



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Rekonstrukce historického kostela

Refurbishment of historic church

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.

Lada Němečková

Praha, 2021



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Němečková	Jméno: Lada	Osobní číslo: 468681
Zadávací katedra: K124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Rekonstrukce historického kostela	
Název bakalářské práce anglicky: Refurbishment of historic church	
Pokyny pro vypracování: Provedte zjednodušený stavebně technický průzkum objektu zaměřený na vybrané stavebně-technické problémy a následný návrh vybraných sanačních opatření.	
Seznam doporučené literatury: [1] Witzany, J.; Wasserbauer, R.; Čejka, T.; Kroftová, K.; Zigler, R., Obnova rekonstrukce staveb. Poruchy, degradace, sanace, Praha: CTU. Czech Technical University Publishing House, 2018 [2] Balík M. a kol.: Odvlčování staveb, Grada Publishing, Praha, 2005 [3] Pazderka J., Zigler R.: Refurbishment of moist building masonry in terms of sustainable building, Central Europe towards Sustainable Building 2013, p. 163-166, 2013	
Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 17.2.2021	Termín odevzdání bakalářské práce: 16.5.2021 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
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“.	
25.2.2021	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Rekonstrukce historického kostela vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů.

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

V Praze 16.05.2021

.....

Lada Němečková



Poděkování

V první řadě bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce, doc. Ing. Jiřímu Pazderkovi, Ph.D., za odborné vedení, předání zkušeností a cenné rady. Velké díky patří paní Ivaně Loušové za pomoc, čas a ochotu, se kterou se mi věnovala při provádění měření v Chemické a mikrobiologické laboratoři. Dále bych ráda poděkovala manželům Dvořákovým a panu Jansovi za opětovné zpřístupnění kostela a poskytnutí cenných informací. Děkuji rovněž Biskupství plzeňskému za poskytnutí fotografií a dokumentů. Na závěr bych ráda poděkovala mé rodině, příteli a přátelům za oporu během vypracování bakalářské práce a za podporu v průběhu celého studia.



Abstrakt

Předmětem této bakalářská práce je zjednodušený stavebně technický průzkum kostela sv. Petra a Pavla v obci Líšná, následná analýza a sanace vybraných poruch. Práce se nejprve zaměřuje na analýzu poruch vlhkostních, jejichž součástí bylo i provedení vlhkostního průzkumu a laboratorního měření. Následuje analýza poruch statických projevujících se trhlinami v konstrukcích. Poslední část je věnována návrhu vhodných sanačních opatření vybraných na základě zjištěných poruch a jejich příčin. Zároveň bylo dbáno na výběr sanačních metod, které jsou vhodné z hlediska památkové ochrany.

Klíčová slova

kostel, rekonstrukce, sanace, degradace, zdivo, vlhkost, poruchy, trhliny

Abstract

The subject of this bachelor thesis is a simplified technical survey of the church of St. Peter and Paul in the village Líšná, subsequent analysis of the structural faults and the design of remediation. The thesis is focused on the analysis of defects caused by moisture including the implementation of moisture research and laboratory measurements. This is followed by an analysis of static failures manifested by cracks in the structures. The final part is devoted to the suggestion of suitable remediation measures selected on the basis of identified failures and their causes. At the same time, attention was paid to the selection of remediation methods that are suitable in terms of heritage protection.

Keywords

church, refurbishment, remediation, degradation, masonry, moisture, failures, cracks



Obsah

1.	ÚVOD.....	8
2.	ZÁKLADNÍ INFORMACE O STAVBĚ.....	9
2.1.	ÚDAJE O STAVBĚ A JEJÍ UMÍSTĚNÍ.....	9
2.2.	HISTORIE KOSTELA.....	10
3.	STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM.....	12
3.1.	CHARAKTERISTIKA OBJEKTU.....	12
3.2.	NOVODOBÉ STAVEBNÍ ÚPRAVY.....	14
3.3.	POPIS JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ.....	22
3.3.1.	GEOLOGIE PODLOŽÍ.....	22
3.3.2.	ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE.....	22
3.3.3.	SVISLÉ KONSTRUKCE.....	23
3.3.4.	VODOROVNÉ KONSTRUKCE.....	24
3.3.5.	SCHODISTĚ.....	24
3.3.6.	STŘECHA A KONSTRUKCE KROVU.....	25
3.3.7.	NADPRAŽÍ OTVORŮ.....	27
3.3.8.	VÝPLNĚ OTVORŮ.....	27
3.3.9.	PODLAHY.....	28
3.3.10.	VENKOVNÍ A VNITŘNÍ OMÍTKY.....	29
4.	ANALÝZA PORUCH.....	30
4.1.	VLHKOSTNÍ PRŮZKUM.....	30
4.1.1.	MĚŘENÍ TEPLoty A RELATIVNÍ VLHKOSTI VZDUCHU.....	30
4.1.2.	STANOVENÍ VLHKOSTI ZDIVA KAPACITNÍM VLHKOMĚREM.....	33
4.1.3.	STANOVENÍ VLHKOSTI LABORATORNÍM MĚŘENÍM.....	36
4.1.4.	ANALÝZA VLHKOSTNÍCH PORUCH.....	38
4.2.	LABORATORNÍ MĚŘENÍ SALINITY ZDIVA.....	42
4.3.	BIOLOGICKÁ DEGRADACE ZDIVA – ŘASY A PLÍSNĚ.....	45



4.3.1.	POPIS IDENTIFIKOVANÝCH PLÍSNÍ	47
4.3.2.	ANALÝZA VÝSKYTU PLÍSNÍ A ŘAS	49
4.4.	STATICKE PORUCHY	50
4.4.1.	TRHLINY SVISLYCH KONSTRUKCI	50
4.4.2.	TRHLINY VODOROVNYCH KONSTRUKCI	53
5.	NÁVRH SANAČNICH OPATŘENÍ.....	60
5.1.	SANACE VLHKOSTI	60
5.1.1.	VZDUCHOIZOLAČNÍ METODY.....	60
5.2.	OPATŘENÍ PROTI BIOLOGICKÉ DEGRADACI ZDIVA.....	63
5.3.	STATICKE ZAJIŠTĚNÍ OBJEKTU	64
5.3.1.	ZTUŽENÍ OBJEKTU HELIKÁLNÍ VÝZTUŽÍ	64
5.3.2.	TRYSKOVÁ INJEKTÁŽ ZÁKLADŮ	69
5.3.3.	INJEKTÁŽ TRHLIN	71
6.	ZÁVĚR	72
7.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	74
8.	PŘÍLOHY.....	76



1. ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá návrhem rekonstrukce kostela sv. Petra a Pavla. Kostel se nachází v Plzeňském kraji v blízkosti obce Líšná. První dochované zmínky o kostelu pocházejí z poloviny 14. století; tehdy byl kostel součástí vesnice v podhradí hradu Řebřík. V průběhu staletí prošel objekt několika přestavbami. V 18. století byla původní stavba zbarokizována. V 19. století se zřítily vnitřní klenby, a následně byl kostel přestavěn do dnešní podoby. Mezi novodobými stavebními úpravami realizovanými mezi roky 2008 - 2012 najdeme opravu částí krovu, opravu střešní krytiny a okapových chodníků či opravy trámového stropu. V současné chvíli probíhá rekonstrukce střechy kostela. Polovina střechy byla vyměněna na konci roku 2020, druhá polovina by měla být dokončena tento rok. Od poloviny 20. století je kostel zapsán do památkové ochrany jako kulturní památka.

Cílem této bakalářské práce je vypracování zjednodušeného stavebně technického průzkumu objektu, provedení analýzy poruch, a následně navrhnutí vybraných vhodných sanačních opatření. Pro tvorbu výkresové dokumentace byla využita starší dokumentace poskytnutá Biskupstvím plzeňským, která byla překreslena do digitální formy. Potřebné rozměry byly dozaměřeny pomocí laserového dálkoměru BOSH PLR 30 C.

V první části práce jsou uvedeny základní informace o stavbě. Následně je popsán provedený stavebně technický průzkum; jsou tu specifikovány jednotlivé konstrukce spolu se zhodnocením jejich stávajícího stavu a viditelných poruch.

V další části práce je popsána analýza příčin vzniku poruch, v rámci které byl proveden vlhkostní průzkum zhotovený z naměřených hodnot vlhkosti přímo v kostele. Zároveň byly v kostele odebrány vzorky omítek a cihel, u nichž byl pomocí laboratorního měření ověřen obsah vlhkosti a solí a byla prozkoumána přítomnost plísní a řas.

Poslední část je věnována návrhu vybraných sanačních opatření. Sanační metody byly vybrány na základě zjištěných poruch a jejich příčin. Zároveň bylo dbáno na výběr co nejšetrnějších metod, které jsou vhodné z hlediska památkové péče.



2. ZÁKLADNÍ INFORMACE O STAVBĚ

2.1. ÚDAJE O STAVBĚ A JEJÍ UMÍSTĚNÍ

Kostel sv. Petra a Pavla se nachází severozápadně od obce Líšná v okrese Rokycany v Plzeňském kraji. Kostel stojí pod Svatopetrskou skálou, na které lze najít pozůstatky po bývalém hradu Řebřík. Objekt stojí na pozemku s parcelačním číslem st. 57 v katastrálním území Líšná u Zbiroha. Nachází se v CHKO Křivoklátsko.

Ze západní strany ke kostelu přiléhá hřbitov ohraničený hřbitovní zdí, východně od kostela je na vyvýšenině samostatně stojící zvonice. Naproti kostelu stojí rodinný dům s hospodářstvím. Kostel i zvonice spadá pod vlastnické právo Římskokatolické farnosti Zbiroh.



Obr. 1 – Katastrální mapa + ortofoto [1]



Obr. 2 – Katastrální mapa s vyznačením kostela

Legenda: st. 57 – Kostel sv. Petra a Pavla; st. 56 – Zvonice; 732 – Hřbitov; st. 58 – Rodinný dům s hospodářstvím [2]

2.2. HISTORIE KOSTELA

První zmínky o kostelu sv. Petra a Pavla pocházejí z roku 1348. V tomto období byl kostel součástí vesnice v podhradí hradu Řebřík. Kostel se v té době obracel svým průčelím k severu do návsi. Od roku 1384 je kostel na seznamu děkanství Podbrdském uváděn jako farní.

V roce 1728 byla původní stavba zbarokizována; na přestavbu byl zřejmě použit stavební materiál ze zaniklého hradu Řebřík.

V roce 1841 se zřítla klenba, následkem čehož bylo nutné odstranit střechu. Z kostela zůstaly stát pouze zdi a interiér byl poničen klimatickými vlivy. Tehdy obyvatelé Líšné požádali o ponechání kostela sv. Petra a Pavla svému osudu a o vystavění nového kostela přímo v centru obce Líšná. Bohoslužebné předměty, roucha a zvony byly přeneseny do Líšné, ale kostel zcela napospas osudu nezůstal a roku 1845 byl opraven. Původní klenby nicméně nebyly obnoveny a byly nahrazeny plochým stropem.

Roku 1874 došlo k další přestavbě kostela, při níž byla změněna orientace průčelí na jižní stranu.



Náhrobní kameny rodu Protivců, kteří byli posledními majiteli hradu Řebřík, byly roku 1844 přemístěny z přilehlého hřbitova a zazděny do interiérových zdí lodi kostela. Jedná se o obdélníkové náhrobní kameny různých rozměrů a motivů z pískovce či mramoru.



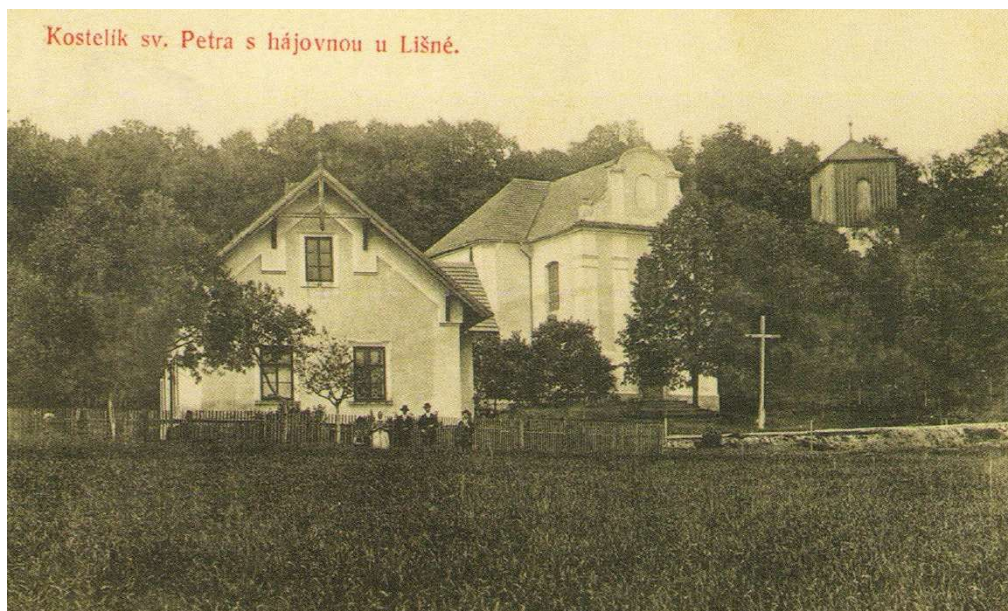
Obr. 3 – náhrobní kameny rodu Protivců

(zdroj: <http://depositum.cz/knihovny/pamatky/strom.clanek.php?clanek=4556>)

Nad kostelem z východní strany byla roku 1855 vystavěna trámová zvonice na kamenné podezdívce. Původní zvony sem byly z Lišné přeneseny zpět.

Od roku 2004 se o kostel stará občanské sdružení „Oživování kostela sv. Petra a Pavla na Zbirožsku“, které napomáhá k obnově a opravám kostela.

Kostel sv. Petra a Pavla je od roku 1958 zapsán do památkové ochrany jako kulturní památka.



Obr. 4 – historická pohlednice vyobrazující hájovnu, kostel sv. Petra a Pavla a zvonici

(zdroj: Biskupství plzeňské)



3. STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM

3.1. CHARAKTERISTIKA OBJEKTU

Kostel má půdorys řeckého kříže s polygonálně ukončeným presbytářem v severní části. Průčelí je členěno pilastry a střecha je zde ukončena tabulovým štítem na zdobené korunní římsě. Na vrcholku štítu je umístěn dvojité kovový kříž, boční křídla štítu jsou ukončena kamennými jehlanci ve tvaru obelisku. V ose průčelí je umístěn hlavní vchod v kamenném portálu, k němuž vede venkovní kamenné schodiště. Nad vchodem je půlkruhovitě ukončené okno. Zbylé části obvodového pláště jsou členěny okny stejného typu.



Obr. 5 – pohled západní

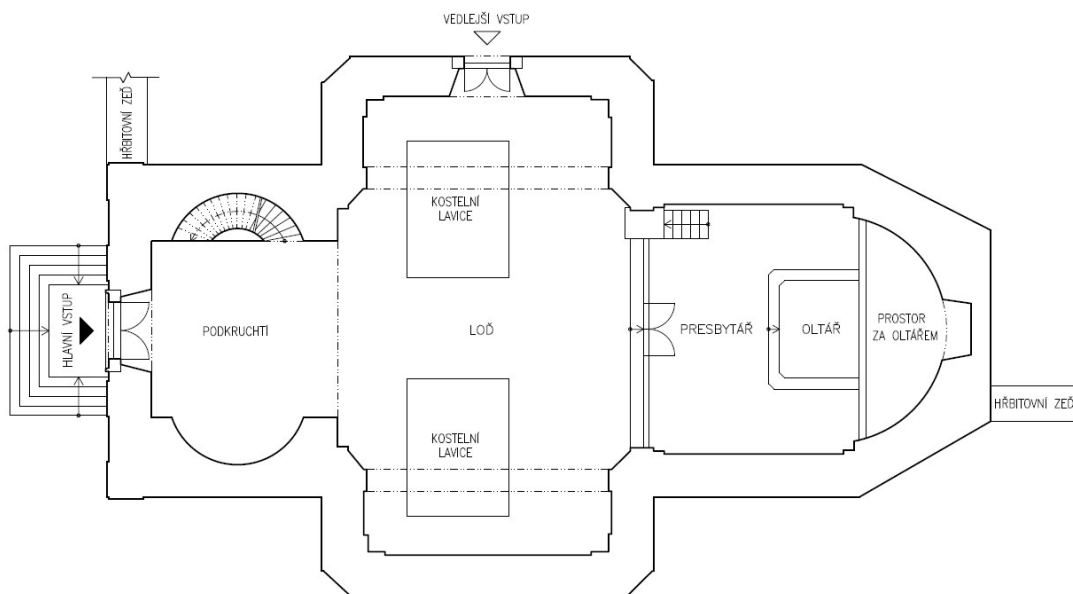


Obr. 6 – pohled jižní - průčelí

Jedná se o jednolodní stavbu, jejíž venkovní rozměry jsou 25,1 x 15,4 m. Za hlavním vstupem do kostela se nachází podkruchtí, po jehož levé straně je vstup na točité schodiště vedoucí na kruchtu. Jeho pravá strana je zevnitř symetricky ke schodišti půlkruhovitě ukončena. Za podkruchtím nalezneme hlavní loď obdélníkového půdorysu, ve které stojí dřevěné kostelní lavice. Loď pokračuje k vyvýšenému ustupujícímu presbytáři, který je zevnitř půlkruhovitě ukončen. Na presbytáři je umístěna kazatelna a oltář, obojí pocházející z 1. poloviny 18. století. Oltář prostor rozčleňuje na hlavní část kostela a skrytý prostor za oltářem. Do hlavní lodi vede i vedlejší vchod, který umožňuje vstup na přilehlý hřbitov.



Ve druhém podlaží nalezneme kůr opatřený dřevěným kazetovým zábradlím. Na kůru stojí varhany s varhanní skříní. Nad interiérem je plochý trámový strop.



Obr. 7 – Dispoziční schéma 1.NP



Obr. 8 – Presbytář s oltářem a kazatelnou



Obr. 9 – Podkruchtí a kůr s varhany



3.2. NOVODOBÉ STAVEBNÍ ÚPRAVY

V letech 2008 – 2009 došlo k opravě poškozených částí krovu a částečnému obnovení krytiny z vláknocementových šablon. Dále byly opraveny nosné konstrukce stropu nad presbytářem včetně podbití.

V roce 2011 byla provedena oprava okapových chodníků na západní a severní straně a oprava hřbitovní opěrné zdi. V interiéru byly oklepány soklové partie zdiva za účelem jeho lepšího vysychání.

Během roku 2012 byl znovu opraven částečně propadlý strop, a hned téhož roku došlo u opravené části stropu ke zřícení omítky. Důvodem bylo pravděpodobně nesprávné upevnění podbití a použití špatného druhu omítky. Při pádu došlo k velkým poškozením oltáře a kazatelny.



Obr. 10,11 – škody způsobené pádem stropní omítky

(zdroj: www.petrpavel.org)

V současné době byly dokončeny opravy částí krovu, které byly opětovně poškozeny kvůli zatékání střešní konstrukcí. Dále dochází k postupné výměně střešní krytiny. Původní vláknocementové šablony jsou nahrazovány pálenými taškami – bobrovkami.



*Obr. 12 – stav krovu před opravou – hniloba nárožní
krokve (autor fotografie: Ing. Pavel Polák)*

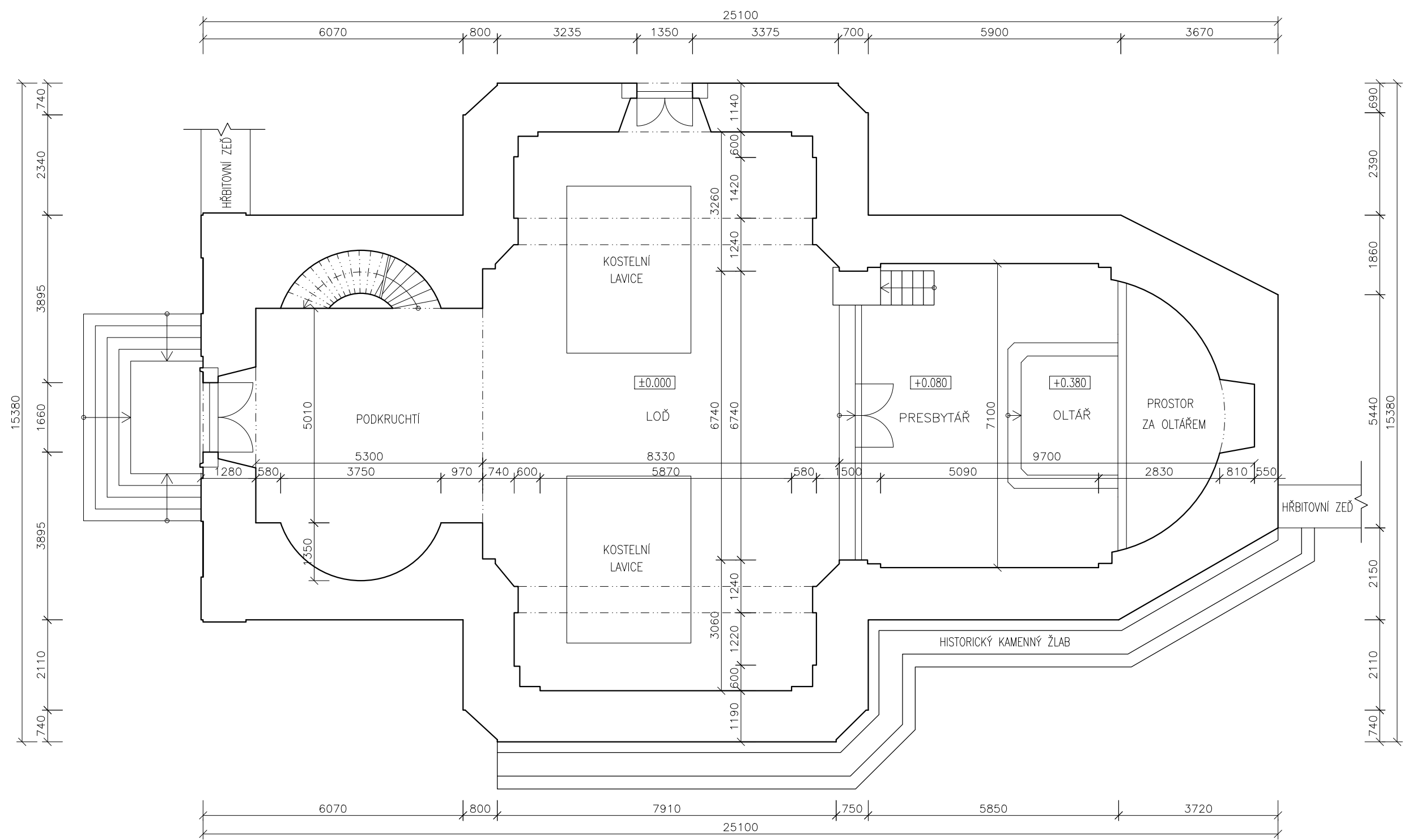



*Obr. 13 - detail krovu po provedení oprav
s novým laťováním pro pokládání krytiny
(autor fotografie: Biskupství plzeňské)*



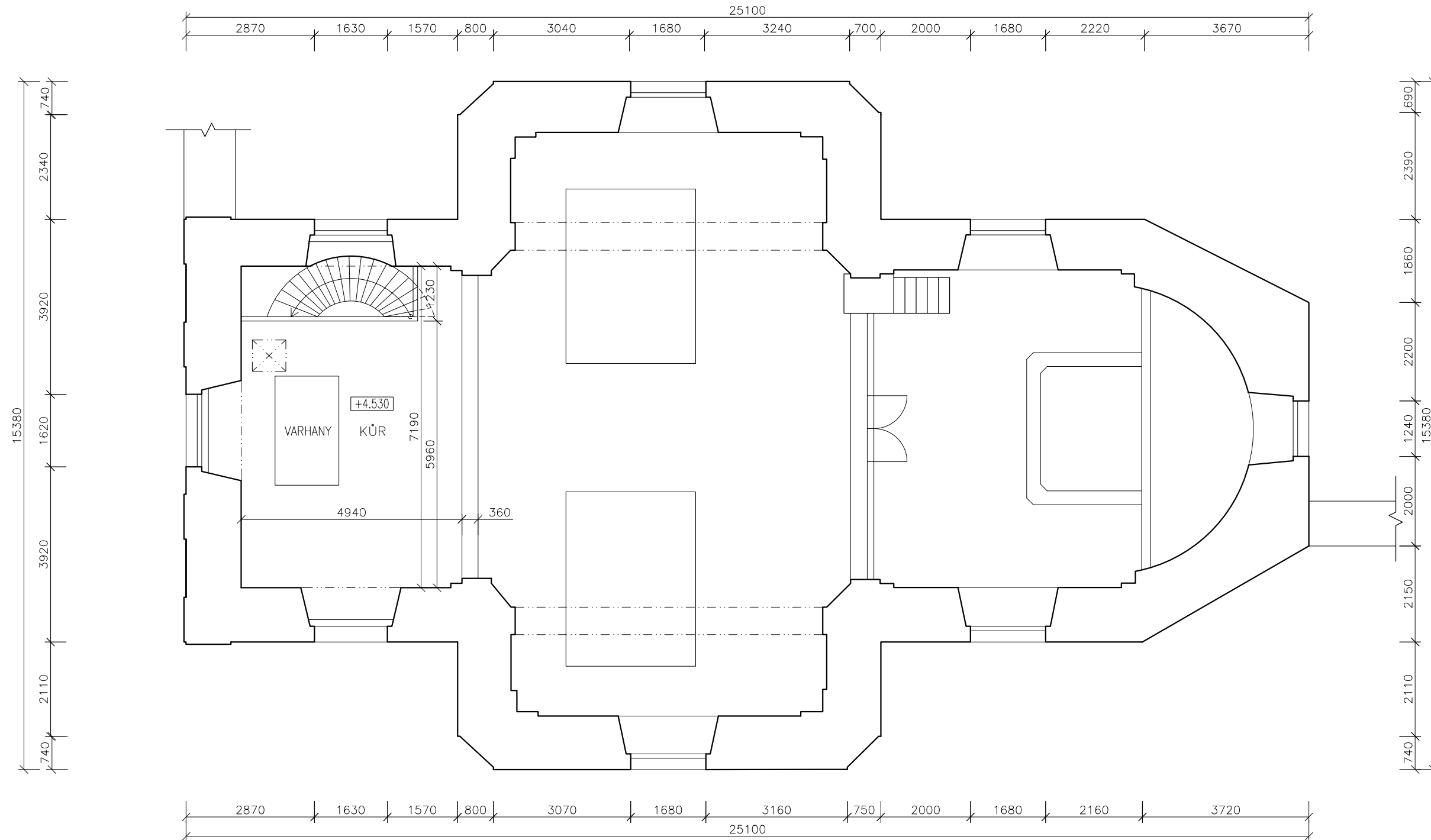
*Obr. 14 – pohled na střechu v průběhu oprav a výměny krytiny
původní krytina: eternitové šablony kladené na laťování/bednění
nová krytina: pálené tašky (bobrovky) kladené na laťování
(autor fotografie: Biskupství plzeňské)*


