

# Pečeť jako objekt zájmu digitálního světa

Barbora Borůvková

## Seal as an Object of Interest in the Digital World

*Abstract: The seal is a reference to one power era of the Middle Ages. With the shift in research, we can encounter new insights that everything could have represented in its time. The overall development is linked to the availability of sphragistic material for researchers as well as within digital archives. The paper will describe the aspects of 2D and 3D digitalization of seals on a concrete example of the seals of the Czech Crown Archive and outline the possibilities of making the results of digitalisation available.*

*As the development of modern technologies progresses, it is impossible to stand aside from them. Institutions that see the opportunities offered by technology will not only enable the contribution of scientific progress, as data will be available to researchers around the world, but will also enable, for example, to preserve the seal from the imaginary degradation that could go through with frequent exposure to inappropriate conditions. Finally, modern technologies can also serve to popularize science among the younger generation and thus attract the attention of the future young scientific community.*

*Key words: 2D digitalization, 3D digitalization, Cultural Heritage, Sigillography*

### Úvod

Pečetě jsou specifickým druhem historického pramene, který nese informativní, umělecké i právní informace o jejím majiteli i dokumentu, ke kterému náleží. Vypovídají o postavení a představě svého majitele o sobě samém, je v nich projevena víra člověka své doby v symboly vycházející nejen z křesťanství a poukazují též na zbožnost. V některých případech odkazují na rodovou historii či propagaci vlády panovníka. Důkladný rozbor vnitřních i vnějších znaků pečetě může vést k poznání postojů majitele, které mohly být ovlivněny společenským statutem.

Po historicko-umělecké stránce jistě nejsou vyčerpány všechny výklady obrazu. Můžeme sledovat vývoj výtvarné kultury, obzvláště na pečetích nesoucí méně obvyklá vyobrazení a hagiografická témata. Kromě vypovídající hodnoty obrazu, měla pečeť i důležitou právní hodnotu, kterou postupně ztratila se vzestupem významu

vlastnoručního podpisu, nárůstem byrokracie, falšováním a dalšími důvody. Na praktickém významu pečeť ztratila koncem středověku a nedošlo k dalšímu užití.<sup>1</sup>

Rozvoj moderních technologií umožňující digitalizaci nejen písemných historických zdrojů ovlivnil též přístupnost tohoto materiálu formou online databází a online archivů. Dnes jsou digitální archivy již běžnou záležitostí, ale oproti tomu digitální edice například právě pečetí stále představují výzvu. Současnost nabízí velmi omezené zpřístupnění tohoto křehkého a důležitého historického pramene. Jakákoli další manipulace se stovky let starou voskovou pečetí na ní nechává bezesporu stopy. V následujících kapitolách nastíním problematiku digitalizace a zpřístupnění sfragistického materiálu. Příspěvek též vychází z vlastních poznatků při digitalizaci odštěpených pečetí fondu Archivu České koruny a sbírky typářů Náchodského muzea.

<sup>1</sup> KREJČÍK, Tomáš. Pečeť v kultuře středověku. *Universum (Tilia)*. Šenov u Ostravy: Tilia, 1998.

**Mgr. Barbora Borůvková**  
Katedra pomocných věd  
historických a archivnictví  
Filozofická fakulta  
Univerzity Hradec Králové  
barbora.boruvkova.2@uhk.cz

## **Tendence zpřístupnění v současnosti**

Zpřístupňování archivních dokumentů, nejenom v rámci online databází, je trendem, který spolu s moderními technologiemi postupně narůstá. Projektů zabývajících se nejen digitalizací, ale též i edukací, vývojem platforem či popularizací je stále více a jmenovat můžeme jedny z nejvýraznějších – ICARUS a Time Machine Organization. Tyto projekty rozvíjí technologie pro další vývoj digitalizace v rámci kulturního dědictví, dále vytváří prostředí pro výměnu znalostí a postupů, budují mezinárodní komunity a nabízí jim podporu. Součástí těchto projektů jsou odborníci působící nejen na předních evropských univerzitách, ale též členové menších center zabývajících se vývojem a výzkumem právě pod záštitou těchto univerzit.<sup>2,3</sup>

Příkladem lze uvést autorčinu domovskou Katedru pomocných věd historických a archivnictví FF UHK, jež je členem obou komunit. Katedra se zasadila o vznik spolku Time Machine Česko a ve spolupráci také se studujícími vyvíjí snahu o péči o hmotné i nehmotné kulturní dědictví a snahu zpřístupňovat jej za pomoci moderních technologií ve formě výstav, přednášek, publikací, videí a aplikací široké veřejnosti. Díky takovýmto projektům vznikají nové nástroje – mapy, počítačové programy, katalogy a databáze, které lze využít k nejrůznějším odborným, vzdělávacím i prezentačním účelům. Tyto projekty spojují odkazy minulosti s budoucností. Katedra spravuje Centrum digitálních historických věd<sup>4</sup>, jež se úzce zaměřuje na digitalizaci historického dědictví a popularizaci historických věd pomocí informačních technologií.

