoví průměr m_x , směrodatná odchylka s_x a variační součinitel V_x podle vzorců:

$$m_x = \frac{\sum x_i}{n}; \quad s_x^2 = \frac{\sum (x_i - m_x)^2}{n-1}; \quad V_x = \frac{s_x}{m_x}$$

Za předpokladu normálního rozdělení se dolní 5% kvantil stanoví ze vztahu:

$$X_k = m_x(1 - k_n V_x)$$

Kde k_n je součinitel pro stanovení 5% kvantilu z tabulky 2.3.3

Tab 2.3.3 – tabulka součinitele k_n pro stanovení 5% kvantilu [6].

Počet n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
V_x známý	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
V_x neznámý	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Variační součinitel lze považovat v případě náznaků zkušeností získaných za stejných podmínek. Ačkoliv je v Tab. 2.3.3 možnost provedení jedné nebo dvou zkoušek, doporučuje se provést 3 až 6 zkoušek a v případě diagnostiky neznámé konstrukce nelze doporučit provádět méně zkoušek než 6, spíše naopak provádět počet větší [6].

c) Pevnost betonu v konstrukci podle ČSN EN 13791 [9]

Způsob stanovení pevnosti betonu v konstrukci podle normy [9] bude více využíván než předchozí způsob podle normy [7], kvůli většímu zaměření na stanovení pevnosti betonu. Tento návrh postupu požaduje co nejvyšší množství vývrtů, přičemž minimálně 3 vývrty musí být z každého jednotlivého prvku konstrukce. Charakteristická pevnost betonu v tlaku lze stanovit pomocí dvou postupů.

Postup A (nejméně 15 vývrtů)

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48s \qquad f_{ck,is} = f_{is,nejmenši} + 4$$

Kde $f_{ck,is}$ je charakteristická pevnost betonu v tlaku, $f_{m(n),is}$ je průměrná pevnost betonu v tlaku stanovená na počtu vývrtů, $f_{is,nejmenši}$ je nejmenší pevnost zjištěná na vývrtech a s je směrodatná odchylka pevností vývrtů menší než 2,0 N/mm². Platí vždy menší z výsledných hodnot a dále musí být ověřeno, zda se jedná o normální rozdělení. Jestliže nelze prokázat, zda má soubor výsledků normální rozdělení, je nutné provést nové hodnocení, např. rozdělením na více souborů.

Postup B (pro 3 až 14 vývrtů)

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k \qquad f_{ck,is} = f_{is,nejmenši} + 4$$

Kde k je krajní mez závislá na počtu vývrtů n podle Tab. 2.3.4

Tab 2.3.4 – Krajní mez k pro počet n vývrtů [6].

Počet n	k
10 až 14	5
7 až 9	6
3 až 6	7

Platí opět menší z výsledných hodnot. Je-li výsledek značně na straně bezpečnosti, je doporučeno odebrat více vývrtů pro ověření hodnocení. Norma [9] vyžaduje pro splnění požadavků pro projektovanou pevnost betonu na konstrukci 85 % charakteristické pevnosti dané třídy, zatímco norma [8] musí prokazovat plnou hodnotu charakteristické pevnosti dané třídy [6].

Tab 2.3.5 – Charakteristická (zaručená) pevnost betonu v tlaku v konstrukci [6].

ČSN EN 13791			ČSN 73 2011	
Pevnostní třída betonu	$f_{ck, is, cyl}$ [MPa]	$f_{ck, is, cube}$ [MPa]	Pevnostní třída betonu	$f_{ck, is, cube}$ [MPa]
C16/20	14	17	B 20	20
C20/25	17	21	B 25	25
C25/30	21	26	B 30	30
C30/37	26	31	B 40	40
C35/45	30	38	B 45	45
C40/50	34	43	B 50	50
C45/55	38	47	B 55	55
C50/60	43	51	B 60	60

2.3.1.3 Modul pružnosti betonu

Modul pružnosti vyjadřuje závislost mezi přetvořením a namáháním ztvrdlého betonu. Postupným zráním betonu se zvyšuje hodnota jeho modulu pružnosti a úzce souvisí s jeho složením. U betonu zabudovaného v konstrukci je obtížné zjistit hodnotu statického modulu pružnosti, proto se používá metoda měření dynamického modulu a jeho přepočítání na statický modul.

Vyhodnocení zkoušek modulu pružnosti je složité, jelikož v českých normách nejsou uvedena kritéria pro posouzení shody. Většina požadavků na modul pružnosti je založena na směrných průměrných hodnotách modulů pružnosti uvedených v ČSN EN 1992-1-1 [10].

Hodnoty statického modulu pružnosti se zjišťují na zkušebních tělesech ve tvaru válce nebo kvádru, která byla předem vyrobena ze zkušební směsi betonu, v případě, že beton už byl zabudován v konstrukci je nutno odebrat vzorky pomocí jádrových vývrtů, které zasahují do konstrukce, což není vždy možné. Pro stanovení dynamického modulu pružnosti se využívá ultrazvukové měření přímo na konstrukci [11].

- a) **Dynamický modul pružnosti podle norem ČSN 73 1371 [12], ČSN 73 1372 [13] a ČSN EN 12504-4 [14].**

Hodnotu dynamického modulu pružnosti v tlaku a tahu $E_{dyn,U}$ v N/mm² vypočteme z naměřené rychlosti šíření ultrazvukových impulsů.

$$E_{dyn,U} = D \cdot v_L^2 \cdot \frac{1}{k^2} \cdot 10^{-6}$$

Kde je D objemová hmotnost materiálu, v_L je rychlost šíření ultrazvukového impulzu a k je koeficient rozměrnosti prostředí.

Dynamický modul pružnosti z rezonančních frekvencí v N/mm² můžeme stanovit dvěma způsoby; pomocí podélného kmitání jako $E_{dyn,FL}$ a příčného kmitání jako $E_{dyn,FF}$.

$$E_{dyn,FL} = 4 \cdot L^2 \cdot f_L^2 \cdot D \qquad E_{dyn,FF} = 0,0789 \cdot c \cdot L^4 \cdot f_f^2 \cdot D \cdot i^{-2}$$

Kde f_L a f_f je vlastní frekvence podélného a příčného kmitání, L je délka vzorku, i je poloměr setrvačnosti průřezu a c je hodnota závislá na poměru i/L a Poissonově koeficientu.

- b) **Vzájemný poměr mezi statickými a dynamickými moduly podle ČSN 73 2011 [8]**

Statické moduly pružnosti vždy dosahují nižších hodnot než moduly dynamické. Při dostatečné znalosti vzájemných poměrů mezi hodnotami dynamických a statických modulů pružnosti lze využívat nedestruktivní dynamické metody pro zjištění obou hodnot modulů pružnosti. Norma [8] z roku 2012 obsahuje orientační hodnoty zmenšovacích součinitelů pro metody ultrazvuku κ_u a rezonance κ_r uvedené v Tab. 2.3.5.

Tab 2.3.6 – Hodnoty zmenšovacích součinitelů pro přepočtení dynamických modulů ultrazvukových (κ_u) a rezonančních (κ_r) na moduly statické [8].

Zmenš. souč.	C 8/10	C12/15	C16/20	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
κ_u	0,62	0,71	0,76	0,81	0,83	0,86	0,88	0,90
κ_r	0,81	0,86	0,88	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95

Je třeba brát na vědomí, že hodnoty uvedené v Tab. 2.3.5 byly stanoveny před 30 lety pro tehdejší betony, které byly vyráběny jinými metodami než ty dnešní. Skutečné hodnoty zmenšovacích součinitelů pro moderní betony tak budou nižší.

Kromě třídy betonu je poměr mezi statickými a dynamickými moduly pružnosti ovlivněn dalšími vlivy, konkrétně dobou zrání betonu, použitím hrubého kameniva, vliv vodního součinitele a jiné [11].

2.3.1.4 Objemová hmotnost betonu

Objemová hmotnost betonu nabývá rozličných hodnot. Výslednou hodnotu nejvíce ovlivňuje volba kameniva nebo speciální zpěňující přísady. Betony s objemovou hmotností menší než 1000 kg/m^3 jsou většinou využívány pro nenosné konstrukce a jako izolační vrstvy, protože mají lepší tepelně-izolační vlastnosti než běžný beton.

Norma [2] rozděluje betony podle objemové hmotnosti na lehké, běžné a těžké betony. Lehké betony mají objemovou hmotnost 800 kg/m^3 až 2000 kg/m^3 , běžné obvykle mají objemovou hmotnost mezi 2000 kg/m^3 až 2600 kg/m^3 a těžké s vysokou objemovou hmotností, větší než 2600 kg/m^3 , se nejčastěji používají pro stínící konstrukce.

Zkoušení objemové hmotnosti ztvrdlého betonu podle normy ČSN EN 12390-7 [15]

Objemová hmotnost ve vysušeném stavu definuje beton jako lehký, běžný a těžký. V případě, kdy je objemová hmotnost stanovena určenou hodnotou je přípustná tolerance $\pm 100 \text{ kg/m}^3$.

Stanovení hmotnosti m 3 způsoby:

„Jak bylo dodáno“ - zváží se těleso s přesností na 0,1 % hmotnosti tělesa, „nasyčeno vodou“ - těleso se ponoří do vody na 24 hodin, po vytažení z vody se otře povrch a zváží se a „vysušeno v sušárně“ - těleso se suší v sušárně do ustálené hmotnosti, nechá se vychladnout a následně se zváží.

Stanovení objemu V ponořením do vody:

Nádoba s vodou se zvedne tak, aby byl třmen bez učebního tělesa ponořen ve vodě, a zaznamená se hmotnost ponořeného třmenu m_{st} . Vzorek se uchytí do třmenu a nádoba s vodou se zvedne tak, aby bylo těleso ponořeno do vody, následně se zaznamená hmotnost ponořeného tělesa a třmenu $m_{st} + m_w$. Poté se těleso vyjme, z povrchu se otře voda a zváží se hmotnost tělesa na vzduchu m_a .

$$V = \frac{m_a - [(m_{st} + m_w) - m_{st}]}{\rho_w}$$

Kde ρ_w je hustota vody při 20°C .

Stanovení objemu V výpočtem ze změřených rozměrů v m^3 a zaokrouhlením na 4 významné číslice.

Stanovení objemu V , při použití objemů krychlí zhotovených v kalibrovaných formách, se vypočte z kontrolovaných zvolených rozměrů a zaokrouhlí se na 3 významné číslice.

Výpočet objemové hmotnosti ze vztahu $D = \frac{m}{V}$ se zaokrouhlí na nejbližších 10 kg/m^3 . Kde D je objemová hmotnost ztvrdlého betonu, m je hmotnost zkušební tělesa a V je objem zkušební tělesa [15].

2.3.1.5 Mrazuvzdornost a vodotěsnost betonu

a) Mrazuvzdornost betonu

Vyjadřuje odolnost stavebního materiálu proti střídání teplot a působení atmosférických vlivů s ohledem na funkčnost a použitelnost v dlouhodobém časovém intervalu. Zkouška této vlastnosti je časově velice náročná a má vysoké nároky na vybavení zkušební laboratoře.

Základní zkouškou je stanovení mrazuvzdornosti podle ČSN 73 1322 [16], další využívanou zkušební metodou je postup podle ČSN 73 1326 [17] a postup podle ČSN 73 1380 [18], který je v porovnání s normami [16] a [17] výrazně náročnější na postup a vybavení, a proto se běžně nepoužívá.

Stanovení mrazuvzdornosti betonu podle [16] je zkouška střídavého zmrazování a rozmrazování vodou nasycených betonových vzorků daným počtem cyklů, který je podle požadavků dán příslušnými normami, předpisy, či projektem. Jako zkušební vzorek lze použít pouze těleso, které dosáhlo doby zrání 28 dnů.

Zkušební vzorek z portlandského cementu, je před začátkem zmrazování uložen ve vlhkém prostředí aspoň 25 dní a 3 dny ve vodě. Cyklus zmrazování se skládá ze 4 hodin zmrazování při teplotě v rozmezí $-15^{\circ}C$ až $-20^{\circ}C$ pro betony vystavené teplotě do $-20^{\circ}C$, a v rozmezí $-18^{\circ}C$ až $-23^{\circ}C$ pro betony vystavené teplotě pod $-20^{\circ}C$ a 2 hodinám rozmrazování. Po každém zmrazování se vždy jedna sada vzorků zkouší, po otření a následném zjištění rozměrů a objemové hmotnosti, na pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku.

Výsledkem zkoušky pro každý cyklus zmrazování a celou zkoušku zmrazování je úbytek hmotnosti v procentech, pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku zmražených a porovnávacích vzorků a součinitel mrazuvzdornosti betonu.

Součinitel mrazuvzdornosti je poměr aritmetického průměru pevnosti zmrazovaných vzorků v tahu za ohybu a aritmetickému průměru pevnosti porovnávacích vzorků v tahu za ohybu. Beton je mrazuvzdorný na počet cyklů, při kterých součinitel mrazuvzdornosti není menší než 75 % [19].

b) Vodotěsnost betonu

Odolnost betonu proti působení tlakové vody je určena otevřenými kapilárami o velikosti větší než 10^{-7} m, kterými prochází voda působením tlakového gradientu. Mikropóry průchod vody neumožňují. Zkouška odolnost betonu proti působení tlakové vody je prováděna podle ČSN EN 12390-8 [20].

Stanovení hloubky průsaku tlakovou vodou se provádí na hranolových tělesech určité délky hrany nebo na vývrtech, přičemž se poměr mezi výškou a délkou hrany doporučuje větší než 0,5. Podobně jako u mrazuvzdornosti je třeba, aby byl zkoušen zralý beton po 28 dnech a před zahájením zkoušky musí být stanovena objemová hmotnost zkoušeného betonového vzorku.

Zkušební vzorek se upne do přístroje a zatíží tlakem vody, objeví-li se voda na opačné straně tělesa než je vystavena tlaku vody, tak se zaznamená a zvaží platnost výsledku. Po uplynutí stanovené doby působení tlaku vody se těleso v polovině rozlomí kolmo k povrchu, na který působil tlak vody. Výsledkem zkoušky je hodnota nejhlubšího průsaku vody s přesností na milimetr [21].



Obr. 2.3.1 – Zkušební stolice na zkoušky vodotěsnosti [22].

2.3.1.6 Vlhkost betonu

Výroba betonu se provádí mokrým procesem, to znamená, že se do konstrukce vnese značné množství vody a musí se čekat, až bude beton dostatečně suchý. Dosažení požadované vlhkosti vyžaduje určitý čas, ale vzhledem k dnešnímu trendu dokončit vše v nejkratší možné době, i za cenu nedodržování potřebných technologických přestávek, dochází k zanedbání kontroly požadované vlhkosti, což může mít špatný dopad na životnost konstrukce. Z tohoto důvodu by se neměla kontrola vlhkosti podceňovat. Nejčastěji používané jsou destruktivní metody - gravimetrická a karbidová, nedestruktivní metody – termografická, a lze použít i příložné vlhkoměry.

a) Destruktivní gravimetrická metoda

Obecně se jedná o nejnámější metodu zjišťování vlhkosti konstrukce. Postup této normy je uveden v normě ČSN EN ISO 12570 [23]. Vlhkost materiálů se stanovuje vysušením odebraného vzorku do ustálené hmotnosti. Vysoušení betonu probíhá v laboratoři při teplotě 105 ± 2 °C v co nejkratší době po odebrání vzorku. Ustálené hmotnosti je dosaženo v případě, pokud je změna hmotnosti mezi třemi následujícími váženími menší než 0,1 % celkové hmotnosti.

$$u = \frac{m - m_0}{m_0} [\%]$$

Kde m je hmotnost zkušební vzorku před vysušením a m_0 je hmotnost zkušební vzorku po vysušení. Vlhkost zjištěná touto metodou je udávána jako hmotnostní vlhkost a její výsledky mohou být ovlivněny sušením při velmi vysoké teplotě. Výhodou této metody je její vysoká přesnost oproti ostatním metodám.

b) Nedestruktivní metoda pomocí příložných vlhkoměrů

Měření těmito přístroji je založeno na kapacitním či impedančním měření. Přístroj stačí přiložit na konstrukci a je možné přímo odečíst naměřené hodnoty vlhkosti na displeji. Tímto způsobem můžeme změřit vlhkost konstrukce bez toho, abychom z ní museli odebírat vzorky, čímž bychom porušili povrch konstrukce. Naměřené hodnoty elektrické kapacity nebo impedance se přepočítávají na hodnotu obsahu hmotnostní vlhkosti betonu. Výhodou této metody je její jednoduchost a rychlost [24].



Obr. 2.3.2 – Příložený impedanční vlhkoměr Tramex CMExpert II [25].

2.3.1.7 Chemické vlastnosti betonu

Beton, jako silně zásaditý materiál, je napadán kyselými činidly, v závislosti na jejich koncentraci a skupenství je třeba přizpůsobit jeho složení. Návrh betonu podle agresivity prostředí je stanoven v normě [2].

a) Chemická koroze betonu

Agresivně působí plyny, vlhkost vzduchu, kapaliny a tuhé látky, které jsou vyluhovány kapalným prostředím. Koroze betonu lze rozdělit na tři typy. První typ je vyluhováním CaO z betonu ve formě $Ca(OH)_2$, který vzniká hydratací cementu, druhý typ jsou chemické látky obsažené v agresivním prostředí, které vytvářejí s hydratovanými minerály cementu rozpustné sloučeniny a třetí typ jsou agresivní činidla tvořící s hydratovanými minerály cementu novotvary se zvětšeným objemem.

Obecně nejslabším místem betonu je cementový kámen. Roztoky s $pH < 5,5$ jsou zřetelně agresivní a se snižujícím pH se agresivita zvyšuje. Proti alkalicky reagujícím látkám má beton z portlandského cementu dobrou odolnost, ale betony z hlinitanových cementů při působení 5% roztoků NaOH a roztoků vyšších koncentrací se rozpadají.

Chemická koroze se vyskytuje v oblastech, kde se beton setkává s agresivním vodním prostředím nebo agresivními látkami v ovzduší spolupůsobícími s vlhkostí vzduchu. Koroze betonu je závislá na pórovitosti, vodním součiniteli a zhutnění betonu.

b) Karbonatace betonu

Projev stárnutí betonu, jenž je napadán oxidem uhličitým z ovzduší. V průmyslových oblastech obvykle bývá násobně větší množství CO_2 , než v ostatních oblastech.

Vliv karbonatace postupně proniká z povrchu skrze otevřené póry do hloubky a začne korozivně napadat betonářskou výztuž. Vlivem karbonatace vzniká karbonát a dojde k značnému snížení pH betonu.

Karbonatace betonu je závislá na vodním součiniteli, hutnosti a pevnosti betonu a také na okolním prostředí betonu (zda je betonová konstrukce vystavená venkovním vlivům nebo je chráněná uvnitř budovy).

c) Výkvěty

Na pórovitých materiálech se objevují v případě, že obsahují rozpustné látky, vznikají chemickou korozí, či je materiál napaden roztokem solí.

Přenosem rozpustných látek směrem k povrchu přes póry a kapiláry dochází k přenosu vody vlivem vlhkostního spádu mezi vnitřkem materiálu a jeho povrchem, kde se odpaří voda a vykrystalizují rozpuštěné látky.

Jedná se spíše o estetickou vadu a běžně nemají vliv na fyzikálně-mechanické vlastnosti betonu. Podle druhu rozpustných látek je rozlišujeme na vápenné výkvěty způsobené $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a alkalické výkvěty způsobené rozpustnými alkalickými solemi. Vzniku vápenných výkvětů lze předejít pomocí použití těsnících příměsí a přísad, zabráněním vyschnutí betonu před dokončením hydratačních procesů, nebo minimalizací vlhkostního spádu či součinitele [21].

2.3.1.8 Vlastnosti povrchových vrstev betonu

Vlastnosti povrchových vrstev betonu zásadně ovlivňují trvanlivost betonu. Jedná se o zjištění transportních mechanismů tekutých a plyných látek probíhajících strukturou betonu. V současné době je pro popis a určení aktuálního stavu povrchových vrstev doporučena a používána řada destruktivních a nedestruktivních metod, ačkoli některé z nich mohou být použity pouze v laboratořích a nemají žádnou náhradu pro měření in situ. Současné metody pro stanovení vlastností povrchových vrstev jsou metody pro stanovení propustnosti vody a plynů, nebo metody pro určení odolnosti betonu vůči agresivním látkám.

a) Stanovení vzduchové propustnosti metodou TPT

Přístroj na zkoušení permeability TORRENT je měřicí přístroj, který je vhodný pro nedestruktivní stanovení vzduchové nepropustnosti krycí vrstvy betonu. Princip stanovení vzduchové propustnosti spočívá ve vytvoření vakua u povrchu betonu a následné měření průtoku vzduchu betonem do měřicího zařízení během daného časového úseku. Na základě stanoveného teoretického modelu a měření průtoku vzduchu lze vypočítat koeficient permeability k_T . Nejpodstatnější faktor ovlivňující permeabilitu betonu je vlhkost uzavřená ve vnitřní struktuře betonu. Přístroj TPT vyrábí švýcarská firma Proceq a na základě rozsáhlého měření, které provedl vynálezce přístroje R. Torrent, výrobce uvádí klasifikaci krycí vrstvy betonu z hlediska trvanlivosti do třídy kvality podle Tab. 2.3.7.

Tab 2.3.7 – Třídy kvality krycích vrstev betonu [6].

Kvalita krycí vrstvy betonu	Index	$k_T [x 10^{-16} m^2]$
velmi špatná	5	>10
špatná	4	1,0 - 10
střední	3	0,1 - 1,0
dobrá	2	0,01 - 0,1
velmi dobrá	1	<0,01

b) Stanovení vodní propustnosti metodou GWT

Pro stanovení propustnosti vody povrchových vrstev betonu vyrábí dánská firma Germann Instruments přístroj GWT. Tato metoda pracuje na principu měření rychlosti průtoku tlakové vody strukturou povrchové vrstvy v čase. Z doby průtoku a objemu cementového tmele k objemu betonu se z Darcyho zákona vypočítá součinitel propustnosti betonu k_{LD} a následně součinitel vnitřní propustnosti k_1 . Tato hodnota je jedno ze základních kritérií pro posouzení trvanlivosti betonu. Výhodou této metody je možnost použití v laboratoři nebo in situ, poměrně rychlé měření a možnost měřit ve vodorovném nebo svislém směru. Nevýhodou je dlouhá přípravná fáze před samotným měřením, nezbytné stanovení aktuální vlhkosti měřeného povrchu, a že slouží ke zjištění lokálních mikrotrhlin a porosity betonového povrchu [6].

2.3.2 Zkoušené vlastnosti ocelové výztuže

2.3.2.1 Množství a uložení výztuže, krytí výztuže

Ve stavebnictví se často setkáváme s nutností nalezení a lokalizace betonářské výztuže. Běžně je nutné najít výztuž v případech, kdy se ztratila projektová dokumentace objektu, je třeba v konstrukci vyvrtat prostupy nebo odebrat vzorky, ověřit zda se jedná o železobeton a zda byla výztuž uložena dle projektové dokumentace.

Nejčastěji používanou metodou pro zjištění výztuže jsou elektromagnetické indikátory výztuže, ačkoliv i tyto metody mají svá omezení jako je třeba omezený dosah přístrojů, ovlivnění výsledků vlivem sousedních výztuží a blízkost silných elektromagnetických polí.

a) Zjištění polohy výztuže pomocí elektromagnetických indikátorů výztuže

Rozpoznání přítomnosti výztuže v betonové konstrukci a její průběh bez ohledu na druh oceli, průměr a krytí výztuže. Při měření je třeba posouvat sondu po líci vyšetřované konstrukce a hledá se maximum ukazatele měření. Poloha výztuže se zakreslí přímo na konstrukci nebo přilepenou folii. První se hledá výztuž, která je blíže k povrchu konstrukce, obvykle se jedná o třmínky, a poté se hledají ostatní výztuže.

b) Zjištění tloušťky krycí vrstvy pomocí elektromagnetických indikátorů výztuže

Pro měření je třeba zjistit, zda jsou v blízkosti prutu další pruty, které by mohly ovlivnit výsledky měření. Pro přesné měření je třeba znát průměr výztuže, který můžeme nedestruktivně změřit nebo odhadnout. U starších přístrojů je z naměřených ukazatelů třeba, pomocí kalibračních vztahů, vypočítat hodnotu krytí, ale u modernějších přístrojů je po zadání průměru výztuže výstup měření přímo hodnota krytí.

c) Odhad průměru výztuže pomocí elektromagnetických indikátorů výztuže

U starších přístrojů se odhad průměru prováděl dvojím měřením pomocí vložené destičky, ale moderní přístroje už běžně bývají vybaveny průměrovou sondou. Pro dostatečně přesný odhad průměru pomocí měření průměru výztuže je nutné, aby byla dodržena potřebná vzdálenost sousedních výztuží v obou směrech [6].

Další metodou, která je užívána pro zjištění výztuže, je radiografie, jenž je obvykle používána v případě hustě vyztužených železobetonových konstrukcích. Tato metoda má výhodu oproti elektromagnetickým indikátorům v dosahu měření, schopnosti zjištění polohy výztuží položených těsně vedle sebe, nebo v několika vrstvách nad sebou. Tato metoda využívá záření γ ze zdroje Co60 a následné zeslabení záření v závislosti na objemové hmotnosti materiálu a prozařované tloušťce. Vzhledem k velkému rozdílu hustoty oceli a objemové hmotnosti

betonu je možné na záznamovém médiu zobrazit veškerou výztuž a při prozáření z více ohnisek vyhodnotit polohu výztuže.

Poslední nedestruktivní metodou je použití georadaru, což je metoda, která umožňuje zjištění polohy výztuže v hustě vyztužených konstrukcích, je relativně snadno dostupná oproti radiografii, ale její nevýhodou je nutnost doplnění průzkumu o další metodu pro zjištění průměrů výztuže. Vysíláním vysokofrekvenčních elektromagnetických pulzů do materiálu a následnou detekcí jejich odrazů na nehomogenitách v prostředí je možná vizualizace výsledků měření bez závislosti na přítomnosti další výztuže blíže k povrchu.

Destruktivní metoda pro zjištění množství a uložení výztuže je metoda sekaných sond, která je velmi nenáročná na technologii, ale je vhodné si pro přípravu sekaných sond předem zjistit polohu výztuže pomocí jiných metod a následně pro podrobné zkoumání provést sekanou sondu. Nelze ji však vždy použít, a to kvůli narušení povrchu konstrukce, což může být v některých případech nepřijatelné.

2.3.2.2 Koroze výztuže

V železobetonu je povrch ocelové výztuže obalen cementovým kamenem, jehož pórová voda obsahuje nasycený roztok Ca(OH)_2 . Vysoká alkalita zajišťuje pasivitu povrchu oceli s ochrannou vrstvou pokud není přítomen vliv jiných agresivních iontů. Koroze nastává snížením koncentrace iontů OH, nebo působením chloridových iontů. Pro korozi oceli je nutná přítomnost vody. Možné volby opatření pro snížení možnosti koroze oceli jsou snížení pórovitosti betonu, snížení vodního součinitele, návrh dostatečné tloušťky krycí vrstvy betonu, nebo omezení vzniku trhlinek širších jak 0,1 mm a zamezení snižování hodnoty pH na povrchu oceli [21].

