



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ
INSTITUTE OF BUILDING TESTING

PŘÍPRAVA A REALIZACE STAVEBNĚ
TECHNICKÉHO PRŮZKUMU OBJEKTU
PREPARATION AND REALIZATION OF TECHNICAL SURVEY OF THE
BUILDING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Dominika Richterová

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ ANTON, Ph.D.

BRNO 2020



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	Dominika Richterová
Název	Příprava a realizace stavebně technického průzkumu objektu
Vedoucí práce	Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.

Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Cikrle, P. a kol. NDT zkoušení ve stavebnictví. Příručka kurzu CŽV, VUT v Brně, 2010.

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

Schmidt, P. s kol. Základy zkušebnictví. Brno, CERM, 2001.

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.

Příslušné technické normy.

Výběr separátů z databáze ÚSZK k danému tématu.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

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

Závěr – provedte krátké shrnutí a jasně a přehledně deklarujte výsledky bakalářské práce.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

ABSTRAKT

V první části se tato bakalářská práce věnuje zejména teoretickému popisu metod užívaných v diagnostice stavebních konstrukcí, jak už těm současným, tak dříve používaným. Kromě popisu a seznámení s těmito metodami je zde popsán i jejich způsob provádění a možnosti vyhodnocení podle daných norem, což už spadá do druhé části bakalářské práce. Poslední částí je část praktická, která se zabývá zejména stanovením materiálových charakteristik užitých materiálů v konstrukci, či stanovením vyztužení konstrukce.

KLÍČOVÁ SLOVA

Beton, železobeton, výztuž, kamenivo, sloup, materiálové charakteristiky, diagnostika, deska, průvlak, pevnost v tlaku, vývrt, stavebně technický průzkum, poruchy

ABSTRACT

This bachelor's thesis in its first part focuses mainly on the theoretical description of the methods applicable in the diagnosis of building constructions; and not only the current methods, but also those previously used. In addition to descriptions and introduction of these methods, the descriptions of ways of implementation and evaluation possibilities according to the given standards are included, which is the specific content of the second part of the thesis. The last part is practical which is mainly approached by determining of characteristics of materials used in the construction or the reinforcement of the construction.

KEYWORDS

Concrete, reinforced concrete, reinforcement, gravel, column, materials characteristics, diagnostic, slab, girder, compressive strength, bore, disorders

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Dominika Richterová *Příprava a realizace stavebně technického průzkumu objektu*. Brno, 2020. 69 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 *Příprava a realizace stavebně technického průzkumu objektu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 21. 5. 2020

Dominika Richterová

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Příprava a realizace stavebně technického průzkumu objektu* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 21. 5. 2020

Dominika Richterová

autor práce

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala především vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Ondřeji Antonovi, Ph.D. za spolupráci s mou osobou, za čas mně věnovaný, za poskytnutí informací pro tvorbu této práce, a zejména za zprostředkování provedeného výzkumu objektu. Dále bych ráda poděkovala pracovníkům Ústavu stavebního zkušebnictví Vysokého učení technického v Brně a všem lidem, kteří mi věnovali cenné rady a byli mi nápomocní při tvorbě této bakalářské práce.

Obsah

1	Úvod.....	10
1.1	Cíle práce.....	11
2	Stavebně technický průzkum (STP).....	11
2.1	Základní rozdělení STP	11
2.2	Zkoušení materiálů	13
2.2.1	Beton	13
2.2.2	Výztuž	14
3	Zjišťované vlastnosti materiálů	14
3.1	Pevnost betonu v tlaku	14
3.1.1	Jádrové vývrty.....	14
3.1.2	Odrazové tvrdoměry.....	21
3.2	Rovnoměrnost betonu.....	24
3.2.1	Ultrazvuk (průchodová metoda).....	24
3.3	Modul pružnosti betonu.....	26
3.3.1	Statický modul pružnosti	27
3.3.2	Dynamický modul pružnosti	27
3.4	Zjišťování výztuže.....	29
3.4.1	Sekané sondy.....	29
3.4.2	Georadar.....	30
3.4.3	Elektromagnetické indikátory	31
3.4.4	Radiografie.....	33
4	Praktická část	34
4.1	Údaje o zkoumané konstrukci	34
4.2	Metody použité pro zkoumanou konstrukci.....	35
5	Provedené sondy	38

5.1	Zkoumaná místa a jejich umístění	38
5.2	Jádrové vývrty.....	38
5.2.1	Jádrové vývrty ve sloupu – sondy V1-V3.....	40
5.2.2	Jádrové vývrty v průvlaku – sondy V4-V6	43
5.2.3	Vyhodnocení kvality betonu	46
5.3	Stanovení vyztužení	50
5.3.1	Vyztužení průvlaků – sondy P1-P3	50
5.3.2	Vyztužení stropní desky – sondy D1-D4.....	56
5.3.3	Vyztužení sloupu – sondy S1-S3.....	60
6	Závěr práce	63
7	Bibliografie	64
8	Seznam obrázků.....	67
9	Seznam tabulek.....	69

1 Úvod

I když tomu takto nebylo vždy, diagnostika stavebních konstrukcí je v dnešní době žádanou a důležitou částí stavebních i projektových činností. Stále se čím dál více vyvíjí a její rozsah je od diagnostiky dřevěných, ocelových, železobetonových či konstrukcí z jiného materiálu až po konstrukce mostní či historické. Mezi její součást také patří pasportizace a repasportizace objektů, zaměření stávajícího stavu konstrukcí, či monitoring a kontroling jejich stavu.

Její využití je hlavně pro starší budovy, zejména kvůli zhodnocení jejího stavu například při změně majitele, či pokud chce majitel změnit chod a používání budovy pro jiné účely, než pro které byla budova původně zkonstruována a navržena. Z těchto důvodů je potom vhodné zjistit stavebně technický stav zkoumané konstrukce, který nám bude sloužit jako podklad pro další práce, jako je například statický posudek či sanační úpravy.

Diagnostika stavebních konstrukcí však není pouze o zjištění stavebně technického stavu konstrukce. Její nedílnou součástí je i již zmíněný statický posudek, zejména stanovení materiálových charakteristik, z čehož dále vychází posudek na únosnost zkoumaných prvků budovy.

Diagnostika staveb využívá destruktivních, nedestruktivních a semidestruktivních metod. Největší výhodou je využití metod nedestruktivních, tedy nedestruktivní defektoskopie, při kterých nedojde k porušení konstrukce a jejich provedení je rychlé. Ty se však ve většině případů kombinují s metodami destruktivními, pro upřesnění výsledků či pro jejich kontrolu. U nedestruktivních metod neurčujeme přímo hledané fyzikální veličiny jako u metod destruktivních, ale pracujeme s využitím korelačních vztahů, popřípadě i matematické statistiky. Více objektivních výsledků, než pomocí nedestruktivních metod můžeme dosáhnout pomocí metod semidestruktivních. Ty narušují konstrukci pouze lokálně, zkoumané místo se dá snadno opravit a nezasahují do statické funkčnosti budovy.

Diagnostika staveb je nedílnou součástí stavebnictví. Jak už její metody, tak přístroje či zkušební analýzy se čím dál více vyvíjí a inovují. Tak jako se působením času mění technologie výstavby, musí se měnit i metodika diagnostiky staveb. Současná doba nám umožnila vznik mnoha moderních přístrojů a metod, ta budoucí nám možná umožní ještě více.

1.1 Cíle práce

Prvním z cílů této práce je seznámení se s dnes používanými metodami pro diagnostiku stavebních konstrukcí a jejich popis. Dalším cílem je vyhodnocení materiálových charakteristik užitých materiálů v konstrukci, zejména pevnosti betonu v tlaku, a dále vyhodnocení současného stavu konstrukce. Poslední částí a cílem je zjištění vyztužení konstrukce a jejich prvků, stanovení vlastností výztuže jako je typ, průměr a stav výztuže použité v konstrukci.

2 Stavebně technický průzkum (STP)

Stavebně technický průzkum (dále jen STP) je právě jedním z nejdůležitějších předprojektových činností. Je významný zejména v oboru stavební diagnostiky, a to právě proto, že díky jemu určujeme a hodnotíme stav konstrukce (či stavebního objektu) a její využití, což je potřeba k vyhodnocení dalšího postupu prací. V dnešní době existuje mnoho druhů materiálů, stavebních provedení i konstrukčních řešení, proto se při STP musí ke každému objektu přistupovat individuálně, nelze nalézt pouze jedno možné provedení STP pro všechny budovy.

Díky STP jsme schopni určit míru poškození konstrukce, její stav, navrhnout její opravy, popřípadě rozhodnout o její demolici a rozhodnout o dalším vývoji prací a pracovních postupů. Zaměřujeme se zejména na problémy narušující statický stav konstrukcí nebo jejich částí, dále na problémy, které mohou ovlivňovat celkovou funkčnost či spolehlivost.

2.1 Základní rozdělení STP

Na základě STP se jako jeho výsledek a shrnutí sepisuje technická zpráva. Ta obsahuje souhrn informací o objektu, jeho stavu a dalších informacích zjištěných ze STP. STP se díky jednotlivým stupňům této zprávy může rozdělit do několika fází:

Předběžný STP, jinak také základní STP, je první fází technické zprávy. Provádí se před zahájením projektových činností, a to pomocí nedestruktivních metod. Je nezbytně nutný pro obecné vyhodnocení a shrnutí celkového stavu objektu a jeho částí, a dále také pro vyhledání informací, které jsou potřebné pro určení dalších postupů.

Hledanými informacemi jsou historie objektu a jeho výstavba, projektová dokumentace objektu (např. kvůli konstrukčnímu uspořádání), záznamy z dříve prováděných zkoušek a výsledky běžných prohlídek, údaje o stavu objektu (poruchy a vady způsobené používáním objektu – jeho provozem), či údaje o dříve prováděných rekonstrukcích a opravách.

Podrobný STP neboli komplexní STP je další fází technické zprávy, který volně navazuje na STP předběžný. Zpravidla nám doplňuje a upřesňuje informace získané z předběžného STP. Jeho úkolem je získání co nejdětalnějších informací o objektu. Používané jsou i destruktivní metody.

Při podrobném STP se pracuje již s konkrétním materiálem, hodnotí se jeho vlastnosti a kvalita. Dále se upřesňuje projektová dokumentace objektu, to znamená zejména jeho konstrukční uspořádání. Určují se také poměry v základech objektu, ať už geologické, tak hydrogeologické, celkový popis základových konstrukcí a jejich stav. Důležitá je také fotografická dokumentace, která nám zajistí zdokumentování aktuálního stavu objektu. Na základě destruktivních zkoušek nám podrobný STP slouží také k odebrání vzorků potřebných k těmto zkouškám a k jejich vyhodnocení.

Doplňující STP je poslední fází. Jeho úkolem je doplnit dosud prováděný STP dle požadavků. Jsou zde řešeny zejména podrobnější rozborů, a to například detailů konstrukcí či konkrétních materiálů. Provádí se pouze pokud je rozsah dosud prováděného STP neúplný, nejasný, nebo nedostatečný. Může být použito destruktivních i nedestruktivních metod zkoušení.

Během provádění těchto fází STP se vybírají takové metody a postupuje se tak, aby v objektu nebylo nejlépe vůbec zasaženo do plynulého provozu. Stupně závěrečné zprávy nám dohromady dají důležité informace k celkovému stavu, díky kterým můžeme rozhodovat o dalším provedení prací, o úpravách, sanacích, rekonstrukcích a celkově o budoucnosti objektu.

Konečný výstup STP (tedy závěrečná zpráva) musí obsahovat především tyto položky:

- Informace o objektu a jeho aktuální stav
- Konstrukční uspořádání
- Provedené práce a celkový rozsah STP
- Hodnocení základových konstrukcí, podloží, nosných konstrukcí, hodnocení krovu a jeho částí
- Vyhodnocení celkové vlhkosti objektu

2.2 Zkoušení materiálů

Pro zkoušení materiálů je v diagnostice stavebních konstrukcí použito velké množství metod. Jejich nejčastější rozdělení je na metody destruktivní, semidestruktivní či nedestruktivní. [1]

Při použití **Destruktivní metody** dochází k plnému porušení zkoušeného vzorku. Destruktivní zkoušky nejčastěji probíhají v laboratořích na vzorcích a používají se pro určení pevnostních charakteristik materiálu. Naopak při **nedestruktivní metodě** vzorek není porušen, a také není narušena statická funkce konstrukce, protože zde nedochází k přímému zásahu do ní. **Semidestruktivní metody** jsou jakýmsi kompromisem těchto metod. Při těchto metodách zasahujeme do konstrukce, avšak v minimálním rozsahu (tak, aby nebyla narušena statická funkce konstrukce). Nerovnosti a kosmetické vady na konstrukci vzniklé tímto minimálním zásahem do ní by měly být zapraveny. [1]

Nejčastěji používanými metodami jsou semidestruktivní a nedestruktivní metody, a to právě kvůli tomu, že nijak nenarušují stávající konstrukci. Často se používají i nedestruktivní metody společně s metodami destruktivními, kvůli ověření výsledků, či jejich upřesnění. [1]

2.2.1 Beton

Zkoušení betonu může být pomocí metod destruktivních, nedestruktivních i semidestruktivních. Beton lze zkoušet přímo na místě, přesněji řečeno v konstrukci, nebo také v laboratořích ve formě odebraných vzorků. Díky těmto zkouškám zjišťujeme jeho vlastnosti a materiálové charakteristiky, ze kterých si lze snadno odvodit chování tohoto materiálu. Důležité hledané parametry, které nám ze zkoušek plynou, jsou například objemová hmotnost, pevnost betonu v tlaku, modul pružnosti, či rovnoměrnost betonu.

Nejčastěji používanou metodou pro zkoušení betonu je metoda jádrových vývrtů a odrazových tvrdoměrů. Pomocí těchto dvou metod stanovíme jeho pevnost v tlaku. Pro určení rovnoměrnosti betonu je nejlepší zkouškou průchodová metoda pomocí ultrazvuku. O všech těchto zkouškách bude pojednáno dále.

2.2.2 Výztuž

Nedílnou součástí železobetonových konstrukcí je samozřejmě betonářská výztuž. Výztuž může být zkoušena a zjišťována pomocí destruktivních a nedestruktivních metod. V dřívějších dobách byly používány velmi různorodé druhy výztuží, které byly samozřejmě odlišné od výztuží současných. Proto je důležité pro výztuž stanovit alespoň základní parametry. Těmi jsou například typ výztuže, její průměr, porušení a poškození výztuže, koroze, či poloha výztuže v konstrukci.

Při odběru vzorků betonu a pro jejich další zkoušení je velmi důležité zjistit polohu výztuže v konstrukci, její množství a rozmístění. K tomu jsou s oblibou používány nedestruktivní metody, jako například georadary či elektromagnetické indikátory. Ty jsou však velmi často doplňovány metodou destruktivní – metodou sekaných sond.

