

AKADEMIE MÚZICKÝCH UMĚNÍ V PRAZE

**FILMOVÁ A TELEVIZNÍ FAKULTA**

Filmové, televizní a fotografické umění a nová média

Produkce

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**VÝVOJ TECHNOLOGICKÝCH TRENDŮ V DIGITÁLNÍ  
OBRAZOVÉ POSTPRODUKCI**

Virtualizace filmové produkce

**Kryštof Burda**

Vedoucí práce: Michal Křeček

Oponent práce:

Datum obhajoby:

Přidělovaný akademický titul: BcA.

Praha, 2022

ACADEMY OF PERFORMING ARTS IN PRAGUE

**FILM AND TV SCHOOL**

Film, Television and Photographic Arts and New Media

Production

**BACHELOR THESIS**

**EVOLUTION OF TECHNOLOGICAL TRENDS IN DIGITAL  
PICTURE POSTPRODUCTION**

Virtualization of film production

**Kryštof Burda**

Thesis Supervisor: Michal Křeček

Thesis Opponent:

Date of dissertation defense:

Degree granted: BcA.

Prague, 2022

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma

### **Vývoj technologických trendů v digitální obrazové postprodukci**

Virtualizace filmové produkce

vypracoval(a) samostatně pod odborným vedením vedoucího práce a s použitím uvedené literatury a pramenů.

Praha, dne .....

.....  
podpis diplomanta

## Upozornění

Využití a společenské uplatnění výsledků diplomové práce, nebo jakékoliv nakládání s nimi je možné pouze na základě licenční smlouvy, tj. souhlasu autora a AMU v Praze.

## Evidenční list

Uživatel stvrzuje svým podpisem, že tuto práci použil pouze ke studijním účelům a prohlašuje, že jí vždy řádně uvede mezi použitými prameny.

[illegible]

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce je zaměřena na vybrané vzájemně propojené technologické trendy vycházející z oblasti digitální obrazové postprodukce – digitální vizualizaci a virtualizaci. Popisuje různé techniky vizualizace a jejich vývoj a dopodrobna zkoumá estetické, ekonomické a organizační aspekty moderního virtuálního způsobu filmové výroby, který probíhá v kombinaci fyzických a digitálních výrobních procesů.

## **Klíčová slova**

obrazová postprodukce, vizualizace, virtuální produkce, CGI, VFX

## **Abstract**

This bachelor thesis examines selected interconnected technological trends stemming from the domain of digital picture postproduction – digital visualization and virtualization. It describes different techniques of visualization and their development along with thoroughly researching aesthetical, economical and organizational aspects of the modern virtual way of film production, which is achieved by combining physical and digital production processes.

## **Keywords**

picture postproduction, visualization, virtual production, CGI, VFX

## **Poděkování**

Děkuji Michalovi Křečkovi za věnovaný čas, podnětné připomínky a cenné rady při vedení mé práce. Děkuji mé přítelkyni a rodině za jejich neustálou podporu při tvorbě práce i při celém bakalářském studiu.

# Obsah

1. Úvod.....	8
2. Základní principy vizualizace .....	9
3. Digitální vizualizace ve filmu .....	9
3.1. Technický proces výroby CGI .....	12
4. Virtuální produkce .....	14
4.1. Previzualizace .....	14
4.1.1. Storyboard .....	15
4.1.2. Animatik .....	16
4.1.3. Previs .....	17
4.1.4. Techvis .....	18
4.1.5. Postvis .....	19
4.1.6. Pitchvis .....	19
4.2. Motion capture .....	20
4.3. Virtuální LED studio .....	21
4.4. Technické řešení virtuálního LED studia .....	23
4.4.1. Herní engine .....	23
4.4.2. LED panely .....	24
4.4.3. Camera tracking.....	25
4.5. Estetické komponenty virtuálního LED studia.....	26
4.6. Harmonogram výroby ve virtuálním LED studiu .....	28
4.6.1. Přípravy .....	28
4.6.2. Natáčení.....	30
4.6.3. Postprodukce .....	30
4.7. Štábní pozice .....	31
4.8. Přínosy virtuálního LED studia .....	32
4.9. Limitace virtuálního studia .....	33
5. Závěr.....	35
6. Seznam použitých pramenů a literatury .....	36

# 1. Úvod

Technologie výroby filmů se neustále vyvíjí. Tento vývoj je výrazně znát v oblasti digitální obrazové postprodukce, kde úměrně navazuje na vývoj výpočetní techniky. Tato bakalářská práce zkoumá vybrané trendy v rámci technologického vývoje obrazové postprodukce – vizualizaci, která je historicky základním stavebním kamenem výroby počítačových triků, a moderní fenomén virtuální produkce, který metody vizualizace implementuje přímo během natáčení.

Virtuální produkce je neustále se vyvíjející způsob výroby filmů s extenzivním zapojením interaktivních digitálních prvků, který v mnohých aspektech vychází z technik původně vyvinutých pro potřeby digitální obrazové postprodukce. Základním principem této metody je natáčení fyzické akce před LED stěnami, na kterých je umístěno digitálně vytvořené pozadí. Řídící systém neustále zaznamenává přesný pohyb kamery v prostoru a v reálném čase mu přizpůsobuje souběžný pohyb digitálního pozadí pro docílení konstantní perspektivy.<sup>1</sup> Virtuální produkce symbolizuje postupné rozmazávání hranic mezi fyzickými a digitálními metodami výroby audiovizuálních děl a jejich vzájemné propojování napříč celým výrobním procesem.

Cílem práce je popsat konkrétní formy digitální vizualizace a dopodrobna prozkoumat technickou stránku, aktuální možností uplatnění, přínosy a limitace virtuální produkce.

Téma práce jsem zvolil z důvodu mého dlouhodobého zájmu o moderní technologie a jejich vliv na fungování filmového průmyslu. Byť jsem se v rámci práce snažil maximálně čerpat z odborné literatury, často jsem narážel na její nedostatek vzhledem k novotě zkoumané technologie. Práce tak vychází z kombinace odborné literatury, celoplošných manuálů, technických dokumentací, případových studií a přejatých rozhovorů s profesionály v oboru.

---

<sup>1</sup> KAVAKLI, Manolya; CREMONA, Cinzia. The Virtual Production Studio Concept–An Emerging Game Changer in Filmmaking. *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. IEEE, 2022. p. 29-37. DOI: 10.1109/VR51125.2022.00020.



## 2. Základní principy vizualizace

Vizualizace je dlouhodobě jedním ze základních vyjadřovacích mechanismů člověka. První jeskynní malby se dle nejsoučasnejších objevů datují do doby minimálně 41 900 let př. n. l.<sup>2</sup> Snaha o vizuální zachycení reality (příp. o vytvoření vlastní reprodukce reality) prošla v průběhu tisíciletí mnohými změnami, od široké implementace perspektivy v době italské renesance<sup>3</sup> až po vyvinutí počítačové grafiky v průběhu 20. století.<sup>4</sup>

B. H. McCormick et al. definují vizualizaci jako „formaci mentálních vizuálních obrazů“<sup>5</sup>, tedy snahu převést myšlenku do vizuální podoby. V dnešní době se vizualizace využívá do hloubky v široké škále odvětví a jako zdroj jí nemusí sloužit pouze lidská myšlenka, ale jakákoliv informace.<sup>6</sup>

Zatímco s filmovým průmyslem je vizualizace spjatá již od jeho počátku (samotné filmové médium lze brát jako formu vizualizace), digitální vizualizace se stala jeho součástí v druhé polovině 20. století.<sup>7</sup> Tento vzájemný vztah se s růstem výkonu grafických procesorů neustále prohlubuje.

## 3. Digitální vizualizace ve filmu

Digitální vizualizace ve filmu, pro kterou se používá obecně ustálený termín CGI (zkratka z anglického *computer-generated imagery*), spočívá v tvorbě konkrétních částí jednotlivých záběrů (nebo i celých záběrů – tzv. *full CGI*)

---

<sup>2</sup> BRUMM, Adam et al. Oldest cave art found in Sulawesi. *Science advances*. 2021, vol. 7, no. 3. ISSN 2375-2548. DOI: 10.1126/sciadv.abd4648

<sup>3</sup> EDGERTON, Samuel Y. *The mirror, the window, and the telescope: How renaissance linear perspective changed our vision of the universe*. Ithaca, NY: Cornell University Press, 2009. ISBN 9780801474804.

<sup>4</sup> SHIRLEY, Peter, Michael ASHIKHMIN and Steve MARSCHNER. *Fundamentals of computer graphics*. Natick, MA: A K Peters, 2009. ISBN 9781568814698.

<sup>5</sup> MCCORMICK, B. H. et al. Definition of visualization. *Computer graphics*. 1987, vol. 21, no. 6, pp. 3–3. ISSN 0097-8930. DOI: 10.1145/41997.41998. Přeložil Kryštof Burda.

<sup>6</sup> BEDERSON, Benjamin. *The craft of information visualization: Readings and reflections*. Benjamin BEDERSON and Ben SHNEIDERMAN, eds. Oxford, England: Morgan Kaufmann, 2003. ISBN 9781558609150.

<sup>7</sup> ARUNDALE, Scott and Tashi TRIEU. *Modern post: Postproduction workflows and techniques for digital filmmakers*. London, England: CRC Press, 2014. ISBN 9781138801080.

prostřednictvím počítačové grafiky.<sup>8</sup> První implementace CGI v celovečerním filmu se datuje do roku 1973, kdy bylo použito v hollywoodském sci-fi filmu *Westworld* (1973, r. Michael Crichton) pro potřeby záběru z pohledu robota.<sup>9</sup> V průběhu následujících dekád se CGI stalo běžnou součástí vysokorozpočtové kinematografie a po přelomu tisíciletí i televizní a nízkorozpočtové tvorby. Tento vývoj má několik příčin, zcela zásadními faktory pro něj jsou postupné zvyšování výkonu výpočetní techniky a pokles její nákupní ceny v kombinaci s rozšiřováním nabídky specializovaného softwaru a rostoucím počtem lidí s potřebnou expertízou k práci s ním.<sup>10</sup>

Byť je CGI obecně spojováno s hollywoodskými velkofilmy, jeho paralelní průkopníci pochází z oblasti krátkoformátové tvorby – reklam a hudebních klipů. Důvodem pro tento fakt je konvergence popularity těchto formátů (a s tím spojenou výší jejich rozpočtů) s obdobím rozšiřování implementace CGI napříč filmovým průmyslem v posledních dvou dekádách 20. století. Zatímco hudební klipy jako mladé médium zažívaly velkou popularitu díky dedikovaným televizním kanálům (MTV atd.), zadavatelé reklam si v této době plně uvědomili sílu audiovizuálního formátu jako prostředku k inzerci jejich produktů. Tvůrci výše zmíněných formátů tak často získali kreativní svobodu, vysoké finanční prostředky a možnost experimentovat se CGI na ploše krátké stopáže v jednotkách sekund (v případě reklam) a minut (v případě klipů), což vedlo k úměrně většímu prostoru v rozpočtu a výrobním rozvrhu na každý jeden trikový záběr.<sup>11</sup>

S postupným rozšiřováním CGI začali producenti a distributoři vnímat jeho potenciál jako součást marketingu jednotlivých filmů. Tato strategie je notoricky spjatá např. s filmy Jamese Camerona, kde byla poprvé použita u filmu *Propast* (*The Abyss*, 1989, r. James Cameron), obsahujícím třináctiminutovou CGI sekvenci s vodou. Greg Singh píše ve svém textu z roku 2007 „...třináctiminutová sekvence je nejvíce zapamatovatelnou sekvencí z celého filmu, protože publikum

---

<sup>8</sup> ARUNDALE, Scott and Tashi TRIEU. *Modern post: Postproduction workflows and techniques for digital filmmakers*. London, England: CRC Press, 2014. ISBN 9781138801080.

