

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra konstrukcí pozemních staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Stavebně technický průzkum a návrh sanačních opatření kostela
Navštívení Panny Marie v Letově

Technical survey and Design of remedation methods of the
Visitation of Virgin Mary Church

Vedoucí práce: Ing. Aneta Libecajtová, Ph.D.

Student: Michal Fencel

Obor: Konstrukce pozemních staveb

Praha 2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Fencel Jméno: Michal Osobní číslo: 484485
 Zadávající katedra: Katedra konstrukcí pozemních staveb
 Studijní program: Stavební inženýrství
 Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Stavebně technický průzkum a návrh sanačních opatření kostela Navštívení Panny Marie v Letově

Název bakalářské práce anglicky: Technical Survey and Design of Remedation Methods of the Visitation of Virgin Mary Church

Pokyny pro vypracování:

provedení stavebně technického průzkumu objektu,
 pořízení fotodokumentace stávajícího stavu,
 zpracování schematické výkresové dokumentace stávajícího stavu se zakreslením zjištěných vad a poruch,
 laboratorní průzkum vlhkosti a chemismu,
 analýza možných příčin zjištěných poruch,
 statické posouzení vybraných konstrukcí,
 zhodnocení možných sanačních metod a návrh řešení vybraných poruch.

Seznam doporučené literatury:

Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí, Pume, Čermák a kol.
 Poruchy, degradace, rekonstrukce - skriptum - Jiří Witzany a kol.
 Poruchy a rekonstrukce zděných staveb - Jaroslav Solář
 Odvlhčování staveb, Michael Balík a kolektiv
 Historické krovy - konstrukce a statika, Jan Vinař, Václav Kufner

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Aneta Libecajtová, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 15.02.2022

Termín odevzdání BP v IS KOS: 15.05.2022
 Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

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 na téma „Stavebně technický průzkum a návrh sanačních opatření kostela Navštívení Panny Marie v Letově“ vypracoval samostatně, za odborného vedení vedoucí práce Ing. Anety Libecajtové, Ph.D. Všechnu použitou literaturu a materiály jsem uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Praze dne.....

.....

Michal Fencel

Poděkování

V první řadě patří mé velké díky mé vedoucí práce Ing. Anetě Libecajtové, Ph.D. za cenné rady, připomínky, věnovaný čas a pomoc při vypracování této práce. Dále děkuji paní Ivaně Loušové za pomoc při zpracování laboratorního průzkumu a paní Mgr. Janě Chadimové, člence spolku Pro kostely, z.s. za možnost zpracovávat bakalářskou práci právě na tento objekt. Děkuji také celé své rodině, přátelům a kamarádům za neuvěřitelnou podporu během celého studia.

Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je vypracování stavebně technického průzkumu kostela Navštívení Panny Marie nacházející se v malé obci Letov. Součástí práce je dále laboratorní průzkum vlhkosti a chemismu, monitoring aktivity několika trhlin, statické posouzení vybraných prvků dle platných norem, analýza možných příčin zjištěných poruch a návrh vhodných sanačních opatření s přihlédnutím na památkovou hodnotu objektu. Práce se zabývá především řešením zvýšené vlhkosti, sanací trhlin, dřevěných prvků a dalších s tím souvisejících poruch.

Součástí práce je i zaměření a zakreslení zjednodušené dokumentace stávajícího stavu s vyznačenými poruchami a zakreslení dokumentace nového stavu se zakreslením navrhovaných stavebních úprav a sanačních opatření.

Klíčová slova

- Stavebně technický průzkum
- Památka
- Kostel
- Letov
- Poruchy
- Degradace
- Vlhkost
- Dřevo
- Opuka
- Sanace

Abstract

This bachelor thesis deals with a technical survey of the Visitation of Virgin Mary Church in Letov, including laboratory survey, monitoring of several cracks, static assessment of selected structures, analysis of possible causes of failures and degradation and design of remediation methods with respect to a historical value of the church. The thesis is mainly focused on the problems of moisture, static faults, and other related damages.

A simplified building documentation of current state (including drawing of failures and damages) based on in-situ measurement and the survey is part of the thesis. The designed remediation methods and building's repairs were also schematically drawn.

Key Words

- Technical survey
- Historical building
- Church
- Village of Letov
- Failures
- Degradation
- Moisture
- Timber
- Marlite
- Remediation

Obsah

Úvod	10
1 Stávající stav	11
1.1 Situace	11
1.2 Stručný popis objektu	12
1.3 Historie objektu	13
1.4 Památková ochrana	14
1.5 Výkresová dokumentace	15
1.6 Popis konstrukčního řešení	15
1.6.1 Základové konstrukce	15
1.6.2 Svislé nosné konstrukce	15
1.6.3 Vodorovné nosné konstrukce	17
1.6.3.1 Lod' kostela + presbytář	17
1.6.3.2 Věž	18
1.6.4 Krov	19
1.6.4.1 Lod' kostela + presbytář	19
1.6.4.2 Sakristie	21
1.6.4.3 Věž	22
1.6.5 Schodiště	23
1.6.6 Kompletační konstrukce	23
1.6.6.1 Střešní plášť	23
1.6.6.2 Výplně otvorů	24
1.6.6.3 Podlahy	25
1.6.6.4 Omítky	25
2 Popis stávajícího stavu, poruch a analýza možných příčin poruch	27
2.1 Základy	29
2.2 Svislé nosné konstrukce	29
2.2.1 Lod' kostela + presbytář	29
2.2.2 Sakristie	32
2.2.3 Věž	33
2.3 Vodorovné nosné konstrukce	34
2.3.1 Lod' kostela + presbytář	34
2.3.2 Věž	37



2.4 Krov	37
2.4.1 Lod' + presbytář	37
2.4.2 Věž	38
2.4.3 Sakristie	39
2.5 Schodiště	39
2.6 Kompletační konstrukce	40
2.6.1 Střešní plášť	40
2.6.2 Výplně otvorů	40
2.6.3 Podlahy	41
2.6.4 Omítky	42
3 Průzkumné práce	43
3.1 Monitoring trhlin	43
3.1.1 Provádění	43
3.1.2 Vyhodnocení	44
3.2 Průzkum vlhkosti a zasolení zdiva	45
3.2.1 Vlhkost	45
3.2.1.1 Provádění	45
3.2.1.1 Vlhkost – vyhodnocení	48
3.2.2 Salinita zdiva	49
3.2.2.1 Provádění	49
3.2.2.2 Vyhodnocení	50
3.2.3 Závěr vlhkosti a salinity zdiva	51
4 Statické posouzení vybraných konstrukcí	52
4.1 Dřevěný trámový strop	52
4.1.1 Posudek rákosníků nad lodí – strop S01	52
4.1.3 Posudek rákosníků nad presbytářem – strop S02	54
4.2 Vítězný oblouk	55
4.2.1 Zatížení svislým zatížením – 1. stav	57
4.2.2 Zatížení svislým a vodorovným zatížením – 2. stav	59
4.2.3 2. stav s poklesem základové spáry	61
5 Přehled sanačních metod	64



5.1 Vlhkost.....	64
5.1.1 Druhy a příčiny zvýšené vlhkosti ve stavebních konstrukcích.....	64
5.1.2 Historické způsoby ochrany zděných budov před zvýšenou vlhkostí	65
5.1.3 Sanační opatření zdiva.....	65
5.1.3.1 Přímé metody.....	66
5.1.3.2 Nepřímé metody	72
5.1.3.3 Sanační omítky	72
5.1.4 Závěr.....	73
5.2 Trhliny a sepnutí zděné konstrukce	73
5.2.1 Trhliny	73
5.2.2 Sepnutí zděné konstrukce	75
5.3 Klenby	76
5.3.1 Poruchy kleneb	76
5.3.2 Sanace poruch kleneb	77
5.4 Dřevěné prvky poškozené biologickou degradací.....	79
6 Navržená sanační opatření.....	81
6.1 Vlhkost.....	81
6.1.1 Příčiny.....	81
6.1.2 Zvolené metody	81
6.1.3 Provádění sanace	81
6.2 Trhliny a stažení objektu	83
6.2.1 Příčiny.....	83
6.2.2 Zvolené metody sanace.....	83
6.2.3 Provádění sanace	84
6.3.2.1 Vyplnění trhlin a sledování aktivity.....	84
6.2.3.2 Nové sepnutí konstrukce + stehování trhlin	84
6.3 Vítězný oblouk	87
6.3.1 Příčiny.....	87
6.3.2 Zvolená metoda sanace.....	87
6.3.3 Provádění.....	87
6.4 Sanace dřevěných prvků.....	88
6.4.1 Rákosníky	88



6.4.2 Vynášecí trám	89
6.4.3 Preventivní ochrana dřevěných prvků	89
6.5 Kompletační konstrukce	90
6.5.1 Střešní plášť	90
6.5.2 Výplně otvorů	90
6.5.3 Podlahy	90
6.5.4 Omítky	90
Závěr	92
Citovaná literatura	94
Seznam obrázků	97
Seznam tabulek	101
Seznam použitých norem	102
Seznam příloh	103

Úvod

Historické budovy jsou jedna z možností, jak doložit architektonické dědictví a stavební um našich předků. Mezi historické budovy patří i sakrální stavby, které obvykle tvoří dominantu obce či města. Bohužel, v okolí Podbořan – v místě mého bydliště a oblasti bývalých Sudet – se nachází řada kostelů ve velmi špatném, či dokonce havarijním technickém stavu, lze zmínit například kostely v Kryrech, Kněžicích a Příbenicích. Pokud tyto objekty podlehnou degradačním procesům a následné destrukci, přijde Podbořansko o další kus dědictví, které nepůjde nijak nahradit.

V rámci bakalářské práce se zabývám stavebně technickým průzkumem a návrhem sanačních opatření kostela Navštívení Panny Marie v malé obci Letov vedle Podbořan. Kostel je vystavěn v pozdně barokním slohu s hlavní a sanktusníkovou věží a tvoří dominantu obce, jež je vidět ze širokého okolí.

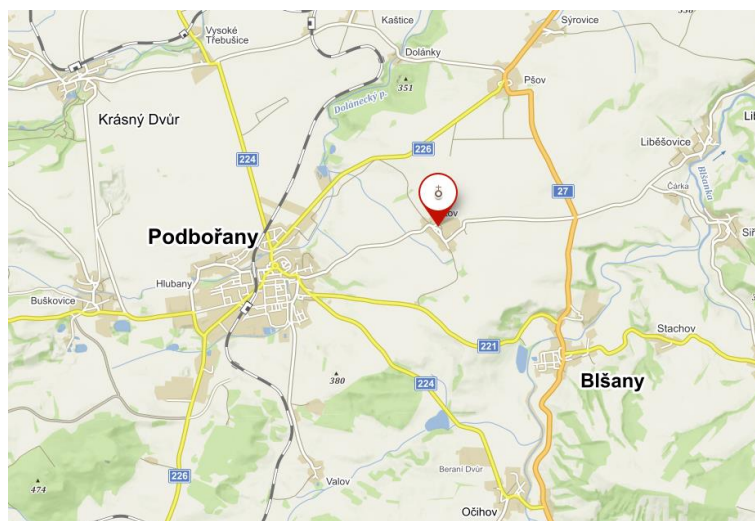
Kostel je dnes nevyužíván ke svému účelu a chátrá. Spolek Pro Kostely, z.s. vlastní kromě tohoto i několik dalších kostelů v okolí Podbořan a snaží se je zachránit a zrenovovat do takové míry, aby byly znovu využitelné pro obřady, mše apod. Důstojným příkladem je záchrana kostela v nedalekých Bušovicích, který byl dlouho v podobném stavu jako kostel v Letově.

Motivací pro zpracování této práce pro mě bylo možné přispění k záchraně kostela v Letově. Závěry bakalářské práce včetně výkresové dokumentace budou poskytnuty spolku. Cílem práce je vypracování stavebně technického průzkumu, zpracování analýzy možných příčin poruch včetně statického posouzení vybraných konstrukčních prvků a navržení vhodných sanačních opatření s respektem k památkové hodnotě objektu. Již při zběžné prohlídce objektu je patrné, že kostel je staticky narušen a je přítomna zvýšená vlhkost. Těmto problémům bude věnována největší pozornost.

1 Stávající stav

1.1 Situace

Kostel Navštívení Panny Marie se nachází v severní části obce Letov u Podbořan, v okrese Louny, na jihu Ústeckého kraje (Obr. 1 a Obr. 2). Je vystaven na mírném návrší a tvoří dominantu obce. Okolí kostela tvoří rodinné domy a bytové domy nové zástavby, v blízkosti jsou vzrostlé stromy, na západní straně je vyschlá vodní plocha a na jihozápadní straně je opravená empírová pohřební kaple z roku 1817 (1) (2). Návrší je mírně svažité od severovýchodu k jihozápadu.



Obr. 1 Obec Letov na Podbořansku (3)



 Kostel Navštívení Panny Marie

Obr. 2 Situace umístění kostela v obci (4)

1.2 Stručný popis objektu

Jedná se o jednolodní neorientovanou pozdně barokní stavbu s mělkým, obdélným, trojboce zakončeným presbytářem a osově umístěnou, přistavěnou sakristií. Před hlavním průčelím stojí hranolová věž zakončená cibulí s lucernou (Obr. 3). Nad presbytářem je umístěna sanktusníková věžička, přibližně nad místem bývalého hlavního oltáře (Obr. 4). Nároží kostela jsou konkávně vybrána, střecha je sedlová (2) (5).

Orientace umístění vzhledem ke světovým stranám odpovídá snahu kostel, respektive hlavní oltář směřovat na východ, což je pro kostely typické (Obr. 5).

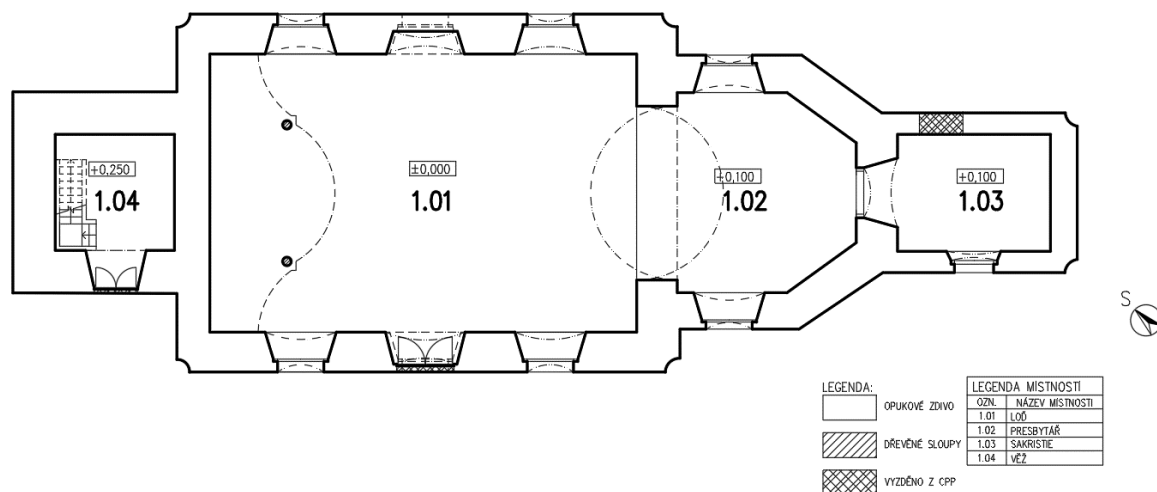
Kostel je v současné době nepřístupný vzhledem k jeho havarijnímu stavu – na objektu jsou patrné trhliny, poničená omítka (odpadlá, či poničená vandaly), výplně okenních otvorů jsou rozbité, či zcela chybí a z věže postupně padá plechová krytina. Veškeré vstupy jsou zazděny proti nepovolenému vniknutí (Obr. 6,7,8), jediný možný přístup do objektu je otevřenými okny ve výšce 3 metrů (6).



Obr. 3 Průčelí kostela od hlavní silnice



Obr. 4 Pohled z návrší



Obr. 5 Půdorys a orientace stran



Obr. 6, 7, 8 Zazdžené vstupy, zleva: sakristie, loď, věž

1.3 Historie objektu

Nejstarší dochovaná zmínka o Letově je z roku 1325, o starších dějinách není mnoho známo. V roce 1384 zde stál farní kostel na místě dnešní pohřební kaple, který ale s celou vesnicí vyhořel v roce 1636 během třicetileté války. Tehdy se zachovala pouze tři stavení. Nový kostel byl postaven v roce 1742 (7) či dle jiných zdrojů v roce 1774 (5) (6), v pozdně barokním slohu na místě vyhořelého kostela. V kostele byla zřízena hrobka, kde jsou pohřbeni příslušníci rodiny svobodných pánů z Ebenu. Jižně od kostela byla postavena v empírovém slohu pohřební kaple, v níž byly uloženy ostatky rytířů ze Schwarzenfeldu, kterým Letov po určitou dobu patřil (1) (2) (7).



Ve 20. století byl kostel postupně místními obyvateli vykrádán, především byly kradeny dřevěné prvky. Poté byly všechny vstupy do lodi, sakristie a do věže zadrženy proti nepovolenému vniknutí.

V letech 2016-2017 byla opravena střecha nad sakristií (Obr. 10), presbytářem a lodí díky dotacím Ministerstva kultury a darům od soukromých dárců (8) (9).



Obr. 9 Německá dobová pohlednice s vyobrazeným kostelem (10)



Obr. 10 Oprava krovu v roce 2016 (11)

1.4 Památková ochrana

Kostel je od roku 1958 zařazen mezi nemovité kulturní památky (12).

1.5 Výkresová dokumentace

Dle dostupných informací žádná dokumentace nebyla zachována. Pro účel této práce bylo nutné objekt zaměřit a zpracovat zjednodušenou dokumentaci stávajícího stavu.

1.6 Popis konstrukčního řešení

1.6.1 Základové konstrukce

Hloubka a způsob založení není znám. Základová konstrukce bude nejpravděpodobněji zhotovena jako pasy z kamenného zdiva na vápennou maltu. Byla vznesena žádost na památkový ústav a ústav archeologické památkové péče o možnost kopané sondy, obratem však přišla odpověď se zamítavým stanoviskem.

1.6.2 Svislé nosné konstrukce

Veškeré svislé nosné konstrukce jsou z kamene, resp. z opukových opracovaných i neopracovaných kvádrů různých rozměrů. Tloušťka všech zdí je proměnná s odchylkou cca 50 mm, stěny lodi přibližně mají 1100 mm, stěny sakristie mají šířku pouze kolem 600 mm a stěny věže mají přibližně 1200 mm. Pálené cihly jsou použity jako materiál pro překlenutí otvorů a pro oddělení soklové oblasti (Obr. 11).



Obr. 11 Odhalené opukové zdivo u soklu

Kruchta je nesena dvěma dřevěnými kulatými sloupy o průměru 240 mm s korintskou hlavicí a čtvercovou patou o hraně 250 mm.



Obr. 12 Kruchta

Soklová oblast u věže je z masivních pískovcových kvádrů pravidelných rozměrů (výška 600 mm), nad nimi je odskočeno o 70 mm zdivo z nepravidelných opukových kvádrů. Opukové stěny nesou stropní konstrukce. Stropní konstrukce věže nesou jak opukové stěny, tak i dřevěné sloupky o rozměrech 250x150 mm a 170x140 mm.

Ztužení svislých nosných konstrukcí je zajištěno pomocí ocelových táhel z páskové oceli. Nacházejí se pod stropní konstrukcí pod omítkou. Jsou viditelná jak z interiéru, tak z exteriéru (Obr. 13).

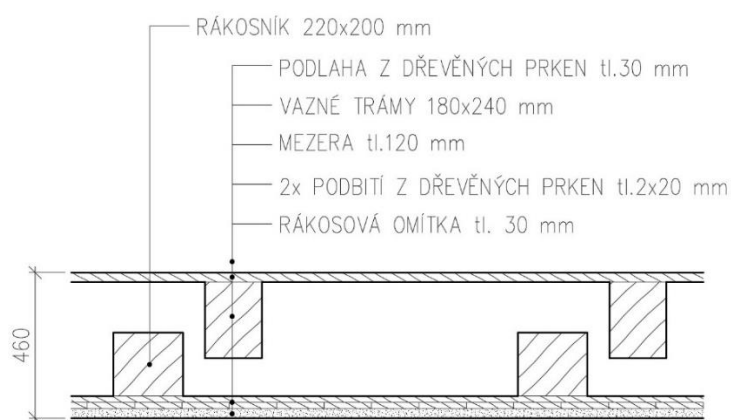


Obr. 13 Odhalené závlače táhel

1.6.3 Vodorovné nosné konstrukce

1.6.3.1 Lod' kostela + presbytář

Konstrukce stropu nad lodí kostela tvoří dřevěné trámy neboli tzv. rákosníky o rozměrech 220x200 mm o délce 8,6 m. Jsou prostě uloženy na nosné obvodové stěny lodi, tj. bez kapes, uložení je 405 mm. Jejich osová vzdálenost se pohybuje od 955 do 1260 mm. Strop nad presbytářem tvoří také rákosníky o menších rozměrech 180x180 mm o maximální délce 6,5 m, jsou také prostě uloženy na obvodové stěny presbytáře, uložení je na jedné straně 445 mm, na druhé 450 mm, osové vzdálenosti se pohybují od 650 do 1175 mm. Rákosníky lodě a presbytáře nesou podbití z dřevěných prken a rákosovou omítku (rákosové lože + omítka) (Obr. 14) a případný stavební rum z oprav (piliny, hřeby, vruty, staré tašky apod.).



Obr. 14 Řez a skladba stropní konstrukce

Zajímavostí je masivní trám o rozměrech 280x260 mm, který přibližně v polovině pole vynáší veškeré rákosníky pomocí ocelových závěsů zakončené závitem a maticí (Obr. 15). Tento trám je podepřen na koncích a je posuvně podepřen vaznými trámy.



Obr. 15 Vynesení rákosníku pomocí trnu do pomocného trámu

Oddělení lodi kostela od presbytáře zajišťuje kromě vyvýšené podlahy klenebný pas tvořící vítězný oblouk z cihel plných pálených (dále jen CPP) o vzezření 2435 mm a rozponu 4870 mm. Klenebný pas je půlkruhový. (Obr. 16)



Obr. 16 Vítězný oblouk

1.6.3.2 Věž

Stropní konstrukce ve věži je tvořena dřevěnými trámy o rozměrech 180x220 mm, které nesou nášlapnou vrstvu – dřevěná prkna. Tyto trámy jsou podepřeny na krajích pomocí kámpování na dalších dřevěných trámech ležících na obvodových stěnách věže.



Obr. 17 Stropní konstrukce věže

1.6.4 Krov

1.6.4.1 Lod' kostela + presbytář

Jedná se o podepřený hambalkový krov. Hambalky jsou podepřeny krajními vaznicemi (avšak ne středovou vaznicí), s podélnými stojatými stolicemi. Je rozlišena plná a jalová vazba, vazný trám a hambalek je umístěn v každé vazbě (Obr. 18), po celém obvodu jsou použity námětky. Krátčata do výměn jsou pouze nad presbytářem (Obr. 19). Podélné ztužení je zajištěno pásky, ondřejské kříže použity nejsou, příčné ztužení zajišťují vzpěry v plných vazbách. Z důvodu většího rozponu byl použit středový sloupek. Sloupky jsou začepovány do vazného trámu a spojeny dubovými kolíky bez ocelových spojovacích prostředků (Obr. 20) – nelze tedy předpokládat krov jako věšadlo. V přechodu mezi lodí a presbytářem je rozpon zkrácen na 6,5 m, a je zvýšen sklon střechy – výška hřebene zůstává stejná. Nad presbytářem z důvodu menšího rozponu a umístění sanktusníkové věžičky chybí střední vaznice, sloupek a hambalky. Spolupůsobení obou částí krovu zajišťují oboustranné spodní vaznice. Pozednice je částečně zazděna, avšak dříve byla patrně zazděna celá – kvůli opravám krovu v minulých letech byla částečně vyměněna pozednice a zdicí prvky, kterými byla obezděna, byly patrně odstraněny, což dokládá přítomnost opukových bloků na dřevěné podlaze krovu.

Statická schémata plných a jalových vazeb krovu nad lodí a presbytářem jsou vyobrazena na konci této kapitoly, na Obr. 22.

Spoje krovu jsou tesařské, zajištěné především dubovými kolíky a čepy. Jak již bylo zmíněno, krov prošel v minulých letech opravou – bylo použito protézování, či úplná výměna prvků. Spoje pro opravu byly zvoleny původní (tj. čepy) a ocelové závitové tyče s maticemi.



Obr. 18 Krov nad lodí



Obr. 19 Výměna a krátčata nad presbytářem



Obr. 20 Spoj sloupku a vazného trámu

Nad presbytářem je situována sanktusníková věžička, jejíž konstrukce je umístěna na vazné trámy krovu presbytáře (Obr. 21). Celá konstrukce věžičky se skládá z vodorovných trámů uprostřed spojených, do nich jsou začepované sloupy. Celou konstrukci kompletují šikmé vzpěry. Jedna podélná vzpěra a podélný trám věžičky leží na vrchu vítězného oblouku, který odděluje loď od presbytáře a působí jako lokální břemeno.



Obr. 21 Konstrukce sanktusníku nad presbytářem

	LOŤ	PRESBYTÁŘ
PLNÁ VAZBA		
JALOVÁ VAZBA		

Obr. 22 Statická schémata krovu

1.6.4.2 Sakristie

Nad sakristií je krov proveden jakožto prostá krokevní soustava, konstrukci tvoří pouze krokve, námětky, pozednice a vazné trámy. Původní krov byl kvůli špatnému stavu stržen, na jeho místě se nechal vybudovat nový. Spoje tvoří čepy a ocelové závitové tyče s maticemi. Z porovnání

Obr. 10 na str. 14 a Obr. 23 je patrné, že mezi krokvemi byla přítomna vaznice, avšak v novém krovu již použita nebyla.



Obr. 23 Nový krov sakristie

1.6.4.3 Věž

Vzhledem k náročnému přístupu do věže samotné, nelze v rámci této práce přesněji určit, z čeho je zhotovena konstrukce zastřešení věže, pouze z dostupných údajů či fotodokumentace pořízené na místě. Z té lze vypožorovat vazné trámy na jedné straně zakončené ve zdivu, na druhé začepované do sebe samých a výměn, které vytvářejí uprostřed prostoru tuhý rám. Do nich jsou pravděpodobně začepovány viditelné strmě uložené krokve a sloupky. Na krokvích je patrné bednění z prken jakožto podkladní vrstva pro opláštění, tj. ocelové plechy (Obr. 24).



Obr. 24 Konstrukce střechy věže

1.6.5 Schodiště

V objektu se nachází dvě schodiště, a to ve věži pro přístup do kruchty, zvonice a do krovu. Mezi 1.NP a 2.NP je schodnicové dvouramenné schodiště se čtvercovou mezipodestou o šířce 870 mm a velikosti stupně 230x200 mm. Mezi 2.NP a 3.NP je schodiště opět schodnicové, jednoramenné, přímé o šířce 700 mm a velikostí stupně 230x170 mm. Rozměry obou schodišť nejsou ucelené, vždy je přítomna odchylka ± 30 mm. Obě schodiště jsou vyobrazena na Obr. 25, 26.



Obr. 25, 26 Schodiště ve věži

1.6.6 Kompletační konstrukce

1.6.6.1 Střešní plášť

Kostel je zastřešen sedlovou střechou, která je na jihozápadní straně ukončena štítem s věží. Na protější straně, tj. na severovýchodní straně je ukončena trojboce zalomenou valbou, kopírující stěny presbytáře.

Střecha sakristie je valbová, respektive s jednou valbou na severovýchodní straně, na straně opačné je zakončena štítovou stěnou presbytáře.

Na krytinu byla použita pálená střešní taška bobrovka červené barvy – původní krytina byla kvůli špatnému stavu odstraněna a nahrazena novou.

Odvodnění pláště zajišťují nové žlaby a svody dimenze DN100. Celkem je 5 svodů, přičemž střešní plášť lodi a presbytáře má 4 svody, střešní plášť sakristie pouze 1.