3 Zjišťované vlastnosti materiálů

3.1 Pevnost betonu v tlaku

Pevnost betonu v tlaku je dána velikostí napětí, kterého se dosáhne v momentě porušení betonu (zániku jeho celistvosti). Díky pevnosti betonu v tlaku můžeme určit danou pevnostní třídu. [2]

Pevnostní třída je označení betonu, které nám udává jeho jakost. Určuje se dle krychelné, či válcové pevnosti. Druhy a soupis pevnostních tříd nám udává norma ČSN EN 206+A1. Pevnostní třídu můžeme zjistit pomocí výsledků získaných ze dvou metod. První z nich je semidestruktivní metoda jádrových vývrtů, a druhá je metodou nedestruktivní pomocí Schmidtova tvrdoměru. [2]

3.1.1 Jádrové vývrty

Metoda určení pevnosti betonu v tlaku pomocí jádrových vývrtů je metodou semidestruktivní. Provádí se za pomoci vrtných souprav (vrtáků), jejichž zvolený průměr hraje důležitou roli pro zkoumaný objekt. Průměr by měl být minimálně stejný, či větší, než je trojnásobek průměru největšího zrna kameniva použitého v betonu. Průměr také často ovlivňuje hustota a rozmístění výztuže. [1]

Umístění a provedení vrtu v objektu nemůže být náhodné. V konstrukci potřebujeme najít takové místo, na kterém při vrtu nedojde k poškození výztuže v betonu. Pro samotný vzorek je důležité, aby v něm nebyla obsažena výztuž, to znamená, abychom ji nepřerušili a neodebrali ve vzorku společně s betonem. Toho docílíme například pomocí indikátorů výztuže, které nám ukáží její polohu v konstrukci. [1]



Obrázek 1 Provádění jádrového výtvtu [19]

3.1.1.1 Popis jádrového výtvtu a úprava zkušebních těles

Kvůli většímu množství odebraných vzorků z konstrukce je lepší, aby byly vzorky popsány přímo na místě po jejich odběru. Tak se vyvarujeme jejich zaměnění. Po odběru vzorků je také nutné zaznačit jejich původní polohu do schématu půdorysu objektu.

Pro popis vzorků je důležité, aby veškeré informace byly zapsány nesmazatelně na jejich povrchu. Na vzorek píšeme základní a důležité informace, kterými jsou například informace o kamenivu (jeho přibližná frakce, rovnoměrnost rozložení, největší velikost zrna), dále informace o výztuži (druh výztuže, poloha, směr, rozložení, zda došlo k jejímu porušení), a také informace o betonu (póry, kaverny, dutiny). Důležitá je také fotografická dokumentace vzorku s měřidlem, které je položeno vedle něj.



Obrázek 2 Možná varianta označení vývrtu

Pro zkoušku pevnosti betonu je úprava zkušebních těles nezbytná. Upravené tělesa musí vyhovovat normě ČSN EN 12504-1. Tělesa můžeme porovnávat s krychelnou, nebo s válcovou pevností. Pokud porovnáваме s krychelnou pevností, musí mít upravená tělesa poměr výšky ku šířce rovno 1. Pokud porovnáваме s válcovou pevností, musí se tento poměr rovnat 2. Pokud zkoušíme tělesa, které mají jiný průměr než 150 mm, norma postupuje takto: [3]

- Výsledek se nepřepočítává v případě, pokud má vývrt průměr 100 mm – výsledky se považují za shodné jako u vývrtu o průměru 150 mm [3]
- Kalibrace se provede v případě, pokud má vývrt poloměr menší než 100 mm [3]

Jejich úpravy probíhají na kotoučové stolní pile, která je opatřena diamantovým kotoučem. Tento kotouč se v době úpravy těles zkrápí, proto je nutné nechat vzorky po dokončení úprav vyschnout. Po vysušení na vzorcích probíhá měření jejich rozměrů pomocí posuvného měřítka, a také měření jejich hmotnosti. [3]

3.1.1.2 Karbonatace betonu

Karbonatace betonu je chemický proces, který souvisí s použitou výztuží v betonu. Působením vody a kyslíku nastává koroze výztuže, která zapříčiňuje právě karbonataci betonu. [4]

U mladého betonu se mezi ocelovou výztuží a betonem nachází slabá vrstva složená z oxidů železa, která je nepropustná. Tuto vrstvu chrání takzvaná krycí vrstva, která má zpočátku vysoké pH – vyšší než 9. Postupem času dochází ke vnikání CO_2 společně s kyslíkem do betonu, a díky chemickým reakcím dochází k úbytku $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (portlandit obsažený v betonu), který se rozkládá na vodu a CaCO_3 . Díky tomuto procesu pH krycí vrstvy klesá. Pokud dojde ke klesnutí pH pod 9, dojde k rozpadu vrstvy oxidů, a tímto dochází ke korozi výztuže. [4]

Ke zjišťování míry karbonatace betonu se používá 1% roztok fenolftaleinu. K této zkoušce potřebujeme vzorek betonu, na který se tento roztok aplikuje rozprašovačem. Část betonu, která je zkarbonatovaná svou barvu nezmění, nezkarbonatovaná část vzorku zčernalá. [4]

K zabránění procesu karbonatace existují jistá preventivní opatření. Tím je například zvýšení obsahu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ v betonu použitím portlandského cementu. Stejného výsledku můžeme docílit již při návrhu betonu s nižším vodním součinitelem. Čím je beton hutnější (má nižší vodní součinitel), tím hůře se do něj dostávají nežádoucí látky z okolí. [4]

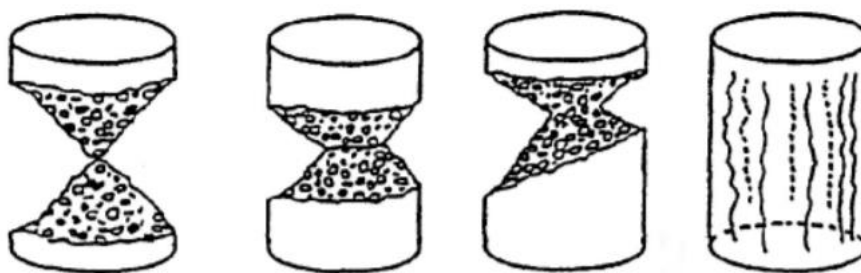


Obrázek 3 Použití 1% roztoku fenolftaleinu pro zjištění míry karbonatace

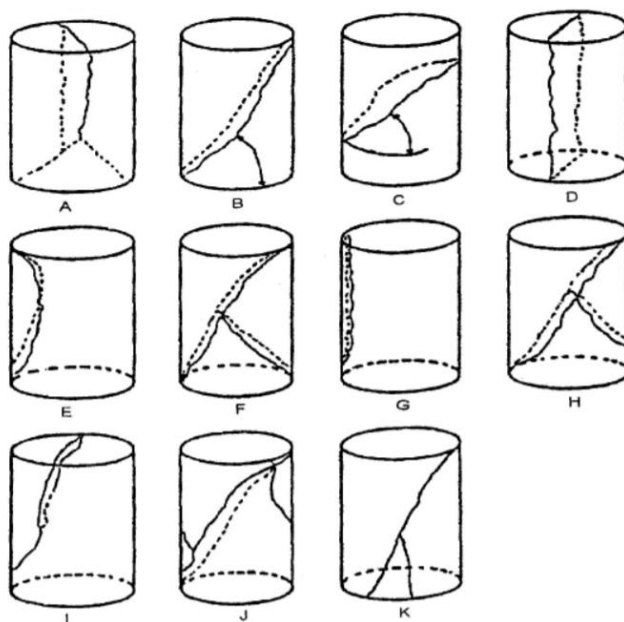
3.1.1.3 Průběh samotné zkoušky

Zkouška pevnosti betonu v tlaku se stanovuje za pomoci hydraulických lisů. V tomto lisu se tělesa zatěžují do doby, dokud nedojde k jejich porušení. Pevnost betonu v tlaku se dále přepočítává v závislosti na síle, která byla na lise naměřena v momentě, kdy došlo ke kolapsu zkušebního tělesa, a v závislosti na jeho ploše. Pevnost, která nám vyjde vzájemným podělením těchto dvou veličin (síla ku ploše), zaokrouhlíme na desetinu MPa. [5]

Po provedení zkoušky je potřeba zkontrolovat, jakým způsobem bylo těleso porušeno. Vyhovující a nevyhovující porušení vzorku můžeme určit pomocí normy ČSN EN 12390-3. Vyhovující porušení mívá nejčastěji tvar přesýpacích hodin, nevyhovující bývá velmi různorodé (například rozpůlení vzorku, oddělení krajní části a podobně). V případě, že má po zkoušce těleso nevyhovující porušení, je potřeba jej ze zkoušky úplně vyřadit. [5]



Obrázek 4 Vhodné porušení vzorku dle normy ČSN EN 12390-3 [5]



Obrázek 5 Nevhodné porušení vzorku dle normy ČSN EN 12390-3 [5]

3.1.1.4 Konečné výsledky zkoušky z nenormových těles

V některých místech konstrukce, například pokud máme konstrukci hustě vyztuženou a musíme tomu přizpůsobit pracovní postup, může nastat odebrání takzvaných nenormových vzorků. Tyto vzorky tedy nemají základní rozměry dané normou, proto jejich pevnost v tlaku musí být dále přepočítána na rozměry tělesa s normovými rozměry ($r = 150 \text{ mm}$, $h = 300 \text{ mm}$). To vše vychází z normy ČSN EN 12390-3. [5]

Válcová pevnost v tlaku se stanoví dle vztahu:

$$f_{c,cyl} = k_{c,cube} \cdot k_{c,cyl} \cdot \frac{F}{A}$$

$k_{c,cube}$ Opravný součinitel, který vyjadřuje příčný rozměr tělesa, jehož průměr je nenormový (jiný než 150 mm). Jeho hodnota je 0,91 pro průměr 50 mm a pro průměr 100 mm nabývá hodnoty 0,95. Dá se určit i experimentálně. [-] [5]

$k_{c,cyl}$ Opravný součinitel pro štíhlost tělesa λ , jehož hodnota je v intervalu od 2 do 1. Platí pro pevnost $f_{c,cyl}$, která nabývá hodnot v intervalu od 16 do 60 MPa. [-] [5]

$$k_{c,cyl} = 0,8 + \sqrt{\frac{\lambda - 0,933}{26,667}}$$

F Síla naměřená v momentě kolapsu vzorku [N]

A Plocha podstavy tělesa [mm^2]

Z válcové pevnosti betonu se pomocí dalšího výpočtu stanoví **krychelná pevnost betonu**:

$$f_{c,cube} = f_{c,cyl} \cdot k_{cyl,cube}$$

$k_{cyl,cube}$ součinitel pro přepočet pevností [5]

Objemová hmotnost se stanoví ze vztahu:

$$D_r = \frac{m_r}{V}$$

m_r hmotnost tělesa [kg]

V objem tělesa [m^3]

3.1.1.5 Konečné výsledky zkoušek z normových těles

Pevnost betonu v tlaku se stanoví dle normy ČSN EN 13791. Z této normy je možné použít dva způsoby výpočtu posudku. [6]

Postup A:

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

Pro $f_{ck,is}$ je platná menší z vypočtených hodnot, a zároveň se musí jednat o normální rozdělení. Pokud tomu takto není, musí se provést nové hodnocení. Tohle kritérium je pro minimálně 15 vývrtů. [6]

Postup B:

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

Opět platí menší z vypočítaných hodnot. Toto kritérium je určeno pro 3-14 vývrtů. [6]

$f_{ck,is}$	charakteristická pevnost betonu v tlaku [Mpa]
$f_{m(n),is}$	průměrná pevnost betonu v tlaku [MPa]
$f_{is,nejmenší}$	nejmenší pevnost, která byla na vývrtech zjištěna [MPa]
s	směrodatná odchylka pevnosti v tlaku
k	součinitel závislý na počtu vývrtů

Tabulka 1 Hodnoty součinitele k [6]

POČET VÝVRTŮ	3-6	7-9	10-14
HODNOTA SOUČINITELE k	7	6	5

ČSN EN 13791 požaduje pro zařazení betonu do pevnostních tříd dosažení alespoň 85% charakteristické pevnosti v tlaku, která byla zjištěna na tělesech. [6]

Tabulka 2 Minimální požadovaná pevnost betonu v tlaku dle normy ČSN EN 13791 [6]

PEVNOSTNÍ TŘÍDA BETONU dle ČSN EN 206-1	POMĚR $f_{ck, is}$ ku f_{ck} (na vývrtech/na normových tělesech)	MINIMÁLNÍ CHARAKTERISTICKÁ PEVNOST BETONU V TLAKU V KONSTRUKCI	
		$f_{ck, is, cyl}$	$f_{ck, is, cube}$
C8/10	0,85	7	9
C12/15		10	13
C16/20		14	17
C20/25		17	21
C25/30		21	26
C30/37		26	31
C35/45		30	38
C40/50		34	43
C45/55		38	47
C50/60		43	51

3.1.2 Odrazové tvrdoměry

Mimo metodu jádrových vývrťů lze také pevnost v tlaku betonu stanovit pomocí odrazových tvrdoměrů (Schmidtových kladívek). Tato metoda má výhodu v tom, že je na rozdíl od jádrových vývrťů nedestruktivní metodou, není tedy nutný zásah do konstrukce. Nevýhodou ovšem je, že se tato metoda nemůže používat samostatně, a to hlavně z důvodu nepřesnosti výsledků. Ta může být především zapříčiněna faktem, že odrazové tvrdoměry vyžadují ruční odečtení hodnoty odrazu (může vzniknout odchylka čtením), či kvůli nevhodnosti povrchu konstrukce. Proto je nutná kombinace odrazových tvrdoměrů s jádrovými vývrty. [7]

Odrazové tvrdoměry fungují na principu odrazu od pevné překážky. Kladívko opatřené pružinou je vymršťeno proti pevné překážce, a právě na základě tohoto odrazu se určí pevnost betonu v tlaku. Druhy odrazových tvrdoměrů můžeme podle použití pro různé druhy materiálů rozdělit do několika skupin. [7]

Schmidt L (light) je odrazový tvrdoměr s rázovou energií 0,75 J, používaný pro tenkovrstvé konstrukce – s tloušťkou menší než 100 mm (minimálně 60 mm), přičemž jejich krychelná pevnost betonu v tlaku je v rozmezí 13-50 MPa. [7]

Schmidt N (normal) má rázovou energii 2,25 J. Používáný je pro konstrukce s tloušťkou nad 100 mm a krychelnou pevností v tlaku v rozmezí 17-60 MPa. Je základním používaným typem odrazových tvrdoměrů. [7]

Na principu odrazového tvrdoměru Schmidt N je založen typ **Silverschmidt**. Jedná se o elektronické kladívko, na jehož displeji se nám zobrazuje přímo pevnost betonu v tlaku. [7]

Schmidt M (masive) je typ odrazového tvrdoměru s rázovou energií 30 J, který se používá pro konstrukce s tloušťkou nad 200 mm a pevnostní třídou 25-60 MPa. [7]



Obrázek 6 Ukázka odrazového tvrdoměru – Schmidt N [20]

Samotná zkouška a její vyhodnocení

Při provádění této zkoušky je velmi důležitý výběr zkoušeného místa. Jeho plocha musí být minimálně 100x100 mm, přičemž jeho povrch musí být suchý a hladký. Důležité je také odstranit omítku, obrousit vrstvu, která podlehla karbonataci, a dále také vybrat takové místo, které je neporušené (bez trhlin, porézniho betonu) a má dostatečnou krycí vrstvu. [7]

