

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ



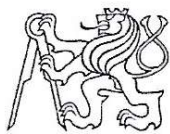
Rekonstrukce kostela z 18. století

Bakalářská práce

2019

Autorka: Hana Jarolímková

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



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Jarolímková Jméno: Hana Osobní číslo: 459043
Zadávající katedra: K124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Rekonstrukce kostela z 18. stol.
Název bakalářské práce anglicky: Refurbishment of church from 18th century
Pokyny pro vypracování:
Proveďte 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., Zigler R.: Poruchy, degradace a rekonstrukce, skriptum ČVUT, 2010
- [2] Balík M. a kol.: Odvlhčování 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: 18.2. 2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5. 2019

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

18.2.2019

Datum převzetí zadání

Jr

Podpis studenta(ky)

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Rekonstrukce kostela z 18. století vypracovala samostatně s uvedením veškerých použitých informačních zdrojů.

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

V Praze dne: 21. 5. 2019

Hana Jarolímková

Poděkování:

V první řadě bych ráda poděkovala panu doc. Ing. Jiřímu Pazderkovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce a čas věnovaný odborné konzultaci. Dále bych ráda poděkovala paní Ivaně Loušové za pomoc při provádění měření v chemické laboratoři. Mé poděkování patří také panu faráři Mgr. P. Josefu Kordíkovi za opakované umožnění vstupu do objektu. Dále bych chtěla poděkovat firmě JCpro za půjčení přístrojů pro zaměření objektu a v neposlední řadě rodině, která mě po celou dobu studia plně podporovala.

V Praze dne: 21. 5. 2019

Hana Jarolímková

Abstrakt.

Tato bakalářská práce se zabývá stavebně technickým průzkumem barokního kostela svatého Jiří v obci Radim na Jičínsku, následnou analýzou poruch a sanací vybraných porušených prvků konstrukce. Práce se zaměřuje na statické i vlhkostní poruchy.

Klíčová slova

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

Abstract

This bachelor thesis deals with technical research of the Baroque church of Saint George in the village Radim near Jičín, analysis of structural faults and redevelopment of some of them. The thesis is focused on static cracks and faults cause by increased moisture.

Key words

Church, reconstruction, degradation, redevelopment, faults, cracks, moisture, masonry



Obsah

1	Úvod	8
1.1	Úvod bakalářské práce, stanovení cílů	8
1.2	Metody zpracování	8
2	Základní informace o stavbě	10
2.1	Údaje o stavbě, účel, umístění	10
2.2	Historie objektu	11
3	Stavebně technický průzkum	12
3.1	Popis objektu	12
3.1.1	Fotodokumentace stávajícího stavu	13
3.1.2	Výkresová dokumentace stávajícího stavu	14
3.2	Popis jednotlivých částí konstrukce	22
3.2.1	Geologické podloží	22
3.2.2	Základové konstrukce	23
3.2.3	Svislé konstrukce	23
3.2.4	Vodorovné konstrukce	25
3.2.5	Schodiště	26
3.2.6	Konstrukce krovu a střechy	27
3.2.7	Výplně otvorů	29
3.2.8	Podlahy	30
3.2.9	Fasáda, omítky	31



4	Analýza poruch.....	32
4.1	Vlhkostní průzkum	32
4.1.1	Stanovení teploty a relativní vlhkosti vzduchu	32
4.1.2	Stanovení vlhkosti zdiva kapacitní metodou	34
4.1.3	Stanovení vlhkosti zdiva gravimetrickou metodou.....	37
4.2	Poruchy způsobené vlhkostí	39
4.2.1	Interiér.....	39
4.2.2	Exteriér	40
4.3	Statické poruchy.....	41
4.4	Zakreslení poruch.....	43
5	Sanace poruch.....	49
5.1	Sanace – vlhkostní poruchy	49
5.1.1	Výběr metody	49
5.1.2	Metoda svislé vzduchové dutiny.....	50
5.1.3	Metoda vodorovné vzduchové dutiny	52
5.2	Sanace – statické poruchy	54
5.2.1	Sanace krovu.....	54
5.2.2	Sanace základů.....	58
6	Závěr	59
7	Literatura	61
8	Technické listy.....	62



1 Úvod

1.1 Úvod bakalářské práce, stanovení cílů

Tato bakalářská práce se zabývá rekonstrukcí barokního kostela svatého Jiří postaveného na začátku 18. století. Kostel se nachází v obci Radim na Jičínsku, kde dle statistických údajů z roku 2018 žije 440 obyvatel. [1] Řešený objekt jednolodního kostela je uprostřed stávající zástavby obce.

Kostel na první pohled vykazuje mnohé statické poruchy. Významnou poruchu značí podélná trhlina v hlavní lodi procházející napříč celým kostel. Zároveň pak trhlina svislá procházející celou přední stranou věže. Je zde zřejmé i rozsáhlé porušení vlivem vlhkosti, jak vzlínající z podzákladí, tak srážkové, hnané větrem. Na kostele nejsou znatelná žádná předchozí sanační opatření. Tento fakt mi byl ověřen farářem, Mgr. P. Josefem Kordíkem, spadajícím pod římskokatolickou farnost obce Železnice.

Cílem této práce je provést zjednodušený technický a vlhkostní průzkum stávajícího stavu kostela. Následně bude provedena analýza poruch, doplněná o možné příčiny jejich vzniku. Dalším z cílů práce je návrh sanačních opatření na vybraných částech objektu. Práce se zaměřuje jak na poruchy statické, tak vlhkostní. Na kostel se vztahuje památková ochrana kulturní památky [2].

1.2 Metody zpracování

Pro daný objekt kostela není k dispozici projektová dokumentace, proto jsem uskutečnila zaměření stávajícího stavu objektu in-situ. Zaměření bylo provedeno pomocí svinovacího metru a laserového dálkoměru BOSCH PLR 30 C, který mi byl zapůjčen projekční kanceláří JCpro.



Obr.1 - Laserový dálkoměr BOSCH



Obr. 2 - Zaměrování in-situ

Ze získaných hodnot jsem provedla zjednodušené půdorysy a pohledy. Díky umožnění vstupu do krovu, jsem byla schopna provést příčný řez, který dopomohl k přesnému určení výšek v objektu a zmapování celé konstrukce. Pro dovytvoření obrazu objektu jsem provedla fotodokumentaci exteriéru i interiéru. Veškerá pořízená a vypracovaná dokumentace je součástí této práce.



Obr. 3 - Zakreslování in-situ



Obr. 4 - Zakreslování krovu



2 Základní informace o stavbě

2.1 Údaje o stavbě, účel, umístění

Kostel sv. Jiří je dominantou obce Radim a nachází se v jejím středu. Byl postaven na místě původního dřevěného kostela mučedníka sv. Jiří. Objekt stojí samostatně na parcele č. 1 v katastrálním území Radim u Jičína. Kostel vlastní římskokatolická farnost Železnice. [3] [4]



Obr. 5 - Katastrální mapa ortofoto [3]



Obr. 6 - Katastrální mapa s vyznačením objektu [3]

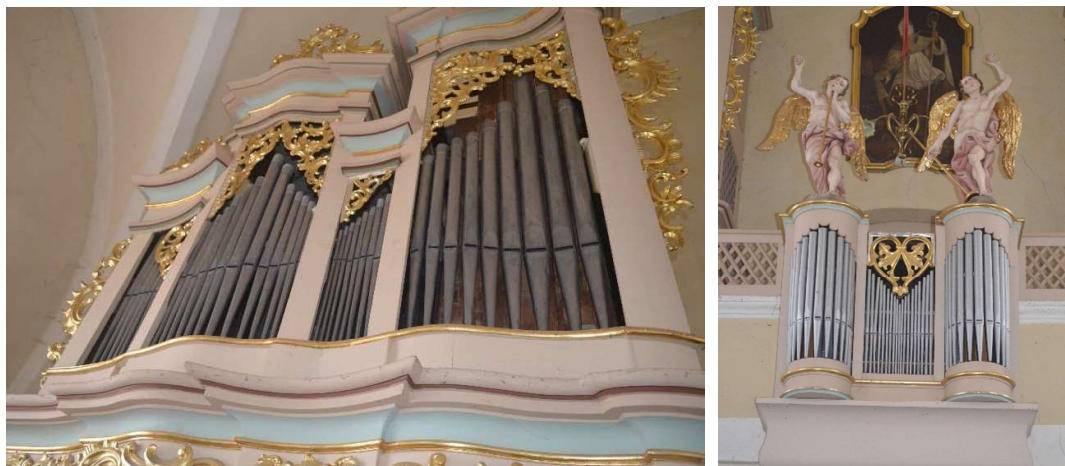


2.2 Historie objektu

Kostel sv. Jiří, mučedníka, nechal postavit v letech 1708-1709 převor P. Diviš Muller. Byl vystaven na místě původního dřevěného kostela. Styl kostela spadá do období novobaroška. Vysvěcen byl tehdejším jičínským děkanem P. Kohoutem. V roce 1718 byl do kostela instalován velký zvon vážící 740 kg, který byl v roce 1788 nahrazen vzácným zvonem ze zrušeného kláštera ve Valdicích. Před kostelem se nachází socha zachycující sv. Annu učící svoji dceru Marii číst z bible. Zhotovitelem je F. Škvařil. Socha pochází z roku 1718, období raného baroka. [4]

Z původního vybavení interiéru nebyl dochován dřevěný oltář. Zůstaly z něj pouze dvě dřevěné sochy – sv. Jáchyma a sv. Anny. V roce 1903 byl nahrazen novým, který byl vytvořen v pseudobarokním stylu sochařem Antonínem Suchardou. O oltářní obraz se postaral malíř J. Vavřina z Nového Bydžova. Na klenbě v hlavní lodi se nachází obraz Nanebevzetí Panny Marie od Jana Janšta, jemuž byl předlohou italský originál Giovanniho Battisty Tiepola. Stěny kostela jsou doplněny o obrazy Křížové cesty od Antonína Šulce. Výmalba presbytáře je dílem malíře Fidelise Weibla. Dochované jsou i varhany na kůru a křtitelnice z 2. poloviny 18. století. [4]

Kostel sv. Jiří byl dne 3. 5. 1958 zapsán do památkové ochrany jako kulturní památka. V památkovém katalogu je k dohledání pod katalogovým číslem 30858/6-1350. [2]



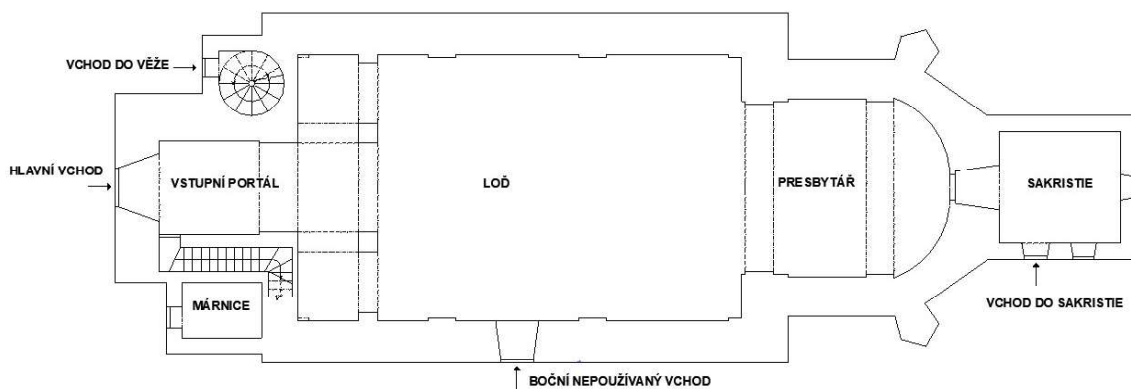
Obr. 7, Obr. 8 - Varhany



3 Stavebně technický průzkum

3.1 Popis objektu

Jedná se o jednodlní stavbu obdélníkového půdorysu. Součástí kostela je hranolovitá čtyřpodlažní věž o čtvercovém půdorysu přibližně 7,2 x 7,2 m. Ze všech stran jsou osazena okna a hodiny. Věž je opatřena funkčním zvonem. V přízemí věže se nachází hlavní vstupní portál se schodištěm na kůr, ze kterého je umožněn vstup do 2. podlaží věže. Za vstupním portálem s křížovou klenbou je vchod do hlavní lodi kostela. Hlavní loď je obdélníková o vnitřních rozměrech 17,0 x 9,9 m. Objevují se zde valené a křížové klenby. Za hlavní lodí se nachází kruhový presbytář s kopulí, který je zvnějšku trojboce uzavřený. Po obou stranách lodi a presbytáře jsou mezi viditelnými pilíři symetricky umístěna okna. Východně za presbytářem je pravouhlá, obdélníková sakristie s rovným stropem o přibližných vnitřních rozměrech 4,25 x 4,67 m. Do sakristie je umožněn přístup nejen přes presbytář, ale i odděleným bočním vstupem. Vedlejší vchod přímo z exteriéru se nachází i v místech hlavní lodi, avšak zevnitř je zakryt sádrovou aplikací, která je součástí výzdoby kostela. Vchod tedy není možno využívat. Vlevo od věže, při pohledu na vstupní portál, vede do vyšších pater věže boční točité schodiště s odděleným vstupem z exteriéru. Po pravé straně věže se nachází nízký obdélníkový přístavek s odděleným vstupem, který byl dříve využíván jako márnice.



Obr. 9 - Dispoziční schéma objektu



3.1.1 Fotodokumentace stávajícího stavu



Obr. 10 - Jihovýchodní pohled



Obr. 11 - Západní pohled, věž a vstupní portál



Obr. 12 - Východní pohled, presbytář a sakristie



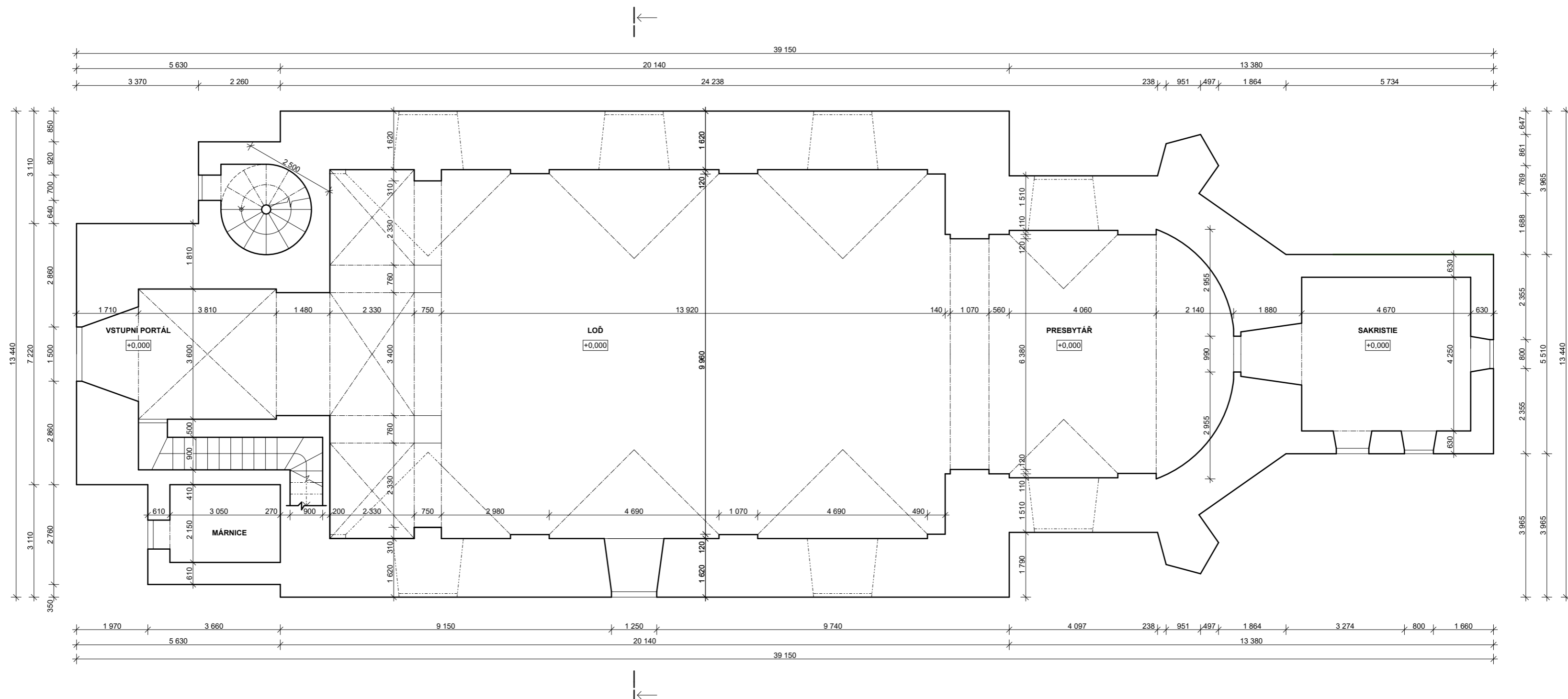
Obr. 13 - Hlavní loď s pohledem na hlavní vchod a kůr



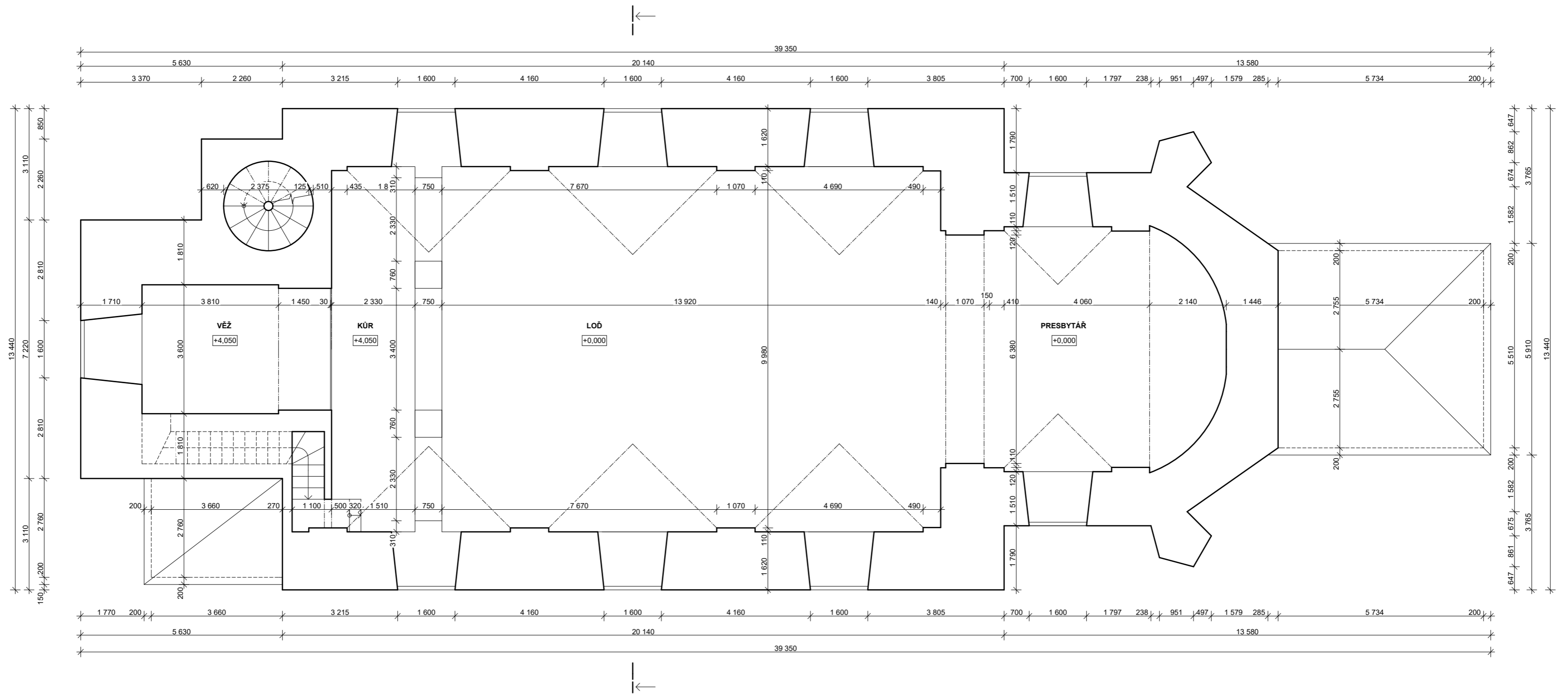
Obr. 14 - Hlavní loď s pohledem na presbytář