PŮDORYS 1.NP STÁVAJÍCÍ STAV



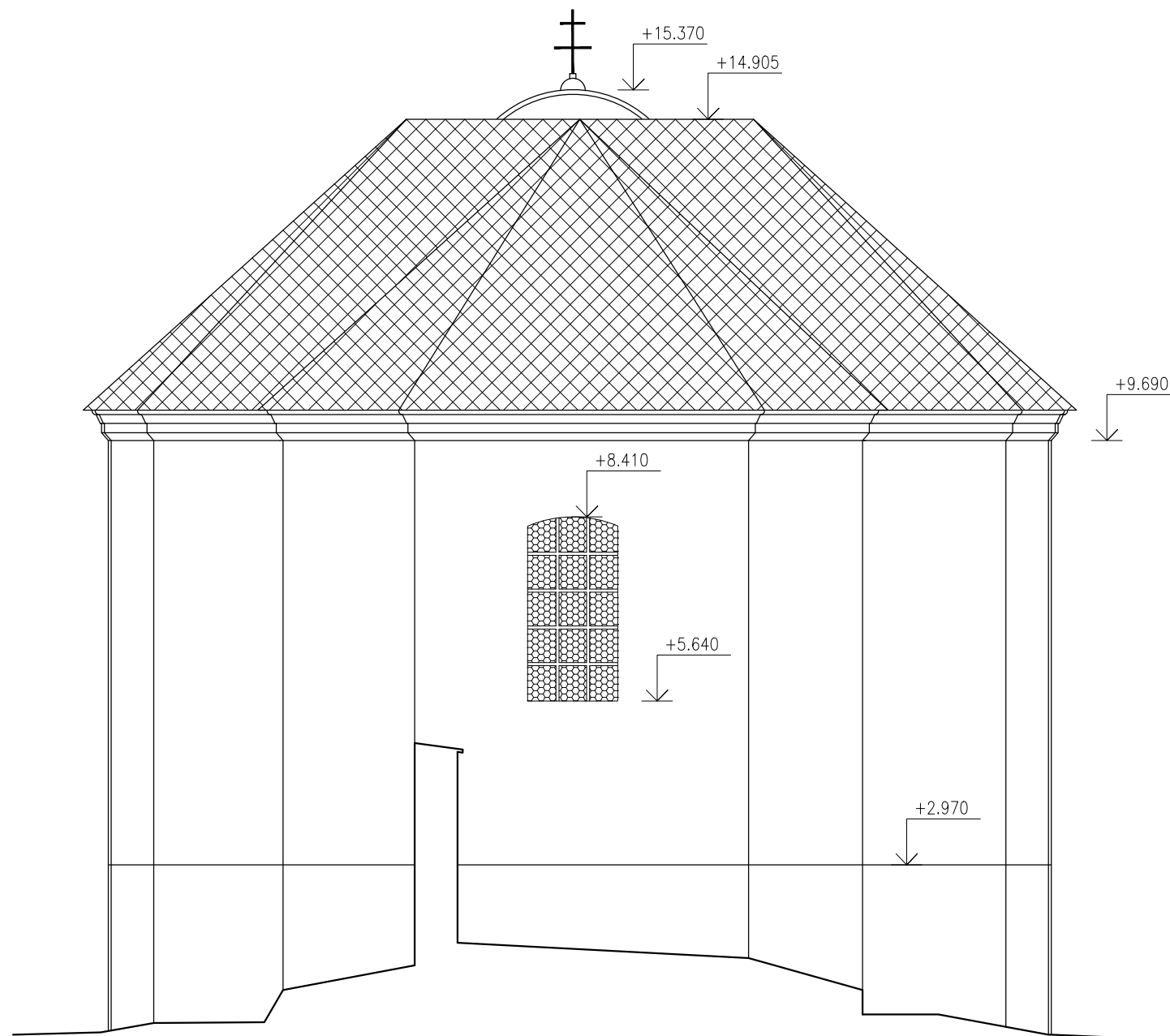
AUTOR LADA NĚMEČKOVÁ	VEDOUCÍ doc. Ing. JIŘÍ PAZDERKA, Ph.D.	AKADEMICKÝ ROK 2020/2021	ČVUT v Praze Fakulta stavební 
PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
KATEDRA K124 – KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB			DATUM 05/2021
VÝKRES PŮDORYS 1.NP – STÁVAJÍCÍ STAV			MĚŘÍTKO 1:100
			Č. VÝKRESU 01


PŮDORYS 2.NP STÁVAJÍCÍ STAV



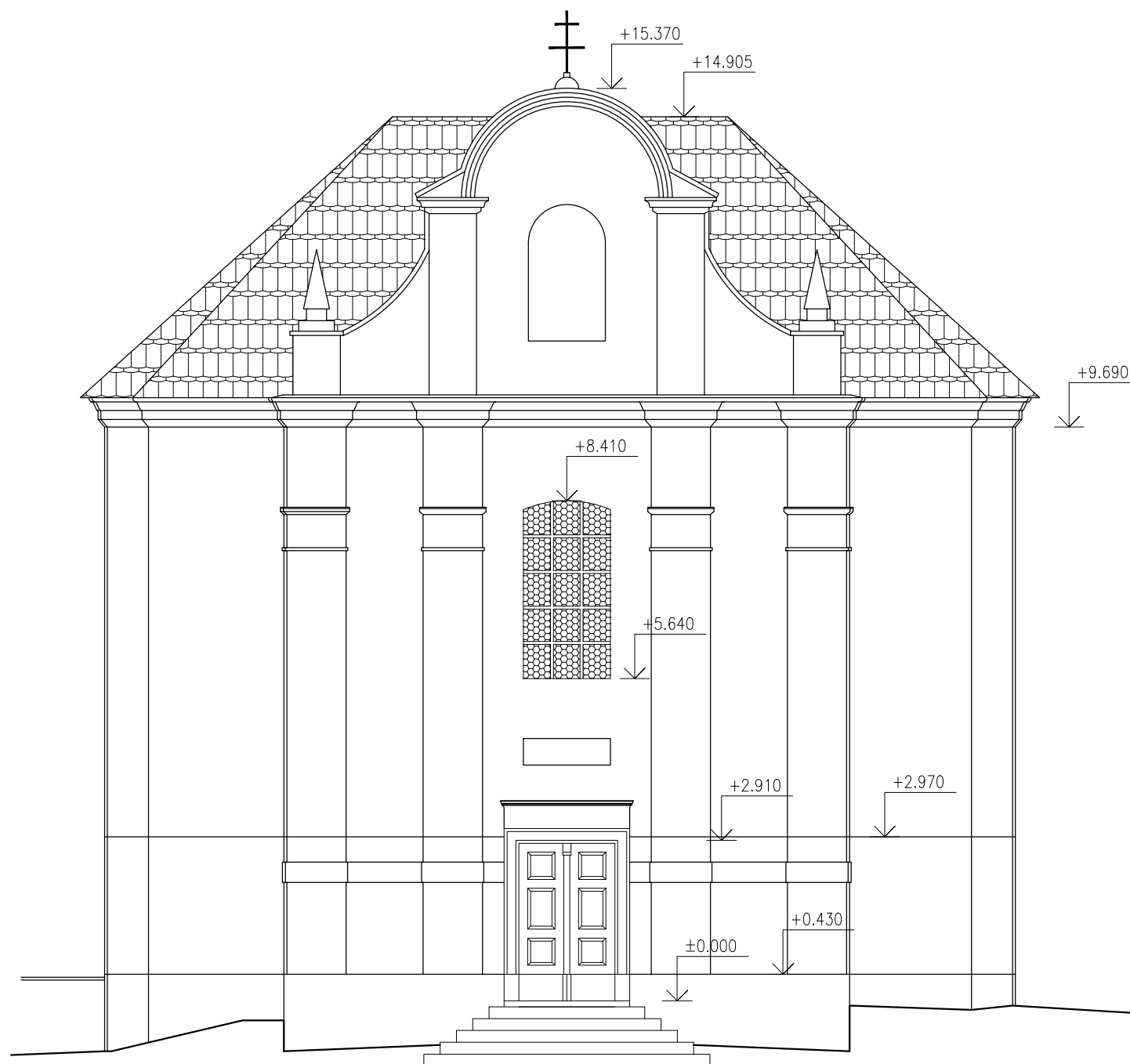
AUTOR LADA NĚMEČKOVÁ	VEDOUČÍ doc. Ing. JIŘÍ PAZDERKA, Ph.D.	AKADEMICKÝ ROK 2020/2021	ČVUT v Praze Fakulta stavební 
PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
KATEDRA K124 – KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB			DATUM 05/2021
VÝKRES PŮDORYS 2.NP – STÁVAJÍCÍ STAV			MĚŘÍTKO 1:100
			Č. VÝKRESU 02


POHLED SEVERNÍ STÁVAJÍCÍ STAV



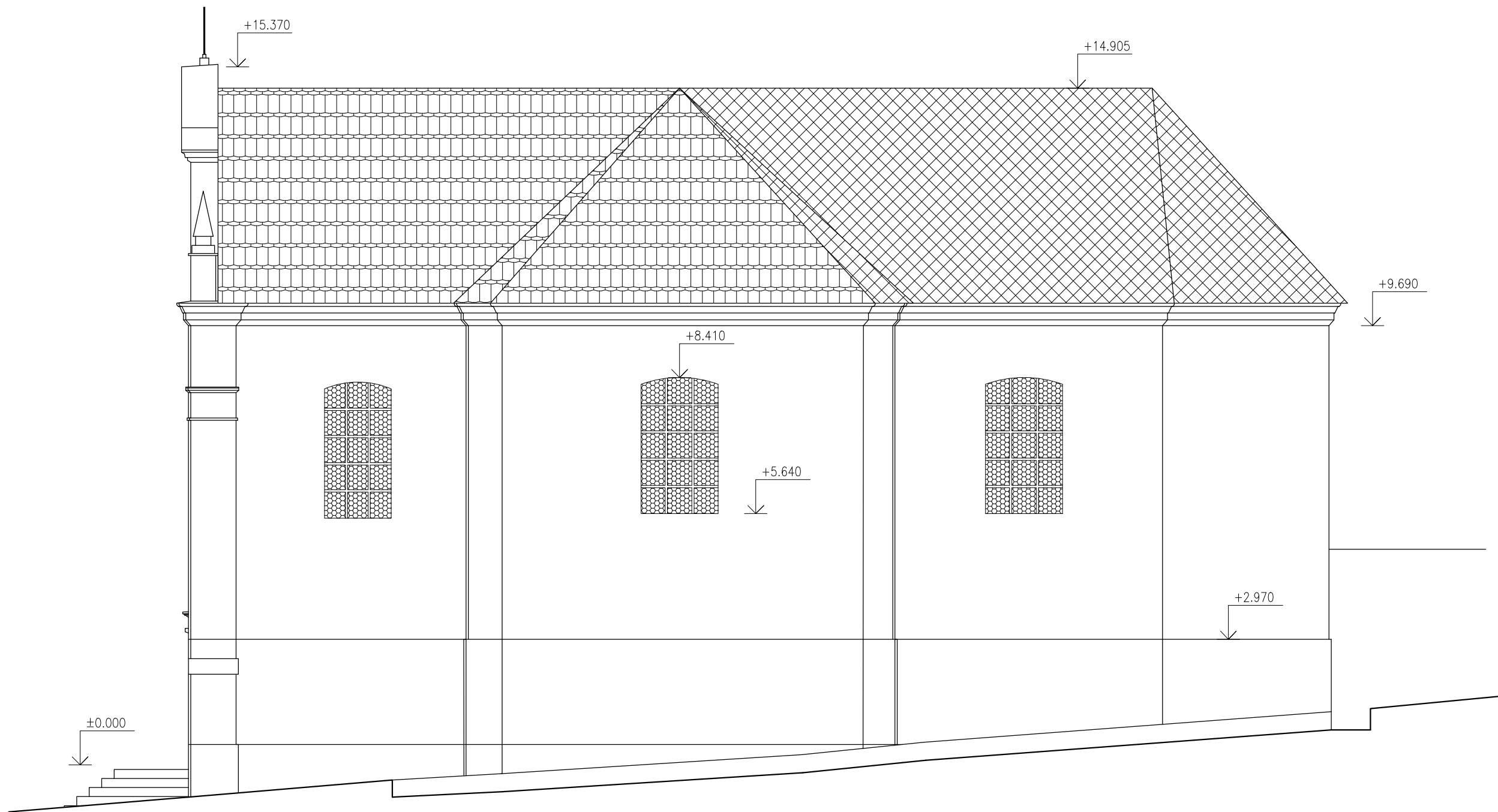
AUTOR LADA NĚMEČKOVÁ	VEDOUCÍ doc. Ing. JIŘÍ PAZDERKA, Ph.D.	AKADEMICKÝ ROK 2020/2021	ČVUT v Praze Fakulta stavební 
PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
KATEDRA K124 – KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB			MĚŘÍTKO 1:100
VÝKRES POHLED SEVERNÍ – STÁVAJÍCÍ STAV			Č. VÝKRESU 03


POHLED JIŽNÍ STÁVAJÍCÍ STAV



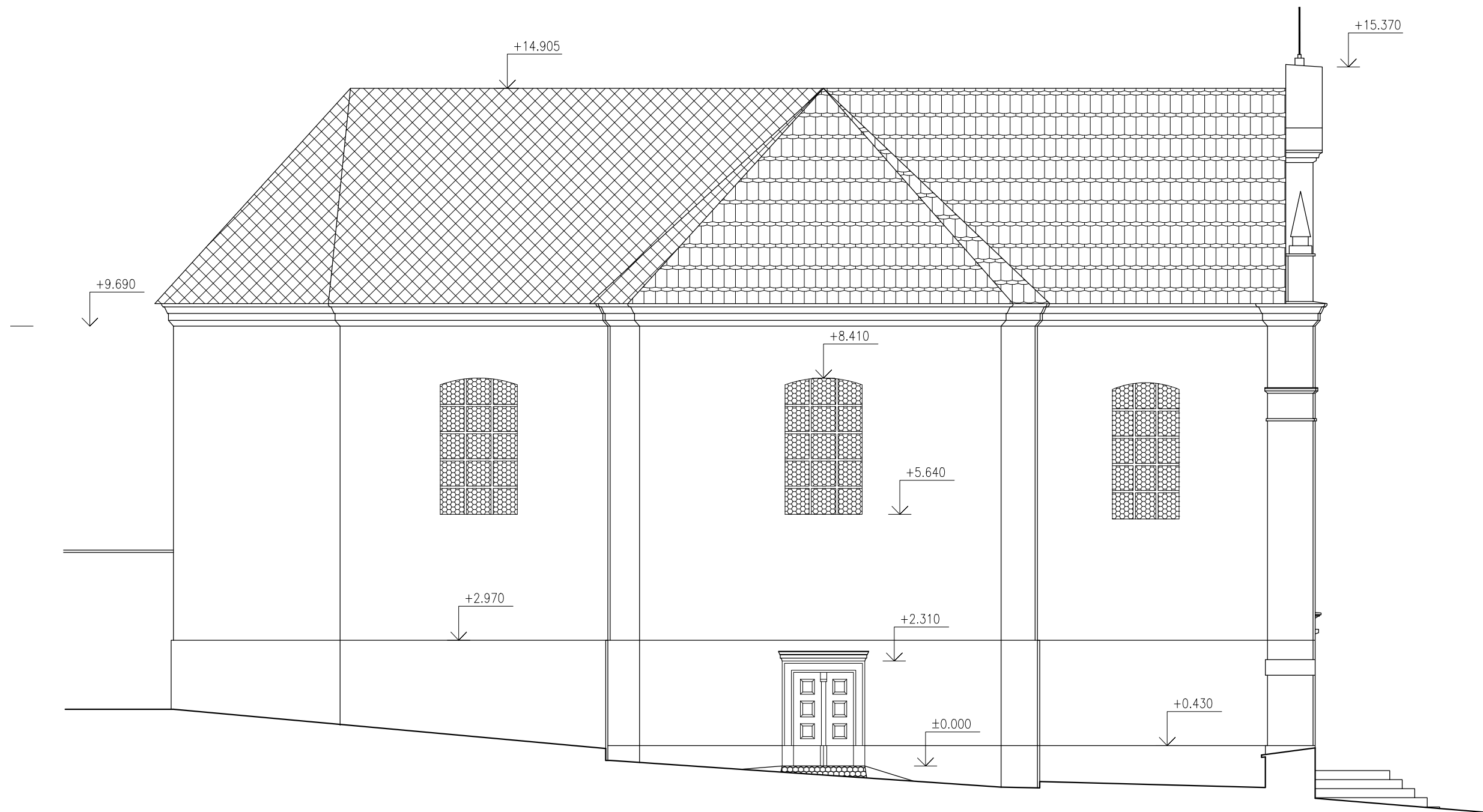
AUTOR LADA NĚMEČKOVÁ	VEDOUCÍ doc. Ing. JIŘÍ PAZDERKA, Ph.D.	AKADEMICKÝ ROK 2020/2021	ČVUT v Praze Fakulta stavební 
PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
KATEDRA K124 – KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB			MĚŘÍTKO 1:100
VÝKRES POHLED JIŽNÍ – STÁVAJÍCÍ STAV			Č. VÝKRESU 04


POHLED VÝCHODNÍ STÁVAJÍCÍ STAV



AUTOR LADA NĚMEČKOVÁ	VEDOUCÍ doc. Ing. JIŘÍ PAZDERKA, Ph.D.	AKADEMICKÝ ROK 2020/2021	ČVUT v Praze Fakulta stavební 
PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
KATEDRA K124 – KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB			DATUM 05/2021
VÝKRES POHLED VÝCHODNÍ – STÁVAJÍCÍ STAV			MĚŘÍTKO 1:100
			Č. VÝKRESU 05

POHLED ZÁPADNÍ STÁVAJÍCÍ STAV

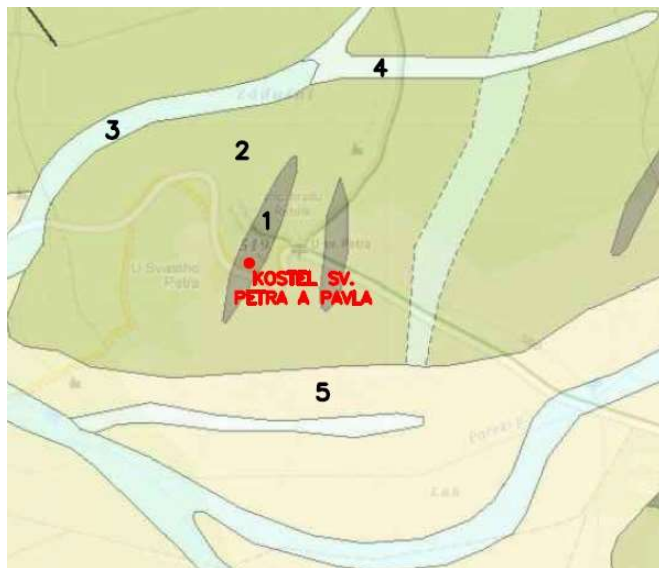


AUTOR LADA NĚMEČKOVÁ	VEDOUČÍ doc. Ing. JIŘÍ PAZDERKA, Ph.D.	AKADEMICKÝ ROK 2020/2021	ČVUT v Praze Fakulta stavební 
PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
KATEDRA K124 – KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB			MĚŘÍTKO 1:100
VÝKRES POHLED ZÁPADNÍ – STÁVAJÍCÍ STAV			Č. VÝKRESU 06



3.3. POPIS JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ

3.3.1. GEOLOGIE PODLOŽÍ



Legenda:

- 1 – silicity
- 2 – droby, prachovce, břidlice
- 3 – nivní sediment
- 4 – smíšený sediment
- 5 – kamenitý a hlinito-kamenitý sediment

Obr. 15 – Geologická mapa území [3]

Kostel sv. Petra a Pavla se nachází v oblasti Barrandienu. Z geologické mapy od České geologické služby je zřejmé, že kostel stojí na území, kde se ve velké míře vyskytují silicity z období Neoproterozoika. [3] Silicity na tomto území, které mají tmavě šedou až černou barvu a bývají rovněž označovány názvem buližníky, jsou typické pro tuto oblast. Jedná se o sedimentární horninu, ve které svým obsahem převládá oxid křemičitý (SiO_2) ve formě křemene. Tmavá barva bývá doprovázena bíle zbarvenými žilkami druhotně zbarveného křemene. Buližníky jsou vzhledem k obsahu křemene obecně považovány za kameny velice tvrdé a odolné vůči zvětrávacím procesům. [4]

Z pohledu na obnaženou skladbu obvodového zdiva lze usuzovat, že zmíněné buližníky byly použity jako součást staviva obvodových zdí kostela.

3.3.2. ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

Způsob založení objektu a hloubka jeho základové spáry není známa. Pro zjištění by bylo třeba provést sondu pro ověření hloubky základové spáry. Kostel je pravděpodobně založen na kamenných základových pasech. Jako materiál byly nejspíše použity horniny z místních zdrojů.



3.3.3. SVISLÉ KONSTRUKCE

Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny smíšeným zdivem. Jedná se o kamenné prvky, které jsou místy doplněny cihlami a spojeny vápennou maltou. Římsy jsou vyzděny z cihel plných pálených. Tloušťka obvodových stěn je nepravidelná v rozmezích mezi 900 – 1400 mm. V místě schodiště dosahuje tloušťka stěny až 2000 mm.

Stěny kostela vykazují zvýšenou vlhkost. Na exteriérových stěnách dochází k poškození omítky až obnažování samotného zdiva. Stěny jsou mimo jiné napadené plísněmi, mechy a řasami. V mnoha částech je vidět poškození korunní římsy. V interiéru již bylo v minulosti osekáno velké procento omítky v soklové části stěn, aby bylo umožněno lepší vysychání provlhklých stěn. V mnohých místech probíhají trhliny po celé výšce svislé konstrukce. Trhliny jsou viditelné i na vnější straně objektu, nejčastěji skrz římsy a v okolí okenních otvorů.



Obr. 16 – detail smíšeného zdiva z exteriéru



Obr. 17 – detail smíšeného zdiva z interiéru



3.3.4. VODOROVNÉ KONSTRUKCE

Stropní konstrukce je tvořena trámovým stropem s dřevěným podbitím a omítaným podhledem. Na styku svislých stěn se stropní konstrukcí je fabián lemovaný štukovou lištou. V jižní části objektu nad kůrem je ve stropní konstrukci obdélníkový výlez, který umožňuje přístup do střešní konstrukce kostela.

Nejvýrazněji je na zastropení viditelná ta část, kde došlo k opravě po pádu velké části omítky. Dále jsou na stropní konstrukci viditelné vlhkostní skvrny. Velkým problémem je opadávání štukové lišty. K opadávání dochází v celém prostoru kostela, což představuje hrozbu pro bezpečnost návštěvníků kostela. Opadávání lišty je jedním z důvodů, proč musel být kostel uzavřen veřejnosti. K vidění jsou i vlasové trhliny v rozích či trhliny ve vodorovném styku se svislými konstrukcemi.



Obr. 18 – štuková lišta a výlez do konstrukce krovu

3.3.5. SCHODISTĚ

K hlavnímu vstupu do kostela vede kamenné schodiště o pěti stupních, které je přístupné ze tří stran. Schodiště je složeno z kamenných bloků o různých velikostech, které jsou k sobě spojovány ocelovými sponami.

Kamenné schodiště je v havarijním stavu. Jednotlivé kamenné bloky nedrží při sobě a jsou velmi často prasklé. Materiál je znečištěn a napaden mechy a plísněmi.

Z podkruchtí vede dřevěné točité schodišťové rameno na kruchtu. Dolních 5 stupňů se zdá být novější než stupně zbylé. Šířka schodišťového ramene je 1,0 m a schodiště se skládá z 23 stupňů.

V místě kotvení schodišťových stupňů do zdiva lze pozorovat opadávání nesoudržné omítky a kusů zdiva. Na podstupnicích jsou viditelné praskliny, díky kterým je schodiště nestabilní.



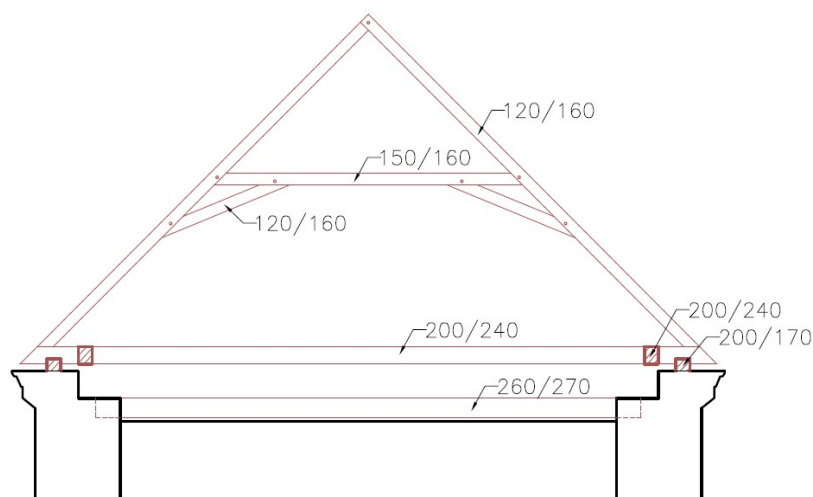
Obr. 19 – kamenné venkovní schodiště



Obr. 20 – schodiště vedoucí na kruchtu

3.3.6. STŘECHA A KONSTRUKCE KROVU

Krov je tvořen dřevěnou tesařsky vázanou konstrukcí. Jedná se o hambálkovou kroevní soustavu. Mezi prvky krovu patří pozednice, vazné trámy, vaznice, krokve, rozpěry a pásy.



