

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA PEDAGOGICKÁ
KATEDRA VÝPOČETNÍ A DIDAKTICKÉ TECHNIKY

**3D TISK JAKO PRŮNIKOVÉ TÉMA VZDĚLÁVÁNÍ NA
ZÁKLADNÍ ŠKOLE**
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Jan Šíd

Informatika se zaměřením na vzdělávání

Vedoucí práce: Mgr. Pavel Moc

Plzeň 2022

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 30. června 2022

.....
vlastnoruční podpis

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Mgr. Pavlu Mocovi za podmětne připomínky, a hlavně za trpělivost při zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval všem respondentů dotazníkového šetření za jeho vyplnění a poskytnutí cenných dat.

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK	4
ÚVOD	6
1 CÍL PRÁCE	7
2 HISTORIE A TECHNOLOGIE 3D TISKU	8
2.1 HISTORIE	8
2.2 TECHNOLOGIE	8
2.3 PRINCIPY	9
2.3.1 EXTRUZE FILAMENTU	9
2.3.2 STEREO LITOGRAFIE	9
2.3.3 SLINOVÁNÍ	10
2.3.4 LAMINOVÁNÍ	10
2.4 POUŽÍVANÉ MATERIÁLY	11
2.4.1 EXTRUZE FILAMENTU	11
2.4.2 STEREO LITOGRAFIE	16
2.4.3 SLINOVÁNÍ	17
2.4.4 LAMINOVÁNÍ	18
3 DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ	19
4 VÝBĚR VHODNÉ TECHNOLOGIE A MATERIÁLU PRO ÚČELY VZDĚLÁVÁNÍ	21
4.1 STANOVENÁ KRITÉRIA PRO VÝBĚR TECHNOLOGIE 3D TISKU	21
4.2 VYHODNOCENÍ KRITÉRIÍ PRO VÝBĚR TECHNOLOGIE 3D TISKU	22
4.3 VÝBĚR MATERIÁLU PRO 3D TISK	23
5 VÝBĚR VHODNÉHO SOFTWARE PRO 3D MODELOVÁNÍ NA ZÁKLADNÍ ŠKOLE	24
5.1 STANOVENÁ KRITÉRIA PRO VÝBĚR 3D MODELOVACÍHO NÁSTROJE	24
5.2 VYHODNOCENÍ KRITÉRIÍ PRO VÝBĚR 3D MODELOVACÍHO NÁSTROJE	25
6 METODIKA NA VYTVOŘENÍ 3D MODELU VE VYBRANÉM NÁSTROJI	27
6.1 PROSTŘEDÍ A POŽADAVKY	27
6.2 PRÁCE S PROGRAMEM	27
7 MOŽNOSTI VYUŽITÍ 3D TISKU A MODELOVÁNÍ VE VÝUCE	40
7.1 JAZYK A JAZYKOVÁ KOMUNIKACE (ČESKÝ JAZYK A LITERATURA, CIZÍ JAZYK, DALŠÍ CIZÍ JAZYK)	41
7.2 MATEMATIKA A JEJÍ APLIKACE (MATEMATIKA A JEJÍ APLIKACE)	44
7.3 INFORMAČNÍ A KOMUNIKAČNÍ TECHNOLOGIE (INFORMAČNÍ A KOMUNIKAČNÍ TECHNOLOGIE)	47
7.4 ČLOVĚK A JEHO SVĚT (ČLOVĚK A JEHO SVĚT)	48
7.5 ČLOVĚK A SPOLEČNOST (DĚJEPIS, VÝCHOVA K OBČANSTVÍ)	50
7.6 ČLOVĚK A PŘÍRODA (FYZIKA, CHEMIE, PŘÍRODOPIS, ZEMĚPIS)	53
7.7 UMĚNÍ A KULTURA (HUDEBNÍ VÝCHOVA, VÝTVARNÁ VÝCHOVA)	57
7.8 ČLOVĚK A ZDRAVÍ (VÝCHOVA KE ZDRAVÍ, TĚLESNÁ VÝCHOVA)	60
7.9 ČLOVĚK A SVĚT PRÁCE (ČLOVĚK A SVĚT PRÁCE)	61
ZÁVĚR	64
RESUMÉ	65
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	66
SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ	71
PŘÍLOHY	I

SEZNAM ZKRATEK

3D – Trojrozměrný

ABS – Akrylonitrilbutadienstyren

BVOH – Butenediol vinylalkoholový kopolymer

CJP – Color jet printing

CJP – ColorJet Printing

DLP – Digital Light Processing

DMP – Direct metal printing

DMP – Direct Metal Printing

FDM – Fused deposition modeling

FFF – Fused filament fabrication

GB – Gigabyte

HW – Hardware

LCD – Liquid Crystal Display

LOM – Laminated Object Manufacturing

MJP – Multi Jet Printing

MSLA – Masked Stereolithography Apparatus

PA – Nylon

PET – Polyetyléntereftalát

PET-G – polyetyléntereftalát-glykol

PJP – Plastic jet printing

PLA – Polylactic acid

PP – Polypropylen

RAM – Random Access Memory

RVP – Rámcový vzdělávací program

RVP ZV – Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání

SLA – Stereolitografie

SLS – Laserové sintrování

SLS – Selective laser sintering

SW – Software

UV – Ultrafialová

Úvod

Téma „3D tisk jako průnikové téma ve vzdělávání na základní škole“ jsem si vybral s ohledem na mé přesvědčení, že tato technologie může zkvalitnit průběh technického vzdělávání na základní škole. Současně doufám, že informace v ní obsažené a její výstupy pomůžou se zapojením 3D tisku a modelování alespoň malé části pedagogů na základních školách.

Cílem této bakalářské práce je analyzovat možnosti využití stále populárnější technologie 3D tisku ve vzdělávání na základní škole. Práce zahrnuje okénko do historie 3D tisku, popisuje nejznámější používané technologie a materiály používané v tomto odvětví. Součástí práce je analýza současného stavu vybavení a jeho využití na základních školách. Následuje metodika výběru vhodné technologie pro výuku s 3D tiskem pro základní školy s ohledem na cílovou skupinu uživatelů. V podobném duchu je proveden i popis a výběr vhodných softwarových nástrojů. Praktickým výstupem této práce je vytvoření metodiky pro učitele, kteří by chtěli začít využívat 3D tisk ve výuce. Metodika obsahuje tvorbu jednoduchého modelu ohledem na různá úskalí a technologické problémy 3D tisku. V závěru pak práce obsahuje informace o možnostech zapojení 3D tisku a modelování v rámci jednotlivých předmětů.

1 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem této práce představit možnosti využití 3D tisku v rámci vzdělávání na základní škole. K dosažení tohoto cíle musíme udělat těchto 6 kroků:

1. Popsat historii, technologie a materiály 3D tisku.
2. Zjistit stav vybavení a jeho využití na základních školách.
3. Vybrat vhodnou technologii a materiál 3D tisku pro využití ve škole.
4. Vybrat vhodný modelovací program pro tvorbu 3D modelů.
5. Vytvořit metodiku pro učitele, pro snadný začátek s modelováním a tiskem 3D objektů.
6. Zjistit využitelnost 3D tisku a modelování ve výuce na základní škole skrze vyučované předměty.

V prvním kroku zjistíme, co to vůbec 3D tisk je. Jaká je jeho historie. Jaké se používají technologie a materiály při tomto procesu. Tento teoretický základ nám později poslouží k výběru vhodných technologií pro účely vzdělávání na základní škole.

V druhém kroku provedeme analýzu, jakým způsobem jsou v současné době základní školy vybaveny z pohledu 3D tisku. Jaké používají technologie a kde všude je využívají. Získaná data využijeme i k potvrzení nebo vyvrácení směru, kterým se vydáme při výběru vhodné technologie a softwarového nástroje.

Třetím krokem k dosažení cíle je výběr vhodné technologie a tiskových materiálů pro účely vzdělávání na základní škole. Zhodnotíme z několika hledisek, která technologie je nejvhodnější pro zapojení do výuky na základní škole.

Čtvrtým krokem, po výběru vhodné technologie, bude i výběr vhodného programového nástroje pro začátky s 3D modelováním. Výběr nástroje bude proveden s ohledem na možnosti českého vzdělávacího systému.

Pátý krok navazuje na předchozí a pro vybraný software vytvoříme metodiku. Metodika se zaměří na vytvoření jednoduchého objektu s upozorněním na některé technologické nedostatky samotného 3D tisku.

Posledním krokem pak bude ukázka možností využití 3D tisku a modelování v jednotlivých předmětech na základní škole.

2 HISTORIE A TECHNOLOGIE 3D TISKU

2.1 HISTORIE

Ačkoliv technologie 3D tisku vypadá jako mladá a nová technologie, tak její počátky sahají již do předešlého století. S myšlenkou zpracování objektů ve 3D se můžeme setkat již v 19. století. Roku 1859 pořizuje fotograf François Willème trojrozměrný snímek za použití 24 kamer rozmístěných po 15 stupních. O 33 let poté v roce 1892 vynálezce Joseph E. Blather získává patent na tvorbu 3D typografických map s použitím vrstvení. Další myšlenky podpořené již technologickým posunem přicházejí v roce 1980, kdy Hideo Kodama *prezentuje* a pokouší se patentovat princip 3D tisku pomocí fotopolymerní pryskyřice vytvrzované ultrafialovým světlem. Patent byl sice podán, ale s neúplnou specifikací (Fakulta strojní ČVUT v Praze, 2014 – 2022). V roce 1986 si nechává tuto metodu patentovat Chuck Hull pod názvem stereolitografie. V roce 1987 přichází Carl Deckard s technologií 3D tisku založenou na práci s jiným médiem – práškem a zapékáním jednotlivých vrstev. V roce 1989 si nechává S. Scott Crump společně se svou ženou Lisou Crumpovou patentovat technologii, kdy je přes rozehrátou trysku protlačována plastová hmota ve tvaru struny. Na tuto myšlenku přišel Scott Crump v době, kdy se snažil vytvořit hračku pro svoji dceru pomocí tavné lepicí pistole. Ačkoliv jsou tyto technologie známé už přes třicet let, komerčního rozmachu a popularity se jim dostalo až po roce 2009, kdy vypršely poslední klíčové patenty (Kratochvílová, 2015).

2.2 TECHNOLOGIE

3D tisk můžeme definovat jako aditivní technologii – to znamená, že materiál je postupně přidáván do té doby, než vznikne finální produkt. Je to přesně opačný postup než u daleko starší technologie, kterou označujeme jako obrábění – tam je materiál postupně ubírán do té doby, než vznikne finální produkt (Kloski, 2017). Dalším důležitým aspektem 3D tisku je práce ve vrstvách, protože např. u sváření se také pracuje s aditivní technologií, avšak v tomto případě nemůže být o 3D tisku řeč. Nepodstatnou součástí 3D tisku je také automatizace a souřadnicový systém (Derakhshani, 2006). Průša (2014) tvrdí, že v poslední době stále populárnější 3D pera pracují taktéž na podobném principu, ale vzhledem k tomu, že jim chybí určitá míra automatizace tak ani v tomto případě nemůže mluvit o 3D tisku. Shrnutí je takové, že mluvíme-li o 3D tisku je nutné splnit podmínky splnit podmínky aditivní výroby, práce ve vrstvách a souřadnicích a jisté míry automatizace.

2.3 PRINCIPY

V praxi se můžeme setkat s několika desítkami pojmenování pro 3D tiskové technologie, jejichž názvy si můžou být podobné. Toto rozličné pojmenování je většinou způsobené kvůli ochranným známkám, patentům a dalším právním ochranám. Z těchto důvodů každý výrobce volí pro stejnou technologii jiný název. Nejlépe to lze demonstrovat na technologii extruze plastové struny (filamentu), kde se u společnosti Stratasys setkáme se zkratkou FDM (fused deposition modeling), u společnosti 3D Systems se zkratkou PJP (plastic jet printing) a jiní výrobci používají označení FFF (fused filament fabrication). Jedná se při tom o téměř shodnou technologii, využívající stejného principu. 3D tisk tak lze z hlediska principů a médií, které používají pro samotný tisk, rozdělit do čtyř skupin (ABC3D, 2014–2022).

2.3.1 EXTRUZE FILAMENTU

Tisk probíhá na vyhřívanou nebo nevyhřívanou podložku. Na tuto podložku je v jednotlivých souřadnicích nanášen materiál. Tento materiál je typicky roztavená plastová struna – filament. Struna se taví pomocí rozeřáté trysky, přes kterou je materiál protlačován. Zástupci této technologie nesou označení FDM, FFF, PJP a další. Největší výhodou této technologie je bezesporu cena, jak samotné 3D tiskárny, tak i tiskového materiálu. Další výhodou je široké spektrum materiálu používaných pro samotný tisk. Technologie má i své nevýhody, mezi něž patří poměrně dlouhý tiskový čas, omezené možnosti tiskového rozlišení, nutnost vhodné orientace modelu. Dále je před samotným tiskem zohlednit konstrukci podpěr (jsou-li potřeba) a vzoru a hustotu výplně plných těles. Při použití tiskárny s více extrudery nebo zařízením pro automatickou výměnu filamentu, můžeme nutné podpěry tisknout pomocí vodou rozpustného materiálu. Tyto podpěry pak bez námahy odstraníme odplavením ve vodě. V komerční odvětví se můžeme setkat s technologií MJP (Multi Jet Printing), kde plastový materiál tryská z mnoha otvorů tiskové hlavy. Při tisku je možné rovnou tisknout voskové podpěry, které následně odstraníme v dokončovací stanici. Výsledný model pak dosahuje vysoké rozměrové přesnosti i přesnosti detailu (ABC3D, 2014–2022).

2.3.2 STEREO LITOGRAFIE

Minařík (2013) uvádí, že tisk probíhá v nádobě s tekutým fotopolymerem. V této nádobě je umístěna i tisková deka, která se pohybuje pouze ve svislé tiskové ose. Pomocí

světelného paprsku je vykreslen požadovaný tvar. Osvětlením dochází k chemické reakci a vytvrzení vrstvy. Po této operaci se posune tisková deska o požadovaný krok ve svislé ose a osvětlí se další vrstva. Celý proces se opakuje, dokud není výrobek hotový. Osvětlení vrstvy probíhá pomocí laserového paprsku, DLP projektoru, nebo UV lampy maskované LCD displejem (MSLA). Technologie stereolitografie (SLA) je nejstarší patentovaná technologie 3D tisku, vyvinutá Chuckem Hullem, zakladatelem společnosti 3D Systems. Výhodou této technologie je velmi vysoké tiskové rozlišení a rychlost tisku. Tisková rychlost není závislá na objemu modelu, ale pouze na jeho výšce. Je to způsobeno tím, že celá vrstva je vysvícena najednou. Nevýhodou je nutnost po dokončení tisku omýt model v izopropylalkoholu a následně vytvrdit v dokončovací stanici pomocí UV záření. Jedná se však o jednu z nejpřesnějších technologií 3D tisku s možností využití různých druhů tiskových fotopolymerů (Šmejcký, 2022).

2.3.3 SLINOVÁNÍ

Tento technologický princip využívá tiskový materiál ve formě prášku. Prášek je rovnoměrně nanášen na tiskovou plochu, kde je vytvrzován pomocí laseru nebo lepidla. Po vytvrzení vrstvy je celá tisková plocha posunuta ve svislé ose o předem určenou výšku a nanese se další vrstva prášku, která je opět následně vytvrzena. Materiál ve formě prášku používají technologie technologiemi SLS (selective laser sintering), CJP (color jet printing) a DMP (direct metal printing). Podle konkrétní použité technologie je volen i tiskový materiál, kterým může být celá řada plastů, kovových materiálů nebo materiálů na bázi sádry. CJP je v současné době nejrychlejší tiskovou technologií. Jako jediná dokáže vytisknout téměř dokonalý fotorealistický model (Easycnc, 2013). Technologie má výhody ve vysokém tiskovém rozlišení a rychlosti tisku, také v nepřeberném množství materiálů. Nevýhodou je velmi vysoká pořizovací cena a značné nároky na údržbu a obsluhu.

2.3.4 LAMINOVÁNÍ

Jedná se o nejméně využívanou technologii 3D tisku. Technologický princip LOM (Laminated Object Manufacturing) je v podstatě kombinací 3D tisku a obrábění. Jednotlivé vrstvy jsou vyřezávány z papíru nebo jiné folie a následně přilepeny na ty předchozí. Materiál je odvíjen z role nebo jsou podávány jednotlivé archy (Custompartnet, 2018). Šmejcký (2022) uvádí, že tiskárna může být navíc vybavena inkoustovou hlavou,

kteřá model zároveň obarvuje. i když se nejedná o čistokrevný 3D tisk a vzniká při výrobě i množství odpadu, jedná se o aditivní technologii, kterou je možné jako 3D tisk označit.

2.4 POUŽÍVANÉ MATERIÁLY

Kratochvílová (2015) tvrdí, že pro každý projekt, který chceme tisknout je nutno zohlednit, k čemu bude výsledný výrobek používán a tím i přizpůsobit výběr materiálu. Jednotlivé materiály mají různé vlastnosti podle, kterých se můžeme orientovat.

Jedná se zejména o tyto vlastnosti:

Fyzikální vlastnostmi:

- Pevnost
- Tvrdost
- Houževnatost
- Otěruvzdornost
- Flexibilita
- Přílnavost
- Teplota zpracování
- Teplota tání (měknutí)
- Odolnost vůči nízkým a vysokým teplotám
- Schopnost absorbovat vodu
- Tepelná roztažnost

Chemické vlastnosti:

- UV Stabilita
- Odolnost vůči kyselinám a zásadám
- Odolnost vůči ropným látkám
- Rozpustnost ve vodě
- Rozpustnost v chemikáliích (aceton)
- Biologická nezávadnost a odbouratelnost

2.4.1 EXTRUZE FILAMENTU

Abychom dosáhly co nejlepších výsledků je třeba vzít tyto vlastnosti v potaz, a to nejen při samotném tisku, ale už při přípravě modelů, skladování tiskového materiálu a přípravě tiskové plochy. Ale ani při samotném tisku nemůže zapomínat na tyto vlastnosti. Pokud

je budeme ignorovat, může dojít selhání tisku, v krajním případě i poškození tiskárny. Pro samotný tisk je důležitá zejména teplota tiskové trysky a vyhřívané podložky.

Materiály, se kterými se nejčastěji můžete setkat pro běžné použití jsou PLA, PET, ABS. Materiály pro speciální použití jsou FLEX, PP, NYLON, BVOH a kompozity na bázi dřeva, kovů a uhlíkových vláken. Existuje celá řada dalších materiálů, ať už pod jiným obchodním označením nebo s dobrými úpravami od jednotlivých výrobců (Horvát, 2014).

PLA (polylactic acid – kyselina polyléčná)

- Teplota extruderu: 150–210 °C
- Teplota podložky: 0–60 °C

Biologicky plně odbouratelný materiál, vyráběný z kukuřičného nebo bramborového škrobu či z cukrové třtiny. Je stále více průmyslově využíván. Je rozpustný v hydroxidu sodném. Po vytištění modelu je těžké odstranit podpůrné prvky (Průša, 2022).

Použití: Je nejuniverzálnějším materiálem pro technologii tisku FDM, vhodným i pro tisk velkých předmětů. Vedle ABS je nejpoužívanějším materiálem pro 3D tisk metodou extruze termoplastu. Je pružný, tvrdý a odolný jako jiné plasty (Bioplasty, 2020).

Průšovo (2014) doporučení: Nevýhodou tohoto materiálu je sklon pohlcovat vzdušnou vlhkost. Nutno zabezpečit suché prostředí pro skladování. Při špatném skladování ve vlhkém prostředí pohlcuje vlhkost, což se projevuje jako bublinky na povrchu předmětu. Výhoda materiálu je v jeho jen zcel nepatrný sklon ke kroucení, daný minimálním rozpínáním při tavení. i při nižších teplotách je výtisk pevný a jednotlivé vrstvy kvalitně spojené. Po tisku ho lze opracovat běžnými postupy, ale kvůli nízkému tavnému bodu ho nelze dobře strojně brousit. Brusný papír strojní desky materiál rychle zahřeje až k bodu měknutí. Tuto nevýhodu lze odstranit chlazením materiálu při opracovávání. Prakticky bez omezení je možné ruční broušení, materiál lze i snadno vrtat a lakovat (po ošetření základní barvou pro tvrdé plasty).

PET (polyetylentereftalát)

- Teplota extruderu: 220–260 °C
- Teplota podložky: 45–60 °C

Polyethylentereftalát (PET) je nejvíce běžně používaný plast na světě – láhve, oděvní vlákna, nádoby a obaly na potraviny (Materialpro3d, 2022).

PET – G (polyetyléntereftalát – glykol)

- Teplota extruderu: 220–260 °C
- Teplota podložky: 45–90 °C

PET-G je upravená verze PET. "G" znamená "modifikovaný glykol", který se přidává k materiálové kompozici během polymerace. Výsledkem je vlákno, které je jasnější, méně křehké a snadněji se používá než jeho základní forma PET (PETG je vysoce odolný proti nárazu na rozdíl od PET). V chemii se tento materiál označuje jako (polyethylenetereftalát-1,4-cyklohexyldimethylenetereftalát) (Materialpro3d, 2022).

PETG vlákno kombinuje vlastnosti materiálů ABS (silnější, odolnější teplotám, odolnější) a PLA (snadný tisk). Adheze mezi vrstvami je obvykle vynikající, riziko zkroucení nebo výrazného smrštění není tak velké a výhodou je, že jej lze recyklovat.

Mnoho výrobců a uživatelů se shoduje na tom, že nejde o nejjednodušší materiál pro tisk. Obvykle vyžaduje, abyste našli správné nastavení tiskárny. Při 3D tisku proto pravděpodobně budete muset s parametry experimentovat více než obvykle.

PETG je na rozdíl od jiných materiálů více odolný vůči kyselinám a rozpouštědlům, vysokým i nízkým teplotám. Je možné tepelně tvarovat z něj vytištěný předmět nebo jej leštit ohněm (Materialpro3d, 2022).

ABS (Akrylonitrilbutadienstyren)

- Teplota extruderu: 220–275 °C
- Teplota podložky: 100–130 °C

Amorfní termoplastický průmyslový kopolymer, který je odolný vůči mechanickému poškození. Tuhý, houževnatý, odolný proti nízkým i vysokým teplotám, málo nasávkavý, zdravotně nezávadný. Je odolný vůči kyselinám, hydroxidům, uhlovodíkům, olejům, tukům. ABS je velmi lehce opracovatelný (Materialpro3d, 2022).

Použití: ABS je vhodný pro výrobu funkčních vzorků, výrobu nástrojů i pro výrobu věcí pro běžné použití. Není vhodný pro objekty, které budou dlouhodobě vystaveny povětrnostním vlivům, jako je UV záření, teplo a mráz.

Homola (2022) doporučuje: ABS je ropný produkt a při jeho zahřívání se uvolňuje zdraví škodlivý styren. Při tisku je nutné zajistit dostatečné odvětrávání. Má vysokou tepelnou roztažnost, což se projevuje při tisku smršťováním modelu. Je proto nutné zajistit tepelnou

stálost, ideálně umístěním do tiskového boxu. Další nutností je použití vyhřívané podložky, která postačí i pro výhřev samotného boxu. Tiskový materiál je nutné skladovat mimo dosah přímého slunečního záření a v prostředí s nízkou vzdušnou vlhkostí.

Flexfill

- Teplota extruderu: 230 °C
- Teplota podložky: 50–65 °C

Flexfill je velmi silný a pružný materiál. V mnoha případech se může stát, že klasický tvrdý plast není pro daný účel ideální, nebo to je dokonce zcela nevhodné. Ať už budete tisknout kryt na telefon, pouzdro na akční kameru nebo třeba kola pro auto na vysílačku, bude lepší použít pružný materiál.

