VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

ANALÝZA KONSTRUKČNÍCH, STATICKÝCH A PROPORČNÍCH KRITÉRIÍ ROMÁNSKÝCH A PŘEDROMÁNSKÝCH ROTUND

ANALYSIS OF STRUCTURAL AND PROPORTIONAL CRITERIA OF ROMANESQUE AND PRE-ROMANESQUE ROTUNDAS

DISERTAČNÍ PRÁCE
Ph.D. THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR
Ing. Pavel Kříž

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR
doc. Ing. Milan Vlček, CSc.

Brno 2016

Abstrakt v českém jazyce

Disertační práce svým tématem navazuje na předchozí disertace v oboru rekonstrukcí historických staveb, které byly na Ústavu pozemního stavitelství Stavební fakulty VUT v Brně, vypracovány a obhájeny. Objekty, kterými se práce zabývá, jsou předrománské a románské okrouhlé kostely, nazývané rotundy, které vznikaly od 9. do 13. století. Tyto, svým tvarem specifické kostely, se vyskytují zejména na historickém území Velké Moravy a v omezené míře i v okolních zemích. Dobou svého vzniku se řadí k nejstarším zděným stavbám, které na našem území vznikaly a některé rotundy jsou nejstarší dochované zděné stavby na území ČR. Z tohoto pohledu jsou to tedy jedny z nejcennějších stavebních památek u nás. Část těchto staveb v průběhu historie zanikla a jsou známy pouze z archeologických nálezů nebo z písemných záznamů. Některé také ještě čekají na objevení. Existující objekty prošly v mnoha případech různými stavebními úpravami. Z důvodu stáří jsou počátky historie těchto objektů zahaleny mnoha tajemstvími a to je jeden z důvodů, proč na sebe dlouhá léta přitahují pozornost mnoha badatelů zejména z oboru archeologie, historie a historie umění. Při bádání odborníků z těchto oborů vzniká celá řada otázek, které mají interdisciplinární charakter a pro jejich odvození je potřeba spolupráce řady odborníků z různých oborů a jedním z těchto oborů je i stavitelství.

Disertační práce se zabývá analýzou proporčních, konstrukčních a statických souvislostí výstavby předrománských a románských rotund. Výsledky této disertační práce jsou zejména závěry proporční analýzy, ve které autor ověřil některé hypotézy uvažované odbornou veřejností v souvislosti s problematikou románských rotund. Jedná se zejména o ověření hypotézy o používání historických jednotek při navrhování rotund, dále o hypotézy uvažující nějaký proporční kánon, případně používání nějakých univerzálních poměrových proporčních pravidel pro navrhování půdorysných i vertikálních rozměrů. Proporční analýza také ověřila některé hypotézy o způsobu vytyčování těchto staveb.

Druhá část práce, zabývající se konstrukční analýzou upřesňuje některé hypotézy o způsobu výstavby při výstavbě objektů předrománských a románských rotund. Zabývá se také možnými stavebními postupy, které při výstavbě byly nebo mohly být použity. Jedná se zejména o způsob vyzdívání svislých konstrukcí, provádění kleneb a pomocných konstrukcí.

Výsledky statické analýzy upřesňují způsob založení sledovaných objektů s tím spojené otázky s možným zastropením některých objektů kopulí a s celkovým vzhledem staveb. Hlavním cílem je zodpovědět některé otázky

týkající se konstrukcí zejména zaniklých staveb, které vznikají v souvislosti s jejich hypotetickými rekonstrukcemi, jako je způsob zastropení, výška stavby a podobně.

Právě s archeologickými nálezy pozůstatků rotund úzce souvisí potřeba hypotetických rekonstrukcí těchto staveb. Prvotní rekonstrukce možného vzhledu vycházely spíše z analogií a do značné míry i fantazie autorů, daly impulz k mnoha disputacím nad možnými původním stavebním záměrem stavitele. Jedná se zejména o Cibulkovu hypotetickou rekonstrukci rotundy sv. Víta na pražském hradě, která je od roku 1933 asi nejdiskutovanější a nejcitovanější prací na toto téma. Od té doby bylo shromážděno mnoho nových informací, proběhlo mnoho archeologických výzkumů a zodpovězeno mnoho otázek, které do oblasti hypotetických rekonstrukcí přinesly nové pohledy, závěry a hypotézy, ale také další otázky.

Nelze říci, že by oblast hypotetických rekonstrukcí byla ze strany odborníků z oboru stavitelství přehlížena, ale pozornost věnovaná tomuto tématu byla buďto velmi obecná nebo se týkala pouze konkrétního objektu. Tato disertace přináší na problematiku hypotetických rekonstrukcí předrománských a románských rotund komplexní pohled stavebního inženýra.

Závěry práce by měly pomoci zejména odborníkům z jiných oborů k tomu, aby pro potřebu hypotetických rekonstrukcí dostali do rukou nové informace a odpovědi na otázky spojené se stavební problematikou.

Abstract in English

Topic of this dissertation thesis follows previous dissertations dealing with reconstructions of historical buildings that were successfully defended at Institute of Building Structures, Faculty of Civil Engineering, Brno University of Technology. The thesis deals with Romanesque and Pre-Romanesque round churches, called rotundas, that were built between 9th and 13th century in the historical territory of Great Moravia. Churches of similar shape can be also found in surrounding countries, but only scarcely. By the time of origin these rotundas were among the oldest masonry buildings built within borders of contemporary Czech Republic. Later some rotundas were destroyed and are known only thanks to the archaeological findings or written records. Some are still waiting to be discovered. Surviving rotundas are the oldest masonry buildings in Czech Republic, therefore it can be said that they belong to the most valuable historical buildings in the country. Preserved rotundas were often modified or rebuild in some way. Thanks to their age, origins of many of these buildings are shrouded in a mystery, which is one of the reasons why they attract attention of many researchers – archaeologists, historians and art historians. Many questions arise from their research. These questions have interdisciplinary character and finding the answers requires cooperation of specialists in different fields. One of these fields is building engineering.

This dissertation thesis deals with proportional and structural analysis of Pre-Romanesque and Romanesque rotundas. For the proportional analysis author focused on verifying of some of the hypotheses of other researchers connected to the Romanesque rotundas. These include hypothesis dealing with use of historical units for the design of rotundas, hypothetical use of proportional canon, or some universal sets of proportional ratios of vertical and horizontal dimensions. The proportional analysis also helped with verification of some hypotheses dealing with surveying of the rotundas.

Second part of the thesis focuses on structural analysis and strives to clarify some hypotheses describing the construction process used in Pre-Romanesque and Romanesque rotundas. It also deals with construction processes that could have been used. In particular: walling of vertical structures, construction of vaults and auxiliary structures.

Results of the structural analysis specify the type of foundation structure of monitored buildings and related hypotheses of use of a dome as roof structure and the overall appearance of the buildings. Main goal of the analysis is to answer the questions related to the structures (especially in case of defunct

buildings), which arise in connection with their hypothetical reconstructions – already mentioned types of roof structures, height of the buildings, etc.

The need for hypothetical reconstructions of rotundas is closely related to archaeological finds. First reconstructions of the possible appearance relied on analogies and to a large extend also on the fantasy of the authors. These gave impulse for many disputations about the original intentions of the builders. In particular Cibulka's hypothetical reconstruction of St. Wenceslaus's rotunda at Prague Castle, which is since 1933 probably the most cited work on this topic. Since then many new information were gathered. There were many archaeological excavations. Many questions were answered, bringing new insights, conclusions and hypothesis to the field of hypothetical reconstructions. But new questions have risen as well.

It cannot be said that building engineers overlooked the topic of hypothetical reconstructions, but they paid attention to it only generally or conversely focused only on individual buildings. This dissertation brings the reader a complex overview of the topic of hypothetical reconstructions of Pre-Romanesque and Romanesque rotundas from building engineer's point of view.

Conclusions of this thesis should bring, especially to the specialists from other fields dealing with hypothetical reconstructions of Pre-Romanesque and Romanesque rotundas, new information and answers to the questions related to the construction of these buildings.

Klíčová slova
Románská architektura, předrománská architektura, velkomoravská architektura, rotunda, proporční analýza, konstrukční analýza, statická analýza, hypotetická rekonstrukce, historická délková míra, vzájemné poměry vnitřních rozměrů.

Keywords
Romanesque architecture, Pre-Romanesque architecture, Great Moravian architecture, rotunda, proportional analysis, structural analysis, hypothetical reconstruction, historical unit of length, mutual ratios between interior dimensions.

Bibliografická citace VŠKP

KŘÍŽ, Pavel. *Analýza konstrukčních, statických a proporčních kritérií románských a předrománských rotund: disertační práce.* Brno, 2015, 164 s., 60 s. příl. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav pozemního stavitelství. Vedoucí disertační práce doc. Ing. Milan Vlček, CSc.

Prohlášení:
Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne ……..

……

Ing. Pavel Kříž

Poděkování

Za příkladné metodické vedení mého studia, cenné konzultace a neocenitelnou pomoc během celého mého studia děkuji mému školiteli doc. Ing. Milanu Vlčkovi, CSc. z Ústavu pozemního stavitelství, Fakulty stavební, Vysokého učení Technického v Brně.

Děkuji prof. PhDr. Josefu Ungerovi, CSc. z Ústavu antropologie, Přírodovědecké fakulty, Masarykovy univerzity v Brně, za cenné konzultace a poskytnuté informace.

Za poskytnutí podkladů z archeologických výzkumů a cenné rady děkuji Mgr. Petru Vachůtovi, vedoucímu oddělení archeologie Muzea města Brna.

Konzervátorce Aleně Komendové z Jihomoravského muzea ve Znojmě za poskytnutí informací, potřebných podkladů a vstřícnost při průzkumu znojemské rotundy.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat mé ženě, za neobyčejnou trpělivost a toleranci, kterou projevila během mého studia i při zpracování této disertační práce.

Obsah:

1 Úvod ... 12
2 Současný stav řešené problematiky ... 15
2.1 Proporční analýza ... 15
2.2 Konstrukční analýza ... 29
2.3 Statická analýza ... 36
3 Cíle disertační práce ... 42
4 Metody disertační práce ... 44
5 Výsledky disertační práce ... 46
5.1 Základní přehled ... 46
5.1.1 Podklady pro výzkum předrománských a románských rotund ... 49
5.1.2 Základní typologie předrománských a románských rotund ... 56
5.2 Proporční analýza ... 59
5.2.1 Hlavní principy proporční analýzy ... 59
5.2.2 Podklady pro proporční analýzu ... 60
5.2.3 Proporční analýza ... 64
5.3 Konstrukční analýza ... 103
5.3.1 Základové konstrukce ... 104
5.3.2 Nadzemní konstrukce ... 109
5.3.3 Zastropení ... 121
5.3.4 Zastřešení ... 133
5.3.5 Podlahy ... 134
5.4 Statická analýza ... 136
5.4.1 Analýza zatížení základové spáry ... 136
5.4.2 Statická analýza kopule ... 141
5.5 Dílčí závěry statické analýzy ... 145
6 Závěr ... 146
6.1 Proporční analýza ... 146
6.2 Konstrukční analýza ... 147
6.3 Statická analýza ... 148

6.4 Možnosti dalšího směřování výzkumu 148
7 Seznam použitých zdrojů 150
7.1 Použitá literatura 150
8 Seznam obrázků, tabulek a použitého značení 156
8.1 Seznam obrázků 156
8.2 Seznam tabulek 162
8.3 Seznam použitých zkratek a symbolů 163
8.4 Fotodokumentace a grafické podklady 164
9 Příloha: PODROBNÉ VÝSLEDKY ANALÝZY 2
9.1 Úvod 2
9.2 Podrobné výsledky analýzy 4
9.2.1 Mikulčice Valy, dvouapsidová rotunda, objekt č. 1 5
9.2.2 Ducové, rotunda, objekt č. 3 7
9.2.3 Staré Město u Uh. Hradiště, kostel sv. Michala, objekt č. 5 9
9.2.4 Budeč, kostel sv. Petra a Pavla, objekt č. 6 11
9.2.5 Starý Plzenec, kostel sv. Petra a Pavla, objekt č. 9 13
9.2.6 Brno, Staré Brno, kostel P. Marie, objekt č. 10 15
9.2.7 Znojmo, kostel Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny, objekt č. 11 17
9.2.8 Lipsko, Knautnaundorf, S. Andreas, objekt č. 12 19
9.2.9 Levý Hradec, kostel sv. Klimenta, objekt č. 13 21
9.2.10 Praha, Vyšehrad, kostel sv. Martina, objekt č. 15 22
9.2.11 Říp, kostel sv. Jiří, objekt č. 16 24
9.2.12 Týnec nad Sázavou, kostel sv. Václava, objekt č. 17 26
9.2.13 Těšín, sv. Mikolaj, objekt č. 18 28
9.2.14 Dobřichovice – Karlík, kostel sv. Martina, objekt č. 19 30
9.2.15 Kostelec u Křížků, kostel sv. Martina, objekt č. 21 32
9.2.16 Praha, kostel sv. Longina, objekt č. 22 34
9.2.17 Praha, kostel sv. Kříže Menšího, objekt č. 23 36
9.2.18 Přední Kopanina, kostel sv. Máří Magdaleny, objekt č. 24 38

9.2.19 Pustiměř, kostel sv. Pantaleona, objekt č. 25 40
9.2.20 Česká Třebová, kostel sv. Kateřiny, objekt č. 27 42
9.2.21 Holubice, kostel Narození Panny Marie, objekt č. 28..... 44
9.2.22 Libouň, kostel sv. Václava, objekt č. 29 46
9.2.23 Lukov, kostel sv. Jiří, objekt č. 30..... 48
9.2.24 Plaveč, kostel Nanebevzetí P. Marie, objekt č. 31 50
9.2.25 Pravonín, kostel sv. Jana Křtitele, objekt č. 32 52
9.2.26 Šebkovice, kostel sv. Máří Magdaleny, objekt č. 33..... 54
9.2.27 Štěpkov, kostel sv. Václava, Objekt č. 34 56
9.2.28 Zborovy, kostel sv. Jana Křtitele, objekt č. 35 58
9.2.29 Želkovice, kostel sv. Petra a Pavla, objekt č. 36 60

1 ÚVOD

Architektura, jako jedna z nejpozoruhodnějších lidských činností, v sobě odráží myšlenky, stav i potřeby společnosti. Stavitelské umění plní požadavky nejen provozní a užitkové, ale také estetické a filozofické. Stavby, kromě toho, že plní svou užitkovou úlohu, vyvolávají i určitý dojem, představy a emoce. Dodnes žasneme nad ohromující majestátností a magickým vzhledem staveb jako jsou Stonehenge, Hagia Sofia či Pantheon. Tyto stavby v sobě nesou svědectví o společnosti, idejích, umění, technologiích a bohatství doby, ve které vznikaly. Zkoumání historických staveb, nalézání a dokumentování mnohdy již dávno zapomenutých technologických postupů a technických řešení, umožňuje zkvalitnění péče o stavební památky. Znalost a užití původních postupů umožní dosažení větší autenticity při obnově a údržbě těchto objektů. Odhalení některých nejasností při vzniku našich románských staveb si klade za cíl i tato práce, která se zabývá křesťanskými sakrálními stavbami, které na našem území vznikaly v období od 9. do 13. století. V dějinách architektury se v tomto období, kromě románské architektury, můžeme setkat i s pojmy karolínská a otonská architektura, které se používají pro stavební tvorbu zejména mimo naše území. Období karolínské architektury nese své jméno po císaři Karlu Velikém (742–814), který když převzal po svém otci trůn, dosáhl mnohými výboji největšího územního rozmachu Franské říše. Jeho dvůr se stal významným střediskem vzdělanosti a kultury, v té době srovnatelné pouze s Byzancí. Po pádu Římské říše nastal na západě postupný úpadek vzdělanosti a kultury. Vzdělání se dostávalo pouze kněžím a mnichům, kteří znalost písma potřebovali ke čtení církevních spisů a bible pro potřeby výkladu věřícím. Z popudu Karla Velikého došlo k zakládání škol při klášterech a biskupstvích, při kterých také vznikaly písařské dílny, které produkovaly opisy biblických textů i antických rukopisů. Aby se kněžím dostalo dobrého vzdělání, povolal významné učence ze Španělska, Itálie a Anglie. Logickým důsledkem rozkvětu Francké říše je i výrazný rozkvět stavební tvorby, která dala základ vzniku pozdějšímu románskému stavitelství. Toto období, také označováno jako karolínská renesance, je položeno do časového úseku od počátku 8. století až do 1. poloviny 9. století.

Otonská renesance je poslední fází nebo pokračováním renesance karolínské a časově je vymezena od druhé poloviny 10. století po jeho konec. Centrem otonské renesance je Německo, respektive východní Francie [1].

Počátky křesťanství na našem historickém území jsou z důvodu nedostatků písemných zpráv značně nejasné. Historici se při zkoumání této problematiky opírají o analogické informace z okolních slovanských zemí. Obecně se shodují, že průnik křesťanství na území Moravy probíhal na přelomu 8. a 9. století, kdy na toto území začaly pronikat první křesťanské misie. Původ misijní činnosti na Moravě je z bavorského Pasova, který byl pod vlivem Východofranské říše. Na Moravě také působil klér původu italského a dalmatského [2].

Aby se kníže Rastislav, který vládl Velké Moravě v letech 847–870, vymanil z vlivu Východofranské říše nejen politicky, ale i církevně, vyslal kolem roku 860 poselstvo k papeži Mikuláši I. Žádal ho o učitele, který by zajistil vzdělání dostatečnému počtu domácích kněží. Rastislav však u Mikuláše I. nepochodil. Obrátil se proto na byzantského císaře Michala III., který na Moravu poslal misii dvou soluňských bratří, Konstantina a Metoděje. Misie do moravských zemí dorazila na jaře roku 863. Jejich působení přineslo mnoho změn, mezi nimiž bylo zavedení staroslovanského písma – hlaholice, překlad nového zákona do staroslověnštiny, ve které se začaly sloužit i mše. Jejich působení zahrnovalo i sepsání a přijetí nového civilního zákoníku, který mimo jiné zakazoval i sloužení pohanských bohoslužeb. Když bylo vzděláno dostatečné množství kněží, vydali se bratři do Říma, kde byla v roce 868 slavnostně povolena staroslověnština jako bohoslužebný jazyk. [3]

Dle Kristiánovy legendy přijal kníže Bořivoj křest od arcibiskupa Metoděje při návštěvě svého pána Svatopluka na Moravě. Datování této události je problematické, ale většinou se uvádí rok 883. Následně nechal v roce 884 ve svém sídle Levém Hradci vystavět rotundu zasvěcenou svatému Klimentovi. Přes to, že již v roce 845 bylo v bavorském Řezně pokřtěno 14 českých knížat, je za počátek křesťanství v Čechách považován až křest Bořivojův, po němž začalo v těchto zemích pozvolné šíření křesťanství.

Šíření křesťanství v našem prostoru tedy nebylo spontánním aktem víry obyvatel jako v antice, ale hlavně politickým rozhodnutím, jímž se řešily jak vnitrostátní, tak zahraničně politické problémy. Prostřednictvím byzantských i iroskotských misií se tak společně s křesťanstvím do našeho prostoru dostává i nový myšlenkový směr, který se projevuje i v architektuře.

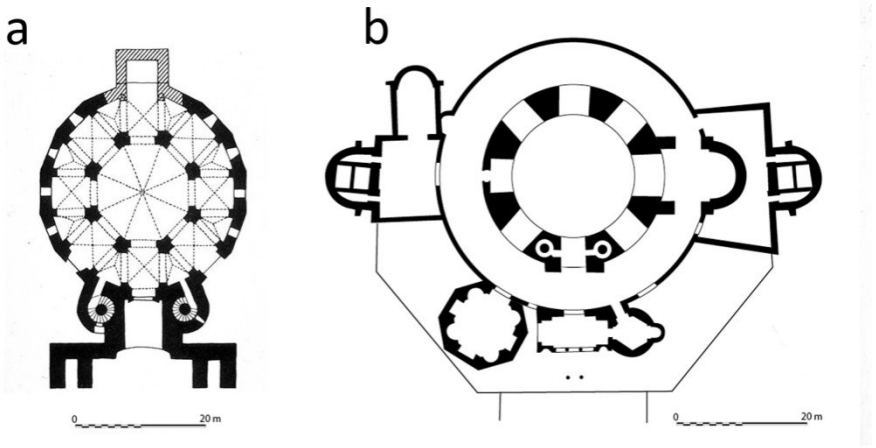
Raně středověké Čechy a Morava byly částečně pokryty hlubokými neprostupnými lesy, plnými močálů, zvěře a ptactva. Člověk sváděl každodenní boj o potravu. S vysokým úsilím získávali zemědělci ornou půdu a bojovníci ji hájili před nepřáteli. Teprve až ve 12. století se zemědělcům povedlo vyrvat divoké přírodě dostatek půdy, aby zajistili potřebné množství potravin pro dynamičtější vývoj lidské společnosti. [4] Populace na našem historickém území je v 9. století odhadována na půl milionu obyvatel a sídla nejobvyklejší velikosti měla méně jak 300 obyvatel [5]. V tomto kontextu je třeba nahlížet na význam těchto sakrálních staveb, které se z dnešního pohledu mohou jevit jako zanedbatelné, zvláště pokud je srovnáme se sakrálním stavbami, které vznikaly ve stejném období ve vyspělejších částech Evropy.

Stavební tvorba v tomto období je tvořena architekturou profánní a církevní. Profánní architekturu můžeme rozdělit na stavby fortifikační a na stavby pro bydlení, případně řemeslné činnosti a na stavby pro uchovávání potravin. Zásadní proměnou prošla zejména architektura církevní, protože křesťanské rituály ze své podstaty vyžadovaly uzavřený prostor, přístupný pouze věřícím. Pro církevní účely bylo tedy potřeba vybudovat stavby zcela nového typu, které se do té doby na našem území nevyskytovaly. V první fázi bylo potřeba co nejrychleji vybudovat kostely a následně kláštery, které sloužily pro výuku kněží [2]. Historici předpokládali, že první křesťanské kostely byly budovány ze dřeva, z tradičního materiálu, který místní řemeslníci dobře znali. Výhodou dřevěných staveb byla snadná dostupnost a dostatek materiálu, místní stavebníci znalí potřebných technologií, také rychlost výstavby a tím i příznivější cena. Oproti tomu zděné stavby svou náročností vyjadřovaly moc a sílu investora. V obecné rovině je při realizaci stavby hlavním faktorem účel stavby, dále pak technologické, materiálové a konstrukční provedení stavby a v neposlední řadě možnosti a cíle investora. Všechny tyto aspekty se odráží i v sakrálních stavbách. Jak bylo napsáno výše, na šíření křesťanství měli zájem zejména panovníci, a proto v počátcích vznikaly kostely tak zvaně vlastnické. Později, ve 12. století, vlastnické kostely zanikly a majitelé si nad nimi zachovali pravomoc pouze v podobě patronátního práva. Z toho lze usuzovat, že zděné kostely, které byly dražší než dřevěné, měly plnit kromě své praktické role i roli reprezentativní a symbolickou [4], [6].

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 Proporční analýza

Zájem o středoevropské rotundy se datuje do 19. století, kdy se touto problematikou zabývala celá řada badatelů. Jejich zájem se upíral zejména na objasnění původu tohoto architektonického typu. Vodítkem pro odvození původu našich rotund má být nalezení proporčních souvislostí se stavbami, které měly být jejich stavitelům vzorem. Jednu ze základních myšlenek zformuloval J. Neuwirth[1] již v roce 1874, kdy publikoval svou hypotézu o původu rotund ze vzoru palácové kaple Karla Velikého v Cáchách, viz obr. 1a. [7] K diskusi o původu okrouhlých kostelů přispěl také K. B. Mádl[2], který jejich vzor předpokládal v Byzancii, přenesený prostřednictvím věrozvěstů Cyrila a Metoděje, konkrétně v rotundě sv. Jiří v Soluni (Thesaloniki), viz obr. b. [8]



Obr. 1 – Centrální stavby raného křesťanství, a - Cáchy (Aachen), palácová kaple P. Marie, b – Soluň (Thesaloniki) sv. Jiří.

[1] Prof. Josef Neuwirth (* 5. 6. 1855, † 25. 4. 1934) byl historik umění, archeolog, vysokoškolský pedagog na Technické univerzitě ve Vídni, kde zastával i funkci rektora. Zabýval se českým středověkým uměním a publikoval práce o křesťanském umění přemyslovců.

[2] Karel Boromejský Mádl (* 15. 8. 1859, † 20. 11. 1932) byl historik a kritik umění, byl kmenovým kritikem Národních listů, věnoval se také románským rotundám a byl mluvčím umělců kolem SVU Mánes.

Hypotézu o byzantském původu rotund ve své práci podporuje i J. F. Lehner[3], který předpokládá, že kostely byly budované podle Metodějových pokynů a za pomoci řemeslníků, kteří s ním přišli z Byzance [9] .

Tuto hypotézu, o byzantském původu českých rotund, zpochybnil V. Birnbaum[4]. Svou myšlenku podpořil argumentem rozšíření tohoto architektonického typu již před příchodem věrozvěstů [10]. Možný ideový původ našich rotund v italské architektuře připouštěl K. Guth[5].

Jednou z prvních hypotetických rekonstrukcí – rotundy sv. Víta v Praze, se zabýval Josef Cibulka[6]. Ve svém pozoruhodném díle shrnul počátky křesťanství v historických souvislostech v Čechách i na Moravě a na základě archeologických nálezů základů stavby provedl rekonstrukci Václavovy rotundy svatého Víta [11] . Svou hypotézu o vzhledu rotundy svatého Víta Cibulka opřel kromě archeologického výzkumu o porovnání se vzhledem jiných centrálních křesťanských staveb prakticky z celé Evropy. I když některé Cibulkovy závěry byly pozdějšími výzkumy zpochybněny, má jeho dílo zásadní vliv na další hypotetické rekonstrukce jiných autorů, zejména naznačením cest, kterými by se mohli ve své práci ubírat.

Hypotetickou rekonstrukci románské rotundy provedl také J. Unger[7]. Ve spolupráci a A. Niemcsicsem provedli hypotetickou rekonstrukci rotundy v Tasově, kterou při předešlých archeologických výzkumech J. Unger objevil. Pro stanovení základních rozměrů stavby uvádějí jako základní zdroj pravidla, která jsou popsána v historické literatuře [12]. Dalším významným vědcem, který se zabýval hypotetickou rekonstrukcí a původem románských rotund byl Josef

---

[3] Ferdinand Josef Lehner (* 6. 6. 1837, Rokycany, † 1. 4. 1914, Praha) byl český římskokatolický kněz, zabýval se církevním uměním, byl jedním z prvních průkopníků památkové péče a zakladatelů dějin umění v Čechách, byl členem české akademie věd a umění a Královské české společnosti nauk. [76]

[4] Prof. Vojtěch Birnbaum (* 7. 1. 1877, Döblin, † 30. 5. 1934, Praha) byl český historik umění, pedagog, řádný profesor Univerzity Karlovy, autor tzv. „barokní“ teorie, zabýval se raným evropským stavitelstvím.

[5] Karel Guth (* 21. 9. 1883, Praha, † 30. 10. 1943, Praha) byl český archeolog, historik umění, muzejník a pedagog, . [75]

[6] Prof. ThDr. PhDr. Josef Cibulka (* 1. 7. 1886, Ústí nad Orlicí, † 2. 4. 1968, Praha) byl významný český historik umění a archeolog, vysokoškolský pedagog, vědec evropského formátu a římskokatolický kněz. [76]

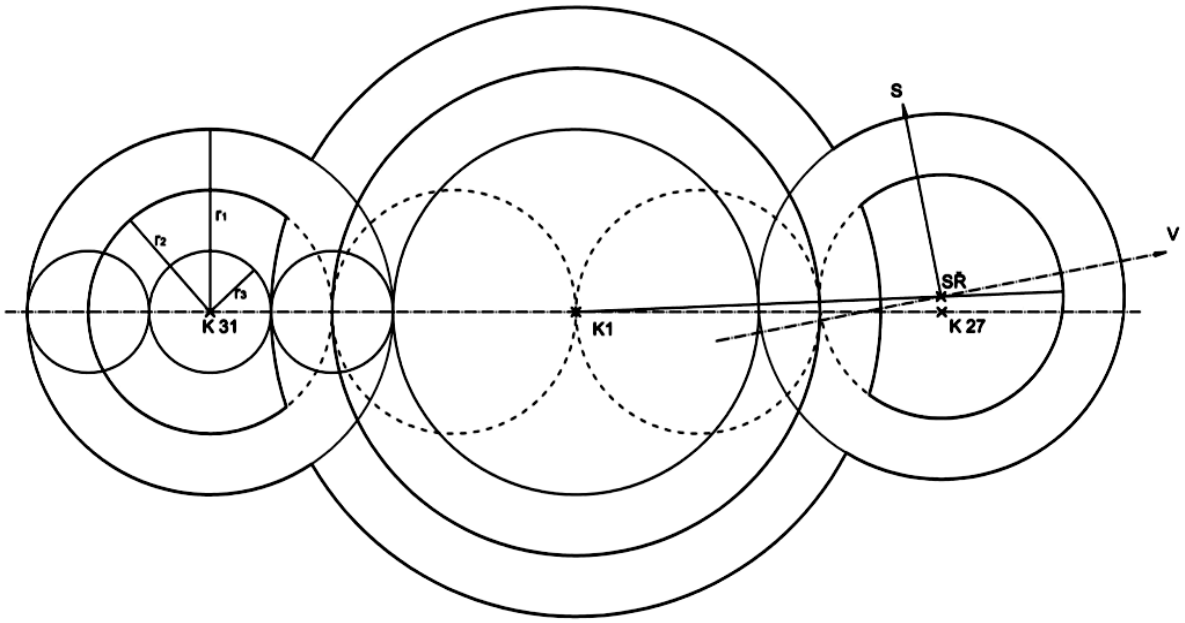
[7] Prof. PhDr. Josef Unger, CSc. (* 11. 9. 1944, Brno) profesor v oboru antropologie, vysokoškolský pedagog na Ústavu antropologie, Přírodovědné fakulty, Masarykovy univerzity v Brně, autor řady odborných článků, publikací a studií, řešitel grantu GAČR, archeolog.

Poulík[8], který byl mimo jiné dlouholetým vedoucím výzkumu v Mikulčicích, v lokalitě Na Valech, dále prováděl výzkum v lokalitě Blučina, na Starých Zámcích u Líšně nebo v Maloměřicích. Na Valech, kromě mnoha dalších kostelů a mnoha jiných staveb, odkryl a zdokumentoval pozůstatky dvouapsidové rotundy – VI. kostela. Na základě poznatků z archeologického výzkumu a analogií se známými stavbami i dalšími obdobnými rekonstrukcemi, provedl hypotetickou rekonstrukci vzhledu rotundy. Ve své práci [13] také uvádí proporční modulový model půdorysu, viz obr. 2. V práci se také zabývá možnou výškou stavby. Uvádí, že dle výpočtu únosnosti základů nemá být vyšší než 8,5 m, ale s tím je v rozporu nález bloků zdiva o hmotnosti více jak 500 kg, ve vzdálenosti 12–15 m od středu lodi. Sílu, která obvodové zdivo dostala tak daleko od středu stavby, J. Poulík přisuzuje působení kopule. Předpokládá, že zaklenuta nebyla pouze loď kostela, ale i obě apsidy. Dále se zabývá účelem kůlů, které byly uloženy v nalezených kůlových jamkách, a usuzuje, že minimálně vnitřní měly pouze pomocnou funkci při výstavbě a byly po dokončení prací odstraněny. Z půdorysu na obr. 2 také plyne jistý poměr konstrukčních rozměrů, který lze vyjádřit násobky poloměru r3.

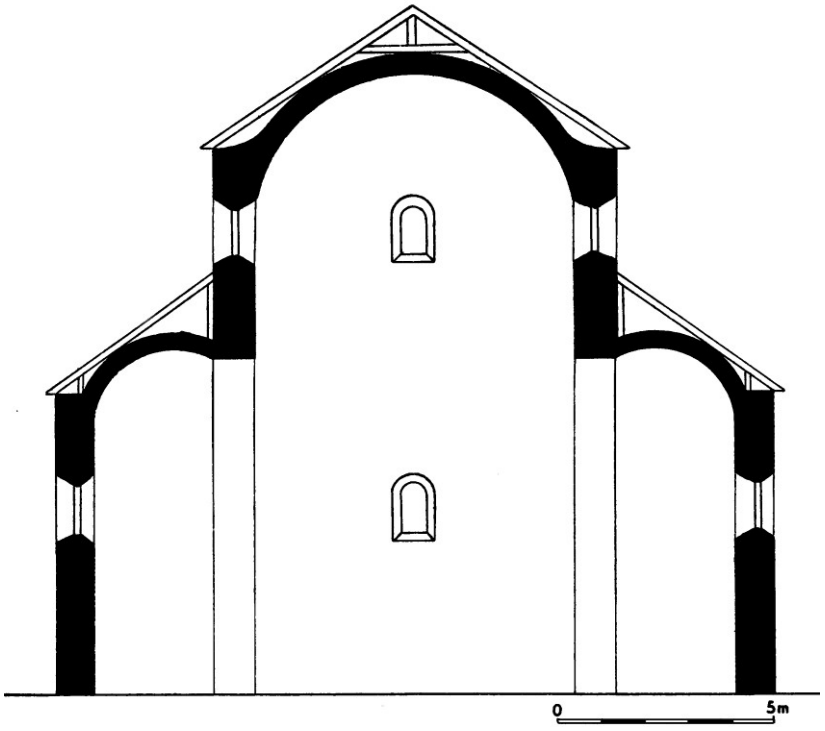
Podle příkladu Cibulkovy hypotetické rekonstrukce rotundy sv. Víta, provedl J. Poulík rekonstrukci možného tvaru dvouapsidové rotundy z Mikulčic, viz obr. 3. Komplexním výzkumem románské rotundy sv. Kateřiny ve Znojmě se zabýval L. J. Konečný[9], který ve své publikaci [14] mimo jiné uvádí konstrukční analýzu půdorysných rozměrů základového zdiva, viz obr. 4, obvodového zdiva, viz obr. 5. Jako měrnou jednotku uvažuje použití římské stopy (29,6–30 cm), pak by u znojemské rotundy po přepočtu rozměrů odpovídal průměr lodi 660 cm přibližně 22 římských stop a průměr apsidy 11 římských stop. Dále předpokládá, že východiskem půdorysné konstrukce byla kvadratura a triangulatura jako u jiných raněstředověkých staveb. Obecně u rotund také předpokládá užití „ideálního“ konstrukčního principu pomocí poměru zlatého řezu, uplatněného v poměru poloměru hlavní lodi ku vzdálenosti ze středu hlavní lodi do konce apsidy a poměru poloměru apsida a hlavní lodi 1:2.

[8] Prof. PhDr. Josef Poulík, DrSc. (* 6. 8. 1910, Jiříkovice, † 28. 2. 1998, Brno) byl dlouholetý ředitel Archeologického ústavu ČSAV v Brně a v Praze, profesor v oboru slovanské archeologie. Nositel zlaté medaile University JEP v Brně. S jeho jménem je spojena velké éra úspěšných archeologických výzkumů zejména na Moravě (Dolní Věstonice, Staré Zámky, Mikulčice a další místa). Mezi nejvýznamnější z nich patří objev (1954) a výzkum centra Velkomoravské říše u Mikulčic. [76]

[9] PhDr. Lubomír Jan Konečný (*1948) historik umění, bývalý pracovník Muzea města Brna.

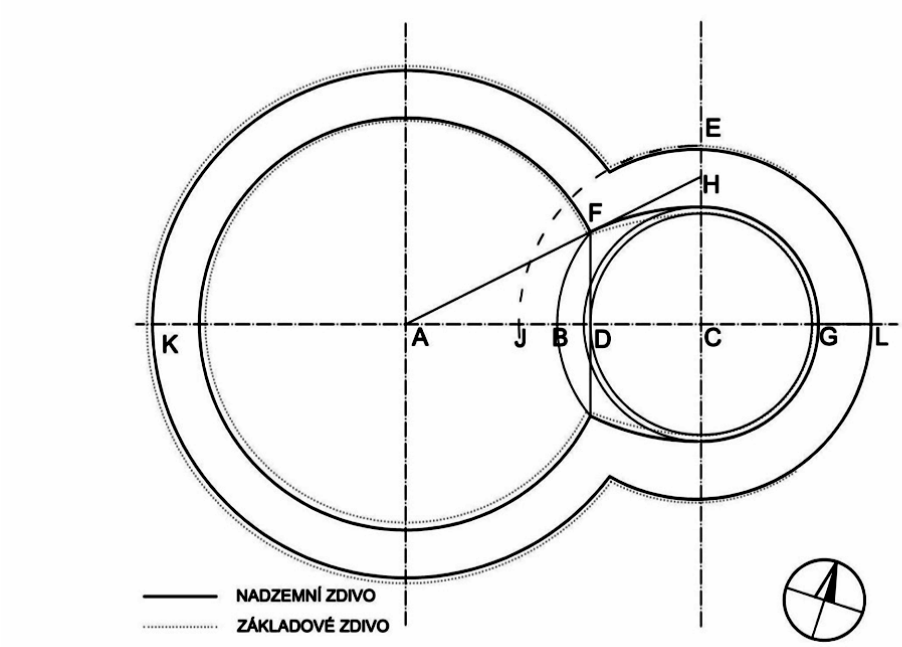


Obr. 2 – Rekonstrukci půdorysu dvouapsidové rotundy Mikulčice – Valy dle teorie J. Poulíka, viz [13].

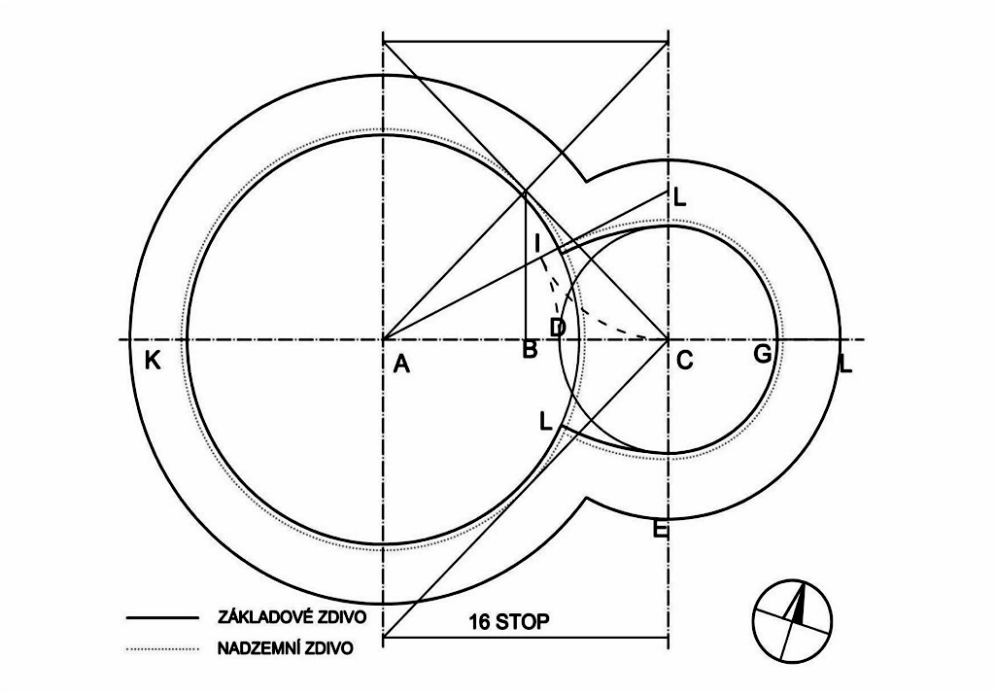


Obr. 3 – Rekonstrukce řezu dvouapsidové rotundy v Mikulčicích na Valech, autor J. Poulík [13].

U grojčské a znojemské rotundy L. J. Konečný konstatuje, že poměr 1:2 zůstal zachován, avšak střed apsidy byl vytyčen odlišně, pomocí hlavních os a čtverce opsaného kružnicí vnitřního obvodu lodi. Tento způsob vytyčení pomocí kvadratury uvádí také u rotundy P. Marie ve Würzburgu.

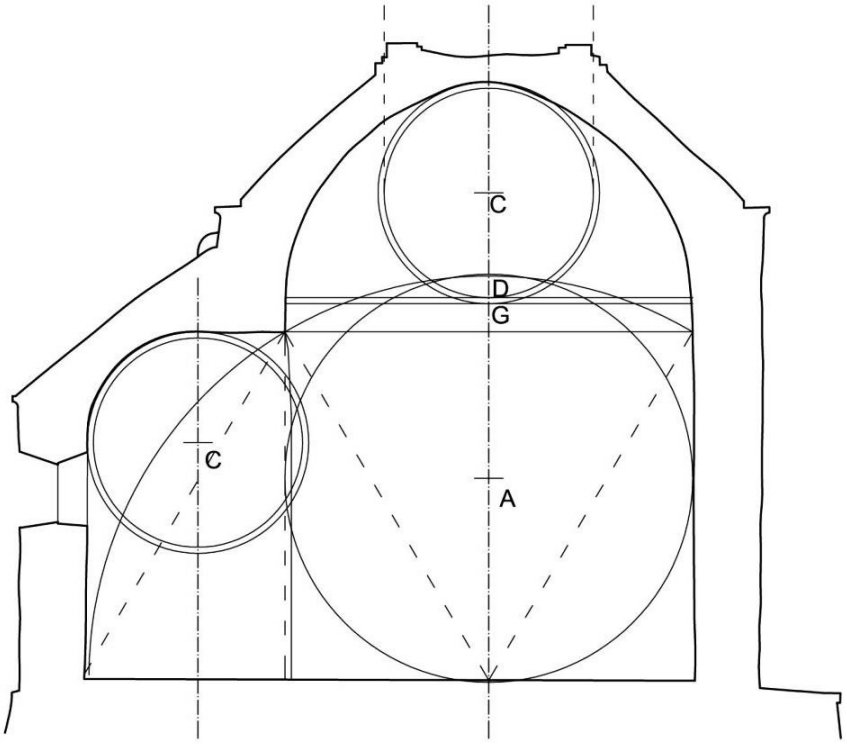


Obr. 4 – Znojemská rotunda, konstrukční modul základového zdiva, autor L. J. Konečný [14].



Obr. 5 – Znojemská rotunda, konstrukční modul nadzemního zdiva podle L. J. Konečného viz [14].

Hypotéza o konstrukčním kánonu výškových rozměrů je znázorněna na obr. 6, kde jsou pomocí kružnic vyjádřeny výškové úrovně z půdorysných rozměrů. Autor také upozorňuje na výrazné převýšení ve vrcholu kopule, korespondující s pozůstatky bývalé lucerny na rubu kopule. Podrobně se budu těmito konstrukčními hypotézami zabývat v kapitole o konstrukční a proporční analýze.



Obr. 6 – Znojemská rotunda – modulové schéma výškové konstrukce v podélném řezu dle L. J. Konečného [14].

Autor se také vyjadřuje k problematice stavebních fází a kůlových jamek, ale tato témata budou podrobněji rozebrána v příslušné kapitole této práce.

L. J. Konečný čerpal z předchozích výzkumů, které byly na znojemské rotundě a jejím okolí prováděny v několika etapách. Jedním z posledních a nejdůležitějších byl archeologický výzkum pod vedením B. Klímy[10],

[10] Doc. PhDr. Bohuslav Klíma, CSc., (*1950) archeolog, vysokoškolský pedagog na Katedře historie, Pedagogické fakulty, Masarykovy univerzity v Brně, autor řady odborných článků, publikací a studií, řešitel mnoha výzkumných projektů [76].

prováděný v letech 1987–1990 a zveřejněný v publikaci [15], ve které jsou rovněž shrnuty výsledky předešlých výzkumů. B. Klíma se v této publikaci mimo jiné zabývá rovněž problematikou kůlových jamek a jejích účelem a souvislostmi s konstrukcí dřevěného lešení a bednění kopule. Jeho výzkum také přinesl důležité poznatky o původní úrovni podlahy. B. Klíma je mimo jiné také vedoucím výzkumu Hradiště svatého Hypolita u Znojma, kde byly rovněž odkryty pozůstatky rotundy označené jako kostel II [15].

Proporčními principy románských a předrománských rotund se zabýval ve své práci [16] také M. Vančo[11]. Původ rotund spatřuje v analogii s Božím hrobem a předpokládá, že při plánování kostela byla předem určena škála symbolických veličin, vkládaných i do rozměru stavby. Přiklání se k hypotéze o použití historických měrných jednotek, římské, případně karolínské stopy. Spatřuje spojitost mezi velkomoravskými rotundami s karolínskými stavbami, konkrétně s falcovou kaplí v Cáchách (Aachen). Podobnost spatřuje v technologii zdění, ale i v použití lineárního schématu kvadratury.

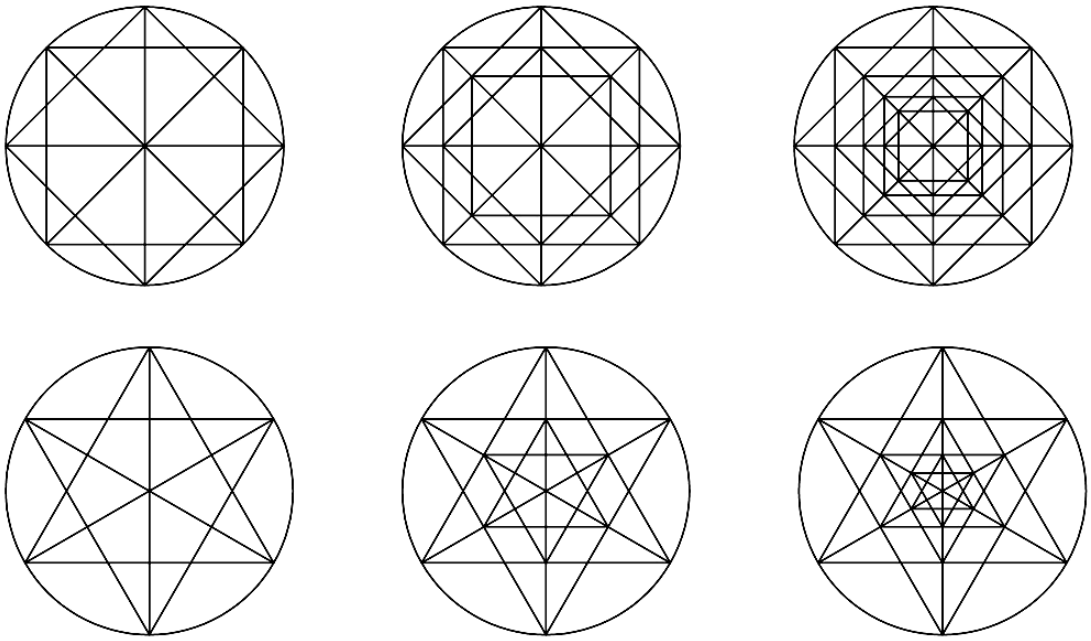
Použití principu kvadratury při proporčním plánování románských staveb předpokládá i řada zahraničních autorů, zabývajících se románskou architekturou na historických územích Franské říše. Jedním z těchto autorů, kterého ve své práci [14] zmiňuje i L. J. Konečný, je A. Kotmann[12], který se [17] zabývá archaickými proporčními principy, založenými na kvadratuře, triangulatuře, viz obr. 7, zlatém řezu a u rozsáhlejších staveb uvažuje i o použití pětiúhelníku, šestiúhelníku i osmiúhelníku.

Analogické konstrukční a proporční principy lze nalézt také v dílech, zabývajících se hypotetickými rekonstrukcemi velkomoravských kostelů. Přesto, že se jedná o půdorysně zcela odlišnou stavbu, mají tyto podélné kostely s centrálními stavbami společné znaky, které se u předchozích staveb nevyskytovaly. Jedná se o stavby, budované pro potřeby plynoucí z křesťanské liturgie, stavebním materiálem je kámen, kladený na vápennou maltu, omítaný vápennými omítkami, které vznikají ve stejných oblastech a ve stejném čase. Tedy budovy s novými provozními požadavky, budované novou technologií. Lze předpokládat, že u obou typů staveb byly používány obdobné konstrukční principy i postupy a proto práce zabývající se hypotetickými rekonstrukcemi

[11] Mgr. Martin Vančo, PhD. (*1970), studoval archeologii a dějiny výtvarného umění na FiFUK v Bratislavě, specializuje se na dějiny architektury raného středověku.

[12] Prof. Dr. Ing. Albrecht Kotmann (*24. 1. 1929, † 25. 3. 2014) stavební inženýr, autor řady publikací, zabýval se metrologií a proporčními vztahy historických staveb.

podélných kostelů mohou být cennými zdroji informací i pro rekonstrukce románských rotund.



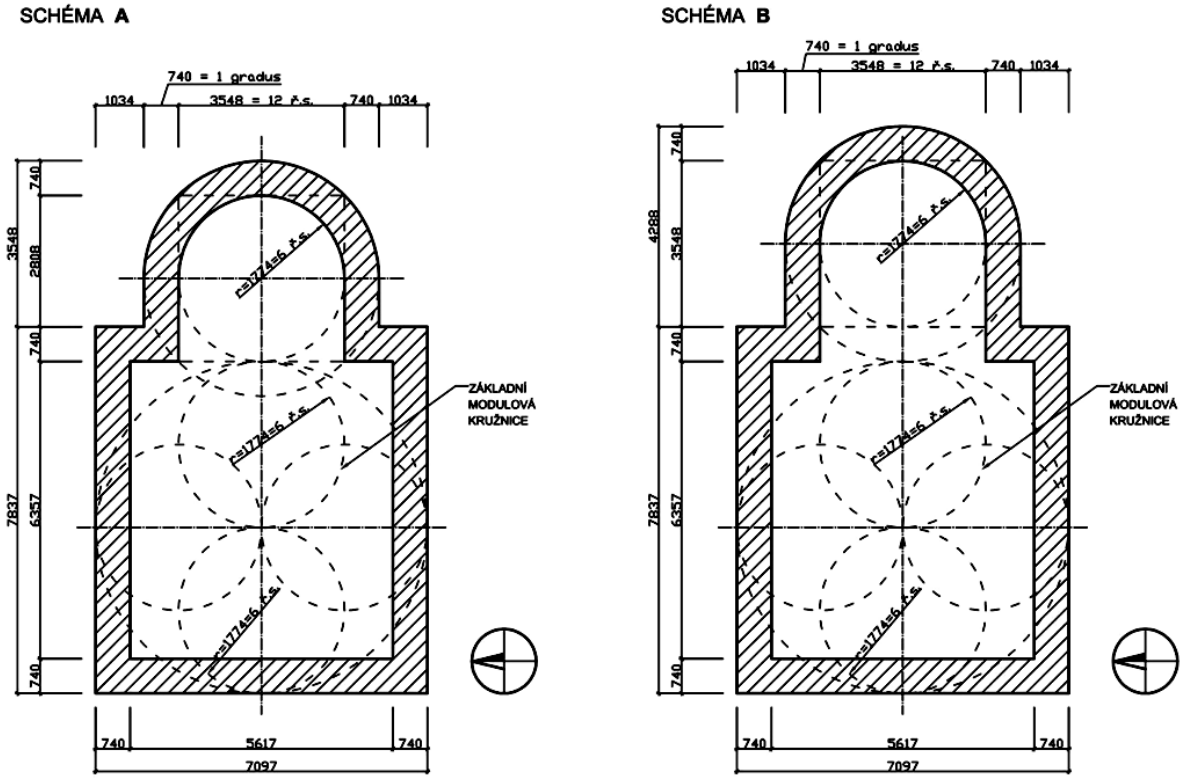
Obr. 7 – Klíč ke konstrukci poměrového schématu kvadratury (horní řada) a triangulatury (dolní řada) dle A. Kottmanna [17] .

Základy hypotézy jednotného schématu vytyčení velkomoravských kostelů položil J. Pošmourný[13], který ve své práci [18] formuloval vytyčovací schéma kostelů s půlkruhovou apsidou. Jeho hypotéza je založena na principu tzv. modulových kružnic, viz obr. 8, tedy na předpokladu, že proporce stavby byly stanoveny v poměru určeném základním jednotkovým rozměrem a jeho násobky. J. Pošmourný předpokládá, že základní jednotkou byla římská stopa, případně gradus.

Za základní modul při vytyčování kostela je považována modulová kružnice, která tvoří vnitřní obrys apsidy. Její průměr 12 římských stop odpovídá 3,548 m.

[13] Ing. Arch. Josef Pošmourný, DrSc. (*1910, † 1974), historik, archeolog, pracovník Archeologického ústavu ČSAV v Brně.

Jestliže této kružnici opíšeme čtverec, získáme šířku základových pasů, která je rovna 1 gradu, což je 2,5 římské stopy, tedy 0,739 m. Pokud tomuto čtverci opíšeme kružnici, získáme vnější obrys zdiva apsidy. Vytyčení lodě, jak je patrno z výše uvedeného obrázku, se mohlo v různých případech poněkud lišit. Tento způsob vytyčení proporcí je obdobou tzv. kvadratury, která je popsána níže. Výškové rozměry byly podle J. Pošmourného odvozeny obdobným způsobem, vycházejícím z principu modulových kružnic.



Obr. 8 – Modely proporcí půdorysných rozměrů velkomoravských kostelů dle teorie J. Pošmourného, [18].

Výzkumem velkomoravských kostelů se zabýval i J. Klouda[14], který na Stavební fakultě VUT v Brně, pod odborným vedením M. Vlčka[15], zpracoval a úspěšně obhájil disertační práci s názvem „Analýza konstrukčních, statických a

[14] Ing. Josef Klouda, Ph.D. (*23. 1. 1979) absolvent doktorského studia na Ústavu pozemního stavitelství Stavební fakulty VUT v Brně, v současné době působí v praxi.

[15] Doc. Ing. Milan Vlček CSc. (*20. 3. 1944) autorizovaný inženýr, pedagog na Ústavu pozemního stavitelství Stavební fakulty VUT v Brně, autor řady učebních a odborných textů zaměřených zejména na rekonstrukce staveb, člen mezinárodní vědeckotechnické společnosti pro sanace a rekonstrukce staveb a péče o památkové objekty, autor mnoha projektů rekonstrukcí historický staveb.

proporčních kritérií staveb velkomoravské říše“ [19]. Analogii velkomoravských staveb hledal v obdobných chorvatských stavbách, které se dochovaly v téměř nezměněné podobě. Ve své práci, kromě jiného, ověřil hypotézu o výšce vnitřního prostoru 2 modulové kružnice a sklonu střechy 45° a větším. Z jeho analýzy vyplynulo, že výška vnitřního prostoru se pohybovala v hodnotě 1 1/2 modulové kružnice a sklon střešní roviny vychází kolem hodnoty 30°.

Dalším badatelem, který se na Ústavu pozemního stavitelství Stavební fakulty VUT v Brně zabýval hypotetickými rekonstrukcemi je L. Kalousek[16]. Pod vedením M. Vlčka vypracoval a obhájil disertační práci na téma „Hypotetické rekonstrukce sakrálních velkomoravských raně křesťanských staveb“. Analyzuje přes 70 předrománských a raně románských kostelů z rozsáhlé geografické oblasti od Velké Moravy přes západní Evropu až po Britské ostrovy. Tato práce má významný přínos především ve vytvoření modulového schématu pro vytyčení velkomoravských kostelů s pravoúhlým nebo lichoběžníkovým kněžištěm a poznatku, že tyto stavby nevychází z žádné známé historické délkové jednotky, ale z obecně proměnného modulu, který je v rámci jedné stavby stejný, avšak u různých staveb odlišný [20].

Tyto dvě posledně jmenované práce byly inspirací a vzorem pro vypracování mé disertační práce, která se obdobným způsobem zabývá předrománskými a románskými rotundami na území České republiky.

Jeden z dalších obecně přijímaných konstrukčních principů je poměr zlatého řezu.

Hodnota poměru je rovna iracionálnímu číslu:

$$\varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1{,}618$$

I když název „zlatý řez“ má původ v 19. století, je původ tohoto kvocientu mnohem starší. Již v Rhindtovu papyru, který byl ve starém Egyptě napsán v období 1788–1580 př. n. l., byl znám pod názvem seqt [21]. I věhlasný antický učenec Euklides se ve svých „Základech“ zabývá úlohou rozdělit úsečku tak, aby menší část se měla k větší, jako se má větší část k celku [22]. Středověcí matematici byli tímto poměrem tak okouzleni, že jej nazvali „božským

[16] Ing. Lubor Kalousek, Ph.D. (*2. 6. 1980) absolvent doktorského studia na Ústavu pozemního stavitelství Stavební fakulty VUT v Brně, pedagog, autor řady odborných článků a publikací.

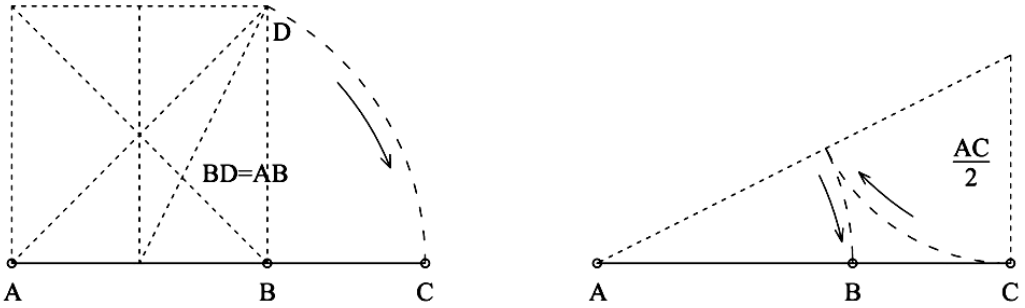
poměrem (divina proportio)“. Komplexně se tímto číslem zabýval M. Ghyka[17], který sleduje stopy božského poměru v přírodě i v lidské činnosti [21]. Pozoruhodný je popis spojitosti zlatého čísla přes antické matematiky, zejména Pythagora a jeho filosofické školy, jejíž učení geometrie se prostřednictvím stavitelství a magie vstřebala i do křesťanského stavitelství, kde se na čas ukryla, aby postupně opět vyšla na světlo a v plné síle se projevila v gotické architektuře. Spojovacím článkem mezi pythagorejskou filozofickou školou a křesťanstvím jsou Novopythagorejci, kteří působili v 1. stol. n. l. v Římě, kam se v tu dobu přesouvá centrum křesťanství. Tito noví stoupenci Pythagorova učení se zabývali nejen rozvíjením matematiky a geometrie, ale i filozofií, mystikou a magií. Jejich učení bylo do značné míry považováno za tajné a v době nejvyššího rozkvětu mělo mnoho stoupenců, jejichž poznávacím znamením měla být znalost konstrukce pentagramu. Mladá křesťanská církev tak nemohla uniknout jejich zájmu a i když nepřijala pythagorejce jako takové, vstřebala část jejich učených stoupenců a využila jejich znalostí a umu při stavbě chrámů. Vliv, respektive dědictví pythagorejců, je také spatřováno v různých cechovních a řemeslných společenstvích, v nichž se předávaly tajné řemeslné postupy. Setkání těchto cechů měla mnohdy podobnou rituálně iniciační povahu ve formě obřadů, hostin, obětí, jmenování hodnostářů, volbu čestných patronů a zejména také slavnostní uvádění do úřadu. Souběžně s tím probíhalo předávání znalostí z otce na syna, což potvrzuje i odstavec zákoníku východořímského císaře Theodosia II.[18], jež osvobozuje stavitele od poplatků, aby mohli své děti snadněji zasvěcovat do tajů řemesla. Z těchto poznatků vyplívá, že stavební huti, vznikající na našem území ve středověku, mají kořeny mnohem hlubší, než je na první pohled patrné. M. Ghyka vyzdvihuje stavitelství a stavitele jako nositele znalostí geometrie a vzdělanosti. Toto umění mělo být předáváno, uchováváno a střeženo právě ve stavebních společenstvích, které později přešly do stavebních hutí. Ve své knize také zmiňuje Vitruvia[19] a jeho dílo „Deset knih o architektuře“ [23], ve kterém si všímá především pojmů jako symetrie a analogie. Upozorňuje na jistý posun významu, ke kterému časem došlo zejména

[17]Princ Matila Costiesco Ghyka (*1881, Jasy–1965, Londýn) následník posledního vládnoucího rumunského knížete vystudoval námořní akademii v Brestu, následně matematiku a práva v Bruselu, rumunský matematik, historik a estetik a diplomat, působil na univerzitě v Los Angeles.

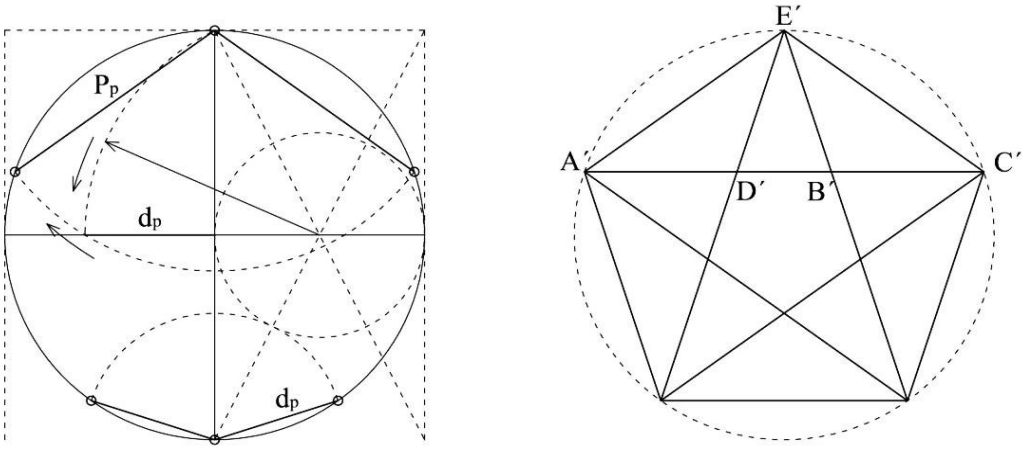
[18] Theodosius II. Vládl v letech 408–450.

[19] Marcus Vitruvius Pollio (1.stol. př. n. l.) římský architekt, inženýr a teoretik, autor nejstaršího známého díla o architektuře a stavitelství.

u pojmu symetrie, který my vnímáme jako zrcadlení jedné části v druhé, zatímco v původním významu je to soulad vyvěrající z článků díla samotného navzájem, a správný poměr mezi jeho jednotlivými částmi, vzhledem k útvaru samotnému. Přijmeme-li tedy původní význam pojmu „symetrie“, můžeme jej do značné míry ztotožnit s pojmem „zlatý řez“. Samotné vyjádření zlatého poměru lze provést matematicky nebo graficky, pomocí geometrie.



Obr. 9 – Konstrukce zlatého řezu.



Obr. 10 – Konstrukce strany pětiúhelníku – P_p a desetiúhelníků – d_p, znázornění zlatého řezu v pentagramu: f =AC/AB = AB/AD = AD/BD.

Pro hledání proporcí v architektuře se jeví grafické vyjádření mnohem názornější a praktičtější, proto uvedu několik příkladů konstrukce zlatého řezu obr. 9, ale i některé vlastnosti vyjádřené matematicky jsou velmi zajímavé. Například se vyskytuje v pravidelném pětiúhelníku neboli pentagramu, který měli Řekové ve velké úctě, protože názorně představoval to, co neuměli vyjádřit

číselným poměrem a spatřovali v něm tajemný symbol dokonalosti vesmíru [21]. Samotný pentagram pak můžeme hojně spatřit v pozdně románské a gotické architektuře v podobě pětiramenných růžic. Jako příklad uvedu okna v kapli Sainte Chapelle v Paříži, která byla vystavěna v letech 1243–1248 na přání francouzského krále Ludvíka IX. Přesto, že nelze předpokládat, že by takto složitá konstrukce byla použita při plánování tak jednoduchých staveb, jakými jsou naše románské rotundy, je patrné, že tyto principy byly v té době známy a u vyspělejší architektury také používány [17].

Obliba symboliky ve středověku i v křesťanství přivádí mnoho badatelů na myšlenku, že stavitelé použili a zakomponovali některé symbolické principy i do těchto sakrálních staveb. V počátcích křesťanství byl jedním z nejrozšířenějších znamení křesťanů ichtys – primitivní schéma ryby. Původ symbolu lze spatřovat jednak v tom, že řada kristových učedníků byli původem rybáři a jednak v tom, že řecké slovo (ΙΧΘΥΣ, ryba) může být vnímáno jako kryptogram a dá se číst jako slovo složené z prvních písmen slovního spojení „Ježíš Kristus, Boží syn, Spasitel“, v originále Iésús Christos Theú Huios, Sotér. Nejznámějším a zároveň jedním z nejstarších symbolů, které lidstvo užívá je kříž. Symbolem křesťanství se stává někdy mezi 5. a 6. stoletím. Užití kříže lze sledovat na půdorysu mnoha křesťanských sakrálních staveb [21].

Křesťanská symbolika je obsažena také v číslech:

1 je znamením jediného Boha, znamením jednoty
2 je číslo protikladu, polarity, alternativy
3 značí boží trojjedinost – Otce, Syna a Ducha svatého
4 číslo vesmírného řádu, čtyř světových stran, čtyř měsíčních fází, čtyř ročních období…
5 počet prstů ruky – ruka je ve starověkém myšlení nástroj moci, také David má v mošně pět kamenů, když jde proti Goliášovi, Ježíš v božské moci sytí pěti chleby, symbolizuje také pět knih Mojžíšových
6 šesticípá hvězda tvořená ze dvou vzájemně překřížených rovnoramenných trojúhelníků je symbol makrokosmu, šest dní tvořil Bůh svět a šest dní se má pracovat podle Desatera, někdy je šestka zdvojenou trojkou nebo poloviční dvanáctkou
7 číslo dokonalosti, matematicky nejvyšší prvočíslo prvé desítky a spočet 3+4, násobek 3x4 je významná dvanáctka, což je počet dnů jedné měsíční fáze, sedm dnů v týdnu, sedm stupňů Šalamounova chrámu.

8 je číslo na rozdíl od sedmičky méně významné, v bibli se vyskytuje převážně v časových údajích
9 je také číslo dokonalosti, ale v jiném smyslu než sedmička, je to jakési umocnění trojkou 3x3, v bibli je devítka poměrně vzácná
10 je především počet prstů, je považována za číslo dokončenosti, úplnosti a dokonalosti, Desatero, Ježíš uzdravil deset malomocných, deset označuje celou moudrost, označuje věčnost
11 je na rozdíl od desítky porušením harmonie, je číslo nemírnosti, nezdrženlivosti
12 je vedle sedmičky nejdůležitější číslo naší kulturní tradice, dvanáct měsíců, dvanáctka se v Písmu mnohokrát opakuje, dvanáct studní v poušti, dvanáct kmenů u Jordánu, Ježíš má dvanáct apoštolů, dvanáct bran má nebeský Jeruzalém [24]

Symbolika čísel se promítá také do geometrie, jedním z nejčastěji užívaných symbolů je kruh, je nekonečný, proto nese význam absolutna, dokonalosti a v pojetí času nekonečno. Kruh bývá chápán jako protiklad čtverce (duchovno - hmota). Tři propojené kruhy jsou v křesťanství stejně jako trojúhelník symbolem boží trojjedinosti.

Značná část badatelů se shoduje na jistém kánonu, který byl obecně používán při budování středověké sakrální architektury. Často citované moduly jsou 12, 24 a 48 a jejich násobky vyjádřené v různých historických jednotkách. Vzor pro tento kánon je spatřován v symbolice vycházející z Janova zjevení a Nebeského Jeruzaléma. Inspirací je jeho 12 bran (tři na každou světovou stranu), hradby města, které byly postaveny na dvanácti základních kamenech a na nich napsaných dvanáct jmen dvanácti apoštolů Beránkových. Dále se ve zjevení uvádí „Město je vystaveno do čtverce: jeho délka je stejná jako šířka. Změřil to město, a bylo to dvanáct tisíc měr. Jeho délka, šířka i výška jsou stejné. Změřil i hradbu a bylo to sto čtyřicet čtyři loket lidskou mírou, kterou použil anděl.“ [25]

Ve čtvrté kapitole Janova zjevení je zmiňován trůn, postaven na nebi, na němž sedí jeden a kolem dvacet čtyři trůnů a na nich dvacet čtyři klanících se starců oděných v bílá roucha [25].

Z výše uvedeného, velmi zkráceného a heslovitého výpisu symboliky plyne, že možností a kombinací je nepřeberné množství a je poskytnut velký prostor fantazii a tvořivosti badatelů. Zároveň je patrné, že nalezení původní myšlenky a záměru stavitelů je velmi komplikované a obtížně prokazatelné.

2.2 Konstrukční analýza

Popisem konstrukcí jednotlivých staveb se zabývá celá řada autorů, z nichž většina již byla představena v předešlé kapitole. Omezím se proto pouze na uvedení základních informací o jednotlivých konstrukcích. Pro účely konstrukční analýzy lze objekt rozdělit na základovou konstrukci, nosné obvodové zdivo, zastropení a zastřešení.

Z archeologických nálezů a stavebně historických průzkumů dochovaných staveb je doloženo, že základové konstrukce románských a předrománských rotund jsou provedeny z lomového kamene rovnaného na sucho nebo ukládaného do hubené vápenné malty anebo malty s hliněným pojivem. Koruna základového zdiva na úrovni terénu byla pevně tmelena vápennou maltou a urovnána. [26] Hloubka založení není u všech staveb spolehlivě zjištěna, respektive je známa pouze u některých staveb. Šířka základové konstrukce je oproti nadzemnímu zdivu rozšířena na obě strany a pohybuje se od 750 mm po 1700 mm. Základové zdivo se od nadzemního ve většině případů liší rozšířením o 50–100 mm na jednu nebo obě strany. Hloubka základové spáry je spolehlivě zjištěna zejména u staveb již částečně zaniklých. U staveb dochovaných se většinou základová konstrukce do úrovně základové spáry neobnažuje. Původní úroveň okolního terénu je většinou odvozena od archeologicky zjištěné původní úrovně vnitřní podlahy. Zjištěné hloubky založení se u různých staveb liší a pohybují v rozmezí 700 až 1400 mm. Rozdíly v hloubce založení byly zjištěny i v rámci jedné stavby. J. Poulík uvádí hloubku založení lodi 140 cm, ale u západní apsidy pouze 120 cm od úrovně vnitřní podlahy. Při pokusu o rekonstrukci se také zabývá zatížením základové spáry a vyvozuje z něj maximální možnou výšku stavby [13]. Další zmínka o hloubce základů románských staveb je od autorů D. Líbala[20] a J. Muka[21], kteří uvádějí průměrnou hloubku založení 50–150 cm, v ojedinělých případech i 210 cm [27]. Základovými konstrukcemi velkomoravských staveb se ve své práci podrobně zabývá J. Klouda.