Obr. 21 – schéma krovu – hambálková kroevní soustava

Půdorysný vzhled konstrukce je do tvaru kříže a dochází zde k průniku dvou krovů kolmo k sobě. V místě křížení krovů je mohutný sloupek.



Střešní konstrukce kostela je valbová ve tvaru kříže. Nad presbytářem je ukončena ve tvaru poloviny osmiúhelníku. Jako krytina byly původně použity vláknocementové šablony kladené na bednění nebo laťování.



Obr. 22 – mohutný sloupek v místě
křížení krovů



Obr. 23 – odkrytá konstrukce krovu v době oprav
(autor fotografie: Biskupství plzeňské)

Konstrukce krovu prošla již několika opravami. Momentálně je krov po rekonstrukci. Byly vyspraveny části, které vlivem zatékání uhnily. Dále dochází k opravám střechy. Původní vláknocementové šablony jsou nahrazovány páleným taškami – bobrovkami, kladenými na laťování.



Obr. 24 – pohled na střešní konstrukci po první části oprav



3.3.7. NADPRAŽÍ OTVORŮ

Nadpraží okenních i dveřních otvorů jsou řešena jako klenutá. Z poškozené části omítky nad okenním otvorem na západní straně kostela lze určit, že jako materiál byly použity cihly plné pálené. Nadpraží otvorů jsou často porušena trhlinami.



Obr. 25– detail obnaženého cihelného zdiva klenutého nadpraží okenního otvoru

3.3.8. VÝPLŇ OTVORŮ

V celém kostele je osm oken stejného typu. Jedná se o vitrážová okna na pevno zazděná do okenního ostění. Půlkruhovitě ukončená okna jsou dělena na jednotlivá pole ocelovými příčkami. Okna mají neotvíravou pevnou výplň a tabulky jsou ve tvaru šestihranů. Okna jsou osazena do kamenného parapetu.

Jako výplň otvoru hlavního vchodu byly použity mohutné dvoukřídlé dřevěné kazetové dveře obdélníkového tvaru o rozměrech 2,66 x 1,66 m. Do kostela je možné vstoupit také vedlejším vchodem z přilehlého hřbitova. Zde byly rovněž použity dřevěné dvoukřídlé dveře, tentokrát menších rozměrů než dveře vstupní, a to 2,11 x 1,35 m. Oboje dveře jsou osazeny do kamenného portálu.

Okenní výplně vykazují velké známky poškození. Místy chybějí jen samostatně šestihrané tabulky, mnohem častěji ale chybí velké části nebo celá pole mezi ocelovými příčkami. V důsledku toho zatéká do interiéru srážková voda a na stěnách se tvoří vlhkostní mapy.



Obr. 26 – vitrážové okno



Obr. 27 – hlavní vchod

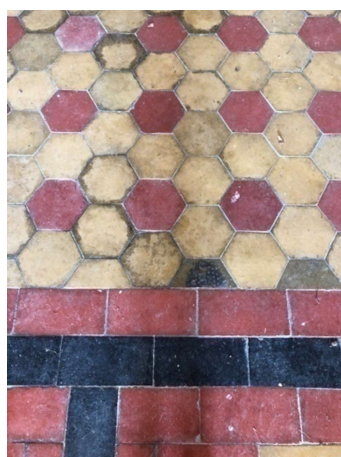
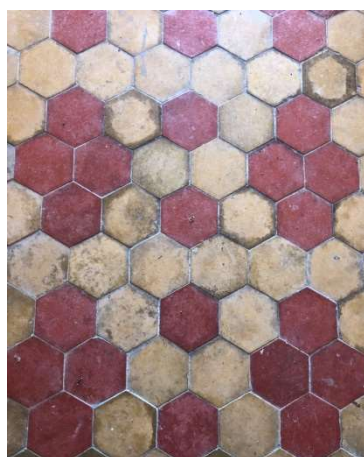


Obr. 28 – vedlejší vchod

3.3.9. PODLAHY

V 1.NP kostela je dochována keramická slinutá dlažba skládaná do barevných vzorů. V 2.NP na kůru je položena dřevěná prkenná podlaha.

Kamenná dlažba je v dobrém technickém stavu a má pouze minimální vady.



Obr.29,30 – slinutá kamenná dlažba



Obr. 31 – dřevěná prkenná podlaha



3.3.10. VENKOVNÍ A VNITŘNÍ OMÍTKY

Vnější fasáda je s výjimkou hlavního průčelí hladká a je členěna pouze v úrovni soklu a nad dveřními otvory. Jedná se o dvouvrstvou štukovou omítku. Průčelí je navíc členěno pilastry. Omítka je ve světle hnědé barvě. Objekt je prostorově zdoben korunní římsou.

Venkovní fasáda je ve velmi špatném technickém stavu. Vlivem atmosférických srážek je omítka na velké části plochy poškozena; na mnoha místech dokonce chybí úplně, a zanechává tak vnější zdivo nechráněné.

Vnitřní omítky jsou jednovrstvé hladké z vápenné malty. Do 1,5 m nad úroveň podlahy byl použit nátěr žluté barvy, ve vyšších oblastech pak nátěr bílý. U koruny svislých stěn je fabiόν lemovaný štukovou lištou.

Soklové části interiéru byly ve velké části po obvodu stěn oklepany, aby bylo umožněno lepší vysychání obvodových stěn.



Obr. 32 – oklepané soklové části



4. ANALÝZA PORUCH

4.1. VLHKOSTNÍ PRŮZKUM

Na první pohled je zřejmé, že jedním z největších problémů, se kterým se kostel potýká, je značná přítomnost vlhkosti. Fasádní omítky jsou ve velké ploše poškozeny, a na mnoha místech tak došlo k úplnému obnažení zdících prvků. Jak již bylo zmíněno, za účelem lepšího vysychání byla v interiéru na většině míst odstraněna omítka soklových partií, aby bylo umožněno lepší vysychání obvodových zdí. Na některých místech je viditelná i přítomnost řas a plísní. Na základě těchto zjevných degradací bylo provedeno měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu a měření vlhkosti zdiva kapacitní metodou. Následně byly odebrány vzorky materiálů za účelem provedení laboratorního měření, k ověření této hypotézy a k získání přesnějších hodnot.

4.1.1. MĚŘENÍ TEPLoty A RELATIVNÍ VLHKOSTI VZDUCHU

Pro stanovení teploty a relativní vlhkosti vzduchu byl použit přístroj GREISINGER GFTH 95, který mi byl pro tento účel zapůjčen Fakultou stavební ČVUT. Měření bylo provedeno 15.3.2021 nejprve v exteriéru před kostelem, a následně na pěti místech v interiéru.

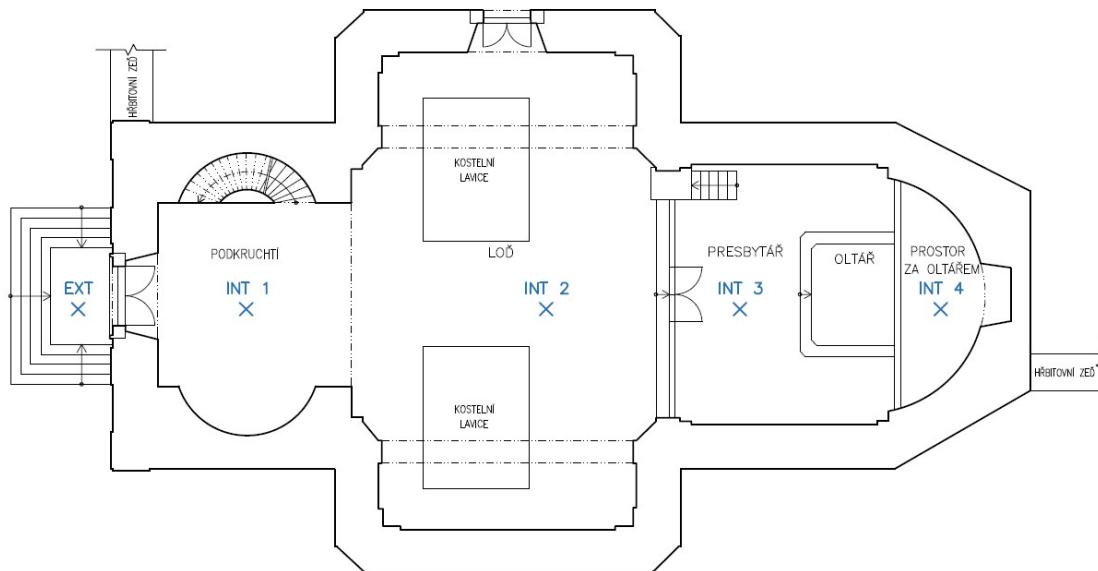
Z důvodu bezpečnosti a nedokončené rekonstrukce je kostel veřejnosti uzavřen. Kostel se otevírá primárně za účely větrání. Pravidelné bohoslužby se nekonají. Naměřené hodnoty jsou tedy hodnotami pro nevyužívaný interiér.



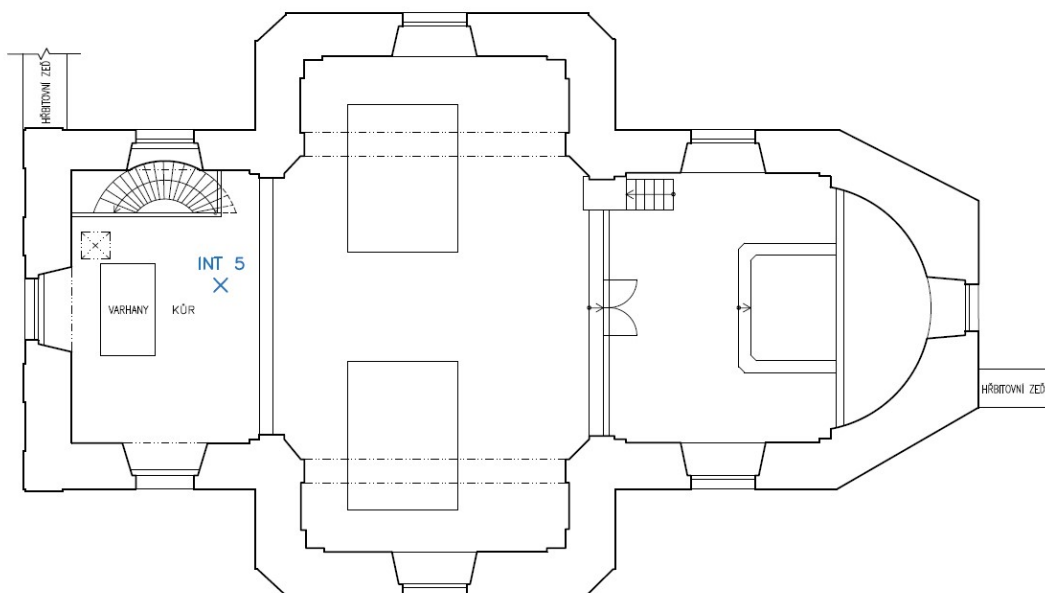
Obr. 33 – přístroj GREISINGER GFTH 95



Místa, na kterých bylo měření provedeno, jsou zakreslena v následujících schématických půdorysech.



Obr. 34 – schéma půdorysu 1.NP s vyznačenými místy měření



Obr. 35 – schéma půdorysu 2.NP s vyznačeným místem měření



Ke klasifikaci vlhkosti vzduchu ve vnitřním prostředí lze naměřené hodnoty porovnat s tabulkou C.1 v příloze C v normě ČSN P 73 0610.

<i>Vlhkostní klima vnitřního prostředí</i>	<i>Relativní vlhkost vzduchu (%)</i>
suché	< 50
normální	50 až 60
vlhké	60 až 75
mokrý	> 75

Tabulka 1 - klasifikace vlhkosti vzduchu ve vnitřním prostředí budov dle ČSN P 73 0610

Naměřené hodnoty, které byly následně porovnány s normovou tabulkou, dokazují, že kostel je vystaven vysoké vlhkosti. Na vybraných místech byla naměřena vlhkost v rozmezích 62 – 71 %, která je klasifikována jako prostředí vlhké.

<i>Místo měření</i>	<i>Teplota T (°C)</i>	<i>Vlhkost (%)</i>	<i>Vyhodnocení</i>
EXT	5,4	68,3	—
INT 1	6,3	62,1	vlhké
INT 2	5,0	70,9	vlhké
INT 3	4,8	70,1	vlhké
INT 4	5,1	68,1	vlhké
INT 5	5,1	70,2	vlhké

Tabulka 2 – naměřené hodnoty a vyhodnocení dle normy ČSN P 73 0610



4.1.2. STANOVENÍ VLHKOSTI ZDIVA KAPACITNÍM VLHKOMĚREM

Ke stanovení vlhkosti zdiva byla využita metoda měření kapacitním vlhkoměrem. Jedná se o nedestruktivní měření pomocí přístroje GREISINGER GMK 100, který mi byl taktéž zapůjčen Fakultou stavební ČVUT. V přístroji lze nastavit materiálové charakteristiky a také hloubku, do které proniká signál měření. Přístroj byl nastaven na hloubku měření 25 mm a jako materiálová charakteristika byla nastavena vápeno-cementová omítka.



Obr. 36 – přístroj GREISINGER GMK 100

Měření přístrojem je rychlé a snadné a hodnoty vlhkosti lze ihned odečíst z přístroje. Naopak nevýhodou je, že přístroj musí být přiložen celou plochou měřící destičky na měřeném povrchu, což může u hrubého či porušeného povrchu způsobovat nepřesnosti měření. Je tedy nutné brát v potaz, že tento způsob měření je pouze orientační. Pro spolehlivější určení vlhkosti musí být provedena přesnější metoda měření, například destruktivní odběr vzorků a následné laboratorní měření dle gravimetrické metody.

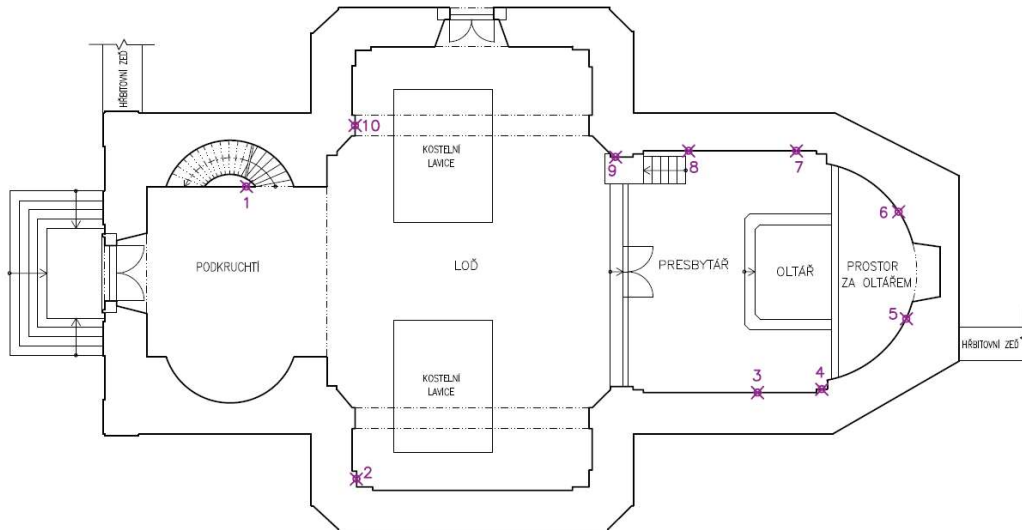
Stupeň vlhkosti zdiva lze klasifikovat rovněž dle ČSN P 73 0610, konkrétně dle tabulky A.1 v příloze A.

<i>Třída vlhkosti</i>	<i>Vlhkost zdiva w v % hmotnosti</i>
velmi nízká	$w < 3$
nízká	$3 \leq w < 5$
zvýšená	$5 \leq w < 7,5$
vysoká	$7,5 \leq w \leq 10$
velmi vysoká	$w > 10$

Tabulka 3 – klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610



Místa, na kterých bylo možné měření provést, jsou vyznačena v následujícím schématickém půdorysu.



Obr. 37 – schéma půdorysu 1.NP s vyznačenými místy měření

Vzhledem ke skutečnosti, že v interiéru byla ve většině míst odstraněna omítka (místa až do výšky 2 m nad podlahou), bylo v interiéru naměřeno pouze 10 hodnot. Měření probíhalo ve 3 výškových úrovních 0,1 m, 0,5 m a 1,0 m nad podlahou. Z důvodu velkého plošného poškození omítek, nerovnoměrném povrchu a mnohdy znatelného narušení adheze omítek, lze tyto výškové úrovně brát pouze jako přibližné.



Obr. 38 – měření vlhkosti vlhkoměrem



Obr. 39 – vyznačení míst v půdoryse



V následující tabulce jsou zaznamenány naměřené vlhkosti zdiva v % hmotnosti a vyhodnoceny pomocí tabulky z ČSN P 73 0610.

Místo měření	Výška měření (m)			Vyhodnocení vlhkosti		
	0,1	0,5	1,0	0,1	0,5	1,0
1	10,4	10,0	14,1	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká
2	9,6	10,8	11,1	vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká
3	8,9	10,5	10,4	vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká
4	9,3	10,1	10,3	vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká
5	8,2	9,2	6,7	vysoká	vysoká	zvýšená
6	7,5	9,5	9,0	vysoká	vysoká	vysoká
7	8,9	8,5	7,1	vysoká	vysoká	zvýšená
8	7,2	5,5	7,3	zvýšená	zvýšená	zvýšená
9	7,4	9,3	9,6	zvýšená	vysoká	vysoká
10	9,1	7,9	11,4	vysoká	vysoká	velmi vysoká

Tabulka 4 - naměřené hodnoty a vyhodnocení dle normy ČSN P 73 0610

Z výsledků měření je zřejmé, že kostelní zdivo se skutečně potýká s velkými vlhkostmi. V ideálních podmínkách je předpokládána klesající vlhkost s rostoucí výškou. Dle měření k tomuto předpokladu ve většině míst nedochází.

Uvažovaným důvodem, proč ke klesajícímu průběhu vlhkosti téměř nedochází, by mohlo být zpozorování zbytků blíže neidentifikovaného nátěru pod oklepanými vrstvami omítky soklových partií po celém objektu. Tento černý nátěr, působící jako dehet či asfalt, mohl mít za následek zamezení přirozeného odvodu vlhkosti ze zdiva a její vytlačení směrem vzhůru. Není známo, kdy a do jaké výšky byl nátěr nanesen, ale je viditelné, že pod omítkou na neoklepaných částech zdí je stále přítomný.



Obr. 40,41 – zbytky nátěru po odkrytí zdiva



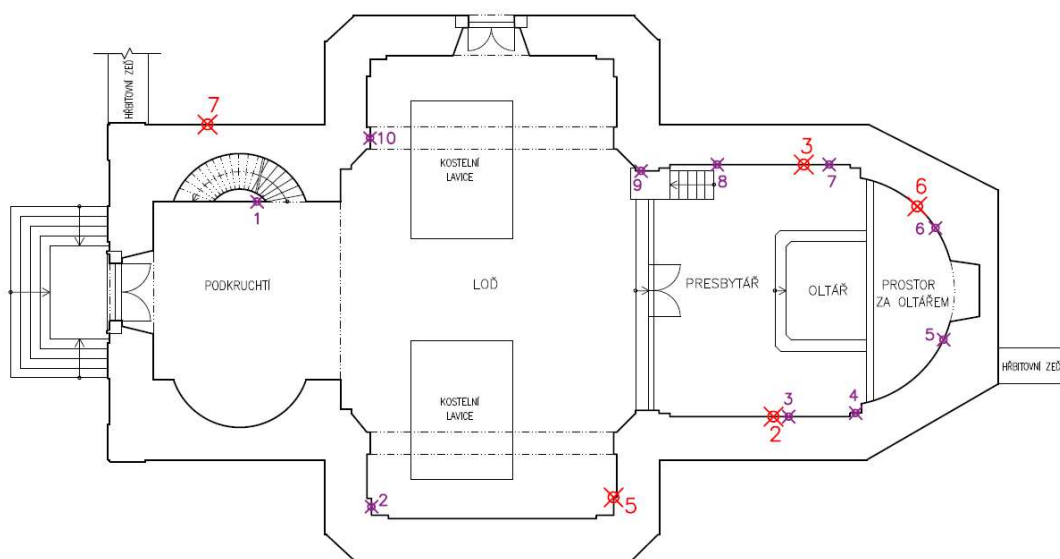
4.1.3. STANOVENÍ VLHKOSTI LABORATORNÍM MĚŘENÍM

Pro získání přesnějších hodnot a kvůli možnosti porovnání s hodnotami naměřenými pomocí kapacitního vlhkoměru byly v objektu odebrány vzorky omítek a cihel. Odběr byl učiněn zpravidla v blízkosti míst, kde bylo provedeno předchozí měření nedestruktivní metodou. Místa odběru byla pečlivě vybírána dle stavu omítky, aby nedošlo k jejímu většímu porušení. Pro ověření přítomnosti vlhkosti byly odebrány 3 vzorky omítky a 1 vzorek cihly v interiéru, a pro zajímavost i 1 vzorek cihly z exteriérové strany zdiva. Tyto vzorky byly umístěny do uzavíratelných sáčků a následně vloženy do sklenic; ty byly navíc opatřeny potravinářskou fólií v místě uzávěru, aby byla zajištěna co nejmenší pravděpodobnost úniku vlhkosti v době převozu vzorků.



Obr. 42 – vzorky k laboratornímu měření

Místa odběru byla zaznamenána do půdorysu kostela, a stejnými čísly byla označena i víka sklenic. Vzorky byly následně zavezeny do Chemické a mikrobiologické laboratoře katedry konstrukcí pozemních staveb na Fakultě stavební ČVUT v Praze, kde byly předány odborné pracovníci laboratoře.



Obr. 43 – schéma půdorysu 1.NP s vyznačenými místy odběru vzorků (červeně)



Pro stanovení míry vlhkosti byla zvolena gravimetrická metoda. Principem této metody je vysušení odebraného vzorku z konstrukce do ustálené hmotnosti. Vzorky jsou zváženy, a následně umístěny do laboratorní sušárny, kde probíhá jejich vysušení. Po vyjmutí je již vysušený vzorek opětovně zvážen.

Z obdržených výsledků z laboratoře byl dle následujícího vztahu proveden výpočet hmotnostní vlhkosti:

$$w = \frac{m_w - m_d}{m_d} * 100 [\%]$$

kde: w – hmotnostní vlhkost vzorku (%)

m_w – hmotnost vlhkého vzorku (g)

m_d – hmotnost suchého vzorku (g)

V následující tabulce je zaznamenána vypočtená hmotnostní vlhkost, a následně je vyhodnocena pomocí tabulky A.1 v příloze A z ČSN P 73 0610.

Vzorek	Materiál	m_w (g)	m_d (g)	w (%)	Vyhodnocení
2	omítka (int)	52,14	44,92	16,1	velmi vysoká
3	omítka (int)	28,54	25,82	10,5	velmi vysoká
5	cihla (int)	181,76	166,25	9,3	vysoká
6*	omítka (int)	32,72	31,10	5,2*	zvýšená
7	cihla (ext)	47,23	43,04	9,7	vysoká

* vzorek odebrán povrchově z nedostatečné hloubky

Tabulka 5 – vypočtená hmotnostní vlhkost a vyhodnocení dle normy ČSN P 73 0610

Dle výsledků laboratorního měření bylo potvrzeno, že zdivo se opravdu potýká s velkou vlhkostí. Většina výsledků vlhkosti vyšla kategoricky vysoká nebo velmi vysoká. Menší procento vlhkosti bylo zjištěno pouze u vzorku číslo 6. Jednalo se o vzorek odebraný z nedostatečné hloubky, a proto mohlo dojít ke zkreslení výsledku.

Ve srovnání s výsledky naměřenými kapacitním vlhkoměrem jsou hodnoty ostatních vzorků (vzorek číslo 2 a 3) odebraných v blízkosti míst, kde bylo provedeno měření vlhkoměrem, vyšší o 2 – 4 %, ovšem pohybují se ve stejných nebo příbuzných vlhkostních kategoriích.



4.1.4. ANALÝZA VLHKOSTNÍCH PORUCH

Projevy vlhkosti v kostele sv. Petra a Pavla jsou viditelné na vnitřních i vnějších konstrukcích. Dochází k značné degradaci omítek. V mnoha místech omítka zcela chybí, a zdící prvky jsou tak nechráněny a vystaveny okolním klimatickým vlivům. Mezi příčiny přítomnosti vlhkosti může patřit vztlínající voda z podzákladí, ale i voda zatékající střešní konstrukcí či vliv atmosférických srážek.

4.1.4.1. KAPILÁRNÍ VZTLÍNÁNÍ VODY

Hlavním zdrojem vlhkosti u řešeného kostela je vztlínající voda z podzákladí. Tento typ vlhkosti se zde projevuje vlhkostními mapami v soklových oblastech, degradující omítkou, a na obnažených částech zdiva jsou viditelné i prvky napadené řasami či mechy.

Dle získaných informací proběhly na západní a severní straně kostela již v minulosti pokusy provést odvodnění základového zdiva pomocí drenážního systému. Vzhledem k současné vlhkosti zdí lze konstatovat, že toho opatření svou funkcí dostatečně neplní.

Východní stranu kostela lemuje historický kamenný odvodňovací žlab. Tento žlab je zanesený, a tudíž svou funkcí také nepřispívá.



Obr. 44 – degradace omítek
spodních částí stěn



Obr. 45 – detail napadení prvků
mechy/řasami



Obr. 46 – historický odvodňovací
žlab



4.1.4.2. ZATÉKÁNÍ SRÁŽKOVÉ VODY V INTERIÉRU

Na stropní konstrukci lze pozorovat několik míst, kde vznikají vlhkostní skvrny způsobené předchozím zatékáním střešní konstrukcí. Zatékání má za následek i opadávání částí štukové lišty, ke kterému v kostele často dochází. Umístění těchto typů poruch je zvýrazněno na výkrese č. 08 Půdorys 2.NP – Zakreslení poruch.

Voda do objektu nezatéká jen konstrukcí střechy, ale i poškozenými vitrážovými okny. Místy chybí pouze některé tabulky, často ale chybějí i celá pole zasklení a umožňují tak průchod větrem hnané vody v době srážek, která porušuje zděné konstrukce. Pod okny pak vznikají vlhkostní mapy.



