

VÝZKUMNÁ ZPRÁVA

Nedestruktivní stanovení vyztužení ŽB konstrukcí v objektu Údolní 35a v Brně

HS12954083L



Ing. Ondřej Anton, Ph.D.

Odpovědný řešitel zakázky
smluvního výzkumu

Doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Vedoucí profitcentra SZK

V Brně, dne 19. 6. 2019

Počet vyhotovení: **3**

Vyhotovení číslo: **1**

1. ÚVODNÍ ČÁST

1.1. Údaje o zpracovateli

Řešitelská organizace: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 95, 602 00 Brno
IČO: 00216305
DIČ: CZ00216305

Pracoviště řešitele: Centrum AdMaS
Výzkumná skupina KDS
Profitcentrum SZK (12536)
Purkyňova 139, 612 00 Brno

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

Odpovědný řešitel: Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
+420 604 421 470
anton.o@fce.vutbr.cz

Spolupracovali: Ing. Petr Cikrle, Ph.D., autorizovaný inženýr
Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.

1.2. Údaje o objednateli

Objednatel: **STAVEXIS, s.r.o.**
Bodlákova 1706/8, 62800 Brno-Líšeň
IČ: 46347194
DIČ: 46347194

Objednávka: Písemná objednávka č. 011/2019 ze dne 3. 6. 2019

Předmět řešení:
Nedestruktivní stanovení vyztužení ŽB konstrukcí v objektu Údolní 35a (domov mládeže)
v Brně.

1.3. Zkušební předpisy a postupy

Zkoušky byly provedeny podle platných norem:

[1] ČSN 73 2011 Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí

1.4. Podklady

[2] Schematické půdorysy podlaží objektu Údolní 35a.

2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O KONSTRUKCI

Objekt se nachází v Brně na ulici Údolní, objekt byl původně využíván jako Domov mládeže. Jde o železobetonový monolitický skelet, objekt je čtyřpodlažní, podsklepený (1.PP. až 3.NP.), v současnosti nevyužívaný.

Nosnou svislou konstrukcí jsou kruhové sloupy. Vodorovné konstrukce mezi sloupy jsou tvořeny průvlaky a žebry s mezižebními deskami.

3. DŮVOD PROVEDENÍ PRŮZKUMU STAVBY

Na základě požadavků objednatele bylo cílem průzkumu zjištění vyztužení vybraných částí železobetonové konstrukce, konkrétně sloupů a jedné desky.

Příprava stavebně technického průzkumu proběhla na místě za účasti pracovníka firmy STAVEXIS, s.r.o. Ing. Zdeňka Šnircha, Ph.D.

4. ROZSAH PRŮZKUMU A ROZMÍSTĚNÍ SOND

4.1. Rozsah průzkumu

Rozsah průzkumu byl stanoven v rámci jednání se zástupcem firmy STAVEXIS, s.r.o. Ing. Zdeňkem Šnirchem, Ph.D.

Průzkum se týkal stanovení vyztužení sloupů ve všech podlažích objektu a desky ve stropu nad 1. PP. Počet zkoumaných míst byl stanoven po dohodě s objednatelem.

4.2. Rozmístění sond

Výběr míst pro sondy proběhl na místě ve spolupráci s pracovníky objednatele.

V předmětné konstrukci byly provedeny následující zkoušky:

1. PP (sloupy v 1. PP a stropní konstrukce nad 1.PP)

Pro stanovení vyztužení: 2 místa kontroly ve sloupu
 1 místo kontroly v desce

1. NP (sloupy v 1. NP)

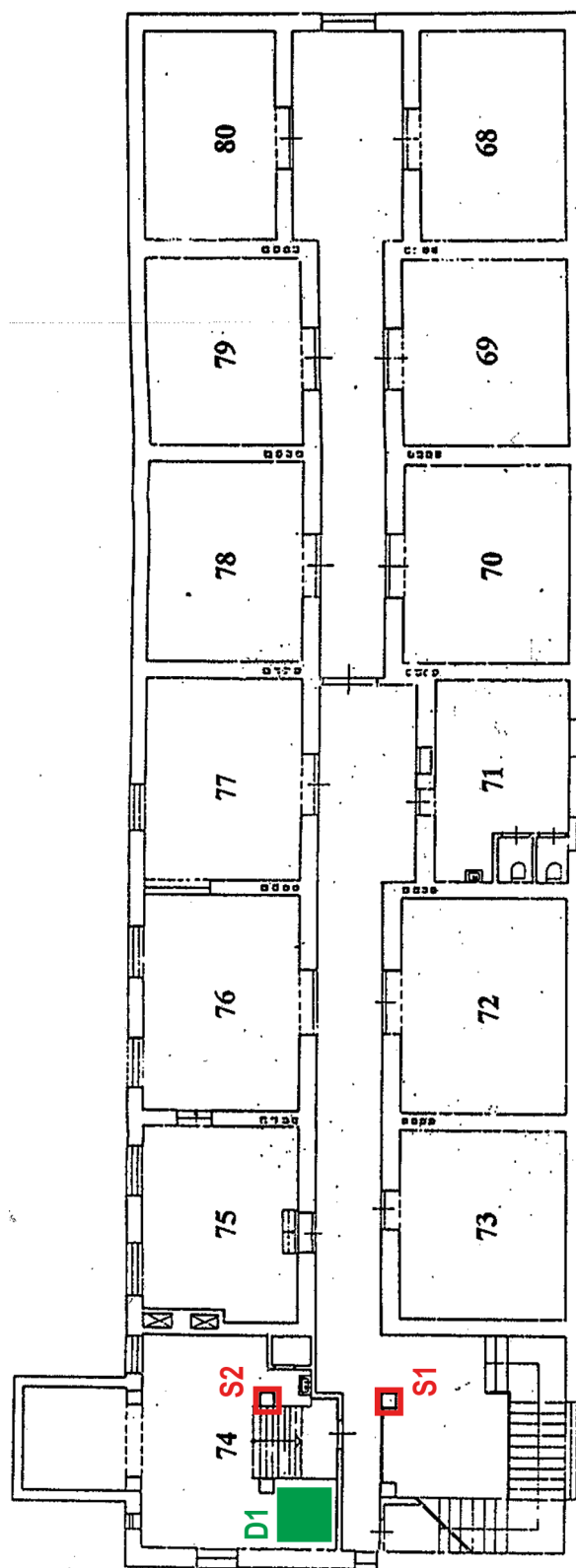
Pro stanovení vyztužení: 3 místa kontroly ve sloupu