Opláštění sanktusníkové věže a hlavní věže kostela je z ocelových plechů zelené barvy. Veškerá krytina je patrná z Obr. 4, kapitola „1.2 Stručný popis objektu“.

1.6.6.2 Výplně otvorů

Lod' obsahuje 6 stejných segmentových oken ve špaletě, okenní výplň tvořilo dvacet skleněných čtvercových tabulek v dřevěném rámu s křížovým členěním (Obr. 27) (12). V presbytáři jsou dvě stejná okna jako v lodi. Všech těchto 8 oken je v přibližné výšce 3 metry od podlahy lodi (resp. presbytáře). V sakristii je pouze jedno okno s dřevěným rámem, výplň tvořilo deset čtvercových skleněných tabulek s křížovým členěním. Z exteriéru je před okno zazděna mříž.



Obr. 27 Okna lodě

Věž má jedno malé okno ve 2.NP, proporcčně podobající se oknům v lodi (resp. presbytáři), bez jakékoliv výplně. Ve 3.NP jsou 4 velká okna s obloukem, nad nimi je oblouková suprafenestra (12), okno směřované na východ z exteriéru vidět není, slouží pouze jako vstup do konstrukce krovu. Tato okna také postrádají jakoukoliv výplň (Obr. 28). Překlady oken tvoří klenebné pasy z CPP.



Obr. 28 Okna věže

Vstupní portály věže a lodi jsou z masivních kusů kamene a zdobené stylizovaným klenákem (12). Vchod do lodi ze severovýchodní strany je falešný, jihozápadní vchod má dřevěné dveře, avšak otvor je z exteriéru zazděn. Stejně je na tom vstup do věže, dřevěné dveře jsou z exteriéru zazděné pro zamezení přístupu. Vstup do sakristie je také zazděn, což dokládá souhrnný Obr. 6 ,7 ,8 v kapitole „1.2 Stručný popis objektu, str. 12“.

Vnitřní dveře jsou pouze dvoje – první oddělují sakristii od presbytáře, ostění je dřevěné, světlá šířka 1200 mm, dveře jakožto samotná výplň chybí. Druhé dveře slouží pro přístup do kruchty z věže. Ostění je opět dřevěné, světlá šířka 1115 mm, dveře jsou ovšem proti nepovolenému vniknutí zaplombovány.

1.6.6.3 Podlahy

Podlaha hlavní lodi se skládá z kamenných osmiúhelníků, které jsou v rozích vyplněny menšími kamennými čtverci. Přibližně uprostřed lodi se nachází kamenné víko hrobky, jehož horní hrana lícuje s horní hranou podlahy. V místech, kde dříve byly umístěny lavice, nášlapná vrstva podlahy není. Podlaha presbytáře je z pravidelných, kamenných šestiúhelníkových dlaždic, okraje podlahy presbytáře mají stejný vzor jako v lodi. Podlaha sakristie a věže (resp. 1.NP věže) je tvořena nepravidelnými kamennými kvádry. Podlaha ve vyšších patrech věže je tvořena dřevěnými prkny. Nášlapná vrstva kruchty je také z dřevěných prken (Obr. 29, 30, 31).



Obr. 29, 30, 31 Podlahy, zleva: loď, presbytář, sakristie

1.6.6.4 Omítky

Omítky jsou vápenné, v lodi jsou na omítkách přítomny malby evokující sloupy s iónskou hlavicí, oblast soklu má evokovat podstavec všech sloupů (Obr. 32). Omítka presbytáře je zdobná, do cca 2 m výšky nad podlahou je v zalomeních červená barva, nad je malovaný dekor (Obr. 33). Stropní konstrukce je pokryta rákosovou omítkou tvořící zrcadlo. Omítka sakristie a věže je v podobném duchu, ale v modrém zbarvení.



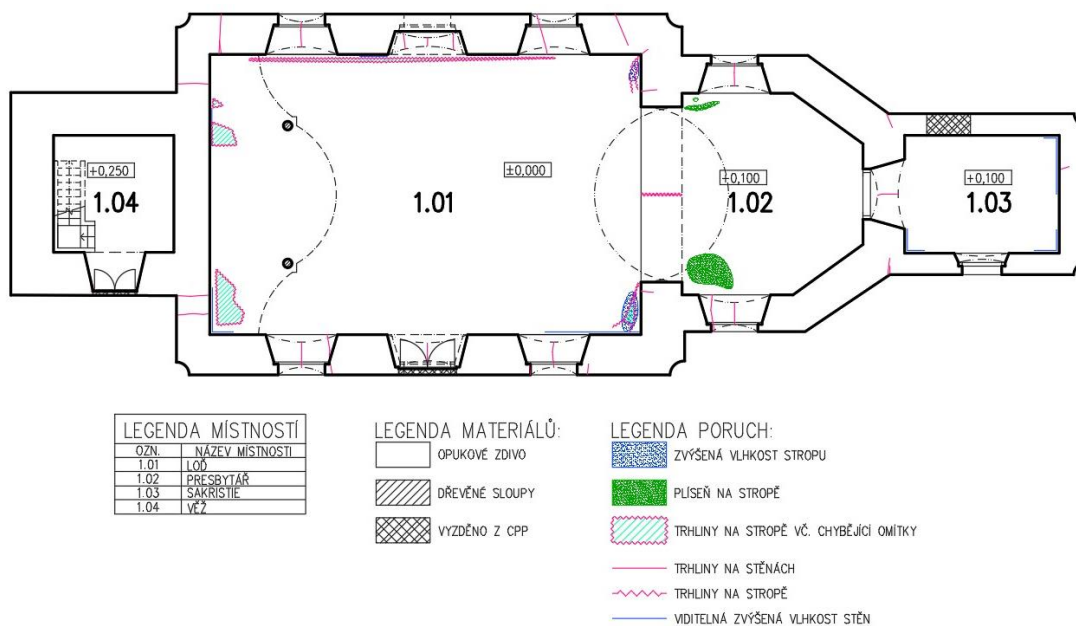
Obr. 32 Omítka s malbou– sloupy na podstavci



Obr. 33 Omítka presbytáře s dekorem

2 Popis stávajícího stavu, poruch a analýza možných příčin poruch

Celý objekt je silně poškozen trhlinami, dlouhodobým zatékáním, výskytem dřevokazného hmyzu a hniloby či vandalismem. Veškeré poruchy byly zaznamenány a zakresleny do půdorysu 1.NP (Obr. 34) a do jednotlivých pohledů (Obr. 35, Obr. 36 a Obr. 37) (souhrnná legenda pro pohledy viz Obr. 38).



Obr. 34 Půdorys kostela s vyznačenými poruchami



Obr. 35 Jihozápadní pohled s vyznačenými poruchami

2.1 Základy

Na objektu se nachází jedna trhлина, která je pravděpodobně následkem poklesu základové spáry. Nachází se na jihozápadní stěně, na pravé straně (Obr. 39). Její směr naznačuje, že pokles nastal v pravém dolním rohu. Příčinou může být především poničený okap přímo nad místem poklesu – okap je ve zlomu propadlý a stočený tak, že při deštích se v něm hromadí voda a přetéká mimo. Celá stěna pod okapem vykazuje známky dlouhodobé zvýšené vlhkosti a na soklu jsou patrné řasy. Z tohoto důvodu mohlo dojít k podmáčení základové půdy a klesnutí základové spáry. Z důvodu nemožnosti provést kopanou sondu nelze tuto domněnku ověřit.



Obr. 39 Trhliny z důvodu poklesu základové spáry

2.2 Svislé nosné konstrukce

2.2.1 Lod' kostela + presbytář

Po celém obvodu kostela a presbytáře se nacházejí četné trhliny. Největší se nacházejí na přechodu mezi hlavním průčelím a věží kostela (Obr. 40, 41). Tyto trhliny procházejí spárami jakožto místy s nejnižším odporem a prostupují celou tloušťkou konstrukce. Z fotografií je vidět, že trhлина ani na jedné straně není jednolitá (tj. že je přerušena) – trhлина přibližně v polovině výšky uskakuje více doleva, resp. doprava. Stěny věže a atiky jsou úplně separované. Tyto trhliny mohly pravděpodobně vzniknout v době, kdy vazné trámy ztratily funkci táhel pro zachycení vodorovných reakcí od krovu a tyto síly musely převzít svislé stěny, což vyústilo v potrhání a rozevření spár. Z prozkoumání trhliny v místě atiky lze poznat, že stěny atiky a věže nebyly nikdy provázány,

pouze omítnuty. Stěny lodě a věže jsou již provázány, avšak ne dokonale a ne všude – proto trhlinka při styku se stěnou věže není šikmá, ale souběžná s hranou věže. K těmto trhlinám je také nutno podotknout fakt, že obec Letov stojí na svahu kopce Rudnice (371 m.n.m) a není nijak chráněna před nárazovými větry. Samotný kostel má okolo několik vzrostlých stromů, které mohou proti proudům větrů chránit, avšak jsou to stromy listnaté, tudíž v zimě kostel nechrání. K těmto faktorům lze také připočítat možné nestabilní podloží vyvýšeniny, na kterém se kostel nachází, zatékání od okapových svodů v místech nároží a následné podmáčení základové půdy.



Obr. 40, 41 Trhliny na pomezí lodě a věže



Obr. 42 Separace atiky od věže

Další trhliny se nacházejí především v místech otvorů jakožto v místech oslabení stěn (Obr. 43) (tj. v nadpraží ve valených pasech sloužících jako překlad dochází k rozevření spáry ve vrcholu pasu nebo pod parapety oken), či v místech, kde je patrně lokální přetížení od krovu (Obr. 44). Tyto trhliny mohly vzniknout v dobách, kdy byl krov ve špatném stavu a některé prvky neplnily svoji funkci a zatížení, které normálně přenášely, musely přenést jiné prvky, které byly v pořádku – mohlo vzniknout nadměrné lokální zatížení v jednom bodě, což se projevilo přetížením a trhlinou.



Obr. 43 Trhliny okolo otvorů

Dále jsou na některých stěnách vidět vlhká místa jak v exteriéru, tak v interiéru. Dřívější hlavní příčinou byla porušená krytina střešního pláště a nefunkční odvádění dešťové vody, resp. chybějící okapové žlaby a svody. Tento problém měla vyřešit (mimo jiné) oprava celého střešního pláště lodi, presbytáře a sakristie a umístění nových žlabů a svodů v letech 2016 – 2017. Nová krytina je stále neporušená, avšak žlaby na některých místech kolabují, dešťová voda se v nich hromadí a přetéká, což dokazuje fotografie pořízená po dešti dne 17.2.2022 (Obr. 44) (na fotografii je patrný stočený roh žlabu ke stěně a vlhká omítka). Další místa s patrnou vlhkostí jsou místa soklu – objevují se místa s tmavším zbarvením do výšky cca 900 mm od podlahy (Obr. 45). Z fotografií pořízených na místě lze usuzovat, že voda se do soklové části konstrukce dostává z podzákladí a vzlíná výše.

V objektu jsou viditelná ocelová táhla, avšak vzhledem k povaze trhlin (tahové trhliny) neplní dostatečně svoji funkci, což dokládají trhliny především na přechodu mezi hlavním průčelím a věží kostela. Mimo jiné jsou z důvodů zatékání silně zkorodovaná.



Obr. 44 Porušený okap a vlhká omítka po dešti dne 17.2.22



Obr. 45 Vlhkost soklu – interiér

2.2.2 Sakristie

V sakristii se nacházejí trhliny na přechodu mezi presbytářem jak z interiéru, tak z exteriéru – trhlina je patrná po celé výšce přechodu, v místě odpadlé omítky jsou vidět vydrolená místa, chybějící zdicí prvky a malta viz. Obr. 46.



Obr. 46 Trhlina na pomezí sakristie a presbytáře

Dále je patrná přítomnost zvýšené vlhkosti v soklové oblasti – lze takto usuzovat z rozdílného zbarvení (resp. tmavých míst) omítky na soklu. Výška tohoto zbarvení je cca 850 mm od podlahy.

2.2.3 Věž

Na stěnách věže se prakticky trhliny nenacházejí s výjimkou nadpraží oken – v těchto místech můžeme pozorovat rozevření spáry ve vrcholu klenebných pasů sloužících jako překlad (Obr. 47, 48). Další trhlina se nachází na levém kraji mezi menším oknem ve 2.NP a vstupním portálem. Tyto trhliny vznikly v místech oslabení stěn otvory, kde vznikají tahové síly (tlakové trajektorie se stáčíjí do stěn okolo ostění).



Obr. 47, 48 Rozevření spáry nad okny

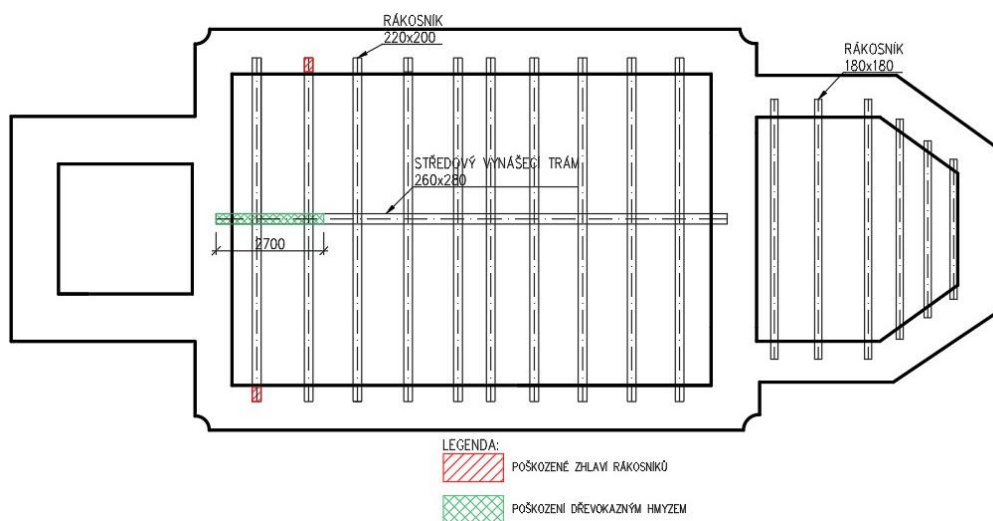
Další problém věže je opět vlhkost a degradace s ní spojené – což prozatím nijak nepůsobí na svíslé nosné konstrukce věže, ale na vodorovné nosné konstrukce a zastřešení. Více viz. dále.

2.3 Vodorovné nosné konstrukce

2.3.1 Lod' kostela + presbytář

Rákosníky nesoucí záklop s omítkou vykazují známky dlouhodobého zatékání ze střešního pláště. Zhlaví některých trámů je uhnílé, či dokonce prakticky chybí (Obr. 50). Středový trám vynášející rákosníky, který je součástí vodorovné nosné konstrukce a je částečně roznašen vaznými trámy krovu, vykazuje známky rozsáhlého napadení dřevokazným hmyzem – jsou patrné vyhlodané chodbičky a jemné piliny po celém obnaženém povrchu (Obr. 51). Toto poškození způsobují larvy hmyzu, dospělý brouk, respektive samička pouze klade vajíčka do dřeva (13). Bohužel se při opravě krovu v minulých letech na rákosníky a vynášecí trám nebral zřetel. Vynášecí trám s biologickým napadením a rákosníky s poškozeným zhlavím jsou graficky naznačeny na Obr. 49.

Z vnitřku lodi jsou patrné četné trhliny ve stropních omítkách a tmavá místa dokazují přítomnost zvýšené vlhkosti a s tím související přítomnost plísní (Obr. 52). Nad kruchtou lze vidět rozpadlé podbití, po levé straně lodi dokonce omítka včetně podbití úplně chybí (Obr. 53, 54).



Obr. 49 Vyznačené poruchy stropní konstrukce



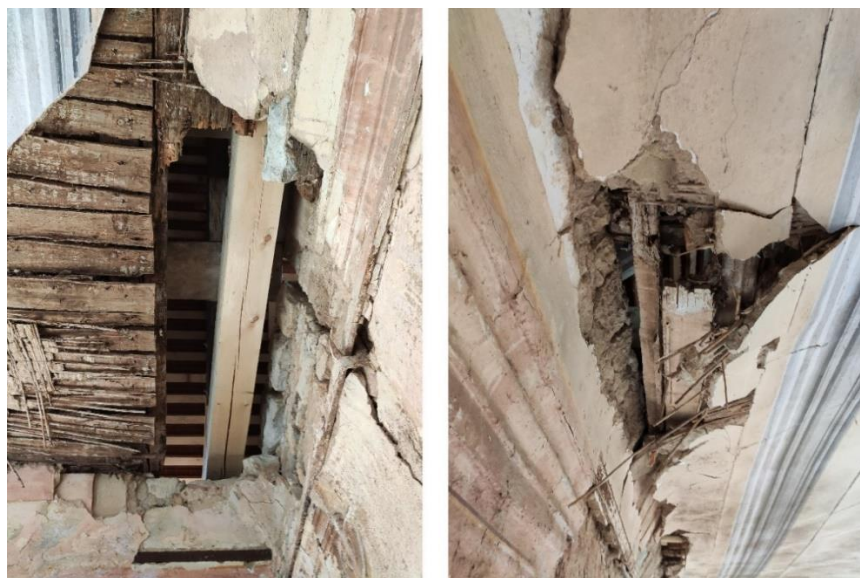
Obr. 50 Shnilé zhlaví rákosníku



Obr. 51 Napadení vynášejiho trámu



Obr. 52 Plísně na omítce – presbytář



Obr. 53, 54 Porušené podbití na vybraných místech

Další poruchy lze pozorovat na vítězném oblouku. Ve vrcholu klenebného pasu je rozevřená spára, v bočních pilířích se vyskytují trhliny (Obr. 55) a z vizuálního průzkumu a fotografií lze vidět markantní průhyb. Tyto trhliny (a následný průhyb) vznikly pravděpodobně z lokálního přetížení klenby – na vršek klenby dosedá masivní trám vynášející rákosníky a část konstrukce sanktusníkové věže. Mimo jiné do konstrukce dlouhodobě zatékalo, což mohou dokázat tmavá místa u klenbové nadezdívky, či odpadlá omítka, pravděpodobně kvůli nadměrné vlhkosti (Obr. 56).



Obr. 55 Vítězný oblouk – pohled z lodi



Obr. 56 Vítězný oblouk – pohled z presbytáře

2.3.2 Věž

Dřevěné trámy stropních konstrukcí věže vykazují známky dlouhodobého zatékání. Jsou přítomny výletové otvory dřevokazného hmyzu tesaříka krovového a červotoče (Obr. 57). Hmyz byl určen na základě velikosti výletových otvorů – tesařík tvoří velké podlouhlé, zatímco červotoč malé kruhové.



Obr. 57 Degradace stropu věže

2.4 Krov

2.4.1 Lod' + presbytář

Dle informací spolku Pro Kostely z.s. a dle vizuálního průzkumu lze konstatovat, že krov před opravou byl v havarijním stavu – shnilá či dokonce úplně uhnílá zhlaví vazných trámů, poškozené krokve, námětky, vzpěry a pozednice. Vazné trámy pravděpodobně nefungovaly jako táhla a přestaly přenášet vodorovné reakce krovu. Tyto poškozené prvky byly buď úplně nahrazeny nebo opraveny (Obr. 58) (např. protézováním). Navíc zmizely některé spoje sloupků a vazného trámu (Obr. 59), či nebyly nahrazeny. V krovu presbytáře chybí částečně dvě vzpěry, což prozrazují výřezy na hambalku (Obr. 60, 61). Na některých málo prvcích jsou přítomny výletové otvory po červotoči.



Obr. 58 Protézování – krokev, vazný trám



Obr. 59 Chybějící dubový kolík sloupku a vazného trámu



Obr. 60, 61 Chybějící vzpěry

2.4.2 Věž

Vzhledem k nemožnosti přístupu horní části věže nelze posoudit stav konstrukce, avšak lze usuzovat, že dřevěné prvky budou poškozeny dlouhodobým zatékáním, plísněmi a hnilobou, či dokonce dřevokazným hmyzem. Takto lze usuzovat vzhledem k faktu, že o patro níže je silně zdegradovaná konstrukce zvonice plísněmi a hnilobou (Obr. 62, 63, 64) (z důvodu zatékání) a jsou přítomny výletové otvory po červotoči a tesaříkovi.



Obr. 62, 63, 64 Zvonice

2.4.3 Sakristie

Jak již bylo popsáno v kapitole „1.6.4.2 Sakristie“ na str. 22, prakticky celý krov je nový – byly vyměněny krokve, vazné trámy, námětky a také i rákosníky – ty ovšem neplní svoji funkci, protože nenesou vůbec nic – původní podbití s omítkou bylo pravděpodobně strženo při opravě krovu (Obr. 23).

2.5 Schodiště

Jako každý dřevěný prvek ve věži, i konstrukce schodiště trpí od dlouhodobého zatékání. Schodnice jsou částečně uhnílé a jsou přítomny výletové otvory od červotoče. Mimo jiné na schodišti ve 2.NP chyběly jednotlivé stupně, které musely být pro přístup do zvonice a krovu provizorně nahrazeny (Obr. 65, 66).



Obr. 65, 66 Schody před a po provizorní opravě

2.6 Kompletační konstrukce

2.6.1 Střešní plášť

Střešní plášť lodi, presbytáře a sakristie je celý nový. Původní krytina byla nahrazena novou, včetně laťování. Byly provedeny dílčí opravy krovu a umístění nových dešťových žlabů a svodů. Některé žlaby již ale nefungují, jelikož nebyl dodržen sklon či nebyly dostatečně ukotveny. Mimo jiné vandalové poškodili některé svody.

Ocelové plechy tvořící plášť hlavní a sanktusníkové věže jsou z velké části zrezlé a během silných nárazových větrů v únoru 2022 se některé odtrhly (Obr. 67). I z tohoto důvodu do sanktusníkové a hlavní věže zatéká.



Obr. 67 Popadané plechy z věže

2.6.2 Výplně otvorů

Veškerá okna, resp. výplně oken v lodi, presbytáře a sakristii jsou poškozena. Rám oken je ztrouchnivělý, často není ani pořádně kotven a chybí prakticky veškerá skleněná výplň – její střepy se nacházejí po celé podlaze lodi a presbytáře, případně okolo objektu. Výplně oken ve věži zcela chybí – to je také jeden z důvodů zatékání – vzhledem k velké ploše otvoru se dovnitř dostane při deštích více vody.

Výplně vstupních dveří lodě a věže jsou přítomny, bez zjevného poškození, zatímco v sakristii zcela chybí – avšak veškeré vstupní otvory jsou z exteriéru zazděny, jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách. Dveře spojující věž a kruchtu dřevěnou výplň mají, ale je znemožněno jejich otevření kvůli přibitým prknům (Obr. 68). Oproti tomu vnitřní dveře spojující sakristii s presbytářem výplň nemají.



Obr. 68 Dveře mezi kruchtou a věží

2.6.3 Podlahy

Podlahy v lodi a presbytáři jsou ve stavu, jaký se dá očekávat vzhledem ke stavu celého kostela. Jsou znečištěny (Obr. 69), díky prakticky neexistující výplni oken je na nich spadané listí, zdegradované dřevěné prvky a všudypřítomná suť a stopy vandalizmu (prázdné lahve, plechovky aj.). Podlaha sakristie je v několika místech propadlá. Dřevěná pochozí vrstva kruchtly není nijak porušena, akorát jsou na ní přítomny původní klávesy varhanů a další dřevěné prvky. Na podlahách věže leží spadaná omítka, dřevěné prvky, ptačí trus, prázdné lahve a plechovky.



Obr. 69 Podlaha lodi před začátkem STP

2.6.4 Omítky

V interiéru jak lodě a presbytáře, tak i sakristie a věže jsou omítky přibližně na 50 % ploch. Většinou jsou spadané díky působící vlhkosti či vandalům, na některých površích je patrné postupné odlupování a drolení původní omítky kvůli přítomné vlhkosti, která se prozrazuje tmavými místy (viz. Obr. 70 a obrázky v předchozích kapitolách) s plísněmi. Z exteriéru je pohled na omítky podobný – z části povrchů je již omítka spadlá, jsou na ní přítomny trhliny, tmavá místa značící zvýšenou dlouhospůsobící vlhkost. Mimo jiné se zde vyskytují graffiti (Obr. 71).



Obr. 70 Tmavá místa od vlhkosti a s tím související opadaná omítka



Obr. 71 Graffiti a opadaná omítka na věži

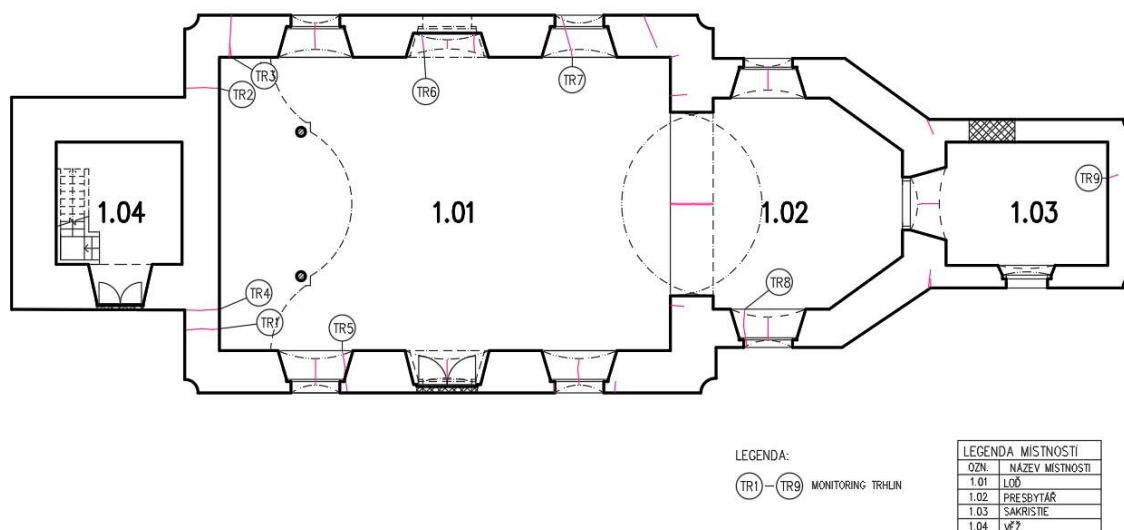
3 Průzkumné práce

3.1 Monitoring trhlin

3.1.1 Provádění

Vzhledem k velkému množství trhlin v nosných konstrukcích byl proveden monitoring vybraných (a zároveň dostupných) trhlin v interiéru kostela. Probíhal v období od 20.2.2022 do 14.4.2022, tedy v období, kdy teploty klesaly přes noc pod bod mrazu. Na začátku března v noci teploty klesaly pravidelně k $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, zatímco přes den vystoupaly až k $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Celkem bylo vybráno 9 trhlin, 7 v lodi (6 na stěnách, 1 na klenebném pasu), 1 v presbytáři a 1 v sakristii – tyto trhliny se nacházejí v obnaženém zdivu, tj. bez omítek. Pozice trhlin byly zakresleny do půdorysu současného stavu, byly opatřeny štítkem a popsány v legendě (Obr. 72).



Obr. 72 Půdorys s vyznačenými monitorovanými trhlínami

Tyto trhliny byly opatřeny sádrovými měřicími terči o přibližných rozměrech $160 \times 70 \times 10$ mm. Pro umístění těchto terčů bylo nejprve nutno povrch obnaženého zdiva důkladně očistit od prachu a jiných nečistot, následně navlhčit a poté nanést na zdivo hustou sádrovou hmotu pomocí malířské špachtle, do které se umístil terč – aby nedošlo k odtržení od podkladu při možné aktivitě trhliny, musel terč na obou stranách přesahovat alespoň 50 – 60 mm. Následně byl každý terč opatřen popisem, kde se trhlina nachází, označením trhliny a datem umístění. Všechny terče byly poté vyfoceny. (Obr. 73)



Obr. 73 Souhrnné foto všech monitorovaných trhlin – stav k 20.2.2022

3.1.2 Vyhodnocení

Během skoro 2 měsíců (20.2. – 14.4.) žádný z devíti terčů nepraskl (viz. Obr. 74), tedy nedošlo k žádné aktivitě trhlin. Lze tedy předpokládat, že trhliny (a tedy i samotné zdivo) nereagují na změny teplot a silné nárazové větry a jsou již pasivní. Avšak trhliny by se měly sledovat minimálně rok, aby prošly všemi změnami teplot a počasí, které mohou během roku nastat. Doporučuji trhliny nadále sledovat, případně umístit další terče a monitorovat více trhlin.