Flexfill má velmi dobrou odolnost proti otěru, zůstává pružný i při nízkých teplotách a je odolný proti celé řadě rozpouštědel. Při vychládání se téměř nesmršťuje, takže s ním můžete tisknout i modely přesně na míru.

Příprava: Ujistěte se, že povrch je čistý a odmaštěný. Pozor, některé velmi měkké materiály mohou k podložce přilnout velmi silně a vyžadují použití lepidla jako oddělovače, abyste nepoškodili PEI povrch (Kočí, 2022).

PA (Nylon)

- Teplota extruderu: 235–260 °C
- Teplota podložky: 100–130 °C

Je to nesmírně silný, odolný a všestranný materiál. Je flexibilní v tenkých vrstvách, ale s velmi vysokou adhezí (přilnutí) mezi vrstvami. Jeho nízký součinitel tření a vysoká teplota tání je vynikající volbou pro tisk funkčních a technických dílů. Je velmi hygroskopický, to znamená, že rychle absorbuje vodu ze vzduchu. Aby tisk s nylonem byl úspěšný, musí být vlákno suché. Pokud suché není, vzniknou na materiálu bublinky. Suché nylonové vlákno tiskne hladké předměty s lesklým povrchem.

Doporučení: Nylon je velmi citlivý na vlhkost. Pro jeho skladování používejte uzavřenou nádobu s odvlhčovačem. 3D nastavení tiskárny pro tento materiál jsou podobné těm, které se používají pro ABS vláken. Adheze k tiskovému loži se zvyšuje s vyššími teplotami vytlačování (Materialpro3d, 2022).

PP (Polypropylen)

- Teplota extruderu: 254 °C
- Teplota podložky: 95–100 °C

Polypropylen je flexibilní a odolný materiál umožňující tisk přesných modelů, u kterých požadujete pružnost, pevnost a houževnatost.

Příprava: Nejlepších výsledků dosáhnete s obyčejnou průhlednou lepící páskou (3dstruna, 2022).

BVOH (Butenediol vinylalkoholový kopolymer)

- Teplota extruderu: 190–220 °C
- Teplota podložky: 50–100 °C

BVOH (Butenediol vinylalkoholový kopolymer) pro tisk podpor. Tento ve vodě rozpustný nosný materiál je vhodný i pro náročnější tisk tvarově složitých objektů s převisy pomocí 3D tiskáren s dvěma extrudery.

Výhody:

- Snadný a kvalitní tisk podpor, srovnatelný s tiskem běžnými tiskovými filamenty.
- Výborná přilnavost k ostatním materiálům, hlavně k PLA, PET a ABS, ...
- Vysoká rychlost tisku – až 60 mm/s.
- Velmi rychlá rozpustnost ve vodě (rychlost můžete ještě zvýšit vyšší teplotou vody).
- Tvarová stabilita.
- Nezávadný a biologicky odbouratelný materiál (Materialpro3d, 2022).

Kompozitní materiály

- Teplota extruderu: 190–210 °C
- Teplota podložky: 50–70 °C

Kompozitní materiály (woodfill, copperfill, bronzefill, karbonové nebo aramidové kompozity a mnohé další) jsou založeny na hlavní plastové složce a sekundárním materiálu ve formě prachu. Tyto materiály jsou velmi abrazivní, takže pokud s nimi plánujete tisknout dlouhodobě, doporučujeme používání tvrzené trysky. Při používání dřevěných kompozitů pak doporučujeme větší trysky (0.5 mm a větší). Parametry tisku jednotlivých materiálů

se mohou lišit v závislosti na plastovém základu, takže využívejte příslušná nastavení tisku ve Slic3ru PE nebo v PrusaControl. Prvním krokem při leštění je broušení brusným papírem. Je vhodné začít nejprve hrubým (80) a postupně používat jemnější a jemnější brusný papír. Poté můžete model zbrousit pomocí mosazného kartáče. Pokud s povrchovou materiálu stále nebudete spokojeni, můžete na závěr použít broušení za mokra s velmi jemným brusným papírem (1500) (Pruša, 2022).

Tabulka 1 - Doporučené tiskové teploty

Název materiálu	Teplota extruderu:	Teplota podložky:
PLA	150–210 °C	0–60 °C
PET	220–260 °C	45–60 °C
PET – G	220–260 °C	45–90 °C
ABS	220–275 °C	100–130 °C
Flexfill	230 °C	50–65 °C
PA	235–260 °C	100–130 °C
PP	254 °C	95–100 °C
BVOH	190–220 °C	50–100 °C
Kompozitní materiály	190–210 °C	50–70 °C

2.4.2 STEREO LITOGRAFIE

Technologie stereolitografie používá pro jako materiál fotocitlivou pryskyřici, můžete se setkat také s označením „resin“

Tyto materiály je možné určovat z hlediska technologie, kterou jsou vytvrzovány:

- DLP projektory
- LCD projektory
- UV lampa
- Laserový paprsek

Dále podle jejich technologických vlastností (Matca, 2022).

Tabulka 2 - Vlastnosti tiskový resinů

Typ materiálu	Vlastnosti
Standardní resin	<ul style="list-style-type: none"> • Hladký povrch, hodně detailů • Křehký • Nevhodný pro mechanické části
Čirý resin	<ul style="list-style-type: none"> • Poloprůhledný • Může se stát téměř plně průhledným po následném zpracování
Odlévací resin	<ul style="list-style-type: none"> • Hodně detailní • Skvělý pro přípravu odlévacích forem • Malé až žádné zbytky po vypálení resinu
Tvrdé a odolné resiny	<ul style="list-style-type: none"> • Podobné ABS nebo PP materiálům • Částečně pružné • Vhodné pro mechanické části • Nízká odolnost vůči vysokým teplotám
Žárovzdorné resiny	<ul style="list-style-type: none"> • Odolné vůči vysokým teplotám • Používané pro injekční formy • Drahé
Biokompatibilní resiny	<ul style="list-style-type: none"> • Netoxické • Vhodné pro výrobu dentálních implantátů • Odolné proti otěru • Drahé
Flexibilní resiny	<ul style="list-style-type: none"> • Podobné gumě (tvrdost 70A) • Nižší rozlišení detailů tištěných částí

2.4.3 SLINOVÁNÍ

SLS (laserové sintrování)

- **Polyamide PA 12 (Polyamid)**

Polyamidový prášek má jako pevný materiál tu výhodu, že je pro vytvořené sekce výrobku samonosný. Nejsou tak nutné žádné podpěry. Polyamid umožňuje výrobu plně funkčních prototypů a dílů pro koncové využití s vysokou mechanickou a teplotní odolností. Polyamidové díly mají vynikající dlouhodobou stálost a jsou odolné proti většině chemických látek. Impregnací lze zajistit jejich vodotěsnost.

Materiál PA používaný společností Materialise je certifikovaný jako biokompatibilní a za určitých podmínek bezpečný pro styk s potravinami.

- **Aluminum-Filled (Alumide) PA-AF (Aluminum Filled)**

Alumid je směs hliníkového a polyamidového prášku, která umožňuje snadné obrábění kovově vypadajících neporézních komponent a která je odolná vysokým teplotám (130 °C). Mezi typické aplikace patří díly pro testování v aerodynamickém tunelu v automobilovém průmyslu, malé výrobní série, výroba přípravků nebo vzdělávací a ilustrační modely s kovovým vzhledem (German, 1994).

- **Polyamide Glass-Filled PA-GF (Sklem plněný polyamid)**

Polyamidový prášek plněný skelnými částicemi (PA-GF) má mnohem vyšší teplotní odolnost (až 110 °C) než polyamid a je obvykle využíván k funkčním zkouškám s vysokými teplotními zátěžemi. Tento materiál se vyznačuje vynikající tvrdostí, vysokou hustotou a pevností v tahu při nízké měrné tíže. Díky tomu je PA-GF ideální pro náročné podmínky, ve kterých je klíčová tvrdost, teplotní odolnost a odolnost proti opotřebení.

- **Flame-Retardant PA 2241 FR (Nehořlavý polyamid)**

PA 2241 FR je nehořlavý polyamidový (PA 12) materiál. Díky své nehořlavosti je tento vysoce kvalitní plast vhodný pro letectví a kosmonautiku, když splňuje normu FAR 25.853 (German, 1994).

CJP (ColorJet Printing)

Technologie 3D tisku využívající sádrový materiál, a hlavně více než 6 milionů barev najednou. Vhodné pro architektonické modely, figurky, designové prototypy a všechny objekty, u nichž je důležité barevné vyjádření.

DMP (Direct Metal Printing)

Královská disciplína 3D tisku - tisk z kovu. Drobné i větší díly z materiálů jako nerezová ocel, nástrojová ocel, titan a další (Kang, 2005).

2.4.4 LAMINOVÁNÍ

Pro tento princip se využívá materiálu ve formě rolí, ať už jde o plast, papír nebo i jiné materiály ve formě folií. Taktéž může mít materiál formu jednotlivých listů, které jsou postupně podávány automatizovaným podavačem (Redwood, Schoffer, Garret, 2017).

3 DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ

Pro analýzu stavu vybavení a využití 3D tiskem na základních školách byla zvolena forma dotazníkového šetření. Jako nástroj tohoto šetření byl využit online nástroj Microsoft Forms, dostupný prostřednictvím studentského účtu ZČU. Jako cílová skupina byly osloveni zástupci všech základních škol v ČR pomocí průvodního dopisu zaslaného elektronickou poštou. Emailové adresy cílové skupiny byly získány z veřejně dostupného adresáře škol dostupného z online zdroje <http://stistko.uiv.cz/registr/vybskolrn.asp> . Velikost cílové skupiny je ohraničena celkovým počtem platných záznamů tj. 4257 bez ohledu na to, zda byl email zaslán pouze na jednu nebo více kontaktních skupin.

Struktura dotazníku je následující:

1. Formát školy? (1. nebo 1. i 2. stupeň.)

Tato informace slouží primárně ke zjištění, jaký poměr škol organizovaných pouze na prvním stupni využívá technologii 3D tisku.

2. Počet žáků?

Tato informace poslouží k celkovému pohledu, jak počet žáků ovlivňuje pořizování vybavení související s 3D tiskem.

3. Je škola vybavena 3D tiskárnou?

Informace slouží, jako rozřazovací kritérium. Pokud škola již tiskárnu vlastní, tak mapujeme dále jakou využívá technologii, software, materiály a podobně.

4. Jaký je výrobce vaší 3D tiskárny?

Tato otázka se zobrazí pouze pokud respondent vybral v předchozí otázce volbu "Ano". Informace důležitá z hlediska poměrného zastoupení výrobců a tím i obslužného software.

5. Jakou technologii využívá vaše 3D tiskárna?

Tato informace slouží k potvrzení nebo vyvrácení hypotéz při výběru nejvhodnější technologie 3D tisku pro základní školu. Zároveň slouží jako filtr pro další otázky ohledně použitých materiálů.

6. Jaký používáte materiál pro 3D tisk?

Tato otázka se zobrazí pouze pokud respondent vybral v předchozí otázce volbu „Tisk z plastové struny (filamentu)“. Utváří obraz nad tím, jaké materiály se nejčastěji využívají ve škole pro 3D tisk.

7. V jakých předmětech 3D tisk a modelování využíváte?

Informace důležitá vytvoření představy, kde všude je možné 3D tisk ve výuce využít.

8. Jakým způsobem získáváte modely?

Tato informace slouží k určení preferencí při získávání modelů pro 3D tisk. Jsou zde obsaženy způsoby získávání modelů pomocí Stahování hotových modelů, Modelováním v 3D programech a Skenování pomocí 3D skeneru.

9. Jaký využíváte modelovací software?

Odpovědi na tuto otázku zobrazí preference pro vytipovaný software pro 3D modelování a můžou přinést i návrhy jiných software, které nejsou předvyplněné.

10. Jaký přínos vidíte ve využití 3D tisku a modelování ve výuce?

Volná otázka pro inspiraci a další využití 3D tisku ve výuce. Pravděpodobně nepůjde vyhodnotit.

11. Plánujete pořízení 3D tiskárny pro výukové účely do vaší školy?

Informace vyjadřující ochotu k pořízení další techniky pro vzdělávání.

12. Emailová adresa

Slouží pro zaslání kopie bakalářské práce jako poděkování pro respondenty, kteří vyjádřili přání tuto práci zaslat.

Kompletní podoba dotazníku bude přiložena jako příloha této práce.

4 VÝBĚR VHODNÉ TECHNOLOGIE A MATERIÁLU PRO ÚČELY VZDĚLÁVÁNÍ.

4.1 STANOVENÁ KRITÉRIA PRO VÝBĚR TECHNOLOGIE 3D TISKU

- **Cena:** Vzhledem k tomu že většina základních škol má omezené zdroje finanční zdroje je nejdůležitějším kritériem finanční náročnost pořízení i provozu nejdůležitějším kritériem. Tento parametr má vliv nejen na technologii 3D tisku, ale i na používaný spotřební materiál a náhradní díly.
- **Náročnost obsluhy:** Ve školním prostředí je kladená specializace jiným směrem, než je dokonalé zvládnutí specializované výrobní technologie. Proto je jednoduchost obsluhy pro běžné uživatele podobně důležitý parametr jako finanční náročnost.
- **Bezpečnost:** I přesto, že se jedná o specializované výrobní zařízení, mělo by být dostatečně bezpečné zejména pro jeho obsluhu. V žádném případě by nemělo produkovat žádné škodlivé látky, které nelze eliminovat pomocí přídavné technologie. Do tohoto parametru je nutné promítnout i nutnost používání chemických látek, které také podléhají ve škole zvláštnímu zacházení.
- **Rozlišení tisku:** Tak jak je pro technologii 3D tisku charakteristická vlast práce ve vrstvách, určuje výška této vrstvy rozlišení tisku. Čím je výsledná vrstva nižší tím je rozlišení jemnější a výtisk je poté daleko detailnější. Tento parametr je důležitý zejména pro tisk kulových ploch. Na tomto parametru závisí i doba potřebná pro vytištění. Jemnější rozlišení = delší doba tisku, tiskne se více vrstev. Vzhledem k tomu, že škola není specializované výrobní pracoviště, má tento parametr poměrně malou váhu.
- **Dostupnost:** Dostupnost jak zařízení, tak spotřebního materiálu je velmi důležitá. Technologie, která bude dokonale splňovat ostatní parametry je k ničemu, pokud nebude široce dostupná a nepůjde koupit. Stejně tak je důležité, aby byl běžně dostupný spotřební materiál.
- **Prostředí:** Tento parametr zohledňuje úpravu nebo vytvoření specializovaného prostředí pro provoz tiskárny. Jedná se zejména o zajištění specializovaného odsávání, vytápění nebo chlazení, bezprašného prostředí, prostředí s určitou vlhkostí, Nutnost filtračního zařízení. Do prostředí lze zařadit i pořízení specializovaných zařízení pro dokončování tisku.

Pro porovnání vytvoříme tabulku, ve které budou zastoupené jednotlivé technologie. Splnění parametrů bude vyhodnoceno jako Splňuje, Nesplňuje, Částečně. Pokud bude, u kterékoliv technologie vyhodnocený parametr jako nesplňuje, bude technologie automaticky označena jako nevhodná pro využití ve školním prostředí. Vyhodnocení proběhne přiřazením bodového zisku pro jednotlivá kritéria, kdy splňuje má hodnotu 1, nesplňuje 0 a částečně má hodnotu 0,5 bodu. Vyšší bodový zisk určuje lepší vhodnost pro využití na základní škole.

Jako referenční hodnotu pro pořizovací cenu je určen limit 40000,- Kč, což je neinvestiční limit stanovený pro pořizování majetku.

Jako referenční hodnota pro rozlišení je 0,1 mm, která zajišťuje dostatečnou jemnost pro většinu výtisků.

Z důvodu nedostatku veřejně dostupných dat pro technologii laminování, nebude tato technologie do vyhodnocování zařazena.

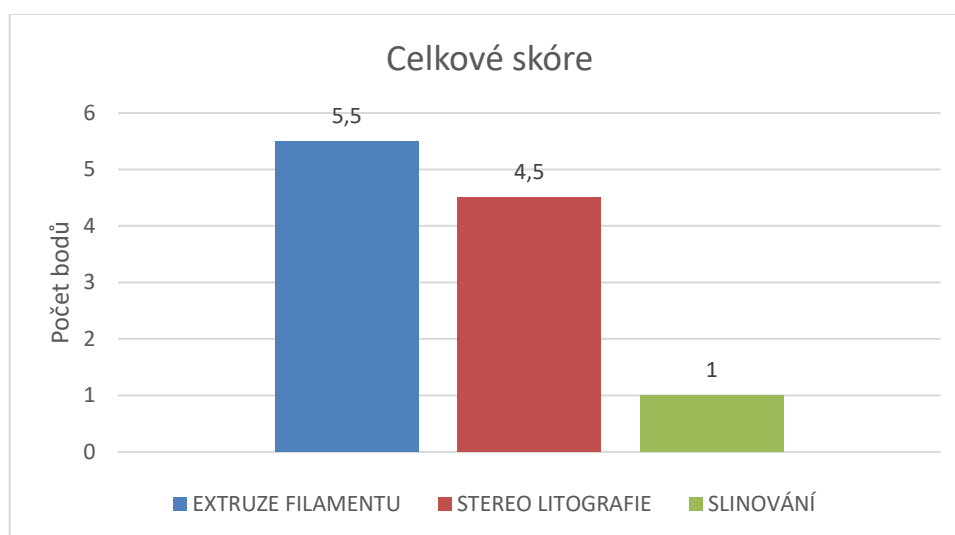
Výběr vhodného materiálu pro tisk bude vyhodnocován pouze pro nejlépe umístěnou technologii.

4.2 VYHODNOCENÍ KRITÉRIÍ PRO VÝBĚR TECHNOLOGIE 3D TISKU

Tabulka 3 - Vyhodnocení výběru technologie

	EXTRUZE FILAMENTU	STEREO LITOGRAFIE	SLINOVÁNÍ
Cena	SPLŇUJE (1)	ČÁSTEČNĚ (0,5)	NESPLŇUJE (0)
Náročnost obsluhy	SPLŇUJE (1)	SPLŇUJE (1)	NESPLŇUJE (0)
Bezpečnost	SPLŇUJE (1)	ČÁSTEČNĚ (0,5)	NESPLŇUJE (0)
Rozlišení tisku	SPLŇUJE (1)	SPLŇUJE (1)	SPLŇUJE (1)
Dostupnost	SPLŇUJE (1)	SPLŇUJE (1)	NESPLŇUJE (0)
Prostředí	ČÁSTEČNĚ (0,5)	ČÁSTEČNĚ (0,5)	NESPLŇUJE (0)

Graf 1 - Vyhodnocení výběru technologie



Z vyhodnocovací tabulky je jednoznačně patrné, že technologie „slinování“ je jednoznačně nevhodná pro použití ve školním prostředí. Kritéria splnila pouze u parametru rozlišení tisku. Ve všech ostatních parametrech byla označena jako nevyhovující. Tomu odpovídá i

výsledek dotazníkové šetření, ze kterého vyplývá, že tuto technologii žádná dotazovaná škola nevládní.

Na druhém místě se umístila se ziskem 4,5 bodu technologie „STEREO LITOGRAFIE“. Tato technologie může být za určitých okolností ve škole použitelná, ale její využití je úzkoprofilové. Tuto skutečnost dokládá i výsledek dotazníkového šetření, kde se pouze 6 respondentů z 311 vyjádřilo, že tuto technologii využívá.

S výsledným počtem 5,5 bodů se jako nejvhodnější technologií 3D tisku pro použití ve školství jeví tiskárna využívající extruzi filamentu. Technologie výslovně splňuje téměř všechna kritéria, s výjimkou prostředí, které musí být za určitých okolností upraveno. Jedná se zejména o zřízení odsávání při tisku z materiálů, které uvolňují jedovaté látky (např. styren při tisku z ABS). Výběr technologie „EXTRUZE FILAMENTU“ jako nejvhodnější technologie pro použití na základní škole dokládají i výsledky dotazníkového šetření, kdy byla tato technologie zmíněna ve 304 z celkových 311 odpovědí.

4.3 VÝBĚR MATERIÁLU PRO 3D TISK

Kritéria pro výběr nejvhodnějšího materiálu nelze stanovit. Pro každou aplikaci je vhodný jiný druh materiálu, závislý zejména na jeho fyzikálních a chemických vlastnostech. Jako u většiny organizací pracujících s omezeným rozpočtem je pro školu důležitá cena. Z tohoto hlediska je nejvhodnějším materiálem PLA. Pro většinu aplikací, jako je výroba učebních pomůcek a dárkových předmětů je tak tento materiál první volbou. Tato skutečnost plyne i z výsledku dotazníkového šetření, ve kterém jej vybralo 284 respondentů. V tomto se na dalších místech umístily materiály PET-G (85), ABS(43), Flexibilní materiály (15), Kompozity (8), PA(6) a PP(2). Materiál BVOH určený pro tisk vodou rozpustných podpěr nefiguruje v žádné z odpovědí.

5 VÝBĚR VHODNÉHO SOFTWARE PRO 3D MODELOVÁNÍ NA ZÁKLADNÍ ŠKOLE.

Modelovací software je zcela zásadní vybavení pro vytváření vlastních 3D modelů. Softwarové nástroje fungují buď na principu parametrického modelování, při němž jsou zadávány přesné rozměry a geometrické tvary. Toto parametrické modelování je vhodné pro výrobu technických modelů, ale zato méně vhodné pro kreativní přístup k modelování. Pomocí takového postupu je téměř nemožné vytvořit např. model lidské hlavy – busty. Takže při výběru software se musíme zaměřit na to, pro jaké činnosti ho budeme potřebovat. Tvorba modelů do výtvarné výchovy má jiné požadavky než tvorba modelů pro technickou výchovu. Při výběru se zaměříme na software vhodný pro začátečníky a co nejvíce univerzální, tak aby se nechal použít pro více činností.

5.1 STANOVENÁ KRITÉRIA PRO VÝBĚR 3D MODELOVACÍHO NÁSTROJE

Cena: V závislosti na způsobu financování škol je tento parametr velice zásadní. Je žádoucí, aby byl software dostupný nejlépe zdarma, a to nejen pro použití ve škole, ale i pro domácí přípravu žáků. Pokud bude mít škola špičkový software a vybavení, ale pro žáky nebude široce dostupné, snižuje se tak jeho přínos pro vzdělání.

Multiplatformní: Software by měl být dostupný pro celou řadu platform a operačních systémů jako je Microsoft Windows, MacOS, Linux, Android a iOS.

Webová aplikace: Pokud je software navržen, jako webová aplikace odpadá nám nutnost instalace programu. Je možné jej využívat i na počítačích s omezenými uživatelskými právy a mobilních zařízeních. Dalším benefitem, je pak i fakt, že ho žáci mohou využívat na domácích počítačích, včetně rozpracovaných úloh.

Classroom management: Ve školním prostředí je vhodné, aby mohl práci žáků spravovat vyučující. Vyučující má pak možnost upravovat modely žáků, seskupovat žáky do různých tříd a mít přehled o jejich pokroku.

Česká lokalizace: Vzhledem k cílové skupině a jejich předpokládaným znalostem je naprosto zásadní, aby bylo ovládání programu v českém jazyce.

Hardwarové náročnost: Každý z nástrojů má jiné hardwarové požadavky. Jediný hardwarový parametr, který je možné porovnávat je požadovaná minimální operační

paměť. Pokud software vyžaduje 4 GB a více není jej možné provozovat na 32 bitovém operačním systému a tím se zmenšuje i množina zařízení na kterých je spustitelný.

Existuje další řada kritérií, která mají subjektivní pohled a nelze je proto zahrnout do porovnávání. Jedná se třeba o snadnost obsluhy, sofistikované metody modelování, nutnost vytváření speciálních účtů u konkrétních poskytovatelů (Google účet, Apple ID).