2.3.3 Vybrané NDT metody a přístroje pro jejich aplikaci

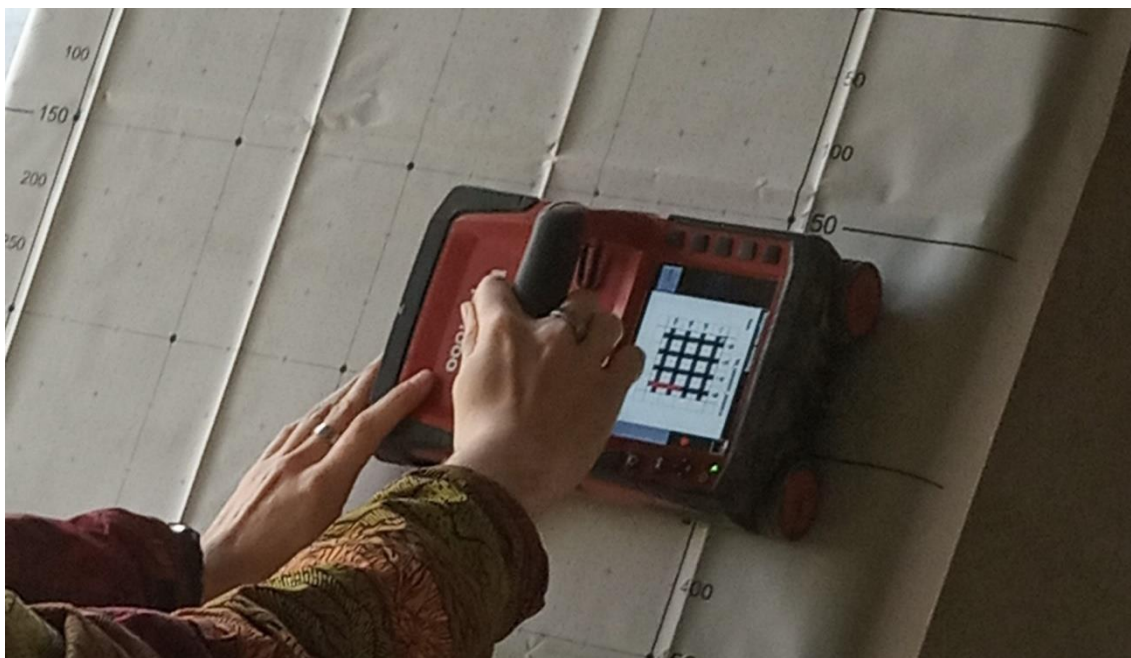
Nedestruktivní diagnostické metody nepoškodí povrch zkoumané konstrukce, ačkoliv některé tvrdoměrné metody naruší povrch vtiskem, vrypem nebo zbroušením. Pro zjišťování dříve zmíněných vlastností železobetonových konstrukcí se nejčastěji používají následující nedestruktivní metody a přístroje pro jejich měření.

2.3.3.1 Georadar Hilti PS1000

Metoda georadaru je založená na vysílání vysokofrekvenčních elektromagnetických pulzů do prostředí a následnou registrací odrazů od překážek. Přístroj PS1000 od firmy Hilti způsobil zásadní přelom ve využívání georadaru pro stavebně-technické průzkumy.

Software a konstrukce zařízení jsou speciálně určeny pro zkoumání železobetonu s předpokladem určení polohy ocelové výztuže a dalších nehomogenit v betonové konstrukci. Oproti běžně používaným georadarům je tento přístroj relativně malý. Je osazen trojicí antén pro přesné určení polohy několika objektů ležících nad nebo za sebou.

Na volbě vysílání frekvencí závisí hloubkový dosah přístroje a minimální velikost detekovaného objektu. Výrobce zvolil frekvenci umožňující detekci objektů s přesností ± 10 mm pro určení hloubky a lokalizaci do hloubky 300 mm. Přesnost přístroje pro určení hloubky a jeho dosah mohou být ovlivněny vlastnostmi betonu.



Obr. 2.3.3 – Georadar Hilti PS1000 při pořizování plošného skenu pomocí rastru 600 x 600 mm.

Pohybem koleček přístroje je zaznamenáván jeho pohyb po povrchu konstrukce a software přístroje vykresluje polohy zachycených objektů na displeji, nebo případně později na počítači pomocí programu *Hilti PROFIS PS1000* ve 2D zobrazení půdorysu a dvou na sebe kolmých řezů, nebo rovnou ve 3D zobrazení zjištěných objektů v části konstrukce.

V praxi jsou využívány plošné skeny, kdy se pohybuje přístrojem ve dvou směrech na předem připraveném rastru, o rozměrech 600 x 600 mm nebo 1200 x 1200 mm, anebo liniové skeny, při kterých se přístrojem pohybuje pouze v jednom směru. Nevýhodou metody georadaru je potřeba určení průměru lokalizované výztuže pomocí alternativní zkušební metody [26].

2.3.3.2 Proceq GPR Live

O radaru od společnosti Proceq se říká, že je začátkem nové éry nedestruktivního zkušebnictví. Patentovaná ultra-širokopásmová technologie v kombinaci s bezdrátovou sondou připojitelnou k iPadu od společnosti Apple, přináší značné výhody v možnosti čistého a vysokého rozlišení zobrazení objektů v betonu. Jedná se o první přístroj na světě, jenž využívá rozšířené reality v průmyslových aplikacích.

Proceq GPR Live umožňuje detekovat vlastnosti různých typů a velikostí s bezkonkurenční hloubkou průniku. Tento přístroj je založen na podobném principu jako georadar Hilti PS1000, ale oproti předchozímu má tento radar výrazně větší dosah, jenž je 700 mm. Bezdrátová sonda je zabudovaná do lehkého, ale velmi odolného pouzdra a pracuje s klasickými dobíjecími bateriemi AA, což umožňuje snadnou výměnu baterii kdekoli na světě.



Obr. 2.3.4 – Proceq GPR Live na teleskopické tyči propojený s iPadem pro zobrazení měření [27].

Možným doplňkem pro pohodlnější manipulaci s přístrojem během měření je teleskopická tyč, kterou se georadar uchytí a lze na ni připevnit i iPad. Pro zpracování výsledků měření je lze nahrát do počítače a zpracovat pomocí programu od výrobce [28].

2.3.3.3 Elektromagnetické indikátory – Profometer PM-630

Existuje velké množství elektromagnetických indikátorů v závislosti na požadované přesnosti přístroje. Mezi nejlepší elektromagnetické indikátory patří profometer PM-630 od společnosti Proceq, který se využívá pro zjištění polohy, průměru a krytí betonářských výztuží pomocí technologie indukce elektromagnetického impulsu.

Cívky vložené do sondy se pravidelně nabíjí proudovými impulzy a vytváří magnetické pole, které na povrchu elektricky vodivého materiálu vytvářejí vířivé proudy. Tyto proudy indukují magnetické pole v opačném směru, což nám umožňuje lokalizaci výztuže pomocí zpracování signálů. Nevodivé materiály, jako je beton, nemají žádný vliv na výsledky. Přítomnost vodivých materiálů v dosahu magnetického pole zkresluje výsledky.



Obr. 2.3.5 – Profometer PM-630 od společnosti Proceq se zobrazením průběhu měření výztuže.

Pro pozdější zpracování výsledků na počítači je k dispozici software od výrobce *Profometer Link* [29], ale profometr umožňuje zpracování a analýzu naměřených dat přímo na místě pomocí zabudovaného displeje. Sonda přístroje je osazena na odnímatelném vozíku s kolečky pro určování vzdálenosti výztuží. Polohový senzor zaznamenává horizontální či vertikální orientaci sondy [30].

2.3.3.4 Ultrazvuková impulzní metoda – Pundit PL-200

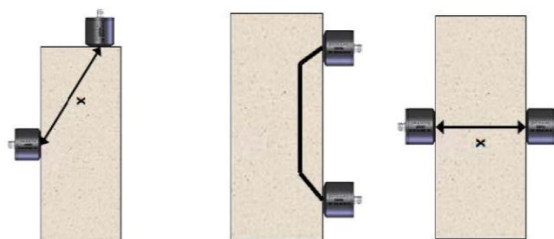
Hlavní výhody ultrazvukové metody jsou, že se jedná o čistě nedestruktivní zkoušení, možnost šíření i relativně silným prvkem a možnost opakování měření na prvcích konstrukce. Nevýhodou ultrazvukové metody je relativní obtížnost defektoskopie poruch a závislost na druhu použitého přístroje. Pundit PL-200 od společnosti Proceq je v dnešní době považován za jeden z nejlepších přístrojů pro ultrazvukovou metodu.

Způsoby měření jsou tři, přičemž nejpřesnější je přímá metoda prozvučování, další jsou polopřímé a nepřímé metody prozvučování. Využívá se pro měření pevnosti v tlaku, modulu pružnosti nebo pro zjištění přítomnosti trhlin a dutin v betonu.

Při měření doby průchodu impulzů betonem je třeba znát délku měřicí základny pro vypočtení rychlosti šíření ultrazvukového vlnění, které závisí na kvalitě zkoušeného betonu.



Obr. 2.3.6 – Pundit PL-200 [31].



Obr. 2.3.7 – přímá, nepřímá a polopřímá metoda prozvučování [32]

Pro pozdější zpracování měření pomocí přístroje Pundit PL-200 na počítači je na stránkách výrobce k dispozici software *PL-link*, kam lze importovat výsledky měření [32].

2.3.4 Semidestruktivní metody

Při provádění semidestruktivních metod dochází k částečnému poškození konstrukce vývrty, zbrúšením nebo odtrhy, v závislosti na prováděné zkoušce.

2.3.4.1 Jádrové vývrty

Odebírají se většinou válcové vzorky ze zkoušené konstrukce ke stanovení vlastností betonu v době průzkumu, vývrty se provádí pomocí vrtačky se speciálními dutými válci s diamantovými nebo tvrdokovovými břity na spodní straně vrtáku. Vrtačka je uchycena ve speciálním držáku pro vrtání ve svislém, šikmém nebo vodorovném směru. Je třeba při vrtání ochlazovat břity vrtáku pomocí vody. Běžně používané průměry vrtáku jsou 25, 50, 100 a 150 mm, nebo mezilehlé průměry.



Obr. 2.3.8 – Vodorovné jádrové vrtání diamantovou korunkou [33].

Vrt se provádí podle účelu zkoušky do nutné hloubky, následně se vrták vyjme a jádrový vývrt opatrně vylomí z vývrtu. Dále se vývrt pomocí diamantové pily seřízne na požadovanou délku, obě plochy se jemně zbrúsí a zkontroluje se rovnoběžnost obou tlačných ploch. Vývrty o průměru 50, 100 a 150 mm se běžně využívají pro zjištění pevnosti v tlaku. Vývrty o průměru 25 mm se používají pro stanovení propustnosti kapalin a plynů, nebo případně pro zjištění hloubky karbonatace betonu.

Jádrové vývrty jsou velice důležitou metodou pro upřesnění materiálových charakteristik stanovených pomocí nedestruktivních zkoušek [34].

2.3.4.2 Odtrhové zkoušky

Odtrhové zkoušky se používají pro stanovení pevnosti v tahu povrchových a podpovrchových vrstev betonu, nebo pro zjištění přídržnosti povrchových vrstev na nosném podkladu. Je možné provést odtrhy do větších hloubek od povrchu v závislosti na požadavcích zkoušky. Na povrch betonu se přilepí terč o průměru 50 mm a výšce 30 mm z oceli, případně z lehkých slitin. Pro zkoušku povrchových a podpovrchových vrstev betonu je třeba jádrovým vrtákem navrtat beton do požadované hloubky, poté se přilepí terč, jenž se uchytí do trhacího stroje, který po zatvrdnutí lepidla provede zkoušku.

Do skupiny odtrhových zkoušek řadíme dále zkoušky vytrhávací a metodu vylamovací. Každá z metod má své kalibrační vztahy pro výpočet pevnosti v tahu [34].

2.3.4.3 Další používané semidestruktivní metody

Další semidestruktivní zkoušky se používají pro stanovení pevnosti betonu v tlaku pomocí tvrdoměrných metod, nebo je používána metoda plochých lisů pro stanovení napjatosti ve zdivu a vrtací zkouška pro stanovení pevnosti malty [34].

2.3.5 Destruktivní metody

Běžně používaná destruktivní metoda, která se uplatňuje hlavně jako zpřesňující k metodám GPR nebo elektromagnetickým indikátorům, je metoda sekaných sond. Jejich hlavní nevýhodou představuje nutnost zásahu do konstrukce a následné riziko negativních vlivů v případě nedokonale provedené konečné povrchové úpravy v místě sondy a u nových objektů obvykle není povolen jakýkoliv zásah do konstrukce. Výhodou sekaných sond je velice přesné zhodnocení výztuže po odstranění krycí vrstvy a relativně nízká cena.

Metoda se provádí mechanickým odstraněním krycí vrstvy betonu a odhalením výztuže. Pomocí následné vizuální prohlídky jsme schopni stanovit množství, tvar a krycí vrstvu výztuže. Při použití roztoku fenolftaleinu jsme také schopni zjistit míru karbonatace. Po zjištění všech hledaných charakteristik je nutné pomocí sanačního betonu místo sondy opravit.

2.4 Diagnostika předpjatého betonu

Na území České republiky se aktuálně nachází velké množství předpjatých konstrukcí. V současnosti s ohledem na diagnostiku s účelem stanovení životnosti se jedná hlavně o mosty z prefabrikovaných předpjatých nosníků nebo předpjatých monolitických desek. Vzhledem k nedávným haváriím předpjatých mostních konstrukcí, jakými byly havárie lávky pro pěší v Praze - Trója nebo ze zahraničí havárie Morandiho mostu v Janově, se upnula mimořádná pozornost ke stavebně technickým průzkumům mostních konstrukcí z předpjatého betonu s cílem stanovit technický stav a odhadnout zbytkovou životnost konstrukce.

Pro stanovení celkového stavu, životnosti a vlastností předpjaté konstrukce je důležité zjištění stavu předpínací výztuže uložené v kabelových kanálech. Ochrana výztuže před korozi je závislá na správném zainjektování kabelového kanálu vhodnou injektážní směsí, a proto je v rámci průzkumů předpjatých konstrukcí nutné věnovat mimořádnou pozornost vzniklé korozi předpínací výztuže a správnému zainjektování kabelových kanálů. Vadu, jakou je absence injektážní směsi, je nutné neprodleně odstranit pro snížení budoucích rizik. U předpjatých konstrukcí je hlavním parametrem stav předpínací výztuže, ale je nutné zjistit i ostatní parametry, jako jsou vlastnosti betonu nebo měkké výztuže. Diagnostika stavu předpínací výztuže se dá rozdělit do dvou jednotlivých fází, v první fázi jde o přesné určení průběhu předpínacích drátů či kabelů a následně, ve fázi druhé, je třeba zjistit stav a přítomnost injektážní směsi [35].

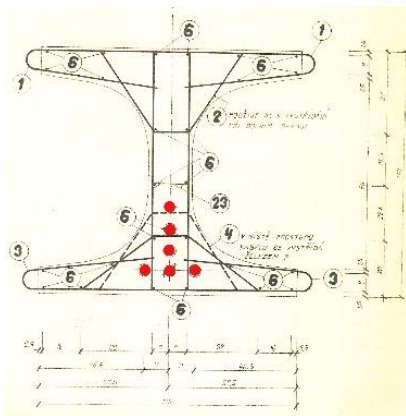
2.4.1 Metody pro stanovení polohy předpínací výztuže v konstrukci

Ačkoliv je poloha předpínací výztuže předpjatých konstrukcí uvedena ve výrobní dokumentaci, je třeba uvažovat jisté disproporce, které vznikly během výroby, a proto je určení skutečné polohy a průběhu předpínacích kabelů rozumným prvním krokem pro stanovení stavu předpínací výztuže. Pro zjištění polohy a průběhu kabelů můžeme běžně použít čtyři základní metody pro stanovení polohy výztuže v betonu.

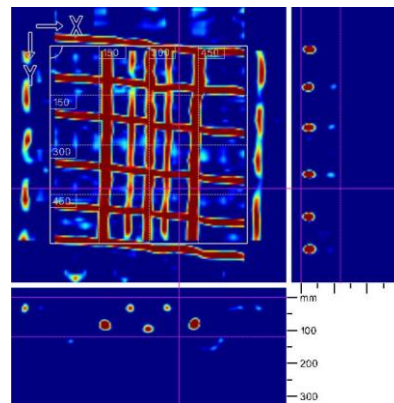
Jako první se nám nabízí metoda sekaných sond, ale vzhledem k její destruktivní podstatě a nutnosti velkého počtu sond pro zjištění průběhu, je tato metoda považována za zcela nevhodnou.

Další metodou jsou elektromagnetické indikátory výztuže, ale vzhledem k relativně malému dosahu a nepřesnosti způsobené vlivem malé vzdálenosti mezi výztužemi u obecně složitě vyztužených předpjatých konstrukcí, má tato metoda velmi omezené využití.

Metoda georadaru s nástupem moderních radarů Hilti PS1000 a Proceq GPR live, které mají výrazně větší dosah než elektromagnetické indikátory a nezávislost na další výztuži v konstrukci, se ukázala jako vhodná. Pro stanovení polohy předpínacích kabelů je možné provádět liniové nebo plošné měření a u obou zařízení je možné transformovat výsledky pro 3D zobrazení, avšak i tato metoda má své nevýhody, kterými jsou nutnost měření na rovném povrchu a minimální rozměr měřené plochy. Tyto nedostatky vedou k neschopnosti určení vyztužení na nepřístupných oblastech konstrukce či průřezech složitého tvaru, který mohou mít některé prefabrikované mostní objekty.



Obr. 2.4.1 – typový výkres nosníku I [35]



Obr. 2.4.2 – Plošný sken spodního líce nosníku [35]

Poslední použitelnou metodou je radiografie, která využívá záření γ pro prozáření konstrukce na výstupní medium. Je to velice účinná metoda pro zjištění polohy výztuže, ale vzhledem relativně malé prozkoumávané ploše, náročným požadavkům na průběh měření a omezené dostupnosti, je použití této metody diskutabilní [35].

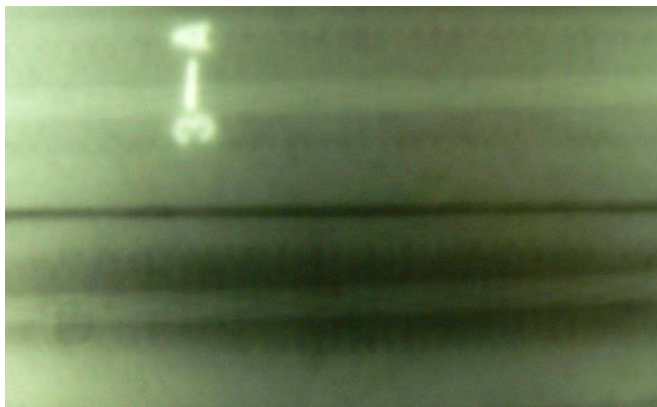
2.4.2 Metody stanovení stavu zainjektování kanálů a stavu kabelů

Standardní metodou je v současnosti vizuální kontrola, která se provádí navrtáním k okraji kabelového kanálu a po vylomení vývrtu opatrným příklepovým dovtáním, aby nebyl poškozen kabel. Následně jsme schopni určit korozi kabelu, stav injektáže a karbonatace injektážní směsí. Mezi hlavní nevýhody patří riziko poškození kabelu a skutečnost, že se jedná o bodové zjištění stavu konstrukce.



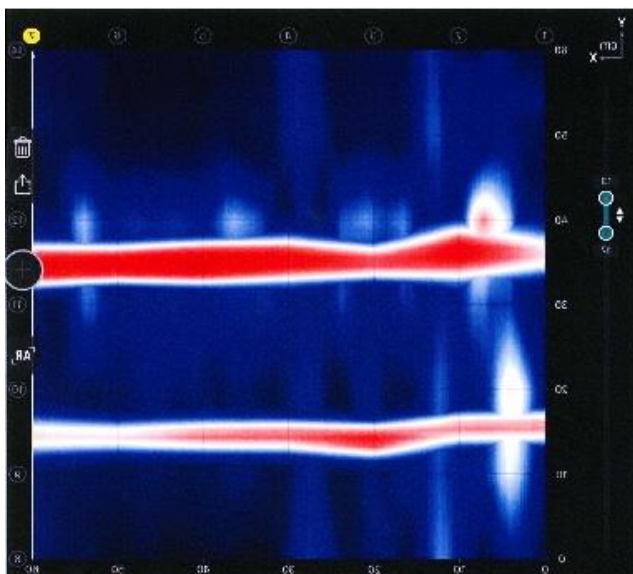
Obr. 2.4.3 – Návrť k ocelové chráničce a průřez chráničky ke kabelu [35].

Jako alternativu vizuální kontroly lze použít radiografii, která při vhodné konfiguraci prozařování umožňuje zjištění injektáže bez narušení kabelového kanálu. Bohužel, tuto metodu nikdo v České republice neprovozuje a stejně jako v případě zjišťování polohy se jedná o lokální měření.



Obr. 2.4.4 – Gamagram modelu předpjaté konstrukce [35].

Při využití současných technologií lze provádět diagnostiku stavu předpínací výztuže jen ve značně omezeném rozsahu a pouze bodově. V současné době dochází k rozvoji nových diagnostických metod a přístrojů, jako jsou radar Proceq GPR live a ultrazvukový odrazový přístroj Proceq Pundit PL-200 PE, které pravděpodobně bude možné použít pro diagnostiku předpínací výztuže. Na základě předběžných výsledků měření v areálu Fakulty stavební VUT v Brně provedených přístroji od společnosti Proceq, se naznačila možnost dalšího vývoje pro vhodné využití při diagnostice předpínací výztuže, což nám umožní získat relevantnější obraz o stavu a životnosti konstrukce [35].



Obr. 2.4.5 – Záznam plošného skenu radarem Proceq GPR Live [35].

3. Praktická část

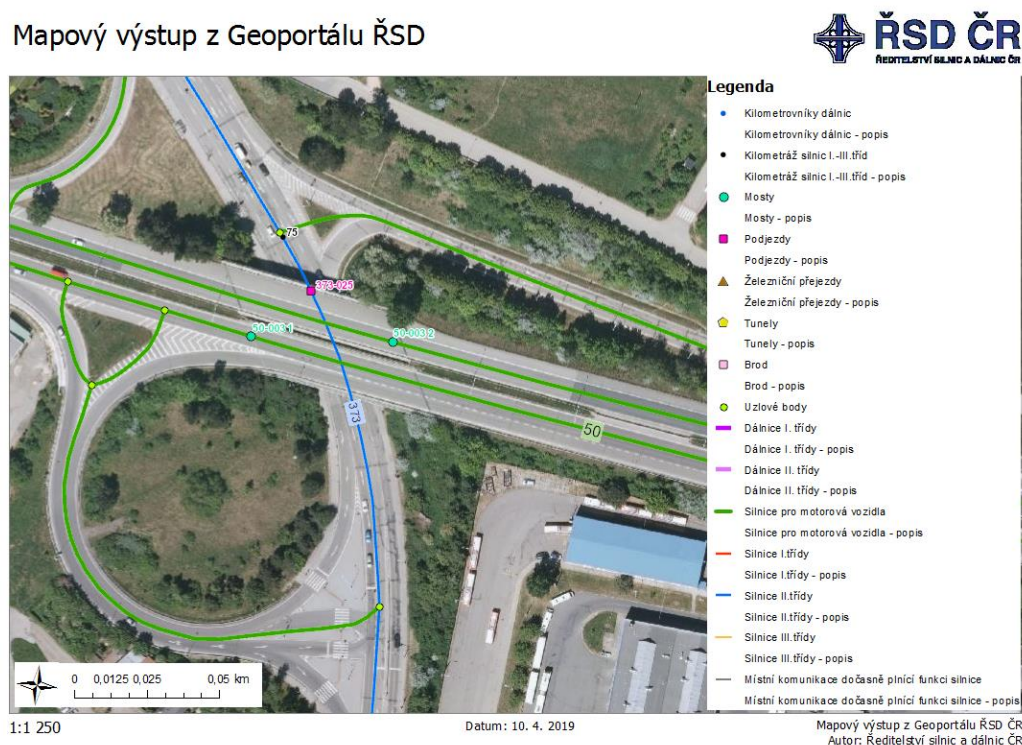
3.1 Úvod a popis objektu

Na základě požadavků objednatele bylo cílem průzkumu ověření polohy detekovatelné výztuže na vybraných mostních konstrukcích. Důvodem k zadání tohoto průzkumu byly pochybnosti o zcela totožném průběhu kabelů ve všech prvcích mostů. Vlastní průzkum byl poté proveden ve spolupráci s pracovníky objednatele.

3.1.1 Umístění objektu

Stavebně-technický průzkum byl prováděn na dvou mostních objektech s totožnou projektovou dokumentací na komunikaci 50 – Ostravská přes komunikaci 373 – Bělohorská, označené evidenčními čísly 50-003..1 a 50-003..2, v městské části Brno-Slatina.

Mapový výstup z Geoportálu ŘSD



Obr. 3.1.1 – Situace mostu z Geoportálu ŘSD [36]

3.1.2 Popis objektu

Konstrukce jednoho mostu se skládá ze sedmi nosníků z předpjatého betonu a čtrnácti šikmých vzpěr ze železobetonu. Na nosnících jsou jasně viditelné vady, způsobené průsakem vody, jež se nejvíce projevují na fasádních nosnících odtržením sanační vrstvy. Toto je pravděpodobně jeden z důvodů, proč je nutné zjistit stav předpínací výztuže konstrukce. Pro zjištění stavu předpínací výztuže je nutné nejdříve ověřit polohu a průběh výztuže, což je cílem tohoto průzkumu.



Obr. 3.1.2 – Odtržení sanační vrstvy na fasádním nosníku.



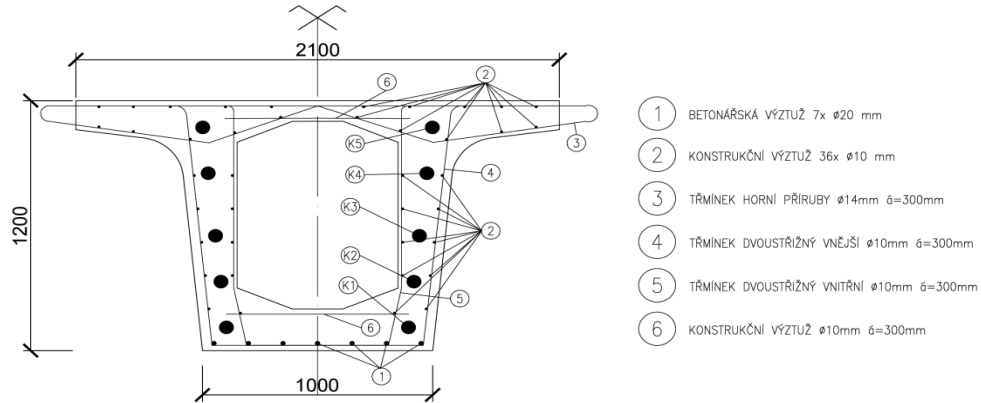
Obr. 3.1.3 – Provizorní opatření pro zajištění bezpečnosti provozu na komunikaci.

