

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
FAKULTA PEDAGOGICKÁ  
KATEDRA MATEMATIKY, FYZIKY A TECHNICKÉ VÝCHOVY

**NÁMĚTY PRO PRÁCI S 3D TISKÁRNOU PRO ŽÁKY  
ZÁKLADNÍCH ŠKOL**  
DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Bc. Lucie Šebianová**  
*Učitelství pro 2. stupeň ZŠ, obor Ma-Te*

Vedoucí práce: Mgr. Jan Krotký

**Plzeň 2015**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni 1. dubna 2015

.....  
vlastnoruční podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala Mgr. Janovi Krotkému za odborné vedení diplomové práce, cenné rady i připomínky a poskytnutí 3D tiskárny k ověření svých návrhů.

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta pedagogická

Akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Lucie ŠEBIANOVÁ  
Osobní číslo: P13N0041P  
Studijní program: N7503 Učitelství pro základní školy  
Studijní obory: Učitelství matematiky pro základní školy  
Učitelství technické výchovy pro základní školy  
Název tématu: Náměty pro práci s 3D tiskárnou pro žáky základních škol  
Zadávající katedra: Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy

### Zásady pro vypracování:

1. 3D tisk, technologie a možnosti využití.
2. Trendy v oblasti prototypingu ve školství.
3. Přínos 3D tisku k rozvoji kompetencí žáka.
4. Návrh několika modelových výrobků, návody na výrobu.
5. Závěry a doporučení pro praxi, ověření návrhů.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 40 - 60

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

HEINDL, Michal. 3D tisk. Plzeň, 2011. Bakalářská práce (Bc.).

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická.

Vedoucí práce Petr Řezáček.

SKALA, Václav. CT and MRI data processing for rapid prototyping.

In Proceedings of the 6th WSEAS European Computing Conference (ECC'12).

Athény: WSEAS, 2012. s. 499-504. ISBN 978-1-61804-126-5.

ČAPKOVÁ, Veronika. Technologické aspekty stavby kovových součástí metodou rapid prototyping. Plzeň, 2013. Bakalářská práce (Bc.).

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní. Vedoucí práce Jan Řehoř.

KASÍKOVÁ, Hana, ed. et al. Učitelství nápadník: pro 2. stupeň ZŠ a víceletá gymnázia: metodické náměty pro výuku podle školních vzdělávacích programů.

Praha: Raabe, 2005. sv. (na volných listech). ISBN 80-86307-25-5.

KROTKÝ, Jan. 3D a fotografie. In Člověk a svět práce na 2. stupni ZŠ: praktické náměty a metodické podklady pro výuku. Praha: Raabe, [2009]. ISSN 1802-4513.

ORŠULÁK, Tomáš a PACINA, Jan. 3D modelování a virtuální realita.

Vyd. 1. Ústí nad Labem: CEVRAMOK, 2012. 63 s. ISBN 978-80-904927-4-5.

KUBEŠ, Josef et al. Počítače ve vyučování přírodovědných předmětů.

1. vyd. Plzeň: Fraus, 2005. 119 s. Moderní pedagogika v teorii a praxi.

ISBN 80-7238-333-7.

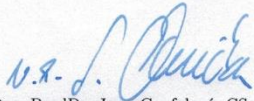
Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Jan Krotký

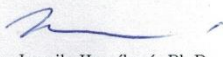
Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy

Datum zadání diplomové práce: 27. listopadu 2013

Termín odevzdání diplomové práce: 15. dubna 2015

  
Doc. PaedDr. Jana Coufalová, CSc.  
děkanka



  
Doc. PaedDr. Jarmila Honzík, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 2. prosince 2013

## OBSAH

SEZNAM ZKRATEK .....	3
ÚVOD .....	4
1 TEORETICKÁ ČÁST .....	5
1.1 3D TISK .....	5
1.2 HISTORIE 3D TISKU .....	5
1.2.1 Stereolitografie .....	5
1.2.2 Rapid Prototyping .....	5
1.2.3 3D tiskárna .....	5
1.3 TECHNOLOGIE 3D TISKU .....	6
1.3.1 SLA – Stereolithography .....	6
1.3.2 SLS - Selective Laser Sintering .....	6
1.3.3 FDM - Fused Deposition Modeling .....	6
1.3.4 LOM - Laminated Object Manufacturing .....	6
1.4 FÁZE 3D TISKU .....	7
1.4.1 Pre-processing .....	7
1.4.2 Processing .....	7
1.4.3 Post-processing .....	7
1.5 MATERIÁLY PRO 3D TISK .....	8
1.5.1 ABS – Acrylonitrile butadiene styrene .....	8
1.5.2 PLA - Polylactic acid .....	8
1.5.3 Tisk kovových modelů .....	8
1.5.4 Tisk z keramiky .....	8
1.5.5 Tisk ze dřeva .....	8
1.5.6 Tisk ze skla .....	9
1.5.7 Tisk z písku .....	9
1.5.8 Tisk z vosku .....	9
1.5.9 Tisk z čokolády .....	9
1.5.10 Tisk z těsta .....	9
1.5.11 Tiskárna Foondini .....	9
1.6 VYUŽITÍ 3D TISKU .....	10
1.7 TRENDY V OBLASTI PROTOTYPINGU VE ŠKOLSTVÍ .....	13
1.8 PŘÍNOS 3D TISKU K ROZVOJI KOMPETENCÍ ŽÁKA .....	18
1.8.1 Kompetence k učení .....	19
1.8.2 Kompetence k řešení problémů .....	20
1.8.3 Kompetence komunikativní .....	21
1.8.4 Kompetence sociální a personální .....	22
1.8.5 Kompetence občanské .....	23
1.8.6 Kompetence pracovní .....	24
2 PRAKTICKÁ ČÁST .....	25
2.1 VÝBĚR NÁVRHŮ .....	25
2.2 VÝROBA MODELŮ .....	29
2.3 ZAPOJENÍ ŽÁKŮ .....	31
2.4 VYTVOŘENÍ NÁVODŮ NA VÝROBU .....	32
2.5 OVĚŘENÍ NÁVRHŮ .....	33
2.5.1 Beseda se žáky druhého stupně .....	33
2.5.2 Práce s 3D tiskárnou .....	34

---

2.6	OVĚŘENÍ PŮVODNÍCH NÁVRHŮ.....	35
2.6.1	Tangram.....	36
2.6.2	Kostka soma.....	37
2.6.3	Stojánek.....	38
2.6.4	Přívěsek ve tvaru hvězdy.....	39
2.6.5	Kolo.....	39
2.7	NÁVRHY ŽÁKŮ.....	40
2.7.1	Klavír.....	40
2.7.2	Pohár.....	41
2.7.3	Oblíbený bavič.....	42
2.7.4	Přívěsek ve tvaru písmene.....	42
2.7.5	Přívěsek ve tvaru srdce.....	43
2.7.6	Přívěsek ve tvaru květiny.....	43
2.7.7	Logo školního časopisu.....	44
2.8	LOGO ŠKOLY.....	45
2.8.1	Návrh od Aničky.....	45
2.8.2	Moje návrhy logo školy.....	46
2.9	ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ PRO PRAXI.....	47
2.10	NÁVRHY NA VÝROBU.....	49
2.10.1	Přívěsek ve tvaru květiny.....	50
2.10.2	Přívěsek ve tvaru srdce.....	53
2.10.3	Přívěsek ve tvaru písmene či slova.....	56
2.10.4	Přívěsek ve tvaru hvězdy.....	59
2.10.5	Znak automobilu.....	62
2.10.6	Logo školy.....	65
	ZÁVĚR.....	68
	RESUMÉ.....	69
	SUMMARY.....	70
	SEZNAM LITERATURY.....	71
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	74

**SEZNAM ZKRATEK**

**3D** - Three Dimensional

**UV** - ultraviolet

**CNC** - Computer Numerical Control

**RP** - Rapid Prototyping

**SLA** - Stereolithography

**SLS** - Selective Laser Sintering

**FDM** - Fused Deposition Modeling

**LOM** - Laminated Object Manufacturing

**CAD** - Computer aided drafting

**STL** - Stereolithography

**ABS** - Acrylonitrile butadiene styrene

**PLA** - Polylactic acid

**NASA** - National Aeronautics and Space Administration

**RepRap** - replicating rapid prototyper

**CT** - computed tomography

**UMT** - Universelles Mediensystem für den Technikunterricht

**EU** - European Union

**AVI** - Audio Video Interleave



## Úvod

Při výběru tématu mojí diplomové práce mě 3D tisk velice zaujal, ale mé znalosti v tomto rychle se rozvíjejícím odvětví byly minimální a nedokázala jsem si představit, jaké možnosti 3D tisk v oblasti školství nabízí. Při psaní této práce jsem nabyla mnoho nových vědomostí, zkušeností i dovedností.

