



**Koncepce digitalizace,
digitálního restaurování
a digitální archivace v NFA
v letech 2014–2020**

Jan Zahradníček, NFA



V tomto textu se zabýváme pouze obrazovou složkou audiovizuálních děl; problematika filmového zvuku bude zpracována zvlášť. Vycházíme ze současného stavu problematiky, jež se nadále rychle vyvíjí; vyhrazujeme si proto možnost změny naznačeného směru. Digitalizaci dalších fondů a sbírek uložených v NFA, stejně jako digitalizaci evidencí těchto sbírek a fondů, ponecháváme mimo tento dokument.

I. Digitalizace a digitální restaurování filmových sbírek

Situace a strategie

Distribuce audiovizuálních děl byla v minulých letech prakticky zcela digitalizována, přičemž došlo nejen k zásadním proměnám tradičních kanálů (kina, televize), ale i ke vzniku cest úplně nových (Smart TV, webová televize). Také Národní filmový archiv musí své filmové sbírky digitalizovat, má-li je nadále zpřístupňovat odborné i široké veřejnosti.

Hlavním smyslem této digitalizace je tedy zpřístupnění filmových děl současným divákům. Vedlejším, avšak rovněž důležitým cílem je digitální archivace skenů v jejich nezpracované podobě pro potřeby výzkumu a ve výjimečných případech i za účelem prezervace určitého díla.

Tato digitalizace bude probíhat vlastními silami pomocí vlastní infrastruktury a v chráněném prostředí našich depozitářů, což přinese oproti dosavadnímu modelu využívání externích služeb řadu výhod:

- Výrazné snížení nákladů.
- Minimalizace transportu filmových materiálů a tím také rizika jejich poškození, zneužití či ztráty.
- Jednotné vlastnosti výstupů a stabilita kvality, kompletnost a formální jednotnost metadat popisujících digitalizaci, důležitých pro současný i budoucí výzkum.
- Vytváření a rozvoj technologického povědomí o digitalizaci uvnitř archivní komunity.

Pro zajištění těchto a dalších služeb, jejichž potřeba v souvislosti s digitalizací kinematografie vyvstala, vzniklo v NFA v roce 2013 nové pracoviště, nazvané Digitální laboratoř. Zajišťuje kontrolu a archivaci nativně digitálních akvizic v souborové podobě a migraci starších nefilmových akvizic z páskových a optických digitálních médií. Plánujeme vybudovat také infrastrukturu pro digitalizaci filmového obrazu a zvuku.

Pro zajištění rozvoje laboratoře budou postupně přijímáni další zaměstnanci – ke stávajícímu technologovi digitálního obrazu a produkčnímu provozu přibudou další profese: technolog filmového a digitálního zvuku, skenerista/kolorista a datový operátor. Retušování digitalizovaného obrazu plánujeme v tomto období i nadále nakupovat jako službu od externích dodavatelů a z vlastních prostředků zajišťovat pouze odborný dohled nad průběhem těchto zásahů.



V současnosti působí laboratoř v prostorách sídla NFA na pražském Žižkově. Poté, co bude vystavěn nový depozitář v Hradištku, bude do něj přesunut i provoz Digitální laboratoře NFA. S definitivním pražským sídlem NFA, jež by mělo rovněž v příštích letech vzniknout, bude laboratoř spojena rychlou optickou linkou.

Kolem roku 2020 očekáváme potřebu první významnější technologické migrace. V souvislosti s ní dojde k zásadnějšímu zhodnocení činnosti laboratoře a navržení plánu pro další období.

Definice a klasifikace

Termín digitalizace používáme v tomto textu v užším významu samotného převodu analogové informace do digitální podoby. V praxi se tento převod u audiovizuálního díla označuje jako skenování nebo přepis. Existují různé úrovně této digitalizace, lišící se kvalitou výstupu, rychlostí převodu a finanční náročností procesu. Nutnou součástí digitalizace pro účely zpřístupnění díla jsou korekce úrovně obrazu a zvuku, aby byl výstup kompatibilní se současnými standardy (D-cinema nebo DVB), ořez obrazu v rozsahu projekční okeničky a případná úprava rychlosti (pro snímky natočené jinou rychlostí než 24/25 fps).