Na takto upraveném a přichystaném místě se může zahájit samotná zkouška. Ta spočívá v přiložení nárazníku na povrch betonu co nejvíce kolmo ke zkoušenému místu. Tvrdoměr dále ručně stlačujeme směrem ke zkoušenému místu, dokud úderník nenarazí. Až tento náraz ucítíme, stiskneme aretační tlačítko, což nám umožní odečíst a zapsat hodnotu na stupnici tvrdoměru. Je potřeba dosáhnout 7 platných hodnot naměřených na každém zkušebním místě. Proto by se na každém z nich mělo provést minimálně 10 měření (z důvodu možné neplatnosti některých z nich). [8]

Vyhodnocení této zkoušky uvádí norma ČSN EN 731373. Při vyhodnocování je použito kalibračních vztahů, které jsou uvedeny v normě. Norma ale připouští i použití obecných kalibračních vztahů, ze kterých však získáme pevnost s nezaručenou přesností. [7]

Každé zkoušené místo je vyhodnoceno zvlášť. Postupně se ke každé hodnotě odrazu na zkoušeném místě přiřadí jeho pevnost v tlaku a stanoví se aritmetický průměr těchto pevností. Pevnosti odrazů, které se nevezou do meze zhruba 20 % od aritmetického průměru se vyloučí. Pokud je vyloučeno moc odrazů, tedy nemáme minimálně 7 platných, je zkoušené místo bráno celkově za neplatné. [7]

Kalibrační vztah z normy ČSN EN 731373:

$$f_{be} = 1,750 \cdot a - 29,000 \quad \text{Pro odraz v intervalu 25-40 (Přímka A)}$$

$$f_{be} = 1,786 \cdot a - 30,440 \quad \text{Pro odraz v intervalu 41-54 (Přímka B)}$$

a hodnota odrazu [-]

Jak již bylo řečeno, výsledky z metody odrazových tvrdoměrů nejsou přesné, proto se musí kombinovat s metodami jádrových vývrtů. Dále se tedy provede upřesnění tohoto výpočtu pomocí součinitele α , který zahrnuje jak zkoušky destruktivní (jádrové vývrty), tak nedestruktivní (odrazové tvrdoměry). [7]

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n f_{bi}}{\sum_{i=1}^n f_{bei}}$$

n celkový počet měření

f_{bi} pevnost v tlaku pomocí normalizované zkoušky stanovená destruktivně

f_{bei} pevnost v tlaku stanovená nedestruktivně

Upřesněná hodnota pevnosti betonu v tlaku se určí ze vztahu $f_b = \alpha \cdot f_{be}$ [7]

3.2 Rovnoměrnost betonu

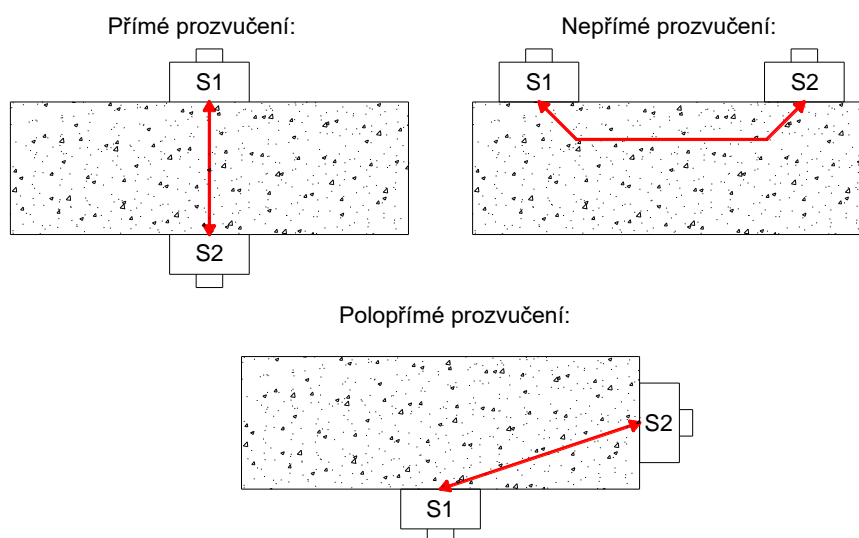
Rovnoměrnost betonu se určuje pomocí ultrazukové metody. Dá se však také určit z jeho objemové hmotnosti, pevnosti v tahu za ohybu, nebo pevnosti betonu v tlaku. Rovnoměrnost betonu se může zkusit na části povrchu konstrukce, kde nejsou zjevné jeho poruchy a vady. Beton po provedení daných zkoušek pro rovnoměrnost betonu můžeme vyhodnotit jako rovnoměrný, nebo nerovnoměrný.

3.2.1 Ultrazvuk (průchodová metoda)

Průchodová metoda je metodou nedestruktivní. Vyhodnocuje se na základě ultrazukových vln a rychlostí jejich šíření. Díky této metodě lze stanovit například rovnoměrnost betonu, jeho modul pružnosti, zda jsou v betonu dutiny, kaverny, či cizí těleso.

Doba průchodu ultrazukových vln je závislá na známé délce jejich prostupu. Doba průchodu nám slouží pro výpočet rychlosti šíření ultrazukových impulsů. Tento výpočet nám udává norma ČSN EN 12504-4. [9]

Metoda dvou sond je první metodou používanou pro prozvučování betonových konstrukcí. Jedna sonda je budičem, druhá přijímačem. Ideálním případem je přímé prozvučování, které vzniká, pokud jsou sondy umístěny naproti sobě. V konstrukci však občas nelze dosáhnout této polohy sond, proto může vznikat nepřímé, či polopřímé prozvučení. Díky signálům, které nám při prozvučování vzniknou, lze například odhadnout, zda je beton kvalitní nebo má povrchová poškození, či zvučíme přes výztuž. [9]



Obrázek 7 Možné případy prozvučení [21]

Rychlost šíření impulsu se vypočítá pomocí známé délky prostupu a z času rychlosti prostupu: [9]

$$v = \frac{L}{T_i - T_0}$$

L délka prostupu impulsu [m]

T_i doba průchodu konstrukcí [μs]

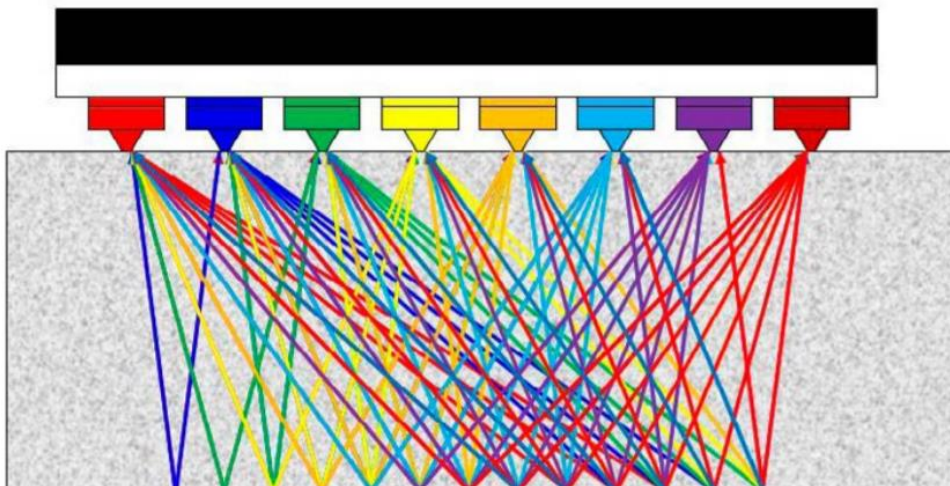
T_0 mrtvý čas [μs]

$$T_0 = T_e - E$$

T_e doba průchodu etalonem [μs]

Na základě vypočítané rychlosti poté dále hodnotíme kvalitu betonu. [9]

Metoda jedné sondy je další metodou prozvučování. Je zde využíváno pouze jedné sondy, která dokáže proniknout až do 1 m konstrukce. Další výhodou je také možnost hledání dutin v betonu uvnitř konstrukce. Jedná se o poměrně modernější metodu oproti metodě pomocí dvou sond. [9]



Obrázek 8 Vysílání ultrazvukových impulsů pomocí jedné odrazové sondy [21]



Obrázek 9 Odrazová sonda [22]

3.3 Modul pružnosti betonu

Modul pružnosti betonu se značí E a je vyjádřen jako podíl napětí a přetvoření u ztvrdlého betonu. Používá se zejména pro výpočet deformací betonu, jako je například dotvarování, průhyb, či smršťování. Pokud bychom měli porovnat beton s nižším a beton s vyšším modulem pružnosti, tak u betonu s vyšším modulem pružnosti (při stejném zatížení působícím na betony) nastanou menší deformace. Dále také zralý beton má vyšší modul pružnosti než beton mladý. Modul pružnosti je jednou ze základních charakteristik betonu. Nesouvisí s pevností betonu, má však přímou souvislost se složením betonové směsi. Podle toho, jaký způsob zkoušení použijeme, se dělí na statický a dynamický modul pružnosti. [10]

3.3.1 Statický modul pružnosti

Určení statického modulu pružnosti je popsáno v normě ČSN ISO 1920-10. Značí se E_c a zjišťuje se na základě Hookova zákona ze vzniklých deformací. Samotná zkouška pro určení statického modulu pružnosti se provádí minimálně na 3 zkušebních tělesech pomocí hydraulického lisu. Pro každé zkušební těleso musí být splněn rozměr největšího zrna kameniva. Ten má být minimálně 3x menší, než je průměr zkušebního tělesa. Zároveň by také zkušební těleso mělo mít poměr jeho výšky ku šířce roven 2. Nejvhodnější šířka pro zkušební těleso je 100 mm. [11]

Samotný postup zkoušky spočívá v zatížení vzorku umístěném v hydraulickém lisu silou, která je rovna hodnotě napětí 0,5 MPa (základní napětí). Následuje zatížení vzorku horním napětím, tedy na 1/3 charakteristické pevnosti betonu v tlaku. Deformace tělesa vzniklé daným zatížením se po dobu zkoušky průběžně zapisují společně s jejich odpovídajícím napětím. Z těchto informací jsme poté schopni stanovit statický modul pružnosti betonu v tlaku. [11]

Vztah pro výpočet statického modulu pružnosti:

$$E_c = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{\sigma_a - \sigma_b}{\varepsilon_a - \varepsilon_b}$$

σ_a	horní napětí
σ_b	základní napětí
ε_a	průměrné poměrné přetvoření při horním napětí
ε_b	průměrné poměrné přetvoření při základním napětí [11]

3.3.2 Dynamický modul pružnosti

Metody určení dynamického modulu pružnosti betonu je popsáno v normách ČSN 73 1372, ČSN 73 1371 a ČSN EN 12504-4. Metody se využívají celkem dvě, a to rezonanční a ultrazvuková. Z dynamického modulu pružnosti betonu se dá přepočtem stanovit statický modul pružnosti. Dynamický modul pružnosti se tedy zjišťuje tehdy, pokud není možné odebrat jádrové vývrty, a tím i zkušební tělesa z konstrukce.

Rezonanční metoda se provádí pomocí přístrojů pro měření rezonančních frekvencí. Základní veličinou pro rezonanční metodu je tedy frekvence, a to podélných, příčných, či kroutivých kmitání. [12] [13]

- Dynamický modul pružnosti z podélných kmitů [12]

$$E_{dyn,FL} = 4 \cdot L^2 \cdot f_L^2 \cdot D$$

- Dynamický modul pružnosti z příčných kmitů [13]

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

f_L, f_f	vlastní frekvence kmitů v podélném i příčném směru [kHz]
L	délka zkoušeného tělesa [m]
i	poloměr setrvačnosti průřezu [m]
c	hodnota získaná z poloměru i/L v závislosti na Poissonově koeficientu μ_{br} [-]
D	objemová hmotnost [kg/m ³]

Ultrazvuková metoda sleduje rychlost šíření ultrazvukových vln, které prochází materiálem. Hodnotu dynamického modulu stanovenou díky této metodě získáme výpočtem ze vztahu: [14]

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

D	objemová hmotnost [kg/m ³]
v_L	rychlost šíření vln ultrazvuku [m/s]
k	součinitel rozměrnosti prostředí [-] [14]

3.4 Zjišťování výztuže

3.4.1 Sekané sondy

Tato metoda používaná pro zjišťování výztuže, její polohy, míry koroze, typu či průměru, je metodou semidestruktivní. Mezi její nevýhody patří pracnost a hlučnost při provádění. Další nevýhodou při provádění je prašnost, kterou lze omezit pomocí průmyslových vysavačů. Její hlavní výhodou je přímý kontakt se zkoumanou výztuží. Můžeme si na výztuž sáhnout, jednoduše ji změřit, zjistit její poškození a podobně. Díky tomuto můžeme tuto metodu označit za velmi přesnou.

Tato metoda se používá v kombinaci s nedestruktivními zkouškami, jako je georadar či elektromagnetický indikátor, které nám ukáží přibližnou polohu výztuže. Na základě výsledků získaných z těchto nedestruktivních zkoušek se dále postupuje k ověření těchto výsledků pomocí sekaných sond. Ze všeho nejdříve se odstraní krycí vrstva betonu, aby došlo k odhalení výztuže a mohla se provést její vizuální prohlídka. Následně se veškeré informace, které byly o výztuži zjištěny, zapíší. Posledním krokem této metody je zapravení sekaných sond pomocí sanační malty.