Monasterium.net je jedním z nejvýraznějších projektů ICARU, jenž je velmi dobře znám většině historiků se specializací na středověk a raný novověk Evropy. Tato online databáze čítá přibližně 500 000 listin, někdy i včetně pečeti, z více než 60 institucí z evropských zemí. Většina listin obsahuje v rámci metadat regist, některé byly nasnímány pomocí optického



rozeznávání textu (OCR). Tento digitální archiv se primárně orientuje na studium diplomatického a paleografického charakteru a neobsahuje detailnější fotografie pečeti.<sup>5</sup> V rámci jednoho z posledních projektů – CO:OP Community as Opportunity, kde byl Národní archiv ČR jedním z hlavních partnerů, započala v roce 2015 též digitalizace a zpracování pečeti Archivu České koruny, který obsahuje sfragistický materiál využitelný pro široké spektrum badatelů. Fond obsahuje pečeti nejen českých králů, ale též dalších evropských panovníků, české, rakouské, uherské, slezské i německé šlechty, měst a církevních hodnostářů. Fotografie se do databáze vkládají ve vysoké obrazové kvalitě 5184 x 3456 pixelů, 350 DPI a ve formátu TIFF.<sup>6</sup>

Pro účely sfragistického výzkumu jsou mnohdy standardní snímky listin příliš tmavé, a i při snímání ve vysokém rozlišení se pečeti nemusí jevit detailně čitelné. To se týká převážně pečeti s tmavým voskem. Většina online databází se úzce zaměřuje na listinu, ovšem o poznání méně je detailních snímků pečeti. V rámci portálu VadeMeCum je dostupná sbírka pečetidel a razítek Archivu Národního muzea ČR, která obsahuje celkem 1162 kusů z časového zařazení od středověku po současnost. Při snímání typářů se však archiváři potýkali s technickým řešením, jak uspokojivě nasnímat celý typář včetně držadla. Pečetící plochu bylo možné snímat skrze skener. V době snímání se archiváři rozhodovali mezi několika technickými variantami digitalizace. V konečném důsledku zvolili digitalizaci skrze skenovací zařízení, určili jednotné parametry 450 DPI a ukládání ve formátu TIFF. I s obměnou skenovacího zařízení v průběhu, které dosahovalo kvalitních výsledků, se znovu potvrdilo, že digitalizace pečeti s hlubokým reliéfem a snaha zachytit trojrozměrné pečetidlo do 2D může být problematické.<sup>7</sup>

*Obrázek 1. Vlevo běžná 2D fotografie, vpravo fotografie v RTI software.*

*Zdroj: Centre for eHumanities.*

**2** Viz <https://www.timemachine.eu/>.

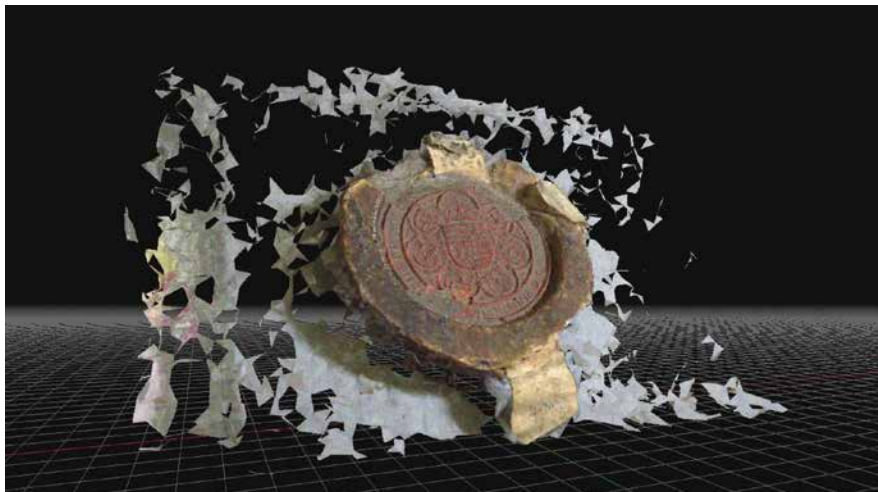
**3** Viz <https://www.icar-us.eu/en/>.

**4** Viz <https://cdhv.cz>.

**5** Viz <http://monasterium.net:8181/mom/home>.

**6** KŘEČKOVÁ, Jitka a ZENKLOVÁ, Kateřina. Zpřístupňování pečeti Archivu České koruny – digitalizace a zpracování databáze. *PAGINAE HISTORIAE*, 2017, 25/1, s. 128–131.

