



VYSOKÁ ŠKOLA  
KREATIVNÍ  
KOMUNIKACE

Katedra: Animace a vizuální efekty  
Studijní program: Vizuální tvorba  
Specializace: 3D Animace a vizuální efekty

## **Využití 3D CGI mimo filmový průmysl**

Teoretická část: Bakalářská práce

Praktická část: Video dokumentace

Autor práce: **Lukáš Přikryl**  
Vedoucí práce: MgA. Martin Hovorka

2021

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu, ze kterých jsem čerpal. Souhlasím s tím, aby práce byla zpřístupněna veřejnosti pro účely studia a výzkumu.

V Praze dne .....

.....

Lukáš Příkryl

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat MgA. Martinu Hovorkovi za poskytnutí cenných rad a vedení mé práce. Mé poděkování patří též mé rodině za pomoc a velikou podporu.

## **Abstrakt, Klíčová slova**

Bakalářská práce seznamuje čtenáře se základními pojmy v oboru 3D CGI a věnuje se využití 3D CGI mimo filmový průmysl. Cílem této práce je čtenáře s těmito pojmy do určité míry seznámit a ukázat, že 3D CGI je technologie, používána napříč různými odvětvími, které nutně nemusí patřit do filmového průmyslu.

Hlavním a stěžejním tématem této bakalářské práce je především 3D tisk a 3D skenování. Technologie 3D CGI jsou zároveň využívány i v oborech, kterými jsou například průmysl automobilový, průmysl letecký, architektura, zdravotnictví, farmaceutický průmysl, herní průmysl a další. Práce též uvádí příklady využití těchto technologií v praxi. Jak již vyplývá z výše uvedeného, 3D CGI tedy není nástrojem pouze pro filmový průmysl, ale zasahuje do mnoha dalších oborů lidské činnosti s potenciálem dále rozvíjet své možnosti.

3D animace, 3D CGI, 3D skenování, 3D technologie, 3D tisk, 3D tiskárny, animace

## **Abstract, Keywords**

Bachelor thesis familiarizes the reader with the basic concepts in the field of 3D CGI and deals with the use of 3D CGI outside the film industry. This work aims to familiarize the reader with the basic concepts in the field and to show that 3D CGI is a technology used across various industries.

The main topic of this work is mainly devoted to 3D printing and 3D scanning. 3D CGI technologies are also used in industries such as the automotive or aerospace industries, architecture, healthcare, and the pharmaceutical industry, the gaming industry, and many more. The work also gives examples of the use of these technologies in practice. As follows from the above, 3D CGI is not only a tool for the film industry but intervenes in many areas of human activity with the potential to further develop its capabilities.

3D animation, 3D CGI, 3D printers, 3D printing, 3D scanning, 3D technologies, animation

## Obsah

Prohlášení.....	2
Poděkování.....	3
Abstrakt, Klíčová slova.....	4
Abstract, Keywords.....	5
Úvod.....	4
1. Vymezení pojmu 3D CGI.....	6
2. Pojmy související se CGI a 3D CGI.....	6
2.1. 3D modelování.....	7
2.2. 3D Skenování.....	7
2.3. 3D Tisk.....	8
2.4. 3D Rigging.....	8
2.5. Svícení a rendering.....	8
2.6. 3D animace.....	10
3. Animace.....	10
3.1. Definice animace.....	10
3.2. Key Frames.....	11
3.3. Historie animace a její tvorba.....	12
4. 3D CGI.....	12
4.1. Historie a vznik 3D animace a 3D CGI.....	13
4.2. Tvorba 3D CGI animačního díla.....	15
4.3. Kultovní animovaný CGI film s 3D animací Toy Story.....	15
4.4. Tvorba 3D počítačové animace v počítačových programech	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
5. Motion capture.....	18
5.1. Optický motion capture systém.....	19
5.2. Magnetický motion capture systém.....	20

5.3.	Mechanický motion capture systém .....	21
6.	3D tisk.....	22
6.1.	Historie 3D tisku .....	23
6.2.	Využití 3D tisku .....	23
6.3.	3D Tiskárny .....	24
6.3.1.	FDM/FFF tiskárny .....	24
6.4.	Filamenty.....	25
6.4.1.	PLA.....	25
6.4.2.	ABS.....	25
6.4.3.	PET.....	26
6.4.4.	ASA.....	26
6.4.5.	PETG.....	26
6.4.6.	Polypropylen (PP).....	26
6.4.7.	Nylon.....	27
6.4.8.	FLEX.....	27
6.4.9.	Kompozitní Filamenty .....	27
6.5.	SLA, DLP, MSLA Tiskárny .....	27
6.5.1.	SLA Tiskárny .....	27
6.5.2.	DLP Tiskárny .....	28
6.5.3.	MSLA Tiskárny .....	29
6.6.	Resiny (Pryskyřice).....	29
6.7.	SLS Tiskárny .....	30
6.8.	Statistika využití 3D tisku v České republice.....	30
6.9.	Využití 3D tisku ve specializovaných odvětvích .....	31
7.	Využití 3D CGI mimo filmový průmysl.....	34
7.1.	Využití 3D CGI v herním průmyslu .....	34
7.2.	Využití 3D CGI v automobilovém průmyslu.....	35

7.2.1. Proces tvorby modelu automobilu pro sériovou výrobu.....	36
7.3. Využití 3D CGI v leteckém průmyslu .....	37
7.3.1. Vlastní výzkum.....	37
7.4. Využití 3D CGI ve zdravotním průmyslu.....	41
7.5. Využití 3D CGI v architektuře.....	43
7.6. Využití 3D CGI na realitním trhu .....	44
7.7. Využití 3D CGI v době pandemie covid-19 .....	45
8. 3D CGI a budoucnost.....	46
Závěr .....	48
Terminologický slovník .....	49
Seznam literatury .....	50
Prameny .....	50
Literatura.....	50
Seznam obrázků .....	55
VLASTNÍ FOTO (vlastní fotoarchiv, 2020) .....	56



## Úvod

Tématem mé bakalářské práce je „Využití 3D CGI mimo filmový průmysl“. 3D CGI je zkratkou z anglického názvu „Three Dimensional Computer Generated Imagery“, což se dá v českém překladu vysvětlit jako „Počítačem generovaná tři dimensionální (trojrozměrná) grafika a efekty, která se využívá jak v herním, filmovém nebo automobilovém průmyslu a mnoha dalších odvětvích“. S využitím 3D CGI se v našich životech setkáváme víceméně všichni, aniž bychom si to možná uvědomovali. Někteří lidé se dokonce v tomto odvětví pohybují čili přímo vědí, co 3D CGI obnáší, a to nejen ve spojitosti s filmovým průmyslem. Často ovšem lidé nejsou srozuměni s tím, do jaké míry 3D CGI mění a ovlivňuje okolní svět v rámci jiných odvětví. Právě proto se tato práce zaměřuje na to, jak se 3D CGI projevuje v jiných průmyslových oblastech než v jednom nejvýznamněji zastoupeném, a sice ve filmovém průmyslu.

Důvodem, proč jsem si toto téma zvolil je, že tyto moderní technologie dnešní doby, díky svému rychlému pokroku a vývoji, obklopují dnešní společnost čím dál více, jejich využití je rozmanité a mě samotného využití této technologie velmi zajímá.

3D CGI není využívána pouze ke kreativním účelům, ale zároveň i v oborech technických a odvětvích, jako jsou například automobilový průmysl, zdravotnictví, herní průmysl, aerodynamika, letectví, statika, kosmonautika, stavebnictví či architektura a mnoho dalších.

Prezentované informace v této bakalářské práci, mohou čtenáři, který je například právě studentem daného oboru, do určité míry pomoci v rozhodnutí, kterými směry se lze v profesním životě ubírat.

Domnívám se, že budoucnost tohoto oboru se jeví jako velmi perspektivní s potenciálem rozvoje a bude prostupovat i do různých dalších oborů, kde ho budou odborníci, ale i širší veřejnost moci využívat. Například již dnes je 3D CGI dostupná veřejnosti například na různých e-shopech už s tak základním zbožím jako je například obuv, kdy je zákazníkovi dostupný věrný 3D model daného produktu, který si může zákazník následně prohlédnout ze všech stran již před samotným nákupem a může si tak lépe představit reálnou vizuální podobu produktu ve virtuálním prostředí.

Toto považuji za nespornou výhodu 3D technologií. Naopak jejich nevýhodou, hlavně tedy v tomto příkladu pro zákazníka, může být možnost přikrášlování reality (reálného produktu) oproti skutečnosti (skutečné podobě výrobku). Toto je ovšem spojeno

spíše s určitou mírou etiky dané společnosti či prodejce než s nevýhodou metody 3D CGI samotné. V případě, že se jedná o profesionála a solidního prodejce, měl by mít určenou hranici „dokrášlování“ tak, aby nedocházelo ke klamání zákazníka.

Dalším podobným příkladem, který využívá 3D CGI podobnou formou jako jsem se zmínil v předchozím odstavci, může být například prodej nebo pronájem nemovitostí, kdy je možné za použití 3D technologií (např. 3D vizualizací prostoru) vytvořit buď vizualizaci návrhu prostoru před samotnou realizací a vše si tak může zákazník i konstruktér lépe navrhnout a naplánovat, nebo je možné vytvořit 3D vizualizaci například již existujícího bytu a případný zájemce si může prostory prohlédnout ještě před osobní prohlídkou dané nemovitosti.

3D CGI je zastoupena i ve zdravotnictví, jak jsem již řekl dříve. Využita je například ve stomatologii, kdy se vytvoří tzv. 3D sken aktuálního postavení chrupu a vnitřního prostředí úst daného pacienta a následně se mu podle tohoto prvotního 3D skenu vytvoří, v dnešní době velmi populární, neviditelná rovnátka. Jde v podstatě o variace několika dlah z lékařského polymeru, které postupně mění chrup až do požadovaného uspořádání zubů. Podle prvotního 3D skenu zubů se s jednotlivými 3D modely zubů pracuje, různě se posouvají (vznikne odlišnější reliéf dlažky), což vede k postupnému rovnání chrupu pacienta. Tyto dlažky jsou vytvořené pomocí tzv. 3D tisku, o kterém se zmíním později stejně tak jako o tzv. 3D skenu.

Vzhledem k tomu, že jako autor této práce jsem sám nadšeným vlastníkem 3D tiskárny a velice často se přípravě dat pro tisk i samotnému 3D tisku věnuji, věnoval jsem značnou část práce právě tomuto tématu.

Tyto technologie jsou jakýmsi propojením mezi virtuálním světem vytvořeným v počítači a světem reálným, prolínajícími se různými odvětvími průmyslu. Rád bych čtenáře více vtáhl do problematiky 3D tisku, seznámil ho s druhy používaných tiskáren a materiálů pro 3D tisk. Zajímavé je porovnání tiskových variant, jejich výhod a nevýhod a také informace o časové i cenové náročnosti zpracování 3D modelů.

## 1. Vymezení pojmu 3D CGI

Pojem CGI vychází z anglického sousloví Computer Generated Imagery, neboli počítačem generovaný obraz. Zkratka 3D CGI označuje trojrozměrný počítačem generovaný obraz. Historie CGI je spjata s vývojem a využitím výpočetní technologie – počítačů, které byly a jsou využívány ke zpracování grafických i filmových materiálů. Z filmů můžeme jmenovat například Hvězdné války, které byly původně natáčené z velké míry s různými miniaturami hvězdných lodí, stanic, měst apod., ovšem postupem času se filmové série této legendární ságy tvořila primárně metodou 3D CGI. Poprvé, kdy se 3D CGI z části objevila v hvězdných válkách, bylo ve čtvrté epizodě: Nová naděje, kde se letka X-Wingů snažila probojovat protiletadlovou obranou hvězdy smrti („Death Star“). Krom mnoha světově proslulých filmů se později 3D CGI začala objevovat také v herním průmyslu, který přinesl svým konzumentům 3D virtuální prostředí počítačových her, jako například počítačová hra Doom, Final Fantasy aj.<sup>1</sup>

V dnešní době díky masivnímu rozšíření IT technologií, IT zařízení a nejrůznějších softwarů do firem i do domácností, je CGI i 3D CGI běžně využívána.

V následujících kapitolách jsou vysvětleny základní pojmy související s 3D CGI.

## 2. Pojmy související se CGI a 3D CGI

Pojmů souvisejících se CGI a 3D CGI je mnoho, nicméně pro příklad uvedu digitální skicu (rychlý náčrt děje, prostředí či charakteru (postavy)), digitálně kreslený Storyboard (rozkreslení jednotlivých scén děje do samostatných okének), digitální 2D nebo 3D Animatik (První rozhýbaný storyboard s délkou časových záběrů a scén), 3D modelování (vytváření trojrozměrných 3D modelů a objektů v 3D programu), 3D skenování (alternativa pro tvorbu realistických modelů za pomoci, buď speciálních přístrojů nebo i jednoduchého fotoaparátu), Motion Capture (vytváření pohybu animace s reálnými lidmi pomocí speciální technologie), 3D rigging (vytváření virtuální kostry pro daný 3D model), 3D animace (vytváření pohybu pro 3D model za pomoci 3D programu), svícení (vytvoření světla pro prostředí a 3D modelů) nebo třeba Rendering (zkompletování veškerých dat v projektu, veškerých samostatných snímků (framů) animace do sekvencí obrázků či do videa).

---

<sup>1</sup> BRENDL, Pavel. *Využití CGI pro podporu komunikace a prodeje*. Liberec, 2018. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. s. 17-18

## 2.1. 3D modelování

Jde o proces výroby 3D modelu v trojrozměrném prostředí za pomoci počítačového softwaru. Vytvořený hotový 3D model nebo soubor 3D modelů může být pak dále zpracováván. Tyto 3D modely je možné použít jako objekty pro 3D tiskárny, která je následně fyzicky vytiskne.

## 2.2. 3D Skenování

3D skenování je jednodušší alternativou pro vytváření 3D modelů. Oproti klasické 3D CGI modelaci, kdy se 3D model vytváří ručně v počítačovém softwaru, 3D skener za pomoci dvou metod (kontaktně a bezkontaktně), vytváří 3D model sám.

Principem bezkontaktního skeneru je, že snímá daný objekt skrze čočku a světlo odražené právě od tohoto objektu.

Kdežto kontaktní skener přejíždí po povrchu objektu a tím jej sondou snímá a skenuje. Do kategorie kontaktních skenerů patří například tzv. skenery dotykové, které snímají objekt pevně uchycený k podložce, kuličková sonda citlivá na tlak zatím jezdí po povrchu objektu. Aktuální pozice sondy na objektu je zjišťována skenovací technologií CCM (Coordinate Measuring Machine, v překladu „Stroj na měření pozice“).

Do kategorie bezkontaktních skenerů patří například tzv. skenery optické a skenery 3D laserové. Principem optických skenerů je, stejně tak jako u fotoaparátu či očí, využívání přirozeně odraženého světla. 3D laserové skenery využívají laserového paprsku, který předmět aktivně osvětluje. Získaná data jsou následně sbírána a odeslaná do specializovaného softwaru, kde se převádí na digitální 3D model.<sup>2</sup> Výhodou moderních a kvalitních skenerů je mimo jiné i věrné naskenování textury (povrchu) ve velmi vysokém rozlišení a celkově téměř totožného zobrazení 3D virtuálního modelu (skenu) oproti reálnému předmětu.

3D skenování se využívá například v oblastech jako herní a filmový průmysl, módní a oděvní průmysl, lifestyle (3D tisk), zdravotnictví, kulturní dědictví, architektura anebo virtuální realita. Skenovat se bezpečně dají lidé, zvířata, ale i interiéry a exteriéry budov nebo okolní prostředí.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Jak 3D Skenování funguje [online] [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: <https://www.tonerpartner.cz/clanky/pruvodce-3d-skenery-jake-jsou-jejich-vyhody-a-nevyhody-25287cz39332/>

<sup>3</sup> 3D Skenování. *3D Duplicity* [online]. c2014 [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <http://www.duplicity.cz/3d-skenovani/#faro-focus3d>

### 2.3. 3D Tisk

3D tisk se především využívá v mnoha oborech k vytváření prototypů různých věcí a předmětů. Vytisknutím prototypu se vytvoří reálný 3D model, který do té doby byl pouze virtuálně na monitoru počítače. S 3D modely se setkáváme například v architektuře (3D modely domů nebo obchodních center, namísto původně používaných kartonových modelů), ve zdravotnictví a v lékařském průmyslu (3D modely člověka, jeho orgánů, částí lidského těla, kostry, chrupu apod.), ve vědě (3D modely chemických sloučenin, molekul, virů, ...), v realitním průmyslu (3D prohlídky, 3D modely vybavení bytů a domů) a v automobilovém průmyslu (3D modely nových typů vozidel, součástek, motorů či dalších dopravních prostředků).