<sup>9</sup> DELLACCIO, Tanya. *Computer animation: Telling stories with digital art*. Lucent Press, 2017. ISBN 9781534560970.

<sup>10</sup> VENKATASAWMY, Rama, et al. The Evolution of VFX-Intensive Filmmaking in 20th Century Hollywood Cinema: An Historical Overview. *TMC Academic Journal*, 2012, 6.2: 17-31.

<sup>11</sup> HAYWARD, Philip, ed. *Culture, technology and creativity in the late twentieth century*. Luton, England: University of Luton Press, 1990. ISBN 9780861962662.

je obeznámeno s jejím počítačem vygenerovaným zrodem: marketing vyzýval k očekávání příchodu této nové technologie a celý film předznamenává a kulminuje v přítomnosti CGI, navzdory tomu, že ona sekvence se nachází v polovině snímku."<sup>12</sup> Tato strategie nebyla ani v době vzniku nijak přehnaně inovativní, naopak byla zcela ve shodě s odvěkou snahou výrobců filmů prezentovat jejich produkt jako přelomový výplod nejmodernějších technologií a nalákat tak diváky.

V posledních dekádách se CGI stalo zcela běžnou součástí filmové a televizní tvorby. Jeho implementace je v současnosti tak samozřejmá a v některých momentech excesivní, že vyvolává otázku, zda se jeho užití nestává kontraproduktivním. Greg Tuck ve své esejí z roku 2008 argumentuje, že nadměrným užitím CGI a následnou tvorbou koncepcí zcela za hranicemi uvěřitelné reality (např. tisícinásobná multiplikace jedné postavy) může být divák vytržen z imerze do filmového média, jelikož si uvědomí, že sleduje digitální vizualizaci.<sup>13</sup> Z Tuckova textu vyplývá nutnost najít rovnováhu v implementaci CGI a nesnažit se o jeho nadměrné používání na úkor ztráty divákovy suspenze nedůvěry.

Gabriel F. Giralt ve své esejí z roku 2017 mapuje provázanost práce kameramana a VFX štábu v moderní kinematografii. Popisuje filmy vznikající v takzvaném hybridním modelu, kdy není možné rozlišit opticky zachycené prvky konečného záběru od počítačově vygenerovaných. Tato vzájemná spolupráce je v současnosti zcela normalizována napříč celým průmyslem, což potvrzuje fakt, že filmy tohoto typu tradičně získávají cenu za nejlepší kameru od Americké filmové akademie. Giralt sleduje postupnou změnu v odpovědnosti za výslednou obrazovou stránku díla – zatímco původně byla přisuzována především kameramanovi, nyní je v určité míře za výsledný obraz odpovědný i VFX supervizor.<sup>14</sup> Režisér jakožto osoba finálně zodpovědná za celkovou uměleckou stránku díla by měl VFX a jejich možnostem rozumět ve vysoké míře pro využití

---

<sup>12</sup> SINGH, Greg. CGI: A future history of assimilation in mainstream science fiction film. *Extrapolation*. 2007, vol. 48, no. 3, p. 543–557. ISSN 0014-5483. DOI: 10.3828/extr.2007.48.3.11. Přeložil Kryštof Burda.

<sup>13</sup> TUCK, Greg. When more is less: CGI, spectacle and the capitalist sublime. *Science fiction film and television*. 2008, vol. 1, no. 2, pp. 249–273. ISSN 1754-3770. DOI: 10.3828/sfvtv.1.2.4

<sup>14</sup> GIRALT, Gabriel F. (2017). The Interchangeability of VFX and Live Action and Its Implications for Realism. *Journal of Film and Video*, 69(1), 3–17. <https://doi.org/10.5406/jfilmvideo.69.1.0003>

jejich plného potenciálu v rámci časových a finančních limitací, které každý konkrétní projekt přináší.<sup>15</sup>

### 3.1. Technický proces výroby CGI

Technický proces výroby CGI se vždy odvíjí od konkrétního záběru a požadavků, které daný záběr přináší. Na jedné straně se nachází výroba CGI objektu (animovaného – postavy, zvířete atd. nebo nehybného), na druhé straně výroba CGI pozadí, případně kombinace obojího.

Výroba CGI objektu, specificky animované CGI postavy, spočívá v sekvenci ustálených postupů, které v jsou v rámci jednoho procesu často prováděny několika různými lidmi s rozdílnou expertízou. Na základě počátečního konceptu (často ve 2D podobě) je vytvořen 3D model, na který je následně nasazena textura. Pro model se vytvoří rigging, který slouží jako vnitřní kostra objektu a určuje limity jeho pohybu. Narigovaný model se následně animuje podle potřeby a jsou dosimulovány všechny prvky, jejichž pohyb animační sekvence objektu ovlivňuje (vlasy, oblečení atd.). Data ze všech výše popsanych kroků jsou spolu s virtuálním nasvícením a umístěním kamery převedena do renderovacího softwaru, který na jejich základě vygeneruje požadovanou akci modelu.<sup>16</sup> Výroba CGI postavy je časově a finančně náročný proces, u kterého se v současnosti hledají možnosti automatizace prostřednictvím nejmodernějších technologií. Jie Lin at al. ve svém textu z roku 2019 popisují experiment, v rámci něhož se snažili urychlit animační proces implementací deep learningu (metoda strojového učení založena na principu výpočetních modelů složených z několika vrstev zpracovávajících různé typy zdrojových dat<sup>17</sup>). Výsledkem bylo zredukování časové náročnosti z týdnů na jednotky minut. Je důležité zmínit, že navržené řešení bylo

---

<sup>15</sup> DINUR, Eran. *The filmmaker's guide to visual effects: The art and techniques of VFX for directors, producers, editors and cinematographers*. London, England: Routledge, 2017. ISBN 9781138701434.

<sup>16</sup> LEGINDI, Marcel. *Optimalizace postupů napojení produkce a postprodukce VFX*. Zlín, 2017. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta multimediálních komunikací.

<sup>17</sup> LECUN, Yann, Yoshua BENGIO and Geoffrey HINTON. Deep learning. *Nature*. 2015, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444. ISSN 0028-0836. DOI: 10.1038/nature14539

aplikovatelné pouze na velmi limitované spektrum finálních animací, jeho potenciál je ovšem za předpokladu dalšího vývoje metod strojového učení nesporný.<sup>18</sup>

Specifickým procesem výroby CGI objektu je davová simulace, která se používá pro potřeby umělého zalidnění scény. Davová simulace je založena na principu behaviorální animace, v rámci níž autonomní subjekty určují své vlastní činnosti v souladu s předdefinovanými záměry a mantinely. Tento proces je velmi náročný na výpočetní techniku, jelikož počítač souběžně dopočítává nejen konkrétní rendery jednotlivých členů davu (tedy jejich vizuální podobu a světelnou reflexi), ale zároveň i sekvenci činností každého jednoho člena a jeho interakci s okolím a ostatními členy davu. Animátoři ve snaze snížit výpočetní náročnost simulace často definují komplexnější atributy a činnosti pouze pro jedince v popředí a zjednodušují vizuální aspekty a akci vzdálenějších subjektů. Za účelem docílení co největší autenticity tvůrci davových simulací nezřídka vycházejí ze sociologických modelů davového chování.<sup>19</sup>

Výroba CGI pozadí se v počátečních aspektech neliší od výroby CGI objektu. I zde se ve většině případů vychází z dvourozměrných konceptů, které jsou následně vymodelovány ve 3D prostoru. Kombinace všech rozdílných prvků pozadí příp. spolu s nasazením subjektu stojícího v prvním plánu (ať už se jedná o fyzicky nasnímanou postavu/objekt nebo CGI ekvivalent) se nazývá compositing. Ron Brinkmann definuje digitální compositing jako digitálně manipulovanou kombinaci alespoň dvou zdrojových obrazů ve snaze vytvořit integrovaný výsledek.<sup>20</sup> Z Brinkmannovy definice lze vyvodit, že proces často obsahuje více než standardní dvě vrstvy (popředí/pozadí) – v rámci jednoho záběru se často kombinuje řada rozdílných vrstev pro pozadí (scéna, obloha, pohyblivé prvky jako přírodní živly, postavy v pozadí atd.) s akcí v popředí.

Vzhledem k náročnosti výroby CGI kompletně digitálním způsobem producenti ve spolupráci s VFX supervizory konstantně hledají řešení, jak jednotlivé procesy

---

<sup>18</sup> LIN, Jie, et al. CG animation creator: auto-rendering of motion stick figure based on conditional adversarial learning. *Chinese Conference on Pattern Recognition and Computer Vision (PRCV)*. Springer, Cham, 2019. p. 341-352. ISBN 9783030317256.

<sup>19</sup> THALMANN, Daniel a Soraia Raupp MUSSE. *Crowd simulation*. 2nd ed. New York: Springer, 2013. ISBN 9781447144496.

<sup>20</sup> BRINKMANN, Ron. *The art and science of digital compositing: Techniques for visual effects, animation and motion graphics*. 2. ed. Oxford, England: Morgan Kaufmann, 2008. ISBN 9780123706386.

urychlit a jejich výrobu zlevnit. Přirozeným řešením je implementace fyzických zdrojových dat do výrobního procesu. U humanoidních CGI postav se používá jako zdrojový vstup technologie motion capture<sup>21</sup>. Pro potřeby výroby pozadí se často natočí reálná lokace, která se následně digitálně upravuje. Záběry obsahující přírodní živly (ohně, voda, kouř) vyžadují nadměrnou rozsáhlost modelování a simulování pro dosažení potřebné autenticity. Velmi často tedy producenti volí pro tvorbu těchto záběrů cestu natočení specifických fyzických podkladů, která probíhá za spolupráce VFX supervizora a SFX týmu, pomyslně propojujíc tyto dvě odvětví. Z natočeného materiálu jsou posléze převzaty konkrétní vizuální a rozměrové prvky, které jsou následně zakomponovány do scény. Nezřídka je potřeba přesto nakonec zvolit cestu tvorby daného prvku zcela počítačově, zachycený materiál však v tomto případě slouží jako cenný referenční nástroj.<sup>22</sup>

## 4. Virtuální produkce

Virtuální produkce je moderní způsob výroby filmů, který využívá techniky vyvinuté pro potřeby postprodukce a implementuje je již ve fázi příprav a samotného natáčení.<sup>23</sup> Virtuální produkce v sobě kloubí řadu aspektů – techniky previzualizace při tvorbě virtuálních prostředí, snímání pohybů postav, objektů a kamery v reálném čase a virtuální LED studio jakožto specificky upravené fyzické dějiště natáčení.

### 4.1. Previzualizace

Previzualizace je jednou z klíčových technik virtuální produkce, která umožňuje kompletní výstavbu jednotlivých digitálních pozadí.<sup>24</sup> Tato kapitola popisuje historický vývoj previzualizace a její jednotlivé způsoby a uplatnění.

---

<sup>21</sup> podrobněji popsána v kapitole 4.2. Motion capture

<sup>22</sup> OKUN, Jeffrey A. et al., eds. *The VES handbook of visual effects the VES handbook of visual effects: Industry standard VFX practices and procedures*. 3. ed. London, England: Routledge, 2020. ISBN 9781138542204.

<sup>23</sup> BENNETT, Joel; CARTER, Chris. Adopting virtual production for animated filmmaking. *Proceedings of the 7th Annual International Conference on Computer Games, Multimedia and Allied Technology*. Global Science and Technology Forum (GSTF), 2014. p. 81-86. DOI: 10.5176/2251-1679\_CGAT14.21

<sup>24</sup> KADNER, Noah. The Virtual Production Field Guide: Volume 1. *Epic Games* [online]. 2019 [cit. 15.7.2022].

