

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**FAKULTA PEDAGOGICKÁ  
KATEDRA VÝPOČETNÍ A DIDAKTICKÉ TECHNIKY**

**POROVNÁNÍ VYBRANÝCH 3D MODELOVACÍCH PROGRAMŮ  
Z POHLEDU TVORBY MODELŮ PRO 3D TISK**  
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Vladimír Laibl**

*Informatika se zaměřením na vzdělávání a technická výchova*

Vedoucí práce: Mgr. Jan Fadrhonc, Ph.D.

**Plzeň, 2022**

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

V Plzni, 30.6 2022

.....  
vlastnoruční podpis

### **Poděkování**

Tímto bych poděkoval Mgr. Janu Fadrhoncovi Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

**ABSTRAKT****POROVNÁNÍ VYBRANÝCH 3D MODELOVACÍCH PROGRAMŮ Z POHLEDU TVORBY MODELŮ PRO 3D TISK**

Bakalářská práce se zabývá vybranými 3D modelovacími programy, jejich testováním, bodovým ohodnocením a přehledem jejich vlastností. Testování je provedeno za pomoci dobrovolníků z řad studentů, kteří jednotlivé programy vyzkoušeli.

**Klíčová slova**

Model, 3D modelování, modelovací program, TinkerCad, Vectary, SketchUp for Web, BlocksCad, SelfCad, 3D tisk

**ABSTRACT****COMPARISON OF SELECTED 3D MODELING PROGRAMS IN TERMS OF CREATING MODELS FOR 3D PRINTING**

This bachelor thesis deals with selected 3D modeling programs, their testing, point evaluation and an overview of their properties. The testing is performed with the help of volunteers from students who tested the individual programs.

**Keywords**

Model, 3D modeling, modeling program, TinkerCad, Vectary, SketchUp for Web, BlocksCad, SelfCad, 3D printing

## OBSAH

SEZNAM ZKRATEK .....	4
ÚVOD .....	5
1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY .....	6
1.1 3D MODEL .....	6
1.2 3D MODELOVACÍ PROGRAM A K ČEMU SLOUŽÍ .....	6
1.3 POČÁTKY 3D MODELOVÁNÍ .....	6
1.4 ROZDĚLENÍ DLE VYUŽITÍ .....	7
1.4.1 Výuka .....	7
1.4.2 Architektura .....	7
1.4.3 Výtvarné umění .....	8
1.4.4 Strojírenství .....	8
1.4.5 Domácí využití .....	8
1.5 3D TISK A JEHO TECHNOLOGIE .....	9
1.5.1 FDM/FFF technologie .....	9
1.5.2 SLA technologie .....	9
1.6 HISTORIE 3D TISKU .....	10
2 VYBRANÉ 3D MODELOVACÍ PROGRAMY .....	12
2.1 ZPŮSOB VÝBĚRU .....	12
2.2 KRITÉRIA PRO VÝBĚR .....	12
2.3 TINKERCAD - <a href="https://www.tinkercad.com/">HTTPS://WWW.TINKERCAD.COM/</a> .....	13
2.4 VECTARY - <a href="https://app.vectary.com/">HTTPS://APP.VECTARY.COM/</a> .....	13
2.5 SKETCHUP FOR WEB - <a href="https://sketchup.cz/sketchup-free/">HTTPS://SKETCHUP.CZ/SKETCHUP-FREE/</a> .....	13
2.6 BLOCKSCAD - <a href="https://www.blockscad3d.com/">HTTPS://WWW.BLOCKSCAD3D.COM/</a> .....	14
2.7 SELFCAD - <a href="https://www.selfcad.com/">HTTPS://WWW.SELFCAD.COM/</a> .....	14
2.8 SHRNUTÍ VÝBĚRU PROGRAMŮ .....	15
3 KRITÉRIA PRO HODNOCENÍ PROGRAMŮ .....	16
3.1 GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ A ROZLOŽENÍ GUI .....	16
3.2 OBTÍŽNOST OVLÁDÁNÍ A INTUITIVNOST .....	16
3.3 DOSTUPNOST NÁVODŮ OD VÝVOJÁŘE .....	17
3.4 DOSTUPNOST NÁVODŮ NA FORECH A YOUTUBE .....	17
3.5 VHODNOST VYUŽITÍ VE ŠKOLÁCH .....	17
3.6 MOŽNOSTI ÚPRAVY JIŽ HOTOVÝCH MODELŮ A KOMPATIBILITA IMPORTOVANÝCH SOUBORŮ .....	18
3.7 KOMPLEXNOST MODELŮ .....	19
3.8 PŘESNOST HOTOVÉHO MODELU .....	19
3.9 HODNOCENÍ Z POHLEDU BUDOUCÍCH UČITELŮ .....	19
4 HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH PROGRAMŮ .....	21
4.1 ZADÁNÍ TESTOVÁNÍ .....	21
4.2 TINKERCAD .....	22
4.2.1 Grafické zpracování a rozložení GUI .....	22
4.2.2 Obtížnost ovládání a intuitivnost .....	22
4.2.3 Dostupnost návodů od vývojáře .....	23
4.2.4 Dostupnost návodů na forech a YouTube .....	23
4.2.5 Vhodnost využití ve školách .....	23
4.2.6 Možnosti úpravy již hotových modelů a kompatibilita importovaných souborů .....	24
4.2.7 Komplexnost modelů .....	24

---

4.2.8	Přesnost hotového modelu .....	24
4.2.9	Hodnocení z pohledu budoucích učitelů .....	25
4.3	VECTARY .....	26
4.3.1	Grafické zpracování a rozložení GUI .....	26
4.3.2	Obtížnost ovládání a intuitivnost.....	27
4.3.3	Dostupnost návodů od vývojáře.....	27
4.3.4	Dostupnost návodů na forech a YouTube .....	27
4.3.5	Vhodnost využití ve školách .....	27
4.3.6	Možnosti úpravy již hotových modelů a kompatibilita importovaných souborů....	27
4.3.7	Komplexnost modelů.....	28
4.3.8	Přesnost hotového modelu .....	28
4.3.9	Hodnocení z pohledu budoucích učitelů .....	28
4.4	SKETCHUP FOR WEB .....	29
4.4.1	Grafické zpracování a rozložení GUI .....	29
4.4.2	Obtížnost ovládání a intuitivnost.....	30
4.4.3	Dostupnost návodů od vývojáře.....	30
4.4.4	Dostupnost návodů na forech a YouTube .....	31
4.4.5	Vhodnost využití ve školách .....	31
4.4.6	Možnosti úpravy již hotových modelů a kompatibilita importovaných souborů....	31
4.4.7	Komplexnost modelů.....	32
4.4.8	Přesnost hotového modelu .....	32
4.4.9	Hodnocení z pohledu budoucích učitelů .....	32
4.5	BLOCKSCAD .....	33
4.5.1	Grafické zpracování a rozložení GUI .....	34
4.5.2	Obtížnost ovládání a intuitivnost.....	34
4.5.3	Dostupnost návodů od vývojáře.....	35
4.5.4	Dostupnost návodů na forech a YouTube .....	35
4.5.5	Vhodnost využití ve školách .....	36
4.5.6	Možnosti úpravy již hotových modelů a kompatibilita importovaných souborů....	36
4.5.7	Komplexnost modelů.....	36
4.5.8	Přesnost hotového modelu .....	36
4.5.9	Hodnocení z pohledu budoucích učitelů .....	36
4.6	SELF CAD .....	38
4.6.1	Grafické zpracování a rozložení GUI .....	38
4.6.2	Obtížnost ovládání a intuitivnost.....	38
4.6.3	Dostupnost návodů od vývojáře.....	39
4.6.4	Dostupnost návodů na forech a YouTube .....	39
4.6.5	Vhodnost využití ve školách .....	39
4.6.6	Možnosti úpravy již hotových modelů a kompatibilita importovaných souborů....	39
4.6.7	Komplexnost modelů.....	40
4.6.8	Přesnost hotového modelu .....	40
4.6.9	Hodnocení budoucích učitelů.....	40
5	PŘEDSTAVENÍ VÝSLEDKŮ TESTOVÁNÍ.....	42
5.1	POTŘEBNÁ ODBORNOST PRO PRÁCI S PROGRAMY .....	42
5.2	ZÁKLADNÍ HODNOCENÍ.....	42
5.3	HODNOCENÍ UČITELŮ .....	42
5.4	CELKOVÝ POČET BODŮ .....	44

---

5.5 POROVNÁNÍ FUNKCÍ PROGRAMŮ .....	44
5.6 SHRNUÍ VÝLEDKŮ .....	45
ZÁVĚR.....	46
RESUMÉ.....	47
SEZNAM LITERATURY .....	48
SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ .....	49
PŘÍLOHY .....	I

**SEZNAM ZKRATEK**

OBJ - Wavefront 3D Object file - Typ souboru pro 3D model

STL - Stereolithography file - Typ souboru pro 3D model

PNG - Portable Network Graphic - Typ souboru s rastrovým grafickým obsahem

SVG - Scalable Vector Graphics - Typ souboru s vektorovým grafickým obsahem

PLA - Polylactic Acid - Tiskový materiál pro FDM/FFF

ABS – Akrylonitrilbutadienstyren - Tiskový materiál pro FDM/FFF

PET - Polyethylene Terephthalate - Tiskový materiál pro FDM/FFF

PETG - Polyethylene Terephthalate Glycol-modified - Tiskový materiál pro FDM/FFF

FDM - Fused Deposition Modeling - 3D tisk tavením a nanášením materiálu

FFF - Fused Filament Fabrication - 3D tisk tavením a nanášením materiálu

LOM - Laminated Object Manufacturing - 3D tisk spojením jednotlivých vyřezaných vrstev

SLA - Stereolithography - 3D tisk vytvrzením pryskyřice pomocí laserového paprsku

MSLA - Masked Stereolithography - 3D tisk vytvrzením pryskyřice pomocí UV zdroje světla s maskou z LCD displeje

LCD - Liquid Crystal Display - Displej z tekutých krystalů

DLP - Digital Light Processing - 3D tisk vytvrzením pryskyřice pomocí laserového projektoru



## Úvod

Tato bakalářské práci se budeme věnovat výběru, testování a ohodnocení 3D modelovacích programů pro studijní a domácí využití. Pro zpracování této práce byly definovány základní cíle. Těmito cíli jsou: definování pojmu 3D modelovací program, představení vybraných 3D modelovacích programů, stanovení kritérií pro hodnocení programů v kontextu 3D tisku, porovnání vybraných programů a představení výsledků. V teoretické části najdeme základní informace a pojmy, které nás budou celou prací provázet. V teoretické části se také zaměříme na stanovení kritérií pro výběr programů, které disponují online prostředím bez nutnosti instalace na koncovou stanici. Po jejich definování si vybrané programy krátce představíme a zvolíme vhodná kritéria pro jejich testování. Dále se přesuneme k praktické části a vybrané programy dle zadaných kritérií otestujeme a ohodnotíme. K hodnocení nám přispějí studenti pedagogiky, kteří tyto programy ohodnotí z uživatelského úhlu pohledu. V závěru práce se dozvíme, jak studenti ohodnotili jednotlivé programy. Na základě zjištěných dat bude vypracována tabulka, která přehledně zobrazí výhody a nevýhody vybraných programů.

## 1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

V této kapitole si objasníme základní pojmy týkající se 3D modelovacích programů a 3D tisku. Zařadíme sem pojmy jako je 3D model, technologie 3D tisku, ale i stručný úvod do historie 3D tisku.

### 1.1 3D MODEL

„Model je 3D objekt vytvořený jako koncový produkt procesu modelování. Jedná se o objekt tvořený sítí jednotlivých bodů a stěn v 3D prostoru, které po jejich spojení tvoří 3D model. Modelováním rozumíme proces, při kterém pomocí modelovacího programu, skeneru či jiným způsobem vytváříme a tvarujeme 3D modely. Sít je povrchová geometrie 3D modelu složená z řady trojúhelníkových tvarů. (1)“

3D modelem rozumíme v tomto případě počítačem vytvořený grafický objekt s třetím rozměrem. Modelem tedy nazýváme sestavu bodů, rovin, křivek a dalších částí. Díky nim jsme schopni vytvořit objekt, který je možné zobrazit ve 3D prostoru. Model můžeme vytvořit zcela vlastní, a to buď pomocí programů, ve kterých ho budeme modelovat, nebo pomocí 3D skeneru, který nám již existující předmět, například hrnek na kávu, dokáže naskenováním převést na 3D model. Některé modelovací programy jej dokážou dále upravovat a některé ne. To bude také jedno z kritérií při hodnocení námi vybraných programů.

### 1.2 3D MODELOVACÍ PROGRAM A K ČEMU SLOUŽÍ

3D modelovací program je software, který je určen pro tvorbu a úpravu 3D modelů. Tyto programy jsou většinou předem určeny pro daný obor nebo pro daný účel ale nikde není psáno, že by se neměly používat i pro jiné činnosti. Modelovací programy slouží například pro tvorbu virtuálních modelů, které pak poskytují lepší představu, jak bude vypadat finální produkt, který si neumíme tak dobře z výkresů a kót představit.