3.1.3 Nosné prvky mostních objektů

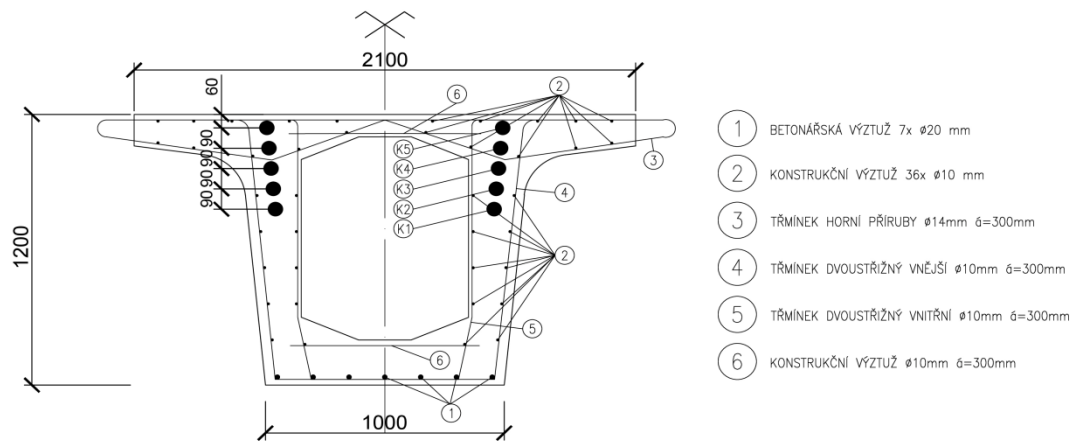
Množství výztuže a krycí vrstvy nosníků podle projektové dokumentace:

Krytí spodního líce: 30 mm

Krytí bočního líce: 20 mm



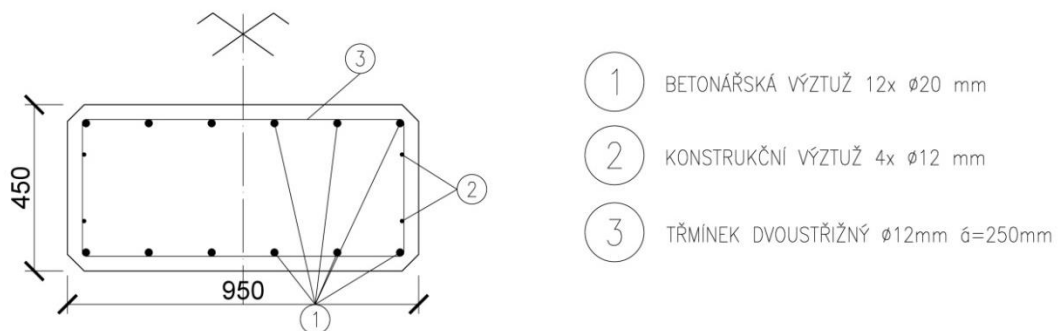
Obr. 3.1.4 – Schéma vyztužení nosníku v krajním poli blízko krajní opěry.



Obr. 3.1.5 – Schéma vyztužení nosníku ve 2. poli blízko podpěry.

Množství výztuže a krycí vrstvy šikmých vzpěr podle projektové dokumentace:

Krytí: 40 mm



Obr. 3.1.6 – Schéma vyztužení vzpěry v 2. oblasti třmíneků.

3.1.4 Rozmístění sond

Výběr jednotlivých míst pro měření a následné sondy byl proveden podle požadavků objednatele a ve zkoumané konstrukci byly provedeny následující zkoušky:

Sondy na 50-003..1

Sonda 1S1 – situována na 6. vnitřní mezilehlé podpěře (šikmé vzpěře) na Brněnské straně mostu.

Sonda 1S2 – situována na 7. fasádní mezilehlé podpěře (šikmé vzpěře) na Brněnské straně mostu.

Sonda 1S3 – situována na 1. fasádní mezilehlé podpěře (šikmé vzpěře) na Košické straně mostu.

Sonda 1S4 – situována na 2. vnitřní mezilehlé podpěře (šikmé vzpěře) na Košické straně mostu.

Sonda 1S5 – situována na 1. fasádní mezilehlé podpěře (šikmé vzpěře) na Brněnské straně mostu.

Sonda 1N1 – situována na 6. vnitřním nosníku ve 2. poli před 3. opěrou.

Sonda 1N2 – situována na 7. fasádním nosníku ve 2. poli před 3. opěrou.

Sonda 1N3 – situována na 6. vnitřním nosníku ve 2. poli za 2. opěrou.

Sonda 1N4 – situována na 7. fasádním nosníku ve 2. poli za 2. opěrou.

Sonda 1N5 – situována na 6. vnitřním nosníku v krajním poli přibližně 2 m od koncového příčnicku na Brněnské straně mostu.

Sonda 1N6 – situována na 7. fasádním nosníku v krajním poli přibližně 2 m od koncového příčnicku na Brněnské straně mostu.

Sonda 1N7 – situována na 1. fasádním nosníku v krajním poli přibližně 2 m od koncového příčnicku na Košické straně mostu.

Sonda 1N8 – situována na 2. vnitřním nosníku v krajním poli přibližně 2 m od koncového příčnicku na Košické straně mostu.

Sonda 1N9 – situována na 6. vnitřním nosníku v krajním poli přibližně 2 m od koncového příčnicku na Košické straně mostu.

Sonda 1N10 – situována na 7. fasádním nosníku v krajním poli přibližně 2 m od koncového příčnicku na Košické straně mostu.

Sonda 1N11 – situována na 1. fasádním nosníku v krajním poli přibližně 1,5 m od koncového příčnicku na Brněnské straně mostu.

Sonda 1P1 – situována na koncovém příčnicku, mezi 1. a 2. nosníkem na Košické straně mostu.

Sondy na 50-003..2

Sonda 2S1 – situována na 1. fasádní mezilehlé podpěře (šikmé vzpěře) na Brněnské straně mostu.

Sonda 2S2 – situována na 5. vnitřní mezilehlé podpěře (šikmé vzpěře) na Brněnské straně mostu.

Sonda 2S3 – situována na 1. fasádní mezilehlé podpěře (šikmé vzpěře) na Košické straně mostu.

Sonda 2S4 – situována na 3. vnitřní mezilehlé podpěře (šikmé vzpěře) na Košické straně mostu.

Sonda 2S5 – situována na 6. vnitřní mezilehlé podpěře (šikmé vzpěře) na Brněnské straně mostu.

Sonda 2N1 – situována na 1. fasádním nosníku v krajním poli přibližně 2 m od koncového příčnicku na Brněnské straně mostu.

Sonda 2N2 – situována na 2. vnitřním nosníku v krajním poli přibližně 2 m od koncového příčnicku na Brněnské straně mostu.

Sonda 2N3 – situována na 6. vnitřním nosníku v krajním poli přibližně 2 m od koncového příčnicku na Brněnské straně mostu.

Sonda 2N4 – situována na 7. fasádním nosníku v krajním poli přibližně 2 m od koncového příčnicku na Brněnské straně mostu.

Sonda 2N5 – situována na 6. vnitřním nosníku v krajním poli přibližně 2 m od koncového příčnicku na Košické straně mostu.

Sonda 2N6 – situována na 7. fasádním nosníku v krajním poli přibližně 2 m od koncového příčnicku na Košické straně mostu.

Sonda 2P1 – situována na koncovém příčnicku, mezi 5. a 6. nosníkem na Brněnské straně mostu.

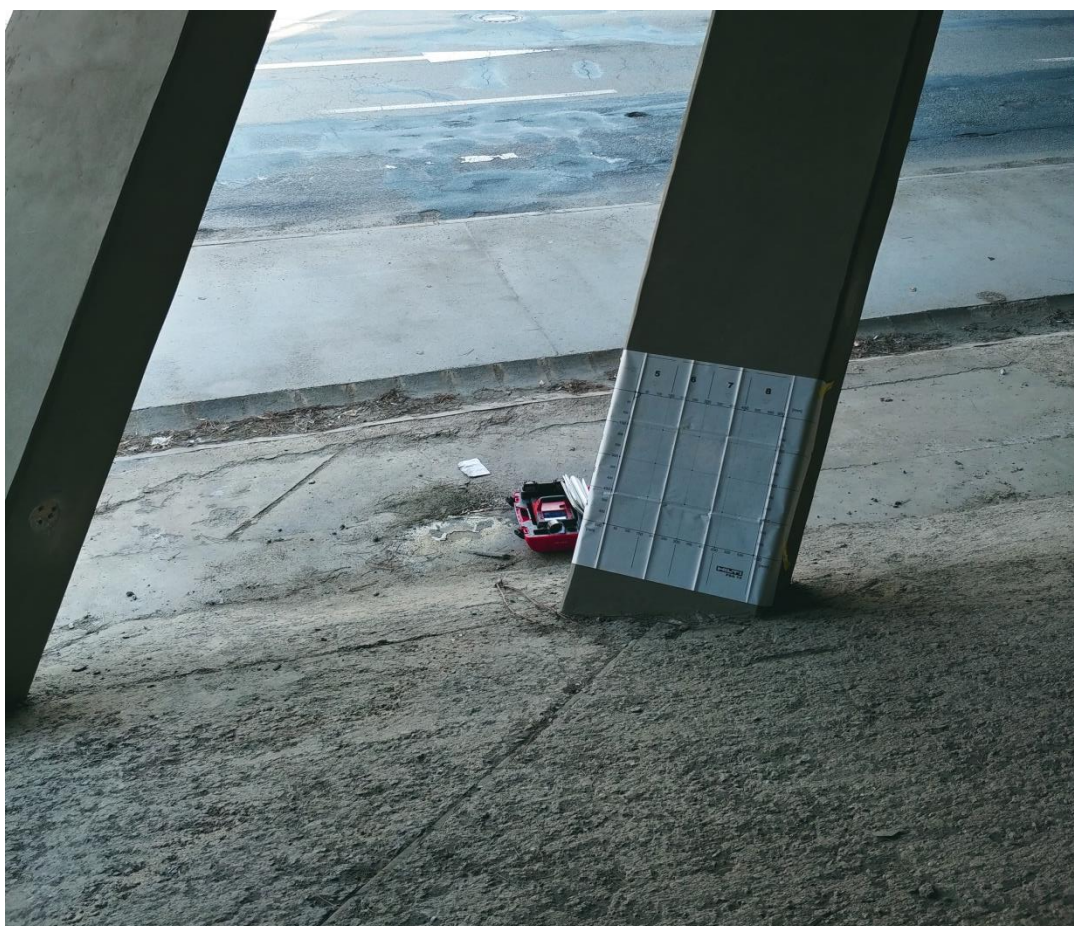
Podrobný popis měření sond je vypracován v části **3.3**

3.2 Použité metody průzkumu

Vzhledem k relativně malému stáří konstrukce bylo použití destruktivních metod zcela nepřijatelné, a proto s ohledem na potřebu zjistit polohu předpínací výztuže, která bude zřejmě uložena hluboko v konstrukci a za měkkou výztuží, se jeví jako nejvhodnější metoda radiografie, ale vzhledem k náročnosti provádění a nedostupnosti je tato metoda také nevhodná. Jako optimální metody, s ohledem na dostupnost a cenu, byly zvoleny pro ověření počtu a polohy předpínacích kabelů georadar, přístrojem Hilti PS1000 X-SCAN, a metoda elektromagnetických indikátorů, přístrojem profometer PM-630.

3.2.1 Vyztužení nosníků, koncových příčníků a podpěr

Poloha sond na šikmých vzpěrách byla zvolena v přístupné části podpěr nad terénem. Pro stanovení polohy hlavní nosné výztuže byly provedeny horizontální liniové skeny všech čtyř stěn vzpěry ve výšce přibližně 1200 mm nad terénem a pro stanovení třmínků byl proveden vertikální liniový sken podpěry u terénu a plošný sken formátu 600 x 600 mm.



Obr. 3.2.1 – Líc podpěry s rastrem pro provedení plošného skenu.

Na nosnících v místě každé sondy byly provedeny svislé liniové skeny na obou bočních lících a současně byly provedeny plošné skeny formátu 600 x 600 mm pro upřesnění polohy výztuže a stanovení polohy třmínků. Dále byl proveden liniový sken ze spodního líce napříč podélnou osou nosníku.

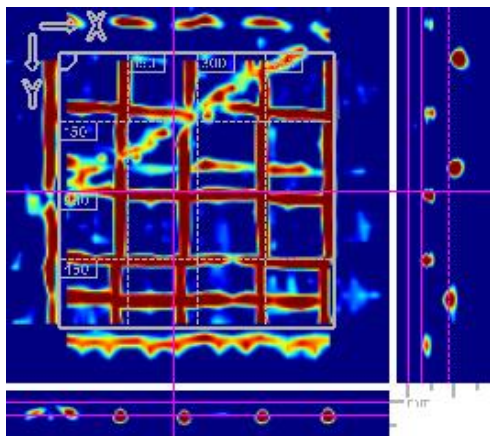


Obr. 3.2.2 – Boční líc nosníku s přiloženým rastrem pro provedení plošného skenu.

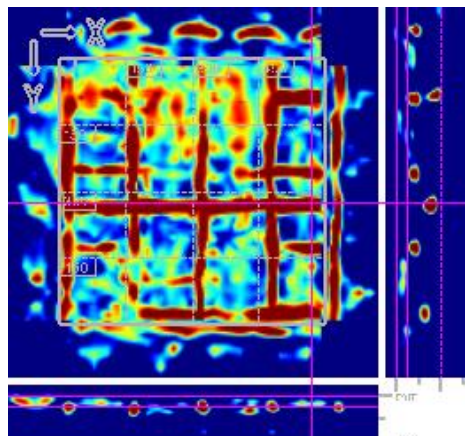
Pro zjištění vyztužení koncových příčníků byly v místě sondy provedeny liniové skeny ve svislém i vodorovném směru, přibližně uprostřed bočního líce příčnicku, a také zde byl proveden plošný sken ve formátu 600 x 600 mm.

3.2.2 Georadar Hilti PS1000

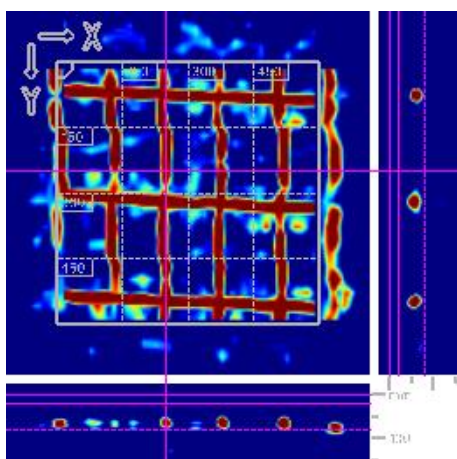
Měření georadarem nám pomocí plošných a liniových skenů umožnilo zobrazit polohu třmínků, měkké a předpínací výztuže na nosnících a polohu třmínků a hlavní nosné výztuže na podpěrách a koncových příčnicích.



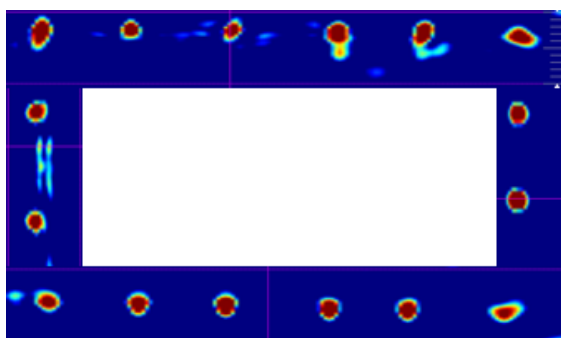
Obr. 3.2.3 – Plošný sken bočního líce nosníku.



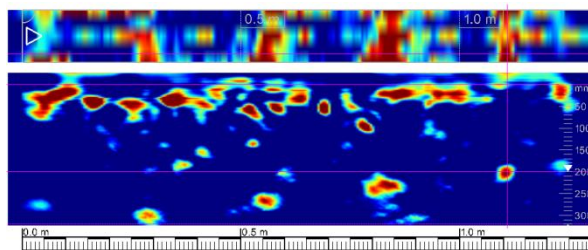
Obr. 3.2.4 – Plošný sken bočního líce fasádního nosníku s odtrženou sanací.



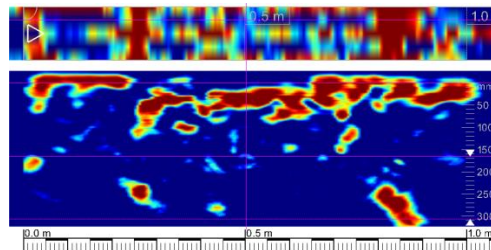
Obr. 3.2.5 – Plošný sken vzpěry.



Obr. 3.2.6 – Složené liniové skeny vzpěry.



Obr. 3.2.7 – Horizontální liniový sken příčniku.

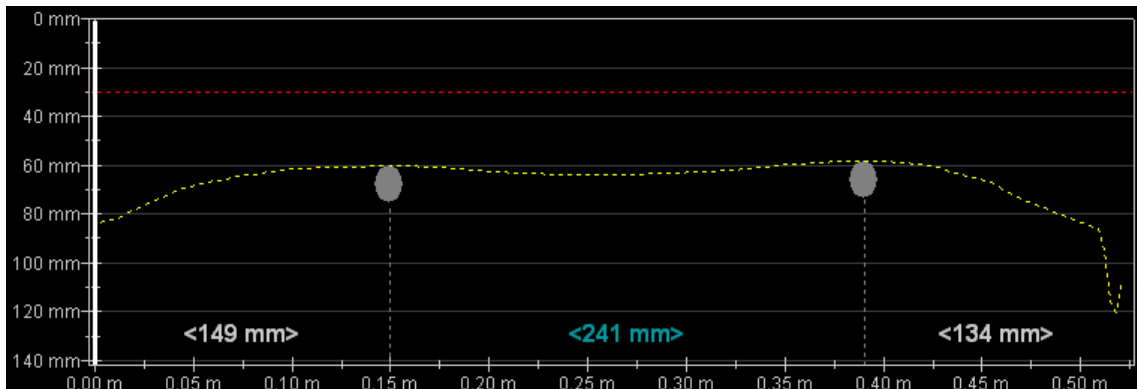


Obr. 3.2.8 – Vertikální liniový sken příčniku.

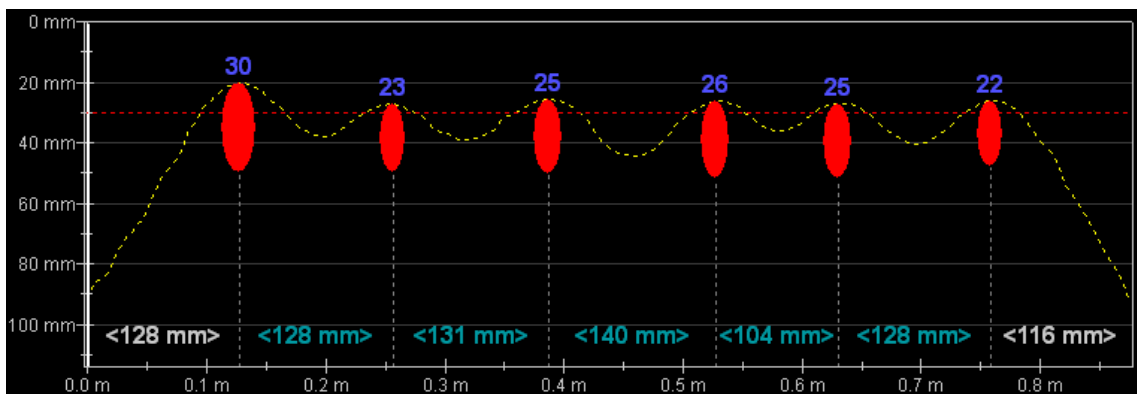
Na fasádních nosnících a koncových příčnicích vlivem odloučení povrchové vrstvy vznikají rušení záznamu, což znesnadňuje vyhodnocení polohy výztuže.

3.2.3 Profometer PM-630

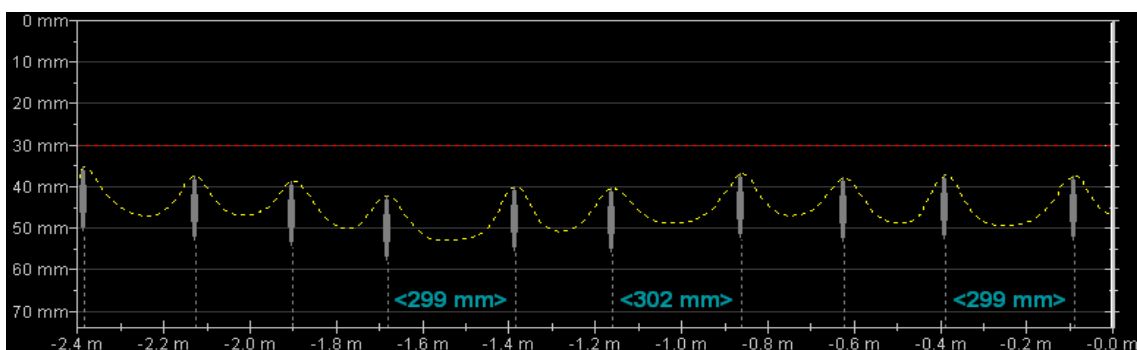
Měření pomocí profometru na podpěrách, kvůli tloušťce krycí vrstvy excentricitě uložení armokoše nebylo schopné ukázat polohy veškeré hlavní výztuže a vlivem relativně malých vzdáleností mezi výztužemi nebylo přesné ani měření průměrů. Měření na nosnících zobrazilo pouze měkkou výztuž a předpínací výztuž, kvůli hloubce uložení a zákrytu měkkou výztuží, nebyla zobrazena na výsledcích měření.



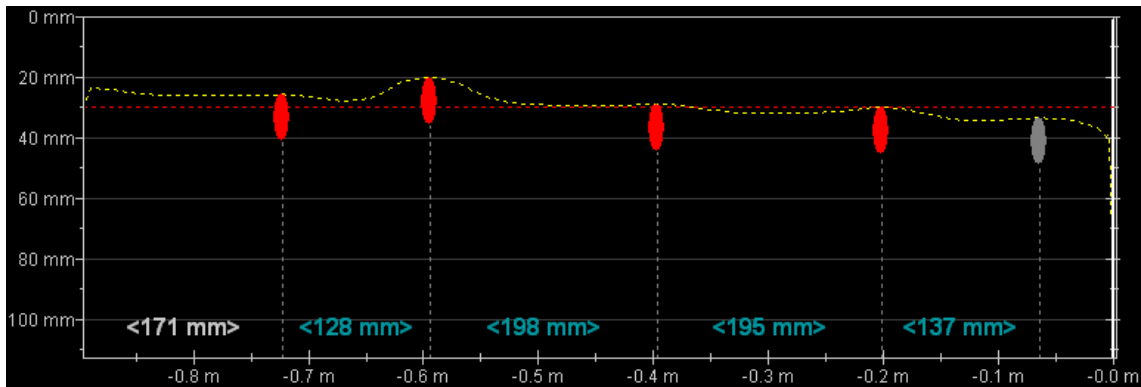
Obr. 3.2.9 – Záznam měření hlavní výztuže profometrem na bočním líci podpěry v místě sondy 2S5 (zobrazeny pouze vnitřní výztuže).



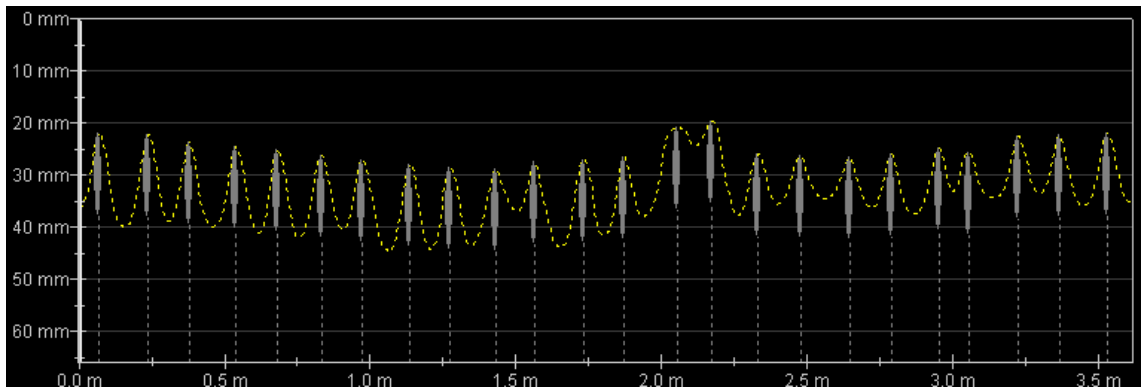
Obr. 3.2.10 – Záznam měření hlavní výztuže profometrem na dolním líci podpěry v místě sondy 2S5.



Obr. 3.2.11 – Záznam měření třmíneků profometrem na podpěře v místě sondy 2S5.



Obr. 3.2.12 – Záznam měření profometrem na nosníku v místě sondy 2N3 (zobrazena pouze měkká výztuž).

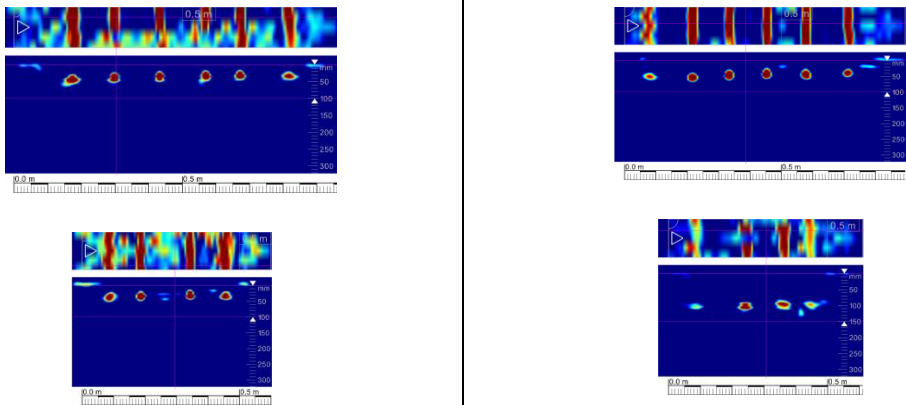
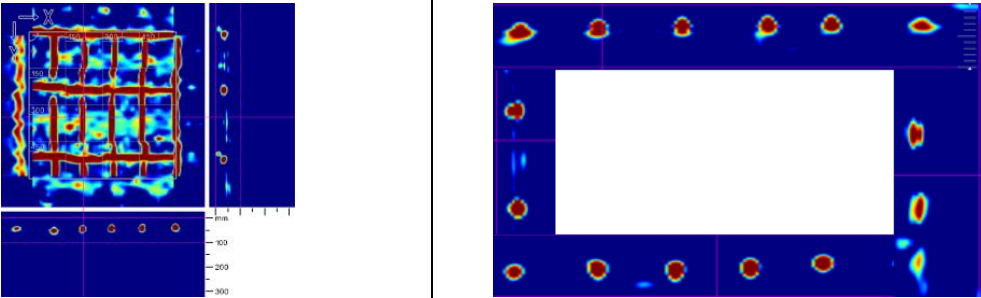
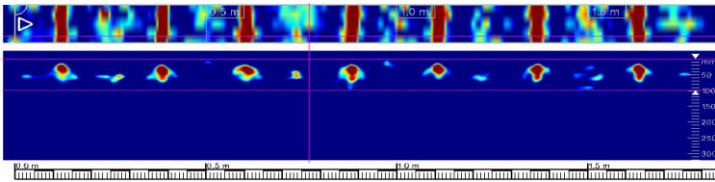


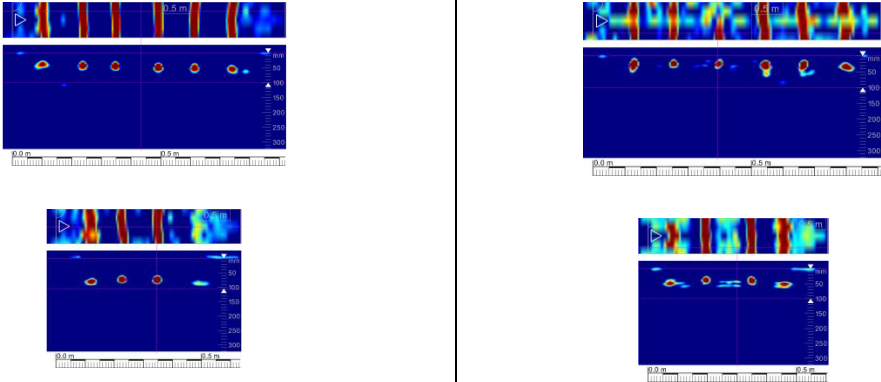
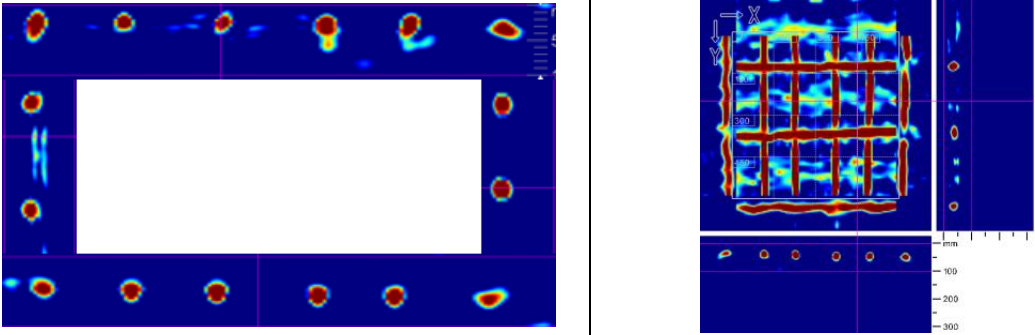
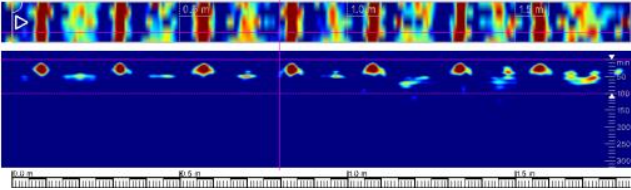
Obr. 3.2.13 – Záznam měření třmíneků profometrem na nosníku v místě sondy 2N3.