**7** WOITSCHOVÁ, Klára. Sfragistické bohatství Archivu Národního muzea: od povodní k digitalizaci. *PAGINAE HISTORIAE*, 2017, 25/1, s. 142–148.



Obrázek 2. Ukázka aversu v programu 3DF Zephyr – zpracovaný 3D model včetně nasnímané podložky. Zdroj: Barbora Borůvková (CDHV).

### Možnosti digitalizace

Všechny výše zmíněné digitální archivy obsahují výhradně dvourozměrný obrazový materiál. Digitalizace sfragistického materiálu nemá přímo stanovenou metodiku,<sup>8</sup> ale z principu zabránění jakéhokoli poškození musí vybraná metoda digitalizace být bezkontaktní, nedestruktivní a neinvazivní. V další řadě je kladen důraz na vysokou obrazovou kvalitu, čitelnost a možnosti zobrazení. Níže zmíněné metody tyto parametry splňují.

Digitalizaci kulturního dědictví a zároveň technologickému vývoji se věnuje společnost Cultural Heritage Imagining (CHI), jež vyvinula software pro metodu Reflectance Transformation Imaging (RTI), využitelnou pro celou řadu objektů. Jedná se o zobrazovací postup, při kterém dochází ke snímání v úhlu 90° vůči objektu a při přesném rozestavení světel dokáže software zachytit jemné povrchové struktury. Tato metoda digitalizace pracuje na základě informací týkajících se prostoru, úhlu, světelných podmínek, barevného spektra a času. Klíčovým prvkem je technika známá jako mapování polynomiální textury (PTM). Tato technika umožňuje zobrazit reliéfní povrchy objektů z různých úhlů pohledu. Během procesu snímání jsou zachycovány údaje o poloze fotoaparátu, světlech a stínech, což umožňuje specializovanému RTI softwaru zlepšit vizuální vlastnosti povrchu a barvy objektu, což vede k vylepšenému zobrazení. Informace o zdroji světla jsou matematicky zpracovány a použity k vytvoření povrchového modelu. Digitální archivář, pracující ve vybraných institucích specializujících se na digitalizaci, může interaktivně upravovat osvětlení a tak virtuálně osvětlit obraz v RTI

softwaru a zkoumat detaily digitalizovaného objektu na monitoru. Metoda RTI je schopna odhalit povrchové detaily, které jsou na první pohled nepostřehnutelné. Výsledkem je stále 2D fotografie, která však obsahuje 3D informace o povrchu. Když tento výsledek otevřeme v prohlížečím softwaru RTI, pixely modelu jsou schopny simulovat „virtuální“ světlo, které je projektováno z různých úhlů. Tímto způsobem lze pozorovat jemné detaily struktury digitalizovaného objektu díky proměnám ve světlech a stínech.<sup>9</sup> Ve výzkumu pečeti může tato metoda pomoci s přečtením popisu nebo rozpoznáním obrazu pečetního pole u velmi setřených pečeti. Mimo vědeckou komunitu může být RTI metoda přínosná i pro studenty předmětů pomocných věd historických, tj. při jejich výuce a tréninku čtení opisů a určování pečeti.

Digitalizaci na velmi vysoké úrovni prostřednictvím této metody se věnuje například Sephan Makowski v Cologne Centre for eHumanities Universität zu Köln v rámci projektu digitalizace byzantských pečeti.<sup>10</sup>

Další vhodnou metodou pro digitalizaci sfragistického materiálu je fotogrammetrie, známá také jako Structure From Motion (SFM), metoda umožňující zachycení charakteristiky objektů, včetně jejich povrchové struktury, tvaru a barvy pomocí fotografií. K tomu je zapotřebí fotoaparátu, ideálně DSLR či tzv. bezrcadlovky a speciálního programu. SFM je metoda třírozměrného měření, která využívá centrální projekci. Klíčovou součástí procesu jsou samotné fotografie, obvykle se jedná o sérii 50–500 snímků jednoho objektu, ale 3D model může v některých případech vzniknout i z mnohem menšího počtu snímků. U složitějších objektů může být nutné pořídit více snímků. Všeobecně platí, že čím více snímků máme k dispozici, tím kvalitnější výsledný 3D model můžeme získat. Snímky musí být pořízeny s dostatečným překryvem (ideálně kolem 60% až 80% překrytí snímků) z různých úhlů pohledu a kolmo na objekt. Při digitalizaci pečeti touto metodou je vhodné nafotit pečetní obraz z takové blízkosti,

<sup>8</sup> Lze s. odkázat primárně na metodiku vytvořenou Národním památkovým ústavem z roku 2015 (Metodika digitalizace, 3D dokumentace a 3D vizualizace jednotlivých typů památek: certifikovaná metoda).

