ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra geomatiky

Specifika a uplatnění měřické dokumentace a geoinformačních technologií při stavebněhistorickém průzkumu

Specifics and application of Metric Survey Documentation and geoinformation technologies in Building Archaeology Survey

DISERTAČNÍ PRÁCE

Ing. Zdeněk Poloprutský

Doktorský studijní program: (P3644) Geodézie a kartografie
Studijní obor: (3646V003) Geodézie a kartografie

Školitel: doc. Ing. Michael Rykl, Ph.D.
Ing. Jindřich Hodač, Ph.D.

Praha, 2022

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

PROHLÁŠENÍ

Jméno doktoranda: Ing. Zdeněk Poloprutský

Název disertační práce: Specifika a uplatnění měřické dokumentace a geoinformačních technologií při stavebněhistorickém průzkumu

Prohlašuji, že jsem uvedenou disertační práci vypracoval samostatně pod vedením školitelů doc. Ing. Michaela Rykla, Ph.D. a Ing. Jindřicha Hodače, Ph.D.

Použitou literaturu a další materiály uvádím v seznamu použité literatury.

Disertační práce vznikla v souvislosti s řešením projektů:

DG16P02H023	Proměna venkovské architektury s důrazem na vývoj v 19. a 20. století (MK ČR, program NAKI II)
Spoluřešitel	
SGS17/068/OHK1 /1T/11	Od sběru dat po informační modely: Moderní metody v BIM, digitální kartografii, GIS, fotogrammetrii a dálkovém průzkumu Země
Spoluřešitel	
SGS18/056/OHK1 /1T/11	Analýzy v geomatice: Zpracování prostorových dat o historii a současnosti
Spoluřešitel	
SGS19/048/OHK1 /1T/11	Prostorová data v geomatice - sběr, zpracování, analýzy, interpretace a prezentace
Hlavní řešitel	
SGS19/116/OHK1 /2T/15	Průzkum, dokumentace a vytvoření schémat prostorového a konstrukčního uspořádání středověkých a raně novověkých kuchyní
Spoluřešitel	
SGS19/195/OHK1 /3T/15	Výskum a dokumentácia tradičných hrázdených stavieb na hornom Potisí
Spoluřešitel	
SGS20/053/OHK1 /1T/11	Vývoj a využití moderních zařízení a metod pro sběr, zpracování, analýzu a vizualizaci prostorových dat
Spoluřešitel	
DG20P02OVV003	VISKALIA – Virtuální skansen lidové architektury (MK ČR, program NAKI II) (MK ČR, program NAKI II)
Spoluřešitel	
SGS21/054/OHK1 /1T/11	Vývoj komplexních metod a technik pro sběr, zpracování, analýzu a vizualizaci dat o historickém i současném stavu prostorových objektů
Spoluřešitel	

V Praze dne .....

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat svým školitelům doc. Ing. M. Ryklovi, Ph.D. a Ing. J. Hodačovi, PhD. za vedení, rady, připomínky a vstřícný přístup při zpracování této práce a v průběhu doktorského studia na Katedře geomatiky, Fakulty stavební ČVUT v Praze.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině, snoubence a přátelům za trpělivost a podporu, kterých se mi od nich dostalo v průběhu mého vysokoškolského studia.

Abstrakt

Tato disertační práce se zabývá využitím a specifiky měřické dokumentace, tzn. metodami, technologiemi a jejich výstupy, v oblasti průzkumů historických staveb. Průzkumy historických staveb lze podle předmětu zájmu a rozsahu rozdělit na několik typů. Podle svého charakteru kladou specifické nároky na výstupy měřické dokumentace, protože tvoří podklady pro kvalitní a efektivní památkovou péči, tj. pro navazující badatelské, popř. projekční, činnosti apod. Nejkomplexnějším typem je stavebněhistorický průzkum (SHP). Volbu měřických technologií a pracovních postupů je proto nutné přizpůsobit jejich účelům a předmětům zájmu konkrétního průzkumu. Výstupy průzkumů historických staveb jsou soubory prostorových a popisných informací, které popisují nejen aktuální stav stavby, ale také její stavební vývoj. Proto se tato disertační práce také dále zabývá tvorbou informačních modelů historických staveb s využitím geoinformačních technologií. Cílem této práce je zjistit, jestli a jakým způsobem jsou nástroje a pracovní postupy založené na geoinformačních technologiích využitelné při SHP.

KLÍČOVÁ SLOVA:

stavebněhistorický průzkum (SHP), informační model budovy (BIM), kulturní dědictví, geomatika, měřická dokumentace, modelování, památková péče

Abstract

This doctoral thesis deals with the use and specifics of metric survey documentation, i.e., methods, technologies and their outputs, in the field of surveys of historic buildings. Surveys of historic buildings can be divided into several types according to their subject of interest and scope. Depending on their nature, they place specific demands on the outputs of metric survey documentation, because they form the basis for quality and effective heritage preservation, i.e., for follow-up research or design activities, etc. The most complex type is Building Archaeology Survey (BAS). Therefore, the choice of measurement technologies and workflows must be adapted to their purposes and the subjects of interest of a particular survey. The outputs of surveys of historic buildings are sets of spatial and descriptive information that describe not only the current state of the building, but also its construction development. Therefore, this doctoral thesis also deals with the creation of information models of historic buildings using geoinformation technologies. The aim of this thesis is to find out if and how tools and workflows based on geoinformation technologies can be used in BAS.

KEYWORDS:

Building Archaeology Survey (BAS), Building Information Model (BIM), Cultural heritage, Geomatics, Metric Survey Documentation, Modelling, Heritage preservation

Obsah

Seznam použitých zkratek ... 11
1. Úvod ... 15
2. Průzkumy historických staveb ... 17
2.1. Stavebněhistorický průzkum ... 18
2.1.1. Fáze stavebněhistorického průzkumu ... 20
2.1.2. Dimenze stavebněhistorického průzkumu ... 21
2.1.3. Struktura elaborátu stavebněhistorického průzkumu ... 21
2.2. Operativní průzkum a dokumentace ... 22
2.3. Inventarizační průzkumy ... 24
2.4. Plošný průzkum lidové architektury ... 26
2.5. Archeologický průzkum a výzkum ... 29
2.6. Shrnutí a diskuse ... 31
3. Měřická dokumentace ... 33
3.1. Současný stav problematiky ... 35
3.1.1. Měřické metody a technologie ... 35
3.1.2. Měřická síť a její využití při měřické dokumentaci ... 36
3.1.3. Míra podrobnosti a její vliv na měřickou dokumentaci ... 39
3.1.4. Míra nejistoty a její vliv na měřickou dokumentaci ... 43
3.2. Specifika měřické dokumentace při SHP ... 44
3.2.1. Specifika měřické dokumentace v terénu ... 44
3.2.2. Specifika zpracování měřické dokumentace v kanceláři ... 46
3.3. Výstupy měřické dokumentace pro SHP ... 53
3.4. Shrnutí a diskuse ... 60
4. Počítačová podpora při SHP ... 65
4.1. Databáze a informační systémy ... 66
4.1.1. Integrovaný informační systém památkové péče (IISPP) ... 67
4.2. Počítačem podporované projektování (CAD) a kreslení ... 68
4.3. Informační modelování budov (BIM) ... 69
4.3.1. Parametrické modelování v procesu BIM a HBIM ... 73
4.4. Geografický informační systém (GIS) ... 74
4.5. Další specializované softwarové systémy ... 76
5. Informační model historické stavby při SHP ... 77
5.1. Příprava podkladů ... 82
5.2. Informační modelování historické stavby ... 84

5.2.1. Načítatelné rodiny symbolů a popisné atributy rodin 90
5.2.2. Stěny 91
5.2.3. Stropy a podlahy 92
5.2.4. Klenby 95
5.2.5. Dveře, vrata a okna 98
5.2.6. Krovy a střechy 100
5.2.7. Terény 102
5.3. Shrnutí a diskuse 103
6. Závěr 109
Seznam použitých zdrojů a literatury 112
Seznam obrázků 123
Seznam tabulek 126
Seznam příloh 127
Příloha 1: Další ukázky grafického vyhodnocení SHP 128
Příloha 2: Ukázka řešení adresářové struktury pro archivaci dat 131
Příloha 3: Rozdělení kleneb 132
Příloha 4: Seznam příloh na CD 133

Seznam použitých zkratek

2D	„dvoudimenzionální“ či „dvourozměrný“ – označení geometrických útvarů, které je možné popsat dvěma rozměry, tedy mají obsah
2.5D	„dvou a půl dimenzionální“ – označení 2D grafické projekce a podobných technik, které simulují zdání trojrozměrného (3D) obrazu nebo scény
3D	„trojdimenzionální“ či „trojrozměrný“ – označení geometrických těles, které je možné popsat třemi rozměry, tedy mají objem
AEC	*Architecture, Engineering and Construction* – obecný termín reprezentující veškeré činnosti od plánování po demolici v rámci stavebního průmyslu
AP	Archeologický průzkum
AV	Archeologický výzkum
BIM	podle kontextu: (1) *Building Information Model* – Informační model stavby (budovy), (2) *Building Information Modelling* – Informační modelování staveb (budov), (3) *Building Information Management* – Informační správa staveb (budov)
BIModel	*Building Information Model* – Informační model stavby (budovy)
Bpv	výškový systém Baltský – po vyrovnání, EPSG: 5705
CAD	*Computer Aided Design* – počítačem podporované projektování; *Computer Aided Drafting* – počítačem podporované kreslení
CADD	*Computer Aided Design and Drafting* – počítačem podporované projektování a kreslení
CIDOC	*International Council for Documentation* – Mezinárodní rada pro dokumentaci, výbor Mezinárodní rady muzeí (ICOM)
CGIS	*Canada Geographic Information System*
COLLADA	*COLLAborative Design Activity* – datový formát založený na XML určený pro ukládávání 3D objektů a animací
CRM	*Conceptual Reference Model* – Koncepční referenční model
CSC	*Compact system camera* – fotoaparát s kompaktní optickou soustavou, tzn. bez „zrcátka“
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DEM	*Digital Elevation Model* – digitální výškový model
DGN	nativní formát programu MicroStation; jeho název byl zřejmě odvozen ze slova *DesiGN*
DKM	Digitální katastrální mapa
DMP	Digitální model povrchu (včetně staveb a rostlinného krytu)
DMR	Digitální model reliéfu

DMT	Digitální model terénu
DSLR	*Digital Single-Lens Reflex camera* – digitální zrcadlovka
DXF	*Drawing Exchange Format* – CAD formát vyvinutý firmou Autodesk, umožňující výměnu dat mezi programem AutoCAD a dalšími programy
DWG	nativní formát programu AutoCAD; jeho název byl zřejmě odvozen ze slova *DraWinG*
EPSG	*European Petrolum Survey Group* – Mezinárodní registr souřadnicových referenčních systémů; databáze geodetických dat (elipsoidů a souřadnicových systémů)
FM	*Facility Management* – Správa objektu
GDL	*Geometric Description Language* – programovací jazyk, který je součástí knihoven pro ArchiCAD
GI	geografická informace, geoinformace
GIS	*Geographic Information System* – Geografický informační systém
GML	*Geographic Markup Language* – geografický značkovací jazyk
GNSS	*Global Navigation Satellite System* – Globální navigační družicový systém
GPR	*Ground Penetrating Radar* – Georadar
GRADE	*level of Graphic Detail* – stupeň grafického detailu
GSD	*Ground Sample Distance* – parametr geometrického rozlišení užívaný v digitální fotogrammetrii, který definuje rozměr pixelu, popř. vzdálenost středů pixelů;
H-BIM	*Heritage Building Information Modelling* – Informační modelování památkových staveb (budov)
HBIM	*Historic Building Information Modelling* – Informační modelování historických staveb (budov)
HGIS	*Historical Geographic Information System* – Historický geografický informační systém
HIS	Heritage *Information System* – Památkový informační systém
HTM	*HyperText Markup Language* – Hypertextový vyznačovací (značkovací) jazyk
HVAC	*Heating, Ventilating, Air-conditioning* – Topení, větrání a klimatizace
IAI	*International Alliance for Interoperability* – předchůdce současné mezinárodní organizace buildingSMART
IBMR	*Image Based Modeling and Rendering* – technologie počítačového vidění využívaná k 3D modelování na základě obrazových dat
ICOM	*International Council of Museums* – Mezinárodní rada muzeí
ICT	*Information and Communication Technologies* – Informační a komunikační technologie
IFC	*Industrial Foundation Class* – neutrální souborový formát podporující sdílení dat podle principů BIM; oficiální mezinárodní norma ISO 16739:2013

IMU	*Inertial Measurement Unit* – inerciální měřicí jednotka, slouží např. k určení úhlových prvků vnější orientace leteckých měřických snímků
IISPP	Integrovaný informační systém památkové péče
ISAD	Informační systém o archeologických datech
ISFF	*Intergraph Standard File Formats* – společné datové formáty souborů MicroStation a *Intergraph's Interactive Graphics Design System* (IGDS)
KMD	katastrální mapa digitalizovaná v S-JTSK
KML	*Keyhole Markup Language* – datový formát založený na XML a standart OGC pro distribuci a publikaci geografických dat
LCA	*Life Cycle Assessment* – Posuzování životního cyklu
LED	*Light-Emitting Diode* – Elektroluminiscenční dioda
LiDAR	*Light Detection and Ranging* – detekce a určování vzdáleností pomocí laseru
LLS	Letecké laserové skenování; *ALS – Aerial Laser Scanning*
LOD	*Level of Development* – stupeň návrhu (v kontextu BIM); *Levels of Detail* – stupně podrobnosti (v kontextu OGC)
LS	Laserové skenování (angl. *Laser Scanning*)
MLS	*Mobile Laser Scanning* – Mobilní laserové skenování
MMS	*Mobile Mapping System* – Mobilní mapovací systém
MNČ	Metoda nejmenších čtverců
NPÚ	Národní památkový ústav
NURBS	*Non-Uniform Rational Basis Spline* – matematický model používaný v počítačové grafice pro generování a reprezentování křivek a ploch
OGC	*Open Geospatial Consortium* (dříve *Open GIS Consortium*) – Otevřené geoprostorové konsorcium
OPD	Operativní průzkum a dokumentace
PaGIS	Památkový geografický informační systém
PDF	*Portable Document Format* – Přenosný formát dokumentů – souborový formát od firmy Adobe pro ukládání dokumentů; standart ISO 32000-2
PC	*Personal Computer* – Osobní počítač
PDI	Průzkum, dokumentace a inventarizace
RPAS	*Remotely Piloted Aircraft System* – systém dálkově řízeného letadla
RTG	*Radioisotope Thermoelectric Generator* – radioizotopový termoelektrický generátor, tzv. rentgen
S-JTSK	souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální, EPSG: 5514
SI	*Système International d´ Unités* – Mezinárodní soustava jednotek
SHP	Stavebněhistorický průzkum; *BAS – Building Archaeology Survey*
SM 5	Státní mapa 1 : 5000

SŘBD	Systém řízení báze dat; *DBMS – Database Management System*
TIN	*Triangulated Irregular Network* – nepravidelná trojúhelníková síť
TLS	*Terrestrial Laser Scanning* – terestrické (pozemní) laserové skenování
TSA	*Temporary Shared Area* – adresář používaný k uložení dočasných či rozpracovaných souborů dat
TZB	Technická zařízení budov
ÚSKP	Ústřední seznam kulturních památek České republiky
WCS	*Web Coverage Service* – webová služba pokrytí (umožňující požadovat rastrová data)
WFS	*Web Feature Service* – webová služba vzhledů, resp. webová služba prvků
WGS 84	*World Geodetic System 1984* – Světový geodetický referenční systém 1984, EPSG: 4326
WIP	*Work In Progress* – data, která jsou ještě ve výrobě a nebyla zkontrolována a ověřena pro použití mimo autorský tým
WMS	*Web Map Service* – webová mapová služba (umožňující požadovat mapové kompozice)
WMTS	*Web Map Tile Service* – webová mapová služba s obrazovými daty rozdělenými do dlaždic
XML	*Extensible Markup Language* – Rozšiřitelný značkovací jazyk
ZABAGED	Základní báze geografických dat (České republiky)

1. Úvod

Počátek 21. století je spojen s rychlým rozvojem informačních a komunikačních technologií, zkráceně ICT z angl. *Information and Communication Technologies*, který postupně zasáhl většinu oborů lidské činnosti, obory památkové péče a zeměměřictví nevyjímaje. V České republice se můžeme setkat spíše s opatrným postojem památkové péče k novým technologiím, především v souvislosti s dlouhodobou archivací digitálních dat. Proto teprve v několika posledních letech, v reakci na dynamický vývoj ICT, vznikly souhrnné metodické publikace, které se zabývají aplikací digitálních měřických technologií v oboru památkové péče.

V České republice je památková péče legislativně ukotvena v zákonu č. 20/1987 Sb. o státní památkové péči [1]. Historické stavby mohou být prohlášeny nemovitými kulturními památkami podle §3 a §4 tohoto zákona. Systematické péči o památkový fond se věnuje Národní památkový ústav (NPÚ) [2], který je největší příspěvkovou organizací Ministerstva kultury ČR. NPÚ je odbornou organizací státní památkové péče ve smyslu §32 zákona č. 20/1987 Sb.: „*Odborná organizace státní památkové péče je organizace pro výkon a koordinaci*[1] *veškeré odborné činnosti v oboru státní památkové péče k zabezpečení jednoty kulturně-politických záměrů a ideově metodických, ekonomických a technických hledisek, jakož i perspektivního rozvoje státní památkové péče.*“

Tato disertační práce se zabývá využitím měřické dokumentace, tzn. metodami, technologiemi a jejich výstupy, v oblasti průzkumů historických staveb. Průzkumy historických staveb lze podle předmětu zájmu a rozsahu rozdělit na několik typů. Podle svého charakteru kladou specifické nároky na výstupy měřické dokumentace, protože tvoří podklady pro navazující badatelské, popř. projekční, činnosti. Volbu měřických technologií a pracovních postupů je proto nutné přizpůsobit jejich účelům a předmětům zájmu. Geoinformační technologie mohou být v rámci průzkumů historických staveb uplatněny při zpracování výstupů měřické dokumentace a také při jejich vzájemném propojování nebo při tvorbě na nich navazujících výstupů.

Aby bylo možné se touto problematikou hlouběji zabývat, byly zformulovány tři základní výzkumné otázky, na které by měla tato práce odpovědět:

1. ***otázka:*** Jsou nástroje a pracovní postupy založené na geoinformačních technologiích využitelné při SHP?
   a) V jakých případech je výhodné při zpracování výstupů SHP využívat tyto technologie?
   b) Jaké výstupy mohou být vytvořeny s využitím těchto technologií?
   c) Jak lze tyto výstupy dále využít při SHP, např. pro analýzy a syntézy dat, interpretace a distribuce výstupů a archivace nashromážděných dat?
2. ***otázka:*** Jakým způsobem může být zjednodušený 3D model stavby využitelný při SHP?
   a) Přináší 3D model nové informace ohledně prostorových vztahů stavebních konstrukcí modelované stavby?

[1] Nástrojem pro koordinaci odborných činností v oboru památkové péče je *Ústřední seznam kulturních památek České republiky* (dále ÚSKP) ve smyslu ve smyslu §7 zákona č. 20/1987 Sb., který spravuje NPÚ. K nahlížení do ÚSKP slouží webová aplikace *Památkový katalog*, která je dostupná na Portálu Integrovaného informačního systému památkové péče (dále IISPP) [3].

b) Jakým způsobem je možné využít 3D model jako „nosič informací“ o modelované stavbě?
c) Jaká míra geometrické a informační podrobnosti 3D modelu, v kontextu vizualizace nejistot, je dostačující?

3. ***otázka:*** Je možné na základě podrobně zpracovaného digitálního modelu povrchu (DMP) archeologické lokality identifikovat v dané lokalitě nálezové situace? Je tento proces možné aplikovat i na terénní povrchy v okolí stavby zkoumané při SHP?

Úvodní kapitola představuje téma a cíle této práce. Druhá kapitola se zabývá literární rešerší v oblasti průzkumů a dokumentace nemovitých kulturních památek na území ČR. Těmto tématům se věnuje široké spektrum metodických publikací, většinou z produkce Národního památkového ústavu (NPÚ). Třetí kapitola se zabývá literární rešerší v oblasti měřické dokumentace nemovitého kulturního dědictví. Dále se zabývá specifickými nároky a možnostmi jejího uplatnění v kontextu průzkumů historických staveb, které jsou doporučovány pro využití v památkové péči. Čtvrtá kapitola se stručně zabývá současnými možnostmi počítačové podpory průzkumů historických staveb. Jedná se o možnost správy dat pomocí databází a sdílení dat v informačních systémech, počítačem podporovaného projektování (CAD) a kreslení (CADD), informačního modelování staveb (BIM), o možnost využití geografických informačních systémů (GIS) a vybraných specializovaných softwarových systémů. Pátá kapitola se zabývá specifiky a možnostmi tvorby infomačního modelu historické stavby pro potřeby SHP. Závěrečná kapitola shrnuje a diskutuje poznatky této práce.

2. Průzkumy historických staveb

Počátky památkové péče a s ní spojené zaměřování historických, resp. památných, staveb nacházíme již v období raného novověku, tzn. přibližně v 16. století, kdy se s příchodem humanismu a zájmu o hmotný odkaz antiky řada architektů a umělců věnovala zaměřování ruin a zkoumání jejich proporcí a tvarosloví. Tento zájem se v průběhu následujících století dále rozvíjel, zdokonaloval a profiloval podle názorových trendů ve společnosti a vědeckotechnického pokroku. Od 19. století dochází k rozvoji památkové péče, který vede k postupnému formulování metod a cílů zkoumání historických staveb. Propracovaná metoda komplexního poznávání historických staveb vzniká v podobě stavebněhistorického průzkumu ve 20. století, která je popsána pomocí metodických publikací.

Průzkumy historických staveb lze podle předmětu zájmu a rozsahu rozdělit na několik typů. V rámci této práce bude podrobněji rozebráno následujících pět typů průzkumů[2]:

1. Stavebněhistorický průzkum (SHP), podrobně viz [5],
2. Operativní průzkum a dokumentace (OPD), podrobně viz [6],
3. Inventarizační průzkum (PDI), podrobně viz [7, 8],
4. Plošný průzkum lidové architektury, podrobně viz [9],
5. Archeologický průzkum a výzkum (AP a AV), podrobně viz [10].

Významným podkladem nebo doplňkem průzkumů historických staveb je tzv. ***měřická dokumentace***, viz kap. 3. Typy a způsoby využití měřické dokumentace v oblasti památkové péče popisují podrobné metodické publikace NPÚ, konkrétně pro:

- dokumentaci historických staveb pro průzkum v památkové péči, viz [11],
- 3D dokumentaci a vizualizaci nemovitých památek, viz [12],
- dokumentaci sakrálních nemovitých památek, viz [13],
- dokumentaci městských domů, viz [14],
- dokumentaci drobných nemovitých památek, viz [15],
- dokumentaci lidové architektury, viz [16],
- problematiku fotodokumentace pro vědecké účely, viz [17],
- dokumentaci kampanologických památek, viz [18].

[2] Jejich stručný a přehledný popis lze získat v popularizačně-naučné monografii *Zkoumání historických staveb*, viz [4], kde jsou uvedeny i praktické příklady aplikace.

2.1. Stavebněhistorický průzkum

Stavebněhistorický průzkum (SHP) je vědeckou metodou, jejímž cílem je komplexní poznání stavby nebo souboru staveb. Výsledky slouží jako jeden ze základních podkladů pro kvalitní a efektivní památkovou péči, zejména při určování optimálních podmínek péče o nemovité památky. Současně přináší informace využitelné pro vědeckou i osvětovou činnost. SHP vychází z detailního průzkumu stavby a jejího formalizovaného popisu, dále ze shromážděných relevantních písemných, plánových i obrazových materiálů. Jejich zpracování je vztaženo k celé době existence zkoumané stavby. Nutným podkladem SHP je kvalitní měřická dokumentace. [5]

Zpracovatelem SHP by měla být osoba seznámená s dějinami umění, architektury, urbanismu a stavitelství. Pokud zkoumaná stavba vykazuje výrazné přesahy za hranice erudice zpracovatele, je nutné kolektiv rozšířit o příslušné odborníky, např. o historika či archiváře, dendrochronologa, geodeta atd.

V ideálním případě se proces SHP skládá ze tří dílčích částí, tj. (1) archivní průzkum, resp. rešerše, (2) terénní průzkum a (3) dokumentace, popř. další průzkumy, stavby. Tyto dílčí části mohou probíhat paralelně. V takových případech je obvykle výhodné jejich výstupy vzájemně konfrontovat, což umožňuje zpětnou vazbu pro ověření dalších možností v procesu badání.

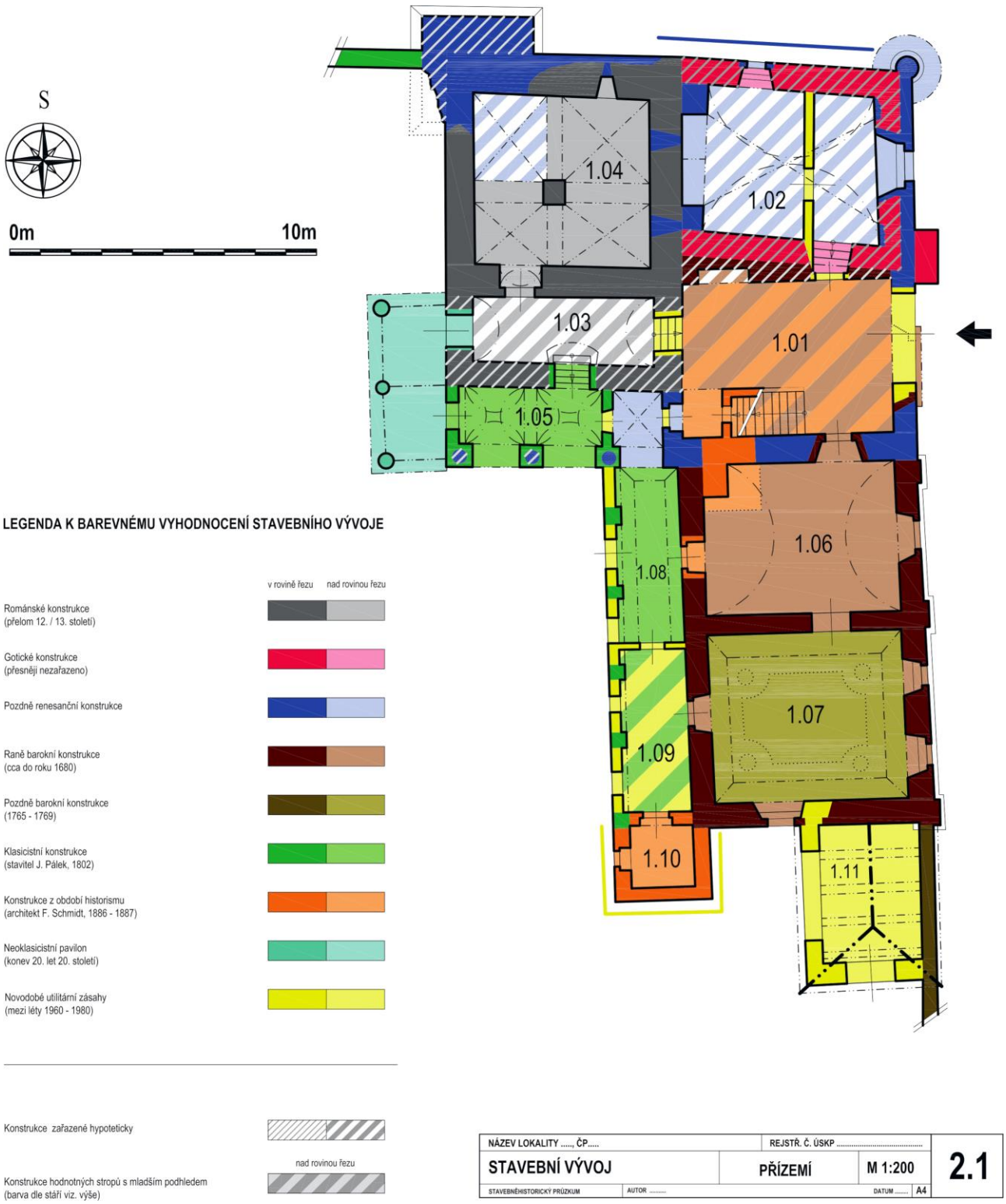
Cílem *archivního průzkumu* je nalezení a zpracování relevantních podkladů pro zpracovatele SHP, které souvisí se zkoumanou stavbou. Jedná se v prvé řadě o písemné prameny, dále o ikonografické a plánové prameny a veškerou dostupnou relevantní literaturu. Cílem *terénního průzkumu* je popis a rozbor zkoumané stavby, doplněný kresebnou a fotografickou dokumentací, pořizovanou v průběhu realizace průzkumu. Úkolem zpracovatele SHP je objasnění vývoje stavby, jeho zhodnocení a formulace návrhů pro památkovou péči. Cílem *dokumentace stavby* je záznam stavu zkoumané stavby při provádění SHP. Obecně platí, že podoba a rozsah dokumentace vyplyne z charakteru zkoumané stavby. Zpracovatel SHP se proto musí seznámit s objektem a určit, které jeho části a konstrukce budou dokumentovány slovně, kresebně, měřicky či fotograficky[3] [5]. Nicméně rozhodovávání zpracovatele SHP do značné míry závisí na rámci zadaném objednatelem průzkumu.

Výstupem SHP je elaborát, který obsahuje textovou část, grafické vyhodnocení a obrazové a plánové přílohy zachycující současnou a historickou podobu zkoumané stavby. Obvyklými přílohami SHP jsou plány stavebního vývoje, které zobrazují zařazení a dataci jednotlivých částí zkoumané stavby, tj. jeho stavební vývoj, a to všech vertikálních a horizontálních konstrukcí. Provedení těchto plánů, které vznikají doplněním informací do *půdorysných plánů*[4], je nejčastěji barevné, viz Obr. 2.1, ale může být i černobílé, viz Obr. A.1[5]. Dalšími přílohami SHP mohou být plány se zobrazením památkového hodnocení zkoumané stavby, viz Obr. A.2, nebo s doplňujícím informacemi vztaženými ke konkrétním částem zkoumané stavby, viz Obr. A.3.

[3] Je běžnou praxí, že se používán kombinace několika způsobů najednou.

[4] Využívání půdorysných plánů jako podklad je běžnou praxí. Technicky je možné využít jako podklad i svislé řezy, ale toto řešení se v běžné praxi pro svou časovou náročnost nevyužívá.

[5] Obr. A.1, Obr. A.2 a Obr. A.3 jsou součástí příloh, viz kap. Příloha 1: Další ukázky grafického vyhodnocení SHP.



Obr. 2.1: Ukázka grafického vyhodnocení stavebního vývoje (barevné provedení) v elaborátu SHP [5]

2.1.1. Fáze stavebněhistorického průzkumu

SHP lze rozdělit do tří základních fází, jejichž rozsah a uplatnění se odvíjí od technického a provozního stavu stavby nebo posloupnosti a aktuální fáze přípravy projektových úprav. V jejich průběhu dochází ke sběru a zpracování dat, tj. informací o objektu.

V první fázi se provádí tzv. nedestruktivní SHP založený na *archivním* a *terénním průzkumu* a *dokumentaci stavby*. Výstupy tohoto SHP by měly být zpracovány do příslušného formalizovaného elaborátu. V ideálním případě má být SHP realizován podle odborně zpracovaného zadání, na němž by se měl aktivně podílet příslušný pracovník památkové péče, a před začátkem projekčních prací na obnově, opravě či jiných úpravách stavby, jež na něj nezbytně reagují.

Druhá fáze je spojena se sondážními, tzn. destruktivními, zásahy do hmotné podstaty zkoumané stavby. Ve své podstatě by se mělo jednat o dvě dílčí etapy, kdy první (fáze II.a) je spojena s doplňkovými průzkumy předcházejícími přípravu projektu obnovy/rekonstrukce a druhá (fáze II.b) v průběhu stavebních prací[6]. V této fázi jsou velmi často uplatňovány průzkumné metody a technologie z dalších oborů[7].

Fáze II.a souvisí se snahou získat maximum informací, které by mohly být zohledněny při přípravě projektu obnovy/opravy stavby. Cílená sondáž je pak realizována v nadzemní části stavby, např. při restaurátorském průzkumu apod., a v terénních situacích při archeologickém výzkumu. Protože efektivitu u výsledků sondážních průzkumů nelze zaručit, měl by si zpracovatel SHP položit dvě zásadní otázky: proč by měla být sondáž realizována a jaké výsledky od ní očekává.

Fáze II.b probíhá v průběhu stavebních prací a souvisí se snahou o prohloubení znalostí, ověření vyslovených teorií i námětů a záchranu ohrožených informací. Při stavebních pracích jsou často odhalovány nové nálezové situace, které vysvětlují stavební vývoj zkoumané stavby a upřesňují její památkové hodnoty. Pro dokumentaci nálezových situací se v této fázi průzkumu nejčastěji realizuje OPD, viz kap. 2.2.

V třetí fázi by mělo dojít k syntéze veškerých informací získaných z předchozích průzkumů, tzn. v první a druhé fázi. Ve většině případů je sepsána závěrečná zpráva, popř. mohou nová zjištění vést k sepsání nových hodnotících kapitol, které doplní již zpracovaný elaborát SHP.

Obecně lze říct, že z hlediska vědeckého poznání nemůže být SHP v podstatě nikdy ukončen, neboť s každým novým zásahem do stavebního objektu mohou být získány nové informace[8]. Také se stále vyvíjí samotné metody poznávání historických staveb, z čehož plynou otázky, které nyní není možné pokládat, ale v budoucnosti se mohou stát předměty dalšího výzkumu. U zaniklých nebo přestavbami proměněných objektů lze na základě posunu poznání reinterpretovat dříve nalezené a zdokumentované situace metod. [5]

[6] Bohužel, v praxi SHP nezřídka probíhá v časové tísni a v průběhu stavebních prací, což značně redukuje hloubku, resp. podrobnost, průzkumu.

[7] Jedná se např. o Dendrochronologii, Petrografii, Chemicko-technologický průzkum, Termovizi, Endoskopii, Trasologii, Geofyzikální průzkum, RTG, Letecký průzkum a snímkování, Termoluminiscenci, Radiokarbonové datování aj. [5]

[8] Definitivní ukončení SHP je obvykle spojeno s fyzickým zánikem zkoumané stavby.

2.1.2. Dimenze stavebněhistorického průzkumu

Z definice SHP je patrné, že se jedná o metodu, která shromažďuje a interpretuje informace o stavbě ve více dimenzích. SHP se zabývá stavebními objekty a jejich konstrukčními prvky, zkoumá jejich vzájemnou polohu a orientaci v prostoru, jejich vývoj po dobu existence zkoumané stavby a shromažďuje další popisné informace o stavbě. Informace obsažené v SHP mohou být následující:

- Prostorové souřadnice v geodetickém referenčním systému: X, Y a Z (H),
- Časové údaje – letopočty, data aj.,
- Popisné atributy – textové či obrazové (fotografie, náčrty, výkresy),
- Hodnotové atributy: kulturně-historické hodnoty, památkové hodnoty[9] aj.,
- Další atributy: ostatní veličiny použitelné pro popis stavby.

V 21. století došlo k zásadnímu rozvoji digitálních technologií, které se zabývají sběrem a zpracováním prostorových dat. Společně s novými možnostmi dokumentace a interpretace prostorových dat došlo ke zvýšení nároků na specifikaci technických parametrů výstupů požadovaných zadavatelem. SHP by proto měl být i mezioborovým dialogem a spoluprací mezi zadavatelem, zpracovatelem a dalšími specialisty, kteří zajišťují dokumentaci v rámci svých oborů.

2.1.3. Struktura elaborátu stavebněhistorického průzkumu

SHP představuje komplexní metodu pro výzkum historických staveb. Typologie historických staveb se liší podle místní příslušnosti a časového období, ve kterém byly postaveny. Charakter a předměty zájmu SHP a doplňujících průzkumů se proto liší s každou zkoumanou stavbou, příklady viz [4].

Obsah výsledného elaborátu SHP má předepsanou doporučenou formu. Tento požadavek je určen s ohledem na potřeby památkové péče, především pro možnost kontroly výstupů. Doporučená struktura elaborátu je rozdělena do dvanácti kapitol [5]:

TITULNÍ STRANA

I. kapitola:	Úvod
II. kapitola:	Anotace
III. kapitola:	Historický/Archivní průzkum
IV. kapitola:	Popis
V. kapitola:	Doplňující průzkumy
VI. kapitola:	Stavební historie
VII. kapitola:	Hodnocení
VIII. kapitola:	Náměty pro potřeby památkové péče Hodnotné prvky a detaily Závady Náměty pro péči o objekt
IX. kapitola:	Náměty pro další průzkumy
X. kapitola:	Historická dokumentace
XI. kapitola:	Dokumentace současného stavu
XII. kapitola:	Grafické vyhodnocení průzkumu

[9] Tyto typy hodnot se často dostávají do konfliktu s jejich obvyklým vnímáním, tzn. jako ceny. Cenové hodnoty odráží ekonomický potenciál v daném okamžiku v dané společnosti. V kontextu historických staveb mohou klesat, především při minimální údržbě stavby. Naopak památkové hodnoty mohou ve stejný čas stagnovat, příp. růst.

2.2. Operativní průzkum a dokumentace

Operativní průzkum a dokumentace (OPD) je souborem činností směřujících k co nejefektivnějšímu a nejrychlejšímu rozpoznání, prozkoumání a zaznamenání nových poznatků o zkoumané stavbě, resp. její dílčí části. Hlavním úkolem OPD je studium materiálové skladby, tvarů, výtvarných forem a vztahů mezi jednotlivými částmi konstrukce zkoumané památky, a to s cílem rozpoznat a dokumentovat jevy, které mohou přispět k vyhodnocení historické podstaty památky – tedy její původní podoby, následných proměn a významu. [6]

OPD se zpravidla provádí v situacích, kdy jsou tyto informace přístupné jen po velmi krátkou dobu (dílčí opravy, obnovy, rekonstrukce, samovolné destrukce stavby), a hrozí tak akutní nebezpečí z prodlení. Čas je pak jedním z hlavních činitelů, které ovlivňují organizaci práce, postupy, metody, způsoby záznamu atp. Jedním z důležitých cílů OPD je zabránit zničení dosud nepoznaných, skrytých částí historické stavby a pozůstatků starších stavebních etap, povrchových úprav atd.

Pro OPD je příznačné soustředění na vymezené dílčí části historických staveb. Každá nálezová situace[10] má být v dokumentaci jednoznačně lokalizována, např. schématický výkres se základními mírami; zákres do fotografie apod. Při lokalizaci nálezových situací je vhodné využívat existující dokumentaci budovy, pokud již byla zpracována v rámci jiných průzkumných či projektových činností, což usnadňuje i potřebné sdílení výsledků OPD (s ostatními průzkumníky, s projektantem, s investorem, s pracovníky památkové péče atd.).

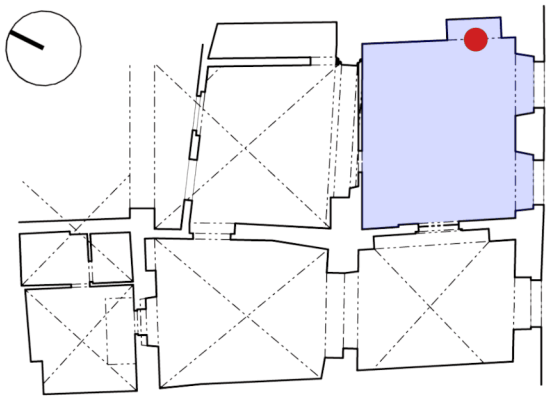
Při OPD se obvykle uplatňují tři základní dokumentační metody:

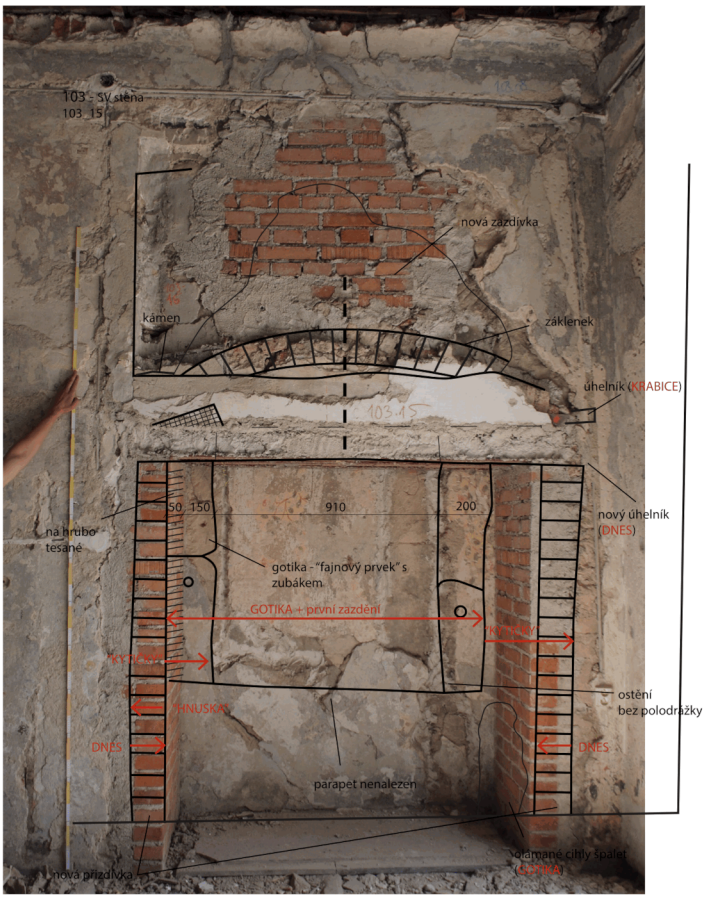
1. Písemný záznam v terénu,
2. Obrazový záznam,
   a. polní náčrt – kresebná dokumentace,
   b. fotodokumentace,
   c. videozáznam,
3. Měřická dokumentace.

Při měřické dokumentaci je zpravidla hlavním cílem získání rovinného průmětu zkoumané situace. Většinou jde o půdorysné průměty či řezy, nárysy (budov, stěn, architektonických článků), profily (zejména architektonických článků). Měřickou dokumentaci zpravidla provádí zpracovatel OPD a jen v menším množství případů lze z časových, organizačních i finančních důvodů uplatnit při OPD měřické metody, jakými jsou geodetické zaměření, laserové skenování, digitální fotogrammetrie atd., které jsou prováděné vesměs dodavatelsky. Nicméně je možné a žádoucí, aby již při předběžných přípravách OPD, pokud probíhají s dostatečným časovým předstihem, byly pro využití těchto metod dokumentace vytvořeny vhodné podmínky, zejména u významných historických staveb. [6]

Výstupem ODP je tzv. ***nálezová zpráva***, tj. elaborát, který stručně a přehledně popisuje předmět OPD a zasazuje jej do kontextu zkoumané stavby. Záznamy o jednotlivých nálezových situacích je výhodné strukturovat do formy *nálezových karet*, které mohou být opatřeny identifikačními a lokalizačními údaji, interpretačním popisem, fotodokumentací a měřickou dokumentací, viz Obr. 2.2.

[10] Nálezová situace je souhrnné označení předmětů zkoumání OPD, nejčastěji části historické stavby. Jedná se o základní přímý zdroj informací o dochované hmotné struktuře zkoumané stavby. [6]

SHP1 FA ČVUT		Praha, čp. 510/I, Havelská 5
Vypracovali: Linda Bittner Štěpán Cibulka		1. patro / přední dům místnost 103 / List 24
Vedli: Michael Rykl Ladislav Bartoš		strop / stěna podlaha / S / V / J / Z
4.-11. 2016		nálezová situace/ prvek 103_15



- Výklenek původně klenutý, původně okno, z gotické fáze výstavby loubí, gotický záklenek po přestavbách patrně zachován není. Záklenek, náležející ose otvoru je zřejmě přezděn v 16-17. stol.
- Okno ostění šíře 910mm, díry po pantech (okenice – okno bez polodrážky)
- (ostění, část plochy kamenu ostění připravena pro omítku – hrubé opracování)
- po vykročení vedlejšího domu čp. 509 loubím okno zazděno,
- později opraveno zaklenutí Možná použito jako skříň po zazdění, hrubá omítka, vlevo přizděno - tedy světlost výklenku zmenšena - v blíže neznámé době až ke hraně bývalé světlosti got. ostění
- biedermeier, současně s úpravou oken), zvětšují niku směrem k ulici o 620mm od otvoru, klenuto šířeji. Záklenek nedbalý, jednostranně rozšířen.
- zleva stále lícovala špaleta s bývalou světlostí gotického okna, biedermayerké květiny nabíhají na bývalou omítku této přizdívky.
- Ve fázi omítky (3) tedy kol. 1870-80 zazděna skříň nalevo (pokoje se vybavují velkým nábytkem a vestavěné skříně jsou nemoderní, přitom se tato kdysi okenní nika rozšiřuje doleva (k severu) prosekáním pro pohovku?. V sondě je zřetelný náběh omítky s květinami do prostoru a nová omítka (3) doleva od něj
- Záklenek doleva vůbec rozšířen nebyl
- zároveň biedermayerské květiny přetřeny na šablonovou výmalbu
- V 1. pol. 20. stol. nedbalý záklenek podložen úhelníkem – možná v souvislosti s otřesy, vyvolanými vedle umístěnou transmisí
- Oprava 2014 – oboustranná přizdívka, nový traverzový překlad, takže výklenek je snížen.

Obr. 2.2: Ukázka záznamu nálezové situace (nálezové karty) v nálezové zprávě OPD (ve II. fázi SHP) [19]

Obsah nálezové zprávy tvoří [6]:

- Evidenční list se stručnou charakteristikou výsledků OPD (anotací),
- Obsah nálezové zprávy,
- Textová část,
- Přílohy,
  - Fotodokumentace – záběry zkoumané věci v detailu i v širších souvislostech,
  - Výkresová a měřická dokumentace – lokalizace a tvar nálezové situace,
  - Schémata skladby, struktur, stratigrafie (podle charakteru nálezu),
  - Kopie terénních záznamů a náčrtů,
  - Další přílohy (kopie historických map a plánů, elaborátů SHP apod.).

2.3. Inventarizační průzkumy

Průzkum, dokumentace a inventarizace (PDI), nebo také ***inventarizační průzkum***, je souborem činností směřujících ke komplexní inventarizaci zkoumané stavby. Tyto průzkumy mohou být řešeny samostatně, např. v rámci předprojektové přípravy obnovy stavby, nebo jako doplňky SHP. Předmětem zájmu PDI jsou nejčastěji stavební prvky, tzn. hodnotné architektonické prvky, a dále výplně oken a dveří. PDI zpravidla vede k rozšíření znalostí o zkoumané stavbě, včetně prostorového uspořádání či materiálové, technologické a konstrukční podstaty. Nicméně do tohoto procesu může být zahrnut i movitý majetek, např. mobiliář[11]. [7, 8]

Obecně řečeno, PDI se skládá ze dvou dílčích částí, tj. (1) průzkumu a dokumentace a následné (2) inventarizace. V první části vychází terénní práce a následné zpracování ze zásad uvedených v metodice OPD. Výstupem je nálezová zpráva[12], příp. rozsáhlejší elaborát. V druhé části je cílem vytvořit komplexní pasport stavebních prvků v zadaném rozsahu – stavba, sbírka, areál, časové dělení atd. U rozsáhlejších staveb nebo areálů je nutné vytvořit menší, logicky uzavřené části, resp. dokumentační celky. Výstupem inventarizace je souhrnná zpráva, která se skládá z těchto částí [7, 8]:

- Stručná charakteristika stavby,
- Seznámení se smyslem inventarizace a okolnostmi její realizace – účel, přístupnost apod.,
- Obsah a členění souboru,
- Souhrnné hodnocení dokumentovaných prvků a doporučení k jejich ochraně,
- Přílohy.

Záznamy o jednotlivých inventárních prvcích je výhodné strukturovat do formy *inventárních karet*, které mohou být opatřeny identifikačními a lokalizačními údaji, údaji o rozměrech, popisem, fotodokumentací a měřickou dokumentací, viz Obr. 2.3.

[11] Je třeba brát v úvahu fakt, že v některých případech byly a jsou stavby přizpůsobovány na míru mobiliárnímu vybavení, které mají obsahovat.

[12] Podle kap. 2.2 a [6].

Prvek:	Dveře na kůr	**Označení prvku:**	**D 03**
Základní rozměry (š. x v.)**:**	920 x 1940mm	**Umístění:**	Předsíň kostela, vstup na vřetenové schodiště na kůr
Popis:	Jednokřídlé pravé dveře svlakové konstrukce. Křídlo původně do menšího otvoru, později nastavované do šířky (na levé straně při zámku) a do výšky (spodní část). Původní konstrukce patrně ze dvou prken spojených na rubové straně dvojicí profilovaných svlaků na rybinu. Ve spodní části prodlouženo 20cm širokým prknem dvojicí přibíjených svlaků a na levé straně 5,5 - 8cm širokým prknem trojicí přibíjených svlaků s okosenými hranami (svlaky přibity strojově vyrobenými hřebíky). Vrchní svlak s rybinou druhotně přerušen otvorem malého čtvercového okénka a doplněn zespodu přibíjeným svlakem bez profilace. Spodní část křídla seříznuta podle tvaru ošlapaného pískovcového schodu. Truhlářské obložení zárubně, zdobené na lícové straně průběžným výžlabkem uprostřed. Dveřní otvor původně půlkruhově završený. Otvor nad pravoúhlými veřejemi zaslepen půlkruhovou prkennou výplní.		
Materiál:	Dřevo měkké		
Povrchové úpravy:	Světlehnědý krycí olejový nátěr, pod ním (pouze na líci) dochovány stopy staršího tmavě hnědého. Obě zjištěné vrstvy až po rozšíření křídla.		
Zasklení:	žádné		
Kování:	*Lícová strana* - dvojice vrchních pásových závěsů s ukončením ve tvaru listu. Zdobný štítek klíčového otvoru ve tvaru kartuše. *Rubová strana* - otevřený vrchní zámek (barokní).		
Slohové a časové určení:	Barokní křídlo, později upravené (snad s výmalbou předsíně v roce 1889).		
Technický stav:	Celkem dobrý		
Poznámky:			
Autor listu:	PhDr. Pavel Kroupa, Libor Sekelský, Mgr. Jakub Chaloupka	**Datum:**	30. 7. 2014

Obr. 2.3: Ukázka dílčí části inventarizační karty pro dveře [7]

2.4. Plošný průzkum lidové architektury

Plošný průzkum lidové architektury je forma poznání historického stavebního fondu venkova, které systematicky zaznamenává a vyhodnocuje všechny stavby podle sledovaných kritérií na vymezeném území. Znamená to dokumentaci ideálně všech sledovaných staveb v rámci konkrétního regionu nebo sídla, v podrobnosti odpovídající měřítku průzkumu a rozsahu zkoumaného území. Předmětem zájmu plošného průzkumu mohou být stavby (obytné, sakrální, feudální sídla, veřejné stavby), drobná architektura, sochařská díla, urbanistické sídelní celky (vesnice, venkovská města a městečka, rozptýlené osídlení apod.), krajinné prvky (vodní toky a plochy, plužiny apod.) atd. [9]

Pod termínem *lidová (či vernakulární) architektura* či *stavitelství* dnes rozumíme stavební a s ním spojený výtvarný projev vesnického (venkovského) obyvatelstva, formovaný tradičním kolektivním společenským vnímáním a danými geografickými podmínkami. Stavby obvykle sloužily okamžitým místním potřebám a byly omezeny stavebními materiály dostupnými v konkrétní oblasti, a tak odráží místní tradice a kulturní zvyklosti. Jde o stavby vázané na bydlení, hospodaření, společenský a náboženský život. Prvotní byla užitná funkce, spojená s individuální snahou po estetickém účinku. Tradiční lidová architektura byla realizovaná většinou svépomocně, tzn. bez přispění formálně vzdělaných architektů, a obvykle založena na designérských dovednostech a tradici místních stavitelů. V jednotlivých časových vrstvách ji ovlivňovaly místní zažité pracovní postupy, vrchnostenská nařízení, působení profesionálních řemeslníků z center panství, a nakonec i módní trendy městské architektury. [9, 20]

Plošný průzkum lidové architektury lze z hlediska podrobnosti jeho zpracování, jeho tematického zaměření a rozsahu řešeného území nebo sídelního celku rozlišit na několik typů. Podrobnost je obvykle vyjádřena způsobem záznamu a volbou vztažného mapového měřítka s odpovídající grafickou legendou. Každý z typů průzkumu má svá specifika terénní práce i zpracování výsledného elaborátu. Přehled typů průzkumu ukazuje Obr. 2.4, ukázku konkrétního typu výstupu ukazuje Obr. 2.5.

