

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD  
KATEDRA GEOMATIKY

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**KONCEPT BIM PRO HISTORICKOU BUDOVU**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd  
Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Eva PODZIMKOVÁ**  
Osobní číslo: **A20N0002P**  
Studijní program: **N3602 Geomatika**  
Studijní obor: **Geomatika**  
Téma práce: **Koncept BIM pro historickou budovu**  
Zadávací katedra: **Katedra geomatiky**

## Zásady pro vypracování

1. Rešerše zdrojů týkajících se konceptu BIM a jeho historicko-kulturního přesahu
2. Rozšíření datového modelu BIM pro historicky hodnotné budovy
3. Příklad užití HBIM na vybraném příkladě historické budovy

Rozsah diplomové práce: **cca 45 stran**  
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- SACKS, Rafael, EASTMAN, Chuck, LEE, Ghang, TEICHOLZ, Paul. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers. Third edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, ©2018. 688 s. ISBN 978-1-119-28753-7.
- ANTONOPOULOU, Sofia, BRYAN, Paul. BIM for Heritage: developing a Historic Building Information Model. Swindon: Historic England, 2017. 78 s. Product Code: HEAG154. Dostupné z: <https://historicengland.org.uk/images-books/publications/bim-for-heritage/heag-154-bim-for-heritage/>
- LOGOTHETIS, Sotiris, DELINASIΟΥ, A., STYLIANIDIS, Efstratios. Building Information Modelling for Cultural Heritage: A review. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2015, roč. II, č. 5, s. 177 –183. ISSN 2194-9042. DOI:10.5194/isprsannals-II-5-W3-177-2015
- TOBIÁŠ, Pavel. BIM, GIS and semantic models of cultural heritage buildings. Geoinformatics FCE CTU. Praha, 2016, 15(2), 27 –42. ISSN 1802-2669. DOI:10.14311/gi.15.2.3

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavel Hájek, Ph.D.**  
Katedra geomatiky

Datum zadání diplomové práce: **2. listopadu 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2022**



**Doc. Ing. Miloš Železný, Ph.D.**  
děkan



**Doc. Ing. Karel Janečka, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Plzni dne 2. listopadu 2021

### **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a následné obhajobě svou diplomovou práci zpracovanou na katedře geomatiky Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením vedoucího práce, za pomoci odborných konzultantů a odborné literatury a pramenů, jejichž zdroje jsou uvedeny v závěru práce.

V Plzni, dne 23. 5. 2022

Podpis: .....

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce, Ing. Pavlu Hájkovi, Ph.D., za ochotu a vstřícnost při konzultacích, za odborné vedení a cenné rady. Dále bych chtěla poděkovat odborníkům z Národního památkového ústavu za poskytnuté rady a potřebné materiály pro vypracování mé práce. V neposlední řadě patří díky mé rodině, která mě bezpodmínečně podporovala po celou dobu mého vysokoškolského studia.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zaměřuje na využití konceptu Building Information Management, pro historicky hodnotné budovy, označovaný jako Historic Building Information Management. Je provedeno rozšíření datového modelu pro BIM tak, aby byl lépe využitelný pro historické budovy, formou přidáním nových parametrů do informačního modelu budovy. Je vybrána zajímavá historicky hodnotná budova, pro kterou je provedena případová studie vypracovaného konceptu Historic Building Information Management. Primárním zdrojem dat pro tvorbu informačního modelu je zvolen stavebněhistorický průzkum. Nakonec jsou vytvořeny výstupy z informačního modelu historické budovy ve formě výkresů a výkazů.

**Klíčová slova:** BIM, HBIM, informační modelování staveb, správa informací historické budovy, stavebněhistorický průzkum, Revit, datový model, IFC, 4D informační model, budova.

## **Abstract**

This diploma thesis focuses on the use of the Building Information Management concept, for historically valuable buildings, referred to as Historic Building Information Management. An extension of the data model for BIM is made to make it more usable for historic buildings, in the form of adding new parameters to the building information. A historically valuable building of interest is selected for which a case study of the developed Historic Building Information Management concept is carried out. A building history survey is chosen as the primary data source for the development of the information model. Finally, the outputs of the historic building information model are produced in the form of drawings and reports.

**Keywords:** BIM, HBIM, Building Information Modelling, Historic Building Information Management, building history research, Revit, data model, IFC, 4D information model, building.

# Obsah

Seznam zkratk .....	9
Úvod.....	10
1 Charakteristika Building Information Management .....	12
1.1 Pojem Building Information Management.....	12
1.2 Historic Building Information Managment.....	15
1.3 Software pro práci s BIM.....	18
1.4 Komponenty a knihovny BIM .....	21
1.5 Vybrané projekty se zaměřením na HBIM .....	22
2 Návrh virtuálního modelu .....	25
2.1 Zdroje dat pro tvorbu informačního modelu budovy .....	25
2.1.1 Stavebněhistorický průzkum.....	25
2.1.2 Fotogrammetrie .....	26
2.1.3 Laserové skenování.....	28
2.2 Návrh tvorby virtuálního modelu historické budovy na základě SHP .....	29
3 Návrh datového modelu pro potřeby HBIM .....	31
3.1 Výměnné formáty pro BIM.....	31
3.1.1 Industry Foundation Classes .....	31
3.1.2 Construction Operations Building information exchange.....	33
3.1.3 CIMsteel Integration Standards.....	34
3.1.4 Building Information Model Extended Markup Language .....	35
3.2 Možnosti rozšíření datového modelu .....	36
3.2.1 Památkový geografický informační systém .....	36
3.2.2 Datový standard staveb .....	36
3.2.3 Mezinárodní klasifikační systém staveb .....	37
3.2.4 Tezaurus umění a architektury .....	38
3.2.5 Tezaurus archeologické terminologie .....	39

4	Případová studie .....	41
4.1	Zájmová historická budova .....	41
4.2	Virtuální model zájmové historické budovy .....	42
4.2.1	Příprava softwaru .....	43
4.2.2	Půdorys a podlaží budovy .....	43
4.2.3	Stěny.....	45
4.2.4	Okna .....	45
4.2.5	Dveře.....	47
4.2.6	Schodiště .....	47
4.2.7	Střechy .....	48
4.3	Informační model zájmové historické budovy.....	48
4.3.1	Místnosti.....	48
4.3.2	Architektonický sloh .....	52
4.3.3	Navázání na PaGIS .....	53
4.3.4	Navázání na klasifikátory a tezaury .....	56
5	Využití zpracovaného konceptu HBIM.....	62
5.1	Vizualizace stavebněhistorické analýzy z HBIM.....	64
5.2	Tabulky a výkazy z HBIM.....	68
6	Diskuze.....	70
	Závěr .....	74
	Seznam obrázků .....	76
	Seznam tabulek .....	78
	Citovaná literatura.....	79
	Příloha A: Grafické výstupy z informačního modelu zájmové budovy .....	85
	Příloha B: Výkazy zájmové budovy .....	93



# Seznam zkratek

AAT	Art & Architecture Thesaurus
AEC	Architecture, Engineering & Construction
AISC	American Institute of Steel Construction
BIM	Building Information Management
BIMXML	Building Information Model Extended Markup Language
B-Rep	Boundary Representation
CAD	Computer Aided Design
CCI	Construction Classification International
CCIC	Construction Classification International Collaboration
CIMsteel	Computer Integrated Manufacturing of Constructional Steelwork
CIS	CIMsteel Integration Standards
COBie	Construction Operations Building information exchange
CSG	Constructive Solid Geometry
DSS	Datový standard staveb
HBIM	Historic Building Information Management
IFC	Industry Foundation Classes
IISPP	Integrovaný informační systém památkové péče
ISAD	Informační systém o archeologických datech
ISO	International Organization for Standardization
LOD	Level of Development / Level of Detail
MIS	Metainformační systém
NBL	National BIM Library
NBS	National Building Specifications
NPÚ	Národní památkový ústav
PaGIS	Památkový geografický informační systém
RÚIAN	Registr územní identifikace, adres a nemovitostí
SCI	Service Civil International
SHP	Stavebněhistorický průzkum
TEATER	Tezaurus archeologické terminologie
UML	Unified Modeling Language
XML	eXtensible Markup Language
XSD	eXtensible Markup Language Schema Definition

# Úvod

Cílem této diplomové práce je využití konceptu Building Information Management, zkratkou BIM, pro historické budovy. Tento koncept je následně realizován případovou studií implementované na vybrané historické budově.

Pro správu a plánování rekonstrukcí historických budov je výrazně efektivnější mít veškeré informace o budově uloženy na jednom místě. Jelikož mohou být data rozdílná z pohledu zdroje, formátu i vnitřní struktury dat, je vhodné vytvořit informační systém, který se snaží unifikovat přístup k těmto různorodým informacím. U historických budov je možné se setkat s historickými dokumenty, většinou v papírové podobě nebo v digitální kopii, fotografiemi různých kvalit se stavebněhistorickými průzkumy a archeologickými výzkumy. Je tedy vhodné vytvořit komplexní informační systém umožňující správu různorodých informací o zájmovém objektu, kterým je například informační model budovy. Otázka času bývá zásadní, především pro historické budovy, a tak je obvykle informace o času přidávána do informačního modelu budovy jako čtvrtá dimenze.

V současné době je informační model budov hojně využíván, v některých státech se stal už i povinným standardem při plánování a stavbě nových budov. Byl navržen a je primárně využíván pro nově vznikající budovy. V posledních letech je už ale možné zahlédnout i snahy využití obdobného přístupu pro historické budovy. Jedná se zatím spíše o vědecké pokusy či případové studie, je ale klidně možné, že se informační modelování historických budov stane také časem využívaným standardem.

V rámci této práce je navržen jeden z přístupů využití informačního modelování budov pro historické budovy, dále označovaný jako koncept BIM pro historické budovy neboli koncept HBIM. Primárním zdrojem poznatků o zájmové historicko-kulturní budově je v této práci stavebněhistorický průzkum, který byl prostudován v archivu Národního památkového ústavu na pracovišti v Plzni.

V první kapitole této práce je provedena rešerše dostupných zdrojů týkajících se informačního modelování staveb s přesahem k historickým a kulturním památkám včetně prostudování případových studií a dalších projektů specializovaných na informační modelování historických budov. Dále jsou zde porovnány softwary vhodné pro informační modelování budov.

Druhá kapitola je zaměřena na návrh tvorby virtuálního modelu budovy, kdy jsou nejprve představeny dostupné zdroje dat a následně je navržen postup tvorby modelu na základě zvoleného zdroje dat.

V třetí kapitole je provedena rešerše výměnných formátů specializovaných na informační modely staveb. Dále je zde představen návrh na rozšíření datového modelu pro potřeby informačního modelování historických budov.

Ve čtvrté kapitole je popsána případová studie pro zpracovaný návrh konceptu využití informačního modelování pro historické budovy. Prvním krokem je volba vhodné zájmové budovy, pro kterou byl v posledních letech vytvořen stavebněhistorický průzkum. Obdobně jako u návrhů uvedených v kapitolách 2 a 3, je nejprve vytvořen virtuální model zájmové budovy, který je následně obohacen o sémantické informace do podoby informačního modelu zájmové budovy.

V páté kapitole je popsán export modelu do zvoleného výměnného formátu a jsou představeny možné výstupy informačního modelu historické budovy, kterými jsou mimo samotného informačního modelu vhodného nejen pro správu a plánování rekonstrukcí budovy také různé výkresy a tabulky.

Poslední šestá kapitola je pak věnována diskuzi nad vypracovaným konceptem a provedené případové studii.

# 1 Charakteristika Building Information Management

V rámci této kapitoly je provedena rešerše dostupných materiálů ke konceptu Building Information Management. Následně jsou blíže prostudovány zdroje týkající se konceptu BIM se zaměřením na jeho historicko-kulturní přesah. Dále jsou porovnávány dostupné softwary pro práci BIM, ze kterých je zvolen vhodný software pro vypracování praktické části práce. V závěru kapitoly jsou detailněji představeny vybrané projekty zaměřené na využití BIM pro historické budovy.

## 1.1 Pojem Building Information Management

Termín Building Information Management, zkratkou BIM, lze přeložit jako správu či řízení informací o budově. Zkratku BIM lze vnímat také jako Building Information Modelling nebo Building Information Model. V češtině se s těmito pojmy setkáváme jako s informačním modelováním budovy či informačním modelem budovy. [1; 2; 3; 4]

Pojem Management lépe vystihuje, co všechno BIM umožňuje. Nejedná se pouze o vytvoření informačního modelu, ale zahrnuje i následné využití zpracovaných informací (například pro správu a řízení dat o budově). Dále je nutné si uvědomit, že překlady pojmů se týkají budov, ale proces BIM se obecně týká všech staveb. Jelikož je pojem BIM takto obsáhlý, často se zavádí ještě další termíny, například pro vytvořený model dle konceptu BIM se lze setkat s termínem BIM model. [1; 2; 3; 4]

Pojem BIM dle [5] jako první použil Phil Bernstein ze společnosti Autodesk. Mezi dalšími byl mimo jiné profesor Charles Eastman či Jerry Laiserin. První implementace BIM je datována k roku 1987 a je přikládána společnosti Graphisoft v souvislosti s vývojem produktu ArchiCAD, kdy CAD je zkratkou z Computer Aided Design. Následně se implementaci BIM do specializovaných softwarů věnovali i další velké společnosti jako Autodesk či Bentley Systems. V dnešní době již existuje velké množství různorodých nástrojů i softwarů pro práci s konceptem BIM. Blíže je tato tematika probrána v podkapitole 1.3. [1]

Obdobně jako je používáno vícero termínů pro zkratku BIM, existuje i několik popisů a definicí, jejichž částečný výčet je popsán níže (viz tab. 1).

Tab. 1: Ukázka přístupů k pojmu BIM

Pojem	Kontext
Building Information Modelling [6]	Soubor technologií a procesů, které umožňují více zúčastněným stranám navrhovat a konstruovat zařízení ve virtuálním prostoru.
Building Information Modelling [3]	Procesy pro vytváření, používání a správu dat budovy v průběhu jejího celého životního cyklu.
Building Information Model [3]	Databáze informací týkajících se prvotního návrhu, výstavby, správy i případné demolice stavby. Informace doplňují všechny zúčastněné strany stavebního procesu.
Building Information Modelling [7]	Trojrozměrná databáze určená speciálně pro stavby. Dále BIM integruje digitální popis staveb se všemi prvky, které přispívají k její funkčnosti (např. klimatizace či údržba).
Building Information Modelling [8]	Proces pro vytváření a správu informací stavby v průběhu jejího celého životního cyklu. V rámci procesu jsou vytvořeny bohaté 3D modely a strukturovaná data.
Building Information Management [9]	Proces navrhování, výstavby a správy budovy s využitím objektově orientovaných informací. Dalším důležitým aspektem je sběr a správa informací o budovách po celou dobu jejich životního cyklu.

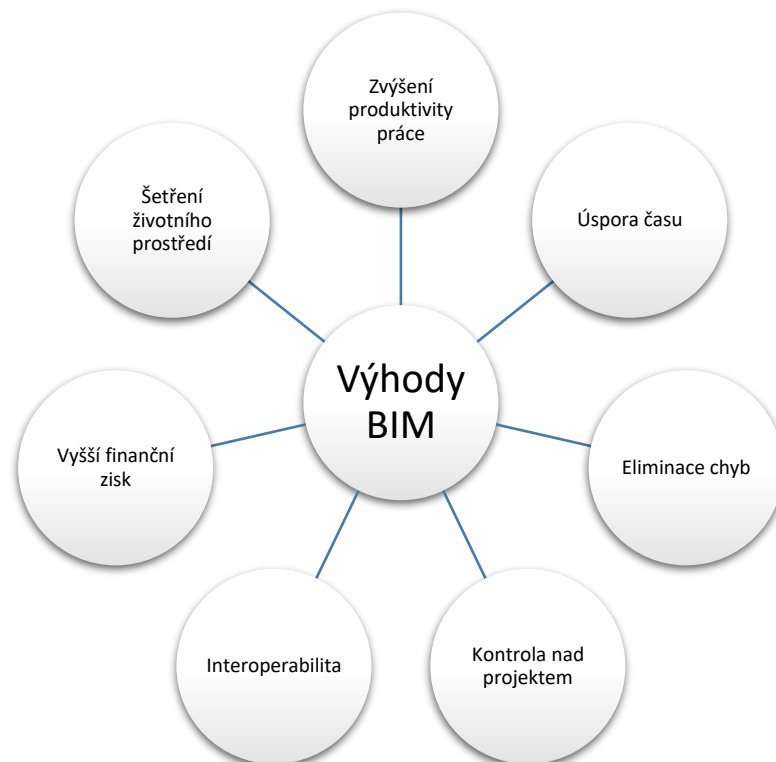
Obecně, i dle tabulky výše, koncept BIM umožňuje reprezentaci fyzických a funkčních vlastností staveb. Myšlenkou konceptu BIM je vytvořit datovou bázi informací, díky které bude možné snadněji, spolehlivěji a efektivněji plánovat, navrhovat a spravovat stavbu během jejího celého životního cyklu (od návrhu stavby až po demolici). [2; 5; 10]

Dle konceptu BIM lze vytvořit virtuální model stavby, jež je chápán jako geometrický trojrozměrný digitální model stavby. Virtuální model stavby usnadňuje, díky své interoperabilitě, srozumitelnosti a snadné editaci, práci profesionálům v oblasti architektury, inženýrství a stavebnictví neboli Architecture, Engineering & Construction, zkratkou AEC, dále v oblasti zeměměřičtví či z pohledu této práce i památkové péče. Model vytvořený dle konceptu BIM (tj. BIM model) se od modelu vytvořeného pomocí 3D CAD liší tím, že se jedná o komplexnější model, jelikož neposkytuje pouze vizuální stránku stavby, ale může prezentovat více různorodých informací, např. zákresy, stavební průzkumy, harmonogramy výstavby a kontrol, informace k materiálům a jejich dodavatelům, finanční údaje a další sémantické informace. Digitální reprezentace vnitřních vlastností stavby podle konceptu BIM může mít dle [1] až osm rozměrů. Jedná se však už jen o nadstavbu základního členění šesti dimenzí, kterými jsou:

- základní tři prostorové rozměry (3D),

- časový rozměr (4D),
- finanční náklady (5D),
- životní cyklus stavby (6D), většinou informace vázané na provozovatele či vlastníka stavby.

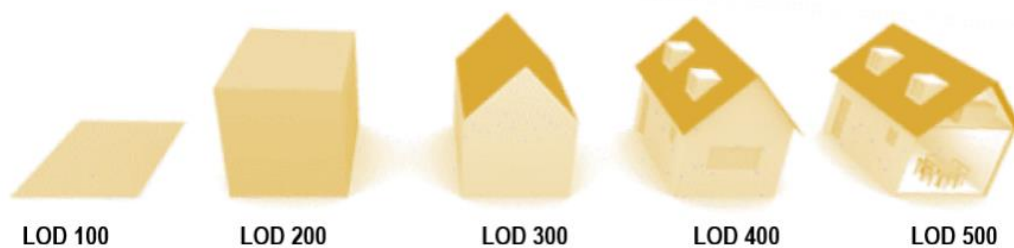
Jelikož jsou veškeré dostupné informace o stavbě uloženy na jednom místě, ke kterým se profesionálové z libovolného odvětví dostanou odkudkoliv, koncept BIM přináší cenné časové i finanční benefity. Další výhody využití konceptu BIM jsou prezentovány na obr. 1. [2; 4; 5; 10]



Obr. 1: Hlavní výhody využití konceptu BIM (zpracováno dle [4])

U modelování objektů je nutné si určit, jak by měl být výsledný model podrobný, tedy do jaké míry má model odpovídat skutečnému objektu. Pro určitý typ úloh stačí pracovat pouze s exteriéry objektů, pro jiné úlohy potřebujeme znát i podrobný interiér. I proto se dle [11] zavedl pojem úroveň podrobnosti BIM. Jedná se o překlad z anglického Level of Development, což je prezentováno zkratkou LOD. Pro koncept BIM je v zásadě definováno pět úrovní podrobnosti, které definují množství, spolehlivost a důvěryhodnost informací a geometrií využitých v projektu. Jednotlivé úrovně jsou označovány v řadě LOD 100 až LOD 500. Úroveň LOD 100 prezentuje nejmenší podrobnost modelu, jedná se v podstatě pouze o informaci, že existuje nějaký objekt. Nejvyšší možnou dosažitelnou úrovní podrobnosti je LOD 500. V této úrovni je objekt

velmi konkrétně definován, jsou známy rozměry, poloha, funkce objektu, informace a dodavatelé materiálů využitých v objektu (viz obr. 2). [11; 12]



Obr. 2: Ukázka modelů dle jednotlivých úrovní podrobností BIM (upraveno z [13])

Dle [12] existuje dokonce 6 úrovní podrobností od LOD 100 až po nejpodrobnější model s úrovní LOD 600 (viz obr. 3). Úrovně LOD 100 až LOD 500 odpovídají definicím z ostatních publikací, je zde však navíc úroveň LOD 600. Tato úroveň reprezentuje precizně modelovanou stavbu se všemi detaily, tak jak stavba byla realizována. Jsou zde zahrnuty stavební nesrovnalosti či excentricity objektu oproti projektové dokumentaci. Z popisu vyplývá, že tato úroveň bude využívána pro již stávající stavby.

LOD 1	LOD 2	LOD 3	LOD 4	LOD 5	LOD 6
Symbolic	Conceptual	Generic	Specific	Construction	As built

Obr. 3: Ukázka modelů dle jednotlivých podrobností BIM z [12]

## 1.2 Historic Building Information Management

Building Information Management využívaný v kontextu s historickými stavbami a stavbami zařazenými do architektonického či kulturního dědictví se označuje jako HBIM. Jedná se o zkratku slov Historic Building Information Management, což lze přeložit do češtiny jako Informační modelování historických staveb. V odborných publikacích se téměř zaměnitelně (viz tab. 2) využívají pojmy jako heritage BIM, BIM for heritage, Historic Building Information Modelling, BIM for historic buildings atd. Je tím myšleno jakékoliv použití BIM v kontextu

s historicko-kulturními stavbami od sběru dat a informací, po tvorbu a správu informačního modelu stavby. [12; 14]

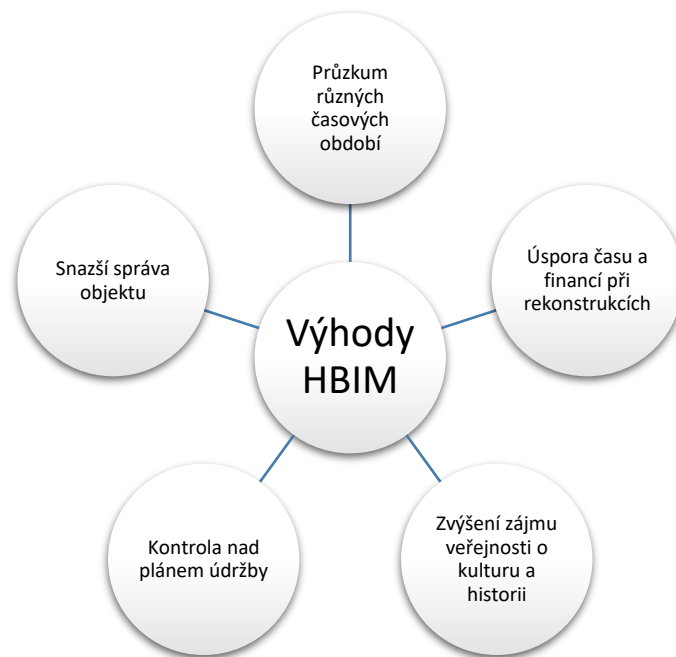
Tab. 2: Ukázka přístupů k pojmu HBIM z odborných publikací

Pojem [zdroj]	Kontext
BIM for heritage [12]	Použití BIM pro dědictví a archeologii, včetně aplikací pro dokumentace, výsledky a investiční management.
Historic Bulding Information Modeling [5]	Knihovna parametrických historických objektů vytvořených s využitím laserového skenování či fotogrammetrie.
Heritage Building Information Modelling [15]	Sběr dat a modelování pomocí laserového skenování či fotogrammetrie, následná vizualizace a správa kulturního dědictví.
Historic building information modelling [16]	Proces modelování historických objektů, který začíná sběrem dat pomocí laserového skenování v kombinaci s digitálními kamerami.
Historic Building Information Modeling [17]	Vytvoření modelu z mračna bodů, na který se následně nahlíží jako na digitální datový archiv, který obsahuje více typů dokumentací.

Ve stavebním sektoru je BIM široce používán už řadu let, zatímco HBIM je využíván krátce, a zatím především v rámci akademických výzkumů. Vysvětlení lze najít v popisu konceptu BIM, který je primárně určen pro nově vznikající stavby. Až v posledních letech se objevuje snaha využít do určité míry BIM i pro již stávající stavby. [12]

Většina výhod využití konceptu BIM při prezentaci objektu se dá vztáhnout i k historicko-kulturním stavbám. Opět je nesmírnou výhodou interoperabilita a množství sdílených informací. Využitím konceptu HBIM je docíleno úspory času i financí, zvyšuje se produktivita práce (při opravách a správách objektů). Vytvořený model stavby vytvořený dle konceptu HBIM nemusí být využitelný pouze pro oblasti AEC, velkou cenu má takový model pro památkáře a může sloužit i veřejnosti. Nemusí se jednat o virtuální modely pouze staveb, ale také nemovitých věcí a všech součástí interiéru stavby. V dnešní době jsou virtuální modely a jiné virtuální vizualizace objektů velkým lákadlem pro návštěvníky historicko-kulturních staveb. Výhodou může být i prohlížení modelů staveb ze vzdálených míst, a to znovu jak pro odborníky z oblasti AEC, tak pro širokou veřejnost. Hlavní výhody využití konceptu HBIM jsou prezentovány na obr. 4 včetně předpokladu, že platí i výhody popsány v předchozí podkapitole (viz obr. 1). [18]





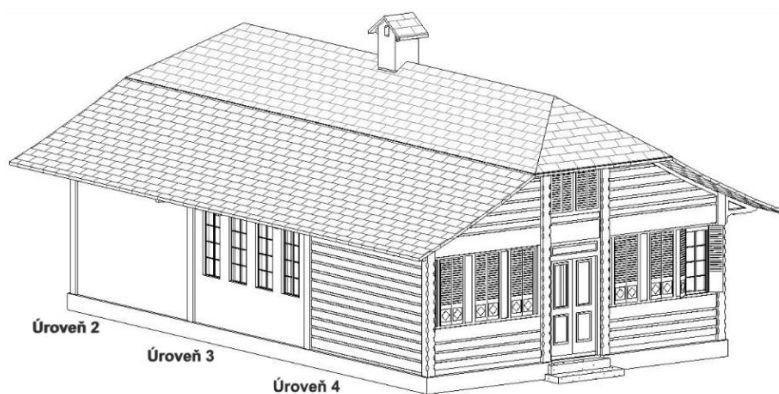
Obr. 4: Hlavní výhody při využití konceptu HBIM (zpracováno dle [18])

Nejen HBIM může přinášet výhody historicko-kulturním stavbám, ale také obor památkové péče může přinášet pozitiva a obohacení konceptu HBIM. Se spoluprací odborníků z památkové péče lze lépe pochopit samotné historicko-kulturní objekty a jejich souvislosti. V rámci těchto objektů jsou využívány odlišné materiály a stavební techniky než u moderních, nově vznikajících staveb, pro které byl primárně koncept BIM vytvořen. Tyto materiály a jednotlivé komponenty objektu často nejsou dostupné z publikovaných knihoven pro BIM. Díky profesionálům z oblasti památkové péče je možné snadněji a přesněji vytvořit jednotlivé komponenty historických objektů. Dalším rozdílem od moderních staveb je životní cyklus historicko-kulturních staveb. Jejich životní cyklus totiž často nekončí demolicí samotné stavby (příkladem můžou být prováděné archeologické výzkumy). [18]

Historicko-kulturní stavby mívají velmi složitou geometrii a pro jejich reprezentaci je tedy snahou využívat model s nejvyšší úrovní podrobnosti. Zároveň jsou tyto podrobné modely kontraproduktivní z hlediska velikosti souborů, a tedy následné složitosti při vizualizaci a časové náročnosti při práci s modelem. Je tedy velmi důležité si ještě před samotným modelováním zvážit požadavky na podrobnost výsledného modelu s požadavky na vizualizaci, případně dalšími požadavky na to, jak s modelem bude nakládáno. Zároveň je nutné si uvědomit, že vytvoření modelu s úrovní LOD 500 bude výrazně finančně nákladnější než tvorba modelu dle LOD 100. [5; 12]

V [19] je popsán přístup k úrovním podrobnosti BIM přímo pro historicko-kulturní budovy. V tomto dokumentu jsou definovány čtyři úrovně následovně (příklad užití úrovní na obr. 5):

- **úroveň 1** – základní obrys budovy s použitím reprezentativních informací o komponentách, ale bez vyobrazení architektonických detailů,
- **úroveň 2** – obrys budovy s vyobrazenými hlavními architektonickými rysy včetně použití některých komponent,
- **úroveň 3** – obrys budovy se všemi architektonickými prvky a hlavními detaily,
- **úroveň 4** – podrobný popis budovy včetně všech architektonických detailů, všech komponent a správních informací.