Teoretická část diplomové práce vymezuje historii 3D tisku od prvních pokusů s fotopolymery, vysvětluje podstatu nejvyužívanějších technologií 3D tisku, uvádí přehled materiálů, ze kterých lze tisknout, a nabízí vhled do možností využití 3D tisku v nejrůznějších odvětví lidské činnosti. Dále se práce zabývá přínosem 3D tisku k rozvoji kompetencí žáka a možnostmi využití 3D tisku ve školství.

Cílem praktické části bylo vytvořit několik návrhů pro výrobu 3D modelů v programu SketchUp, které by si žáci následně mohli vytisknout na 3D tiskárně. Inspiraci jsem čerpala z různých zdrojů, hledala jsem náměty, které by žáky zaujaly a mohli je prakticky využít. Při ověřování návrhů jsem měla 3D tiskárnu několik dní k dispozici na Základní škole v Kralovicích. Spolupracovala jsem s menší skupinou žáků, žáci mě v mnohém překvapili a inspirovali mě k několika novým námětům, moje původní návrhy se však vytisknout většinou nepodařilo.

V závěru diplomové práce uvádím několik doporučení pro práci s 3D tiskárnou, ke kterým jsem dospěla při ověřování návrhů, a připojuji šest jednoduchých námětů pro výrobu 3D modelů v programu SketchUp doplněných o metodický list, ukázky a postup výroby.

## **1 TEORETICKÁ ČÁST**

### **1.1 3D TISK**

3D tisk je proces, při kterém vzniká z digitální předlohy skutečný model postupným nanášením materiálu po velmi tenkých vrstvách. Tím se 3D tisk odlišuje od jiných technologií, kde se materiál odebírá (obrábění), tváří, nebo odlévá.

### **1.2 HISTORIE 3D TISKU**

3D tisk vychází z technologie inkoustového tisku, který se využívá od roku 1976. První výtisky byly nedokonalé a nepřesné, ale během několika let se technologie zdokonalila a využívá se v mnoha průmyslových odvětvích.

#### **1.2.1 STEREOLOGRAFIE**

V roce 1984 zkoumal Charles Hull vlastnosti fotopolymerů, které se využívají v inkoustových tiskárnách. Prováděl pokusy s fotopolymery, při kterých zjistil, že tekutý polymer ztuhne po vystavení UV záření a tím vznikne tenká vrstva pevné hmoty. Tuto technologii pojmenoval stereolitografie a nechal si ji v roce 1986 patentovat. Hull se stal zakladatelem firmy 3D systems, ve které vznikl první funkční tzv. stereolitografický aparát SLA-1. Technologie SLA se stala základem současných 3D tiskáren a CNC strojů a využívá se dodnes.

#### **1.2.2 RAPID PROTOTYPING**

Rapid Prototyping (rychlá výroba prototypů) se objevila v roce 1987 se zavedením stereolitografie. Při zavádění nového výrobku na trh bylo nutné investovat obrovské částky na výrobu forem, zadání výroby, aj. Zkušební série výrobků prošla nejrůznějšími testy, pokud bylo nutné udělat nějaké úpravy, celý proces se musel opakovat a tím se prudce zvyšovaly náklady na výrobu. První tiskárny vznikaly za účelem snížení nákladů na testovací série. V roce 1988 s nástupem konkurence vznikaly nové technologie jako FMD, SLS, LOM, o kterých se zmíním v následujících kapitolách.

#### **1.2.3 3D TISKÁRNA**

Od roku 1993 se začal používat pojem 3D tisk a začaly se vyrábět první komerční 3D tiskárny.

### 1.3 TECHNOLOGIE 3D TISKU

V dnešní době existuje několik technologií 3D tisku a není možné jednoznačně určit nejlepší z nich. Každá technologie má své výhody i nevýhody a možnosti využití.

#### 1.3.1 SLA – STEREO LITHOGRAPHY

Jedná se o nejstarší technologii 3D tisku patentovanou v roce 1986. Stala se základem pro vývoj RP a využívá se dodnes.

Technologie SLA využívá vlastností tekutých fotopolymerů, které po vystavení UV záření vytvoří tenkou vrstvu pevné hmoty. Jde o velice přesnou technologii, vrstvy se pohybují v rozmezí 0,05 až 0,25mm.

#### 1.3.2 SLS - SELECTIVE LASER SINTERING

Tuto technologii patentoval Carl Deckard v roce 1989 a dala by se přeložit jako selektivní spékání laserem.

Tato technologie využívá materiálů, které se mohou skladovat v prášku (např. plast, kov, keramika nebo sklo). Práškový materiál je po tenkých vrstvách spékán vysoce výkonným laserem, který nemusí být UV. Mezi výhody technologie SLS patří přesnost, opětovné použití přebytečného prášku a možnost použití různých druhů materiálů.

#### 1.3.3 FDM - FUSED DEPOSITION MODELING

Firma Stratasys patentovala tuto technologii v roce 1992 a díky nízkým nákladům se rozšířila i mezi běžné uživatele.

Plast nebo kov ve formě prášku, granulátu nebo drátu je v tiskové hlavě roztaven a tlakem vytlačen po vrstvách na podložku do požadovaného tvaru. Tato technologie má celou řadu nevýhod jako je nižší kvalita tisku, hrubá struktura modelu aj. Ale pro svoji cenovou dostupnost se stala jednou z nejrozšířenějších technologií 3D tisku.

#### 1.3.4 LOM - LAMINATED OBJECT MANUFACTURING

Každá vrstva je vyříznuta z tenké 0,2mm folie a je přilepena k vrstvě předchozí. Mezi výhody této technologie patří nízké náklady na tisk, rychlost tiskárny, kvalita povrchu a přesnost. Nevýhodou je velké množství odpadního materiálu (až 50%).

## 1.4 FÁZE 3D TISKU

3D tisk je aditivní proces, výrobek vzniká postupným nanášením tenkých vrstev na sebe. Samotnému tisku však předchází další fáze, při kterých vzniká digitální 3D model. Tyto fáze lze obejít využitím již hotového návrhu z dostupných internetových databází, ale s tím nemám zkušenost. Při práci s 3D tiskárnou jsme se žáky navrhovali a tiskli vlastní modely.

### 1.4.1 PRE-PROCESSING

Tato fáze začíná vytvořením 3D modelu v CAD systému (Computer aided drafting – počítačem podporované kreslení). Existuje několik programů, ve kterých je možné modelovat 3D objekty, já využívala SketchUp, který je volně dostupný z oficiálních stránek. Program je přehledný i pro žáky prvního stupně, zájemci si SketchUp mohli zdarma nainstalovat na domácí počítač a modelovali ve svém volném čase.

Vytvořený návrh musel být převeden do formátu STL (ze slova STereoLitography), soubor popisuje třírozměrnou povrchovou geometrii modelu a je používán pro export dat z CAD softwaru do 3D tiskáren. Export modelu do formátu STL je jedna z funkcí programu SketchUp.

Dalším krokem je načtení modelu ve formátu STL do virtuálního prostředí 3D tiskárny. Zde je možné měnit velikost modelu, umístění i orientaci na tiskové ploše 3D tiskárny. Program dále model rozdělí na tenké vrstvy odpovídající síle použité náplně 3D tiskárny. Uživatel vybírá styl výplně modelu, mohou být modely plné, duté i částečně vyplněné. Pokud je zapotřebí, program dokáže vytvořit podpůrnou konstrukci, například na převisy.

### 1.4.2 PROCESSING

V této fázi dochází k tisku modelu postupným přidáváním tenkých vrstev. Samotnému tisku předchází kalibrace 3D tiskárny, o tom se zmiňuji v kapitole 2.6. Při práci s 3D tiskárnou jsme dohlíželi na vytvoření první vrstvy, následně tiskárna pracovala bez dohledu, někdy se však model vytisknout nepodařilo (viz 2.6.). Doba tisku závisí na velikosti modelu, pohybuje se od několika minut až po několik hodin.

### 1.4.3 POST-PROCESSING

Vytisknutý model se podle potřeby očistí, odstraní se případná podpůrná konstrukce a je možné provést finální úpravy jako je lakování, impregnace, broušení apod.

## 1.5 MATERIÁLY PRO 3D TISK

V poslední době zažívá 3D tisk velký rozmach. Přibývají výrobci 3D tiskáren, zlepšuje se kvalita tisku a stále se objevují nové materiály, které nabízejí další využití 3D tisku. V následujících kapitolách se zmíním o nejběžnějších plastových materiálech i o možnosti využití dalších materiálů.

