



## **Středoškolská technika 2016**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

### **3D tisk a jeho využití v animaci**

**Šimon Schnierer**

Lauderova mateřská škola základní škola a gymnázium  
při Židovské obci v Praze  
Praha, Belgická 25

**Lauderova mateřská škola, základní škola a gymnázium  
při ŽOP**

# **3D tisk a jeho využití v animaci**

---

**Šimon Schnierer, 6. O**

Vedoucí práce: Šárka Kvasničková

2015/2016

## **Abstrakt**

Tato seminární práce se zabývá 3D tiskem. Nejprve práce vysvětlí, co 3D tisk je a jaké druhy technologie 3D tisku lidstvo vyvinulo. Poté obecně představí trh s 3D tiskárnami a popíše možné využití 3D tisku společností. Práce se soustředí zejména na využití 3D tisku v animaci. Popíše jak se 3D tisk využívá a představí pár příkladů. Součástí práce je také praktická část, ve které se zaměří na popis zprovoznění školní 3D tiskárny a tvorby a tisku vlastního modelu.

**Klíčová slova:** 3D tisk, animace, Stop motion animace, Fused deposition modeling

## Obsah

<b>ÚVOD</b> .....	4
<b>1. 3D TISK</b> .....	5
1.1. TECHNOLOGIE 3D TISKU .....	5
1.2. TRH S 3D TISKEM .....	8
1.3. VYUŽITÍ .....	9
<b>2. VYUŽITÍ 3D TISKU V ANIMACI</b> .....	11
<b>3. TVORBA KRÁTKÉHO ROZFÁZOVANÉHO POHYBU</b> .....	13
3.1. ZPROVOZNĚNÍ TISKÁRNY .....	13
3.2. PŘÍPRAVA ROZFÁZOVANÝCH OBJEKTŮ .....	15
3.3. TVORBA OBJEKTŮ .....	16
<b>4. ZHODNOCENÍ PRÁCE</b> .....	17
<b>5. ZÁVĚR</b> .....	18
<b>6. ZDROJE</b> .....	19

## Úvod

Toto téma jsem si vybral proto, že se už dlouho zajímám o animaci, jak kreslenou tak i stop motion animaci, a chtěl jsem se něco více dozvědět o možném využití 3D tisku. Také mě lákala práce s 3D tiskárnou. V teoretické části mé seminární práce se zaměřím na zjištění a popsání různých technologií 3D tisku a jejich využití.

Cílem praktické části mé seminární práce bude zprovoznit naši školní 3D tiskárnu, a funkčně něco vytisknout. Hlavním úkolem bude vytvořit vlastní 3D model a poté ho vytisknout. Budu se snažit vytvořit malé objekty v rozfázovaném pohybu, které později nafotím a tak vytvořím krátkou animaci.

Věřím, že zkušenosti odnesené z praktické části mé seminární práce mi pomohou v budoucnu, pokud se i nadále budu chtít animaci věnovat.

## **1. 3D tisk**

3D tisk je proces, při kterém přístroj, v tomto případě 3D tiskárna, vytvoří po vrstvách trojrozměrný objekt. Trojrozměrné objekty mohou být vytištěny různými způsoby za pomoci různých technologií. Samotný tisk předchází ještě další fáze, jako je vytváření 3D modelu na počítači a následné přeformátování na tisknutelný model.

### **1.1. Technologie 3D tisku**

Předtím, než se začne tisknout, je potřeba vytvořit samotný model určený k vytisknutí. Model může být vytvořen v programu na počítači nebo může být použit 3D skener. Technologie používané k 3D tisku se liší podle způsobu tvoření trojrozměrného objektu a materiálu, se kterým tiskárna pracuje.

Nejlehčím a nejrozšířenějším způsobem 3D tisku je technologie FDM (Fused deposition modeling), nebo také nazývána FFF (Fused filament fabrication). Je rozšířená díky relativně jednoduchému použití a velikosti tiskárny. Technologie FDM pracuje na principu nanášení roztaveného materiálu vrstvy po vrstvě a stavění objektu. Tiskárna typu FDM je složená z dvou hlavních částí. Z pevné plošiny, která je pohyblivá nahoru a dolů, a trysky, která taví náplň a vytlačuje ji. Tryska se může pohybovat zprava doleva a dopředu a dozadu. Náplň je tlačena skrz hlaveň, která ji taví a poté nanáší na plošinu, rychle tuhnutí vlákno taveného filamentu je směřováno podle pohybu trysky. Po nanesení první vrstvy se plošina sníží o pár