Nadzemní zdivo románských rotund je zděno z kamene na vápennou maltu na římský způsob. Technologie zdění na římský způsob získala své jméno ze

[20] Doc. JUDr. PhDr. Dobroslav Líbal, DrSc. (15. 10. 1911, Praha, † 9. 2. 2002, Praha) český historik umění. zakládající člen Mezinárodní rady pro památky a sídla (ICOMOS) .

[21] PhDr. Ing. Jan Muk(*8. 5. 1935, †27. 10. 1994) památkář, dlouholetý vedoucí pracovník Průzkumovému ateliéru SÚRPMO.

způsobu zdění, který byl v antice i pozdějším období používán v oblasti Říma. Jedná se o techniku zdění, při které jsou líce zdiva prováděny pomocí kvalitních materiálů, a střed zdiva je vyplňován materiálem podřadnějším. V římském stavitelství byly většinou pro líc používány pálené cihly a střed zdiva se vyplňoval lomovým kamenem a zlomky cihel. V našem románském stavitelství byl pro lícové zdivo používán lomový kámen a později i kámen z lícové strany opracovaný. Střed mezi vnitřním a vnějším lícem zdiva byl vyplněn vápennou maltou a drobnějšími kameny vzniklými při opracování kamenů lícových. Tento způsob zdění umožňoval maximální využití materiálu, dovezeného na místo stavby. Zdění z lomového kamene bylo zpravidla užíváno u tvrdého a těžko opracovatelného materiálu jako je žula, rula, čedič a jiné tvrdé horniny. Pískovce a opuky se zpravidla opracovávaly a používaly na zdivo kvádříkové. Na plavečské rotundě se setkáváme i s náznakem klasového způsobu zdění (opus spicatum). Pro překlenutí dveřních otvorů byl zpravidla použit kamenný překlad, který byl odlehčen klenutým obloukem obr. 13a-c, nebo méně často byl zaklenut valenou klenbou, obr. 13d.

Okenní otvory, vedoucí zejména do apsidy, bývají často zaklenuty z opracovaných kamenů a tvoří výrazný prvek fasády. Ostatní okenní otvory bývají klenuty z lomového kamene, ostění jsou vyzděna z lomového kamene nebo z opracovaných kvádrů.

K válcovému zdivu lodi je na východní straně vítězným obloukem připojena apsida, jejíž tloušťka zdiva i způsob zdění se ve většině případů shoduje se zdivem lodi. Ve výjimečných případech se tloušťka zdiva apsidy znatelně liší. Napojení apsidy na loď je provedeno ostrou hranou, ústupkem nebo kamenným ostěním. Půdorysný tvar apsidy je půlkruhovitý, s různými výseky kruhu, půlkruhem, půlkruhem s rozšířeným přechodem k lodi, půlkruhem mírně odsazeným od lodi. Častý tvar je také podkovovitý, od otevřeného po různě přivřené napojením na loď. Zcela atypicky je apsida k lodi připojena v rotundě sv. Jana Křtitele ve Zborovech, kde je mezi loď a apsidu včleněna čtvercová věž, viz příloha, obr. P 53 a obr. P54. Základním konstrukčním kritériem pro dělení předrománských a románských rotund se jeví způsob provedení stropní konstrukce lodi kostela. Jsou uvažovány dva základní způsoby. První způsob je zaklenutí lodi zděnou kopulí ve tvaru blížícím se kulové výseči. Druhý způsob zastropení je uvažován plochým stropem z dřevěných prvků. Pod tento druhý způsob, i když se nejedná o strop v pravém smyslu slova, lze zařadit loď otevřenou do krovu.

Zásadní rozdíl mezi těmito dvěma variantami spočívá v zatížení obvodových nosných stěn, které v prvním případě musí navíc přenést značné síly od konstrukce kopule, která byla v mnoha případech opatřena lucernou. Tento vliv se podle některých autorů dá vysledovat na tloušťce obvodových nosných stěn a tomu odpovídajících základových konstrukcí. Potvrzení tohoto znaku by mohlo napomoci při hypotetických rekonstrukcích zaniklých staveb. Je nutno připomenout, že existuje poměrně značná skupina v současné době plochostropých rotund, které byly v minulosti zaklenuty.



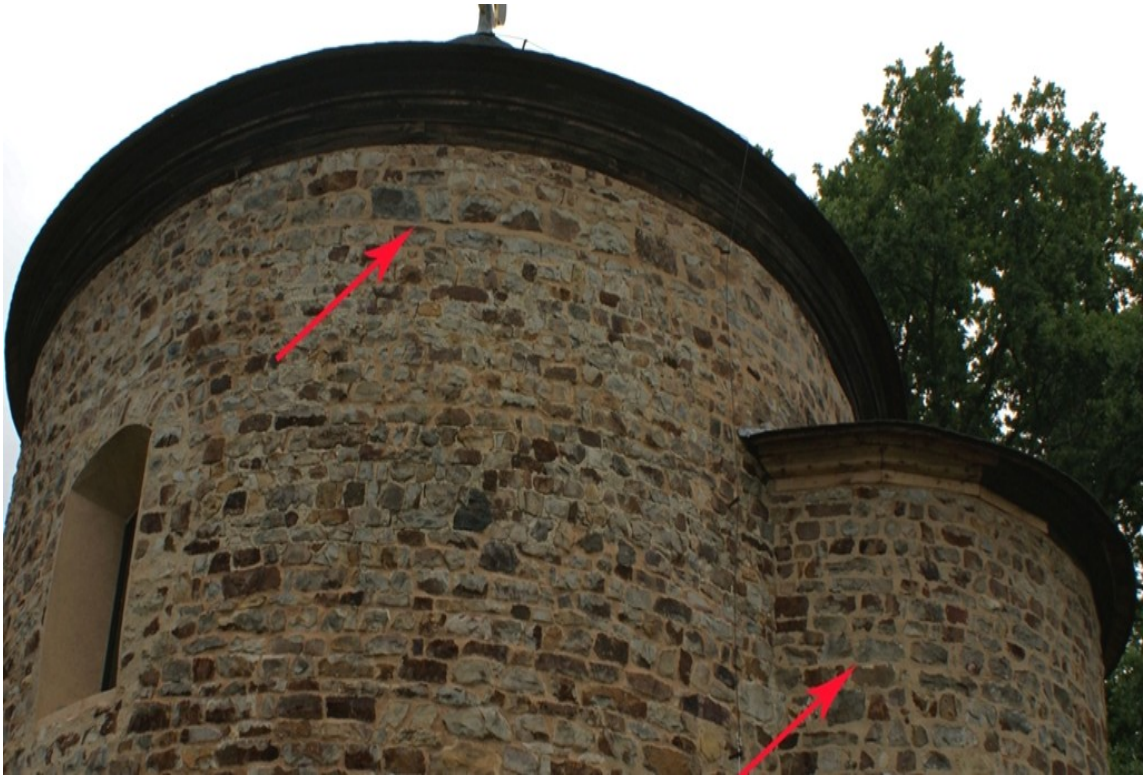
Obr. 11 – Zaklenutí dveřních otvorů a- Kostelec u Křížku, sv. Martina, b- Praha, sv. Longina, c- Libouň, sv. Václava, d- Šebkovice sv. Máří Magdaleny.

tomu odpovídajících základových konstrukcí. Potvrzení tohoto znaku by mohlo napomoci při hypotetických rekonstrukcích zaniklých staveb. Je nutno připomenout, že existuje poměrně značná skupina v současné době plochostropých rotund, které byly v minulosti zaklenuty. Svědčí o tom například nalezené zbytky paty klenby, u rotundy sv. Jiří v Hradešíně, viz obr 12. Také rotunda sv. Petra a Pavla ve Starém Plzenci, byla K. Guthem považována za původně plochostropou, na základě čehož ji umístil do předrománské stavební tvorby. A. Merhautová[22] zaklenutí odmítla na základě subtilnosti nosných konstrukcí [27]. Následně L. J. Konečný zaklenutí předpokládá [14]. Jako důkaz je uváděn náznak věnce v podobě větších kvádříků zdiva v úrovni předpokládané paty kopule, podobně jak tomu je u paty konchy apsidy,

[22] PhDr. Anežka Merhautová, DrSc. (*29. 12. 1919, †22. 7. 2015), nositelka medaile za zásluhy ve společenských vědách , přední badatelka v oblasti románského umění, autorka mnoha monografií, vědeckých článků.



Obr. 12 – Rotunda sv. Jiří v Hradešíně, zbytky kopule, pod trámem je patrna původní omítka.



Obr. 13 – Rotunda sv. Petra a Pavla Starý Plzenec, šipky ukazují náznak věnce.

viz obr. 13. Věnec je patrný pouze na pravé části fotografie, protože levá (západní) část zdiva není původní. Z tohoto příkladu je patrné, že je to jedna z otázek, kde názor a pohled stavebního inženýra může být značným přínosem do diskuse o této problematice.

V tomto bodě se část konstrukční prolíná s částí statickou, kde bude tato otázka také zmíněna. Kopule na románských rotundách je zcela nový prvek, který se na našem historickém území před tím nevyskytoval. Proto i technologie zdění musela být importována z lokalit, kde byla dobře známa. Zdivo kopule bylo prováděno zděním na předem připravené bednění, o čemž svědčí otisky bednících prken, zachovaných na líci zdiva, viz obr 67.

Kromě skupiny rotund od počátku zaklenutých kopulí a rotund, které zaklenuty byly, ale kopule byla stržena a nahrazena plochým stropem, uvažuje jistá část badatelů o možnosti, že rotunda původně plochostropá byla zaklenuta kopulí.

Tato varianta byla jistou dobu uvažována u znojemské rotundy sv. Kateřiny. K myšlence o původním plochém stropu vedl některé odborníky nápis, svědčící o přestavbě v roce 1134, nalezený na západní stěně a náznak původní římsy na vnější stěně v podobě řádku plochých kamenů. V současné době je názor o plochostroposti menšinový a tato varianta zastropení považována za velmi nepravděpodobnou. Také návaznost vítězného oblouku na tvar kopule svědčí o jedné stavební fázi a plochostropost do značné míry vylučuje [29].

Zastropení apsidy bývá provedeno konchou, což je specifický typ kulové klenby, tvořené konstrukcí ve tvaru čtvrtiny koule, která svým půdorysem kopíruje tvar apsidy a tak v některých případech přechází do valené klenby. Výjimku tvoří zaklenutí apsidy v Libouni, kde je u zastropení apsidy použita valená klenba[23], viz obr. 14. U některých staveb, například u rotundy sv. Petra a Pavla v Budči, byla apsida odstraněna a zachovala se pouze ve formě základového zdiva, takže tvar je znám, ale informace o zastropení apsidy je zcela ztracena.

Výrazným prvkem, který se u románských rotund často vyskytuje, je lucerna. Můžeme ji spatřit na rotundě v Plavči, na pražské rotundě sv. Longina a sv. Kříže Menšího, vyšehradské sv. Martina, želkovické sv. Petra a Pavla. Bývá osazena sdruženými románskými okny. Lucerna byla doložena dobovými ilustracemi a základem na vrcholu kopule také u znojemské rotundy sv. Kateřiny, ze které byla v 18. stol. sejmuta.

[23] A. Merhautová u této rotundy uvádí zaklenutí konchou [6 str. 159].



Obr. 14 – Rotunda sv. Václava v Libouni, zastropení apsidy valenou klenbou.

Pro zastřešení románských rotund přichází v úvahu dva základní způsoby provedení. Jedním z nich je pokládka kamenných desek přímo na srovnaný rub klenby kopule. Tento způsob dnes můžeme vidět pouze na novodobé rekonstrukci kaple sv. Jiří na Řípu, viz obr. P 22. Použití kamenných desek je některými badateli uvažováno i v případě znojemské rotundy. Dle K. Gutha, [30] jsou pod prejzovou krytinou zachovány opukové desky u rotundy sv. Longina v Praze.

Druhý způsob je zastřešení dřevěným krovem, na nějž byla položena krytina. Pokud k nám byla za doby Velké Moravy importována středomořská architektura, mohla být spolu se zděnými stavbami, jako součást stavebních zvyklostí na naše území dovezena i pálená taška, která by i v tehdejších podmínkách byla technologicky zvládnutelná. Archeologicky však je její použití doloženo pouze v lokalitě v aglomeraci Staré Město u Uherského Hradiště, viz [31]. V úvahu tedy přicházejí všechny možné historické krytiny s výjimkou pálené tašky. Nejpravděpodobnější varianta jsou dřevěné štípané

šindele nebo slaměné došky. Do úvahy přichází i štípané břidličné desky, které jsou doloženy na významných gotických stavbách [32].

Další prvek, vyskytující se u rotund méně často je věž, která na loď rotundy naléhá přibližně na západní straně. Výjimku tvoří objekt rotundy sv. Jana Křtitele ve Zborovech, kde je věž umístěna mezi loď a apsidu, viz příloha, obr. P 53. Vyskytují se dvě varianty půdorysu, kruhová, kterou můžeme spatřit u rotundy sv. Jiří na Řípu, viz obr. P 22 a čtvercová, která se vyskytuje například u rotundy sv. Petra a Pavla v Budči, viz obr. P 9 nebo sv. Václava v Libouni, viz obr. P 47. Věže se vyskytují ještě u rotund v Pravoníně, Týnci nad Sázavou, Jemnici, Přední Kopanině. Rotunda v Jemnici byla zbourána a dochovaly se pouze základové konstrukce a věž.

Pro základové konstrukce a zdivo věží platí obdobná konstrukční pravidla, jako pro ostatní konstrukce. Věž bývá zpravidla rozdělena dřevěnými stropy na několik pater a v horním patře věží bývá umístěna zvonová stolice se zvony. Přístup do vyšších pater je proveden pomocí dřevěných konstrukcí žebříků, často také točitých schodišť. Vzhledem k tomu, že se jedná o prvky dřevěné a tedy nepůvodní, lze o původních konstrukcích pouze spekulovat. Zastřešení věží je provedeno dřevěnou konstrukcí s krytinou, pro kterou platí obdobné principy, jako pro zastřešení lodi.

Z archeologických a stavebně historických průzkumů plyne, že věže byly většinou dostavovány až po stavbě rotundy. Je tedy otázka, jestli věže můžeme považovat za typickou součást rotund.

Aby bylo možno objasnit původní konstrukční principy a záměry stavitelů, je nutné rozlišit původní konstrukce od pozdějších stavebních úprav, dostaveb a přístaveb, což je v mnoha případech úkol velmi obtížný a předpokládá spolupráci odborníků z několika oborů.

2.3 Statická analýza

Správná statická funkčnost konstrukce byl vždy nejzákladnější požadavek. V historii, kdy stavitelé neměli k dispozici prakticky žádný výpočetní aparát, se museli spoléhat na znalosti a zkušenosti předávané z pokolení na pokolení. Dimenzování konstrukcí bylo založeno na empirických vztazích a mnohdy i na zkušenosti a odhadu stavitele. Zkoumání historických staveb z pohledu statiky by mohlo poodhalit nebo alespoň nastínit techniku, kterou tehdejší stavitelé pro dimenzování používali.

První úkol, kterým se stavitel při výstavbě musí zabývat, je vybudování základové konstrukce, která musí zajistit bezpečné přenesení sil od stavby do základové spáry s dostatečnou tuhostí, aby nedocházelo k poruchám nosných konstrukcí. Pro správnou funkci základů musíme znát únosnost zeminy a zatížení na ni působící. Pro zkoumání únosnosti zeminy je z historie známá metoda zkoušení podloží zkoumací jehlou. Jedná se o ocelový výkovek kruhového průřezu tloušťky 20–30 mm a délce 2,00–3,00 m, který je na dolním konci upraven do táhlé špice. Na horním konci je obvykle oko pro nasazení dřevěného kolíku o průměru až 60 mm. Zkouška se prováděla tak, že se jehla zarážela do země, a podle toho jak snadno do podloží vnikala, a podle zvuku, se usuzovalo na únosnost zeminy [26]. O zkoumání základových poměrů píše i L. B. Alberti[24]. Zmiňuje důležitost znalosti místních základových poměrů "...poraditi se se všemi znalými a zkušenými obyvateli i se sousedními staviteli...", ale i provedení vlastní zkoušky únosnosti – „aby za únosnou byla považována ta vrstva, která do sebe nechá pronikati železné náčiní jen s obtížemi.“ L. B. Alberti se zabývá i šířkou základů a uvádí že „...musejí se udělati o určitou část širší než budoucí stěna, při čemž mají napodobovati lidi, kteří chodí v etruských alpách ve sněhu. Ti totiž z těchže důvodů přidělávají si na nohy řešeta, přivázaná provázky, aby se při jejich větší šířce nohy méně zabořovaly“ [33 str. 79]. Středověkými základovými konstrukcemi se zabývá také D. Líbal a J. Muk, kteří uvádí „Základy předstupují zpravidla před líc zdiva nad terénem. Tato skutečnost nevyplývá ze záměru rozšířit základ a tím základovou plochu, aby byl snížen tlak zdiva na podloží, jak chápe základy novodobá statická teorie. Zdivo bylo v podzemí širší z obavy, aby při méně

[24] Leon Battista Alberti (*18. 2. 1404 Janov, †25. 4. 1472 Řím) italský architekt, teoretik umění, spisovatel a matematik.

pečlivém zdění nadzemní konstrukce základ neminula.“ O způsobu provádění základů uvádí, že zdivo se kladlo do vykopaných rýh velmi často prostým vysypáváním kamene současně s maltou, nezřídka nekvalitní, nebo dokonce hliněnou [27].



Obr. 15 – Základové zdivo rotundy sv. Pantaleona v Pustiměři.

Základy velkomoravských staveb se ve své práci [19] také zabýval J. Klouda. Podrobné zkoumání základových konstrukcí u stojících staveb rotund je omezeno pouze na zaměření koruny základu, která často z vnější strany vystupuje nad okolní terén. Z vnitřní strany jsme u stojících objektů odkázáni na archeologické průzkumy. U objektů zachovaných pouze částečně lze mnohdy korunu základového zdiva spatřit. Příkladem je rotunda sv. Pantaleona v Pustiměři, viz obr. 15, kde lze ověřit údaj o rozšíření základového zdiva o 50–100 mm oproti nadzemní konstrukci, udávaný v literatuře i u většiny ostatních rotund a velkomoravských kostelů. Z tohoto údaje můžeme alespoň takto nepřímo odvodit šířku základových konstrukcí u ostatních staveb, u kterých je přístupná pouze omezeně nebo vůbec.

Nadzemní zděné konstrukce jsou provedeny z kamenného zdiva na vápennou maltu a pro únosnost bude limitující pevnost vápenné malty, která je řádově nižší než u použitých hornin. Pevnost zdiva sice bude závislá na kvalitě

konkrétní malty, používané pro konkrétní stavbu, ale i tak lze některé vlastnosti odvodit v obecné rovině.

Složení malt se bude lišit lokalitu od lokality, ale i na stavbě samotné, protože budou rozdílná složení nejen používaných písků a kameniva ale také vápna, které bylo v každé lokalitě jiného složení, a i u jedné stavby mohlo pocházet z několika výpalů. Prvkovou analýzou bylo prokázáno, že vápno ve středověku bylo páleno z vápenců obsahujících i určitá množství oxidů hliníku, železa i jiných prvků, které vápno činily latentně hydraulickým [34]. Důležitým činitelem byl také lidský faktor nejenom při míchání malty, kdy každý pracovník může používat jiný poměr surovin, ale i při samotném hašení vápna a jeho následném odležení.

Nálezy středověkých malt jsou popisovány jako malty s jílovou příměsí, vykazující značnou pevnost, prozrazující její přirozený polohydraulický až hydraulický charakter [34]. Pevnostní zkoušky velkomoravské malty publikoval v své práci [20] L. Kalousek, který uvádí zjištěnou orientační pevnost v tlaku 0,85 MPa jako hodnotu, kterou lze použít při ověřování statických modelů.

Z pohledu statiky je na románských rotundách nejzajímavějším prvkem kopule, která byla rovněž zděna z lomového kamene do vápenné malty.

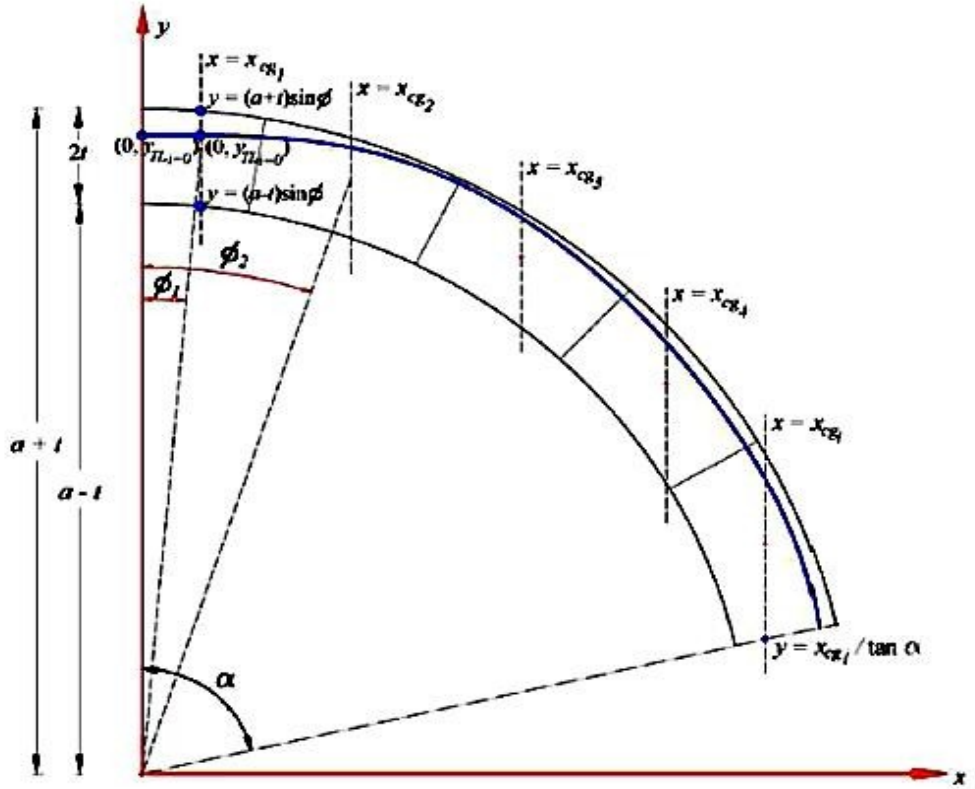
Co se týká statického působení zděných kopulí, je odborná literatura poměrně skoupá. Je to dáno jednak tím, že se tato technologie již dlouho nepoužívá, proto je mezi odbornou veřejností o tuto problematiku malý zájem a také poměrně složitým působením sil v těle kopule, které klasické způsoby výpočtu nevystihují. Případné výpočty jsou dnes prováděny ve specializovaném software, kde se namodelují příslušné rozměry a zatížení, ale to je problematika, která zásadně překračuje rozsah i ambice této disertační práce. Přesto považuji za vhodné alespoň v krátkosti tuto problematiku nastínit.

Na rozdíl od ostatních běžných konstrukcí působí v kopuli síly ve třech dimenzích a pro jejich určení je potřeba přijmout určitá zjednodušení. Podrobně se problematikou tenkostěnných kleneb, ve tvaru rotačních ploch, zabývá teorie skořepin, která předpokládá určitý poměr tloušťky k poloměru kopule a protože kopule románských rotund tento poměr překračují, nelze tuto teorii bezezbytku použít.

Na přelomu 20. stol. inženýři a architekti používali k návrhu kopulí metodu založenou na grafické analýze. V roce 1877 publikoval H. T. Eddy[25] speciální

[25] Henry T. Eddy, C. E., Ph.D. (*1844 –†1921), profesor matematiky a stavebního inženýrství na University of Minnesota, zabýval se analytickou geometrií a výzkumem grafické statiky, autor řady vědeckých a odborných článků.

grafickou metodu pro analýzu zdiva kopule založenou na polygonu tvořeném tlakovou čarou. Na tuto práci navázalo mnoho následovníků, kteří tuto metodu postupně zpřesňovali. Jednou z variant je tzv. Wolfeho metoda analýzy kopule, založená na silovém polygonu [35].

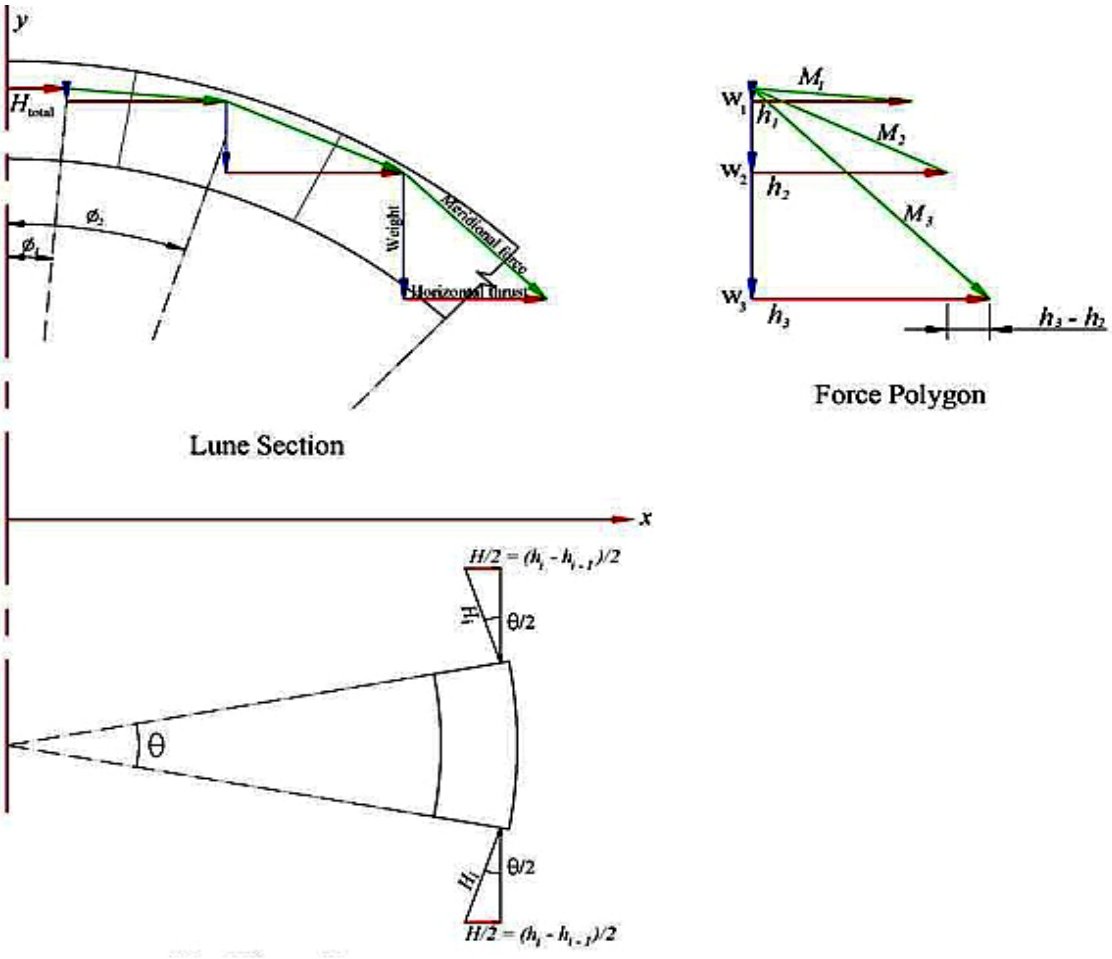


Obr. 16 – Definice parametrů pro metodu modifikované ohybové čáry ve svislé rovině [35].

Z této metody vychází i práce [35] autorky W. Lau[26], ve které zpřesňuje analýzu sil a odstraňuje některé nedostatky předešlých metod. Její metoda je založena na principu rozdělení kopule na jednotlivé části, pro které je vypočítáno těžiště, zatížení a reakce sil. Z těchto údajů je vynesena tlaková čára, které pro dodržení stability kopule nesmí opustit křivky, vymezující tvar kopule. Metoda umožňuje zohlednit jednak úhel uložení kopule na nosné konstrukce a jednak s ní lze analyzovat i kopule s otevřeným vrchlíkem.

Základem metody je membránová teorie, která považuje skořepiny za tenké, pokud jejich tloušťka nepřesahuje 5 % poloměru zakřivení. Nicméně tato metoda rozšiřuje platnost membránové teorie i na skořepiny s poměrem tloušťky k poloměru > 0,05.

[26] Wanda W. Lau na Massachusetts Institute of Technology úspěšně obhájila disertační práci na téma statického působení zděných kopulí.



Obr. 17 – Parametry vnitřních sil v jednotlivých částech se silovým polygonem [35].

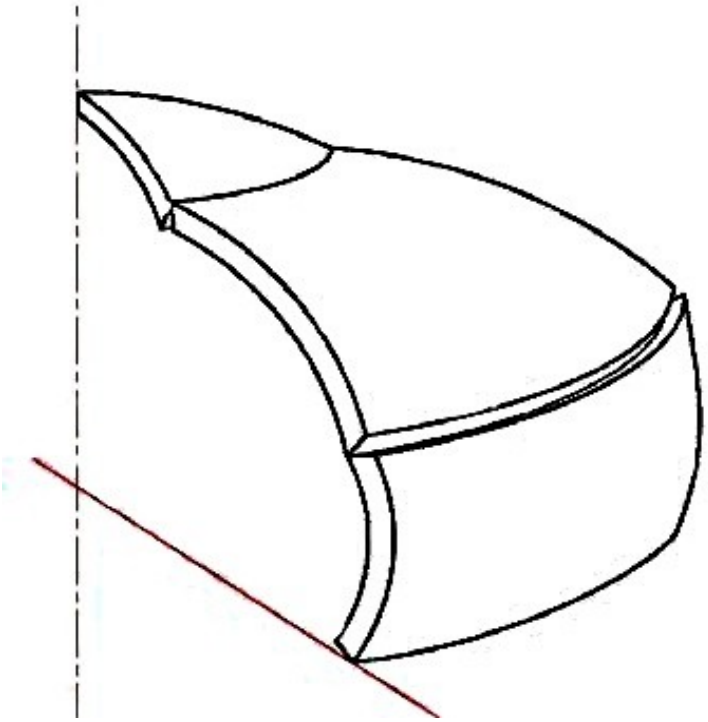
Metoda modifikované ohybové čáry předpokládá několik kritérií, které musí být pro aplikaci splněny:

- Konstrukce musí být v trvalé rovnováze a být staticky stabilní.
- Materiál je dostatečně pevný v tlaku a struktura se nechová elasticky.
- Konstrukce není deformovaná.

Důležitou informací k této metodě je, že její funkční varianta je volně přístupná on-line na internetu a pro znalou osobu je zadání parametrů poměrně rychlá záležitost a lze si tak v krátké chvíli i bez znalosti samotné metody namodelovat konkrétní situaci a utvořit si představu o průběhu sil v konstrukci kopule.

Pro aplikaci na kopule románských rotund má však výše uvedený software nevýhodu v tom, že jeho ovládání je přizpůsobeno pro kopule větších rozměrů, takže nelze zadávat tak přesné hodnoty, jak by mnohdy bylo potřeba.

W. Lau se v [35] zabývá také deformacemi a kolapsem kopulí od zatížení, jak po teoretické, tak experimentální rovině. Uvádí, že při kolapsu se kopule bortí typickým způsobem, který je schematicky znázorněn na obr. 18.



Obr. 18 – Schéma typického kolapsu kopule. [35]

Tento jev odůvodňuje tak, že vodorovné prstencové síly jsou od vrcholu kopule do úhlu přibližně 52° tlakové a od tohoto úhlu po patu kopule tahové. Zároveň z těchto informací plyne, že kopule kromě svislé a vodorovné síly ve svislé řezové rovině zatěžuje stěny i tahovou silou. Kopule kromě vlastní hmotnosti může nést ještě zatížení od lucerny, případně zatížení od střešní krytiny, konkrétně od kamenných desek, které jsou jako krytina použity například u rotundy sv. Jiří na Řípu, viz obr. P 22.

Poslední konstrukce, která zatěžuje obvodové stěny je krov a střešní plášť. Konstrukce krovů byly prováděny klasickou tesařskou technologií z tesaných trámů. Přes to, že se nedochovala žádná původní konstrukce krovu z té doby, ze známého vývoje tesařských konstrukcí lze předpokládat, že u těchto krovů k žádným zásadním změnám nedošlo.

3 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Disertační práce volně navazuje na obdobné práce, které vznikly pod vedením doc. Ing. Milana Vlčka, CSc. na Ústavu pozemního stavitelství a zabývaly se jinými typy sakrálních staveb z období raného středověku. Jedná se o práce [19] J. Kloudy a [20] L. Kalouska, kteří se zabývali velkomoravskými podélnými kostely. Proto i tato práce se zabývá podobnými otázkami a klade si obdobné cíle, mezi které patří potvrzení, případně vyvrácení některých hypotéz, které vznikají při zkoumání předrománských a románských rotund i hypotéz, uplatněných u jiných typů sakrálních staveb, ze stejné oblasti i období vzniku. Práce je rozdělena do třech tematických celků, které jsou popsány níže:

- Proporční analýza se zabývá zkoumáním proporcí staveb v souvislosti s doposud publikovanými proporčními modely a kánony. V odborné literatuře je uváděna řada pravidel a proporčních kánonů, u kterých se předpokládá, že byly při plánování a vytyčování těchto sakrálních staveb staviteli používány. Jedná se zejména o hypotetické rekonstrukce a předpokládané principy J. Pošmourného, J. Poulíka a L. J. Konečného. Většinou jsou však aplikovány pouze na jednu konkrétní stavbu, případně na malou skupinku staveb. Také publikované rozměry těchto staveb jsou mnohdy značně zaokrouhleny a idealizovány, což může v některých případech vést k zavádějícím výsledkům. Cílem práce je zaměřit základní rozměry zkoumaných objektů a následně upřesnit a ověřit předpokládané proporční metody na objektech předrománských a románských rotund a potvrdit nebo vyvrátit jejich užití a platnost v obecné rovině nebo alespoň pro skupinu těchto staveb. Výsledky proporční analýzy mohou být použity pro hypotetické rekonstrukce rotund, které se dochovaly pouze částečně.

- Konstrukční analýza se zaměřuje na jednotlivé konstrukce z hlediska jejich materiálového a technologického provedení z pohledu stavebního inženýrství. Pohled historika může být při zkoumání stavby v kontextu stavební technologie a praxe v mnoha ohledech odlišný od pohledu stavebního inženýra. Proto pro konstrukční analýzu považuji za důležitý faktor kromě studia odborné literatury i osobní návštěvu a prohlídku zkoumaných staveb, která probíhala při zaměřování objektů. Cílem této

části disertace je ověřit některé předpokládané stavební postupy, které jsou diskutovány v odborné literatuře, případně nabídnout alternativu. Příkladem může být diskuse, která se vedla kolem kůlových jamek nalezených ve znojemské rotundě a hypotéza o dvou stavebních fázích při její výstavbě. S tím úzce souvisí problematika způsobu bednění a provedení kopule, případně provádění samotné stavby, která budou rovněž v rámci práce řešena.

- Statická analýza má za úkol postihnout zejména základní statické principy, se kterými tehdejší stavitelé pracovali. Dalším důvodem, který vede ke zkoumání statických souvislostí, je zánik řady sakrálních staveb, na jejichž místech vznikly stavby nové. Nabízí se otázka, jestli k jejich zániku nemohla přispět nějaká statická porucha. První otázkou, na kterou je hledána v této souvislosti odpověď, je způsob založení stavby z pohledu únosnosti zeminy. Široké pole nabízí z hlediska statiky konstrukce kopule. Problematika statiky kopule je natolik složitá, že dalece přesahuje rozsah této práce i ambice autora a je to spíše téma pro odborníky z oboru statiky. Proto se kopulí budu zabývat pouze v kontextu její základní statické funkce.

4 METODY DISERTAČNÍ PRÁCE

Disertační práce se svým zaměřením na předrománské a románské rotundy zabývá stavební tvorbou, která byla zpracovávána zejména historiky, historiky umění a archeology. Z tohoto pohledu je toto téma do značné míry mezioborové a vyžaduje seznámení se s poznatky z těchto oborů, aby bylo možno vnímat problematiku v širším kontextu. Dále bylo potřeba se seznámit s historickými stavebními postupy a také se samotnými stavbami. Z uvedených skutečností vychází i použitá metodika, kterou lze shrnout do následujících bodů:

- Seznámení se s problematikou, studium literatury a dostupných pramenů.
- Vypracování metodiky průzkumu.
- Průzkum staveb v terénu.
- Proporční rozbor, analýza a aplikace stávajících hypotéz.
- Konstrukční analýza, rozbor stávajících hypotéz.
- Statická analýza, hledání vhodných metod, vyhodnocení.
- Zhodnocení a vzájemné srovnání výsledků.

Seznámení se s problematikou probíhalo zejména prostřednictvím dostupné literatury, jejíž opatření nebylo vždy zcela jednoduché, protože se v některých případech jedná o práce staršího data, případně se u nás vyskytují pouze v několika exemplářích. Dobrým vodítkem bylo studium disertačních prací mých předchůdců, viz [19] a [20], které jsem zmínil již v předešlém textu.

Po shromáždění údajů z dostupné literatury a jejich vyhodnocení bylo zřejmé, že pro získání dat k proporční a konstrukční analýze bude nezbytné prozkoumat objekty in situ. Tato část výzkumu byla časově poměrně náročná, protože objekty jsou rozprostřeny téměř po celé republice. Samotnou návštěvu muselo předcházet jednání s majitelem o povolení ke vstupu, fotografování a měření. Po prvotních návštěvách a zaměření objektů a pokusu o grafické zpracování vyvstala potřeba vypracovat metodiku zaměření, aby byl zajištěn jednotný a jednoznačný způsob měření a následné interpretace naměřených hodnot. I z tohoto důvodu bylo potřeba některé objekty navštívit opakovaně.

Měření bylo prováděno standardními přístroji, laserovým měřičem vzdáleností Bosch PLR 30 a běžným svinovacím metrem.

Proporční rozbor představoval jednak úpravu proporčních hypotéz do podoby použitelné pro tabulkové zpracování a následnou aplikaci na naměřené hodnoty a po té samotné vyhodnocení výsledků analýzy.

Samostatnou částí je rekonstrukce půdorysu z archeologických výzkumů, kdy je potřeba z půdorysného zákresu nálezové situace nalézt a vykreslit zidealizovaný půdorys, který by co nejlépe vystihoval pravděpodobný záměr stavitele. Použitá metoda vychází z předpokladu, že hledaná ideální hranice protíná stejnou měrou zdivo i přilehlou zeminu, tedy že nepřesnosti provedení jsou rozprostřeny stejnoměrně na obě strany od ideální linie zdiva. Praktický případ je uveden v kapitole proporční analýzy.

Při konstrukční analýze bylo potřeba nejprve shromáždit dostupné informace, definovat nejasnosti, případně sporná místa doposud publikovaných hypotéz. Vzhledem k tomu, že se jedná o konstrukce z 9. až 13. století, jsou informace o používaných technologických postupech značně nejasné a jsou vázány na mnoho faktorů, které jsou ovlivněny historickými souvislostmi. Například příchod soluňských bratří a jejich doprovodu se stavebními byzantskými mistry, přinášejícími nové postupy. Další skupina poznatků pramení z archeologických výzkumů a jejich interpretace. Mnohdy však byly výzkumy prováděny v několika fázích různými badateli a někdy i s rozdílnými interpretacemi nálezové situace. Následně bylo nutno sporné informace analyzovat, vyhodnotit a pokusit se nalézt způsob řešení, které by odpovídalo historickým postupům provádění staveb. Konstrukční analýza se také zabývala možnými účely kůlových jamek, o kterých se také vedla diskuse mezi odborníky. Pro tuto část byla použita metoda grafického porovnávání dílčích výstupů různých odborných prací a z takto získaného výsledku pak formulovány nové poznatky.

Analýza statických poměrů předrománských a románských rotund se omezuje pouze na základové konstrukce a únosnost stěn. Z toho také plynou použité metody, které využívají běžné výpočetní postupy.

5 VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE

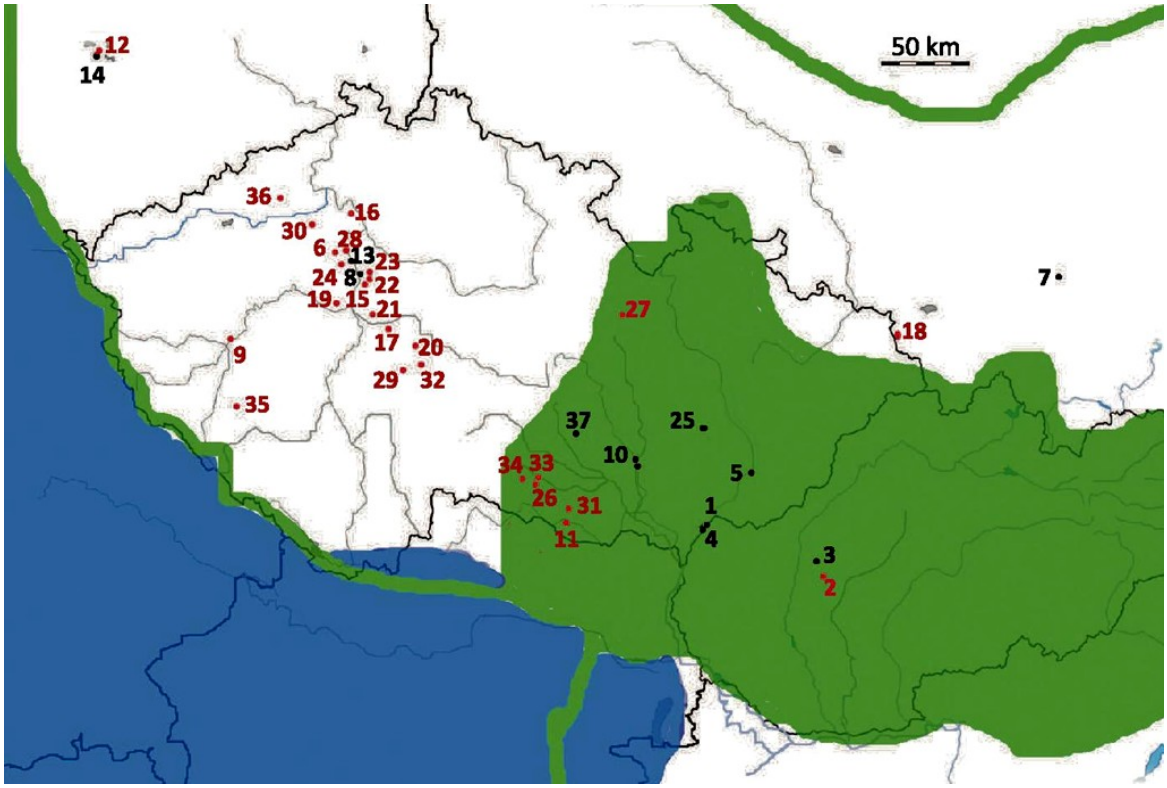
5.1 Základní přehled

Pro správné vnímání historických staveb v kontextu doby a prostředí je nutné se alespoň v obecné rovině seznámit s historickými souvislostmi, za kterých stavby vznikaly. Období, ve kterém předrománské a románské rotundy vznikaly, je poměrně široké. Za první známou rotundu, která byla na našem území postavena, je považován tzv. VI. mikulčický kostel, známý také jako dvouapsidová rotunda. Její objevitel J. Poulík ji datuje do první čtvrtiny 9. stol. [13]. Na mikulčickém hradišti byla objevena ještě druhá rotunda, tzv. VII. kostel, ale ta byla již méně významná a zděná pouze částečně. Další rotundou, která je považována za jednu z nejstarších, je rotunda na Levém Hradci. Její základy byly objeveny při archeologickém výzkumu v letech 1939–1941 pod podlahou současného kostela sv. Klimenta [36]. Část základů rotundy datované do 9. století byla nalezena také na lokalitě Staré Město u Uherského Hradiště. Do staveb z 9. století jsem také zařadil rotundu sv. Juraja v Ducovém, která je podle nálezů z blízkého hřbitova datována do 11.–13. století, ale A. Ruttkay, který v 70. letech prováděl průzkum, předpokládá její starší původ, až 9. století. Při restaurátorských pracích v letech 2010–2012 bylo nalezeno okno, které dle J. Dorici může dokládat původ stavby z druhé poloviny 9. stol., což by znamenalo, že se jedná o předrománskou rotundu na historickém území Velké Moravy.

Počátky výskytu rotund na našem území jsou tedy doloženy v období vzniku nového slovanského státu, který je dnes označován jako Velká Morava. Vzniku tohoto státního útvaru, předcházela dvě slovanská knížectví zvaná Stará Morava, nacházející se v Pomoraví a Nitranské knížectví, které jak napovídá název, se rozprostíralo v okolí Nitry.

Po připojení Nitranského knížectví k moravskému, byl kníže Pribina vyhnán a vlády se chopil kníže Mojmír I., který vládl v letech 833–846. Za jeho vlády spadala duchovní správa Velké Moravy pod vliv Pasova a přichází první misionáři ze Salzburgu a Akvileje. Mojmírova samostatná politika, jdoucí mnohdy proti zájmům Franků, vyústila k jejich intervenci a Mojmírově sesazení. Na jeho místo byl dosazen kníže Rastislav, který pak vládl v letech 846–869. Po počátečním období vlády, kdy byl Rastislav k Východofranské říši loajální,

nastaly spory a on musel hledat spojenectví v Byzancii. Spory vyústily do několika moravsko–franských válek, což vedlo k vyhnání nepřátelského bavorského duchovenstva a Rastislavovu žádost o vyslání duchovních, kteří by zde působili. Na základě této žádosti vysílá císař Michael III. misii vedenou Konstantinem a Metodějem, která na Moravu přichází v druhé polovině roku 863 [31].



Obr. 19 – Střední Evropa v roce 870, Východofrancká říše je označena modře, Velká Morava za vlády Rastislava zeleně, zelená linie označuje hranice Velkomoravské říše po expanzi Svatopluka I. (894) [74]. Zkoumané objekty jsou číslovány podle stáří. Červeně jsou označeny rotundy zachovalé, černě zaniklé nebo částečně zaniklé.

Společně s oběma věrozvěsty přichází také spousta lidí, zastupující různé profese. Kromě východokřesťanské liturgie tak přichází i nová kultura

přinášející písmo i liturgii ve staroslověnštině, což pro oblast znamená zásadní kulturní změnu a rozkvět. Po další moravsko–franské válce v roce 869 je Rastislav po Svatoplukově zradě zajat a vydán Frankům. Velká Morava se tak opět dostává pod vliv Franské říše. Následuje uzavření míru s Franckou říší, vláda knížete Svatopluka v letech 871–894 a velký rozmach Velkomoravské říše, viz obr. 19, [31]. Po Svatoplukově smrti na Moravě vládne Mojmír II. a v Čechách ujímá vlády kníže Spytihněv I., který odpoutává rodící se český stát od Velké Moravy a orientuje se na východofranskou říši. Mezi lety 895–905 nechává na hradišti Budeč vystavět rotundu sv. Petra, rozšíření patrocinia o sv. Pavla je doloženo až v 16. století, čtvercová věž na severní straně je dostavěna v 2. polovině 12. století. Současná podoba, viz obr. 20 je výsledkem mnoha přestaveb, při nichž byla odstraněna apsida a přistavěno obdélníkové kněžiště a sakristie [6].



Obr. 20 – Rotunda sv. Petra a Pavla na Budči.

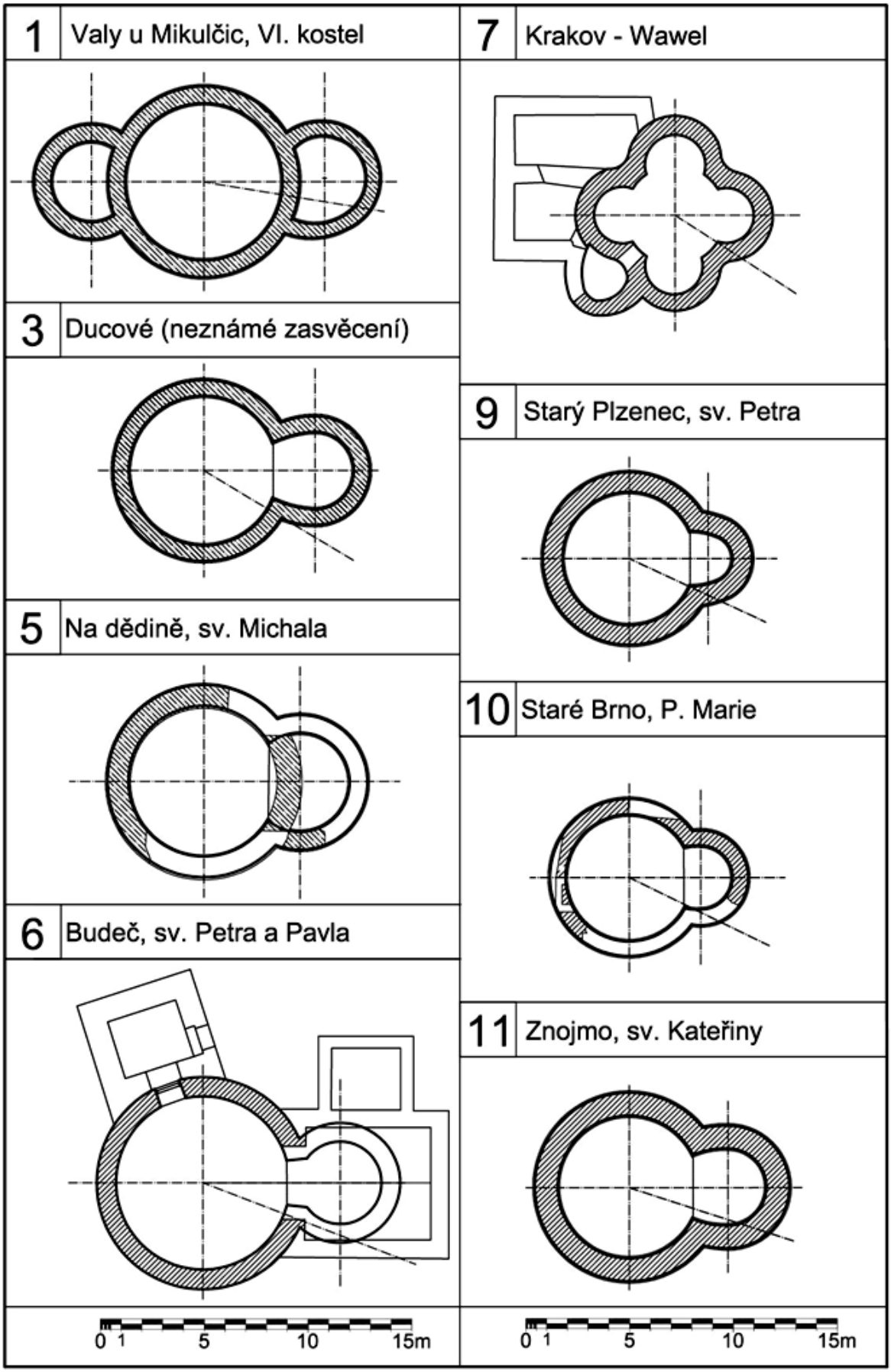
Budečská rotunda, podává cenné svědectví o původní podobě tohoto typu sakrální architektury, která byla na našem území budována. Původní tvar apsidy je bohužel dochován pouze v podobě obrysu základového zdiva promítnutého do podlahy.

5.1.1 Podklady pro výzkum předrománských a románských rotund

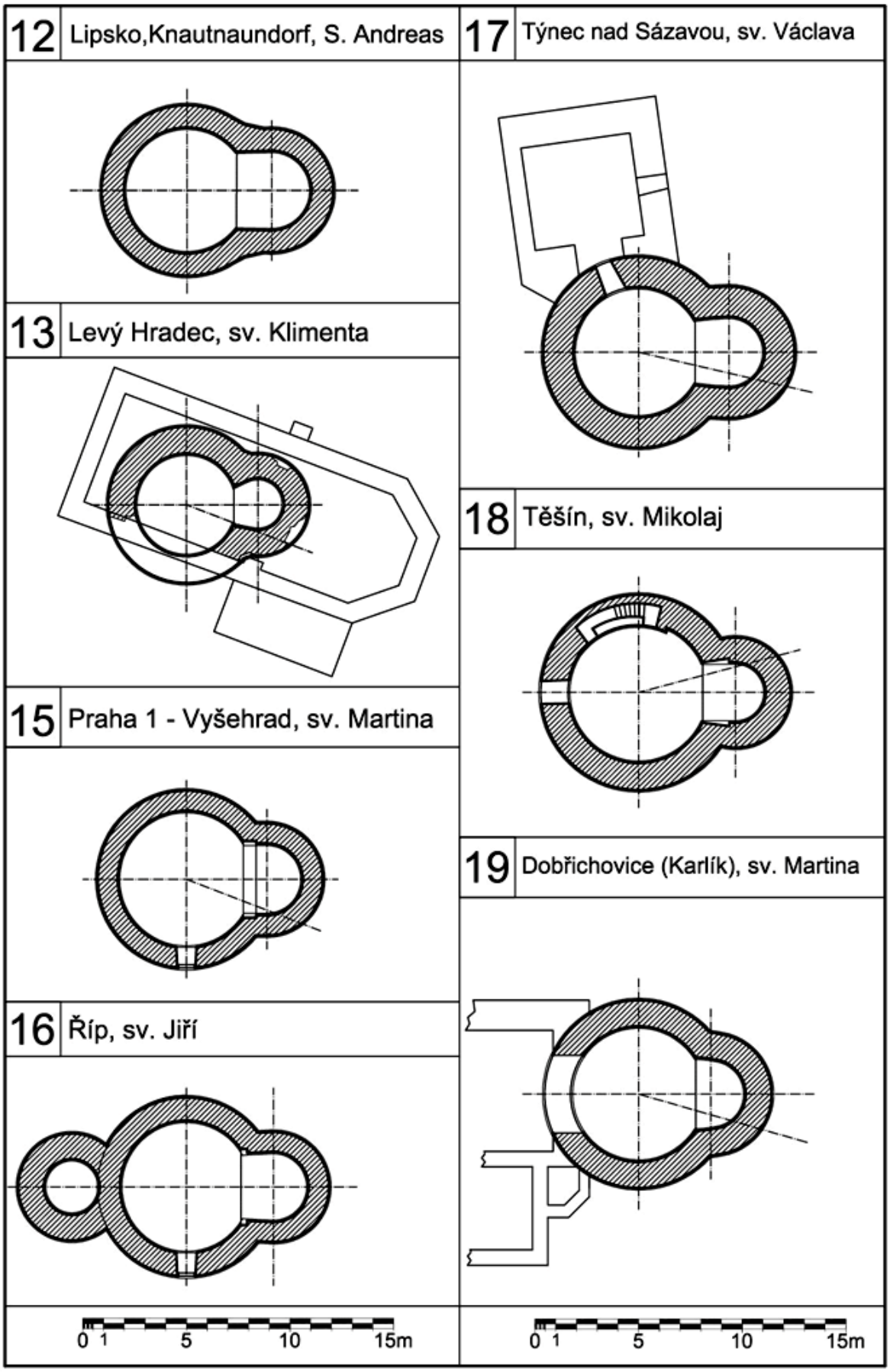
Výše uvedené, velmi zkratkovitě popsané historické souvislosti pouze naznačují prostředí, ve kterém se tento nový typ sakrální architektury počal v našem prostoru šířit. Mezi 9. a 13. stoletím vzniklo na historickém území Velké Moravy více jak šest desítek sakrálních staveb založených na kruhovém půdorysu. Počet doložených předrománských a románských rotund na našem území neustále roste a současný počet jistě ještě není zdaleka konečný. Při archeologických výzkumech jsou čas od času nalézány nové rotundy i v lokalitách, kde jejich výskyt nebyl předpokládán. Jde především o fragmenty základového zdiva a spíše než nové poznatky přináší tyto objekty otázky o jejich původní podobě. Dost často se tyto objekty vyskytují v zastavěném území a po prozkoumání jsou zakonzervovány a opět zakryty. V době zpracování této práce byly publikovány nově nalezené rotundy na Starém Brně na Vídeňské ulici a na Pohansku. Tyto objekty nebyly do výzkumu zahrnuty, protože autor v době zpracování této práce neměl o objektech dostatek informací. Pro analýzu byly vybrány pouze objekty, které jsou zachovány v dostatečné autenticitě. Celkový počet předrománských a románských rotund, které byly do výzkumu zahrnuty, je 37 a jejich přehled je uveden v tabulce Tab. 1. Řazení je provedeno vzestupně podle století předpokládaného vzniku a tomu odpovídají i pořadová čísla v tabulce. Pořadová čísla jsou použita i jako označení jednotlivých rotund v mapě viz obr. 19, kde červená barva značí objekty zachované, označené v tabulce „Z“ a černá barva objekty, které se zachovaly pouze částečně, označené v tabulce „N“.

Tab. 1 – Seznam rotund zahrnutých do výzkumu.

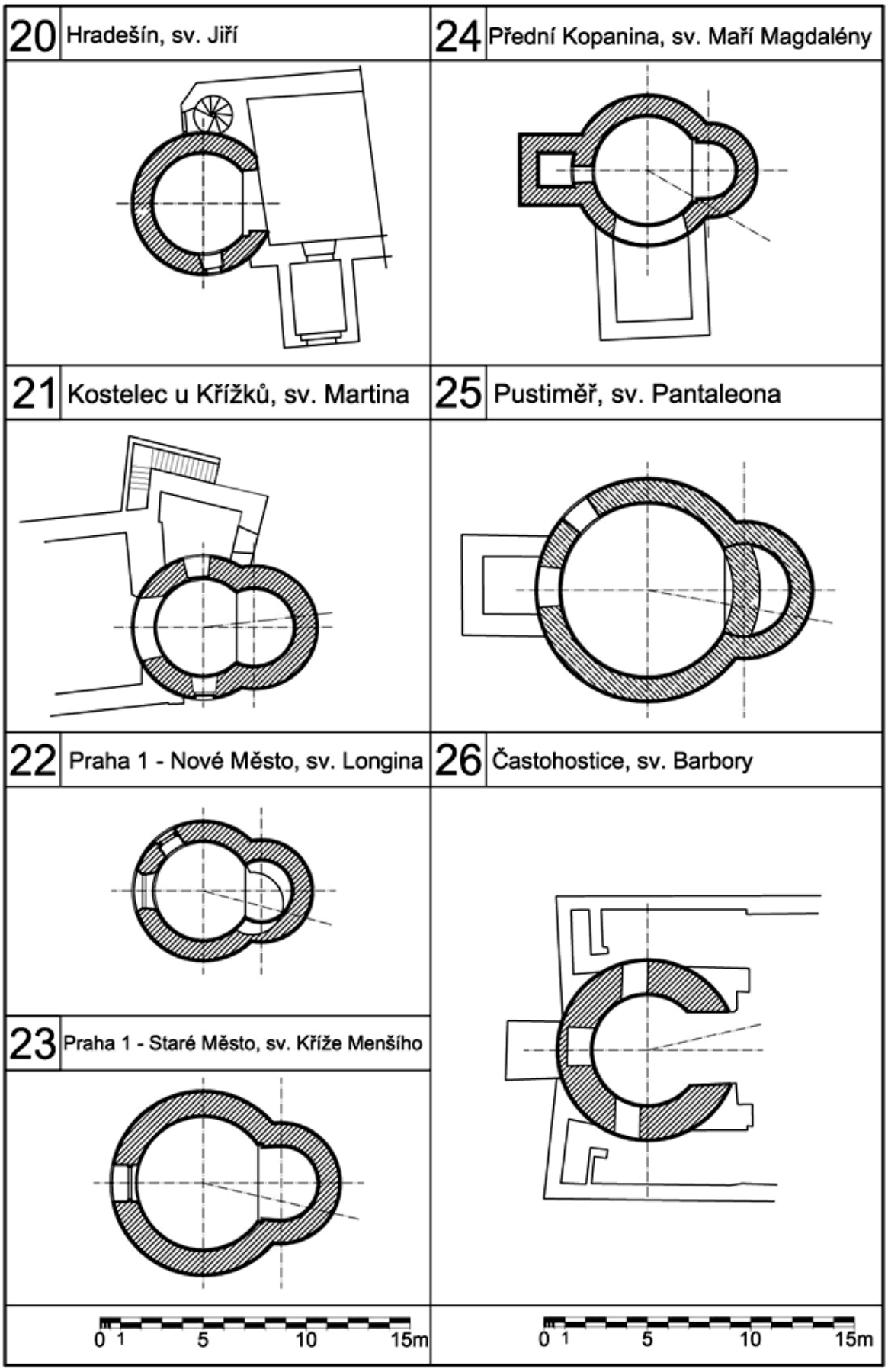
Č.	Stav	Název	století vzniku
1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová	9
2	Z	Nitrianska Blatnica (sv. Jiří)	9
3	N	Ducové (neznámé zasvěcení)	9
4	N	Valy u Mikulčic (neznámé zasvěcení)	9
5	N	Staré Město (u Uh. Hr.) – Na dědině (sv. Michala)	9
6	N	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10
7	N	Krakov – Wawel (1-apsidová) (baptisterium?)	10
8	N	Praha 1 – Hrad (sv. Víta)	10
9	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	10
10	N	Staré Brno (P. Marie)	11
11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11
12	Z	Lipsko,Knautnaundorf (S. Andreas)	11
13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)	11
14	N	Groitszch (neznámé zasvěcení)	11
15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11
16	Z	Říp (sv. Jiří)	11
17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11
18	Z	Těšín (sv. Mikuláše)	11
19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12
20	Z	Hradešín (sv. Jiří)	12
21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	12
22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	12
23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12
24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12
25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)	12
26	Z	Častohostice (sv. Barbory)	13
27	Z	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	13
28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13
29	Z	Libouň (sv. Václava)	13
30	Z	Lukov (sv. Jiří)	13
31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13
32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	13
33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	13
34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13
35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13
36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13
37	N	Tasov (sv. Petra a Pavla)	13



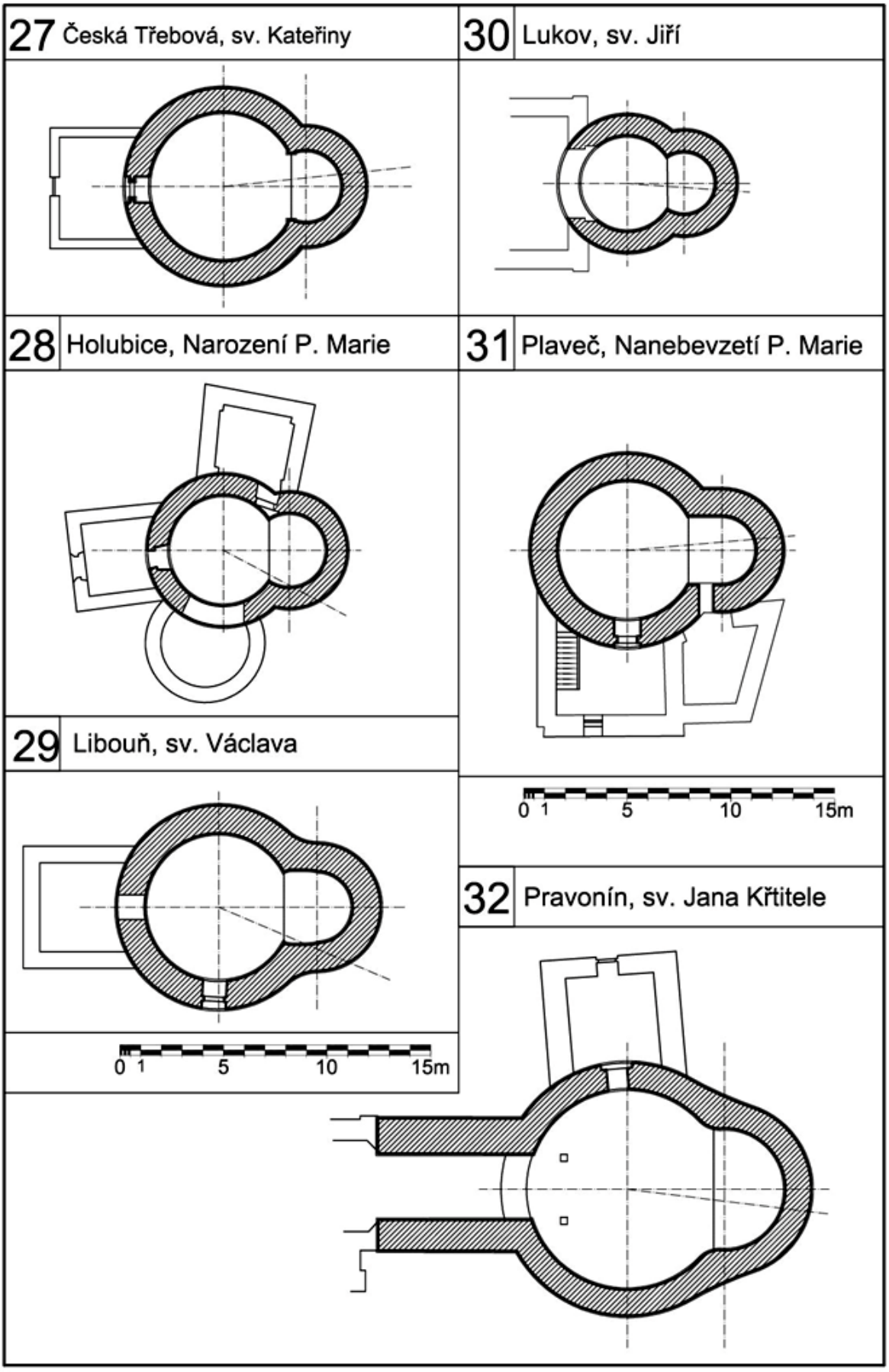
Obr. 21 – Schematické půdorysy zkoumaných staveb.



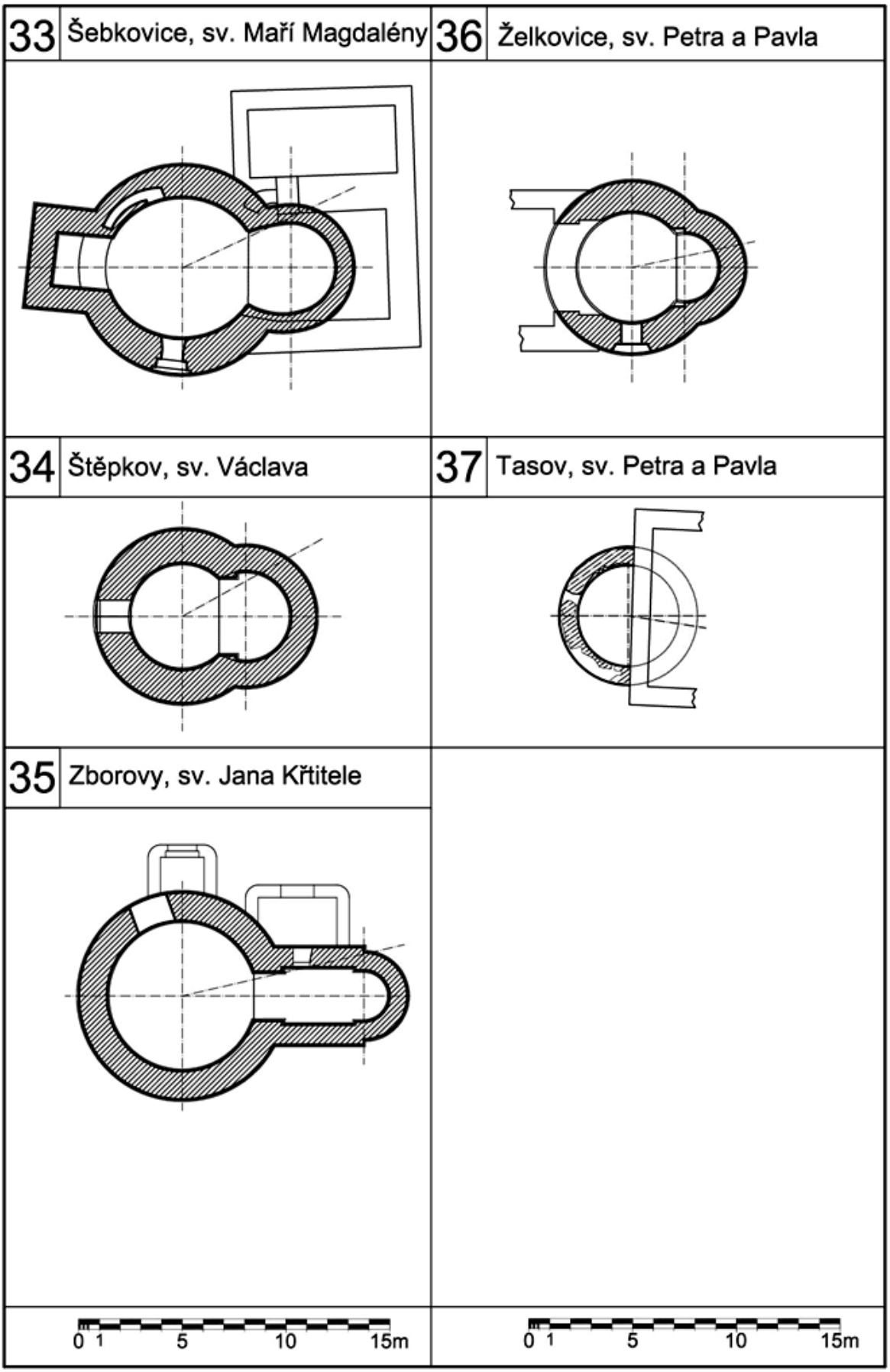
Obr. 22 – Schematické půdorysy zkoumaných staveb.



Obr. 23 – Schematické půdorysy zkoumaných staveb.



Obr. 24 – Schematické půdorysy zkoumaných objektů.



Obr. 25 – Schematické půdorysy zkoumaných objektů.

Prakticky veškeré zachované objekty na našem území byly v rámci výzkumu navštíveny, zaměřeny a byla pořízena potřebná fotodokumentace. Označení „zachované“ by si zasloužilo upřesnění, protože velká část objektů prošla za dobu své existence různými přestavbami a přístavbami, někdy tak zásadními, že z původní rotundy byla zachována pouze menší část. Pod pojmem zachované jsou myšleny objekty, které přes to, že byly stavebně změněny, jsou stále funkční.

Datace vzniku rotund, je záležitostí archeologů a historiků, kteří pro datování kromě archeologických nálezů používají i historické prameny. V mnoha případech se jedná pouze o velmi hrubé určení období, ve kterém objekt vznikl a velmi často se stává, že mezi odborníky nepanuje zcela jednoznačný názor. Moje zařazení proto vychází z nejnovějších poznatků a většinového názoru v době vypracování práce. Pro tuto práci není přesné datování vzniku zásadní a na výsledek analýzy nemá vliv, protože nebyla nalezena korelace mezi dobou vzniku a proporčními rozměry.