### 2.4. 3D Rigging

Rigging je proces, pomocí kterého lze ve 3D prostředí připravit 3D model či loutku k animaci tak, že se mu vytvoří kostra, v případě 3D CGI modelu jde o kostru digitální, na základě které je následně možná manipulace s daným objektem (animování).

Riggování zahrnuje tvorbu kostí, hierarchií, úchytných bodů (kontrolerů), které fungují na bázi kloubů, dále zahrnuje posuvníky a váhové mapy, které řídí oblasti deformace geometrie 3D modelu (např. deformace kůže při ohybu ruky na humanoidním 3D modelu).

Tato virtuální kostra se pak spojí s geometrií 3D modelu, a 3D model je nachystán pro animaci. Rigging se často používá ve filmech nebo počítačových hrách pro animování (rozhýbání) postav, ovšem v dnešní době jsou dostupné i jiné možnosti jak rigging a v podstatě i animaci obejít a proces si tak, co se týká výroby, zjednodušit. Jde například o tzv. Motion Capture, o kterém se zmíním v samostatné kapitole.<sup>4</sup>

### 2.5. Svícení a rendering

Svícení je jedna z nejdůležitějších fází výroby, při vytváření 3D scény. Při osvětlování scény pro 3D animaci bez použití počítače, se k osvětlování používají klasické reflektory či jiná hmotná zařízení generující světlo. V případě osvětlení, které má za úkol osvětlovat 3D digitální scénu v počítači, jsou světla pouze virtuální, ovšem jejich použití a způsob nastavení jsou téměř stejné jako u reálných scén. Rozdíl je pouze v tom, v jakém prostředí se bude scéna odehrávat, jestli v reálném prostředí, například s loutkami, či ve virtuálním prostředí počítače. Osvětlení je pro celkový dojem z filmu důležité z toho důvodu, že

---

<sup>4</sup> (PETTY, Josh. *Concept Art Empire* [online]. 2021).

ovlivňuje obecné vnímání 3D objektů / 3D modelů ve scéně, a tak i scény samotné. Pokud je osvětlení špatně nastaveno, scéna může působit ploše, nerealisticky (pokud je záměrem realistický vzhled), zároveň nemusí být patrná správná podoba struktury textur a povrchů celkově, což je pro diváka následně matoucí.

Pokud jsou ovšem všechna osvětlení vytvořena kvalitně, mohou již pouze světla několikanásobně ovlivnit a též zvýšit vizuální hodnotu projektu.

Například v animačním 3D programu Maya, je možnost využití 6 základních druhů světla, jejichž vlastnosti nyní ve zkratce popíši. Těmito světly jsou: Okolní osvětlení (osvětluje oblast v určitém rádiusu ve všech směrech), Směrové osvětlení (jde o nekonečnou plochu, osvětlující oblast pouze v jednom směru), Bodové osvětlení (je všesměrové světlo, které disponuje menší intenzitou nežli „Okolní“ světlo), Reflektorové osvětlení (tím se rozumí velký paprsek světla působící v jednom směru určitého rádiusu), Plošné osvětlení (je stejné jako „Směrové“ osvětlení, pouze s tím rozdílem, že je omezeno velikostí světelné plochy) a posledním osvětlením, které Maya nabízí, je tzv. osvětlení Objemové, které osvětluje danou oblast bez možnosti nastavení intenzity tohoto světla.

Rendering lze popsat jako proces vykreslení nebo ztvárnění. Jde o proces, ve kterém dochází k vygenerování fotorealistického anebo nerealistického obrazu z jednoho 2D nebo 3D modelu (nebo několika 3D modelů). Při renderingu vzniká obraz či animace díky datům o objektu, světlech a celé scéně. Finální podobu obrazu ovlivňuje mnoho proměnných, které je možné nastavit, jako například zorný úhel, rozlišení konečného obrazu, stupeň anti-aliasingu (vyhlazování hran 3D grafiky) atd.

Rozlišujeme dva typy renderingu – real time rendering a offline rendering. Dále se offline rendering rozděluje podle toho, zda je renderování vykonáváno pomocí grafické karty nebo procesoru počítače. Rozdíl mezi nimi spočívá v rychlosti, s jakou jsou finální obrazy vypočítávány.

Rendering lze také dělit podle základních metod, podle nichž dochází k vykreslení obrazu. Jedná se o metody raytracing, radiosity a scanline. Tyto metody jsou odlišné svým přístupem ke zpracování světla.<sup>5</sup> Scanline render je nejstarším typem renderování obrazu. Smíchává algoritmus určování viditelných povrchů s algoritmem určování nahlášených (zaznamenaných) stínů. Scanline render se snaží určit interval viditelného pixelu pro každou skenovanou linku. A Raytracing render, který je na druhou stranu algoritmem, který dokáže sledovat cestu světelného paprsku a z ní pak simulovat, s jakým virtuálním objektem bude

---

<sup>5</sup> (BRENDL, cit. dílo, s. 24).

paprsek světla interagovat ve 3D světě. Světlo přitom může k pozorovateli doletět přímo nebo i nepřímo (odrazem od ostatních povrchů).

Radiosity render simuluje šíření odrazového světla z místa jeho zdroje. Pokud se světlo odrazí od určitého objektu, nese s sebou informaci, jak o množství odraženého světla, tak i o určité barvě. Tudíž stíny mohou být světlejší, ale i jinak zbarvené.

## 2.6. 3D animace

Animace je to proces vytváření snímků fází pohybu. Každý snímek je sám o osobě statický, ale mezi sebou se od sebe každý lehce liší. Po spojení snímků za sebe, se snímané a pozicované objekty jeví, jako by se skutečně pohybovaly a může tak vzniknout plynule vypadající iluze pohybu. V současné době většina filmů napříč žánry (od akčních po historické dokumenty aj.), velmi často obsahuje alespoň nějaké části a prvky, které byly vytvořeny pomocí 3D animace. 3D animace je dnes jedním z nejrozšířenějších typů animace vůbec, ať už pro výrobu celovečerních filmů, krátkých filmů nebo seriálů.

Animaci a 3D animaci se tato práce věnuje podrobněji ještě v následujícím textu a kapitolách.

## 3. Animace

### 3.1. Definice animace

Slovo animace má původ z latinského pojmu „*Anima*“, což znamená duše. Jinými slovy animace znamená „vdechnout život“ nebo také „darovat život“<sup>[1]</sup>.

Je to způsob vytvoření iluze pohybujících se objektů. Skládá se z mnoha snímků, které se následně spojí v jedno výstupní závěrečné video (animovaný film). Jednotlivé snímky, a tedy jednotlivé fáze pohybu, jsou poskládány za sebou tak, že vytváří dojem pohybu.<sup>6</sup> Animace se tvoří pomocí tzv. key framů, které nyní blíže popíši v následující kapitole.

---

<sup>6</sup> (Animace. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. 2021).

## 3.2. Key Frames

Key frame je místo (bod) v časové ose, které označuje začátek nebo konec fáze pohybu, který se animuje. Název „Frames (Snímky)“, vyplývá ze skutečnosti, že jejich pozice v čase, je měřena na filmovém pásu pomocí snímků nebo ve video editačním programu na časové ose. Sekvence klíčových snímků je definována pohybem, který sledující bude pozorovat.<sup>7</sup>

Na rozdíl od běžné animace se 3D počítačová animace velmi liší jejím zpracováním. U klasické animace je vytvářena iluze pohybu jakékoliv postavy nebo předmětu (např. loutky, hliněné postavy, míče atd.) tak, že je nutné zaznamenávat všechny jednotlivé fáze a změny pohybu. Čili každý snímek obsahuje určitou jednotlivou fázi pohybu daného předmětu. Řada po sobě jdoucích jednotlivých pohybů je postupně zaznamenána jako iluze pohybu čili animace.

U počítačové 3D animace je způsob zaznamenávání pohybu za použití key frames trochu odlišný a dá se říci, že i jednodušší. V programu, který je navržen pro tvorbu 3D počítačové animace, se zaznamená nejdříve počáteční místo pohybu předmětu a zvolí se požadovaná délka animace ve snímcích (framech). Pro příklad uvedu, že je-li projekt v programu nastaven na 25 FPS (frames per second - snímků za vteřinu), znamená to, že pro vytvoření animace, trvajících pouze 1 vteřinu, potřebujeme 25 snímků (framů). Čili pokud posuneme bod na časové ose o 50 snímků dopředu a vytvoříme klíčový snímek na konečné pozici požadovaného pohybu, program následně sám vypočítá pozice mezikroků a vzniknou tak dvě vteřiny animace. Praktickým příkladem lze uvést animaci zdvižení ruky člověka. Pomocí procesu nazývaného keyframing, je možné zaznamenat trajektorii a dynamiku pohybu. Počáteční bod se bude nacházet ve fázi pohybu, kdy bude ruka spuštěná podél těla a konečný bod bude v místě, kdy je ruka člověka zdvižena nad jeho hlavou. Počítačový program dopočítá snímky animace mezi počátkem a koncem a jednoduchá animace ruky je hotová. V této fázi se ruka pohybuje pouze lineárně. Aby bylo dosaženo větší realističnosti čili lepšího zaznamenání pohybu ruky, u pohybu se musí následně ještě v programu poupravit animační křivky tak, aby pohyb nepůsobil příliš mechanicky. Po všech potřebných úpravách, kdy je animace již zcela dokončena, stejně tak jako veškeré fáze produkce, se provede „Render“.

---

<sup>7</sup> (PETTY, Josh. *Concept Art Empire* [online]. 2021).



Při renderu se v programu zobrazí tzv. renderovací scéna, ve které je již patrná pravá vizuální podoba animační scény. Na podobném principu je založena výroba videa i ve 2D počítačové animaci.

### **3.3. Historie animace a její tvorba**

Touha po zachycení pohybu se v kresbách a historii člověka objevovala od nepaměti. Před příchodem moderních technologií, masového využívání počítačů a speciálních softwarů, byla tvorba animace časově mnohem náročnější. Příkladem jedné z prvních metod vytváření obrazových snímků byla například „Camera Obscura“ neboli dírková komora. Jedná se o schránku s malou dírkou na jedné straně. Ve schránce je vložen papír citlivý na světlo na opačné straně proti dírce, na který skrze tuto díрку proudí paprsky světla odražené od okolních objektů. Čím světlejší odraz je, tím je na papíře tmavší. Výsledkem je tzv. „Negativ“ neboli inverzní obraz pozitivu (normální obraz). Dalším příkladem vytváření snímků nesoucí informaci o pohybu je klasická „Stop motion“ animace. Jedná se o techniku vytváření animovaného filmu, kdy se s objektem fyzicky manipuluje v malých krocích. Každý tento krok je zaznamenáván a spojen za sebe do sekvence obrázků. Od 20. století je již možné vytvářet 2D i 3D animaci digitální formou na počítačích. Proces probíhá ve specializovaných programech, které jsou pro výrobu animací primárně určeny.

V minulosti s absencí moderní technologie, musel animátor animované snímky ručně nakreslit a rozkreslit jednotlivé fáze pohybu. Následně byl každý snímek nasnímán na speciálním zařízení tak, aby ve výsledku pro diváka vznikl animovaný film. Příkladem způsobu klasické kreslené animace je tzv. cell animation, kdy se animované obrázky kreslí ve vrstvách na speciální průhledné fólie, na kterých se následně i překreslují. Této folii se kvůli materiálu říká zkráceně cel (celuloid). Vytvořené snímky s fázemi pohybu se pak jeden po druhém nafotí a při jejich spojení vzniká v závěru pohybující se obraz, tedy animace.

## **4. 3D CGI**

Aby bylo možné zjistit, do jaké míry je 3D CGI v dnešní době v různých oborech zastoupena, je vhodné mít jisté povědomí o jejím vzniku, historii a vývoji. Následně lze pak podrobněji zjišťovat, v jakých konkrétních odvětvích a oborech je zastoupena a z jakého důvodu nebo k jakým různým účelům se využívá.

Právě proto jsem se v těchto kapitolách zaměřil na vznik 3D CGI a stručně také na její vývoj. Zmiňuji zde několik významných jmen, která jsou v historii CGI známá, důležitá a spojená se vznikem 3D CGI.

#### **4.1. Historie a vznik 3D animace a 3D CGI**

Prvotní náznaky jsou dochovány již z období doby kamenné, kdy se lidé snažili zachytit pohyb zvířat a lovců v jeskynních malbách. Animace vznikala a rozvíjela se ruku v ruce s technologickým pokrokem. Její pokrok je obzvlášť v dnešní moderní době velmi rychlý a budoucnost otevírá nové možnosti zpracování i využití.

Případ, kdy se objevila snaha vytvořit iluzi pohybu, zasahuje už do 17. století, konkrétně do roku 1645, kdy německý jezuita jménem Athanasius Kircher popisuje ve své knize „Ars Magna Lucis et Umbrae“ svůj nový vynález jménem „*Steganografické zrcadlo*“. Jednalo se o primitivní promítací stroj se zaostřovací čočkou, kdy byl text nebo obrázek vytištěný na zrcadlové plátno, které pak bylo odráženo slunečními paprsky na vzdálené plochy. Nicméně v roce 1654 belgický jezuitský matematik jménem André Tacquet použil Kircherovu metodu a vytvořil tak prototyp onoho přístroje, aby ukázal cestu italského jezuita a misionáře Martino Martiniho z Číny do Belgie.<sup>8</sup>

Další, kdo měl nápad na promítání jednotlivých obrázků tak, aby se jevíly jako by se skutečně pohybovaly, vzešel od Petera Marka Rogeta v roce 1824. Rogetova idea vychází z jevu, který definoval jako „Law of Persistence of Vision“. Tento jev spočívá v tom, že lidské oko si uchovává obraz ještě zlomek vteřiny poté, co zmizí (než se sítnice oka zregeneruje). Když se rychle přejde na další obraz, oko tyto obrázky překryje přes sebe a vytvoří tak dojem a iluzi pohybu. Jde o zrakové doznívání jevu.<sup>9</sup>

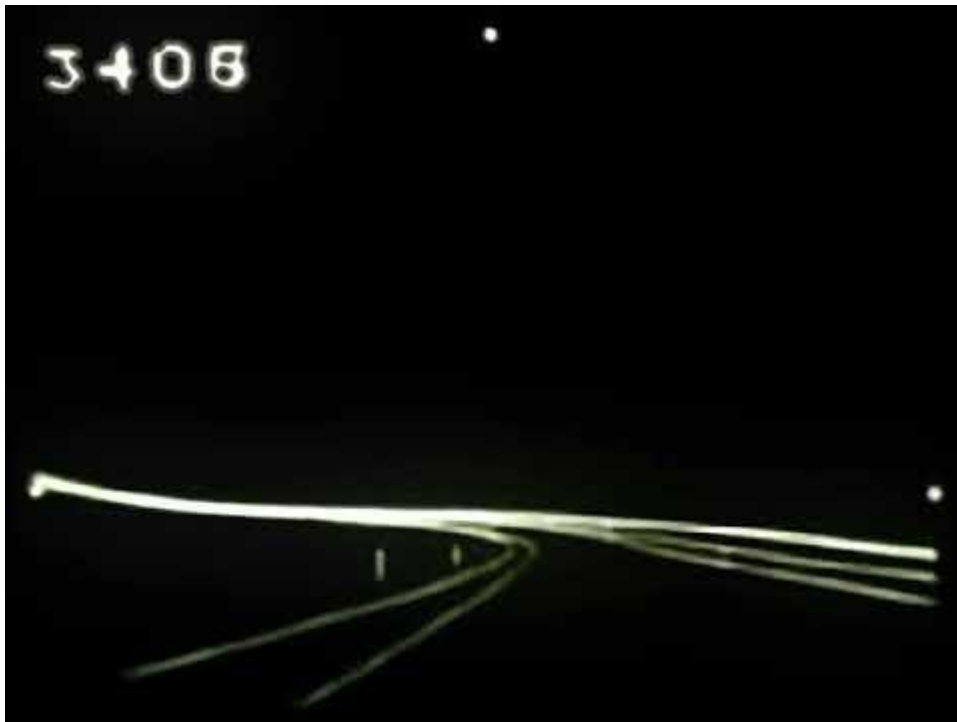
První realistická počítačová animace s trojrozměrným dojmem, se poprvé objevila v roce 1961. Šlo o vytvoření pohledu z auta jedoucího po dálnici rychlostí 110 km/h. Byla vytvořena ve Švédském královském technologickém institutu na počítači BESK. Krátkou třicetisekundovou animaci odvysílala v témže roce národní televize.<sup>10</sup>

---

<sup>8</sup> (GODFRAY, Donald G. *Methods of Historical Analysis in Electronic Media*. 2006, s. 77).