2. NP (sloupy v 1. NP)

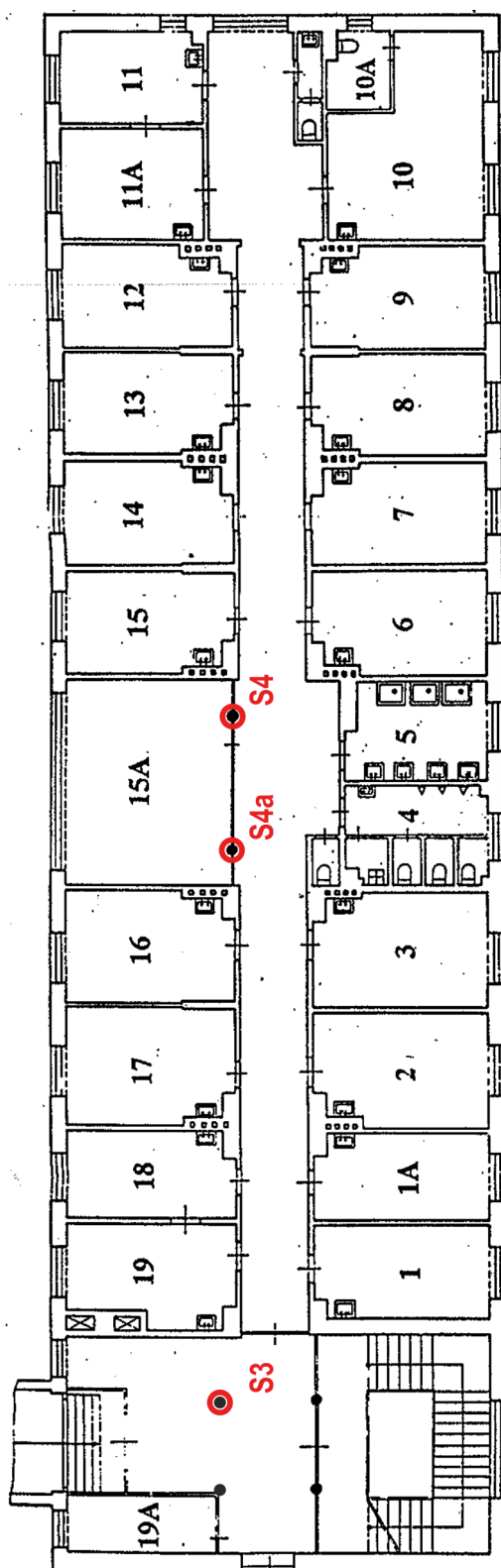
Pro stanovení vyztužení: 2 místa kontroly ve sloupu

3. NP (sloupy v 1. NP)

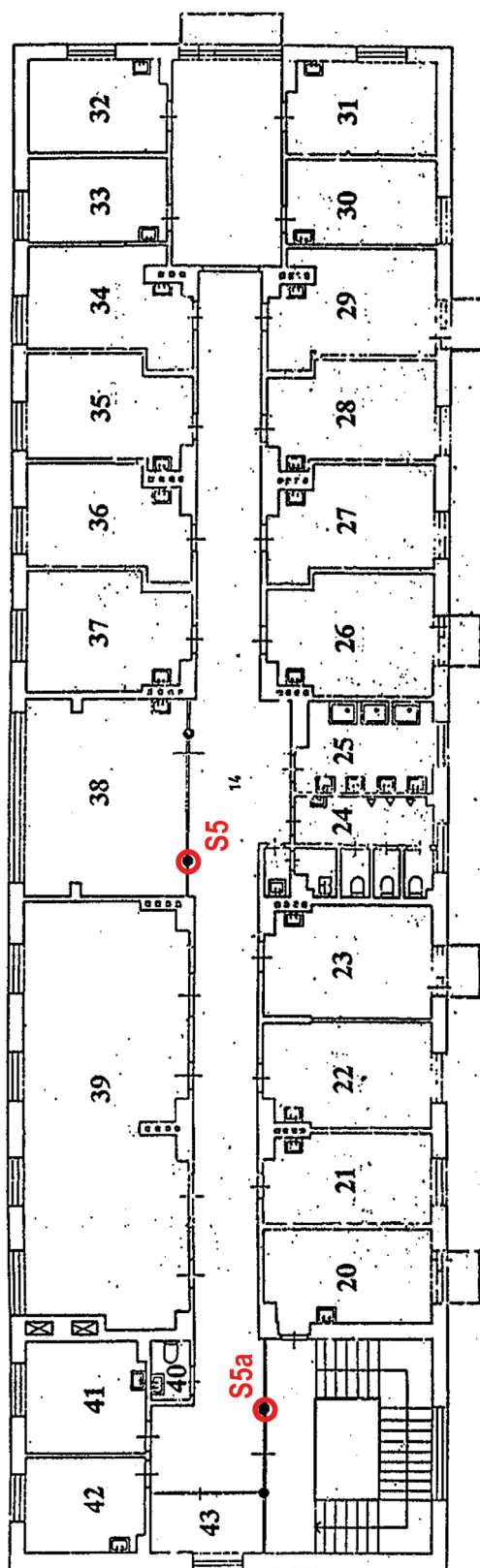
Pro stanovení vyztužení: 2 místa kontroly ve sloupu



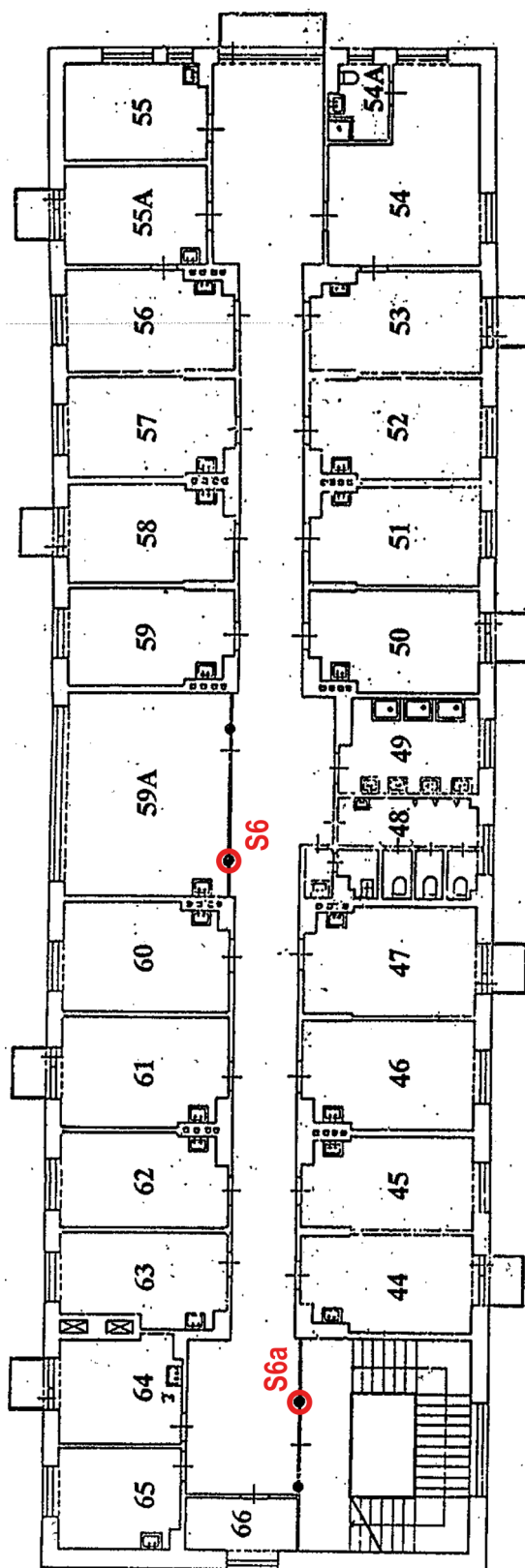
Obr. 4.1 Schematické znázornění polohy sond v 1.PP



Obr. 4.2 Schematické znázornění polohy sond v 1.NP



Obr. 4.3 Schematické znázornění polohy sond ve 2.PP



Obr. 4.4 Schematické znázornění polohy sond ve 3.NP

5. POUŽITÉ METODY PRŮZKUMU

5.1. Stanovení vyztužení

Ověření vyztužení bylo provedeno kombinací nedestruktivních metod, doplněných sekanými sondami.