Plošný průzkum se v ideálním případě, podobně jako v případě SHP a OPD, skládá ze tří základních částí, tj. (1) přípravy podkladů a archivního průzkumu, (2) terénního průzkumu a dokumentace, (3) vyhodnocení získaných informací a zpracování výsledné dokumentace. Při *plošném průzkumu* se často uplatňují stejné tři základní dokumentační metody jako u OPD:

1. Písemný záznam v terénu,
2. Obrazový záznam,
   a. polní náčrt – kresebná dokumentace,
   b. fotodokumentace,
   c. videozáznam,
3. Měřická dokumentace.

Vzhledem k plošné povaze průzkumu je pro budoucí využití výstupů průzkumu nutná jednoznačná prostorová identifikace všech dokumentovaných staveb a objektů, která bude umožňovat jejich zpětnou lokalizaci v terénu, včetně případů, kdy objekt zanikl. Existuje několik využitelných typů prostorových identifikátorů [9]:

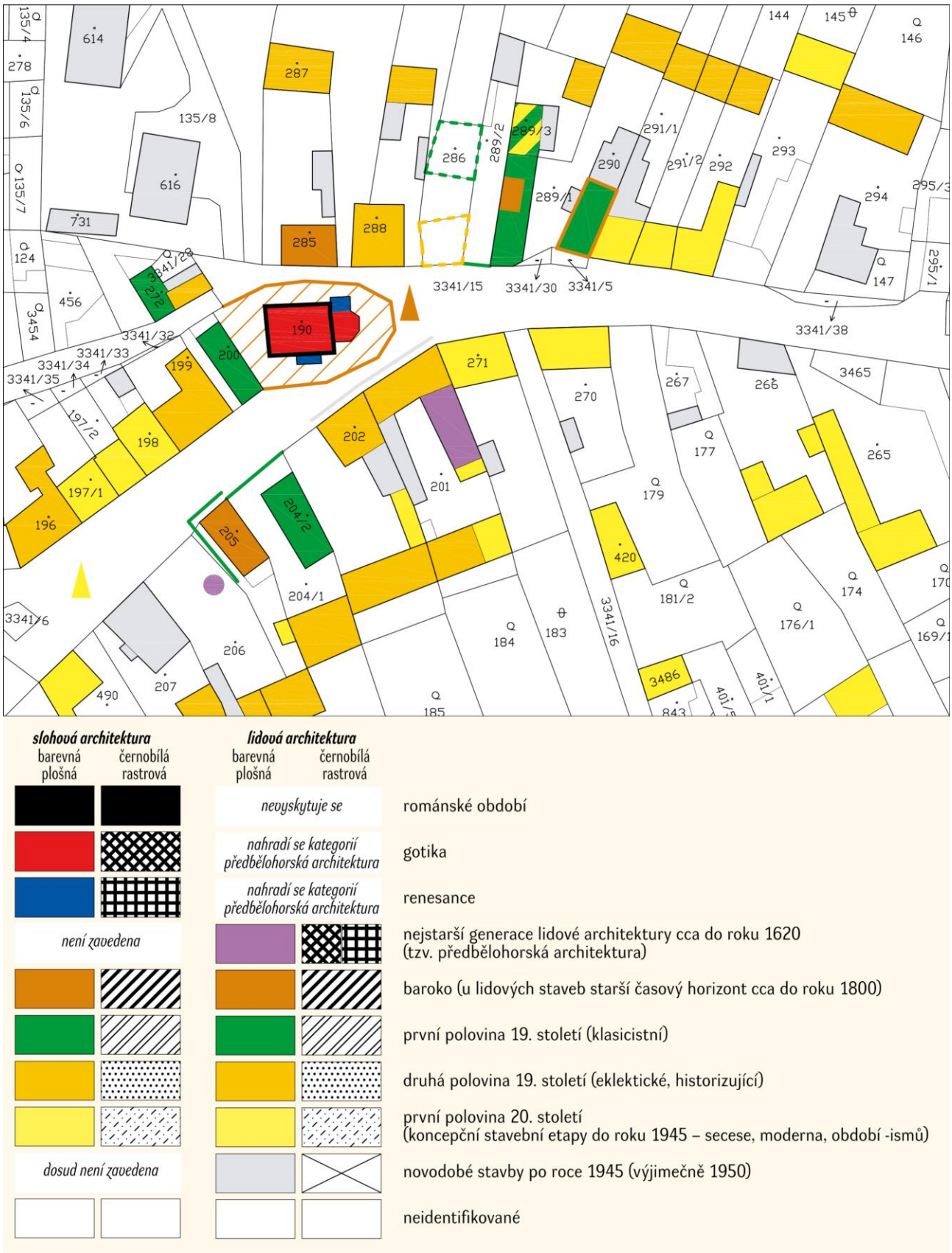
- Adresní místo – číslo popisné, evidenční a orientační[13] v rámci obce,
- Parcelní číslo v rámci katastrálního území,
- Zeměpisné souřadnice a další možnosti lokalizace[14],
- Identifikátory památkové péče – identifikátor PaGIS, CZ_RETRO a rejstříkové číslo ÚSKP.

typ průzkumu	územní rozsah	stupeň průzkumu	podrobnost	textová část dokumentace	mapová část dokumentace	fotodokumentace a další grafická dokumentace	příklady
inventární průzkum	velký územní celek (např. kraj)	inventarizace	nejvýznamnější objekty lidové architektury (kategorie A+ a A)	stručné textové popisy jednotlivých staveb, ev. soupisy dalších objektů lidové architektury	mapy 1 : 50 000 až 1 : 10 000 s bodovým zákresem jednotlivých objektů (grafické symboly)	základní fotodokumentace jednotlivých objektů (cca 1–3 fotografie na objekt)	inventární průzkum lidové architektury v rámci jednoho kraje
	středně velký územní celek (např. okres, obvod obce s rozšířenou působností nebo velkoplošné chráněné území přírody)	inventarizace	zachované objekty lidové architektury a venkovského stavitelství, pokud možno všechny do roku 1945 (kategorie A+, A a B)	jednotlivé textové či databázové karty pro jednotlivé objekty, podrobnost se řídí významem a stupněm dochování stavby	mapy 1 : 5 000 s grafickým vyznačením objektů (měřítko většinou umožňuje lokalizaci více staveb v rámci jedné usedlosti)	základní fotodokumentace jednotlivých objektů, včetně jejich detailů (cca 1–10 fotografií na objekt)	inventární průzkum lidové architektury v rámci jednoho okresu, CHKO nebo Národního parku
	velký nebo středně velký územní celek	památková klasifikace sídel	památková hodnota sídel jako celku	stručná charakteristika sídel a jejich zástavby	mapy 1 : 50 000 a větší	základní fotodokumentace sídel	základní přehled památkové hodnoty sídel
sídelní průzkum – pasport	sídlo (vesnice, městečko)	stavebněhistorický průzkum sídla	veškerá zástavba intravilánu sídla v půdorysném rozsahu do roku 1945	shrnutí stavebního a urbanistického vývoje sídla; podrobné textové či databázové karty k jednotlivým objektům, shrnující údaje stavebněhistorické, s možným zařazením údajů o památkové hodnotě, závadách, případně orientačních regulativů	1 : 2 000 až 1 : 500 dle rozsahu sídla a hustoty zástavby, s barevnou či černobílou legendou stavebněhistorického průzkumu	podrobná fotodokumentace všech objektů v rozsahu dle jejich významu, včetně interiérů (jsou-li přístupné); základní historická ikonografie (vyobrazení, fotografie a pohlednice; mapy a plány); ve výjimečných případech i zaměření klíčových objektů	průzkum konkrétní vesnice
		památkový průzkum sídla			1 : 2 000 až 1 : 500 dle rozsahu sídla a hustoty zástavby, s barevnou či černobílou legendou průzkumu památkových hodnot		
tematický průzkum	velké a středně velké územní celky (např. kraj, okres, obvod obce s rozšířenou působností nebo velkoplošné přírodní chráněné území)	typologický	dle rozsahu a podrobnosti	základní textová či databázová karta	mapová dokumentace v měřítku dle územního rozsahu a podrobnosti (1 : 50 000 až 1 : 5 000)	fotodokumentace v rozsahu dle zaměření průzkumu; základní historická ikonografie (vyobrazení, fotografie a pohlednice; mapy a plány); ve výjimečných případech i zaměření klíčových objektů	zjišťovací průzkum konkrétního typu stavby na určitém území (např. roubené sýpky s povalovou klenbou; dům s podstávkou; stavby určitého stavitele; stavby s konkrétním typem štukové výzdoby apod.)
		konstrukční					
		architektonický, výtvarný apod.					

Obr. 2.4: Přehled typů plošného průzkumu lidové architektury a venkovských sídel [9]

[13] Tzv. čísla domovní.

[14] Např. lokalizace pomocí definičního bodu v souřadnicovém systému WGS 84 nebo S-JTSK nebo prostřednictvím kladu mapového listu, např. Základní mapy 1 : 10 000.



Obr. 2.5: Ukázka mapy stavebněhistorického vyhodnocení sídla v měřítku 1 : 1000 – barevné zpracování zakreslené do DKM [9]

Výstupy *plošného průzkumu* mohou být různé. Obvykle se jedná o elaborát kombinující mapovou a plánovou dokumentaci, fotodokumentaci a textovou dokumentaci, která může být pro přehlednost uspořádána do katalogových listů (karet), tabulek nebo databáze. Výsledné zpracování je možné realizovat v různých datových formátech, proto je nutné práci adjustovat tak, aby bylo možné zajistit její dlouhodobou trvanlivost a použitelnost pro další praxi – v tiskové i digitální podobě [9].

2.5. Archeologický průzkum a výzkum

Archeologické průzkumy[15] a ***výzkumy***[16] (AP a AV) jsou soubory činností, které vedou k terénní prostorové identifikaci *archeologických lokalit* a *archeologických památek*[17]. *Terénní prostorovou identifikací* je míněno určení polohy a rozsahu archeologické lokality jako celku, ale i jejích jednotlivých částí projevujících se vizuálně v terénu (vlastní archeologické památky). Na základě kvalitnější terénní identifikace a prostorového kontextu může být korigována i věcná identifikace, tedy o jaký druh archeologické památky se jedná. Kvalitní t*erénní prostorová identifikace* by se měla skládat z několika fází, které obsahují metody a postupy vhodné pro dokumentování *archeologických památek* [10]:

1. Literární rešerše,
2. Terénní průzkum:
   a. polní náčrt – kresebná dokumentace,
   b. fotodokumentace,
   c. slovní popis – písemný, audiozáznam, videozáznam apod.,
3. Měřická dokumentace,
   a. pozemní průzkum – zaměření pomocí GNSS nebo totální stanice,
   b. letecký průzkum:
      i. využití leteckého snímkování – aktuální, popř. archivní, snímky,
      ii. využití leteckého laserového skenování [21, 22].

Vzhledem k plošné povaze AP a AV je pro budoucí využití jeho výstupů nutná jednoznačná prostorová identifikace všech dokumentovaných *archeologických památek*, která bude umožňovat jejich zpětnou lokalizaci v terénu. Existuje několik využitelných typů prostorových identifikátorů [10]:

- katastrální území, parcelní čísla a rozsah památky vzhledem k jednotlivým parcelám,
- lokalizace vzhledem k blízkým větším či významnějším bodům, sídlům apod.,
- souřadnice na Základní mapě 1 : 10 000,

[15] ***Archeologický průzkum*** je terénní průzkum území s archeologickými nálezy podle potřeby, např. povrchový sběr, geofyzikální měření, letecké snímkování apod. Může být realizován samostatně nebo jako součást přípravné fáze ***archeologického výzkumu***.

[16] ***Archeologický výzkum*** je soubor specializovaných vědeckých činností, které zajišťují záchranu, uchování a dokumentaci nálezů jakožto dokladů o činnosti člověka v historii, včetně interpretace jejich kulturní a památkové hodnoty. Nedílnými součástmi AV jsou odkryvy terénních vrstev a měřická dokumentace odkrytých nálezových situací. Výsledky AV popisuje a shrnuje nálezová zpráva.

[17] Termín **„Archeologická lokalita“** je v této práci chápán jako místo, zpravidla pod úrovní terénu, na kterém byla prokázána přítomnost archeologických nálezů. Termín **„Archeologická památka“** je v této práci chápán jako terénní relikty archeologické lokality vizuálně a prostorově identifikovatelné. Nejedná se vždy o kulturní památku ve smyslu § 2 zákona 20/1987 Sb. [10]

- geodetické zaměření s pomocí totální stanice nebo GNSS (souřadnice S-JTSK nebo WGS 84).

Výstupem AP nebo AV je *nálezová zpráva*. Podobně jako tomu je u ODP, se jedná o strukturovaný elaborát, který stručně a přehledně popisuje předmět AP nebo AV a zasazuje jej do kontextu zkoumané *archeologické lokality*. Záznamy o *terénní prostorové identifikaci* jednotlivých *archeologických památek* mají stanovenou strukturu požadovaných informací[18] [10]:

1. Lokalizace archeologické památky,
2. Hlavní relikty sledované při terénní identifikaci jednotlivých typů archeologických památek,
3. Hlavní sledované znaky jednotlivých terénních reliktů archeologických památek,
4. Charakteristika jednotlivých terénních reliktů archeologických památek,
5. Poškození archeologické památky,
6. Datace archeologické památky,
7. Vztah archeologické památky k okolí,
8. Údaje o dokumentaci nové archeologické památky,
9. Podklady a zdroje informací k archeologické památce,
10. Základní charakteristika movitých nálezů získaných z archeologické památky.

Archeologické památky lze podle [10] rozdělit až na 17 typů:

1. Zaniklé vsi, dvory a neúspěšné městské lokace
2. Tvrziště
3. Hradní zříceniny
4. Předsunutá opevnění valů
5. Výšinná sídliště (opevněná či neopevněná)
6. Rovinná sídliště (opevněná či neopevněná)
7. Skalní sídliště (skalní hrady, jeskyně, převisy)
8. Mohylová pohřebiště
9. Plochá pohřebiště
10. Kultovní areály (kultovní místo, svatyně, kostel, klášter)
11. Komunikace – cesty
12. Polní opevnění a obléhací tábory
13. Rybníky
14. Těžební a důlní objekty a areály
15. Výrobní objekty
16. Hranice katastrálních území, panství
17. Uspořádaní polností

[18] Podobně je tomu u *nálezových karet*, které jsou formou záznamu nálezových situací při OPD, viz kap. 2.2.

2.6. Shrnutí a diskuse

Všechny typy výše popsaných průzkumů se shodují na nutnosti *globální lokalizace*[19] zkoumané stavby či objektu. K tomuto účelu jsou nejčastějšími doporučovanými prostorovými identifikátory adresní místo, parcelní číslo a rejstříkové číslo ÚSKP.

Při podrobných průzkumech historických staveb, jakými jsou SHP, OPD a PDI, je dále doporučována detailnější lokalizace nálezových situací a inventárních prvků v rámci zkoumané stavby. Jejich soupis a popis je zpravidla nejvýhodnější zpracovat, resp. strukturovat, po místnostech zkoumané stavby, což je dokumentační postup označovaný jako tzv. ***„Raumbuch"***, viz [24]. Při průzkumech plošné povahy, jakými jsou plošný průzkum lidové architektury, AP a AV, je dále doporučována *podrobná lokalizace*[20] zkoumané stavby či objektu. K tomuto účelu je doporučovaným podkladem mj. aktuální katastrální mapa[21].

Všechny typy výše popsaných průzkumů jsou obvykle zakončeny sepsáním *závěrečné*, *nálezové* nebo *souhrnné zprávy*. Jedná se o elaborát, který popisuje průběh daného průzkumu a shrnuje jeho výstupy a závěry. Tyto elaboráty jsou obdobou *technických zpráv*[22], které jsou používané v jiných oborech. Přílohy jsou obvykle tvořeny plánovou a obrazovou dokumentací, fotodokumentací a písemným popisem a mohou být uspořádány do formy katalogizačních karet, viz Obr. 2.2 a 2.3.

Při PDI se doporučuje, aby jejich výstupy odpovídaly standardům a požadavkům komparačních databází. Příslušným standardem je CIDOC CRM (norma ISO 21127:2014) [26, 27], který vytváří rámec pro mezinárodní výměnu a sdílení informací mezi institucemi[23] v oblasti kulturního dědictví. V rámci ČR je tento požadavek splněn, pokud jsou výstupy PDI začleněny do IISPP[24], který zaručuje globální lokalizaci nálezu a jeho zařazení do metainformační struktury. [7, 8]

Při průzkumech plošné povahy se doporučuje ke zpracování výstupů využít *geografické informační systémy* (GIS) [9, 10, 22, 28].

Vzájemné vztahy mezi fázemi SHP, metodami pro sběr dat, datovými sadami a geoinformačními technologiemi popisuje Obr. 2.6. V průběhu SHP, tzn. v jeho jednotlivých fázích, dochází k postupnému sběru dat a jejich zpracování do dílčích mezivýsledků, tj. datových sad. S postupem badatelských prací vzniká potřeba kritického hodnocení a vzájemného srovnávání dosažených mezivýsledků, čímž dochází k vzájemnému propojování geometrických a popisných informací. Později tedy vzniká nutnost geometrické a popisné informace digitálně propojit, k čemuž mohou být využity nástroje a pracovní postupy založené na geoinformačních

[19] ***Globální lokalizace objektu*** je *„vyjádření prostorového umístění objektu, nejčastěji pomocí souřadnic jeho definičního bodu, které umožňuje jeho rychlé vyhledání v území nebo na mapě"*. [23]

[20] **Podrobná lokalizace objektu** je *„vyjádření prostorového umístění objektu v území nebo na mapě, umožňující určení jeho tvaru a rozměrů"*. [23]

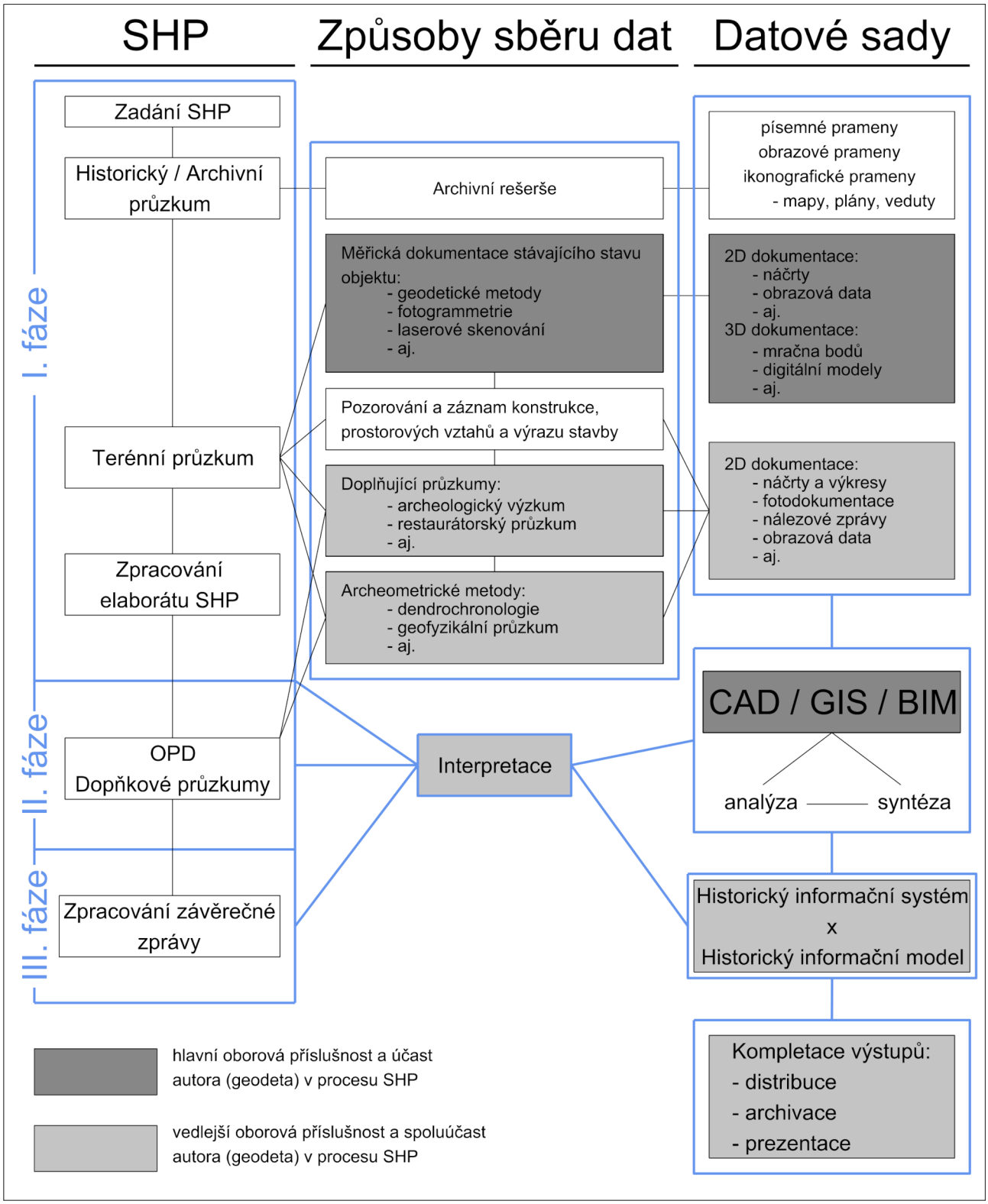
[21] Aktuální katastrální mapy jsou volně dostupné na internetu prostřednictvím stahovací služby Atom, viz [25].

[22] ***Technická zpráva*** je *„(1) zpráva o vykonaných technických nebo mapovacích pracích; obsahuje krátký popis všech skutečností důležitých pro posouzení vykonaných měřických, výpočetních, popř. mapovacích prací, jakož i údajů na posouzení jejich přesnosti; (2) dokument přijatý normalizační organizací, který obsahuje informativní materiál nevhodný k publikaci jako norma nebo technická specifikace geografické informace (GI)"*. [23]

[23] Nejčastěji se jedná o muzea, knihovny a archivy. [26]

[24] Viz [3].

technologiích z oblastí CAD, GIS nebo BIM. Dále mohou tyto nástroje a pracovní postupy realizovat analýzy a syntézy získaných dat, a tak usnadnit interpretace získaných informací. Podrobněji o tomto tématu pojednávají kap. 4 a kap. 5.



Obr. 2.6: Vzájemné vztahy mezi SHP, metodami pro sběr dat, datovými sadami a geoinformačními technologiemi

3. Měřická dokumentace

Měřickou dokumentaci lze podle příslušné metodiky NPÚ [11] definovat jako *„činnost směřující k vytvoření zmenšeného obrazu stavebního objektu, většinou pro účely projektování jeho opravy nebo úprav nebo pro jeho vědecké poznání a současně péči o něj. Přeneseně se výraz používá i pro výstupy této činnosti. Dnes dělíme dokumentaci podle typu na analogovou a digitální a na 2D a 3D.“* Dále lze výstupy měřické dokumentace charakterizovat jako ***plány***, které jsou v terminologii zeměměřictví a katastru [23] definovány jako *„půdorysné vyjádření objektů malého územního rozsahu ve velkém měřítku bez použití matematicky definovaných vztahů (kartografického zobrazení)“*.

Pro potřeby této práce bude používán termín ***měřická 2D dokumentace***. S ohledem na stávající dostupnost a nabídku měřických technologií a typy a formy průzkumů je možné do *výstupů měřické 2D dokumentace* zahrnout i další termíny, resp. výstupy, z oblasti zeměměřictví a katastru, jako jsou [23]:

- ***mapa*** – zmenšený generalizovaný konvenční obraz Země, kosmu, kosmických těles nebo jejich částí převedený do roviny pomocí matematicky definovaných vztahů (kartografických zobrazení), ukazující prostřednictvím metod kartografického znázorňování polohu, stav a vztahy přírodních, sociálně-ekonomických a technických objektů a jevů,
- ***ortofoto*** (či ***ortofotomozaika***) – fotogrammetrický produkt, znázorňující území zobrazené zpravidla na více ortofotosnímcích, který vzniká jejich spojením do bezešvé mozaiky georeferencované do požadovaného referenčního souřadnicového systému. Soubor rastrových dat je zpravidla rozdělen do dlaždic vymezených např. sekčními čarami listů státního mapového díla,
- ***fotoplán*** – překreslený fotografický snímek (popř. montáž více snímků) rovinného objektu nebo území v požadovaném měřítku,
- ***výškopis*** – obraz terénního reliéfu na mapě; jedná se o soubor vrstevnic, výškových bodů s jejich výškovými kótami, výškopisných značek, popř. další prostorově působící způsob znázornění reliéfu, např. stínováním terénu,
- ***vrstevnicová mapa*** (***plán***) – mapa (plán), jejíž výškopis je znázorněn vrstevnicemi.

Další významnou formou měřické 2D dokumentace je tzv. ***fotodokumentace***. Zpravidla se jedná o systematicky pořízenou sadu snímků, v současnosti digitálních, které jsou pořízeny kvalitním digitálním fotoaparátem[25] a jsou opatřeny tzv. *objektivizačními prvky*. Typickými *objektivizačními prvky* jsou např. cedulka s popisem, měřítko, barevná stupnice atd. [15, 17] V ideálním případě jsou při snímkování dodržovány zásady, především vzájemná konfigurace a překryty sousedních snímků, které později umožňují fotogrammetrické vyhodnocení. V takových případech může fotodokumentace zastoupit laserové skenování, např. při časové, finanční či personální tísni[26].

Poslední formu *měřické 2D dokumentace* přestavují polní náčrty, zápisníky a skici, které mohou být podle potřeby a preferencí průzkumníka doplněny o strukturované

[25] Tzv. „full-frame“ digitální zrcadlovka (DSLR) je často považována za etalon při pořizování a zpracování fotodokumentace. V současnosti se začínají stále více uplatňovat také „full-frame“ digitální bezzrcadlovky (CSC).

[26] Tato situace často nastává při OPD, viz kap. 2.2.

popisy, psané poznámky, digitální audio– či videonahrávky apod. Zpravidla se jedná o přílohy k hlavnímu měření, resp. průzkumu.

Dále bude pro potřeby této práce používán termín ***měřická 3D dokumentace***. S ohledem na stávající dostupnost a nabídku měřických technologií a typy a formy průzkumů lze do *výstupů měřické 3D dokumentace* zahrnout i další termíny z oblasti zeměměřictví a katastru [23]:

- ***model*** – může mít více terminologických významů:
  1. abstrakce některých aspektů reality, které jsou významné pro zamýšlenou aplikaci,
  2. sada pravidel a prostorových procedur realizace prostorové analýzy, jejímž účelem je vyvození nové informace, jež může být analyzována a pomoci tak při řešení problémů nebo v plánování,
  3. datová reprezentace reality (např. vektorový nebo rastrový datový model, TIN),
- ***3D model*** – produkt *3D modelování*, který může být zobrazen jako dvojrozměrný obraz pomocí speciálních procesů (např. 3D rendering) nebo použit k počítačové simulaci fyzického objektu, objekt může být též vytvořen fyzicky pomocí 3D tisku,
- ***3D modelování*** – proces vytvoření a matematické reprezentace jakéhokoliv trojrozměrného povrchu objektu (živého nebo neživého) prostřednictvím specializovaného softwaru; produkt je nazýván *3D modelem*,
- ***drátěný model (drátový model)*** – reprezentace modelu v počítači pouze prostřednictvím bodů (vektorů) a jejich spojnic (hran) bez ohledu na viditelnost,
- ***digitální model povrchu (DMP)*** – zvláštní případ digitálního modelu reliéfu (DMR) konstruovaného zpravidla s využitím automatických prostředků (např. obrazové korelace ve fotogrammetrii) tak, že zobrazuje povrch terénu a vrchní plochy všech objektů na něm (střechy, koruny stromů apod.),
- ***mračno bodů*** – množina bodů popisujících povrch terénu a předmětů na něm, která je výsledkem:
  1. měření a výpočtů uskutečněných pozemním (statickým či mobilním) nebo leteckým laserovým skenerem spojeným obvykle s přídavnými aparaturami GNSS a IMU,
  2. výpočtu korelací dvou měřických snímků (pozemních nebo leteckých) s jejich známými parametry vnitřní a vnější orientace nebo triangulačních skenerů,
  3. jiných měřických postupů realizovaných např. robotizovanými totálními stanicemi.

3.1. Současný stav problematiky

V současné době je dostupná široká nabídka měřických metod a technologií, proto v ideálním případě zůstává na zpracovateli SHP, aby rozhodl, jaké měřické metody a technologie využije. V praxi se výběr technologií bude řídit erudicí zpracovatele SHP, jeho technickým a personálním zázemím, časovým harmonogramem a finančními možnostmi vyplývajícími z rozpočtu atd. V konečném důsledku tak mohou některé metody, či technologie, a možnosti, které se nabízejí, zůstat nevyužity, nebo jsou v některém směru předimenzovány.

V současné době mohou být parametry měřické dokumentace velice různorodé, protože každé její zadání, resp. zakázka, je v konečném důsledku jedinečné. Obecný postup, jak formulovat zadání na měřickou dokumentaci, popisuje metodika NPÚ [11]. Obsah zadání lze stručně shrnout do osmi základních bodů:

1. Přesné stanovení předmětu a rozsahu měření,
2. Souřadnicový a výškový systém,
3. Požadovaná podrobnost,
4. Požadovaná přesnost,
5. Požadované výstupy,
6. Způsob kalkulace ceny a podmínky jejích pozdějších úprav,
7. Stanovení termínu odevzdání prací,
8. Podmínky převzetí hotové práce.

3.1.1. Měřické metody a technologie

Měřické technologie, které lze nejčastěji využít při dokumentaci historických staveb, přehledně popisuje metodika NPÚ [11]. V ideálním případě probíhají měřické práce paralelně s terénním průzkumem, což umožňuje koordinovat měřické a průzkumné práce *in situ*, a vzájemně je tak doplňovat. Podle charakteru měřické dokumentace lze aplikovat a vzájemně kombinovat různé měřické metody a technologie:

- Globální navigační satelitní systémy (GNSS),
- Mobilní laserové/mapovací systémy (MLS a MMS),
- Podrobné měření (ve smyslu geodetickém)[27] – soubory budov, parky, zahrady, komunikace,
- Poučené zaměření objektu (měřická dokumentace)[28] s prostorovou skladbou[29],
- Blízká pozemní fotogrammetrie a RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems),
- Laserové skenování (LS)[30], obvykle pozemní (TLS),
- Specializované metody dokumentace – georadar (GPR), hyperspektrální skenování, termovize aj.

[27] Zaměřování podrobných bodů předmětů měření z bodů bodových polí, popř. pomocných měřických bodů nebo dříve určených podrobných bodů [23].

[28] Podle [11].

[29] Stavební objekt, u něhož jsou všechny tři rozměry řádově stejně velké, popř., jehož svislý rozměr je podstatně větší; jsou to např. budova a jiné podobné objekty bytové, občanské, průmyslové a zemědělské výstavby [23].

[30] Prostorové rozlišení LS by mělo odpovídat požadované míře podrobnosti měřické dokumentace, popř. být vyšší., viz kap. 3.1.3.

V současné době je preferováno zkracování doby potřebné pro terénní měření, proto jsou stále více využívány automatizované systémy pro neselektivní sběr prostorových dat. Populární jsou měřické technologie, které umožňují vytvořit prostorové mračno bodů. Velmi často jsou využívány technologie *laserového skenování* a *Image Based Modelling and Rendering* (IBMR). V případě rozlehlejších hradních areálů, plošných areálů, které jsou tvořeny soubory historických staveb, nebo specifických objektů může být výhodné aplikovat MLS či MMS, které mohou být umístěny na vozidle [29, 30], na mobilním robotickém systému [31], na RPAS [32–34] nebo fungovat jako „příruční" zařízení [34]. Z různých případových studií je patrné, že je obvykle výhodné vzájemně zkombinovat více typů měřických metod a technologií, viz např. [34–39]. V archeologii jsou v posledních letech hojně využívány *digitální modely reliéfu* (DMR), které byly pořízeny při kampani *leteckého laserového skenování* (LLS), více viz [21, 22, 33, 40, 41].

Použití moderních měřických technologií sebou přináší tři základní problémy, které souvisí s formátováním, archivací a vzájemným propojením digitálních dat [11]:

1. Vzrůstá objem dat, která je nutné zpracovat a archivovat – především digitální fotografie a data z LS.
2. Nové typy dat kladou vyšší nároky na hardwarové a softwarové vybavení, jejich vzájemnou kompatibilitu a kvalifikaci zpracovatele a uživatele[31].
3. V případě kombinace více měřických technologií vznikají vyšší nároky na připojení do společného geodetického referenčního systému.

3.1.2. Měřická síť a její využití při měřické dokumentaci

Pokud je předmětem měřické dokumentace komplexní zaměření historické stavby, je žádoucí propojit jednotlivé měřické metody prostřednictvím ***měřické sítě***. U složitých a rozsáhlých historických staveb, popř. areálů, může být rozvržení základní měřické sítě velmi náročné. Body měřické sítě by měly být rozmístěny pravidelně a tak, aby každý důležitý podrobný bod byl viditelný min. z jednoho stanoviska. Volných rajonů by mělo být co nejméně. Především ve stísněných prostorech, které nezřídka vznikají v areálech historických staveb, může být složité vyvarovat se strmým záměrám a nevýhodným uhlům polygonových stran v měřické síti [11]. Na druhou stranu při OPD[32], kdy jsou nejčastějším předmětem zájmu jednotlivé nálezové situace, může být ***měřická síť*** tvořena i jen jednou polygonovou stranou či stanoviskem. V praxi lze měření v historických stavbách přirovnat k měření v podzemních prostorech, kdy je konfigurace měřické sítě tzv. „řídká", což způsobuje menší počet nadbytečných měření, příp. jednostranné připojení bodů měřické sítě.

Při stabilizaci bodů měřické sítě v historické stavbě může být výhodné postupovat „z interiéru do exteriéru", protože stabilizace měřické sítě v exteriéru poskytuje více volnosti pro volbu optimální geometrie sítě, než je tomu v interiéru. Při stabilizaci bodů v interiéru je v ideálním případě umístěn měřický bod v každé místnosti, protože pro potřeby měřické dokumentace je výhodné zaměřit minimálně jeden prostorový bod na podlaze[33]. Pokud je možný průhled dveřními otvory skrz více místností, je výhodné

[31] Význam tohoto problému vzrůstá při mezioborové spolupráci, kdy je nezbytné nalézt a dosáhnout společné míry „počítačové gramotnosti" na obou stranách, např. při spolupráci specialistů s humanitní a technickou erudicí.

[32] Více o OPD viz kap. 2.2.

[33] V historických stavbách není neobvyklé, že je podlaha místnosti členěna do několika výškových úrovní.

volit měřické body tak, aby bylo možné její zhuštění pomocí přechodných stanovisek [42].

Pro podrobné měření je výhodné, aby bylo možné považovat měřickou síť za „bezchybnou". Není-li stanoveno jinak, lze „bezchybnost", resp. *přesnost měření*[34], měřické sítě odvodit z *měřítka mapy (plánu)*. *Měřítko mapy (plánu)*[35] udává poměr zmenšení nezkreslené délky v mapě (plánu) k odpovídající délce ve skutečnosti [23]. Měřickou síť lze tedy považovat za „bezchybnou", pokud v ní odhadnutá směrodatná odchylka délky σ_{dij} nepřekročí mezní hodnotu σ_{Tdij} odpovídající tloušťce nejtenčí čáry měřické dokumentace ve skutečnosti.

Prostorová délka d_{ij} mezi body i (X_i, Y_i, Z_i) a j (X_j, Y_j, Z_j) je definována jako

$$d_{ij} = \sqrt{\left(X_j - X_i\right)^2 + \left(Y_j - Y_i\right)^2 + \left(Z_j - Z_i\right)^2} \tag{1}$$

Z (1) lze odvodit směrodatná odchylka délky σ_{dij} jako

$$\sigma_{d_{ij}}^2 = \left(-\frac{\Delta X_{ij}}{d_{ij}}\right)^2 \cdot \sigma_{X_i}^2 + \left(\frac{\Delta X_{ij}}{d_{ij}}\right)^2 \cdot \sigma_{X_j}^2 + \left(-\frac{\Delta Y_{ij}}{d_{ij}}\right)^2 \cdot \sigma_{Y_i}^2 + \left(\frac{\Delta Z_{ij}}{d_{ij}}\right)^2 \cdot \sigma_{Z_j}^2 + \left(-\frac{\Delta Z_{ij}}{d_{ij}}\right)^2 \cdot \sigma_{Z_i}^2 + \\ + \left(\frac{\Delta Z_{ij}}{d_{ij}}\right)^2 \cdot \sigma_{Z_j}^2 \tag{2}$$

Pro rovnici (2) je možné definovat následující zjednodušení:

- sféra chyb: $\sigma_X \approx \sigma_Y \approx \sigma_Z \approx \sigma_{XYZ}$
- homogenní přesnost měřické sítě: $\sigma_{XYZi} \approx \sigma_{XYZj} \approx \sigma_{XYZ}$

$$\sigma_{d_{ij}} = \sigma_{XYZ} \cdot \sqrt{2} \tag{3}$$

Při znalosti tloušťky nejtenčí čáry x_{tl} [mm] a měřítkového čísla M měřické dokumentace lze z rovnice (3) odvodit požadovanou směrodatnou souřadnicovou odchylku σ_{TXYZ}:

$$\sigma_{TXYZ} = \frac{\sigma_{Td_{ij}}}{\sqrt{2}} = \frac{x_{tl} \cdot M}{\sqrt{2}} \tag{4}$$

Tloušťka čáry x_{tl} se může řídit typografickými zásadami, které lze v závislosti na požadovaném účelu a měřítku plánu převzít např. z katastrální mapy [43] pro plány nebo účelové mapy v měřítkách od 1 : 500 a menších, a nebo z ČSN [44, 45] či metodik [11] pro plány v měřítkách od 1 : 200 a větších, viz Tab. 3.1.

Při dokumentaci větších nebo složitějších historických staveb a kombinaci různých měřických technologií je výhodné vytvořit měřickou síť pro celou kampaň. Pokud je využívána archivní měřická dokumentace, je možné takto zaměřit identické body, které umožní propojení podkladů a měření v GIS. V případech, kdy je využíváno TLS nebo blízká fotogrammetrie, je možné takto zaměřit vlícovací body.

[34] ***Přesnost měření*** je pravděpodobná těsnost shody mezi výsledkem měření a pravou hodnotou měřené veličiny, jedná se o charakteristiku měřické metody určené základní střední chybou. [23]

[35] Označuje se výrazem 1 : M, kde M je měřítkové číslo. [23]

Tloušťka čáry [mm]	Poměry délek a souřadnicové odchylky dle měřítka [mm]									
	1:20		*1:50*		*1:100*		*1:200*		*1:500*	
0,13	2,6	1,8	6,5	4,6	13,0	9,2	26,0	18,4	65,0	46,0
0,18	3,6	2,5	9,0	6,4	18,0	12,7	36,0	25,5	90,0	63,6
0,25	5,0	3,5	12,5	8,8	25,0	17,7	50,0	35,4	125,0	88,4
0,35	7,0	4,9	17,5	12,4	35,0	24,7	70,0	49,5	175,0	123,7
0,50	10,0	7,1	25,0	17,7	50,0	35,4	100,0	70,7	250,0	176,8
0,70	14,0	9,9	35,0	24,7	70,0	49,5	140,0	99,0	350,0	247,5
1,00	20,0	14,1	50,0	35,4	100,0	70,7	200,0	141,4	500,0	353,6
1,40	28,0	19,8	70,0	49,5	140,0	99,0	280,0	198,0	700,0	495,0
2,00	40,0	28,3	100,0	70,7	200,0	141,4	400,0	282,8	1000,0	707,1

Tab. 3.1: Poměry délek a souřadnicové odchylky měřické sítě podle tloušťky čáry a měřítka

Základní měřické vybavení pro zaměření měřické sítě představuje tzv. *trojpodstavcová souprava*[36] a svinovací metr. V interiéru může být potřebné doplňující osvětlení, pro které je nutné zajistit svítidla, např. LED svítidla či halogeny, zdroj elektrické energie a popř. ještě prodlužovací kabely. V exteriéru může být výhodné použít GNSS aparaturu pro připojení měřické sítě do referenčních systémů. Dále může být výhodné použít nivelační soupravu, tj. nivelační přístroj, stativ, podložku a lať, pro příp. výškové připojení sítě.

[36] Souprava sestávající ze tří stativů s dostřeďovacími podložkami umožňující závislé centrování měřicího přístroje a měřicích značek [23].

3.1.3. Míra podrobnosti a její vliv na měřickou dokumentaci

Míra podrobnosti je významným parametrem, který ovlivňuje výpovědní hodnotu navazujících výstupů. Dále z ní lze odvodit ***míru přesnosti***., resp. *přesnost měření*. Volí se úměrně významu dokumentovaného objektu, účelu měřické dokumentace a prostředkům, které jsou k dispozici. Maximální *míra podrobnosti* by měla být odvozena z měřítka plánu (výkresu). Při podrobném měření je vhodné rozlišovat podrobné tvary předmětů, pokud délka přímé spojnice lomových bodů dosahuje alespoň 0,1 mm[37] v měřítku plánu[38]. Tento přístup lze aplikovat na měřickou 2D i 3D dokumentaci. Na základě měřítka plánu může být stanoven minimální rozměr prostorového objektu, který je pro konkrétní účel měřické dokumentace vhodné ještě modelovat. Dále může být *míra podrobnosti* odvozená z měřítka plánu (výkresu) využita jako mezní hodnota pro redukci mračen bodů.

Obvykle se pro *měřickou 2D dokumentaci* volí jako výchozí vztažné měřítko 1 : 50 [11, 46, 47]. V kontextu měřické 2D dokumentace je možné definovat základní kategorie podrobnosti [11]:

1. **Orientační dokumentace** – náčrty a plány řádově od měřítka 1 : 200 do 1 : 100,
2. **Základní dokumentace** – plány řádově od měřítka 1 : 100 do 1 : 50,
3. **Podrobná dokumentace** – plány řádově v měřítku 1 : 50,
4. **Tvarově věrná dokumentace** – plány od měřítka 1 : 20 a podrobnější.

V kontextu *měřické 3D dokumentace* je možné zvolit několik přístupů pro aplikaci *míry podrobnosti* na vektorová prostorová data. Jedná se o tzv. ***level of Graphic Detail*** (GRADE), tzv. ***Level of Development*** (LOD) a ***Levels of Detail*** (LOD).

GRADE je parametr, který rozděluje stupeň rozlišení 3D modelu z grafického hlediska. Tento parametr byl navržen pro aplikaci v současném stavitelství, nejčastěji ve spojitosti s procesem BIM, které pracuje většinou s pravidelnými geometrickými tvary a prefabrikovanými stavebními prvky. Parametr GRADE lze také aplikovat jako ekvivalent míry podrobnosti pro měřickou 2D dokumentaci. Prvky 3D modelu mohou být klasifikovány do stupňů podrobnosti, které pak odpovídají míře podrobnosti návrhu 3D elementu[39] nebo míře podrobnosti měřické 3D dokumentace[40], viz Obr. 3.1.

Stupeň **LOD1** je realizován jako zástupný symbol představující 3D prvek, který nemusí být vymodelován v měřítku nebo mít známé rozměrové hodnoty[41]. Stupeň **LOD2** je realizován jako jednoduchý 3D prvek s minimální úrovní geometrické podrobnosti, slouží k reprezentaci povrchových rozměrů. Stupeň **LOD3** je realizován jako obecný model, dostatečně modelovaný pro identifikaci typů a materiálů svých součástí, obvykle obsahuje úroveň 2D detailu vhodnou pro měřítko plánu, jeho rozměry mohou být přibližné. Stupeň **LOD4** je realizován jako konkrétní objekt, modelovaný s přesnými rozměry tak, aby identifikoval typ a materiály svých součástí, jedná se o 3D prvek, který lze nalézt ve stavebních katalozích, a tak je možný jeho

[37] Hodnota 0,1 mm byla stanovena na základě Tab. 3.1, ze které je zřejmé, že je menší, než je hodnota nejtenčí čáry používané ve výkresech. Z toho vyplývá, že míra generalizace stanovená podle tohoto kritéria neovlivní výpovědní hodnotu výstupů měřické dokumentace.

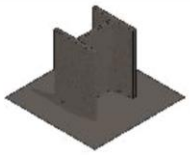
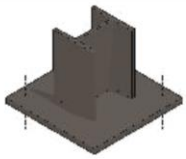
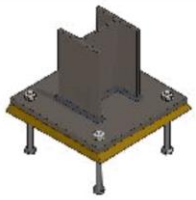
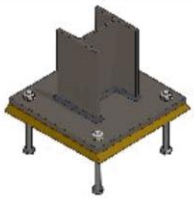
[38] Toto pravidlo je využíváno při aktualizaci *katastrální mapy*, pro níž je míra podrobnosti stanovena na 0,10 m, což odpovídá tloušťce čáry 0,1 mm ve vztažném měřítku 1 : 1000. [43]

[39] V takovém případě bude mít zkratka LOD v Obr. 3.1 význam ***Level of Development***.

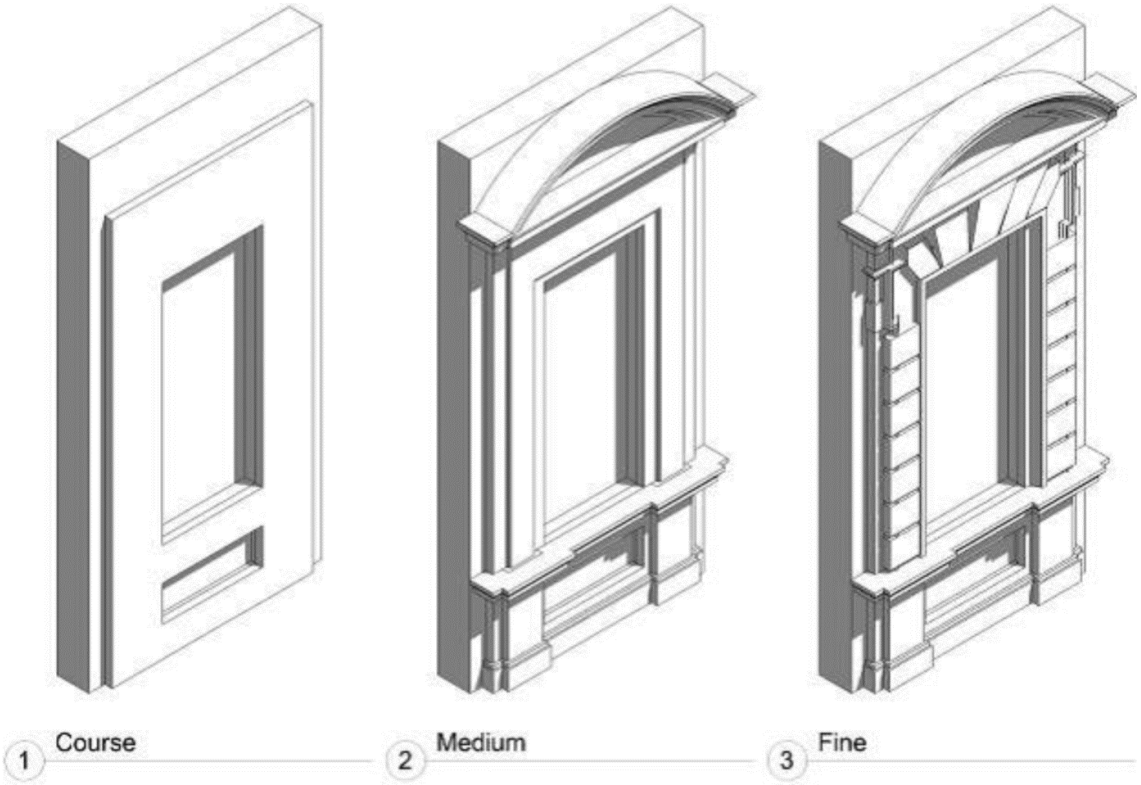
[40] V takovém případě bude mít zkratka LOD v Obr. 3.1 význam ***Level of Detail***.

[41] To je vhodné pro symboly elektrických rozvodů apod., které v 3D modelu nemusí existovat jako 3D prvek.

nákup a analýza nákladů. Stupeň **LOD5** je realizován jako podrobně vymodelovaný konkrétní 3D prvek s přesnými rozměry, daty od specializovaných subdodavatelů a požadavky pro stavbu, používá se tehdy, když pohled na 3D model umožňuje dosáhnout odpovídajícího obrazového rozlišení. Stupeň **LOD6** je realizován jako přesně vymodelovaná digitální 3D rekonstrukce konkrétního stavebního prvku, včetně všech tvarových a rozměrových nepravidelností. [48]

LOD1	LOD2	LOD3	LOD4	LOD5	LOD6
Symbolic	Conceptual	Generic	Specific	Construction	As Built
					

Obr. 3.1: Ukázka stupňované podrobnosti 3D modelu stavebního prvku podle GRADE [48]



Obr. 3.2: Ukázka 3D modelu stejného stavebního prvku v několika stupních GRADE – Course (LOD2), Medium (LOD3) a Fine (LOD4-LOD5) [37, 49]

Historická budova se skládá z komplexu stavebních prvků většinou nepravidelného tvaru. Proto je nutné přizpůsobit parametr **GRADE** pro modely historických staveb. Ukázku 3D modelu v různých stupních podrobnosti stejného stavebního prvku fasády historické budovy zobrazuje Obr. 3.2[42]. V tomto konkrétním případě, podle [37, 49], byly stupně **GRADE** stanoveny podle měřítek plánů, tj. (1) *Course* pro 1 : 200,

[42] V tomto konkrétním případě je nutné konstatovat, že generalizace stavebního prvku byla provedena chybně, a to jak po stránce prostorové geometrie, tak i slohové architektury, podrobněji viz kap. 3.4.

(2) *Medium* pro 1 : 100 a (3) *Fine* pro 1 : 50. Podle Obr. 3.1 by stupně **GRADE** mohly být stanoveny jako *Course* (LOD2), *Medium* (LOD3) a *Fine* (LOD4-LOD5).

Level of Development (LOD) je parametr zpravidla používaný v souvislosti s dokumentem E202^{TM}–2013, který vypracoval *American Institute of Architects* (AIA) pro účely návrhu smluvních vztahů souvisejících s informačním modelováním budov (BIM)[43]. Tato úroveň je popsána nejen z hlediska podrobnosti geometrie, ale také z hlediska podrobnosti, přesnosti a rozsahu informací o jednotlivých objektech. Pro vzájemnou komunikaci s klientem, nebo v rámci projektového týmu se pak zpravidla používají hodnoty LOD podle toho, v jaké fázi se projekt právě nachází. [51]

Jednotlivé hodnoty a definice LOD je možné rozdělit následovně [50]:

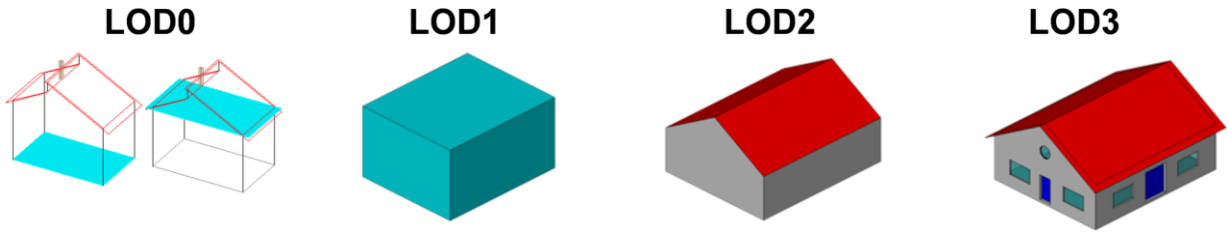
- **LOD 100:** Prvky modelu nejsou současně geometrickými reprezentacemi stavebních prvků. Může se jednat o informace připojené k jinému prvku v modelu nebo o symboly ukazující existenci komponenty, ale nikoli její tvar, velikost nebo přesné umístění. Veškeré z nich odvozené informace musí být považovány za přibližné.
- **LOD 200:** Prvky modelu jsou obecné zástupné symboly. Mohou být rozeznatelné jako součásti, které představují, nebo jako obecné objemy pro rezervaci prostoru. Veškeré z nich odvozené informace musí být považovány za přibližné.
- **LOD 300:** Množství, velikost, tvar, umístění a orientace navrženého prvku lze měřit přímo z modelu bez odkazu na nemodelované informace, jako jsou poznámky nebo vyvolání rozměrů. Počátek projektu je definován a prvek je umístěn přesně s ohledem na původ projektu.
- **LOD 350:** Modelovány jsou díly potřebné pro koordinaci prvku s blízkými nebo připojenými prvky. Tyto části budou zahrnovat položky jako podpory a připojení. Množství, velikost, tvar, umístění a orientace navrženého prvku lze měřit přímo z modelu bez odkazu na nemodelované informace, jako jsou poznámky nebo popisky rozměrů.
- **LOD 400:** Prvek je modelován dostatečně podrobně a přesně pro výrobu reprezentovaného stavebního prvku. Množství, velikost, tvar, umístění a orientaci navrženého prvku lze měřit přímo z modelu bez odkazování na nemodelované informace, jako jsou poznámky nebo popisky rozměrů.
- **LOD 500 (neužívá se):** Specifikace se vztahuje k ověření prvků v terénu a není ukazatelem postupu na vyšší úroveň geometrie prvků modelu nebo negrafických informací, proto se nedefinuje ani nezobrazuje.