<sup>9</sup> (ČERNÁ, Lucie. *Principy animace* [online]. 2006, s. 8).

<sup>10</sup> (Rendering of a planned highway (1961). *History of computer animation (CGI)* [online]. 2017).



Obrázek 1 - Ed Catmull - Rendering of a planned highway

Dále bych chtěl zmínit animaci z roku 1967, jménem „*Hummingbird*“ od autora Charles Csuriho, kdy na Bruselském festivalu mezinárodních experimentálních filmů byla puštěna 10minutová animace vykreslení kolibříka (tzv. Morphing). Jednalo se o plně počítačově animované video, kdy celý proces videa byl naprogramován pomocí programovacího jazyku do pohybu.<sup>11</sup>

První 3D počítačovou animací je studentský projekt z univerzity v Utahu. Dva studenti Edwin Catmull a Fred Parke vzali fyzický model pravé ruky, nakreslili na něj trojúhelníky



Obrázek 2 - Ed Catmull - První 3D animace

---

<sup>11</sup> (Charles Csuri's *Hummingbird* [online]. 2017).

a polygony z inkoustu, které pak následně zdigitalizovaly pomocí třídimenzionálních dat a vložily je do programu, který Catmull vytvořil.<sup>12</sup>

Prvním krátkometrážním filmem, vytvořeným metodou 3D CGI animací, je film s názvem „André a včela (The Adventures of André & Wally B.)“. Jedná se o první animovaný krátko film zpracovaný počítačovými 3D technologiemi.

A prvním celovečerním filmem, který byl též zpracovaný počítačovými 3D technologiemi, je film „Toy Story“ z roku 1995 od studia Pixar.

#### **4.1.1. Kultovní animovaný CGI film s 3D animací Toy Story**

Nejznámějším a prvním plně animovaným 3D CGI celovečerním filmem je film „Toy Story“, v českém překladu Příběh hraček, z roku 1995.<sup>13</sup> Stal se celosvětově proslulým a změnil tak pohled na celý tento obor. Tento film byl vytvořen, tehdy začínajícím, studiem Pixar, zabývajícím se počítačovou animací. Výdělek z filmu Toy Story činil více než 360 miliónů dolarů, a proto se tento animovaný film dostal do žebříčku nejvíce výdělečných filmů onoho roku.<sup>14</sup>

I přes stáří filmu, se v současné době tato dobrodružná, rodinná a animovaná komedie řadí vysoko v žebříčku nejoblíbenějších filmů s výborným celkovým hodnocením. Server ČSFD (Česko-Slovenská filmová databáze) umístil film, podle hodnocení uživatelů, na 187. místě s celkovým hodnocením 85%.<sup>15</sup>

Film se díky své oblíbenosti dočkal i několika dalších pokračování, naposledy čtvrtého dílu uvedeného v roce 2019. Další pokračování tohoto animovaného filmu, jsou i kritiky nadále hodnocena velmi pozitivně.

Dalšími celosvětově známými filmy, kde byla využita 3D CGI pro jejich výrobu či byla jejich výroba o touto metodou obohacena, jsou například film Matrix, Avatar nebo Pán prstenů: Společenstvo prstenu.

#### **4.2. Tvorba 3D CGI animačního díla**

Výrobní proces animačního díla (v tomto případě 3D CGI animovaného díla) se skládá ze tří výrobních fází. Těmito fázemi jsou preprodukce, produkce a postprodukce. Jako poslední čtvrtou fází můžeme označit i samotnou distribuci vzniklého díla.

---

<sup>12</sup> (UTTERSON, Andrew. *A Computer Animated Hand* [online]. 2011, s. 2).

<sup>13</sup> (Toy Story. *DISNEY / PIXAR* [online]. 2021).

<sup>14</sup> (SMITH, Susan. *Toy Story: How Pixar Reinvented the Animated Feature*. 2018).

<sup>15</sup> (Toy Story. *Česko-Slovenská filmová databáze* [online]. 2021).

Nyní popíši jednotlivé úkony napříč výrobními fázemi, které jsou pro vznik 3D CGI animovaného filmu nezbytné.

Na úplném počátku je idea, myšlenka či nápad, ať už klienta nebo tvůrce. Dalším krokem je vyhrazení si cílové skupiny diváků, kterou by měl film zaujmout a jak by měl film zaujmout veřejnost celkově. Když má klient nebo tvůrce již nějakou svou kreativní představu o tom, jak by měl jeho film vypadat, je nutné propočíst předpokládané výdaje spojené s výrobou celého filmu, případně si určit výši částky, kterou je tvůrce či klient do filmu ochoten zainvestovat. Často je v tomto případě snaha o to, zaujmout potencionálního investora, který by náklady spojené s výrobou filmu zaplatil. Třetím krokem pre-produkce je námět, kde se vytvoří děj daného filmu a zároveň se učiní rozhodnutí, zda bude vytvořen jako animovaný nebo hraný. Podle námětu se následně připravuje scénář filmu.

Po vytvoření scénáře se začne pracovat na návrzích designů postav (character design), jejich charakteru a motivace ve filmu. Dalším krokem je vytvoření návrhu prostředí, kde se děj odehrávat.

Následně je vytvořen tzv. storyboard, což je obdoba vizualizace filmu, která sjednocuje scénář, grafiku a mluvené slovo. Po storyboardu se vytváří animatik, který již tvůrci a případně i klientovi, ukáže reálnou délku scén, záběrů a videa.

Nyní se výrobní proces posouvá z fáze pre-produkce do fáze produkce. V této výrobní fázi již dochází k samotné výrobě filmu.

Jako první se v produkční fázi začne s výrobou 3D modelů ve specializovaných 3D programech, jakými jsou například Autodesk Maya, Autodesk 3DS Max, Blender aj. Když jsou veškeré 3D modely dokončené, jsou poslány k dalšímu zpracování, kde se rozvrhnou do scény. Dalším krokem produkce je tzv. texturování, což znamená, že se 3D modelům stanoví barvy, struktury a povrchy. Dále se scéna i samotné 3D modely musí správně nasvítit, aby byl vizuální dojem, například z vytvořené textury, správný.

Následuje Rigging, který vytváří virtuální kostry ke 3D modelům a následně je spojen s jejich geometrií, což umožní modelem pohybovat a animovat ho. Ovšem před procesem animace ještě stojí proces výzkumu a vývoje a také vytvoření 3D simulací. Výzkumem a vývojem se rozumí, že než se začne vytvářet animace, je nutné udělat si určitý průzkum toho, co se bude animovat. Pokud bude animátor animovat běh geparda, měl by si nejdříve nastudovat, například podle různých videí, jak se jeho tělo při běhu chová a jak vypadá. Po tomto průzkumu se vytvoří tzv. 3D simulace (3D vizuální efekty), jimiž jsou například oheň, voda, kouř, mlha, jiskry, různé částice a další.

Nyní již může započít proces 3D animace, kdy animátor uvádí 3D modely do pohybu.

V poslední fázi produkce se vytvoří nastavení výstupů videa (formát videa, kvalita rozlišení, ...) a spustí se „Render“.

V post-produkci, se jako první provádí tzv. kompoziting. To znamená, že se vyrenderované video předá k dalším úpravám, kterými jsou například zvýraznění nebo naopak potlačení odrazů světla, hrbolati, odrazivosti, světelnosti, průsvitnosti aj. V kompozitingu se též upravují barvy buď celého videa či jednotlivých vrstev. Video se ve vrstvách takto upravuje.

Po kompozitingu se vytváří 2D speciální efekty, jako například otřesy kamery, kapky deště na kameře apod. a zároveň se v tomto procesu vytvářejí i různé titulky.

Dále přichází na řadu nahrání dialogů nebo monologů postav a následně přidání zvukových efektů, případně hudby.

Nyní je na řadě proces, který se nazývá editování videa, ve kterém se spojí vizuální stránka s audio stránkou filmu čili že se do videa přidá hudba a vytvořené audio (zvukové) efekty. Zároveň se vzniklé video tzv. sestříhá, což znamená, že se některé scény zkrátí v určitém momentu.

Tímto je proces vytváření 3D animovaného videa hotov a film se může začít distribuovat například do kin, a tak být ukázán divákům.<sup>16</sup>

### **4.3. Technologie výroby 3D CGI**

Jak jsem již v předchozích kapitolách zmínil, jsou různé způsoby, jak lze animaci vytvářet. V případě 3D počítačové animace se nejčastěji jedná o způsob, kdy animace vzniká za pomoci speciálních programů, jakými jsou například 3DS MAX, Maya od firmy Autodesk nebo v programu Blender od neziskové organizace Blender Foundations.

V těchto programech je možné udělat vše od počátečních 3D modelů, přes texturování (povrchová úprava), animaci (vytvoření pohybu), osvětlení scény až po konečný render (vytvoření videa).

Jednou z možností, jak lze vytvořit a poměrně jednoduchým způsobem získat reálnou animaci pohybu, je metoda Motion Capture. U této metody je zaznamenáván pohyb, který by následně vymodelovaná postava měla vykonávat. Této technice se budu věnovat podrobněji v následující kapitole.

---

<sup>16</sup> (Výroba videa krok za krokem. *VideoAnimace: Video Production & Video Marketing* [online]. 2021).

## 5. Motion capture

Motion capture, zkráceně „Mo-cap“ nebo „mocap“ je proces, při kterém se zaznamenává pohyb osoby (většinou herce), který se pohybuje podle daného scénáře. Vybavení k metodě Motion Capture může být však velice nákladné a jeho cena může vystoupat až do milionů korun. Příklad slavného filmu, kde se tato metoda snímání pohybu využila, je trilogie Pán prstenů (např. u charakteru Gluma) nebo ve filmu Avatar pro postavy samotných Avatarů.

Kromě zábavního průmyslu se Mocap využívá ve sportu, ve zdravotnictví, například v lékařských aplikacích, ale i v ergonomii či robotice.<sup>17</sup>

Jsou 3 různé typy motion capture. Prvním typem je tzv. optický motion capture systém, druhý typ se nazývá magnetický motion capture systém a třetím systémem je mechanický motion capture systém.

U optického systému, má na sobě osoba speciálně zabarvené oblečení, s přilepenými bílými kuličkami, které se nazývají „tracking points“, což jsou tzv. trackovací body. Speciální kamery použité pro motion capture tyto body sledují, jejich pohyby zaznamenávají a následně vzniklá data odesílají do programu v počítači, který je se zařízeními propojen. Společně s tělem je možné zaznamenávat pohyb například i prstů nebo třeba obličejových výrazů.

U magnetického systému existuje verze obleku, kde jsou místo „trackovacích“ kuliček na obleku položeny přímo senzory, které vykonávají funkci trackovacích bodů. Výhodou je, že u tohoto typu motion capture již nejsou potřeba žádné speciální kamery. Oblek je společně se senzory bezdrátově propojen s přijímačem, který je připojen k počítači. Počítač získává koordinační data ze senzorů a v reálném čase vypočítává pohyby herce, který má oblek na sobě.

Posledním typem motion capture je mechanický motion capture. V tomto případě má na sobě herec speciální konstrukci, kdy jsou klouby a jejich spoje pevně připevněny na končetinách a postavě herce. V angličtině má tato konstrukce název exoskeleton.<sup>18</sup> Motion capture má oproti tradičním animačním technikám určité výhody, které jsou rozvedeny v následujících podkapitolách.

---

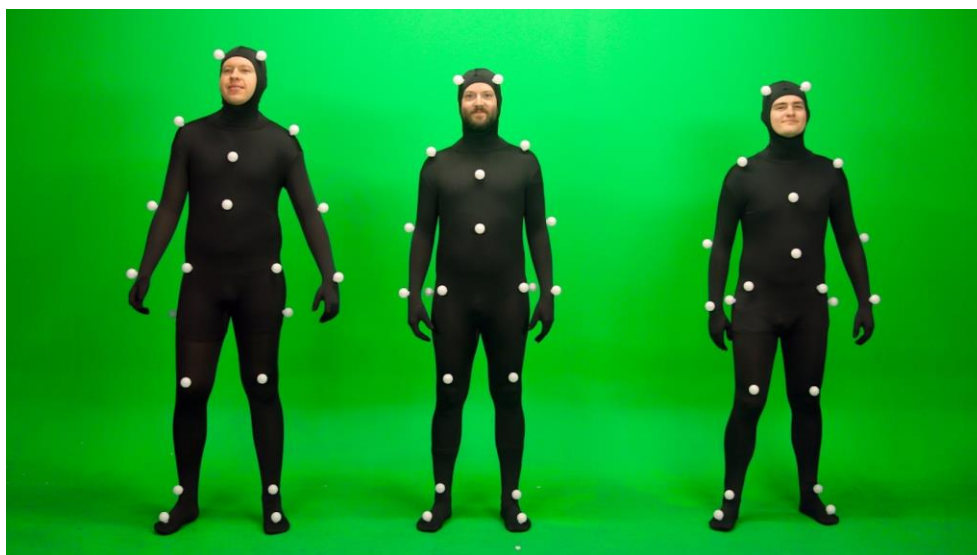
<sup>17</sup> (Motion Capture. *Xsens* [online]. 2021).

<sup>18</sup> (PARENT, Rick. 2009. *Computer Animation Complete: All-in-One: Learn Motion Capture, Characteristic, Point-Based, and Maya Winning Techniques*).

## 5.1. Optický motion capture systém

Optický systém je díky velice malé odezvě (zpožděním mezi akcí a reakcí), která je prakticky nulová, velice přesný. Díky této malé odezvě dokáže snímat komplexní pohyby, realistické fyzikální interakce a další elementy jako simulace váhy objektu nebo zobrazení působení sil. Je to jeden z nejpřesnějších způsobů, jak je možné zachytit například velice realistický pohyb člověka.

Ovšem optický typ motion capture má i své nevýhody. Díky jeho velké přesnosti se však zaznamenává obrovské množství dat, které se následně musí postprodukčně zpracovat, což je časově velice náročné. Další nevýhodou je, že se trackovací bod může kdykoliv ztratit z dohledu kamer (trackovací bod musí být totiž stále v zorném poli kamery vidět) a zapříčinit tak ztrátu prostorových dat. Tím se zvýší nepřesnost pohybu. Osvětlení v místnosti, kde se bude motion capture používat, musí být kvalitně nastavené a neustále



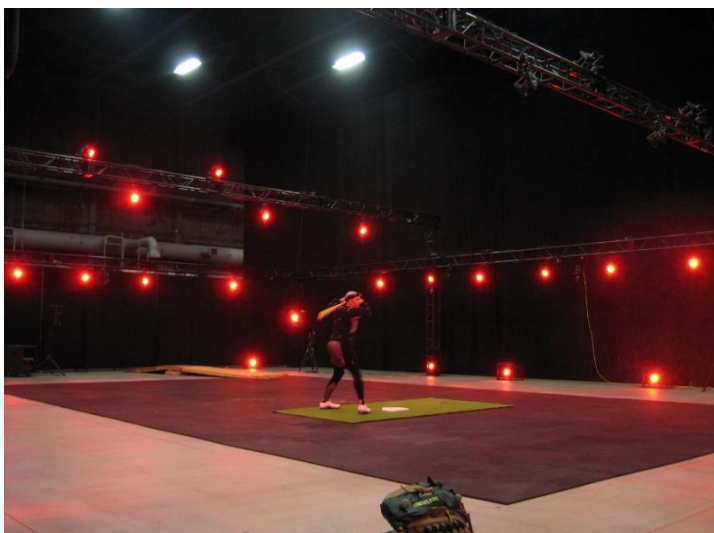
Obrázek 3 - Trackovací body umístěné na těle herců

kontrolované, aby byla zajištěna co nejvyšší možná viditelnost trackovacích bodů. Záběry pohybů zaznamenané tímto typem motion capture, jsou v počítači zobrazené pouze jako skupina bodů (teček) v prostoru, se kterými se pak následně dále pracuje.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> (Optical Motion Capture. *BEST Performance Group* [online]. 2021).