milimetrů a tryska vypustí tavenou náplň k vytvoření další vrstvy. Tímto způsobem tiskárna postaví trojrozměrný objekt, vrstvu po vrstvě<sup>1</sup>. Tiskárny typu FDM se mohou také lišit způsobem pohybu trysky nebo také počtem trysek. Množství barev vytištěného modelu je omezeno množstvím trysek. Nejčastěji má tiskárna jen jednu trysku a tak je model poté jednobarevný. Nejčastějšími materiály používanými touto technologií jsou termoplasty. Dva nejčastější plasty jsou takzvané PLA a ABS. PLA je kyselina polymléčná (Polylactic acid), její tisková teplota je kolem 200 °C. ABS (Acrylonitrile butadiene styrene) je pevný a odolný termoplast, který vydrží i vyšší teploty. Tisková teplota ABS je kolem 250 °C. Obě typy náplně do tiskáren jsou prodávány namotané na cívce v podobě tiskové struny. Množství tiskové struny se měří v gramech.

Tiskárna typu FDM nemusí tisknout jen termoplasty, může také využít modelovací hlinu, poživatelné materiály, kmenové buňky, nebo tavené železo.

Další technologií je stereolitografie, také nazývaná zkratkou SLA. Jde o technologii, která využívá proces polymerizace fotopolymerní<sup>2</sup> pryskyřice. Polymerizace je chemická reakce, za které se z jednoduchých molekul tvoří polymery. K docílení zatuhnutí pryskyřice se využívá proud záření v podobě UV laseru. Je více druhů těchto tiskáren, které se v zásadě liší jen způsobem vyjmutí modelu z pryskyřice. První typ má plošinu, která je plně ponořená

---

<sup>1</sup> Wikipedie – Fused deposition modeling [online]. [cit 2016-03-20]. Dostupné na WWW: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Fused\\_deposition\\_modeling](https://en.wikipedia.org/wiki/Fused_deposition_modeling)>

<sup>2</sup> Schopnost přeměny z kapalného skupenství do pevného po osvětlení světlem

v pryskyřici a model je po vrstvách vytvářen pomocí laseru na platformě a po dokončení modelu je celý objekt vyzdvižen na hladinu pryskyřice plošinou<sup>3</sup>. Druhý typ vyzvedává model z pryskyřice během samotného tisku. Laser osvětluje pryskyřici ze spodu přístroje, na rozdíl od předešlého typu, který osvětluje materiál shora. Tato technologie 3D tisku je velice přesná a detailní, právě díky přesným pohybům laseru.

Podobnou technologií je takzvaná SLS (Selective laser sintering<sup>4</sup>), která ale, na rozdíl od stereolitografie, využívá místo pryskyřice prášek z nylonu nebo železa. Pomocí silného laseru se do nanesené vrstvy prášku zataví předem určená plocha. Poté se nanese další prášek a vytvoří se další vrstva objektu<sup>5</sup>. Po dokončení tisku se prášek ručně odstraní. Objekty tvořené touto technologií mají zásadní výhodu. Objekt může obsahovat více součástí, které na sebe nemusí pevně navazovat, ale mohou být spojeny.

Další technologií je 3DP (3D printing). Jde o jednoduchou techniku, kdy se do vrstvy prášku vytiskne spojovací kapalina pomocí trysky. Spojením dvou komponentů hmota ztuhne a vytvoří se vrstva trojrozměrného objektu. Následovně se nanášením dalších vrstev prášku a postupným ztužováním pomocí kapaliny postaví celý model. Tato technologie má mnoho možností z hlediska použití materiálu. Nejčastějším materiálem k vytvoření pevného

---

<sup>3</sup> Wikipedie – Stereolithography [online]. [cit 2016-03-20]. Dostupné na WWW:

<<https://en.wikipedia.org/wiki/Stereolithography>>

<sup>4</sup> selektivní spékání laserem

<sup>5</sup> Wikipedie – Selective laser sintering [online]. [cit 2016-03-20]. Dostupné na WWW:

<[https://en.wikipedia.org/wiki/Selective\\_laser\\_sintering](https://en.wikipedia.org/wiki/Selective_laser_sintering)>



objektu je prášek sádrovce nebo škrob. Tato technologie se podstatně liší od ostatních, protože je zde možnost přidání barviv, díky kterým můžeme vytvořit různě barevný model. Po vytisknutí není model příliš pevný a tak následuje ještě jeden krok - zpevnění objektu kyanoakrylátovým lepidlem. Dalšími materiály pro vytvoření alternativních trojrozměrných objektů je například cukr (pro vytváření sladkostí) nebo keramický prášek.