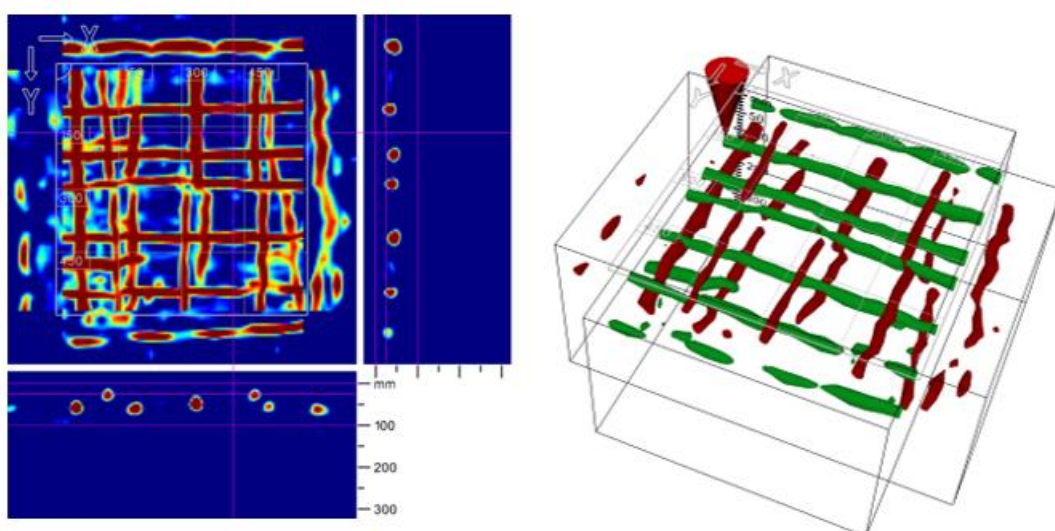
Obrázek 10 Příklad sekané sondy

3.4.2 Georadar

Zjišťování betonové výztuže pomocí georadaru je metodou nedestruktivní, u nás zatím málo rozšířenou. Funguje na principu vysokofrekvenčního elektromagnetického vlnění. Signály, které jsou vysílány do konstrukce, se odráží od překážek. Na základě těchto signálů a jejich odrazů nám přístroj vyhodnotí obraz. V diagnostice stavebních konstrukcí se využívá zejména pro určování polohy výztuže, má ale i jiné uplatnění. Na základě nehomogenit hledaných ve zkoumaném prostředí se také využívá pro lokalizaci tunelů, inženýrských sítí, kanalizací, pro zjištění kaveren, dutin a podobně. [15]

Nejvyužívanějším georadarem u nás je přístroj HILTI PS 1000. Ten se stal jistým přelomem v diagnostice stavebních konstrukcí. To zejména proto, že nám umožňuje skenování rozsáhlých ploch, a také zjišťování výztuže hned v několika vrstvách. Díky své malé velikosti a nízké hmotnosti je velmi kompatibilní a manipulace s ním probíhá bez potíží. Další výhodou je zobrazení výsledků ihned po zakončení měření díky jeho softwaru. Ten nám umožňuje také zpracování dat do 2D a 3D modelů. [15]

Díky pohybu koleček, které jsou umístěny v rozích přístroje, se zaznamenává jeho dráha ujetá po konstrukci. Lze použít liniový či plošný sken. Při liniovém skenu pohybujeme sondou pouze v jednom směru. Při plošném skenu sondou pohybujeme ve dvou směrech a využíváme předem připravený rastr o ploše 600x600 mm či 1200x1200 mm. Největší nevýhodou přístroje HILTI PS 1000 je fakt, že pomocí něj není možné určení průměru výztuže. [15]



Obrázek 11 Vlevo příklad liniového skenu, vpravo příklad zobrazení skenu ve 3D



Obrázek 12 Příklad přístroje HILTI PS 1000 [23]



Obrázek 13 Práce s přístrojem HILTI PS 1000 - plošný sken [23]

3.4.3 Elektromagnetické indikátory

Elektromagnetické indikátory nám slouží zejména pro lokalizaci výztuže v železobetonové konstrukci. Jedná se opět o metodu nedestruktivní, ale i přes tuto výhodu mají elektromagnetické indikátory jisté nevýhody: [16]

- Dosah činí 60 až 100 mm, při použití hloubkové sondy 150 až 220 mm
- Ovlivnění přítomností elektromagnetických polí
- Ovlivnění přítomností blízké sousední výztuže
- Nelze zjistit korozi výztuže či výztuž ve více vrstvách nad sebou, ani její druh

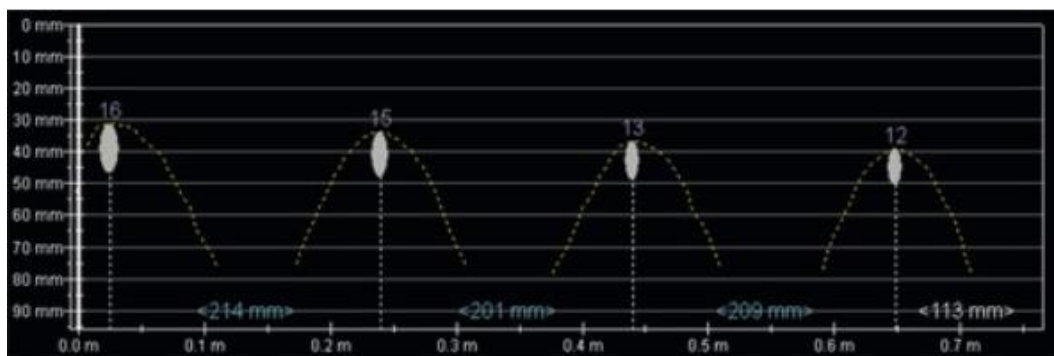
Elektromagnetické indikátory fungují na principu elektromagnetického napětí a jeho indukce. Konstrukce indikátorů je tvořena sondami a elektronickými obvody. V sondě jsou umístěny cívky, které vytvářejí magnetické pole pomocí proudových impulsů. Elektronické obvody přijímají signál a dále jej vyhodnocují. Tato metoda se využívá zejména pro: [16]

- Zjištění, zda je beton vyztužen
- Zjištění vyztužení u konstrukcí, ke kterým není k dispozici projektová dokumentace
- Ověření vyztužení dle projektové dokumentace
- Lokalizace výztuže – zjištění polohy a její množství
- Zjištění krycí vrstvy
- Zjištění průměru výztuže

V dnešní době existuje mnoho elektromagnetických indikátorů výztuže. Mezi nejlepší a profesionální přístroje patří zejména Profometer PM-6, a také PS 200 Ferroskan. Jejich hlavní výhodou je možnost skenování povrchu konstrukce a následné vytvoření obrazu pomocí jejich softwaru. Umožňují nám také určit krytí a průměr výztuže. Pokud bychom měli srovnat tyto dva přístroje, pro zjišťování krytí a průměru výztuže je více vyhovující Profometer PM-6. Přístroj PS 200 Ferroskan nám však navíc umožňuje bezdrátový přenos dat. [16]



Obrázek 14 Indikátory výztuže – vlevo PS 200 Ferroskan od firmy Hilti [24], vpravo Profometer PM-630 od firmy Proceq [25]



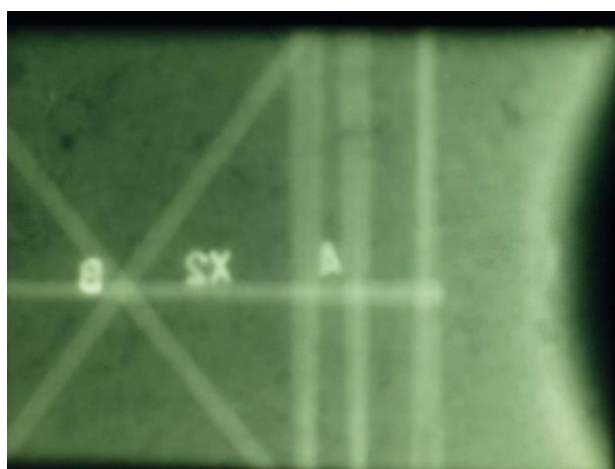
Obrázek 15 Příklad zobrazení skenu výztuže pomocí přístroje Profometer PM 630 [18]

3.4.4 Radiografie

Radiografie je metodou nedestruktivní. Je vhodná hlavně při zkoumání vysoce vyztužených konstrukcí. Její výhodou oproti elektromagnetickým indikátorům je právě to, že je možné zjišťování výztuže ve více vrstvách nad sebou či pokud jsou pruty velmi blízko sebe. [17]

Tato metoda je založena zejména na záření gama, které prochází materiálem, na jeho absorpci a rozptýlení v konstrukci. Absorpce záření je závislá na objemové hmotnosti materiálu, a také na jeho tloušťce. Záření je tak zeslabováno ocelovou výztuží více než betonem. Zeslabené záření se zaznamenává na radiografický film. Po vyvolání tohoto filmu jsou na snímku zobrazená světlejší místa. Tyto světlejší místa nám určují právě polohu výztuže. [17]

Záření gama patří mezi ionizující záření. Vzhledem ke zpřísněným požadavkům na ochranu osob před těmito účinky a dalším bezpečnostním opatřením je v dnešní době téměř nemožné tuto metodu použít. [18]



Obrázek 16 Prozářená část konstrukce [18]

4 Praktická část

Tato práce vznikla především za účelem zjištění stavebně technického stavu zkoumané konstrukce, dále také za účelem zjištění materiálových charakteristik betonu a ověření vyztužení z důvodu umístění zelené střechy na objektu.

Samotný průzkum konstrukce se týká sloupů a nosných prvků stropu. Těmi jsou desky a průvlaky. Po dohodě s objednatelem a také v rámci dodržení vlastností stavby, které jí byly projektované, byly stanoveny místa zkoumání i počet zkoumaných míst. Na základě těchto informací byla dále vypracována tato závěrečná zpráva, která vypovídá o momentálním stavu konstrukce.

4.1 Údaje o zkoumané konstrukci

Zkoumaná konstrukce se nachází v areálu akciové společnosti Fatra, a.s. Napajedla, přesněji je jeho vstupní částí. Jedná se o jednopodlažní železobetonový skelet. Nosnou funkci tvoří sloupy kruhového průřezu, vodorovná konstrukce střechy je složena z železobetonových průvlaků a desek. Tato konstrukce je v jižní části spojena s administrativní budovou. K posuzování konstrukce byla k dispozici projektová dokumentace z roku 1965 v podobě armovacích výkresů.



Obrázek 17 Zkoumaný objekt – vstupní objekt do areálu Fatra Napajedla

4.2 Metody použité pro zkoumanou konstrukci

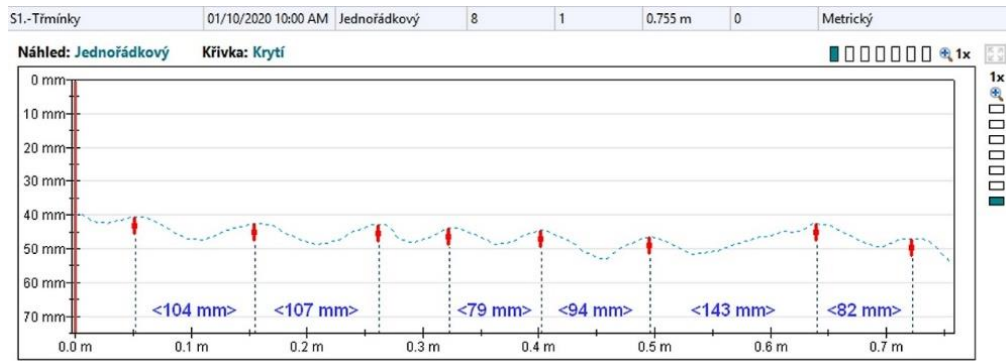
Cílem praktické části bylo vyhodnocení kvality betonu, zejména jeho pevnosti v tlaku a následné zařazení do odpovídající pevnostní třídy, a zjištění, či beton splňuje požadavky současných norem pro beton do nosných železobetonových konstrukcí. Cílem bylo také zjištění vyztužení, zjištění informací o výztuži (typ, průměr, krytí), a dále také porovnání zjištěné výztuže s výztuží navrženou v projektové dokumentaci.

Pro vyhodnocení betonu se rozhodlo o použití metody semidestruktivní – metody jádrových vývrtů. Tato metoda se ve většině případů používá v kombinaci s odrazovými tvrdoměry, tedy s metodou nedestruktivní. Jelikož je zkoumaná konstrukce příliš na očích (jedná se vstupní bránu do objektu), musel se klást důraz na omezení poškození povrchu. Důležitou roli hrála také tloušťka omítky na zkoumané konstrukci, což souvisí s poškozením povrchu konstrukce (při zkoušení pomocí odrazových tvrdoměrů se omítka musí odstranit). Z těchto důvodů se vyřadily odrazové tvrdoměry a použity byly pouze jádrové vývrty, a to o malých průměrech (50 mm).

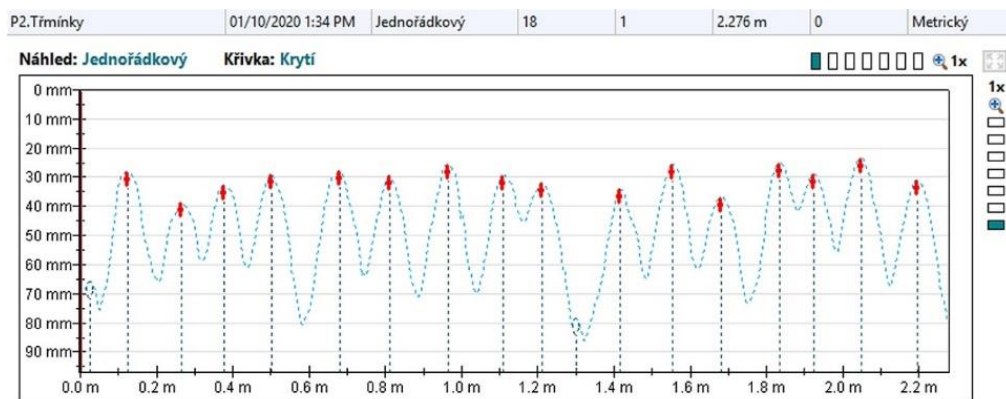


Obrázek 18 Otvor po vyvrtání jádrového vývrtu

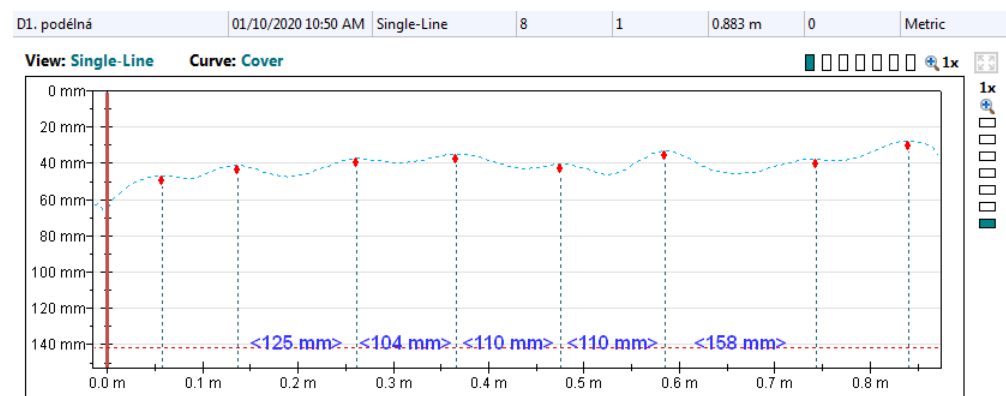
Pro stanovení vyztužení konstrukce bylo využito kombinace semidestruktivních a nedestruktivních metod. Pro zjišťování vyztužení pomocí nedestruktivních metod byl použit elektromagnetický indikátor výztuže Profometer PM-630 a georadar Hilti PS1000. Jako semidestruktivní metoda byly použity sekané sondy. Sekané sondy se však nepoužily na všech prvcích konstrukce – u desky D3 a D4 nebyl přístup z horní strany, tudíž nebylo možné provést sekané sondy pro určení typu a průměru výztuže.



