



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Průzkum a návrh sanace kostela sv. Havla ve Štolmíři

Survey and Rehabilitation Proposal of St. Havel Church in Štolmíř

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Radek Zigler, Ph.D.

Martin Schejbal

Praha 2018



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Schejbal Jméno: Martin Osobní číslo: 423693
Zadávající katedra: k124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Průzkum a návrh sanace kostela sv. Havla ve Štoltmíři

Název bakalářské práce anglicky: Survey and Rehabilitation Proposal of St. Havel Church in Štoltmíř

Pokyny pro vypracování:


Vypracujte zjednodušený stavebně technický průzkum objektu, proved'te hodnocení stavebně technického stavu jednotlivých konstrukcí, analýzu příčin poruch, stanovte nutná sanační opatření a vypracujte zjednodušenou výkresovou dokumentaci objektu s vyznačením jednotlivých poruch.

Seznam doporučené literatury:

1. Witzany, J. a kol: Sanace a rekonstrukce zděných budov I., Stavební informace, Praha 2005
2. Witzany, J. a kol: Sanace a rekonstrukce zděných budov – ochrana proti vlhkosti a radonu, Stavební informace, Praha 2006
3. Witzany, J. a kol: Rekonstrukce, poruchy a sanace betonových konstrukcí, Stavební informace, Praha 2004
4. Witzany, J., Čejka, T., Zigler, R.: Zděné valené klenbové konstrukce, Stavební ročenka 2006, Bratislava 2005
5. Witzany, J., Čejka, T., Zigler, R.: Stanovení zbytkové únosnosti existujících zděných konstrukcí, Stavební obzor 2008, roč. 17, č. 9, Praha 2008
6. Witzany, J., Čejka, T.: Výzkum fyzikálně mechanických vlastností porézních zdících prvků, Stavební obzor 2008, roč. 17, č. 10, Praha 2008

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Radek Zigler, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 1. 3. 2018 Termín odevzdání bakalářské práce: 28. 5. 2018


Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.


Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne

.....

podpis



Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Radku Ziglerovi, Ph.D. za odborné rady, ochotu a čas, který mi při zpracování bakalářské práce poskytl. Dále bych rád poděkoval paní Ivaně Loušové za pomoc a odborné vedení při vyhodnocování vzorků v laboratoři a panu doc. Ing. Jiřímu Pazderkovi, Ph.D. za propůjčení měřících přístrojů. Poděkování patří také manželům Kašparovým, kteří mi ochotně zajistili přístup do budovy kostela. V neposlední řadě chci poděkovat rodině a mé přítelkyni za podporu, trpělivost a za to, že mi byli oporou během mého dosavadního studia.



Anotace

Bakalářská práce se zabývá zjednodušeným stavebně technickým průzkumem kostela svatého Havla ve Štoltmíři a návrhem nutných sanačních opatření vybraných poruch této stavby. Práce je zaměřena na zhodnocení současného stavu jednotlivých konstrukcí a analýzu příčin vzniklých poruch. Především se jedná o poruchy spojené s vlhkostí konstrukcí a statické poruchy projevující se trhlinami ve svislých a vodorovných konstrukcích. Pro sanaci těchto poruch byla snaha nalézt taková řešení, která jsou šetrná vzhledem ke stáří a památkové hodnotě stavby.

Klíčová slova

Kostel, zdivo, klenba, krov, základy, trhlina, vlhkost, degradace, sanace

Annotation

This bachelor thesis deals with the simplified technical survey of the St. Havel Church in Štoltmíř and proposing necessary corrective measures for selected faults of this building. The thesis is focused on the evaluation of the current state of individual constructions and the analysis of the causes of the faults. Above all, there are structural and static cracks associated with cracks in vertical and horizontal structures. To remedy these disturbances, efforts have been made to find solutions that are gentle, with respect to the age and monument value of the building.

Keywords

Church, masonry, vault, foundation, crack, moisture, degradation, rehabilitation



Obsah

1.	Úvod.....	5
2.	Základní informace o objektu	6
2.1.	Údaje o stavbě a její umístění	6
2.2.	Historie objektu	8
3.	Stavebně technický průzkum kostela.....	10
3.1.	Popis objektu	10
3.2.	Geologie podloží	12
3.3.	Základové konstrukce	12
3.4.	Svislé konstrukce	12
3.5.	Vodorovné konstrukce	13
3.5.1.	Vstup a kručta.....	13
3.5.2.	Křtící kaple	14
3.5.3.	Hlavní loď a presbytář	14
3.5.4.	Sakristie	15
3.5.5.	Klenby v podkroví.....	15
3.6.	Vertikální komunikace	15
3.7.	Podlahy	17
3.8.	Konstrukce krovu a zastřešení	17
3.9.	Výplně otvorů.....	21
3.10.	Fasáda	23
3.11.	Vlhkostní průzkum.....	24
3.11.1.	Stanovení vlhkosti zdiva kapacitním vlhkoměrem.....	26
3.11.2.	Stanovení vlhkosti zdiva gravimetrickou metodou	30
3.11.3.	Vyhodnocení vlhkostního průzkumu	33
3.12.	Stanovení volných solí a pH ve stavebním materiálu	33
3.12.1.	Naměřené hodnoty a jejich vyhodnocení.....	34
4.	Analýza poruch.....	36
4.1.	Poruchy spojené se zvýšenou vlhkostí	36
4.1.1.	Vzlínající vlhkost.....	36
4.1.2.	Srážková voda hnaná větrem.....	37
4.1.3.	Zatékající voda a poruchy krovu.....	39
4.2.	Poruchy svislých konstrukcí.....	41
4.3.	Poruchy vodorovných konstrukcí	45
4.4.	Poruchy vertikálních komunikací.....	45
4.5.	Poruchy podlah	46
4.6.	Poruchy výplní otvorů.....	46
5.	Návrh sanačních opatření.....	47
5.1.	Sanační opatření proti vlhkosti	47
5.1.1.	Vzduchové dutiny na vnější straně obvodových stěn	48
5.1.2.	Vzduchové dutiny na vnitřní straně obvodových stěn	49
5.1.3.	Další sanační opatření	49
5.2.	Sanace svislých nosných konstrukcí.....	50
5.3.	Sanace konstrukce krovu a střešního pláště	54
5.4.	Sanace ostatních konstrukcí	55
6.	Závěr.....	57
7.	Seznam obrázků	59
8.	Seznam tabulek.....	60
9.	Seznam použitého software	60
10.	Seznam použité literatury	61
11.	Přílohy – technické listy.....	64

Samostatná příloha č. 1 – výkresová dokumentace objektu

Samostatná příloha č. 2 – výkresová dokumentace poruch

Samostatná příloha č. 1 – výkresová dokumentace sanačních opatření



1. Úvod

Bakalářská práce se zabývá stavebním průzkumem barokního kostela svatého Havla ve Štolmíři vybudovaného v polovině 18. století. Kostel je postaven v centru obce na nejvyšším místě návsi a tvoří tak dominantu širokého okolí, která je viditelná z přilehlých obcí. Ke kostelu patří hřbitov ohraničený mohutnou zdí se vstupními branami, které svou vizuální stránkou korespondují se štítem samotného kostela. Součástí kostela je také zvonice stojící opodál.

O historii a stavebním vývoji kostela v průběhu jeho existence nejsou dostupné téměř žádné prameny. Známý jsou pouze stavební úpravy týkající se odstranění věže za štítem kostela a částečné rekonstrukce střešního pláště.

Současný stav kostela je velmi špatný, a tak by případná rekonstrukce byla více než žádoucí.

V rámci stavebně technického průzkumu byla vytvořena výkresová dokumentace, jelikož ta nebyla k dispozici. Dále byla pořízena fotodokumentace dokládající vzhled a stav konstrukcí interiéru a exteriéru.

Dále byl proveden vlhkostní průzkum a průzkum salinity zdiva, kdy byly odebrané vzorky podrobeny laboratorním testům v laboratoři ČVUT, fakulty stavební.

Cíl práce

V rámci této práce bude zhodnocen současný stav jednotlivých konstrukcí a provedena analýza jednotlivých poruch, včetně stanovení jejich příčin. Závěrem budou navržena příslušná sanační opatření s ohledem na památkovou hodnotu stavby.



2. Základní informace o objektu

2.1. Údaje o stavbě a její umístění

Obec Štolmíř se nachází přibližně 2 kilometry severozápadně od centra města Český Brod v okrese Kolín, jehož je od roku 1964 součástí. Leží na silnici druhé třídy č. 245 začínající v Brandýse nad Labem a končící v Českém Brodě.

Kostel svatého Havla je umístěn na nejvyšším místě návsi, na parcele č. 1 katastrálního území obce Štolmíř [622818]. Průčelí stavby je orientováno západně. Součástí budovy kostela je také hřbitov (p. č. 2), který obklopuje hřbitovní zeď se dvěma branami, a samostatná zvonice z 1. poloviny 18. století (p. č. 3) [1]. Přístup ke kostelu z komunikace zajišťuje zatravněná, mírně svažité plocha bez vybudované zpevněné cesty vedoucí ke vstupním dveřím.



Obr. 1: Poloha obce Štolmíř [2]



Obr. 2: Letecký pohled na kostel [3]



Na budově kostela se nachází bod státní nivelace, který je umístěn ve výšce 222,737 m Bpv v soklové části stavby (obr. 3, 4, 5) [4].

NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad: Jab Mochov-Oleška						
Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku	
		oddělu	od počátku			
Jab-19.2	Jab-20	0,166	8,988	222,737 m	1969	
<p>Místopisný popis: Štolmíř, kostel sv.Havla</p>		<p>Místopis:</p>				
<p>Stav a stáří objektu: značka na soklu 0,7 m nad zemí zachovalá omítnutá kamenná stavba s kvádřovou podezdívkou z roku 1712</p> <p>Poznámky:</p>		<p>Úč. jednotka: 320401103 Okres: Kolín Obec: ČESKÝ BROD Kat. území: ŠTOLMÍŘ Vlastník/parc. č.: /</p>				
ZM-50	13-13		SMO-5	ČESKÝ BROD 5-3		
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu	Souřadnice v S-JTSK		
ČV	1	SZKÚ		Y	712952 m	dig.
	Druh stab.	Řehoř		X	1047270 m	
	N	1950				
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	Gs	Gn	Ba	
14° 50' 37,8"		50° 5' 10,1"	981007 mgal	981074 mgal	-9 mgal	
Datum: 27.2.2018						

Obr. 3: Nivelační údaje [4]



Obr. 4: Umístění nivelačního bodu



Obr. 5: Nivelační bod s informační destičkou

2.2. Historie objektu

Na místě nynější obce Štolmíř se dříve nacházel dvorec Žitomíř, který v dobách vlády svatého Václava chránil významnou obchodní cestu - tzv. „Trstěnickou stezku“. Původní obdélníková náves úctyhodných rozměrů (přibližně 81x97m) dala vzniku spekulací o zamýšleném vybudování královského města. Avšak konec tomuto plánu učinilo povýšení blízké trhové osady na město (dnešní Český Brod) [5].

Ve Štolmíři byl původně postaven gotický kostel sv. Jiří, jehož existenci poprvé písemně dokazuje listina z roku 1328, která se týká připojení tohoto kostela k vyšehradské kapitule. Druhá písemnost zmiňující kostel sv. Jiří pochází z roku 1367, ve které se píše, že vikář Jan z uvedeného kostela sv. Jiří hradil papežský desátek. Poté už je pouze znám důvod zániku této stavby a tím byla švédská vojska v období třicetileté války mezi lety 1620 a 1639. Vizitační zpráva z roku 1671 informuje, že kostel byl krytý šindelovou střechou a nosná konstrukce byla pravděpodobně kamenná, stejně jako věž ve hřbitovní zdi. Vyhořelý a podmáčený areál kostela už nebylo možné opravit, a tak v roce 1709 vzniklo rozhodnutí o odstranění stavby, jejíž demolici vedli říčanský stavitel Kristián Minedi a mistr Jan Kalhota z Plaňan [6].

Stavba nového barokního kostela začala roku 1710 a vznikala pravděpodobně dle projektu stavitele Františka Maxmiliána Kaňky. Že se jedná o projekt tohoto významného barokního stavitele, je přisuzováno té skutečnosti, že má tento projekt shodné znaky s Kaňkovými ostatními kostely (kostel sv. Jana Nepomuckého v Kutné Hoře, kostel svatého Klimenta v Praze, kostel sv.



Prokopa ve Středolukách). Jelikož se stavba potýkala s nedostatkem financí, nebyla prováděna dle Kaňkova projektu, ale podle odlehčené a pozměněné verze lichtenštejnského stavitele Tomáše Vojtěcha Budila. V roce 1720 se zapojil další stavitel, kterým byl Kristián Minedi z Říčan. Kostel byl dokončen roku 1750. Přístavba nové sakristie na východní straně presbytáře vznikla roku 1764 za financování Marie Terezie Savojské, dcery původního investora Jana Adama Ondřeje z Lichtenštejna [6].

Původní věž s cibulovou střechou, umístěná těsně za štítem budovy na hřebenu střechy, byla zbourána v roce 1904. Zvon sv. Jiří z této věže byl přesunut do vedlejší samostatné zvonice z první poloviny 18. století. Zvonice obsahuje půlkruhová okna a je zastřešena zvonovitou mansardovou střechou. V roce 2000 byl odtud zvon ukraden a následně nalezen zcela rozřezaný a zdemolovaný ve sběrných surovinách [7].

První opravou prošel kostel v roce 1935, avšak není znám rozsah rekonstrukce. Posledním stavebním zásahem byla částečná oprava střechy z důvodu zatékání v roce 1956 a od té doby stojí kostel bez oprav a podepisují se na něm degradační procesy [6].

Od roku 1958 je stavba zapsána na Ústředním seznamu národních kulturních památek České republiky [8].

V současnosti je kostel majetkem Římskokatolické farnosti Český Brod. Posledním posunem ohledně rekonstrukce je zadání vypracování projektové dokumentace pro obnovu z loňského roku.



3. Stavebně technický průzkum kostela

V rámci stavebně technického průzkumu objektu proběhla první návštěva kostela 31.1.2018. Účelem této návštěvy bylo seznámení se s objektem, jeho dispozicemi a širšími vztahy. Během druhé návštěvy, dne 22.3.2018, byl objekt zaměřen a blíže zaznamenány statické poruchy. Třetí návštěva proběhla dne 1.5.2018, která sloužila detailnějšímu průzkumu podkroví, změření vlhkosti objektu a odběru vzorků zdiva a omítky pro laboratorní stanovení vlhkosti a salinity zdiva.

Výkresová dokumentace objektu je součástí Samostatné přílohy č. 1.

3.1. Popis objektu

Kostel svatého Havla, z velké vzdálenosti viditelná dominanta obce a přilehlého okolí, je jednou nejvýznamnějších barokních staveb na Československu. Jedná se o stavbu orientovanou, což znamená, že presbytář směřuje na východ. Kostel je osově souměrný a půdorysně je rozdělen do čtyř příčně uspořádaných, na sebe navazujících obdélníků. Vstupní předsíň uzavírají dvoukřídlé masivní dubové dveře s kováním z doby dokončení stavby, tj. z roku 1750 [6].



Obr. 6: Pohled na západní průčelí



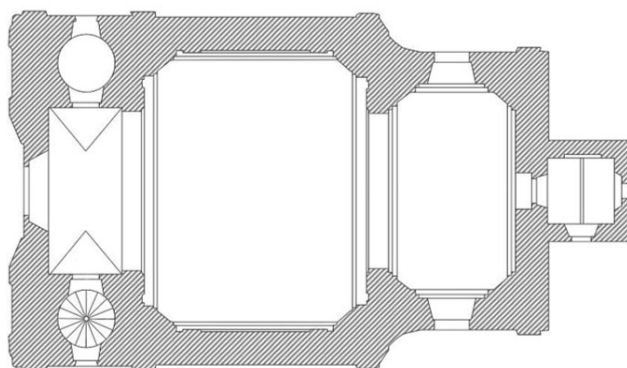
Obr. 7: Pohled na jižní stranu [7]

Předsíň je jednoduchý prostor o rozměrech 7,43 m x 3,35 m, zaklenutý valenou klenbou s lunetami. Nad prostorem vstupu do kostela se nachází kruchta s velmi významnými varhany z roku 1688, které postavil Johann Heinrich



Mundt. Tyto varhany jsou považovány za třetí nejvýznamnější v České republice a jsou pouze jedny ze dvou dochovaných varhan od tohoto varhanáře [6]. Po stranách kruchty byla původně zamýšlena dvě točitá schodiště, přičemž vybudováno je jen to jižní. Tato schodiště měla vést do uvažovaných věží, které nebyly v rámci zjednodušení a zlevnění stavby realizovány, a tak jižní schodiště vedoucí na kruchtu končí v podkroví kostela. Místo severního schodiště je vybudována malá křtící kaple [7].

Hlavní loď kostela je obdélníkového půdorysu o rozměrech 12,82 m x 10,42 m a je zaklenuta stlačenou oválnou kupolí eliptického půdorysu na pendantivech. Obdélný presbytář (kněžiště, pozn. autora) s impozantním dřevěným oltářem je také zaklenutý stlačenou elipsovitou kupolí, jehož půdorysné rozměry dosahují 5,86 m x 9,85 m. Sakristie čtvercového půdorysu, 3,1 m x 3,1 m, je provedena formou přístavku. Strop je tvořen dvěma valenými klenbami, které jsou mezi sebou uloženy do traverzy.