Existují ještě další technologie, které nejčastěji kombinují více technologií dohromady a tak zvyšují kvalitu modelu. Jako například technologie MJP (Multijet printing<sup>6</sup>), která je podobná technologii FDM, ale materiál který je použit při tisku má fotopolymerní vlastnosti. Během tisku je osvětlován UV zářením a tak se zvyšuje jeho pevnost a kvalita.

## **1.2. Trh s 3D tiskem**

Ceny a uplatnění tiskáren se liší podle funkce, kterou mají tiskárny splňovat. Pro jednoduché domácí stolní využití se nejvíce hodí tiskárna typu FDM, ale pro náročnější firemní a průmyslové využití se hodí například tiskárna typu SLA, SLS nebo 3DP. Nejčastější a nejlehčeji dostupná tiskárna je právě tiskárna typu FDM, díky její teoreticky nevysoké ceně a velikosti. Mezi nejvíce distribuované tiskárny typu FDM patří tiskárny od firem Ultimaker, Makerbot, 3D Systems, Stratasys a další. Cena tiskárny typu FDM se liší podle kvality tisku a jednoduchosti použití. Ceny kvalitních tiskáren se pohybují kolem 48 000 Kč. Ale dají se sehnat i levnější tiskárny kolem 17 000 Kč. Na Českém trhu je nejlehčeji dostupná tiskárna od firmy Prusa Research

---

<sup>6</sup> Mnohotryskové tisknutí

s názvem Original Prusa i3 Plus. Tato tiskárna FDM typu stojí 17 000 Kč<sup>7</sup>. Je také možné získat stolní Stereolitografickou tiskárnu od firmy Formlabs za 67 000 Kč.

Pro profesionální práci k větší výrobě se více používají tiskárny typu SLS a FDM, záleží na účelu. Průmyslové tiskárny jsou větší, rychlejší a preciznější než ty domácí. Nejčastěji se využívají na výrobu součástek, forem a prototypů. Ceny zde se velice liší podle specializace tiskárny. Například tiskárna typu MJP od firmy 3D Systems stojí 223 000 Kč a tiskárna typu SLS na výrobu železných součástek od firmy ExOne stojí 12 000 000 Kč<sup>8</sup> (všechny uvedené ceny jsou orientační a platné v době psaní práce, tzn. v březnu 2016).

### **1.3. Využití**

3D tisk má velice široké pole uplatnění a protože je to stále rozvíjející se technologie, může se kdykoliv objevit nový způsob jeho využití. V dnešní době se 3D tisk nejvíce využívá k vytváření prototypů a k tvorbě nových nebo náhradních součástek. K tisknutí takovýchto součástek se používá technologie DMLS (Direct metal laser sintering<sup>9</sup>), která používá jako materiál kov. Dále se dá 3D tisk využít k osobní domácí výrobě, jako například navrhování a následný tisk vlastních šperků a dalších malých objektů.

---

<sup>7</sup> Prusa3d [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné na WWW: <<http://shop.prusa3d.com/cs/3d-tiskarny/107-stavebnice-3d-tiskarny-original-prusa-i3-plus.html>>

<sup>8</sup> TopTenReviews [online]. [cit 2016-03-20]. Dostupné na WWW: <<http://3d-printers.toptenreviews.com/industrial/>>

<sup>9</sup> Přímé kovové laserové spékání

3D tisk by také mohl ovlivnit potravinářský průmysl. Už dnes jsou 3D tiskárny, které tisknou z cukru, čokolády, těsta a dalších ingrediencí. Tiskárna s názvem Foodini od firmy Natural machines dokáže vytisknout celá jídla, jako například sušenky, pizzu, kreky a sendvič. Přestože se tato technologie ještě rozvíjí, NASA už dala najevo zájem. Vytisknuté jídlo by mohlo být konzumováno na cestách vesmírem.

NASA také rozvíjí technologii 3D tisku železných součástek v beztlíživém stavu, aby si mohla posádka některé vesmírné lodi vytisknout náhradní díly.