Obr. 5: Model objektu s vyznačením úrovní podrobnosti HBIM (upraveno z [19])

## 1.3 Software pro práci s BIM

V dnešní době existuje několik významných vývojářů BIM softwarů. Dle [5] lze současné BIM platformy rozdělit do tří skupin dle obsažených nástrojů:

- **nástroje pro 3D modelování**, což využívají 3D modeláři, když přímo pracují s komponentami a vytváří virtuální model,
- **nástroje pro projekci a vizualizaci modelů**, což je využíváno pro vizualizace výsledků například návštěvníkům staveb či pro prezentace a webové prohlížeče,
- **nástroje pro výpočtové analýzy modelů** využívané analytiky slouží pro získání dalších informací z modelu, jako je energetická účinnost budovy, denní osvětlení atp.

Dostupné softwary se liší podporovanými formáty, funkcemi, již zmíněnými nástroji a samozřejmě i cenou. V rámci BIM je nutné propojit velké množství různých oborů, nelze tedy využívat softwary určené pouze pro 3D modelování, musí umožňovat i nadstavbu pro BIM proces. Při výběru vhodného softwaru pro návrh BIM modelu bylo v rámci diplomové práce

zváženo několik softwarů, které jsou blíže popsány níže. Do výběru byly přidány softwary vyvíjené od různých společností. Výběr je inspirován například z projektů s případy dobré praxe využití HBIM a z [20].

- **Archicad** – jedná se o BIM software, který umožňuje navrhování budov, vizualizaci virtuálního modelu, spolupráci v rámci odborníků z jiných oborů či firem. Dále poskytuje automatizovanou tvorbu dokumentace, a tak se uživatel může zaměřit na tvorbu virtuálního modelu a nemusí se zabývat byrokracií. Software by měl být uživatelsky přívětivý, jelikož je vyvinut profesionálními architekty, kteří jsou pod záštitou společnosti Graphisoft. [21]
- **FreeCAD** – jedná se o open source software, který je prezentován jako parametrický 3D modelář umožňující navrhování reálných objektů v libovolné velikosti. Lze zde vytvářet i 2D objekty sloužící pro další modelování ve 3D. Výhodou je flexibilita z pohledu platformy, jelikož je možné si software stáhnout pro Windows, Mac i Linux. Jedná se o víceúčelový software, obsahuje nástroje zaměřené na práci s BIM, analýzu prvků, simulace robotů a další. Uživatelé mohou podávat návrhy na nové a lepší funkce, tak aby se vytvořil software, který bude cenným přínosem pro celou komunitu z kteréhokoliv odvětví. Projekt FreeCAD je podporován společností DigitalOcean. [22]
- **OpenBuildings Designer** – software pro návrh budov, informační modelování BIM a energetickou analýzu. Jedná se o víceoborový software, díky kterému lze navrhovat širokou škálu objektů z několika odvětví, například obytné budovy, železniční stanice, stadiony či letiště. Pomocí implementovaných scénářů lze vyhodnocovat a kontrolovat vytvořené návrhy. Prostředí mimo jiné umožňuje i vytváření realistických vizualizací. Software je vyvíjen společností Bentley Systems. [23]
- **Revit** – BIM software pro architektonické navrhování, tvorbu a vizualizaci virtuálních modelů staveb. Díky softwaru Revit lze docílit vysoké efektivity a přesnosti v průběhu celého projektu, od koncepčního návrhu, po vizualizaci a následné analýzy stavby. V dnešní době se jedná o jeden z nejznámějších a nejvyužívanějších softwarů v oblasti BIM. Obsahuje velký počet dostupných knihoven a rodin, které je možné využívat při tvorbě virtuálních modelů staveb. Tento software je vyvíjen firmou Autodesk, která k březnu 2022 nabízí nejnovější verzi Revit 2022.1. [24]
- **SketchUp** – CAD systém, který je určen pro tvorbu virtuálních modelů. Jedná se o víceoborový software, který je možné využívat v oblasti architektury, stavebnictví, strojním inženýrství či filmovém průmyslu. Software je vyvíjen společností Trimble Navigation, která poskytuje uživatelům dvě verze, SketchUp Pro a SketchUp Free, jež je poskytována oproti profesionální verzi bezplatně. [25]

- **Tekla Structures** – jedná se o software sloužící pro tvorbu, správu a sdílení virtuálního modelu dle konceptu BIM. Obsahuje nástroje, které umožňují vytváření modelu nebo práci s negrafickými informacemi a dokumenty. Umožňuje práci v týmech, kdy členové mohou pracovat na stejném virtuálním modelu ve stejnou chvíli, aniž by si navzájem kolidovali. Podporuje mnoho výměnných formátů a díky velkému výběru dostupných stavebních prvků a materiálů se využívá především v oblasti stavebnictví. Software je vyvíjen společností Tekla software by Trimble. [26]

Níže je vytvořeno přehledné porovnání (tab. 3), kde jsou uvedeny stručné informace k jednotlivým softwarům. Tyto informace byly stěžejní pro volbu vhodného softwaru, který je využit v rámci této diplomové práce.

Tab. 3: Vybrané parametry softwarů využitelných pro práci s HBIM

Software	Společnost	Bezplatná verze	Bezplatná studentská licence	Zaměření softwaru	Webové stránky
Archicad	Graphisoft	NE	ANO	návrh a vizualizace virtuálního modelu	<a href="https://graphisoft.com/solutions/archicad">https://graphisoft.com/solutions/archicad</a>
FreeCAD	DigitalOcean	ANO	ANO	parametrické 3D modelování	<a href="https://www.freecadweb.org/">https://www.freecadweb.org/</a>
OpenBuildings Designer	Bentley Systems	NE	NE	návrh budovy a energetická analýza	<a href="https://www.bentley.com/cs/products/brands/openbuildings">https://www.bentley.com/cs/products/brands/openbuildings</a>
Revit	Autodesk	NE	ANO	architektonické modelování a parametrický návrh	<a href="https://www.autodesk.cz/products/revit">https://www.autodesk.cz/products/revit</a>
SketchUp	Trimble Navigation	ANO/NE	ANO	virtuální modely budov a interiérů	<a href="https://sketchup.com/">https://sketchup.com/</a>
Tekla Structures	Tekla software by Trimble	NE	ANO	tvorba, správa a sdílení virtuálního modelu	<a href="https://www.tekla.com/products/tekla-structures">https://www.tekla.com/products/tekla-structures</a>

Na základě provedené rešerše vybraných softwarů byl vybrán software Revit vyvíjený společností Autodesk, který je následně využit v průběhu celého zpracování praktické části této diplomové práce. Tento software byl zvolen, jelikož obsahuje širokou škálu nástrojů vhodných pro modelování v souladu s konceptem BIM i se zaměřením této práce. Společnost Autodesk umožňuje studentům využívat software bez omezení pro studijní účely po dobu 1 roku. Především z těchto důvodů byl vybrán právě software Revit.

## 1.4 Komponenty a knihovny BIM

BIM model se skládá z několika komponent, které jsou uloženy v knihovnách objektů. Komponenty si lze představit jako digitální modelové reprezentace skutečných objektů, které jsou součástí staveb v reálném světě. Může se jednat o libovolné objekty od nosníků, trubek po okna či dveře, ale také prvky interiérů, jakou jsou stoly, židle až po detaily jako jsou kliky u dveří. Komponenty se stejnými vlastnostmi a funkcemi jsou ukládány do knihoven. [5; 9; 10; 12]

Existují i přístupy, které popisují informační model stavby jako model složený z BIM objektů. BIM objekty reprezentují prvek modelu nejen z pohledu geometrie, ale obsahují širokou škálu informací, například o materiálech, vnitřním složení, výrobci atp. Tyto informace často nemusí být dostupné pro prvky historických budov, a tak bude v této práci dále využíván výlučně pojem komponenta. Komponenta také reprezentuje prvek z pohledu geometrie, ale nemusí obsahovat veškeré výše popsané informace. Pro komponenty stačí využít základních popisných informací o prvku (například velikost nebo název). [9; 12]

Dle typu stavby přichází k úvaze možnost využití komponent z dostupných knihoven BIM. Ty lze dle [27] v současné době rozdělit na knihovny od:

- vývojářů BIM softwarů,
- výrobců stavebnin,
- nezávislých poskytovatelů,
- národních poskytovatelů.

Při hledání komponent je vhodné prohledávat ve vícero knihovnách. S výjimkou knihoven od národních poskytovatelů chybí v dostupných knihovnách interoperabilita, jelikož jsou často tvořeny pouze pro určitý software a typy objektů. Kusý v [27] popisuje další problémy a nedostatky dostupných knihoven. Jedním z nich je snižování kvality jednotlivých komponent. Autoři vytvoří knihovnu, přidávají nové komponenty, ale už nedochází k aktualizaci. Opět s výjimkou knihoven od národních poskytovatelů chybí garance jednotlivých komponent a jejich podrobné informace (vodotěsnost, propustnost vzduchu či tepla atd.), které mohou být důležité pro tvorbu modelu dle vstupujících informací o budově (například dle projektové dokumentace nebo dle stavebních průzkumů).

Z volně dostupných knihoven BIM lze využít například NBS National BIM Library, zkratkou NBL, která byla vytvořena BIM Academy ve Velké Británii v roce 2011 v rámci projektu National Building Specification, který je prezentován pod zkratkou NBS. Jedná se o jednu z nejvyužívanějších knihoven BIM komponent mimo jiné proto, že byla vůbec první knihovnou

od národních poskytovatelů. Dalšími důvody je garance komponent, dodržování platných národních standardů. Zásadní byla také samotná tvorba knihovny, kdy byly nejprve začleněny základní stavební prvky a následně jsou přidávány specializované komponenty, jež postupně vytváří samotní výrobci stavebnin či vývojáři BIM softwarů. Výhodou tohoto postupu je, že pokud uživatel nenalezne vhodnou komponentou, může využít základní komponentu, kterou si upraví dle svých představ. [27; 28]

Historicko-kulturní budovy jsou převážně tvořeny prvky a materiály, jež nejsou využívány v dnešní architektuře, a tak nejsou dostupné ani v hojně využívaných BIM knihovnách. V rámci přístupu HBIM je tedy někdy nutné si vytvářet nové komponenty, které jsou vhodné pro dané historické období nebo konkrétní budovu. Tato práce si však neklade za cíl vytvořit komplexní knihovnu takovýchto objektů, ale upravit dostupné komponenty pro potřeby této práce [5; 10; 12]. Vzhledem k volbě vhodného softwaru využívaného v průběhu této diplomové práce v předchozí podkapitole 1.3, je vhodné zmínit dále knihovnu BIM komponent od společnosti Autodesk, jež je určena pro práci v softwaru Revit. Tato knihovna je automaticky načtena do prostředí Revitu pro instalaci softwaru do počítače.

## **1.5 Vybrané projekty se zaměřením na HBIM**

Informační modely historicko-kulturních staveb vychází nejčastěji z geodetických měření, dostupných dokumentací, mračen bodů, fotografií objektů a jejich částí. První dohledané využití konceptu BIM pro již existující budovu je datováno k roku 2008 v rámci výzkumu anglického profesora Arayiciho. Tento výzkum je dle [29] zaměřen na zpracování mračen bodů získaných z laserového skenování pro využití konceptu BIM v souvislosti se stávajícími objekty.

V dnešní době byl koncept BIM pro historické budovy, tedy HBIM, využit už v rámci desítek projektů. Jednalo se především o výzkumné projekty nebo projekty uskutečněné na fakultách technických vysokých škol (např. [10; 12; 30; 31]). Tato podkapitola se blíže zabývá třemi vybranými případy užití v praxi. Další projekty se zaměřením na HBIM jsou vyjmenovány a stručně popsány například v [20].

### **Katedrála Noter-Dame v Paříži**

Jak již bylo popsáno výše, koncept BIM se mimo jiné snaží zjednodušit a zefektivnit práci při údržbě stavby, ale také při rekonstrukci. Této myšlenky bylo využito například u pařížské gotické katedrály ze 14. století. Katedrálu Notre-Dame v Paříži zachvátil v roce 2019 rozsáhlý požár, při

kterém byla zničena jedna věž a část střechy. Následně byl za pomoci společnosti Autodesk vytvořen virtuální model katedrály (obr. 6) ve stavu před požárem podle koncepce BIM, díky čemuž jsou opravy efektivnější a rychlejší. [30]



*Obr. 6: Virtuální model katedrály Notre-Dame vytvořený dle konceptu HBIM z [30]*

V [30] jsou mimo jiné popsány výhody využití virtuálního modelu dle konceptů BIM pro opravy pařížské katedrály. BIM model pomáhá:

- s koordinací strojů na staveništi, tak aby byly jednotlivé jeřáby maximálně využity a nemusely být složitě přesouvány,
- se stavební logistikou, kdy díky modelu lze lépe odhadovat množství potřebného materiálu na jednotlivé opravy,
- při komunikaci mezi jednotlivými skupinami zúčastněných, např. staviteli, investory apod.

## **Střední škola v Londýně**

Dle [12] se jedna ze středních londýnských škol (Walthamstowe School) přestěhovala z dvou viktoriánských budov (ukázka jedné z budov na obr. 7) do nově vybudovaných prostorů. Původní prostory se plánovaly zmodernizovat a opět využívat pro školní účely. Společnost Greenhatch Group získala ohledně této školy zakázku, jejíž úkolem bylo provést stavební průzkumy a zaměření budov a výstupem měl být virtuální model historických budov školy dle konceptu BIM (viz obr. 8) sloužící pro již zmíněnou modernizaci a rekonstrukci budov a následně pro správu majetku školy. Společnost Greenhatch Group v rámci zadané zakázky využila laserové skenery pro získání mračna bodů vnějších částí budov a pro geodetické zaměření stanovisek pro skenování byla využita totální stanice společnosti Leica Geosystems.



*Obr. 7: Jedna ze dvou viktoriánských budov londýnské školy z [12]*

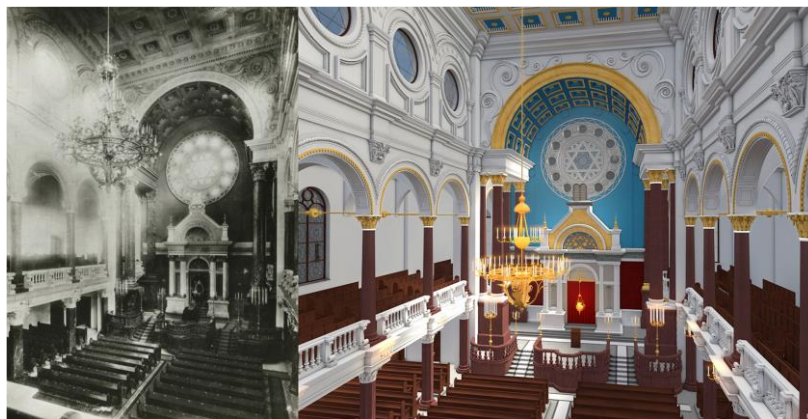


*Obr. 8: Část finálního informačního modelu viktoriánské školy z [12]*

## Synagoga na Vinohradech v Praze

V 90. letech 19. století byla postavena největší a nejspíše nejhonosnější synagoga v Praze, která díky své kapacitě 2000 věřících patřila i k jedné z největších synagog Evropy. Dle [31] byla budova navržena v novorenesančním stylu a vynikala díky dvěma věžím vysokými asi 60 metrů. Při náletu během druhé světové války byla budova těžce poškozena a následně byla v roce 1951 stržena.

V rámci mezinárodní spolupráce při programu Erasmus se spojila vídeňská technická univerzita z Rakouska s univerzitou v Leuvenu v Belgii. Společně vypracovali případovou studii na využití BIM při historické rekonstrukci a pro případ užití byla zvolena výše popsaná vinohradská synagoga. Jedním z úkolů bylo vytvořit virtuální rekonstrukci zdemolované budovy a jednotlivé části propojit s tradičními 2D dokumenty. Geometrické modelování bylo provedeno v softwaru ArchiCAD, pro další práce byl mimo jiné využit modelovací a vizualizační software Maxon Cinema4D. V dnešní době jsou k dispozici pouze černobílé fotografie synagogy, ale pro celkovou atmosféru objektu byly do vizualizace barvy přidány (viz obr. 9). Bližší informace o případové studii a tvorbě virtuálního modelu synagogy a okolí je popsáno v [31].



*Obr. 9: Porovnání historického snímku s částí z vizualizace interiéru z [31]*



## 2 Návrh virtuálního modelu

Tato kapitola se zaměřuje na návrh virtuálního modelu historické budovy. V předcházející kapitole byla provedena rešerše obecně v souvislosti se stavbami. Cílem této práce je však vytvořit návrh konceptu HBIM pro historickou budovu, proto následující část textu práce se zabývá konkrétně budovami. Nejprve jsou prostudovány vhodné a nejčastěji používané metody pro sběr dat pro tvorbu virtuálního modelu historické budovy. Poté je navržen postup tvorby virtuálního modelu z vybraného zdroje dat.

### 2.1 Zdroje dat pro tvorbu informačního modelu budovy

Pro tvorbu datového modelu v souladu s konceptem BIM pro historicko-kulturní budovy nelze využívat identické zdroje dat jako pro nově vznikající budovy. U historicko-kulturních budov často chybí projektové dokumentace nebo nejsou v takové kvalitě a detailu, aby mohly být využity jako hlavní zdroj dat pro tvorbu BIM modelu, jak je tomu u nově vznikajících budov. Dalším rozdílem může být fakt, že historicko-kulturní budova už mohla být zdemolována či přestavěna, tak že není možné získat informace o aktuální či historické podobě budovy. Důležité je také brát ohledy na stav budovy, například mohou být nutné řady povolení ke vstupu do objektu či je dokonce zcela zakázán vstup do vnitřních prostor.

Metodika stavebněhistorického průzkumu [32] uvádí jako povinnou součást průzkumu geodetické zaměření objektu, což je výběrová metoda, při které lze zaměřit nejen polohopisnou a výškopisnou situaci na zájmovém území, ale také charakteristické prvky zájmové budovy, pro její následné modelování. A samozřejmě i samotný stavebněhistorický průzkum je sám o sobě zdrojem kýžených poznatků pro tvorbu virtuálního i informačního modelu zájmového objektu. Krom nich se však s úspěchem používají i dvě nevýběrové metody, pomocí kterých je možné získat informace o celém zájmovém objektu, a to fotogrammetrie a laserové skenování. Tyto tři metody jsou popsány v následujících oddílech.

#### 2.1.1 Stavebněhistorický průzkum

Stavebněhistorický průzkum, zkratkou SHP, je prováděn u historicko-kulturních staveb (např. hrady, zámky, městské domy, parky atd.) pro získání detailního popisu stavby (případně souboru

staveb) a informací týkajících se jejího historického vývoje. Jedná se o vědeckou metodu jejíž výsledky slouží především k zefektivnění a zkvalitnění péče o památky v oblasti kulturní historie. Shromažďuje dostupné písemné i obrazové informace vztažené ke stavbě a zahrnuje celý její životní cyklus (pomocí průzkumů lze dohledat přibližnou dobu vzniku prvků nebo i pozůstatky zdemolovaných částí objektu). U historicko-kulturních staveb bývá problém s popisem stavebního řízení, je obtížné určit datum počátku stavby objektu, nebo jeho přestavby. Cílem SHP dle [32] je „komplexní poznání zkoumané stavby jako historického a kulturněhistorického dokladu“. Průzkum napomáhá k představě, jak stavba v určitých obdobích vypadala, jak se v průběhu historie měnila, rozrůstala či zanikala.

Stavebněhistorický průzkum je tvořen v souladu s platnou Metodikou stavebněhistorického průzkumu [32], jež je vydávána pod dohledem Národního památkového ústavu, zkratkou NPÚ. Zpracovaný SHP obsahuje textovou část doplněnou o grafické vyhodnocení a obrazové a plánové přílohy, které zachycují historickou i aktuální podobu zájmové stavby. Dle [32] je nutným podkladem pro tvorbu SHP přesné geodetické zaměření stavby. U některých SHP zpracovaných podle starších metodik může geodetické zaměření stavby chybět.

Mezi hlavní **výhody využití stavebněhistorického průzkumu** patří:

- zachycení historických informací,
- geodetické zaměření objektu (např. půdorys),
- široká škála sémantických informací.

## **2.1.2 Fotogrammetrie**

Fotogrammetrie je rychlá a bezkontaktní metoda pro sběr dat využívající kvalitní digitální kamery. Dle polohy stanoviště lze rozlišovat pozemní, leteckou a družicovou fotogrammetrii. Pozemní metoda se dá dále dělit dle vzdálenosti mezi kamerou a objektem. Pro sběr dat o budovách je vhodné využít pozemní blízkou metodu fotogrammetrie, jelikož se tu využívá vzdálenosti zaměření v řádech metrů. Je však nutné myslet na to, že jsou fotografie pořizovány pouze ze země a nelze tedy získat detaily budov z větších výšek. Letecká fotogrammetrie je založena na sběru dat o zemském povrchu s pomocí letadel, vrtulníků či dronů. Družicová fotogrammetrie využívá snímků získaných z družic a je tedy vhodná mimo jiné pro tvorbu map středních a malých měřítek. [33]

Pro tvorbu virtuálního modelu budovy je vhodné využít kombinaci blízké pozemní a letecké fotogrammetrie. Pozemní metoda je vhodná pro menší budovy nebo pro získání detailů ze stěn

budovy. Jak je popsáno výše, jsme omezeni výškou a budovy jsou z pravidla vyšší jak měřič. S rostoucí výškou budovy také rostou chyby v modelu. Letecká fotogrammetrie je vhodná pro tvorbu vysokých budov a pro modely střech veškerých budov. Nezachytí ale detaily budov u země. U této metody platí, že s rostoucí hloubkou rostou také chyby v modelu. Právě proto je nejlepší využít kombinaci těchto dvou metod.

Na obr. 10 je ukázka virtuálního modelu vytvořeného z dat pořízených pomocí pozemní fotogrammetrie, který byl vytvořen autorkou v rámci absolvovaného předmětu Fotogrammetrie (KGM/FGM). Na přiloženém obrázku je patrné, že bez využití letecké fotogrammetrie je model střechy nedostatečný, což potvrzuje tvrzení z předešlého odstavce.



*Obr. 10: Virtuální model objektu vytvořený autorkou při využití pozemní fotogrammetrie*

Mezi hlavní **výhody využití fotogrammetrie** dle [33] patří:

- možnost zaměření rozsáhlého území (využití letecké fotogrammetrie pro tvorbu virtuálního modelu měst či jiných rozsáhlých územních celků),
- rychlost sběru dat,
- možnost zaměření těžko přístupných objektů (lze využít leteckého snímkování),
- umožnění sledování změn a vývoje území (využití historických snímků v kombinaci se snímky zobrazující aktuální podobu objektu, kdy volba typu fotogrammetrie je rozhodnuta dle rozlohy území).

### 2.1.3 Laserové skenování

Laserové skenování je jednou z nejmodernějších metod pro sběr dat. V současnosti se laserové skenování využívá pro 3D modelování jak exteriérů, tak i interiérů staveb. Umožňuje rychlé, podrobné, přesné a bezkontaktní zaměření objektů, jehož výstupem je 3D obraz aktuální podoby ve formě mračen bodů, díky čemuž je následně vytvořen virtuální model daného objektu. Mračna bodů nesou informaci o poloze bodů v prostoru (X, Y, Z souřadnice). Laserové skenování lze dělit dle umístění skeneru na metodu statickou (skener je pevně umístěn na stativu) a kinematickou (skener je umístěn na pohyblivém nosiči, např. autu, letadle atp. [33; 34])

Dnešní skenery umožňují sbírat data s rozmístěním bodů v řádech milimetrů. Sběr dat s využitím laserového skenování vrací velký objem dat, který je výhodou i nevýhodou při následném zpracování a tvorbě virtuálního modelu. Díky velkému objemu dat lze získat detailní informace o objektu až do nejmenších detailů. Nevýhodou však je, že následné operace zpracování dat jsou časově, hardwarově i softwarově velmi náročné. [33]

Hlavními výhodami využití laserového skenování jsou dle [33]:

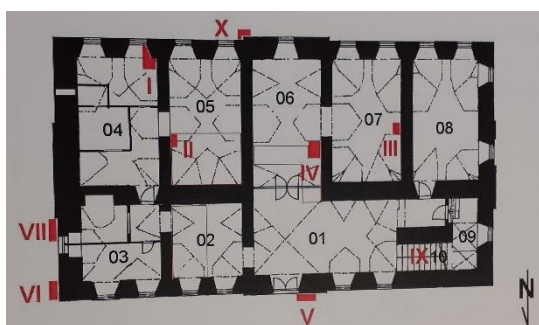
- zachycení detailů objektu s vysokou přesností měření,
- rychlost sběru dat (až milion bodů za sekundu),
- možnost bezkontaktního snímání v nebezpečných či těžko přístupných prostorech,
- umožnění měření při špatných světelných podmínkách.

U historicko-kulturních staveb může docházet k výrazným přestavbám, ke kterým neexistují projektové dokumentace. Současná podoba stavby často neodpovídá historické podobě. Tvorba virtuálního modelu s využitím dat z laserového skenování je možná pouze v případě, že má být výsledkem aktuální podoba stavby. U fotogrammetrie je možné využít i historických snímků pro zpracování dat. Nejstarší snímky jsou datovány do 19. století, ale historicko-kulturní stavby bývají často mnohem starší. Pokud je tedy požadován virtuální model historické podoby budovy, je nutné využít metody, která umožňuje tuto podobu. Jednou z možností je využití stavebněhistorického průzkumu. V tomto případě je však nutné využít i dalších metod či podpůrných dokumentů (např. geodetické zaměření budovy, archeologické výzkumy, historické i aktuální fotografie atd.). V této práci je představen přístup s využitím SHP a jako podpůrné informace pro tvorbu virtuálního modelu jsou využity souřadnice budovy z Registru územní identifikace, adres a nemovitostí, zkratkou RÚIAN, a soubor fotografií budovy.

## 2.2 Návrh tvorby virtuálního modelu historické budovy na základě SHP

Jak je popsáno v předešlé podkapitole, jako zdroj dat pro virtuální model je primárně využíván SHP. Tato podkapitola se zaměřuje na návrh virtuálního modelu historicko-kulturní budovy s již zmíněným využitím SHP. Je navrženo pořadí, v jakém je vhodné postupovat při tvorbě virtuálního modelu. Navržený postup je následně realizován při tvorbě virtuálního modelu zájmové historické budovy v rámci případové studie v kapitole 4.

Prvním krokem tvorby modelu je vytvoření půdorysu budovy, z kterého lze následně vymodelovat kompletní virtuální model. Stavebněhistorické průzkumy obvykle obsahují půdorysné výkresy, které jsou vhodné pro tvorbu půdorysů v rámci virtuálního modelu. Příklady těchto výkresů jsou přiloženy na obrázcích níže (obr. 11 a obr. 12). Ideálním řešením je, pokud SHP obsahuje také geodetické zaměření objektu. Díky tomu má půdorys přesnější rozměry, než pokud jsou jednotlivé délky a šířky odvozeny pouze dle měřítka výkresů.