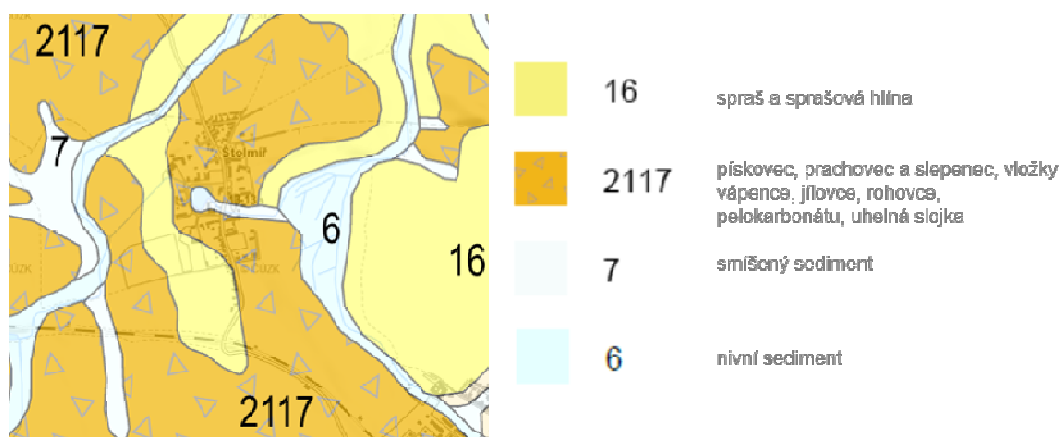
Obr. 8: Skica půdorysu [7]

Nejpatrnějším poznávacím rysem tohoto kostela je bohatě zdobené průčelí ukončené výrazným štítem s volutami. Po obvodě kostela probíhá výrazná segmentová římsa, která opticky sjednocuje všechny strany stavby. Základními architektonickými úpravami vcelku jednoduché fasády jsou pilastry, které se objevují na všech stěnách, půlkruhově klenutá okna a štukový obdélník, který opticky rozměľňuje vcelku velkou plochu pod okny hlavní lodi.



3.2. Geologie podloží

Obec Štoltmíř se nachází v regionu Paleozoika Českého masivu, útvaru Perm [9] a z geologické mapy lze vyčíst, že tato oblast obsahuje pískovec, prachovec a slepenec, vložky vápence, jílovce, rohovce, pelokarbonátu a uhelnou slojku. Do území obce zasahují dále nivní sedimenty a spraš se sprašovou hlínou (obr. 9). Je možné, že některé poruchy popisované v kapitolách 4.2. a 4.3. souvisí právě s nepříliš příznivými podmínkami pro založení takovéto stavby.



Obr. 9: Geologie podloží [9]

3.3. Základové konstrukce

Základové konstrukce jsou v celém objektu skryty, a tak nelze s jistotou určit typ a materiálovou charakteristiku základových konstrukcí. Přesnější určení rozměrů základů by vyžadovalo kopané sondy. Jelikož byl kostel stavěn mezi lety 1710 a 1750, lze předpokládat, že je založen na základových pasech, které mohou být z lomového kamene a jako pojivo byla pravděpodobně použita vápenná malta [10].

3.4. Svislé konstrukce

Obvodové a vnitřní stěny nadzemní části objektu plní nosnou funkci a jsou tvořeny převážně z kombinace plných pálených cihel a velkého množství hrubě opracovaných kamenů (obr. 10), pravděpodobně pískovcových, což je zřejmé z velkých ploch, na kterých je v exteriéru opadaná omítka, a tak je materiálové složení nosných stěn snadno odhalitelné. Nároží budovy západního průčelí je



tvořeno opracovanými pískovcovými kvádry (obr. 10) a lze předpokládat takové řešení i u ostatních nároží. Sokl stavby tvoří větší opracované kamenné kvádry.



Obr. 10: Detail skladby zdiva u vstupu



Obr. 11: Detail nároží a soklu budovy

Stěny v celém objektu mají proměnnou tloušťku, což je dáno půdorysem stavby. Tloušťka stěn po obvodu hlavní lodi a presbytáře je 1500 mm. Stěny západního průčelí dosahují ve své širší části tl. 1620 mm a v užší části je tl. 1120 mm. Stěny sakristie přistavěné k objektu po dokončení stavby tvoří stěny o síle 900 mm.

3.5. Vodorovné konstrukce

3.5.1. Vstup a kruchta

Vstupní prostor je zaklenut valenou klenbou s lunetami (obr. 12). Stejná stropní konstrukce se opakuje i nad kruchtou, zde je opět použita valená klenba s výraznými lunetami nad dveřmi po obou stranách (obr. 13). Oba tyto prostory jsou od hlavní lodi odděleny valenými segmentovými klenbami, klenutými do pasů o tloušťce 940 mm na rozpětí 7290 mm. Tyto klenbové pasy jsou oproti klenbám s lunetami sníženy o několik centimetrů, což zdůrazňuje přechod mezi jednotlivými prostory.



Obr. 12: Pohled na klenby vstupu a nad kruchtou



Obr. 13: Luneta nad dveřmi ke schodišti

3.5.2. Křtící kaple

Kaple čtvercového půdorysu, která slouží k obřadům křtin, je zaklenuta tzv. českou plackou, která se vyskytuje pouze v této části stavby.

3.5.3. Hlavní loď a presbytář

Nad hlavní lodí se tyčí nejvýraznější stropní konstrukce tohoto kostela, a to stlačená kupole eliptického půdorysu (obr. 14). Prostor lodi a presbytáře je mezi sebou oddělen segmentovým triumfálním obloukem o rozpětí 7070 mm a tloušťka oblouku je stejná, jako klenbové pasy u vchodu, tj. 940 mm. Stropní konstrukce presbytáře je stejná jako v lodi, avšak zde je navíc štukové zrcadlo (obr. 15). Obě mohutné kupole výrazně vystupují do konstrukce krovu, kde jim musely být přizpůsobeny některé vazby, kdy došlo k vynechání vazného trámu.

Tloušťka obou kupolí je 300 mm, což lze odhadnout z podkroví, kde jsou tyto konstrukce viditelné a cihly, ze kterých jsou tvořeny, jsou kladeny na výšku.



Obr. 14: Kupole hlavní lodi



Obr. 15: Kupole presbytáře

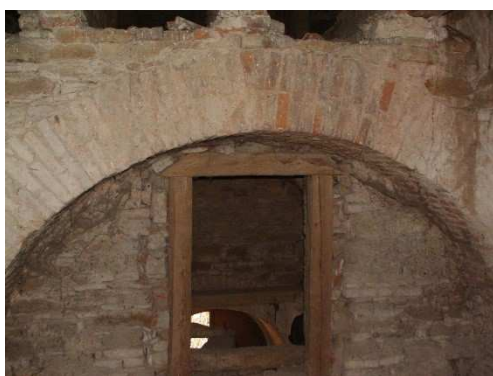


3.5.4. Sakristie

Klenby sakristie, které tvoří dvě valené klenby o vzepětí 220 mm, jsou mezi sebou uloženy do ocelové traverzy a jejich původ je datován do 19. století.

3.5.5. Klenby v podkroví

Další klenby se vyskytují ve vstupu do podkroví. Jsou zde valené klenby, které se opakují i nad křtící kaplí. Při budování těchto kleneb bylo pravděpodobně ještě plánováno vybudování dvou věží, o kterých je zmíněno v kapitole 3.1. Materiálem pro tyto klenby jsou plné pálené cihly (obr. 16, 17).



Obr. 16: Valená klenba nad vstupem do podkroví



Obr. 17: Valené klenby v mezipatře podkroví

3.6. Vertikální komunikace

Exteriérové schodiště

Vstup do objektu v západním průčelí zajišťuje vnější kamenné přímé schodiště o osmi stupních (obr. 18), avšak první jalový stupeň je uložen v rovině terénu. Jednotlivé stupně mají přibližně výšku 170 mm a šířku 280 mm. Ukončující stupeň je oproti úrovni podlahy převýšen o několik centimetrů a tvoří tak zároveň práh vstupních dveří. Toto jednoramenné schodiště se směrem ven z objektu rozšiřuje až na hranu mírně vpadlé střední části průčelí. Schodiště nemá žádné zábradlí. V současnosti je u vstupu zbudován dočasný dřevěný přístřešek, který ochraňuje osoby vstupující do kostela před odpadávajícími kusy omítky, který má zábradlí (obr. 19).



Vnitřní schodiště

Vnitřní schodiště v jižní části je původní z doby výstavby. Jedná se o točité vřetenové dubové schodiště (obr. 20). Jednotlivé stupně jsou na vnitřní straně tvořeny bubnem o průměru 200 mm a na vnější straně jsou uloženy do kapes ve zdi. Schodiště je jedinou cestou do prostor krovu a vede z přízemí na kruchtu a dále do podkroví, kde na svém výstupu nemá žádné zábradlí.



Obr. 18: Schodiště v západním průčelí



Obr. 19: Detail schodiště v západním průčelí



Obr. 20: Vřetenové schodiště



Obr. 21: Žebříkové schodiště mezipatra podkroví

Druhým typem vnitřního schodiště je žebříkové schodiště o 14 stupních bez podstupnic vedoucí ze sníženého mezipatra do podkroví. Toto schodiště nemá zábradlí, avšak zde se nepředpokládá častý pohyb osob, spíše výjimečně při údržbě podkroví (obr. 21).



3.7. Podlahy

V objektu se nachází celkem tři různé podlahy. Nášlapná vrstva je převážně kamenná, pouze v sakristii je podlaha tvořena kombinací dřevěných fošen ve střední části a po obvodu jsou dvě řady kamenných dlaždic, které jsou totožné s dlaždicemi na kůru.

V presbytáři a středním pruhu hlavní lodi, který vede od vstupních dveří až k oltáři, je nášlapná vrstva tvořena kamennou dlažbou se vzorem, skládající se z větších dlaždic a menších čtvercových dílců (obr. 22). Ostatní plochy jsou zde pokryty šedými kamennými dlaždicemi (obr. 23). Tyto dlaždice jsou použity také na kůru (obr. 24) a po obvodě sakristie, jak je zmíněno výše.



Obr. 22: Podlaha presbytáře a střední části hlavní lodi



Obr. 23: Podlaha lodi a mimo střední pruh



Obr. 24: Podlaha na kůru

3.8. Konstrukce krovu a zastřešení

Střecha nad hlavní lodí je sedlová a nad presbytářem valbová. Jelikož půdorys presbytáře oproti hlavní lodi mírně ustupuje (presbytář je na každé straně o 1560 mm užší, než je hlavní loď), je v místě tohoto zúžení vytvořeno nároží a úžlabí. Celý střešní plášť je velmi jednoduchý. Na krokách jsou připevněny kontra latě, latě a na nich je položena krytina tvořená prejzy.

Konstrukce krovu je velice složitá. Není zde dodržena pravidelnost střídání plných a prázdných vazeb. Vazby nad kruchtou se liší od vazeb nad hlavní lodí a presbytářem.

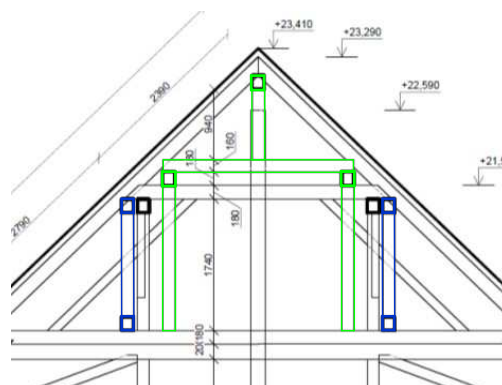
Při vstupu do mezipatra podkroví jsou zde vidět trámy uložené rovnoběžně s podélnou osou stavby, které plní funkci středních podpor pro vazné trámy v prvních čtyřech vazbách (obr. 25). Tyto čtyři vazby jsou jediné, které vazný



trám mají a také jsou krokve prvních vazeb podepírány ve svém hřebenu vrcholovou vaznicí, která končí několik desítek centimetrů za čtvrtou vazbou a je od této vazby podepírána páskem. Na druhém konci je vrcholová vaznice uložena do kapsy ve štítové stěně. U druhé a třetí vazby je vrcholová vaznice podepřena krátkým sloupkem, který je podporován menším vodorovným trámem opřeným přes podélné trámy, které jsou podporovány sloupky opřenými do zdvojeného hambálku (obr. 26 – zelené zvýraznění).



Obr. 25: Podepření vazných trámů



Obr. 26: Schéma 4. vazby krovu

Dalším specifickým těchto prvních vazeb je přítomnost určitých prvků, které zdánlivě neplní žádnou funkci. Pro určení smyslu jejich přítomnosti je nutné zohlednit fakt, že v minulosti, za úrovní štítu, byla součástí kostela věžička s cibulovou střechou se zvonem, která byla pro svůj špatný technický stav roku 1904 odstraněna. Je tedy pravděpodobné, že již zmíněné, dnes nadbytečné, prvky, kterými jsou dva vodorovné trámy mezi sebou rozepřené svislým sloupkem, tvořily oporu již neexistující věžičky se zvonem (obr. 26 – modré zvýraznění).

Celkově lze všechny vazby krovu charakterizovat dle určitých společných znaků. Především jde o kroevní hambalkovou soustavu podepřenou se třemi hambálky. V případě kostela sv. Havla ve Štolmíři lze hovořit o kombinaci ležaté a stojaté stolice. Za stojatou stolicí může být považována část krovu mezi horním a prostředním hambálkem. Horní hambálek je podepřen vodorovnými trámy, které jsou dále nesené sloupky opřenými o střední hambálek, který je složený ze dvou prvků uložených na sobě, pravděpodobně kvůli svislým sloupkům namáhající tento hambálek. Všechny hambálky jsou rozepřené šikmými sloupky.



Pro celou konstrukci krovu jsou společné dvě masivní pozednice. Na vnější pozednici jsou osedlány krokve s poměrně dlouhými námětky, které snižují sklon střechy a esteticky doplňují velkou plochu střechy. Tyto námětky jsou u své horní strany připevněny na krokve lípnutím a ve spodní části jsou přes krátkou rozpěru spojeny s krokvemi tak, aby nezatěžovaly římsu (obr. 27). Dále jsou krokve podepřeny svislými sloupky opřenými na vnitřní pozednici (obr. 28). Do vnitřní pozednice jsou dále opřeny šikmé sloupky podporující spodní hambálek a také příčné zavětrování ondřejskými kříži.



Obr. 27: Ukázka krokví s námětky



Obr. 28: Ukázka prvků opřených do vnitřní pozednice

Z důvodu toho, že jednotlivé vazby obsahují poměrně značné množství prvků, jsou některé prvky usazeny mírně mimo osy vazeb. Všechna křížení prvků, ke kterým dochází, jsou řešena oboustranným přeplátováním a zajištěním dubovým kolíkem (obr. 29, 30).



Obr. 29: Přeplátování ondřejského kříže a věšadla



Obr. 30: Zajištění přeplátování dubovým kolíkem



Pro dvě plné vazby nad kupolí hlavní lodi je charakteristickým prvkem věšák. Věšadlové vazby zde bylo využito z důvodu odlehčení hambálkům. Věšák nedosahuje vrcholu, a tak je vyvěšen pomocí ondřejského kříže, který zároveň slouží jako příčné ztužení vazby (obr. 31).



Obr. 31: Vazba nad kupolí hlavní lodi - věšadlo

V části nad presbytářem je východní část střechy ukončena valbou. Krokve tvořící valbu jsou pomocí lípnutí spojeny s nárožními krokvemi a osedlány na pozednici. V mezilehlých částech jsou krokve opřeny o tzv. vaznicový věnec, který je vytvořen u všech tří mezilehlých vaznic. V oblasti zúžení střechy mezi presbytářem a hlavní lodí jsou tyto dvě části střech spojeny v úrovni zdvojeného hambálku, kdy od vaznic užší části střechy do středního sloupu širší části probíhají zdvojené vodorovné trámy, které slouží pravděpodobně jako podélné ztužení. Propojení dvou různě širokých částí střechy v úrovni spodní vaznice probíhá od spodní vaznice širší části ke spodní vaznici užší části střechy. Podélné zavětrování je zajištěno ondřejskými kříži.

Konstrukce krovu nad sakristií je zakryta prejzovou krytinou a není přístupná. Proto nelze určit její tvarové řešení, avšak jedná se o poměrně malou plochu (vnější rozměry sakristie jsou 4 m x 4,9 m), a tak lze očekávat vcelku jednoduchou konstrukci.

Na objektu se nachází další dvě části pokryté prejzy. Jsou jimi římsa západního průčelí a koruna štítové zdi.



3.9. Výplně otvorů

Okna

V kostele se vyskytuje celkem třináct oken. Dvě okna jsou zasazena do západního průčelí ve střední ose nad vchodovými dveřmi. Spodní okno je čtvercového tvaru se zaklenutým nadpražím. Nad oknem se nachází méně výrazná suprafenestra a jednoduchá nadokenní římsa. Výplň tohoto okna tvoří menší skleněné tabulky zasazené do železných pásků (obr. 32). Horní okno západního průčelí je velice podobné oknu spodnímu, liší se pouze klenutím nadpraží, které je zde půlkruhové. Nadokenní římsa je ve své střední části konkávní, krajní části směřují šikmo dolů. Suprafenestru tohoto okna nelze rozeznat, avšak tvarově je velmi podobná jako u okna spodního (obr. 33).