Digitálním restaurováním filmových děl rozumíme soubor zásahů snažících se vrátit dílo do podoby, v níž vzniklo, probíhající na digitalizovaných datech za pomoci digitálních nástrojů. Digitální restaurování se svým konzervativním přístupem odlišuje od progresivních zásahů označovaných jako remasterování, tedy snah dílo oproti původní podobě kreativně pozměnit.

Rozlišujeme dvě úrovně digitalizace s různou časovou a finanční náročností procesu. Obě úrovně splňují určitý kvalitativní standard odpovídající využití digitalizovaného díla:

1) Digitální přepis: Jako zdrojový materiál je použita vytipovaná distribuční kopie nebo duplikační pozitiv. Digitalizuje se v HD rozlišení na zařízení typu telecine či realtime skeneru. Provádějí se základní korekce úrovně obrazu a zvuku, obvykle s jedním či několika málo nastaveními pro celé dílo. Poškození obrazu a zvuku se odstraňují jen částečně, buďto jen technologickým řešením skenu (rozptýlené světlo, wetgate), příp. u barevných snímků navíc pomocí IR skenu a konzervativní mírou automatického odstraňování poškození a nečistot. Proces probíhá podle metodik NFA a v případě potřeby je konzultován s restaurátory, kurátory a technologi NFA. Tento přístup je typicky využíván pro běžné zpřístupňování filmových děl prostřednictvím digitálních televizí a podobných distribučních kanálů převážně komerčního charakteru (DVD/BD, Smart TV, web).

2) Digitální restaurování: Jako zdrojový materiál slouží obvykle duplikační pozitiv nebo originální kamerový negativ. Digitalizuje se prostřednictvím plnohodnotného skeneru v rozlišení odpovídajícím zdrojovému materiálu. Provádějí se obrazové a zvukové korekce u každého záběru zvlášť. Existuje obrazová reference v podobě kalibrované filmové projekce vybrané (nejlépe premiérové) kopie s přihlédnutím k její případné degradaci. Probíhá důkladný historický výzkum a konzultace s odborníky a pamětníky. Poškození obrazu se odstraňují technologickým řešením skenu (rozptýlené světlo, wetgate), pomocí IR skenu a poloautomatickým odstraňováním poškození a nečistot, a zejména rozsáhlými ručními retušemi. Je-li třeba a je-li to vhodné z hlediska etiky restaurování, probíhá oprava zásadních poškození díla či náhrada jeho absentujících částí metodami digitálního triku (VFX). Proces probíhá podle metodik NFA a pod přímým dohledem restaurátorů, kurátorů



a technologií NFA. Tento přístup je typicky využíván pro uvedení významných snímků národní kinematografie do digitální kinodistribuce a pro nejvýznamnější edice DVD/BD.

Digitalizace filmového materiálu pro účely digitálního restaurování

Cílem digitalizace je vytvoření elektronické reprezentace obrazu obsaženého na filmovém materiálu. Jde o reprezentaci plnohodnotnou z hlediska optické hustoty i rozlišení, jež umožní následné úpravy jasů, barev a rozlišení bez snižování obrazové kvality.

Filmové materiály jsou před digitalizací vyčištěny, v případě potřeby mechanicky opraveny, a ke skenování jsou dodány se správnými a kompletními metadaty, popisujícími jejich technický stav.

Pokud je filmový materiál ve zhoršeném mechanickém stavu (smrštění, poškozené perforace), jsou využita adekvátní technologická opatření (snížení rychlosti skenu, capstan transport, optická registrace namísto mechanické) a výstup digitálně kompenzován (zejména prostorové deformace obrazu dané smrštěním či zvlněním filmového pásu). Pokud je skenován filmový materiál s hořlavou (nitratní) podložkou, je použit studený zdroj světla (LED).