5.1.1. Elektromagnetický indikátor výztuže Profometer PM-630

Šestá generace přístrojů Profometer PM-6 (typ 600, 630, 650) se od předchozích typů výrazně odlišuje. Přístroj Profometer PM-630 (Obr. 5.2) využívá moderní dotykový displej umožňující okamžité zobrazení průběhu měření, což přispívá ke kontrole postupu měření v reálném čase.

Sonda je integrovaná (bodová, směrová, hloubková i průměrová), lze ji snadno vložit do rámečku (měřiče dráhy) se čtyřmi kolečky. Kromě tradiční zvukové signalizace je přímo na sondě i světelná signalizace – dvě šipky a kruh, která usnadňuje lokalizaci výztuže i v náročných podmínkách stavby.

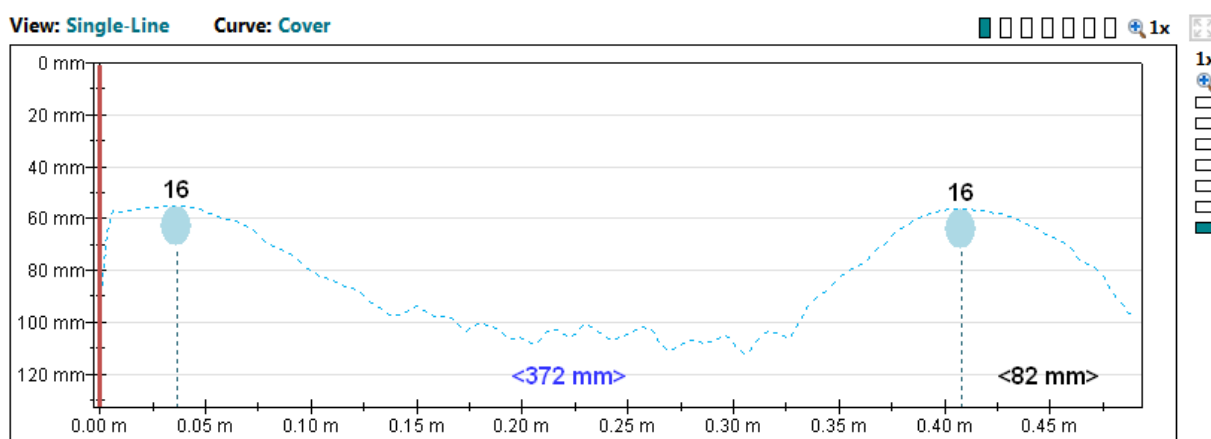


Obr. 5.1 Profometer PM-630 s dotykovým displejem a integrovanou sondou; svítící šipky pomáhají lokalizovat výztuž, na displeji lze ihned kontrolovat správnost měření pomocí křivek intenzity signálu.

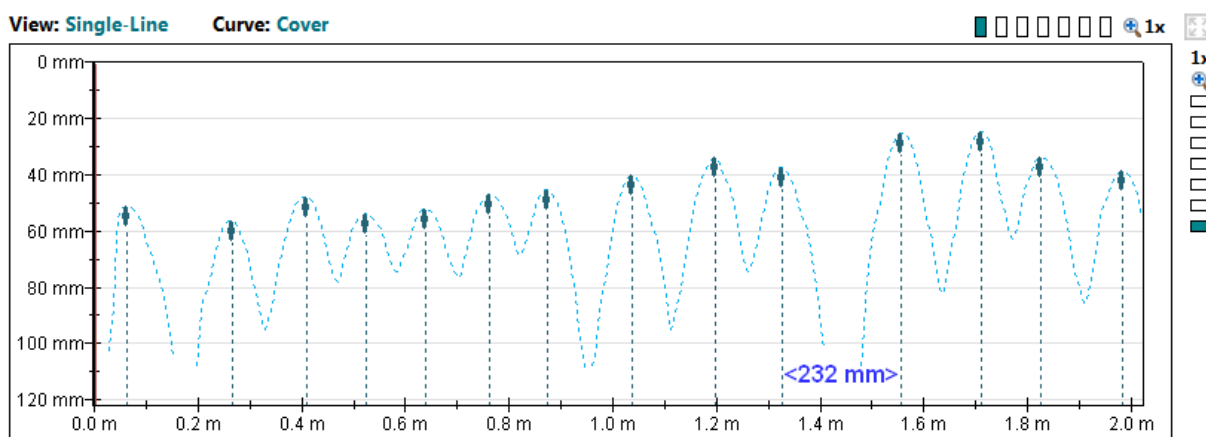
Největší výhodou metody elektromagnetických indikátorů je její čistě nedestruktivní charakter, navíc bez působení škodlivého záření. Na druhou stranu má ovšem i určitá omezení. Přístroj PM-630 je uzpůsoben ke:

- Stanovení množství a polohy výztuže při průzkumu existujících železobetonových konstrukcí, od nichž nejsou k dispozici výkresy.
- Kontrole kvality nově prováděných konstrukcí, zejména z hlediska dodržení předepsané krycí vrstvy betonu.
- Odhadu průměru výztuže (při dodržení určitých podmínek – hloubka do 50 mm, dodržení vzdálenosti sousední výztuže, a to i ve druhém směru.

V rámci průzkumu byl přístroj PM-630 využíván k lokalizaci výztuže a stanovení průměrů výztužných prutů.



Obr. 5.2 Příklad záznamu přístroje PM-630 z měření polohy hlavní výztuže ve sloupu (sonda S2), ze záznamu je patrná poloha výztuží a jejich krytí.



Obr. 5.3 Příklad záznamu přístroje PM-630 z měření polohy třmínek ve sloupu (sonda S3), ze záznamu je patrná poloha výztuží a jejich krytí.