Levels of Detail vyjadřuje ve své podstatě to, kolik detailů je zahrnuto v prvku modelu. V přeneseném smyslu může být považován za vstup prvku do modelu. *Level of Development* vyjadřuje, do jaké míry byla promyšlena geometrie prvku a k němu připojené informace, tzn., do jaké míry se členové projektového týmu mohou spolehnout na informace obsažené v modelu. V přeneseném smyslu může být považován za výstup prvku z modelu. [50]

Levels of Detail (LOD) je parametr, který udává geometrickou podrobnost podle aktuální normy CityGML, tj. verze 3.0.0. Koncepční model CityGML rozlišuje čtyři po

[43] Smluvní dokument AIA G202-2013, *Building Information Modeling Protocol Form* je součástí série digitálních praktických dokumentů, které AIA zveřejnila v červnu 2013. Tato řada se skládá z AIA E203™–2013, *Building Information Modeling and Digital Data Exhibit*, AIA G201™– 2013, *Project Digital Data Protocol Form* a AIA G202™–2013, *Project Building Information Modeling Protocol Form*. Obecné informace o dokumentech a ukázky ke stažení lze nalézt na www.aia.org/digitaldocs a spustitelné verze dokumentů na http://www.aia.org/contractdocs. [50]

sobě jdoucí úrovně detailů (LOD0 – LOD3), kde se modelované objekty stávají s rostoucí LOD geometricky detailnějšími. Datové sady CityGML mohou, ale nemusí, obsahovat více geometrií pro každý modelovaný objekt v různých LOD současně. Tento koncept usnadňuje modelování ve více měřítcích, která jsou vhodná pro různé aplikace nebo vizualizace. [52] Různé reprezentace stejné stavby v různých stupních LOD, a tedy i vzhledech, ukazuje Obr. 3.3.



Obr. 3.3: Reprezentace stejné budovy v LOD0 – LOD3 [52]

Prostory a hranice prostoru mohou mít různé geometrické reprezentace v závislosti na stupních LOD, viz Obr. 3.4. Různé stupně LOD jsou definovány následujícími způsoby [52]:

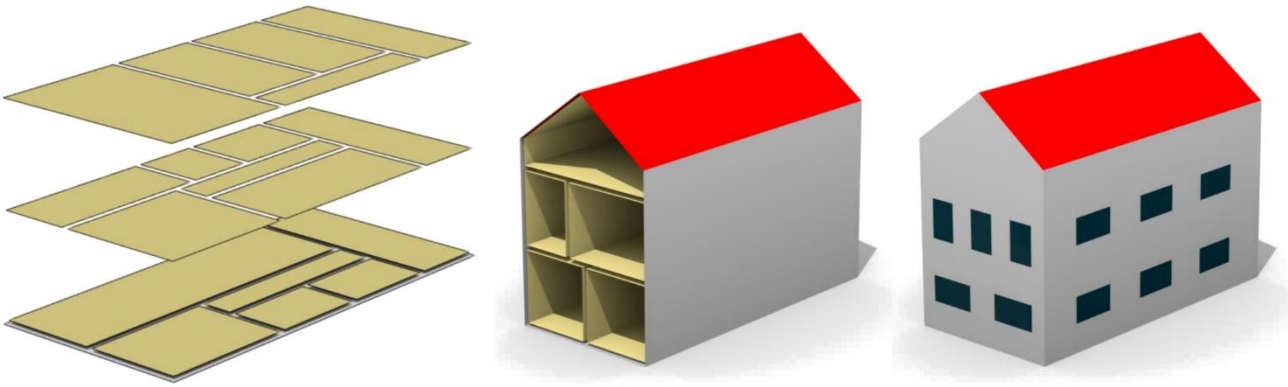
- **LOD0:** Objemové objekty (Spaces) jsou prostorově reprezentovány jedním bodem, sadou křivek nebo sadou povrchů. Plošné objekty (Space Boundaries) jsou prostorově reprezentovány sadou křivek nebo sadou povrchů. Povrchy jsou reprezentovány projekcí tvaru objemového objektu na rovinu rovnoběžnou se zemí[44]. Křivky jsou reprezentovány buď projekcí tvaru svislého povrchu, např. povrchu stěny, na zemnící rovinu nebo kostru objemového tvaru podélného rozsahu, jako je např. úsek silnice nebo řeky.
- **LOD1:** Objemové objekty (Spaces) jsou prostorově reprezentovány vertikálně vysunutým tělesem, tj. tělesem vytvořeným z vodorovné stopy vertikálním vysunutím. Plošné objekty reálného světa (Space Boundaries) jsou prostorově reprezentovány sadou horizontálních nebo vertikálních ploch.
- **LOD2:** Objemové objekty (Spaces) jsou prostorově reprezentovány sadou křivek, sadou povrchů nebo jedinou geometrií tělesa. Plošné objekty (Space Boundaries) jsou prostorově reprezentovány sadou povrchů. Tvar objektu reálného světa je zjednodušen a menší detaily[45] jsou obvykle zanedbávány. Křivky reprezentují kostry objemových tvarů podélného rozsahu jako např. antény nebo komíny.
- **LOD3:** Objemové objekty (Spaces) jsou prostorově reprezentovány sadou křivek, povrchů nebo jedinou geometrií tělesa. Plošné objekty (Space Boundaries) jsou prostorově reprezentovány sadou povrchů. Jedná se o nejvyšší stupeň LOD, tudíž příslušné geometrie zahrnují všechny dostupné tvarové detaily.

CityGML je otevřený formát a datový model založený na XML, který je využitelný pro ukládání a výměnu virtuálních 3D modelů měst. Na rozdíl od modelů měst v jiných 3D formátech CityGML obsahuje kromě geometrie také sémantický model. Standard tedy pro nejdůležitější objekty ve městech definuje geometrii, topologii, sémantiku i vzhled. Vzhledem k těmto vlastnostem může být CityGML uplatněno při tvorbě

[44] Představují tedy stopy, např. stopu budovy nebo půdorys místností uvnitř budovy apod.

[45] U staveb se obvykle jedná např. o výdutě, prohlubně, parapety a prahy, ale také konstrukce, jako jsou balkóny nebo vikýře apod.

informačních modelu historických staveb v prostředí GIS. Tímto tématem se ve své disertační práci podrobně zabývá Ing. Tobiáš, viz [129].



Obr. 3.4: Ukázky reprezentace budovy: exteriér a interiér v LOD0 (vlevo), exteriér a místnosti v LOD2 (uprostřed), exteriér v LOD2 s otvory v LOD1 [53]

Specifickou metodou je v kontextu míry podrobnosti *archeologický výzkum* (AV), neboť v tomto směru vykazuje značnou nehomogenitu. V exteriérech a ve velkých plochách může být použito měřítko mapy až 1 : 500, ukázka viz [10, 41], zatímco v detailech a interiérech může měřítko plánu dosahovat až 1 : 20. Vzhledem k tomu, že je AV spojen s výkopovými pracemi, nemusí být v některých částech zájmové lokality dostupné žádné údaje, protože nebyl realizován výkop. Nehomogenitu mohou vykazovat rovněž polohové a výškové souřadnice. Na tyto „závady" je třeba brát zřetel při interpretaci výsledků SHP, jehož součástí by měl AV být. [5]

3.1.4. Míra nejistoty a její vliv na měřickou dokumentaci

V situacích, kdy historická stavba neposkytuje rovnoměrný stav zachovalosti, např. když část budovy je plnohodnotně zachována a část je zříceninou, se musí forma měřické dokumentace přizpůsobit. Míra věrohodnosti, resp. nejistoty, navazujících interpretačních výstupů pak bude v různých částech odlišná. Jak pojmout interpretaci celku je na zodpovědném uvážení badatele v součinnosti se zpracovateli podkladů. Tuto problematiku otevřel již v 80. letech 20. století P. Chotěbor, samozřejmě ve vztahu k modelům ručně kresleným a hmotným, viz [54]. Výsledky digitálních měřických metod a možnosti digitálního zpracování by neměly být přeceňovány, viz G. Eckstein [55]: *„... při digitálním záznamu je třeba dodržet přesnost, jaká se získává při dosavadních způsobech"*. Vzhledem k tomu, že měřické technologie doznaly v uplynulé dekádě výrazného pokroku[46], je nutné Ecksteinovu úvahu doplnit o kritické zhodnocení digitálních výstupů s ohledem na obory a účely, pro které jsou pořizovány.

Dále se problematice digitálních 3D modelů a digitálních 3D rekonstrukcí věnovala v r. 2012 odborná konference *Virtual Palaces*. Na této konferenci bylo představeno mnoho případových studií, v nichž byly představeny možnosti, jak se vyrovnat s mírou nejistoty a s ní spojenou abstrakcí v průběhu 3D modelování, viz [56].

[46] Viz kap. 3.1.1.

3.2. Specifika měřické dokumentace při SHP

V rámci zkoumání vývoje historických staveb, řemesel a technologií může být každá tvarová nepravidelnost podstatnou informací, protože může mít zásadní interpretační význam. S tím mohou být spojeny vyšší nároky na podrobnost měření a volbu ***míry podrobnosti***, viz kap. 3.1.3, ale i ***míry nejistoty***, viz kap. 3.1.4. Vzhledem k tomu, že měřická dokumentace je významným podkladem SHP, který definuje jeho prostorový a časový rámec, logicky se přidávají další souvislosti, a tudíž i specifikace.

Prostorový rámec měřické dokumentace určuje polohovou a výškovou lokalizaci a orientaci dokumentace vůči světovým stranám, viz kap 3.2.2. V širším slova smyslu se může jednat o tzv. *„bounding box“*, tj. základní dimenze (délka, šířka, výška) měřické dokumentace. *Časový rámec měřické dokumentace* určuje datum jejího pořízení, jinými slovy udává tzv. „stav ke dni“. Jedná se o časové razítko dokumentace, viz kap. 3.2.2. V širším slova smyslu se může jednat o předmět, tj. obsah měřické dokumentace, např. o analýzu stavebního vývoje stavby, o datace historických konstrukcí na základě dendrochnologického průzkumu apod., kap. 2.1 a [5].

Specifiky měřické dokumentace v terénu a jejího zpracování v kanceláři, nejen pro potřeby SHP, ale i v oblasti památkové péče, se zabývají následující podkapitoly.

3.2.1. Specifika měřické dokumentace v terénu

Specifickými nároky, které vznikají v průběhu zaměřování historických staveb, a jejich nejčastější nedostatky podrobně popisuje příslušná metodika NPÚ, viz [11]. Skupiny stavebních konstrukcí, které nejčastěji vyžadují zvláštní pozornost zaměřování, jsou:

1. krovy, viz [11],
2. výplně otvorů – nejčastěji okna a dveře, viz [7],
3. architektonické články – složitěji tvarované, viz [8],
4. měřické dokumentace v archeologii, viz [10] a kap. 2.5,
5. letecká měřická dokumentace hradních zřícenin, viz [33],
6. měřická dokumentace torzálně dochovaných staveb, viz kap. 3.1.1 a 3.1.4,
7. měřická dokumentace prostorově složitých interiérů, jako jsou např. historické kuchyně [57], kostely apod.

Pracovní postupy měřické dokumentace v terénu se odvíjejí od použité měřické technologie, předmětu dokumentace a požadovaných výstupů. Obecně řečeno mohou být aplikovány tři základní měřické technologie[47]:

1. podrobné měření s využitím totální stanice,
2. laserové skenování, např. TLS, MLS apod.
3. blízká fotogrammetrie, např. pozemní, s využitím RPAS apod.

Podrobné měření s využitím totální stanice je univerzální řešení, které je výhodné aplikovat v případech, kdy jsou požadovanými výstupy výkresy – půdorysy, svislé řezy apod., protože umožňuje přizpůsobit pracovní postup měření požadovanému výstupu. Jeho nevýhodou je časová náročnost vlastního měření, a tak není výhodná její větší aplikace v časové tísni.

[47] Podle kap. 3.1.1.

Podrobné měření s využitím TLS je rychlé automatizované řešení, které se nabízí při vysokých nárocích na detailní tvarovou věrnost a při časové tísni pro samotné měření. Jeho výhodami jsou možnost samostatné aplikace bez podpory dalších technologií, nezávislost na světelných podmínkách při měření a barevnosti skenovaného objektu. V některých případech může být výhodné zaměřit několik identických nebo vlícovacích bodů, aby bylo možné propojení s archivní měřickou dokumentací, zaměřením nebo dalšími prováděnými měřeními. Stísněné a špatně přístupné prostory a prostory s tmavými až černými stěnami je obvykle výhodnější zaměřit s využitím TLS. Zde je zpravidla rozhodující tvar a struktura konstrukcí, nikoliv barevnost. Jeho nevýhodou je časově náročný *post-processing* velkého množství prostorových dat. Dále může být v některých případech komplikovaný export podkladů pro vypracování výkresů[48] – půdorysy, svislé řezy apod.

Podrobné měření s využitím blízké fotogrammetrie založené na technologii IBMR může být využito jako alternativa TLS. Obecně platí, že při aplikaci blízké fotogrammetrie je obvykle výhodné, jsou-li vlícovací body zaměřeny s využitím totální stanice. Jejími nevýhodami je závislost na světelných podmínkách při měření a barevnosti snímkovaného objektu, kdy jsou problematické velké barevně homogenní plochy. Naopak, její výhodou je, že umožňuje v návaznosti na zvolenou technologii tvorbu ortofotomozaiky či fotoplánu, kterými lze doplnit výkresy, což platí především pro svislé pohledy a řezy, u kterých tak dochází ke zvýšení jejich vypovídací hodnoty.

Obecně pro podrobnou měřickou dokumentaci na místě platí, že se může zkomplikovat v několika typech stavebních prostorů:

- nedostupné a zakryté prostory – nelze použít terestrické měření,
- stísněné prostory, kde není možné získat dostatečný odstup,
- prostory s tmavými až černými stěnami[49],
- prostory s výraznými architektonickými prvky,
- využívané prostory, tj. obytné místnosti, sklady nebo prodejny, kde jsou prostory stísněny díky nábytku, zboží apod., a tak jsou zdi samotné za nimi skryty.

[48] Historické stavby mají obvykle nepravidelný půdorys. Při měřické dokumentaci historických staveb pro potřeby památkové péče je častou praxí, že pro zvýšení její vypovídací hodnoty jsou svislé řezy budovou půdorysně šikmé, např. rovnoběžné se zvolenou stěnou, nebo rozděleny na dílčí části, které jsou v půdorysu posunuty vůči sobě navzájem.

[49] Tmavé až černé plochy obecně komplikují měření, např. při měření totální stanicí je špatně viditelná laserová stopa, a dále tvoří monochromatické plochy, které jsou obecně nevhodné pro blízkou fotogrammetrii. V některých případech mohou nastat komplikace i při TLS, např. u černých hrubých povrchů.

3.2.2. Specifika zpracování měřické dokumentace v kanceláři

Specifické nároky, které vznikají v průběhu zpracování měřické dokumentace historických staveb, se odvíjejí od účelu, pro něhož je dokumentace pořizována. V případech, kdy slouží jako podklad pro průzkumy historických staveb, popisují nároky příslušné metodiky NPÚ, viz [5–8, 11]. Měřická dokumentace tvoří významný podklad SHP a je součástí mezioborového dialogu při SHP. Vzhledem k této skutečnosti jsou v této kapitole více popsány vybrané tematické okruhy. Jedná se o:

- způsoby lokalizace měřické dokumentace,
- opatření měřické dokumentace časovým razítkem,
- digitalizaci měřické dokumentace,
- způsoby digitální 3D rekonstrukce,
- využití digitálních modelů povrchů pro účely SHP.

Lokalizace měřické dokumentace

Jak je uvedeno v kap. 2.6, všechny typy výše popsaných průzkumů historických staveb se shodují na nutnosti *lokalizace* zkoumané stavby či objektu. Za nejvhodnější mapový podklad lze k tomuto účelu považovat aktuální katastrální mapu.

Pro měřickou dokumentaci menšího rozsahu, tzn. v rámci jedné stavby, nebo v časové tísni, kdy hrozí riziko z prodlení, může být měřická dokumentace provedena tzv. „hokynářsky“, tj. pomocí oměrných měr[50]. V takovém případě je možné půdorysný obrys zkoumané stavby převzít z aktuální katastrální mapy. Nutnou podmínkou je ověření obvodu stavby v terénu se zákresem v katastrální mapě. Nejsou-li nalezeny zásadní rozdíly, lze terénní měření, resp. polní náčrty, překreslit do půdorysného obrysu zkoumané stavby v katastrální mapě. Výhoda tohoto řešení spočívá v tom, že výstupy jsou připojeny do *geodetického referenčního systému*[51]. V ideálním případě je měřická dokumentace připojena polohově a výškově. Dále je možné z polohového připojení určit její orientaci vůči světovým stranám[52].

Pro měřickou dokumentaci většího rozsahu, jako je např. areál více budov, může již být výhodnější realizovat připojení ke *geodetickému referenčnímu systému* pomocí geodetického měření. V takovém případě musí být k dispozici body polohových a výškových bodových polí nebo dostatečně přesná GNSS aparatura.

V České republice jsou nejčastěji využívány Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK), EPSG: 5514, a výškový systém Baltský po vyrovnání (Bpv), EPSG: 5705. Jejich využití umožňuje doplnit výsledky měření dalšími datovými sadami, které poskytuje Český úřad zeměměřický a katastrální (ČÚZK).

V případech, kdy dochází ke kombinaci více datových sad z více informačních zdrojů, mnohdy v rozdílné míře podrobnosti a přesnosti, vzniká nutnost zobrazit podklady ve společném souřadnicovém systému. V takovém případě se stává

[50] Podrobně viz [11].

[51] Jedná se o *„souřadnicový, výškový nebo tíhový systém jednoznačně definovaný pro zeměměřické činnosti v ČR“*. [23]

[52] Orientace vůči světovým stranám je v takovém případě určena v rámci kartografického zobrazení. Pro přesnější určení orientace je nutné uvážit vliv ***meridiánové konvergence***, což je *„úhel v určitém bodu referenční plochy mezi tečnami k místnímu poledníku a ke křivce rovnoběžné se základním poledníkem; může být elipsoidická meridiánová konvergence, sférická meridiánová konvergence a rovinná meridiánová konvergence“* [23].

nezbytným g*eoreferencování*[53]. Tento proces lze aplikovat na měřickou dokumentaci, která byla zpracována v *místním souřadnicovém systému*[54], nebo na digitalizovanou *archivní měřickou dokumentaci*.

Časové razítko měřické dokumentace

V souvislosti s SHP je nutné mít na zřeteli i datum pořízení měřické dokumentace. Vzhledem k tomu, že součástí SHP by měly být archivní a terénní průzkum, není výjimkou, že je k jedné stavbě k dispozici více výstupů měřické dokumentace. Časový údaj o pořízení měřické dokumentace může proto mít zásadní význam pro její následnou interpretaci.

Výstupem archivního průzkumu je *archivní měřická dokumentace*, jejíž zpracování je poplatné době a účelu, za jakým byla pořízena[55]. V přeneseném slova smyslu lze takto označovat každý výstup terénního průzkumu, který je starší než nejnovější verze měřické dokumentace. Časový interval se proto může pohybovat v rozmezí od týdnů až měsíců až po roky či desítky let.

Aplikace současných nástrojů a pracovních postupů, které jsou založeny na geoinformačních technologiích, na *archivní měřickou dokumentaci* umožňuje její kritické zhodnocení a reinterpretaci v kontextu současného poznání, viz [57, 58].

Digitalizace měřické dokumentace

Rozvoj ICT je mnohdy spojen i s rozvojem digitálních technologií a s termínem *digitalizace*. *Digitalizace* může být vnímána rozdílně podle oborové příslušnosti. V tomto textu je primárně vnímána jako proces tvorby digitálních dat určených k počítačovému zpracování a archivaci. V oblasti památkové péče se nejčastěji jedná o digitalizaci archivních fondů, jakými jsou knihovny[56], mapové a fotografické sbírky, archivy historické měřické dokumentace[57] apod. Dále se může jednat o fotodokumentaci mobiliárních fondů nebo o vyhotovení měřické dokumentace pomocí digitálních technologií, jakými jsou např. TLS, digitální fotogrammetrie apod.

Digitalizace archivních fondů je spojena s obdobnými technickými problémy, jako je tomu v případě moderní měřické dokumentace, viz kap. 3.1.1, které souvisí s formátováním, archivací a vzájemným propojením digitálních dat:

- Vzniká nový objem digitálních dat, která je nutné zpracovat a archivovat.
- Podle charakteru digitálních dat je nutné navrhnout vhodný systém pro jejich správu a sdílení mezi jejich editory a uživateli, viz kap. 4.1.

---

[53] ***Georeferencování*** je *„proces určení vztahu mezi polohou dat v přístrojovém souřadnicovém systému a geografickou, resp. mapovou polohou“* [23].

[54] Jedná se o *„souřadnicový systém, jehož osy, orientace a počátek jsou voleny tak, aby vyhovoval pro zaměření území menšího rozsahu a místního významu“*. [23]

[55] Viz kap. 3.1.

[56] Viz např. [59].

[57] Viz např. [60].

Digitální 3D rekonstrukce

Digitální 3D rekonstrukce je formou prostorového modelování, které může v kontextu SHP nabývat různých podob. V závislosti na předmětu modelování lze rozlišit tři způsoby *digitálních 3D rekonstrukcí*:

1. Digitální 3D model existujícího objektu,
2. Digitální 3D model zaniklého objektu,
3. Digitální 3D model nevzniklého objektu.

Digitální 3D model existujícího objektu lze chápat jako proces tvorby, tj. zpracování, měřické 3D dokumentace objektu či stavby, z dat pořízených moderními měřickými metodami a technologiemi, podle kap. 3.1.1. Dále je tento termín používán v souvislosti se zpracováním prostorových dat pomocí blízké fotogrammetrie, viz [61], a technologie IBMR ve specializovaných softwarech, jakými jsou např. Agisoft Metashape[58], Bentley ContextCapture[59], Autodesk ReCap Pro[60], PIX4D[61] aj.

Digitální 3D model zaniklého objektu lze chápat jako virtuální rekonstrukci a vizualizaci zaniklých, tzn. zničených nebo výrazně změněných, objektů či staveb s využitím digitálních technologií. V odborné literatuře jsou popsány různé příklady zničených kulturních památek a jejich následné digitální 3D rekonstrukce, viz např. sochy Velkého Buddhy v Afghánistánu [63], Velký chrám Bel v archeologické lokalitě Palmýra v Sýrii [64], minaret Umajovské mešity ze starověkého města Aleppa [65], městská věž Sant´ Alberto v Itálii [66], hrad Siegesburg v Severním Německu [67], zřícenina zámku Zvířetice v Bakově nad Jizerou [68] apod.

V případech zaniklých, torzálně dochovaných či nedokončených staveb či stavebních konstrukcí digitální 3D rekonstrukce umožnuje:

- odhadnout schémata konstrukčních řešení – umožňuje klasifikovat konkrétní stavební konstrukce a digitálně rekonstruovat jejich pravděpodobnou podobu [57, 63–66, 68]
- rekonstruovat objemy hmot stavebních konstrukcí – umožňuje odhadnout např. kubatury zemních prací [67, 69, 70].

Digitální 3D model nevzniklého objektu lze chápat jako opak *digitálního 3D modelu zaniklého objektu*. Jedná se o objekty či stavby, které z dnešního úhlu pohledu nikdy nevznikly. Jinými slovy jejich architektonický návrh zůstal zobrazen tzv. „na papíře“ nebo nebyl stavebně dokončen. V těchto případech je možné s využitím digitálních technologií tyto objekty či stavby zkonstruovat a vizualizovat alespoň digitálně, viz [70, 71].

V závislosti na typu podkladů lze rozlišit čtyři způsoby *digitálních rekonstrukcí*:

1. na základě aktuální měřické dokumentace,
2. na základě digitalizované archivní měřické dokumentace získané z archivního průzkumu při SHP:
   a. historické mapy, plány, veduty, historické inventarizační seznamy aj.,
   b. archivní měřická dokumentace a fotodokumentace,

[58] Viz [62].

[59] Viz https://www.bentley.com/cs/products/brands/contextcapture.

[60] Viz https://www.autodesk.cz/products/recap/overview?term=1-YEAR&tab=subscription.

[61] Viz https://www.pix4d.com/.

3. na základě analýzy stavebního vývoje stavby podle SHP či AV, viz kap. 2.1a 2.5,
4. na základě vzájemné kombinace podkladů, tzn. kombinací bodů 1–4

V současnosti nabývají na významu také výzkumy, které se zabývají proměnami krajiny v čase na základě archivních leteckých měřických snímků. Této problematice se již věnovaly výzkumné týmy z ČR [72–74], i ze zahraničí [75–77]. Archivní (historická) fotodokumentace může být tvořena také pozemními snímky [65, 66, 78–80]. V odborné literatuře se v souvislosti s touto problematikou lze setkat s termínem *„historická fotogrammetrie“*[62].

Digitální modelování povrchů pro účely SHP

Digitální modelování povrchů lze v rámci SHP aplikovat ve dvou oblastech zájmu:

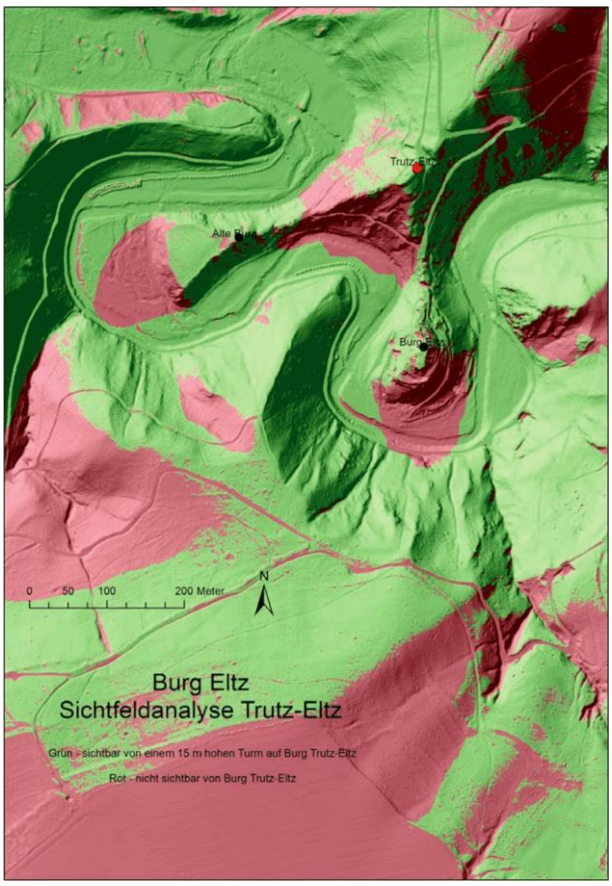
1. ***Digitální modely terénu (DMT)*** – řádově se jedná o modelování digitálních reliéfů (DMR) ve vztažných měřítkách 1 : 500 a nižších,
2. ***Digitální modely povrchů (DMP)*** – řádově se jedná o modelování digitálních povrchů ve vztažných měřítkách 1 : 100 a vyšších.

V prvním případě lze využít datové sady z produkce ČÚZK, jakými jsou např. SM 5, ZABAGED, Ortofoto ČR, DMR 5G a DMP 1G, jež mohou být doplněny o podrobnější datové sady z „vlastní“ produkce, které jsou detailně zaměřeny na předmět zájmu měřické dokumentace. V tomto případě je výhodné aplikovat měřické technologie, jakými jsou LLS, MLS, MMS, RPAS aj.

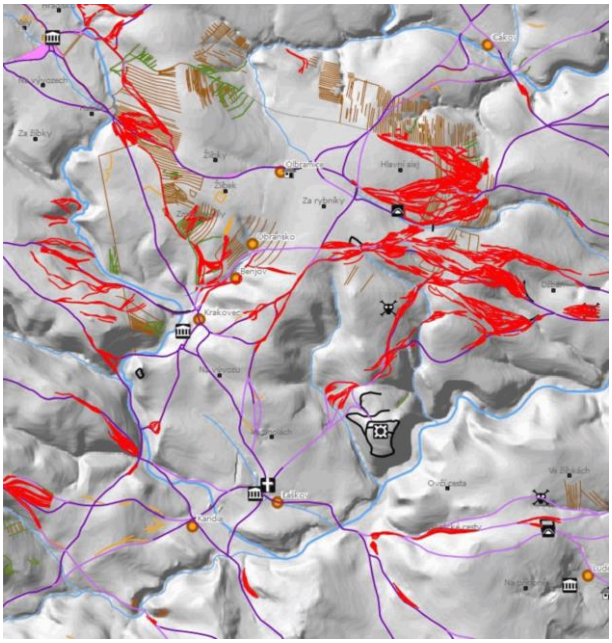
Digitální modely terénu, popř. reliéfu, bývají v kontextu SHP využívány při řešení otázek spojených s umístěním a orientací zkoumaného historického objektu v krajině. Často řešenými úlohami jsou analýzy výhledu, viz Obr. 3.5 a [33, 81], na kterých lze ověřit výškovou dispozici zkoumané stavby, většinou věže, nebo objektu, a dále např. k analýzám vývoje historických cestních sítí, viz Obr. 3.6 a [21, 22]. Dále mohou DMT sloužit k rekonstrukci zaniklé krajiny, viz Obr. 3.7 a [73, 82], nebo jako podklad pro rekonstrukci historických areálů, viz [67, 70].

V druhém případě lze využít datové sady z LS nebo blízké fotogrammetrie, které jsou v ideálním případě doplněny geodetickým měřením. Odhlédneme-li od požadavků na podrobnost a přesnost, lze konstatovat, že se jedná o podobná měření jako v prvním případě.

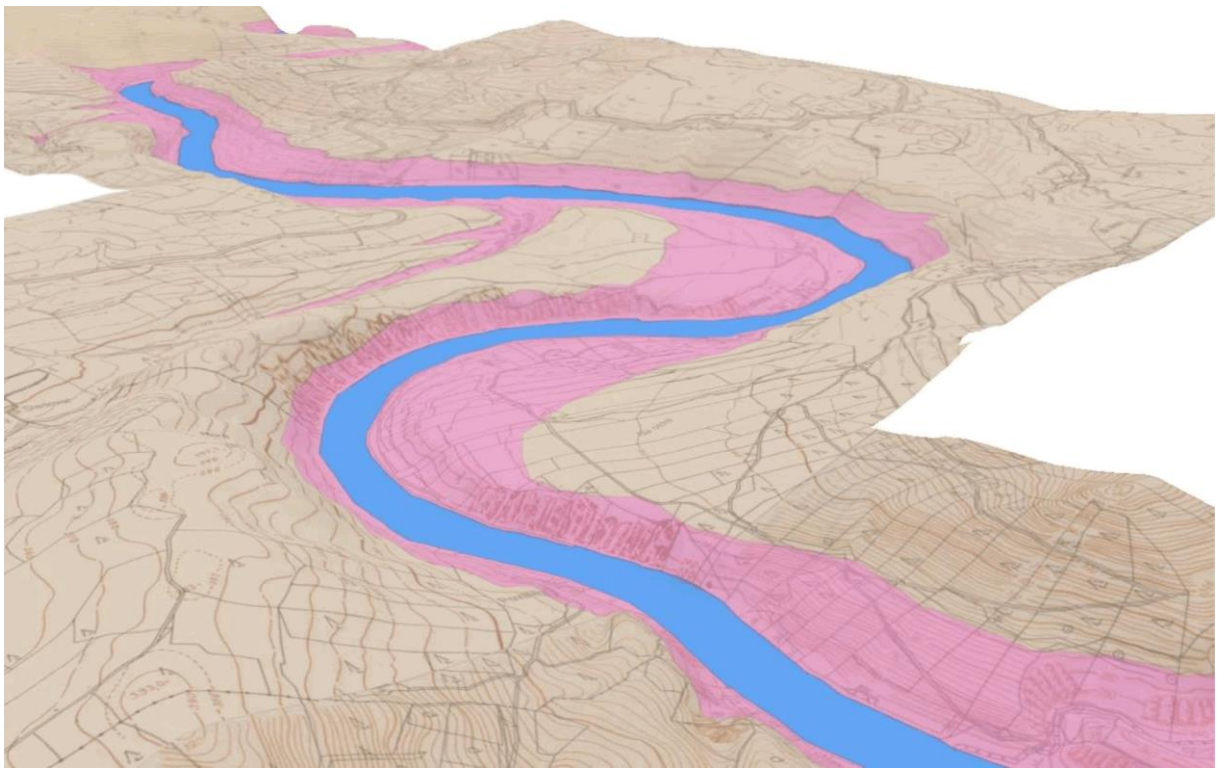
[62] V anglickém originále *„Historical photogrammetry“*.



Obr. 3.5: Ukázka analýzy výhledu z hradní věže na základě stínovaného DMT – Hrad Trutz Eltz (Porýní-Falcko, Německo) [33]



Obr. 3.6: Ukázka analýzy sítě historických cest na základě stínovaného DMR; bez měřítka [22]



Obr. 3.7: Ukázka 3D pohledu na DMT úseku historického údolí Vltavy, na georeferencovaném podkladu archivních map s vyznačením zátopové čáry; bez měřítka [82]

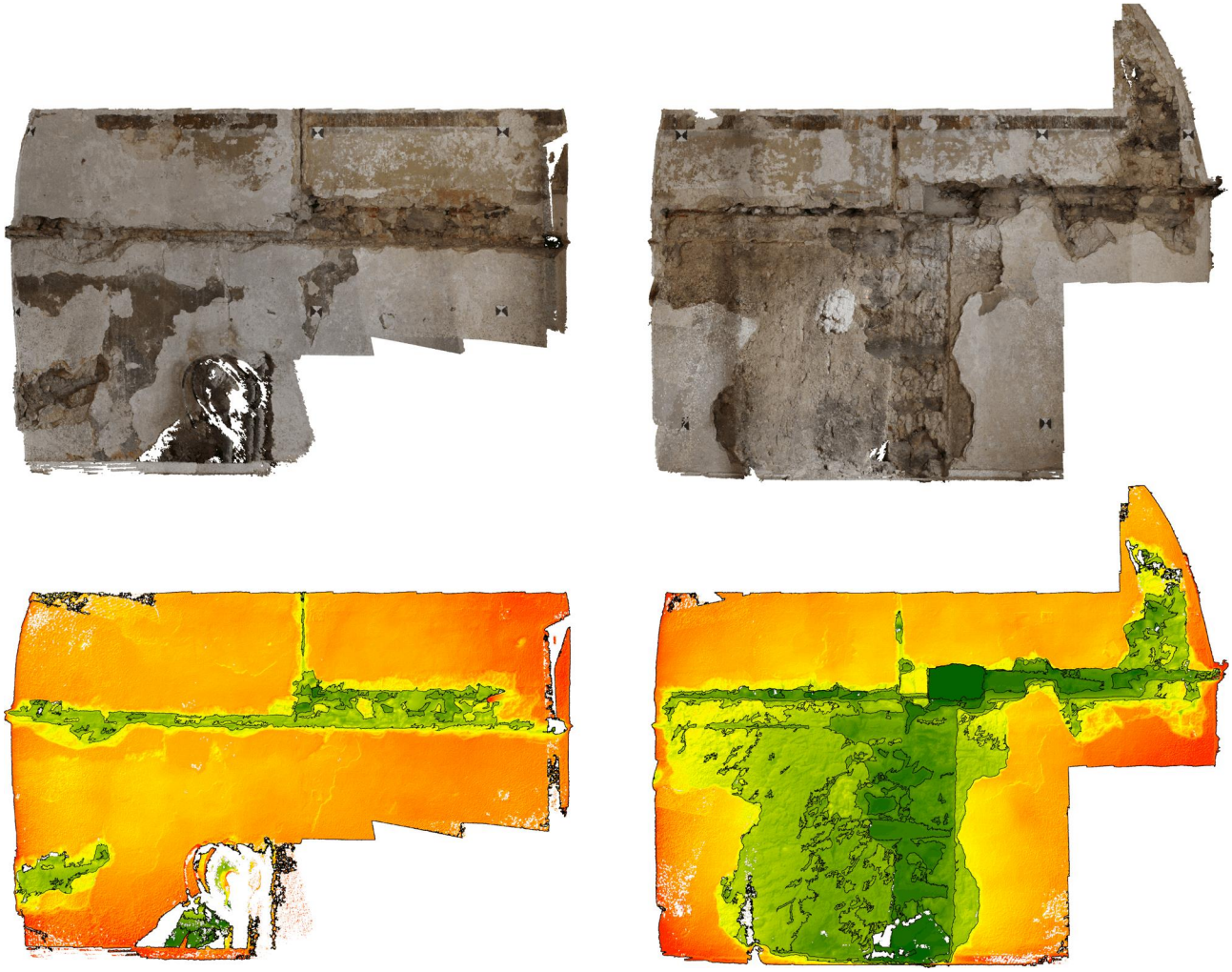
Obr. 3.8: Ukázka vizualizace NS pomocí ortofotomozaiky (vlevo) a DMP (vpravo) – stínování, barevná hypsometrie; bez měřítka

Obecně platí, že při digitálním modelování reliéfů a povrchů může být výhodné použít nástroje GIS. S jejich pomocí lze zpracovat a vizualizovat DMR a DMP nezávisle na rozloze předmětu zájmu a vztažném měřítku výstupů. Pro zlepšení přehlednosti a výpovědní hodnoty rastrových výstupů může být výhodné aplikovat na prostorová data *metody stínování georeliéfu*[63] a *barevné hypsometrie*[64] nebo *vrstevnice*[65]. Dále mohou být na DMR a DMP aplikovány analýzy výškopisu, jako jsou např. výpočty terénních profilací apod. Digitální modely povrchů bývají v kontextu SHP využívány při dokumentaci nálezových situací. Zpravidla se jedná o takové nálezové situace, kdy jejich fyzický stav neumožňuje kontaktní způsob měřické dokumentace, např. složitý a nepravidelný tvar, nestabilní materiál apod., viz Obr. 3.8, Obr. 3.9.

[63] ***Metoda stínování georeliéfu*** je *„metoda vyhotovení ortogonálního obrazu georeliéfu na mapě rozlišením osvětlených a zastíněných míst“*. [23]

[64] ***Metoda barevné hypsometrie*** je *„kartografický způsob vyjádření zemského reliéfu pomocí vybarvení ploch mezi vrstevnicemi“*. [23]

[65] ***Vrstevnice***, či ***izohypsa***, je *„čára na mapě, zobrazující množinu bodů o stejné, účelně zaokrouhlené výšce“*. [23]



Obr. 3.9: Ukázka vizualizace NS pomocí ortofotomozaiky (nahoře) a DMP (dole) – barevná hypsometrie, vrstevnice; bez měřítka.

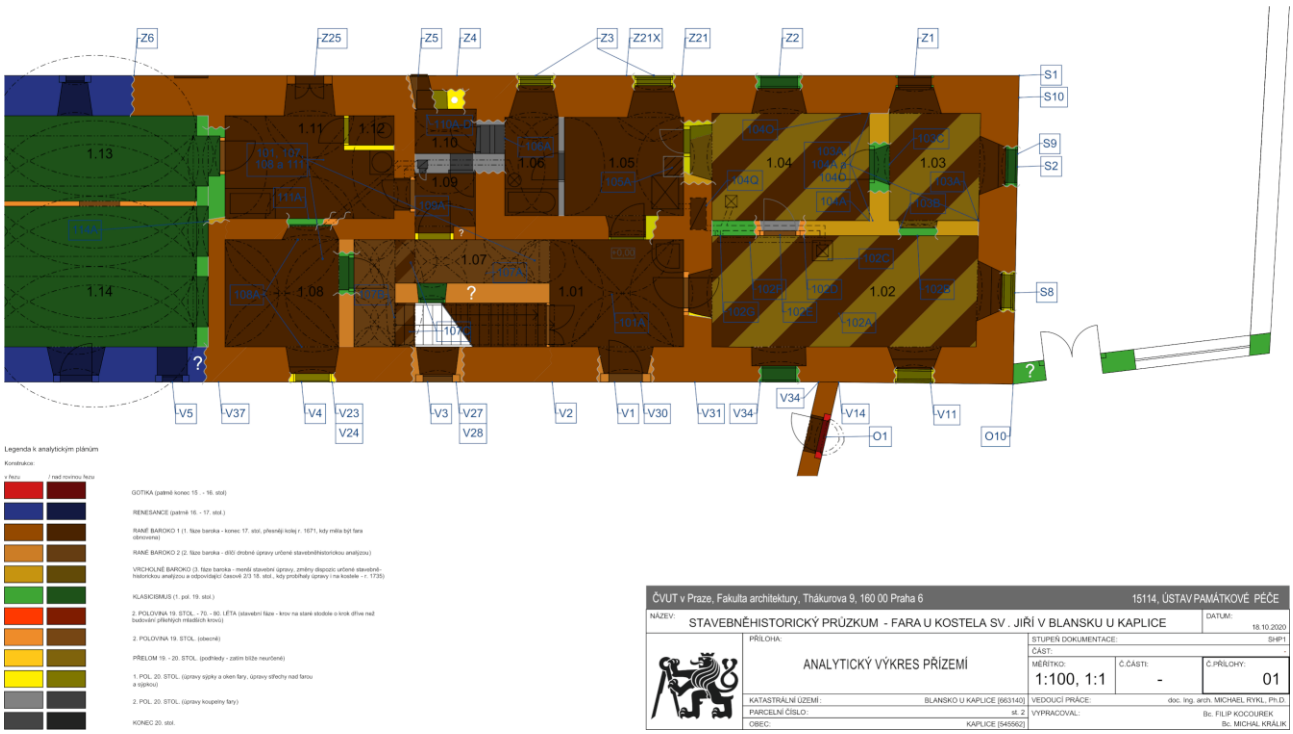
3.3. Výstupy měřické dokumentace pro SHP

Výstupy měřické dokumentace slouží jako významné podklady SHP, protože poskytují prostorový a časový rámec, ve kterém je možné lokalizovat jednotlivé nálezové situace a inventární prvky, vizualizovat analýzu stavebního vývoje aj.

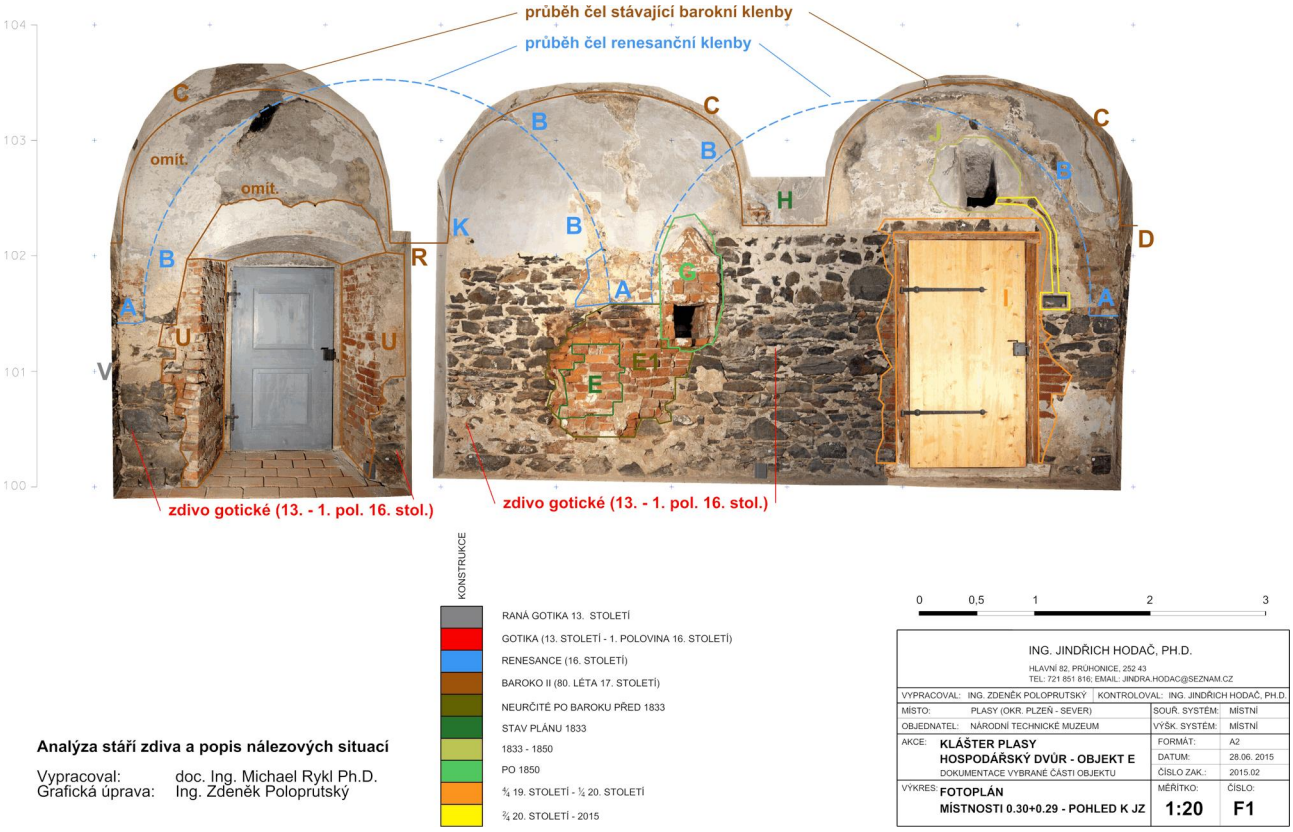
Nejčastějším výstupem *měřické 2D dokumentace* je půdorysný ***výkres***[66], tzv. *půdorys*, viz Obr. 3.10. Půdorys zobrazuje uživateli ucelený přehled o zdokumentované situaci a měl by být geometricky i rozměrově věrný své reálné předloze. Je tedy možné z něj zpětně určit kontrolní míry, např. délky a úhly, mezi stavebními konstrukcemi, které nejsou v terénu snadno zjistitelné. Obvykle je nejvýhodnější, aby byly veden „všude, kde se něco děje“, což odpovídá kolem 1,0-1,5 m nad podlahou v místnosti. Podrobnost a přesnost *výkresu* by měly odpovídat *vztažnému měřítku* a zvolené *míře podrobnosti*. Aplikace prostorových měřických technologií v běžné praxi se projevuje na výsledné podobě výstupů *měřické 2D dokumentace*, protože je nezřídka doplňována o výškové, popř. hloubkové, údaje.

Obr. 3.10: Ukázka půdorysného výkresu – podklad pro SHP

[66] Podle terminologie zeměměřictví a katastru se jedná o ***plán***, viz kap. 3.



Obr. 3.11: Ukázka výstupu SHP – analýza stavebního vývoje se zákresem NS v půdorysu



Obr. 3.12: Ukázka výstupu SHP – analýza stavebního vývoje se zákresem NS ve fotoplánu

V rámci SHP je *měřická 2D dokumentace* využívána jako podklad pro analýzu stavebního vývoje zkoumané stavby, viz Obr. 2.1. Oblíbenými podklady jsou v takových případech *výkresy* – půdorysy, viz Obr. 3.11, a svislé pohledy či řezopohledy ve formě *fotoplánu*, viz Obr. 3.12.

Důležitými náležitostmi *měřické 2D dokumentace* jsou *křížky souřadnicové sítě*[67] a rozměrové a výškové kóty, obojí s číselným popisem, severka, číselné a grafické měřítko, poznámkový aparát a *tiráž*[68]. V případě kombinace více podkladů může být žádoucí barevné odlišení kresby. Např. *černá barva* může značit kresbu na základě vlastní měřické dokumentace a *šedivá barva* může značit kresbu na základě převzaté, viz Obr. 3.10.

Nejčastějšími výstupy *měřické 3D dokumentace* jsou ***mračno bodů*** a obvykle na něm založený ***3D model***, který může mít vektorovou nebo síťovou formu, viz dále. Tyto výstupy zobrazují celkovou prostorovou digitální rekonstrukci zdokumentované situace a umožňují její prohlížení podle přání uživatele[69]. Opět platí, že měřická 3D dokumentace by měla být geometricky i rozměrově věrná své reálné předloze a že její podrobnost a přesnost by měly odpovídat zvolené *míře podrobnosti*, viz kap. 3.1.3. Ve výstupech by mělo být možné zpětně určit kontrolní míry mezi stavebními konstrukcemi, které nejsou v terénu snadno zjistitelné.

Mračno bodů je obvykle výsledkem neselektivního měření pomocí blízké fotogrammetrie nebo RPAS, statického TLS, MLS nebo ALS. Další možností je selektivní měření pomocí totální stanice, viz Obr. 3.13. Jedná se o víceúčelový výstup *měřické 3D dokumentace*, který může být využit jako:

- *samostatný výstup* – mračno bodů může být obarveno a stínováno[70], což z něj činí užitečný podklad pro vizualizaci a prezentaci dokumentovaného 3D objektu,
- *podklad pro 3D modelování:*
  1. reliéfu (při ALS nebo RPAS) – výstupem je DMR v rastrové formě nebo TIN, které lze doplnit o stínování (TIN také o fotorealistickou texturu),
  2. 3D objektu (při TLS nebo blízké fotogrammetrii) – viz dále,
- *podklad pro měřickou 2D dokumentaci* – mračnem bodů mohou být vedeny horizontální a vertikální řezové roviny[71], výsledné *kontrolní profily*[72] mohou sloužit k ověření tlouštěk stavebních konstrukcí nebo jako podklad pro zpracování půdorysů, srov. Obr. 3.10 a Obr. 3.14, a svislých řezů objektem či stavbou, viz Obr. 3.15.

---

[67] Jedná se o *„obvyklý způsob znázornění průsečíku čar souřadnicové sítě na mapě“*. [23]

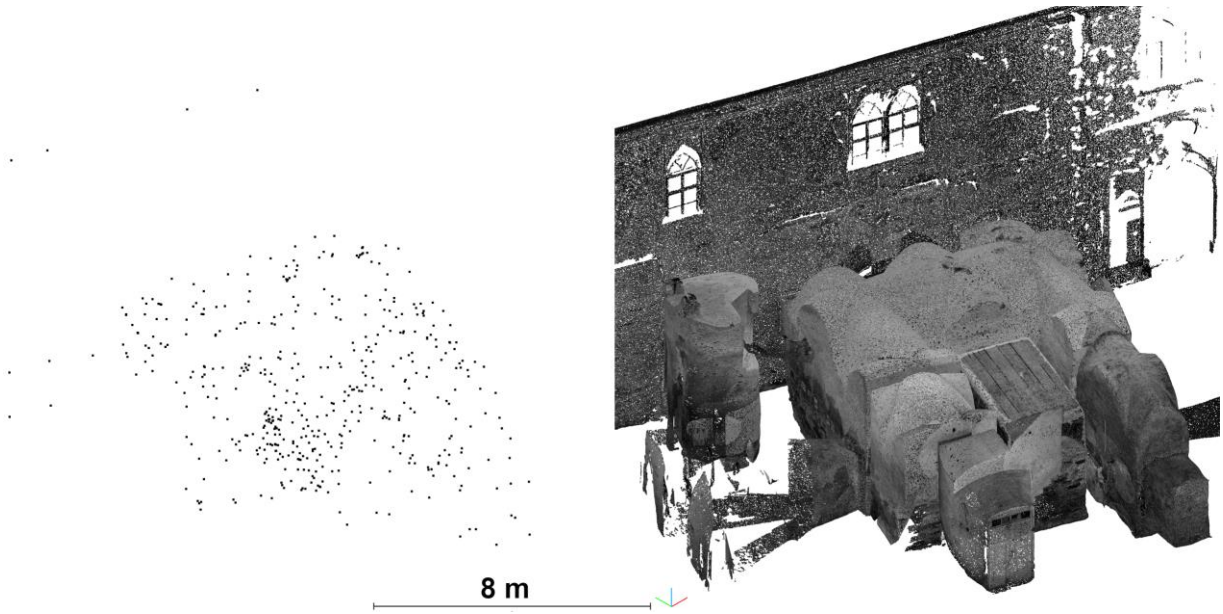
[68] Jedná se o analogii k ***tiráži mapy***, která je definována jako *„soubor údajů o mapě, jejím nakladateli, vydavateli, zpracovateli a tiskárně; někdy se uvádí i jména odpovědného a technického redaktora mapy, datum redakční uzávěrky mapy, tiskový náklad a další údaje; součástí tiráže je copyright © s uvedením nositele autorských práv a s vročením (letopočtem prvního vydání)“*. [23]

[69] Jedná se např. o virtuální prohlídky, v terénu nepřístupné pohledy apod.

