PAMÁTKOVÝ POSTUP

PRŮZKUM UMĚLECKO-HISTORICKY HODNOTNÝCH INTERIÉRŮ ZA POMOCI AUTONOMNÍHO LETU BEZPILOTNÍ HELIKOPTÉRY

Autoři:
Michaela Čadilová, Milan Škobrtal, Vít Krátký, Pavel Petráček, Tomáš Vítek, Kamila Davidová

Památkový postup byl vytvořen na základě výzkumu provedeného v rámci řešení projektu **Bezpečné snímání historických objektů bezpilotními helikoptérami – asistivní technologie, metodika a využití v památkové praxi**, DG18P02OVV069, který je financován Ministerstvem kultury v rámci Programu aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity České republiky v letech 2018–2022.

ANOTACE

Památkový postup pro použití bezpilotních helikoptér na průzkum umělecko-historicky cenných interiérů vznikl v rámci Programu aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity České republiky (NAKI II). Splňuje požadavky specifických cílů programu (č. 2.1 Výzkum a jeho uplatnění – kulturní dědictví a území s historickými hodnotami a č. 2.2 Technologie a postupy pro ochranu kulturního dědictví) s důrazem na zvýšení účinnosti, šetrnosti a zlepšení kvality procesů preventivní památkové činnosti.

Památkový postup je nástrojem využitelným obecně pro ochranu, identifikaci a prezentaci hodnot kulturního dědictví. Uživatelům poskytuje praktický návod na inovativní postup v rámci dokumentace architektonického dědictví. A to jak primárních objektů památkového zájmu, tak i v případech zvláště ohrožených památek (např. nevyužívaných církevních objektů, industriální architektury nebo staticky narušených památek, do nichž z důvodu bezpečnosti nemůže vstupovat dokumentátor).

Vznik památkového postupu reaguje na současný rychlý vývoj moderních technologií a snaží se je modelově aplikovat v památkové péči.

OBSAH

1. Úvod ——— **4**
2. Poutní kostel sv. Jakuba Většího a sv. Anny ve Staré Vodě ——— **5**
3. Současný stav umělecké výzdoby interiéru kostela ——— **6**
4. Památkový postup ——— **8**
4.1. Skenování interiéru ——— **8**
4.2. Sestavení 3D modelu ——— **9**
4.3. Výběr objektů pro modelovou dokumentaci ——— **11**
4.4. Naprogramování trasy letu ——— **13**
4.5. Dokumentování vybraných prvků za pomoci autonomního letu bezpilotní helikoptéry ——— **15**
4.6. Výstupy ——— **18**
4.7. Vyhodnocení výstupů ——— **19**
5. Závěr ——— **30**
6. Protokol o ověření památkového postupu v praxi ——— **31**

1. ÚVOD

Dokumentace památkových objektů je základní součástí péče o památkový fond. V první řadě jde o zachycení aktuálního stavu dané historické památky. Získané materiály lze v dalších krocích použít také pro strukturované archivování informací, bližší identifikaci, vytvoření podkladu pro plán památkové obnovy či restaurování a v neposlední řadě pro prezentaci objektu odborné i laické veřejnosti.

Využití bezpilotních helikoptér jako nosiče pro fototechniku (a různé měřící přístroje) je dnes součástí běžných dokumentačních prací při snímání vnějších plášťů budov. Zvláště v kombinaci s laserovou skenovací stanicí a georeferenční digitální fotogrammetrií je možné vytvořit přesný model snímaného objektu. Tento formát výstupů je velmi oblíbený a rozšířený napříč obory i světovými lokalitami.[1]

Ke snímání hodnotných historických interiérů se bezpilotní helikoptéry používají pouze v minimální míře z důvodu poměrně vysokého rizika kolize. Jejich využití pro dokumentaci nedostupných míst je však již neodmyslitelné. V praxi je jejich použití často vázané na projekty vědecko-výzkumných aktivit pracovišť různé odbornosti vázaných na péči o kulturně-historické prostředí (např. Národní památkový ústav, archeologové a restaurátoři)[2] nebo jsou zahrnuty do balíčku služeb komerčních subjektů, které nabízejí zaměření staveb či jejich fotodokumentaci.

Cílem našeho projektu bylo zajistit maximálně bezpečný let bezpilotní helikoptéry v cenném kulturně-historickém prostředí a zvýšit tak její užitnost pro místa zcela nedostupná, ale i pro místa, kde se za běžných okolností používají tradiční postupy, jako jsou například stavba lešení nebo využití vysokozdvižné plošiny.

Vhodný objekt pro aplikaci předkládaného památkového postupu jsme nalezli v kostele sv. Jakuba Většího a sv. Anny ve Staré Vodě, kde se nabízela místa obtížně dostupná i místa vhodná pro srovnání se standardně používanými dokumentačními metodami.

1 Pro ilustraci zde uvádíme několik projektů z domácího i zahraničního prostředí. Od roku 2013 do roku 2016 se podařilo v rámci projektu *Fond digitálních památek* (Digital Monuments Funds) zdigitalizovat více než 1 450 slovenských kulturních památek. (Ladislav Dedík – Jana Minaroviech, Digitization of the Cultural Heritage of Slovakia: Combining of Lidar Data and Photogrammetry, *Studies in Digital Heritage*, vol. 1, No. 2, 2017, s. 590–606.) Americko-italská nadace *The Volterra-Detroit Foundation* se již osm let pravidelně formou mezinárodních workshopů zabývá digitální dokumentací historického jádra toskánského města Volterra (https://volterra-detroit.org/2015/05/21/volterra-detroit-foundation/, vyhledáno 23. 5. 2021.) Popularizaci českých památek a zajímavostí vytvářením jejich fotorealistických 3D modelů se věnuje soukromý subjekt pod hlavičkou 3DČesko (www.3dcesko.cz, vyhledáno 20. 6. 2021). Zájem o digitalizaci světového kulturního dědictví a budování globálního virtuálního muzea výrazně zvýšila pandemie virového onemocnění covid-19.

2 Chybí proto zatím příklady publikované v odborných periodikách. Publikované zmínky se přidržují obecných charakteristik, např.: Jan Veselý, *Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči*, Praha 2014, s. 15–16. Popularizace hradozámeckého areálu Bečov, dostupné online: https://www.npu.cz/cs/npu-a-pamatkova-pece/npu-jako-instituce/zpravy/27028-hrad-a-zamek-z-ptaci-perspektivy-becov-ma-nove-video-z-dronu, vyhledáno 15. 4. 2021. Představení bezpilotní letecké techniky jako součást prezentace pracoviště NPÚ, ÚOP v Telči a vědecko-výzkumného projektu Archeologie z nebe: https://www.npu.cz/cs/uop-telc/pro-media/44132-telc-na-muni-100, vyhledáno 15. 4. 2021. Využití bezpilotního letadla při dokumentaci památek, Výroční zpráva NPÚ za rok 2019, s. 66.

Obr. 1: Kostel sv. Jakuba Většího a sv. Anny ve Staré Vodě. Foto Dalibor Buršík, 2012, Archiv Národního památkového ústavu, ú. o. p. v Olomouci.

2. POUTNÍ KOSTEL SV. JAKUBA VĚTŠÍHO A SV. ANNY VE STARÉ VODĚ[3]

Stará Voda u Města Libavá má velice dlouhou poutní tradici sahající do pozdního středověku. Vzrůstající reputace poutního místa vyvolala potřebu nového většího chrámu, k jehož výstavbě došlo za olomouckého biskupa Karla z Lichtensteinu-Castelcorna v letech 1681–1689. Biskup zadal projekt původem severoitalskému architektu Giovannimu Pietrovi Tencallovi, v té době pracujícímu v jeho službách. Tencalla byl v oblasti architektury poslední třetiny 17. století na Moravě nejvýznamnějším a také nejplodnějším tvůrcem.