### 1.5.1 ABS – ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE

Jde o termoplastický materiál, který patří k nejpoužívanějším náplním do 3D tiskáren. Mezi jeho výhody patří zdravotní nezávadnost, odolnost proti vysokým i nízkým teplotám, chemikáliím i mechanickému poškození. Hodí se pro tisk funkčních věcí a má nízkou pořizovací hodnotu. Nevýhodou je potřeba vyhřívané podložky, bez jejího použití může docházet k uvolnění modelu ze své pozice.

### 1.5.2 PLA - POLYLACTIC ACID

Tento polymer je zajímavý tím, že je vyroben z obnovitelných zdrojů, je kompostovatelný a šetrný k životnímu prostředí. Jde o zdravotně nezávadný materiál, který nevyžaduje vyhřívanou podložku, je vhodný i pro tisk větších nebo složitějších modelů. Nevýhodou je malá odolnost proti teplotním změnám, model se za vyšších teplot deformuje.

### 1.5.3 TISK KOVOVÝCH MODELŮ

Kovový materiál se nachází většinou ve formě prášku. Výzkumníci se pokusili vytisknout zbraň, či kovové mikrosoučástky, tisk z kovu má naději na využití ve výrobních provozech, ale prozatím je ve fázi vývoje.

### 1.5.4 TISK Z KERAMIKY

Tisk z keramiky se využívá k výrobě kuchyňského nádobí i uměleckých předmětů. Tiskárna nanáší vrstvy keramické směsi, vytisknutý model musí být následně glazován a vypálen v peci jako u klasické keramické výroby.

### 1.5.5 TISK ZE DŘEVA

Jedná se o kombinaci dřeva a PLA. Do ekologického PLA se z jedné třetiny přimíchává dřevní vlákno z odpadového dřeva. Materiál má dřevitou vůni a je možné s jeho pomocí imitovat letokruhy.

### **1.5.6 TISK ZE SKLA**

Jedná se o další obnovitelný materiál, skleněný prášek se vyrábí recyklací ze sběrného skla. Složení skleněného prášku je stejné jako u běžného skla, navíc obsahuje spojovací materiál, aby tisknutý model držel pohromadě.

### **1.5.7 TISK Z PÍSKU**

Materiál osahuje písek, vodu a pojivo, po vytvrnutí by měl dosahovat pevnosti betonu. Má naději na úspěch v oboru stavebnictví, architekti mají v plánu tisk celých budov, u kterých by nebylo nutné striktně dodržovat pravé úhly.

### **1.5.8 TISK Z VOSKU**

Z vosku je možné vytisknout velice přesné modely, které mají dokonalý povrch. Vosk je využíván například při výrobě šperků, některá luxusní zlatnictví nabízí zákazníkům možnost vytvoření dokonalého voskového modelu pro lepší představu o finální podobě vybraného šperku.

### **1.5.9 TISK Z ČOKOLÁDY**

Čokoláda se teplem stává pastovitou, proto se hodí pro tisk technologií FMD. Tisk z čokolády je velice oblíbený, běžně se setkáváme s 3D tiskem originálních pamlsků, čokoládových vizitek, či portrétů.

### **1.5.10 TISK Z TĚSTA**

Využívá se k tisku těstovin a technologie je podobná jako u tisku z čokolády, jen odpadá zahřívání. Americká NASA si patentovala 3D tisk jídla, vyvíjí technologii, která by umožňovala tisk potravin ve vesmíru. Tiskárna má mít několik zásobníků se základními potravinami, které budou mít trvanlivost nejméně 15 let. V budoucnu by se mohly tyto tiskárny dostat i do běžných domácností, to by mohlo omezit plýtvání jídlem. V současné době existují první tiskárny na pizzu.

### **1.5.11 TISKÁRNA FOONDINI**

V roce 2015 by se měla dostat na trh tiskárna, která tiskne potraviny ze skutečných surovin. Tiskárna má jen jednu tiskovou hlavu, ale v průběhu tisku je možné měnit zásobníky a vytvořit tak složitější pokrmy.

## 1.6 VYUŽITÍ 3D TISKU

První přístroj, který tiskl trojrozměrné objekty, vznikl už v roce 1986, ale největší rozmach zažívá 3D tisk až v posledních letech. Stále přibývají nové technologie i materiály, ze kterých lze tisknout, a možnosti využití zdaleka nejsou vyčerpány.

- **Rapid Prototyping**

Rapid prototyping je rychlá a levná výroba prototypů pomocí 3D tisku. Prototypy jsou funkční, ale většinou nejsou vhodné pro velkou zátěž, slouží k vytvoření finální představy o vzhledu výrobku, pro rozměrové a funkční zkoušky. RP se hojně využívá v nejrůznějších průmyslových oblastech, o kterých se zmíním v následujících odstavcích.

- **Malosériová výroba**

Příprava výroby je velice nákladná, při menším počtu výrobků je 3D tisk finančně výhodnější. 3D tisk v malosériové výrobě se využívá při vakuovém lití, 3D tiskárna vytiskne tzv. Master model, ten se zalije silikonem a po vyjmutí modelu vznikne vícenásobně použitelná forma pro lití materiálu na bázi pryskyřice ve vakuové komoře. Jako Master model je možné použít i funkční díl, který již není možné vyrobit původním postupem, např. již nevyráběný náhradní díl ze starožitnosti.

- **Zakázková výroba**

Každý kus je vyroben podle potřeb a přání zákazníka. Například zakázkoví ševci využívají 3D tisk a 3D skenování ke zrychlení procesu výroby ševcovských kopyt. 3D tisk by se dal využít k výrobě originálních krytů např. mobilních telefonů na přání zákazníka.

- **Výroba náhradních dílů**

Při opravě starožitností, veteránů, nebo zastaralých typů spotřebičů je často nemožné sehnat náhradní díl a 3D tisk by tento problém vyřešil. Pokud bude 3D tiskárna součástí vybavení domácnosti, náhradní díl si každý vytiskne na počkání.

- **Stavebnictví**

Tisk jednotlivých zdí není novinkou, vědci pracují na technologii tisku celého domu. Mezi výhody takto vytvořeného domu patří rychlost vytvoření (kolem dvaceti hodin), snížení počtu pracovních sil a úrazů, přesné dodržení plánů a nízká cena. 3D tisk domu je zatím ve fázi vývoje, k sériové výrobě je ještě dlouhá cesta.

- **Strojírenství**

3D tisk má ve strojírenství slibnou budoucnost. Tisk kovových dílů nabízí dosažení složitých detailů, úsporu času a možnost opravy stávajících dílů. Tisk prototypů nevyžaduje vysoké náklady na formy či speciální nástroje a to přinese finanční úsporu, ale zařízení i materiál je prozatím pro menší provozy nedostupný.

- **Letectví**

3D tisk ze železa se využívá při výrobě leteckých motorů. Součástky pro letecký a kosmický průmysl vytvořené 3D tiskem by nebylo možné vyrobit běžným obráběním a snižuje se i jejich cena a hmotnost.

- **Automobilový průmysl**

3D tisk se využívá při navrhování nových modelů, například pro výrobu konceptu Škoda Yeti bylo vytvořeno pomocí Rapid Prototypingu 80% komponent (obrázek 1). V roce 2014 byl představen první automobil Meet Strati zcela vytištěný na 3D tiskárně (obrázek 2). Existují i automobily, které mají na 3D tiskárně vytvořenou celou karosérii nebo jen část.



Obr. 1 – automobil Škoda Yeti



Obr. 2 – automobil Meet Strati



- **Archeologie**

3D tisk a 3D skener se využívají k vytváření digitálních 3D kopií uměleckých děl, repliky zkamenělin a mincí, kopírování artefaktů, nebo fotomodelování soch, ze kterých se uchovaly jen části.

- **Medicína**

Na 3D tiskárnách je možné vytisknout naslouchadla, protézy očí, uší, nosu i končetin a náhrady kostí. Pracuje se na vývoji tiskáren, které by tiskly kůži z kmenových buněk, nebo jaterní tkáň.

- **Pomůcky pro slabozraké**

3D tiskárna nabízí nové možnosti při tvorbě map a modelů pro osoby s poškozeným zrakem. Výsledný model musí být dobře čitelný, mapy mají podobu terasovitého modelu, je nutná topologická kontrola, aby model neobsahoval obrácené normály a jiné chyby.

- **Robotická protéza/ortéza**

3D tisk významně přispívá k snížení nákladů na robotické protézy a biomechanické ortézy. Existuje tištěný robotický posilovač chůze i robotický oblek umožňující chůzi ochrnutým lidem a stále častěji se objevují v různém provedení modely robotické ruky, které vrací soběstačnost lidem s amputovanou končetinou.

- **RepRap tiskárny**

V roce 2005 založil Adrian Bowyer projekt RepRap (replication rapid prototype). Projekt měl za úkol navrhnout 3D tiskárnu, která dokáže vytisknout většinu vlastních součástí. Jedná se o Open Source projekt, do kterého se mohou zapojit vývojáři z celého světa (např. Josef Průša navrhuje a staví RepRap tiskárny od roku 2009). V dnešní době existuje již několik druhů RepRap tiskáren a díky jejich cenové dostupnosti jsou velice populární.