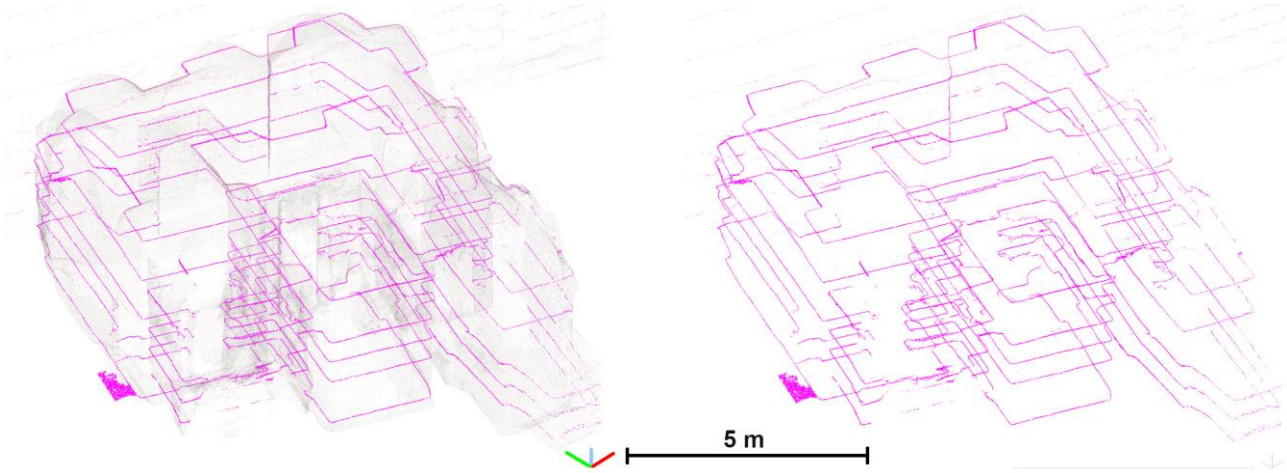
[70] Stínování mračna bodů se stává nezbytným, jsou-li body obarveny monochromaticky. V takovém případě je obvykle mračno bodů pro pozorovatele špatně čitelné.

[71] Řezové roviny musí mít nenulovou tloušťku, aby bylo možné provést selekci bodů mračna. Bodový profil může být využit samostatně nebo jím může být aproximována izolinie. Tloušťka řezové „desky“ by měla být volena úměrně hustotě mračna bodů.

[72] ***Kontrolní profil*** je *„řez terénem, popř. objektem mezi zvolenými body, zaměřený pro kontrolu přesnosti určených polohových a výškových vztahů (např. pro kontrolu vrstevnic)“*. [23]



Obr. 3.13: Ukázky mračen bodů určených selektivně (totální stanice, vlevo) a neselektivně (TLS, vpravo) – podklady půdorysného výkresu; zámek Brtnice – zámecká kuchyně (okres Jihlava)



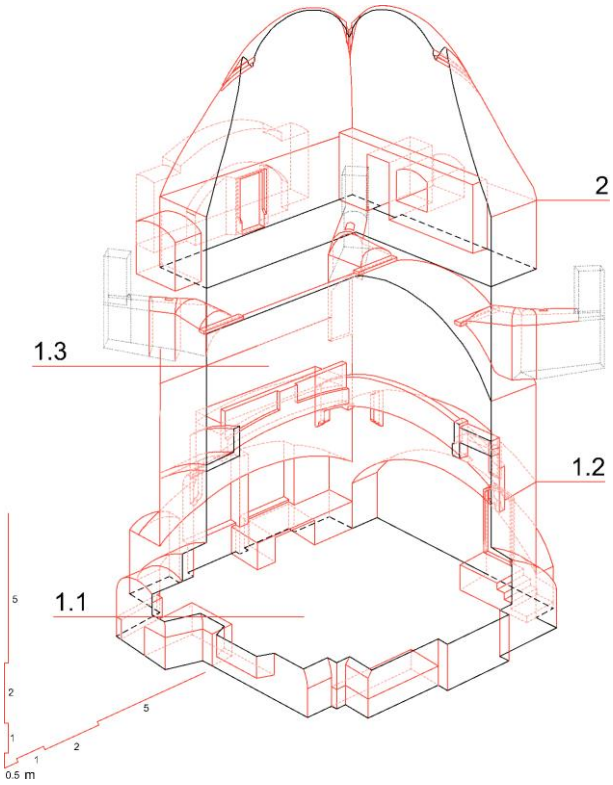
Obr. 3.14: Ukázky selekce průniku horizontálních řezových rovin mračnem bodů – podklady půdorysného výkresu; zámek Brtnice – zámecká kuchyně (okres Jihlava)

Prostorový model je výstupem procesu 3D modelování. Prostorový model může být vyhotoven do dvou základních forem:

1. *Drátový model*[73]– vzniká přímým 3D modelováním, viz Obr. 3.17, může být doplněn fotorealistickou texturou nebo stínováním,
2. *3D mesh* – vzniká semi-automatickým vyhodnocením mračna bodů do podoby nepravidelné trojúhelníkové sítě (TIN), která reprezentuje modelovaný prostorový objekt, může být doplněna o fotorealistickou texturu nebo stínování, viz Obr. 3.18.

[73] Definici viz v kap. 3.

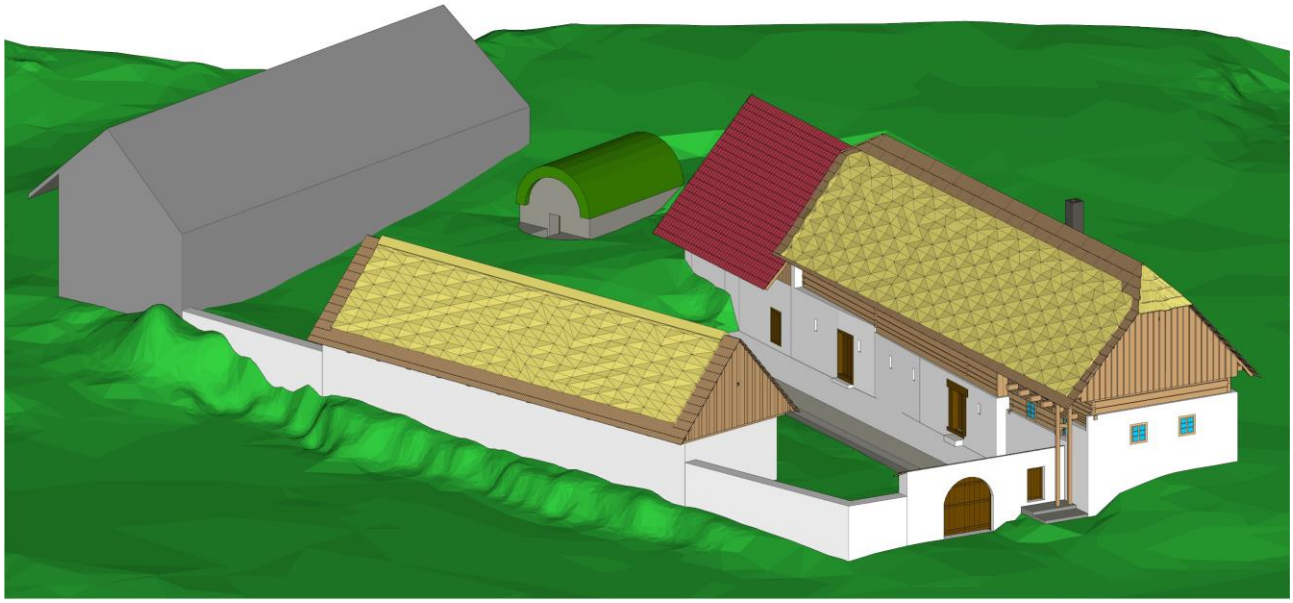
Obr. 3.15: Ukázka svislého řezu mračnem bodů – podklad pro analýzu stavebních konstrukcí; Hrad a zámek Jindřichův Hradec – interiér kuchyně Menhartka; bez měřítka [57]



Obr. 3.16: Ukázka analýzy stavebních konstrukcí – axonometrický řez 3D modelem s odkazy na jednotlivé konstrukce; Hrad a zámek Jindřichův Hradec – interiér kuchyně Menhartka [57]

Prostorový model je víceúčelovým výstupem *měřické 3D dokumentace*, který může být využit jako:

- *mezivýsledek* – slouží jako podklad pro tvorbu výstupů *měřické 2D dokumentace*, které jsou založeny na 3D modelu, tzv. 2.5D, tj. nejčastěji *ortofotomozaiky* a *DMP*, viz Obr. 3.8 a 3.9, a *vrstevnicové plány*, popř. izometrické či axonometrické pohledy či řezy, viz Obr. 3.16,
- *samostatný výstup*:
  1. slouží jako podklad pro další navazující badatelské činnosti v rámci SHP, tj. např. vizualizace výškového členění zkoumané stavby [83], analýzy klenebních systémů [84, 85] a analýzy ostatních stavebních konstrukcí, viz Obr. 3.16, atd.
  2. slouží jako podklad pro vizualizaci a prezentaci dokumentovaného 3D objektu.

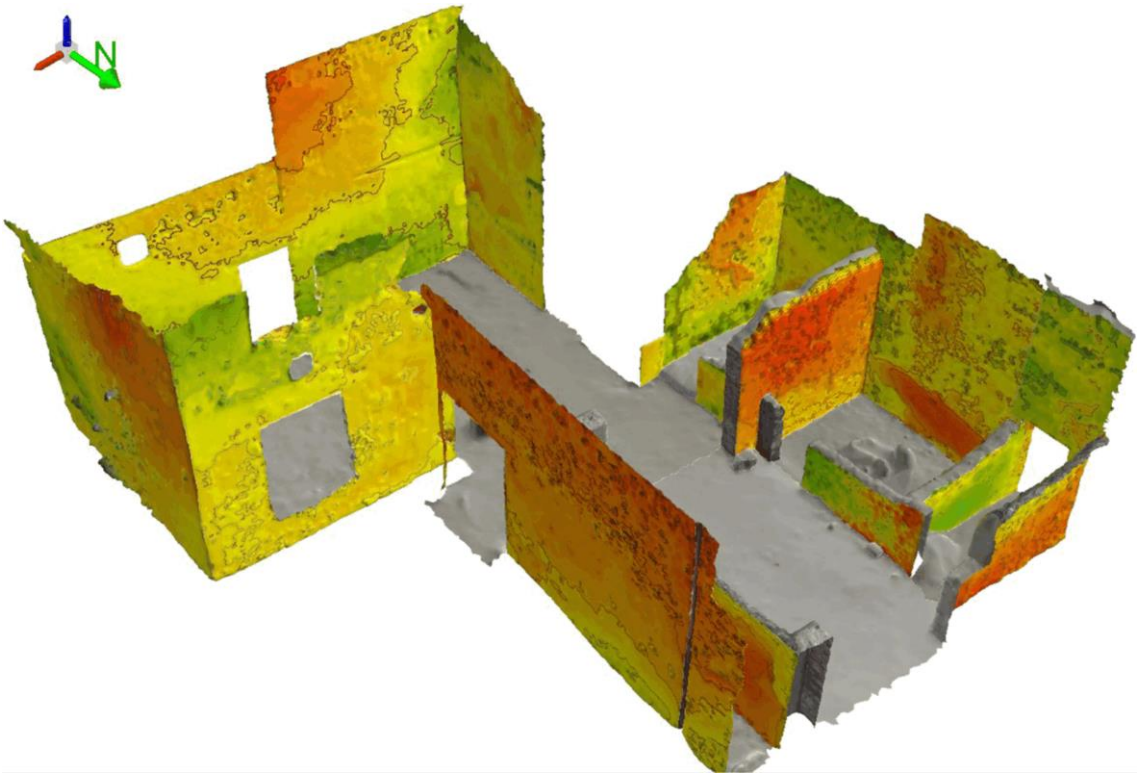


Obr. 3.17: Ukázka drátového 3D modelu – digitální 3D rekonstrukce zaniklé vesnické usedlosti, Zbožice čp. 2 (okr. Havlíčkův Brod); bez měřítka, stodola naznačena hmotově – nedostupné podklady

Obr. 3.18: Ukázka texturovaného síťovaného 3D modelu drobné sakrální stavby – kostel Narození Panny Marie, Holubice (okr. Praha-západ)

Prostorový model může být více věrohodný své reálné předloze, je-li vhodně nastavena jeho barevnost. Barevnost 3D modelu může být realizována několika způsoby:

- *monochromaticky se stínováním*, kdy stínování zvýrazňuje prostorovou členitost, stejně jako tomu je u mračna bodů,
- *barevně se stínováním*, kdy stínování opět zvýrazňuje prostorovou členitost, ale není nezbytně nutné; barevnost by měla být volena tak, aby asociovala zobrazované materiály povrchových úprav, viz Obr. 3.17, nebo zobrazovala další jevy, např. analýzy stavebního vývoje, viz kap. 2.1 apod.
- *texturou*, která je tvořena reprezentativním rastrovým vzorkem, např. výřez z digitální fotografie, pro konkrétní materiál povrchové úpravy; textury mohou být archivovány a sdíleny v tzv. digitálních knihovnách;
- *fotorealistickou texturou*, která je obvykle vyhotovena pomocí technologií z oblasti digitální fotogrammetrie, např. IBMR, viz Obr. 3.18,
- *specializovanou texturou*, která zobrazuje libovolný zkoumaný jev, který je možné na objektu graficky zobrazit, např. hloubková členitost svislých stavebních konstrukcí, viz Obr. 3.19, prohřívání stavebních konstrukcí apod.



Obr. 3.19: Ukázka síťovaného 3D modelu opatřeného specializovanou texturou znázorňující hloubkou členitost stěn; bez měřítka, podle [86]

3.4. Shrnutí a diskuse

Na základě předchozích kapitol lze proces měřické dokumentace pro účely SHP rozdělit do několika etap:

1. Příprava zadání, resp. zakázky, a definice parametrů a výstupů měřické dokumentace, viz kap. 3.1.
2. Realizace měřické dokumentace v terénu (*in situ*), viz kap. 3.2.1.
   a. rekognoskace – seznámení se s dokumentovaným objektem, volba dokumentačních metod atd.,
   b. podrobné měření, tzv. sběr dat,
3. Zpracování výstupů měřické dokumentace v kanceláři, viz kap. 3.2.2 a 3.3, zpravidla probíhá ve třech základních krocích:
   a. Zpracování dat z terénu do formy základních výstupů, které umožňují následné sdílení a editaci v dalších specializovaných programech[74].
   b. Zpracování datových sad ve specializovaných programech. Pracovní postupy a počet použitých programů souvisí s parametry datových sad a s účely, pro které jsou zpracovávány.
   c. Zkompletování, archivace, vizualizace, prezentace a předání výstupů měřické dokumentace.
4. Analýzy zkoumaného objektu na základě výstupů měřické dokumentace, viz např. Obr. 3.11, 3.12 a 3.16.
5. Syntéza získaných informací o zkoumané stavbě či objektu a sepsání závěrečné zprávy či jiného elaborátu, viz kap. 2.1.
6. Předání závěrečné zprávy, resp. zakázky, objednateli a publikování výstupů.

Komplexní měřická dokumentace vytváří prostorový a časový rámec, ve kterém lze jednoznačně lokalizovat a interpretovat informace zjištěné na základě terénních průzkumů. V ideální případě by měřická 2D a 3D dokumentace měly fungovat na principu spojených nádob. Z výstupů komplexní měřické 2D dokumentace by mělo být možné vytvořit 3D model ve stejné míře podrobnosti, jakou mají podkladové výkresy. Z 3D modelu, tj. výstupu komplexní měřické 3D dokumentace, by mělo být možné vytvořit sadu výkresů ve stejné míře podrobnosti, jakou má podkladový 3D model. Komplexní sada výkresů by měla minimálně obsahovat:

1. *Půdorysy* – měly by zobrazovat každé podlaží stavby, včetně podkroví se zobrazením konstrukce krovu,
2. *Svislé řezy* – měly by zobrazovat stavbu minimálně v podélném a příčném řezu,
3. *Pohledy* – měly by zobrazovat pohledy na jednotlivá průčelí, výkresy mohou být nahrazeny fotoplány nebo ortofotomozaikami, které mohou být dále doplněny fotografiemi,
4. *Řezopohledy* – kombinace výstupů popsaných v bodech 2 a 3.

Při 3D modelování lze pracovat s výstupy z prostorových měřických metod i s měřickou 2D dokumentací, čímž je po zpracovateli nepřímo požadována kontrola vzájemné návaznosti dílčích výsledků měřické dokumentace. Vyšší pracnost modelování je tak do jisté míry vykompenzována vyšší kontrolou v průběhu zpracování měřické 3D dokumentace. Jedná se o alternativu *měřické 2D*

[74] Byl-li sběr dat realizován digitálními technologiemi, obvykle zpracování probíhá ve firmware, který je dodán výrobcem společně s měřící aparaturou. Byl-li sběr dat realizován analogovými technologiemi, zpravidla probíhá adjustace a digitalizace náčrtů a zápisníků měření.

dokumentace, kdy se někdy stává, že jsou jednotlivé výkresy zpracovávány samostatně či po dílčích částech v rozdílném časovém sledu, což se může negativně projevit na jejich vzájemné návaznosti. [87]

V průběhu zpracování výstupů měřické dokumentace obvykle vzniká potřeba generalizovat podkladová data, naproti tomu je nezbytné, aby byla dodržena požadovaná míra podrobnosti, či přesněji řečeno výpovědní hodnoty. V kap. 3.1.3 jsou představeny různé způsoby vyjádření míry podrobnosti. Z nich je zřejmé, že může být rozdělena na geometrickou a infomační složku. Geometrickou složku představuje parametr *měřítko plánu*. Informační složku představují popisné informace, které jsou získány klasifikací typologie dokumentovaného objektu a jeho částí. Podrobnost geometrické a informační složky ve výstupech nemusí vždy korespondovat. Je obvyklé, že geometrická míra podrobnosti souhrnných výstupů je nižší, než je informační míra podrobnosti dílčích výstupů. Příklady viz Obr. 3.11 a 3.12 a Obr. 2.2 a 2.3, kdy jsou nálezové situace v plánech zobrazeny zjednodušeně nebo symbolizovány značkou či popisem, který odkazuje na detailnější dokumentaci.

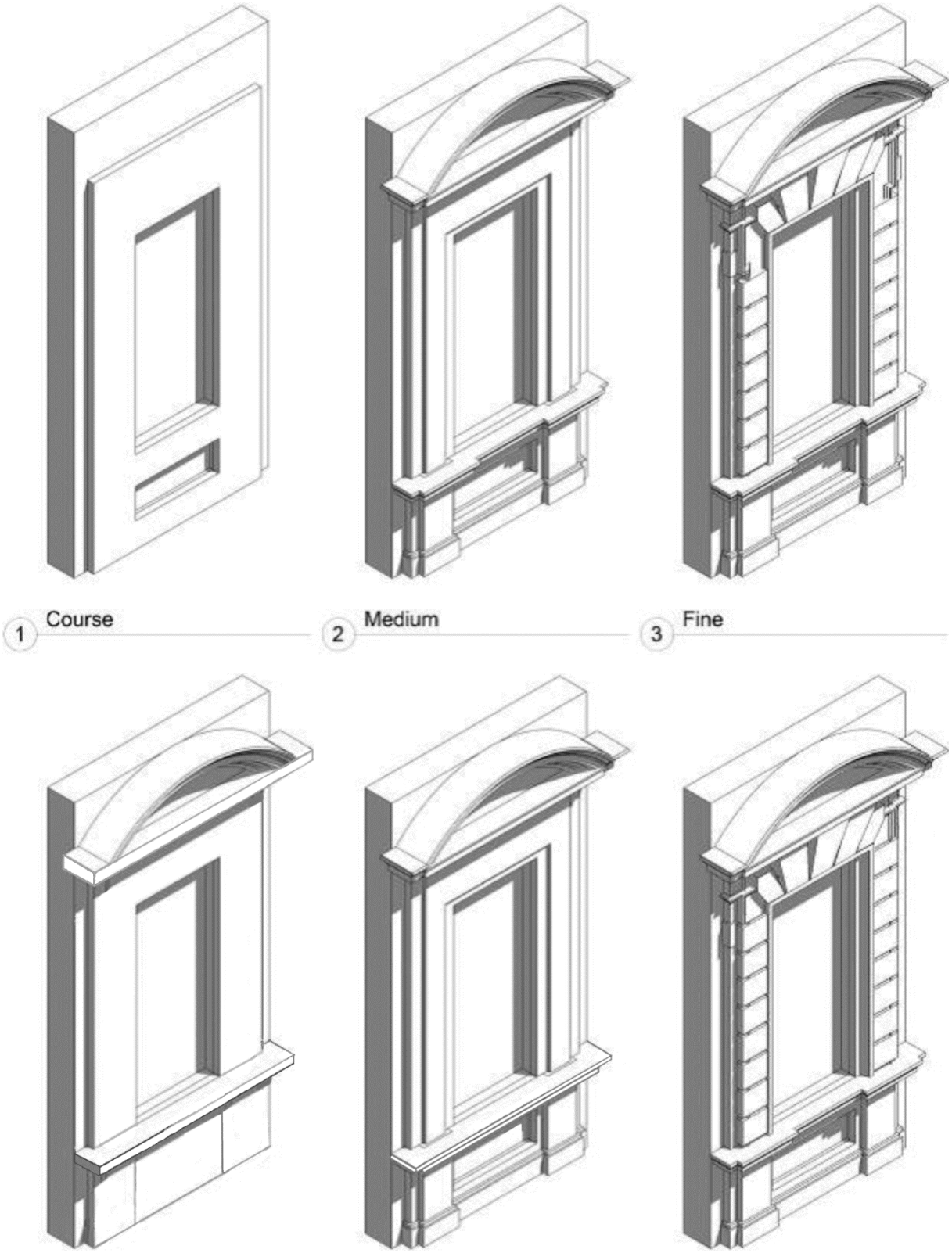
Generalizace výstupů měřické dokumentace by v ideálním případě neměla ovlivnit jejich výpovědní hodnotu, jinými slovy by se měla zaměřit na „výběr podstatného“. Mezní hranice generalizace může být stanovena buď (1) geometricky, kdy nejsou zachyceny detaily, které by při zobrazení v daném vztažném měřítku zanikly, nebo (2) informačně[75], kdy je generalizace provedena podle klasifikace typologie předmětu zájmu a zobrazení relevantních informací o něm, anebo (3) kombinací obou přístupů. Příklad špatně provedené generalizace je zobrazen na Obr. 3.2 a 3.20.

Na Obr. 3.2 a na Obr. 3.20 vlevo nahoře je patrné, že první stupeň generalizace naprosto nerespektuje prostorovou geometrii a ani architektonický styl stavebního prvku, kdy z 3D modelu není možné poznat, že se jedná o *okno s pódiem a s obloukovou suprafenestrou*[76]. Pro potřeby SHP, OPD nebo PDI, popř. pro prvotní fáze architektonického návrhu obnovy či rekonstrukce historické stavby, je plně dostačující generalizovaný 3D model zobrazený na Obr. 3.20 vlevo dole. V této podobě odpovídá model podrobnosti LOD200 a GRADE-LOD2[77], viz kap. 3.1.3. Druhý stupeň generalizace na Obr. 3.20 dole uprostřed odpovídá podrobnosti LOD300 a GRADE-LOD3. Třetí stupeň generalizace na Obr. 3.20 vpravo dole uprostřed odpovídá podrobnosti LOD400 a GRADE-LOD4(LOD5). Druhý a třetí stupeň generalizace lze uplatnit např. v pozdějších fázích architektonického návrhu, při badatelských činnostech nebo pro účely podrobné 3D vizualizace historické stavby široké veřejnosti. Není-li modelář, tzn. tvůrce 3D modelu, současně architektem, měl by být proces 3D modelování založen na vzájemné spolupráci modeláře a architekta erudovaného v oblasti historické architektury.

[75] V kontextu historických staveb by bylo možné psát „architektonicky“. Jedná se o zjednodušení prostorové geometrie objektu tak, aby se tím nezměnila klasifikace jeho typu. Jinými slovy, geometrické parametry by měly korespondovat s popisnými parametry.

[76] *Oblouková suprafenestra* = nadokenní římsa + f*ronton* (klenutý oblouk), *Pódium* = parapetní okenní římsa

[77] V případě informačního modelu by podrobnější geometrické a popisné informace byly v tomto případě součástí nálezové zprávy, která by byla k modelu připojena ve formě externího odkazu, viz kap. 5.2.1.



Obr. 3.20: Ukázka 3D modelu stejného stavebního prvku v několika stupních podrobnosti GRADE – Course (LOD2), Medium (LOD3) a Fine (LOD4-LOD5); srovnání Obr. 3.2 (nahoře) a jeho korekce (dole)

Dlouhodobé zkušenosti některých odborníků z oblasti památkové péče ukazují, že míra podrobnosti a přesnosti měřické dokumentace je mnohdy nedostatečná. Dále konstatují, že hlavní příčina je způsobena podhodnocením, tj. nedostatečným financováním a časovou dotací, přípravy projektu v oblastech, které souvisejí s průzkumem a podrobným zaměřením historických staveb [11, 88].

Častými nedostatky měřické dokumentace jsou absence geodetického měření[78], absence *geodetického* nebo *místního referenčního systému*[79], nevhodně zvolená struktura[80] a způsob archivace[81] aj. Nezřídka forma a výstupy neodpovídají účelu měřické dokumentace, což bývá způsobeno nedostatečnými, resp. chybějícími, konzultacemi mezi zainteresovanými pracovníky investora, projektanta, zhotovitele a zpracovateli SHP. Vzájemná komunikace by mohla pomoci předejít případným pozdějším nedorozuměním v průběhu SHP a stavebních prací.

[78] Zpravidla má za následek tvarové a rozměrové deformace dokumentované historické stavby či objektu.

[79] Výstupy měřické dokumentace nejsou opatřeny identickými body, např. *křížky souřadnicové sítě*, které by umožnili pozdější georeferencování.

[80] Zpravidla se jedná o případy, kdy je v jednom digitálním souboru obsaženo několik výkresů měřické 2D dokumentace. Takováto struktura souboru neumožňuje, popř. komplikuje, vzájemné *georefrencování* do společného referenčního systému.

[81] Možnými příčinami mohou být nekompatibilní datové formáty a k nim chybějící metadata, chybějící tiráž atd.

4. Počítačová podpora při SHP

Počítačová podpora při SHP v sobě zahrnuje zpracování datových sad, tzv. *post-processing*, z jednotlivých průzkumů a z měřické dokumentace. Při zpracování SHP dochází k postupnému hromadění digitálních *dat*[82] a *geodat*[83], která pocházejí z více různých informačních zdrojů. Získané datové sady proto nemusí být vzájemně konzistentní, což může být zapříčiněno odlišnými oborovými zvyklostmi při zpracování dat. Proto při jejich zpracování v průběhu SHP může být nutné se vypořádat s různými datovými typy a formáty, s rozdílnou podrobností a přesností dat, viz kap. 3.1.3, s lokalizací dat, viz kap. 3.2.2, s různými typy výstupů, viz kap. 3.3, které reflektují odlišný informační obsah dat, viz kap. 3.1.4, atd.

Následující podkapitoly nastiňují možnosti a využití počítačové podpory v průběhu realizace SHP.

První podkapitola stručně shrnuje a popisuje možnosti správy dat pomocí databázových a souborových systémů a sdílení dat v informačních systémech. Druhá podkapitola stručně popisuje počítačem podporované projektování (CAD) a kreslení (CADD) a představuje několik vybraných softwarových systémů, včetně jejich výměnných datových formátů. Třetí podkapitola stručně vysvětluje termíny *Building Information Model*, *Building Information Modelling* a *Building Information Management*, které se skrývají za zkratkou BIM. Dále představuje několik vybraných softwarů, včetně výměnného datového schématu IFC. Čtvrtá podkapitola stručně vysvětluje termín geografický informační systém (GIS). Dále představuje několik vybraných softwarů a výměnných formátů, které jsou užívány v oblasti GIS. Pátá podkapitola stručně představuje několik vybraných specializovaných softwarových systémů, které mohou být využity pro zpracování a prezentaci prostorových dat, digitálních fotografií a pro kancelářské práce.

Rozsah počítačové podpory vyjmenovaný v této kapitole se řídí erudicí autora a jeho osobními zkušenostmi. V konečném důsledku tak je velmi pravděpodobné, že některé softwarové metody, či technologie, a možnosti, které se nabízejí, zůstaly opomenuty.

[82] ***Data*** jsou definována jako *„opakovatelná reprezentace informace formalizovaným způsobem, vhodným pro komunikaci, interpretaci nebo zpracování“*. [23]

[83] ***Geodata*** (též ***geografická*** nebo ***geoprostorová data***) jsou definována jako *„(1) data s implicitním nebo explicitním vztahem k místu na Zemi, (2) počítačově zpracovatelná forma informace týkající se jevů přímo nebo nepřímo přidružených k místu na Zemi, (3) data identifikující geografickou polohu a charakteristiky přírodních a antropogenních jevů a hranic mezi nimi“*. [23]

4.1. Databáze a informační systémy

Databáze (též ***datová základna*** či ***báze dat***, ***databanka***) je tematicky organizovaná a integrovaná kolekce dat, tzn. systém souborů s pevnou strukturou záznamů. Tyto soubory jsou uloženy v paměti počítače a mezi sebou navzájem propojeny pomocí klíčů. V širším smyslu jsou součástí *databáze* i softwarové prostředky, které umožňují manipulaci s uloženými daty a přístup k nim[84]. Tento software se v české odborné literatuře nazývá *systém řízení báze dat*[85] (SŘBD). SŘBD dohromady s *bází dat* jako celek je označován jako ***databázový systém***. [23, 89, 90]

Z hlediska ***datových modelů***[86] se databáze rozdělují na několik základních typů [89]:

- *Hierarchická databáze* – datový model, ve kterém jsou data uspořádána ve stromové struktuře,
- *Síťová databáze* – datový model, který vylepšuje hierarchický datový model, poskytuje navíc vztahy „více ku více“, tzn., že jedna entita může mít více otců,
- *Relační databáze* – datový model, který je založen na tabulkách, jejichž řádky jsou obvykle chápány jako záznamy, popř. některé sloupce v nich (tzv. cizí klíče), takže uchovávají informace o relacích mezi jednotlivými záznamy v matematickém slova smyslu,
- *Objektová databáze* – datový model, ve kterém je informace reprezentována ve formě objektu a používá se v objektově orientovaném programování,
- *Objektově-relační databáze* – datový model, který kombinuje objektové a relační datové modely.

Vzhledem k erudici zpracovatelů SHP, viz kap. 2.1, není v běžné praxi obvyklé, aby si některý z nich pro svou práci navrhoval a programoval vlastní databázi. Nicméně databáze jako takové jsou součástí nejrůznějších ***informačních systémů***[87], se kterými se většina zpracovatelů SHP setká z pozice běžného uživatele, proto je na místě se o nich v této kapitole zmínit.

Pro potřeby běžné praxe si většina zpracovatelů SHP při správě dat vystačí s vhodně strukturovaným ***souborovým systémem***[88]. Návody a doporučení pro strukturu *souborového systému* lze obvykle dohledat v příslušných oborových metodikách. V rámci této práce viz kap. 2.1 a Obr. A.2. V případech, kdy je nutná součinnost vícečlenného týmu zpracovatelů SHP a sdílení výstupů mezi nimi navzájem, může být *souborový systém* realizován ve formě cloudového úložiště.

---

[84] Předchůdci databází byly papírové kartotéky. Umožňovaly uspořádávání dat podle různých kritérií a zatřiďování nových položek. Veškeré operace s nimi prováděl přímo člověk. Správa takových kartoték byla v mnohém podobná správě dnešních databází. [89]

[85] ***SŘBD*** je *„programový systém umožňující vytvoření, údržbu a použití báze dat“*. Jedná se o softwarové vybavení, které zajišťuje práci s databází, tzn. tvoří rozhraní mezi aplikačními programy a uloženými daty. [23, 90]

[86] ***Datový model*** je *„způsob strukturování dat v databázi podle formálních popisů v informačním systému a podle požadavků užitého systému řízení báze dat“*. [23]

[87] ***Informační systém*** je soubor lidí, technických prostředků a metod (programů), zabezpečujících sběr, přenos, zpracování a uchování dat za účelem prezentace informací pro potřeby uživatelů činných v systémech řízení. [91]

[88] ***Souborový systém*** (angl. *file system*) je v informatice označení pro způsob organizace digitálních dat ve formě souborů a adresářů tak, aby k nim bylo možné uživatelsky srozumitelně přistupovat. Souborové systémy jsou uloženy na vhodném typu elektronické paměti, která je umístěna přímo v počítači nebo může být zpřístupněna pomocí počítačové sítě. [92]

Příklady aplikace informačních systémů v oblasti památkové péči jsou např. IISPP, ISAD[89] nebo portál Praha archeologická[90].

4.1.1. Integrovaný informační systém památkové péče (IISPP)

Integrovaný informační systém památkové péče (IISPP) je rozdělen do šesti kmenových částí [3]:

1. ***Památkový katalog*** je databáze všech nemovitých i movitých památek, památkově chráněných území i ochranných pásem. Jeho součástí je ÚSKP a evidence „objektů památkového zájmu“[91] a monitoring aktuálního stavu, který umožňuje generování seznamů ohrožených a zachráněných památek.
2. ***Geoportál památkové péče*** zajišťuje dostupnost mapových služeb a geodat NPÚ z jednoho místa prostřednictvím webového prohlížeče[92]. Mapové aplikace využívají technologie JavaScript a HTML5, není tedy nutná instalace doplňkových technologií.
3. ***Informační systém o archeologických datech (ISAD)*** je souborem nástrojů na evidenci, správu a prezentaci archeologické části kulturního dědictví ČR v souladu tzv. Maltskou konvencí.
4. ***Dokumentační fondy a knihovny*** jsou zpřístupněny prostřednictvím webového katalogu *Tritius*[93]. Ve fondech jsou uloženy odborné publikace, fotografie, zprávy, mapy, plány a další dokumenty z oboru památkové péče, dějin umění, architektury, konzervace a restaurování památek.
5. ***Metainformační systém*** zajišťuje jednotné ukládání, popis a zpřístupnění digitálních nebo digitalizovaných dokumentů[94], které se týkají objektů zájmu památkové péče, resp. odborné činnosti NPÚ.
6. Uživatelské příručky a návody k jednotlivým aplikacím IISPP.

Dále je IISPP rozdělen na veřejnou část, která umožňuje vyhledávání a prezentaci údajů, a neveřejnou část, tzn. vyhrazený přístup pro pracovníky NPÚ, orgány státní památkové péče a další spolupracující instituce.

Prostorovou lokalizaci objektů zájmu památkové péče, vytváření a ukládání odborných map a jejich publikování na internetu zajišťuje v rámci IISPP tzv. PaGIS (*Památkový geografický informační systém*), podrobněji viz [96, 97]. Prostorové identifikační prvky IISPP, tzn. regiony, lokality a objekty v PaGIS, jsou s ohledem na zpřístupnění dalším institucím a odborníkům mimo NPÚ publikovány i ve formě WMS [98].

[89] Viz [93].

[90] Více informací o portálu viz [94] a o vzniku databáze viz [95].

[91] Tzn. objektů, které nebyly prohlášeny za památky.

[92] Geoportál je rozděleny do sekcí – *Mapové aplikace*, *Mapové služby*, *Datové sady*, *Metadata* a *Objednávky dat*. U každého typu informace je dostupný metadatový popis a licenční ujednání, je-li k dispozici.

[93] Jedná se o katalogové rozhraní, které umožňuje vyhledávat informace o knihách, časopisech a dalších dokumentech v celém knihovním a dokumentačním fondu všech pracovišť NPÚ.

[94] Jakými jsou např. fotografie, mapy, plány, textové dokumenty apod.

4.2. Počítačem podporované projektování (CAD) a kreslení

Pro zpracování dat bývají často úspěšně využívány softwary typu CAD, popř. CADD, jejichž masivní vývoj začal v polovině 60. let 20. století a byl mj. spojen s dobovým vývojem ICT technologií. [99]

V současnosti CAD softwary umožňují vektorovou kresbu i přímé modelování prostorových objektů. Pro tyto účely obsahují specializované funkce. Dále podporují rozvrstvení výkresu či 3D modelu do tematických datových vrstev. Je-li prostorový model rozdělen do tematických vrstev, které odpovídají jednotlivým stavebním fázím modelované stavby, lze vytvořit jeho 4D model. Takový model tedy rekonstruuje podobu historické stavby v jednotlivých časových obdobích. Jednotlivá časová období, tzn. datové vrstvy, lze barevně odlišit podle zavedeného úzu pro SHP, viz Obr. 2.1. Většinou je možné k 3D, resp. 4D, modelu připojit popisné informace, např. pomocí štítků nebo odkazů na externí databázi.

Pravděpodobně nejužívanějším software tohoto typu je *AutoCAD* od společnosti Autodesk, Inc. [100, 101]. Další možností je *MicroStation* od společnosti Bentley Systems, Inc., který obecně lépe podporuje práci s rastrovými daty a *geodaty* [102]. Obě zmíněné společnosti dále disponují širokým portfoliem softwarových produktů v oblasti zpracování prostorových dat, BIM a GIS. Jejich alternativami jsou softwary *SketchUp Pro* od společnosti Trimble, Inc., který je založen na intuitivní práci přímo v 3D prostoru, kde umožňuje rychlou tvorbu modelů a jejich prezentaci, viz [103], a *ArchiCAD* od společnosti Graphisoft, Inc., viz [116].

Nativním formátem programu AutoCAD je formát ***DWG***, který umožňuje pracovat s 2D i 3D daty. Díky rozšíření programu AutoCAD jsou *DWG* a jeho výměnná varianta ***DXF*** (***Drawing Exchange Format***) považovány za standardy pro výměnu dat v oblasti CAD aplikací. Některé konkurenční programy dnes umožňují jejich čtení i zápis, protože se ale jedná o datové formáty firmy Autodesk, kompatibilita takto vytvořených souborů nemusí být vždy úplná a zaručená [101, 104, 105]. Konkurenčním formátem je formát ***DGN***, který je nativním formátem programu MicroStation. Existují dvě verze DGN [106]:

1. Specifikace *Intergraph Standard File Formats* (ISFF)[95] byla publikovaná v 80. letech 20. století společností Intergraph a v současnosti označovaná jako ***DGN V7***[96], popř. *Intergraph DGN*,
2. Specifikace společnosti Bentley Systems z roku 2000, která obsahuje nadmnožinu schopností DGN, ale která již nemá svou vnitřní strukturu dat založenou na ISFF. Tato verze je označována jako ***DGN V8***.

Technologie CAD, popř. CADD, mohou být v rámci SHP využity:

- k syntéze datových sad z více zdrojů, v rozdílné míře podrobnosti a přesnosti, datových formátech, míře nejistoty a s různými časovými razítky,
- ke georeferencování (v omezené míře) datových sad do společného referenčního systému (spíše místního, v omezené míře),
- k vektorizaci rastrových datových sad,
- ke zpracování nebo finalizaci výstupů měřické dokumentace atd.

[95] ISFF jsou otevřené formáty, pro které mohou vývojáři třetích stran vytvářet aplikace pro MicroStation, které čtou a zapisují formát ISFF bez licence společnosti Intergraph.

[96] Tento formát mj. využívá ČÚZK při distribuci digitální katastrální mapy prostřednictvím stahovací služby Atom, viz [25].

4.3. Informační modelování budov (BIM)

Koncept BIM se začal rozvíjet v 70. letech 20. století. Ve smyslu BIM, jak je používán dnes, se termín *„Building Model“*, poprvé objevuje v odborných článcích v 2 pol. 80. let 20. století. Samotný termín *„Building Information Model“* se poprvé objevil v odborném článku v roce 1992, viz [107]. Nicméně, termíny *„Building Model“* a *„Building Informatition Model“*, včetně zkratek BIM, se obecně nepoužívaly, dokud v roce 2002 společnost Autodesk, Inc. nevydala „bílou knihu“ nazvanou *„Building Information Modeling“* a další dodavatelé softwaru se také nezačali zabývat touto problematikou. První implementaci BIM provedla v konceptu *„Virtual Building“* v roce 1987 firma Graphisoft v systému ArchiCAD [108].

Termín BIM je dnes skloňován v souvislosti s mnoha odvětvími stavebního průmyslu po celém světě. Přesto však stále panují nejasnosti ohledně exaktního významu tohoto pojmu, a to zejména v oborech, kde není využívání jeho běžnou záležitostí. Podrobné analýze významu zkratky BIM ve světové odborné literatuře se ve své disertační práci věnoval Ing. Matějka, který napočítal kolem 20-ti možných definic významu této zkratky, viz [109]. Při praktické aplikaci tak může docházet k zaměňování pojmů a nejasnostem ve výkladu terminologie. Proto je zajímavým a bezesporu užitečným počinem v souvislosti terminologií v oblasti terminologie BIM projekt *BIM Dictionary*, viz [110].

V České republice BIM oficiální definici nemá. Česká odborná praxe se tak uchyluje k vlastním překladům existujících definic nebo tvorbě vlastních definic za účelem publikací, propagace nebo začlenění BIM do smluvních vztahů. Propagátorem BIM na českém trhu je *Odborná rada pro BIM* (CzBIM)[97], která mj. vydala první českou BIM příručku, viz [51]. Definice BIM dle CzBIM je možno nalézt na Obr. 4.1.

Vzhledem k nedostatečné definici je třeba termín BIM rozlišovat jako [109]:

- produkt, tj. informační model stavby (BIModel), viz Obr. 4.1,
- metodiku dodávky výstavbových projektů, viz Obr. 4.2,
- soubor metod, resp. soubory nástrojů a procesů, viz Obr. 4.3.

Informační modelování staveb se v současné době rozvíjí hlavně v oblasti návrhu a výstavby nových budov, tzv. *as-designed BIM*. BIM nástroje však mohou být využity také pro tvorbu modelů již existujících staveb, tzv. *as-built BIM*. V souvislosti s nimi a podle kontextu se lze setkat s termíny *Historic Building Information Modelling* (HBIM) [111] nebo *Heritage Building Information Modelling* (H-BIM) [112]. V odborné literatuře se lze setkat i s dalším termínem, který se v této souvislosti používá, což je tzv. *Heritage Information System* (HIS). Většinou představuje alternativu k procesu BIM. Tzn., že je založen např. na GIS [113] nebo se jedná o informační systém založený na mračnech bodů [112].

[97] Viz https://www.czbim.org/.

Building Information Model / BIM model (digitální reprezentace, soubor)

sdílená digitální reprezentace fyzikálních a funkčních vlastností jakékoliv stavby (budovy, mostu, silnice apod.), která poskytuje základ pro rozhodování

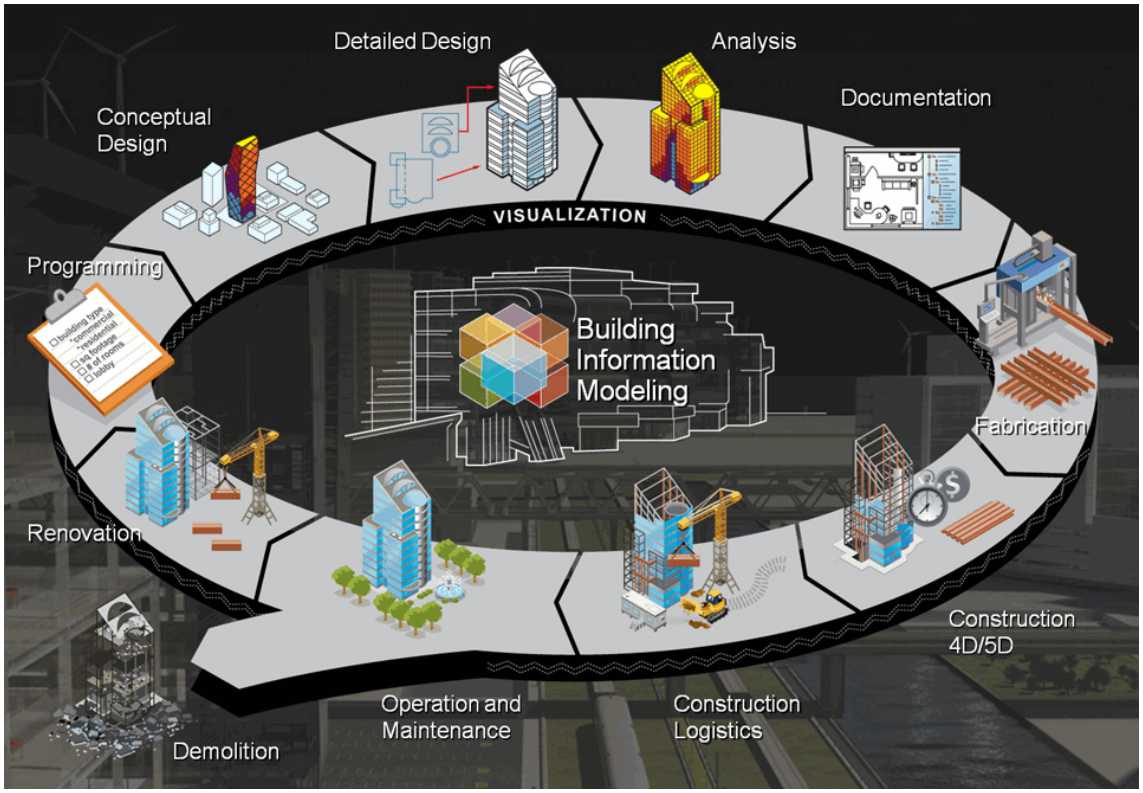
Building Information Modelling / BIM, resp. BIM proces

je proces tvorby a použití digitální reprezentace budovy – virtuálního modelu budovy/stavby. Výsledkem sestavení modelu je sdílená znalostní databáze podporující rozhodovací procesy od nejranějších fází návrhu, přes projekci, provádění stavby až po správu během používání stavby a případnou demolici.

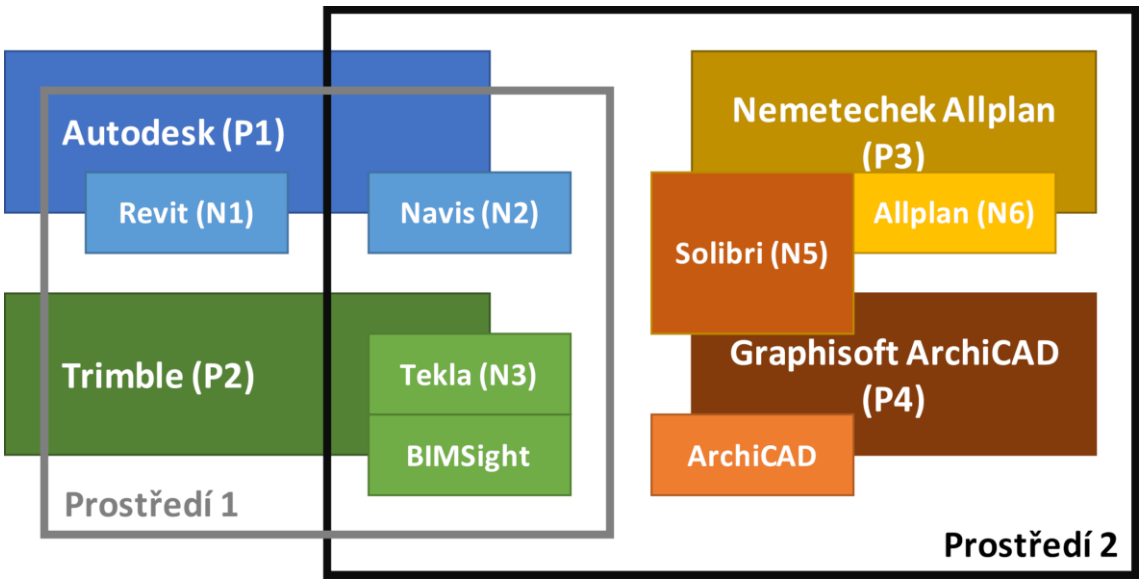
Building Information Management / BIM

BIM přímo či nepřímo ovlivňuje všechny účastníky stavebního procesu. BIM mění tvorbu, používání a sdílení údajů o stavebním díle po celou dobu životnosti díla. BIM je digitální systém a sada otevřených standardů podporujících spolupráci během životního procesu stavby. Zahrnuje 3D (vizualizaci), 4D (čas a plánování) a 5D (finanční odhady a plánování) údajů, které slouží jako společný, centrálně uložený zdroj informací od fáze návrhu až do případné demolice. Kombinace standardizovaných informací a facility managementu umožňuje odhadovat dopady a celkové náklady vlastnictví stavby. Rozšíření BIM na všechny části stavby v průběhu životního cyklu fáze vyžaduje standardizované procesy, taxonomii a datové struktury. Je požadována interoperabilita a standardizovaný obsah na všech úrovních podrobnosti od stavebních modelů pro systémy, subsystémy, součásti i jednotlivé prvky.

Obr. 4.1: Definice zkratky BIM podle [51]



Obr. 4.2: BIM v životním cyklu projektu [114]



Obr. 4.3: Příklady vztahů BIM – nástrojů (NX), platforem (PX) a prostředí [109]

Informační modelování staveb (BIM) budov tedy umožňuje vytvořit virtuální informační model stavby (BIModel):

- ***nové*** – tj. novostavby, kdy je proces BIM součástí stavebního projektu výstavby,
- ***existující*** – BIModel je vytvořen na základě měřické dokumentace a může být součástí projektu obnovy stavby nebo souviset se správou stavby, tzv. *Facility Management* (FM),
- ***zaniklé*** – BIModel je vytvořen na základě archivní měřické dokumentace, jedná se tedy o digitální rekonstrukci stavby, která může být součástí projektu rekonstrukce stavby.

Všechny fyzické a funkční charakteristiky stavby mohou být popsány v různých dimenzích. Jedná se o interpretaci a rozšíření modelu o další významovou sadu informací. V případě 2D informací se jedná o dvourozměrnou reprezentaci objektů, tzn. délku a šířku. Ta může být rozšířena na 3D, pokud je obohacena o další rozměr, tzn. o výšku, popř. hloubku (u svislých prvků). Prostorové rozšíření modelu umožňuje využít další prvky vizualizace[98]. Jako 4D je vnímáno rozšíření informačního modelu o časové parametry, např. propojení modelu s harmonogramem výstavbového projektu. Jako 5D se vžil pro parametr nákladových informací o výstavbovém projektu, tj. propojení modelu s cenovými soustavami. Za 6D je považováno rozšíření modelu o informace užitečné pro FM. Jedná se o dodatečné informace o jednotlivých objektech[99] a jejich propojení na další dokumenty[100]. Rozměr 7D se soustředí na rozšíření modelu o informace, související s udržitelnou výstavbou a *Life Cycle Assessment* (LCA)[101]. Dimenze vícerozměrného modelování a jejich vztah vůči SHP shrnuje Tab. 4.1.

Často využívanými softwary na principech BIM je např. *Revit*, viz [101], od společnosti Autodesk, Inc., *ArchiCAD* od společnosti Graphisoft, Inc., viz [115, 116].

[98] Např. textury, stínování, perspektivní projekci, izometrické pohledy apod.

[99] Např. číslování objektů, data revizí, informace o údržbě, parametrizace dalších popisných charakteristik (např. informace o typu svítidel apod.), přiřazení vztahů objektů k místnostem apod.

[100] Např. manuály, technické listy, záruční listy apod.

[101] Jedná se o posouzení ekologických dopadů stavebních výrobků a materiálů napříč jejich životností, např. informace, související se spotřebou a chováním objektů z energetického hlediska.

Dimenze	Popis	Vztah k SHP
2D	dvourozměrné charakteristiky	měřická 2D dokumentace – plány, mapy, fotodokumentace
3D	trojrozměrné charakteristiky	měřická 3D dokumentace – mračna bodů, 3D modely
4D	časové parametry	stavební vývoj, historie stavby
5D	nákladové parametry	finanční náklady související se specifiky historických staveb[102] – památkové hodnoty
6D	parametry pro FM	číslování místností, dveří a oken; elaboráty doplňujících průzkumů; karty NS apod.
7D	parametry udržitelnosti výstavby LCA	poškození a degradace povrchů apod.
nD	další informace	slovní popisy, např. citace z elaborátu SHP apod.

Tab. 4.1: Vícerozměrné modelování ve vztahu k SHP

V souvislosti s BIM procesem je třeba zmínit ***Industry Foundation Classes*** (IFC), což je obecně standardizovaný digitální popis zastavěného prostředí, včetně budov a občanské infrastruktury. Od roku 2005 se jedná o otevřený, mezinárodní standard (ISO 16739-1:2018), který má být neutrální a použitelný v celé řadě hardwarových zařízení, softwarových platforem a rozhraní pro mnoho různých případů použití. Specifikace IFC je spravována organizací *buildingSMART International*. Rozhodnutí o vytvoření otevřeného standardu pro podporu interoperability v oblasti AEC přijalo 12 společností z USA v roce 1994, ze kterého v roce 1995 vznikla asociace *International Alliance for Interoperability* (IAI), tzn. předchůdce dnešní *buildingSMART International*. Jejím prvním standardem byl v roce 1997 právě IFC. V současnosti jsou v platnosti dvě oficiální verze IFC, tj. IFC2x3 TC1 (červenec 2007) a IFC4 ADD2 TC1 (říjen 2017). Verze IFC4, která byla poprvé zveřejněna v roce 2013, měla mj. zlepšit definici lokálního souřadnicového systému, v současnosti ale zatím není příliš podporována [117, 118].