Obr. 11: Půdorysný výkres přízemí fary ve Skapčích z [35]



Obr. 12: Půdorysný výkres přízemí domu č.26 v Plané u Mariánských Lázní z [36]

Po vytvoření půdorysu má model dvě dimenze. Třetí dimenze vznikne po vytažení půdorysu do potřebné výšky dle výšek podlaží budovy. Pro získání další dimenze lze přidat časový rozměr. Jednou z možností je časové období, které lze získat ze stavebněhistorických analýz v SHP. Tyto analýzy mohou obsahovat informace o původech vzniku jednotlivých částí stavby. Původ je popsán buďto časovým rozmezím (rok, století, atd) nebo architektonickým obdobím (gotika, renesance atd). U budov se tyto informace mohou týkat například stěn, celých částí, křídel nebo celých poschodí budov. Informace o časové složce jsou ve výkresech reprezentovány buď barevným rozlišením či šrafováním. Symbologie pro jednotlivé etapy je definována v Metodice stavebněhistorického průzkumu. [32]

Vzhledem k vybranému zdroji dat je vhodné postupovat v návrhu i následném virtuálním modelování od hrubé stavby až k požadovaným detailům. Rozmístění místností je také možné

zjistit z výše zmíněných výkresů, proto je dalším krokem po návrhu půdorysu vytvoření návrhu stěn, a tedy rozložení místností. Pro historické budovy bývají typické široké zdi. Jelikož při modelování jsou využívány softwary a komponenty určené primárně pro nově vznikající budovy, je nutné se zaměřit na změnu šířky stěn. Historické hrady či tvrze mohly být tvořeny stěnami širokými i několik metrů, zatímco v dnešní době se vyskytují především užší stěny. Důvodem je samozřejmě jiné využití budov a obecně jinou dobou (například je vyšší úroveň vytápění, nestaví se obranné objekty atd.).

Z většiny výkresů lze dále vyčíst umístění oken a dveří. Jejich tvar a velikost se již musí hledat v textové části stavebněhistorického průzkumu nebo se vlastnosti těch prvků převezmou z aktuální podoby budovy. Pokud se jedná o vícepodlažní budovu, jsou vytvořeny dle obdobného popisu i další podlaží. Následně je proveden návrh schodišť, které bývá odlišné podle účelů budov a může zde být opět velký rozdíl mezi historickými a aktuálními budovami. Posledním krokem, který je proveden u všech budov, je návrh střechy. Další návrhy se již liší dle kompozic budov a dle požadované podrobnosti virtuálního modelu. Může se jednat například o návrhy komínů, teras či věží. Návrhy interiérů se opět vyvíjejí od určené úrovně podrobnosti výsledného virtuálního modelu. Obvykle se ještě u virtuálních modelů budov provádí návrh okolního terénu.

## 3 Návrh datového modelu pro potřeby HBIM

Tato kapitola se zabývá návrhem datového modelu pro potřeby HBIM. Nejprve je provedena rešerše vybraných výměnných formátů pro BIM. Druhá část této kapitoly je zaměřena na návrhy možných rozšíření datového modelu BIM s využitím nově přidaných parametrů do informačního modelu budovy.

### 3.1 Výměnné formáty pro BIM

Jak již bylo popsáno výše, v rámci projektu dle konceptu BIM spolupracuje mnoho odborníků z různých oblastí, kteří si potřebují efektivně vyměňovat data. V [37] je představeno pět různých metod pro ukládání a výměnu BIM. Jedná se o výměnu a sdílení dat pomocí:

- fyzických souborů,
- aplikačního programového rozhraní,
- centrální projektové databáze,
- federovaných sdílení,
- webových služeb.

Existuje několik standardů, které definují datovou strukturu pro výměnu dat v rámci procesů Building Information Managementu. Některé z nich jsou blíže rozepsány a vysvětleny v následujících oddílech.

#### 3.1.1 Industry Foundation Classes

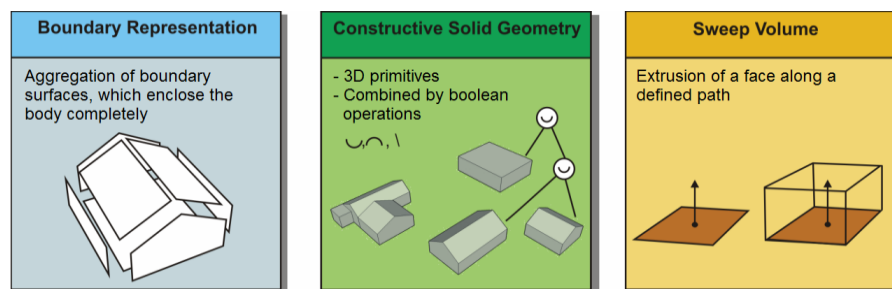
Industry Foundation Classes, zkratkou IFC, jsou otevřeným mezinárodním standardem pro výměnu a sdílení dat využívaných v rámci konceptu BIM. Usnadňují komunikaci mezi jednotlivými zúčastněnými profesionály a přenos dat a informací mezi softwarovými BIM nástroji. Soubor zpracovaný dle IFC nese příponu .ifc. [38; 39; 40]

Standard IFC je mezinárodně uznáván a hojně využíván v aplikacích zaměřených na práci s BIM. I proto je nutné, aby byl neustále vyvíjen a aktualizován. K letošnímu roku 2022 je nejnovější verzí IFC 4.3. [3; 38; 39]

Specifikace IFC jsou definovány mezinárodní normou ISO 16739-1:2020 Industry Foundation Classes for sharing in the construction and facility management industries – Part 1: Data schema.

Z názvu plyne, že se norma zaměřuje na strukturu datového schématu IFC. Dále je v normě popsána struktura výměnného souboru pro výměnu a sdílení dat. Datové schéma je definováno standardním datovým modelovacím jazykem EXPRESS, jež je normalizován normou ISO 10303-11, nebo nástrojem pro definici XML schématu anglickým termínem XML Schema Definition (XSD). Datové schéma popsané pomocí jazyku EXPRESS, tak XML je uloženo v textové podobě. Pro zmenšený objem dat se využívá komprimovaný formát ifcZIP. [40]

Reprezentace modelů v IFC lze rozdělit do tří hlavních kategorií (viz obr. 13). Nejčastěji se využívá ukládání geometrie formou CSG (Constructive Solid Geometry neboli konstruktivní geometrie těles) nebo sweep volume (swept geometry, sweeping neboli tažená geometrie). V rámci ukládání formou CSG jsou objekty vytvořeny z geometrických primitiv (např. z kvádrů, válců, hranolů, kuželů či koulí). Sada přípustných primitiv je omezena jednotlivými verzemi dostupných softwarů. Výsledný objekt vzniká kombinací primitiv pomocí booleovských operátorů (tj. sjednocení, rozdíl, průnik). V případě využití swept geometry je výsledný objekt vytvořen pohybem profilu po trajektorii, přičemž se může jednat o pohyb posuvný nebo rotační. Další možností pro reprezentaci geometrie je forma B-Rep (Boundary Representation neboli povrchová reprezentace). [20; 41; 42]

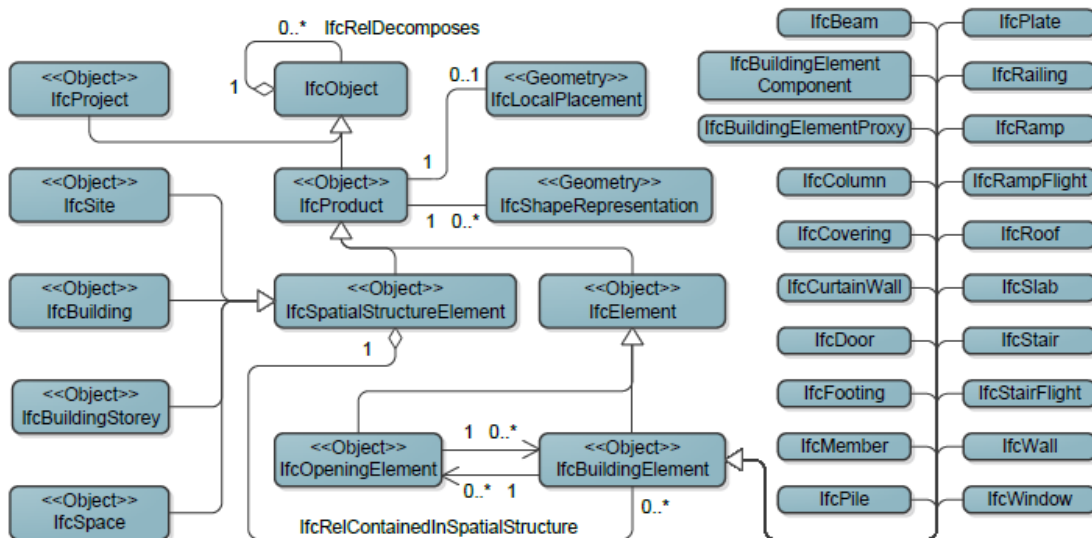


Obr. 13: Možnosti ukládání geometrie v IFC z [42]

Dle [10] je IFC strukturováno jako objekty a vztahy mezi nimi. Základní entity jsou tvořeny tak, aby definovaly běžně používané objekty v AEC. Jelikož je IFC definováno jako rozšiřitelný model, základní entity mohou být rozpracovány, díky čemuž vzniknou nové subtypy. Dle [42] datové schéma IFC může být popsáno pomocí Unified Modeling Language, zkratkou UML, diagramu (viz obr. 14), kde základní třídou je IfcObject která poskytuje odkazy na vlastnosti daného objektu. Například IfcProduct definuje umístění objektu a IfcElement popisuje vztah objektu s ostatními prvky. Obecně lze základní druhy elementů rozdělit do dvou skupin:

- **elementy prostorové struktury** (IfcSpatialStructureElement) – patří sem stavba (IfcSite), budova (IfcBuilding), podlaží (IfcBuildingStorey) a místnost (IfcSpace),
- **stavební elementy** (IfcBuildingElement) – lze sem řadit například stěnu (IfcWall), střechu (IfcRoof), okno (IfcWindow), dveře (IfcDoor) atd.





Obr. 14: Částečný UML digram IFC z [42]

Koncept BIM má přínos pro historicko-kulturní stavby zejména při procesu 3D modelování. Menší problém nastává při klasifikaci dle IFC, která byla navržena výhradně pro oblast AEC, takže nezahrnuje historickou architekturu a popisy. Klasifikace je založena na ISO normách a má přesné sémantické významy. Naproti tomu sémantika historicko-kulturních staveb je dynamická a často je popsána dle subjektivní interpretace. V rámci využití HBIM může být tedy náročné zpracovat přesnou klasifikaci IFC. Blíže se tomuto problému věnuje [43]. Zde je také čerpána inspirace pro tuto diplomovou práci, kdy je pro řešení problému voleno rozšíření datového modelu IFC pro potřeby HBIM o nové entity.

### 3.1.2 Construction Operations Building information exchange

Standard Construction Operations Building information exchange, zkratkou COBie, je otevřený formát definující datovou strukturu pro výměnu informací. Je zaměřen především na informace vzniklé v průběhu návrhu a realizace budovy, které lze následně efektivně využívat při správě budovy. Jedná se tedy primárně o výměnu dat mezi zhotovitelem a budoucím provozovatelem. [44]

Construction Operations Building information exchange navrhl v roce William East. Pracoval na zlepšení procesu předávání informací vlastníkům, nájemníkům a provozovatelům budov, tak aby se jim usnadnila práce se správou. Následující rok byl formát COBie upraven, tak aby odpovídal mezinárodním standardům pro data. [45]

Tato standardizovaná datová struktura vychází z IFC, dá se říct, že se jedná o jejich podmnožinu či filtr. Struktura může být identická se strukturou dle IFC nebo může být v XLS tabulce, která je vytvořena dle pevně definované šablony. Výhodami uložení dat do XLS tabulky (ukázka tabulky na obr. 15) je snadné prohlížení a editování informací, jelikož není nutné pracovat ve specializovaném softwaru. [44]

	Name	ExIdentifier	ReplacementCost	ExpectedLife	DurationUnit	WarrantyDescription	NominalLength	NominalWidth	NominalHeight	ModelReference	Shape	Size	Color	Finish	Grade	Material
2	1810 x 2110mm	1CDIQ4E3	n/a	n/a	year	n/a	1810.0	150.0	2110.0	Generic Int DD:1810 x 2110mm	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Generic
3	790 x 2110mm 3	1uSEcSY8	n/a	n/a	year	n/a	790.0	150.0	2110.0	Generic Int D Cell Door:790 x 2110mm	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	Generic
4	Cell Bed family	0uCr33MT	n/a	n/a	year	n/a	2000.0	700.0	400.0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
5	Desk Whitewood	0uCr33MT	n/a	n/a	year	n/a	1360.0	450.0	900.0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
6	Cell Locker	0uCr33MT	n/a	n/a	year	n/a	500.0	450.0	1000.0	n/a	n/a	n/a	n/a	Whitewood	n/a	Whitewood
7	Safer Seat	0uCr33MT	n/a	n/a	year	n/a	500.0	500.0	500.0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
8	1275x1200h	1ZA_U6n	n/a	n/a	year	n/a	1275.0	340.0	1200.0	Safer Cell 7 Bay FF:1275x1200h	n/a	n/a	n/a	n/a	Generic Int	n/a
9	Basic Wall:Generic Ext - 150mm	n/a	n/a	n/a	year	n/a	1000.0	150.0	2700.0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
10	Basic Wall:Generic Ext - 340mm	n/a	n/a	n/a	year	n/a	1000.0	340.0	2700.0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
11	Basic Wall:Generic Ext - 80mm	n/a	n/a	n/a	year	n/a	1000.0	80.0	2675.0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
12	Concrete (Painted)	n/a	n/a	n/a	year	n/a	1000.0	1000.0	1000.0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
13	Generic	n/a	n/a	n/a	year	n/a	1000.0	1000.0	1000.0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
14	Generic Inserts	n/a	n/a	n/a	year	n/a	1000.0	1000.0	1000.0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
15	Material Brickwork	n/a	n/a	n/a	year	n/a	1000.0	1000.0	1000.0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
16	TFT Monitor	n/a	n/a	n/a	year	n/a	400.0	75.0	400.0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

Obr. 15: Ukázka dat v COBie uložených v XLS tabulce z [44]

V [46] je sepsáno několik pokynů, které je nutné dodržet pro zajištění úspěšného importu dat dle standardu COBie. Pokyny jsou definovány následovně:

- splnění minimálních požadavků na tabulky,
- použití jedinečného ID modelu,
- použití jedinečného ID tabulek,
- pečlivé definování prostorů,
- pečlivé a konzistentní použití standardizované kategorizace,
- rozdělení velkých souborů do více souborů,
- zajištění importu pouze potřebných atributů,
- využití náhradních dílů jen na výměnu dat.

### 3.1.3 CIMsteel Integration Standards

CIMsteel Integration Standards, zkratkou CIS, jsou formátem pro výměnu informací a dat týkajících se budov s ocelovými konstrukcemi. CIMsteel je zkratkou pro Computer Integrated Manufacturing of Constructional Steelwork. CIS byl implementován pro export technických dat

formou souborů mezi softwary, které se specializují na navrhování, analýzu, inženýrství, BIM a stavebnictví. Nejedná se o softwarový balíček, který lze importovat do daného softwaru, jedná se o formát souboru zaměřený na prvky z oceli. [37; 47; 48]

Dodavatelé softwarů z různých zemí implementovali první verzi CIS, jež byla publikována v září roku 1995. Druhá verze s označením CIS/2 byla zveřejněna v dubnu roku 2000. Od té doby podporovaly vývoj a implementaci této verze organizace Service Civil International, zkratkou SCI, a American Institute of Steel Construction, zkratkou AISC. K povědomí využívali workshopy a národní konference. I v důsledku toho lze v dnešní době CIS/2 využívat při práci v mnoha běžných softwarech v Evropě a USA. [47; 48]

Opět se jedná o otevřený standard. Datová struktura je definována pomocí popisu STEP, který využívá jazyk EXPRESS. Soubory CIS/2 lze vyměňovat mezi softwary a sdílet pomocí prvních tří implementačních úrovní, přičemž ve standardu STEP jsou dle [37] definovány následující čtyři úrovně:

1. *výměna souborů* – data popsána pomocí jazyku EXPRESS jsou exportována mezi softwary nebo aplikacemi,
2. *pracovní formulář* – kromě schopností z první úrovně lze manipulovat s daty,
3. *databáze* – funkce z první a druhé úrovně, a navíc lze pracovat s daty uloženými v databázi,
4. *znalostní báze* – má převzaté funkce z předešlých úrovní a dále by mělo být umožněné blíže pracovat se strukturou databáze. Tato úroveň však nebyla nikdy implementována.

### **3.1.4 Building Information Model Extended Markup Language**

V dnešní době nepoužívanější standard pro výměnu dat IFC je poměrně složitý a rozsáhlý, což může být problémem pro některé softwary. Proto byla vyvinuta velmi zjednodušená forma IFC Building Information Model Extended Markup Language, zkratkou BIMXML. Jedná se o standard pro popis dat v oblasti stavebnictví. Popisuje vytvoření zjednodušeného prostorového modelu budovy pro spolupráci BIM. I geometrie objektů je velmi zjednodušená, je tvořena pouze obdélníky. [49; 50]

Nejedná se o otevřený standard, jelikož je komerčně řízen dodavateli softwarů. V současnosti je BIMXML využíván například v Onuma System, DDS Viewer, BIM Connect a různých pluginech pro CAD a BIM aplikace (jako Revit a ArchiCAD). [49]

## **3.2 Možnosti rozšíření datového modelu**

Jak je popsáno v zadání této práce, jednou z hlavních zásad vypracování je rozšíření datového modelu BIM pro historicky hodnotné budovy. Úkolem je přiřadit do datového modelu informace vhodné pro historicko-kulturní budovy a nejsou tedy zakomponované ve standardním datovém modelu BIM určeném pro nově vznikající budovy.

Níže jsou blíže popsány systémy a tezaury obsahující informace, které by mohly být využity pro rozšíření datového modelu BIM pro historické budovy. Jelikož byl pro tvorbu virtuálního modelu využit SHP, který mimo výkresů obsahuje také mnoho popisných informací od historie objektu až po detaily jednotlivých prvků budovy, jsou i informace ze SHP vhodným rozšířením datového modelu pro HBIM.

### **3.2.1 Památkový geografický informační systém**

Památkový geografický informační systém, zkratkou PaGIS, eviduje prostorovou lokalizaci objektů, které jsou v zájmu Národního památkového ústavu. Mezi zájmové objekty patří kulturní památky, národní kulturní památky, památkově chráněné stavby, památkově chráněná území a ochranná pásma. Dalšími funkcemi je tvorba, ukládání a prezentace odborných map ve webovém prostředí. PaGIS byl založen v roce 2001. [51]

Jedním z geoinformačních zdrojů pro PaGIS je Geoportál památkové péče. K dispozici zde jsou mapové aplikace, mapové služby, možnost objednání dat a další. Lze využít památkového katalogu, kde jsou uloženy základní informace a odkazy na dokumenty k zájmovým objektům NPÚ. Tyto informace mohou být přiřazeny do rozšíření datového modelu pro HBIM, pokud vybraná budova patří mezi zájmové objekty NPÚ.

### **3.2.2 Datový standard staveb**

Datový standard staveb, zkratkou DSS, zajišťuje interoperabilitu a přenositelnost v rámci projektů BIM v oblasti digitalizace. Cílem je zajistit hladkou spolupráci mezi všemi odborníky stavebního odvětví. I proto je nutné, aby se na vývoji podílela široká škála odborníků od projektantů po technickou komisi. Standard DSS předpokládá, že nebudou všichni odborníci pracovat v jednotném softwaru, hlavní myšlenkou však je, aby se všechna data i informace dala přenášet do jiných softwarů. K přenosu dat je snahou využívat pouze jeden výměnný formát, a to nejčastěji formát IFC, jelikož se jedná o nejvyužívanější výměnný formát v oblasti BIM

a v dnešní době je již mezinárodně uznáván (více o výměnných formátech viz podkapitola 3.1). [52; 53]

Zásadním krokem je definování datových šablon pro ukládání informací. Jedná se o strukturu, která definuje kdy a jaké informace jsou potřebné pro kterého odborníka. Určuje tedy množství a typ informací a vlastností, které mají být připojeny k modelu objektu. Datové šablony se netýkají pouze konstrukčních prvků, ale také konkrétních prvků či stavebních prostor. Pro klasifikaci pojmů je využíván systém CCI, jež je popsán v následujícím oddílu 3.2.3. [52; 53]

V dnešní době je DSS stále ještě ve vývoji a plánech. Dle [54] bylo navrženo 14 úkolů či částí, jež jsou postupně vypracovávány. „Aktuálně je hotový dočasný databázový nástroj pro plnění informací, výběr klasifikačního systému, interní testování vlastností vzorkových prvků modelu, stanovisko k využití formátu IFC a analýza změn pro rámec klasifikací. V procesu je popis druhů klasifikací, export formátu šablon prvků z DSS pro softwarové poskytovatele, pořízení vlastností stavebních výrobků a integrace standardu geometrických a popisných dat s IFC. Ve stavu recenze je koncept architektury a metodiky DSS, vytvoření standardu DSS, metodika správy databáze DSS. Neznámý stav je u spuštění systému databáze DSS a vyhlášení formátu IFC“. Neznámý stav u posledních dvou bodů je pochopitelný již z názvu úkolů. Jedná se o finální kroky, které je možné vyřešit až po vyjasnění a dokončení zbylých úkolů.

### 3.2.3 Mezinárodní klasifikační systém staveb

Jednou z podmínek pro úspěšnou spolupráci profesionálů z odlišných oborů u jednoho sdíleného projektu je využití klasifikačního systému, který poskytuje jednotné pojmenování pro stejné prvky napříč všemi obory a softwary. V rámci mezinárodní spolupráce byl vytvořen mezinárodní klasifikační systém staveb (Construction Classification International, zkratkou CCI), který je v Česku znám pod pojmem klasifikační systém CCI. Česká republika je jedním ze spoluzakladatelů mezinárodní organizace Construction Classification International Collaboration, zkratkou CCIC, jež dle [55] spravuje a dále vyvíjí klasifikační systém CCI. Tento systém má mimo jiné mezinárodní atribut pro popis všech prvků, díky čemuž lze importovat a exportovat digitální data napříč zeměmi a lze získávat zkušenosti ze zahraničních projektů.

Klasifikační systém CCI [56] je rozdělen do pěti níže vypsanych tříd a každému prvku přiřazuje jedinečný identifikátor, který je tvořen kombinací písmen. Třídami jsou:

- *stavební entity* – jedná se o vybudované prostředí, které má charakteristický tvar a speciální účel pro uživatele,

- *vybudované prostory* – jsou zde klasifikovány prostory, kterou jsou vymezeny vytvořeným prostředím nebo přírodou nebo obojím,
- *funkční systémy* – tato třída je podskupinou konstrukčních entit a jednotlivé klasifikace mají charakteristiku představující obecnou inherentní funkci, tedy že funkce objektu je nezávislá na aplikaci,
- *technické systémy* – jedná se o konstrukční prvky s charakteristikou, která definuje technické řešení se společným užitím,
- *komponenty* – jsou zde konstrukční prvky představující základní technické řešení a jednotlivé komponenty mohou být složeny z několika různých dalších komponent.

V rámci projektu HBIM lze využít následující termíny:

- z oblasti stavebních entit je to například *kulturní památka* s označením [EAA] nebo *historická stavba* [EAB],
- z vybudovaných prostorů je to *pokoj* [AAA], *sál* [BEB], *rozlučková kaple* [CEA], *schodiště* [EAD] a další,
- z kategorie funkčních systémů lze vyjmenovat *systém stěny* [B], *systém střechy* [D] nebo *systém vybavení* [S],
- z technických systémů je to *balkon* [AH], *vikýř* [AK], *nosná konstrukce stěny* [BD], *systém vybavení nábytkem* [RB] a další,
- z kategorie komponent *sedadlo* [CLC], *zvonek* [PJC], *okno* [QQA], *osvětlovací vybavení* [UAC], *sloup* [ULD] a další.

### 3.2.4 Tezaurus umění a architektury

Jednou z možných informací, které lze připojit k informačnímu modelu stavby, jsou pojmy dle tezaurů umění, historie, stavitelství nebo architektury. Jedním z nejznámějších je Tezaurus umění a architektury (Art & Architecture Thesaurus, zkratkou AAT), který spadá pod skupinu slovníků Getty Vocabularies, jež jsou spravovány oddělením Getty Research Institute z Getty Center v Los Angeles v Kalifornii. AAT obsahuje obecné termíny v několika jazycích, vztazích a z vícero zdrojů. U odborných termínů jsou vedeny poznámky pro pracovníky z odlišných oborů nebo zaměření. Termíny se zaměřují například na prvky, materiály a styly související s uměním, architekturou a dalším kulturním dědictvím. [57]

K celému objektu v BIM modelu dle konceptu HBIM lze např. přiřadit následující pojmy z tezauru AAT:

- *buildings/structures* (budovy/stavby),
- *historic buildings* (historické budovy),
- *listed buildings* (památkově chráněné budovy),
- *landmark buildings* (orientační budovy),
- *building information modeling* (informační modelování budov),
- *building information models* (informační model budov),
- *building history research* (stavebněhistorický průzkum).

V SHP jsou sepsány podrobné informace především ke stěnám, proto je níže přiložen výčet některých z možných pojmů z tezauru AAT, které lze přidat ke zdivu ve virtuálním modelu dle konceptu HBIM:

- *walls* (stěny),
- *wall components* (stěnové komponenty),
- *retaining walls* (opěrné stěny),
- *bearing walls* (nosné stěny),
- *foundation walls* (základové stěny),
- *city walls* (městské hradby),
- *dry walls* (suché stěny konstruované bez malty),
- *rubblework as a building materials* (stavební materiál obsahující sut'),
- *masonry as a building materials* (stavební materiál obsahující jednotky z kamene).

K dalším prvkům modelu dle konceptu HBIM lze např. přiřadit následující pojmy z tezauru AAT:

- *balconies* (balkony),
- *dormers* (vikýře),
- *pillars* (pilíře),
- *columns* (sloupy),
- *arch braces* (obloukové výztuhy),
- *lattice windows* (mřížová okna),
- *window sills* (okenní parapety),
- *door knockers* (klepadla na dveřích),
- *fireplaces* (krby),
- *chimneys* (komíny),
- *gable roofs* (sedlová střecha),
- *roofing tile* (střešní tašky).

### 3.2.5 Tezaurus archeologické terminologie

Pro zachycení historické podoby budovy je nutné přiřadit části budovy k historickému období, z kterého pochází. Zmíněné rozřazení je zpracováno v rámci stavebněhistorického průzkumu.

Jednotlivá období lze následně přiřadit k tezauru archeologické terminologie, zkratkou TEATER, v kterém jsou mimo jiné sepsány pojmy týkající se dějin architektury nebo materiálů objektů. Jedná se o webový tezaurus, který má za cíl zpřístupnit a objasnit lidem terminologii z oblasti archeologie a jiných přidružených oborů. Je určen jak široké veřejnosti, tak i profesionálním archeologům. Autorem TEATERu je Archeologický ústav Akademie věd České republiky Brno. [58]

U všech pojmů jsou vypsány jeho české, anglické a německé ekvivalenty, a navíc je přidán odkaz na publikaci, která blíže popisuje daný termín. Díky cizojazyčným ekvivalentům lze vytvořit mezinárodní projekt s anglickými termíny pro jednotlivá historická období. Pokud se jedná o pojem, který lze ještě členit, jsou u něho vypsána také všechna jeho podřazená hesla, tezaurus má tedy hierarchickou strukturu. Pokud uživatel hledá konkrétní pojem bez znalosti souvislostí a nadřazených pojmů, může využít fulltextového vyhledávání.