<sup>9</sup> Viz [http://culturalheritageimaging.org/About\\_Us/](http://culturalheritageimaging.org/About_Us/).

<sup>10</sup> Viz <https://ceh.uni-koeln.de>.



jež nám objektiv umožní. Námí vybraný specializovaný software identifikuje stejné body na různých fotografiích a následně vypočítá jejich prostorové souřadnice.<sup>11</sup> Jak bylo zmíněno, od kvality fotografií se odvíjí kvalita zobrazení výsledného 3D modelu. Použit lze samozřejmě fotografie pořízené mobilním telefonem, ovšem pro další vědecké bádání je důležité detailní zachycení a co největší možné rozlišení fotografie. Modely složené z fotografií pořízených moderními telefony nemusí dosáhnout takové kvality zobrazení a výsledky nemusí být pak vhodný pro vědecké účely. Problém může představovat například automatické rozostření pozadí u fotografií z mobilního telefonu. Díky tomu nemusí dojít ke správnému složení 3D modelu nebo program může snímky vyhodnotit za nečitelné. Komplikací mohou být i zhoršené či špatné světelné podmínky, špatné zaostření a neostrost objektu. Problém může nastat i se snímky z DSLR či bezzrcadlovky. Kvalitu ovlivňuje mnoho faktorů, například formát, černá či přesvícená/přepálená místa a u některých programů může mít vliv na zpracování i vysoké hodnoty ISO, tedy šum ve fotografii. V rámci Centra digitálních historických věd se osvědčila práce s digitálním fotoaparátlem Canon 90D a objektivem Canon EF 24–70mm f/4 či Canon EF 50mm f/1,8. Digitalizované objekty jsou dle potřeby přisvíceny externími LED světly s neutrálními hodnotami přibližně v rozmezí 3000K až 4000K. Snímky jsou zpracovávány v programu Agisoft Metashape a 3DF Zephyr, který nabízí i dostupnou free verzi pro zpracování 50 snímků (což je dostačující pro jednu stranu pečeti). Nabízí se využití i dalších programů na zpracování fotografií pro fotogrammetrii, např. RealityCapture, Colmap, Meshroom, Regard3D či VisualSFM. Aktuálně probíhá zpracování dokumentace odstřížených pečeti Archivu České koruny Národního archivu ČR, které doposud nebyly zveřejněné. Část této sbírky byla digitalizována pomocí fotogrammetrie výše zmíněnou technikou. Jedna strana pečeti je složena přibližně z 30–50 fotografií.



Typář je většinou možné fotit jak horizontálně, tak i vertikálně, což pečeť neumožňuje. Ve všech případech je třeba fotit objekt ze všech stran. V případě pečeti je optimální vytvořit model aversu a reversu ve zvoleném programu zvlášť. Obě strany je možné spojit v programu určeném k tvorbě 3D modelů, jako je například Blender anebo vyšší verze programu na fotogrammetrii umožňují další pokročilé funkce. V případě typářů se osvědčil podobný postup. Vytvořit nejdříve model pečeti plochy a zvlášť rukojeti a následně je spojit dohromady.

Během digitalizace mohou vznikat chyby v podobě špatně mapované textury či děr v polygonové síti modelu. Následná postprodukce ve 3D modelovacím programu je nezbytná v 90 % případů.<sup>12</sup>

Pro digitalizaci historického kulturního dědictví 3D skenery vznikla v roce 2015 certifikovaná metodika, která se zaměřuje převážně na laserové skenování. Jedná se o metodu, která umožňuje získat velké množství dat o prostředí a objektech. Principem je vysílání laserového paprsku na povrch a měření času po dobu, než se paprsek odrazí zpět ke skeneru. Na základě tohoto času a znalosti rychlosti světla lze vypočítat vzdálenost mezi skenerem a povrchem. Tento proces se opakuje mnohokrát za sekundu, což umožňuje vytvořit velmi podrobný a přesný 3D model.<sup>13</sup> Obecně lze tvrdit, že každý 3D skener má své limity velikosti objektu, které dokáže snímat. Dle osobní zkušenosti lze popsat pouze dostupné metody pracoviště a z těchto možností lze vyselektovat skener Artec Space Spider od společnosti

*Obrázek 3. Ukázka chybějící polygonové sítě u typáře z Muzea Náchodska. Zdroj: Barbora Borůvková (CDHV).*

**11** RYBENSKÁ, Klára, BORŮVKOVÁ, Barbora a POLÁKOVÁ, Mariana. Tvorba 3D modelů pomocí metody fotogrammetrie na příkladech vybraných typářů [online]. *Knihovna: Knihovnická revue, 2023, č. 2023/1, s. 63–77* [cit. 10. 2. 2024]. Dostupné z: <https://knihovna-revue.nkp.cz/archiv/2023-1/recenzovane-prispevky/tvorba-3d-modelu>.