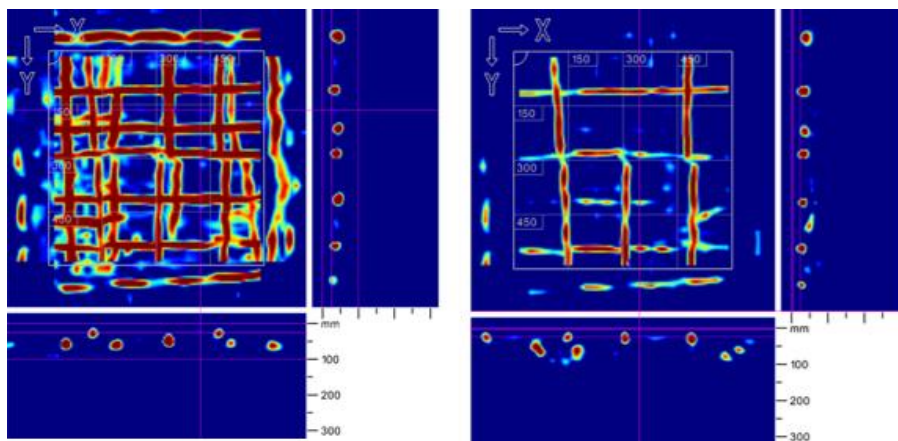
Obrázek 20 Záznam přístroje PM-630 z měření polohy třmínek ve sloupu S1 (jsou patrné rozteče výztuží od 61 do 143 mm, krytí včetně omítky je cca 44 mm)



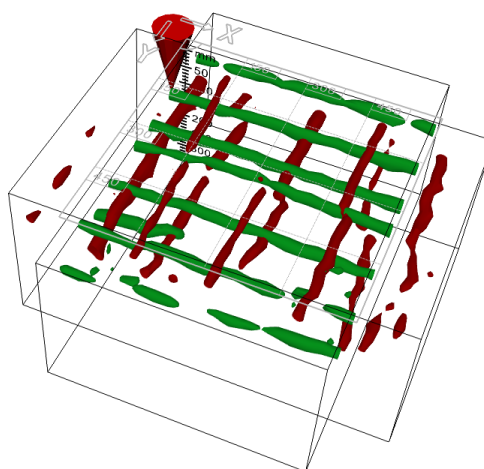
Obrázek 19 Záznam přístroje PM-630 z měření polohy třmínek z boku průvlastku P2 (rozteče výztuží jsou poměrně pravidelné, v průměru $a = 140$ mm, stejné na kraji průvlastku i směrem ke středu rozpětí, krytí včetně omítky cca 25-39 mm)



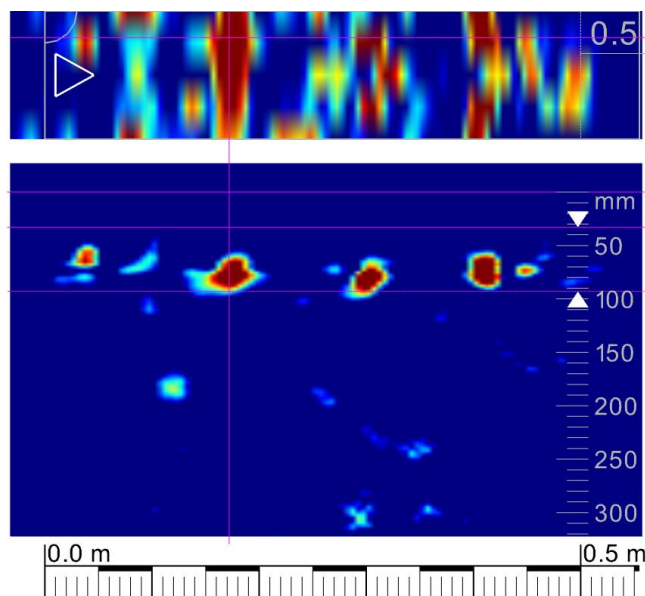
Obrázek 21 Záznam přístroje PM-630 z měření polohy výztuže v desce D1 (rozteče výztuží jsou poměrně pravidelné, v průměru $a = 115$ mm, stejné na kraji průvlastku i směrem ke středu rozpětí, krytí včetně omítky cca 25-43 mm)



Obrázek 22 Plošný radarový sken ze spodního líce desky D1



Obrázek 23 Sken obr. 22 v 3D provedení



Obrázek 24 Liniový radarový sken přístrojem PS1000 pojezdem po polovině obvodu sloupu S2

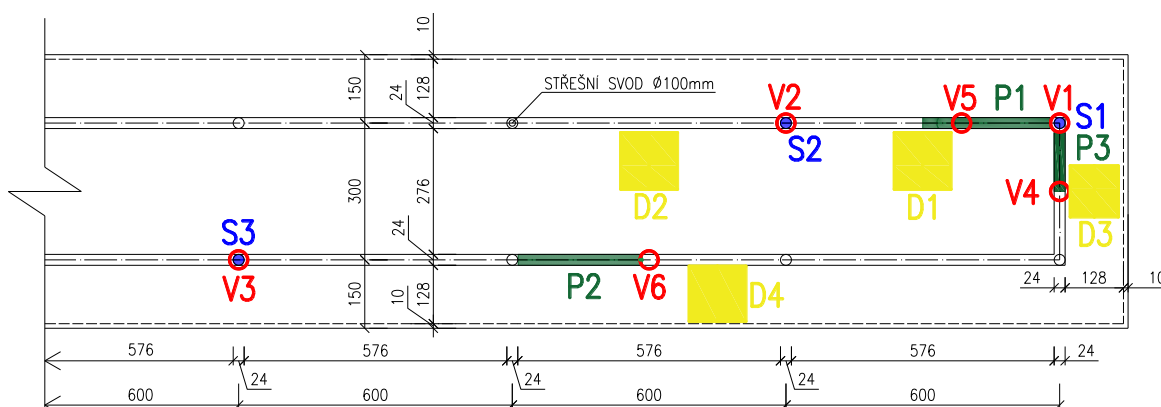
5 Provedené sondy

5.1 Zkoumaná místa a jejich umístění

S ohledem na dodržení projektovaných vlastností stavby bylo rozhodnuto o určení vyztužení konstrukce a ověření pevností použitého betonu, dále pak byly vybrány místa pro provedení sond. Zkoušky byly prováděny tak, aby narušení provozu konstrukce bylo minimální.

Pro stanovení kvality betonu byly provedeny 3 jádrové výtvrty do předem vybraných sloupů (sondy V1, V2, V3), a 3 jádrové výtvrty do stropní konstrukce v místě průvlaku (sondy V4, V5, V6).

Pro stanovení vyztužení byly provedeny sondy pro 3 průvlaky – uprostřed rozpětí a u spodního líce, tedy při vetknutí (sondy P1, P2, P3), pro 4 stropní desky (sondy D1, D2, D3, D4), a dále byly provedeny 3 kontrolní místa ve sloupu (sondy S1, S2, S3).



Obrázek 25 Schematický půdorys objektu s vyznačením sond

5.2 Jádrové výtvrty

Jádrové výtvrty byly provedeny do sloupů a průvlaků pro stanovení pevnostní třídy betonu dle normy ČSN EN 12504-1. Průměr těchto výtvtů byl vzhledem k minimalizaci poškození konstrukce a v rámci respektování struktury betonu zvolen o průměru $d = 50$ mm. Délka výtvtů pak vychází z jejich průměru, ale také z možného způsobu úpravy. Pokud se má provést srovnání s krychelnou pevností, pak $L = d$, pokud s válcovou, pak $L = 2d$.

Pro stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku byla použita norma ČSN EN 13791. Dle počtu výtvtů lze charakteristickou pevnost betonu v tlaku počítat pomocí dvou postupů. V tomto případě byl zvolen postup B, tedy pro 3 až 14 výtvtů (více v kapitole 3.1.1.5).

Pro provedení jádrových vývrtů byla použita vrtačka HILTI DD200 s veškerým potřebným příslušenstvím (jádrový vrták, stojan, vodní čerpadlo a barel s vodou). Aby nedošlo k převrtání betonářské výztuže vrtačkou, bylo použito elektromagnetického indikátoru a radaru k nalezení vhodného místa pro vrtání.



Obrázek 26 Příklad jádrových vývrtů provedených na konstrukci

5.2.1 Jádrové výtvrty ve sloupu – sondy V1-V3

VÝVRT V1	<ul style="list-style-type: none">• Sloup ve výšce cca 2,5 m
POPIS VÝVRTU	<ul style="list-style-type: none">• Vývrt vodorovně do sloupu• Průměr vývrtu 50 mm• Délka cca 210 mm, z toho 2 vrstvy omítky 28 mm (15+13 mm)
POPIS BETONU	<ul style="list-style-type: none">• Těžené kamenivo frakce 0-16 mm s maximální velikostí zrn 35 mm• Beton hutný, pórovitost nízká, póry do 2 mm (ojediněle 4 mm)



Obrázek 28 Místo sondy V1

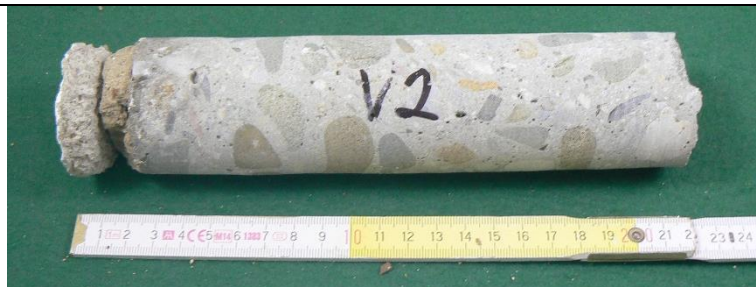


Obrázek 27 Vzorek V1 o průměru 50 mm a délce cca 210 mm

VÝVRT V2	<ul style="list-style-type: none"> • Sloup ve výšce cca 2,5 m
POPIS VÝVRTU	<ul style="list-style-type: none"> • Vývrt vodorovně do sloupu • Průměr vývrtu 50 mm • Délka cca 220 mm, z toho 2 vrstvy omítky 30 mm (15+15 mm)
POPIS BETONU	<ul style="list-style-type: none"> • Těžené kamenivo frakce 0-16 mm s maximální velikostí zrn 35 mm • Beton hutný, pórovitost nízká, póry do 2 mm (ojediněle 4 mm)



Obrázek 29 Místo sondy V2



Obrázek 30 Vzorek V2 o průměru 50 mm a délce cca 220 mm

VÝVRT V3	<ul style="list-style-type: none"> • Sloup ve výšce cca 2,5 m
POPIS VÝVRTU	<ul style="list-style-type: none"> • Vývrt vodorovně do sloupu • Průměr vývrtu 50 mm • Délka cca 210 mm, z toho 2 vrstvy omítky 31 mm (17+14 mm)
POPIS BETONU	<ul style="list-style-type: none"> • Těžené kamenivo frakce 0-16 mm s maximální velikostí zrn 35 mm • Beton hutný, pórovitost nízká, póry do 2 mm (ojediněle 4 mm)





Obrázek 31 Místo sondy V3



Obrázek 32 Vzorek V3 o průměru 50 mm a délce cca 210 mm

5.2.2 Jádrové výtvrty v průvlaku – sondy V4-V6

VÝVRT V4	<ul style="list-style-type: none"> • Průvlak
POPIS VÝVRTU	<ul style="list-style-type: none"> • Vývrt vodorovně do průvlaku • Průměr vývrtu 50 mm • Délka cca 260 mm, z toho 2 vrstvy omítky 29 mm (12+17 mm)
POPIS BETONU	<ul style="list-style-type: none"> • Těžené kamenivo frakce 0-16 mm s maximální velikostí zrn 30 mm • Beton hutný, pórovitost nízká, póry do 2 mm (ojediněle 4 mm)
	
<p>Obrázek 34 Místo sond V4 a V5</p>	
	
<p>Obrázek 33 Vzorek V4 o průměru 50 mm a délce cca 260 mm</p>	

VÝVRT V5	<ul style="list-style-type: none"> • Průvlak
POPIS VÝVRTU	<ul style="list-style-type: none"> • Vývrt vodorovně do průvlaků • Průměr vývrtu 50 mm • Délka cca 245 mm, z toho 2 vrstvy omítky 30 mm (14+16 mm)
POPIS BETONU	<ul style="list-style-type: none"> • Těžené kamenivo frakce 0-16 mm s maximální velikostí zrn 30 mm • Beton hutný, pórovitost nízká, póry do 2 mm (ojediněle 4 mm)
	
<p>Obrázek 35 Místo sondy V5</p>	
	
<p>Obrázek 36 Vzorek V5 o průměru 50 mm a délce cca 245 mm</p>	

VÝVRT V6	<ul style="list-style-type: none"> • Průvlak
POPIS VÝVRTU	<ul style="list-style-type: none"> • Vývrt vodorovně do průvlastku • Průměr vývrtu 50 mm • Délka cca 245 mm, z toho 2 vrstvy omítky 28 mm (12+16 mm)
POPIS BETONU	<ul style="list-style-type: none"> • Těžené kamenivo frakce 0-16 mm s maximální velikostí zrn 30 mm • Beton hutný, pórovitost nízká, póry do 2 mm (ojediněle 4 mm)



Obrázek 37 Místo sondy V6



Obrázek 38 Vzorek V6 o průměru 50 mm a délce cca 245 mm

5.2.3 Vyhodnocení kvality betonu

5.2.3.1 Zkušební tělesa

Pomocí pily s diamantovým kotoučem byly odebrané jádrové vývrtky (3 ze sloupů, 3 z průvlaků) následně zpracovány do zkušebních těles pro laboratorní zkoušky betonu. Z těchto vývrtků bylo získáno celkem 10 vzorků (5 ze sloupů, 5 z průvlaků). Ty se následně zkoušely v hydraulickém lisu, kde se zatěžovaly až do jejich kolapsu. Dle normy ČSN EN 13791 se nadále dle postupu B stanovila pevnostní třída betonu. [6]



Obrázek 39 Zkušební tělesa vyrobená z jádrových vývrtů odebraných ze sloupů



Obrázek 40 Zkušební tělesa vyrobená z jádrových vývrtů odebraných z průvlaků

5.2.3.2 Výsledky laboratorních zkoušek

Výsledky zkoušek zkušebních těles odebraných ze sloupů

Tabulka 3 Naměřené veličiny ze zkušebních těles odebraných ze sloupů

OZNAČENÍ TĚLESA	NAMĚŘENÉ VELIČINY			
	d	h	m _r	D _r
	[mm]	[mm]	[g]	[kg/m ³]
1A	49,40	60,60	254,30	2192
1B	49,40	58,10	244,40	2191
2B	49,50	88,50	379,50	2227
3A	49,20	69,50	299,00	2259
3B	49,50	69,60	299,30	2231

Tabulka 4 Výsledky zkoušek na zkušebních tělesech odebraných ze sloupů

OZNAČENÍ TĚLESA	DÍLČÍ VÝSLEDKY						
	F	λ	k _{c,cyl}	k _{c,cube}	k _{cyl,cube}	f _{c,cyl}	f _{c,cube}
	[kN]	[-]	[-]	[-]	[-]	[MPa]	[MPa]
1A	60,40	1,23	0,91	0,91	1,249	26,00	32,50
1B	67,50	1,17	0,90	0,91	1,247	28,60	35,70
2B	30,50	1,79	0,98	0,91	1,252	14,10	17,70
3A	44,50	1,41	0,93	0,91	1,251	19,90	24,90
3B	27,40	1,41	0,93	0,91	1,252	12,10	15,10

Výsledky zkoušek zkušebních těles odebraných z průvlaků

Tabulka 5 Naměřené veličiny ze zkušebních těles odebraných z průvlaků

OZNAČENÍ TĚLESA	NAMĚŘENÉ VELIČINY			
	d	h	m _r	D _r
	[mm]	[mm]	[g]	[kg/m ³]
4A	49,60	78,40	338,70	2240
5A	49,60	90,70	388,00	2217
5B	49,50	94,20	403,60	2224
6A	49,60	67,00	287,70	2223
6B	49,50	60,40	263,30	2263

Tabulka 6 Výsledky zkoušek na zkušebních tělesech odebraných z průvlaků

OZNAČENÍ TĚLESA	DÍLČÍ VÝSLEDKY						
	F	λ	k _{c,cyl}	k _{c,cube}	k _{cyl,cube}	f _{c,cyl}	f _{c,cube}
	[kN]	[-]	[-]	[-]	[-]	[MPa]	[MPa]
4A	35,60	1,58	0,96	0,91	1,252	16,10	20,10
5A	43,70	1,83	0,98	0,91	1,251	20,30	25,40
5B	36,40	1,90	0,99	0,91	1,252	17,00	21,30
6A	48,20	1,35	0,93	0,91	1,251	21,00	26,30
6B	63,00	1,22	0,90	0,91	1,248	26,90	33,50

5.2.3.3 Vyhodnocení zkoušek pevnosti betonu v tlaku

Vzhledem ke srovnatelnému vizuálnímu hodnocení i díky výsledkům zkoušek bylo celkové vyhodnocení výsledků zkoušek pevnosti betonu v tlaku provedeno společně (pro sloupy i průvlaky). Maximální hodnota variačního součinitele pro rovnoměrný beton dle normy ČSN 73 2011 nabývá hodnoty $V_{x,max} = 16,00\%$. Variační součinitel betonu užitého ve zkoumané konstrukci je roven $V_x = 27,50\%$, tudíž beton na základě zkoušek pevnosti v tlaku vyšel jako nerovnoměrný.