Jednotlivá historická období jsou dohledatelná přes oblasti *Hraniční obory a přidružené obory*, *příbuzné obory* a dále přes termíny *dějiny umění* a *dějiny architektury*. Ukázka z TEATERu pro termín *dějiny architektury* je na obr. 16. Je zde patrné, že tento termín má ještě několik podřazených hesel, které by mohly být využity v rámci projektu HBIM. Jedná se například o pojmy **architektonický sloh**, **gotická architektura** (jedno z podřazených hesel středověké architektury), **renesanční architektura** a **barokní architektura**. [58; 59]

The screenshot shows the TEATER interface for the term "dějiny architektury". On the left, there is a sidebar titled "Výběr hesel" (Selection of terms) with a list of related terms: "dějiny architektury +", "dějiny fotografie", "dějiny malířství +", "dějiny sochařství +", "metody, analýzy (dějiny umění) +", "objekt (dějiny umění) +", "předmět (dějiny umění) +", "sociální kontext (dějiny umění) +", "umělecké směry a školy +", and "umělecký sloh +". The main content area is titled "dějiny architektury" and includes a URL, an "Exportovat" button, and three sections of equivalents: "České ekvivalenty" (Czech equivalents) with "dějiny architektury" and "architektura - dějiny"; "Anglické ekvivalenty" (English equivalents) with "architectural history" and "history of architecture", each with a citation; and "Německé ekvivalenty" (German equivalents) with "e Geschichte der Architektur". On the right, a section titled "Podřazená hesla" (Subordinate terms) lists "antická architektura +", "architektonický sloh", "barokní architektura", "renesanční architektura", and "středověká architektura +".

Obr. 16: Termín *dějiny architektury* zobrazen v prostředí TEATER z [59]



## 4 Případová studie

V rámci této kapitoly je provedena případová studie navrženého konceptu HBIM na historické budově. Nejprve je tedy vybrána zájmová historicko-kulturní budova, pro kterou je vytvořen virtuální model. Následně je virtuální model zájmové budovy doplněn o sémantické informace získané ze SHP a vložené do struktury rozšířeného datového modelu IFC z předchozí kapitoly.

### 4.1 Zájmová historická budova

V rámci diplomové práce je zpracovaný přístup k HBIM představen na vybrané historické budově. Budova je vybrána po prostudování několika stavebněhistorických průzkumů uložených na pracovišti NPÚ v Plzni a následných konzultacích s pracovníky z výše uvedeného pracoviště. Pro účely této práce je zvolen dům s číslem popisným 26 v Plané u Mariánských lázní (okres Tachov). V druhé polovině roku 2016 zde byl proveden standardní nedestruktivní stavebněhistorický průzkum. Autory SHP zájmové budovy jsou Tomáš Karel, Mgr. Alžběta Kratochvílová a Mgr. Michal Konáš. Část zájmové budovy je zobrazena na obr. 17. [36; 60]



*Obr. 17: Vybraná historická budova pro účely vlastního užití HBIM z [60]*

Vybraný objekt byl postaven na začátku 17. století či dříve, jelikož se předpokládá, že od roku 1627 už budova sloužila jako mincovna. V roce 1652 byla z mincovny vytvořena hospoda, nedošlo však k zásadním stavebním zásahům. Od přelomu století budova sloužila jako pivovar, který patřil k největším v kraji. Vzhledem k expanzi pivovaru došlo k významným přestavbám budovy, především koncem 18. století a v polovině 19. století. V závěru 19. století byl zřejmě pivovar modernizován a doplněn další zástavbou. Od té doby nedošlo k výrazným stavebním zásahům a podobu z konce 19. století má budova dodnes. V roce 1903 byl pivovar odkoupen městem Planá, které o dva roky později definitivně ukončilo výrobu i prodej výrobků z pivovaru. Část budovy byla ještě pár let využívána jako muzeum, ale v posledních desítkách let došlo již ke

spíše degradačním zásahům a jelikož je budova nevyužívána, výrazně chátrá. Několikrát se dokonce uvažovalo o demolici domu. Ta však nebyla nikdy povolena, jelikož dle [36] „byl dům označen za hodnotný historický objekt s významnou urbanistickou funkcí.“ Město Planá v polovině minulého století dům prodalo, ale od roku 2016 je opět ve vlastnictví města. Od roku 2020 je budova památkově chráněna jako kulturní památka. [36; 60]

Dvoupatrový dům je tvořen čtyřmi křídly a dvorem. Severozápadní část domu má 4 podlaží, jedná se pouze o jednu místnost v každém patře. Hlavní vstup je situován v jižní části objektu. Původně byl velký a půlkruhový vyplněný historickými vraty, ale při poslední rekonstrukci byl přestaven na menší obdélný vstup s dveřmi. V severním průčelí je další vjezd, který je tvořen velkými dvoukřídlými vraty, jež jsou v dnešní době vyrobeny z plechu. Část oken objektu v přízemí byla zazděna a zajištěna mřížemi. Většina východní části objektu sousedí s dalším domem, proto v této části jsou jen dvě okna. Tato část lze rozdělit na dvě budovy, kdy jižní budova je oproti severní propojena s celým objektem. Tato malá severní budova, složená z jedné místnosti, která je přístupná pouze ze dvora, a je tedy neprůchozí se zbytkem domu, má také odlišný typ střechy než zbytek celého objektu. Malá budova má střechu pultovou, zatímco zbytek objektu má střechy sedlové. V dnešní době má objekt hliníkové střechy, na východním křídle je plech natřený na červeno, jinak jsou plechy bez barevného nátěru. V západním dvorním průčelí se nachází jeden z nejvýraznějších prvků celého objektu, což je cihelný komín využívaný především v době provozu pivovaru. [36]

## 4.2 Virtuální model zájmové historické budovy

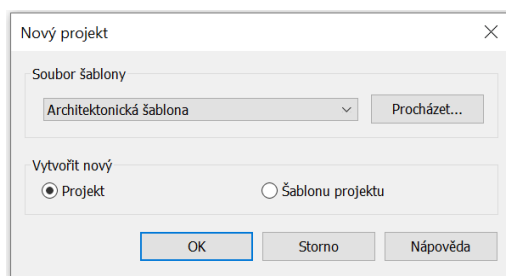
Pro vybranou historickou budovu je vytvořen její virtuální model. Před samotnou tvorbou modelu je nezbytné si nejprve určit, jaké parametry má výsledný model splňovat (například dimenze modelu či úroveň podrobnosti). Cílem je vytvořit model s co nejvíce rozměry, jelikož s každým rozměrem roste i množství informací (rozměrům modelu je více věnována podkapitola 1.1). Pro vybranou historickou budovu je tvořen 4D model, protože jsou zpracovány prostorové a časové informace o budově. Ve formátu IFC je využíván čas, který je ale reprezentován časem, případně datumem, což je příliš jemné dělení pro časové informace historických budov. V rámci této práce jsou využívána časová období dle architektonických slohů, a tak je nutné si vytvořit nové parametry pro reprezentaci času. BIM model by se dal díky informacím o finančních nákladech rozšířit až na šest dimenzí, ty však nejsou k vybrané budově dostupné.

Dalším krokem je určení úrovně podrobnosti HBIM modelu. Jelikož je hlavním zdrojem dat pouze stavebněhistorický průzkum, předpokládá se u výsledného modelu s úrovní podrobnosti 2

(popis úrovní v podkapitole 1.2). Po prostudování stavebněhistorického průzkumu mincovny a bývalého pivovaru [36], je patrné, že zde není dostatek informací ke všem architektonickým prvkům a komponentám (například ke komínu či deformaci zdi). V rámci této diplomové práce je tedy vytvořen **4D informační model historické budovy dle konceptu HBIM s úrovní podrobnosti 2**.

### 4.2.1 Příprava softwaru

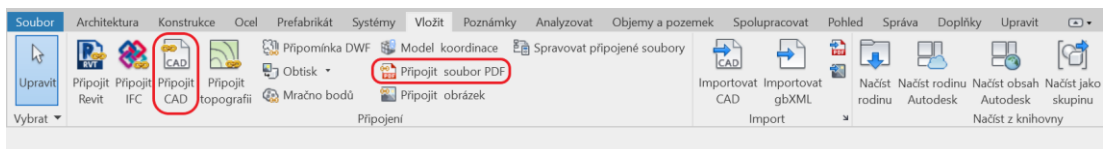
Pro tvorbu modelu je využíván software Revit, který byl zvolen a popsán v kapitole 1.3. Pro práci je stažen software Autodesk Revit 2021 1.2 v české verzi a k němu architektonická šablona, která usnadňuje tvorbu virtuálního modelu díky předinstalovaným konstrukčním prvkům a vhodným šablonám. Prvním krokem je vytvoření nového projektu v Revitu a nastavení využití architektonické šablony (viz obr. 18).



Obr. 18: Vytvoření nového projektu v softwaru Revit 2021

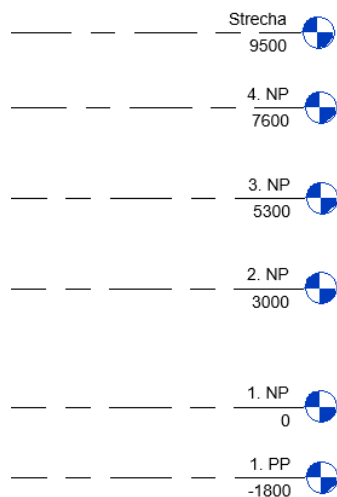
### 4.2.2 Půdorys a podlaží budovy

SHP mincovny a bývalého pivovaru byl propůjčen ve formátu PDF a tištěná část byla prostudována a vyfotografována v archivu NPÚ. Bohužel i veškeré výkresy jsou k dispozici pouze v rastrové podobě, což je mírnou komplikací pro tvorbu modelu budovy. Dle návrhu v podkapitole 2.2 je nejprve tvořen půdorys budovy. Vzhledem k dostupným výkresům je do prostředí softwaru importována parcela, získaná z RÚIAN, odpovídající vybrané budově ve formátu DWG. Je připojena přes záložku *Vložit* a ikonu *Připojit CAD*. Dalším krokem je nahrání výkresu se stavebněhistorickou analýzou ze SHP ve formátu PDF přes ikonu *Připojit soubor PDF* opět v záložce *Vložit*. Na obr. 19 je ukázka záložky *Vložit* se zvýrazněnými dvěma využitými ikonami pro vložení potřebných souborů.



Obr. 19: Záložka Vložit v Revitu se zvýrazněnými využitými ikonami

Výkres se stavebněhistorickou analýzou je po importu do softwaru geometricky transformován tak, aby odpovídal importovanému půdorysu parcely. Pro ztotožnění výkresu a parcely je využito posun, rotace a změna měřítka. Díky ztotožnění lze vytvořit půdorys prvního nadzemního podlaží, k čemuž lze využít architektonického prvku *Podlaha: Architektonická*. V prohlížeči libovolného pohledu zobrazující výšku budovy jsou přidána další podlaží. Bohužel v SHP nejsou bližší informace k výškám jednotlivých poschodí, proto jsou odhadnuty dle dostupných fotografií. Navrhnuté rozložení jednotlivých podlaží je zobrazeno na obr. 20, kdy hodnoty výšek podlaží jsou uvedeny v milimetrech.



Obr. 20: Rozložení jednotlivých podlaží

Stavebněhistorická analýza v SHP se zaměřuje pouze na sklepní část, přízemí a první poschodí. Dle fotek místností je patrné, že místnosti v prvním nadzemním podlaží mají větší výšku než ty z druhého nadzemního či prvního podzemního podlaží, které je dokonce zřetelně nejnižší ze všech. Jak bylo popsáno v podkapitole 4.1, severozápadní část domu má čtyři nadzemní podlaží, oproti tomu zbytek domu pouze dvě (s výjimkou malé budovy ve východním křídle). Prostory třetího a čtvrtého nadzemního podlaží je tedy nutné zcela odhadnout pouze z fotografií, jelikož v SHP nejsou k dispozici informace o výšce, počtu místností ani o půdorysu. Pracuje se s předpokladem, že neznámá patra jsou obdobná druhému patru v části severozápadního rohu domu. Dle fotografií je patrné, že čtvrté nadzemní podlaží má menší výšku než ostatní nadzemní podlaží.

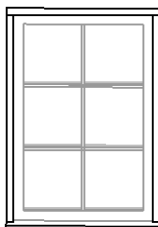
### 4.2.3 Stěny

Dále jsou přidány obvodové stěny. Jelikož ze SHP nelze získat podrobnosti o složení stěn, je vybrána z rodiny stěn *Základní stěna* a dále *Obecné 200mm*. Je nutné ještě upravit šířku stěny přes volbu *Upravit typ*, kde je pro odlišnou šířku stěny vždy vytvořen duplikát, tedy nový typ stěny s rozdílnou šířkou. Šířka jednotlivých stěn je zjišťována s využitím *Měření mezi dvěma referencemi* z výkresu stavebněhistorické analýzy objektu. Dále je nutné upravit výšku stěn tak, aby dosahovaly výšky dalšího nadzemního podlaží (přes *Horní vazbu* ve vlastnostech stěn). Stejný postup je proveden při tvorbě stěn oddělujících jednotlivé místnosti.

Mezi sousedícími stěnami, které sdílejí společnou plochu, je vytvořen tzv. plný spoj, tedy spojují se jednotlivé geometrie. Díky tomuto kroku se odstraní viditelné hrany mezi stěnami, což bude využito především u výsledné vizualizace v 3D pohledu v Revitu. Viditelné hrany přesto zůstanou mezi prvky, které neleží v jedné rovině (například rohy budovy).

### 4.2.4 Okna

Dalším krokem je výběr a přidání oken do všech podlaží. Ve výkresech ze SHP není zřejmé, jaký typ oken je využit v domě, lze získat pouze jejich šířku. Typ oken je tedy opět prozkoumáván z dostupných fotografií domu, z nichž jsou identifikovány obdélníková dvojité okna s rozdělením na 6 menších částí. Takový to typ oken není dohledán v základních rodinách Revitu, a tak byly prostudovány online knihovny poskytující BIM komponenty. Jak již bylo popsáno v podkapitole 1.4, lze využít například knihovny NBL. Zde je nalezena vhodná rodina oken s názvem *NBS\_MumfordWoodLtd\_WoodWndwUnits\_ConservationCasementWindow*. Po stažení rodiny z online knihovny a nahrání do softwaru Revit (s pomocí funkce *Načíst rodinu*) je vybrána vhodná komponenta z rodiny. Jedná se o komponentu s přízviskem *1000x1500mm-Single* a její ukázka je přiložena níže na obr. 21.

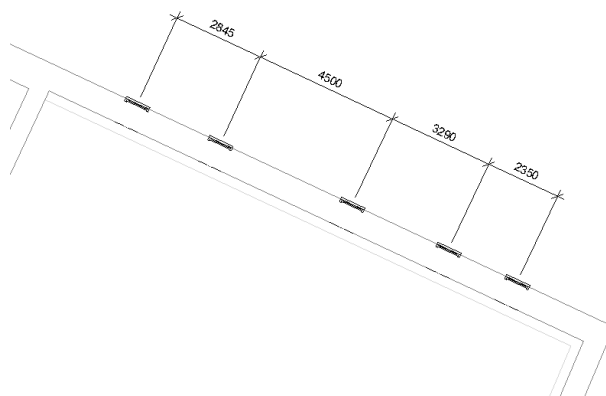


Obr. 21: Okno zvolené pro virtuální model mincovny a pivovaru

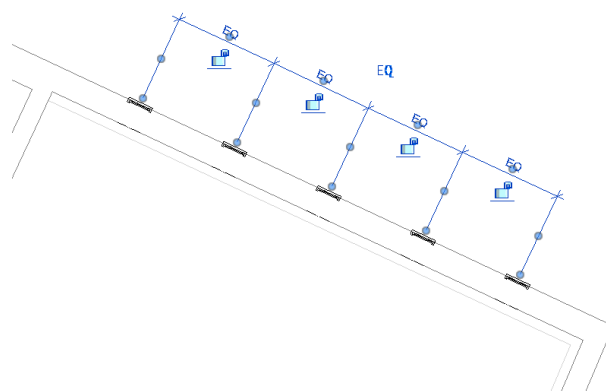
Komponenta okna je následně editována obdobně jako prvky stěn. Je nutné upravit šířku oken, tak aby odpovídala šířce zákresu okna ve výkresech ze SHP a výška oken je odhadnuta opět

z dostupných fotografií. U odhadu z fotografií místností už je brána v potaz nastavená výška místností a dále je kladen důraz na zachování poměru šířky a výšky okna patrného z fotografií. Po prostudování dostupných materiálů je nastavena velikost oken na 800 x 1200 mm.

Jednotlivá okna jsou rozmístěna dle výkresu SHP. Okna v severním křídle druhého nadzemního podlaží mají mezi sebou konstantní rozestup, a proto je zde využito kót. Je umístěno první a poslední okno v řadě dle výkresu. Zbytek je umístěn kamkoliv do řady mezi již vložená okna. Po kliknutí na krajní okno se objeví na horní liště nabídka, z které lze vybrat *Zarovnanou kótu*. Postupně jsou označena všechna okna v řadě až se zobrazí linie s hodnotami rozestupů mezi prvky (viz obr. 22). Aktuálně je přeškrtnutý symbol *EQ*, díky němuž může dojít k přepnutí rovnosti kót, což je přesně naším cílem, a tak je aktivován. Rozestup mezi okny je teď konstantní, což je patrné z obr. 23.



Obr. 22: Kóty mezi okny



Obr. 23: Konstantní kóty mezi okny

Dle dostupných fotografií je zřejmé, že je několik oken vysklených či chráněných zvenku mřížemi. Cílem této práce není vytvořit přesný virtuální model dle aktuální podoby budovy, a tak tyto detaily nejsou začleněny do výsledného modelu.

## 4.2.5 Dveře

Nejprve byly řešeny vstupní dveře. Dle fotografií jsou dochována dřevěná vrata v severním křídle. Opět je nejprve tento typ dveří vyhledáván v dostupné rodině prvků načtených v Revitu. Shoda je dohledána v knihovně určené pro anglickou verzi Revitu s komponentou *M\_Door-Overhead-Sectional 2400 x 2000mm*, jež je po načtení do prostředí Revitu opět upravena na požadovanou šířku a výšku.

Druhé, výrazně menší, vstupní dveře jsou v jižním křídle budovy. Jedná se o malé jednoduché dveře, a tak byla použita komponenta *M\_Jednoduché, hladké* z rodiny *Dveře*, z knihovny Revitu pro českou verzi softwaru. Po nahrání do projektu je upravena šířka a výška na 800 x 1500mm.

Jelikož je dům značně degradovaný, podepisuje se to i na stavu interiéru. Ve výkresu SHP jsou značeny pouze vstupy do jednotlivých místností, ale chybí tu označení dveří, což není typické pro výkresy SHP. Vše se objasnilo po prostudování fotografií místností, kdy jsou dohledány pouze jedny dveře oddělující místnosti v celé budově. Jinak se dle snímků v budově nachází pouze prázdné vstupy bez pantů či jakýchkoliv pozůstatků dveří. Proto jsou v Revitu do stěn pomocí funkce *Otvor ve stěně* vytvořeny pouze prázdné otvory namísto umístění komponentů dveří.

## 4.2.6 Schodiště

Tak jako o ostatních komponentách, ani o schodištích není v SHP mnoho informací. Proto je pro jednoduchost voleno schodiště dostupné z české knihovny v Revitu z rodiny *Schodiště, prefabrikované schodiště*. V této rodině je pouze jedna komponenta *Prefabrikované schody*. Ke schodišti se automaticky přikreslí také zábradlí, které však v budově na schodištích nejspíše není, jelikož o zábradlí není žádná zmínka v SHP, proto jsou všechna z virtuálního modelu budovy odstraněna. V budově se nachází více typů schodišť z pohledu točení a podest. Revit umožňuje tvořit pomocí specializovaných funkcí různé typy schodišť od přímých, po schodiště s točením různých tvarů či spirálovité schody. Při tvorbě schodišť s točením lze automaticky přidat podestu do místa točení. Dále lze upravovat a nastavovat dolní a horní podlaží, tedy začátek a konec schodiště, a mimo jiné také požadovaný počet podstupnic, díky kterému lze natahovat či zkracovat celé schodiště (tedy změna úhlu mezi dolním podlažím a schodištěm).

V případě virtuálního modelu bývalé mincovny a pivovaru byla vytvořena následující schodiště: přímé schodiště z prvního podzemního do prvního nadzemního podlaží, schodiště s točením ve tvaru L z prvního podzemního do prvního nadzemního podlaží, schodiště s točením ve tvaru L

z prvního do druhého nadzemního podlaží, schodiště s točením ve tvaru U z prvního až do třetího nadzemního poschodí (tedy do podkroví).

## 4.2.7 Střechy

Jak je popsáno výše v podkapitole 4.1, vybraná budova má převážně sedlovou střechu. Pro virtuální model je zvolena komponenta z rodiny Revitu z české knihovny. Jedná se o *Základní střechu obecnou, 400mm*. Tento typ komponenty je využit nejen pro tvorbu sedlové střechy, ale také pro pultovou, jež se nachází na malé budově ve východní části objektu. Jelikož je opět výška sedlové střechy pouze odhadována, je tvořena s využitím zadáním sklonu střechy, kdy je volena hodnota 45°. Střecha na východním křídle má dle ortofotomapy menší klon než zbývající sedlové střechy na objektu, proto je zde nastaven sklon pouze 13°. U pultové střechy je na rozdíl od sedlové nastaven sklon pouze na jedné straně střechy a je volena hodnota 2°. Volba sklonu byla prováděna dle fotografií a ortofotomapy, tak aby co nejvíce střechy odpovídaly skutečnosti, i když nikoliv historické, ale aktuální.

## 4.3 Informační model zájmové historické budovy

Vytvořený virtuální model bývalé mincovny a pivovaru lze obohatit o množství sémantických informací odvozených ze SHP, čímž je vytvořen informační model budovy. Na základě řešené výměnných formátů v podkapitole 3.1 je pro praktickou část této práce zvolen datový formát IFC. Je provedeno rozšíření datového modelu pro HBIM, reprezentovaného pomocí IFC s využitím nově přidávaných parametrů do informačního modelu budovy dle podkapitoly 3.2.

### 4.3.1 Místnosti

Prvním krokem je přidání místností do informačního modelu budovy v softwaru Revit 2021. Dle nápovědy v Revitu [61] je místnost „rozdělením prostoru v modelu budovy založeným na prvcích, jako jsou stěny, podlaží, střechy a podhledy“. Jedná se tedy o vymezený prostor, který je oddělen stěnami a podlahami, tak jako tomu je v reálném světě. Fyzická zájmová historická budova dle dostupných fotografií a výkresů v SHP nemá až na jednu výjimku dveře mezi místnostmi, pouze otvory ve stěnách. Z pohledu místností jsou zde díry, a díky tomu se jedna místnost rozkládá přes celé podlaží. Proto je využito *Oddělovače místností*, díky kterému lze do modelu umístit čáru, jež nahrazuje ohraničující prvek místnosti. Tyto čáry jsou vždy umístěny do



středu otvorů stěn v místech původních dveří. Následně lze ve všech podlažích vytvořit místnosti díky stejnojmenné volbě v záložce *Architektura*.

Popisné informace místností jsou získány ze SHP, který obsahuje mimo jiné výkresy s dispozicí sklepů, přízemí a patra. Každá místnost má své označení a pro většinu místností byl v rámci SHP vytvořen speciální list, který detailně popisuje danou místnost. Veškeré dostupné popisné informace místností jsou vloženy do informačního modelu zájmové budovy. Nejprve je využito výchozích parametrů u místností v Revitu, výhradně se jedná o parametry skupiny *Identifikační data*. K parametru *Číslo* je přiřazeno očíslování místností z dispozičních výkresů podlaží. K parametru *Název* je přiřazena pravděpodobná funkčnost místnosti, jež je dohledatelná v úvodu speciálních listů místností v SHP. Jedná se o prostor skladovací, provozní, vstupní, komunikační atd. U šesti místností není funkčnost uvedena nebo pro ni ani neexistuje speciální list. Těmto prvkům byla nastavena hodnota *Názvu* pouze na místnost.

V archivu plzeňské pobočky Národního památkového ústavu byly pořízeny analogové skeny výše zmíněných speciálních listů místností. Tyto skeny lze připojit k modelu ve formátu jpg a následně je lze přiřadit k jednotlivým místnostem s využitím parametru *Obrázek*. Obrázek nelze přiřadit, pokud není nejprve připojen k celému projektu přes volbu *Importovat obrázek*. Stejným způsobem by bylo možné přiřadit fotografie jednotlivých místností pořízených v budově.

Dalšími výchozími parametry, které lze využít, jsou parametry týkající se povrchových úprav. Ve využívaném SHP jsou informace o povrchových úpravách dostupné pro stěny a podlahu. Je tedy vyplněna hodnota atributu *Povrchová úprava stěny* (varianty atributu jsou: zaomítnuta, cihelné zdivo nebo lomový kámen) a *Povrchová úprava podlahy* (varianty atributu jsou: betonová mazanina, dusaná zanesena stavební hutí, kamenná dlažba, prkenná, zanesena stavební hutí).

Tímto už byly vyčerpány výchozí parametry u místností, a tak je nutné si vytvořit nové dle potřeby. V Revitu existuje pět typů parametrů: *parametry systému*, *sdílené parametry*, *parametry projektu*, *globální parametry* a *parametry rodiny*. Pro přidání nových parametrů, které lze po vytvoření využít pro více instancí, se využívají parametry projektu a sdílené parametry. Jak plyne z jejich pojmenování, první z parametrů je určen pouze pro využití v rámci daného projektu oproti tomu druhý typ je uložen v souboru, který je zcela nezávislý na souborech rodiny či projektu a lze jej využít pro několik rodin současně. Jelikož bude vyhotovený informační model exportován do výměnného formátu, je vhodné využít sdíleného parametru.

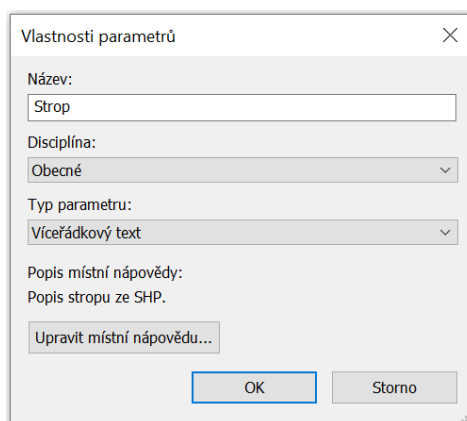
Možnost *Sdílené parametry* je v záložce *Správa*. Nejprve je nutné si vytvořit a libovolně pojmenovat skupinu, do které se budou ukládat parametry. V rámci praktické části této práce jsou názvy skupin voleny dle tzv. setů, dle IFC se jedná o *IFC property set*. Lze je chápat jako skupinu

přidaných vlastností, takže budou využívány i jako názvy skupin sdílených parametrů. Jelikož se prozatím předpokládá využití celého zpracovaného konceptu BIM pro zájmovou historickou budovu pouze v České republice, jsou názvy parametrů preferovány v českém jazyce. IFC je však založeno na anglickém jazyce, proto je před názvem skupiny vždy předpona CZ, což umožňuje následně parametry psát v českém jazyce.

Pro níže popsáný parametr je vytvořena tedy nová skupina sdílených parametrů, které je nastaven název CZ\_SHPSpace. Z názvu je zřejmé několik věcí. Parametry skupiny jsou v českém jazyce, jedná se o parametry získané ze SHP a jelikož tyto informace nejsou jediné, které jsou získány ze SHP, je přiložena ještě část Space, která reprezentuje, že se parametry vztahují v tomto případě pouze k místnostem.

Teď je již možné vytvářet nové parametry, u kterých se nejprve nastavují jejich vlastnosti (viz obr. 24). Název je vyplněn libovolně, pokud se nejedná o parametr řízený standardem nebo normou. To samé platí i pro vyplnění *popisku místní nápovědy*. *Disciplínu* lze chápat jako obor, odvětví či téma parametru a lze vybrat z možností obecné, konstrukce, vzduchotechnika, elektroinstalace, trubky, energie a infrastruktura. Nastavení disciplíny je zásadní i pro volbu *Typu parametru*, jelikož se nabídka typů mění pro každou disciplínu. Příklady typů parametrů pro jednotlivé disciplíny jsou:

- obecné – text, číslo, délka, URL, obrázek, čas, ano/ne apod.,
- konstrukce – hmotnost, moment setrvačnosti, rychlost, síla, krytí výztuže apod.,
- vzduchotechnika – průtok vzduchu, tloušťka izolace potrubí, tření, drsnost apod.,
- elektroinstalace – svítivost, příkon, teplota barvy, jednotkové náklady na energii apod.,
- trubky – rozměr trubky, hmotnost na jednotku délky, průtok, rozdíl teplot apod.,
- energie – energie, tepelná vodivost, součinitel přenosu tepla, propustnost apod.,
- infrastruktura – staničení, interval staničení.