Velice slibně se rozvíjí 3D technologie v medicíně. Už dnes se dají vytisknout jakékoliv protézy, zuby, kosti, klouby. 3D tisk se využívá i ve veterinářství, kde poraněná zvířata dostávají titanové klouby a další nutné protézy. Tisknou se naskenované orgány pro přípravu k závažným operacím. Nejnovější tiskárny mohou tisknout z kmenových buněk fungující cévy, žíly, syntetickou kůži a předpovídá se, že v budoucnu se budou moci tisknout i celé orgány. Vědci také spekulují o tisku léků v domácnosti.

Pomocí 3D tisku je možné dosáhnout struktur a tvarů jaké by normálním tradičním způsobem nešly vytvořit. Umění jako design, móda a architektura je obohaceno o nové možnosti. Mezi ně patří i animace. 3D tisk se dá nejlépe využít ve Stop motion<sup>10</sup> animaci. Tisknou se celé objekty, postavičky, ale také jen části postaviček, jako například obličej.

---

<sup>10</sup> Stop Motion – technika animace při které se hmotný objekt upravuje a fotí, a po spojení vytváří zdánlivý pohyb

## 2. Využití 3D tisku v animaci

3D tisk se využívá ve stop motion animaci. Stop motion animace, nebo také pookénková animace, je způsob animace, kdy animátor pohybuje s objektem po malých úsecích a po spojení všech úseků vznikne plynulý pohyb. Ve stop motion animaci se nejvíce používají loutky, se kterými animátor pohybuje. Loutky mohou být velice komplexní a detailní a tak je výpomoc 3D tisku velice užitečná.

Například londýnské studio DBLG vytvořilo krátkou animaci s názvem BEARS ON STAIRS, která využívá tiskárnu typu FDM. Studio použilo 62 modelů vytisklých na 3D tiskárně, a tak docílilo velice hladkého pohybu.

Americké studio Laika ze San Francisca je známé pro své úžasné animované filmy jako například Koralína (Henri Selick, 2009), Norman a duchové (Sam Fell, 2012) nebo Škatuláci (Anthony Statcchi, 2014). Právě toto studio využívá 3D tisk typu 3DP k vytvoření postaviček. K tomu, aby měla postavička pohyblivé tělo, musí být z flexibilního materiálu a musí mít pevnou kostru. Laika studio tu využívá 3D tisk k vytvoření emočně nabytých výrazů a barevné mimiky. Technologie 3D tisku 3DP umožňuje studiu tisknout barevné rozfázované obličejy, které po zatuhnutí v lepidle mohou být pomocí magnetů jednoduše připevněny na hlavu. Pro film Norman a duchové bylo vytvořeno přes 40 000 různých obličejových částí (viz Obrázek č.1). Dalším filmem, ve kterém byl použit 3D tisk, je Anomalisa (Charlie

Kaufman, 2015) ze začátku roku 2016. V tomto animovaném filmu byla použita také technologie 3DP pro tisknutí obličejů.



Obrázek č. 1 - Obličej postavičky Normana - Zdroj: Wired [online].

Dostupné na WWW: <<http://www.wired.com/2012/07/paranorman-3d-printing/>>

### 3. Tvorba krátkého rozfázovaného pohybu

Mým úkolem bylo vytvořit krátkou stop motion animaci za pomoci školní tiskárny typu FDM. Přestože jsem finálního produktu nedosáhl, byl to velice dlouhý a složitý proces.

#### 3.1. Zprovoznění tiskárny

Školní 3D tiskárna byla darována Lauderovým školám od společnosti ORT. Spolu s vedoucí práce jsem tiskárnu vybalil a pomocí návodu, který je volně dosažitelný na oficiálních stránkách firmy 3D Systems jsme ji zprovoznili. Školní tiskárna je 3D tiskárna typu FDM s dvěma tryskami. Jmenuje se Cubex Duo a je od firmy 3D Systems. V balení s tiskárnou byly ještě přidány PLA náplně modré, bílé, červené a zelené barvy. Tiskárna byla již zbavena bezpečnostních součástí, protože už byla jednou použita společností ORT.

Po rozbalení jsme začali řešit program, který připraví (nařeže) model k tisku. Po stažení programu a návrhu malého objektu z online knihovny STL<sup>11</sup> složek, jsme se snažili připravit model k tisku. Po několika neúspěšných pokusech jsme přistoupili k domácí přípravě modelů. První zkušební model byla hlava nosorožce v podobě lovecké trofeje (viz obrázek č. 2). Na tomto modelu jsme mohli vyzkoušet obě trysky, jelikož byl model dvoubarevný. Zkušební model se vydařil na první pokus.