3 Výběr literatury pro bližší informace k objektu: Jan Bombera – Slavomíra Kašpárková – Jana Krejčová – Irena Peřinová-Kubešová – Helena Richterová, *Poutní místo Stará Voda*, Olomouc 1997; Jana Krejčová, *Stará Voda. Poutní kostel sv. Jakuba Většího a sv. Anny*, Velehrad 2008; Milan Buben, *Encyklopedie řádů, kongregací a řeholních společností katolické církve v českých zemích. III. Díl, III. svazek: Řeholní klerikové*, Praha 2008; Dagmar Lepíková, Giovanni Pietro Tencalla. *Kostel sv. Anny a sv. Jakuba Většího ve Staré Vodě na Libavé. Výstavba, devastace a znovuobnovení* (diplomová práce), Ústav dějin křesťanského umění, KTF UK, Praha 2009; Jana Zapletalová, Obraz římského malíře Luigiho Garziho pro kostel ve Staré Vodě, in:, *Opuscula Historiae Artium*, č. 1, 2016, s. 56–63; Jana Zapletalová – Rostislav Švácha, Poutní kostel sv. Jakuba Většího a sv. Anny ve Staré Vodě, 1680-1690, in: Rostislav Švácha – Martina Potůčková – Jiří Kroupa (eds), Karel z Lichtensteinu-Castelcorna (1624–1695). Místa biskupovy paměti, Olomouc 2019, s. 393–417.

Kromě architekta se na výzdobě kostela podílelo několik dalších italských umělců. Sochařské a kamenické práce provedl Andrea Aglio, štuky realizovala dvojice Matteo Rezzi a blíže nejmenovaný člen rodiny Fontana, nástěnné malby jsou z větší části připisovány ticinskému malíři Giovannimu Carlonemu. V roce 1690 předal olomoucký biskup Karel vysvěcený kostel piaristům, kteří byli pověřeni výkonem duchovní správy a péčí o poutníky. Kostel má vysokou zaklenutou loď vystavěnou na půdorysu protáhlého oktogonu, k níž je do podélné osy přisazen vstupní rizalit se dvěma věžemi po stranách a na protější straně nižší presbyterium s oratořemi, které bylo prodlouženo a upraveno v letech 1765–1767.

Pro kostel, kolej (kterou však piaristé opustili již v roce 1922) a obec samotnou měl fatální důsledky nejen odsun německého obyvatelstva po druhé světové válce, ale hlavně zřízení libavského vojenského újezdu v roce 1947. Obec Stará Voda zcela zanikla. Z podkovovitě tvarovaného ambitu kolem kostela nakonec zůstala pouze ruina obvodové zdi a k neodvratné zkáze postupně spěl i samotný chrám, podléhající zejména od 60. let stále intenzivnější devastaci. Tento stav byl zvrácen sametovou revolucí a odchodem Sovětské armády z vojenského prostoru Libavá. Od počátku 90. let začala postupná rekonstrukce, znamenající záchranu této památkové stavby. Opraveny byly střechy, krovy a fasády, zatímco interiér kostela na komplexní obnovu ještě čeká.

3. SOUČASNÝ STAV UMĚLECKÉ VÝZDOBY INTERIÉRU KOSTELA

Umělecká výzdoba interiéru se zachovala ve velmi porušeném stavu. Původní uměleckořemeslné detaily a mobiliář zmizely takřka důsledně včetně podlah (v současnosti je již kostel opatřen novou dlažbou). Příčinou devastace byla jednak zatékající voda a povětrnost, ale také vandalismus, jak je dosud patrné mimo jiné z četných azbukou psaných nápisů provedených v rozsáhlých plochách na barokních malbách.

Dochovaná štuková výzdoba se soustřeďuje v lodi kostela. Nejzajímavější práce se objevují v rámování oblouků na hlavních osách kostela a v kladí obíhajícím celý centrální prostor. Oblouky do vedlejších chrámových prostor a do presbytáře vynáší dvojice pilastrů s jednoduchými hlavicemi. Vrchol oblouku zdobí volutová kartuš doprovázená z obou stran ženskými figurami. Kladí podepírá osm bohatě zdobených hlavic pilastrů umístěných v rozích oktogonu. V každé se objevuje dvojice andělských hlaviček s květinovým festonem. Ve vlysu kladí se střídá reliéf rozvilin a motiv koruny s palmovými ratolestmi, které od sebe oddělují vždy dvojice hlaviček andílků. Kladí ukončuje profilovaná korunní římsa.

Nejčastějšími projevy poškození veškeré štukové výzdoby jsou mechanické defekty způsobené vojáky a nesoudržnost omítek s podkladem. U reliéfních štukových postav chybí často hlavy a ruce.

V jejich místech je obnažena kovová armatura, která podléhá korozi. Povrch soch je lokálně degradovaný až na jádrový štuk. Reliéf ve vlysu je někde v celých pásech odpadlý a vrstvy omítek jsou uvolněné, nesoudržné, částečně opadané až na cihlový základ.

