

Využití vybraných 3D digitálních technologií pro vytvoření chybějících částí sochařských děl v restaurování

The Use of Selected 3D Digital Technologies for the Creation of Missing Parts of Sculptural Artworks in Restoration

Kateřina Šibravová, Samuel Schreiber

Klíčová slova: 3D digitální technologie | doplněk | restaurování soch
Keywords: 3D digital technology | addition | restoration of statues

Úvod

Doplňování chybějících partií patří v oboru restaurování kamenných soch k poměrně častým úkonům. Opětovné doplnění pozbytých partií má zásadní vliv na vnímání a chápání děl. Jedná se o proces, který nemusí být vždy jednoduchý. Pro vyhotovení kvalitně zpracovaného doplňku je důležitá uměleckohistorická rešerše. Po shromáždění dostatečného množství podkladů je snazší vyhotovit nové doplňky.^[1] V některých případech ale neexistují žádné podklady a doplnění je pouze na restaurátorovi a jeho výtvarném citu.

Průběžné hledání a zdokonalování nových metod či materiálů je nepřetržitý proces, jenž se projevuje i v restaurování. S postupnou inovací starších metod a příchodem nových materiálů a postupů se otevřely nové možnosti vytváření doplňků skulptur. Každá nová změna přináší klady i zápory, jak z praktického, tak i etického hlediska, a otevírá tak prostor k experimentování, bádání a odborné diskuzi. Současnou inovací 3D digitálních technologií dochází k rozšíření použití 3D grafických programů a 3D skenování nejen jako dokumentačního prostředku, ale i jako nástroje pro vyhotovení rekonstrukčního modelu, který je dále realizován pomocí aditivních technologií (3D tisk) nebo subtraktivních procesů (ubírání hmoty CNC^[2] stroje)^[3]. Předkládaný příspěvek představí techniky a metody řadící se do úzké skupiny z celé řady nástrojů, které se dají při doplňování sochařských skulptur použít.

Jednotlivé příklady restaurovaných děl pomocí digitálních technologií

Za účelem vytvoření doplňku sochy použitím 3D digitální technologie je nutné získat digitální verzi objektu, jelikož je nutno vztahovat nový doplněk k hmotě díla v místě doplnění, velikosti a stylu díla, jak je tomu i u analogového vytváření doplňku. Proces digitalizace restaurovaných skulptur byl proveden bezkontaktní reflexivní 3D skenovací technologií: 3D ručním skenerem využívajícím metodu strukturovaného světla^[4] (Artec Eva, software Artec Studio version 15.0) a fotogrammetrií – software Meshroom (version 3.0) využívající metodu „Structure-from-Motion“ (SfM) a „Multi View Stereo“ (MVS)^[5]. Postproces zahrnoval odstranění nadbytečné hmoty, úpravu modelu, retuš, změnu velikosti (Blender version 3.5). Úprava modelu pro tisk byla provedena softwarem UltimakeCura (version 5.2.2). Tisk hotového modelu byl proveden 3D tiskárnou Creality Ender 5 za použití bílého PLA^[6] filamentu a tiskárna Ultimaker 3 extended za použití bílého ABS^[7] filamentu a PVA^[8] filamentu.

Uvádíme zde tři odlišné příklady restaurování kamenných sochařských děl s pomocí 3D digitálních technologií: **Funerální socha od Stanislava a Antonína Suchardových**, (autor restaurátorského zásahu MgA. K. Šibravová), **Pískovcové Sousoší muže bojujícího s gryfem (Socha Satyra I.) ze zámku Jezeří od J. A. Dietzeho**, (autor restaurátorského zásahu BcA. S. Schreiber), **Mramorová busta G. L. Camphausena od J. B. Schreiner**a (autor restaurátorského zásahu BcA. S. Schreiber).

Jednotlivé restaurátorské práce demonstrují odlišné postupy ve využití digitálních technologií s různými aplikacemi během realizace.