Dostupné z: <https://cdn2.unrealengine.com/Unreal+Engine%2Fvpfieldguide%2FVP-Field-Guide-V1.2.02-5d28ccec9909ff626e42c619bcbe8ed2bf83138d.pdf>

### 4.1.1. Storyboard

Storyboarding je tradičním způsobem previzualizace, který je filmovými tvůrci v určité míře používán už od vzniku prvních narativních filmů na přelomu 19. a 20. století. David Bordwell definuje storyboard jako sérii statických skečů jednotlivých záběrů vznikající v přípravách natáčení.<sup>25</sup> Zatímco v prvních dekádách 20. století byly storyboardy užívány spíše sporadicky a pouze v limitovaných podmínkách (např. Georges Méliès je používal k plánování trikových záběrů ve svých filmech<sup>26</sup>), jejich rozšíření do běžné filmařské praxe proběhlo ve 30. letech. Průkopníkem v tomto ohledu je studio Walta Disneyho, které v roce 1937 vytvořilo storyboardy k filmu Sněhurka a sedm trpaslíků (1937, hlavní režisér David Hand) napříč celou jeho plánovanou stopáží.<sup>27</sup> Animační studio je logickým pionýrem této techniky, jelikož je zcela v souladu s jeho způsobem práce (větší počet animátorů pracujících souběžně na stejném projektu) a výsledným produktem (sekvence animovaných kreseb), z čehož vyplývá nutnost unifikovaného vizuálního konceptu.

Klíčovou figurou v implementaci storyboardů do preprodukčních procesů hraných filmů byl producent David O. Selznick, když v přípravách filmu Jih proti Severu (1939, r. Victor Fleming) zadal architektovi Williamovi Cameronovi Menziesovi vytvořit kompletní grafický náčrt celého filmu na základě literárního scénáře.<sup>28</sup> Selznick byl jeden z prvních, kteří si uvědomili produkční potenciál podrobných grafických příprav, které mohou z dlouhodobého hlediska producentům ušetřit velké finanční sumy.<sup>29</sup>

V následujících dekádách se storyboarding stal běžnou praxí napříč celým filmařským průmyslem, která je více či méně užívána dodnes. V drtivé většině případů není storyboardován celý film, nicméně je standardním postupem vytvářet storyboardy pro náročné sekvence (trikové záběry, kaskadérskou akci) za účelem vizuálního vymodelování těchto sekvencí jako podkladu pro spolupráci několika

---

<sup>25</sup> BORDWELL, David; THOMPSON, Kristin. *Umění filmu: Úvod do studia formy a stylu*. Praha: Nakladatelství Akademie múzických umění, 2011. ISBN: 978-80-7331-217-6

<sup>26</sup> GRESS, Jon. *[Digital] Visual Effects and Compositing*. New Riders Publishing, 2014. ISBN 9780133807264.

<sup>27</sup> PRICE, Steven and Chris PALLANT. *Storyboarding: A Critical History*. 1. ed. Basingstoke, England: Palgrave Macmillan, 2018. ISBN 9781137027597.

<sup>28</sup> VERTREES, Alan David. *Selznick's vision: Gone with the wind and Hollywood filmmaking*. Austin, TX: University of Texas Press, 1996. ISBN 9780292787292.

<sup>29</sup> SELZNICK, David O. *A Memo from David O. Selznick*. Viking, 1972. ISBN 9780670467662.

separátních výrobních složek (trikové studio, kaskadérský tým, stavba dekorací atd.). S nástupem digitálních technologií tradiční storyboarding ustoupil do pozadí na úkor digitálních storyboardů a návazných koncepčních technik.<sup>30</sup>

V reklamní sféře je stále standardním postupem používat storyboardy jako součást nabídky od potenciálních výrobců (agentur/produkcí) pro zadavatele. Storyboard v tomto případě slouží jako prostředek pro nastínění vizuálního stylu a základního konceptu.<sup>31</sup>

#### **4.1.2. Animatik**

Animatik je dalším evolučním stádiem storyboardu. Jak již napovídá název této metody, jedná se o animovaný storyboard, kde jednotlivé záběry jsou spojené do kontinuální sekvence, často s přidáním provizorních zvukových efektů.<sup>32</sup> Jejich výhodou oproti storyboardu je možnost poskytnout prostor k posouzení tempa, kontinuity, vzájemné provázanosti jednotlivých záběrů a časového rozmezí dané sekvence ještě před jejím natočením. Animační studia standardně užívají animatiky jako podklady pro střih výsledného snímku.<sup>33</sup>

Stejně jako storyboard i animatik je využíván v reklamní sféře, v tomto případě často jako podklad pro potenciální koncové zákazníky v testovací fázi reklamních kampaní (výsledným výstupem je prodejní potenciál dané kampaně). Jedná se o ekonomicko-produkční řešení, jelikož výroba animatiku je mnohonásobně levnější oproti výrobě konečné reklamy, čímž se snižuje finanční risk v případě neúspěchu kampaně během testování.<sup>34</sup>

---

<sup>30</sup> PRICE, Steven and Chris PALLANT. *Storyboarding: A Critical History*. 1. ed. Basingstoke, England: Palgrave Macmillan, 2018. ISBN 9781137027597.

<sup>31</sup> ESCALAS, Jennifer Edson and Mary Frances LUCE. Understanding the effects of process-focused versus outcome-focused thought in response to advertising. *The journal of consumer research*. 2004, vol. 31, no. 2, p. 274–285. ISSN 0093-5301. DOI: 10.1086/422107

<sup>32</sup> BORDWELL, David; THOMPSON, Kristin. *Umění filmu: Úvod do studia formy a stylu*. Praha: Nakladatelství Akademie múzických umění, 2011. ISBN: 978-80-7331-217-6

<sup>33</sup> PRICE, Steven and Chris PALLANT. *Storyboarding: A Critical History*. 1. ed. Basingstoke, England: Palgrave Macmillan, 2018. ISBN 9781137027597.

<sup>34</sup> REYNOLDS, Thomas J.; GENGLER, Charles E. A strategic framework for assessing advertising: The animatic vs. finished issue. *Journal of Advertising Research*, 1991, 31.5: 61-71.



### 4.1.3. Previs

Zatímco storyboard je dvojrozměrným grafickým návrhem konečného záběru a animatik sekvencí těchto návrhů, previs (tj, *previz*, zkráceno z anglického *previsualization*) rozšiřuje tuto techniku převedením celé sekvence do trojrozměrné podoby.<sup>35</sup>

K vytvoření previsu je použit specializovaný animační software. Výroba previsu spadá buď do gesce dedikovaného oddělení v rámci štábu projektu nebo je outsourcována externímu dodavateli (zpravidla postprodukčnímu studiu nebo studiu specificky změřenému na tuto problematiku). Implementace previsu může v rámci příprav natáčení vést k nemalým benefitům – ilustruje technické aspekty scény, požadavky na výpravu, stavbu, světla atd. Zároveň poskytuje režisérům a kameramanům možnost experimentovat v simulovaných podmínkách ještě ve fázi příprav a zamezuje tak nutnost nadměrných investic, které bývají výsledkem experimentování v průběhu natáčení. Slouží jako podklad pro postprodukční studia, která mohou již po jeho schválení s předstihem začít pracovat na vizuálních efektech ještě před první klapkou. Previs je zároveň osvědčeným komunikačním nástrojem, jelikož může sloužit jako vizuálně-technický manuál, ze kterého mohou všechny složky štábu vycházet při přípravách jednotlivých záběrů.<sup>36</sup>

Základy previsu spočívají v digitální 3D animaci, technologický vývoj nicméně přinesl rozšířenou řadu potenciálních zdrojových dat. V současnosti se pro potřeby výroby kvalitního previsu běžně praktikuje skenování lokace a zachycení pohybu herců pomocí techniky motion capture. Tato zdrojová data jsou následně digitálně rekonstruována za účelem autentičtějšího výstupu, jehož výroba zároveň není tak časově a finančně náročná, jako v případě, kdy by animátoři museli vše vytvářet softwarově.<sup>37</sup> Stejně jako subjekty před kamerou je v současnosti možné digitálně zachytit i pohyby samotné kamery a umístit ji tak do virtuálního prostoru. Štáb si díky této technice může previs fyzicky projít,

---

<sup>35</sup> SPOHR, Susan J. et al. *The guide to managing postproduction for film, TV, and digital distribution the guide to managing postproduction for film, TV, and digital distribution: Managing the process*. 3. ed. London, England: Routledge, 2019. ISBN 9781138482814.

<sup>36</sup> OKUN, Jeffrey A. et al., eds. *The VES handbook of visual effects the VES handbook of visual effects: Industry standard VFX practices and procedures*. 3. ed. London, England: Routledge, 2020. ISBN 9781138542204.

<sup>37</sup> Tamtéž.

vyzkoušet různé kamerové úhly a předem určit výsledný pohyb kamery a požadavky, které z něj vyplývají.<sup>38</sup>

V případech natáčení záběrů s trikovým pozadím nebo kombinace reálných herců a CG postavy v jednom záběru tvůrci nezřídka volí hybridní formu označovanou jako on-set previs, která spočívá v kombinaci nasazení počítačové grafiky na natáčený materiál v reálném čase. Díky této metodě tvůrci získávají lepší představu o konečné podobě daného záběru již v průběhu natáčení, což jim umožňuje lépe pracovat s herci, světlem a dalšími složkami. Zároveň tato okamžitá zpětná vazba dává štábu prostor odhalit případné nedostatky a zamezit jim v jejich rané fázi. Tato technika je postavená na stejné technologii, která umožňuje používání virtuální kamery.<sup>39</sup>

V posledních letech je v oblasti previsu kladen důraz na implementaci technologií VR (virtuální reality) a AR (rozšířené reality). Rainer Malaka et al. ve svém textu z roku 2021 popisují nadměrnou složitost současného previzualizačního softwaru a navrhuje alternativní řešení postavené primárně na interaktivním uživatelském rozhraní. Výsledek jejich výzkumu nasvědčuje potenciál této metody v jednodušší adopci jejím uživatelem (teoreticky by tak mohli previs v reálném čase navrhovat a upravovat např. samotní režiséři či kameramani bez nutnosti hlubší expertízy, kterou práce v současném softwaru vyžaduje), byť za určitých limitací (např. neschopnosti některých jedinců pracovat ve VR v dlouhých časových úsecích z důvodu nevolnosti).<sup>40</sup>

#### 4.1.4. Techvis

Techvis je specifická forma previsu, do které jsou zakomponované klíčové fyzické aspekty daného obrazu – objektiv, světlo, design a rozložení scény atd.<sup>41</sup>

---

<sup>38</sup> GALVANE, Quentin, et al. VR as a content creation tool for movie previzualisation. 2019 *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. IEEE, 2019. p. 303-311. ISBN 9781728113777

<sup>39</sup> BRIAND, G. et al. *On-set previzualization for VFX film production*. Institution of Engineering and Technology, 2014. ISBN 9781849199278.

<sup>40</sup> MALAKA, Rainer et al. Using natural user interfaces for previzualization. *EAI endorsed transactions on creative technologies*. 2021, vol. 8, no. 26, p. 169030. ISSN 2409-9708. DOI: 10.4108/eai.16-3-2021.169030

<sup>41</sup> OKUN, Jeffrey A. et al., eds. *The VES handbook of visual effects the VES handbook of visual effects: Industry standard VFX practices and procedures*. 3. ed. London, England: Routledge, 2020. ISBN 9781138542204.