Obr. 74 Souhrnné foto všech monitorovaných trhlin – stav k 14.4.2022

3.2 Průzkum vlhkosti a zasolení zdiva

3.2.1 Vlhkost

3.2.1.1 Provádění

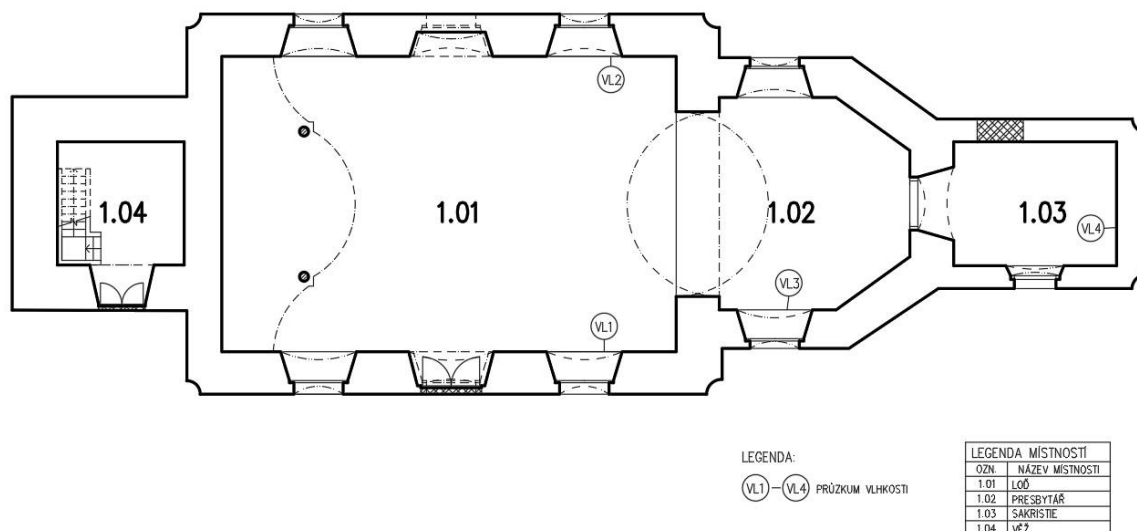
V rámci stavebně technického průzkumu byla zjištěna zvýšená vlhkost soklové oblasti po celém obvodu kostela včetně presbytáře a sakristie. Z tohoto důvodu je většina omítek odloupená, či úplně odpadlá (viz. kapitola: 2.6.4 Omítky). Pro měření vlhkosti byla zvolena destruktivní gravimetrická metoda. Tato metoda spočívá v měření změny vlhkosti materiálu odebraného z konstrukce a materiálu v suchém stavu. Postup této metody je dle ČSN EN ISO 12570 následující: odběr vzorků z objektu (omítka, nejlépe však kus zdicího prvku s maltou; první vzorek 150 – 200 mm nad podlahou, další po 500 mm nad sebou), dopravení do laboratoře v neprodyšném (parotěsném) obalu (uzavírací PE sáček), jejich zvážení, vysušení v sušárně při teplotě 40°C – 105°C (záleží na materiálu, v našem případě 105°C) po dobu 24 – 48 hodin a poté další zvážení vzorků.

Před odběrem vzorků bylo nutné sledovat vývoj počasí (teplota a vlhkost vzduchu). Bylo převážně jasno až polojasno bez přeháněk a silného větru. Naměřené údaje byly zaznamenány do tabulky Tab. 1.

23.3.2022 – 30.3.2022			
Den	Minimální teplota (°C)	Maximální teplota (°C)	Průměrná vlhkost vzduchu (%)
Středa 23.3.	-1	17	45
Čtvrtek 24.3.	1	17	44
Pátek 25.3.	2	16	48
Sobota 26.3.	3	17	51
Neděle 27.3.	6	16	55
Pondělí 28.3.	3	20	60
Úterý 29.3.	6	15	55
Středa 30.3.	3	10	80

Tab. 1 Tabulka teplot a vlhkosti vzduchu od 23.3.22 do 30.3.22

Odběr vzorků proběhl dne 30.3. mezi 16:00 – 17:00 hod. Byla zvolena 4 místa – v lodi 2 místa, v presbytáři 1 a v sakristii také 1 místo. Tato místa byla zanesena do půdorysu a patřičně vyznačena (Obr. 75).



Obr. 75 Půdorys s vyznačenými místy zjišťování vlhkosti

Z každého místa se odebraly 3 vzorky – 1. vzorek byl odebrán přibližně 150 mm od podlahy, 2. a 3. vzorek přibližně 500 mm od předchozího vzorku (650 a 1150 mm od podlahy), což je znázorněno na Obr. 76 – odběrné místo 1.



Obr. 76 Výškové rozmístění odběru vzorků

Vzorky byly odsekány plochým sekáčem a kladivem, následně neprodyšně uzavřeny do polyethylenových uzavíratelných sáčků, poté vloženy do uzavíratelných sklenic a ponechány přes noc v chladničce. Ráno byly převezeny do chemické a mikrobiologické laboratoře katedry konstrukcí pozemních staveb na fakultě stavební, ČVUT v Praze, kde bylo provedeno 1. vážení před sušením. Toto měření spočívalo nejprve v přesném zvážení označených prázdných hliníkových misek, poté se do nich vložily příslušné vzorky (Obr. 77), opět byly zváženy (miska + vzorek) a následně vloženy do laboratorní sušárny (Obr. 78), kde byly ponechány 24 hodin při teplotě 105°C.



Obr. 77 Připravený vzorek v označené hliníkové misce



Obr. 78 Laboratorní sušárna

Vysušené vzorky byly následně opět zváženy (vzorek + miska) a jednotlivé hodnoty byly zaznamenány. Pomocí níže uvedeného vzorce se následně zjistila hmotnostní vlhkost jednotlivých vzorků.

$$w = \frac{m - m_0}{m_0} * 100 \quad (\%)$$

příčemž: w = hmotnostní vlhkost (%)

m = hmotnost vzorku (g)

m_0 = hmotnost vysušeného vzorku (g)

3.2.1.1 Vlhkost – vyhodnocení

Veškeré naměřené a vypočtené údaje byly zaneseny do tabulky. Stupeň vlhkosti zdiva byl stanoven dle tabulky z normy ČSN P 73 0610:

Stupeň vlhkosti	Vlhkost zdiva w v % hmotnosti
Velmi nízká	$w < 3$
Nízká	$3 \leq w < 5$
Zvýšená	$5 \leq w < 7,5$
Vysoká	$7,5 \leq w < 10$
Velmi vysoká	$w > 10$

Tab. 2 Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610

Vyhodnocení vlhkosti							
I/E	Místo odběru	Vzorek	Hmotnost misky (g)	Hmotnost vzorku bez misky(g)		Vlhkost (%hm)	Vyhodnocení dle ČSN P 73 0610
				Před sušením	Po vysušení		
Interiér	1	1	1,58	41,97	40,72	3,07%	Nízká
		2	1,61	42,89	42,03	2,05%	Velmi nízká
		3	1,55	14,87	14,73	0,95%	Velmi nízká
	2	1	1,57	34,53	33,10	4,32%	Nízká
		2	1,58	24,16	23,37	3,38%	Nízká
		3	1,55	23,72	22,53	5,28%	Zvýšená
	3	1	1,56	38,13	37,18	2,56%	Velmi nízká
		2	1,62	40,53	39,96	1,43%	Velmi nízká
		3	1,61	44,54	43,98	1,27%	Velmi nízká
	4	1	1,61	33,55	33,08	1,42%	Velmi nízká
		2	1,59	37,28	36,84	1,19%	Velmi nízká
		3	1,57	32,77	32,57	0,61%	Velmi nízká

Tab. 3 Souhrnná tabulka vyhodnocení vlhkosti

Z průzkumu vyplývá, že voda opravdu vzlíná z podzákladí do konstrukce – po výšce stěn se vlhkost snižuje, kromě místa 2 (levá strana lodi) – ve výšce 1,15 m od podlahy je vlhkost vyšší než u podlahy. To pravděpodobně způsobuje zatékání, jelikož přímo nad místem odběru je okno bez výplně. Většina naměřených hodnot spadá do klasifikace „Velmi nízká vlhkost“, pouze ve 3 případech je vlhkost „Nízká“ a právě v případě vzorku 2-3 je vlhkost „Zvýšená“ díky již popsanému zatékání.

3.2.2 Salinita zdiva

3.2.2.1 Provádění

V rámci práce bylo i stanovení obsahu solí ve zdivu. Pro měření byly vzaty všechny 3 vzorky z odběrného místa 1, použité i pro stanovení vlhkosti. Na tomto místě jsou nejvíce patrné výkvěty solí. Všechny 3 vzorky byly rozdrceny na hrubý písek, odebrány přibližně 2 g z každého, zváženy a vloženy do označené baňky. Následně byly zahřáty v UV ohříváči a ponechány 24 hodin v klidu. Následující den byla odebrána vylouhovaná voda do označených sklenic – z těchto sklenic byly následně odebírány vzorky pro stanovení pH a přítomnosti jednotlivých solí – chloridů, dusičnanů, síranů a amoniaku. Kyselost/zásaditost (pH) a chloridy byly měřeny kolorimetrickou metodou (porovnání s barevnou stupnicí), dusičnany, sírany a amoniaky byly měřeny ve vložené kyvetě ve fotometru Spectroquant Pharo 300 (Obr. 79).



Obr. 79 Fotometr Spectroquant Pharo 300

Veškeré vzorky byly odebrány pomocí pipet do připravených a vyčištěných zkumavek (vzorky se nabíraly pomocí násad, které nesměly být nijak kontaminované, vyjma vlastního vzorku, odebraného před měřením), důkladně smíchány s patřičnými chemikáliemi a ustáleny v klidu po dobu 5 či 10 minut – dle přiložených a použitých návodů. Veškeré údaje, ať už odečtené či naměřené byly zapsány do Tab. 5 (sloupec „Obsah solí“ v mg/l).

3.2.2.2 Vyhodnocení

Veškeré zapsané údaje (vyjma amoniaku, jelikož zde se pouze měří jeho přítomnost) se vydělily hodnotou 10 a následně se opět vydělily původní hmotností vzorku (cca 2 g). Vypočtené údaje byly porovnány s tabulkou z ČSN P 73 0610 (Tab. 4) a zaneseny do tabulky Tab. 5.

Stupeň zasolení zdiva	Obsah solí v mg/g vzorku a v procentech hmotnosti					
	Chloridy		Dusičnany		Sířany	
	mg/g	% hmotnost	mg/g	% hmotnost	mg/g	% hmotnost
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	0,5 až 2,0
vysoký	2,0 až 5,0	0,20 až 0,50	2,5 až 5,0	0,25 až 0,5	20 až 50	2,0 až 5,0
velmi vysoký	>5,0	>0,50	>5,0	>0,5	>50	>5,0

Tab. 4 Salinita zdiva dle ČSN P 73 0610

Vyhodnocení salinity						
Vzorek	Hmotnost vzorku (g)	pH	Soli	Obsah soli		Stupeň zasolení dle ČSN P 73 0610
				mg/l	mg/g	
1-1	2,29	7,5	Chloridy	10,00	0,44	nízký
			Dusičnany	2,50	0,11	nízký
			Sírany	1,79	1,79	nízký
			Amoniačky	0,00	-	-
1-2	2,15	8	Chloridy	40,00	1,86	zvýšený
			Dusičnany	27,90	1,30	zvýšený
			Sírany	32,00	1,49	nízký
			Amoniačky	0,00	-	-
1-3	2,21	7,5	Chloridy	40,00	1,81	zvýšený
			Dusičnany	42,70	1,93	zvýšený
			Sírany	22,00	1,00	nízký
			Amoniačky	0,14	-	-

Tab. 5 Vyhodnocení salinity

Výskyt chloridů se očekává v blízkosti komunikací, kvůli zimním posypům silnic, případně se vyskytuje u výrobních budov (což není případ řešeného objektu). Dusičnany se vyskytují především zemědělských oblastech z důvodů používání hnojiv, do nichž spadá i Letov. Zdrojem síranů může být znečištěná atmosféra (z důvodů spalování hnědého uhlí – v oblasti se vyskytuje několik hnědouhelných elektráren), či chemická hnojiva. Zdrojem amoniaku mohou být opět hnojiva či rozklad organických materiálů.

Veškeré soli se do konstrukce dostávají díky vztlínající vodě. Amoniačky prakticky nejsou přítomny, chloridy se dostávají do konstrukce z důvodů solení silnic v zimním období, dusičnany z důvodů zemědělství a používáním hnojiv a sírany díky používaným hnojivům, případně nelze opominout blízké elektrárny, byť v nynější době odsířené. Obecně se dá říci, že je spíše zvýšená přítomnost chloridů a dusičnanů a nízká přítomnost síranů. pH konstrukce je spíše neutrální, v případě vzorku 1-2 lehce zásadité.

3.2.3 Závěr vlhkosti a salinity zdiva

Laboratorní průzkum prokázal nízkou až zvýšenou přítomnost vlhkosti a solí ve zdivu, a tedy nejsou žádná omezení, co se týče návrhu sanačního opatření.

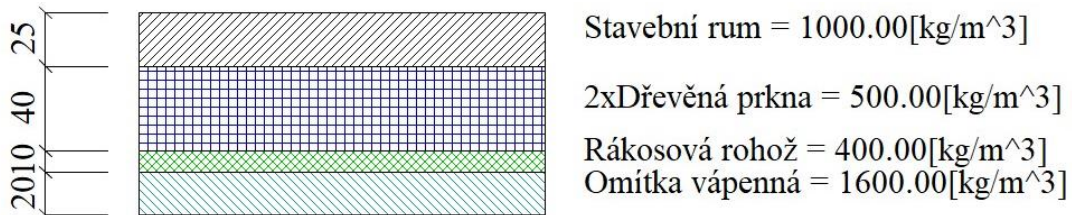
4 Statické posouzení vybraných konstrukcí

Pro veškeré posudky byl použit statický program Scia Engineer 64bitová verze ve studentské verzi.

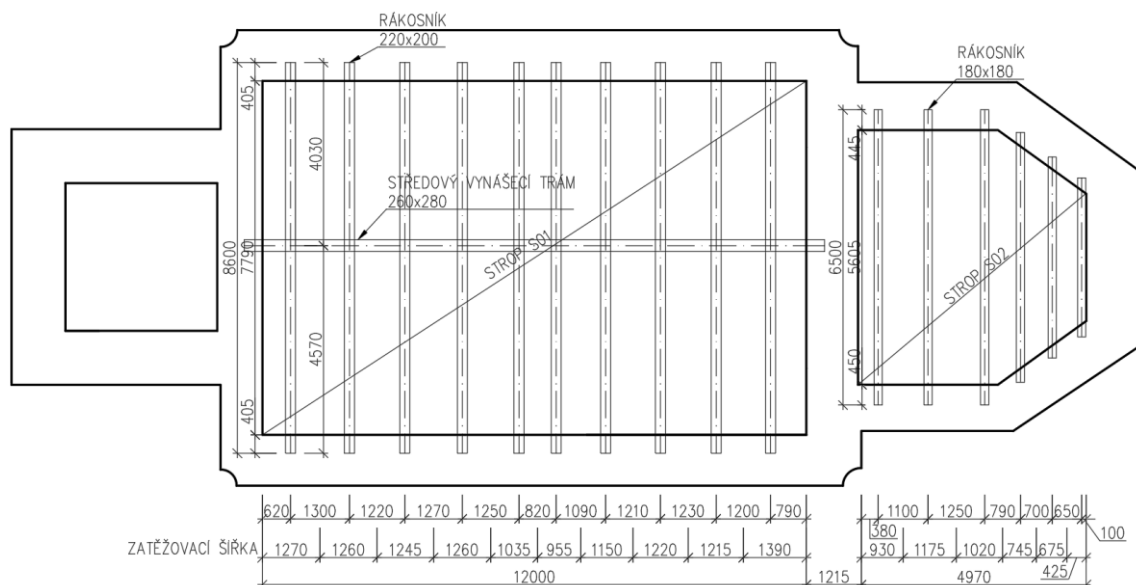
4.1 Dřevěný trémový strop

4.1.1 Posudek rákosníků nad lodí – strop S01

První statický posudek se týká dřevěných stropních trámů – rákosníků nad lodí (strop S01). Jak bylo popsáno v kapitole: „1.6.3 Vodorovné nosné konstrukce“ resp. v její části: „1.6.3.1 Loď kostela + presbytář“, jedná se o 8,6 m dlouhé dřevěné trámy o obdélníkovém průřezu 220x200 mm (uložení 405 mm), které nesou dřevěný záklop skládající se z prken ve dvou směrech, rákosové omítky (rákosové lože + omítky) a stavebního rumu (piliny, staré tašky, zdicí prvky zanechané po opravách v letech 2016 – 2017) (Obr. 80). Maximální zatěžovací šířka je 1,39 m (Obr. 81). Užité zatížení není uvažováno, jelikož veškeré užité zatížení přeberou vazné trámy, které nesou nášlapnou vrstvu podkrovního prostoru.



Obr. 80 Nadeřinované zatížení v programu Scia Engineer 20

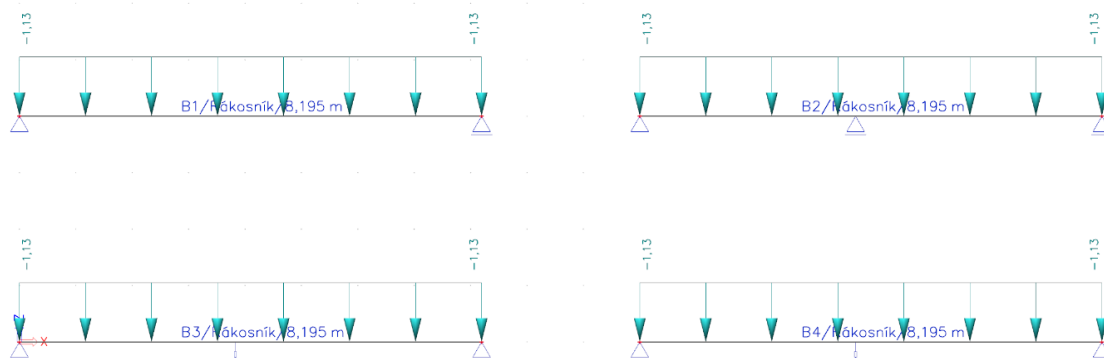


Obr. 81 Stropní trámy (rákosníky) nad lodí a presbytářem

Rákosník je ze smrkového dřeva a bez jakýchkoliv oprav, lze tedy uvažovat lehce sníženou pevnost díky dlouhodobému působení vlhkosti v minulosti před opravou krovu a střešního pláště

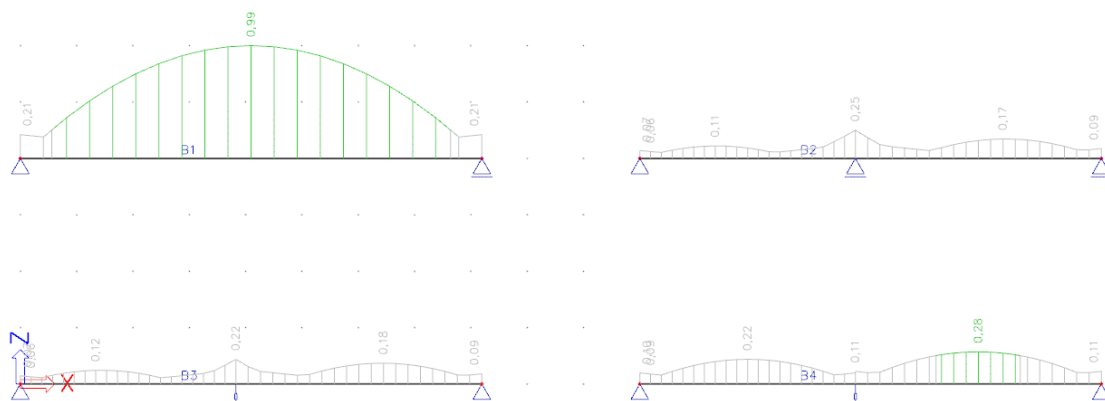
(je uvažováno rostlé dřevo C22). Přesnější zjištění pevnosti daného prvku by bylo potřeba zjistit zkouškami. Rákosník je spojitý nosník o dvou polích díky středovému vynášecímu trámu. Ten slouží jako pružná podpora. Jeho uložení je však mírně asymetrické, jelikož musí ležet mimo rovinu středních sloupků krovu.

Pro účely této práce byly vytvořeny 4 výpočetní modely (Obr. 82). První model (rákosník označen jako B1) neuvažuje středový trám jako podporu (tento model je pouze pro představu, jak by se choval rákosník bez této podpory – například po uvolnění vynášecího trnu, či po jiné staticky znehodnocující degradaci). Druhý model B2 uvažuje středový trám jako plně tuhou podporu (tuhost této podpory se blíží k nekonečnu). Tento model je pouze pro představu, ve skutečnosti dojde k dotvarování spoje (vynášecí trám se deformuje). Třetí model B3 a čtvrtý model B4 uvažují středový trám jako pružnou podporu, B3 s tuhostí 5 MN/m a B4 s tuhostí 0,5 MN/m (tyto dva modely více simulují realitu dotvarování vynášecího trámu). Tyto modely byly zatíženy nadefinovaným zatížením (Obr. 80) s příslušnou zatěžovací šířkou.

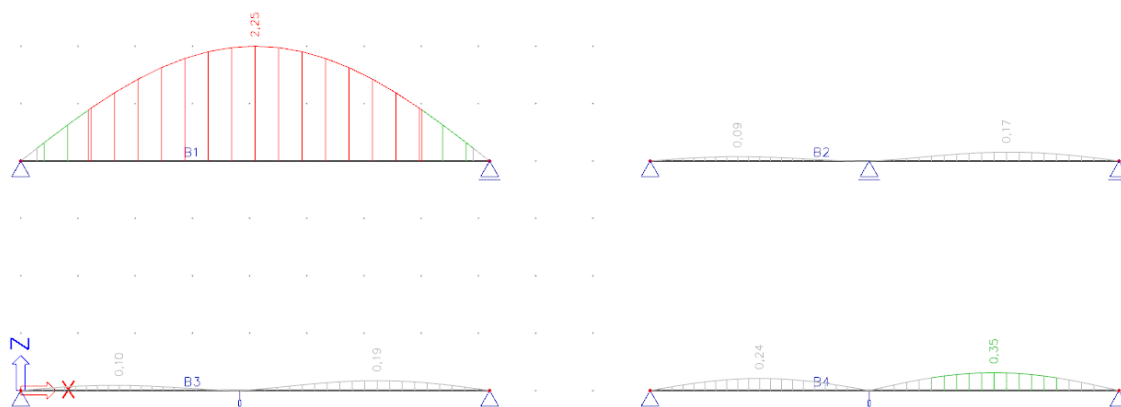


Obr. 82 Výpočetní modely rákosníku stropu S01

Po dokončení výpočtu je zřejmé, že na 1. mezní stav (tj. mezní stav únosnosti – dále pouze MSÚ) rákosník vyhoví vždy (Obr. 83), i v případě bez vynášecího trámu (avšak průřez je využit na 99%). Na 2. mezní stav (tj. mezní stav použitelnosti – dále jen MSP) však v případě B1 nevyhoví (Obr. 84). Krátkodobý průhyb je 1/155 rozpětí (52,8 mm), což je mnohem více, než přípustné maximum (1/350 rozpětí), dlouhodobý + krátkodobý průhyb je 1/97 rozpětí (84,4 mm), což je, opět, mnohem více, než maximum (1/200 rozpětí). Souhrn průhybů MSP na jednotlivých modelech je vypsán v tabulce Tab. 6 na konci této kapitoly. Pokud by roznášecí trám neplnil svoji funkci, byl by průhyb patrný při pohledu na strop z lodi, minimálně omítka by byla čteně popraskaná, či popadaná. Ostatní případy B3, B4, které realističtěji popisují současný stav, a B2, vyhoví. Veškeré výsledky z programu včetně vykreslení vnitřních sil, reakcí, grafického zobrazení výpočtových modelů s výpočtovým zatížením a kombinacemi viz. příloha P03.



Obr. 83 Rákosník nad lodí – MSÚ



Obr. 84 Rákosník nad lodí – MSP

Tabulka MSP:

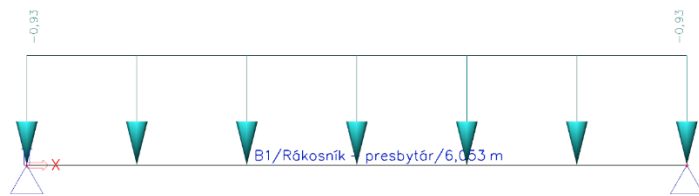
Výpočetní modely	Tuhost střední podpory MN/m ²	Konečný průhyb $u_{z,max}$	
		%	mm
B1	-	100	84,4
B2	∞	4,15	3,5
B3	5	4,62	3,9
B4	0,5	8,3	7

Tab. 6 Tabulka MSP

4.1.3 Posudek rákosníků nad presbytářem – strop S02

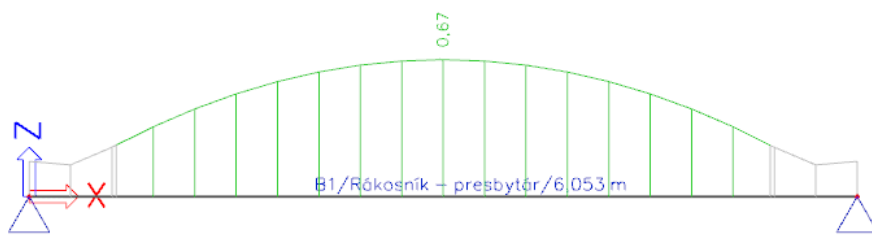
Druhý statický posudek se týká rákosníků nad presbytářem (strop S02). Jedná se o 6,5 m dlouhé dřevěné trámy o čtvercovém průřezu 180x180 mm (uložení 450 a 445 mm), které nesou dřevěný záklop skládající se z prken ve dvou směrech, rákosové omítky (rákosové lože + omítka) a stavebního rumu (viz. Obr. 80). Maximální zatěžovací šířka je 1,175 m (Obr. 81). Užité zatížení není uvažováno.

Rákosník je opět ze smrkového dřeva a také byl v minulých letech vystaven zvýšené vlhkosti, lze tedy opět uvažovat sníženou pevnost dřeva (uvažováno rostlé dřevo C22). Tento rákosník působí pouze jako prostý nosník zatížení svislým rovnoměrným zatížením.

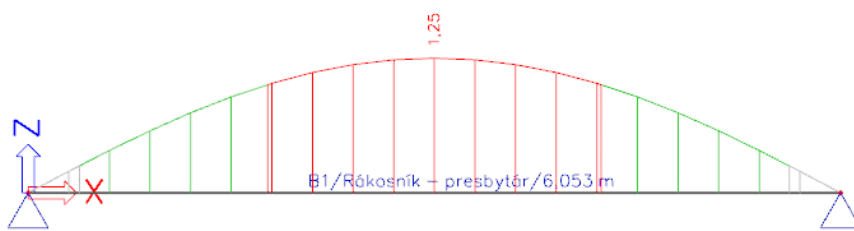


Obr. 85 Výpočetní model rákosníku stropu S02

Statický posudek rákosníku ukazuje, že na MSÚ (ohyb, smyk) vyhoví s relativně velkou rezervou (Obr. 86). Oproti tomu na MSP nevyhoví (krátkodobé + dlouhodobé přetvoření). Nevyhoví jak na krátkodobé (1/281 rozpětí oproti maximálnímu průhybu 1/350 rozpětí) tak ani s připočítáním dlouhodobého (1/176 oproti maximálnímu 1/200) (Obr. 87). Avšak vzhledem k tomu, že se jedná o stávající konstrukci a vyměnit, či upravit ji na více únosnou v momentální situaci nelze, není potřeba se tomuto problému dále věnovat.