### 1.3 POČÁTKY 3D MODELOVÁNÍ

Historie 3D modelování sahá do 60. let 20. století ale zde se jednalo čistě o počátky 3D grafiky pro počítačové hry a filmy. Pro 3D tisk se 3D modelování začalo používat

až se vznikem prvních tiskáren. (2) Hlavním místem výzkumu v této oblasti byla univerzita v Americkém Utahu.

Zajímavé je že první celovečerní 3D animovaný film vymodelovaný pomocí počítače byl Toy Story a to v roce 1995. Předcházelo mu ale několik krátkometrážních snímků a filmy s prvky 3D objektů, kde se první takový objevil na scéně v roce 1976 a to ve filmu Futureworld.

### 1.4 ROZDĚLENÍ DLE VYUŽITÍ

Modelovací programy můžeme dnes využívat téměř kdekoli díky jejich dostupnosti. 3D modely totiž můžeme zobrazit na jakémkoli chytrém zařízení jako je počítač, telefon či tablet. Nyní bych rád uvedl základní oblasti pro využití 3D modelovacích programů.

#### 1.4.1 VÝUKA

Jako hlavní oblast využití bych rád uvedl právě výuku, jelikož úzce souvisí s fakultou, pod kterou tato práce spadá. Zde nám 3D modelování může dobře posloužit například v základní škole při výuce geometrie při práci s tvary jako je kvádr, krychle, jehlan a dalšími, které nabývají třetího rozměru. Menší děti tak mohou například lépe pochopit rozdíly v těchto tvarech. Na středních a vysokých školách by našly uplatnění programy podle zaměření oboru výuky. Například pro uměleckou školu by byl vhodný program s možností rozpořívání modelu, kde by bylo následně možné vytvořit krátkometrážní film nebo animaci. Pro žáka z oboru architektonického by se zase hodil program s možností simulace.

V biologii bychom mohli zmínit možnost vymodelování 3D modelu člověka včetně orgánů, kostí a svalů, na kterém by se žáci mohli lépe učit a poznat stavbu lidského těla. Zdravotnická studia by model mohla dále rozvinout a využít pro cvičné operace ve virtuální realitě. V současné době se 3D modely běžně používají pro navrhování protéz či kloubních náhrad.

#### 1.4.2 ARCHITEKTURA

V architektuře se 3D modelování využívá například při plánování nové stavby, když nám k vizualizaci výsledku nestačí jen výkresy a číselné hodnoty. Díky 3D modelovacímu programu, kterým vymodelujeme tvar budovy dle zadaných dat, můžeme získat například

pohled na část budovy, kde si nelze představit její konečný vzhled. Existují i sofistikované programy, které dokáží po naskenování výkresů a zadání hodnot přesně vymodelovat hotový objekt. Těmi se ale v této práci nebudeme zabývat.

### 1.4.3 VÝTVARNÉ UMĚNÍ

3D modelovací programy najdeme i ve výtvarném umění. Jako příklad bychom mohli uvést digitální sochařství, kde se umělci již nezabývají klasickými sochami, ale novým trendem, a to sochami vymodelovanými v počítači a vytištěnými na 3D tiskárně. Může se jednat až už o standartní 3D modelování nebo o postup jako u sochařství, a to použití programů, které podporují nástroje jako je třeba dláto. Velkým průkopníkem a šířitelem tohoto směru sochařství se v ČR stala Brněnská univerzita a její Fakulta Výtvarných Umění, která se 3D sochami začala zabývat již v roce 2007. (3).

### 1.4.4 STROJÍRENSTVÍ

Ve strojírenství a oborech s ním spojených se využívá 3D modelování s ohledem na přesnost ale i jednoduchost výroby, například jednotlivých dílů pro nové stroje. Vytvořený 3D model pak slouží i jako instrukce pro CNC stoje, který následně obrobí materiál na požadovaný tvar.

### 1.4.5 DOMÁCÍ VYUŽITÍ

V domácnostech jsou 3D modelovací programy využívány nejčastěji k tvorbě modelů pro 3D tisk. V poslední době se ceny 3D tiskáren dostaly do cenových hladin, které jsou přístupné téměř každému. Například nejlevnější tiskárna na e-shopu Alza.cz a to sice Creality Ender 2 PRO se ke dni 3.4.2022 pohybuje s cenou pod 4500Kč. Na webu CZC.cz je to pak Creality Ender 3 s cenovkou necelých 4900Kč ke dni 3.4.2022. Proto přibývá lidí, kteří doma 3D tiskárnu mají a často si modely k tisku vytvářejí sami. Sám jsem jedním z nich a pro účely mého tisku jakožto koníčku ale i částečně z praktického hlediska, několik 3D modelovacích programů využívám například pro navržení a následný tisk vykrajovátek, součástek, které se porouchaly (drobné plastové díly) a dekoračních předmětů jako jsou květináče nebo sošky (Betlém, Velikonoční dekorace...).

## 1.5 3D TISK A JEHO TECHNOLOGIE

Jde o technologii využívající aditivní (přírůstkový) postup. To znamená že se postupně vrství tiskový materiál o nastavené výšce a tloušťce na tiskovou podložku nebo doposud vytvořený výrobek, až do vytvoření úplné podoby výsledného výrobku. Jde tedy o opak CNC výroby, kde se materiál ubírá tak, aby vznikl konečný výrobek. Pro 3D tisk se nejčastěji používají technologie FDM a SLA, kterými se budeme zabírat v následujících kapitolách.

### 1.5.1 FDM/FFF TECHNOLOGIE

FDM (Fused Deposit Modeling) je nejrozšířenější technologií 3D tisku. Alternativní označení FFF (Fused Filament Fabrication) začala používat komunita RepRap aby nedocházelo ke střetům s ochrannou známkou FDM. V tomto případě je využíváno plastové struny, která je při vysoké teplotě roztavena, a dále je vytlačována skrze trysku a je umístěna na určené místo na tiskové podložce, případně na již vznikajícím modelu. Tiskovou podložkou rozumíme ideálně zcela rovnou, nejčastěji čtvercovou desku, která bývá pro lepší adhezi vyhřívána. Nejpoužívanějšími materiály této technologie jsou PLA, ABS, PET/PETG a FLEX. (4)

Do tiskárny tedy vstupuje struna (filament) z cívky. Pomocí extruderu je tlačena do hotendu, kde je hmota roztavena a přes trysku tlačena ven. Hotend je součástí 3D tiskárny, která svým zahříváním způsobuje rovnoměrné tavení tiskového materiálu. Místo, kam je hmota vytlačena je určeno tiskárnou. Ta převede vstupní strojový kód na elektrický impulz, který upraví polohu krokových motorů na 3 osách. Existuje více typů tiskáren. V prvním případě se podložka pohybuje po ose Y a tryska po osách X a Z. Jindy se podložka pohybuje po ose X a Y a podložka po ose Z. Tím je docíleno přesného nanesení vrstvy materiálu.

### 1.5.2 SLA TECHNOLOGIE

SLA, jinak také Stereolitografie. Je to nejstarší technologie 3D tisku a první tiskárna s touto technologií byla prodána v roce 1987. Jde o zcela jinou technologii než FDM. Zde je využíváno fotopolymerické pryskyřice, která reaguje na UV světlo vytvořené laserem. SLA tiskárny jsou často přesnější než FFF tiskárny. (5)

Do tiskové misky je nalita pryskyřice a tisková podložka je do ní ponořena. Laser poté na daných bodech v rovině pryskyřici vytvrdí a postoupí na další vrstvu. Výrobek je po tomto tisku potřeba ještě jednou vytvrdit tak, že UV světlo osvítí celý objekt. To lze provést například vystavením výtisku na přímé slunce nebo jeho umístěním do speciální UV komory.

Tyto tiskárny se dále rozdělují podle využití technologie ozařování pryskyřice. Těmito technologiemi jsou SLA, DLP SLA (Digital Light Processing) a MSLA (Mask SLA).

SLA využívá jednoho laseru, který postupně ozařuje jednu vrstvu tenkým paprskem. DLP SLA využívá projektoru, který dokáže ozářit celou vrstvu najednou, a tudíž je i rychlejší. MSLA pro tvrzení pryskyřice využívá LCD displej tvořený UV diodami, které ozáří opět celou vrstvu.

## 1.6 HISTORIE 3D TISKU

První 3D tiskárny a patenty k nim patřící se začaly objevovat v druhé polovině 20. století. V roce 1986 přišel Chuck Hull s patentem na stereolitografický přístroj (SLA tiskárnu). Pomocí UV laseru s ní vytvářel trojrozměrné výtisky z pryskyřice. Pomocí laseru docházelo k vytvrzení jednotlivých vrstev výtisku. Takovýmto postupným vytvrzováním byl postupně vytvořen požadovaný objekt.

V dalších letech byly objeveny a patentovány technologie FDM (Fused Deposition Modeling), LOM (Laminated Object Manufacturing) a další, ale převážně byly zaměřeny na průmyslovou výrobu.

V roce 2009 došlo k vypršení patentu na technologii FDM se objevila první tiskárna dostupná pro veřejnost, a to BfB RapMan 3D. Byla založena na projektu RepRap, ten spočívá v tom, že má jedna tiskárna možnost tisknout díly pro další tiskárny. Od této chvíle se podobných tiskáren objevilo nespočet a vývoj pokračoval.

Ani Česko nezůstalo v 3D tiskovém světě pozadu a v roce 2012 byla založena firma Prusa Research vyvíjející vlastní 3D tiskárny. Ty tisknou v továrně v Praze na tiskárnách vlastní výroby. Zajímavostí je že si vyrábí i vlastní filament nejen pro své tiskárny ale i pro své zákazníky. Ty vynikají například vysokou přesností v hodnotách průměru filamentu.

Tolerance je zde do 0,02mm. Navíc si každý kdo filament zakoupí, může zkontrolovat všechny parametry o dané cívce online na webu. (6)

## 2 VYBRANÉ 3D MODELOVACÍ PROGRAMY

Výběr programů zaměříme na dvě hlavní oblasti využití pro budoucí učitele. Tím bude využití pro výuku a pro domácí využití. Z toho důvodu vybereme 3D modelovací programy, které jsou pro tyto účely vytvořeny, nebo jsou pro ně vhodné. Navíc se zaměříme pouze na programy, které je možné spustit z prostředí webového prohlížeče a nezatěžují tak náročnými výpočty náš počítač. To je z důvodu využití ve školství, jelikož ne všude najdeme počítače dosti výkonné na to, aby zvládly spustit a provozovat 3D modelovací programy. Ty totiž mohou být náročné na jejich prostředky. V důsledku pak složitější modely mohou počítač kompletně zahltit a výrazně zpomalit. Dalším důvodem pro výběr těchto online programů je, že není nutná často složitá instalace vzhledem k nastavené doménové politice a nemožnosti instalace programů bez práv administrátora.

### 2.1 ZPŮSOB VÝBĚRU

Výběr bude proveden s ohledem na námi vybrané oblasti, ve kterých program budeme využívat. Tudíž se bude jednat o programy volně dostupné s freeware licencí pro domácí využití, nebo s možností získání licence pro studenty. Vzhledem k zaměření se bude jednat o programy, které nejsou primárně určeny pro profesionální využití, tím je myšleno že by měly být určeny zejména pro školství a domácí použití.

### 2.2 KRITÉRIA PRO VÝBĚR

Programy či lépe řečeno webové aplikace jsme vybrali tak, aby splňovaly následující podmínky.

Licence zdarma – Vybraný program musí být volně dostupný, případně snadno získatelný pod studentskou licencí.

Není profesionálně zaměřen – Nejedná se o program, který je primárně určen pro firmy pro tvorbu strojových součástí na profesionální úrovni, ale pro zájemce o 3D tisk a pro školy. Tudíž by neměl být složitý na ovládání a měl by být intuitivní.

Popularita programu – Jedná se o program, který má aktivní komunitu, je pravidelně aktualizován a není zastaralý.



Způsob modelování – Model je tvořen přidáváním částí s daným rozměrem, nikoli osekáváním modelu bez rozměrů

Dále se seznámíme se seznamem programů.

### 2.3 TINKERCAD - [HTTPS://WWW.TINKERCAD.COM/](https://www.tinkercad.com/)

TinkerCad je bezplatná, snadno použitelná webová aplikace, která vybavuje novou generaci návrhářů a konstruktérů základními dovednostmi v oblastech inovací: 3D návrh, elektronika a kódování! (7)

Aplikace nám nabízí možnost vytvářet a upravovat nejen 3D modely ale i elektronické obvody. Jde o aplikaci z rodiny produktů Autodesk. Navíc se dá zdarma stáhnout na tablety iPad a ovládat pomocí dotykové obrazovky či přímo dotykového pera. Je zcela zdarma, takže je dostupná komukoli.