Z výsledků měření profometrem lze konstatovat, že profometr lze využít ke zjištění polohy a průměrů výztuže na nosných konstrukcích, ale vzhledem k hustému vyztužení a relativně velké krycí vrstvě budou zjištěné průměry nepřesné a nezobrazí se veškerá hlavní výztuž.

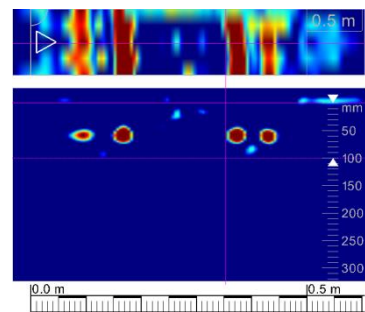
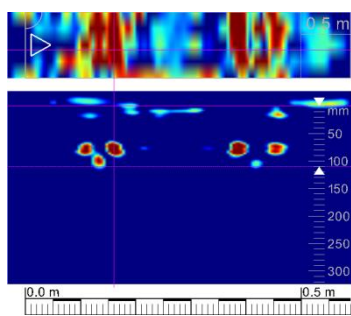
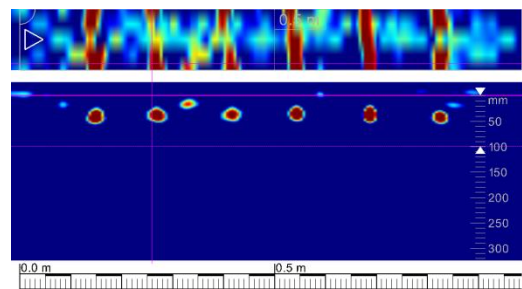
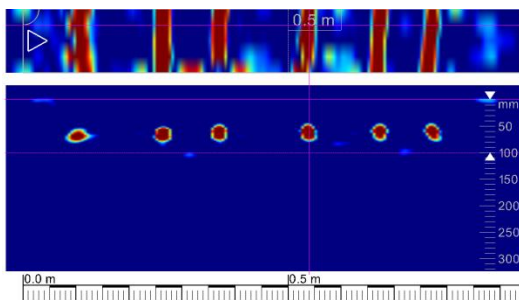
Pro diagnostiku předpínací výztuže je tato metoda nevhodná, jelikož nám ji není schopná zobrazit, a proto pro zjištění polohy předpínací výztuže využijeme georadar, který je i přes určité rušení v místech odtržené povrchové vrstvy na fasádních nosnících schopen určit relativně velkou část polohy předpínací výztuže.

3.3 Výsledky průzkumu – stanovení vyztužení

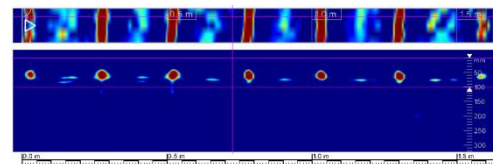
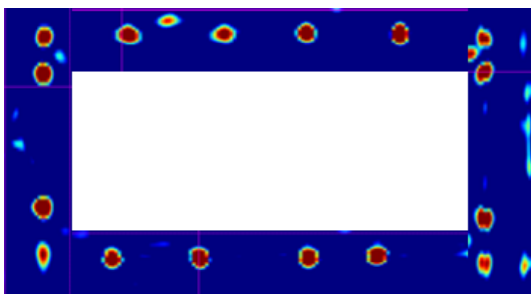
Sonda 1S1	
Místo sondy	6. (vnitřní) mezilehlá podpěra – šikmá vzpěra, na Brněnské straně mostu.
Typ sondy	V místě sondy byly pro stanovení polohy hlavní nosné výztuže provedeny horizontální liniové skeny všech 4 stěn podpěry ve výšce cca 1200 mm nad terénem. Pro stanovení třmínků byl proveden liniový vertikální sken z bočního líce podpěry od terénu výše.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p>Obr. 3.3.1 - Liniové skeny jednotlivých stěn podpěry v sondě 1S1 ve výšce cca 1200 mm nad terénem zachycující celkem 16 hlavních výztuží v podpěře. Krytí je proměnlivé od 20 do 80 mm.</p>	
	
<p>Obr. 3.3.2 - Plošný sken formátu 600 x 600 mm pořízený na širší stěně podpěry v sondě 1S1 zachycuje šestici hlavních výztuží a třmínky, které mají mírný náklon od horizontální osy.</p>	
<p>Obr. 3.3.3 - Složením liniových skenů z předchozího obrázku vzniká jasná představa o rozložení hlavních výztuží v řezu podpěrou. Armokoš byl v bedněni umístěn asymetricky</p>	
	
<p>Obr. 3.3.4 - Liniový sken třmínků v podpěře v sondě 1S1, vedený od terénu nahoru. Průměrná rozteč je cca 250 mm, krytí je cca 30 mm.</p>	

Sonda 1S2	
Místo sondy	7. (fasádní) mezilehlá podpěra – šikmá vzpěra, na Brněnské straně mostu.
Typ sondy	V místě sondy byly pro stanovení polohy hlavní nosné výztuže provedeny horizontální liniové skeny všech 4 stěn podpěry ve výšce cca 1200 mm nad terénem. Pro stanovení třmíneků byl proveden liniový vertikální sken z bočního líce podpěry od terénu výše.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p><i>Obr. 3.3.5 - Liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 1S2 ve výšce cca 1200 mm nad terénem zachycující celkem 16 hlavních výztuží ve sloupu. Krytí je proměnlivé od 25 do 60 mm</i></p>	
	
<p><i>Obr. 3.3.6 - Složením liniových skenů z předchozího obrázku vzniká jasná představa o rozložení hlavních výztuží v řezu podpěrou. Armokoš byl v bedněni umístěn asymetricky.</i></p>	<p><i>Obr. 3.3.7 - Plošný sken formátu 600 x 600 mm pořízený na širší stěně podpěry v sondě 2S1 zachycuje šestici hlavních výztuží (dvě krajní již mimo základní rastr skenu) a trojici třmíneků.</i></p>
	
<p><i>Obr. 3.3.8 - Liniový sken třmíneků ve sloupu v sondě 1S2, vedený od terénu nahoru. Průměrná rozteč je cca 250 mm, krytí je je cca od 25 mm.</i></p>	

Sonda 1S3	
Místo sondy	1. (fasádní) mezilehlá podpěra – šikmá vzpěra, na Košické straně mostu.
Typ sondy	V místě sondy byly pro stanovení polohy hlavní nosné výztuže provedeny horizontální liniové skeny všech 4 stěn podpěry ve výšce cca 1200 mm nad terénem. Pro stanovení třmíneků byl proveden liniový vertikální sken z bočního líce podpěry od terénu výše.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.

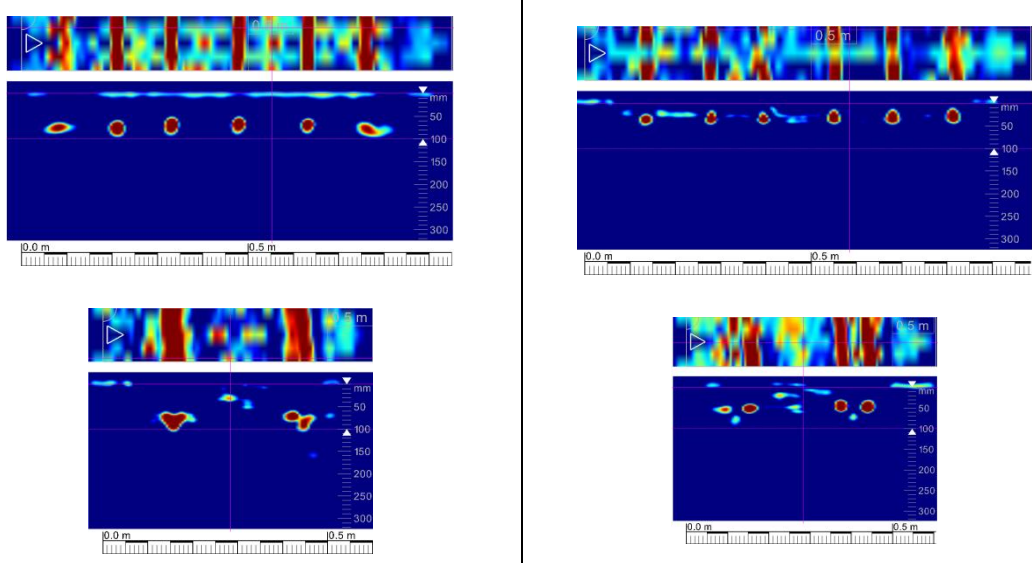
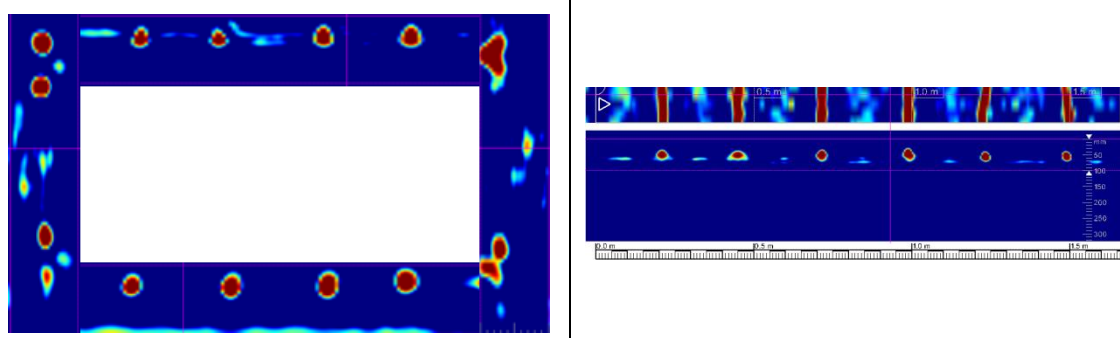


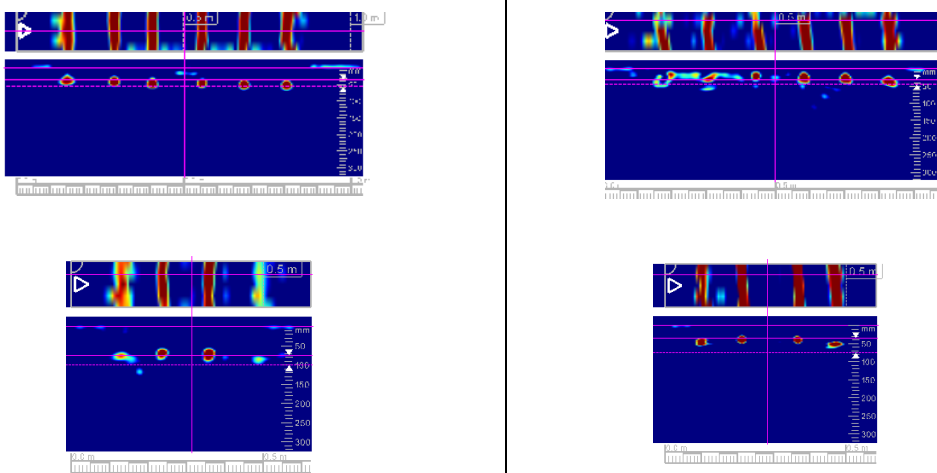
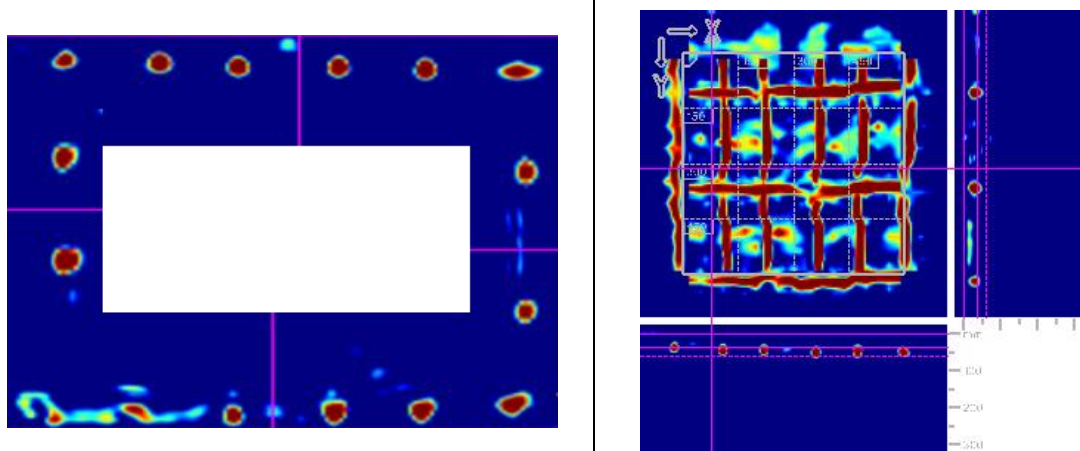
Obr. 3.3.9 - Liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 1S3 ve výšce cca 1200 mm nad terénem zachycující celkem 16 hlavních výztuží ve sloupu. Krytí je proměnlivé od 20 do 70 mm.

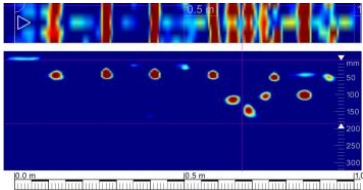
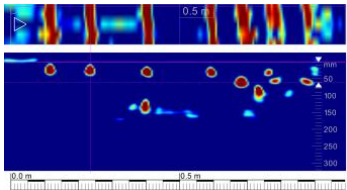
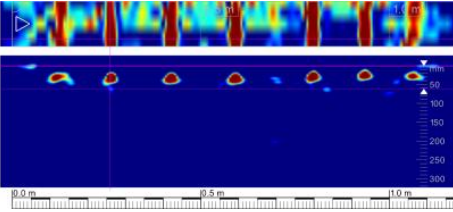
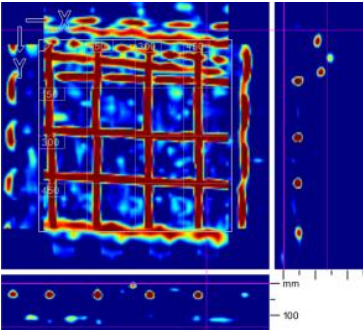
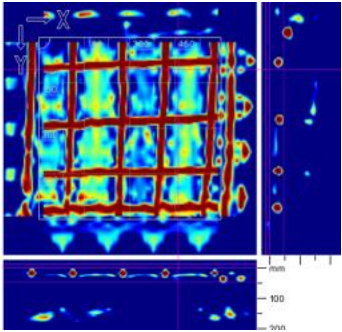


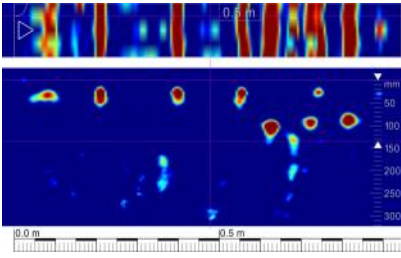
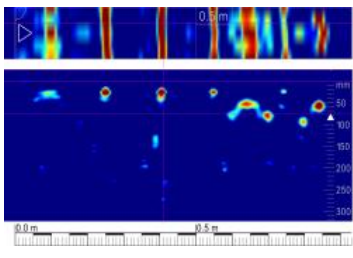
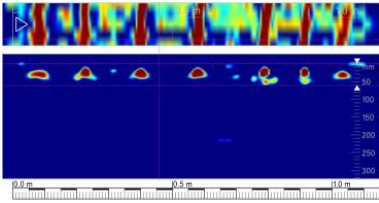
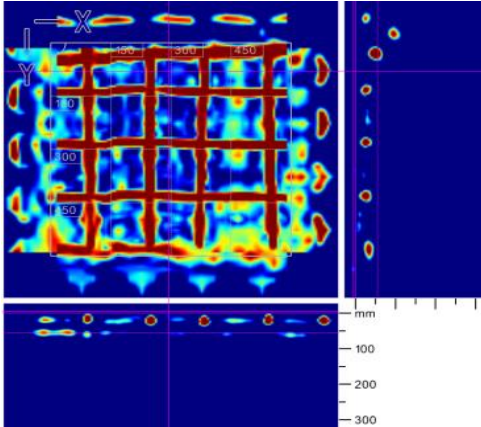
Obr. 3.3.10 - Složením liniových skenů z předchozího obrázku vzniká jasná představa o rozložení hlavních výztuží v řezu podpěrou.

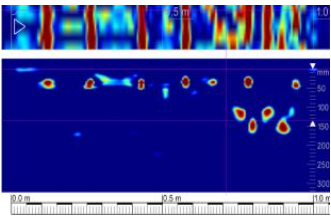
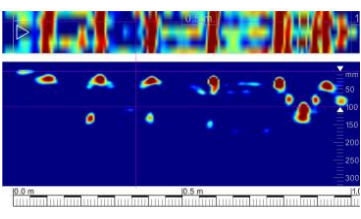
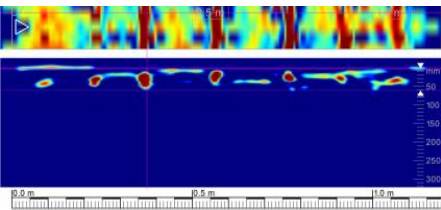
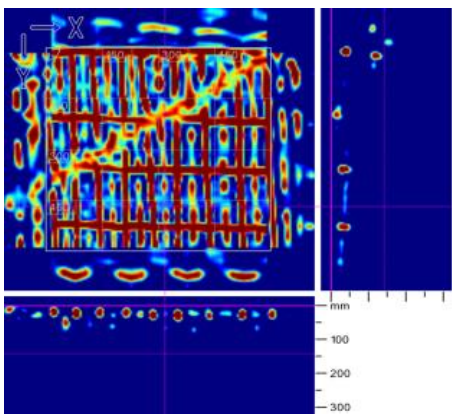
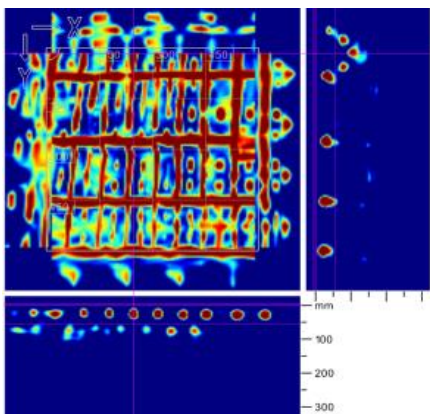
Obr. 3.3.11 - Liniový sken třmíneků v podpěře v sondě 1S3, vedený od terénu nahoru. Průměrná rozteč je cca 255 mm, krytí je cca 45 mm.

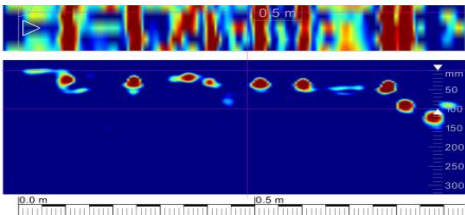
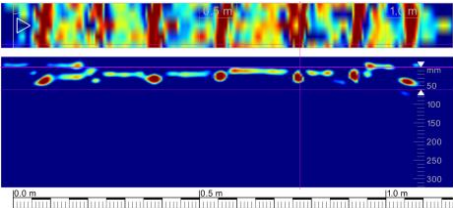
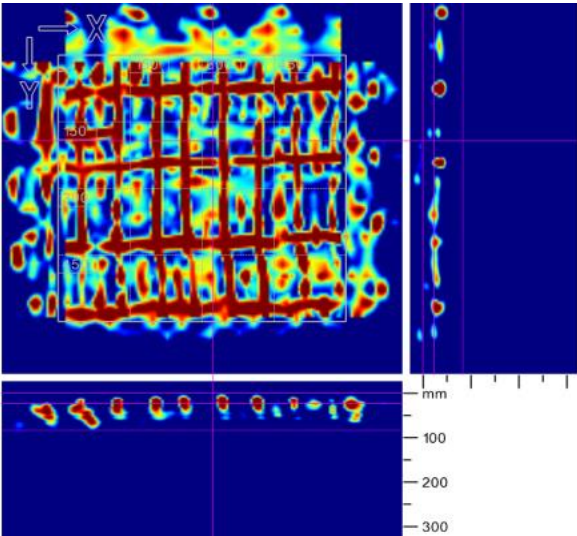
Sonda 1S4	
Místo sondy	2. (vnitřní) mezilehlá podpěra – šikmá vzpěra, na Košické straně mostu.
Typ sondy	V místě sondy byly pro stanovení polohy hlavní nosné výztuže provedeny horizontální liniové skeny všech 4 stěn sloupu ve výšce cca 1200 mm nad terénem. Pro stanovení třmínků byl proveden liniový vertikální sken z bočního líce sloupu od terénu výše.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p><i>Obr. 3.3.12 - Liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 1S4 ve výšce cca 1200 mm nad terénem zachycující celkem 16 hlavních výztuží ve sloupu. Krytí je proměnlivé od 25 do 60 mm.</i></p>	
	
<p><i>Obr. 3.3.13 - Složením liniových skenů z předchozího obrázku vzniká jasná představa o rozložení hlavních výztuží v řezu podpěrou. Armokoš byl v bedněni umístěn asymetricky.</i></p>	
<p><i>Obr. 3.3.14 - Liniový sken třmínků v podpěře v sondě 1S4, vedený od terénu nahoru. Průměrná rozteč je cca 255 mm, krytí je cca 40 mm.</i></p>	

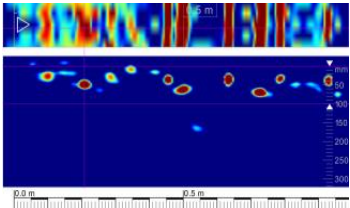
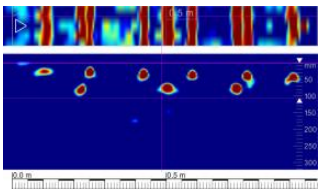
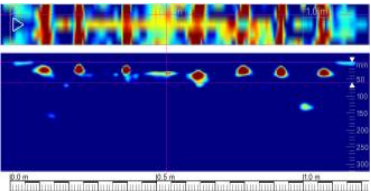
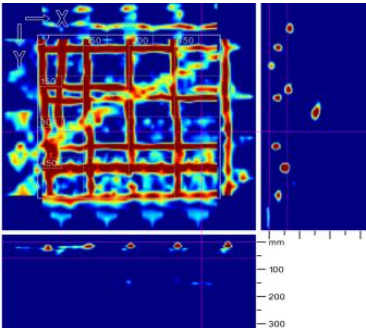
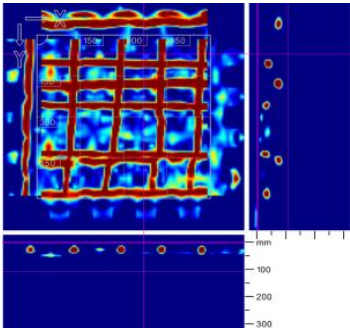
Sonda 1S5	
Místo sondy	1. (fasádní) mezilehlá podpěra – šikmá vzpěra, na Brněnské straně mostu.
Typ sondy	V místě sondy byly pro stanovení polohy hlavní nosné výztuže provedeny horizontální liniové skeny všech 4 stěn podpěry ve výšce cca 1200 mm nad terénem. Pro stanovení třmínků byl proveden plošný sken na horním líci podpěry.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p><i>Obr. 3.3.15 - Liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 1S5 ve výšce cca 1200 mm nad terénem zachycující celkem 16 hlavních výztuží ve sloupu. Krytí je proměnlivé od 15 do 60 mm.</i></p>	
	
<p><i>Obr. 3.3.16 - Složením liniových skenů z předchozího obrázku vzniká jasná představa o rozložení hlavních výztuží v řezu podpěrou. Armokoš byl v bedně umístěn asymetricky.</i></p>	
<p><i>Obr. 3.3.17 - Plošný sken formátu 600 x 600 mm pořízený na širší stěně podpěry v sondě 2S5 zachycuje šestici hlavních výztuží (dvě krajní již mimo základní rastr skenu) a trojici třmínků.</i></p>	

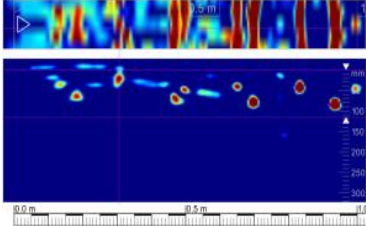
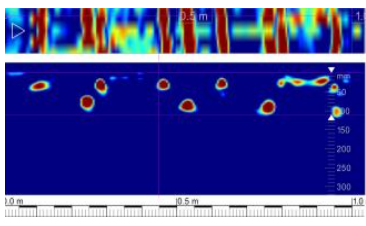
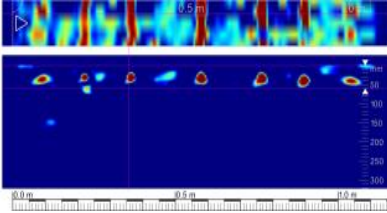
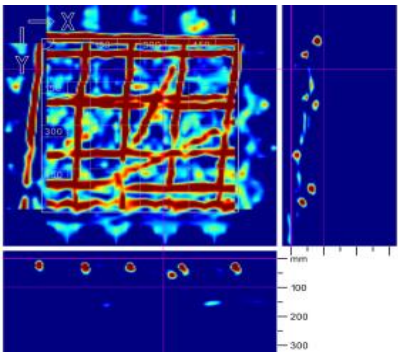
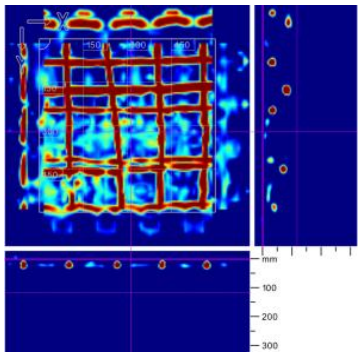
Sonda 1N1	
Místo sondy	6. nosník (vnitřní) ve 2. poli mostu (před 3. podpěrou).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny na obou bočních i na spodním líci nosníku, pro stanovení polohy výztuže, a dále plošný sken z obou bočních líců nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p>Obr. 3.3.18 - Liniový sken provedený v místě sondy 1N1 z bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 160 mm, krytí cca 30 – 40 mm) a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 90 – 110 mm). Poloha kabelů v horní části nosníku odpovídá místu měření (koncová partie nosníku).</p>	<p>Obr. 3.3.19 - Liniový sken v místě sondy 1N1 z druhého bočního líce prvku. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 160 mm, krytí cca 20 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 50 mm). Poloha kabelů v horní části nosníku odpovídá místu měření.</p>
	