V sakristii se nachází jedno malé okno ve východní stěně, které má tvar čtyř půlkruhů opsaných okolo čtverce (obr. 34).



Obr. 32: Okno nad vstupem



Obr. 33: Okno do podkroví



Obr. 34: Okno v sakristii

Jižní a severní strana objektu je stejná a obsahuje vždy pět oken. Všechna okna jsou ohraničena jednoduchou šambránou a výplně tvoří, shodně s okny v západním průčelí, skleněné tabulky zasazené do ocelových pásků. V hlavní lodi je umístěno největší okno ve tvaru půlkruhu (obr. 35). Obě okna presbytáře jsou sklenuta půlkruhovým obloukem (obr. 36). Spodní okno je vyšší než okno vrchní. Stejná jsou okna blíže západnímu průčelí. Od oken presbytáře se liší pouze velikostí skleněných tabulek. Opět je zde horní okno nižší než okno spodní. Navíc je zde pevná okenice ze svisle uspořádaných prken (obr. 37).



Obr. 35: Okno hlavní lodi



Obr. 36: Horní okno
presbytáře



Obr. 37: Spodní okno kaple

Dveře

Všechny dveře jsou v kostele původní, pravděpodobně z dubového dřeva. V interiéru se nachází patery dveře. Ve vstupní předsíni jsou to dvoje dvoukřídlé dveře o šířce 1150 mm. Stejně dveře se opakují i na kůru. Zajímavostí může být fakt, že v prostoru kůru jsou dveře směrem ke kapli bez využití. Pravděpodobně jsou pozůstatkem původně plánovaného schodiště v nerealizované severní věži. Do prostoru sakristie vedou, opět dvoukřídlé, dveře široké 1000 mm. Nejzajímavějšími dveřmi jsou vchodové dveře v západním průčelí. Tyto dveře jsou taktéž dvoukřídlé o šířce necelých 1900 mm a skládají se ze dvou dílů. Plný nadsvětlík má shodný vzor výplně jako dveře samotné, a tím je lomená vlnovka (obr. 38, 39).



Obr. 38: Vstupní dveře – detail



Obr. 39: Pohled na vstupní dveře
[11]



3.10. Fasáda

Fasáda je na třech stranách kostela velmi jednoduše řešena. Společným znakem je předsazený sokl, který je v místech pilastrů zvýšen a vlnitě zdoben. Nejvýraznějšími prvky fasády kostela jsou zde pilastry, které opticky rozdělují objekt na několik částí a zdánlivě podepírají segmentovou římsu, která probíhá po obvodě celé budovy kostela. Na severní a jižní straně kostela dominují vedle zmíněných pilastrů okna s obloukovými nadpražími, která jsou podrobněji popisována v předchozí kapitole. Bezpochyby nejzajímavější architektonické úpravy doznalo západní průčelí stavby, které je čtveřicí pilastrů opticky rozděleno na tři části. Střední část průčelí je mírně vpadlá směrem dovnitř. Toto zapuštění je šikmé a zvýrazněné šikmými pilastry. Nad vchodovými dveřmi, které jsou osazeny do výrazného portálu. Supraporta portálu je shora ukončena římsou. Zde vystupuje plastický erb Jana Adama Ondřeje z Lichtenštejna. Nade dveřmi jsou osazena dvě okna popisovaná v předchozí kapitole. Krajní pole obsahují v úrovni prvního podlaží vysoké štukové obdélníky. Nad nimi jsou výrazné válcové niky půlkruhového půdorysu, ve kterých mohly být umístěny sochy, avšak ty zde pravděpodobně nebyly vůbec. Nad římsou pokračují pilastry probíhající po volutovém štítu. Nad horním oknem probíhá další římsa, která pokračuje okolo celé vrchní části štítu, který je na své koruně pokryt prejzy stejnými, jaké jsou použity na celou střechu a také na hlavní římsu tohoto průčelí. Soklová část stavby, tvořená kamennými kvádry, je mírně rozšířená. Tohoto rozšíření je užito i nad římsou.

V interiéru jsou omítky celkem jednoduché a neobsahují žádné ozdobné malby. Po vnitřním obvodě stavby probíhá mohutná římsa a jednotlivé části jsou rozdělené pilastry podobně jako v exteriéru. Společný znak s exteriérem je také rozšířený sokl stavby, který je proveden v jiné barvě než ostatní omítky. Barevně odlišené jsou stropní konstrukce natřené do odstínu světle růžového (obr. 40, 41). Nejvýraznější barevné úpravy doznala křtící kaple, avšak tyto malby jsou kvůli poškozené vrchní vrstvě omítky hůře čitelné.



Obr. 40: Pohled na interiérovou úpravu povrchů



Obr. 41: Sokl interiéru stavby

3.11. Vlhkostní průzkum

Na objektu kostela jsou na první pohled patrné poruchy, jejichž příčinou je zvýšená vlhkost. Z tohoto důvodu bylo měření vlhkosti zařazeno do stavebně technického průzkumu. Vlhkost nosných stěn byla měřena dvěma způsoby. Nejprve pomocí kapacitního digitálního vlhkoměru a poté byly odebrány vzorky a následně probíhalo stanovení jejich vlhkosti gravimetricku metodou.

Okrajové podmínky vlhkostního průzkumu

Měření vlhkosti proběhlo dne 1.5.2018. Relativní vlhkost a teplota prostředí byly stanoveny pomocí digitálního vlhkoměru a teploměru Greisinger GFTH 95 (obr. 42). Výrobce udává přesnost měření $\pm 3\%$ relativní vlhkosti a teplotu měří s přesností $0,1^\circ\text{C}$ při ideální teplotě 25°C [12].



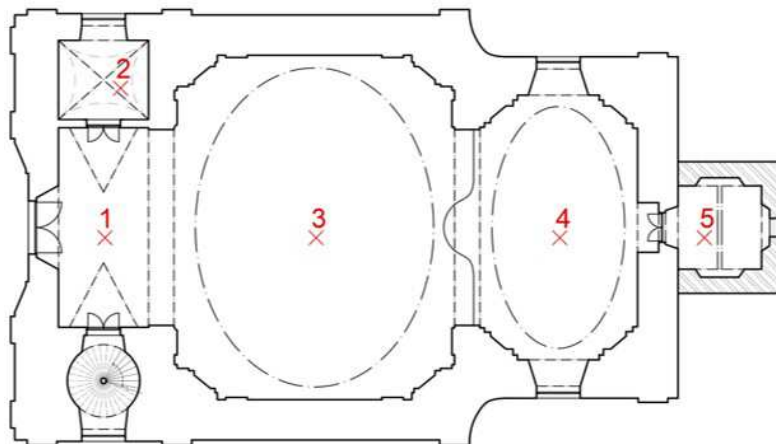
Obr. 42: Přístroj Greisinger GFTH 95



Obr. 43: Přístroj Greisinger GMK 100



V interiéru byly měřeny teploty a relativní vlhkosti na pěti místech. Jedno měření teploty proběhlo také v exteriéru v závětrí u vchodových dveří. Teplota v exteriéru byla přístrojem naměřena 18,7°C.



Obr. 44: Schéma míst měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu

Hodnoty relativní vlhkosti byly porovnány s hodnotami dle ČSN P 73 0610 (tab. 1). Vnitřní prostředí v kostele lze klasifikovat jako suché. Naměřené hodnoty se nachází na horní hranici, kdy lze vnitřní prostředí považovat stále za suché. To může být způsobeno tím, že se v kostele díky příznivému počasí několik po sobě jdoucích dní větralo a relativní vlhkost vzduchu v exteriéru byla v daném období nízká.

Tab. 1: Hodnocení vlhkosti vzduchu vnitřního prostředí [13]

hodnocení vlhkosti vnitřního prostředí dle ČSN P 73 0610	
Suché	< 50
Normální	50 až 60
Vlhké	60 až 75
Mokré	> 75



Tab. 2: Naměřené hodnoty teploty a relativní vlhkosti vzduchu v interiéru

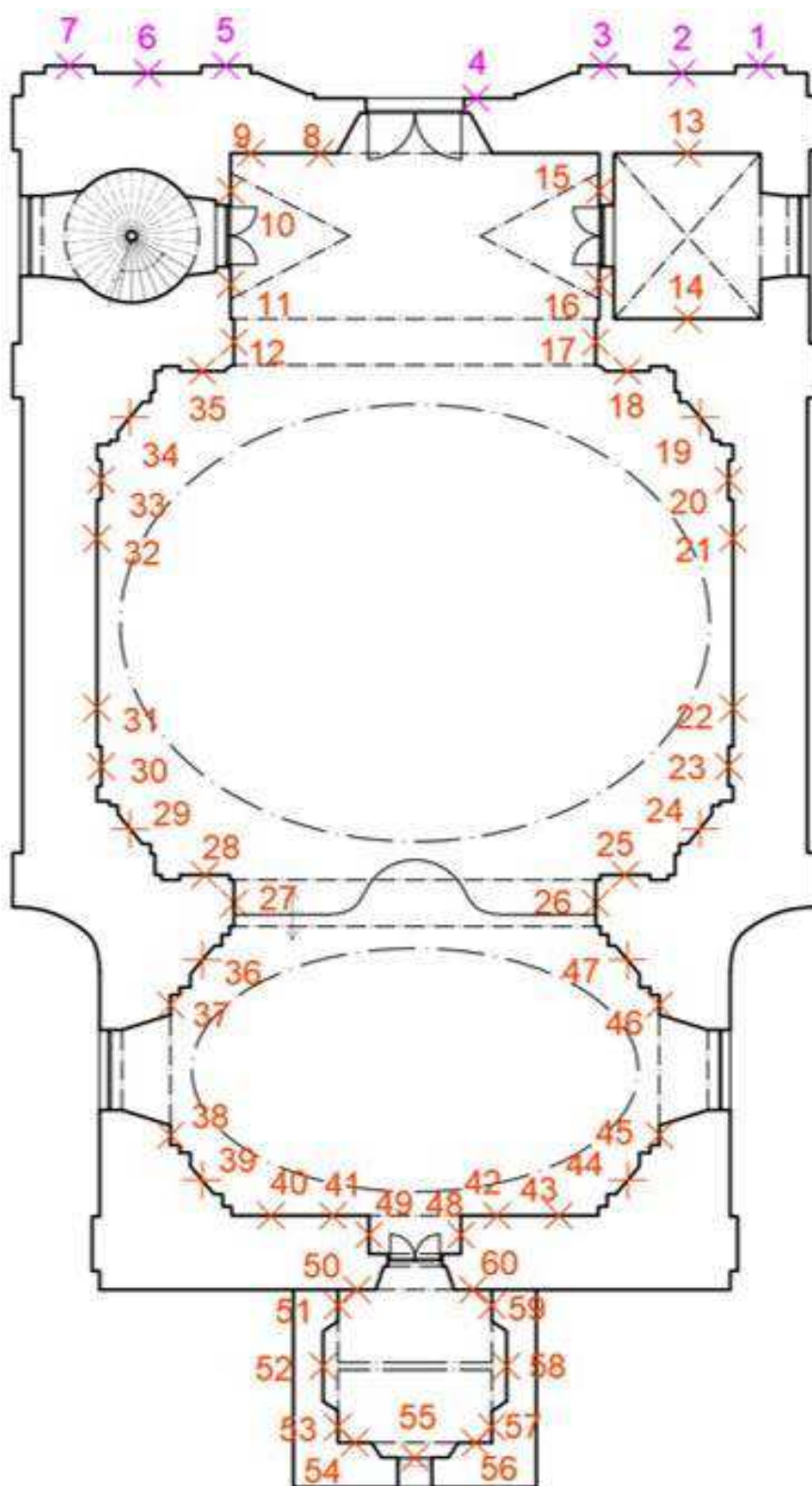
číslo	měření	Teplota vzduchu [°C]	Relativní vlhkost vzduchu [%]	porovnání s ČSN P 73 0610
1	vstup	17,9	43,9	suché
2	křtící kaple	16,3	47,5	suché
3	hlavní loď	16,0	47,8	suché
4	presbytář	16,1	49,1	suché
5	sakristie	17,2	45,5	suché

3.11.1. Stanovení vlhkosti zdiva kapacitním vlhkoměrem

Pro měření vlhkosti zdiva byl využit přístroj Greisinger GMK 100 (obr. 43). Jedná se o kapacitní měřič vlhkosti dřeva stavebních materiálů. Měření probíhá pomocí plošky ve spodní části zadní strany přístroje. Pro správné výsledky je nutný celoplošný styk plošky s měřeným materiálem. Tento předpoklad bylo v exteriéru kostela obtížné dodržet, jelikož sokl tvoří hrubé kameny, a proto výsledky tohoto měření mohly být zatíženy chybou. Přesnost měření tohoto přístroje je závislá na měřeném materiálu, avšak obvykle lze počítat s odchylkou 2 % hmotnostní vlhkosti [14].

Při měření byl přístroj nastaven na hloubku měření 25 mm a pro měřený materiál bylo použito nastavení P2: vápeno–cementová omítka.

Měření vlhkosti proběhlo celkem na 60 místech (obr. 45) a ve čtyřech výškových úrovních (0,3 m – 0,6 m – 1,2 m – 1,8 m). Jelikož je v oblasti ozdobného soklu použitý jiný druh omítky než nad soklem, byly výšky měření voleny s ohledem na tuto skutečnost. První dvě výškové úrovně (0,3 m a 0,6 m) spadají do soklové části a druhé dvě výškové úrovně (1,2 m a 1,8 m) jsou nad soklem. V exteriéru proběhlo měření pouze na šesti místech v západním průčelí, jelikož k ostatním stěnám kostela není umožněn přístup z důvodu uzavřených hřbitovních bran. V interiéru byla problémem vyboulená a odchlípnutá omítka v oblasti soklu, a tudíž zde nemohlo být měření provedeno, jelikož mezi omítkou a zdivem byla vzduchová dutina a taková měření by byla pro hodnocení vlhkosti nepřijatelná. V interiéru nemohlo být měření provedeno napravo od dveří vzhledem ke zde umístěné zpovědnici. Ve křtící kapli byla provedena pouze dvě měření, jelikož se zde nacházelo velké množství skladovaných věcí a v hlavní lodi nebyla měření možná v místě bočních oltářů pod okny.



Obr. 45: Schéma míst měření vlhkosti



Naměřené hodnoty a jejich vyhodnocení

Tab. 3: Hodnocení vlhkosti stavebních materiálů [13]

Hodnocení vlhkosti materiálu dle ČSN P 73 0610	
$w < 3$ % hmotnostní	vlhkost velmi nízká
$3 \% \leq w < 5$ % hm.	vlhkost nízká
$5 \% \leq w < 7,5$ % hm.	vlhkost zvýšená
$7,5 \% \leq w < 10$ % hm.	vlhkost vysoká
$w > 10$ % hmotnostní	vlhkost velmi vysoká
prázdné šedé pole	nebylo možné změřit

Tab. 4: Hodnoty hmotnostní vlhkosti zdiva w_k naměřené v exteriéru

w_k [%]	výška měření				
	bod	0,3 m	0,6 m	1,2 m	1,8 m
1		6,9	6,6	6,6	3,7
2		6,6	6,5	6,4	4,2
3		8,0	7,4	6,5	4,0
4		10,6	9,2	5,4	5,1
5		8,0	8,2	8,0	7,1
6		10,1	8,4	3,4	6,2
7		7,3	8,9	7,4	7,7

w_k – hm. vlhkost stanovená kapacitním vlhkoměrem

Z hodnot naměřených v exteriéru lze konstatovat, že pravá strana západního průčelí vykazuje vyšší hodnoty vlhkosti. U bodu č. 5 lze pozorovat nepatrný nárůst vlhkosti ve výšce 0,6 m. V místě bodu č. 6 je patrný prudký pokles hodnoty ve výšce 1,2 m vůči ostatním výškám a u bodu č. 7 ve výšce 0,6 m naopak nárůst vlhkosti. Tyto nepřesnosti jsou způsobeny nerovným povrchem soklu, v důsledku čehož nebyla dodržena podmínka celoplošného styku měřicí destičky vlhkoměru s měřeným povrchem. Pro lepší představu průběhu vlhkosti by bylo vhodné provést měření po celém obvodu kostela, což vzhledem k uzavřenému hřbitovu není možné. Navíc vzhledem k nerovnému povrchu soklové části objektu je vhodné využít jinou metodu stanovení vlhkosti.