Pro digitální reprezentaci plné optické hustoty filmových materiálů je ve většině případů dostačující 10bitový logaritmický záznam. Při správně nastaveném skenu jsou tato data plnohodnotným otiskem originální informace a vhodným vstupem pro další úpravy při digitálním restaurování. Výjimečně může u zvláště nekонтastních (vybledlých) materiálů vzniknout potřeba skenovat do 16bitového lineárního záznamu. V případě pochybností o sejmutí plné optické hustoty obsažené na filmovém materiálu jsou provedena měření pomocí testovacích skenů. Při nich je vytipováno několik kritických míst (s vysokou absolutní hodnotou či velkým dynamickým rozsahem optických hustot, s vysokým a nízkým kontrastem), která jsou naskenována postupně různými způsoby: Obvyklým, s alternativním nastavením expozice, složením výstupů vícenásobné expozice, s využitím 10bitového logaritmického i 16bitového lineárního záznamu. Výsledky jsou porovnány z hlediska množství sejmutých jasových informací a jejich kvality (šum, banding/posterizace) a pro digitalizaci daného materiálu je následně zvolena nejvhodnější metoda, případně kombinace více metod.

Rozlišení v digitalizovaných datech odpovídá rozlišení, které filmový zdroj skutečně obsahuje. To závisí na mnoha faktorech: Předmětu snímku, optickém obrazu v kameře, kvalitě expozice, kvalitě a citlivosti filmového materiálu, vyvolávacím procesu, způsobu uskladnění materiálů a dalších. V ideálním případě se jedná o přibližně 4K u 35 mm, 2K u 16 mm a 1K u 8 a 9,5 mm fotograficky originálního materiálu (každou duplikací klasickým fotochemickým procesem se rozlišení snižuje). V případě pochybností o rozlišení obsaženém na konkrétním filmovém nosiči probíhá měření pomocí testovacích skenů. Při nich je vytipováno několik míst díla s vysokou mírou ostroty a detailu (statické záběry s dobrou expozicí a zaostřením), přičemž je třeba zahrnout záběry různých typů (detail, celek, krajina, interiér/exteriér apod.), aby byly podchyceny různé použité objektivy. Tyto testovací záběry jsou skenovány postupně v různém rozlišení a výsledky jsou vizuálně srovnávány. Osvědčenou metodou je kontrolovaný převod skenů v nižším rozlišení na nejvyšší referenční rozlišení pro danou šířku filmového materiálu. Klíčovým faktorem při hodnocení je struktura filmového zrna, jehož jemnost a ostrost se nesmí skenem v menším rozlišení snižovat. Nejvyšší nalezené rozlišení je poté použito při digitalizaci celého materiálu.



Pro archivní účely je snímána kompletní exponovaná oblast filmového pásu. Případný anamorfní záznam není před uložením do archivního formátu deanamorfován. Do technických metadat popisujících digitalizaci jsou uloženy údaje potřebné pro identifikaci skenovaného materiálu, informace o použitém digitalizačním zařízení a jeho nastavení, případně další důležité informace o průběhu procesu. Obsahuje-li unikátní metadatové informace oblast perforací filmového materiálu, pak také ta je vhodným způsobem zaznamenána a uchována (digitální obraz v náhledové kvalitě či převod do textové podoby).

Digitální restaurování filmového obrazu

Za průběh a výsledek procesu digitálního restaurování odpovídá pověřený restaurátor NFA. Ten činí svá rozhodnutí s ohledem na povahu restaurovaného díla a kontext jeho vzniku, stejně jako na situaci prezentace jeho digitálně restaurované podoby, přičemž respektuje v oboru obvyklé etické a profesní standardy. V případě potřeby svou práci konzultuje s kurátory a technology NFA, příp. externími odborníky. Svá rozhodnutí restaurátor popisuje a zdůvodňuje v závěrečné zprávě o průběhu restaurování. Je třeba zdůraznit, že každé filmové dílo je jedinečné a ke každému procesu digitálního restaurování je třeba přistupovat individuálně.

Při digitálním restaurování obrazové složky filmových děl rozlišujeme z hlediska využití dva typy filmových materiálů: zdrojové a referenční. Zdrojem i referencí nemusí být jen jeden druh materiálu, ale také kombinace různých materiálů, jednotlivých dílů apod. V některých případech je naopak zároveň zdrojem i referencí stejný materiál, např. pokud se dochovala jen jedna distribuční kopie či duplikační pozitiv anebo pokud bylo dílo vytvořeno v rámci zjednodušeného výrobního postupu jako inverzní originál.