Obr. 86 Rákosník nad presbytářem – MSÚ



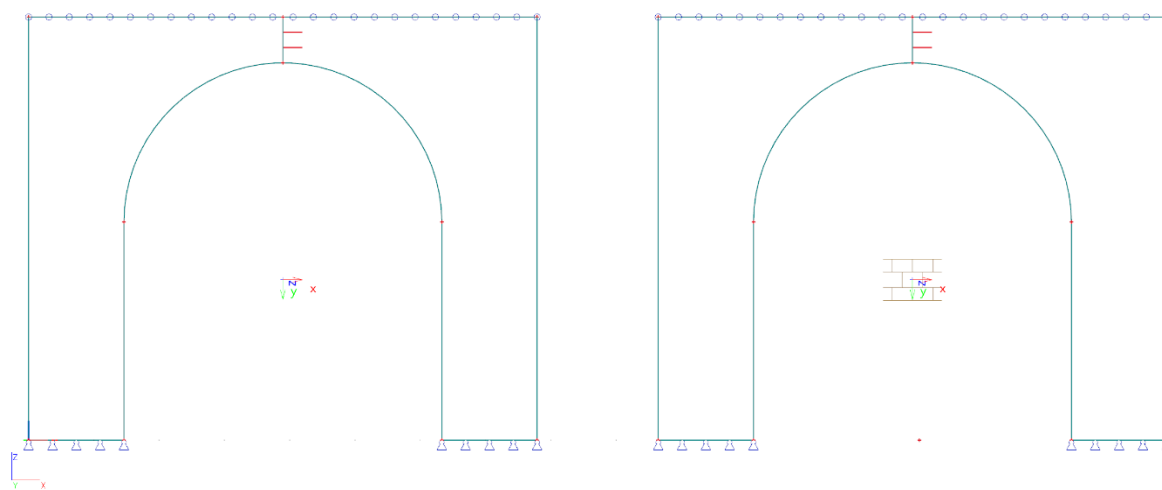
Obr. 87 Rákosník nad presbytářem – MSP

4.2 Vítězný oblouk

Třetí statický posudek je věnován vítěznému oblouku. Jak bylo napsáno v kapitole „2 Popis stávajícího stavu, poruch a analýza možných příčin poruch“, respektive v její podkapitole: „2.3.1 Lod' kostela + presbytář“, je ve vítězném oblouku několik patrných trhlin. Jedna z nejzávažnějších se vyskytuje ve vrcholu oblouku jakožto v jednom z kritických míst klenby – zde se pravděpodobně jedná o lokální přetížení klenby díky vynášecímu trámu a konstrukci sanktusníkové věže. Další

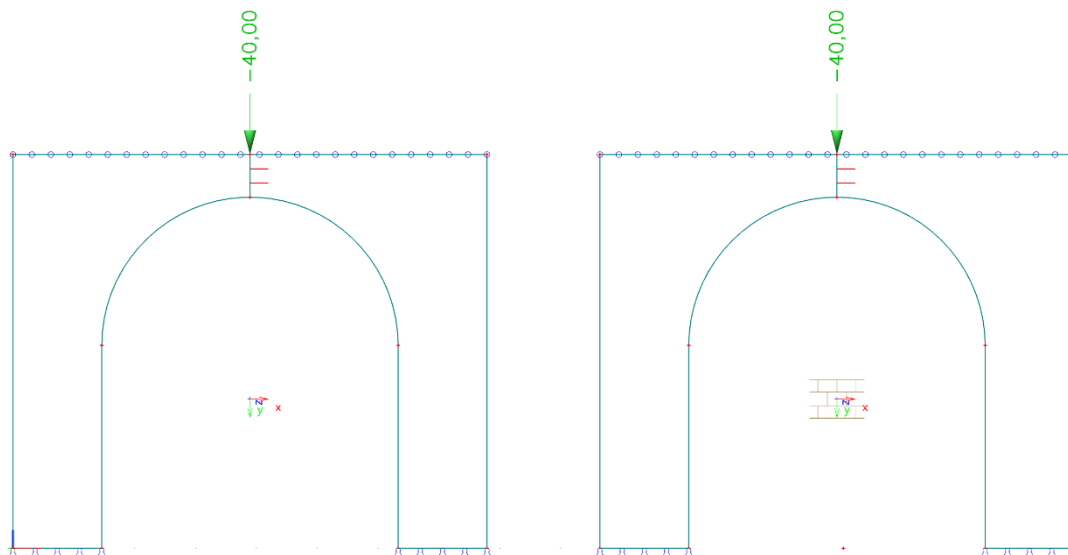
trhliny se nacházejí v bočních pilířích – ty mohly vzniknout v době, kdy vazné trámy neplnily funkci táhel a vodorovné zatížení musely přenést svislé nosné stěny. Z těchto předpokladů také vzniklo zatížení pro statické modely – dvě osamělé svislé síly, dvě identické vodorovné reakce a vlastní zatížení. Konstrukce vítězného oblouku se sestává z opukového zdiva o blíže neurčené pevnosti (jak zdicího prvku, tak malty – přesnější hodnoty by bylo nutné zjistit zkouškami).

Pro analýzu toku napětí byly sestaveny dva modely s identickými rozměry a tuhými kloubovými podporami (pootočení ve směru X, Y, Z je umožněno). Levý model uvažuje konstrukci jako izotropní stěnu, tedy jako celistvou, homogenní, beze změn v jakékoliv části konstrukce. Pravý uvažuje konstrukci jako zděnou stěnu se započítáním klenbového účinku. Z fotografií lze ale usoudit, že zdivo nad klenebným pasem není řádně provázáno s bočními pilíři, což by vítěznému oblouku pomohlo k lepší prostorové stabilitě. Tedy oba modely pouze částečně simulují realitu.



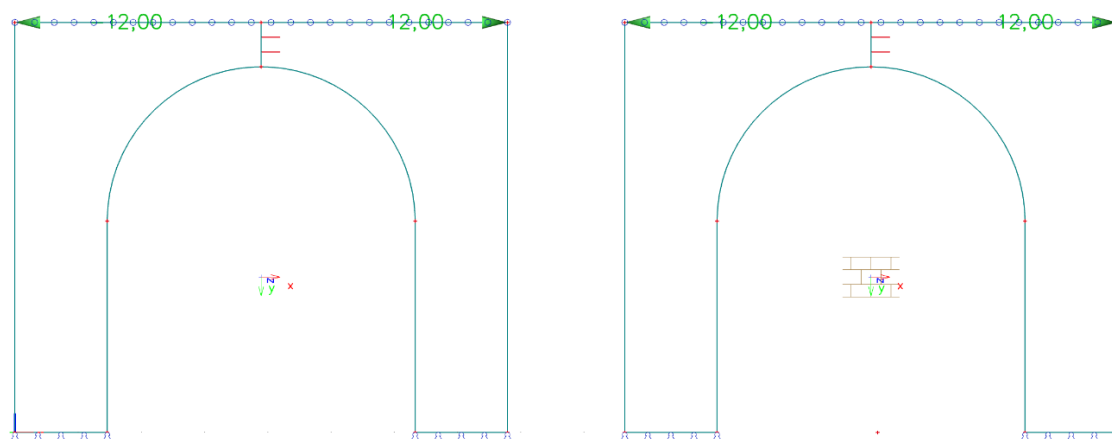
Obr. 88 Výpočetní modely vítězného oblouku, vlevo: izotropní stěna, vpravo zděná ortotropní stěna

Modely byly zatíženy 2 různými stavy – 1. stav uvažuje zatížení vlastní silou a dvěma osamělými silami od účinků vynášecího trámu a od sanktusníkové věže. Reakce od vynášecího trámu byla stanovena orientačně dle výpočtu v programu Scia Engineer – bylo vytvořeno 10 rákosníků, které byly zatíženy stejným rovnoměrným zatížením jako v kapitole: 4.1.1 Posudek rákosníků nad lodí – strop S01“ s rozdílnými zatěžovacími šířkami (dle Obr. 81), tuhost vynášecího trámu byla zvolena 5 MN/m. Reakcemi (z míst pružné podpory) byl poté zatížen model vynášecího trámu. Svislá reakce po výpočtu vyšla přibližně 20 kN. Reakce od sanktusníkové věže nelze takto zjednodušeně spočítat, pro alespoň přibližnou hodnotu by byl zapotřebí 3D model, pro něj by však byla nutná analýza dřevěných prvků apod. Toto nelze, vzhledem ke špatné přístupnosti konstrukce věže. Pro účely této práce byla stanovena orientační hodnota této reakce na 20 kN (Obr. 89).



Obr. 89 Svislé zatížení vítězného oblouku

2. stav uvažuje zatížení vlastní tíhou, dvěma osamělými silami a vodorovnými silami (Obr. 90) jakožto vodorovné reakce od krovu – tento model simuluje stav před opravou krovu z let 2016 – 2017. Vodorovná reakce vyšla přibližně 12 kN.

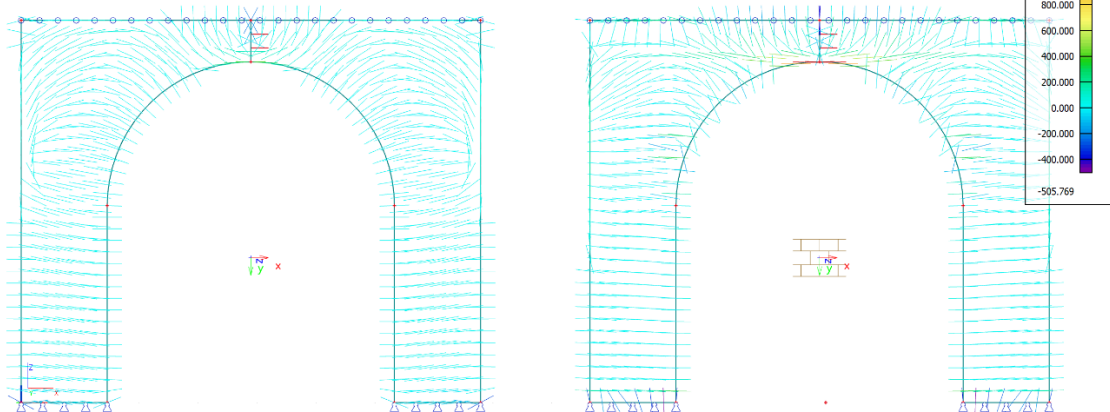


Obr. 90 Vodorovné síly od krovu

4.2.1 Zatížení svislým zatížením – 1. stav

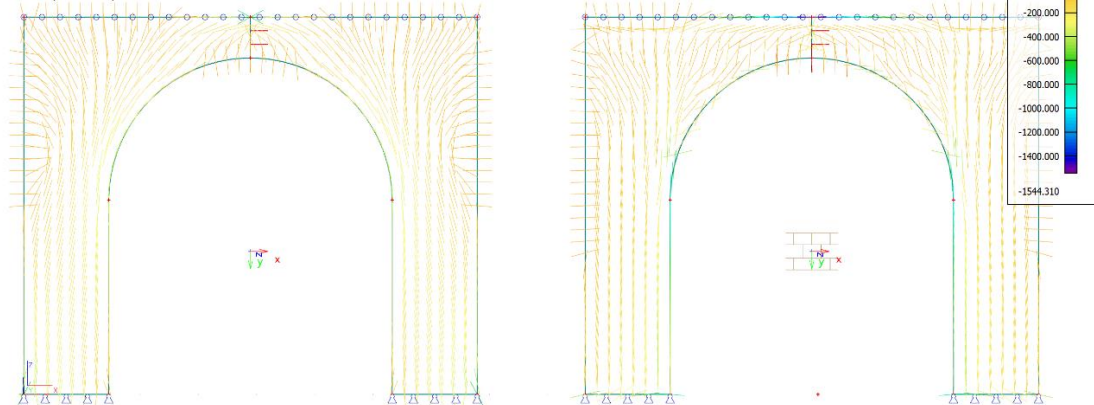
Z výsledků je zřejmé, že soustředěné zatížení způsobí rozevření spáry ve vrcholu. Nepomáhá tomu ani fakt, že obě síly se přibližně nacházejí přímo nad vrcholem oblouku. Oba modely se přibližně shodují v toku hlavních napětí (Obr. 91, Obr. 92), rozcházejí se ve velikostech napětí, především ve vrcholu oblouku (Obr. 93, Obr. 94) – ortotropní model vyvozuje větší tahová napětí – a také v deformacích, kde ortotropní model vyvozuje několikanásobně větší průhyb ve vrcholu oblouku (Obr. 95), což koresponduje s realitou.

2D napětí/přetvoření
Hodnoty: σ_1
Lineární výpočet
Kombinace: EN-MSÚ
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



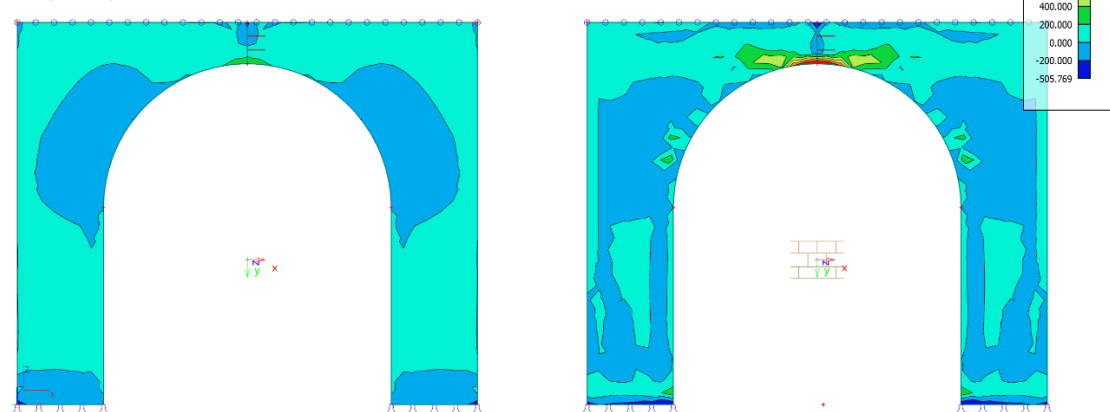
Obr. 91 Trajektorie hlavních napětí σ_1 od svislého zatížení

2D napětí/přetvoření
Hodnoty: σ_2
Lineární výpočet
Kombinace: EN-MSÚ
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

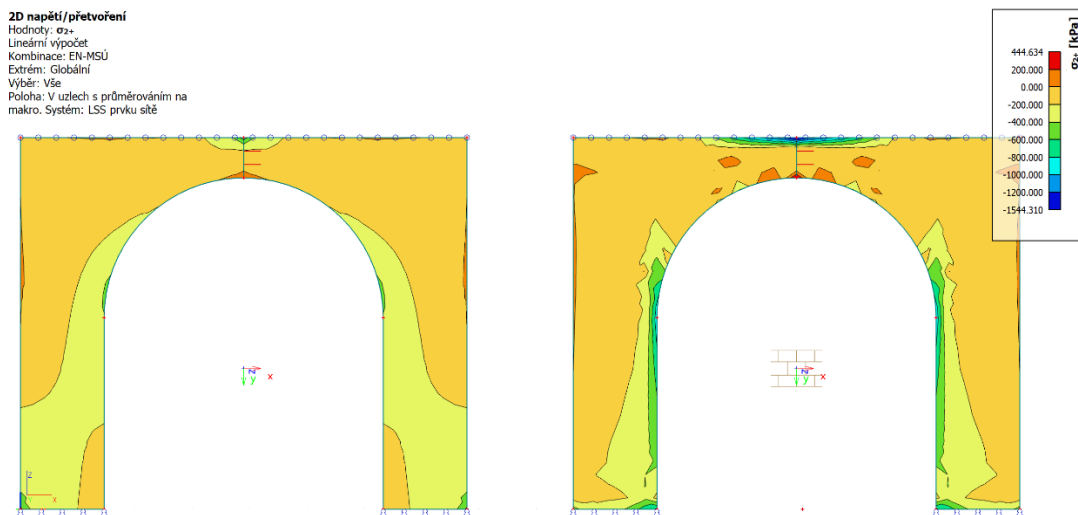


Obr. 92 Trajektorie hlavních napětí σ_2 od svislého zatížení

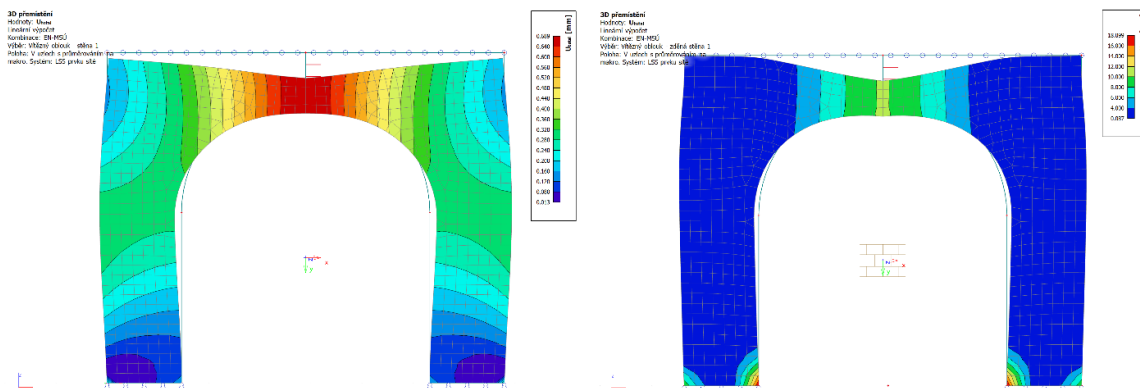
2D napětí/přetvoření
Hodnoty: σ_1
Lineární výpočet
Kombinace: EN-MSÚ
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obr. 93 Hlavní napětí σ_1 od svislého zatížení po ploše modelů



Obr. 94 Hlavní napětí σ_2 od svislého zatížení po ploše modelů



Obr. 95 Deformace od svislého zatížení

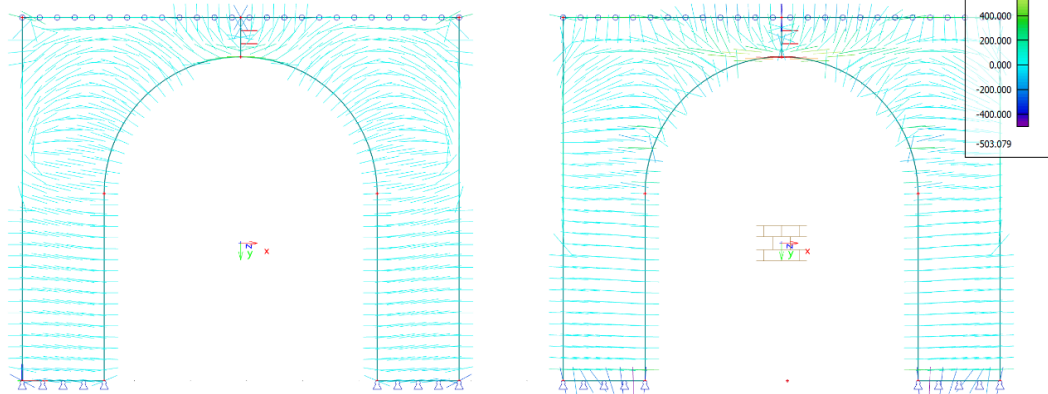
4.2.2 Zatížení svislým a vodorovným zatížením – 2. stav

Ve druhém stavu, tedy se započítáním vodorovných sil od krovu, se mírně mění tok hlavních sil a více odpovídá reálně porušené konstrukci. Napětí avšak vyšla relativně malá (100 – 200 kPa) (Obr. 98, Obr. 99), což by vítězný oblouk nepotrhalo do takové míry, jako ve skutečnosti je. Tento fakt je daný především zjednodušením modelu.

Při tomto zatížení se oba modely opět lehce rozcházejí v trajektoriích napětí (Obr. 96, Obr. 97) a v deformaci (Obr. 100).

2D napětí/přetvoření

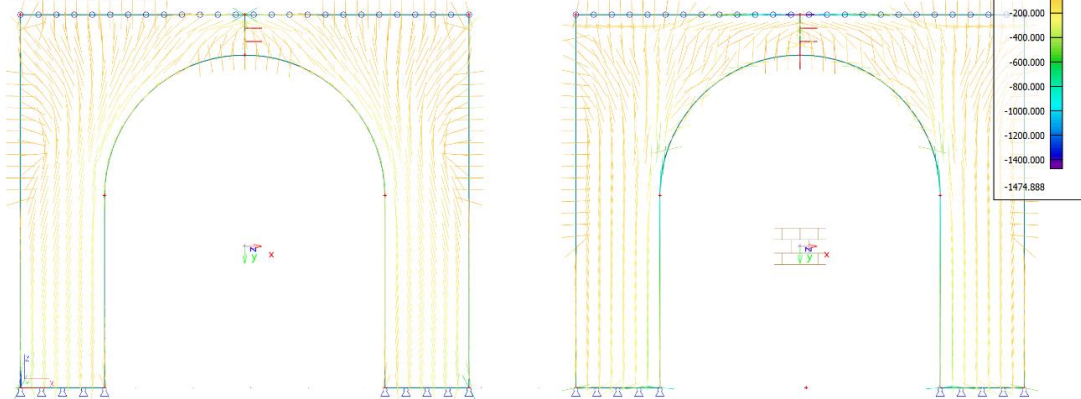
Hodnoty: σ_1
Lineární výpočet
Kombinace: EN-MSÚ + krov
Extrem: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Obr. 96 Trajektorie hlavních napětí σ_1 od svislého a vodorovného zatížení

2D napětí/přetvoření

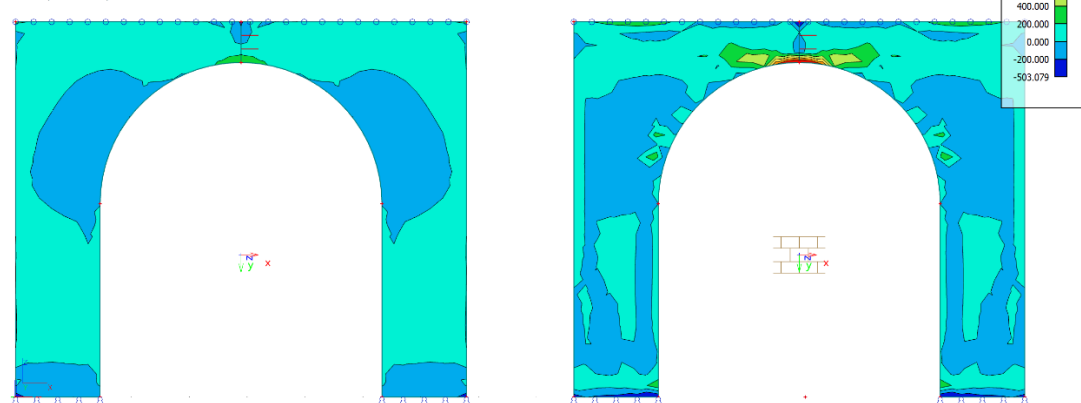
Hodnoty: σ_2
Lineární výpočet
Kombinace: EN-MSÚ + krov
Extrem: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



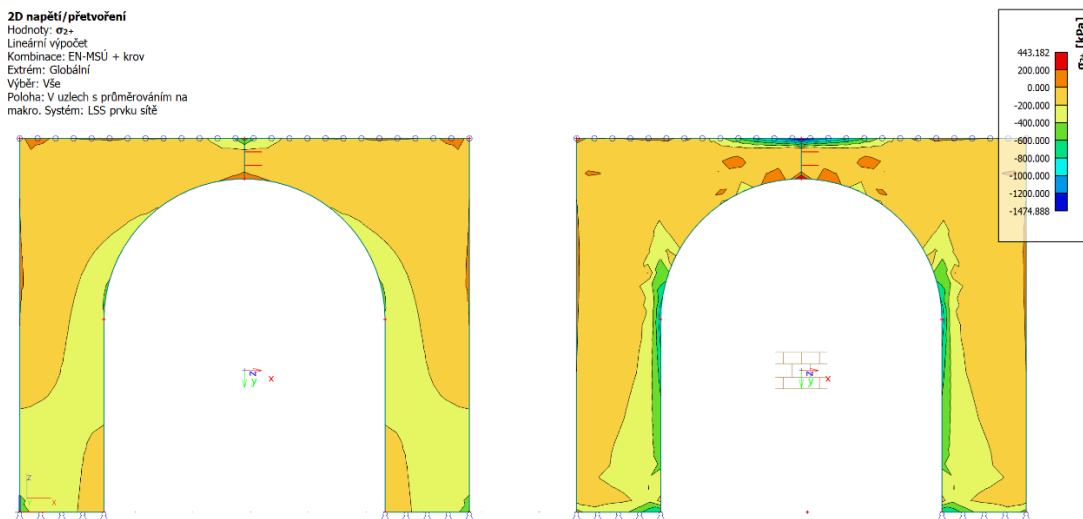
Obr. 97 Trajektorie hlavních napětí σ_2 od svislého a vodorovného zatížení

2D napětí/přetvoření

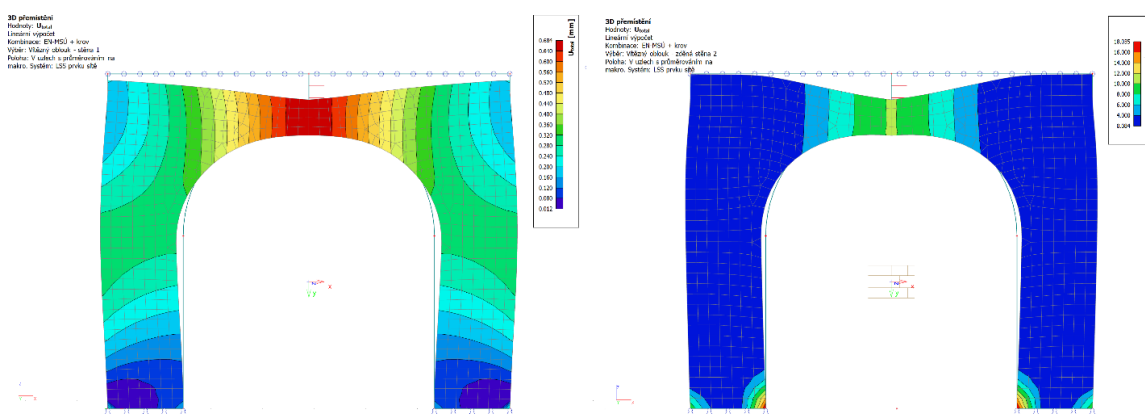
Hodnoty: σ_1
Lineární výpočet
Kombinace: EN-MSÚ + krov
Extrem: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Obr. 98 Hlavní napětí σ_1 od svislého a vodorovného zatížení po ploše modelů



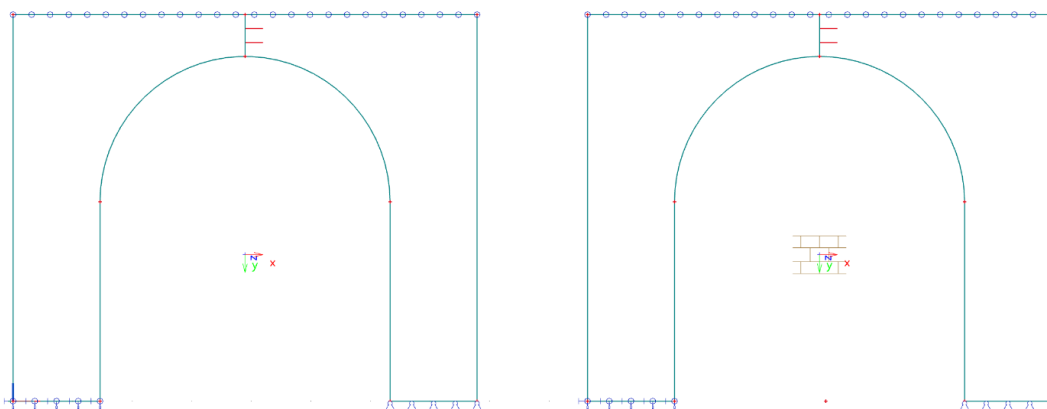
Obr. 99 Hlavní napětí σ_2 od svislého a vodorovného zatížení po ploše modelů



Obr. 100 Deformace od svislého a vodorovného zatížení

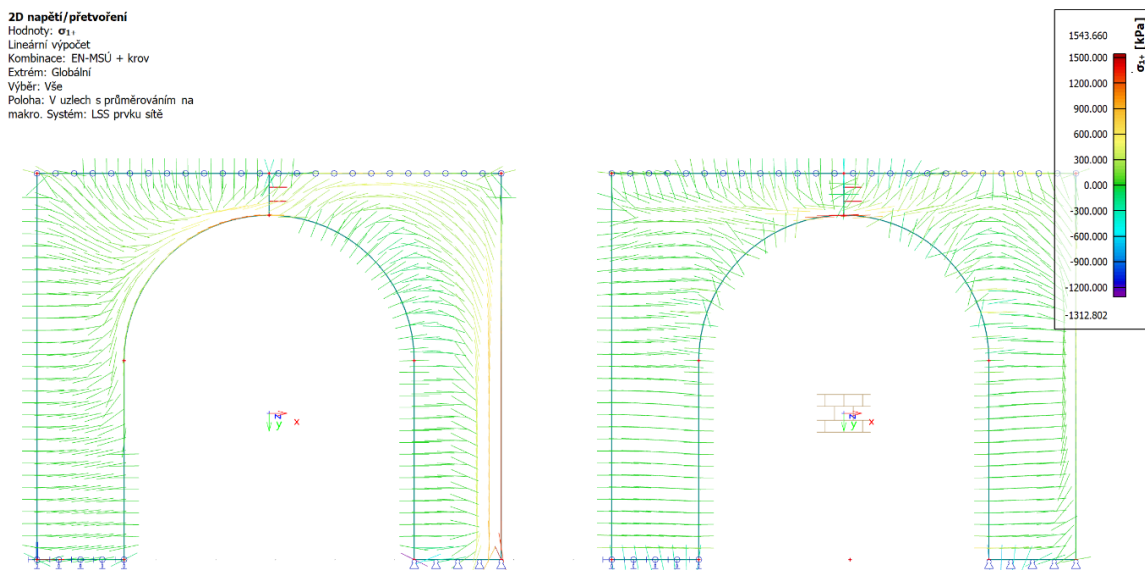
4.2.3 2. stav s poklesem základové spáry

Pro ověření, zda tyto trhliny nevyvodil pokles základové spáry, byla změněna tuhost levé podpory v globálním směru Z na 15 MN/m^2 (velikost tuhosti pouze odhadem za účelem zjištění, jak bude model reagovat na změnu podpory a jak se změní průběhy trajektorií hlavních napětí) (Obr. 101).