**12** *Ibidem*.

**13** BREJCHA, Marcel, BRŮNA, Vladimír, MAREK, Zdeněk a VĚTROVSKÁ, Bára. *Metodika digitalizace, 3D dokumentace a 3D vizualizace jednotlivých typů památek: certifikovaná metoda. Ústí nad Labem: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Ústí nad Labem, 2015.*



Obrázek 4. 3D skenování pečetí Artec Space Spider. Zdroj: Barbora Borůvková (CDHV).

Obrázek 5. Hotový model pečetí Přemysla Otakara II., ukázka revers a avers. Zdroj: Barbora Borůvková (CDHV).

**14** True Color je označení maximálního počtu barev, které dokáže skener č. fotoaparát zachytit a grafická karta a monitor zobrazit. Colour depth [online]. Megapixel, 2023 [cit. 10. 2. 2024]. Dostupné z: <https://www.megapixel.cz/colour-depth>.

**15** Technical specifications [online]. Artec3D, 2023 [cit. 11. 2. 2024]. Dostupné z: <https://www.artec3d.com/portable-3d-scanners/artec-spider#specifications>.

**16** RYBENSKÁ, Klára, BORUVKOVÁ, Barbora, TOMISKA, Ondřej. Issues of 3D Virtual Collection for Smaller Institutions. *Studia Historica Nitriensia*, 2023, vol. 27, no. 1, s. 287–303.

**17** Viz <https://sketchfab.com/KPVHA-FF-UHK/Imodels>.

Artec 3D. Toto zařízení využívá technologii modrého světla a disponuje vysokým rozlišením. Je ideální pro zachycení malých předmětů nebo složitých detailů ve vysokém rozlišení s přesností a reálnou texturou, kterou snímá ve 24bitové barevné hloubce (označované také jako True Color<sup>14</sup>).<sup>15</sup> Proces digitalizace a následná úprava probíhá v prostředí programu Artec3D Studio, které je intuitivní a umožňuje následně digitalizát upravit, vymazat naskenované okolí objektu a následně exportovat do požadovaného formátu. Digitalizace je uživatelsky nepřilíš náročná a poskytuje profesionální výsledky. V některých případech je třeba do výsledného 3D modelu zasáhnout v dalším programu určeném hlavně na modelování (může se jednat například o zmíněný Blender či 3DS Max). Tvorba 3D modelu jedné pečetí může zabrat od desítek minut po hodiny kvůli následné postprodukcii. Digitalizaci může usnadnit otočný podstavec, který může být u některých 3D skenerů automatický, ale skvěle postačí i manuálně otočný podstavec. Proces skenování pečetí popisuje obr. 4. Šedozeleňá škála zobrazuje rozsah snímání a umožňuje sledovat, zdali skener snímá či ztrácí s pečetí kontakt. Dostane-li se zelený histogram mimo škálu, došlo k přílišnému

oddálení skeneru od pečetí. Vzdálenost skeneru od objektu je individuální, ale přibližně se jedná o vzdálenost 30–40 cm od objektu.

Po nasnímání reversu i aversu je zapotřebí ze surových dat vytvořit 3D model. To může zahrnovat vymazání nasnímané podložky či desky stolu, otočení skenů, spojení a mapování textury či odstranění šumu a zpřesnění textury. To vše probíhá v editačním prostředí Artec Studio.

3D model je pak možné exportovat do různých formátů dle toho, k čemu má sloužit. Pokud bude dále upravován či dojde k jeho nahrání do některé z online galerií 3D modelů, je možné zvolit například formát OBJ či STL dle dalších záměrů s 3D modelem. Zatímco OBJ je ideální pro další úpravy ve 3D softwarových aplikacích, jelikož je to velmi rozšířený a podporovaný formát, STL je de facto standard pro 3D tisk. Obr. 5 zobrazuje nahraný model v galerii Sketchfab, kde lze model prohlížet z různých úhlů či jej zobrazit v rozšířené realitě.