5.1.2. Georadar Hilti PS1000

Georadar (v anglofonní oblasti GPR – ground penetrating radar) je metoda založená na principu vysílání vysokofrekvenčních elektromagnetických pulzů (frekvence řádově stovky MHz až jednotky GHz) do zkoumaného prostředí a na následné registraci jejich odrazů od překážek. Dosah georadaru dle prostředí činí až 15 m. Metoda je dnes již standardně využívána k lokalizaci nehomogenit v zemním prostředí (archeologické průzkumy, vyhledávání polohy potrubí apod.), dále k lokalizaci dutin za stěnami a ostěním tunelů, chodeb a stok a v poslední době je metoda využívána pro lokalizaci ocelové výztuže a dalších nehomogenit v betonu při diagnostice železobetonových konstrukcí.

Zatímco ve světě, především v USA, patří georadar ke standardně používaným diagnostickým metodám, a na toto téma se pořádají specializované odborné konference, v České republice není metoda GPR ve stavebnictví zatím příliš rozšířená a odbornou veřejností dostatečně akceptovaná. Lze konstatovat, že příčina spočívá nejspíše ve faktu, že donedávna používané aparatury se vyznačovaly komplikovaností, zdoluhavostí měření, a vyhodnocení měření vyžadovalo značnou odbornou erudovanost obsluhy.

Přelomem ve využívání principu georadaru při stavebně technických průzkumech se stal přístroj PS 1000 firmy Hilti. Jak konstrukce zařízení, tak používaný software, jsou přímo určeny pro diagnostiku železobetonu, s předpokládanou možností určit jak polohu ocelových výztuží, tak dalších případných nehomogenit v prvcích betonových konstrukcí. Na rozdíl od klasických georadarů je sonda, určená k pohybu po povrchu konstrukce relativně malá (viz Obr. 5.5), a pro dokonalé určení polohy i několika objektů ležících nad sebou je osazena trojicí antén. Vzhledem k tomu, že na volbě vysílací frekvence závisí jednak hloubkový dosah zařízení, jednak minimální velikost detekovatelného objektu zvolil výrobce řešení, umožňující detekci objektů s následující přesností:

Hloubka detekce	do 300mm
Přesnost lokalizace	± 10mm
Přesnost určení hloubky	± 10mm



Obr. 5.4 Sonda přístroje Hilti PS1000, na displeji patrná poloha detekované výztuže v půdorysném schématu i řezech ve dvou, na sebe kolmých rovinách

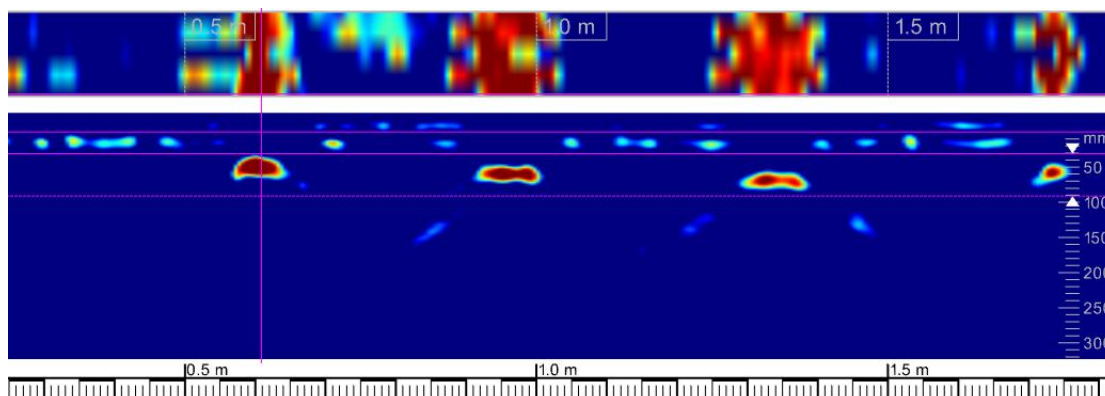
Pohybem koleček vozíku sondy je detekován a zaznamenáván její pohyb po povrchu konstrukce. Připojený software poté přímo vytváří na monitoru jak sondy, tak později v počítači nebo dodaném monitoru, přímo vykreslení polohy zachycených objektů, a to buď jako 2D zobrazení (půdorys skenované plochy + řezy ve dvou, na sebe kolmých rovinách), nebo přímo 3D zobrazení skladby zjištěných objektů ve zkoumané části konstrukce).

V praxi lze použít buď jednodušší liniový sken (pohyb sondy jen v jednom směru, zde je použití do jisté míry analogické k užívání magnetického indikátoru výztuže), nebo lze užít plošný sken, kdy sondou pohybujeme po povrchu konstrukce v předem nastaveném rastru buď na ploše 600 x 600 mm, nebo 1200 x 1200 mm.

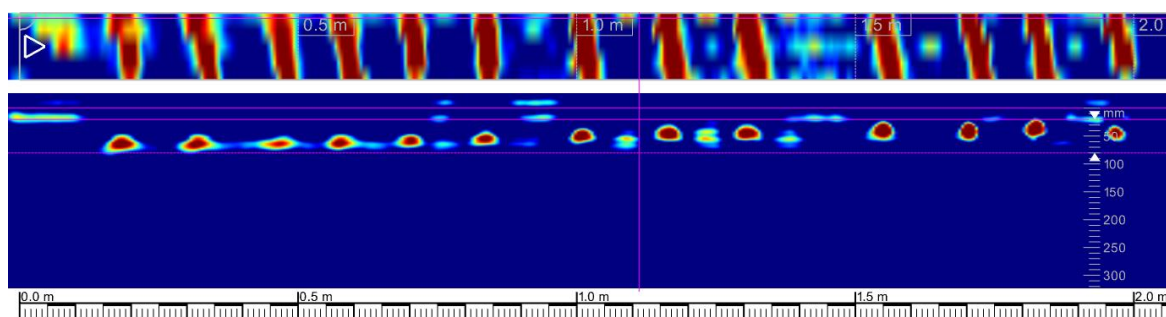
Nevýhodou principu georadaru je fakt, že v případě lokalizace ocelové výztuže není zařízení schopné určit průměr lokalizované výztuže, ten je třeba stanovit užitím některé alternativní zkušební metody.

Lze konstatovat, že zařízení Hilti PS1000 je v současnosti ve své kategorii absolutní špičkou v oboru.

V rámci průzkumu byl přístroj PS1000 využívám ke stanovení polohy výztuže (ověření údajů PM-630).