Obr. 24: Nastavení vlastností nového sdíleného parametru

V tuto chvíli je tedy vytvořen nový sdílený parametr s názvem Strop, jelikož je určen k ukládání informací o stropu získaných ze SHP. Disciplína je nastavena obecná a typ parametru je nastaven na víceřádkový text. Může se totiž jednat o informace složené z několika vět, a tak by typ text mohl být nedostatečný a nevyhovující.

Dalším krokem je vložení vytvořeného sdíleného parametru do parametrů projektu. Přes možnost *Parametry projektu* je přidán nový parametr. Následuje volba typu parametru, v tomto případě je cílem přidat sdílený parametr (viz obr. 25). Přes výběr lze vyhledat a zvolit požadovaný parametr napříč skupinami, v tomto případě ze skupiny *CZ\_SHPSpace*. V pravé části okna lze navolit *instance*, kterým má být nový parametr přiřazen. Instancí může být zvoleno několik, v tomto případě je parametr přidáván jen k místnostem. V levé části okna se nastavují data parametru, kdy většina vlastností již nejde editovat, jelikož je parametr definován mimo projekt. Posledním krokem je nastavení skupiny, do které se má přiřadit nový parametr. Jak bylo popsáno výše, u místností je pracováno pouze se skupinou *Identifikační data*.

K přidávanému parametru *Strop* jsou vyplněny informace ze speciálních listů místností. Z výkresu SHP je patrné, že se v některých místnostech nachází klenby, ale je velmi náročné je detailně vymodelovat jen z těchto kreseb, bez bližšího zaměření či fotografií. Proto bylo rozhodnuto, že se převezmou pouze popisné informace o stropěch místností a jsou přidány do nově vytvořeného stejnojmenného parametru.

Vlastnosti parametrů

Typ parametru

Parametr projektu  
(Může se objevit ve výkazech, ne však v popisích.)

Sdílený parametr  
(Umožňuje sdílení více projektů a rodinami, export do ODBC a může se objevit ve výkazech a v popisích.)

Vybrat... Exportovat...

Data parametru

Název:

Disciplína:

Typ parametru:

Parametr skupiny v:

Popis místní nápovědy:  
Popis stropu ze SHP.

Kategorie

Seznam filtrů:

Skrýt nezaškrtnuté kategorie

- Analytické povrchy
- Analytické prostory
- Dveře
- Elektrická tělesa
- Elektrické vybavení
- Informace o projektu
- Instalační zařizovací předměty
- Konstrukční přípoje
- Konstrukční rámová konstrukce
- Konstrukční sloupy
- Konstrukční výtaha
- Konstrukční výtuz
- Konstrukční základy
- Materiály
- Mechanické zařízení
- Místnosti
- Nábytek
- Nábytkový systém

Zaškrtnout vše Nezaškrtnout žádné

Přidat ke všem prvkům ve vybraných kategoriích

OK Storno Nápověda

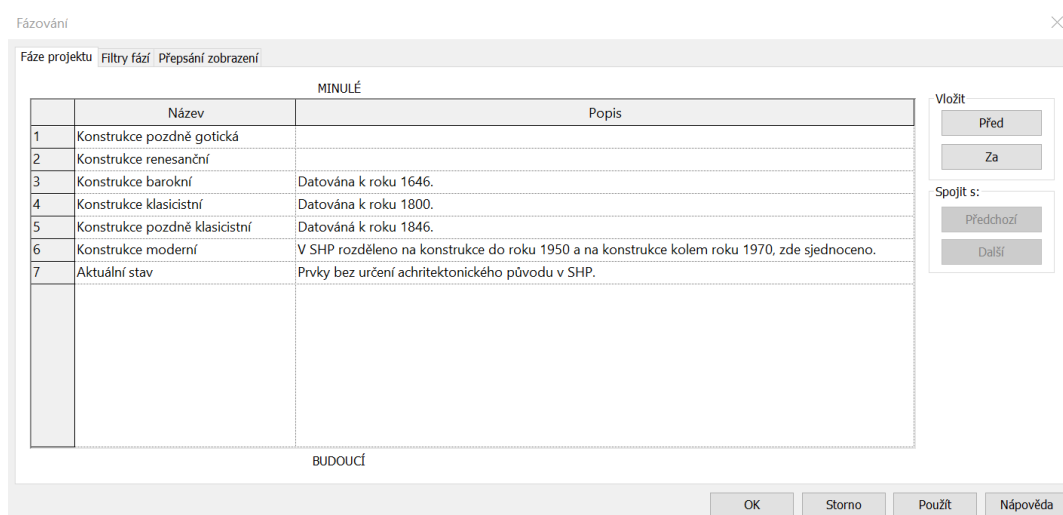
Obr. 25: Přidání nového sdíleného parametru k dané instanci

Stejným způsobem by se dal k místnostem připojit nespočet dalších informací ze SHP. Pokud by byla místnost geodeticky zaměřena, výsledky měření by se mohly také začlenit do popisných informací. Dalším častým materiálem by mohly být fotografie pořízené v dané místnosti. Fotografií může být několik, stačilo by pouze vytvořit nové parametry pro další fotografie. Je však nutné myslet na velikost celého modelu či projektu, samotné fotografie mohou výrazně navyšovat velikosti výsledných souborů.

### 4.3.2 Architektonický sloh

Jak již bylo popsáno výše, jednou z dimenzí výsledného informačního modelu je časové složka, která může reprezentovat architektonické období. Jeden z typů výkresů v SHP definuje období konstrukce stěn a stropů. Toto rozdělení do jednotlivých architektonických období je převzato a začleněno do informačního modelu budovy.

Jednou z možností je využití *Fázování* v Revitu. Lze vytvořit několik fází projektu, které lze hierarchicky seřadit a blíže popsat (viz obr. 26). Danou fází lze nastavit pro kteroukoliv komponentu zvlášť. Samotné fázování lze využít především pro filtraci pohledů v softwaru Revit. U všech pohledů je u vlastností i skupina parametrů *Fázování*. Přes filtr lze nastavit, zda se mají zobrazovat všechny fáze projektu, pouze jedno období nebo všechna období do určité fáze. Jedná se tedy o poměrně silný vizualizační nástroj, díky kterému lze výrazně a zároveň snadno ovlivnit, co se v daném pohledu zobrazí.



Obr. 26: Nastavení fází pro zájmovou budovu

Na Obr. 26 je zjevné, že byla spojena dvě období do jednoho (konstrukce moderní). Jedním z důvodů je fakt, že fázování je využito pouze pro vizualizace a rekonstrukční práce okolo roku 1970 již výrazně nezasáhly do podoby objektu. Druhým z důvodů je snaha o sjednocení všech

architektonických slohů a popisů konstrukcí. Ve výkresech v SHP totiž u rekonstrukcí z 20. století není informace o architektonickém slohu, ale pouze o roku. Naproti tomu u prvních dvou konstrukcí je definován architektonický sloh bez uvedeného roku či alespoň století. Proto bylo v rámci fázování rozhodnuto, že k oběma rekonstrukcím z 20. století bude přiřazen architektonický sloh moderna. Jak je napsáno v [62], může se jednat o zavádějící termín, protože je tato architektura moderní teď pro naši generaci, ale za stovky let už to bude historický sloh jako je pro nás teď například baroko. I přesto byl tento termín zvolen pro reprezentaci konstrukcí z 20. století, jelikož pro naše účely je tento popis dostačující.

Další variantou, jak začlenit informace o architektonických obdobích do 4D virtuálního modelu budovy, je přidání nového sdíleného parametru. Jeho vytvoření je popsáno v předchozím oddílu. Tentokrát je vytvořen parametr s názvem *ArchitektonickySloh* pro instanci stěn. Jelikož se zde jedná o informaci, která reprezentuje přímo vlastnost prvku a není tedy cílem pouze vizualizace, jsou konstrukce 20. století odděleny a přesně odpovídají popisům ze SHP. Pro přehlednost je tu však ponechán pojem moderna.

Parametr byl pojmenován *ArchitektonickySloh*, a tak jsou přiřazovány pouze informace o daném architektonickém období bez přidání let s výjimkou konstrukcí z 20. století, které není možné jinak rozlišit.

V SHP je mimo výkresu stavebněhistorické analýzy ještě výkres s analýzou památkových hodnot pro jednotlivá podlaží. Údaje památkových hodnot jsou převzaty pouze pro stěny. Je vytvořen opět nový sdílený parametr s názvem *PamatkovaHodnota*. Vlastnosti parametru jsou nastaveny u disciplíny na obecné a u typu na text. Následně je vytvořený parametr přiřazen k instanci stěn. U každé stěny je tedy možné editovat jejich památkovou hodnotu. Dle SHP se jedná o konstrukce nejhodnotnější, hodnotné, zčásti rušivé, neutrální, rušivé, k obnově. Reprezentace konstrukce neutrální není ve výkresu nalezena, a tak není ani využita v rámci vypracovávaného modelu.

### 4.3.3 Navázání na PaGIS

Jelikož je koncept BIM pro historickou budovu zpracováván především dle informací ze SHP, který je zastřešován NPÚ, je samozřejmostí, že je snahou části datového modelu navázat mimo jiné na systém spravovaný NPÚ, tj. na PaGIS. Bližší informace o tomto systému jsou popsány v oddílu 3.2.1. Pro zájmovou budovu bývalého pivovaru a mincovny je dohledáno číslo v evidenčním systému NPÚ, v památkovém katalogu, a tedy i webová stránka online Památkového katalogu (viz obr. 27) věnovaná pouze této budově. Jsou tu uloženy obecné

informace o budově od situování a adresy až po typ objektu. V dolní části webové stránky je možné získat stručné poznatky k historii, popisu podoby a popisu památkové hodnoty budovy.

Portál IISPP Vyhrazený přístup

NÁRODNÍ PAMÁTKOVÝ ÚSTAV PAMÁTKOVÝ KATALOG

### Bývalý pivovar a mincovna

KATALOGOVÉ ČÍSLO	1999993660
KRAJ	Píseňský kraj
OKRES	Tachov
OBEC	Planá
ČÁST OBCE	Planá

**PAMÁTKOVÁ OCHRANA**

- kulturní památka rejst. č. ÚSKP 106541 - bývalý pivovar a mincovna
- Fáze ochrany: památkově chráněno
- Chráněno: od 27. 6. 2020

**PLOŠNÁ PAMÁTKOVÁ OCHRANA**

- památková zóna rejst. č. ÚSKP 2155 - Planá u Mariánských Lázní
- Fáze ochrany: památkově chráněno
- Chráněno: od 10. 9. 1992

**INFORMAČNÍ SYSTÉM O ARCHEOLOGICKÝCH DATECH (ISAD)**

ID SAS 4695 - Město Planá - středověké a novověké jádro obce I C

**ZOBRAZENÍ NA MAPĚ**

DB 1309164, Planá, 26 Mezibranská, Planá, Planá u Mariánských Lázní, Tachov, Píseňský kraj

HISTORICKÉ LOKALITY:

Kód CZ 12227, Planá, město, Planá u Mariánských Lázní, Tachov, Píseňský kraj

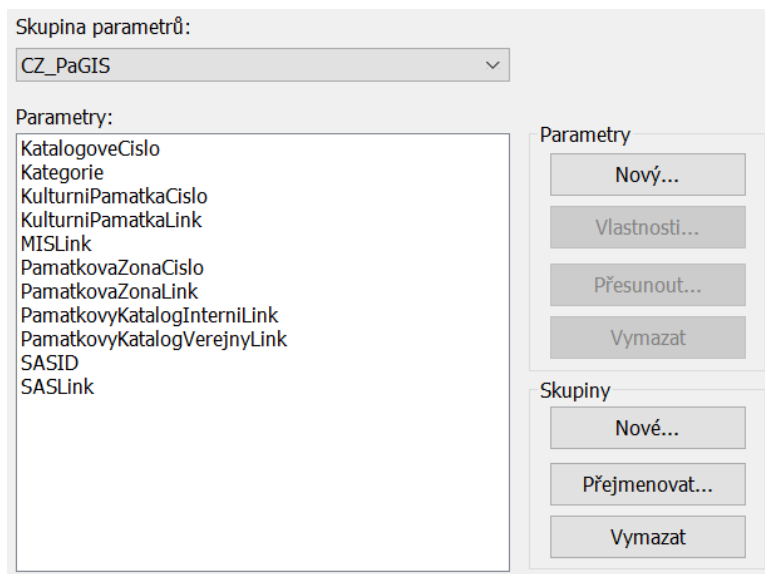
Obr. 27: Ukázka webové stránky zájmové budovy v památkovém katalogu NPÚ

Dále jsou zde uloženy odkazy na další části PaGISu, které obsahují data vztahující se k zájmové budově. Je možné získat bližší informace a náhled dokumentů k památkové ochraně, jež se vztahuje přímo k budově, nebo plošné památkové ochraně, což jsou podrobnosti k obci či k její části, v které je budova situována. Dále jsou zde dostupné odkazy na Informační systém o archeologických datech, zkratkou ISAD, na digitální dokumenty uložených v Metainformačním systému, zkratkou MIS, na mapy a seznam pramenů a literatury, jež jsou uloženy v knihovně. Odkazy na prameny jsou vedeny přes portál Integrovaného informačního systému památkové péče, zkratkou IISPP.

Do modelu jsou přiřazeny následující vlastnosti: odkaz na webovou stránku památkového katalogu (veřejná i interní část), katalogové číslo, kategorie, číslo kulturní památky a odkaz na veřejnou část jejich detailních informací, číslo památkové zóny a pro ni obdobně odkaz, zástupci z ISADu jsou vybrány identifikační číslo ze Státního archeologického seznamu (ID SAS) a odkaz na daný seznam s dokumenty o zájmové budově a dále odkaz na MIS, kde jsou uloženy digitální dokumenty k zájmové budově (pro tuto budovu se jedná o tři fotografie).

Jednotlivé vlastnosti jsou přidány k modelu v softwaru Revit s pomocí sdílených parametrů. Postup práce se sdílenými parametry je blíže popsán výše (4.3.1). Všechny parametry týkající se PaGISu jsou přidány do nově vytvořené skupiny CZ\_PaGIS. Disciplína je u všech parametrů nastavena na obecné a typy parametrů jsou voleny dle potřeby (text, celé číslo nebo URL). Dle manuálu z BuildingSMART [63] musí být názvy nových vlastností (v Revitu parametrů) jednoslovné bez využití podtržítka či pomlčky. Proto jsou názvy voleny jednoslovné a pokud se

v klasifikátoru jedná o dvouslovné termíny, je to řešeno rozlišením velikosti prvních písmen. Seznam přidáných parametrů je přiložen na obr. 28.



Obr. 28: Seznam přidáných sdílených parametrů ve skupině CZ\_PaGIS

Všechny tyto parametry jsou vázány k budově, tedy k IfcBuilding. V softwaru Revit je IfcBuilding reprezentován přes volbu *Informace o projektu*. Je možné zde vyplnit název budovy (editováno na Bývalý pivovar a mincovna) a obdobně jako pro komponenty je možné sem načíst nové parametry. Proto jsou veškeré parametry pocházející z PaGISu přiřazeny v projektu parametrů k instanci Informace o projektu.

Vzhledem k zaměření práce, by bylo dobré přiřadit k budově informaci, že se jedná o historickou budovu. Tomu odpovídá parametr *IsLandMarked* z vlastností IfcBuilding. Hodnota parametru je nastavena na hodnotu true, pokud se jedná o historickou budovu, a na hodnotu false, pokud se nejedná o historickou budovu nebo je tato informace neznámá. Tento parametr je vlastností budovy dle formátu IFC, ale není mezi výchozími parametry softwaru Revit, tak že je nutné ho přidat do informačního modelu opět s využitím sdíleného parametru. Jelikož se nejedná o zcela nové vytváření parametru, je nutné dodržet pojmenování, jak setu, tak parametru. Set, tj. skupina parametrů, je pojmenována *Pset\_BuildingCommon*. Předpona Pset charakterizuje, že se jedná o parametr formátu IFC, ale je přidáván sekundárně do projektu autorem.

Název parametru reprezentující historickou budovu v Revitu je identický názvu v IFC. Disciplína je volena obecná a typ parametru je nastaven na volbu ano/ne. Následně je přiřazen k instanci informace o projektu, kde je jeho hodnota nastavena na možnost true. Volba je provedena pouze zaškrtnutím malého čtverečku, hodnoty true nebo false se explicitně neuvádí.

### 4.3.4 Navázání na klasifikátory a tezaury

Jak je popsáno v podkapitole 3.2, další možností k rozšíření datového modelu je navázání prvků na online klasifikátory či tezaury. Zásadním a nejvyužívanějším klasifikátorem v oblasti BIM je jednoznačně klasifikátor CCI, jež byl blíže rozebrán v oddílu 3.2.3. Klasifikátor lze rozdělit do pěti skupin, jejichž jednotlivé napojení na informační model je popsáno detailněji níže.

První skupina v klasifikátoru rozděluje stavby (viz obr. 29). Dle památkového katalogu se jedná o kulturní památku, proto je tento pojem využit i pro popis stavby dle klasifikátoru. Je využíván tedy kód EAA. Jelikož veškeré prvky, části, komponenty se nachází v budově, je toto označení přiřazeno ke všem instancím, jež jsou v projektu využívány. Výše napsaný popis nesedí pouze na IfcSite, což je reprezentováno v Revitu jako pozemek. Jedná se tedy o pozemek, na kterém se nachází stavba, ta je definována jako kulturní památka, a tak je kód EAA přiřazen i k této instanci.



Obr. 29: Ukázka klasifikačního systému CCI s kódem pro kulturní památku

Druhá skupina definuje vybudované prostory. Jak je popsáno v oddílu 4.3.1, do informačního modelu budovy jsou přidány místnosti. Dle předpokládané využitelnosti místnosti jsou přiřazovány definice místností z klasifikátoru. Jelikož je zájmová budova historickou, funkce některých místností není možné dohledat v klasifikátoru určeného primárně pro nově vznikající budovy. Dále je problém u místností specializovaných pro pivovarský průmysl, ani pro ty není nalezen odpovídající ekvivalent v klasifikátoru.

Zajímavost se naskytla při snaze přiřadit garáž ke druhé skupině klasifikátoru. V SHP je místnost, ke které je přiřazena funkce využitelnosti garáž. V klasifikátoru však takováto místnost není, jelikož je garáž definovaná jako samostatná stavba. Protože v SHP se nejedná o samostatnou stavbu, nelze tohoto napojení využít, a tak zůstane hodnota u parametru prostorů u této místnosti prázdná.

Třetí a čtvrtá skupina definují systémy uvnitř staveb. Třetí skupina popisující funkční systémy je plně využita, jelikož obsahuje obecné definice systémů (systém stěn, systém střech atd.). Jedná



se tedy o poměrně jednoduché přiřazení jednotlivých prvků modelu budovy ke skupině klasifikátoru. Větší problém je s technickými systémy. Zde se již rozdělují například stěny na jednotlivé typy stěn (např. nosné nebo zděné stěny). Vzhledem k množství dostupných informací nelze prvky modelu k této skupině přiřazovat, a tak není tato skupina ani přidělena do rozšíření datového modelu.

Pátou skupinou je klasifikátor komponent staveb. Vzhledem ke zvolené úrovni podrobnosti modelu a množství dostupných informací, vypracovaný model neobsahuje mnoho komponent. Je možné přiřadit definici z této skupiny ke komponentám oken a také ke třem dveřím.

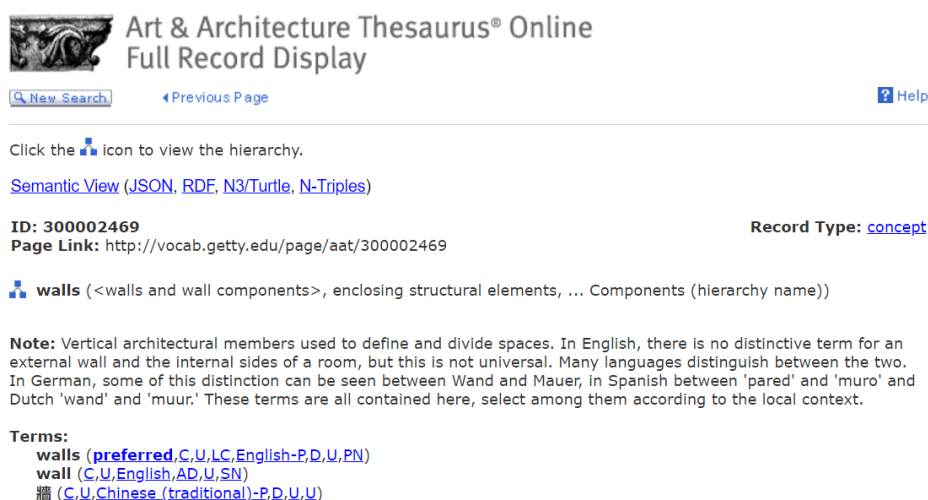
Obecně lze říct, že definiční pojmy z CCI je možné v rámci IFC přiřadit ke všem entitám patřících pod `IfcBuildingElement` i `IfcSpatialStructureElement`. Je vytvořena opět nová skupina sdílených parametrů `CZ_ClassificationSystemCCI`, do které jsou vloženy parametry s názvy `CCIkod`, který definuje kód zájmové stavby, `Prostory`, `TechnickeSystemy` a `Komponenty`. Jelikož se první klasifikační skupina *Stavební entity* vztahuje k celému modelu, často je nahrazována pojmem *kód CCI*, a tak byl tento pojem využit i v praktické části této práce.

U nastavování vlastností parametrů je opět zvolena pro všechny parametry disciplína obecná. Typ parametru je zde nastaven vždy na text, jelikož jsou využívány definice pojmů popsaných kódy složených maximálně ze tří písmen. Jak je popsáno výše, instance jsou voleny tak, aby parametr patřil ke všem využívaným entitám. Pro vytvořený model jsou v Revitu označeny instance dveře, informace o projektu, konstrukční sloup, místnost, okno, podlaží, pozemek, schodiště, stěna, střecha.


Dále jsou do datového modelu připojeny pojmy z Tezauru umění a architektury (viz 3.2.4). Jelikož se tento tezaurus specializuje mimo jiné na oblast architektury, opět je možné odtud získané definice a pojmy přiřadit k celému modelu, tak jako tomu bylo výše u pojmů z CCI. Tento tezaurus není členěn do skupin dle zaměření, jedná se v podstatě o rozsáhlý seznam termínů. Požadovaný termín je získán po napsání klíčového slova do vyhledávače a nalezení mezi výsledky vyhledávání. Například pro klíčové slovo `wall` (stěna) je vráceno 129 odpovídajících výsledků. Může být tedy časově náročné nalézt vhodný pojem, i když výhodou může být abecední řazení.

Vzhledem k dostupným poznatkům ze SHP, jež nejsou specializované na architekturu či stavitelství, jsou v rámci této práce voleny převážně obecné pojmy bez přívlastků. Tím je myšlen například pojem `walls` a nejsou naopak využity pojmy jako `retaining walls` (opěrné stěny) nebo `bearing walls` (nosné stěny). Po doplnění dalších průzkumů či výzkumů budovy lze samozřejmě editovat parametry a použít specializovanější pojmy.

Po nalezení vhodného termínu lze přejít na webovou stránku (viz obr. 30), jež obsahuje údaje vztahující se k jednomu vybranému pojmu. Je zde uložen jednoznačný identifikátor pojmu v rámci AAT, dále odkaz na webovou stránku, stručný popis pojmu a jeho ekvivalenty v několika jazycích. Dalším zajímavým údajem může být grafické hierarchické zobrazení pojmu. V hierarchii jsou uvedeny nadřazené i přímo podřazené pojmy. I tyto informace mohou být nápomocné při hledání vhodného pojmu.



The screenshot shows the 'Art & Architecture Thesaurus® Online Full Record Display' for the term 'walls'. It includes a search bar, a 'Previous Page' link, and a 'Help' icon. The main content area contains the following information:

- Click the  icon to view the hierarchy.
- [Semantic View \(JSON, RDF, N3/Turtle, N-Triples\)](#)
- ID:** 300002469
- Page Link:** <http://vocab.getty.edu/page/aat/300002469>
- Record Type:** [concept](#)
- walls** (<walls and wall components>, enclosing structural elements, ... Components (hierarchy name))
- Note:** Vertical architectural members used to define and divide spaces. In English, there is no distinctive term for an external wall and the internal sides of a room, but this is not universal. Many languages distinguish between the two. In German, some of this distinction can be seen between Wand and Mauer, in Spanish between 'pared' and 'muro' and Dutch 'wand' and 'muur.' These terms are all contained here, select among them according to the local context.
- Terms:**
  - walls ([preferred](#), C,U,LC,English-P,D,U,PN)
  - wall (C,U,English,AD,U,SN)
  - 牆 (C,U,Chinese (traditional))-P,D,U,U)

Obr. 30: Část webové stránky z AAT pro pojem walls

V softwaru Revit je vytvořena skupina sdílených parametrů CZ\_AAT, do které jsou uloženy parametry TerminID, Termin a TerminLink. Jedná se tedy o odpovídající termín z AAT, jeho identifikační číslo a odkaz na webovou stránku s údaji k danému pojmu. Další nastavení parametrů v softwaru je obdobné jako u předchozích parametrů ze skupiny CZ\_ClassificationSystemCCI. Disciplína je nastavena obecná, typ parametrů je nastaven pro TerminID jako celé číslo, pro Termin jako text a pro TerminLink na URL. Následné připojení na instance je opět tvořeno obdobně, tedy parametry jsou připojeny ke všem využívaným instancím.

Jako poslední jsou přiřazeny informace z tezauru TEATER, z kterého jsou využity údaje k architektonickým obdobím. Jsou využívány pojmy spadající v tezauru pod dějiny architektury. Jako nejmladší období je zde architektura 19. století. V budově bývalého pivovaru a mincovny však probíhaly rekonstrukce ještě ve 20. století, a proto je tezaurus podrobněji prostudován, zda by bylo možné použít jiný pojem nespádající pod dějiny architektury. Snahou je najít pojem, který je dle nastavené hierarchie v tezauru co nejbližší ke zbylým využívaným pojmům. Proto je vybrán pojem ze skupiny umělecký sloh, která je na stejné úrovni, jako je skupina dějiny architektury. Zvoleným pojmem je umění 20. století.

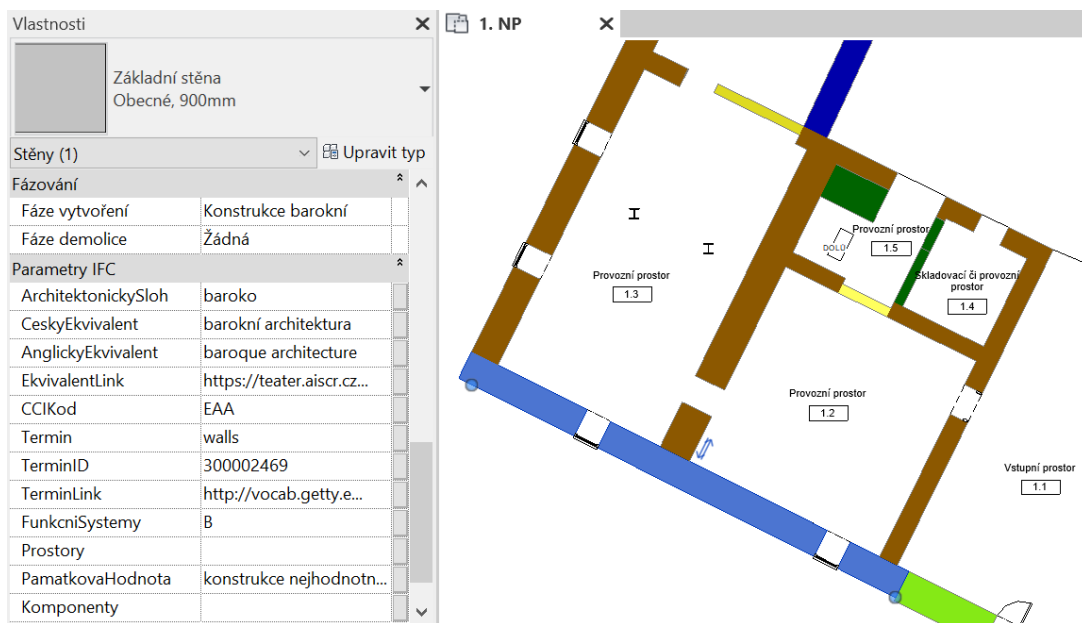
Druhým menším problémem je absence klasicistního slohu. Jedním řešením je obdobné jako u rekonstrukcí 20. století, které je popsáno výše. Je možné použít pojem klasicismus, který je

řazen u umění 19. století, jež spadá pod umělecký sloh. Dle SHP byla u zájmové budovy provedena rekonstrukce klasicistní roku 1800 a pozdní klasicistní roku 1846. Druhou variantou řešení problému je tedy využití pojmu z dějin architektury, který reprezentuje architekturu 19. století. V rámci této práce je zvolen druhý návrh řešení a je tedy přidáván pojem architektura 19.století.