Vzhledem k použití postupu B pro vyhodnocení pevnosti betonu v tlaku byla použita následující kritéria:

$$f_{ck,is,1} = f_{m(n),is} - k \qquad f_{ck,is,2} = f_{is,nejmenší} + 4$$

Platí menší z obou výsledných hodnot, tedy:

$$f_{ck,is,1} = 25,2 - 5 \qquad f_{ck,is,2} = 15,10 + 4$$

$$f_{ck,is,1} = 20,20 \text{ MPa} \qquad f_{ck,is,2} = \mathbf{19,10 \text{ MPa}}$$

Norma ČSN EN 13791 nám umožňuje pro splnění požadavku na projektovanou pevnost betonu dosažení v konstrukci pouze 85 % charakteristické pevnosti dané třídy proti tělesům vyrobených ve formách, tedy $f_{ck,is} = 0,85 \cdot f_{ck}$ [6]. Beton sloupů a průvlaků železobetonové konstrukce splňuje tedy požadavky normy ČSN EN 13791 pro pevnostní třídu:

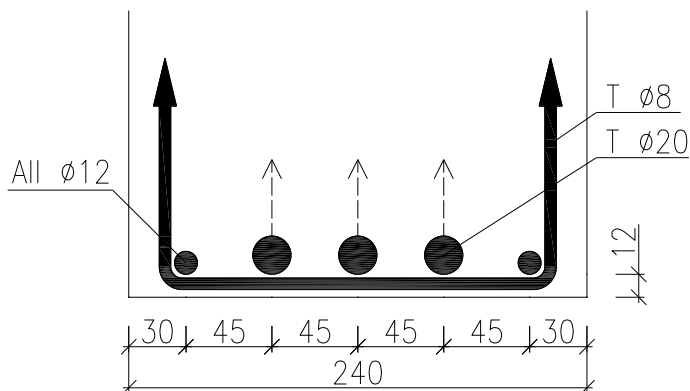
$$f_{ck,is} = 19,10 \text{ MPa} \geq 0,85 \cdot 20,00 = 17,00 \text{ MPa}$$

→ **BETON C16/20** ... Z výsledků je zřejmé, že beton nosné konstrukce splňuje požadavky současných norem pro beton do nosných železobetonových konstrukcí z hlediska únosnosti, současně také odpovídá i pevnostní třídě uvedené v původní projektové dokumentaci (beton 250 odpovídá pevnostní třídě C16/20). Kritéria pro pevnostní třídu C16/20 byla splněna velmi těsně.

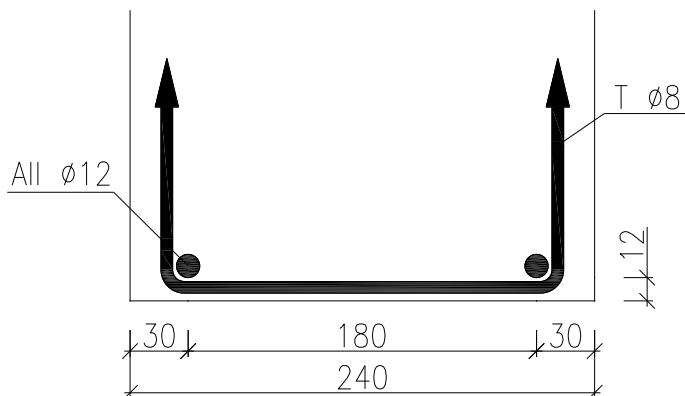
5.3 Stanovení výztužení

5.3.1 Vyztužení průvlaků – sondy P1-P3

SONDA P1	<ul style="list-style-type: none"> Průvlak P1, ve stropu nad 1.NP
POPIS SONDY	<ul style="list-style-type: none"> Stanovení polohy výztuže Vyztužení stanoveno u spodního líce uprostřed rozpětí a u podpory Současně byla určena poloha ohybů hlavní výztuže z bočního líce
POUŽITÉ METODY	<ul style="list-style-type: none"> Elektromagnetický indikátor výztuže Profometer PM-630 Georadar Hilti PS1000 Sekaná sonda
POSTUP	<ul style="list-style-type: none"> Poloha hlavní výztuže i třmínek pomocí elektromagnetického indikátoru PM-630 a georadaru PS1000 Typ a průměr výztuže ověřeny pomocí sekané sondy



Obrázek 42 Schematický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy P1 uprostřed rozpětí



Obrázek 41 Schematický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy P1 u podpory

Tabulka 7 Výsledky stanovení vyztužení uprostřed rozpětí pro sondu P1

VÝSLEDKY STANOVENÍ VYZTUŽENÍ UPROSTŘED ROZPĚTÍ	
DLE PROJEKTU	<ul style="list-style-type: none"> • 3x All \varnothing20 mm • 2x All \varnothing12 mm • Třmínky dvoustřížné All \varnothing8 mm, po 150 mm
ZJIŠTĚNO	<ul style="list-style-type: none"> • 3x T \varnothing20 mm, krytí 12 mm • 2x All \varnothing12 mm, krytí 12 mm • Třmínky dvoustřížné T \varnothing8 mm, po 170 mm, krytí 0-5 mm

Tabulka 8 Výsledky stanovení vyztužení u podpory pro sondu P1

VÝSLEDKY STANOVENÍ VYZTUŽENÍ U PODPORY	
DLE PROJEKTU	<ul style="list-style-type: none"> • 2x All \varnothing12 mm • Třmínky dvoustřížné All \varnothing8 mm, po 150 mm • Ohyby 3x ve vzdálenosti 340 mm, 680 mm a 1020 mm od líce sloupu
ZJIŠTĚNO	<ul style="list-style-type: none"> • 2x All \varnothing12 mm, krytí 12 mm • Třmínky dvoustřížné T \varnothing8 mm, po 170 mm, krytí 0-5 mm • Ohyby 3x ve vzdálenosti 345 mm, 690 mm a 1035 mm od líce sloupu

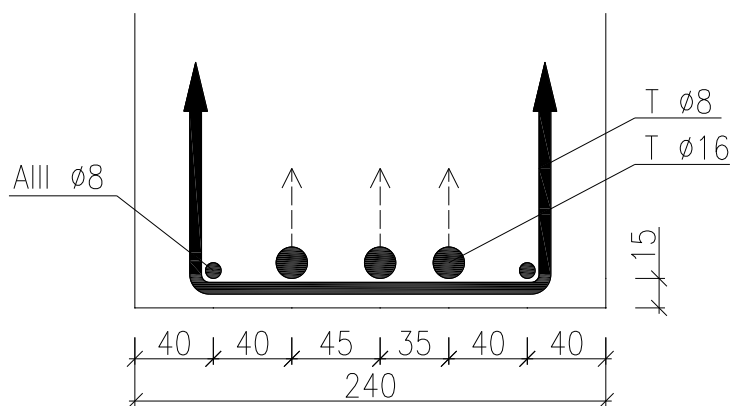
Vyhodnocení

Ze zjištěných informací o vyztužení můžeme říct, že je průvlak vyztužen v souladu s projektovou dokumentací. V kontextu období změny užívaných výztuží během výstavby byla část výztuží nahrazena alternativou – novým typem výztuže (All byla nahrazena T). Jde o typ výztuže s adekvátními pevnostními parametry oceli. U třmínků byla zjištěna mírně větší průměrná rozteč oproti projektové dokumentaci.

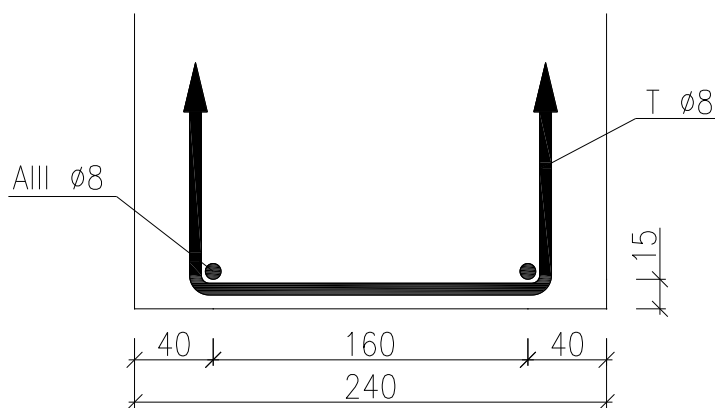
Tabulka 9 Srovnání nahrazených typů výztuží u sondy P1

SROVNÁNÍ NAHRAZENÝCH TYPŮ VÝZTUŽÍ		
	OZNAČENÍ [-]	MEZ KLUZU [MPa]
DLE PROJEKTU	All	300
ZJIŠTĚNO	T	400

SONDA P2	<ul style="list-style-type: none"> • Průvlak P2, ve stropu nad 1.NP
POPIS SONDY	<ul style="list-style-type: none"> • Stanovení polohy výztuže • Vyztužení stanoveno u spodního líce uprostřed rozpětí a u podpory • Současně byla určena poloha ohybů hlavní výztuže z bočního líce
POUŽITÉ METODY	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetický indikátor výztuže Profometer PM-630 • Georadar Hilti PS1000 • Sekaná sonda
POSTUP	<ul style="list-style-type: none"> • Poloha hlavní výztuže i třmínek stanovena pomocí elektromagnetického indikátoru PM-630 a georadaru PS1000 • Typ a průměr výztuže ověřeny pomocí sekané sondy



Obrázek 43 Schematický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy P2 uprostřed rozpětí



Obrázek 44 Schematický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy P2 u podpory

Tabulka 10 Výsledky stanovení vyztužení uprostřed rozpětí pro sondu P2

VÝSLEDKY STANOVENÍ VYZTUŽENÍ UPROSTŘED ROZPĚTÍ	
DLE PROJEKTU	<ul style="list-style-type: none"> • 3x All \varnothing16 mm • 2x All \varnothing10 mm • Třmínky dvoustřížné All \varnothing8 mm, po 150 mm
ZJIŠTĚNO	<ul style="list-style-type: none"> • 3x T \varnothing16 mm, krytí 15 mm • 2x AIII \varnothing8 mm, krytí 15 mm • Třmínky dvoustřížné T \varnothing8 mm, po 140 mm, krytí 2-7 mm

Tabulka 11 Výsledky stanovení vyztužení u podpory pro sondu P2

VÝSLEDKY STANOVENÍ VYZTUŽENÍ U PODPORY	
DLE PROJEKTU	<ul style="list-style-type: none"> • 2x All \varnothing10 mm • Třmínky dvoustřížné All \varnothing8 mm, po 150 mm • Ohyby 3x ve vzdálenosti 340 mm, 680 mm a 1020 mm od líce sloupu
ZJIŠTĚNO	<ul style="list-style-type: none"> • 2x AIII \varnothing8 mm, krytí 15 mm • Třmínky dvoustřížné T \varnothing8 mm, po 140 mm, krytí 2-7 mm • Ohyby 3x ve vzdálenosti 360 mm, 660 mm a 1000 mm od líce sloupu

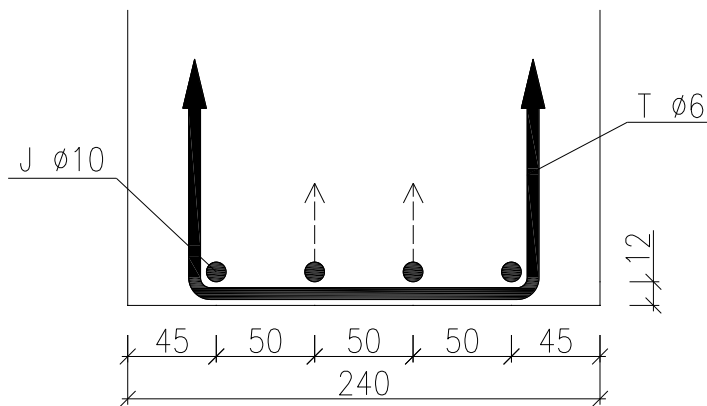
Vyhodnocení

Ze zjištěných informací o vyztužení můžeme říct, že je průvlak vyztužen v souladu s projektovou dokumentací. V kontextu období změny užívaných výztuží během výstavby byla část výztuží nahrazena alternativou – novým typem výztuže (All byla nahrazena T). Jde o typ výztuže s adekvátními pevnostními parametry oceli. Byla nahrazena i výztuž All \varnothing 10 mm za výztuž AIII \varnothing 8 mm. To je sice výztuž s menším průměrem, ale vyššími pevnostními parametry. U třmínek byla zjištěna mírně menší průměrná rozteč oproti projektové dokumentaci.