5.1.2 Základní typologie předrománských a románských rotund

Označení „rotunda“ je označení pro centrální stavbu na kruhovém půdorysu a vychází z latinského slova rotundus – kruhový. V dnešní době je pod tímto významem chápán kruhový objekt sakrálního charakteru, pocházející z předrománského nebo románského období. Této definici však vyhovují i objekty, které je pro tuto práci potřeba odlišit. Jsou to karnery, jejichž název je odvozen od latinského slova carnium – kostnice. Tyto objekty, které jsou centrální sakrální stavby, jsou dvoupatrové a liší se zejména svým určením. Jedná se o hřbitovní kaple, jejichž nadzemní část slouží ke konání zádušních mší a které mají podzemní patro určené k ukládání kosterních ostatků postupně vykopávaných na hřbitově. Definice karneru, jak ji uvádí V. Paukrt: „Karner je románská a gotická hřbitovní dvouetážová centrální stavba – známá však už z předrománské architektury, zpravidla kvadratického, kruhového nebo polygonálního půdorysu, stojící v sousedství farního kostela na hřbitově.“ [37]. Dalším důležitým znakem karnerů je, že nebyly samostatnou stavbou, nýbrž stály vždy u farního kostela. Na našem území se karnery vyskytují na Jižní Moravě, kam se dostaly s německou kolonizací a mají původ v rakouském Podunají, kde je jejich výskyt největší.

Po vyjmutí karnerů z obecné definice označení „rotunda“, bude v dalším textu pod tímto pojmem uvažována centrální sakrální stavba na kruhovém půdorysu s připojenou apsidou na jižní straně. Základní rozdělení rotund lze provést na několika úrovních – z hlediska časového a z hlediska tvarového.

Z hlediska časového:
- předrománské
  - 9. století
  - 10. století
- románské
  - 11. století
  - 12. století
  - 13. století

Z hlediska tvarového:
- dle vnějších znaků
  - rotundy bez věže a bez lucerny
  - rotundy s lucernou
  - rotundy s věží
- dle zastropení
  - plochostropé
  - zaklenuté kopulí
- dle pater
  - jednopatrové
  - dvoupatrové

Z hlediska funkce:
- pouze sakrální
- sakrální i profánní

Z hlediska tvaru apsidy:
- apsidy na kruhovém půdorysu
- apsidy na podkovovitém půdorysu
- tvar otevřené podkovy
- tvar uzavřené podkovy

Výše uvedené tvarové rozdělení odráží především současný pohled na tyto objekty a nemusí korespondovat s původním záměrem stavitelů. Zejména existence zděné věže je u většiny rotund záležitostí pozdější stavební fáze.

Další možné rozdělení je na jednopatrové a dvoupatrové. Přičemž druhým patrem je myšlen prostor nad lodí kostela, který lze nalézt u několika objektů na jižní Moravě; jedná se o rotundu sv. Václava ve Štěpkově a sv. Máří Magdaleny v Šebkovicích. Zajímavým prvkem těchto staveb je existence původního schodiště v hmotě zdiva. Existence horního patra svědčí i o profánní funkci staveb. O tom, že některé rotundy mohly sloužit jako dočasné útočiště a ochrana, svědčí také zachované kapsy na vnitřní závoru u vstupních dveří, která naznačuje také možnou fortifikační funkci rotundy. Tím by pojem boží ochrany nabýval nejen funkce duchovní, ale i fyzické. Někteří historici umění tento fortifikační prvek spojují s ochranou ostatků svatých, které byly ve středověku v kostelech ukládány, velmi ceněny a proto také často zcizovány.

Jak je z výše uvedeného textu patrné, systematické dělení rotund má více úrovní a v některých případech může být zařazení konkrétního objektu do určité skupiny velmi problematické a je mnohdy otázkou stavebního vývoje konkrétní stavby. Svým zaměřením přesahuje problematika typologie rámec této práce, a proto zde nebude podrobně rozváděna.

5.2 Proporční analýza

5.2.1 Hlavní principy proporční analýzy

Proporční analýza je založena na sledování vzájemných vztahů jednotlivých proporcí staveb, jejich porovnání a definování. Tyto souvislosti můžeme sledovat buďto v rámci jedné stavby nebo porovnávat stavby mezi sebou. Základní myšlenka vychází z předpokladu, že při plánování a vytyčování stavby byl použit nějaký princip, z něhož byly rozměry odvozovány. Protože v té době stavitelé neměli k dispozici současné znalosti ani výpočetní aparát, předpokládáme, že používali k dimenzování znalostí a zkušeností, které se předávaly z generace na generaci v ústní podobě. Druhý předpoklad, který musela tehdejší metoda splňovat, je možnost technické realizace na místě stavby.

Přesto, že tvarově je rotunda poměrně jednoduchá stavba, byla potřeba před započetím samotné stavby naplánovat. Od nalezení vhodného místa, přes zajištění potřebného množství materiálu, až po pracovní sílu, která byla ke stavbě potřeba. Přihlédneme-li k faktu, že tvarově byly stavby poměrně neobvyklé a stavěly se velmi řídce, lze předpokládat, že před stavbou proběhla důkladná příprava alespoň v hrubých rysech odpovídající současnému postupu. První co bylo potřeba učinit, bylo určit rozměry a tvar budoucí stavby. S tímto záměrem bylo nutno nějakým způsobem seznámit pracovníky. Jako ideální způsob se jeví grafické ztvárnění, které mohlo být provedeno několika tehdy užívanými způsoby. Jako materiál pro nákres přichází v úvahu pergamen, vosková nebo hliněná destička. Užití pergamenu se jeví pro svou vzácnost velmi nepravděpodobné, ale vosková i hliněná destička je pro své jednoduché užití a dostupnost velmi přijatelná varianta, která by mohla vytyčení v terénu značným způsobem zjednodušit.

Pokud je uvažováno o rozměrech stavby, je základní otázkou, jestli byla při jejich vytyčování užita nějaká historická délková míra a případně jaká. Odborníci uvažují, že jako základní jednotka mohla být užita římská stopa, ale nevylučují užití karolínské nebo langobardské stopy. Touto otázkou se v minulosti zabývalo již mnoho badatelů, ale nedospěli k jednoznačnému závěru. Užití římské stopy spolu s modulovými kružnicemi při vytyčování velkomoravských kostelů předpokládá ve své práci [18] J. Pošmourný, ale V. Richter poukazuje a na pravděpodobnější použití langobardské stopy, stejně jako u dvouapsidové mikulčické rotundy. [38] Nejjasnější odpověď poskytl ve své práci [20] L. Kalousek, který považuje za prokázané, že u jím zkoumaných

objektů byl použit jistý modul, který byl specifický pro každou stavbu, ale nepodařila se prokázat souvislost s výše uvedenými historickými délkovými jednotkami.

Další otázkou, na kterou by měla proporční analýza poskytnout odpověď, je, jestli byl při vytyčování použit nějaký kánon. Průkopníkem v této oblasti byl J. Pošmourný, který vypracoval teorii modulových kružnic, viz [18] jež byla užita J. Poulíkem u mikulčické dvouapsidové rotundy viz [13]. Jinou metodu uvádí v [14] L. J. Konečný. V německé literatuře je hojně citovaný princip kvadratury a triangulace, například v práci A. Kottmana, viz [39]. Uvažováno je také možné užití zlatého řezu, případně jiného proporčního poměru. Některé tyto metody se jeví jako málo pravděpodobné, zejména z důvodu jejich složité praktické aplikace. Metody jevící se pro praktické užití a vytyčení stavby přímo v terénu značně složité a obtížně proveditelné, mohou být použitím grafického návrhu na předem připravenou voskovou nebo hliněnou desku značně zjednodušeny.

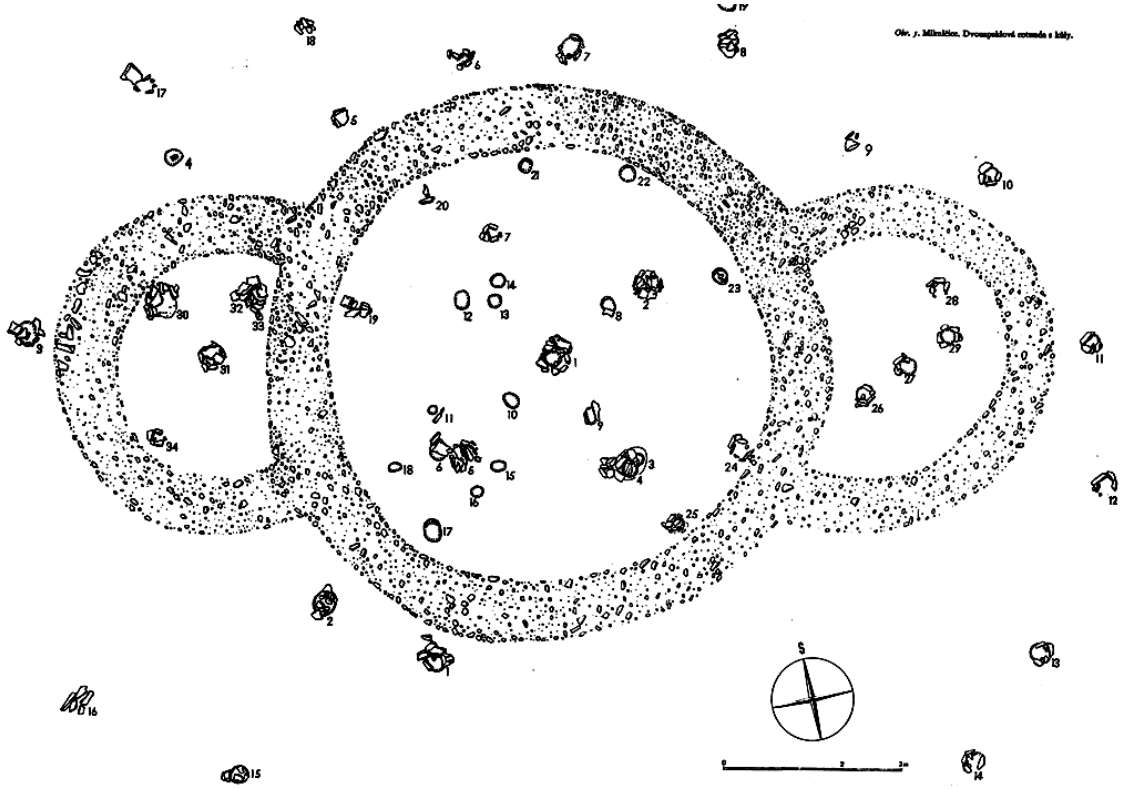
5.2.2 Podklady pro proporční analýzu

Při úvodním studiu odborné literatury byly porovnány hodnoty uváděné v literatuře s naměřenými rozměry navštívených rotund a v některých případech byly mezi těmito hodnotami zjištěny poměrně velké rozdíly. Na základě tohoto poznatku bylo přistoupeno k navštívení a zaměření všech dostupných objektů předrománských a románských rotund a zakreslení jejich půdorysů.

Podklady pro proporční analýzu jsou z větší části čerpány z hodnot naměřených při pracovních cestách a menší část je převzata z nálezových zpráv a dostupné literatury. K převzetí rozměrů z nálezových zpráv, případně literatury, bylo přistoupeno u objektů, které nebylo možno osobně zaměřit. Jedná se zejména o objekty, které se zachovaly pouze v podobě části základového zdiva a v současné době nejsou přístupné. U objektů, u kterých bylo čerpáno z nákresu nálezové situace, byla nejprve provedena rekonstrukce zidealizovaného půdorysu a tyto hodnoty byly následně použity do výzkumu. Přestože u některých objektů nebylo možné některé rozměry zjistit, byly zařazeny do výzkumu, ale pouze pro tu část analýzy, pro kterou jsou rozměry známy.

Pro potřeby proporční analýzy byla takto získaná data zpracována do tabulky tab. 2 a pomocí grafického programu AutoCAD byly vykresleny půdorysy staveb a na jednotlivé stavby aplikovány jednotlivé grafické modely.

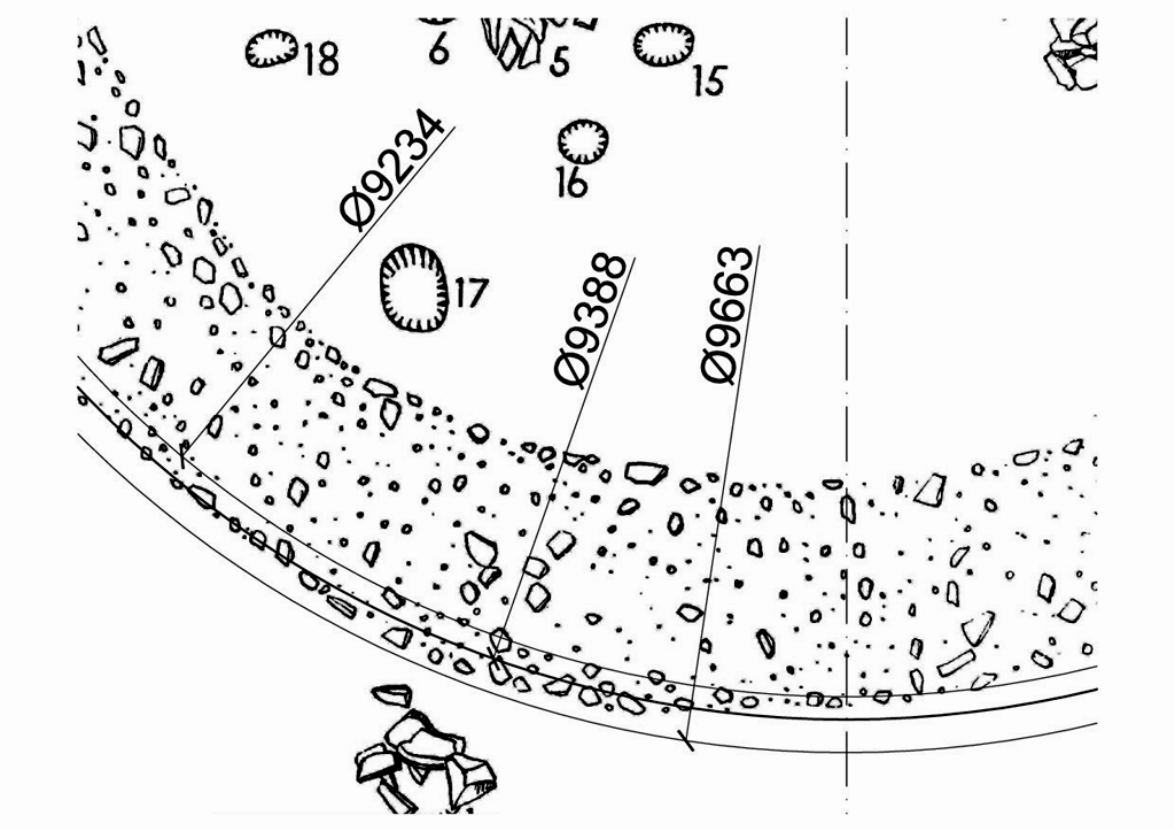
Jako příklad rekonstrukce zidealizovaného půdorysu je možno uvést objekt mikulčického VI. kostela z lokality Staré Město, Mikulčice Valy. Naskenovaná nálezová situace obr. 26 byla načtena do grafického programu AutoCAD a převedena do správného měřítka.



Obr. 26 – Nálezová situace dvouapsidové rotundy v lokalitě Staré Město, Mikulčice Valy [13].

Dalším krokem je nalezení nejmenšího a největšího průměru vnějšího zdiva. Mezi těmito průměry je vykreslen střední průměr a na něj následně vyznačeny průniky mezi touto kružnicí, konstrukcí a zeminou. Tento střední průměr je po porovnání délky průniku konstrukcí a zeminou upraven tak, aby po obvodu protínal konstrukci i zeminu stejnou měrou, viz Obr. 27. Jak je patrné, je rozdíl mezi průměrnou hodnotou obou krajních hodnot a zvoleným ideálním průměrem zdiva 60,5 mm. I když se tato hodnota, vzhledem k průměru přes devět metrů, nejeví nijak zásadní při stanovení tloušťky zdiva, může v krajním případě znamenat rozdíl přes 120 mm. Je to možný důvod proč v literatuře [13]

jsou některé uváděné rozměry rozdílné. Dalším důvodem může být značná idealizace a zaokrouhlení uváděných rozměrů, jako údajů pouze orientačních. Rozměry, získané touto metodou, by z pohledu pravděpodobnosti měly nejlépe odpovídat původně vytyčenému tvaru. Obdobně je pak postupováno i u ostatních konstrukcí. Získané rozměry jsou zahrnuty do proporční analýzy, ale vzhledem k nemožnosti jejich ověření je objekt v názvu vyznačen podbarvením a výsledky u těchto objektů jsou brány s jistou rezervou.



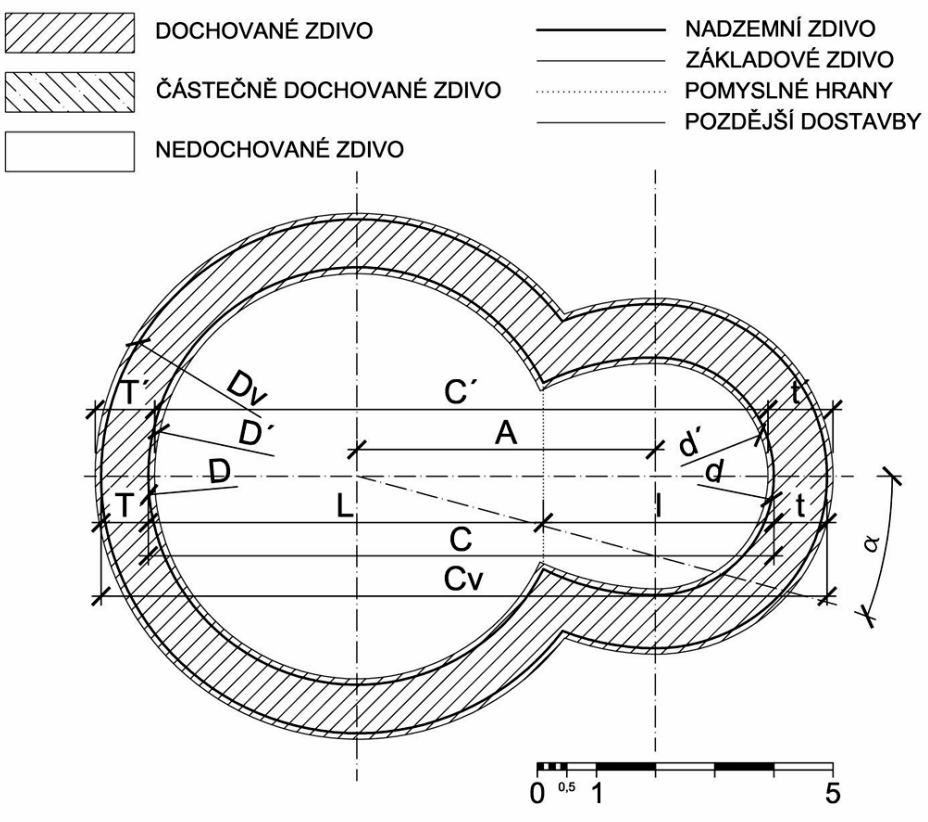
Obr. 27 – Rekonstrukce ideálního tvaru půdorysu mikulčické dvouapsidové rotundy – VI. kostela.

Tab. 2 – Rozměry zkoumaných objektů.

Rozměry nadzemní konstrukce						rozměry v [mm]									
						loď			apsida						
mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	stroop	století	úhel α	D	V	T	d	v	t	C	L	l	A
1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová		9	-12	7590		800	4050		640	11630	7270	4360	5820
3	N	Ducové (neznámé zasvěcení)		9	-31	7230		750	3750		750	10850	6960	3890	5360
5	N	Staré Město (U. H.) – Na dědině (sv. Michala)		9	0	7070		1000	4590		850	10670	6760	3900	4630
6	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	o	10	-21	8370	11990	990	3980		900	12790	8200	4570	6610
9	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	x	10	-23	6440		940	2360	5830	940	8200	6150	2050	3802
10	N	Staré Brno (P. Marie)		11	-26	6130		650	3080		650	7950	5700	2350	3440
11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	o	11	-18	6890	9800	1100	3720	5690	1100	10060	6520	3540	4750
12	Z	Lipsko,Knautnaundorf, s. Andreas		11	0	6100		1070	3860		1050	9060	5450	3610	4080
13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)		11	-26	4970		1290	2530		1190	7200	4770	2430	3450
15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	o	11	-21	6630	9790	970	3470	6770	970	8930	6060	2870	3880
16	Z	Říp (sv. Jiří)		11	1	6410	9920	1080	3410	5780	980	9110	5840	3270	4200
17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	o	11	-13	6310	9930	1450	3450	6100	1450	9240	5880	3360	4360
18	Z	Těšín (sv. Mikolaj)		11	15	6830		1300	2920		1200	9550	6500	3050	4680
19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	o	12	-16	6560	9720	1250	3370	6340	1250	8450	6040	2410	3480
21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	o	12	6	4860		1020	4020		1020	6810	3960	2850	2450
22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	o	12	-15	4870	8240	900	3070		900	6790	4470	2310	2820
23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	o	12	-13	6530	9360	1150	3670	5350	990	8890	5920	2950	3770
24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	o	12	-30	5340	10380	930	2780	6140	930	7000	4830	2170	2940
25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)		12	-10	8510		1100	4490		1020	11180	7980	3200	4680
27	Z	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	x	13	6	7230	6460	1140	3540	5820	1140	9370	6890	2480	3980
28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	o	13	-30	5380	8240	980	3650	5270	970	7680	4890	2800	3170
29	Z	Libouň (sv. Václava)	o	13	-23	7170	7520	1330	3470	5790	1330	10060	6730	3330	4740
30	Z	Lukov (sv. Jiří)	x	13	-3	4670		970	3080	4470	1000	6620	4270	2350	2740
31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	o	13	5	6790	8860	1270	3360	5620	1270	9640	6350	3300	4570
32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	o	13	-7	9720	10350	1230	5910	9470	1240	12510	9030	3480	4680
33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	o	13	25	7060	7120	1290	4400	5300	810	11140	6880	4260	5240
34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	o	13	30	5180	7800	1600	4400	5280	1200	7850	4360	3490	3060
35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	o	13	13	7280	8880	1350	2490	4870	850	13640	7080	6550	8750
36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	o	13	12	5410	10500	1450	3400	6880	1220	6940	4850	2090	2530

5.2.3 Proporční analýza

Základní rozměry sledované v proporční analýze jsou seřazeny v přehledové tabulce tab. 2. Objekty jsou řazeny dle předpokládaného století vzniku. Jednotlivé sledované půdorysné rozměry jsou označeny dle obr. 28, následujícím způsobem: D – vnitřní průměr nadzemního zdiva lodě, D´ – vnitřní průměr základového zdiva lodě, d – vnitřní průměr nadzemního zdiva apsidy, d´– vnitřní průměr základového zdiva apsidy, C – délka vnitřního prostoru nadzemního zdiva, C´– délka vnitřního prostoru základového zdiva, T – tloušťka zdiva lodě, T´– tloušťka zdiva základové konstrukce lodě, t – tloušťka zdiva apsidy, t´– tloušťka základového zdiva apsidy, α – úhel mezi orientací osy kostela a východem. Odchylka osy kostela od východního směru α, je po směru hodinových ručiček značena jako úhel kladný a proti směru jako záporný.



Obr. 28 – Způsob značení a kótování jednotlivých objektů.

5.2.3.1 Analýza možného užití historických jednotek

Jak již bylo řečeno v přehledu, základní otázka při hypotetických rekonstrukcích, která se v odborné literatuře objevuje, je použití délkových historických jednotek. Proto se první část proporční analýzy bude zabývat ověřením hypotézy, zda byly při výstavbě předrománských a románských rotund používány nějaké známé historické jednotky, případně jestli byl použit nějaký, pro každou stavbu individuální, obecný modul.

Nejčastěji uvažovanou jednotkou, která bývala užívána, je římská stopa, jejíž délka má velikost 1 římská stopa = 295,7 mm, viz [20], [19], v pořadí druhou nejčastěji uváděnou jednotkou je karolínská stopa s délkou 1 karolínská stopa = 333 mm [20], dále se lze setkat s langobardskou stopou, 1 langobardská stopa = 430 mm[27] [40], [20].

Při ověřování hypotézy o užití historických délkových jednotek je postupováno tak, že rozměry staveb naměřené v milimetrech, jsou převedeny na výše uvedené jednotky.

Samotné vyhodnocení, zda byla jednotka užita, se opírá o předpoklad, že pokud byla jednotka užívána, řídily se rozměry stavby celými násobky této jednotky. Budou tedy hledány rozměry, které se pohybují v nějakém rozpětí kolem celého násobku uvažované jednotky. Zvolení vhodného rozpětí je závislé na přesnosti předpokládané při vytyčení a zhotovení stavby. Pro získání představy o přesnosti provedení těchto staveb byla použita data získaná při měření objektů „in situ“. Při měření průměru lodi rotund bylo měření prováděno na několika místech, tak aby bylo možno zpracovat průměrnou hodnotu. Z naměřených údajů byl v tabulkovém procesoru proveden výpočet směrodatné odchylky naměřených hodnot pro jednotlivé objekty a z těchto hodnot byla získána směrodatná odchylka, která charakterizuje obecnou hodnotu rozptylu, ve kterém se měřené hodnoty pohybují. Protože při použití laserového měřidla se přesnost měření pohybuje v řádu milimetrů, představuje vypočtená hodnota směrodatné odchylky S = 35,0 mm viz tab. 4, zejména odchylku přesnosti vytyčení a provedení stavby.

[27] Velikost langobardské stopy byla brána 430 mm viz [40], ale v odborné literatuře je možno nalézt i délku 365 mm , kterou A. Ruttkay uvádí v souvislosti s rotundou v Ducovém u Piešťan [53] a rotundou sv. Juraja v Nitranské Blatnici. Důvod nesouladu těchto údajů, prezentovaných předními odborníky, se autorovi disertace nepodařilo zjistit.

Tab. 3 – Výpočet směrodatné odchylky měřených půdorysných rozměrů.

Výpočet směrodatné odchylky naměřených hodnot průměrů lodi						
mapové číslo	Název rotundy	měření 1	měření 2	měření 3	průměrná hodnota	směrodatná odchylka
		mm	mm	mm	mm	mm
6	Budeč (sv. Petra a Pavla)	8360	8500	8250	8370	102,3
9	Starý Plzenec (sv. Petra)	6430	6370	6520	6440	61,6
11	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	6920	6886	6860	6889	24,6
15	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	6626	6613	6674	6638	26,2
16	Říp (sv. Jiří)	6350	6380	6495	6408	62,5
17	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	6305	6295	6330	6310	14,7
19	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	6540	6560	6575	6558	14,3
20	Hradešín (sv. Jiří)	4940	4987	5010	4979	29,1
21	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	4910	4825	4865	4867	34,7
22	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	4885	4865	4850	4867	14,3
23	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	6510	6535	6550	6532	16,5
24	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	5310	5360	5350	5340	21,6
25	Pustiměř (sv. Pantaleona)	8505	8490	8530	8508	16,5
26	Častohostice (sv. Barbory)	5300	5330	5570	5400	120,8
27	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	7230	7245	7220	7232	10,3
28	Holubice (Narození P. Marie)	5420	5340	5370	5377	33,0
29	Libouň (sv. Václava)	7220	7220	7065	7168	73,1
31	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	6780	6820	6760	6787	24,9
32	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	9775	9740	9620	9712	66,4
33	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	6910	7240	7020	7057	137,2
34	Štěpkov (sv. Václava)	5130	5200	5200	5177	33,0
35	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	7175	7310	7340	7275	71,8
36	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	5390	5410	5450	5417	24,9
směrodatná odchylka						**35,2**

Aby bylo přihlédnuto i k ostatním vlivům, jako je například přesnost vytyčení, které se mohou na rozdílu mezi záměrem a skutečným provedením stavby podílet, byla pro vyhodnocení užití jednotky k vypočtené hodnotě odchylky připočtena přirážka ve výši 100 %, označenou $S_{100} = S \times 2 = 70{,}4$ mm, kterou autor disertace považuje za hraniční, protože rozdíl mezi minimální a maximální možnou hodnotou se již blíží k polovině velikosti zkoumané

jednotky.[28] Kritérium S_{100} bylo použito pro vyhodnocení všech rozměrů s výjimkou tloušťky stěn, kde byla s přihlédnutím k velikosti zkoumané míry použita přirážka pouze 50 % a hodnota kritéria je $S_{50} = S \times 1,5 = 52,5$ mm.

Pro přehlednost byla analýza zpracována do dvou tabulek, zvlášť pro nadzemní zdivo, viz tab. 4 a zvlášť pro základové zdivo, viz tab. 5. Šedé podbarvení názvu objektu znamená, že rozměry byly získány jiným způsobem, než měřením „in situ“, tedy z literatury nebo výzkumných zpráv. V tabulkách značí „číslo objektu“ označení objektu v přehledové mapě, viz obr. 19. Hodnoty, které splňují kritérium pro užití historické jednotky, jsou vyznačeny v tabulce barevně. Oranžová barva značí shodu s římskou stopou, zelená barva s karolínskou stopou a modrá barva s langobardskou stopou.

Vyhodnocení analýzy možného použití historických jednotek

Předpoklad potvrzení hypotézy možného užití historické jednotky u objektu je, aby bylo splněno kritérium shody u hlavních rozměrů v rámci jednoho objektu. Za možné užití jednotky je považováno, pokud je splněno kritérium alespoň pro hlavní loď a apsidu nebo hlavní loď a celkovou vnitřní délku. Objekty, u kterých je tato podmínka splněna u nadzemního zdiva, tab. 4, jsou vyznačeny příslušnou barvou ve sloupci „vyhodnocení“, vždy u příslušné historické míry. Objekty, u kterých výše uvedené podmínky splňuje základové zdivo, tab. 5, jsou vyznačeny v příslušné kolonce „vyhodnocení“ znakem „X“.

Vyhodnocení je mezi oběma tabulkami propojeno, takže lze sledovat a vzájemně porovnat shodu u základového a nadzemního zdiva.

Vyhodnocení použití jednotlivých historických jednotek:

- Římská stopa –

  shoda kritéria alespoň u dvou hlavních rozměrů – v nadzemním zdivu se vyskytuje u šesti objektů a v základovém zdivu se posuzovaná kritéria shodují u deseti objektů, z toho u tří objektů je shoda jak v základovém, tak nadzemním zdivu.

[28] Při zkoumání použití římské stopy o délce 295,7 mm, je tolerance hodnot ± S_{100} = 70,4 mm, což činí 48 % zkoumané jednotky.

Shoda u tří hlavních rozměrů – v nadzemním zdivu se nevyskytuje, ale u základového zdiva se vyskytují čtyři objekty, které zadaná kritéria splňují.

Jedná se o objekt č.3 – Ducové, kde odpovídají jednotlivé rozměry o hodnotě D´:d´:C´ ≈ 24:12:36 ř.s., což jsou hodnoty odvozené od čísla 12, které jsou u různých staveb historiky často zmiňovány. Použití čísla 12 by podporovalo hypotézu o symbolice, která je u tohoto čísla často akcentována, 12 apoštolů, 24 starců apokalypsy.

Druhý objekt, splňující výše uvedená kritéria je č.16, rotunda sv. Jiří na Řípu. Rozměry jsou D´:d´:C´ ≈ 21:11:30 ř.s. U tohoto objektu je navíc tloušťka zdiva apsidy rovna t ≈ 4 ř.s.

Třetí je objekt č.33 – sv. Máří Magdaleny v Šebkovicích, kde jsou rozměry v poměru D´:d´:C´ ≈ 23:14:37 ř.s. Tento objekt vykazuje shodu také ve dvou rozměrech nadzemního zdiva, průměru lodi a apsidy hodnoty D:d ≈ 24:15 ř.s. U šebkovické rotundy je dalším rozměrem, splňujícím kritérium, tloušťka základového zdiva lodi o velikosti T´ ≈ 5 ř.s.

Posledním objektem se třemi a více shodnými rozměry je č.34, rotunda sv. Václava ve Štěpkově. Rozměry objektu odpovídají hodnotám D´:d´:C´ ≈ 17:14:26 ř.s. a tloušťka základového zdiva lodi je T´ ≈ 6 ř.s.

U ostatních jednotlivých rozměrů, shodujících se s násobkem římské stopy, se jeví shoda spíše dílem náhody, než záměrem stavitele.

- Karolínská stopa –

Shoda kritéria alespoň u dvou hlavních rozměrů se vyskytuje u nadzemního zdiva v sedmi případech, u základového zdiva v deseti případech. Přičemž shoda v nadzemním i základovém zdivu je pouze u jednoho objektu. Shoda kritéria u tří hlavních rozměrů je u čtyř objektů. Prvním je dvouapsidová rotunda č.1, z lokality Valy u Mikulčic. Shoda kritérií nastala u tohoto objektu u rozměrů nadzemní konstrukce v hodnotách D:d:C ≈ 23:12:35 k.s., dále je shoda u tloušťky t ≈ 2 k.s. nadzemního zdiva apsidy a u základového zdiva v průměru lodi D´ ≈ 22 k.s. a tloušťky základové konstrukce lodi T´ ≈ 3 k.s. U tohoto objektu je potřeba poznamenat, že rozměry byly získány rekonstrukcí půdorysu z nálezové situace při

archeologickém průzkumu. Tvar nalezeného torza základového zdiva je značně nepravidelný a například vnější průměr lodi se pohybuje mezi hodnotami 9400 až 9600 mm. Určení původního záměru stavitele lze jen obtížně odhadnout.

Druhý objekt je č. 28, Narození P. Marie v Holubicích. Jedná se o nadzemní zdivo a hodnoty rozměrů jsou D:d:C ≈ 16:11:23 k.s. Shoda je i u tloušťky zdiva lodě a apsidy T:t ≈ 3:3 k.s.

Třetí rotunda, která vyhovuje danému kritériu, tentokráte u základového zdiva, je objekt č.18, sv. Mikolaje v Těšíně, kde jsou rozměry v poměru D´:d´:C´ ≈ 20:8:28 k.s.

Čtvrtým objektem, který vyhovuje kritériu, je rotunda č. 25, sv. Pantaleona v Pustiměři. Rozměry objektu odpovídají poměru D´:d´:C´ ≈ 25:13:33 k.s. U tohoto objektu odpovídají použití karolínské stopy ještě rozměry základového zdiva lodě a nadzemního zdiva apsidy, T´:t ≈ 4:3 k.s.

- Langobardská stopa –

Shoda s kritériem u dvou rozměrů je pro nadzemní zdivo nalezena pouze ve dvou případech a u základového zdiva ve čtyřech případech.

Jedná se o rotundu sv. Petra ve Starém Plzenci, kde průměr nadzemního zdiva lodě a celková délka D:C ≈ 15:19 l.s.

Druhý objekt, u kterého nadzemní zdivo splňuje zadaná kritéria, je rotunda č.16, sv. Jiří na Řípu, kde průměr lodě je a průměr apsidy D:d ≈ 15:8 l.s.

Základové zdivo, splňující kritéria nalézáme u rotundy č.21, sv. Martina v Kostelci u Křížků, kde průmět lodi a průměr základů apsidy je D´:d´ ≈ 11:9 l.s.

Další objekt, splňující kritéria, je rotunda č.24, sv. Máří Magdaleny v Přední Kopanině, kde kritéria splňuje průměr lodi a průměr apsidy D´:d´ ≈ 12:6 l.s.

Třetí objekt je rotunda č.28, Narození P. Marie v Holubicích, kde podmínky splňuje průměr lodě a průměr apsidy D´:d´ ≈ 12:6 l.s.

Posledním objektem, splňujícím podmínky je rotunda č.30, sv. Jiří v Lukově, s průměrem základového zdiva lodě a průměrem základového zdiva apsidy D´:d´ ≈ 11:7 l.s.

Shoda s kritérii u tří rozměrů nebyla nalezena u žádného objektu.

Celkové zhodnocení užití historických jednotek

Výše uvedené výsledky analýzy svědčí o tom, že uvažované jednotky nebyly při výstavbě sledovaných objektů běžně používány, ale v některých jednotlivých případech nelze jejich užití vyloučit. Z celkového počtu zkoumaných objektů lze podle zkoumaných kritérií předpokládat užití historických jednotek u sedmi objektů, u kterých kritériím vyhovovaly minimálně tři zkoumané rozměry.

Nejmenší výskyt shody se zadanými kritérii je u langobardské stopy. Tuto jednotku předpokládal V. Richter u mikulčické dvouapsidové rotundy v rozměrech základového zdiva a z jejího užití přisuzoval autorství stavby severoitalskému staviteli. Dle M. Vanča V. Richter hodnotu této jednotky převzal od německého badatele F. Behna a nazval ji langobardskou stopou [38].

Nízký výskyt shody kritérií u langobardské stopy potvrzuje názor mnoha odborníků [38], že tato jednotka, o jejíž existenci chybí písemné záznamy, je spíše fiktivní, smyšlenou veličinou a u zkoumaného typu objektů užívána nebyla.

U dalších dvou zkoumaných jednotek je výskyt u tří hlavních rozměrů častější a přes to, že analýza nepotvrdila jejich běžné užívání, u několika objektů je předpoklad jejich užití znatelně vyšší. Zejména rotunda v Ducové svými rozměry základového zdiva D´:d´:C´ hodnotě 24:12:36 ř.s. splňuje také hypotézy o užití křesťanské symboliky při výstavbě těchto sakrálních staveb.

Další zajímavý poznatek je, že ze sedmi objektů je předpoklad užití římské nebo karolínské stopy v šesti případech u základového zdiva. Toto zjištění by mohlo naznačovat, že používaný kánon při vytyčování staveb byl používán u základového zdiva a nadzemní zdivo plynulo z rozměrů základů.

Tab. 4 – Analýza užití historických jednotek – nadzemní konstrukce.

Analýza užití historických jednotek nadzemní konstrukce				loď								apsida								kostel				vyhodnocení shody		
				D (průměr)				T (tloušťka zdiva)				d (průměr)				t (tloušťka zdiva)				C (délka)						
mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	století	mm	ř.s.	k.s.	l.s	mm	ř.s.	k.s.	l.s	mm	ř.s.	k.s.	l.s	mm	ř.s.	k.s.	l.s	mm	ř.s.	k.s.	l.s	ř.s.	k.s.	l.s
1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová	9	7590	25,7	22,8	17,7	800	2,7	2,4	1,9	4050	13,7	12,2	9,4	640	2,2	1,9	1,5	11630	39,3	34,9	27,0	X		
3	N	Ducové	9	7230	24,5	21,7	16,8	750	2,5	2,3	1,7	3750	12,7	11,3	8,7	750	2,5	2,3	1,7	10850	36,7	32,6	25,2	X	X	
5	N	Staré Město (U. H.) – Na dědině (sv. Michala)	9	7070	23,9	21,2	16,4	1000	3,4	3,0	2,3	4590	15,5	13,8	10,7	850	2,9	2,6	2,0	10670	36,1	32,0	24,8	X		
6	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	8370	28,3	25,1	19,5	990	3,3	3,0	2,3	3980	13,5	12,0	9,3	900	3,0	2,7	2,1	12790	43,3	38,4	29,7			
9	N	Staré Brno (P. Marie)	11	6130	20,7	18,4	14,3	650	2,2	2,0	1,5	3080	10,4	9,2	7,2	650	2,2	2,0	1,5	7950	26,9	23,9	18,5	X		
10	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11	6890	23,3	20,7	16,0	1100	3,7	3,3	2,6	3720	12,6	11,2	8,7	1100	3,7	3,3	2,6	10060	34,0	30,2	23,4			
11	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	10	6440	21,8	19,3	15,0	940	3,2	2,8	2,2	2360	8,0	7,1	5,5	940	3,2	2,8	2,2	8200	27,7	24,6	19,1	X		
12	Z	Lipsko,Knautnaundorf, (S. Andreas)	11	6100	20,6	18,3	14,2	1070	3,6	3,2	2,5	3860	13,1	11,6	9,0	1050	3,6	3,2	2,4	9060	30,6	27,2	21,1	X		
13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)	11	4970	16,8	14,9	11,6	1290	4,4	3,9	3,0	2530	8,6	7,6	5,9	1190	4,0	3,6	2,8	7200	24,3	21,6	16,7	X		
15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	6630	22,4	19,9	15,4	970	3,3	2,9	2,3	3470	11,7	10,4	8,1	970	3,3	2,9	2,3	8930	30,2	26,8	20,8			
16	Z	Říp (sv. Jiří)	11	6410	21,7	19,2	14,9	1080	3,7	3,2	2,5	3410	11,5	10,2	7,9	980	3,3	2,9	2,3	9110	30,8	27,4	21,2	X		
17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	6310	21,3	18,9	14,7	1450	4,9	4,4	3,4	3450	11,7	10,4	8,0	1450	4,9	4,4	3,4	9240	31,2	27,7	21,5			
18	Z	Těšín (sv. Mikolaj)	11	6830	23,1	20,5	15,9	1300	4,4	3,9	3,0	2920	9,9	8,8	6,8	1200	4,1	3,6	2,8	9550	32,3	28,7	22,2		X	
19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	6560	22,2	19,7	15,3	1250	4,2	3,8	2,9	3370	11,4	10,1	7,8	1250	4,2	3,8	2,9	8450	28,6	25,4	19,7			
20	Z	Hradešín (sv. Jiří)	12	4990	16,9	15,0	11,6	890	3,0	2,7	2,1											0,5	0,5			
21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	12	4860	16,4	14,6	11,3	1020	3,4	3,1	2,4	4020	13,6	12,1	9,3	1020	3,4	3,1	2,4	6810	23,0	20,5	15,8		X	X
22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	12	4870	16,5	14,6	11,3	900	3,0	2,7	2,1	3070	10,4	9,2	7,1	900	3,0	2,7	2,1	6790	23,0	20,4	15,8		X	
23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	6530	22,1	19,6	15,2	1150	3,9	3,5	2,7	3670	12,4	11,0	8,5	990	3,3	3,0	2,3	8890	30,1	26,7	20,7		X	
24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	5340	18,1	16,0	12,4	930	3,1	2,8	2,2	2780	9,4	8,3	6,5	930	3,1	2,8	2,2	7000	23,7	21,0	16,3			X
25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)	12	8510	28,8	25,6	19,8	1100	3,7	3,3	2,6	4490	15,2	13,5	10,4	1020	3,4	3,1	2,4	11180	37,8	33,6	26,0	X	X	
26	Z	Častohostice (sv. Barbory)	13	5400	18,3	16,2	12,6	1600	5,4	4,8	3,7											0,5	0,5			
27	Z	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	13	7230	24,5	21,7	16,8	1140	3,9	3,4	2,7	3540	12,0	10,6	8,2	1140	3,9	3,4	2,7	9370	31,7	28,1	21,8		X	
28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	5380	18,2	16,2	12,5	980	3,3	2,9	2,3	3650	12,3	11,0	8,5	970	3,3	2,9	2,3	7680	26,0	23,1	17,9			X
29	Z	Libouň (sv. Václava)	13	7170	24,2	21,5	16,7	1330	4,5	4,0	3,1	3470	11,7	10,4	8,1	1330	4,5	4,0	3,1	10060	34,0	30,2	23,4		X	
30	Z	Lukov (sv. Jiří)	13	4670	15,8	14,0	10,9	970	3,3	2,9	2,3	3080	10,4	9,2	7,2	1000	3,4	3,0	2,3	6620	22,4	19,9	15,4		X	X
31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	6790	23,0	20,4	15,8	1270	4,3	3,8	3,0	3360	11,4	10,1	7,8	1270	4,3	3,8	3,0	9640	32,6	28,9	22,4			
32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	13	9720	32,9	29,2	22,6	1230	4,2	3,7	2,9	5910	20,0	17,7	13,7	1240	4,2	3,7	2,9	12510	42,3	37,6	29,1			
33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	13	7060	23,9	21,2	16,4	1290	4,4	3,9	3,0	4400	14,9	13,2	10,2	810	2,7	2,4	1,9	11140	37,7	33,5	25,9	X		
34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	5180	17,5	15,6	12,0	1600	5,4	4,8	3,7	4400	14,9	13,2	10,2	1200	4,1	3,6	2,8	7850	26,5	23,6	18,3	X	X	
35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	7280	24,6	21,9	16,9	1350	4,6	4,1	3,1	2490	8,4	7,5	5,8	850	2,9	2,6	2,0	13640	46,1	41,0	31,7			
36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	5410	18,3	16,2	12,6	1450	4,9	4,4	3,4	3400	11,5	10,2	7,9	1220	4,1	3,7	2,8	6940	23,5	20,8	16,1			

Tab. 5 – Analýza užití historických jednotek – základové konstrukce.

Analýza užití historických jednotek základové konstrukce				loď								apsida								kostel				vyhodnocení shody		
				D´(průměr)				T´ (tloušťka zdiva)				d´(průměr)				t´ (tloušťka zdiva)				C´(délka)						
mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	století	mm	ř.s.	k.s.	l.s	mm	ř.s.	k.s.	l.s	mm	ř.s.	k.s.	l.s	mm	ř.s.	k.s.	l.s	mm	ř.s.	k.s.	l.s	ř.s.	k.s.	l.s
1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová	9	7390	25,0	22,2	17,2	1000	3,4	3,0	2,3	3850	13,0	11,6	9,0	840	2,8	2,5	2,0	11430	38,7	34,3	26,6	X		
3	N	Ducové	9	7030	23,8	21,1	16,3	950	3,2	2,9	2,2	3550	12,0	10,7	8,3	950	3,2	2,9	2,2	10650	36,0	32,0	24,8	X	X	
5	N	Staré Město (U. H.) – Na dědině (sv. Michala)	9	6870	23,2	20,6	16,0	1200	4,1	3,6	2,8	4390	14,8	13,2	10,2	1050	3,6	3,2	2,4	10470	35,4	31,4	24,3	X		
6	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	8170	27,6	24,5	19,0	1190	4,0	3,6	2,8	3780	12,8	11,4	8,8	1100	3,7	3,3	2,6	12590	42,6	37,8	29,3			
9	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	10	6240	21,1	18,7	14,5	1140	3,9	3,4	2,7	2160	7,3	6,5	5,0	1140	3,9	3,4	2,7	8000	27,1	24,0	18,6	X		
10	N	Staré Brno (P. Marie)	11	5930	20,1	17,8	13,8	850	2,9	2,6	2,0	2880	9,7	8,6	6,7	850	2,9	2,6	2,0	7750	26,2	23,3	18,0	X		
11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11	6690	22,6	20,1	15,6	1300	4,4	3,9	3,0	3520	11,9	10,6	8,2	1300	4,4	3,9	3,0	9860	33,3	29,6	22,9			
12	Z	Lipsko,Knautnaundorf, (S. Andreas)	11	5900	20,0	17,7	13,7	1270	4,3	3,8	3,0	3660	12,4	11,0	8,5	1250	4,2	3,8	2,9	8860	30,0	26,6	20,6	X		
13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)	11	4770	16,1	14,3	11,1	1490	5,0	4,5	3,5	2330	7,9	7,0	5,4	1390	4,7	4,2	3,2	7000	23,7	21,0	16,3	X		
15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	6430	21,7	19,3	15,0	1170	4,0	3,5	2,7	3270	11,1	9,8	7,6	1170	4,0	3,5	2,7	8730	29,5	26,2	20,3			
16	Z	Říp (sv. Jiří)	11	6210	21,0	18,6	14,4	1280	4,3	3,8	3,0	3210	10,9	9,6	7,5	1180	4,0	3,5	2,7	8910	30,1	26,8	20,7	X		
17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	6110	20,7	18,3	14,2	1650	5,6	5,0	3,8	3250	11,0	9,8	7,6	1650	5,6	5,0	3,8	9040	30,6	27,1	21,0			
18	Z	Těšín (sv. Mikolaj)	11	6630	22,4	19,9	15,4	1500	5,1	4,5	3,5	2720	9,2	8,2	6,3	1400	4,7	4,2	3,3	9350	31,6	28,1	21,7		X	
19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	6360	21,5	19,1	14,8	1450	4,9	4,4	3,4	3170	10,7	9,5	7,4	1450	4,9	4,4	3,4	8250	27,9	24,8	19,2			
20	Z	Hradešín (sv. Jiří)	12	4790	16,2	14,4	11,1	1090	3,7	3,3	2,5															
21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	12	4660	15,8	14,0	10,8	1220	4,1	3,7	2,8	3820	12,9	11,5	8,9	1220	4,1	3,7	2,8	6610	22,4	19,8	15,4		X	X
22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	12	4670	15,8	14,0	10,9	1100	3,7	3,3	2,6	2870	9,7	8,6	6,7	1100	3,7	3,3	2,6	6590	22,3	19,8	15,3		X	
23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	6330	21,4	19,0	14,7	1350	4,6	4,1	3,1	3470	11,7	10,4	8,1	1190	4,0	3,6	2,8	8690	29,4	26,1	20,2		X	
24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	5140	17,4	15,4	12,0	1130	3,8	3,4	2,6	2580	8,7	7,7	6,0	1130	3,8	3,4	2,6	6800	23,0	20,4	15,8			X
25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)	12	8310	28,1	25,0	19,3	1300	4,4	3,9	3,0	4290	14,5	12,9	10,0	1220	4,1	3,7	2,8	10980	37,1	33,0	25,5	X	X	
26	Z	Častohostice (sv. Barbory)	13	5200	17,6	15,6	12,1	1800	6,1	5,4	4,2															
27	Z	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	13	7030	23,8	21,1	16,3	1340	4,5	4,0	3,1	3340	11,3	10,0	7,8	1340	4,5	4,0	3,1	9170	31,0	27,5	21,3		X	
28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	5180	17,5	15,6	12,0	1180	4,0	3,5	2,7	3450	11,7	10,4	8,0	1170	4,0	3,5	2,7	7480	25,3	22,5	17,4			X
29	Z	Libouň (sv. Václava)	13	6970	23,6	20,9	16,2	1530	5,2	4,6	3,6	3270	11,1	9,8	7,6	1530	5,2	4,6	3,6	9860	33,3	29,6	22,9		X	
30	Z	Lukov (sv. Jiří)	13	4470	15,8	14,0	10,9	1170	3,3	2,9	2,3	2880	10,4	9,2	7,2	1200	3,4	3,0	2,3	6420	22,4	19,9	15,4		X	X
31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	6590	22,3	19,8	15,3	1470	5,0	4,4	3,4	3160	10,7	9,5	7,3	1470	5,0	4,4	3,4	9440	31,9	28,3	22,0			
32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	13	9520	32,2	28,6	22,1	1430	4,8	4,3	3,3	5710	19,3	17,1	13,3	1440	4,9	4,3	3,3	12310	41,6	37,0	28,6			
33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	13	6860	23,2	20,6	16,0	1490	5,0	4,5	3,5	4200	14,2	12,6	9,8	1010	3,4	3,0	2,3	10940	37,0	32,9	25,4	X		
34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	4980	16,8	15,0	11,6	1800	6,1	5,4	4,2	4200	14,2	12,6	9,8	1400	4,7	4,2	3,3	7650	25,9	23,0	17,8	X	X	
35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	7080	23,9	21,3	16,5	1550	5,2	4,7	3,6	2290	7,7	6,9	5,3	1050	3,6	3,2	2,4	13440	45,5	40,4	31,3			
36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	5210	17,6	15,6	12,1	1650	5,6	5,0	3,8	3200	10,8	9,6	7,4	1420	4,8	4,3	3,3	6740	22,8	20,2	15,7			

5.2.3.2 Analýza užití obecného modulu

Protože v předchozí kapitole nebylo prokázáno obecné používání známých historických jednotek, je v této části zkoumána hypotéza L. Kalouska o používání obecného modulu, jedinečného pro každou stavbu. Analýza se bude zabývat zkoumáním jednotlivých rozměrů v rámci jedné stavby a jejich vzájemných poměrů. Pokud vycházíme z myšlenky, že rozměry stavby byly konstruovány pomocí nějaké základní jednotky, kterou mohla být nějaká tyč, prkno, nebo podobný etalon, měly by rozměry stavby obsahovat celé násobky této jednotky. Další předpoklad je, že obdobně jako jiné historické jednotky i tato jednotka vycházela z nějakého rozměru lidského těla. Pravděpodobně se tedy bude délka stopy či kroku. Hodnota jednotky by se tedy měla pohybovat v rozmezí 250 mm až 750 mm. Pro analýzu bude použit stejný rozptyl hodnot, jako při analýze použití historických jednotek uváděný v tab. 3, o hodnotě $S_{100} = 70{,}4$ mm, s výjimkou případů, kdy hodnota zkoumaného modulu poklesne pod 280mm, v tom případě bude použit menší rozptyl $S_{70} = 59{,}8$ mm.

Pokud uvážíme proporční poměry, mezi jednotlivými rozměry, je nejvhodnějším rozměrem pro odvození základního modulu tloušťka zdiva, u kterého je možno očekávat tloušťku v násobku modulu 2 až 5,5. Při analýze budeme předpokládat, že tloušťka zdiva T je násobkem modulu M dle následujícího vztahu: $T \approx M * X$, kde $X = \{2; 2{,}5; 3; 3{,}5; 4; 4{,}5; 5; 5{,}5\}$.

Druhý způsob vychází z předpokladu, že průměr apsidy je celým násobkem modulu M a $d \approx M * X$, kde $X = \{5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14\}$. Zvolená řada vychází z předpokládaného rozpětí hodnot, které může modul nabýt a známých průměrů apsidy.

Celočíselné násobky takto získaného modulu jsou porovnány s ostatními rozměry a v rámci uvažovaného rozptylu hodnot, je ověřena shoda s požadovaným kritériem. Analýza vycházející z modulu odvozeného z tloušťky zdiva, je pro nadzemní zdivo zobrazena v tabulkách tab. 6 a tab. 7, pro základové zdivo v tabulkách tab. 10 a tab. 11. Hodnoty analýzy, pro modul odvozený z průměru apsidy, jsou pro nadzemní zdivo uvedeny v tabulkách tab. 8 a tab. 9 a pro základové zdivo v tabulkách tab. 12 a tab. 13. Hodnoty pro jednotlivé moduly jsou barevně odlišeny. U objektů, u kterých je v rámci zvoleného rozptylu hodnot nalezena shoda s kritérii, je tato skutečnost vyznačena ve sloupci „vyhodnocení“ příslušnou barvou.

Tab. 6 – Analýza použitého modulu – nadzemní zdivo, část A.

A				Analýza použitého MODULU nadzemního zdiva			T/2				T/2,5				T/3				T/3,5			
Vyhodnocení				mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	století	D - loď	MODUL	d - apsida	C - celková délka	D - loď	MODUL	d - apsida	C - celková délka	D - loď	MODUL	d - apsida	C - celková délka	D - loď	MODUL	d - apsida	C - celková délka
				1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová	9	19	399,5	10,1	29,1	24	316,3	12,8	36,8	29	261,7	15,5	44,4	33	230,0	17,6	50,6
				3	N	Ducové	9	19	380,5	9,9	28,5	24	301,3	12,4	36,0	29	249,3	15,0	43,5	34	212,6	17,6	51,0
				5	N	Staré Město (U. H.) – Na dědině (sv. Michala)	9	14	505,0	9,1	21,1	18	392,8	11,7	27,2	21	336,7	13,6	31,7	25	282,8	16,2	37,7
				6	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	17	492,4	8,1	26,0	21	398,6	10,0	32,1	25	334,8	11,9	38,2	30	279,0	14,3	45,8
				9	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	10	14	460,0	5,1	17,8	17	378,8	6,2	21,6	21	306,7	7,7	26,7	24	268,3	8,8	30,6
				10	N	Staré Brno (P. Marie)	11	19	322,6	9,5	24,6	24	255,4	12,1	31,1	28	218,9	14,1	36,3	33	185,8	16,6	42,8
				11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11	13	530,0	7,0	19,0	16	430,6	8,6	23,4	19	362,6	10,3	27,7	22	313,2	11,9	32,1
				12	Z	Lipsko,Knautnaundorf (S. Andreas)	11	11	554,5	7,0	16,3	14	435,7	8,9	20,8	17	358,8	10,8	25,2	20	305,0	12,7	29,7
				13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)	11	8	621,3	4,1	11,6	10	497,0	5,1	14,5	12	414,2	6,1	17,4	13	382,3	6,6	18,8
				15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	14	473,6	7,3	18,9	17	390,0	8,9	22,9	21	315,7	11,0	28,3	24	276,3	12,6	32,3
				16	Z	Říp (sv. Jiří)	11	12	534,2	6,4	17,1	15	427,3	8,0	21,3	18	356,1	9,6	25,6	21	305,2	11,2	29,8
				17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	9	701,1	4,9	13,2	11	573,6	6,0	16,1	13	485,4	7,1	19,0	15	420,7	8,2	22,0
				18	Z	Těšín (sv. Mikolaj)	11	11	620,9	4,7	15,4	13	525,4	5,6	18,2	16	426,9	6,8	22,4	18	379,4	7,7	25,2
				19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	11	596,4	5,7	14,2	13	504,6	6,7	16,7	16	410,0	8,2	20,6	18	364,4	9,2	23,2
				21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	12	10	486,0	8,3	14,0	12	405,0	9,9	16,8	14	347,1	11,6	19,6	17	285,9	14,1	23,8
				22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	12	11	442,7	6,9	15,3	14	347,9	8,8	19,5	16	304,4	10,1	22,3	19	256,3	12,0	26,5
				23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	11	593,6	6,2	15,0	14	466,4	7,9	19,1	17	384,1	9,6	23,1	20	326,5	11,2	27,2
				24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	12	445,0	6,2	15,7	14	381,4	7,3	18,4	17	314,1	8,9	22,3	20	267,0	10,4	26,2
				25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)	12	15	567,3	7,9	19,7	19	447,9	10,0	25,0	23	370,0	12,1	30,2	27	315,2	14,2	35,5
				27	Z	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	13	13	556,2	6,4	16,8	16	451,9	7,8	20,7	19	380,5	9,3	24,6	22	328,6	10,8	28,5
				28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	11	489,1	7,5	15,7	14	384,3	9,5	20,0	16	336,3	10,9	22,8	19	283,2	12,9	27,1
				29	Z	Libouň (sv. Václava)	13	11	651,8	5,3	15,4	13	551,5	6,3	18,2	16	448,1	7,7	22,4	19	377,4	9,2	26,7
				30	Z	Lukov (sv. Jiří)	13	10	467,0	6,6	14,2	12	389,2	7,9	17,0	14	333,6	9,2	19,8	17	274,7	11,2	24,1
				31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	11	617,3	5,4	15,6	13	522,3	6,4	18,5	16	424,4	7,9	22,7	19	357,4	9,4	27,0
				32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	13	16	607,5	9,7	20,6	20	486,0	12,2	25,7	24	405,0	14,6	30,9	28	347,1	17,0	36,0
				33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	13	11	641,8	6,9	17,4	14	504,3	8,7	22,1	16	441,3	10,0	25,2	19	371,6	11,8	30,0
				34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	6	863,3	5,1	9,1	8	647,5	6,8	12,1	10	518,0	8,5	15,2	11	470,9	9,3	16,7
				35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	11	661,8	3,8	20,6	13	560,0	4,4	24,4	16	455,0	5,5	30,0	19	383,2	6,5	35,6
				36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	7	772,9	4,4	9,0	9	601,1	5,7	11,5	11	491,8	6,9	14,1	13	416,2	8,2	16,7

Tab. 7 – Analýza použitého modulu – nadzemní zdivo, část B.

B				Analýza použitého MODULU nadzemního zdiva				T/4				T/4,5				T/5				T/5,5			
Vyhodnocení				mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	století	D - loď	MODUL	d - apsida	C - celková délka	D - loď	MODUL	d - apsida	C - celková délka	D - loď	MODUL	d - apsida	C - celková délka	D - loď	MODUL	d - apsida	C - celková délka
				1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová	9	38	199,7	20,3	58,2	43	176,5	22,9	65,9	48	158	25,6	73,5	52	146	27,7	79,7
				3	N	Ducové	9	39	185,4	20,2	58,5	43	168,1	22,3	64,5	48	151	24,9	72,0	53	136	27,5	79,5
				5	N	Staré Město (U. H.) – Na dědině (sv. Michala)	9	28	252,5	18,2	42,3	32	220,9	20,8	48,3	35	202	22,7	52,8	39	181	25,3	58,9
				6	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	34	246,2	16,2	52,0	38	220,3	18,1	58,1	42	199	20,0	64,2	47	178	22,3	71,8
				9	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	10	27	238,5	9,9	34,4	31	207,7	11,4	39,5	34	189	12,5	43,3	38	169	13,9	48,4
				10	N	Staré Brno (P. Marie)	11	38	161,3	19,1	49,3	43	142,6	21,6	55,8	47	130	23,6	61,0	52	118	26,1	67,4
				11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11	25	275,6	13,5	36,5	28	246,1	15,1	40,9	31	222	16,7	45,3	34	203	18,4	49,6
				12	Z	Lipsko,Knautnaundorf (S. Andreas)	11	23	265,2	14,6	34,2	26	234,6	16,5	38,6	29	210	18,4	43,1	31	197	19,6	46,0
				13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)	11	15	331,3	7,6	21,7	17	292,4	8,7	24,6	19	262	9,7	27,5	21	237	10,7	30,4
				15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	27	245,6	14,1	36,4	31	213,9	16,2	41,8	34	195	17,8	45,8	38	174	19,9	51,2
				16	Z	Říp (sv. Jiří)	11	24	267,1	12,8	34,1	27	237,4	14,4	38,4	30	214	16,0	42,6	33	194	17,6	46,9
				17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	17	371,2	9,3	24,9	20	315,5	10,9	29,3	22	287	12,0	32,2	24	263	13,1	35,1
				18	Z	Těšín (sv. Mikolaj)	11	21	325,2	9,0	29,4	24	284,6	10,3	33,6	26	263	11,1	36,4	29	236	12,4	40,5
				19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	21	312,4	10,8	27,1	24	273,3	12,3	30,9	26	252	13,4	33,5	29	226	14,9	37,4
				21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	12	19	255,8	15,7	26,6	21	231,4	17,4	29,4	24	203	19,9	33,6	26	187	21,5	36,4
				22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	12	22	221,4	13,9	30,7	24	202,9	15,1	33,5	27	180	17,0	37,6	30	162	18,9	41,8
				23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	23	283,9	12,9	31,3	26	251,2	14,6	35,4	28	233	15,7	38,1	31	211	17,4	42,2
				24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	23	232,2	12,0	30,1	26	205,4	13,5	34,1	29	184	15,1	38,0	32	167	16,7	41,9
				25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)	12	31	274,5	16,4	40,7	35	243,1	18,5	46,0	39	218	20,6	51,2	43	198	22,7	56,5
				27	Z	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	13	25	289,2	12,2	32,4	29	249,3	14,2	37,6	32	226	15,7	41,5	35	207	17,1	45,4
				28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	22	244,5	14,9	31,4	25	215,2	17,0	35,7	27	199	18,3	38,5	30	179	20,4	42,8
				29	Z	Libouň (sv. Václava)	13	22	325,9	10,6	30,9	24	298,8	11,6	33,7	27	266	13,1	37,9	30	239	14,5	42,1
				30	Z	Lukov (sv. Jiří)	13	19	245,8	12,5	26,9	22	212,3	14,5	31,2	24	195	15,8	34,0	27	173	17,8	38,3
				31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	21	323,3	10,4	29,8	24	282,9	11,9	34,1	27	251	13,4	38,3	29	234	14,4	41,2
				32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	13	32	303,8	19,5	41,2	36	270,0	21,9	46,3	40	243	24,3	51,5	44	221	26,8	56,6
				33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	13	22	320,9	13,7	34,7	25	282,4	15,6	39,4	27	261	16,8	42,6	30	235	18,7	47,3
				34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	13	398,5	11,0	19,7	15	345,3	12,7	22,7	16	324	13,6	24,2	18	288	15,3	27,3
				35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	22	330,9	7,5	41,2	24	303,3	8,2	45,0	27	270	9,2	50,6	30	243	10,3	56,2
				36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	15	360,7	9,4	19,2	17	318,2	10,7	21,8	19	285	11,9	24,4	21	258	13,2	26,9

Tab. 8 – Analýza použitého modulu – nadzemní zdivo, část C.

C				Analýza použitého MODULU nadzemního zdiva				d/6				d/7				d/8				d/9			
	Vyhodnocení			mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	století	D - loď	MODUL	d - apsida	C - celková délka	D - loď	MODUL	d - apsida	C - celková délka	D - loď	MODUL	d - apsida	C - celková délka	D - loď	MODUL	d - apsida	C - celková délka
				1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová	9	11,2	675,0	6	17,2	13,1	578,6	7	20,1	15,0	506,3	8	23,0	16,9	450,0	9	25,8
				3	N	Ducové	9	11,6	625,0	6	17,4	13,5	535,7	7	20,3	15,4	468,8	8	23,1	17,4	416,7	9	26,0
				5	N	Staré Město (U. H.) – Na dědině (sv. Michala)	9	9,2	765,0	6	13,9	10,8	655,7	7	16,3	12,3	573,8	8	18,6	13,9	510,0	9	20,9
				6	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	12,6	663,3	6	19,3	14,7	568,6	7	22,5	16,8	497,5	8	25,7	18,9	442,2	9	28,9
				9	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	10	16,4	393,3	6	20,8	19,1	337,1	7	24,3	21,8	295,0	8	27,8	24,6	262,2	9	31,3
				10	N	Staré Brno (P. Marie)	11	11,9	513,3	6	15,5	13,9	440,0	7	18,1	15,9	385,0	8	20,6	17,9	342,2	9	23,2
				11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11	11,1	620,0	6	16,2	13,0	531,4	7	18,9	14,8	465,0	8	21,6	16,7	413,3	9	24,3
				12	Z	Lipsko,Knautnaundorf (S. Andreas)	11	9,5	643,3	6	14,1	11,1	551,4	7	16,4	12,6	482,5	8	18,8	14,2	428,9	9	21,1
				13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)	11	11,8	421,7	6	17,1	13,8	361,4	7	19,9	15,7	316,3	8	22,8	17,7	281,1	9	25,6
				15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	11,5	578,3	6	15,4	13,4	495,7	7	18,0	15,3	433,8	8	20,6	17,2	385,6	9	23,2
				16	Z	Říp (sv. Jiří)	11	11,3	568,3	6	16,0	13,2	487,1	7	18,7	15,0	426,3	8	21,4	16,9	378,9	9	24,0
				17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	11,0	575,0	6	16,1	12,8	492,9	7	18,7	14,6	431,3	8	21,4	16,5	383,3	9	24,1
				18	Z	Těšín (sv. Mikolaj)	11	14,0	486,7	6	19,6	16,4	417,1	7	22,9	18,7	365,0	8	26,2	21,1	324,4	9	29,4
				19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	11,7	561,7	6	15,0	13,6	481,4	7	17,6	15,6	421,3	8	20,1	17,5	374,4	9	22,6
				21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	12	7,3	670,0	6	10,2	8,5	574,3	7	11,9	9,7	502,5	8	13,6	10,9	446,7	9	15,2
				22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	12	9,5	511,7	6	13,3	11,1	438,6	7	15,5	12,7	383,8	8	17,7	14,3	341,1	9	19,9
				23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	10,7	611,7	6	14,5	12,5	524,3	7	17,0	14,2	458,8	8	19,4	16,0	407,8	9	21,8
				24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	11,5	463,3	6	15,1	13,4	397,1	7	17,6	15,4	347,5	8	20,1	17,3	308,9	9	22,7
				25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)	12	11,4	748,3	6	14,9	13,3	641,4	7	17,4	15,2	561,3	8	19,9	17,1	498,9	9	22,4
				27	Z	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	13	12,3	590,0	6	15,9	14,3	505,7	7	18,5	16,3	442,5	8	21,2	18,4	393,3	9	23,8
				28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	8,8	608,3	6	12,6	10,3	521,4	7	14,7	11,8	456,3	8	16,8	13,3	405,6	9	18,9
				29	Z	Libouň (sv. Václava)	13	12,4	578,3	6	17,4	14,5	495,7	7	20,3	16,5	433,8	8	23,2	18,6	385,6	9	26,1
				30	Z	Lukov (sv. Jiří)	13	9,1	513,3	6	12,9	10,6	440,0	7	15,0	12,1	385,0	8	17,2	13,6	342,2	9	19,3
				31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	12,1	560,0	6	17,2	14,1	480,0	7	20,1	16,2	420,0	8	23,0	18,2	373,3	9	25,8
				32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	13	9,9	985,0	6	12,7	11,5	844,3	7	14,8	13,2	738,8	8	16,9	14,8	656,7	9	19,1
				33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	13	9,6	733,3	6	15,2	11,2	628,6	7	17,7	12,8	550,0	8	20,3	14,4	488,9	9	22,8
				34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	7,1	733,3	6	10,7	8,2	628,6	7	12,5	9,4	550,0	8	14,3	10,6	488,9	9	16,1
				35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	17,5	415,0	6	32,9	20,5	355,7	7	38,3	23,4	311,3	8	43,8	26,3	276,7	9	49,3
				36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	9,5	566,7	6	12,2	11,1	485,7	7	14,3	12,7	425,0	8	16,3	14,3	377,8	9	18,4

Tab. 9 – Analýza použitého modulu – nadzemní zdivo, část D.