Techvis slouží jako nástroj k určení fyzických a technických požadavků natočení daného obrazu s cílem vyloučit nutnost rozsáhlejších fyzických testů na place a eliminovat případné výdaje za nevyužitou speciální techniku.<sup>42</sup>

#### **4.1.5. Postvis**

Jak název této metody (zkratka z postvizualizace) nasvědčuje, postvis kombinuje prvky previsu s již natočeným materiálem a dále tak posouvá daný záběr k jeho konečné podobě. Zatímco previs ve své podstatě umožňuje volnost a prostor k experimentování, postvis je již limitován kamerovým úhlem, světlem a dalšími fyzickými aspekty konkrétních záběrů. Jeho role je tedy primárně technicky-referenční – slouží k revizi natočeného materiálu a jeho kombinovatelnosti s digitálním protějškem, zároveň se nasazuje do střížny pro lepší představu o konečném výsledku. Své uplatnění nachází při referenčních a testovacích projekcích, kde publiku (ať už se jedná o kreativní štáb nebo testovací publikum) poskytuje konkrétní představu o vzhledu finálního záběru.<sup>43</sup> Z produkčního hlediska se jedná o důležitou položku – střížený materiál je díky ní pro štáb hmatatelnější, producent však zároveň nezadává drahou a časově náročnou kompletní výrobu trikových záběrů s rizikem, že mohou být posléze vystřiženy.

#### **4.1.6. Pitchvis**

V běžném prostředí slouží previs jako součást příprav projektu, v určitých případech však zároveň zastává roli prodejního argumentu. Pitchvis je specifickou subkategorií previzualizace, kterou producenti používají jako nástroj v rámci prezentace projektu potenciálním investorům, partnerům, distributorům atd. ve snaze získat pro daný projekt financování nebo spolupráci. Záběry, které jsou

---

<sup>42</sup> KADNER, Noah. The Virtual Production Field Guide: Volume 1. *Epic Games* [online]. 2019 [cit. 22.7.2022].

Dostupné z: <https://cdn2.unrealengine.com/Unreal+Engine%2Fvpfieldguide%2FVP-Field-Guide-V1.2.02-5d28ccec9909ff626e42c619bcbe8ed2bf83138d.pdf>

<sup>43</sup> OKUN, Jeffrey A. et al., eds. *The VES handbook of visual effects the VES handbook of visual effects: Industry standard VFX practices and procedures*. 3. ed. London, England: Routledge, 2020. ISBN 9781138542204.

v pitchvisu obsažené, tak často nekončí ve výsledném produktu a jejich účelem je pouze ilustrovat specifika a celkovou atmosféru projektu.<sup>44</sup>

## 4.2. Motion capture

Technologie s ustáleným anglickým názvem *motion capture* (zkráceně *mocap*) spočívá v zachycení pohybu herců za pomoci elektronických nebo optických referenčních bodů. Natočená pohybová sekvence (případně včetně jemné motoriky) je prostřednictvím specializovaného softwaru nasazena na požadovaný model. Tento proces omezuje nutnost náročnější animace, čímž v některých případech ušetří i týdny práce a ekvivalentní finanční sumy. Obrovská výhoda této techniky spočívá v angažování živých herců, se kterými mohou režisér a jejich herečtí kolegové interagovat v reálném čase. Odezva na případnou zpětnou vazbu je tak okamžitá. Naopak nevýhoda metody motion capture je ta, že je na ni navázána poměrně náročná příprava a jejího plného potenciálu lze dosáhnout jen v profesionálním studiu se zkušeným štábem a drahou specializovanou technikou.<sup>45</sup>

V posledních letech se na trhu objevují firmy nabízející motion capture technologie s limitovanějšími možnostmi a nižší cenou oproti profesionálním řešením s cílem tento výrobní proces demokratizovat. Dánská firma Rokoko primárně cílí na amatéry a nezávislé filmaře/herní vývojáře nabízí hardwarové nástroje a přidružený software umožňující zachytit a digitalizovat lidský pohyb.<sup>46</sup> Juha-Matti Torkkel ve své studii z roku 2022 na jedné straně vyzdvihuje nízkou nákupní cenu této sestavy, nicméně popisuje mnohé problémy spojené s jejím užíváním (nepřesnost zachycených pohybů, nadměrné limitace v možnostech pohybu, nedostatečná úroveň přidruženého softwaru), které mají negativní vliv na její dlouhodobější užívání. Výsledek studie naznačuje, že zmiňované nedostatky

---

<sup>44</sup> OKUN, Jeffrey A. et al., eds. *The VES handbook of visual effects the VES handbook of visual effects: Industry standard VFX practices and procedures*. 3. ed. London, England: Routledge, 2020. ISBN 9781138542204.

<sup>45</sup> ZHAO, Yan. Research on virtual human animation based on motion capture data. *2020 International Conference on Data Processing Techniques and Applications for Cyber-Physical Systems*. Singapore: Springer Singapore, 2021, p. 1217–1222. ISBN 9789811617256.

<sup>46</sup> MIHCIN, Senay, et al. Investigation of wearable motion capture system towards biomechanical modelling. *2019 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*. IEEE, 2019. ISBN 9781538684283.

zde mnohonásobně převyšují potenciální benefity.<sup>47</sup> Studie a její výsledek vedou k otázce, zda je pro takové produkty na trhu v současnosti místo, když drtivá většina uživatelů této technologie jsou profesionální produkce, pro které v současnosti není vhodná. I přes zmiňované problémy se zde nicméně ukazuje potenciál daného produktu v případě jejich vyřešení. Alternativně se nabízí adopce v jiných průmyslových odvětvích mimo audiovizuální sektor, kde nejsou tak vysoké požadavky na momentálně nedostačující aspekty.

V rámci virtuální produkce se technologie motion capture oproti výše popsanému zachycení herecké akce uplatňuje především inverzním způsobem – zachycení pohybu kamery v prostoru. Technologie umožňující vytvoření digitálních ekvivalentů herců a synchronizace jejich pohybů v digitálním prostoru s fyzickým protějškem obdobně poskytují možnost vytvoření a synchronizaci digitální kamery.<sup>48</sup> Toto technické řešení je podrobněji popsáno v kapitole 4.4.3. Camera tracking.

### 4.3. Virtuální LED studio

Virtuální LED studio je fyzickým dějištěm virtuální filmové produkce. Konečným cílem tohoto technického řešení je natočit scénu s implementací digitálního pozadí kompletně na místě bez nutnosti výrazných zásahů v postprodukčním procesu. Základy moderních LED studií jsou postaveny na technikách projekce na pozadí používaných ve filmovém průmyslu po více než 100 let, které jsou kombinovány s tvorbou daných pozadí prostřednictvím moderních digitálních modelovacích technologií.<sup>49</sup>

Projekce na pozadí má své základy v Hollywoodu na počátku zvukové éry. Limitace tehdejší zvukové techniky neumožňovala natáčení na lokaci a proces výroby byl tak plně přesunut do zvukotěsných studií. Ve snaze o zachování estetiky

---

<sup>47</sup> TORKKEL, Juha-Matti. *Suitability of Rokoko Motion Capture Products for Content Creation in Simulation Training*. Hämeenlinna, Finland, 2022. Master's Thesis. Häme University of Applied Sciences.

<sup>48</sup> JOBIN, Rachel E. *The catalysts, standards, and diffusions of virtual production technologies and workflows: perspectives from key stakeholders*. Waco, Texas, 2022. PhD Thesis. Graduate Faculty of Baylor University, Department of Film and Digital media.

<sup>49</sup> KADNER, Noah. *The Virtual Production Field Guide: Volume 1. Epic Games* [online]. 2019 [cit. 27.7.2022].

Dostupné z: <https://cdn2.unrealengine.com/Unreal+Engine%2Fvpfieldguide%2FVP-Field-Guide-V1.2.02-5d28ccec9909ff626e42c619bcbe8ed2bf83138d.pdf>

venkovních lokací byla vyvinuta metoda projekce na pozadí spočívající v promítání předtočeného materiálu na plátno za subjekty v popředí. Filmaři tuto techniku posléze využívali především jako pozadí jedoucího subjektu (tradičně např. jízdy v autě, kde by během natáčení na lokaci nešlo zachytit detaily na herce) nebo v žánrových akčních filmech při detailních záběrech na herce střihově zkombinovaných s kaskadérskou akcí na lokaci.<sup>50</sup>

Prekurzorem k současným LED studiím je digitální projekce animovaných 3D pozadí na stěnu nacházející se za subjekty v popředí. Limitací tohoto technického řešení je nemožnost změny perspektivy v návaznosti na pohyb kamery, jeho implementace tak umožňuje použití pouze ve specifických podmínkách, např. v případě statické kamery, vzdáleného pozadí od subjektu s neurčitými proporcemi (např. obloha) nebo pozadí jedoucího objektu (např. jízda ve vlaku). Ve své podstatě je tak digitální projekce pouze variantou standardní filmařské techniky obohacenou o digitální tvorbu pozadí oproti tradiční projekci předtočeného materiálu.<sup>51</sup>

Moderní LED studia (v současnosti anglicky nazývány *LED volume*<sup>52</sup>) v sobě kombinují několik praktik virtuální produkce, které byly vyvíjeny nezávisle na sobě – digitální vizualizaci, projekci před-vyrobených pozadí během natáčení a sledování polohy kamery v reálném čase. Kombinace výše zmíněného umožňuje absolutní manipulovatelnost s pozadím scény a docílení optimální perspektivy.<sup>53</sup> Současné technické řešení virtuálních LED studií je výsledkem spolupráce několika subjektů působících napříč filmovým a herním průmyslem – jmenovitě výrobce herního enginu Unreal Engine Epic Games, postprodukčního studia ILM, výrobce kamerové techniky ARRI a dalších.<sup>54</sup>

---

<sup>50</sup> MULVEY, Laura. Rear-projection and the paradoxes of Hollywood realism. *Theorizing World Cinema*. I.B.Tauris, 2012. ISBN 9781848854932.

<sup>51</sup> KADNER, Noah. The Virtual Production Field Guide: Volume 1. *Epic Games* [online]. 2019 [cit. 27.7.2022]. Dostupné z: <https://cdn2.unrealengine.com/Unreal+Engine%2Fvpfieldguide%2FVP-Field-Guide-V1.2.02-5d28ccec9909ff626e42c619bcbe8ed2bf83138d.pdf>

<sup>52</sup> Tamtéž [cit. 27.7.2022].

<sup>53</sup> KAVAKLI, Manolya; CREMONA, Cinzia. The Virtual Production Studio Concept–An Emerging Game Changer in Filmmaking. *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. IEEE, 2022. p. 29-37. DOI: 10.1109/VR51125.2022.00020.

<sup>54</sup> Tamtéž.

## 4.4. Technické řešení virtuálního LED studia

### 4.4.1. Herní engine

Pro plnohodnotné porozumění technického řešení virtuálního studia je zapotřebí nejprve porozumět softwaru, na jehož principu je postaveno. Jason Gregory definuje herní engine jako sadu modifikovatelných softwarových nástrojů sloužící k vývoji digitálních her.<sup>55</sup> Na trhu v současnosti existuje široká škála herních enginů – některé vyvíjené specifickými herními studii jako technická složka čistě pro jejich vlastní produkci, jiné dostupné jako B2B<sup>56</sup> řešení za licenční poplatek nebo volně. Druhý popsany typ představuje benefit pro menší/nezávislé herní vývojáře, kteří díky jeho implementaci nemusí investovat nadměrný čas a finance do vývoje specializovaného softwaru.<sup>57</sup> Jelikož výroba konkrétní digitální hry s sebou často přináší specifické požadavky, herní enginey poskytují vysokou míru modifikace a nadstavby prostřednictvím instalace tzv. pluginů (softwaru přidávajícího funkce zdrojovému programu bez nutnosti úprav samotného zdrojového programu<sup>58</sup>).<sup>59</sup>

Specifickou vlastností herního enginu oproti jiným výrobním nástrojům v audiovizuálním průmyslu je jeho duální využití jak ve výrobě, tak v následné konzumaci daného produktu. Zatímco herní vývojáři používají enginey jako softwarové platformy pro výrobu a vývoj her, koncoví uživatelé (zákazníci) nepřímo používají specifickou konfiguraci stejného softwaru během hraní her na svých zařízeních.<sup>60</sup>

V posledních letech se stávají patrnými benefity herních enginů za hranicemi původního záměru jejich vývoje. Postupná vlna digitalizace socio-ekonomických vztahů (doprovázena snahou velkých technologických společností o maximální

---

<sup>55</sup> GREGORY, Jason. *Game engine architecture, third edition*. 3. ed. London, England: CRC Press, 2018. ISBN 9781138035454.