Při výběru zdrojových materiálů postupujeme v souladu s konstitutivním dokumentem Ministerstva kultury *Digitalizace českých filmových děl (2010)*: “Pro převod obrazu do digitální podoby je ideálním zdrojovým materiálem duplikační pozitiv, tzn. první kopie originálního negativu, která je již jasově a barevně zkorigovaná. Sken je možné provést také z originálního negativu nebo pozitivní kopie.”

Referenci rozlišujeme obrazovou (obvykle premiérová kopie; informací referenční povahy jsou zejména obrazové korekce – číslování, zatmívací a prolínací přechody, triky, virážování, tónování apod.) a dějovou (udává sled scén v restaurovaném díle; je třeba zohlednit možnou existenci různých verzí).

Vhodnou přípravou pro digitální restaurování je vytvoření synchronizovaného náhledu všech dostupných zdrojových i referenčních materiálů v digitální podobě. Tato pracovní synopse poslouží k vytvoření dějové reference, k vytipování kandidátů na obrazovou referenci a k určení vhodných míst pro testy optické hustoty a rozlišení.

Dále jsou digitalizované filmové zdroje jasově/barevně upravovány, přičemž kolorista na základě digitální obrazové reference a s přihlédnutím k odhadovaným změnám způsobeným stárnutím filmu pracuje v prostředí digitální projekce kalibrované v referenční přesnosti. V případě pochybností o správné podobě výsledku může kolorista konzultovat s dalšími odborníky, přihlédnuto může být také k autorským záměrům zaznamenaným v technickém scénáři či jiných dokumentech. Do budoucna se jako potenciálně zajímavá jeví možnost využít při digitálním gradingu metadatové instrukce pro číslování v kopírovacích strojích.



Následují volitelné fáze digitálního čištění obrazu, jeho stabilizace, odstranění kolísání jasů a barevnosti či úpravy zrnitosti. Nakonec je obraz oříznut podle projekční okeničky a rozlišení je upraveno podle aktuálních projekčních standardů:

	1:1,19	1:1,33	1:1,37	1:1,66	1:1,85	1:2,35	1:2,55
4K DCP	2570×2160 (pillarbox in flat)	2872×2160 (pillarbox in flat)	2960×2160 (pillarbox in flat)	3584×2160 (pillarbox in flat)	3996×2160 (pillarbox in flat)	4032×1716 pillarbox in 4096×1716 (scope)	4096×1608 letterbox in 4096×1716 (scope)
2K DCP	1284×1080 (pillarbox in flat)	1436×1080 (pillarbox in flat)	1480×1080 (pillarbox in flat)	1792×1080 (pillarbox in flat)	1998×1080 (pillarbox in flat)	2016×858 pillarbox in 2048×858 (scope)	2048×804 letterbox in 2048×858 (scope)

Po případné synchronizaci s příslušnou digitální zvukovou složkou je výsledek uložen v patřičném archivním formátu, z něhož jsou případně vytvářeny aktuálně používané formáty pro zpřístupňování.

Průběh a výsledek digitálního restaurování je popsán v závěrečné zprávě restaurátora a pomocí patřičných metadatových záznamů.

Autentičnost digitálně restaurovaného filmového díla

Metodiky digitalizace a digitálního restaurování uvedené v této koncepci mají za cíl zachovat v nejvyšší možné míře autentičnost dotčených filmových děl. Při těchto procesech sice dochází k určitým formálním proměnám, nikoli však ke vzniku nových verzí.

Takovéto formální změny totiž zaznamenáváme v distribučním i archivním životě každého filmového díla a patří přirozeně k samotné podstatě kinematografie: Stárnou a mění se zdrojové materiály. Každá nová kopie vzniklá s časovým odstupem v rámci tradičního fotochemického procesu se poněkud liší – mění se použitá podložka, vlastnosti emulze, jsou použity jiné technologie při kopírování a vyvolávání, někdy se nedochovaly informace o originálním číslování, příp. nebyly pro nové materiály transformovány zcela přesně atd. Přehráváním se distribuční kopie opotřebovávají a mění své fotografické vlastnosti, proměňují se také podmínky projekcí i estetické předporozumění diváka.