Obr. 47 – skvrny způsobené zatékáním
střešní konstrukce



Obr. 48 – opadaná štuková lišta



Obr. 49 – poškozené okno a vlhkostní mapy
způsobené jeho zatékáním



4.1.4.3. ZATĚKÁNÍ A ODVOD SRÁŽKOVÉ VODY V EXTERIÉRU

Cihelná korunní římsa vykazuje velké známky poškození vlivem zatékající vody. Na severní a západní straně střechy před začátkem její rekonstrukce zcela chyběly prvky pro odvod srážkové vody ze střešní konstrukce. Voda tedy stékala volně po fasádě či přímo na terén. Na objektu byly okapové žlaby pouze na západní straně, a to jen do půlky objektu. Tyto žlaby byly svedeny ke dvěma rohovým okapovým svodům. Dle stavu římsy v místě vedení žlabů ale svou funkci nespĺňovaly, jelikož římsy jsou v těchto místech velmi degradované.

Chybějící nebo nefunkční svody měly za následek volné stékání vody po svislých konstrukcích, což způsobilo degradaci omítky v jejich okolí, tvorbu plísní na fasádě a tvorbu mechů a řas v soklových oblastech.



Obr. 50, 51 - opadané římsy, plíseň a degradace omítky vlivem zatékání a nefungujících prvků pro odvod srážkové vody



4.1.4.4. VĚTREM HNANÁ SRÁŽKOVÁ VODA

V ploše je kostelní fasáda velmi poničená a na mnoha místech zcela chybí omítka. K těmto poruchám dochází kromě již zmíněných faktorů i vlivem velkých atmosférických srážek za současného působení větru. Vzhledem k tomu, že kostel se nachází na samotě, ho mimo několika stromů nic před těmito vlivy nechrání. Dochází tak k postupnému degradování omítek, a následně až k obnažení a poškození samotného zdícího materiálu.



Obr. 52 – degradující omítka a obnažené zdivo



4.2. LABORATORNÍ MĚŘENÍ SALINITY ZDIVA

Pro stanovení obsahu solí byly vybrány dva vzorky z východní a západní interiérové stěny. Jedná se o vzorky omítky číslo 2 a 3, které již byly zkoumány pro zjištění obsahu vlhkosti. Přesné místo odběru vzorků je vyznačeno na schématu 1. NP na obrázku 44 v kapitole 4.1.3. V prvním dni došlo k přípravě vzorků odbornou pracovníci laboratoře. Část vzorku byla rozdrcena. Přibližně 2 g vzorku byly zváženy a smíchány se 100 ml destilované vody v Erlenmeyerově baňce. Roztok byl následně vložen do ultrazvukové lázně. V lázni se roztok zároveň ohřívá, čímž ještě více podporuje rozpuštění solí. V druhém dni proběhlo samotné měření salinity.

Pomocí pipety byl ze vzorku odebrán čirý solný roztok bez nežádoucí drti, který pak sloužil pro zjišťování pH vzorku, obsahu chloridů, amoniaku, dusičnanů a síranů. Ke stanovení obsahu jednotlivých solí byl využit fotometrický přístroj *Spectroquant Pharo 300*.

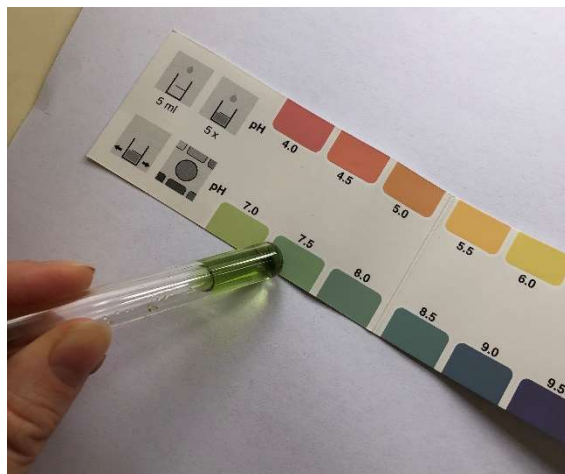
Nejprve bylo stanoveno pH obou vzorků pomocí přidání pH indikátoru, který zajistil zbarvení daného vzorku, a následně došlo k zjištění pH pomocí porovnání s pH stupnicí. Výsledek je zaznamenán v následujících tabulkách.

Klasifikace pH	
Hodnota pH	Klasifikace
> 7	Kyselý
7	Neutrální
> 7	Zásaditý

Tabulka 6 – Klasifikace pH

Číslo vzorku	Hodnota pH	Klasifikace
2	7,5	Zásaditý
3	7,5	Zásaditý

Tabulka 7 – Naměřené pH vzorků



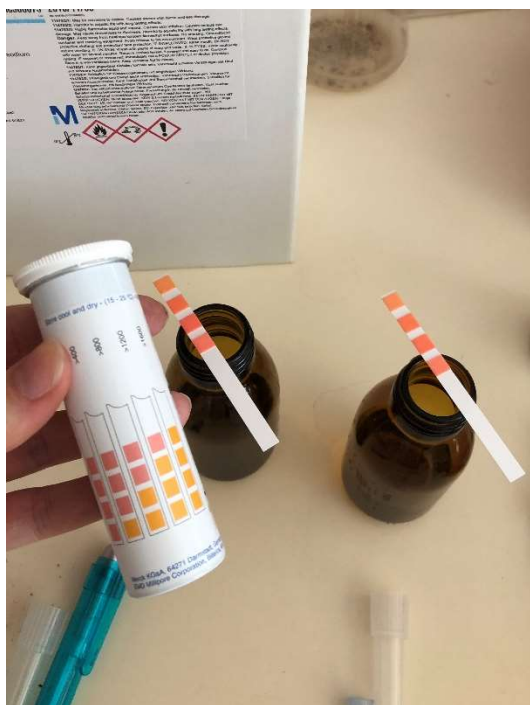
Obr. 53 – určení pH vzorku č. 2

Před samotným měřením pomocí fotometru bylo provedeno předběžné stanovení obsahu dusičnanů a síranů ve vzorcích pomocí analytických testovacích proužků. Principem je porovnání zbarvení proužků s barevnou stupnicí na obalu. Pokud by příslušné zbarvení značilo vyšší koncentraci těchto solí, bylo by nutné před měřením fotometrem vzorky naředit destilovanou vodou. Již předběžné určení pomocí testovacích



proužků naznačilo, že obsah těchto solí ve vzorcích bude nízký. Vzorky tedy nebylo nutné ředit.

Po předběžném určení analytickými testovacími proužky bylo přistoupeno k přesnému měření salinity pomocí fotometrického přístroje. Pro měření obsahu jednotlivých solí je nutné vždy každý vzorek chemicky upravit dle příložených návodu. Upravený vzorek je odlit do kyvety a vložen do fotometru, který určí koncentraci konkrétní soli ve vzorku.



Obr. 54 – předběžné určení síranů ve vzorcích



Obr. 55 – příprava vzorku před umístěním do fotometrického přístroje

Fotometrický přístroj udává naměřené hodnoty solí ve vzorcích v jednotkách mg/l. Pro klasifikaci je nutné tyto naměřené hodnoty přepočítat na jednotky mg/g dle následujícího vzorce:

$$c_g = \frac{c_l}{10 * m_i}$$

kde: c_g – koncentrace soli v roztoku (mg/g)

c_l – koncentrace soli v roztoku (mg/l)

m_i – hmotnost vzorku (g)



Výsledné přepočtené hodnoty koncentrace solí ve vzorcích byly klasifikovány dle ČSN P 73 0610, konkrétně dle tabulky B.1 v příloze B.

Stupeň zasolení zdiva	Obsah solí v mg/g vzorku a v procentech hmotnosti					
	Chloridy		Dusičnany		Sířany	
	mg/g	% hmotnosti	mg/g	% hmotnosti	mg/g	% hmotnosti
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	3,5 až 5,0	0,5 až 0,50	20 až 50	2,0 až 5,0
velmi vysoký	> 5,0	> 0,50	> 5,0	> 0,50	> 50	> 5,0

Tabulka 8 – Klasifikace salinity zdiva dle ČSN P 73 0610

Číslo vzorku	Naměřené hodnoty obsahu solí ve vzorcích					
	Chloridy			Dusičnany		
	mg/g	% hmotnosti	Vyhodnocení	mg/g	% hmotnosti	Vyhodnocení
2	0,060	0,0060	nízký	0,000	0,0000	nízký
3	0,213	0,0213	nízký	0,051	0,0051	nízký

Číslo vzorku	Naměřené hodnoty obsahu solí ve vzorcích					
	Sířany			Amoniak		
	mg/g	% hmotnosti	Vyhodnocení	mg/g	% hmotnosti	Vyhodnocení
2	7,454	0,7454	zvýšený	0,002	0,0002	—
3	4,619	0,4619	nízký	0,003	0,0003	—

Tabulka 9 – Naměřené hodnoty obsahu solí ve vzorcích a vyhodnocení dle normy ČSN P 73 0610

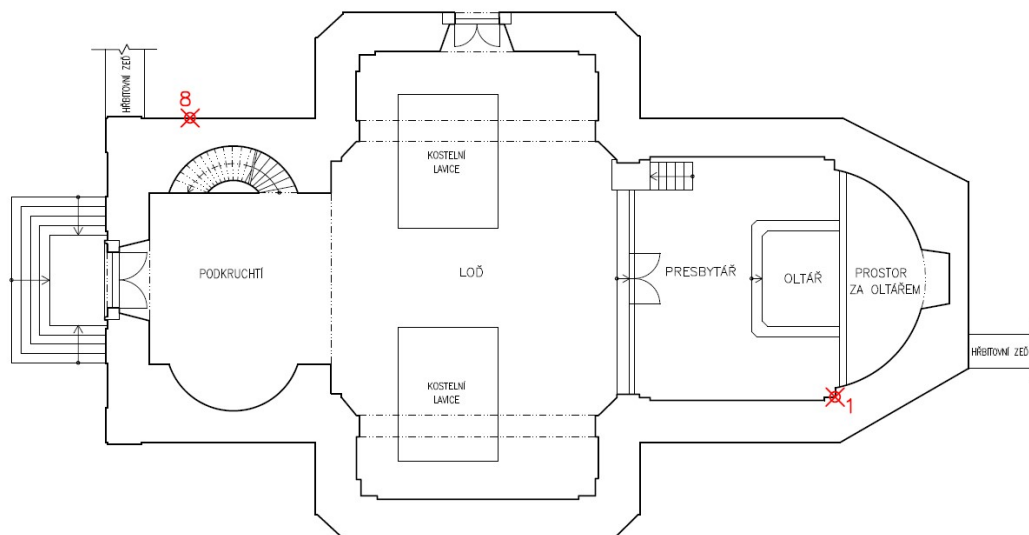
Z výsledků z laboratorního měření je zřejmé, že obsahy jednotlivých solí obsažených ve vzorcích omítky jsou převážně nízké. Jediná zvýšená hodnota byla zjištěna u obsahu síranů ve vzorku číslo 2. Výskyt síranů může být následkem okolní zemědělské činnosti, jelikož sířany bývají součástí zemědělských hnojiv. Další příčinou přítomnosti síranů by mohlo být vyplavování chemických složek z pojivových materiálů.

Vzhledem k nízkým naměřeným hodnotám obsahu solí není návrh odsolení zdiva nezbytně nutný. Odsolení by mělo význam pouze pro snížení obsahu síranů, který je ovšem i tak poměrně nízký. Zvýšený stupeň zasolení zdiva sířany se dle ČSN P 73 0610 pohybuje v rozmezí 5,0 - 20 mg/g a námi naměřené hodnoty jsou tedy blízko spodní hranice této příslušné klasifikace.



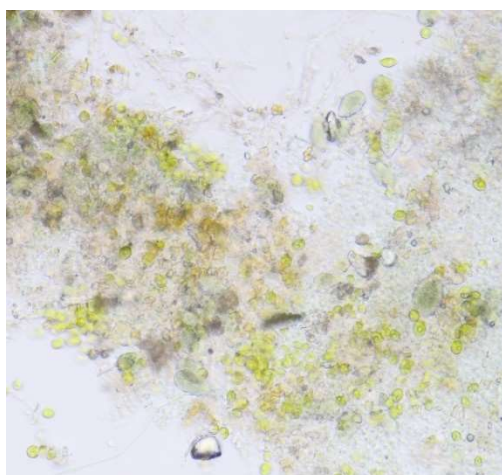
4.3. BIOLOGICKÁ DEGRADACE ZDIVA – ŘASY A PLÍSNĚ

V objektu byly odebrány dva vzorky určené pro bližší zkoumání přítomnosti plísní a řas. Vzorek číslo 1 je odlomek cihly z interiéru severní části kostela, vzorek číslo 8 je kus omítky ze západní fasády. Oba vzorky byly odebrány z míst s viditelnými projevy výskytu mikroorganismů. Tyto vzorky byly předány odborné pracovníci laboratoře.



Obr. 56 - schéma půdorysu 1.NP s vyznačenými místy odběru vzorků

Část vzorků byla vložena do Erlenmeyerovy baňky obsahující Knoppův roztok, a následně umístěna do třepačky, kde byla ponechána. Po uplynutí potřebné doby byla část vzorku vyjmuta a zkoumána pod mikroskopem. Pod mikroskopem byly viditelné zelené kuličky řas.



Obr. 57 – vzorek fasádní omítky pod mikroskopem – viditelné zelené kuličky řas



Obr. 58 – vzorek interiérové cihly pod mikroskopem
(pořízeno v rámci bakalářské práce odbornou pracovníci laboratoře)



Další části vzorků byly použity pro zkoumání přítomnosti plísní. Vzorek byl opět připraven odbornou pracovnící laboratoře. Byl vložen do Petriho misky na živnou půdu v pevném stavu. Toto růstové médium, pro množení hub a jiných organismů, je složeno z minerálních solí, sacharózy a agaru. Po uplynutí doby potřebné pro růst mikroorganismů bylo možné narostlé plísně zkoumat a blíže identifikovat.

Na podložní sklíčko na kapku destilované vody se pomocí sterilizovaného náčiní umístí část odebraného preparátu. Následně je vše přikryto krycím sklíčkem a umístěno pod mikroskop. Na základě konzultace s odbornou pracovnící laboratoře byla ve vzorcích identifikována přítomnost hned pěti druhů plísní. Na vzorku č. 1 z interiéru se jedná o *Mucor sp.* a *Penicillium sp.*, na exteriérovém vzorku č. 8 byla identifikována plíseň *Mucor sp.*, *Cladosporium sp.*, *Phoma sp.* a *Aspergillus sp.*.



Obr. 59 – pozorování preparátu plísní pod mikroskopem



Obr. 60 – vzorek č. 8 - narostlé plísně v živné půdě
(pořízeno v rámci bakalářské práce odbornou pracovnící laboratoře)



4.3.1. POPIS IDENTIFIKOVANÝCH PLÍSNÍ

4.3.1.1. **Mucor sp.**

Mucor sp. je jednou z nejrozšířenějších plísní rychle rostoucích v šedých koloniích. Neprodukuje žádné toxiny. [6]

4.3.1.2. **Penicillium sp.**

Penicillium sp. je druh plísně hojně se vyskytující po celém světě. Nachází se v poměrně rychle rostoucích modrozelených až žlutozelených koloniích. Může být původcem různých typů mykóz a alergických příznaků. [7]

4.3.1.3. **Cladosporium sp.**

Cladosporium sp. se vyskytuje v pomalu rostoucích olivově zeleně zbarvených koloniích. Neprodukuje žádné významné toxiny, ale stejně jako *Penicillium sp.* může být příčinou vzniku alergických příznaků u osob. Vzácně byl zaznamenán jako původce keratitidy – zánětu rohovky oka. [8]

4.3.1.4. **Phoma sp.**

Phoma sp. žije v nepříliš rychle rostoucích koloniích šedo-zelené až později tmavě šedé barvy. [9]

4.3.1.5. **Aspergillus sp.**

Aspergillus sp. se vyskytuje v rychle rostoucích hnědočerných až černých koloniích. Vyskytuje se celosvětově, nejvíce však v teplejších oblastech. [10] Tato plíseň může u jedinců s oslabenou imunitou způsobovat infekční onemocnění dýchacích cest, tzv. aspergilózu. [11]



Obr. 61 – vyznačená plíseň *Mucor sp.* pod mikroskopem
(pořízeno v rámci bakalářské práce odbornou pracovníci laboratoře)



Obr. 62 – vyznačená plíseň *Penicillium sp.* pod mikroskopem
(pořízeno v rámci bakalářské práce odbornou pracovníci laboratoře)



Obr. 63 – plíseň *Cladosporium sp.* pod mikroskopem
(pořízeno v rámci bakalářské práce odbornou pracovníci laboratoře)



Obr. 64 – plíseň *Phoma sp.* pod mikroskopem
(pořízeno v rámci bakalářské práce odbornou pracovníci laboratoře)



4.3.2. ANALÝZA VÝSKYTU PLÍSNÍ A ŘAS

Výskyt plísní byl potvrzen na obou testovaných vzorcích. K výrazně většímu nárůstu plísní na živné půdě došlo na vzorku exteriérovém. Bylo zde nalezeno i větší množství druhů plísní. Hlavním faktorem pro růst plísní je vysoká vlhkost. Z toho důvodu lze plísně na exteriérové fasádě pozorovat v místech, kde dochází k zadržení a koncentraci výskytu srážkové vody, a tedy v okolí okenních parapetů, hřbitovní zídky a střešních svodů. Plíseň je viditelná i v ploše fasády v místech, kde v minulosti pravděpodobně docházelo ke stékání vody volně po fasádě vzhledem k poruše žlabů pro odvod vody ze střešní



Obr. 65 – projev plísně v místě svodu

konstrukce. Detekované plísně *Cladosporium sp.* a *Penicillium sp.* jsou velmi časté plísně vyskytující se v daném okrese na vnějších fasádách budov. [12] Plísně je žádoucí z napadených konstrukcí odstranit a zamezit jejich další tvorbě, jelikož mohou prorůstat do stavebního kamene, a tím přispívat k jeho korozi. [5]

Stejně jako plísním, i řasám se nejlépe daří v místech, kde je zadržována voda. Proto byla jejich přítomnost potvrzena primárně na vzorku exteriérovém odebraném z místa, kde bylo viditelné, že zde docházelo k volnému stékání vody po fasádě. Řasy jsou vůči stavebnímu kamení agresivní, jelikož vrůstají do štěrbin, kde navlháním zvětšují svůj objem, a způsobují tak narušení staviva. [5] Proto je nutné zabránit jejich dalšímu růstu a z napadených konstrukcí je odstranit.



4.4. STATICKÉ PORUCHY

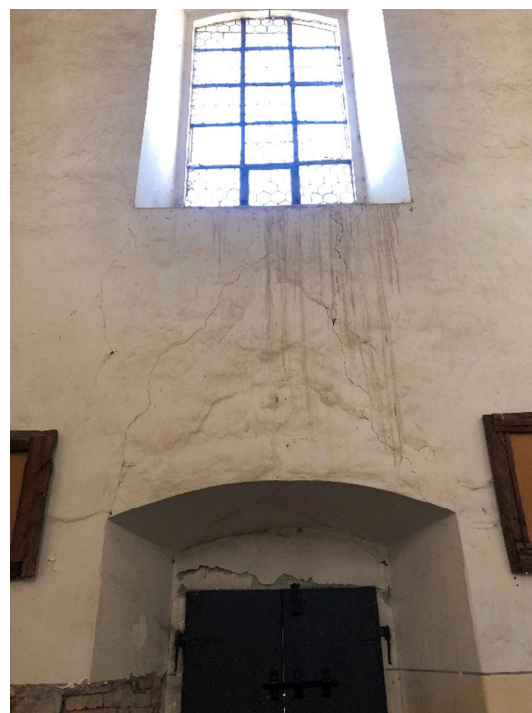
Dalšími poruchami viditelnými na konstrukcích kostela jsou trhliny. Trhliny se vyskytují na svislých i vodorovných interiérových konstrukcích, ale i na exteriérových stěnách. Umístění trhlin je podrobněji rozkresleno na výkresech č. 07 – 12 Půdorysy a Pohledy – Zakreslení poruch.

4.4.1. TRHLINY SVISLÝCH KONSTRUKCÍ

Jedním z míst v interiéru, na kterém lze statické trhliny najít, je okolí okenních otvorů. Toto místo je pro výskyt trhlin nejtypičtější, jelikož jakékoliv otvory v nosných konstrukcích znamenají oslabení dané konstrukce. Tyto tahové trhliny zpravidla začínají u fabiónu a pokračují v ose nadpraží až k okenním výplním. Pod okny dále probíhají parapetem a pokračují po svislých stěnách. Na západní stěně lodi je oslabení ještě větší, neboť se zde pod oknem nachází navíc boční vchod. Mimo již zmíněný průběh trhlin se zde mezi okenním parapetem a dveřním nadpražím nacházejí trhlinky tvarem připomínající obrácenou parabolu. Trhliny dále pokračují i do nadpraží dveří.



Obr. 66 – trhliny probíhající skrz okenní otvor



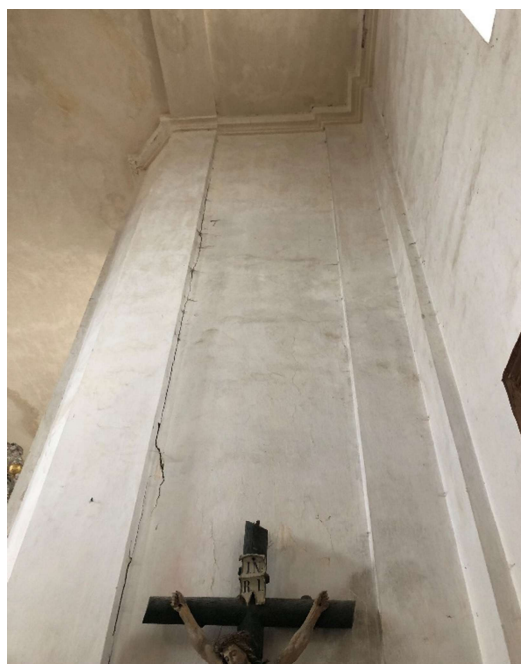
Obr. 67 – trhliny mezi okenním a dveřním otvorem



Dalším pro tento objekt typickým místem výskytu trhlin je styk dvou na sebe kolmých stěn. Tyto trhliny jsou viditelné již od paty stěn či konce osekané omítky, nebo se napojují na okolní trhliny a společně probíhají skrz celou výšku stěny. V místech, kde došlo k zazdění náhrobních kamenů, je výskyt trhlin koncentrovanější. Příčinnou je oslabení konstrukce druhotným zazděním těchto náhrobních kamenů.



Obr. 68 – trhliny hlavní lodi v místě styku stěn a okolí náhrobního kamene



Obr. 69 –trhliny hlavní lodi v místě styku stěn

Dle změřených provedených v interiéru na přístupných místech mají trhliny povětšinou konstantní šířku přibližně 1,0 – 4,0 mm. V některých místech bylo naměřeno až 16,0 mm.



Obr. 70 – šířka trhliny na stěně hlavní lodi



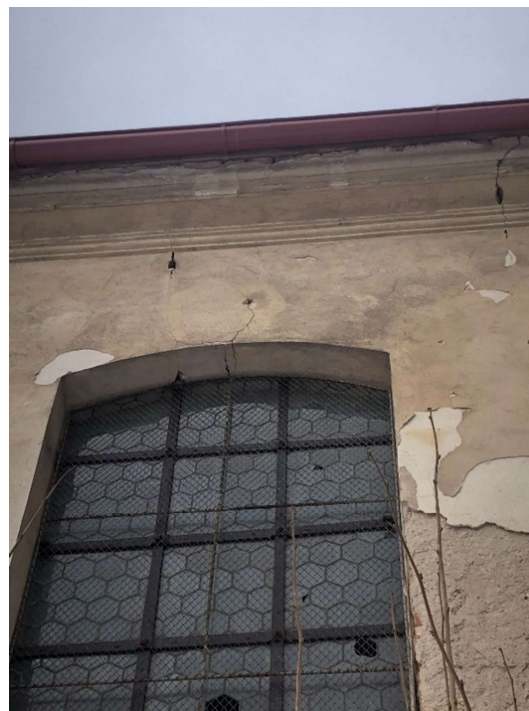
Obr. 71 – šířka trhliny na stěně krucht



Na exteriérové straně stěn lze trhliny nalézt na severní, východní a západní fasádě. Nejčastěji procházejí korunní římsou nebo okenním otvorem, obdobně jako na straně interiérové.



*Obr. 72 – trhlina pod okenním otvorem
na východní fasádě*



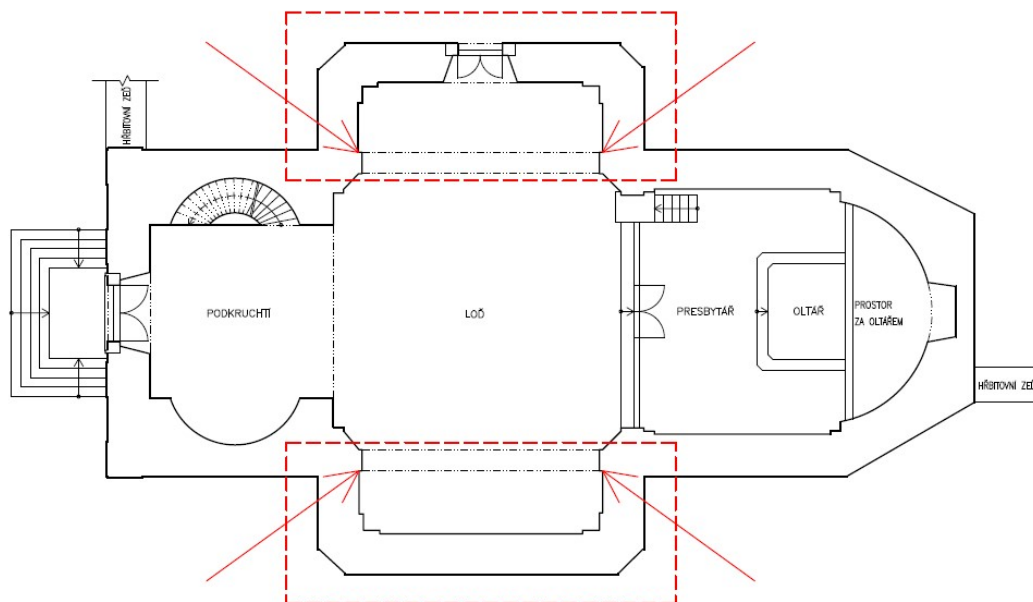
*Obr. 73 – typické trhliny v korunní římsě a
nadpraží okenního otvoru*

K tomuto typu trhlin zpravidla dochází, dojde-li ke změnám a pohybům v základové půdě; ty pak mají za následek nerovnoměrné sedání objektu.