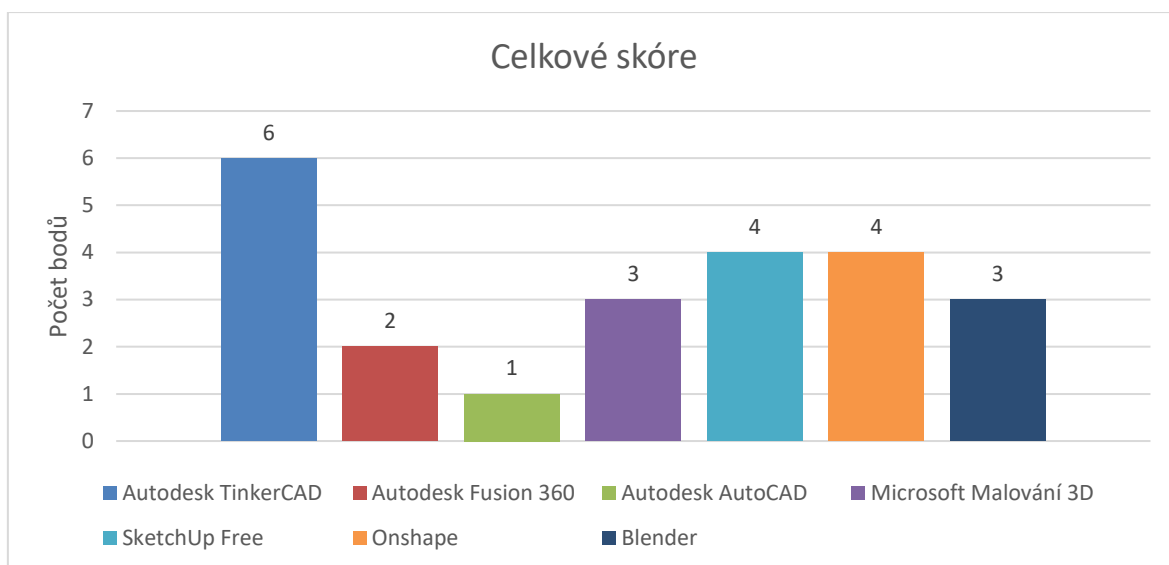
5.2 VYHODNOCENÍ KRITÉRIÍ PRO VÝBĚR 3D MODELOVACÍHO NÁSTROJE

Porovnání software provedeme pomocí tabulky. Každému kritériu přidělíme 1 bod, pokud splňuje, nebo 0, pokud nesplňuje. U parametru hardwarové požadavky bude pro software vyžadující 4 GB RAM a více přidělena hodnota 0 a pro ostatní (méně než 4 GB) hodnota 1. Do porovnání zahrneme software, na který jsme se dotazovali v dotazníkovém šetření. Jedná se o Autodesk TinkerCAD (Autodesk, Tinkercad, 2022), Autodesk Fusion 360 (Autodesk, 2022), Autodesk AutoCAD, Microsoft Malování 3D (Microsoft, 2022), SketchUp free (SketchUp, , Onshape (Onshape, 2014 – 2022) a Blender (Blender, 2022). Dotazníkové šetření nepřineslo žádný jiný zásadní software, který by bylo vhodné zařadit do porovnání.

Tabulka 4 - Vyhodnocení výběru modelovacího nástroje

	Autodesk TinkerCAD	Autodesk Fusion 360	Autodesk AutoCAD	Microsoft Malování 3D	SketchUp Free	Onshape	Blender
Cena	1	1	0	1	1	1	1
Multiplatformní	1	0	0	0	1	1	1
Webová aplikace:	1	0	0	0	1	1	0
Classroom management	1	0	0	0	0	0	0
Česká lokalizace	1	1	1	1	0	0	1
Hardwarová náročnost	1	0	0	1	1	1	0

Graf 2 - Vyhodnocení výběru modelovacího nástroje



Jako nejvhodnější software pro použití ve škole se jeví aplikace Autodesk TINKERCAD. Vzhledem k tomu, že aplikace Autodesk TINKERCAD nevyžaduje pro každou platformu specifickou instalaci, budeme považovat za nejvhodnější právě tuto aplikaci. Dalším aspektem hovořícím ve prospěch této aplikace přizpůsobené prostředí pro výuku tzv. classroom management, kde má vyučující kontrolu nad postupem žáků. Vhodnost výběru potvrzuje i výsledek dotazníkového šetření, kdy se drtivá většina respondentů vyjádřila pro použití právě tohoto software. Ze 465 odpovědí je právě 221 pro software TINKERCAD. Možnosti tohoto software jsou však omezené, takže po čase narazíte na určité limity. Pro pokročilejší práci mimo webový prohlížeč pak nejvhodnější software Blender, který je také lokalizovaný a pro práci s ním existuje celá řada českých návodů.

6 METODIKA NA VYTVOŘENÍ 3D MODELU VE VYBRANÉM NÁSTROJI

6.1 PROSTŘEDÍ A POŽADAVKY

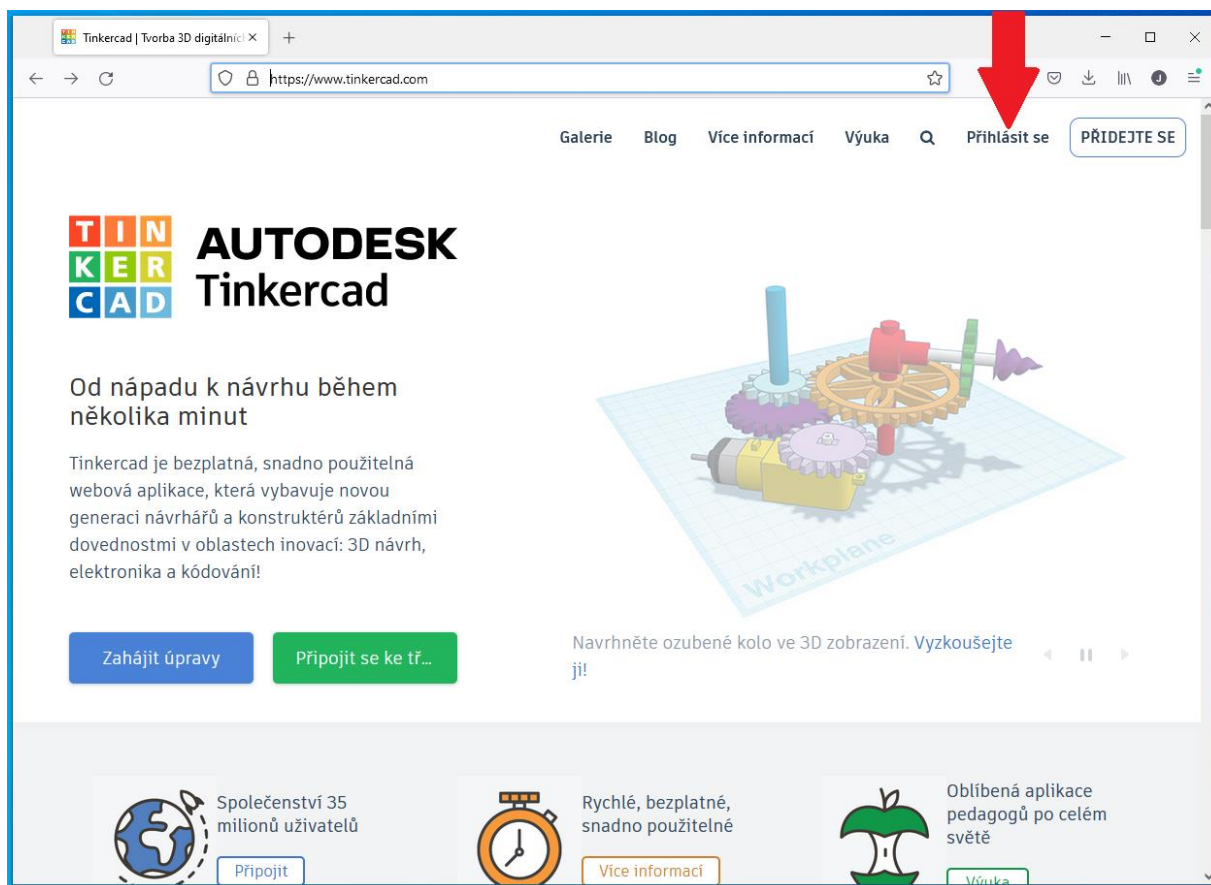
Pro práci se softwarovým nástrojem „Autodesk Tinkercad“ je kromě samotného počítače, případně tabletu vhodné používat také myš. Program je pro práci s myší navržen a její použití výrazně zvyšuje komfort ovládání tohoto software.

Vzhledem k okolnosti, že vybraný softwarový nástroj je webová aplikace, je nezbytné pro její využívání používat internetový prohlížeč. Další nezbytnou podmínkou je připojení k internetu s dostatečnou kapacitou. Je třeba myslet na to, že větší množství žáků může při práci linku vytížit a může tak docházet k prodlevám při práci v programu. Tento software není vhodný ani pro terminálové řešení a řešení typu Microsoft Windows MultiPoint Server, pokud nemáte dostatečně výkonný hardware.

Pro přihlášení do aplikace je nutné si zaregistrovat uživatelský účet. Tento účet si může mít roli Pedagoga, Studenta nebo být veden jako osobní účet. i tento osobní účet je později možné přepnout do role pedagoga. Výhodou účtu pedagoga je to, že může zakládat a spravovat třídy a jejich členy (žáky nebo studenty). Poté má přístup i do modelů studentů a může je upravovat. Registraci je možné provést pomocí libovolného emailu nebo propojit stávající Google účet nebo Apple účet (AppleID).

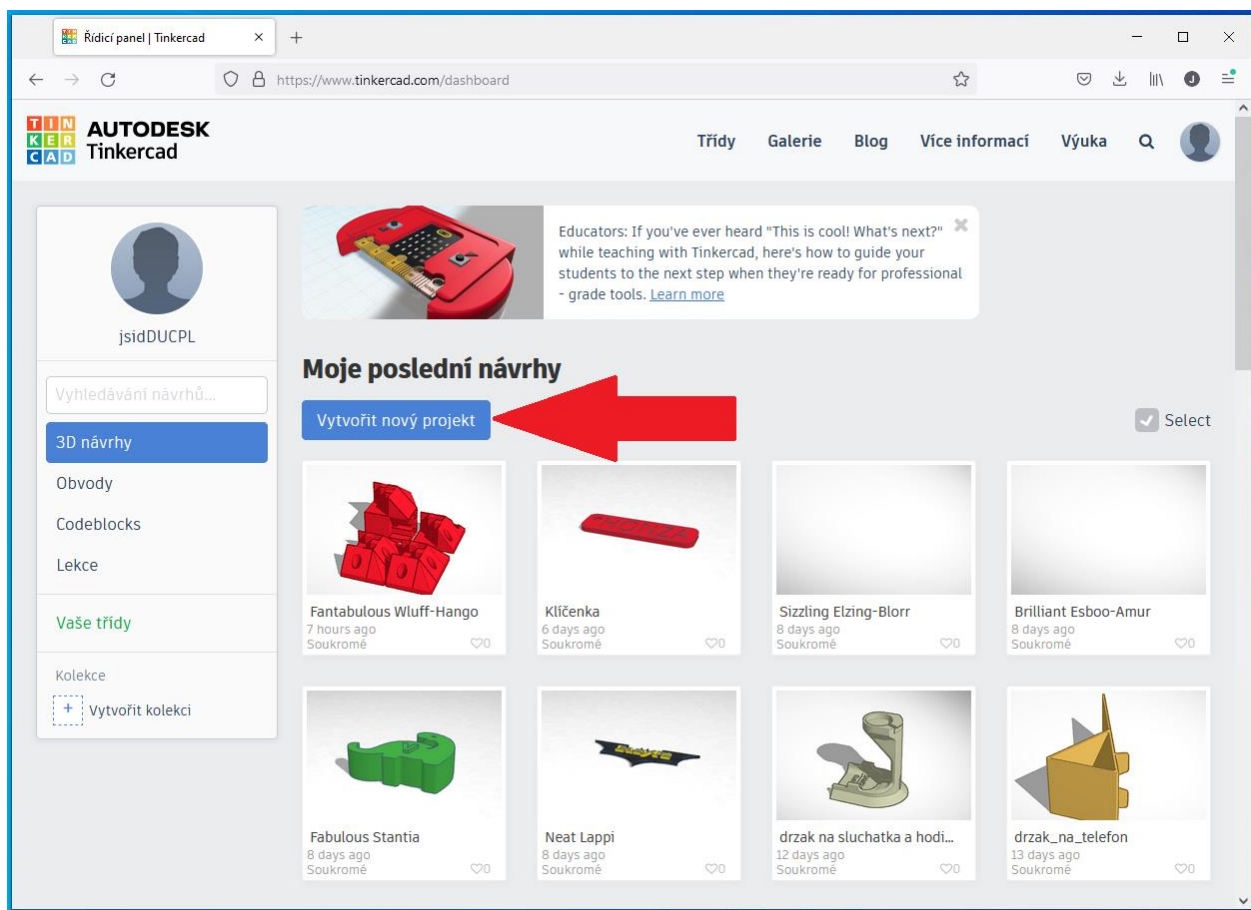
6.2 PRÁCE S PROGRAMEM

Přístup k software získáme zadáním internetové adresy <https://www.tinkercad.com/> do internetového prohlížeče. Po načtení stránky se kliknutím na „Přihlásit se“ přihlásíme pomocí dříve zaregistrovaného účtu.



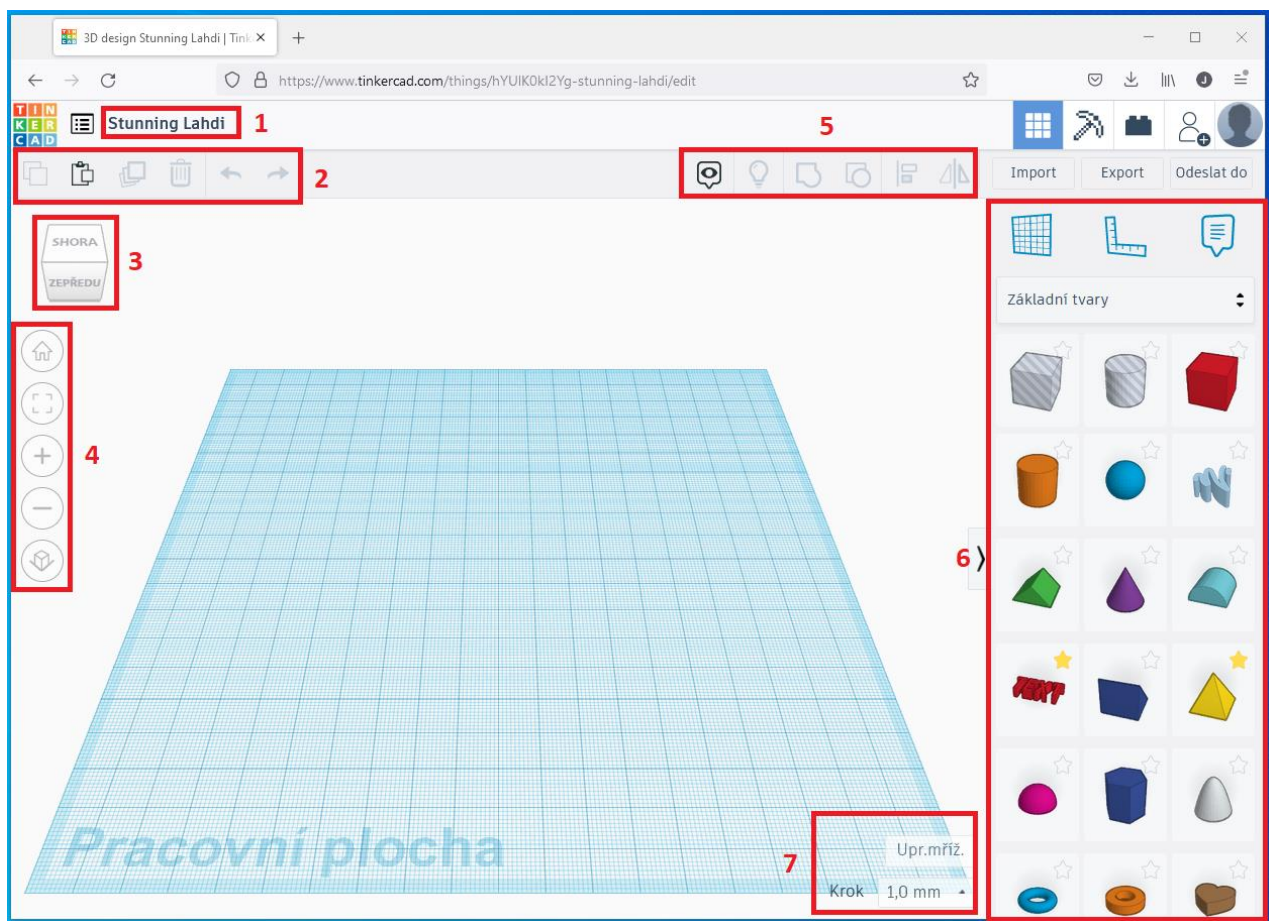
Obrázek 1 - Prostředí sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

Po přihlášení se otevře „Dashboard“, kde vidíme všechny dříve vytvořené návrhy. Pro vytvoření nového návrhu klikneme levým tlačítkem na „Vytvořit nový projekt“.



Obrázek 2 - Dashboard sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

Tímto krokem se vytvoříme nový projekt a dostaneme se na pracovní plochu.



Obrázek 3 - Pracovní plocha sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

Na této ploše se nalézají několik oblastí s ovládacími prvky:

1. Název projektu – Velice důležitý atribut k pozdějšímu vyhledávání vytvořených projektů. Pokud necháme vygenerovaný název, může nám to působit potíže, zvláště pokud bude mít více projektů a bude se v nich potřebovat orientovat.
2. Tlačítka pro kopírování, vkládání, duplikování a mazání objektů nebo skupin objektů. Dále tlačítka „zpět“ a „znovu“ pro vracení posledních operací.
3. „Kostka“ slouží pro otáčení roviny pracovní plochy. Ovládá se stisknutím a podržením levého tlačítka myši a otáčením kostky. Lze nahradit stisknutím a podržením pravého tlačítka myši, kdekoliv v pracovním prostoru.
4. Tlačítka pro změnu pohledu. Výchozí pohled, přizpůsobit pohled, přiblížit, oddálit a přepínání mezi perspektivním pohledem a plochým (ortografickým) pohledem. Velice doporučuji přepnout na plochý pohled, kde jsou předměty zobrazovány pomocí pravoúhlého promítání a není tak problém objekty přesně umísťovat a zarovnávat. Pokud je plochý pohled aktivní je zobrazena tato ikona

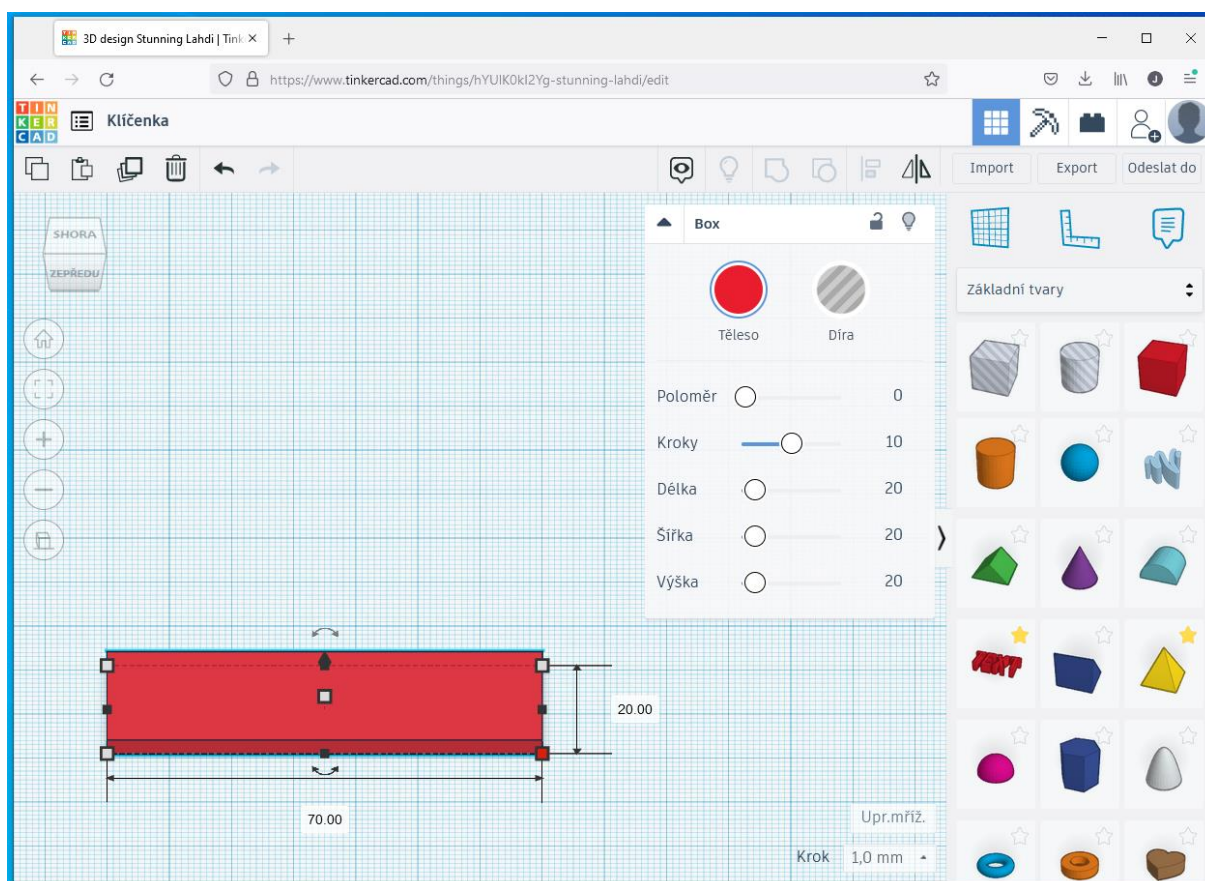


Obrázek 4 - Ikona přepínání pohledů (Zdroj: vlastní)

5. Ovládací prvky pro změnu viditelnosti poznámek a objektů, seskupení, rozdělení, zarovnání a zrcadlení objektů.
6. Zásobník objektů – Z tohoto zásobníku vybíráme geometrické objekty a umísťujeme na pracovní plochu.
7. Nastavení velikosti pracovní plochy a kroků.

Jako nejjednodušší objekt, na kterém se dají vysvětlit základní operace je objekt klíčenky (jmenovky).