Digitalizaci filmového díla pak lze vnímat jako sice radikální, přesto integrální součást jeho ontogeneze. Mění se sice zásadně způsob existence díla, avšak jeho esence přetrvává. Divák digitalizovaného filmového díla by si však měl být vědom, že nesleduje originální dílo v jeho původním prostředí, ale jeho simulaci v prostředí novém.

Ovšem ani v digitálním prostředí nelze očekávat z dlouhodobého hlediska úplnou stabilitu audiovizuální informace. Jakkoli samotná replikace digitálních dat na bitové úrovni je neztrátová, k postupným proměnám podoby díla přispějí nejen nezbytné formátové migrace (k nevídaným, avšak nevyhnutelným proměnám bude docházet při rekompresích, změnách rozlišení, barevných režimů apod.), ale především proměny projekčního prostředí a diváckých návyků.



II. Digitální archivace audiovizuálních dat

Lineární a nelineární audiovizuální díla

Digitální audiovizuální objekty, s nimiž NFA pracuje, jsou lineární díla s jednoduchou a stabilní strukturou, jejichž prezentační rámec je jasně definovaný a typický. Takováto díla lze digitálně archivovat metodou průběžných migrací – jak nosičových, tak formátových. Pokud je systém digitální archivace dobře nastaven (normalizace formátů, dokumentace procesů), značnou část práce při migracích lze provést automatizovaně.

Mnohem obtížnější je digitální archivace nelineárních, složitěji strukturovaných a proměnlivých audiovizuálních děl, jako jsou interaktivní webové animace nebo elektronické hry, anebo děl sice lineárních, avšak určených k prezentaci ve speciálních podmínkách a nějak s tímto prostředím interagujících (např. videoart). Technologická migrace takovýchto digitálních objektů při zachování jejich autenticity je problém netriviální, který je třeba řešit komplexně a obvykle se značným podílem lidské práce. NFA v současné době takovéto digitální objekty do svých sbírek nepřijímá.

Bitová ochrana

Data udržujeme ve třech redundantních kopiích: Jedna kopie je k dispozici online na diskovém poli s paritní ochranou dat, dvě kopie jsou offline uloženy na LTO-6 páskách s využitím technologie zápisu LTFS. Pro ověřování integrity dat používáme při každé jejich klíčové replikaci a při rutinních kontrolách hešovací algoritmy.

Digitální repozitář a problematika metadat

Evidence digitálních dat v souborové podobě nyní probíhá provizorně pomocí tabulkových procesorů, technická metadata o formátech sbíráme pomocí nástroje MediaInfo ve formátu XML/MEPG-7. Technická metadata popisující digitalizaci a digitální restaurování sbíráme prozatím ručně. V této oblasti nás čeká zásadní výzkum a vývoj.

Zabezpečení dosavadních nefilmových akvizic

Od roku 1993 NFA do svých sbírek v rámci nabídkové povinnosti přijal více než tisícovku audiovizuálních děl, jež nevznikala a nebyla distribuována na filmovém pásu. Tato díla byla předána na nosičích Betacam SP, Digital Betacam, DVCAM, HDCAM, VHS, MiniDV, VCD, DVD-Video a Blu-Ray. Životnost těchto nosičů je omezená a je třeba včas přistoupit k migraci objektů na nich uložených.

Formát pro digitální archivaci a šíření v kinematografické kvalitě

Vhodný formát pro prezervaci a šíření nativně digitálních kinematografických děl a digitálně restaurovaných filmových děl je Digital Cinema Package (DCP), používaný k současné digitální kinodistribuci. Je to tedy formát značně rozšířený s odhadovanou dlouhou životností (≥ 10 let), vyznačuje se dobrým kompresním poměrem, technologie, na nichž je postaven (JPEG 2000, PCM WAVE, MXF, XML), jsou obecně známé.

Také technická komise FIAF (Mezinárodní federace filmových archivů) doporučuje nekryptované DCP jako formát vhodný k digitální archivaci současných kinematografických děl. Komise v dokumentu vyzdvihuje jeho klady – jedná se o přesnou podobu díla, v jaké je promítáno divákům; relativně malý objem dat je daný účinnou vizuálně neztrátovou kompresí obrazové složky.