*Obrázek 4 - Optický Motion Capture*

## **5.2. Magnetický motion capture systém**

Magnetický motion capture systém je místo trackovacích bodů (kuliček) řízen magnetickými senzory. S magnetickým motion capture systémem, je možné na snímání objekt umístit až 20 trackovacích senzorů, které snímají prostorová data a posílají je do přijímače, který zaznamenává pozici a rotaci senzorů. Díky těmto senzorům je tento systém zpravidla levnější než ostatní systémy, jelikož zde není třeba používat speciální kamery ani speciálně předpřipravené prostory.



*Obrázek 5 - Magnetický motion capture*

Není vyžadována ani tak časově náročná post-produkce nebo čištění dat, aby se data dala použít právě z důvodu, že se data neshromažďují ze žádné kamery (v případě optického mocapu z několika kamer).

Oproti optickému motion capture systému, není třeba brát ohled na to, zda se ve výhledu senzoru nenachází nějaká (nemetalská) překážka. Senzory totiž na rozdíl od optického mocapu být vidět nemusí.

Díky těmto aspektům se magnetický typ motion capture dá dobře využít ve venkovních prostředích a exteriérech. Ovšem i tento systém má své nevýhody. Kvalitu dat může ovlivnit jakýkoli metalický nebo magnetický objekt položený v blízké vzdálenosti od senzorů nebo od přijímače, v důsledku čehož mohou být data nepřesná. Magnetický systém není vhodný do prostorů z vysoce vodivých materiálů.

Senzory tohoto typu mocapu jsou buď na baterie (každý senzor má svou baterii) nebo jsou senzory připojené k nabíjecímu zařízení, které se nachází v obleku herce. Varianta senzorů napájených kabely má hlavní nevýhodu v tom, že může mít herec do určité míry ztížený pohyb. Varianta napájení senzorů pomocí baterií tento problém nemusí řešit, nicméně nevýhodou je i přesto fakt, že se baterie v senzorech musí stále kontrolovat a po čase nabíjet.<sup>20</sup>

### 5.3. Mechanický motion capture systém

Mechanický motion capture systém snímá pohyb měřením úhlů mezi klouby. Herec si na sebe vezme oblek vytvořený z trubek a potenciometrů připomínající exoskelet (vnější kostru). Trubky v tomto případě zastávají funkci kostí a potenciometry funkci kloubů. Pro



Obrázek 6 - Mechanický motion capture

zaznamenávání pohybů prstů, si na sebe herec vezme rukavice vytvořené obdobným způsobem jako oblek na tělo. Mechanický systém zaznamenává data v reálném čase, to znamená přesně tak, jak je pohyb v daný čas prováděn. Na rozdíl od předchozích představených technik, záznam dat na tomto typu mocapu,

<sup>20</sup> (Magnetic Motion Capture System Measuring Movements of Hands and a Body Simultaneously [online]. 2021).

nemohou ovlivnit žádné magnetické ani metalické předměty, ani nikdy nemůže dojít k zakrytí senzorů, což je velká výhoda. Na druhou stranu má tento systém jiné výrazné nedostatky. Například při tomto typu mocapu není možné snímat prostorová data. To znamená, že pokud bude herec s touto konstrukcí na sobě vykonávat nějaký pohyb (například chůze z jedné strany místnosti na druhou), záznam bude v programu vypadat podobně, jako by herec chodil po běžeckém trenážeru (postava se bude hýbat, ale pouze na jednom místě). Velkým omezením je také to, že tento systém v podstatě dokáže zachycovat pouze jeden typ kloubů, a to konkrétně klasický pantový kloub. Navzdory tomu, že je systém v rozmontovaném stavu poměrně dobře přenosný, v jeho smontované podobě má z důvodu jeho objemu a křehkosti herec velmi omezené možnosti pohybu. Například kotouly nebo jiné náročné či akrobatické pohyby, nebude s tímto systémem pravděpodobně možné provádět. Prvním důvodem je vysoká pravděpodobnost poškození zařízení motion capture a druhým důvodem je nebezpečí úrazu herce oblečeného do mechanického torza.<sup>21</sup>

## 6. 3D tisk

Od výroby záznamu pohybu pomocí Motion Capture, se přesuneme do výroby zhmotňování 3D modelů, vytvořených v modelovacích programech, pomocí 3D tisku. 3D tisk je proces vytváření trojrozměrných objektů, postupným přidáváním materiálu vrstvu po vrstvě. Díky 3D tiskárně je z digitální předlohy vytvořen fyzický model. Technologie 3D tisku se dříve nazývala „Rapid Prototyping“ neboli rychlá výroba prototypů čehokoliv – nápadů, návrhů anebo vynálezů. Jak z názvu vyplývá, využívala se pro výrobu pevných fyzických prototypů. Tato technologie prošla určitým vývojem a 3D tisk se v dnešní době věnuje výrobě daleko větší škále výrobků než pouze vyrábění pouhých prototypů. V současné době je i více možností co se týká výběru materiálů a technologií. Existují i různé typy 3D tiskáren.

---

<sup>21</sup> (Motion Capture Suits: Gypsy 7 Torso Motion Capture System. *Meta Motion* [online]. 2021).

## 6.1. Historie 3D tisku

Vznik 3D tisku se datuje do 80. let 20. století, přesněji rok 1984. V tomto roce si Charles W. Hall, pozdější zakladatel firmy 3D System, nechal patentovat technologii takzvané „Stereolitografie“ a byl první, kdo dokázal vytisknout 3D data. Díky této technologii bylo možné, aby designéři mohli prototypovat a testovat návrhy, aniž by byly předem nutné investice do výroby. Technologie, kterou Charles W. Hall použil, se nazývá SLA a používá



Obrázek 7 - První 3D tiskárna na světě

se dodnes u moderních tiskáren. I přesto, ale za necelých čtyřicet let, prošel 3D tisk znatelným vývojem.<sup>22</sup> První komerční 3D tiskárnu začala v roce 1992 vyrábět a prodávat firma 3D Systems. Obsahovala zmiňovanou první komerčně dostupnou technologii SLA.<sup>23</sup>

Další z milníků a nejdůležitějších okamžiků v novodobé historii 3D tisku byl rok 2005, kdy byl založen projekt RepRap (Replication Rapid Prototyper) na University of Bath doktorem Adrianem Bowyerem. Cílem tohoto projektu bylo navrhnout a vytvořit 3D tiskárnu, která dokáže vytisknout co nejvíce svých vlastních součástek. Projekt byl následně otevřen veřejnosti a na jeho základě se tyto 3D tiskárny rozšířily i do hobby a polo profesionálního segmentu. Cena takovéto 3D tiskárny se mohla pro zajímavost pohybovat okolo ceny 10.000 korun.<sup>24</sup>

## 6.2. Využití 3D tisku

S příchodem levnějších technologií se 3D tisk začal využívat také jako nástroj pro malosériovou výrobu, kdy ovšem samotná příprava výroby může být velmi nákladná.

<sup>22</sup> (The Evolution of 3D Printing. *Nano Dimension* [online]. 2021).

<sup>23</sup> (PRŮŠA, Josef a Michal PRŮŠA. *Základy 3D tisku* [online]. 2014, s. 5).

<sup>24</sup> (ČUMA, Zdeněk. *Porovnávání technologií 3D tisku a následná výroba součástí* [online]. 2018, s. 12).

Další možností využití 3D tisku je personalizovaná výroba, kdy se obvykle jedná o předměty se jménem nebo jinými osobními údaji zákazníka. Lze tak vytvořit například pouzdro na iPhone nebo podobné menší produkty, které jsou, svým způsobem, ušité na míru daného zákazníka.

3D tisk je dále využíván velmi specificky i v mnoha dalších oborech, kde urychluje proces vývoje a výroby. Denně jsou nalézány další a další způsoby jeho využití.<sup>25</sup>

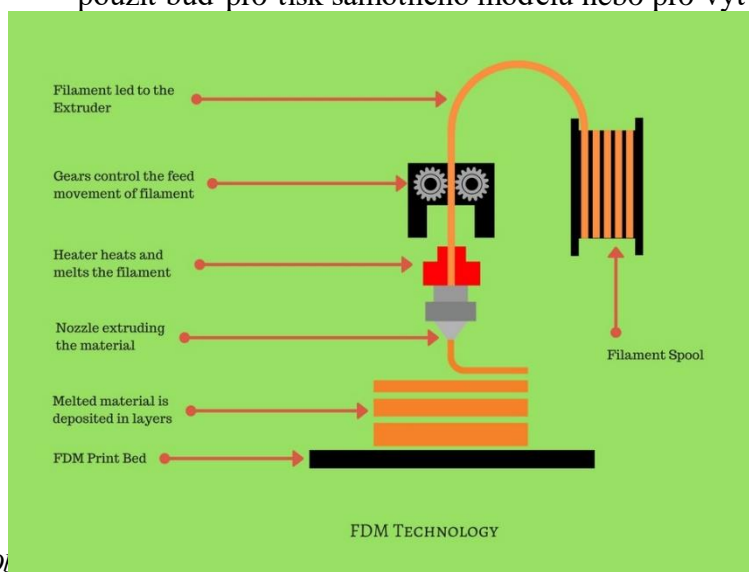
### 6.3. 3D Tiskárny

3D tiskárny můžeme rozdělit na tři základní druhy, které jsou odlišné primárně v technologickém procesu vyrábění modelů. Existují tzv. FDM/FFF – Fused Deposition Modeling / Fused Filament Fabrication 3D tiskárny (dva názvy jsou uvedeny proto, že zkratku FDM si firma Stratasys vytvořila jako registrovanou známku), SLA – Stereolithography Apparatus 3D tiskárny a SLS – Selective Laser Sintering 3D tiskárny.

#### 6.3.1. FDM/FFF tiskárny

Tento typ tiskáren je v dnešní době pravděpodobně jeden z nejrozšířenějších a cenově nejdostupnějších. Cenové rozpětí těchto komerčních tiskáren se může pohybovat přibližně od 4.000,- Kč a může sahát až do stovek tisíc.

Jejich využití je možné v kancelářích nebo i v běžných domácích podmínkách a je naprosto bezpečné. Jako materiál pro tisk se používá nejčastěji roztavený druh polymeru, který je použit buď pro tisk samotného modelu nebo pro vytvoření podpůrných konstrukcí pro



daný model. Tento polymer je uzpůsoben pro tisk v podobě tzv. tiskové struny, které se říká Filament.<sup>26</sup> V průběhu tisku je plastový materiál veden skrz horkou komoru (hotend), kde dochází k roztavení tohoto materiálu. Jakmile je materiál dostatečně roztaven, je protlačen z komory ven skrze trysku a

<sup>25</sup> (PRŮŠA, Josef a Michal PRŮŠA. *Základy 3D tisku* [online]. 2014, s. 5).

<sup>26</sup> (PRŮŠA, Josef a Michal PRŮŠA. *Základy 3D tisku* [online]. 2014, s. 11).

postupně pokládán s velkou přesností vrstvu po vrstvě na podložku v jasně daných místech, která jsou předem naprogramována.

## 6.4. Filamenty

Filament je materiál pro druh 3D tiskáren FDM/FFF a může mít různá složení. Jedná se o tiskové struny/dráty obvykle o průměru 1,75 mm nebo 3 mm.



Obrázek 9 - Filament (Materiál pro 3D tisk)

### 6.4.1. PLA

Nejvíce rozšířený a relativně cenově dostupný je takzvaný PLA filament (PLA = Polylactic Acid – kyselina polymléčná). Ve srovnání s ostatními druhy filamentů má dobrou tepelnou odolnost, a tedy malou teplotní roztažnost. Nevýhodou je ovšem v porovnání s ABS jeho křehkost. Výtisky jsou odolné maximálně do 60 °C, poté materiál začíná být plastický (začíná měknout a ztrácet svůj původní tvar).

PLA filament se jako jeden z mála dá využít k tisku větších objektů přes 20 cm.

### 6.4.2. ABS

ABS filament (ABS = Acrylonitrile Butadiene Styrene) je druhem termoplastu, který je relativně levný (cca 300 Kč – 600 Kč / 1 kg) a je tedy často používaný pro 3D tisk. ABS je o něco pevnější než filament PLA. Co se tisku týká, je náročnější na nepatrné změny teplot v průběhu tisku, které mohou vést až ke zkroucení celého tisknutého výrobku, což zapříčiní neúspěšný tisk. Jinými slovy, nevýhodou oproti všem ostatním materiálům je jeho tepelná roztažnost. Oproti PLA, PETG nebo ASA se při tisku za použití filamentu ABS dá zaznamenat znatelný charakteristický zápach.

### **6.4.3. PET**

PET filament (PET = Polyethylene Terephthalate) je materiál stálý, který se nerozkládá ani dlouhodobým působením jiných chemických látek, či kapalin, a proto se s oblibou používá v potravinářském a obalovém průmyslu. Vyrábí se z něj PET láhve a podobné výrobky, které se v těchto odvětvích využívají. Získal si oblibu pro jeho pevnost, stálost a nízkou tepelnou roztažnost. Má dobré vlastnosti jako ABS a PLA. Opět pro většinu tisknutých objektů není nutné použití vyhřívané podložky.

Výtisky z PET materiálu odolají teplotám vyšším než 100 °C, přičemž teploty tisku se pohybují, podobně jako u ABS, kolem 250 °C. Je dostupný jak v bezbarvé nebo čiré variantě, tak i v různých barevných variantách. Cenově je filament PET o několik stokorun dražší než ABS.<sup>27</sup>

### **6.4.4. ASA**

ASA filament (ASA = akrylonitril-styrén-akrylát) má prakticky stejné vlastnosti jako ABS, s rozdílem, že filament ASA je odolnější vůči vyšším teplotám. Je také UV stabilní, což znamená, že je více odolný vůči UV záření, pokud je mu vystavován. Díky lepší tepelné roztaživosti je pro tisk vhodnější, jelikož nereaguje tak extrémně na změny teplot jako ABS filament.

### **6.4.5. PETG**

PETG filament (polyethylentereftalát glykol – PETG). Písmeno G ve zkratce PETG označuje glykol, který se přidává během výrobního procesu do tisku. Glykol pozměňuje vlastnosti PET, aby nebyl vytisknutý model tak křehký. Zároveň bude vytisknutý model díky glykolu průhlednější, pokud se bude tisknout z poloprůhledného filamentu. PETG má nízkou tepelnou roztažnost, tudíž se při tisku větších modelů téměř nekrouť.

Tento filament se pohybuje někde mezi druhy filamentů PLA a ASA. Při výtisku modelu má lesklejší povrch než filament PLA, stejně jako u ABS. Filament PETG vylučuje silný charakteristický zápach při tisku. V porovnání s PLA je PETG odolnější a silnější, ale je náchylnější k poškrábání.

### **6.4.6. Polypropylen (PP)**

PP (polypropylen) je méně náchylný na tepelné výkyvy, než je tomu u ABS a PLA, je více odolný k poškození a je pružný. Je vhodný pro modely, které vyžadují pružnost a pevnost.

---

<sup>27</sup> (PRŮŠA, Josef a Michal PRŮŠA. *Základy 3D tisku* [online]. 2014, s. 47).

#### 6.4.7. Nylon

PA6 Polyamid (Nylon), dle Průšy označovaný také jako Tauman Bridge, je filament odolný a pevný, ale vzhledem k tomu, že částečně absorbuje vzdušnou vlhkost, je velice obtížné z něho úspěšně tisknout objekty. Používá se pro tisk mechanických součástek.