Tab. 5: Hodnoty hmotnostní vlhkosti zdiva w_k naměřené v interiéru

w_k [%]	výška měření				w_k [%]	výška měření			
	bod	0,3 m	0,6 m	1,2 m		1,8 m	bod	0,3 m	0,6 m
8	11,1	13,3	11,3	7,8	35	12,3	10,5	9,8	7,3
9	10,4	10,7	15,1	10,4	36	-	13,5	11,0	9,8
10	10,8	11,1	10,5	7,8	37	-	-	13,6	10,5
11	11,7	10,2	10,2	9,2	38	-	-	12,1	15,7
12	11,5	8,7	7,2	8,0	39	-	15,3	11,0	10,5
13	10,8	9,0	6,2	4,5	40	-	-	11,0	10,7
14	12,4	11,5	14,3	10,5	41	-	10,3	10,9	10,6
15	9,9	14,5	11,6	9,7	42	-	10,0	10,9	10,6
16	11,1	11,1	9,4	6,4	43	-	-	11,3	10,6
17	12,4	11,3	5,0	4,8	44	-	11,0	10,4	9,9
18	11,1	11,0	6,7	6,7	45	-	-	11,1	11,0
19	11,2	10,0	11,6	10,0	46	-	-	13,9	12,0
20	-	-	12,8	11,9	47	-	12,7	11,0	10,5
21	-	-	12,1	11,0	48	-	11,0	10,7	11,0
22	-	-	13,3	13,1	49	-	11,1	11,1	10,4
23	-	-	11,4	11,1	50	-	-	10,5	10,0
24	-	11,8	9,9	9,1	51	-	10,9	10,6	6,6
25	-	11,1	10,4	7,6	52	-	-	-	-
26	16,0	15,0	9,0	-	53	-	-	7,7	6,8
27	14,1	13,3	8,6	8,5	54	-	11,1	9,0	5,6
28	-	13,1	9,0	6,2	55	12,0	9,4	10,5	4,0
29	12,4	14,4	12,8	9,6	56	-	-	7,6	5,6
30	-	16,9	12,3	12,9	57	-	9,9	9,5	7,0
31	-	-	11,8	11,2	58	-	-	8,2	-
32	-	-	13,4	15,0	59	-	8,5	8,0	-
33	-	10,9	11,5	10,3	60	-	10,0	9,3	-
34	16,0	14,5	11,4	7,7					

w_k – hm. vlhkost stanovená kapacitním vlhkoměrem

Z Tab. 5 je patrné, že kostel má vážné problémy se vztlínající vlhkostí. Ve většině míst vlhkost zdiva přesahuje hranici 10 % hmotnostní vlhkosti. Tato hranice vlhkosti je mnohdy překročena i ve výšce 1,2 m nad úrovní podlahy a až od této úrovně vlhkost ustupuje. Na mnoha místech hmotnostní vlhkost přesahuje 10 % i ve výšce 1,8 m. Ve většině míst v hlavní lodi a presbytáři nebylo možné provést měření v soklové části ve výškách 0,3 m a 0,6 m z důvodu odpadlé omítky či vzduchové dutiny mezi omítkou a zdivem.



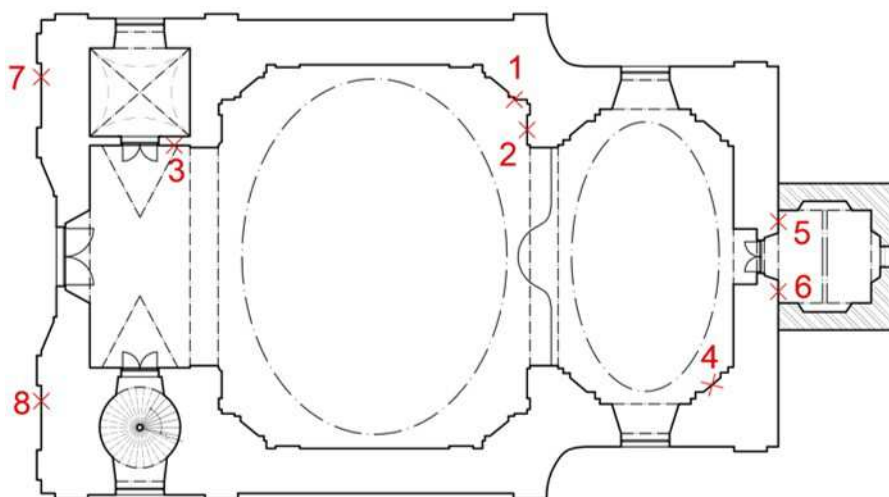
V ojedinělých případech nemá průběh naměřených hodnot se stoupající výškou měření sestupnou tendenci a naměřená vlhkost je větší ve vyšších úrovních. Vzhledem k počtu těchto míst je tato skutečnost opět patrně způsobená nepřesností měření z důvodu nesplnění podmínky celoplošného styku měřicí destičky vlhkoměru s měřeným povrchem. Další příčinou by mohla pravděpodobně být srážková voda, která zvyšuje vlhkost stěn nezávisle na výšce.

V sakristii je omítka poškozená na většině míst, a proto zde bylo měření velice problematické a bylo odtud získáno méně naměřených hodnot. Oproti předpokladům, že zde bude vlhkost nejvyšší, z důvodu chybějící výplně okénka a zatékání dešťové vody skrze toto okno, je zde naměřená vlhkost nižší než v ostatních částech kostela. To je pravděpodobně způsobeno právě zmíněnou absencí výplně okna, díky které v průběhu dní bez deště dochází k vysychání zdí sakristie.

Nejvyšší hmotnostní vlhkost vykazuje zdivo v jihozápadním rohu hlavní lodi. Jsou to místa poblíž široké trhliny v nosné zdi, a tak je možné, že vlhkost do těchto míst proniká snáze a v případě srážek dochází k mírnému zatékání vody do trhliny.

3.11.2. Stanovení vlhkosti zdiva gravimetrickou metodou

Po skončení měření vlhkosti nosných stěn digitálním vlhkoměrem bylo v objektu odebráno celkem osm vzorků různých materiálů (obr. 47). Místa odběru vzorků (obr. 46) byla volena s ohledem na žádost správce objektu, který požadoval nejmenší možné poškození povrchů. Před samotným odběrem vzorků proběhlo stanovení vlhkosti pomocí digitálního vlhkoměru v místě odběru. Vzorky byly okamžitě uzavřeny do sklenic s gumovým těsněním uzávěru a poté, i se sklenicemi, jednotlivě zabaleny do neprodyšných polyethylenových, zipem uzavíratelných sáčků a uskladněny v chladničce do druhého dne.



Obr. 46: Schéma míst odběru vzorků



Obr. 47: Odebrané vzorky v hliníkových miskách



Obr. 48: Digitální váha

Postup při provádění zkoušky

Následující den byly vzorky převezeny do laboratoře ČVUT v budově D fakulty stavební, kde byly zváženy digitální vahou Strohlein AC-12 K (obr. 48), umístěny do hliníkových misek na vzorky a vloženy do laboratorní sušárny HS201A. V sušárně byly vzorky vysoušeny za teploty v rozsahu 70 – 105 °C po dobu 48 hodin a následně, okamžitě po skončení vysoušení, zváženy. Poté bylo sušení a vážení opakováno ještě jednou, aby bylo dosaženo úplného vysoušení. V dalším kroku byla pomocí výpočtu dle vzorce uvedeném v ČSN EN 1097-5 (1) stanovena hmotnostní vlhkost vzorků. Tyto hodnoty byly porovnány s výsledky měření kapacitním vlhkoměrem. Poté byl určen rozdíl hodnot hmotnostní vlhkosti použitých metod v procentech, kdy výchozí hodnotou pro určení, o kolik procent se výsledky liší, je výsledek gravimetrické metody (tab. 6).



$$w = \frac{m_v - m_s}{m_s} \times 100$$

1

kde:

w relativní vlhkost materiálu [%]

m_v hmotnost vlhkého vzorku [g]

m_s hmotnost suchého vzorku [g]

Vyhodnocení získaných hodnot

Tab. 6: Vyhodnocení vlhkosti vzorků určené gravimetrickou metodou

vzorek č.	výška odběru [m]	hm. vlhkého vzorku [g]	hm. suchého vzorku [g]	w _g [%]	w _k [%]	rozdíl w _g a w _k [%]
2	0,3	22,7	20,7	9,7	10,7	11
3	1,2	40,8	38,1	7,1	9,0	27
4	0,3	44,0	39,6	11,1	10,9	-2
5	0,6	22,1	20,8	6,3	10,0	60
6	0,6	26,7	24,7	8,1	10,0	24
7	1,8	23,8	22,8	4,4	6,4	46
8	0,3	46,3	43,1	7,4	8,7	17

w_g – hmotnostní vlhkost stanovená gravimetricky

w_k – hm. vlhkost stanovená kapacitním vlhkoměrem

Pro všechny vzorky kromě čtvrtého je společné, že hmotnostní vlhkost stanovená gravimetricky je nižší než hodnota naměřená vlhkoměrem. Pro vzorek č. 4 nastal opačný případ, kdy gravimetrická metoda vykazuje vlhkost vyšší. U vzorku č. 1 došlo při druhém vážení během jeho přenášení ke znehodnocení podstatné části, a tak byl z výsledného porovnávání vyřazen. U vzorku č. 5 je vlhkost naměřená kapacitním vlhkoměrem o 60 % větší než stanovení hmotnostní vlhkosti gravimetricky. Vyšší odchylka mohla být způsobena chybně provedeným měřením pomocí vlhkoměru. Na výsledky gravimetrické metody může mít vliv i únik vlhkosti ze vzorků během přenášení, jelikož mezi odebráním vzorků na místě a laboratorním měření uplynulo téměř 20 hodin.



3.11.3. Vyhodnocení vlhkostního průzkumu

Z vlhkostního průzkumu je zřejmé, že objekt zatěžuje vysoká vlhkost. Vzhledem k tomu, že vlhkost zdiva s rostoucí výškou většinou klesá, lze předpokládat, že příčinou, která má největší podíl na vlhkosti nosných stěn, je vztlínající vlhkost. Ta má za následek postupnou degradaci omítek, maleb i samotných zděicích prvků. Proto je nutné navrhnout sanační opatření, která pomohou se snížením vlhkosti konstrukcí. Návrh sanačních opatření bude popsán v kapitole 5.1.

3.12. Stanovení volných solí a pH ve stavebním materiálu

Jelikož jsou některá sanační opatření proti zvýšené vlhkosti závislá na obsahu volných solí v sanovaném zdivu, byl proveden zjednodušený průzkum obsahu solí ve zdivu. Pro zkoumání obsahu solí ve zdivu sloužily vzorky použité v předchozí kapitole ke stanovení jejich hmotnostní vlhkosti. Nyní byly z osmi vzorků vybrány tři, které by mohly vykazovat vyšší obsah solí. Jedná se o dva vzorky z interiéru a jeden vzorek z exteriéru na straně západního průčelí.

Vzorek č. 4 – interiér, 0,3 m nad podlahou

Vzorek č. 6 – interiér, 0,6 m nad podlahou

Vzorek č. 8 – exteriér, 0,3 m nad úrovní terénu

Tyto vzorky byly kladivem rozdrčeny a poté byly přibližně 2 g každého vzorku nasypány do Erlenmeyerových baněk a zality 100 ml destilované vody (obr. 49). Následně byly tyto vodné výluhy zahřívány na teplotu blízkou bodu varu po dobu přibližně 10 minut a po zahřívání byly vloženy do vodní ultrazvukové lázně v ultrazvukové čističce EMMI-12 HC (obr. 50), z důvodu lepšího oddělení jednotlivých částic roztoku, což napomáhá přesnějším výsledkům měření obsahu solí. Vzorky byly odstaveny a následující den promíchány. Poté už se vzorky nebylo nijak manipulováno, aby se částice vzorku usadily na dno Erlenmeyerových baněk a výluh zůstal čirý.



Obr. 49: Výluhy v Erlenmeyerových baňkách



Obr. 50: Vzorek v ultrazvukové lázni

Další den se přistoupilo k samotnému stanovení obsahu solí. Nejprve byl pomocí pipety získán čistý výluh z každého roztoku. Tyto čiré výluhy byly využívány pro kvantitativní stanovení iontů chloridu, amoniaku, dusičnanu a síranu.

Následně bylo kolorimetrickou metodou stanoveno pH u jednotlivých vzorků, kdy po přidání indikátoru do zkumavky s výluhem a protřepání zkumavky se výluh zbarví a následně se porovná jeho barva s barevným spektrem. Obsah solí byl kvantitativně určen přístrojem UV-VIS fotometr Spectroquant Pharo 300. Zjišťované druhy solí byly chloridy, amoniak, dusičnany a sírany. Před měřením obsahu iontů příslušných solí v přístroji je nutné se vzorkem provést přesné chemické operace určené výrobcem spektrofotometru, jako jsou přidání činidel či zahřívání roztoku. Spektrofotometr měří zabarvení roztoku a následně jej porovná s referenčním vzorkem. Na základě toho přístroj určí koncentraci příslušných iontů solí. Výsledky jsou udávány v jednotkách mg/l, které je pro porovnání s normovou tabulkou nutné převést na jednotku mg/g, či hmotnostní procenta.

3.12.1. Naměřené hodnoty a jejich vyhodnocení

V tabulce (tab. 7) jsou uvedeny naměřené hodnoty ze spektrometru, které jsou přepočítané z mg/l roztoku na jednotky mg/g materiálu a porovnány s hodnotami dle ČSN P 73 0610 (tab. 8).

Materiály vykazují nízký obsah chloridů a téměř nulový obsah amoniaku, jelikož ten pochází většinou z chovu hospodářských zvířat. U vzorku č. 4 je zjištěn vysoký obsah dusičnanů, u vzorku č. 8 je obsah dusičnanů zvýšený. Sírany vykazují všechny vzorky ve zvýšeném množství. Vodorozpustné soli do



konstrukcí pronikají především při vztlínání vody [15]. Ke zvýšenému množství dusičnanů může napomáhat využívání hnojiv při pěstování zemědělských plodin. V okolí Štolmíře jsou rozlehlá pole a tento zdroj dusičnanů tak lze očekávat. Sírany mohly do konstrukcí vniknout při spalování černého uhlí. Ve Štolmíři je tento zdroj energie pro vytápění hojně využíván.

Tab. 7: Obsah vodorozpuštěných solí ve zdivu

bod	výška odběru [m]	hmotnost vzorku [g]	pH	chloridy			amoniak		
				[mg/l]	[mg/g]	posudek	[mg/l]	[mg/g]	posudek
4	0,3	2	7	2,9	0,1450	nízký	0,07	0,0035	x
6	0,6	2,2	7	0,0	0,00	nízký	0,06	0,0027	x
8	0,3	2,2	8	4,3	0,1955	nízký	0,07	0,0032	x

bod	výška odběru [m]	hmotnost vzorku [g]	pH	dusičnany			Sírany		
				[mg/l]	[mg/g]	posudek	[mg/l]	[mg/g]	posudek
4	0,3	2	7	6,6	3,30	vysoký	131	6,55	zvýšený
6	0,6	2,2	7	8,5	0,3864	nízký	191	8,6818	zvýšený
8	0,3	2,2	8	2,4	1,0909	zvýšený	26	11,8182	zvýšený

Tab. 8: B.1 - Salinita zdiva [13]

Stupeň zasolení zdiva	Obsah solí v mg / g vzorku a v procentech hmotnosti					
	Chloridy		Dusičnany		Sírany	
	[mg/g]	[% hm]	[mg/g]	[% hm]	[mg/g]	[% hm]
nízký	< 0,75	< 0,075	< 1,0	< 0,1	< 5,0	< 0,5
zvýšený	0,75 až 2,0	0,075 až 0,20	1,0 až 2,5	0,1 až 0,25	5,0 až 20,0	0,5 až 2,0
vysoký	2,0 až 5,0	0,20 až 0,50	2,5 až 5,0	0,25 až 0,50	20 až 50	2,0 až 5,0
Velmi vysoký	> 5,0	> 0,50	> 5,0	> 0,50	> 50	> 5,0

Vzhledem k tomu, že vzorky nevykazují nijak vysoký obsah solí, není nutné zohledňovat jejich obsah při návrhu sanačních opatření.



4. Analýza poruch

Objekt kostela je nyní ve velmi špatném stavu a na pohled je velice zanedbaný. Kombinuje se zde mnoho vlivů, které mají podíl na vzniklých poruchách objektu. Jelikož během existence stavby nebylo přistoupeno k nutným opatřením, která by zabránila dalšímu rozvoji jednotlivých poruch, mohly se dále rozvíjet a stav kostela se každým rokem zhoršuje. V následujících kapitolách jsou popsány jednotlivé druhy poruch objektu a určeny pravděpodobné příčiny jejich vzniku pro návrh sanačních opatření.

Výkresová dokumentace

Pro znázornění poruch byla autorem této práce vytvořena výkresová dokumentace, kde jsou jednotlivé poruchy zakresleny. Tyto výkresy jsou obsahem Samostatné přílohy č.2 – výkresová dokumentace poruch.

4.1. Poruchy spojené se zvýšenou vlhkostí

Při pouhém pohledu na některé konstrukce (např. nosné zdivo a omítky) je patrné, že objekt má potíže se zvýšenou vlhkostí, což potvrdil vlhkostní průzkum v kapitole 3.11. Pro většinu historických starých staveb je tento problém společný. Jelikož nebylo možné pomocí dobových technologií spolehlivě utěsnit veškeré otvory, zamezit zvyšování vlhkosti z podzákladí, nebo využít materiálů, které by lépe a dlouhodobě odolávaly srážkové vodě, docházelo tak v průběhu let k průniku vody do konstrukcí a jejich degradaci.