Funerální socha od Stanislava a Antonína Suchardových (autor restaurátorského zásahu K. Šibravová)

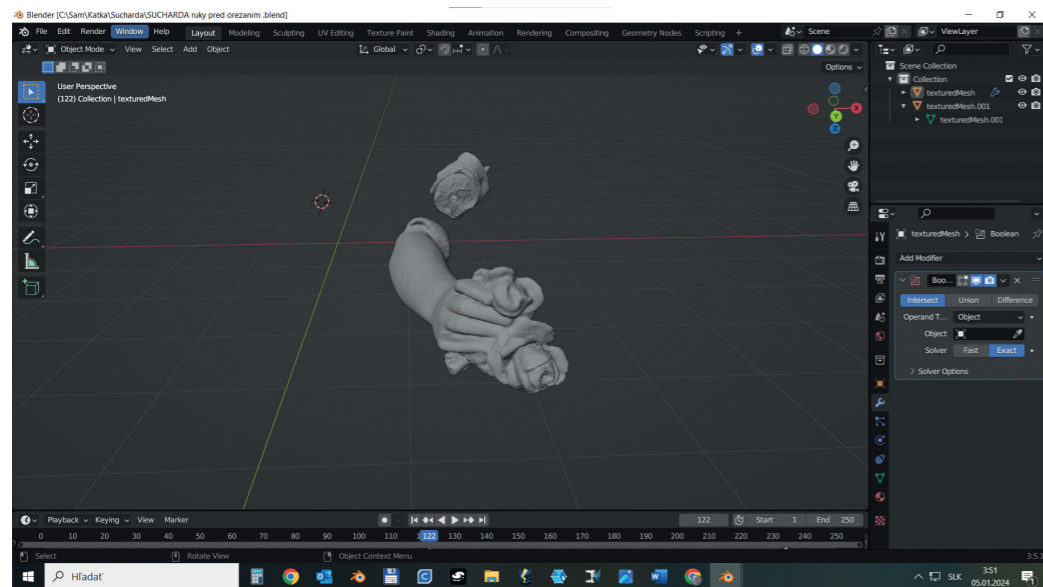
Při restaurování funerální skulptury od Stanislava a Antonína Suchardových bylo požadováno doplnění opětovně odlomené paže. Jediným požadavkem investora bylo, aby paže byla provedena modelačně kvalitněji než při předchozím amatérském restaurátorském zásahu v roce 2004. [Obr. 1]

V rámci umělecko-historického průzkumu byly dohledány další tři kopie díla vyhotovené podle modelu od Stanislava Suchardy, jenž byl v roce 2019 restaurován. Průzkumem byla zjištěna skutečnost, že krom modelu a jedné realizace od Čeňka Vosmíka na Vyšehradě měly zbylé dvě kopie celou paži odlomenou ve stejném místě jako restaurované dílo. V průběhu restaurování byla řešena otázka, jak nejlépe doplnit chybějící paži. Z časových i finančních důvodů bylo přistoupeno k využití technologie fotogrammetrie spojené s 3D tiskem, která umožňovala vyhotovení bezkontaktního „virtuálního otisku“ fotogrammetrií (software Meshroom). Zpracováním pořízených dat (fotografií) jsou vyhotoveny digitalizační objekty.¹⁹¹ Tímto způsobem bylo možné vytvoření nové paže v kratším čase a s větší přesností. Virtuálně upravený (zmenšený) model¹⁹¹ byl vytištěn 3D tiskárnou Creality Ender 5 za použití bílého PLA filamentu. Tímto procesem vznikl model doplňku nejvíce odpovídající autorskému pojetí. Pomocí této technologie bylo možné vyhotovení nové paže v mnohonásobně kratším čase a s větší přesností autorského tvarosloví oproti klasickému modelovanému doplňku.