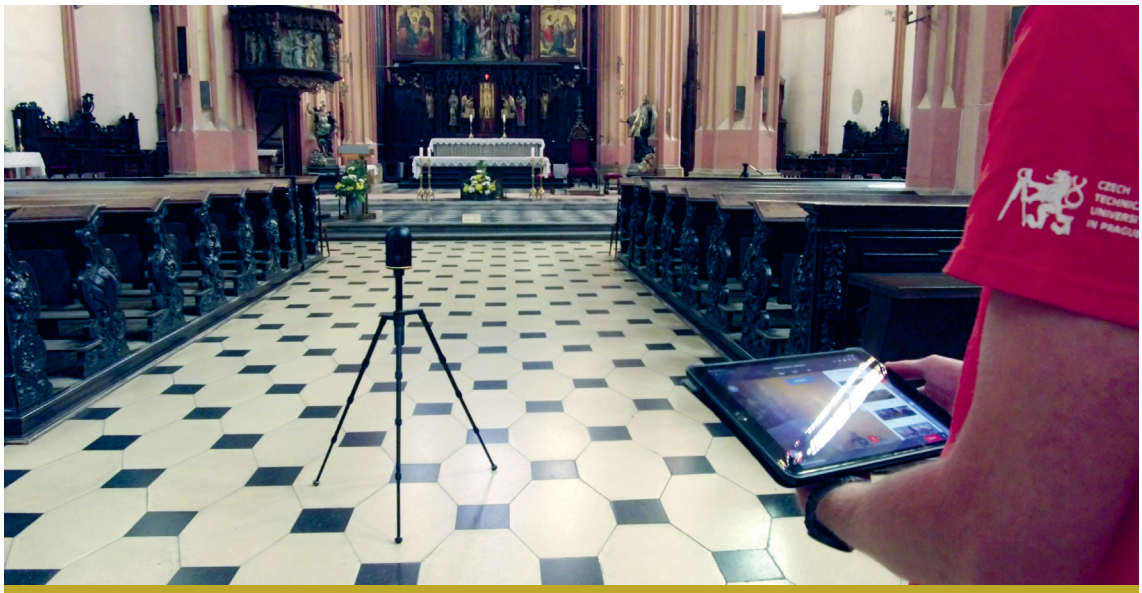
Nástěnné malby se dochovaly ve třech úrovních centrálního prostoru a na klenbě lodi. Ze samého závěru 18. století pochází postavy evangelistů situované ve výklencích na zkosených stěnách oktogonu lodi. Ačkoliv dvě ze čtyř postav zanikly úplně, barevnost u dochovaných je oproti ostatním nástěnným malbám stále výrazná. Malba je značně mechanicky poškozená stopami po kulkách a druhotnými barevnými nápisy. V úrovni výše se nad nimi nachází alegorie čtyř světadílů z roku 1688, které jsou aktuálně nejzachovalejší ze všech znázorněných výjevů. Malba je místy degradovaná, ve spodních partiích a rozích zcela chybí až na hrubý jádrový podklad. Na okrajích odlupujících se vrstev je patrná podkladová malba. Barevná vrstva odpadává v šupinách a po celé ploše se objevují praskliny. Nad korunní římsou se mezi okny nachází třetí úroveň výmalby – kompozice umístěné do čtyř lunetových výsečí klenby s náměty ze života Panny Marie a Ježíše Krista. Přestože se pravděpodobně jedná o nejmladší malby v kostele, jejich stav lze považovat za nejhorší. V případě výjevu *Dvanáctiletého Krista v chrámu* malba téměř kompletně zanikla a je zde patrné odhalené zdivo. Vyobrazení *Útěk do Egypta* se zachovalo pouze v hrubých obrysech. U zbylých dvou motivů *Zvěstování* a *Navštívení Panny Marie* odpadává výmalba až na hrubou omítku. Mnohdy chybějící barevná vrstva znemožňuje čitelnost obrazu. Malba se v šupinách odlupuje od podkladu. Ve spodních částech jsou malby mechanicky poškozeny rytými a hrubou štětkou provedenými nápisy (tzv. graffiti). Nejhodnotnějším obrazem s námětem oslavy sv. Anny, sv. Jáchyma a sv. Jakuba Většího je centrální malba na klenbě lodi od výše uvedeného autora alegorií kontinentů Giovanniho Carlone. Této malbě jsme se v rámci uplatnění našeho postupu nevěnovali z důvodu dosud nevyřešeného technického úkolu směřování fotoaparátu kolmo vzhůru. Její bližší stav zde proto neuvádíme.

4. PAMÁTKOVÝ POSTUP
4.1. Skenování interiéru

Skenování interiéru za účelem získání podkladů pro vytvoření 3D reprezentace prostředí, která je dále využívána pro výběr dokumentovaných prvků a autonomní let helikoptéry, je nezbytnou součástí navrhovaného postupu. Pro zaměření jednotlivých skenů skládajících se z mračna bodů a panoramatických fotografií byl v rámci návrhu tohoto postupu využit skener Leica BLK 360, nicméně obecně je možné jej nahradit libovolným pozemním 3D skenerem. Samotné skenování vyžaduje práci jedné osoby, která přemisťuje skener na jednotlivá místa budovy. Ta jsou vybírána tak, aby každá oblast budovy byla zaznamenána nejméně v jednom skenu. Pro usnadnění výběru pozic jsme využili aplikace Field 360, která umožňuje ovládat skener přes WiFi rozhraní, stahování zhotovených skenů již v průběhu procesu skenování a zobrazení kompletního skenu složeného ze všech doposud zhotovených a stažených skenů. V rámci složeného skenu je poté možné snadno určit části objektů, které dosud nebyly nasnímány a na základě této informace efektivně vybírat další pozice pro pořízení skenu.

Samotné pořízení skenu trvá 40 – 370 sekund v závislosti na požadovaném rozlišení snímaných bodů a kvalitě pořizovaného panoramatického snímku. Pro účely autonomního letu je ve většině objektů dostačující pořizovat skeny v nejnižším rozlišení (20 mm na vzdálenost 10 m) bez panoramatického snímku. Pro zlepšení orientace v modelu využívaném pro výběr dokumentovaných prvků je vhodné využít vyšší rozlišení a především vyšší kvalitu panoramatického snímku, který do procesu zpracování výsledného 3D modelu vstupuje jako jediný zdroj informace o barvě jednotlivých částí modelu. Nicméně vzhledem k tomu, že pořízené 3D skeny jsou využitelné i v jiných oblastech památkové péče a v restaurátorských průzkumech, veškeré skeny byly pořizovány v maximální kvalitě (rozlišení 5 mm na vzdálenost 10 m).[4] Pořízení takového skenu trvá 370 sekund a v závislosti na rozlehlosti a komplexitě skenovaného interiéru je nutné pro pokrytí celého prostoru realizovat 10 – 40 skenů. Časová náročnost skenování jednoho objektu zahrnující samotné skenování i přesouvání skeneru na jednotlivá místa se tedy pohybuje přibližně od 2 do 8 hodin práce. V rámci objektu kostela sv. Jakuba Většího a sv. Anny ve Staré Vodě bylo realizováno celkem 10 skenů. Přestože se svou velikostí jedná spíše o větší objekt, absence téměř veškeré výzdoby výrazně snižuje počet požadovaných skenů. Celý objekt byl naskenován během dvou hodin.

4 Prostorové digitalizaci historických objektů se věnovala již řada autorů. Za všechny uveďme alespoň: Vladimír Brůna – Barbora Větrovská – Zdeněk Marek – Marcel Brejcha – Martin Frouz – Martina Frouzová, *Metodika 3D dokumentace a vizualizace interiérů památkových objektů*, Ústí nad Labem 2015, dostupné na: nusl-253869_1.pdf (citováno 20. 6. 2021); Ladislav Dedík – Jana Minaroviech viz pozn. 1; Jeong Dong Lee – Walter Schuhr, 3D Textured Modelling of Both Exterior and Interior of Korean Styled Architectures, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W5, 2017, s. 439–442; José Luis Lerma – Santiago Navarro et al., Integration of Laser Scanning and Imagery for Photorealistic 3D Architectural Documentation, in: Chau-Chang Wang, *Laser Scanning, Theory and Applications*, London 2011, s. 413–430. Bentkowska-Kafel, A.; MacDonald, L., Eds. *Digital Techniques for Documenting and Preserving Cultural Heritage*; Amsterdam University Press, 2018;



Obr. 2: Pozemní 3D skener Leica BLK 360 aplikovaný pro skenování historických objektů v rámci navrhovaného památkového postupu.

4.2. Sestavení 3D modelu

Z pořízených skenů interiéru je vytvořeno několik reprezentací prostředí, které se liší dle účelu využití. Společným krokem pro všechny tyto reprezentace je import skenů z aplikace Field 360 nebo přímo ze skeneru Leica BLK 360 do počítače s programem Leica Cyclone Register, pomocí kterého je možné optimalizovat zarovnání všech skenů a z vytvořeného kompletního mračna bodů odfiltrovat všechny nežádoucí body (např. lidé, lešení, odrazy od zrcadel apod.). Takto zpracované mračno bodů je poté exportováno v různých formátech a různém rozlišení vhodném pro jednotlivé účely.

První reprezentace 3D prostředí, kterou je potřeba vygenerovat, představuje mračno bodů využívané autonomní helikoptérou pro nalezení vlastní startovní pozice, naplánování bezkolizních cest spojujících jednotlivé dokumentované prvky a bezpečnostní prvky založené na porovnání snímaných dat palubními senzory s vytvořeným mračnem bodů z dat z pozemního skeneru. Pro tyto účely je vhodné využít zjednodušené mračno bodů s prostorovým rozlišením 10 cm. Toto rozlišení je dostačující pro všechny uvedené účely, zároveň omezuje počet bodů v mračnu a tím i výpočetní čas potřebný k provedení jednotlivých operací na palubním počítači helikoptéry. Časová náročnost zjednodušení mračna bodů a jeho vygenerování programem Leica Cyclone Register je přibližně 10 minut.