### 2.4 VECTARY - [HTTPS://APP.VECTARY.COM/](https://app.vectary.com/)

Vectary se zaměřuje na zpřístupnění tvorby 3D obsahu všem. Vectary je jediná platforma založená na prohlížeči, která svým uživatelům umožňuje vytvářet 3D obsah a obsah rozšířené reality (AR) na webu. S bezplatným vestavěným 3D studiem založeným na prohlížeči může kdokoli vytvářet, sdílet a přizpůsobovat 3D modely, scény nebo vykreslovat prezentace produktů. (8)

Samotná aplikace se již na první pohled hlásí jako nástroj pro vytváření 3D objektů za účelem reklamních kampaní nebo propagace některého produktu. Základní verze zdarma má omezený počet projektů na 25 a nenabídne možnost spolupráce s dalšími uživateli. Aplikace je stále vyvíjena a vylepšována. Nevýhodou však je, že díky neustálým změnám se uživatelské prostředí výrazně proměňuje a návody staré půl roku se tak stávají nepoužitelnými.

### 2.5 SKETCHUP FOR WEB - [HTTPS://SKETCHUP.CZ/SKETCHUP-FREE/](https://sketchup.cz/sketchup-free/)

SketchUp Free je nejjednodušší způsob kreslení ve 3D. Bezplatný online modelář SketchUp, který běží na webovém prohlížeči. Tato verze zahrnuje osobní (soukromé) užití Trimble Connect a SketchUp prohlížeč (IOS/Android). Významnou vlastností je rozdílnost

mezi základní verzi ve webovém prohlížeči a standartní Pro verzi pro desktop (včetně LayOutu). (9)

Jde o aplikaci, která by se měla téměř rovnat její plnohodnotné verzi pro PC. Naplno ale instalovanou aplikaci nahradit zatím nedokáže díky omezeným nástrojům a pomalejší odezvě. Samotní vývojáři ji inzerují jako zábavnější aplikaci pro modelování a náčrty jednoduchých projektů. V bezplatné verzi nás program nijak neomezuje ale v placené najdeme více možností pro import a export souborů, nebo například licenci pro plnohodnotnou instalaci. Verze pro školy je také dostupná a nabízí propojení na Google drive či OneDrive.

## 2.6 BLOCKSCAD - [HTTPS://WWW.BLOCKSCAD3D.COM/](https://www.blockscad3d.com/)

BlocksCad je cloudový nástroj pro 3D modelování, který povzbuzuje uživatele, aby se naučili matematiku, výpočetní myšlení a koncepty kódování prostřednictvím vizualizace

a navrhování modelů pro 3D tisk. (10)

BlocksCad se svým prostředím silně podobá aplikaci Scratch, která využívá stejný koncept skládání jednotlivých kódů do bloků. Tvorba modelu spočívá v zadávání souřadnic a rozměrů různých částí objektu, který pak program vykreslí do finální podoby. Tím se zcela odlišuje od zbytku našeho výběru a dává uživateli alternativu ke klasickým modelovacím aplikacím. Základní verze nabízí pouze 3D editor s minimálním množstvím návodů. Verze pro školy pak obsahuje spoustu jednotlivých lekcí a úkolů pro studenty s možností jejich kontroly a cloudový přístup ke všem uloženým projektům.

## 2.7 SELFCAD - [HTTPS://WWW.SELFCAD.COM/](https://www.selfcad.com/)

SelfCad věří, že 3D CAD software, kromě toho, že je intuitivní a snadno použitelný, by měl stále obsahovat pokročilé nástroje pro modelování, sochařství a přípravu pro 3D tisk, aby bylo zajištěno, že proces návrhu bude co nejreálnější a nejautentičtější a prezentuje žádné překážky kreativitě. (11)

SelfCad je svým vzhledem a funkcemi v našem výběru nejvíce podobný k plnohodnotným CAD programům jako SolidWorks nebo Autodesk Inventor. Obsahuje pokročilé funkce pro tvorbu modelů a jejich úpravu na úrovni sítí a uzlů. Bohužel další jeho funkce jako

je sochařský nástroj či převod obrázku na 3D objekt jsou uzamčeny a lze k nim přistoupit až po zakoupení plné verze.

### 2.8 SHRNU TÍ VÝBĚRU PROGRAMŮ

Výše uvedený seznam programů, které splnili zadaná kritéria budeme dále zkoumat a testovat v praktické části této práce. Některé programy, které nejsou v našem seznamu uvedené, se do našeho výběru nedostaly, jelikož se po chvíli užívání ukázalo že se v jejich bezplatné verzi nedá vůbec pracovat, nebo neumožňují uživateli uložit práci bez zakoupení plné verze programu, nebo se jedná například o program pouze pro sochařské účely bez možnosti zadání přesných rozměrů. Příkladem těchto programů je například SculptGL, který se orientuje pouze na sochy.

### 3 KRITÉRIA PRO HODNOCENÍ PROGRAMŮ

Pro co nejlepší a nejvíce přínosné testování je zapotřebí definovat cíle výzkumu a parametry, které chceme otestovat. Proto jsme vybrali tato kritéria, podle kterých budeme vybrané aplikace testovat a udělíme jim počet bodů od jedné do pěti, kde 5 znamená, že jsme nenarazili na jediný problém s programem a 1 znamená, že jsme shledali program v daném kritériu takřka nepoužitelný.

#### 3.1 GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ A ROZLOŽENÍ GUI

V této kategorii budeme hodnotit a porovnávat jakým způsobem je program zpracován po grafické stránce. Hodnotit budeme například barevnou kompozici a rozložení jednotlivých ovládacích prvků. Grafické provedení jednotlivých tlačítek může člověku napovídat o jejich funkci a usnadňuje tak ovládání programu.

5 bodů: Prostředí je přehledně rozložené a barevná kompozice napomáhá s ovládáním.

4 body: Prostředí je přehledné, ale barvy nám nijak nepomáhají ani nejsou zajímavé.

3 body: Nepřehledné prostředí ale barvy jsou zvoleny dobře.

2 body: Přehlednost prostředí i jeho barevnost nijak nezlehčují ale ani neztěžují ovládání programu.

1 bod: Prostředí i barvy znemožňují ovládat program.

#### 3.2 OBTÍŽNOST OVLÁDÁNÍ A INTUITIVNOST

Toto kritérium bude odrážet poznatky a názory nás a budoucích učitelů, na zkušenosti s ovládáním daného programu a intuitivnost ovládání. Pro účely výuky je důležité, aby byl program co nejvíce intuitivní, snadno se ovládal a byl celkově uživatelsky přívětivý.

5 bodů: Ovládání je okamžitě pochopitelné a intuitivní.

4 body: Ovládání si lze osvojit po krátkém čase.

3 body: Ovládání je celkem těžké.

2 body: Ovládání se chová nestandardně a vykazuje chyby.

1 bod: Program je naprosto neovladatelný.

### 3.3 DOSTUPNOST NÁVODŮ OD VÝVOJÁŘE

Někteří vývojáři nemají dostatek návodů, nebo jsou nedostačující (příliš stručné, nepřehledné atd.). Tuto skutečnost do hodnocení též zahrneme a zaměříme se na návody tvořené přímo vývojářem, které můžeme nalézt na jeho webu nebo na jeho dalších platformách jako je YouTube, GitHub a jiné.

5 bodů: V aplikaci najdeme integrovaný tutoriál či podrobný návod.

4 body: Jsou dostupné video návody přímo od vývojáře.

3 body: Vývojář zpřístupnil pouze písemné návody.

2 body: Pomoc najdeme pouze v často kladených dotazech (FAQ).

1 bod: Neexistují žádné návody od vývojáře.

### 3.4 DOSTUPNOST NÁVODŮ NA FORECH A YOUTUBE

Zde porovnáme a ohodnotíme, jak velká a nápomocná je komunita využívající daný program. Někde je komunita větší, někde menší. To ale nemusí mít vliv na kvalitu návodů a ochotu pomoci začátečnickům s programem.

5 bodů: Pomoc s programem najdeme jak ve formě videí na YouTube, tak v aktivní komunitě.

4 body: Návody najdeme hlavně jako videa na YouTube.

3 body: Návody a pomoc nám poskytne pouze komunitní fórum.

2 body: Návody najdeme těžko.

1 bod: Návody nelze nikde dohledat.

### 3.5 VHODNOST VYUŽITÍ VE ŠKOLÁCH

Zde se pokusíme zjistit z našich zkušeností a názorů, zda je program možné využít ve školství či nikoli. Některý program může mít už integrovanou správu žáků a tříd, jiný může mít pro tuto funkci přípravu a jiný naopak tuto funkci vůbec nemá. Dále zde zohledníme vhodnost programu pro využití na základní škole či ve vyšším vzdělání.

5 bodů: Program má integrován systém tříd, lze jej propojit s Google učebnou a je vhodný i pro základní školy.

4 body: Program má integrován systém tříd a je vhodný i pro základní školy, ale nelze ho propojit s Google učebnou.

3 body: Program je vhodný pro střední i pro základní školy.

2 body: Program je vhodný spíše pro střední školy.

1 bod: Program je určený spíše pro vysoké školy či profesionální využití.

### 3.6 MOŽNOSTI ÚPRAVY JIŽ HOTOVÝCH MODELŮ A KOMPATIBILITA IMPORTOVANÝCH SOUBORŮ

Zde budeme testovat, zda je daný program schopen načíst a následně upravit model z ostatních programů ve dvou nejpoužívanějších formátech, a to sice STL a OBJ. Předmětem porovnávání bude model 3D Benchy, který je na internetu volně dostupný a jedná se o model, často používaný ke kalibraci 3D tiskáren.

Nejpoužívanějším typem souboru ve 3D tisku je soubor typu STL a mělo by se jednat o zkratku pojmu „Standard Triangle Language“. To nám napovídá že se jedná o soustavu trojúhelníků o daných rozměrech a souřadnicích, jejichž sestava nám dohromady tvoří objekt. Dále se nám v oblasti 3D tisku hojně používá formát OBJ. Jeho zkratka vychází ze slovního spojení „Wavefront Object“. Jedná se o typ souboru, který původně používali grafici. Od STL souboru se odlišuje využitím i jiných tvarů než pouze trojúhelníků. Díky tomu, je schopen uchovat data o barvě či textuře daného objektu. (12)

5 bodů: Model lze importovat jako soubor OBJ i STL a lze jej upravovat na úrovni uzlů a hran.

4 body: Model lze importovat jako soubor OBJ i STL ale jde upravovat pouze jako celek.

3 body: Model lze importovat jako soubor OBJ nebo STL ale jde upravovat pouze jako celek.

2 body: Model lze importovat jako soubor OBJ nebo STL ale nejde upravovat.

1 bod: Model nelze v daných formátech importovat.

### 3.7 KOMPLEXNOST MODELŮ

Zde budeme hodnotit, jak komplexní modely dokážeme za pomoci programu vytvořit. Některé mohou jednoduše vytvořit ozubená kola a jiné vynikají zase v jiných funkcích pro tvorbu složitějších modelů. To bude předmětem hodnocení, kde vyšší počet bodů získá ten program, který si například poradí s ozubenými koly lépe než jiný.

5 bodů: Program má integrovaný nástroj pro tvorbu ozubených kol a závitů, ale segmenty nelze upravovat.

4 body: Program má integrovaný nástroj pro tvorbu ozubených kol či závitů.

3 body: V programu lze upravovat jednotlivé segmenty modelu.

2 body: Program zvládne vytvořit téměř hladký oblý povrch válce bez více viditelných segmentů.

1 bod: Program zvládne vytvářet a editovat pouze základní tvary.

### 3.8 PŘESNOST HOTOVÉHO MODELU

Určité programy si na přesnosti zakládají, ty ostatní tolerují různé odchylky. Hodnoceno bude jakou nejmenší jednotku dokážeme pomocí programu zobrazit a zanést do modelu. Do testování také zakomponujeme fakt, že některé programy rozdělují například plášť válce na několik stěn. Některé programy mohou vytvořit menší počet stěn než jiné a naopak, to pak ovlivňuje přesnost výsledného modelu.

5 bodů: Program pracuje s rozměry v řádu 0.001mm a nižšími.

4 body: Program pracuje s rozměry v řádu 0.01mm.

3 body: Program pracuje s rozměry v řádu 0.1mm.

2 body: Program pracuje s rozměry v řádu 1mm.

1 bod: Program pracuje s rozměry v řádu 1cm a vyššími.

### 3.9 HODNOCENÍ Z POHLEDU BUDOUCÍCH UČITELŮ

Dobrovolníci z řad studentů, kteří studují na pedagogické fakultě a v budoucnu se dost možná setkají právě i s 3D modelováním na školách kde budou učit si jednotlivé programy vyzkouší. Dostanou za úkol vymodelovat předem zadaný objekt složený ze základních

tvarů a s přesnými rozměry. Jejich výsledky práce uloží do souboru typu STL a jejich poznatky z testování zapíší do připravené tabulky. Následně jednotlivá kritéria bodově ohodnotí. Případné poznámky k programu budou také zaznamenány.