Vytištěný model paže byl upraven k lomové ploše tak, aby přesně kopíroval její tvar. Poté se tištěná paže zaformovala do kombinované silikonové formy a byl vyhotoven výdusek z umělého kamene. Po vyjmutí hotového výdusku z formy byl povrch nově vydusané paže přebroušen rašplí, čímž byly začištěny spáry formy i rastr z tištěného modelu. Nová paže byla následně upevněna na nový nerezový čep a ke skulptuře připevněna pomocí chemické kotvy.

Obr. 1 Stav sochy v roce 2018. Foto: Kateřina Šibravová





Obr. 2 Zpracování podkladů nového modelu v počítačovém programu.
Foto: Kateřina Šibravová

Obr. 3 Zkouška vytištěného modelu.
Foto: Kateřina Šibravová

→ **Obr. 4** Stav sochy po restaurování (2023). Foto: Kateřina Šibravová



Sousoší muže bojujícího s gryfem (Socha Satyra I.) ze zámku Jezeří od J. A. Dietze (autor restaurátorského zásahu S. Schreiber)

Sochařské dílo muže bojujícího s gryfem je jednou ze dvou protilehlých skulptur a je fundamentální součástí zahradní barokní fontány zámku Jezeří. Obě sochy se dochovaly ve značně poškozeném stavu, zejména socha Satyra I. byla dochovaná v dezolátním stavu, s chybějícíma oběma rukama a hlavou muže, u postavy gryfa se jednalo o zobák s ocasem. U sochařských děl, která jsou nedílnou součástí zámeckého celku, bylo záměrem plné doplnění jejich chybějících částí. Protilehlá socha se nacházela v lepším stavu se zachovanou hlavou, a posloužila tak jako analogie pro rekonstrukci specifického sochařského rukopisu. Postavy mužů i gryfů se vyznačují odlišnou stavbou těl, avšak provedení charakterových črtů (srsti, peří) odpovídá.

Rekonstrukce sochařského rukopisu je složitým, časově náročným úkolem s nejistým výsledkem, kterému je možné se pouze přiblížit. Jelikož se v tomto případě jednalo o soubor jednoho autora, vyznačují se sochy stejným provedením i velikostí. Naskytla se tak vzácná možnost zkopírování dochovaných částí z jedné sochy pro jejich následnou implementaci do nového doplňku. Pro tento účel byla využita pouze část vlasů ze zadní části hlavy mužské postavy sochy Satyra II. nesoucí typické provedení vlasů autorem souboru. Digitální model byl vytvořen fotogrammetrií, vytisknut 3D tiskárnou (Crealty Ender 5, bílý PLA) a zakomponován do nové modelace prováděné v sochařské hlíně. Vznikla tak zadní část hlavy s typickou modelací, která byla vodítkem pro dotvoření zbylé 1/3 vlasů hlavy postavy. Vzniklý model byl po dokončení zaformován do dvoudílné kombinované silikonové formy, z které byl vytvořen výdusek z umělého kamene.