<sup>56</sup> Business-to-business.

<sup>57</sup> ŠMÍD, Antonín. *Srovnání Unity a Unreal Engingu*. Praha, 2017. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, katedra počítačové grafiky a interakce.

<sup>58</sup> STERNE, Jonathan. plug-in. *Encyclopedia Britannica* [online]. 03.10.2019 [cit. 18.07.2022]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/plugin-in>

<sup>59</sup> Plugins. *Unrealengine.com* [online] [cit 14.07.2022]. Dostupné z: <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/ProductionPipelines/Plugins/>

<sup>60</sup> MESSAOUDI, Farouk, Gwendal SIMON and Adlen KSENTINI. *Dissecting games engines: The case of Unity3D*. IEEE, 2015. ISBN 9781509000685.

propojení fyzické a digitální sféry v podobě rozšířené reality, virtuální reality atd.) našla v herních enginech stěžejní technický základ díky jejich klíčové vlastnosti generovat interaktivní digitální obsah v reálném čase. Je předpoklad, že s pokračujícím vývojem v této oblasti se herní enginey stanou klíčovou technologickou platformou pro socio-ekonomické mezilidské interakce.<sup>61</sup>

#### 4.4.2. LED panely

Současná LED studia fungují na principu kombinace individuálních LED panelů do mřížového schématu, které je napojeno vysokorychlostním ethernetovým kabelem na řídicí jednotku. Řídicí jednotka koordinuje konečný výstup na jednotlivých panelech a zajišťuje jejich vzájemnou provázanost. Celková struktura vytváří unifikovanou LED stěnu – v základu se jedná o obdobné technologické řešení jako u standardních LED stěn (např. na pódiiích atd.).<sup>62</sup> Zvolená technologie představuje benefit ve své modularitě a možnosti změny měřítka podle potřeby – LED stěny mohou být postaveny vždy na míru potřebám konkrétního projektu.<sup>63</sup>

Během jejich relativně krátkého užívání filmovým průmyslem již bylo identifikováno několik základních praktik implementace LED stěn s cílem dosažení maximální uvěřitelnosti a technické spolehlivosti. Doporučuje se užívání panelů s nejvyšší možnou bitovou hloubkou (úroveň bitové hloubky udává počet odstínů v rámci jednoho barevného kanálu a s jejím růstem se tak exponenciálně zvyšuje počet potenciálních barevných kombinací) pro dosažení barevné věrnosti.<sup>64</sup> Častým problémem je objevující se moaré efekt (moaré efekt vzniká interferencí mezi pravidelným obrazcem pole buněk snímáče kamery a pravidelným obrazcem na snímaném objektu – v tomto případě LED stěně), jehož zamezení lze dosáhnout

---

<sup>61</sup> JUNGHER, Andreas and Damien B. SCHLARB. The extended reach of game engine companies: How companies like Epic Games and Unity Technologies provide platforms for extended reality applications and the metaverse. *Social media + society*. 2022, vol. 8, no. 2. ISSN 2056-3051. DOI: 10.1177/20563051221107641

<sup>62</sup> Ripple Effect White Paper. *Entertainment Technology Center* [online]. 2021 [cit. 12.07. 2022]. Dostupné z: <https://www.etccenter.org/wp-content/uploads/2021/03/Ripple-Effect-White-Paper-ETCUSC-March-2021.pdf>

<sup>63</sup> MCGOWAN, Chris. LED walls and stages on the rise in the U.S. And Europe. *VFX Voice Magazine* [online]. 6. 10. 2021 [cit. 09.07.2022]. Dostupné z: <https://www.vfxvoice.com/led-walls-and-stages-on-the-rise-in-the-u-s-and-europe/>

<sup>64</sup> KADNER, Noah. Color Fidelity in LED Volumes. *American Cinematographer* [online]. 20. 12. 2021 [cit. 09.07. 2022]. Dostupné z: <https://ascmag.com/articles/color-fidelity-in-led-volumes>



používáním LED stěn se zakulaceným půdorysem (aby kamera vždy mířila na pozadí v pravém úhlu) v kombinaci s nižší hloubkou ostrosti (ideálním postupem je používat LED stěnu vždy pouze jako pozadí a nikdy přímo jako hlavní subjekt).<sup>65</sup>

Vybraní klienti vydávají technické specifikace, které dodavatelé LED stěn musí dodržet pro dosažení maximální kvality. Netflix ve své specifikaci mimo výše zmíněné uvádí doporučené a limitní požadavky např. pro hustotu pixelů, kontrast, jas, světlenou reflektivitu nebo i samotný proces výroby instalovaných LED panelů.<sup>66</sup>

#### 4.4.3. Camera tracking

Technologie sledování pozice kamery v reálném čase (anglicky *camera tracking*) v podmínkách virtuálního LED studia vychází z kombinace technologie motion capture a technologie sledování pozice VR headsetů.<sup>67</sup> Sledování kamery se dá dosáhnout dvěma způsoby. První způsob spočívá v umístění senzoru, který sleduje signály z vysílačů v místnosti a porovnává svou pozici vůči vzájemné vzdálenosti, na kameru (tento způsob je známý pod anglickým názvem *inside out*). Druhý způsob funguje opačně – senzory rozmístěné v místnosti vyhledávají a sledují referenční signál z vysílače na kameře (způsob známý pod anglickým názvem *outside in*). Oba způsoby mají své výhody i nevýhody – první popsany poskytuje větší volnost pohybu, zatímco druhý popsany poskytuje vyšší přesnost.<sup>68</sup> Filmaři v současnosti preferují způsob *inside out*, jelikož jim umožňuje větší flexibilitu pohybu na place a zkracuje dráhu přenosu dat (systém na kameře komunikuje napřímo s řídící jednotkou).<sup>69</sup>

---

<sup>65</sup> Ripple Effect White Paper. *Entertainment Technology Center* [online]. 2021 [cit. 10.07. 2022]. Dostupné z: <https://www.etccenter.org/wp-content/uploads/2021/03/Ripple-Effect-White-Paper-ETCUSC-March-2021.pdf>

<sup>66</sup> Netflix 2D LED In-Camera VFX Field Guide. *Netflix* [online]. 2022 [cit. 27.7.2022]. Dostupné z: <https://partnerhelp.netflixstudios.com/hc/en-us/sections/360012573633-2D-LED-In-Camera-VFX-Field-Guide>

<sup>67</sup> KAVAKLI, Manolya; CREMONA, Cinzia. The Virtual Production Studio Concept—An Emerging Game Changer in Filmmaking. *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. IEEE, 2022. p. 29-37. DOI: 10.1109/VR51125.2022.00020.

<sup>68</sup> KEIL, Julian et al. Creating immersive virtual environments based on Open geospatial data and game engines. *KN - Journal of Cartography and Geographic Information*. 2021, vol. 71, no. 1, p. 53–65. ISSN 2524-4957. DOI: 10.1007/s42489-020-00069-6

<sup>69</sup> KAVAKLI, Manolya; CREMONA, Cinzia. The Virtual Production Studio Concept—An Emerging Game Changer in Filmmaking. *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. IEEE, 2022. p. 29-37. DOI: 10.1109/VR51125.2022.00020.

Přidružený software zpracovává data o pozici fyzické kamery a zrcadlí její pohyb do virtuální kamery. Získaná data slouží jako reference pro pohyb virtuálního prostoru na LED stěně s cílem zachování konzistentní perspektivy.<sup>70</sup> Pro oblast LED stěny v záběru kamery, která je zpravidla generována detailněji než její okolí, se ustálil anglický termín *frustum*.<sup>71</sup> Existují případy, kdy z různých důvodů nelze zachytit vymodelované pozadí přímo na stěně. Štáb v tomto případě volí alternativní variantu zobrazení zeleného pozadí bezprostředně za subjektem, data o poloze kamery a zobrazení vymodelovaného pozadí v okolí subjektu však následně značně zlehčují postprodukční proces oproti tradičnímu způsobu natáčení před zeleným plátnem.<sup>72</sup>

#### 4.5. Estetické komponenty virtuálního LED studia

Základním estetickým cílem při práci s LED pozadím je dosažení věrnosti, které je docíleno úspěšnou kombinací fyzické scény s tou digitálně vymodelovanou.<sup>73</sup> Úspěch této snahy je ovlivněn několika faktory – primárně výpravou, zasvícením scény a barevnou shodou pozadí s popředím.

V přípravách projektu musí oddělení výpravy a stavby spolupracovat s tvůrci digitálních pozadí, aby docílili uceleného a vzájemně provázaného vizuálu. Právě provázanost je silným nástrojem k docílení věrnosti, čemuž často napomáhá umísťování fyzických rekvizit do popředí a jejich digitálních ekvivalentů do pozadí.<sup>74</sup> Jsou identifikovány prvky, se kterými se v tomto schématu pracuje lépe než s jinými. V současnosti je jistější volit pevné nehybné objekty s jasně definovaným tvarem (např. kameny) oproti jemnějším objektům, které jsou náchylné k samovolnému pohybu – ten musí totiž být digitálně animován a nasimulován a zároveň synchronizován s pohybem fyzického ekvivalentu na scéně

---

<sup>70</sup> KAVAKLI, Manolya; CREMONA, Cinzia. The Virtual Production Studio Concept—An Emerging Game Changer in Filmmaking. *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. IEEE, 2022. p. 29-37. DOI: 10.1109/VR51125.2022.00020.

<sup>71</sup> KADNER, Noah. The Virtual Production Field Guide: Volume 2. *Epic Games* [online]. 2021 [cit. 24.7.2022]. Dostupné z: <https://cdn2.unrealengine.com/Virtual+Production+Field+Guide+Volume+2+v1.0-5b06b62cbc5f.pdf>

<sup>72</sup> Tamtéž [cit. 24.7.2022].