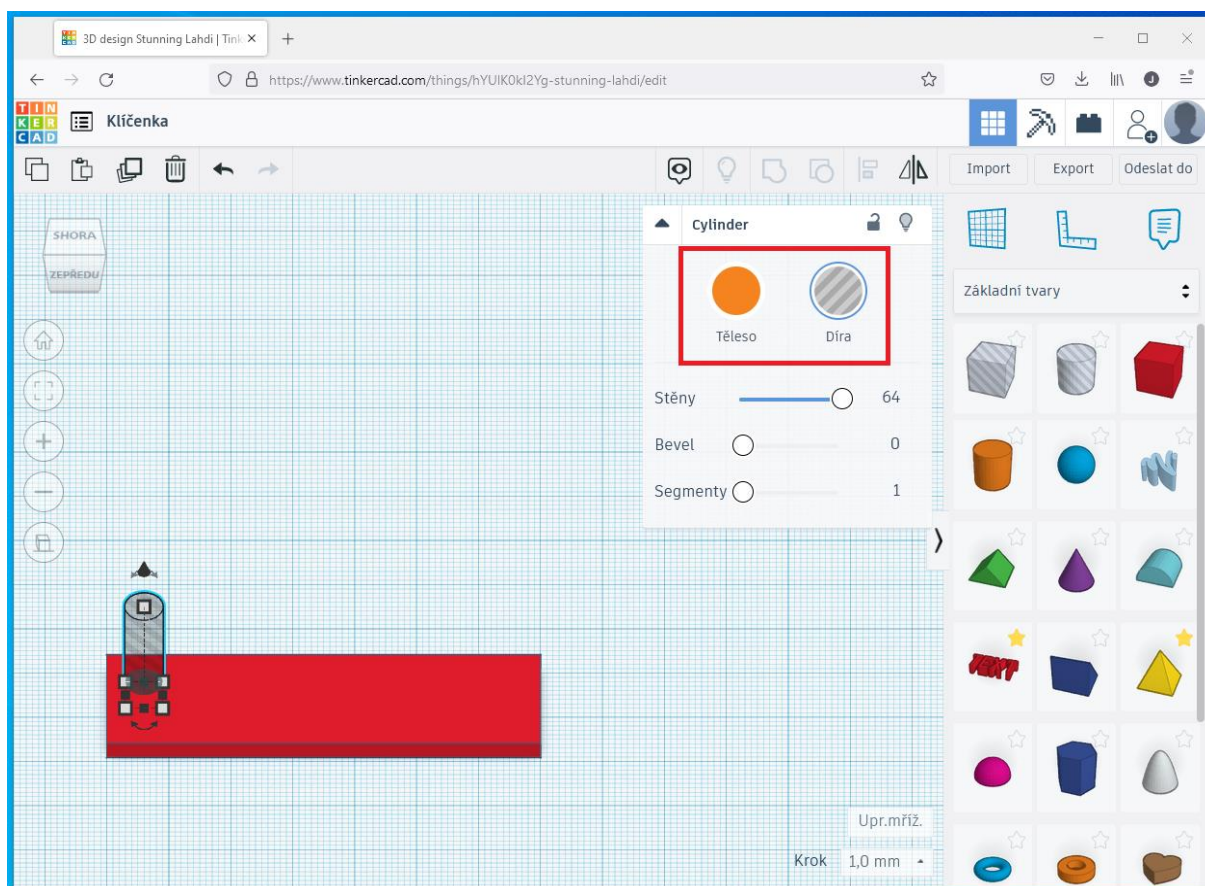
V prvním kroku vybereme objekt kvádru a přetáhneme jej na pracovní plochu. Pomocí uzlů nastavíme základní rozměr na doporučenou velikost 70x20x3 mm. Doporučení ohledně velikosti jsou z demonstračních účelů. Při dodržení doporučených velikostí dojde k vytištění modelu klíčenky na 3D tiskárně s nastavenou výškou vrstvy 0,2 mm a výplní 20 % přibližně za 20 minut.



Obrázek 5 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

V dalším kroku využijte pro vytvoření otvoru pro kovový kroužek objekt válce. Nastavíme mu patřičnou velikost (průměr) 6 mm a přesuneme ho do požadovaného místa. Dáváme při tom pozor na to, aby stěny okolo válce nebyly příliš úzké. Doporučená vzdálenost válce

od okraje kvádrů je 2 mm ze dvou nejbližších stran. Objekt může mít vlastnost plného „tělesa“ nebo „díry“. Pokud nastavíme vlastnost „díry“ znamená to, že se bude objekt odečítat od pevných „těles“. Vlastnost „díry“ u objektu válce nyní využijeme k vytvoření otvoru pro kroužek.



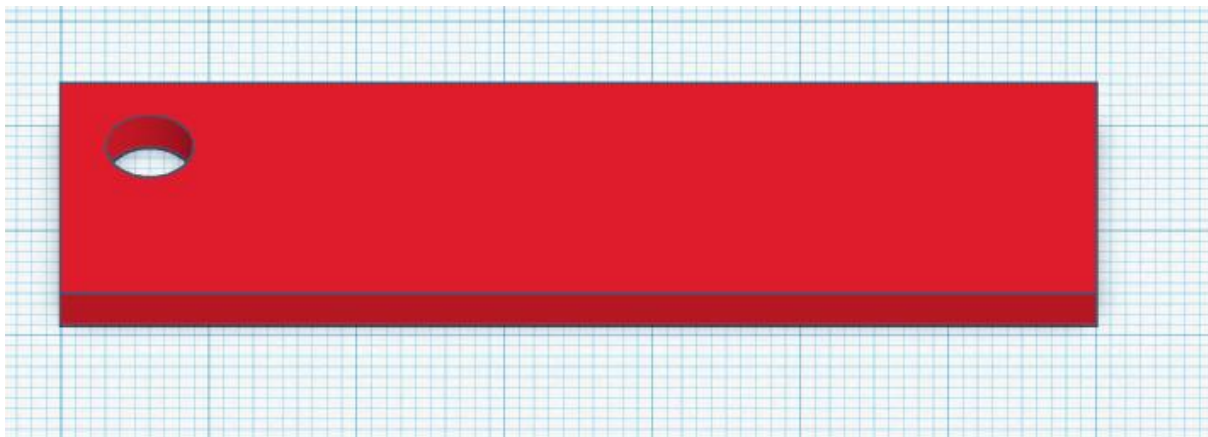
Obrázek 6 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

Aby mohla mít operace vytvoření otvoru dokončena je nutné oba objekty označit (přetažením kurzoru myši při stisknutém levém tlačítku přes oba objekty nebo kliknutím na oba objekty při stisknuté klávese „Shift“ na klávesnici) a kliknout na tlačítko „Seskupit“



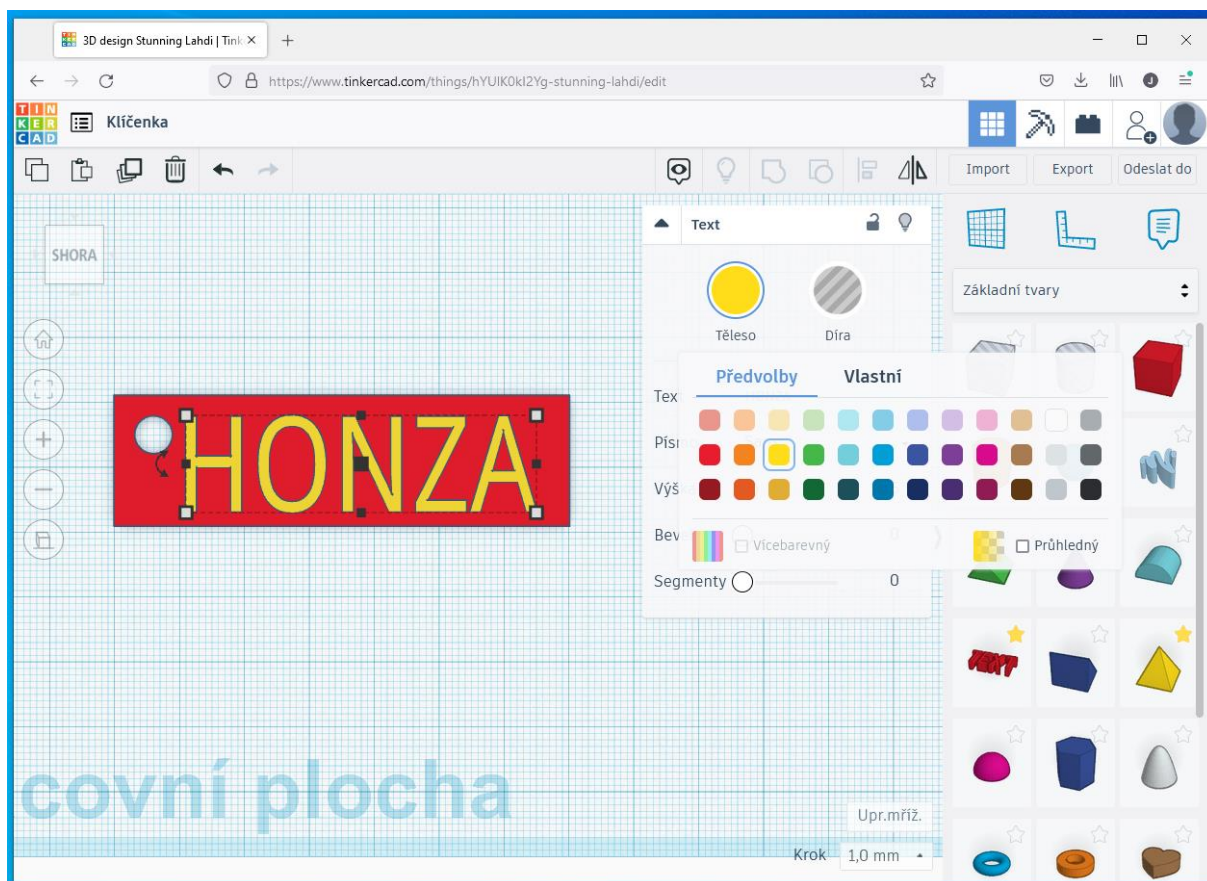
Obrázek 7 - Ikona seskupení objektů (Zdroj: vlastní)

Dojde k seskupení objektů.



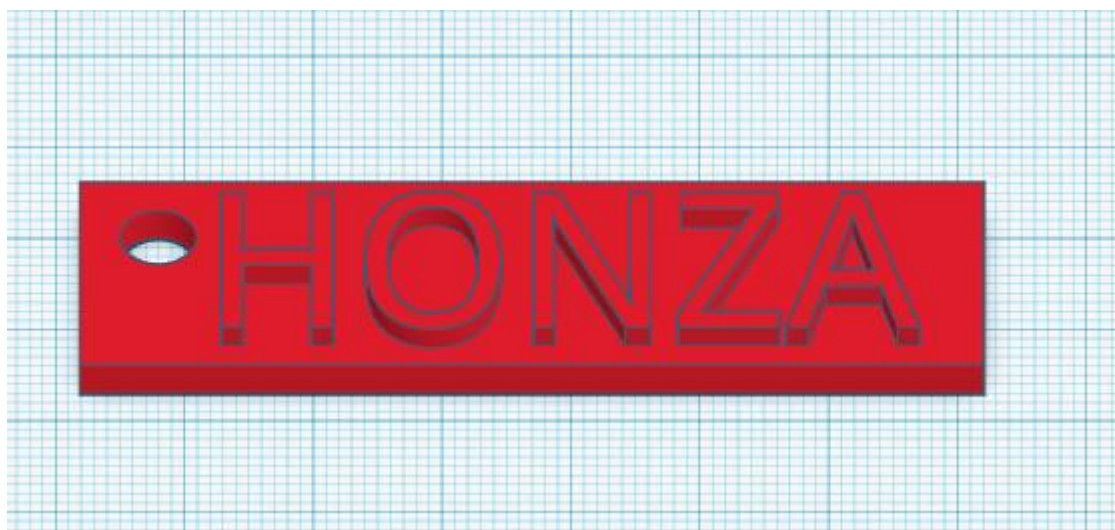
Obrázek 8 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

Nyní, když máme základní tvar hotový, přistoupíme k přidání nápisu. Ze zásobníku si vybereme objekt text a umístíme jej na pracovní plochu do požadovaného místa. Výšku písma od pracovní plochy nastavíme na velikost 5 mm to znamená, že nám bude objekt klíčenky nyní převyšovat o 2 mm. Ve vlastnost tohoto objektu dále změníme barvu, tak aby nám nesplývala s barvou základního objektu. Změnu barvy provedeme kliknutím na barevný kruh nad nápisem „Těleso“ a výběrem příslušné barvy. Tato změna barvy nám slouží pouze pro zřehlednění při modelování. Výsledný vytištěný objekt bude mít ve výchozím nastavení pouze jednu barvu aktuálně zavedeného filamentu do tiskárny.



Obrázek 9 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

Nyní je nutné zase objekty seskupit, aby se při exportu vyexportoval model celý a žádná část nechyběla.



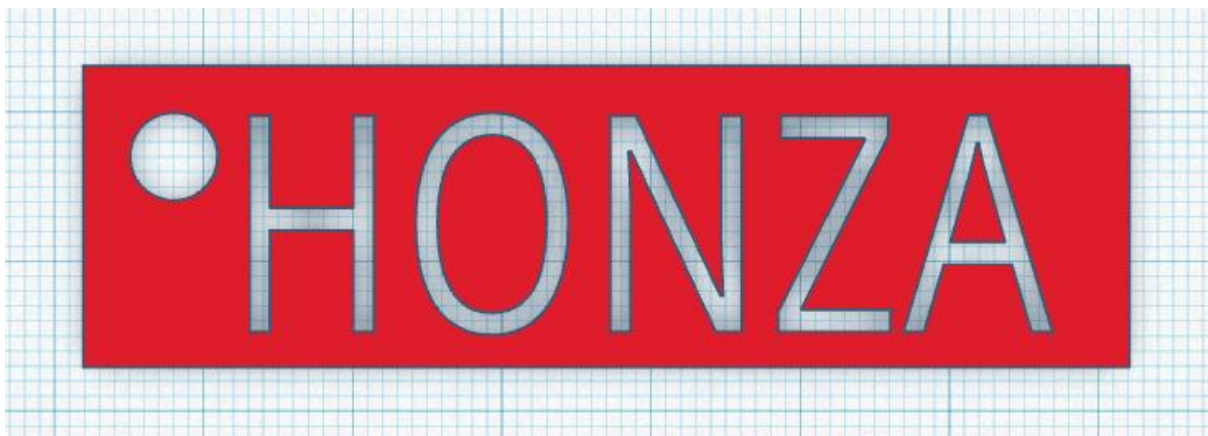
Obrázek 10 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

Další možností, jak vytvořit nápis je „vyříznutí“ písma do objektu klíčenky. Stejně jako v kroku, kde jsme vytvářeli otvor pro kroužek, můžeme postupovat i zde. Změníme vlastnost objektu „text“ z „Těleso“ na „Díra“ a provedeme seskupení.



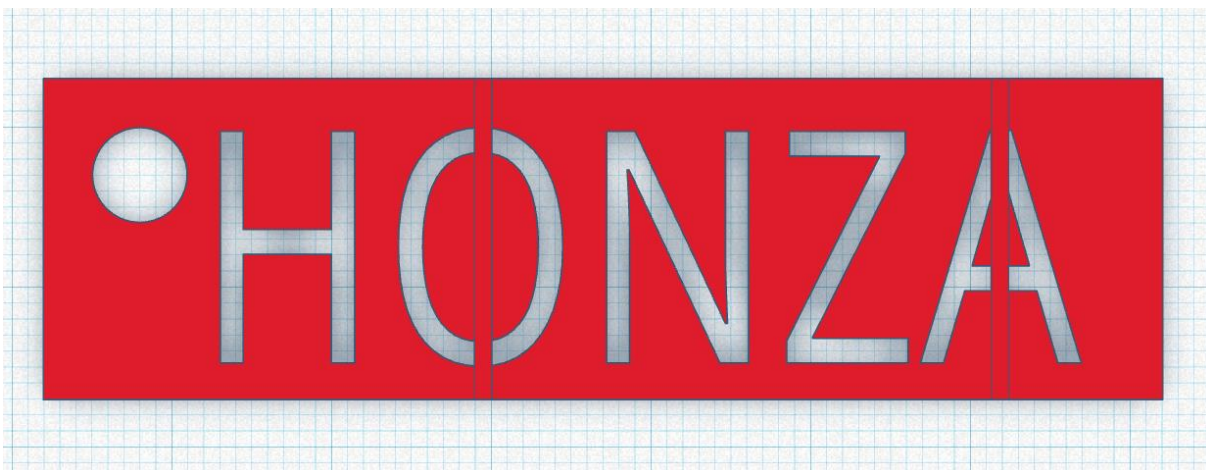
Obrázek 11 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

Po seskupení nám vznikne objekt se vyříznutým nápisem. U tohoto objektu jsme se dopustily chyby v návrhu, která nám ovlivní výsledný produkt. Protože 3D tiskárna pracuje dle programu a nemá vlastní inteligenci, provede tisk přesně podle zadání. Chyba v návrhu je v tomto případě u písmen „O“ a „A“, kde jejich vnitřní části nejsou propojeny se zbytkem objektu. Ty tudíž po sejmutí výtisku z tiskové podložky na ní zůstanou.



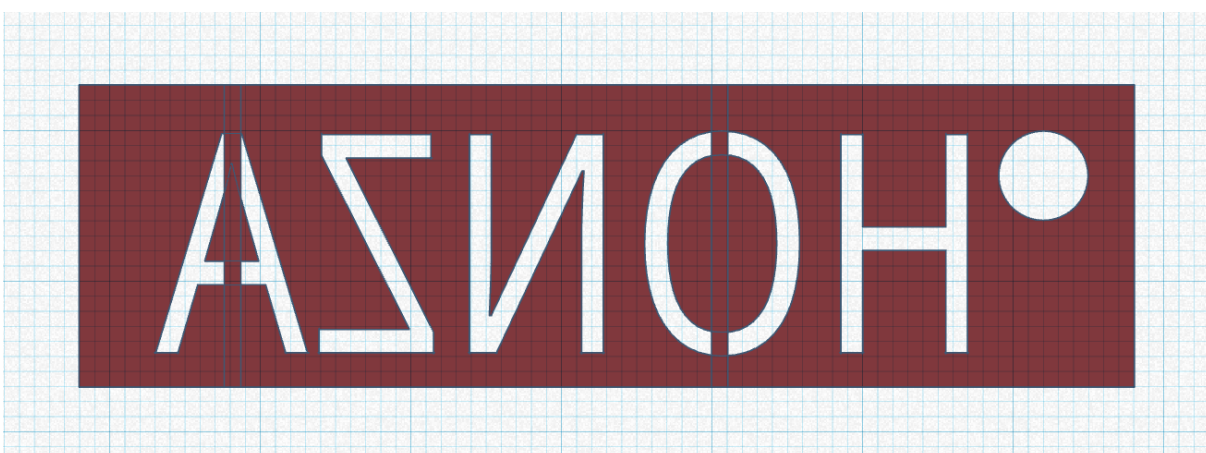
Obrázek 12 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

Jedna z možností opravy chyby je pomocí jiných objektů zafixovat části písmen ke zbytku modelu.



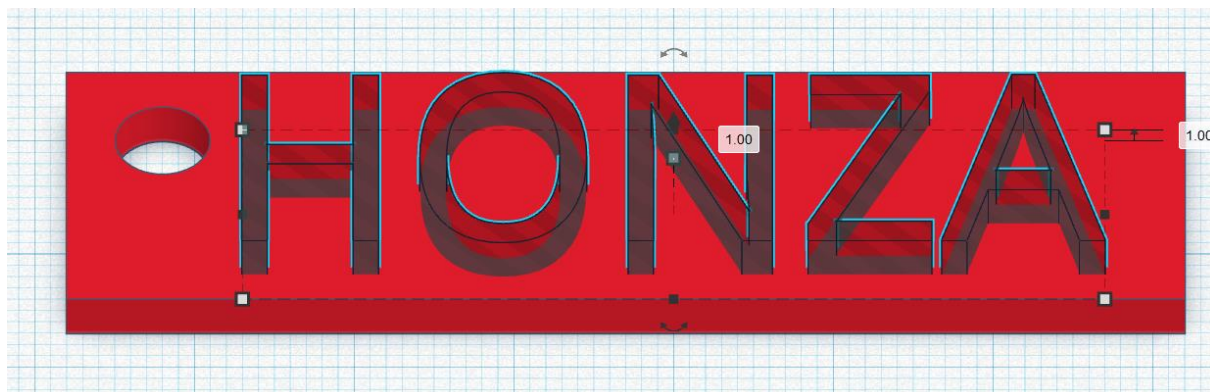
Obrázek 13 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

Tím nám nastává další problém, a to je čitelnost nápisu z druhé strany. Písmo z druhé strany klíčenky nebude čitelné, a proto ve většině případů tato oprava nedává smysl. Existují však případy, kdy i tato oprava smysl má - např. pokud vytváříme šablony pro kreslení nebo psaní písmen.



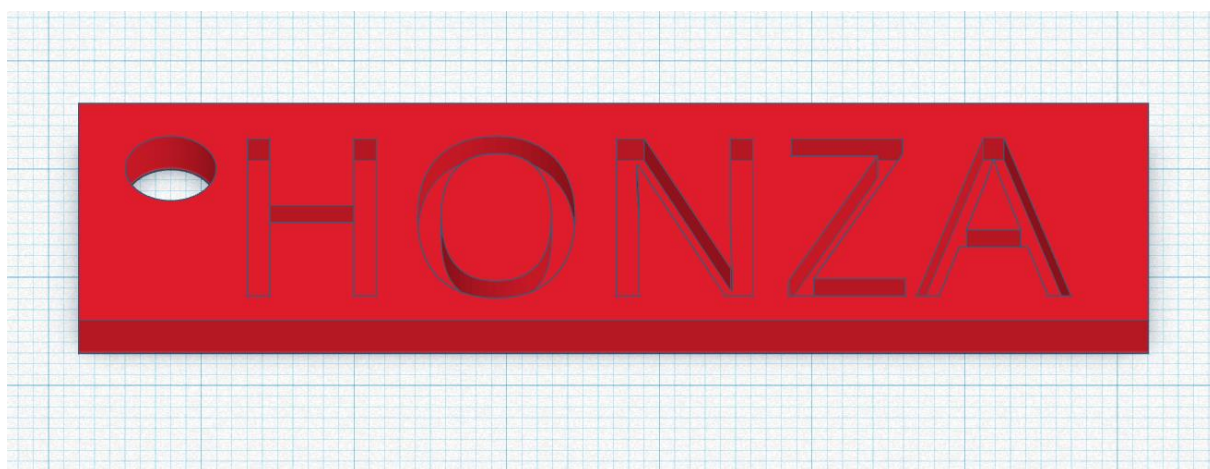
Obrázek 14 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

Další variantou opravy je povytažení nápisu nad rovinu pracovní plochy.



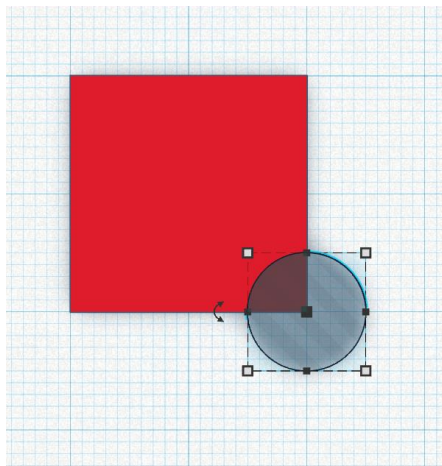
Obrázek 15 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

Po seskupení dojde pouze k částečnému proříznutí nápisu. Spodní strana zůstane plná.



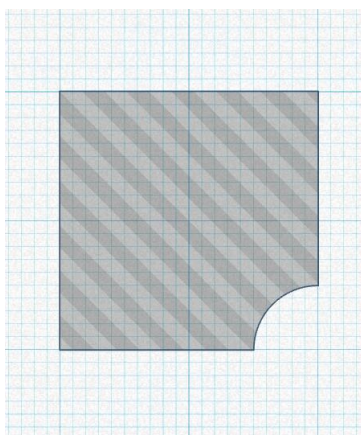
Obrázek 16 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

V tuto chvíli je základní model hotový. Pro zvýšení náročnosti a procvičení dalších funkcí můžeme u modelu ještě vytvořit zakulacení rohů. Toto zakulacení vytvoříme pomocí dalších objektů. Nejprve si vytvoříme pomocný objekt pomocí, kterého budeme rohy ořezávat. Tento pomocný objekt se skládá z válce (průměr 10 mm) s vlastností „Díra“ a z kvádrů s vlastností „Těleso“. Střed válce umístíme na roh kvádrů.