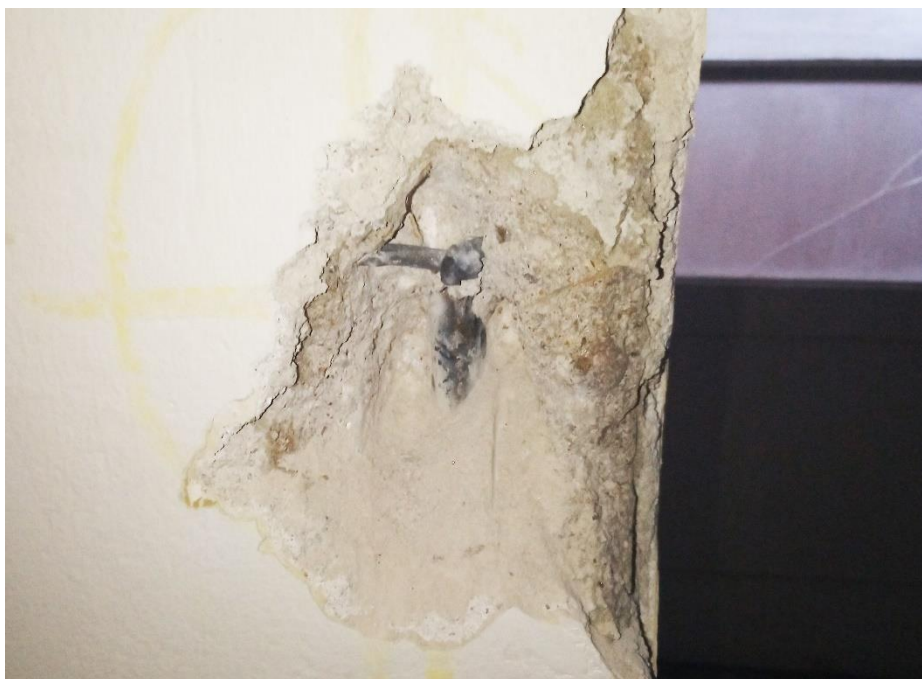
Obr. 5.5 Příklad liniového skenu na kruhovém sloupu po jeho obvodu přístrojem PS1000, na skenu je dobře patrná poloha čtyř hlavních výztuží ve sloupu – sonda S3.



Obr. 5.6 Příklad liniového skenu třmínků na kruhovém sloupu (sonda S3) přístrojem PS1000, od paty sloupu do výšky 2 m.

5.1.3. Sekané sondy

Vzhledem k omezení obou výše uvedených metod, které spočívá v obtížnosti určit průměr a nemožnosti stanovit typ jednotlivých výztuží, byly provedeny cílené sekané sondy k vybraným výztužím, s cílem zjištění těchto parametrů. Při sekání byla omezena prašnost odsáváním průmyslovými vysavači.

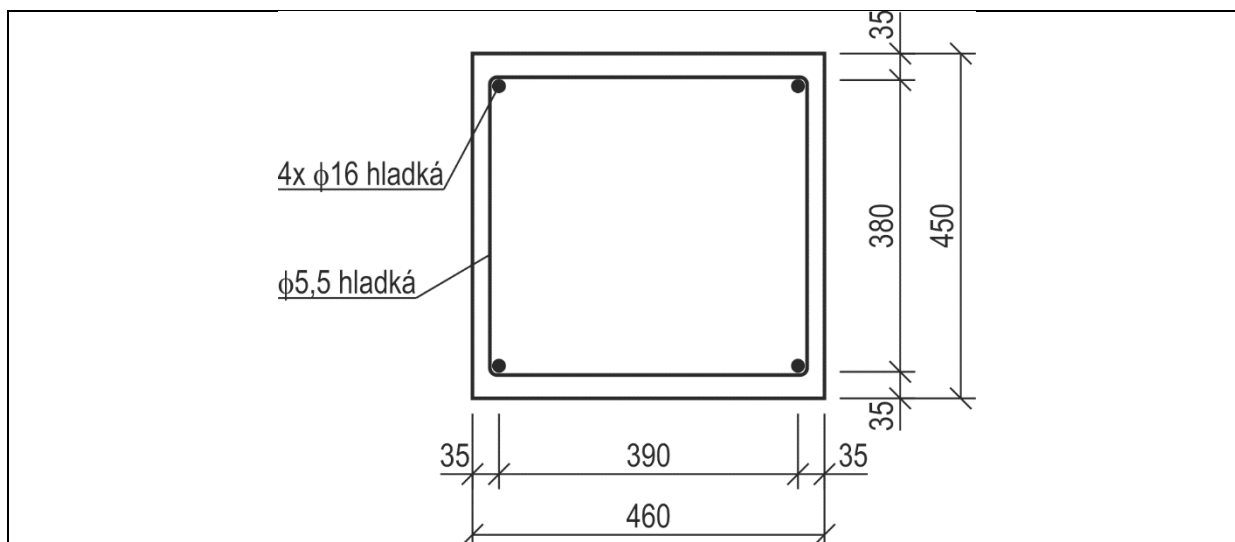


Obr. 5.7 Příklad sekané sondy ve sloupu (sonda S1), v sondě byl ověřen typ a průměr hlavní výztuže i třmínku.

6. VÝSLEDKY PRŮZKUMU – STANOVENÍ VYZTUŽENÍ

6.1. Stanovení vyztužení sloupů v 1.PP a prvku ve stropu nad 1.PP

Sonda S1 – sloup	
Místo sondy	Sloup S1 v 1.PP, poloha vyznačena v Obr. 4.1.
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže
Použité metody	Magnetický indikátor Profometer PM-630, Georadar Hilti PS1000, sekaná sonda
Postup: Poloha hlavní výztuže i třmíneků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000, typ a průměr výztuže následně ověřeny sekanou sondou.	
	
Obr. 6.1 Místo sondy S1 na sloupu v 1.PP.	



Obr. 6.2 Schematický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy S1.

Výsledky stanovení vyztužení

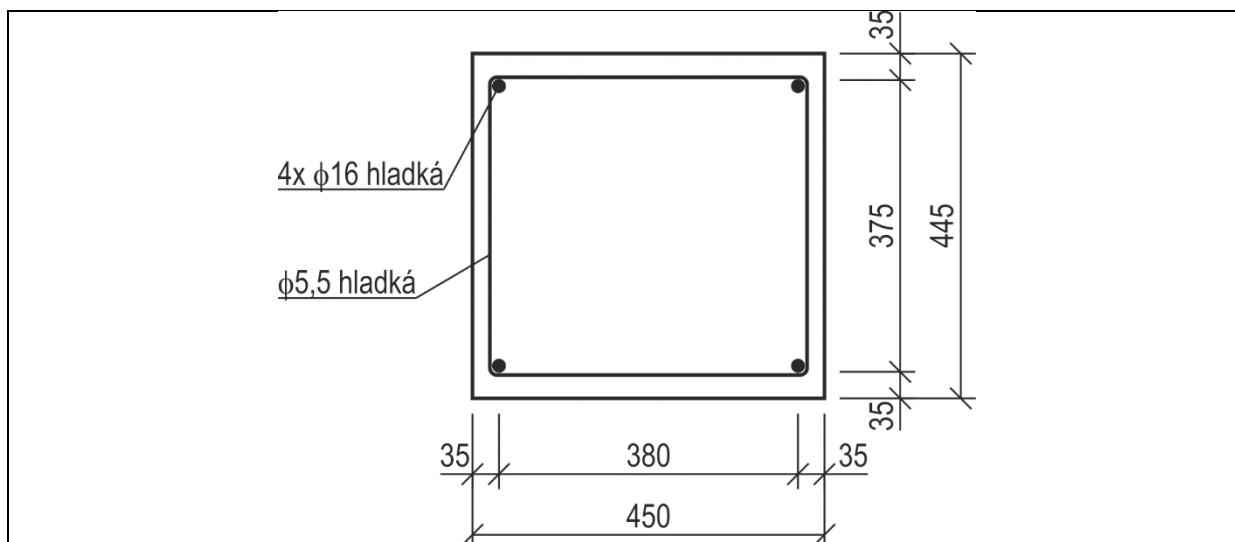
Zjištěno:

4x $\emptyset$ 16 mm (hladká), krytí 25 - 30 mm

Třmínky:

$\emptyset$ 5,5 mm (hladká) á 195 mm, krytí 20 - 25 mm

Sonda S2 – sloup	
Místo sondy	Sloup S2 v 1.PP, poloha vyznačena v Obr. 4.1.
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže
Použité metody	Magnetický indikátor Profometer PM-630, Georadar Hilti PS1000.
Postup: Poloha hlavní výztuže i třmínků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000.	
	