<sup>73</sup> Ripple Effect White Paper. *Entertainment Technology Center* [online]. 2021 [cit. 20.07.2022]. Dostupné z: <https://www.etccenter.org/wp-content/uploads/2021/03/Ripple-Effect-White-Paper-ETCUSC-March-2021.pdf>

<sup>74</sup> Tamtéž [cit. 20.7.2022].

pro dosažení věrnosti a vzájemné provázanosti. Například u listů nebo trávy, které se samovolně pohybují vlivem pohybu herců na scéně, je tak nutné tento efekt uměle vyvolat i v digitálním pozadí.<sup>75</sup>

Virtuální LED studio poskytuje několik možností práce se světlem. Počítačově vymodelované pozadí ve své podstatě představuje výrazný benefit oproti tradičnímu zelenému plátnu ve věrnějším odrazu světla na fyzické subjekty na scéně.<sup>76</sup> Ukázkovým příkladem tohoto benefitu je seriál z produkce studia Disney *Mandalorian*, jehož hlavní hrdina po většinu stopáže nosí helmu z vysoce reflexního materiálu, u které hrozí neustálé zachytávání odrazů zeleného plátna. Implementací virtuálního LED studia se tvůrci vyhnuli tomuto riziku a dosáhli věrných reflexí konkrétních vymodelovaných pozadí bez nutnosti výraznějších úprav v postprodukci.<sup>77</sup> Vzhledem k faktu, že LED panely jsou samy o sobě účinnými zdroji světla, nabízí se možnost zakomponovat je do zasvěcovacího schématu fyzické scény. Přidružený software obsahuje nástroje, které umožní zvýšit jas vybrané skupiny panelů nebo umístit virtuální světlo do prostoru, který není v záběru kamery.<sup>78</sup> Technologie je stále ve fázích prvotní adopce a kombinace fyzického a digitálního zasvěcení vyžaduje maximální komunikaci kameramana, vrchního osvětlovače a operátorů virtuálního pozadí. Toto řešení zároveň v současnosti nefunguje okamžitě, obsah digitálního pozadí se na něj musí předem připravit, aby reagoval na světlo korektně.<sup>79</sup>

---

<sup>75</sup> Ripple Effect White Paper. *Entertainment Technology Center* [online]. 2021 [cit. 16.07. 2022]. Dostupné z: <https://www.etccenter.org/wp-content/uploads/2021/03/Ripple-Effect-White-Paper-ETCUSC-March-2021.pdf>

<sup>76</sup> KAVAKLI, Manolya; CREMONA, Cinzia. The Virtual Production Studio Concept–An Emerging Game Changer in Filmmaking. *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. IEEE, 2022. p. 29-37. DOI: 10.1109/VR51125.2022.00020.

<sup>77</sup> KADNER, Noah. The Virtual Production Field Guide: Volume 2. *Epic Games* [online]. 2021 [cit. 24.7.2022]. Dostupné z: <https://cdn2.unrealengine.com/Virtual+Production+Field+Guide+Volume+2+v1.0-5b06b62cbc5f.pdf>

<sup>78</sup> SEYMOUR, M. Art of (LED Wall) Virtual Production Sets, Part Two: 'How you make one.' *fxguide* [online]. 9. 3. 2020 [cit. 03.08.2022]. Dostupné z: <https://www.fxguide.com/featured/art-of-led-wall-virtual-production-sets-part-two-how-you-make-one/>

<sup>79</sup> Ripple Effect White Paper. *Entertainment Technology Center* [online]. 2021 [cit. 16.07. 2022]. Dostupné z: <https://www.etccenter.org/wp-content/uploads/2021/03/Ripple-Effect-White-Paper-ETCUSC-March-2021.pdf>

## 4.6. Harmonogram výroby ve virtuálním LED studiu

### 4.6.1. Přípravy

Natáčení ve virtuálním LED studiu vyžaduje rozsáhlé přípravy a plánování a od standardního způsobu natáčení se v mnohých faktorech liší. Fundamentálními úpravami pro hladký průběh příprav jsou zvýšení rozpočtu na preprodukcí (toto je možno řešit alokací části rozpočtu na postprodukcí, jelikož některé úkony budou prováděny již v přípravách) a prodloužení období příprav oproti běžnému rozvrhu. Důvodem těchto změn je časová a finanční náročnost příprav tohoto typu natáčení, ve kterých jsou nově obsaženy procesy spojené s výrobou a implementací digitálních pozadí. Vzhledem ke specifikám technologie je nutné podrobně analyzovat každý obraz v natáčecím plánu a zhodnotit, zda je jeho natočení tímto způsobem skutečně nejlepším možným řešením (z uměleckého, logistického i finančního hlediska).<sup>80</sup>

Výroba digitálních pozadí je rozsáhlý proces, na kterém se do určité míry musí podílet většina kreativních složek výrobního štábu. Vedoucí pozicí v tomto procesu je architekt, který zodpovídá za navržení fyzické scény a jejího digitálního ekvivalentu. Fyzická scéna musí být navržena takovým způsobem, aby se s ní v průběhu natáčení dalo co nejrychleji a nejefektivněji manipulovat pro potřeby změny virtuální lokace. Digitální objekty v pozadí jsou vyrobeny buď kompletně počítačově nebo naskenováním fyzických objektů a následným převedením do digitální podoby (příp. hybridně navržení tvaru objektu v počítači a nanesením nafocených textur). Herní enginey poskytují tvůrcům řadu nástrojů k výrobě digitálních pozadí dle požadavků kreativního štábu. Software umožňuje vyrobit digitální prostor dle návrhu architekta s maximální rozměrovou přesností, zakomponování jednotlivých digitálních objektů a nasimulování konkrétní světelné a stínové konfigurace dle požadavků kameramana a vrchního osvětlovače. Při výrobě digitálních pozadí musí být brány v potaz konkrétní rozměry fyzické scény za účelem dosažení vzájemné prostorové shody.<sup>81</sup>

---

<sup>80</sup> Ripple Effect White Paper. *Entertainment Technology Center* [online]. 2021 [cit. 29.07. 2022]. Dostupné z: <https://www.etccenter.org/wp-content/uploads/2021/03/RippleEffect-White-Paper-ETCUSC-March-2021.pdf>

<sup>81</sup> Tamtéž [cit. 30.07. 2022].

Vzhledem ke světelným možnostem LED panelů se výrobní štáby snaží o jejich maximální využití při zasvícení scény. Tento proces vyžaduje koordinaci mezi fyzickou a digitální složkou – zasvícení digitálních objektů musí být v souladu se zasvícením fyzických objektů pro dosažení světelné shody. V rámci výroby digitálních pozadí jsou tak kromě jejich vzhledu a rozestavění navrhovány i světelné podmínky, které musí souhlasit se světelnými podmínkami na place.<sup>82</sup>

Tvorba digitálních pozadí prostřednictvím herního engine tvůrcům umožňuje tzv. virtuální obhlídky – 3D průzkum digitálního prostoru prostřednictvím specializované techniky (VR headsety, specializovaný software na mobilních telefonech a tabletech atd.). Virtuální obhlídky štábu poskytují možnost simulovaného fyzického náhledu do navrženého virtuálního pozadí, jehož výsledkem je příprava konkrétních pozic kamery a rozvržení světelných a prostorových požadavků a limitací. Výsledkem obhlídek je následná úprava digitálních pozadí v kombinaci s úpravou jednotlivých prvků v rámci fyzické scény ve studiu a jejího výsledného rozložení.<sup>83</sup>

Způsob natáčení ve virtuálním LED studiu v současnosti vyžaduje rozsáhlou a podrobnou kalibraci veškerých jednotlivých složek. Před natáčením je nutné otestovat všechna digitální pozadí – jejich vzhled na LED stěnách, barevné a světelné aspekty, manipulovatelnost. Zároveň je potřeba důkladně otestovat systém sledování polohy kamery a jeho napojení na celkovou infrastrukturu za účelem sjednocení pohybů fyzické kamery a ekvivalentních reakcí na digitálním pozadí. V rámci kalibrační fáze se finalizují komponenty fyzické scény a testuje se jejich návaznost s digitálním pozadím – součástí tohoto procesu je kompletní výpravná složka, zasvícení a revize zkombinované fyzické a digitální scény na kameře.<sup>84</sup>

---

<sup>82</sup> KAVAKLI, Manolya; CREMONA, Cinzia. The Virtual Production Studio Concept–An Emerging Game Changer in Filmmaking. *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. IEEE, 2022. p. 29-37. DOI: 10.1109/VR51125.2022.00020.

<sup>83</sup> KADNER, Noah. The Virtual Production Field Guide: Volume 1. *Epic Games* [online]. 2019 [cit. 30.7.2022]. Dostupné z: <https://cdn2.unrealengine.com/Unreal+Engine%2Fvpfieldguide%2FVP-Field-Guide-V1.2.02-5d28ccec9909ff626e42c619bcbe8ed2bf83138d.pdf>

<sup>84</sup> Ripple Effect White Paper. *Entertainment Technology Center* [online]. 2021 [cit. 30.07.2022]. Dostupné z: <https://www.etccenter.org/wp-content/uploads/2021/03/RippleEffect-White-Paper-ETCUSC-March-2021.pdf>

#### 4.6.2. Natáčení

Náročnost natáčení ve virtuálním LED studiu se odvíjí od komplexnosti a rozvržení jednotlivých záběrů a obrazů. Při tvorbě časového plánu jednotlivých natáčecích dnů je nutné počítat s časovými prodlevami, které vyplývají z potřeb zapojení veškerých komponent a zajištění jejich vzájemného fungování. Aspekty digitálního pozadí mohou být průběžně upravovány v návaznosti na konkrétní hereckou akci. Je nutné vzít v potaz fakt, že každá změna lokace vyžaduje likvidaci fyzické scény, přípravu nové fyzické scény a posléze propojení nové fyzické scény s jejím digitálním ekvivalentem. Rychlost a náročnost jednotlivých úkonů se přímo odvíjí od rozsahu příprav – podrobnější přípravy mohou vyřešit spoustu potenciálních problémů ještě před začátkem natáčení a poskytnout tak během natáčení delší čas pro hereckou akci.<sup>85</sup>

#### 4.6.3. Postprodukce

Střihová fáze postprodukce obrazů natočených v LED studiu je velmi podobná střihu tradičně natočeného materiálu (v porovnání s natáčením před zeleným plátnem pro střihače nicméně představuje přidaný benefit ve formě zachycení kýžených pozadí již v kameře).<sup>86</sup> Cílem při natáčení touto formou je částečně omezit nutnost obrazové postprodukce, respektive přesunout vybrané postprodukční procesy spojené s výrobou VFX do fáze příprav. Současná technologie nicméně stále vyžaduje výrazné postprodukční zásahy – často se jedná o vymazávání fyzických předělů mezi jednotlivými LED stěnami, digitální rozšíření prostoru a vsazení natočeného materiálu dovnitř (anglicky označováno termínem *set extension*<sup>87</sup>) nebo klíčování a následný compositing subjektu při zvolení zobrazení zeleného pozadí na LED stěně. Natáčení v LED studiu u většiny současných projektů není používáno exkluzivně – je voleno v kombinaci

---

<sup>85</sup> Ripple Effect White Paper. *Entertainment Technology Center* [online]. 2021 [cit. 31.07. 2022]. Dostupné z: <https://www.etccenter.org/wp-content/uploads/2021/03/RippleEffect-White-Paper-ETCUSC-March-2021.pdf>

<sup>86</sup> KADNER, Noah. The Virtual Production Field Guide: Volume 1. *Epic Games* [online]. 2019 [cit. 31.7.2022]. Dostupné z: <https://cdn2.unrealengine.com/Unreal+Engine%2Fvpfieldguide%2FVP-Field-Guide-V1.2.02-5d28ccec9909ff626e42c619bcbe8ed2bf83138d.pdf>

<sup>87</sup> OKUN, Jeffrey A. et al., eds. *The VES handbook of visual effects the VES handbook of visual effects: Industry standard VFX practices and procedures*. 3. ed. London, England: Routledge, 2020. ISBN 9781138542204.

s tradičním způsobem natáčení a případnou výrobou full CGI záběrů. Do projektu by měl být zapojen VFX supervizor již od úplného začátku příprav, aby mohl průběžně dohlížet nad výrobou digitálních pozadí pro natáčení a zároveň zajistil, že VFX vyrobené v postprodukci sedí s VFX z LED stěny.<sup>88</sup>

## 4.7. Štábní pozice

Technologický vývoj přináší nové štábní pozice. Klíčovou pozicí ve virtuálním LED studiu je VP supervizor (supervizor virtuální produkce), který slouží jako prostředník mezi hlavními kreativními pozicemi a štábem a dodavateli obsluhujícími techniku LED studia. Vzhledem k přirozenému prolínání těchto dvou odvětví VP supervizor úzce spolupracuje s VFX supervizorem s cílem maximální efektivity mezi přípravami, natáčením a obrazovou postprodukcí, kterou v současnosti implementace této technologie stále vyžaduje ve vysoké míře.<sup>89</sup>