4.1.1. Vzlínající vlhkost

V době výstavby neexistovaly spolehlivé metody hydroizolace zdiva nadzemní části od základových konstrukcí a ve spoustě případů nebyla hydroizolační vrstva použita vůbec žádná. Pokud použita byla, pravděpodobně v průběhu staletí ztratila svou funkci a již není zamezeno vzlínání vody.

V exteriéru jsou patrné projevy vzlínající vody formou tzv. vysychací fronty, což jsou na pohled zřetelné hranice průběhu vzlínající vlhkosti v konstrukci, které udávají, do jaké výšky voda vlivem kapilárního vedení vystoupala [10].

Vlhkostní mapy jsou nejvíce zřetelné v oblasti kamenného soklu v západním průčelí, kdy zde vlhkost průměrně vystoupala do výšky 1100 mm nad úroveň



terénu (obr. 51). Na dalších stranách objektu jsou vlhkostní mapy hůře rozeznatelné, jelikož zde došlo k poškození vrchní vrstvy omítky nebo k jejímu úplnému odpadnutí. Bohužel z důvodu bezpečnosti není umožněn přístup skrze brány ve hřbitovní zdi, a tak nebylo možné blíže prozkoumat jižní, severní a východní strany kostela. Soklovou část objektu z těchto stran překrývá neudržovaná zeleň, která znemožňuje bližší pohled na tuto část alespoň skrze mřížce hřbitovních bran.

V interiéru došlo k poškození omítky soklu téměř po celém obvodu stavby. V hlavní lodi a presbytáři je na mnoha místech omítka opadaná úplně, nebo je poškozena její vrchní vrstva. Nežádá se stává, že je omítka vyboulená. Drží tedy určitým způsobem pohromadě, ale se zdívem již není téměř spojená. Pokud na tato místa člověk mírně zatlačí, lze pozorovat pohyb omítky v až třímetrových kusech (obr. 52).

Kromě poškození omítek má vztlínající voda vliv na zhoršování únosnosti zdících prvků a zhoršení jejich tepelně technických vlastností. Avšak při tloušťce stěn a účelu stavby není tepelně technické hledisko důležité. Díky vztlínající vodě do konstrukcí mohou pronikat soli rozpustné ve vodě, jejichž množství ve zdivu bylo stanoveno v kapitole 3.12.



Obr. 51: Vlhkostní mapy v západním průčelí



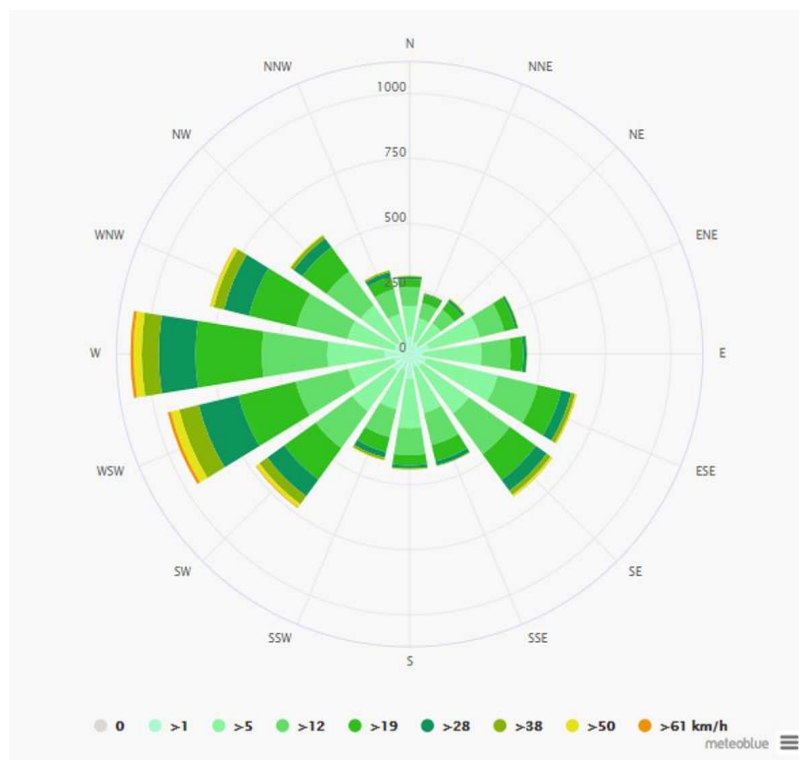
Obr. 52: Poškozená omítka v hlavní lodi

4.1.2. Srážková voda hnaná větrem

Další příčinou, která přispívá ke zvýšené vlhkosti stavebních konstrukcí, je srážková voda hnaná větrem. V důsledku této vody je v exteriéru na velkých plochách opadaná omítka (obr. 54). Zajímavé je, že na severní straně jsou tyto plochy mnohem rozsáhlejší než na straně jižní. Podle větrné růžice pro obec Štoltmíř je nejčastější západní směr větru, avšak vyskytuje se zde s podobnou



pravděpodobností vítr severozápadní a jihozápadní (obr. 53). Z jižní strany je objekt chráněn vzrostlými stromy, tudíž je kostel namáhán srážkovou vodou hnanou větrem ze západní a severní strany nejvíce. Problém opadané omítky v exteriéru s sebou nese další vývoj této poruchy. Nic nebrání hnané vodě dopadající na obnažené zdící prvky, které jsou velmi pórovité a nasákové, proniknout do konstrukce obvodových stěn hlouběji.



Obr. 53: Větrná růžice pro obec Štollmíř [16]



Obr. 54: Poškozená omítka na severní straně



Obr. 55: Pohled na okraj střechy bez okapů

V souvislosti se srážkovou vodou je nutné zmínit odšťukující vodu. Budova kostela nemá okapy a okapové svody (obr. 55). Množství vody z celé plochy



střechy tak dopadá na terén z velké výšky a odstříkující voda opět proniká do stěn a nepochybně zvyšuje jejich vlhkost v oblasti soklu.

4.1.3. Zatékající voda a poruchy krovu

Se srážkovou vodou se pojí také poruchy způsobené zatékající vodou. Konstrukce střešního pláště vykazuje množství otvorů, kvůli kterým dochází k zatékání vody do prostoru podkroví, a stavební konstrukce tak nejsou dostatečně chráněny před zvyšováním jejich vlhkosti. Na pohled výrazné je porušení krytiny hřebene střechy v oblasti nad kruchtou. V důsledku této poruchy došlo k degradaci zdvojeného hambálku, kdy opakovaně dopadající voda na střední část tohoto prvku kriticky porušila, až téměř přerušila hambalek, který již není schopen plnit svou funkci (obr. 56).



Obr. 56: Porušený zdvojený hambálek v první vazbě



Obr. 57: Chybějící výplň střešního okna a porušené prvky v tomto místě

Další významná vada je chybějící výplň střešního okna nad severní věží, kde je umístěna kaple. Jelikož je zmíněné okno umístěno blízko okraje střechy, veškerá voda stékající při každém dešti od hřebene k hornímu okraji okénka, čemuž odpovídá množství vody z plochy přibližně 7,5 m², nateče dovnitř. V důsledku toho došlo k poškození několika prvků, jež se v tomto místě sbíhají. Zatékající vodou jsou v první a částečně druhé vazbě porušeny vazný trám, vodorovný prvek podpírající krokev, krokev samotná, obě pozednice pod vazným trámem a námětek krokve zmíněné první vazby (obr. 57).



Obr. 58: Přerušená vaznice mezi první a druhou vazbou



Obr. 59: Zatékající voda oknem presbytáře

K pronikání vody skrze střešní plášť dochází také díky přítomnosti velkého množství malých otvorů v poničené krytině. Jedním z těchto případů je otvor v krytině nad nejvýše položenou vaznicí mezi první a druhou vazbou. Právě tímto otvorem zatékala voda a dopadala přímo na vaznici, která byla úplně přerušena a již neplní svou funkci, v důsledku čehož dochází k nadměrnému zatěžování horní poloviny krokve (obr. 58).

V interiéru došlo na mnoha místech k poškození omítek a rozvoji trhlin vlivem zatékající vody. Problém zatékání postihuje otvory v obvodových konstrukcích, např. okna v místech presbytáře (obr. 59) či okna schodiště.



Obr. 60: Porušení stropu kaple



Obr. 61: Porušená římsa v místě okna nad kaplí

Zatékání vody se projevuje také v exteriéru. V důsledku porušené krytiny v oblasti římsy dochází k její degradaci projevující se zčernáním či opadáváním omítky a přítomnými trhlinami (obr. 61).



4.2. Poruchy svislých konstrukcí

V objektu se nachází poměrně velké množství trhlin, jež se od sebe liší tvarem, velikostí i směrem průběhu. Avšak lze vysledovat určité charakteristické znaky společné pro skupiny trhlin. Nejzávažnějšími jsou skupiny svislých trhlin ve stěnách uprostřed hlavní lodi, které se propisují i na vnější stranu kostela a de facto rozdělují objekt na dvě části. Tyto trhliny vyžadují zvláštní pozornost a je nutná jejich sanace.



Obr. 62: Trhlina v hlavní lodi v severní stěně



Obr. 63: Trhlina v hlavní lodi v jižní stěně

Všechny trhliny jsou zakreslené ve výkresové dokumentaci poruch – Samostatná příloha č.2. Trhliny jsou také podrobněji popsány v tabulkách trhlin níže.



Tab. 9: Tabulka trhlin

Skupiny trhlin	Místo	Charakter	Šířka	Aktivnost	Pravděpodobná příčina
SKTR 2, SKTR 2', SKTR 11, SKTR 11'	Hlavní loď	Svislé tahové trhliny, které se směrem vzhůru rozšiřují, probíhají po výšce celé stěny, propisují se do exteriéru, spolu s trhlinami v kopuli hlavní lodi v podstatě rozdělují celou budovu na dvě části	Užší části 4-7 mm, nejširší části dosahují 10 mm	pravděpodobně již neaktivní, místa trhliny jsou zaprášena, nejsou zde čisté lomy	Vzhledem k horším základovým poměrům a faktu, že je objekt vybudován na svahu, který je od západního průčelí směrem ke komunikaci nejpříkřejší (na 18 m délky je zde převýšení 2 m), mohlo docházet k naklánění celé stavby směrem po svahu. Dalšími faktory způsobujícími toto odklonění může být absence okapů a tak veškerá voda ze střešní plochy padá ke stěnám a pravidelně smáčí zeminu, ve které je stavba založena. Další příčinou je malá prostorová tuhost objektu vzhledem k chybějícímu ztužení nosných zdí po obvodě kostela a špatně provázanému zdivu, jelikož se skládá z plných pálených cihel a hrubě opracovaných kamenů.
SKTR 17, SKTR 17', SKTR 20, SKTR 20'	Hlavní loď	jako SKTR 2, SKTR 11	jako SKTR 2, SKTR 11	jako SKTR 2, SKTR 11	jako SKTR 2, SKTR 11
SKTR 1, SKTR 12,	Vstupní předsíň	Šikmé tahové trhliny, které se sbíhají ve vrcholu. Po celé své délce mají stejnou šířku.	Užší trhliny do 1 mm, širší trhliny do 5 mm	pravděpodobně již nejsou aktivní	objemové změny (dotvarování či smršťování)
SKTR 16, SKTR 21	Kruchta	jako SKTR 1, SKTR 21	jako SKTR 1, SKTR 21	jako SKTR 1, SKTR 21	jako SKTR 1, SKTR 12
SKTR 3, SKTR 10	Presbytář	Tahové trhliny různých šířek v nadpraží a parapetu oken	Užší trhliny do 1 mm, širší trhliny do 5 mm	Pravděpodobně již nejsou aktivní	objemové změny, zátékání dešťové vody, následná degradace zdících prvků a zhoršení jejich mechanicko fyzikálních vlastností
SKTR 18, SKTR 19	Presbytář	Tahové trhliny různých šířek v nadpraží oken	Užší trhliny do 1 mm, širší trhliny do 5 mm	jako SKTR 3, SKTR 10	jako SKTR 3, SKTR 10
SKTR 4	Presbytář	Jedná se o dvě svislé smykové trhliny, které začínají při okrajích otvoru pro dveře a pokračují svisle vzhůru, jejich šířka se nemění, po celé délce trhlin je konstantní. Třetí trhlina prochází nadpražím otvoru pro dveře.	1-5 mm; v nadpraží do 1 mm	Pravděpodobně již nejsou aktivní	Příčinou může být dodatečně probourávaný otvor pro dveře umožňující přístup do sakristie a přístavení sakristie, která přitížila základovou spáru a vlivem toho přitížení došlo k rozdílnému sednutí této části budovy. Trhlina v nadpraží může mít příčinu v objemových změnách (smršťování a dotvarování).
SKTR 5, STR 9	Sakristie	Spolu vytvářejí oblouk nad vstupními dveřmi, mají neměnnou šířku po celé délce	1-5 mm	Pravděpodobně již nejsou aktivní	Podobně jako u SKTR 6, došlo k poklesu střední části sakristie a tím pádem k mírnému poklesu zdiva, na což nezareagovala konstrukce stropu a tak došlo k odtržení stropu od stěny.



Tab. 10: Tabulka trhlin

SKTR 6	Sakristie	Šikmé tahové trhliny, které probíhají od podlahy až ke stropu a přecházejí do konstrukce stropu. Začínají v rozích stěny sakristie a sbíhají se u jejího vrcholu. Nejširší jsou u paty stěny a postupně se zužují	V nejširším místě do 10 mm, od poloviny šířky místnosti 1 - 5 mm	Pravděpodobně již nejsou aktivní	Dle charakteru trhlin zde došlo k poklesu střední části sakristie, příčinou může být špatné založení přístavby, nedostatečně ztuhnutá zemina, nebo založení na navážce
SKTR 7	Sakristie	Svislé trhliny, které začínají u podlahy a prochází přes nadpraží okna do konstrukce stropu. U podlahy nejširší, nad oknem užší	1-5 mm	Není aktivní	Trhliny od nerovnoměrného sednutí sakristie. K rozvoji trhlin může přispívat nedostatečné zachycení vodorovných sil od krovu
SKTR 8	Sakristie	Kombinace svislých a šikmých trhlin procházející střední částí stěny a východní čtvrtinou stěny. Mají neměnnou šířku	1-5 mm	Není aktivní	Podobný případ jako u STR 6, souvisí spolu.
SKTR 13	Vstupní předsíň	Krátké trhliny od okrajů dveří, které se sbíhají ve vrcholu, mají neměnnou tloušťku, další trhlina uprostřed nadpraží	1-5 mm	Není aktivní	objemové změny, zátékání dešťové vody, následná degradace zdících prvků a zhoršení jejich mechanicko fyzikálních vlastností
SKTR 14	Schodiště	Porušení nadpraží okna, krátká trhlina o konstantní šířce vystupující mírně nad otvor	1-5 mm	Není aktivní	objemové změny, zátékání dešťové vody, následná degradace zdících prvků a zhoršení jejich mechanicko fyzikálních vlastností
SKTR 15	Kaple	Vodorovná trhlina procházející skrz celou kapli a nadpraží příslušných otvorů	1-5 mm	Není aktivní	Vlivem chybějící výplně střešního okénka nad kaplí dochází k zatékání dešťové vody, jejíž vlivem degradují zdící prvky
SKTR 22	Kruchta	Porušení nadpraží okna, krátká trhlina o konstantní šířce vystupující mírně nad otvor	1-5 mm	Není aktivní	objemové změny, zátékání dešťové vody, následná degradace zdících prvků a zhoršení jejich mechanicko fyzikálních vlastností
SKTR 23	Kaple	Porušení nadpraží okna, krátká trhlina o konstantní šířce vystupující mírně nad otvor	1-5 mm	Není aktivní	objemové změny, zátékání dešťové vody související s chybějící výplní střešního okénka situovaného nad touto kaplí, následná degradace zdících prvků a zhoršení jejich mechanicko fyzikálních vlastností
SKTR 24	Hlavní loď / Vstupní předsíň	Trhliny ve střední části valené klenby na vnitřním líci a na okrajích vnějšího líce segmentové klenby do pásu. Tenké trhliny, neměnná šířka	1-3 mm	Není aktivní	Možný pokles jedné z podpor, vlivem naklání přední poloviny budovy po svahu, objemové změny



Tab. 11: Tabulka trhlin

SKTR 25	Hlavní loď / kruchta	Trhliny ve střední části valené na vnitřním líci segmentové klenby do pásu. Konstantní šířka.	1-3 mm	Není aktivní	Možný pokles jedné z podpor, vlivem naklánění přední poloviny budovy po svahu, objemové změny
SKTR 26	Hlavní loď / Presbytář	Trhliny ve střední části valené na vnitřním líci segmentové klenby do pásu. Konstantní šířka.	1-3 mm	Není aktivní	Možný pokles jedné z podpor, vlivem naklánění přední poloviny budovy po svahu, objemové změny
SKTR 27	Presbytář	Vodorovné trhliny procházející od nadpraží okna do poloviny šířky kupole, konstantní šířka a přímý průběh	1-5 mm	Není aktivní	Zatékání dešťové vody a degradace zdících prvků v kombinaci s objemovými změnami, může souviset s pohyby budovy popsané ve SKTR 2, SKTR11
SKTR 28	Hlavní loď	nejvýraznější z této skupiny jsou dvě trhliny, které se liší šířkou, mají stejný charakter	menší trhliny 1-5 mm, větší tlhina 5-7 mm	Není aktivní	Souvisí se skupinami trhlin v nosných zdech, na které tyto trhliny navazují. Jejich příčiny jsou shodné, což je pravděpodobný náklon budovy po svahu
SKTR 29	Hlavní loď	Skupina různě širokých trhlin, všechny vedou kolmo na nosnou stěnu, mají podobný charakter jako SKTR 28	menší trhliny cca 1 mm a širší trhliny 5 mm	Není aktivní	Souvisí se skupinami trhlin v nosných zdech, na které tyto trhliny navazují. Jejich příčiny jsou shodné, což je pravděpodobný náklon budovy po svahu. Další příčinou může být zatékání vody do podkrovní, kam tato kupole vystupuje
SKTR 30	Hlavní loď	Stejně široké trhliny, přímý průběh	menší trhliny okolo 1 mm	Není aktivní	objemové změny, možná souvislost se SKTR 29
SKTR 31	Schodiště	Porušení nadpraží okna, krátká trhliny o konstantní šířce vystupující mírně nad otvor	1-4 mm	Není aktivní	objemové změny, zatékání dešťové vody, následná degradace zdících prvků a zhoršení jejich mechanicko fyzikálních vlastností
SKTR 32	Západní průčelí	Porušení římsy nad nikou ve fasádě	1 mm	Není aktivní	zatékání dešťové vody porušenou krytinou římsy, objemové změny
SKTR 33	Západní průčelí	Porušení římsy ve střední části západního průčelí	menší trhliny do 3 mm, širší trhliny do 5 mm	Není aktivní	zatékání dešťové vody porušenou krytinou římsy, objemové změny



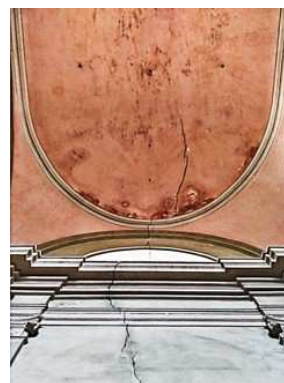
4.3. Poruchy vodorovných konstrukcí

Na vodorovných konstrukcích se projevují následky zatékající vody popsané v kapitole 4.1.3. Jde o poškození omítek v kopuli hlavní lodi a presbytáře, v klenbě nad kruchtou a ve křtící kapli. V těchto místech došlo k rozvoji trhlin, které často se zatékáním vody souvisí. Nicméně některé trhliny jsou způsobeny i jinými vlivy, které jsou popsány v tabulkách trhlin (tab. 9, 10, 11).