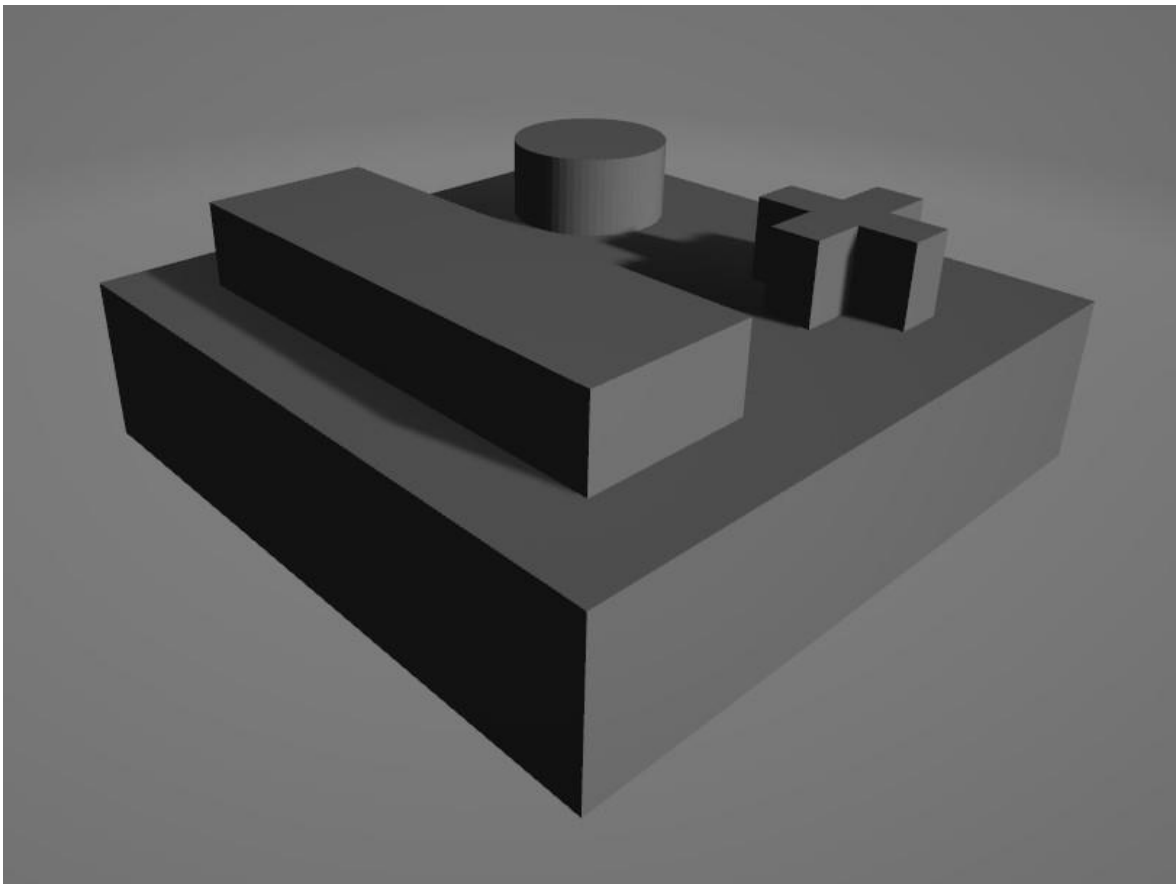


## 4 HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH PROGRAMŮ

V této kapitole se zaměříme na testování jednotlivých programů. Vyzkoušíme si práci v nich a zjistíme jejich klady i zápory. Vzhledem k jednotlivým kritériím budeme udělovat bodové hodnocení 1-5. Body budou udělovány s ohledem na kvalitu daných kritérií u ostatních programů a subjektivní pocit uživatele.

### 4.1 ZADÁNÍ TESTOVÁNÍ

V první řadě jsme námi vybrané programy poprvé otevřeli a zkusili vytvořit základní model. Tímto modelem byla kostka s válcovitou dírou a zaoblenými rohy. Další fází našeho testování je vytvoření požadovaného modelu, a to sice hlavy robota. Účastníkům testování byl zaslán soubor, ve kterém našli pokyny, jak při modelování a testování postupovat. V zadání se také nacházely rozměry požadovaného modelu a obrázky jeho předlohy.



Obrázek 1: Předloha – Hlava robota (zdroj: vlastní)

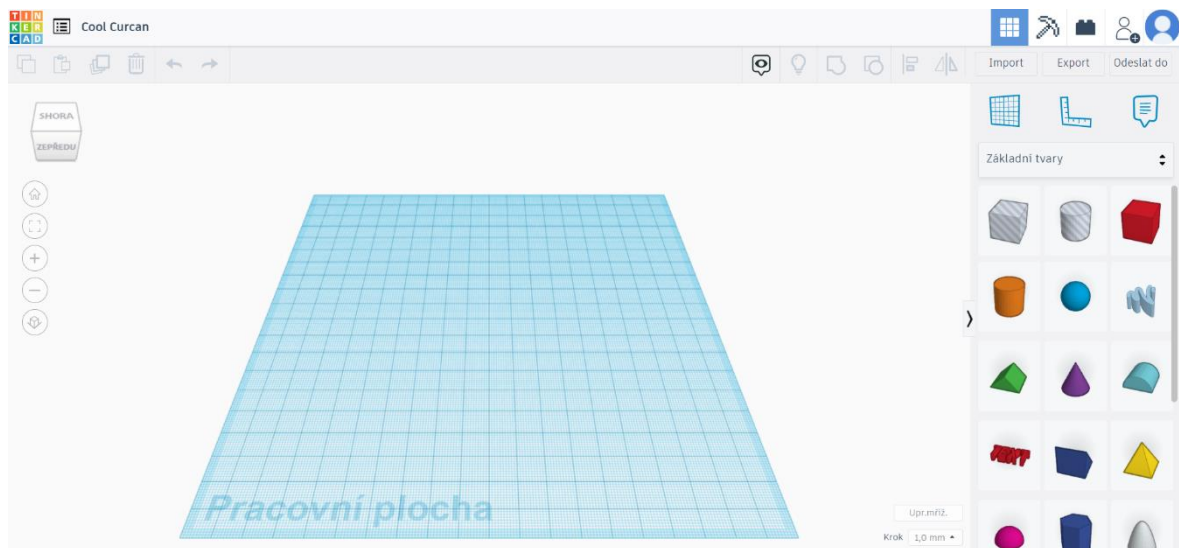
## 4.2 TINKERCAD

Jde o program, který pro tvorbu využívá formu přidávání a ořezávání jednotlivých základních tvarů do konečné podoby. Jeho možnost integrace do školství je velice působivá a lze využít nejen pro 3D modelování ale i tvorbu elektronických obvodů.

### 4.2.1 GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ A ROZLOŽENÍ GUI

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 4,75 bodu.

Graficky je program povedený. Barvy jsou zvoleny v příjemné kombinaci a je zřejmé, že je program zaměřený zejména pro školní účely. Rozložení ovládacích prvků je dobře promyšlené a umožňuje uživateli se s nimi rychle seznámit. V pravé části najdeme tabulku se základními tvary. Ty přenášíme na pracovní plochu, která zabírá většinu stránky. Nahoře pak najdeme lištu s tlačítky vpřed, vzad i dalšími. V její pravé části pak nástroje pro sjednocení či zarovnání modelů. Vlevo pak najdeme tlačítka pro přiblížení a oddálení modelu a navigační krychli, pomocí které se můžeme měnit úhel pohledu na námi vytvářený objekt.



Obrázek 2: TinkerCad – Pracovní plocha (zdroj: vlastní)

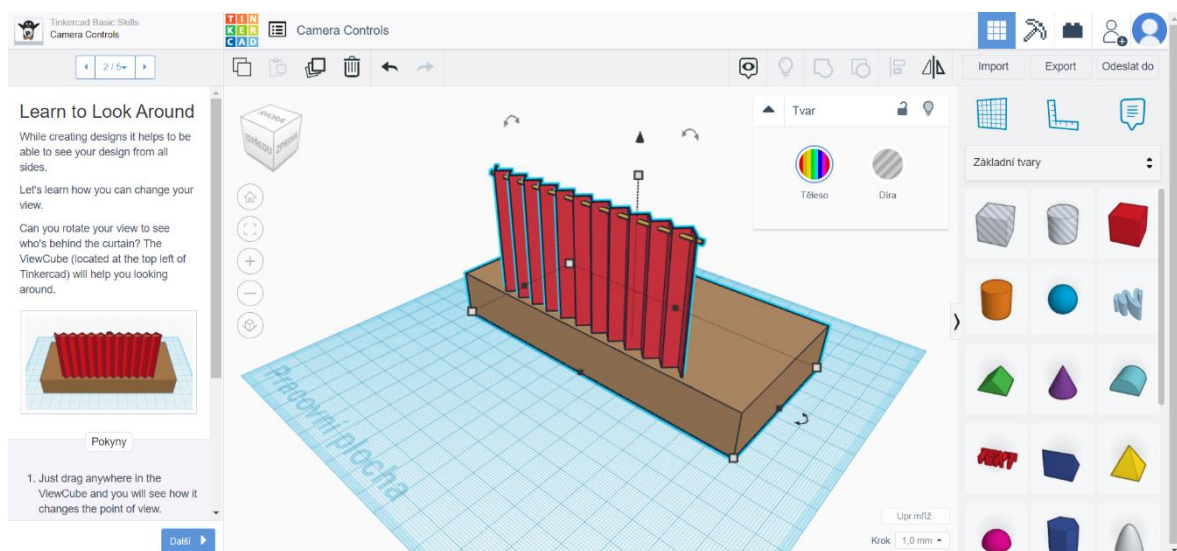
### 4.2.2 OBTÍŽNOST OVLÁDÁNÍ A INTUITIVNOST

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 4,5 bodu.

Ovládání je zcela bezproblémové. Program se chová přesně dle našeho očekávání a není zapotřebí žádného složitého hledání vhodných nástrojů a dalších ovládacích prvků. Během modelování jsme nezaznamenali žádné komplikace.

#### 4.2.3 DOSTUPNOST NÁVODŮ OD VÝVOJÁŘE

Ihned po vytvoření účtu nám program sám nabídne možnost tutoriálu, který je velmi dobře zpracován. Seznámí uživatele se základními ovládacími prvky, provádí ho uživatelským prostředím a jednotlivými funkcemi. Program tak činí naprosto srozumitelným.



Obrázek 3: TinkerCad – Tutoriál (zdroj: vlastní)

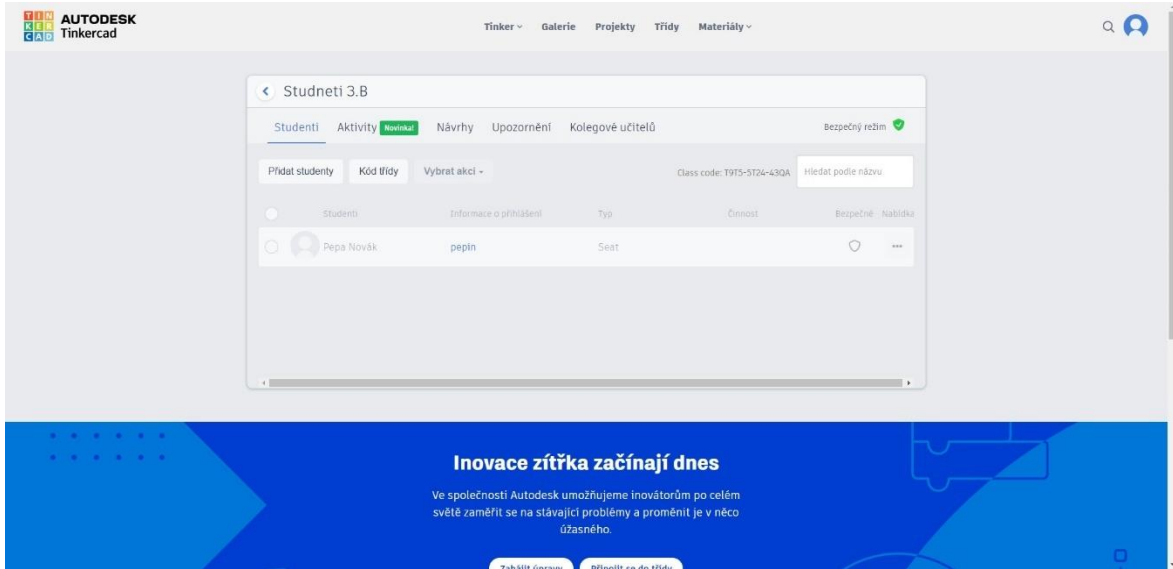
#### 4.2.4 DOSTUPNOST NÁVODŮ NA FORECH A YOUTUBE

TinkerCad má vlastní komunitní fórum, které je sice v angličtině, ale i tak začátečníkovi dokáže poradit. Na YouTube lze dohledat desítky českých návodů, pro první kroky v programu.

#### 4.2.5 VHODNOST VYUŽITÍ VE ŠKOLÁCH

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 4,5 bodu.

TinkerCad poskytuje možnost vytvořit žákovské účty a přidělovat je do různých tříd. Učitel má tak nad žáky kontrolu a může s nimi sdílet práci. Program je tedy pro využití ve škole velmi vhodný.