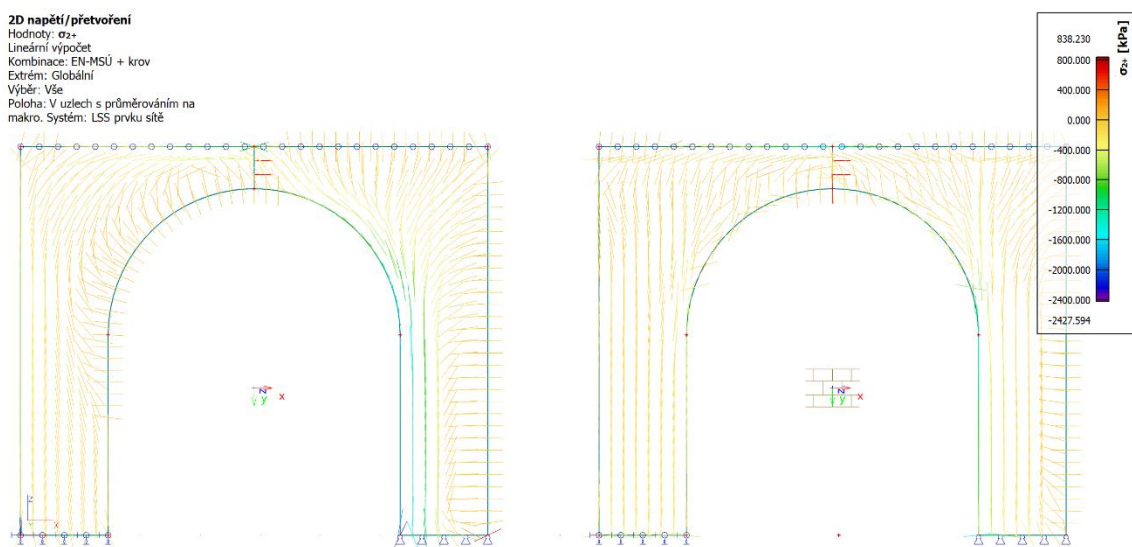


Obr. 101 Modely s levými pružnými podporami

Po zobrazení toku hlavních napětí je zřejmé, že pokles podpory tyto trhliny nevyvodí. Na obou modelech je patrné, že trhliny by musely vzniknout i na jiných místech konstrukce (které by byly viditelné i z exteriéru), nejen v bočních pilířích (Obr. 102, Obr. 103).

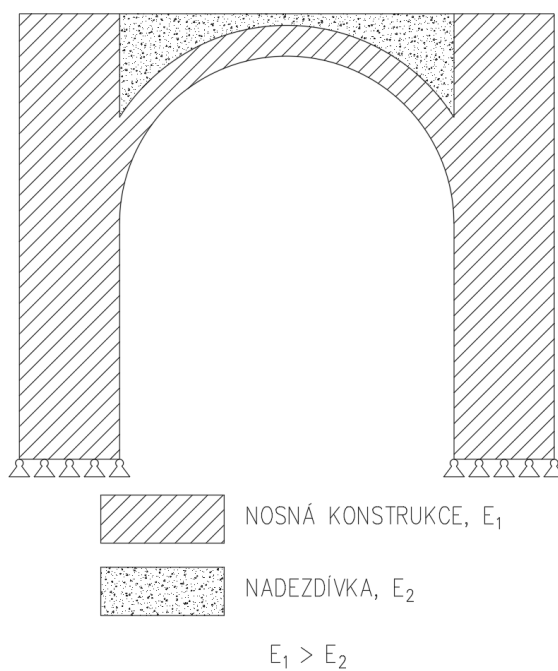


Obr. 102 Trajektorie hlavních napětí σ_1 po změně tuhosti podpory



Obr. 103 Trajektorie hlavních napětí σ_2 po změně tuhosti podpory

Pro přesné zobrazení by bylo potřeba vytvořit složitější model konstrukce, kde by zdivo nad klenebným pasem mělo menší modul pružnosti (Obr. 104), aby se docílilo faktu, že není dostatečně provázáno s bočními pilíři vítězného oblouku.



Obr. 104 Model s rozdílnými materiály a moduly pružnosti

Další možností, jak tyto trhliny vznikly, může být i například malá pevnost malty zdiva nad klenebným pasem ve styku bočních pilířů, což by mohlo vyvodit i za takto malých napětí tahovou trhlinu. Dále nebylo v úvahu vzato zatížení větrem, což by mohlo vyvodit větší vodorovné reakce v krovu.

5 Přehled sanačních metod

5.1 Vlhkost

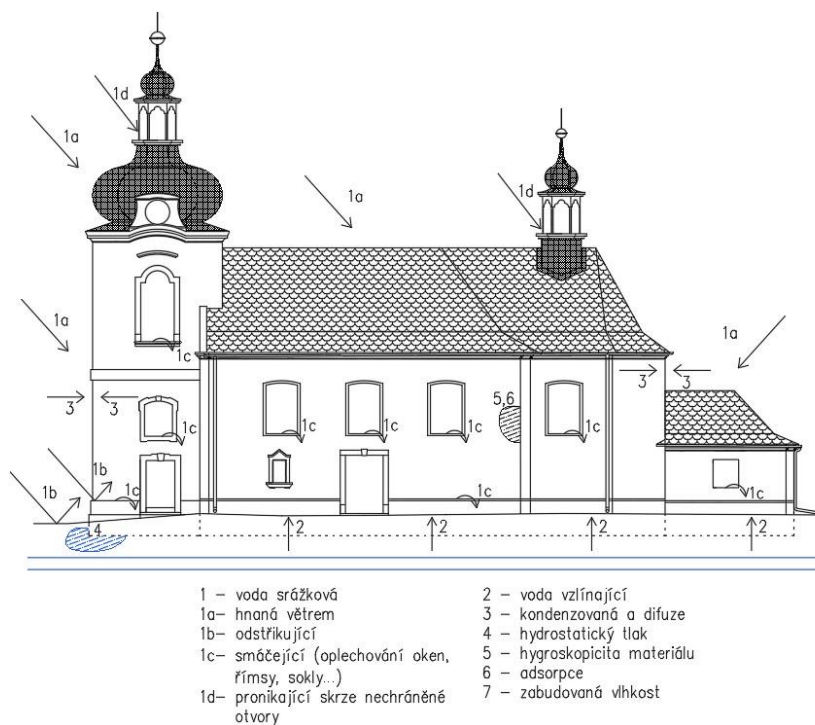
Vlhkost je vlastně voda vázaná na póry či kapiláry stavebních materiálů, zemin a ostatních pórovitých látek. Za běžných atmosférických podmínek obsahuje vodu každá pevná látka. Její množství závisí na teplotě, vzdušné vlhkosti, pórovitosti, množství hygroskopických solí a u vnějšího (obvodového) zdiva i na světových stranách.

Nadměrnou vlhkostí zdiva rozumíme vlhkost zdicích materiálů, která podstatně zhoršuje vlastnosti, statickou, tepelnou či estetickou funkci zdiva a vede k tvorbě výkvětů solí a růstu nežádoucích mikroorganismů. Při kritické vlhkosti dochází k rozpadu povrchu zdiva a omítek. To se projevuje tmavnutím povrchů, nadmutím omítek, vytvářením tmavých map s výraznými konturami (14).

5.1.1 Druhy a příčiny zvýšené vlhkosti ve stavebních konstrukcích

Při posuzování vlhkosti zdiva v souvislosti s určením typu sanační metody je vždy na prvním místě určení typu vlhkosti, respektive určení důvodu jejího vzniku. Tento fakt nás může velmi konkrétně navést k dané metodě sanace a uspořít tak nejen náklady na rekonstrukci, ale též čas a v neposlední řadě může vést ke zvýšení životnosti sanace (14).

Zdrojem zvýšené vlhkosti může být voda srážková, voda povrchová či podpovrchová, podzemní, zemní vlhkost, voda kondenzovaná, provozní či voda zabudovaná (neboli technologická) (Obr. 105) (15).



Obr. 105 Zdroje zvýšené vlhkosti



Příčinou zvýšené vlhkosti stavebních konstrukcí a jejich materiálů může být smáčení, prosakování, kapilární vztlínání, kondenzace povrchová či vnitřní, sorpce, technologie výroby, chemická reakce, vysoký obsah hygroskopických solí mikroorganismy, poruchy vnitřních rozvodů, poruchy odpadního potrubí či zatékání.

Při hodnocení příčin zvýšené vlhkosti a pro návrh sanace je třeba analyzovat podíl, popř. dominantní úlohu některých z uvedených forem transportu vlhkosti do nitra konstrukcí:

- **Difuze vodních par** – transport vody v plynné fázi, způsobena rozdílem partiálních tlaků vodních par a rozdílem teploty (resp. teplotním spádem);
- **Kapilární vztlínání** – hlavní mechanismus transportu vody v kapalně fázi díky propojenému systému pórů – tzv. kapilárnímu systému – a vztlínáním vody (vzestupem vody) – kapilární elevací
- **Obsah solí ve vodě** – souvisí s kapilárním vztlínáním, jelikož soli se usazují na stěnách pórů (tím se zmenšují póry) a vznikají podmínky pro zvýšení výšky maximálního vzlinutí
- **Sorpce vodní páry** – společný název pro absorpci (pohlcování vodní páry absorbentem) a adsorpci (pohlcování vodní páry povrchem) (15)

5.1.2 Historické způsoby ochrany zděných budov před zvýšenou vlhkostí

K nejstarším opatřením ochrany zdiva před zemní vlhkostí používaných v historických zděných budovách patří zejména:

- odvětrávání dutých podlah
- vzduchové metody – větrací systémy sklepů a podzemních prostor
- účinné větrání a využití sklepních prostor v chladném, vlhkém mikroklimatu
- prokládání materiálů – rovinanina kamene či základových cihel v základových rýhách
- ochrana vrstvou z břidlicových desek
- ochrana vrstvou říčních valounů
- ochrana zdiva vrstvou jílu
- izolace pomocí vzduchových mezer a provětrávacích kanálků a dutin
- ochrana vrstvou dřevěného uhlí, pískem a kanálky
- ochrana asfaltem
- ochrana olověnými plechy (15)

5.1.3 Sanační opatření zdiva

K určení typu sanační metody je důležité znát jak druh a množství vody ve stavební konstrukci, tak také souvislost úrovní podlaží a okolního terénu, nejbližší okolí námi posuzované stavby (chodníky, dvory, komunikace, vzrostlá zeleň aj.) a vývoj stavby v minulosti (opravy), což

může naznačit problémy řešené či neřešené v minulosti. Po takto provedeném průzkumu se teprve může určit rozbor metod a jejich možné aplikace na konstrukce řešené budovy (14).

Sanace zvýšené vlhkosti se dělí na přímé a nepřímé (14) (15). Samotnou kapitolu tvoří sanační omítky.

5.1.3.1 Přímé metody

Mezi přímé metody, které brání vnikání a šíření vlhkosti v konstrukcích, patří:

- mechanické metody
- metody chemické
- elektrofyzikální metody
- ochrana systémem vzduchových dutin (14) (15)

Metody mechanické

Tyto metody spočívají ve vkládání do ručně, či strojově vytvořené spár, hydroizolačních pásů, desek nebo fólií. Mezi tyto metody patří podřezání zdiva s vložením nové hydroizolace a vkládání (resp. narážení) nerezových desek (15). Tyto metody nejsou v zásadě omezeny hodnotou zvýšené vlhkosti zdiva, obsahem solí ve zdivu, chemismem zdiva ani distribucí pórového systému (15).

Podřezání zdiva patří bezesporu mezi tradiční přímé způsoby sanace. Cílem podřezání je vytvoření izolace fyzikální cestou – vytvořením vodonepropustné bariéry. Tato metoda se provádí dvěma způsoby: podřezání zdiva řetězovou pilou (Obr. 106) a podřezání zdiva pilou s diamantovým lanem (Obr. 107) (16). Řetězová pila se hodí pro menší tloušťky stěn a spíše pro cihelné zdivo s průběžnou spárou, pila s diamantovým lanem se používá pro smíšené a kamenné stěny bez průběžné ložné spáry (bez omezení tloušťky stěn). Pro tuto metodu je nutné mít zajištěn přístup z obou stran stěny (15) (16).



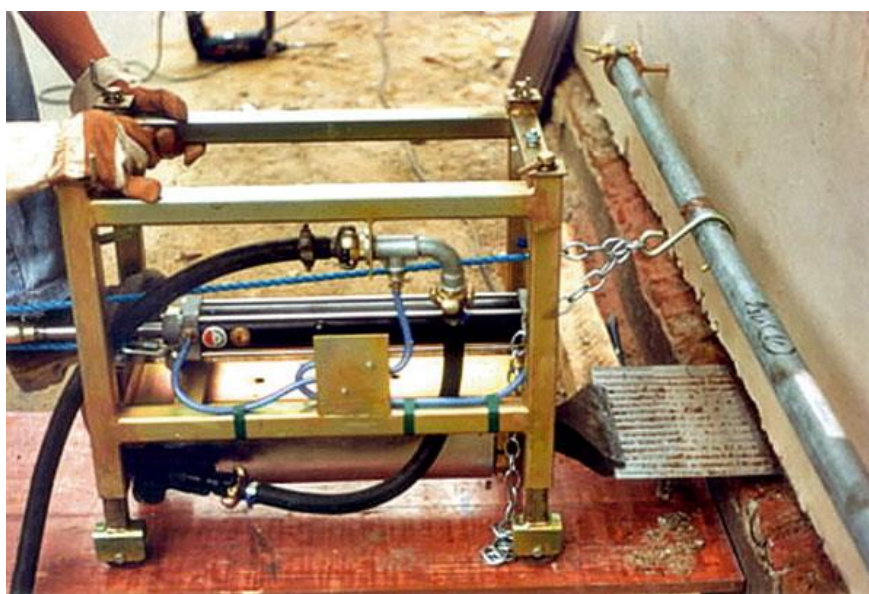
Obr. 106 Podřezání zdiva řetězovou pilou (17)



Obr. 107 Podřezání pilou s diamantovým lanem (18)

S ohledem na statiku objektu se stěna podřezává postupně v maximální délce jednoho metru. Spára se následně vyčistí od nečistot a zbylých kusů zdiva a poté se vkládají hydroizolační pásy, popř. desky. Pak se provede dokonalé vyklínování pomocí plastových klínů a spára se vytmelí cementovou maltou (14) (15) (19) (20).

Další mechanická metoda spočívá v zarážení nerezových desek z tvrdé, legované oceli – metoda HW, k zatlačování se používá pneumatické či elektrické kladivo (14). Přednostmi této metody je suchý proces oproti podřezání pilou s diamantovým lanem, lze ji aplikovat z jedné strany (bez nutnosti oboustranného přístupu ke konstrukci) u cihelného, smíšeného či kamenného zdiva s průběžnou ložnou spárou. Vodotěsné spoje jsou zajištěny přesahem či speciálním zámkem (15) (21).



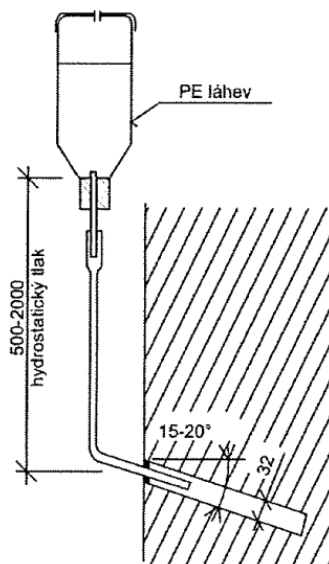
Obr. 108 Vtlačování nerezových desek (14)

Mechanické metody jsou bezesporu při správném provedení 100% účinné a mají dlouhou životnost (až 90 let). Nevýhodou je ale nutný přístup z obou stran a náročnost na pracovní prostor (až 1,5m okolo míst podřezání), vysoká pracnost, hlučnost, prašnost, mokrý proces (podřezání pilou s diamantovým lanem), nepříznivý vliv na statiku a obětování zdí pod novou izolací, kde zvýšená vlhkost zůstane (16) (19) (20). Konstrukce pod novou hydroizolací by měly být dostatečně odolné proti působení vlhkosti, především agresivní vlhkosti, která způsobuje chemické a biochemické degradační procesy, které předcházejí rozpadu základového zdiva (nebo celého zdiva pod novou hydroizolací) (15).

Chemické (infuzní) metody

Hydroizolační vrstva se u těchto metod provádí napouštěním zdiva látkou, která pronikne do pórů, kapilár a trhlin. Zdivo se látkou nasytí a vznikne hydroizolační clona, která zadrží vztlínající vodu a plní funkci dodatečné izolace. Tuto clonu lze vytvořit pomocí beztlakové, nízkotlakové či vysokotlakové injektáže (14).

Beztlaková a nízkotlaková injektáž se provádí do vrtů se sklonem 5 – 45° o průměru 25 – 38 mm (Obr. 109) ve dvou řadách ve vzdálenosti 100 – 125 mm. Vzdálenost vrtů musí odpovídat hloubce průniku injektážní směsi do materiálu. Hloubka vrtu je o 50 – 100 mm menší než tloušťka zdiva. Otvory se vyčistí od prachu a plní se buďto samospádem (hydrostatický přetlak) či elektrickým čerpadlem (14) (15).

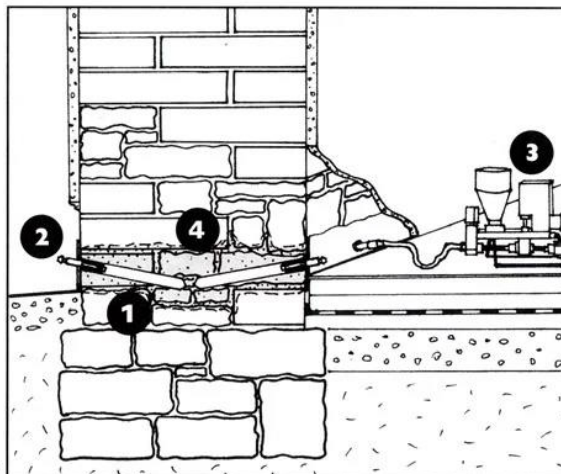


Obr. 109 Beztlaková injektáž

Tlaková injektáž se provádí do horizontálních vrtů o průměru 10 – 16 mm ve větší vzdálenosti, než u beztlakové, tj. 200 – 300 mm, do vrtů se osadí injektážní ventily (pakry) a tlakovým čerpadlem se vhání pod tlakem polyuretanové či epoxidové pryskyřice (14) (15) (Obr. 110).

Legenda:

- ❶ Injektážní vrty
- ❷ Injektážní pakr
- ❸ Tlakové čerpadlo
- ❹ Proinjektovaná zóna zdiva



Funkční schéma metody

Obr. 110 Tlaková injektáž (22)

Použitelnost chemických metod je určována technickým stavem zdiva a možnostmi vrtání (pneumatické/elektrické kladivo). Projekt sanace vlhkého zdiva chemickou metodou musí předcházet statické posouzení stěn oslabených soustavou infuzních vrtů. V případě následného zaplnění vrtů tepelně vodivějším materiálem oproti jinak tepelně vodivé stěně, či při ponechání otevřených vrtů, je nutné také tepelně technické posouzení stěny (14) (15).

Velmi důležitý je i výběr vhodného injektážního prostředku a technologie v závislosti na chemismu zdiva, velikosti a distribuci pórů (u zdiva s velkými póry (poloměr nad 10^{-4} m) je vhodné použít dvoustupňovou infuzi – hydrofobizační + utěšňovací), vlhkosti sanovaného zdiva a příčinách zvýšené vlhkosti. Pokud je zdivo velmi vlhké (nad 50 % hm), musí před chemickou infuzí předcházet vysušování zdiva. Např. chemické prostředky na bázi vodných roztoků lze použít do 7% hmotnostní vlhkosti zdiva a nelze je aplikovat v zimě, nad 10% hm. je účinná dvoustupňová metoda, mezi 11 – 12% hm. se aplikují prostředky na bázi organických rozpouštědel (aplikují se pouze z vnější strany a to při nižších teplotách), prostředky silikátové báze jsou vhodné pro historické zdivo s vylouženým vápnem (metoda následné infuze) a organokřemičité prostředky vyžadují $\text{pH} > 8$ (15).

Existují 3 druhy chemických prostředků dle jejich primárních vlastností – utěšňující, hydrofobizační a kombinované (15).

Utěšňovací prostředky jsou zejména jednosložkové či dvousložkové polyuretanové pryskyřice nebo akrylátové gely. Polyuretany jsou vhodné pro zastavení průsaků tekoucí vody, utěsnění trhlin a vytvoření dodatečné bariéry, akrylátové gely jsou vhodné proti vztlínající vlhkosti, proti působení tlakové vody, či na rubové nebo plošné injektáže. Jsou bezpochyby nejuniverzálnější, ale i cenově nejnákladnější (23) (24).

Hydrofobizační prostředky jsou silikonové roztoky organokřemičitých sloučenin v organických rozpouštědlech (silanové a silikonové mikroemulze) a ve vodě, či mikroemulze.

Těmito prostředky se zamezí vzlínání vlhkosti. Dle prostředku se používá tlaková (roztoky na bázi silanů a siloxanů) či beztlaková injektáž. Nejsou účinné proti tlakové vodě (15) (24) (25).

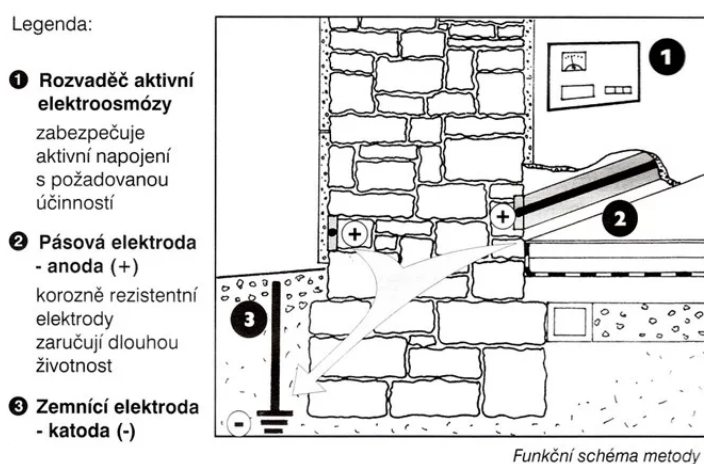
Kombinované systémy jsou prostředky na bázi silanů a siloxanů, které způsobují hydrofobizaci (stejně jako hydrofobizační prostředky). Jsou zde dodatečně zastoupeny křemičitany, které částečně utěšňují. Tyto prostředky jsou účinnější než pouze hydrofobizační, avšak také nejsou účinné proti tlakové vodě. Provádí se výhradně tlakovou injektáží (24).

Při aplikaci chemické metody u památkově chráněné budovy je vhodné provádět maloprofilové jádrové vývrty, které se po provedení injektáže znovu osadí do otvorů, v případě kamenného zdiva (pískovec, opuka) je vhodné ze suti z vývrtů vytvořit s vhodným pojivem směs pro zaplnění vývrtů a nakonec provést rozetření mírně ztuhlé výplně, aby došlo k omezení viditelnosti provedeného zásahu (15).

Elektrofyzikální metody

Dodatečné vysoušení zdiva pomocí elektrofyzikální metody, známé pod pojmem elektroosmóza je založeno na poznání, že mezi horní částí vlhkého zdiva a základovou půdou vzniká napětí vyvolané prouděním vody v kapilárách. Tedy elektrické pole vyvolané vzlínáním bude mít kladný pól ve směru proudění kapaliny (ve zdivu) a záporný pól v zemině. Uzemněním zdiva vzniká proudový obvod, v němž má elektroosmotické proudění opačný směr, než proudění kapilární. Proto poté téměř ustává proudění vlhkosti a zdivo vysychá (14).

Dělí se na pasivní, aktivní (Obr. 111) a galvanoosmózu. Tyto metody se liší použitím různých materiálů pro elektrody a využitím či nevyužitím přídavného zdroje elektrického napětí (14). Nejvíce se používá aktivní elektroosmóza (15).



Obr. 111 Schéma aktivní elektroosmózy (26)

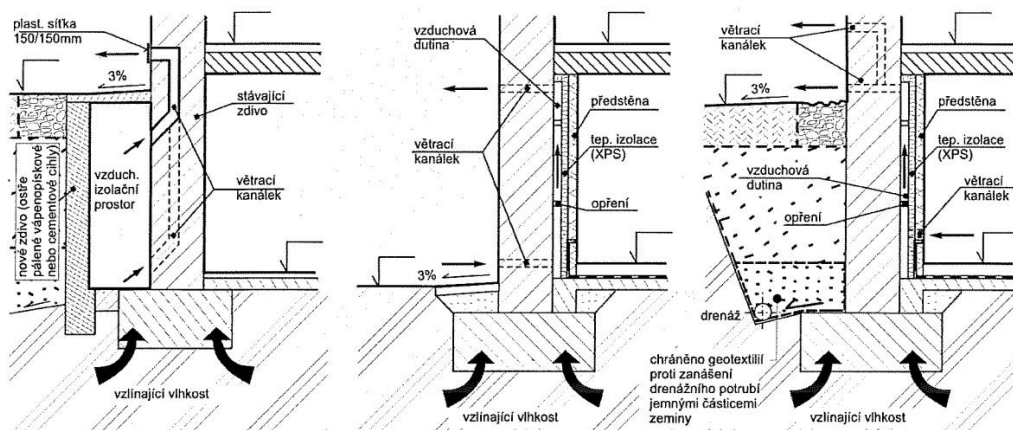
Tyto metody nejsou příliš vhodné v oblastech se silně mineralizovanou podpovrchovou vodou, při vysoké dotaci vlhkosti, či při vlhkosti s agresivními účinky a ve zdivu s vysokým obsahem soli (> 1 % hmot.) a s převážujícím obsahem póru s větším poloměrem než 10^{-7} m,

zejména při poloměru větším než 10^{-4} m. Také nejsou vhodné v konstrukcích, kde došlo ke zvýšení vlhkosti z důvodů kondenzace vodní páry, účinkem tlakové vody a prosakováním nefunkční svislou hydroizolací podzemních stěn, nebo pokud konstrukce mají nižší pH než 6, což je často případ historických objektů (14) (15).