Technologie a metody BIM mohou být v rámci SHP využity:

- k syntéze datových sad z více zdrojů do jednoho informačního modelu (BIModelu) nebo několika navzájem propojených informačních modelů,
- ke stavebně-technickým analýzám konstrukcí a jejich prvků,
- k modelacím návrhů opatření pro péči o stavbu,
- ke sdílení dat mezi zpracovateli SHP a zadavatelem, tzn. investorem nebo projektantem,
- k vytvoření výchozího informačního modelu, který bude sloužit jako podklad pro návrh obnovy nebo pro správu historické stavby (FM) atd.

[102] Jedná se např. o režim ochrany památkově hodnotného architektonického celku (menšího či většího rozměru) před poškozením stavební činností, o zásah restaurátora a jiné náklady spojené s ochranou nebo obnovením památkových hodnot, specifický režim stavebních prací aj.

4.3.1. Parametrické modelování v procesu BIM a HBIM

Parametrické modelování umožňuje pracovat s předem vytvořenými modely upravitelnými v libovolném kroku procesu BIM, a to vložením či změnou jejich parametrů. V současnosti se tato technika používá spíše při realizaci novostaveb (BIM) než při obnovách existujících staveb (HBIM), ale má velký potenciál i v této druhé oblasti. Parametrické modelování lze rozdělit do dvou kategorií [46]:

1. *Parametricko-generativní modely*: pracují se sekvencemi příkazů a umožňují velmi vysokou míru volnosti při modelování a souhlasu s generováním složitých tvarů.
2. *Parametricko-objektově orientované modely*: jsou založeny na použití předpřipravených knihoven a na základních konstrukčních prvcích (Revit, ArchiCAD atd.).

Parametrický software umožňuje organizovat modely v asociativních systémech založených na vztazích mezi nimi a jejich částmi. Dále nabízí možnost změnit celkovou konfiguraci systému tím, že jsou změněny základní parametry jednotlivých modelů. Tímto způsobem operátor nemodeluje od nuly každý prvek, ale jakmile vymodeluje první, může okamžitě extrahovat ostatní tím, že jednoduše přiřadí modelu požadovaná vstupní data.

BIM proces je založen na komponentách, tj. parametrických objektech, které jsou uloženy v objektové knihovně. Jedná se o digitální protějšky skutečných stavebních konstrukcí či prvků, které mohou být použity pro konstrukci fyzické stavby, např. stěny, podlahy, ocelové nebo dřevěné nosníky, dveře a okna, potrubí atd.

Současné stavebnictví a s ním spojený stavební průmysl často využívají prefabrikovaných stavebních konstrukcí, což logicky směřuje k nutnosti jejich unifikace a standardizace. Naproti tomu pro historické stavebnictví platí, až na drobné výjimky, tvrzení „co kus, to originál“, protože bylo založeno na vysokém podílu manuální řemeslnické práce. Nalezení společných parametrů historických stavebních konstrukcí je jedno z témat praktické použitelnosti procesu HBIM. V tomto tématu přichází ke slovu mj. také odpovídající a poučená míra generalizace, podle kap. 3.1.3.

HBIM proces je také založen na komponentách, avšak u historických staveb je situace složitější, protože jsou převážně tvořeny z komponent a materiálů, jejichž geometrie a charakteristiky nejsou reprezentativní pro knihovny komponent používaných v současném stavebnictví. Proto je proces HBIM často spojen také s tvorbou komponent na základě historických dat, jakými jsou např. měřická dokumentace[103], průzkumy historických staveb (SHP, OPD nebo PDI), uměleckohistorické analýzy, odborná literatura apod. HBIM proces předpokládá, že pro modelovaný typ stavby jsou stavební komponenty katalogizovány v příslušných objektových knihovnách, protože možnosti změn komponent jsou při parametrickém modelování omezeny nastavením jejich parametrů.

Je-li návrh a tvorba objektových knihoven součástí procesu HBIM, je nezbytné provést *parametrizaci* architektonických a konstrukčních prvků, které jsou v knihovnách obsaženy. Na rozdíl od BIM obvykle nejsou volně dostupné knihovny stavebních komponent běžnou záležitostí. Proto je většinou nutné, aby byly

[103] Jako jsou např. výkresy, fotodokumentace, nálezové karty, mračna bodů apod.

vymodelovány podle dostupných podkladů a účelu, kterému mají sloužit. Parametry lze rozdělit do čtyř skupin [119]:

1. *Základní parametry* – Délka, Šířka, Výška – tvoří základní dimenze, tzv. „*bounding box*“, parametrického objektu. U vnořených objektů, typicky dveří a oken, může být některý z parametrů označen jako Hloubka.
2. *Lokalizační parametry* – usnadňují umístění v BIModelu. Například pro vnořené objekty je užitečné definovat odsazení od líce zdi (vodorovná rovina) a podlahy (svislá rovina).
3. *Architektonické parametry* – definují architektonické tvarosloví parametrického objektu. Jedná se o soubory architektonických pravidel a tvarových gramatik, které charakterizují modelovaný stavební prvek.
4. *Rozšiřující parametry* – rozšiřují variabilitu parametrického objektu, např. v oblastech grafického zobrazení, materiálového složení, povrchových úprav, popisných informací aj.

V současné době je populární tzv. *Scan-to-BIM* přístup, při kterém jsou jednotlivé stavební konstrukce lokalizovány a klasifikovány na základě *mračna bodů*, které bylo obvykle vytvořeno metodou samostatného sběru dat pomocí TLS. Tento přístup je oblíbený zejména v současném stavebním průmyslu (AEC) [120, 121], ale nachází své uplatnění i v oblasti nemovitého kulturního dědictví [37, 46, 112, 122].

4.4. Geografický informační systém (GIS)

Historie geografických informačních systémů (GIS) se začala psát v polovině 19. století, kdy byly dobovými prostředky mapovány a na základě prostorových analýz vyhodnocovány výskyty a šíření cholery v Paříži a Londýně. Vývoj prvního moderního GIS byl zahájen v r. 1960 v Kanadě na popud Federálního ministerstva lesnictví a rozvoje venkova. Výsledkem byl *Canada Geographic Information System* (CGIS) vyvinutý Dr. Rogerem Tomlinsonem, který sloužil k archivaci, analýze a práci s daty shromážděnými pro *Canada Land Inventory*. Cílem bylo shromáždit informace o půdách, zemědělství, rekreaci, volně žijících zvířatech, ptactvu, lesnictví a využívání půdy s rozlišením v měřítku 1 : 50 000. Pro analýzu dat byly přidány hodnotící koeficienty. Vzhledem k úspěšnosti tohoto projektu se Tomlinson stal známý jako „*father of GIS*“. [123]

Od 70. a především od 80. let 20. století začíná vývoj softwarů typu GIS, který trvá do současnosti. Softwarová řešení se stále zdokonalují a zefektivňují, nicméně stále platí definice GIS jako [23]:

1. informační systém zabývající se informacemi, které se týkají jevů přidružených k místu vztaženému k Zemi,
2. funkční celek vytvořený integrací technických a programových prostředků, dat, pracovních postupů, obsluhy, uživatelů a organizačního kontextu, zaměřený na sběr, ukládání, správu, analýzu, syntézu a prezentaci prostorových dat pro potřeby popisu, analýzy, modelování a simulace okolního světa s cílem získat nové informace potřebné pro racionální správu a využívání tohoto světa.

V případě práce s historickými datovými sadami z různých časových období se lze setkat s termínem *historický geografický informační systém* (HGIS). Příkladem HGIS může být digitalizace a georeferencování historických map, které tak mohou být

přidány jako datová vrstva do současných GIS. Historické mapy mohou obsahovat cenné informace o minulosti zájmového území. Např. mapové vrstvy mohou zobrazovat geografii území v různých časových obdobích nebo mohou zobrazovat informace o 3D objektu plošného charakteru, tzv. 3D GIS, apod. [86, 124]

Pravděpodobně nejužívanějším softwarovým řešením tohoto typu je platforma *ArcGIS* od společnosti Esri, Inc., viz [125]. Dalšími alternativami jsou *Open Source* platformy *QGIS* a *GRASS GIS*, viz [126, 127].

V kontextu GIS je třeba zmínit současné formáty pro ukládání prostorových dat, které jsou velmi často založeny na *XML* (eXtensible Markup Language). Jako první je možno zmínit formát *COLLADA* (COLLAborative Design Activity), který je společně s OGC standardem *KML* (Keyhole Markup Language) využíván pro 3D modely v *Google Earth* a *Trimble SketchUp Pro*. Dalším OGC standardem je *GML* (Geography Markup Language), jehož aplikační schéma *CityGML* je využíváno pro 3D modelování měst, nebo jako mezičlánek při převodu BIModelů ve standartu IFC do geoprostorového kontextu. Formát *ESRI Shapefile* je po uvolnění dokumentace v roce 1998 hojně využívaný v celé řadě softwarových platforem GIS, takže je také možné nazvat jej *de-facto* standardem. [128]

Možnostmi převodu BIModelů ve standartu IFC do prostření GIS a jejich využití při procedurálním modelování historické krajiny, tzn. digitální 3D rekonstrukci, se ve své disertační práci podrobně zabývá Ing. Tobiáš, viz [129].

Technologie a metody GIS mohou být v rámci SHP využity:

- k syntéze datových sad z více zdrojů, v rozdílné míře podrobnosti a přesnosti, datových formátech, míře nejistoty a s různými časovými razítky,
- ke georeferencování datových sad do společného geodetického referenčního systému,
- k vektorizaci rastrových datových sad,
- k uplatnění otevřených dat[104] nebo prohlížecích (WMS a WMTS), popř. stahovacích (WFS a WCS), mapových služeb,
- k prostorovým analýzám,
- k vizualizaci datových sad, mj. i prostřednictvím specializovaných webových geoportálů,
- ke sdílení dat mezi zpracovateli SHP, např. PaGIS v rámci IISPP, atd.

[104] Získané např. pomocí stahovací služby Atom.

4.5. Další specializované softwarové systémy

Pro geodetické výpočty, které jsou spojeny se zpracováním výsledků geodetického měření v rámci SHP, mohou být využity softwarové systémy *Kokeš*[105] a *Groma*[106].

Pro zpracování prostorových dat, které vznikly s využitím TLS nebo IMBR, tj. *mračna bodů* nebo *3D síťové modely povrchu*, může být využit např. komerční softwarový systém *Geomagic Wrap*[107]. Jako jeho nekomerční alternativy mohou být využity softwarové systémy *CloudCompare*[108] a *MeshLab*[109], které jsou mj. oblíbené ve vědecké komunitě. Dalším systémem, který je velmi oblíbený a často zmiňovaný ve vědecké literatuře, je *Agisoft Metashape*[110], dříve *Photoscan*.

Pro kancelářské práce může být využita komerční sada aplikací *Microsoft 365*[111]. Jako její nekomerční alternativa může sloužit balík kancelářských aplikací *LibreOffice*[112]. Pro kancelářské práce spojené s počítačovou grafikou mohou být využity aplikace z portfolia společnosti *Adobe*[113]. Pro některé z nich jsou opět dostupné nekomerční alternativy, např. *GIMP*[114], *FastStone*[115], *Inscape*[116] aj.

V souvislosti s kancelářskými pracemi je nutné zmínit výměnný formát ***PDF***, zkratka angl. *Portable Document Format*. Jedná se o souborový formát vyvinutý firmou *Adobe* pro ukládání dokumentů nezávisle na softwaru i hardwaru, na kterém byly pořízeny. Může obsahovat text, rastrovou i vektorovou grafiku i 3D modely, přičemž tento formát zajišťuje, že se libovolný dokument na všech zařízeních zobrazí stejně. Vytvářet PDF dokumenty lze jak v komerčním softwaru *Adobe Acrobat*[117], tak v dalších programech, např. v nekomerčním *PDF24 Creator*[118]. Export do formátu PDF často umožňují i další specializované softwarové systémy. Od roku 2008 se jedná i o standard ISO, konkrétně ISO 32000-2 [131].

[105] Viz http://www.gepro.cz/produkty/kokes/.

[106] Viz https://www.groma.cz/cz/.

[107] Viz https://www.3dsystems.com/software/geomagic-wrap.

[108] Viz https://www.danielgm.net/cc/.

[109] Viz https://www.meshlab.net/ a [130].

[110] Viz https://www.agisoft.com/ a [62].

[111] Viz https://www.microsoft.com/cs-cz/microsoft-365.

[112] Viz https://cs.libreoffice.org/.

[113] Viz Photoshop, Lightroom, Illustrator atd. na https://www.adobe.com/cz/products/catalog.html.

[114] Viz https://www.gimp.org/.

[115] Viz https://www.faststone.org/.

[116] Viz https://inkscape.org/.

[117] Viz https://www.adobe.com/cz/acrobat.html.

[118] Viz https://tools.pdf24.org/cs/creator.

5. Informační model historické stavby při SHP

Informační model historické stavby vzniká při SHP postupně. Zpočátku informační model vzniká v představách zpracovatele SHP, který se seznamuje se zkoumanou historickou stavbou. S postupem badatelských prací vzniká potřeba kritického hodnocení a vzájemného srovnávání dosažených mezivýsledků, čímž dochází k vzájemnému propojování geometrických a popisných informací. Později tedy vzniká nutnost geometrické a popisné informace digitálně propojit, což logicky vede k počátku tvorby informačního modelu zkoumané historické stavby.

Nezbytným předpokladem pro tvorbu informačního modelu jakékoli stavby je informační přístup při sběru podkladových dat. Za informační přístup lze označit sběr všech dat, která nemají geometrický charakter, viz Tab. 4.1. Z logiky věci se bude nejčastěji jednat o sběr dat, která umožní následnou klasifikaci a dataci stavebních konstrukcí. Při dataci stavebních konstrukcí je doporučeno používat jednotný značkový klíč podle [5], ukázky viz Obr 2.1 a Obr 3.11. Typologii konstrukcí historických staveb podrobně popisuje [132], stručně ji lze rozdělit následovně:

1. Zdivo
2. Dřevěné stěny
3. Hlína a lepenice
4. Stropy
5. Klenby
6. Podlahy a dlažby
7. Schody
8. Zábradlí a mříže
9. Krovy
10. Pokrytí střech
11. Vytápění
12. Větrání, vodní režim a odpady
13. Dveře a vrata
14. Okna
15. Povrchové úpravy

Smyslem povrchových úprav byla ochrana stavebních konstrukcí, spojená více či méně s výtvarným záměrem. Záměrné úpravy povrchů podléhaly různým dobovým trendům – slohovým, výtvarným nebo iluzivním[119] podle typu konstrukce a účelu stavby, postavení stavebníků, tvůrců a regionálních zvyklostí [132]. Povrchové úpravy jsou nedílnou součástí stavebních konstrukcí, historických i současných, které přímo ovlivňují estetický dojem konstrukce, popř. celé stavby. Proto je na místě jim věnovat pozornost při studiu konstrukcí historických staveb.

Tvorba informačního modelu historické stavby nemusí být spojena s žádnou konkrétní softwarovou platformou. Jak již bylo vysvětleno výše, zpočátku informační model vzniká v představách zpracovatele SHP, záleží proto na uvážení jeho požadavků a možností, jakým způsobem bude výsledný model realizován. Jak již bylo zmíněno v kap. 4.1, většina průzkumníků a zpracovatelů SHP si v průběhu své práce pro správu dat vytvoří *souborový systém*, jehož struktura odpovídá typu průzkumu a charakteru zkoumané historické stavby. Takto vzniklý *souborový systém* může být postupně rozšířen až na tzv. *Heritage Information System* (HIS).

Nejjednodušší formou HIS může být sada *výkresů*, které jsou rozšířené o analýzu stavebního vývoje a lokalizaci a identifikaci nálezových situací, viz Obr. 3.11. Jednotlivé NS pak mohou být popsány v externím samostatném katalogu, ve kterém je možné jejich dohledání podle kódovaných identifikátorů, viz Obr 2.2 a Obr 2.3. Jestliže jsou

[119] Jako iluzivnost je chápáno napodobení náročnějšího ideálu pomocí jednodušších, v místě dostupných materiálů a technologií [132].

jednotlivé *výkresy* správně polohově lokalizovány (lokálně mezi sebou nebo globálně) a správně datově strukturovány (jednomu výkresu odpovídá právě jeden datový soubor), mohou být mezi sebou propojeny v prostředí CAD ve formě tzv. *referenčních výkresů*. Podobný přístup může být realizován také v prostředí GIS, ve kterém může být využita např. *geodatabáze*[120] [96, 113]. Další formou HIS může být sada *mračen bodů*, která je klasifikována a selektována do tematických celků. Tematické celky mohou být vytvořeny podle stavebních konstrukcí, architektonických prvků apod. K tomuto účelu může být využita specializovaná softwarová platforma [112].

ID	Historická konstrukce nebo vybavení	Název vrstvy	Příklady pojmenování vrstev
1	Zdi – kamenné nebo cihlové	Stěny	Steny_obvodove_material_podlazi
	Dřevěné stěny		
	Hlína a lepenice		Steny_vnitrni_material_podlazi
	Povrchové úpravy[121]		
2	Podlahy a dlažby	Podlahy	Podlahy_material_podlazi
3	Stropy	Podhledy	Podhledy_material_podlazi
	Klenby		Podhledy_klenby_material_podlazi
4	Schody	Schodiště	Schodiste_material_podlazi
5	Zábradlí a mříže	Zábradlí	Zabradli_material_podlazi
6	Krovy	Střechy	Strechy_krov_material_podlazi
7	Pokrytí střech		Strechy_krytiny_material_podlazi
8	Dveře a vrata	Dveře	Dvere_material_podlazi
9	Okna	Okna	Okna_material_podlazi
10	Povrchy terénu[122]	Terén	Teren_typ_material
11	Vytápění	Komíny	Kominy_material_podlazi
12		Pece, kamna	Pec_material_podlazi
13	Větrání, vodní režim a odpady	Větrání	Vetrani_typ_material_podlazi
14		Vedení – voda	Vedeni_typ_material_podlazi
15		Uchování – voda	Uchovani_typ_material_podlazi
16		Likvidace – odpad	Likvidace_typ_material_podlazi
17	Elektroinstalace	Vedení – elektřina	Vedeni_typ_material_podlazi
18		Elektroinstalace	Elektroinstalace_typ_material_podlazi

Tab. 5.1: Typologie konstrukcí historických staveb s návrhem datových vrstev pro 3D model modelované stavby (na základě [132])

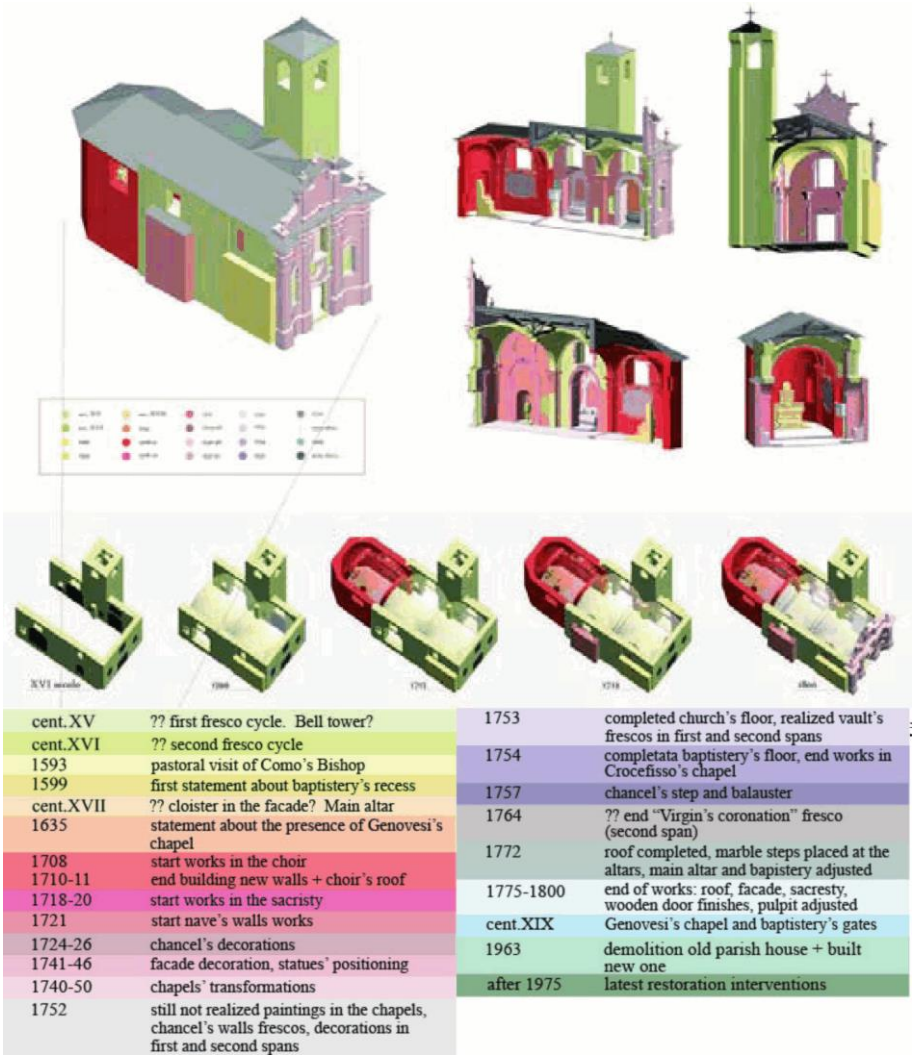
[120] Jedná se o „prostředí pro správu bází geografických dat (geoprostorových dat, geodat) vyvinuté firmou ESRI. [23]

[121] Povrchové úpravy se, z logiky věci, týkají všech typů historických konstrukcí. Do vrstvy „Stěny“ byly zařazeny, protože povrchové úpravy stěn, tj. omítky apod., obvykle pokrývají nejvíce ploch na historické stavbě.

[122] Nejčastěji se jedná o topologii terénu, resp. reliéfu, v blízkém okolí modelované stavby nebo v rámci modelovaného areálu. Povrchy terénu se mohou lišit podle povrchového materiálu, např. kamenné či dlážděné chodníky, trvalý travní porost atd. V této vrstvě je vhodné modelovat i krajinotvorné prvky, jakými jsou stromy, kříže a boží muka apod.

Relativně obsáhlý informační model historické stavby může být vytvořen v prostředí CAD. Pro proces 3D modelování je výhodné, pokud jsou jednotlivé datové vrstvy rozděleny podle typů stavebních konstrukcí[123]. Vzhledem k tomu, že se každý typ stavební konstrukce může skládat z různých materiálů současně a může se nacházet také na několika podlažích, je výhodné tuto skutečnost zohlednit při návrhu datových vrstev finálního 3D modelu. Například Tab. 5.1 popisuje strukturu vrstev 3D modelu, která byla využita při modelování vesnické usedlosti Zbožice čp. 2 zobrazeného na Obr. 3.17. Při 3D modelování libovolné stavby není nutné, aby byly využity všechny typy vrstev, což obvykle nastává při absenci některých konstrukcí či vybavení na budově[124].

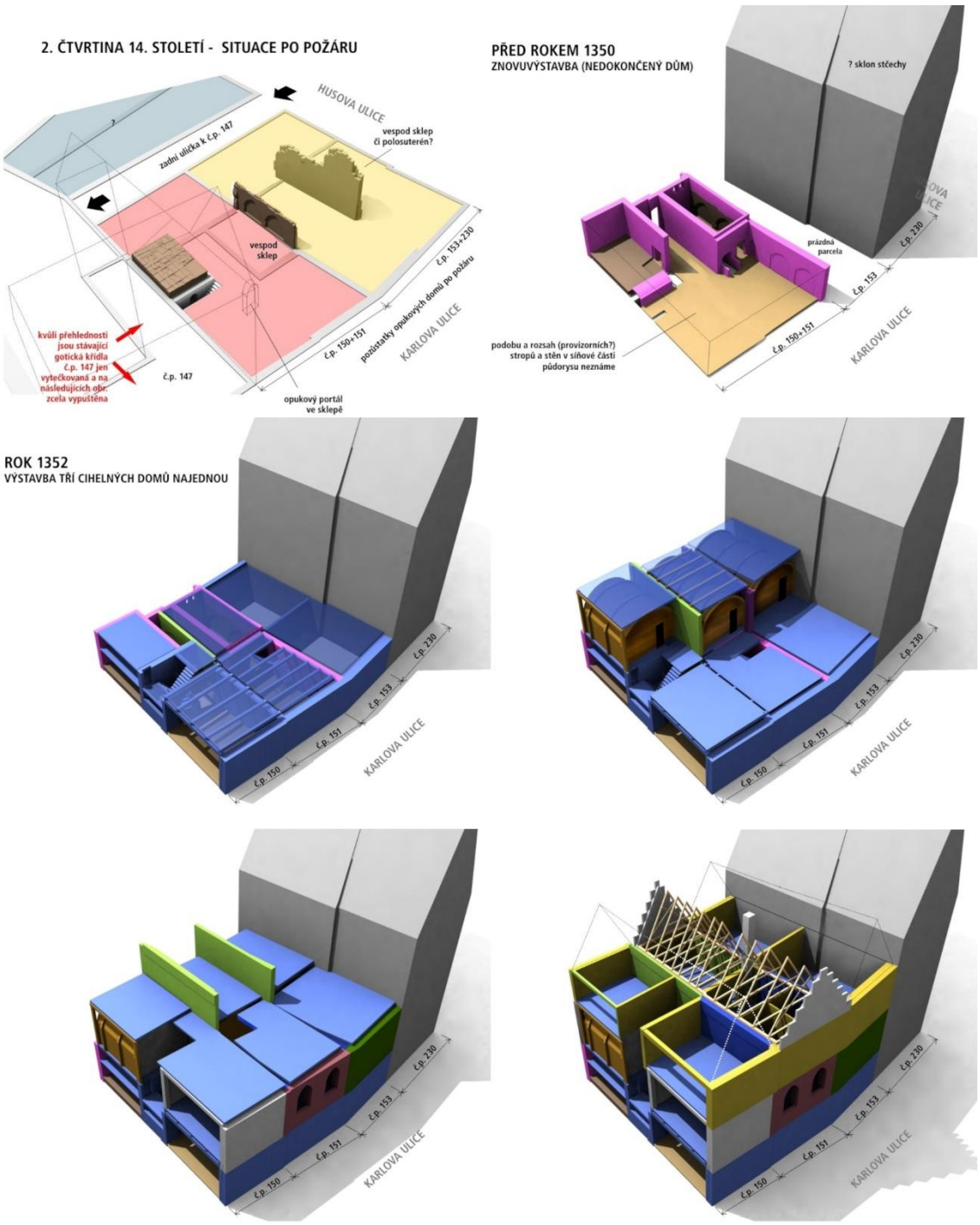
Jsou-li v průběhu 3D modelování k dispozici časové údaje s datacemi stavebních konstrukcí, mohou být datové vrstvy 3D modelu rozděleny do časových období. V takovém případě je obvykle výhodné jednotlivá časová období barevně odlišit, což umožňuje přehledně vizualizovat digitální 3D rekonstrukce stavebních vývojových fází zkoumané historické stavby, viz Obr. 5.1, nebo časové posloupnosti stavebních prací, viz Obr. 5.2.



Obr. 5.1: Ukázka analýzy stavebního vývoje s vyžitím procesu HBIM; kostel Sv. Marie (Scaria, Itálie) [133]

[123] Samozřejmě, toto řešení je možné i při 2D kreslení v prostředí CAD. Nicméně jeho význam se plně projeví až při samotném 3D modelování.

[124] Typickým příkladem jsou elektroinstalace, které se v historických stavbách objevují ve větší míře ve 20. století.



Obr. 5.2: Ukázka analýzy časové posloupnosti stavebních prací na základě vícerozměrných dat; Karlova ulice, čp. 150, 151 a 153 (Praha) [134]

Tato kapitola se zabývá možnostmi tvorby informačního modelu historické stavby pomocí procesu BIM, resp. HBIM, pro účely SHP. Výstupem tohoto procesu má být tzv. BIModel. Proces tvorby BIModelu historické stavby lze rozdělit do několika etap:

1. *Sběr dat* – zpracování měřické dokumentace pro účely SHP podle kap. 3,
2. *Příprava podkladů* – shromáždění a předzpracování podkladových dat, viz kap. 5.1:
   a. shromáždění podkladových dat – katastrální mapa (DKM, KMD), DMR (vrstevnicový plán, mračno bodů aj.), výkresy (půdorysy, svislé řezy a pohledy) a fotodokumentace (fotografie, fotoplány, ortofotomozaiky),

mračna bodů (TLS či blízká fotogrammetrie), 3D modely, nálezové karty apod.,
   b. georeferencování podkladů do společného místního souřadnicového systému, tzv. *sdílené souřadnice*,
   c. přeformátování podkladů do výměnných datových formátů,
3. *Informační modelování* – proces HBIM lze rozdělit do několika dílčích kroků, viz kap. 5.2:
   a. založení, nastavení a rozvržení nového projektu,
   b. připojení či import podkladů do projektu,
   c. parametrické modelování – modelování stavebních konstrukcí pomocí rodin stavebních komponent, připojení popisných informací ke komponentám atd.
4. *Export, sdílení a archivace výstupů* – export výstupů do požadovaných výměnných formátů

Postup tvorby BIModelu historické stavby, ve kterém jsou obsaženy výstupy SHP, je podrobně popsán v nadcházejících podkapitolách. Tento postup je navržen pro softwarovou BIM platformu *Autodesk Revit, v. 2020.2.7*. Pro získání podrobných informací ohledně modelování je vhodná zejména dokumentace aplikace Revit, viz [101]. Nicméně základní kostra prezentovaného pracovního postupu, viz odstavec výše, by měla být aplikovatelná i v jiných softwarových platformách. Rozsah této kapitoly se řídí erudicí autora a jeho osobními zkušenostmi. Je tedy pravděpodobné, že některé pracovní postupy a možnosti, které se nabízejí, zůstaly opomenuty.

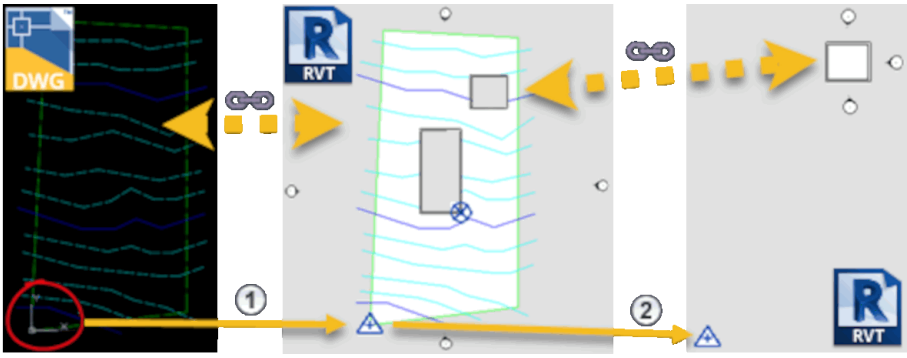
5.1. Příprava podkladů

Projekt aplikace Revit má definován interní místní souřadnicový systém, ve kterém je tvořen model v projektu. Při kombinování více podkladových dat, jakými mohou být DKM či KMD, DMR, výkresy (půdorysy a svislé řezy) a fotodokumentace, mračna bodů (TLS či blízká fotogrammetrie), 3D modely, nálezové karty apod., v jednom projektu, resp. BIModelu, je možné vzájemně lokalizovat jednotlivé soubory pomocí tzv. *sdílených souřadnic*. *Sdílené souřadnice* je výhodné odvodit na základě jednoho souboru, který tak definuje místní souřadnicový systém pro všechny ostatní soubory, které tvoří projekt [101].

Dále je při volbě *sdílených souřadnic* výhodné použít *geodetické referenční systémy* S-JTSK (EPSG: 5514) a Bpv (EPSG: 5705) s redukovanými souřadnicemi a výškami řádově na desítky metrů. Popř. lze jejich počátek vztáhnout ke konkrétnímu prostorovému bodu. Tím je zajištěna spolehlivá orientace modelu vůči světovým stranám. Pro redukci souřadnic ve výkresech je možné využít např. software *MicroStation*, pro redukci souřadnic mračna bodů např. software *CloudCompare*. Nejvhodnějším podkladem je zákres hranice zájmového pozemku či areálu v georeferencovaném situačním výkresu. Není-li k dispozici, lze využít jako podklad zákres pozemku v aktuální katastrální mapě. Cílem tohoto procesu je získat relativně spolehlivý prostorový rámec pro propojení více projektů aplikace Revit, tzn. BIModelů, a pro tvorbu DMT v blízkém okolí či areálu zkoumané stavby, viz Obr. 5.3.

Sdílené souřadnice jsou v projektu Revit reprezentovány dvěma způsoby:

1. *Bod zaměření* – definuje počátek místního souřadnicového systému, je výhodné jedná-li se o bod o známých geografických souřadnicích, např. ideálně jihozápadní lomový bod na hranici parcely podle DKM[125], viz (1) na Obr. 5.3,
2. *Bod projektu* – definuje počátek souřadnicového systému projektu, je jedinečný pro každý projekt, viz (2) na Obr. 5.3.



Obr. 5.3: Doporučené použití sdílených souřadnic v aplikaci Revit (podle [101])

Při kombinaci výstupů měřické dokumentace, tzn. především půdorysných výkresů, mohou být zjištěny nesoulady s aktuální katastrální mapou, tzn. DKM. V takových případech je nutné posoudit a ověřit, jestli zákresy ve výkresech a DKM odpovídají skutečnosti. Jestliže odpovídají, jsou nesoulady zapříčiněny různými mírami podrobnosti podkladů, protože měřítko DKM je 1 : 1000 a obvyklé měřítko půdorysných výkresů je 1 : 50. V těchto případech je na modeláři, aby odpovědně

[125] Aplikace Revit, stejně jako platformy pro CAD, pracuje v kartézském souřadnicovém systému. Při zvolení jihozápadního lomového bodu na hranici parcely jako počátku místního souřadnicového systému by zbytek projektu měl tzv. „zůstat v kladných souřadnicích“.

posoudil, jaké podklady více odpovídají předmětu a účelu modelování, a rozhodl, které budou využity.

Měřickou dokumentaci je možné *georefencovat* do libovolného souřadnicového systému, tzn. geodetického nebo místního, který je definován dostatečným počtem identických bodů. Pro *georeferencování* lze použít *shodnostní transformaci* [61], která zachovává tvar a rozměr transformovaného objektu, nebo *podobnostní transformaci* [61], která zachovává tvar transformovaného objektu. Jejich využití je výhodné na moderní výstupy měřické dokumentace, viz kap. 3.3. Anebo lze použít *afinní transformaci* [61], která zohledňuje rozdílnou srážku listu plánu ve směru podélném a příčném, a tak je výhodné její využití na digitalizovanou archivní měřickou dokumentaci. Při nadbytečném počtu identických bodů (více než 3) lze odhadnout přesnost transformace a provést vyrovnání odchylek v poloze identických bodů metodou nejmenších čtverců (MNČ). Jako identické body lze zvolit rohy staveb nebo síť křížků, je-li k dispozici. Pro *georeferencování* lze využít GIS software *ArcMap* [125].

Aplikace Revit podporuje výměnu dat v různých datových formátech. Nicméně pro import *mračen bodů*, získaných pomocí TLS nebo digitální fotogrammetrie, jsou podporovány formáty RCP nebo RCS, tj. výměnné formáty aplikace *Autodesk Recap Pro*, viz [101]. Nejuniverzálnějším výměnným datovým formátem je pak formát DXF, který lze využít pro import souborů typu CAD, tzn. *výkresů*, nebo také pro import *mračen bodů*.

Dále aplikace Revit podporuje výměnu dat ve formátu PDF a v rastrových formátech (BMP, JPG, JPEG, PNG, TIFF). Rastrová data nebo soubory PDF lze použít jako obrázky na pozadí, vizuální pomůcky nebo jako podklady pro práci ve 2D pohledech. Pro import souborů do pohledů slouží nástroje *Obrázek* a *PDF* (Vložit/Import/Obrázek či PDF). Připojené soubory PDF a rastrové soubory lze spravovat pomocí nástroje *Spravovat obrázky* (Vložit/Import/Spravovat obrázky). Prostřednictvím tohoto nástroje lze data tohoto typu připojovat k jednotlivým komponentám, viz [101]. Rastrová data a soubory PDF importované do 2D pohledu lze manuálně georeferencovat pomocí nástrojů *Přesunout* (Upravit/Upravit/Přesunout) a *Otočit* (Upravit/Upravit/ Otočit). Měřítkové koeficienty lze nastavit číselně nebo manuálně v rámci parametrů importovaného objektu. Grafickou cestou tak lze docílit podobných efektů jako mají shodnostní, *podobnostní* nebo *afinní transformace*.

5.2. Informační modelování historické stavby

Proces informačního modelování lze v aplikaci Revit rozdělit do dvou etap:

1. Založení a příprava projektu pro modelování,
2. Proces BIM, resp. HBIM.

Prvním krokem v aplikaci Revit je založení nového projektu. Při založení projektu je nutné zvolit šablonu, velmi často používanou je tzv. *Architektonická šablona* (Soubor/Nové/Projekt/*Architektonická šablona*). Nativním datovým formátem projektu je soubor s koncovkou RVT. Šablony projektu poskytují výchozí stav a nastavení pro nové modely. Šablona projektu může podle potřeby zahrnovat rodiny načtené do projektu, předdefinované pohledy, geometrie komponent a další nastavení, jako jsou např. jednotky, vzory výplní, styly čar, tloušťky čar, měřítka pohledu atd. Pro zajištění dodržení pracovních norem, např. podnikových, je možné vytvořit vlastní šablony přizpůsobené konkrétním potřebám. Nativním datovým formátem projektových šablon je soubor s koncovkou RTE [121].

Druhým krokem je zadání informací o projektu. Informace o projektu lze začlenit do výkazů obsahujících prvky z propojených modelů nebo mohou být použity i v rohových razítkách na výkresech apod. V dialogu *Informace o projektu* (Správa/Nastavení/Informace o projektu) lze zadat položky, jakými jsou název a popis organizace, název budovy, autor projektu, energetická nastavení[126], nastavení analýzy trasy[127], jméno klienta, název a číslo projektu, adresa stavby, stav a datum vydání projektu. Tyto informace lze převzít a zadat do projektu na základě elaborátu SHP, ukázku viz Obr. 5.4.

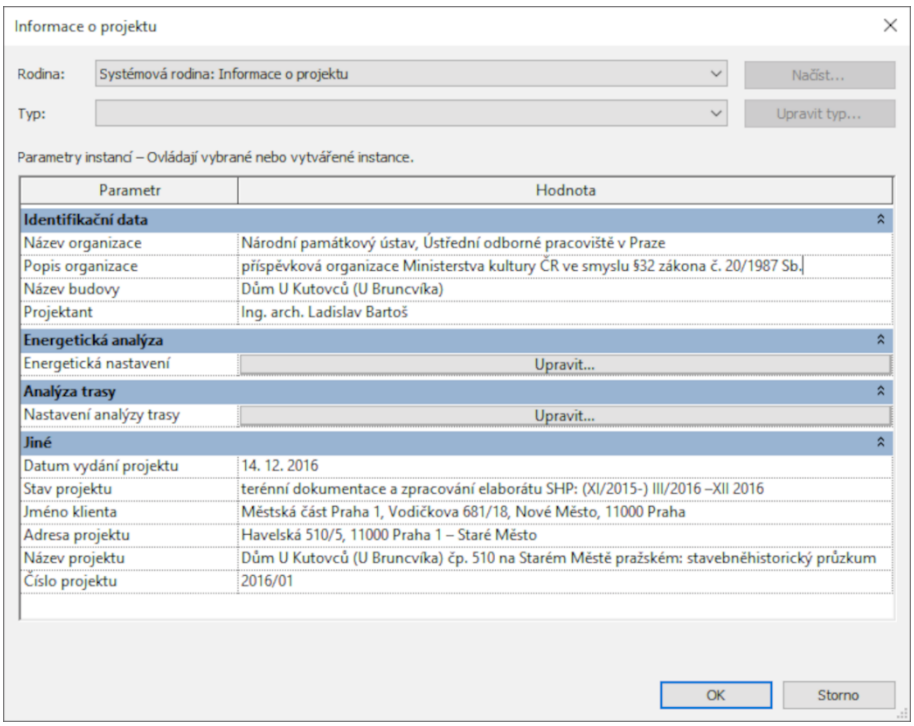
Dále je v tomto kroku nezbytné v dialogu *Jednotky projektu* (Správa/Nastavení/Jednotky projektu) nastavit jednotky, ve kterých bude modelování realizováno. Vzhledem k tomu, že se předpokládá využití a import dalších podkladů, je výhodné explicitně definovat jako výchozí jednotku SI „metr“.

Třetím krokem je zadání prostorového kontextu BIModelu. V prvé řadě se jedná o připojení projektu do systému *sdílených souřadnic*, který je popsaný v předchozí kapitole. Dále se může jednat o určení geografické polohy, např. pomocí geografických souřadnic.

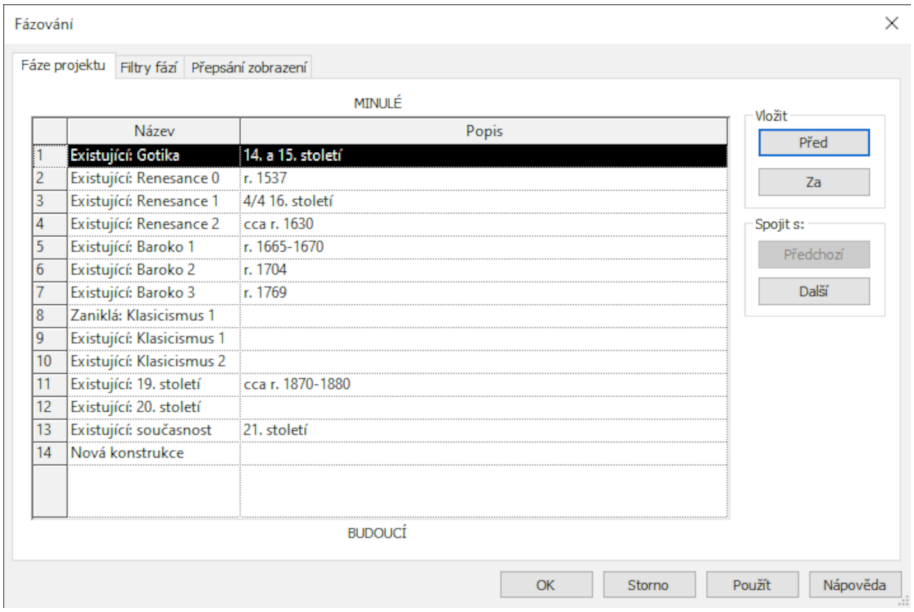
Čtvrtým krokem je rozvrhnutí pracovních fází, které má projekt sledovat, a vytvořit jednotlivé fáze v dialogu *Fáze* (Správa/Fázování/Fáze). Fázování je primárně určeno k rozvržení stavebních fází při návrhu realizaci výstavby projektu. Nicméně může být využito i retrospektivně k rozvržení stavebních fází historické stavby, viz Obr. 5.5. Je-li již v této fázi modelování jisté, že bude požadována také vizualizace stavebního vývoje stavby, je výhodné do návrhu rozvržení stavebních fází začlenit také návrh barevné stupnice podle [5], viz Obr. 2.1, Obr. 3.2 anebo Obr. 5.1. Barvy podle stupnice mohou být jednotlivým stavebním konstrukcím, resp. *komponentám*, přiřazeny později v dalším průběhu procesu HBIM.

[126] Energetická nastavení řídí chování vytváření energetického modelu stavby a také použití dalších informací uvedených u komponent v modelu, např. vlastnosti materiálů a tepelné vlastnosti prostorů. V počátečních fázích projektu obvykle není nutné se energetickými nastaveními zabývat [101]. Před změnou výchozích energetických nastavení je doporučené seznámit se s celkovou energetickou koncepcí pro aplikaci Revit zabývat [101].

[127] Nastavení analýzy trasy řídí, jak prvky modelu ovlivní trasu cesty, tj. vzdálenost a čas cesty z jednoho bodu modelu do jiného. Prvky modelu mezi počátečním a koncovým bodem trasy cesty ovlivní trasu generovanou analýzou [101].



Obr. 5.4: Informace o projektu v aplikaci Revit – zadány podle elaborátu SHP [19]

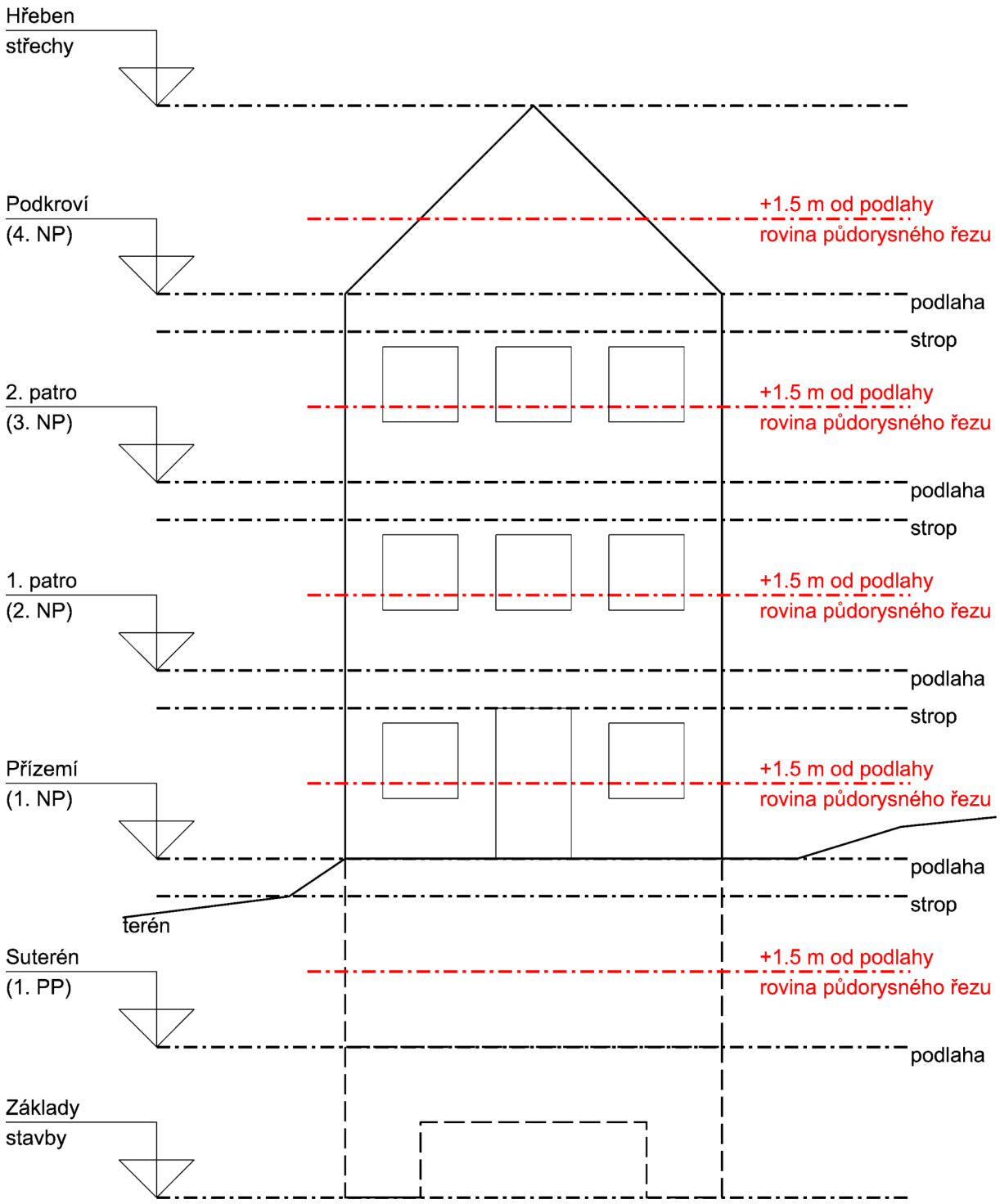


Obr. 5.5: Fázování projektu v aplikaci Revit (podle elaborátu SHP [19])

Pátým krokem je rozvržení výškového členění modelované stavby, ukázku viz na Obr. 5.6. K tomu slouží funkce *Podlaží* (Architektura/Srovnávací rovina/Podlaží). Pomocí funkce *Podlaží* lze definovat konečné horizontální roviny, tj půdorysné řezové roviny[128], které fungují jako reference pro prvky na dané výškové úrovni, např. střechy, podlahy a podhledy apod. *Půdorysné řezové roviny* se vytváří pro každou potřebnou výškovou referenci stavby budovy, např. výšky podlah v patrech stavby, horní a dolní hrany stěn apod. V případě historických staveb není neobvyklé, že je nutné některé

[128] Pojem „*Podlaží*“ se tedy v aplikace Revit nekryje s pojmem „podlaží v budově“, protože se jedná o referenční půdorysné řezové roviny v modelu. Samozřejmě, velmi často se tyto řezové roviny kryjí s půdorysným vedením řezu, který odpovídá úzu pro půdorys podlaží.

místnosti a užitné prostory zobrazit pomocí několika půdorysných výkresů (řezů). To je klasický případ kostelních staveb, kdy se používá (1) půdorys v úrovni přízemí (2) půdorys v úrovni kruchty, divadelních a koncertních sálů, kdy půdorysy přiléhajících podlaží zachycují také sál, nebo půdorysy složitých a vysokých krovů, kdy se používá (1) půdorys v úrovni podlahy podkroví (půdy) a (2) půdorys v úrovni nad hambalky, tzv. půdorys horního patra krovu.



Obr. 5.6: Ukázka výškového členění modelované stavby v procesu HBIM

Druhou etapou informačního modelování je realizace vlastního procesu BIM, resp. HBIM. Jejím prvním krokem v aplikaci Revit je připojení či import (Vložit/Připojení nebo Import) podkladových dat do projektu. Připojení je výhodnější používat pro tzv. „živé“ soubory, u kterých je předpoklad, že by se mohl jejich obsah s postupem času měnit. Import je výhodnější používat pro soubory, u kterých se jejich obsah již měnit nebude. Podklady typu *výkres* jsou připojovány, popř. importovány, do *Podlaží*. Současně s importem dat do aplikace Revit je důležité začít tvořit *souborový systém* pro archivaci dat souvisejících s projektem BIM, ukázku viz Obr. A.4.

Druhým krokem je samotné informační modelování v aplikaci Revit. Základním konceptem v aplikaci Revit jsou tzv. *rodiny*. Obecně se jedná o skupiny prvků, tzv. *komponenty*, se společnou sadou vlastností (parametrů) a s příbuznou grafickou reprezentací. Různé prvky náležející do rodiny mohou mít různé hodnoty některých nebo všech parametrů. Aplikace Revit používá dva typy parametrů:

1. *Typ* – definuje parametry, které jsou společné pro komponenty daného typu. (Např. parametr „Výška“ u všech komponent z rodiny Okna.)
2. *Instance* – definuje parametry, které jsou specifické pro jednotlivou konkrétní komponentu. (Např. parametr „Výška parapetu“ u jedné komponenty z rodiny Okna.)

Různé prvky náležející do rodiny mají stejnou sadu parametrů, jejichž hodnoty se ale mohou lišit pro jednotlivé typy rodin. Objekty, které jsou skutečně umísťovány do projektu jsou potom instancemi určité rodiny a určitého typu.

Rodiny se rozdělují na tři základní skupiny:

1. systémové rodiny,
2. načítatelné rodiny (rodiny komponent),
3. komponenty na místě.

Systémové rodiny jsou vytvořeny aplikací Revit v rámci založení projektu (soubor RVT). Nenačítají se z externích souborů a také se neukládají mimo projekt. V aplikaci Revit není možné vytvářet nové systémové rodiny, ale je možné editovat stávající, a tak vytvářet nové typy rodin. Instance těchto rodin by měly reprezentovat základní prvky budovy, které jsou reálně sestavované přímo na staveništi, tj. např. stěny, podlahy, střechy, potrubí.

Načítatelné rodiny lze vytvářet předem v rámci samostatného editoru v aplikaci Revitu a ukládat do externích souborů (nativní formát RFA). Tyto rodiny lze načítat do více projektů současně. V praxi se obvykle jedná o komponenty budov, které jsou externě prefabrikovány, nakoupeny, dodány a namontovány ve stavbě, tj. např. okna, dveře, truhlářské výrobky, zařizovací předměty, nábytek, rostliny, kotle, ohřívače vody, klimatizace apod. Pro snadnější práci s komponentami existují jejich katalogy, které umožňují načíst do projektu pouze ty typy, které jsou pro projekt nezbytné. Komponenty, tzn. předem připravené modely, lze do projektu vložit pomocí funkce *Umístit komponentu* (Architektura/Komponenta/Umístit komponentu).

Komponenty na místě lze vytvářet pomocí funkce *Vytvořit na místě* (Architektura/Komponenta/Vytvořit na místě). Pro účely modelování historických budov je tato varianta významná, protože umožňuje modelovat stavební prvky, které se v modelu neopakují, jsou nepravidelné a nelze je sestrojit jiným nástrojem. Tato skupina rodin je vždy specifická pro aktuální projekt.