Obrázek 4: TinkerCad – Systém tříd (zdroj: vlastní)

#### 4.2.6 MOŽNOSTI ÚPRAVY JIŽ HOTOVÝCH MODELŮ A KOMPATIBILITA IMPORTOVANÝCH SOUBORŮ

Do programu lze naimportovat soubory typu STL, OBJ a SVG. Tyto nahrané modely lze upravovat pouze jako celky, nikoli jejich jednotlivé části. Výstupem jsou pak soubory typu STL, OBJ, SVG a GLB.

Model 3D Benchy se nám podařilo bez problémů otevřít a zakomponovat do dalších modelů.

#### 4.2.7 KOMPLEXNOST MODELŮ

Modelování probíhá formou přidávání jednotlivých základních tvarů, nebo je možné využít jeden z mnoha již hotových modelů, které jsou v programu k dispozici od ostatních uživatelů. I tak dokážeme vytvořit vcelku složité tvary. V programu najdeme i nástroj pro tvorbu závitů či ozubených kol a to díky komunitě, která tyto nástroje stvořila.

#### 4.2.8 PŘESNOST HOTOVÉHO MODELU

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 4 body.

Nejnižší jednotkou, kterou jsme v programu schopni použít je 0,1mm což je například pro 3D tisk více než dostačující hodnota. Na profesionální využití je ovšem potřeba ještě nižších jednotek.

## 4.2.9 HODNOCENÍ Z POHLEDU BUDOUCÍCH UČITELŮ

- Tester č.1:
  - Grafické zpracování – „*Program je dobře čitelný a je jasně vidět jaký rozměr se právě upravuje.*“
  - Jednoduchost ovládání a pochopení – „*Nejde upravit počátek a měřítko je od základu nastavené na velikost 1mm, což je příliš vysoká hodnota.*“
  - Vhodnost pro využití na školách – „*Pro děti bych řekl, že je velmi dobře použitelný. Chválím možnost importu přednastavených modelů a skládání pomocí LEGO kostek.*“
  - Přesnost hotového modelu – „*Hodnoty jsou stejné jako požadované.*“
  - Celkové hodnocení – „*Program hodnotím jako lepší než ostatní.*“
- Tester č.2:
  - Celkové hodnocení – „*Velmi jednoduchý na ovládání, intuitivní.*“
- Tester č.3:
  - Grafické zpracování – „*Krásně zpracované prostředí, jak barevně, tak rozložením.*“
  - Jednoduchost ovládání a pochopení – „*Ovládání jde snadno pochopit, zvládne to i malé dítě.*“
  - Vhodnost pro využití na školách – „*Rozhodně ano, umožňuje i tvorbu obvodů například na fyziku, takže super.*“
  - Přesnost hotového modelu – „*0.1mm je super ale rád bych setiny milimetru.*“
  - Celkové hodnocení – „*Určitě ho využiji i v budoucnu, moc se mi líbí.*“
- Tester č.4:
  - Grafické zpracování – „*Prostředí je spíše dětské, ale pěkně zpracované*“
  - Jednoduchost ovládání a pochopení – „*Jednoduché*“

- Vhodnost pro využití na školách – „základní škola“
- Celkové hodnocení – „Trvalo mi opravdu jen chvíli zjistit jak tento program funguje“

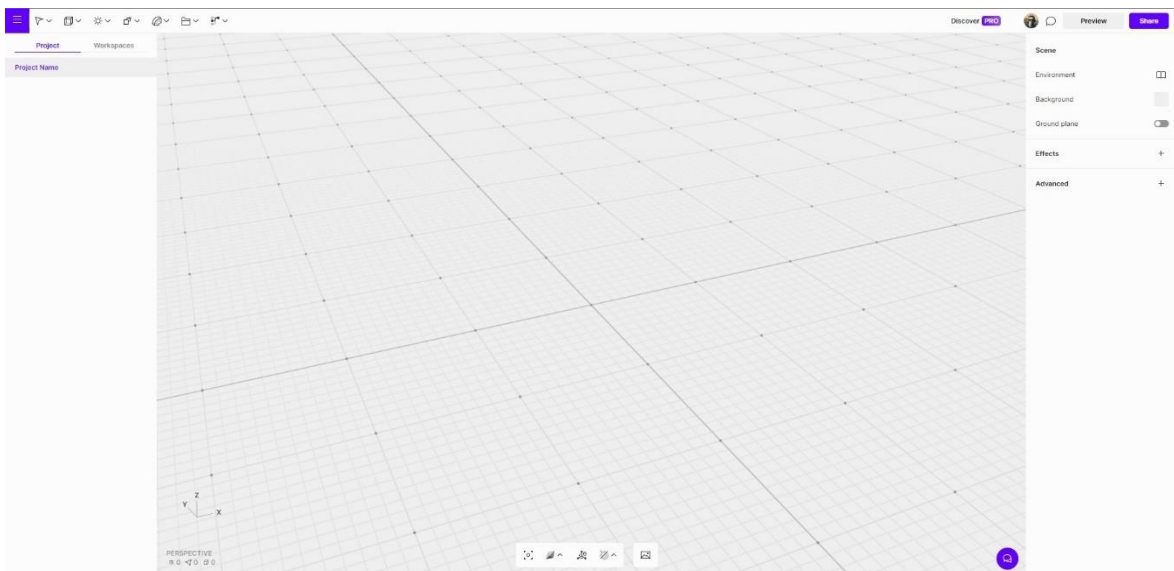
### 4.3 VECTARY

Vectary je program pro modelování objektů zejména pro reklamní účely. Lze ale použít také pro 3D tisk. Nevýhodou je poměrně často se měnící prostředí. Jelikož jde o open-source projekt tak dochází ke změnám poměrně často a nelze tak využít například rok starého návodu, jelikož již daná funkce neexistuje nebo byla přesunuta jinam.

#### 4.3.1 GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ A ROZLOŽENÍ GUI

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 3,25 bodu.

Vzhled programu sází na jednoduchost. Barevné schéma je velmi jednoduché a nijak křiklavé. V levém horním rohu najdeme většinu ovládacích tlačítek a nástrojů. Pod nimi je seznam objektů a transformací. Vpravo pak najdeme blok s parametry a nastaveními pro právě vybraný objekt. Uprostřed je pracovní plocha a v její dolní části jsou tlačítka pro zarovnání, volbu pohledu a vykreslování stínů. V jejich těsné blízkosti jsou vyobrazeny osy pro lepší orientaci v prostoru.



Obrázek 5: Vectary – Pracovní plocha (zdroj: vlastní)

#### 4.3.2 OBTÍŽNOST OVLÁDÁNÍ A INTUITIVNOST

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 3,25 bodu.

Pohyb v prostoru je intuitivní. Je rychle a snadno naučitelný. Ovládání pro úpravu objektu je dobře graficky znázorněno, a proto není problém program jednoduše ovládat.

#### 4.3.3 DOSTUPNOST NÁVODŮ OD VÝVOJÁŘE

Od vývojáře najdeme návody pouze ve formě videa na YouTube, kde jsou ukázány spíše pokročilé funkce. Toto video neseznamuje uživatele se základním fungováním programu a pro začátečníky je tak zcela nepoužitelné.

#### 4.3.4 DOSTUPNOST NÁVODŮ NA FORECH A YOUTUBE

Program má velkou komunitu, která si aktivně pomáhá a rozvíjí celý projekt. Na YouTube najdeme sice dostatek návodů ale vzhledem k tomu, že je program stále ve vývoji tak bývají návody starší než rok a tudíž už nepoužitelné. Ovládací prvky se mění dle požadavků komunity, ale nově příchozí člen může být zmaten.

#### 4.3.5 VHODNOST VYUŽITÍ VE ŠKOLÁCH

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 3 body.

Pro školy program určen primárně není a jeho využití ve škole můžeme doporučit v rámci výtvarného umění na střední škole. Ovládání není těžké, ale celkově program působí spíše dojmem, že se jedná o nástroj pro tvorbu plakátů, bannerů, poutačů a dalších reklamních prvků a modelování scén pro animace. Rozdělení žáků do skupin zde bohužel není dostupné.

#### 4.3.6 MOŽNOSTI ÚPRAVY JIŽ HOTOVÝCH MODELŮ A KOMPATIBILITA IMPORTOVANÝCH SOUBORŮ

Do programu lze nahrát soubory následujících typů: FBX, GLTF, OBJ, STL, DAE, HDR, JPG, PNG a SVG. Modely lze upravovat jako celek nebo jejich části. Lze vybrat například část koule tvořené trojúhelníky v případě souboru STL a upravit jejich rozměry, tvar či pozici.

Model 3D Benchy se i zde podařilo správně nahrát a dále upravovat.

#### 4.3.7 KOMPLEXNOST MODELŮ

Vzhledem k možnosti úpravy jednotlivých segmentů objektu a k stromovému uspořádání modelů lze vytvářet složité tvary a objekty. K tomu je ale zapotřebí trpělivost a čas, jelikož to není tak jednoduché, jak se může zdát. Pro některé technické účely, nebo jiné využití se však může hodit.

#### 4.3.8 PŘESNOST HOTOVÉHO MODELU

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 3,5 bodu.

Přesnost je zde opravdu vysoká, lze vytvářet modely s přesností na jednu setinu milimetru, která je pro účely výuky a 3D tisku možná i zbytečná ale pro určité případy, kdy potřebujeme přesnost co nejvyšší se jistě hodí.

#### 4.3.9 HODNOCENÍ Z POHLEDU BUDOUCÍCH UČITELŮ

- Tester č.1:
  - Grafické zpracování – *„Text v pracovním poli nejde přečíst, ale zbytek prostředí je vcelku použitelný.“*
  - Jednoduchost ovládání a pochopení – *„Špatné, špatně se orientuje v programu i v jeho funkcích.“*
  - Vhodnost pro využití na školách – *„Pro vyšší třídy nebo střední školy ano, pro základní školy se zdá nevhodné.“*
  - Přesnost hotového modelu – *„Velikosti jsou stejné“*
  - Celkové hodnocení – *„Program hodnotím jako celkově dostačující.“*
- Tester č.2:
  - Celkové hodnocení – *„Ničím unikátní, podle mě je to horší verze Tinkercadu.“*
- Tester č.3:
  - Grafické zpracování – *„Jednoduché ale nezajímavé.“*
  - Jednoduchost ovládání a pochopení – *„Trvalo mi ho pochopit, a i tak nic moc.“*



- Vhodnost pro využití na školách – „*Spiš reklamní produkty nebo na nějaké designové škole.*“
- Přesnost hotového modelu – „*Přesnost dobrá ale nevím, jak odebrat zakulacené rohy.*“
- Celkové hodnocení – „*Celkově program nenadchne, ale za zkoušku stojí.*“
- Tester č.4:
  - Grafické zpracování – „*Hezký, jednoduché*“
  - Jednoduchost ovládání a pochopení – „*Jednoduché*“
  - Vhodnost pro využití na školách – „*střední škola*“
  - Celkové hodnocení – „*Libila se mi možnost úpravy materiálů*“

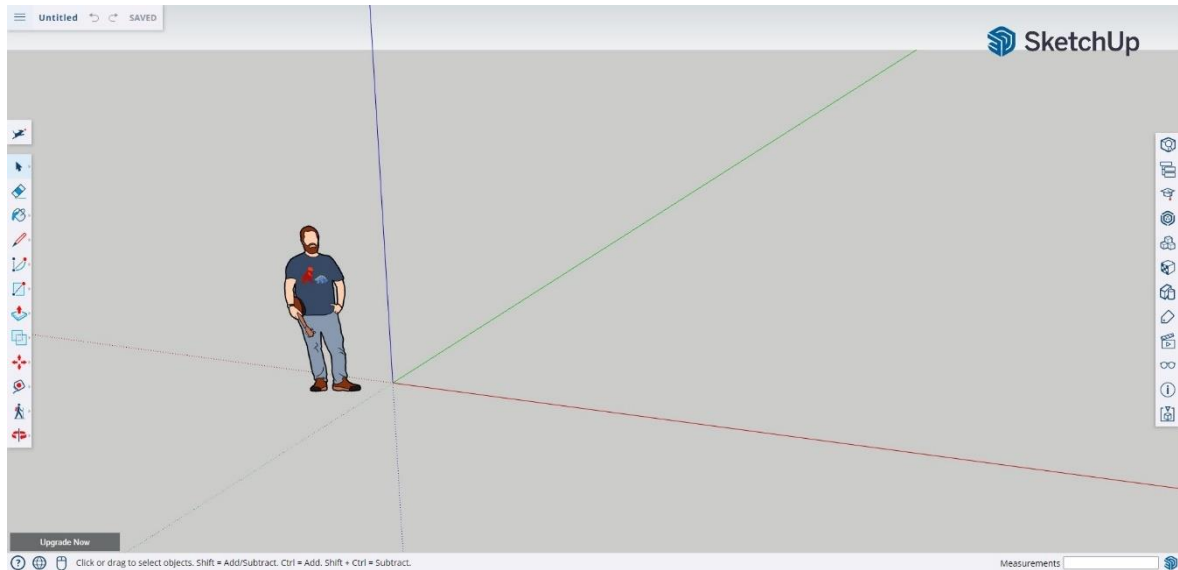
#### 4.4 SKETCHUP FOR WEB

Plnohodnotná verze tohoto programu je často používána pro architektonické návrhy. Její bezplatná verze slouží v podstatě pro stejné účely, ale v jednodušším provedení ovládacích prvků a lepší dostupnosti díky online prostředí. Plná verze je náročnější a je zapotřebí ji instalovat jako aplikaci do PC.