Standardním akvizičním formátem je nekryptované DCP, ostatní formáty do této podoby před archivací převádíme (normalizujeme). Kryptované DCP je třeba odemknout a vytvořit jeho nekryptovanou podobu. U ostatních formátů probíhá recomprese, změna rozlišení, kolorimetrický převod, odstraňuje se prokládání snímků. Tyto úpravy provádíme nejkvalitnějšími dostupnými nástroji, vždy s lidskou kontrolou nastavení a pečlivou kontrolou výsledku. Proces migrace je popsán a uchován.

Formát pro šíření v TV a na webu

Jako master vhodný pro výrobu formátů šířených televizním vysíláním a nosičů domácího kina byl vytipován Quicktime MOV, kodek Apple ProRes 422 LT, s rychlostí přehrávání 25 fps, progresivním snímkováním, v kolorimetrickém standardu Rec.709, s úrovní zvuku odpovídající dnešním standardům DVB, s kontinuálním LTC od 00:00:00:00. Rozlišení je vždy 1920×1080 px, obraz s jiným poměrem stran než 1.78:1 je do tohoto kontejneru mapován jako letterbox nebo pillarbox:

	1:1,19	1:1,33	1:1,37	1:1,66	1:1,85	1:1,89	1:2,35	1:2,39	1:2,55
1920 x 1080	1284×1080 pillarbox	1440×1080 pillarbox	1480×1080 pillarbox	1792×1080 pillarbox	1920×1040 letterbox	1920×1012 letterbox	1920×816 letterbox	1920×804 letterbox	1920×752 letterbox

K šíření obsahu na webu využíváme kontejner MP4, kodek obrazu H.264 a kódování zvuku AAC. Tato data jsou vyráběna z masteru v TV kvalitě, který má rychlost standardizovanou na 25 fps a různé poměry stran obrazu mapovány do kontejneru 1.78:1. Existují tři základní kvalitativní úrovně 1) 1280×720 px, 8 Mb/s video, 192 Kb/s zvuk, 2) 640×360 px – 2 Mb/s video, 128 Kb/s zvuk. 3) 512×288 px – 0,5 Mb/s video, 96 Kb/s zvuk.

Formát pro archivaci skenů zdrojových filmových materiálů

U filmových skenů ukládaných v nezpracované podobě používáme kompresi JPEG 2000 (v kvalitě vyšší než je u běžného DCP, blížíci se nebo odpovídající matematicky neztrátově podobě) v kontejneru MXF.



III. Výhled do budoucna

S přechodem kinematografie od filmových nosičů k digitálnímu záznamu přestává být vyráběn kinematografický film a postupně lze očekávat úpadek či postupný zánik filmových laboratoří. V dohledné době tedy zřejmě bude třeba přikročit k využívání digitálních nástrojů také pro prezervaci původně filmových děl. Současná technologie skenování již umožňuje za přijatelnou cenu a dostatečně rychle sejmout kompletní informaci obsaženou na filmu. Náklady na uložení takto vzniklých dat jsou sice zatím příliš vysoké, než aby mohla tato digitalizace probíhat masově, to by se však mělo do několika málo let změnit – kapacity úložišť i rychlost manipulace s daty stoupají, náklady klesají. Tento příznivý vývoj brzy umožní ukládat všechna naše digitální data v nekomprimované podobě, což v případě jejich částečného poškození na bitové úrovni výrazně sníží riziko poškození z hlediska obsahu.

V oblasti bitové ochrany dat uvažujeme do budoucna o posílení výše uvedeného systému tří kopií o kopii čtvrtou, nejlépe na optických nosičích.

Intenzivně se v následujících letech chceme věnovat výzkumu sběru, zpracování a ukládání metadat popisujících naše digitální audiovizuální sbírky. Je třeba zaznamenávat aktuální stav formátů i proces migrací a digitálního restaurování a vytvořit nástroje pro sbírání time-based metadat popisných (jména herců, lokace...) i technických (stříhy, změny parametrů obrazu a zvuku...).

Pro šíření obsahu přes web a Smart TV do budoucna uvažujeme o nasazení některé z variant kodeku H.265/HEVC – nadějně se jeví x265.