### Zpřístupnění a uchování dat

Existuje řada možností, jak zpřístupnit prezentaci 3D modelů paměťových institucí, kdy nejlepším řešením je vlastní systém, pokud na něj má instituce dostatek technických, finančních a lidských zdrojů, což v případě menších institucí nebývá zvykem. Je vhodné využít služby, které se o technickou stránku věci postarají za danou instituci. Jednat se může například o platformy Sketchfab, MorphoSource, P3D.in či Turbosquid.<sup>16</sup> Dále bude popsáno zpřístupnění skrze Sketchfab, jenž primárně využívá Centrum digitálních historických věd<sup>17</sup>. Sketchfab je komerční platforma ve formě online služby, která je dnes de facto považována za standard pro zveřejňování 3D modelů online,<sup>18</sup> a to nejen v komerční oblasti, ale i v té kulturně památkové. V roce 2019 měl Sketchfab přes 100 000 dostupných 3D modelů<sup>19</sup> rozdělených přes více než 400 muzejních, archivních a dalších památkových i paměťových institucí, včetně českých. Je zde podpora jak



nahrání obsahu do vlastních webových stránek, tak prezentace přímo ve vlastním portfoliu. Mimo to Sketchfab také umožňuje veškerý obsah prohlížet za pomoci VR brýlí, které se postupně dostávají i do muzeí či galerií. Sketchfab existuje ve třech verzích – basic, plus a pro. Basic a plus jsou pro potřeby mnohých paměťových institucí a prezentace jejich 3D modelů méně vhodné, a to z důvodu limitů nahrání velikost modelu pouze 50 MB pro basic verzi a 100 MB pro plus verzi, což je velmi limitující pro kvalitní 3D modely. Proces nahrávání obsahu lze nazvat uživatelsky přívětivý, navíc doplněný o řadu návodů a uživatelskou podporu. Celkově se jedná o technicky nenáročný, bezproblémový řešení, které jako jediné umožňuje dostatečný popis, včetně určité interakce skrze komentářovou sekci.<sup>20</sup>

Pro online zpřístupnění RTI dat existuje také několik nástrojů, které umožňují snadnou integraci a prohlížení těchto dat přímo na webových stránkách. Lze zmínit 3DHOP (3D Heritage Online Presenter), který nabízí open source framework vyvinutý pro snadnou publikaci 3D modelů a RTI dat na webu. Tento nástroj umožňuje prohlížet nejen RTI data přímo v internetovém prohlížeči, aniž by bylo potřeba instalovat další software.<sup>21</sup> WebRTIViewer je další open source nástroj zaměřený na prohlížení RTI dat přímo v prohlížeči. Umožňuje zevrubnou analýzu povrchových detailů prostřednictvím interaktivního osvětlení. Podporuje různé RTI formáty, umožňuje přepínat mezi různými osvětlením a filtry a nabízí integraci modelu do webových stránek.<sup>22</sup> Společnost Cultural Heritage Imaging (CHI) vytvořila open source aplikaci RTIViewer, která umožňuje interaktivní prohlížení RTI dat. Ta je primárně určena pro použití na desktopových počítačích. Nabízí interaktivní vizualizaci RTI dat, podporuje různé filtry a osvětlení.<sup>23</sup>

Instituce musí zvážit, jaká data z procesu digitalizace archivovat. Doporučuje se archivovat finální 3D modely (např. ve formátech OBJ či STL) spolu s příslušnými metadaty. Tato data by měla být uložena v bezpečných a dlouhodobých úložištích,



kteřá splňují požadavky na dlouhodobou ochranu (LTP – Long Term Preservation). Zatímco některé projekty vyžadují uchování všech generovaných dat (mimo 3D model např. fotografie, textury, mračno bodů, metadata, paradata, analyzační data, soubory pro tisk aj.), jiné mohou vyžadovat pouze archivaci finálních 3D modelů a souvisejících metadat. Metadatové standardy, jako je Europeana Data Model (EDM), mohou být užitečné pro strukturování a správu archivovaných 3D dat. Důležité je také řešit, jak a kde budou data dlouhodobě uložena. Cloudové služby nabízí řešení pro krátkodobou archivaci, ale pro LTP jsou praktičtější specializovaná datová úložiště nebo repozitáře jako např. MorphoSource nebo vytvoření vlastního archivačního systému, který zajistí kontrolu nad ukládanými daty a jejich správou.<sup>24</sup>

### Závěr

Závěrem se nabízí konstatování, že i přes neustále se vyvíjející technologie na poli 3D technologií, zůstávají paměťové instituce u osvědčené 2D digitalizace prostřednictvím skenerů či moderních DSLR. Digitalizace sfragistického materiálu většinou probíhá snímáním z úhlu 90°, včetně přiložené barevné škály s měřítkem a na neutrálním/šedém podkladu. Podstatným prvkem zůstává osvětlení, které je převážně řešeno externími LED světly. Ty by měly mít možnost nastavení na neutrální hodnoty, aby nedocházelo k ovlivnění barevnosti objektu. Správné osvětlení je důležitý prvek i z důvodu

*Obrázek 6. Královská pečeť Rudolfa II. fond Archiv České koruny Národní archiv ČR. Zdroj: Barbora Borůvková (CDHV).*