##### 4.4.1 GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ A ROZLOŽENÍ GUI

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 3,25 bodu.

Grafické rozhraní tohoto programu postrádá pestrobarevnost, nabízí decentní a příjemné prostředí. Po spuštění nás přivítá čistá pracovní plocha, na které najdeme pouze tři základní osy a stojícího člověka pro představu o měřítku. V levé části se nachází panel nástrojů obsahující všechny potřebné nástroje pro naši práci. Nad ním v levém rohu najdeme tlačítko pro vyvolání hlavní nabídky a vedle něj název projektu. Šipka zpět a vpřed a následně tlačítko pro uložení projektu. Napravo se pak nachází druhý panel nástrojů, s pokročilejším nastavením jednotlivých objektů jako je například textura, stín, značky a možnosti pro zobrazení vykresleného objektu ve 3D prostředí. Dole najdeme nápovědu, výběr jazyka a ovládání, textovou nápovědu pro ovládání aktuálního nástroje, a nakonec pole s rozměry aktuálně tvořeného objektu.



Obrázek 6: SketchUp – Pracovní plocha (zdroj: vlastní)

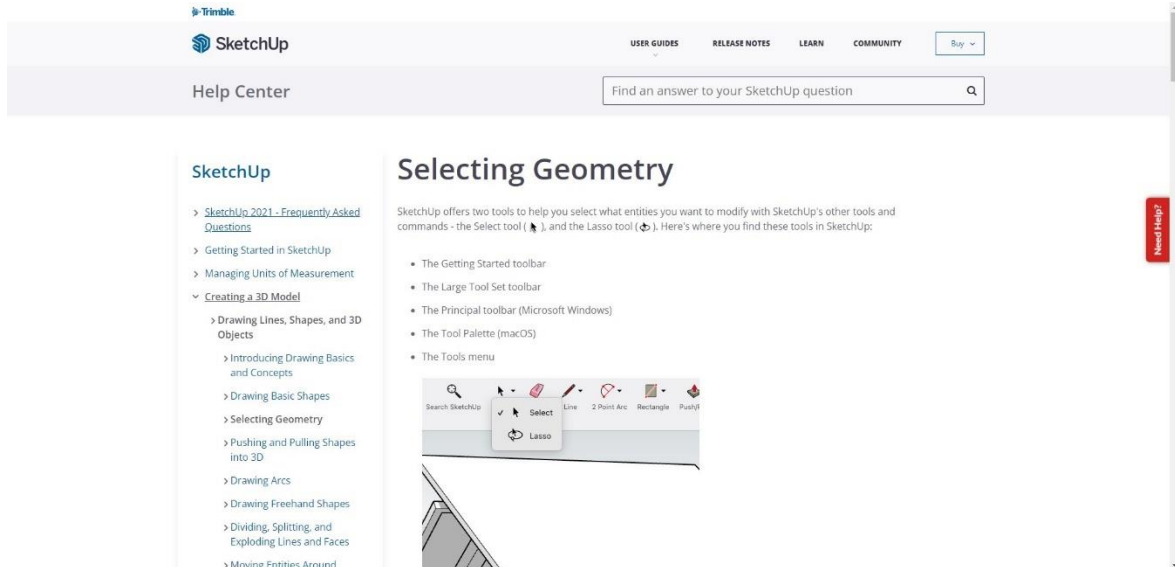
#### 4.4.2 OBTÍŽNOST OVLÁDÁNÍ A INTUITIVNOST

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 3,5 bodu.

V prvních pěti minutách se program ukázal jako jednoduše pochopitelný, nikde se však nezobrazuje možnost pro ruční zadávání rozměrů. Tato možnost není nikde dobře vyobrazena a je zapotřebí ihned po vytvoření objektu na klávesnici napsat rozměry oddělené čárkou. To je dosti neintuitivní a nepřehledný způsob zadávání. Zbytek základních prvků ovládání je jasný a přehledný. Síla tohoto programu ovšem spočívá v obrovské knihovně modelů od jiných uživatelů, které můžeme na pracovní plochu jednoduše vložit a upravovat.

#### 4.4.3 DOSTUPNOST NÁVODŮ OD VÝVOJÁŘE

Přímo v aplikaci najdeme přítomného průvodce pro základní vysvětlení funkcí jednotlivých tlačítek a ovládání programu. Pro bližší informace či pomoc je možné navštívit centrum pomoci na webu vývojáře. Další možností je využít videa nahraná na YouTube, ve kterých se můžeme naučit i pokročilejší funkce a použití.



Obrázek 7: SketchUp – Centrum pomoci (zdroj: vlastní)

#### 4.4.4 DOSTUPNOST NÁVODŮ NA FORECH A YOUTUBE

Existuje oficiální komunitní stránka přímo na webu vývojáře a ostatní uživatelé zde velmi ochotně pomohou s čímkoliv. Na YouTube opět najdeme velké množství video návodů pro začátečníky ale i pokročilé uživatele.

#### 4.4.5 VHODNOST VYUŽITÍ VE ŠKOLÁCH

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 3,5 bodu.

V programu se pracuje příjemně a modelování v něm není nijak složité. Velkou nevýhodou ovšem spatřujeme v takřka nemožném zadávání rozměrů. Proto bychom program pro využití ve školství doporučili jen částečně, a to sice pouze pro rychlý náčrt modelovaného objektu, nikoli pro precizní modelování. I přes složitější zadávání rozměrů jej však nemůžeme zcela zavrhnout. Díky široké nabídce objektů, umožňuje snadno navrhovat domy a interiéry. Děti si tak mohou vlastně hrát a modelovat vlastní domy, zahrady, nebo zátiší. Takto vlastně program poskytuje žákům možnost se seznámit s 3D modelováním zábavnou formou.

#### 4.4.6 MOŽNOSTI ÚPRAVY JIŽ HOTOVÝCH MODELŮ A KOMPATIBILITA IMPORTOVANÝCH SOUBORŮ

Program podporuje import základních 3D souborů, ale spousta dalších je dostupná až v placené verzi. I když program tvrdí, že soubory typu STL lze vkládat až ve vyšší verzi, tak se nám bez jakéhokoli upozornění podařilo soubor vložit. Soubory typu OBJ lze vložit

na pracovní plochu až v placené verzi. Vložené objekty lze upravovat na úrovni jednotlivých uzlů a stěn což je velice užitečná funkce. Export hotových modelů lze provést do mnoha formátů (OBJ, 3SD, STL,...) a případně je lze uložit jako fotografii ve formátu PNG.

Tentokrát se model 3D Benchy podařilo sice nahrát, ale nahrávání trvalo mnohonásobně déle než v jiných programech. Výhodou ovšem bylo, že šlo upravit i model samotný, a to v jakékoli jeho části.

#### 4.4.7 KOMPLEXNOST MODELŮ

Program nabízí možnost editace jednotlivých uzlů a objektů a lze v něm vytvořit obdivuhodné modely. V programu lze takřka bez problémů vymodelovat celý rodinný dům včetně vybavení. Pro menší objekty se záměrem 3D tisku bude ale lepší použít jiný program.

Nástroj pro vytváření ozubených kol se zde nenachází. Šrouby ani závitky zde také nevytvoříme.

#### 4.4.8 PŘESNOST HOTOVÉHO MODELU

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 3,25 bodu.

Už jen zadávání rozměrů a výběr jednotek je nepřehledný. Zadání jednotek je možné pouze při vytvoření objektu a změna jednotek je možná pouze s vytvořením nového projektu. Nejnižší jednotkou pro modelování je 1mm, a proto je pro modelování za účelem 3D tisku skoro nepoužitelný. Pokud ovšem hotový objekt po manuálním zadání hodnot vyexportujeme, tak model ukazuje hodnoty s přesností na 4 desetinná místa. Pokud by byl schopen tuto informaci program zobrazit během vytváření modelu, získal by plný počet bodů. Bohužel je dobré mít tyto přesné rozměry k dispozici během modelování, ne až při zobrazení výsledného objektu.

#### 4.4.9 HODNOCENÍ Z POHLEDU BUDOUCÍCH UČITELŮ

- Tester č.1:
  - Grafické zpracování – „Dobrá přehlednost a vše dobře rozložené.“
  - Jednoduchost ovládání a pochopení – „Orientace je velmi jednoduchá.“

- Vhodnost pro využití na školách – *„Využitelnost na středních i základních školách.“*
- Přesnost hotového modelu – *„Velikosti jsou stejné“*
- Celkové hodnocení – *„Program hodnotím jako výborný.“*
- Tester č.2:
  - Vhodnost pro využití na školách – *„Celkem dost složitý, nemohu doporučit pro mladší studenty.“*
  - Celkové hodnocení – *„Práce s hranami a stěnami místo celých objektů, umožňuje relativně snadno vytvářet i složitější tvary“*
- Tester č.3:
  - Grafické zpracování – *„Skoro bez barev, ale přehledné.“*
  - Jednoduchost ovládání a pochopení – *„Dlouho trvá než se s programem uživatel sžije, ale pak to jde.“*
  - Vhodnost pro využití na školách – *„Pro architektonické návrhy ideální.“*
  - Přesnost hotového modelu – *„1mm je mizerné měřítko“*
  - Celkové hodnocení – *„Osobně ho nepoužiji. Nelíbí se mi ovládání ani prostředí.“*
- Tester č.4:
  - Grafické zpracování – *„Nepřehledné“*
  - Jednoduchost ovládání a pochopení – *„Zbytečně složité ovládání, potřeba stahování objektů.“*
  - Vhodnost pro využití na školách – *„Nevhodné, kvůli stahování a zbytečné složitosti“*

## 4.5 BLOCKSCAD

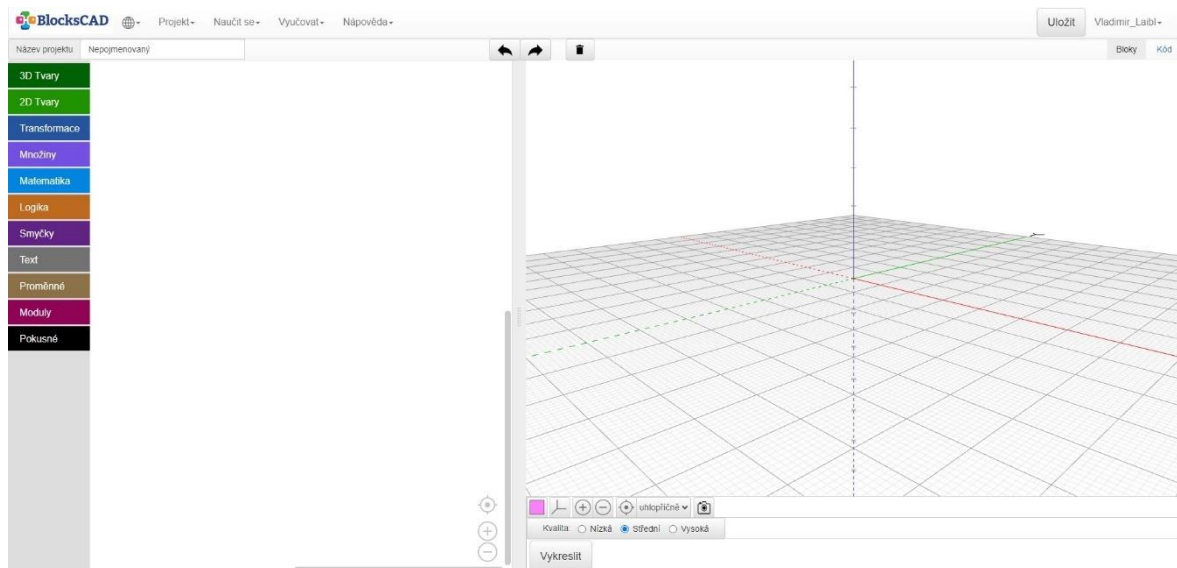
Tato aplikace se velice podobá aplikaci Scratch, která slouží pro výuku základů programování. Její ovládací panely, prvky i samotné ovládání jsou si velmi podobné.

Program využívá textových bloků, které umísťujeme na pracovní plochu, jakožto základ pro následné vytvoření 3D objektů.

#### 4.5.1 GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ A ROZLOŽENÍ GUI

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 3,75 bodu.

Zpracování je opravdu jednoduché a velmi přehledné. Obrazovka je rozdělena na dvě pracovní plochy. Do té nalevo umísťujeme textové příkazy z hlavní nabídky. Vpravo pak najdeme 3D prostředí s objektem vytvořeným z našeho kódu. V hlavní nabídce můžeme najít 3D a 2D tvary, logické funkce, transformace a další možnosti



Obrázek 8: BlocksCad – Pracovní plocha (zdroj: vlastní)

#### 4.5.2 OBTÍŽNOST OVLÁDÁNÍ A INTUITIVNOST

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 3,25 bodu.