V některých případech může být výhodné *komponenty* seskupit do *skupin*, které je možné následně umístit do projektu nebo rodiny. Seskupování prvků je užitečné, pokud je potřeba vytvořit entity, které představují opakovaná rozvržení nebo jsou společné pro mnoho stavebních projektů. *Skupinu* lze vytvořit pomocí vícenásobného výběru pomocí klávesy Ctrl a nástroje *Vytvořit skupinu* (Upravit/Vytvořit/Vytvořit skupinu). *Skupiny* je možné duplikovat a následně editovat, což je výhodné v případech, kdy se vzájemné uspořádání stejných komponent změní. Pro sdílení skupin komponent mezi BIModely lze skupiny ukládat (Soubor/Uložit jako/Knihovna/Skupina). Při práci s projektem lze skupinu uložit jako soubor projektu (RVT), při práci s Editorem rodin lze *skupinu* uložit jako soubor rodiny (RFA).

V případě složitějších struktur historických staveb nemusí vždy dostačovat základní *systémové* a *načítatelné rodiny*. V takovém případě může být na místě vytvářet pro jednotlivé stavební prvky *specializované načítatelné rodiny*, které jsou zaměřeny na konkrétní architektonický styl nebo na konkrétní stavbu, ideálně většího rozsahu. Jak ukazuje Tab. 5.2 jedná se v oblasti HBIM o aktuální téma výzkumu.

Další možností je vytvářet složité stavební prvky jako *komponenty na místě*. Výhodou je možnost individuálního přizpůsobení vzhledu výsledných modelů. Na druhou stranu je tvorba takových komponent pomalejší a jednotlivé objekty nelze umístit jako hostované komponenty.

Při návrhu *specializované načítatelné rodiny* je nutné navrhnout logické vazby mezi jejími prvky. Aplikace Revit umožňuje importovat již existující komponenty do návrhu nových komponent. K zajištění interoperability mezi dílčími prvky uvnitř komponenty musí nově vznikající komponenta převzít parametry importované komponenty. Vzájemná interoperabilita komponent je ovlivněna nastavením parametrů – *typ* nebo *instance*. Velmi často je výhodné definovat *lokalizační parametry* a *rozšířené parametry*[129] jako *instance*. Lokalizace jednotlivých komponent v BIModelu může být proměnlivá. V případě komponent, které obsahují importované komponenty, mohou být proměnlivá materiálová složení a povrchové úpravy dílčích komponent[130], proto je vhodné také definovat jejich nastavení jako *instance*. Návrh a následné testování interoperability komponent je iterativní proces, který může být v některých případech časově velmi náročný.

V následujících podkapitolách budou detailněji popsány možnosti realizace procesu HBIM pro typy historických konstrukcí, které jsou nejčastěji předmětem badatelského zájmu v rámci SHP. Jejich závěry a postřehy byly prakticky využity při návrhu a tvorbě BIModelu vybrané části Domu u Kutovců, Havelská čp. 510/5, Praha 1 – Staré Město, viz [19]. Vzhledem k omezenému rozsahu tohoto SHP, tj. první podlaží, nebyly některé stavební konstrukce v tomto BIModelu uplatněny. Ukázky jejich realizace jsou proto prezentovány na dalších stavbách, což jsou zájezdní hostinec v Kostelci nad Vltavou čp. 23 (okr. Písek) a vesnická usedlost čp. 27 v obci Náklo (okr. Olomouc). Úvodní podkapitola stručně prezentuje připojení popisných informací prostřednictvím načítatelných rodin. Další podkapitoly se zabývají modelováním historických konstrukcí.

[129] Podle kap. 4.3.1.

[130] Např. u dvojitých oken se může jednat o barevnost okna v exteriéru vs. v interiéru, typ a úpravu skleněných tabulí apod.

Autor	Typ objektu	Podklady pro knihovnu	Software a nástroje	Aplikační metoda
Murphy et al. [111]	Evropská klasická architektura	Architektonické vzorníky ze 17. a 18. století podle Vitruvia	GDL+ NURBS + Graphisoft ArchiCAD	Plug-in pro stávající softwarové BIM platformy.
Baik et al. [135]	Historické stavby staré Džiddy	Mračna bodů	Rhinoceros + Autodesk Revit	Plug-in pro stávající softwarové BIM platformy.
Dore et al. [136]	Průčelí budov	Mračna bodů + Architektonické vzorníky ze 17. a 18. století podle Vitruvia	GDL + Graphisoft ArchiCAD	Automatizovaná lokalizace komponent s manuálními změnami dimenzí.
Tommasi et al. [46]	Falkonatury[131] na katedrále v Miláně	Mračna bodů	Rhinoceros + Autodesk Revit	Manuální import do Autodesk Revit
Poloprutský [119]	Zájezdní hostinec	Výkresy, fotodokumentace, mračna bodů	Autodesk Revit	Manuální import do Autodesk Revit
Huo et al. [137]	Dekorace střech dynastií Ming a Qing	Mračna bodů	Autodesk 3D Max + Autodesk Revit.	Vývoj knihovny a softwarové platformy.

Tab. 5.2: Vybrané příklady knihoven vytvořených a používaných pro HBIM (podle [137], upraveno a doplněno)

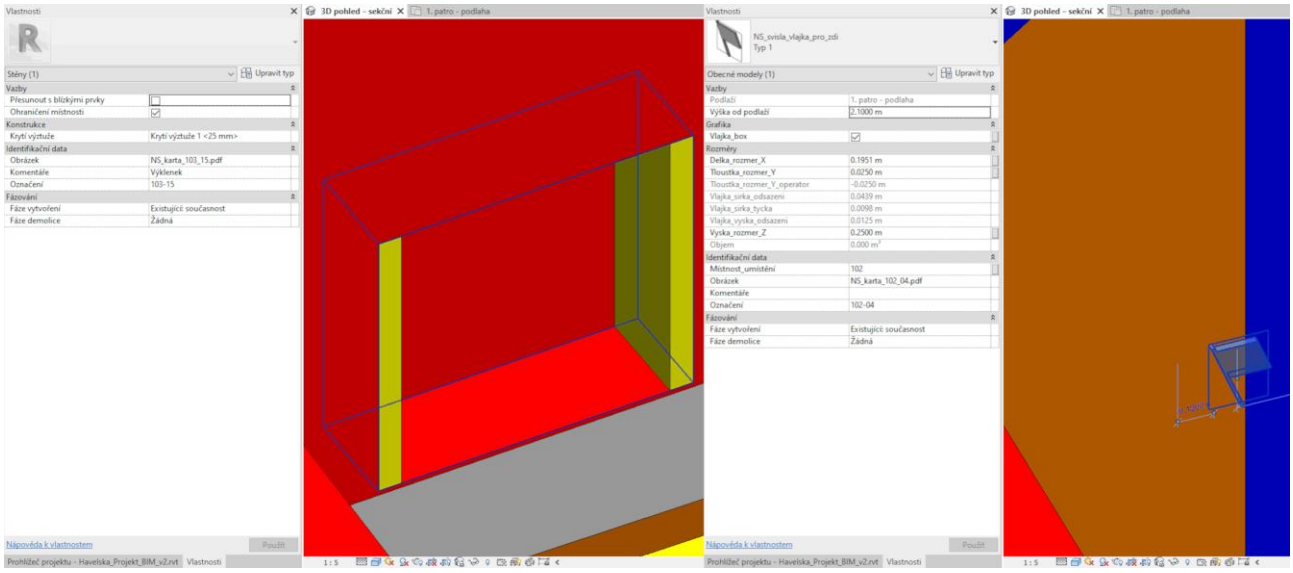
[131] Jedná se o dekorativní prvek na střeše katedrály v Miláně, viz [46].

5.2.1. Načítatelné rodiny symbolů a popisné atributy rodin

Aplikace Revit implicitně umožňuje všem komponentám přiřadit tzv. *Identifikační údaje*. Jedná se konkrétně o instance *Obrázek*, *Komentář* a *Označení*. Jako *Obrázek* lze přiřadit nejen fotografie, ale i dokumenty ve formátu PDF, např. se tak může jednat o nálezové karty či detailní plány. Aplikace Revit sice nepodporuje prohlížení dat, ale umožňuje uživateli zkopírovat trasu k uloženému souboru, kterou lze vložit např. do *Průzkumníku Windows* a následně si data prohlédnout. Pomocí *Komentáře* lze komponentu označit stručným popisem. Jako *Označení* je výhodné volit identifikátor prvku. V případě načítatelných rodin je možné identifikační data rozšířit o další popisné atributy, logickým atributem se zdá být označení místnosti. Ukázky viz na Obr. 5.7.

Další *Identifikační údaje* lze přiřadit ke konkrétním typům komponent v dané rodině. Jedná se o údaje ohledně Modelu, Výrobce, Popis, Označení typu, Cena, URL aj. Obvykle se jedná o textové informace, k údaji URL lze přiřadit odkaz na webovou stránku výrobce prvku na jiný odpovídající odkaz.

Popisné informace z nálezových situací (NS), které byly zdokumentovány v průběhu SHP, OPD či PDI, mohou být připojeny ke konkrétním architektonickým či stavebním prvkům, kterých se týkají. Identifikátor NS lze vložit do instance *Označení*, nálezová karta o NS může být připojena pomocí instance *Obrázek*, do instance *Komentář* může být přidán např. stručný popis NS. Jedná-li se o načítatelnou rodinu, kterou si modelář vytvoří sám, mohou být přidány další *identifikační údaje*, např. *Místnost umístění* aj. Nelze-li NS tímto způsobem v BIModelu lokalizovat, lze za tímto účelem vytvořit načítatelné rodiny zástupných symbolů. Viz „vlaječka“ na Obr. 5.7.



Obr. 5.7: Ukázka identifikačních dat u komponent na místě (vlevo) a načítatelné rodiny (vpravo)

5.2.2. Stěny

Pro tvorbu základních stěn je v aplikaci Revit k dispozici nástroj *Stěna* (Architektura/Stavět/Stěna), který nabízí možnost tvorby *architektonických*, tj. nenosných, a *konstrukčních*, tj. nosných, stěn. Délku a výšku stěny lze měnit interaktivně při modelování, přičemž pro výšky je výhodné využít *dolní* a *horní vazby* k přednastaveným výškám podlaží. Tloušťka stěny je parametrem typu rodiny, a proto je vždy nutné pro další tloušťku stěny vytvořit nový typ, což v praxi může znamenat vytvářet nový typ pro každou jednotlivou stěnu v modelu historické stavby. Nástroj *Stěna* lze využít pro tvorbu stěn s konstantní tloušťkou, přičemž v některých případech nelze kontrolovat přesný průběh modelovaných vytvářených stěn a jejich přesné rozměry, což se obvykle projevuje u zalomených stěn v obecných úhlech.

Ve složitějších případech může být proto výhodnější využít *komponenty na místě* a s jejich pomocí zkonstruovat specifické stěny pomocí funkce *Vysunutí* na základě profilu, který je půdorysným obrazem stěn.

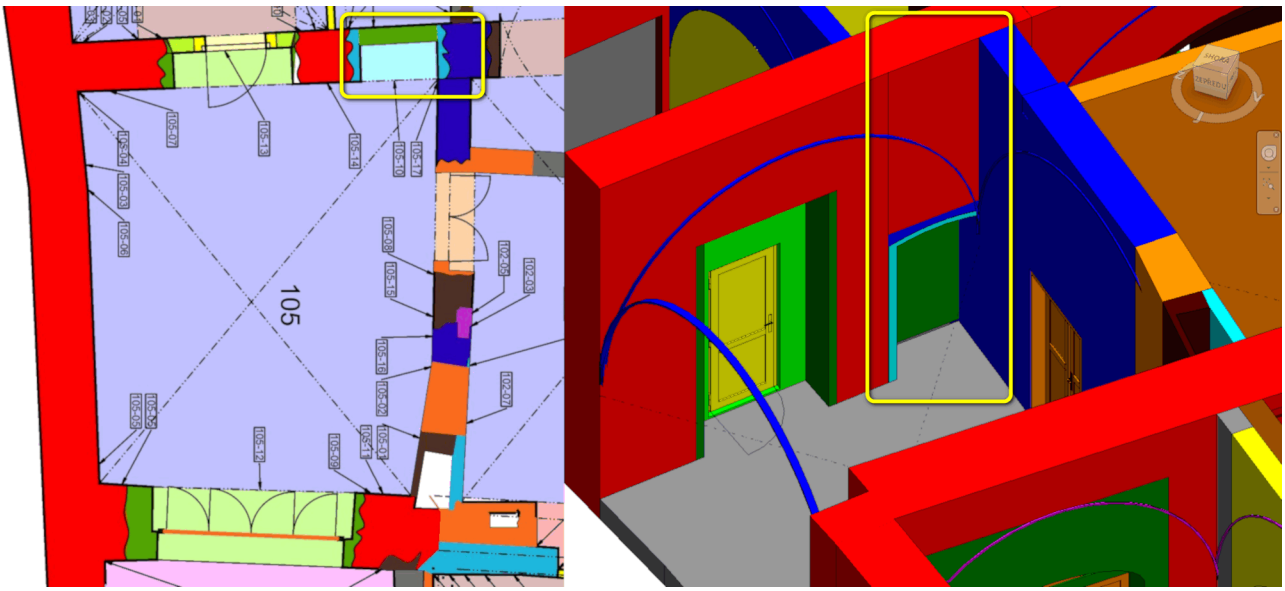
Stěny mohou být hostiteli dalších stavebních prvků:

- Otvory:
  - prázdné – umožňují volný průchod hmotou zdi,
  - s výplní – vyplňují otvor a zamezují volnému průchodu hmotou zdi, nejčastěji se jedná o dveře a okna,
- Niky – nedokončené otvory ve hmotě zdi,
- Zdobné prvky otvorů – ostění nebo šambrány kolem oken a dveří.

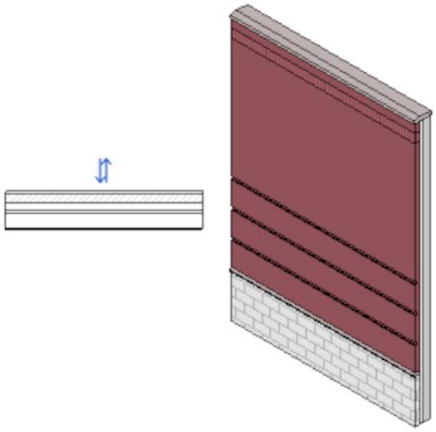
Pravoúhlé otvory, které jsou kolmé na plochu stěny, lze ve stěnách vymodelovat pomocí funkce *Otvor ve stěně* (Architektura/Otvor/Otvor ve stěně). Složitější otvory, které jsou kolmé na plochu stěny, lze ve stěnách vymodelovat pomocí funkce *Upravit profil* (při výběru stěny zvolit Upravit/Upravit profil). Finální tvary otvorů, které nejsou kolmé na plochu stěny, a nik je pak možné vymodelovat v BIModelu jako tzv. *Dutý tvar*, tj. *komponentu na místě*, která bude odečtena od hmoty hostitelské stěny.

Zdobné prvky kolem otvorů oken a dveří, jakými jsou ostění nebo šambrány, mohou být vymodelovány ve formě *komponent na místě* nebo *načítalených rodin*. První způsob je výhodný, je-li těchto prvků v BIModelu málo a jsou geometricky jedinečné. Druhý způsob je výhodný, opakují-li se tyto prvky v BIModelu a jsou si geometricky podobné až stejné.

V průběhu modelování je nutné brát v potaz, že půdorysné plány zobrazují průmět horizontální roviny s vertikálními stavebními konstrukcemi s pohledem dolů, není-li explicitně řečeno jinak, viz Obr 5.6. To v konečném důsledku znamená, že skutečný stav může být diametrálně odlišný od zákresu v půdorysném výkresu. Ukázka na Obr 5.8 (žluté rámečky) popisuje stav, který se v půdorysném výkresu může jevit tak, že část gotické zdi (červená barva) byla vybourána a nahrazena pozdně renesanční zdí s průchodem (světle-modrá barva), který byl později zazděn. Na základě terénního průzkumu však bylo ověřeno, že se jedná pouze o pozdně renesanční průraz zdi a že gotická zeď nad průchodem zůstala zachována. Půdorysné výkresy poskytují důležitý podklad pro 3D modelování, ale je nezbytné jejich doplnění a porovnání s dalšími výstupy měřické dokumentace.



Obr. 5.8: Ukázka sporné interpretační situace (žlutý rámeček) – zákres v půdorysném plánu (vlevo) vs. zobrazení v modelu (vpravo)



Obr. 5.9: Ukázka modelu vícevrstvé stěny (podle [101])

Dále je v průběhu modelování nutné brát v potaz, že stěny historických staveb jsou obvykle ve vyšších podlažích, tzn. v 1. patře a výše, tenčí, než je jejich tloušťka v přízemí. Stěny lze mj. modelovat jako složené, tzn. z více vertikálních vrstev o různé tloušťce, ukázku viz Obr. 5.9.

5.2.3. Stropy a podlahy

Ve většině případů[132] tvoří stropy a podlahy vertikální přechody mezi podlažími stavby, které na sebe navazují a vzájemně se doplňují. V historických stavbách jsou za stropy označovány vodorovné dřevěné konstrukce, které kromě své vlastní váhy nesou také zatížení dalšího podlaží. Proto se jejich konstrukční řešení liší podle typu staveb a účelu místností, ve kterých se nachází. Základními částmi historického stropu jsou *trámy* (nosná konstrukce) a *záklop* (zátěž přenášející a výplňová konstrukce). Běžná velikost trámů dobře vzdoruje průhybu do rozponu kolem 6 metrů, což je také převažující šířkový rozměr historické obytné místnosti v českých zemích [132]. Orientační výčet vertikálních vrstev stropů a podlah je následující (řazeno shora):

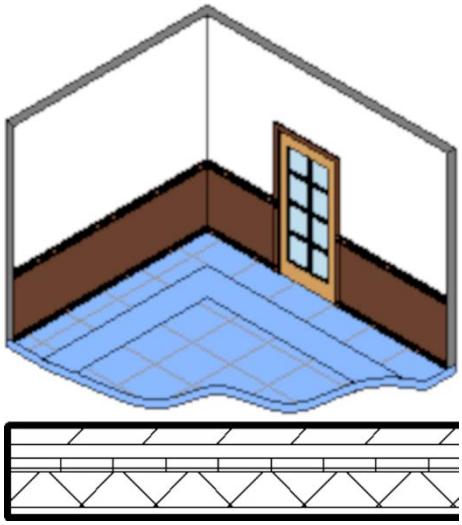
[132] Asi jedinou zásadní výjimku tvoří podlaha v přízemí nepodsklepené stavby.

1. Souvrství podlah:
   a. finální, tzn. pochozí, povrchová úprava – nachází se obvykle v reprezentativních prostorech, v méně významných místnostech může být vynechána,
   b. izolační vrstva nebo násyp – měl-li být prostor vytápěný, byl záklop zakryt vrstvou hliněné mazaniny, další možností je např. násyp, ve kterém je založena tzv. „podlaha s polštáři v násypu“,
   c. záklop – stropní konstrukce tvořená prkny nebo fošnami, v méně významných místnostech se současně může jednat o finální (pochozí) vrstvu podlahy,
2. Nosná konstrukce stropu – nosná stropní konstrukce tvořená trámy, tato konstrukce a záklop mohou být viditelné, tzn. pohledové, kdy jsou obvykle opatřeny dekorační výmalbou, nebo jsou zakryty podhledem,
3. Souvrství podhledů:
   a. Nosná konstrukce podhledu – konstrukční řešení pomocí trámů tzv. „*rákosníků*“, pokud není podhled upevněn přímo na stropní trámy,
   b. Podhled – tvořený obvykle prkny, která jsou zespodu pokryta omítkou na rákosu a opatřena dekorační výmalbou.

Pro tvorbu základních stropů je v aplikaci Revit k dispozici nástroj *Podhled* (Architektura/ Stavět/Podhled). Tento nástroj může být využit k modelování záklopů a podhledů. Při modelování lze *Podhledy* polohově lokalizovat v půdorysu ve stanovené výšce nad daným podlažím. Do modelu lze umístit dva druhy podhledů, tj. základní podhledy a vícevrstvé podhledy. Základní podhledy jsou rovinné prvky s nulovou tloušťkou, tzn. jednoduchá plocha. Vícevrstvé podhledy jsou tvořeny vrstvami, přičemž každá vrstva má definovanou tloušťku materiálu.

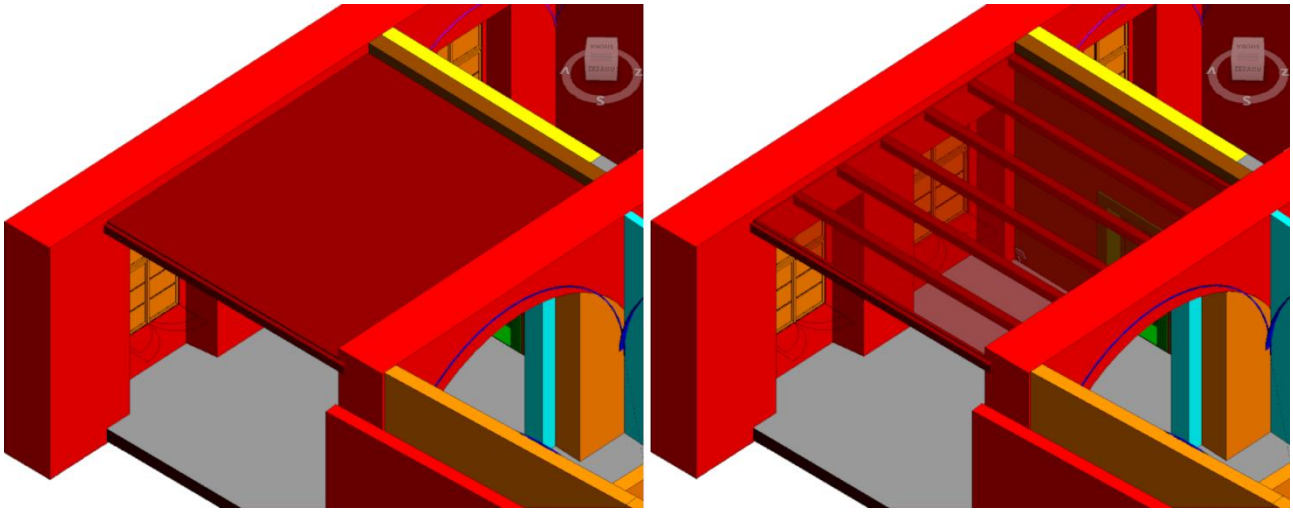
Pro tvorbu nosných stropních trámy je v aplikaci Revit k dispozici nástroj *Nosník* (Konstrukce/ Konstrukce/Nosník), který umožňuje využít k modelování geometricky a materiálově různorodé rodiny nosníků. Při práci s tímto nástrojem je obvykle nutné načíst do projektu *načítatelnou rodinu* dřevěných nosníků.

Pro tvorbu základních stropů je v aplikaci Revit k dispozici nástroj *Podlahy* (Architektura/Stavět/Podlaha). Při modelování lze *Podlahy* polohově lokalizovat v půdorysu a výškově připojit k *Podlažím* pomocí *horní vazby*. Podlahy lze modelovat jako složené, tzn. z více horizontálních vrstev o různé tloušťce, ukázku viz Obr. 5.10.



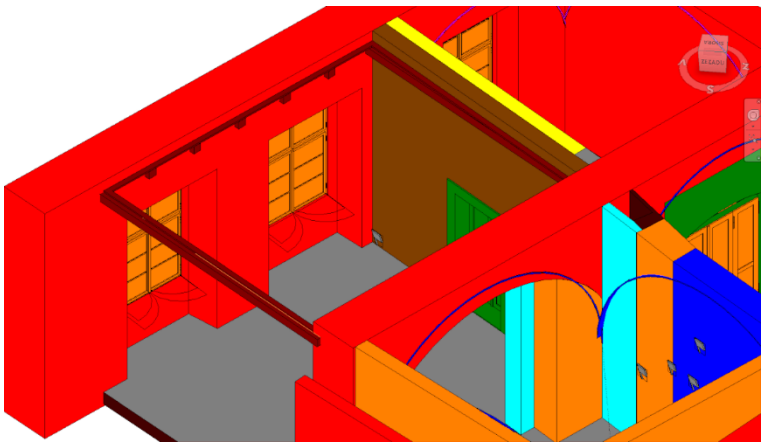
Obr. 5.10: Ukázka modelu vícevrstvé podlahy (podle [101])

Při modelování stropních a klenebních konstrukcí v rámci procesu HBIM se projevilo jako problematické jejich zobrazování v 3D pohledech, kdy zakrývaly komponenty pod sebou, viz Obr. 5.11, vlevo. Tomuto problému se lze do jisté míry vyhnout vhodným nastavením parametrů zobrazení konkrétního pohledu (Pohled/Grafika/(Viditelnost/Zobrazení)), kdy je možné příslušné konstrukce skrýt nebo zprůhlednit, viz Obr. 5.11, vpravo. Nicméně toto řešení nebylo vždy uspokojivé, protože si modelář musel vždy přizpůsobit zobrazení pohledu tzv. „na míru" činnosti, kterou právě vykonával.

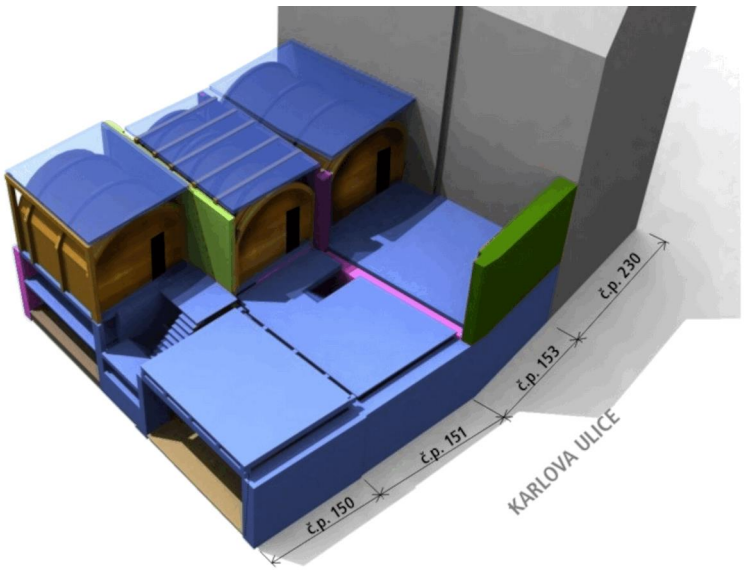


Obr. 5.11: Ukázka pohledového trámového stropu se záklopem – varianta s neprůhledným (vlevo) a průhledným (vpravo) záklopem

Jako univerzální řešení tohoto problému se nakonec ukázala varianta, kdy jsou stropní konstrukce v BIModelu pouze naznačeny podél stěn, viz Obr. 5.12. Toto řešení zachová jednotné zobrazení komponent v 3D pohledu a nadále umožňuje připojit ke komponentám popisné informace. Je-li to potřebné mohou být komponenty snadno domodelovány.



Obr. 5.12: Ukázka pohledového trámového stropu se záklopem upraveného v BIModelu pro potřeby SHP



Obr. 5.13: Ukázky založení podlah na nosných stropech nad klenutými podhledy; Karlova ulice, čp. 150, 151 a 153 (Praha) [134]

5.2.4. Klenby

Klenby jsou konstrukční alternativou rovného stropu, viz kap. 5.2.3, neboť se jedná o typy stavebních konstrukcí, které tvoří vertikální přechody mezi podlažími stavby. V českých podmínkách se většinou prováděly jako zděné, z lomového kamene nebo nejčastěji z cihel. Klenby byly považovány za pevné a odolné konstrukce, které zabezpečovali prostor proti požáru. Klenby se opírají do nosných zdí[133]. Plocha, resp. křivka, jíž se otevřená část opírá o stěnu, se nazývá *klenební čelo*. Pro plochu klenby se nejčastěji používá termín *kápě*, lícová strana klenby je spodní, tzn. pohledová, rubová strana je horní, krytá ve stavbě zásypem a podlahou horního podlaží. Zásyp na klenbě roznáší bodové tlaky, např. od nábytku a osob, a zmenšuje je, aby jim mohla klenební konstrukce snáze odolávat. Zásypy se obvykle prováděly z lehkého sypkého odpadového materiálu ze stavby, ale mohly být připraveny i plánovitě, většinou s využitím hliněné mazaniny. Pro většinu kleneb je obvyklé, že je pravidelný tvar *kápě* proložen tzv. *klenebními výsečemi* v místech, kde se nachází ve zdech dveře, okna a jiné otvory. Čelo *klenební výseče* se nazývá *luneta*. Klenbu i výseče charakterizuje jejich tvar, tj. profil či profily, příčného řezu a také tvary křivek, jimiž klenba a výseče dosedají ke stěnám [132].

Podle geometrie a počtu klenebních čel je možné klenby rozdělit na několik základních typů, podrobněji viz Obr. A.5 a [132, 138]:

- *Valená klenba* – rotační plocha mezi dvěma klenebními čely; klenební čelo má tvar jedné kuželosečky či části jejího výřezu, nebo je složeno z více kuželoseček; nosnými prvky klenby jsou pruhy bočních stěn pod jejími náběhy,
  - *Valená klenba s výsečemi (lunetami)* – rotační plocha je přerušena nejčastěji polokruhovými výsečemi s lunetami,
  - *Valená klenba se styčnými výsečemi* – rotační plocha je přerušena dvěma výsečemi naproti sobě, jejich diagonály se stýkají ve vrcholnici klenby, vzdáleně se podobá *křížové klenbě*, ale diagonály nevycházejí z rohů klenby,

[133] V extrémních případech se mohou opírat až v úrovni podlahy.

- *Křížová klenba* – zjednodušená geometrická konfigurace odpovídá průniku více jak 2 klenebních čel; geometrický a konstrukční střed klenby tvoří „Svorník"; nosnými prvky klenby jsou koutové výběhy, tzv. *patky*,
  - *Klášterní klenba* – uzavřená křížová klenba nad čtvercovým půdorysem, tzn. s ostrým vrcholem a bez klenebních čel, její otevřená varianta vzniká „uříznutím" rohů,
  - *Zrcadlová klenba* – uzavřená křížová klenba, ze které byl „uříznutý" vrchol, čímž vzniká zrcadlo,
  - *Necková klenba* – uzavřená křížová klenba nad obdélníkovým půdorysem,
- *Česká klenba* – polokoule nad čtvercovým půdorysem se středem ve středu půdorysu a průměrem diagonály půdorysu, „seříznutá" rovinami kolmými na rovinu podlahy, nosnými prvky klenby jsou koutové výběhy, tzv. *patky*,
  - *Česká placka* – česká klenba s dalším seříznutím rovinami kolmými na rovinu podlahy,
- *Kupole* – modifikace polokulové klenby nad kruhovým, eliptickým, oválným či čtvercovým půdorysem, v případě čtvercového půdorysu je doplněna *pendantivy*[134]; nosnými prvky klenby jsou stěny, včetně doplňků, po jejím obvodu,
- Konoidální a cylindroidální klenba,
- Pětidílná a šestidílná klenba,
- Pruská klenba.

Ve většině případů tvoří klenby a podlahy vertikální přechody mezi podlažími stavby, které na sebe navazují a vzájemně se doplňují. V některých případech tvoří klenba nosnou konstrukci střechy, což je častý případ užití kupole nebo valené klenby s výsečemi, v takových případech je klenba na rubové straně opatřena střešní krytinou. Orientační výčet vertikálních vrstev kleneb a podlah je následující (řazeno zdola):

1. Nosná konstrukce klenby – nosná konstrukce zděné klenby, která je na lícové straně v závislosti na funkci prostoru pokryta omítkou, popř. opatřena dekorační výmalbou,
2. Zásyp klenby nebo vzduchová mezera – klenba se obvykle zakrývala zásypem, vznik vzduchové mezery může být spojen s mladšími stavebními zásahy, při nichž se zásypu z nějakého důvodu nedostávalo[135],
3. Souvrství podlah:
   a. finální, tzn. pochozí, povrchová úprava je založena na polštářích položených v zásypu klenby,
   b. samonosná konstrukce podlahy nad vzduchovou mezerou, která byla tvořena trámy, viz kap. 5.2.3:
      i. záklop – konstrukce tvořená prkny nebo fošnami,
      ii. izolační vrstva nebo násyp – záklop byl zakryt vrstvou hliněné mazaniny, nebo byl zakryt násypem pro založení tzv. „podlahy s polštáři v násypu",
      iii. finální, tzn. pochozí, povrchová úprava.

[134] Jedná se o přechodovou plochu od čtvercového půdorysu k rovníku polokoule, která je tvořena částí české klenby nebo české placky [138].

[135] Může tak docházet k situacím, kdy je klenba zakryta zásypem částečně. Další variantou je, že je klenba zcela zakryta zásypem, ale nad ním vznikla vzduchová mezera vlivem změny výškového členění podlaží v budově.

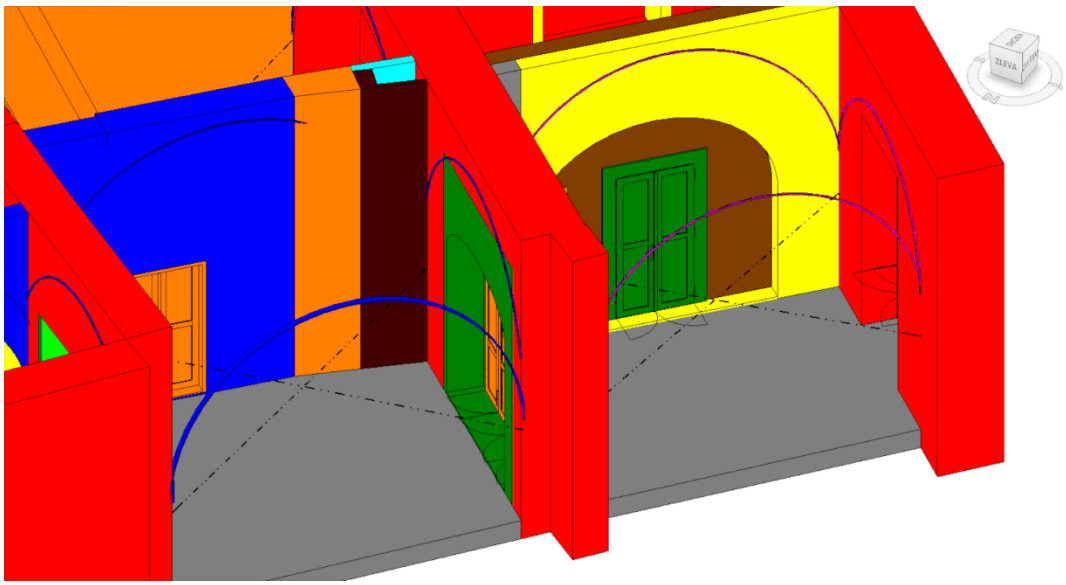
V případech, kdy se nad klenbou nachází půdní prostory s krovy, mohou být poslední dvě vrstvy, tj. zásyp a souvrství podlah, vynechány, což je častý stav např. u sakrálních staveb.

Pro modelování kleneb není v aplikaci Revit k dispozici žádný přímý nástroj. Záleží proto na zpracovateli modelu, jakým způsobem se s tímto problémem v procesu HBIM vypořádá. Geometrie kleneb je různorodá stejně tak, jako jsou různorodé účely, pro které jsou klenby modelovány. V odborné literatuře lze dohledat různé způsoby řešení modelování kleneb v aplikaci Revit. První variantou je navrhnout objektovou knihovnu *načítatelných rodin*, viz [111]. Druhou variantou může být modelování kleneb jako *komponent na místě*, viz [129]. Podkladem pro tento způsob modelování kleneb mohou být např. NURBS (z angl. *Non-Uniform Rational Basis Spline*), viz [35, 139]. Třetí variantou je modelování kleneb prostřednictvím jiných *komponent*, z nichž jsou asi nejvhodnější cihly, viz [133, 140].

Jak již bylo řečeno dříve, geometrie kleneb je různorodá a klenby jsou obvykle modelovány za různými účely. Pro potřeby SHP je mnohdy zcela postačující, pokud je klenba lokalizována a v měřické dokumentaci je symbolicky zakreslen, tzn. i popsán, její typ, viz Obr. 3.10 a 3.11. Další informace o klenbě mohou být zaznamenány prostřednictvím NS a katalogizovány v nálezových kartách. Nutnost tvorby podrobného modelu klenby je často spojena s navazující podrobnou analýzou této stavební konstrukce, jedné konkrétní nebo tematického souboru, ukázky viz [84, 133, 140]. Dále se při modelování klenebních konstrukcí v rámci procesu HBIM projevuje stejný problém se zobrazováním komponent v 3D pohledech, který byl popsán v kap. 5.2.3.

Řešení tohoto problému je podobné jako v kap. 5.2.3. Klenební čela jsou v BIModelu pouze naznačena podél stěn, tzn. podobně jako se schematizují v půdorysných výkresech. Pro lepší identifikaci křížových kleneb je nutné naznačit v modelu průběh os klenebních žeber, tj. např. pomocí čar s dvojím čerchováním[136] umístěných ve výšce patek klenby nad podlahou, viz Obr. 5.14. Toto řešení zachová jednotné zobrazení komponent v 3D pohledu a nadále umožňuje připojit ke komponentám popisné informace. Je-li to potřebné mohou být domodelovány jako *komponenty na místě* nebo nahrazeny *načítatelnou rodinou*.

[136] Požadavek dvojí čerchované čáry odpovídá značkovému klíči doporučovanému v [11].

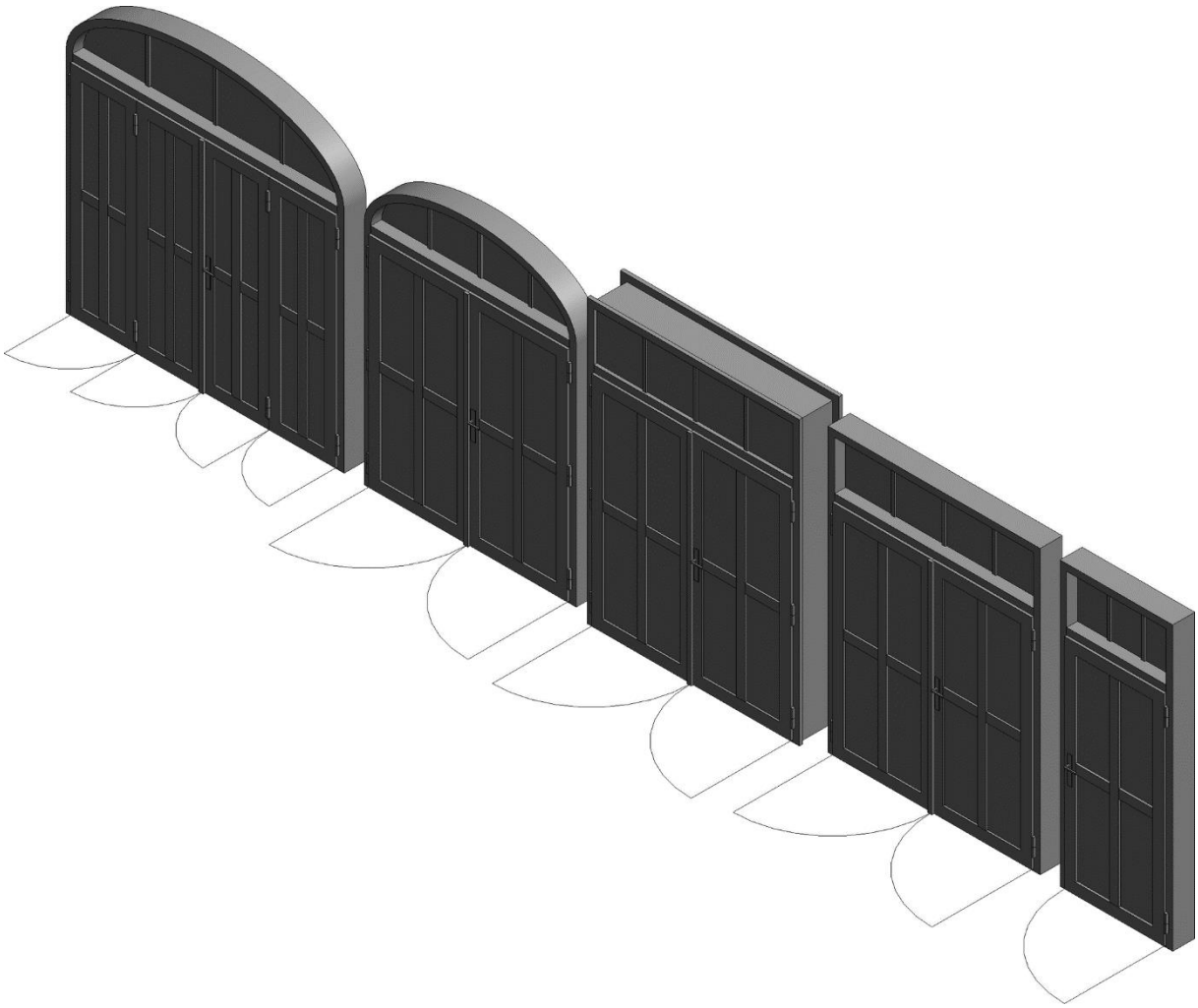


Obr. 5.14: Ukázky křížových kleneb upravených v BIModelu pro potřeby SHP

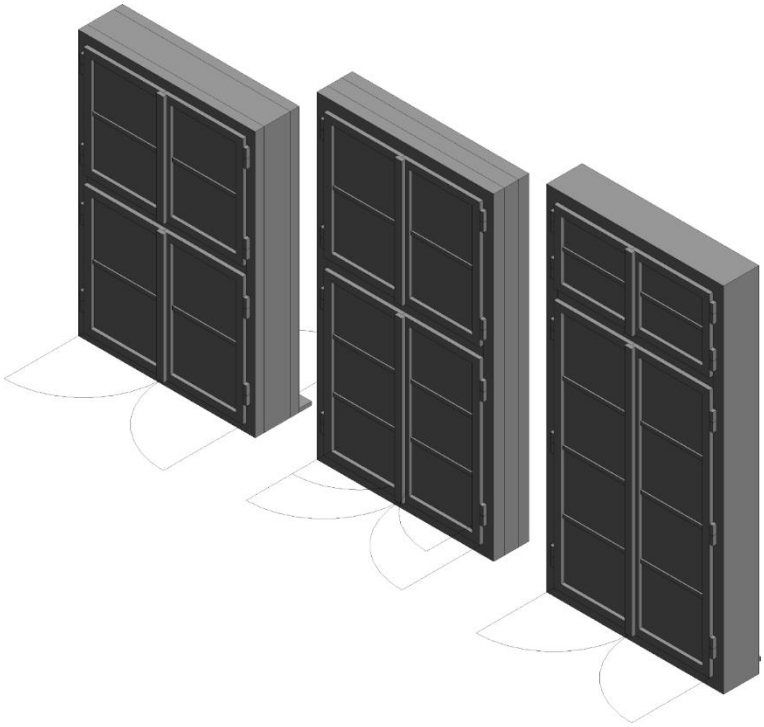
5.2.5. Dveře, vrata a okna

Pro modelování dveří, vrat a oken v aplikaci Revit se nabízí možnost využití rodin *načítatelných komponent*. Některé základní rodiny jsou dostupné v rámci parametrických knihoven, které jsou distribuovány společně s aplikací Revit. Jestliže tyto základní knihovny nevyhovují, může být výhodné využít některé z volně dostupných cloudových úložišť, např. BIMobject [141] aj. Dalšími distributory parametrických knihoven jsou výrobci a dodavatelé prefabrikovaných stavebních prvků, ukázku viz [142].

Vzhledem k tomu, že jsou tyto rodiny určeny pro použití v současném stavebním průmyslu, nemusí být vhodné k užití v procesu HBIM. V takovém případě je možné navrhnout nové rodiny dveří, vrat a oken pomocí *editoru rodin* (Soubor/Nové/Rodina). Touto cestou lze připravit parametrické modely rodin, které budou umožňovat tvorbu nových typů na základě definovaných měnitelných parametrů, viz kap. 4.3.1. Tato varianta je obvykle výhodná v případech větších staveb, ve kterých se opakuje větší množství podobných oken či dveří, jež se drobně liší pouze v několika parametrech. Pokud má modelovaná stavba pouze několik typů stejných dveří či oken, bude návrh a tvorba nových rodin uvedeným způsobem zcela jistě nevýhodná z hlediska časové náročnosti. Na druhou stranu, budou-li vhodné rodiny již navrženy, např. z podobného projektu v minulosti, mohou výrazně zrychlit proces modelování. Ukázku využití vice typů z rodin dveří a oken zobrazují Obr. 5.15 a Obr. 5.16.



Obr. 5.15: Ukázka rodin dveří vytvořených v aplikaci Revit pro BIModel vybrané části Domu u Kutovců



Obr. 5.16: Ukázka rodin oken vytvořených v aplikaci Revit pro BIModel vybrané části Domu u Kutovců

5.2.6. Krovy a střechy

Krovy jsou nosnými konstrukcemi střech, které přenášejí zatížení od vlastní tíhy, skladby střešního pláště[137], povětrnostních podmínek (déšť, sníh, vítr) a příp. dalších užitných zatížení, do svislých nosných konstrukcí stavby, jakými jsou stěny nebo sloupy. Krovy a střechy plní vedle čistě účelové funkce, tj. ochrana stavby před povětrnostními vlivy, také funkci estetickou. Historické krovy jsou velmi často složité a komplexní systémy, které se mohou skládat z mnoha konstrukčních prvků, jejich skladby mohou být velmi různorodé. Obvyklým stavebním materiálem je dřevo, ale u mladších krovů mohou být využity také další materiály, nejčastěji se asi bude jednat o ocel.

Pro modelování krovů není v aplikaci Revit k dispozici přímý nástroj, ale k jejich konstrukci může být využita kombinace několika různých nástrojů. Základními nástroji pro modelování krovu jsou *Nosník* (Konstrukce/Konstrukce/Nosník) a *Sloup* (Konstrukce/Konstrukce/Sloup). Nástroj *Nosník* může být využit k modelování horizontálních a šikmých konstrukcí, tzn. trámů, krokví aj. Nástroj *Sloup* může být využit k modelování svislých konstrukcí, tzn. nejčastěji sloupů. Pro rozvržení většího množství trámů, krokví či dalších podobných konstrukcí může být použit nástroj *Systém nosníků* (Konstrukce/Konstrukce/Systém nosníků).

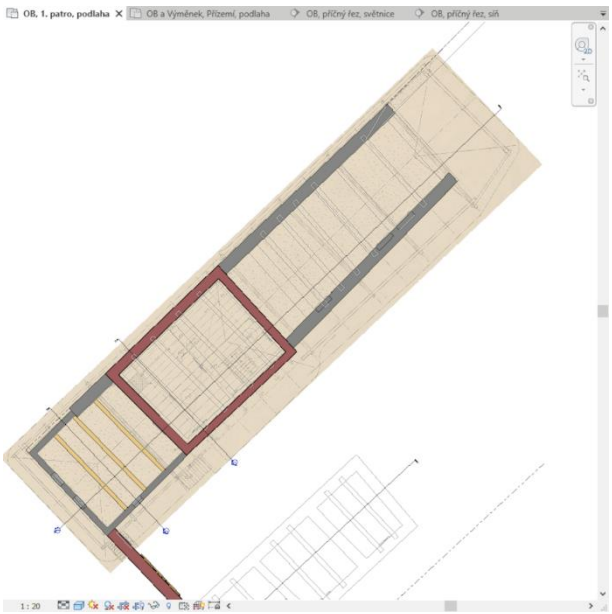
V procesu BIM lze nástroje *Nosník*, *Sloup* a *Systém nosníků* využít k vymodelování přehledného pravidelného krovu, ukázky viz [143]. Pro modelování mladších krovových konstrukcí lze využít nástroj *Příhradový nosník* (Konstrukce/Konstrukce/Příhradový nosník). Tento nástroj se dobře hodí pro návrh ocelových konstrukcí, ukázku viz [144]. V procesu HBIM lze tento nástroj využít např. při modelování nemovitých průmyslových památek, viz [145].

Při průzkumech historických staveb jsou krovy a střešní krytiny častými předměty zájmu, protože jejich dobrý či špatný technický stav mají přímý vliv[138] na stavebně-technický stav zkoumané stavby. Na druhou stranu jsou právě krovy částmi historických staveb, jejichž průzkum a měřická dokumentace je patrně nejsložitější – měření a dokumentace velkého počtu konstrukčních prvků, stísněné a špatně přístupné prostory, zhoršené světelné podmínky, prašné prostředí atd. Pro vymodelování kvalitního, tzn. po konstrukční stránce přesného, modelu krovu je nutné pochopit jeho funkční uspořádání. A tak se i s využitím moderním měřických technologií může jednat o časově a finančně náročný proces.

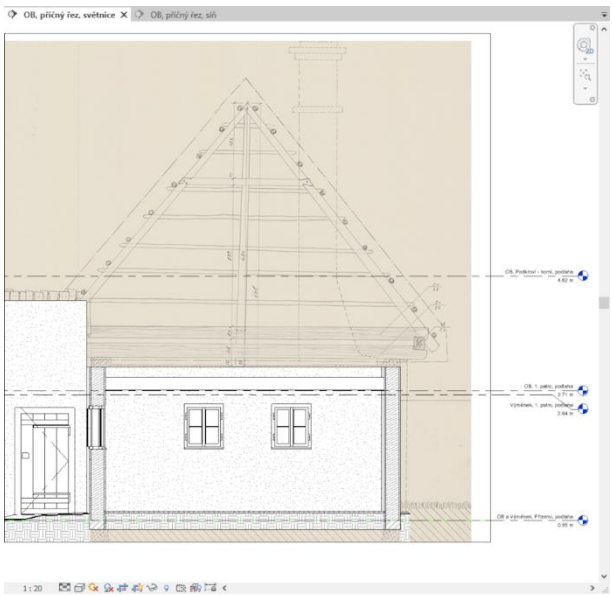
Pro potřeby SHP není obvykle nezbytně nutné, nejedná-li se např. o smluvně požadovaný výstup SHP, vytvořit kompletní model krovu historické stavby. Většina zpracovatelů SHP si nejspíš vystačí se sadou výkresů, tj. půdorysné výkresy (řezy) a svislé podélné a příčné řezy, do kterých bude možné zaznamenat odkazy na nálezové situace. Výkresy by měly dodržovat symboliku podle příslušných metodik, tj. [5] a [11]. Jednotlivé výkresy lze následně připojit do BIModelu jako podklad do odpovídajících 2D pohledů, ukázky viz na Obr. 5.17, Obr. 5.18 a Obr. 5.19. Nálezové situace mohou být lokalizovány pomocí zástupných symbolů, podle kap. 5.2.1, nebo pomocí *Textových poznámek* (Poznámky/Text/Text) v pohledu.

[137] U historických krovů se jedná především o laťování a střešní krytinu. U současných krovů, především v obytných stavbách, se jedná o nejen o laťování a střešní krytinu, ale také o záklop a izolační vrstvy.

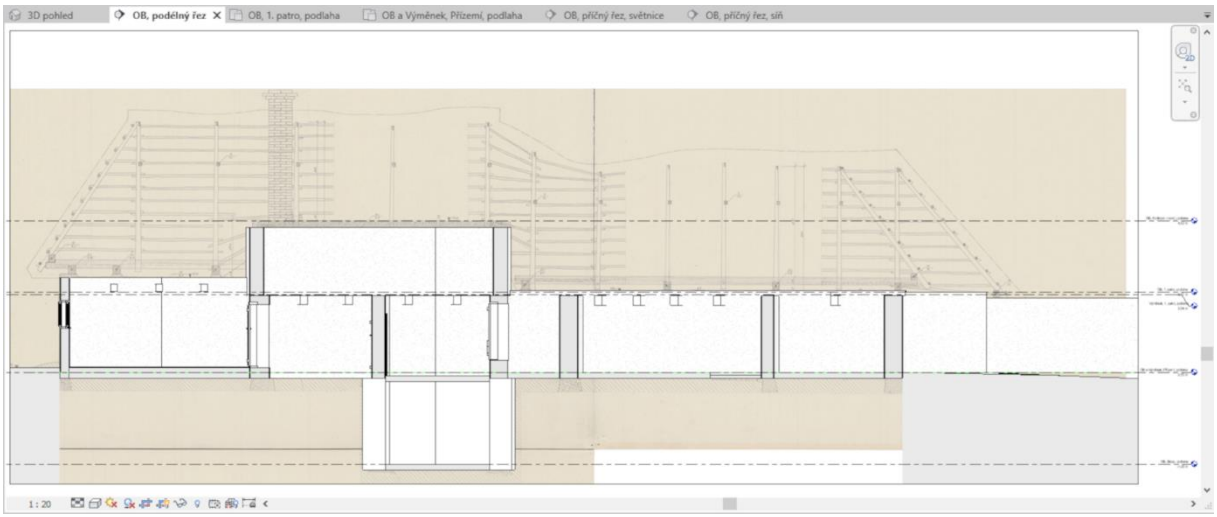
[138] V tomto případě se především jedná o následky nepříznivých povětrnostních podmínek, jakými jsou déšť, sníh či vítr, a s nimi spojené zatékání do stavebních konstrukcí.