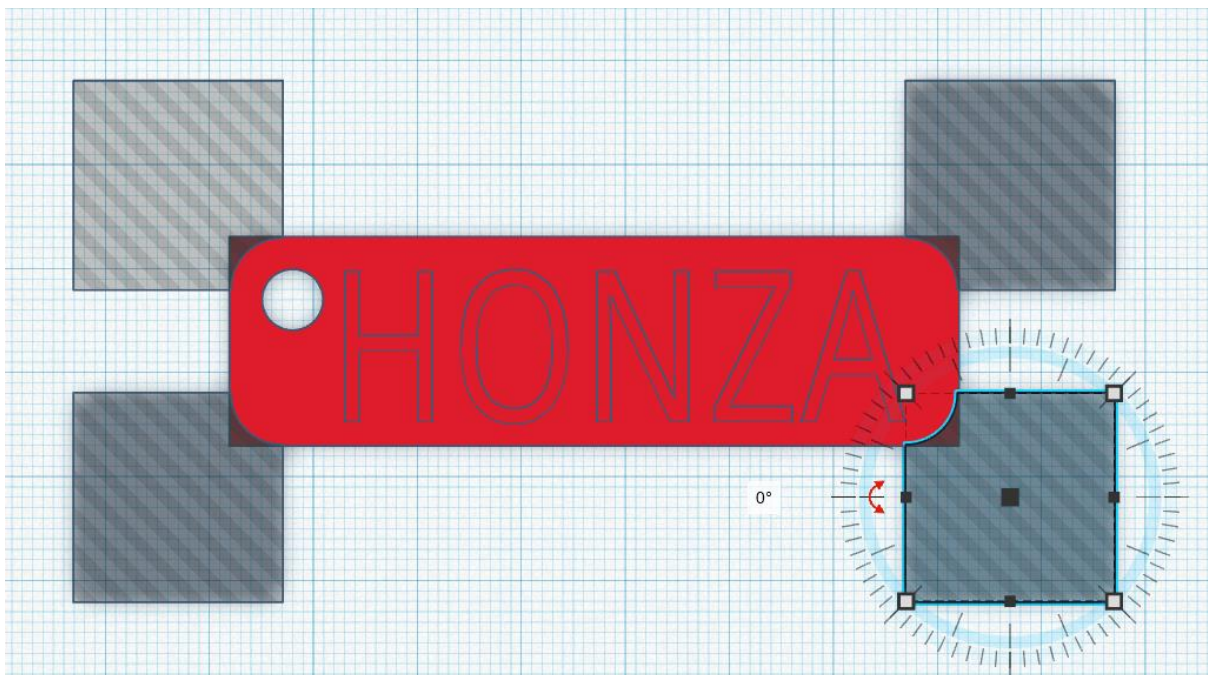
Obrázek 17 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

Provedeme sjednocení a výslednému objektu přiřadíme vlastnost díry.



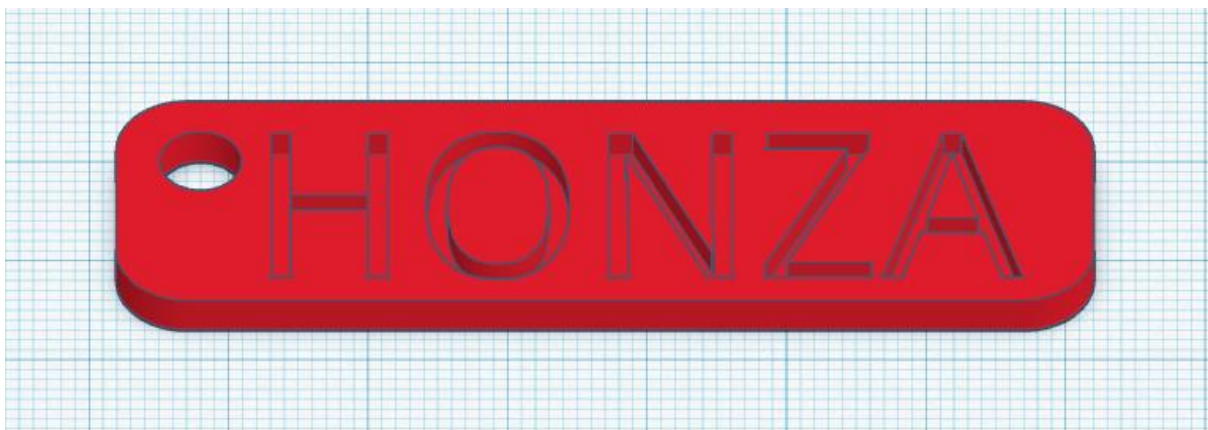
Obrázek 18 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

Objekt potom pomocí klávesových zkratk „Ctrl+C“ a „Ctrl+V“, nebo pomocí patřičných tlačítek, zkopírujeme a vložíme v požadovaném počtu. Následně provedeme otočení a umístění do požadovaných míst.



Obrázek 19 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

Po sjednocení všech objektů máme hotový návrh, který je možné exportovat.



Obrázek 20 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkercad (Zdroj: vlastní)

Export provedeme pomocí volby „Export“ nejlépe do souboru typu *.STL se kterým umí pracovat většina programů dodávaných k tiskárnám tzv. „Slicerů“. Tyto programy slouží k vytvoření strojově čitelného kódu, se kterým potom pracuje samotná tiskárna.

7 MOŽNOSTI VYUŽITÍ 3D TISKU A MODELOVÁNÍ VE VÝUCE

Využití 3D tisku ve výuce lze posuzovat ze dvou pohledů. V procesu 3D tisku je prvním krokem získání 3D modelu tištěného výrobku. Prvním pohledem je tedy získání 3D modelu. K získání modelu můžeme využít jeden ze tří způsobů:

1. Skenování reálného objektu (nutnost speciálního SW nebo HW vybavení).
2. Stažení hotových modelů z internetové databáze (thingiverse.com, Printables.com).
3. Modelování vlastních objektů v 3D software (viz předchozí kapitola).

Z těchto tří způsobů se dále budeme zabývat pouze modelováním, které rozvíjí logické myšlení.

Druhým pohledem je využití 3D tisku k výrobě výukových pomůcek a modelů.

Zaměříme se na jednotlivé oblasti RVP a zhodnotíme, jaký přínos má pro danou oblast modelování nebo tisk pomůcek.

Obsah vzdělávání je dle RVP ZV organizován do devíti vzdělávacích oblastí:

- Jazyk a jazyková komunikace (Český jazyk a literatura, Cizí jazyk, Další cizí jazyk)
- Matematika a její aplikace (Matematika a její aplikace)
- Informační a komunikační technologie (Informační a komunikační technologie)
- Člověk a jeho svět (Člověk a jeho svět)
- Člověk a společnost (Dějepis, Výchova k občanství)
- Člověk a příroda (Fyzika, Chemie, Přírodopis, Zeměpis)
- Umění a kultura (Hudební výchova, Výtvarná výchova)
- Člověk a zdraví (Výchova ke zdraví, Tělesná výchova)
- Člověk a svět práce (Člověk a svět práce)

7.1 JAZYK A JAZYKOVÁ KOMUNIKACE (ČESKÝ JAZYK A LITERATURA, CIZÍ JAZYK, DALŠÍ CIZÍ JAZYK)

Modelování v této oblasti nemá uplatnění. Ačkoliv se jedná o čistě humanitní oblast, tak i v této oblasti je možné využít 3D tištěné pomůcky. Na prvním stupni se může jednat o:

Pomůcky pro správné držení tužky

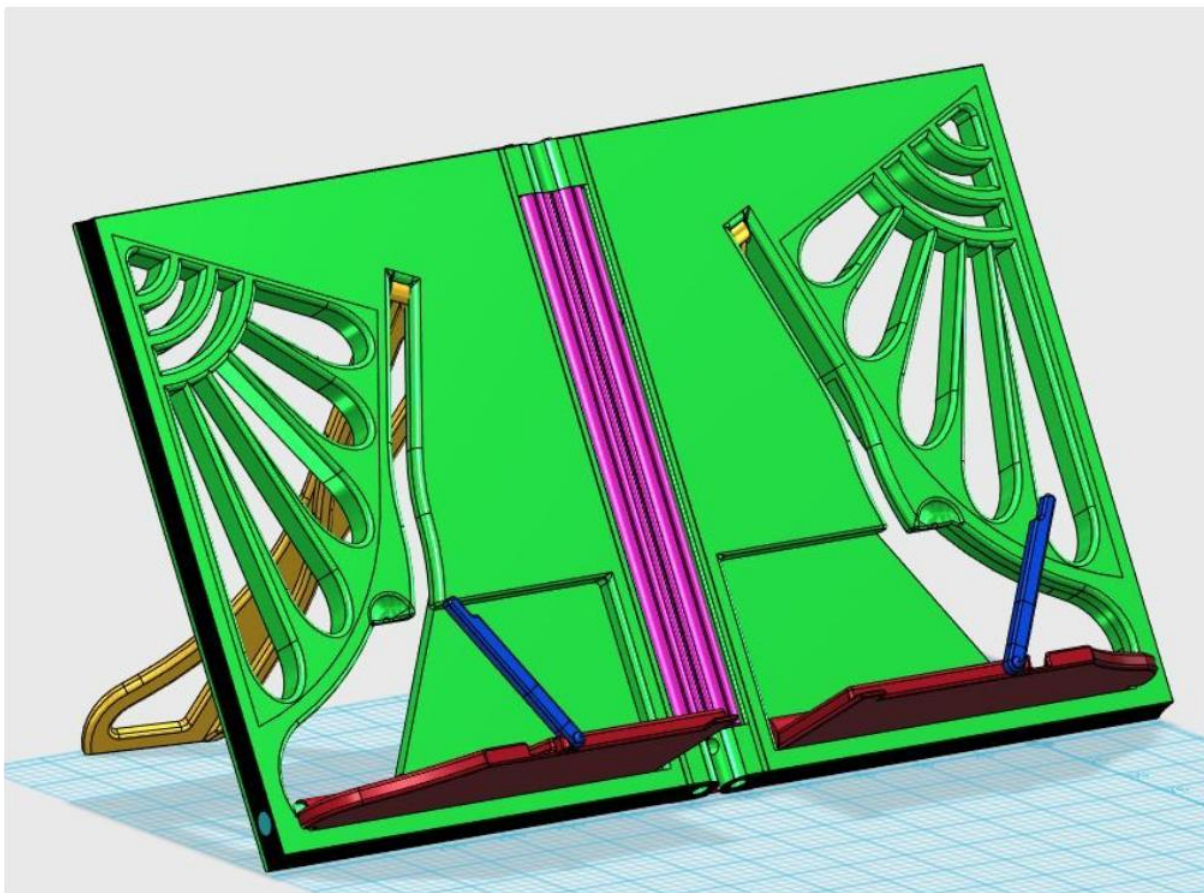
URL modelu: <https://www.printables.com/cs/model/127545-3d-scanned-ergonomic-handicap-pen-adapter>



Obrázek 21 - Pomůcka pro správné držení tužky (Zdroj: <https://www.printables.com/cs/model/127545-3d-scanned-ergonomic-handicap-pen-adapter>)

Čtecí stojánek na učebnice

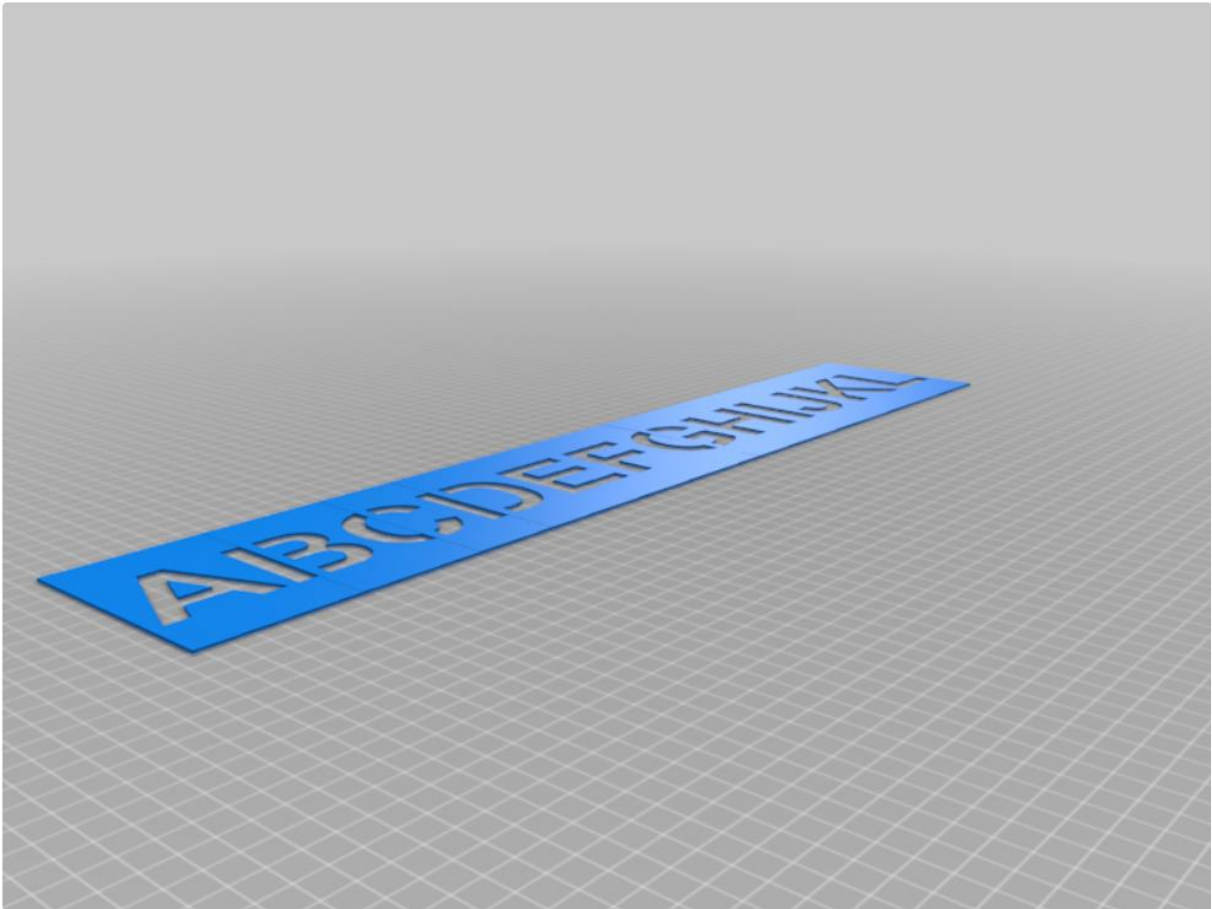
URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:721710>



Obrázek 22 - Čtecí stojánek na učebnice (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:721710>)

Šablona na písmena

URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:4837545>



Obrázek 23 - Šablona na písmena (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:4837545>)

7.2 MATEMATIKA A JEJÍ APLIKACE (MATEMATIKA A JEJÍ APLIKACE)

Tato oblast na rozdíl od předcházející pro využití modelování výrazně vhodnější.

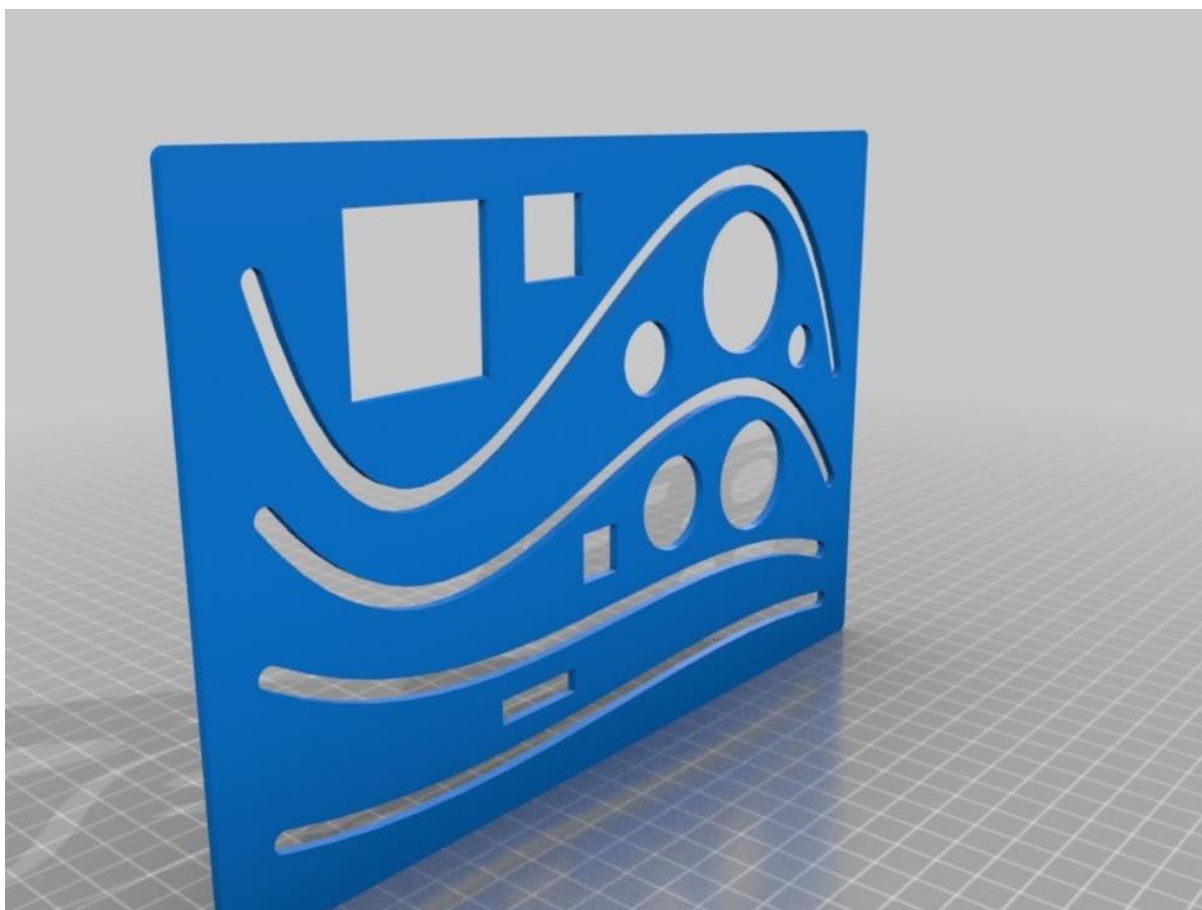
Modelování lze využít pro výuku:

- Geometrie – při modelování se využívá řada dvoj i třírozměrných geometrických útvarů
- Měření – pokud modeluje podle reálné předlohy tak zadání přesných parametrů potřebujeme změřit přesné rozměry.
- Početní operace – Při zadávání souřadnic a rozměrů využíváme také početní operace
- Booleovské operace – průnik, rozdíl, součet těles

Ve výuce matematiky může využít i různých tištěných pomůcek.

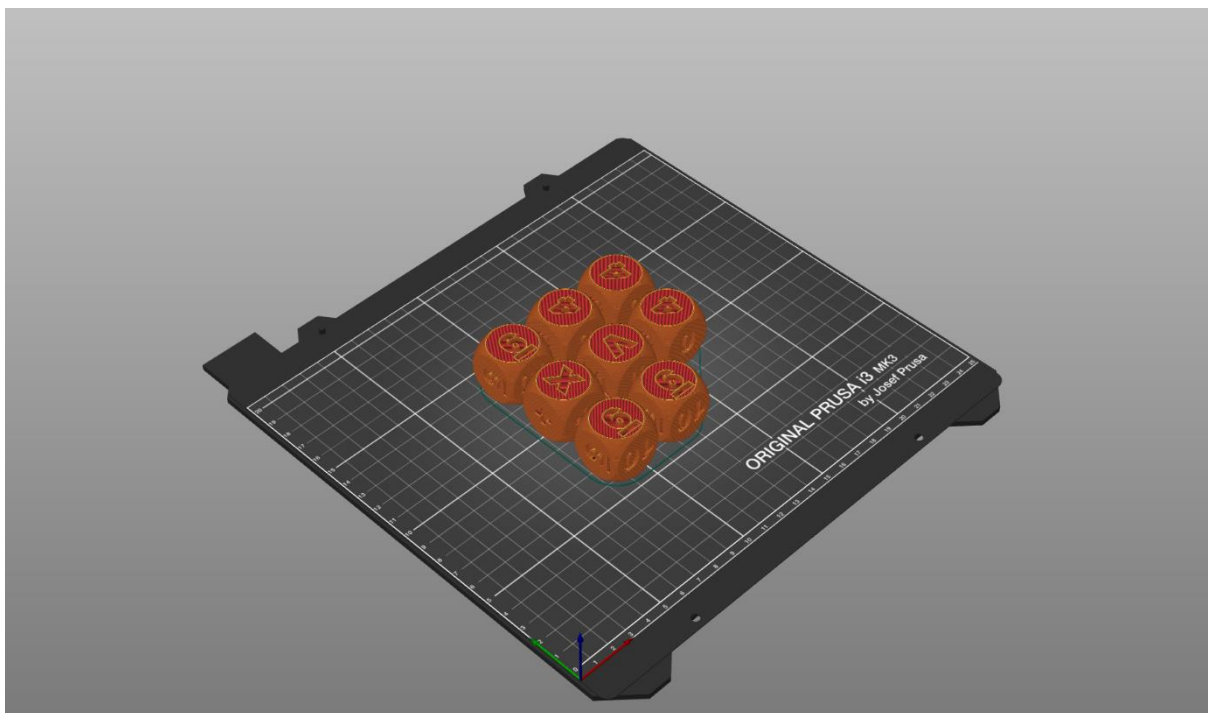
Pravítka a křivítka

URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:41935>



Obrázek 24 - Křivítka (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:41935>)

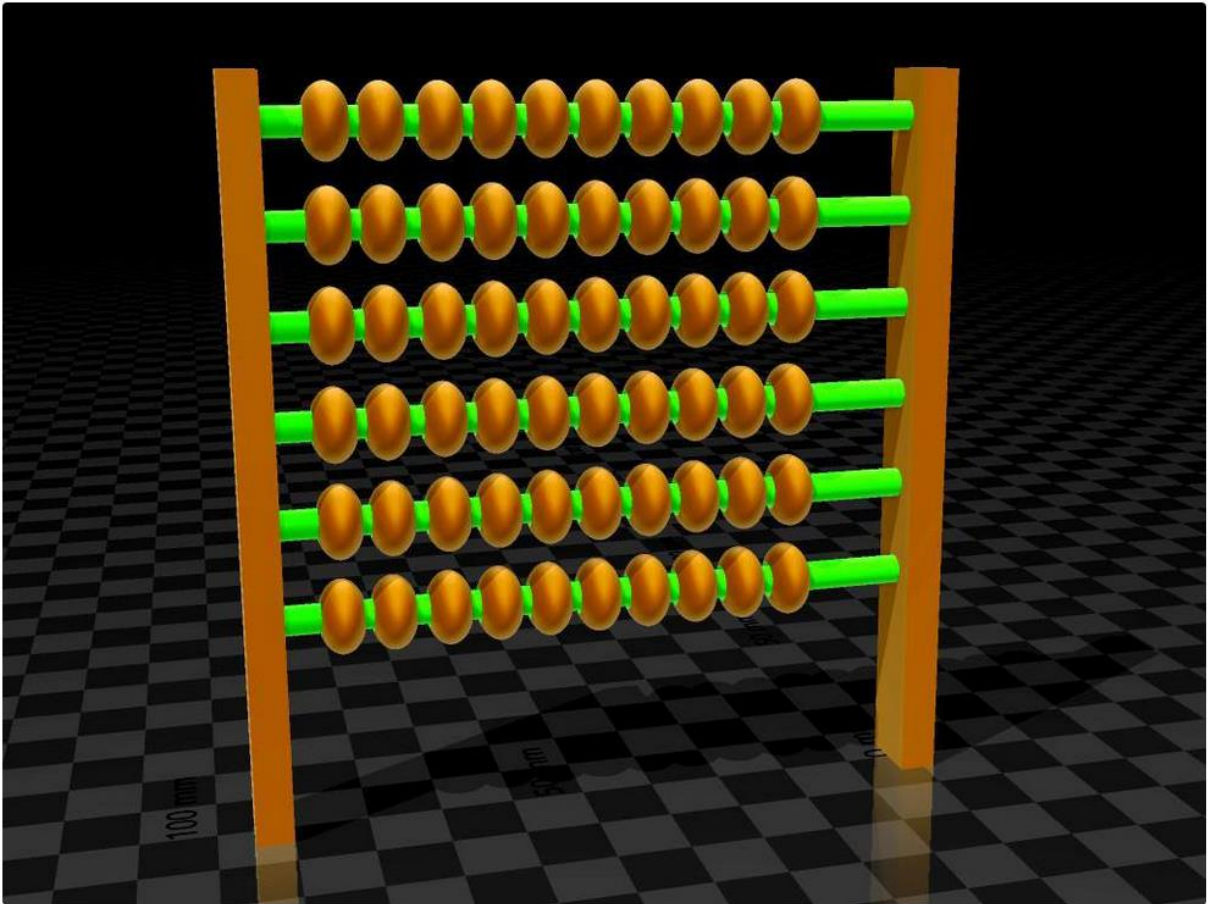
Matematické kostky



Obrázek 25 - Matematické kostky (Zdroj: vlastní)