---

<sup>11</sup> STL – typ souboru, který drží data v podobě trojehelníkové sítě

Další tisk byl o mnoho týdnů později, kdy kolegyně Mariana Bouřilová z 6. O tiskla své šperky. Bohužel jsme zjistili, že tiskařská struna PLA v trubičkách vedoucích k trysce tiskárny je popraskaná. Pomocí drátu se nám po 30 minutách podařilo vytlačit popraskanou strunu z trubiček. Následoval úspěšný tisk. Když jsem se po čase vrátil k 3D tiskárně, abych vytisknul můj finální model, narazil jsem na stejný problém. Struna byla znovu popraskaná. Znovu jsem vyčistil trubičky od kusů náplně a zasadil krabici s cívkou tiskařské struny na své místo. Když jsem chtěl začít tisknout, tiskárna mi oznámila že nemá k dispozici náplň. Tiskárna má dvě místa k umístění a připevnění krabice s cívkou. Cívka je umístěna v ochranném obalu, který má na spodné straně čip, který sděluje tiskárně informace o náplni – materiál, barva a množství.

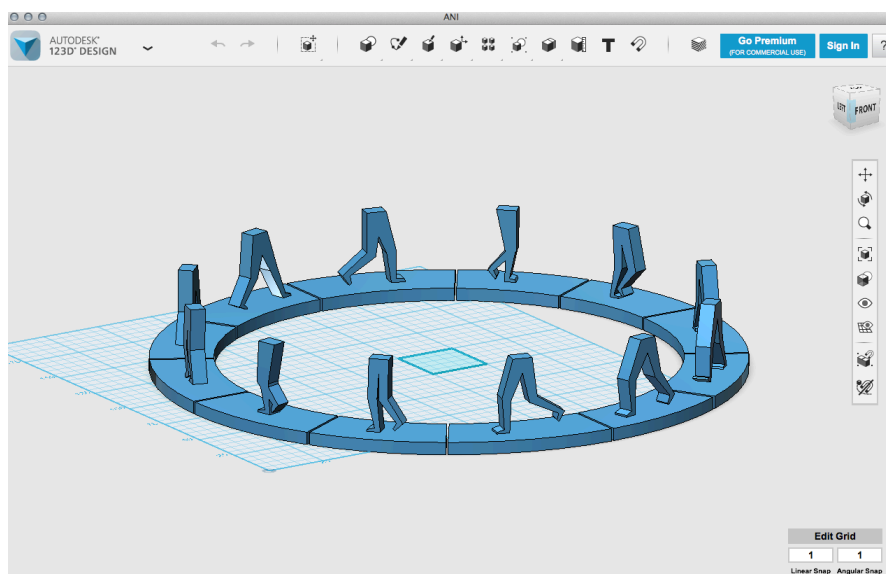
Tiskárna správně nečetla čip, a tak se domnívala, že není barva. Tento problém jsem vyřešil stažením nového programu jménem Kisslicer, který model nařeže a zároveň přesvědčí tiskárnu, že má náplně k dispozici.



### 3.2. Příprava rozfázovaných objektů

Pro efektivní stop motion animaci jsem potřeboval nenáročný pohyb, který bych se svými nulovými zkušenostmi s programem dokázal vytvořit. Nakonec jsem se rozhodl vytvořit cyklus chůze umístěném na kotouči, abych se vyhnul tisknutí mnoha modelů. K vytvoření modelu jsem použil program 123Design, který umožňuje vytvořit jednoduché trojrozměrné návrhy. Nejprve jsem vytvořil kruhovitou podstavu, následně jsem po jednom vytvořil pár nohou, který jsem rozfázoval v chůzi. Jednotlivé páry nohou jsem umístil do kruhu na platformě (viz Obrázek č. 3). Celý proces mi trval kolem osmi hodin.

Neměl jsem žádné větší potíže s tvorbou modelu. Byl to jen velice zdoluhavý proces, vzhledem k mým malým zkušenostem s prací s programy, které umožňují tvorbu trojrozměrných objektů.



Obrázek č. 3 – model – printscreen obrazovky – zdroj autor práce



### 3.3. Tvorba objektů

Předtím než se začne se samotným tiskem, musí se model nechat nařezat a přeformátovat na soubor, kterému tiskárna rozumí. Nařezal jsem model pomocí programu Kisslicer, který je zdarma dostupný na internetu a je kompatibilní s jakoukoliv tiskárnou typu FDM. Po nařezání modelu v programu jsem přesunul složku s daty pomocí flash disku do tiskárny. Tiskárna potřebovala ještě sladit. K ladění jsem využil asi čtyřkušebních výtisků malé koule, abych dosáhl co nejkvalitnějšího výsledného modelu.