Tezaurus TEATER nezachází do podrobností u jednotlivých architektonických slohů. V SHP jsou popsány etapy rekonstrukcí i s přívlasky, tedy že proběhly v pozdní době gotické nebo pozdním klasicismu. V těchto případech není přívlastek pozdní použit a jsou připojovány všeobecné pojmy z tezauru. Tedy dle SHP se jedná o stěnu konstruovanou v pozdní gotice, ale v rámci návaznosti na TEATER, je připojen termín gotická architektura.

Znovu je vytvořena nová skupina sdílených parametrů, tentokrát s názvem CZ\_TEATER, do které jsou vloženy tři parametry. Jsou to parametry s názvy CeskyEkvivalent, který odpovídá pojmu z tezauru, AnglickyEkvivalent, jež reprezentuje anglický ekvivalent pojmu dle tezauru, a Ekvivalent Link, ke kterému jsou ukládány odkazy na webové stránky s údaji k danému termínu. U vlastností parametrů je opět zvolena disciplína obecná a pro pojmy je volen typ parametru text, pro odkaz je volen typ URL. Jelikož jsou stavební etap přiřazeny pouze ke stěnám (viz oddíl 4.3.2), jsou i údaje z TEATERu přidány pouze k instanci stěn.

Údaje z klasifikátoru i obou tezurů jsou přiřazeny k instanci stěn, a tak je tato instance zvolena pro detailnější ukázkou editace jednotlivých parametrů. Po označení libovolné stěny se zobrazí okno s vlastnostmi dané komponenty (viz obr. 31). Každý parametr lze jednoduše editovat kliknutím do buňky. U parametrů s nastaveným typem text se vyplněné hodnoty ukládají, tak že při editaci dalšího prvku už lze hodnoty u každého prvku pouze vybrat a nemusí se znovu vypisovat. Výhodou tohoto je, že nedojde k chybě při opětovném psaní nebo k odlišnému popsání stejné informace. Bohužel toto ukládání hodnot nefunguje u dalších využívaných typů parametrů. U typu celá čísla jsou šipky, které umožňují zvětšit či zmenšit hodnotu o jednu číslici. Bohužel se této funkce, která může být často ulehčením práce, nedá tentokrát využít, jelikož například ID termínu z AAT se skládá z devítimístného celého čísla. Je tedy výrazně rychlejší číslo zapsat než využívat šipek.



Obr. 31: Vlastnosti vybrané stěny v softwaru Revit

Je patrné, že dva parametry zůstaly nevyplněny. Vzhledem k dostupným informacím nelze vždy ke všem parametrům skupiny přiřadit hodnotu. Pro přehlednost jsou ale parametry k instancím přiřazovány po skupinách. U komponent stěn jsou většinou prázdné stejné parametry pro všechny reprezentace. Naopak u místností je problém s dohledáním definic místností dle jejich předpokládaného způsobu využití. Výhodou je, že parametry jsou v projektu přiřazeny a je tedy možné jim v budoucnu přidat konkrétní hodnotu.

Do teď bylo prezentováno řešení rozšíření datového modelu pro HBIM skrze software Revit, které je realizováno na základě rozšíření datového modelu výměnného formátu IFC, který byl vybrán jako nejvhodnější pro potřeby této práce na základě rešerše v podkapitole 3.1. Toto rozšíření je vizualizováno níže pomocí UML digramu (obr. 32). Jsou přidány nové entity, které reprezentují sety a vlastnosti.

UML diagram je vytvořen ve webové aplikaci specializované na vytváření digramů, které lze ukládat v několika formátech. Bylo nutné vybrat software, který umožňuje tvorbu UML diagramů, nemá omezení v počtu entit na jeden projekt a má ideálně bezplatnou verzi pro studenty. Těmto požadavkům vyhovuje software Lucidchart.



## 5 Využití zpracovaného konceptu HBIM

Primárním výstupem zpracovaného konceptu HBIM je 4D informační model historické budovy, který lze využívat pro správu, plánování rekonstrukcí, prezentaci budovy atd. Z informačního modelu budovy je možné rychle a snadno vytvářet širokou škálu výkresů nebo výkazů, které významně usnadní správu i rekonstrukce budovy. V následujících podkapitolách jsou prezentovány možné grafické a tabulkové výstupy informačního modelu budovy. Grafické výstupy jsou inspirovány výkresy definovanými v metodice SHP [32].

Jak bylo výše mnohokrát popsáno, informační model umožňuje ukládat data na jedno místo, z kterého mohou získat a pracovat s údaji odborníci z různých odvětví. Je tedy nutné vytvořený model z projektu v Revitu exportovat do výměnného formátu. Jelikož je formát IFC v dnešní době nejpoužívanější, je volen i v rámci této práce. Software Revit umožňuje uložení do formátu IFC přes volby *Soubor*, *Export* a *IFC*. V oddílu 3.1.1 je sice uvedeno, že aktuální nejnovější verzi je IFC 4.3, ale ta se používá až od jara roku 2022. Celý projekt byl vytvářen v Revitu 2021, tak že tato verze ještě nemá možnost exportu do nejnovější verze formátu IFC, proto je použit starší formát 2.3.

Jelikož byly přidávány do projektu nové sdílené parametry, je nutné provést nastavení exportu před samotným procesem. Jelikož předem definovaná nastavení není možné z velké části editovat, je vytvořeno nové nastavení. Verze formátu je *nastavena IFC 2X3 Coordination View 2.0*, jelikož je cílem převzít většinu nastavení z této verze. Zásadní úprava je nutná v záložce *Sady vlastností*. Zde se provádí nastavení exportu z pohledu množství exportovaných parametrů. Vzhledem k zaměření práce jsou zde zaškrtnuty níže vypsané možnosti:

- exportovat **výkazy jako sady vlastností** (bez zaškrtnutí další vnořené volby),
- exportovat **sady vlastností definované uživatelem**.

První volba vychází z vytvořených výkazů pro využívané typy komponent (například výkazy stěn, místností, oken atp.). Pro nový výkaz je nutné zadat vztažnou instanci, tj. komponentu, a jednotlivé parametry, které mají být uloženy ve výkazu. Tyto parametry se po exportu uloží k dané instanci do souboru formátu IFC. Pro potřeby exportu jsou vytvořeny výkazy pro podlaží, místnosti, okna, dveře, střechy, schodiště, stěny, podlahy a konstrukční sloupy. Detailní popis tvorby výkazů je v podkapitole 5.2.

Druhá možnost je využita pro instance, ke kterým nejsou vytvořeny výkazy, těmi jsou *IfcBuilding* a *IfcSite*. Vlastnosti těchto entit jsou v softwaru Revit ukládány do informací projektu, nejedná

se o využívané komponenty, a tak pro ně nejsou tvořeny výkazy, ale textový soubor (viz obr. 33), který definuje export sdílených parametrů pro IfcBuilding a IfcSite. Vypíše se skupina z Revitu a její přiřazení k instanci z formátu IFC. Pod skupinu se vypíší parametry, jež se mají exportovat. Nejprve je název parametru v IFC, následuje typ parametru v IFC a v třetím sloupci je název parametru v Revitu, pokud se liší od názvu v IFC. Tento soubor je teď nutné nahrát k volbě *exportovat sady vlastností definované uživatelem*. Po tomto nastavení je již možné provést samotný export.

```
PropertySet: CZ_AAT I IfcBuilding
Termin Text
TerminID Integer
TerminLink Text

PropertySet: CZ_PaGIS I IfcBuilding
KatalogoveCislo Integer
Kategorie Text
KulturniPamatkaLink Text
KulturniPamatkaCislo Integer
PamatkovaZonaLink Text
PamatkovaZonaCislo Integer
SASID Integer
SASLink Text
MISLink Text
```

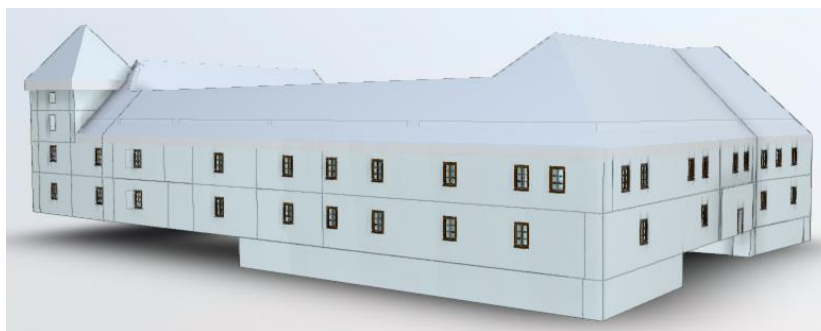
Obr. 33: Ukázka části textového souboru definující export parametrů do IFC

Níže (obr. 34) je přiložena část exportovaného souboru ve formátu IFC, který dokládá přenos parametrů pro budovu. Jsou zde patrné přenosy sdílených parametrů ze skupin (setů) CZ\_CCI, CZ\_AAT a CZ\_PaGIS. Jedná se o malou část souboru, jelikož v ukázce je vybraných pouze šestnáct řádků, zatímco celý soubor jich má přes 4000.

```
IFCPROPERTYSINGLEVALUE('CCIKod',$,IFCTEXT('EAA'),$);
IFCPROPERTYSET('3f0N3pLDbAShoV_4tc4kVc',#41,'CZ_CCI','',(74579));
IFCPROPERTYSINGLEVALUE('Termin',$,IFCTEXT('buildings (structures)'),$);
IFCPROPERTYSINGLEVALUE('TerminID',$,IFCINTEGER(300004792),$);
IFCPROPERTYSINGLEVALUE('TerminLink',$,IFCTEXT('http://vocab.getty.edu/page/aat/300004792'),$);
IFCPROPERTYSET('08UHEw3zbCPuBP9sj0XbAu',#41,'CZ_AAT','',(74582,#74583,#74584));
IFCPROPERTYSINGLEVALUE('KatalogoveCislo',$,IFCINTEGER(1999993660),$);
IFCPROPERTYSINGLEVALUE('Kategorie',$,IFCTEXT('objekt'),$);
IFCPROPERTYSINGLEVALUE('KulturniPamatkaLink',$,IFCTEXT('https://www.pamatkovykatalog.cz/pravni-
IFCPROPERTYSINGLEVALUE('KulturniPamatkaCislo',$,IFCINTEGER(106541),$);
IFCPROPERTYSINGLEVALUE('PamatkovaZonaLink',$,IFCTEXT('https://www.pamatkovykatalog.cz/pravni-
IFCPROPERTYSINGLEVALUE('PamatkovaZonaCislo',$,IFCINTEGER(2155),$);
IFCPROPERTYSINGLEVALUE('SASID',$,IFCINTEGER(4695),$);
IFCPROPERTYSINGLEVALUE('SASLink',$,IFCTEXT('http://isad.npu.cz/ost/archeologie/ISAD/edit_new/inde
IFCPROPERTYSINGLEVALUE('MISLink',$,IFCTEXT('https://iispp.npu.cz/mis_public/searchDocument.htm?#
IFCPROPERTYSET('06FWc22KX4yQsXtbrh6MvP',#41,'CZ_PaGIS','',(74587,#74588,#74589,#74590,#7
```

Obr. 34: Část exportovaného souboru z Revitu do formátu IFC

K otevření a vizualizaci informačního modelu historické budovy ve formátu IFC lze využít mimo jiné softwaru Revit nebo online vieweru pro formát IFC, například Autodesk Viewer. Po načtení souboru ve formátu IFC se zobrazí vizualizovaný BIM model (viz obr. 35).



Obr. 35: Informační model pro západní a jižní část zájmové budovy v Autodesk Vieweru

Obdobně jako v Revitu, i zde lze kliknout na libovolný prvek, ke kterému se zobrazí jeho vlastnosti. Z obr. 36 jsou patrné exportované sdílené parametry pro vybranou stěnu.



Obr. 36: Vlastnosti vybrané stěny v Autodesk Vieweru

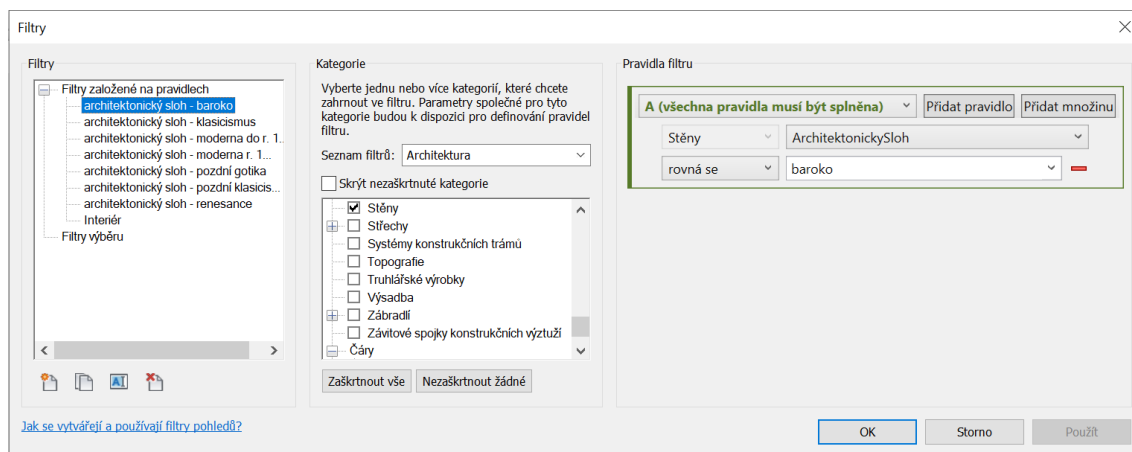
V softwaru Revit může při otevření souboru ve formátu IFC dojít k upozorňujícím nedostatkům. Jedná se však pouze o upozornění, která je možné ignorovat. Převážně se jedná o kolizi stěn a ohraničení místností, což je z pohledu reálného světa správně. V rámci exportu se nepodařilo definovat zachovat nastavení vizualizací projektu dle jednotlivých filtrů. Jedná se však o nastavení filtrů pro potřeby této práce, jiní uživatelé mohou mít potřeby jiné. Sdílené parametry jsou uloženy ve výměnném formátu, tak že stačí nastavit nové filtry vizualizace pro aktuální potřeby dle postupu popsaného v následující podkapitole.

## 5.1 Vizualizace stavebněhistorické analýzy z HBIM

V projektu v softwaru Revit je možné nastavovat několik filtrů, díky kterým lze následně vytvářet specializované výkresy. Jednou z možností je využití parametru *ArchitektonickySloh*. Nastavení tohoto parametru je detailně popsáno v oddílu 4.3.2. V projektu v Revitu je možné barevně odlišit jednotlivá architektonická období, tak jako je tomu ve výkresech v SHP, a tím vytvořit obdobný



grafický výstup z informačního modelu historické budovy. U každého pohledu je volba *přepsat viditelnost/zobrazení*, což slouží k definování viditelných prvků v daném pohledu či nastavení grafického vzhledu komponent. Je možné nastavit filtr, kterým se vybere určitá skupina prvků, tak aby splňovala zadané pravidlo. Tím je rovnost s určitým architektonickým slohem (na obr. 37 je ukázka k baroknímu slohu). Pro informační model bývalé mincovny a pivovaru je nastaveno sedm filtrů, každý pro jeden architektonický sloh. Stejně jako parametr ArchitektonickySloh, tak filtry jsou určeny pouze pro komponenty stěn.



Obr. 37: Nastavení filtrů dle architektonických slohů

Pro každou skupinu prvků, jež odpovídá jednomu filtru dle architektonických slohů, je nastaven grafický vzhled prvků (viz obr. 38). Ten odpovídá barevné škále z výkresu se stavebněhistorickou analýzou v SHP. V metodice SHP [32] jsou definovány pouze názvy barev pro jednotlivá období bez přesných hodnot v některé z hojně využívaných barevných škál. Proto jsou hodnoty barev odvozené z výkresu v SHP. Pro prvky z neznámého období či přestavby z 21. století mají mít barvu bílou. Dle metodiky SHP je další variantou, jak odlišit jednotlivé stavební etapy, využití rozdílného šrafování a jiných vzorů v černobílém výkresu. Tato varianta značení je povolena pouze pro konstrukce v rovině řezu.

Název	Zapnout filtr	Viditelnost	Pohled/povrch			V řezu		Půltóny
			Čáry	Vzory	Průhlednost	Čáry	Vzory	
architektonický sloh - pozdní gotika	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
architektonický sloh - renesance	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
architektonický sloh - baroko	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
architektonický sloh - klasicismus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
architektonický sloh - pozdní klasicismus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
architektonický sloh - moderna do r. 1950	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
architektonický sloh - moderna r. 1970	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>

Obr. 38: Nastavení grafického rozlišení architektonických slohů

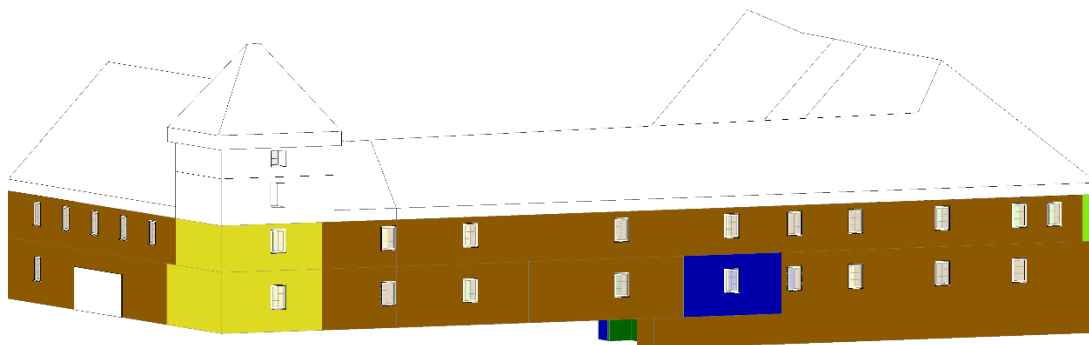
Tento postup je nutné provést pro každý pohled zvlášť. Pro informační model zájmové budovy je tento proces proveden pro první podzemní, první a druhé nadzemní podlaží a dále pro 3D pohled. Níže je přiložena ukázka grafického výstupu se stavebněhistorickou analýzou pro první nadzemní

podlaží bývalé mincovny a pivovaru vytvořeného v softwaru Revit (obr. 39). Zvětšená verze výstupu v lepší kvalitě je přiložena v přílohách této práce (Příloha A: Grafické výstupy z informačního modelu zájmové budovy). Půdorys v grafickém výstupu je natočen, jelikož celý model je vytvářen tak, aby odpovídal realitě i z pohledu světových stran (je orientován ke skutečnému severu) a byl tak lépe pochopitelný pro uživatele či další odborníky. Dále jsou grafického výstupu patrné drobné popisky uvnitř jednotlivých místností. Jedná se o očíslování místností a jejich pravděpodobné historické využití, což bylo detailněji popsáno v oddílu 4.3.1. Pro výkres s černobílým značením by se jen změnilo nastavení grafického vzhledu filtrů (teď je nastavena plná výplň a odpovídající barva).



*Obr. 39: První nadzemní podlaží se stavebněhistorickou analýzou vytvořené v Revitu*













Další ukázka ze softwaru Revit (obr. 40) je pořízena na základě volby 3D pohledu po nastavení grafického rozlišení stěn dle jejich architektonického původu. Opět zvětšený pohled s vyšší kvalitou je přiložen v závěru práce mezi přílohami. Jelikož se u 3D pohledu vyskytují stěny i z třetího a čtvrtého nadzemního podlaží, u kterých není známa stavební etapa, je u těchto stěn nastaven archeologický stav neznámý. Pro vizualizaci je volena barva bílá, stejně tak pro střechy, u kterých je také stavební etapa neznámá.



*Obr. 40: Ukázka z 3D pohledu se stavebněhistorickou analýzou*

Další variantou je vytvoření vizualizace analýzy památkových hodnot. Postup je zcela identický jako u výkresu stavebněhistorické analýzy. Nejprve jsou nastaveny filtry u jednotlivých pohledů. Grafické rozložení jednotlivých hodnot je nastaveno dle výkresů SHP, které odpovídá definici barevného rozlišení i v [32]. Černobílé značení není využíváno pro prezentaci této analýzy, i v metodice SHP je toto grafické zobrazení nedoporučováno.

Výhodou v softwaru Revitu je, že lze jednotlivé filtry vytvořit, ale následně je vypnout. Je tedy možné mít uložené grafické rozložení pro stavebněhistorickou analýzu i analýzu památkových hodnot, ale v jednu chvíli využívat pouze jednu variantu. Nastavení grafického rozlišení pro jedno podlaží v Revitu je zobrazeno níže na obr. 41.

Název	Zapnout filtr	Viditelnost	Pohled/povrch			V řezu		Půltóny
			Čáry	Vzory	Průhlednost	Čáry	Vzory	
architektonický sloh - pozdní gotika	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
architektonický sloh - renesance	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
architektonický sloh - pozdní klasicismus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
architektonický sloh - moderna do r. 1950	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
architektonický sloh - moderna kolem r. 1970	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
architektonický sloh - klasicismus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
architektonický sloh - baroko	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
památková hodnota - nejhodnotnější	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
památková hodnota - hodnotné	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
památková hodnota - zčásti rušivé	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
památková hodnota - rušivé	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
památková hodnota - k obnově	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>

Obr. 41: Grafické rozložení pro více typů vizualizací (aktuálně pro architektonické slohy)

Po nastavení filtrů a grafického nastavení je možné exportovat nový výstup (viz obr. 42). Výstupy formou obrázků nebo výkresy lze vytvořit ze softwaru Revit s využitím exportu a následné volby obrázek. Je možné nastavit formát výsledného obrázku, velikost obrázku nebo rozsah exportu. Stejně jako předchozí výstupy, i tento je přiložen v závěru práce v přílohách (Příloha A: Grafické výstupy z informačního modelu zájmové budovy). Jsou tam uloženy vytvořené grafické výstupy dvou typů analýz pro první podzemní a první a druhé nadzemní podlaží.



Obr. 42: První nadzemní podlaží s analýzou památkových hodnot vytvořené v Revitu

Pro obě varianty grafických výstupů je použit stejný model, jelikož je upravována pouze vizualizace. Proto může být chyba barevné kompozice v některých rozích budov. Roh může patřit dle jednoho výkresu k jedné stěně a v druhém výkresu k jiné stěně. Pokud by byl problém, že v rozích dojde k chybám, lze rohy tvořit jako samostatné části stěn. Díky tomu by se dal nastavit každý roh individuálně pro libovolný výkres. V rámci této práce jsou rohy stěn tvořeny dle výkresu se stavebněhistorickou analýzou.

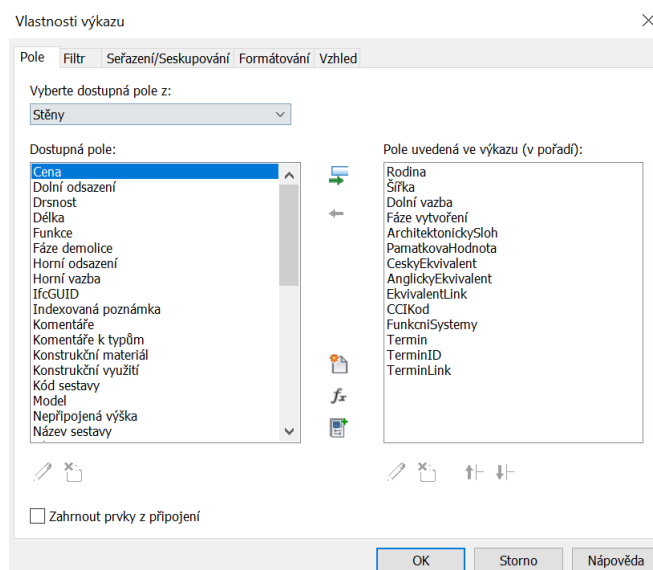
## 5.2 Tabulky a výkazy z HBIM

Software Revit mimo jiné umožňuje tvorbu tabulek a výkazů. V záložce *Pohled* a možnostech *Vytvořit* se nachází volba *Výkazy*. Tato volba poskytuje možnost tvorby seznamu materiálů, pohledů, komponent, poznámek atd. Lze vytvořit tzv. *Nový výkaz*, který poskytne seznam libovolných komponent modelu. Prvním krokem je volba kategorie výkazu (vztahující se k komponenta), následně je vyplněn název pro vzniklý výkaz a dále je možné zvolit fázi. Lze tedy vytvořit výkaz s určitým typem komponent, které se nacházely pouze do určité fáze. Je možné vytvořit například výkazy určitých prvků, které byly v budově po vybrané rekonstrukci budovy.

Po vytvoření výkazu se automaticky otevře okno pro úpravu vlastností výkazu. Je logické, že je nutné vybrat, jaké parametry se mají do výkazu načíst. Mimo parametrů patřících k dané komponentě, je možné vybrat údaje z informací o projektu (tj. IfcBuilding), z konstrukčních materiálů nebo z analytických parametrů. Další možností je vytvoření nového parametru, tedy sloupce do výkazu, jehož hodnoty jdou nastavit přes početní funkce nebo bude vyplněn až v samotném výkazu. Po vybrání všech požadovaných parametrů lze provést jejich seřazení. Dále je možné upravit vzhled či formátování vznikajícího výkazu. Veškeré úpravy a nastavení lze provést i po vytvoření výkazu. Hotový výkaz lze exportovat do formátu ohraničujícího textu (txt), který je vhodné následně převést do přehlednějšího tabulkového formátu.

Lze vytvořit libovolné výkazy, ale jelikož je nejvíce dostupných poznatků ke stěnám a místnostem zájmové historické budovy, jsou jako hlavními výstupy z informačního modelu zájmové historické budovy vytvořeny dva výkazy právě pro tyto dvě instance. Výkaz stěn je složen převážně z parametrů, které byly přiřazeny k této instanci. Seznam parametrů, a tedy sloupců, v tabulce je zobrazen níže (obr. 43). Je přiloženo celé okno pro editaci vlastností výkazu, z kterého jsou patrné již nahrané parametry a také dostupné parametry pro možné nahrání do výkazu. Dále je patrné, že v tomto okně lze v dalších záložkách upravit seřazení či vzhled výsledného výkazu. Vytvořený výkaz stěn má hodnoty seřazené vzestupně dle fáze vytvoření. Dalo by se tedy předpokládat, že první v seznamu jsou stěny z gotického období. Do seznamu stěn se ale dostávají

i jiné než přímo vytvořené konstrukční stěny, týká se to například stěn u komponent oken. Tyto stěny jsou také potřebné pro výsledný model, zároveň ale nejsou na první pohled viditelné a nejsou jim přiřazovány žádné hodnoty parametrů.



Obr. 43: Vlastnosti výkazu se seznamem využitých parametrů ve výkazu v softwaru Revit

Druhý výkaz je vytvořen pro místnosti. Výkaz je složen výhradně z editovaných parametrů. V podstatě rovným dílem jsou zastoupeny výchozí parametry a vytvořené sdílené parametry. Jejich seznam i s pořadím je následující: číslo, název, podlaží, povrchová úprava podlahy, povrchová úprava stěny, povrchová úprava stropu, strop, CCIKod, prostory, termin, terminID, terminLink a obrázek. Hodnoty ve výkazu jsou seřazeny vzestupně dle parametru číslo. Jelikož jsou místnosti číslovány i s ohledem na podlaží, jsou hodnoty v tabulce seřazeny i dle podlaží od podzemního podlaží až po druhé nadzemní podlaží. V třetím a čtvrtém nadzemním podlaží žádné místnosti nejsou. Ukázka tabulky po exportu ze softwaru Revit do tabulkového formátu je přiložena níže (obr. 44), celá tabulka je pak umístěna v příloze a na přiloženém datovém nosiči.