#### 6.4.8. FLEX

Filament s názvem FLEX má své vlastní složení, které má podobné vlastnosti jako guma. Náročnost tisku se mění s tvrdostí tisknutého modelu. Čím měkčí formu by měl výsledný vytisknutý model mít, tím bude obtížnější ho vytisknout. Flex je velmi silný a zároveň pružný materiál, který má výbornou odolnost proti otěru. Tento pružný filament se dá využít například při tisku pouzdra na mobilní telefon nebo kameru.

#### 6.4.9. Kompozitní Filamenty

Kompozitní filamenty jsou filamenty, které je sloučeny s dalšími materiály, které se přidávají v podobě prášku. Příklady již smíchaných filamentů jsou například: Woodfill, Copperfill, Bronzefill, karbonové kompozity (výsledný model je pak extrémně silný) a další.<sup>28</sup>

### 6.5. SLA, DLP, MSLA Tiskárny

Všechny tyto typy tiskáren sdílejí stejný technologický postup při tisku modelů. Všechny využívají jako hlavní stavební materiál tekutou světlo-citlivou pryskyřici, jinak řečeno „Resin“. Resin se vlije do prostoru nádoby (vany) tiskárny a následně je tento materiál vytvrzován světelným UV paprskem.

#### 6.5.1. SLA Tiskárny

SLA (Stereolithography = stereolitografie) je technologie tiskáren, založená na vytvrzování resinu pomocí laseru, který je nasměrován pomocí dvou pohyblivých zrcadel. Díky laseru bude mít model všechny rohy a hrany ve výsledku zaoblené. Podložka v tiskárnách SLA je ukotvena jiným způsobem, než například u tiskáren FDM/FFF. Tisknutý model vzniká pod tiskovou deskou, na rozdíl od FDM/FFF tiskáren, kdy model vzniká nad touto deskou.



Obrázek 10 - SLA tiskárna Creality LD-002R UV

<sup>28</sup> (Průvodce materiály. PRUSA RESEARCH [online], 2021).



Tato deska se postupně ponoří do vaničky s resinem do určité hloubky. Poté jsou části, které mají být vytisknuty jako model, osvětleny laserem a následně zatvrdnou. Podložka se pak nepatrně zdvihne, aby se vytvrzená místa odlepila od spodku vany. Pak se podložka vrátí zpět o vrstvu výše a proces se takto opakuje, dokud není model zcela hotový. Dokončený model je poté připraven na umytí v isopropylalkoholu, aby se smyly zbytky resinu na modelu. Tyto zbytky by v poslední fázi usychání a finálního tvrdnutí mohly způsobit nerovnosti a snížit detailnost modelu. Tato technika tisku je určena pro pokročilejší uživatele, kteří jsou s tímto typem tiskáren i materiálů pečlivě obeznámeni. Potřebná je také určitá praxe s jejich používáním. Při práci s resinovými tiskárnami by měly být tyto tiskárny umístěny ve velmi dobře odvětrávaných prostorách, kvůli znatelnému zápachu z resinu, jehož výpary jsou toxické. Proto je při jakékoliv práci s tímto typem tiskáren na místě, používat potřebné ochranné prostředky jako například neprodyšné gumové rukavice, respirátor s dostatečným ochranným stupněm pro tyto výpary a v neposlední řadě ochranné brýle.

Tyto 3D tiskárny nacházejí své uplatnění hlavně v medicíně a také ve šperkařství. Pro příklad uvedu, že když se bude na FDM/FFF tiskárně model tisknout okolo 4 hodin, ten stejný model se bude na tiskárně SLA, při stejném nastavení, tisknout až 4krát déle. Prvním důvodem je, že SLA tiskárna tiskne model vždy plný (model není vytisknut dutý), kdežto u FDM/FFF tiskárny je možné procentuálně nastavit, do jaké míry bude výsledný model uvnitř dutý (tím se mimochodem šetří spotřeba materiálu). Druhým důvodem je, že tiskárna SLA musí mít vždy mezi vrstvami krátkou prodlevu, aby předešla vrstva alespoň částečně zatvrdla.

Posledním důvodem, proč je délka tisku na tomto typu tiskárny mnohonásobně delší je, že délka tisku závisí na tom, kolik modelů se bude současně tisknout. Čím více modelů, tím delší bude čas tisku.

### **6.5.2. DLP Tiskárny**

DLP tiskárna (Digital Light Processing) používá metodu osvětlení vrstvy pomocí digitálního projektoru. Při této metodě se osvítí celá vrstva v místech, kde se model nachází. Velkou výhodou této metody oproti tiskárnám SLA je, že nejsou limitované počtem současně tisknutých modelů. To znamená, že nezáleží na tom, kolik stejných modelů se bude tisknout najednou a výsledný čas bude vždy stejný jako při tisku jednoho modelu.

### 6.5.3. MSLA Tiskárny

Poslední metodou resinových tiskáren je technologie MSLA (Masked Stereolithography), která používá k osvětlení resinu LCD displej. Osvícení probíhá pomocí UV LED a maskuje se celá tisková vrstva LCD displejem. UV světlo prostoupí jen tam, kde jsou pixely aktivované a tam dojde k vytvrzení pryskyřice.<sup>29</sup>

Kvůli tomu, že se zde používá LCD displej, je ovlivněna kvalita modelu rozlišením displeje (čtvercové pixely). Povrch s nižším rozlišením bude spíše kostkovaný, pokud se nepoužije Anti-Aliasing (podprogram pro vyhlazování hran).

## 6.6. Resiny (Pryskyřice)

Resiny čili světlo citlivé pryskyřice, nebo také fotopolymery, se na rozdíl od filamentů nerozdělují podle materiálů, nýbrž podle účelu, ke kterému jsou následné výtisky určeny. V podstatě se typy resinů mohou lišit pouze ve vzhledu nebo v charakteristice jeho vlastností. Každý resin se skládá ze tří složek. Těmito složkami jsou: jádro pryskyřice, foto iniciátory (což jsou molekuly, které reagují na UV záření a iniciují tak proces vytvrzování) a přísady. Tyto přísady ovlivňují vzhled a vlastnosti resinu (např. barvu). Příklady resinů jsou uvedeny níže:



Obrázek 11 - Resin (materiál pro resinové tiskárny)

**Standartní resin** – má prakticky stejné vlastnosti jako PLA filament, je hladký, ale současně křehký. Není vhodný pro mechanické díly.

**Čistý resin** – jde o standartní resin s přísadami, které ho tvoří téměř průhledným. Při dodatečném vyleštění je v podstatě zcela průhledným.

**Tvrdé a odolné resiny** – mají obdobné vlastnosti jako filament ABS a filament PP.

**Dentální resin** – jde o zdravotně nezávadnou a netoxickou pryskyřici, která je vhodná pro tvorbu například zubních implantátů, protéz či určitých druhů zubních rovnátek.

**Flexibilní resin** – Má obdobné vlastnosti jako FLEX filament.

<sup>29</sup> (PRŮŠA, Josef a Michal PRŮŠA. *Základy 3D tisku* [online]. 2014, s. 17).

## 6.7. SLS Tiskárny

SLS tiskárny (Selective Laser Sintering) jsou posledním typem 3D tisku, o kterém se ve své bakalářské práci zmíním. Jedná se o metodu nanášení jemného prášku (místo resinu), který je následně laserem spékán, což vytvoří tvrdou hmotu na místech, kde bude konečný model výtisku. Dokončený model je v tomto prášku zasypan. Tento typ tiskáren ještě není příliš rozšířený. Používají se spíše pro průmyslové účely a cena těchto tiskáren začíná přibližně od sto padesáti až dvě stě tisících korun českých.<sup>30</sup>

## 6.8. Statistika využití 3D tisku v České republice

Mezi důležité inovační faktory dnešní doby bezpochyby patří obecné využití moderních technologií. Pokrok v této oblasti je nezadržitelný, probíhá rychle a prostupuje do různých oborů. Díky technologickému pokroku podniky zpravidla dosahují efektivnějších, lepších a modernějších výsledků. Využití přibývajících nových technologických možností, nástrojů a materiálů se rok od roku zvyšuje. Rychlost technologických změn je díky vyspělosti trhů Evropy, USA, ale například i Japonska a Číny velká. V ekonomicky méně vyspělých státech je logicky tempo menší a dostupnost nových technologií napříč obory je omezená. Většinou je to právě z ekonomických důvodů nebo nízké vzdělanosti obyvatel (neumí pracovat se samotnou technologií ani softwarovými programy, může být přítomna také jazyková bariéra apod.).

V roce 2017 v České republice využívaly 3D tisk 4 % firem (převážně velkých firem tzn. s více než 250 zaměstnanci), což je těsně nad průměrem EU. Pro srovnání, podobnou míru využití 3D tisku jako ČR má také Itálie, Rakousko, Litva nebo Lucembursko.

Okolní státy jako Polsko nebo Slovensko používají 3D tisk méně než ČR, ale například Německo využívá 3D tisk více než ČR.

3D tisk se nejčastěji uplatnil v odvětvích: výzkum a vývoj (37 %), zpracovatelský průmysl (27 %) a automobilový průmysl (20 %). Dále také v oblasti zdravotního, chemického, gumárenského a plastového průmyslu.<sup>31</sup>

---

<sup>30</sup> (PRŮŠA, Josef a Michal PRŮŠA. *Základy 3D tisku* [online]. 2014, s. 20).

<sup>31</sup> (SLOUKA, David. *Česko roku 2018: 3D tisk využívají 4 % firem, jsme těsně nad průměrem EU* [online]. 2019).

Z informací od Českého statistického úřadu vyplývá, že vzhledem k velmi vysokým pořizovacím investičním nákladům, 3D tisk využívá necelá pětina firem a robotickou automatizaci přibližně třetina velkých firem, a to nejvíce ve zpracovatelském průmyslu, konkrétně elektronickém a automobilovém průmyslu. 3D tisk je pak nejrozšířenější v odvětví výzkum a vývoj.<sup>32</sup>

I v dalších letech (kdy jsou zatím dostupné údaje za rok 2019) Český statistický úřad udává, že 3D tisk využívalo v průběhu roku 2019 v ČR šest firem ze sta (6 % ze sta firem). Dominantní postavení mají stále velké podniky s 250 a více zaměstnanci, kde tuto technologii využívá asi čtvrtina z těchto firem. Obdobně jako v předchozích letech se trojdimenzionální výrobky tisknou především ve zpracovatelském průmyslu – vévodí výroba počítačů, elektronických a optických přístrojů a zařízení (34 %), dále v ostatním zpracovatelském průmyslu (31%) a čím dále více také v automobilovém průmyslu (28 %). Stále je 3D tisk často využíván v odvětví výzkum a vývoj (27 %).

Outsourcing nebo nákup zakázkového 3D tisku nebyl v roce 2019 moc rozšířenou službou. Pouze 2 % všech subjektů, tedy třetina firem, které využily 3D tisk využily nákup 3D tisku. Český statistický úřad zmiňuje, že 3D tisk na zakázku využila v roce 2019 více než desetina veterinárních ordinací a stejný podíl subjektů zabývajících se výzkumem a vývojem. Většina firem 3D tisk využívá k výrobě prototypů nebo modelů, menšina firem (4 %) 3D využívá při výrobě polotovarů, součástek, náradí anebo dalších výrobků. Drtivá většina 3D výrobků slouží pro vlastní potřeby firem. 3D tisk za účelem dalšího prodeje není příliš rozšířen. Produkce 3D výrobků za účelem jejich dalšího prodeje je charakteristická pro podniky z odvětví výzkum a vývoj, ostatní zpracovatelský průmysl nebo elektronický průmysl. Podrobnější pravidelně aktualizované údaje pro mezinárodní srovnání lze nalézt v databázi Eurostatu.<sup>33</sup>

## **6.9. Využití 3D tisku ve specializovaných odvětvích**

Popularita a výjimečné možnosti využití 3D tisku mají velmi dynamický vývoj. Díky své všestrannosti našel 3D tisk uplatnění v mnoha specializovaných odvětvích. Mezi tyto odvětví patří například kosmonautika, zdravotnictví a také stavebnictví. Jeden z příkladů, kdy byl použit 3D tisk v oboru kosmonautiky, lze nalézt například přímo na Mezinárodní

---

<sup>32</sup> *Roboty využívají hlavně velké průmyslové firmy* [online]. Český statistický úřad, 2019).

<sup>33</sup> *Využívání informačních a komunikačních technologií v podnikatelském sektoru - 2020: Analytická část - 11. Používání 3D tisku* [online]. Český statistický úřad, 2021, s. 32).

Hvězdné Stanici (ISS = International Space Station), která je již přes 19 let obývána astronauty z různých zemí. Pro svou dlouhodobou činnost a udržení provozuschopnosti, potřebuje vesmírná stanice mnoho náhradních dílů. V číslech se dá tento počet náhradních dílů vyjádřit tak, že každý rok je nutné na vesmírnou stanici ISS dopravit přibližně 3 tuny náhradních dílů a na samotné stanici se skladuje přibližně 13 tun součástek a náhradních dílů. Na Zemi je dále k dispozici zásoba dalších minimálně 18 tun těchto dílů.

Jelikož NASA plánuje cesty ke vzdálenějším planetám, jako jsou například Měsíc a Mars, je případná možnost doplnění náhradních dílů dosavadním způsobem, kdy byla vyslána raketa ze Země s náhradními díly přímo na stanici, takřka nemožná. Proto se zde nabízí řešení této situace pomocí 3D tisku, kdy by se součástky či nářadí vyráběly přímo v prostorách vesmírného plavidla.

Výroba v kosmickém prostoru se nazývá zkráceně ISM (In-Space Manufacturing). ISS má sloužit k testování nových technologií, které mají zajistit nezávislost posádky na dlouhodobých misích (cesta na Mars a Měsíc). V roce 2014 byla na ISS dopravena první FFF (Fused Filament Fabrication) / FDM (Fused Deposition Modeling) 3D tiskárna. Následně se začaly uskutečňovat první pokusy s tisknutím různých předmětů v prostředí s nulovou gravitací. Tyto předměty byly poté zkoumány v laboratořích na Zemi, zdali se se svou konstrukcí a vlastnostmi nějakým způsobem odlišují proti výrobkům tisknutým v prostředí s normální gravitací. Bylo zjištěno, že výrobky tištěné v kosmu se oproti těm tisknutým na Zemi prakticky neliší, a proto je možné jejich využívání.

Jak jsem již uvedl, NASA plánuje cesty ke vzdálenějším planetám. Aby se mohla například zrealizovat cesta konkrétně na planetu Mars, bude pro tuto misi nutné vybudovat v předstihu na planetě základní prostory pro ochranu před nehostinnými podmínkami Marsu. Jeden z projektů NASA je, že se na Mars vyšle automaticky řízená 3D tiskárna, která by byla schopná vytvořit základní obydlí, které by mohlo být použito jako dočasné řešení pro astronauty, než bude možné vybudovat základnu pro dlouhodobější pobyt. Materiály, použité pro výrobu těchto obydlí se liší podle jednotlivých projektů. Jeden z projektů by měl využívat materiál na bázi polymeru, který by musel být na Mars dopraven. Vytisknutí obydlí z polymeru, pomocí 3D tiskárny, prozatím nesplňuje veškerá kritéria, které by mělo obydlí na Mars splňovat. Nicméně se toto 3D obydlí podařilo z tohoto materiálu, v rámci testování, úspěšně vytisknout v reálné velikosti, ve které by mělo na Marsu být. Další z projektů by měl pro výrobu obydlí/ochrany základny, použít materiály přímo z povrchu Marsu. Plánem tohoto projektu je, vytvoření ochranného prostředí pro základnu, která by jinak nebyla schopna odolat nepříznivým vlivům Marsu (toxické deště, bouře, ...). Podoba této ochranné

stavby by se dala připodobnit k jakési uměle vytvořené jeskyni s různými vjezdy (uvnitř by se nacházela základna).<sup>34</sup>

Jak jsem již krátce zmínil v samotném úvodu mé bakalářské práce, 3D tisk nachází stále větší uplatnění v oboru zdravotnictví. Rád bych nyní uvedl další z příkladů jeho využití pro tento obor.