Dle průběhu trhlin ve styku svislých stěn hlavní lodi lze předpokládat, že základy částí hlavní lodi, které nekorespondují se základním tvarem kostela, sedají jiným způsobem, než základy zbylých svislých konstrukcí. Ve styku kolmých stěn totiž dochází k průběhu trhlin symetricky na všech čtyřech místech, jedná se tedy o systémovou poruchu. Jedna z příčin vzniku trhlin by mohla být v tom, že svislé konstrukce zmíněných částí objektu jsou založeny na jiných základech než konstrukce základního tvaru. Je možné, že tyto části byly dostaveny později v průběhu přestaveb kostela. Vzhledem k velkému stáří kostela by dalším důvodem mohla být existence zbytků nedochovaného objektu či nedochovaných prostor pod základní linií kostela. Pro potvrzení či vyvrácení těchto hypotéz by bylo zapotřebí provést průzkum základů a archeologický průzkum.



Místa výskytu trhlin hlavní lodi ve styku svislých stěn jsou znázorněna na následujícím schématu a podrobněji jsou rozkreslena na výkresu č. 07 – Půdorys 1.NP – Zakreslení poruch.



Obr. 74 – schématický půdorys se znázorněnými místy výskytu trhlin

4.4.2. TRHLINY VODOROVNÝCH KONSTRUKCÍ

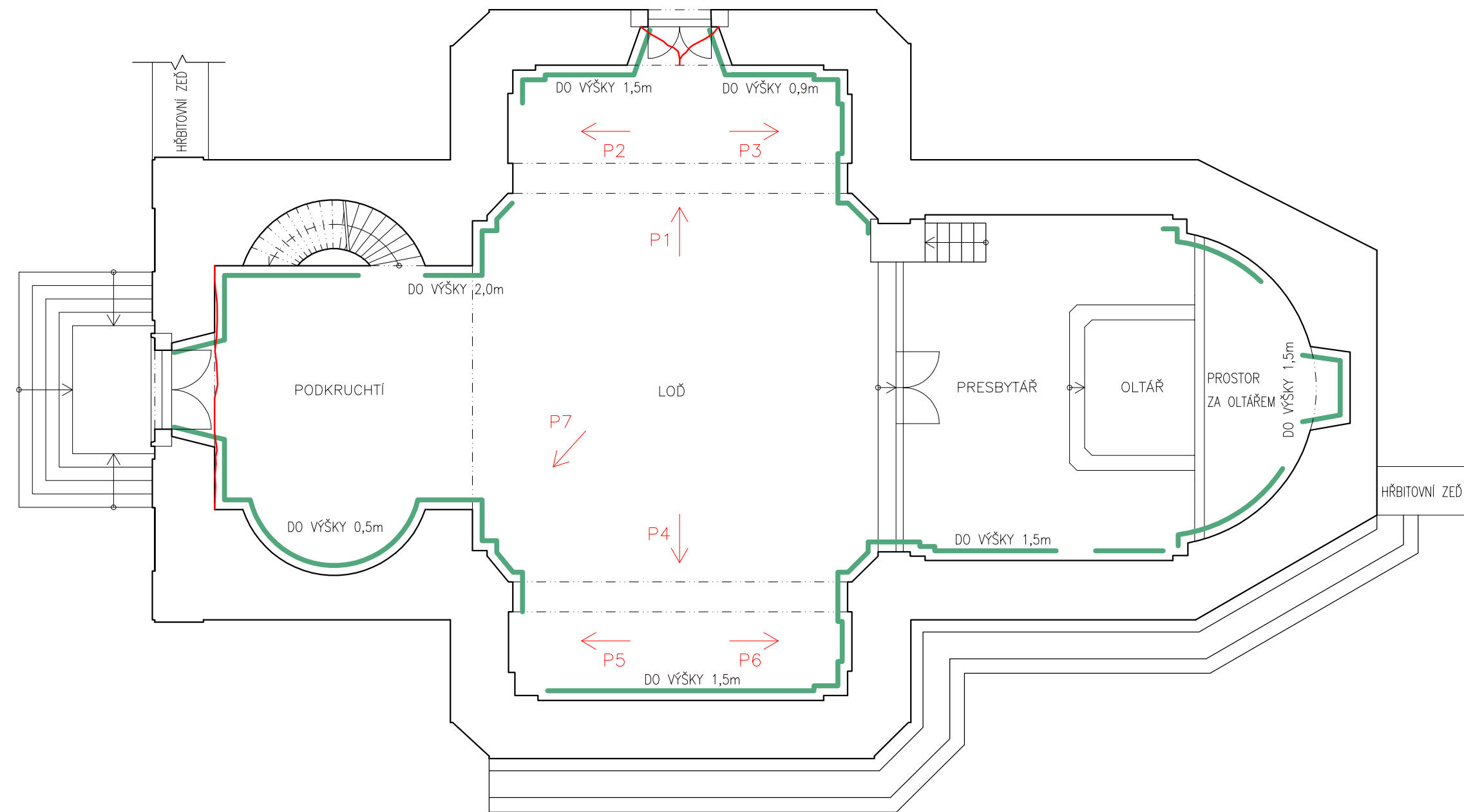
Na vodorovných konstrukcích jsou nejvíce viditelné trhliny na jižní straně objektu. Zde se nachází trhlina na styku vodorovné konstrukce stropu se svislou konstrukcí štítové stěny. Zároveň zde dochází k výskytu trhlin v rohovém styku svislých konstrukcí, a další trhlina je viditelná i z podkruchtí ve vodorovném styku štítové stěny s konstrukcí kůru. K této kombinaci trhlin by mohlo dojít vlivem odklonu štítové stěny směrem od objektu.








Obr. 75 – zvýrazněný průběh trhlin na stropní konstrukci jižní strany objektu

V ploše a některých rozích se nachází vlasové trhliny ve stropní omítce. Tyto trhliny bývají způsobeny deformacemi dřevěného trámového stropu, na které omítka reaguje popraskáním.

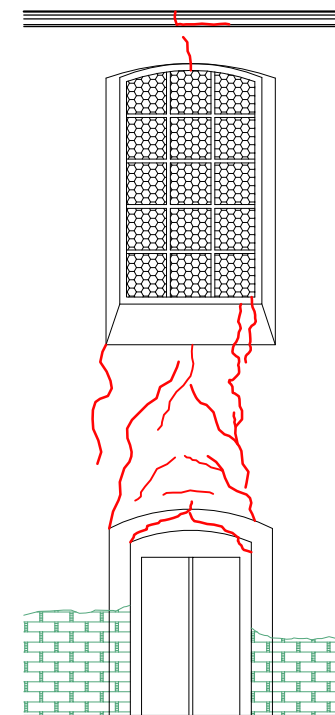
PŮDORYS 1.NP ZAKRESLENÍ PORUCH



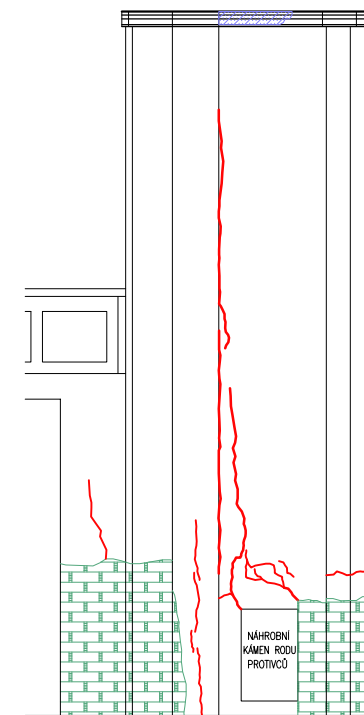
LEGENDA MATERIÁLŮ

-  STÁVAJÍCÍ SMÍŠENÉ ZDIVO
-  POŠKOZENÝ FABION VLVEM ZATÉKAJÍCÍ VODY
-  OSEKANÁ OMÍTKA DO VÝŠKY POŠKOZENÍ VLVEM VZLINAJÍCÍ VLHKOSTI
-  TRHLINY
-  P1 OZNAČENÍ POHLEDU NA DETAIL PORUCH

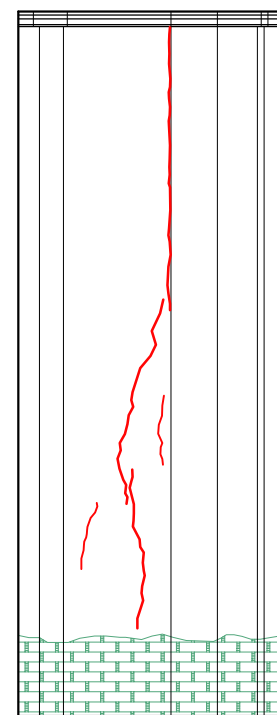
POHLED P1



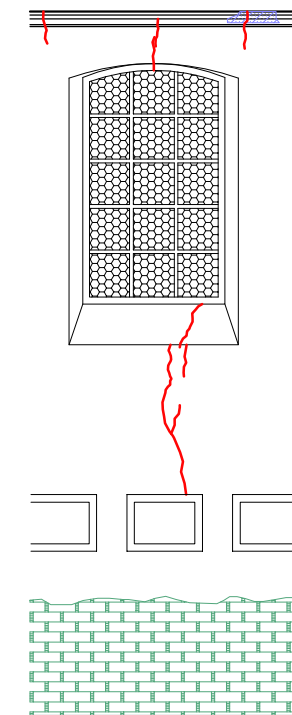
POHLED P2



POHLED P3



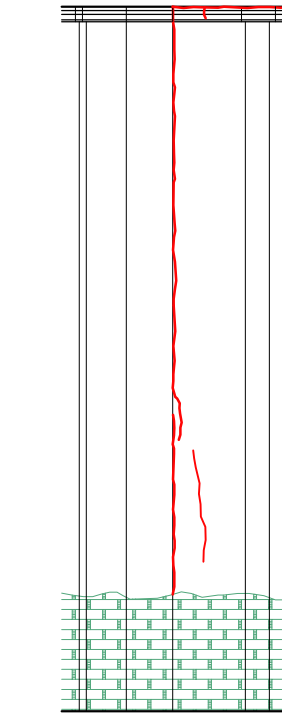
POHLED P4



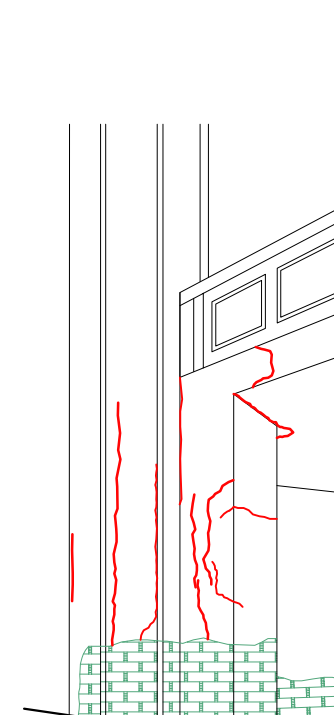
POHLED P5




POHLED P6

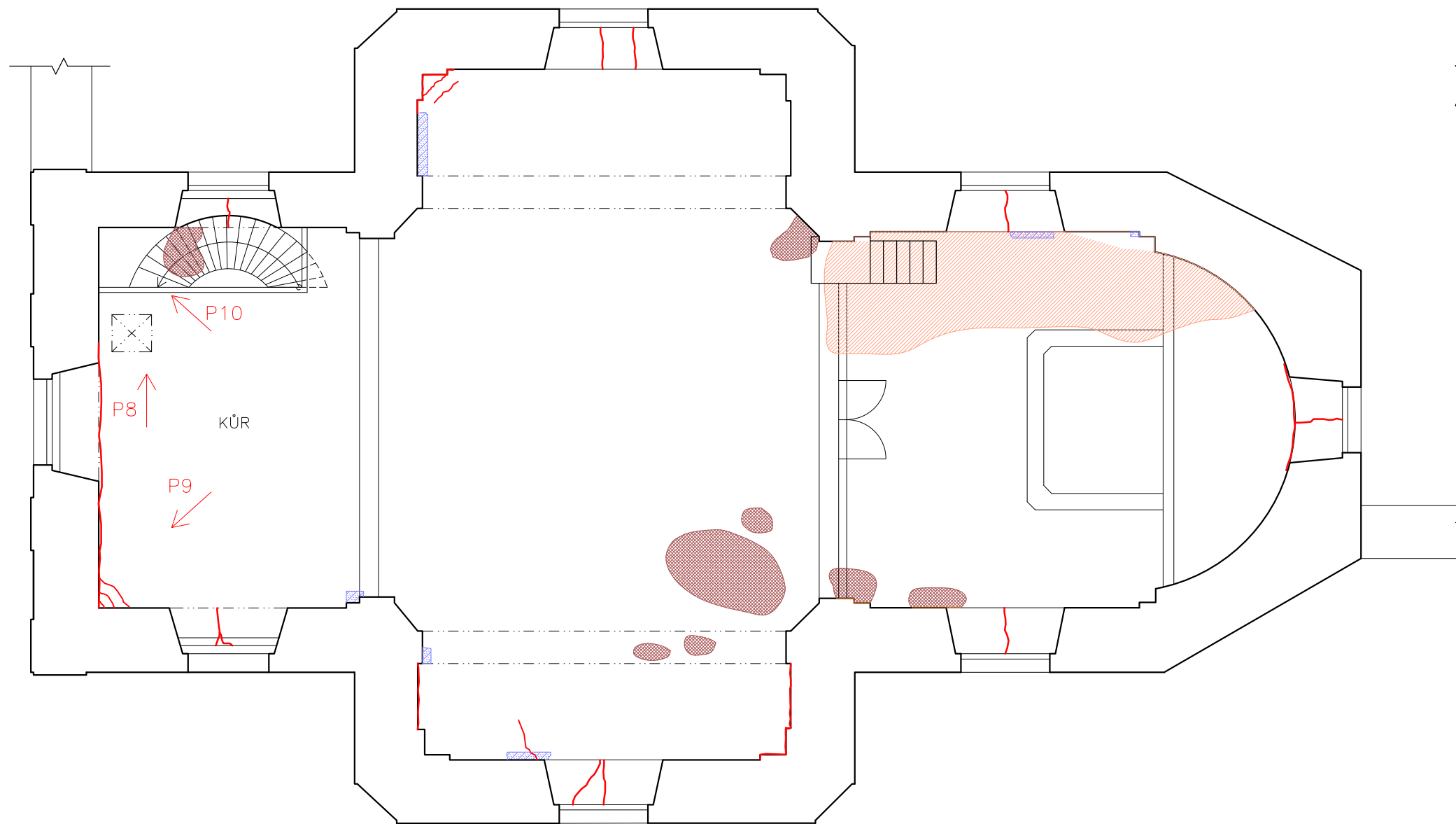


POHLED P7









AUTOR LADA NĚMEČKOVÁ	VEDOUČÍ doc. Ing. JIŘÍ PAZDERKA, Ph.D.	AKADEMICKÝ ROK 2020/2021	ČVUT v Praze Fakulta stavební 
PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			DATUM 05/2021
KATEDRA K124 – KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB			MĚŘITKO 1:100
VÝKRES PŮDORYS 1.NP – ZAKRESLENÍ PORUCH			Č. VÝKRESU 07

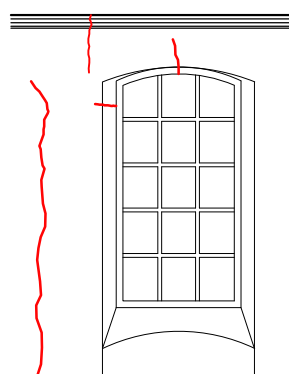
PŮDORYS 2.NP ZAKRESLENÍ PORUCH



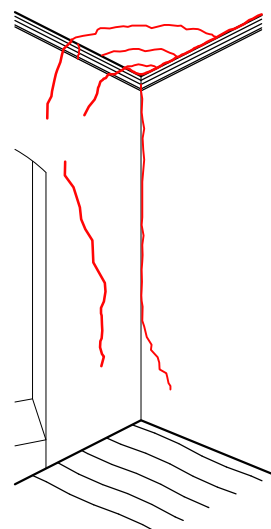
LEGENDA MATERIÁLŮ

-  STÁVAJÍCÍ SMÍŠENÉ ZDIVO
-  POŠKOZENÍ OMÍTKY NA STROPĚ
VLIVEM ZATĚKAJÍCÍ VODY
-  OPRAVA STROPU PO ZBORCENÍ
V ROCE 2012
-  POŠKOZENÝ FABIION
VLIVEM ZATĚKAJÍCÍ VODY
-  TRHLINY
-  P1 OZNAČENÍ POHLEDU NA DETAIL PORUCH

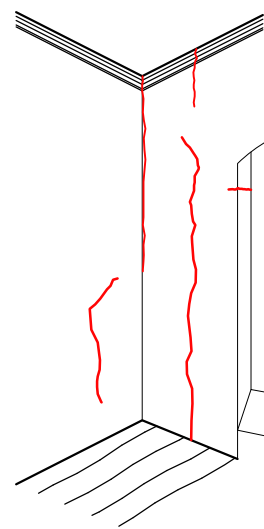
POHLED P8




POHLED P9

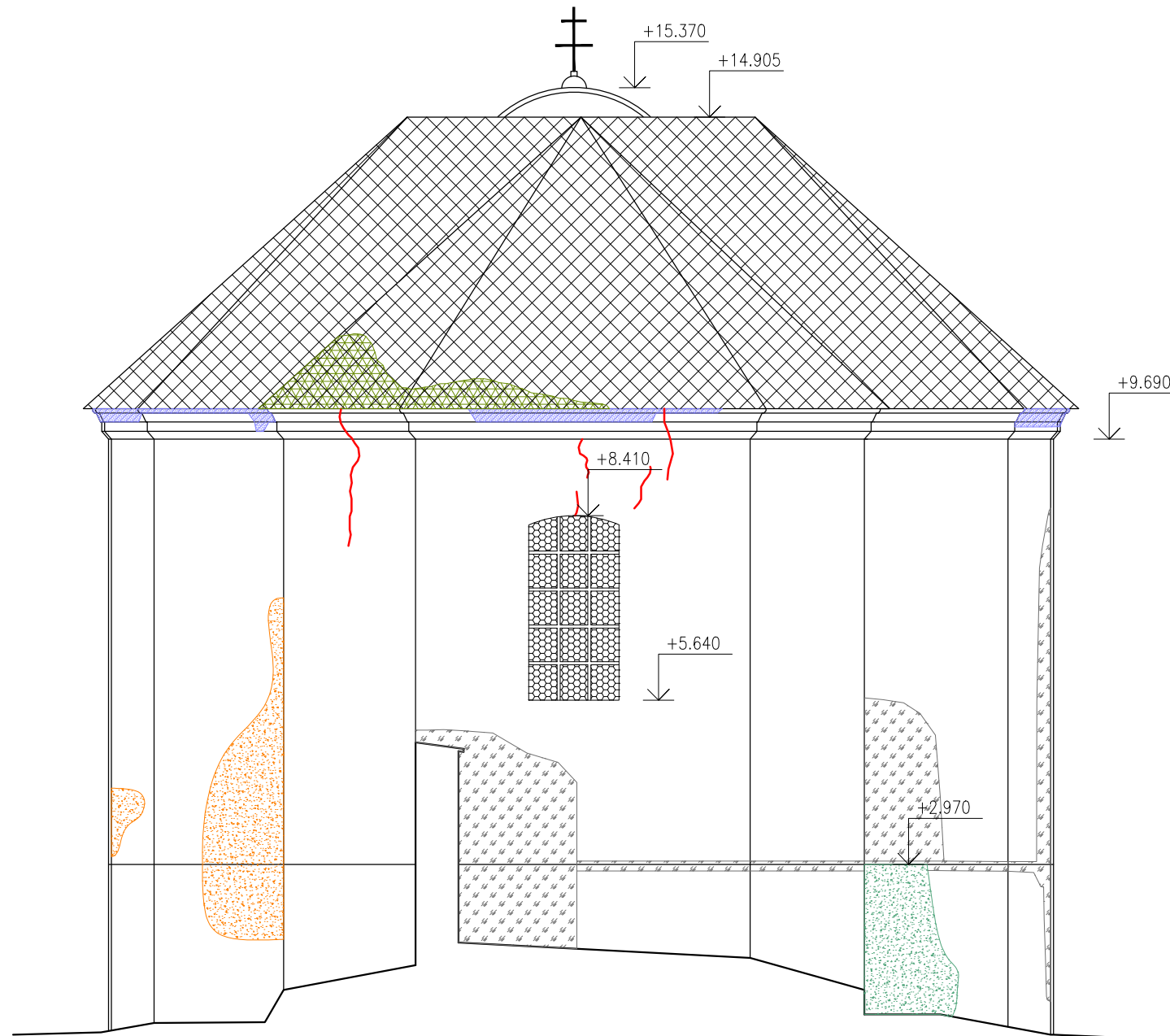


POHLED P10




AUTOR LADA NĚMEČKOVÁ	VEDOUCÍ doc. Ing. JIŘÍ PAZDERKA, Ph.D.	AKADEMICKÝ ROK 2020/2021	ČVUT v Praze Fakulta stavební 
PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
KATEDRA K124 – KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB			MĚŘÍTKO 1:100
VÝKRES PŮDORYS 2.NP – ZAKRESLENÍ PORUCH			Č. VÝKRESU 08

POHLED SEVERNÍ ZAKRESLENÍ PORUCH

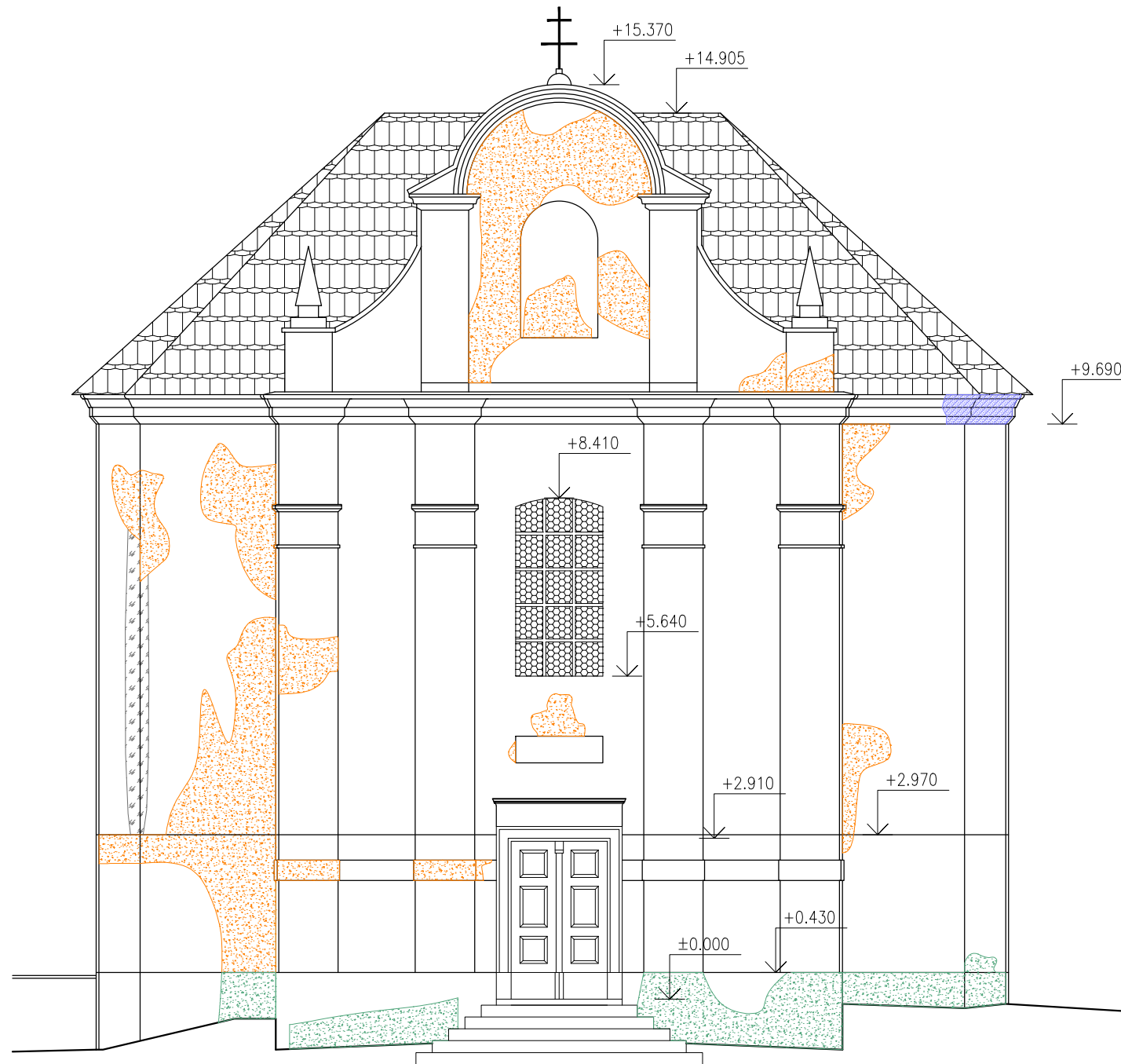


LEGENDA MATERIÁLŮ

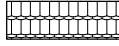
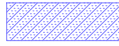


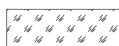
-  PŮVODNÍ STŘEŠNÍ KRYTINA
VLÁKNOCEMENTOVÉ ŠABLONY
-  POŠKOZENÁ ŘÍMSA
VLIVEM ZATÉKAJÍCÍ VODY
-  OBNAŽENÍ VNĚJŠÍHO ZDIVA
VLIVEM ATMOSFÉRICKÝCH SRÁŽEK
-  OBNAŽENÍ VNĚJŠÍHO ZDIVA
VLIVEM VZLÍNAJÍCÍ VLHKOSTI
-  POŠKOZENÍ VNĚJŠÍ OMÍTKY
VLIVEM PLISNĚ
-  POŠKOZENÍ STŘEŠNÍ KRYTINY
VLIVEM MECHŮ
-  TRHLINY