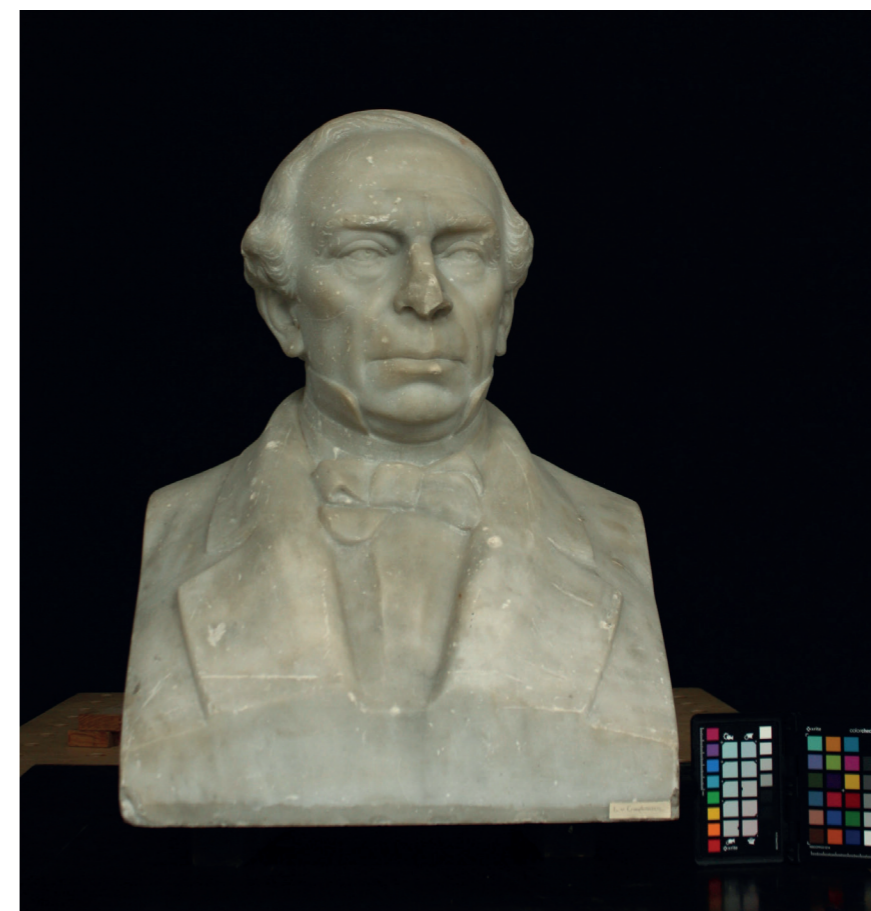
Mramorová busta G. L. Camphausena od Johanna Baptisty Schreinerera (autor restaurátorského zásahu S. Schreiber)

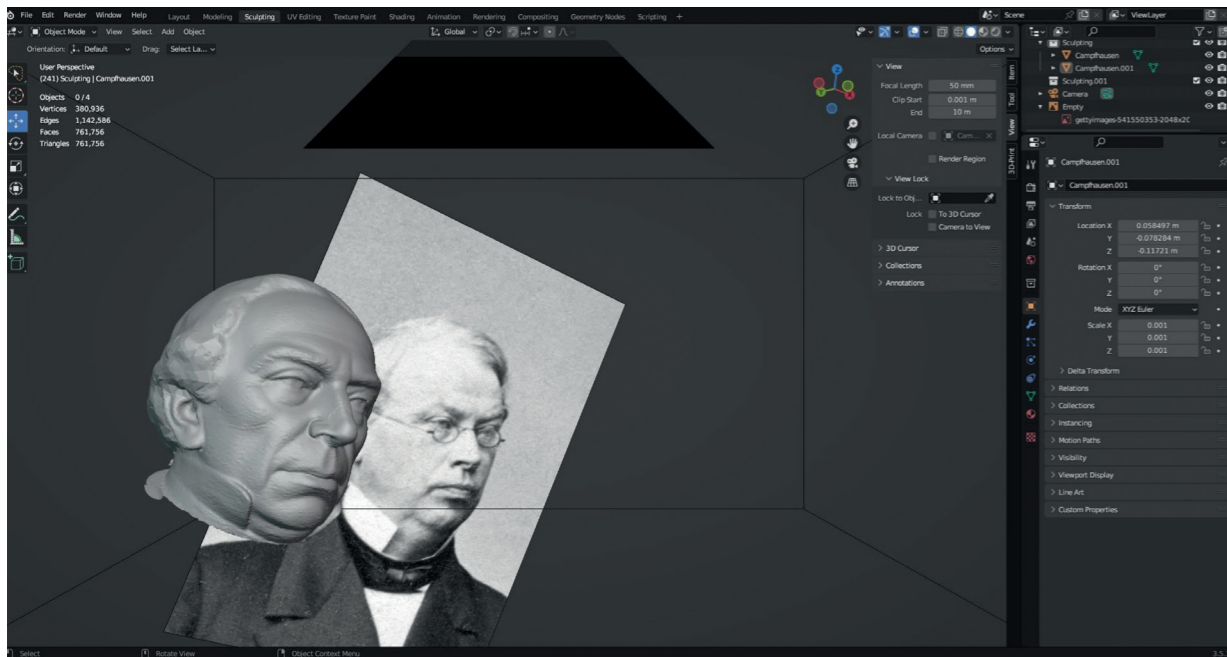
Tato práce je součástí vznikající experimentální části diplomové práce na Fakultě restaurování Univerzity Pardubice 2023/2024. Hlavním zájmem experimentální části práce je odzkoušení vybraných, v restaurování poměrně nových 3D digitálních technologií pro vytvoření doplňků sochařských děl s možnou komparací s již etablovanými metodami. Práce byla provedená na mramorové bustě zobrazující významnou osobnost města Kolína nad Rýnem G. L. Camphausena, vytvořené sochařem J. B. Schreinerem pro budovu Technické Univerzity Kolína nad Rýnem (Handelshochschule v Claudiusstraße) v roce 1909. Na díle se, kromě chybějící části nosu a drobných oděrek, nenacházelo větší poškození. Bylo rozhodnuto doplnit pouze chybějící část nosu s důrazem na reverzibilitu zásahu. V rámci umělecko-historického průzkumu byla dohledána historická zobrazení dané osoby, z kterých vycházelo vytvoření doplňků. Jedná se o komplexní restaurátorský zásah provedený na půdě Technische Hochschule v Kolíně nad Rýnem v zimním semestru akademického roku 2023/2024.