Největší a nejvážnější trhliny se nachází v kopuli hlavní lodi (obr. 64,65) a dosahují šířek okolo 7 mm. Souvisí s trhlínami ve stěnách a postupně v ně přecházejí. Další trhliny vykazují všechny tři valené klenby klenuté do pasů na okrajích hlavní lodi. Ty mohly být způsobené vlivem naklánění budovy po svahu. Je možné, že jedna strana objektu sedala rozdílně oproti straně druhé, což vyvolalo trhliny těchto pasů. Trhlinou je porušená také klenba ve křtící kapli. V sakristii se nachází několik trhlin ve valených klenbách. Porušené klenby nadpraží oken jsou, jako všechny ostatní poruchy, popsány v tabulce trhlin.



Obr. 64: Poškození kopule hlavní lodi 1



Obr. 65: Poškození kopule hlavní lodi 2

4.4. Poruchy vertikálních komunikací

Exteriérové schodiště

Toto schodiště je vzhledem ke své jednoduché skladbě celkem v dobrém stavu. V průběhu let došlo k posunutí některých stupňů ze své polohy o několik centimetrů. Stupně jsou však v celku, nedošlo k jejich poškození, proto bude možné je zachovat.



Schodiště v jižní věži

Vzhledem ke stáří točitého vřetenového schodiště lze hodnotit aktuální stav jako zachovalý. Několik stupňů obsahuje silné trhliny způsobené vysycháním dřeva. Největší problém tohoto schodiště spočívá v porušení stěny po obvodu schodiště, do které jsou pomocí kapes jednotlivé stupně uloženy.

Schodiště v mezipatře krovu

Žebříkové schodiště v prostoru mezipatra podkroví je porušené a není již bezpečné. Některé stupně se silně prohýbají a pod vahou dospělého člověka by se mohly přelomit.

4.5. Poruchy podlah

Nejvýraznější porušení vykazuje dřevěná část podlahy v sakristii. Jednotlivá prkna se prohýbají a v důsledku objemových změn došlo k jejich vyboulení. Některé dlaždice v ostatních částech kostela jsou nadzvednuté a jiné jsou popraskané. Tyto poruchy, vzhledem ke stáří objektu, lze očekávat a nejsou nijak závažné, nemají vliv na statiku objektu.

4.6. Poruchy výplní otvorů

Některá okna mají poškozené jednotlivé skleněné tabulky a tři okna (v sakristii, v podkroví na štítové stěně, nad kaplí v severní věži) nemají již vůbec žádná zasklení. Kromě okna v sakristii jsou obě okna zabeďněna výdřevou, která se již rozpadá. Železné pásy, které drží jednotlivé tabulky skla, jsou na pohled značně zkorodované. Poškozené jsou dále dřevěné rámy oken vlivem zatékání vody.

V případě dveří lze hovořit o zachovalém stavu. Jediným, na pohled viditelným, problémem dveří jsou sešlé povrchy, jelikož pravděpodobně nebyly chráněny žádným nátěrem.



5. Návrh sanačních opatření

Při provádění stavebně technického průzkumu byl zjištěn aktuální stav konstrukcí a vypracován návrh sanací k odstranění poruch. Důležité je odstranit také příčiny vzniku jednotlivých poruch, aby nedocházelo k jejich projevům i nadále a sanované konstrukce nebyly postupem času znehodnoceny stejně, jako před sanacemi.

5.1. Sanační opatření proti vlhkosti

Vzhledem k vysoké vlhkosti, zjištěné ve vlhkostním průzkumu v kapitole 3.11, a jejím degradačním vlivům na konstrukci by bylo vhodné využít některé z dodatečně vkládaných hydroizolací. Prvním problémem je velká tloušťka obvodových stěn, u kterých by provádění dodatečné hydroizolace bylo náročné na provádění a také velice nákladné, avšak ne nemožné. U stěn velké tloušťky lze využít např. prořiznutí zdiva diamantovým lanem. Druhou překážkou pro využití těchto metod dodatečné hydroizolace je přítomnost kleneb, kupolí a valených klenutých pasů. Dalším nedostatkem je fakt, že dochází ke zvyšování vlhkosti pod nově provedenou hydroizolací, což by mohlo vážně poškodit základové konstrukce a narušit stabilitu objektu.

Alternativou dodatečné hydroizolace jsou chemické clony, kdy se zdivo injektuje do vyvrtaných otvorů chemickou emulzí, které ve zdivu vytvoří nepropustnou bariéru pro vzlínající vodu. Důsledek této metody je opět zvýšení vlhkosti základových konstrukcí.

Z hlediska památkové péče nebude pravděpodobně možné realizovat ani jednu z výše zmíněných metod, a tak nezbývá nic jiného než využít některou z nepřímých metod ochrany proti zvýšené vlhkosti. Pro tento objekt bude navrženo sanační opatření sestávající ze dvou částí. Jako první krok bude nutné provést sondy, ke zjištění stavu a tvaru základových konstrukcí, jelikož navržená sanační opatření mohou mít vliv na změnu základových poměrů (nezámrazná hloubka, změna vlhkosti v základové zemině).



5.1.1. Vzduchové dutiny na vnější straně obvodových stěn

Prvním navrženým opatřením jsou vzduchové dutiny vytvořené pod úrovní terénu podél celého obvodu stavby, tudíž realizované konstrukce nebudou viditelné. Princip odvlhčení zdiva pomocí vzduchových dutin spočívá v zamezení styku základové konstrukce se zemínou, jakožto zdrojem vlhkosti, pomocí provětrávané dutiny. Proudící vzduch v dutině pak vysouší zdivo.

Vzduchová dutina bude vytvořena pomocí prefabrikovaných železobetonových dílců ve tvaru L, založených na vlastním základu. Uložení prefabrikátu na zdivo je řešeno pomocí ocelového profilu L, který bude do zdiva přikotven. Přes prefabrikát bude vedena hydroizolační vrstva například z asfaltových pásů oddělených od zeminy vrstvou netkané ochranné geotextilie. Dno dutiny bude realizováno v příčném spádu směrem od budovy, a po své délce bude spádováno ke vsakovací jínce. Přívod vzduchu bude zajištěn z exteriéru nasávacími komínky. Pro odvod vzduchu z dutiny jsou navrženy falešné okapové svody, které budou sloužit jako výdechy. Důležitým bodem návrhu by byl výpočet proudění vzduchu v systému dutin. Pokud by přirozené větrání nemělo dostatečnou účinnost v důsledku tlakových ztrát a vřazených odporů, bylo by větrání zajištěno pomocí ventilátorů, jejichž funkce by byla regulována automaticky, například pomocí časového spínače, alternativně čidlem měřícím vlhkost prostředí. Umístění ventilátorů záleží na rozhodnutí, zda bude systém provětrávání přetlakový, či podtlakový. S ohledem na snahu předcházet situaci, kdy odvodné potrubí bude nasávat pouze vzduch z nejbližšího přívodního potrubí a budou tak vznikat tzv. slepá místa, kde vzduch proudit nebude, je v tomto případě navržen systém přetlakového větrání, kdy budou ventilátory osazeny do komínek pro přívod vzduchu.

Dále bude součástí systému realizované drenážní potrubí, aby bylo zamezeno hromadění vody v blízkosti vzduchových dutin a tato voda mohla být odvedena do zasakovacího objektu.

Schéma vzduchových dutin je řešeno ve výkresech č. 3.1 a 3.2.



5.1.2. Vzduchové dutiny na vnitřní straně obvodových stěn

Další navržené sanační opatření jsou vzduchové dutiny z interiérové strany. Tyto vzduchové dutiny jsou navrženy shodně jako z exteriérové strany. Pouze v sakristii, kde jsou základové konstrukce pravděpodobně v menších hloubkách a stěny dosahují menších tloušťek, bude odvětrávání navrženo pouze z exteriéru.

Přívod vzduchu bude řešen pomocí potrubí vedeném v drážkách ve zdivu a spodní hrana nasávacích otvorů bude umístěna 100 mm nad podlahou. Tyto otvory budou zakryty mřížkami. Odvod vzduchu bude společný pro dutiny z interiéru a exteriéru. Z vnitřní strany bude opět do drážek ve zdivu umístěno potrubí pro odvod vzduchu a ve výšce cca 1 m nad podlahou bude toto potrubí vodorovně vedeno skrz obvodovou stěnu a napojeno na systém odvodu vzduchu v exteriéru, tedy na systém falešných okapových svodů.

Propojení potrubí pro odvod vzduchu by teoreticky mohlo být vedeno v úrovni základových konstrukcí, avšak zde by bylo nutné odtěžit velké množství zeminy, aby vznikl dostatečný pracovní prostor pro provrtání konstrukce. Dále by bylo možné odvádět vzduch do interiéru, aby nebylo nutné tolik zasahovat do nosných konstrukcí památkově chráněné budovy, avšak toto řešení by s sebou neslo obtíže spojené s přiváděním vlhkého odpadního vzduchu zpět do interiéru a zatěžování konstrukcí vlhkostí v ovzduší vnitřního prostředí.

Dno dutiny bude, stejně jako v exteriéru, spádováno příčně směrem od nosných konstrukcí a v podélném směru vedeno do zasakovacího objektu.

Schéma vzduchových dutin je řešeno ve výkresech č. 3.1 a 3.2.

5.1.3. Další sanační opatření

Aby byla účinnost navržených opatření co nejvyšší, je také nutné zamezit dalšímu zvyšování vlhkosti zeminy přiléhající k základům v exteriéru. Jelikož budova nemá okapové žlaby a svody, bude nutné je realizovat při rekonstrukci střešního pláště, aby dosud neodváděná srážková voda stékající ze střechy a dopadající na zeminu, přiléhající k základovým konstrukcím, byla spolehlivě odvedena a netvořila riziko zvyšování vlhkosti těchto konstrukcí.



V rámci zamezení akumulace vody poblíž základových konstrukcí je navrženo drenážní potrubí, které přebytečnou vodu odvede do zasakovacího objektu.

Součástí systému navržených sanačních opatření bude i realizace sanačních omítek. Tyto omítky jsou oproti tradičním omítkám více pórovité, mají nižší kapilární nasákavost a nižší difúzní odpor. Dochází tak ke snadnějšímu vysychání konstrukce pod touto omítkou a k ukládání solí ve vrstvě omítky [15].

Posledními úpravami bude úprava terénu v okolí kostela a odstranění zeleně v bezprostřední stavby, která přispívá ke zvyšování vlhkosti konstrukcí.

5.2. Sanace svislých nosných konstrukcí

Objekt vykazuje statické poruchy, které se projevují na svislých nosných konstrukcích především formou trhlin. V exteriéru je trhlin viditelně méně. Nejzávažnějšími poruchami ze statického hlediska jsou trhliny v protilehlých obvodových stěnách hlavní lodi. Jednou z variant sanace trhlin je metoda stehování. Avšak v případě opětovného aktivování pohybů, které tyto trhliny způsobily, by mohlo dojít k rozvoji nových trhlin na konci těchto stehů.

Vzhledem k malé prostorové tuhosti a závažnosti zmíněných trhlin v hlavní lodi je navrženo sepnutí objektu ocelovými lany. Toto sepnutí zvýší prostorovou tuhost stavby, zamezí rozvoji stávajících a vzniku nových trhlin.

Pro návrh síly sepnutí byl vypracován zjednodušený statický posudek. Výpočty bude stanovena maximální síla předeptnutí spínacích lan, aby nedošlo k přetržení lana a drcení zdiva pod roznášecími deskami.

Výkresová dokumentace je zpracována v rámci výkresů č.3.3 a 3.4.



Výpočet pevnosti zdiva v tlaku:

Charakteristická pevnost zdiva v tlaku [17]:

$$f_{ck} = K \times f_b^\alpha \times f_m^\beta$$
$$f_{ck} = 0,45 \times 10^{0,65} \times 0,5^{0,25}$$
$$f_{ck} = 1,69 \text{ MPa}$$

Součinitel bezpečnosti materiálu:

$$\gamma_M = \gamma_{M1} \times \gamma_{M2} \times \gamma_{M3} \times \gamma_{M4}$$
$$\gamma_M = 2,0 \times 1,1 \times 1,1 \times 1,35$$
$$\gamma_M = 3,3$$

kde:

- γ_{M1} dílčí součinitel spolehlivosti, pro zdivo z plných pálených cihel zděných na obyčejnou maltu se rovná 2,0;
- γ_{M2} součinitel vlivu pravidelnosti vazby a vyplnění spár maltou, <0,85; 1,2>; dolní mez platí pro zcela dokonalou vazbu a bezvadné vyplnění spár;
- γ_{M3} součinitel vlivu zvýšené vlhkosti, pro vlhkost od 4 % do 20 % se součinitel určí interpolací v rozmezí <1,0; 1,25>;
- γ_{M4} součinitel zahrnující vliv svislých a šikmých trhlin, rozmezí hodnot <1,0; 1,4>; dolní mez pro zdivo bez trhlin

Návrhová pevnost zdiva v tlaku [17]:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_M}$$
$$f_{cd} = \frac{1,69}{3,3}$$
$$f_{cd} = 0,51 \text{ MPa}$$

Výpočet pevnosti zdiva v tlaku rovnoběžně s ložnými spárami není nutné uvažovat, protože zdící prvky tvoří pravidelnou ložnou spáru vzhledem k přítomnosti větších opracovaných kamenů. Tudíž pravděpodobně nedojde k usmýknutí v ložné spáře. Tomu dopomáhá i šířka zdiva 1500 mm.