AUTOR LADA NĚMEČKOVÁ	VEDOUČÍ doc. Ing. JIŘÍ PAZDERKA, Ph.D.	AKADEMICKÝ ROK 2020/2021	ČVUT v Praze Fakulta stavební 
PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
KATEDRA K124 – KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB	VÝKRES POHLED SEVERNÍ – ZAKRESLENÍ PORUCH		DATUM 05/2021
			MĚŘÍTKO 1:100
			Č. VÝKRESU 09

POHLED JIŽNÍ ZAKRESLENÍ PORUCH

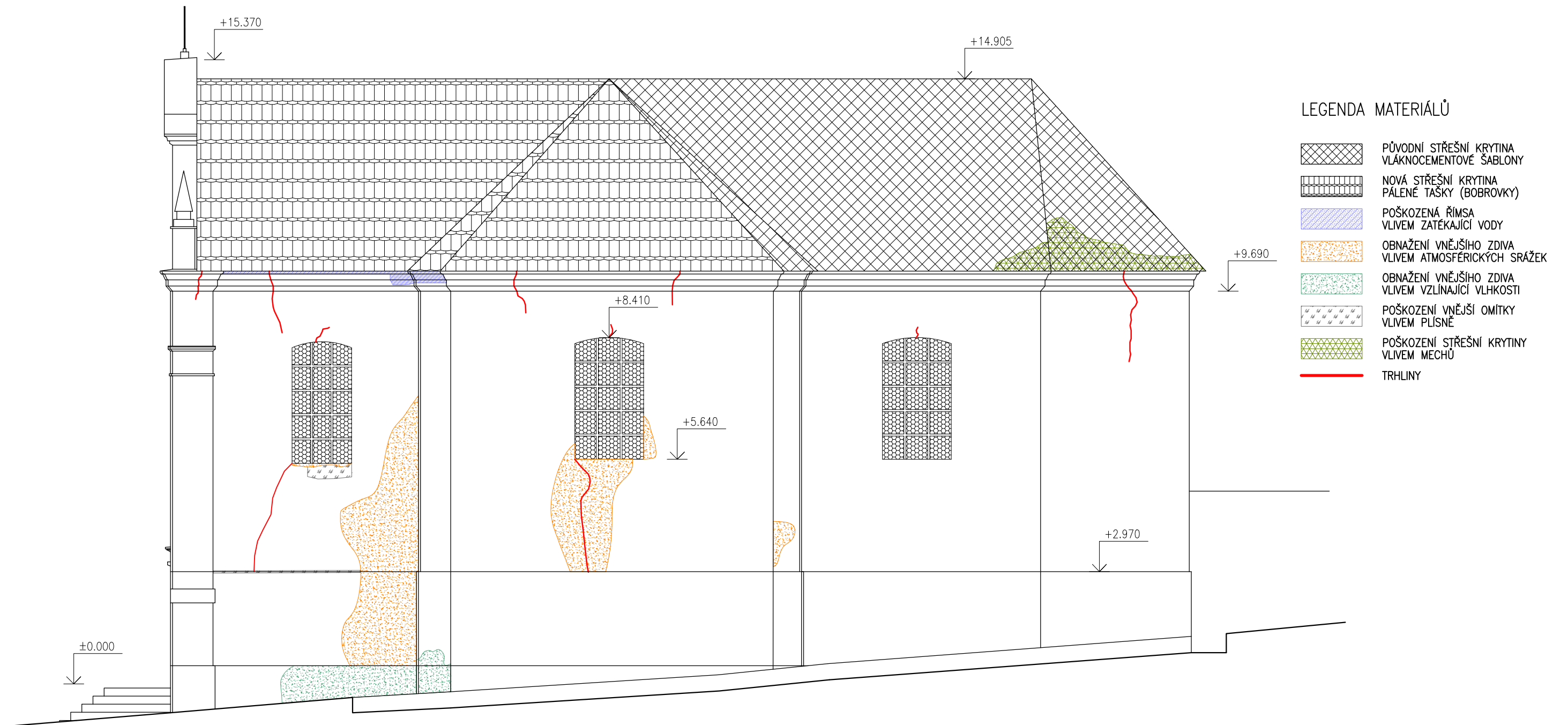



LEGENDA MATERIÁLŮ

-  NOVÁ STŘEŠNÍ KRYTINA
PÁLENÉ TAŠKY (BOBROVKY)
-  POŠKOZENÁ ŘÍMSA
VLIVEM ZATĚKAJÍCÍ VODY
-  OBNAŽENÍ VNĚJŠÍHO ZDIVA
VLIVEM ATMOSFÉRICKÝCH SRÁŽEK
-  OBNAŽENÍ VNĚJŠÍHO ZDIVA
VLIVEM VZLÍNAJÍCÍ VLHKOSTI
-  POŠKOZENÍ VNĚJŠÍ OMÍTKY
VLIVEM PLISNĚ

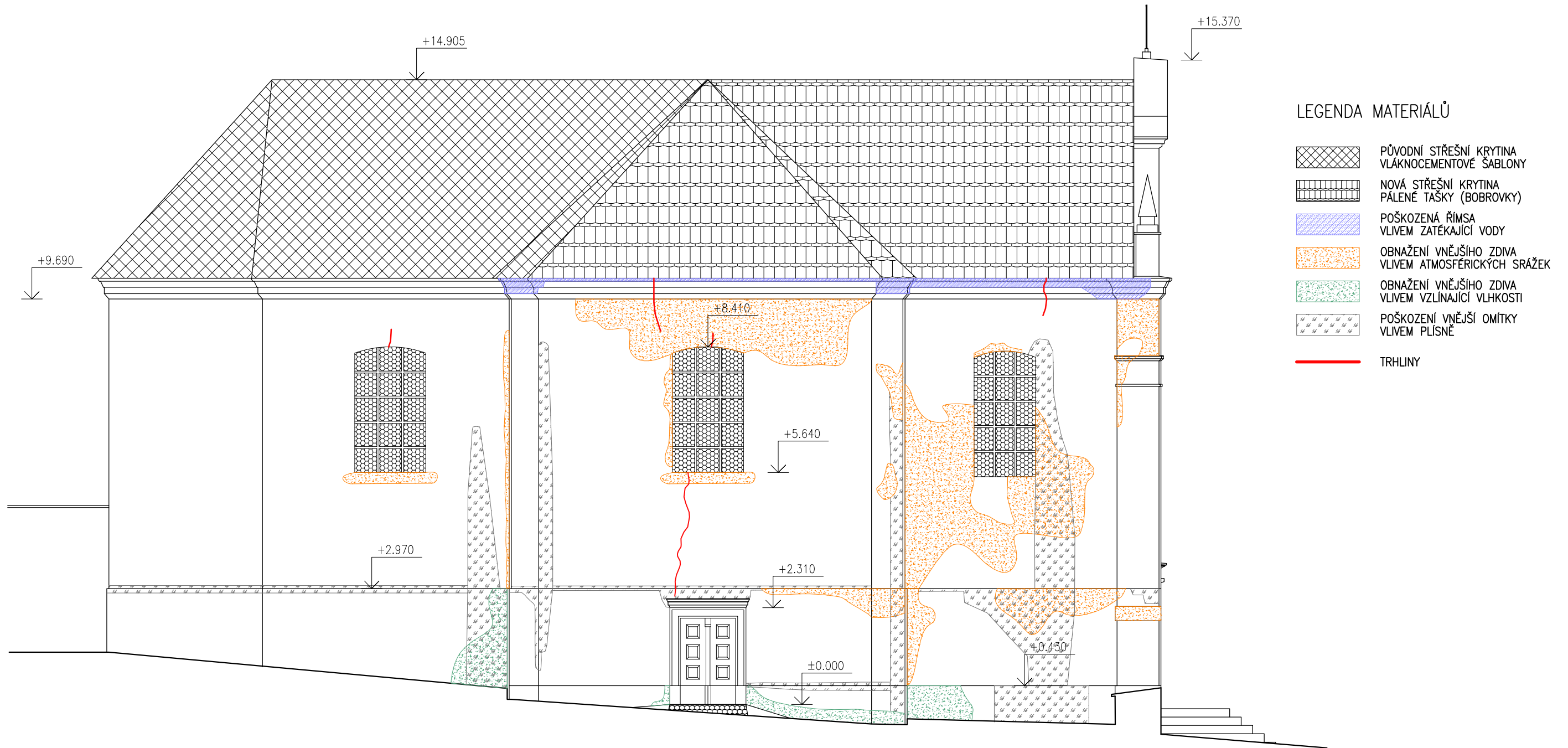
AUTOR LADA NĚMEČKOVÁ	VEDOUČÍ doc. Ing. JIŘÍ PAZDERKA, Ph.D.	AKADEMICKÝ ROK 2020/2021	ČVUT v Praze Fakulta stavební 
PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
KATEDRA K124 – KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB			DATUM 2020/2021
			MĚŘÍTKO 1:100
VÝKRES POHLED JIŽNÍ – ZAKRESLENÍ PORUCH			Č. VÝKRESU 10

POHLED VÝCHODNÍ ZAKRESLENÍ PORUCH




AUTOR LADA NĚMEČKOVÁ	VEDOUČÍ doc. Ing. JIŘÍ PAZDERKA, Ph.D.	AKADEMICKÝ ROK 2020/2021	ČVUT v Praze Fakulta stavební 
PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
KATEDRA K124 – KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB			DATUM 05/2021
VÝKRES POHLED VÝCHODNÍ – ZAKRESLENÍ PORUCH			MĚŘÍTKO 1:100
			Č. VÝKRESU 11

POHLED ZÁPADNÍ ZAKRESLENÍ PORUCH



LEGENDA MATERIÁLŮ

-  PŮVODNÍ STŘEŠNÍ KRYTINA VLÁKNOCEMENTOVÉ ŠABLONY
-  NOVÁ STŘEŠNÍ KRYTINA PÁLENÉ TAŠKY (BOBROVKY)
-  POŠKOZENÁ ŘÍMSA Vlivem ZATÉKAJÍCÍ VODY
-  OBNAŽENÍ VNĚJŠÍHO ZDIVA Vlivem ATMOSFÉRICKÝCH SRÁŽEK
-  OBNAŽENÍ VNĚJŠÍHO ZDIVA Vlivem VZLÍNAJÍCÍ VLHKOSTI
-  POŠKOZENÍ VNĚJŠÍ OMÍTKY Vlivem PLISNĚ
-  TRHLINY

AUTOR LADA NĚMEČKOVÁ	VEDOUČÍ doc. Ing. JIŘÍ PAZDERKA, Ph.D.	AKADEMICKÝ ROK 2020/2021	ČVUT v Praze Fakulta stavební 
PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
KATEDRA K124 – KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB			MĚŘÍTKO 1:100
VÝKRES POHLED ZÁPADNÍ – ZAKRESLENÍ PORUCH			Č. VÝKRESU 12



5. NÁVRH SANAČNÍCH OPATŘENÍ

Z provedené analýzy poruch je patrné, že objekt je zapotřebí sanovat nejen proti problémům vlhkostním, ale i statickým. Vzhledem ke skutečnosti, že objekt spadá pod památkovou ochranu, je třeba vybrat metody, které budou co nejšetrnější a budou co nejméně zasahovat do vzhledu stávajících konstrukcí.

5.1. SANACE VLHKOSTI

V předchozí kapitole 4.2 bylo zjištěno, že objekt je namáhán převážně vlhkostí způsobenou vztlínající vodou z podzákladí, zatékáním srážkové vody střešní konstrukcí a špatně fungujícími či zcela chybějícími prvky pro odvod srážkové vody ze střešní konstrukce. Střešní konstrukce je momentálně v polovině oprav, které by měly vyřešit problém se zatékáním a špatným odvodem srážkové vody. Proto se v této kapitole budeme věnovat sanacím, které jsou vhodné pro zamezení třetí vlhkostní poruchy, již je kapilární vztlínání vody.

Z důvodu památkové ochrany je nejvhodnější metodou pro zamezení přístupu vztlínající vlhkosti návrh vzduchových kanálků z exteriérové nebo interiérové strany vlhkostí poškozené stěny, anebo provedení provětrávaných podlah pod celým objektem.

5.1.1. VZDUCHOIZOLAČNÍ METODY

Z důvodu velké tloušťky obvodových stěn a vysoké dotace vlhkosti v konstrukcích (velmi často nad 10 % hmotnostní vlhkosti) byla navržena kombinace svislých dutin z exteriérové a interiérové strany konstrukce kostela. Touto kombinovanou variantou dojde k zvýšení účinnosti odvodu vlhkosti, a zároveň k minimalizaci zásahu do konstrukcí – v porovnání s variantou provětrávané podlahy, u které by muselo dojít k rozebrání celé plochy stávající dlažby.

5.1.1.1. VZDUCHOVÉ KANÁLKY INTERIÉROVÉ

Před provedením vzduchové dutiny je třeba rozebrat stávající dlažbu do potřebné vzdálenosti od obvodových stěn. Konstrukci kanálku budou tvořit betonové prolévané tvárnice 500x200x250 mm uložené do betonové desky vyztužené kari sítí. Tvarovky budou dle potřeby vyztuženy na základě provedení podrobného statického výpočtu.



Kanálek bude uzavřen prefabrikovanou betonovou deskou tloušťky 100 mm, uloženou z jedné strany na tvarovkách, a z druhé na ocelovém úhelníku L 80x60x8 mm. Po osazení kanálku bude doplněna kamenná dlažba podobných parametrů, jako dlažba původní.

Ve svislých nosných stěnách budou navrženy nasávací a odsávací kanálky z PVC o DN 100 mm. K proudění vzduchu dojde pomocí osazených ventilátorů s řízeným provozem dle změny teplot v nasávacích kanálcích. Nasávací kanálky budou za ventilátorem opatřeny ocelovou mřížkou. Odsávací kanálky budou ukončeny dutinovou keramickou tvárnici, za kterou bude umístěna síťovina bránící vniknutí hmyzu.

5.1.1.2. VZDUCHOVÉ KANÁLKY EXTERIÉROVÉ

Exteriérové vzduchové dutiny budou navrženy podél západní a části severní fasády. Na straně východní bude zachován stávající historický kamenný žlab, který bude očištěn a vyspraven dle potřeby. Pro konstrukci exteriérového kanálku bude použit stejný systém z betonových prolévaných tvárnic větších rozměrů 500x300x250 mm. Dutina bude uzavřena prefabrikovanou deskou tloušťky 100 mm. Na ni bude nanesena vrstva betonové mazaniny vyspádovaná směrem od objektu k drenážnímu potrubí z PVC DN 100, které je napojeno na kanalizační řád. Zevní část konstrukce kanálku bude opatřena asfaltovou hydroizolací a nopovou fólií chránící tuto izolační vrstvu. Výkop bude znovu zasypan a zhutněn. Výška vzduchové dutiny bude proměnlivá v závislosti na svažitosti terénu. Bude se měnit pomocí přidání či odebrání řady tvarovek. Vzniklá mezera v místě změny výšky dutiny bude uzavřena pomocí řady vápenopískových cihel. Dno vzduchového kanálku bude vyspádováno vrstvou betonové mazaniny, která zajistí odvod případné zkondenzované vlhkosti v dutině směrem k drenážnímu potrubí DN 50. To bude procházet betonovými tvarovkami a bude napojeno na průběžné drenážní potrubí.

Pro přívod vzduchu budou navrženy ocelové nasávací komínky s osazenými ventilátory umožňujícími nucené proudění vzduchu dutinou. Komínky budou rovněž opatřeny čidlem reagujícím na změny teploty vzduchu. Pro odvod vlhkého vzduchu budou použity ocelové odsávací komínky.

Návrh vzduchoizolační metody je rozkreslen na následujícím výkrese č. 13 – Vzduchoizolační metoda.



5.2. OPATŘENÍ PROTI BIOLOGICKÉ DEGRADACI ZDIVA

Výskyt plísní a řas je způsoben přítomností vlhkosti. Po opravě a doplnění okapových žlabů a svodů dojde k zamezení volného stékání srážkové vody po fasádě. Aplikací sanační metody proti vzlínající vlhkosti bude omezen přístup vlhkosti i z podzákladí. Těmito opatřeními by měly být zajištěny podmínky pro minimalizaci dalšího růstu plísní a řas. Již přítomné řasy a plísně je třeba z napadených konstrukcí odstranit.

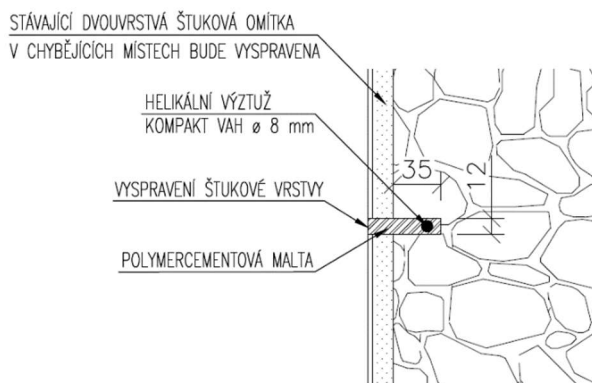


5.3. STATICKÉ ZAJIŠTĚNÍ OBJEKTU

Jak bylo analyzováno v kapitole 4.4., trhliny v konstrukcích jsou pravděpodobně převážně důsledkem nerovnoměrného sedání objektu. Pro zamezení dalšího rozvoje a vzniku trhlin jsou navrženy dvě metody sanací. První metodou je ztužení vrchní stavby helikální výztuží ve dvou výškových úrovních. Druhou metodou je trysková injektáž základů.

5.3.1. ZTUŽENÍ OBJEKTU HELIKÁLNÍ VÝZTUŽÍ

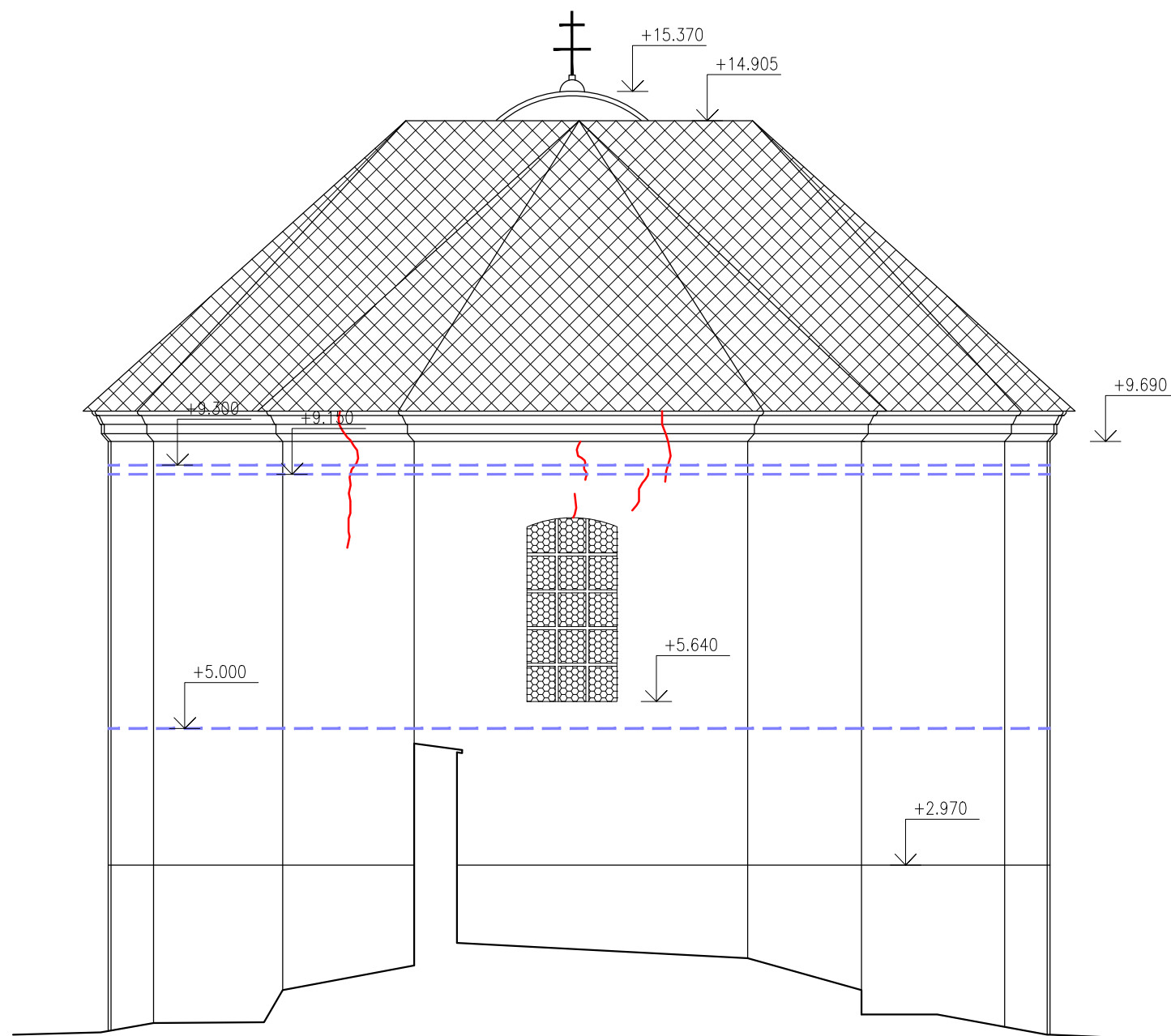
První metoda spočívá ve ztužení vrchní stavby pomocí helikální výztuže. Ztužení je navrženo ve dvou výškových úrovních. První výšková úroveň bude pod spodní hranou okenních otvorů. Druhá výšková úroveň bude pod korunní římsou. Pro zajištění větší tuhosti bude výztuž v druhé výškové úrovni zdvojená. Jako materiál byla zvolena helikální nerezová výztuž *Kompakt VAH* o \varnothing 8 mm. Tento typ výztuže je vhodný k dodatečnému lepení do zděných konstrukcí za účelem zvýšení jejich únosnosti. V požadované výškové úrovni dojde k vyfrézování drážky pomocí frézy s diamantovým kotoučem. Šířka drážky by měla být minimálně o 4 mm větší, než průměr prutu. Pro jeden prut je vhodná hloubka drážky 35 mm od líce zděné konstrukce. Po zhotovení se drážka zbaví nečistot a vypláchne se vodou. Do drážek se pomocí aplikační pistole vpraví polymer cementová malta v tloušťce 8 – 10 mm, do které se následně vtlačí prut. Na ten se nanese do zbytku drážky druhá vrstva malty. Pomocí špachtle se tmel zatlačí do drážky a srovná se povrch. V místech s chybějící omítkou dojde k nanesení nové vrstvy vnější omítky. V místech s nepoškozenou omítkou bude vyspravena vnější štuková vrstva. Mezi výhody této metody patří malý zásah do konstrukce, tvarová variabilita výztuže a velmi dobrá přilnavost kotevní malty ke stavebním materiálům. Malta se navíc při tuhnutí nesmršťuje a má rychlý nárůst pevnosti. [13]



Obr. 76 – detail uložení helikální výztuže v drážce


Návrh umístění výztuže je rozkreslen na následujících výkresech pohledů č. 14 – 17 – Ztužení helikální výztuží.