Model nosu byl vymodelován v analogovém i digitálním prostředí třemi odlišnými metodami. A. analogová, B. digitální a C. kombinovaná¹¹¹. U vytvoření všech typů doplňků byl kladen důraz na co nejpřesnější zkopírování lomové plochy a docílení mramorového vzhledu finálního doplňku. A. Prvním „komparačním“ příkladem je v současnosti rozšířená metoda vytváření doplňků, a to vytvořením modelu nosu v sochařské hlíně přímo na separované

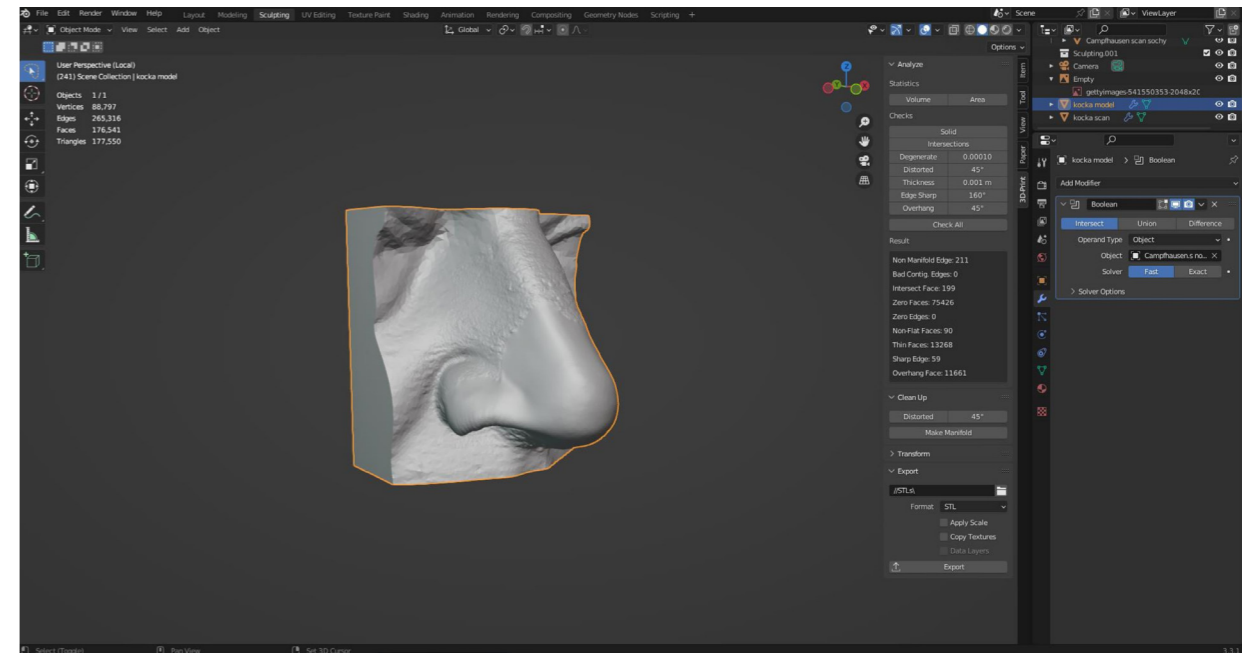
lomové ploše díla. Model byl zaformován do dvoudílné silikonové formy, z které byl vytvořen doplněk z umělého mramoru. B. Vytvoření doplňku v 3D digitálním prostředí předcházelo pořízení digitální verze objektu skenováním díla 3D skenerem Artec Eva (software Artec Studio version 15.0). Nos byl vymodelován v 3D grafickém programu Blender (verze 3.5) v sculpting modulu¹²¹ přímo na digitálním modelu busty na základě historických vyobrazení osoby. Model byl vyhotoven 3D tiskem (3D tiskárna ultimaker extended 3, bílý ABS¹³¹ filament) a následně upraven akrylátovou barvou ve spreji. C. Metoda je nazvaná jako kombinovaná, jelikož využívá 3D digitálního modelu pro vytisknutí dvoudílné formy (3D tiskárna Ultimaker extended 3, transparentní PVA¹⁴¹ filament), z které byl následně vytvořen doplněk z umělého mramoru. Výhodou PVA materiálu je, že je rozpustný v polárních rozpouštědlech, čímž je ulehčeno rozebírání a tím i navrhování formy. Všechny tři vytvořené doplňky bylo nutno ještě mírně upravit v lomové části pro co nejlepší dolehnutí na lomovou plochu. Vyleštit brusnými papíry do míry odpovídající lesku busty a osadit na neodymový magnet¹⁵¹.