Program je svým stylem ovládání a vykreslování objektů podobný programu Scratch, který je často používán pro základní výuku algoritmů a programování. Jednoduché ovládání formou přenášení textových bloků s definovanými rozměry na pracovní plochu a následné překreslení do 3D prostoru je snadno naučitelné. Složitost lze spatřit v nutnosti dobré prostorové představivosti uživatele. Bez ní se jedná spíše o odhadování pozice objektů před a po vykreslení.

## 4.5.3 DOSTUPNOST NÁVODŮ OD VÝVOJÁŘE

Na oficiálním kanálu YouTube se nachází ucelený seznam návodů pro práci v tomto programu. Pro předplatitele verze Education je pak k dispozici i oficiální manuál, který pro verzi zdarma dostupný není. Program obsahuje i jednotlivé lekce rozdělené na verzi pro studenty a učitele, ale opět jen v omezeném množství pro základní verzi programu.


**Project: Snowman** Transforms: Translate

**Can you make a snowman?**


**Getting Started:**

Start with the snowman's body. What shape should you use?

To move a shape, put it inside a translate block. Which axis should you move the shape along?






**Use These Blocks!**




**Think About It!**

- What would happen if you translated the spheres along the X or Y axis?
- Does the size of the snowman matter?
- How could you add eyes or buttons to your snowman?

**Now Try This!**



Obrázek 9: BlocksCad – Lekce pro studenty (zdroj: vlastní)

## 4.5.4 DOSTUPNOST NÁVODŮ NA FORECH A YOUTUBE

Díky velmi dobrým návodům přímo od vývojáře takřka není potřeba vytvářet návody třetích stran. Komunita je ovšem na oficiálních stránkách aktivní a sama vymýšlí nové lekce pro učitele a jejich studenty.

#### 4.5.5 VHODNOST VYUŽITÍ VE ŠKOLÁCH

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 3,5 bodu.

Program je z velké části zaměřen právě na školy a výuku, proto bychom využití ve školství mohli doporučit. Pro základní výuku modelování a lepší prostorovou představivost je více než vhodný. Dále program nabízí možnost rozřazení studentů do tříd, bohužel i tato funkce je zpoplatněna.

#### 4.5.6 MOŽNOSTI ÚPRAVY JIŽ HOTOVÝCH MODELŮ A KOMPATIBILITA IMPORTOVANÝCH SOUBORŮ

Do programu lze importovat pouze soubory typu STL se kterými pak můžeme pracovat. Úprava jednotlivých stěn či segmentů bohužel není možná. Export je umožněn do souborů OBJ, STL, X3D a AMF.

Program neměl žádný problém s nahráním 3D Benchy, ale její vykreslení na plátně trvalo déle. Nakonec se ale podařilo a bylo možné ji do celého projektu zakomponovat.

#### 4.5.7 KOMPLEXNOST MODELŮ

Objekt vytvořený v tomto programu může být tak složitý a komplexní, jak jen jsou velké naše schopnosti ve skládání programových bloků a logického přemýšlení. Posouvání objektů v prostoru je řešeno pouze zadáváním hodnot a nikoliv fyzickým posunem objektu. Tím je ovládání sice ztíženo a zároveň odlišné od ostatních programů, ale nedochází tak k chybám způsobeným špatným posunutím objektu, kdy u jiných programů se může stát, že uživatel špatně odhadne polohu objektu v prostoru a posune jej i po jiné ose, než původně zamýšlel. Následně zjistí, že se různé části modelu zdánlivě dotýkají při jednom úhlu pohledu, při jiném však zjistí, že tomu tak není. Nástroj pro tvorbu ozubených kol ani jiných složitějších tvarů zde nenajdeme.

#### 4.5.8 PŘESNOST HOTOVÉHO MODELU

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 4,5 bodu.

Nejmenší naměřená velikost v programu měla 15 desetinných míst milimetru, a to je pro naše využití příliš. Mezi testovanými programy tak nemá konkurenci.

#### 4.5.9 HODNOCENÍ Z POHLEDU BUDOUCÍCH UČITELŮ

- Tester č.1:



- Grafické zpracování – „*Velmi přehledné díky použitým blokům.*“
- Jednoduchost ovládání a pochopení – „*Jednoduchá orientace ale škoda, že funkce jsou jen anglicky.*“
- Vhodnost pro využití na školách – „*Na středních školách určitě a na základních školách ve vyšších ročnících.*“
- Přesnost hotového modelu – „*velikosti jsou stejné*“
- Celkové hodnocení – „*Program hodnotím jako lepší než ostatní.*“
- Tester č.2:
  - Jednoduchost ovládání a pochopení – „*Pro lidi, kteří nerozumí algoritmizaci a schématům je ovládání dost složité.*“
  - Přesnost hotového modelu – „*Perfektní přesnost díky zadávání rozměrů a pozic.*“
  - Celkové hodnocení – „*Velmi zajímavé využití "programování" jednotlivých objektů.*“
- Tester č.3:
  - Grafické zpracování – „*Velmi příjemné barvy a přehledné.*“
  - Jednoduchost ovládání a pochopení – „*Je potřeba zapojit hlavu ale je to v podstatě Scratch.*“
  - Vhodnost pro využití na školách – „*Určitě už u malých dětí by posloužil dobře.*“
  - Přesnost hotového modelu – „*Naprosto skvělá, umí tvořit přesněji, než potřebuji.*“
  - Celkové hodnocení – „*Skvělý nápad s ovládáním programu pomocí bloků.*“
- Tester č.4:
  - Grafické zpracování – „*Nevykresluje se samo*“
  - Jednoduchost ovládání a pochopení – „*Ovládání složitější, výhoda češtiny*“

- Vhodnost pro využití na školách – „Na základní školu nevhodné, na střední lze najít lepší“
- Celkové hodnocení – „I SolidWorks má snazší ovládání“

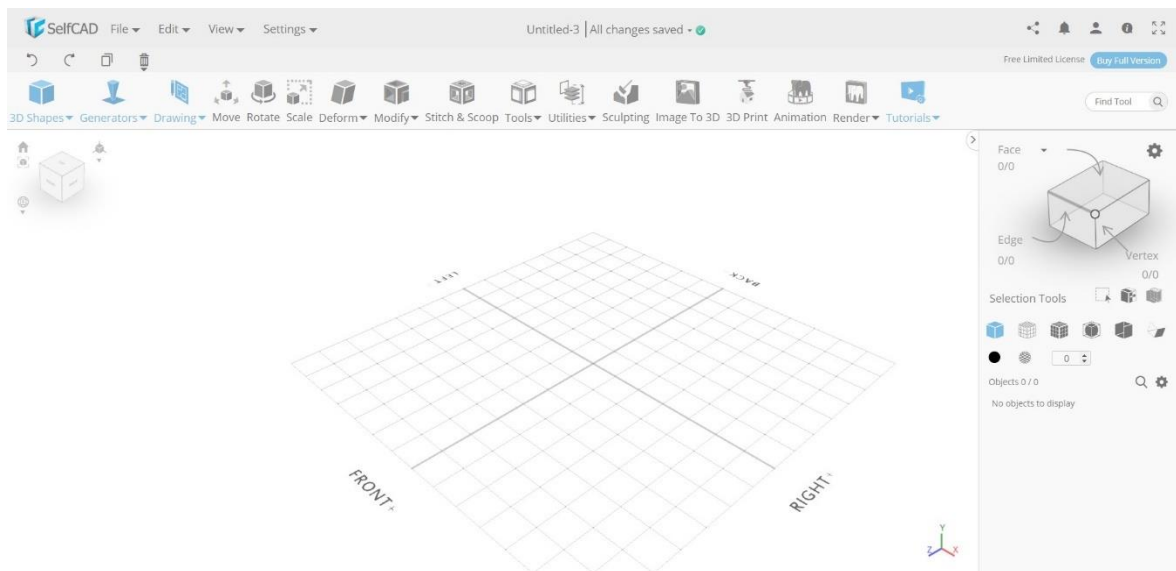
## 4.6 SELFCAD

Tato aplikace se nejvíce podobá profesionálním programům jako je Autodesk a SolidWorks. Její vzhled předpokládá využití spíše u starších studentů než u malých dětí. Program velmi zaujme svou širokou podporou pro nahrání a export hotových modelů.

### 4.6.1 GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ A ROZLOŽENÍ GUI

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 3,5 bodu.

Barevná škála programu je velmi zúžena ale i tak vypadá prostředí velmi dobře. V horní části najdeme základní ovládací prvky programu a pod nimi najdeme lištu, která obsahuje veškeré potřebné nástroje pro modelování. Ty jsou vyobrazeny pomocí přehledných ikon a jednoduchého režimu podbarvování, když jsou zrovna dostupné. Vpravo vidíme panel se seznamem objektů a možností úprav jejich vlastností. Pracovní plocha je opatřena ukazateli stran a také 3D osou pro lepší orientaci.



Obrázek 10: SelfCad – Pracovní plocha (zdroj: vlastní)

### 4.6.2 OBTÍŽNOST OVLÁDÁNÍ A INTUITIVNOST

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 3,75 bodu.

Ovládání je celkem jednoduché, avšak se od ostatních programů podstatně liší. Tato odlišnost je spíše na škodu než užitek. Po každé provedené akci s objektem je zapotřebí změnu uložit a až poté je nám nabídnuto vybrat další nástroj či provést jinou editaci. Pro potvrzení je potřeba stlačit tlačítko v levé části vyskakovacího panelu pro tvorbu, nebo potvrdit vyskakovací okno.

#### 4.6.3 DOSTUPNOST NÁVODŮ OD VÝVOJÁŘE

Přímo na webu vývojáře najdeme zodpovězené často kladené dotazy a následně i celou sadu interaktivních návodů pro tvorbu různých modelů. Návodů jsou přehledně vytvořené a naučí nového uživatele více než pouhé video. Videí ale najdeme také spousty, a to sice na oficiálním YouTube kanálu vývojáře. Aplikace také obsahuje

#### 4.6.4 DOSTUPNOST NÁVODŮ NA FORECH A YOUTUBE

Fórum pro tento program bohužel není dostupné, ale nahrazuje jej existence aktivní poradny FAQ přímo na webu vývojáře. Na YouTube několik návodů najdeme ale bohužel jich není tolik jako u ostatních programů.

#### 4.6.5 VHODNOST VYUŽITÍ VE ŠKOLÁCH

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 3,25 bodu.

Pro využití ve škole se program jeví jako vhodný. Na první pohled už nejde o program, který by měl být používán na základní škole ale spíše na středních školách a gymnáziích.

#### 4.6.6 MOŽNOSTI ÚPRAVY JIŽ HOTOVÝCH MODELŮ A KOMPATIBILITA IMPORTOVANÝCH SOUBORŮ

Program SelfCad poskytuje možnost vkládání hotových modelů v takřka kterémkoli aktivně používaném formátu pro 3D modelování, ale bohužel nejdou samy o sobě nijak upravovat. Jsou vloženy jako samostatný objekt a úprava je možná sloučením či oříznutím s dalšími modely. Pro výstup z programu můžeme zvolit některý z mnoha podporovaných formátů 3D objektů, či obyčejný obrázek ve formátu PNG.

3D Benchy se opět korektně nahrála a šla přidat do modelovaného objektu.

#### 4.6.7 KOMPLEXNOST MODELŮ

Jelikož lze jakkoli kombinovat a upravovat veškeré modely, je možné vytvářet velice propracované modely, které mohou být využity skoro kdekoliv. Program nabízí i možnost tvorby ozubených kol, šroubů či matic.

#### 4.6.8 PŘESNOST HOTOVÉHO MODELU

Průměrné hodnocení budoucích učitelů: 4,75 bodu.

Model lze vytvořit s přesností 0.01mm, a proto se jedná o vhodný program pro modelování zaměřené na 3D tisk. Objekty lze jakkoli kombinovat, protínat a ořezávat a je přítomna i funkce pro tvorbu sochy, díky které může být model ještě komplexnější.