D				Analýza použitého MODULU nadzemního zdiva				d/10				d/11				d/12				d/13			
Vyhodnocení				mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	století	D - loď	MODUL	d - apsida	C - celková délka	D - loď	MODUL	d - apsida	C - celková délka	D - loď	MODUL	d - apsida	C - celková délka	D - loď	MODUL	d - apsida	C - celková délka
				1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová	9	18,7	405,0	10	28,7	20,6	368,2	11	31,6	22,5	337,5	12	34,5	24,4	311,5	13	37,3
				3	N	Ducové	9	19,3	375,0	10	28,9	21,2	340,9	11	31,8	23,1	312,5	12	34,7	25,1	288,5	13	37,6
				5	N	Staré Město (U. H.) – Na dědině (sv. Michala)	9	15,4	459,0	10	23,2	16,9	417,3	11	25,6	18,5	382,5	12	27,9	20,0	353,1	13	30,2
				6	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	21,0	398,0	10	32,1	23,1	361,8	11	35,3	25,2	331,7	12	38,6	27,3	306,2	13	41,8
				9	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	10	27,3	236,0	10	34,7	30,0	214,5	11	38,2	32,7	196,7	12	41,7	35,5	181,5	13	45,2
				10	N	Staré Brno (P. Marie)	11	19,9	308,0	10	25,8	21,9	280,0	11	28,4	23,9	256,7	12	31,0	25,9	236,9	13	33,6
				11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11	18,5	372,0	10	27,0	20,4	338,2	11	29,7	22,2	310,0	12	32,5	24,1	286,2	13	35,2
				12	Z	Lipsko,Knautnaundorf (S. Andreas)	11	15,8	386,0	10	23,5	17,4	350,9	11	25,8	19,0	321,7	12	28,2	20,5	296,9	13	30,5
				13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)	11	19,6	253,0	10	28,5	21,6	230,0	11	31,3	23,6	210,8	12	34,2	25,5	194,6	13	37,0
				15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	19,1	347,0	10	25,7	21,0	315,5	11	28,3	22,9	289,2	12	30,9	24,8	266,9	13	33,5
				16	Z	Říp (sv. Jiří)	11	18,8	341,0	10	26,7	20,7	310,0	11	29,4	22,6	284,2	12	32,1	24,4	262,3	13	34,7
				17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	18,3	345,0	10	26,8	20,1	313,6	11	29,5	21,9	287,5	12	32,1	23,8	265,4	13	34,8
				18	Z	Těšín (sv. Mikolaj)	11	23,4	292,0	10	32,7	25,7	265,5	11	36,0	28,1	243,3	12	39,2	30,4	224,6	13	42,5
				19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	19,5	337,0	10	25,1	21,4	306,4	11	27,6	23,4	280,8	12	30,1	25,3	259,2	13	32,6
				21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	12	12,1	402,0	10	16,9	13,3	365,5	11	18,6	14,5	335,0	12	20,3	15,7	309,2	13	22,0
				22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	12	15,9	307,0	10	22,1	17,4	279,1	11	24,3	19,0	255,8	12	26,5	20,6	236,2	13	28,8
				23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	17,8	367,0	10	24,2	19,6	333,6	11	26,6	21,4	305,8	12	29,1	23,1	282,3	13	31,5
				24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	19,2	278,0	10	25,2	21,1	252,7	11	27,7	23,1	231,7	12	30,2	25,0	213,8	13	32,7
				25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)	12	19,0	449,0	10	24,9	20,8	408,2	11	27,4	22,7	374,2	12	29,9	24,6	345,4	13	32,4
				27	Z	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	13	20,4	354,0	10	26,5	22,5	321,8	11	29,1	24,5	295,0	12	31,8	26,6	272,3	13	34,4
				28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	14,7	365,0	10	21,0	16,2	331,8	11	23,1	17,7	304,2	12	25,2	19,2	280,8	13	27,4
				29	Z	Libouň (sv. Václava)	13	20,7	347,0	10	29,0	22,7	315,5	11	31,9	24,8	289,2	12	34,8	26,9	266,9	13	37,7
				30	Z	Lukov (sv. Jiří)	13	15,2	308,0	10	21,5	16,7	280,0	11	23,6	18,2	256,7	12	25,8	19,7	236,9	13	27,9
				31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	20,2	336,0	10	28,7	22,2	305,5	11	31,6	24,3	280,0	12	34,4	26,3	258,5	13	37,3
				32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	13	16,4	591,0	10	21,2	18,1	537,3	11	23,3	19,7	492,5	12	25,4	21,4	454,6	13	27,5
				33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	13	16,0	440,0	10	25,3	17,7	400,0	11	27,9	19,3	366,7	12	30,4	20,9	338,5	13	32,9
				34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	11,8	440,0	10	17,8	13,0	400,0	11	19,6	14,1	366,7	12	21,4	15,3	338,5	13	23,2
				35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	29,2	249,0	10	54,8	32,2	226,4	11	60,3	35,1	207,5	12	65,7	38,0	191,5	13	71,2
				36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	15,9	340,0	10	20,4	17,5	309,1	11	22,5	19,1	283,3	12	24,5	20,7	261,5	13	26,5

Tab. 10 – Analýza použitého modulu – základové zdivo, část A

A				Analýza použitého MODULU základového zdiva				T´/2				T´/2,5				T´/3				T´/3,5			
Vyhodnocení				mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	století	D´ - loď	MODUL	d´ - apsida	C´ - celková délka	D´ - loď	MODUL	d´ - apsida	C´ - celková délka	D´ - loď	MODUL	d´ - apsida	C´ - celková délka	D´ - loď	MODUL	d´ - apsida	C´ - celková délka
				1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová	9	15	492,7	7,8	23,2	19	388,9	9,9	29,4	22	335,9	11,5	34,0	26	284,2	13,5	40,2
				3	N	Ducové	9	15	468,7	7,6	22,7	19	370,0	9,6	28,8	22	319,5	11,1	33,3	26	270,4	13,1	39,4
				5	N	Staré Město (U. H.) – Na dědině (sv. Michala)	9	11	624,5	7,0	16,8	14	490,7	8,9	21,3	17	404,1	10,9	25,9	20	343,5	12,8	30,5
				6	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	14	583,6	6,5	21,6	17	480,6	7,9	26,2	21	389,0	9,7	32,4	24	340,4	11,1	37,0
				9	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	10	11	567,3	3,8	14,1	14	445,7	4,8	17,9	16	390,0	5,5	20,5	19	328,4	6,6	24,4
				10	N	Staré Brno (P. Marie)	11	14	423,6	6,8	18,3	17	348,8	8,3	22,2	21	282,4	10,2	27,4	24	247,1	11,7	31,4
				11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11	10	669,0	5,3	14,7	13	514,6	6,8	19,2	15	446,0	7,9	22,1	18	371,7	9,5	26,5
				12	Z	Lipsko,Knautnaundorf, s. Andreas	11	9	655,6	5,6	13,5	12	491,7	7,4	18,0	14	421,4	8,7	21,0	16	368,8	9,9	24,0
				13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)	11	6	795,0	2,9	8,8	8	596,3	3,9	11,7	10	477,0	4,9	14,7	11	433,6	5,4	16,1
				15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	11	584,5	5,6	14,9	14	459,3	7,1	19,0	17	378,2	8,6	23,1	19	338,4	9,7	25,8
				16	Z	Říp (sv. Jiří)	11	10	621,0	5,2	14,3	12	517,5	6,2	17,2	15	414,0	7,8	21,5	17	365,3	8,8	24,4
				17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	7	872,9	3,7	10,4	9	678,9	4,8	13,3	11	555,5	5,9	16,3	13	470,0	6,9	19,2
				18	Z	Těšín (sv. Mikolaj)	11	9	736,7	3,7	12,7	11	602,7	4,5	15,5	13	510,0	5,3	18,3	15	442,0	6,2	21,2
				19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	9	706,7	4,5	11,7	11	578,2	5,5	14,3	13	489,2	6,5	16,9	15	424,0	7,5	19,5
				21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	12	8	582,5	6,6	11,3	10	466,0	8,2	14,2	11	423,6	9,0	15,6	13	358,5	10,7	18,4
				22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	12	9	518,9	5,5	12,7	11	424,5	6,8	15,5	13	359,2	8,0	18,3	15	311,3	9,2	21,2
				23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	9	703,3	4,9	12,4	12	527,5	6,6	16,5	14	452,1	7,7	19,2	16	395,6	8,8	22,0
				24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	9	571,1	4,5	11,9	11	467,3	5,5	14,6	14	367,1	7,0	18,5	16	321,3	8,0	21,2
				25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)	12	13	639,2	6,7	17,2	16	519,4	8,3	21,1	19	437,4	9,8	25,1	22	377,7	11,4	29,1
				27	Z	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	13	11	639,1	5,2	14,3	13	540,8	6,2	17,0	16	439,4	7,6	20,9	18	390,6	8,6	23,5
				28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	9	575,6	6,0	13,0	11	470,9	7,3	15,9	13	398,5	8,7	18,8	15	345,3	10,0	21,7
				29	Z	Libouň (sv. Václava)	13	9	774,4	4,2	12,7	11	633,6	5,2	15,6	14	497,9	6,6	19,8	16	435,6	7,5	22,6
				30	Z	Lukov (sv. Jiří)	13	8	558,8	5,2	11,5	10	447,0	6,4	14,4	11	406,4	7,1	15,8	13	343,8	8,4	18,7
				31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	9	732,2	4,3	12,9	11	599,1	5,3	15,8	13	506,9	6,2	18,6	16	411,9	7,7	22,9
				32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	13	13	732,3	7,8	16,8	17	560,0	10,2	22,0	20	476,0	12,0	25,9	23	413,9	13,8	29,7
				33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	13	9	762,2	5,5	14,4	12	571,7	7,3	19,1	14	490,0	8,6	22,3	16	428,8	9,8	25,5
				34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	6	830,0	5,1	9,2	7	711,4	5,9	10,8	8	622,5	6,7	12,3	10	498,0	8,4	15,4
				35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	9	786,7	2,9	17,1	11	643,6	3,6	20,9	14	505,7	4,5	26,6	16	442,5	5,2	30,4
				36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	6	868,3	3,7	7,8	8	651,3	4,9	10,3	9	578,9	5,5	11,6	11	473,6	6,8	14,2

Tab. 11 – Analýza použitého modulu – základové zdivo, část B.

B				Analýza použitého MODULU základového zdiva			T´/4				T´/4,5				T´/5				T´/5,5			
Vyhodnocení				mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	století	D´ - loď	MODUL	d´ - apsida	C´ - celková délka	D´ - loď	MODUL	d´ - apsida	C´ - celková délka	D´ - loď	MODUL	d´ - apsida	C´ - celková délka	D´ - loď	MODUL	d´ - apsida	C´ - celková délka
				1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová	9	30	246,3	15,6	46,4	33	223,9	17,2	51,0	37	200	19,3	57,2	41	180	21,4	63,4
				3	N	Ducové	9	30	234,3	15,1	45,4	33	213,0	16,7	50,0	37	190	18,7	56,1	41	171	20,7	62,1
				5	N	Staré Město (U. H.) – Na dědině (sv. Michala)	9	23	298,7	14,7	35,1	26	264,2	16,6	39,6	29	237	18,5	44,2	32	215	20,4	48,8
				6	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	27	302,6	12,5	41,6	31	263,5	14,3	47,8	34	240	15,7	52,4	38	215	17,6	58,6
				9	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	10	22	283,6	7,6	28,2	25	249,6	8,7	32,1	27	231	9,3	34,6	30	208	10,4	38,5
				10	N	Staré Brno (P. Marie)	11	28	211,8	13,6	36,6	31	191,3	15,1	40,5	35	169	17,0	45,7	38	156	18,5	49,7
				11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11	21	318,6	11,0	31,0	23	290,9	12,1	33,9	26	257	13,7	38,3	28	239	14,7	41,3
				12	Z	Lipsko,Knautnaundorf (Ss. Andreas)	11	19	310,5	11,8	28,5	21	281,0	13,0	31,5	23	257	14,3	34,5	26	227	16,1	39,0
				13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)	11	13	366,9	6,4	19,1	14	340,7	6,8	20,5	16	298	7,8	23,5	18	265	8,8	26,4
				15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	22	292,3	11,2	29,9	25	257,2	12,7	33,9	28	230	14,2	38,0	30	214	15,3	40,7
				16	Z	Říp (sv. Jiří)	11	19	326,8	9,8	27,3	22	282,3	11,4	31,6	24	259	12,4	34,4	27	230	14,0	38,7
				17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	15	407,3	8,0	22,2	17	359,4	9,0	25,2	19	322	10,1	28,1	20	306	10,6	29,6
				18	Z	Těšín (sv. Mikolaj)	11	18	368,3	7,4	25,4	20	331,5	8,2	28,2	22	301	9,0	31,0	24	276	9,8	33,8
				19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	18	353,3	9,0	23,3	20	318,0	10,0	25,9	22	289	11,0	28,5	24	265	12,0	31,1
				21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	12	15	310,7	12,3	21,3	17	274,1	13,9	24,1	19	245	15,6	27,0	21	222	17,2	29,8
				22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	12	17	274,7	10,4	24,0	19	245,8	11,7	26,8	21	222	12,9	29,6	23	203	14,1	32,5
				23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	19	333,2	10,4	26,1	21	301,4	11,5	28,8	23	275	12,6	31,6	26	243	14,3	35,7
				24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	18	285,6	9,0	23,8	20	257,0	10,0	26,5	23	223	11,5	30,4	25	206	12,5	33,1
				25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)	12	26	319,6	13,4	34,4	29	286,6	15,0	38,3	32	260	16,5	42,3	35	237	18,1	46,2
				27	Z	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	13	21	334,8	10,0	27,4	24	292,9	11,4	31,3	26	270	12,4	33,9	29	242	13,8	37,8
				28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	18	287,8	12,0	26,0	20	259,0	13,3	28,9	22	235	14,7	31,8	24	216	16,0	34,7
				29	Z	Libouň (sv. Václava)	13	18	387,2	8,4	25,5	21	331,9	9,9	29,7	23	303	10,8	32,5	25	279	11,7	35,4
				30	Z	Lukov (sv. Jiří)	13	15	298,0	9,7	21,5	17	262,9	11,0	24,4	19	235	12,2	27,3	21	213	13,5	30,2
				31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	18	366,1	8,6	25,8	20	329,5	9,6	28,6	22	300	10,5	31,5	25	264	12,0	35,8
				32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	13	27	352,6	16,2	34,9	30	317,3	18,0	38,8	33	288	19,8	42,7	37	257	22,2	47,8
				33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	13	18	381,1	11,0	28,7	21	326,7	12,9	33,5	23	298	14,1	36,7	25	274	15,3	39,9
				34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	11	452,7	9,3	16,9	12	415,0	10,1	18,4	14	356	11,8	21,5	15	332	12,7	23,0
				35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	18	393,3	5,8	34,2	21	337,1	6,8	39,9	23	308	7,4	43,7	25	283	8,1	47,5
				36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	13	400,8	8,0	16,8	14	372,1	8,6	18,1	16	326	9,8	20,7	17	306	10,4	22,0

Tab. 12 – Analýza použitého modulu – základové zdivo, část C.

C				Analýza použitého MODULU základového zdiva				d´/6				d´/7				d´/8				d´/9			
Vyhodnocení				mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	století	D´ - loď	MODUL	d´ - apsida	C´ - celková délka	D´ - loď	MODUL	d´ - apsida	C´ - celková délka	D´ - loď	MODUL	d´ - apsida	C´ - celková délka	D´ - loď	MODUL	d´ - apsida	C´ - celková délka
				1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová	9	11,5	641,7	6	17,8	13,4	550,0	7	20,8	15,4	481,3	8	23,8	17,3	427,8	9	26,7
				3	N	Ducové	9	11,9	591,7	6	18,0	13,9	507,1	7	21,0	15,8	443,8	8	24,0	17,8	394,4	9	27,0
				5	N	Staré Město (U. H.) – Na dědině (sv. Michala)	9	9,4	731,7	6	14,3	11,0	627,1	7	16,7	12,5	548,8	8	19,1	14,1	487,8	9	21,5
				6	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	13,0	630,0	6	20,0	15,1	540,0	7	23,3	17,3	472,5	8	26,6	19,5	420,0	9	30,0
				9	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	10	17,3	360,0	6	22,2	20,2	308,6	7	25,9	23,1	270,0	8	29,6	26,0	240,0	9	33,3
				10	N	Staré Brno (P. Marie)	11	12,4	480,0	6	16,1	14,4	411,4	7	18,8	16,5	360,0	8	21,5	18,5	320,0	9	24,2
				11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11	11,4	586,7	6	16,8	13,3	502,9	7	19,6	15,2	440,0	8	22,4	17,1	391,1	9	25,2
				12	Z	Lipsko,Knautnaundorf, s. Andreas	11	9,7	610,0	6	14,5	11,3	522,9	7	16,9	12,9	457,5	8	19,4	14,5	406,7	9	21,8
				13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)	11	12,2	392,0	6	17,9	14,3	332,9	7	21,0	16,4	291,3	8	24,0	18,4	258,9	9	27,0
				15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	11,8	545,0	6	16,0	13,8	467,1	7	18,7	15,7	408,8	8	21,4	17,7	363,3	9	24,0
				16	Z	Říp (sv. Jiří)	11	11,6	535,0	6	16,7	13,5	458,6	7	19,4	15,5	401,3	8	22,2	17,4	356,7	9	25,0
				17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	11,3	541,7	6	16,7	13,2	464,3	7	19,5	15,0	406,3	8	22,3	16,9	361,1	9	25,0
				18	Z	Těšín (sv. Mikolaj)	11	14,6	453,3	6	20,6	17,1	388,6	7	24,1	19,5	340,0	8	27,5	21,9	302,2	9	30,9
				19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	12,0	528,3	6	15,6	14,0	452,9	7	18,2	16,1	396,3	8	20,8	18,1	352,2	9	23,4
				21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	12	7,3	636,7	6	10,4	8,5	545,7	7	12,1	9,8	477,5	8	13,8	11,0	424,4	9	15,6
				22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	12	9,8	478,3	6	13,8	11,4	410,0	7	16,1	13,0	358,8	8	18,4	14,6	318,9	9	20,7
				23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	10,9	578,3	6	15,0	12,8	495,7	7	17,5	14,6	433,8	8	20,0	16,4	385,6	9	22,5
				24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	12,0	430,0	6	15,8	13,9	368,6	7	18,4	15,9	322,5	8	21,1	17,9	286,7	9	23,7
				25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)	12	11,6	715,0	6	15,4	13,6	612,9	7	17,9	15,5	536,3	8	20,5	17,4	476,7	9	23,0
				27	Z	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	13	12,6	556,7	6	16,5	14,7	477,1	7	19,2	16,8	417,5	8	22,0	18,9	371,1	9	24,7
				28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	9,0	575,0	6	13,0	10,5	492,9	7	15,2	12,0	431,3	8	17,3	13,5	383,3	9	19,5
				29	Z	Libouň (sv. Václava)	13	12,8	545,0	6	18,1	14,9	467,1	7	21,1	17,1	408,8	8	24,1	19,2	363,3	9	27,1
				30	Z	Lukov (sv. Jiří)	13	9,3	480,0	6	13,4	10,9	411,4	7	15,6	12,4	360,0	8	17,8	14,0	320,0	9	20,1
				31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	12,5	526,7	6	17,9	14,6	451,4	7	20,9	16,7	395,0	8	23,9	18,8	351,1	9	26,9
				32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	13	10,0	951,7	6	12,9	11,7	815,7	7	15,1	13,3	713,8	8	17,2	15,0	634,4	9	19,4
				33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	13	9,8	700,0	6	15,6	11,4	600,0	7	18,2	13,1	525,0	8	20,8	14,7	466,7	9	23,4
				34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	7,1	700,0	6	10,9	8,3	600,0	7	12,8	9,5	525,0	8	14,6	10,7	466,7	9	16,4
				35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	18,6	381,7	6	35,2	21,6	327,1	7	41,1	24,7	286,3	8	47,0	27,8	254,4	9	52,8
				36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	9,8	533,3	6	12,6	11,4	457,1	7	14,7	13,0	400,0	8	16,9	14,7	355,6	9	19,0

Tab. 13 – Analýza použitého modulu – základové zdivo, část D.

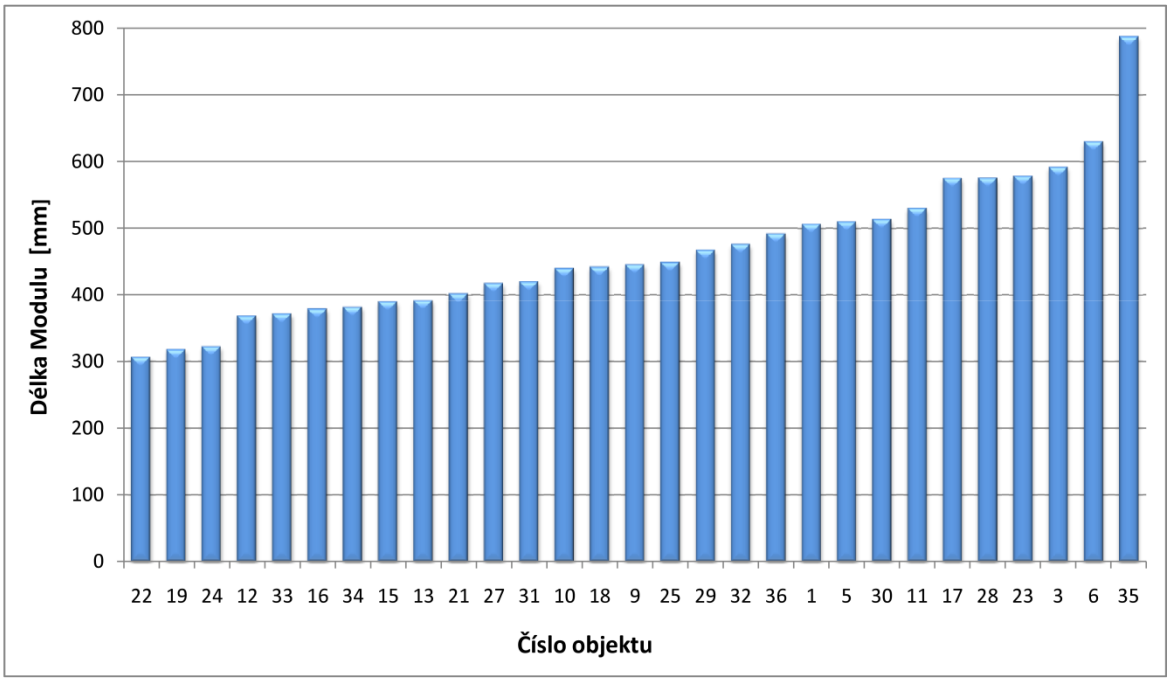
D				Analýza použitého MODULU základového zdiva				d´/10				d´/11				d´/12				d´/13			
Vyhodnocení				mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	století	D´ - loď	MODUL	d´ - apsida	C´ - celková délka	D´ - loď	MODUL	d´ - apsida	C´ - celková délka	D´ - loď	MODUL	d´ - apsida	C´ - celková délka	D´ - loď	MODUL	d´ - apsida	C´ - celková délka
				1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová	9	19,2	385,0	10	29,7	21,1	350,0	11	32,7	23,0	320,8	12	35,6	25,0	296,2	13	38,6
				3	N	Ducové	9	19,8	355,0	10	30,0	21,8	322,7	11	33,0	23,8	295,8	12	36,0	25,7	273,1	13	39,0
				5	N	Staré Město (U. H.) – Na dědině (sv. Michala)	9	15,6	439,0	10	23,8	17,2	399,1	11	26,2	18,8	365,8	12	28,6	20,3	337,7	13	31,0
				6	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	21,6	378,0	10	33,3	23,8	343,6	11	36,6	25,9	315,0	12	40,0	28,1	290,8	13	43,3
				9	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	10	28,9	216,0	10	37,0	31,8	196,4	11	40,7	34,7	180,0	12	44,4	37,6	166,2	13	48,1
				10	N	Staré Brno (P. Marie)	11	20,6	288,0	10	26,9	22,6	261,8	11	29,6	24,7	240,0	12	32,3	26,8	221,5	13	35,0
				11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11	19,0	352,0	10	28,0	20,9	320,0	11	30,8	22,8	293,3	12	33,6	24,7	270,8	13	36,4
				12	Z	Lipsko,Knautnaundorf, s. Andreas	11	16,1	366,0	10	24,2	17,7	332,7	11	26,6	19,3	305,0	12	29,0	21,0	281,5	13	31,5
				13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)	11	20,5	233,0	10	30,0	22,5	211,8	11	33,0	24,6	194,2	12	36,1	26,6	179,2	13	39,1
				15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	19,7	327,0	10	26,7	21,6	297,3	11	29,4	23,6	272,5	12	32,0	25,6	251,5	13	34,7
				16	Z	Říp (sv. Jiří)	11	19,3	321,0	10	27,8	21,3	291,8	11	30,5	23,2	267,5	12	33,3	25,1	246,9	13	36,1
				17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	18,8	325,0	10	27,8	20,7	295,5	11	30,6	22,6	270,8	12	33,4	24,4	250,0	13	36,2
				18	Z	Těšín (sv. Mikolaj)	11	24,4	272,0	10	34,4	26,8	247,3	11	37,8	29,3	226,7	12	41,3	31,7	209,2	13	44,7
				19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	20,1	317,0	10	26,0	22,1	288,2	11	28,6	24,1	264,2	12	31,2	26,1	243,8	13	33,8
				21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	12	12,2	382,0	10	17,3	13,4	347,3	11	19,0	14,6	318,3	12	20,8	15,9	293,8	13	22,5
				22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	12	16,3	287,0	10	23,0	17,9	260,9	11	25,3	19,5	239,2	12	27,6	21,2	220,8	13	29,9
				23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	18,2	347,0	10	25,0	20,1	315,5	11	27,5	21,9	289,2	12	30,1	23,7	266,9	13	32,6
				24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	19,9	258,0	10	26,4	21,9	234,5	11	29,0	23,9	215,0	12	31,6	25,9	198,5	13	34,3
				25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)	12	19,4	429,0	10	25,6	21,3	390,0	11	28,2	23,2	357,5	12	30,7	25,2	330,0	13	33,3
				27	Z	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	13	21,0	334,0	10	27,5	23,2	303,6	11	30,2	25,3	278,3	12	32,9	27,4	256,9	13	35,7
				28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	15,0	345,0	10	21,7	16,5	313,6	11	23,8	18,0	287,5	12	26,0	19,5	265,4	13	28,2
				29	Z	Libouň (sv. Václava)	13	21,3	327,0	10	30,2	23,4	297,3	11	33,2	25,6	272,5	12	36,2	27,7	251,5	13	39,2
				30	Z	Lukov (sv. Jiří)	13	15,5	288,0	10	22,3	17,1	261,8	11	24,5	18,6	240,0	12	26,8	20,2	221,5	13	29,0
				31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	20,9	316,0	10	29,9	22,9	287,3	11	32,9	25,0	263,3	12	35,8	27,1	243,1	13	38,8
				32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	13	16,7	571,0	10	21,6	18,3	519,1	11	23,7	20,0	475,8	12	25,9	21,7	439,2	13	28,0
				33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	13	16,3	420,0	10	26,0	18,0	381,8	11	28,7	19,6	350,0	12	31,3	21,2	323,1	13	33,9
				34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	11,9	420,0	10	18,2	13,0	381,8	11	20,0	14,2	350,0	12	21,9	15,4	323,1	13	23,7
				35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	30,9	229,0	10	58,7	34,0	208,2	11	64,6	37,1	190,8	12	70,4	40,2	176,2	13	76,3
				36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	16,3	320,0	10	21,1	17,9	290,9	11	23,2	19,5	266,7	12	25,3	21,2	246,2	13	27,4

Vyhodnocení analýzy užití obecného modulu

Analýza byla provedena pro případ, že modul byl použitý také u dimenzování tloušťky zdiva zkoumaného objektu a pro moduly odvozené z průměru apsidy.

U analyzovaných rotund, byly nalezeny velikosti modulů, které mohly být použity při vytyčování stavby. U některých objektů bylo nalezeno více hodnot modulu, viz tab. 6 až tab. 13 , který vyhověl zadaným kritériím. Podrobněji jsou nalezené moduly uvedeny v příloze. Jedním z objektů s více nalezenými možnými hodnotami modulu je objekt č. 3, rotunda Ducové, u které byla shoda se zadanými kritérii nalezena v šesti případech. Další objekt, s nalezeným velkým množstvím možných konstrukčních modulů, je rotunda č. 6, sv. Petra a Pavla na Budči, u které bylo nalezeno pět možných konstrukčních modulů, stejně jako u znojemské rotundy. Oproti tomu u rotundy na Levém Hradci byl nalezen pouze jeden modul, který vyhovuje zadaným kritériím.

Jednotlivé moduly jsou uvedeny v grafu na obr. 29, kde jsou seřazeny vzestupně, podle velikosti. Z uvedeného grafu je patrné, že délky modulů jsou téměř rovnoměrně rozděleny po celé oblasti a nesvědčí o tom, že by se pohybovaly v okolí nějaké jednotné míry. Jsou však patrny čtyři úrovně, pro které nebylo nalezeno vysvětlení ani souvislost s jinými údaji.



Obr. 29 – Graf hodnot nalezených konstrukčních modulů.

Jsou však patrny čtyři úrovně, pro které nebylo nalezeno vysvětlení ani souvislost s jinými údaji konstrukčního charakteru. Možné vysvětlení by bylo možno hledat v historických souvislostech vzniku staveb, ale to je mimo rozsah a téma této disertační práce i odbornost autora.

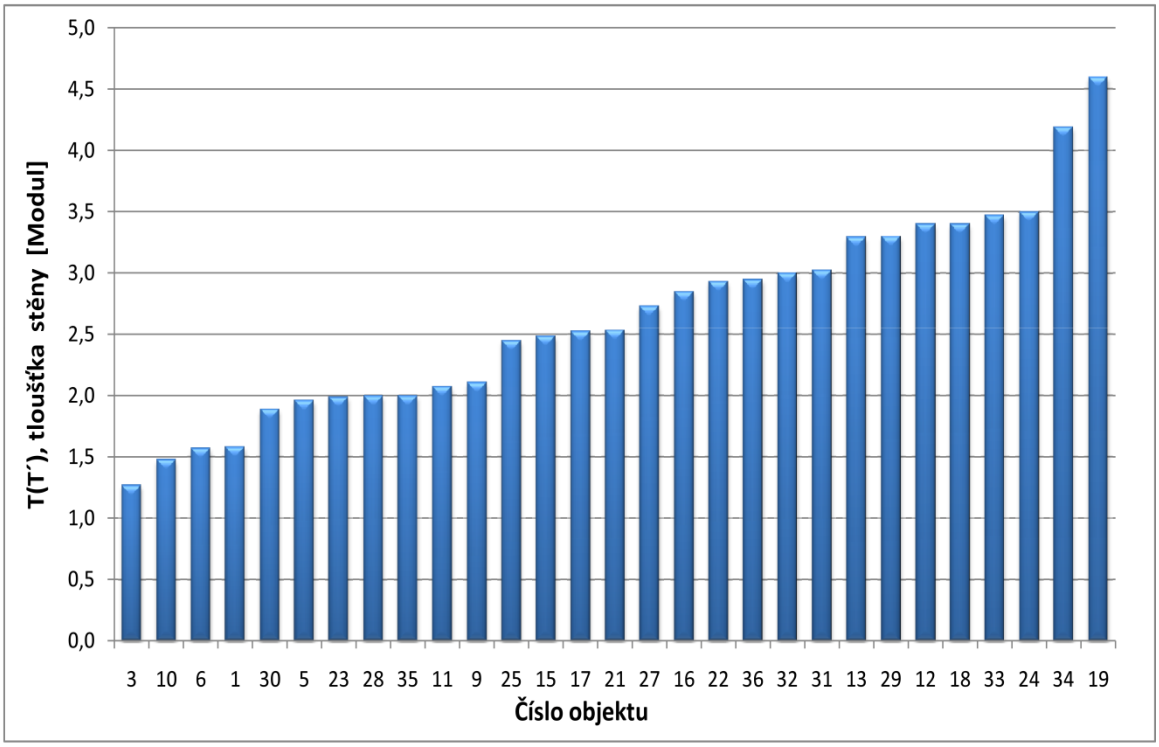
Hodnoty rozměrů jednotlivých staveb vyjádřených v modulech a velikost jednotlivých modulů jsou uvedeny v tabulce tab. 14. Tabulka je řazena vzestupně, podle velikosti modulu. Jednotlivé poměry nesvědčí o používání nějakého jednotného konstrukčního kánonu, který by vycházel z poměrů jednotlivých rozměrů, ani o vývoji tohoto poměru v průběhu věků.

Tab. 14 – Rozměry rotund v modulech.

Rozměry rotund v Modulech								
mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	století	D (D´)	T (T´)	d (d´)	C (C´)	Modul
22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	12	16	2,9	10	22	307
19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	20	4,6	10	26	318
24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	16	3,5	8	21	323
12	Z	Lipsko,Knautnaundorf (S. Andreas)	11	16	3,4	10	24	369
33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	13	19	3,5	12	30	372
16	Z	Říp (sv. Jiří)	11	17	2,9	9	24	379
34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	13	4,2	11	20	382
15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	17	2,5	9	23	390
13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)	11	12	3,3	6	18	392
21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	12	12	2,5	10	17	402
27	Z	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	13	17	2,7	8	22	418
31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	16	3,0	8	23	420
10	N	Staré Brno (P. Marie)	11	14	1,5	7	18	440
18	Z	Těšín (sv. Mikolaj)	11	15	3,4	6	21	442
9	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	10	14	2,1	5	18	446
25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)	12	19	2,4	10	25	449
29	Z	Libouň (sv. Václava)	13	15	3,3	7	21	467
32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	13	20	3,0	12	26	476
36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	11	2,9	7	14	492
1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová	9	15	1,6	8	23	506
5	N	Staré Město (U. H.) – Na dědině (sv. Michala)	9	14	2,0	9	21	510
30	Z	Lukov (sv. Jiří)	13	9	1,9	6	13	513
11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11	13	2,1	7	19	530
17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	11	2,5	6	16	575
28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	9	2,0	6	13	576
23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	11	2,0	6	15	578
3	N	Ducové	9	12	1,3	6	18	592
6	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	13	1,6	6	20	630
35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	9	2,0	3	17	787

Tyto poměry také nesvědčí o upřednostňování nějakého kánonu vycházejícího z křesťanské symboliky založeného na symbolice čísel, která je uvedena v úvodu, i když v některých případech to vyloučit nelze.

V tabulce tab. 14, jsou uvedeny i tloušťky stěn, přepočtené na příslušné moduly. Znázornění tloušťky stěn jednotlivých objektů v modulech je uvedeno na obr. 30. Z rozložení hodnot lze vysledovat častý výskyt kolem hodnot modulu M ≈ 2; M ≈ 2,5; M ≈ 3; M ≈ 3,5 což by mohlo naznačovat nějaké pravidlo při dimenzování tloušťky zdiva. Vztahovat tloušťku zdiva pouze k modulu, bez ohledu na ostatní rozměry stavby by bylo nelogické, proto lze předpokládat souvislost tloušťky zdiva i k ostatním rozměrům stavby.



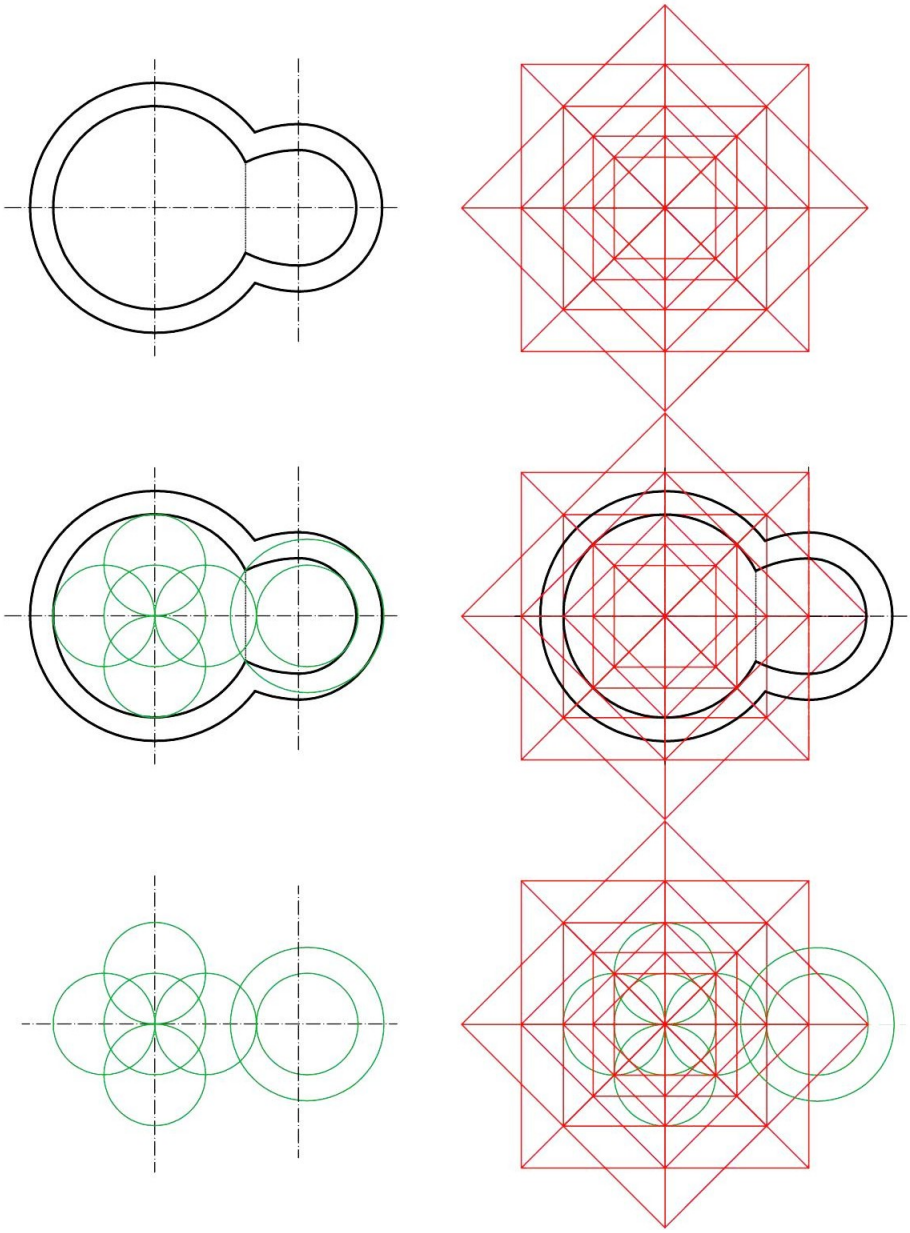
Obr. 30 – Grafická hodnota tloušťky stěn, vyjádřené v modulech.

5.2.3.3 Analýza užití grafických proporčních metod

Jednou z proporčních hypotéz, pro vytýčení předrománských a románských rotund, je užití kánonu založeného na grafické metodě. Metodu vycházející z modulových kružnic uvádí ve své práci [18] J. Pošmourný. Jinou metodu, vycházející z kvadratury, vytvořil L. J. Konečný [14]. Užití kvadratury u románských staveb na německém území předpokládá A. Kottmann [17]. Obecně je odborníky také přijímána teorie o používání zlatého řezu. Tyto metody byly představeny v kapitole 2.1 „Proporční analýza“, a je zřejmé, že samotné principy jsou příliš složité na to, aby byly uplatněny přímo v terénu při vytyčování stavby. Autor práce vychází z předpokladu, že samotná stavba byla naplánována a vykreslena nějakou tehdejší metodou předem, viz [41], a výsledek byl volně přenesen na místo stavby vytýčením pomocí kolíků a provázků. Další předpoklad je, že jako hlavní a řídící rozměr byl brán průměr lodě a z něj odvozeny ostatní rozměry stavby.

Při ověřování grafických metod vyvstává opět otázka, kdy považovat danou metodu za vyhovující. Vhodné řešení, které se nabízí, je opět použít směrodatnou odchylku z tabulky tab. 3, o hodnotě S_{100} = 70,4 mm a uplatnit ji jako hodnotící kritérium pro hlavní rozměry stavby, i když se při uvažované metodě projektování a vytyčování stavby, může zvolená odchylka jevit jako velmi ostré kritérium.

Výše uvedené proporční teorie byly vzájemně porovnány, aby bylo možno stanovit vzájemné geometrické vztahy. První je porovnána modifikovaná teorie modulových kružnic J. Pošmourného, s metodou použití kvadratury. Modifikace Pošmourného metody spočívá v tom, že metoda původně určená pro podélné velkomoravské kostely byla, upravena pro použití na předrománské a románské rotundy. Úprava spočívá v tom, že modulové kružnice jsou vztaženy na vnitřní rozměr lodě a celkové délce vnitřního prostoru, případně průměru apsidy, viz obr. 31, zatím co u původní metody, viz obr. 8, byly modulové kružnice vztaženy na vnější rozměr lodě, vnitřnímu průměru apsidy a celkové délce vnitřního prostoru. Z uvedeného porovnání plyne, že obě metody zaručují stejné geometrické rozměry objektu a jsou tedy hlediska výsledku vzájemně zaměnitelné. Při použití kvadratury se jeví, že tato metoda poskytuje více možností, pro odvození rozměrů stavby. Rozměry kvadratury poskytují vzorec poměrů o následujících hodnotách – 6:8,5:12:17:24:34:48:68… Mezi sousedními členy této posloupnosti je následující vztah: $X_{n+1} = X_n * \sqrt{2}$, takže $X_{n+2} = X_n * 2$.



Obr. 31 – Porovnání modifikované proporční teorie modulových kružnic J. Pošmourného s teorií o použití kvadratury.

Jak plyne z obr. 31, princip kvadratury dává ty samé konstrukční body jako metoda modulových kružnic a navíc při použití kvadratury dostaneme oproti metodě modulových kružnic mnohem více konstrukčních bodů. V tomto konkrétním případě dostaneme navíc i průměr apsidy a umístění středu její oskulační kružnice. Poměr mezi jednotlivými rozměry, který je při analýze hledán, lze popsat následujícím zápisem:

$D:C:A \approx 2:3:\sqrt{2}$

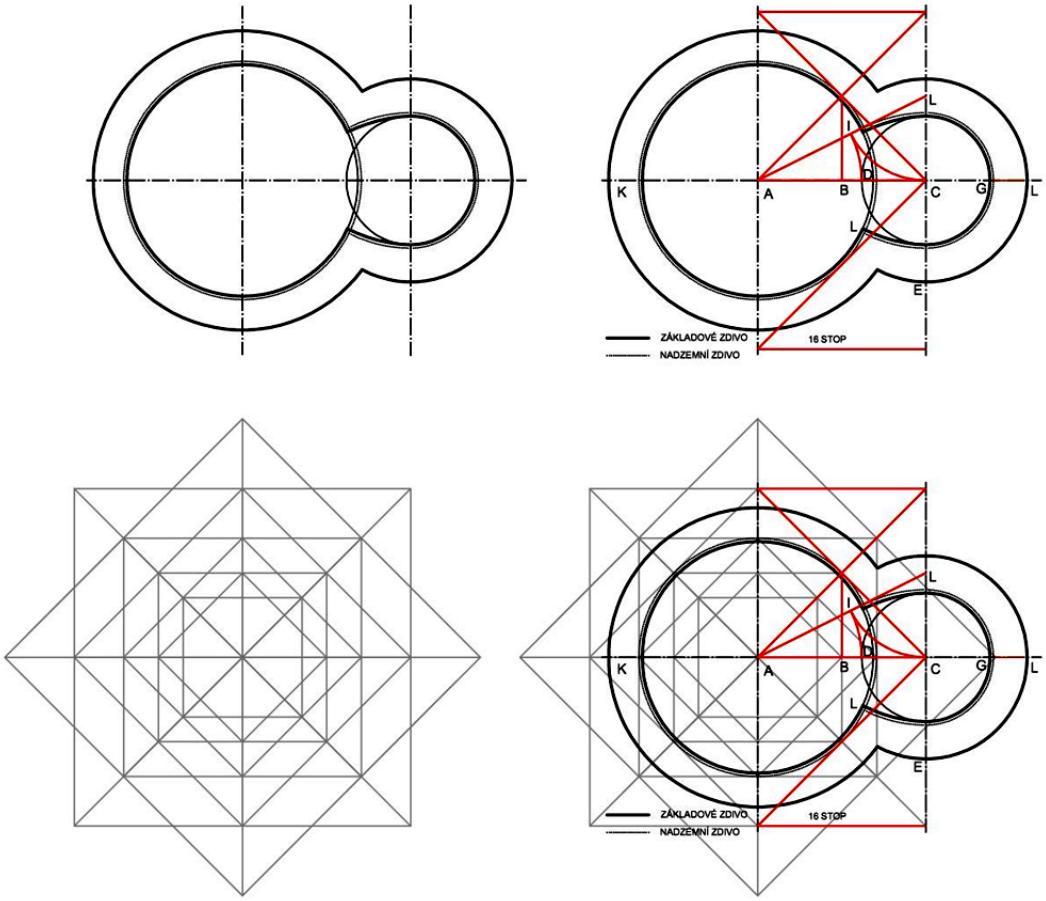
Druhá porovnávaná grafická metoda, vytvořená L. J. Konečným, prakticky vychází z principu kvadratury a tento základní princip kombinuje se zlatým řezem, který se nejčastěji označuje φ. Princip kvadratury je zachycen diagonálami čtverce, které mají délku o velikosti vnitřního průměr lodě, a vytyčují střed oskulační kružnice apsidy. Princip zlatého řezu je použit pro získání poloměru oskulační kružnice apsidy. Pro porovnání obou metod na obr. 32, je použit Konečného nákres, včetně značení, které uvádí ve své práci [14]. Protože se některé symboly na tomto nákresu shodují se značením, které používá autor disertace, viz obr. 28, je nutné zdůraznit, že Konečného značení není v disertaci užíváno.

Matematicky lze tuto konstrukci popsat takto:

$A = D/\sqrt{2}$

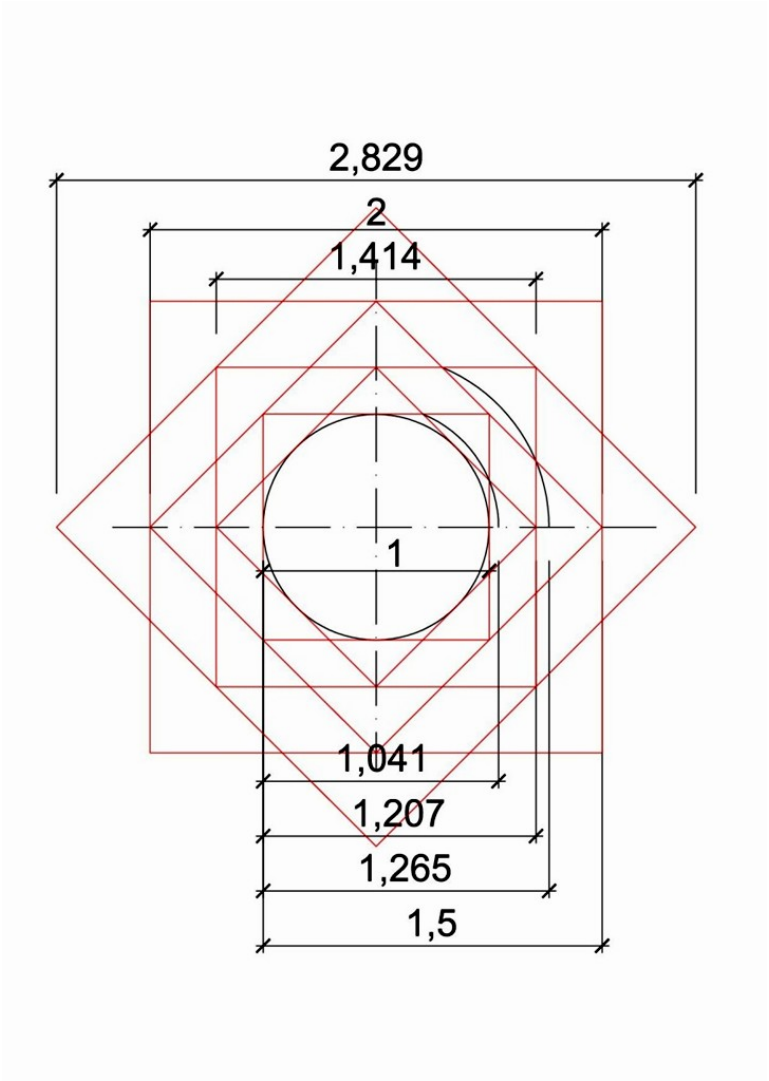
$d' = 2A(1-1/\varphi) = D\sqrt{2}(1-1/\varphi)$

$d = D(2-\sqrt{2})$



Obr. 32 – Grafické porovnání Konečného proporční metody s konstrukčním principem kvadratury.

Z výše uvedeného porovnání jednotlivých grafických proporčních metod je patrné, že princip kvadratury je obecnějším případem jak Pošmourného, tak Konečného konstrukčního systému. Takže pokud bude u objektů analyzováno použití principů kvadratury, budou zároveň ověřeny možnosti použití obou dalších proporčních metod. Co však kvadratura nezahrnuje, je princip zlatého řezu, který je potřeba analyzovat zvlášť. Ověřování použití principu zlatého řezu grafickou cestou, by bylo velmi rozsáhlé, a proto byl tento poměr a některé další převedeny na číselnou hodnotu poměru mezi konstrukcemi, která je ověřována pomocí tabulkového procesoru, včetně vyhodnocení s požadovanou odchylkou.



Obr. 33 – Poměry tvořené pomocí kvadratury.

Geometrické principy, které jsou v kvadratuře uplatněny, dávají celou řadu poměrů znázorněných na obrázku obr. 33. Z toho také pramení hodnoty sledované v analýze. U porovnání jednotlivých konstrukcí je vždy sledována pouze ta hodnota, která je v rámci rozměrů těchto konstrukcí možná.

Hodnoty poměrů mezi jednotlivými konstrukcemi, které budou analyzovány, jsou následující:

pro nadzemní zdivo:

- D:d ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2
- D:A ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2
- C:D ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2
- C:L ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2
- L:l ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2
- A:d ≈ 1,000; 1,414; 1,5; 1,618; 2
- D_v:C_v ≈ 1,000; 1,207; 1,265; 1,414; 1,5; 1,618

pro základové zdivo

- D´:d´ ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2
- D´:A ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2
- C´:D´ ≈ 1,414; 1,5; 1,618; ; 2
- C´:L´ ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2
- L´:l´ ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2
- A:d´ ≈ 1,000; 1,414; 1,5; 1,618; 2
- $D´_v$:$C´_v$ ≈ 1,000; 1,207; 1,265; 1,414; 1,618;

Výše uvedené hodnoty poměrů mají následující význam: hodnoty {1,207; 1,265; 1,414; 1,5; 2} naznačují použití kvadratury, hodnota {1,5} také u poměru C:D, C´:D´naznačuje použití poměru 3:2 Pošmourného metody modulových kružnic a hodnota {1,618} signalizuje použití zlatého řezu. Dále bylo analyzováno použití hodnoty {1,000}, která naznačuje prosté přenesení rozměru na jinou konstrukci.

Vyhodnocení, zda analyzovaná konstrukce splňuje daný poměr v rozmezí výše uvedené směrodatné odchylky, je zpracováno v tabulkách a hodnoty splňující kritéria jsou barevně vyznačeny podle schématu, uvedeného v tabulce tab. 15. Výsledky analýzy jsou zpracovány v tabulkách zvlášť pro nadzemní a základové zdivo. Uvedené hodnoty poměrů jsou pro přehlednost uváděny v tabulkách pouze na dvě desetinná místa, ale samotné výpočty a vyhodnocování byly dělány s přesností na čtyři desetinná místa. Přesnost

zpracování vychází z naměřených dat, která jsou uváděna s přesností na 10 mm, což v používaných poměrech odpovídá tisícinám a proto ve snaze nezhoršovat přesnost, bylo pracováno se čtyřmi desetinnými místy.

Tab. 15 – Značení hodnot poměrů, splňující zadaná kritéria.

poměry splňující kritéria pro hodnotu	hodnota
kopie rozměru	1,0000
kvadratura, √2	1,4142
Pošmourného metoda modulových kružnic	1,5000
zlatý řez	1,6180
kvadratura	2,0000

Pro ověření použití principu kvadratury se naopak jako vhodnější jeví metoda aplikovat obrazec kvadratury přímo na půdorys stavby. Grafická analýza byla prováděna pomocí grafického systému AutoCAD tak, že přes předem připravený půdorys stavby se položí obrazec kvadratury, jehož rozměry jsou upraveny tak, aby odpovídaly příslušnému rozměru stavby. Jako výchozí rozměr je při analýze uvažován vnitřní a vnější průměr nadzemního zdiva lodě, případně vnitřní a vnější průměr základového zdiva lodě. Doposud byly analýzy prováděny především pro vnitřní rozměry, protože většina hypotéz považuje za výchozí vnitřní rozměr lodě. Schéma kvadratury ale umožňuje komplexnější pohled na celý půdorys. Předpoklad použití konstrukčního principu, založeného na kvadratuře, naznačují výsledky předchozí analýzy, viz tab. 16 a tab. 17, ale porovnání vzájemných vztahů vnitřních i vnějších rozměrů názorněji vystihuje grafický způsob analýzy. V části s grafickou analýzou jsou uvedeny pouze objekty, u kterých se proporce s principy kvadratury alespoň některými hodnotami shoduje.

Tab. 16 – Analýza užití grafických metod – nadzemní zdivo.

Analýza užití grafických metod dimenzování proporcí nadzemnho zdiva				analyzované poměry						
mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	století	D/d	D/A	C/D	C/L	L/l	A/d	$C_{v/Dv}$
1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová	9	1,87	1,30	1,53	1,60	1,67	1,44	1,42
3	N	Ducové	9	1,93	1,35	1,50	1,56	1,79	1,43	1,41
5	N	Staré Město (U. H.) – Na dědině (sv. Michala)	9	1,54	1,53	1,51	1,58	1,73	1,01	1,38
6	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	2,10	1,27	1,53	1,56	1,79	1,66	1,42
9	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	10	2,73	1,69	1,27	1,33	3,00	1,61	1,21
10	N	Staré Brno (P. Marie)	11	1,99	1,78	1,30	1,39	2,43	1,12	1,24
11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11	1,85	1,45	1,46	1,54	1,84	1,28	1,35
12	Z	Lipsko,Knautnaundorf, s. Andreas	11	1,58	1,50	1,49	1,66	1,51	1,06	1,36
13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)	11	1,96	1,44	1,45	1,51	1,96	1,36	1,28
15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	1,91	1,71	1,35	1,47	2,11	1,12	1,27
16	Z	Říp (sv. Jiří)	11	1,88	1,53	1,42	1,56	1,79	1,23	1,30
17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	1,83	1,45	1,46	1,57	1,75	1,26	1,32
18	Z	Těšín (sv. Mikolaj)	11	2,34	1,46	1,40	1,47	2,13	1,60	1,28
19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	1,95	1,89	1,29	1,40	2,51	1,03	1,21
21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	12	1,21	1,98	1,40	1,72	1,39	0,61	1,28
22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	12	1,59	1,73	1,39	1,52	1,94	0,92	1,29
23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	1,78	1,73	1,36	1,50	2,01	1,03	1,25
24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	1,92	1,82	1,31	1,45	2,23	1,06	1,23
25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)	12	1,90	1,82	1,31	1,40	2,49	1,04	1,24
27	Z	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	13	2,04	1,82	1,30	1,36	2,78	1,12	1,23
28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	1,47	1,70	1,43	1,57	1,75	0,87	1,31
29	Z	Libouň (sv. Václava)	13	2,07	1,51	1,40	1,49	2,02	1,37	1,29
30	Z	Lukov (sv. Jiří)	13	1,52	1,70	1,42	1,55	1,82	0,89	1,30
31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	2,02	1,49	1,42	1,52	1,92	1,36	1,31
32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	13	1,64	2,08	1,29	1,39	2,59	0,79	1,23
33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	13	1,60	1,35	1,58	1,62	1,62	1,19	1,37
34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	1,18	1,69	1,52	1,80	1,25	0,70	1,27
35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	2,92	0,83	1,87	1,93	1,08	3,51	1,59
36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	1,59	2,14	1,28	1,43	2,32	0,74	1,16
		průměrná odchylka		0,2611	0,2145	0,0869	0,0936	0,3409	0,3079	0,0620

Tab. 17 – Analýza užití grafických metod – základové zdivo.

Analýza užití grafických metod dimenzování proporcí základového zdiva				analyzované poměry						
mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	století	D´/d´	D´/A	C´/D´	C´/L´	L´/l´	A/d´	$C'_{v/D'v}$
1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová	9	1,92	1,27	1,55	1,59	1,68	1,51	1,41
3	N	Ducové	9	1,98	1,31	1,51	1,55	1,81	1,51	1,41
5	N	Staré Město (U. H.) – Na dědině (sv. Michala)	9	1,56	1,48	1,52	1,57	1,75	1,05	1,37
6	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	2,16	1,24	1,54	1,55	1,81	1,75	1,41
9	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	10	2,89	1,64	1,28	1,32	3,10	1,76	1,21
10	N	Staré Brno (P. Marie)	11	2,06	1,72	1,31	1,38	2,49	1,19	1,24
11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11	1,90	1,41	1,47	1,54	1,87	1,35	1,34
12	Z	Lipsko,Knautnaundorf (S. Andreas)	11	1,61	1,45	1,50	1,66	1,52	1,11	1,35
13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)	11	2,05	1,38	1,47	1,50	2,00	1,48	1,27
15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	1,97	1,66	1,36	1,46	2,15	1,19	1,26
16	Z	Říp (sv. Jiří)	11	1,93	1,48	1,43	1,55	1,81	1,31	1,30
17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	1,88	1,40	1,48	1,56	1,77	1,34	1,31
18	Z	Těšín (sv. Mikolaj)	11	2,44	1,42	1,41	1,46	2,17	1,72	1,27
19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	2,01	1,83	1,30	1,39	2,57	1,10	1,20
21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	12	1,22	1,90	1,42	1,71	1,40	0,64	1,27
22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	12	1,63	1,66	1,41	1,51	1,98	0,98	1,28
23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	1,82	1,68	1,37	1,49	2,04	1,09	1,24
24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	1,99	1,75	1,32	1,44	2,29	1,14	1,22
25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)	12	1,94	1,78	1,32	1,39	2,54	1,09	1,24
27	Z	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	13	2,10	1,77	1,30	1,35	2,85	1,19	1,22
28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	1,50	1,63	1,44	1,56	1,77	0,92	1,30
29	Z	Libouň (sv. Václava)	13	2,13	1,47	1,41	1,49	2,05	1,45	1,29
30	Z	Lukov (sv. Jiří)	13	1,55	1,63	1,44	1,54	1,85	0,95	1,29
31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	2,09	1,44	1,43	1,51	1,95	1,45	1,30
32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	13	1,67	2,03	1,29	1,38	2,64	0,82	1,23
33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	13	1,63	1,31	1,59	1,61	1,63	1,25	1,37
34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	1,19	1,63	1,54	1,80	1,26	0,73	1,26
35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	3,09	0,81	1,90	1,93	1,08	3,82	1,58
36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	1,63	2,06	1,29	1,42	2,39	0,79	1,15
		průměrná odchylka		0,2828	0,2048	0,0894	0,0951	0,3574	0,3348	0,0609

Vyhodnocení analýzy grafických proporčních metod.

Z výsledku vzájemného porovnání jednotlivých objektů je zřejmé, že ani tato část analýzy neprokázala užití jednotného konstrukčního kánonu, podle kterého by se tehdejší stavitelé při plánování předrománských a románských rotund striktně řídili. Odchylky rozměrů, které jsou uvedeny ve spodním řádku tabulek tab. 16 a tab. 17, vykazují nejmenší hodnotu u poměru celkové vnější délky a vnějšího průměru lodě, pak u poměru celkové vnitřní délky a vnitřního průměru lodě, což by mohlo naznačovat, že navrhování těchto rozměrů se u většiny zkoumaných objektů řídilo velmi podobnými zákonitostmi, což je zjištění, které nebylo předpokládáno žádnou šetřenou hypotézou. Podrobněji se tomuto tématu bude autor věnovat v kapitole 9. „Příloha disertační práce“.

Interpretace výsledků analýzy nadzemního zdiva z tabulky tab. 16:

- D:d ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2

  Ze zkoumaných poměrů byla nalezena 4x hodnota odpovídající zkoumanému číslu 2, což odpovídá použití modifikované Pošmourného metody, případně kvadratury a pouze 3x odpovídá zkoumaný poměr hodnotě zlatého řezu.

- D:A ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2

  U tohoto poměru byla hodnota odpovídající kvadratuře nalezena 5x, a jednou odpovídala zlatému řezu.

- C:D ≈ 1,414; 1,5; 1,618;

  Poměr mezi celkovou vnitřní délkou kostela a průměrem hlavní lodě nabývá hodnoty odpovídající kvadratuře 8x a 5x odpovídala hodnota poměru 3:2, což může být znak použití Pošmourného metody modulových kružnic. U tohoto poměru byla také velmi malá hodnota průměrné odchylky mezi hodnotami zkoumaných objektů.

- C:L ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2

  Celková vnitřní délka ku délce lodě po hranu vítězného oblouku nabývá 4x hodnoty odpovídající použití kvadratury a 2x hodnotě zlatého řezu. Z definice zlatého řezu plyne, že u těchto objektů by hodnoty zlatého řezu měly nabýt i poměry rozměrů L:l.

- L:l ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2

  U tohoto poměru nabývá parametr hodnoty svědčící o užití kvadratury u čtyř objektů a jedenkrát odpovídá hodnota zlatému řezu. Druhá očekávaná hodnota zlatého řezu u objektu č.1, která plyne z poměru C/L je o něco vyšší a již nesplňuje požadavek odchylky od ideální hodnoty.

- A:d ≈ 1,000; 1,414; 1,5; 1,618;

  Velikosti těchto poměrů nabývají hodnoty odpovídající kvadratuře v jednom případě, dvakrát nabývá hodnoty zlatého řezu a třikrát hodnoty z okolí čísla {1}.

- D_v:C_v ≈ 1,000; 1,207; 1,265; 1,414; 1,618;

  U tohoto poměru se třikrát vyskytla hodnota {1,414}, která predikuje použití kvadratury. Z analýzy také vyplynuly dvě hodnoty, které nebyly očekávány. Celkem osmkrát měl poměr velikost kolem hodnoty {1,23} a dokonce dvanáctkrát nabyl hodnoty z okolí čísla {1,29}. Podrobněji bude toto téma popsáno v kapitole „9 Příloha“.

Interpretace výsledků analýzy pro základové zdivo:

- D´:d´ ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2

  U tohoto poměru se vyskytly čtyři hodnoty odpovídající zlatému řezu a celkem šest hodnot podporující hypotézu použití Pošmourného metody modulových kružnic.

- D´:A ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2

  Tento poměr nabyl hodnoty zlatého řezu v šesti případech a hodnoty odpovídající použití kvadratury také v šesti případech.

- C´:D´ ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2

  Hodnoty poměru svědčící pro hypotézu použití Pošmourného metody modulových kružnic byly nalezeny u pěti objektů. Použití kvadratury značí hodnoty u sedmi objektů a u jednoho objektu se vyskytla hodnota zlatého řezu.

- C´:L´ ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2
  U tohoto poměru nabyly hodnoty poměru zlatého řezu u dvou objektů a čtyři hodnoty svědčí o použití kvadratury.

- L´:l´ ≈ 1,414; 1,5; 1,618; 2
  Tento poměr nabyl hodnoty zlatého řezu jednou a šestkrát hodnot odpovídající použití kvadratury.

- A:d´ ≈ 1,000; 1,414; 1,5; 1,618; 2
  U poměrů těchto rozměrů se vyskytl pouze jeden případ blížící se hodnotě {1}.

- $D´_v$:$C´_v$ ≈ 1,000; 1,207; 1,265; 1,414; 1,618;
  Stejně jako u nadzemního zdiva, se u poměru těchto rozměrů vyskytla pouze třikrát hodnota odpovídající kvadratuře. A osmkrát se vyskytla neočekávaná hodnota z okolí čísla {1,23} a dvanáctkrát hodnota z okolí čísla {1,29}. Také toto téma bude podrobněji popsáno v kapitole 9. „Příloha“.

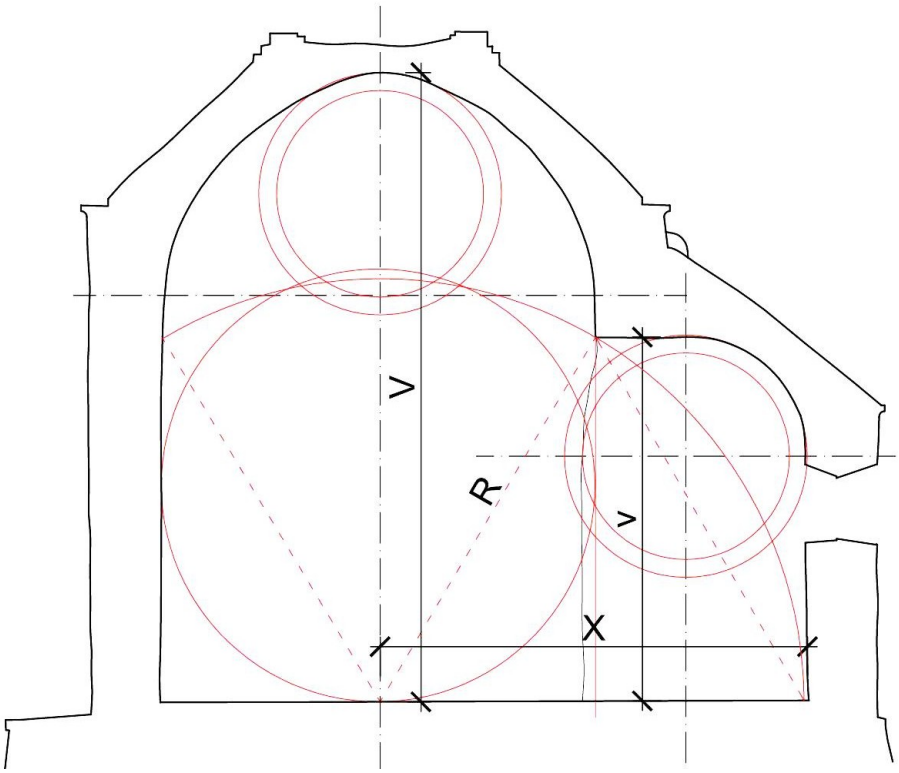
Výsledky analýzy naznačují, že při navrhování velké části analyzovaných objektů byly použity stejné geometrické poměry, které používají i prověřované proporční grafické metody. Z výsledků dále vyplývá, že zkoumané hypotézy nelze jednoznačně potvrdit ani vyvrátit, a že pokud byly tyto principy používány, bylo jejich užití a interpretace pro konkrétní objekt velmi individuální a volná. Zároveň výsledky připouští možnost, že mohly být použity i jiné, než prověřované proporční metody. Celkově je výsledná data potřeba chápat jako naznačení možných způsobů, jakými byly objekty proporčně navrženy vytýčeny a na těchto základech hledat nové proporční hypotézy.

5.2.3.4 Analýza vertikálních proporcí

Podklady pro vertikální analýzu jsou mnohem skromnější, protože značná část rotund se zachovala pouze torzálně a z těch, které jsou doposud funkční, byla velká část přestavěna tak, že informace o vertikálních proporcích byly ztraceny nebo je při běžném zaměření nebylo možno získat. Jedná se zejména stavební úpravy v podobě odbourání apsidy a nahrazení kopule plochým stropem. Počet rotund, vhodných pro vertikální analýzu, se tak zredukoval na pouhých 12 objektů. Uvedené výškové rozměry jsou vztaženy ke zjištěné úrovni původní podlahy.

Hypotézy zkoumané v této části práce zformuloval L. J. Konečný [14], kde ale uvádí modulové schéma platné pouze pro znojemskou rotundu. Tato práce se bude zabývat ověřením tohoto schématu a jeho obecnou platností.

Obdobnou hypotézu pro výškové proporce velkomoravských kostelů také zformuloval J. Pošmourný, a upřesnil ji ve své práci [19] J. Klouda, který původní úvahu o výšce vnitřního prostoru dvě modulové kružnice, zredukoval na výšku jeden a půl modulové kružnice. Oba autoři odvozovali průměr modulové kružnice od průměru kněžiště.



Obr. 34 – Modulové schéma znojemské rotundy podle L. J. Konečného, viz [14], zakreslené do skutečného řezu rotundy, viz [28].

Značení jednotlivých poměrů je obdobné jak v ostatních případech a vychází ze značení dle obr. 28 u půdorysných rozměrů a obr. 34 u vertikálních rozměrů. Pro ověření výše uvedených hypotéz u vertikálních rozměrů, jsou vertikální rozměry porovnány s příslušnými půdorysnými rozměry v tabulce tab. 18. Sloupec označený V/d vyjadřuje poměr mezi výškou lodě ve středu kopule a průměrem apsidy, druhý sloupec V/D vyjadřuje poměr mezi výškou lodě ve středu kopule a průměrem lodě. Třetí sloupec je vyjádřením poměru mezi výškou lodě ve středu kopule a celkovou délkou vnitřního prostoru. Podle L. J. Konečného, viz [14], by se tyto dva rozměry měly alespoň u znojemské rotundy shodovat. Stejně tak by poloměr kružnice označený R, mít shodnou velikost, jako vzdálenost od středu lodě do konce apsidy. Tato závislost je vyjádřena v posledním sloupci označeném R/X.

Vertikální rozměr, převedené na historické délkové jednotky, jsou uvedeny v tab. 19. Kritériem pro vyhodnocení, zda rozměr odpovídá celočíselnému násobku historické jednotky, je stejně jako u půdorysných rozměrů, hodnota střední odchylky S_{100} = 70,4 mm. Hodnoty vyhovující jsou barevně vyznačeny.

Tab. 18 – Zkoumané poměry rozměrů jednotlivých konstrukcí.

Vertikální rozměry nadzemní konstrukce				zkoumané poměry					
mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	století	V/d	V/D	V/C	v/d	v/D	R/X
5	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	3,01	1,43	0,94			
11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	10	2,63	1,42	0,97	1,53	0,83	1,02
15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	2,82	1,48	1,10	1,95	1,02	0,77
17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	2,88	1,57	1,07	1,77	0,97	0,91
19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	2,88	1,48	1,15	1,88	0,97	0,75
23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	2,55	1,43	1,05	1,46	0,82	0,94
24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	3,73	1,94	1,48	2,21	1,15	0,67
28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	2,26	1,53	1,07	1,44	0,98	0,87
31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	2,64	1,30	0,92	1,67	0,83	0,98
34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	1,77	1,51	0,99	1,20	1,02	0,94
35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	3,57	1,22	0,65	1,96	0,67	1,68
36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	3,09	1,94	1,51	2,02	1,27	0,59

Tab. 19 – Vertikální rozměry, přepočtené na historické délkové jednotky.

Vertikální rozměry nadzemní konstrukce				rozměry v historických jednotkách									
				mm		ř.s.		k.s.		l.s.		modul	
mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	století	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
6	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	11990		40,55		36,01		27,88		19,03	
11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11	9800	5690	33,14	19,24	29,43	17,09	22,79	13,23	18,49	10,74
15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	9790	6770	33,11	22,89	29,40	20,33	22,77	15,74	21,33	14,75
17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	9930	6100	33,58	20,63	29,82	18,32	23,09	14,19	17,30	10,63
19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	9720	6340	32,87	21,44	29,19	19,04	22,60	14,74	30,57	19,94
23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	9360	5350	31,65	18,09	28,11	16,07	21,77	12,44	16,19	9,26
24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	10380	6140	35,10	20,76	31,17	18,44	24,14	14,28	32,14	19,01
28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	8240	5270	27,87	17,82	24,74	15,83	19,16	12,26	14,31	9,15
31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	8860	5620	29,96	19,01	26,61	16,88	20,60	13,07	27,09	17,19
34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	7800	5280	26,38	17,86	23,42	15,86	18,14	12,28	20,42	13,82
35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	8880	4870	30,03	16,47	26,67	14,62	20,65	11,33	11,28	6,19
36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	10500	6880	35,51	23,27	31,53	20,66	24,42	16,00	36,08	23,64

Vyhodnocení analýzy vertikálních rozměrů

Vertikální rozměry převedené na historické jednotky vykazují obdobné znaky jaké byly zjištěny u půdorysných rozměrů. Tedy, že možné užití římské stopy se objevuje častěji, než karolínská stopa a rozměr odpovídající langobardské stopě je spíše výjimkou. Za kritérium, hovořící pro užití historické jednotky je považováno, když vyhoví oba zkoumané rozměry. Z tabulky tab. 19. je zřejmé, že vertikální rozměry odpovídající římské stopě lze nalézt u čtyř objektů, karolínská stopa u dvou objektů a užití langobardské stopy nevyhovuje žádný objekt. Při přepočtu na modul zjištěný u půdorysných rozměrů, vyhovují kritériu tři objekty a u ostatních alespoň jeden rozměr, s výjimkou rotundy č.17 v Týnci nad Sázavou, kde nevyhověl ani jeden z obou rozměrů.