3.1.2 Výkresová dokumentace stávajícího stavu

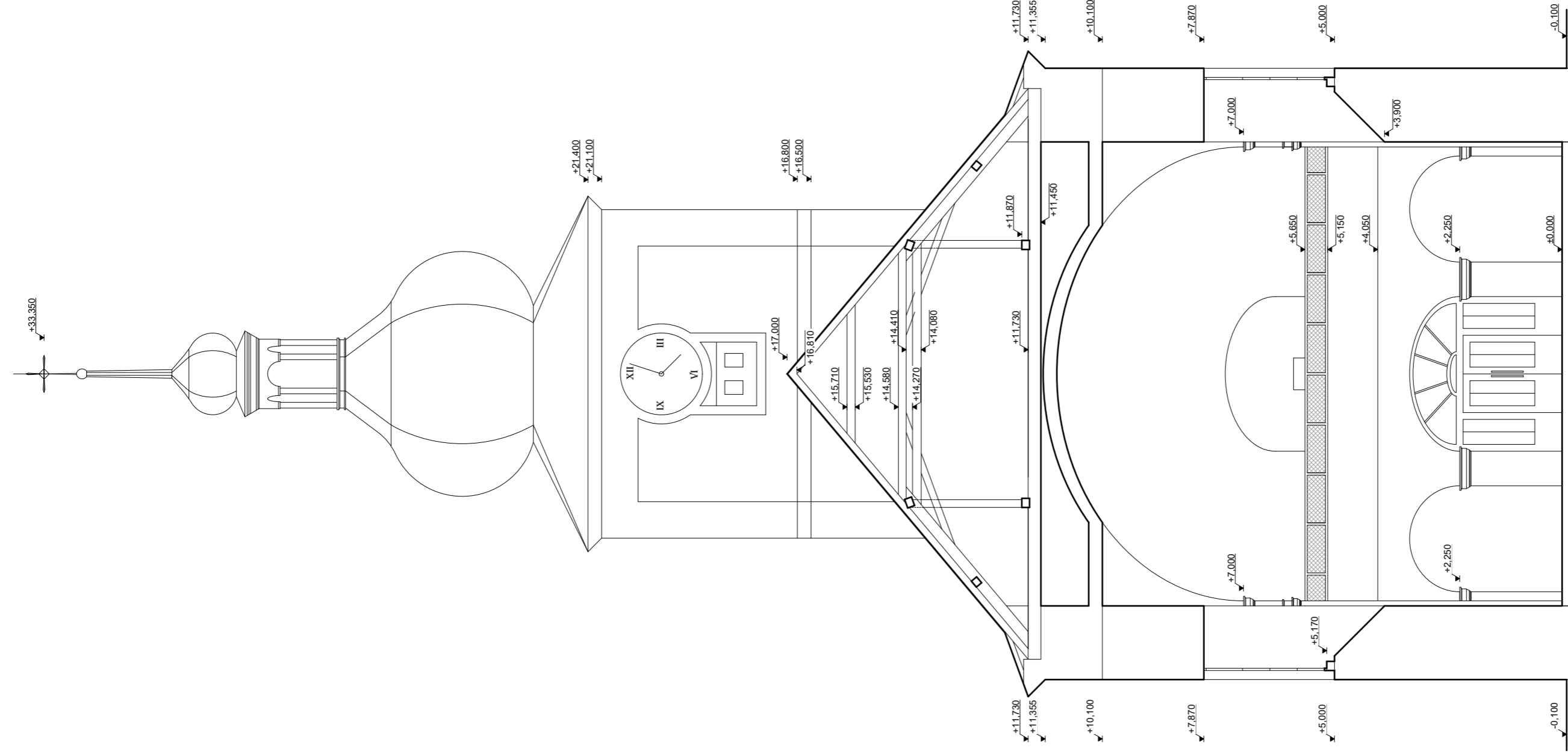
Výkresová dokumentace byla provedena na základě vlastních naměřených hodnot. Zpracovány byly půdorysy 1.NP a 2NP, příčný řez a veškeré pohledy. Výkresy byly vytvořeny za použití softwaru ArchiCAD 16.



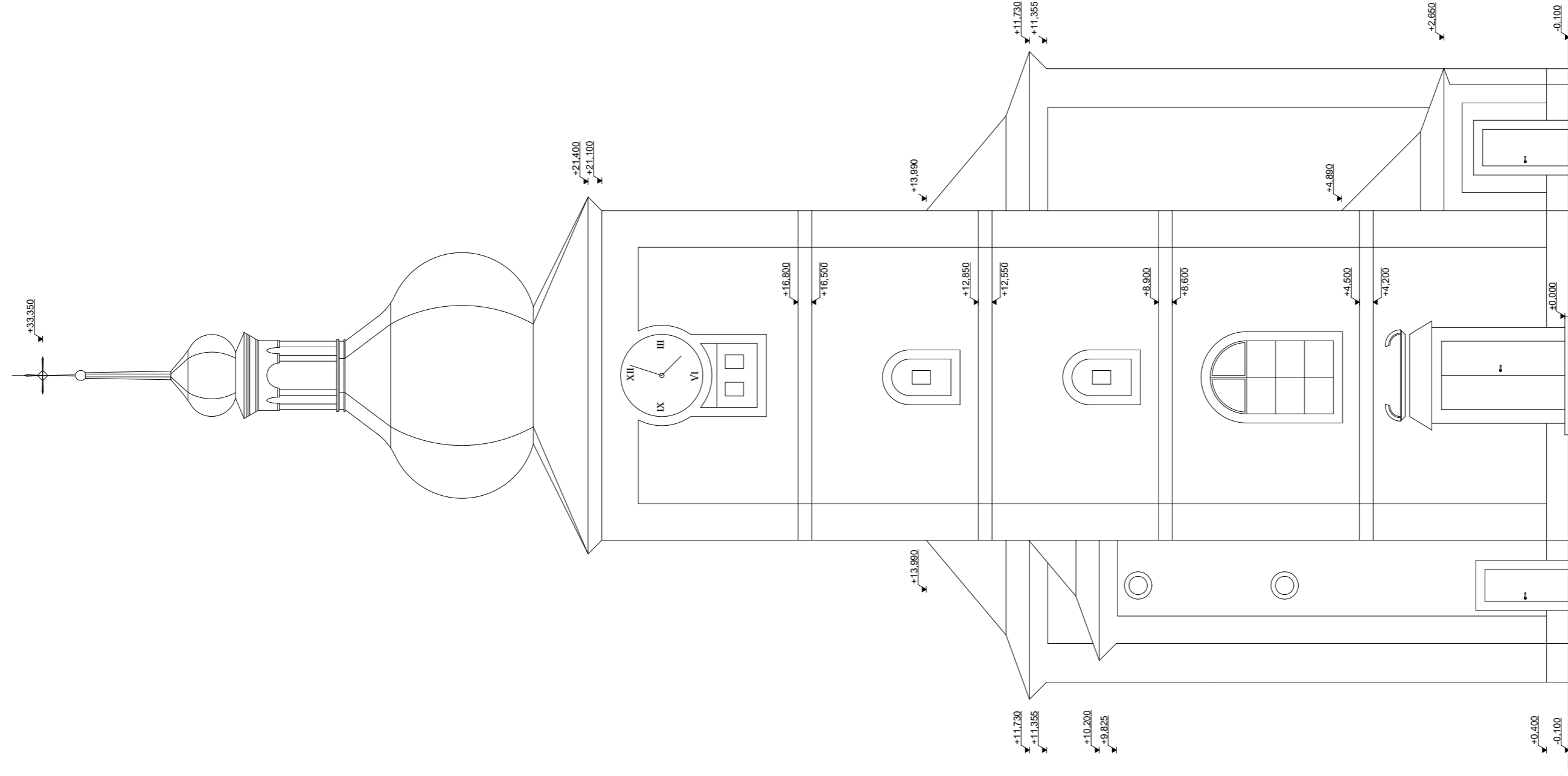
Autorka Hana Jarolímková	Vedoucí doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.	Akademický rok 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT	
Předmět Bakalářská práce			Datum 24.2.2019	
Katedra K124 - katedra konstrukcí pozemních staveb			Měřítko 1:100	
Výkres Púdorys 1NP			Číslo výkresu 3.1.2 - 1	



Autorka Hana Jarolímková	Vedoucí doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.	Akademický rok 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT 
Předmět Bakalářská práce			Datum 24.2.2019
Katedra K124 - katedra konstrukcí pozemních staveb			Měřítko 1:100
Výkres Půdorys 2NP			Číslo výkresu 3.1.2 - 2



Autorka	Vedoucí	Akademický rok	Fakulta stavební
Hana Jarolímková	doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.	2019/2020	ČVUT
Předmět	Bakalářská práce		
Katedra	K124 - katedra konstrukcí pozemních staveb	Datum	24.2.2019
Výkres	Řez	Měřítko	1:100
		Číslo výkresu	3.1.2 - 3



Autorka
Hana Jarolímková

Vedoucí
doc. Ing. Jiří Pazdlerka, Ph.D.

Akademický rok
2019/2020

Předmět
Bakalářská práce

Katedra
K124 - katedra konstrukcí pozemních staveb

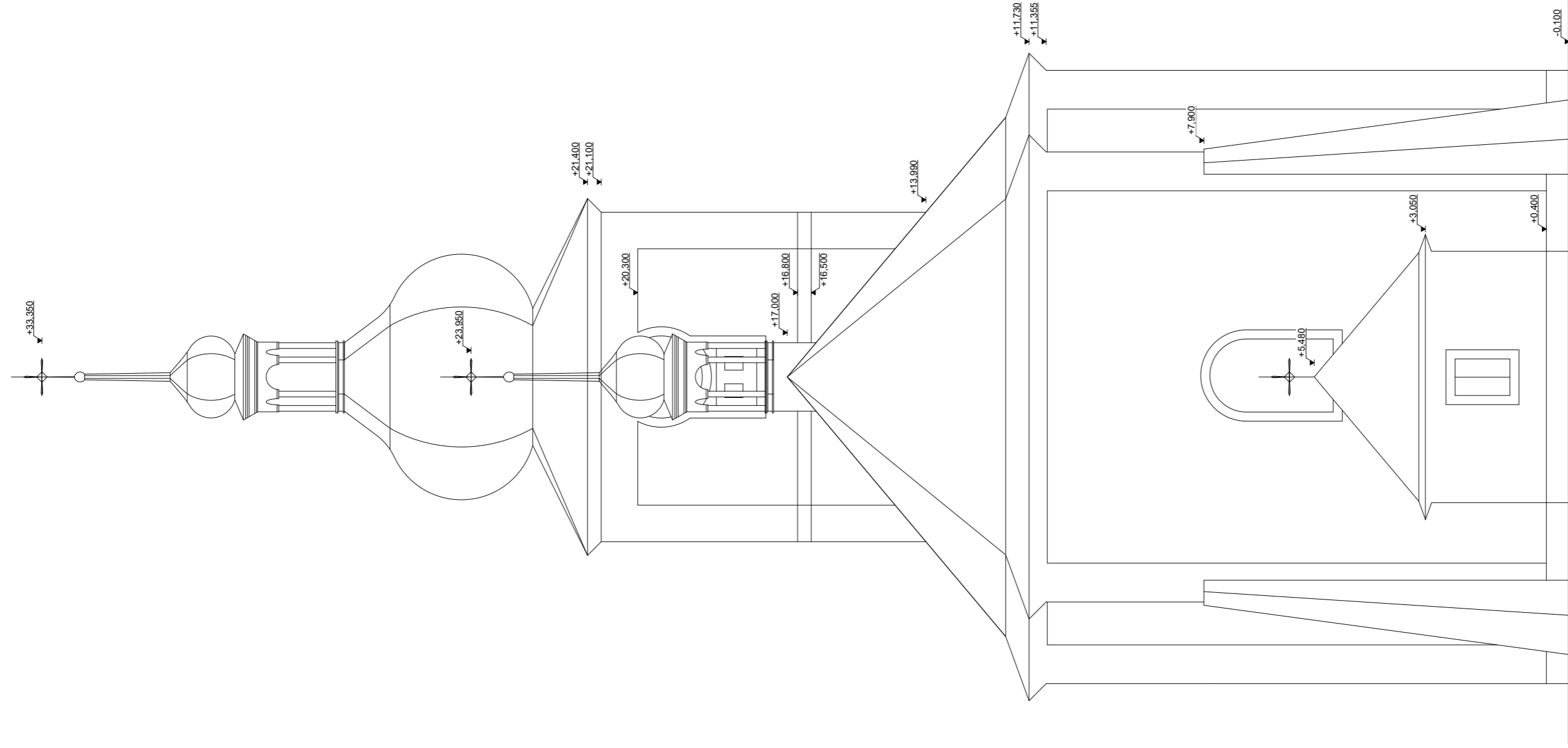
Výkres
Západní pohled

Fakulta stavební
ČVUT

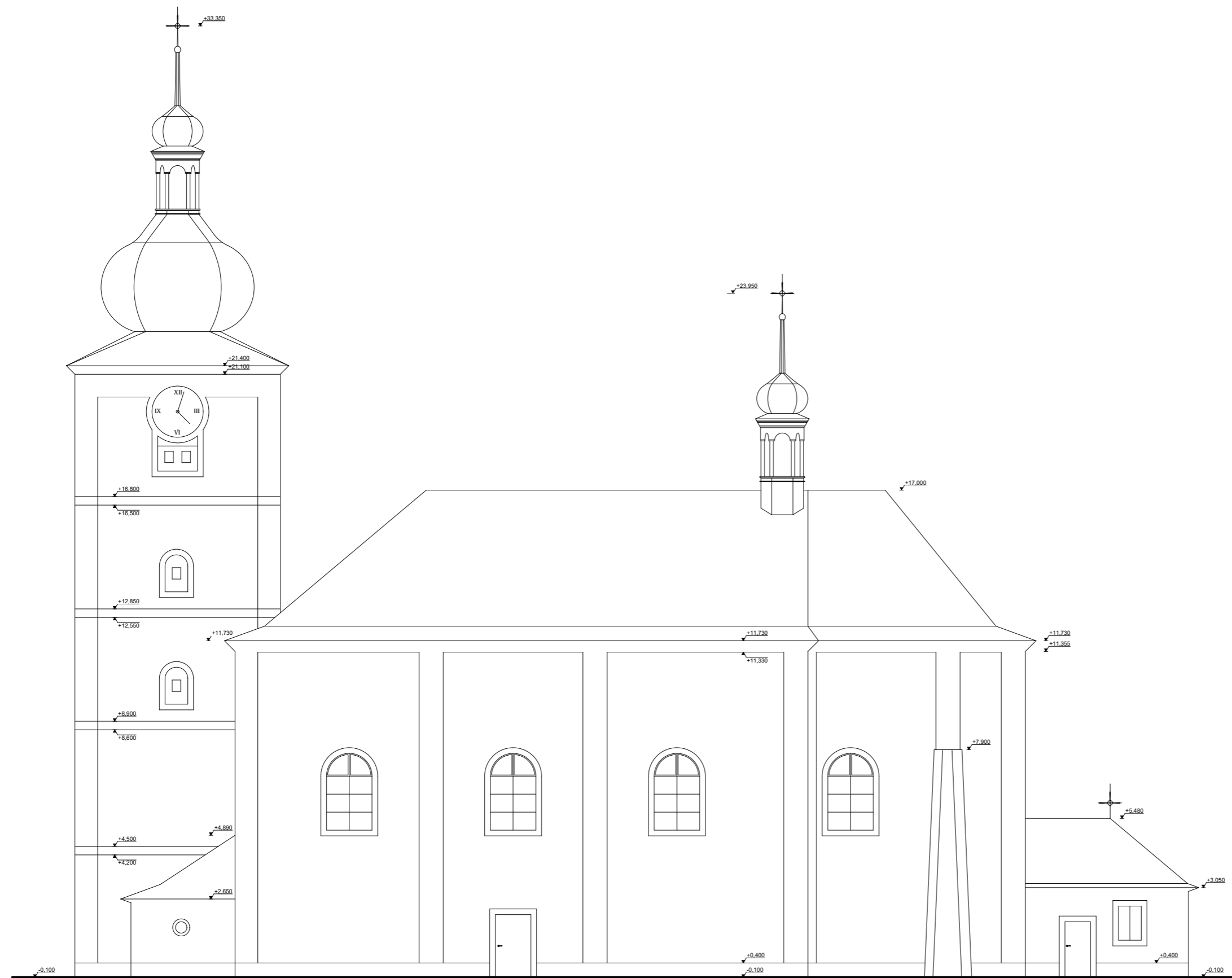
Datum
27.2.2019


Měřítko
1:100

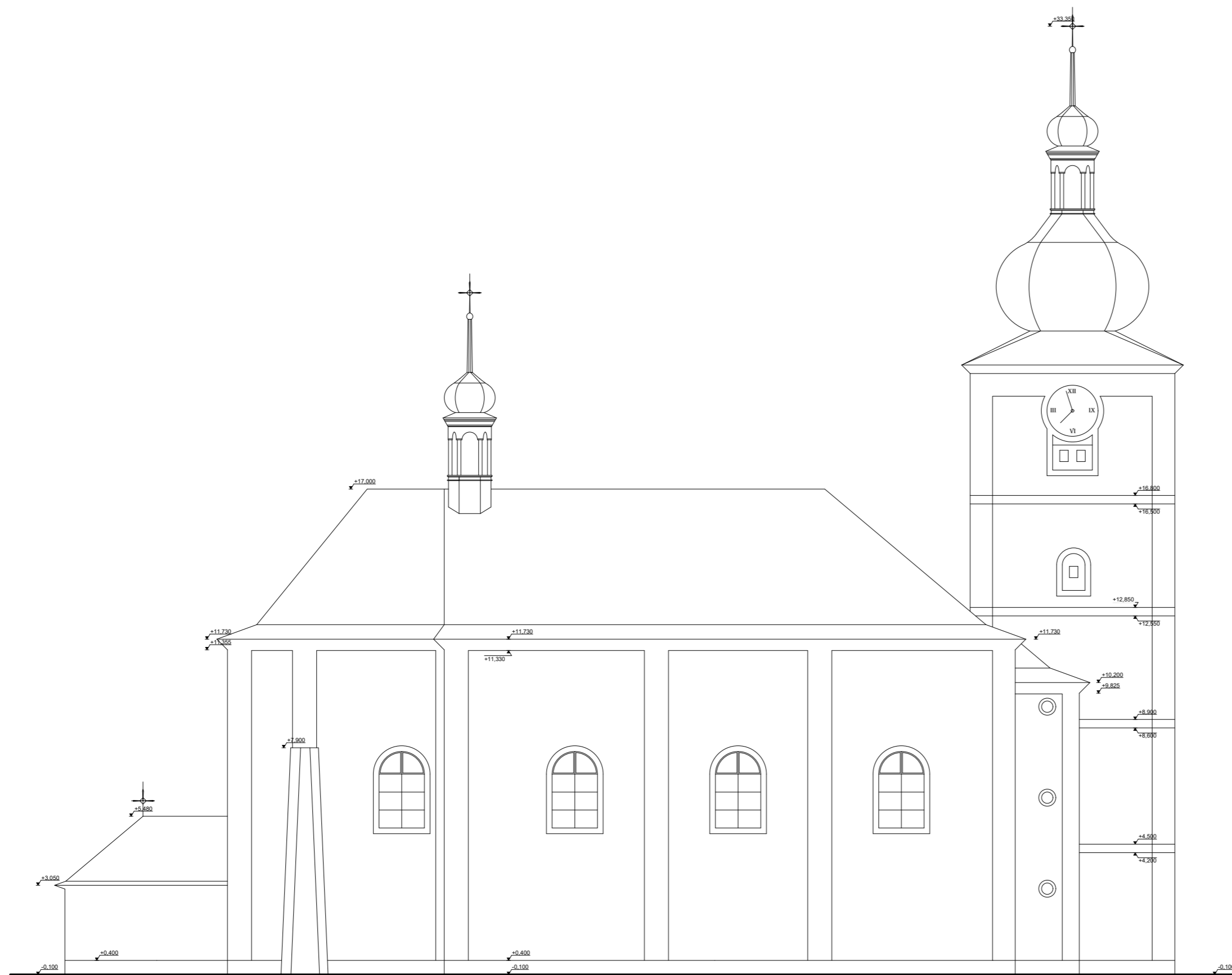
Číslo výkresu
3.1.2 - 4




Autorka	Vedoucí	Academický rok
Hana Jarolímková	doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.	2019/2020
Předmět	Bakalářská práce	
Katedra	K124 - katedra konstrukci pozemních staveb	
Výkres	Východní pohled	



Autorka Hana Jarolímková	Vedoucí doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.	Akademický rok 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT 	
Předmět Bakalářská práce			Datum	27.2.2019
Katedra	K124 - katedra konstrukcí pozemních staveb		Měřítko	1:150
Výkres	Jižní pohled		Číslo výkresu	3.1.2 - 6



Autorka Hana Jarolímková	Vedoucí doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.	Akademický rok 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT 	
Předmět Bakalářská práce			Datum	27.2.2019
Katedra	K124 - katedra konstrukcí pozemních staveb		Měřítko	1:150
Výkres	Severní pohled		Číslo výkresu	3.1.2 - 7

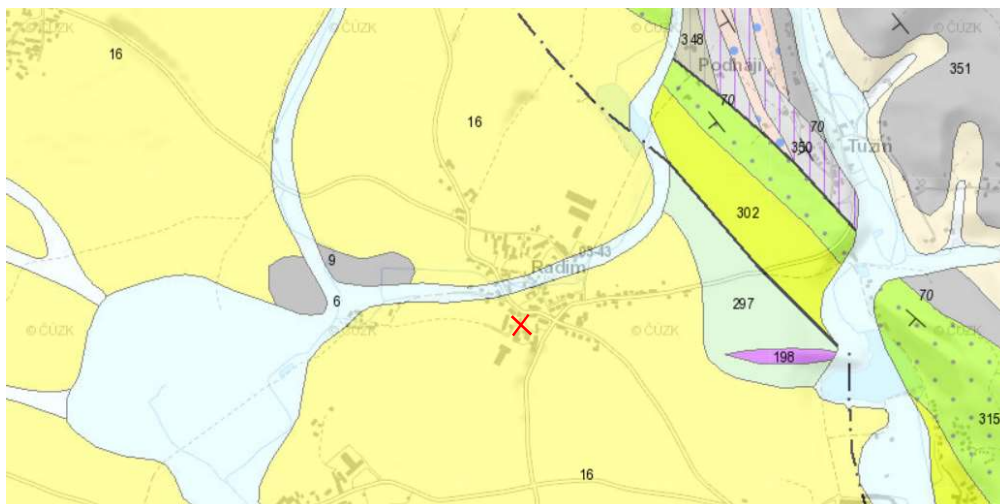


3.2 Popis jednotlivých částí konstrukce

3.2.1 Geologické podloží

Obec Radim se nachází v okrese Jičín v Královéhradeckém kraji a spadá do geologické oblasti Česká křídlová pánev. Tato oblast je největší sedimentační oblastí v České republice. Dělí se dle litofacie¹ do devíti oblastí. Obec Radim patří do oblasti jizerské, kde se nachází převážně písčité uloženiny. [5] [6] V okolí kostela nebyly provedeny žádné geologické vrty.