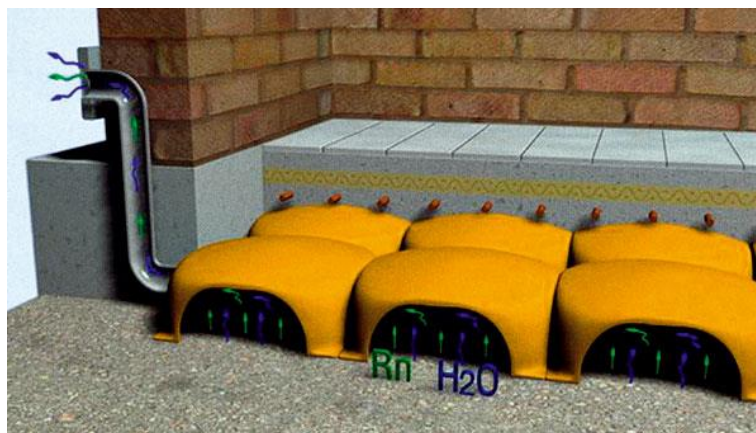
Elektroosmózu prakticky vyřazuje z funkce fakt, pokud jsou ve stěně přítomny ocelové konstrukce, bludné proudy elektrické trakce nebo unikající proud od silnoproudých elektrických vodičů (15).

Metody vzduchoizolační

Sanace vzduchovými dutinami je metoda dodatečné ochrany proti zvýšené vlhkosti, při níž je vlhkost zdiva, stěn (Obr. 112) nebo podlahových konstrukcí (Obr. 113) odváděna proudícím vzduchem ve vzduchových dutinách, mezerách a kanálcích, a zároveň se zpravidla současně i snižuje dotace vlhkosti do zdiva nebo podlahy z obklopující zeminy. Cirkulace vzduchu v těchto dutinách pak můžeme dosáhnout vhodnou volbou nasávacího a výdechového otvoru či pomocí ventilátorů, které do dutin vzduch vhání nebo z nich vzduch vysávají (14) (15).



Obr. 112 Příklady provětrávané vzduchové dutiny



Obr. 113 Tvarovky IGLU pro odvod vlhkosti z konstrukce podlah (14)

Aby byla zajištěna správná účinnost této metody, musí být zajištěno nepřetržité proudění vzduchu bez kondenzace vodní páry uvnitř dutiny – tato skutečnost se při návrhu, respektive při projektování této sanace dá ověřit výpočtem (14).

Tuto metodu lze aplikovat zejména v kombinaci s infuzními metodami nebo s elektroosmózou, jakožto odvod zbytkové vlhkosti suterénního a základového zdiva. Při použití bez infuzní nebo elektrofyzikální metody je méně nákladnější, má neomezenou délku trvání a její provoz prakticky nevyžaduje žádnou další energii, lze ji použít u všech druhů materiálů i při vlhkosti 8 % hmot. Je však méně účinná a pokles vlhkosti je pomalý (14).

5.1.3.2 Nepřímé metody

Nepřímé metody alespoň částečně eliminují opakovaný výskyt zvýšené vlhkosti i po provedení přímé sanační metody (výrazně omezují zdroje a příčiny – snižují hydrofyzikální namáhání konstrukce) a lze jimi dosáhnout obrovských úspor stavebních nákladů při provádění sanačních opatření. Mezi tyto metody patří:

- odvodnění základového a podzemního zdiva drenážním systémem;
- tvarování terénu v okolí řešeného objektu;
- odstranění difuzně nepropustných obalových konstrukcí;
- správný odvod srážkové vody z povrchů a střech;
- odstranění kritických míst;
- úprava vnitřního prostředí budovy, zajištění výměny vzduchu aj. (14) (15).

5.1.3.3 Sanační omítky

Sanační omítky jsou speciální omítkové směsi, které se navrhují pro omítání vlhkého a zasoleného zdiva jako doplňující opatření. Svými difuzními a pórovými vlastnostmi, vodoodpudivostí a nenasákavostí vytvářejí příznivé podmínky pro odvod vlhkosti ze zdiva ve formě vodní páry a případně vysychání zdiva. Soli běžné omítky masivně poškozují, zatímco v sanační omítce se ukládají v pórovém systému a zajišťují vizuálně suchý povrch, bez výkvětů. Z důvodu usazování solí na povrchu pórů se během času snižuje difuzní schopnost a celková funkčnost omítky. Účinnost omítky tedy závisí nejen na vlhkosti, ale také na salinitě zdiva a na její tloušťce. Dále závisí na skladbě a homogenitě malty (15) (27).

Omítkový systém se skládá ze 3 vrstev: podhoz (zajišťuje adhezi k podkladu a musí být odolný proti působení solí), podkladní omítko (zajišťuje vyrovnaní hrubých nerovností podkladu – vyrovnávací vrstva) a sanační omítko (difuzně prodyšná, zajišťuje vizuálně suchý a nepoškozený povrch) (27).

5.1.4 Závěr

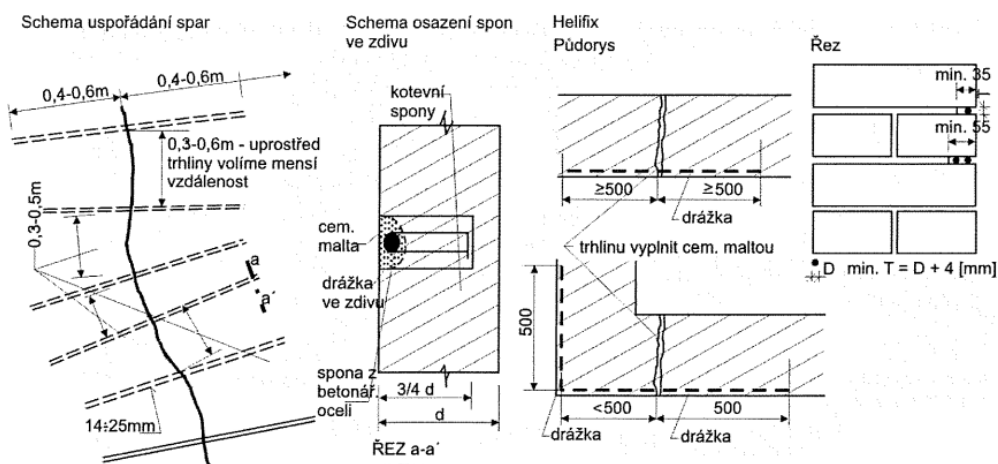
Volba sanace zvýšené vlhkosti závisí na mnoha faktorech, ať už na materiálu sanovaných konstrukcí, příčině zvýšené vlhkosti, přítomnosti solí či samotnému typu budovy. Úspěšnost zvolené sanace závisí na kvalitě a důslednosti průzkumných, projektových a realizačních prací a také na zkušenostech prováděcí firmy.

5.2 Trhliny a sepnutí zděné konstrukce

5.2.1 Trhliny

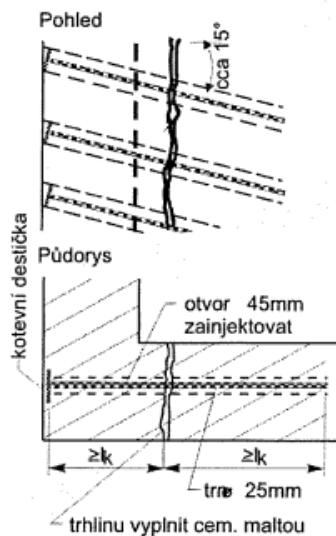
Převážná část narušení tlačných zděných pilířů či stěn se projevuje vznikem tahových trhlin, jejichž směr odpovídá průběhu tlakových trajektorií. Důsledkem je nízká pevnost zdiva v tahu, která se pohybuje v rozmezí 5 – 12 % pevnosti zdiva v tlaku. V těchto případech sanace zdiva spočívá převážně v zamezení vzniku tahových trhlin aplikací příčného ztužení nebo předeptnutí (15).

V případě lokálních trhlin (aktivních nebo pasivních) je nutné zajistit tyto trhliny před dalším rozvojem a šířením. Je-li zdivo v okolí trhliny bez narušení a je-li kvalitní, lze použít tzv. stehování pomocí ocelových spon z kruhové oceli vyšší kvality $\varnothing 14 - 25$ mm, nebo lze použít pruty ze speciálně profilované vysokopevnostní oceli (např. šroubovitá ocel Helifix), které se řádně zakotví v únosném zdivu. Také je nutné zvážit vytvoření nových trhlin v místě kotvení spon. Spony je třeba uspořádat kolmo na probíhající trhlinu s přesahem min. 0,5 m, vzdálenosti spon na obou koncích trhliny (běžně se pohybuje v rozmezí 0,3 – 0,6 m) se s ohledem na zamezení šíření zmenší. Stehování je vhodné provést z obou stran stěny narušené trhlinou s vystřídáním spon. Hloubka zapuštění konců kotvy se pohybuje v rozmezí 0,5 – 0,8 tloušťky zdiva. Konce se zapouští do předvrtaných otvorů $\varnothing 30 - 40$ mm a vyplní se cementovou, či polymercementovou maltou, doporučuje se však vystřídání hloubky zapuštění sousedních spon a zapuštění celé spony do drážky, která se následně vyplní cementovou nebo polymercementovou maltou (Obr. 114) (15) (28).



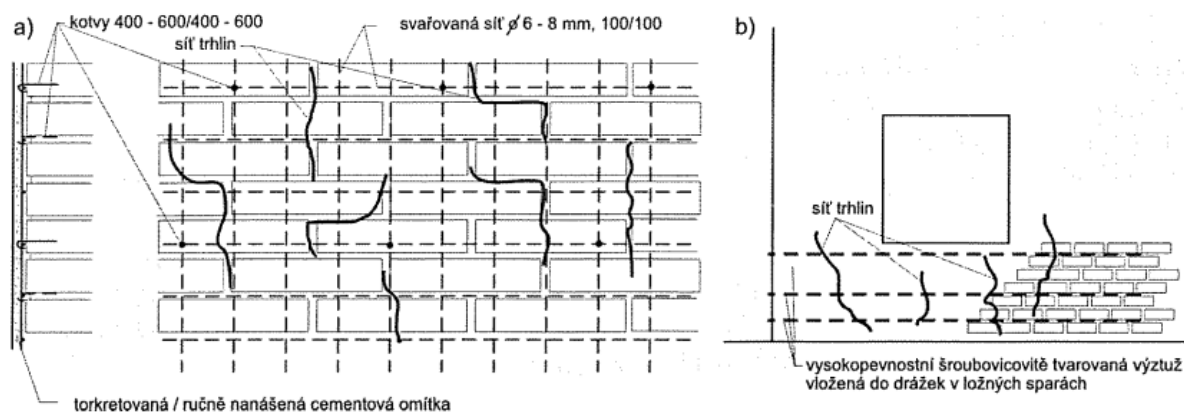
Obr. 114 Stehování zdiva (15)

Po osazení spon se provede injektáž trhliny rozpínavou cementovou směsí. Spony je třeba chránit před vnějšími vlivy cementovou maltou a překrytím omítkou s výztužnou sítí. Při zajišťování stěn oddělených výraznou trhlinou poblíž nároží lze použít tzv. závlače z betonářské oceli o minimálním průměru 25 mm, či lze opět použít šroubovicovou výztuž Helifix zapuštěnou do předvrtaných otvorů ve sklonu cca 15° od vodorovného rozměru (Obr. 115). Kotevní délka závlače ve zdivu se stanoví pomocí výpočtu (závisí na stavu objektu, průměru závlače, pevnosti zdiva apod.), přičemž pokud není možno dodržet kotevní délku, je nutné provést odpovídající úpravu, např. pomocí kotevní desky (15).



Obr. 115 Stehování nároží (15)

Shluky aktivních trhlin se sanují opláštěním se zakotvenou výztužnou sítí, kterému předchází hloubkové tmelení trhlin pomocí tlakové pistole (popř. injektáž trhlin – typ injektážní směsi závisí na šířce trhlin). Aktivní trhliny je nutné před injektáží stáhnout ocelovými sponami, trny, nebo při větším rozsahu trhlin provést sepnutí zděné konstrukce prostřednictvím ocelových táhel z betonářské oceli, páskové oceli nebo předpínacích kabelů zapuštěných do průběžné drážky hloubky min. 50 mm. Shluky aktivních trhlin ve více směrech se sanují výztužnou svařovanou sítí, která je kotvena ke zdivu úchytkami z betonářské oceli o \varnothing 6 – 8 mm. Sít' umístěná v drážkách se chrání vrstvou jemnozrnné cementové malty (torkretováním) (Obr. 116a). Aktivní trhliny, které narušují stěnu v menším rozsahu se sanují pomocí speciální šroubovicové výztuže z vysokopevnostní oceli (Helifix) (Obr. 116b) (15).



Obr. 116 Shluk aktivních trhlin; a) Sanace pomocí sítě; b) Sanace pomocí výztuže Helifix (15)

5.2.2 Sepnutí zděné konstrukce

Statické zajištění objektu sepnutím konstrukce pomocí táhel či předpínacích lan je možnost, jak zachovat a zásadně prodloužit životnost porušených stavebních objektů, v některých případech dokonce jediná možnost, jak zabránit kolapsu nebo přímé demolici objektu. V případě předpínacích táhel se jedná o aktivní možnost ztužení objektu, jelikož díky vnesení předpětí se konstrukce sepne okamžitě (29).

Sepnutí zděné konstrukce lze provést pomocí ocelových táhel a předpínacích kabelů. Táhla mohou být z ploché či kruhové oceli, ze speciálních šroubovicových profilů z vysokopevnostní oceli (Helifix), kabelů nebo výztuže pro předpjatý beton. Vkládají se do drážek a kotví se sponami ve vzdálenostech cca 2 m. Síly na koncích táhel se roznášejí pomocí kotevních ocelových či litinových desek. Táhla se předepínají šrouby, ocelovými klíny nebo speciálním předepínacím zařízením. Ze statického hlediska je výhodnější umístit táhla na obě strany spínané zdi. Spínací kabely pro spínání zdiva jsou z drátů z patentované vysokopevnostní oceli o 5 – 12 pramenech, napnuhé v závislosti na kvalitě zdiva, maximálně však na 75% meze průtažnosti (15).



Obr. 117 Sepnutí objektu (30)

Ocelová táhla či spínací kabely se umisťují co nejbližší k jádru průřezu zdi, pokud to však není možné, umisťují se do drážek v lici zdiva a je nutné je řádně zakotvit (pomocí závlačí z plochých či profilovaných želez) nebo se provede upnutí do kotevních ocelových desek. Velikost předpínacích sil je třeba určit statickým výpočtem v souladu s průběhem vnitřních sil. Velkou pozornost je třeba věnovat rozmístění a velikosti předpětí kvůli vzniku možných poruch od předpětí. V oblasti kotvení táhel mohou vznikat tahová napětí především u stěn menších tloušťek (450 mm a méně) na odvrácené straně zdi z důvodů výstřednosti táhel / předpínacích kabelů – tendence vybočení stěny. Také je nutné posoudit případný účinek dotlačení zdiva, zejména v oblastech kotevních desek u zdiva horší kvality, jehož následkem dochází k relaxaci táhel, poklesu předpínací síly a snížení účinnosti sepnutí konstrukce (15).

Ocel je třeba chránit vůči vnějším vlivům – např. nátěrem či hutnou omítkou vyztuženou sítí. Prostor mezi táhlem a zdivem se vyplní injektáží cementovou maltou. Kabely dodatečně zabetonované se protáhnou v polyethylenovém obalu s mazivem, který umožní jejich pohyb v obalu.

Další možnost pro sepnutí zdiva je provedení nového železobetonového věnce např. pro zachycení vodorovných reakcí od krovu. Tato metoda je ale pasivní (s opožděnou účinností) – sepnutí se projeví až při zatížení vodorovnou reakcí krovu (15) (29).

5.3 Klenby

5.3.1 Poruchy kleneb

U kleneb vznikají poruchy především z důvodu vychýlení tlakové čáry, která popisuje polohu působíště tlakové síly (oblouková výslednice působícího zatížení na klenbu) z jádra průřezu klenby, které se nachází ve vnitřní třetině výšky průřezu klenby (u některých hmotných a masivních kleneb lze uvažovat jádro průřezu větší). Při vychýlení tlakové čáry dochází v těchto místech (průřezech) k tahovým napětím, které vedou k rozevření spár a vzniku tahových trhlin (průřez působí za vyloučeného tahu). Pokud tlaková napětí jsou bezpečně přenášena takto oslabeným průřezem (což je nutno ověřit výpočtem), nedochází k šíření dalších poruch a klenba je stabilizována, avšak míra spolehlivosti je snížena. Pokud u této klenby dojde k rozvoji a šíření trhlin, případně i drcení materiálu, může dojít ke kolapsu klenby (15).

Klenby používané v pozemních stavbách jsou staticky neurčité konstrukce, které jsou citlivé na vynucená namáhání (deformace, posuny či poklesy podpor) a nesymetrická či lokální zatížení. Při porušení klenby vznikají plastické klouby, mění se statické schéma a konstrukce se stává staticky určitá. Stádium poté je charakteristické porušováním okolí průřezu až k následnému kolapsu, který je výsledkem dvou souvisejících paralelních procesů – tvarové změny (lokální či celé klenby, např. vybočení) a porušování zdiva (15).



Poruchy lze rozdělit na významné (předcházející vzniku plastických kloubů – tahové trhliny, lokální drcení zdiva, posunutí, zploštění klenby) a nevýznamné (místní poruchy – lokální narušení výplně spár, narušení či uvolnění lokálního kusového staviva). Mezi hlavní příčiny těchto poruch patří:

- nevyhovující kvalita zdicích prvků a spojovací malty
- nekvalitní provedení zdiva klenby
- nedostatečná únosnost klenby
- nevyhovující geometrie a průřez z hlediska zatížení a uložení
- nevhodný způsob zatížení
- nevyhovující tuhost a stabilita podpor
- narušení celistvosti zdiva a malty degradačními procesy
- nevhodné zásahy do zdiva podpor a klenby aj. (15) (31).

5.3.2 Sanace poruch kleneb

Správný návrh sanace závisí především na odborném průzkumu a správném určení příčiny poruchy, dále na závažnosti, rozsahu a stavu klenby. Pro sanaci je také nutné zvážit provizorní podepření klenby (15).

Méně závažné poruchy (porušená či málo únosná výplň spár, uvolněné zdící prvky, pasivní trhliny či shluky vlasových trhlin) se sanují:

- odstraněním narušených povrchových vrstev a malty ve spárách, vyklínování spár a jejich vytmelení do hloubky 50 mm maltou rozpínavého cementu;
- odstranění částí kusového staviva a jejího doplnění, odstranění narušeného pojiva ve spárách, hloubkové vytmelení spár a následné opláštění lící strany vyztuženou omítkou řádně zakotvenou do zdiva klenby pomocí trnů a spon;
- hloubkové vyčištění trhlin, zatmelení a injektáž lokálních trhlin cementovou suspenzí či epoxidovou pryskyřicí (složení a druh injektážní látky je třeba navrhnout s ohledem na šířku trhlin), či zpevnění kotevních oblastí táhel, sanace podpůrné konstrukce nebo podchycení základů podpůrné konstrukce (15).

Závažné poruchy (značně narušené zdivo, velký rozsah trhlin či aktivní trhliny, nedostatečná únosnost zdiva) lze sanovat:

- zesílením klenby provedením klenbových pasů na lící či rubu klenby v osových vzdálenostech 2 – 3 m;
- zavěšení klenby na železobetonové či ocelové trámy nebo rošt umístěný nad klenbou;
- provedení železobetonové desky, spřažené ocelobetonové stropní konstrukce, zavěšení klenby na novou stropní konstrukci (např. u kleneb s nedostatečnou

- únosností) a její následná sanace, přičemž prostor mezi deskou a klenbou je nutné odvětrávat;
- provedení štíhlých stěnových žeber na rubové straně a zakotvení do zdiva;
 - zesílení klenby výztuží vloženou do drážek provedených na líci či rubu dle charakteru poškození, viz. kapitola: „5.2.1 Trhliny“, odstranění narušené malty a nové vyspárování;
 - zesílení klenby v oblastech tahových napětí vložením tkaniny nebo lamel z uhlíkových, aramidových nebo skleněných vláken (Obr. 118) či speciální šroubovicovou výztuží (Helifix) (Obr. 119) na rubu či líci, odstranění narušené omítky a nové vyspárování;
 - provedení nových klenbových nadezdívek (15).



Obr. 118 Sanace klenby lamely z uhlíkových vláken (32)



Obr. 119 Sanace klenebného pasu helikální výztuží (33)

5.4 Dřevěné prvky poškozené biologickou degradací

Nejčastější příčinou poruch dřevěných stropních konstrukcí je hniloba, plísně, působení dřevokazných hub či hmyzu. Nejspolehlivější ochranou dřeva proti biotickým dřevokazným činitelům jsou preventivní opatření proti jejich vzniku a vývoji a ochrana proti zvýšené vlhkosti (nad 15%) (15).

Chemická ochrana dřeva se používá k dlouhodobé preventivní ochraně dřevěných konstrukcí. Důležitým úkolem chemické ochrany je i pomoc při likvidaci biologických škůdců v již infikovaném dřevu. Platí i to, že chemická ochrana dřeva se stává významnou zejména v situacích, kdy fyzikální a konstrukční metody jsou buďto málo efektivní, nebo těžce realizovatelné. Prostředky chemické ochrany obsahují jednu či více směrově účinných látek a různé průvodní látky. Směrově účinné látky se dělí dle účinku na:

- baktericidy (proti bakteriím);
- fungicidy (proti dřevokazným houbám a plísním; syntetické či přírodní);
- insekticidy (proti dřevokaznému hmyzu);
- retardéry hoření;
- inhibitory povětrnostní či chemické koroze.

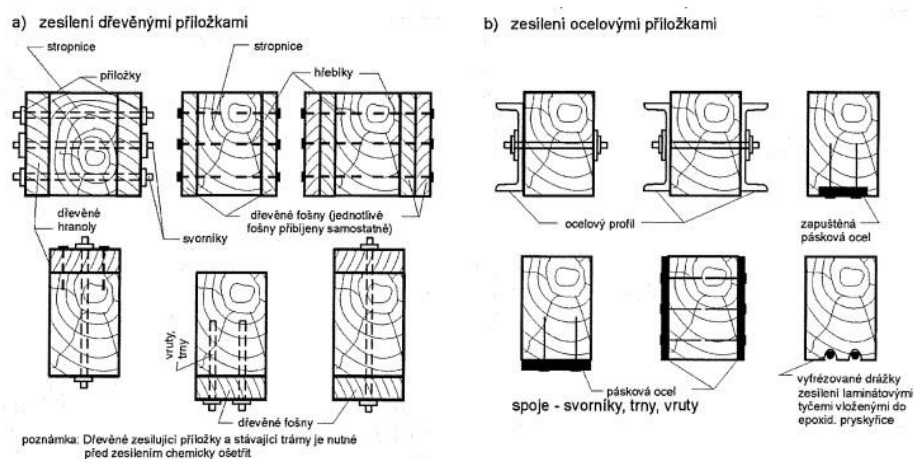
Ochrana dřeva chemickými prostředky se provádí beztlakově, či podtlakovo – přetlakovou technologií. Tedy buďto nátěrem, nánosem, navalováním ponorem, máčením, injektováním nebo bandážováním. V případě požadavku na větší hloubku průniku se použije podtlakovo – přetlaková technologie (vakuová impregnace v hermeticky uzavřených prostorách – nádržích, či vakuum – tlak – vakuum v tlakových nádobách) (34).

Při napadení dřeva dřevokaznými houbami (především u hub stopkovýtrosých), je nutné napadené dřevo i dřevo v bezprostřední blízkosti odstranit, vyměnit násypy a odstranit chemicky či vysokou teplotou zárodky z okolního zdiva. Sanace ovšem závisí na rozsahu napadení:

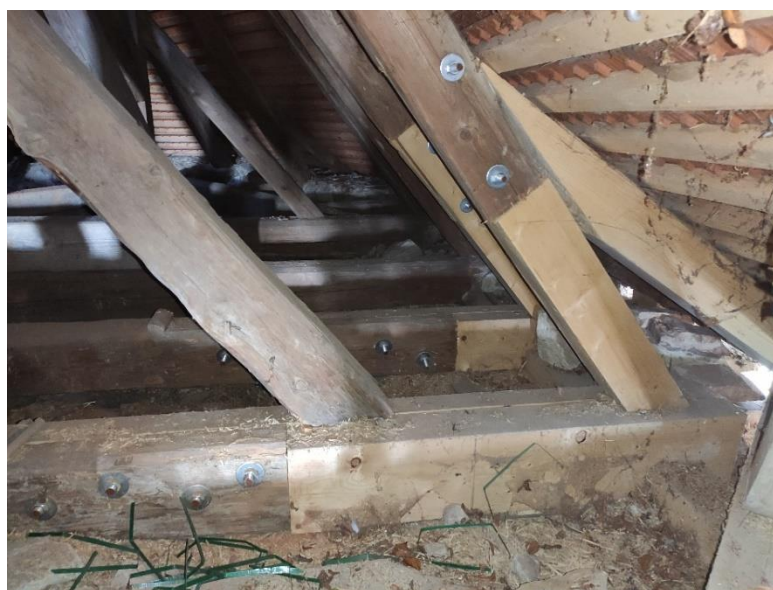
- zdravé dřevěné trámy se zvýšeným nebezpečím výskytu hub nebo hmyzu (tedy převážně exteriérové konstrukce) se preventivně chrání dvojnásobnou povrchovou úpravou;
- u mírně narušených trámů se důkladně odstraní narušené části až na zdravé dřevo a provede se (na doporučení mykologa) několikanásobná povrchová či polohluboká chemická ochrana a zesílí se místo s odstraněným dřevem (příložky, protézování);
- u narušených trámů se důkladně odstraní narušené části až na zdravé dřevo, provede se polohluboká injektáž v několika řadách, následně se dřevo povrchově ošetří nátěrem a zesílí se místo s odstraněným dřevem (příložky, protézování);
- značně narušené trámy (poškození přesahující délku uložení) vyžadují odstranění narušené části zvětšené o 0,5 – 1 m, sanaci zdiva v okolí napadené části trámu a

provedení povrchové ochrany zdravé části trámu 3 až 4 nátěry, v místech přiléhajících k napadené části provedení tlakové injektáže a náhradou odstraněné části (protézování) (15).

Nahrazení některých částí dřevěného prvku (např. trámu) se provádí pomocí přílozek (dřevěných či ocelových) nebo protézováním. Příložky se přikládají jednostranně či oboustranně, zvětšuje se jimi výška na spodní nebo horní ploše trámu. Spojují se s původním trámem hřebíky, vruty, svorníky nebo šrouby a lepením (Obr. 120a). Pro ocelové příložky se používají válcované profily, pásková ocel nebo výztužné tyče (helikální výztuž – Helifix) vložené do drážky vyplněnou epoxidovým lepidlem (Obr. 120b). Protézování nahrazuje či doplňuje poškozenou část trámu novou částí – tzv. protézou. Cílem protézy je obnovit pevnost a tuhost prvku (nemění se původní průřez). Materiál na výrobu protézy je obvykle shodný s materiálem poškozeného prvku (Obr. 121), lze však použít i jiné materiály – jiný druh dřeva, polymerbeton v kombinaci se sklolaminátovými pruty (tzv. beta metoda), sklolaminátem aj (15) (35).