Návrh roznášecí desky:

$$a = 300 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$t = 15 \text{ mm}$$

$$\text{plocha desky } A = a \times b = 300 \times 300 = 90\,000 \text{ mm}^2$$

Návrh maximální síly sepnutí:

Vycházíme ze vzorce pro určení napětí σ pod roznášecí deskou plochy A , přičemž toto napětí nesmí přesahovat návrhovou pevnost zdiva f_{cd} :

$$\sigma = \frac{N_{Ed}}{A} \rightarrow N_{Ed} = \sigma \times A$$

$$N_{Ed} \leq f_{cd} \times A$$

$$N_{Ed} \leq 0,51 \times 90\,000 = 46\,098 \text{ N} = 46,1 \text{ kN}$$

Návrh ocelového lana:

Lano Y1770

Jmenovitá průřezová plocha 125 mm^2

Pevnost v tahu $f_{yk} = 1770 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E = 195 \text{ GPa} = 195\,000 \text{ MPa}$

Pro návrh síly předepnutí lana bude nutné zohlednit prodloužení lana vlivem teplotní roztažnosti během letních měsíců, aby bylo stále napnuté a předepnutí neztratilo svou funkci. Zohlednit je třeba i jeho zkrácení během měsíců zimních, kdy nesmí dojít k přetržení lana. K výpočtu této síly poslouží znalost Hookova zákona [18]. Pro výpočty je uvažované teplotní rozpětí následující:

$$\text{teplota minimální} \quad t_{\min} = -15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{teplota maximální} \quad t_{\max} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{průměrná teplota} \quad t_p = 17,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{rozdíl teplot} \quad \Delta t = 32,5 \text{ }^\circ\text{C}$$



$$\Delta l = l_0 \times \alpha \times \Delta t = l_0 \times \alpha \times (t_1 - t_0)$$

kde l_0 je počáteční délka tyče

α je součinitel teplotní délkové roztažnosti, pro ocel $\alpha = 12 \times 10^{-6}$

Dle Hookova zákona je potřebná síla k prodloužení lana $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ přímo úměrná tomuto prodloužení. Pokud do vzorce Hookova zákona dosadíme toto vyjádření deformace, dostáváme:

$$\sigma = E \times S \times \frac{\Delta l}{l_0} \rightarrow \frac{F}{S} = E \times \varepsilon \rightarrow F = E \times S \times \varepsilon = E \times S \times \frac{\Delta l}{l_0}$$

Po dosazení vzorce Δl získáváme:

$$F = E \times S \times \frac{\Delta l}{l_0} = E \times S \times \frac{l_0 \times \alpha \times \Delta t}{l_0} = E \times S \times \alpha \times \Delta t$$

$$F = 195000 \times 125 \times (12 \times 10^{-6}) \times (50 - 12,5)$$

$$F = 10\,968\,N = 11,0\,kN$$

Celková síla předepnutí nesmí přesáhnout hodnotu 46,1 kN, avšak je nutné ponechat minimální „rezervu“ pro dodatečné napětí od zkrácení lana o velikosti 11,0 kN, tudíž předepnutí nesmí přesáhnout 35,1 kN.

Pro předepnutí byla navržena síla $F_p = 30,0\,kN$.

Ověření únosnosti ocelového lana:

Dále je třeba ověřit únosnost jednoho lana, aby nedošlo k jeho porušení vlivem přetížení [19].

$$N_{Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_M}$$

$$N_{Rd} = \frac{125 \times 1,770}{1,0}$$

$$N_{Rd} = 93\,kN$$

Posouzení únosnosti lana vůči navržené síle předepnutí

$$N_{Rd} = 93\,kN \geq F_p = 30\,kN \quad \text{vyhovuje}$$



Pro realizaci spínání objektu ocelovými táhly je nutné zhotovit drážky do zdiva o rozměrech 60 x 60 mm. Drážky budou vyfrézovány z obou stran nosných stěn. Do těchto drážek se uloží ocelová šestipramenná lana opláštěná PVC. Spínací lana v sousedních stěnách budou převýšena cca o 50 mm, aby bylo zajištěno křížení lan bez nutných ohýbání těchto lan. V místě změny směru vedení spínacích lan budou tyto lana osazena v trubkách, které budou zajištěny proti posunu ze své polohy. Tyto trubky mají funkci deviátorů napětí. V místě kotevních desek, do kterých budou lana kotvena, bude vyfrézovaná kapsa větší o 20 mm, než je rozměr desky. Podklad pod deskou bude vyrovnán cementovou maltou [20]. Kotevní desky budou ve tvaru U, aby byla dodržena minimální plocha kotevních desek a zároveň tyto desky nepřesahovaly přes okraj stěny.

Po osazení spínacích lan budou drážky vyplněny jemnozrnným betonem o pevnosti C30/37. Kotevní desky budou zakryty cementovou maltou a omítkou.

Schéma sepnutí objektu ocelovými lany je řešeno ve výkresech 3.5 a 3.6.

Pro estetické opravy trhlin bude nutné tyto trhliny zbavit nečistot, přebytečných kusů odpadlého zdiva, mastnot a prachu. Trhliny do šířky 1 mm budou sanovány pomocí epoxidové pryskyřice bez plnidel, která se do trhlin vhání tlakovou pistolí. Trhliny širší než 1 mm budou injektovány epoxidovou pryskyřicí s přidaným plnidlem (např. křemitou moučkou) [10].

5.3. Sanace konstrukce krovu a střešního pláště

Pro rekonstrukci krovu bude nejprve nutné sejmout poškozenou krytinu, odstranit laťování. Následně bude přistoupeno k opravě jednotlivých poškozených prvků.

Při předběžném průzkumu podkroví byly zjištěny určité závady, avšak v podkroví byl velice složitý přístup k jednotlivým prvkům, a proto je možné, že skutečné poškození konstrukce krovu bude většího rozsahu, než je uváděno níže.

Ve vazbě č. 1 budou provedeny opravy v největším rozsahu. Bude nutné vyměnit degradovaný zdvojený hambalek, pravděpodobně také vrcholovou vaznici z důvodu zatékání vody porušeným hřebenem střešního pláště, na pravé straně dojde k výměně námětku. Částečně bude nutné nahradit krokev, vazný trám a obě pozednice. Tyto nové části budou řešeny formou tzv. protéz a budou



s novými prvky spojeny plátováním (v případě prvků namáhaných ohybem šikmým plátováním). Spoj nové a stávající části bude zajištěn svorníky.

U vazby č. 2 bude na pravé straně vyměněn námětek, část krokve, vazného trámu a pozednic.

Mezi vazbami č. 1 až č. 4 bude vyměněna nejvýše umístěná mezilehlá vaznice, jelikož je nyní zcela přerušena.

Pro výměnu částí poškozených prvků, či prvků celých, bude nutné zajistit statický návrh dočasného podepření, aby byla zajištěna stabilita vazeb.

Schéma poškozených prvků určených k výměně je řešeno na výkresu č. 3.6 a 3.7.

5.4. Sanace ostatních konstrukcí

Sanace schodiště v exteriéru

V případě exteriérového schodiště jsou sanační práce velice snadné. Po odstranění kamenných stupňů bude třeba upravit a zhutnit zeminu pod stupni, následně provést a také zhutnit vrstvu šterku a kamenného prachu, do které budou stupně navraceny.

Schodiště v jižní věži

Pro rekonstrukci schodiště by bylo vhodné postupné rozebrání konstrukce a restaurování jednotlivých stupňů. Nejprve by bylo nutné zhodnotit aktuální stav dřeva, zjištěním, zda není napadeno dřevokaznými organismy. Před demontáží stupňů je důležité jejich označení, jelikož v průběhu let došlo k různým tvarovým deformacím a jednotlivé stupně na sebe přesně navazují. Pokud by došlo k záměně vzájemné polohy stupňů, nemusely by na sebe dokonale dosedat. Následné restaurační práce by zahrnovaly očištění, přebroušení a impregnování dřeva proti škůdcům a vnikání vlhkosti. Opravit by bylo nutno především obvodovou stěnu, aby byla opět schopná tvořit plnou podporu pro stupně do této stěny uložené.



Schodiště v mezipatře krovu

Vzhledem ke špatnému stavu přichází v úvahu montáž nového schodiště. Vhodné by bylo zvážení montáže zábradlí tohoto schodiště pro zvýšení bezpečnosti osob, které se zde budou pohybovat.

Sanace výplní otvorů

Okna

V případě oken bude třeba zhodnotit stav jejich dřevěných ráků. Vzhledem k faktu, že do některých oken zatéká voda lze předpokládat degradaci těchto ráků hnilobou či plísněmi. Dle bližšího hodnocení stavu bude nutné stávající ráky zbavit nečistot a opatřit ochrannými nátěry, nebo pokud to bude nutné, vyrobit přesné repliky původních. Železné pásy oken jsou poškozeny rží. Tu bude třeba očistit a tyto pásy opět opatřit ochrannými nátěry v barvě, která se nejvíce přiblíží původnímu vzhledu. Skleněné tabulky mnohdy chybí, nebo jsou poškozené. Tyto bude třeba nahradit novými a u stávajících výplní bude třeba zkontrolovat jejich usazení.

Dveře

Dveře v objektu nevykazují viditelná poškození. Pro zachování jejich dobrého stavu bude tyto dveře nutné očistit a opatřit nátěry, které dřevo ochrání před nežádoucími vlivy.



6. Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá stavebně technickým průzkumem barokního kostela sv. Havla ve Štolmíři, zhodnocením aktuálního stavu jednotlivých konstrukcí, popisem a určením příčin vzniklých poruch a návrhem nutných sanačních opatření.

V rámci průzkumu byla zmapována historie objektu, o které není známo mnoho. Dále byly popsány jednotlivé konstrukce z hlediska jejich tvaru a materiálového řešení. Také byla vytvořena výkresová dokumentace autorem práce, jelikož nebyla k dispozici.

Z provedeného stavebně technického průzkumu bylo zjištěno, že kostel je ve velmi špatném stavu. Budova vykazuje poruchy spojené především se zvýšenou vlhkostí konstrukcí. Zdrojem zvýšené vlhkosti v kostele je především srážková voda, která zatéká poškozeným střešním pláštěm do konstrukcí. Dalším významným zdrojem je vlhkost vztlínající. Proto byl uskutečněn vlhkostní průzkum, kdy byla vlhkost svislých nosných konstrukcí stanovena pomocí dvou metod. Prvním způsobem bylo měření in situ pomocí kapacitního vlhkoměru a druhým způsobem byla gravimetrická metoda, provedená na odebraných vzorcích v laboratoři Fakulty stavební, ČVUT. Obě metody potvrdily, že konstrukce kostela opravdu obsahují vysokou hmotnostní vlhkost.

V rámci návrhu sanačních opatření byla navržena taková opatření, která tyto zdroje vlhkosti odstraňují, nebo alespoň omezují a respektují památkovou hodnotu stavby.

S poruchami způsobené zvýšenou vlhkostí souvisí poruchy konstrukce krovu a střešního pláště. Proto byly určeny nejvíce porušené prvky, které bude třeba nahradit částečně, či úplně celé.

Dalším problémem, který objekt vykazuje, jsou trhliny ve svislých a vodorovných nosných konstrukcích. Tyto trhliny byly analyzovány a byly určeny příčiny jejich vzniku. Dle vzhledu trhlin bylo předpokládáno, že již nejsou aktivní a tomu byl přizpůsoben návrh sanačního opatření. Navrženo bylo sepnutí objektu ocelovými lany. Pokud by se znovu aktivovaly pohyby, které způsobily nejzávažnější trhliny, toto sepnutí zvýší prostorovou tuhost objektu, čímž zamezí dalšímu rozvoji trhlin.



Všechna navržená opatření bude třeba konzultovat s Národním památkovým ústavem.

Současně byla v závěru práce popsána možná řešení rekonstrukce druhotných konstrukcí, které však jisté poruchy vykazují také. Jedná se především o vertikální komunikace a výplně otvorů.



7. Seznam obrázků

Obr. 1: Poloha obce Štolmíř [2]	6
Obr. 2: Letecký pohled na kostel [3]	6
Obr. 3: Nivelační údaje [4]	7
Obr. 4: Umístění nivelačního bodu	8
Obr. 5: Nivelační bod s informační destičkou	8
Obr. 6: Pohled na západní průčelí	10
Obr. 7: Pohled na jižní stranu [7]	10
Obr. 8: Skica půdorysu [7]	11
Obr. 9: Geologie podloží [9]	12
Obr. 10: Detail skladby zdiva u vstupu	13
Obr. 11: Detail nároží a soklu budovy	13
Obr. 12: Pohled na klenby vstupu a nad kruchtou	14
Obr. 13: Luneta nad dveřmi ke schodišti	14
Obr. 14: Kupole hlavní lodi	14
Obr. 15: Kupole presbytáře	14
Obr. 16: Valená klenba nad vstupem do podkroví	15
Obr. 17: Valené klenby v mezipatře podkroví	15
Obr. 18: Schodiště v západním průčelí	16
Obr. 19: Detail schodiště v západním průčelí	16
Obr. 20: Vřetenové schodiště	16
Obr. 21: Žebříkové schodiště mezipatra podkroví	16
Obr. 22: Podlaha presbytáře a střední části hlavní lodi	17
Obr. 23: Podlaha lodi a mimo střední pruh	17
Obr. 24: Podlaha na kůru	17
Obr. 25: Podepření vazných trámů	18
Obr. 26: Schéma 4. vazby krovu	18
Obr. 27: Ukázka krokví s námětky	19
Obr. 28: Ukázka prvků opřených do vnitřní pozednice	19
Obr. 29: Přeplátování ondřejského kříže a věšadla	19
Obr. 30: Zajištění přeplátování dubovým kolíkem	19
Obr. 31: Vazba nad kupolí hlavní lodi - věšadlo	20
Obr. 32: Okno nad vstupem	21
Obr. 33: Okno do podkroví	21
Obr. 34: Okno v sakristii	21
Obr. 35: Okno hlavní lodi	22
Obr. 36: Horní okno presbytáře	22
Obr. 37: Spodní okno kaple	22
Obr. 38: Vsrupní dveře – detail	22
Obr. 39: Pohled na vstupní dveře [11]	22
Obr. 40: Pohled na interiérovou úpravu povrchů	24
Obr. 41: Sokl interiéru stavby	24
Obr. 42: Přístroj Greisinger GFTH 95	24
Obr. 43: Přístroj Greisinger GMK 100	24
Obr. 44: Schéma míst měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu	25
Obr. 45: Schéma míst měření vlhkosti	27
Obr. 46: Schéma míst odběru vzorků	31
Obr. 47: Odebrané vzorky v hliníkových miskách	31
Obr. 48: Digitální váha	31
Obr. 49: Výluhy v Erlenmeyerových baňkách	34
Obr. 50: Vzorek v ultrazvukové lázni	34
Obr. 51: Vlhkostní mapy v západním průčelí	37
Obr. 52: Poškozená omítka v hlavní lodi	37
Obr. 53: Větrná růžice pro obec Štolmíř [16]	38
Obr. 54: Poškozená omítka na severní straně	38
Obr. 55: Pohled na okraj střechy bez okapů	38
Obr. 56: Porušený zdvojený hambalek v první vazbě	39
Obr. 57: Chybějící výplň střešního okna a porušené prvky v tomto místě	39
Obr. 58: Přerušená vaznice mezi první a druhou vazbou	40



Obr. 59: Zatékající voda oknem presbytáře	40
Obr. 60: Porušení stropu kaple	40
Obr. 61: Porušená římsa v místě okna nad kaplí	40
Obr. 62: Trhlina v hlavní lodi v severní stěně	41
Obr. 63: Trhlina v hlavní lodi v jižní stěně	41
Obr. 64: Poškození kopule hlavní lodi 1	45
Obr. 65: Poškození kopule hlavní lodi 2	45

8. Seznam tabulek

Tab. 1: Hodnocení vlhkosti vzduchu vnitřního prostředí [13].....	25
Tab. 2: Naměřené hodnoty teploty a relativní vlhkosti vzduchu v interiéru.....	26
Tab. 3: Hodnocení vlhkosti stavebních materiálů [13]	28
Tab. 4: Hodnoty hmotnostní vlhkosti zdiva w_k naměřené v exteriéru	28
Tab. 5: Hodnoty hmotnostní vlhkosti zdiva w_k naměřené v interiéru.....	29
Tab. 6: Vyhodnocení vlhkosti vzorků určené gravimetrickou metodou.....	32
Tab. 7: Obsah vodorozpustných solí ve zdivu.....	35
Tab. 8: B.1 - Salinita zdiva [13].....	35
Tab. 9: Tabulka trhlin	42
Tab. 10: Tabulka trhlin	43
Tab. 11: Tabulka trhlin	44

9. Seznam použitého software

Při zpracovávání této bakalářské práce byl využit následující software:

Autodesk AutoCAD 2017 – Educational license

Microsoft Word 2013

Microsoft Excel 2013

Adobe Acrobat Reader DC



10. Seznam použité literatury

- [1] *Katastr nemovitostí a katastrální mapa* [online]. [cit. 2018-04-02].
Dostupné z:
http://www.ikatastr.cz/ikatastr.htm#zoom=19&lat=50.08547&lon=14.84289&layers_3=B00000FFTF&ilat=50.085372&ilon=14.842949
- [2] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z:
<https://mapy.cz/zakladni?x=14.5512917&y=50.1250351&z=10&source=ward&id=1461>
- [3] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z:
<https://mapy.cz/letecka?x=14.8424098&y=50.0853641&z=19&l=0&source=base&id=1891258>
- [4] *Databáze bodových polí: Odbor geodetických základů* [online]. [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: http://bodovapole.cuzk.cz/_info.aspx
- [5] *Štoltmír – Kolínsko – Cesty a památky* [online]. [cit. 2018-04-08].
Dostupné z: <http://www.cestyapamatky.cz/kolinsko/stolmir>
- [6] *Římskokatolická farnost Český Brod: Historie Kostela sv. Havla* [online]. [cit. 2018-04-06]. Dostupné z:
http://www.farnostcbrod.cz/?page_id=1303
- [7] *Štoltmír – kostel sv. Havla – Kolínsko – Cesty a památky* [online]. [cit. 2018-04-06]. Dostupné z:
<http://www.cestyapamatky.cz/kolinsko/stolmir/kostel-sv-havla>
- [8] *Památkový katalog - 1000134281 - kostel sv. Havla* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z:
<http://pamatkovykatalog.cz/?element=2147498&sequence=3&mode=fulltext&keywords=kostel+sv.+havla@ion%5B0%5D=St%C5%99edo%C4%8Desk%C3%BD+kraj&county%5B0%5D=Kol%C3%ADn&order=relevance%3Adesc&action=element&presenter=ElementsResults>
- [9] *Geologická mapa 1 : 25 000* [online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z:
http://mapy.geology.cz/geocr_25/
- [10] WITZANY, Jiří. *PDR - poruchy, degradace a rekonstrukce*. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN ISBN978-80-01-04488-9.
- [11] *Zapomenuté skvosty 1: Štoltmír - kostel sv. Havla | Žijeme naplno* [online]. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z:
<http://www.zijemenaplno.cz/Clanky/a219-Zapomenute-skvosty-1-Stolmir-kostel-sv-Havla.aspx>



- [12] *Digitální vlhkoměr a teploměr GFTH 95* | Fonetip.cz [online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: https://www.fonetip.cz/digitalni-vlhkomer-a-teplomer-gfth-95-p33324?gclid=CjwKCAjwrqnYBRB-EiwAthnBFvYBp4m_z-1heY-JHJseBgD1HeoesXP1GJYLYyCtRI-3Et7GloLn0hoCEfYQAvD_BwE
- [13] *ČSN P 73 0610: Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení*. Český normalizační institut, 2000.
- [14] *Měřič vlhkosti dřeva a stavebních materiálů Greisinger GMK 100* | Fonetip.cz [online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://www.fonetip.cz/meric-vlhkosti-dreva-a-stavebnich-materialu-greisinger-gmk-100-p33421>
- [15] BALÍK, Michael. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2693-9.
- [16] *Meteoblue: Podnebí Štoltmír* [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/p%C5%99edpov%C4%9B%C4%8F/modelclimate/%C5%A0tolm%C3%AD%C5%99_%C4%8Cesko_3065100
- [17] KOŠATKA, Pavel, Karel LORENZ a Jitka VAŠKOVÁ. *Zděné konstrukce 1*. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 978-80-1034-637.
- [18] MICHALEC, Jiří. *Pružnost a pevnost I*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04224-3.
- [19] STUDNIČKA, Jiří. *Navrhování nosných konstrukcí*. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 978-80-01-05490-1.
- [20] *Statické zajištění objektů a spínání stavebních konstrukcí* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://staticke-zajisteni.cz/technologie/>



Další využití zdroje

LIPANSKÁ, Eduarda. *Historické klenby*. Praha: EI Conzult, 1998. ISBN 80-902-0761-8.