Dle geologické mapy (Obr. 14) se v obci Radim nachází dva horninové typy. V oblasti posuzovaného objektu kostela (v mapě vyznačeno křížkem) je to, dle legendy příslušící k dané geologické mapě, spraš a sprašová hlína pod identifikačním číslem 16. [7]



Obr. 15 - Geologická mapa 1:50 000 [7]

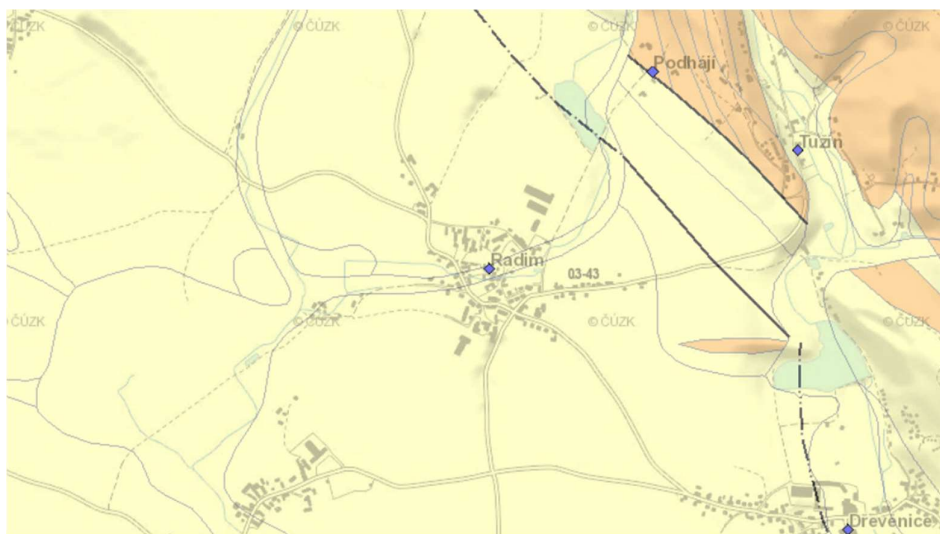
Spraš a sprašová hlína [ID16]

- eratém: kenozoikum
- útvar: terciér
- typ horniny: nezpevněný sediment
- mineralogické složení: křemen + příměsi + CaCO₃
- barva: okrová

¹ litofacie = litologická facie sedimentů, odlišitelná část vrstevního sledu (dle <https://slovník-cizich-slov.abz.cz>)



Z geologického hlediska je taktéž potřeba zjistit množství radonu v podloží. Dle mapy radonového indexu je v lokalitě index nízký, a proto není nadále potřeba se jím zabývat.



Obr. 16 - Mapa radonového indexu podloží 1:50 000 [7]

3.2.2 Základové konstrukce

Z důvodu nedoložené původní projektové dokumentace ani jakýchkoliv jiných podkladů o založení objektu, není možné určit typ ani rozměry základové konstrukce kostela. Je tedy třeba vycházet z faktu, že byl kostel postaven v období baroka na začátku 18. století a předpokládat základovou konstrukci typickou pro toto období. Nejčastěji se jednalo o základové pasy z kamenného zdiva na maltu vápennou. [8]

3.2.3 Svislé konstrukce

Svislé nosné konstrukce tvoří obvodové i dělicí stěny. Tloušťky obvodových stěn se pohybují v rozmezí 1400–1800 mm. U sakristie a přístavku, které jsou pouze jednopodlažní, je to přibližně 600–650 mm. Symetricky kolem oken jsou obvodové stěny rozšířeny a tvoří tak pilíře pro uložení nadokenních kleneb. Dva nosné samostatné pilíře se nachází pod kůrem. Slouží k uložení křížových kleneb a konstrukce kůru.



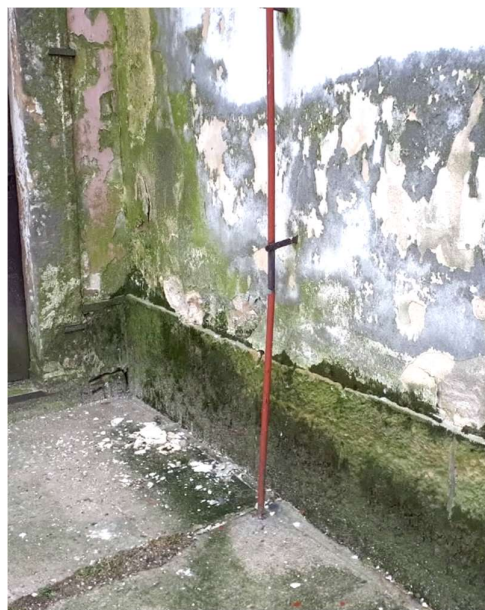
V místech chybějící omítky lze zjistit, že jsou stěny převážně cihelné. Cihelné zdivo je použito v ukončení stěn, v rozích, v pilířích, či k vytvoření ostění a zaklenutí oken (Obr. 17). V plošných výplňových místech lze předpokládat použití lomového kamene (Obr. 18). Po celém obvodu probíhá sokl, který je tvořen pískovcovými kvádry (Obr. 19).



Obr. 17 - Odhalené zdivo u ostění



Obr. 18 - Odhalené zdivo v ploše



Obr. 19 - Sokl

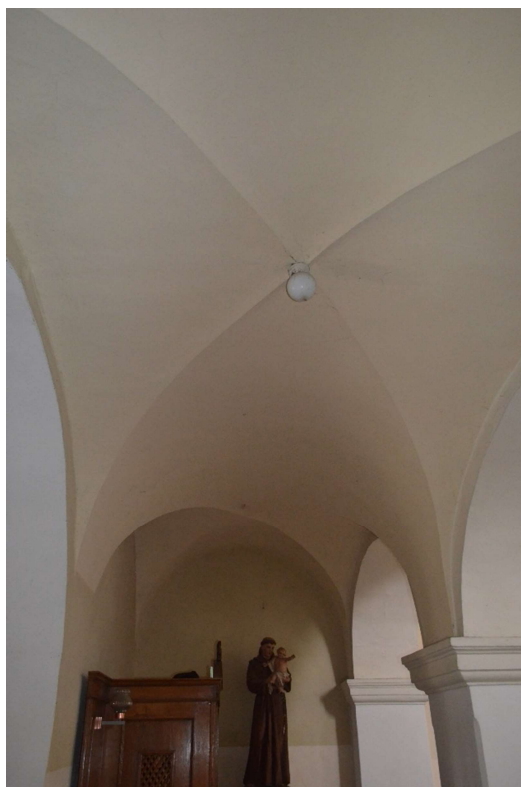


Obr. 20 - Vnitřní nosný pilíř



3.2.4 Vodorovné konstrukce

Stropní vodorovné konstrukce tvoří převážně cihelné klenby. V přízemí věže u vstupního portálu a pod kůrem se nachází klenby křížové. Na kraji kůru jsou na šířku pilířů o tloušťce 750 mm příčně překlenuté tři klenby valené. V hlavní lodi tvoří vodorovnou stropní konstrukci valená klenba uložená do obvodových stěn. Klenba je doplněna o nadokenní lunety, které jsou uloženy do nosných pilířů nacházejících se symetricky mezi okny. Mezi lodí a presbytářem je příčně překlenutá valená klenba o tloušťce 1070 mm. V prostorách presbytáře se nachází kopule, taktéž s lunetami pro okenní otvory. Sakristie a boční přístavek mají viditelně rovný podhled, ovšem bližší specifikace vodorovné konstrukce není možná. Vodorovné konstrukce věže jsou vyjma přízemí řešeny jednoduchým trémovým stropem s plošným pobitím prkny.



Obr. 21 - Valená klenba pod kůrem



Obr. 22 - Dřevěný trémový strop ve věži



Obr. 23 - Pohled na valenou klenbu a kopuli s lunetami

3.2.5 Schodiště

Před hlavním vstupem do kostela jsou dva kamenné stupně vyrovnávající rozdíl mezi chodníkem a podlahou 1NP. Hned za vstupním portálem vpravo se nachází kamenné schodiště vedoucí nosnou zdí na kůr (Obr. 24). Schodiště je na kůru doplněno ještě o dva dřevěné stupně. Z exteriéru přímo do 3. podlaží věže je točité vřetenové schodiště ze dřeva (Obr. 25). Až do vrcholu ke zvonu vedou žebříkové dřevěná schodiště (Obr. 26).



Obr. 24, Obr. 25, Obr. 26 - Schodiště (zleva: kamenné, dřevěné vřetenové točité, dřevěné žebříkové)

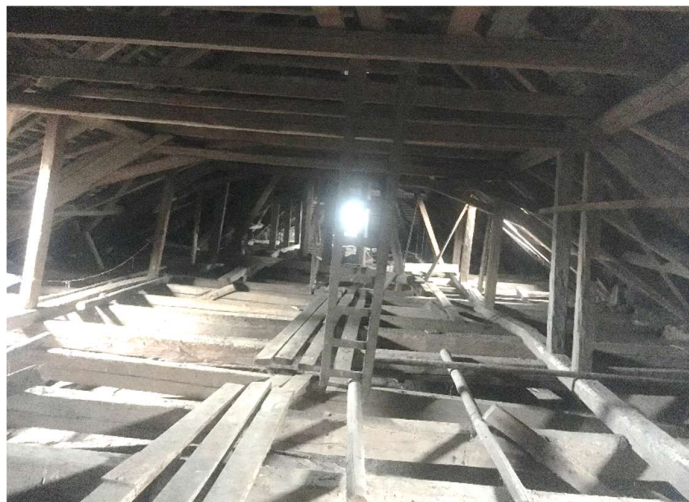


3.2.6 Konstrukce krovu a střechy

Pro barokní krov je typických hned několik prvků. Nejčastěji tvořily plnou vazbu ležaté stolice doplněné o hambálek, představovaly tak velkou prostorovou tuhost konstrukce. Krokve bývaly uloženy zpravidla přes čep na vazný trám. Vazný trám pak na jednu nebo dvě pozednice, které bývaly zazdívány. V baroku se od toho začalo ustupovat. [9]

Krov v kostele sv. Jiří je typicky barokní. Vazné trámy jsou uloženy na obvodových zdech. Konstrukce krovu nezatěžuje stropní klenební konstrukci. Vazné trámy jsou s největší pravděpodobností uloženy na obvodových zdech, ovšem zhlaví je zazděno, a proto k němu není možný přístup pro podrobnější analýzu. Krokve jsou pravděpodobně začepovány přímo do vazného trámu. Pro zmírnění sklonu střechy v patě krokve, jsou na každé krokvi umístěny námětky. Systém je vaznicový, vaznice jsou uloženy ve dvou úrovních na ležatých sloupcích. Plnou vazbu tvoří ležatá stolice s rozpěrou a vzpěrnými pásy. Tato sestava vytváří tzv. vzpěrný rám pro celou konstrukci krovu. Stabilita je podpořena hambálky ve dvou výškových úrovních, bezprostředně nad vzpěrným rámem a nahoře ve špičce krovu. Konstrukce je díky tomu dostatečně tuhá. Zachycení vodorovné síly zajišťuje vazný trám.

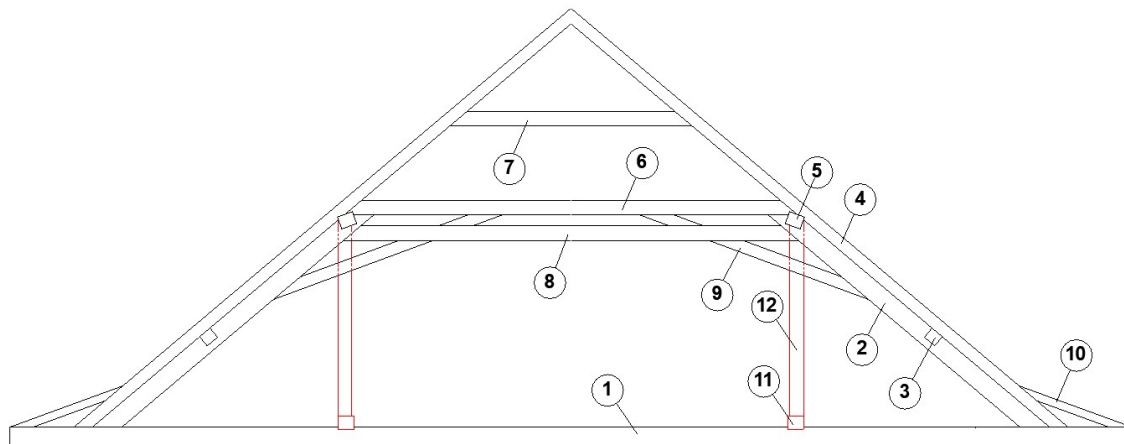
Mimo pevnou vazbu je konstrukce krovu podpořena svislými sloupky, které jsou uloženy na trámy. Tyto trámy jsou 30 mm zapuštěné kolmo na vazné trámy. V rozmístění svislých sloupků není žádná pravidelnost. Zavětrování je zajištěno Ondřejským křížem mezi jednotlivými krokviemi.



Obr. 27 - Pohled do krovu konstrukce



Obr. 28 - Krov



Obr. 29 - Schéma krovu

Legenda krovu:

- 1) vazný trám (280 x 220 mm)
- 2) ležatý sloupek (240 x 160 mm)
- 3) vaznice (150 x 170 mm)
- 4) krokev (160 x 160 mm)
- 5) středová vaznice (160 x 200 mm)
- 6) hambálek (170 x 160 mm)
- 7) hambálek (180 x 160 mm)
- 8) rozpěra (190 x 160 mm)
- 9) pásek (150 x 140 mm)
- 10) námětek
- 11) trám (200 x 170 mm)
- 12) svislý sloupek (170 x 150 mm)

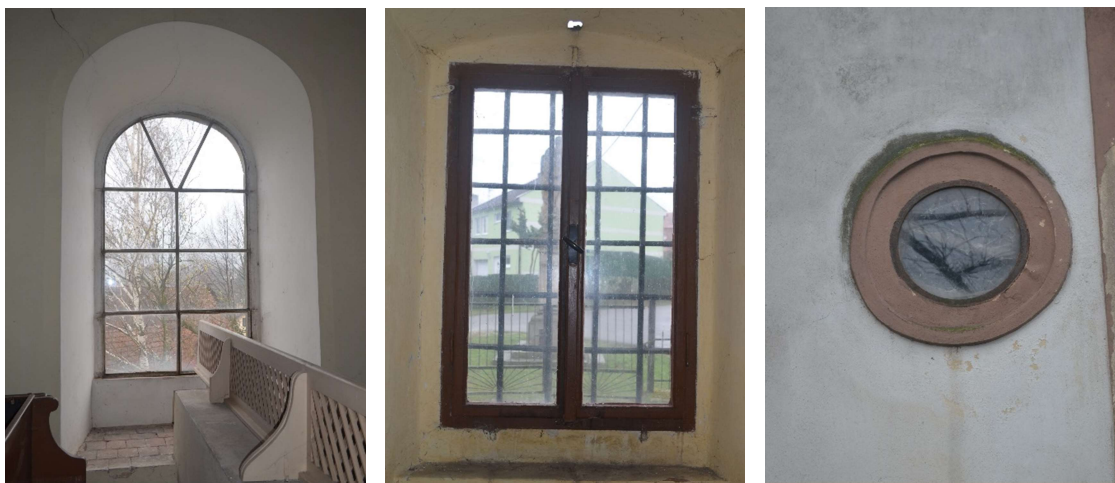
rozměry jsou orientační, uvedeny v mm

Střecha nad hlavní lodí je sedlová, navazuje na ni presbytář, který je trojboce uzavřen valbou. Konstrukce střechy je jednoduchá, na krokách je přibitá vodorovná laťování. Střešní krytinou jsou pálené bobrovky, v místě námětků celoplošné oplechování. Plechovou krytinou je opatřena i sakristie, přístavek a boční vstup do věže. Samotná věž má osmibokou plechovou věžovou střechu. Střešní krytina je po celé ploše v dobrém stavu, není viditelné žádné mechanické poškození. Nedochází ani k zatékání střešní krytinou, konstrukce krovu nevykazuje žádné známky porušení vlhkostí.



3.2.7 Výplně otvorů

Okenní otvory v hlavní lodi tvoří klenutá okna s jednoduchým zasklením v ocelovém rámu z úhelníků. Je jich šest a jsou symetricky umístěna po obou stranách lodě. Stejný pár oken se nachází i v presbytáři. Okna jsou neotvíravá, nezdobená. V sakristii se nachází dvě dvoukřídlá dřevěná okna. Jsou jednoduše zasklená, otevíravá, otočná. Před okny se nachází železná mříž kotvená do nosné zdi. Další okenní otvory se nachází ve věži. Otvor je klenutý, vyplněný dřevěnými fošnami s malým obdélníkovým zasklením. Okna jsou osazena ze všech čtyř stran věže. V bočním schodišťovém prostoru vedoucím do věže se nachází malá kulatá neotevíravá okna s jednoduchým zasklením.



Obr. 30, Obr. 31, Obr. 32 - Okna (zleva: v lodi, v sakristii, na schodišti do věže)

Výplň otvoru hlavního vchodu tvoří dvoukřídlé dřevěné zdobené dveře. Hned za nimi jsou dveře železné, mřížové. Boční vstupy do lodě, sakristie, márnice a schodiště do věže jsou jednokřídlá dřevěná. Veškerá ostění exteriérových dveří jsou kamenná. V interiéru je dominantní výplň otvoru mezi vstupním portálem a hlavní lodí. Je tvořena obloukovým dřevěným rámem s jednoduchou skleněnou výplní. Součástí jsou dvoukřídlé dveře ve stejném materiálovém provedení. Další dveře se nachází při vstupu do sakristie a na schodiště vedoucí na kůr. Oboje tyto dveře jsou jednokřídlé dřevěné s kamenným ostěním. Poslední interiérová výplň se nachází nahoře na kůru u vstupu do 2NP věže. Otvor je obloukový a je vyplněn dřevěnými fošnami, ve který jsou umístěny jednokřídlé dveře.