Zásadní složkou ve virtuálním výrobním procesu je oddělení virtuální výpravy (anglicky VAD – *virtual art department*), které modeluje digitální pozadí a navrhuje jeho jednotlivé prvky.<sup>90</sup> V tomto ohledu je stěžejní komunikace mezi VAD supervizorem odpovídajícím za toto oddělení, VP supervizorem, architektem a VFX supervizorem za účelem zajištění maximální kompatibility fyzické a virtuální scény.<sup>91</sup>

Expert z oblasti vidí v tomto novém způsobu natáčení potenciál více diverzifikovat pracovní sílu v rámci natáčení. Nově vznikající pozice nejspíše spočívají v operování digitálních komponentů studia z počítače na místě, což

---

<sup>88</sup> Ripple Effect White Paper. *Entertainment Technology Center* [online]. 2021 [cit. 01.08. 2022]. Dostupné z: <https://www.etcenter.org/wp-content/uploads/2021/03/RippleEffect-White-Paper-ETCUSC-March-2021.pdf>

<sup>89</sup> KADNER, Noah. The Virtual Production Field Guide: Volume 2. *Epic Games* [online]. 2021 [cit. 24.7.2022]. Dostupné z: <https://cdn2.unrealengine.com/Virtual+Production+Field+Guide+Volume+2+v1.0-5b06b62cbc5f.pdf>

<sup>90</sup> KADNER, Noah. The Virtual Production Field Guide: Volume 1. *Epic Games* [online]. 2019 [cit. 12.7.2022]. Dostupné z: <https://cdn2.unrealengine.com/Unreal+Engine%2Fvpfieldguide%2FVP-Field-Guide-V1.2.02-5d28ccec9909ff626e42c619bcbe8ed2bf83138d.pdf>

<sup>91</sup> Ripple Effect White Paper. *Entertainment Technology Center* [online]. 2021 [cit. 28.07. 2022]. Dostupné z: <https://www.etcenter.org/wp-content/uploads/2021/03/RippleEffect-White-Paper-ETCUSC-March-2021.pdf>

producentům umožňuje najmout např. fyzicky hendikepované jedince a jejich inkluzi přímo na place.<sup>92</sup>

#### 4.8. Přínosy virtuálního LED studia

Z dostupných materiálů vyplývá několik zásadních benefitů natáčení ve virtuálním LED studiu, které se dají rozdělit do třech vzájemně se překrývajících kategorií – technické, estetické a logistické.

Technické benefity vynikají především v porovnání s natáčením tradičním způsobem před zeleným plátnem. Okamžitá implementace digitální vizualizace do natáčené scény pomáhá určit optimální pozici kamery a v postprodukcí dává střihačovi lepší představu o finální podobě odbavovaného materiálu<sup>93</sup>. Tento styl výroby zároveň výrazně ovlivňuje výrobu VFX, kde značnou část její finalizace vyžaduje již v přípravách a v průběhu natáčení, což vede k nižšímu časovému tlaku v dokončovacích fázích projektu.<sup>94</sup>

Stejně jako v případě technických benefitů i estetické benefity jsou znatelné především v kontextu natáčení v uzavřeném studiu. Klíčovým přínosem je možnost promítnout digitální pozadí ve své konečné podobě a interagovat s ním v reálném čase, z čehož prosperují jak hlavní kreativní složky, tak i herci, kteří se ve scéně pohybují a nemusí tak pro potřebu imerze tolik zapojovat vlastní představivost.<sup>95</sup>

Ve specifických případech je přínosem i logistické měřítko věci. Natáčení v LED studiu umožňuje relativně jednoduchou a rychlou změnu digitální lokace podle potřeby (lokace musí však již být kompletně připravena a schválena) a

---

<sup>92</sup> JOBIN, Rachel E. *The catalysts, standards, and diffusions of virtual production technologies and workflows: perspectives from key stakeholders*. Waco, Texas, 2022. PhD Thesis. Graduate Faculty of Baylor University, Department of Film and Digital media.

<sup>93</sup> KADNER, Noah. *The Virtual Production Field Guide: Volume 1. Epic Games* [online]. 2019 [cit. 22.7.2022].

Dostupné z: <https://cdn2.unrealengine.com/Unreal+Engine%2Fvpfieldguide%2FVP-Field-Guide-V1.2.02-5d28ccec9909ff626e42c619bcbe8ed2bf83138d.pdf>

<sup>94</sup> JOBIN, Rachel E. *The catalysts, standards, and diffusions of virtual production technologies and workflows: perspectives from key stakeholders*. Waco, Texas, 2022. PhD Thesis. Graduate Faculty of Baylor University, Department of Film and Digital media.

<sup>95</sup> KAVAKLI, Manolya; CREMONA, Cinzia. *The Virtual Production Studio Concept—An Emerging Game Changer in Filmmaking*. 2022 *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. IEEE, 2022. p. 29-37. DOI: 10.1109/VR51125.2022.00020.



eliminuje tak nutnost složitých přesunů jako v případě natáčení na fyzických lokacích. Oproti tradičnímu způsobu zároveň tvůrci mají lepší časové možnosti při natáčení záběrů v konkrétním počasí nebo požadované atmosféře (např. západ slunce), která v běžných podmínkách trvá vždy jen několik jednotek, max. desítek minut.<sup>96</sup>

Virtuální produkce byla propíraným tématem v souvislosti s pandemií COVID-19. Vzhledem k různorodým cestovním omezením byly některé projekty nuceny zvolit alternativní řešení – virtualizace potenciálních lokací poskytla tvůrcům možnost kontinuálních příprav bez nutnosti na místo cestovat nebo se fyzicky setkávat.<sup>97</sup> Střihač Andrew S. Eisen nicméně konstatuje, že i přes omezení nutnosti cestování samotný proces natáčení v průběhu pandemie zůstal obdobný – virtuální LED studia stále vyžadují přítomnost většiny štábních pozic fyzicky na place a v blízkém kontaktu.<sup>98</sup>

#### 4.9. Limitace virtuálního studia

Technologie virtuálního LED studia s sebou přináší určité limitace. Některé z nich pramení z podstaty tohoto technického řešení, jiné z nedostatečného vývoje v tomto sektoru vzhledem k jeho relativnímu mládí.

Experimenty vykonané v praxi poukazují na nutnost důsledné přípravy a rozplánování veškerých aspektů natáčení do nejmenšího detailu, jelikož fáze natáčení dává relativně limitovaný prostor k úpravám. Z tohoto faktu zároveň pramení potřeba důkladné kalibrace veškerých technických komponent, zajištění provázanosti hardwarových a softwarových nástrojů a eliminace maximálního počtu potenciálních technických problémů již v průběhu příprav. V přípravách rozvrhu natáčení je nutné zohlednit nemalý čas potřebný ke změně virtuální lokace – likvidace dotočené fyzické scény a příprava nové fyzické scény, nasazení nového digitálního pozadí a vzájemné propojení. Tyto logistické výzvy se odrážejí i na

---

<sup>96</sup> JOBIN, Rachel E. *The catalysts, standards, and diffusions of virtual production technologies and workflows: perspectives from key stakeholders*. Waco, Texas, 2022. PhD Thesis. Graduate Faculty of Baylor University, Department of Film and Digital media.

<sup>97</sup> KADNER, Noah. *The Virtual Production Field Guide: Volume 2. Epic Games* [online]. 2021 [cit. 24.7.2022]. Dostupné z: <https://cdn2.unrealengine.com/Virtual+Production+Field+Guide+Volume+2+v1.0-5b06b62cbc5f.pdf>

<sup>98</sup> FEURY, Matt. *The Mandalorian – part 1. The Rough Cut* [online]. 20. 8. 2020 [cit. 23.07.2022]. Dostupné z: <https://theroughcutpod.com/the-mandalorian-part-1/>

průběhu samotného natáčení, kde mohou vést k časovým prodlevám a nepředvídaným komplikacím.<sup>99</sup>

Experti poukazují na dosavadní nedostatek specializovaného personálu a současnou vysokou cenu tohoto řešení vyplývající z nízkého počtu plně funkčních studií a finančně náročného napojení na tradiční pracovní postupy filmového průmyslu. Zároveň upozorňují na naléhavou nutnost standardizace, která by umožnila jednodušší propojení jednotlivých komponent napříč celým výrobním spektrem. V celkovém měřítku zatím experti tuto technologii vnímají jako nové řešení s nedostatečně definovanými případy použití a cílovým trhem.<sup>100</sup>

V neposlední řadě je nutné zohlednit i estetický aspekt věci. Byť se fyzická omezení postupně snižují, LED studio ze své podstaty umožňuje jen limitovaný rozsah jednotlivých záběrů a pohybů kamery.<sup>101</sup> LED stěny ze své podstaty nemohou poskytnout dokonalé kontrasty, což se promítá především při zobrazování tmavších barev – současné LED panely fungují na technologii konstantního podsvícení a nejsou schopny zobrazit dokonalou černou barvu. Zobrazení obsahu s vyšším kontrastem zároveň vede k vyššímu výskytu moaré efektu.<sup>102</sup> Filmaři zároveň ztrácejí autenticitu a nevypočitatelnost, kterou přináší natáčení na fyzické lokaci a kterou mnoho tvůrců vnímá jako nespornou součást filmového výrobního procesu.

---

<sup>99</sup> Ripple Effect White Paper. *Entertainment Technology Center* [online]. 2021 [cit. 23.07. 2022]. Dostupné z: <https://www.etccenter.org/wp-content/uploads/2021/03/Ripple-Effect-White-Paper-ETCUSC-March-2021.pdf>

<sup>100</sup> JOBIN, Rachel E. *The catalysts, standards, and diffusions of virtual production technologies and workflows: perspectives from key stakeholders*. Waco, Texas, 2022. PhD Thesis. Graduate Faculty of Baylor University, Department of Film and Digital media.

<sup>101</sup> Ripple Effect White Paper. *Entertainment Technology Center* [online]. 2021 [cit. 28.07. 2022]. Dostupné z: <https://www.etccenter.org/wp-content/uploads/2021/03/Ripple-Effect-White-Paper-ETCUSC-March-2021.pdf>

<sup>102</sup> Ripple Effect White Paper. *Entertainment Technology Center* [online]. 2021 [cit. 02.08. 2022]. Dostupné z: <https://www.etccenter.org/wp-content/uploads/2021/03/Ripple-Effect-White-Paper-ETCUSC-March-2021.pdf>

## 5. Závěr

Záměrem práce bylo prozkoumat fenomén digitální vizualizace a navazující fenomén virtuální produkce z uměleckého i praktického hlediska.

Vizualizace je klíčovým nástrojem k vyjádření tvůrčího záměru a její postupný technologický vývoj je přímo úměrný změnám v přípravách, výrobě i postprodukcí audiovizuálních děl. Digitální vizualizace se v posledních dekáдах stala všudypřítomnou napříč celým audiovizuálním spektrem vzhledem k postupnému zjednodušování její implementace a osvojení ze strany filmařů.

Virtuální produkce je fenomén, který se začal plnohodnotně uplatňovat v posledních několika letech. Byť jednotlivé prvky tohoto procesu za sebou mají dlouholetý vývoj v jejich původních oblastech užití, systém jejich kombinace a vzájemné integrace stále není pevně definován, nemá určena konkrétní pravidla a standardy a každý projekt, do jehož výroby je nasazen, se setkává s novými specifickými benefity a úskalími. Z průzkumu vyplývá, že technologie virtuální produkce je v současnosti v raných fázích svého vývoje a byť přináší určité výhody oproti zavedeným procesům audiovizuální výroby, její implementace momentálně dává z estetického i ekonomického hlediska smysl pouze ve velmi specifických případech. Technologie má nicméně za předpokladu pokračování vývoje potenciál stát se osvědčeným filmařským nástrojem, který bude koexistovat s tradičními výrobními způsoby a sloužit jako alternativní řešení konkrétních problémů.