## 1.7 TRENDY V OBLASTI PROTOTYPINGU VE ŠKOLSTVÍ

Školství je jedna z oblastí, ve které se najde mnoho možností využití. 3D tiskárna je pro žáky velice motivující a zvládnou i její obsluhu, bohužel je prozatím pro školy pořízení tiskárny finančně náročné.

- **Historie**

V této oblasti by bylo možné využít již zmíněné kopírování artefaktů. Pomocí 3D skeneru je možné jednoduše vytvořit model jakéhokoliv uměleckého díla či archeologické památky a každá škola by si mohla potřebný model vytisknout. Na obrázku 3 je detailní 3D replika krále Tutanchamona vytvořená na Mammoth stereolithography stroji z průhledného polymeru za využití CT skenů skutečné mumie. Později byla dotvořena a nabarvena tak, aby připomínala vysušené maso.



Obr. 3 – replika krále Tutanchamona

- **Biologie**

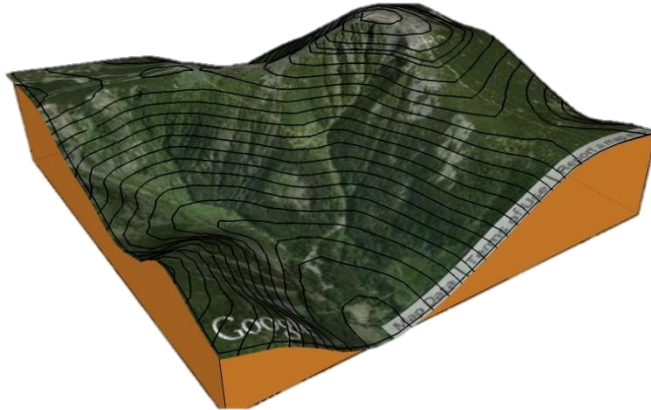
V biologii by se dala 3D tiskárna také využít k názorným pomůckám zejména v podobě anatomických modelů. Škola by mohla mít k dispozici model dinosauří kosti, dutých ptačích kostí, modely zkamenělin i jiné zajímavé pomůcky. Na obrázku 4 je 3D model kostry a plic živého laboratorního potkana, kterého uspali a poté nasnímali rentgenem počítačové tomografie.



Obr. 4 – model kostry a plic

- **Geografie**

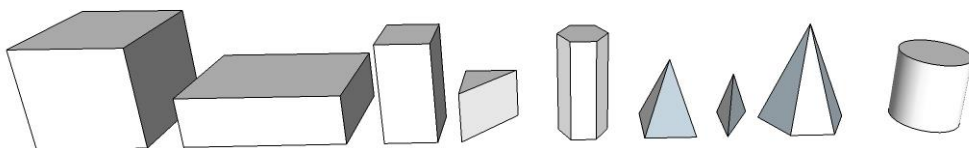
V programu SketchUp je možné vytvořit reálný model jakékoliv oblasti, například model Sněžky. Bylo by velice zajímavé mít ve škole ve stejném měřítku vytisknuté modely nejvyšších hor států, pohoří či nejbližšího okolí. Na obrázku 5 je model Sněžky.



Obr. 5 – model Sněžky

- **Matematika**

Od šesté třídy se žáci setkávají s geometrickými tělesy, které jsou pro ně mnohdy nepředstavitelné. Názornou pomůckou je program SketchUp, ve kterém je možné modely těles vytvořit a upevnit si tak své znalosti. Na obrázku 6 jsou modely základních geometrických těles. Po vytisknutí na 3D tiskárně vznikne sada modelů, na kterých je možné názorně ukázat počet vrcholů, stran, obsah stěn, tvar sítě apod.



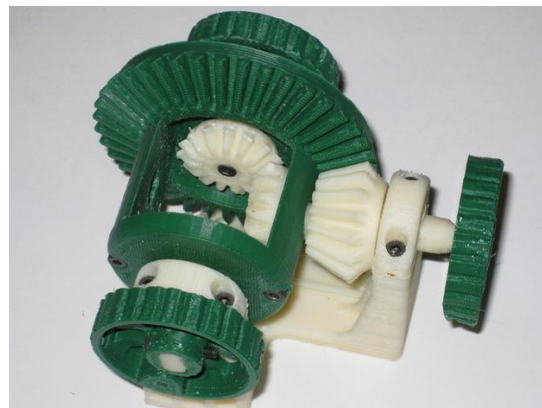
Obr. 6 – modely základních geometrických těles

- **Fyzika**

I v této oblasti je důležitá pro žáky názornost a pořízení výukových pomůcek je mnohdy nákladné. Na 3D tiskárně by bylo možné vytisknout jakýkoliv funkční model stroje, součástky, nebo technické pomůcky. Na obrázku 7 je 3D model kuličkového ložiska, na obrázku 8 je funkční model převodovky.



Obr. 7 – kuličkové ložisko



Obr. 8 – funkční model převodovky

- **Hudební výchova**

V této oblasti se většinou setkáváme s nedostatkem pomůcek, výuka výchov probíhá mnohdy neaprobovaně, pomůcky se pořizují zejména pro hlavní předměty. 3D tisk nabízí možnost vytvoření levných zmenšených nebo funkčních modelů hudebních nástrojů a jiných vhodných ukázek. Na obrázku 9 je funkční model panovy flétny a na obrázku 10 je funkční model ukulele.



Obr. 9 – model panovy flétny



Obr. 10 – funkční model ukulele

- **Výtvarná výchova**

Ve výtvarném umění by se dal využít 3D tisk k vytvoření názorných pomůcek, nebo pro práci v programu SketchUp. Každá škola by mohla mít vlastní sbírku zmenšených modelů významných uměleckých děl pro názornější výuku. Modelování v programu SketchUp je pro žáky velice zábavné a rozvíjí dovednosti potřebné k jejich budoucímu životu. Na obrázku 11 je replika sochy Michelangelova Davida. Digitální 3D model vznikl v rámci projektu Digital Michelangelo, díky zdokonalené technologii 3D skenování badatelé vytvořili trojrozměrné modely architektonických i sochařských děl významného umělce.



Obr. 11 – replika sochy Michelangelova Davida

- **Pracovní výchova**

Program SketchUp má několik užitečných funkcí jako například kótování. Žáci mohou v programu navrhnout výrobek, doplnit kóty a podle plánu výrobek zhotovit ve školní dílně. Další možností by mohl být tisk zmenšeného prototypu, ověření jeho vlastností a následná úprava plánu modelu před samotným zhotovením.

Další využití 3D tisku v pracovní výchově je otevření nových možností používání stavebnic. V dubnu 2014 proběhla exkurze do dílen plzeňské Techmanie, kde jsme měli možnost pracovat se stavebnicí UMT. Jedná se o propracovaný systém polotovarů i zařízení pro základní opracování materiálu, ze kterého lze vyrobit model podle návodu i fantazie. Vybavení je vyvinuto tak, aby bylo bezpečné i pro žáky prvního stupně. Na obrázku 12 pracuje můj tehdy čtyřletý syn se stavebnicí UMT a na obrázku 13 je finální výrobek.



Obr. 12 – práce se stavebnicí



Obr. 13 – model motorky

Jednou z nevýhod tohoto systému je finanční nedostupnost. Pořízení vybavení je jednorázové a dalo by se financovat z nějakého projektu EU. Ale k dispozici je také velké množství polotovarů a jejich cena je vysoká. 3D tiskárna by umožnila levný tisk některých dílů, například kolečka, kladky i jiných originálních dílů navržených žáky. Pořízení základních polotovarů, například plochých děrovaných tyčí, není tak finančně náročné.

- **Mezioborové propojení**

Při práci v programu SketchUp je nutno zohledňovat vědomosti z různých oborů, například fyzikální zákonitosti a geometrické vlastnosti těles.

Vlastnosti návrháře by měly zahrnovat

- prostorovou představivost
- kreativitu
- zachovávání proporcí
- samostatnost
- vytrvalost i při neúspěchu
- potřebu samostudia

Například při výrobě modelu Stonehenge (obrázek 14) je nutné využít vědomosti hned z několika výukových předmětů jako je anglický jazyk, zeměpis, dějepis, fyzika, matematika.



Obr. 14 – 3D model Stonehenge

## 1.8 PŘÍNOS 3D TISKU K ROZVOJI KOMPETENCÍ ŽÁKA

3D tisk je ve školství prozatím novinkou, já měla možnost 3D tiskárnu na škole využít a v následujících odstavcích se pokusím zhodnotit její přínos pro žáky k rozvoji kompetencí. 3D tiskárna žáky obohatila o vědomosti, zkušenosti, dovednosti i přispěla k rozšíření jejich všeobecného přehledu v oblasti technického vzdělávání.