Druhá reprezentace 3D prostředí, která musí být vygenerována je reprezentace využívána především pro výběr dokumentovaných prvků a přesnou specifikaci pozic,

Obr. 3: 3D model objektu kostela sv. Jakuba Většího a sv. Anny ve Staré Vodě.

z kterých mají být dané prvky nasnímány. Jelikož se často jedná o planární prvky, které není možné přesně lokalizovat v geometrickém modelu, je nutné aby tato reprezentace prostředí zahrnovala i informaci o barvě jednotlivých oblastí objektu. Pro tento účel je vygenerován 3D model prostředí tvořený množinou polygonů, která je pokrytá barevnou texturou. V rámci projektu byl pro vytvoření takového modelu využíván program MeshLab, který obsahuje funkce umožňující ze zarovnaného obarveného mračna bodů vyexportovaného z programu Leica Cyclone Register vytvořit 3D model s barevnou texturou. Proces tvorby modelu s texturou je časově náročný proces s vysokými nároky na použitou výpočetní techniku. Náročnost procesu silně závisí na kvalitě výsledného modelu a pohybuje se od desítek minut až do desítek hodin. Dostatečné kvality modelu pro výběr a přesné určení pozice dokumentovaných prvků bylo dosaženo při velikosti modelu přibližně 300 tisíc polygonů a rozlišení textury 8192×8192 px. Přibližná doba zpracování je 10 hodin vyžadující

Obr. 4: Výřezy 3D modelu kostela sv. Jakuba Většího a sv. Anny ve Staré Vodě v kvalitě využívané pro výběr pozic, ze kterých má být pořízena fotografie. Na pravém obrázku je vidět, že trojrozměrné i planární prvky výzdoby jsou snadno rozlišitelné a kvalita modelu je pro výběr pozic dostačující.

5 hodin práce zkušeného grafika/technika. Zbývající čas je tvořen výpočetním časem nutným ke zpracování modelu bez nutnosti zásahu grafika/technika.[5]

Model kostela ve Staré Vodě patří k objektům méně náročným na zpracování, jelikož vychází pouze z 10 skenů a neobsahuje prvky výzdoby vyžadující vysoký počet polygonů pro jejich 3D reprezentaci. Zpracování tohoto konkrétního modelu trvalo 6 hodin vyžadujících 3 hodiny práce grafika/technika. Vzhledem k převaze planárních prvků výzdoby byla většina času věnována zvýšení kvality barevné textury modelu. Výsledný model obsahuje 570 000 polygonů, které jsou pokryty texturou o velikosti 4096×4096 px.

5 Tato čísla jsou pouze orientační a jsou závislá na velikosti a struktuře objektu.

4.3. Výběr objektů pro modelovou dokumentaci

Výběr prvků, které se staly předmětem dokumentačních prací při realizaci památkového postupu, můžeme rozdělit do tří kategorií: reprezentativní vzorek štukové výzdoby, fragmenty výmalby v lunetových výsečích pod klenbou a jeden detail nástěnné malby ze série alegorií světadílů, konkrétně *Ameriky*.

Malby kontinentů se nacházejí nejníže, pod kladím obíhajícím protáhlý oktogon lodi, a jsou poměrně dobře přístupné pro fotodokumentaci ze země. Soustředili jsme se na detail ženské postavy symbolizující Ameriku, abychom získali srovnávací materiál k fotodokumentaci získané ze země. Tomu odpovídalo zadání požadavku na pořízení snímků z přímého pohledu a relativně malé vzdálenosti od snímaného objektu.

V případě štukových plastik jsme se zaměřili na ukázky vandalsky poničené figurální výzdoby. Vybrali jsme postavy po stranách oblouku vedoucího do presbytáře, dvě hlavice rohových pilastrů v lodi sousedící

Obr. 5: Záběr z programu pro výběr dokumentačních pozic v modelu objektu.

s těmito figurami a nad nimi vždy dvojici andílčích hlaviček ve vlysu kladí. Cílem snímání bylo nafotit poškození z různých úhlů pro lepší poznání materiálového složení štukové výzdoby a míry jejího poškození. Tomu odpovídalo naplánování zastavení helikoptéry v místech, z nichž bylo možné zachytit detaily poškození z různých úhlů (především z nadhledu), kterých není možné docílit při dokumentaci ze země.

Nejvíce pozornosti jsme věnovali fragmentárně dochovaným malbám v lunetových výsečích pod oktogonální klenbou hlavní prostory. Jedná se o čtveřici výjevů ze života Bohorodičky a Spasitele, které jsou díky svému umístění vysoko pod klenbou a nedostatečnému osvitu ideálním předmětem pro aplikování naší dokumentační metody. Jedna z maleb, *Dvanáctiletý Kristus v chrámu*, je téměř kompletně zničena. Snímání projektovou helikoptérou se zaměřilo na zbylé výjevy *Útěk do Egypta*, *Navštívení* a především pak na vyobrazení *Zvěstování Panny Marie*. Cílem snímání bylo pořízení celkových i detailních záběrů pro zaznamenání aktuálního stavu maleb a umožnění bližší interpretace výjevů. Tomuto zadání odpovídal požadavek dokumentovat výjevy z větší vzdálenosti v rámci celkových pohledů i zastavit helikoptéru v blízkosti pro lepší zacílení na detaily z přímého pohledu.

4.4. Naprogramování trasy letu

Na základě vybraných cílů snímání a dokumentačních technik bylo potřeba vygenerovat pozice kamery, z kterých bylo možné pořídit požadované snímky. K tomuto účelu byl využíván vyvinutý program, který umožňuje měnit pozici a orientaci kamery v rámci vytvořeného 3D modelu a jednotlivé pozice ukládat. Model kamery je možné jednoduchým nastavením parametrů upravit tak, aby odpovídal reálné kameře připevněné na rámu helikoptéry. Vizualizace reprezentující záběr kamery (FoV) poté umožňuje nastavit pozici kamery, aby záběr odpovídal požadovanému snímku. Kromě umisťování kamery na libovolnou pozici v prostoru poskytuje program i možnost změny její orientace ve dvou osách. Umožňuje tedy definovat i požadovaný záběr z nadhledu či podhledu. Nad rámec ukládání jednotlivých pozic disponuje program funkcionalitou pro interpolování mezi dvojicí pozic a generování pozic vytvářejících souvislou mřížku s překryvy. Tyto funkcionality jsou užitečné zejména pro generování pozic pro snímání souvislých ploch za účelem vytvoření fotomapy.