Počítadlo

URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:4767505>



Obrázek 26 - Počítadlo (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:4767505>)

7.3 INFORMAČNÍ A KOMUNIKAČNÍ TECHNOLOGIE (INFORMAČNÍ A KOMUNIKAČNÍ TECHNOLOGIE)

Tato oblast k modelování přímo vybízí. Při výuce informatiky můžeme žáky naučit

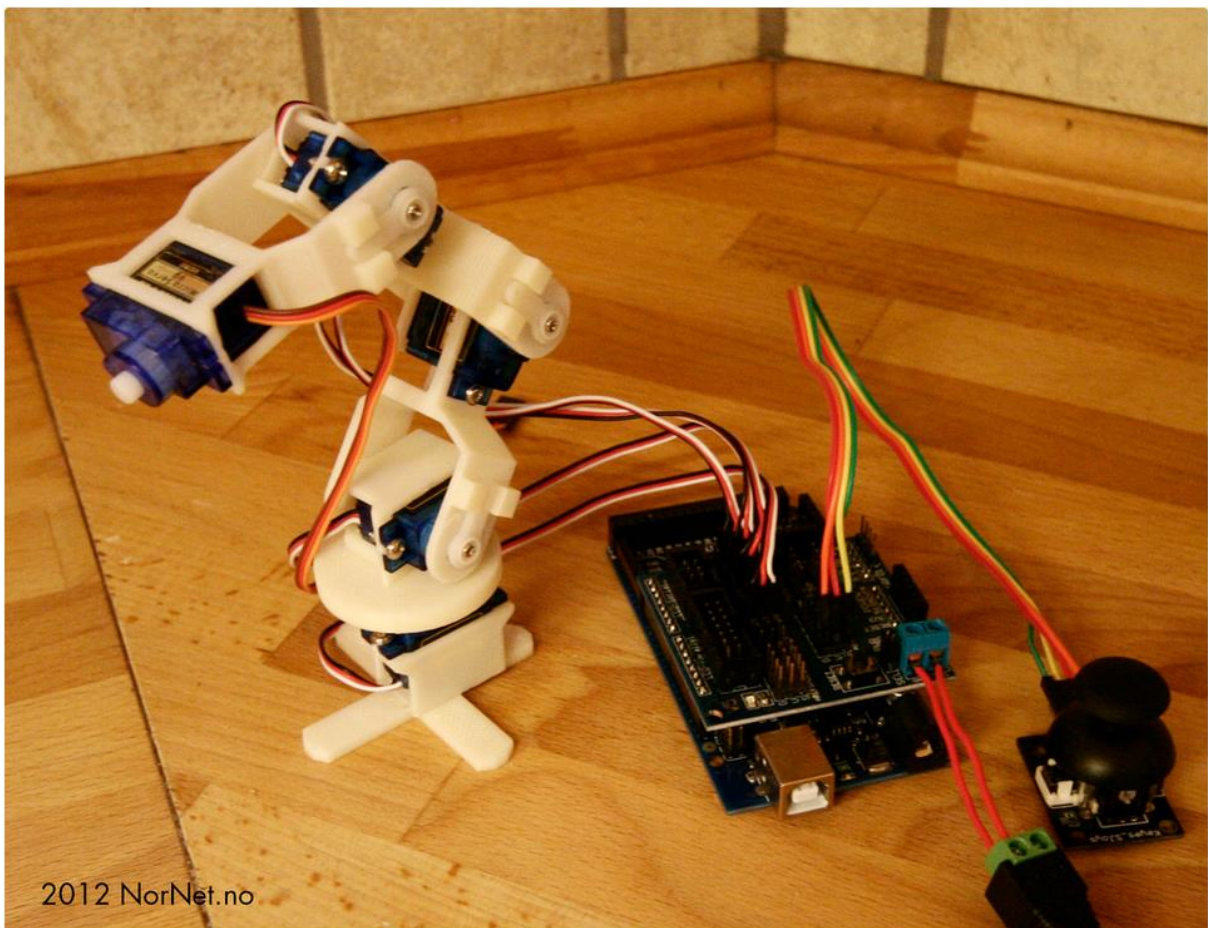
- Ovládat modelovací software
- Vysvětlit ergonomii ovládání modelovacího pomocí různých periférií (myš, klávesnice, dotyková obrazovka, grafický tablet)
- Rozšířit možnosti vektorové 2D grafiky o prostorové možnosti (rotace, trasace)

Pokud se jedná o pomůcky tak i v této oblasti můžeme využít tisk pomůcek.

Jedná se zejména o tisk:

Počítačem řízené roboty a robotické ruce

URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:34829>



Obrázek 27 - Robotická ruka (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:34829>)

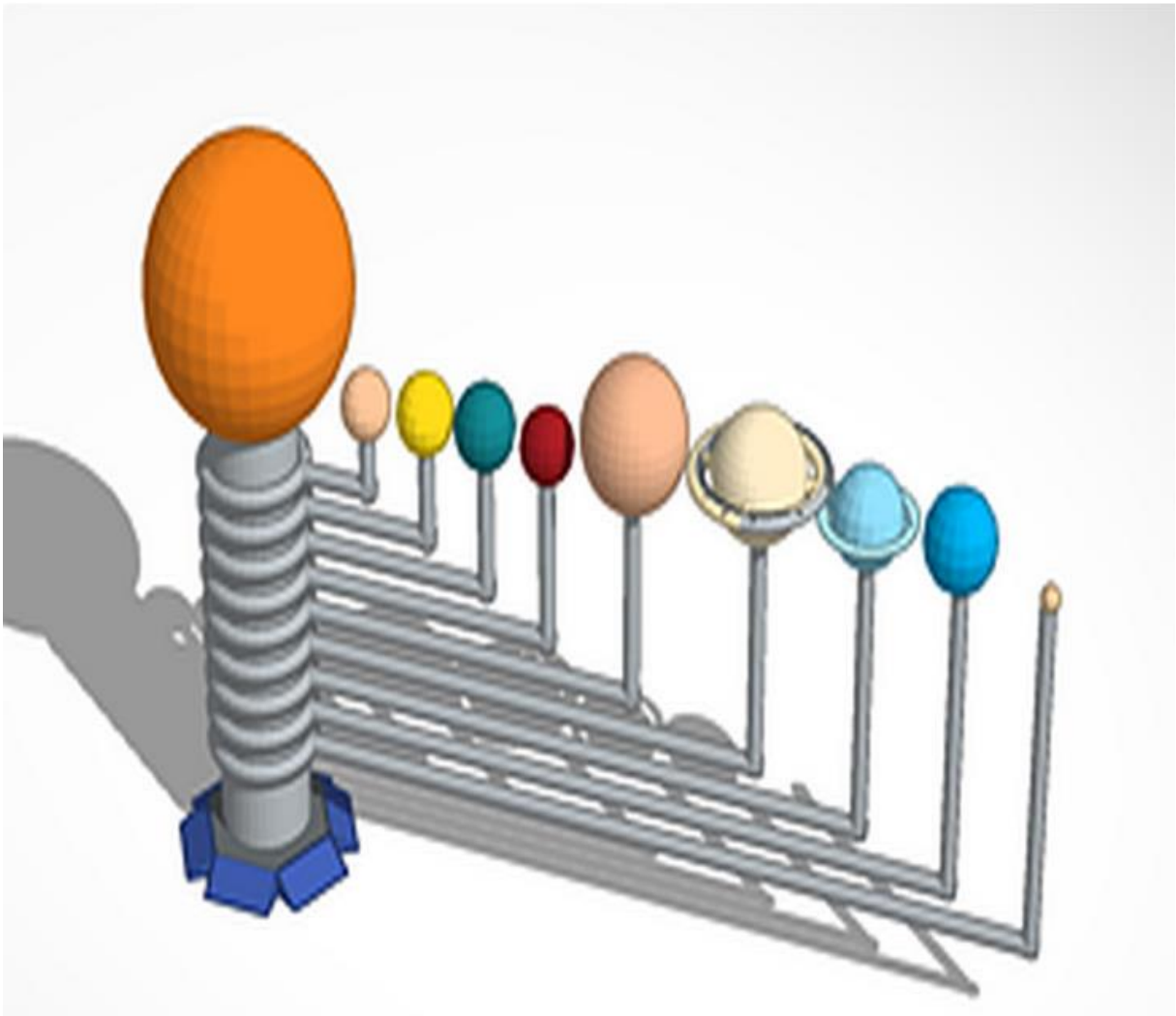
7.4 ČLOVĚK A JEHO SVĚT (ČLOVĚK A JEHO SVĚT)

Jelikož je tato oblast určená pouze pro první stupeň jsou možnosti modelování v této oblasti velice omezené. Jistou možností může být modelování místa bydliště, školy apod. Žáci se tak naučí využívat měřítka a poměrů modelů vůči reálným objektům.

Z hlediska tištěných pomůcek můžeme využít:

Modelu sluneční soustavy

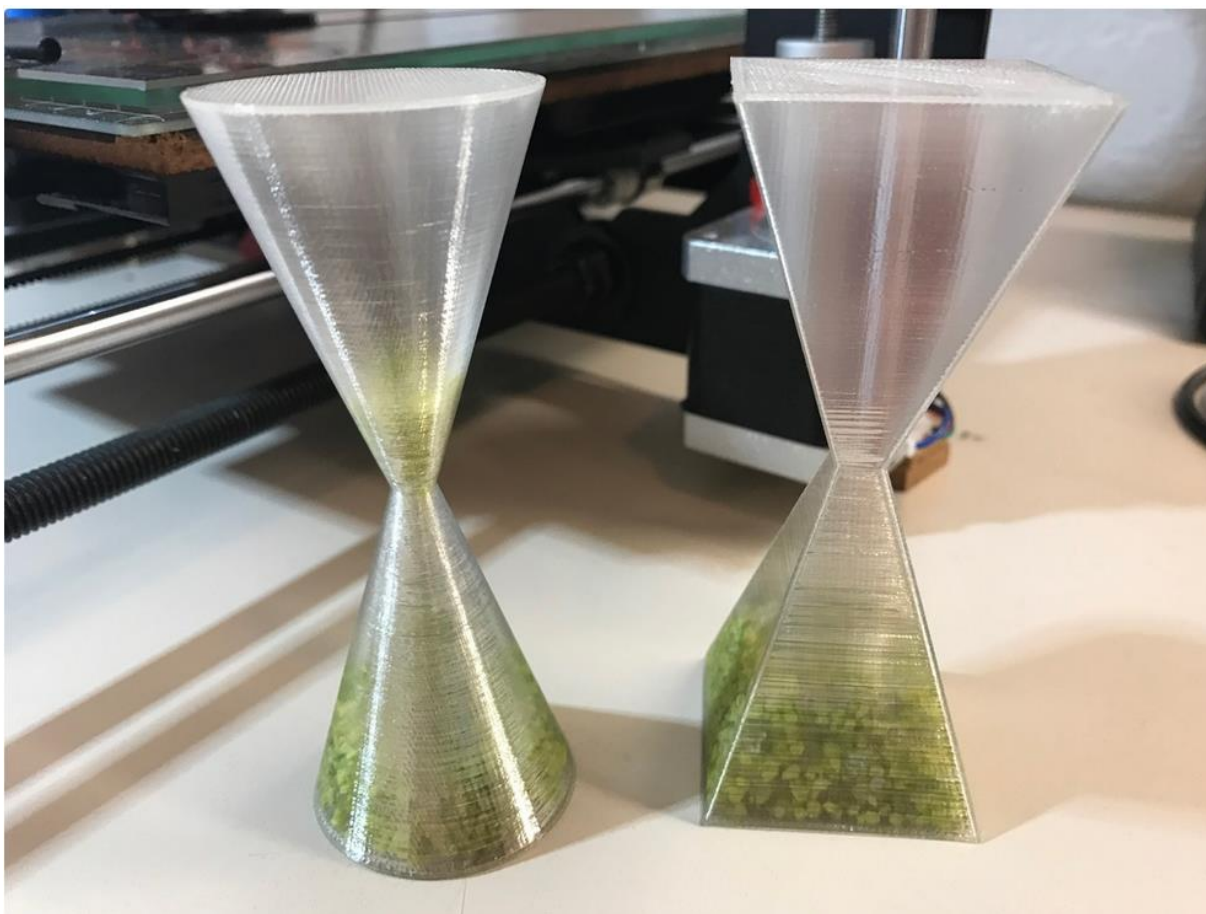
URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:3843132>



Obrázek 28 - Model sluneční soustavy (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:3843132>)

Přesýpací hodiny

URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:2121623>



Obrázek 29 - Přesýpací hodiny (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:2121623>)

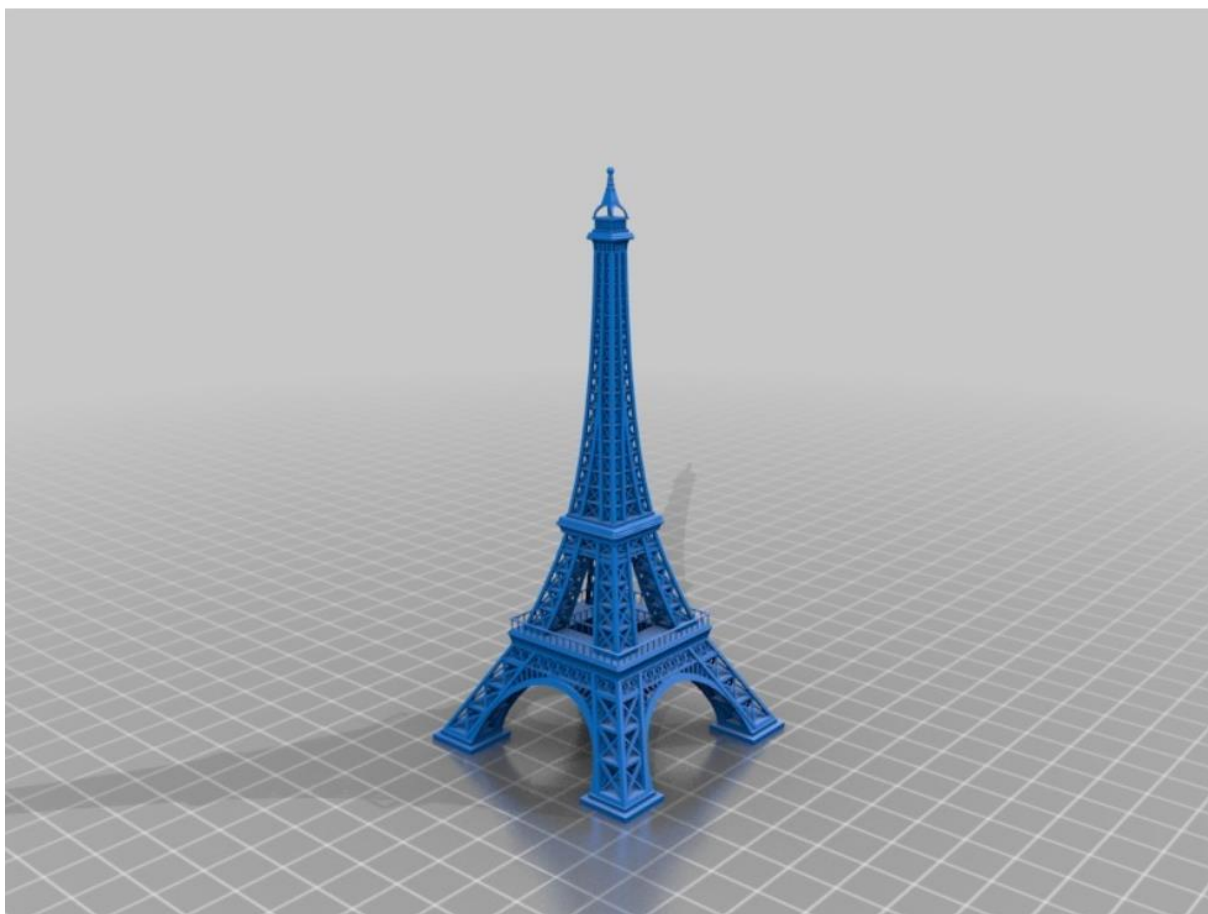
7.5 ČLOVĚK A SPOLEČNOST (DĚJEPIS, VÝCHOVA K OBČANSTVÍ)

Oblast, jenž nenabízí mnoho možností k modelování z důvodu humanitního zaměření.

V této oblasti je možné využít tištěné pomůcky k názorné ukázce například historických staveb.

Eiffelova věž

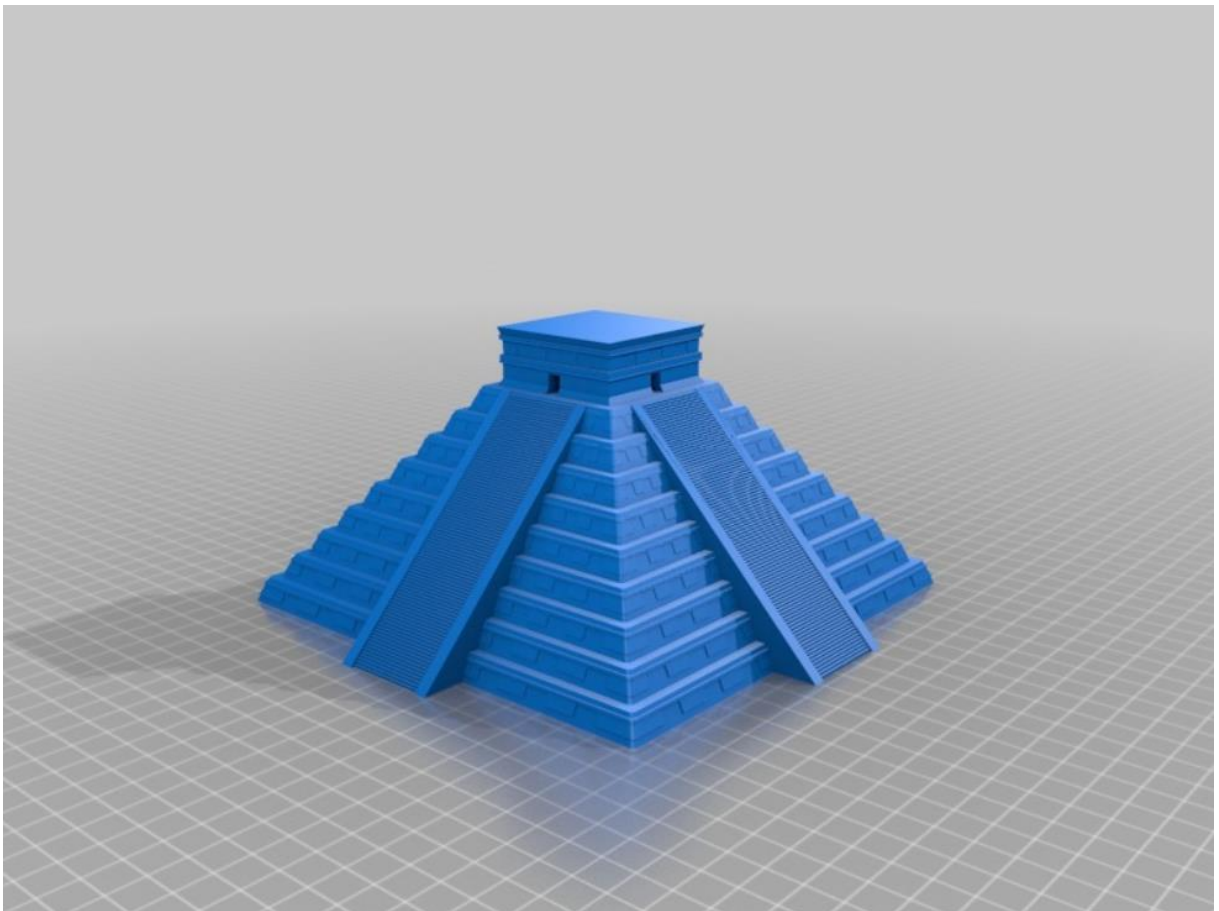
URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:2795935>



Obrázek 30 - Eiffelova věž (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:2795935>)

Pyramida

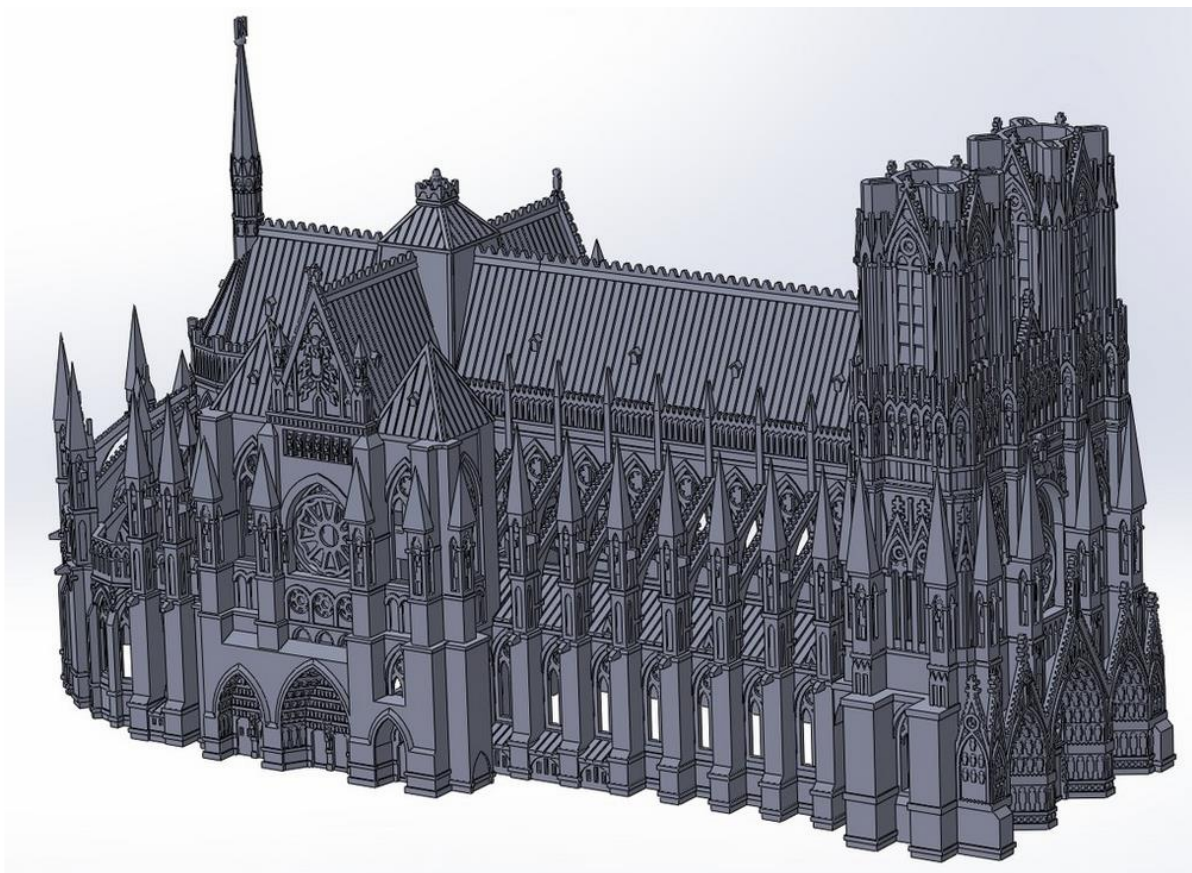
URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:3100171>