Klíčové kompetence představují souhrn vědomostí, dovedností, schopností, postojů a hodnot důležitých pro osobní rozvoj a uplatnění každého člena společnosti. Cílem základního vzdělávání je rozvíjet klíčové kompetence u žáků a připravit je tak k dalšímu studiu či budoucímu životu. Osvojování klíčových kompetencí je výsledkem celkového procesu vzdělávání, začíná již v předškolním vzdělávání a dotváří se v průběhu života. (29)

### 1.8.1 KOMPETENCE K UČENÍ

Cílevědomé a usilovné vyhledávání zdrojů teoretických i praktických informací, třídění a pořádání informací a na základě jejich pochopení a porozumění, propojení, systemizace a hodnocení efektivní a plánovitě využívání znalostí ve škole, v práci a v osobním životě. (35)

Na konci základního vzdělávání žák:

- vybírá a využívá pro efektivní učení vhodné způsoby, metody a strategie, plánuje, organizuje a řídí vlastní učení, projevuje ochotu věnovat se dalšímu studiu a celoživotnímu učení
- vyhledává a třídí informace a na základě jejich pochopení, propojení a systemizace je efektivně využívá v procesu učení, tvůrčích činnostech a praktickém životě
- operuje s obecně užívanými termíny, znaky a symboly, uvádí věci do souvislostí, propojuje do širších celků poznatky z různých vzdělávacích oblastí a na základě toho si vytváří komplexnější pohled na matematické, přírodní, společenské a kulturní jevy
- samostatně pozoruje a experimentuje, získané výsledky porovnává, kriticky posuzuje a vyvozuje z nich závěry pro využití v budoucnosti
- poznává smysl a cíl učení, má pozitivní vztah k učení, posoudí vlastní pokrok a určí překážky či problémy bránící učení, naplánuje si, jakým způsobem by mohl své učení zdokonalit, kriticky zhodnotí výsledky svého učení a diskutuje o nich (29)

#### Přínos 3D tiskárny

Při práci v programu SketchUp žák:

- organizuje a řídí vlastní činnost
- vyhledává nové poznatky z různých zdrojů, např. [www.youtube.com](http://www.youtube.com)
- efektivně využívá postupů z dostupných návodů
- samostatně experimentuje a vyvozuje závěry
- pracuje s nadšením
- dokáže zhodnotit vlastní pokrok i neúspěch



### 1.8.2 KOMPETENCE K ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ

Vnímání pracovních, studijních, učebních i mimopracovních a běžných životních problémů a nesrovnalostí, cílevědomé, zodpovědné a usilovné hledání způsobů, variant, algoritmů a projektů řešení k jejich pokud možno samostatnému řešení a objektivnímu vyhodnocení tohoto řešení. (35)

Na konci základního vzdělávání žák:

- vnímá nejrůznější problémové situace ve škole i mimo ni, rozpozná a pochopí problém, přemýšlí o nesrovnalostech a jejich příčinách, promyslí a naplánuje způsob řešení problémů a využívá k tomu vlastního úsudku a zkušeností
- vyhledá informace vhodné k řešení problému, nachází jejich shodné, podobné a odlišné znaky, využívá získané vědomosti a dovednosti k objevování různých variant řešení, nenechá se odradit případným nezdarem a vytrvale hledá konečné řešení problému
- samostatně řeší problémy; volí vhodné způsoby řešení; užívá při řešení problémů logické, matematické a empirické postupy
- ověřuje prakticky správnost řešení problémů a osvědčené postupy aplikuje při řešení obdobných nebo nových problémových situací, sleduje vlastní pokrok při zdolávání problémů
- kriticky myslí, činí uvážlivá rozhodnutí, je schopen je obhájit, uvědomuje si zodpovědnost za svá rozhodnutí a výsledky svých činů zhodnotí (29)

#### Přínos 3D tiskárny

Při práci v programu SketchUp žák:

- rozpozná a pochopí problém v návrhu
- přemýšlí o jeho příčinách
- promyslí a naplánuje způsob řešení problémů
- vyhledá informace vedoucí k řešení problému
- volí vhodné způsoby řešení
- ověřuje správnost řešení problému

### 1.8.3 KOMPETENCE KOMUNIKATIVNÍ

Porozumění slovní i mimoslovní interakci, různým typům verbálních projevů i písemných a tištěných textů a záznamů, obrazových materiálů, běžně užívaných gest, mimiky, pantomimiky, zvuků a jiných informačních prostředků, přemýšlení o nich, adekvátní reagování na ně a jejich vhodné a přiměřené využívání k vlastnímu výstižnému a kultivovanému vyjadřování a zapojení se do společenského soužití a dění. (35)

Na konci základního vzdělávání žák:

- formuluje a vyjadřuje své myšlenky a názory v logickém sledu, vyjadřuje se výstižně, souvisle a kultivovaně v písemném i ústním projevu
- naslouchá promluvám druhých lidí, porozumí jim, vhodně na ně reaguje, účinně se zapojuje do diskuse, obhájí svůj názor a vhodně argumentuje
- rozumí různým typům textů a záznamů, obrazových materiálů, běžně užívaných gest, zvuků a jiných informačních a komunikačních prostředků, přemýšlí o nich, reaguje na ně a tvořivě je využívá ke svému rozvoji a k aktivnímu zapojení se do společenského dění
- využívá informační a komunikační prostředky a technologie pro kvalitní a účinnou komunikaci s okolním světem
- využívá získané komunikativní dovednosti k vytváření vztahů potřebných k plnohodnotnému soužití a kvalitní spolupráci s ostatními lidmi (29)

### Přínos 3D tiskárny

Při práci s 3D tiskárnou žák:

- vhodně formuluje dotazy vedoucí k řešení problému v návrhu
- vyjadřuje své názory při diskusi o návrhu
- vyslechne názory ostatních a porozumí jim
- vhodně argumentuje a obhájí vlastní názor
- využívá informační prostředky k vyhledávání nových poznatků
- komunikuje se spolužáky i vyučujícím při řešení problémů

#### 1.8.4 KOMPETENCE SOCIÁLNÍ A PERSONÁLNÍ

Schopnost a dovednost účinně, efektivně a kultivovaně spolupracovat ve skupině, podílet se na budování pozitivní psychosociální atmosféry a klimatu na pracovišti, adaptovat se adekvátně na svou pozici a roli ve skupině, pozitivně ovlivňovat kvalitu společné práce. (35)

Na konci základního vzdělávání žák:

- účinně spolupracuje ve skupině, podílí se společně s pedagogy na vytváření pravidel práce v týmu, na základě poznání nebo přijetí nové role v pracovní činnosti pozitivně ovlivňuje kvalitu společné práce
- podílí se na utváření příjemné atmosféry v týmu, na základě ohleduplnosti a úcty při jednání s druhými lidmi přispívá k upevnování dobrých mezilidských vztahů, v případě potřeby poskytne pomoc nebo o ni požádá
- přispívá k diskusi v malé skupině i k debatě celé třídy, chápe potřebu efektivně spolupracovat s druhými při řešení daného úkolu, oceňuje zkušenosti druhých lidí, respektuje různá hlediska a čerpá poučení z toho, co si druzí lidé myslí, říkají a dělají
- vytváří si pozitivní představu o sobě samém, která podporuje jeho sebedůvěru a samostatný rozvoj; ovládá a řídí svoje jednání a chování tak, aby dosáhl pocitu sebeuspokojení a sebeúcty (29)

#### Přínos 3D tiskárny

Při práci s 3D tiskárnou žák:

- spolupracuje ve skupině při obsluze 3D tiskárny
- poskytne pomoc nebo o ni požádá při nějakém problému
- diskutuje s vyučujícím i spolužáky při vytváření návrhu i manipulaci s 3D tiskárnou
- úspěšně vytisknutý návrh posiluje sebedůvěru žáka

### 1.8.5 KOMPETENCE OBČANSKÉ

Schopnosti a dovednosti vcítit se do situace druhých lidí, vědomí vlastních práv a povinností, respektování právních, společenských i morálních norem a pravidel, ochrana tradic, kulturního, historického i národního dědictví, ochrana zdraví, života a životního prostředí, adekvátní zapojení se do kulturního dění, respektování požadavku trvale udržitelného rozvoje společnosti. (35)

Na konci základního vzdělávání žák:

- respektuje přesvědčení druhých lidí, váží si jejich vnitřních hodnot, je schopen vcítit se do situací ostatních lidí, odmítá útlak a hrubé zacházení, uvědomuje si povinnost postavit se proti fyzickému i psychickému násilí
- chápe základní principy, na nichž spočívají zákony a společenské normy, je si vědom svých práv a povinností ve škole i mimo školu
- rozhoduje se zodpovědně podle dané situace, poskytne dle svých možností účinnou pomoc a chová se zodpovědně v krizových situacích i v situacích ohrožujících život a zdraví člověka
- respektuje, chrání a ocení naše tradice a kulturní i historické dědictví, projevuje pozitivní postoj k uměleckým dílům, smysl pro kulturu a tvořivost, aktivně se zapojuje do kulturního dění a sportovních aktivit
- chápe základní ekologické souvislosti a environmentální problémy, respektuje požadavky na kvalitní životní prostředí, rozhoduje se v zájmu podpory a ochrany zdraví a trvale udržitelného rozvoje společnosti (29)

### Přínos 3D tiskárny

Při obsluze 3D tiskárny žák:

- respektuje názor vyučujícího i spolužáků při práci s 3D tiskárnou
- chová se zodpovědně při manipulaci se zapůjčenou 3D tiskárnou

### 1.8.6 KOMPETENCE PRACOVNÍ

Úspěšné vykonávání pracovní pozice a role, efektivní pracovní aktivita, funkční, hospodárné a bezpečné používání materiálů a nástrojů, ochrana života a zdraví svého i druhých pracovníků, ochrana životního a pracovního prostředí, další vzdělávání se v profesní oblasti, úsilí o tvořivost v oblasti vlastních pracovních aktivit. (35)

Na konci základního vzdělávání žák:

- používá bezpečně a účinně materiály, nástroje a vybavení, dodržuje vymezená pravidla, plní povinnosti a závazky, adaptuje se na změněné nebo nové pracovní podmínky
- přistupuje k výsledkům pracovní činnosti nejen z hlediska kvality, funkčnosti, hospodárnosti a společenského významu, ale i z hlediska ochrany svého zdraví i zdraví druhých, ochrany životního prostředí i ochrany kulturních a společenských hodnot
- využívá znalosti a zkušenosti získané v jednotlivých vzdělávacích oblastech v zájmu vlastního rozvoje i své přípravy na budoucnost, činí podložená rozhodnutí o dalším vzdělávání a profesním zaměření
- orientuje se v základních aktivitách potřebných k uskutečnění podnikatelského záměru a k jeho realizaci, chápe podstatu, cíl a riziko podnikání, rozvíjí své podnikatelské myšlení (29)

### Přínos 3D tiskárny

Při obsluze 3D tiskárny žák:

- dodržuje bezpečnost práce při manipulaci s 3D tiskárnou
- dodržuje vymezená pravidla i povinnosti při ovládání 3D tiskárny
- využívá získané znalosti z oblasti 3D tisku při výběru dalšího vzdělávání

## 2 PRAKTICKÁ ČÁST

### 2.1 VÝBĚR NÁVRHŮ

Poprvé jsem slyšela o 3D tisku na podzim roku 2013, při zvažování možných témat mé diplomové práce. Téma pro mě bylo neznámé, ale velice mě zaujalo. Od té doby jsem se snažila s touto technologií seznámit a vyhledávat nejrůznější informace. Postupně se téma 3D tisku začalo objevovat i v mediích a dostalo se do povědomí mnoha lidí.

V dubnu 2014 se v Praze konala výstava 3Dexpo, kde se setkali majitelé 3D tiskáren i zájemci o 3D tisk z celé republiky. Byly zde k vidění tiskárny RepRap, profesionální 3D tiskárny i materiál pro 3D tisk. Návštěvníci se zde setkali s probíhajícím 3D tiskem (obrázek 15), seznámili se s technologií 3D tisku, z přednášek se dozvěděli mnoho zajímavých informací, někteří možná poprvé viděli výrobek z 3D tiskárny. Návštěva výstavy pro mě byla velice přínosná, ale inspiraci pro návrhy výrobků jsem zde nenašla.

Netradičním zážitkem pro mě bylo setkání s 3D skenerem. 3D optické skenování je proces, při kterém je fyzický model převeden do počítačových dat, 3D skener snímá najednou celou plochu modelu. Několik minut jsem musela nehnutě sedět a kolem mě se otáčela kamera, která nasnímala 3D model (obrázek 16). 3D skenování má široké uplatnění v mnoha v oborech, například k digitalizaci objektů, ke kterým nejsou k dispozici výrobní podklady, či k rekonstrukci poškozených objektů, a věřím, že se v budoucnu stane běžnou součástí 3D tisku.



Obr. 15 – probíhající 3D tisk



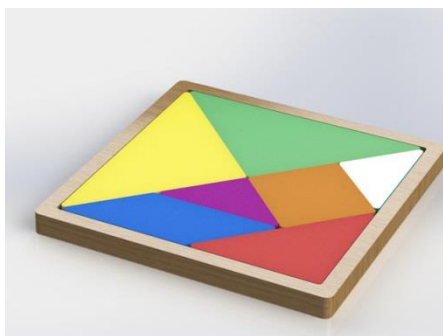
Obr. 16 – můj 3D model

Největší inspiraci pro návrhy výrobků jsem našla na internetové adrese

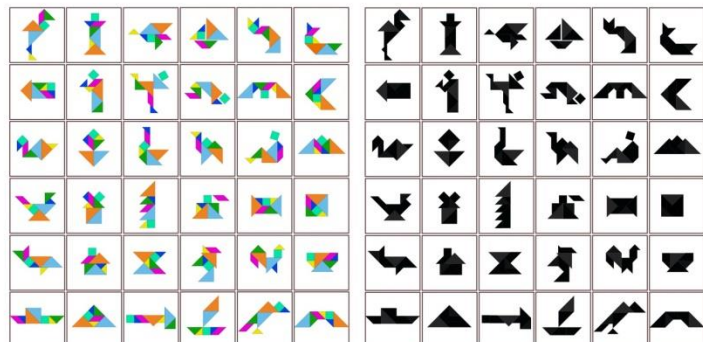
<http://www.thingiverse.com/>. Na těchto stránkách je volně ke stažení nepřeberné množství 3D modelů od návrhářů z celého světa. Hledala jsem jednoduché modely, které by mohli žáci sami vytvořit v programu SketchUp, a zároveň by se daly nějak prakticky využít.

Nejvíce mě zaujaly následující náměty:

- **Tangram** – jde o hlavolam, který pochází ze staré Číny. Tvoří ho sedm geometrických tvarů (obrázek 17), ze kterých lze sestavit spoustu obrázků (obrázek 18).

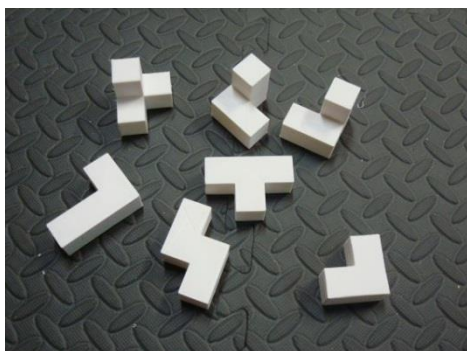


Obr. 17 – hlavolam tangram

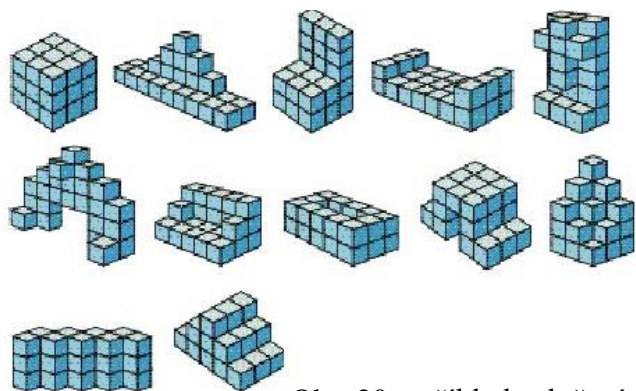


Obr. 18 – příklady složení tangramu

- **Soma kostka** – jde opět o hlavolam pocházející z Čínské říše. Skládá se ze sedmi rozdílných dílů (obrázek 19) a při trpělivém skládání prý člověk najde duševní rovnováhu. Z hlavolamu lze sestavit mnoho zajímavých tvarů (obrázek 20).