Obr. 6.3 Místo sondy S2 na sloupu v 1.PP.	



Obr. 6.4 Schematický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy S2.

Výsledky stanovení vyztužení

Zjištěno:

4x $\emptyset$ 16 mm (hladká), krytí 25 - 30 mm

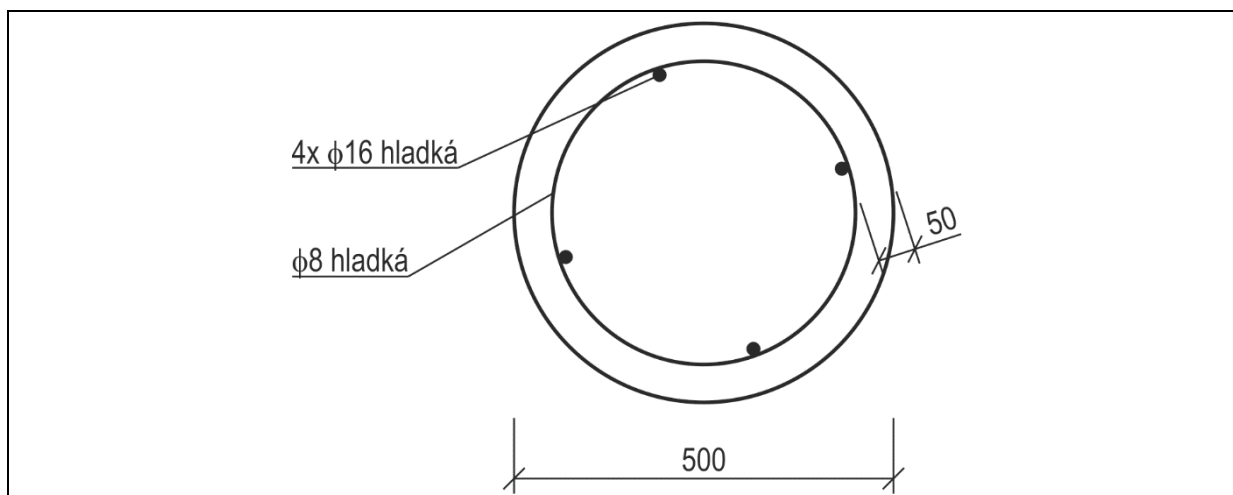
Třmínky:

$\emptyset$ 5,5 mm (hladká) á 230 mm, krytí 20 - 25 mm

Sonda D1 – strop	
Místo sondy	Strop D1 v 1.PP, poloha vyznačena v Obr. 4.1.
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže.
Použité metody	Magnetický indikátor Profometer PM-630, Georadar Hilti PS1000.
Postup: Poloha hlavní výztuže i třmíneků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000.	
	
<i>Obr. 6.5 Schematický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy D1.</i>	
Výsledky stanovení vyztužení	
Zjištěno: V místě sondy bylo zjištěno, že se s největší pravděpodobností nejedná o železobetonovou desku, ale trémový strop s ponechaným bedničkovým bedněním a podhledem. Radar naznačil rozteč trámů cca 800 mm, ale bez otevření podhledu je měření neprůkazné.	

6.1. Stanovení vyztužení sloupů v 1.NP

Sonda S3 – sloup	
Místo sondy	Sloup S3 v 1.NP, poloha vyznačena v Obr. 4.2.
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže.
Použité metody	Magnetický indikátor Profometer PM-630, Georadar Hilti PS1000.
Postup: Poloha hlavní výztuže i třmínků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000.	
	
Obr. 6.6 Místo sondy S3 na sloupu v 1.NP.	



Obr. 6.7 Schematický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy S3.

Výsledky stanovení vyztužení

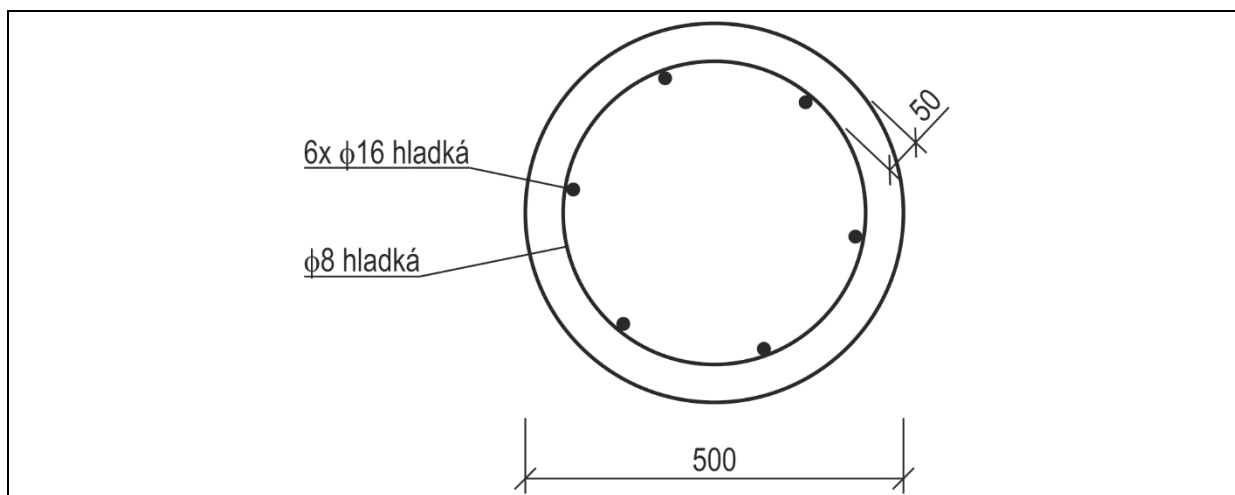
Zjištěno:

4x Ø 16 mm (hladká), krytí 45 - 55 mm

Třmínky:

ovíjené Ø 8 mm (hladká) á 150 mm, krytí 40 - 50 mm

Sonda S4 – sloup	
Místo sondy	Sloup S4 v 1.NP, poloha vyznačena v Obr. 4.2.
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže.
Použité metody	Magnetický indikátor Profometer PM-630, Georadar Hilti PS1000, sekaná sonda
Postup: Poloha hlavní výztuže i třmíneků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000, typ a průměr výztuže následně ověřeny sekanou sondou.	
	