**18** SCOPIGNO, Roberto, CALLIERI, Marco, DELLEPIANE, Matteo, PONCHIO, Federico a POTENZIANI, Marco. *Delivering and using 3D models on the web: are we ready? Virtual Archaeology Review [online]. 2017, 8(17), s. 1–9 [cit. 11. 2. 2024]. Dostupné z: <https://doi.org/10.4995/var.2017.6405>.*

**19** Over 100,000 Cultural Heritage 3D Models on Sketchfab [online]. Sketchfab, 2019 [cit. 11. 2. 2024]. Dostupné z: <https://sketchfab.com/blogs/community/over-100000-cultural-heritage-3d-models-on-sketchfab>.

**20** RYBENSKA, Klára, BORUVKOVÁ, Barbora, TOMISKA, Ondřej. *Op. cit. 21* Viz <https://3dhop.net>.

**22** Viz <https://github.com/jcupitt/webRTIViewer>.

**23** Cultural Heritage Imaging [online]. Cultural Heritage Imaging, 2002–2023 [cit. 19. 8. 2024]. Dostupné z: [http://culturalheritageimaging.org/About\\_Us/](http://culturalheritageimaging.org/About_Us/).

**24** SCOPIGNO, Roberto, CALLIERI, Marco, DELLEPIANE, Matteo, PONCHIO, Federico a POTENZIANI, Marco. *Op. cit.*



Obrázek 7. Zdigitalizovaná pečeť prostřednictvím fotogrammetrie. Srovnání 3D modelu bez textury a s texturou.  
Zdroj: Barbora Borůvková (CDHV).

zamezení výskytu šumu a možnosti nastavit hodnoty ISO na digitálním fotoaparátu na co nejnižší hodnotu.<sup>25</sup>

Finanční zdroje paměťových institucí jsou omezené, ovšem disponují bohatstvím právě historického materiálu. Pod záštitou univerzit nejen v ČR vznikají technicko-vědecká pracoviště skládající se nejen z akademiků a studentů, ale též z expertů na vývoj a výzkum, kteří mají zájem podílet se na zpřístupnění kulturního dědictví a disponují technickými zdroji pro digitalizaci. Pořízení profesionálního 3D skeneru, jako je například Artec Space Spider, představuje značnou finanční investici, která se pohybuje v řádu stovek tisíc korun. Samozřejmě existují i dostupnější 3D skenery, jejich pořizovací částka se stále pohybuje v řádech desítek tisíc korun.

Paměťové instituce disponují vybavením pro 3D digitalizaci, a to digitálními fotoaparáty s vhodnými objekty. Programy pro tvorbu modelů z pořízených fotografií lze využít v základní licenci, která bývá zdarma (3DF Zephir). Uložiště a prezentace 3D modelů v online galerii 3D modelů pro paměťové a neziskové instituce je u některých služeb nabízeno s výraznou slevou, nebo zcela zdarma.

Celý plánovaný proces digitalizace odštířených pečetí stále probíhá. Po nasnímání došlo ke zpracování dat v různých typech programů pro fotogrammetrii. Osvědčili se nejvíce dva – Agisoft Metashape a 3DF Zephir pro intuitivnost a rychlost zpracování dat. Agisoft Metashape má propracovanější způsob na editování modelu, jako je například odstranění nežádoucích částí. Modely vytvořené v 3DF Zephir bylo snazší spojit a upravit v Blenderu.

Výhodou modelu ze 3D skeneru je detailnější polygonová síť, která umožní další práci s modelem. Pro uvedení příkladu mohu zmínit snahu o digitální vyčištění pečeti a zpřesnit její čitelnost. Tento zásah

lze provést též u modelu z fotogrammetrie, ale může dojít ke ztrátě dat<sup>26</sup>, které nese hlavně textura, protože polygonová síť není tolik členitá oproti té z 3D skeneru. Model 3D pečeti vytvořený 3D skenerem pochází z předchozího výzkumu a srovnávání výsledků z různých modelů 3D skenerů. Proto se lze na základě těchto zkušeností domnívat, že 3D skener přinese více dat a díky tomu i širší možnosti v úpravách modelu. Zároveň však může dojít ke zvýšení nároků na kapacitu uložení, přičemž 3D model pečeti vytvořený pomocí skeneru může generovat větší objem dat (v desítkách megabajtů) než model získaný fotogrammetrickou metodou. Zdali je vhodnější 2D metoda nebo 3D metoda digitalizace a zda fotogrammetrie nebo 3D skenování je na zvážení konkrétní instituce s ohledem na využití digitalizátu. Pokud slouží digitalizace pouze pro dokumentaci sbírky, rychlejší a efektivnější zůstává 2D digitalizace. Bude-li záměrem instituce interaktivní výstava nebo celková online výstava, vhodná může být fotogrammetrie, ovšem bude-li cíl další vědecké využití, jeví se nejvhodnější 3D skener z pohledu zisku větších dat.