Poměrová analýza vertikálních rozměrů nepotvrdila užití nějakého jednotného kánonu u všech objektů, stejně jako v předešlých případech. Z tabulky tab. 18 je patrné, že hypotézu L. J. Konečného pro poměr R/X splňuje objekt č.11, rotunda sv. Kateřiny ve Znojmě a objekt č.31, rotunda Nanebevzetí P. Marie v Plavči. Další tři objekty jsou požadované hodnotě velmi blízko, ale požadované kritérium nesplní. U poměru V/D je skupina pěti objektů, které mají tento poměr v okolí hodnoty $V/D \approx 1{,}5$, což odpovídá použití kvadratury stejně jako hodnota z okolí $V/D \approx 1{,}414$. Poměr V/d naznačuje v několika hodnotách z okolí $V/d \approx 2{,}82$ opět na princip kvadratury. Autor disertace považuje za vhodné upozornit na skutečnost, že i přes snahu nalézt původní úrovně podlahy, je mnohdy velmi obtížné se této úrovně dopátrat. V nálezových zprávách je sice původní úroveň románské podlahy zmiňována, ale většinou chybí informace o výšce současné úrovně podlahy vůči té původní. Takže i když lze přibližně vycházet z úrovně původních vstupních otvorů, odchylka naměřených výškových hodnot od původního záměru stavitel může být větší, než jaká je při vyhodnocování uvažována.

5.2.3.5 Dílčí závěry proporční analýzy

Do celkového vyhodnocení proporční analýzy bylo zahrnuto 29 objektů předrománských a románských rotund, které se z větší části nachází na území České republiky. Menší část objektů je z okolních států. Jedná se o objekt č. 3 Ducové, nacházející se na území Slovenské republiky, objekt č. 12, Knautnaundorf, Lipsko, S. Andreas v Německu a objekt č. 18. Těšín, sv. Mikolaj, v Polsku.

Proporční analýza nepotvrdila žádný jednotný kánon, který by byl užit na všechny zkoumané objekty a nepotvrdila ani striktní používání nějaké jednotné historické délkové míry. Výsledky spíše hovoří ve prospěch hypotézy, že k proporcím každé stavby bylo přistupováno velmi individuálně. Samotný fakt, že zkoumané rotundy vznikaly ve velkém časovém rozpětí, mezi 9.–13. stoletím, určuje, že jednotlivé objekty byly osobitým dílem různých stavebních mistrů a přenášení nějakého jednotného kánonu přes generace je spíše nereálné.

Velmi často se však vyskytují poměry jednotlivých rozměrů stavby, které odpovídají hodnotám vycházejícím z proporčního principu kvadratury. Lze tedy předpokládat, že tehdejší stavitelé používali k navrhování staveb stejné nebo obdobné geometrické principy, které v sobě skrývá kvadratura, ale nebyl jednotný postup, jak tyto geometrické zákonitosti používat. Z provedených analýz také nelze vysledovat nějaké rozměrový nebo poměrový vývoj ani v čase ani v závislosti na lokalitě stavby. V ojedinělých případech lze mezi některými objekty spatřit jistou podobu v rozměrech vnitřních prostor, která může pramenit buďto z toho, že stavby prováděla stejná stavební skupina či huť nebo že jedna stavba byla pojata jak vzor pro výstavbu druhé. Schematické půdorysy, viz obr. 21 až obr. 25 potvrzují, že jeden z mála znaků, podle kterého je možno jednotlivé objekty vizuálně odlišovat je celkový vzhled, na který má zásadní vliv tvar kněžiště a jeho napojení na loď. Druhým velmi významným půdorysným prvkem je existence, tvar a napojení věže. Jak již bylo uvedeno v předešlém textu, u většiny rotund, snad pouze s výjimkou rotundy č. 16, sv. Jiří na Řípu, je věž důsledkem pozdější stavební úpravy a není tedy prvotním znakem. V tom to ohledu je potřeba také zmínit rotundu č. 6, sv. Petra a Pavla na Budči, u které jsou patrny pod současnou čtvercovou věží základy dřívější věže na kruhovém půdorysu [42]. Pokud budeme předrománské a románské rotundy posuzovat pouze podle půdorysného tvaru, tak hlavním a nejmarkantnějším znakem je tvar apsidy.

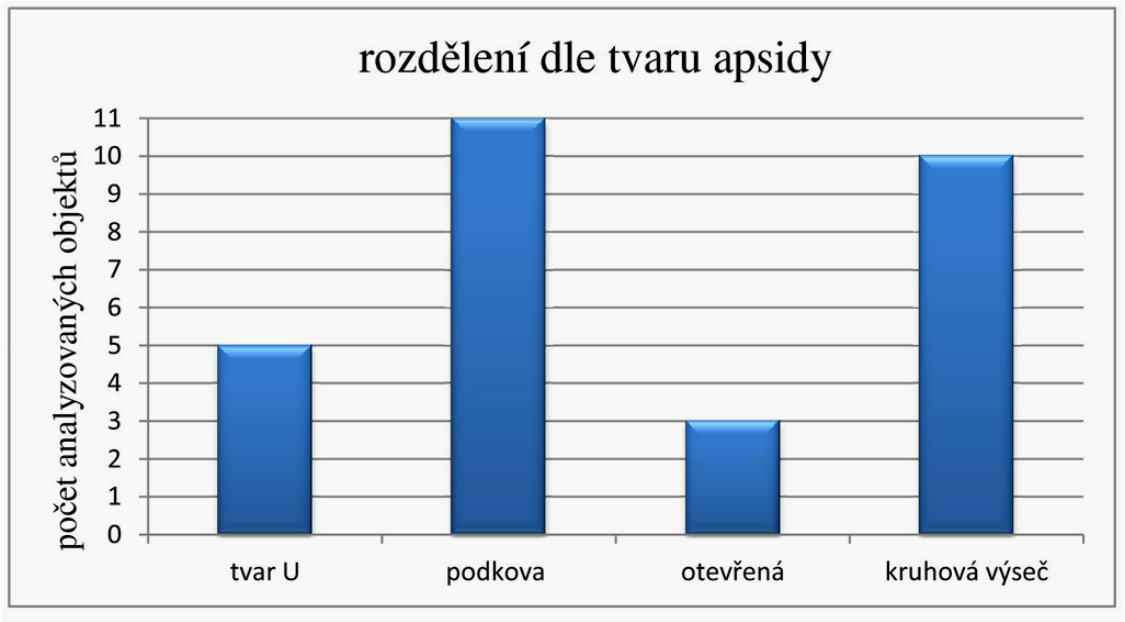
Typologie apsidy

Základní půdorysný proporční prvek, kterým se jednotlivé rotundy liší je tvar a průměr apsidy, viz graf na obr. 35 a obr. 36. Tvar apsidy u předrománských a románských rotund lze rozdělit na čtyři skupiny, které lze označit jako:

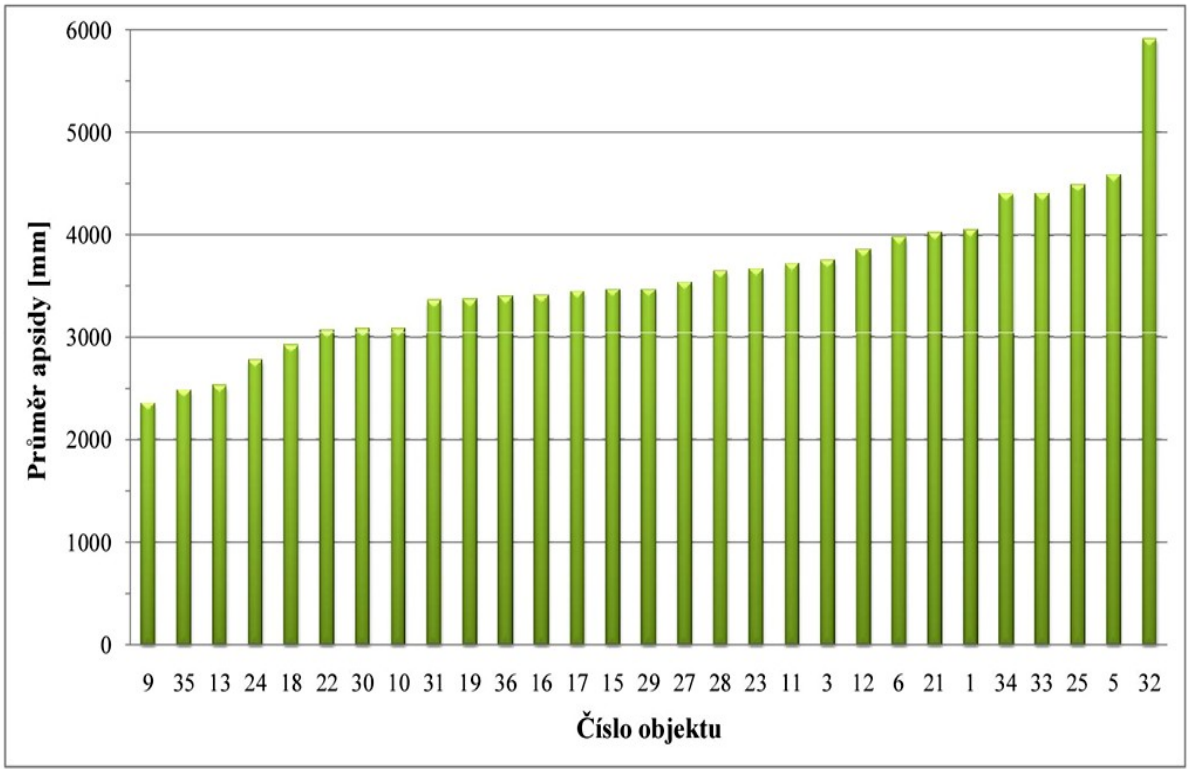
- apsidy tvaru podkovy
- apsidy tvaru U
- apsidy otevřené
- apsidy tvaru kruhové výseče

Na základě předešlých analýz užití historických jednotek, užití obecného modulu, grafických proporčních metod, tvaru a průměru apsidy lze konstatovat následující skutečnosti:

- Rozměry apsidy nejsou odvozeny od jednotného kánonu vycházejícího z jiného rozměru objektu.
- V rámci zkoumaných objektů je nejvíce zastoupena apsida podkovovitého tvaru, tento tvar apsidy má 11 objektů z 29.
- Druhý nejvíce zastoupený tvar apsidy je v podobě kruhové výseče a vyskytuje se u 10-ti objektů.
- Průměr apsidy se pohybuje v rozmezí hodnot 2360–5910 mm a mezi těmito krajními hodnotami jsou ostatní hodnoty téměř rovnoměrně rozprostřeny, viz obr. 36.



Obr. 35 – Rozdělení rotund dle tvaru apsidy.

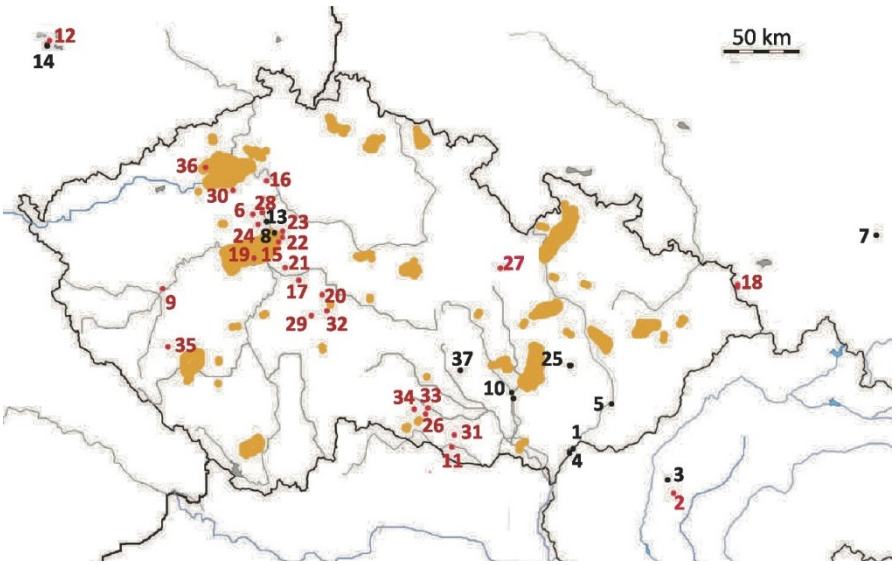


Obr. 36 – Porovnání zkoumaných objektů podle průměru apsidy.

Z hlediska doby vzniku nelze ve tvaru apsidy vysledovat nějaký vývoj ani významnější výskyt jednoho tvaru v jistém období. Obdobný závěr lze učinit i z pohledu lokality stavby. Konkrétně, že nebyla nalezena souvislost mezi tvarem apsidy a lokalitou ve které byl objekt vybudován. Z tohoto zjištění plyne, že z tvaru apsidy nelze usuzovat na dobu jejího vzniku ani na souvislosti spojené s místními kulturními poměry. Toto konstatování vychází z předpokladu, že datování vzniku objektů je správné.

5.3 Konstrukční analýza

Způsob výstavby předrománských a románských rotund je z dnešního pohledu velmi jednoduchý a vychází z tehdejších technologických a finančních možností v místě jejich vzniku. Jedná se o stavby zděné z místně dostupných materiálů, tedy kamene a vápenné malty. Používání vápna bylo v době vzniku prvních objektů tohoto typu a na tomto území, velmi výjimečné a je možné se domnívat, že výroba vápna na tomto území započala právě proto, aby mohly tyto velkomoravské a předrománské objekty vzniknout. S výrobou vápna úzce souvisí dostatečné množství vápence, jehož výskyt na území České republiky a rozmístění jednotlivých předrománských a románských rotund je uveden na obr. 37. Z tohoto obrázku je patrné, že některé objekty jsou od naleziště vápence vzdálené a vápno do místa stavby muselo být dopravováno na tehdejší dobu z poměrně velké vzdálenosti.



Obr. 37 – Výskyt vápence na území ČR v souvislosti se sledovanými objekty předrománských a románských rotund.

Členění konstrukční analýzy vychází z postupu, kterým probíhal proces výstavby sledovaných objektů. Vzhledem k tomu, že zděné objekty v té době nebyly zcela běžné, je velmi pravděpodobné, že samotné výstavbě předcházelo pečlivé plánování, výběr stavitele znalého použité technologie, zajištění potřebného množství materiálu i lidské síly potřebné k realizaci.

Prvním krokem při výstavbě je naprojektování stavby, tedy proces, při kterém jsou stanoveny jednotlivé rozměry stavby, její vzhled a použité

konstrukční materiály. Součástí tohoto prvního kroku je také výběr vhodného místa pro výstavbu jak z hlediska užití stavby, tak z hlediska provádění stavby. Samotná výstavba začíná vytýčením stavby, které se odvíjí od určení osy kostela. Zkoumané objekty předrománských a románských rotund jsou orientovány apsidou směrem k východu, s odchylkou pohybující se od -30 do +30 úhlových stupňů od ideální orientace. Dle některých odborníků se může orientace stavby řídit směru východu slunce v den, kdy má svátek patron, jemuž je kostel zasvěcen, viz [43]. Jiní odborníci zastávají názor, že spíše než astronomickými jevy je odchylka v orientaci způsobena georeliéfem dané lokality. [44] Pokud bychom tuto hypotézu přijali, muselo by se vytýčení hlavní osy kostela provádět tak, že v onen den by se při východu slunce vyznačil směr například pomocí stínu vrženého tyčí a teprve k této ose by byl doplněn půdorys stavby.

Samotný způsob vytýčení stavby je hlavní otázkou kapitoly 5.2 „Proporční analýza“, ve které jsou ověřovány hypotetické způsoby vytyčování zkoumaných staveb. Výsledky analýzy neprokázaly žádný předpokládaný jednotný způsob vytyčování, který by mohl být používán. Nepotvrdilo se ani jednotné užívání historické délkové míry, které bylo mnoha odborníky předpokládáno. Teorii o užívání historické míry však nelze zcela zavrhnout, protože některé míry předpokládaným jednotkám odpovídají. Proporce staveb také nepotvrzují užití žádné výrazné proporční souvislosti mezi jednotlivými objekty. Naopak, výsledky naznačují, že ke každé stavbě bylo přistupováno individuálně, za použití obecných geometrických principů, v kombinaci s délkovým modulem, který byl pro každý objekt různý. Jednotlivé objekty jsou až na výjimky tak rozdílné, že nelze stanovit tzv. ideální vytyčovací schéma, které by vyhovělo pro větší skupinu objektů.

5.3.1 Základové konstrukce

Správné založení stavby je základní předpoklad pro dobré a dlouholeté fungování stavby. Množství dochovaných rotund z předrománské a románské doby svědčí o tom, že tehdejší stavitelé ovládali zakládání staveb na velmi dobré úrovni.

Zdivo základů u předrománských a románských rotund bylo prováděno z lomového kamene vyzděného na vápennou maltu různé kvality. O zakládání románských staveb píše J. Witzany [26] následující: „Základové zdivo tvořené pouhou rovnaninou, popř. kamenným zdiven s hliněným pojivem (bazilika v Teplicích), v některých případech na maltu vápennou (rotunda ve Znojmě),

bylo provedeno do základové rýhy šířky 1,5– 2,5 m a hloubky např. 1,2 m (klášterní bazilika benediktýnek v Teplicích. Koruna základového zdiva byla pevně tmelena vápennou maltou. Koruna základového zdiva byla často překryta břidlicovými deskami, které tvořily izolační vrstvu a podklad pro nadzemní zdivo (bazilika v Teplicích, románský klášter na Strahově).“

Objekty sledované v této analýze se s výše uvedeným popisem shodují, ne však ve všech znacích. Například záznam z archeologického výzkumu rotundy na Starém Brně, uvádí zdivo o síle 80–90 cm a základy přesahující nadzemní zdivo místy až o 16 cm. Úroveň základové spáry je uváděna 200–220 cm od současného okolního terénu a výšku základového zdiva uvádí 50–60 cm. Z tohoto popisu je patrné, že původní terén doznal někdy značné změny, což dokládá i obrázek obr. 38, který byl pořízen při archeologickém výzkumu v roce 1978. Z uvedeného příkladu je patrné, že zjistit základové poměry u některých staveb v době jejich vzniku může být značně složité a zavádějící. Napojení nadzemního zdiva na základovou konstrukci objektu rotundy v lokalitě Staré Brno je patrný na obr. 39. Na základové zdivo z lomového kamene, spojované hliněnou maltou, nasedá nadzemní kvádříkové zdivo na vápennou maltu s ústupkem o 100–160 mm.



Obr. 38 – Staré Brno, nálezová situace s odkrytým torzem románské rotundy. Z úrovně koruny základového zdiva je patrné značné navýšení okolního terénu. Zdroj: Archiv Muzea města Brna.



Obr. 39 – Staré Brno, napojení nadzemního zdiva apsidy na základovou konstrukci. Zdroj: Archiv Muzea města Brna.

Odkrytou základovou konstrukci bylo možno spatřit i u archeologického výzkumu, vedeného J. Ungerem v Tasově, kde bylo objeveno torzo románské rotundy, viz [45]. Nálezová situace základového zdiva románské rotundy v Tasově je zachycena na obr. 40. Zdivo tvoří neopracované kameny prolévané hliněnou maltou. Tloušťka zdiva se pohybuje kolem 800 mm a úroveň základové spáry je v hloubce přibližně 1100 mm od současného terénu a výška nalezeného zdiva se pohybuje mezi hodnotami 400–500 mm. Vzhledem k tomu, že koruna základu se nedochovala, nelze původní výšku základu přesně určit. Ve výše uvedeném zdroji je uvedeno, že v druhé třetině 13. století, byla románská rotunda zbourána a na jejím místě vznikl nový kostel.

Koruna základového zdiva tohoto nově vzniklého objektu je v úrovni přibližně 200 mm pod současným terénem a lze tady předpokládat, že základová konstrukce rotundy dosahovala stejné, nebo nižší úrovně. Hloubka založení rotundy, odvozená z této úvahy, vychází mezi 500–900 mm pod původním terénem.



Obr. 40 – Nálezová situace základového zdiva románské rotundy v Tasově.

Informace o základové konstrukci přináší ve své práci [13] také J. Poulík, který uvádí u dvouapsidové rotundy z Valů u Mikulčic, hloubku založení apsidy 140 cm pod úrovní lité maltové podlahy. Podloží je specifikováno jako pískové.

Zdivo základová konstrukce u znojemské rotundy je v [46] popsána takto: „Základy jsou kamenné, vyzděné na skalním podloží, rozšířené ven i dovnitř asi o 100–150 mm.“ Uvádět hloubku založení v tomto případě postrádá význam, protože stavba je založena na skalnatém podloží.

Základovou konstrukci lze spatřit také u objektu č. 25, rotundy sv. Pantaleona v Pustiměři, viz obr. 15. Rozšíření základové konstrukce přes nadzemní zdivo je 80–120 mm a je vyzděno z lomového kamene na vápennou maltu. Rozšířenou základovou konstrukci lze spatřit také u objektu č. 31, Nanebevzetí P. Marie v Plavči, viz obr. 41 a rovněž je oproti nadzemnímu zdivu rozšířena o 80–130 mm. Také zde je zdivo provedeno z lomového kamene.



Obr. 41 – Rotunda Nanebevzetí P. Marie v Plavči, rozšíření základového zdiva.

Základové konstrukce předrománských a románských rotund lze na základě výše uvedených informací definovat jako zdivo z neopracovaného tříděného kamene, ukládaného na hliněnou, případně vápennou maltu, které je oproti nadzemnímu zdivu rozšířeno vně i uvnitř objektu o 80–160 mm. Zjištěná hloubka založení se pohybuje od 1400 mm do 500 mm pod úrovní okolního terénu. Rozšíření základového zdiva je provedeno i u objektu, který je založen na kamenném podloží, takže důvodem rozšíření není pouze snížení tlaku v základové spáře nebo bylo důsledkem používané stavební zvyklosti.

Šířku základového zdiva uvádí J. Pošmourný u svých modelů o jednotné velikosti 1 římský gradus, což činí 740 mm. Zjištěné šířky základových konstrukcí sledovaných objektů se pohybují od cca 800 mm, zjištěných u torza rotundy v Tasově, po 1800 mm u rotundy ve Štěpkově nebo Častohosticích.

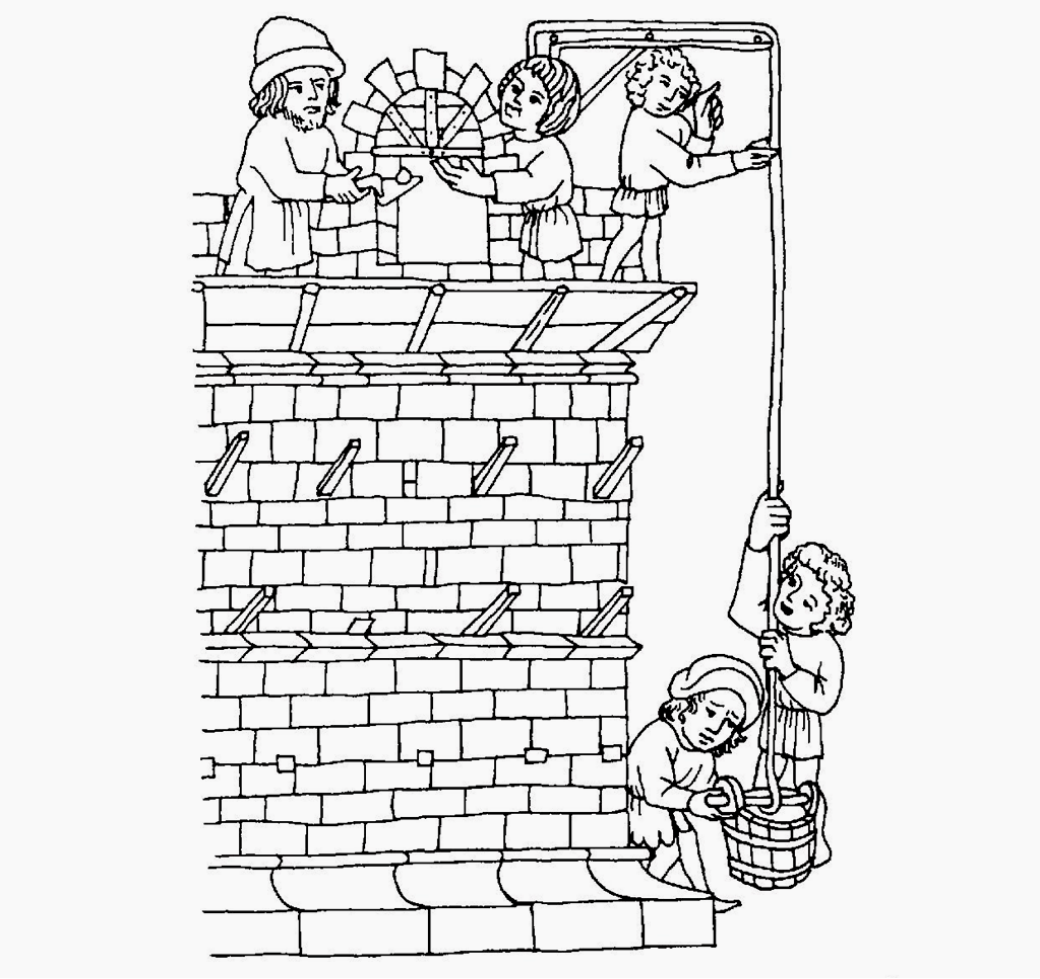
Technologií zdění základového zdiva u velkomoravských staveb se zabývá ve své práci [20] L. Kalousek, který uvádí, že „Zdivo bylo prováděno z rozměrnějších většinou plochých kamenů tak, že byla nejprve uložena vrstva

kamene, ta byla následně přelita asi 5 cm tlustou vrstvou malty, na kterou se opět kladla vrstva kamene.“ Odkryté základy rotund, svědčí o používání stejného postupu, který se ostatně zachoval až do nedávné doby, tedy že do vykopané rýhy se naplocho ukládá vrstva kamenů, která se přelívá vrstvou malty, a na tu se opět ukládá vrstva kamenů. Nakonec byla koruna základového zdiva upravena tak, že vrchní vrstva kamene byla přelita vrstvou vápenné malty, která byla rozetřena do roviny. Vápenné malty používané pro základové zdivo byly většinou nižší kvality než malty pro zdivo nadzemní.

5.3.2 Nadzemní konstrukce

Zdivo nadzemní části bylo prováděno z opracovaného nebo neopracovaného kamene na vápennou maltu. Zdivo bylo prováděno na římský způsob, tedy že nejprve byly vyzděny líce zdiva a prostor mezi nimi byl vyplněn drobnějšími kameny a přelit vrstvou malty. Při provádění nadzemní zdi bylo po dosažení určité úrovně potřeba použít lešení, ze kterého by se zdění provádělo. V principu přichází v úvahu dvě možnosti, tedy že lešení bylo zřízeno pouze z jedné strany, a práce byly prováděny pouze z jedné strany anebo bylo lešení z obou stran a zdění probíhalo zároveň z vnitřní i vnější strany. Vzhledem k tloušťce stěn přesahující mnohdy i více než 1,1 m, je pravděpodobnější druhá varianta, při které by práce probíhala mnohem snadněji. Na způsobu provedení lešení nepanuje mezi odborníky jednotný názor. V této souvislosti jsou diskutovány otvory v těle středověkých staveb, které dle některých odborníků, mají sloužit pro uložení trámů nesoucích lešení. Dokladem tohoto tvrzení mohou být mnohá historická vyobrazení zachycující stavební práce, viz obr. 42. Použití této techniky je diskutováno také ve výzkumné zprávě [46] z průzkumu znojemské rotundy týmem odborníků Stavební fakulty v Brně. Tato zpráva se mimo jiné zabývá i problematikou tzv. kanálků, tedy otvorů ve fasádě rotundy. Ve zprávě se uvádí, že bylo provedeno zaměření a průzkum otvorů a, bylo zjištěno, že kanálky jsou provedeny na celou tloušťku stěny a z vnitřní strany zazděny. Průřezy kanálků se pohybují od velikosti 170 x 200 mm do 120 x 120 mm. Dále je uvedeno, že profil kanálků se směrem dovnitř zužuje. Na stěnách kanálků není patrný otisk bednění, což znamená, že otvory nevznikly zalitím nějakého bednícího prvku. Zpráva vyloučila větrací funkci kanálků a také bezezbytku nepotvrdila funkci pro uložení nosných trámů lešení a to zejména pro značné výškové rozdíly jednotlivých otvorů. Další možností, o které je

uvažováno je, jestli otvory nemohly sloužit pro spony bednění obvodové konstrukce. Protože zpráva v tomto bodu nedospěla k jednoznačnému závěru, je stále možné uvažovat o jejich funkci v souvislosti s konstrukcí lešení. Pro tento účel hovoří fakt, že výška mezi otvory je 1200–1400 mm, což je přibližně hranice, do které lze ve stoje zdění bez potíží provádět. Další argument je rozšíření otvoru směrem ven a absence záteků malty. T toho lze vyvodit, že dělníci cíleně prováděli obezdívání vložených trámků tak aby šly později lehce vyjmout. Obdobné otvory lze spatřit i u mnoha jiných středověkých staveb, například i na fasádě rotundy č. 17 v Týnci nad Sázavou, viz obr. 43.



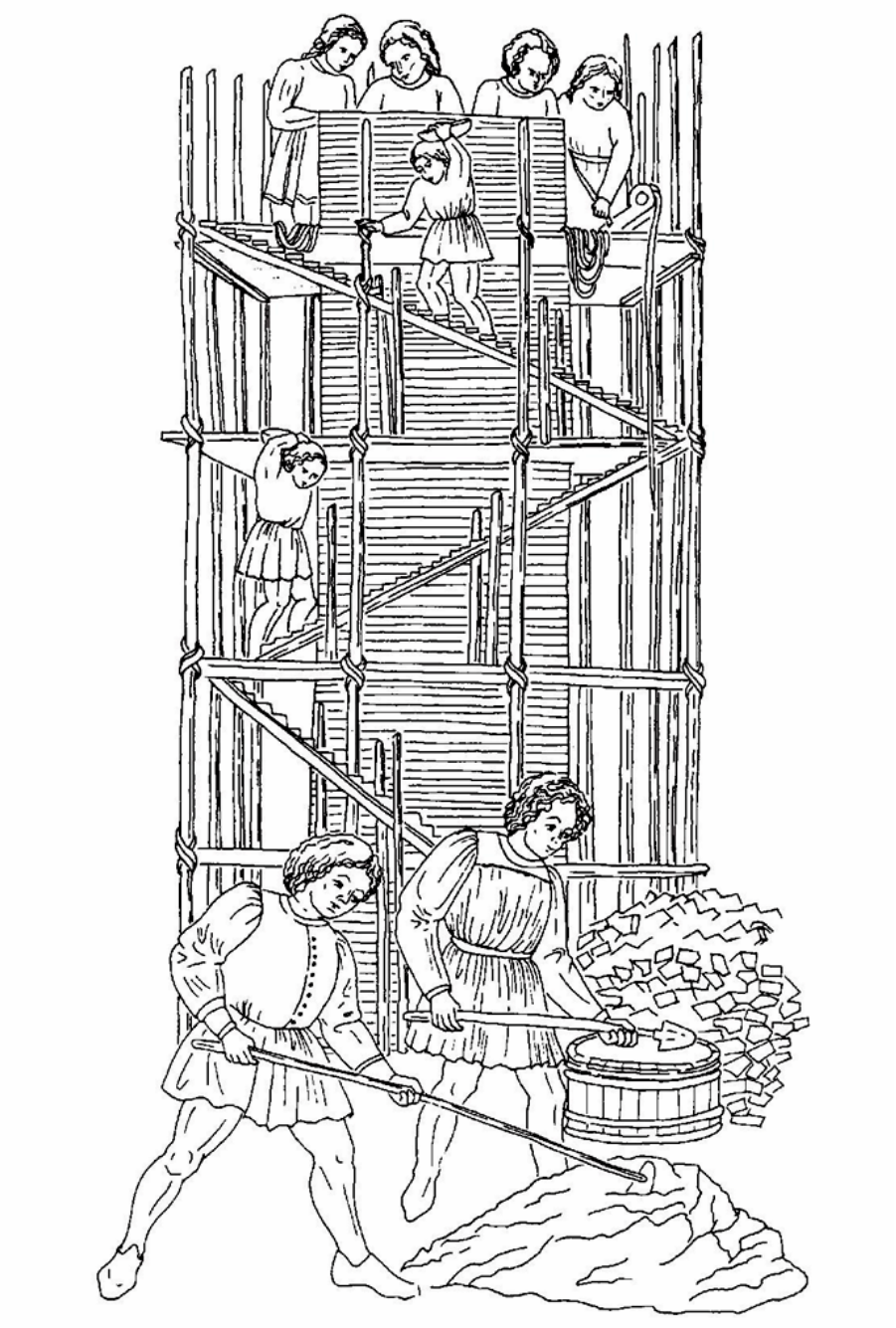
Obr. 42 – Středověká technika provádění svislých konstrukcí. [70]



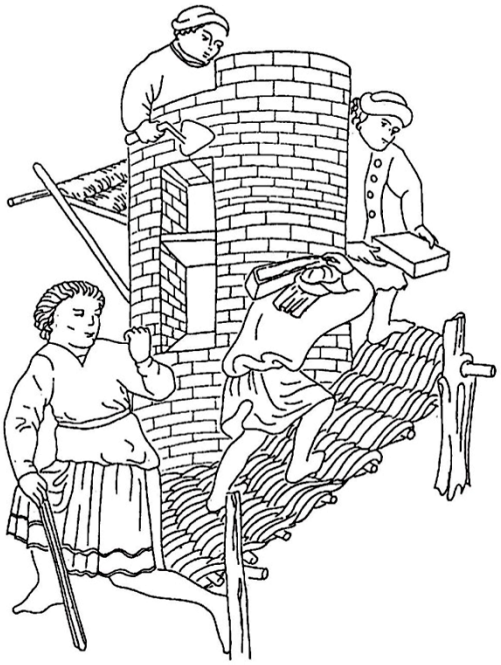
Obr. 43 – Rotunda sv. Václava, Týnec nad Sázavou. Na fasádě jsou patrné otvory pro konstrukci lešení.

Z jiných historických perokreseb, viz obr. 44, je patrný odlišný způsob stavby lešení, který odpovídá současným zvyklostem, kdy na stojky lešení, postavené zemi, jsou připevněny vodorovné nosníky pro jednotlivá patra lešení. Celá konstrukce je pak zavětrována a přikotvena ke stavbě. Možná je i kombinace obou způsobů, kdy jedna strana vodorovných nosníků je uložena do zděné stěny a druhá strana je vynesena svislými stojkami. Pochozí plochy jsou zkonstruovány z fošen. Zajímavá varianta je zobrazena na obr. 45 a obr. 46, kde jsou pro pochozí konstrukce použity rošty z proplétaných prutů. Přesto, že kresby pochází z jiných oblastí Evropy (Německo, Británie, Francie, Itálie) a jsou o něco mladšího data, než jsou objekty, kterými se práce zabývá, lze oprávněně předpokládat, že zobrazené způsoby provádění lešení byly tradiční a byly rozšířené po cele tehdejší Evropě. Je tedy pravděpodobné, že stavitelé, kteří přináší do našich krajů techniku zdění na vápennou maltu,

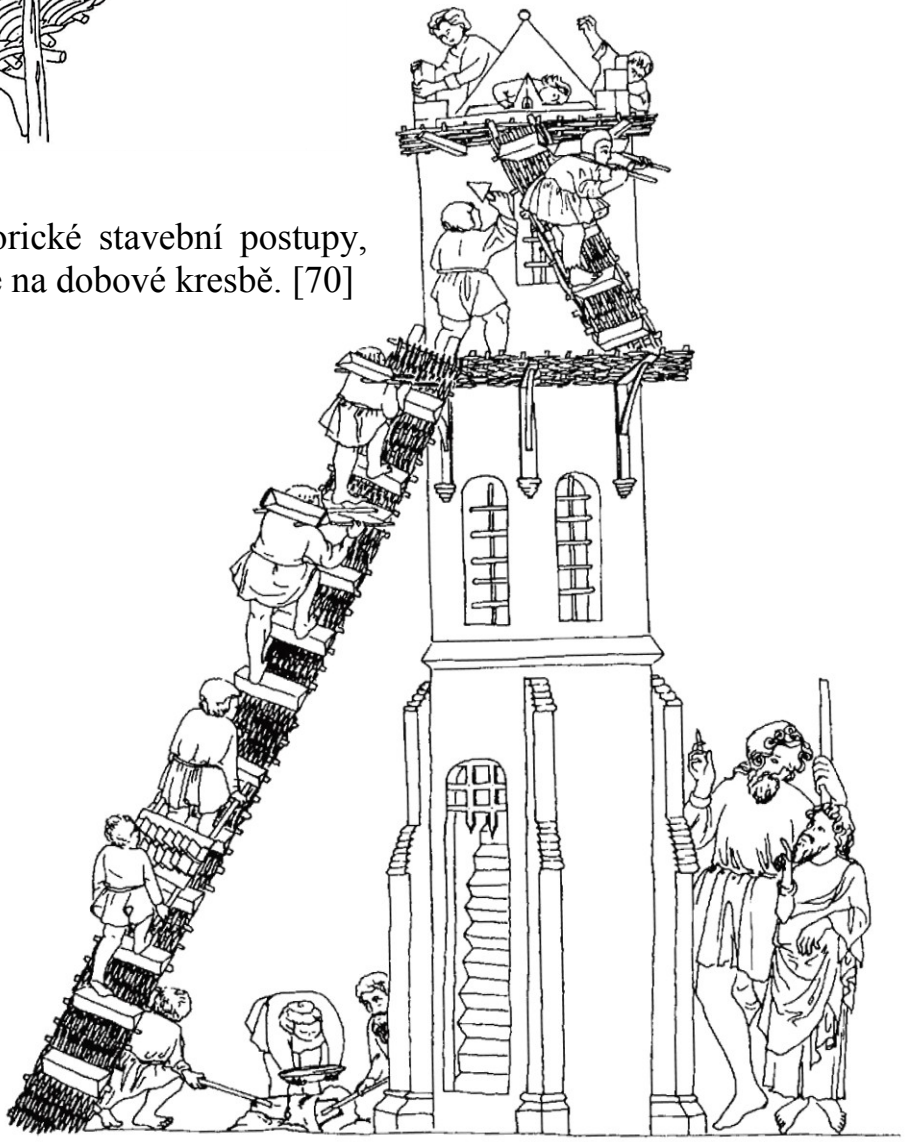
sebou přinesli také různé způsoby stavby lešení. Na kresbách je kromě lešení možno spatřit i způsob dopravy materiálu a používané nářadí. Na obr. 42 je vidět i provádění klenby nad okenním otvorem za použití dřevěného ramenátu.



Obr. 44 – Historické stavební postupy zobrazené na dobové kresbě. [70]



Obr. 45 – Historické stavební postupy, zachycené na dobové kresbě. [70]



Obr. 46 – Historické stavební postupy, zachycené v dobové kresbě. [70]



Obr. 47 – Znojemská rotunda. Na zdivu z lomového kamene jsou patrny otvory pro kotvení lešení.



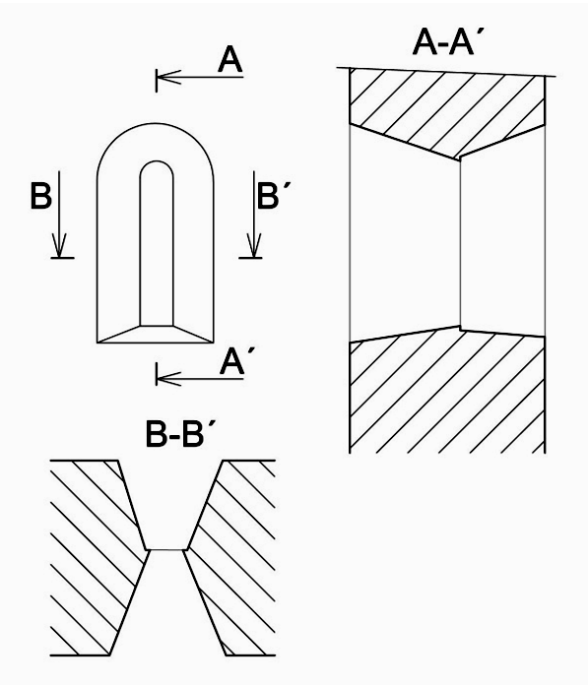
Obr. 48 – Rotunda sv. Longina, Praha. Zdivo rotundy s naznačenými kvádříky.

U předrománských a románských rotund můžeme spatřit několik typů úpravy lícového zdiva. Od zdiva z lomového kamene, viz obr. 47, které bylo prováděno zejména tam, kde dostupný materiál tvořil těžko opracovatelný, tvrdý kámen, přes zdivo řádkové, viz obr. 43, u kterého byly jednotlivé kameny hrubě opracovány, až po zdivo kvádříkové, které bylo prováděno z kamenů opracovaných to tvaru stejně vysokých kvádříků, viz obr. 48.

Často diskutovanou otázkou je, zda bylo zdivo z vnější strany omítáno. Část odborné veřejnosti zastává názor, že zdivo bylo omítáno vně i uvnitř vždy a omítka měla funkci nejen reprezentativní, ale hlavně chránila zdivo proti vnějším vlivům. Omítka jako ochrana zdiva je předpokládána zejména u konstrukcí tvořených méně trvanlivým materiálem, jako je opuka, či pískovec. U staveb z materiálů tvrdých a odolných, které byly prováděny z lomového kamene, se u omítky předpokládá spíše funkce estetická. Přesto, že tyto argumenty zní logicky, při pohledu na jednotlivé stavby není situace zdaleka jednoznačná a nalézáme doklady jak omítaného zdiva, tak jsou stavby, u kterých některé znaky hovoří, že omítnuty původně nebyly. Dokladem o omítání nejstarších staveb je nález omítaného zdiva z hrubě opracovaného lomového kamene u rotundy č. 6 na Budči [34]. Na druhou stranu v nejstarší části kostela a kláštera sv. Jiří na Pražském Hradě, jsou u opukového zdiva nalezeny podřezávané, pečlivě upravované spáry, což svědčí spíše o tom, že zdivo bylo uvažováno jako pohledové a tedy neomítané [34]. Jiný typ úpravy lze spatřit v nejstarší části kláštera sv. Jana na Ostrově u Davle, kde nejstarší část zdiva zděná z nepravidelných kusů místního kamene, pocházející z období kolem roku 1000, je hrubě nahozena omítkou, do níž byl vrytou linkou vyznačeny vodorovné a svislé spáry imitující pravidelný spárořez [34]. Jiný způsob úpravy spár se vyskytuje zejména u zdiva, u něhož pravidelnost kvádříků silně kolísala. Pro dosažení pravidelnějšího vzhledu se malta vytlačená ze spár lžící rozetřela a hranou lžíce se naznačila spára v požadovaném směru a rovině. Zcela jiný přístup byl zvolen u rotundy č. 22, sv. Longina v Praze, viz obr. 48, kde jsou do větších kvádrů naznačeny průběžné spáry okolního zdiva a je tedy předpoklad, že pokud si někdo dal práci s naznačením spáry, byl záměr ponechat zdivo neomítnuté. Jiným příkladem je rotunda č. 11 ve Znojmě, u níž by se vzhledem ke zdivu z lomového kamene dala vnější omítka předpokládat. Argumentem, že omítnuta nebyla, mohou být otvory ve fasádě, o nichž se dá přepokládat, že by byly před omítnutím zazděny. Pokud by zazděny nebyly, měla by se uvnitř otvorů nalézat malta, zapadená při omítání.

Zde je nutno připomenout, že snahou je dopátrat se původní úpravy zdiva a zvyklosti v době vzniku stavby. Vzhledem k tomu, že hovoříme o období ve kterém stavby vznikaly, přesahující více jak čtyři století, je zřejmé, že za tu dobu se zvyklosti stavebních hutí i módní požadavky mohly značně měnit. Z tohoto důvodu nelze jednoznačně odpovědět, zda bylo obecně vnější zdivo omítané či neomítané a odpověď je potřeba hledat pro každý objekt individuálně.

Okenní otvory mají pro románský sloh klasický tvar, viz obr. 50 a jsou prováděny dvěma způsoby. Starší a méně reprezentativní způsob je vyzdění ostění i zaklenutí z neopracovaného plochého lomového kamene, viz obr. 49. Tento způsob se vyskytuje zejména u objektů stavěných z lomového kamene. Druhý způsob, u kterého bylo ostění i klenba vyzděny z kvalitně opracovaných kamenných kvádrů se vyskytuje u mladších objektů a u objektů se zdivem z opracovaných kamenů. U znojemské rotundy je možno spatřit oba způsoby provedení u jednoho objektu, kdy okno v apsidě, viz obr. 52, je provedeno druhým, efektnějším, způsobem a ostatní okna jsou vyzděna jednodušším, prvním způsobem.



Obr. 50 – Románské okno, typický tvar.



Obr. 49 – Znojemská rotunda, románské okno lodě.



Obr. 52 – Znojemská rotunda, okno apsidy.



Obr. 51 – Rotunda Přední Kopanina, okno lodě.



Obr. 54 – Rotunda sv. Longina v Praze, okno lodě.



Obr. 53 – Rotunda sv. Jiří na Řípu, okno lodě.

Přesto, že typický tvar oken je zachován, je na první pohled patrný posun v kvalitě provedení mezi oknem znojemské rotundy na obr. 52 a oknem rotundy v Přední Kopanině na obr. 51 nebo sv. Longina v Praze, viz obr. 54, které obě pochází z 12. století. Možná úprava je patrná na řípské rotundě, viz obr. 53, i když tento vzhled je výsledkem nedávno proběhlé opravy. Venkovní zdivo z opukových kvádříků řípské rotundy, bylo při opravě omítnuto včetně ostění okenních otvorů. Vzhled oken před omítnutím pocházel z 19. století a byl podobný oknům rotundy sv. Longina, viz obr. 54. Do jaké míry je úprava omítkou autentická, je otázkou na kterou se odpověď nebude hledat jednoduše, protože nejsou prameny informací, ze kterých by se dalo čerpat. Původní okenní otvory prošly u celé řady objektů stavebními úpravami. Některé byly zazděny, některé zvětšeny a nahrazeny modernějšími, takže množství původních oken vhodných pro porovnání není mnoho. Průzkum původních románských oken u rotund také znesnadňuje jejich umístění, kdy jsou často ve výškách nad tři metry, takže přístup k nim je značně omezen.

Z konstrukčního hlediska můžeme vstupní otvory u předrománských a raně románských rotund rozdělit na otvory s kamenným překladem a vstupní otvory zaklenuté půlkruhovou valenou klenbou.



Obr. 56 – Znojemská rotunda, vstupní otvor.



Obr. 55 – Rotunda Hradešín, původní vstup.



Obr. 57 – Kostelec u Křížku, původní vstup.



Obr. 58 – Rotunda Libouň, vstup do rotundy.



Obr. 60 – Rotunda Šebkovice, původní vstup.



Obr. 59 – Rotunda Želkovice, původní vstup.

První typ je proveden tak, že dveřní otvor je překlenut kamenným překladem, nad kterým je vyzděna odlehčovací klenba, viz obr. 55. Tento základní princip, byl různě modifikován ustoupeným tympanonem s nadpražím, viz obr. 56, nebo pouze ustoupeným tympanonem, viz obr. 57. Druhý způsob s použitím valené klenby se objevuje až u mladších staveb ve 12. a 13. století. Na obr. 60 je zachycen portál s ústupkem, vyzděný z hrubě, ale poměrně pravidelně opracovaných kamenů. U rotund ojedinělá a zdobnější forma zaklenutého portálu se nachází u rotundy sv. Petra a Pavla v Želkovicích, viz obr. 59. Jak je i z fotografií patrné, u mnoha rotund byly původní vstupní otvory zazděny a proraženy nové, některé byly zcela vybourány.

Nejčastěji se původní vstup do rotundy nachází na jižní straně lodě, méně často na severní straně, ale několik objektů má vstup situovaný také proti apsidě.

5.3.3 Zastropení

Často diskutovanou otázkou u hypotetických rekonstrukcí je, zda byla stavba plochostropá nebo byla zastropena kopulí. Při pokusu na tuto otázku odpovědět, se logicky vychází z únosnosti obvodového zdiva a jeho schopnosti kopuli vynést. Tato problematika bude podrobněji popsána v následující kapitole „Statická analýza“.

Jak již bylo popsáno v kapitole „Současný stav poznání“, většina předrománských a románských rotund měla v minulosti loď zaklenutou kopulí. Některé z nich za dobu své existence o kopuli přišly a byly zastropeny omítnutým dřevěným plochým stropem. Zastropení apsidy je prakticky u všech dochovaných staveb provedeno specifickým typem kulové klenby nazývané koncha.

Zastropení lodě

Většina předrománských a románských rotundy byla původně zastropena kopulí. V případě románských rotund tvoří kopuli klenba ve tvaru polokoule, která v některých případech nese lucernu, do které je otevřena okulem. U většiny konstrukcí je kopule zděna z lomového kamene na vápennou maltu, což je materiálové složení, které dovoluje provádění pouze jedním způsobem, na bednění. Ze stavební praxe jsou známy i jiné techniky zdění klenby, dokonce volné zdění bez podpory, ale tyto způsoby se týkají materiálů savých, které k maltě rychle a dobře přilnou. V případě lomového kamene je nasákavost malá nebo téměř žádná a malta zůstává dlouho „živá“, takže zdící prvek nefixuje dostatečnou silou a proto je potřeba zdít na nějakou podporu, v tomto případě tvořenou bedněním. Dokladem použití bednění při provádění kleneb jsou otisky bednících prken a lícové straně klenby. Otisk prken je v některých případech velmi detailní a je možno spatřit i strukturu dřeva což umožňuje blíže zkoumat nejen způsob opracování, ale i odvodit konstrukci podpůrné konstrukce. Vzhledem k tomu, že veškeré klenby kopulí rotund jsou omítnuté, je potřeba hledat analogie u jiných středověkých staveb. Otisky bednících prken je možno v hojné míře spatřit u valených kleneb například na hradě Rábí, viz obr. 61. Jediným přímým dokladem otisku prken na líci klenby u rotund je místo na kopuli znojemské rotundy, kde v minulosti odpadla omítka, viz obr. 62, ale analogii lze nalézt na kopuli karneru v Hrádku u Znojma, který je datovaný do 13. století. Kopule tvoří strop doposud funkční kostnice, takže v minulosti nebyl omítnut a vzhledem k uloženým ostatkům, lze očekávat, že zde neprobíhaly žádné stavební úpravy a lícová strana kopule si zachoval autenticitu.



Obr. 61 – Hrad Rábí, otisk bednění na valené klenbě.

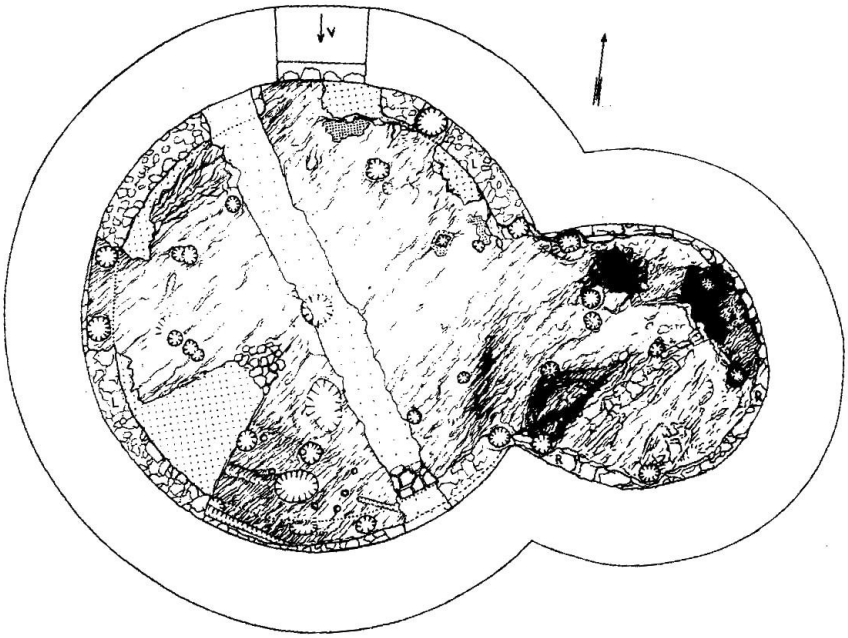


Obr. 62 – Rotunda sv. Kateřiny, Znojmo. Otisk bednění na líci kopule.

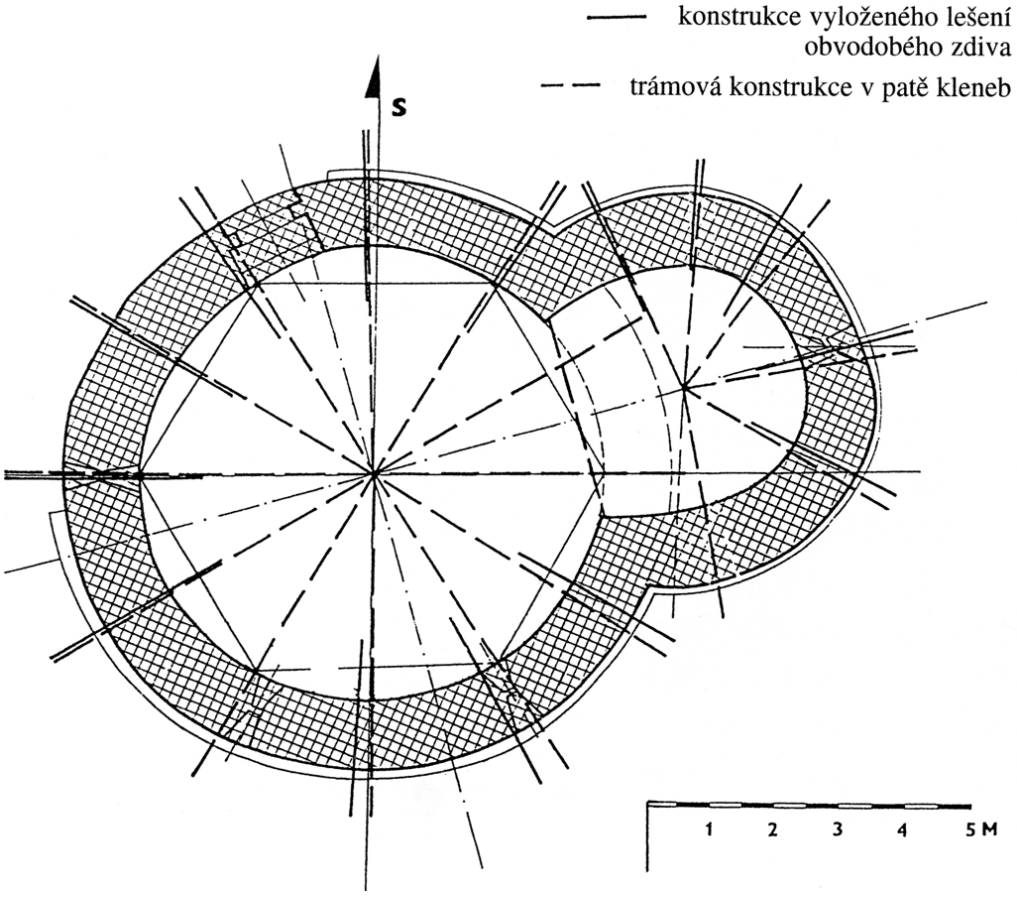
Tématem bednění kopule se zabývali historici zejména v souvislosti se znojemskou rotundou a interpretací kůlových jamek, které byly pod podlahou rotundy objeveny při archeologickém výzkumu a detailně popsány B. Klímou, viz [15] a následně se o tomto tématu v [14] zmiňuje i L. J. Konečný. O názor byli požádání i odborníci z oboru stavitelství, kteří na základě tehdy známých skutečností vyslovili svůj názor ve zprávě, viz [46].

Souvislost kůlových jamek, viz obr. 63, lešení a podpůrné konstrukce bednění kopule byla dána do souvislosti mnoha badateli a vzniklo několik hypotéz, které měly napomoci k objasnění situace, ale k jednotné shodě nedošlo. B. Klíma předpokládá účel kůlových jamek pro uložení pomocného lešení při stavbě a pro podpůrnou konstrukci bednění kopule. Uvádí také možnou souvislost mezi kůlovými jamkami a otvory ve vnějším plášti budovy, jako pozůstatku po konstrukci lešení pro zdění obvodové stěny. Dále předpokládá dvě stavební fáze, kdy původně plochostropá rotunda byla zaklenuta kopulí. U druhé fáze uvažuje odstranění podlahy, postavení opěrného systému pro klenbu, který se opíral o kůly zapuštěné do věnce velkých jamek u zdi, vyplněných pískem pro následné uvolnění konstrukce při odbednění. Dvě stavební fáze B. Klíma dokládá analýzou vzorků jednotlivých omítek i malt a jejich výraznou strukturální odlišností. První stavební fáze je datována do období 1092–1112. Druhá fáze, s výmalbou, zaklenutím a novým zasvěcením je, dle nápisu na stěně, kladena do roku 1134. [15]

Jiný názor na stavební vývoj uvádí v [14] L. J. Konečný, který považuje domněnku o dvou stavebních fázích a dodatečném zaklenutí rotundy za nesprávnou. Kromě toho nesouhlasí ani s účelem a původem kůlových jamek. Předpokládá, že centrální jamka sloužila k uložení centrálního kůlu, jako osy, který zároveň sloužil jako podpora zdvihadla pro dopravu materiálu. Jamky blíže ke středu pak mohou sloužit pro dočasnou podporu centrálního sloupu. L. J. Konečný dále předpokládá, že rotunda byla zděna technikou z vyloženého lešení, jehož trámy byly uloženy do kapes v nosné zdi. Dále uvádí, že pomocná konstrukce dřevěného lešení byla vyměřena ze středu lodi v osách světových stran a ze západovýchodní osy byl vnitřnímu obvodu vepsán šestiúhelník o stranách, odpovídajícím poloměru lodi, jehož rameny probíhaly základní osy nosných trámů lešení. Rozdělením stran šestiúhelníku pak vznikne dvanáctiúhelník, viz obr. 64. Odborníci ze stavební fakulty VUT v Brně, ve zprávě z výzkumu znojemské rotundy, viz [46] uvádí, že co se



Obr. 63 – Znojemská rotunda, kůlové jamky nalezené pod podlahou. [15]



Obr. 64 – Znojemská rotunda, schematická rekonstrukce pomocného konstrukčního systému nadzemního zdiva, uvažovaná L. J. Konečným v [14].

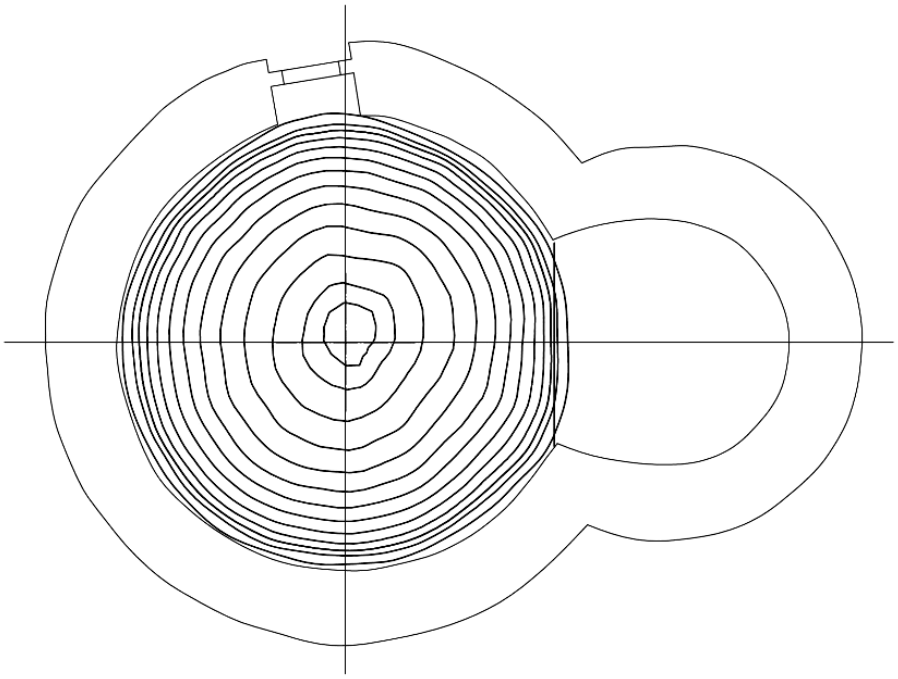
týká dvou stavebních fází a pozdějšího zaklenutí kopulí, zastávají názor, že stavba byla provedena v jedné stavební fázi včetně kopule.

Shrnutím těchto názorů a porovnáním se zjištěnými fakty, zastává autor disertační práce názor, že kůlové jamky sloužily k uložení podpěrných kůlů bednění kopule, jak ve své zprávě [46] uvádí tým odborníků Stavební fakulty VUT v Brně, což potvrzuje níže uvedená hypotetická rekonstrukce bednění. Také odstranění podlahy a druhotné použití kůlových jamek pro druhou fázi výstavby je značně nepravděpodobné, protože při odstupu mezi uvažovanými fázemi výstavby o délce několika desetiletí, je velmi nepravděpodobné, že by si existenci kůlových jamek z předešlé výstavby někdo pamatoval. Také argument B. Klímy o existenci malty jiného složení nemusí být dokladem více stavebních fází, ale pouze použitím malty jiného složení pro jiný účel. Proti dvěma stavebním fázím také hovoří způsob napojení vítězného oblouku na kopuli, kdy vítězný oblouk nabíhá na tvar kopule. Proto se autor disertační práce domnívá, že byla celá stavba provedena v jedné stavební fázi.

Hypotetická rekonstrukce bednění kopule

Základním podkladem pro hypotetickou rekonstrukci bednění kopule znojemské rotundy je diplomová práce [28] K. Vlčka, jejíž jedna část je zaměření celého objektu totální stanicí a vynesení rozměrů do série vodorovných i svislých řezů a provedení digitálního 3D modelu.

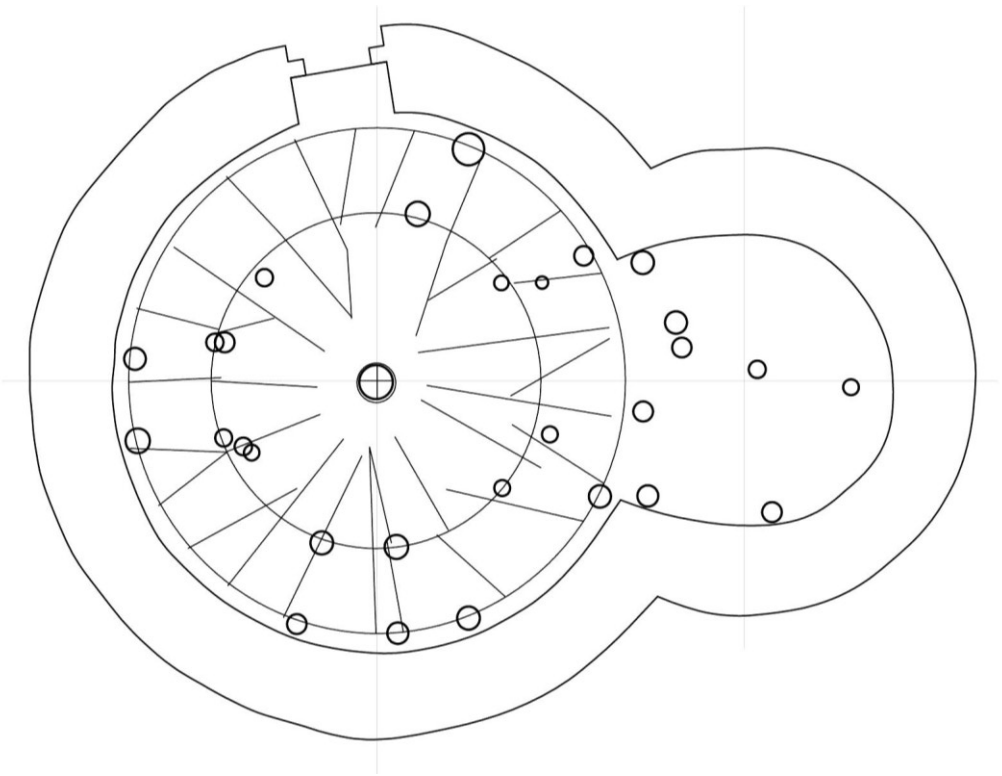
Nosnou myšlenkou hypotetické rekonstrukce bednění je vykreslení řezů kopulí a jejich poskládání do jednoho půdorysu, viz obr. 65 a z takto vzniklého obrazu odvodit směry bednících prken a následně umístění nosných prvků bednění.



Obr. 65 – Znojemská rotunda, vodorovné řezy kopulí.

Úkol určit směry jednotlivých bednících prken se zpočátku jevil kalo poměrně jednoduchý, ale v některých částech nedával jednoznačný výsledek. Jasná se jeví situace v pravém horním kvadrantu i v pravém dolním kvadrantu, ale zejména levá horní část umožňovala více řešení a bylo potřeba vyzkoušet, které je nejvhodnější. Analýza tvaru probíhala tak, že v grafickém software AutCAD byly u každého řezu k viditelným rovným úsekům přikládány ve směru úsečky. Křížení těchto úseček zhruba vyznačovalo místo podpory bednících prken v každém řezu a spojení podpor u jednotlivých řezů vyznačilo směr podpůrné konstrukce, která by se mohla označit jako ramenát. Označení

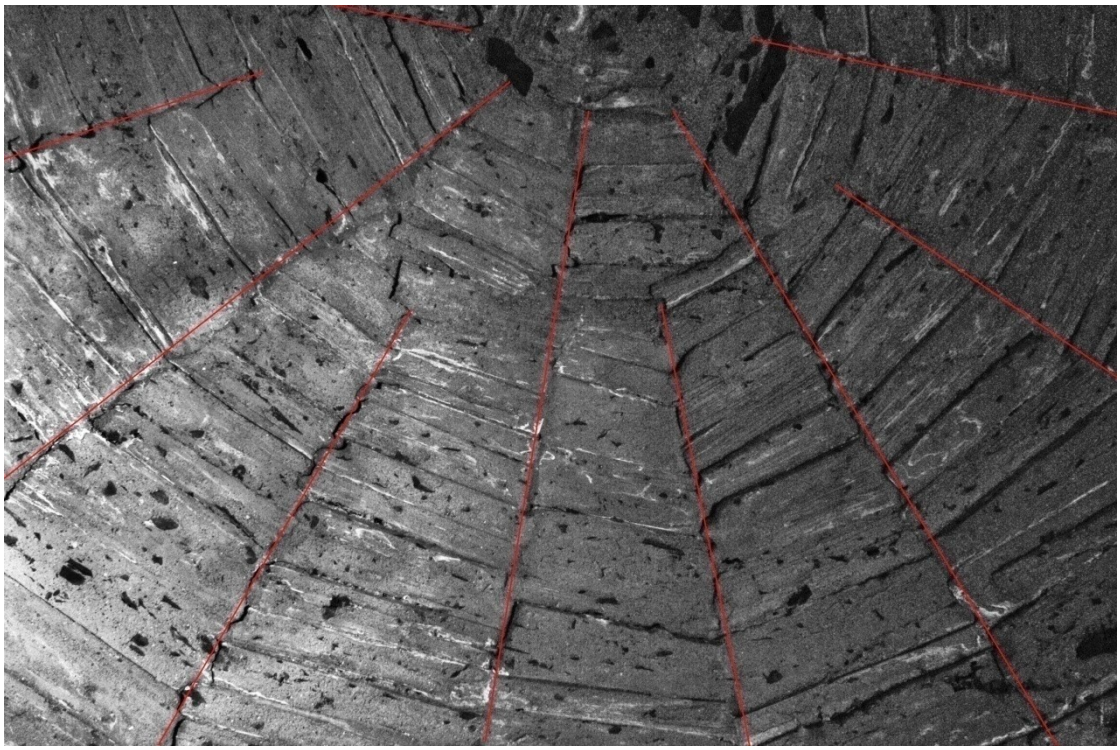
ramenát však nemusí být zcela přesné, protože pod pojmem ramenát chápeme konstrukci, která má tvar bedněné klenby. Jak se ukazuje na obr. 66, nebyla podpůrná konstrukce bednících prken tvořena jedním prvkem jdoucím od paty klenby až po vrchol, ale spíše vypadala tak, že na vodorovný nosný rošt o třech patrech, byly kladeny jednotlivé trámky, které byly na koncích přitesány do požadovaného tvaru. Jednotliví směry podpor nebyly nijak idealizovány a byla snaha, aby výsledek odpovídal co nejpřesněji podkladům, které byly k dispozici. Autor si je vědom, že vzhledem k rastru, ve kterém bylo zaměření provedeno, dochází k jisté chybě, stejně tak, že omítka kopule může některá místa značně zkreslit. Výsledek je třeba brát jako hypotézu, která se skutečnému provedení pouze přibližuje. I tak je možno z této rekonstrukce vyvodit některé poznatky, které s dalšími fakty a širšími souvislostmi, umožní udělat si představu o celkové konstrukci bednění. Pro výzkum způsobu, jakým bylo bednění prováděno, byl zvolen karner v Hrádku u Znojma, který, jak bylo uvedeno výše, má kopuli vhodnou ke zkoumání.



Obr. 66 – Znojemská rotunda, půdorys. Kroužky vyznačují místa kůlových jamek převzatá z [15], dvě velké kružnice vyznačují poloměry, na kterých se kůlové jamky nachází. Úsečky značí směry nalezených podpor bednících prken.

Na výzkumu kopule karneru v Hrádku se s autorem disertační práce podílel kolega L. Sibilla[29], se kterým autor spolupracuje v oblasti výzkumu historických krovů a s nímž také následně konzultoval možné varianty uspořádání konstrukce bednění.

Kopule karneru zastropuje prostor o průměru 6100 mm, byla vyzděna na bednění, u paty kopule složené ze šestnácti dílů, které jsou zhruba ve dvou třetinách výšky redukovány na polovinu. Na obr. 67 je pohled na část kopule s otisky bednících prken, ze kterých je patrné, kde byly umístěny jejich podpory, zvýrazněné červenými úsečkami. Protože přibližně ve dvou třetinách výšky kopule dochází k redukci podpor na polovinu, je logické, že zhruba v těch místech musely být kratší prvky nějak podepřeny, což nám poměrně přesně definuje jednu z podpor. Další podpora musela být u paty klenby a mezilehlou podporu lze očekávat přibližně v polovině, což nám potvrdilo přikládání rovného hranolu k pomyslnému svislému řezu v místě podpory. Z výše uvedeného zjištění plyne, že podpora bednících prken byla provedena ze tří dílů, které byly částečně přitesány do kruhového tvaru a uloženy na nějaký vodorovný nosný prvek o třech patrech.