Obr. 6.8 Místo sondy S4 na sloupu v 1.NP.	



Obr. 6.9 Schematický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy S4.

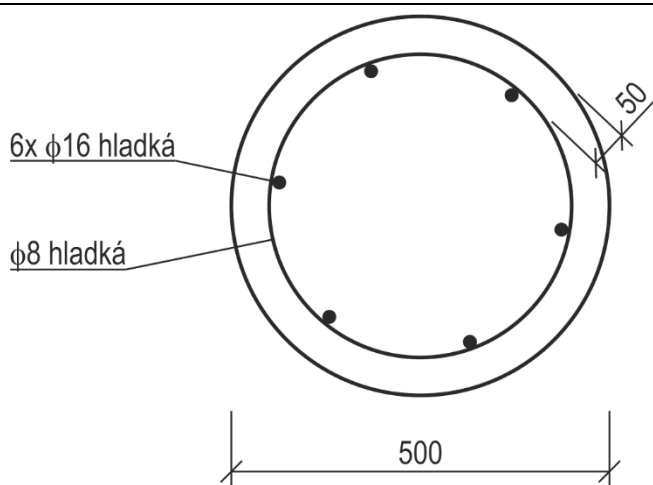
Výsledky stanovení vyztužení

Zjištěno:

6x Ø 16 mm (hladká), krytí 45 - 55 mm

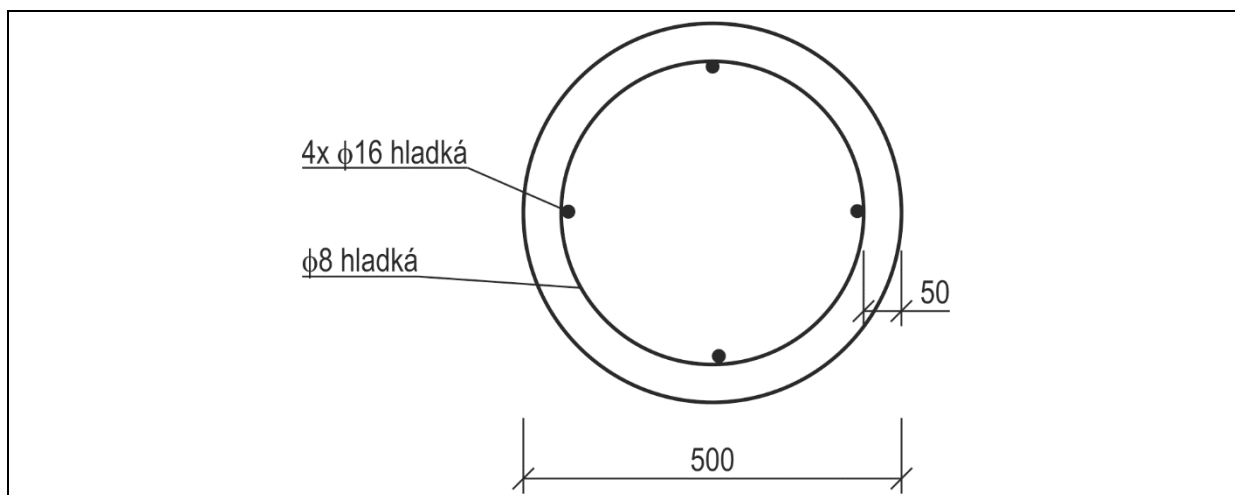
Třmínky:

ovíjené Ø 8 mm (hladká) á 80 mm, krytí 40 - 50 mm

Sonda S4a – sloup	
Místo sondy	Sloup S4a v 1.NP, poloha vyznačena v Obr. 4.2.
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže.
Použité metody	Magnetický indikátor Profometer PM-630, Georadar Hilti PS1000.
Postup: Poloha hlavní výztuže i třmínek výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000.	
 The diagram shows a circular cross-section of a column with a diameter of 500 mm. Inside the circle, there are 6 main reinforcement bars (Ø16) and 8 stirrups (Ø8). A dimension of 50 mm is indicated for the stirrups. The text '6x Ø16 hladká' and 'Ø8 hladká' are present, along with the diameter '500'.	
<i>Obr. 6.10 Schematický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy S4.</i>	
Výsledky stanovení vyztužení	
Zjištěno: 6x Ø 16 mm (hladká), krytí 45 - 55 mm Třmínky: ovíjené Ø 8 mm (hladká) á 80 mm, krytí 40 - 50 mm	

6.1. Stanovení vyztužení sloupů v 2.NP

Sonda S5 – sloup	
Místo sondy	Sloup S5 v 2.NP, poloha vyznačena v Obr. 4.3.
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže.
Použité metody	Magnetický indikátor Profometer PM-630, Georadar Hilti PS1000.
Postup: Poloha hlavní výztuže i třmínků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000.	
	
Obr. 6.11 Místo sondy S5 na sloupu v 2.NP.	



Obr. 6.12 Schematický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy S5.

Výsledky stanovení vyztužení

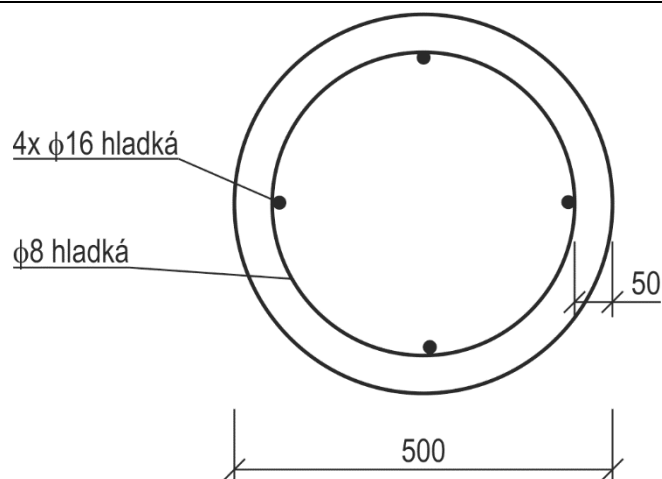
Zjištěno:

4x Ø 16 mm (hladká), krytí 45 - 55 mm

Třmínky:

ovíjené Ø 8 mm (hladká) á 135 mm, krytí 40 - 50 mm

Sonda S5a – sloup	
Místo sondy	Sloup S5a v 2.NP, poloha vyznačena v Obr. 4.3.
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže.
Použité metody	Magnetický indikátor Profometer PM-630, Georadar Hilti PS1000, sekaná sonda
Postup: Poloha hlavní výztuže i třmíneků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000.	
	
Obr. 6.13 Místo sondy S5a na sloupu v 2.NP.	