Obr. 120 Příložky, a) dřevěné b) ocelové (15)



Obr. 121 Protézování – Letov

6 Navržená sanační opatření

V rámci sanačních opatření bude řešena vlhkost a trhliny po obvodu objektu, které s vlhkostí úzce souvisí. Dále bude provedena sanace poškozených zhlaví rákosníků a napadeného vynášecího trámu, preventivní ochrana dřevěných konstrukcí a stabilizace vítězného oblouku. Nakonec bude provedena oprava výplní otvorů a podlah kostela. Vzhledem k památkové hodnotě objektu bude nutné k sanačním opatřením přistupovat jinak než u objektu bez památkové ochrany.

6.1 Vlhkost

6.1.1 Příčiny

Vlhkost kostelu působí nemalé problémy. Oprava střešního pláště a krovů z minulých let velmi pomohla proti degradačním procesům, které dříve působily na objekt, ty však stále působí, byť ve zmenšené podobě.

První problém tvoří konstrukce dešťových žlabů a svodů, která je špatně vyřešena – nedostatečné kotvení žlabu + nevhodný odvod dešťové vody mimo objekt. Druhý problém je vztlínající vlhkost z podzákladí do obvodových stěn celého kostela. Tyto problémy bude nutné vyřešit jako první před provedením sanace trhlín.

6.1.2 Zvolené metody

V první řadě bude nutné zajistit správný odvod dešťových vod mimo objekt, jakožto nepřímá metoda sanace zvýšené vlhkosti. Bude nutné vyměnit poškozené žlaby a svody včetně úprav kotvení, vytvoření drenážního potrubí a odvod dešťových vod do větší vzdálenosti od objektu, v tomto případě do blízké vyschlé vodní plochy.

V druhé řadě bude nutné vyřešit vztlínající vlhkost. Vzhledem k celkově nižším hodnotám naměřené vlhkosti (viz. kapitola: „3.2 Průzkum vlhkosti a zasolení zdiva“) byla zvolena vzduchoizolační metoda (přímá metoda sanace zvýšené vlhkosti). Tato metoda je šetrná k historickým objektům a dá se použít pokud vlhkost není příliš vysoká. Lze vytvořit dutinu z interiérové strany pomocí tvarovek IGLÚ pod povrchem podlahy, z exteriérové strany pomocí žlabových tvárnic či kombinaci. Vzhledem k historické hodnotě kostela a obecně nižší vlhkosti bude lepší využít betonových tvarovek z exteriéru a nezasahovat do vnitřních konstrukcí podlah.

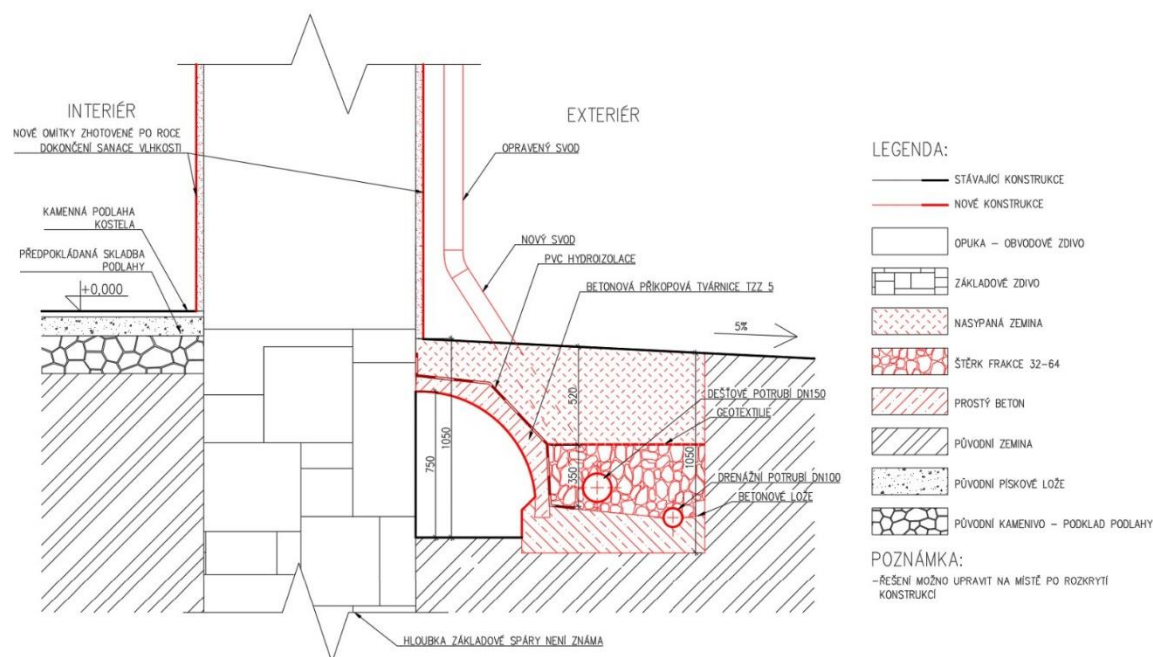
Nepřímé i přímé metody budou prováděny současně vzhledem k navrženému řešení, více viz. následující kapitoly.

6.1.3 Provádění sanace

Nejprve bude vyměněn a správně vypádován okapový žlab na severovýchodní a jihozápadní straně kostela. Především v místech styku presbytáře a lodi kostela bude nutné dbát na správné ukotvení ke konstrukci krovu, které zde nyní úplně chybí. Dále budou vyměněny

poškozené svody – pravý svod na severovýchodní straně a svod u sakristie (oba poškozeny vandaly).

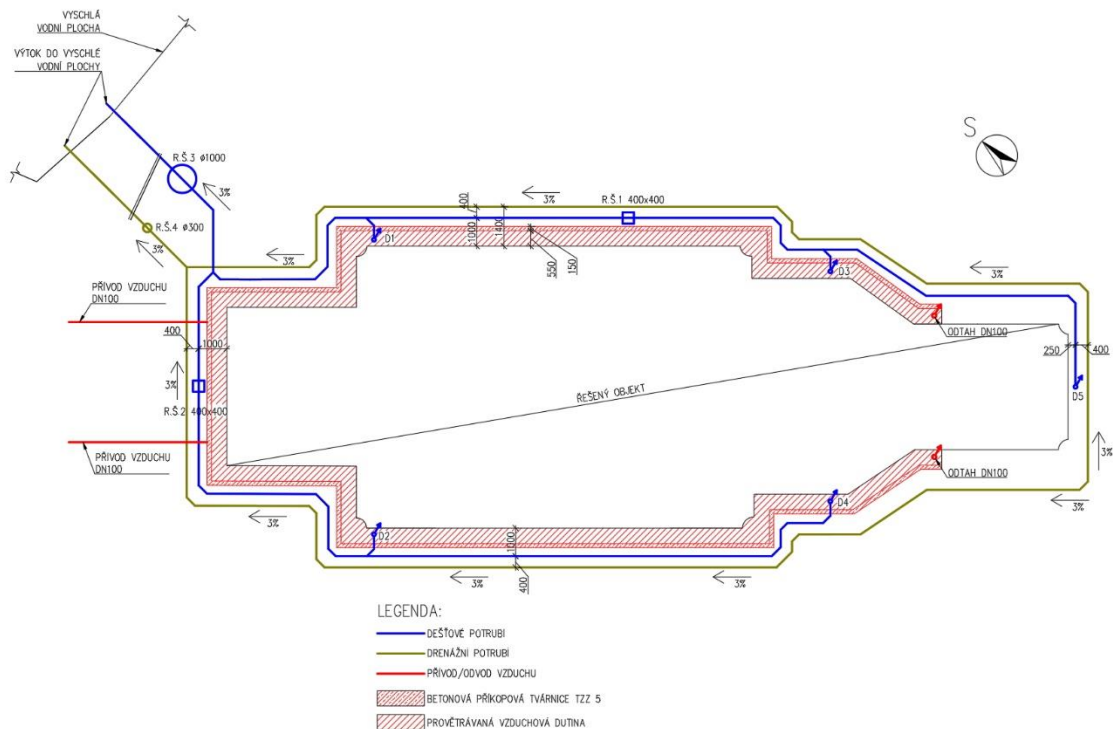
Pro další práce bude nutné provést kopanou sondu za účelem zjištění hloubky založení a stavu základových konstrukcí. Poté bude vykopán příkop o hloubce 1,05 m a šířce 1,4 m okolo věže, lodi a presbytáře – v rámci sakristie se zvýšená vlhkost řešit nemusí dle naměřených hodnot (viz. kapitola 3.2.1.1 Vlhkost – vyhodnocení). Dle Obr. 122 se osadí betonové tvárnice (běžně používané jako žlaby pro odvodnění), které budou zabetonovány do betonového lože. Z vnější strany tvárnice bude položena PVC hydroizolační fólie. Vedle tvarovek bude do maltového lože umístěno drenážní perforované potrubí ve 3% sklonu směrem k odtoku. Potrubí bude zasypano hrubým šterkem frakce 32 – 64 nad horní hranu, následně bude umístěno dešťové PVC potrubí (opět ve 3% sklonu), které bude napojeno na stávající dešťové svody. Příkop bude následně zasypan zhruba do 1/3 výšky hrubým šterkem stejné frakce a na něj bude položena propustná geotextilie. Nakonec bude zbytek výkopu zasypan zeminou a vrch vyspádován ve sklonu (cca 5%) tak, aby byl zajištěn přirozený odvod dešťových vod mimo objekt.



Obr. 122 Detail odvodnění a odvětrávání soklu

Drenážní i dešťové potrubí bude odvedeno dle schematické situace (Obr. 123) ve sklonu 3% k vyschlé vodní ploše. Potrubí budou spojena v revizní betonové šachtě průměru 1000 mm. Přívod vzduchu budou zajišťovat dvě potrubí DN100 uložená v betonovém loži, která budou ústit na severozápadní straně návrší s koncovou mřížkou pro zamezení vniknutí drobných živočichů. Odtah vzduchu z dutiny bude realizován u sakristie a řešen přes dva ocelové svody dovedené k okapovému žlabu. Svody a žlab nebudou propojeny, pod úrovní žlabu bude ze zadní strany vyříznut odtahový otvor. Pro zamezení vletu ptactva bude otvor osazen kovovou mřížkou. Dutina bude větraná přirozeně, vzhledem k nemožnosti umístit ventilátory do příváděcích/odtahových

otvorů a neexistujícímu napojení na elektrinu (přirozené větrání funguje na principu rozdílu tlaků v různých výškách, navíc přívod vzduchu bude realizován na větrem nejvíce exponované straně).



Obr. 123 Schéma drenážního potrubí, dešťového potrubí a odvětrávaná dutina

Vlhkost bude sledována po minimální dobu jednoho roku stejně jako trhliny (viz. další kapitoly). Poté bude opět změřena vlhkost zdiva. V případě, že se navržené metody ukáží jako nedostatečné (tj. že vlhkost nebude klesat), bude zapotřebí přistoupit k sanaci zdiva pomocí tlakové injektáže (silanový krém na vodní bázi). V opačném případě bude možné přistoupit k dalším sanacím jako je stažení objektu či sešívání trhlin.

6.2 Trhliny a stažení objektu

6.2.1 Příčiny

Trhliny na objektu vznikly z několika příčin, které působily současně. Největší problém tvoří (resp. tvořila) vlhkost, která způsobila rozsáhlé poškození krovu a následné zatížení zdiva vodorovnou silou od poškozeného krovu, zatékání do zdiva a podzákladí. Další příčinou je možné nestabilní podloží vyvýšeniny, prudké nárazové větry díky otevřenému prostoru okolo kostela, stáří a zanedbaná údržba. Více viz. kapitoly: „2.1 Základy“ a „2.2 Svislé nosné konstrukce“.

6.2.2 Zvolené metody sanace

V rámci práce byly osazeny měřicí terče pro měření aktivity trhlin. Tyto terče sledovaly trhliny po dobu cca 2 měsíců, což je ale nedostatečné z důvodů nutnosti působení všech vlivů počasí a teplot za celý cyklus tj. 1 rok. Z tohoto důvodu budou trhliny zainjektovány a sledovány po celý

rok. Poté bude zhodnocen stav – v případě aktivity trhlin bude navrženo stažení objektu a stehování trhlin za použití šroubovicových profilů, tzv. Helifixů.

6.2.3 Provádění sanace

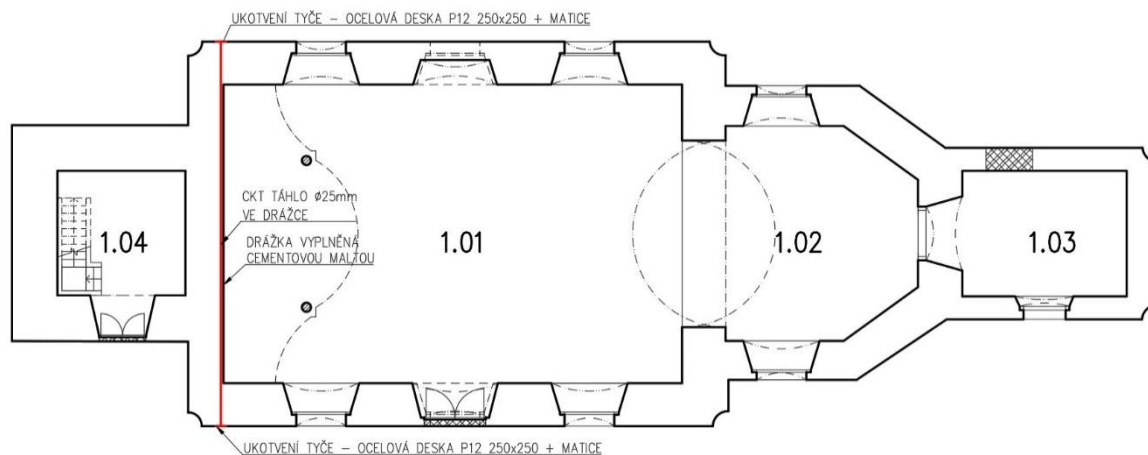
6.3.2.1 Vyplnění trhlin a sledování aktivity

Trhliny ve zdivu budou důkladně očištěny od nečistot, navlhčeny a vyplněny vápenocementovou maltou. Takto bude zainjektována každá trhlina na objektu. Následně bude sledován stav trhlin po dobu minimálně jednoho roku (konstrukce musí projít celým cyklem). Poté bude proveden vizuální průzkum – zda trhliny jsou aktivní, tj. dojde k jejich opětovnému rozevření, či jsou pasivní, tj. nedojde k rozevření. V případě nové aktivity trhlin bude nutno provést další sanační opatření. Vzhledem k přítomnosti původních táhel bude rozumné je znovu využít. Bude proveden detailnější průzkum táhel, což bude zahrnovat jejich kompletní odhalení (tj. odstranění omítek), bude ověřen jejich stav a funkčnost a táhla budou dopnuta dle možností. Pokud dopnutí nebude možné (předpětí by převyšovalo pevnost materiálu), bude vytvořeno nové táhlo za pomoci celozávitové kotevní tyče a stehování trhlin mimo nové sepnutí zdiva.

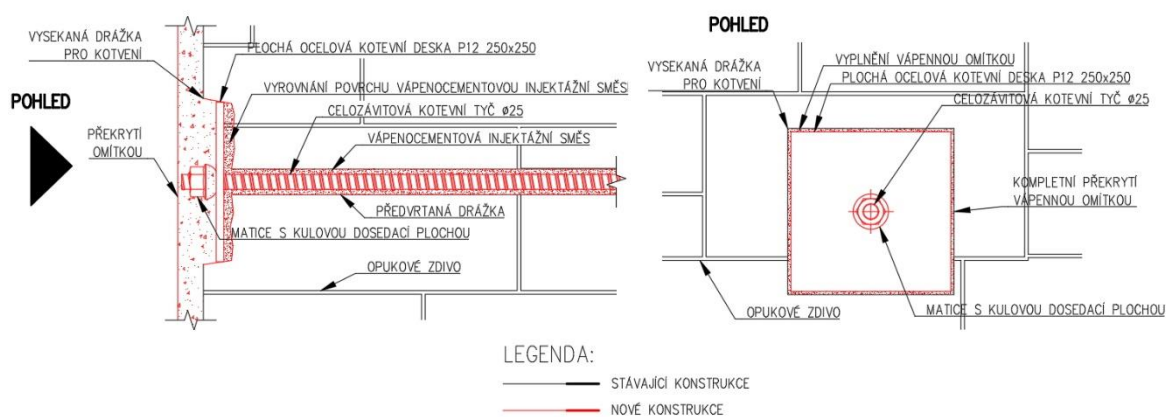
6.2.3.2 Nové sepnutí konstrukce + stehování trhlin

Nové sepnutí bude zhotoveno na severozápadní části kostela, kde jsou největší trhliny (Obr. 124). Pod úrovní stropní konstrukce (resp. pod podbitím a omítkou) bude vysekána drážka. Do ní bude umístěna celozávitová kotevní tyč (zkratka CKT), která je opatřena závitem po celé své délce, což umožňuje zvýšení spolupůsobení mezi kotevním tmelem a nastavování tyče v libovolném místě. Tyč bude mít průměr 25 mm a bude z oceli S 670 H (předběžné stanovení – upřesnění materiálu a průměru tyče bude nutné ověřit výpočtem). Drážka bude poté zaplněna vápenocementovou maltou.

Tyč samotná bude délkou přesahovat délku severozápadní zdi (tj. bude mít více než 10,3 m). V místech kotvení tyče (z exteriéru) bude vysekána drážka pro osazení čtvercové ocelové kotevní desky o délce hrany 250 mm a tloušťce 12 mm (Obr. 125). Poté budou osazeny matice a utaženy tak, aby do konstrukce bylo vneseno mírné předpětí.



Obr. 124 Schéma umístění nového táhla



Obr. 125 Detail kotvení táhla

Po dokončení sepnutí bude přístupeno k sanování jednotlivých trhlin, které nesouvisejí s příčinami poruch severozápadní zdi. Jedná se o několik samostatných trhlin na jihozápadní a severovýchodní straně lodi a presbytáře (viz. kapitola: „2 Popis stávajícího stavu, poruch a analýza možných příčin poruch“, Obr. 35, Obr. 36). Tyto trhliny budou sanovány stehováním pomocí šroubovicových tyčí Helifix. V první řadě budou vytvořeny drážky ve zdivu, které budou kolmé na trhlinu. Drážky by měly mít minimálně 1 m na délku (min. přesah 0,5 m na obě strany od trhliny), avšak konečná velikost nebude vždy stejná (nesmí dojít k posunutí trhliny do kotevních oblastí, čímž se dá zamezit rozdílnou délkou stehovacích tyčí). Drážky budou od sebe vzdáleny maximálně 400 mm (měřeno v místě trhliny). Poté bude drážka vyčištěna od nečistot, částečně zaplněna vápenocementovým tmelem a vložena šroubovicová výztuž Helifix. Následně bude drážka kompletně zaplněna stejným vápenocementovým tmelem. Trhlina bude sešita po celé své délce (resp. výšce) a následně vytmelena vápenocementovým tmelem (po celé délce, resp. výšce). Takto bude postupováno u každé závažnější trhliny (Obr. 126, Obr. 127, Obr. 128). Méně závažné trhliny, u kterých nedošlo k většímu rozevření spár, budou pouze vytmeleny.



Obr. 126 Jihozápadní pohled – stehování



Obr. 127 Severovýchodní pohled – stehování

LEGENDA:



TAŠKA BOBROVKA



OPLECHOVÁNÍ VĚŽI

TRHLINY NA STĚNÁCH

STEHY – ŠROUBOVICOVÁ VÝZTUŽ HELIFIX

①

KOTVENÍ V NÁROŽÍ

②

POUZE VYTMELENO

Obr. 128 Legenda k pohledům – stehování

6.3 Vítězný oblouk

6.3.1 Příčiny

Na vítězném oblouku jsou patrné trhliny, které vznikly v důsledku několika současně působících příčin – zatížení osamělými břemeny a vodorovnými silami od krovu, dlouhodobým zatékáním a špatným provázáním zdiva. To vedlo k rozevření spáry ve vrcholu oblouku a vytvoření několika trhlin v bočních pilířích.

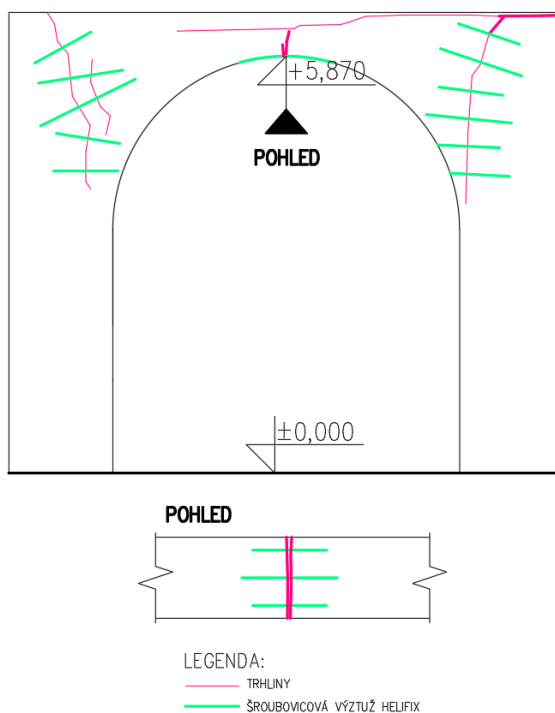
6.3.2 Zvolená metoda sanace

V případě vítězného oblouku bude přistoupeno ke stejnému způsobu sanace jako v případě lokálních trhlin, tj. ke stehování speciálních šroubovicových profilů, tzv. Helifixů. Zde se nemusí čekat 1 rok pro zjištění aktivity trhlin, vzhledem k tomu, že na oblouk nepůsobí vnější vlivy, ale stálé zatížení v podobě osamělých sil.

6.3.3 Provádění

Provádění stehů bude obdobné jako v případě trhlin po obvodu objektu. Před samotnou sanací bude oblouk staticky zajištěn (tj. podepřen). Následovat bude vyříznutí drážek do oblouku (platí stejné zásady – přesah od trhliny min. 0,5 m, stehy kolmo na trhlínu apod.). Poté bude drážka vytmelena vápenocementovým tmelem a budou osazeny Helifixy. Nakonec bude drážka kompletně vytmelena stejným tmelem.

Helifixy budou také osazeny do bočních pilířů vítězného oblouku stejným způsobem, jaký je popsán výše, či v kapitole: „6.2.3.2 Nové sepnutí konstrukce + stehování trhlin“.



Obr. 129 Schéma stehování vítězného oblouku

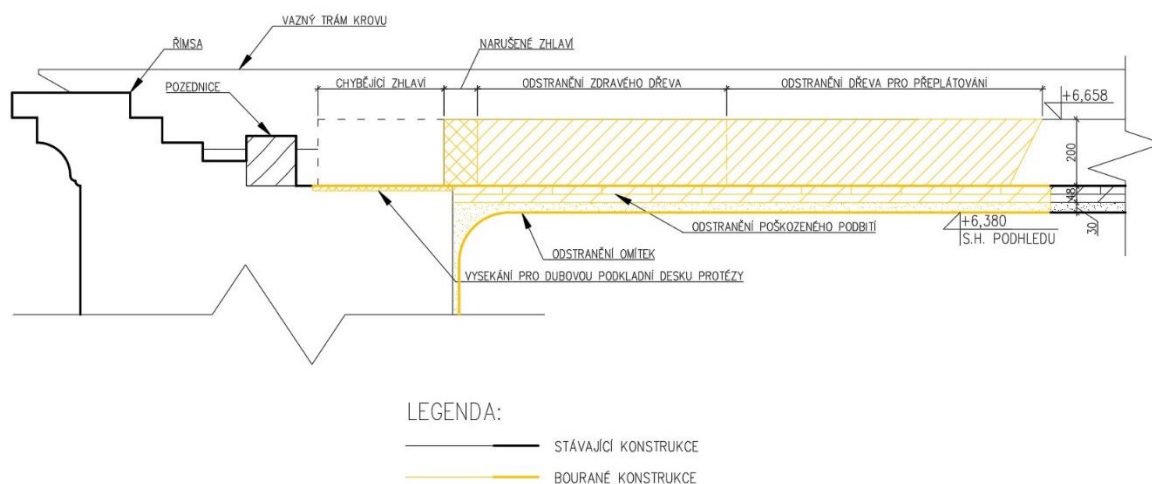
6.4 Sanace dřevěných prvků

Při opravách v minulých letech se povedlo odstranit většinu příčin degradace dřevěných konstrukcí a opravit prakticky celý krov (protézováním či úplnou výměnou jednotlivých prvků). Avšak nebyla provedena preventivní opatření proti dřevokaznému hmyzu a houbám a oprava rákosníků a středového vynášecího trámu. Nyní budou opraveny 2 poškozené rákosníky (resp. jejich zhlaví), následovat bude oprava vynášecího trámu a poté bude vyřešena chybějící preventivní ochrana celého krovu proti biologickému poškození.

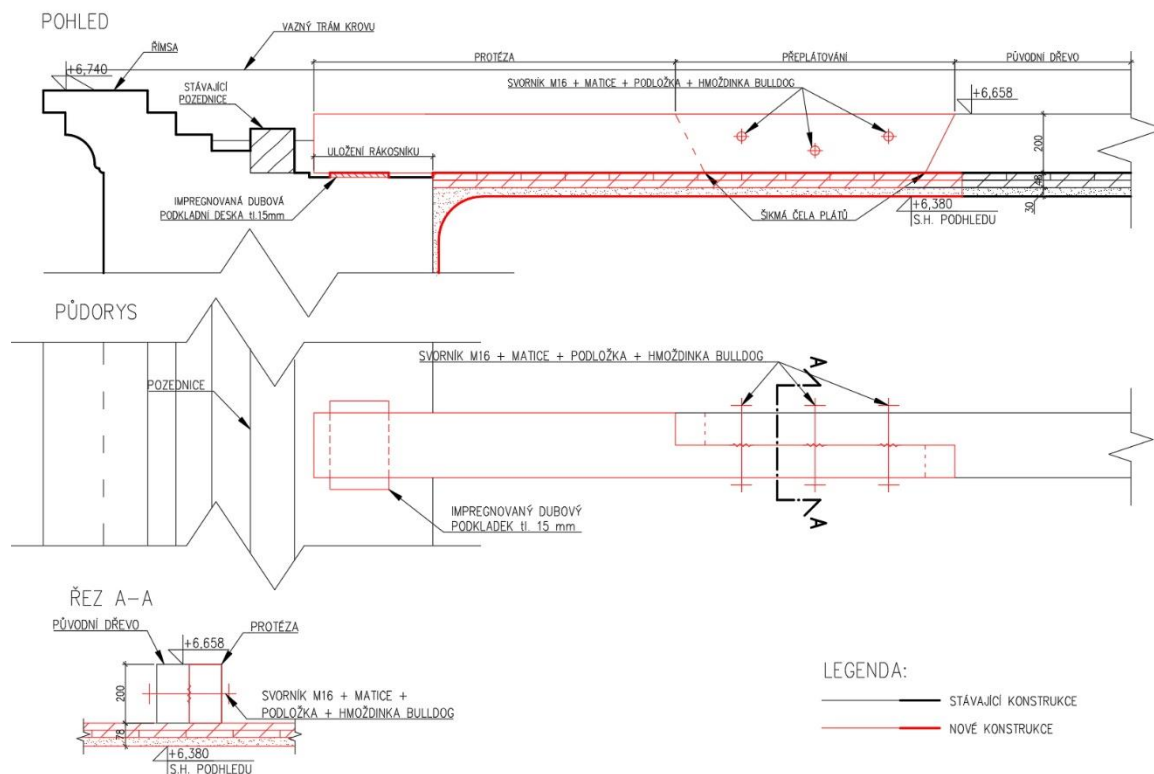
6.4.1 Rákosníky

Sanace rákosníků, resp. jejich zhlaví bude řešena metodou protézování, která již byla použita při opravě krovu. Před započítím vlastní sanace bude nutné rákosníky staticky zajistit, tedy podepřít, případně vyvěsit na přilehlé trámy nebo konstrukci. Poté bude odstraněn poškozený omítnutý podhled, ze kterého budou odebrány vzorky a bude proveden mykologický průzkum poškozených prken podbití kvůli přítomnosti dřevokazných hub.