<p>Obr. 3.3.20 - Liniový sken provedený ze spodního líce prvku kolmo na podélnou osu nosníku. Sken zachytil pravidelně rozmístěných 7 prutů měkké výztuže v podélném směru nosníku, s krytím 20 – 30 mm.</p>	
	
<p>Obr. 3.3.21 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, pět třmínek s průměrnou roztečí 150 mm, a byly zachyceny dva (nejspodnější) předpínací kabely.</p>	<p>Obr. 3.3.22 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, šest třmínek s roztečí 135 mm, a byl zachycen jeden (nejspodnější) předpínací kabel.</p>

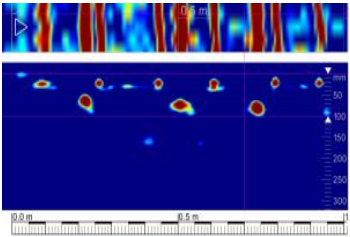
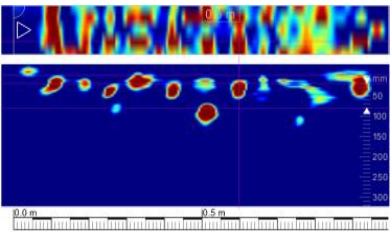
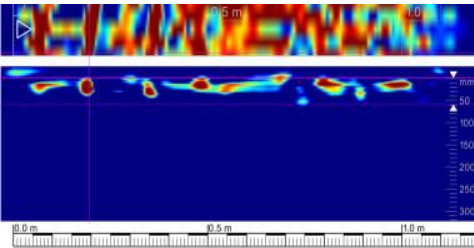

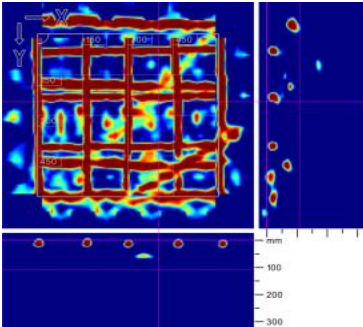
Sonda 1N2	
Místo sondy	7. nosník (fasádní) ve 2. poli mostu (před 3. podpěrou).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny na obou bočních i na spodním líci nosníku, pro stanovení polohy výztuže, a dále plošný sken formátu 600 x 600 mm z jednoho bočního líce nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p>Obr. 3.3.23 - Liniový sken v místě sondy 1N2 z bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil rozmístěnou vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 160 mm, krytí cca 20 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 80 – 100 mm). Poloha kabelů v horní části nosníku odpovídá místu měření (koncová partie nosníku).</p>	<p>Obr. 3.3.24 - Liniový sken v místě sondy 1N2 z druhého bočního líce prvku. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 160 mm, krytí cca 20 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 50 mm). Prostřední kabel je zobrazený slabě, jeho odraz byl vykryt výztuží blíže povrchu.</p>
	
<p>Obr. 3.3.25 - Liniový sken provedený ze spodního líce prvku kolmo na podélnou osu nosníku. Sken zachytil pravidelně rozmístěných 7 prutů měkké výztuže v podélném směru nosníku, s krytím 20 – 30 mm.</p>	
	
<p>Obr. 3.3.26 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, devět třmínků s průměrnou roztečí 75 mm, a byly zachyceny dva (nejspodnější) předpínací kabely.</p>	

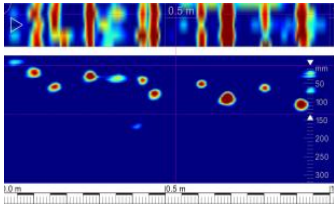
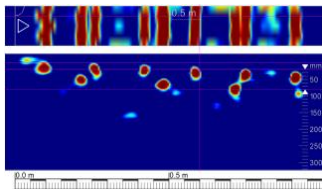
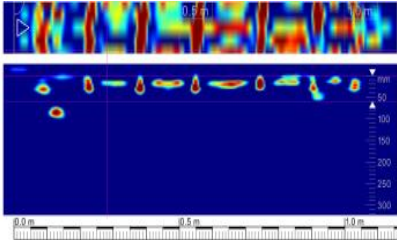
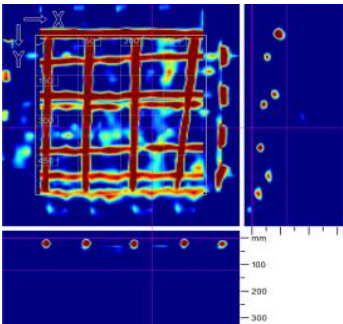
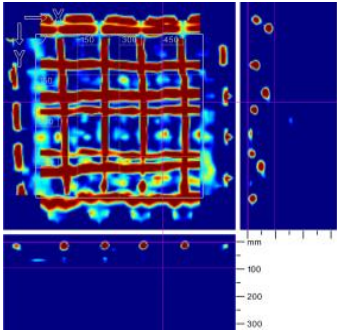
Sonda 1N3	
Místo sondy	6. nosník (vnitřní) ve 2. poli mostu (za 2. podpěrou).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny na obou bočních i na spodním líci nosníku, pro stanovení polohy výztuže, a dále plošný sken z obou bočních líců nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<i>Obr. 3.3.27 - Liniový sken provedený v místě sondy 1N3 z bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 160 mm, krytí cca 20 – 30 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 90 – 110 mm). Poloha kabelů v horní části nosníku odpovídá místu měření (koncová partie nosníku).</i>	<i>Obr. 3.3.28 - Liniový sken v místě sondy 1N3 z druhého bočního líce prvku. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 165 mm, krytí cca 20 - 30 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 50 mm). Poloha kabelů v horní části nosníku odpovídá místu měření.</i>
	
<i>Obr. 3.3.29 - Liniový sken provedený ze spodního líce prvku kolmo na podélnou osu nosníku. Sken zachytil pravidelně rozmístěných 7 prutů měkké výztuže v podélném směru nosníku, s krytím 20 – 35 mm.</i>	
	
<i>Obr. 3.3.30 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, devět třmínek s roztečí 75 mm, a byly zachyceny dva (nejspodnější) předpínací kabely. Navíc sken ukazuje jeden šikmý prut konstrukční výztuže.</i>	<i>Obr. 3.3.31 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, devět třmínek s průměrnou roztečí 75 mm, a byly zachyceny dva (nejspodnější) předpínací kabely.</i>

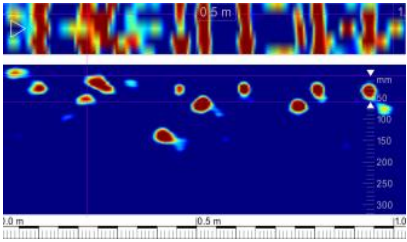
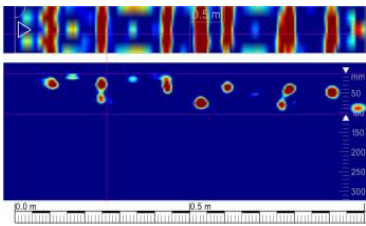
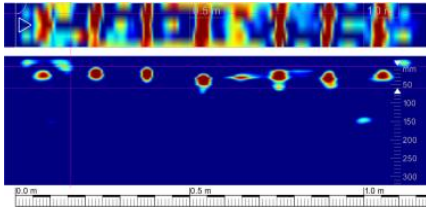
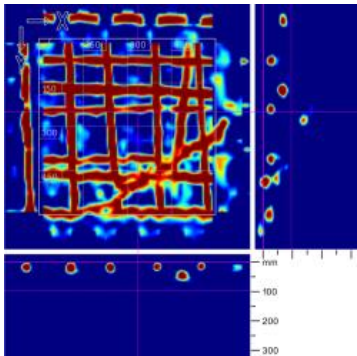
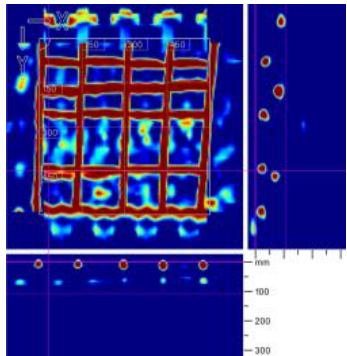
Sonda 1N4	
Místo sondy	7. nosník (fasádní) ve 2. poli mostu (za 2. podpěrou).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny na obou bočních i na spodním líci nosníku, pro stanovení polohy výztuže, a dále plošný sken formátu 600 x 600 mm z jednoho bočního líce nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p><i>Obr. 3.3.32 - Liniový sken v místě sondy 1N4 z bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil rozmístěnou vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 140 mm, krytí cca 20 - 30 mm), a hlouběji umístěnou dvojici předpínacích kabelů (krytí cca 85 mm). Poloha kabelů v horní části nosníku odpovídá místu měření (koncová partie nosníku).</i></p>	
	
<p><i>Obr. 3.3.33 - Liniový sken provedený ze spodního líce prvku kolmo na podélnou osu nosníku. Sken zachytil pravidelně rozmístěných 7 prutů měkké výztuže v podélném směru nosníku, s krytím 20 – 30 mm.</i></p>	
	
<p><i>Obr. 3.3.34 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, osm třmínek s průměrnou roztečí 75 mm, a předpínací kabely se nacházely již nad skenovaným polem.</i></p>	

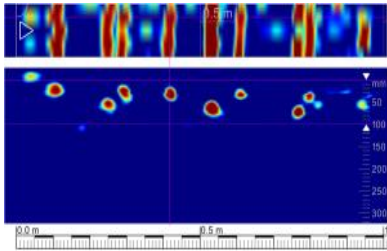
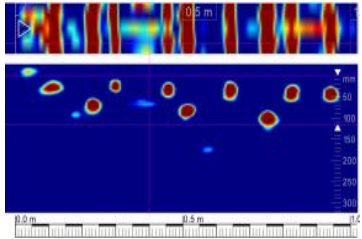
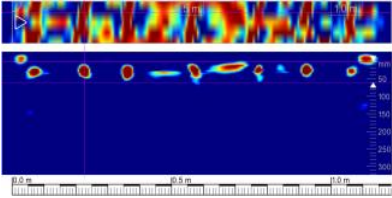

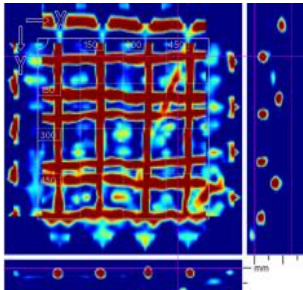
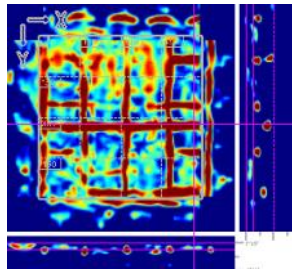
Sonda 1N5	
Místo sondy	6. nosník (vnitřní) v krajním poli mostu na Brněnské straně (cca 2 m od koncového příčnicku na Brněnské straně mostu).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny na obou bočních i na spodním líci nosníku, pro stanovení polohy výztuže, a dále plošný sken z obou bočních líců nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p>Obr. 3.3.35 - Liniový sken provedený v místě sondy 1N5 z bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 165 mm, krytí cca 20 – 30 mm), a hlouběji umístěnou čtveřici předpínacích kabelů (krytí cca 40 – 65 mm). Poloha kabelů v nosníku odpovídá místu měření.</p>	<p>Obr. 3.3.36 - Liniový sken v místě sondy 1N5 z druhého bočního líce prvku. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 165 mm, krytí cca 20 - 35 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 75 mm). Poloha kabelů v horní části nosníku odpovídá místu měření.</p>
	
<p>Obr. 3.3.37 - Liniový sken provedený ze spodního líce prvku kolmo na podélnou osu nosníku. Sken zachytil pravidelně rozmístěných 7 prutů měkké výztuže v podélném směru nosníku, s krytím 20 – 30 mm.</p>	
	
<p>Obr. 3.3.38 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, pět třmínek s rozečím 150 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely. Navíc sken ukazuje jeden šikmý prut konstrukční výztuže.</p>	<p>Obr. 3.3.39 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, pět třmínek s průměrnou rozečím 150 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely.</p>

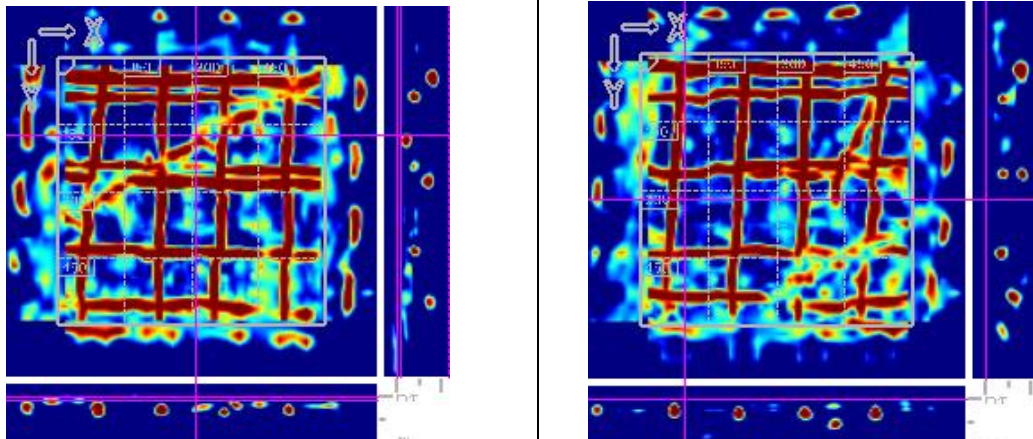
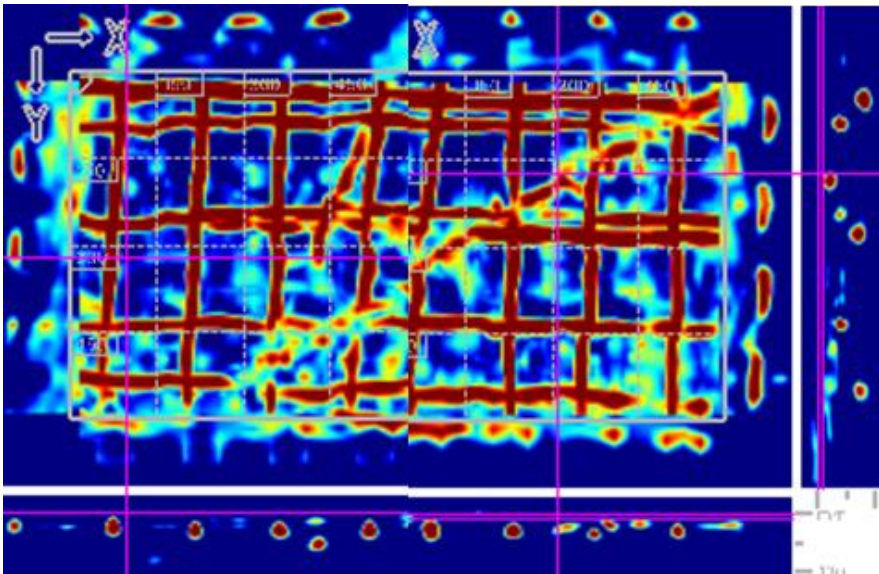
Sonda 1N6	
Místo sondy	7. nosník (fasádní) v krajním poli mostu na Brněnské straně (cca 2 m od koncového příčnicku na Brněnské straně mostu).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny na obou bočních i na spodním líci nosníku, pro stanovení polohy výztuže, a dále plošný sken z obou bočních líců nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p>Obr. 3.3.40 - Liniový sken provedený v místě sondy 1N6 z bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 170 mm, krytí cca 30 mm), a hlouběji umístěnou čtveřici předpínacích kabelů (krytí cca 55 - 75 mm). Poloha kabelů v nosníku odpovídá místu měření.</p>	<p>Obr. 3.3.41 - Liniový sken v místě sondy 1N6 z druhého bočního líce prvku. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 165 mm, krytí cca 20 mm), a hlouběji umístěnou čtveřici předpínacích kabelů (krytí cca 70- 90 mm). Poloha kabelů v horní části nosníku odpovídá místu měření.</p>
	
<p>Obr. 3.3.42 - Liniový sken provedený ze spodního líce prvku kolmo na podélnou osu nosníku. Sken zachytil pravidelně rozmístěných 7 prutů měkké výztuže v podélném směru nosníku, s krytím 20 – 30 mm.</p>	
	
<p>Obr. 3.3.43 - Plošný sken pořizený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, šest třmínek s roztečí 150 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely. Navíc sken ukazuje dva šikmé pruty konstrukční výztuže.</p>	<p>Obr. 3.3.44 - Plošný sken pořizený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, pět třmínek s průměrnou roztečí 160 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely.</p>

Sonda 1N7	
Místo sondy	1. nosník (fasádní) v krajním poli mostu na Košické straně (cca 2 m od koncového příčnicku na Košické straně mostu).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny na obou bočních i na spodním líci nosníku, pro stanovení polohy výztuže, a dále plošný sken z jednoho bočního líce nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<i>Obr. 3.3.45 - Liniový sken provedený v místě sondy 1N7 z bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 165 mm, krytí cca 20 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 55 - 70 mm).</i>	<i>Obr. 3.3.46 - Liniový sken v místě sondy 1N7 z druhého bočního líce prvku. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (krytí cca 30 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 70- 100 mm). Nekvalitní výstup skenu kvůli oddělené povrchové sanační vrstvě.</i>
	
<i>Obr. 3.3.47 - Liniový sken provedený ze spodního líce prvku kolmo na podélnou osu nosníku. Sken zachytil pravidelně rozmístěných 7 prutů měkké výztuže v podélném směru nosníku, s krytím 20 mm. Nekvalitní sken odtržením krycí vrstvy</i>	<i>Obr. 3.3.48 - Příčina nekvalitního skenu ze spodního líce prvku – odtržení krycí vrstvy betonu – patrně odtržení sanačního materiálu. Na vnějším líci nosníku se projeví nečitelnost plošného skenu.</i>
	
<i>Obr. 3.3.49 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, pět třmínek s roztečí 150 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabel. Navíc sken ukazuje dva šikmé pruty konstrukční výztuže.</i>	

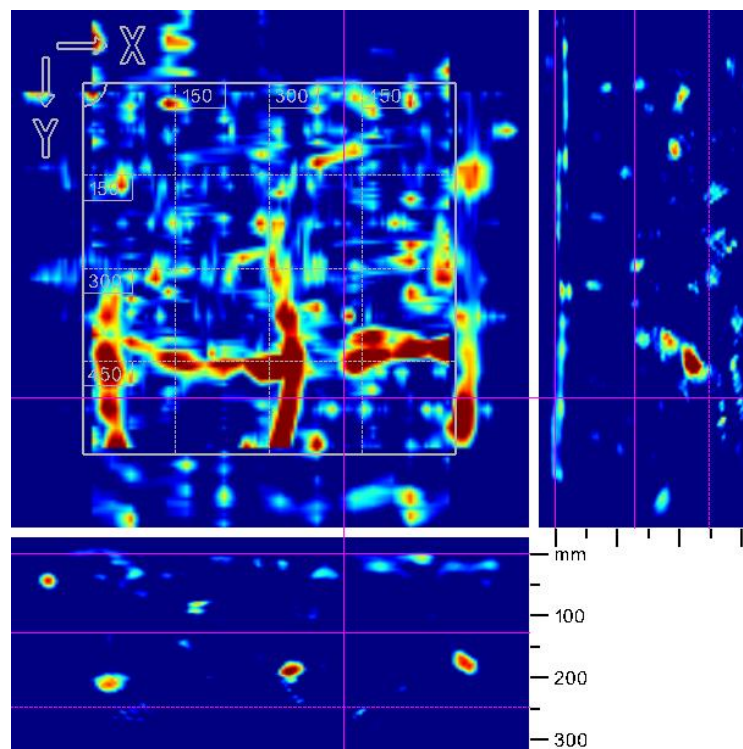
Sonda 1N8	
Místo sondy	2. nosník (vnitřní) v krajním poli mostu na Košické straně (cca 2 m od koncového příčnicku na Košické straně mostu).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny na obou bočních i na spodním líci nosníku, pro stanovení polohy výztuže, a dále plošný sken z obou bočních líců nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<i>Obr. 3.3.50 - Liniový sken provedený v místě sondy 1N8 z bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 165 mm, krytí cca 15 – 60 mm), a hlouběji umístěnou čtveřici předpínacích kabelů (krytí cca 50 – 100 mm). Poloha kabelů v nosníku odpovídá místu měření.</i>	<i>Obr. 3.3.51 - Liniový sken v místě sondy 1N8 z druhého bočního líce prvku. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 160 mm, krytí cca 15 - 35 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 40 - 85 mm). Poloha kabelů v nosníku odpovídá místu měření.</i>
	
<i>Obr. 3.3.52 - Liniový sken provedený ze spodního líce prvku kolmo na podélnou osu nosníku. Sken zachytil pravidelně rozmístěných 7 prutů měkké výztuže v podélném směru nosníku, s krytím 20 – 30 mm.</i>	
	
<i>Obr. 3.3.53 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, čtyři třmínky s roztečí 155 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely.</i>	<i>Obr. 3.3.54 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, čtyři třmínky s průměrnou roztečí 155 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely.</i>

Sonda 1N9	
Místo sondy	6. nosník (vnitřní) v krajním poli mostu na Košické straně (cca 2 m od koncového příčnicku na Košické straně mostu).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny na obou bočních i na spodním líci nosníku, pro stanovení polohy výztuže, a dále plošný sken z obou bočních líců nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<i>Obr. 3.3.55 - Liniový sken provedený v místě sondy 1N9 z bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 160 mm, krytí cca 30 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 50 – 70 mm). Poloha kabelů v nosníku odpovídá místu měření.</i>	<i>Obr. 3.3.56 - Liniový sken v místě sondy 1N9 z druhého bočního líce prvku. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 160 mm, krytí cca 20 - 40 mm), a hlouběji umístěnou čtveřici předpínacích kabelů (krytí cca 60 - 80 mm). Poloha kabelů v nosníku odpovídá místu měření.</i>
	
<i>Obr. 3.3.57 - Liniový sken provedený ze spodního líce prvku kolmo na podélnou osu nosníku. Sken zachytil pravidelně rozmístěných 7 prutů měkké výztuže v podélném směru nosníku, s krytím 20 mm.</i>	
	
<i>Obr. 3.3.58 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, pět třmínků s roztečí 150 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely. Navíc sken ukazuje jeden šikmý prut konstrukční výztuže.</i>	<i>Obr. 3.3.59 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, pět třmínků s průměrnou roztečí 150 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely.</i>

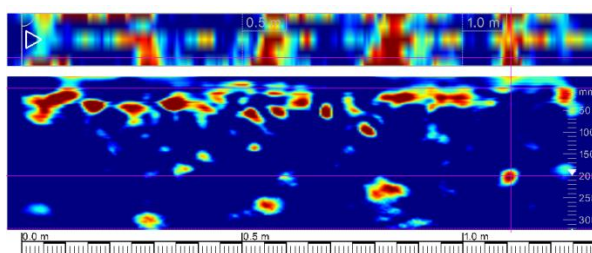
Sonda 1N10	
Místo sondy	7. nosník (fasádní) v krajním poli mostu na Košické straně (cca 2 m od koncového příčnicku na Košické straně mostu).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny na obou bočních i na spodním líci nosníku a dále plošný sken z obou bočních líců nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p>Obr. 3.3.60 - Liniový sken provedený z bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 160 mm, krytí cca 20 – 50 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 50 - 65 mm).</p>	<p>Obr. 3.3.61 - Liniový sken z druhého bočního líce prvku. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 165 mm, krytí cca 20 – 40 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 60- 90 mm). Nekvalitní výstup skenu kvůli oddělené povrchové sanační vrstvě.</p>
	
<p>Obr. 3.3.62 - Liniový sken provedený ze spodního líce prvku kolmo na podélnou osu nosníku. Sken zachytil pravidelně rozmístěných 7 prutů měkké výztuže v podélném směru nosníku, s krytím 20 mm. Nekvalitní sken odtržením krycí vrstvy</p>	<p>Obr. 3.3.63 - Příčina nekvalitního skenu ze spodního líce prvku – odtržení krycí vrstvy betonu – patrně odtržení sanačního materiálu. Na vnějším líci nosníku se projeví rušením plošného skenu</p>
	
<p>Obr. 3.3.64 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, čtyři třmínky s roztečí 155 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely. Navíc sken ukazuje dva šikmé pruty konstrukční výztuže.</p>	<p>Obr. 3.3.65 - Plošný sken pořízený z vnějšího líce nosníku, spodní okraj se nachází 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, pět třmínků s roztečí 155 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely. Nekvalitní sken odtržením krycí vrstvy.</p>

Sonda 1N11	
Místo sondy	1. nosník (fasádní) v krajním poli mostu na Brněnské straně (cca 1,5 m od koncového příčnicku na Brněnské straně mostu).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny na sebe navazující plošné skeny z jednoho bočního líce nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p>Obr. 3.3.66 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 100 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, čtyři třmínky s roztečí 155 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely. Navíc sken ukazuje jeden šikmý prut konstrukční výztuže.</p>	<p>Obr. 3.3.67 – Navazující plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází 100 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, čtyři třmínky s roztečí 155 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely. Navíc sken ukazuje dva šikmé pruty konstrukční výztuže.</p>
	
<p>Obr. 3.3.68 - Složené plošné skeny pořízené z předchozích plošných skenů. Na skenu jsou patrné konstrukční výztuže, osm třmínků s roztečí 120 – 190 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely. Navíc sken ukazuje dva šikmé pruty konstrukční výztuže.</p>	

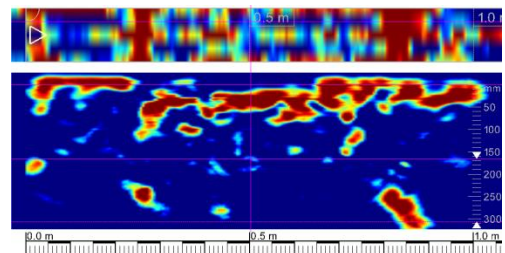
Sonda 1P1	
Místo sondy	Přístupná část koncového příčnicku, mezi 1. A 2. nosníkem, na Košické straně mostu.
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny ve svislém i vodorovném směru, přibližně uprostřed přístupné části příčnicku (boční líc příčnicku).
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.