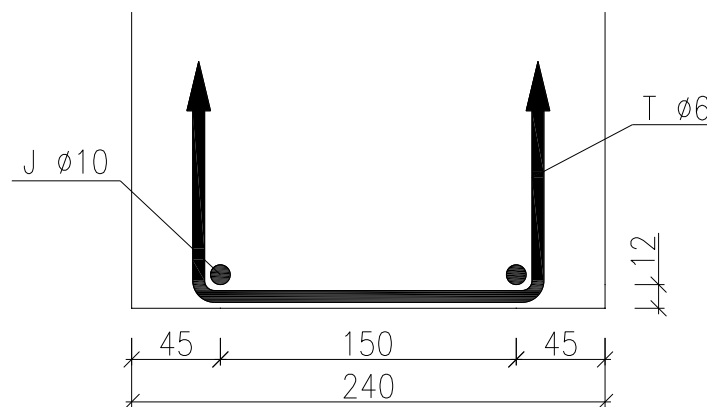
Tabulka 12 Srovnání nahrazených typů výztuží u sondy P2

SROVNÁNÍ NAHRAZENÝCH TYPŮ VÝZTUŽÍ		
	OZNAČENÍ [-]	MEZ KLUZU [MPa]
DLE PROJEKTU	All	300
ZJIŠTĚNO	T	400
DLE PROJEKTU	All	300
ZJIŠTĚNO	AIII	400

SONDA P3	<ul style="list-style-type: none"> • Průvlak P3, ve stropu nad 1.NP
POPIS SONDY	<ul style="list-style-type: none"> • Stanovení polohy výztuže • Vyztužení stanoveno u spodního líce uprostřed rozpětí a u podpory • Současně byla určena poloha ohybů hlavní výztuže z bočního líce
POUŽITÉ METODY	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetický indikátor výztuže Profometer PM-630 • Georadar Hilti PS1000 • Sekaná sonda
POSTUP	<ul style="list-style-type: none"> • Poloha hlavní výztuže i třmíneků stanovena pomocí elektromagnetického indikátoru PM-630 a georadaru PS1000 • Typ a průměr výztuže ověřeny pomocí sekané sondy



Obrázek 45 Schematický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy P3 uprostřed rozpětí



Obrázek 46 Schematický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy P3 u podpory

Tabulka 13 Výsledky stanovení vyztužení uprostřed rozpětí pro sondu P3

VÝSLEDKY STANOVENÍ VYZTUŽENÍ UPROSTŘED ROZPĚTÍ	
DLE PROJEKTU	<ul style="list-style-type: none"> • 4x All \varnothing10 mm • Třmínky dvoustřížné All \varnothing6 mm, po 250 mm
ZJIŠTĚNO	<ul style="list-style-type: none"> • 4x J \varnothing10 mm, krytí 12 mm • Třmínky dvoustřížné T \varnothing6 mm, po 250 mm, krytí 3 mm

Tabulka 14 Výsledky stanovení vyztužení u podpory pro sondu P3

VÝSLEDKY STANOVENÍ VYZTUŽENÍ U PODPORY	
DLE PROJEKTU	<ul style="list-style-type: none"> • 2x All \varnothing10 mm • Třmínky dvoustřížné All \varnothing6 mm, po 250 mm • Ohyby 2x ve vzdálenosti 310 mm a 620 mm od líce sloupu
ZJIŠTĚNO	<ul style="list-style-type: none"> • 2x J \varnothing10 mm, krytí 12 mm • Třmínky dvoustřížné T \varnothing6 mm, po 250 mm, krytí 3 mm • Ohyby 2x ve vzdálenosti 320 mm a 600 mm od líce sloupu

Vyhodnocení

Ze zjištěných informací o vyztužení můžeme říct, že je průvlak vyztužen v souladu s projektovou dokumentací. V kontextu období změny užívaných výztuží během výstavby byla část výztuží nahrazena alternativou – novým typem výztuže (All byla nahrazena T, popřípadě J). Jde o typy výztuží s adekvátními pevnostními parametry oceli.

Tabulka 15 Srovnání nahrazených typů výztuží u sondy P3

SROVNÁNÍ NAHRAZENÝCH TYPŮ VÝZTUŽÍ		
	OZNAČENÍ [-]	MEZ KLUZU [MPa]
DLE PROJEKTU	All	300
ZJIŠTĚNO	J	330
DLE PROJEKTU	All	300
ZJIŠTĚNO	T	400

5.3.2 Vyztužení stropní desky – sondy D1-D4

SONDA D1	<ul style="list-style-type: none"> • Deska D1, ve stropu nad 1.NP
POPIS SONDY	<ul style="list-style-type: none"> • Stanovení polohy výztuže • Vyztužení stanoveno u spodního líce uprostřed rozpětí a u podpory
POUŽITÉ METODY	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetický indikátor výztuže Profometer PM-630 • Georadar Hilti PS1000 • Sekaná sonda
POSTUP	<ul style="list-style-type: none"> • Poloha hlavní i rozdělovací výztuže stanovena pomocí elektromagnetického indikátoru PM-630 a georadaru PS1000 • Typ a průměr výztuže ověřeny pomocí sekané sondy

Tabulka 16 Výsledky stanovení vyztužení desky D1

VÝSLEDKY STANOVENÍ VYZTUŽENÍ	
DLE PROJEKTU	<ul style="list-style-type: none"> • Hlavní výztuž All $\varnothing 6$ mm po 167 mm, každá druhá se ohýbá cca 480 mm od líce průvlaku • Rozdělovací výztuž All $\varnothing 6$ mm po 250 mm
ZJIŠTĚNO	<ul style="list-style-type: none"> • Hlavní výztuž hladká $\varnothing 6$ mm po 180 mm, krytí 5 mm • Ohyby 500 mm od líce průvlaku, do průvlaku jde při dolním povrchu každý druhý prut (rozteče 370 mm) • Rozdělovací výztuž hladká $\varnothing 6$ mm po 115 mm, krytí 17 mm

Vyhodnocení

Oproti projektované výztuži All bylo zjištěno užití výztuže s hladkou povrchovou úpravou. Rozteče hlavních výztuží jsou oproti projektové dokumentaci mírně vyšší, rozteče rozdělovacích výztuží jsou naopak výrazně nižší.

SONDA D2	<ul style="list-style-type: none"> • Deska D2, ve stropu nad 1.NP
POPIS SONDY	<ul style="list-style-type: none"> • Stanovení polohy výztuže • Vyztužení stanoveno u spodního líce uprostřed rozpětí a u podpory
POUŽITÉ METODY	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetický indikátor výztuže Profometer PM-630 • Georadar Hilti PS1000 • Sekaná sonda
POSTUP	<ul style="list-style-type: none"> • Poloha hlavní i rozdělovací výztuže stanovena pomocí elektromagnetického indikátoru PM-630 a georadaru PS1000 • Typ a průměr výztuže ověřeny pomocí sekané sondy

Tabulka 17 Výsledky stanovení vyztužení desky D2

VÝSLEDKY STANOVENÍ VYZTUŽENÍ	
DLE PROJEKTU	<ul style="list-style-type: none"> • Hlavní výztuž All $\varnothing 6$ mm po 167 mm, každá druhá se ohýbá cca 480 mm od líce průvlaku • Rozdělovací výztuž All $\varnothing 6$ mm po 250 mm
ZJIŠTĚNO	<ul style="list-style-type: none"> • Hlavní výztuž hladká $\varnothing 6$ mm po 175 mm, krytí 5 mm • Ohyby 500 mm od líce průvlaku, do průvlaku jde při dolním povrchu každý druhý prut (rozteče 350 mm) • Rozdělovací výztuž hladká $\varnothing 6$ mm po 140 mm, krytí 15 mm

Vyhodnocení:

Oproti projektované výztuži All bylo zjištěno užití výztuže s hladkou povrchovou úpravou. Rozteče hlavních výztuží jsou oproti projektové dokumentaci mírně vyšší, rozteče rozdělovacích výztuží jsou naopak výrazně nižší.

SONDA D3	<ul style="list-style-type: none"> • Deska D3, ve stropu nad 1.NP
POPIS SONDY	<ul style="list-style-type: none"> • Stanovení polohy výztuže • Vyztužení stanoveno u spodního líce uprostřed rozpětí a u podpory
POUŽITÉ METODY	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetický indikátor výztuže Profometer PM-630 • Georadar Hilti PS1000
POSTUP	<ul style="list-style-type: none"> • Poloha hlavní i rozdělovací výztuže stanovena pomocí elektromagnetického indikátoru PM-630 a georadaru PS1000

Tabulka 18 Výsledky stanovení vyztužení desky D3

VÝSLEDKY STANOVENÍ VYZTUŽENÍ (HORNÍ VÝZTUŽ V KONZOLE)	
DLE PROJEKTU	<ul style="list-style-type: none"> • Hlavní výztuž All $\varnothing 12$ mm po 333 mm, All $\varnothing 10$ mm po 333 mm, All $\varnothing 6$ mm po 333 mm • Rozdělovací výztuž $\varnothing 6$ mm po 250 mm
ZJIŠTĚNO	<ul style="list-style-type: none"> • Hlavní výztuž po 90 mm, krytí 60 mm • Rozdělovací výztuž po 255 mm, krytí 50 mm

Vyhodnocení

Poloha hlavní i rozdělovací výztuže odpovídá s drobnými odchylkami projektové dokumentaci. Průměry výztuží se nepodařilo zjistit díky tomu, že deska nebyla přístupná z horní strany, a nebylo možné provést sekané sondy pro určení typu a průměru výztuže. Na základě průzkumu ostatních prvků konstrukce lze však soudit, že odpovídají projektové dokumentaci. Při porovnávání předpokládané tloušťky desky a zjištěného krytí je patrné, že se výztuž nenachází až u horního líce, ale pouze nad středem průřezu.

SONDA D4	<ul style="list-style-type: none"> • Deska D4, ve stropu nad 1.NP
POPIS SONDY	<ul style="list-style-type: none"> • Stanovení polohy výztuže • Vyztužení stanoveno u spodního líce uprostřed rozpětí a u podpory
POUŽITÉ METODY	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetický indikátor výztuže Profometer PM-630 • Georadar Hilti PS1000
POSTUP	<ul style="list-style-type: none"> • Poloha hlavní i rozdělovací výztuže stanovena pomocí elektromagnetického indikátoru PM-630 a georadaru PS1000

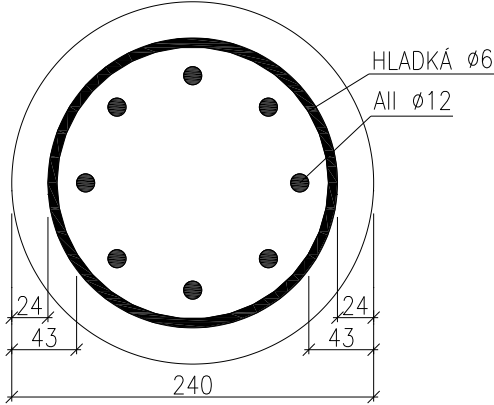
Tabulka 19 Výsledky stanovení vyztužení desky D4

VÝSLEDKY STANOVENÍ VYZTUŽENÍ (HORNÍ VÝZTUŽ V KONZOLE)	
DLE PROJEKTU	<ul style="list-style-type: none"> • Hlavní výztuž All $\varnothing 12$ mm po 333 mm, All $\varnothing 10$ mm po 333 mm, All $\varnothing 6$ mm po 333 mm • Rozdělovací výztuž $\varnothing 6$ mm po 250 mm
ZJIŠTĚNO	<ul style="list-style-type: none"> • Hlavní výztuž po 145 mm, krytí 60 mm • Rozdělovací výztuž po 250 mm, krytí 50 mm

Vyhodnocení

Poloha hlavní i rozdělovací výztuže odpovídá s drobnými odchylkami projektové dokumentaci. Průměry výztuží se nepodařilo zjistit díky tomu, že deska nebyla přístupná z horní strany, a nebylo možné provést sekané sondy pro určení typu a průměru výztuže. Na základě průzkumu ostatních prvků konstrukce lze však soudit, že odpovídají projektové dokumentaci. Při porovnávání předpokládané tloušťky desky a zjištěného krytí je patrné, že se výztuž nenachází až u horního líce, ale pouze nad středem průřezu.

5.3.3 Vyztužení sloupu – sondy S1-S3

SONDA S1	<ul style="list-style-type: none"> • Sloup S1 v 1.NP
POPIS SONDY	<ul style="list-style-type: none"> • Stanovení polohy výztuže • Vyztužení stanoveno u spodního líce uprostřed rozpětí a u podpory
POUŽITÉ METODY	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetický indikátor výztuže Profometer PM-630 • Georadar Hilti PS1000
POSTUP	<ul style="list-style-type: none"> • Poloha hlavní i rozdělovací výztuže stanovena pomocí elektromagnetického indikátoru PM-630 a georadaru PS1000
	
<p>Obrázek 47 Schematický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy S1</p>	

Tabulka 20 Výsledky stanovení vyztužení sloupu S1

VÝSLEDKY STANOVENÍ VYZTUŽENÍ	
DLE PROJEKTU	<ul style="list-style-type: none"> • 8x All Ø12 mm • Třmínky ovíjená All Ø6 mm po 150 mm
ZJIŠTĚNO	<ul style="list-style-type: none"> • 8x All Ø12 mm, krytí 43 mm • Třmínky ovíjená hladká výztuž Ø6 mm po 96 mm, krytí 24 mm

Vyhodnocení

Ze zjištěných informací o vyztužení můžeme říct, že je sloup vyztužen v souladu s projektovou dokumentací. V kontextu období změny užívaných výztuží během výstavby byla část výztuží nahrazena alternativou – novým typem výztuže (All byla nahrazena T). Jde o typ výztuže s adekvátními pevnostními parametry oceli. U třmínek byla místo výztuže All použita výztuž s hladkou úpravou povrchu, nicméně byla snížena rozteč při ovíjení.

SONDA S2	<ul style="list-style-type: none"> • Sloup S2 v 1.NP
POPIS SONDY	<ul style="list-style-type: none"> • Stanovení polohy výztuže • Vyztužení stanoveno u spodního líce uprostřed rozpětí a u podpory
POUŽITÉ METODY	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetický indikátor výztuže Profometer PM-630 • Georadar Hilti PS10003, sekaná sonda
POSTUP	<ul style="list-style-type: none"> • Poloha hlavní i rozdělovací výztuže stanovena pomocí elektromagnetického indikátoru PM-630 a georadaru PS1000 • Typ a průměr výztuže ověřeny pomocí sekané sondy
<p>Obrázek 48 Schematický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy S2</p>	

Tabulka 21 Výsledky stanovení vyztužení sloupu S1

VÝSLEDKY STANOVENÍ VYZTUŽENÍ	
DLE PROJEKTU	<ul style="list-style-type: none"> • 8x All Ø12 mm • Třmínky ovíjená All Ø6 mm po 150 mm
ZJIŠTĚNO	<ul style="list-style-type: none"> • 8x All Ø12 mm, krytí 43 mm • Třmínky ovíjená hladká výztuž Ø6 mm po 95 mm, krytí 24 mm

Vyhodnocení

Ze zjištěných informací o vyztužení můžeme říct, že je sloup vyztužen v souladu s projektovou dokumentací. V kontextu období změny užívaných výztuží během výstavby byla část výztuží nahrazena alternativou – novým typem výztuže (All byla nahrazena T). Jde o typ výztuže s adekvátními pevnostními parametry oceli. U třmínků byla místo výztuže All použita výztuž s hladkou úpravou povrchu, nicméně byla snížena rozteč při ovíjení.

SONDA S3	<ul style="list-style-type: none"> • Sloup S3 v 1.NP
POPIS SONDY	<ul style="list-style-type: none"> • Stanovení polohy výztuže • Vyztužení stanoveno u spodního líce uprostřed rozpětí a u podpory
POUŽITÉ METODY	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetický indikátor výztuže Profometer PM-630 • Georadar Hilti PS10003, sekaná sonda
POSTUP	<ul style="list-style-type: none"> • Poloha hlavní i rozdělovací výztuže stanovena pomocí elektromagnetického indikátoru PM-630 a georadaru PS1000 • Typ a průměr výztuže ověřeny pomocí sekané sondy
<p>Obrázek 49 Schematický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy S3</p>	

Tabulka 22 Výsledky stanovení vyztužení sloupu S3

VÝSLEDKY STANOVENÍ VYZTUŽENÍ	
DLE PROJEKTU	<ul style="list-style-type: none"> • 8x All Ø12 mm • Třmínky ovíjená All Ø6 mm po 150 mm
ZJIŠTĚNO	<ul style="list-style-type: none"> • 8x All Ø12 mm, krytí 43 mm • Třmínky ovíjená hladká výztuž Ø6 mm po 96 mm, krytí 24 mm

Vyhodnocení

Ze zjištěných informací o vyztužení můžeme říct, že je sloup vyztužen v souladu s projektovou dokumentací. V kontextu období změny užívaných výztuží během výstavby byla část výztuží nahrazena alternativou – novým typem výztuže (All byla nahrazena T). Jde o typ výztuže s adekvátními pevnostními parametry oceli. U třmínků byla místo výztuže All použita výztuž s hladkou úpravou povrchu, nicméně byla snížena rozteč při ovíjení.