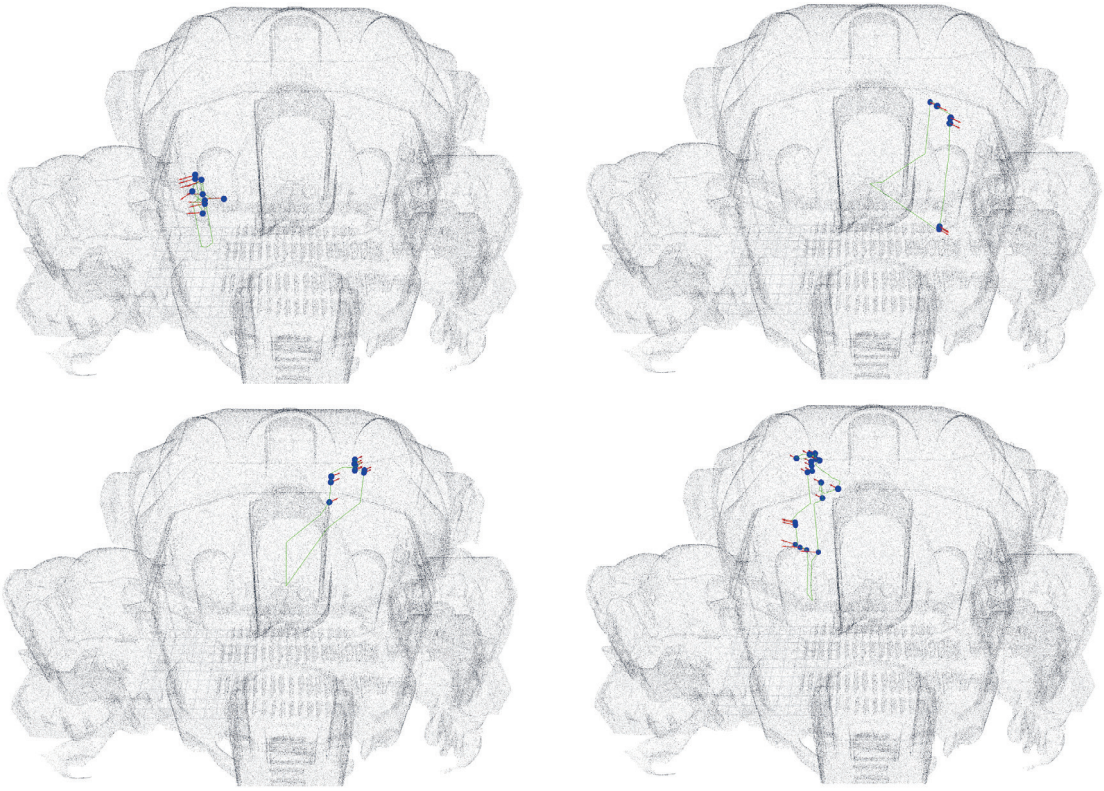
Množina všech požadovaných pozic kamery je poté vstupem algoritmu pro plánování bezkolizních cest spojujících jednotlivé pozice. Tento proces je realizován v několika krocích. Nejprve je nalezena optimální sekvence navštívených bodů minimalizující součet Euklidovských vzdáleností všech po sobě jdoucích pozic.

Tento problém je řešen uplatněním heuristiky navržené pro problém obchodního cestujícího. V rámci nalezené sekvence jsou poté naplánovány bezkolizní cesty prostředím propojující optimální sekvenci pozic. Jelikož mohou být v jednom objektu obecně definovány stovky až tisíce požadovaných snímků, zpravidla není kvůli omezené době letu možné navštívit všechny pozice během jednoho letu. Z toho důvodu je původně nalezená sekvence rozdělena na několik subsekvencí, které je možné ze startovního bodu navštívit v rámci jednoho letu. Tím je vytvořena množina plánů, jejíž postupné proletění zajistí navštívení všech požadovaných pozic. Vygenerované plány zahrnují kromě sledování samotných cest i zastavení v jednotlivých pozicích pro dosažení předdefinované pozice s maximální přesností.

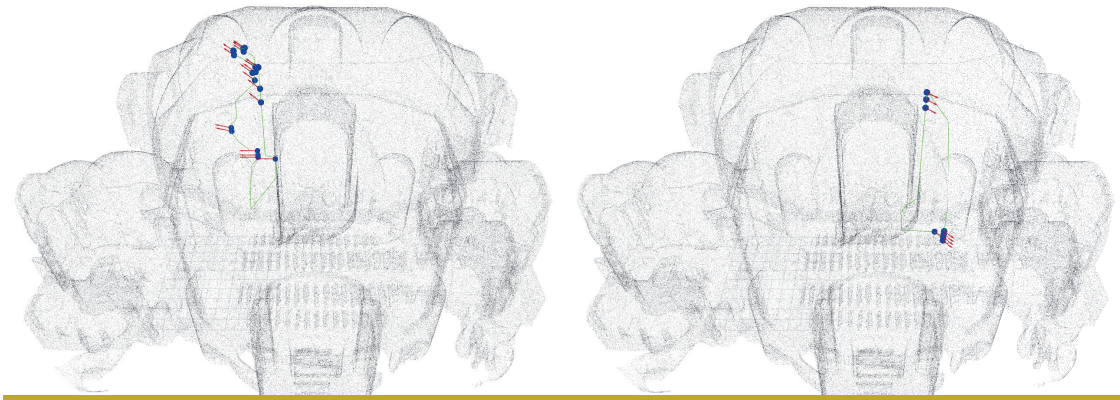
Naplánované cesty jsou verifikovány odborníky, kteří nejprve ve vizualizaci zobrazující naplánovanou cestu ve vytvořeném 3D modelu ověří její bezkolizност. Finální krok verifikace poté probíhá v simulátoru, v kterém je simulována celá mise v dříve vytvořeném modelu prostředí. Tato simulace obsahuje simulaci veškerých senzorů a všech algoritmů, které jsou nasazeny na reálné helikoptéře.

V rámci dokumentovaného objektu bylo v první fázi vybráno celkem 40 pozic kamery, které byly programem pro generování plánů rozděleny na čtyři lety (**Obr. 6**). V rámci

těchto letů byl snímán reprezentativní vzorek štukové výzdoby ze vzdálenosti 2,8 m a 4,9 m, fragmenty výmalby v lunetových výsečích pod klenbou ze vzdálenosti 2,8m a 5,5 m a detaily nástěnné malby ze série *Alegorií světadílů* ze vzdálenosti 1,8 m. Po zběžném zhodnocení pořízených fotografií bylo vybráno dalších 20 pozic kamery, které byly následně navštíveny během dvou letů (**Obr. 7**).



Obr. 6: Vizualizace první skupiny plánů dokumentačních misí v objektu kostela sv. Jakuba Většího a sv. Anny ve Staré Vodě reprezentovaného mračnem bodů.



Obr. 7: Vizualizace druhé skupiny plánů dokumentačních misí v objektu kostela sv. Jakuba Většího a sv. Anny ve Staré Vodě reprezentovaného mračnem bodů.

4.5. Dokumentování vybraných prvků za pomoci autonomního letu bezpilotní helikoptéry

Fotografování pomocí projektové bezpilotní helikoptéry bylo realizováno na základě dříve naplánovaných a verifikovaných misí. Po přesunu helikoptéry na místo určení bylo nutné zkalibrovat senzory obsažené v IMU jednotce základní řídící jednotky Pixhawk. Po kalibraci byla helikoptéra osazena vrtulemi a provedena kontrola rámu, osazení všech senzorů a připojení všech nezbytných částí helikoptéry. Po této kontrole byl realizován krátký let v manuálním režimu pro ověření správnosti kalibrace a opětovné ověření upevnění všech částí helikoptéry.