Obr. 5.17: Ukázka importu rastrového půdorysného výkresu krovu do 2D pohledu v BIModelu, Náklo čp. 27 (okr. Olomouc)

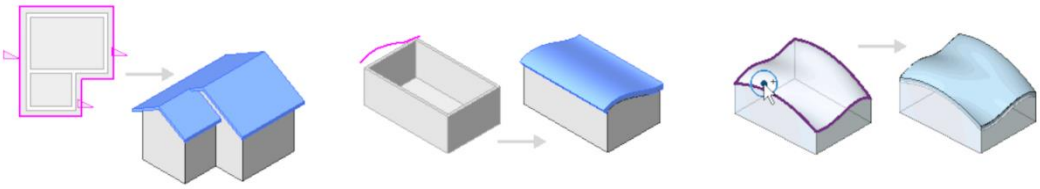


Obr. 5.18: Ukázka importu rastrového příčného řezu stavbou (včetně krovu) do 2D pohledu v BIModelu, Náklo čp. 27 (okr. Olomouc)

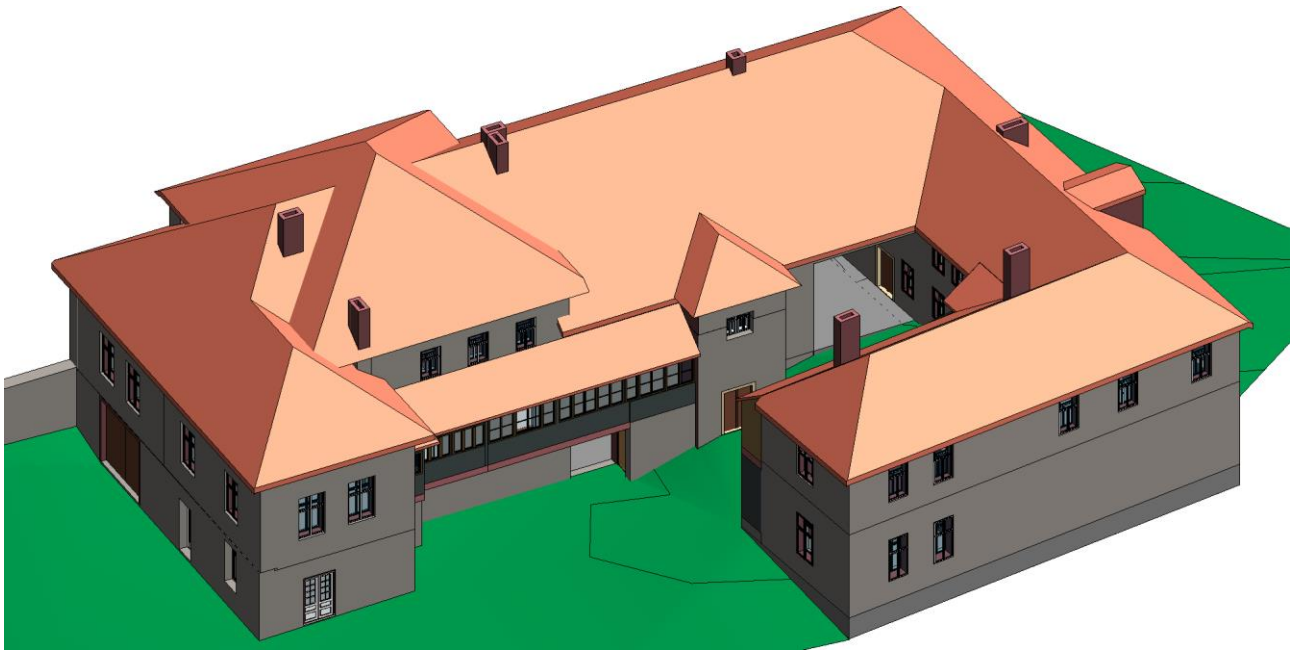


Obr. 5.19: Ukázka importu rastrového podélného řezu stavbou (včetně krovu) do 2D pohledu v BIModelu, Náklo čp. 27 (okr. Olomouc)

Pro tvorbu střech existují v aplikaci Revit v rámci záložky *Střecha* (Architektura/ Střecha) celkem tři funkce, viz Obr. 5.20. První z nich je Střecha v půdorysu, která umožňuje vytvořit střechu na základě půdorysného tvaru budovy, což je výhodné např. pro tvorbu sedlových střech. Druhá z nich je *Střecha vysunutím*, která modeluje střechu vysunutím profilu. Třetí z nich je *Střecha na ploše*, která vytvoří střechu na libovolných nesvislých plochách předem vytvořených objemových modelů. Složitější tvary střech je obvykle časově výhodné modelovat jako *komponenty na místě*. Ukázku řešení složitějšího střešního systému zobrazuje Obr. 5.21.



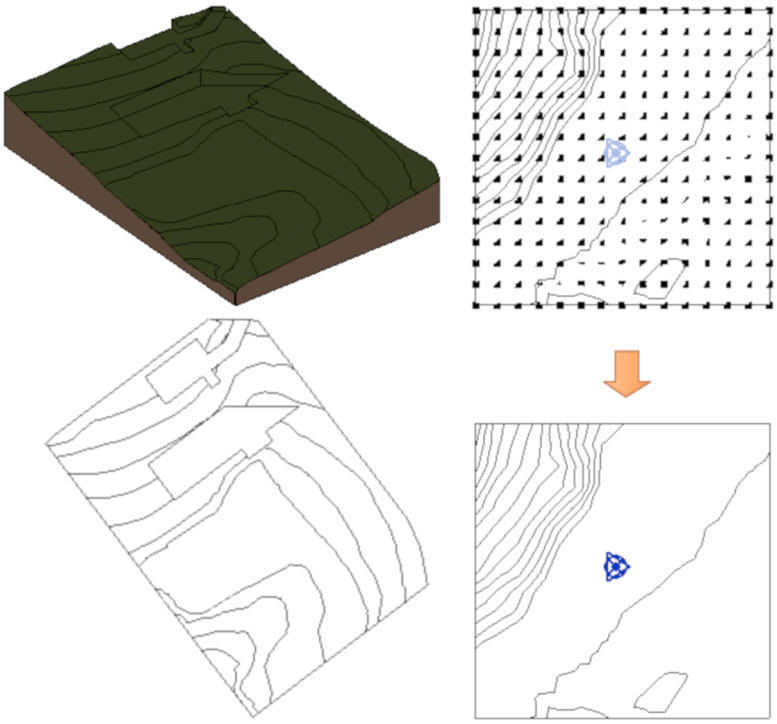
Obr. 5.20: Ukázka tří funkcí pro tvorbu střech v aplikaci Revit (podle [101])



Obr. 5.21: Ukázka BIModelu – digitální 3D rekonstrukce bývalého zájezdního hostince, Kostelec nad Vltavou čp. 23 (okr. Písek); bez měřítka

5.2.7. Terény

Pro znázornění topografie pozemku v aplikaci Revit lze využít nástroj *Terén* (Objemy a pozemek/Povrch terénu). Tato funkce umožňuje definovat topografický povrch pomocí manuálně určených terénních bodů nebo pomocí souboru importovaných dat, který mohou tvořit 3D vrstevnice nebo mračna bodů ve formátu CST či TXT. DMT se primárně zobrazuje v pohledu *Pozemek* a *3D pohledu*, viz Obr. 5.22.



Obr. 5.22: Ukázky reprezentace DMT (vlevo) a tvorby DMT (vpravo) v aplikaci Revit (podle [101])

5.3. Shrnutí a diskuse

V rámci testování procesu HBIM v aplikaci Revit na zvolené části zkoumané stavby bylo zjištěno, že pro potřeby SHP dostačující míra generalizace, resp. *míra podrobnosti*[139], která odpovídá vztažnému měřítku 1 : 50. *Míra generalizace* musí být s mírným zjednodušením přijatelná, tj. věrohodná a rozpoznatelná, a zároveň ekonomická, uchopitelná a umožňovat zvýšení detailu, ukáže-li se to v budoucnu nutné. Skutečnosti, které nejsou v BIModelu zobrazeny[140], mohou být schematizovány pomocí „grafických" značek a doplněny odkazy na podrobnější dokumentaci, viz Obr. 5.7. Toto řešení odpovídá míře podrobnosti LOD 200 až LOD 300, viz kap. 3.1.3 a [50].

V průběhu modelování bylo prakticky ověřeno, že je výhodné, probíhají-li měřické práce paralelně s terénním průzkumem, viz kap. 3.1.1. V průběhu modelování mohou nastat situace, kdy je nutné srovnat výstupy měřické dokumentace, tj. např. půdorysné výkresy, s výstupy terénního průzkumu, tj. např. nálezové karty. Výstupy měřické dokumentace poskytují důležitý podklad pro 3D modelování, ale je nezbytná průběžná kontrola a doplňování, viz kap. 5.2.2.

Dále bylo v průběhu modelování zjištěno, že v některých případech mohou nastat situace, kdy je nutné omezit rozsah 3D podhledu na konkrétní část modelované stavby. Nejčastěji se jednalo o rozsah celého podlaží, skupinu několika místností nebo jednu konkrétní místnost. V takových případech lze oříznout zobrazitelnou část 3D pohledu pomocí *Ořezového kvádru* (3D pohled/Vlastnosti/Ořezový kvádr). Je-li v pohledu zobrazen *Ořezový kvádr*, lze změnit jeho rozsah pomocí ovládacích prvků ve 3D pohledu[141], viz Obr. 5.23. Tento nástroj může být výhodné aplikovat např. při modelování vícepodlažních staveb, kdy každému půdorysnému výkresu podlaží mohou být vytvořeny odpovídajícím způsobem ořezané (sekční) 3D pohledy. Ukázky na Obr. 5.24 a na Obr. 5.25.

Obr. 5.23: Ukázky práce s ořezovým kvádrem v 3D pohledu pro aplikaci Revit (podle [101])

[139] Podle kap. 3.1.4.

[140] Např. z časových, personální nebo ekonomických důvodů, viz kap. 3.4.

[141] To je možné i v jiných pohledech, např. v půdorysném či bokorysném pohledu.

Proces modelování stěn a architektonických prvků, pro které jsou stěny hostiteli, je podrobně popsán v kap. 5.2.2. Popisné informace mohou být připojeny k jednotlivým stěnám nebo pomocí zástupných symbolů na stěnách. Při modelování podlah se obvykle zpracovatel SHP dostává do situace, kdy je známá pouze vrchní, tzn. nejmladší, vrstva, která dosti často nemá památkovou hodnotu. Nejčastěji se jedná o povrchy z 2. pol. 20. století, tj. dlaždičky, linoleum, dřevotřískové desky apod., pod kterými bývají skryty historicky zajímavé a informačně hodnotné vrstvy. Proto nemá smysl podlahy podrobněji modelovat, nálezové situace mohou být zobrazeny pomocí zástupných symbolů, ke kterým budou připojeny popisné informace. Dále mohou být popisné informace připojeny k jednotlivým podlahám.

Při modelování stropů a kleneb bylo z časových a technických důvodů přistoupeno k jejich symbolickému zobrazení v BIModelu. Důvodem byla relativně vysoká pracnost jejich modelování a komplikace spojené s jejich zobrazením ve 3D pohledech, která byly na překážku běžnému použití v procesu HBIM. Cílem práce v tomto tématu bylo nalézt adekvátní srozumitelný zástupnou symboliku, která by nebyla technicky náročná, ale vystihla by princip stropu či klenby. Podrobnější informace, geometrické i popisné, pak mohou být k tomuto schématu připojeny podle typu a množství dalších získaných informací.

Rovné stropy jsou naznačeny po obvodech místností ve výšce stropu. Klenby jsou naznačeny po obvodech místností zobrazením průběhu klenebních čel, u křížových kleneb jsou čarami ve výšce paty klenby naznačeny osy klenebních žeber. Toto řešení umožňuje uživateli BIModelu mít přehled o prostorových vztazích bez nutnosti neustálých změn v nastavení viditelnosti stavebních konstrukcí. Popisné informace mohou být připojeny k jednotlivým částem stropních konstrukcí nebo pomocí zástupných symbolů.

Proces modelování dveří, vrat a oken je popsán v kap. 5.2.5. Tyto stavební prvky je výhodné modelovat pomocí *načítatelných rodin*. V případech větších historických staveb může být výhodné navrhnout rodiny tzv. „na míru“ na základě výstupů SHP nebo PDI, byl-li realizován. V případech menších historických staveb pak může být výhodné použít obecné rodiny, které jsou sice vzhledově jednodušší, ale na druhou stranu je jejich geometrie variabilnější, viz Obr. 5.15 a Obr. 5.16. U těchto stavebních prvků se obvykle z časových a technických důvodů nevyplatí podrobnější modelování *profilu*[142] rámu. Dostačující je modelování rámu pomocí dvou základních dimenzí, tj. délka a šířka. Toto řešení odpovídá míře podrobnosti LOD 300, viz kap. 3.1.3 a [50].

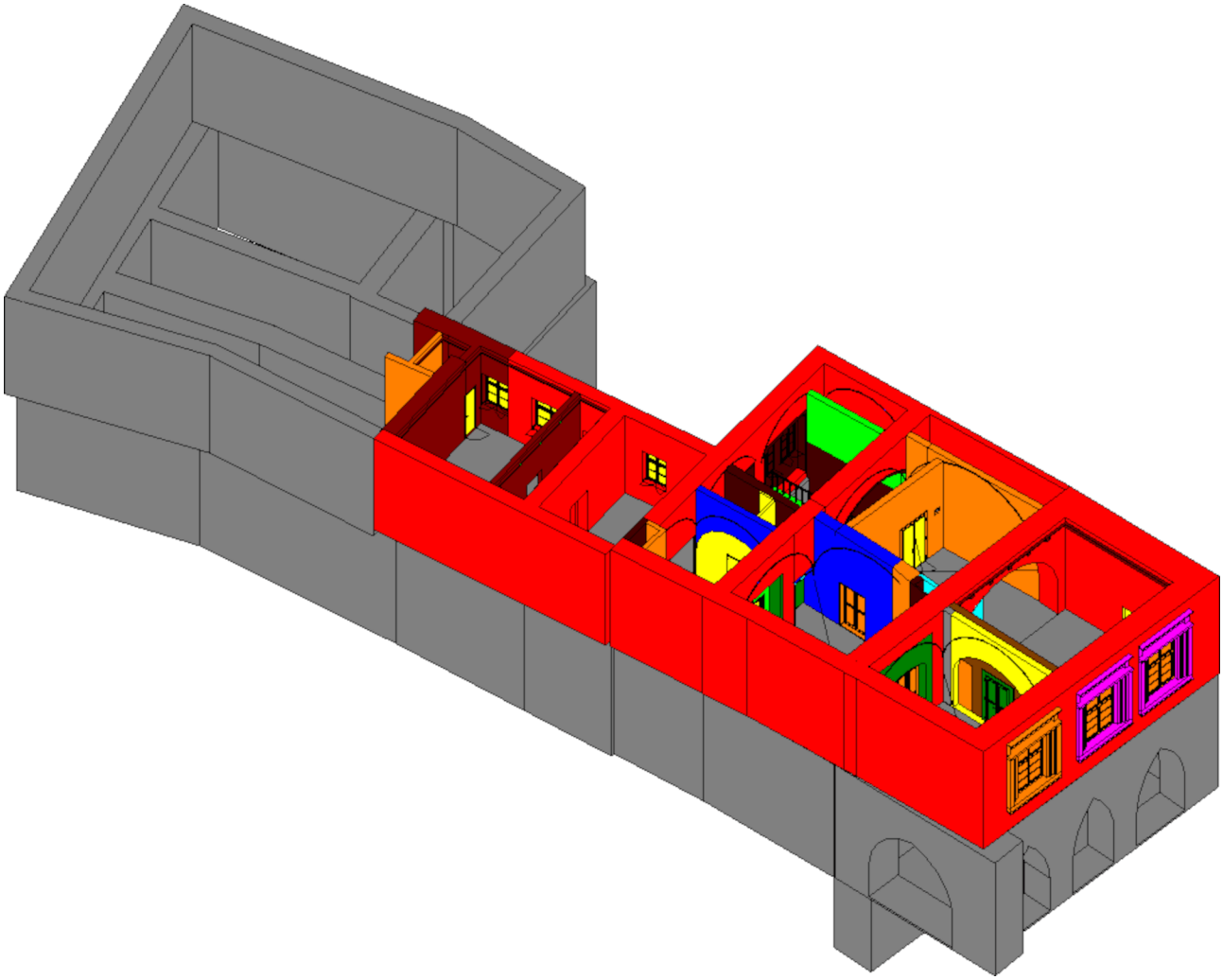
Proces modelování krovů a střech je popsán v kap. 5.2.6. Ukázky zobrazení krovů jsou zobrazeny na Obr. 5.17, Obr. 5.18 a Obr. 5.19. Ukázky řešení střešních systémů zobrazují Obr. 5.20 a Obr. 5.21.

Proces modelování DMT v blízkém okolí zkoumané stavby je popsán v kap. 5.2.7. Ukázky řešení střešních systémů jsou zobrazeny na Obr. 5.21 a Obr. 5.22.

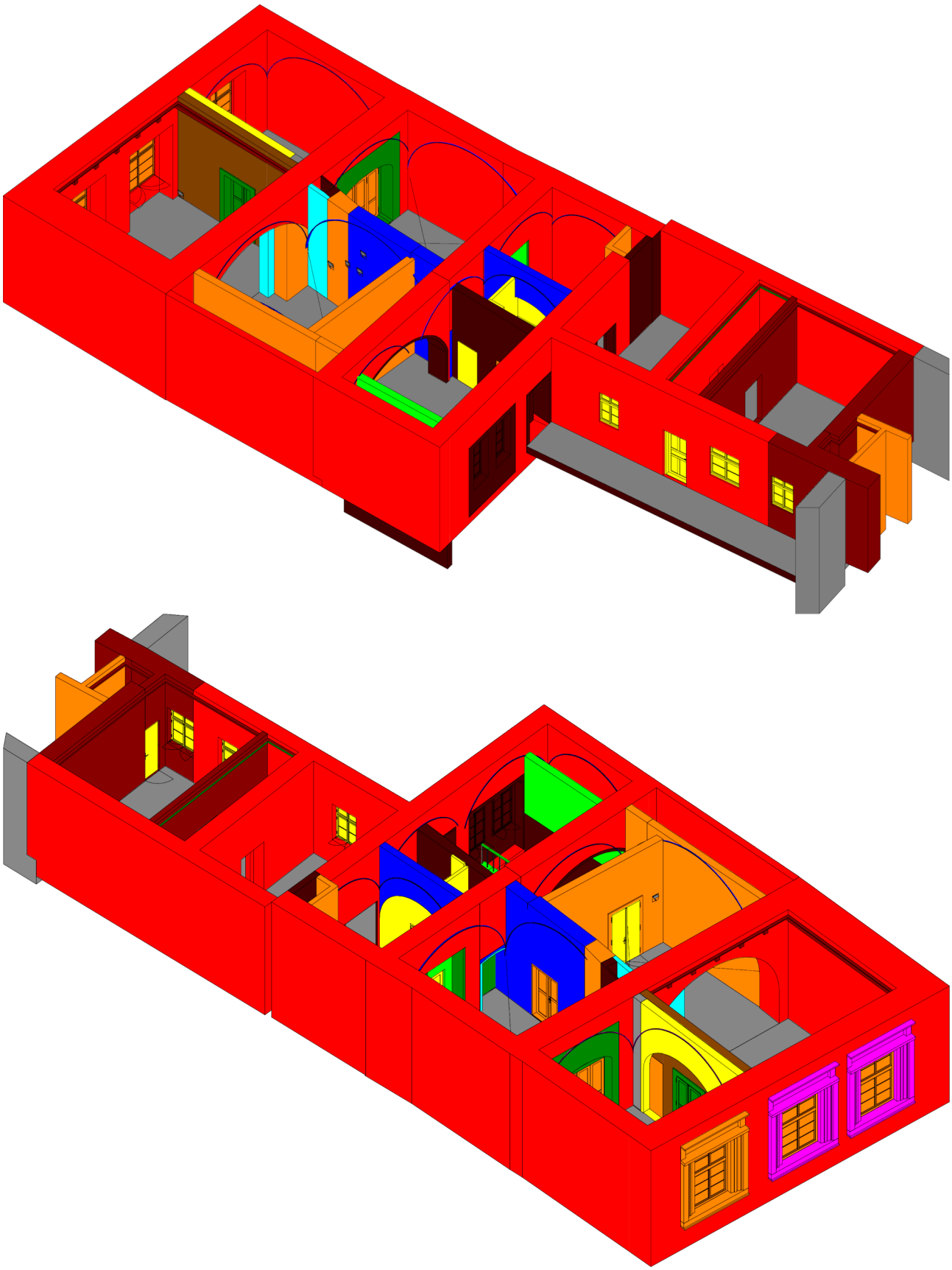
Výsledný BIModel vybrané části Domu u Kutovců je zobrazen na Obr. 5.24 a na Obr. 5.25, při jehož tvorbě byly použity vyjmenované stavební konstrukce. Pro vizualizaci stavebního vývoje této části stavby byly materiály konstrukcí obarveny podle barevného klíče použitého v elaborátu SHP [19]. Tento BIModel není prostorově příliš rozlehlý, protože se jedná o dílčí část stojící stavby. Ukázkou rozsáhlejšího areálu

[142] Profilem, popř. profilací, je myšleno tvarové řešení hran u křídel, poutců a klapaček pomocí zdobných hoblíků.

o více stavbách je vesnická usedlost čp. 27 v obci Náklo (okr. Olomouc). V tomto a jemu podobných případech je nutné BIModel rozdělit na několik dílčích modelů, resp. projektů RVT, přičemž jeden je nutné zvolit jako referenční. Z logiky věci se nabízí řešení, kdy se k modelu nejvýznamnější stavby v areálu připojují modely dalších staveb. Dalším řešením může být varianta, kdy vlastní referenční model obsahuje pouze povrchy terénů v areálu a modely dalších staveb jsou k němu připojeny. Vzájemné propojení modelů je možné provést pomocí nástroje *Připojit Revit* (Vložit/Připojení/Připojit Revit). Při vzájemné propojování více BIModelů vzrůstá význam důsledné přípravy podkladů pro modelování, který byl popsán v kap. 5.1.



Obr. 5.24: Ukázka BIModelu – vizualizace zkoumané části Domu u Kutovců, Havelská čp. 510/5, Praha 1 - Staré Město včetně návaznosti na zbývající (šedé) části (podle [19]); bez měřítka, izometrický pohled od a jihu



Obr. 5.25: Ukázka BIModelu – vizualizace 1. patra Domu u Kutovců, Havelská čp. 510/5, Praha 1 - Staré Město (podle [19]); bez měřítka, izometrické pohledy od severu (nahoře) a jihu (dole)

Dále bylo v průběhu modelování zjištěno, že v některých případech mohou nastat problémy s výkonem aplikace Revit[143]. Pro praktické modelování je výhodné přijmout a praktikovat některá z doporučení pro zlepšení výkonu [146]:

1. Pravidelné čištění obsahu
2. Rozdělení velkých projektů do více souborů
3. Neimportovat soubory DWG
4. Komprimovat projekt
5. Odstranit nepotřebné pohledy
6. Stabilní úvodní pohled
7. Řešit upozornění aplikace
8. Uzavřít nepoužívané pracovní sady
9. Uzavřít skrytá okna
10. Ořezat hloubky svislých pohledů
11. Generalizovat detaily v modelu
12. Vypnout nepotřebné kategorie pohledu
13. Aktivovat ořezový kvádr ve 3D pohledech
14. Odstranit nevyužívané varianty návrhu
15. Odstranit nevyužívané skupiny
16. Nevkládat rastrové obrázky
17. Vypnout zobrazení stínů
18. Neimportovat informace z DWG

Dále bylo zjištěno, že při načítání rodin do projektu Revit, je výhodné, pokud jsou načítány v ideálním případě rodiny se stejnými dimenzemi, které jsou požadovány v projektu. Tento přístup může předejít chybám při výpočtu změn parametrických prvků.

BIModel, resp. vybrané 2D a 3D pohledy, lze exportovat (Soubor/Exportovat) do různých datových formátů, aby bylo možné jejich použití i v jiných softwarových platformách. Obecně platí, že výkresy mohou být exportovány z 2D pohledů a prostorové modely z 3D pohledů. Při exportu 3D modelu je nutné věnovat zvýšenou pozornost správnému nastavení datové konverze, především typ tělesa – polygonální síť nebo ACIS, viz [147]. Aplikace Revit umožňuje export do datových formátů CAD, tj. DWG, DXF, DGN a SAT (ACIS), dále DWF, IFC, gbXML a databáze ODBC.

Způsoby sdílení, archivace a exportů výstupů do požadovaných výměnných datových formátů by měly být stanoveny na začátku procesu HBIM. Pro sdílení a výměnu dat v oblasti BIM by sice měla sloužit specifikace IFC, ale v současné době není povinnost jejího použití v české legislativě podchycena[144]. Tzv. *„zákon o BIM“* je v současnosti připravován a jeho účinnost je plánována od 1. 7. 2023 [142, 149]. Záleží proto na jednotlivých účastnících procesu BIM, jak se dohodnou na postupech pro sdílení a archivaci výstupů své práce mezi sebou. Obdobnou situaci popisuje již metodika NPÚ [11], viz kap. 3.1. Obecně platí, že je výhodné, pokud všichni spolupracující účastníci procesu BIM[145] pracují ve stejných nebo vzájemně kompatibilních softwarových platformách.

[143] Při problémech s výkonem obvykle dochází k dočasnému přetížení a zpomalení aplikace, kdy se v horní liště okna aplikace objeví varování *„Neodpovídá“*.

[144] Výjimkou je zmínka o infomačním modelování v §103, odst. 3, zákona č. 134/2016 Sb. o zadávání veřejných zakázek, viz [148].

[145] Tato obecná zkušenost samozřejmě platí i při jiných činnostech, nejen v oblasti BIM.

6. Závěr

Tato disertační práce se zabývá využitím měřické dokumentace, tzn. metodami, technologiemi a jejich výstupy, a geoinformačních technologií v oblasti průzkumů historických staveb, které lze podle předmětu zájmu a rozsahu rozdělit na několik typů. Základním parametrem měřické dokumentace je *míra podrobnosti*, podle které se odvozuje její geometrická přesnost a stupeň schematizace jejích výstupů, viz kap. 3.1.3. Podle charakteru průzkumu jsou kladeny různé specifické nároky na formu a výstupy měřické dokumentace, viz kap. 3.2, protože tvoří podklady pro navazující badatelské, popř. projekční, činnosti. Obvykle není přínosné, především při procesu 3D modelování, je-li měřická dokumentace realizována a její výstupy zpracovávány s výrazně vyšší mírou podrobnosti, než jakou požaduje účel jejího pořízení. Volbu měřických technologií a pracovních postupů je proto nutné přizpůsobit jejich účelům a předmětům zájmu.

V úvodu disertační práce byly zformulovány tři základní výzkumné otázky, na které by měla odpovědět:

1. ***otázka:*** Jsou nástroje a pracovní postupy založené na geoinformačních technologiích využitelné při SHP?
   a) V jakých případech je výhodné při zpracování výstupů SHP využívat tyto technologie?
   b) Jaké výstupy mohou být vytvořeny s využitím těchto technologií?
   c) Jak lze tyto výstupy dále využít při SHP, např. pro analýzy a syntézy dat, interpretace a distribuce výstupů a archivace nashromážděných dat?
2. ***otázka:*** Jakým způsobem může být zjednodušený 3D model stavby využitelný při SHP?
   a) Přináší 3D model nové informace ohledně prostorových vztahů stavebních konstrukcí modelované stavby?
   b) Jakým způsobem je možné využít 3D model jako „nosič informací" o modelované stavbě?
   c) Jaká míra geometrické a informační podrobnosti 3D modelu, v kontextu vizualizace nejistot, je dostačující?
3. ***otázka:*** Je možné na základě podrobně zpracovaného digitálního modelu povrchu (DMP) archeologické lokality identifikovat v dané lokalitě nálezové situace? Je tento proces možné aplikovat i na terénní povrchy v okolí stavby zkoumané při SHP?

Na první otázku odpovídají kap. 3.1.1, 3.2.2 a dále kap. 4.2, 4.3 a 4.4. Kap. 3.1.1 konstatuje, že jsou v současnosti oblíbené měřické technologie, které umožňují vytvořit prostorové mračno bodů, jakými jsou technologie *laserové skenování* a *Image Based Modeling and Rendering*, a podává přehled případových studií s praktickými ukázkami aplikace. Kap. 3.2.2 obecně pojednává o specifikách zpracování datových sad z měřické dokumentace. V kap. 4.2, 4.3 a 4.4 jsou představeny různé způsoby zpracování datových sad s využitím přístupů CAD, BIM a GIS. V průběhu práce je diskutováno a konstatováno, že softwarové platformy pro CAD, BIM a GIS nahlížejí na problematiku tvorby informačního modelu či systému z různých úhlů pohledu a že je jejich aplikace spojena s typem zakázky, erudicí a osobními zkušenostmi účastníků stavebního procesu, včetně zhotovitele SHP.

Na druhou otázku odpovídají kap. 3.3 a dále kap. 3.1.3 a 3.1.4. V případě měřické 3D dokumentace, tj. prostorových modelů a mračen bodů, vyniká výrazněji, než je tomu v případě měřické 2D dokumentace, že měřická dokumentace tvoří prostorový rámec[146] pro průzkum historické stavby. Při 3D modelování lze pracovat s 2D i s 3D datovými sadami, čímž je uživateli nepřímo implementována kontrola vzájemné návaznosti dílčích výsledků dokumentace. Prostorový model nejčastěji zobrazuje uživateli celkovou prostorovou rekonstrukci zdokumentované situace a umožňuje její prohlížení. Jestliže podle LOD a GRADE geometricky a rozměrově odpovídá své reálné předloze, může být podkladem pro navazující analýzy stavby, které o ní mohou objevit nové informace, a pro jejich interpretaci ve správných historických souvislostech.

Na třetí otázku odpovídají kap. 3.2.2 a 3.3. Digitální modely povrchů lze v souvislosti s SHP aplikovat jak při studiu umístění a orientace stavby v krajině, tak i při dokumentaci a studiu nálezových situací stavebních konstrukcí. V případech, kdy nadzemní stavební konstrukce zanikly[147], je možná jejich detekce na základě tzv. *porostových příznaků* nebo anomálií lokálního DMP. Dále mohou být DMP využity jako podklad pro 3D modelování, resp. 3D digitální rekonstrukce zaniklých či nevzniklých staveb.

V práci se pracuje s termínem *informační model stavby*, který je často spojován s problematikou BIM, resp. HBIM. Vzhledem k tomu, že je tato práce zaměřena obecněji a věnuje se využití různých metod a technologií pro potřeby SHP, je termín *informační model* stavby vnímán obecněji, tzn. jako ***datový model*** pro správu, archivaci a sdílení dat o zkoumané stavbě, viz kap. 4.1 a kap. 5. Jak je patrné z Obr. 2.6, *informační model* vzniká postupně v myšlenkách badatele během zpracování dat v rámci SHP, přičemž se jeho podoba a forma mění v závislosti na vstupních datech a následné interpretaci. Proto se v konečném důsledku může jednat např. o samostatný BIModel (HBIM) nebo geodatabázi (HGIS), sadu vzájemně propojených 3D modelů, mračen bodů a výkresů (CAD či HIS).

Tato disertační práce ukazuje, jakými způsoby lze využít měřickou dokumentaci, tzn. metody, technologie a její výstupy, pro potřeby SHP. V průběhu SHP vzniká potřeba spravovat a strukturovat nashromážděná data v tzv. souborovém systému. Geoinformační technologie mohou být tedy uplatněny nejen při zpracování výstupů měřické dokumentace, ale také při jejich vzájemném propojování nebo při tvorbě navazujících výstupů. K této činnosti lze využít různé softwarové platformy, které mohou být založeny na technologiích CAD, BIM a GIS a které nahlížejí na problematiku práce s informacemi z různých úhlů pohledu. Tyto technologie jsou v práci stručně popsány a diskutovány.

Zvýšená pozornost je v této disertační práci věnována procesu *Informačního modelování staveb* (BIM). V současnosti se jedná o relativně nový trend, který je v posledním desetiletí stále více implementován pro účely návrhu a výstavby v oblasti pozemního stavitelství. V kontextu historických staveb se můžeme setkat s termínem HBIM. Využití procesu BIM, popř. HBIM, u historických staveb může být spojeno s jejich

[146] Pracuje-li se také s časovými razítky, viz kap. 3.2.2, můžeme uvažovat časoprostorový rámec, tj. 4D.

[147] V kontextu ČR platí obecná zásada, že stavebními konstrukcemi pod povrchem terénu se zabývá AV a konstrukcemi nad povrchem terénu se zabývá SHP. Tato separace není příliš šťastná, neboť předmětem zájmu průzkumu nemovité památky by měly být i její podzemní konstrukce, které jsou její nedílnou součástí. Proto se v zahraniční literatuře pro tuto problematiku používá pojem *Building Archaeology*.

obnovou, rekonstrukcí či modernizací TZB[148], dále s jejich pasportizací[149] a nakonec jako forma měřické dokumentace zachycující stávající stav stavby, který má sloužit jako podklad pro projekční práce[150].

Průzkumy historických staveb jsou mnohdy spojeny se stavebními pracemi, které mohou výrazně zasáhnout do památkových hodnot zkoumané stavby. Výstupy průzkumů historických staveb jsou proto významným podkladem k efektivnímu mezioborovému dialogu o zachování památkových hodnot stavby. Mezioborový dialog může být úspěšný pouze v případech, kdy si všechny zúčastněné strany aktivně naslouchají. Jedním z cílů technologie BIM je mj. zlepšení komunikace mezi účastníky stavebního procesu. Proto lze předpokládat, že se technologie BIM bude za tímto účelem nadále vyvíjet.

[148] Příklady využití procesu BIM pro konkrétní projekty obnovou, rekonstrukcí či modernizací TZB viz např. na https://www.masak-partner.com/cz/reference?type=bim-projektove-rizeni.

[149] Příklady využití procesu BIM pro konkrétní projekty pasportizace viz např. na https://www.di5.cz/projekt_kategorie/pasportizace/.

[150] Příklady využití procesu BIM pro konkrétní projekty měřické dokumentace viz např. na https://www.g4d.cz/reference/kategorie/bim-informacni-model-budovy.

Seznam použitých zdrojů a literatury

[1] *ZÁKON České národní rady ze dne 30. března 1987, o státní památkové péči* [online]. 30. březen 1987 [2021-02-14]. URL: https://www.npu.cz/portal/npu-a-pamatkova-pece/pamatky-a-pamatkova-pece/pravni-predpisy-a-mezinarodni-dokumenty/zakon%20o%20st%20pamatkove%20peci.pdf

[2] NÁRODNÍ PAMÁTKOVÝ ÚSTAV. *Národní památkový ústav* [online]. 2021 [2021-02-14]. URL: https://www.npu.cz/cs

[3] NÁRODNÍ PAMÁTKOVÝ ÚSTAV. *ePamátky: Portál Integrovaného informačního systému památkové péče* [online]. 2019 [2022-01-06]. URL: https://iispp.npu.cz/

[4] RAZÍM, Vladislav a Petr MACEK, ed. *Zkoumání historických staveb*. 1. vyd. Praha: Národní Památkový Ústav - Územní Odborné Pracoviště Středních Čech, 2011. ISBN 978-80-86516-41-7.

[5] BERÁNEK, Jan a Petr MACEK, ed. *Metodika stavebněhistorického průzkumu*. Praha: Národní památkový ústav, generální ředitelství, 2015. Odborné a metodické publikace, 74. ISBN 978-80-7480-037-5.

[6] BLÁHA, Jiří, Vít JESENSKÝ, Petr MACEK, Vladislav RAZÍM, Jan SOMMER a Jan VESELÝ. *Operativní průzkum a dokumentace historických staveb*. Praha: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště středních Čech v Praze, 2005. Odborné a metodické publikace, 31. ISBN 978-80-86516-18-9.

[7] SCHUBERT, Alfréd. *Průzkum, dokumentace a inventarizace výplní okenních a dveřních otvorů*. Praha: Národní památkový ústav, územní odborné pracovistě středních Čech v Praze, 2014. Odborné a metodické publikace, 48. ISBN 978-80-86516-77-6.

[8] VÁCLAVÍK, František R. *Průzkum, dokumentace a inventarizace architektonických prvků*. Praha: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště středních Čech v Praze, 2014. Odborné a metodické publikace, 47. ISBN 978-80-86516-76-9.

[9] PEŠTA, Jan. *Plošný průzkum lidové architektury a venkovských sídel*. Praha: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště středních Čech v Praze, 2014. Odborné a metodické publikace, 50. ISBN 978-80-86516-78-3.

[10] SOKOL, Petr, Jiří HAVLICE, Alena KNECHTOVÁ, Jan KYPTA, Filip LAVAL, Zdeněk NEUSTUPNÝ, Radmila STRÁNSKÁ, Renata TIŠEROVÁ, Martin TOMÁŠEK a Petr VITULA. *Metodika terénní prostorové identifikace, dokumentace a popisu nemovitých archeologických památek*. Odborné a metodické publikace. Praha: Národní památkový ústav, 2017. 91. ISBN 978-80-7480-088-7.

[11] VESELÝ, Jan. *Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči*. Praha: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště středních Čech v Praze, 2014. Odborné a metodické publikace, 49. ISBN 978-80-86516-79-0.

[12] BREJCHA, Marcel, Vladimír BRŮNA, Zdeněk MAREK a Barbora VĚTROVSKÁ. *Metodika digitalizace, 3D dokumentace a 3D vizualizace jednotlivých typů památek: certifikovaná metodika*. Ústí nad Labem: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Ústí nad Labem, 2015. Odborné a metodické publikace, 75. ISBN 978-80-7414-954-2.

[13] HONYS, Vít, Táňa ŠIMKOVÁ, Lucie RADOVÁ a Hana VESELÁ. *Metodika dokumentace sakrální architektury (kostely a prostorové kaple) : certifikovaná metodika*. Ústí nad Labem: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Ústí nad Labem, 2015. Odborné a metodické publikace, 71. ISBN 978-80-85036-59-6.

[14] RYKL, Michael. *Metodika dokumentace městských domů: certifikovaná metodika*. Ústí nad Labem: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Ústí nad Labem, 2015. Odborné a metodické publikace, 73. ISBN 978-80-85036-60-2.

[15] ALTOVÁ, Eva, Petr HRUBÝ a Antonín KADLEC. *Metodika dokumentace drobných památek: certifikovaná metodika*. Ústí nad Labem: Národní památkový ústav, územní

odborné pracoviště v Ústí nad Labem, 2015. Odborné a metodické publikace, 74. ISBN 978-80-85036-57-2.

[16] PODROUŽEK, Kamil, Renata KUPROVÁ, David SKALICKÝ, Jan HORÁK a Michal TRNĚNÝ. *Metodika dokumentace lidové architektury: certifikovaná metodika*. Ústí nad Labem: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Ústí nad Labem, 2015. Odborné a metodické publikace, 72. ISBN 978-80-85036-58-9.

[17] BEZDĚK, Ladislav a Martin FROUZ. *Digitální a digitalizovaná fotografie pro vědecké účely v praxi památkové péče*. Praha: Národní památkový ústav, generální ředitelství, 2014. Odborné a metodické publikace, 46. ISBN 978-80-7480-017-7.

[18] VÁCHA, Petr. *Dokumentace kampanologických památek. Určování hmotnosti zvonů a jejich zvukového obrazu*. Praha: Národní památkový ústav, generální ředitelství, 2018. Odborné a metodické publikace, 92. ISBN 978-800-7480-100-6.

[19] BARTOŠ, Ladislav. *Dům U Kutovců (U Bruncvíka) čp. 510 na Starém Městě pražském*. Stavebněhistorický průzkum. 2016/01. Praha: Národní památkový ústav. 2016.

[20] WIKIPEDIA. *Vernacular architecture* [online]. 2021 [2021-10-23]. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Vernacular_architecture&oldid=1051057511

[21] GOJDA, Martin, Jan JOHN a Roman BREJCHA. *Archeologie a letecké laserové skenování krajiny: Archaeology and airborne laser scanning of the landscape*. Plzeň: Katedra archeologie, Západočeská univerzita v Plzni, 2013. ISBN 978-80-261-0194-9.

[22] MARTÍNEK, Jan, Aleš LÉTAL, Jakub MIŘIJOVSKÝ, Pavel ŠLÉZAR, David VICH a Marek KALÁBEK. *Moderní metody identifikace a popisu historických cest: Metodická příručka*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2013. ISBN 978-80-86502-89-2.

[23] TERMINOLOGICKÁ KOMISE ČÚZK. Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí. *Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí* [online]. 2020 [2021-10-14]. URL: http://www.slovnikcuzk.eu/

[24] WOLF SCHMIDT. *Das Raumbuch als Instrument denkmalpflegerischer Bestandsaufnahme und Sanierungsplanung*. 2. Aufl. München: Lipp, 1993.

[25] ČÚZK. *Stahovací služby Atom* [online]. 2018 [2021-12-29]. URL: http://atom.cuzk.cz/

[26] CIDOC CRM SPECIAL INTEREST GROUP. *CIDOC CRM: Conceptual Reference Model* [online]. 2021 [2021-12-16]. URL: http://www.cidoc-crm.org/

[27] CHRYSSOULA BEKIARI, GEORGE BRUSEKER, MARTIN DOERR, CHRISTIAN-EMIL ORE, STEPHEN STEAD, a ATHANASIOS VELIOS, ed. *Volume A: Definition of the CIDOC Conceptual Reference Model* [online]. B.m.: CIDOC CRM Special Interest Group. duben 2021 [2021-12-16]. URL: https://cidoc-crm.org/sites/default/files/cidoc_crm_v.7.1.1_0.pdf

[28] SYROVÁ, Zuzana a Jiří SYROVÝ. Stavebně – historický průzkum sídla a jeho zpracování v Geografickém informačním systému. *Zprávy památkové péče* [online]. 2010, **70**(2), 137–140. ISSN 1210-5538. URL: http://blog.sy-sy.cz/wp-content/uploads/2018/03/zpp1002077156_137-140.pdf

[29] PAVELKA, Karel, Martina FALTÝNOVÁ, Zdeněk ŠVEC a Petr DUŠÁNEK. *Mobilní laserové skenování*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05261-7.

[30] VÁCLAVÍK, František R. a Josef PAZDERA. NEW POSSIBILITES OF DETAILED DOCUMENTATION OF CASTLES AND RUIN AREAS USING STATIC AND MOBILE LASER SCANNING TECHNOLOGY. In: Karel PAVELKA, ed. *XXIIIrd Symposium CIPA: September, 12th - 16th, 2011, Prague, Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague*: *XXIIIrd International CIPA Symposium* [online]. Praha: Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, CIPA, 2011. ISBN 978-80-01-04885-6. URL: http://www.cipa2011.cz/proceedings/pdfs/A-1/Vaclavik2.pdf

[31] BORRMANN, D., R. HESS, H. R. HOUSHIAR, D. ECK, K. SCHILLING a A. NÜCHTER. ROBOTIC MAPPING OF CULTURAL HERITAGE SITES. *ISPRS - International Archives of the*

Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences [online]. 2015, **XL-5/W4**, 9–16 [2021-03-06]. ISSN 2194-9034. DOI:10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-9-2015

[32] ŠTRONER, Martin. *3D skenovací systémy*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05371-3.

[33] WAGENER, Olaf, Christian SEITZ a Sven HAVEMANN. Medieval Castles and their Landscape: A Case Study Towards Historic Reconstructions. In: *Virtual Palaces, Part II Lost Palaces and their Afterlife: Virtual Reconstruction between Science and Media* [online]. Palatinum. München: Ludwig-Maximilians-Universität München, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, KU Leuven and authors, 2016, e-Publication, 3, s. 171–200. ISBN 978-94-6018-538-0. URL: http://www.courtresidences.eu/uploads/publications/virtual-palaces-II.pdf

[34] PATRUCCO, G., F. RINAUDO a A. SPREAFICO. MULTI-SOURCE APPROACHES FOR COMPLEX ARCHITECTURE DOCUMENTATION: THE "PALAZZO DUCALE" IN GUBBIO (PERUGIA, ITALY). *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2019, **XLII-2/W11**, 953–960 [2021-03-06]. ISSN 2194-9034. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W11-953-2019

[35] BARAZZETTI, L., F. BANFI, R. BRUMANA, M. PREVITALI a F. RONCORONI. BIM FROM LASER SCANS… NOT JUST FOR BUILDINGS: NURBS-BASED PARAMETRIC MODELING OF A MEDIEVAL BRIDGE. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2016, **III–5**, 51–56 [2016-07-15]. ISSN 2194-9050. DOI:10.5194/isprs-annals-III-5-51-2016

[36] DLESK, A. DOCUMENTATION OF HISTORICAL UNDERGROUND OBJECT IN SKORKOV VILLAGE WITH SELECTED MEASURING METHODS, DATA ANALYSIS AND VISUALIZATION. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2016, **XLI-B5**, 251–254 [2016-07-20]. ISSN 2194-9034. DOI:10.5194/isprs-archives-XLI-B5-251-2016

[37] CHIABRANDO, Filiberto, Massimiliano LO TURCO a Fulvio RINAUDO. Modeling the decay in an HBIM starting from 3D point clouds. A followed approach for cultural heritage knowledge. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2017, **XLII-2/W5**, 605–612 [2017-10-09]. ISSN 2194-9034. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-605-2017

[38] MEZZINO, D., M. SANTANA QUINTERO, P. MA PWINT, W. Tin HTUT LATT a C. RELLENSMANN. TECHNICAL ASSISTANCE FOR THE CONSERVATION OF BUILT HERITAGE AT BAGAN, MYANMAR. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2016, **XLI-B5**, 945–952 [2016-07-16]. ISSN 2194-9034. DOI:10.5194/isprs-archives-XLI-B5-945-2016

[39] CASTILLA, F. J., A. RAMÓN, A. ADÁN, A. TRENADO a D. FUENTES. 3D Sensor-Fusion for the Documentation of Rural Heritage Buildings. *Remote Sensing* [online]. 2021, **13**(7), 1337 [2021-10-21]. ISSN 2072-4292. DOI:10.3390/rs13071337

[40] HESSE, Ralf. LiDAR-derived Local Relief Models - a new tool for archaeological prospection. *Archaeological Prospection* [online]. 2010, **2012**(17), 67–72 [2016-03-21]. ISSN 10752196, 10990763. DOI:10.1002/arp.374

[41] POLOPRUTSKÝ, Z., M. CEJPOVÁ a J. NĚMCOVÁ. NON-DESTRUCTIVE SURVEY OF ARCHAEOLOGICAL SITES USING AIRBORNE LASER SCANNING AND GEOPHYSICAL APPLICATIONS. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2016, **XLI-B5**, 371–376 [2016-07-12]. ISSN 2194-9034. DOI:10.5194/isprs-archives-XLI-B5-371-2016

[42] POLOPRUTSKÝ, Zdeněk. Design of a survey net for metric survey documentation of a historical building. *Geoinformatics FCE CTU* [online]. 2017, **16**(1), 63–78 [2017-07-21]. ISSN 1802-2669. DOI:10.14311/gi.16.1.4

[43] *VYHLÁŠKA Českého úřadu zeměměřického a katastrálního ze dne 1. listopadu 2013 o katastru nemovitostí (katastrální vyhláška) ve znění vyhlášky č. 87/2017 Sb.* [online].

1. listopad 2013 [2021-03-06]. URL: https://www.cuzk.cz/Predpisy/Pravni-predpisy-v-oboru-zememerictvi-a-katastru/357-2013.aspx

[44] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. *ČSN 01 3420: Výkresy pozemních staveb – Kreslení výkresů stavební části*. červenec 2004

[45] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. *ČSN EN ISO 128-2 (013114): Technická dokumentace produktu (TPD) - Obecná pravidla zobrazování - Část 2: Základní pravidla pro čáry*. červen 2021

[46] TOMMASI, Cinzia, Cristiana ACHILLE a Francesco FASSI. From point cloud to BIM: A modelling challenge in the cultural heritage field. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2016, **XLI-B5**, 429–436 [2016-07-15]. ISSN 2194-9034. DOI:10.5194/isprs-archives-XLI-B5-429-2016

[47] PÖCHTRAGER, Markus, Gudrun STYHLER-AYDIN, Marina DÖRING-WILLIAMS a Norbert PFEIFER. Automated reconstruction of historic roof structures from point clouds - development and examples. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2017, **IV-2/W2**, 195–202 [2018-02-19]. ISSN 2194-9050. DOI:10.5194/isprs-annals-IV-2-W2-195-2017

[48] WENMAN, Lewis, Nigel DAVIES, Paul WODDY, Ray PURVIS a Rob JACKSON, ed. *AEC (UK) BIM Technology Protocol: Practical implementation of BIM for the UK Architectural, Engineering and Construction (AEC) industry* [online]. červen 2015. URL: https://aecuk.files.wordpress.com/2015/06/aecukbimtechnologyprotocol-v2-1-1-201506022.pdf

[49] CHIABRANDO, F., M. LO TURCO a C. SANTAGATI. DIGITAL INVASIONS: FROM POINT CLOUDS TO HISTORICAL BUILDING OBJECT MODELING (H-BOM) OF A UNESCO WHL SITE. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2017, **XLII-2/W3**, 171–178 [2021-06-08]. ISSN 2194-9034. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-171-2017

[50] BEDRICK, Jim, Will IKERD a Jan REINHARDT. *Level of Development (LOD) Specification Part I, Guide & Commentary: For Building Information Models and Data* [online]. B.m.: BIMForum. listopad 2021. URL: www.bimforum.org/lod

[51] ČERNÝ, Martin, ed. *BIM příručka: základní představení metodiky informačního modelování budov (BIM) a význam BIM pro změny procesů ve stavebnictví* [online]. Praha: Odborná rada pro BIM, 2013. ISBN 978-80-260-5297-5. URL: https://issuu.com/czbim/docs/bim-prirucka-2013-v1

[52] THOMAS H. KOLBE, TATJANA KUTZNER, CARL STEPHEN SMYTH, CLAUS NAGEL, CARSTEN ROENSDORF, a CHARLES HEAZEL, ed. *OGC City Geography Markup Language (CityGML) Part 1: Conceptual Model Standard* [online]. B.m.: Open Geospatial Consortium. 13. září 2021. URL: https://docs.ogc.org/is/20-010/20-010.pdf

[53] LÖWNER, M.-O., G. GRÖGER, J. BENNER, F. BILJECKI a C. NAGEL. PROPOSAL FOR A NEW LOD AND MULTI-REPRESENTATION CONCEPT FOR CITYGML. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2016, **IV-2/W1**, 3–12 [2021-12-28]. ISSN 2194-9050. DOI:10.5194/isprs-annals-IV-2-W1-3-2016

[54] CHOTĚBOR, Petr. K problematice kresebných rekonstrukcí stavební podoby středověkých staveb. In: *XVIII. celostátní konference středověké archeologie*: *Archaeologia Historica* [online]. Brno: Muzejní a vlastivědná společnost, 1987, s. 321–329. ISBN 0231-5823. URL: http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/view/uuid:224a7930-abe6-11e2-8c63-5ef3fc9ae867?page=uuid:d8bfc380-ac0b-11e2-b48c-001018b5eb5c

[55] ECKSTEIN, G. Empfehlungen für Baudokumentation. In: *Historische Ausstattung*. Jahrbuch für Hausforschung. Marburg: Jonas Verlag, 2004, s. 41–46. ISBN P-3-89445-06314-1.

[56] HOPPE, Stephan, Stefan BREITLING a Heike MESSEMER, ed. *Virtual Palaces, Part II Lost Palaces and their Afterlife: Virtual Reconstruction between Science and Media* [online]. Palatium. München: Ludwig-Maximilians-Universität München, Otto-Friedrich-Universität

Bamberg, KU Leuven and authors, 2016. e-Publication, 3. ISBN 978-94-6018-538-0. URL: http://www.courtresidences.eu/uploads/publications/virtual-palaces-II.pdf

[57] CEJPOVÁ, Miroslava, Zdeněk POLOPRUTSKÝ, Štěpánka POUČOVÁ, Adam BUJOK a Michael RYKL. APPLICATION OF GEOMATICS METHODS IN THE RESEARCH OF STRUCTURES OF HISTORICAL KITCHENS. *Stavební obzor - Civil Engineering Journal* [online]. 2020, **29**(04), 518–534 [2021-03-15]. ISSN 18052576. DOI:10.14311/CEJ.2020.04.0045

[58] BALLETTI, Caterina a Francesco GUERRA. The survey of cultural heritage: a long story. *Rendiconti Lincei* [online]. 2015, **26**(S1), 115–125 [2016-06-15]. ISSN 2037-4631, 1720-0776. DOI:10.1007/s12210-015-0411-8

[59] MORAVSKÁ ZEMSKÁ KNIHOVNA V BRNĚ. *Digitální knihovna: Tisíce digitalizovaných dokumentů z českých knihoven na jednom místě* [online]. 2021 [2021-03-25]. URL: http://www.digitalniknihovna.cz/

[60] ETNOLOGICKÝ ÚSTAV AV ČR. *Databáze Zaměřovací akce ČAVU* [online]. 2021 [2021-12-29]. URL: http://zamerovaciakce.eu.cas.cz/

[61] LUHMANN, T., Stuart ROBSON, Stephen KYLE a Jan BOEHM. *Close-range photogrammetry and 3D imaging*. 2nd edition. Berlin: De Gruyter, 2014. De Gruyter textbook. ISBN 978-3-11-030269-1.