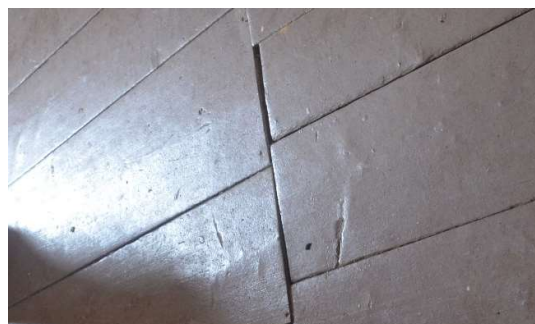
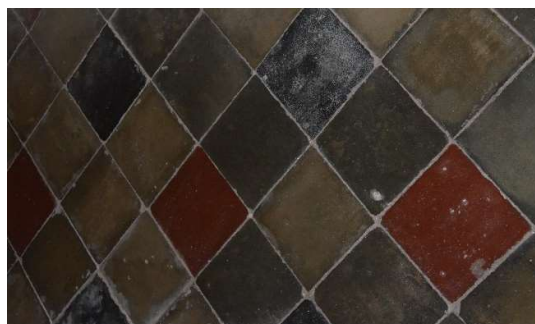
Obr. 33, Obr. 34, Obr. 35 - Dveře (vstupní s kamenným ostěním, vnitřní do sakristie, venkovní do sakristie)



Obr. 36 - Vnitřní prosklené dveře

3.2.8 Podlahy

Podlaha v celém 1NP je tvořena barevnou kamennou dlažbou, která je v místě presbytáře pokryta červeným kobercem. Ve 2NP v prostorách kůru je podlaha dřevěná. Stejně tak ve věži, kde tvoří podlahovou krytinu dřevěné fošny.



Obr. 37, Obr. 38 - Podlaha (dlažba v lodi, dřevěná podlaha na kůru)



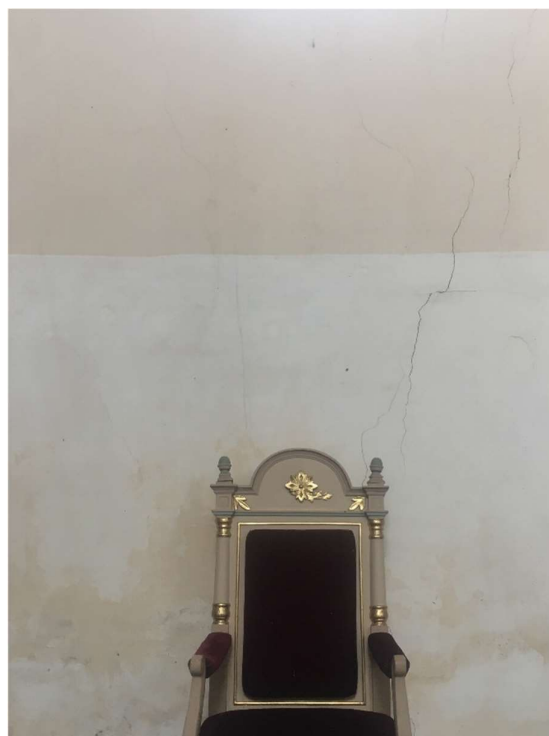
3.2.9 Fasáda, omítky

Vnější fasáda je jednoduchá a hladká. Kolem celého objektu probíhá pískovcový sokl. Pískovcové je i ostění dveřních a okenních otvorů. Omítka je na celém objektu bílá, pravděpodobně vápenná, štuková. Fasáda je členěná prostými červenými římsami, které rozdělují věž kostela na jednotlivá podlaží. Stejně barevně odlišeny jsou i veškeré rohy vodorovnými pruhy. Další dva pruhy se nachází i na hlavní lodi mezi okny. Jediné prostorové zdobení kostela se nachází nad hlavním vchodem v podobě zaoblené římsy.

Interiérová omítka je vápenná, hladká převážně světle žlutá. Místa protnutí lunety a valené klenby jsou zvýrazněna bílou, stejně tak křížové klenby, valené klenby mezi jednotlivými místnostmi a pilíře. Ty jsou zdobené ve dvou úrovních různě stupňovitými římsami. Po obvodu celého objektu byl před cca 10 lety proveden další nátěr vápenné bílé omítky do výšky 1,5 m.



Obr. 39 - Vnější fasáda



Obr. 40 – Bílá novější omítka do 1,5 m



4 Analýza poruch

4.1 Vlhkostní průzkum

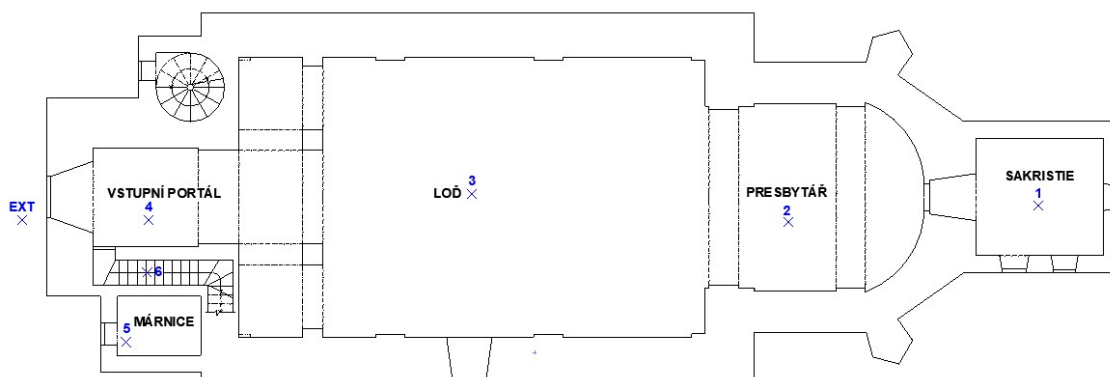
Přítomnost vlhkosti ve zdivu je u historických budov častým problémem, který bývá způsoben špatným, nebo dokonce absentujícím řešením hydroizolace spodní stavby. Vlivem zvýšené vlhkosti dochází ke snižování mechanicko-fyzikálních vlastností zdiva, což může vést k závažným statickým poruchám a následnému selhání konstrukce. Nejčastějším projevem vlhkosti ve zdivu jsou vlhkostní mapy, degradace omítky i samotného zdiva. [10] [11]

4.1.1 Stanovení teploty a relativní vlhkosti vzduchu

Teplota a relativní vlhkost vzduchu byly měřeny 16. března 2019 za deště. Měření bylo provedeno v exteriéru a na šesti místech v interiéru pomocí měřicího přístroje GREISINGER GFTH 95, který mi byl zapůjčen fakultou stavební ČVUT.



Obr. 41 - Měřicí přístroj GREISINGER GFTH 95



Obr. 42 - Místa, na kterých bylo provedeno měření



Vlhkost vzduchu ve vnitřním prostředí se klasifikuje dle *tabulky C.1 v příloze C normy ČSN P 73 0610*. [12] Naměřené hodnoty byly s touto tabulkou porovnány a prostředí kostela bylo následně vyhodnoceno.

<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 - Vlhkost vzduchu ve vnitřním prostředí budov dle ČSN P 73 0610 [12]

V jednotlivých místnostech objektu lze sledovat odlišné vlhkostní prostředí. V bodech měření 1, 2, 6, tedy v místech sakristie, presbytáře a schodiště na kůr, lze vyhodnotit prostředí jako normální. V hlavní části kostela, v lodi (INT 3) a vstupním portálu (INT 4), je hodnota relativní vlhkosti nižší než 50 % a prostředí se tak klasifikuje jako suché. Naopak v místě bývalé márnice je prostředí vlhké. Tento výsledek se dá připsat faktu, že do místnosti je vstup přímo z exteriéru a dveře jsou po většinu času nedovřená. Vlhkost vzduchu ve vnitřním prostředí je tudíž ovlivněna vlhkostí z exteriéru, která v době měření stoupala až k 80 % relativní vlhkosti vzduchu.

<i>Místo měření</i>	<i>Teplota T [°C]</i>	<i>Vlhkost ϕ [%]</i>	<i>Vyhodnocení</i>
INT 1	9,4	57,3	normální
INT 2	9,0	54,1	normální
INT 3	12,6	47,0	suché
INT 4	17,6	40,2	suché
INT 5	7,5	74,0	vlhké
INT 6	7,7	59,8	normální
EXT	6,8	79,0	-

Tabulka 2 - Naměřené hodnoty a vyhodnocení v objektu kostela



4.1.2 Stanovení vlhkosti zdiva kapacitní metodou

Ke stanovení vlhkosti zdiva byla použita kapacitní metoda. Tato metoda spočívá ve změně kapacity kondenzátoru v závislosti na změně vlhkosti měřeného materiálu. Měřicí kondenzátor je zabudován v kapacitním vlhkoměru. Pro toto měření byl použit kapacitní vlhkoměr GREISINGER GMK 100, který je vybaven softwarem s materiálovými charakteristikami, a je tak schopen vyhodnotit danou hodnotu vlhkosti automaticky. [10] Přístroj mi byl zapůjčen fakultou stavební ČVUT.



Obr. 43 - Měřicí přístroj GREISINGER GMK 100

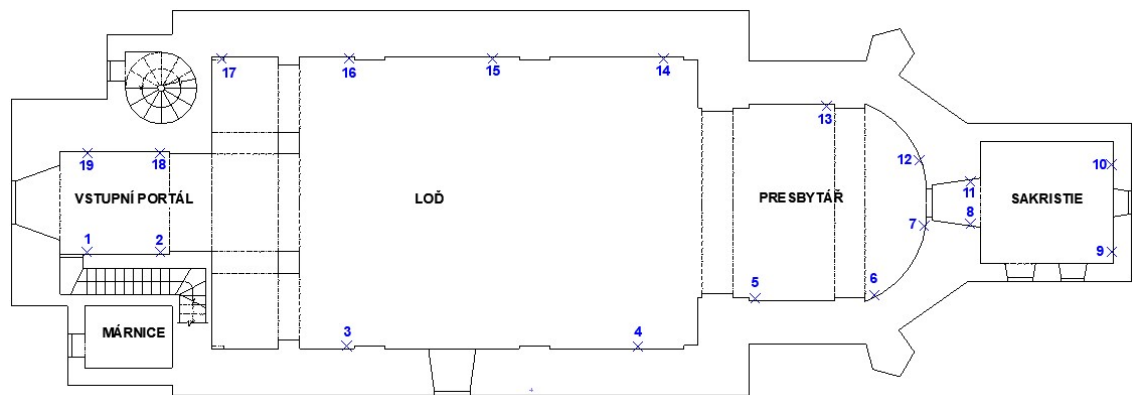
Výhodou je snadné a časově nenáročné měření na několika místech objektu. Tato metoda se provádí pouze pomocí dotyku přístroje na měřeném místě, nedochází tak k destrukci měřeného zdiva. Naopak nevýhodou je, že při měření vyšších vlhkostí (6 % a více), nelze určit hodnoty s požadovanou přesností. Měřená hodnota je taktéž ovlivněna trhlinami a narušeným povrchem v místě přikládání přístroje. Hodnoty lze tedy považovat pouze za orientační a je potřeba je doplnit o měření přesnější metodou. [10] Klasifikace vlhkosti zdiva je dána *tabulkou A.1 v příloze A normy ČSN P 73 0610*. [12]

<i>Stupeň 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	$7,5 \leq w < 10$
velmi vysoká	$w > 10$

Tabulka 3 - Klasifikace vlhkosti zdiva dle ČSN P 73 0610 [12]



Měření bylo provedeno pouze v interiéru, neboť v exteriéru nelze docílit stejných okrajových podmínek na různých místech fasády. Ovlivněno je to především rozdílným vystavením povrchu slunečnému záření a dešti. V interiéru bylo změřeno 19 míst ve třech výškových úrovních.



Obr. 44 - Označení měřených míst v objektu

Naměřené hodnoty kapacitním vlhkoměrem zkoumaného objektu jsou znázorněny v *tabulce 4*, kde je zároveň vyhodnocen stupeň vlhkosti zdiva v závislosti na *tabulce 3*.

Předpokládaný průběh vlhkosti v homogenním materiálu by znamenal klesající vlhkost s výškou. V posuzovaném objektu kostela lze předpokládaný průběh sledovat pouze v bodě 9. S ohledem na nepřesnosti měření kapacitního vlhkoměru z důvodu možného narušeného povrchu a považování hodnot za orientační, lze průběh ostatních míst vyhodnotit jako konstantní v celé výšce probíhajícího měření. Odchylka v měření přístrojem se pohybuje kolem 1-2 %. Možným odůvodněním konstantního průběhu téměř v celém objektu by mohla být úprava povrchu v dolní části stěn v minulých letech. V případě, že by v minulosti došlo k odstranění degradované omítky ve spodní části do výšky např. 30-50 cm a následnému novému nátěru, zmírnilo by se v této oblasti procento vyskytující se vlhkosti. Tato hypotéza nemůže být potvrzena, ani jakkoliv dále rozvíjena, neboť byl před 15 lety po celém obvodu interiéru proveden nový nátěr do výšky 1,5 m, a tak jsou veškeré známky lišících se úrovní nátěru překryty.



Místo měření	Výška měření (od podlahy)			Vyhodnocení vlhkosti		
	10 cm	50 cm	150 cm	10 cm	50 cm	150 cm
1	8,1	6,2	9,2	vysoká	zvýšená	vysoká
2	6,2	8,8	9,8	zvýšená	vysoká	vysoká
3	5,4	10,1	8,6	zvýšená	velmi vysoká	vysoká
4	8,1	10,1	4,2	vysoká	velmi vysoká	nízká
5	8,0	9,8	5,1	vysoká	vysoká	zvýšená
6	8,9	10,4	10,1	vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká
7	9,4	11,1	10,1	vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká
8	9,4	10,2	10,8	vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká
9	9,3	6,8	3,5	vysoká	zvýšená	nízká
10	7,4	11,1	6,8	zvýšená	velmi vysoká	zvýšená
11	7,8	10,8	10,7	vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká
12	9,1	9,3	10,4	vysoká	vysoká	velmi vysoká
13	11,4	10,5	11,3	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká
14	9,5	10,4	9,6	vysoká	velmi vysoká	vysoká
15	9,2	9,1	9,3	vysoká	vysoká	vysoká
16	8,9	9,7	10,6	vysoká	vysoká	velmi vysoká
17	9,6	10,4	9,7	vysoká	velmi vysoká	vysoká
18*	9,6	16,4	13,4	vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká
19*	9,6	19,3	11,0	vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká

Tabulka 4 – Naměřené hodnoty ve třech výškových úrovních a jejich vyhodnocení

* v bodech 18 a 19 je úprava v oblasti do 50 cm dle průběhu naměřené vlhkosti nejvíce patřičná. Evidentně zde došlo k obnovení omítky, což zapříčinilo, že vodní pára difunduje především do oblasti od 50 cm výšky.



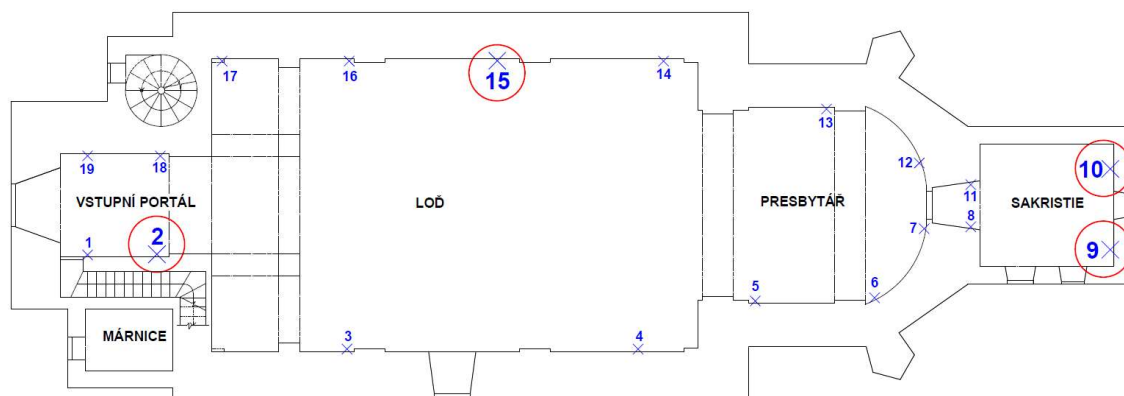
4.1.3 Stanovení vlhkosti zdiva gravimetrickou metodou

Jak bylo uvedeno v kapitole 4.1.2, kapacitní metoda měření vlhkosti je pouze orientační a je potřeba doplnit o přesnější měření. Zvolena byla metoda gravimetrická. Tato metoda je jedna z nejpoužívanějších při zjišťování vlhkosti ve stavebním materiálu. Je to metoda destruktivní, je tedy potřeba odebrat dostatečné množství vzorků zkoumaného staviva. Vlhkost ve vzorku se zjišťuje pomocí hmotnostního úbytku. Dojde ke zvážení hmotnosti mokrého vzorku, následně k vysušení a zvážení vzorku suchého. [10] [13]

Výsledná vlhkost se stanoví z následujícího vztahu:

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

Ve zkoumaném objektu byly dne 28.3.2019 odebrány vzorky ze čtyřech míst. Místa jsou totožná s místy měření kapacitní metodou. Vzorky byly převáženy odděleně v polyethylenových sáčcích uložených do sklenic.

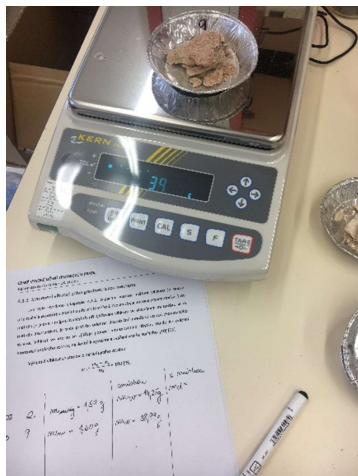


Obr. 45 - Místa, z kterých byly odebrány vzorky (zakroužkováno červeně)

Samotné měření mi bylo umožněno v chemické a mikrobiologické laboratoři katedry konstrukcí pozemních staveb. Došlo ke zvážení prázdné misky, následně vážení společně s vlhkými vzorky a uložení do laboratorní sušárny Venticell Eco line. Sušení vzorku probíhalo při teplotě 105 °C. Po 72 hodinách sušení byly vzorky odebrány a znovu zváženy ve vysušeném stavu. Následně byla z naměřených hodnot vypočítána vlhkost a porovnána s hodnotami dle tabulky A.1 v příloze A normy ČSN P 73 0610. [12]



Obr. 46 - Odebrání vzorku in-situ



Obr. 47, Obr. 48 - vážení vzorku v laboratoři

bod	h [cm]	m_m [g]	m_w [g]	m_d [g]	w [%]	Vyhodnocení	Poznámka
2	50	1,59	14,25	14,03	1,57	velmi nízká	nedostatečná adheze vzorku
9	50	1,60	38,99	36,52	6,76	zvýšená	částečné vysušení při převozu
10	10	1,57	42,21	40,78	3,51	nízká	částečné vysušení při převozu
15	10	1,58	27,17	25,87	5,03	zvýšená	částečné vysušení při převozu

Tabulka 5 - Výpočet a vyhodnocení vzorků Gravimetrickou metodou

Legenda:

h = výška odebrání vzorku

m_m = hmotnost misky

m_w = hmotnost vlhkého vzorku včetně misky

m_d = hmotnost suchého vzorku včetně misky

Z tabulky s vyhodnocením je zřejmé, že metoda gravimetrická vedla k výrazně nižším hodnotám vlhkosti v materiálu oproti metodě kapacitní. Vzorky byly odebírány za přítomnosti faráře a nebylo umožněno provést dostatečnou destrukci materiálu pro tuto metodu. Zejména u bodu 2 došlo k odebrání vzorku z míst, kde již nebyla dostatečná adheze omítky se zbytkem materiálu a vzorek tak nebyl optimálně nasáklý přítomnou vlhkostí.