6 Závěr práce

V teoretické části této práce došlo k seznámení se s diagnostikou jako takovou, s užitými materiály na zkoumané konstrukci, a k popisu jednotlivých metod používaných v diagnostice staveb pro tyto materiály. První část se věnovala zejména stavebně technickému průzkumu, druhá část betonu, jeho vlastnostem a charakteristikám, a také zde byly popsány metody pro zjišťování výztuže – její polohy, rozmístění, průměru, typu. V praktické části tohoto úkolu bylo cílem vyhodnocení materiálových charakteristik užitých materiálů v konstrukci a také zjištění celkového stavu konstrukce.

Hodnoty pevností betonu sloupů i průvlaků vyšly naprosto srovnatelné, podobně jako jejich objemové hmotnosti. Proto se rozhodlo o vyhodnocení pevnosti betonu v tlaku celé konstrukce společně. Na prvcích však byla zjištěna nerovnoměrnost betonu, která má vliv na charakteristickou pevnost betonu v tlaku v konstrukci $f_{ck, is}$.

Na základě jádrových vývrtů a průzkumu, který byl proveden, byla následně z laboratorních zkoušek stanovena pevnostní třída betonu konstrukce na zkušebních tělesech. Beton jak sloupů, tak i průvlaků odpovídá třídě C16/20. Kamenivo použité do betonu je těžené, frakce 0-16 mm. Beton je hutný s nízkou pórovitostí. Vyztužení bylo zjištěno pomocí nedestruktivních metod, které byly doplněny semidestruktivní metodou sekaných sond. Výsledné vyztužení jednotlivých prvků je znázorněno a popsáno v části 6.3.

Ze zjištěné třídy betonu je zřejmé, že tento beton splňuje požadavky současných norem pro beton do nosných železobetonových konstrukcí z hlediska únosnosti. Bylo také prokázáno, že odpovídá i pevnostní třídě, která je uvedena v původní projektové dokumentaci. Je však nutno podotknout, že kritéria pro pevnostní třídu C16/20 byla splněna jen těsně.

Výsledky vyztužení byly oproti projektové dokumentaci mírně rozdílné, byly zjištěny změny užitého typu výztuže. Tento fakt je však daný dobou výstavby. Při výrobě předepsaných výztuží došlo k jejich náhradě jinými kvůli tomu, že šlo o období, kdy se typy výztuží měnily. I přes tyto změny se však užíla výztuž, která nabývala adekvátních vlastností k výztuži projektované, v některých případech došlo i k zahuštění pomocí třmínků (například u sloupů).

U vyztužení desek byly zjištěny odchylky oproti projektové dokumentaci, zejména u roztečí výztuží. Dále bylo díky porovnání předpokládané tloušťky desky a krytí výztuže zjištěno, že se výztuž u desek nenachází u horního líce, ale nad středem průřezu.

7 Bibliografie

- [1] *KOMPLEXNÍ DIAGNOSTIKA KONSTRUKCE BYTOVÉHO DOMU PŘED REKONSTRUCÍ.* Brno, 2012.. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Prof. Ing. LEONARD HOBST, CSc.
- [2] EBeton.cz - Třída betonu. *EBeton.cz* [online]. Praha 4 - Nusle: Sunnysoft s.r.o., 2015 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <http://www.ebeton.cz/pojmy/trida-betonu>
- [3] *ČSN EN 12504-1 Zkoušení betonu v konstrukcích: Část 1: Vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku.* 1.10.2019. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
- [4] EBeton.cz - Karbonatace betonu. *EBeton.cz* [online]. Praha 4 - Nusle: Sunnysoft s.r.o., 2015 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <http://www.ebeton.cz/pojmy/karbonatace-betonu>
- [5] *ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu.* 1.10.2019. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
- [6] *ČSN EN 13791 - Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích.* 1.3.2020. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
- [7] *Časopis BETON.* 2008, **2019(2).**
- [8] *Www.proinex.cz - Schmidtovo kladívko. Proinex instruments* [online]. Ostrava: Proinex Instruments, s.r.o., 2017 [cit. 2020-03-23]. Dostupné z: https://www.proinex.cz/cs/blog/15_mereni-tvrlosti-a-kvality-betonu-tloustky-betonu-schmidtovo-kladivko
- [9] *ČSN EN 12504-4 Zkoušení betonu - Část 4: Stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu.* 1.4.2005. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.

- [10] EBeton.cz - Modul pružnosti betonu. *EBeton.cz* [online]. Praha 4 - Nusle: Sunnysoft s.r.o., 2015 [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <http://www.ebeton.cz/pojmy/modul-pruznosti>
- [11] ČSN ISO 1920-10 Zkoušení betonu: Část 10: Stanovení statického modulu pružnosti v tlaku. 1.8.2016. Praha: ÚNMZ, 2016.
- [12] CIKRLÉ P., KOCÁB D. a POSPÍCHAL O. Zkoušení betonu ultrazvukovou impulsovou metodou: *Beton TKS*, s.r.o. Praha, 2013, **2013**(3). ISSN 1213-3116.
- [13] CIKRLÉ P. a KOCÁB D. Workshop NDT ...:non-destructive testing : proceedings ... 2010. *Non-destructive testing : proceedings*. 2010. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010, s. 141-146. ISBN bn978-80-7204-723-9.
- [14] DOC.ING. PETR CIKRLÉ, a ING. VLASTIMIL BÍLEK, PH.D. Modul pružnosti vysokopevnostních betonů různého složení: *Beton TKS*. 2010, **2010**(5). ISSN 1213-3116.
- [15] Zkušenosti s georadarem při stavebně technických průzkumech. *Tzbinfo* [online]. Brno: FAST VUT Brno, Ústav stavebního zkušebnictví, 2014 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/10800-zkusenosti-s-georadarem-pri-stavebne-technicky-pruzkumech>
- [16] Elektromagnetické indikátory výztuže. In: *Www.vutbr.cz* [online]. Brno: FAST VUT Brno, Ústav stavebního zkušebnictví, 2015 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: http://www.sz.k.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/2016/ESF_C5a_2016_N%C3%A1vod.pdf
- [17] Radiografické určení polohy, profilu výztuže. In: *Www.sz.k.fce.vutbr.cz/* [online]. Vysoké učení technické v Brně: FAST VUT Brno, Ústav stavebního zkušebnictví, 2015 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: http://www.sz.k.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/ESF_C5_N%C2%A0vod.pdf
- [18] Průkazné stanovení vyztužení železobetonové konstrukce a vhodné NDT metody. In: *Www.stavba.tzb-info.cz* [online]. VUT FAST Brno: VUT FAST Brno, 2017 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/16245-prukazne-stanoveni-vyztuzeni-zelezobetonove-konstrukce-a-vhodne-ndt-metody>

- [19] Katalog DEK - Jádrové vývrty. In: *Www.dek.cz* [online]. Praha: DEK stavebniny, 2020 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/obsah/technicka-podpora/katalog-pujcovny>
- [20] Proinex.cz - Schmidtovo kladívko. In: *Proinex instruments* [online]. Ostrava: Proinex Instruments, s.r.o., 2017 [cit. 2020-03-23]. Dostupné z: <https://www.proinex.cz/cs/107-originalni-schmidtova-kladivka-proceq.html>
- [21] Pundit 2_Operating Instructions_English.pdf. In: *Www.proceq.com* [online]. Switzerland: Proceq, 2017 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: https://www.proceq.com/uploads/tx_proceqproductcms/import_data/files/Pundit%202_Operating%20Instructions_English.pdf
- [22] Abbey Apares and Supplies Ltd - Proceq Pundit PL 200. In: *Abbey Apares and Supplies Ltd* [online]. Worcester: Abbey Spares & Supplies, 2018 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <http://abbeyspares.co.uk/proceq-concrete-test-instruments/proceq-pundit-pl-200-pl-200pe-ultrasonic/>
- [23] SYSTÉM PS 1000 X-SCAN. In: *HILTI* [online]. Praha: Hilti.cz, 2016 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: https://www.hilti.cz/c/CLS_MEA_TOOL_INSERT_7127/CLS_CONCRETE_SCANNERS_7127/r6436760
- [24] Detekční systém Hilti PS 250 Ferrosan. In: *Hilti Česká republika* [online]. Česká republika: Hilti.cz, 2017 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.hilti.cz/content/hilti/EE/CZ/cs/engineering/design-center/detection-systems/right-detection-system/ps-250-ferrosan.html>
- [25] [Profometer. In: *Www.proceq.com* [online]. UK: Proceq, 2017 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.proceq.com/compare/rebar-detection-and-cover-measurement/>

8 Seznam obrázků

Obrázek 1 Provádění jádrového vývrtu [19]	15
Obrázek 2 Možná varianta označení vývrtu.....	16
Obrázek 3 Použití 1% roztoku fenolftaleinu pro zjištění míry karbonatace	17
Obrázek 4 Vhodné porušení vzorku dle normy ČSN EN 12390-3 [5]	18
Obrázek 5 Nevhodné porušení vzorku dle normy ČSN EN 12390-3 [5]	18
Obrázek 6 Ukázka odrazového tvrdoměru – Schmidt N [20].....	22
Obrázek 7 Možné případy prozvučení [21].....	24
Obrázek 8 Vysílání ultrazvukových impulsů pomocí jedné odrazové sondy [21].....	25
Obrázek 9 Odrazová sonda [22]	26
Obrázek 10 Příklad sekané sondy	29
Obrázek 11 Vlevo příklad liniového skenu, vpravo příklad zobrazení skenu ve 3D.....	30
Obrázek 12 Příklad přístroje HILTI PS 1000 [23]	31
Obrázek 13 Práce s přístrojem HILTI PS 1000 - plošný sken [23].....	31
Obrázek 14 Indikátory výztuže – vlevo PS 200 Ferroskan od firmy Hilti [24], vpravo Profometer PM-630 od firmy Proceq [25].....	32
Obrázek 15 Příklad zobrazení skenu výztuže pomocí přístroje Profometer PM 630 [18].....	33
Obrázek 16 Prozářená část konstrukce [18]	33
Obrázek 17 Zkoumaný objekt – vstupní objekt do areálu Fatra Napajedla	34
Obrázek 18 Otvor po vyvrtání jádrového vývrtu.....	35
Obrázek 19 Záznam přístroje PM-630 z měření polohy třmínků z boku průvzlaku P2 (rozteče výztuží jsou poměrně pravidelné, v průměru $a = 140$ mm, stejné na kraji průvzlaku i směrem ke středu rozpětí, krytí včetně omítky cca 25-39 mm).....	36
Obrázek 20 Záznam přístroje PM-630 z měření polohy třmínků ve sloupu S1 (jsou patrné rozteče výztuží od 61 do 143 mm, krytí včetně omítky je cca 44 mm)	36
Obrázek 21 Záznam přístroje PM-630 z měření polohy výztuže v desce D1 (rozteče výztuží jsou poměrně pravidelné, v průměru $a = 115$ mm, stejné na kraji průvzlaku i směrem ke středu rozpětí, krytí včetně omítky cca 25-43 mm).....	36
Obrázek 22 Plošný radarový sken ze spodního líce desky D1	37
Obrázek 23 Sken obr. 22 v 3D provedení	37
Obrázek 24 Liniový radarový sken přístrojem PS1000 pojezdem po polovině obvodu sloupu S237	
Obrázek 25 Schematický půdorys objektu s vyznačením sond.....	38
Obrázek 26 Příklad jádrových vývrtů provedených na konstrukci	39

Obrázek 27 Vzorek V1 o průměru 50 mm a délce cca 210 mm.....	40
Obrázek 28 Místo sondy V1.....	40
Obrázek 29 Místo sondy V2.....	41
Obrázek 30 Vzorek V2 o průměru 50 mm a délce cca 220 mm.....	41
Obrázek 31 Místo sondy V3.....	42
Obrázek 32 Vzorek V3 o průměru 50 mm a délce cca 210 mm.....	42
Obrázek 33 Vzorek V4 o průměru 50 mm a délce cca 260 mm.....	43
Obrázek 34 Místo sond V4 a V5.....	43
Obrázek 35 Místo sondy V5.....	44
Obrázek 36 Vzorek V5 o průměru 50 mm a délce cca 245 mm.....	44
Obrázek 37 Místo sondy V6.....	45
Obrázek 38 Vzorek V6 o průměru 50 mm a délce cca 245 mm.....	45
Obrázek 39 Zkušební tělesa vyrobená z jádrových vývrtů odebraných ze sloupů	46
Obrázek 40 Zkušební tělesa vyrobená z jádrových vývrtů odebraných z průvlaků	46
Obrázek 41 Schematický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy P1 u podpory	50
Obrázek 42 Schematický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy P1 uprostřed rozpětí	50
Obrázek 43 Schematický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy P2 uprostřed rozpětí	52
Obrázek 44 Schematický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy P2 u podpory	52
Obrázek 45 Schematický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy P3 uprostřed rozpětí	54
Obrázek 46 Schematický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy P3 u podpory	54
Obrázek 47 Schematický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy S1.....	60
Obrázek 48 Schematický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy S2.....	61
Obrázek 49 Schematický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy S3.....	62

9 Seznam tabulek

Tabulka 1 Hodnoty součinitele k [6]	20
Tabulka 2 Minimální požadovaná pevnost betonu v tlaku dle normy ČSN EN 13791 [6]	21
Tabulka 3 Naměřené veličiny ze zkušebních těles odebraných ze sloupů	47
Tabulka 4 Výsledky zkoušek na zkušebních tělesech odebraných ze sloupů	47
Tabulka 5 Naměřené veličiny ze zkušebních těles odebraných z průvlaků	48
Tabulka 6 Výsledky zkoušek na zkušebních tělesech odebraných z průvlaků	48
Tabulka 7 Výsledky stanovení vyztužení uprostřed rozpětí pro sondu P1	51
Tabulka 8 Výsledky stanovení vyztužení u podpory pro sondu P1	51
Tabulka 9 Srovnání nahrazených typů výztuží u sondy P1	51
Tabulka 10 Výsledky stanovení vyztužení uprostřed rozpětí pro sondu P2	53
Tabulka 11 Výsledky stanovení vyztužení u podpory pro sondu P2	53
Tabulka 12 Srovnání nahrazených typů výztuží u sondy P2	53
Tabulka 13 Výsledky stanovení vyztužení uprostřed rozpětí pro sondu P3	55
Tabulka 14 Výsledky stanovení vyztužení u podpory pro sondu P3	55
Tabulka 15 Srovnání nahrazených typů výztuží u sondy P3	55
Tabulka 16 Výsledky stanovení vyztužení desky D1	56
Tabulka 17 Výsledky stanovení vyztužení desky D2	57
Tabulka 18 Výsledky stanovení vyztužení desky D3	58
Tabulka 19 Výsledky stanovení vyztužení desky D4	59
Tabulka 20 Výsledky stanovení vyztužení sloupu S1	60
Tabulka 21 Výsledky stanovení vyztužení sloupu S1	61
Tabulka 22 Výsledky stanovení vyztužení sloupu S3	62