Po úvodním manuálním testovacím letu následoval první autonomní dokumentační let. Jelikož jsou jednotlivé dokumentační bezkolizní plány letů helikoptéry plánované ve 3D modelu získaném na základě dříve proběhlého skenování prostředí, je nutné ověřit, že rozdíl ve stavu prostředí při skenování pozemním skenerem a realizací dokumentačních letů nijak neovlivňuje naplánované bezkolizní trajektorie. Přestože autonomní systém helikoptéry zahrnuje detekci překážek a mechanismy pro zabránění kolizím, vyhýbání se překážkám, které nebyly obsaženy v původní reprezentaci prostředí, může ovlivnit požadované výstupy, jelikož některé z dříve zvolených pozic kamery nemusí být dosažitelné. Mezi nejčastější změny v prostředí patří například vytažení či spuštění závěsných lustrů nebo změna pozice snadno přemístitelných objektů jako jsou obrazy na stojanech.

Samotná fáze autonomního dokumentačního letu začala výběrem jednoho z dokumentačních plánů, který měl být v daném objektu realizován. S tímto plánem byl prostřednictvím vizualizace seznámen bezpečnostní pilot helikoptéry. Ten zvolil vhodné místo startu, které nebylo příliš daleko od počáteční pozice dokumentačního plánu a zároveň se jednalo o vodorovnou plochu, dostatečně vzdálenou od překážek ve všech směrech. Za zcela bezpečnou plochu pro vzlet navržené helikoptéry lze považovat kruh o poloměru 1,2 m. Zpravidla je možné vzletět i na výrazně menší ploše, nicméně velikost potřebné plochy, kterou lze považovat za bezpečnou, poté výrazně závisí na charakteru překážek v okolí místa vzletu. V dalším kroku byly nastaveny požadované parametry focení na palubní kameře, helikoptéra byla umístěna na vybrané místo vzletu a vybavena nabitými bateriemi.

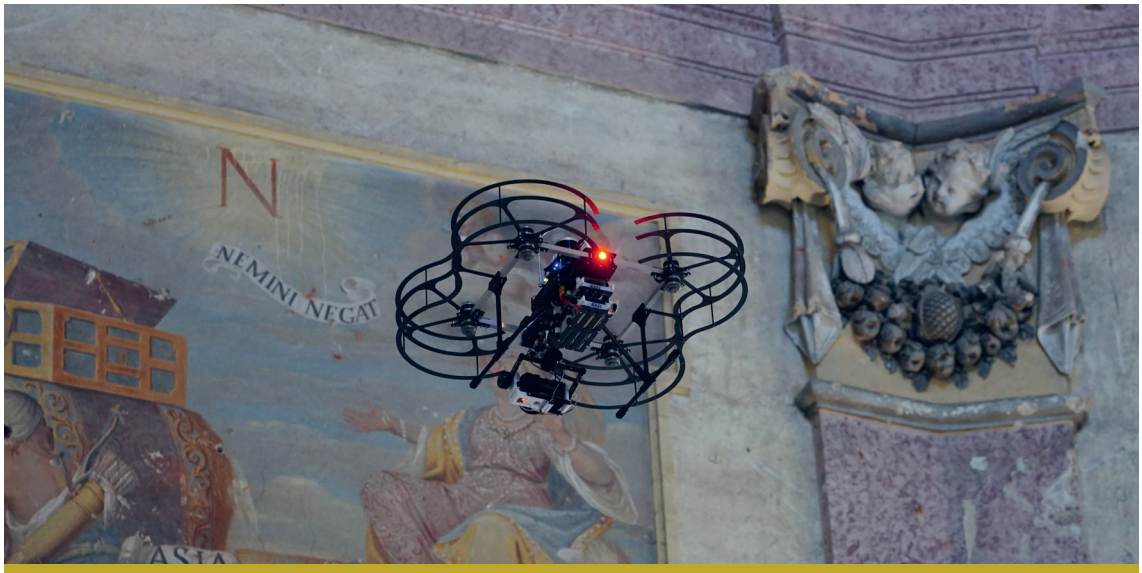
Po zapojení baterií a zapnutí palubního počítače je helikoptéra připravena k provedení autonomní dokumentační mise. Pokud mise vyžaduje přisvěcování (žádoucí především ve velmi tmavých oblastech), je potřeba přepínačem zapnout palubní světla umístěná na přední části rámu helikoptéry. Spuštění vybrané mise na palubním počítači helikoptéry je provedeno zavoláním jediného příkazu zajišťujícího spuštění celého systému pro bezpečné vykonání mise. Po úspěšném spuštění celého systému

helikoptéra informuje o připravení mise změnou barvy indikační světelné diody. V případě potřeby lze podrobnější informace o stavu helikoptéry a jednotlivých submodulech získat vzdáleným připojením na palubní počítač helikoptéry. Poté co je helikoptéra připravena na zahájení mise, je operátorem s pomocí vizualizace verifikována aktuální pozice helikoptéry a bezkoliznost naplánované cesty v předem získané reprezentaci prostředí. V této fázi je s plánem opětovně seznámen bezpečnostní pilot, který na základě znalosti plánu může usuzovat o požadovaném chování helikoptéry, což mu umožňuje rychlejší rozpoznání jejího případného nežádoucího chování.

Po finální verifikaci plánu a stavu helikoptéry je dokumentační mise zahájena bezpečnostním pilotem, který přepnutím páčky na rádiové vysílačce předá kontrolu nad helikoptérou palubnímu počítači, který sám zahájí misi. Samotná mise začíná vzletem a pokračuje sledováním naplánované bezkolizní cesty se zastaveními v jednotlivých dokumentačních bodech, ve kterých jsou pořízeny požadované fotografie. Během letu je helikoptéra kontrolována bezpečnostním pilotem, který může v případě nežádoucího chování zastavit misi či případně zcela převzít kontrolu nad helikoptérou. Kromě bezpečnostního pilota je u dokumentační mise přítomen i operátor, který může prostřednictvím počítače za letu přistupovat k palubním datům helikoptéry a zprostředkovávat informaci o plánovaném pohybu, vzdálenosti od překážek či stavu mise bezpečnostnímu pilotovi. Operátor mise má rovněž přístup k obrazu přenášenému přímo z palubní kamery pořizující požadované záběry. Na základě tohoto přenosu je možné již během mise určit, zda je cílení na konkrétní dokumentované prvky úspěšné a na případné nesrovnalosti s původním plánem dokumentace reagovat přerušením mise. Po pořízení všech požadovaných fotografií se helikoptéra vrátí zpět na místo startu, kde přistane. Po přistání bezpečnostní pilot pohybem páčky na rádiovém vysílači odpojí motory od napájení a opět odebere palubnímu počítači možnost kontrolovat chování helikoptéry. Po ukončení mise je helikoptéra opět odpojena od napájecích baterií. V případě nejasnosti ohledně správného nastavení parametrů snímání pro dané prostředí a dokumentované prvky je možné po provedeném letu zkontrolovat pořízené fotografie.

Popsaný proces realizace jednotlivého dokumentačního plánu byl v rámci objektu nejprve zopakován pro každý plán z první sady plánů zahrnující 4 lety (viz **Obr. 6** a kapitola 4). Během těchto letů bylo navštíveno 40 pozic. Na každé z těchto pozic byly pořízeny tři fotografie s rozdílnou expoziční dobou (1/250 s, 1/320 s, 1/400 s). Celkem tedy bylo pořízeno 120 fotografií. Po ukončení posledního letu byly z fotoaparátu zkopírovány pořízené fotografie a ověřena jejich kvalita a zacílení na požadované prvky. Na základě

Obr. 8: Vizualizace části dokumentačního plánu s vyznačenými pozicemi kamery, příslušnými požadovanými snímky definovanými v rámci modelu a jim odpovídající snímky pořízené kamerou umístěnou na rámu helikoptéry



Obr. 9: Navržená helikoptéra při dokumentační misi v kostele sv. Jakuba Většího a sv. Anny ve Staré Vodě.

shlédnutí nasnímaných dat bylo rozhodnuto o potřebě detailnějšího pokrytí některých snímaných částí a změně nastavení parametrů kamery pro určité prvky. V implementovaném programu pro výběr dokumentovaných prvků byly tedy vyznačeny nové pozice kamery, které byly následně předány programu pro generování plánu autonomního letu. Výstupem tohoto programu byly dva plány spojující dohromady 20 pozic. Tato fáze skenování byla rovněž realizována dle výše popsaného postupu. Po ukončení druhého letu byly opět

zkontrolovány pořízené fotografie, z palubního počítače helikoptéry byla zálohována palubní data a helikoptéra byla uvedena do stavu vhodného pro převoz.