V Třínecké nemocnici AGEL vznikla pracovní skupina čtyř specialistů s názvem 3D PrintTeam, která v roce 2020 jako první v ČR začala využívat technologii 3D tisku v oboru kardiologie. Z dat počítačové tomografie (CT) dokázali díky softwaru na zpracování a vizualizaci těchto dat, který vytvořil Ing. Jan Hečko, biomedicínský inženýr nemocnice AGEL a jeden z členů skupiny 3D PrintTeamu, vytvořit z 2D obrázků počítačové tomografie 3D model srdce a následně ho vytisknout na 3D tiskárně od firmy PRUSA. Celou metodu začali aplikovat při operaci srdce pro pacienty, pro které je nutný zákrok zvaný „Katetrizační uzávěr ouška“. Ouško levé síně srdce, může pro pacienty s arytmiemi, být příčinou cévní mozkové příhody a zdrojem krevních sraženin. Každý člověk má v srdci toto ouško jiné a k jeho uzávěru se při operaci používají různé typy tzv. okluderů (malé špunty) různých velikostí. Jeden okluder stojí kolem 35000,- Kč a díky vytištěnému 3D modelu srdce konkrétního pacienta, si lékař v rámci předoperační přípravy může dopředu určit jeho správnou velikost ještě před samotným zákrokem. Velikost tohoto okluderu se do teď určovala přímo při operaci a velikostí nevyhovující zkoušený okluder, se stal dále nepoužitelný. Tato průlomová technologie dovoluje přesné plánování operačního výkonu, minimalizuje tak komplikace zákroku a výrazně snižuje také jeho délku. Cena vytištěného 3D modelu srdce vychází přibližně na 100,- Kč a délka tisku zabere 5-6 hodin. Největším benefitem zůstává bezpečnější operativní zákrok pro pacienta.<sup>35</sup>

Největší potenciál 3D tisku shledávám v oboru regenerativní medicíny. V současné době probíhá na několika pracovištích ve světě výzkum tzv. 3D Bioprintingu živých tkání. Pro tento typ 3D tisku je zapotřebí speciální tiskárna, která dokáže vytisknout živou tkáň. Jedno z pracovišť, které se tímto výzkumem zabývá, je University Medical Center sídlící v holandském Utrechtu. I když se na této problematice intenzivně pracuje, dokáží vědecké týmy vytvořit pouze několik centimetrů malou tkáň. I přesto tato malá tkáň je dostatečně velká, aby mohla podstoupit klinické testování například pro srdeční chlopně. Je nutné

---

<sup>34</sup> Řešení pro dlouhodobé mise [online] Kosmonautix.cz;

<sup>35</sup> Lékaři si sami vytisknou srdce... [online] Nemocnice AGEL – Třinec-Podveselí

konstatovat, že tato technologie není připravená pro nasazení do ostré reality. Je to ovšem důležitý posun v tvorbě funkčních orgánů.<sup>36</sup>

## **7. Využití 3D CGI mimo filmový průmysl**

V následujících kapitolách Vám sdělím, jak a kde se 3D CGI objevuje v ostatním odvětvích a průmyslech mimo filmový průmysl.

### **7.1. Využití 3D CGI v herním průmyslu**

Video hry jsou oblíbenou zábavou pro celý svět již několik desetiletí. Za tu dobu se s příchodem nových technologií hry vyvinuly do podob, které by se v některých případech dokázaly připodobnit k „interaktivnímu filmu“ (hra má určitý děj, do kterého může hráč zasahovat a být jeho součástí). S postupem času se nároky na vytváření her, po technické i vizuální stránce zvýšily, a s tím se samozřejmě zvýšily také náklady, spojené s výrobou hry.

Před mnoha lety bylo téměř nemyslitelné, že by se do vývoje her investovaly větší obnosy nebo sumy peněz, ale v dnešní době může cena vývoje her skutečně dosahovat až do stovek milionů korun. Právě tento fakt dokázal vyzdvihnout herní průmysl na velmi vysokou úroveň, podobně jako například hollywoodské filmy.

V herním průmyslu je mnoho parametrů, na které by se výroba hry měla zaměřit. Jsou jimi například 3D animace ve hře, Herní kinematika, Příběh, Výtvarná stylizace, Hratelnost aj. Z herní stránky je to, co dělá videohru hratelnou, velice úzce spojeno s počítačovým programováním. Programuje se například umělá inteligence pro postavy ve hře, vlastnosti různých předmětů a podobně.

Z vizuální stránky, jakmile jsou hotovy všechny náležité 3D modely a další komponenty hry, programátor se pouští do vytváření systému hry. Ten umožní všechny vymodelované modely vložit do herního světa tam, kde mají být, a aby splňovaly funkce, které mají splňovat.

Jedním z nástrojů, který vede k popularizaci 3D her bylo, a i v dnešní době je, využití tzv. herních konzolí. Mezi tyto herní konzole patří v současnosti například Playstation, Nintendo nebo Xbox. Jejich výhodou je jednoduchá instalace a ovládání her (plug-and-play), Ergonomické herní ovladače, kvalitní grafika a plynulost hry. Konzole mají také nižší pořizovací cenu oproti hernímu počítači.

---

<sup>36</sup> *Nová technologie 3Dtisku...* [online] cdr.cz

K herní konzoli je možné dokoupit různé příslušenství, jako například ovladače, volanty, sluchátka, kamery, detektory pohybu, VR Headsety a mnohá další.

Většina herních videí, stejně jako u filmů, je dnes limitována pouze tím, kolik finančních prostředků a času je potřeba pro vytvoření 3D modelů a vygenerování finálních snímků pro přehrání videa. Umělci, kteří vytvářejí herní video (tzv. Cinematic), mají velice podobnou práci, mnohdy i stejnou, jako umělci ve filmu. Rozdílem proti filmové animaci může být například rychlost animace pohybů. U her je animace pohybu v mnoha případech zrychlená, aby byla zajištěna dynamičnost hry. Je zde ovšem i typ her, které upřednostňují, dokonce přímo vyžadují, co nejvyšší realističnost ve všech směrech. Jednou z nich je například Simulátor „Escape from Tarkov (jak z názvu vyplývá „Útěk z Tarkovu“), kde se jedná o hru o přežití z první osoby a je to jedna z nejvíce realistických her co se mechaniky týče vůbec.

Vývoj her, které se vyrábí pro různá přenosná zařízení jako třeba pro chytré telefony nebo tablety, trvá zpravidla zhruba několik měsíců (což je méně než pro počítačovou a konzolovou hru).

V případě některých tzv. Triple-A her se ovšem vývoj hry může protáhnout i v roky. Pojem AAA či Triple-A hra prozrazuje, že jde o produkt od středního nebo velkého distributora (herního studia), který má k dispozici bohatý rozpočet na vývoj. Mezi velká herní studia patří například studio Blizzard, EA (Electronic Arts), Bethesda a jiné.

## **7.2. Využití 3D CGI v automobilovém průmyslu**

Na celém světě dnes existuje velké množství automobilů, které mají různé tvary, velikost a samozřejmě odlišný design. Například vzhled dnešních automobilů se ještě před zahájením výroby nejdříve pečlivě strategicky naplánuje a vytvoří se kompletní 3D model, jak by měl výsledný design vozidla a samotný automobil celkově v konečné fázi vypadat.

Průlom v automobilovém průmyslu, kdy se začaly využívat moderní technologie jako je například 3D modelace a vizualizace vozů, nyní umožnil potenciálním zájemcům o koupi vozu, ušetřit jak jejich čas, tak náklady spojené například s výrobní cenou automobilových dílů. Před kompletací automobilu je velká část vývoje automobilu věnována návrhu komponentů vozu. Ať už jde o elektrické nebo mechanické části dílů, vždy jsou hlavními prioritami a cíli lepší výkon a estetika. Dále, kde se dá 3D modelování aplikovat, je v samotném vylepšení sestavy automobilu (konfigurace/návrh/prezentace vozu aj.) a to například pomocí programu VRED („Virtual Reality EDitor“) od firmy Autodesk, který se



používá k zobrazení velkého objemu dat (např. ze 3D skenů, ...) do virtuálního modelu. Dále pak nástroje CAD dokáží dokonale ukázat analýzu jednotlivých produktových komponentů, a také jak by fungovaly jako kompletní systém. 3D modely aut a jejich dílů poskytnou mechanikovi účinný systém, například pro měření celkového výkonu vozidla. Dále je zde možnost využití virtuální reality pro vytváření nových designů, nebo pro přetváření těch starých. V dnešní době je již prakticky běžné, že výrobci automobilů, 3D modelování či virtuální realitu často využívají například pro prezentaci nového designu automobilu nebo k prodiskutování různých úprav s výrobcí samotných dílů a dalších komponentů.

### **7.2.1. Proces tvorby modelu automobilu pro sériovou výrobu**

Proces tvorby modelu automobilu, případně jiných dopravních prostředků či jejich částí, zahrnuje několik kroků, které jsou popsány níže:

- Zadání a zahájení projektu – při zadání je vždy určeno využití výsledného modelu, které je nutné znát. Data jsou primárně připravována pro konfigurátor automobilů, a to v plné rozsahu.
- Získávání informací – využívá se tzv. matice komplexity, což je excelový soubor, který obsahuje seznam dílů a jejich označení. V případě změn modelu se doplňují do matice komplexity nové informace. Až po splnění těchto dvou kroků se předává dokumentace modelářům.
- Předání dokumentace modelářům – probíhá po splnění přechozích kroků
- Vlastní sestavování modelu – modelář pracuje s maticí komplexity ve speciálním programu. Například společnost Škoda Auto pracuje se SW VRED, který obsahuje veškeré nástroje potřebné k vytvoření modelu. Model se staví díl po dílu, postupně. Nejdříve se zpracovává kompletně jeden celý díl a následně se zpracovávají další, až model obsahuje všechny díly. Modelář vytváří části automobilu, jako jsou motor, kabely, pojistky a podobně, ale také měkké části vozidla jako jsou sedačky, koberečky, pneumatiky, šití atd. Modelářský software nabízí nástroje pro vytváření variant konfigurací aut, kde lze měnit nastavení geometrie, materiálu a barev. V programu lze též navrhnout všechny možné konfigurace a barevné kombinace, které bude automobilka nabízet.
- Pozicování – v souboru CAD s daty bývají uloženy informace o pozicích jednotlivých dílů. Pozicování je důležité například při animaci, kdy dochází k pohybu jednotlivých

dílů vozu (například kol nebo dveří auta), kdy musíme vědět, do jaké míry s nimi lze pohybovat.

- Animace – modelář naprogramuje skript (kód) pro efekt pohybu částí vozidla. Skripty se píšou také ve zmíněném programu. Lze vytvořit například efekt rozsvícených světel, otevírání dveří automobilu atp.
- Materiál a barvy – jsou zpracovávány v téže programu. Exteriérové barvy se ladí dle prostředí, ve kterém se bude model nacházet. Interiérové materiály a barvy jsou skenovány a poté jsou vytvářeny textury v grafickém programu.
- Optimalizace modelu – jde o výpočetně náročný proces, jelikož modely mají, ve většině případů, velké množství polygonů. Z tohoto důvodu se tedy modely optimalizují.
- Kontrola kvality – probíhá po všech předchozích krocích. Model je předán zadavateli (zadávacímu oddělení), který kontroluje, zda model splňuje zadané požadavky. V případě chyb se model vrací k přepracování opět k modelářovi. Pokud splňuje požadavky zadavatele, je používán ke svému účelu.<sup>37</sup>

### **7.3. Využití 3D CGI v leteckém průmyslu**

3D animace se využívá v leteckém průmyslu k mnoha účelům. Jedním z nich je například výuka pilotů v simulátorech na hydraulických pístech, které slouží k simulaci pohybu letounu. Dalším příkladem lze uvést vyšetřování leteckých nehod a jejich následná simulace pro zjištění, jak se daná nehoda stala. 3D CGI se dále využívá k výrobě nového letounu nebo jeho částí.

#### **7.3.1. Vlastní výzkum**

Pro zjištění, jak moc se 3D animace vyskytuje v leteckém průmyslu, jsem provedl vlastní výzkum a navštívil „Czech Aviation Training Centre s r.o.“ v Praze na letišti Václava Havla. Bylo mi umožněno podívat se na výukový program pro trénování pilotů a servisních techniků. Program je od firmy Civil Aviation (CAE), která je celosvětovým leaderem trénování specialistů v oblastech civilního letectví, obrany, zabezpečení a výroby zdravotních potřeb. V globálním měřítku nemá tento tréninkový program konkurenci a pokračuje v definování celosvětových standardů s jejich inovativním řešením trénování pomocí tzv. „Virtual-to-real“. Program, který Czech Aviation Centre používá, se nazývá VSIM. Je to velmi dobrý nástroj pro seznámení se s prostředím letadla. Tento program je vhodný také pro trénink pilotů, jelikož disponuje všemi funkcemi, jaké má i reálné letadlo.

---

<sup>37</sup> (BRENDL, cit. dílo, s. 54-58).

VSIM nabízí funkce jako Full-mission systém (FMS), díky kterému má klient možnost provést takřka všechny akce jako ve skutečném kokpitu letadla. Program VSIM může být použit instruktory ve třídě, nebo k nacvičování systémových poruch a nehod.



Obrázek 12 - Simulátory pro výcvik pilotů (Czech Aviation Training Centers s.r.o.)



Obrázek 13 - Interiér simulátoru

## Foto dokumentace programu Virtual Simulator (VSIM)



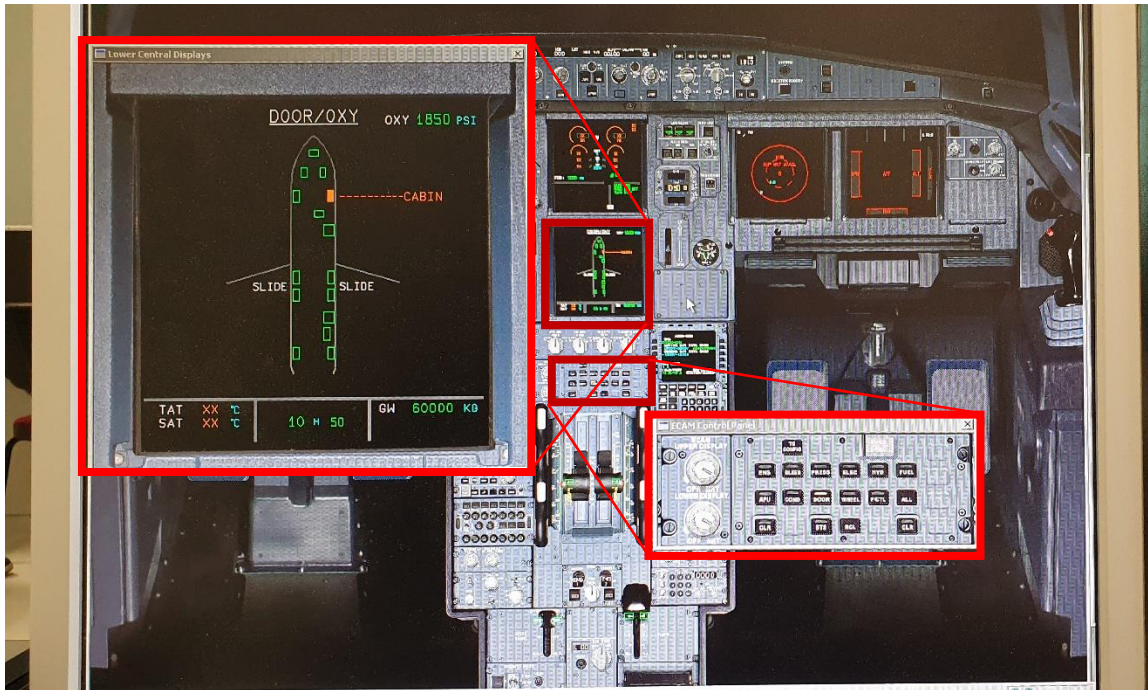
Obrázek 14 - Ukázka programu pro trénink pilotů a mechaniků I#

Na obrázku číslo 14 jsou k vidění 2 počítačové obrazovky. Na obrazovce vlevo je virtuální kokpit dopravního letadla (v tomto případě jde konkrétně o typ letadla Airbus A320), kdy každé tlačítko má svou funkci, přesně tak jako v reálném letadle. Na obrazovce vpravo je druhý program zvaný „Virtual aircraft“, který se propojí s programem vlevo a následně vizualizuje všechny změny a naopak. Například pokud na obrazovce modelu letadla vpravo otevřete dveře, na obrazovce vlevo se zobrazí kontrolka, že se na letounu dveře otevřely (jak je vidět na obr. číslo 15 a 16).