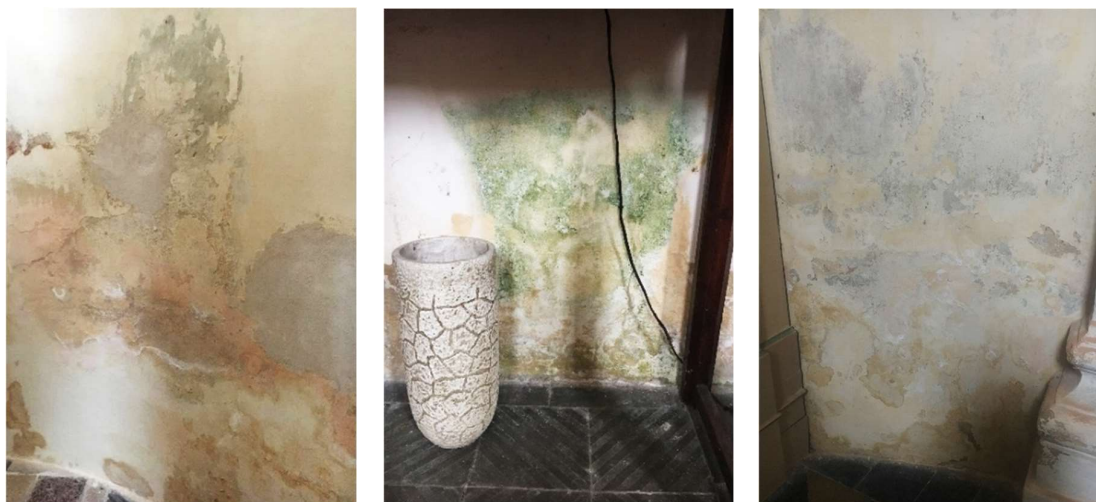


U ostatních zkoumaných vzorků je vlhkost oproti kapacitní metodě vždy o jeden stupeň klasifikace nižší. Důvodem může být časově velmi náročný převoz z místa odebrání do laboratoře, kdy mohlo dojít k částečnému vysušení. Stejně tak jednodenní prodleva sušení z kapacitních důvodů pece. Výsledky zjištěné gravimetrickou metodou se tedy nedají považovat za relevantní.

4.2 Poruchy způsobené vlhkostí

4.2.1 Interiér

Jak bylo zjištěno v kapitole 4.1, v objektu se nachází velké množství vlhkosti způsobené kapilárním vzlínáním. Ze stáří kostela lze předpokládat, že spodní stavba není opatřena žádnou hydroizolační obálkou. Není zjevné ani žádné dodatečné opatření proti šíření zemní vlhkosti konstrukcí. Po celém obvodu interiéru jsou viditelné vlhkostní mapy. Při spodním povrchu stěn a v některých místech až do výšky 2 m dochází k degradaci omítky. Znatelné jsou trhliny, pukliny a opadaná omítka. Na některých místech jsou viditelné výkvěty. Voda, která vzlíná z míst podzákladí může působit jako transportní médium pro přenos minerálů a solí. Tyto škodliviny postupně krystalizují a sedimentují. Kromě viditelných výkvětů na povrchu, může dojít k usazení sedimentů uvnitř pórů a následné destrukci materiálu. Bližším rozбором konkrétních solí a mikroorganismů způsobujících degradaci se tato bakalářská práce nezabývá.



Obr. 49, Obr. 50, Obr. 51 – Poruchy způsobené vlhkostí (opadaná omítka, plísně, výkvěty)



K zatékání srážkovou vodou skrz střešní konstrukci v objektu nedochází. Střecha je nepoškozená, stejně tak krov nejeví žádné viditelné známky poškození zatékající vodou. Dochází k tomu však v oblasti dřevěných okenních rámců v sakristii. Poškozená je podokenní oblast stěny. Viditelné jsou pruhy zatékající vody a opadaná omítka.



Obr. 52 - Porušený parapet pod oknem

4.2.2 Exteriér

V exteriéru dochází k viditelným degradacím v podobě opadané a narušené fasády. Způsobené škody jsou s největší pravděpodobností hnanou srážkovou vodou větrem. Nejvíce postižena je západní strana se vstupním portálem. V oblasti soklu se nachází mech a plísně. Důvodem výrazně většího poškození vstupní strany, by mohl být fakt, že je tato strana nejméně chráněna před větrem. Před kostelem se nachází volný prostor s chodníkem a následně malé náměstíčko se záhonem a sochou sv. Anny. Ze všech ostatních stran je kostel stíněn stromy a zástavbou. K nejzásadnějšímu rovoji mechů a vlhkostních map dochází ve vnitřním rohu mezi věží a schodištěm do věže. Toto místo je orientováno na severo – západ. Dochází tu tak k nejhorší možné kombinaci hnané srážkové vody ze západu a nedostatečného oslunění ze severní strany. K velkému poškození dochází také na všech stranách věži, jelikož do této výšky okolní zástavba nezasahuje.



Obr. 53 - Poškození vnitřního rohu

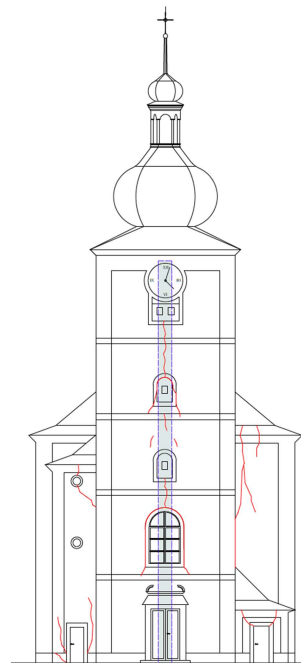
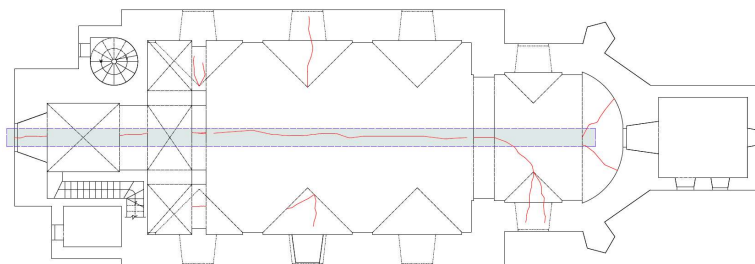


Obr. 54 – Poškození vztlínající vodou



4.3 Statické poruchy

Hlavní statickým problémem celého objektu je rozevírání obvodových stěn v příčném směru. Z uspořádání trhlin znázorněných v Obr. 55 a 56 je evidentní, že dochází k trhání kostela na dvě poloviny. Ze vstupní strany věže prochází trhliny v celém svislém směru téměř v jedné přímce. V interiéru prochází trhliny klenbami nad otvory, středem hlavního oblouku v lodi a končí v kopuli presbytáře.



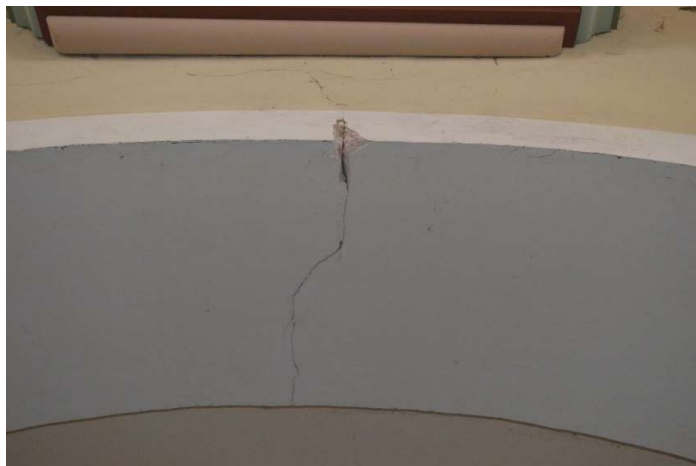
Obr. 55, Obr. 56 - Schéma uspořádání trhlin v lodi a věži (podrobně viz výkres 4.4-1)

Příčin takto rozsáhle poruchy konstrukce by mohlo být hned několik. Nejpravděpodobněji však lze vinu přisuzovat problému v konstrukci krovu nebo základech, případně jejich kombinaci.

První hypotéza vychází z problematiky tuhosti krovu a nedostatečného zajištění vodorovné síly. Konstrukce krovu je na první pohled tuhá a stabilní. Plnou vazbu tvoří tuhý trojúhelník z krokví a vazného trámu, který je podpořen vzpěrným rámem z ležaté stolice a hambálkem. Problém ale může vznikat v patě krokve, kde dochází k uložení do vazného trámu, pravděpodobně tesařským čepem. Tato část konstrukce je po celé délce zazděná, a není tak dostatečně provětrávaná. Může zde docházet ke kondenzaci vodní páry a následné degradaci dřevěných prvků dřevokaznými houbami či hmyzem. V případě porušení napojení prvků do vazného trámu, by nedocházelo k přenosu vodorovných sil a svislé nosné stěny by tak mohly být rozevírány tíhou konstrukce krovu a střechy.



Druhou příčinou poruch by mohlo být špatné či nedostatečné založení objektu, či změny v podloží vlivem okolní výstavby. V těchto případech může docházet k rozevírání svislých konstrukcí a následnému trhání konstrukcí vodorovných.



Obr. 57 - Trhlina v klenbě v interiéru



Obr. 58 - Svislé trhliny ve věži

Další významné trhliny vychází téměř z každého vrcholu nadokenních lunet, kde místy dochází k odpadnutí omítky. Ty rozsáhlejší vedou napříč svislou konstrukci kolem okenních otvorů až do oblasti soklu, menší tvoří vlasové svazky. Trhliny se nachází i v okolí kamenných portálů dveřních a okenních otvorů, mnohdy prochází skrz ně.



Obr. 59, Obr. 60, Obr. 61 - Svislé trhliny (v oblasti dveřního portálu a oken)



Obr. 62, Obr. 63 - Vodorovné trhliny (vrchol lunety, klenba nad oknem)

Významným problémem způsobeným svislou trhlinou je narušení okolí otvoru pro vstup ze schodiště na kůr. Tato degradace je natolik rozsáhlá, že by mohlo dojít ke kolapsu. Dochází k drcení a odpadávání staviva, a je tak zcela porušena oblast nadpraží. Dočasně je otvor podepřen nepříliš stabilní dřevěnou konstrukcí. Toto řešení není v žádném případě dostačující a nezabraňuje dalšímu růstu trhlin. Dochází pouze k oddálení možného kolapsu.



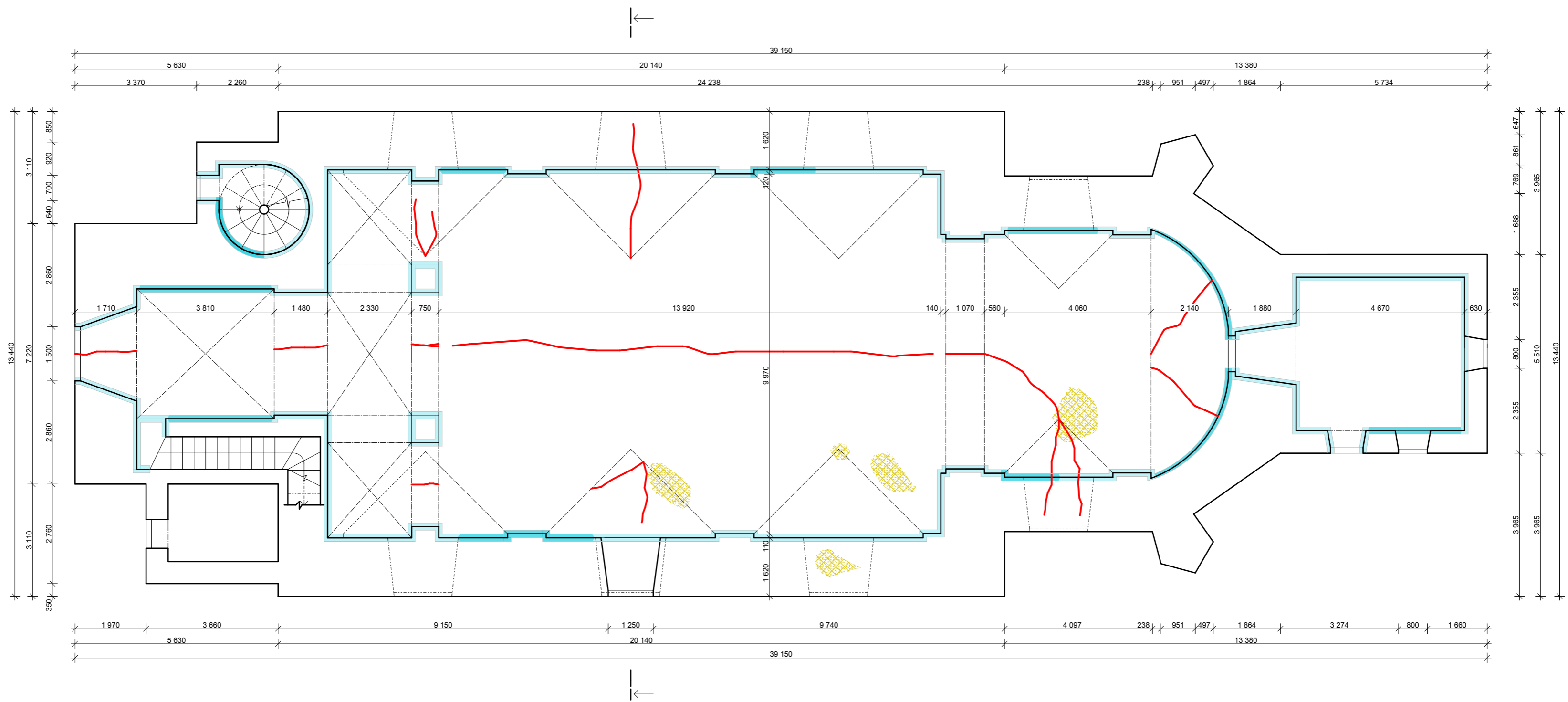
Obr. 64 - Destruktivní stav nadpraží

Známky opotřebování jeví kamenné schodiště na kůr, kde je znatelné výrazné prošlápnutí a v některých místech lehké trhliny. Dřevěná schodiště do věže a ve věži jsou v zachovalém stavu.



Obr. 65 - Prošlápané kamenné schodiště

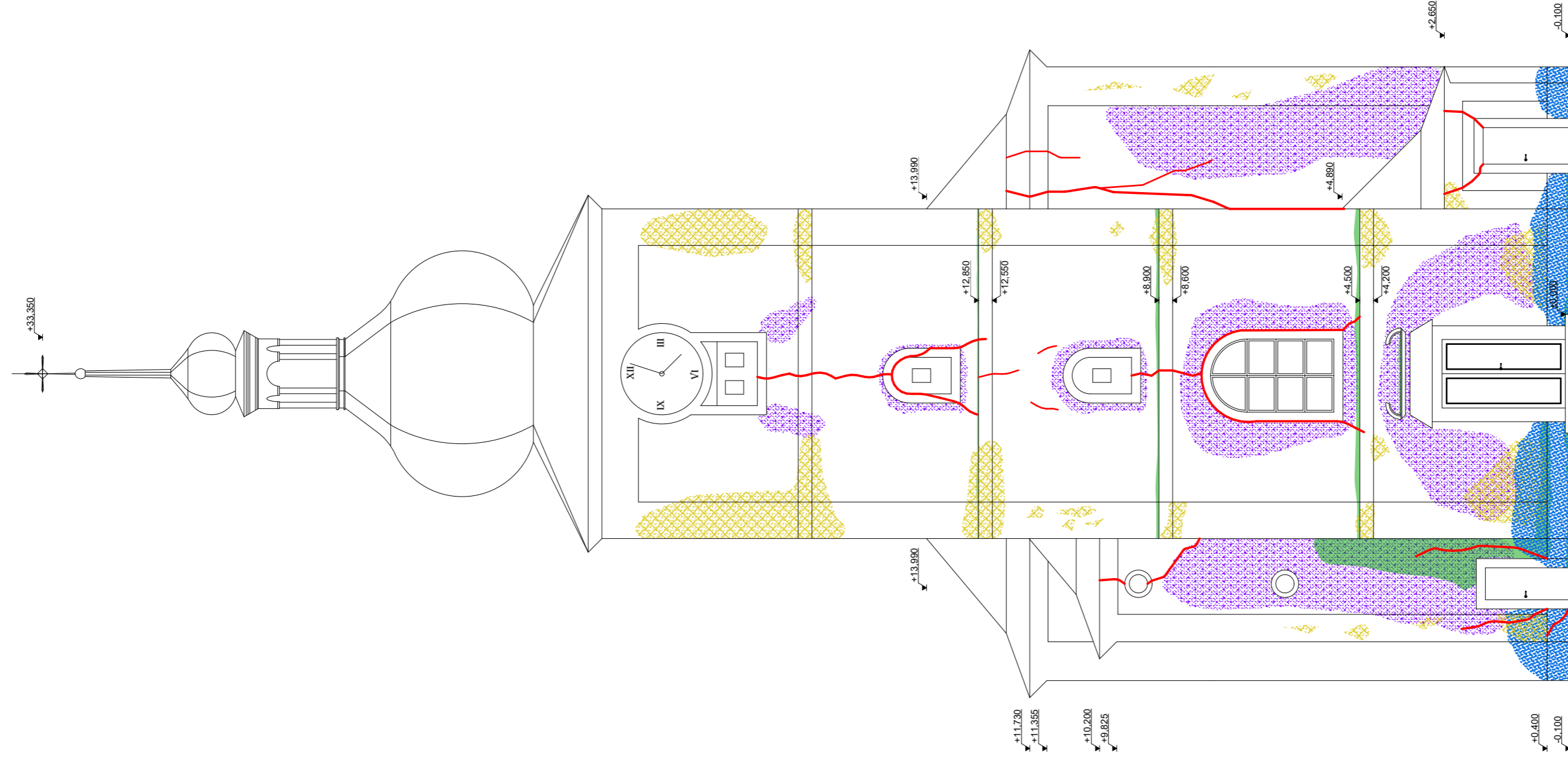
4.4 Zakreslení poruch



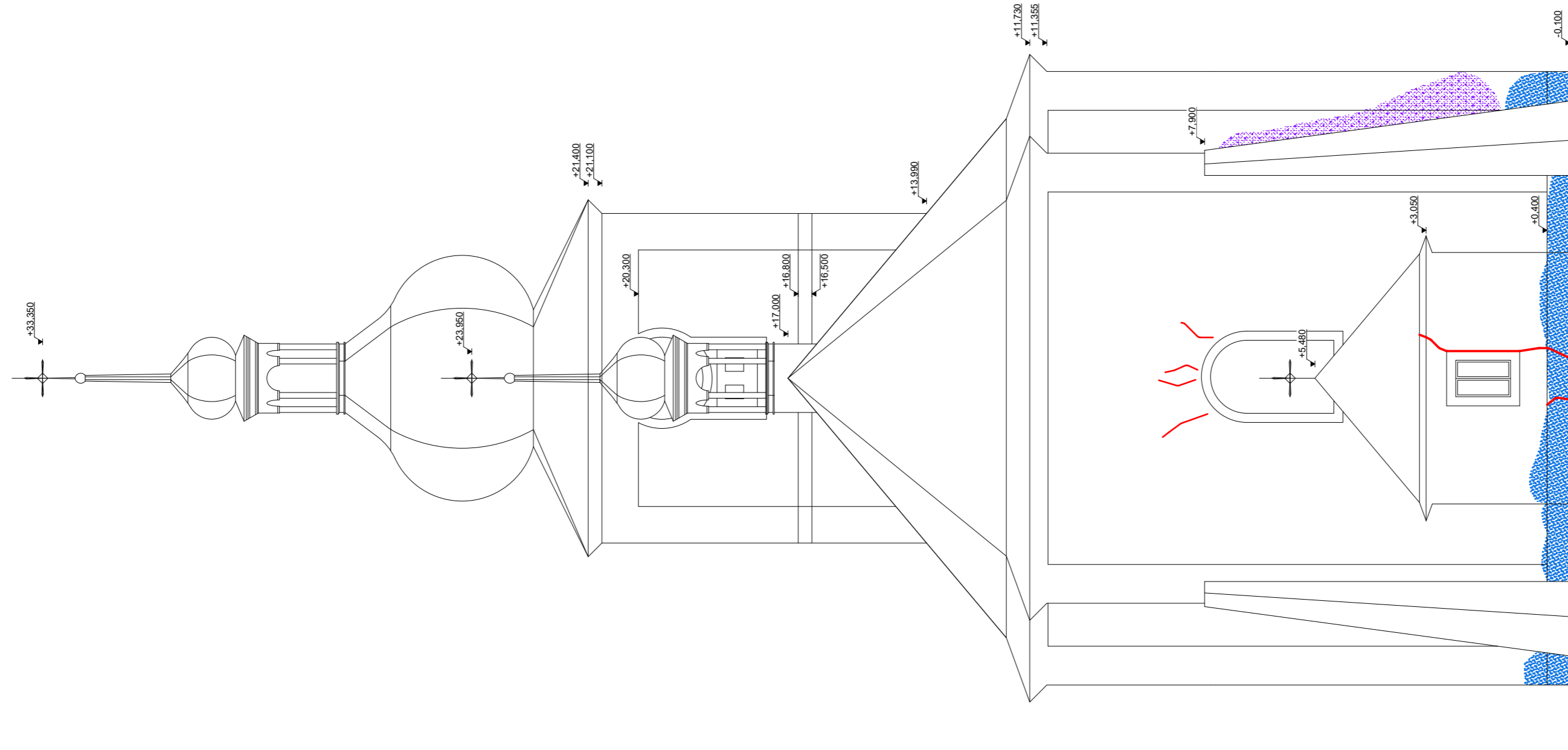
LEGENDA:

- PROJEVY VZLÍNAJÍCÍ VLHKOSTI DO 50 cm
- PROJEVY VZLÍNAJÍCÍ VLHKOSTI NAD 50 cm
- OPADANÁ OMÍTKA
- TRHLINY

Autorka Hana Jarolímková	Vedoucí doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.	Akademický rok 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT	
Předmět Bakalářská práce				
Katedra K124 - katedra konstrukcí pozemních staveb			Měřítko 1:100	Číslo výkresu 4.4 - 1
Výkres Půdorys - Zakreslení poruch				



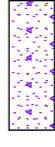
Autorka	Vedoucí	Akademický rok	Fakulta stavební
Hana Jarolímková	doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.	2019/2020	ČVUT
Předmět	Bakalářská práce		
Katedra	K124 - katedra konstrukcí pozemních staveb		
Výkres	Západní pohled - Zakreslení poruch		
	Datum	29.3.2019	
	Měřítko	1:100	
	Číslo výkresu	4.4 - 2	



LEGENDA:



PROJEVY VZLÍNAJÍCÍ VLHKOSTI

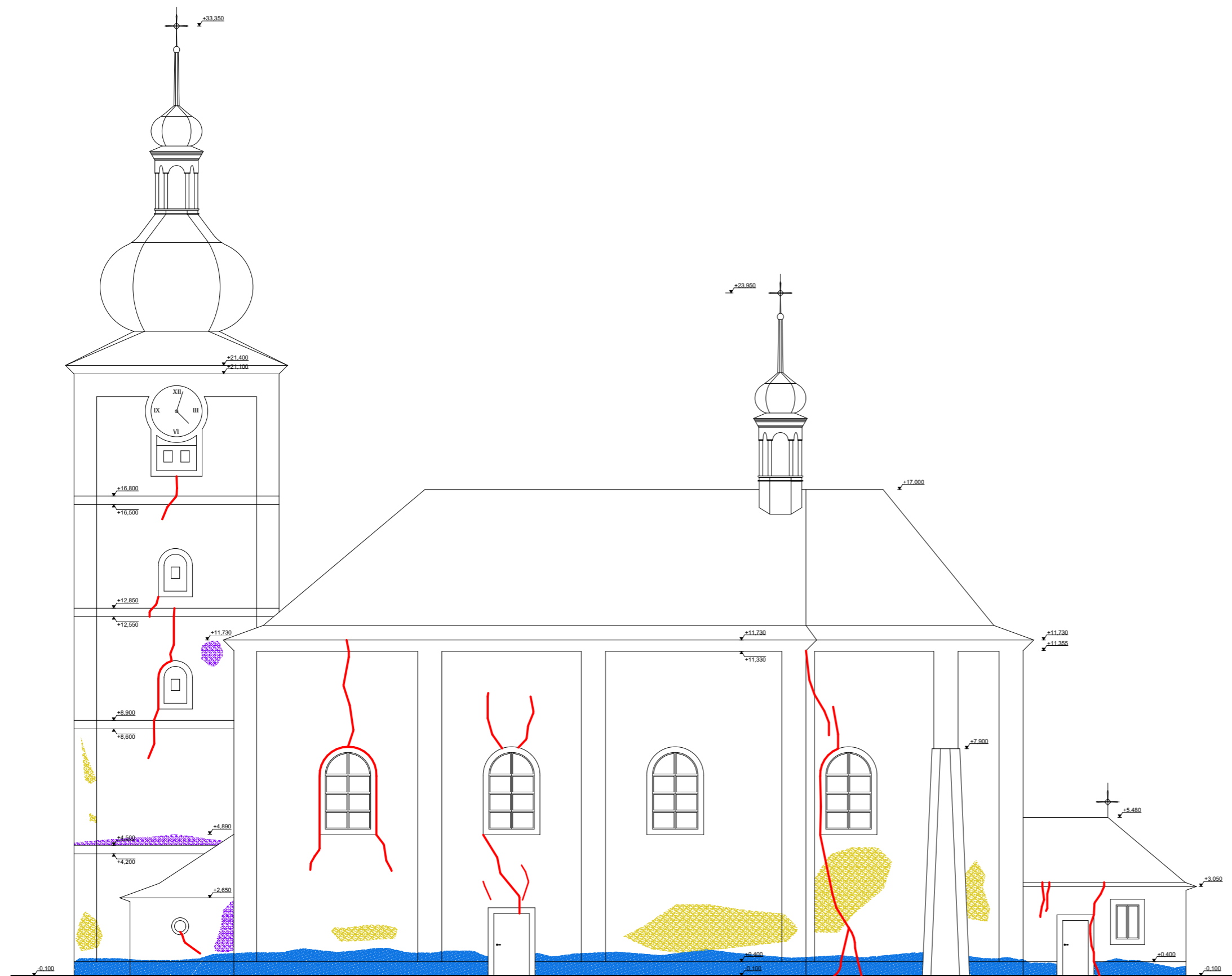


PROJEVY SRÁŽKOVÉ VODY

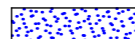







TRHLINY

Autorka	Vedoucí	Academický rok	Fakulta stavební
Hana Jarolímková	doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.	2019/2020	ČVUT
Předmět	Bakalářská práce		
Katedra	K124 - katedra konstrukcí pozemních staveb	Datum	29.3.2019
Výkres	Východní pohled - Zakreslení poruch	Měřítko	1:100
		Číslo výkresu	4.4 - 3



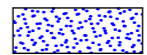
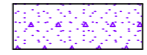



LEGENDA:


-  **PROJEVY VZLÍNAJÍCÍ VLHKOSTI**
-  **PROJEVY SRÁŽKOVÉ VODY**
-  **OPADANÁ OMÍTKA**
-  **BIODEGRADACE, MECHY**
-  **TRHLINY**

Autorka Hana Jarolímková	Vedoucí doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.	Akademický rok 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT 	
Předmět Bakalářská práce			Datum	29.3.2019
Katedra K124 - katedra konstrukcí pozemních staveb			Měřítko	1:150
Výkres Jižní pohled - Zakreslení poruch			Číslo výkresu	4.4 - 4



LEGENDA:

-  **PROJEVY VZLÍNAJÍCÍ VLHKOSTI**
-  **PROJEVY SRÁŽKOVÉ VODY**
-  **OPADANÁ OMÍTKA**
-  **BIODEGRADACE, MECHY**
-  **TRHLINY**

Autorka Hana Jarolímková	Vedoucí doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.	Akademický rok 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT 	
Předmět Bakalářská práce			Datum	29.3.2019
Katedra	K124 - katedra konstrukcí pozemních staveb		Měřítko	1:150
Výkres	Severní pohled - Zakreslení poruch		Číslo výkresu	4.4 - 5



5 Sanace poruch

Sanace, neboli opatření vedoucí k zamezení šíření problému, jsou ve zkoumaném objektu zapotřebí jak proti problémům vlhkostním, tak statickým. U statických poruch je možné sanovat jednotlivé poškozené prvky jako jsou klenby či svislé trhliny ve zdivu, ovšem primárně je potřeba zajistit místo jejich příčiny. U všech návrhů sanačních opatření je potřeba brát v potaz, že je objekt chráněnou památkou.

5.1 Sanace – vlhkostní poruchy

Jak bylo zjištěno v kapitole 4.1 a 4.2, objekt je namáhán především vztlínající vlhkostí z podzákladí. Aby došlo k přerušení vnikání vlhkosti do objektu, je potřeba oddělit konstrukci od zdroje vztlínající vody. Sanační metody se dělí na metody přímé a nepřímé. Dle ČSN P 73 0610 se dále metody přímé dělí na mechanické, chemické, elektrofyzikální, vzduchoizolační a metody nepřímé na sanační omítkové a drenážní. V ideálním případě je vhodné tyto metody navzájem kombinovat. [12] [14]

5.1.1 Výběr metody

S ohledem na fakt, že objekt spadá do národní památkové péče a velkou většinu vodorovných konstrukcí tvoří klenby, nebude možné použít mechanické přímé metody, kde dochází k vkládání hydroizolačních pásů či folií do stávajícího zdiva. Z hlediska statiky by mohlo dojít k závažnému narušení vodorovných klenbových konstrukcí. Častým řešením je proto metoda vzduchoizolační, kdy dochází k oddělení zdroje vztlínající vlhkosti od konstrukce pomocí vzduchových mezer, dutin či kanálků. Vzduchoizolační metody fungují na principu přirozeného či nuceného větrání. Opatření se aplikují jak ve směru svislém, tak i vodorovném a jsou účinné při vlhkosti zvýšené v rozsahu 4-7 %.

V případě zkoumaného objektu dochází na některých místech až k hranici velmi vysoké vlhkosti pohybující se kolem 10 %. Pro zvýšení účinnosti vzduchoizolační metody, bude navržena kombinace dutin svislých stěnových a vodorovných podlahových. Dojde tak k oddělení konstrukce jak ze strany základových pásů, tak i plošně pod podlahou objektu.



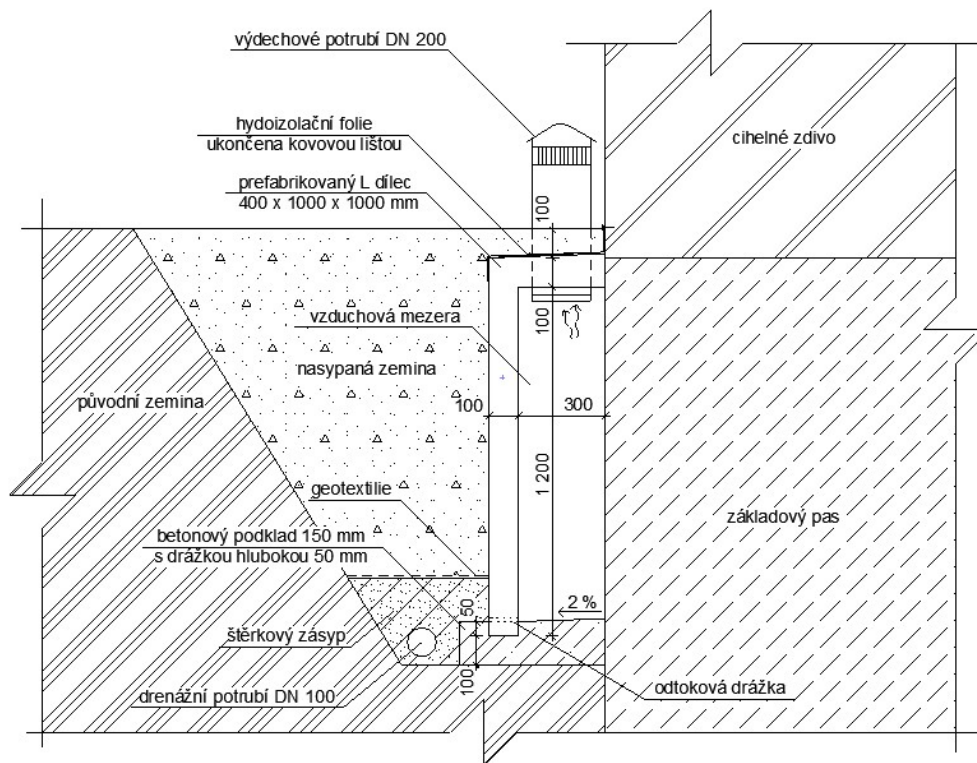
5.1.2 Metoda svislé vzduchové dutiny

Svislé vzduchové dutiny budou umístěny vně objektu pod úrovní terénu. Před provedením výkopů podél objektu, je potřeba ověřit kvalitu a soudržnost základové konstrukce, aby nedošlo k vytlačení materiálu a následné havárii konstrukce. Zároveň musí být provedeny sondy, na základě nichž se stanoví hloubka základové spáry. Dno dutiny musí být minimálně 500 mm nad základovou spárou, aby nebyla funkce a stabilita základové konstrukce narušena.

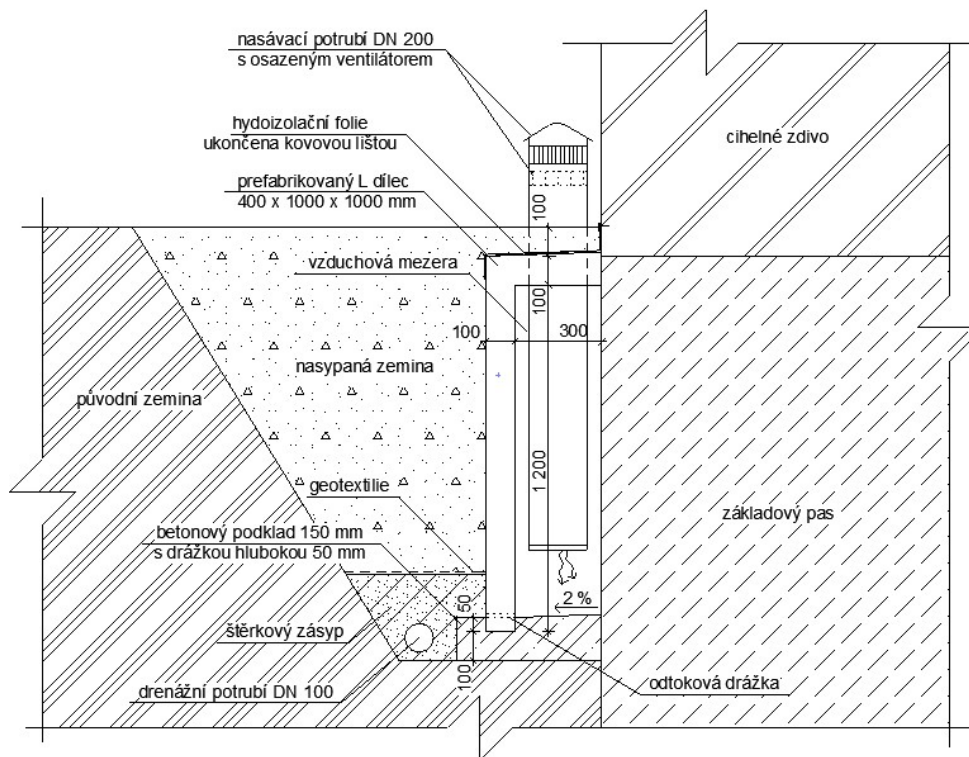
Stěna provětrávané dutiny bude tvořena pomocí prefabrikovaných železobetonových L dílců o rozměrech 400 x 1300 x 1000 mm, tl. stěny 100 mm. Horní hrana dílce bude vyspádovaná pod úhlem 2 % směrem od konstrukce a překryta hydroizolací. Hydroizolace bude plnit těsnící funkci mezi jednotlivými dílci a zároveň bránit vniku vody mezi dílcem a svislou konstrukcí, ke které je mechanicky přikotvena přes kovovou lištu. Prefabrikované dílce budou uloženy na betonovém základu tloušťky 150 mm s drážkou, jehož povrch v místě uložení bude hladký a čistý. Dno vzduchové dutiny bude vyspádováno k odvodňovacímu otvoru sloužícímu k odvedení nežádoucí vody pryč z dutiny. Pod úrovní dutiny bude odvodňovací drenáž DN 150, která bude svedena do stávající splaškové kanalizace.

Přívod vzduchu zajišťuje nasávací potrubí DN 200, na jehož konci je osazený ventilátor zajišťující nucené proudění vzduchu dutinou. Ventilátor musí být odolný vůči vlhkému prostředí a bude opatřen čidlem reagujícím na teplotu vzduchu. V letním období je vzduch suchý a teplý a ideálně plní funkci provětrávání a zamezování šíření vlhkosti. V zimě jsou však podmínky pro tuto metodu nepříznivé. Studený a vlhký vzduch by naopak mohl růst vlhkosti a kondenzace podporovat, a proto dojde díky teplotnímu čidlu k vypnutí ventilátoru a omezení proudění studeného a vlhkého vzduchu dutinou. Odvod vzduchu bude zajištěn výdechovým potrubím taktéž DN 200, které ovšem nebude osazeno ventilátorem a odvod bude probíhat přirozeně. Vzduch bude vyháněn díky potrubí nasávacímu. Funkčnost tohoto systému zajistí ideální rozvržení otvorů, které je zakresleno ve výkresu 5.1-1.

Před provedením tohoto sanačního opatření je potřeba odkryté zdivo očistit a vyškrábat spáry pro vytvoření co největší odpařovací plochy. Následně je vhodné nechat zdivo dostatečně vysušit. [8] [11] [12]



Obr. 66 - Svislá vzduchová dutina s výdechovým potrubím



Obr. 67 - Svislá vzduchová dutina s nasávacím potrubím

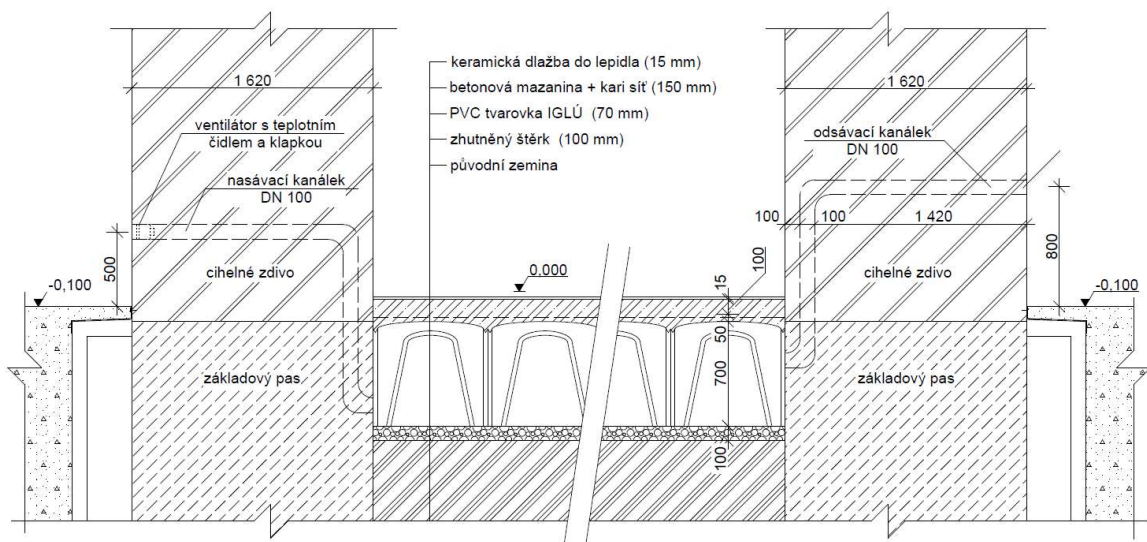


5.1.3 Metoda vodorovné vzduchové dutiny

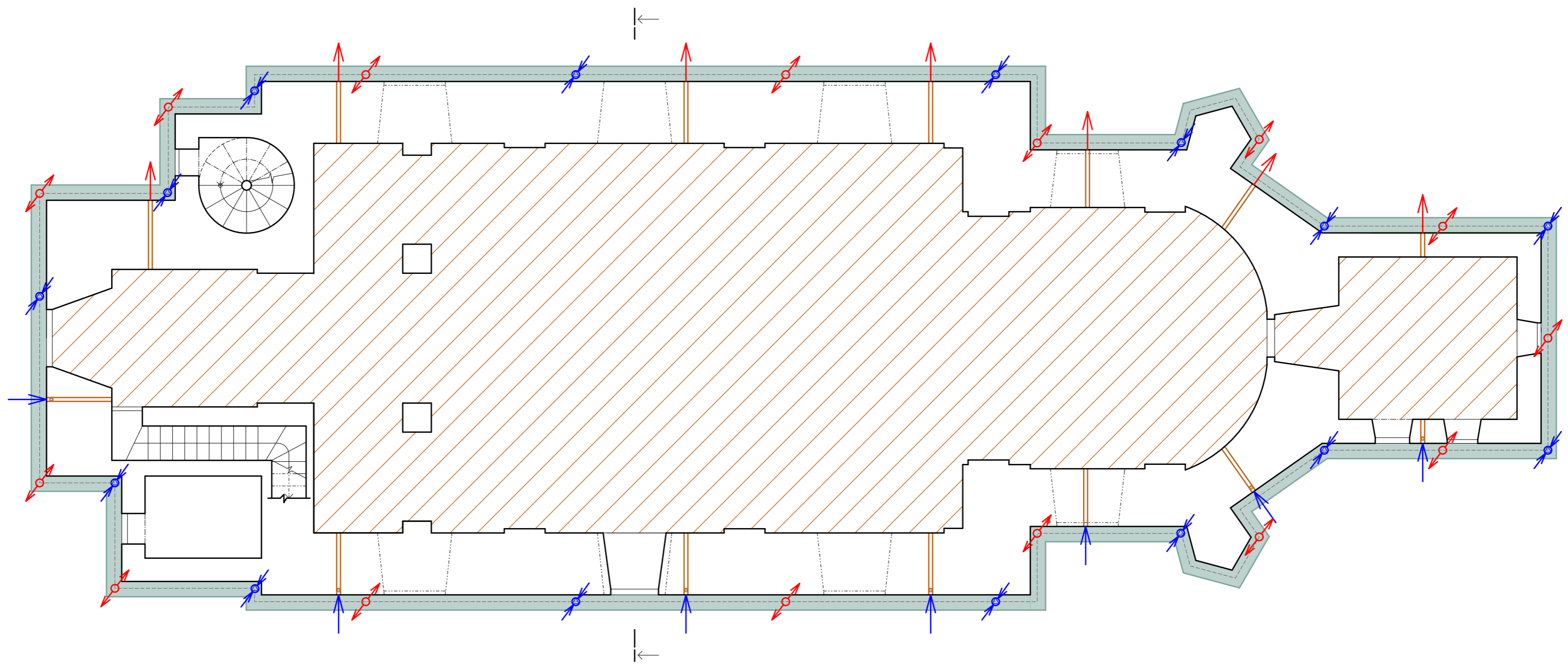
Vodorovné vzduchové dutiny, podlahové, budou provedeny po celé ploše kontaktního podlaží. Dojde zároveň k výměně stávající dlažby, která je na mnoha místech rozbitá či prošlápnutá. Nahrazena bude replikou. Vzduchová mezera nemůže být provedena pomocí zastropovací nosné konstrukce, neboť je v oblasti lodě příliš velké rozpětí. Z tohoto důvodu budou použity iglú plastové tvarovky od firmy GABEX výšky 70 mm.