VINAŘ, Jan, Václav KUFNER a Ivana HOROVÁ. *Historické krovy*. Praha: EI Conzult, 1995. Rekonstrukce. ISBN 80-902-0760-X.

VINAŘ, Jan a Václav KUFNER. *Historické krovy*. Praha: Grada, 2004. Stavitel. ISBN 80-716-9575-0.

VINAŘ, Jan. *Historické krovy*. Praha: Grada, 2005. Stavitel. ISBN 80-247-1111-7.

KOŠATKA, Pavel. *Příklady navrhování zděných konstrukcí 1*. V Praze: České vysoké učení technické, 2008. ISBN 978-80-01-04210-6.



11. Přílohy – technické listy

vlhkoměr / teploměr

**GFTH 95**obj. č. 600245
vlhkoměr / teploměr**Použití:**

Rychlé měření vzdušné vlhkosti a teploty např. v místnostech s výpočetní technikou, muzeích, galeriích, kostelech, kancelářích, obytných místnostech, výrobních prostorech, skladech, sklenicích, výrobních halách, v chladírenské a klimatizační technice apod.

Technické údaje:**Měřicí rozsahy:**

°C: -20,0 ... +70,0 °C

% RV: 10 ... 95 % RV (doporučený rozsah: 30 ... 80 %)

Rozlišení: 0,1 °C popř. 0,1 % RV

Přesnost (±1 číslice) (při jmenovité teplotě = 25 °C):

teplota: ±0,5 % z MH ±0,1 °C

vlhkost: ±3 % RV (v rozsahu 30 ... 80 %)

Měřicí senzory:

teplota: Pt1000

vlhkost: kapacitní polymerový senzor vlhkosti

Rychlost odezvy: $T_{90} = 15$ s

Displej: 3½-místný, 13 mm vysoký

Ovládání: posuvný přepínač pro volbu měřené veličiny

Jmenovitá teplota: 25 °C

Provozní podmínky:

elektronika: -20 ... 70 °C; 0 ... 80 % RV (nekondenzující)

senzory: -20 ... 70 °C; 0 ... 100 % RV

Napájení: baterie 9 V

Životnost baterie: ~ 3000 h

Pouzdro: z nárazuvzdorného plastu ABS

Rozměry: ~ 106 x 67 x 30 mm (v x š x h), senzorová trubka 35 mm dlouhá, Ø 14 mm, celková délka včetně senzorové trubky 141 mm

Hmotnost: ~ 135 g včetně baterie

Rozsah dodávky: přístroj, baterie, návod k obsluze

Příslušenství:**GKK 252**obj. č. 601056
transportní kufr (235 x 185 x 48 mm) s univerzální pěnovou vložkou**ISO-WPF4**obj. č. 602543
kalibrační protokol ISO pro ISO 9000 ff (viz strana 7)

vlhkoměr / teploměr s výpočtem rosného bodu

**GFTH 200**obj. č. 600249
vlhkoměr / teploměr**Všeobecně:**

Díky extrémně nízkému odběru proudu a integrované paměti pro min. / max. hodnoty je přístroj GFTH 200 vhodný pro dlouhodobé sledování a kontrolu hodnot teploty, relativní vlhkosti a rosného bodu.

Technické údaje:**Měřicí rozsahy:**

teplota: -25,0 ... +70,0 °C; -13,0 ... +158,0 °F

% RV: 0,0 ... 100,0 % RV (doporučený rozsah: 11 ... 90 % RV)

Td (rosný bod): -40,0 ... +70,0 °C popř. -40,0 ... +158,0 °F

Rozlišení: 0,1 % RV; 0,1 °C popř. 0,1 °F

Přesnost (±1 číslice) (při jmenovité teplotě = 25 °C):

teplota (interní): ±0,5 % z MH ±0,1 °C

teplota (externí): 0,1 °C (přístroj) + přesnost snímače

vlhkost: ±2,5 % RV (v rozsahu 11 až 90 %)

Měřicí senzory:

teplota: Pt1000

vlhkost: kapacitní polymerový senzor vlhkosti

Rychlost odezvy: $T_{90} = 10$ s

Připojení externího snímače: konektor Jack Ø 3,5 mm pro snímač Pt1000 (vhodné snímače na str. 13)

Displej: 3½-místný, 13 mm vysoký

Ovládací prvky: 3 fóliová tlačítka pro zapnutí a vypnutí, vyvolání min./max. hodnot, funkci Hold, posuvný přepínač na straně přístroje pro volbu měřené veličiny

Jmenovitá teplota: 25 °C

Provozní podmínky:

elektronika: -25 ... 70 °C; 0 ... 80 % RV (nekondenzující)

senzory: -25 ... 70 °C; 0 ... 100 % RV

Napájení: baterie 9 V

Životnost baterie: > 2 roky při 1 měření / minutu ~ 120 dnů při 1 měření / sekundu (režim FAST)

Pouzdro: z nárazuvzdorného plastu ABS

Rozměry: ~ 106 x 67 x 30 mm (v x š x h), senzorová trubka 35 mm dlouhá, Ø 14 mm, celková délka včetně senzorové trubky 141 mm

Hmotnost: ~ 135 g včetně baterie

Rozsah dodávky: přístroj, baterie, návod k obsluze

VÝHODY:

- možnost připojení externího snímače teploty Pt1000
- měření vlhkosti, teploty a rosného bodu v jednom přístroji

Příslušenství:**GOF 175 Mini**obj. č. 600436
teplotní snímač pro měření povrchové teploty (viz strana 14)**další snímače teploty**

viz strana 14

GKK 252obj. č. 601056
transportní kufr (235 x 185 x 48 mm) s univerzální pěnovou vložkou**ISO-WPF4**obj. č. 602543
kalibrační protokol ISO pro ISO 9000 ff (viz strana 7)

kompletní nabídka

GFTH 200-WPF4obj. č. 602678
kompletní nabídka s ISO-WPF4 (~20 % / ~40 % / ~60 % / ~80 % RV stoupající a klesající) a kufrem GKK 252

**JEDNODUCHÁ
DETEKCE
TEPELNÝCH MOSTŮ**

GFTH 200 SETobj. č. 600285
měřicí set (včetně bezkontaktního teploměru GIM 530 MS a transportního kufru GKK 3000)**Všeobecně:**

GFTH 200 SET obsahuje navíc bezkontaktní teploměr, který lze použít k jednoduchému vyhledání problémových oblastí např. na stěnách, které jsou náchylné k napadení plísními. S pomocí laserového zaměřovacího paprsku lze měřenou plochu ve velice krátkém čase zkontrolovat. Při nižších hodnotách než je kritická hodnota rosného bodu, při které dojde ke kondenzaci vlhkosti na stěně, začne přístroj GIM 530 MS vydávat varovný akustický signál.

výhody GFTH 200 SET:

- laserový paprsek pro zaměření i na nepřístupných místech
- akustický tón při překročení hodnot rosného bodu
- rychlé určení problémových oblastí náchylných k výskytu plísní

Rozsah dodávky: GFTH 200, GIM 530 MS, baterie, GKK 3000, návod k obsluzeGIM 530 MS:
technické údaje bezkontaktního teploměru naleznete na straně 29

měřič vlhkosti dřeva a stavebních materiálů



Výhody:

- zobrazení vlhkosti v procentech
- akustické / vizuální hodnocení stavu vlhkosti
- 18 charakteristik pro dřevo / stavební materiály
- 2 volitelné hloubky měření pro dřevo a stavební materiály

GMK 100

obj. č. 600105

měřič materiálové vlhkosti dřeva a stavebních materiálů

Všeobecně:

Přístroj GMK 100 je měřicí přístroj pracující na kapacitním principu s přímým zobrazením vlhkosti v procentech. Díky tomu je optimálním přístrojem pro řemeslníky i pro domácí použití. Podle způsobu použití může být zobrazena měřená hodnota materiálové vlhkosti u (vztaženo k suché hmotě) nebo obsah vody w (vztaženo k celkové mokré hmotě). Měření se provádí pomocí měřicí destičky na zadní straně přístroje. Přepínačem umístěným na boční straně přístroje lze měnit hloubku měření. Díky měření v odlišných hloubkách je možné např. zjistit, zda materiál je již suchý nebo se jedná o povrchovou vlhkost.

Použití:

Měření a vyhodnocení vlhkosti dřeva, betonu, potěrů, omítek atd.

Technické údaje:

Displej:	2 displeje: charakteristika a měřená hodnota v % materiálové vlhkosti nebo v % obsahu vody, podsvícení displeje
Hodnocení stavu vlhkosti:	
vizuální:	hodnocení stavu vlhkosti v 6 krocích od WET (= mokrý) do DRY (= suchý)
akustické:	signální tón
Hloubky měření:	10 mm a 25 mm
Charakteristiky:	18 charakteristik pro dřevo (rozsáhlý seznam různých druhů dřevin) a běžné stavební materiály; navíc referenční charakteristika (rEF) pro relativní měření s vysokým rozlišením
Pracovní teplota:	-25 ... +50 °C (měřený materiál nesmí být zmrzlý)
Skladovací teplota:	-25 ... +70 °C
Napájení:	baterie 9 V
Životnost baterie:	max. 2000 h bez podsvícení displeje
odběr podsvícení:	~ 2,5 mA (Auto-Off)
Pouzdro:	nárazuvzdorný plast ABS, fóliová klávesnice, čelní strana krytí IP65
Rozměry:	~ 106 x 67 x 30 mm (v x š x h)
Hmotnost:	~ 145 g (včetně baterie)
Rozsah dodávky:	přístroj, baterie, návod k obsluze

Příslušenství:

PW 25

obj. č. 601368

zkušební kostka pro kontrolu přesnosti přístroje

měřič materiálové vlhkosti pro karavany a lodě



Výhody

- zobrazení vlhkosti v procentech
- akustické / vizuální hodnocení stavu vlhkosti
- 14 charakteristik pro dřevo / sklolaminát
- 2 volitelné hloubky měření pro karavany a lodě
- režim hledání pro rychlé nalezení míst zasažených vlhkostí

GMK 210

obj. č. 600107

měřič materiálové vlhkosti pro karavany a lodě

Všeobecně:

Přístroj GMK 210 je měřicí přístroj pracující na kapacitním principu s přímým zobrazením vlhkosti v procentech. Díky tomu je optimálním přístrojem pro kontrolu obytných přívěsů, obytných automobilů a lodí. Podle způsobu použití může být zobrazena měřená hodnota materiálové vlhkosti u (vztaženo k suché hmotě) nebo obsah vody w (vztaženo k celkové mokré hmotě). Měření se provádí pomocí měřicí destičky na zadní straně přístroje. Přepínačem umístěným na boční straně přístroje lze měnit hloubku měření. Díky měření v odlišných hloubkách je možné např. zjistit, zda materiál je již suchý nebo se jedná o povrchovou vlhkost.

Použití:

Měření a vyhodnocení vlhkosti dřeva, sklolaminátu a polystyrenu.

Technické údaje:

Displej:	2 displeje: charakteristika a měřená hodnota v % materiálové vlhkosti nebo v % obsahu vody, podsvícení displeje
Hodnocení stavu vlhkosti:	
vizuální:	hodnocení stavu vlhkosti v 6 krocích od WET (= mokrý) do DRY (= suchý)
akustické:	signální tón
Hloubky měření:	10 mm a 25 mm
Charakteristiky:	14 charakteristik pro dřevo (rozsáhlý seznam různých druhů dřevin), sklolaminát a izolační materiál (polystyren); navíc referenční charakteristika (rEF) pro relativní měření s vysokým rozlišením
Pracovní teplota:	-25 ... +50 °C (měřený materiál nesmí být zmrzlý)
Skladovací teplota:	-25 ... +70 °C
Napájení:	baterie 9 V
odběr měření:	~ 0,2 mA
odběr podsvícení:	~ 2,5 mA (Auto-Off)
Funkce:	signalizace slabé baterie, funkce Auto-Off, Hold
Pouzdro:	nárazuvzdorný plast ABS, fóliová klávesnice, čelní strana krytí IP65
Rozměry:	~ 106 x 67 x 30 mm (v x š x h)
Rozsah dodávky:	přístroj, baterie, návod k obsluze

Příslušenství:

PW 25

obj. č. 601368

zkušební kostka pro kontrolu přesnosti přístroje

Spectroquant® Pharo 100

For all routine measurements as well as individual use in the VIS range

- Wavelength spectrum from 320 to 1,100 nm
- Barcode reading system for test kits
- AQA support and documentation
- Universal applications

Spectroquant® Spectrophotometer Pharo 100		Ord. No. 1.00706.0001
Spectrophotometer with plug-in power supply, backlit graphic display		
Wavelength range	320 - 1,100 nm	
Technology	Stabilized single-beam	
Source lamp	Tungsten halogen lamp	
Measuring modes	Concentration, absorbance, transmission, multi wavelengths, scans and kinetics in absorbance or transmission mode	
Spectral bandwidth	4 nm	
Wavelength resolution	1 nm	
Wavelength accuracy	±1 nm	
Photometric range	±3.3 A	
Absorbance resolution	0.001 A	
Absorbance accuracy	0.003 A bei <0.600 A; 0.5 % of the reading for 0.600 ≤ A ≤ 2,000	
Scan	Scans in 1 nm increments with free selectable wavelength range	
Cells	16 mm round, 10, 20, 50 mm rectangular with automatic cell size recognition	
Test recognition	Autom. bar-code reading system for all Spectroquant® cell and reagent tests	
Method update	via Internet / PC or via USB stick	
Instrument-supported quality assurance	AQA 1: Instrument check using PhotoCheck and/or Certipur® UV/VIS standards AQA 2: System check using CombiCheck resp. Certipur® standards AQA 3: Testing samples for interferences by means of the MatrixCheck function	
Communication interfaces	1 USB-A, 1 USB-B, 1 RS 232	
Data storage	1000 single measured values; 4 MB for scans and kinetics, i.e. approx. 100 scans (300 - 900 nm) and 400 kinetic curves with 150 single values each	
Languages	German, English, Spanish, French, Italian, Brazilian-Portuguese, Bulgarian, Chinese (simplified), Chinese (traditional), Czech, Greek, Hungarian (Magyar), Indonesian, Japanese, Malay, Mazedonian, Norwegian, Polish, Portuguese (see Brazilian-Portuguese), Russian, Slovenian, Thai*	
Methods and profiles	Programmed methods of all Spectroquant® cell and reagent tests, 100 userdefined methods, 20 profiles for kinetic and absorption scans each	
Protection class	IP 30	
Power supply	Country specific power supply, length of the connection cable: 2.0 m	
Power requirements	100 - 240 V ~ / 50 - 60 Hz / 0.70 A	
Temperature	Operating: +10°C to +35°C, Storage: -25°C to +65°C	
Allowable relative humidity	Annual mean: ≤75 %; 30 days / year: 95 %; other days: 85 %	
Dimensions	404 x 197 x 314 mm (width x height x depth)	
Weight	approx. 4.5 kg (without plug-in power supply)	



*please contact your Merck Millipore representative for availability of additional languages