Obr. 67 – Karner Hrádek u Znojma, kopule nad kostnicí, s otisky bednících prken a s vyznačením os nosných prvků.

[29] Ing. B.Eng. Luboš Sibilla působí na Ústavu pozemního stavitelství VUT v Brně v oblasti sanací a rekonstrukcí, odborné zaměření na konstrukce historických krovů.

Čtvrté patro, které by mělo vynášet střed kopule, bylo pravděpodobně vynecháno a podpora byla zajištěna vzájemným opřením nosných prvků.

Protože konstrukce bednění byla prováděna velmi pravděpodobně místními tesaři, jistě se měli snahu přidržet osvědčených postupů, přes to, že bednění ve tvaru polokoule jistě nebyl běžný úkol. Při úvahách o nosné konstrukci bednění byla zvážena tehdejší technologie a vzaty v úvahu historické postupy vycházející z tesařské praxe. Základ konstrukce bednění kopule, by tedy mohl být odvozen od konstrukce jehlanového krovu nad kruhovým půdorysem a vhodně upraven. Při zvážení dostupnosti a ceny železa, pracnosti zpracování i tehdejší technologie, lze železné spojovací prvky téměř s jistotou vyloučit. Navíc se jednalo pouze o konstrukci dočasnou. Spoje lze tedy očekávat pouze tesařské, případně dřevěnými kolíky. Při zkoumání způsobu upevnění jednotlivých bednících prken nebyl nalezen žádný obtisk spojovacího prvku. Z toho lze soudit, že jednotlivá prkna byla ukládána souběžně se zděním a jejich poloha byla fixována pouze váhou zdiva. Samotná bednící prkna byla vyráběna štípáním, jak je patrné z jejich otisků, viz obr. 68, lze také pozorovat, že chybí otisk jakéhokoli spojovacího prvku, kterým by mohlo být prkno připevněno. Otisk spojovacího prvku nebyl nalezen ani na ostatních prknech. Délka bednících prken je největší u paty klenby a činí přibližně 1200 mm. Tloušťka prken je v místě jejich přeložení odhadována na 15–25 mm.



Obr. 68 – Karner Hrádek u Znojma, otisk bednících prken na líci kopule kostnice. Z otisku je patrné, že prkna byla vyráběna štípáním.

Porovnáme-li vzájemně kopuli karneru v Hrádku a kopuli znojemské rotundy, zjistíme že:

- Znojemská kopule má průměr 6900 mm, oproti 6100 mm v Hrádku.
- Znojemská kopule má nepravidelné členění předpokládaných dvaceti nosných prvků oproti šestnácti téměř pravidelným prvkům v Hrádku.
- Délka nejdelšího bednícího prkna je u obou objektů přibližně stejná.
- Vodorovná konstrukce podepírající nosné prvky bednících prken je u obou objektů třípatrová.
- Bednící prkna byla vyráběna štípáním.

Vrátím–li se nyní ke konstrukci bednění u znojemské rotundy a analogicky použiji informace z kopule karneru z Hrádku, mohu se pokusit o hypotetickou rekonstrukci.

Bednění bylo provedeno ze štípaných prken, které na podpěrnou konstrukci nebyly připevňovány, ale pouze položeny a rovnou zatíženy zděnou konstrukcí. Šikmé nosné prvky byly podepírány třemi patry roštů, které mohly být obdobou konstrukce krovu, viz obr. 69, kde je zobrazen nosný rošt střešní konstrukce který vynáší čtyřicet krokví.



Obr. 69 – Rotunda Budeč, nosný rošt konstrukce krovu.

Pokud by bylo uvažováno, že vnější řada kůlových jamek podepírala spodní nosný rošt u stěny a vnitřní řada by podepírala střední a horní nosný rošt, vycházela by vertikální vzdálenost mezi spodním a středním roštem zhruba 1300 mm a mezi středním a horním cca 1100 mm, což jsou výšky, umožňující rošty použít také jako lešení pro zdění kopule z vnitřní strany. Nosné rošty byly podepřeny sloupky uloženými do kůlových jamek naplněných pískem, který se při odbedňování odebral, aby mohla konstrukce bednění poklesnout a být rozebrána. Hypotéza o užití písku byla zveřejněna v [46] a podporuje ji nález malého množství písku v jedné z jamek, viz [15].

Konstrukce kopule

Vlastní konstrukce kopule je zděná z lomového kamene, podélného tvaru do vápenné malty. Kámen je ukládán nastojato směrem k bednění, viz obr. 70. Tloušťka zdiva, se u kopulí, které měl autor disertace v několika případech možnost změřit, pohybuje v rozmezí hodnot 400–450 mm. Místo měření je přibližně ve vrcholu kopule, kde bývá otvor, který sloužil pro lano od zvonu a není vyloučeno, že směrem ke stěnám se tloušťka mění stejně jako u kopule znojemské rotundy.



Obr. 70 – Rotunda Budeč, rubová strana kopule.

Přesto, že většina rotund je nebo v minulosti byla zastropena kopulí, je malá skupinka objektů, u nichž po kopuli nejsou stopy, a je tedy možné, že byly vždy plochostropé. Důvodem, proč u některých objektů, byla kopule nahrazena plochým stropem je že rotundy byly poničeny v době válek a oprava kopule byla natolik náročná, že byl zvolen jiný způsob zastropení, dřevěným plochým stropem. Další z důvodů, proč původně zaklenuté objekty byly přestavěny na plochostropé je, že obvodové stěny nevydržely namáhání od kopule a ta byla stržena z důvodu statické poruchy.

Plochý strop

Vzhledem k značnému stáří zkoumaných objektů, se žádný původní plochý strop nedochoval. Proto o původním způsobu zastropení tak nelze s jistotou nic říci. V zásadě jsou dvě možnosti, že stavba nebyla zastropena vůbec a byla otevřená do krovu anebo byly na obvodové nosné stěny uloženy stropní trámy, přes které byly z horní strany položeny desky, případně byl celý strop povalový.

Zastropení apsidy

Klenba, která zastropuje apsidu je nazývána konchou, což je specifický typ kulové klenby, jejíž jméno je odvozeno od latinského *concha* – lastura, případně z řeckého konché, téhož významu. Pokud bychom se striktně drželi definice, že koncha je kulová klenba, většina kleneb nad apsidami by této definici z důvodu tvaru apsidy nevyhověla. Přesněji by definice klenby má klenba nad apsidou zněla, že má tvar krátké valené klenby zakončené konchou. Většina rotund má klenbu apsidy nepřístupnou, protože je přímo na ní uložena konstrukce střechy. Veškeré rotundy, u kterých byla apsida zachována, jsou zaklenuty výše popsaným způsobem s výjimkou apsidy rotundy v Libouni, viz obr. 14, která je zastropena valenou klenbou[30].

Způsob provedení klenby apsidy je obdobný jako u kopule, tedy že klenba je provedena z lomového, na vápennou maltu ukládaného kamene, na dřevěné bednění a lze tedy předpokládat, že i konstrukce bednění byla podobné konstrukce jako u kopule. Klenba apsidy se na tělo lodě napojuje vítězným obloukem, který je většinou hladký, ale v několika případech je členěn ústupkem.

[30] A. Merhautová uvádí zaklenutí apsidy konchou [6 str. 159].

5.3.4 Zastřešení

Střešní konstrukce rotund byla prováděna dvěma způsoby. Buďto byly kamenné desky pokládány přímo na tvarově upravenou kopuli, případně klenbu apsidy, nebo byla použita dřevěná konstrukce krovu s krytinou.

Jediná původní krytina byla při rekonstrukci nalezena u rotundy sv. Longina v Praze, viz [29].

Protože se nezachovala ani jiná střešní konstrukce, opět nelze vycházet ze žádných přímých indicií. Konstrukce krovu byla prováděna tradiční tesařskou technologií. Krytina nebyla doložena ani archeologickými nálezy, takže lze předpokládat, že se jednalo o běžné organické materiály, jako štípané dřevěné šindele, došky či jiný obdobný materiál. V některých případech úvahu připadá i použití břidlice či keramických tvarovek, ale doposud nebyly tyto materiály archeologicky doloženy.

5.3.5 Podlahy

Původní románské podlahy jsou doloženy archeologickými nálezy u mnoha objektů. Velmi často je doložena podlaha tvořená vápennou mazaninou. Jako příklad lze uvést rotundu ve Znojmě nebo dvouapsidovou rotundu v Mikulčicích. Doložena byla varianta vápenné mazaniny s mozaikou provedenou vkládanými oblázky v rotundě sv. Václava na pražském Hradě. Unikátní nález byl proveden u rotundy sv. Václava na Malé Straně, kde byl objeven fragment profilované keramické dlažby vyšehradského typu, která však může být až druhou úpravou povrchu podlahy [47]. Dlaždice jsou popisovány jako charakteristické šestihranné reliéfní dlaždice, menší dlaždice tvaru rovnostranného trojúhelníku a čtvercové reliéfní dlaždice s pletencem, které tvoří borduru. Dlaždice byly kladeny vedle sebe na maltové lože upravené jinak, než je obvyklé. Běžně je románská dlažba pokládána do vlhké malty kde jednotlivé dlaždice zanechávají otisk. U tohoto objektu je lože dlažby popisováno jako sytě šedá malta, v době pokládky suchá a vytvrdlá natolik, že se nezachoval žádný otisk.



Obr. 71 – Rotunda Starý Plzenec, replika dlažby nalezené při archeologickém průzkumu.

Spáry mezi dlaždicemi byly vyplněny prachem, patrně až v důsledku běžného provozu [48].

Obdobný typ dlažby byl ve fragmentech nalezen také při archeologickém výzkumu rotundy sv. Petra a Pavla ve Starém Plzenci, kde je v současnosti na podlaze položena její kopie, viz obr. 71.

5.4 Statická analýza

Při zkoumání objektů předrománských a románských rotund a jejich hypotetických rekonstrukcích, jsou často diskutovány problémy související se statikou stavby. Jedná se zejména o otázku, zda mohlo zdivo vynést kopuli, nebo byla stavba zastropena plochým stropem. Mnoho rotund bylo nalezeno pod podlahou novějších kostelů, často také románských. Velmi často, je jako domnělý důvod, historiky uváděna nedostatečná kapacita původního kostela. Autorovi disertační práce se toto zdůvodnění jeví jako nelogické, protože od okamžiku zbourání stávajícího kostela do postavení nového jistě uplyne značná doba, v řádech spíše let, než měsíců. Jako logičtější se jeví nový kostel vystavět na jiném místě a stávající ponechat. Z těchto důvodů přichází do úvahy varianta, že původní rotunda zanikla z důvodu nějaké statické poruchy. Nabízí se možnost poruchy z důvodu špatného založení nebo vlivem zatížení obvodového zdiva kopulí, případně kombinace těchto dvou možných příčin.

5.4.1 Analýza zatížení základové spáry

První úkol statické analýzy je ověření založení jednotlivých objektů. Zkoumané objekty jsou rozmístěny v různých lokalitách s různými geologickým složení podloží, takže i únosnost podloží bude u jednotlivých objektů značně rozdílná. Poměrně často jsou rotundy stavěny na vyvýšených, místech, což je dáno jednak jejich významem v době vzniku a jednak potřebou, aby byla tehdejší sídla vhodně chráněná. Tato vyvýšená místa mají většinou v poměrně malé hloubce skalnaté podloží a se založením tedy není problém, protože objekty jsou zakládány přímo na skále. Jako příklad lze uvést rotundu č. 6 – sv. Petra a Pavla na Budči, č. 9 – sv. Petra ve Starém Plzenci, č. 11– sv. Kateřiny ve Znojmě, č. 16 – sv. Jiří na Řípu nebo č. 17 – sv. Václava v Týnci nad Sázavou. Pak je zde druhá skupina rotund, u kterých je podloží méně únosné, ale bližší informace se nepodařilo získat a ověřit přímo na místě. Vzhledem k umístění jednotlivých objektů v městské zástavbě, na hřbitovech případně na významných místech, je nemožné zkoumat jednotlivě vlastnosti základové půdy. Ještě je zde třetí skupina objektů, které zanikly a o nichž víme z archeologických výzkumů. Výsledek

analýzy zatížení základové spáry dává odpověď, zda při zakládání bylo nějak zohledněno podloží, či nikoli. Pro porovnání slouží první dvě skupiny objektů. Výsledky proporční analýzy zatím ukazují, že základová konstrukce byla ve všech případech širší, než nadzemní zdivo. Rozšíření kolísá mezi 80–160 mm na obě strany a to ve srovnání nejen mezi jednotlivými objekty, ale i v rámci jednoho objektu. Analýza se zaměřuje pouze na výpočet zatížení v základové spáře a jeho vyhodnocení mezi dvěma skupinami objektů a porovnání s běžnými základovými podmínkami.

Napětí v základové spáře vyjadřuje vztah:

$$\sigma_z = \frac{N_z}{A_{ef}}$$

N_z je normálová síla

A_{ef} je efektivní plocha

Zatížení základu bude bráno bez excentricity, takže efektivní plocha bude rovna ploše základu. Základ je tvořen zdivem z lomového kamene, prolévaného hliněnou nebo hubenou vápennou maltou. Hloubka založení, jak bylo psáno výše, se pohybuje mezi 700–1400 mm.

Normálová síla vychází z hmotnosti konstrukce. Při výpočtu hmotnosti konstrukce je nejprve nutno stanovit měrnou hmotnost zdiva. Pro výpočet měrné hmotnosti zdiva rotund, se jako vhodnější jevil postup uváděný již neplatnou normou ČSN 73 0035, dle které se pro kamenné zdivo řádkové, lomové nebo kyklopské stanoví součtem hmotnosti kamene a malty v jednotce objemu zdiva. Přičemž objem malty se uvažuje mezi 25–35 %.

Hmotnost jednotlivých materiálů:

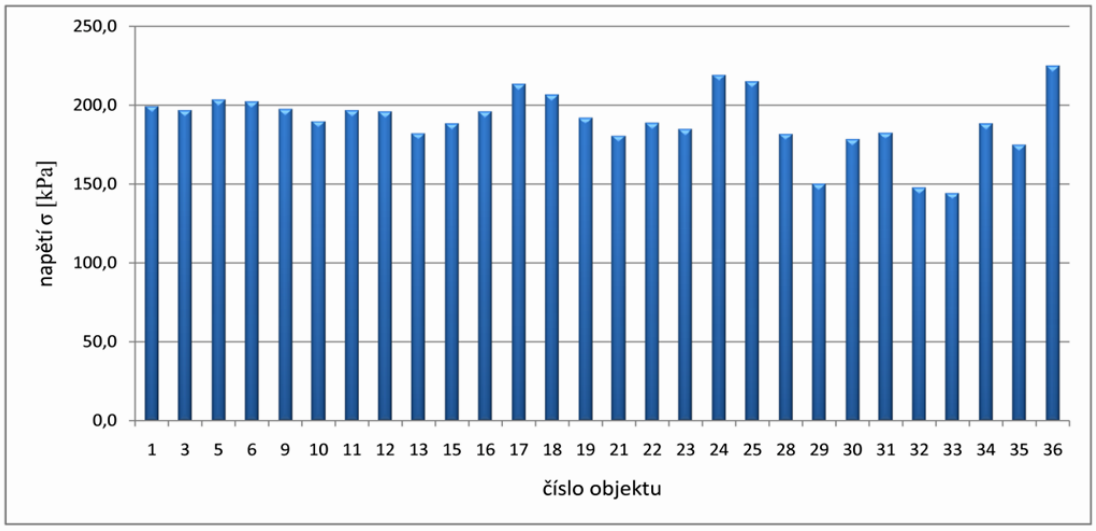
- vápenné malty 1800 kg/m_3
- vápenec hutný, travertin, opuka 2400 kg/m_3
- žula, diorit, granodiorit, svor, pískovec, křemenec 2600 kg/m_3

Protože účelem výpočtu není dimenzování základů na únosnost, ale zjištění hodnoty napětí v základové spáře a také vzhledem ke skladbě zdiva, je zvolený objem malty u všech objektů v hodnotě 35 %. Volba měrné hmotnosti kamene se řídí podle jednotlivých objektů.

Pro přehlednost jsou výsledky pro jednotlivé objekty zpracovány do tabulky.

Tab. 20 – Analýza napětí v základové spáře.

Analýza napětí v základové spáře				Hmotnost						
mapové číslo	zachovanost	Název rotundy	století	měrná zdiva [kg/m$_3$]	kopule (strop) [t]	svislé zdivo [t]	střešní konstrukce [t]	celková [t]	plocha základů [m$_2$]	napětí v základové spáře [kPa]
1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová	9	2320	118,7	415,0	17,6	551,4	27,66	199,3
3	N	Ducové	9	2320	120,8	355,4	15,9	492,2	25,06	196,4
5	N	Staré Město (U. H.) – Na dědině (sv. Michala)	9	2320	160,6	466,1	17,2	643,9	31,67	203,3
6	Z	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	2320	120,8	594,5	22,3	737,6	36,44	202,4
9	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	10	2320	159,3	370,1	14,4	543,9	27,58	197,2
10	N	Staré Brno (P. Marie)	11	2320	123,5	228,4	11,5	363,4	19,16	189,7
11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11	2320	178,1	469,7	17,2	665,1	33,87	196,4
12	Z	Lipsko,Knautnaundorf (S. Andreas)	11	2320	178,2	389,3	14,2	581,6	29,72	195,7
13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)	11	2320	196,3	342,7	11,9	550,9	30,27	182,0
15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	2190	152,9	379,3	15,3	547,4	29,11	188,0
16	Z	Říp (sv. Jiří)	11	2190	169,0	428,3	15,3	612,6	31,28	195,8
17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	2320	233,1	632,2	17,7	883,0	41,42	213,2
18	Z	Těšín (sv. Mikolaj)	11	2320	209,0	588,8	18,5	816,4	39,57	206,3
19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	2190	191,7	496,8	17,1	705,6	36,79	191,8
21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	12	2320	161,9	251,6	9,9	423,4	23,45	180,6
22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	12	2190	140,0	243,8	9,3	393,1	20,84	188,7
23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	2190	177,9	429,3	16,3	623,5	33,76	184,7
24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	2190	148,0	349,9	10,8	508,7	23,23	219,0
25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)	12	2320	133,4	717,8	23,9	875,2	40,74	214,8
28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	2190	154,1	280,9	11,2	446,2	24,56	181,7
29	Z	Libouň (sv. Václava)	13	2320	210,2	402,3	20,1	632,7	42,17	150,0
30	Z	Lukov (sv. Jiří)	13	2320	153,3	222,5	9,1	384,9	21,61	178,1
31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	2320	204,7	478,9	18,1	701,8	38,47	182,4
32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	13	2320	86,3	633,1	30,9	750,3	50,89	147,4
33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	13	2320	205,2	356,6	19,4	581,2	40,38	144,0
34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	2320	241,2	484,8	14,6	740,7	39,39	188,1
35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	2320	211,9	525,2	20,8	757,8	43,36	174,8
36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	2190	212,0	597,3	14,4	823,8	36,62	225,0



Obr. 72 – Graf napětí v základové spáře u jednotlivých objektů.

Tab. 21 – Únosnosti zemin, převzato z ČSN 73 1001 (norma je od 1.4.2010 neplatná) [71]

Hodnoty tabulkové výpočtové únosnosti R_{dt} [kPa] zemin jemnozrnných při hloubce založení 0,8-1,5 m, pro šířku základu < 3,0 m

Třída	Symbol	Tabulková únosnost R_d šířka základu - b [m]			
		měkká	tuhá	pevná	tvrdá
F1	MG	110	200	300	500
F2	CG	100	175	275	450
F3	MS	100	175	275	450
F4	CS	80	150	250	400
F5	ML,MI	70	150	250	400
F6	CL,CI	50	100	200	350
F7	MH; V; ME	50	100	200	350
F8	CH; CV; CE	40	80	160	300

Převzato z ČSN 731001

Hodnoty tabulkové výpočtové únosnosti R_{dt} [kPa] zemin písčitých při hloubce založení 1m

Třída	Symbol	Tabulková únosnost R_d šířka základu - b [m]			
		0,5	1,0	3,0	6,0
S1	SW	300	500	800	600
S2	SP	250	350	600	500
S3	S-F	225	275	400	325
S4	SM	175	225	300	250
S5	SC	125	175	225	175

Převzato z ČSN 731001

Vyhodnocení analýzy

Porovnání napětí v základové spáře objektů, zakládaných na skalním masivu s ostatními objekty nebyly zjištěny žádné markantní rozdíly, ze kterých by se dalo usoudit na zohlednění únosnosti podloží. Což odpovídá i výsledkům proporční analýzy. Tato skutečnost nasvědčuje tomu, že při zakládání objektů nebyla uvažována rozdílná únosnost podloží, ale bylo postupováno podle nějakého empirického pravidla, například že základová konstrukce se provádí na každou stranu o „pěst“ širší než nadzemní zdivo. Výsledná šíře základu pak byla dána také přesností, se kterou byla vykopána základová rýha.

U většiny sledovaných objektů se pohybuje napětí v základové spáře mezi hodnotami 150–200 kPa, viz tab. 21 což jsou hodnoty, které zejména u jemnozrnných zemin s rezervou vyhoví až pro konzistenci tuhou.

Z výše uvedených informací plyne, že stavby mohly být v některých oblastech, s méně vhodným podložím, zakládány na hranici únosnosti zemin.

Také zde může hrát roli hloubka založení. Důvod demolice rotund, které se nedochovaly, tedy nemusela být nedostatečná kapacita, ale statická porucha v důsledku nějaké nepříznivé klimatické události, jako dlouhotrvající deště nebo naopak sucho. Svou roli také mohlo hrát vodorovné zatížení, které na nosné zdivo vyvozuje kopule.

Pro posouzení konkrétních příčin zániku některých rotund je nutné znát situaci v době jejich trvání a vždy posuzovat konkrétní případ v konkrétním kontextu. Jako příklad lze uvést rotundu na Starém Brně, u které jsou na fotografii z archeologického výzkumu patrné velké trhliny v nadzemním zdivu apsidy, viz obr. 39, odpovídající ztrátě stability podloží a vybočení stěny v důsledku boční síly od klenby. Situaci dokresluje informace od historiků o téměř dvoumetrovém navýšení terénu oproti tehdejší úrovni a původnímu bažinatému okolí blízké řeky Svratky, jejíž tok v té době nebyl regulován. Vzhledem ke skutečnosti, že podlaha románského kostela postaveného na pozůstatcích rotundy má podlahu podstatně výše, je možno uvažovat o nánosu zeminy po extrémních záplavách, které mohly být zároveň příčinou zániku rotundy. Hypotéze o zaplavení této oblasti by nasvědčovalo i téměř do metru zachované obvodové zdivo pod úrovní podlahy novějšího kostela.

Obdobná situace mohla nastat i u rotundy na Vídeňské ulici v Brně, případně u objektů v jiných lokalitách.

5.4.2 Statická analýza kopule

Jak již bylo předznamenáno v kapitole „Současný stav řešené problematiky“ je výpočet vnitřních sil v kopuli značně náročná záležitost, která překračuje rozsah této práce a zejména je věcí odborníků na statiku. Proto zde budou uvedena pouze základní fakta potřebná k nastínění působení sil v kopuli a ověření konstrukčního prvku, který byl zjištěn při stavebním průzkumu rotundy č. 35, sv. Jana Křtitele ve Zborovech.

Objekt rotundy ve Zborovech je poměrně málo prozkoumaná stavba, na okraji zájmu odborné veřejnosti. V rámci výzkumu byla autorem disertace navštívena i tato stavba, která má, jako jedna z mála, přístupné podkroví a tím pádem i rub kopule. Přístup je umožněn hrubě proraženým otvorem v obvodovém zdivu lodi ve směru od apsidy, viz obr. 74.



Obr. 74 – Rotunda Zborovy, vstup do podkroví lodě. Šipka ukazuje umístění dřevěné výztuže. V pozadí je vidět rub kopule.



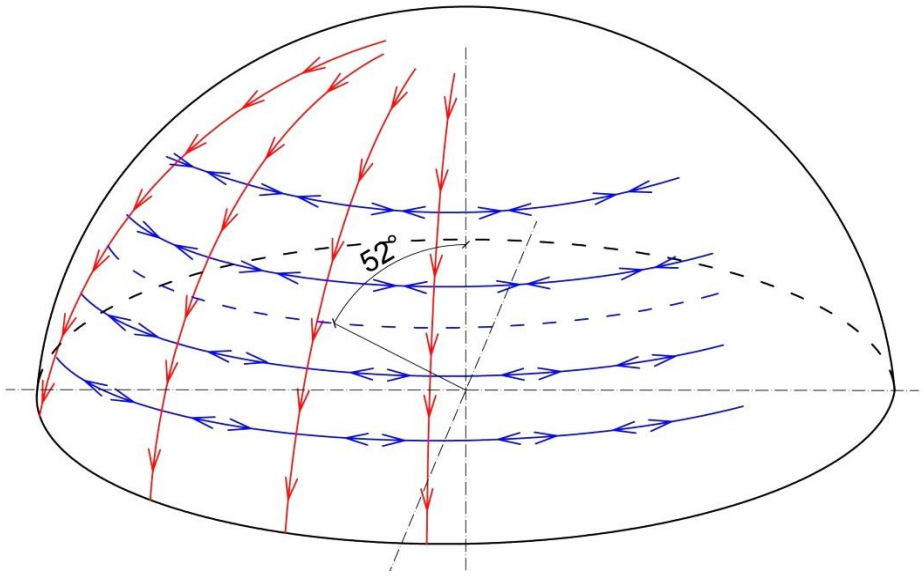
Obr. 73 – Rotunda Zborovy, detail dřevěného prvku na pravé straně vstupu.



Obr. 75 – Rotunda Zborovy, detail otvoru po dřevěném prvku na levé straně vstupu.

Díky nedbalému zapravení vstupního otvoru bylo možno na jeho pravém spodního okraje spatřit dřevěný prvek, který by po bližším prozkoumání označen jako značně zdegradovaná dřevěná kulatina, viz obr. 73, která dříve pokračovala přes proražený otvor do levé části. Z obr. 75 je patrné, že dřevěný prvek pokračoval po obvodu celé kopule a dle zalomení byl složen z několika dílů. Je zřejmé, že dřevěný prvek byl do konstrukce zazděn při výstavbě, která dle historiků proběhla ve 13. století. Znamenalo by to, že je to jedna z nejstarších dochovaných dřevěných konstrukcí u nás.

Důvod, proč tehdejší stavitelé použili tuto dřevěnou výztuž lze odvodit z působení sil v tělese kopule. Jak již bylo popsáno v kapitole „Současný stav řešené problematiky“ a dle práce [35] , jsou prstencové síly do úhlu přibližně 52° od osy rotace tlakové a od tohoto úhlu tahové, viz obr. 76. Tento úhel se může měnit v závislosti na tvaru kopule. Tahové síly v patě kopula vyvozují na nosné obvodové zdivo vodorovné síly směřující ven z objektu.



Obr. 76 – Působení sil v kopuli. Prstencové síly, značené modře, jsou u sférické kopule kulové klenby do úhlu přibližně 52° od osy rotace tlakové a od tohoto úhlu níže jsou tahové.

Zdivo z lomového kamene má značnou pevnost v tlaku, ale pevnost v tahu je mnohem menší a tak tyto tahové síly mohou být zdrojem statických poruch.

Tehdejší stavitelé jistě neznali přesný úhel, od kterého dochází prstenci kopule k tahu, ale dokladem, že jim toto působení bylo dobře známo, je způsob jakým se tyto síly snažili eliminovat. Doposud jediný známý způsob u předrománských a románských rotund byl ten, že přitížili patu klenby nadezdívkou někdy stejně vysokou jako rub kopule, viz obr. 77, pohled do podkroví rotundy na Budči. Použití dřevěného ztužujícího prvku kopule však doposud nebylo u žádné románské rotundy publikováno.



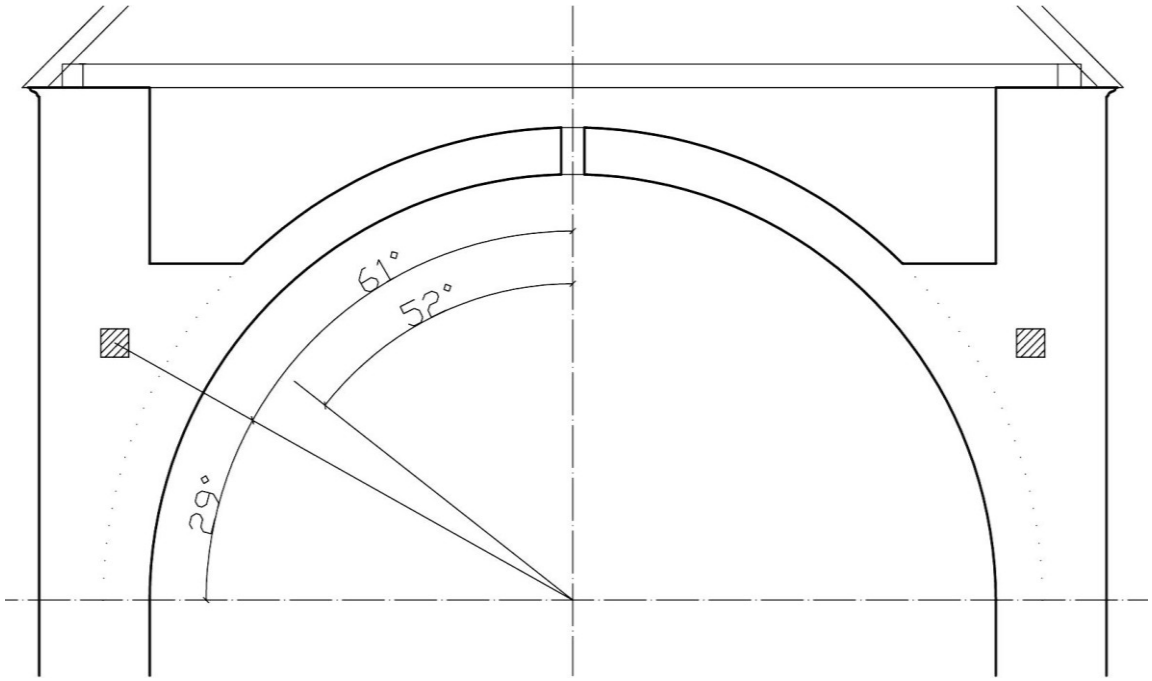
Obr. 77 – Rotunda Budeč, pohled na rub kopule a nadezdívku.



Obr. 78 – Rotunda v Pustiměři, otvor ve zdivu po dřevěné výztuži.



Obr. 79 – Rotunda v Pustiměři, detail otvoru po dřevěné výztuži.



Obr. 80 – Rotunda Zborovy, řez, umístění dřevěných ztužujících prvků.

Velmi krátce tento prvek zmiňuje J. Škabrada jako "údajný otisk ztužujícího věnce, pleteného z houžví" [32 str. 40]. Stopami dřevěných výztuh u zřícenin severočeských hradů se také zabývá F. Gabriel a I. Peřina, viz [49].

Důkazem, že tento způsob ztužování konstrukce románských rotund nemusí být výjimkou je rotunda č. 25, sv. Pantaleona v Pustiměři, kde je možno spatřit v odbouraném zdivu otvor po dřevěném trámku, který byl zazděn mezi zdivo apsidy a lodi, viz obr. 78 a obr. 79.

Aby bylo možno posoudit v jakém místě je dřevěná výztuž umístěna, byla zaměřena a následně vykreslena a výsledek je uveden na obr. 80. Je patrné, že dřevěná výztuž byla použita v oblasti, kde jsou již síly v prstenci kopule tahové. Protože v té době nebyly známy žádné výpočetní metody a veškeré poznatky byly z vlastní nebo předané zkušenosti, lze předpokládat, že použití dřevěného armování má předejít statické poruše, která se stala u jiného objektu. Protože rotunda ve Zborovech je datována do 13. století, je jedna z posledních, které byly vystavěny, a lze tedy předpokládat, že se stavbou kopulí již mohly být značné zkušenosti. Použití dřevěné výztuže je možné i u jiných dochovaných objektů, jak dokládá rotunda v Pustiměři, ale vzhledem k uložení tohoto prvku v tělese zdiva, není jej možné běžně dostupnými prostředky identifikovat. Je možné, že identifikaci by umožnila ultrazvuková metoda detekce, ale tato možnost nebyla s příslušnými odborníky konzultována.

5.5 Dílčí závěry statické analýzy

Výsledky analýzy zatížení základové spáry dokládají, že základy nebyly dimenzovány s ohledem na únosnost podloží, ale spíš svědčí o nějaké empirické metodě, případně celkovému návrhu dle zkušenosti stavitele.

Podle zjištěných hodnot napětí v základové spáře, může být v některých oblastech jemnozrnných zemin, hodnota napětí na hranici únosnosti. Toto zjištění by mohlo vysvětlovat zánik některých rotund, jejichž pozůstatky byly nalezeny při archeologických výzkumech. Obecně se předpokládá, že zanikly v důsledku nějakých válečných konfliktů, nebo že byly strženy z důvodu nedostačující kapacity.

Analýza kopule přináší poznatek o použití dřevěného armovacího prvku, který byl zazděn do míst, kde je těleso kopule namáháno tahovými silami. Je zřejmé, že stavitel se snažil předejít statické poruše, která se vyskytla v minulosti. Z toho lze vyvodit, že s kolapsem kopule a tím i destrukcí celé stavby již v minulosti museli mít tehdejší stavitelé zkušenost. Použití kopule k zastropení rotundy i přes to, že s touto konstrukcí byla negativní zkušenost, svědčí o tom, že byla kopuli před plochým stropem dávána přednost. Pokud tehdejší stavitelé používali k zastropení mnohem pracnější a náročnější konstrukci než plochý strop, museli k tomu mít pádný důvod. Je možné předpokládat, že použití kopule bylo pro investora velmi důležité. Je tedy možné, že původní vzor, podle kterého byly rotundy stavěny, byla stavba zaklenutá kopulí a plochostropost je spíše výjimkou.

Často uváděná úvaha, o plochostroposti některých rotund, z důvodu, že by kopuli stěny neunesly, nemusí být zcela správná. Zejména u zaniklých objektů, může být právě kopule důvodem jejich zániku. Jako příklad lze uvést rotundu sv. Petra ve Starém Plzenci, která byla původně zaklenuta kopulí. V historických pramenech [50] je uvedeno, že koncem 15. století u ní došlo ke statické poruše a došlo ke zřícení zdiva. Zachována zůstala apsida a přilehlé zdivo, což napovídá tomu, že se jednalo o poruchu kopule a nosného zdiva proti apsidě, kde není apsidou fixováno ve vodorovném směru. K její rekonstrukci a dochování do dnešní doby posloužila pouze náhoda.

6 ZÁVĚR

Cíle disertační práce, které byly stanoveny v úvodu, byly splněny. Po nezbytném teoretickém uvedení do problematiky a zjištění současného stavu poznání, bylo přistoupeno ke stavebnímu průzkumu jednotlivých objektů, při kterém byla sbírána potřebná data a informace. Následně bylo přistoupeno ke zpracování shromážděných dat provedení jednotlivých analýz. V následujícím textu jsou shrnuty hlavní výsledky práce, které jsou podrobněji popsány v jednotlivých kapitolách.

6.1 Proporční analýza

V této části práce byly ověřovány hypotézy o proporčním členění při navrhování a výstavbě předrománských a románských rotund. Jedná se zejména o užití historických délkových jednotek, případně nějaké místní jednotky označené jako modul. Bylo ověřeno použití zlatého řezu při navrhování hlavních rozměrů rotund. Pro případ rotund byla ověřena platnost geometrického modulového konstrukčního principu, který formuloval J. Pošmourný pro velkomoravské podélné kostely. Byla ověřena obecná platnost konstrukčního principu pro znojemskou rotundu L. J. Konečného a ověřena možnost obecného konstrukčního principu. Výsledky proporční analýzy lze shrnout do následujících bodů:

- Analýza neprokázala, že by historické jednotky byly používány v nějakém hojném množství nebo že by jednotlivé míry byly tvořeny násobky historických mír.
- Pro jednotlivé objekty byly stanoveny délkové moduly, jejichž celému násobku odpovídají jednotlivé rozměry stavby a které mohly být základní použitou mírou při plánování a výstavbě objektu. Potvrzuje se tím hypotéza L. Kalouska, viz [20], kterou zformuloval pro velkomoravské kostely. Tato hypotéza předpokládá, že pro dimenzování a vytyčování staveb v tehdejší době byl používán obecný modul, který byl pro každou stavbu individuální. Na základě výše uvedených informací lze konstatovat, že hypotéza L. Kalouska o používání obecného modulu při dimenzování a vytyčování staveb, platí také pro předrománské a románské rotundy.

- Bylo ověřeno, že modulový princip J. Pošmourného není obecným konstrukčním principem při navrhování předrománských a románských rotund.
- Bylo ověřeno, že konstrukční princip L. J. Konečného, který aplikoval na znojemskou rotundu, rovněž nemá obecnou platnost pro případ předrománských a románských rotund.
- Z podrobné analýzy vzájemných poměrů jednotlivých rozměrů objektu jsou patrné poměrně časté hodnoty, které vznikají při použití geometrického konstrukčního principu kvadratury. Z tohoto zjištění lze usuzovat, že tento princip byl při plánování a vytyčování používán, ale zároveň jak se hodnoty vyskytují u poměrů různých rozměrů lze předpokládat, že užití tohoto principu bylo značně volné a tedy že pro navrhování a vytyčování rotund nebyl používán žádný jednotný postup. Avšak velmi často se vyskytuje poměr plynoucí z kvadratury mezi vnitřním průměrem lodě a tloušťkou stěny nebo vnější průměrem lodě a tloušťkou stěny. Z uvedeného plyne, že dimenzování tloušťky obvodového zdiva byl graficky odvozován z vnějšího nebo vnitřního průměru lodě.

Podrobné výsledky proporční analýzy pro jednotlivé objekty jsou shrnuty v kapitole „Příloha“, kde jsou shrnuty poznatky v kontextu jednotlivých objektů, včetně aplikace kvadratury na jednotlivé půdorysy.

6.2 Konstrukční analýza

Kapitola zabývající se konstrukční analýzou shrnuje poznatky o jednotlivých konstrukcích rotund získané při stavebním průzkumu a jejich porovnáním s doposud publikovanými informacemi. Hlavním tématem je způsob provádění kopule znojemské rotundy. Přesněji provedení bednění a jeho vztah ke kůlovým jamkám. Autor disertace vychází z porovnání názorů odborníků, kteří se touto problematikou zabývali v minulosti a z nově získaných poznatků, které dříve odborníci neměli k dispozici. Hlavním výsledkem je hypotetická rekonstrukce bednění kopule znojemské rotundy, která vychází z podrobného zaměření objektu K. Vlčkem, viz [28].

Jedním ze zajímavých výsledků je také zjištění, že většina dochovaných objektů je nebo v historii byla zastropena kopulí, což vede k úvaze, že původní

záměr stavitelů je rotunda zastropena zděnou kopulí a ploché stropy jsou pouze důsledkem přestaveb, případně statické poruchy kopule, jak tomu bylo například v případě rotundy ve Starém Plzenci. Tato myšlenka by mohla mít vliv na výsledek případné hypotetické rekonstrukce románských rotund.

6.3 Statická analýza

První část této analýzy se zabývá zkoumáním způsobu založení staveb s ohledem na tlak v základové spáře a podloží. Výsledky analýzy dokládají, že při zakládání bylo dodržováno pravidlo, že základová konstrukce je o 80-160 mm širší než nadzemní konstrukce, ale z výsledků tlaku v základové spáře nelze vysledovat, že by byla nějakým způsobem únosnost podloží zohledňována. Toto zjištění nepotvrzuje hypotézu o dimenzování základů na základě zkoumání únosnosti podloží a spíše naznačuje, že základy byly dimenzovány nějakou empirickou metodou.

Druhá část statické analýzy zkoumá kopuli, konkrétně dřevěný ztužující prvek, který byl objeven při stavebním průzkumu u rotundy ve Zborovech, jehož používání nebylo doposud v odborné literatuře podrobně publikováno. Dle autora, je použití dřevěného armování pomocí dubových trámů, důsledek předchozí zkušenosti z kolapsu kopulí.

6.4 Možnosti dalšího směřování výzkumu

Při zpracování disertační práce vyvstala celá řada otázek, na které nebylo možno nalézt odpověď. Důvodem bylo nedostatečné množství informací, nebo souvislosti s jinou odborností. Ve zkratce by se tyto otázky daly vyjádřit v těchto bodech:

- Ověření orientace hlavní osy kostela dle patrocinia. Hypotéza, že hlavní osa kostela byla směřována k místu východu slunce v den svátku patrona, vyžaduje k posouzení jednak konzultaci s odborníkem na astronomii a také konzultace s odborníkem na kalendářní svátky patronů v historii.

- Pro zpřesnění proporční i konstrukční analýzy by bylo potřeba jednotlivé objekty zaměřit a vymodelovat v 3D obdobně, jak to bylo provedeno z rotundy sv. Kateřiny ve Znojmě. Data získaná tímto zaměřením mohou přinést obdobné poznatky jako v případě jmenované rotundy.

- Analýza rozměrů luceren, která je také závislá na jejich podrobném zaměření, které je při běžném průzkumu nemožné.

- Značně velký prostor dává problematika statiky zděné kopule rotund, i když spíše pro specialisty z oboru statiky.

- Jednou z oblastí výzkumu by mohlo být také ověření používání dřevěného armování u ostatních rotund.

- Hypotetické rekonstrukce objektů, které se dochovaly pouze částečně, také dávají velký prostor pro další výzkum a upřesnění původní podoby i způsobů výstavby.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

7.1 Použitá literatura

1. **DELOUCHE, Frederic.** *Dějiny Evropy.* Praha : Argo, 1995. ISBN 80-85794-06-9.

2. **MĚŘÍNSKÝ, Zdeněk.** *Morava na úsvitu dějin.* Brno : Muzejní a vlastivědná společnost, 2011. ISBN 978-80-7275-088-7.

3. **TŘEŠTÍK, Dušan.** Christianizace Slovanů. *Vesmír 76.* 1997/5, stránky 285-288.

4. **MERHAUTOVÁ, Anežka.** *Románské umění v Čechách a na Moravě.* Praha : Odeon, 1984.

5. **FIALOVÁ, Ludmila a kol.** *Dějiny obyvatelstva Českých zemí.* Praha : Mladá fronta, 1996.

6. **MERHAUTOVÁ, Anežka.** *Raně středověká architektura v Čechách.* Praha : ACADEMIA, 1971.

7. **NEUWIRTH, J.** *Geschichte der romanischen Kunst in Deutschland.* Leipzig , 1874. s. 189.

8. **MÁDL, Karel Boromejský.** Okrouhlé kostelíky v Čechách. *Památky archeologické, XIV.* 1889, stránky 437-438.

9. **LEHNER, Ferdinand Josef.** *Dějiny umění národa českého díl I.* Praha : Česká grafická společnost "UNIE", 1903.

10. **BIRNBAUM, J.** K otázce našich rotund. *Památky archeologické,* XXXV.1926, stránky 167-185.

11. **CIBULKA, Josef.** *Václavova rotunda svatého Víta.* Praha : vl.nákl., 1933.

12. **UNGER, Josef a Ákos NEMCSICS.** Tasovská rotunda. *Vlastivědný věstník moravský.* Brno : Muzejní a vlastivědná společnost, 2014, roč. 66, č. 2, 2014. stránky 131-137.

13. **POULÍK, Josef.** *Dvě velkomoravské rotundy v Milulčicích.* Praha : Nakladatelství Československé akademie věd, 1963. 21-078-63.

14. **KONEČNÝ, Lubomír Jan.** *Románská rotunda ve Znojmě.* Brno : HOST-vydavatelství s.r.o., 2005. ISBN 80-7294-171-2.

15. **KLÍMA, Bohuslav.** *Znojemské rotunda ve světle archeologických výzkumů.* Brno : Vydavatelství Masarykovy univerzity v Brně, 1995. ISBN 80-210-1243-9.

16. **VANČO, Martin.** *Stredoveké rotundy na Skovensku.* Bratislava : Chronos, 2000. ISBN 80-89027-00-8.

17. **KOTTMANN, Albrecht.** *Das Geheimnis romanischer Bauten.* Stuttgart : Julius Hofman Verlag, 1971.

18. **POŠMOURNÝ, J.** Církevní architektura velkomoravské říše. *Umění XII,1964. Zvláštní otisk z časopisu Ústavu pro teorie a dějiny umění.* Praha: Nakladatelství československé akademie věd.

19. **KLOUDA, Josef.** *Analýza konstrukčních, statických a proporčních kritérií staveb Velkomoravské říše.* Brno : FAST VUT Brno, 2005.

20. **KALOUSEK, Lubor.** *Hypotetické rekonstrukce sakrálních velkomoravských raně křesťanských staveb*. Brno : VUT FAST, 2010.

21. **GHYKA, Matila Constiesco.** *Zláté číslo.* Praha : Argo, 2008. ISBN 978-80-7203-926-5.

22. **SERVIT, František.** *Eukleides: Základy* . Praha : Jednota českých matematiků, 1907.

23. **VITRUVIUS.** *Deset knih o architektuře.* Praha : Nakladatelstvá Svoboda, 1979.

24. **HELLER, Jan.** *Symbolika čísel v Bibli.* Praha : Pastorační středisko, 2003.

25. **Bible.** *Písmo svaté Starého a Nového zákona. Český ekumenický překlad.* Praha : Česká biblická společnos, 2001. ISBN 80-85810-29-8.

26. **WITZANY, Jiří.** *Poruchy a rekonstrukce zděných budov.* Praha : Technická knižnice autorizovaného inženýra a projektanta, 1999. ISBN 80-902687-5-3.

27. **LÍBAL, Dobroslav a MUK, Jan.** Středověké stavební konstrukce a technologie. *Archaeologia historica.* 9, 1984, stránky 239–246.

28. **MERHAUTOVÁ – LIVOROVÁ, Anežka.** *Einfache mitteleuropäische Rundkirchen (Ihr Ursprung, Zweck und ihre Bedeutung).* Praha : 1970. Sv. Rozpravy ČSAV, řada společenských věd., roč. 80, č.7.

29. **VLČEK, Karel.** *Stavebně technický průzkum rotundy ve Znojmě.* Diplomová práce – Brno 2008. Brno : VUT- FAST, 2008.

30. **GUTH, Karel.** *České rotundy.* Praha : Česká akademie věd a umění, 1924.

31. **GALUŠKA, Luděk.** *Uherské Hradiště - Sady, křesťanské centrum Říše velkomoravské.* Brno : Moravské zemské muzeum a nadace Litera, 1996. ISBN 80-7028-080-8.

32. **ŠKABRADA, Jiří.** *Konstrukce historických staveb.* Praha : Argo, 2003. ISBN 80-7203-548-7.

33. **ALBERTI, Leon Battista.** *Deset knih o stavitelství.* Praha : Státní nakladatelství krásné literatury, hudby a umění, 1956.

34. **HOŠEK, Jiří a LOSOS, Ludvík.** *Historické omítky Průzkum, sanace, typologie.* Praha : Grada Publishing, a.s., 2007. ISBN 978-80-247-1395-3.

35. **LAU, Wanda W.** *Equilibrum analysis of masonry domes.* Massachusetts : Massachusetts Institut of Technology, 2006.

36. **BOHÁČ, Zdeněk, Pavel BOHÁČ a Jaroslav MACEK.** *Poutní místa v Čechách.* . Praha : Debora , 1995. ISBN 80-85923-07-6..

37. **ROUČKOVÁ, Barbora.** *Veřejně přístupné kostnice a karnery v České republice.* Brno : Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Filozofická fakulta., 2006.

38. **VANČO, Martin.** K metodologii výzkumu velkomoravské architektury. *Acta historica Neosoliensia.* 14, 2011, stránky 128-164.

39. **KOTTMANN, Albrecht.** *Vom Geheimnis der alten Meister.* místo neznámé : Fink Kunstverlag Josef, 2003. ISBN 978-3-89870-020-7.

40. **RICHTER, Václav, Bohumil SAMEK a Zdeněk KUDĚLKA.** *Umění a svět: [studie z teorie a dějin umění].* Praha : Academia, 2001. Sv. 14s. ISBN 80-200-0926-4.

41. **CENNINI, Cennino.** *Kniha o umění středověku.* [překl.] F. Topinka. Praha : Vladimír Žikeš v Praze I, 1946.

42. **VÁŇA, Zdeněk.** *Přemyslovská Budeč: archeologický výzkum Hradiště v letech 1972-1986.* Praha : Archeologický ústav AV ČR, 1995. ISBN 80-901934-1-2.

43. **DVOŘÁKOVÁ, Kateřina.** *Rotunda svaté Kateřiny.* Znojmo : Jihomoravské muzeum ve Znojmě, 2012. ISBN 978-80-86974-10-1.

44. **MAŘÍKOVÁ, Jana.** *Bazilika svatého Víta, Václava, Adalberta a Panny Marie na Pražském hradě. První etapa výstavby.* Brno : Masarykova universita, 2008.

45. **UNGER, Josef.** Čtyři roky antropologicko-archeologického výzkumu v Tasově u Velkého Meziříčí. *ANTHROPOLOGIA INTEGRA.* 2011, Sv. 2.

46. **VLČEK, Milan, MOUDRÝ, Ivan, NOVOTNÝ, Miloslav, BENEŠ, Petr.** *Znojemská rotunda. grant č. 83/93 - F - 991.* Brno : Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavbení, ústav pozemního stavitelství, 1993.

47. **ČIHÁKOVÁ, Jarmila.** Archeologický výzkum v rotundě sv. Václava na Malostranském náměstí. *Časopis Společnosti přátel starožitností. 117/1,*2009, stránky 14–30.

48. **ČIHÁKOVÁ, Jarmila a MÜLLER, Martin.** Zpráva o nálezu rotundy sv. Václava na Malostranském náměstí v Praze. *Zprávy památkové péče.* 66, 2, 2006, stránky 100–116.

49. **GABRIEL, František a PEŘINA, Ivan.** Stopy dřevěné výztuhy v síle zdiva. *Archaeologia mediaevalis Moravica et Silesiana.* II/2010, 2011, stránky 68-74.

50. **Starý Plzenec, Městské muzeum.** *http://www.staryplzenec.cz/obcan/historie-mesta/cirkevni-pamatky/rotunda-sv-petra-a-pavla/.* [Online] [Citace: 10. leden 2015.]

51. **Apsida.sk.** http://www.apsida.sk/c/11258/u-susedov-mikulcice-valy-kostol-c-6-cr#. [Online] [Citace: 10. leden 2015.]

52. **Muzeum města Brna.** Archiv.

53. **RUTTKAY, Alexander.** *Ducové: veľkomoravský veľmožský dvorec a včasnostredoveké pohrebisko.* Bratislava : III. medzinárodný kongres Slovanskej archeológie, 1975. stránky 94-96.

54. **ŠOLLE, Miloš a Zdeněk VÁŇA.** *Budeč - památník českého dávnověku.* Kladno : Okresní muzeum, 1985.

55. **NOVÁČEK, Karel.** Starobylá a ještě starobylejší. *Archaeologica Pragensia.* 18, 2006.

56. **Knautnaundorf.** http://www.knautnaundorf.de/gemeinde/andreaskapelle. [Online] 2015. [Citace: 6. únor 2015.]

57. **GOJDA, Martin a TREFNÝ, Martin.** *Archeologie krajiny pod Řípem.* Plzeň : Západočeská universita v Plzni, 2011.

58. **POCHE, Emanuel et. al**. *Umělecké památky Čech.* Praha : Academia, 1982. Sv. 4.T/Ž.

59. **POCHE, Emanuel et. al**. *Umělecké památky Čech 2.* Praha : Academia, 1978. Sv. K/O.

60. **POCHE, Emanuel.** *et. al. Umělecké památky Čech. 1.* Praha : Academia, 1978.

61. **PROCHÁZKA, Vojtěch.** *Románská rotunda v Pustiměři.* Vyškov : První kontribučenská spořitelna, 1932.

62. **KESSELGRUBEROVÁ, L. a VOLESKÁ, J.** *Rotunda sv. Kateřiny.* Česká Třebová : Městské muzeum Česká Třebová, 2008.

63. **VŠETEČKOVÁ, Zuzana, Vladimír CZUMALO a Dalibor PRIX.** *Kostel Nanebevzetí Panny Marie v Holubicích.* Holubice : Obec Holubice, 2011. ISBN 978-80-260-1120-0.

64. **KUDĚLKA, Zdeněk, a další.** *Výzkum románské architektury na Moravě IV; Sborník prací Filozofické fakulty brněnské univerzity. F 28-29, Řada uměnovědná.* Brno : Masarykova universita, 1984-1985. stránky 29-41.

65. **KONEČNÝ, Lubomír.** K funkci románských rotund jihozápadní Moravy. *Sborník prací Filozofické fakulty brněnské univerzity. F 19-20,*1975-1976, stránky 115-118.

66. **POŠMOURNÝ, J.** *Památky velkomoravské architektury v oblasti Starého Města u Uh. Hradiště.*

67. **BINDING, Günther.** *Baubetrieb im Mittelalter.* Darmstadt : Primus - Verlag, 1997. ISBN 3-89678-066-2.

68. **ČSN EN 1997-1 (73 1001)**. *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla.* Praha : Český normalizační institut., 2006.

69. **KVĚT, Jan, Václav MENCL a Václav CHALOUPECKÝ.** *Praha románská: Praha, stavební a umělecký vývoj města.* Praha : Pražské nakladatelství, 1948.

70. **GALUŠKA, Luděk.** Předběžné hodnocení výzkumu profánní kamenné architektury ve Starém Městě „Na Dědině“. *Staroměstská výročí.* 1990, stránky 121-136.

71. *http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e2/Central_europe_9th_century.png.* [Online] [Citace: 10. leden 2015.]

72. http://cs.wikipedia.org/wiki/Karel_Guth. [Online] [Citace: 3. leden 2015.]

73. http://www.muni.cz/people/9?lang=cs. [Online] [Citace: 4. leden 2015.]

74. wikipedia. http://cs.wikipedia.org/wiki/Josef_Cibulka. [Online] [Citace: 6. leden 2015.]

75. http://www.muni.cz/history/gallery/661/3?lang=cs. [Online] [Citace: 4. leden 2015.]

76. http://cs.wikipedia.org/wiki/Ferdinand_Josef_Lehner. [Online] [Citace: 4. leden 2015.]

8 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A POUŽITÉHO ZNAČENÍ

8.1 Seznam obrázků

Obr. 1 – Centrální stavby raného křesťanství, a - Cáchy (Aachen), palácová kaple P. Marie, b – Soluň (Thesaloniki) sv. Jiří. 15
Obr. 2 – Rekonstrukci půdorysu dvouapsidové rotundy Mikulčice – Valy dle teorie J. Poulíka, viz [13]..... 18
Obr. 3 – Rekonstrukce řezu dvouapsidové rotundy v Mikulčicích na Valech, autor J. Poulík [13] 18
Obr. 4 – Znojemská rotunda, konstrukční modul základového zdiva, autor L. J. Konečný [14]. 19
Obr. 5 – Znojemská rotunda, konstrukční modul nadzemního zdiva podle L. J. Konečného viz [14]. 19
Obr. 6 – Znojemská rotunda – modulové schéma výškové konstrukce v podélném řezu dle L. J. Konečného [14]. 20
Obr. 7 – Klíč ke konstrukci poměrového schématu kvadratury (horní řada) a triangulatury (dolní řada) dle A. Kottmanna [17] 22
Obr. 8 – Modely proporcí půdorysných rozměrů velkomoravských kostelů dle teorie J. Pošmourného, [18]..... 23
Obr. 9 – Konstrukce zlatého řezu 26
Obr. 10 – Konstrukce strany pětiúhelníku – P_p a desetiůhelníku- d_p, znázornění zlatého řezu v pentagramu: f =AC/AB = AB/AD = AD/BD 26
Obr. 11 – Zaklenutí dveřních otvorů a- Kostelec u Křížku, sv. Martina, b- Praha, sv. Longina, c- Libouň, sv. Václava, d- Šebkovice sv. Máří Magdaleny. 31
Obr. 12 – Rotunda sv. Jiří v Hradešíně, zbytky kopule, pod trámem je patrna původní omítka. 32
Obr. 13 – Rotunda sv. Petra a Pavla Starý Plzenec, šipky ukazují náznak věnce. 32
Obr. 14 – Rotunda sv. Václava v Libouni, zastropení apsidy valenou klenbou. 34
Obr. 15 – Základové zdivo rotundy sv. Pantaleona v Pustiměři. 37
Obr. 16 – Definice parametrů pro metodu modifikované ohybové čáry ve svislé rovině [35]. 39

Obr. 17 – Parametry vnitřních sil v jednotlivých částech se silovým polygonem [35]. 40
Obr. 18 – Schéma typického kolapsu kopule. [35] 41
Obr. 19 – Střední Evropa v roce 870, Východofrancká říše je označena modře, Velká Morava za vlády Rastislava zeleně, zelená linie označuje hranice Velkomoravské říše po expanzi Svatopluka I. (894) [74]. Zkoumané objekty jsou číslovány podle stáří. Červeně jsou označeny rotundy zachovalé, černě zaniklé nebo částečně zaniklé. 47
Obr. 20 – Rotunda sv. Petra a Pavla na Budči. 48
Obr. 21 – Schematické půdorysy zkoumaných staveb. 51
Obr. 22 – Schematické půdorysy zkoumaných staveb. 52
Obr. 23 – Schematické půdorysy zkoumaných staveb. 53
Obr. 24 – Schematické půdorysy zkoumaných objektů. 54
Obr. 25 – Schematické půdorysy zkoumaných objektů. 55
Obr. 26 – Nálezová situace dvouapsidové rotundy v lokalitě Staré Město, Mikulčice Valy [13]. 61
Obr. 27 – Rekonstrukce ideálního tvaru půdorysu mikulčické dvouapsidové rotundy – VI. kostela. 62
Obr. 28 – Způsob značení a kótování jednotlivých objektů. 64
Obr. 29 – Graf hodnot nalezených konstrukčních modulů. 82
Obr. 30 – Grafická hodnota tloušťky stěn, vyjádřené v modulech. 84
Obr. 31 – Porovnání modifikované proporční teorie modulových kružnic J. Pošmourného s teorií o použití kvadratury. 86
Obr. 32 – Grafické porovnání Konečného proporční metody s konstrukčním principem kvadratury. 87
Obr. 33 – Poměry tvořené pomocí kvadratury. 88
Obr. 34 – Modulové schéma znojemské rotundy podle L. J. Konečného, ... 96
Obr. 35 – Rozdělení rotund dle tvaru apsidy. 101
Obr. 36 – Porovnání zkoumaných objektů podle průměru apsidy. 102
Obr. 37 – Výskyt vápence na území ČR v souvislosti se sledovanými objekty předrománských a románských rotund. 103
Obr. 38 – Staré Brno nálezová situace s odkrytým torzem románské rotundy. Z úrovně koruny základového zdiva je patrné značné navýšení okolního terénu. Zdroj: Archiv Muzea města Brna. 105
Obr. 39 – Staré Brno, napojení nadzemního zdiva apsidy na základovou konstrukci. Zdroj: Archiv Muzea města Brna. 106
Obr. 40 – Nálezová situace základového zdiva románské rotundy v Tasově. 107

Obr. 41 – Rotunda Nanebevzetí P. Marie v Plavči, rozšíření základového zdiva. 108
Obr. 42 – Středověká technika provádění svislých konstrukcí. [70] 110
Obr. 43 – Rotunda sv. Václava, Týnec nad Sázavou. Na fasádě jsou patrné otvory pro konstrukci lešení. 111
Obr. 44 – Historické stavební postupy zobrazené na dobové kresbě. [70] ... 112
Obr. 45 – Historické stavební postupy, zachycené na dobové kresbě. [70].. 113
Obr. 46 – Historické stavební postupy, zachycené v dobové kresbě. [70] ... 113
Obr. 47 – Znojemská rotunda. Na zdivu z lomového kamene jsou patrny otvory pro kotvení lešení. 114
Obr. 48 – Rotunda sv. Longina, Praha. Zdivo rotundy s naznačenými kvádříky. 114
Obr. 49 – Znojemská rotunda, románské okno lodě. 116
Obr. 50 – Románské okno, typický tvar. 116
Obr. 51 – Rotunda Přední Kopanina, okno lodě. 117
Obr. 52 – Znojemská rotunda, okno apsidy. 117
Obr. 53 – Rotunda sv. Jiří na Řípu, okno lodě. 117
Obr. 54 – Rotunda sv. Longina v Praze, okno lodě. 117
Obr. 55 – Rotunda Hradešín, původní vstup. 118
Obr. 56 – Znojemská rotunda, vstupní otvor. 118
Obr. 57 – Kostelec u Křížku, původní vstup. 119
Obr. 58 – Rotunda Libouň, vstup do rotundy. 119
Obr. 59 – Rotunda Želkovice, původní vstup. 119
Obr. 60 – Rotunda Šebkovice, původní vstup. 119
Obr. 61 – Hrad Rábí, otisk bednění na valené klenbě. 122
Obr. 62 – Rotunda sv. Kateřiny, Znojmo. Otisk bednění na líci kopule. 122
Obr. 63 – Znojemská rotunda, kůlové jamky nalezené pod podlahou. [15] . 124
Obr. 64 – Znojemská rotunda, schematická rekonstrukce pomocného konstrukčního systému nadzemního zdiva, uvažovaná L. J. Konečným v [14]. 124
Obr. 65 – Znojemská rotunda, vodorovné řezy kopulí. 126
Obr. 66 – Znojemská rotunda, půdorys. Kroužky vyznačují místa kůlových jamek převzatá z [15], dvě velké kružnice vyznačují poloměry, na kterých se kůlové jamky nachází. Úsečky značí směry nalezených podpor bednících prken. 127
Obr. 67 – Karner Hrádek u Znojma, kopule nad kostnicí, s otisky bednících prken a s vyznačením os nosných prvků. 128

Obr. 68 – Karner Hrádek u Znojma, otisk bednících prken na líci kopule kostnice. Z otisku je patrné, že prkna byla vyráběna štípáním. 129
Obr. 69 – Rotunda Budeč, nosný rošt konstrukce krovu. 130
Obr. 70 – Rotunda Budeč, rubová strana kopule. 131
Obr. 71 – Rotunda Starý Plzenec, replika dlažby nalezené při archeologickém průzkumu. 134
Obr. 72 – Graf napětí v základové spáře u jednotlivých objektů. 138
Obr. 73 – Rotunda Zborovy, detail dřevěného prvku na pravé straně vstupu. 141
Obr. 74 – Rotunda Zborovy, vstup do podkroví lodě. Šipka ukazuje umístění dřevěné výztuže. V pozadí je vidět rub kopule. 141
Obr. 75 – Rotunda Zborovy, detail otvoru po dřevěném prvku na levé straně vstupu. 141
Obr. 76 – Působení sil v kopuli. Prstencové síly, značené modře, jsou u sférické kopule kulové klenby do úhlu přibližně 52° od osy rotace tlakové a od tohoto úhlu níže jsou tahové. 142
Obr. 77 – Rotunda Budeč, pohled na rub kopule a nadezdívku. 143
Obr. 78 – Rotunda v Pustiměři, otvor ve zdivu po dřevěné výztuži. 143
Obr. 79 – Rotunda v Pustiměři, detail otvoru po dřevěné výztuži. 143
Obr. 80 – Rotunda Zborovy, řez, umístění dřevěných ztužujících prvků. 144

Obr. P 1 – Značení rozměrů sledovaných objektů, viz také obr. 27 2
Obr. P 2 – Kvadratura, základní schéma s jednotkovými rozměry, které jsou tímto kánonem tvořeny..... 2
Obr. P 3 – Rotunda Valy u Mikulčic, aplikace kvadratury 6
Obr. P 4 – Rotunda Valy u Mikulčic.[51] 6
Obr. P 5 – Rotunda Ducové, analýza užití kvadratury 8
Obr. P 6 – Rotunda Ducové.....8
Obr. P 7 – Rotunda Staré Město u Uherského Hradiště, sv. Michala 10
Obr. P 8 – Rotunda Budeč, aplikace kvadratury 12
Obr. P 9 – Rotunda sv. Petra a Pavla Budeč 12
Obr. P 10 – Rotunda sv. Petra a Pavla ve Starém Plzenci, aplikace kvadratury 14
Obr. P 11 – Starý Plzenec, kostel sv. Petra a Pavla..... 14
Obr. P 12 – Rotunda P. Maria na Starém Brně, užití kvadratury..... 16
Obr. P 13 – Rotunda P. Marie, Staré Brno [52] 16
Obr. P 14 – Rotunda sv. Kateřiny ve Znojmě, aplikace kvadratury 18

Obr. P 15 – Rotunda sv. Kateřiny ve Znojmě 18
Obr. P 16 – Rotunda Lipsko, Knautnaundorf, S. Andreas, aplikace kvadratury..... 20
Obr. P 17 – Rotunda Lipsko, Knautnaundorf, S. Andreas 20
Obr. P 18 – Rotunda sv. Klimenta v Levém Hradci, aplikace kvadratury..... 21
Obr. P 19 – Rotunda sv. Martina, Vyšehrad, aplikace kvadratury..... 23
Obr. P 20 – Rotunda sv. Martina, Vyšehrad 23
Obr. P 21 – Rotunda sv. Jiří, Říp, aplikace kvadratury..... 25
Obr. P 22 – Rotunda sv. Jiří na Řípu..... 25
Obr. P 23 – Rotunda sv. Václava, Týnec nad Sázavou, aplikace kvadratury na půdorys objektu 27
Obr. P 24 – Rotunda sv. Václava, Týnec nad Sázavou..... 27
Obr. P 25 – Rotunda sv. Mikolaj, Těšín, aplikace kvadratury 29
Obr. P 26 – Rotunda sv. Martina v Dobřichovicích, aplikace kvadratury..... 31
Obr. P 27 – Rotunda sv. Martina v Dobřichovicích..... 31
Obr. P 28 – Rotunda sv. Martina, Kostelec u Křížků, aplikace kvadratury na půdorys objektu 33
Obr. P 29 – Rotunda sv. Martina, Kostelec u Křížků..... 33
Obr. P 30 – Rotunda sv. Longina, Praha, aplikace kvadratury 35
Obr. P 31 – Rotunda sv. Longina, Praha 35
Obr. P 32 – Rotunda sv. Kříže Menšího, Praha, aplikace kvadratury..... 37
Obr. P 33 – Rotunda sv. Kříže Menšího, Praha 37
Obr. P 34 – Rotunda sv. Máří Magdaleny, aplikace kvadratury..... 39
Obr. P 35 – Rotunda sv. Máří Magdaleny, Přední Kopanina..... 39
Obr. P 36 – Rotunda sv. Pantaleona, Pustiměř, aplikace kvadratury..... 41
Obr. P 37 – Rotunda sv. Pantaleona, Pustiměř..... 41
Obr. P 38 – Rotunda sv. Kateřiny, Česká Třebová,aplikace kvadratury 43
Obr. P 39 – Rotunda sv. Kateřiny, Česká Třebová 43
Obr. P 40 – Rotunda Narození P. Marie, Holubice, aplikace kvadratury na půdorys objektu 45
Obr. P 41 – Rotunda Narození P. Marie, Holubice..... 45
Obr. P 42 – Rotunda sv. Václava, Libouň, aplikace kvadratury..... 47
Obr. P 43 – Rotunda sv. Václava, Libouň..... 47
Obr. P 44 – Rotunda sv. Jiří, Lukov, aplikace kvadratury 49
Obr. P 45 – Rotunda Nanebevzetí P. Marie, Plaveč, aplikace kvadratury..... 51
Obr. P 46 – Rotunda Nanebevzetí P. Marie, Plaveč..... 51

Obr. P 47 – Rotunda sv. Jana Křtitelé, Pravonín, aplikace kvadratury 53
Obr. P 48 – Rotunda sv. Jana Křtitelé, Pravonín 53
Obr. P 49 – Rotunda sv. Máří Magdaleny, Šebkovice, aplikace kvadratury .. 55
Obr. P 50 – Rotunda sv. Máří Magdaleny, Šebkovice 55
Obr. P 51 – Rotunda sv. Václava, Štěpkov, aplikace kvadratury 57
Obr. P 52 – Rotunda sv. Václava, Štěpkov 57
Obr. P 53 – Rotunda sv. Jana Křtitele, Zborovy, aplikace kvadratury 59
Obr. P 54 – Rotunda sv. Jana Křtitele, Zborovy 59
Obr. P 55 – Rotunda sv. Petra a Pavla, Želkovice, aplikace kvadratury na půdorys objektu 60
Obr. P 56 – Rotunda sv. Petra a Pavla, Želkovice 60

8.2 Seznam tabulek

Tab. 1 – Seznam rotund zahrnutých do výzkumu. 50
Tab. 2 – Rozměry zkoumaných objektů. 63
Tab. 3 – Výpočet směrodatné odchylky měřených půdorysných rozměrů. 66
Tab. 4 – Analýza užití historických jednotek – nadzemní konstrukce. 71
Tab. 5 – Analýza užití historických jednotek – základové konstrukce. 72
Tab. 6 – Analýza použitého modulu – nadzemní zdivo, část A. 74
Tab. 7 – Analýza použitého modulu – nadzemní zdivo, část B. 75
Tab. 8 – Analýza použitého modulu – nadzemní zdivo, část C. 76
Tab. 9 – Analýza použitého modulu – nadzemní zdivo, část D. 77
Tab. 10 – Analýza použitého modulu – základové zdivo, část A 78
Tab. 11 – Analýza použitého modulu – základové zdivo, část B. 79
Tab. 12 – Analýza použitého modulu – základové zdivo, část C. 80
Tab. 13 – Analýza použitého modulu – základové zdivo, část D. 81
Tab. 14 – Rozměry rotund v modulech. 83
Tab. 15 – Značení hodnot poměrů, splňující zadaná kritéria. 90
Tab. 16 – Analýza užití grafických metod – nadzemní zdivo. 91
Tab. 17 – Analýza užití grafických metod – základové zdivo. 92
Tab. 18 – Zkoumané poměry rozměrů jednotlivých konstrukcí. 97
Tab. 19 – Vertikální rozměry, přepočtené na historické délkové jednotky. ... 98
Tab. 20 – Analýza napětí v základové spáře. 138
Tab. 21 – Únosnosti zemin, převzato z ČSN 73 1001 (norma je od 1.4.2010 neplatná) [71] 139
Tab. P1 – Seznam objektů 4

8.3 Seznam použitých zkratek a symbolů

Značení fyzikálních veličin:

A_{ef} efektivní plocha, použitá pro výpočet napětí v základové spáře;

N_z normálová síla, použitá pro výpočet napětí v základové spáře;

σ_z napětí v základové spáře;

Značení rozměrů objektů:

A vzdálenost os lodě a apsidy;

C délka vnitřního prostoru nadzemního zdiva;

C´ délka vnitřního prostoru základového zdiva

C_v vnější délka objektu;

D vnitřní průměr nadzemního zdiva lodě;

D´ vnitřní průměr základového zdiva lodě;

D_v vnější průměr lodě;

d vnitřní průměr nadzemního zdiva apsidy;

d´ vnitřní průměr základového zdiva apsidy;

L délka lodě po napojení apsidy;

l délka apsidy po napojení lodě;

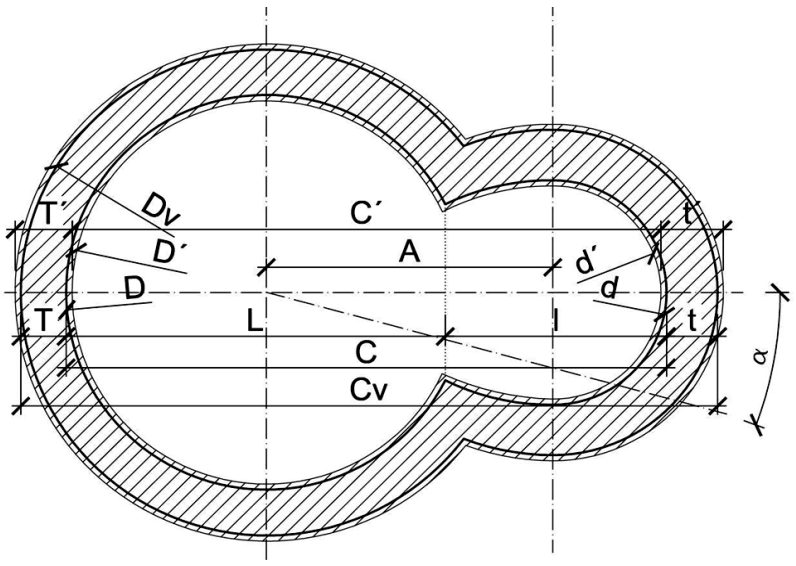
T tloušťka zdiva lodě;

T´ tloušťka zdiva základové konstrukce lodě;

t tloušťka zdiva apsidy;

t´ tloušťka základového zdiva apsidy;

α úhel mezi orientací osy kostela a východem.