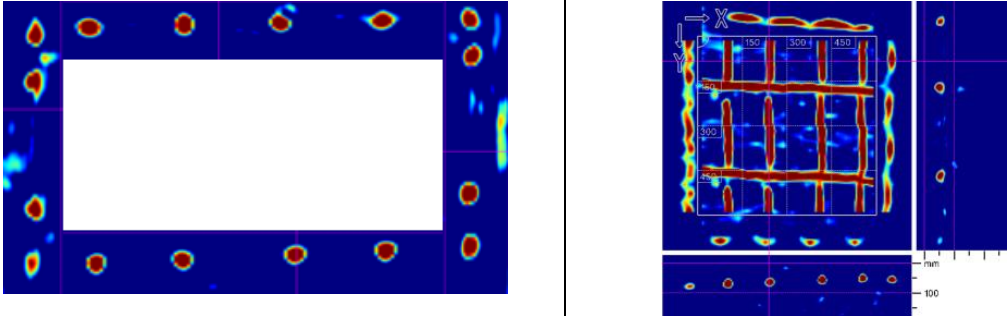
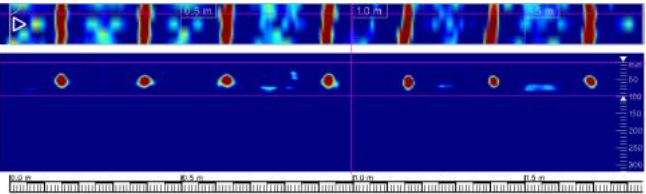
Obr. 3.3.69 - Plošný sken formátu 600 x 600 mm uprostřed přístupné boční části příčnicku zobrazil pouze tři svislé a jeden vodorovný prut výztuže ve značné hloubce pod povrchem (180 až 200 mm), svislá výztuž je navíc v polovině skenu ukončena (a nahoru nepokračuje, nebo se ohýbá). Rozteče svislé výztuže jsou cca 300 mm.

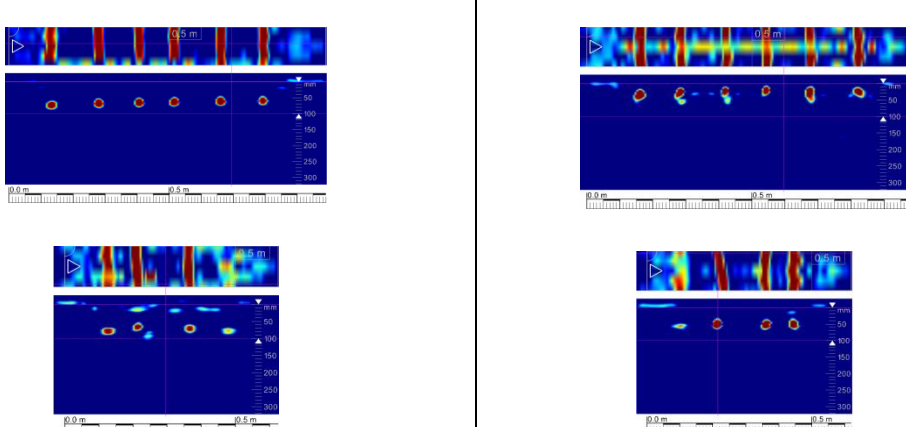
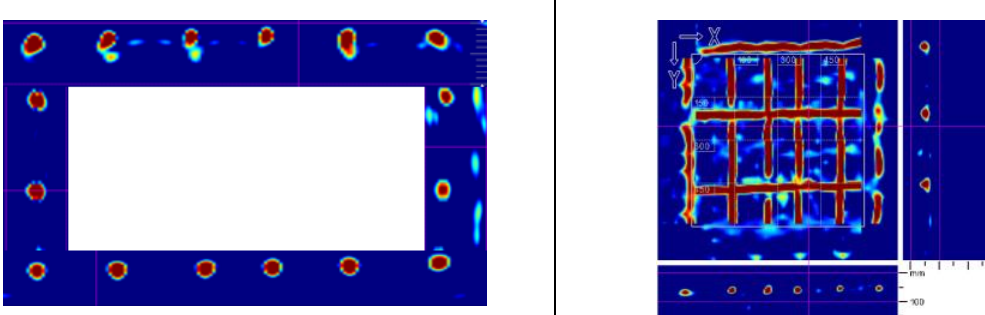
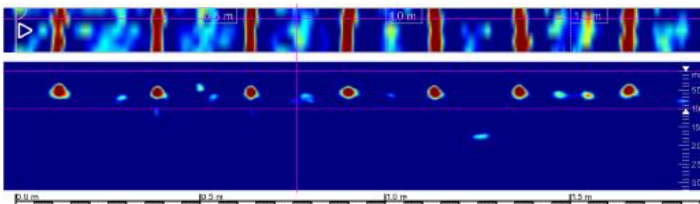


Obr. 3.3.70 - Liniový radarový sken cca v polovině výšky příčnicku vedený horizontálně odhalil svislou výztuž ve značné hloubce (190 až 290 mm) poměrně pravidelně rozmístěnou po cca 270 mm. Na plošném skenu v předchozím obrázku je patrné, že pruty jsou ukončeny, nebo ohnuty. Nicméně díky odloučené povrchové vrstvě vykazuje sken v této oblasti rušení záznamu.

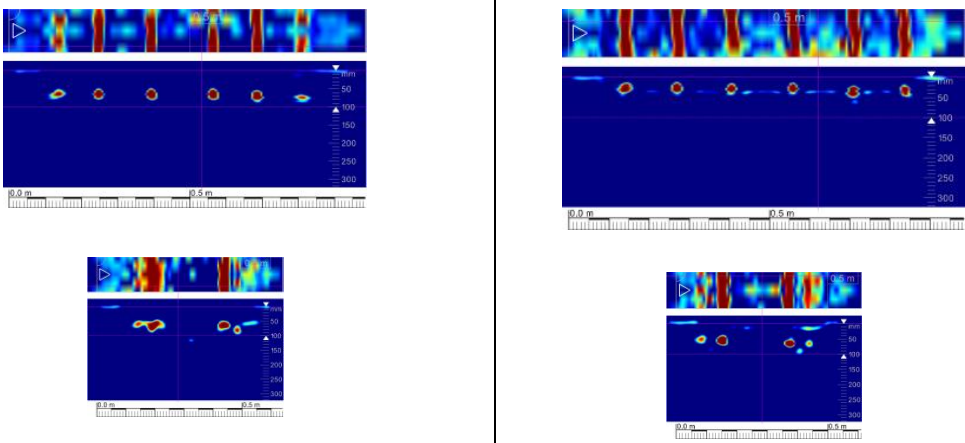
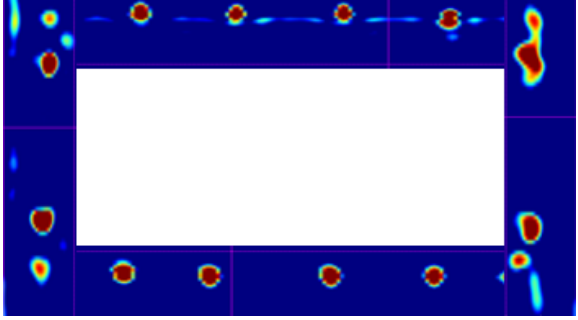
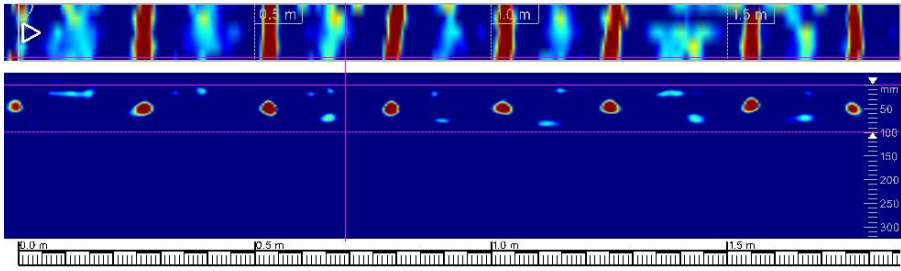


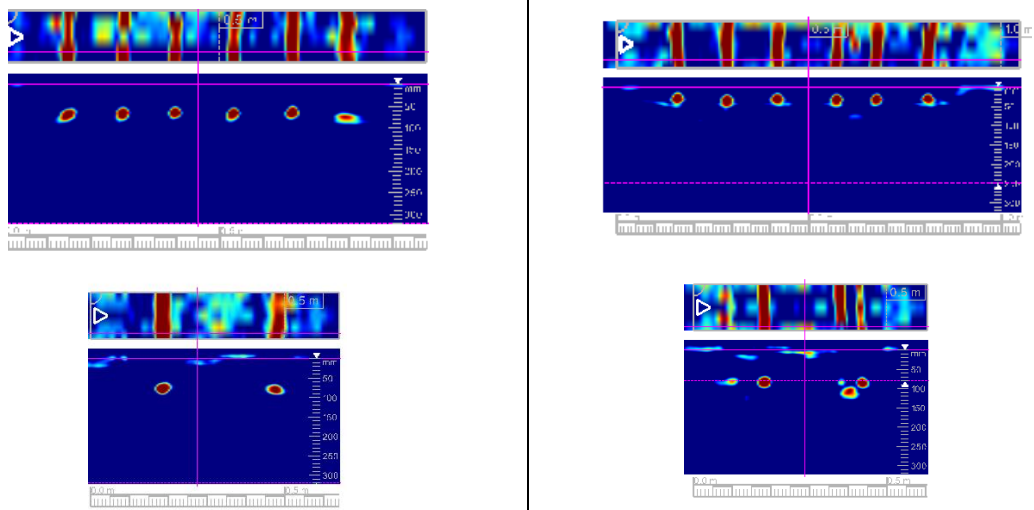
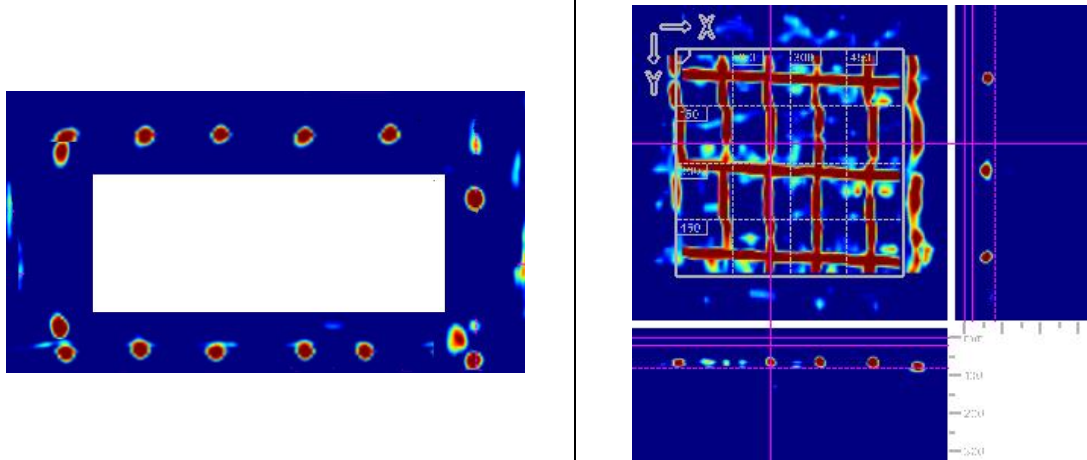
Obr. 3.3.71 - Liniový radarový sken cca v polovině příčnicku vedený vertikálně odhalil vodorovnou výztuž ve značné hloubce (180 až 250 mm) nepravidelně rozmístěnou – celkem 3 pruty, vzdálenost 240 a 560 mm. Nicméně díky odloučené povrchové vrstvě vykazuje sken v této oblasti rušení záznamu a jeho vyhodnocení je obtížné.

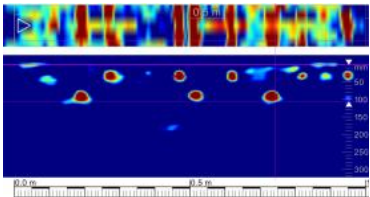
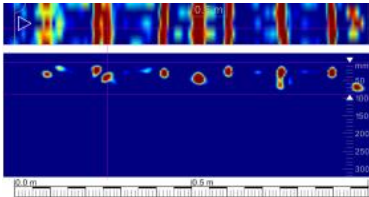
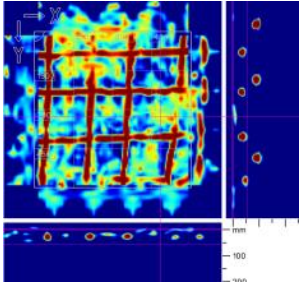
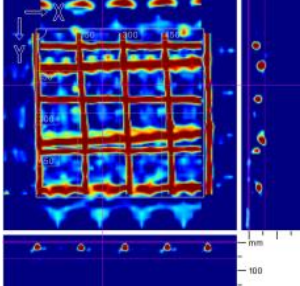
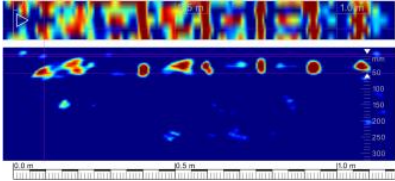
Sonda 2S1	
Místo sondy	1. (fasádní) mezilehlá podpěra – šikmá vzpěra, na Brněnské straně mostu.
Typ sondy	V místě sondy byly pro stanovení polohy hlavní nosné výztuže provedeny horizontální liniové skeny všech 4 stěn podpěry ve výšce cca 1200 mm nad terénem. Pro stanovení třmínek byl proveden liniový vertikální sken z bočního líce podpěry od terénu výše.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p>Obr. 3.3.72 - Liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 2S1 ve výšce cca 1200 mm nad terénem zachycující celkem 16 hlavních výztuží ve sloupu. Krytí je proměnlivé od 30 do 60 mm.</p>	
	
<p>Obr. 3.3.73 - Složením plošných liniových skenů z předchozího obrázku vzniká jasná představa o rozložení hlavních výztuží v řezu sloupem. Armokoš byl v bedněni umístěn asymetricky.</p>	
<p>Obr. 3.3.74 - Plošný sken formátu 600 x 600 mm pořízený na širší stěně podpěry v sondě 2S1 zachycuje šestici hlavních výztuží a třmínky, které mají mírný náklon od horizontální osy.</p>	
	
<p>Obr. 3.3.75 - Liniový sken třmínek v podpěře v sondě 2S1, vedený od terénu nahoru. Průměrná rozteč je cca 260 mm, krytí je cca od 45 mm.</p>	

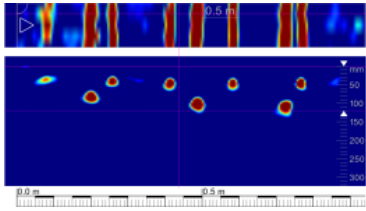
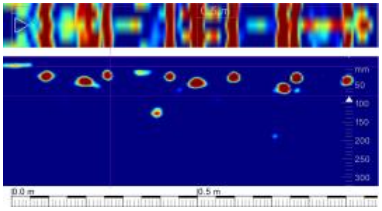
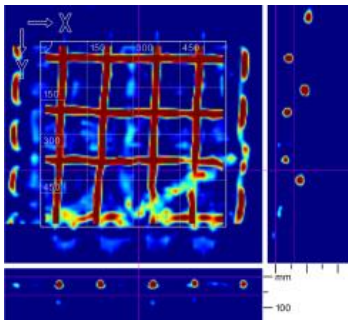
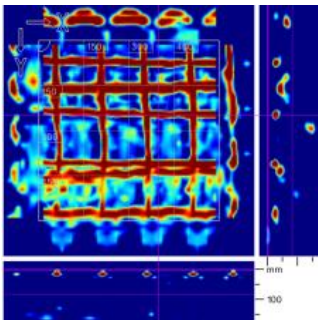
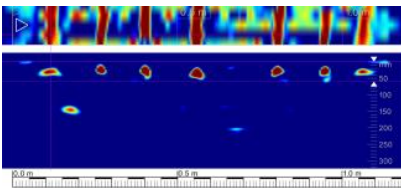
Sonda 2S2	
Místo sondy	5. (vnitřní) mezilehlá podpěra – šikmá vzpěra, na Brněnské straně mostu.
Typ sondy	V místě sondy byly pro stanovení polohy hlavní nosné výztuže provedeny horizontální liniové skeny všech 4 stěn podpěry ve výšce cca 1200 mm nad terénem. Pro stanovení třmínek byl proveden liniový vertikální sken z bočního líce podpěry od terénu výše.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p>Obr. 3.3.76 - Plošné liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 2S2 ve výšce cca 1200 mm nad terénem zachycující celkem 16 hlavních výztuží ve sloupu. Krytí je proměnlivé od 25 do 60 mm.</p>	
	
<p>Obr. 3.3.77 - Složením liniových skenů z předchozího obrázku vzniká jasná představa o rozložení hlavních výztuží v řezu podpěrou. Armokoš byl v bedněni umístěn asymetricky.</p>	
<p>Obr. 3.3.78 - Plošný sken formátu 600 x 600 mm pořízený na širší stěně podpěry v sondě 2S2 zachycuje šestici hlavních výztuží (dvě krajní již mimo základní rastr skenu) a trojici třmínek.</p>	
	
<p>Obr. 3.3.79 - Liniový sken třmínek v podpěře v sondě 2S2, vedený od terénu nahoru. Průměrná rozteč je cca 255 mm, krytí je cca od 45 mm.</p>	

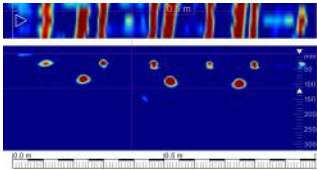
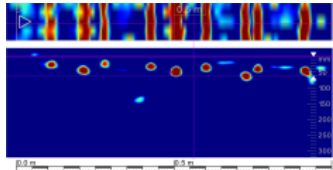
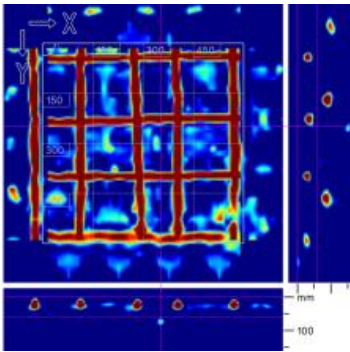
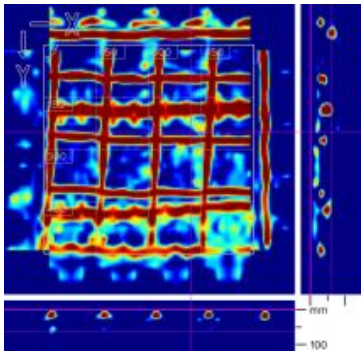
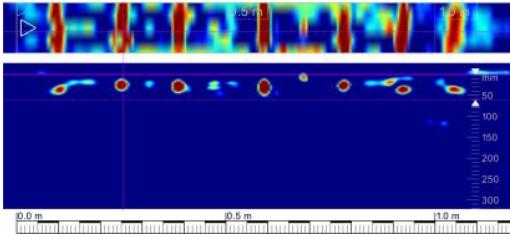
Sonda 2S3	
Místo sondy	1. (fasádní) mezilehlá podpěra – šikmá vzpěra, na Košické straně mostu.
Typ sondy	V místě sondy byly pro stanovení polohy hlavní nosné výztuže provedeny horizontální liniové skeny všech 4 stěn podpěry ve výšce cca 1200 mm nad terénem. Pro stanovení třmínků byl proveden liniový vertikální sken z bočního líce podpěry od terénu výše.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
<p>Obr. 3.3.80 - Plošné liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 2S3 ve výšce cca 1200 mm nad terénem zachycující celkem 16 hlavních výztuží ve sloupu. Krytí je proměnlivé od 20 do 65 mm.</p>	
<p>Obr. 3.3.81 - Složením liniových skenů z předchozího obrázku vzniká jasná představa o rozložení hlavních výztuží v řezu podpěrou. Armokoš byl v bednění umístěn asymetricky.</p>	
<p>Obr. 3.3.82 - Liniový sken třmínků v podpěře v sondě 2S3, vedený od terénu nahoru. Průměrná rozteč je cca 255 mm, krytí je cca od 45 mm.</p>	

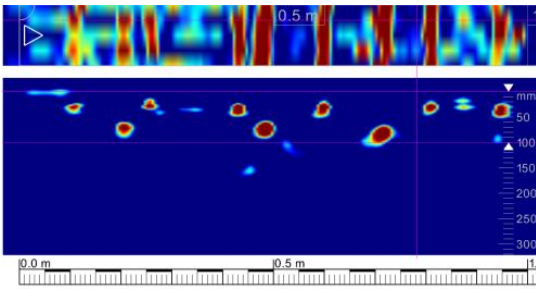
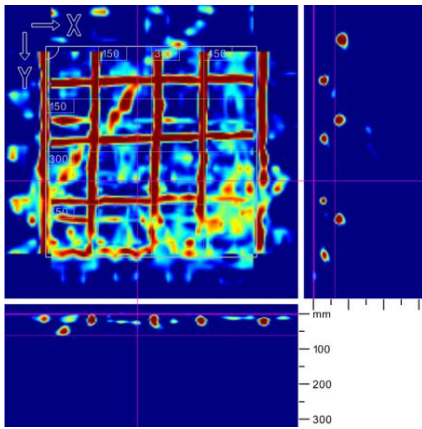
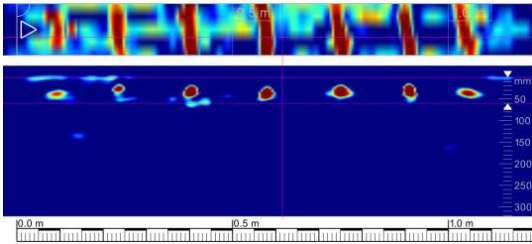
Sonda 2S4	
Místo sondy	3. (vnitřní) mezilehlá podpěra – šikmá vzpěra, na Košické straně mostu.
Typ sondy	V místě sondy byly pro stanovení polohy hlavní nosné výztuže provedeny horizontální liniové skeny všech 4 stěn podpěry ve výšce cca 1200 mm nad terénem. Pro stanovení třmíneků byl proveden liniový vertikální sken z bočního líce podpěry od terénu výše.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p>Obr. 3.3.83 - Plošné liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 2S4 ve výšce cca 1200 mm nad terénem zachycující celkem 16 hlavních výztuží ve sloupu. Krytí je proměnlivé od 25 do 65 mm.</p>	
	
<p>Obr. 3.3.84 - Složením liniových skenů z předchozího obrázku vzniká jasná představa o rozložení hlavních výztuží v řezu podpěrou. Armokoš byl v bedněni umístěn asymetricky.</p>	
	
<p>Obr. 3.3.85 - Liniový sken třmíneků v podpěře v sondě 2S4, vedený od terénu nahoru. Průměrná rozteč je cca 250 mm, krytí je cca od 40 mm.</p>	

Sonda 2S5	
Místo sondy	6. (vnitřní) mezilehlá podpěra – šikmá vzpěra, na Brněnské straně mostu.
Typ sondy	V místě sondy byly pro stanovení polohy hlavní nosné výztuže provedeny horizontální liniové skeny všech 4 stěn podpěry ve výšce cca 1200 mm nad terénem. Pro stanovení třmínek byl proveden plošný sken na horním líci podpěry.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p><i>Obr. 3.3.86 - Liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 1S5 ve výšce cca 1200 mm nad terénem zachycující celkem 16 hlavních výztuží ve sloupu. Krytí je proměnlivé od 15 do 60 mm.</i></p>	
	
<p><i>Obr. 3.3.87 - Složením liniových skenů z předchozího obrázku vzniká jasná představa o rozložení hlavních výztuží v řezu podpěrou. Armokoš byl v bednění umístěn asymetricky.</i></p>	
<p><i>Obr. 3.3.88 - Plošný sken formátu 600 x 600 mm pořizený na širší stěně podpěry v sondě 2S5 zachycuje šestici hlavních výztuží (dvě krajní již mimo základní rastr skenu) a trojici třmíneků.</i></p>	

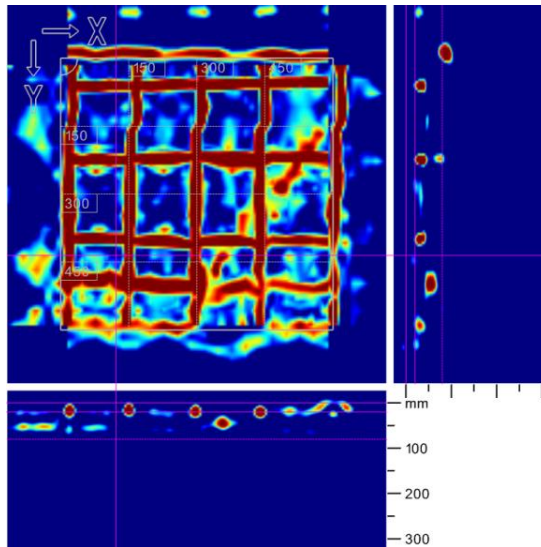
Sonda 2N1	
Místo sondy	1. nosník (fasádní) v krajním poli mostu na Brněnské straně (cca 2 m od koncového příčnicku na Brněnské straně mostu).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny na obou bočních i spodním líci nosníku, a dále plošný sken formátu 600 x 600 mm z obou bočních líců nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<i>Obr. 3.3.89 - Liniový sken provedený z bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 170 mm, krytí cca 25 - 30 mm), a hlouběji umístěnou čtveřici předpínacích kabelů (krytí cca 80 mm).</i>	<i>Obr. 3.3.90 - Liniový sken provedený z druhého bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 160 mm, krytí cca 20 - 30 mm), a hlouběji umístěnou čtveřici předpínacích kabelů (krytí cca 30 - 60 mm).</i>
	
<i>Obr. 3.3.91 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází cca 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné vodorovné konstrukční výztuže, pět tříminků s průměrnou roztečí 170 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely. Nekvalitní sken odtržením krycí vrstvy.</i>	<i>Obr. 3.3.92 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj skenovaného pole se nachází cca 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné vodorovné konstrukční výztuže, pět tříminků s průměrnou roztečí 155 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely.</i>
	
<i>Obr. 3.3.93 - Liniový sken provedený v místě sondy 2N1 ze spodního líce prvku kolmo na podélnou osu nosníku. Sken zachytil pravidelně rozmístěných 7 prutů měkké výztuže v podélném směru nosníku, s krytím 30 mm. Nekvalitní sken odtržením krycí vrstvy.</i>	

Sonda 2N2	
Místo sondy	2. nosník (vnitřní) v krajním poli mostu na Brněnské straně (cca 2 m od koncového příčnicku na Brněnské straně mostu).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny na obou bočních i spodním líci nosníku, a dále plošný sken formátu 600 x 600 mm z obou bočních líců nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<i>Obr. 3.3.94 - Liniový sken provedený z bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 165 mm, krytí cca 30 - 45 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 70 - 90 mm).</i>	<i>Obr. 3.3.95 - Liniový sken provedený z druhého bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 160 mm, krytí cca 20 - 30 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 30 - 50 mm).</i>
	
<i>Obr. 3.3.96 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází cca 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné vodorovné konstrukční výztuže, pět třmínků s průměrnou roztečí 150 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely. Navíc sken ukazuje jeden šikmý prut konstrukční výztuže.</i>	<i>Obr. 3.3.97 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj skenovaného pole se nachází cca 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné vodorovné konstrukční výztuže, pět třmínků s průměrnou roztečí 150 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely.</i>
	
<i>Obr. 3.3.98 - Liniový sken provedený v místě sondy 2N2 ze spodního líce prvku kolmo na podélnou osu nosníku. Sken zachytil pravidelně rozmístěných 7 prutů měkké výztuže v podélném směru nosníku, s krytím 20 - 30 mm.</i>	