POHLED SEVERNÍ ZTUŽENÍ HELIKÁLNÍ VÝZTUŽÍ

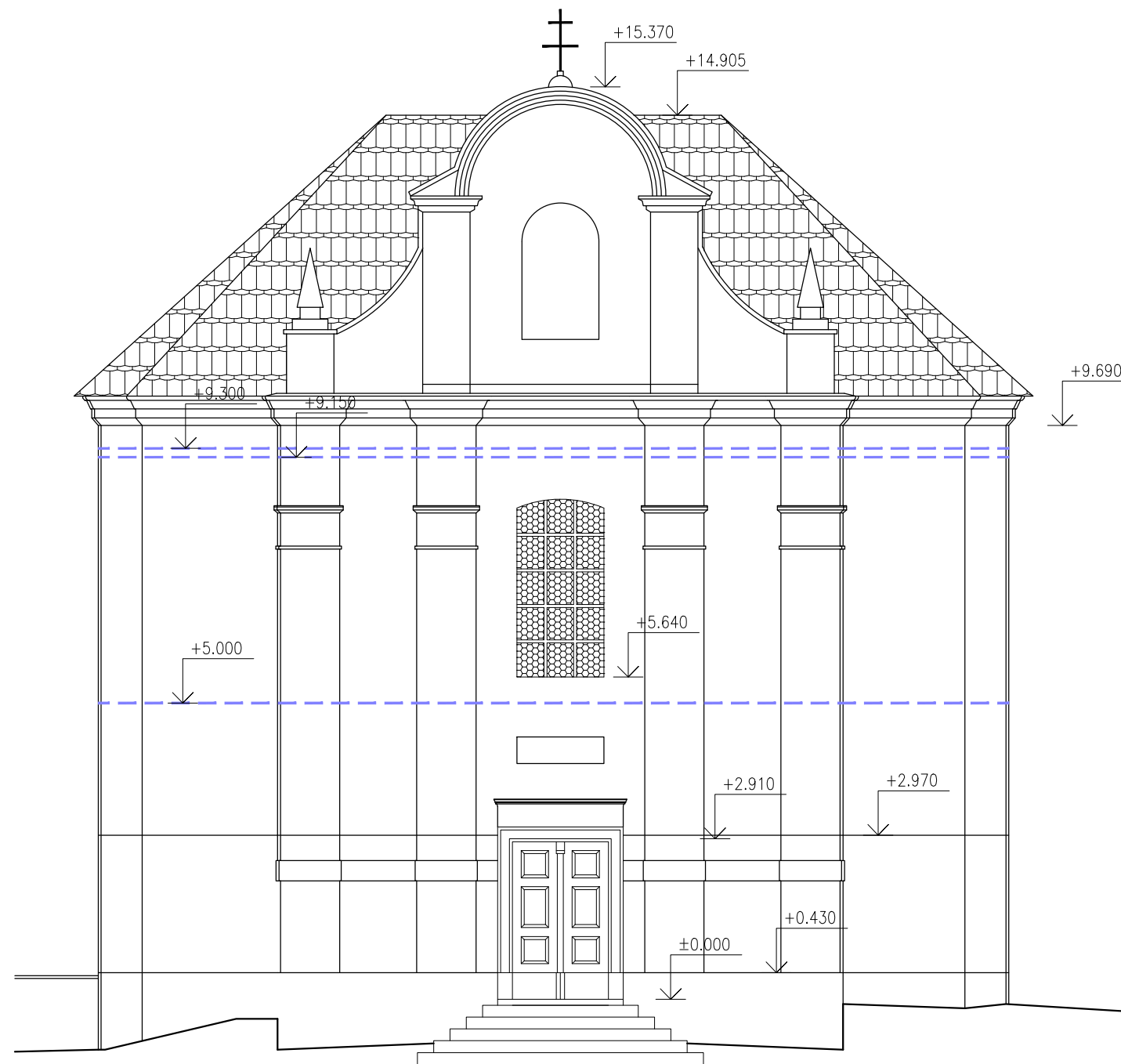


LEGENDA

- TRHLINY
- - - HELIKÁLNÍ VÝZTUŽ
NEREZOVÁ VÝZTUŽ KOMPAKT VAH, ø 8 mm


AUTOR LADA NĚMEČKOVÁ	VEDOUČÍ doc. Ing. JIŘÍ PAZDERKA, Ph.D.	AKADEMICKÝ ROK 2020/2021	ČVUT v Praze Fakulta stavební 
PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
KATEDRA K124 – KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB	DATUM 05/2021		MĚŘÍTKO 1:100
VÝKRES POHLED SEVERNÍ – ZTUŽENÍ HELIKÁLNÍ VÝZTUŽÍ	Č. VÝKRESU 14		

POHLED JIŽNÍ ZTUŽENÍ HELIKÁLNÍ VÝZTUŽÍ

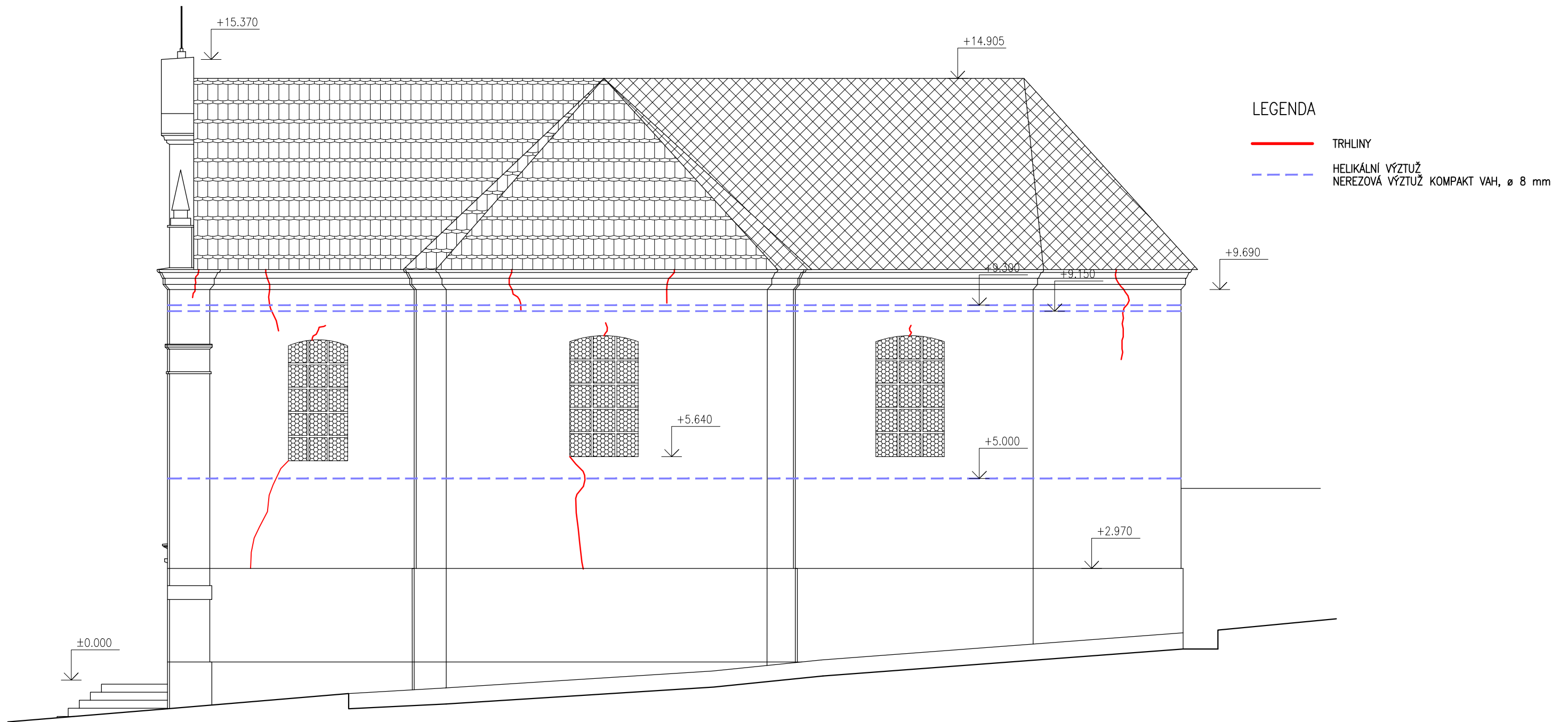



LEGENDA

--- HELIKÁLNÍ VÝZTUŽ
NEREZOVÁ VÝZTUŽ KOMPAKT VAH, \varnothing 8 mm

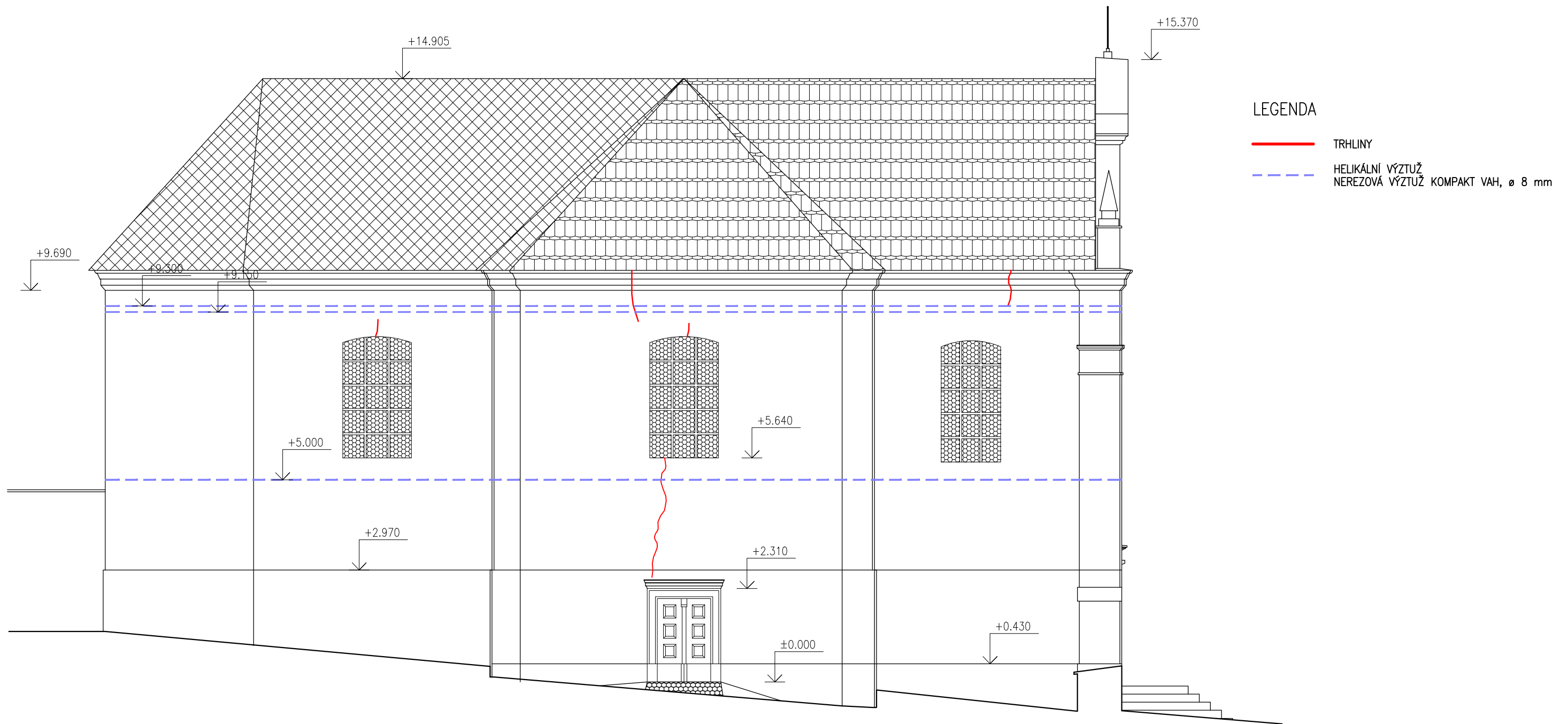
AUTOR LADA NĚMEČKOVÁ	VEDOUCÍ doc. Ing. JIŘÍ PAZDERKA, Ph.D.	AKADEMICKÝ ROK 2020/2021	ČVUT v Praze Fakulta stavební 
PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
KATEDRA K124 – KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB			MĚŘÍTKO 1:100
VÝKRES POHLED JIŽNÍ – ZTUŽENÍ HELIKÁLNÍ VÝZTUŽÍ			Č. VÝKRESU 15

POHLED VÝCHODNÍ ZTUŽENÍ HELIKÁLNÍ VÝZTUŽÍ




AUTOR LADA NĚMEČKOVÁ	VEDOUČÍ doc. Ing. JIŘÍ PAZDERKA, Ph.D.	AKADEMICKÝ ROK 2020/2021	ČVUT v Praze Fakulta stavební 
PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
KATEDRA K124 – KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB			DATUM 05/2021
VÝKRES POHLED VÝCHODNÍ – ZTUŽENÍ HELIKÁLNÍ VÝZTUŽÍ			MĚŘÍTKO 1:100
			Č. VÝKRESU 16

POHLED ZÁPADNÍ ZTUŽENÍ HELIKÁLNÍ VÝZTUŽÍ



LEGENDA

- TRHLINY
- - - HELIKÁLNÍ VÝZTUŽ
NEREZOVÁ VÝZTUŽ KOMPAKT VAH, ø 8 mm

AUTOR LADA NĚMEČKOVÁ	VEDOUČÍ doc. Ing. JIŘÍ PAZDERKA, Ph.D.	AKADEMICKÝ ROK 2020/2021	ČVUT v Praze Fakulta stavební 
PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
KATEDRA K124 – KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB	DATUM 05/2021		MĚŘÍTKO 1:100
VÝKRES POHLED ZÁPADNÍ – ZTUŽENÍ HELIKÁLNÍ VÝZTUŽÍ	Č. VÝKRESU 17		

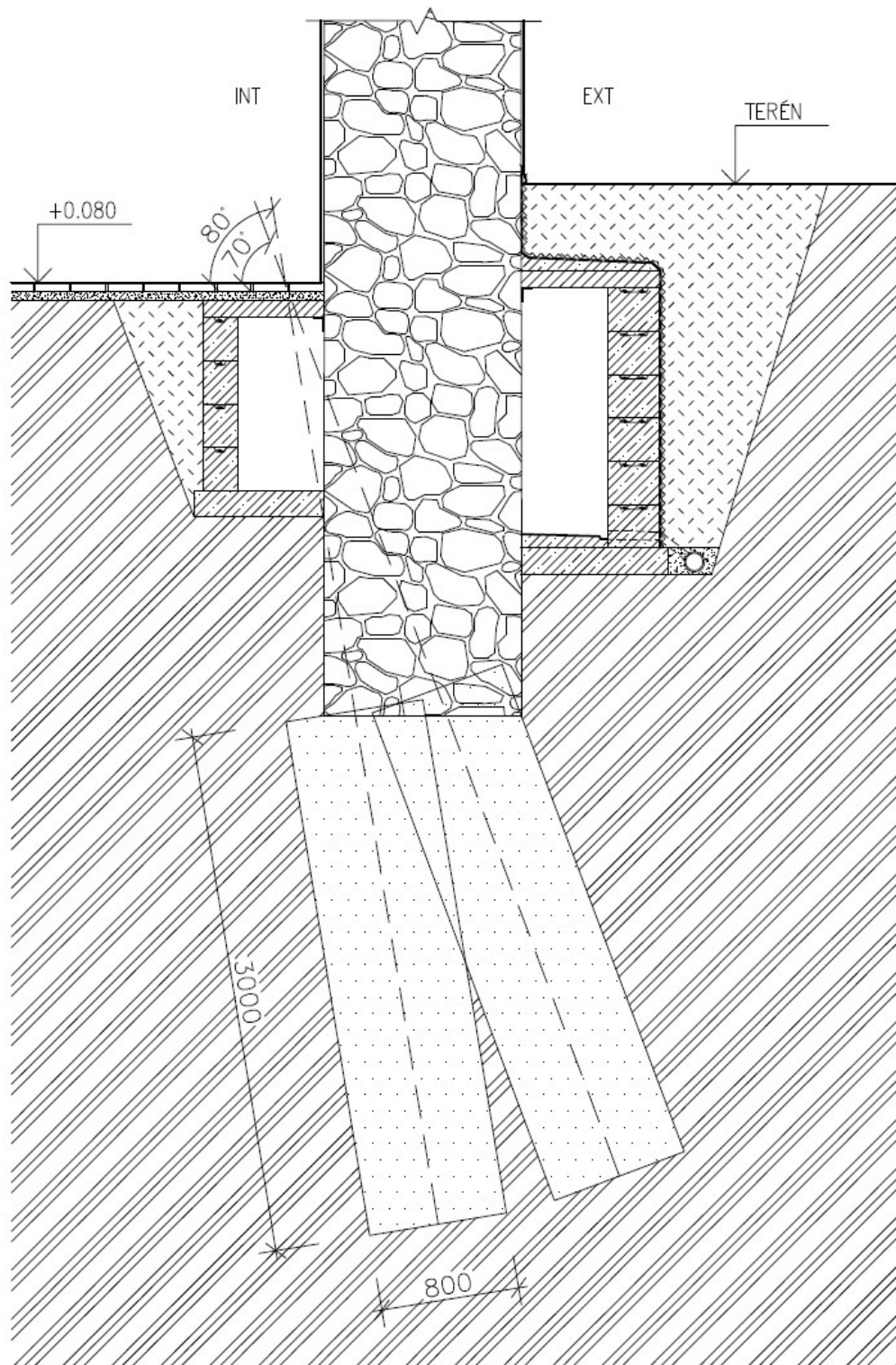


5.3.2. TRYSKOVÁ INJEKTÁŽ ZÁKLADŮ

Druhou metodou pro zamezení dalšího rozvoje statických poruch je sanace základů pomocí tryskové injektáže. Vzhledem k svahovitosti terénu a přítomnosti historického žlabu na východní straně kostela je vhodnější použití metody injektáže prováděné z interiéru. Při této variantě je nutné počítat s tím, že po provedení tryskové injektáže budou z exteriéru i interiéru zhotoveny vzduchové kanálky pro odvod vlhkosti. Z tohoto důvodu je zapotřebí, aby tyto dvě metody byly v souladu a nedocházelo ke střetu mezi konstrukcí kanálků a injektážních pilířů. Nejprve bude provedena trysková injektáž základů, a až poté bude zhotoven výkop pro osazení větracích kanálků.

Nejprve budou vyhloubeny vrty pomocí rotačního vrtáku. Po provedení vrtu do potřebné hloubky dojde k postupnému pohybu vrtného nástroje vzhůru a při pomalém otáčení bude tryskou vháněna injektážní cementová směs. Směs musí být vháněna pod tlakem 30-50 MPa. Dojde tak k vytvoření sloupu z tryskové injektáže o požadovaném průměru, přibližně 0,8 x 3,0 m. [14] Rozměry a hloubku vrtu je třeba upřesnit dle podrobného statického návrhu. Pro větší stabilitu jsou navrženy 2 sloupy pod různými úhly, aby došlo k zásahu do celé šířky základu. Schéma návrhu injektáže je znázorněno na následujícím obrázku.

Před provedením samotné injektáže je zapotřebí provést sondy, které určí rozměry základových konstrukcí, hloubku základové spáry, stavivový materiál základů a skladbu geologického podloží. Dle stáří kostela lze předpokládat, že se jedná o základové pasy z hornin z místních zdrojů. Je žádoucí provést i archeologický průzkum, aby došlo k ověření, jestli pod kostelem nejsou zbytky nedochované stavby. Po provedení podrobnějšího stavebně technického průzkumu dojde k upřesnění vybrané metody tryskové injektáže. Schéma provedení tryskové injektáže je znázorněno na následujícím obrázku.



Obr. 77 – schéma návrhu tryskové injektáže základů



5.3.3. INJEKTÁŽ TRHLIN

Předchozí výše uvedená opatření by měla mít za následek, že nedojde k dalšímu rozevírání trhlin. Po provedení sanačních opatření bude následně možné trhliny považovat za pasivní a provést jejich sanaci. Trhliny větších rozměrů budou nejprve proškrábnuty a očištěny od prachu, nečistot a narušených částí. Následně budou injektovány nízkotlakou injektáží. Jako injektážní látka bude použita cementová nesmrštivá malta, která je vhodná z pohledu památkové péče.



6. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo provedení zjednodušeného stavebně technického průzkumu kostela sv. Petra a Pavla v Líšné a návrh vybraných sanačních opatření, která by co nejlépe plnila svou funkci, a zároveň byla šetrná vůči stávajícím konstrukcím z důvodu památkové péče.

V rámci stavebně technického průzkumu byly objeveny poruchy různých charakterů. Jako nejzávažnější byly shledány poruchy způsobené zvýšenou přítomností vlhkosti a poruchy statické.

V kostele byl proveden vlhkostní průzkum. Nejprve bylo uskutečněno měření relativní vlhkosti vzduchu na několika místech v kostele. Naměřené hodnoty byly porovnány s tabulkovými hodnotami v ČSN P 73 0610 a vlhkostní klima vnitřního prostředí bylo vyhodnoceno jako vlhké. Následovalo stanovení vlhkosti zdiva nedestruktivní metodou pomocí kapacitního vlhkoměru. Z důvodu oklepání omítky na většině soklových partií kostela bylo naměřeno pouze 10 hodnot vždy ve třech výškových úrovních. Naměřené hodnoty vlhkostí se zpravidla pohybovaly mezi 7 – 11 % vlhkosti. Nejvyšší naměřená hodnota byla 14,1 %. Tyto naměřené hodnoty byly zaznamenány a porovnány s tabulkovými hodnotami v ČSN P 73 0610, dle kterých byla naměřená vlhkost vyhodnocena jako zvýšená až velmi vysoká. Pro získání přesnějších hodnot a možnosti porovnání s hodnotami naměřenými kapacitním vlhkoměrem bylo v blízkosti měřených míst odebráno několik vzorků omítek a cihel. Ty byly převezeny do Chemické a mikrobiologické laboratoře katedry pozemních staveb na Fakultně stavební ČVUT, kde byla stanovena vlhkost vzorků pomocí gravimetrické metody. Výsledky z laboratoře potvrdily, že objekt se potýká s velkou vlhkostí. Ve srovnání s výsledky naměřenými vlhkoměrem vyšly hodnoty vlhkosti vyšší, nicméně ve stejných nebo příbuzných kategoriích. Jako hlavní zdroje výskytu vlhkosti v řešeném objektu byly identifikovány vztlínající voda z podzákladí, špatný či chybějící odvod srážkové vody ze střešní konstrukce, a také větrem hnaná srážková voda.

V laboratoři bylo uskutečněno i měření obsahu solí ve zdivu. Na dvou vzorcích omítky byl pomocí fotometrického přístroje měřen obsah chloridů, dusičnanů, síranů a amoniaku. Výsledky byly porovnány s tabulkovými hodnotami v ČSN P 73 0610, dle kterých bylo zjištěno pouze nízké množství chloridů a dusičnanů. Ověření obsahu amoniaku určilo téměř nulové hodnoty. Na vzorku číslo 3 byla zjištěna zvýšená hodnota obsahu síranů, jejichž přítomnost může být zapříčiněna okolní zemědělskou činností či



vyplavováním chemických složek z pojivových materiálů.

Na objektu byly viditelné projevy výskytu mikroorganismů; z toho důvodu byly odebrány vzorky pro bližší zkoumání přítomnosti plísní a řas. Laboratorní zkoumání potvrdilo výskyt řas a přítomnost pěti druhů plísní.

Jako další závažná porucha byly shledány trhliny svislých i vodorovných konstrukcí. Častým místem výskytu trhlin na svislých konstrukcích byla jednak okolí okenních otvorů, a jednak trhliny ve styku dvou na sebe kolmých stěn, které mnohdy probíhaly skrze celou výšku objektu. Podle míst, kde se trhliny vyskytují, byly jako příčiny identifikovány změny a pohyby v základové půdě, které mají za následek nerovnoměrné sedání objektu. Dle průběhu trhlin ve styku kolmých stěn v hlavní lodi bylo vyslovena hypotéza, že ty části hlavní lodi, které nekorespondují se základním tvarem kostela, jsou založeny jiným způsobem, neboť zde dochází k výskytu trhlin symetricky ve všech čtyřech částech kostela. Další výraznou trhlinou byla shledána trhlina na styku svislé a vodorovné stropní konstrukce na jižní straně kostela, která je navíc doprovázena trhlinami ve styku svislých stěn a trhlinou ve vodorovném styku štítové stěny s vodorovnou konstrukcí kůru. Jako možná příčina byl označen odklon štítové stěny směrem od objektu.

V poslední části práce byla navržena vybraná sanační opatření. Byly zvoleny vhodné sanační metody, které jsou v souladu s památkovou péčí. K zamezení kapilárního vztlínání vody z podzákladí byla zvolena vzduchoizolační metoda. Z důvodu vysoké dotace vlhkosti a velké tloušťky obvodových stěn byla navržena kombinace exteriérových a interiérových vzduchových kanálků, které zajistí zvýšenou účinnost této metody.

Opatření zamezující přístupu vlhkosti povedou k minimalizaci dalšího růstu plísní a řas. Již přítomné plísně a řasy je nutné z konstrukcí odstranit.

Pro zamezení dalšího rozvoje statických poruch byly navrženy dvě sanační metody. První metodou je ztužení vrchní stavby pomocí helikální výztuže. Umístění výztuže bylo navrženo ve dvou výškových úrovních, pod okenními otvory a pod korunní římsou, kde byla pro větší účinnost výztuž zdvojená. Druhou metodou byla trysková injektáž základů, která byla z důvodu svahovitosti terénu a přítomnosti venkovního historického žlabu, navržena z interiéru. Po provedení těchto sanačních metod byla navržena injektáž stávající trhlin cementovou nesmrštivou maltou.



7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČÚZK Nahlížení do katastru nemovitostí: Katastrální mapa + ortofoto. [online]
[cit. 15.02.2021] Dostupné z: <http://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=2EDA9E08&MarQParam0=1621527408&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
- [2] ČÚZK Nahlížení do katastru nemovitostí: Katastrální mapa. [online]
[cit. 15.02.2021] Dostupné z: <http://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=2EDA9E08&MarQParam0=1621527408&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
- [3] Geologická mapa území. [online] [cit. 01.03.2021] Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geo/>
- [4] Geneze neoproterozoických silicitů (bulžníků) s tzv. stromatolitovými texturami na území Brd [online] [cit. 01.03.2021] Dostupné z: [http://www.geology.cz/img/zpravyvyzkum/fulltext/25 Starkova 180620.pdf](http://www.geology.cz/img/zpravyvyzkum/fulltext/25_Starkova_180620.pdf)
- [5] WITZANY, Jiří, Richard WASSERBAUER, Tomáš ČEJKA, Klára KROFTOVÁ a Radek ZIGLER: *Obnova a rekonstrukce staveb: poruchy, degradace, sanace*. 2. přepracované vydání. Praha: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-80-01-06360-6
- [6] MINIATLAS MIKROOSRGANISMŮ: *Mucor plumbeus*. Masarykova univerzita [online] [cit. 17.04.2021] Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps06/mikroorg/web/muc.htm>
- [7] MINIATLAS MIKROOSRGANISMŮ: *Penicillium chrysogenum*. Masarykova univerzita [online] [cit. 17.04.2021] Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps06/mikroorg/web/pen-chr.htm>
- [8] MINIATLAS MIKROOSRGANISMŮ: *Cladosporium herbarum*. Masarykova univerzita [online] [cit. 17.04.2021] Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps06/mikroorg/web/cla.htm>
- [9] MINIATLAS MIKROOSRGANISMŮ: *Phoma eupyrena*. Masarykova univerzita [online] [cit. 17.04.2021] Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps06/mikroorg/web/pho.htm>



- [10] MINIATLAS MIKROORGANISMŮ: *Aspergillus fumigatus*. Masarykova univerzita [online] [cit. 17.04.2021] Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps06/mikroorg/web/asp-fu.htm>
- [11] Masarykova univerzita: *Plicní aspergilové syndromy*. [online] [cit. 17.04.2021] Dostupné z: <https://www.muni.cz/vyzkum/publikace/1353247>
- [12] Kloknerův ústav – Výzkumný a zkušební ústav hmot a konstrukcí stavebních: *Přehled výskytu plísní na vnějších fasádách budov v jednotlivých okresech v České republice z let 2014 až 2017 – Mapa*. [online] [cit. 17.04.2021] Dostupné z: http://www.klok.cvut.cz/wp-content/uploads/2018/02/MAPA_2601.pdf
- [13] Helikální výztuž: Aplikační postup [online] [cit. 21.04.2021] Dostupné z: https://www.helikalni.cz/pdf/aplikacni_postup.pdf
- [14] Soletanche: Trysková injektáž – metoda „monojet“ [online] [cit. 17.04.2021] Dostupné z: http://www.soletanche.cz/upload/01SOL-Info-Tryskova_injektaz.pdf
- [15] Starší dokumentace poskytnutá Biskupstvím plzeňským
- [16] ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva – Základní ustanovení
- [17] BALÍK, Michael: *Odvhlčování staveb*. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2693-9.
- [18] BALÍK, Michael a Jaroslav SOLAŘ: *Odvodnění domu: anglické dvorky, drenáže, vzduchové dutiny*. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada, 2010. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-3393-7.
- [19] PAZDERKA, Jiří a Radek ZIGLER: *Refurbishment of moist building masonry in terms of sustainable building*, Central Europe towards Sustainable Building 2013, p. 163-166, 2013
- [20] PAZDERKA, Jiří: *Nová technická řešení pro sanaci spodní stavby vlhkých budov: New technical solutions for rehabilitation of ground part of moist buildings*. Praha: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05754-4.