[62] AGISOFT. *Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 1.7* [online]. 2021 [2021-09-11]. URL: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_7_en.pdf

[63] GRUEN, Armin, Fabio REMONDINO a Li ZHANG. Reconstruction of the great Buddha of Bamiyan, Afghanistan [online]. 2002 [2021-10-23]. DOI:10.3929/ETHZ-A-004655538

[64] WAHBEH, W., S. NEBIKER a G. FANGI. COMBINING PUBLIC DOMAIN AND PROFESSIONAL PANORAMIC IMAGERY FOR THE ACCURATE AND DENSE 3D RECONSTRUCTION OF THE DESTROYED BEL TEMPLE IN PALMYRA. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2016, **III–5**, 81–88 [2021-10-23]. ISSN 2194-9050. DOI:10.5194/isprs-annals-III-5-81-2016

[65] PAVELKA, K., J. ŠEDINA, P. RAEVA a M. HŮLKOVÁ. MODERN PROCESSING CAPABILITIES OF ANALOG DATA FROM DOCUMENTATION OF THE GREAT OMAYYAD MOSQUE IN ALEPPO, SYRIA, DAMAGED IN CIVIL WAR. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2017, **XLII-2/W5**, 561–565 [2017-12-23]. ISSN 2194-9034. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-561-2017

[66] BITELLI, G., M. DELLAPASQUA, V. A. GIRELLI, S. SBARAGLIA a M. A. TINIA. HISTORICAL PHOTOGRAMMETRY AND TERRESTRIAL LASER SCANNING FOR THE 3D VIRTUAL RECONSTRUCTION OF DESTROYED STRUCTURES: A CASE STUDY IN ITALY. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2017, **XLII-5/W1**, 113–119 [2018-04-17]. ISSN 2194-9034. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-5-W1-113-2017

[67] DEGGIM, S., T. P. KERSTEN, M. LINDSTAEDT a N. HINRICHSEN. THE RETURN OF THE SIEGESBURG –3D-RECONSTRUCTION OF A DISAPPEARED AND FORGOTTEN MONUMENT. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2017, **XLII-2/W3**, 209–215 [2021-10-21]. ISSN 2194-9034. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-209-2017

[68] DVOŘÁK, Vojtěch, Vojtěch NOVÁK a Martin ŠANDA. *Zvířetice 3D intro* [online]. 2017 [2021-10-23]. URL: https://www.youtube.com/watch?v=7faRMvVWRhk

[69] POLOPRUTSKÝ, Zdeněk. *MĚŘICKÁ DOKUMENTACE ZÁMKU VE CHVATĚRUBECH (OKR. MĚLNÍK)* [online]. Praha, 2014. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra mapování a kartografie. URL: http://hdl.handle.net/10467/20481

[70] HODAČ, Jindřich, Zdeněk POLOPRUTSKÝ a Michael RYKL. Dostavte zámek ve Chvatěrubech aneb pokračování výzkumu nedokončeného barokního zámku. In: *Dějiny staveb 2014*: *Dějiny staveb 2014*. Plzeň: Klub Augusta Sedláčka, 2014, s. 221–230. ISBN 978-80-87170-37-3.

[71] IPPOLITI, E., M. CALVANO a L. MORES. 2.5D/3D Models for the enhancement of architectural-urban heritage. An Virtual Tour of design of the Fascist headquarters in Littoria. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2014, **II–5**, 189–196 [2021-10-21]. ISSN 2194-9050. DOI:10.5194/isprsannals-II-5-189-2014

[72] BRŮNA, Vladimír, Jiří CAJTHAML, Jitka ELZNICOVÁ, Jakub HAVLÍČEK, Arnošt MÜLLER, Jan PACINA a Růžena ZIMOVÁ. *Paměť krajiny Ústeckého kraje ukrytá v mapových archivech: metody rekonstrukce a zpracování dat v oblastech zaniklých obcí*. B.m.: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2015. ISBN 978-80-7414-981-8.

[73] BRŮNA, Vladimír, Jiří CAJTHAML, Jitka ELZNICOVÁ, Jakub HAVLÍČEK, Arnošt MÜLLER, Jan PACINA a Růžena ZIMOVÁ. *Paměť krajiny Ústeckého kraje ukrytá v mapových archivech: případové studie*. B.m.: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2015. ISBN 978-80-7414-981-8.

[74] HODAČ, Jindřich a Anna ZEMÁNKOVÁ. HISTORICAL ORTHOPHOTOS CREATED ON BASE OF SINGLE PHOTOS - SPECIFICS OF PROCESSING. *Stavební obzor - Civil Engineering Journal* [online]. 2018, **27**(3), 425–438. ISSN 1805-2576. DOI:10.14311/CEJ.2018.03.0034

[75] ADAMI, A. 4D CITY TRANSFORMATIONS BY TIME SERIES OF AERIAL IMAGES. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2015, **XL-5/W4**, 339–344 [2018-04-17]. ISSN 2194-9034. DOI:10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-339-2015

[76] COGLIATI, M., E. TONELLI, D. BATTAGLIA a M. SCAIONI. EXTRACTION OF DEMS AND ORTHOIMAGES FROM ARCHIVE AERIAL IMAGERY TO SUPPORT PROJECT PLANNING IN CIVIL ENGINEERING. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2017, **IV-5/W1**, 9–16 [2018-04-18]. ISSN 2194-9050. DOI:10.5194/isprs-annals-IV-5-W1-9-2017

[77] GONÇALVES, J. A. AUTOMATIC ORIENTATION AND MOSAICKING OF ARCHIVED AERIAL PHOTOGRAPHY USING STRUCTURE FROM MOTION. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2016, **XL-3/W4**, 123–126 [2017-12-23]. ISSN 2194-9034. DOI:10.5194/isprsarchives-XL-3-W4-123-2016

[78] MAIWALD, F., T. VIETZE, D. SCHNEIDER, F. HENZE, S. MÜNSTER a F. NIEBLING. PHOTOGRAMMETRIC ANALYSIS OF HISTORICAL IMAGE REPOSITORIES FOR VIRTUAL RECONSTRUCTION IN THE FIELD OF DIGITAL HUMANITIES. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2017, **XLII-2/W3**, 447–452 [2018-04-19]. ISSN 2194-9034. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-447-2017

[79] FALKINGHAM, Peter L., Karl T. BATES a James O. FARLOW. Historical Photogrammetry: Bird's Paluxy River Dinosaur Chase Sequence Digitally Reconstructed as It Was prior to Excavation 70 Years Ago. *PLoS ONE* [online]. 2014, **9**(4), e93247 [2018-04-18]. ISSN 1932-6203. DOI:10.1371/journal.pone.0093247

[80] POLOPRUTSKÝ, Zdeněk, Marek FRAŠTIA a Marián MARČIŠ. 3D DIGITAL RECONSTRUCTION BASED ON ARCHIVED TERRESTRIAL PHOTOGRAPHS FROM METRIC CAMERAS. *Acta Polytechnica* [online]. 2019, **59**(4), 384–398 [2020-11-30]. ISSN 1805-2363, 1210-2709. DOI:10.14311/AP.2019.59.0384

[81] RYKL, Michael. Vidět (a být viděn). In: *11. specializovaná konference stavebněhistorického průzkumu*: *Svorník 11/2013*. Praha: Sdružení pro stavebněhistorický průzkum, 2013, s. 15–30. ISBN 978-80-905253-2-0.

[82] CAJTHAML, Jiri, Darina KRATOCHVILOVA a Tomas JANATA. 3D Model of Historical VItava River Valley: Combination of Sources. *Proceedings of the ICA* [online]. 2019, **2**, 1–5 [2019-09-23]. ISSN 2570-2092. DOI:10.5194/ica-proc-2-14-2019

[83] RYKL, Michael. Virtual Reconstructions and Building Archaeology in Bohemia: A Digital Model of the 14th-Century House U zvonu ('Zur Glocke' / 'At the Sign of the Bell') in Prague.

In: *Virtual Palaces, Part II Lost Palaces and their Afterlife: Virtual Reconstruction between Science and Media*. Palatium. München: Ludwig-Maximilians-Universität München, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, KU Leuven and authors, 2016, e-Publication, 3, s. 55–86. ISBN 978-94-6018-538-0.

[84] HODAČ, Jindřich, Michael RYKL a Martin ŠUNKEVIČ. Pozdně gotická klenba sálu na tvrzi v Popovicích, Měřická dokumentace a rekonstrukce postupu výstavby klenby. In: *5. konference stavebněhistorického průzkumu*: *Svorník 5/2007*. Praha: Sdružení pro stavebněhistorický průzkum, 2007, s. 365–380. ISBN 978-80-86562-09-4.

[85] VÁCLAVÍK, František R., Petr MACEK a Vít BOROVIČKA. Klenba kostela Nanebevzetí Panny Marie v Nové Pace - možnosti laserového 3D skenování pro analýzu kleneb. In: *5. konference stavebněhistorického průzkumu*: *Svorník 5/2007*. Praha: Sdružení pro stavebněhistorický průzkum, 2007, s. 355–364. ISBN 978-80-86562-09-4.

[86] CAMPANARO, Danilo Marco, Giacomo LANDESCHI, Nicoló DELL'UNTO a Anne-Marie LEANDER TOUATI. 3D GIS for cultural heritage restoration: A 'white box' workflow. *Journal of Cultural Heritage* [online]. 2016, **18**, 321–332 [2017-01-03]. ISSN 12962074. DOI:10.1016/j.culher.2015.09.006

[87] MALINA, Ondřej. Poznámky k možnostem 3D rekonstrukcí v archeologii. In: Jiří MACHÁČEK, ed. *Počítačová podpora v archeologii II* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2008, s. 307–313. ISBN 978-80-254-1781-2. URL:https://is.muni.cz/el/1421/jaro2010/PAPVA_11/um/Pocitacova_podpora_v_Archeologii_II.pdf

[88] ZIKMUNDOVÁ, Monika. *BIM v památkové praxi, možnosti a výzvy - kvalitativní výzkum současného stavu* [online]. Praha, 2017 [2017-09-25]. Bakalářská práce. Katedra geomatiky, Fakulta stavební, ČVUT v Praze. URL: https://dspace.cvut.cz/handle/10467/68752

[89] WIKIPEDIA. *Databáze* [online]. 2021 [2022-01-02]. URL: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Datab%C3%A1ze&oldid=20545502

[90] WIKIPEDIA. *Systém řízení báze dat* [online]. 2021 [2022-01-02]. URL: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Syst%C3%A9m_%C5%99%C3%ADzen%C3%AD_b%C3%A1ze_dat&oldid=20038914

[91] WIKIPEDIA. *Informační systém* [online]. 2021 [2022-01-06]. URL: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Informa%C4%8Dn%C3%AD_syst%C3%A9m&oldid=20653265

[92] WIKIPEDIA. *Souborový systém* [online]. 2021 [2022-01-02]. URL: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Souborov%C3%BD_syst%C3%A9m&oldid=20625382

[93] NÁRODNÍ PAMÁTKOVÝ ÚSTAV. *Informační systém o archeologických datech* [online]. 2022 [2022-01-06]. URL: http://isad.npu.cz/

[94] ARCHEOLOGICKÝ ÚSTAV AV ČR. *Praha archeologická: Integrovaný informační systém archeologických pramenů Prahy* [online]. 2018 [2018-05-17]. URL: http://praha-archeologicka.cz/

[95] HRDLIČKA, Ladislav. *Praha. Databáze podrobné mapy archeologických dokumentačních bodů na území Pražské památkové rezervace (Aktualizace k 31. 12. 2005)* [online]. Praha: Archeologický ústav AV ČR, 2009. ISBN 978-80-87365-19-9. URL: http://praha-archeologicka.cz/files/databaze-madb.pdf

[96] SYROVÁ, Zuzana a Jiří SYROVÝ. Zpracování odborných GIS dat v podrobnostech zaměření jednotlivých objektů 1:200 – 1:25. *Zprávy památkové péče* [online]. 2014, **74**(5), 407–410. ISSN 1210-5538. URL: http://sy-sy.synology.me/PDFs/ZPP_05_2014_07.pdf#pagemode=bookmarks&page=1

[97] SYROVÁ, Zuzana a Šimon EISMANN. Geografické informační systémy v Národním památkovém ústavu. *aRCREVUE 2/2013* [online]. 2013, **22**(2), 11–16. ISSN 1211-2135.

URL: http://download.arcdata.cz/ArcRevue/2013/arcrevue__2__2013#pagemode=bookmarks&page=13

[98] SYROVÁ, Zuzana, Jiří SYROVÝ a Alena ŠŤOVÍČKOVÁ. Oborový informační systém památkové péče v kontextu národních a mezinárodních snah o zajištění interoperability. *Zprávy památkové péče* [online]. 2014, **74**(5), 51–56. ISSN 1210-5538. URL: http://sy-sy.synology.me/PDFs/ZPP__05__2014__08.pdf#pagemode=bookmarks&page=1

[99] WIKIPEDIA. *Computer-aided design* [online]. 2018 [2018-03-29]. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Computer-aided__design&oldid=832315754

[100] AUTODESK. *Autodesk: Software pro 3D navrhování, projektování a zábavu* [online]. 2021 [2022-01-02]. URL: http://www.autodesk.cz/

[101] AUTODESK. *Autodesk Knowledge Network* [online]. 2022 [2022-01-02]. URL: https://knowledge.autodesk.com/

[102] BENTLEY SYSTEMS. *Bentley: Infrastruktura a stavebnictví: 3D, CAD, BIM* [online]. 2021 [2022-01-02]. URL: https://www.bentley.com/cs

[103] TRIMBLE. SketchUp Pro Software: Create 3D Model Online. *SketchUp* [online]. 2020 [2021-11-06]. URL: https://www.sketchup.com/products/sketchup-pro

[104] WIKIPEDIA. *DWG* [online]. 2021 [2022-01-02]. URL: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=DWG&oldid=15573830

[105] WIKIPEDIA. *DXF* [online]. 2021 [2022-01-02]. URL: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=DXF&oldid=14234308

[106] WIKIPEDIA. *DGN* [online]. 2022 [2022-01-02]. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=DGN&oldid=825284225

[107] VAN NEDERVEEN, G.A. a F.P. TOLMAN. Modelling multiple views on buildings. *Automation in Construction* [online]. 1992, **1**(3), 215–224 [2018-03-27]. ISSN 09265805. DOI:10.1016/0926-5805(92)90014-B

[108] WIKIPEDIA. *Building information modeling* [online]. 2018 [2018-03-27]. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Building__information__modeling&oldid=831844493

[109] MATĚJKA, Petr. *Rizika související s implementací Informačního modelování budov (BIM)* [online]. Praha, 2017 [2017-10-23]. Disertační práce. Katedra ekonomiky a řízení stavebnictví, Fakulta stavební, ČVUT v Praze. URL: http://www.mapetejka.cz/publikace/

[110] BIME INITIATIVE. *BIM Dictionary* [online]. 2019 [2019-10-14]. URL: https://bimdictionary.com/

[111] MURPHY, Maurice, Eugene MCGOVERN a Sara PAVIA. Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* [online]. 2013, **76**, 89–102 [2016-12-15]. ISSN 09242716. DOI:10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006

[112] POUX, Florent, Roland BILLEN, Jean-Paul KASPRZYK, Pierre-Henri LEFEBVRE a Pierre HALLOT. A Built Heritage Information System Based on Point Cloud Data: HIS-PC. *ISPRS International Journal of Geo-Information* [online]. 2020, **9**(10), 588 [2021-10-12]. ISSN 2220-9964. DOI:10.3390/ijgi9100588

[113] DOMÍNGUEZ-RUÍZ, Victoria, Julia REY-PÉREZ a Gloria RIVERO-LAMELA. Contribution to the Knowledge of Cultural Heritage via a Heritage Information System (HIS). The Case of "La Cultura del Agua" in Valverde de Burguillos, Badajoz (Spain). *Sustainability* [online]. 2020, **12**(3), 1141 [2021-10-26]. ISSN 2071-1050. DOI:10.3390/su12031141

[114] DISPENZA, Kristin. *The Daily Life of Building Information Modeling (BIM)* [online]. erven 2010 [2018-03-28]. URL: http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim

[115] GRAPHISOFT. *Graphisoft: Building Together* [online]. 2022 [2022-01-09]. URL: https://graphisoft.com/

[116] CEGRA. Cegra. *Cegra* [online]. 2022 [2022-01-09]. URL: https://www.cegra.cz/

[117] WIKIPEDIA. *Industry Foundation Classes* [online]. 2022 [2022-01-09]. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Industry_Foundation_Classes&oldid=1063797366

[118] BUILDINGSMART INTERNATIONAL. buildingSMART Technical. *buildingSMART Technical* [online]. 2021 [2022-01-09]. URL: https://technical.buildingsmart.org/

[119] POLOPRUTSKÝ, Zdeněk. PARAMETRIC MODELLING FOR HBIM: DESIGN OF WINDOW LIBRARY FOR RURAL BUILDING. *Stavební obzor - Civil Engineering Journal* [online]. 2019, **28**(4), 620–630 [2020-11-30]. ISSN 18052576. DOI:10.14311/CEJ.2019.04.0052

[120] BASSIER, M., M. VERGAUWEN a B. VAN GENECHTEN. STANDALONE TERRESTRIAL LASER SCANNING FOR EFFICIENTLY CAPTURING AEC BUILDINGS FOR AS-BUILT BIM. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2016, **III–6**, 49–55 [2016-07-15]. ISSN 2194-9050. DOI:10.5194/isprs-annals-III-6-49-2016

[121] LEICA BLK. *How to Create a 3D Revit Model from a Laser Scan (FULL LENGTH TUTORIAL)* [online]. 2020 [2021-10-21]. URL: https://www.youtube.com/watch?v=hx6BK3sRLrk

[122] CURRÀ, Edoardo, Alessandro D'AMICO a Marco ANGELOSANTI. Representation and knowledge of historic construction: HBIM for structural use in the case of Villa Palma-Guazzaroni in Terni. *Rivista Tema* [online]. 2021, **Vol. 7**(N. 1 (2021)) [2021-12-04]. ISSN 2421-4574. DOI:10.30682/tema0701b

[123] WIKIPEDIA. *Geographic information system* [online]. 2022 [2022-01-09]. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Geographic_information_system&oldid=828311672

[124] WIKIPEDIA. *Historical geographic information system* [online]. 2021 [2022-01-09]. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Historical_geographic_information_system&oldid=823424023

[125] ESRI. *Esri: GIS Mapping Software, Location Intelligence & Spatial Analytics* [online]. 2022 [2022-01-09]. URL: https://www.esri.com/en-us/home

[126] QGIS: A Free and Open Source Geographic Information System. *Welcome to the QGIS project!* [online]. 9. leden 2022 [2022-01-09]. URL: http://www.qgis.org/en/site/

[127] GRASS DEVELOPMENT TEAM. *GRASS GIS: Bringing advanced geospatial technologies to the world* [online]. 2022 [2022-01-09]. URL: https://grass.osgeo.org/

[128] ZLATANOVA, S., J. STOTER a U. ISIKDAG. Standards for Exchange and Storage of 3D Information: Challenges and Opportunities for Emergency Response. In: *4th International Conference on Cartography & GIS*: *Proceedings of the 4th International Conference on Cartography & GIS* [online]. Albena (Bulgaria): International Cartographic Association, 2012, s. 17–28 [2018-05-16]. URL: http://resolver.tudelft.nl/uuid:a7d1e4a4-3155-43ce-81d4-6ad6cfc26617

[129] TOBIÁŠ, Pavel. *Využití BIM a GIS nástrojů pro informační modelování historických budov* [online]. Praha, 2021. Disertační práce. Katedra geomatiky, Fakulta stavební, ČVUT v Praze. URL: http://hdl.handle.net/10467/98214

[130] CIGNONI, Paolo, Marco CALLIERI, Massimiliano CORSINI, Matteo DELLEPIANE, Fabio GANOVELLI a Guido RANZUGLIA. MeshLab: an Open-Source Mesh Processing Tool. In: Vittorio SCARANO, Rosario DE CHIARA a Ugo ERRA, ed. *Eurographics Italian Chapter Conference* [online]. B.m.: The Eurographics Association, 2008. ISBN 978-3-905673-68-5. DOI:10.2312/LocalChapterEvents/ItalChap/ItalianChapConf2008/129-136

[131] WIKIPEDIA. *Portable Document Format* [online]. 2022 [2022-01-15]. URL: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Portable_Document_Format&oldid=20815061

[132] ŠKABRADA, Jiří. *Konstrukce historických staveb*. Praha: Argo, 2003. ISBN 978-80-7203-548-7.

[133] BRUMANA, Raffaella, Daniela ORENI, Anna RAIMONDI, Andreas GEORGOPOULOS a Angeliki BREGIANNI. From survey to HBIM for documentation, dissemination and management of built heritage: The case study of St. Maria in Scaria d'Intelvi. In: *2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)*: *2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)* [online]. Marseille, France: IEEE, 2013, s. 497–504 [2022-01-16]. ISBN 978-1-4799-3170-5. DOI:10.1109/DigitalHeritage.2013.6743789

[134] HAUSEROVÁ, Milena a Michael RYKL. Die Häuser Nr. 150, 151, 153/I in der Prager Altstadt. In: Ulrich KLEIN a Albrecht STURM, ed. *Wandel im Wohnbau zwischen Gotik und Barock: die sächsisch-böhmische Entwicklung im überregionalen Vergleich*. Marburg: Jonas Verlag, 2011, Jahrbuch für Hausforschung, Band 53, s. 109–137. ISBN 978-3-89445-390-9.

[135] BAIK, A., A. ALITANY, J. BOEHM a S. ROBSON. Jeddah Historical Building Information Modelling „JHBIM" - Object Library. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2014, **II–5**, 41–47 [2016-12-27]. ISSN 2194-9050. DOI:10.5194/isprsannals-II-5-41-2014

[136] DORE, C. a M. MURPHY. SEMI-AUTOMATIC MODELLING OF BUILDING FAÇADES WITH SHAPE GRAMMARS USING HISTORIC BUILDING INFORMATION MODELLING. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2013, **XL-5/W1**, 57–64 [2022-01-23]. ISSN 2194-9034. DOI:10.5194/isprsarchives-XL-5-W1-57-2013

[137] HUO, Pengpeng, Miaole HOU, Youqiang DONG, Aiqun LI, Yuhang JI a Songnian LI. A Method for 3D Reconstruction of the Ming and Qing Official-Style Roof Using a Decorative Components Template Library. *ISPRS International Journal of Geo-Information* [online]. 2020, **9**(10), 570 [2021-06-08]. ISSN 2220-9964. DOI:10.3390/ijgi9100570

[138] ŠTÍCHOVÁ, Růžena. *Geometrie v architektuře Santiniho-Aichla* [online]. Praha, 2008. Diplomová práce. Katedra didaktiky matematiky, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze. URL: http://kdm.karlin.mff.cuni.cz/diplomky/ruzena_stichova/geom_v_arch_santiniho.pdf

[139] ORENI, D., R. BRUMANA, S. DELLA TORRE, F. BANFI, L BARAZZETTI a M. PREVITALI. Survey turned into HBIM: the restoration and the work involved concerning the Basilica di Collemaggio after the earthquake (L'Aquila). *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2014, **II–5**, 267–273 [2016-12-27]. ISSN 2194-9050. DOI:10.5194/isprsannals-II-5-267-2014

[140] ORENI, D., R. BRUMANA, A. GEORGOPOULOS a B. CUCA. HBIM FOR CONSERVATION AND MANAGEMENT OF BUILT HERITAGE: TOWARDS A LIBRARY OF VAULTS AND WOODEN BEAN FLOORS. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2013, **II-5/W1**, 215–221 [2016-12-15]. ISSN 2194-9050. DOI:10.5194/isprsannals-II-5-W1-215-2013

[141] BIMOBJECT. BIMobject: BIM objects - Free to download! Revit families & BIM content. *BIMobject®* [online]. 2022 [2022-01-24]. URL: https://www.bimobject.com/en

[142] WAVIN CZECHIA. Legislativní rámec BIM v České republice nabírá zpoždění. *TZB-info* [online]. 8. listopad 2021 [2021-11-09]. URL: https://www.tzb-info.cz/bim-informacni-model-budovy/23046-legislativni-ramec-bim-v-ceske-republice-nabira-zpozdeni

[143] BALKAN ARCHITECT. *Roof Construction Elements in Revit Tutorial* [online]. 2021 [2022-02-03]. URL: https://www.youtube.com/watch?v=iFtTF92NvDY

[144] BALKAN ARCHITECT. *Truss in Revit Tutorial* [online]. 2020 [2022-02-03]. URL: https://www.youtube.com/watch?v=8M86ODLnuwA

[145] SOONWALD, E. S., A. E. WOJNAROWSKI, S. G. TIKHONOV, O. V. ARTEMEVA a S. V. TYURIN. BUILDING INFORMATION MODELING APPLIED TO THE INDUSTRIAL ARCHITECTURAL

MONUMENTS CASE STUDY OF SAINT PETERSBURG. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2019, **XLII-5/W2**, 59–63 [2019-09-29]. ISSN 2194-9034. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-5-W2-59-2019

[146] DRAHOTUSKÝ, Jiří. Autodesk Revit - Tipy pro zlepšení výkonu. *Revit 3D blog* [online]. 27. červen 2018 [2020-05-27]. URL: https://www.revit3dblog.cz/autodesk-revit-tipy-pro-zlepseni-vykonu/

[147] JOSEPH KIM. *How to Export from Revit to Import in SketchUp* [online]. 2019 [2021-11-16]. URL: https://www.youtube.com/watch?v=96QdQKuLfo4

[148] *ZÁKON ze dne 19. dubna 2016 o zadávání veřejných zakázek* [online]. 19. duben 2016. URL: https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/

[149] ČESKÁ KOMORA ARCHITEKTŮ. ČKA K POVINNOSTI PROJEKTOVÁNÍ V BIM VE VEŘEJNÝCH ZAKÁZKÁCH. *Česká komora architektů* [online]. 15. říjen 2020 [2021-06-15]. URL: https://www.cka.cz/cs/svet-architektury/novinky/cka-k-povinnosti-projektovani-v-bim-ve-verejnych-zakazkach

Seznam obrázků

Obr. 2.1: Ukázka grafického vyhodnocení stavebního vývoje (barevné provedení) v elaborátu SHP [5] ... 19

Obr. 2.2: Ukázka záznamu nálezové situace (nálezové karty) v nálezové zprávě OPD (ve II. fázi SHP) [19] ... 23

Obr. 2.3: Ukázka dílčí části inventarizační karty pro dveře [7] ... 25

Obr. 2.4: Přehled typů plošného průzkumu lidové architektury a venkovských sídel [9] ... 27

Obr. 2.5: Ukázka mapy stavebněhistorického vyhodnocení sídla v měřítku 1 : 1000 – barevné zpracování zakreslené do DKM [9] ... 28

Obr. 2.6: Vzájemné vztahy mezi SHP, metodami pro sběr dat, datovými sadami a geoinformačními technologiemi ... 32

Obr. 3.1: Ukázka stupňované podrobnosti 3D modelu stavebního prvku podle GRADE [48] ... 40

Obr. 3.2: Ukázka 3D modelu stejného stavebního prvku v několika stupních GRADE – Course (LOD2), Medium (LOD3) a Fine (LOD4-LOD5) [37, 49] ... 40

Obr. 3.3: Reprezentace stejné budovy v LOD0 – LOD3 [52] ... 42

Obr. 3.4: Ukázky reprezentace budovy: exteriér a interiér v LOD0 (vlevo), exteriér a místnosti v LOD2 (uprostřed), exteriér v LOD2 s otvory v LOD1 [53] ... 43

Obr. 3.5: Ukázka analýzy výhledu z hradní věže na základě stínovaného DMT – Hrad Trutz Eltz (Porýní-Falcko, Německo) [33] ... 50

Obr. 3.6: Ukázka analýzy sítě historických cest na základě stínovaného DMR; bez měřítka [22] ... 50

Obr. 3.7: Ukázka 3D pohledu na DMT úseku historického údolí Vltavy, na georeferencovaném podkladu archivních map s vyznačením zátopové čáry; bez měřítka [82] ... 50

Obr. 3.8: Ukázka vizualizace NS pomocí ortofotomozaiky (vlevo) a DMP (vpravo) – stínování, barevná hypsometrie; bez měřítka ... 51

Obr. 3.9: Ukázka vizualizace NS pomocí ortofotomozaiky (nahoře) a DMP (dole) – barevná hypsometrie, vrstevnice; bez měřítka. ... 52

Obr. 3.10: Ukázka půdorysného výkresu – podklad pro SHP ... 53

Obr. 3.11: Ukázka výstupu SHP – analýza stavebního vývoje se zákresem NS v půdorysu ... 54

Obr. 3.12: Ukázka výstupu SHP – analýza stavebního vývoje se zákresem NS ve fotoplánu ... 54

Obr. 3.13: Ukázky mračen bodů určených selektivně (totální stanice, vlevo) a neselektivně (TLS, vpravo) – podklady půdorysného výkresu; zámek Brtnice – zámecká kuchyně (okres Jihlava) ... 56

Obr. 3.14: Ukázky selekce průniku horizontálních řezových rovin mračnem bodů – podklady půdorysného výkresu; zámek Brtnice – zámecká kuchyně (okres Jihlava) 56

Obr. 3.15: Ukázka svislého řezu mračnem bodů – podklad pro analýzu stavebních konstrukcí; Hrad a zámek Jindřichův Hradec – interiér kuchyně Menhartka; bez měřítka [57] 57

Obr. 3.16: Ukázka analýzy stavebních konstrukcí – axonometrický řez 3D modelem s odkazy na jednotlivé konstrukce; Hrad a zámek Jindřichův Hradec – interiér kuchyně Menhartka [57] 57

Obr. 3.17: Ukázka drátového 3D modelu – digitální 3D rekonstrukce zaniklé vesnické usedlosti, Zbožice čp. 2 (okr. Havlíčkův Brod); bez měřítka, stodola naznačena hmotově – nedostupné podklady 58

Obr. 3.18: Ukázka texturovaného síťovaného 3D modelu drobné sakrální stavby – kostel Narození Panny Marie, Holubice (okr. Praha-západ) 58

Obr. 3.19: Ukázka síťovaného 3D modelu opatřeného specializovanou texturou znázorňující hloubkou členitost stěn; bez měřítka, podle [86] 59

Obr. 3.20: Ukázka 3D modelu stejného stavebního prvku v několika stupních podrobnosti GRADE – Course (LOD2), Medium (LOD3) a Fine (LOD4-LOD5); srovnání Obr. 3.2 (nahoře) a jeho korekce (dole) 62

Obr. 4.1: Definice zkratky BIM podle [51] 70

Obr. 4.2: BIM v životním cyklu projektu [114] 70

Obr. 4.3: Příklady vztahů BIM – nástrojů (NX), platforem (PX) a prostředí [109] 71

Obr. 5.1: Ukázka analýzy stavebního vývoje s vyžitím procesu HBIM; kostel Sv. Marie (Scaria, Itálie) [133] 79

Obr. 5.2: Ukázka analýzy časové posloupnosti stavebních prací na základě vícerozměrných dat; Karlova ulice, čp. 150, 151 a 153 (Praha) [134] 80

Obr. 5.3: Doporučené použití sdílených souřadnic v aplikaci Revit (podle [101]) 82

Obr. 5.4: Informace o projektu v aplikaci Revit – zadány podle elaborátu SHP [19] 85

Obr. 5.5: Fázování projektu v aplikaci Revit (podle elaborátu SHP [19]) 85

Obr. 5.6: Ukázka výškového členění modelované stavby v procesu HBIM 86

Obr. 5.7: Ukázka identifikačních dat u komponent na místě (vlevo) a načítatelné rodiny (vpravo) 90

Obr. 5.8: Ukázka sporné interpretační situace (žlutý rámeček) – zákres v půdorysném plánu (vlevo) vs. zobrazení v modelu (vpravo) 92

Obr. 5.9: Ukázka modelu vícevrstvé stěny (podle [101]) 92

Obr. 5.10: Ukázka modelu vícevrstvé podlahy (podle [101]) 93

Obr. 5.11: Ukázka pohledového trámového stropu se záklopem – varianta s neprůhledným (vlevo) a průhledným (vpravo) záklopem 94

Obr. 5.12: Ukázka pohledového trámového stropu se záklopem upraveného v BIModelu pro potřeby SHP 94

Obr. 5.13: Ukázky založení podlah na nosných stropech nad klenutými podhledy; Karlova ulice, čp. 150, 151 a 153 (Praha) [134] 95

Obr. 5.14: Ukázky křížových kleneb upravených v BIModelu pro potřeby SHP 98

Obr. 5.15: Ukázka rodin dveří vytvořených v aplikaci Revit pro BIModel vybrané části Domu u Kutovců 99

Obr. 5.16: Ukázka rodin oken vytvořených v aplikaci Revit pro BIModel vybrané části Domu u Kutovců 99

Obr. 5.17: Ukázka importu rastrového půdorysného výkresu krovu do 2D pohledu v BIModelu, Náklo čp. 27 (okr. Olomouc) 101

Obr. 5.18: Ukázka importu rastrového příčného řezu stavbou (včetně krovu) do 2D pohledu v BIModelu, Náklo čp. 27 (okr. Olomouc) 101

Obr. 5.19: Ukázka importu rastrového podélného řezu stavbou (včetně krovu) do 2D pohledu v BIModelu, Náklo čp. 27 (okr. Olomouc) 101

Obr. 5.20: Ukázka tří funkcí pro tvorbu střech v aplikaci Revit (podle [101]) 101

Obr. 5.21: Ukázka BIModelu – digitální 3D rekonstrukce bývalého zájezdního hostince, Kostelec nad Vltavou čp. 23 (okr. Písek); bez měřítka 102

Obr. 5.22: Ukázky reprezentace DMT (vlevo) a tvorby DMT (vpravo) v aplikaci Revit (podle [101]) 102

Obr. 5.23: Ukázky práce s ořezovým kvádrem v 3D pohledu pro aplikaci Revit (podle [101]) 103

Obr. 5.24: Ukázka BIModelu – vizualizace zkoumané části Domu u Kutovců, Havelská čp. 510/5, Praha 1 - Staré Město včetně návaznosti na zbývající (šedé) části (podle [19]); bez měřítka, izometrický pohled od a jihu 105

Obr. 5.25: Ukázka BIModelu – vizualizace 1. patra Domu u Kutovců, Havelská čp. 510/5, Praha 1 - Staré Město (podle [19]); bez měřítka, izometrické pohledy od severu (nahoře) a jihu (dole) 106

Obr. A.1: Ukázka grafického vyhodnocení stavebního vývoje (černobílé provedení) v elaborátu SHP [5] 128

Obr. A.2: Ukázka památkového hodnocení v elaborátu SHP [5] 129

Obr. A.3: Ukázka doplňujících informací v elaborátu SHP [5] 130

Obr. A.4: Ukázka adresářové struktury pro projekt BIM [48] 131

Obr. A.5: Ukázka rozdělení kleneb podle jejich geometrie [138] 132

Seznam tabulek

Tab. 3.1: Poměry délek a souřadnicové odchylky měřické sítě podle tloušťky čáry a měřítka 38

Tab. 4.1: Vícerozměrné modelování ve vztahu k SHP 72

Tab. 5.1: Typologie konstrukcí historických staveb s návrhem datových vrstev pro 3D model modelované stavby (na základě [129]) 78

Tab. 5.2: Vybrané příklady knihoven vytvořených a používaných pro HBIM (podle [134], upraveno a doplněno) 89

Seznam příloh

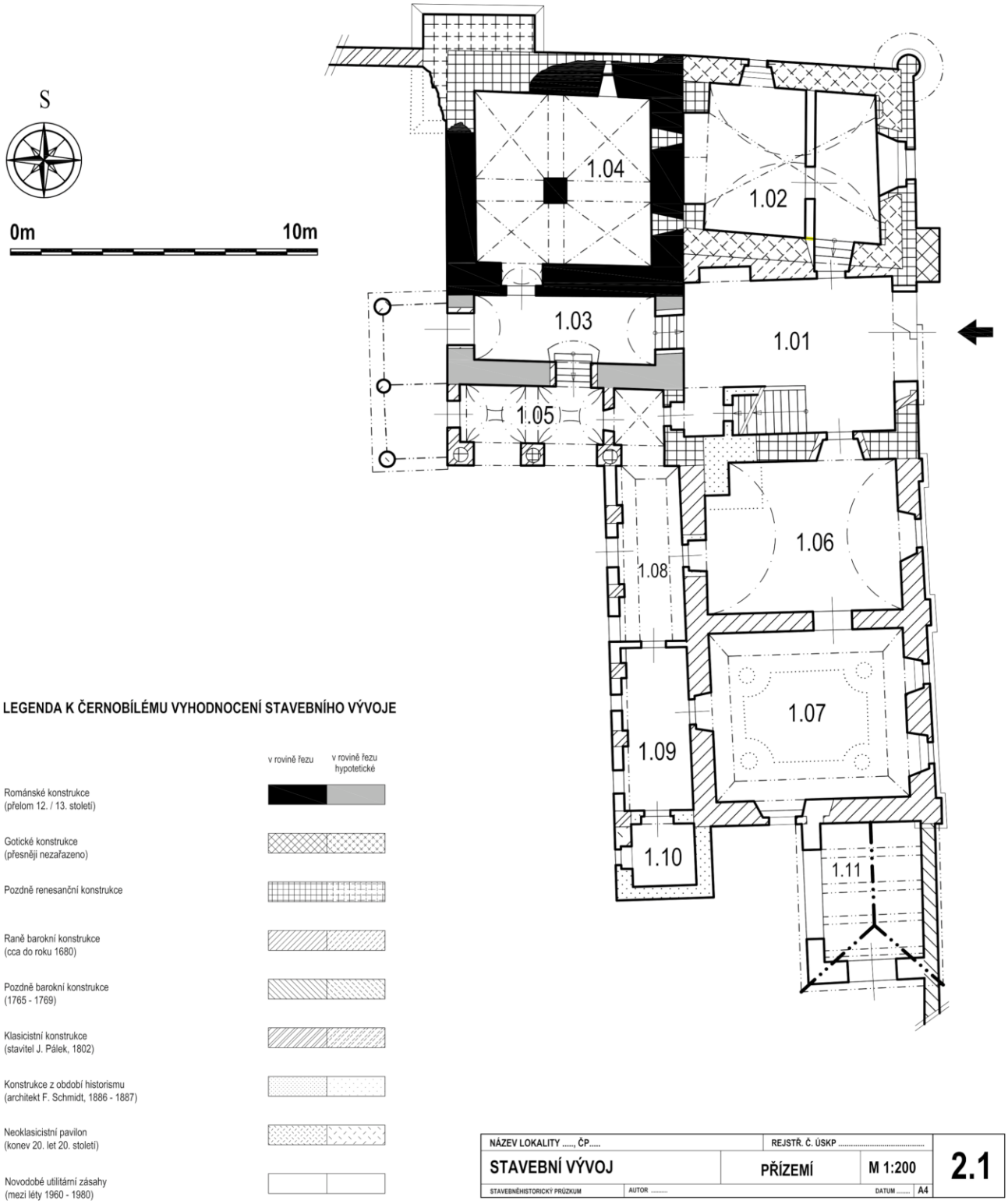
Příloha 1: Další ukázky grafického vyhodnocení SHP

Příloha 2: Ukázka řešení adresářové struktury pro archivaci dat

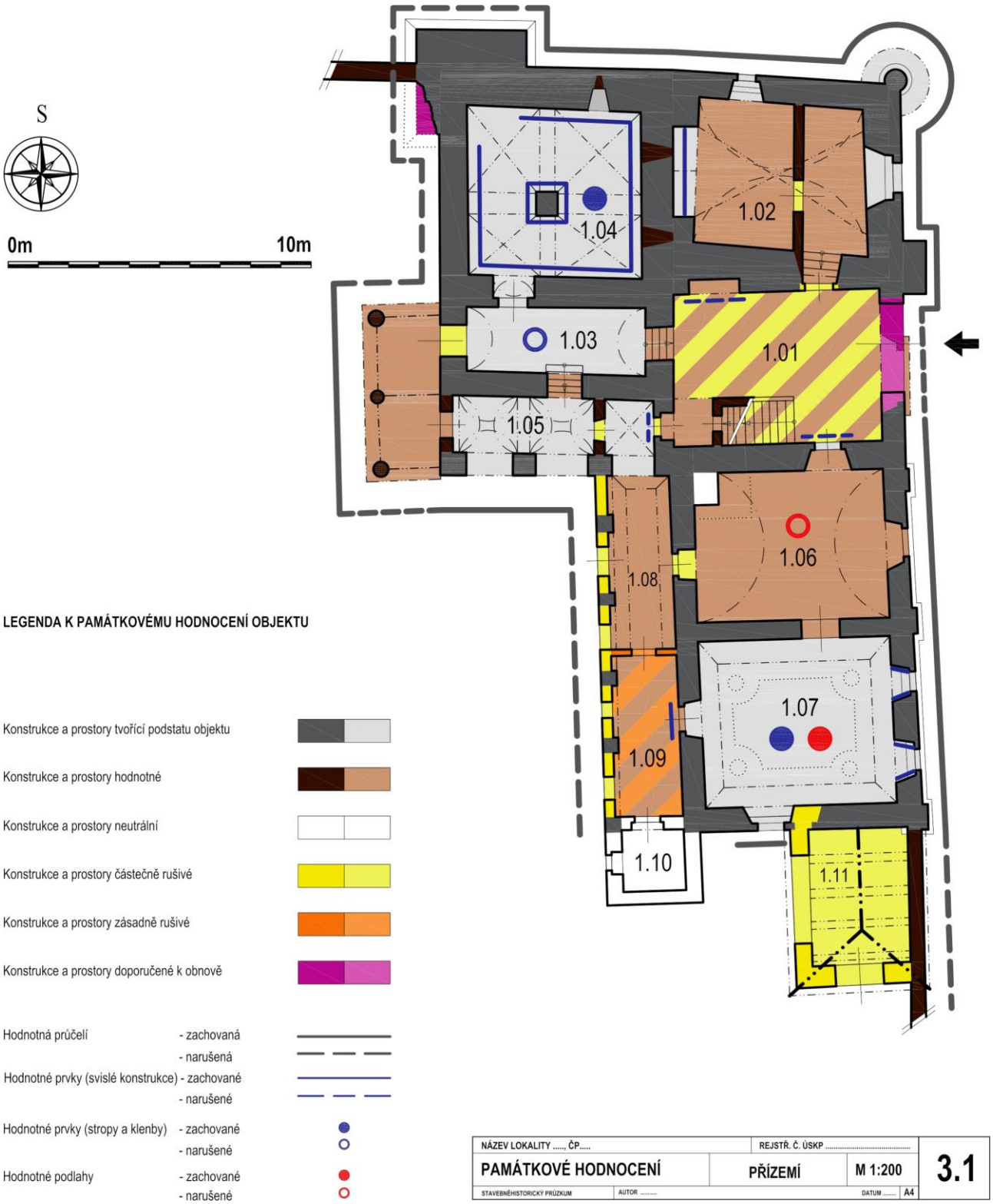
Příloha 3: Rozdělení kleneb

Příloha 4: Seznam příloh na CD

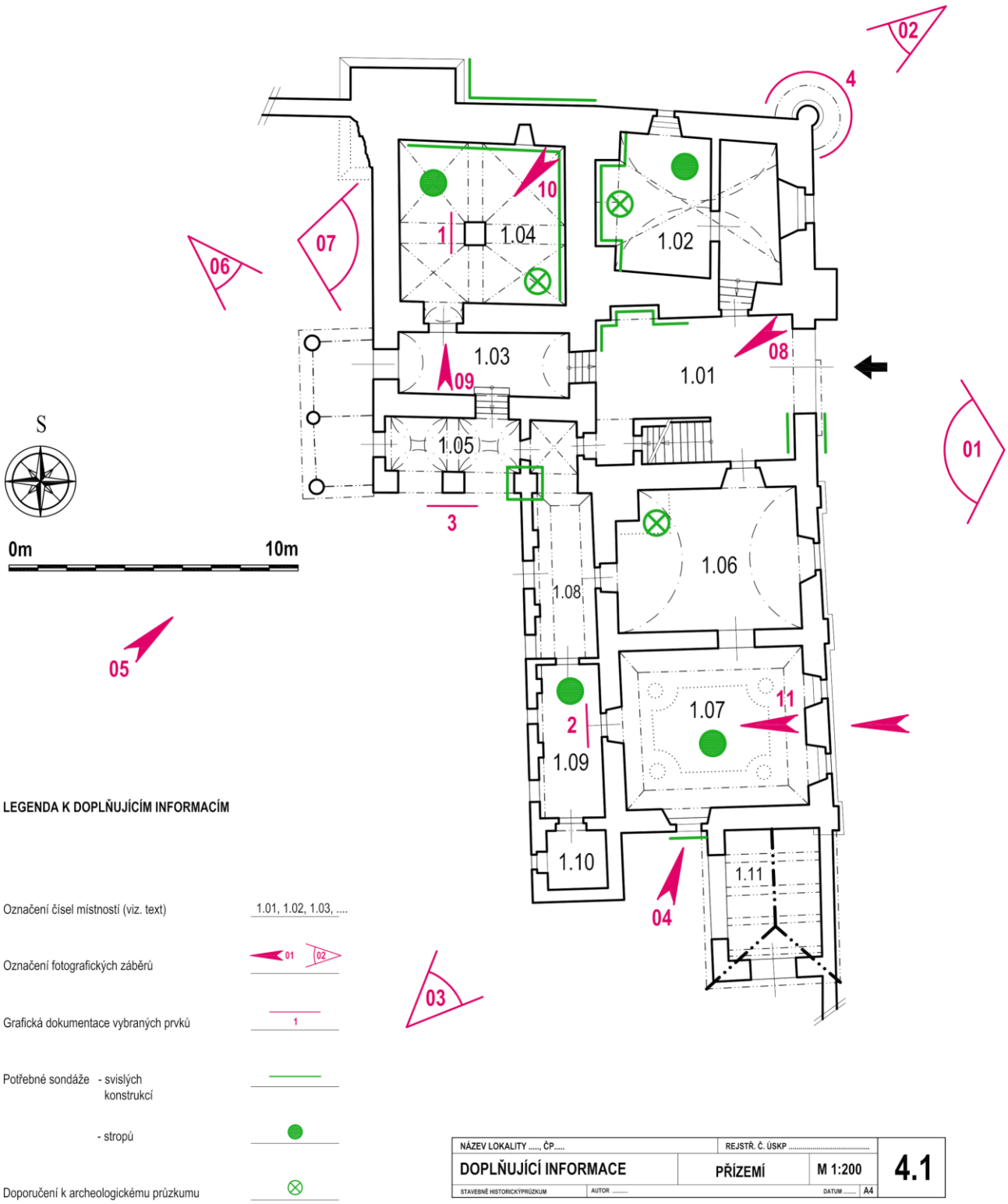
Příloha 1: Další ukázky grafického vyhodnocení SHP



Obr. A.1: Ukázka grafického vyhodnocení stavebního vývoje (černobílé provedení) v elaborátu SHP [5]



Obr. A.2: Ukázka památkového hodnocení v elaborátu SHP [5]



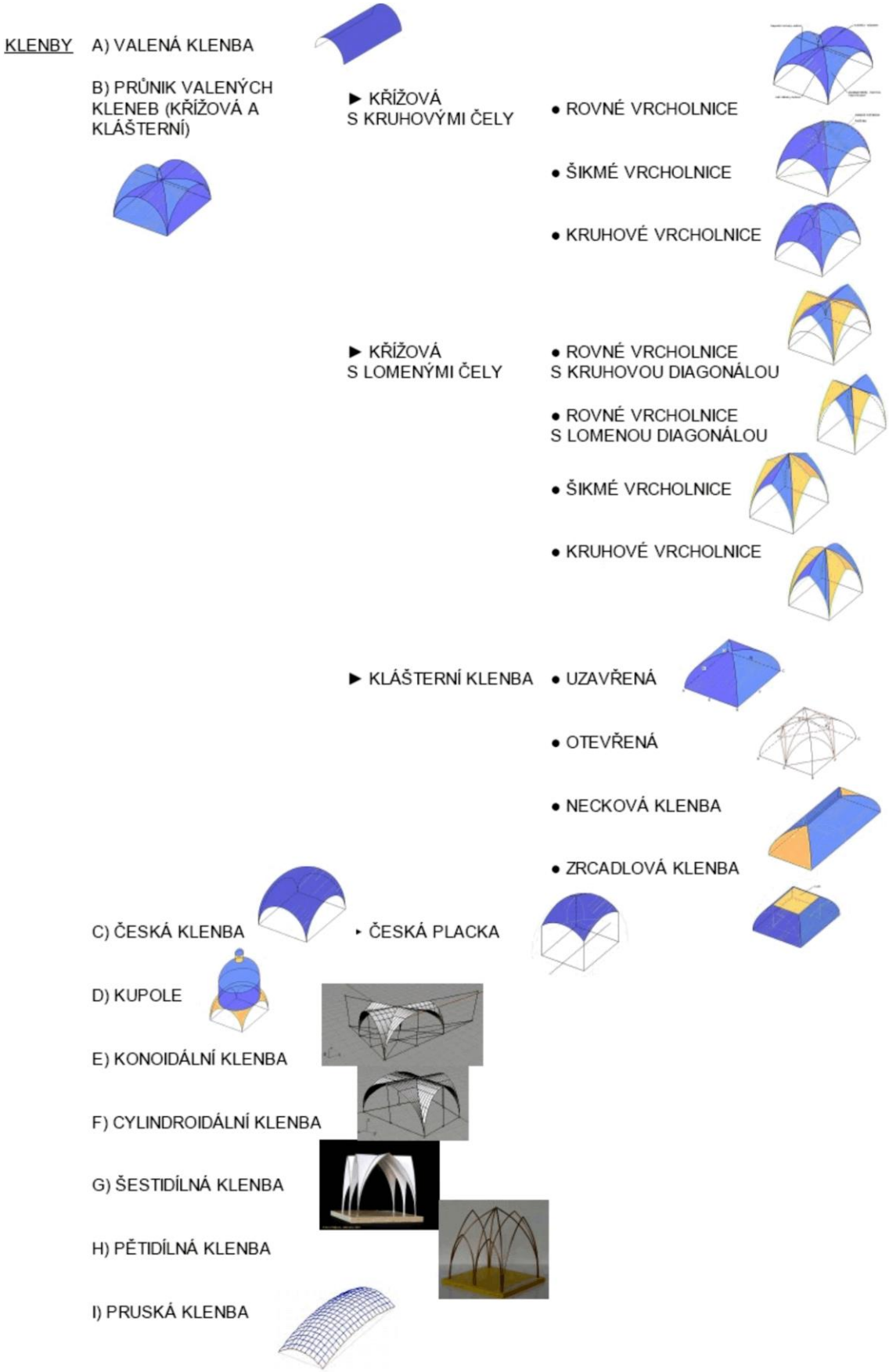
Obr. A.3: Ukázka doplňujících informací v elaborátu SHP [5]

Příloha 2: Ukázka řešení adresářové struktury pro archivaci dat

- [Project Folder]	
- BIM	[BIM data repository]
- **01-WIP**	**[WIP data repository]**
- CAD	[CAD files (incl. 'Modified')]
- BIM	[Design models (incl. 'Modified')]
- SheetFiles	[Sheet/dwg files]
- Export	[Export data e.g. IFC or images]
- Families	[Components created during this project]
- WIP_TSA	[WIP Temporary Shared Area (TSA)]
- **02-Shared**	**[Verified Shared data]**
- CAD	[CAD data/output files]
- BIM	[Design models]
- CoordModels	[Compilation models]
- **03-Published**	[Published Data]
+ YYYYMMDD-Description	[Sample submission folder]
+ YYYYMMDD-Description	[Sample submission folder]
- **04-Archived**	**[Archived Data repository]**
+ YYMMDD-Description	[Archive folder]
+ YYMMDD-Description	[Archive folder]
- **05-Incoming**	**[Incoming Data repository]**
- Source	[Data originator]
+ YYYYMMDD-Description	[Incoming folder]
+ Source	[Data originator]
- **06-Resource**	**[Project BIM Resources Library]**
+ Titleblocks	[Drawing borders/titleblocks]
+ Logos	[Project logos]
+ Standards	[Project standards]

Obr. A.4: Ukázka adresářové struktury pro projekt BIM [48]

Příloha 3: Rozdělení kleneb



Obr. A.5: Ukázka rozdělení kleneb podle jejich geometrie [138]

Příloha 4: Seznam příloh na CD

1. Text disertační práce ve formátu PDF: poloprutsky__zdenek__2022__disertace.pdf
2. Teze k disertační práci ve formátu PDF: poloprutsky__zdenek__2022__teze.pdf
3. Poster ve formátu PDF: poloprutsky__zdenek__2022__poster.pdf