Tvarovky se vyskládají po celé ploše a tvoří tak ztracené bednění, které se zalije betonem C 20/25 s výztužnou kari sítí a vytvoří tak samonosnou plochu. Nášlapná vrstva podlahy bude tvořená keramickou dlažbou do lepidla, celkové tloušťky 15 mm. Tvarovky klademe na ztuhlou vrstvu šterku o tloušťce 100 mm a do sebe je zacvakáme pomocí zámečků, aby se netvořila mezera mezi jednotlivými komponenty.








Odvětrání je zajištěno pomocí PVC kanálků (DN 200). Nasávací kanálky budou umístěny na jižní straně a osazeny ventilátory do vlhkého prostředí se zabudovaným čidlem na teplotu. Umístěny budou 500 mm nad terénem. Spouštění a vypínání ventilátorů bude pracovat na stejném principu jako u metody svislé. Navíc budou na konci kanálků osazeny uzavírací klapky, které budou taktéž reagovat na teplotu a při vypínání ventilátoru dojde k uzavření nasávacího kanálku. Výdechové kanálky budou na protilehlé severní straně ve výšce 800 mm. K odvodu dojde vytlačováním vzduchu pomocí nasávacího ventilátoru. [15]




Obr. 68 - Detail podlahové vzduchové mezery



LEGENDA:

-  OBLAST SVISLÉ VZDUCHOVÉ DUTINY
-  OBLAST VODOROVNÉ VZDUCHOVÉ DUTINY
-  NASÁVACÍ POTRUBÍ DN 200 S VENTILÁTOREM
-  ODSÁVACÍ POTRUBÍ DN 200
-  NASÁVACÍ KANÁLEK
-  ODSÁVACÍ KANÁLEK
-  VENTILÁTOR S TEPLTNÍM ČIDLEM

Autorka Hana Jarolímková	Vedoucí doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.	Akademický rok 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT 	
Předmět Bakalářská práce			Datum	18.4.2019
Katedra	K124 - katedra konstrukcí pozemních staveb		Měřítko	1:100
Výkres	Púdorys 1NP - Zakreslení sanace vlhkosti		Číslo výkresu	5.1 - 1



5.2 Sanace – statické poruchy

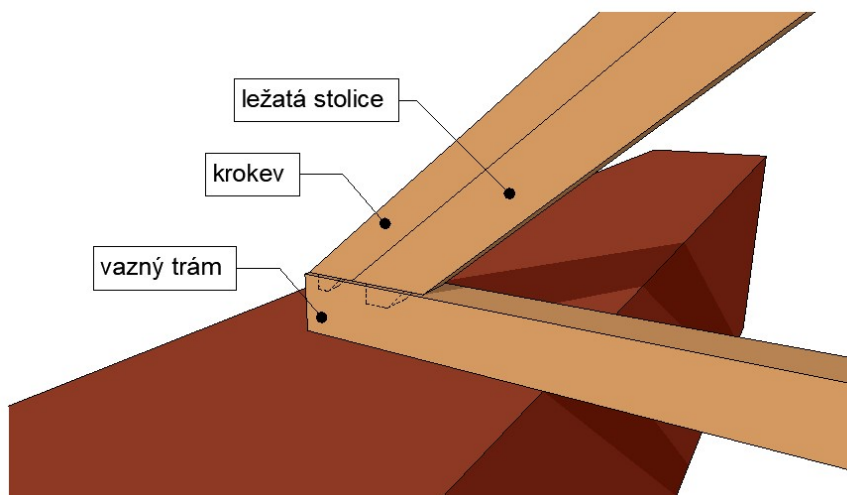
Jak bylo popsáno v kapitole 4.3, trhliny v objektu odpovídají podélnému rozevírání kostela na dvě poloviny. Dvě hlavní hypotézy poukázaly na možný problém v oblasti základové konstrukce vlivem sedání základů či změn v podloží okolí a problematiku nedostatečně zachycené vodorovné síly krovu vlivem degradace napojení prvků do vazného trámu. Z průběhu vyskytujících se statických poruch, kdy dochází k rozevírání a vzniku trhlin téměř symetricky je pravděpodobnější příčina výskytu vlivem nestability krovu.

5.2.1 Sanace krovu

V případě sanace krovu je nejprve potřeba provést podrobný průzkum, zjistit rozsah porušení a definovat vyskytující se dřevokazné houby či hmyz. Ve zkoumaném objektu je místo zhlaví zazděno. Lze tedy předpokládat, že z důvodu nedostatečného provzdušnění dochází ke kondenzaci a degradaci dřeva.

Dle metodiky ochrany dřeva vydané Státním ústavem památkové péče je před ochranou povrchu dřeva u národně chráněných památkách nutné:

- zjistit historický způsob ochrany povrchu
- posoudit stav původního povrchu, pokud je zachován
- posoudit stav dřeva a jeho povrch
- posoudit nutnost ochrany dřeva [16]



Obr. 69 – Předpokládané uložení krokve a ležaté stolice (autorka BP)



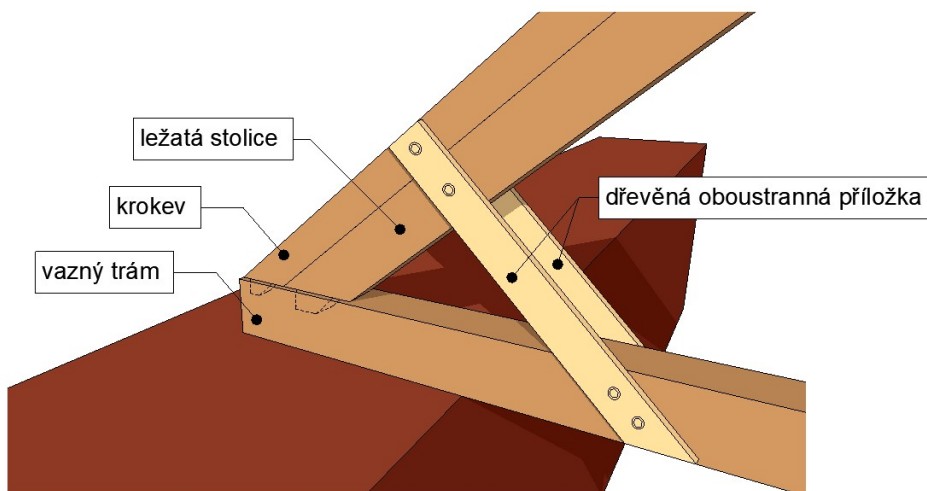
V první fázi provedeme kompletní odkrytí dřevěné konstrukce krovu, abychom mohli analyzovat míru porušení. V případě, že v některém místě zanalyzujeme zhlaví jako nepoškozené, i tak provedeme povrchovou chemickou úpravu. V blízkosti výskytu dřevokazných hub a hmyzu je pravděpodobnost jejich výskytu i v aktuálně zdravém dřevě vyšší, a proto je bezpečnější provést preventivní opatření. Chemická úprava se provádí impregnací, nástřikem, nátěrem, nebo injektážní směsí rozpustnou v organických sloučeninách. Výběr chemické úpravy musí být konzultován s národním památkovým ústavem a odpovídat podmínkám ekologické a hygienické nezávadnosti. [9] [16]

Dle rozsahu porušení navrhuji tři variantní řešení sanace zhlaví:

- **Varianta č. 1 – zjištěna nízká degradace**

První variantní řešení bude provedeno v případě, že bude zjištěna nízká degradace, kdy porušení nezasahuje příliš hluboko (cca 20 mm). Napadení je pouze lokální a jeho rozsah neovlivňuje statiku a tuhost daného prvku.

Provede se odstranění poškozené části až do hloubky zdravého dřeva. Následně dojde k chemickému ošetření místa poškozené části a jejího okolí. Chemická ochrana se provede ve 3-4 vrstvách. Vzhledem k možnosti narušení tesařského spoje krokví a ležatě stolice s vazným trámem, propojíme jednotlivé prvky dřevěnou příložkou, která zajistí lepší stabilitu a tuhost spoje. Rozmístění spojovacích závitových tyčí bude provedeno dle konkrétního návrhu statika. [9]



Obr. 70 – Zpevnění spojů dřevěnou oboustrannou příložkou (autorka BP)

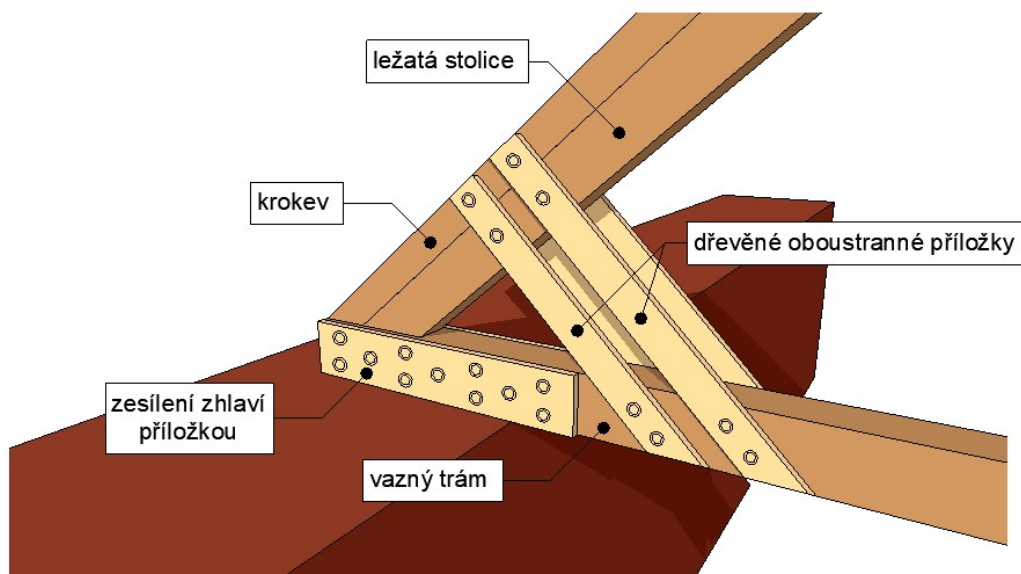


- **Varianta č. 2 – zjištěna střední degradace**

V případě zjištění narušení trámů do hloubky cca 50–60 mm, nastává významnější oslabení jednotlivých prvků i spojů mezi nimi. Ohrožena může být statická funkce a vzájemná tuhost i stabilita.

Nejprve odstraníme poškozené části dřeva až do hloubky zdravého dřeva. Následně provedeme chemickou ochranu pomocí nátěru či nástřiku, zkontrolovanou s mykologem. Z důvodu rozsáhlejšího poškození využijeme hloubkovou impregnaci dřeva chemickou tryskovou injektáží. Provedeme ji v několika řadách od oblasti zhlaví až po oblast, kde je již dřevo zdravé. Po očištění a ošetření poškozených částí, se provedou injektážní vrty. Do vrtů se osadí injektory, pomocí kterých se do dřeva pod tlakem vhání chemický injektážní přípravek. Díky tlakovému vhánění se přípravek dostane do větší hloubky dřeva a zlepší tak likvidační účinky. Konkrétní chemický prostředek a jeho procentuální ředění bude provedeno na základě konzultace s mykologem a národním památkovým ústavem. [17]

Z důvodu možného porušení stability a tuhosti se zhlaví ztuží dřevěnými příložkami jako v případě degradace nízké. Možné je i znásobení párů příložek pro větší tuhost. V případě zásahu hnilobou vazného trámu ve zhlaví, dojde po odstranění k oslabení průřezu, a proto je i tady možné profil zesílit příložkami.



Obr. 71 - Provedení zesílení příložkami (autorka BP)

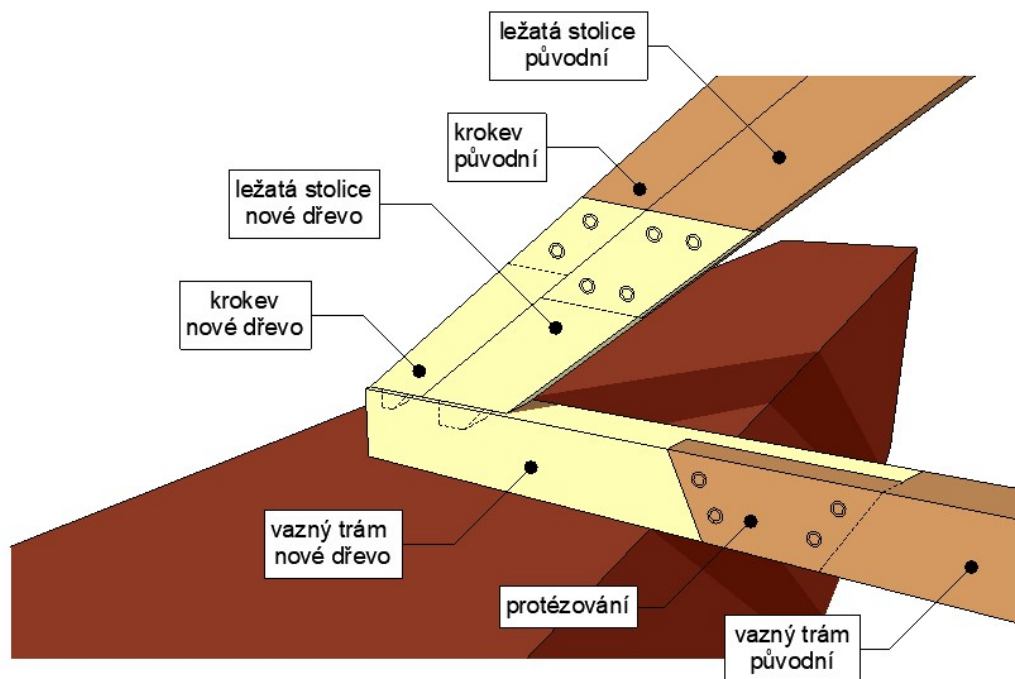


- **Varianta č. 3 – zjištěná vysoká degradace**

Poslední variantní řešení se věnuje rozsáhlé degradaci, která postihuje celou oblast zhlaví a značně ovlivňuje statiku konstrukce. Dochází ke kompletní destrukci tesařských spojů u napojení prvků a ztrátě stability i tuhosti celé konstrukce krovu.

V tomto případě je nejvhodnějším řešením poškozené prvky nahradit novými. Dojde k odstranění degradované části zvětšené přibližně o 300 mm zdravého dřeva, které by mohlo obsahovat zárodky hniloby a množit se po provedení sanace. Napojení nového zdravého dřeva bude pomocí protézování. Cílem protézy je obnovení původní tuhosti a pevnosti prvku. Materiál i tvar nového kusu bude odpovídat původnímu prvku. Protézování bude rovné s šikmou nabíhací hranou. Jednotlivé díly budou zajištěny svorníky a podpořeny lepidlem. Návrh délky spoje a rozvržení svorníků provede statik (Obr. 72 je pouze principiální).

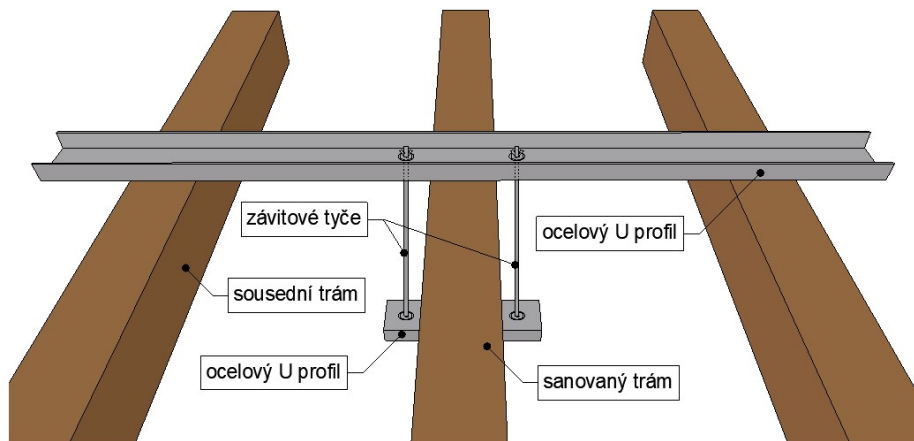
Dřevěné prvky, které se vyskytují v blízkosti vysoce degradovaných trámů je třeba ošetřit preventivní ochranou před napadením škůdci. Je tedy vhodné provést 3-4 nátěry či nástřiky chemickou směsí doporučenou mykologem. V případě, že se některé prvky dotýkají, musí být opatřeny hloubkovou chemickou injektáží. [8]



Obr. 72 – Výměna prvků protézováním (autorka BP)



Po dobu výměny je potřeba zajistit stabilitu konstrukce vedlejší pomocnou sestavou. Vzpěrný rám tvořený ležatou stolicí podepřeme v místě středové vaznice ocelovou výsuvnou stojnou, která převezme zatížení a pevná vazba tak bude působit dočasně jako stolice stojatá. Díky tomu bude možné provést výměnu trámu ležaté stolice i krokve. Pro výměnu vazného trámu využijeme sousední trámy, přes které příčně položíme pomocný ocelový U profil, na kterém bude na závitových tyčích zavěšen druhý ocelový U profil. Celý podpůrný ocelový systém je demontovatelný a lze tedy znovu použít u dalších vazných trámů.



Obr. 73 - Pomocná ocelová konstrukce pro sanování vazného trámu (autorka BP)

5.2.2 Sanace základů

Druhým důvodem výskytu statických poruch, by mohl být pokles konstrukce vlivem nerovnoměrného sedání základů, případně změn v podloží. V okolí kostela vyrostla obytná zástavba a komunikace II. třídy, při jejíž výstavbě mohlo dojít ke změnám či narušení původního geologického profilu a následnému poklesu konstrukce.

Jak již bylo popsáno v předchozích kapitolách, rozmístění trhlin a způsob rozevření objektu odpovídá spíše teorii ztráty stability krovu, která je v této práci považována za primární příčinu vzniku poruch. K případnému sanování základů bude přistoupeno pouze pokud podrobnější inženýrsko-geologické průzkumy odhalí problémy v podzákladí. Pak by se pravděpodobně použila metoda tryskové injektáže, jejíž výhodou je využití pro všechny druhy zeminy. Metoda se ovšem řadí mezi velice drahé, takže je potřeba dbát na pečlivý návrh rozmístění vrtů a na fakt, zda je sanování základů opravdu nutné.



6 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá stavebně technickým průzkumem, následnou analýzou poruch a návrhem sanačních metod pro vybrané prvky konstrukce kostela sv. Jiří v Radimi na Jičínsku. Kostel je prostou jednodílnou stavbou, která byla postavena na začátku 18. století v období baroka a v roce 1958 zapsána jako kulturní památka.

V úvodní části bakalářské práce byl vypracován stavebně technický průzkum, který popisuje a dokumentuje veškeré nosné i nenosné konstrukční části a prvky objektu. K objektu nebyla k dispozici projektová dokumentace, proto došlo v rámci práce k zaměření objektu a vypracování zjednodušené výkresové dokumentace obsahující výkresy půdorysů, pohledy a řez objektem. Umožněn byl vstup do veškerých částí kostela včetně konstrukce krovu. Jedinou nezmapovanou částí je konstrukce základů včetně informací o geologickém podloží. V blízkosti kostela nebyl proveden geologický vrt, a proto informace o podloží i základové konstrukci vycházejí pouze z hypotetických úvah.