Obr. 19 – jednotlivé části hlavolamu

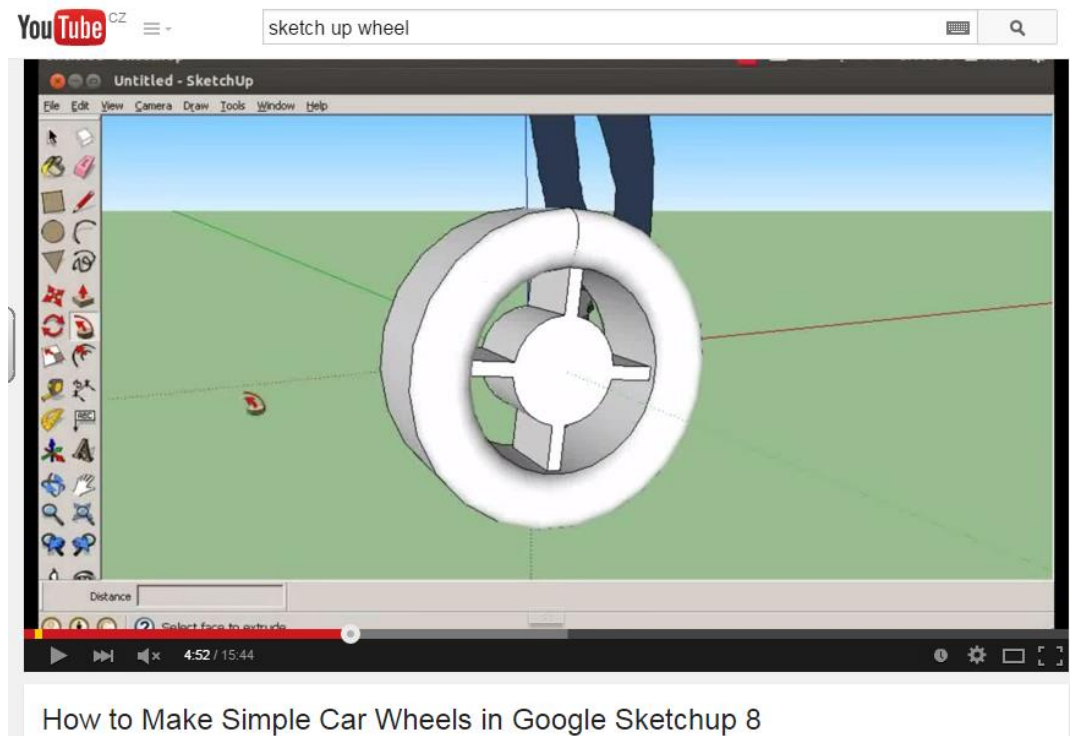


Obr. 20 – příklady složení





- **Kolo** – posledním návrhem bylo kolo ke stavebnici UMT, která je námětem diplomové práce mého spolužáka. Hledala jsem co nejjednodušší návrh, který by zvládli vymodelovat i začátečníci a velké množství návodů na výrobu 3D modelů jsem našla na internetové adrese [www.youtube.com](http://www.youtube.com) (obrázek 23). Návody jsou většinou v angličtině a liší se i verze programu SketchUp, ale s přibývajícím zkušenostmi jsem se nakonec v postupu zorientovala.



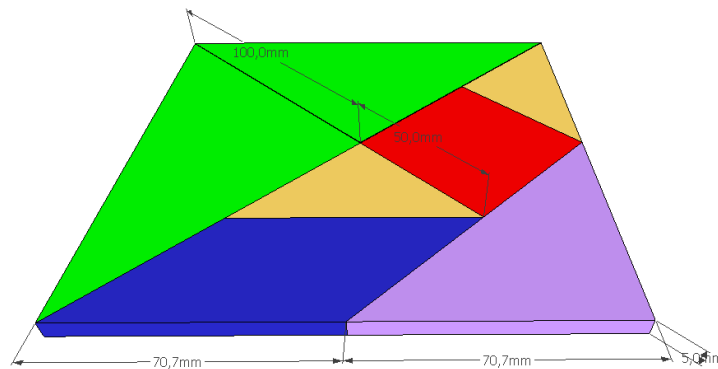
Obr. 23 – ukázka z instruktážního videa na stránkách youtube

## 2.2 VÝROBA MODELŮ

V této fázi jsem strávila mnoho času modelováním v programu SketchUp. Bylo to pro mě první setkání s programem pro výrobu 3D modelů a první pokusy tomu odpovídaly, ale práce s programem mě velice zaujala. Velkým přínosem pro mě byla diplomová práce Distanční výukový kurz - Google SketchUp (10), kde jsou uvedeny funkce základních nástrojů a příklady jednoduchých návrhů.

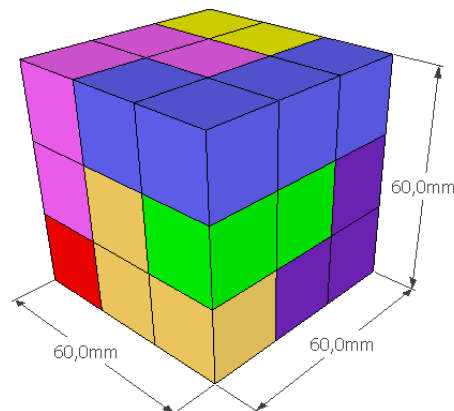
Každý výrobek jsem modelovala několikrát, snažila jsem se vymyslet ideální řešení, které by rozměrově odpovídalo parametrům 3D tiskárny a bylo vhodné i pro začátečníky. Později se ukázalo, že většina původních návrhů byla nevyhovujících.

- **Tangram** – chtěla jsem, aby tangram byl pro žáky co nejatraktivnější, proto jsem volila větší dílky (obrázek 24).



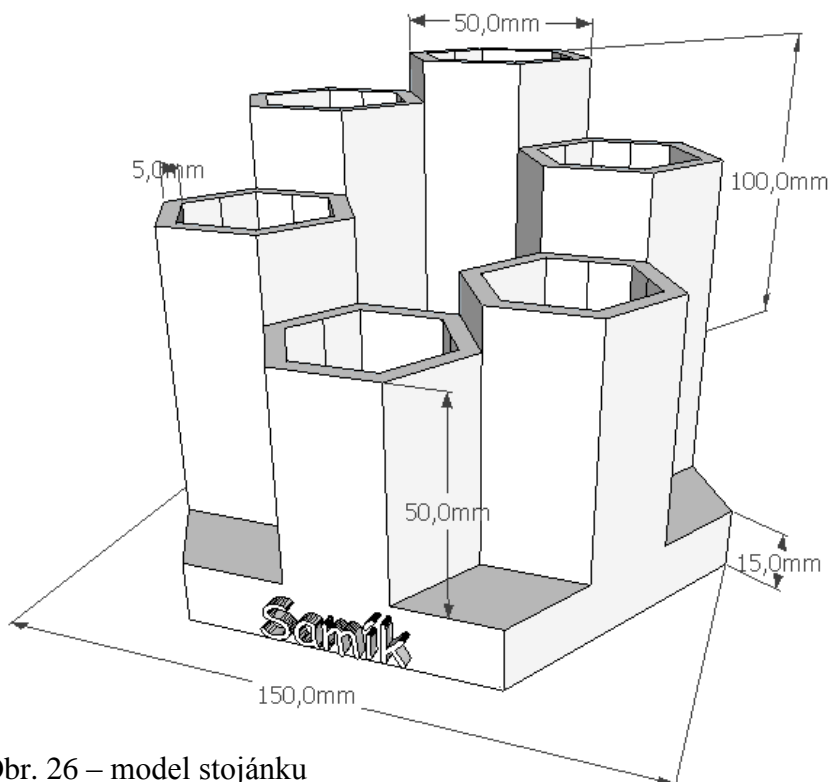
Obr. 24 – rozměry jednotlivých dílků tangramu

- **Soma kostka** – hlavolam je tvořen 27 krychličkami, jednotlivé dílky jsou tvořeny ze tří, či čtyř krychliček, volila jsem délku hrany základní krychličky 2cm (obrázek 25).



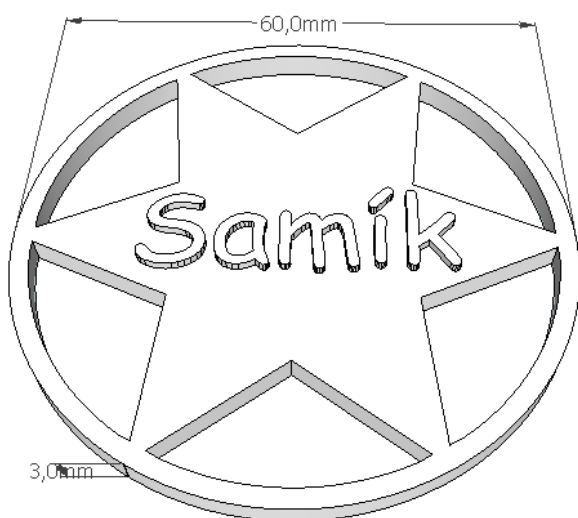
Obr. 25 – rozměry hlavolamu složeného do tvaru krychle

- **Stojánek** – oproti původnímu návrhu měl stojánek podstavu, na které by mohl být originální text (obrázek 26).