Srovnat můžeme všechny varianty na obr. 6, obr. 7 a obr. 8. 3D modely z fotogrammetrie jsou zobrazeny s texturou i bez ní, aby vynikla čitelnost modelu. Svým způsobem 3D digitalizaci pomohla pandemie covid-19, ovšem po návratu do běžného stavu se i tento proces vrátil zpět. 3D modely instituce využily pro tvorbu online výstav, stále jsou ale využitelné pro vzdělávací aktivity či tvorbu interaktivních aplikací i pro VR a AR. Z pohledu náročnosti na zpracování, uložení, zveřejnění a archivaci i nadále zůstává preferovaným způsobem 2D digitalizace.

### Seznam použité literatury

BREJCHA, Marcel, BRŮNA, Vladimír, MAREK, Zdeněk a VĚTROVSKÁ, Bára. *Metodika digitalizace, 3D dokumentace a 3D vizualizace jednotlivých typů památek: certifikovaná metoda*. Ústí nad Labem: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Ústí nad Labem, 2015.

<sup>25</sup> Informace vychází z konzultací s Mgr. Blankou Hnulíkovou z NA ČR.

<sup>26</sup> Během ztráty dat lze například přijít o čitelnost nápisu na pečeti. Nabízí se konzultace s kurátory o míře ztráty dat, která je akceptovatelná v konkrétním případě v závislosti na požadovaných úpravách. Pro běžné zpřístupnění nemusí znamenat ztráta dat problém, ovšem pro badatelské účely není žádoucí.

Colour depth [online]. *Megapixel*, 2023 [cit. 10. 2. 2024]. Dostupné z:

KREJČÍK, Tomáš. *Pečeť v kultuře středověku*. Universum (Tilia). Šenov u Ostravy: Tilia, 1998.

KŘEČKOVÁ, Jitka a ZENKLOVÁ, Kateřina. Zpřístupňování pečeti Archivu České koruny – digitalizace a zpracování databáze. *PAGINAE HISTORIAE*, 2017, 25/1, s. 128–131.

Over 100,000 Cultural Heritage 3D Models on Sketchfab [online]. *Sketchfab*, 2019 [cit. 11. 2. 2024]. Dostupné z: <https://sketchfab.com/blogs/community/over-100000-cultural-heritage-3d-models-on-sketchfab>.

RYBENSKÁ, Klára, BORŮVKOVÁ, Barbora a POLÁKOVÁ, Mariana. Tvorba 3D modelů pomocí metody fotogrammetrie na příkladech vybraných typářů [online]. *Knihovna: Knihovnická revue*, 2023, č. 2023/1, s. 63–77 [cit. 10. 2. 2024]. Dostupné z: <https://knihovnavue.nkp.cz/archiv/2023-1/recenzovane-prispevky/tvorba-3d-modelu>.

RYBENSKA, Klára, BORUVKOVÁ, Barbora, TOMISKA, Ondrej. Issues of 3D Virtual Collection for Smaller Institutions. *Studia Historica Nitriensia*, 2023, vol. 27, no. 1, s. 287–303.

SCOPIGNO, Roberto, CALLIERI, Marco, DELLEPIANE, Matteo, PONCHIO,



Federico a POTENZIANI, Marco. Delivering and using 3D models on the web: are we ready? *Virtual Archaeology Review* [online]. 2017, 8(17), s. 1–9 [cit. 11. 2. 2024]. Dostupné z: <https://doi.org/10.4995/var.2017.6405>.

Technical specifications [online]. *Artec3D*, 2023 [cit. 11. 2. 2024]. Dostupné z: <https://www.artec3d.com/portable-3d-scanners/artec-spider#specifications>.

WOITSCHOVÁ, Klára. Sfragistické bohatství Archivu Národního muzea: od povodní k digitalizaci. *PAGINAE HISTORIAE*, 2017, 25/1, s. 142–148.

#### Internetové zdroje

<https://www.megapixel.cz/colour-depth>.  
<http://monasterium.net:8181/mom/home>.  
<https://3dhop.net>.  
<https://cceh.uni-koeln.de>.  
<https://github.com/jcupitt/webRTIViewer>.  
<https://www.icar-us.eu/en/>.  
<https://www.timemachine.eu/>.

Obrázek 8. Zdigitalizovaná pečeť prostřednictvím 3D skeneru Artec Space Spider. Srovnání 3D modelu bez textury a s texturou. Zdroj: Barbora Borůvková (CDHV).