Výkaz místností							
Číslo	Název	Podlaží	Povrchová úprava podlahy	Povrchová úprava stěny	Povrchová úprava stropu	Strop	CCIKod
0.1	Schodišřová šije	1. PP	zanesena stavební sutí	lomový kamen		Místnost je za	EAA
0.2	Sklepní prostor	1. PP	kamenná dlažba	lomový kamen		Místnost je za	EAA
0.3	Sklepní prostor	1. PP	dusaná zanesena stavební sutí	cihelné zdivo		Místnost je za	EAA
0.4	Sklepní prostor	1. PP	zanesena stavební sutí	cihelné zdivo		Místnost je za	EAA
1.1	Vstupní prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta		Valená klenba	EAA
1.2	Provozní prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta		Valená klenba	EAA
1.3	Provozní prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta		Valená klenba	EAA
1.4	Skladovací či provozní prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta		Valená klenba	EAA
1.5	Provozní prostor	1. NP	dusaná zanesena stavební sutí	zaomítnuta		Valená ciheln	EAA

Obr. 44: Část výkazu místností v tabulkovém formátu

Oba vyhotovené výkazy z informačního modelu zájmové budovy jsou v podrobnější formě umístěny v příloze této práce (Příloha B: Výkazy zájmové budovy).

## 6 Diskuze

Před vypracováním konceptu BIM pro historickou budovu byla provedena rešerše dostupných materiálů k tématu HBIM. Byly prostudovány články k projektům zaměřujících se na využití konceptu BIM u historických budov. Z těchto článků bylo zjištěno, že se převážně jedná o výzkumné projekty, které vytváří virtuální modely dle konceptu BIM. Sběr dat byl převážně prováděn metodou fotogrammetrie nebo laserového skenování. V rámci této diplomové práce byla snaha o využití konceptu BIM pro historickou budovu s využitím převážně pouze poznatků ze SHP. Nedostatkem je absence zaměření polohy budovy. SHP zpracovávané dle nové aktuální metodiky již musí mít geodetické zaměření budovy, avšak starší SHP často geodetické zaměření nemají. Bohužel v dnešní době jsou v archivech NPÚ uloženy z velké části pouze SHP bez geodetického zaměření, což je i případ zvoleného SHP pro praktickou část práce.

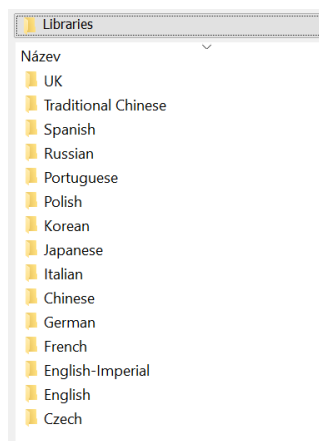
Velkou výhodou využití SHP je množství obsažených popisných informací, které lze použít v informačním modelu historické budovy. SHP obsahují údaje o popisu a historii budovy, výkresy a další poznatky k budově. S využitím stavebněhistorické analýzy lze přidat čtvrtou dimenzi k trojrozměrnému virtuálnímu modelu, což by využití fotogrammetrie nebo laserového skenování neumožňovalo. Ideální variantou pro model dle HBIM je tedy využití kombinace SHP s geodetickým zaměřením a například fotogrammetrie. Reálný svět ale není ideálem. Tak jako u každého projektu nebo zakázky je vše přímo úměrně závislé na vložených financích. Obecně správa o historickou budovu není levná záležitost, a tak nemusí zbýt finance na rozsáhlý SHP či další průzkumy a výzkumy (například archeologický výzkum). Každý SHP má výrazně odlišné množství poznatků, například SHP zájmové budovy má podrobné výkresy a detaily k jednotlivým místnostem, ale o podkroví a střeších je tu pouze pár vět. I samotné zaměření budovy či zajištění laserového skenování budovy nemusí být pro správce dostupné. I z těchto důvodů byl zvolen jako zdroj dat pouze SHP, tak aby zpracovaný koncept HBIM mohl být případně využit pro co nejvíce historických budov.

V rámci praktické části je tvořen 4D model z 2D výkresu, což už samo o sobě vede k několika problémům a při tvorbě modelu vyvstaly omezení z volby využití SHP. Například při tvorbě schodišť. Z výkresů a popisů lze získat představu o vzhledu schodů, ale jedná se pouze o představu. Software Revit automaticky ke schodišti vytvoří i zábradlí, o kterém však v SHP nebyla zmínka, a tak byla vždy odstraněna, což nemusí odpovídat reálné podobě. Obdobný problém vzniká u stropů. Ty jsou popsány ve speciálních listech místností a jsou i znázorněny ve výkresech, ale i přesto je to málo dat a informací k tomu, aby bylo možné stropy správně

namodelovat. I z těchto důvodů byly pouze převzaty informace o stropěch a byly uloženy k místnostem. Například s využitím skenování by byla tvorba stropů lepší a přesnější.

Pro rozšíření datového modelu byly voleny převážně informace z populárních klasifikátorů, tezaurů či webu NPÚ. V konkrétních případech může být napojeno mnohem více údajů z libovolných zdrojů. Sdílených parametrů může být přidáno do projektu nespočet, je však důležité také myslet na velikost výsledného projektu. Dále je důležité si důkladně promyslet vlastnosti nových parametrů. Jelikož se jedná o sdílené parametry, které jsou vázány na soubor mimo projekt, nelze je po vytvoření v projektu editovat. Není tím myšleno přiřazení parametru k určité instanci, ale vnitřní vlastnosti parametru, tj. název, disciplína, typ a nápověda.

Při hledání vhodné komponenty dveří do modelu nebyla nalezena vhodná komponenta v knihovně pro české verze softwaru Revit a díky tomu bylo zjištěno, že software obsahuje odlišné rodiny pro různé jazyčné verze. Při prvním spuštění softwaru Revit si lze nastavit používaný jazyk (v průběhu používání softwaru lze měnit). Už zde ale není informace o tom, že díky nastavenému jazyku se změní více věcí než jen přejmenování jednotlivých funkcí. Jak lze předpokládat, anglická verze má nejpočetnější škálu nabízených rodin, oproti tomu česká verze má například pouze asi pětinu prvků oproti anglické knihovně. V rámci hledání vhodných komponent je tedy dobré využít i knihoven určených pro jiné nastavení softwaru. Přes volbu *Vložit a Načíst rodinu* lze následně měnit knihovnu rodin dle jazyků (dostupné knihovny pro využívanou verzi Revitu jsou na obr. 45).



Obr. 45: Dostupné knihovny v Autodesk Revit 2021 1.2

Při tvorbě BIM modelu bylo často složité rozhodnout, jak má model vypadat. V rámci práce bylo zjištěno, že výkresy v SHP neodpovídají popisům v textové části SHP. Průzkum obsahuje i fotografie místností, které občas také nekorespondují se zbývajícími získanými informacemi. Například ve výkresu bylo zakresleno okno, ale v textu bylo popsáno, že se v těchto místech nacházel vstup a dnes je tu otvor ve zdi. Pokud byly prvky například zazděny, tak do BIM modelu

nebyly začleněny, protože takováto situace je ve výsledném výkresu poměrně nepřehledná. Výsledný BIM model historické budovy nereprezentuje přesnou podobu fyzické budovy, což ale ani nebylo cílem práce. Hlavní myšlenkou bylo navrhnout jeden z možných přístupů využití BIM pro historicko-kulturní budovy s využitím stavebněhistorického průzkumu. Možností dalšího doplnění práce by mohlo být vytvoření BIM knihovny objektů určených pro historicko-kulturní budovy. Ani tento přístup však nebyl záměrem práce, jelikož knihovny BIM musí být obsáhlé a pro historicko-kulturní budovy i specializované. Bylo by nutné pracovat s několika zájmovými historicko-kulturními budovami.

Po vytvoření informačního modelu zájmové historické budovy byly navrženy možné výstupy. Vzhledem ke zdroji dat i výstupy jsou směřovány k SHP. První volbou byla tvorba výkresů v SHP. Lze uvažovat i nad tím, že by se tento koncept HBIM mohl využívat pro tvorbu SHP, a naopak výkresy by se mohly v budoucnu stát výstupem práce. Jak bylo ukázáno, výkresy v Revitu jsou podobné a stejně podrobné jako výkresy v SHP. Naopak výkresy vytvořené z informačního modelu budovy mohou obsahovat mnohem více informací a tvorba samotných výkresů už není tak časově ani technicky náročná. Základem je vytvoření detailního modelu dle konceptu HBIM, z kterého je možné tvořit širokou škálu libovolných výstupů dle aktuální potřeby. Přes filtry či vizualizace je možné si zobrazit například komponenty datované pouze k určité stavební etapě nebo prvky, které je nutné co nejdříve zrekonstruovat či stěny, které nejsou omítnuty, a tak je nutné se na ně primárně zaměřit. Variant vizualizací je opravdu nespočet a v rámci této práce byla vyhotovena jen část z nich.

Možností je také geografické propojení modelu, díky čemuž lze například model převést do prostředí GIS. Software Revit umožňuje nastavení polohy i směr os pro daný model. Tato práce se však zabývala především atributovým propojením, takže nebyla nastavena poloha budovy. Byla převzata geometrie parcely z registru RÚIAN, která byla orientována ke skutečnému severu, stejně tak výsledný model. Je však dobré vědět, že je podrobné nastavení polohy možné nastavit, pokud by byl model využíván i pro další účely.

Při tvorbě každého virtuálního i informačního modelu budovy je nutné myslet na výslednou velikost uloženého souboru. Výhodou může být export do výměnného formátu. Jelikož se jedná o výměnný formát, výrazně snižuje velikost původního projektu ve zvoleném softwaru. Projekt vytvořený v softwaru Revit má velikost větší jak 19 MB, zatímco po exportu do formátu IFC měl tento soubor velikost 3 MB.

Hlavními výhodami vypracovaného konceptu HBIM pro zájmovou budovu dle SHP je usnadnění správy a plánování rekonstrukcí zájmové historické budovy. Jak bylo popsáno výše, vzniká



nástroj, který umožňuje velmi rychlou a poměrně snadnou tvorbu výkresů, u kterých se dají nastavovat libovolné filtry. Tyto filtry mohou zůstat uloženy v projektu a jen se zviditelní pro aktuální potřeby. Další výhodou je poloautomatizovaná tvora výkazů komponent. Výkazy mohou opět sloužit jako přehledný nástroj pro usnadnění správy budovy. Může se jednat o zajímavý koncept pro pracovníky NPÚ, kteří by dle návrhů popsaných v této práci mohli vypracovávat modernější a komplexnější variantu SHP.

# Závěr

Cílem práce bylo představit využití konceptu Building Information Management, zkratkou BIM, pro historické budovy. Tento koncept byl následně realizován případovou studií implementovanou na zájmové historické budově.

Prvním krokem bylo provedení rešerše dostupných zdrojů vztahujících se ke konceptu BIM a jeho historicko-kulturního přesahu. Byly prostudovány definice pojmů BIM i HBIM, jelikož citované prameny či projekty k těmto pojmům přistupují trochu jinak. V rámci této práce byl pojem HBIM chápán jako Historic Building Information Management. Byly blíže prostudovány případové studie a projekty specializované na HBIM, ze kterých bylo čerpáno i při vlastní tvorbě návrhu konceptu HBIM.

Nejdříve byl navržen postup pro tvorbu virtuálního modelu dle informací získaných ze SHP, ke kterému byly následně přiřazeny sémantické informace ze SHP a dalších zdrojů dostupných přes URL. Mezi nimi například informační systém NPÚ PaGIS, dále klasifikátor datového standardu staveb CCI, tezaurus architektury AAT a tezaurus s pojmy týkajících se architektonických slohů. Tyto rozšíření byly vzaty jako jednotlivé sady, tj. skupiny parametrů v softwaru Revit. Ke každé skupině bylo následně přiřazeny odpovídající sdílené parametry. Výhodou sdílených parametrů je, že je lze převést s modelem do výměnného formátu a nezůstávají pouze v jednom projektu.

Jelikož SHP pro zájmovou budovu obsahuje speciální listy pro každou přístupnou místnost budovy, byly v modelu vytvořeny místnosti, ke kterým bylo přiřazeno číslo a předpokládaná původní využitelnost místnosti ze SHP a další poznatky ze SHP i dalších setů. Výstupem modelu dle konceptu HBIM je pak mimo jiné výkres a výkaz místností. Grafický výstup místností nebyl primárně vytvořen, ale čísla i využitelnost místností se nacházejí ve všech zpracovaných grafických výstupu zobrazující libovolné podlaží.

V rámci praktické části bylo využíváno softwaru Autodesk Revit 2021 1.2 v české verzi a k němu architektonická šablona. Pro export vytvořeného informačního modelu budovy pro potřeby HBIM byl zvolen aktuálně nejvyužívanější výměnný formát v oblasti BIM, a to formát IFC. Pro vizualizaci rozšíření datového modelu byl zvolen UML diagram.

Primárním výstupem práce je vytvořený 4D informační model zájmové historické budovy dle konceptu HBIM s úrovní podrobnosti 2. Čtvrtá dimenze modelu reprezentuje čas, tedy stavební etapy budovy, které jsou rozlišeny barevnou škálou odpovídající nastavené škále v aktuální metodice SHP [32]. Toto barevné rozlišení bylo využito jak u 2D grafických výstupů, tak u 3D

pohledu. Z vypracovaného informačního modelu byly exportovány dva typy grafických výstupů a dvě varianty výkazů, jež jsou dostupné v přílohách této práce.

# Seznam obrázků

Obr. 1: Hlavní výhody využití konceptu BIM (zpracováno dle [4]).....	14
Obr. 2: Ukázka modelů dle jednotlivých úrovní podrobností BIM (upraveno z [13]).....	15
Obr. 3: Ukázka modelů dle jednotlivých podrobností BIM z [12] .....	15
Obr. 4: Hlavní výhody při využití konceptu HBIM (zpracováno dle [18]) .....	17
Obr. 5: Model objektu s vyznačením úrovní podrobností HBIM (upraveno z [19]) .....	18
Obr. 6: Virtuální model katedrály Notre-Dame vytvořený dle konceptu HBIM z [30].....	23
Obr. 7: Jedna ze dvou viktoriánských budov londýnské školy z [12].....	24
Obr. 8: Část finálního informačního modelu viktoriánské školy z [12].....	24
Obr. 9: Porovnání historického snímku s částí z vizualizace interiéru z [31] .....	24
Obr. 10: Virtuální model objektu vytvořený autorkou při využití pozemní fotogrammetrie.....	27
Obr. 11: Půdorysný výkres přízemí fary ve Skapcích z [35] .....	29
Obr. 12: Půdorysný výkres přízemí domu č.26 v Plané u Mariánských Lázní z [36].....	29
Obr. 13: Možnosti ukládání geometrie v IFC z [42] .....	32
Obr. 14: Částečný UML digram IFC z [42].....	33
Obr. 15: Ukázka dat v COBie uložených v XLS tabulce z [44] .....	34
Obr. 16: Termín dějiny architektury zobrazen v prostředí TEATER z [59] .....	40
Obr. 17: Vybraná historická budova pro účely vlastního užití HBIM z [60].....	41
Obr. 18: Vytvoření nového projektu v softwaru Revit 2021.....	43
Obr. 19: Záložka Vložit v Revitu se zvýrazněnými využitými ikonami.....	44
Obr. 20: Rozložení jednotlivých podlaží .....	44
Obr. 21: Okno zvolené pro virtuální model mincovny a pivovaru .....	45
Obr. 22: Kóty mezi okny.....	46
Obr. 23: Konstantní kóty mezi okny .....	46
Obr. 24: Nastavení vlastností nového sdíleného parametru.....	50

Obr. 25: Přidání nového sdíleného parametru k dané instanci.....	51
Obr. 26: Nastavení fází pro zájmovou budovu .....	52
Obr. 27: Ukázka webové stránky zájmové budovy v památkovém katalogu NPÚ .....	54
Obr. 28: Seznam přidávaných sdílených parametrů ve skupině CZ_PaGIS.....	55
Obr. 29: Ukázka klasifikačního systému CCI s kódem pro kulturní památku.....	56
Obr. 30: Část webové stránky z AAT pro pojem walls .....	58
Obr. 31: Vlastnosti vybrané stěny v softwaru Revit .....	60
Obr. 32: UML digram pro navržené rozšíření datového modelu IFC pro potřeby HBIM.....	61
Obr. 33: Ukázka části textového souboru definující export parametrů do IFC .....	63
Obr. 34: Část exportovaného souboru z Revitu do formátu IFC .....	63
Obr. 35: Informační model pro západní a jižní část zájmové budovy v Autodesk Vieweru .....	64
Obr. 36: Vlastnosti vybrané stěny v Autodesk Vieweru.....	64
Obr. 37: Nastavení filtrů dle architektonických slohů .....	65
Obr. 38: Nastavení grafického rozlišení architektonických slohů .....	65
Obr. 39: První nadzemní podlaží se stavebněhistorickou analýzou vytvořené v Revitu .....	66
Obr. 40: Ukázka z 3D pohledu se stavebněhistorickou analýzou .....	66
Obr. 41: Grafické rozložení pro více typů vizualizací (aktuálně pro architektonické slohy).....	67
Obr. 42: První nadzemní podlaží s analýzou památkových hodnot vytvořené v Revitu .....	67
Obr. 43: Vlastnosti výkazu se seznamem využitých parametrů ve výkazu v softwaru Revit.....	69
Obr. 44: Část výkazu místností v tabulkovém formátu.....	69
Obr. 45: Dostupné knihovny v Autodesk Revit 2021 1.2 .....	71

# Seznam tabulek

Tab. 1: Ukázka přístupů k pojmu BIM .....	13
Tab. 2: Ukázka přístupů k pojmu HBIM z odborných publikací .....	16
Tab. 3: Vybrané parametry softwarů využitelných pro práci s HBIM.....	20

# Citovaná literatura

1. MATĚJKA, Petr, a další. *Základy implementace BIM na českém stavebním trhu*. Praha : FinEco, 2012. ISBN 978-80-86590-10-3.
2. IGI Global. What is Building Information Modeling (BIM). [Online] Copyright © 1988-2021. [Citace: 2. 11. 2021.] Dostupné z: <https://www.igi-global.com/dictionary/building-information-modeling-bim/2971>.
3. BuildingSMART Czech Republic. Co je BIM? *BuildingSMART Czech Republic*. [Online] 2022. [Citace: 2. 4. 2022.] <https://www.czbim.org/info/co-je-bim/>.
4. Arkance Systems CZ s.r.o. a CASUA spol. s.r.o. Co je BIM? *BIMfo*. [Online] 2021. [Citace: 5. 11. 2021.] <https://www.bimfo.cz/Co-je-BIM.aspx>.
5. *Building Information Modelling for Cultural Heritage: A review*. LOGOTHETIS, Sotiris, DELINASIOU, A., STYLIANIDIS. 2015. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Sv. roč. II, č. 5, stránky s. 177 – 183. ISSN 2194.
6. BIME. Building Information Modelling (BIM). *BIM Dictionary*. [Online] ChangeAgents AEC, 11. 4. 2021. [Citace: 2. 4. 2022.] <https://bimdictionary.com/en/building-information-modelling>.
7. LEGGE, Kylie. Building Information Modelling. *Cooperative Research Centre Construction Innovation*. [Online] 9. 2005. [Citace: 2. 4. 2022.] [http://www.construction-innovation.info/images/pdfs/SOH-FH\\_Fact\\_Sheet\\_2.pdf](http://www.construction-innovation.info/images/pdfs/SOH-FH_Fact_Sheet_2.pdf).
8. HAMIL, Stephen. What is Building Information Modelling (BIM)? *NBS*. [Online] 9. 9. 2021. [Citace: 2. 4. 2022.] <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim>.
9. BAMB. Building Information Management. *BAMB2020*. [Online] [Citace: 2. 4. 2022.] <https://www.bamb2020.eu/topics/circular-built-environment/common-language/building-information-management/>.
10. SACKS, Rafael, a další. *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers*. Third edition. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, 2018. str. 688. ISBN 978-1-119-28753-7.

11. Arkance Systems CZ s.r.o. a CASUA spol. s.r.o. LOD - Level of Development. *BIMfo*. [Online] 2021. [Citace: 5. 11. 2021.] <https://www.bimfo.cz/Aktuality/LOD-Level-Of-Development.aspx>.
12. ANTONOPOULOU, Sofia a BRYAN, Paul. *BIM for Heritage: developing a Historic Building Information Model*. Swindon : Historic England, 2017. str. 78.
13. The Engineering Community. BIM Level of Detail (LOD) - Get ideas of each stage a BIM modeling process. [Online] 4. 11. 2018. [Citace: 19. 11. 2021.] Dostupné z: <https://www.theengineeringcommunity.org/bim-level-of-detail-lod-get-ideas-of-each-stage-of-a-bim-modeling-process/>.
14. IGI Global. What is HBIM? [Online] Copyright © 1988-2021. [Citace: 20. 11. 2021.] Dostupné z: <https://www.igi-global.com/dictionary/hbim/48757>.
15. ARAYICI, Yusuf, a další. *Heritage Building Information Modelling*. [eBook] místo neznámé : Routledge, 10. 2. 2017. ISBN 9781315628011.
16. MURPHY, Maurice, MCGOVERN, Eugene a PAVIA, Sara. Historic building information modelling (HBIM). *Structural Survey*. 2009, Sv. 27, 4, stránky 311-327.
17. COLUCCI, Elisabetta, a další. HBIM-GIS Integration: From IFC ti CityGML Standard for Damaged Cultural Heritage in a Multiscale 3D GIS. *Applied Sciences*. 17. 02. 2020, Sv. Volume 10, 4.
18. *BIM and Heritage Conservation*. MADDIGAN, James a ROBERTSON, Martin. Montreal : Heritage Canada, 2012. HCF National Heritage Summit.
19. ANDREWS, David, BEDFORD, Jon a BRYAN, Paul. *Metric Survey Specifications for Cultural Heritage*. Swindon : Historic England, 2015.
20. TOBIÁŠ, Pavel. *Využití BIM a GIS nástrojů pro informační modelování historických budov*. Praha : autor neznámý, 2021.
21. GRAPHISOFT. GRAPHISOFT Archicad. [Online] [Citace: 2. 4. 2022.] <https://graphisoft.com/solutions/archicad>.
22. The FreeCAD Team. FreeCAD. [Online] DigitalOcean. [Citace: 2. 4. 2022.] <https://www.freecadweb.org/>.



23. Bentley. OpenBuildings. [Online] [Citace: 2. 4. 2022.] <https://www.bentley.com/cs/products/brands/openbuildings>.
24. AUTODESK. Revit. [Online] [Citace: 2. 4. 2022.] <https://www.autodesk.cz/products/revit>.
25. Trimble. SketchUp. [Online] [Citace: 2. 4. 2022.] <https://sketchup.com/>.
26. —. Tekla Structures. [Online] [Citace: 2. 4. 2022.] <https://www.tekla.com/products/tekla-structures>.
27. KUSÝ, Vojtěch. Knihovny BIM komponent: Minulost, současnost a budoucnost. *Business & IT*. 2013, 1.
28. ČERNÝ, Martin. Národní BIM knihovna. *xBIM.cz*. [Online] 24. 1. 2016. [Citace: 9. 4. 2022.] <https://www.xbim.cz/blog/narodni-bim-knihovna>.
29. *Towards building information modelling for existing structures*. ARAYICI, Yusuf. 3, 2008, *Structural Survey*, Sv. 26, stránky 210-222.
30. Arkance Systems CZ s.r.o. a CASUA spol. s.r.o. BIM pomáhá rekonstruovat katedrálu Notre-Dame. *BIMfo*. [Online] 2. 9. 2021. [Citace: 16. 12. 2021.] Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Aktuality/BIM-pomaha-rekonstruovat-katedralu-Notre-Dame.aspx>.
31. *Case Study of Using BIM in Historical Reconstruction*. BOEYKENS, Stefan, HIMPE, Caroline a MARTENS, Bob. Praha : eCAADe a Fakulta architektury ČVUT, 2012. *Digital Physicality*. stránky 729-738.
32. BERÁNEK, Jan, a další. *Metodika stavebněhistorického průzkumu*. Praha : Národní památkový ústav, 2015. ISBN 978-80-7480-037-5.
33. HRDLIČKA spol. s r.o. BIM3D. *Od pořízení 3D dat až pom BIM modely*. [Online] [Citace: 3. 4. 2022.] <https://www.bim3d.cz/>.
34. POSPÍŠIL, Jiří. Současné trendy skenování ve stavebnictví a příbuzných oborech. [Online] 2007. [Citace: 3. 4. 2022.] <https://portal.cvut.cz/wp-content/uploads/2017/04/PP2007-07a-Pospisil.pdf>.
35. ŘEHÁK, Stanislav. *Záchrana krovu - Nálezová zpráva*. SPELEO, Zvíkov u Lišova : SPELEO, 2013.

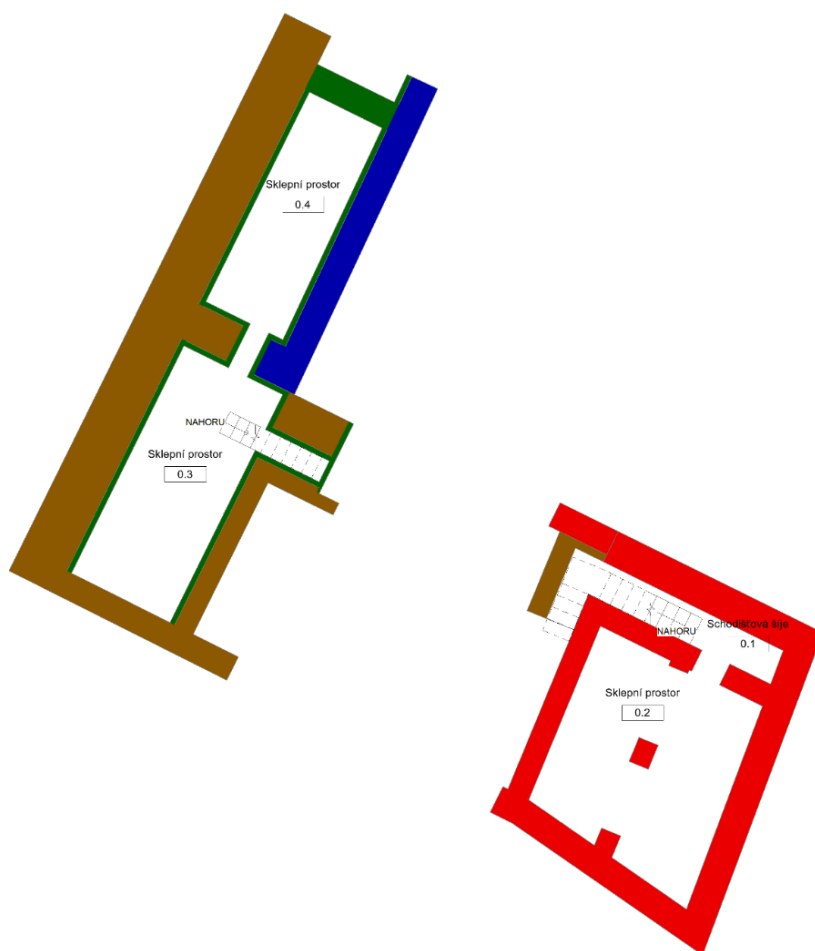
36. KAREL, Tomáš, KRATOCHVÍLOVÁ, Alžběta a KONÁŠ, Michal. *Planá u M. Lázní - čp.26, bývalý pivovar a mincovna*. Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Plzni, Plzeň : 2016.
37. *Building Information Models: A review on storage and exchange mechanismus*. ISIKDAG, Umit, a další. Maribor : International Council for Research and Innovation in Building and Construction, 2007. 24. W78 konference.
38. International Organization for Standardization. [Online] 11. 2018. [Citace: 25. 1. 2022.] Dostupné z: <https://www.iso.org/standard/51622.html>.
39. Špalek, Michal. IFC - Industry Foundation Classes. *tzbinfo*. [Online] 9. 2. 2020. [Citace: 25. 1. 2022.] Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/bim-informacni-model-budovy/20192-ifc-industry-foundation-classes>.
40. Datový formát Industry Foundation Classes (IFC) pro sdílení dat ve stavebnictví a ve facility managementu - Část 1: Datové schéma. *ČSN EN ISO 16739-1*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 10 2020.
41. AGAPAKI, Eva a NAHANGI, Mohammad. Chapter 3 - Scene understanding and model generation. [autor knihy] Ioannis BRILAKIS a Carl HAAS. *Infrastructure Computure Vision*. Amsterdam : Elsevier, 2019, stránky 65-167.
42. DONKERS, Sjors. *Automatic generation of CityGML LoD3 building models from IFC models*. Delft : Delft University of Technology, 2013.
43. DIARA, Filippo a RINAUDO, Fulvio. *IFC Classification for FOSS HBIM: Open Issues and a Schema Proposal for Cultural Heritage Assets*. Turín : Applied Sciences, 2020.
44. ŠMEJKAL, Daniel. Co je COBie? *bimfo.cz*. [Online] IGI Global, 9. 5. 2016. [Citace: 22. 3. 2022.] <https://www.bimfo.cz/Aktuality/Co-je-COBie.aspx>.
45. WILKINSON, Paul. COBie. *Designing Buildings*. [Online] 15. 12. 2021. [Citace: 23. 3. 2022.] <https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/COBie>.
46. IBM Corporation. Construction - Operations Building information exchange (COBie) standard data. *IBM*. [Online] 2. 3. 2021. [Citace: 22. 3. 2022.] <https://www.ibm.com/docs/en/maximo-eam-saas?topic=bim-cobie-standard-data>.