Obr. 5 Busta G. L. Camphausena, stav před restaurováním. Foto: Samuel Schreiber

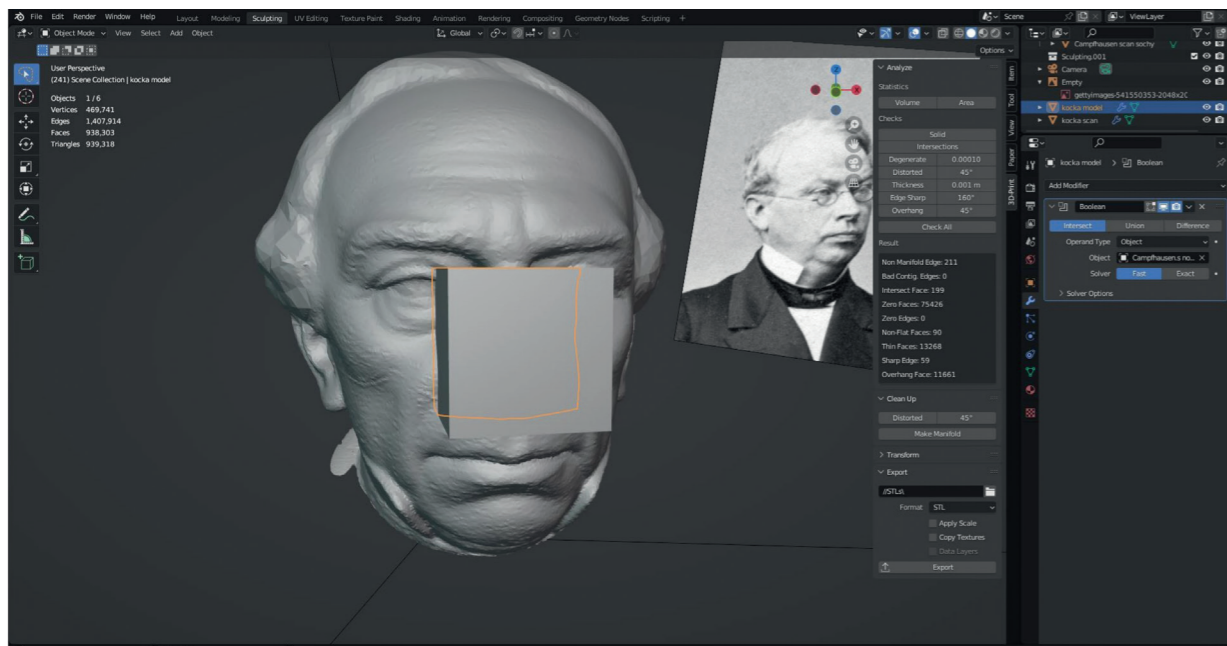




Obr. 6 Postup modelování nosu busty s její předlohou v pozadí. Foto: Samuel Schreiber



Obr. 8 Ořezaná obličejová část připravená pro další úpravy. Foto: Samuel Schreiber



Obr. 7 Postup ořezání obličejové části pro další úpravu modelu. Foto: Samuel Schreiber



Obr. 9 Hotový 3D digitální doplněk nosu, v odlišné barevnosti. Foto: Samuel Schreiber

Závěrem

Cílem tohoto článku je rozšiřovat nové znalosti o možnostech využití digitálních 3D technologií v restaurátorské praxi. Bezesporným přínosem je vytváření bezkontaktních „virtuálních otisků,“ které by nebylo jinak možné vyhotovit (z obavy poškození hodnotného díla či sbírkových předmětů, což může hrozit při zhotovení klasického kontaktního otisku). Značnou výhodou je upravování tvaru „virtuálních otisků“ (velikost, odebrání, přibrání či jiná úprava) rekonstruovaných částí modelu v digitálním prostředí a tím dosažení širšího použití. Prostřednictvím těchto technologií je snadnější doplnění chybějících partií doplňkem, který nese autorské tvarosloví a je možné snáze předejít nepochopení či reinterpetaci modelace, jenž otevírá otázku vytváření falza, a proto je nutno tuto metodu užívat s rozvahou.

Abychom nebyli pouze optimističtí, digitální techniky mají i své meze. V první řadě závisí na operátorovi, který provádí samotné převádění děl do digitálního prostředí, při kterém mohou vzniknout odchylky. Z hlediska časové náročnosti je tento proces diskutabilní a závislý na složitosti modelace i použitých technikách. Je potřeba si být vědom úskalí zhotovování modelu na 3D tiskárně, kdy rekonstruovaný prvek vzniká postupným vrstvením filamentu, a tím dochází k vytvoření jakéhosi profilovaného „rastru“ na povrchu. Takovýto povrch je nutné zabrousit nebo naopak plasticky doplnit. Nicméně vše záleží na výběru a na použití techniky, která se může výrazně lišit svou kvalitou a výrazně se odrážet ve finálním doplňku. Ne vždy je tento rastr překážkou při realizaci, poněvadž při upravování povrchu (přebroušením) finálního výtvarného díla je snadno eliminován.

Tímto příspěvkem bychom také chtěli otevřít diskuzi, do jaké míry nám jsou tyto technologie prospěšné, a naopak, do jaké míry přispívají ke snižování výtvarných schopností a dovedností restaurátora.

V neposlední řadě je nutno zmínit, že při používání těchto technik je potřeba se vyvarovat mechanickému (strojovému) aplikování. Vždy je nezbytně nutné, aby byl celý proces pod vedením odborného restaurátora, památkáře či jiné pověřené osoby z oblasti památkové péče.

Nakonec vyvstává otázka, zda může být technik se skenerem restaurátor?