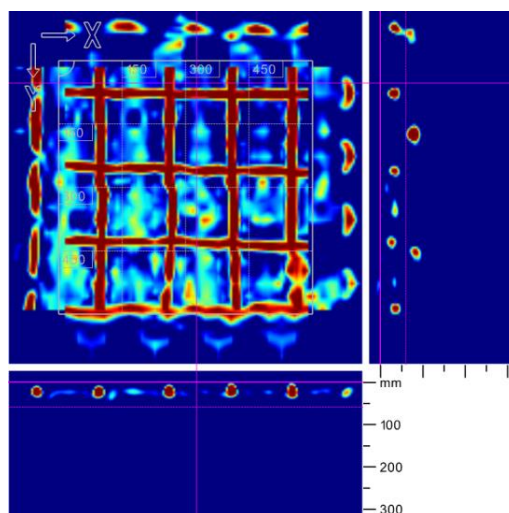
Sonda 2N3	
Místo sondy	6. nosník (vnitřní) v krajním poli mostu na Brněnské straně (cca 2 m od koncového příčnicku na Brněnské straně mostu).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny na obou bočních i spodním líci nosníku, a dále plošný sken formátu 600 x 600 mm z obou bočních líců nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<i>Obr. 3.3.99 - Liniový sken provedený z bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 170 mm, krytí cca 25 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 70-85 mm).</i>	<i>Obr. 3.3.100 - Liniový sken provedený z druhého bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 160 mm, krytí cca 20 - 30 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 30 - 50 mm).</i>
	
<i>Obr. 3.3.101 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází cca 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné vodorovné konstrukční výztuže, pět třmínků s průměrnou roztečí 150 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely.</i>	<i>Obr. 3.3.102 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj skenovaného pole se nachází cca 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné vodorovné konstrukční výztuže, čtyři třmínky s průměrnou roztečí 150 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely.</i>
	
<i>Obr. 3.3.103 - Liniový sken provedený v místě sondy 2N2 ze spodního líce prvku kolmo na podélnou osu nosníku. Sken zachytil pravidelně rozmístěných 7 prutů měkké výztuže v podélném směru nosníku, s krytím 20-30 mm.</i>	

Sonda 2N4	
Místo sondy	7. nosník (fasádní) v krajním poli mostu na Brněnské straně (cca 2 m od koncového příčnicku na Brněnské straně mostu).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny na bočním i spodním líci nosníku, a dále plošný sken formátu 600 x 600 mm z bočního líce nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p><i>Obr. 3.3.104 - Liniový sken provedený z bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 170 mm, krytí cca 20 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 65 -70 mm).</i></p>	
	
<p><i>Obr. 3.3.105 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází cca 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné vodorovné konstrukční výztuže, pět třmínků s průměrnou roztečí 155 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely. Navíc sken ukazuje jeden šikmý prut konstrukční výztuže.</i></p>	
	
<p><i>Obr. 3.3.106 - Liniový sken provedený v místě sondy 2N2 ze spodního líce prvku kolmo na podélnou osu nosníku. Sken zachytil pravidelně rozmístěných 7 prutů měkké výztuže v podélném směru nosníku, s krytím 25 -30 mm.</i></p>	

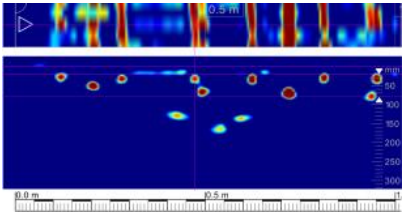
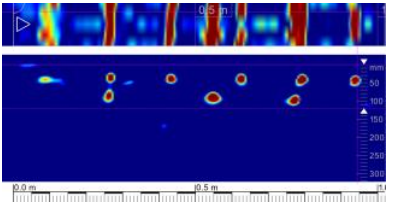
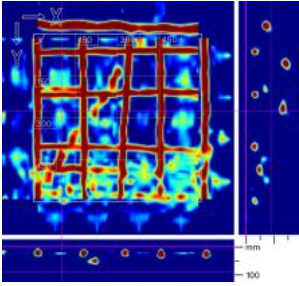
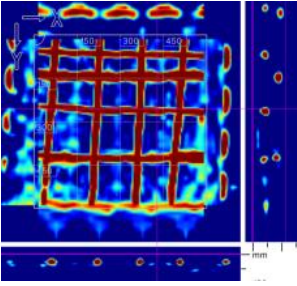
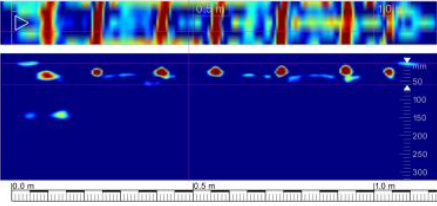
Sonda 2N5	
Místo sondy	6. nosník (vnitřní) v krajním poli mostu na Košické straně (cca 2 m od koncového příčnicku na Košické straně mostu).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny plošné skeny formátu 600 x 600 mm z obou bočních líců nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.



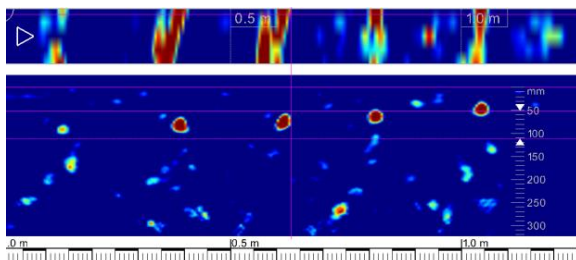
Obr. 3.3.107 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází cca 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné vodorovné konstrukční výztuže (krytí 25 mm), pět třmínků s průměrnou roztečí 150 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely. Navíc sken ukazuje jeden šikmý prut konstrukční výztuže.



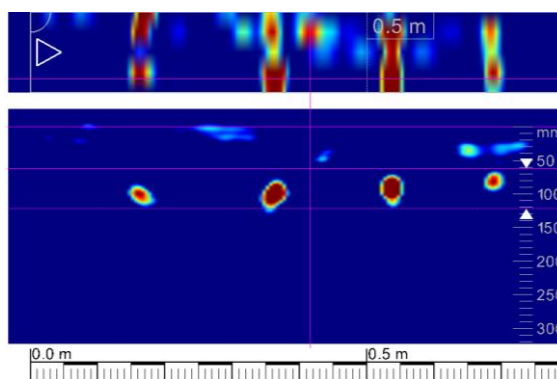
Obr. 3.3.108 - Plošný sken pořízený z protějšího bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází cca 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné vodorovné konstrukční výztuže (krytí cca 15 mm), pět třmínků s průměrnou roztečí 150 mm, a byly zachyceny tři (nejspodnější) předpínací kabely (kryté cca 60 - 80 mm).

Sonda 2N6	
Místo sondy	7. nosník (fasádní) v krajním poli mostu na Košické straně (cca 2 m od koncového příčnicku na Košické straně mostu).
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny na obou bočních i spodním líci nosníku, a dále plošný sken formátu 600 x 600 mm z obou bočních líců nosníku.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.
	
<p>Obr. 3.3.109 - Liniový sken provedený z bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou měkkou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 165 mm, krytí cca 20 - 25 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 40 - 70 mm).</p>	<p>Obr. 3.3.110 - Liniový sken provedený z druhého bočního líce prvku vertikálně zespoda nahoru. Sken zachytil vodorovnou výztuž (6 ks, průměrná vzdálenost 170 mm, krytí cca 25 - 35 mm), a hlouběji umístěnou trojici předpínacích kabelů (krytí cca 75 - 90 mm).</p>
	
<p>Obr. 3.3.111 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj se nachází cca 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné vodorovné konstrukční výztuže, pět třmínků s průměrnou roztečí 150 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely. Navíc sken ukazuje jeden šikmý prut konstrukční výztuže.</p>	<p>Obr. 3.3.112 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku, spodní okraj skenovaného pole se nachází cca 200 mm nad spodní hranou nosníku. Na skenu jsou patrné vodorovné konstrukční výztuže, čtyři třmínky s průměrnou roztečí 150 mm, a byly zachyceny tři předpínací kabely.</p>
	
<p>Obr. 3.3.113 - Liniový sken provedený v místě sondy 2N2 ze spodního líce prvku kolmo na podélnou osu nosníku. Sken zachytil pravidelně rozmístěných 7 prutů měkké výztuže v podélném směru nosníku, s krytím 15 - 25 mm.</p>	

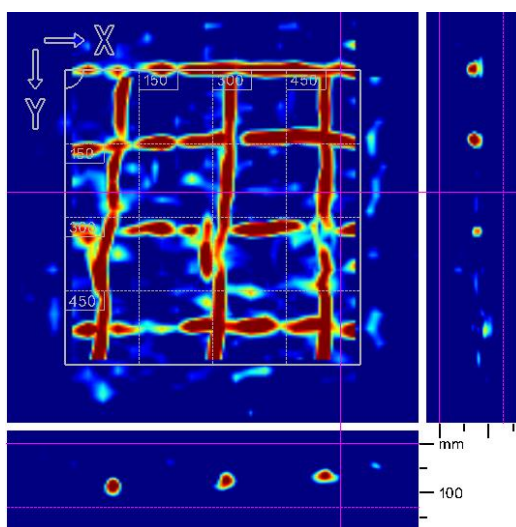
Sonda 2P1	
Místo sondy	Přístupná část koncového příčnicku, mezi 5. a 6. nosníkem, na Brněnské straně mostu.
Typ sondy	V místě sondy byly provedeny liniové skeny ve svislém i vodorovném směru, přibližně uprostřed přístupné části příčnicku (boční líc příčnicku), a plošný sken.
Použité metody	Georadar Hilti PS1000.



Obr. 3.3.114 - Liniový radarový sken cca v polovině výšky příčnicku vedený horizontálně odhalil svislou výztuž (třmínky?) s krytím 40 až 80 mm, rozmístěnou poměrně pravidelně po cca 225 mm.



Obr. 3.3.115 - Liniový radarový sken cca v polovině příčnicku vedený vertikálně odhalil vodorovnou výztuž s krytím 70 až 90 mm, pravidelně rozmístěnou po cca 175 mm.



Obr. 3.3.116 - Plošný sken formátu 600 x 600 mm uprostřed přístupné boční části příčnicku potvrdil předchozí zkoumání liniovými skeny.

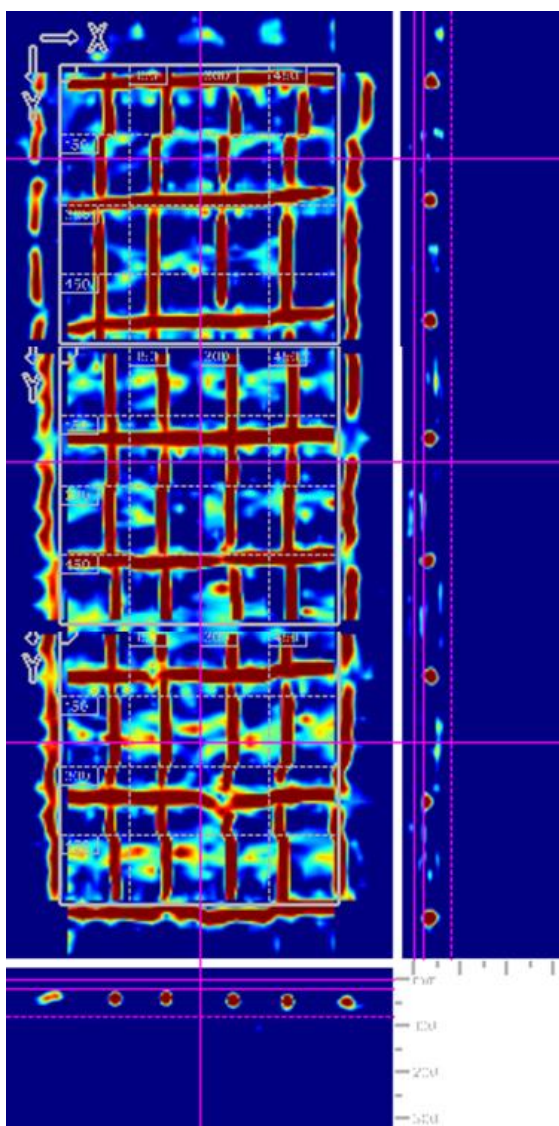
3.4 Srovnání výsledků průzkumu s projektovou dokumentací

Další částí je porovnání zjištěných výztuží pomocí georadaru s projektovou dokumentací dané mostní konstrukce. Pro příkladné porovnání byly použity plošné skeny ze sond 1N11 a 2N3 na nosnících a 1S5 a 2S5 na vzpěrách.

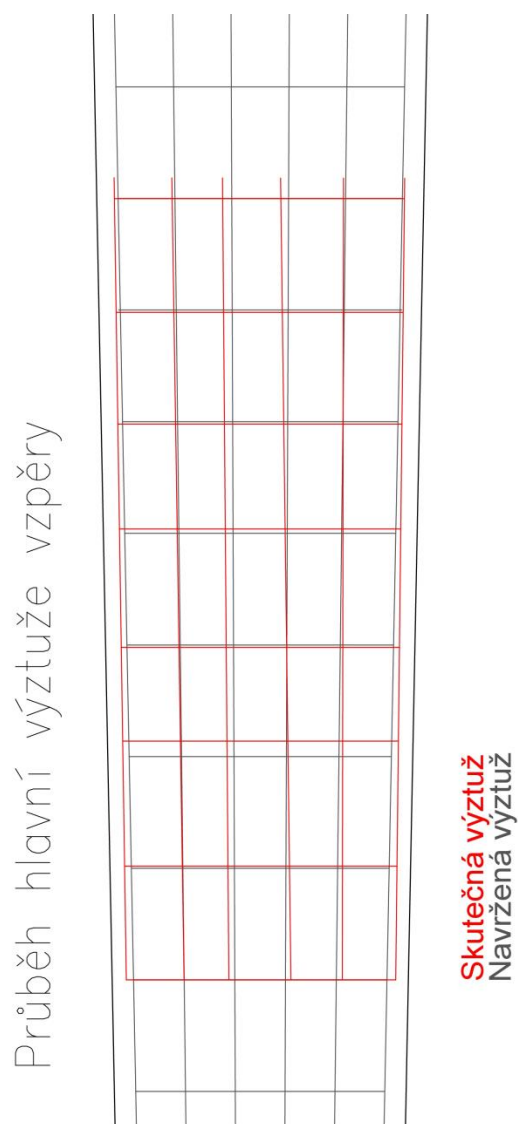
3.4.1 Příklady srovnání výsledků průzkumu vzpěr

Sonda 1S5

V místě sondy 1S5 byly provedeny tři na sebe navazující plošné skeny pro ověření polohy hlavní výztuže a třmínků.



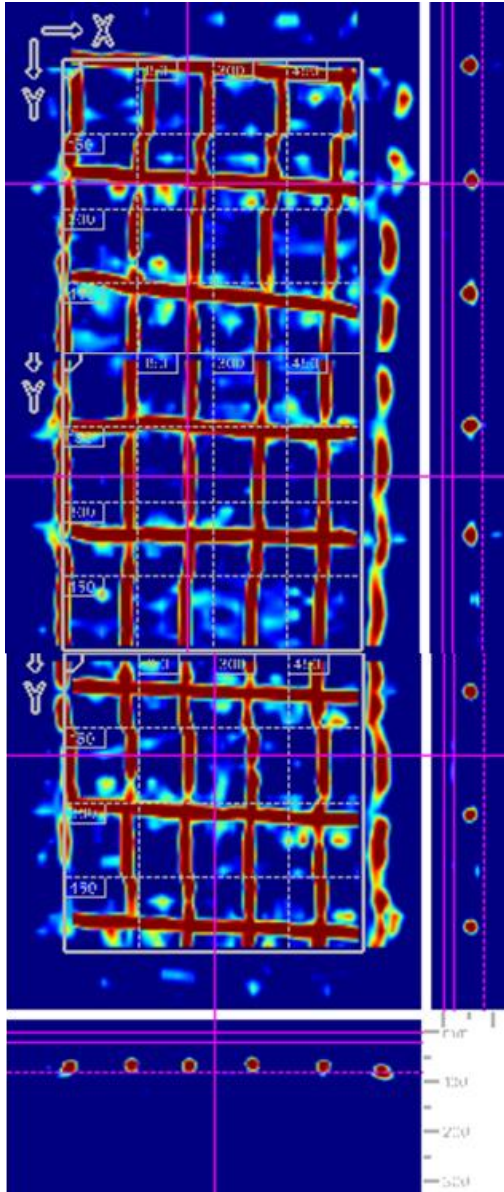
Obr. 3.4.1 – Složené plošné skeny v místě sondy 1S5.



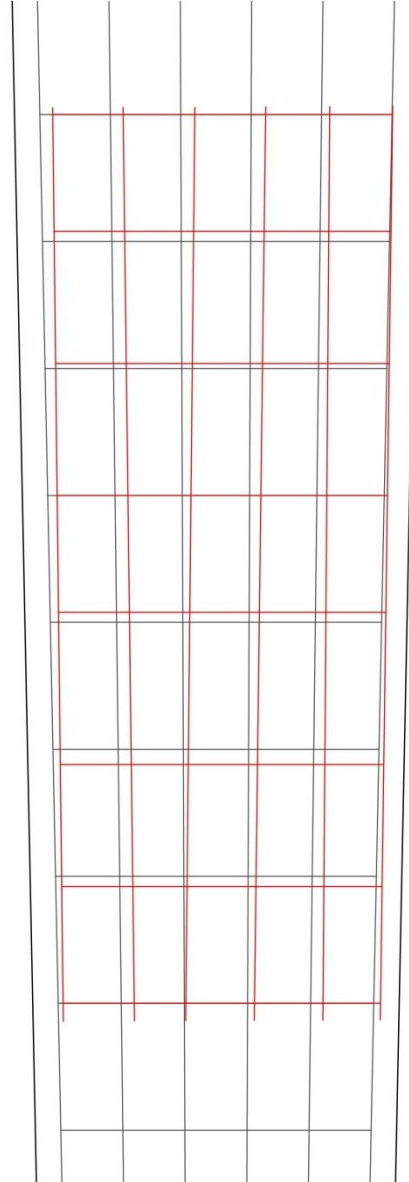
Obr. 3.4.2 – Srovnání průběhu skutečné a navržené výztuže vzpěry.

Sonda 2S5

V místě sondy 2S5 byly provedeny tři na sebe navazující plošné skeny pro ověření polohy hlavní výztuže a třmínků.



Průběh hlavní výztuže vzpěry



Skutečná výztuž
Navržená výztuž

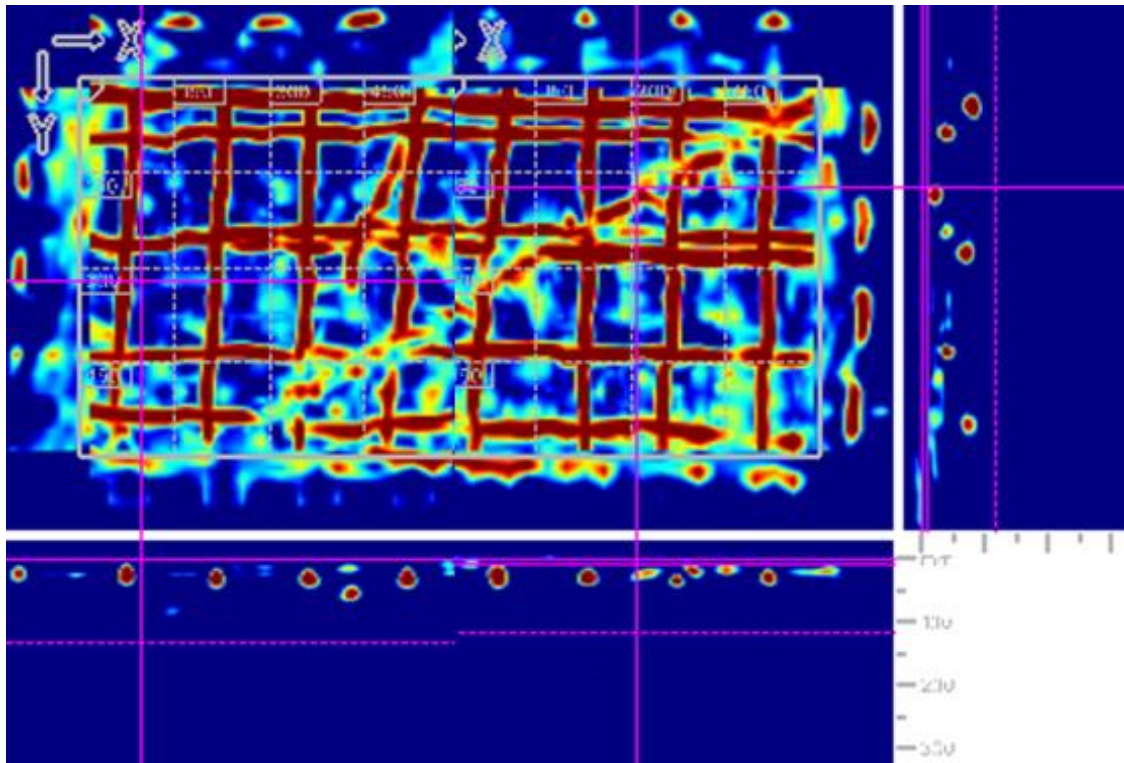
Obr. 3.4.3 – Složené plošné skeny v místě sondy 2S5. Obr. 3.4.4 – Srovnání průběhu skutečné a navržené výztuže vzpěry.

Pomocí tohoto srovnání je možné konstatovat, že vyztužení šikmých vzpěr odpovídá příslušné projektové dokumentaci, ačkoliv se vyskytují jisté excentricity uložení výztuže, které vznikly během výroby armokošů nebo pohybem armokoše během betonáže.

3.4.2 Příklady srovnání výsledků průzkumu nosníků

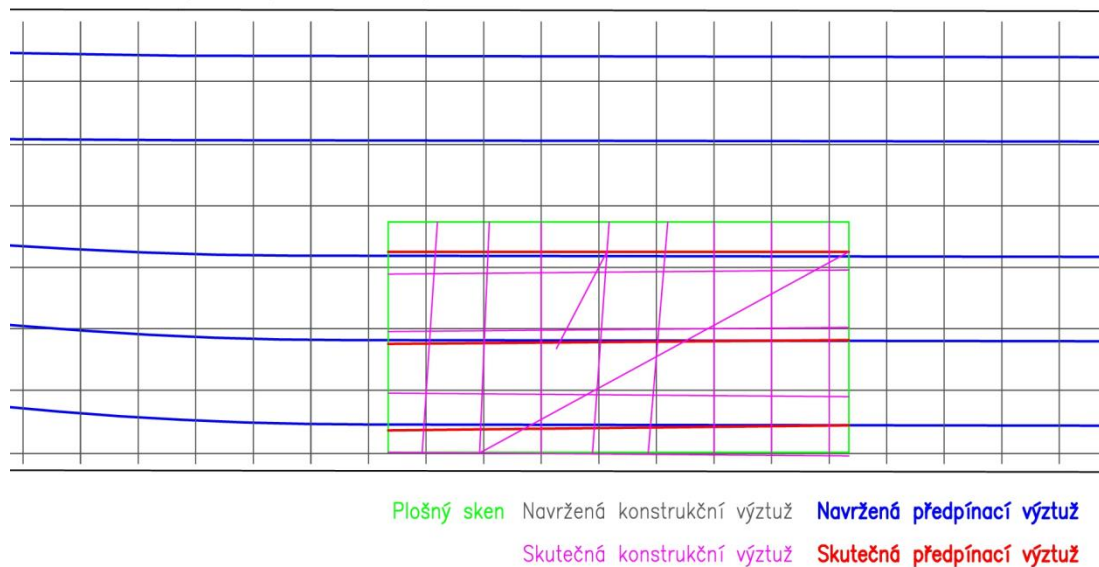
Sonda 1N11

V místě sondy 1N11 byly provedeny dva na sebe navazující plošné skeny pro ověření polohy předpínací výztuže.



Obr. 3.4.5 - Složené skeny v místě sondy 1N11.

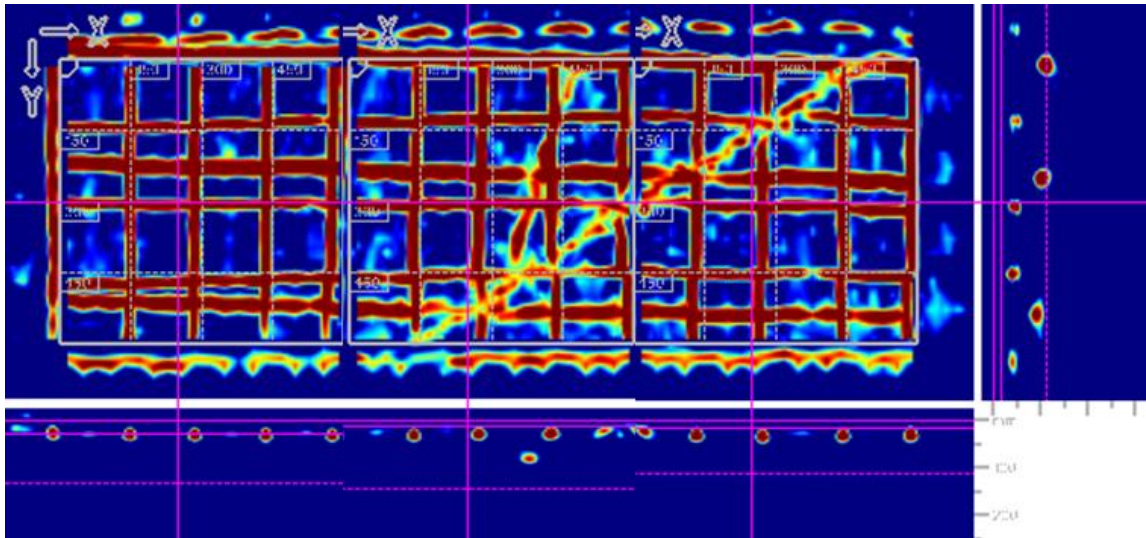
Průběh předpínací výztuže



Obr. 3.4.6 - Srovnání průběhu skutečné a navržené výztuže na nosníku v místě sondy 1N11

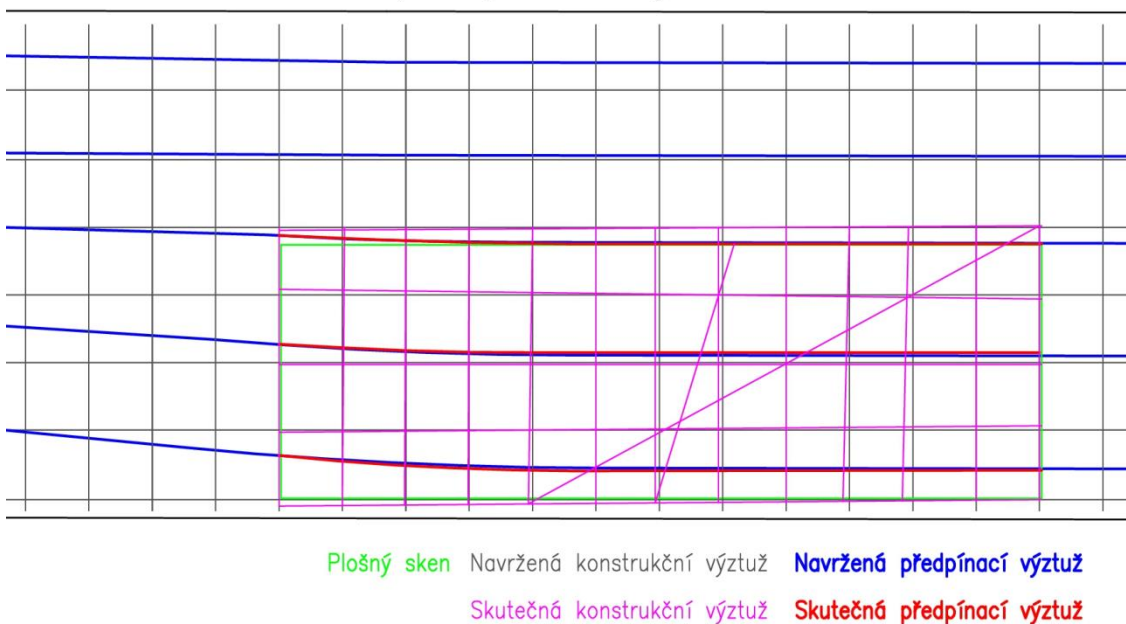
Sonda 2N3

V místě sondy 2N2 byly provedeny tři na sebe navazující plošné skeny pro ověření polohy předpínací výztuže.