#### 4.6.9 HODNOCENÍ BUDOUCÍCH UČITELŮ

- Tester č.1:
  - Grafické zpracování – *„Celkově přehledné ale na druhou stranu je takové zmatené.“*
  - Jednoduchost ovládání a pochopení – *„Orientace je celkem v pořádku, vše, co potřebuji je vidět hned.“*
  - Vhodnost pro využití na školách – *„Použitelný, škoda že je jen anglicky.“*
  - Přesnost hotového modelu – *„Velikosti jsou stejné.“*
  - Celkové hodnocení – *„Program hodnotím jako dobrý.“*
- Tester č.2:
  - Přesnost hotového modelu – *„Perfektní přesnost díky zadávání rozměrů a pozic.“*
  - Celkové hodnocení – *„Chválím zejména přesné zadávání souřadnic.“*
- Tester č.3:
  - Grafické zpracování – *„Krásné prostředí jako v CAD programech“*
  - Jednoduchost ovládání a pochopení – *„Ovládání jde občas ztuha ale zvyknu si.“*

- Vhodnost pro využití na školách – *„Raději bych to používal profesionálně nebo na vysoké škole.“*
- Přesnost hotového modelu – *„Plně vyhovuje.“*
- Celkové hodnocení – *„Neohromí ani neurazí.“*
- Tester č.4:
  - Grafické zpracování – *„Hezké, jednoduché“*
  - Jednoduchost ovládání a pochopení – *„Jednoduché“*
  - Vhodnost pro využití na školách – *„Přehledné a jednoduché ovládání, takže vhodné“*
  - Celkové hodnocení – *„Vhodné pro základní modelování jednoduchých objektů.“*

## 5 PŘEDSTAVENÍ VÝSLEDKŮ TESTOVÁNÍ

V této kapitole si představíme získaná data a výsledky z našeho testování. Zahrneme i výsledky z testování budoucích učitelů.

### 5.1 POTŘEBNÁ ODBORNOST PRO PRÁCI S PROGRAMY

Žádný z programů nebyl tak náročný na ovládání, aby po nás byla vyžadována určitá vyšší odbornost. Práci s některými z programů zvládne i dítě na prvním stupni ZŠ. Některé programy jsou ovšem vhodnější spíše pro střední školy, jak jsme zjistili z našeho testování ze strany budoucích učitelů.

### 5.2 ZÁKLADNÍ HODNOCENÍ

Nyní provedeme bodové hodnocení, korespondující s textovým hodnocením v předchozí kapitole dle předem zadané škály.

	TinkerCad	Vectary	SketchUp For Web	BlocksCad	SelfCad
Grafické zpracování a rozložení GUI	5	3	4	5	4
Obtížnost ovládání a intuitivnost	5	4	3	5	3
Dostupnost návodů od vývojáře	5	3	4	4	5
Dostupnost návodů na forech a YouTube	5	3	5	3	2
Vhodnost využití ve školách	4	2	2	3	2
Možnost úpravy již hotových modelů a kompatibilita importovaných souborů	4	5	5	2	4
Komplexnost modelů	5	3	3	1	5
Přesnost hotového modelu	3	4	3	5	4

Tabulka 1: Základní hodnocení

### 5.3 HODNOCENÍ UČITELŮ

V této kapitole najdeme jednotlivá bodová hodnocení programů budoucími učiteli.

<b>TinkerCad – 71 bodů</b>	Tester 1	Tester 2	Tester 3	Tester 4	Součet
Grafické zpracování	4	5	5	5	19
Jednoduchost ovládání a pochopení	3	5	5	5	18
Vhodnost pro využití na školách	4	5	5	4	18
Přesnost hotového modelu	5	4	4	3	16

Tabulka 2: Hodnocení programu TinkerCad respondenty

<b>Vectary – 52 bodů</b>	Tester 1	Tester 2	Tester 3	Tester 4	Součet
Grafické zpracování	2	3	3	5	13
Jednoduchost ovládání a pochopení	1	4	3	5	13
Vhodnost pro využití na školách	2	3	2	5	12
Přesnost hotového modelu	5	3	3	3	14

Tabulka 3: Hodnocení programu Vectary respondenty

<b>SketchUp For Web – 54 bodů</b>	Tester 1	Tester 2	Tester 3	Tester 4	Součet
Grafické zpracování	5	3	3	2	13
Jednoduchost ovládání a pochopení	5	3	3	3	14
Vhodnost pro využití na školách	5	2	4	3	14
Přesnost hotového modelu	5	3	2	3	13

Tabulka 4: Hodnocení programu SketchUp for Web respondenty

<b>BlocksCad – 60 bodů</b>	Tester 1	Tester 2	Tester 3	Tester 4	Součet
Grafické zpracování	4	4	5	2	15
Jednoduchost ovládání a pochopení	3	2	4	4	13
Vhodnost pro využití na školách	4	3	4	3	14
Přesnost hotového modelu	5	5	5	3	18

Tabulka 5: Hodnocení programu BlocksCad respondenty

<b>SelfCad – 61 bodů</b>	Tester 1	Tester 2	Tester 3	Tester 4	Součet
Grafické zpracování	2	3	4	5	14
Jednoduchost ovládání a pochopení	3	4	3	5	15
Vhodnost pro využití na školách	3	3	2	5	13
Přesnost hotového modelu	5	5	4	5	19

Tabulka 6: Hodnocení programu SelfCad respondenty

#### 5.4 CELKOVÝ POČET BODŮ

	Pohled autora	Od učitelů	Celkem
TinkerCad	36	71	107
Vectary	27	52	79
SketchUp for Web	27	54	81
BlocksCad	28	60	88
SelfCad	29	61	90

Tabulka 7: Celkový počet získaných bodů

#### 5.5 POROVNÁNÍ FUNKCÍ PROGRAMŮ

Nyní si shrneme hlavní funkce a vlastnosti programů do jedné tabulky. Ta nám poslouží jako základní žebříček pro rozhodování při výběru, který z programů se pro tvorbu modelu hodí nejvíce.

	TinkerCad	Vectary	SketchUp For Web	BlocksCad	SelfCad
Import STL modelů	✓	✓	✓	✓	✓
Import OBJ modelů	✓	✓	×	×	✓
Nástroj pro tvorbu ozubených kol	✓	×	×	×	✓
Nástroj pro tvorbu závitů	×	×	×	×	✓
Přesnost	0.1mm	0.01mm	1mm	1×10-15mm	0.01mm
Rozdělení žáků do tříd či napojení na Google Classroom	✓	×	×	×	×

Tabulka 8: Porovnání hlavních funkcí a vlastností



## 5.6 SHRNU TÍ VÝSLEDKŮ

Z našeho testování nejlépe vychází program TinkerCad. Vzhledem k jeho možnosti práce se skupinami a přívětivému prostředí ho tak můžeme doporučit nejen pro domácí použití ale také pro výuku ve škole. Program disponuje nástrojem pro tvorbu závitů i ozubených kol díky komunitě, která tyto nástroje dokázala sama vytvořit. Přesnost 0,1mm je pro někoho málo ale pro naše účely výuky a domácího použití je naprosto dostačující.

Ostatní programy sice nemají například takové možnosti nebo tak pokročilé nástroje ale i tak stojí za vyzkoušení. Například program BlocksCad je určitě program, který stojí za povšimnutí. Jeho způsob modelování je pro tento typ programů velmi originální. Jeho čistě kódové zadávání rozměrů, polohy a dalších vlastností je příjemnou změnou.

Pro náročnější uživatele můžeme doporučit program SelfCad, který se nejvíce blíží k plnohodnotným verzím programů jako je Autodesk Inventor či Solidworks. Bohužel má omezené funkce a naplno ho lze využít až v placené verzi.

## ZÁVĚR

V této bakalářské práci POROVNÁNÍ VYBRANÝCH 3D MODELOVACÍCH PROGRAMŮ Z POHLEDU TVORBY MODELŮ PRO 3D TISK jsme měli stanoveny tyto cíle: Definovat pojem 3D modelovací program, představit vybrané 3D modelovací programy, stanovit kritéria pro hodnocení programů v kontextu 3D tisku a posléze vybrané programy porovnat

a výsledky představit. Tyto cíle se v obsahu této bakalářské práce podařilo splnit.

V teoretické části jsme si představili základní pojmy jako je 3D model, modelovací program, 3D tisk, jeho technologie, historii a další. Dozvěděli jsme se, že 3D modelování se používá nejen ve školství a v domácím prostředí, ale také ve strojírenství, architektuře či výtvarném umění. Poté jsme se dostali i k počátkům 3D modelování a k jeho využití zejména ve filmovém průmyslu.

Následně jsme si zadali kritéria pro výběr námi testovaných programů. Mezi kritéria patřilo zejména jejich bezplatné použití a princip modelování a to sice, že se nesmí jednat o program, který pro modelování používá pouze sochařské nástroje a odebírání materiálu. Podle těchto kritérií jsme vybrali a také představili seznam programů k porovnání. V další části jsme si zadali kritéria pro hodnocení vybraných programů a škálu pro jejich bodové ohodnocení. Tím jsme se dostali k praktické části a tedy k testování programů.

V počátku jsme programy podrobili vlastnímu testování dle zadaných kritérií a popsaného postupu. Poté jsme testování přenechali našim kolegům, neboli budoucím učitelům. Ti podle jejich získaných informací z práce s programy přidělili body, poznamenali své poznatky a výsledky nám předali. Tím jsme získali potřebné informace k vytvoření konečných výsledků a jejich prezentaci.

V našem testování dopadl nejlépe program TinkerCad, který můžeme doporučit jak pro využití v domácích podmínkách, tak v těch školních za účelem výuky.

**RESUMÉ**

This bachelor's thesis had several goals that we managed to determine. These goals were: To define the concept of a 3D modeling program, to introduce selected 3D modeling programs, to establish criteria for the evaluation of programs in the context of 3D printing and then to compare selected programs and present the results.

In this work, we introduced basic concepts such as 3D model and 3D printing and described their origins. We have also described the areas in which they are used.

Then we selected the programs according to the specified criteria and introduced them briefly. After selecting the criteria for their evaluation, we tested them from our point of view. Further testing was performed by student volunteers and provided us with their views on these programs.

## SEZNAM LITERATURY

1. Práce se 3D modely. *Nápověda pro SOLIDWORKS Visualize*. [Online] Dassault Systèmes, 2018. [http://help.solidworks.com/2018/czech/Visualize/c\\_working\\_with\\_3d\\_models.htm](http://help.solidworks.com/2018/czech/Visualize/c_working_with_3d_models.htm).
2. Počítačová 3D grafika. *Wikipedia*. [Online] 2021. [https://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Dov%C3%A1\\_3D\\_grafika](https://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Dov%C3%A1_3D_grafika).
3. 3D TISK V UMĚNÍ: DIGITÁLNÍ SOCHAŘSTVÍ. *FABLAB University*. [Online] 2021. <https://www.fablabuniversity.cz/3d-tisk-v-umeni-digitalni-socharstvi/>.
4. 3D tisk: jak funguje FDM/FFF tiskárna? *Svět Hardware*. [Online] 2019. <https://www.svethardware.cz/3d-tisk-jak-funguje-fdm-fff-tiskarna/48457>.
5. Přehled technologií 3D tisku. *DK Metal*. [Online] 2018. <http://www.dkmp.cz/onas/detail/prehled-technologii-3d-tisku>.
6. Filament od Josefa Průši. *Prusament*. [Online] <https://prusament.com/cs/>.
7. TinkerCad. *TinkerCad*. [Online] 2022. <https://www.tinkercad.com/>.
8. ABOUT VECTARY. *Vectary*. [Online] 2022. <https://career.vectary.com/>.
9. SketchUp Free. *SketchUp*. [Online] <https://sketchup.cz/sketchup-free/>.
10. BlocksCad editor. *BlocksCad*. [Online] 2022. <https://www.blockscad3d.com/editor/?lang=cs#>.
11. Discover the World of 3D. *SelfCAD*. [Online] 2022. <https://www.selfcad.com/about-us>.
12. 4 common types of 3D printer file formats and when to use it. *C-Mac Industries*. [Online] 2019. <https://www.cmac.com.au/blog/4-common-types-3d-printer-file-formats-when-to-use>.

**SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ**

Obrázek 1: Předloha – Hlava robota (zdroj: vlastní).....	21
Obrázek 2: TinkerCad – Pracovní plocha (zdroj: vlastní).....	22
Obrázek 3: TinkerCad – Tutoriál (zdroj: vlastní).....	23
Obrázek 4: TinkerCad – Systém tříd (zdroj: vlastní) .....	24
Obrázek 5: Vectary – Pracovní plocha (zdroj: vlastní) .....	26
Obrázek 6: SketchUp – Pracovní plocha (zdroj: vlastní) .....	30
Obrázek 7: SketchUp – Centrum pomoci (zdroj: vlastní) .....	31
Obrázek 8: BlocksCad – Pracovní plocha (zdroj: vlastní) .....	34
Obrázek 9: BlocksCad – Lekce pro studenty (zdroj: vlastní).....	35
Obrázek 10: SelfCad – Pracovní plocha (zdroj: vlastní) .....	38
Tabulka 1: Základní hodnocení .....	42
Tabulka 2: Hodnocení programu TinkerCad respondenty .....	43
Tabulka 3: Hodnocení programu Vectary respondenty.....	43
Tabulka 4: Hodnocení programu SketchUp for Web respondenty .....	43
Tabulka 5: Hodnocení programu BlocksCad respondenty.....	43
Tabulka 6: Hodnocení programu SelfCad respondenty .....	44
Tabulka 7: Celkový počet získaných bodů.....	44
Tabulka 8: Porovnání hlavních funkcí a vlastností .....	44

## **PŘÍLOHY**

Důležité soubory použité během vypracování této práce jsou k dispozici na CD přiloženém v deskách. Součástí je také elektronická verze této práce.