Při stavebně technickém průzkumu byly zjištěny jak vlhkostní, tak statické poruchy. V interiéru kostela je zřejmé porušení vztlínající vlhkostí. Stanovení vlhkosti zdiva bylo provedeno kapacitní metodou, kterou se provedlo dne 16. 3. 2019 měření v 19 místech ve třech výškových úrovních. Dle klasifikace podle normy ČSN P 73 0610 došlo k vyhodnocení a zjištění, že výškový průběh v jednotlivých bodech je téměř konstantní a obvykle přesahuje hodnotu klasifikace „vysoká“. Toto měření bylo doplněno o metodu gravimetrickou, jejíž vyhodnocení bylo provedeno v laboratoři Fakulty stavební ČVUT. Metoda prvotní měření nepotvrdila. Vlhkost byla měřena dne 28. 3. 2019 ve čtyřech místech objektu a výsledná klasifikace v porovnání s metodou kapacitní vyšla vždy o stupeň nižší. Důvodem chybného měření bylo částečné vysušení vzorků při převozu a nedostatečné množství plně přiléhavého staviva z důvodu neumožněné dostatečné destrukce konstrukce. V exteriéru jsou znatelné poruchy hnanou srážkovou vodou v podobě vlhkostních map, řas a mechů.

V objektu jsou zjevné výrazné statické poruchy. V práci se vychází ze dvou hypotéz možnosti vzniku těchto poruch. Poruchy způsobené vlivem nedostatečné stability krovu či vlivem nerovnoměrného sedání základů případně změn v podloží objektu.



Z viditelných trhlin je znatelné rozevírání kostela v podélném směru na dvě části. Trhliny prochází svisle v celé výšce přední části věže, následně středem vodorovných konstrukcí před hlavní klenbu v lodi až po kopuli v presbytáři. Trhliny ústí od vrcholů lunet v hlavní lodi skrz okenní otvory až do oblasti soklu. Díky uspořádání statických trhlin se lze přiklánět k variantě nedostatečné stability a tuhosti konstrukce krovu, kdy vlivem nezachycené vodorovné síly dochází k rozevírání obvodových podélných stěn a následnému trhání vodorovných konstrukcí na dvě poloviny.

Poslední část bakalářské práce se zabývá sanačními opatřeními pro zásadní poruchy objektu. Řešen byl problém nadměrného vnikání vlhkosti do zdiva vlivem kapilárního vztlínání z podzákladí. Vzhledem k faktu, že je objekt památkově chráněn a je opatřen vodorovnými klenbami, nebylo vhodné použít nejúčinnější metody – mechanické. Z tohoto důvodu byla navržena metoda vzduchoizolační. Ve vodorovném směru došlo k vytvoření vzduchové mezery pomocí iglů tvarovek zalitých vyztuženým betonem. Zároveň tak proběhla náhrada nášlapných vrstev replikami. Ve směru svislém byla vytvořena vzduchová mezera prefabrikovanými L dílci, do nichž bude přiváděn a odváděn vzduch plastovým potrubím. V obou případech jsou přírodní potrubí opatřena ventilátory do vlhkého prostředí s tepelným čidlem, díky nimž dojde ke kvalitnímu nucenému provětrání v období léta a zamezení vniknutí nežádoucího vlhkého a studeného vzduchu v období zimy.

Ze statického hlediska se práce věnuje sanaci krovu, jehož vliv na poruchy je považován jako nejpravděpodobnější. Na první pohled konstrukce nejeví známky poškození a její vazba tvoří stabilní a tuhou konstrukci, ovšem problémem je celkové zazdění zhlaví, kde jsou uloženy krokve a trámy ležaté stolice do vazného trámu. V tomto místě je z důvodu nedostatečného provětrání vysoká pravděpodobnost kondenzace vodní páry a vniknutí nežádoucí vlhkosti do dřeva. Bakalářská práce se zabývá třemi variantními řešeními sanace na základě hloubky a míry narušení hnilobou. Od chemických úprav nátěrem a tlakovou injektáží, přes zesílení prvků příložkami, až po kompletní výměnu narušených částí. V případě zjištění geologickými sondami příčiny poruch v základové konstrukci, dojde k sanaci tryskovou injektáží. Tato varianta je však považována za méně pravděpodobnou.

Veškeré fotografie, schémata a vizualizace byli pořízeny či vytvořeny autorkou BP.



7 Literatura

- [1] Radim, Obec Radim, 2018. [Online].
Dostupné z: <http://www.obec-radim.cz/>.
- [2] Národní památkový ústav. [Online].
Dostupné z: <https://www.pamatkovykatalog.cz/>.
- [3] Nahlížení do katastru nemovitostí. [Online].
Dostupné z: <http://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/>.
- [4] Wikipedia, Obec Radim. [Online].
Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Radim_\(okres_Ji%C4%8D%C3%ADn\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Radim_(okres_Ji%C4%8D%C3%ADn)).
- [5] Multimediální mineralogicko-petrografický průvodce po území Čech. [Online].
Dostupné z: <http://pruvodce.geol.cechy.sci.muni.cz>.
- [6] On-line Geologická encyklopedie. [Online].
Dostupné z: <http://www.geology.cz>.
- [7] Geologické mapy. [Online].
Dostupné z: <https://mapy.geology.cz>.
- [8] WITZANY, Jiří, Richard WASSERBAUER, Tomáš ČEJKA, Klára KROFTOVÁ a Radek ZIGLER. *Obnova a rekonstrukce staveb: poruchy, degradace, sanace*. 2. přepracované vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-80-01-06360-6.
- [9] WITZANY, Jiří a Tomáš ČEJKA. *Historické dřevěné krovy*. Praha, 2018. Přednáška PS02. Fakulta stavební, ČVUT.
- [10] PAZDERKA, Jiří a Eva HÁJKOVÁ. Použití odporové metody ke stanovení vlhkosti zdiva historických budov. *Stavební obzor*. ČVUT Praha, 2014, (5-6).
- [11] BALÍK, Michael. *Odvhlčování staveb*. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2693-9.



- [12] ČSN P 73 0610, *Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva – Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [13] Příklady experimentálních postupů prováděných v chemické a mikrobiologické laboratoři. In: *Katedra konstrukcí pozemních staveb* Praha: Fakulta stavební ČVUT
Dostupné z: <https://kps.fsv.cvut.cz/>
- [14] Sanace vlhkosti, Národní památkový ústav. [Online].
Dostupné z: <http://previous.npu.cz/>.
- [15] Iglú provětrávané podlahy. [Online].
Dostupné z: <https://www.gabex.cz/>.
- [16] ŠEFCŮ, Ondřej, Jan VINAŘ a Marie PACÁKOVÁ. *Metodika ochrany dřeva*. Praha: Státní ústav památkové péče, 2000. Odborné a metodické publikace. ISBN 80-86234-14-2.
- [17] Sanace dřeva, chemická tlaková injektáž. [Online].
Dostupné z: <http://www.sanace-dreva.cz>.

8 Technické listy

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), sensorová trubka 35mm dlouhá, ø14 mm, celková délka včetně sensorové 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/>

VENTICELL®

Laboratorní sušárny s nucenou cirkulací vzduchu



NOVINKA



Řada VENTICELL® zaručuje díky patentovanému systému nucené cirkulace vzduchu homogenní rozložení teploty ve všech procesech sušení a ohřívání. Větší rychlost a přesnost všech postupů temperování zajišťuje ekonomičnost provozu. Vhodné zejména pro materiály s vysokou vlhkostí.

Vnitřní objem: 22, 55, 111, 222, 404, 707 litrů
(prokládací provedení mimo objem 22 l)
Teplotní rozsah: od 10 °C nad okolní teplotou do 250/300 °C
Vnitřní komora: nerezová ocel DIN 1.4301 (AISI 304)
Provedení do čistých prostor na dotaz

Eco line



- Intuitivní ovládání
- Mikroprocesorové řízení procesu Fuzzy logic
- Vícejazyčná komunikace
- Akustický a vizuální alarm
- LED kontrolka funkčnosti přístroje
- LCD displej 3 palce (7,6 cm)
- Transflektní brilantní FSTN displej, užívá technologii COG (je podsvícen a využívá odrazu vnějšího osvětlení – vyšší intenzita vnějšího světla zvyšuje čitelnost displeje)
- Nastavitelný kontrast displeje v závislosti na umístění přístroje
- Nadstandardně široký zorný úhel
- Velké, z dálky viditelné znaky na displeji
- Aktuální informace (např. teplota, relativní vlhkost na přístroji CLIMACELL®, tlak na přístroji VACUCELL®) jsou při běhu programu zvětšeny kvůli lepší čitelnosti
- Odolná, fóliová klávesnice užívající na dotek příjemný povrch SoftTouch
- Mechanická odezva tlačítek
- Podsvícené symboly integrované přímo do fóliové klávesnice
- Zámek klávesnice proti neoprávněnému přístupu – nastavitelným vícestiskem
- Programování reálného času a cyklování (rampy jako volitelné vybavení)
- 9 programů, 2 segmenty v každém programu, až 99 cyklů
- Konektor USB Host pro připojení flash disku a jednoduchý export dat (volitelné vybavení)

Evo line



- Intuitivní ovládání
- Mikroprocesorové řízení procesu Fuzzy logic
- Vícejazyčná komunikace
- Akustický a vizuální alarm
- LED kontrolka funkčnosti přístroje
- Barevný dotykový displej 5,7 palců (14,5 cm)
- Grafické znázornění nového programu
- Ovládání prostřednictvím barevných ikon
- Zámek dotykového displeje proti neoprávněnému přístupu heslem
- Několikaúrovňová správa uživatelů (odpovídá FDA 21 Part 11)
- Šifrování a nemanipulovatelnost dat (podle FDA 21 Part 11)
- Až 100 programů a až 100 segmentů pro každý program
- Programování teplotních ramp, reálného času a cyklování
- Roční záznam dat v grafické a numerické podobě
- Export dat v režimu online a offline
- Přednastavené servisní programy pro rychlou diagnostiku poruch
- Snadná servisní diagnostika včetně vzdáleného přístupu
- Paměťová SD karta, USB Host a rozhraní RS 232 standardně součástí
- Připojení WIFI, USB Device nebo rozhraní Ethernet s vlastní IP adresou pro vzdálený přenos dat, ovládání a diagnostiku (volitelné vybavení)

Technické údaje													
Vnitřní prostor	objem	l	22	55	55-2	111	111-2	222	222-2	404	404-2	707	707-2
	šířka	mm	240	400	400	540	540	540	540	540	540	940	940
	hloubka	mm	320	370	370	370	370	520	520	520	520	520	540
	výška	mm	300	350	350	530	530	760	760	760	1410	1410	1410
Vnější rozměry (včetně dveří a madla, nohou N nebo koleček K)	šířka	max. mm	406	620	620	760	760	760	760	760	760	1160	1160
	hloubka	max. mm	560	640	660	640	660	790	806	790	806	790	806
	výška	max. mm	610N	680N	680N	860N	860N	1095N	1110N	1910K	1910K	1910K	1910K
	průměr větracího hrdla vnější/vnitřní	mm	52/49	52/49	52/49	52/49	52/49	52/49	52/49	52/49	52/49	52/49	52/49
Obal - základní obal	šířka	cca mm	500	700	700	830	830	860	860	830	830	1230	1230
	hloubka	cca mm	720	730	730	730	730	860	860	860	860	860	860
	výška (včetně palety)	cca mm	810	875	875	1060	1060	1260	1260	2085	2085	2085	2085
Obal - bedna	šířka	cca mm	720	780	780	810	810	920	920	910	910	1335	1335
	hloubka	cca mm	780	800	800	910	910	960	960	970	970	1060	1060
	výška (včetně palety)	cca mm	835	900	900	1085	1085	1310	1310	2123	2123	2163	2163
Obal - latění	šířka	cca mm	-	780	780	900	900	900	900	910	910	1310	1310
	hloubka	cca mm	-	800	800	800	800	940	940	940	940	940	940
	výška (včetně palety)	cca mm	-	870	870	1090	1090	1270	1270	2120	2120	2120	2120
Síta/police	maximální počet	ks	4	4	4	7	7	10	10	19	19	19	19
	standardní vybavení	ks	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	minimální vzdálenost mezi síty/polícemi	mm	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
	užitná plocha	mm	185x265	380x335	380x335	520x335	520x335	520x485	520x485	520x485	520x485	920x485	920x485
Maximální přípustné zatížení sít *)	na 1 síto	kg	10	20	20	20	20	30	30	30	30	50	50
	na polici	kg	10	20	20	20	20	30	30	30	30	20	20
	celkem uvnitř přístroje	kg	25	50	50	50	50	70	70	100	100	130	130
Počet vnějších kovových dveří	ks	1	1	2	1	2	1	2	1	2	2	4	
Hmotnost	netto	cca kg	31	55	60	75	80	100	105	150	160	215	230
	brutto (základní obal)	cca kg	36	66	71	87	92	116	121	175	185	240	255
Elektrické údaje - síť 50/60 Hz	max. příkon	kW	0,96	1,3	1,9	1,9	2,5	1,9	3,7	3,7	5,5	4,9	7,3
	příkon v pohotovostním stavu [stand by]	W	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	proud pro napětí **)	A	4,2	5,6	8,3	8,3	10,6	8,3	5,6	5,6	8,3	7,8	15,6
		V	230	230	230	230	230	230	400/3NPE	400/3NPE	400/3NPE	400/3NPE	400/3NPE
	proud pro napětí **)	A	8,4	11,3	16,6	16,6	21,2	16,6	19	19	28	28	42
		V	115	115	115	115	115	115	115/3PE	115/3PE	115/3PE	115/3PE	115/3PE
Stupeň krytí			IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Teplotní údaje													
Pracovní teplota	od 10°C nad okolní teplotou	do °C	250/300	250/300	250/300	250/300	250/300	250/300	250/300	250/300	250/300	250/300	250/300
Odchylky od pracovní teploty při uzavření klapce a dveří (DIN 12 880 díl 2)	prostorově	% teploty	1,1	1	2	1	1	1	1,2	1,5	1,8	2,5	2,5
	časově	± °C	0,3	0,3	1,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,74
Doba náběhu na teplotu 250 °C při uzavření klapce a napětí 230 V		min	28	49	-	53	-	70	33	58	43	64	50
Počet výměn vzduchu při 250 °C		h-1	45	45	45	49	49	24	24	18	18	12	12
Teplotné ztráty	při 250 °C	W	420	590	590	760	760	990	990	1940	1940	2550	2550

Poznámka:

Všechny technické údaje se vztahují na 22 °C okolní teploty a ± 10 % kolísání napětí.

Standardní provedení je do 250 °C, volitelné provedení je do 300 °C.

*) Síta mohou být zaplněna do cca 50 % plochy, a to pokud možno tak, aby bylo umožněno rovnoměrné proudění vzduchu uvnitř prostoru komory.

**) Síťové napětí je uvedeno na typovém štítku přístroje.

Hodnoty se mohou lišit v závislosti na konkrétních parametrech vsázky a medii.

Změny konstrukce a provedení vyhrazeny.

BMT Medical Technology, s.r.o.,

Cejl 157/50, Zábřehovice, CZ 602 00 Brno

Tel.: +420 545 537 111,

fax: +420 545 211 750,

e-mail: mail@bmt.cz,

www.bmt.cz



MM Group

IGLÚ

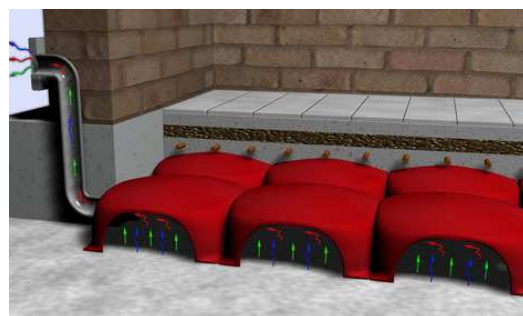
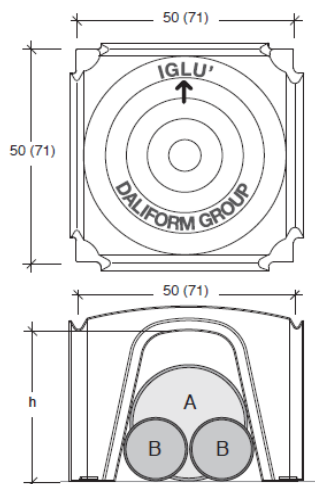
Izolace proti vlhkosti a radonu



POKLOPY
GABEX



detail zámků nožiček



Technický popis:

materiál: recyklovaný plast

nosnost tvarovky (před zalitím betonem): 150 kg

- Tvarovky IGLÚ slouží k jednoduché výstavbě celoplošné dutiny mezi zemí a podlahou uvnitř základové desky.
- Celoplošná dutina dokonale odděluje stavbu od podloží a vytváří meziprostor, v němž se vlhkost a případný radon z podloží spojí s proudícím vzduchem a jsou odváděny mimo objekt spojenými odvětracími komínky.

Využití:

- odvedení vlhkosti
- odvedení radonu
- meziprostor proti prorůstání kořenů
- domovní vsakovací systém

výška tvarovky V	čistý půdorys tvarovky cm	výška pod obloukem V1 cm	max. průměr trubky A1 cm	max. průměr trubek B2 cm	spotřeba betonu do výšky H m ³ /m ²	hmotnost tvarovky ks/kg
4 cm	50 x 50	3	3	3	0,004	0,77
8 cm	50 x 50	4,5	4,5	4,5	0,012	1,24
12 cm	50 x 50	8	8	8	0,016	1,25
16 cm	50 x 50	11	11	9,5	0,034	1,30
20 cm	50 x 50	13	13	10	0,035	1,45
27 cm	50 x 50	21	21	16	0,040	1,65
35 cm	50 x 50	29	25,5	14,5	0,056	1,85
40 cm	50 x 50	34	27,5	15	0,060	2,00
45 cm	50 x 50	39	27	14,5	0,065	2,10
50 cm	50 x 50	43	26,5	14	0,067	2,15
55 cm	50 x 50	44	25,5	13,5	0,090	2,40
65 cm	71 x 71	60,7	45	25	0,112	4,60
70 cm	71 x 71	65,7	45	25	0,114	4,76
75 cm	71 x 71	70,7	45	25	0,117	4,87
80 cm	71 x 71	75,7	45	25	0,118	5,35

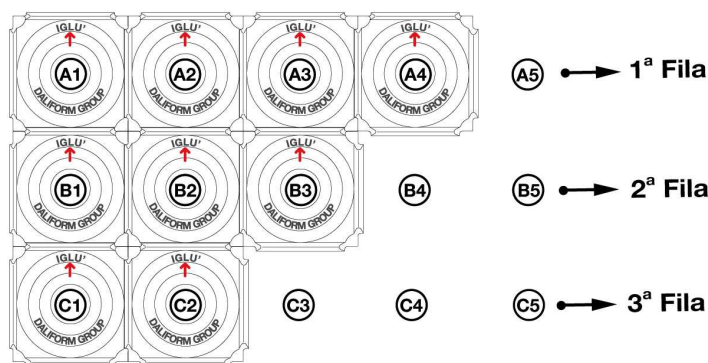
Postup práce:

1. Příprava podkladu v místě pokládky

- na urovnanou zeminu nejdříve navezeme štěrk, který se zhutní na výšku přibližně 10 cm (dle výsledného zatížení podlahy)
- příprava vyvedení odvětracích komínků z dutiny

2. Pokládka elementů IGLÚ

- tvarovky klademe jednotlivě za sebou tak, aby do sebe zapadaly jednotlivé zámky a nevznikaly tak mezery
- potřebné zařezávání tvarovek provedeme pomocí elektrického nářadí



3. Pokládka kari sítě

- po dokončení pokládky všech elementů rozložíme na vrch kari síť
- takto připravený podklad můžeme zalít betonem

4. Zalít elementů betonem a vylít desky nad elementy

Výška betonové desky nad nejvyšším místem tvarovky odpovídá charakteru zatížení hotové podlahy. Objem betonu potřebného na zalití podpurných nožiček rozložených tvarovek a další technické parametry naleznete v příložené tabulce:

* Některé další podmínky, které je nutno dodržet :

- Eventuální prováděná kontrakční spára v nosné betonové desce musí být provedena v místě s nejtenčí betonovou vrstvou tzn. nad obloukem
- Statické parametry podlahy platí až po 28 dnech zrání betonu, případě změn údajů nosnosti je třeba statickou část projektu přepočítat