Ze zkoumaných fenoménů lze vydedukovat aktuální širší trend v rámci vývoje digitální obrazové postprodukce – přesun konkrétních postprodukčních procesů a jejich plnohodnotnou implementaci již ve fázi příprav a natáčení.

## 6. Seznam použitých pramenů a literatury

### Literární zdroje

ARUNDALE, Scott and Tashi TRIEU. *Modern post: Postproduction workflows and techniques for digital filmmakers*. London, England: CRC Press, 2014. ISBN 9781138801080.

BEDERSON, Benjamin. *The craft of information visualization: Readings and reflections*. Benjamin BEDERSON and Ben SHNEIDERMAN, eds. Oxford, England: Morgan Kaufmann, 2003. ISBN 9781558609150.

BENNETT, Joel; CARTER, Chris. Adopting virtual production for animated filmmaking. *Proceedings of the 7th Annual International Conference on Computer Games, Multimedia and Allied Technology*. Global Science and Technology Forum (GSTF), 2014. p. 81-86. DOI: 10.5176/2251-1679\_CGAT14.21

BORDWELL, David; THOMPSON, Kristin. *Umění filmu: Úvod do studia formy a stylu*. Praha: Nakladatelství Akademie múzických umění, 2011. ISBN: 978-80-7331-217-6

BRIAND, G. et al. *On-set previsualization for VFX film production*. Institution of Engineering and Technology, 2014. ISBN 9781849199278.

BRINKMANN, Ron. *The art and science of digital compositing: Techniques for visual effects, animation and motion graphics*. 2. ed. Oxford, England: Morgan Kaufmann, 2008. ISBN 9780123706386.

BRUMM, Adam et al. Oldest cave art found in Sulawesi. *Science advances*. 2021, vol. 7, no. 3. ISSN 2375-2548. DOI: 10.1126/sciadv.abd4648

DELLACCIO, Tanya. *Computer animation: Telling stories with digital art*. Lucent Press, 2017. ISBN 9781534560970.

DINUR, Eran. *The filmmaker's guide to visual effects: The art and techniques of VFX for directors, producers, editors and cinematographers*. London, England: Routledge, 2017. ISBN 9781138701434.

EDGERTON, Samuel Y. *The mirror, the window, and the telescope: How renaissance linear perspective changed our vision of the universe*. Ithaca, NY: Cornell University Press, 2009. ISBN 9780801474804.

ESCALAS, Jennifer Edson and Mary Frances LUCE. Understanding the effects of process-focused versus outcome-focused thought in response to advertising. *The journal of consumer research*. 2004, vol. 31, no. 2, p. 274–285. ISSN 0093-5301. DOI: 10.1086/422107

GALVANE, Quentin, et al. VR as a content creation tool for movie previsualisation. *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. IEEE, 2019. p. 303-311. ISBN 9781728113777

GIRALT, Gabriel F. (2017). The Interchangeability of VFX and Live Action and Its Implications for Realism. *Journal of Film and Video*, 69(1), 3–17. <https://doi.org/10.5406/jfilmvideo.69.1.0003>

GREGORY, Jason. *Game engine architecture, third edition*. 3. ed. London, England: CRC Press, 2018. ISBN 9781138035454.

GRESS, Jon. *[Digital] Visual Effects and Compositing*. New Riders Publishing, 2014. ISBN 9780133807264.

HAYWARD, Philip, ed. *Culture, technology and creativity in the late twentieth century*. Luton, England: University of Luton Press, 1990. ISBN 9780861962662.

JOBIN, Rachel E. *The catalysts, standards, and diffusions of virtual production technologies and workflows: perspectives from key stakeholders*. Waco, Texas, 2022. PhD Thesis. Graduate Faculty of Baylor University, Department of Film and Digital media.

JUNGHERR, Andreas and Damien B. SCHLARB. The extended reach of game engine companies: How companies like Epic Games and Unity Technologies provide platforms for extended reality applications and the metaverse. *Social media + society*. 2022, vol. 8, no. 2. ISSN 2056-3051. DOI: 10.1177/20563051221107641

KAVAKLI, Manolya; CREMONA, Cinzia. The Virtual Production Studio Concept–An Emerging Game Changer in Filmmaking. *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. IEEE, 2022. p. 29-37. DOI: 10.1109/VR51125.2022.00020.

KEIL, Julian et al. Creating immersive virtual environments based on Open geospatial data and game engines. *KN - Journal of Cartography and Geographic Information*. 2021, vol. 71, no. 1, p. 53–65. ISSN 2524-4957. DOI: 10.1007/s42489-020-00069-6

LECUN, Yann, Yoshua BENGIO and Geoffrey HINTON. Deep learning. *Nature*. 2015, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444. ISSN 0028-0836. DOI: 10.1038/nature14539

LEGINDI, Marcel. *Optimalizace postupů napojení produkce a postprodukce VFX*. Zlín, 2017. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta multimediálních komunikací.

LIN, Jie, et al. CG animation creator: auto-rendering of motion stick figure based on conditional adversarial learning. *Chinese Conference on Pattern Recognition and Computer Vision (PRCV)*. Springer, Cham, 2019. p. 341-352. ISBN 9783030317256.

MALAKA, Rainer et al. Using natural user interfaces for previsualization. *EAI endorsed transactions on creative technologies*. 2021, vol. 8, no. 26, p. 169030. ISSN 2409-9708. DOI: 10.4108/eai.16-3-2021.169030

MCCORMICK, B. H. et al. Definition of visualization. *Computer graphics*. 1987, vol. 21, no. 6, pp. 3–3. ISSN 0097-8930. DOI: 10.1145/41997.41998. Přeložil Kryštof Burda.

MESSAOUDI, Farouk, Gwendal SIMON and Adlen KSENTINI. Dissecting games engines: *The case of Unity3D*. IEEE, 2015. ISBN 9781509000685.

MIHCIN, Senay, et al. Investigation of wearable motion capture system towards biomechanical modelling. *2019 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*. IEEE, 2019. ISBN 9781538684283.

MULVEY, Laura. Rear-projection and the paradoxes of Hollywood realism. *Theorizing World Cinema*. I.B.Tauris, 2012. ISBN 9781848854932.

OKUN, Jeffrey A. et al., eds. *The VES handbook of visual effects the VES handbook of visual effects: Industry standard VFX practices and procedures*. 3. ed. London, England: Routledge, 2020. ISBN 9781138542204.

PRICE, Steven and Chris PALLANT. *Storyboarding: A Critical History*. 1. ed. Basingstoke, England: Palgrave Macmillan, 2018. ISBN 9781137027597.

REYNOLDS, Thomas J.; GENGLER, Charles E. A strategic framework for assessing advertising: The animatic vs. finished issue. *Journal of Advertising Research*, 1991, 31.5: 61-71.

SELZNICK, David O. *A Memo from David O. Selznick*. Viking, 1972. ISBN 9780670467662.

SHIRLEY, Peter, Michael ASHIKHMIN and Steve MARSCHNER. *Fundamentals of computer graphics*. Natick, MA: A K Peters, 2009. ISBN 9781568814698.

SINGH, Greg. CGI: A future history of assimilation in mainstream science fiction film. *Extrapolation*. 2007, vol. 48, no. 3, p. 543–557. ISSN 0014-5483. DOI: 10.3828/extr.2007.48.3.11. Přeložil Kryštof Burda.

SPOHR, Susan J. et al. *The guide to managing postproduction for film, TV, and digital distribution the guide to managing postproduction for film, TV, and digital distribution: Managing the process*. 3. ed. London, England: Routledge, 2019. ISBN 9781138482814.

ŠMÍD, Antonín. *Srovnání Unity a Unreal Engingu*. Praha, 2017. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, katedra počítačové grafiky a interakce.

THALMANN, Daniel a Soraia Raupp MUSSE. *Crowd simulation*. 2nd ed. New York: Springer, 2013. ISBN 9781447144496.

TORKKEL, Juha-Matti. *Suitability of Rokoko Motion Capture Products for Content Creation in Simulation Training*. Hämeenlinna, Finland, 2022. Master's Thesis. Häme University of Applied Sciences.

TUCK, Greg. When more is less: CGI, spectacle and the capitalist sublime. *Science fiction film and television*. 2008, vol. 1, no. 2, pp. 249–273. ISSN 1754-3770. DOI: 10.3828/sftv.1.2.4

VENKATASAWMY, Rama, et al. The Evolution of VFX-Intensive Filmmaking in 20th Century Hollywood Cinema: An Historical Overview. *TMC Academic Journal*, 2012, 6.2: 17-31.

VERTREES, Alan David. *Selznick's vision: Gone with the wind and Hollywood filmmaking*. Austin, TX: University of Texas Press, 1996. ISBN 9780292787292.

ZHAO, Yan. Research on virtual human animation based on motion capture data. *2020 International Conference on Data Processing Techniques and Applications for Cyber-Physical Systems*. Singapore: Springer Singapore, 2021, p. 1217–1222. ISBN 9789811617256.

## **Internetové zdroje**

FEURY, Matt. The Mandalorian – part 1. *The Rough Cut* [online]. 20. 8. 2020. Dostupné z: <https://theroughcutpod.com/the-mandalorian-part-1/>

KADNER, Noah. Color Fidelity in LED Volumes. *American Cinematographer* [online]. 20. 12. 2021. Dostupné z: <https://ascmag.com/articles/color-fidelity-in-led-volumes>

KADNER, Noah. The Virtual Production Field Guide: Volume 1. *Epic Games* [online]. 2019. Dostupné z: <https://cdn2.unrealengine.com/Unreal+Engine%2Fvpfieldguide%2FVP-Field-Guide-V1.2.02-5d28cccec9909ff626e42c619bcbe8ed2bf83138d.pdf>



KADNER, Noah. The Virtual Production Field Guide: Volume 2. *Epic Games* [online]. 2021. Dostupné z: <https://cdn2.unrealengine.com/Virtual+Production+Field+Guide+Volume+2+v1.0-5b06b62cbc5f.pdf>

McGOWAN, Chris. LED walls and stages on the rise in the U.S. And Europe. *VFX Voice Magazine* [online]. 6. 10. 2021. Dostupné z: <https://www.vfxvoice.com/led-walls-and-stages-on-the-rise-in-the-u-s-and-europe/>

Netflix 2D LED In-Camera VFX Field Guide. *Netflix* [online]. 2022. Dostupné z: <https://partnerhelp.netflixstudios.com/hc/en-us/sections/360012573633-2D-LED-In-Camera-VFX-Field-Guide>

Plugins. *Epic Games* [online]. 2022. Dostupné z: <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/ProductionPipelines/Plugins/>

Ripple Effect White Paper. *Entertainment Technology Center* [online]. 2021. Dostupné z: <https://www.etccenter.org/wpcontent/uploads/2021/03/Ripple-Effect-White-Paper-ETCUSC-March-2021.pdf>

SEYMOUR, M. Art of (LED Wall) Virtual Production Sets, Part Two: 'How you make one.' *fxguide* [online]. 9. 3. 2020. Dostupné z: <https://www.fxguide.com/fxfeatured/art-of-led-wall-virtual-production-sets-part-two-how-you-make-one/>

STERNE, Jonathan. plug-in. *Encyclopedia Britannica* [online]. 03.10.2019. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/plug-in>