Značení délkových mír:

l.s. langobardská stopa, /l.s./=0,43 m, viz [20], [40];
ř.s. římská stopa /ř.s./= 0,2957 m, viz [18], [19], [20];
M modul, dle tab. 14, viz [20];

8.4 Fotodokumentace a grafické podklady

Pokud není uvedeno jinak, je autorem fotografií a dalších grafických podkladů použitých v práci, autor disertační práce.

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

ANALÝZA KONSTRUKČNÍCH, STATICKÝCH A PROPORČNÍCH KRITÉRIÍ ROMÁNSKÝCH A PŘEDROMÁNSKÝCH ROTUND

ANALYSIS OF STRUCTURAL AND PROPORTIONAL CRITERIA OF ROMANESQUE AND PRE-ROMANESQUE ROTUNDAS

PŘÍLOHA: PODROBNÉ VÝSLEDKY ANALÝZY
ANNEX THESIS: DETAILED RESULTS OF ANALYSIS

DISERTAČNÍ PRÁCE
Ph.D. THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR
Ing. Pavel Kříž

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR
Doc. Ing. Milan Vlček, CSc.

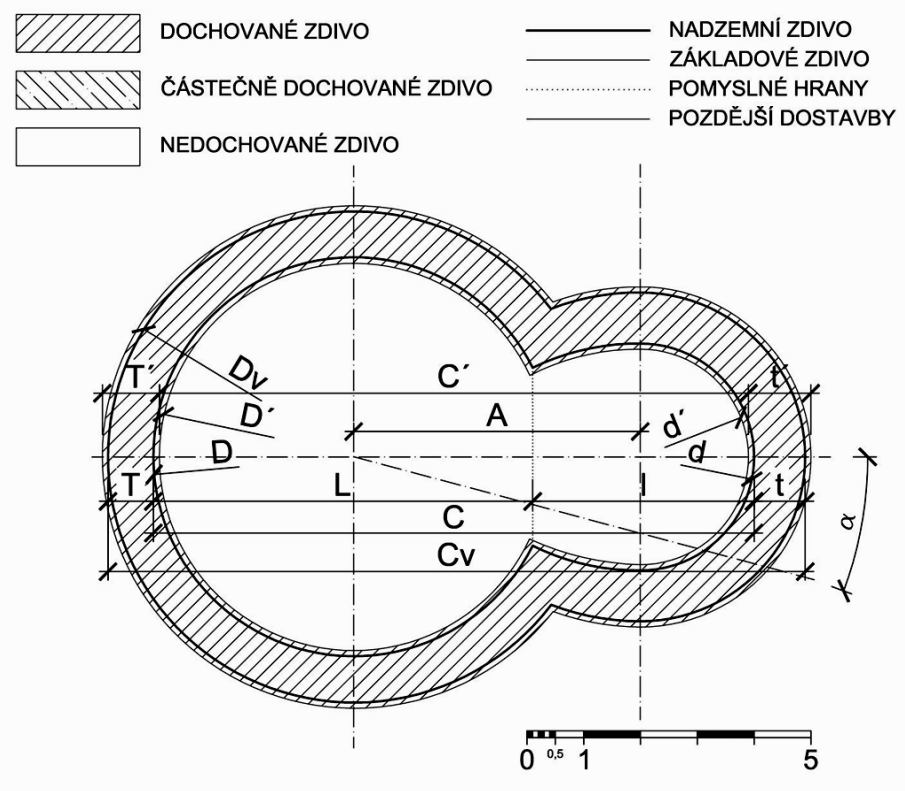
Brno 2015

9 PŘÍLOHA: PODROBNÉ VÝSLEDKY ANALÝZY

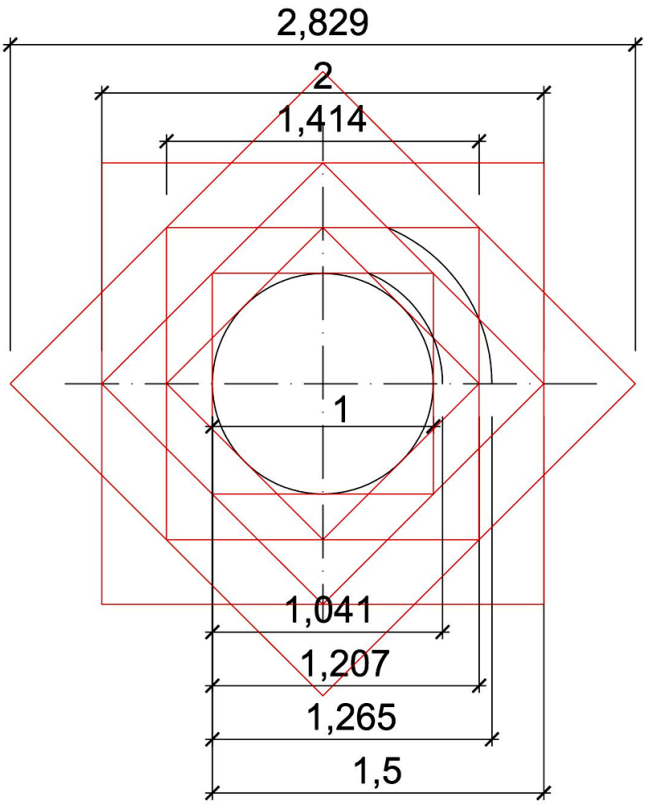
9.1 Úvod

Tato příloha je součástí disertační práce s názvem „Analýza konstrukčních, statických a proporčních kritérií románských a předrománských rotund“. Jejím obsahem jsou detailní výsledky proporční konstrukční a statické analýzy ve vztahu k jednotlivým objektům, zejména půdorysy s grafickou aplikací principu kvadratury. Souhrnné výsledky analýzy jsou uspořádány do tabulek v jednotlivých kapitolách. Rozměry některých objektů vyhoví více hypotézám, proto jsou uváděny veškeré vyhovující výsledky. Za vyhovující je považován rozměr, který splní konkrétní kritérium s uvedenou tolerancí, viz tab. 3. Značení jednotlivých rozměrů, je totožné se značením v disertační práci. Pro přehlednost je uvedeno také zde, viz, obr. p 1.

Značení je následující: D – vnitřní průměr nadzemního zdiva lodě, D´ – vnitřní průměr základového zdiva lodě, d - vnitřní průměr nadzemního zdiva apsidy, d´– vnitřní průměr základového zdiva apsidy, C – délka vnitřního prostoru nadzemního zdiva, C´– délka vnitřního prostoru základového zdiva, T – tloušťka zdiva lodě, T´– tloušťka zdiva základové konstrukce lodě, t – tloušťka zdiva apsidy, t´– tloušťka základového zdiva apsidy, α – úhel mezi orientací osy kostela a východem.



Obr. P 1 – Značení rozměrů sledovaných objektů, viz také obr. 28.



Obr. P 2 – Kvadratura, základní schéma s jednotkovými rozměry, které jsou tímto kánonem tvořeny.

9.2 Podrobné výsledky analýzy

Tab. P2 – Seznam objektů

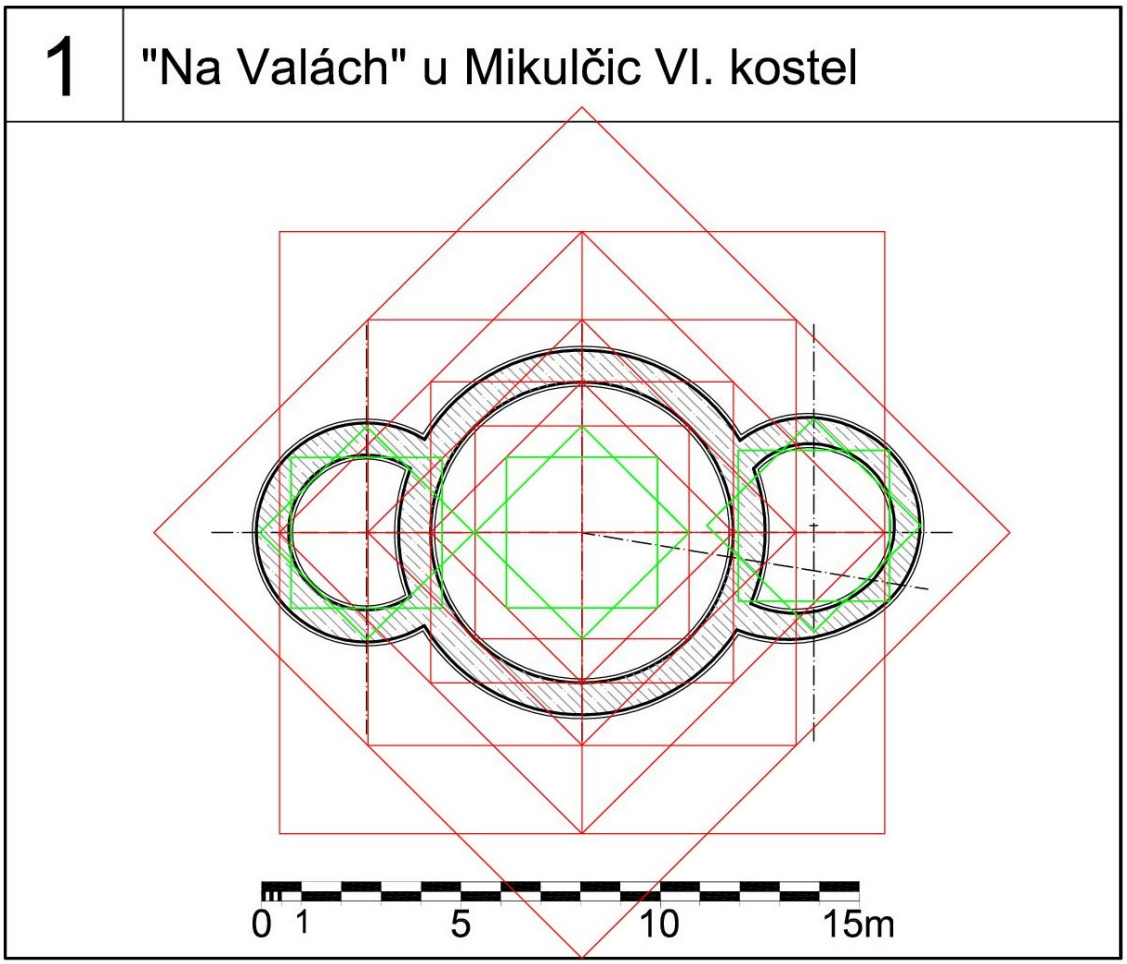
Seznam objektů uvedených v příloze				
Č.		**Název**	**století vzniku**	**strana**
1	N	Valy u Mikulčic – Těšetický les- dvouapsidová	9	5
3	N	Ducové (neznámé zasvěcení)	9	7
5	N	Staré Město (u Uh. Hr.) – Na dědině (sv. Michala)	9	9
6	N	Budeč (sv. Petra a Pavla)	10	11
9	Z	Starý Plzenec (sv. Petra)	10	13
10	N	Staré Brno (P. Marie)	11	15
11	Z	Znojmo (Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny)	11	17
12	Z	Lipsko,Knautnaundorf (S. Andreas)	11	19
13	N	Levý Hradec (sv. Klimenta)	11	21
15	Z	Praha 1 – Vyšehrad (sv. Martina)	11	22
16	Z	Říp (sv. Jiří)	11	24
17	Z	Týnec nad Sázavou (sv. Václava)	11	26
18	Z	Těšín (sv. Mikuláše)	11	28
19	Z	Dobřichovice (Karlík) (sv. Martina)	12	30
21	Z	Kostelec u Křížků (sv. Martina)	12	32
22	Z	Praha 1 – Nové Město (sv. Longina)	12	34
23	Z	Praha 1 – Staré Město (sv. Kříže Menšího)	12	36
24	Z	Přední Kopanina (sv. Maří Magdalény)	12	38
25	N	Pustiměř (sv. Pantaleona)	12	40
27	Z	Česká Třebová (sv. Kateřiny)	13	42
28	Z	Holubice (Narození P. Marie)	13	44
29	Z	Libouň (sv. Václava)	13	46
30	Z	Lukov (sv. Jiří)	13	48
31	Z	Plaveč (Nanebevzetí P. Marie)	13	50
32	Z	Pravonín (sv. Jana Křtitele)	13	52
33	Z	Šebkovice (sv. Maří Magdalény)	13	54
34	Z	Štěpkov (sv. Václava)	13	56
35	Z	Zborovy (sv. Jana Křtitele)	13	58
36	Z	Želkovice (sv. Petra a Pavla)	13	60

9.2.1 Mikulčice Valy, dvouapsidová rotunda, objekt č. 1

Objekt se nachází na slovanském hradišti u Mikulčic. Je dochován ve formě základového zdiva a několika velkých bloků zdiva v blízkém okolí stavby, se částečně zachovanou vnitřní malbami zdobenou omítkou. Archeologický výzkum vedl J. Poulík a podklady z jeho výzkumu, viz [13], byly použity k rekonstrukci půdorysu.

Výsledky jednotlivých analýz:

- analýze užití historických jednotek:
  hodnotě římské stopy odpovídají rozměry D´:d´:t´ ≈ 25:13:3 ř.s.
  karolínské stopě odpovídají rozměry D:d:C ≈ 23:12:35 k.s.
- Analýza modulu: jako hlavní modul vyšla hodnota pro M = 506,3 mm, D:d:C ≈ 15:8:23 M, pro M = 450 mm, D:d:C ≈ 17:9:26 M,
- kvadratura: viz Obr. P 3 zde průměr lodě je v poměru k délce celého vntřného prostoru 1:2. Vzhledem ke značné nesymetrii pravé (východní) apsiy, je nalezení původního záměru poněkud nepřesné. Pokud bycho použili jako řídící velikost průměr lodě odpovída poměru plynoucímu z kvadratury průměr apsid, pro přehlednost jsou čtverce označeny zeleně. U levé (západní) apsidy, která je více symetrická, je shoda výraznější. Shoda je i u osy levé apsidy. Také tloušťka u levé apsidy odpovídá poměru plynoucímu z kvadratury.



Obr. P 3 – Rotunda Valy u Mikulčic, aplikace kvadratury.



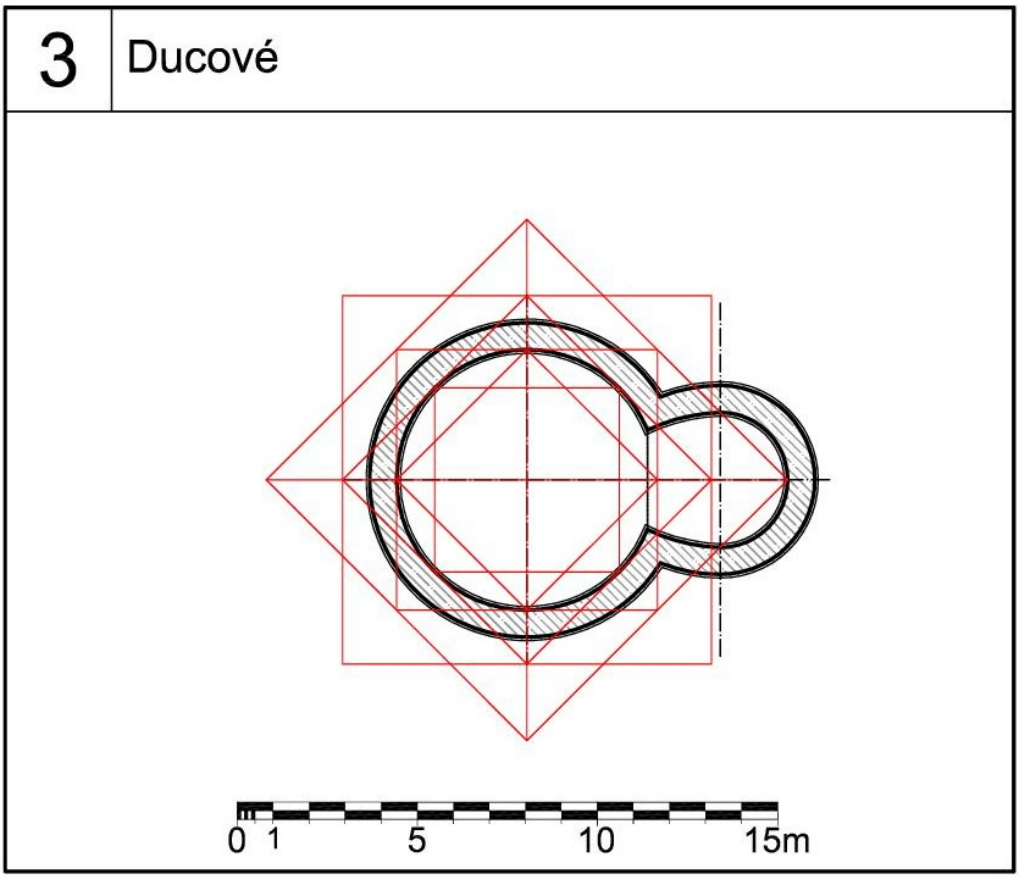
Obr. P 4 – Rotunda Valy u Mikulčic. [51]

9.2.2 Ducové, rotunda, objekt č. 3

Objekt se nachází na velkomoravském hradišti u obce Ducové. Je datován do 9. století a dochován ve formě základového zdiva a cca 250 mm nadzemního zdiva. Archeologický výzkum zde probíhal v letech 1968–1972 a v roce 1975. [53]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýze užití historických jednotek
  Hodnotě římské stopy vyhovují hodnoty rozměrů D′:d′:C′ ≈ 24:12:36 ř.s., což jsou hodnoty odvozené od čísla 12, které jsou u různých staveb historiky často zmiňovány. Použití čísla 12 by podporovalo hypotézu o symbolice, která je u tohoto čísla často akcentována, 12 apoštolů, 24 starců apokalypsy.
  Hodnotě karolínské stopy vyhovují hodnoty rozměrů D′:T′:t′:C′ ≈ 21:3:3:32 k.s.
- Analýzy modulu: pro M = 592 mm D:d:C M ≈ 12:6:18 M, pro M = 443,8 D:d:C ≈ 16:8:24 M, pro M = 394,4 mm D:d:C ≈ 18:9:27 M, pro M = 355 mm D:d:C ≈ 20:10:30, pro M = 322,7 mm D:d:C ≈ 22:11:33 M, pro M = 295,8 mm D:d:C ≈ 24:12:36 M, poslední modul odpovídá římské stopě.
- poměr D:d:C ≈ 1:0,5:1,5 M
- Kvadratura: z Obr. P 5 plyne, že pokud jako řídící rozměr pro kvadraturu použijeme vnitřní průměr lodě, odpovídá tomuto kánonu celková vnitřní délka a přibližně osa apsidy.
- Tlak v základové spáře: 199,3 kPa
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 611 t
  - hmotnost kamene: 397 t
  - hmotnost malty: 214 t
  - hmotnost vápna: 71 t



Obr. P 5 – Rotunda Ducové, analýza užití kvadratury.



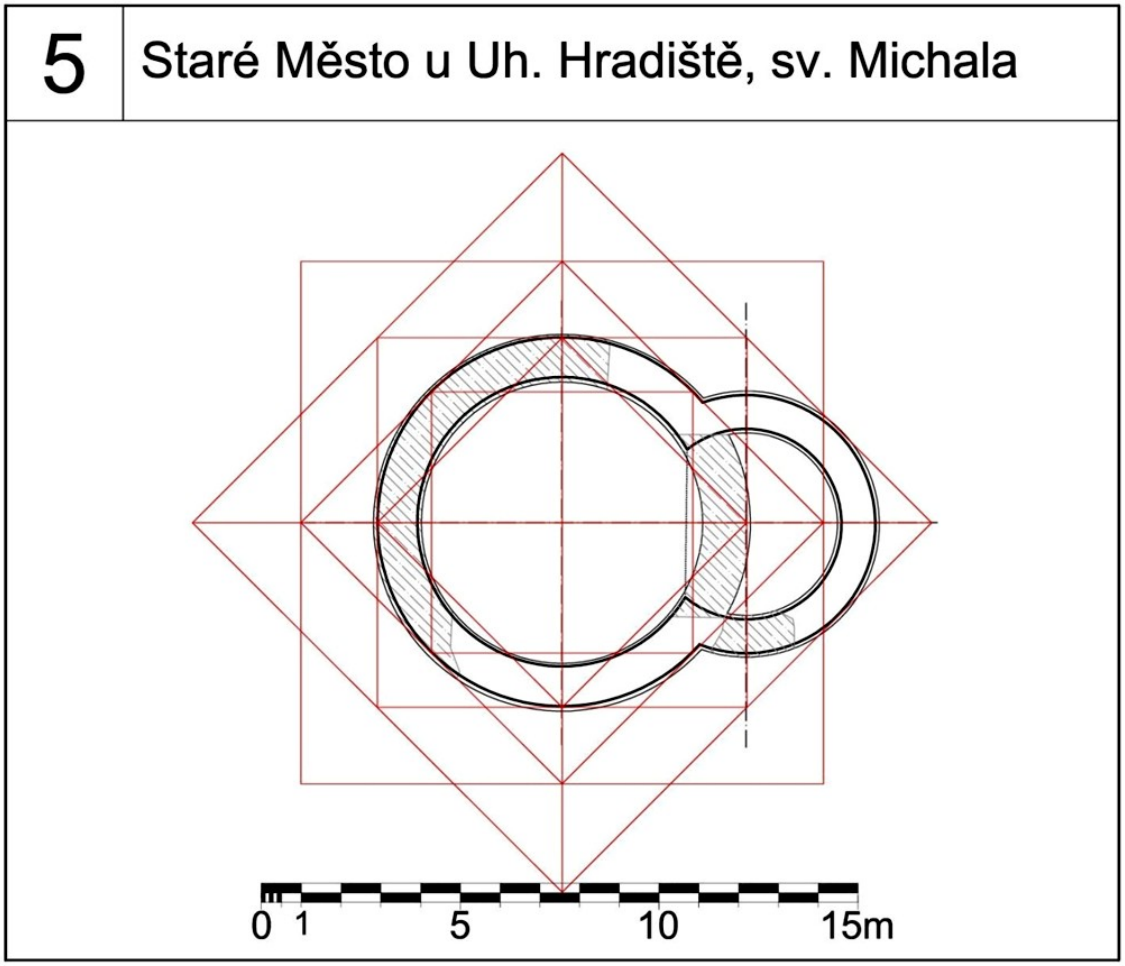
Obr. P 6 – Rotunda Ducové.

9.2.3 Staré Město u Uh. Hradiště, kostel sv. Michala, objekt č. 5

Pozůstatky, ve formě základového zdiva a asi 22 cm nadzemního zdiva, se nalézají pod podlahou kostela sv. Michala. Rotunda byla objevena při archeologickém výzkumu v roce 1962. Zdivo je z pískovcových bloků na vápennou maltu a občas jsou druhotně použité pálené římské cihly s kolkem XIV legie. Zdivo bylo z vnitřní strany omítnuto „bílou omítkou“ [73 str. 349]. Rotundu je možno spatřit přes podlahu pokrytou průhlednou skleněnou deskou.

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: z analýzy užití historických jednotek plyne možné užití římské stopy s poměrem D:t:C ≈ 24:3:36 ř.s. a D´:T´:d´ ≈ 23:4:15 ř.s.
- Analýza modulu: M = 510 mm D´:d´:C´≈ 14:9:21 M
- Kvadratura: u tohoto objektu se jako řídící rozměr jeví vnější průměr lodě, shoda nastává u osy apsidy, viz obr. P 7.
- Tlak v základové spáře: 203,3 kPa
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 813 t
  - hmotnost kamene: 528 t
  - hmotnost malty: 284 t
  - hmotnost vápna: 95 t



Obr. P 7 –Staré Město u Uherského Hradiště, rotunda sv. Michala.

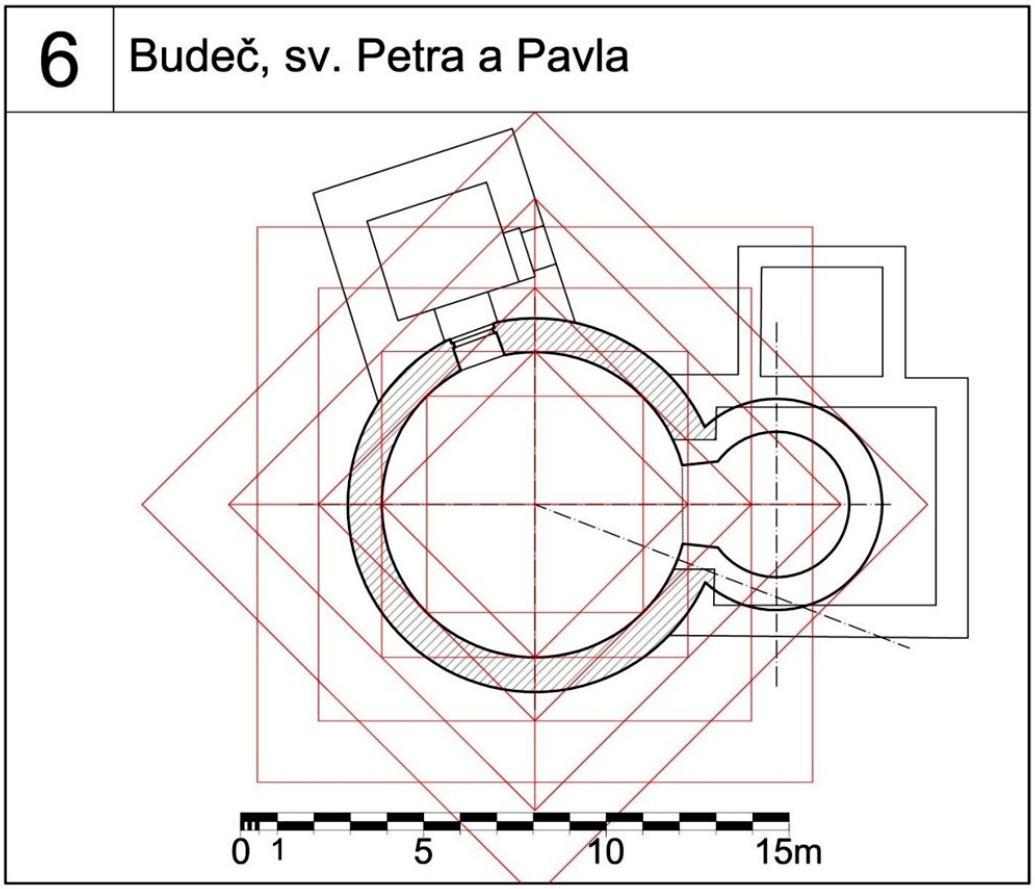
9.2.4 Budeč, kostel sv. Petra a Pavla, objekt č. 6

Jedná se o nejstarší dochovanou zděnou stavbu v Čechách, jejíž vznik je datován do 10. století a její historie je spojená se svatým Václavem, který měl na Budči za mlada pobývat a vyučovat se zde.

Při přestavbě kněžiště byla odbourána apsida, jejíž tvar je po archeologickém výzkumu vyznačen na podlaze v dlažbě. Věrnost tohoto vyznačení nelze ověřit. Na severozápadní straně je ve 13. století přistavěna věž s čtvercovým půdorysem, ale pod ní se nachází starší základ kruhového tvaru. [54]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: z analýzy užití historických jednotek plyne možné užití karolínské stopy s poměrem D:T:d ≈ 25:3:12.
- Analýza modulu: M = 630 mm D:d:C ≈ 13:6:20 M, pro M = 492,4 mm D:d:C:T ≈ 17:8:26:2 M, pro M = 442,2 mm D:d:C ≈ 19:9:29 M, pro M = 398,6 mm D:d:C:T ≈ 21:10:32:2,5 M, pro M = 334,8 mm D:d:C:T ≈ 25:12:38:3 M, pro M = 246,2 mm D:d:C:T ≈ 34:16:52:4 M, pro M = 443,8 mm D′:d′:C′ ≈ 16:8:24 M, pro M = 394,4 mm D′:d′:C′ ≈ 18:9:27 M, pro M = 340,4 mm D′:d′:C′ ≈ 24:11:37 M.
- Kvadratura: z Obr. P 5 plyne, že pokud jako řídící rozměr pro kvadraturu použijeme vnitřní průměr lodě, odpovídá tomuto kánonu celková vnitřní délka a přibližně osa apsidy.
- Tlak v základové spáře: 202,4 kPa
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 888 t
  - hmotnost kamene: 577 t
  - hmotnost malty: 311 t
  - hmotnost vápna: 104 t



Obr. P 8 – Rotunda Budeč, aplikace kvadratury.



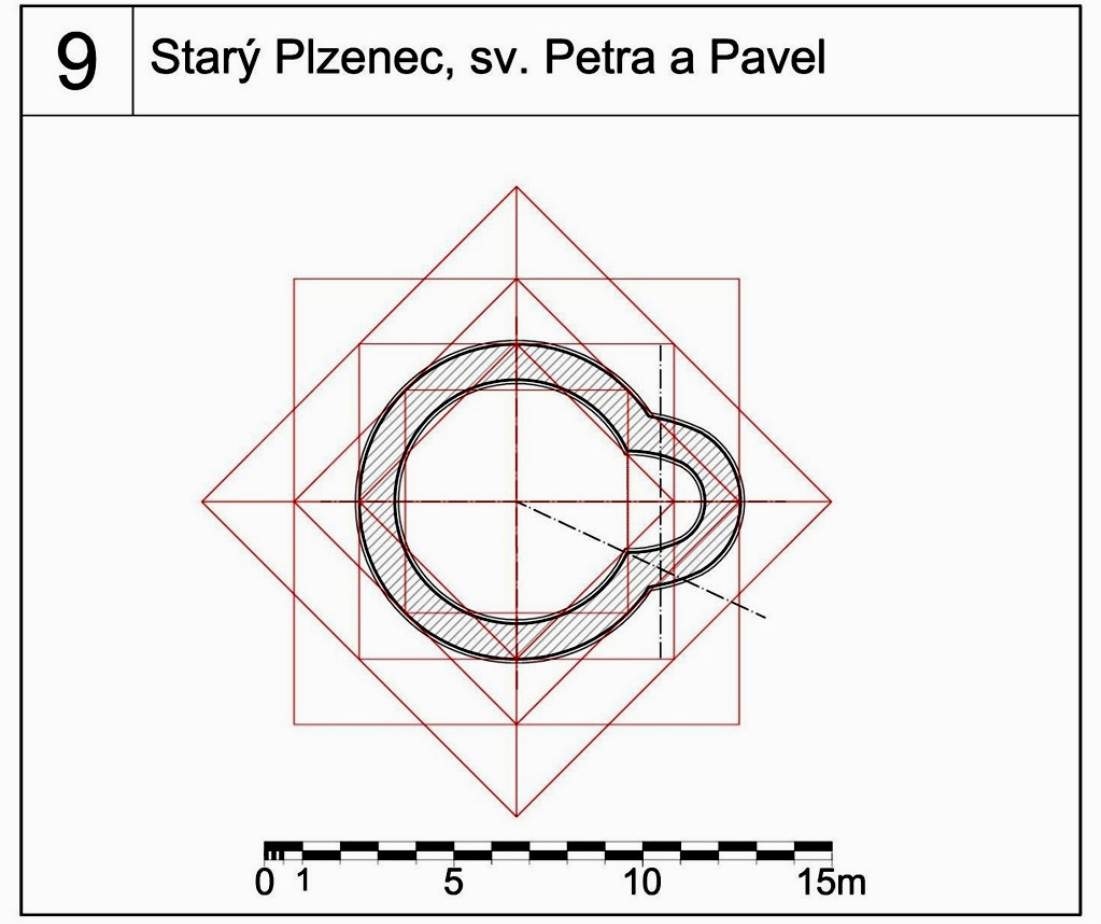
Obr. P 9 – Rotunda sv. Petra a Pavla Budeč.

9.2.5 Starý Plzenec, kostel sv. Petra a Pavla, objekt č. 9

Rotunda se nachází na bývalém přemyslovském hradišti a patří mezi nejstarší stavby na našem území. Velký zájem byl o tuto stavbu během celého 20. století. Za svou bohatou historii prošla mnoha přestavbami a rekonstrukcemi. Rotunda je založena na skalnatém podloží, základové zdivo je oproti nadzemní části rozšířeno. Původní objekt byl zastropen kopulí. Západní polovina lodi není původní a zřejmě z důvodu statické chyby došlo ke zřícení této části včetně kopule. Obvodové zdivo bylo obnoveno, avšak místo kopule byl použit plochý dřevěný strop. [55], [6]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: z analýzy užití historických jednotek plyne možné užití římské stopy u rozměrů D:d ≈ 22:8 ř.s., D´:T´:C´≈ 21:4:27 ř.s., langobardské stopy D:C ≈ 15:19 l.s.
- Analýza modulu: M = 446 mm D:d:C ≈ 14:5:18 M.
- Kvadratura: pro tento objekt se jeví jako řídící rozměr vnější průměr lodě, kánon odpovídá vnějšímu průměru apsidy a také přechodu mezi lodí a apsidou. Shoda nastává i u vnitřního průměru lodě.
- Tlak v základové spáře: 197,2 kPa
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 648 t
  - hmotnost kamene: 421 t
  - hmotnost malty: 227 t
  - hmotnost vápna: 76 t



Obr. P 10 – Rotunda sv. Petra a Pavla ve Starém Plzenci, aplikace kvadratury.



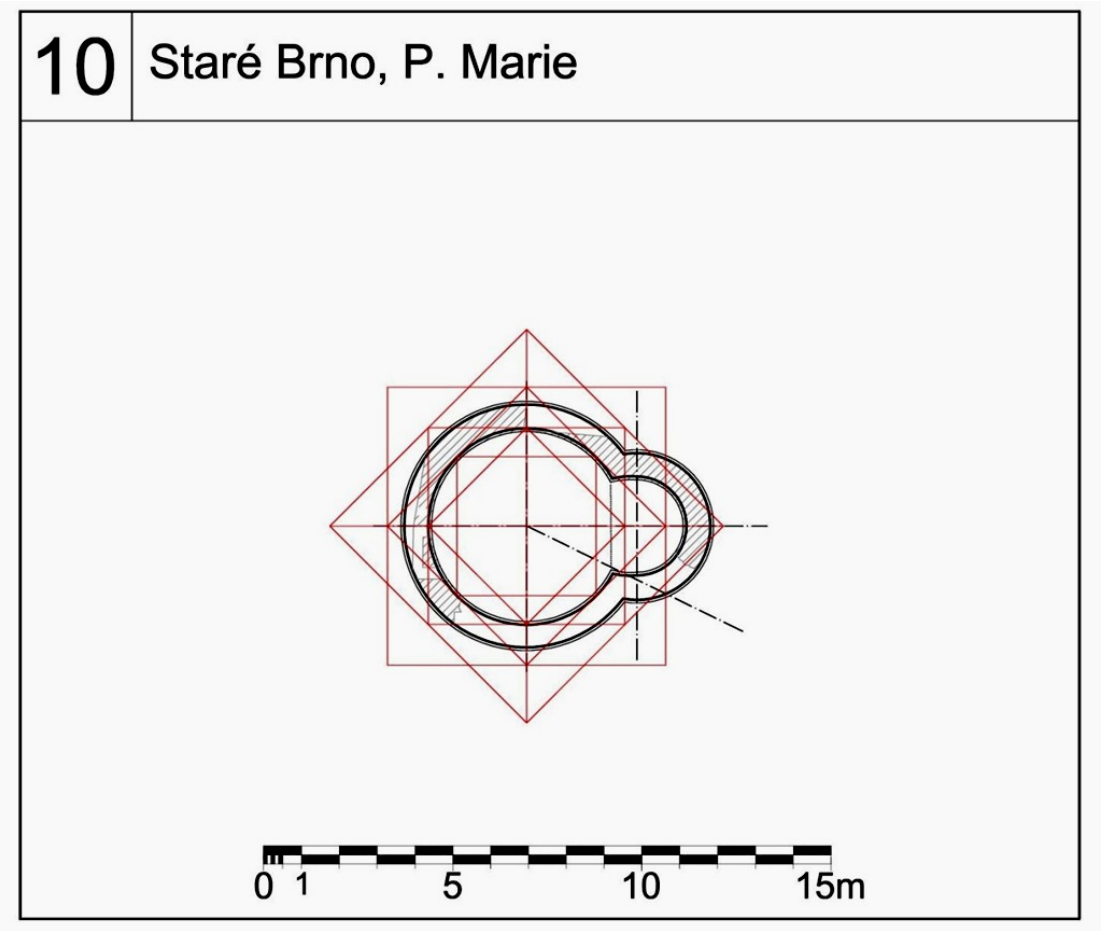
Obr. P 11 – Starý Plzenec, kostel sv. Petra a Pavla.

9.2.6 Brno, Staré Brno, kostel P. Marie, objekt č. 10

Část nadzemního zdiva se základy nalezena při archeologickém výzkumu v letech 1976–1983. Základové zdivo z lomového kamene nese nadzemní kvádříkové zdivo se zbytky vnitřní omítky. Základy o výšce 500–600 mm začínají cca 2400 mm pod úrovní současného terénu. Poměrně složitá nálezová situace je patrná z Obr. P 13. Nad zbytky rotundy byl postaven románský kostelík, který byl následně přestavěn větším gotickým kostelem [52]. Objekt je dle okolních nálezů datovaný do poloviny století 11.

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: z analýzy užití historických jednotek plyne možné užití římské stopy s poměrem D′:T′:C′ ≈ 20:3:26 ř.s.
- Analýza modulu: M = 440 mm D:d:C ≈ 14:7:18 M, pro M = 308 mm D:d:C ≈ 20:10:26 M, pro M = 256 mm ≈ 24:12:31 M
- Kvadratura: viz P 12, pro případ tohoto objektu se užití kánonu vycházejícího z kvadratury, nejeví příliš pravděpodobné, protože jediná shoda nastává u dimenze zdiva lodě.
- Tlak v základové spáře: 189,7 kPa
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 449 t
  - hmotnost kamene: 292 t
  - hmotnost malty: 157 t
  - hmotnost vápna: 52 t



Obr. P 12 – Rotunda P. Maria na Starém Brně, užití kvadratury.



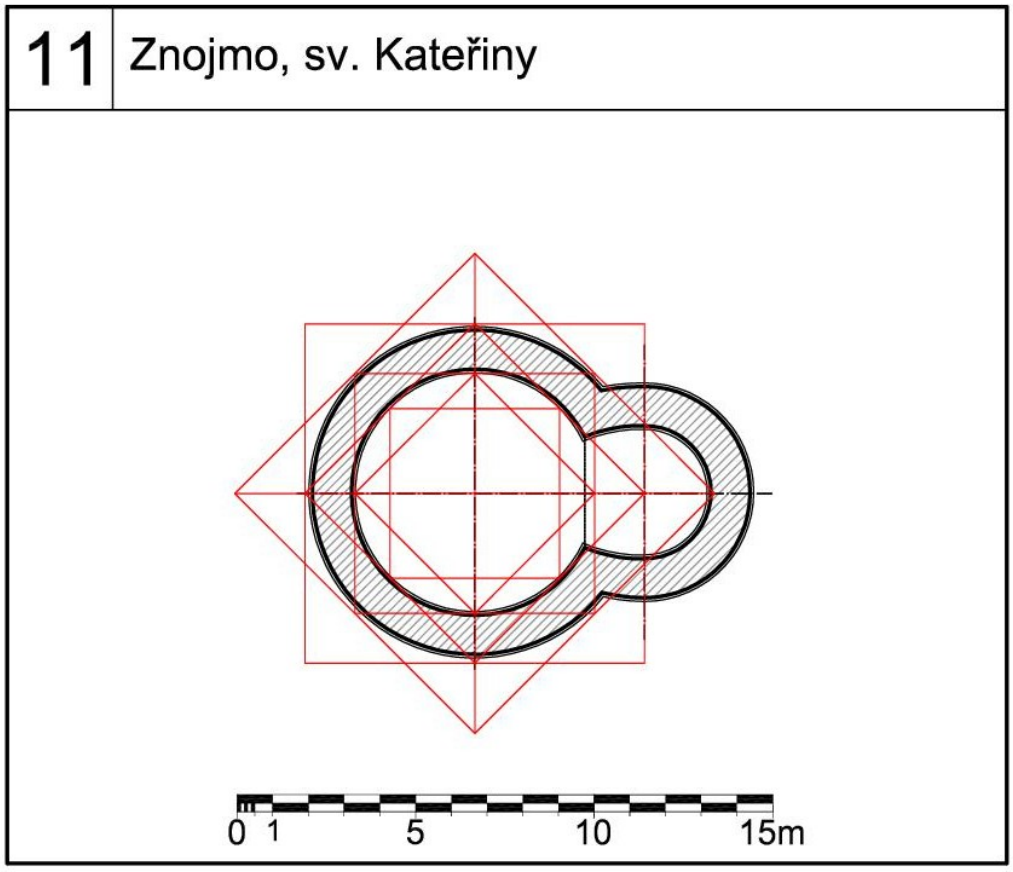
Obr. P 13 – Rotunda P. Marie, Staré Brno. [52]

9.2.7 Znojmo, kostel Nanebevzetí P. Marie a sv. Kateřiny, objekt č. 11

Znojemská rotunda je jedna z nejznámějších pro její uchovanou unikátní původní malířskou výzdobu. Vznik rotundy je datován do 11. století a přes mnohé stavební úpravy si zachovala prakticky veškeré původní zdivo, včetně zaklenutí kopulí, která v minulosti nesla ještě lucernu. Někteří odborníci uvažují o dvou stavebních fázích. Archeologický výzkum odhalil pod podlahou kůlové jamky, které mohly sloužit pro uložení nosné konstrukce při výstavbě rotundy. Díky k jejímu významu a autenticitě je tato rotunda pravděpodobně nejprobádanější z našich rotund. [14]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: u tohoto objektu analýza neprokázala užití žádné zkoumané historické délkové jednotky.
- Analýza modulu: M = 530 mm D:d:C ≈ 13:7:19 M, pro M = 352 mm D′:d′:C′ ≈ 19:10:28 M, pro M = 320 mm D′:d′:C′ ≈ 21:11:31 M, pro M = 313,2 mm D:d:C ≈ 22:12:32 M, pro M = 290,9 mm D′:d′:c′≈ 35:17:46 M.
- Kvadratura: řídícím rozměrem se jeví průměr lodě, kánonu odpovídá osa apsidy i celková vnitřní délka.
- Tlak v základové spáře: 196,4 kPa
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 843 t
  - hmotnost kamene: 548 t
  - hmotnost malty: 295 t
  - hmotnost vápna: 98 t



Obr. P 14 – Rotunda sv. Kateřiny ve Znojmě, aplikace kvadratury.



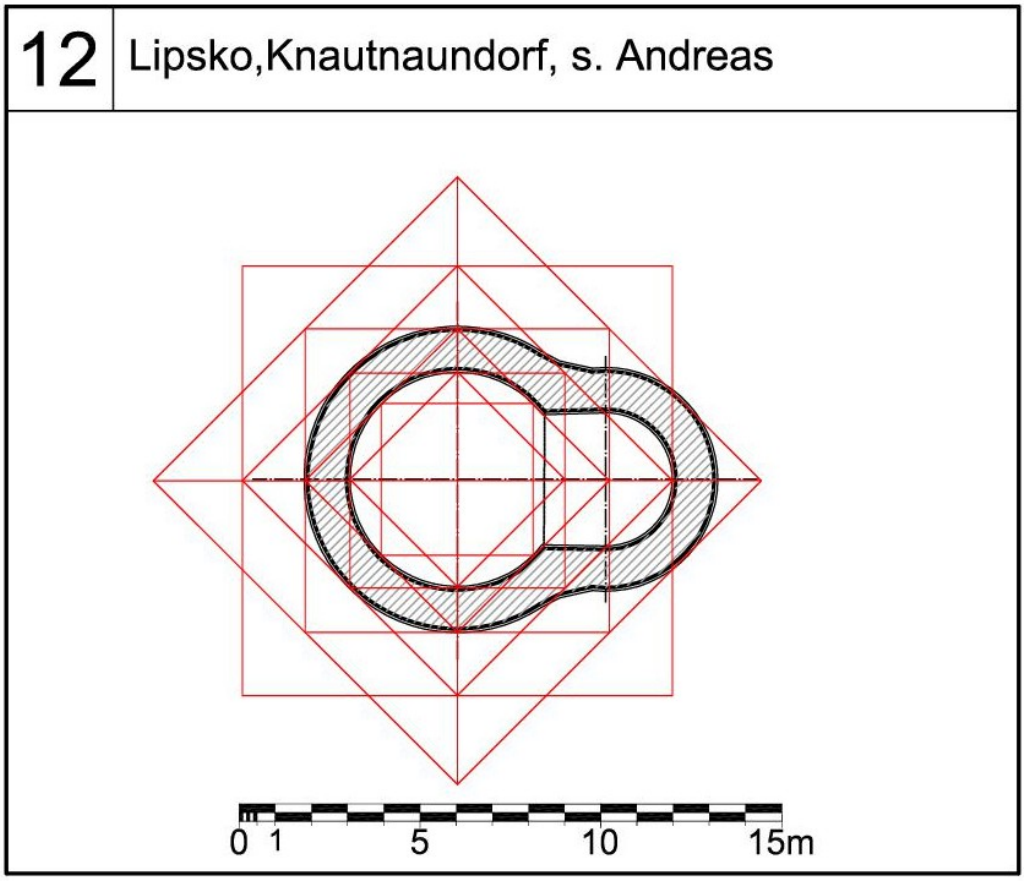
Obr. P 15 – Rotunda sv. Kateřiny ve Znojmě.

9.2.8 Lipsko, Knautnaundorf, S. Andreas, objekt č. 12

Jedna z mála rotund nacházející se na území dnešního Německa. Kostel z 11. století, z časů Wiprechta Grojčského, jehož manželka pocházela z Čech, je jedním z nejstarších v Sasku. Historici spatřují podobnost s rotundou na hradě Groitzsch. Z důvodu nedostatečné kapacity byla ke konci 15. století apsida stržena a na jejím místě přistavěno rozšíření kostela. [56]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: z analýzy užití historických jednotek plyne možné užití římské stopy s poměrem D′:d′:C′ ≈ 20:11:30 ř.s.
- Analýza modulu: M = 369mm D:d:C ≈ 16:10:24 M, pro M = 287,5 mm D:d:C ≈ 19:12:28 M.
- Kvadratura: viz Obr. P 16, řídícím rozměrem může být vnitřní nebo vnější průměr lodě, kánonu odpovídá jak osa apsidy, tak celková vnitřní délka kostela.
- Tlak v základové spáře: 195,7 kPa
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 759 t
  - hmotnost kamene: 493 t
  - hmotnost malty: 266 t
  - hmotnost vápna: 89 t



Obr. P 16 – Rotunda Lipsko, Knautnaundorf, S. Andreas, aplikace kvadratury.



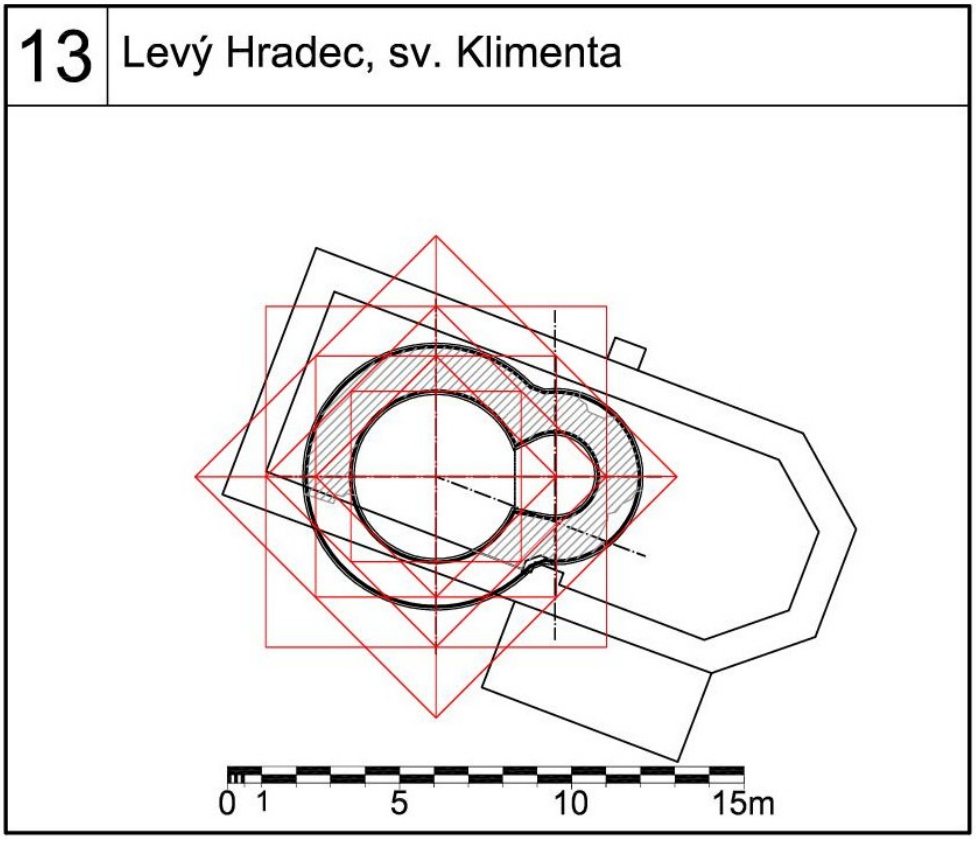
Obr. P 17 – Rotunda Lipsko, Knautnaundorf, S. Andreas.

9.2.9 Levý Hradec, kostel sv. Klimenta, objekt č. 13

Rotunda svatého Klimenta v Levém Hradci byla objevena pod podlahou novějšího kostela při archeologických výzkumech v letech 1939–1941. Diskuse probíhala zejména ohledně datování. V současné době převládá názor o původu kostela v 11. století. [6]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: z analýzy užití historických jednotek plyne možné užití římské stopy s poměrem D:T:d ≈ 16:5:8 ř.s.
- Analýza modulu: M = 392 mm D:d:C ≈ 12:6:18 M.
- Kvadratura: řídící rozměr odpovídá vnitřnímu průměru lodě, shoda s kánonem nastává u osy apsidy a vnějším průměrem lodě.
- Tlak v základové spáře: 182,0 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 689 t
  - hmotnost kamene: 448 t
  - hmotnost malty: 241 t
  - hmotnost vápna: 80 t



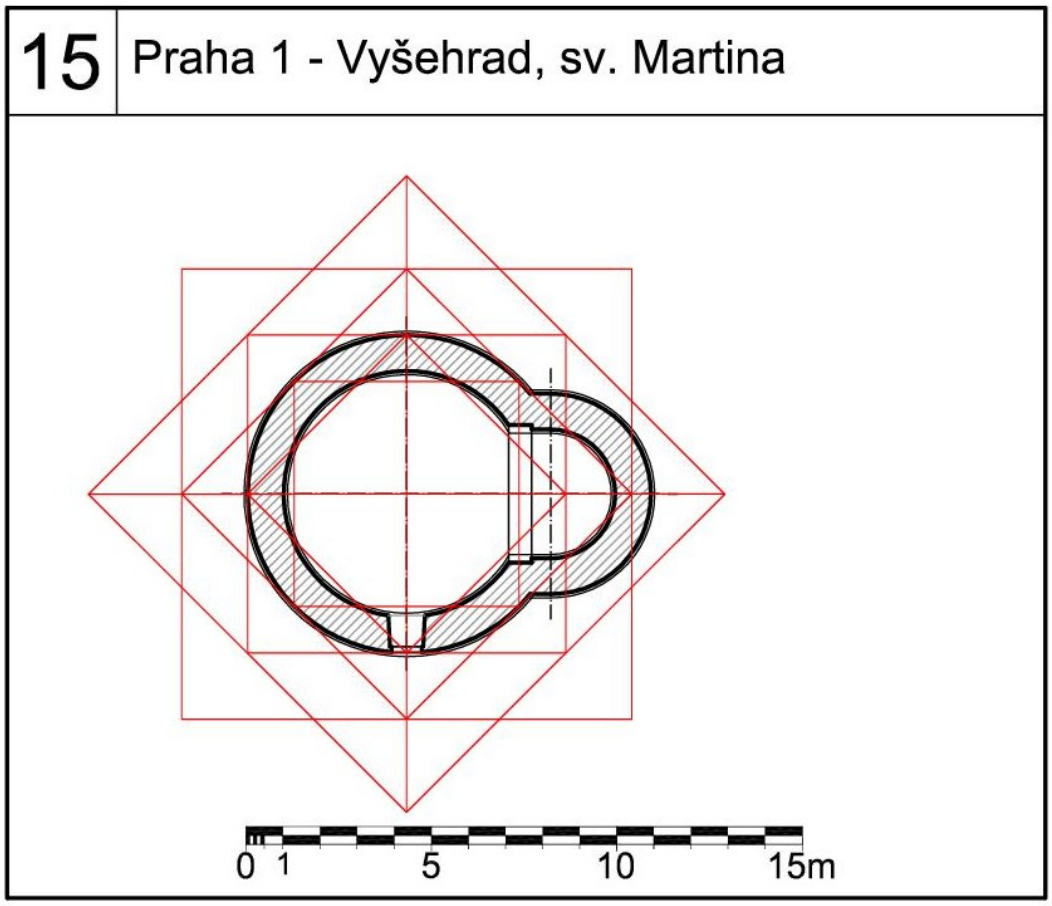
Obr. P 18 – Rotunda sv. Klimenta v Levém Hradci, aplikace kvadratury.

9.2.10 Praha, Vyšehrad, kostel sv. Martina, objekt č. 15

Vznik rotundy je datován do druhé poloviny 11. století, je tak nejstarší dochovanou rotundou na území Prahy. Po roce 1420 byla opuštěná a sloužila k různým účelům, od bydlení po skladiště střelného prachu. V roce 1719 byl starý románský vstup nahrazen novým barokním portálem a byla položena nová dlažba. V roce 1757 byla těžce poškozena pruským bombardováním. Koncem 19. století připadla církvi a byla obnovena. Do vstupu byl zasazen novorománský portál, byla upravena okna lucerny a provedeny nové vitráže. [6]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: z analýzy užití historických jednotek plyne možné užití karolínské stopy s poměrem D:T:C ≈ 20:3:30 k.s.
- Analýza modulu: M = 459 mm D:d:C ≈ 14:7:19 M, pro M = 390 mm D:d:C ≈ 17:9:23 M, pro M = 289,2 mm D:d:C ≈ 23:11:31 M.
- Kvadratura: řídící rozměr odpovídá vnějšímu průměru lodě, shoda s kánonem nastává pouze u tloušťky zdiva lodě.
- Tlak v základové spáře: 188,0 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 688 t
  - hmotnost kamene: 447 t
  - hmotnost malty: 241 t
  - hmotnost vápna: 80 t



Obr. P 19 – Rotunda sv. Martina, Vyšehrad, aplikace kvadratury.



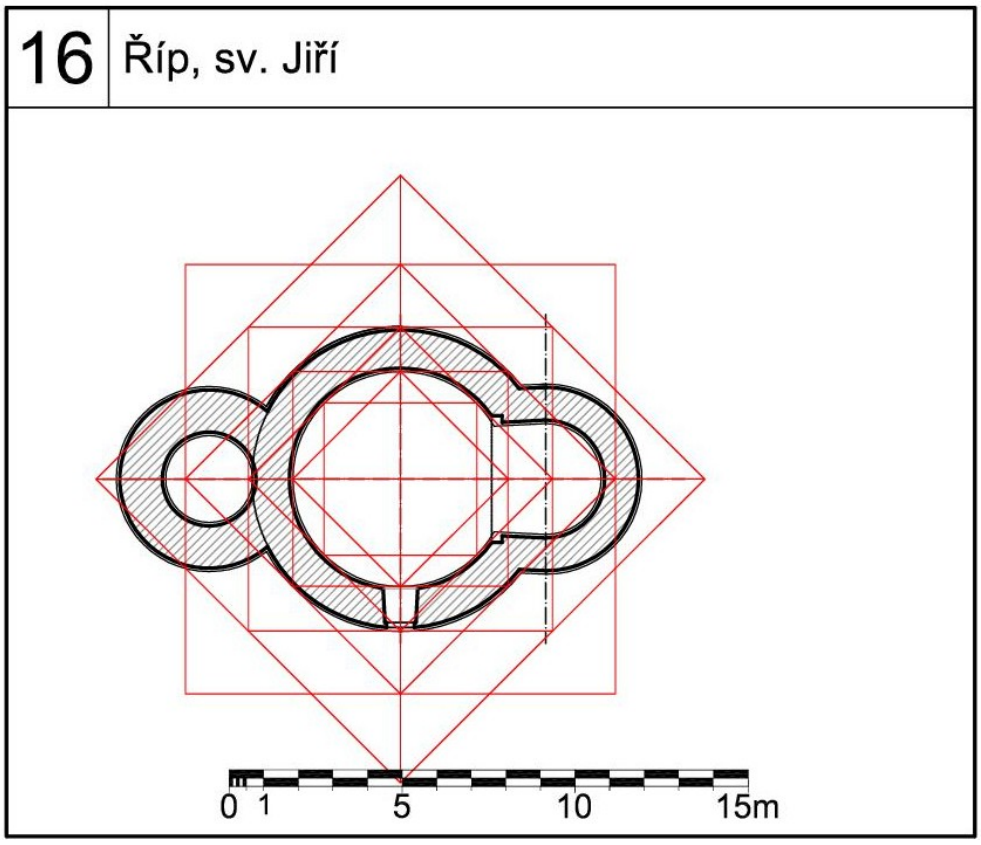
Obr. P 20 – Rotunda sv. Martina, Vyšehrad.

9.2.11 Říp, kostel sv. Jiří, objekt č. 16

Předpokládá se, že původní stavba vznikla kolem roku 1039 a byla bez věže. K jejímu obnovené došlo v roce 1126. Je vyzděna z opukových kvádříků a v současné době je omítnuta. V minulosti prošla mnoha opravami a přestavbami včetně výměny kamenného ostění oken a vchodového portálu. [57]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: z analýzy užití historických jednotek plyne možné užití římské stopy s poměrem D´:d´:C´ ≈ 21:11:30 k.s. a langobardské stopy D:d ≈ 15:8 l.s.
- Analýza modulu: M = 379mm D:d:C ≈ 17:9:24 M, pro M = 305,2 mm D:d:C ≈ 21:11:30 M.
- Kvadratura: řídící rozměr odpovídá vnitřnímu průměru lodě, shoda s kánonem nastává u tloušťky zdiva lodě a téměř se shoduje osa apsidy.
- Tlak v základové spáře: 195,8 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 759 t
  - hmotnost kamene: 493 t
  - hmotnost malty: 266 t
  - hmotnost vápna: 89 t



Obr. P 21 – Rotunda sv. Jiří, Říp, aplikace kvadratury.



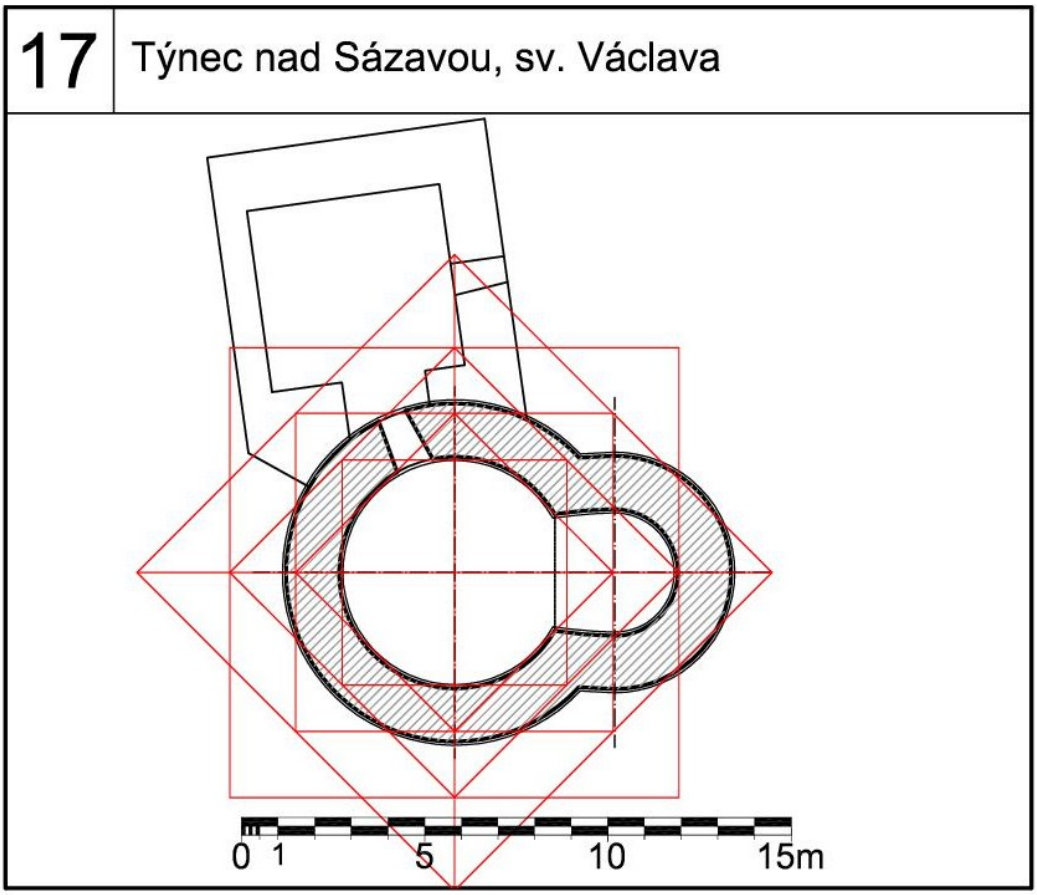
Obr. P 22 – Rotunda sv. Jiří na Řípu.

9.2.12 Týnec nad Sázavou, kostel sv. Václava, objekt č. 17

Rotunda v Týnci nad Sázavou pochází z 11. století a vznikla v první stavební fázi týneckého hradu, jehož je součásti. Je postavena na nejvyšším místě ostrožny z hrubě opracovaných kamenných kvádrů na vápennou maltu. Při druhé stavební fázi, která započala kolem roku 1200, byla k rotundě přistavěna věž a při kolem počátku 14. století byla nastavěna do své nynější podoby. Rotunda je zaklenuta původní kopulí. [6], [58]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: analyzované rozměry objektu neodpovídají užití žádné zkoumané historické délkové míře.
- Analýza modulu: M = 574 mm D:d:C ≈ 11:6:16 M, pro M = 485,4 mm D:d:C ≈ 13:7:19 M, pro M = 287,5 mm D:d:C ≈ 22:12:32 M, pro M = 359,4 mm D´:d´:C´ ≈ 17:9:25 M, pro M = 322 mm D´:d´:C´ ≈ 19:10:28 M.
- Kvadratura: řídící rozměr odpovídá vnitřnímu průměru lodě, shoda s kánonem nastává u tloušťky zdiva lodě, shoduje se osa apsidy a celková délka vnitřního prostoru, z kánonu plyne i průměr apsidy.
- Tlak v základové spáře: 213,2 kPa.
- Hmotnost: (hmotnosti jsou vztaženy k původní podobě rotundy)
  - hmotnost stavby: 1139 t
  - hmotnost kamene: 740 t
  - hmotnost malty: 398 t
  - hmotnost vápna: 133 t



Obr. P 23 – Rotunda sv. Václava, Týnec nad Sázavou, aplikace kvadratury na půdorys objektu.



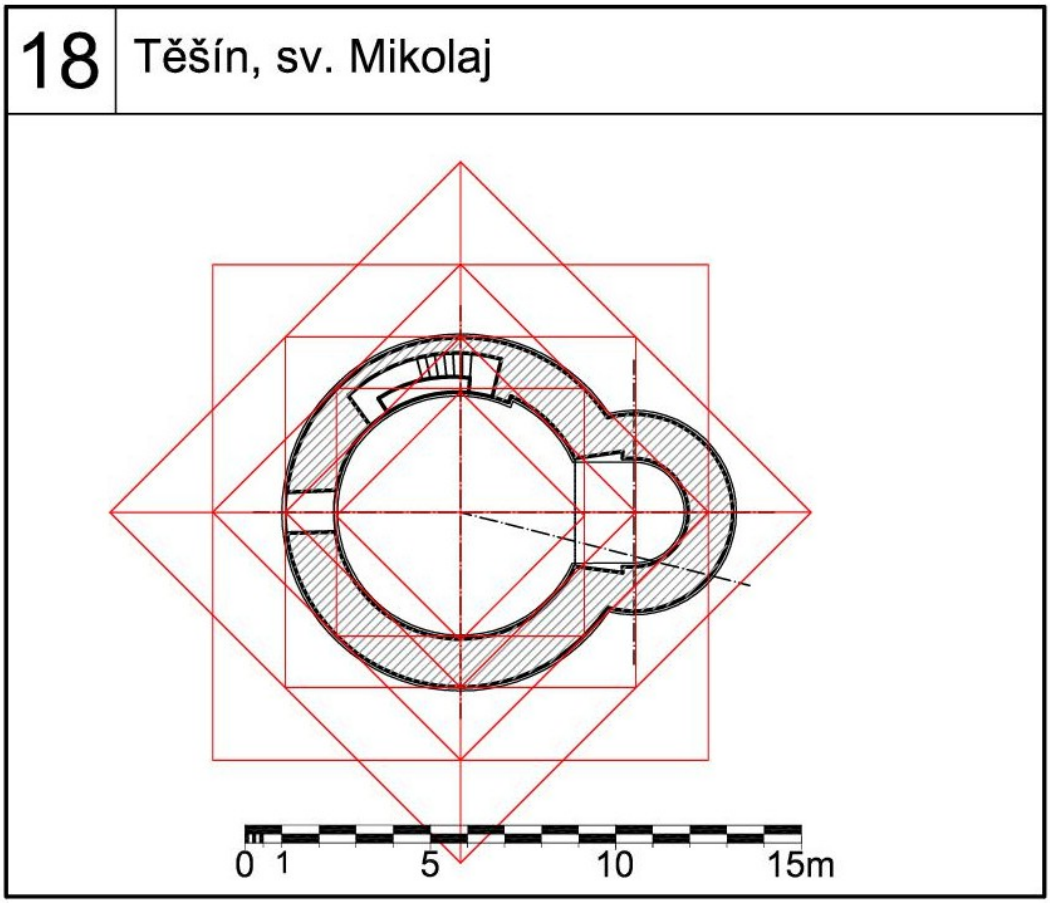
Obr. P 24 – Rotunda sv. Václava, Týnec nad Sázavou.

9.2.13 Těšín, sv. Mikolaj, objekt č. 18

Rotunda se nachází na území Polska, její vznik je datován do první poloviny 11. století. Vznikla na hradním vršku a celá staletí byl hradní kaplí. Rotunda se zachovala až do poloviny 19. století, kdy byla klasicistně přestavěna a dostala nová okna a bylo změněno členění fasády a tím zcela ztratila románský ráz. Kolem roku 1955, kdy Těšín již spadal pod Polsko, začaly konzervátorské práce a románský vzhled byl obnoven.