Obrázek 31 - Pyramida (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:3100171>)

Katedrála Notre Dame v Paříži (před požárem)

URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:35798>



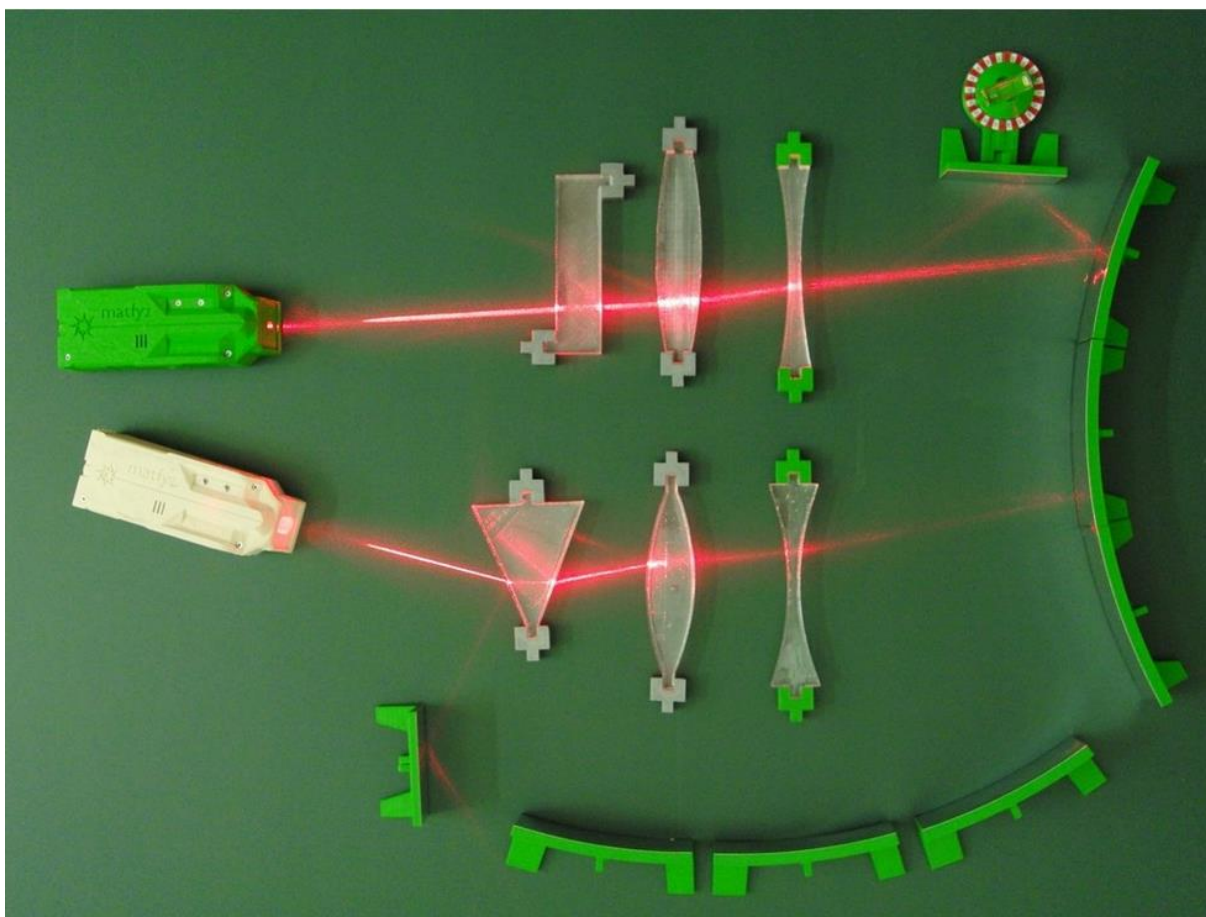
Obrázek 32 - Katedrála Notre Dame v Paříži (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:35798>)

7.6 ČLOVĚK A PŘÍRODA (FYZIKA, CHEMIE, PŘÍRODOPIS, ZEMĚPIS)

Tato oblast nenabízí mnoho možností pro tvůrčí činnost modelování, o to více možností však nabízí možnosti pro využití tištěných pomůcek.

Fyzika – demonstrace lomu světla

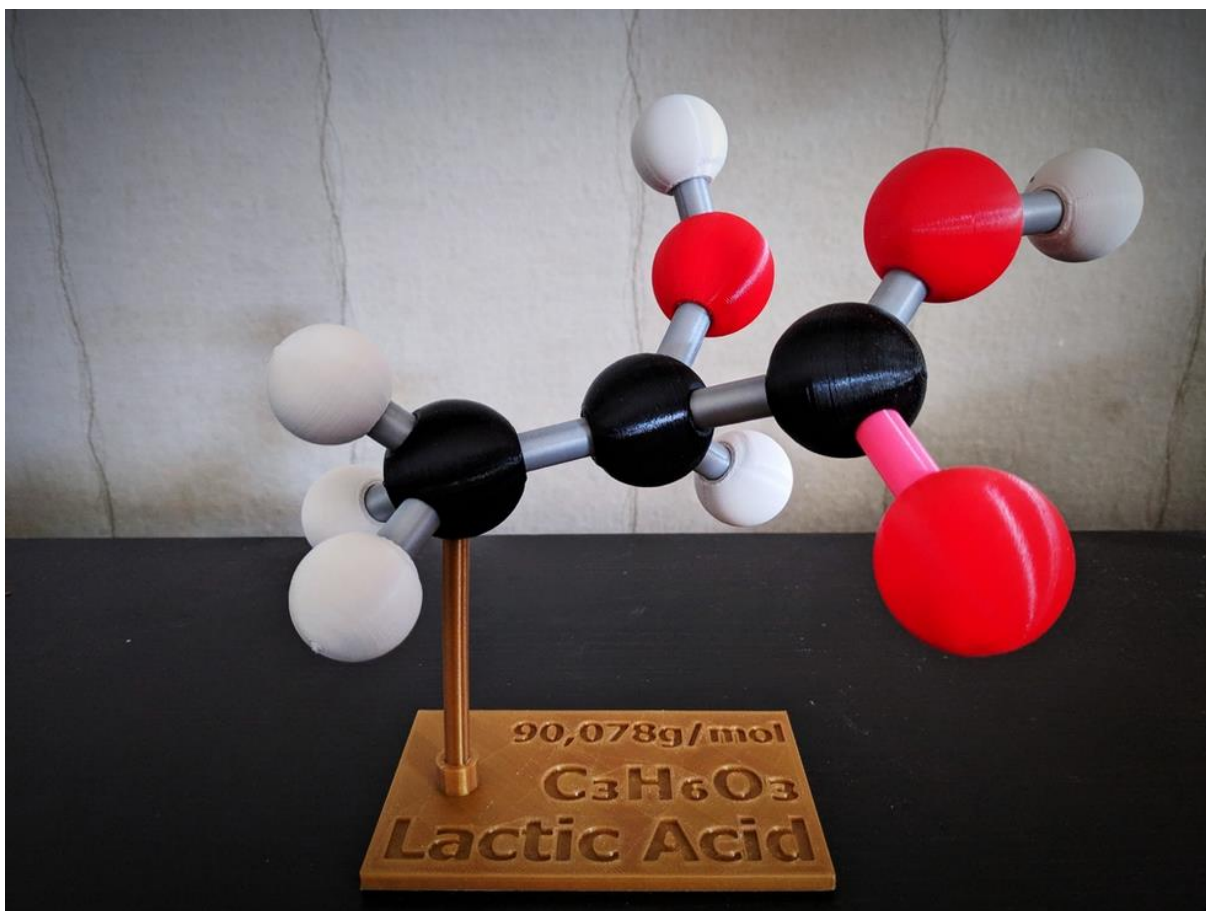
URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:2627042>



Obrázek 33 - Lom světla (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:2627042>)

Chemie – modely molekul

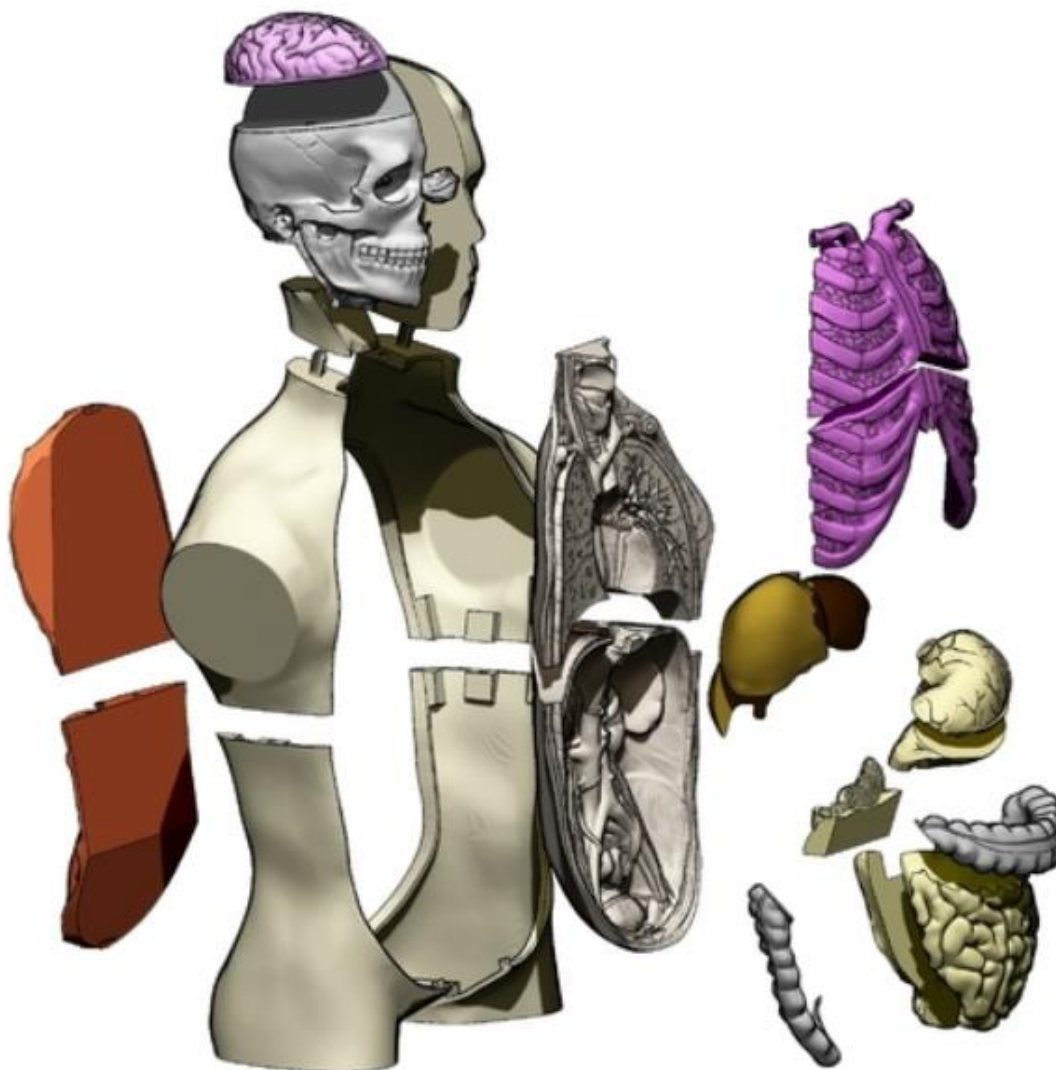
URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:3586833>



Obrázek 34 - Model molekuly (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:3586833>)

Přírodopis – výukový model lidského těla

URL adresa: <https://www.thingiverse.com/thing:4601991>



Obrázek 35 - Model lidského těla (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:4601991>)

Zeměpis – výšková mapa ČR

URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:5392540>



Obrázek 36 - Výšková mapa ČR (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:5392540>)

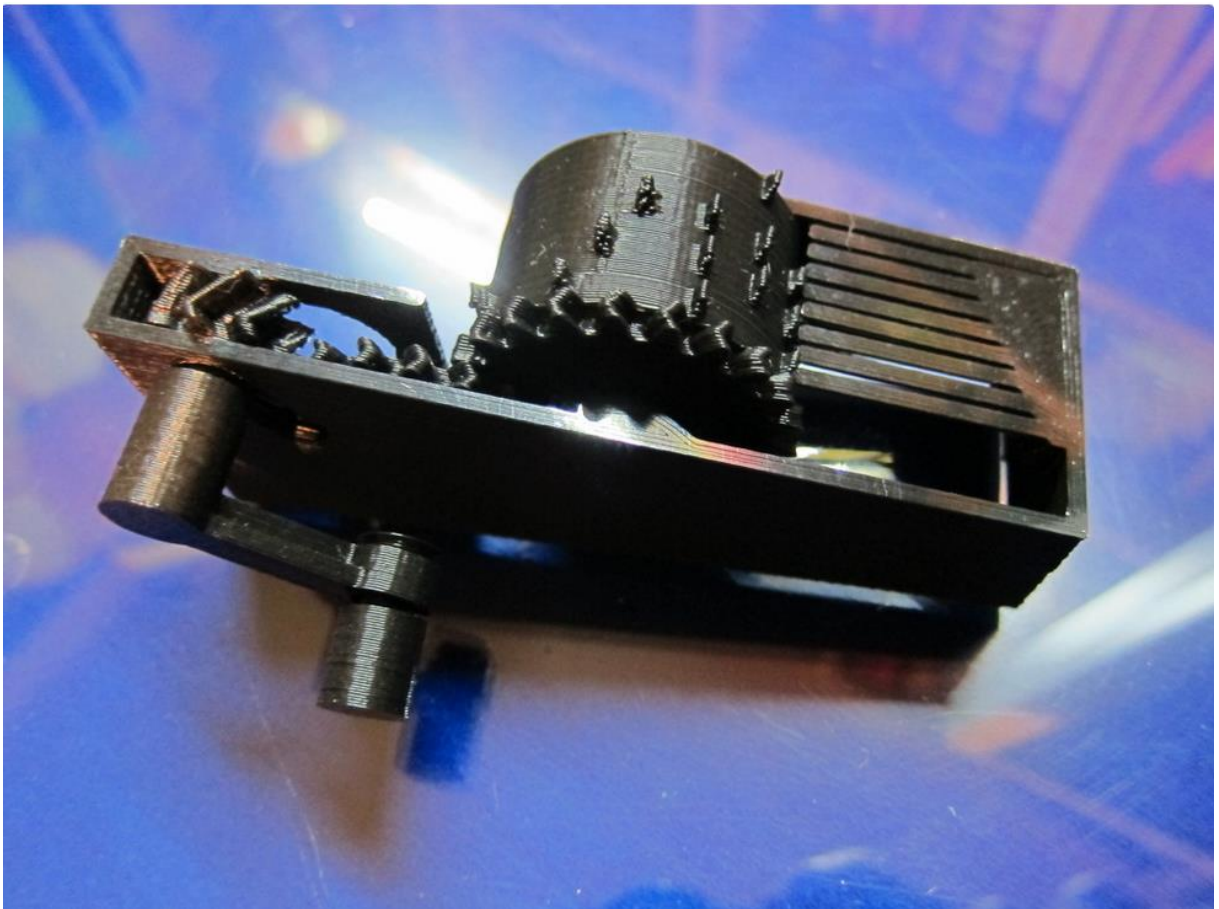
7.7 UMĚNÍ A KULTURA (HUDEBNÍ VÝCHOVA, VÝTVARNÁ VÝCHOVA)

V této oblasti je možnost modelování vhodná zejména pro výtvarnou oblast. Pro uměleckou oblast jsou vhodnější spíše pokročilejší modelovací nástroje jako Blender nebo Autodesk Fusion 360, který umožňuje i volné modelování pomocí béziových křivek.

Z hlediska výroby pomůcek můžeme vyrábět jednoduché hudební nástroje.

Hrací strojek

URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:53235>



Obrázek 37 - Hrací strojek (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:53235>)

Okarína

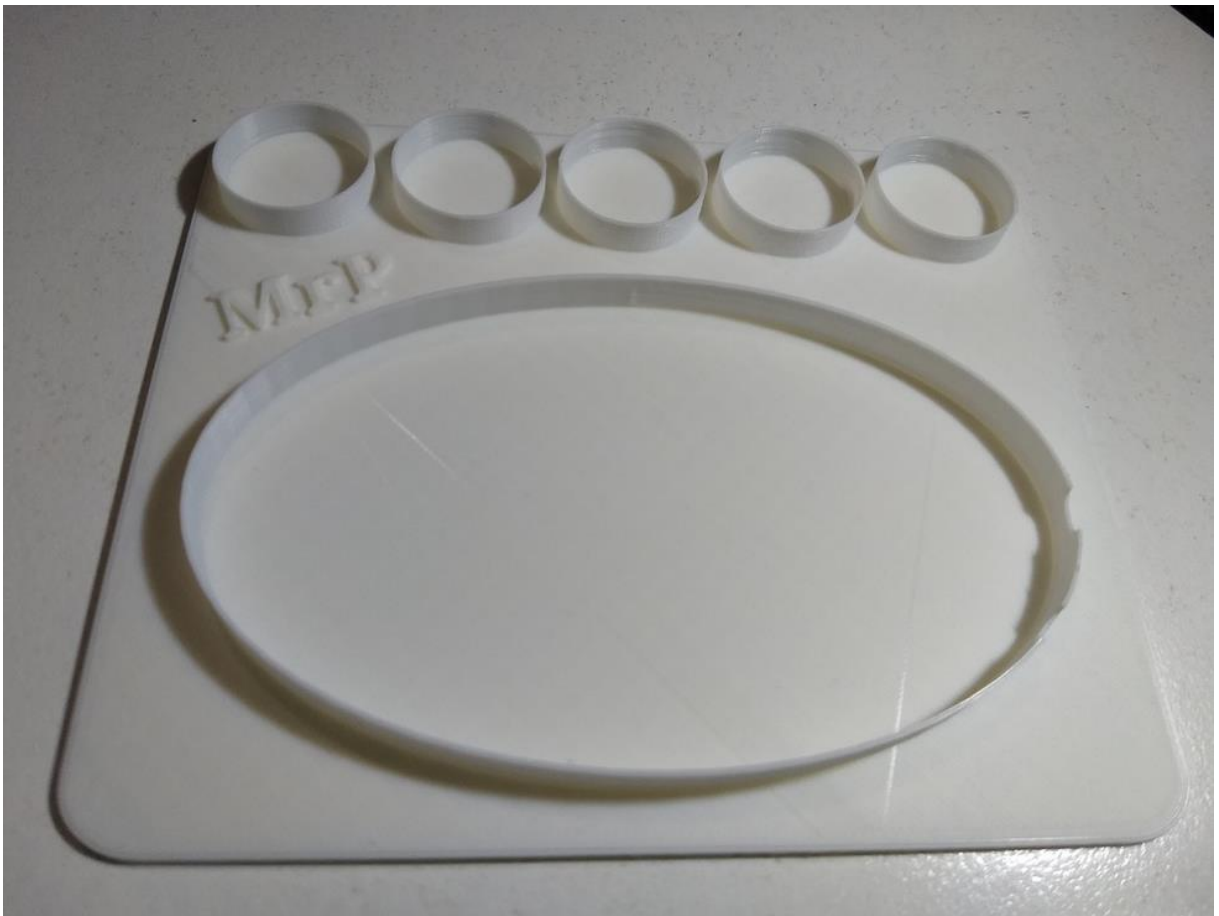
URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:1012353>



Obrázek 38 - Okarína (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:1012353>)

Malířská paleta

URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:3796288>



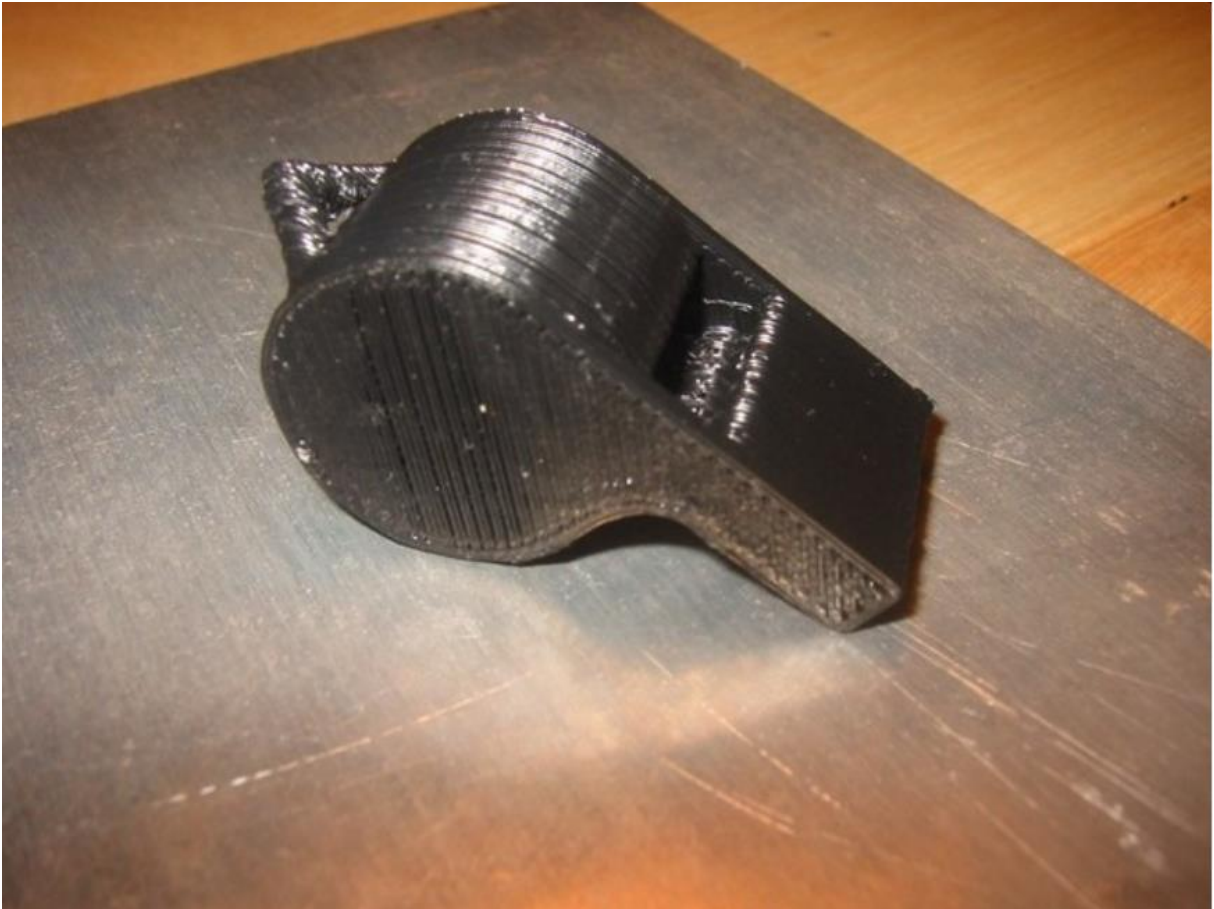
Obrázek 39 - Malířská paleta (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:3796288>)

7.8 ČLOVĚK A ZDRAVÍ (VÝCHOVA KE ZDRAVÍ, TĚLESNÁ VÝCHOVA)

V této oblasti je modelování téměř vyloučeno. Ani výroba tištěných pomůcek nám nepřináší žádný profit. Většina těchto pomůcek lze vytvořit jinou konvenční metodou. Jako příklad využití přikládám výrobu píšťalky.