Po provedení předchozích kroků bude přistoupeno k aplikaci tesařského protézování. Poškozené zhlaví bude odstraněno včetně 0,5 – 1,5 m zdravého dřeva (Obr. 130). Následně bude odstraněna polovina průřezu zdravého dřeva pro budoucí přeplátování protézou. Protéza samotná bude ze stejného dřeva (tj. z rostlého smrkového třídy C24) a stejného průřezu pro zachování stejných vlastností rákosníku a bude opatřena celoplošným dvojnásobným ochranným nátěrem proti dřevokaznému hmyzu a houbám. Kromě šikmých plátových spojů budou použity 3 svorníky M16 s maticemi, podložkami a hmoždinkami Bulldog pro spojení původního a nového dřeva (hmoždinky Bulldog se vkládají mezi původní a nové dřevo pro dosažení vyšší tuhosti spoje) (Obr. 131).



Obr. 130 Schéma odstranění zhlaví rákosníku



Obr. 131 Schéma protězy zhlaví rákosníku

6.4.2 Vynášecí trám

Porušení vynášecího trámu bude řešeno stejnou metodou jako v případě rákosníků, tj. protézováním. Samotný vynášecí trám nebude potřeba staticky zajistit, vzhledem k faktu, že je opřen na vazných trámech krovu. Co však statické podepření bude vyžadovat, jsou rákosníky po celé délce opravy vynášecího trámu, jinak dle statického výpočtu z kapitoly „4.1.1 Posudek rákosníků nad lodí – strop S01“ dojde k masivnímu průhybu a porušení omítek.

Po statickém podepření bude následovat samotná sanace trámu. Postup bude obdobný jako u protézování rákosníků, včetně schémat (viz. předešlá kapitola a Obr. 130, Obr. 131). Nejprve bude nutné odstranit poškozené dřevo včetně 0,5 – 1,5 m zdravého dřeva. Následně bude odstraněna polovina průřezu pro budoucí plát protězy. Protěza bude opět ze stejného dřeva jako vynášecí trám, tj. z rostlého smrkového dřeva třídy C24 pro zachování původních vlastností prvku a bude opatřena celoplošným dvojnásobným ochranným nátěrem. Pro spojení budou opět použity svorníky, matice, podložky a hmoždinky Bulldog. Po dokončení protězy budou pomocí ocelových kotev opět vyneseny rákosníky na vynášecí trám.

6.4.3 Preventivní ochrana dřevěných prvků

Veškerá stavební suť přítěžující rákosníky bude odstraněna. Jedná se především o poničené tašky, piliny a kusy zdiva zde ponechaného po opravách z minulých let.

Poté budou veškeré původní dřevěné prvky krovu a trámových stropů opatřeny troj či čtyřnásobným nátěrem obsahujícím především směrově účinné látky proti houbám (fungicidy) a

hmyzu (insekticidy) kvůli případnému výskytu dřevokazných hub či dalšímu výskytu dřevokazného hmyzu.

6.5 Kompletační konstrukce

6.5.1 Střešní plášť

Střešní plášť lodi, presbytáře a sakristie je celý nový. Jediné, co nebylo opraveno, je plechová krytina. Ta se při silných větrech odtrhává a padá do těsné blízkosti objektu. Krytina bude tedy z velké části nahrazena novou, bude proveden průzkum ohledně koroze a znovuvyužití některých stávajících plechů. Nové plechy budou opatřeny ochranným nátěrem a šedozelenou barvou (napodobení původní barvy zastřešení hlavní a sanktusníkové věže). Po dokončení sanace zastřešení věží bude celý střešní plášť kompletně dokončen.

6.5.2 Výplně otvorů

Výplně oken a dveří budou repasovány či kompletně nahrazeny replikami. Dveřní výplně jsou nyní zazděné – zdivo bude rozebráno a dveřní výplně budou posouzeny na jejich funkčnost, případně budou kompletně nahrazeny replikami pro zachování stejného historického vzhledu.

6.5.3 Podlahy

Z podlah bude odstraněna veškerá stavební suť a ostatní předměty (plechovky, skleněné lahve aj.). Poškozené dlaždice budou odstraněny a nahrazeny novými o stejných rozměrech a barvě. Nášlapná vrstva podlahy sakristie sice není poškozena, ale nachází se v ní výškové nerovnosti. Proto bude rozebrána, podkladní vrstvy budou vyrovnány a znovu vyskládána nášlapná vrstva. Nášlapné vrstvy věže, tj. prkna budou v co největším rozsahu vyměněna za nová, nepoškozená a opatřená minimálně dvojnásobným ochranným nátěrem proti dřevokazným houbám a hmyzu.

6.5.4 Omítky

Sanace omítek bude provedena až po dokončení sanace vlhkosti (viz. kapitola: „6.1 Vlhkost“).

Veškeré malby budou patřičně zdokumentovány, poté bude komplexně zhodnocen stav omítek. V případě omítek, které nejsou ve špatném stavu, bude provedeno zpevnění pomocí vápenné vody. Omítky, které jsou nenávratně poškozeny (tj. odloupnuty od povrchu, zasoleny aj.) budou odstraněny a místo nich budou aplikovány sanační omítky do výšky 1,5 m nad zemí, výše budou aplikovány omítky vápenné. V místech odstraněné omítky budou vyškrábnuty spáry do 30 mm hloubky. Na vyschlé zdivo bude nanášena podkladní vrstva, která musí být chráněna před vyschnutím, po ní bude aplikována samotná sanační omítka (z exteriéru bude aplikována dvouvrstvá, z interiéru jednovrstvá). Po zhotovení sanačních omítek do 1,5 m nad zemí budou aplikovány omítky vápenné.

U omítek na podhledu bude postup obdobný – poškozená omítka bude odstraněna, v místech porušeného podbití bude odstraněno i podbití (tj. dřevěná prkna). Podbití bude nahrazeno novými prkny opatřenými minimálně dvojnásobným ochranným nátěrem. Na ně bude zhotovena nová rákosová rohož s novou vápennou omítkou.

Po vyzrání všech omítek bude nanesena konečná povrchová úprava s malbou dle původního stavu.

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zhotovit stavebně technický průzkum, staticky posoudit vybrané prvky, analyzovat poruchy a jejich možné příčiny a navrhnout vhodné sanační opatření, které by vedlo k zajištění špatného technického stavu a obnově kostela Navštívení Panny Marie v Letově.

Prvním krokem bylo shromáždění potřebných informací k objektu na úřadech, v odborných knihách či internetu. K historii je toho známo málo, výkresová dokumentace k dispozici nebyla – bylo tedy nutné kostel zaměřit a dokumentaci zpracovat. Zaměření bylo provedeno pomocí laseru a pásma a byla zpracována dokumentace stávajícího stavu se zakreslením zjištěných vad a poruch.

Kostel jsem opakovaně navštívil a na základě vizuálního průzkumu zpracoval popis jeho současného stavu. Stavebně technický průzkum zahrnoval i monitorování vybraných trhlin a laboratorní průzkum odebraných vzorků. Z průzkumu vyplynulo to, co se očekávalo již na základě zběžné prohlídky – kostel má narušenou statiku v důsledku zvýšené vlhkosti, která se do kostela dostávala především zatékáním střešní krytinou, která ale byla již v minulosti opravena / vyměněna. Porušení konstrukcí vlhkostí je ale patrné dodnes. Byla vyřešena příčina vlhkosti, ale již ne její následky. Na řešení poruch způsobených vlhkostí (ať už zatékáním v minulosti nebo vzlínáním z podzákladí) se soustředila moje práce.

Dále následovalo statické posouzení dřevěných trámů a statická analýza poruchy vítězného oblouku. Dřevěný trámový strop nad lodí i presbytářem vyhověl na mezní stav únosnosti, ale stropní trám nad presbytářem nevyhověl současným požadavkům pro mezní stav použitelnosti. Vzhledem k rezervě v únosnosti nebylo zesílení dřevěných trámů řešeno. Numerická analýza vítězného oblouku potvrdila kritická místa vzniku trhlin – na spodním líci oblouku ve vrcholu, dále šikmé trhliny v bočních pilířích. Přítomnost trhlin na reálné konstrukci je způsobena kombinací několika důvodů – zatížení oblouku ve vrcholu roznášecím trámem, stářím materiálů, nedostatečnou tuhostí objektu a degradací v důsledku zvýšené vlhkosti.

Poté byly sepsány dostupné varianty sanací jednotlivých problémů. V této kapitole bylo použito co nejvíce dostupných zdrojů pro zajištění co nejpřesnějšího popisu sanací, jejich výhod a omezení.

Konec práce je zaměřen na návrh konkrétních sanačních opatření, které doplňují opravy z minulých let, především sanace vlhkosti, která zahrnuje návrh provětrávaného vzduchového kanálu, odvod dešťové vody mimo objekt, spolu s obnovou pláště věží a výplní otvorů. Statické zajištění zahrnuje obnovu stávajícího stažení, případně vytvoření nového spolu s osazením šroubovicové výztuže do opukových stěn a vítězného oblouku. Dále se ukázalo, že krov, ač opraven, není opatřen ochranným nátěrem a některé prvky jsou napadeny hnilobou či hmyzem. Na tyto problémy byla navržena další opatření, včetně aplikace ochranného nátěru. K těmto sanacím



následně přibyla obnova omítek a podlahových konstrukcí. Při návrhu sanací byl brán zřetel na historickou hodnotu objektu.

Zpracování této práce prohloubilo a více ucelilo mé znalosti týkající se oprav a rekonstrukcí staveb, zejména těch historických. Utvrdilo mě ve faktu, že bych se chtěl do budoucna věnovat obnově památek a jejich ochraně.

Citovaná literatura

1. Kaple s hrobkou. *Památkový katalog*. [Online] Národní Památkový Ústav. [Citace: 17. Únor 2022.] <https://pamatkovykatalog.cz/kaple-s-hrobkou-13950014>.
2. Kostely. *Pro kostely, z.s.* [Online] [Citace: 17. Únor 2022.] <https://prokostely.cz/kostely.html>.
3. mapy.cz. [Online] Seznam.cz, a.s. [Citace: 17. Únor 2022.] <https://mapy.cz/zakladni?x=13.4077724&y=50.2236014&z=13&source=base&id=1923771&ds=1>.
4. <http://www.nahlizenidokn.cuzk.cz/>. [Online] Český úřad zeměměřičský a katastrální. [Citace: 17. Únor 2022.] <https://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=723304&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>.
5. Poche, Emanuel a kol. *Umělecké památky Čech 2: K-O*. Praha : Academia, 1978.
6. kostel Navštívení Panny Marie. *Zničené kostely*. [Online] [Citace: 17. Únor 2022.] http://www.znicenekostely.cz/index.php?load=detail&id=7068&search_result_index=1&stav%5B%5D=Z&stav%5B%5D=T&stav%5B%5D=R&stav%5B%5D=O&lokalita=Letov&fulltext=on&query=&obec=&okres=&kraj=®ion=&okres1938=&zeme=&material%5B%5D=d%C5%99ev%C4%9Bn%C3%A9&materi.
7. Historie Letova. *Oficiální stránky Města Podbořany*. [Online] Město Podbořany. [Citace: 17. Únor 2022.] <https://www.podborany.net/mesto-1/historie/letov/>.
8. Začala oprava kostela v Letově. *Pro kostely, z.s.* [Online] 2016. [Citace: 17. Únor 2022.] <https://prokostely.cz/zacala-oprava-kostela-v-letove-novinka-13.html>.
9. Dokončené opravy v roce 2017. *Pro kostely, z.s.* [Online] 2017. [Citace: 17. Únor 2022.] <https://prokostely.cz/dokoncene-opravy-v-roce-2017-novinka-18.html>.
10. Ledau. *Heimatkreis Podersam-Jechnitz*. [Online] [Citace: 17. Únor 2022.] <http://heimatkreis-podersam-jechnitz.de/podersam/ledau>.
11. <https://www.facebook.com/prokostely>. [Online] Pro kostely, z.s. [Citace: 17. Únor 2022.] https://www.facebook.com/prokostely/photos/ms.c.eJw9zcENADEIA8GOTphADP03dgokPEeylqppSUKJdxV8erwz6Yog2xQxRLita~;Dskc8Std8x~_~_pBxt3bz6zeGkfbXz~;LauP~_ww9O~_CPP.bps.a.229496967521880/229497170855193/.
12. Kostel Navštívení Panny Marie. *Památkový katalog*. [Online] Národní Památkový Ústav. [Citace: 17. Únor 2022.] <https://pamatkovykatalog.cz/kostel-navstiveni-panny-marie-14063272>.
13. Kuklík, Petr a Studnička, Jiří. *Dřevěné a kovové konstrukce*. Praha : Informatorium, 2006. 80-7333-047-4.
14. Ing. Kunhartová, Silvie. *Metody sanací vlhkosti ve stavebních konstrukcích*. *ASB-portal.cz*. [Online] Jaga Media, s.r.o., 18. Červen 2009. [Citace: 27. Březen 2022.] <https://www.asb->

portal.cz/stavebnictvi/zaklady-a-hruba-stavba/obvodove-konstrukce/metody-sanaci-vlhkosti-ve-stavebnich-konstrukcich.

15. Witzany, Jiří, a další. *PDR - Poruchy, degradace a rekonstrukce*. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2010. 978-80-01-04488-9.
16. Podřezání zdiva. *Chemické injektáže*. [Online] [Citace: 29. Březen 2022.] <https://www.chemickeinjektaze.cz/podrezani-zdiva/>.
17. Izolace zdiva řetězovou pilou. *zdiva-sanace*. [Online] IZOSAN spol. s r.o. [Citace: 29. Březen 2022.] <http://www.zdiva-sanace.cz/nase-sluzby/sanace-izolace-zdiva-retezovou-pilou/>.
18. Podřezávání smíšeného zdiva. *AllStav sanace staveb*. [Online] ALLSTAV spol. s.r.o. [Citace: 29. Březen 2022.] <https://www.allstavplzen.cz/podrezavani-smiseneho-zdiva>.
19. Podřezání zdiva řetězovou pilou. *Chemické injektáže*. [Online] [Citace: 29. Březen 2022.] <https://www.chemickeinjektaze.cz/podrezani-zdiva-retezovou-pilou/>.
20. Podřezání zdiva diamantovým lanem. *Chemické injektáže*. [Online] [Citace: 29. Březen 2022.] <https://www.chemickeinjektaze.cz/podrezani-zdiva-diamantovym-lanem/>.
21. Narážení nerezových desek. *Chemické injektáže*. [Online] [Citace: 31. Březen 2022.] <https://www.chemickeinjektaze.cz/narazeni-nerezovych-desek/>.
22. Tlaková injektáž. *Sanace a vysoušení staveb*. [Online] Sanace a vysoušení staveb s.r.o. [Citace: 3. Duben 2022.] <https://sanace-staveb.cz/sanacni-technologie/tlakova-injektaz>.
23. Utěšňující injektáže. *Chemické injektáže*. [Online] [Citace: 3. Duben 2022.] <https://www.chemickeinjektaze.cz/utesnujici-injektaze/>.
24. Různé druhy injektáží pro sanaci vlhkého zdiva. *DRYMAT.CZ*. [Online] DRYMAT.CZ s.r.o., 5. Leden 2020. [Citace: 3. Duben 2022.] <https://www.drymatsysteme.cz/blog/ruzne-druhy-injektazi-pro-sanaci-vlhkeho-zdiva>.
25. Chemická injektáž. *DRYMAT.CZ*. [Online] DRYMAT.CZ s.r.o. [Citace: 3. Duben 2022.] <https://www.drymatsysteme.cz/chemicka-injektaz-zdiva>.
26. Elektrofyzikální vysoušení zdiva. *Sanace a vysoušení staveb*. [Online] Sanace a vysoušení staveb s.r.o. [Citace: 4. Duben 2022.] <https://sanace-staveb.cz/sanacni-technologie/elektrofyzikalni-vysouseni-zdiva>.
27. Kolísko, Jiří, Balík, Lukáš a Klečka, Tomáš. Sanační omítky. *ASB-portal*. [Online] Jaga Media, s.r.o., 27. Listopad 2009. [Citace: 4. Duben 2022.] <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/fasada/omitky-fasada/sanacni-omitky>.
28. Jak opravit trhliny ve zdivu. *Venkovský dům*. [Online] Venkovský dům. [Citace: 7. Duben 2022.] <https://venkovskydum.cz/trhliny/>.
29. Statické zajištění objektů, Spínání stavebních objektů, technologie. *KOSCONSULT s.r.o.* [Online] KOSCONSULT s.r.o. [Citace: 7. Duben 2022.] <http://staticke-zajisteni.cz/technologie/>.

30. Statika objektů. *KOSCONSULT s.r.o.* [Online] KOSCONSULT s.r.o. [Citace: 7. Duben 2022.] <http://staticke-zajisteni.cz/statika-objektu/>.
31. Rejl, Oldřich. Statické poruchy kleneb: Proč vznikají trhliny a jak je řešit? *estav.cz*. [Online] TOPINFO S.R.O., 11. Duben 2017. [Citace: 8. Duben 2022.] <https://www.estav.cz/cz/4674.staticke-poruchy-kleneb-proc-vznikaji-trhliny-a-jak-je-resit>.
32. MATERIÁLY — STAVEBNICTVÍ, Materiály pro sanace . *minova bohemia*. [Online] Minova Bohemia s.r.o. [Citace: 8. Duben 2022.] <https://www.minova.cz/index.php?page=materialy/stavebnictvi/materialy-pro-sanace.phtml>.
33. Reference SATICS PLUS, Těšínské muzeum Český těšín. *staticsplus.cz*. [Online] STATICS plus s.r.o. [Citace: 8. Duben 2022.] <https://www.staticsplus.cz/tesinske-muzeum.php>.
34. Reinprecht, Ladislav. Chemická ochrana dřeva. *ASB-Portal*. [Online] Jaga Media, s.r.o., 28. Srpen 2008. [Citace: 14. Duben 2022.] <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/chemicka-ochrana-dreva>.
35. Reinprecht, Ladisla. Rekonstrukce dřevěných prvků protézováním, příložkováním a ukotvením do ocelových konzol. *ASB-portal*. [Online] Jaga Media, s.r.o., 25. Červenec 2008. [Citace: 14. Duben 2022.] <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strop-a-podlaha/stropni-system/rekonstrukce-drevenych-prvku-protezovanim-prilozkovanim-a-ukotvenim-do-ocelovych-konzol>.

Seznam obrázků

Obr. 1 Obec Letov na Podbořansku (3).....	11
Obr. 2 Situace umístění kostela v obci (4).....	11
Obr. 3 Průčelí kostela od hlavní silnice	12
Obr. 4 Pohled z návrší	12
Obr. 5 Půdorys a orientace stran.....	13
Obr. 6, 7, 8 Zazděné vstupy, zleva: sakristie, loď, věž.....	13
Obr. 9 Německá dobová pohlednice s vyobrazeným kostelem (10)	14
Obr. 10 Oprava krovu v roce 2016 (11)	14
Obr. 11 Odhalené opukové zdivo u soklu	15
Obr. 12 Kruchta	16
Obr. 13 Odhalené závlače táhel	16
Obr. 14 Řez a skladba stropní konstrukce	17
Obr. 15 Vynesení rákosníku pomocí trnu do pomocného trámu.....	17
Obr. 16 Vítězný oblouk	18
Obr. 17 Stropní konstrukce věže	18
Obr. 18 Krov nad lodí.....	19
Obr. 19 Výměna a krátkata nad presbytářem.....	20
Obr. 20 Spoj sloupku a vazného trámu.....	20
Obr. 21 Konstrukce sanktusníku nad presbytářem	21
Obr. 22 Statická schémata krovu	21
Obr. 23 Nový krov sakristie.....	22
Obr. 24 Konstrukce střechy věže.....	22
Obr. 25, 26 Schodiště ve věži	23
Obr. 27 Okna lodě	24
Obr. 28 Okna věže	24
Obr. 29, 30, 31 Podlahy, zleva: loď, presbytář, sakristie.....	25
Obr. 32 Omítka s malbou– sloupy na podstavci.....	26
Obr. 33 Omítka presbytáře s dekorem.....	26
Obr. 34 Půdorys kostela s vyznačenými poruchami.....	27
Obr. 35 Jihozápadní pohled s vyznačenými poruchami	27
Obr. 36 Severovýchodní pohled s vyznačenými poruchami	28
Obr. 37 Zleva: Jihovýchodní a severozápadní pohled s vyznačenými trhlinami	28
Obr. 38 Legenda poruch	28
Obr. 39 Trhliny z důvodu poklesu základové spáry	29
Obr. 40, 41 Trhliny na pomezí lodě a věže.....	30



Obr. 42	Separace atiky od věže	30
Obr. 43	Trhliny okolo otvorů.....	31
Obr. 44	Porušený okap a vlhká omítka po dešti dne 17.2.22.....	32
Obr. 45	Vlhkost soklu – interiér	32
Obr. 46	Trhlina na pomezí sakristie a presbytáře	33
Obr. 47, 48	Rozevření spáry nad okny	33
Obr. 49	Vyznačené poruchy stropní konstrukce.....	34
Obr. 50	Shnilé zhlaví rákosníku	34
Obr. 51	Napadení vynášejícího trámu	35
Obr. 52	Plísně na omítce – presbytář.....	35
Obr. 53, 54	Porušené podbití na vybraných místech	35
Obr. 55	Vítězný oblouk – pohled z lodi	36
Obr. 56	Vítězný oblouk – pohled z presbytáře	36
Obr. 57	Degradace stropu věže.....	37
Obr. 58	Protézování – krokev, vazný trám	37
Obr. 59	Chybějící dubový kolík sloupku a vazného trámu	38
Obr. 60, 61	Chybějící vzpěry.....	38
Obr. 62, 63, 64	Zvonice	39
Obr. 65, 66	Schody před a po provizorní opravě.....	39
Obr. 67	Popadané plechy z věže.....	40
Obr. 68	Dveře mezi kruchtou a věží.....	41
Obr. 69	Podlaha lodi před začátkem STP	41
Obr. 70	Tmavá místa od vlhkosti a s tím související opadaná omítka	42
Obr. 71	Graffiti a opadaná omítka na věži	42
Obr. 72	Půdorys s vyznačenými monitorovanými trhlinami	43
Obr. 73	Souhrnné foto všech monitorovaných trhlin – stav k 20.2.2022	44
Obr. 74	Souhrnné foto všech monitorovaných trhlin – stav k 14.4.2022	45
Obr. 75	Půdorys s vyznačenými místy zjišťování vlhkosti	46
Obr. 76	Výškové rozmístění odběru vzorků.....	47
Obr. 77	Přípravený vzorek v označené hliníkové misce	47
Obr. 78	Laboratorní sušárna	48
Obr. 79	Fotometr Spectroquant Pharo 300	50
Obr. 80	Nadefinované zatížení v programu Scia Engineer 20.....	52
Obr. 81	Stropní trámy (rákosníky) nad lodí a presbytářem	52
Obr. 82	Výpočetní modely rákosníku stropu S01.....	53
Obr. 83	Rákosník nad lodí – MSÚ	54



Obr. 84 Rákosník nad lodí – MSP	54
Obr. 85 Výpočetní model rákosníku stropu S02.....	55
Obr. 86 Rákosník nad presbytářem – MSÚ	55
Obr. 87 Rákosník nad presbytářem – MSP	55
Obr. 88 Výpočetní modely vítězného oblouku, vlevo: izotropní stěna, vpravo zděná ortotropní stěna	56
Obr. 89 Svislé zatížení vítězného oblouku	57
Obr. 90 Vodorovné síly od krovu	57
Obr. 91 Trajektorie hlavních napětí σ_1 od svislého zatížení	58
Obr. 92 Trajektorie hlavních napětí σ_2 od svislého zatížení	58
Obr. 93 Hlavní napětí σ_1 od svislého zatížení po ploše modelů	58
Obr. 94 Hlavní napětí σ_2 od svislého zatížení po ploše modelů	59
Obr. 95 Deformace od svislého zatížení.....	59
Obr. 96 Trajektorie hlavních napětí σ_1 od svislého a vodorovného zatížení	60
Obr. 97 Trajektorie hlavních napětí σ_2 od svislého a vodorovného zatížení	60
Obr. 98 Hlavní napětí σ_1 od svislého a vodorovného zatížení po ploše modelů.....	60
Obr. 99 Hlavní napětí σ_2 od svislého a vodorovného zatížení po ploše modelů.....	61
Obr. 100 Deformace od svislého a vodorovného zatížení	61
Obr. 101 Modely s levými pružnými podporami	61
Obr. 102 Trajektorie hlavních napětí σ_1 po změně tuhosti podpory	62
Obr. 103 Trajektorie hlavních napětí σ_2 po změně tuhosti podpory	62
Obr. 104 Model s rozdílnými materiály a moduly pružnosti.....	63
Obr. 105 Zdroje zvýšené vlhkosti.....	64
Obr. 106 Podřezání zdiva řetězovou pilou (17).....	66
Obr. 107 Podřezání pilou s diamantovým lanem (18).....	67
Obr. 108 Vtlačování nerezových desek (14)	67
Obr. 109 Beztlaková injektáž	68
Obr. 110 Tlaková injektáž (22).....	69
Obr. 111 Schéma aktivní elektroosmózy (26)	70
Obr. 112 Příklady provětrávané vzduchové dutiny	71
Obr. 113 Tvarovky IGLU pro odvod vlhkosti z konstrukce podlah (14)	71
Obr. 114 Stehování zdiva (15).....	73
Obr. 115 Stehování nároží (15)	74
Obr. 116 Shluk aktivních trhlin; a) Sanace pomocí sítě; b) Sanace pomocí výzutže Helifix (15)	75
Obr. 117 Sepnutí objektu (30)	75
Obr. 118 Sanace klenby lamely z uhlíkových vláken (32).....	78



Obr. 119 Sanace klenebného pasu helikální výztuží (33).....	78
Obr. 120 Příložky, a) dřevěné b) ocelové (15)	80
Obr. 121 Protézování – Letov.....	80
Obr. 122 Detail odvodnění a odvětrávání soklu	82
Obr. 123 Schéma drenážního potrubí, dešťového potrubí a odvětrávaná dutina.....	83
Obr. 124 Schéma umístění nového táhla	85
Obr. 125 Detail kotvení táhla.....	85
Obr. 126 Jihozápadní pohled – stehování.....	86
Obr. 127 Severovýchodní pohled – stehování	86
Obr. 128 Legenda k pohledům – stehování	86
Obr. 129 Schéma stehování vítězného oblouku.....	87
Obr. 130 Schéma odstranění zhlaví rákosníku	88
Obr. 131 Schéma protézy zhlaví rákosníku	89

Seznam tabulek

Tab. 1 Tabulka teplot a vlhkosti vzduchu od 23.3.22 do 30.3.22.....	46
Tab. 2 Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610.....	48
Tab. 3 Souhrnná tabulka vyhodnocení vlhkosti.....	49
Tab. 4 Salinita zdiva dle ČSN P 73 0610	50
Tab. 5 Vyhodnocení salinity.....	51
Tab. 6 Tabulka MSP.....	54

Seznam použitých norem

ČSN EN 1990

Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1-1

Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1995-1-1

Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1996-1-1+A1

Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce

ČSN 73 0038

Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – doplňující ustanovení

ČSN P 73 0610

Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva – Základní ustanovení, platnost od 12/2000

ČSN EN ISO 12570

Tepelně vlhkostní chování stavebních materiálů a výrobků – Stanovení vlhkosti sušením při zvýšené teplotě

Seznam příloh

Příloha P01 – Schematická dokumentace stávajícího stavu

Příloha P02 – Schematická dokumentace navržených sanačních opatření a oprav

Příloha P03 – Výstup z programu Scia Engineer – Posouzení rákosníku nad lodí