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: výsledky analýzy ukazují na použití římské stopy s poměry konstrukcí D:d:t ≈ 23:10:4 ř.s. případně použití karolínské stopy D´:d´:C´≈ 20:8:28 k.s.
- Analýza modulu: M = 442 mm D´:d´:C´ ≈ 15:6:21 M, pro M = 321 mm D´:d´:C´ ≈ 20:8:28 M, pro M = 301 mm D´:d´:C´ ≈ 22:9:31 M, pro M = 243 mm D:d:C ≈ 28:12:39 M.
- Kvadratura: viz Obr. P 25, řídící rozměr odpovídá vnitřnímu průměru lodě, případně vnějšímu průměru lodě, shoda s kánonem nastává u tloušťky zdiva lodě, shoduje se osa apsidy a celková délka vnitřního prostoru.
- Tlak v základové spáře: 206,3 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 987 t
  - hmotnost kamene: 642 t
  - hmotnost malty: 354 t
  - hmotnost vápna: 115 t



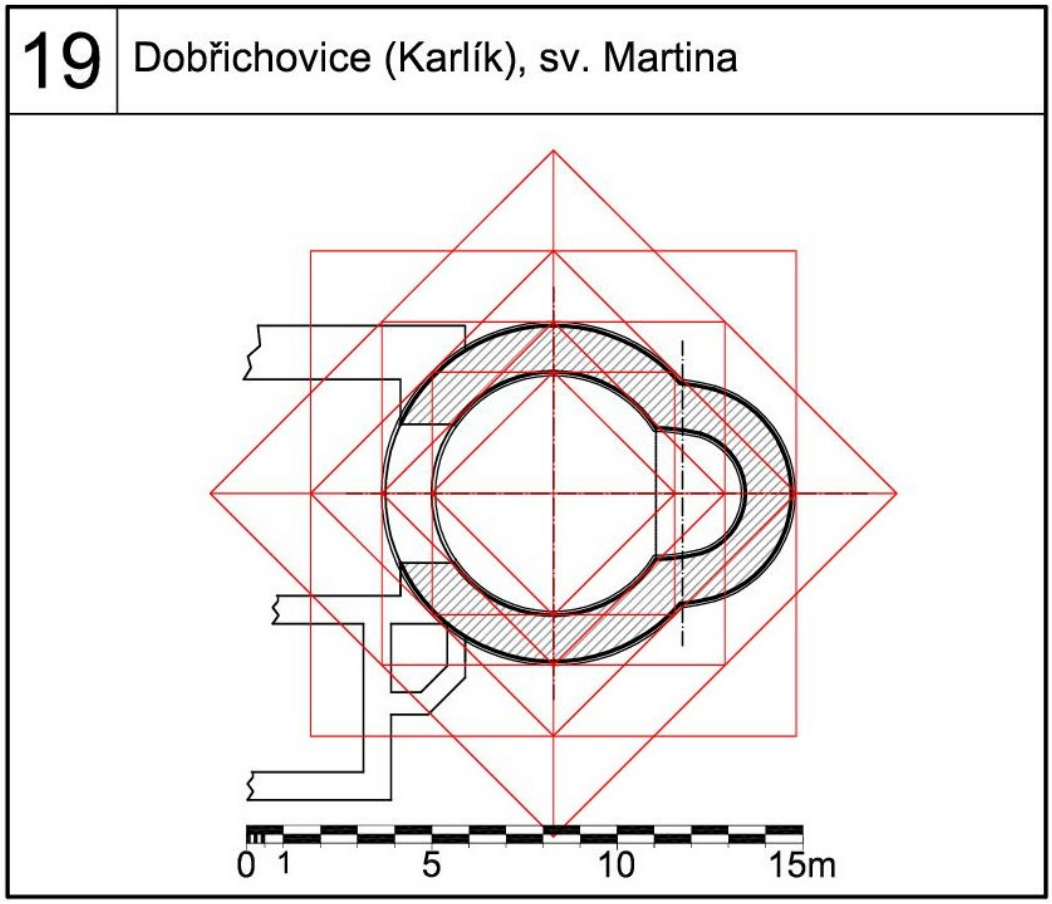
Obr. P 25 – Rotunda sv. Mikolaj, Těšín, aplikace kvadratury.

9.2.14 Dobřichovice – Karlík, kostel sv. Martina, objekt č. 19

Datování vzniku této rotundy je položeno do 12. století, v polovině 18. století byla k rotundě dostavěna na jižní straně barokní věž, později přibyla barokní loď. Začátkem 19. století proběhla větší oprava. V průběhu stavebních úprav byly některé románské prvky nahrazeny novými, byl změněn původní vchod, nahrazena či změněna okna, úpravou prošla i lucerna. Poslední opravy proběhly v 70. letech 20. století. [59]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: výsledky analýzy neprokázaly užití žádné ze sledovaných historických jednotek.
- Analýza modulu: M = 318 mm D´:d´:C´ ≈ 20:10:26 M, M = 264,2 mm D´:d´:C´ ≈ 24:12:31 M
- Kvadratura: viz Obr. P 26, řídící rozměr odpovídá vnějšímu průměru lodě, shoda s kánonem nastává u tloušťky zdiva lodě, a u vnější délky kostela, osa apsidy je mírně posunuta.
- Tlak v základové spáře: 191,8 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 892 t
  - hmotnost kamene: 580 t
  - hmotnost malty: 312 t
  - hmotnost vápna: 104 t



Obr. P 26 – Rotunda sv. Martina v Dobřichovicích, aplikace kvadratury.



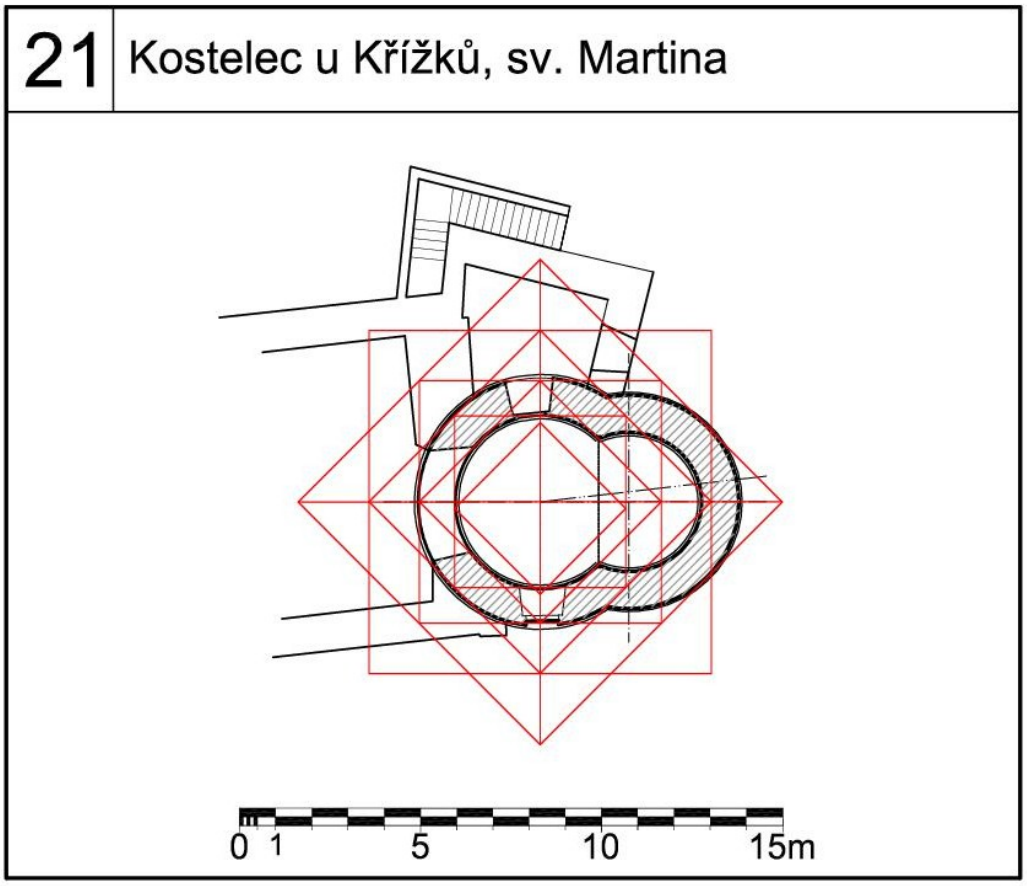
Obr. P 27 - Rotunda sv. Martina v Dobřichovicích.

9.2.15 Kostelec u Křížků, kostel sv. Martina, objekt č. 21

Objekt je datován do počátku 12. století, ale například přední historik Antonín Podlaha ji klade už do století 10. Rotundu zdobí malby z 12. a 13. století, které byly objeveny při opravách roku 1942. K původní rotundě byla na severní straně přistavěna věž. Při dalších stavebních úpravách byla loď rotundy na západní straně proražena a z důvodu zvětšení kapacity přistavěna loď. Při stavebních úpravách byl zazděn původní románský vchod, jehož portál je na fasádě parný a změněna původní románská okna. Rotunda si zachovala původní kopuli, která nese lucernu. [60]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: výsledky analýzy ukázaly možné užití karolínské stopy v poměru D´:C´≈14:20 k.s a langobardské stopy v poměru D´:d´ ≈ 11:9 l.s.
- Analýza modulu: M = 402 mm D:d:C ≈ 12:10:17 M, pro M = 285,9 mm D:d:C ≈ 17:14:24 M, pro M = 274,1 mm D´:d´:C´ ≈ 17:14:24 M a pro M = 222 mm D´:d´:C´ ≈ 21:17:30 M.
- Kvadratura: viz Obr. P 28, řídící rozměr odpovídá vnějšímu průměru lodě, shoda s kánonem nastává u tloušťky zdiva lodě, a u vnější délky kostela, osa apsidy je nepatrně posunuta.
- Tlak v základové spáře: 180,6 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 716 t
  - hmotnost kamene: 465 t
  - hmotnost malty: 250 t
  - hmotnost vápna: 83 t



Obr. P 28 – Rotunda sv. Martina, Kostelec u Křížků, aplikace kvadratury na půdorys objektu.



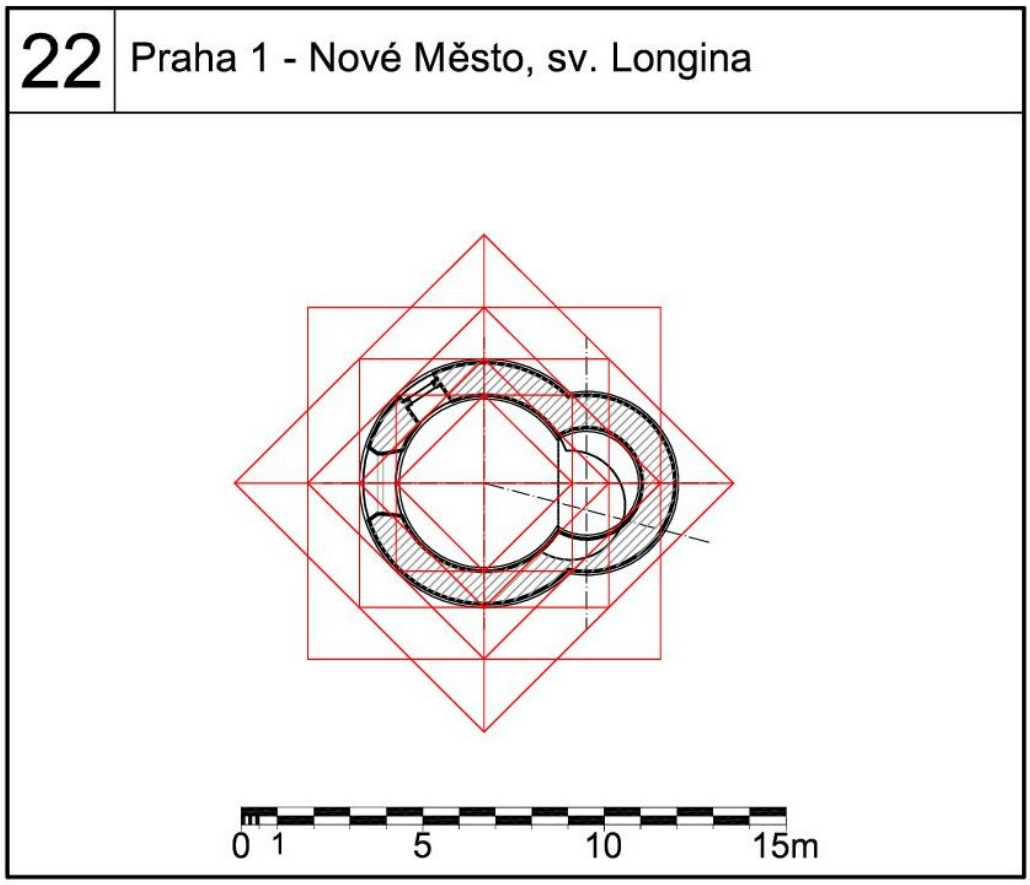
Obr. P 29 – Rotunda sv. Martina, Kostelec u Křížků.

9.2.16 Praha, kostel sv. Longina, objekt č. 22

Vznik rotundy je datován do počátku 12. století, kdy sloužila jako farní kostel osady Rybníček. Rotunda, původně zasvěcena sv. Štěpánovi byla ve 14. století přesvěcena. Koncem 18. století byla zrušena její funkce pro bohoslužebné účely a v 19. století měla být dokonce zbourána. Důkladná oprava proběhla v letech 1929-1934. Podle K. Gutha, [29], by pod současnou krytinou měla být zachována původní střešní krytina z opukových desek. Původní kopule nese lucernu. Při přestavbách byl zazděn původní románský vchod a proražen nový. Také došlo k přestavbě apsidy, aby z původní orientace, kdy byla pootočena mírně k severu, směřovala přímo na východ. Objekt je vystavěn z pískovcových a opukových kvádříků na vápennou maltu. [6]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: výsledky analýzy ukázaly možné užití karolínské stopy v poměru D´:C´≈14:20 k.s.
- Analýza modulu: M = 307 mm D:d:C ≈ 16:10:22 M, pro M = 260,9 mm D´:d´:C´ ≈ 18:11:25 M.
- Kvadratura: viz Obr. P 30, řídící rozměr odpovídá vnějšímu průměru lodě, případně vnitřnímu rozměru lodě. Užití kvadratury odpovídá pouze tloušťka zdiva lodě.
- Tlak v základové spáře: 188,7 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 516 t
  - hmotnost kamene: 335 t
  - hmotnost malty: 181 t
  - hmotnost vápna: 60 t



Obr. P 30 – Rotunda sv. Longina, Praha, aplikace kvadratury.



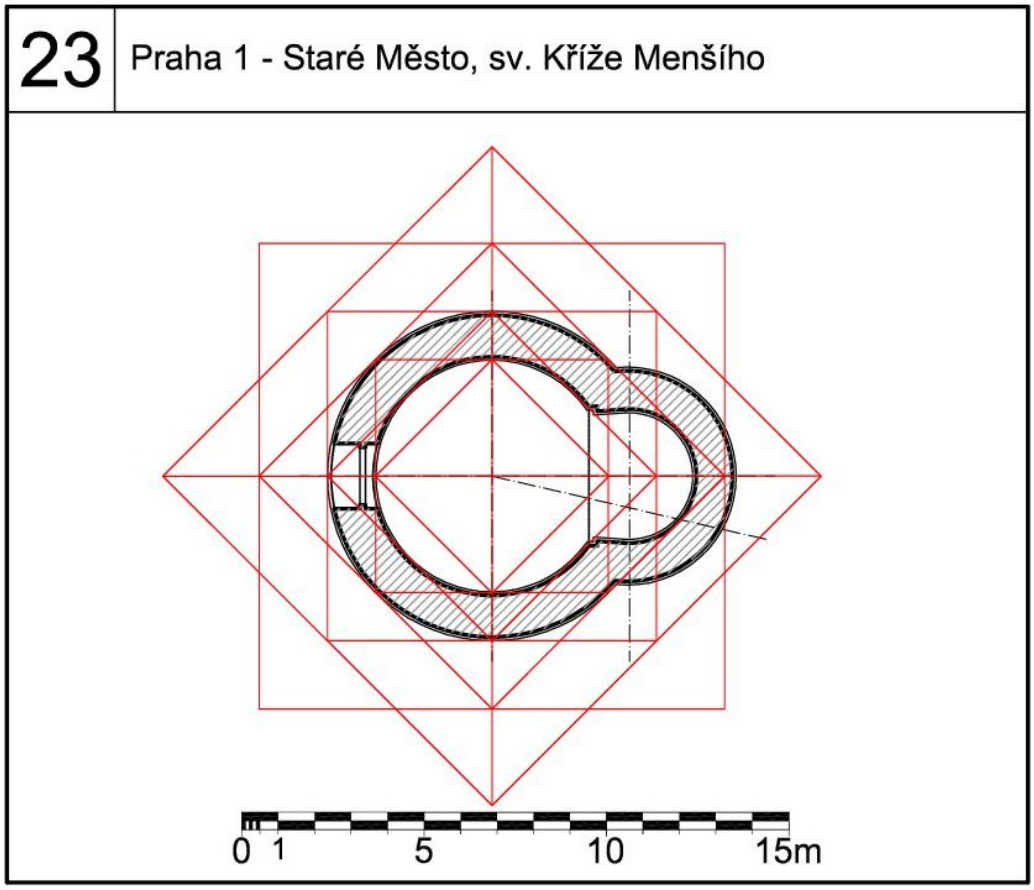
Obr. P 31 – Rotunda sv. Longina, Praha.

9.2.17 Praha, kostel sv. Kříže Menšího, objekt č. 23

Rotunda je datovaná do 12. století, někteří odborníci ji datují už do konce 11. století. Je postavena z poměrně pravidelných opukových kvádříků na vápennou maltu. Původní kopule, zastropující loď kostela, nese lucernu se sdruženými románskými okny. Při stavebních úpravách v druhé polovině 19. století byla v lodi i apsidě proražena nová okna a upravena vnější fasáda. [29], [6]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: výsledky analýzy ukázaly možné užití římské stopy v poměru D:T:d:C ≈ 22:4:12:30 ř.s., případně karolínské stopy v poměru D′:T′:t′:C′ ≈ 19:4:4:26 k.s.
- Analýza modulu: M = 578 mm D′:d′:C′ ≈ 11:6:15 M, pro M = 466,4 mm D:d:C ≈ 14:8:19 M, pro M = 289,2 mm D:d:C ≈ 22:12:30 M.
- Kvadratura: viz Obr. P 32, řídící rozměr odpovídá vnějšímu průměru lodě, případně vnitřnímu průměru lodě. Užití kvadratury odpovídá pouze tloušťka zdiva lodě. Poměru vycházejícímu z kvadratury se také blíží vnější délka rotundy.
- Tlak v základové spáře: 184,7 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 770 t
  - hmotnost kamene: 501 t
  - hmotnost malty: 270 t
  - hmotnost vápna: 90 t



Obr. P 32 – Rotunda sv. Kříže Menšího, Praha, aplikace kvadratury.



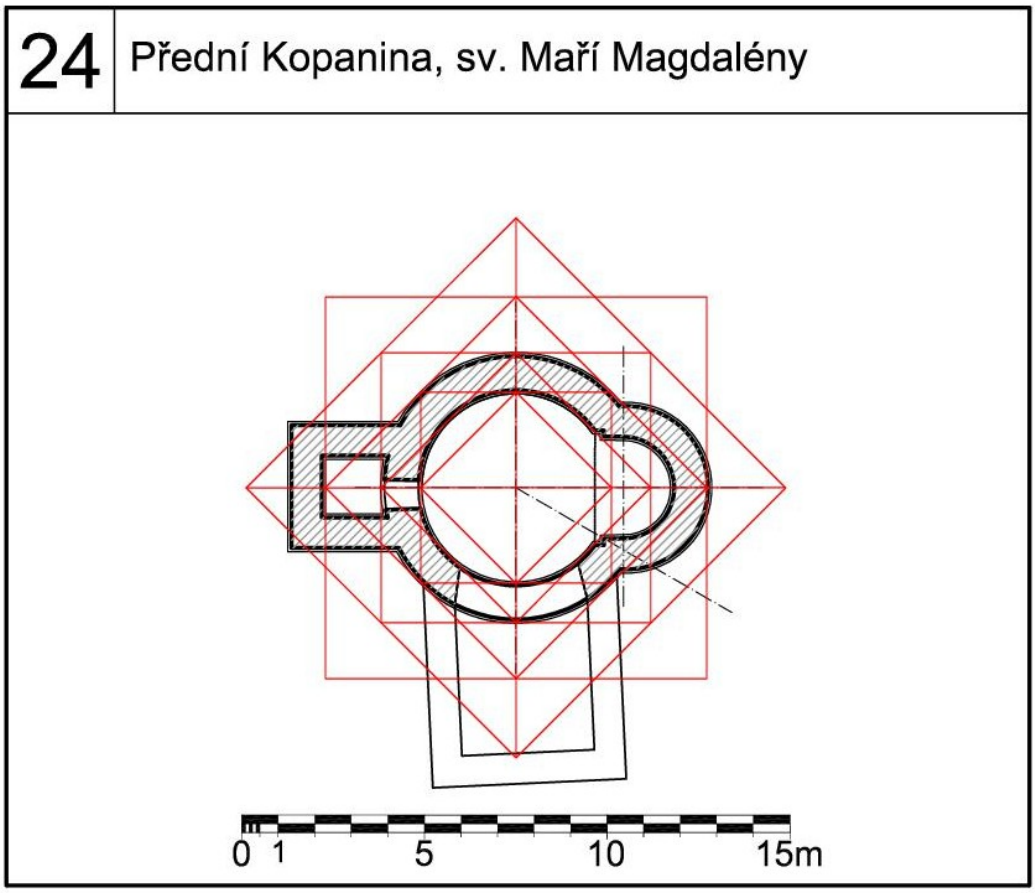
Obr. P 33 – Rotunda sv. Kříže Menšího, Praha.

9.2.18 Přední Kopanina, kostel sv. Máří Magdaleny, objekt č. 24

Vznik objektu je kladen do první poloviny 12. století. Výzkum, prováděný v roce 1983 doložil, že rozvržení kostela je původní. Nicméně současná podoba je výsledkem oprav z let 1852-1858. Kopule, která se roku 1779 zřítila, byla nahrazena dřevěnou konstrukcí, provedenou místo kamenné klenby, byly provedeny nové okenní otvory a věž byla zvýšena. Za původní románská okna jsou považovány pouze dvě, jedno se nachází v přízemí na západní straně věže a druhé je na jihovýchodní straně apsidy. Rotunda je vyzděna z opukových kvádříků, těžených pravděpodobně z nedalekého lomu. [6], [29]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: výsledky analýzy ukázaly možné užití římské stopy v poměru D:C ≈ 16:21 ř.s., případně langobardské stopy v poměru D´:d´ ≈ 12:6 l.s.
- Analýza modulu: M = 323 mm D´:d´:C´ ≈ 16:8:21 M.
- Kvadratura: viz Obr. P 34, řídící rozměr odpovídá vnějšímu průměru lodě, případně vnitřnímu průměru lodě. Užití kvadratury odpovídá tloušťka zdiva lodě, vnější rozměr apsidy a vnitřní rozměr věže.
- Tlak v základové spáře: 219,0 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 645 t
  - hmotnost kamene: 419 t
  - hmotnost malty: 226 t
  - hmotnost vápna: 75 t



Obr. P 34 – Rotunda sv. Máří Magdaleny, aplikace kvadratury.



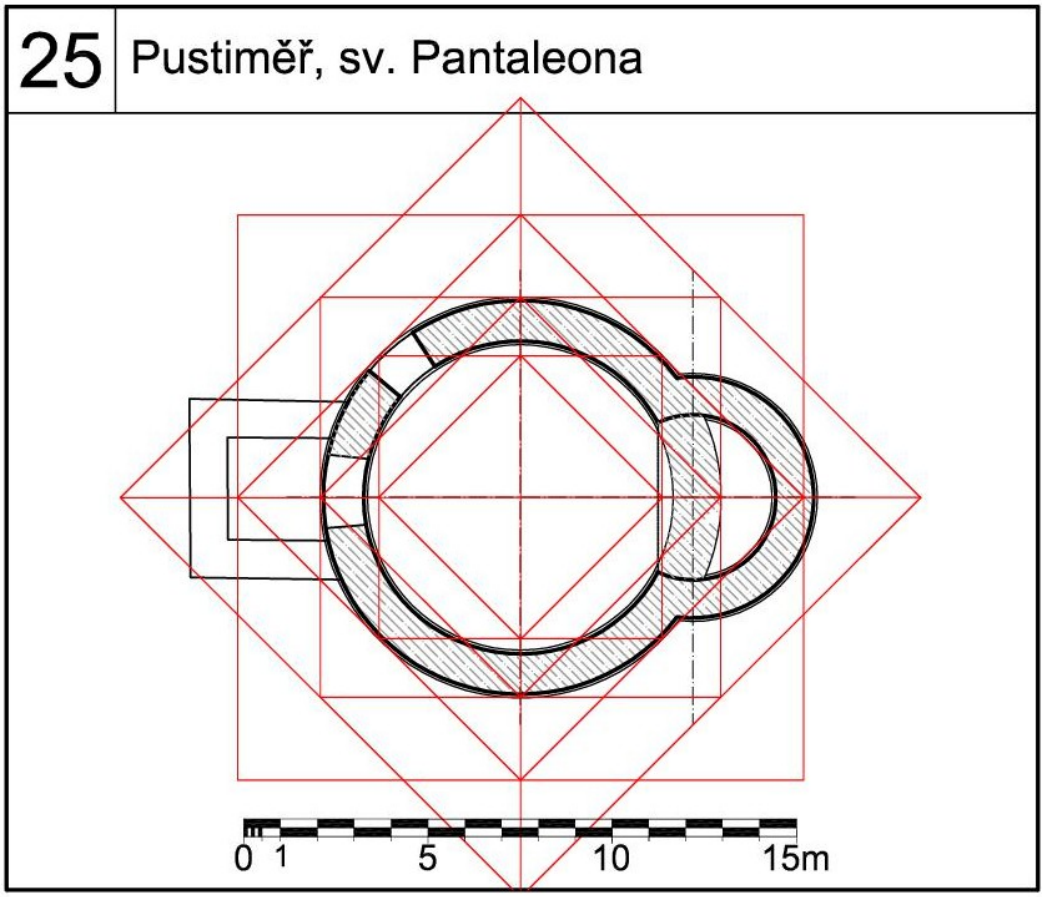
Obr. P 35 – Rotunda sv. Máří Magdaleny, Přední Kopanina.

9.2.19 Pustiměř, kostel sv. Pantaleona, objekt č. 25

Pravděpodobný vznik rotundy je některými odborníky datován až do druhé poloviny10. století, podle nálezu šesti hrobů v okolí, ale první písemná zmínka je z roku 1231. Většina historiků se však shoduje na založení kolem roku 1130. Zjištěná hloubka založení se pohybuje kolem 60 cm. [61] Pustiměřská rotunda je druhá největší na našem území. Je vyzděna z lomového kamene na vápennou maltu a dochovala se část nadzemního zdiva na severní straně lodě a napojení na apsidu. Zbytek objektu se zachoval pouze v základovém zdivu s několika řádky nadzemního zdiva výšky cca 300 mm.

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: výsledky analýzy ukázaly možné užití římské stopy v poměru D´:t´:C´ ≈ 28:4:37 ř.s., případně karolínské stopy v poměru D´:T´:d´:C´ ≈ 25:4:13:33 k.s.
- Analýza modulu: M = 449 mm D:d:C ≈ 19:10:25 M.
- Kvadratura: viz Obr. P 36, řídící rozměr odpovídá vnějšímu průměru lodě a jediným rozměrem, který odpovídá kánonu kvadratury je tloušťka stěny lodě.
- Tlak v základové spáře: 214,8kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 1081t
  - hmotnost kamene: 703t
  - hmotnost malty: 378t
  - hmotnost vápna: 126t



Obr. P 36 – Rotunda sv. Pantaleona, Pustiměř, aplikace kvadratury.



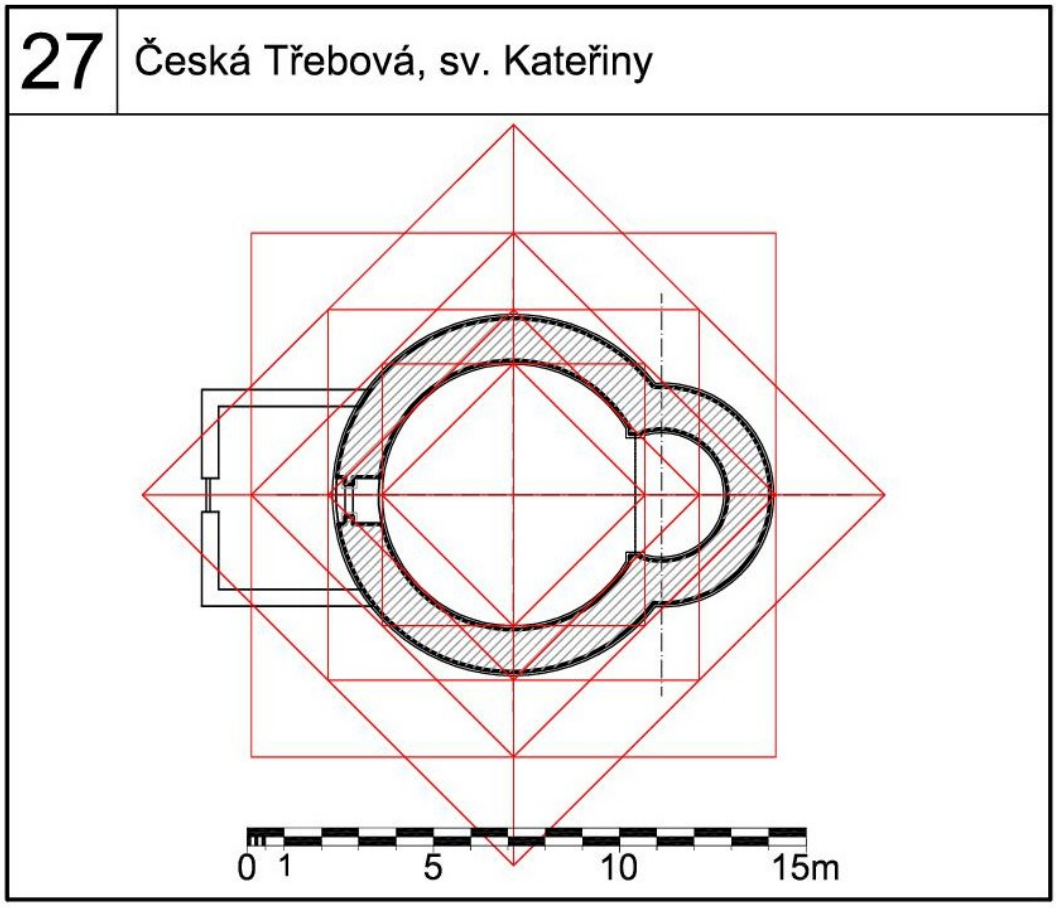
Obr. P 37 – Rotunda sv. Pantaleona, Pustiměř.

9.2.20 Česká Třebová, kostel sv. Kateřiny, objekt č. 27

O historii této rotundy toho není moc známo. Její vznik je kladen do 13. století, ale první písemná zmínka je z roku 1335. Objekt byl během staletí mnohokrát opravován. Žebrová gotická klenba apsidy pochází ze 14. století. Jedny ze stavebních úprav proběhly v roce 1764, kdy kostel přišel o svá původní okna, a byla proražena okna současná. Nějakou dobu, sloužila jako hřbitovní kaple. Po roce 1905, kdy byl zřízen nový hřbitov na jiném místě, se stala nepotřebnou a začala chátrat. V roce 1916 byla pro špatný stav uzavřena, ale již v roce 1920 začaly první opravy. V současnosti je rotunda plochostropá a o jejím původním možném zaklenutí nejsou žádné informace. [6], [62]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: výsledky analýzy ukázaly možné užití karolínské stopy v poměru D´:T´:d´:C´ ≈ 21:4:10:31 k.s.
- Analýza modulu: M = 418 mm D:d:C ≈ 17:8:22 M.
- Kvadratura: viz obr. P 38, řídící rozměr odpovídá vnějšímu průměru lodě a jediným rozměrem, který odpovídá kánonu kvadratury je tloušťka stěny lodě.
- Tlak v základové spáře: 214,8 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 1081 t
  - hmotnost kamene: 703 t
  - hmotnost malty: 378 t
  - hmotnost vápna: 126 t



Obr. P 38 – Rotunda sv. Kateřiny, Česká Třebová,aplikace kvadratury.



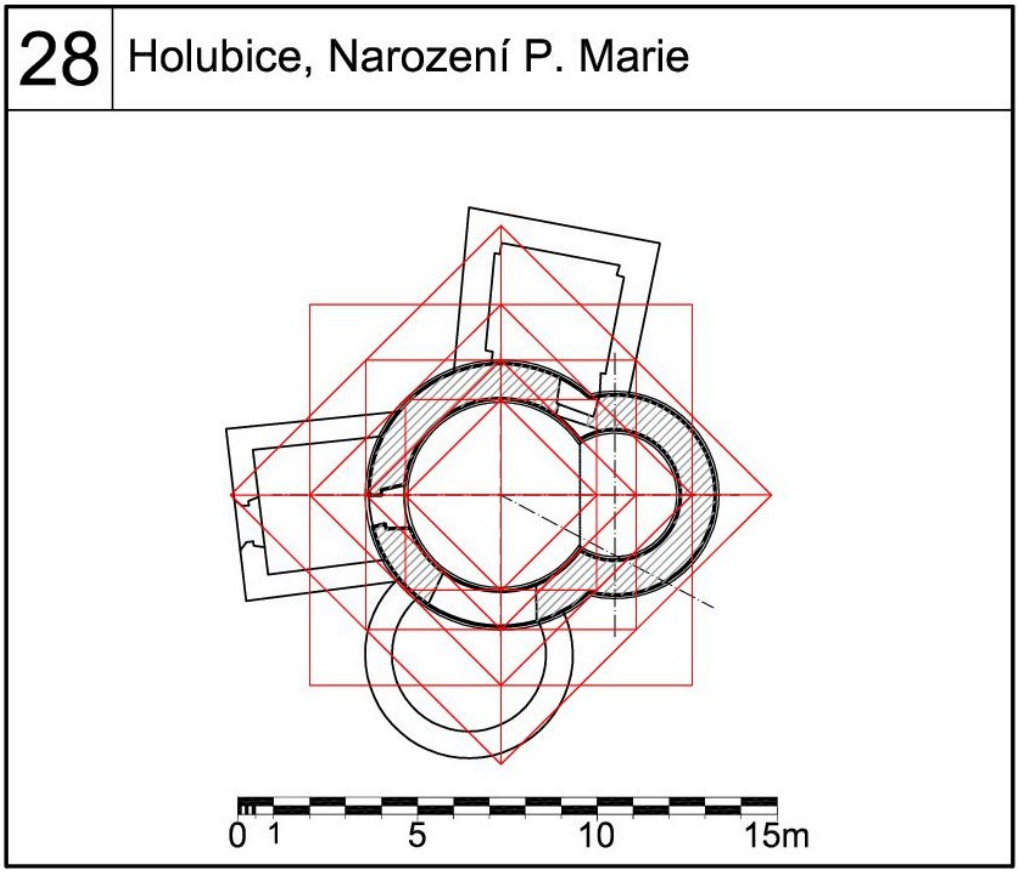
Obr. P 39 – Rotunda sv. Kateřiny, Česká Třebová.

9.2.21 Holubice, kostel Narození Panny Marie, objekt č. 28

První zmínka o vsi Holubice pochází z roku 1204, názor na založení kostela se pohybuje od konce 12. století do poloviny 13. století. K původní jednoapsidové rotundě byla záhy přistavěna druhá apsida a následně, ve 14. století i věž na čtvercovém půdorysu. Nejmladší přístavbou je barokní sakristie, nacházející se na severní straně rotundy. Do současné doby se zachovalo pouze jedno románské okno na levé straně, Apsida je osvětlena třemi gotickými okny. Rotunda je vyzděna z opukového kvádříkového zdiva. Loď je zaklenuta kopulí, která nese lucernu se čtyřmi zdvojenými románskými okny. [6], [63]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: výsledky analýzy ukázaly možné užití karolínské stopy v poměru D:T:d:C ≈ 16:3:11:23 k.s. a pro základové zdivo možné užití langobardské stopy D´:d´ ≈ 12:8 l.s.
- Analýza modulu: M = 576 mm D´:d´:C´ ≈ 9:6:13 M.
- Kvadratura: viz obr. P 40, řídící rozměr odpovídá vnějšímu průměru lodě, případně vnitřní průměr lodě a jediným rozměrem, který odpovídá kánonu kvadratury je tloušťka stěny lodě.
- Tlak v základové spáře: 181,7 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 592 t
  - hmotnost kamene: 385 t
  - hmotnost malty: 207 t
  - hmotnost vápna: 69 t



Obr. P 40 – Rotunda Narození P. Marie, Holubice, aplikace kvadratury na půdorys objektu.



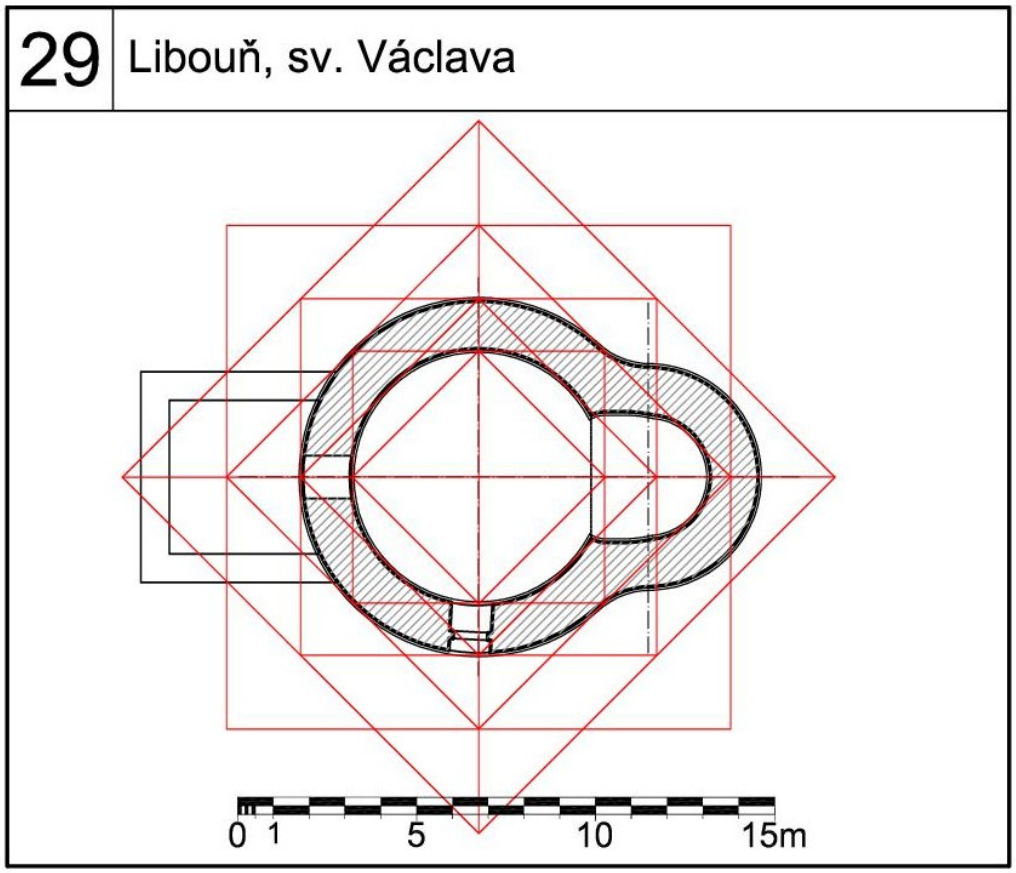
Obr. P 41 – Rotunda Narození P. Marie, Holubice.

9.2.22 Libouň, kostel sv. Václava, objekt č. 29

Vznik rotundy je datován do konce 12. století, původně měl objekt kruhovou věž, která byla později nahrazena věží na čtvercovém půdorysu. V letech 1907-1908 proběhla na objektu rozsáhlá oprava. Loď je plochostropá, apsida je zaklenuta valenou klenbou. Zdivo z lomového kamene na vápennou maltu je v současné době omítnuto zevnitř i vně. Vnitřní stěny zdobí nástěnné malby, které byly v posledních letech restaurovány. [6], [59]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: výsledky analýzy ukázaly možné užití karolínské stopy v poměru D´:d´ ≈ 21:10 k.s.
- Analýza modulu: M = 467 mm D´:d´:C´ ≈ 15:7:21 M, pro M = 408,8 mm D´:d´:C´ ≈ 17:8:24 M, pro M = 363,3 mm D´:d´:C´ ≈ 19:9:27 M, pro M = 289,2 mm D:d:C ≈ 25:12:35 M, pro M = 266 mm D:d:C ≈ 27:13:38 M.
- Kvadratura: viz Obr. P 42, řídící rozměr odpovídá vnějšímu průměru lodě, případně vnitřnímu rozměru lodě a jediným rozměrem, který odpovídá kánonu kvadratury je tloušťka stěny lodě. Osa apsidy je od poměru kvadratury posunuta o cca 200 mm.
- Tlak v základové spáře: 150,0 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 785 t
  - hmotnost kamene: 511 t
  - hmotnost malty: 275 t
  - hmotnost vápna: 92 t



Obr. P 42 – Rotunda sv. Václava, Libouň, aplikace kvadratury.



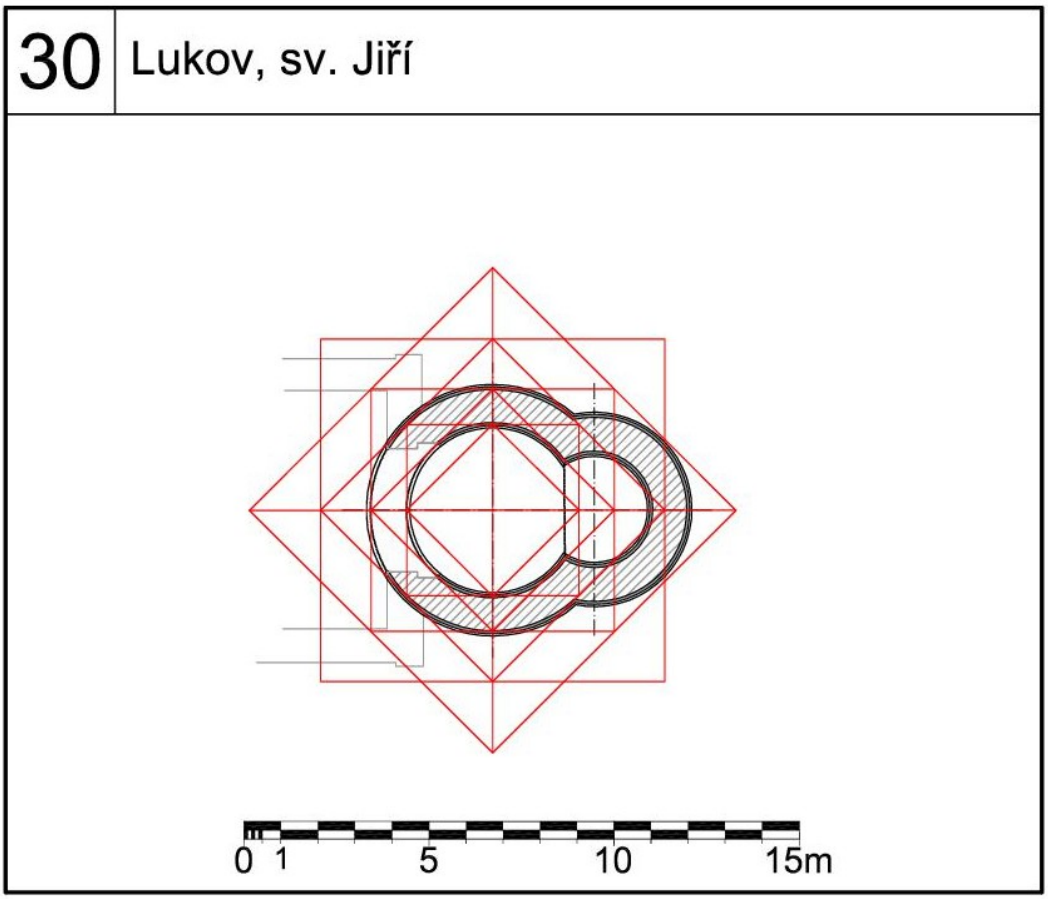
Obr. P 43 – Rotunda sv. Václava, Libouň.

9.2.23 Lukov, kostel sv. Jiří, objekt č. 30

Původní objekt rotundy, který je datován do 13. století, byl v 18. století rozšířen o přístavbu podélné lodě a průčelní věže. Původní rotunda, která v současné době souží jako kněžiště je plochostropá. Zdivo rotundy je v současné době omítnuto a je vyzděno z opukových kvádříků. V apsidě je dochované původní románské okno. Původní vchod je patrný na severní straně lodi rotundy. [29], [6]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: výsledky analýzy ukázaly možné užití karolínské stopy v poměru D:T:C ≈ 14:3:20 k.s., pro základové zdivo v poměru D´:T´:C´ ≈ 14:3:20 k.s
- Analýza modulu: M = 513,3 mm D:d:C ≈ 9:6:13 M, pro M = 389,2 mm D:d:C ≈ 12:8:17 M, pro M = 320 mm D´:d´:C´ ≈ 14:9:20 M.
- Kvadratura: viz Obr. P 44, řídící rozměr odpovídá vnějšímu průměru lodě, případně vnitřnímu rozměru lodě a jediným rozměrem, který odpovídá kánonu kvadratury je tloušťka stěny lodě. Blízký je obrazci kvadratury vnější průměr apsidy.
- Tlak v základové spáře: 178,1 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 515 t
  - hmotnost kamene: 335 t
  - hmotnost malty: 180 t
  - hmotnost vápna: 60 t



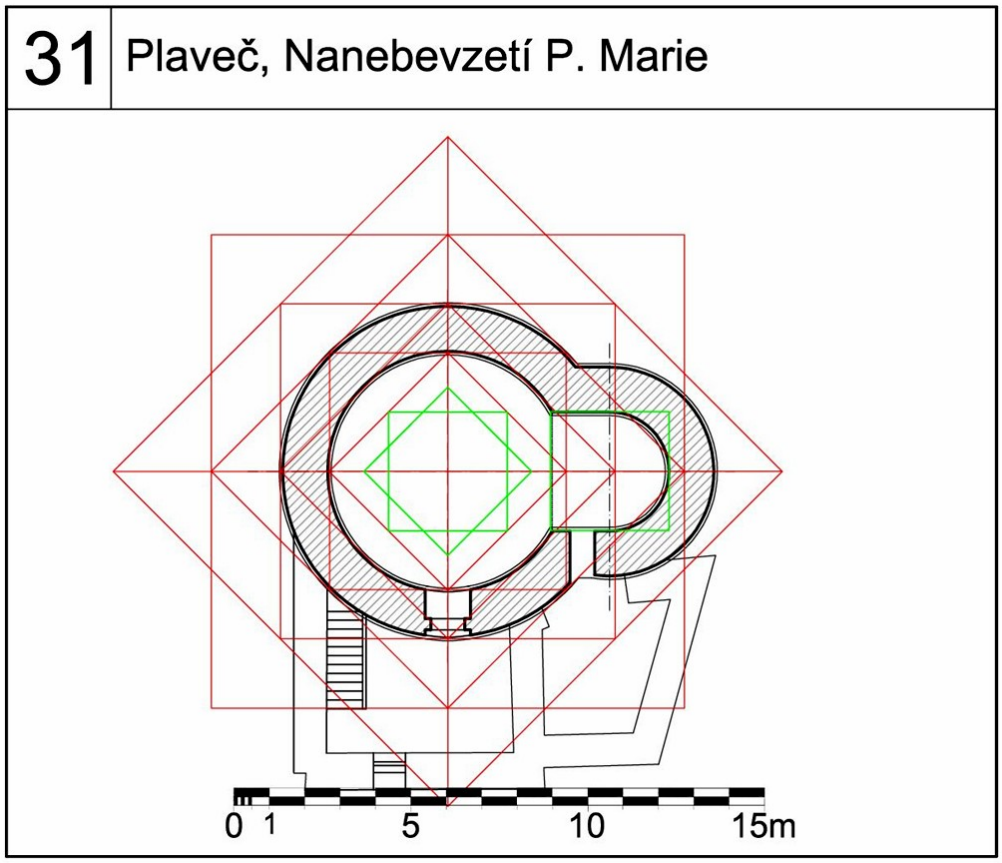
Obr. P 44 – Rotunda sv. Jiří, Lukov, aplikace kvadratury.

9.2.24 Plaveč, kostel Nanebevzetí P. Marie, objekt č. 31

Plavečská rotunda je datována do 13. století dle první zmínky o její existenci, ale někteří odborníci soudí, že mohla být založena už koncem 12. století. V polovině 15. století proběhla přestavba a byly provedeny některé přístavby. Původní románská okna se nedochovala Rotunda je vyzděna z lomového kamene na vápennou maltu. Loď je zaklenuta kopulí a nese lucernu. [14]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: výsledky neprokázal použití žádné ze zkoumaných historických délkových jednotek.
- Analýza modulu: M = 420 mm D:d:C ≈ 16:8:23 M, pro M = 373,3 mm D:d:C ≈ 18:9:26 M, pro M = 327 mm D:d:C ≈ 21:10:30 M, pro M = 282,9 mm D:d:C ≈ 24:12:34 M, pro M = 287,3 mm D′:d′:C′ ≈ 23:11:33 M, pro M = 263,3 mm D′:d′:C′ ≈ 25:12:36 M.
- Kvadratura: viz Obr. P 45, řídící rozměr odpovídá vnějšímu průměru lodě, případně vnitřnímu rozměru lodě, rozměrem, který odpovídá kánonu kvadratury je tloušťka stěny lodě a výrazná shoda je u rozměru apsidy.
- Tlak v základové spáře: 178,1 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 515 t
  - hmotnost kamene: 335 t
  - hmotnost malty: 180 t
  - hmotnost vápna: 60 t



Obr. P 45 – Rotunda Nanebevzetí P. Marie, Plaveč, aplikace kvadratury.



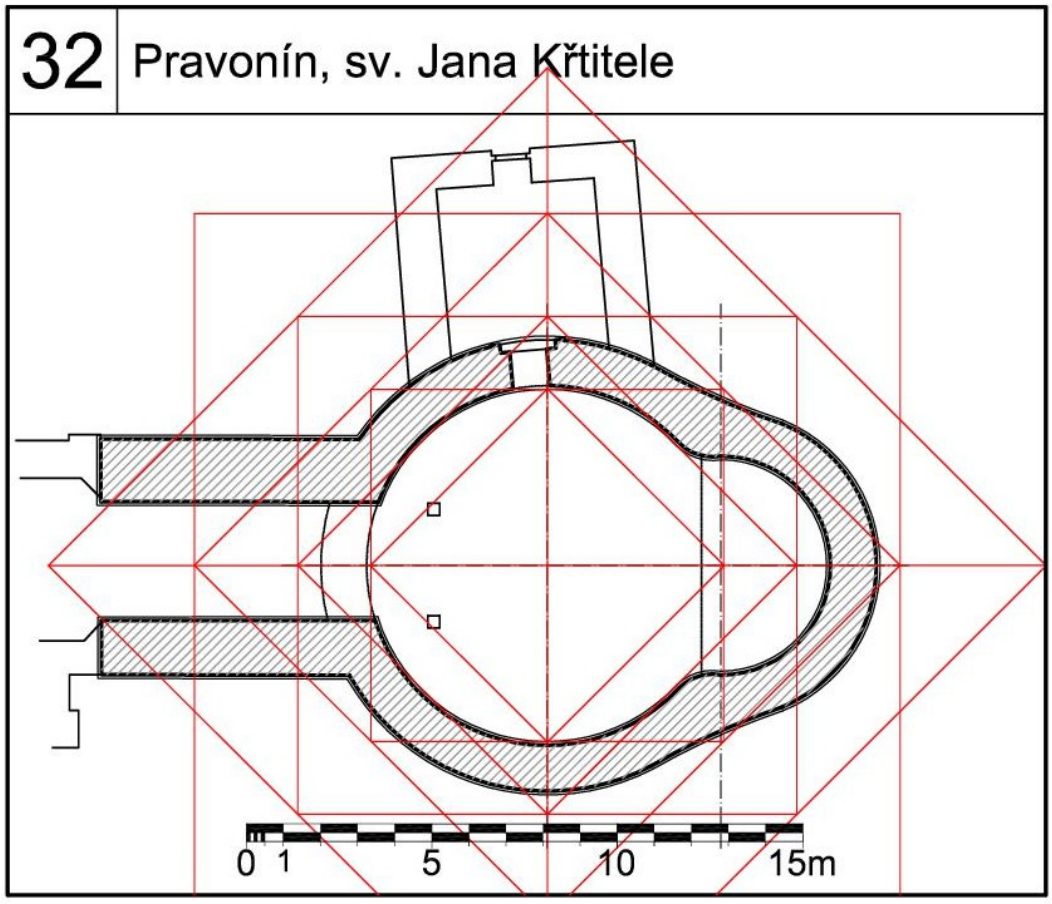
Obr. P 46 – Rotunda Nanebevzetí P. Marie, Plaveč.

9.2.25 Pravonín, kostel sv. Jana Křtitele, objekt č. 32

Vznik rotundy je datován na přelom 12. a 13. století, významná oprava proběhla kolem roku 1578. Kdy byla dozděna apsida do výšky lodě, a celý kostel byl zastřešen jednou střechou. Další větší stavební zásah proběhl počátkem 18. století, kdy byl proražen otvor na západní straně lodě a přistavěna podélná loď. [29], [6]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: výsledky analýzy prokázaly možné užití římské stopy v poměru D:T:d ≈ 33:4:20 ř.s.
- Analýza modulu: M = 476 mm D´:d´:C´ ≈ 20:12:26 M, pro M = 317,3 mm D´:d´:C´ ≈ 30:18:39 M, pro M = 347,1 mm D:d:C ≈ 28:17:36 M.
- Kvadratura: viz Obr. P 47, u tohoto objektu nebyl nalezen kánon odpovídající kvadratuře.
- Tlak v základové spáře: 147,4 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 956 t
  - hmotnost kamene: 621 t
  - hmotnost malty: 335 t
  - hmotnost vápna: 112 t



Obr. P 47 – Rotunda sv. Jana Křtitele, Pravonín, aplikace kvadratury.



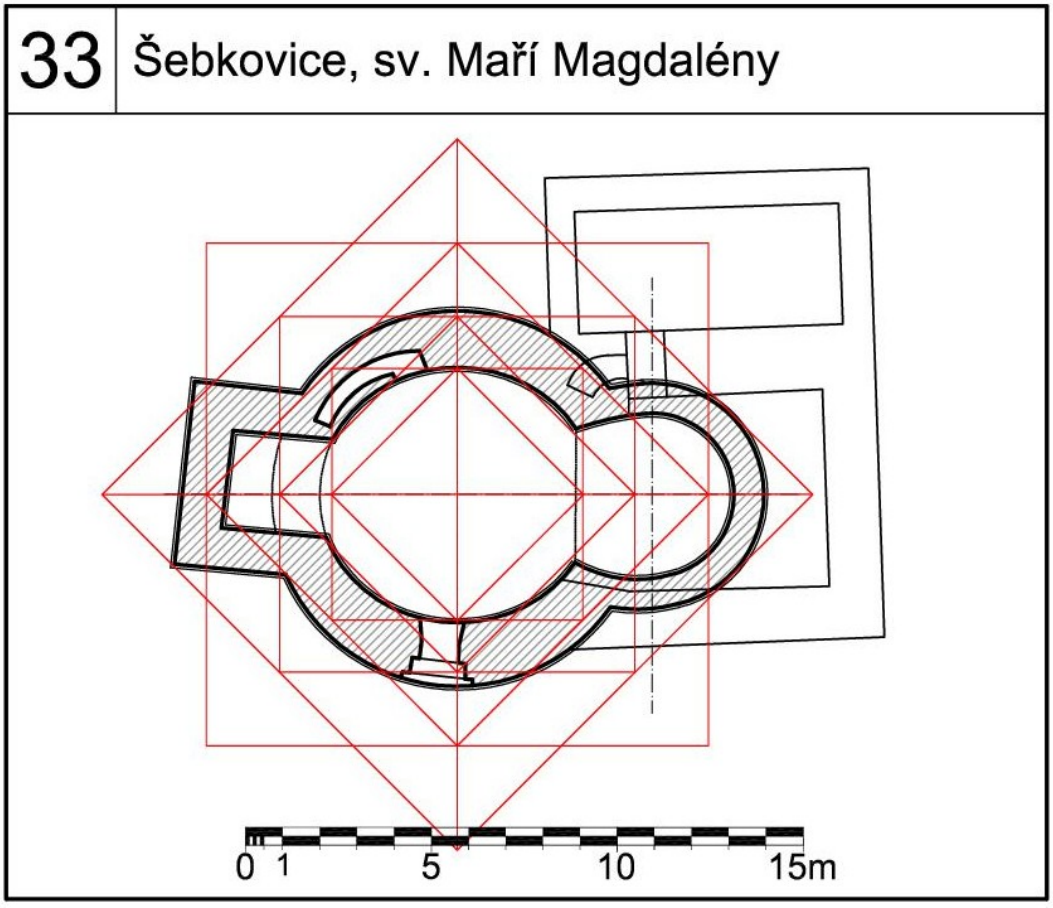
Obr. P 48 – Rotunda sv. Jana Křtitele, Pravonín.

9.2.26 Šebkovice, kostel sv. Máří Magdaleny, objekt č. 33

Datování vzniku tohoto objektu je položeno do první poloviny 13. století. Pro stavbu bylo použito kvádříkové zdivo ukládané do malty z cihlářského jílu a vápna. Záhy po vzniku rotundy, k ní byla na západní straně přistavěna věž na čtvercovém půdorysu, která byla kolem roku 1831 zbourána. Zároveň bouráním věže byl proražen nový vchod a ten původní zazděn. Původní apsida byla nahrazena čtvercovým kněžištěm. Tato rotunda plnila také fortifikační funkci, což dokládá jednak dochovaná střílna, ale i úzké schodiště ve zdi objektu vedoucí, do u tohoto typu staveb, neobvyklého horního patra. [64]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: výsledky analýzy prokázaly možné užití římské stopy v poměru D:d ≈ 24:15 ř.s. a u základového zdiva D´:T´:d´C´ ≈ 23:5:14:37 ř.s.
- Analýza modulu: M = 371,6 mm D:d:C ≈ 19:12:30 M, pro M = 298 mm D´:T´:d´:C´ ≈ 23:5:14:37 M.
- Kvadratura: viz Obr. P 48, u tohoto objektu nebyl nalezen kánon odpovídající kvadratuře.
- Tlak v základové spáře: 144,0 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 683 t
  - hmotnost kamene: 444 t
  - hmotnost malty: 239 t
  - hmotnost vápna: 80 t



Obr. P 48 – Rotunda sv. Máří Magdaleny, Šebkovice, aplikace kvadratury.



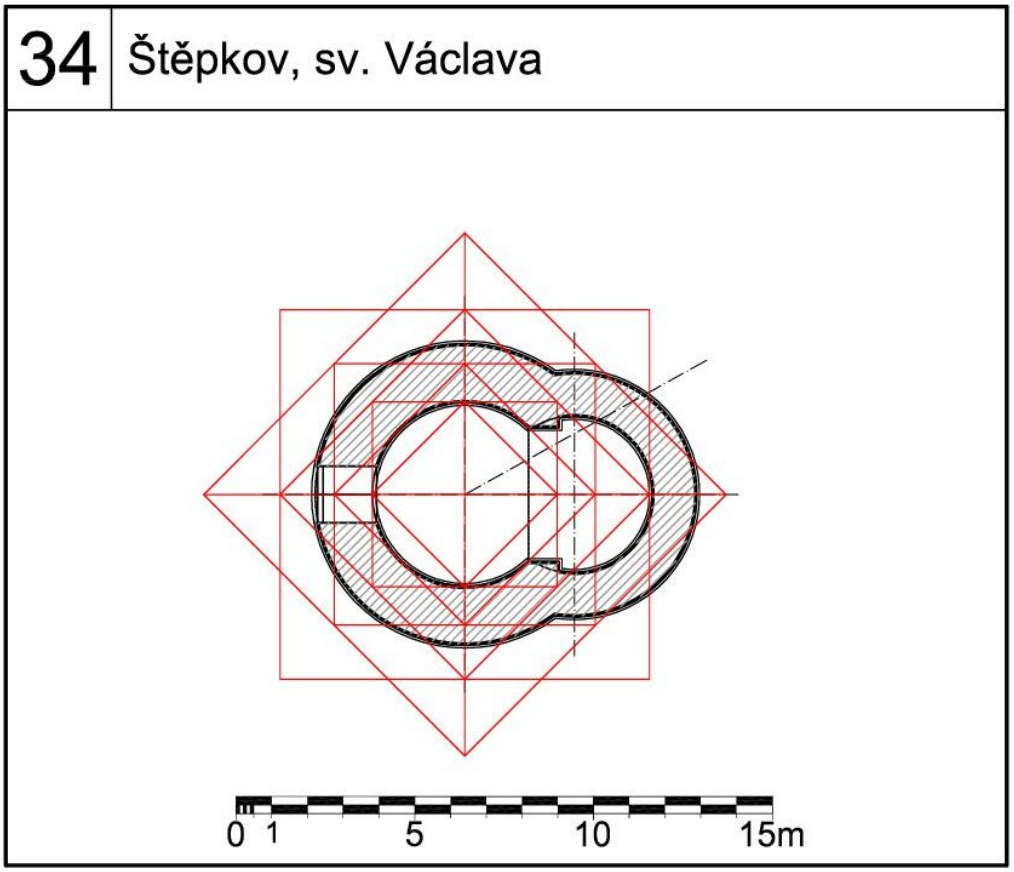
Obr. P 49 – Rotunda sv. Máří Magdaleny, Šebkovice.

9.2.27 Štěpkov, kostel sv. Václava, Objekt č. 34

Datování objektu je uváděno do 13. století, některé prameny uvádí i 12. století. Zdivo je provedeno z lomového kamene na vápennou maltu. Stejně jako předchozí objekt, měla i tato rotunda fortifikační funkci. Byla také dvoupatrová a původní schodiště ve stěně rotundy je dnes patrné pouze v později proraženém, okně ve formě vstupního otvoru do horního patra rotundy. Loď je zaklenuta barokní cihlovou kopulí. Apsida je zaklenuta románskou konchou. Původní románská okna byla z vnitřní strany zazděna, stejně jako vchod, ale na fasádě jsou patrná. [65]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: výsledky analýzy ukazují na možné užití římské stopy v poměru D′:T′:d′C′ ≈ 17:6:14:26 ř.s. a karolínské stopy u poměru D′:C′ ≈ 15:23 k.s.
- Analýza modulu: M = 382 mm D′:d′:C′ ≈ 13:11:20 M,
- Kvadratura: viz Obr. P 50, při použitém řídícím rozměru vnitřního průměru lodě, byla nalezena shoda s kánonem kvadratury u celkové délky vnitřního prostoru.
- Tlak v základové spáře: 188,1 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 961 t
  - hmotnost kamene: 625 t
  - hmotnost malty: 336 t
  - hmotnost vápna: 112 t



Obr. P 50 – Rotunda sv. Václava, Štěpkov, aplikace kvadratury.



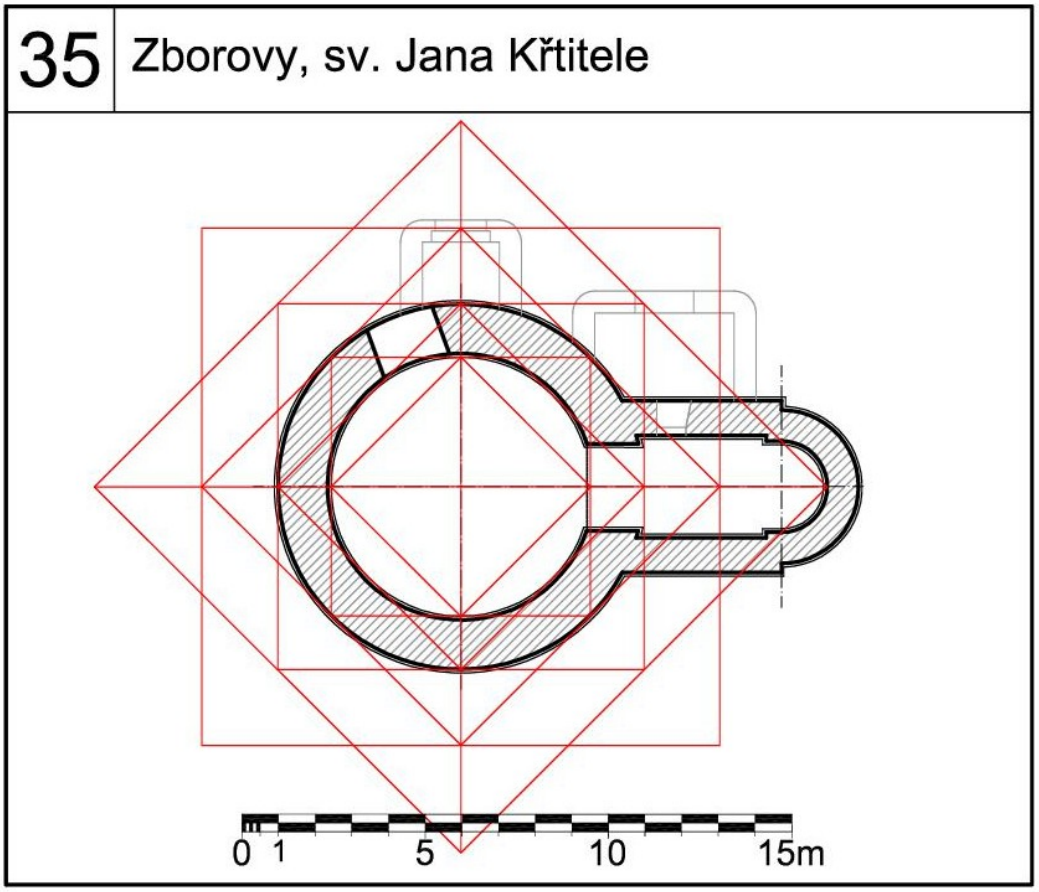
Obr. P 51 – Rotunda sv. Václava, Štěpkov.

9.2.28 Zborovy, kostel sv. Jana Křtitele, objekt č. 35

Vznik rotundy je datován do poloviny 13. století. Na přelomu 17. a 18. století proběhla barokní přestavba, při které byla proražena nová okna, znovu zaklenut presbytář a nad něj nadstavěna věž. Původní vchod ze severní strany byl zazděn a nahrazen novým. Svým tvarem je tento objekt velmi neobvyklý, protože apsida je na loď napojena přes poměrně dlouhý připojovací článek, který byl při přestavbě zaklenut českou plackou. Na vnější fasádě je zachováno jedno románské okno v apsidě a jedno a severní straně napojení apsidy na loď. Patrný je také původní portál. [6], [58]

Výsledky jednotlivých analýz:

- Analýza užití historických jednotek: výsledky analýzy ukazují na možné užití karolínské stopy v poměru D:C ≈ 22:41 k.s.
- Analýza modulu: M = 787 mm D′:T′:d′:C′ ≈ 9:2:3:17 M, pro M = 254,4 mm D′:T′:d′:C′ ≈ 28:9:53 M.
- Kvadratura: viz Obr. P 52, při použitém řídícím rozměru vnitřního průměru lodě, byla nalezena shoda s kánonem kvadratury u tloušťky stěn lodě a u celkové délky vnitřního prostoru.
- Tlak v základové spáře: 174,8 kPa.
- Hmotnost:
  - hmotnost stavby: 835 t
  - hmotnost kamene: 543 t
  - hmotnost malty: 292 t
  - hmotnost vápna: 97 t



Obr. P 52 – Rotunda sv. Jana Křtitele, Zborovy, aplikace kvadratury.



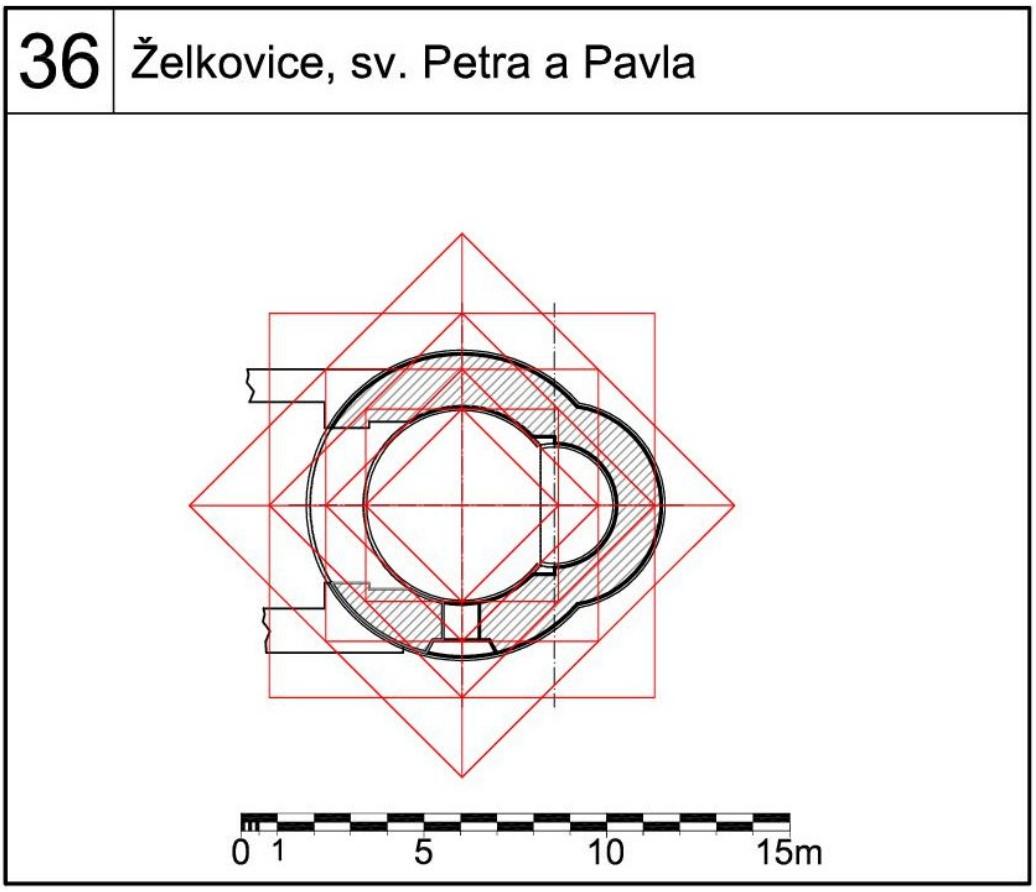
Obr. P 53 – Rotunda sv. Jana Křtitele, Zborovy.

9.2.29 Želkovice, kostel sv. Petra a Pavla, objekt č. 36

Vznik rotundy v Želkovicích je datován do roku 1230. Svou původní podobu si zachovala až do let 1852–1853, kdy byla k rotundě dostavěna pseudorománská loď. Byl zazděn původní vchod a románská okna byla nahrazena novými. Loď rotundy je zaklenuta kopulí, která nese lucernu. Rotunda je vyzděna z poměrně pravidelných opukových kvádříků na vápennou maltu. Výrazným prvkem stavby je románský portál původního vstupu a tzv. „hlava Turka“ na fasádě apsidy. [6], [58]

Výsledky jednotlivých analýz:

Analýza užití historických jednotek: výsledky analýzy nepotvrdily užití žádné z analyzovaných historických délkových jednotek.
Analýza modulu: M = 491,8 mm D:T:d:C ≈ 11:3:7:14 M, pro M = 400,0 mm D´:T´:d´:C´ ≈ 13:8:17 M, pro M = 290,9 mm D´:d´:C´ ≈ 18:11:23 M.
Kvadratura: viz Obr. P 544, při použitém řídícím rozměru vnitřního průměru lodě, byla nalezena shoda s kánonem kvadratury pouze u osy apsidy.
Tlak v základové spáře: 174,8 kPa.
Hmotnost:
hmotnost stavby: 835 t
hmotnost kamene: 543 t
hmotnost malty: 292 t
hmotnost vápna: 97 t



Obr. P 54 – Rotunda sv. Petra a Pavla, Želkovice, aplikace kvadratury na půdorys objektu.



Obr. P 55 – Rotunda sv. Petra a Pavla, Želkovice.