Literatura

- 1 | An Application of Integrated 3D Technologies for Replicas in Cultural Heritage, Caterina Balletti * and Martina Ballarin. *International Journal of Geo-Information*. 2019. Fundamentals of Digital Sculpting with Blender, Kent Trammell, z stránky <https://cgcookie.com/courses/fundamentals-of-digital-sculpting-with-blender>
- 2 | Malik, Umair & Guidi, Gabriele. (2018). Massive 3D digitization of sculptures: Methodological approaches for improving efficiency. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 364. 012015. 10.1088/1757-899X/364/1/012015.
- 3 | 3D printing is helping museums in repatriation and decolonisation efforts (theconversation.com)
- 4 | 3D skenování a tisk. Bakalářská práce. Technická Univerzita v Liberci: Technická Univerzita v Liberci, Ekonomická fakulta, 2021.
- 5 | SUCHOMEL, M. Praktické využití památkové dokumentace při modelaci sochařských rekonstrukčních doplňků. *Památky a příroda*. 1986, 11(5), s. 270–276
- 6 | SUCHOMEL, M. Faktory způsobující proměny kamenosochařských památek (II). *Zprávy památkové péče*. 2000, 60(6), s. 144–152
- 7 | Zhang, Xincheng & Ge, Chunyu. (2023). 3D sculpture technology innovation based on image segmentation algorithm. 10.21203/rs.3.rs-2716218/v1.
- 8 | LUCAS, Jacques; LUCAS, Pierre; LE MERCIER, ET AL, Thierry. *Rare Earths: Science, Technology, Production and Use*. [s.l.] : Elsevier, 2014. Dostupné online. ISBN 0444627448. S. 225–227

Poznámky

- 1 | O dokumentačních technikách a následně podkladech pro rekonstrukci soch píše například SUCHOMEL, M. *Praktické využití památkové dokumentace při modelaci sochařských rekonstrukčních doplňků*. *Památky a příroda*. 1986, 11(5), s. 270–276.
- 2 | Computer Numerical Control, *3D skenování a tisk*. Bakalářská práce. Technická Univerzita v Liberci: Technická Univerzita v Liberci, Ekonomická fakulta, 2021.
- 3 | An Application of Integrated 3D Technologies for Replicas in Cultural Heritage, Caterina Balletti * and Martina Ballarin. *International Journal of Geo-Information*. 2019.
- 4 | Informace poskytovaná výrobcem zařízení <https://www.artec3d.com/portable-3d-scanners/artec-eva>
- 5 | webová stránka poskytovatele softwaru, sdružení ALICEVISION podporující projekt AliceVision <https://alicevision.org>
- 6 | Kyselina polymléčná
- 7 | Akrylonitrilbutadienstyren
- 8 | Polyvinylalkohol

- 9 | BREJCHA, Marcel; BRŮNA, Vladimír; MAREK, Zdeněk a VĚTROVSKÁ, Bára. *Metodika digitalizace, 3D dokumentace a 3D vizualizace jednotlivých typů památek: certifikovaná metodika*. Odborné a metodické publikace (Národní památkový ústav). Ústí nad Labem: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Ústí nad Labem, 2015. ISBN 978-80-7414-954-2. S. 9–11
- 10 | Data zpracoval a následný model vyhotovil BcA. Samuel Schreiber
- 11 | Dané rozdělení není exaktní pojmenování je definováno autorem pouze pro účely tohoto příspěvku.
- 12 | forma 3D modelování, jejímž cílem je napodobit tradiční sochařství z hlíny. Přeloženo ze stránky <https://cgcookie.com/courses/fundamentals-of-digital-sculpting-with-blender>
- 13 | Akrylonitrilbutadienstyren
- 14 | Polyvinylalkohol
- 15 | Nejsilnější dosud vytvořený typ magnetu, Magnet NdFeB je permanentní magnet vyrobený ze slitiny neodymu, železa a boru. LUCAS, Jacques; LUCAS, Pierre; LE MERCIER, ET AL, Thierry. *Rare Earths: Science, Technology, Production and Use*. [s.l.] : Elsevier, 2014. Dostupné online. ISBN 0444627448. S. 225–227