Obr. 6.14 Schematický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy S5a.

Výsledky stanovení vyztužení

Zjištěno:

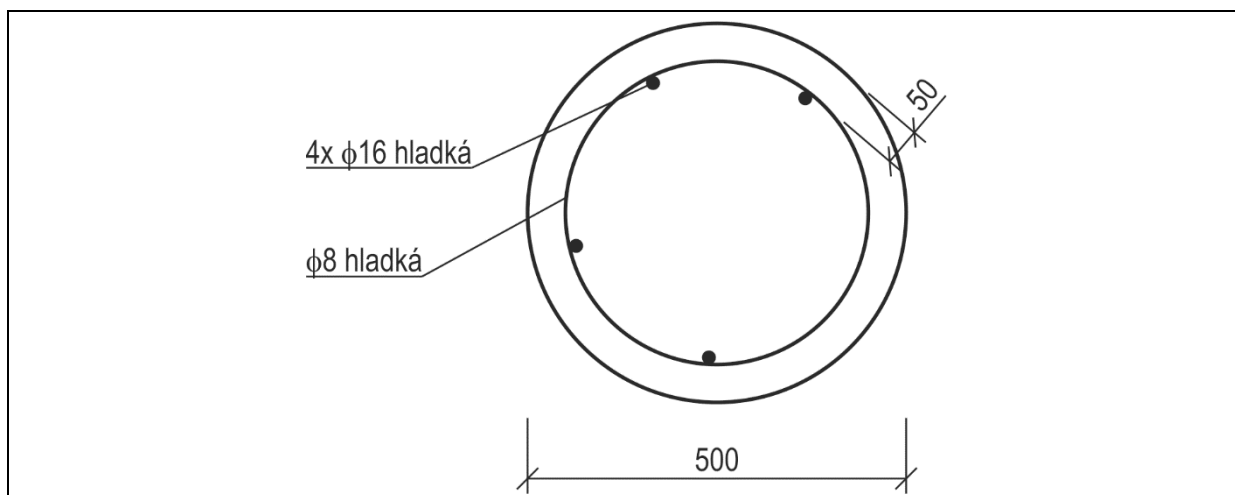
4x Ø 16 mm (hladká), krytí 45 - 55 mm

Třmínky:

ovíjené Ø 8 mm (hladká) á 135 mm, krytí 40 - 50 mm

6.1. Stanovení vyztužení sloupů v 3.NP

Sonda S6 – sloup	
Místo sondy	Sloup S6 v 3.NP, poloha vyznačena v Obr. 4.4.
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže.
Použité metody	Magnetický indikátor Profometer PM-630, Georadar Hilti PS1000.
Postup: Poloha hlavní výztuže i třmínků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000.	
	
Obr. 6.15 Místo sondy S6 na sloupu v 3.NP.	



Obr. 6.16 Schematický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy S6.

Výsledky stanovení vyztužení

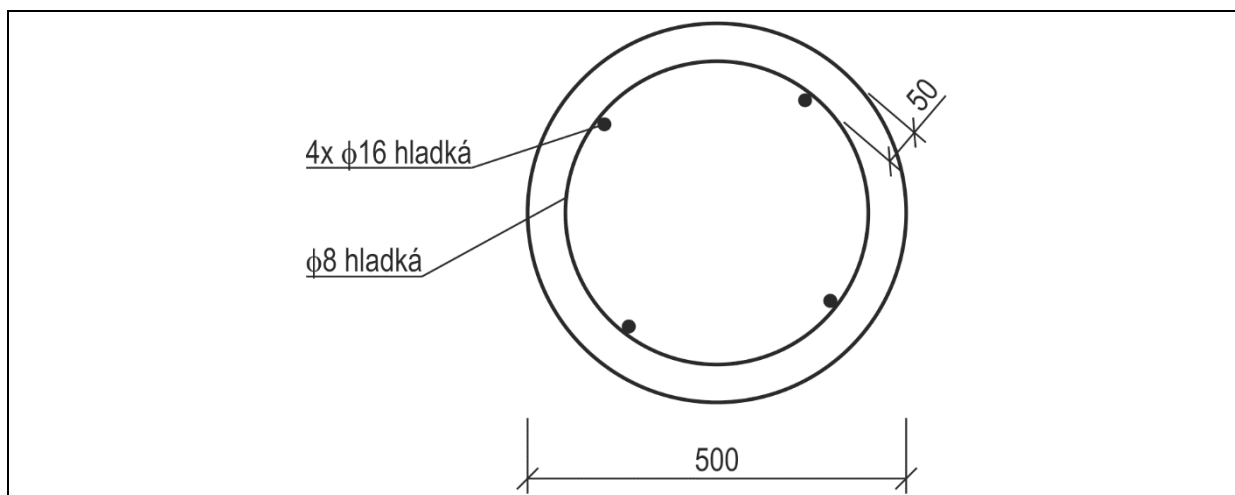
Zjištěno:

nepravidelně 4x Ø 16 mm (hladká), krytí 45 - 55 mm

Třmínky:

ovíjené Ø 8 mm (hladká) á 140 mm, krytí 40 - 50 mm

Sonda S6a – sloup	
Místo sondy	Sloup S6a v 3.NP, poloha vyznačena v Obr. 4.4.
Typ sondy	Stanovení polohy výztuže.
Použité metody	Magnetický indikátor Profometer PM-630, Georadar Hilti PS1000.
Postup: Poloha hlavní výztuže i třmíneků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem PM-630 a radarem PS1000.	
	
Obr. 6.17 Místo sondy S6a na sloupu v 3.NP.	



Obr. 6.18 Schematický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy S6a.

Výsledky stanovení vyztužení

Zjištěno:

4x Ø 16 mm (hladká), krytí 45 - 55 mm

Třmínky:

ovíjené Ø 8 mm (hladká) á 140 mm, krytí 40 - 50 mm

7. ZÁVĚR

Ve zkoumané konstrukci bylo dle zadání stanoveno vyztužení sloupů.

Zkoumané sloupy přibližně čtvercového průřezu v 1. PP obsahují 4 hlavní výztuže $\varnothing 16$ mm (hladká) a třmínky $\varnothing 5,5$ mm (hladká) á 195 mm.

Všechny zkoumané kruhové sloupy v nadzemních podlažích jsou vyztuženy 4 hlavními výztužemi $\varnothing 16$ mm (hladká) a ovíjenými třmínky $\varnothing 8$ mm (hladká).

Jedinou zjištěnou výjimkou je dvojice sloupů v 1. NP (sonda S4 a S4a), které jsou vyztuženy 6 hlavními výztužemi $\varnothing 16$ mm (hladká) a ovíjenými třmínky $\varnothing 8$ mm (hladká).

V sondě D1 bylo zjištěno, že se s největší pravděpodobností nejedná o železobetonovou desku, ale trámový strop s ponechaným bedničkovým bedněním a podhledem. Radar naznačil rozteč trámů cca 800 mm, ale bez otevření podhledu je měření neprůkazné.