Celý proces dokumentace v kostele sv. Jakuba Většího a sv. Anny ve Staré Vodě trval 3 hodiny a 40 minut. V rámci tohoto času bylo provedeno 6 dokumentačních letů s celkovou dobou trvání 18 minut. Během této doby bylo pořízeno 180 fotografií. Nejnižší povolená vzdálenost helikoptéry od překážek byla nastavena na 1,6 m. Maximální výška nad zemí dosažená helikoptérou během jednotlivých letů byla 19,5 m. Na této pozici se helikoptéra nacházela 2,1 m pod stropní klenbou kostela.

Pro aplikování navrženého dokumentačního postupu jsou zde doporučeni dva lidé – bezpečnostní pilot a operátor. Nicméně systém jako takový může být obsluhován i jedinou osobou. V případě bezproblémové funkce systému je role bezpečnostního pilota omezena na přepínání páčky pro zahájení mise. Vzhledem k vysoké hodnotě prostředí, ve kterém je navržený systém nasazován, se jeví jako smysluplné maximalizovat bezpečnost, kterou bezpečnostní pilot představuje coby záložní možnost řízení helikoptéry nezávislé na funkci palubních senzorů a počítače. Systém lze rovněž nastavit tak, aby nebyl potřeba ani zkušený operátor, nicméně jeho absence vede k obdobnému nežádoucímu snížení bezpečnosti jako v případě bezpečnostního pilota.

4.6. Výstupy

Data získaná během dokumentace historického prostředí je možné exportovat v různých formátech. 3D model vygenerovaný z nasnímaných skenů prostředí je pro účely využití v rámci projektu nejčastěji převeden do formátu „.ply“, „.obj“, „.glb“. Všechny tyto formáty lze otevřít například ve volně dostupném programu MeshLab, který zároveň umožňuje konverzi mezi jednotlivými formáty. V případě fotografií pořízených pomocí palubního fotoaparátu Sony Alpha A6500 jsou základním formátem výstupu raw fotografie s rozlišením 6000×4000 Mpx, které je možné dále libovolně upravovat.

4.7. Vyhodnocení výstupů

Fotografie získané při realizaci památkového postupu přinášejí podrobnou dokumentaci vybrané části malířské a štukové výzdoby vysoké lodi poutního chrámu sv. Jakuba Většího a sv. Anny ve Staré Vodě u Libavé. Snímky detailu alegorické postavy Amerika kvalitativně obstojí ve srovnání se snímky pořízenými ze stativu umístěného na podlaze.

Obr. 10: Celkový pohled na nástěnnou malbu *Amerika*. Foto Milan Škobrtal, Nikon D5600 umístěný na stativ (2021).

Obr. 11: Detail alegorické postavy ztělesňující Ameriku. Srovnání snímku pořízeného ze stativu (vlevo) a za pomoci bezpilotní helikoptéry (vpravo). Kvalita fotografie pořízené ze stativu a pomocí bezpilotní helikoptéry snese srovnání.

Zachycení stavu prvků plastické výzdoby nám umožnilo identifikovat technologickou skladbu štuku. Prozrazuje, že při jejich vytváření bylo vedle jemné povrchové štukové malty použito pro jádro plastiky hrubšího plniva a k vyplnění větších objemů částí cihel. Některé partie celofigurálních plastik byly vyztuženy kovovými čepy. V místech, kde je tato armatura obnažená, byla potvrzena její koroze. V případě plastické výzdoby nám snímání ze vzduchu prostřednictvím bezpilotní helikoptéry přináší nové úhly pohledu zblízka do míst skrytých při dokumentaci ze země.

Snímání bezpilotní helikoptérou umožňuje v krátkém čase zjistit aktuální stav destrukce plastické výzdoby a nabízí tak možnost včasné záchrany. Zvláště pak v případech, kdy jsou poškození skrytá, např. v místě ukotvení štuku.

Obr. 12: Celkový pohled na štukovou výzdobu oblouku do presbytáře. Foto Milan Škobrtal, Nikon D5600 umístěný na stativ (2020).

Obr. 13: Pohled na štukovou výzdobu východní stěny lodi s průhledem do presbytáře. Foto L. Fiala, 1959, archiv Vlastivědného muzea v Olomouci.

Obr. 14: Pohled na postavu v oblouku hlavní lodi u vstupu do presbytáře. Na fotografii vyznačen dobře patrný stav destrukce. Jemná povrchová malta se odděluje od hrubšího jádra štuku. Větší objem plastiky vyplňuje celá cihla, u níž jsou obnaženy dva kovové čepy. U chybějící ruky a hlavy je obnažena další kovová armatura s jasnými známkami koroze. Na stěně za postavou je patrné hrubé pekování omítky po odpadlé části štukové drapérie. Foto z bezpilotní helikoptéry (2021).

Obr. 15: Detail postavy v oblouku hlavní lodi u vstupu do presbytáře na epištolní straně. Srovnání snímku pořízeného ze stativu (vlevo, Milan Škobrtal 2020) a za pomoci bezpilotní helikoptéry (vpravo, 2021). Záběr ze vzduchu vhodně doplňuje dokumentaci provedenou ze země.

Obr. 16: Pohled na dvojici andílčích hlav v hlavici nárožního pilastru po levé straně vstupu do presbytáře. Srovnání snímku pořízeného ze stativu (vlevo, Milan Škobrtal 2020) a za pomoci bezpilotní helikoptéry (vpravo, 2021). Záběr ze vzduchu vhodně doplňuje dokumentaci provedenou ze země.

Obr. 17: Pohled na dvojici andílčích hlav v hlavici pilastru po levé straně vstupu do presbytáře. Záběr z výrazného nadhledu zachycuje silnou vrstvu nečistot na plastikách a odhaluje prostor za hlavami. Foto z bezpilotní helikoptéry (2021).

Obr. 18: Srovnání dvojice andílčích hlav v kladí napravo od presbytáře. Záběr ze vzduchu (vpravo, 2021) vhodně doplňuje dokumentaci provedenou ze země (vlevo, Milan Škobrtal 2020).

Obr. 19: Srovnání dvojice andílčích hlav v hlavici nárožního pilastru po pravé straně vstupu do presbytáře. Srovnání snímku pořízeného ze stativu (vlevo, Milan Škobrtal 2020) a za pomoci bezpilotní helikoptéry (vpravo, 2021).

Obr. 20: Záběr na dvojici andílčích hlav v hlavici nárožního pilastru po pravé straně vstupu do presbytáře v mírném nadhledu. Zachycuje silnou vrstvu nečistot na plastikách a místa poškození hlavice z jiného úhlu.