Obr. 3.4.7 - Složené skeny v místě sondy 2N3.

Průběh předpínací výztuže



Obr. 3.4.8 - Srovnání průběhu skutečné a navržené výztuže na nosníku v místě sondy 2N3

Pomocí tohoto srovnání je možné konstatovat, že vyztužení nosníků odpovídá příslušné projektové dokumentaci, ačkoliv se zde vyskytují pruty šikmé konstrukční výztuže, jenž byly vloženy pro zajištění polohy měkké a předpínací výztuže při betonáži nosníků, a dále nepatrné excentricity průběhu předpínacích kabelů a konstrukčních výztuží vzniklé při výrobě prvku.

4. Závěr

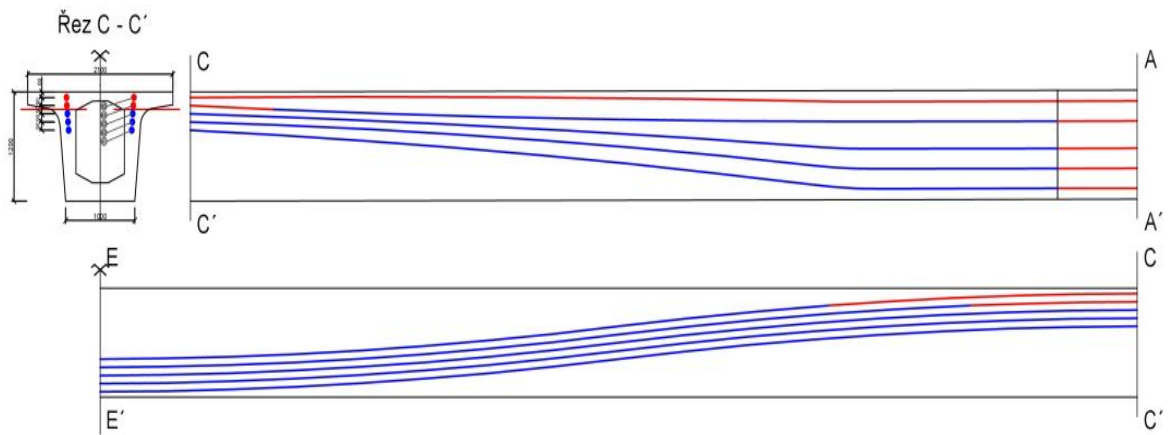
V teoretické části byl obecně popsán železobeton a jeho zjišťované vlastnosti diagnostickými metodami. Následně byly vysvětleny běžně používané nedestruktivní, semidestruktivní a destruktivní metody, přičemž metody georadaru a elektromagnetických indikátorů byly využity pro zpracování praktické části. Podstatná část mé bakalářské práce byla zaměřena na předpjatý beton a jeho diagnostické metody, což spočívá ve dvou krocích. První krok je ověření polohy a krytí předpínacích kabelů, čemuž byla věnovaná praktická část, a druhým krokem je stanovení stavu zainjektování kanálů a stavu kabelů.

Praktická část byla věnovaná stavebně technickému průzkumu prefabrikovaných mostních konstrukcí z předpjatého betonu na komunikaci 50 – Ostravská přes komunikaci 373 - Bělohorská s evidenčními čísly 50-003..1 a 50-003..2 v městské části Brno-Slatina.

V rámci průzkumu bylo ověřeno vyztužení na osmi nosnících a deseti šikmých vzpěrách, přičemž byla potvrzena poloha z projektové dokumentace. Pro zjištění polohy výztuží byly použity metody georadaru a elektromagnetických indikátorů, ačkoli během měření bylo rozhodnuto o výhradním použití georadaru z důvodu nedostatečného dosahu elektromagnetických indikátorů, které nebyly schopné zaznamenat polohu předpínacích výztuží. Elektromagnetické indikátory byly vhodné pouze pro zjištění průměrů výztuže, což není podstatné z hlediska průzkumu předpjatých konstrukcí. Pro úplnou diagnostiku je třeba určit stav zainjektování předpínacích kanálů a koroze kabelů. Na základě mého průzkumu bude možné mechanicky ověřit polohu pouze v 91 % celkové délky kabelů.

Tab 4.1.1 - Délky kabelů a jejich dostupné a nedostupné části

č. kabelu	Délka kabelu	Délka kabelů celkem	Uložení	Nedostupná délka v poli	Dostupná délka
K1	60,1	360,6	1,2	0	353,4
K2	60,1		1,2	0	
K3	60,1		1,2	0	
K4	59,3	118,6	1,2	3,7	108,8
K5	59,3	118,6	1,2	17	82,2
				dostupná část kabelů	91,07



Obr. 4.1.1- Dostupnost a nedostupnost předpínacích kabelů.

Přestože je teoreticky možné mechanicky ověřit 91% celkové délky předpínacích kabelů, ale prakticky je nereálné po celé délce provádět semidestruktivní vývrty, je třeba v současné době provádět tyto vývrty pouze bodově ve vybraných výsecích, které ale nemusí být průkazné pro danou oblast kabelu. Z tohoto důvodu by bylo vhodné využití některé z nedestruktivních metod, které bohužel zatím nejsou k dispozici, a tak je třeba doufat, že například společnost Proceq dokončí vývoj svého nového georadaru, jenž bude schopen spolehlivě a nedestruktivně ověřit stav zainjektování kanálu.

5. Bibliografie

- [1] PROCHÁZKA, Jaroslav. *Navrhování betonových konstrukcí 1*. 1. vyd. Praha: ČBS Servis, 2005. ISBN 80-903502-0-8.
- [2] ČSN EN 206 +A1 (732403). *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2018.
- [3] Stropní konstrukce rodinného domu Spiroll. In: *PREFA BRNO* [online]. Brno: Prefa Brno, 2016 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.prefa.cz/pozemni-stavby/konstrukcni-systemy/stropni-konstrukce-rodinneho-domu-spiroll/>
- [4] ČSN EN 1992-2 (736208). *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady*. 4. Praha: Český normalizační institut, 2014.
- [5] SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty*. 4. české vyd. Praha, 2018.
- [6] CIKRLE, Petr, Ondřej ANTON, Petr DANĚK, Barbara KUCHARCZYKOVÁ a Petr MISÁK. *NDT ZKOUŠENÍ VE STAVEBNICTVÍ: Příručka kurzu ČŽV*. 1. Brno: Ústav stavebního zkušebnictví, Fakulta stavební, VUT v Brně, 2010. ISBN 978-80-214-4198-9.
- [7] ČSN ISO 13822 (730038). *Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2014.
- [8] ČSN 73 2011 (732011). *Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [9] ČSN EN 13791 (731303). *Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [10] ČSN EN 1992-1-1 (731201). *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. 6. Praha: Český normalizační institut, 2006.

- [11] CIKRLE, Petr a Dalibor KOCÁB. Dynamické a statické moduly pružnosti betonu. *TZB-info* [online]. 2010 [cit. 2019-03-27]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/10746-dynamicke-a-staticke-moduly-pruznosti-betonu>
- [12] ČSN 73 1371 (731371). *Nedestruktivní zkoušení betonu - Ultrazvuková impulzová metoda zkoušení betonu*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [13] ČSN 73 1372 (731372). *Nedestruktivní zkoušení betonu - Rezonanční metoda zkoušení betonu*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [14] ČSN EN 12504-4 (731303). *Zkoušení betonu - Část 4: Stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [15] ČSN EN 12390-7 (731302). *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- [16] ČSN 73 1322 (731322). *Stanovení mrazuvzdornosti betonu*. 1. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1968.
- [17] ČSN 73 1326 (731326). *Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek*. 1. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1984.
- [18] ČSN 73 1380 (731380). *Zkoušení odolnosti betonu proti zmrazování a rozmrazování - Porušení vnitřní struktury*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [19] CHROMKOVÁ, Ivana. Zrychlená zkouška mrazuvzdornosti a možnosti jejího využití. *TZB-info* [online]. 2010 [cit. 2019-04-15]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/12350-zrychlena-zkouska-mrazuvzdornosti-a-moznosti-jejeho-vyuziti>
- [20] ČSN EN 12390-8 (731302). *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 8: Hloubka průsaku tlakovou vodou*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [21] *PŘÍRUČKA TECHNOLOGA BETON: Suroviny - Výroba - Vlastnosti*. 1. HEIDELBERG, 2013.

- [22] Zkušební stolice na zkoušky vodotěsnosti betonu. In: *Brio Hranice* [online]. Hranice: Brio Hranice, 2019 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://briohranice.cz/zkusebni-stolice-na-zkousky-vodotesnosti-betonu>
- [23] ČSN EN ISO 12570 (730573). *Tepelně vlhkostní chování stavebních materiálů a výrobků - Stanovení vlhkosti sušením při zvýšené teplotě*. 3. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [24] POCHMANOVÁ, Petra a Ivan MISAR. Kontrolní metody pro stanovení vlhkosti podkladních vrstev podlah. *TZB-info* [online]. 2010 [cit. 2019-04-15]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/podlahy/8050-kontrolni-metody-pro-stanoveni-vlhkosti-podkladnich-vrstev-podlah>
- [25] Concrete Moisture Encounter Expert. In: *Tramex LTD* [online]. Port Richey: Tramex, 2019 [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <https://tramexmeters.eu/cmex-concrete-moisture-encounter-expert#img-4>
- [26] ANTON, Ondřej, Petr CIKRLE a Věra HEŘMÁNKOVÁ. Zkušenosti s georadarem při stavebně technických průzkumech. *TZB-info* [online]. 2010 [cit. 2019-04-15]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/10800-zkusenosti-s-georadarem-pri-stavebne-technicky-pruzkumech>
- [27] Proceq GPR Live Application 04. In: *Proceq AG* [online]. Schwerzenbach: Proceq, 2016 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.proceq.com/product/proceq-gpr-live/>
- [28] Portable Ground Penetrating Radar: Proceq GPR Live. *Proceq AG* [online]. Schwerzenbach: Proceq, 2016 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.proceq.com/product/proceq-gpr-live/>
- [29] Profometer and Profoscope rebar locators and concrete cover meters: Profometer 6 Operating Instructions. *Proceq AG* [online]. Schwerzenbach: Proceq, 2016 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.proceq.com/compare/rebar-detection-and-cover-measurement/>
- [30] PROFOMETER® PM-600 / PM-630 / PM-650 pokročilé měření překrytí výztuží betonem. *Build Info* [online]. Praha: Build Info, 2015, **2015**(4) [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <http://www.buildinfo.cz/vyslo/a2015/a4-2015>

- [31] Pundit 200. In: *Proceq AG* [online]. Schwerzenbach: Proceq, 2016 [cit. 2019-05-10].
Dostupné z: <https://www.proceq.com/compare/pundit-ultrasonic-pulse-velocity-and-pulse-echo-testing/>
- [32] Pundit ultrasonic pulse velocity and pulse echo tomography: Pundit 2 Operating Instructions. *Proceq AG* [online]. Schwerzenbach: Proceq, 2016 [cit. 2019-05-10].
Dostupné z: <https://www.proceq.com/compare/pundit-ultrasonic-pulse-velocity-and-pulse-echo-testing/>
- [33] Jádrové vrtání diamantovou korunkou. In: *GP Rental* [online]. Prostějov: GP Rental, 2018 [cit. 2019-05-11].
Dostupné z: <http://www.gprental.cz/wp-content/uploads/2015/02/jadrove-vrtani-praha.jpg>
- [34] HOBST, Leonard, Jiří ADÁMEK, Petr CIKRLÉ a Pavel SCHMID. *Diagnostika stavebních konstrukcí: přednášky*. 1. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2005.
- [35] ANTON, Ondřej, Petr CIKRLÉ a Věra HEŘMÁNKOVÁ. Problematika současných možností diagnostiky předpínací výztuže v konstrukcích. In: *Sborník recenzovaných příspěvků konference ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2019*. Brno, 2019, s. 10. ISBN 978-80-214-5750-8.
- [36] Geoportal. *ŘSD ČR* [online]. Praha: Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2015 [cit. 2019-05-16].
Dostupné z: <https://geoportal.rsd.cz/webappbuilder/apps/7/>

6. Seznam obrázků a tabulek

6.1 Obrázky

Obr. 2.1.1 - Roznos ohybových napětí v železobetonovém průřezu [1].....	12
Obr. 2.1.2 – Výroba předem předpjatých stropních panelů Spiroll [3].....	13
Obr. 2.2.1 – Vývojový diagram postupu hodnocení existujících konstrukcí [7].....	15
Obr. 2.3.1 – Zkušební stolice na zkoušky vodotěsnosti [22].	23
Obr. 2.3.2 – Příložený impedanční vlhkoměr Tramex CMEXpert II [25].	25
Obr. 2.3.3 – Georadar Hilti PS1000 při pořizování plošného skenu pomocí rastru 600 x 600 mm.	30
Obr. 2.3.4 – Proceq GPR Live na teleskopické tyči propojený s iPadem pro zobrazení měření [27].....	31
Obr. 2.3.5 – Profometer PM-630 od společnosti Proceq se zobrazením průběhu měření výztuže.	32
Obr. 2.3.6 – Pundit PL-200 [31].	33
Obr. 2.3.7 – přímá, nepřímá a polopřímá metoda prozvučování [32].....	33
Obr. 2.3.8 – Vodorovné jádrové vrtání diamantovou korunkou [33].	34
Obr. 2.4.1 – typový výkres nosníku I [35].	37
Obr. 2.4.2 – Plošný sken spodního líce nosníku [35]	37
Obr. 2.4.3 – Návrh k ocelové chrániče a průřez chráničky ke kabelu [35].	37
Obr. 2.4.4 – Gamagram modelu předpjaté konstrukce [35].....	38
Obr. 2.4.5 – Záznam plošného skenu radarem Proceq GPR Live [35].....	38
Obr. 3.1.1 – Situace mostu z Geoportálu ŘSD [36]	39
Obr. 3.1.2 – Odtržení sanační vrstvy na fasádním nosníku.....	40
Obr. 3.1.3 – Provizorní opatření pro zajištění bezpečnosti provozu na komunikaci.	40
Obr. 3.1.4 – Schéma vyztužení nosníku v krajním poli blízko krajní opěry.	41
Obr. 3.1.5 – Schéma vyztužení nosníku ve 2. poli blízko podpěry.	41
Obr. 3.1.6 – Schéma vyztužení vzpěry v 2. oblasti třmínků.	41
Obr. 3.1.7 – Půdorys rozmístění sond.....	44
Obr. 3.2.1 – Líc podpěry s rastrem pro provedení plošného skenu.....	45
Obr. 3.2.2 – Boční líc nosníku s přiloženým rastrem pro provedení plošného skenu.....	46
Obr. 3.2.3 – Plošný sken bočního líce nosníku.	47
Obr. 3.2.4 – Plošný sken bočního líce fasádního nosníku s odtrženou sanací.	47
Obr. 3.2.5 – Plošný sken vzpěry.	47
Obr. 3.2.6 – Složené liniové skeny vzpěry.....	47

Obr. 3.2.7 – Horizontální liniový sken příčnicku.	47
Obr. 3.2.8 – Vertikální liniový sken příčnicku.	47
Obr. 3.2.9 – Záznam měření hlavní výztuže profometrem na bočním líci podpěry v místě sondy 2S5 (zobrazeny pouze vnitřní výztuže).....	48
Obr. 3.2.10 – Záznam měření hlavní výztuže profometrem na dolním líci podpěry v místě sondy 2S5.....	48
Obr. 3.2.11 – Záznam měření třmínek profometrem na podpěře v místě sondy 2S5.....	48
Obr. 3.2.12 – Záznam měření profometrem na nosníku v místě sondy 2N3 (zobrazena pouze měkká výztuž).....	49
Obr. 3.2.13 – Záznam měření třmínek profometrem na nosníku v místě sondy 2N3.	49
Obr. 3.3.1 - Liniové skeny jednotlivých stěn podpěry v sondě 1S1.....	50
Obr. 3.3.2 - Plošný sken pořízený na širší stěně podpěry v sondě 1S1	50
Obr. 3.3.3 - Složení liniových skenů z předchozího obrázku	50
Obr. 3.3.4 - Liniový sken třmínek v podpěře v sondě 1S1.....	50
Obr. 3.3.5 - Liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 1S2	51
Obr. 3.3.6 - Složení liniových skenů z předchozího obrázku	51
Obr. 3.3.7 - Plošný sken pořízený na širší stěně podpěry v sondě 2S1.	51
Obr. 3.3.8 - Liniový sken třmínek ve sloupu v sondě 1S2	51
Obr. 3.3.9 - Liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 1S3	52
Obr. 3.3.10 - Složení liniových skenů z předchozího obrázku	52
Obr. 3.3.11 - Liniový sken třmínek v podpěře v sondě 1S3.	52
Obr. 3.3.12 - Liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 1S4.	53
Obr. 3.3.13 - Složení liniových skenů z předchozího obrázku	53
Obr. 3.3.14 - Liniový sken třmínek v podpěře v sondě 1S4.	53
Obr. 3.3.15 - Liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 1S5.	54
Obr. 3.3.16 - Složení liniových skenů z předchozího obrázku.	54
Obr. 3.3.17 - Plošný sken pořízený na širší stěně podpěry v sondě 2S5.	54
Obr. 3.3.18 - Liniový sken provedený v místě sondy 1N1.	55
Obr. 3.3.19 - Liniový sken v místě sondy 1N1 z druhého bočního líce prvku.	55
Obr. 3.3.20 - Liniový sken provedený ze spodního líce prvku.....	55
Obr. 3.3.21 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	55
Obr. 3.3.22 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	55
Obr. 3.3.23 - Liniový sken v místě sondy 1N2.	56
Obr. 3.3.24 - Liniový sken v místě sondy 1N2.	56
Obr. 3.3.25 - Liniový sken provedený ze spodního líce.....	56

Obr. 3.3.26 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	56
Obr. 3.3.27 - Liniový sken provedený v místě sondy 1N3.	57
Obr. 3.3.28 - Liniový sken v místě sondy 1N3.	57
Obr. 3.3.29 - Liniový sken provedený ze spodního líce.	57
Obr. 3.3.30 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	57
Obr. 3.3.31 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	57
Obr. 3.3.32 - Liniový sken v místě sondy 1N4 z bočního líce.	58
Obr. 3.3.33 - Liniový sken provedený ze spodního líce.	58
Obr. 3.3.34 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	58
Obr. 3.3.35 - Liniový sken provedený v místě sondy 1N5 z bočního líce prvku.	59
Obr. 3.3.36 - Liniový sken v místě sondy 1N5 z druhého bočního líce prvku.	59
Obr. 3.3.37 - Liniový sken provedený ze spodního líce.	59
Obr. 3.3.38 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	59
Obr. 3.3.39 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	59
Obr. 3.3.40 - Liniový sken provedený v místě sondy 1N6 z bočního líce prvku.	60
Obr. 3.3.41 - Liniový sken v místě sondy 1N6 z druhého bočního líce prvku.	60
Obr. 3.3.42 - Liniový sken provedený ze spodního líce prvku.	60
Obr. 3.3.43 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	60
Obr. 3.3.44 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	60
Obr. 3.3.45 - Liniový sken provedený v místě sondy 1N7 z bočního líce prvku).	61
Obr. 3.3.46 - Liniový sken v místě sondy 1N7 z druhého bočního líce prvku.	61
Obr. 3.3.47 - Liniový sken provedený ze spodního líce prvku.	61
Obr. 3.3.48 - Příčina nekvalitního skenu ze spodního líce prvku.	61
Obr. 3.3.49 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	61
Obr. 3.3.50 - Liniový sken provedený v místě sondy 1N8 z bočního líce prvku.	62
Obr. 3.3.51 - Liniový sken v místě sondy 1N8 z druhého bočního líce prvku.	62
Obr. 3.3.52 - Liniový sken provedený ze spodního líce prvku.	62
Obr. 3.3.53 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	62
Obr. 3.3.54 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	62
Obr. 3.3.55 - Liniový sken provedený v místě sondy 1N9 z bočního líce prvku.	63
Obr. 3.3.56 - Liniový sken v místě sondy 1N9 z druhého bočního líce prvku.	63
Obr. 3.3.57 - Liniový sken provedený ze spodního líce prvku.	63
Obr. 3.3.58 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	63
Obr. 3.3.59 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku,	63
Obr. 3.3.60 - Liniový sken provedený z bočního líce.	64

Obr. 3.3.61 - Liniový sken z druhého bočního líce prvku.....	64
Obr. 3.3.62 - Liniový sken provedený ze spodního líce prvku.....	64
Obr. 3.3.63 - Příčina nekvalitního skenu ze spodního líce prvku	64
Obr. 3.3.64 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	64
Obr. 3.3.65 - Plošný sken pořízený z vnějšího líce nosníku.	64
Obr. 3.3.66 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	65
Obr. 3.3.67 – Navazující plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	65
Obr. 3.3.68 - Složené plošné skeny pořízené z předchozích plošných skenů.	65
Obr. 3.3.69 - Plošný sken uprostřed přístupné boční části příčnicku.	66
Obr. 3.3.70 - Liniový radarový sken cca v polovině výšky příčnicku vedený horizontálně.	66
Obr. 3.3.71 - Liniový radarový sken cca v polovině příčnicku vedený vertikálně.	66
Obr. 3.3.72 - Liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 2S1	67
Obr. 3.3.73 - Složení plošných liniových skenů.	67
Obr. 3.3.74 - Plošný sken pořízený na širší stěně podpěry v sondě 2S1.	67
Obr. 3.3.75 - Liniový sken třmíneků v podpěře v sondě 2S1.	67
Obr. 3.3.76 - Plošné liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 2S2.	68
Obr. 3.3.77 - Složení liniových skenů z předchozího obrázku.	68
Obr. 3.3.78 - Plošný sken pořízený na širší stěně podpěry v sondě 2S2.	68
Obr. 3.3.79 - Liniový sken třmíneků v podpěře v sondě 2S2.	68
Obr. 3.3.80 - Plošné liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 2S3.	69
Obr. 3.3.81 - Složení liniových skenů z předchozího obrázku.	69
Obr. 3.3.82 - Liniový sken třmíneků v podpěře v sondě 2S3.	69
Obr. 3.3.83 - Plošné liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 2S4.	70
Obr. 3.3.84 - Složením liniových skenů z předchozího obrázku.	70
Obr. 3.3.85 - Liniový sken třmíneků v podpěře v sondě 2S4.	70
Obr. 3.3.86 - Liniové skeny jednotlivých stěn sloupu v sondě 1S5.	71
Obr. 3.3.87 - Složení liniových skenů z předchozího obrázku.	71
Obr. 3.3.88 - Plošný sken pořízený na širší stěně podpěry v sondě 2S5.	71
Obr. 3.3.89 - Liniový sken provedený z bočního líce prvku.....	72
Obr. 3.3.90 - Liniový sken provedený z druhého bočního líce prvku.....	72
Obr. 3.3.91 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	72
Obr. 3.3.92 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	72
Obr. 3.3.93 - Liniový sken provedený v místě sondy 2N1 ze spodního líce.	72
Obr. 3.3.94 - Liniový sken provedený z bočního líce prvku.....	73
Obr. 3.3.95 - Liniový sken provedený z druhého bočního líce prvku.....	73

Obr. 3.3.96 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	73
Obr. 3.3.97 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	73
Obr. 3.3.98 - Liniový sken provedený v místě sondy 2N2 ze spodního líce prvku.	73
Obr. 3.3.99 - Liniový sken provedený z bočního líce prvku.....	74
Obr. 3.3.100 - Liniový sken provedený z druhého bočního líce prvku.....	74
Obr. 3.3.101 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	74
Obr. 3.3.102 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	74
Obr. 3.3.103 - Liniový sken provedený v místě sondy 2N2 ze spodního líce prvku.	74
Obr. 3.3.104 - Liniový sken provedený z bočního líce prvku.....	75
Obr. 3.3.105 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	75
Obr. 3.3.106 - Liniový sken provedený v místě sondy 2N2 ze spodního líce prvku.	75
Obr. 3.3.107 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	76
Obr. 3.3.108 - Plošný sken pořízený z protějšího bočního líce nosníku.....	76
Obr. 3.3.109 - Liniový sken provedený z bočního líce prvku.....	77
Obr. 3.3.110 - Liniový sken provedený z druhého bočního líce prvku.....	77
Obr. 3.3.111 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	77
Obr. 3.3.112 - Plošný sken pořízený z bočního líce nosníku.	77
Obr. 3.3.113 - Liniový sken provedený v místě sondy 2N2 ze spodního líce prvku.	77
Obr. 3.3.114 - Liniový radarový sken cca v polovině výšky příčnicku vedený horizontálně.	78
Obr. 3.3.115 - Liniový radarový sken cca v polovině příčnicku vedený vertikálně.	78
Obr. 3.3.116 - Plošný sken uprostřed přístupné boční části příčnicku.	78
Obr. 3.4.1 – Složené plošné skeny v místě sondy 1S5.	79
Obr. 3.4.2 – Srovnání průběhu skutečné a navržené výztuže vzpěry.	79
Obr. 3.4.3 – Složené plošné skeny v místě sondy 2S5.	80
Obr. 3.4.4 – Srovnání průběhu skutečné a navržené výztuže vzpěry.	80
Obr. 3.4.5 - Složené skeny v místě sondy 1N11.	81
Obr. 3.4.6 - Srovnání průběhu skutečné a navržené výztuže na nosníku v místě sondy 1N11 ..	81
Obr. 3.4.7 - Složené skeny v místě sondy 2N3.	82
Obr. 3.4.8 - Srovnání průběhu skutečné a navržené výztuže na nosníku v místě sondy 2N3	82
Obr. 4.1.1 - Dostupnost a nedostupnost předpínacích kabelů.	84

6.2 Tabulky

Tab 2.3.1 – Hodnoty max. variačního součinitele V_x a rozdílu na sousedních místech Δ [6].	16
Tab 2.3.2 – Hodnoty součinitele odhadu 5% kvantilu β_n podle ČSN 73 201 [8].....	17
Tab 2.3.3 – tabulka součinitele k_n pro stanovení 5% kvantilu [6].	18
Tab 2.3.4 – Krajní mez k pro počet n vývrtů [6].	18
Tab 2.3.5 – Charakteristická (zaručená) pevnost betonu v tlaku v konstrukci [6].....	19
Tab 2.3.6 – Hodnoty zmenšovacích součinitelů pro přepočet dynamických modulů ultrazvukových (κ_u) a rezonančních (κ_r) na moduly statické [8].	20
Tab 2.3.7 – Třídy kvality krycích vrstev betonu [6].	27
Tab 4.1.1 - Délky kabelů a jejich dostupné a nedostupné části	83