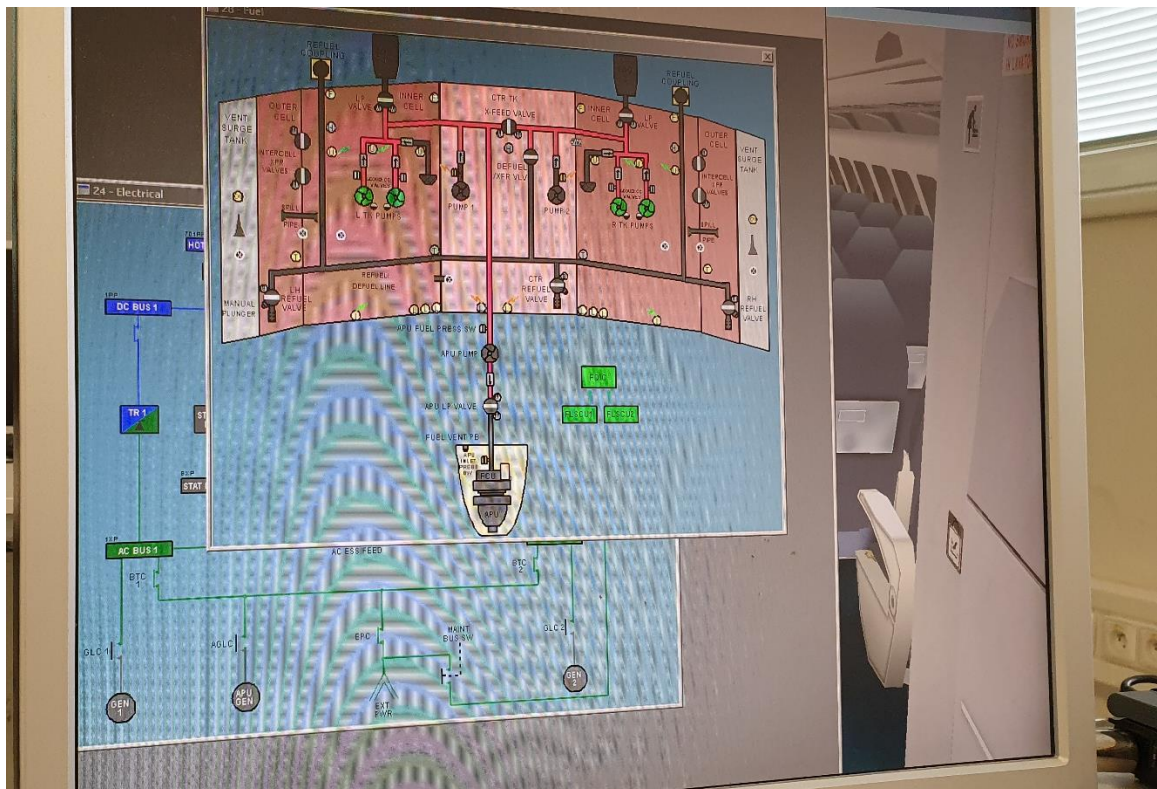
Obrázek 15 - Bližší záběr na program „Virtual Aircraft“

Ve virtuálním kokpitu lze vidět i ovládat veškeré systémy, jako systémy elektrické, palivové či hydraulické rozvody. Stejně tak lze i zobrazit schémata z celého letadla, tím se rozumí například schémata různých přístrojů, systémů, rozvodů aj.



Obrázek 16 - Panely z přístrojové desky

Každý z panelů na přístrojové desce lze vyjmout do jednotlivých oken a pohybovat s nimi pro lepší čitelnost v programu.



Obrázek 17 - Interaktivní schéma palivového systému letadla

## 7.4. Využití 3D CGI ve zdravotním průmyslu

Už dlouhá léta jsou 3D modely používány k výuce anatomie lidského těla. Typickým příkladem je kostra člověka, na které se učí už žáci na základních školách, například poznávat anatomii lidského těla apod. Příchod nových technologií přinesl do zdravotnictví mnohé inovace, a také nové možnosti ze strany 3D modelování a 3D animace. Můžeme zmínit například počítačem generované 3D modely různých částí těla nebo 3D animace, které jsou s lidským tělem spojeny.

V minulosti byly modely reprezentovány jako forma fyzických objektů, které byly vyrobeny z dostupných materiálů své doby. V 11. století byla v Číně vyrobena například bronzová socha anatomie lidského těla, pro demonstraci akupunkturálních bodů na těle člověka.

V 18. století italský umělec a malíř Ercole Lelli vytvořil z barevného vosku modely orgánů z lidského těla. Studie potvrzují, že při využití těchto modelů pro trénink lékařů v chirurgických zákrocích dochází ke zlepšení jejich efektivity a snížení doby učení.<sup>38</sup> Tímto způsobem byly tedy v minulosti položeny základy umění modelování anatomických vzorků pro další studium lékařské praxe.

V současné době je velkým trendem vytváření tzv. virtuálních lékařských muzeí, kdy jsou 3D modely naskenovány přímo z reálných exemplářů. Tyto modely je možné si libovolně prohlížet, lze s nimi v počítači volně rotovat, prozkoumávat je z každého úhlu a ze všech stran.

Dnes už většina lékařů k naskenování lidského těla do podoby 3D modelu používá přístroje, které jsou již dlouhá léta známé jako tomograf nebo magnetická rezonance. Používají se například ke zjištění rozsahu určité choroby či úrazu. Data z těchto přístrojů se počítačově zpracují a vyhodnocuje je následně lékař. Ten pak může data dále poslat ostatním lékařům nebo zdravotníkům, bez nutnosti jim nosit fyzickou kopii.

Za zmínku stojí například možnost 3D vytištění srdeční aorty, která se v rukou studenta medicíny chová a vypadá jako skutečná aorta. Biologické tkáně vaskulárního systému ve výuce nelze dost dobře nahradit, protože se nedají v použitelné formě získat z těl zesnulých.<sup>39</sup> 3D tisk je tedy v tomto případě lékařům a studentům medicíny velkým pomocníkem.

---

<sup>38</sup> (VERNON, Tim a Daniel PACKHAM. *The benefits of 3D modeling and animation in medical teaching* [online]. 2003).

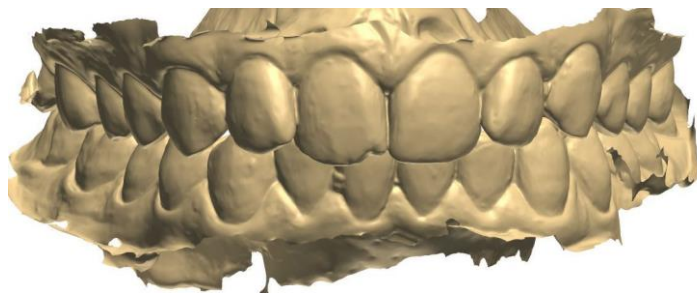
<sup>39</sup> (HOMOLA, Jan. Budoucnost 3D tisku je v praktických a specializovaných aplikacích. *Portál profesionálů STROJIRENSTVI.CZ®* [online]. 2020).

3D modely se používají také ve virtuální realitě ve výcvikových programech pro lékařské operace. Původně se začínající chirurgové vzdělávali v operování při reálné operaci, pomáháním hlavnímu operujícímu chirurgovi a jeho operačnímu týmu. Takto tomu je i v dnešní době, nicméně se dnes nabízejí i jiné možnosti, jak se v operacích lidského těla zdokonalit. Jednou z možností je například simulace, která umožňuje provést cvičnou virtuální operaci k získání zkušeností bez riskování života pacienta a jiných zdravotních komplikací.

Některá zdravotní centra zvýšila tuto metodu vyučování ještě o úroveň více, a to tím, že přidala do těchto simulací možnost, vzít do ruky chirurga ve výcviku virtuální předmět. Díky hmatovému systému, kdy má na sobě chirurg speciální rukavice, je možné simulovat pocit reálného uchopení předmětu v ruce.

3D CGI technologiemi, které se využívají ve zdravotnictví, nejsou pouze virtuální 3D modely nebo 3D tisk, ale například v oboru stomatologie se používá i 3D sken, pomocí kterého se následně vyrobí 3D model chrupu pacienta. Stomatolog se díky tomu může předem připravit na plánovaný zákrok či například zhotovit rovnátka na míru.

Tzv. neviditelná rovnátka, o kterých jsem se již zmínil v kapitole o 3D tisku, lze vyhotovit právě díky 3D skenu pacientových zubů, podle kterého se následně vytváří dlahy, vytisknuté na 3D na tiskárně. Neviditelná plastová zubní rovnátka jsou pak dokonale přizpůsobena chrupu nositele.



*Obrázek 18 - 3D vizualizace lidského chrupu*

Dalším častým využitím 3D CGI, 3D skenu a 3D tisku ve zdravotnictví jsou například protézy, výplně apod. 3D tisky lze tedy využívat jako pomůcku k výrobě zdravotních pomůcek nebo se mohou přímo stát součástí lidského těla.

Zajímavou oblastí využití těchto technologií je také tzv. ortotika, tedy ortopedické pomůcky, jako jsou speciální vložky do bot, které se vyrábí též pomocí 3D tisku. Na rozdíl od pracné a drahé ruční výroby každého jednotlivého a originálního páru vložek, je tato nová metoda

rychlejší i levnější. Pacient se postaví na skener, který snímá jeho chodidla a na základě toho je vytvořen 3D model, který slouží k výrobě vložky do obuvi s ohledem na jeho potřeby.<sup>40</sup> S příchodem moderní doby, která je čím dál více digitální, se naskytují pokročilejší možnosti, jak 3D modely v medicíně využívat, a to právě v digitálních formách. 3D tisk umožňuje osobní přizpůsobení. Jeho výhodou je možnost personalizace a také rychlost zpracování oproti dřívějším metodám výroby. Osobně hodnotím pokrok 3D CGI technologií v medicíně a zdravotnictví jako velmi výhodný pro zúčastněné lékaře i pacienty.

## **7.5. Využití 3D CGI v architektuře**

Využití 3D modelů nalzáme ve velké míře také v oborech strojírenství, stavebnictví a architektuře. Dříve byly makety a modely zhotovovány ručně například z kartonu nebo speciálních tvrdých papírů. Dnes je při jejich výrobě již široce využíván 3D tisk. Modely mohou být za pomoci této techniky také restaurovány.

V oboru architektury a stavebnictví se dají vytvářet 3D modely k architektonickému, technologickému, výstavnímu či soutěžnímu využití. Jsou vyráběny většinou pro architektonické kanceláře, investory či developerské společnosti.<sup>41</sup>

---

<sup>40</sup> (KLOSKI, Liza Wallach a Nick KLOSKI. *Začínáme s 3D tiskem*. 2017, s. 38).

<sup>41</sup> (*Czech art model - výroba architektonických modelů v 21. století* [online]. Archiweb, 2021).





Obrázek 19 - Model návrhu stavby budovy pro umístění expozice obrazů A. Muchy - Slovanská Epopej

## 7.6. Využití 3D CGI na realitním trhu

3D tisk a počítačová 3D vizualizace pomáhá nejen architektům, ale i potenciálním zákazníkům. Už ve fázi projektu, který je teprve v procesu schvalování stavebního povolení, si za pomoci 2D nebo lépe 3D vizualizací, lze prohlížet hotovou stavbu budovy nebo domu. Samotný objekt i jeho okolí je vymodelováno v počítačovém programu nebo naskenováno speciálním 3D skenerem. Za pomoci animace je možné dům virtuálně prohlížet jak zvenku, tak zevnitř a je možné se v něm virtuálně procházet. Potenciální zákazník tak získá mnohem lepší představu o tom, jaký produkt za své finanční prostředky získá. Zajisté je to jeden z impulsů, které ho mohou motivovat k investici.

V posledních letech začaly 3D vizualizace využívat i realitní kanceláře k prodeji nebo k pronájmu nemovitostí. Například nezařízený byt je možné virtuálně vybavit moderním nábytkem v požadovaných barvách nebo spotřebiči. Lze namodelovat několik různých variant, aby měl zájemce lepší představu, jak si může nemovitost uspořádat. Výsledný efekt oproti běžné, byť profesionální fotografii, je přiblížení se budoucí realitě a možnost virtuálního splnění představ zákazníka bez větších investic. 3D CGI technologie jsou v tomto případě využity jako marketingový nástroj, který podporuje prodej. U potenciálního zákazníka realitní kanceláře vzbuzují touhu po koupi nebo respektive pronájmu nemovitosti tím, že si lépe dokáže představit svůj nový útulný domov.



Obrázek 20 - Kancelář s 3D vizualizací vybavení nábytkem

### 7.7. Využití 3D CGI v době pandemie covid-19

Pandemie onemocnění covid-19, která v březnu 2020 vypukla po celém světě, včetně České republiky, si žádala nová a rychlá řešení nastalé situace. Celá Evropa se na začátku pandemie potýkala s nedostatkem ochranných pomůcek – štítů a respirátorů. Pomůcek byl nedostatek nejen mezi běžnou populací, ale hlavně ve zdravotnictví se nedostávalo ani na lékaře a zdravotníky v první linii.

Společnost Prusa Research neváhala pomoci a po domluvě s Ministerstvem zdravotnictví ČR se zapojila jako výrobce ochranných štítů, které může kdokoliv vytisknout na 3D tiskárně. Firma nabídla v omezeném množství tyto ochranné prostředky zcela zdarma všem nemocnicím, praktickým lékařům, ambulancím, dentistům, lékárnám, policistům, domovům důchodců a učitelům. Výroba dalších štítů byla hrazena z prodeje štítů ostatním profesím. Společnost Prusa Research založila z tohoto důvodu také transparentní účet a tak byla vybrána částka 2.631.542,- Kč. Tato částka pokryla asi třetinu nákladů spojených s produkcí ochranných štítů zdarma.

Štíty slouží jako ochrana proti kapénkám. Varianta Průša Pro splňuje podmínky normy ČSN EN 166:2001 - třída ochrany 3. Tyto ochranné pomůcky prošly CE certifikací a shodují se s nařízením EU o osobních ochranných prostředcích.<sup>42</sup>

---

<sup>42</sup> (Ochranné štíty pro lékaře a profesionály. *PRUSA RESEARCH* [online], 2021).



Obrázek 21 - Ochranné štíty od Prusa Research v době pandemie covid-19

## 8. 3D CGI a budoucnost

Lze důvodně předpokládat, že 3D CGI a 3D technologie obecně mají do budoucna velký potenciál dalšího rozvoje. Pravděpodobně s rozšířením těchto technologií a se vzrůstajícími možnostmi jejich využití dojde k dalšímu zlevnění přístrojů souvisejících s 3D CGI, jako jsou 3D skenery, 3D tiskárny i používaných materiálů. Zároveň budou vyvinuty materiály nové a budou rozšířeny možnosti jejich využití.

Je možné, že se ze 3D CGI stane podobný fenomén, jako bylo v minulém století například využití počítačů, což samozřejmě přetrvává až do současnosti. Ostatně 3D CGI s počítači úzce souvisí a bez nich by nebylo možné využívat veškeré benefity, které tento obor nabízí. Domnívám se, že v blízké budoucnosti, například v horizontu pěti až deseti let, se vynaleznou či objeví nové způsoby i nové obory, kde bude možné 3D CGI využívat.

Jedním z těchto oborů je podle mého názoru například školství, kterému by jistě prospělo modernější pojetí, které bude odpovídat dnešní době. Tyto technologie by mohly posloužit k většímu zapojení a zájmu studentů o jednotlivé předměty nebo celé obory. Pomocí interaktivní výuky by se mohlo zlepšit i zapamatování si samotné probírané látky. Využití by mohlo být možné také u prověřování znalostí v rámci testů nebo zkoušek.