Po nastavení a sladění tiskárny jsem spustil tiskárnu. Samotné tisknutí trvalo přesně devět hodin a patnáct minut. Výsledný model (viz Obrázek č. 4) byl v dobré kvalitě, stačilo jen lehké očištění od přebytečných nití tavené náplně. Po očištění jsem model nafotil a poté dal dohromady. Vznikla tak krátká animace chůze<sup>12</sup>.



Obrázek č. 4 – neočištěný výtisk – foto autor práce

---

<sup>12</sup> Video dostupné na: <https://www.youtube.com/watch?v=j9oX0CGKLyg>

## **4. Zhodnocení práce**

Přes potíže, se kterými jsem se potýkal v průběhu tisku a v průběhu zprovoznování tiskárny, jsem byl schopný vytvořit model a nafotit animaci. Práce s tiskárnou byla velmi náročná, jelikož její ladění muselo být na milimetry přesné a dokonalé. Ladění není vůbec jednoduché a zabere mnoha času. Přesto se mi podařilo nafilmovat velmi krátkou sekvenci pohybu, která je k nahlédnutí na internetu. Mé prvotní nadšení pro 3D tisk se po náročném procesu poněkud zmenšilo.

## 5. Závěr

Ve své seminární práci jsem se zabýval technologií 3D tisku. Popsal jsem různé druhy 3D tiskáren a jejich využití v průmyslu, zdravotnictví, umění a hlavně animaci. Podařilo se mi zprovoznit školní tiskárnu, přestože jsem nakonec nemohl vytisknout vlastní model. Zjistil jsem, že pracovat s tiskárnou není jednoduché a proces se nepadobá normálnímu tisku. Naučil jsem se pracovat s programem 123Design. Nakonec jsem se svojí prací spokojen, přestože jsem přes překážky nedokázal splnit všechny předem zadané cíle. Zkušenost s touto seminární prací mi jistě pomůže v mé budoucí profesní orientaci, udělal jsem si poměrně důkladnou představu o tom, jak časově náročná a mravenčí je práce animátora. Rozhodně se domnívám, že taková práce není pro jednotlivce, ale vždy se musí jednat o týmovou spolupráci. To ostatně také považuji za výsledek mého poznání z průběhu práce s 3D tiskárnou.

## 6. Zdroje

- [1] PURVES, Barry (2014): Stop-motion Animation. Bloomsbury. Londýn
- [2] PRŮŠA, Josef (2014): Základy 3D tisku. [online]. [cit 2016-03-20].  
Dostupné na WWW: <<http://www.prusa3d.cz/wp-content/uploads/zaklady-3d-tisku.pdf>>
- [3] Wikipedie – 3D printing [online]. [cit 2016-03-20]. Dostupné na WWW: <[https://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_printing](https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing)>
- [4] Wikipedie – Fused deposition modeling [online]. [cit 2016-03-20].  
Dostupné na WWW:  
<[https://en.wikipedia.org/wiki/Fused\\_deposition\\_modeling](https://en.wikipedia.org/wiki/Fused_deposition_modeling)>
- [5] Wikipedie – Stereolithography [online]. [cit 2016-03-20]. Dostupné na  
WWW: <<https://en.wikipedia.org/wiki/Stereolithography>>
- [6] Wikipedie – Selective laser sintering [online]. [cit 2016-03-20]. Dostupné  
na WWW: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Selective\\_laser\\_sintering](https://en.wikipedia.org/wiki/Selective_laser_sintering)>
- [7] 3D Hubs – 3D printer guide [online]. [cit 2016-03-20]. Dostupné na  
WWW: <<https://www.3dhubs.com/best-3d-printer-guide>>
- [8] TopTenReviews [online]. [cit 2016-03-20]. Dostupné na WWW: <<http://3d-printers.toptenreviews.com/industrial/>>
- [9] Studio Laika [online]. [cit 2016-03-20]. Dostupné na WWW:  
<<http://www.laika.com/index.php>>
- [10] Prusa3d [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné na WWW: <<http://shop.prusa3d.com/cs/3d-tiskarny/107-stavebnice-3d-tiskarny-original-prusa-i3-plus.html>>