Píšťalka

URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:1046>



Obrázek 40 - Píšťalka (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:1046>)

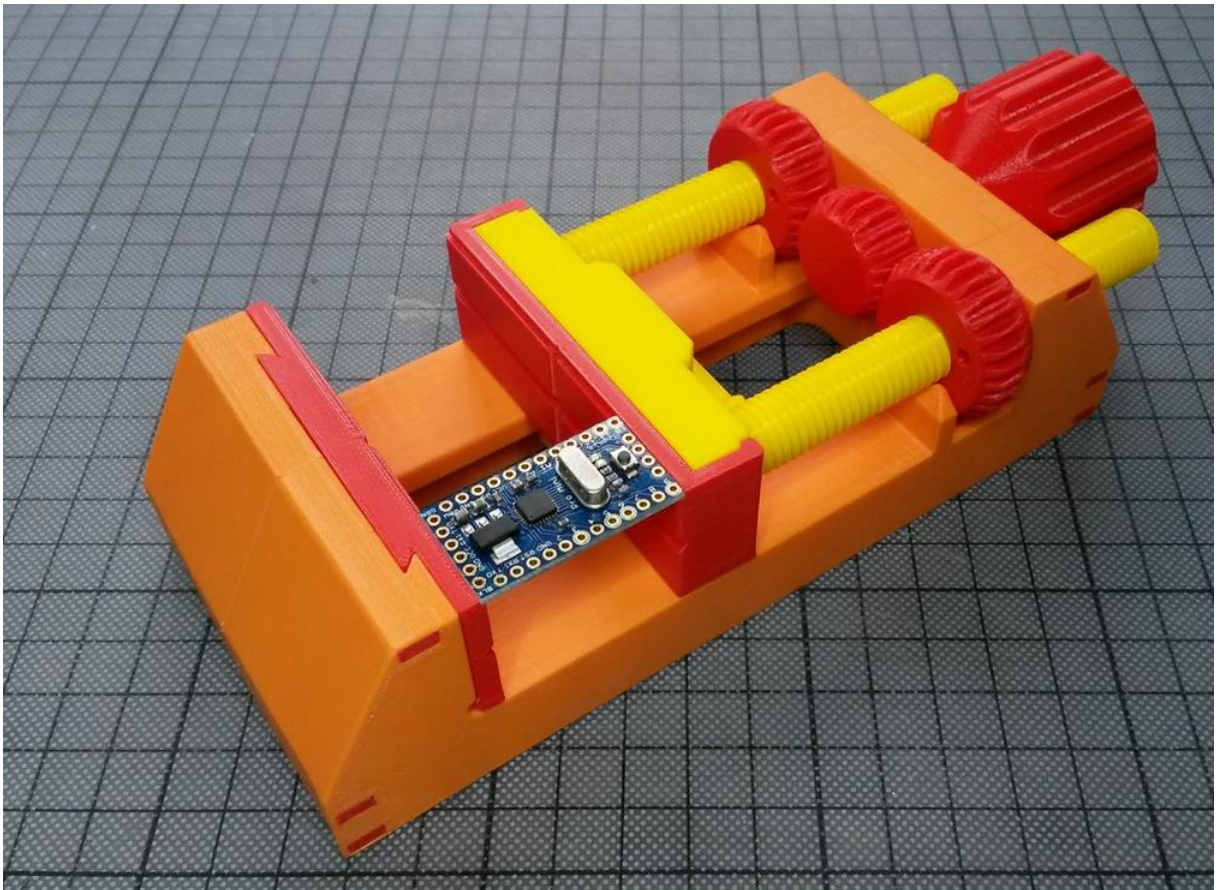
7.9 ČLOVĚK A SVĚT PRÁCE (ČLOVĚK A SVĚT PRÁCE)

Poslední oblast je přímo stvořená pro využití modelování i tištění pomůcek a nástrojů. Modelování můžeme využít pro výrobu patřičných chybějících náhradních dílů. Pomocí těchto dílů je potom možnost prodloužit dobu používání zařízení, které bychom jinak pro nedostupnost dílů vyhodily. 3D tisk je výrobní technologie a jako taková zcela zapadá do této vzdělávací oblasti. V této oblasti můžeme žákům ukázat možnost, které výrazně zjednoduší výrobu pomocí 3D tisku a porovnat jí s konvenčními výrobními technologiemi.

Existuje celá řada nástrojů, které lze pomocí 3D tisku vyrobit.

Svěrák

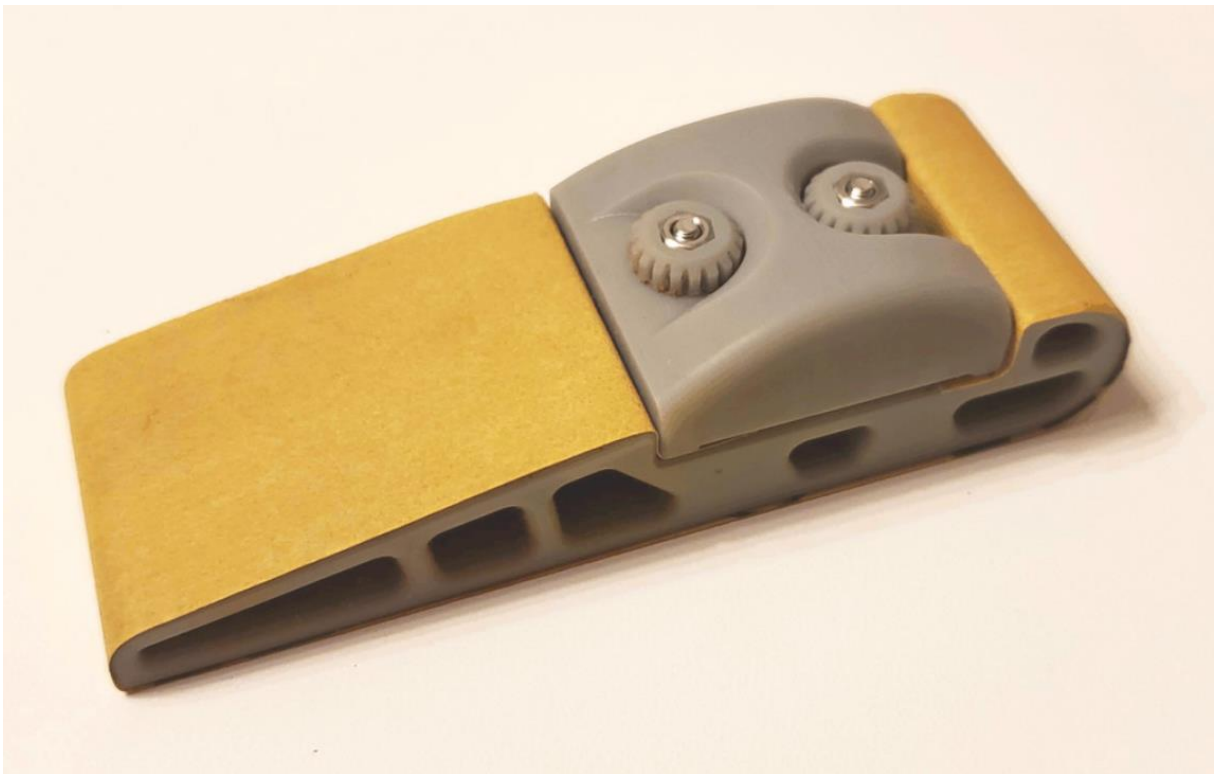
URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:2064269>



Obrázek 41 - Svěrák (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:2064269>)

Brousek

URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:4633924>



Obrázek 42 - Brousek (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:4633924>)

Speciální montážní nástroje

URL modelu: <https://www.thingiverse.com/thing:3421056>



Obrázek 43 - Speciální montážní nástroj (Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:3421056>)

ZÁVĚR

Hlavním cílem této práce bylo představit možnosti využití 3D tisku v rámci vzdělávání na základní škole. K dosažení cíle jsme si stanovily 6 kroků, které jsme postupně plnili. V prvním kroku jsme za pomoci odborných zdrojů popsali historii a technologické principy 3D tisku, představili si používané materiály a popsali jejich vlastnosti. Tyto informace jsme později zužitkovali při výběru vhodné technologie a materiálů pro použití ve školních podmínkách. Dalším důležitým krokem, bylo zjistit v jakém množství je nyní 3D tisk jako výukový prostředek na základních školách používán. Pro tento účel jsme využily online dotazník, který byl rozeslán na všechny kontakty dostupné v rejstříku škol. V poměrně krátkém časovém úseku nám odpovědělo velké množství respondentů – 561. Výstupy z dotazníkové šetření jsme pak mohli porovnat jak s výsledky porovnání jednotlivých technologií 3D tisku, tak i s výsledky porovnání jednotlivých softwarových nástrojů určených pro modelování. Na základě výběru jednoho softwarového nástroje, jsme poté vytvořili jednoduchou metodiku pro snadný začátek s modelováním. V této metodice je popsáno prostředí softwarového nástroje a jeho ovládací prvky. Součástí je i metodický postup pro vyrobení jednoduchého modelu s upozorněním na určitá úskalí. Posledním krokem bylo zhodnocení jednotlivých vzdělávacích oblastí RVP ZV, a to jak je možné v těchto oblastech využít technologii 3D tisku a prostorového modelování. Poslední kapitola slouží zároveň pro inspiraci, jak tuto technologii prakticky využívat. Vzhledem, k tomu, že se nám podařilo projít všemi dílčími kroky, můžeme konstatovat, že cíl práce – představit možnosti využití 3D tisku v rámci vzdělávání na základní škole – byl naplněn.

RESUMÉ

The target of this work was to present the possibilities of using 3D printing at primary school. To achieve the target, we set 6 steps, which we gradually fulfilled. In the first step, we described the history with the help of professional sources and technological principles of 3D printing, introduced the ones used materials and described their properties. We later used this information to select a suitable one technologies and materials for use in school conditions. Another important step was to find out how many 3D printing is now using as a teaching tool in primary schools. For this purpose, we used an online questionnaire, which was sent to all contacts available in the school register. In a relatively short period of time, a large number of respondents answered us - 561. Then we could compare outputs from the questionnaire survey both with the results of the comparison of individual 3D technologies printing, as well as with the results of a comparison of individual software tools for modeling. Based on the selection one software tool, then we created a simple methodology for easy start with modeling. In this methodology is described the environment of the software tool and its controls. It also includes a methodological procedure for the production of a simple model with attention to certain pitfalls. In the last step, there was an evaluation of how in individual educational areas of the RVP ZV it is possible to use 3D printing technology and spatial modeling. The last chapter serves at the same time for inspiration how to use this technology in practice. Because we managed to get through with all the partial steps, we can state that the aim of the work - to introduce the possibilities of using 3D printing within primary school education - was fulfilled.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- DERAKHSHANI, D. 2006. Maya: průvodce 3D grafikou. Vyd. 1. Praha: Grada. 428. ISBN 80-247-1253-9.
- GERMAN, R. 1994. M. Powder metallurgy science. 2nd ed. Princeton: Metal Powder Industries Federation. 472 pp. ISBN 978-1878954428.
- HORVATH, J. 2014. Mastering 3D Printing. New York : Apress Media. str. 193. 978-1-4842-0026-1.
- KANG, SUK-JOONG L. 2005. Slinování (1. vyd.). Oxford: Elsevier, Butterworth Heinemann. ISBN 0-7506-6385-5.
- KLOSKI, L., W. KLOSKI, N. 2017. Začínáme s 3D tiskem. 1. vyd. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-4876-1.
- KRATOCHVÍLOVÁ, J. 2015. 3D TISK. 2015. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem. 95. ISBN 978-80-7414-936-8.
- REDWOOD, B., SCHOFFER, F., GARRET, B. 2017. The 3D Printing Handbook technologies, design and applications. Amsterdam : 3D HUBS B.V.. 978-90-827485-0- 5.
- 3D4KIDS exercise: The Solar System by 3D4KIDS - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z:
<https://www.thingiverse.com/thing:384>
- 3DSTRUNA. 2022. PP Polypropylen. [online]. 2022 [cit. 24-03-2022]. Dostupné z:
<https://www.3dstruna.cz/pp-polypropylen/>
- AUTODESK, AUTOCAD. 2022. [online]. [cit. 13.2.2022]. Dostupné z:
<https://www.autodesk.cz/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- AUTODESK, FUSION 360. 2022. [online]. [cit. 13.2.2022]. Dostupné z:
<https://www.autodesk.cz/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- AUTODESK, TINKERCAD. 2022. [online]. [cit. 13.2.2022]. Dostupné z:
<https://www.tinkercad.com/>
- BIOPLASTY – POLYLAKLID (PLA). [online]. 2022 [cit. 24-03-2022]. Dostupné z:
<http://www.bio-plasty.cz/bioplasty-polylaktid-pla/>

- BLENDER. 2022. [online]. [cit. 13.2.2022]. Dostupné z: <https://www.blender.org/>
- Curve Template by KellyBC - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:41935>
- Czech Republic elevation map by ok1thc - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:5392540>
- Demonstration laser set for Geometrical optics by Losik - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:2627042>
- Eiffel Tower by Pranav Panchal by nosrev - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:2795935>
- FAKULTA STROJNÍ ČVUT V PRAZE. 2014 - 2022. Historie 3D tisku. [online]. [cit. 13.2.2022]. Dostupné z: <https://www.fs.cvut.cz/ostatni/sekce-3dtisk/3dtisk/moznosti-3dtisk/historie-3d-tisk/>
- Foldable Book Stand by Wotudoin - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:721710>
- HOMOLA, J. 2013. ABS. 3D-tisk.cz. [online]. 2022 [cit. 24-03-2022]. Dostupné z: <https://www.3d-tisk.cz/abs/>
- Hourglass by h4nc - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:2121623>
- Human Torso Anatomy Model by paullaster - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:4601991>
- Informace o technologiích 3D tisku. 2022. Easycnc [online]. 2022 [cit. 20-08-2022]. Dostupné z: <https://www.easycnc.cz/inpage/informace-o-technologiich-3d-tisku/>
- KOČÍ, J. 2019. Jak tisknout s flexibilním filamentem. [online]. 2022 [cit. 24-03-2022]. Dostupné z: <https://josefprusa.cz/jak-tisknout-s-flexibilnim-filamentem/>

Manufacturing Cost Estimation: Laminated Object Manufacturing (LOM) [online]. 2018 [cit. 14-02-2022]. Dostupné z: <http://www.custompartnet.com/wu/laminatedobject-manufacturing>.

MATCA. 2022. Stereolitografie (SLA). [online]. 2022 [cit. 24-03-2022]. Dostupné z: <https://matca.cz/technologie/aditivni-technologie/stereolitografie/>

MATERIALPRO3D. 2017. Rozdíl mezi ABS, PLA, PET-G. [online]. 2022 [cit. 24-03-2022]. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/blog/rozdily-abs-pla-petg/>

MATERIALPRO3D. 2022. ABS filamenty [online]. 2022 [cit. 24-03-2022]. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/abs-filamenty/>

MATERIALPRO3D. 2022. BVOH. [online]. 2022 [cit. 24-03-2022]. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/materialovy-slovník/bvoh/>

MATERIALPRO3D. 2022. Nylon (PA). [online]. 2022 [cit. 24-03-2022]. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/materialovy-slovník/nylon/>

MATERIALPRO3D. 2022. PET, PET-G. [online]. 2022 [cit. 24-03-2022]. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/materialovy-slovník/pet-g/>

Micro Robot arm (9g Micro Servo) see video by bentommye - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:34829>

MICROSOFT. 2022. Základní 3D modelování pomocí Malování 3D. [online]. 2022 [cit. 14-02-2022]. Dostupné z: <https://support.microsoft.com/cs-cz/windows/z%C3%A1kladn%C3%AD-3d-modelov%C3%A1n%C3%AD-pomoc%C3%AD-malov%C3%A1n%C3%AD-3d-78a27393-4cc5-1c9a-5929-3b4644eb5a94>

Mini Sanding Block by JustIgnorant - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:4633924>

ONSHAPE. 2014 – 2022. Connect, Collaborate and Create Better Products in the Cloud. [online]. 2022 [cit. 24-03-2022]. Dostupné z: <https://www.onshape.com/en/>

Painting template_OpenScad by stollew - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z:

<https://www.thingiverse.com/thing:4837545>

Paleta de Pintura - Painting Palette by MrPsr - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z:

<https://www.thingiverse.com/thing:3796288>

Parametric Music Box by wizard23 - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z:

<https://www.thingiverse.com/thing:53235>

Piramid Chichen_Itza Empty by elcoyotex - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z:

<https://www.thingiverse.com/thing:3100171>

Print in place ABACUS by Syzguru11 - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z:

<https://www.thingiverse.com/thing:4767505>

Printables. Printables [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z:

<https://www.printables.com/cs/model/127545-3d-scanned-ergonomic-handicap-pen-adapter>

PRUSA RESEARCH BY JOSEF PRUSA. 2022. Kompozitní materiály (plněné dřevěným či kovovým práškem). [online]. 2022 [cit. 24-03-2022]. Dostupné z:

https://help.prusa3d.com/cs/article/kompozitni-materialy-plnene-drevenym-ci-kovovym-praskem_166863

PRŮŠA, J. 2014. Základy 3D tisku [online]. 1. Praha: Pusa Research s.r.o. [cit. 12-02-2022].

Dostupné z: <http://www.prusa3d.cz/kniha-zaklady-3d-tisku-josefa-prusi/>

PRŮVODCE MATERIÁLY. [Online] Prusa Research a.s. [cit. 14-02-2022] Dostupné z:

<https://www.prusa3d.cz/materialy/>.

Reims Cathedral Kitset by m_bergman - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z:

<https://www.thingiverse.com/thing:35798>

Single Print Ocarina by Julius3E8 - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z:

<https://www.thingiverse.com/thing:1012353>

SKETCHUP. 2022. SketchUp Free. [online]. 2022 [cit. 24-03-2022]. Dostupné z:

<https://sketchup.cz/sketchup-free/>

SR Suntour fork top cap socket (FAA122/FAA086 replacement) by cmh - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022].

Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:3421056>

ŠMEJCKÝ, J. 2022. Principy a technologie 3D tisku. SystemOnLine. [online]. [cit.

13.2.2022]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/principy-a-technologie-3d-tisku.htm>

The Molecular Puzzle by Superbeasti - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z:

<https://www.thingiverse.com/thing:3586833>

Whistle by Zaggo - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online].

2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:1046>

Yet ANOTHER Machine Vise by TheGoofy - Thingiverse. Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects [online]. 2022 [cit. 27-06-2022]. Dostupné z:

<https://www.thingiverse.com/thing:2064269>

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ

Obrázek 1 - Prostředí sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	28
Obrázek 2 - Dashboard sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	29
Obrázek 3 - Pracovní plocha sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní)	30
Obrázek 4 - Ikona přepínání pohledů (Zdroj: vlastní).....	30
Obrázek 5 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	31
Obrázek 6 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	32
Obrázek 7 - Ikona seskupení objektů (Zdroj: vlastní).....	32
Obrázek 8 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	33
Obrázek 9 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	34
Obrázek 10 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	34
Obrázek 11 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	35
Obrázek 12 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	35
Obrázek 13 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	36
Obrázek 14 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	36
Obrázek 15 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	37
Obrázek 16 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	37
Obrázek 17 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	38
Obrázek 18 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	38
Obrázek 19 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	39
Obrázek 20 - Postup modelování v sw Autodesk Tinkecad (Zdroj: vlastní).....	39
Obrázek 21 - Pomůcka pro správné držení tužky (Zdroj: https://www.printables.com/cs/model/127545-3d-scanned-ergonomic-handicap-pen-adapter)	41
Obrázek 22 - Čtecí stojánek na učebnice (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:721710)	42
Obrázek 23 - Šablona na písmena (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:4837545)..	43
Obrázek 24 - Křivítko (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:41935)	44
Obrázek 25 - Matematické kostky (Zdroj: vlastní)	45
Obrázek 26 - Počítadlo (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:4767505).....	46
Obrázek 27 - Robotická ruka (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:34829)	47
Obrázek 28 - Model sluneční soustavy (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:3843132)	48
Obrázek 29 - Přesípací hodiny (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:2121623).....	49
Obrázek 30 - Eiffelova věž (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:2795935)	50
Obrázek 31 - Pyramida (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:3100171)	51
Obrázek 32 - Katedrála Notre Dame v Paříži (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:35798)	52
Obrázek 33 - Lom světla (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:2627042).....	53
Obrázek 34 - Model molekuly (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:3586833)	54
Obrázek 35 - Model lidského těla (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:4601991)..	55
Obrázek 36 - Výšková mapa ČR (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:5392540)...	56
Obrázek 37 - Hrací strojek (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:53235)	57
Obrázek 38 - Okarína (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:1012353).....	58
Obrázek 39 - Malířská paleta (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:3796288).....	59
Obrázek 40 - Píšťalka (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:1046)	60

Obrázek 41 - Svěrák (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:2064269).....	61
Obrázek 42 - Brousek (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:4633924)	62
Obrázek 43 - Speciální montážní nástroj (Zdroj: https://www.thingiverse.com/thing:3421056)	63
Tabulka 1 - Doporučené tiskové teploty	16
Tabulka 2 - Vlastnosti tiskový resinů	17
Tabulka 3 - Vyhodnocení výběru technologie	22
Tabulka 4 - Vyhodnocení výběru modelovacího nástroje.....	25
Graf 1 - Vyhodnocení výběru technologie	22
Graf 2 - Vyhodnocení výběru modelovacího nástroje.....	26

PŘÍLOHY

3D tisk ve výuce

Dotazník zkoumající vybavenost a využití 3D tisku na základní škole.

* Povinné

* Tento formulář zaznamená vaše jméno, vyplňte prosím své jméno.

1. Formát školy ? *

1. stupeň
1. i 2. stupeň

2. Počet žáků ? *

- Méně než 20
- 20 - 49
- 50 - 149
- 150 - 299
- 300 - 499
- Více než 500

3. Je škola vybavena 3D tiskárnou? *

- Ano
- Ne

2/1/2022

4. Jaký je výrobce vaší 3D tiskárny? *

Prusa Research

Creality

Gembird flashforge

Renkforce

MakerBot

Anycubic

XYZ

Jiné

5. Jakou technologii využívá vaše 3D tiskárna? *

Tisk z plastové struny (filamentu)

Tisk z tekuté pryskyřice (resin)

Tisk z práškových materiálů (sintrování, slinování, spékání)

Jiné

2/1/2022

6. Jaký používáte materiál pro 3D tisk. *

- PLA
- ABS
- PET-G
- Kovové, dřevěné, karbonové a jiné kompozity
- BVOH
- PP
- PA (NYLON)
- Flexibilní materiály

7. V jakých předmětech 3D tisk a modelování využíváte? *

- Informatika
 - Technická výchova
 - Matematika
 - Fyzika
 - Chemie
 - Český jazyk
 - Cizí jazyk
 - Dějepis
 - Zeměpis
 - Přírodopis
 -
- Jiné

2/1/2022

8. Jakým způsobem získáváte modely? *

	Nejvíce	Hodně	Průměrně	Málo	Nejméně
Stahuji hotové modely z internetových databází.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Modeluji modely v 3D programech.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Skenuji pomocí 3D skeneru.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Jaký využíváte modelovací software? *

- Autodesk TinkerCAD
 - Autodesk Fusion 360
 - Autodesk AutoCAD
 - Microsoft Malování 3D
 - SketchUp
 - Onshape
 - Blender
 -
- Jiné

2/1/2022

10. Jaký přínos vidíte ve využití 3D tisku a modelování ve výuce? *

11. Plánujete pořízení 3D tiskárny pro výukové účely do vaší školy? *


Ano

Ne

12. Emailová adresa

Pokud vyplníte emailovou adresu bude vám zaslána finální verze bakalářské práce jako poděkování za vyplnění tohoto dotazníku.

Microsoft tento obsah nevytvoril ani neschválil. Data, která odešlete, se pošlou vlastníkově formuláře.

 Microsoft Forms