47. CROWLEY, J. a WATSON, S. *CIMsteel Integration Standards Release 2: Second Edition*. 2. Berkshire : The Steel Construction Institute, 2003. ISBN: 1859420990.
48. LIPMAN, Robert. SteelVis (aka CIS/2 Viewer). *NIST*. [Online] 20. 5. 2011. [Citace: 23. 3. 2022.] <https://www.nist.gov/services-resources/software/steelvis-aka-cis2-viewer>.
49. *Building Information Model Extended Markup Language (BIMXML)*. [Online] [Citace: 23. 3. 2022.] <http://bimxml.org/>.
50. BIMXML. *BIM Knowledge Base*. [Online] BIM Supporters B.V. [Citace: 23. 3. 2022.] <https://app.bimsupporters.com/knowledge-base/kb/bimxml/>.
51. Národní památkový ústav. O památkovém geografickém informačním systému. *Památkový geografický informační systém*. [Online] [Citace: 1. 4. 2022.] <https://pagis.npu.cz/o-pagis/>.
52. Datový standard staveb (DSS). *Koncepce BIM*. [Online] Česká agentura pro standardizaci. [Citace: 28. 4. 2022.] <https://www.koncepcbim.cz/847-datovy-standard-staveb-dss>.
53. Datový standard staveb. *Česká agentura pro standardizaci*. [Online] Česká agentura pro standardizaci. [Citace: 28. 4. 2022.] <https://www.agentura-cas.cz/odbor-koncepce-bim/datovy-standard-staveb/>.
54. Datový standard staveb. *Koncepce BIM*. [Online] Česká agentura pro standardizaci. [Citace: 28. 4. 2022.] <https://www.koncepcbim.cz/443-datovy-standard-staveb>.
55. Česká agentura pro standardizaci. Klasifikační systém CCI. *BIM koncepce*. [Online] [Citace: 6. 4. 2022.] <https://www.koncepcbim.cz/846-klasifikacni-system-cci>.
56. —. BIM koncepce. *Klasifikační systém CCI*. [Online] [Citace: 6. 4. 2022.] <https://www.koncepcbim.cz/klasifikacni-system-cci?k=1>.
57. Getty Center. Getty. *Art & Architecture Thesaurus*. [Online] 7. 3. 2017. [Citace: 10. 3. 2022.] Dostupné z: <http://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/aat/index.html>.
58. Archeologický ústav AV ČR, Brno, v. v. i. *Tezaurus archeologické terminologie*. [Online] 9. 6. 2019. [Citace: 13. 4. 2022.] <https://teater.aiscr.cz/>.
59. —. Dějiny architektury. *Tezaurus archeologické terminologie*. [Online] 9. 6. 2019. [Citace: 13. 4. 2022.] <https://teater.aiscr.cz/4-hranicni-obory-a-pridruzene-obory/pribuzne-obory/dejiny-umeni/dejiny-architektury>.

60. Národní památkový ústav. Bývalý pivovar a mincovna. *Památkový katalog*. [Online] [Citace: 1. 3. 2022.] <https://www.pamatkovykatalog.cz/byvaly-pivovar-a-mincovna-15979525>.
61. Místnosti. *Autodesk Revit 2021*. [Online] Autodesk, Inc. [Citace: 28. 4. 2022.] <https://help.autodesk.com/view/RVT/2021/CSY/?guid=GUID-3D8B61D3-38C6-4B8F-97E1-797A05F5C5AD>.
62. HÁJEK, Václav. *Architektura - klíč k architektonickým slohům*. Praha : Grada Publishing, spol. s r.o., 2005. ISBN 80-7169-722-2.
63. PLUME, Jim a kolegové. Part 1 - The UML Model Report. Introduction to the IFC Harmonised Schema Extensions. *BuildingSMART International*. [Online] 24. 4. 2020. [Citace: 20. 4. 2022.] [https://www.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2020/06/IR-CS-WP2-UML\\_Model\\_Report\\_Part-1\\_.pdf](https://www.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2020/06/IR-CS-WP2-UML_Model_Report_Part-1_.pdf).

# Příloha A: Grafické výstupy z informačního modelu zájmové budovy

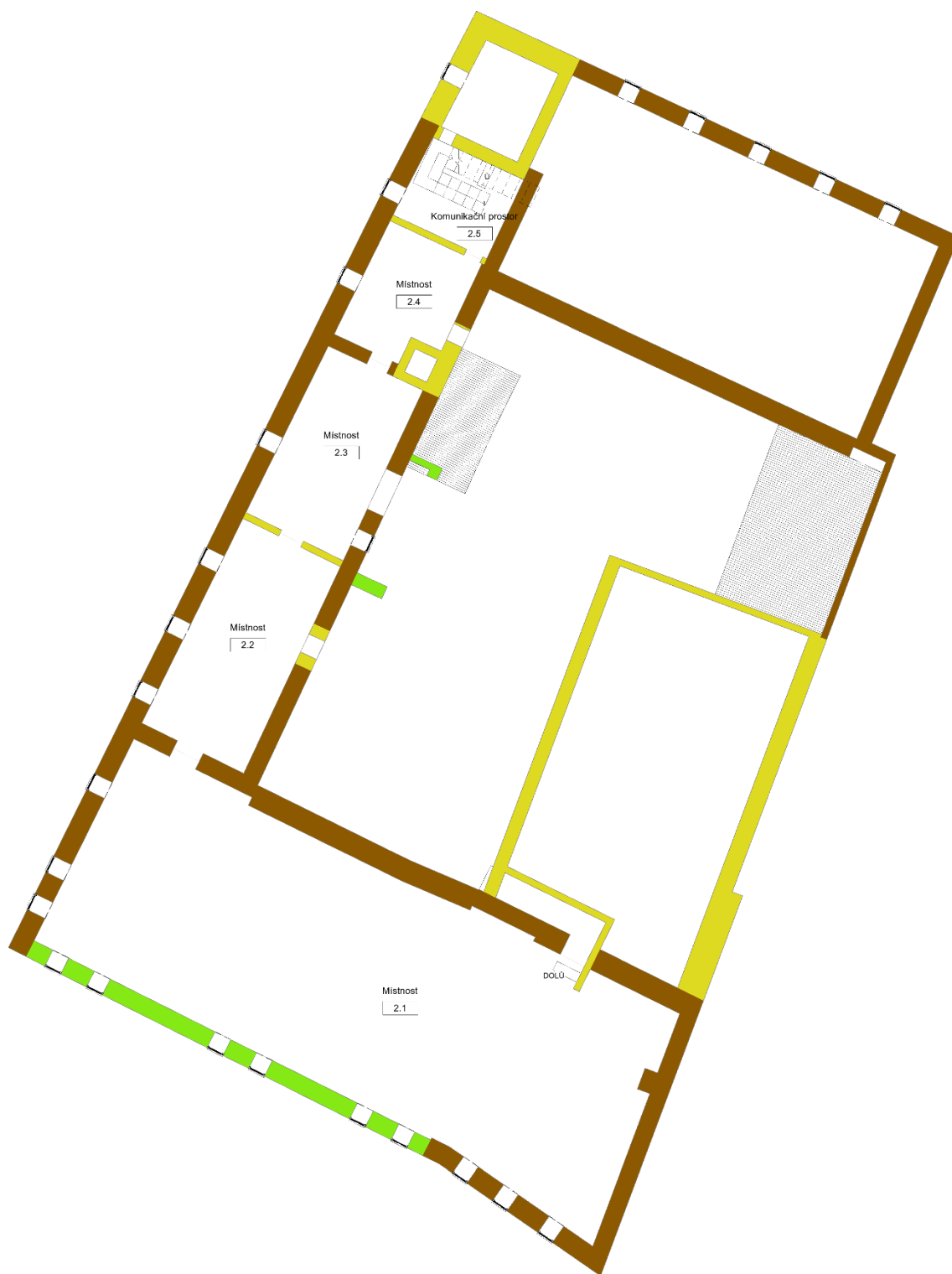
Barevné značení pro stavebněhistorickou analýzu	
architektonický sloh - pozdní gotika	červená
architektonický sloh - renesance	modrá
architektonický sloh - baroko	hnědá
architektonický sloh - klasicismus	zelená
architektonický sloh - pozdní klasicismus	světle zelená
architektonický sloh - moderna do r. 1950	žlutá
architektonický sloh - moderna kolem r. 1970	světle žlutá
architektonický sloh - neznámý	šedá



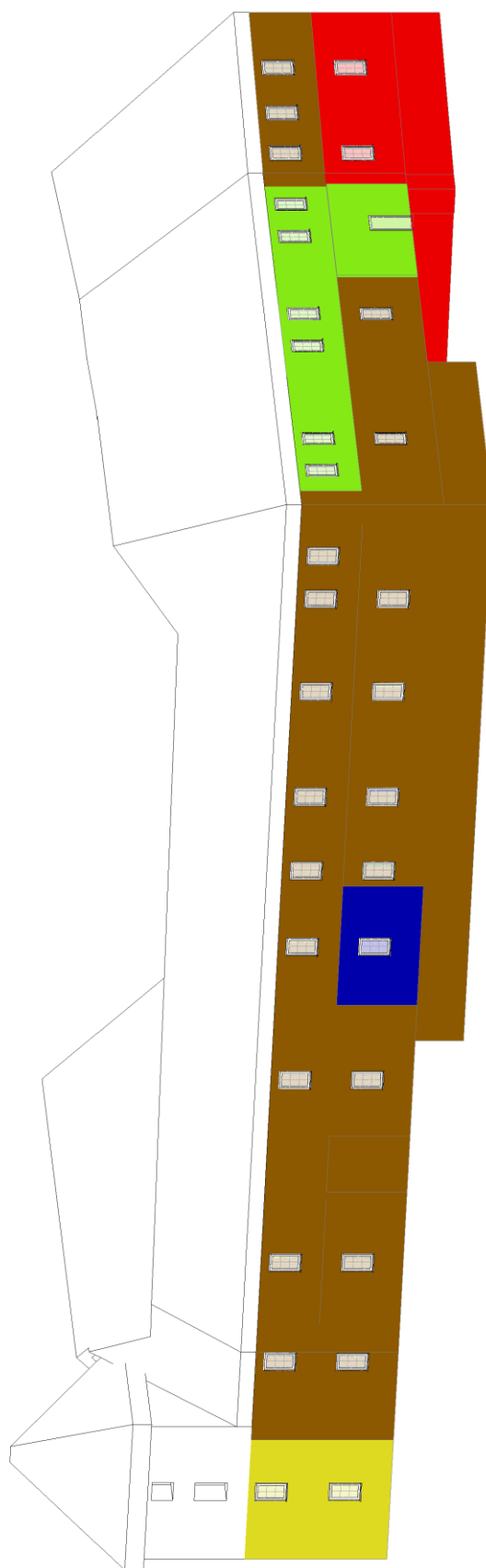
A1: Vizualizace stavebněhistorické analýzy pro první podzemní podlaží vytvořená v softwaru Revit



A2: Vizualizace stavebněhistorické analýzy pro první nadzemní podlaží vytvořená v softwaru Revit



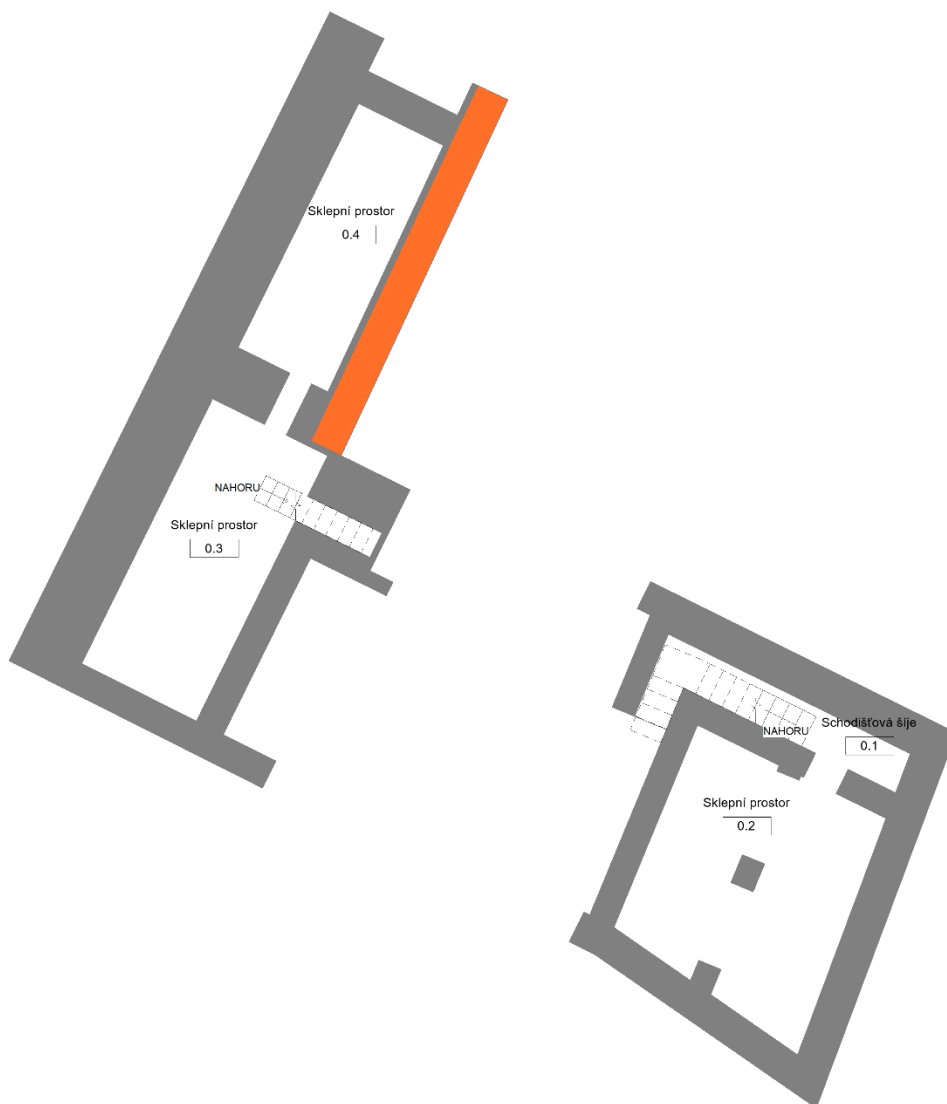
A3: Vizualizace stavebněhistorické analýzy pro druhé nadzemní podlaží vytvořená v softwaru Revit



A4: Vizualizace stavebněhistorické analýzy z 3D pohledu na západní a jižní část zájmového objektu vytvořená v softwaru Revit



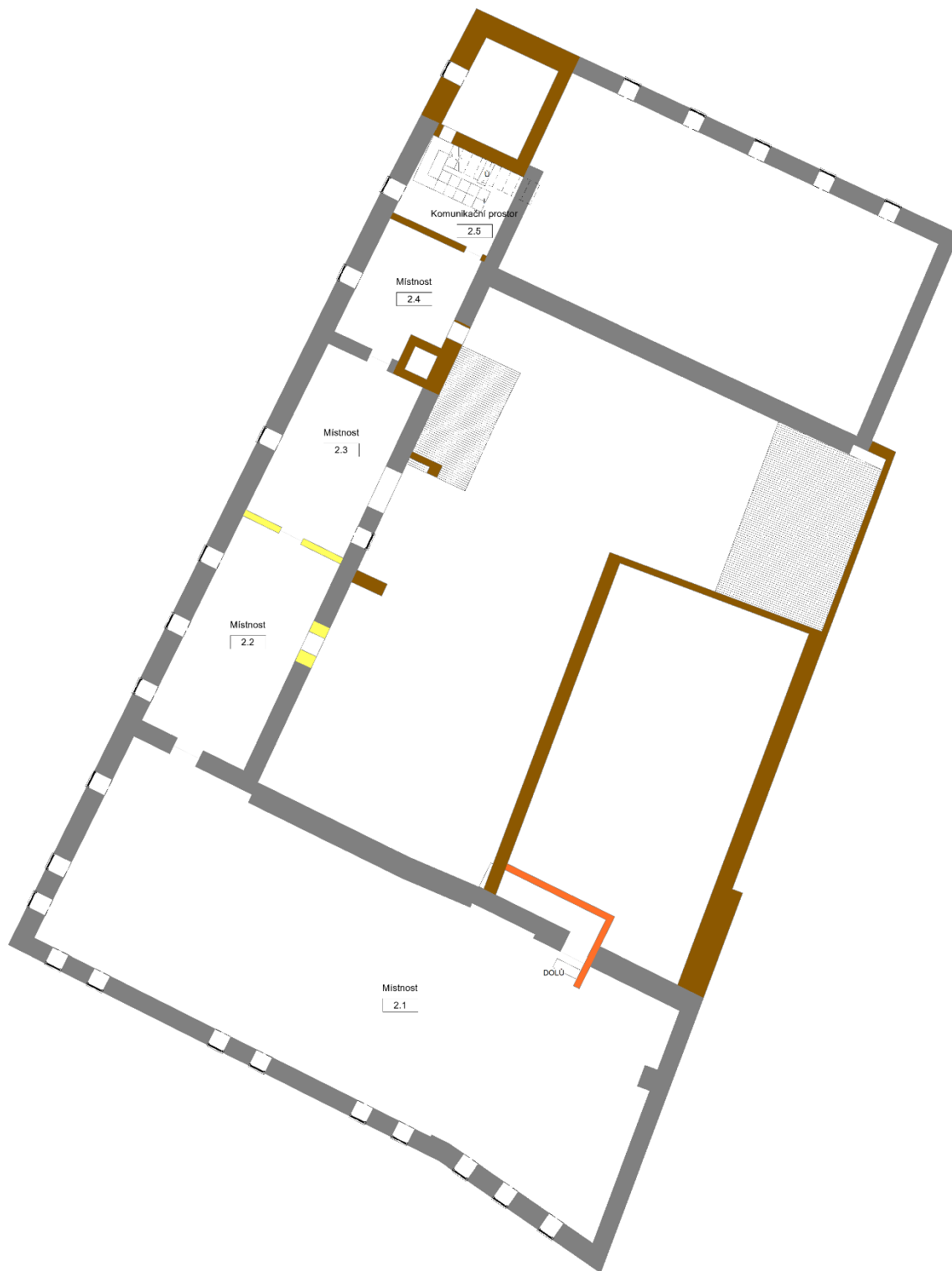
Barevné značení pro analýzu památkových hodnot	
památková hodnota - nejhodnotnější	šedá
památková hodnota - hodnotné	hnědá
památková hodnota - zčásti rušivé	žlutá
památková hodnota - rušivé	oranžová
památková hodnota - k obnově	červená



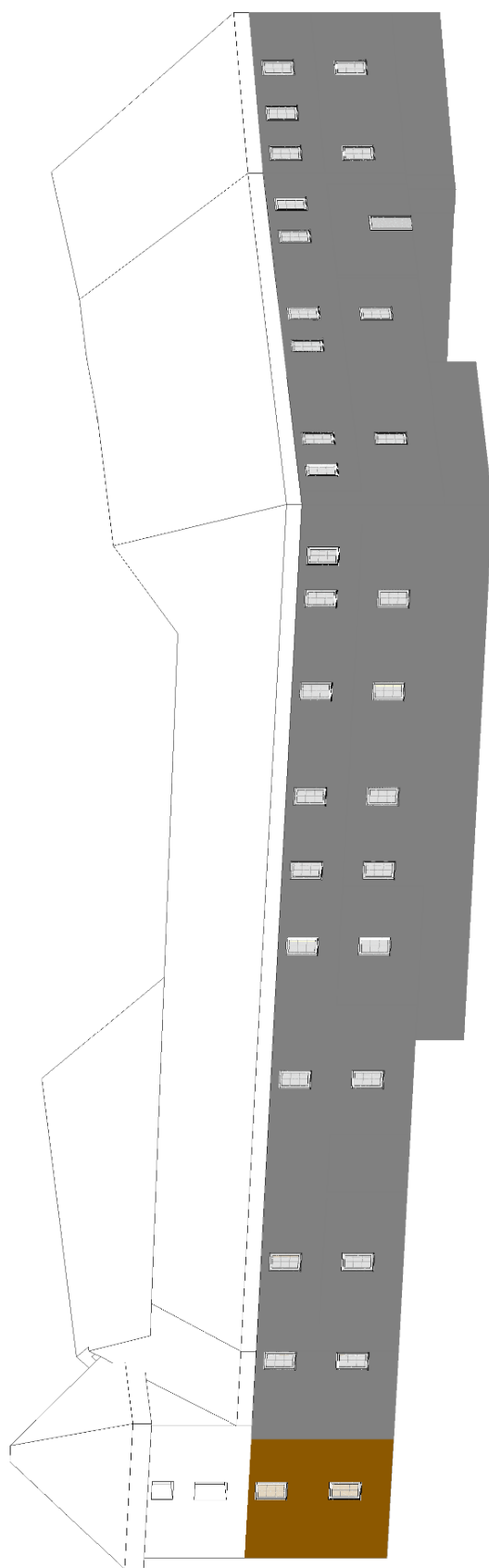
A5: Vizualizace analýzy památkových hodnot pro první podzemní podlaží vytvořené v softwaru Revit



A6: Vizualizace analýzy památkových hodnot pro první nadzemní podlaží vytvořené v softwaru Revit



A7: Vizualizace analýzy památkových hodnot pro druhé nadzemní podlaží vytvořené v softwaru Revit



A8: Vizualizace analýzy památkových hodnot z 3D pohledu na západní a jižní část zájmového objektu vytvořená v softwaru Revit

# Příloha B: Výkazy zájmové budovy

Výkaz místností												
Číslo	Název	Podlaží	Povrchová úprava podlahy	Povrchová úprava stěny	Povrchová úprava stropu	Strop	CCIKod	Prostory	Termin	TerminID	TerminLink	Obrázek
0.1	Schodišťová šje	1. PP	zanesená stavební sůť	lomový kámen	Místnost je zaklenuta v	EA	EAD	stairwells		300004324	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004324">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004324</a>	0.1.jpg
0.2	Sklepní prostor	1. PP	kamenná dlažba	lomový kámen	Místnost je zaklenuta c	EA		cellars (storerooms)		300004759	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004759">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004759</a>	0.2.jpg
0.3	Sklepní prostor	1. PP	dusaná zanesená stavební sůť	chelné zdivo	Místnost je zaklenuta v	EA		cellars (storerooms)		300004759	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004759">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004759</a>	0.3.jpg
0.4	Sklepní prostor	1. PP	zanesená stavební sůť	chelné zdivo	Místnost je zaklenuta v	EA	EAB	entrance spaces		300004759	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004759">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004759</a>	0.4.jpg
1.1	Vstupní prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Valená klenba orientac	EA		space (composition concept)		300068896	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896</a>	1.1.jpg
1.2	Provozní prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Valená klenba orientac	EA		space (composition concept)		300068896	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896</a>	1.2.jpg
1.3	Provozní prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Valená klenba orientac	EA	CAN	storage spaces		300004465	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004465">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004465</a>	1.3.jpg
1.4	Skladovací či provozní prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Valená klenba orientac	EA		space (composition concept)		300068896	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896</a>	1.4.jpg
1.5	Provozní prostor	1. NP	dusaná zanesená stavební sůť	zaomítnuta	Valená chelná klenba c	EA		space (composition concept)		300068896	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896</a>	1.5.jpg
1.6	Provozní prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Strop je plochý s druhc	EA		space (composition concept)		300068896	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896</a>	1.6.jpg
1.7	Provozní prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Strop je plochý s druhc	EA		space (composition concept)		300068896	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896</a>	1.7.jpg
1.8	Skladovací či provozní prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Místnost je zaklenuta v	EA	CAN	storage spaces		300004465	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004465">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004465</a>	1.8.jpg
1.9	Skladovací či provozní prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Místnost je zaklenuta v	EA	CAN	storage spaces		300004465	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004465">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004465</a>	1.9.jpg
1.10	Komunikační prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Místnost je zaklenuta s	EA	EA	space (composition concept)		300068896	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896</a>	1.10.jpg
1.11	Skladovací prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Strop je plochý, omtán	EA	CAN	storage spaces		300004465	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004465">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004465</a>	1.11.jpg
1.12	Místnost	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Strop je plochý, omtán	EA	EA	rooms and spaces		300133704	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300133704">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300133704</a>	1.12.jpg
1.13	Skladovací prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Místnost je sklenuťa dv	EA	CAN	storage spaces		300004465	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004465">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004465</a>	1.13.jpg
1.14	Skladovací prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Místnost je sklenuťa dv	EA	CAN	storage spaces		300004465	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004465">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004465</a>	1.14.jpg
1.15	Garáž	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Místnost je v Z části skl	EA	EA	garages		300007806	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300007806">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300007806</a>	1.15.jpg
1.16	Komunikační prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Místnost je v J části skl	EA	EA	space (composition concept)		300068896	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896</a>	1.16.jpg
1.17	Místnost	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Místnost je zaklenuta v	EA	CAN	rooms and spaces		300133704	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300133704">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300133704</a>	1.17.jpg
1.18	Skladovací či provozní prostor	1. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Místnost je zaklenuta v	EA	CAN	storage spaces		300004465	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004465">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300004465</a>	1.18.jpg
1.19	Převodový hvozd	1. NP	zanesená stavební sůť	zaomítnuta	Místnost byla původně	EA		space (composition concept)		300068896	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896</a>	1.19.jpg
1.20	Stádovna a šalanda	1. NP	zanesená stavební sůť	zaomítnuta	Místnost byla původně	EA		space (composition concept)		300068896	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896</a>	1.20.jpg
2.1	Místnost	2. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Strop je plochý s podhl	EA	EA	rooms and spaces		300133704	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300133704">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300133704</a>	2.1.jpg
2.2	Místnost	2. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Strop je plochý s podhl	EA	EA	rooms and spaces		300133704	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300133704">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300133704</a>	2.2.jpg
2.3	Místnost	2. NP	překrná	zaomítnuta	Strop je plochý s podhl	EA	EA	rooms and spaces		300133704	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300133704">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300133704</a>	2.3.jpg
2.4	Místnost	2. NP	betonová mazanina	zaomítnuta	Strop je plochý s podhl	EA	EA	rooms and spaces		300133704	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300133704">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300133704</a>	2.4.jpg
2.5	Komunikační prostor	2. NP	překrná	zaomítnuta	Strop je plochý, omtán	EA	EA	space (composition concept)		300068896	<a href="http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896">http://vocrab.getty.edu/page/aa/300068896</a>	2.5.jpg

B1: Ukázka výkazu místností vytvořeného z informačního modelu budovy v softwaru Revit