3D tisk, kterému byla věnována podstatná část této práce, by mohl sloužit k větší udržitelnosti a v podstatě by mohl být i jistým nástrojem pro podporu ekologie. Naše planeta je až zbytečně zahlcována dalšími věcmi a výrobky, aniž by doba kladla důraz na opravitelnost nebo další využití vyřazených věcí. 3D tisk by tedy mohl posloužit jako nástroj,

který by při dostatečném využití firem a také domácností, nahradil rozbité části nebo součástky různých věcí a předmětů novými 3D výtisky.

## Závěr

Jak bylo uvedeno na samém začátku, hlavním cílem práce bylo seznámit čtenáře s moderním využitím 3D CGI technologií v praxi napříč různými druhy průmyslů a nahlédnout tak do možností, které 3D technologie nabízí.

Nejen film, kde se většina lidí díky produkci filmů a animačních děl již seznámila s 3D efekty a vytvořením nových filmových fantasy a sci-fi světů, zažívá velký rozmach. Herní průmysl protkal reálný svět se světem fantazie a zážitků, které můžeme prožívat ve virtuální realitě.

Také zdravotnictví a lékařský segment nabízí díky 3D CGI technologiím ohromné možnosti v léčbě a rekonvalescenci pacientů. Automobilový průmysl zase využívá 3D technologie pro tvorbu nových designů vozů a při prodeji pak následně pomáhá kupujícím k reálné představě o kupovaném vozu. Obdobně to platí i v oboru architektury nebo v realitním odvětví.

Díky 3D tisku se svět přiblížil k různým možnostem využití 3D tiskáren. Používané materiály a rozsah využití se stále rozšiřují. Možnosti zatím zdaleka nebyly vyčerpány. Je úžasné, že 3D technologie nalézají využití například i jako velký pomocník v době pandemie onemocnění covid-19. Díky 3D tisku ochranných prostředků a pomůcek je možné chránit lidské životy.

Pokrok nelze zastavit. Lidský um, nadšení a vitalita žene 3D technologie a možnosti jejich využití kupředu a můžeme se pouze těšit na to, co další roky těmto technologiím přinesou.

3D tisk, který tato práce pojala jak jedno ze stěžejních témat, i když samozřejmě i ostatní obory a segmenty průmyslů využívající 3D technologie jsou neopomenutelné, má obrovský potenciál a rozmanité možnosti využití do budoucna.

Věřím a doufám, že jsem svou prací přinesl alespoň malé přiblížení a náhled do tak úžasného světa „3D“.

Lukáš Přikryl

## Terminologický slovník

2D	dvojrozměrný
3D	trojrozměrný
3D modelování	proces stavby 3D modelu za pomoci počítačového software
3D tisk	proces vytváření 3D objektů z digitální předlohy do podoby fyzického předmětu
3D CGI	Computer Generated Imagery
ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene – materiál pro 3D tisk
Animace	iluze pohybu
CAD	Computer Aided Design
Clay Animation	animace plastelíny
DLP	Digital Light Processing
FDM/FFF	hlavní technologie 3D tisku / FDM (registrovaná značka firmy Stratasys)
Filament	materiál pro 3D tisk, namotaný jako drát nebo struna na kotouči
Key Frames	snímek definující počáteční a konečný bod
Motion Capture	proces záznamu pohybu osoby či herce
MSLA	Masked Stereolithography
PLA	Polylactic Acid (kyselina polyléčná) – materiál pro 3D tisk
Resin	světlocitlivá pryskyřice (fotopolymer)
SLA	Stereolithography (stereolitografie)
SLS tiskárny	Selective Laser Sintering
SW	Software

## Seznam literatury

### Prameny

BRENDL, Pavel. *Využití CGI pro podporu komunikace a prodeje*. Liberec, 2018. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci.

GODFRAY, Donald G. *Methods of Historical Analysis in Electronic Media*. London: Lawrence Erlbaum Associates, 2006. ISBN 1-4106-1715-7.

KLOSKI, Liza Wallach a Nick KLOSKI. *Začínáme s 3D tiskem*. Brno: Computer Press, 2017. ISBN 978-80-251-4876-1.

PRŮŠA, Josef a Michal PRŮŠA. *Základy 3D tisku* [online]. Prusa Research, 2014 [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/1760094-Zaklady-3-d-tisku-prusa3d-cz.html>

SMITH, Susan. *Toy Story: How Pixar Reinvented the Animated Feature*. New York, London: Bloomsbury Publishing, 2018. ISBN 978-1-5013-2491-8.

### Literatura

3D Skenování. *3D Duplicity* [online]. c2014 [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <http://www.duplicity.cz/3d-skenovani/#faro-focus3d>

Animace. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Animace>

Clay animation. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Clay\\_animation](https://en.wikipedia.org/wiki/Clay_animation)

*Czech art model - výroba architektonických modelů v 21. století* [online]. In: . Brno: © Archiweb, 2021 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/n/press/czech-art-model-vyroba-architektonicky-modelu-v-21-stoleti>

ČERNÁ, Lucie. *Principy animace* [online]. Praha, 2006, s. 8 [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/21003/>. Diplomová práce. UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE.

ČUMA, Zdeněk. *Porovnávání technologií 3D tisku a následná výroba součástí* [online]. Brno, 2018, s. 12 [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=174250](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=174250). Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ.

HOMOLA, Jan. Budoucnost 3D tisku je v praktických a specializovaných aplikacích. *Portál profesionálů STROJIRENSTVI.CZ®* [online]. Nová Média, 6.4.2020 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <https://www.strojirenstvi.cz/budoucnost-3d-tisku-je-v-praktickyh-a-specializovanych-aplikacih>

*Charles Csuri's Hummingbird* [online]. In: . The Museum of Modern Art, Nov 16–Dec 14, 2017 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.moma.org/calendar/exhibitions/3903>

*Kurz CGI prezentace* [online]. In: . Praha: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, 2021 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <https://www.umprum.cz/web/cs/architektura/kurz-cgi-prezentace-6540>

*Magnetic Motion Capture System Measuring Movements of Hands and a Body Simultaneously* [online]. In: . [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: [https://www.warabi.or.jp/buyofu/sap\\_0107.pdf](https://www.warabi.or.jp/buyofu/sap_0107.pdf)

Motion Capture Suits: Gypsy 7 Torso Motion Capture System. *Meta Motion* [online]. North America, 2021 [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: <https://metamotion.com/gypsy/Gypsy-6-torso.html>



Motion Capture. *Xsens* [online]. 2021 [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://www.xsens.com/motion-capture>

Ochranné štíty pro lékaře a profesionály. *PRUSA RESEARCH* [online]. Praha: © Prusa Research, 2021 [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.cz/covid19/>

Optical Motion Capture. *BEST Performance Group* [online]. [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: [http://bestperformancegroup.com/?page\\_id=31](http://bestperformancegroup.com/?page_id=31)

PARENT, Rick. 2009. *Computer Animation Complete: All-in-One: Learn Motion Capture, Characteristic, Point-Based, and Maya Winning Techniques*. Burlington : Morgan Kaufmann Publishers. ISBN 978-0123750785

PETTY, Josh. What is 3D Rigging For Animation & Character Design? *Concept Art Empire* [online]. © 2021 [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <https://conceptartempire.com/what-is-rigging/>

Průvodce materiály. *PRUSA RESEARCH* [online]. Prusa Research, © 2021 [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.cz/materialy/>

Rendering of a planned highway (1961). *History of computer animation (CGI)* [online]. 2017 [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://computeranimationhistory-cgi.jimdofree.com/rendering-of-a-planned-highway-1961/>

*Roboty využívají hlavně velké průmyslové firmy* [online]. In: . Praha: Český statistický úřad, 22. ledna 2019n. 1. [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/roboty-vyuzivaji-hlavne-velke-prumyslove-firmy->

SLOUKA, David. *Česko roku 2018: 3D tisk využívají 4 % firem, jsme těsně nad průměrem EU* [online]. IDG Czech Republic, 13.02.19 [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <https://aiworld.cz/digitalizace/cesko-roku-2018-3d-tisk-vyuzivaji-4-firem-jsme-tesne-nad-prumerem-eu-254>

The Evolution of 3D Printing. *Nano Dimension* [online]. Nano Dimension, © 2021 [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: <https://www.nano-di.com/blog/the-evolution-of-3d-printing>

Toy Story. *Česko-Slovenská filmová databáze* [online]. Praha: POMO Media Group, © 2001-2021 [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://www.csfd.cz/film/18184-toy-story-pribeh-hracek/prehled/>

Toy Story. *DISNEY / PIXAR* [online]. EMERYVILLE, CA: PIXAR ANIMATION STUDIOS, © 1986-2021 [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://www.pixar.com/feature-films/toy-story>

Toy Story ani napočtvrté neztratilo kouzlo. Diváky si získá panikařící plastová vidlička. *IRozhlas* [online]. 2019 [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: [https://www.irozhlas.cz/kultura/film/recenze-toy-story-4-pribeh-hracek-film-2019\\_1908091321\\_kro](https://www.irozhlas.cz/kultura/film/recenze-toy-story-4-pribeh-hracek-film-2019_1908091321_kro)

UTTERSON, Andrew. *A Computer Animated Hand* [online]. In: . 2011, s. 2 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: [https://www.loc.gov/static/programs/national-film-preservation-board/documents/computer\\_hand2.pdf](https://www.loc.gov/static/programs/national-film-preservation-board/documents/computer_hand2.pdf)

VERNON, Tim a Daniel PACKHAM. *The benefits of 3D modeling and animation in medical teaching* [online]. The Journal of audiovisual media in medicine, 2003 [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/10929387\\_The\\_benefits\\_of\\_3D\\_modeling\\_and\\_animation\\_in\\_medical\\_teaching](https://www.researchgate.net/publication/10929387_The_benefits_of_3D_modeling_and_animation_in_medical_teaching)

*Využívání informačních a komunikačních technologií v podnikatelském sektoru - 2020: Analytická část - 11. Používání 3D tisku* [online]. In: . Český statistický úřad, 12.1.2021, s. 32 [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/vyuzivani-informacnich-a-komunikacnich-technologii-v-podnikatelskem-sektoru-rok-2019-aktualni-mesic-roku-2020#>

Výroba videa krok za krokem. *VideoAnimace: Video Production & Video Marketing* [online]. Praha: VideoAnimace.com, © 2021 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://www.videoanimace.com/vyroba-idea/>

## Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 - ED CATMULL - RENDERING OF A PLANNED HIGHWAY .....	14
OBRÁZEK 2 - ED CATMULL - PRVNÍ 3D ANIMACE.....	14
OBRÁZEK 3 - TRACKOVACÍ BODY UMÍSTĚNÉ NA TĚLE HERCŮ.....	19
OBRÁZEK 4 - OPTICKÝ MOTION CAPTURE.....	20
OBRÁZEK 5 - MAGNETICKÝ MOTION CAPTURE.....	20
OBRÁZEK 6 - MECHANICKÝ MOTION CAPTURE.....	21
OBRÁZEK 7 - PRVNÍ 3D TISKÁRNA NA SVĚTĚ.....	23
OBRÁZEK 8 - PROCES TAVENÍ FILAMENTU U FDM/FFF TISKÁRNY.....	24
OBRÁZEK 9 - FILAMENT (MATERIÁL PRO 3D TISK).....	25
OBRÁZEK 10 - SLA TISKÁRNA CREALITY LD-002R UV.....	27
OBRÁZEK 11 - RESIN (MATERIÁL PRO RESINOVÉ TISKÁRNY).....	29
OBRÁZEK 12 - SIMULÁTORY PRO VÝCVIK PILOTŮ (CZECH AVIATION TRAINING CENTER S.R.O.).....	38
OBRÁZEK 13 - INTERIÉR SIMULÁTORU .....	38
OBRÁZEK 14 - UKÁZKA PROGRAMU PRO TRÉNING PILOTŮ A MECHANIKŮ 1#.....	39
OBRÁZEK 15 - BLIŽŠÍ ZÁBĚR NA PROGRAM „VIRTUAL AIRCRAFT“ .....	39
OBRÁZEK 16 - PANELE Z PŘÍSTROJOVÉ DESKY.....	40
OBRÁZEK 17 - INTERAKTIVNÍ SCHÉMA PALIVOVÉHO SYSTÉMU LETADLA .....	40
OBRÁZEK 18 - 3D VIZUALIZACE LIDSKÉHO CHRUPU .....	42
OBRÁZEK 19 - MODEL NÁVRHU STAVBY BUDOVY PRO UMÍSTĚNÍ EXPOZICE OBRAZŮ A. MUCHY - SLOVANSKÁ EPOPEJ.....	44
OBRÁZEK 20 - KANCELÁŘ S 3D VIZUALIZACÍ VYBAVENÍ NÁBYTKEM.....	45
OBRÁZEK 21 - OCHRANNÉ ŠTÍTY OD PRUSA RESEARCH V DOBĚ PANDEMIE COVID-19.....	46

Obrázek 1 - Ed Catmull - Rendering of a planned highway

<https://computeranimationhistory-cgi.jimdofree.com/rendering-of-a-planned-highway-1961/>

Obrázek 2 - Ed Catmull - První 3D animace

<https://www.iamag.co/the-history-of-pixar-ed-catmull-first-animation/>

Obrázek 4 - Optický Motion Capture

[http://bestperformancegroup.com/?page\\_id=31](http://bestperformancegroup.com/?page_id=31)

Obrázek 5 - Magnetický motion capture

<http://dirkvanderijt.com/motion-capture.html>

Obrázek 6 - Mechanický motion capture

<https://metamotion.com/gypsy/Gypsy-6-torso.html>

Obrázek 7 - První 3D tiskárna na světě

<https://www.nano-di.com/blog/the-evolution-of-3d-printing>

Obrázek 8 - Proces tavení filamentu u FDM/FFF tiskárny

<https://manufactur3dmag.com/working-fdm-fff-3d-printing-technology/>

Obrázek 9 - Filament (Materiál pro 3D tisk)

<https://www.bhphotovideo.com/c/product/1073029->

[REG/makerbot\\_mp06591\\_10\\_pack\\_bundle\\_true\\_color.html](REG/makerbot_mp06591_10_pack_bundle_true_color.html)

Obrázek 10 - SLA tiskárna Creality LD-002R UV

<https://www.creality3dshop.eu/collections/3d-printers/products/creality3d-ld-002r-uv-resin-lcd-3d-printer>

Obrázek 11 - Resin (materiál pro resinové tiskárny)

<https://www.elektor.com/anycubic-uv-resin-500-ml-green>

Obrázek 12 - Simulátory pro výcvik pilotů (Czech Aviation Training Center s.r.o.)

<http://www.rlp.cz/spolecnost/tisk/tiskzpravy/Stranky/CATC-uv%C3%A1d%C3%AD-do-provozu-nov%C3%A9-simul%C3%A1tory.aspx>

Obrázek 13 - Interiér simulátoru

<https://www.silic-graphics.cz/portfolio/cata-czech-aviation-training-academy/>

## **VLASTNÍ FOTO (vlastní fotoarchiv, 2020)**

Obrázek 14 - Ukázka programu pro trénink pilotů a mechaniků 1#

Obrázek 15 - Bližší záběr na program „Virtual Aircraft“

Obrázek 16 - Panely z přístrojové desky

Obrázek 17 - Interaktivní schéma palivového systému letadla

Obrázek 17 - 3D vizualizace lidského chrupu

[https://www.researchgate.net/publication/10929387\\_The\\_benefits\\_of\\_3D\\_modeling\\_and\\_animation\\_in\\_medical\\_teaching](https://www.researchgate.net/publication/10929387_The_benefits_of_3D_modeling_and_animation_in_medical_teaching)

Obrázek 18 – Model návrhu stavby budovy pro umístění expozice obrazů A. Muchy – Slovanská Epopej

<https://www.archiweb.cz/n/press/czech-art-model-vyroba-architektonicky-ch-modelu-v-21-stoleti>

Obrázek 19 - Pronájem kanceláře s vizualizací vybavení

<https://www.agenareality.cz/pronajem-kancelare-praha-strasnice-pronajem-kancelare-18m2-praha-strasnice-25>

Obrázek 20 - Ochranné štíty od Prusa Research v době pandemie covid-19

<https://www.prusa3d.cz/galerie-ochranne-stity-v-nemocnicich-a-u-dalsich-lekaru/>