8. PŘÍLOHY

TECHNICKÉ LISTY:

- Gamin – Greisinger GFTH 95 vlhkoměr/teploměr
- Gamin – Greisinger GMK 100 kapacitní měřič materiálové vlhkosti
- Fotomerický přístroj Spectroquant Pharo 300
- Helikální výztuž Kompakt VAH
- Helikální výztuž – Aplikační postup
- Soletanche – Trysková injektáž

GFTH 95 vlhkoměr / teploměr

Použití

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



Technické údaje

	Teplota	Vlhkost
Měřicí rozsah	-20,0 až 70,0 °C	10 až 95% r.v. (doporučený rozsah 30-80%)
Rozlišení	0,1 °C	0,1 % r.v.
Přesnost (±1 číslice) (při jmenovité teplotě =25°C)	±0,5 % z MH ±0,1 °C	±3 % r.v. (v rozsahu 30 až 80 %)
Měřicí senzory	Pt 1000	kapacitní polymerový senzor vlhkosti
Rychlost odezvy:	T ₉₀ = 15 s	
Displej	3½-místný, 13mm vysoký	
Ovládání	Posuvný přepínač pro volbu měřené veličiny	
Jmenovitá teplota:	25 °C	
Provozní podmínky:		
elektronika:	-20,0 až 70,0 °C	0 až 80 % r.v.
senzory:	-20,0 až 70,0 °C	0 až 100 % r.v.
Napájení	Baterie 9V (součást dodávky)	
Odběr proudu	max. 0,1 mA	
Kontrola stavu baterie	Pokynem k výměně baterie je na displeji signál „BAT“	
Pouzdro	z nárazuvzdorného plastu ABS: ~ 106 x 67 x 30 mm (v x š x h), senzorová trubka 35mm dlouhá, ø14 mm, celková délka včetně senzorové trubky 141 mm	
Hmotnost	135 g (včetně baterie)	
Rozsah dodávky	Přístroj GFTH95, baterie, návod k obsluze	

Greisinger GMK 100

Greisinger GMK 100 je měřicí přístroj vhodný pro měření a vyhodnocení vlhkosti dřeva, betonu, potěru, omítek apod.

Přístroj pracuje na kapacitním principu s přímým zobrazením vlhkosti v procentech. Díky tomu je optimálním pomocníkem pro řemeslníky i pro domácí použití. Podle způsobu použití může být zobrazená měřená hodnota materiálové vlhkosti u (vztažené k suché hmotě) nebo obsah vody w (vztažené k celkové mokré hmotě).

Měření se provádí pomocí měřicí destičky na zadní straně přístroje. Přepínačem umístěným na boční straně přístroje je možné měnit hloubku měření. Díky měření v různých hloubkách je možné posoudit např. zda materiál je už suchý nebo se jedná o povrchovou vlhkost.



Výhody

- Zobrazení vlhkosti v procentech
- Akustické / vizuální hodnocení stavu vlhkosti
- 18 charakteristik pro dřevo / stavební materiály
- 2 volitelné hloubky měření

Technická specifikace

Popis	Greisinger GMK 100
Displej	2 displeje: charakteristika a měřená hodnota v % materiálové vlhkosti nebo v % obsahu vody, podsvícení displeje
Hodnocení stavu vlhkosti	
vizuální	Hodnocení stavu vlhkosti v 6 krocích od WET (mokrý) do DRY (suchý)
akustické	signální tón
Hloubka měření	10 mm a 25 mm
Charakteristiky	18 charakteristik pro dřevo (rozsáhlý seznam různých druhů dřevin) a běžné stavební materiály; navíc referenční charakteristika (rEF) pro relativní měření s vysokým rozlišením

Pracovní teplota	od - 25 do 50 °C (měřený materiál nesmí být zmrzlý)
Skladovací teplota	od - 25 do 70 °C
Napájení	baterie 9 V
Proud měření	~ 0,12 mA
Proud podsvícení	~ 2,5 mA (Auto-Off)
Pouzdro	nárazuvzdorný plast ABS, fóliová klávesnice, čelná strana krytí IP 65
Rozměry	106 x 67 x 30 (v x š x h)
Hmotnost	145 g (včetně baterie)
Obsah dodávky	Greisinger GMK 100, baterie, návod k obsluze

<https://www.gamin.cz/greisinger-GMK-100/>

Spectroquant® Pharo 100 and 300

The new spectrophotometer system
at a glance

Spectroquant® Pharo 100 For measurements in the VIS range

The Spectroquant® Pharo 100 spectrophotometer with a wavelength range of 320–1100 nm is suitable for use with all Spectroquant® test kits and combines the benefits of a system photometer with the multitude of possibilities offered by a spectrophotometer.

No matter whether you wish to program your own methods, measure concentrations or absorbances, record spectra or kinetic profiles, or make special multiwave-length measurements – all options are open to you now. In addition you can utilise the benefits of the Spectroquant® system photometers such as instrument-assisted analytical quality assurance (AQA) and bar code reading system for all of the available Spectroquant® tests.

Spectroquant® Pharo 300 For measurements in the UV/VIS range

The Spectroquant® Pharo 300 UV/VIS spectrophotometer with a wavelength range of 190–1100 nm offers all the advantages of the Pharo 100 as well as the possibility of performing measurements in the UV range.

Ordering information

Model	Wavelength range	Ordering number
Spectroquant® Spectrophotometer Pharo 100	320–1100 nm	1.00706.0001
Spectroquant® UV/VIS Spectrophotometer Pharo 300	190–1100 nm	1.00707.0001



Technical specification



	Spectroquant® Pharo 100	Spectroquant® Pharo 300
Wavelength range	320–1100 nm	190–1100 nm
Source lamp	Tungsten halogen lamp	Xenon flashlamp
Technology	Stabilized single-beam	
Measuring modes	Concentration, Absorbance, Transmission, Multi wavelengths, Scans + Kinetics in absorbance or transmission mode	
Spectral bandwidth	4 nm	
Wavelength resolution	1 nm	
Wavelength accuracy	± 1 nm	
Photometric range	± 3.3 A	
Absorbance resolution	0.001 A	
Absorbance accuracy	0.003 A at < 0.600 A 0.5 % of the reading for 0.600 ≤ A ≤ 2.000	
Scan	Scans in 1 nm increments with free selectable wavelength range	
Cells	16 mm round, 10/20/50 mm rectangular with automatic cell recognition	
Test recognition	Automatic bar code reading system for all Spectroquant® cell and reagent tests	
Display	Graphic display with background lighting	
Methods and profiles	Programmed methods of all Spectroquant® cell and reagent tests, 100 user-defined methods, 20 profiles for kinetic and absorption scans	
Method update	via Internet / PC or via USB-Stick	
Instrument-supported quality assurance	AQS 1: Instrument check using PhotoCheck and CertiPUR® UV/VIS standards AQS 2: System check using CombiCheck and/or CertiPUR® UV/VIS standards AQS 3: Testing samples for interferences by means of the MatrixCheck function	
Communication interfaces	1 USB-A, 1 USB-B, 1 RS 232	
Data storage	1000 single measured values; 4 MB for scans and kinetics i.e. approx. 100 scans (300–900 nm) and 400 kinetic curves with 150 single values each	
Languages	German, English, Spanish, French, Italian (please contact your Merck representative for availability of additional languages)	
Protection class	IP 31 and drain device for spilled cell contents	
Power supply	Country specific power supply, length of the connection cable: 2.5 m	
Power requirements	100–240 V~ / 50–60 Hz / 0.75 A	
Temperatur	Operating: +10°C to +35°C, Storage: -25°C to +65°C	
Allowable relative humidity	Annual mean: ≤ 75%; 30 days/year: 95%; other days: 85%	
Dimensions	404 x 197 x 314 mm (width x height x depth)	
Weight (without plug-in power supply)	approx. 3.7 kg	
Accessories (from 2008)	Battery for portable use / automobile charging cable	

For further information

<http://photometry.merck.de>

Merck KGaA
64271 Darmstadt, Germany
E-mail: environmental.analysis@merck.de
<http://photometry.merck.de>

We provide information and advice to our customers on application technologies and regulatory matters to the best of our knowledge and ability, but without obligation or liability. Existing laws and regulations are to be observed in all cases by our customers. This also applies in respect to any rights of third parties. Our information and advice do not relieve our customers of their own responsibility for checking the suitability of our products for the envisaged purpose. Spectroquant® and CertiPUR® are registered trademarks of Merck KGaA, Darmstadt, Germany.

HELIKÁLNÍ VÝZTUŽ

KOMPAKT VAH TECHNICKÝ LIST

Sanační výztuž z nerezové oceli, speciálního šroubovicového – helikálního tvaru, k dodatečnému lepení do zděných a betonových konstrukcí pro zvýšení jejich únosnosti.

Vlastnosti

- » Výztužné pruty dodávány v délce 10 m
- » Jednoduchá manipulace
- » Krácení pákovými nůžkami
- » Vysoké pevnostní charakteristiky

Použití

- » Pro zesilování zděných a betonových konstrukcí.

Výroba

- » Válcováním a tažením za studena, krácena do přepravních délek 10 m.

Typ oceli

- » Označení dle norem ČR, D, a USA
- » AISI – American Iron and Steel Institute, UNS - Unified Numbering systém

D a Č		ČR	
Značka dle DIN EN 10088-3 ČSN EN 10088-3	Číslo označení	Staré označení	Starší standardní označení dle AISI / UNS
X5CrNi 18-10	1.4301	17240	304Cu / S30400

Průřezové a pevnostní charakteristiky

Ozn./Ø mm	Plocha mm ²	Pevnost v tahu MPa	Mezní síla v tahu kN	Normová mez kluzu MPa
KOMPAKT VAH 6	8	900	7,2	745
KOMPAKT VAH 8	10	880	8,8	745
KOMPAKT VAH 10	13	823	10,7	640

Profil mm	Počet profilů / průřezová plocha výztuže A mm ²			
	1	2	3	4
6	8	16	24	32
8	10	20	30	40
10	13	26	39	52

Ozn./Ø mm	Stoupavost mm	Hmotnost kg/mm	Hmotnost kg/10m
KOMPAKT VAH 6	25	0,000067	0,66907814
KOMPAKT VAH 8	30	0,000079	0,78603427
KOMPAKT VAH 10	50	0,000111	1,11390476

Kontakt

SARON statika s. r.o.
Maničky 46/5
61600 Brno, Žabovřesky

www.helikalni.cz
mobil: 606 880 899

kompakt

Výše uvedené údaje jsou výsledkem technického vývoje a praktických zkušeností výrobce. Správné a úspěšné použití tohoto výrobku je mimo kontrolu výrobce. Za škody vzniklé nedodržáním technologického postupu výrobce nenese zodpovědnost.

HELIKÁLNÍ VÝZTUŽ



APLIKAČNÍ POSTUP

APLIKAČNÍ POSTUP

Při zesilování dodatečnou helikální výztuží

Technologický postup vlepení dodatečné helikální výztuže do drážky ve zdivu nebo betonu

1. Drážka se frézuje drážkovací frézou se dvěma diamantovými kotouči, nejlépe frézou s nastavitelnou hloubkou řezu. Rozměr drážky se volí dle typu vyztužení, viz předchozí kapitoly.
2. Drážka se vyfouká nebo vysaje, zbaví hrubších nečistot a prachových částí. Před vlepením se navlhčí, vypláchne čistou vodou, je vhodné penetrovat či jinak sanovat dle zásad reprofilace a oprav zdiva a betonu.
3. Kotevní malta se rozmíchá přímo v originálním kyblíku míchacím nástavcem na vrtačku, smícháním suché a tekuté složky v balení, dle návodu výrobce. Po pěti minutách znovu maltu promícháme a plníme jí vodou navlhčenou aplikační pistolí.
4. Na aplikační pistolí nasadíme nástavec pro aplikaci do drážek a nanese na zadní stěnu drážky spojitou min. 8–10 mm silnou vrstvu malty.
5. Předem nakráčený a tvarovaný výztužný prut vtlačíme do malty v celé délce tak, aby jím byl dokonale obalen ze zadní strany.
6. Na výztužný prut nanese druhou spojitou vrstvou malty, v případě instalace pouze jednoho profilu helikální výztuže až po vrch drážky.
7. Spárovací špachtlí zatlačíme tmel do drážky a srovnáme povrch kotevní malty v drážce.
8. Pokud je drážka vyplněna do roviny stávající konstrukce, nejsou nutné žádné další úpravy, či krycí vrstvy. V jiném případě je možno na kotevní maltu, která je na bázi polymer cementu, provést jakoukoli povrchovou úpravu (omítku), jež je vhodná pro okolní materiál.
9. Pokud se vlepuje více výztuží do hlubší drážky za sebe, postup se opakuje dle bodů 5, 6, 7.

Technologický postup vlepení dodatečné helikální výztuže do vrtu ve zdivu nebo betonu

1. Provedeme vrt do konstrukce elektrickou rotační příklepovou vrtačkou. Průměr vrtu se volí dle typu vyztužení, viz předchozí kapitoly.
2. Vrt se vyfouká nebo vysaje, zbaví hrubších nečistot a prachových částí. Před vlepením helikální výztuže se navlhčí, vypláchne čistou vodou, je vhodné penetrovat.
3. Kotevní malta se rozmíchá přímo v originálním kyblíku míchacím nástavcem na vrtačku, smícháním suché a tekuté složky v balení, dle návodu výrobce. Po pěti minutách znovu maltu promícháme a plníme jí vodou navlhčenou aplikační pistolí.
4. Na aplikační pistolí nasadíme trubicový nástavec pro aplikaci tmelu do vrtů zkrácený na konkrétní hloubku vrtu.
- 5a. V případě pokračování výztuže z drážky do vrtu vsuneme nástavec až na konec vrtu a celý ho vyplníme pomocí aplikační pistole kotevní maltou. Helikální výztuž vtlačíme do celé hloubky vrtu a současně do přilehlé drážky do první připravené vrstvy malty, kde prut pokračuje.
- 5b. V případě samostatné kotvy lepené do vrtu, do nástavce vytlačíme maltu z aplikační pistole až na jeho konec a do plného nástavce vešroubujeme nakráčenou helikální výztuž, jako „náboj“. Nástavec s tmelem a výztuží pak vsuneme na dno vrtu a pomocí aplikační pistole vyinjektujeme výztuž do vrtu dokonale obalenou kotevní maltou.
6. Upravíme dle potřeby ústí vrtu jako u aplikace do drážky.

Kontakt

SARON spol. s r.o.
Příční 857/7, Brno 602 00, Česká republika
tel./fax: 545 576 860, mobil: 602 380 643

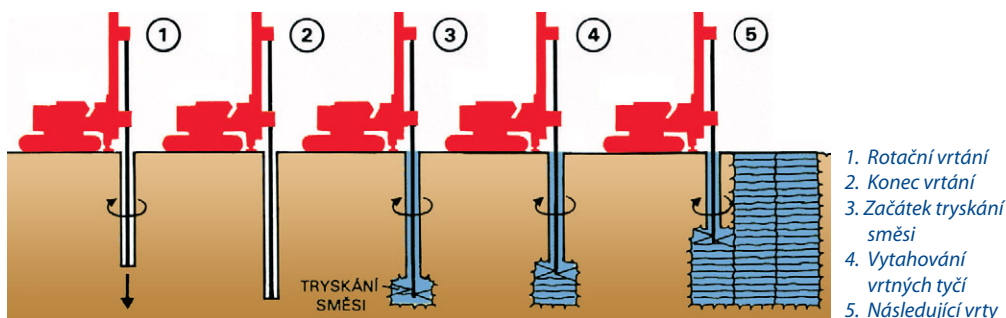


PRINCIP VÝROBY

Trysková injektáž je moderní metoda zlepšování základových půd. Principem je využití dynamické energie paprsku cementové injekční směsi tryskané pod vysokým tlakem. Tím je zemina rozrušena a současně promíšena se směsí, takže na místě vzniká kompozitní materiál z částic zeminy a cementu. Takto mohou být upravovány různé zeminy, od jílu až po balvanité štěrky, s odpovídajícími výsledky v rozsahu pevností 1 až 20 MPa.

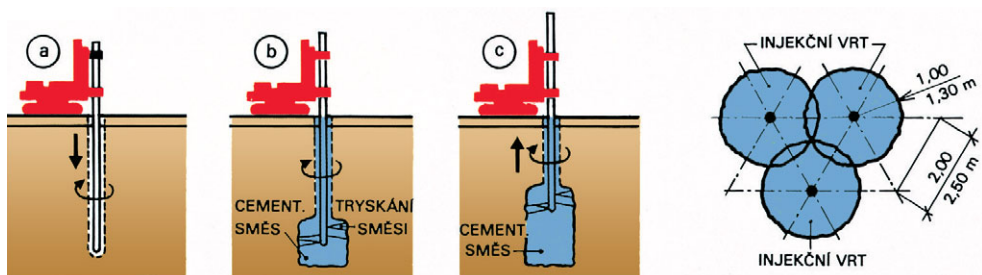
METODA „MONOJET“

Po provedení vrtu se při pomalém pohybu vrtného nástroje vzhůru a jeho pomalém otáčení vhání do trysky nad břitem cementová injekční směs pod tlakem 30–50 MPa. Vytvoří se tak postupně sloup z tryskové injektáže o průměru 0,6–1,2 m, v závislosti na daných podmínkách.



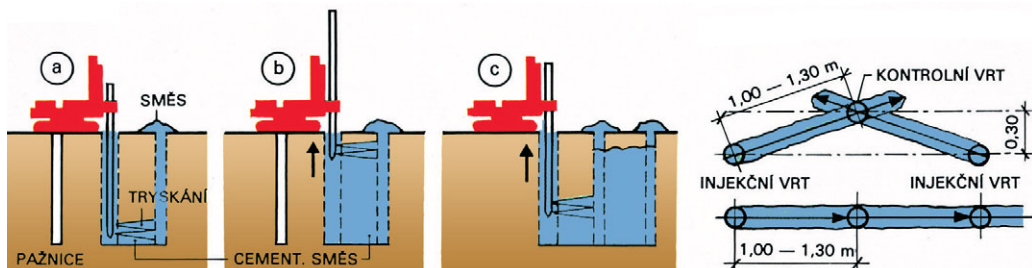
METODA „DOUBLEJET“

Při této metodě se účinnost tryskání zlepšuje koaxiálně vháněným vzduchem pod tlakem 0,6–1,2 MPa. Průměr vytvořených sloupů tak dosahuje 0,8–1,8 m.



JEDNOSMĚRNÁ INJEKTÁŽ

Obdobným způsobem, bez otáčení vrtného soustředí při vytahování, lze v zemině vytvořit stěnové prvky, vhodné zejména pro omezení průsaků.

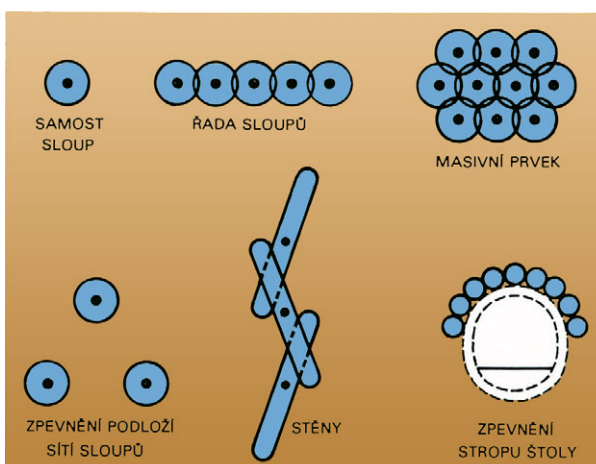


MOŽNOSTI POUŽITÍ TRYSKOVÉ INJEKTÁŽE

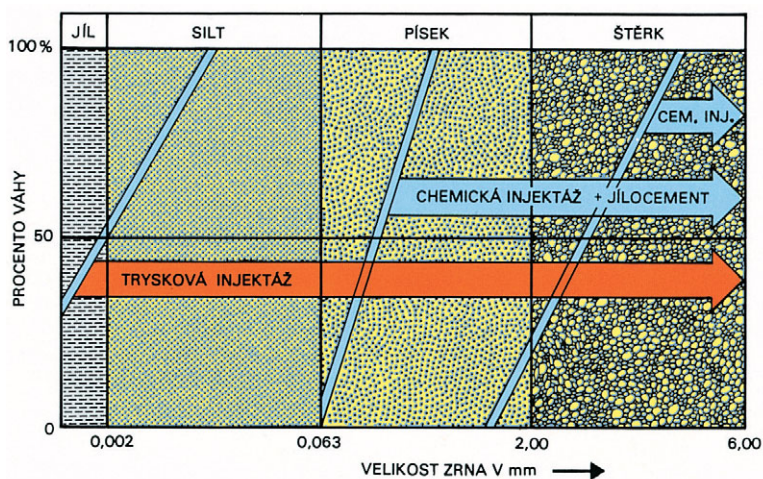
Na níže uvedeném obrázku je patrná široká oblast geologických podmínek pro aplikaci této metody. Vzhledem k používání maloprofilového vrtání je často vítána na staveništích se stísněnými podmínkami, kde není možno použít mechanismy jiných metod, například ve sklepení budov. Velmi vhodná je pro podchycování a rekonstrukce základů stávajících objektů, neboť lze dosáhnout vynikajícího přenosu zatížení z konstrukce na nově vybudovaný základový prvek.



Provádění trykové injektáže ve sklepních prostorách rekonstruovaného objektu

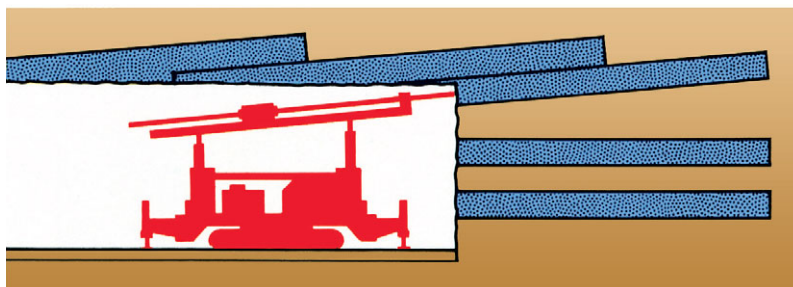


Typické základové prvky vytvořené trykovou injektáží

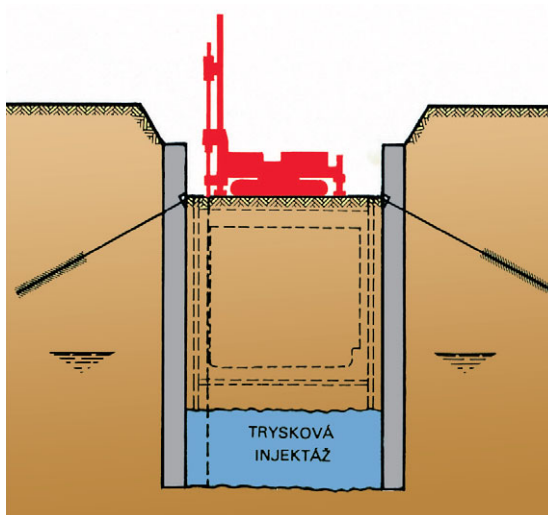


Znárodnění oblasti použití trykové injektáže.

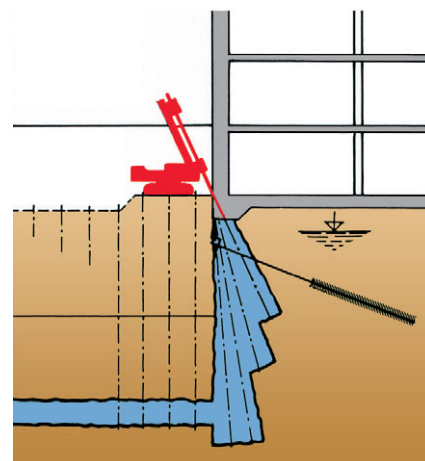
**PŘÍKLADY POUŽITÍ
TRYSKOVÉ INJEKTÁŽE**



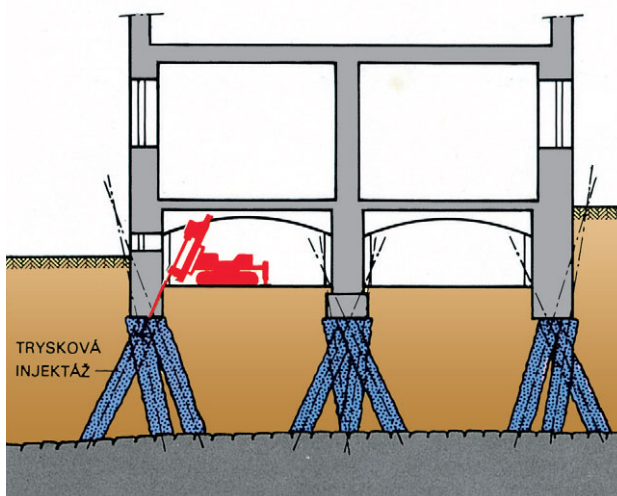
Zabezpečení tuneláže v nestabilních horninách



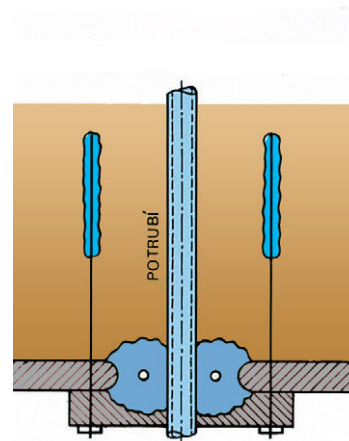
Zajištění hlubokých výkopů liniových staveb



Zajištění stavební jámy a přilehlého objektu



Podchycení základů při rekonstrukci



Těsnění prostupů inženýrských sítí v podzemní stěně

PŘÍKLADY REALIZACE



Obnažené pilíře tryskové injektáže zajišťující stavební jámu a podchycující přilehlý objekt (Pod Kotlaskou, Praha)



Ukázky podchycování základů u historických objektů (Kostel sv. Františka Xaverského, Uherské Hradiště)



(Na Příkopěch, Praha)