Výhody snímání ze vzduchu se nejvýrazněji projevily v případě mariánsko-christologického cyklu maleb v lunetových výsečích pod klenbou. Záběry, které se podařilo získat prostřednictvím představeného památkového postupu nemají srovnání v žádném jiném dostupném způsobu dokumentace.

Technický stav výjevu *Navštívení Panny Marie* se pohybuje od naprosté ztráty omítkových vrstev na levé straně až po mírnou degradaci v partii kolem postavy sv. Josefa zcela vpravo. Přes nedostatek světla se podařilo zachytit takové detaily, jako je obličej Panny Marie či levá paže jinak již neexistující figury sv. Zachariáše.

Obr. 21: Celkový pohled na nástěnnou malbu *Navštívení Panny Marie*. Foto Milan Škobrtal, Nikon D5600 umístěný na stativ (2021)

Obr. 22: Detail nástěnné malby *Navštívení Panny Marie*. Srovnání snímku pořízeného ze stativu (vlevo) a za pomoci bezpilotní helikoptéry (vpravo). Kromě nutné deformace způsobené podhledem zaniká na fotografiích pořízených ze stativu dochovaná barevnost.

Obr. 23: Celkový pohled na nástěnnou malbu *Útěk do Egypta*. Foto Milan Škobrtal, Nikon D5600 umístěný na stativ (2021).

Fragment scény *Útěk do Egypta* je ze země zcela nečitelný z důvodu odlupování vrstev malby. Díky fotografiím pořízeným helikoptérou je možné identifikovat Bohorodičku sedící na oslu s dítětem na klíně. Svatý Josef vede zvíře a levicí ukazuje vpřed, zatímco hlavu otáčí ke své manželce. Jeho obličejové rysy se na rozdíl od Mariiných dochovaly do současnosti.

Obr. 24: Pohled na nástěnnou malbu *Útěk do Egypta*. Foto L. Fiala, 1959, archiv Vlastivědného muzea v Olomouci.

Obr. 25: Detail nástěnné malby *Útěk do Egypta*. Srovnání snímku pořízeného ze stativu (vlevo) a za pomoci bezpilotní helikoptéry (vpravo). Díky zachycení zbytku barevnosti na snímku pořízeného bezpilotní helikoptérou lze rozeznat i téměř setřenou postavičku malého Ježíška v náručí (šipka), jak ho vidíme na archivním snímku (viz Obr. 24)

Obr. 26: Celkový pohled na nástěnnou malbu *Zvěstování Panny Marie*. Foto Milan Škobrtal, Nikon D5600 umístěný na stativ (2021).

Obtížně čitelný je i námět *Zvěstování Panny Marie*, kde se podařilo rozklíčovat kompozici scény. Vedle postavy Archanděla Gabriela, Panny Marie a holubice Ducha Svatého odhalilo snímání zblízka téměř setřelé asistenční figury dalších andělů.[6]

6 Zejména jejich identifikací se Milanu Škobrtalovi podařilo určit pravděpodobnou předlohu celého výjevu. Je jí olejomalba na plátně téhož námětu od Louise de Boullogne ml. z let 1709–1710, která se nachází ve sbírkách zámku ve Versailles.

Obr. 27: Detail nástěnné malby *Zvěstování Panny Marie*. Postavy archanděla Gabriela a Panny Marie. Srovnání snímku pořízeného ze stativu (vlevo) a za pomoci bezpilotní helikoptéry (vpravo).

Obr. 28: Detail nástěnné malby *Zvěstování Panny Marie*. Holubice Ducha Svatého a asistenční postavy andělů. Srovnání snímku pořízeného ze stativu (vlevo) a za pomoci bezpilotní helikoptéry (vpravo). Na fotkách vyznačena andělská hlavička, která při pohledu ze země byla téměř neznatelná.

Obr. 29: Detail nástěnné malby *Zvěstování Panny Marie*. Spodní část obrazu se zbytky rámování, které nejsou ze země vidět vůbec.

5. ZÁVĚR

Automatizace letové trajektorie, která je namodelovaná a simultánně kooperovaná přesným zaměřením prostoru, je bezpečnější než plně manuální řízení helikoptéry. Pilot je limitovaný vizuálním kontaktem, ať už vlastním zrakem nebo zprostředkovaným palubní kamerou, jeho vyhodnocení informací může být někdy zkreslené a pilot zavčas nedokáže předejít kolizi nebo naopak z bezpečnostních důvodů nepřiletí dostatečně blízko k dobrému nasvícení snímaného objektu a pro potřebnou detailní dokumentaci. Současně helikoptéra využívá asistivní technologie palubních senzorů, které mu pomáhají detekovat případné překážky a ochránit stroj před kolizí, a které slouží ke kontrolnímu měření, zda let odpovídá trajektorii naplánované v digitálním rozhraní.

Technologie použité pro inovativní modelový průzkum historického interiéru kostela sv. Jakuba Většího a sv. Anny ve Staré Vodě nejsou v současné době komečně dostupné. Jedná se o prototyp, který byl jedním z dalších hlavních výstupů projektu. Záměrem řešitelů je postoupit tato řešení po skončení projektu komerčním subjektům pro jejich finalizaci a uživatelsky příjemnější minimalizaci celého zařízení. Věříme, že tato cesta vedoucí k rychlejšímu, snazšímu a ekonomičtějšímu dokumentování celků i částí historických objektů je otázkou blízké budoucnosti.

6. PROTOKOL O OVĚŘENÍ PAMÁTKOVÉHO POSTUPU V PRAXI

název ověřeného památkového postupu:
PRŮZKUM UMĚLECKO-HISTORICKY HODNOTNÝCH INTERIÉRŮ ZA POMOCI AUTONOMNÍHO LETU BEZPILOTNÍ HELIKOPTÉRY

úplný název organizace a její sídlo, která památkový postup ověřila:
Národní památkový ústav, Valdštejnské náměstí 162/3, 118 01 Praha 1,
lokalita ověření kostel sv. Jakuba Většího a sv. Anny ve Staré Vodě u Libavé

úplné jméno, příjmení a tituly osob, které ověření prováděly:
Mgr. Milan Škobrtal, Ing. Pavel Petráček, Ing. Vít Krátký

popis ověření památkového postupu, včetně jeho technických, případně dalších parametrů:
Památkový postup byl ověřen při dokumentaci fragmentů výzdoby kostela sv. Jakuba Většího a sv. Anny ve Staré Vodě za pomoci autonomního letu bezpilotní helikoptéry. V zájmu dokumentace byl výběr těchto prvků: detail nástěnné malby ze série alegorií světadílů, konkrétně ženské postavy symbolizující Ameriku; reprezentativní vzorek štukové výzdoby, konkrétně postav v oblouku ústícím do presbytáře, hlavice sousedních rohových pilastrů v lodi a nad nimi dvojice andílčích hlaviček ve vlysu kladí; fragmenty výmalby v lunetových výsečích pod klenbou, konkrétně výjevů *Zvěstování Panny Marie, Útěk do Egypta* a *Navštívení Panny Marie*.

výsledky ověření památkového postupu, včetně technických, případně dalších parametrů:
Výsledkem ověření je soubor 180 fotografií ve formátu raw s rozlišením 6000×4000 Mpx a 3D model kostela s prostorovým rozlišením 10 cm. Na jejich základě byl popsán aktuální stav sledovaných prvků. Výstupy budou archivovány v Integrovaném informačním systému památkové péče a mohou posloužit jako podklady pro přípravu restaurátorských prací.

07. 09. 2021

Ing. arch. Naděžda Goryczková
generální ředitelka