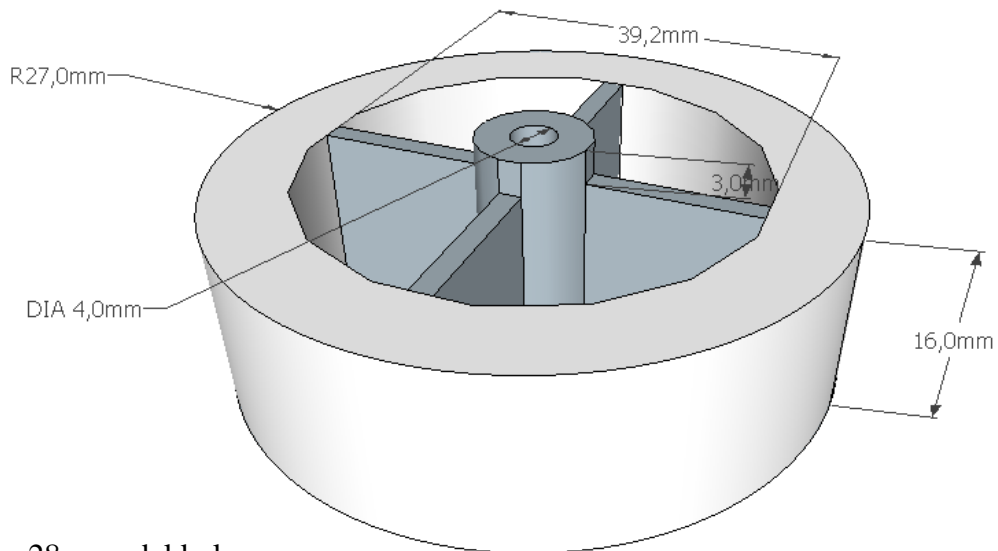
Obr. 26 – model stojánku

- **Přívěsek ve tvaru hvězdy** – tento návrh (obrázek 27) se ukázal jako nejzdařilejší a následně prošel jen minimálními změnami.



Obr. 27 – model přívěsku ve tvaru hvězdy

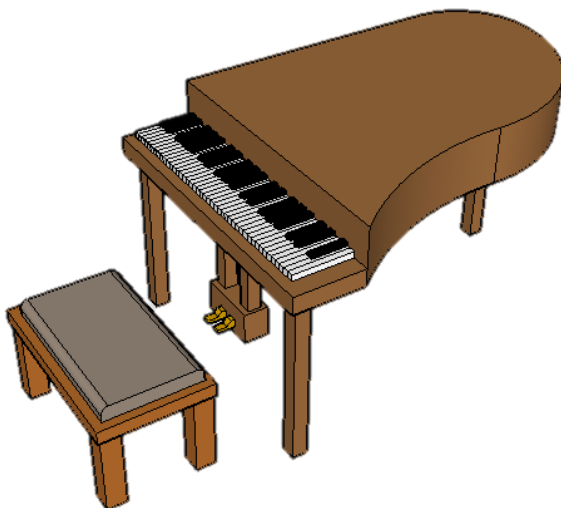
- **Kolo** – rozměry modelu kola (obrázek 28) jsem volila podle originálu, které patří ke stavebnici UMT .



Obr. 28 – model kola

### 2.3 ZAPOJENÍ ŽÁKŮ

Pro ověření návrhů jsem si vybrala několik zvědavých žáků ze Základní školy v Kralovicích a žáci byli 3D tiskem nadšeni. Velice rychle se naučili pracovat v programu SketchUp a jejich náměty byly obdivuhodné. Klavír je jeden z prvních návrhů žáka Petra (obrázek 29). Tento model je ale nevytisknutelný, měří několik kilometrů.



Obr. 29 – model klavíru

## 2.4 VYTVOŘENÍ NÁVODŮ NA VÝROBU

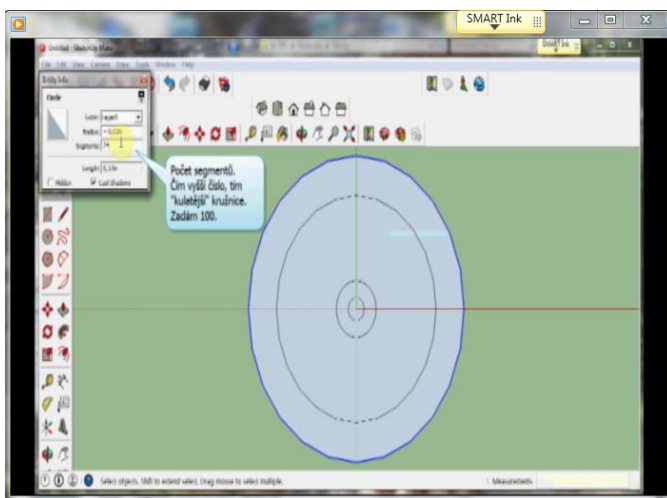
Tato část byla pro mě nejnáročnější. Hledala jsem program, který by plnil následující požadavky:

- umožní zachytávat veškeré činnosti na pracovní ploše počítače
- zachycené video bude možné doplnit textem, nebo obrázky
- upravené video bude ve formátu, který přehraje běžný počítač (např. AVI).

Četla jsem mnoho recenzí, mnoho programů se mi neosvědčilo, ale nakonec jsem našla program BB FlashBack, který odpovídal všem požadavkům.

Každý návrh jsem krok po kroku vytvářela v programu SketchUp a po celou dobu program BB FlashBack zaznamenával dění na obrazovce počítače. Většinou se celý proces několikrát opakoval, protože bylo velmi obtížné neudělat při tvorbě modelu nějakou chybu. Pak jsem video upravovala, každý svůj krok jsem okomentovala, doplnila informace o rozměrech výrobku aj. Upravené video jsem exportovala do formátu AVI, který přehraje Windows Media Player.

Většinu návrhů bylo nutné snímat po částech, u tangramu a kostky soma jsem modelovala každý dílek zvlášť, stojánek i kolo byly náročnější, a tak jsem jejich tvorbu musela rozfázovat. Na závěr jsem chtěla všechny dílčí části propojit do názorného návodu na výrobu kompletního výrobku, ale opět se vyskytl problém s vhodným programem. Některý program nenačetl videa výroby dílčích částí, jiný program video vytvořil, ale v tak malém rozlišení, že nebylo možné přečíst komentáře (obrázek 30). Nakonec jsem musela představu o finálních návodech na výrobu přehodnotit.



Obr. 30 – ukázka z nezdařeného videa

## 2.5 OVĚŘENÍ NÁVRHŮ

### 2.5.1 BESEDA SE ŽÁKY DRUHÉHO STUPNĚ

Ověření návrhů se konalo v únoru 2015 na Základní škole v Kralovicích. Ve středu 11. 2. 2015 proběhla pro žáky druhého stupně akce s názvem „3D tisk na ZŠ Kralovice“ v rámci projektu Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky pod záštitou FPE ZČU Plzeň. Žáci se dozvěděli mnoho zajímavých informací z následujících oblastí

- význam studia technických oborů
- možnosti uplatnění v průmyslových odvětvích
- výhody počítačem řízených strojů
- výrobní proces moderní průmyslové výroby
  
- 3D modelování
- základy modelování v programu SketchUp
- databáze vytvořených 3D modelů
  
- technologie 3D tisku
- výhody a nevýhody dostupných 3D tiskáren
- využití 3D tisku

Žáci přednáška velice zaujala. Překvapilo mě, kolik informací žáci o 3D tisku měli i zručnost, se kterou dokázali vytvořit model domu po krátké ukázce práce v programu SketchUp. V odpoledních hodinách proběhl pro zájemce kurz manipulace s 3D tiskárnou.

- žáci byli seznámeni s ovládáním 3D tiskárny
- konzultovali s odborníky svoje návrhy
- získali cenné informace o vlastnostech, které musí 3D model splňovat, aby byl vytisknutelný
- naučili se exportovat model do formátu STL, který dokáže 3D tiskárna vytisknout

### 2.5.2 PRÁCE S 3D TISKÁRNOU

Vědomosti, které jsem do této chvíle o 3D tisku měla, byly jen teoretické. To se ukázalo jako značný problém a většina mých návrhů byla nevytisknutelná. Při pokusu o vytisknutí se objevovaly nejčastěji následující chyby

- model byl příliš velký a tisk by trval několik hodin
- model měl velkou podstavu a během tisku se deformoval
- model se uvolnil ze své pozice

S přibývajícím zkušenostmi se modely zdokonalovaly a některé výtisky byly opravdu zdařilé.

3D tiskárnu jsme měli ve škole zapůjčenou sedm pracovních dní. Téma 3D tisk jsem využila

- v hodinách informatiky (v 5. a 6. ročníku)
- v hodinách pracovní výchovy (v 6. ročníku)
- při hodině výchovy k občanství (v 9. B)
- pro další zájemce mimo vyučování

Měla jsem představu, že si žáci pátých a šestých ročníků vymodelují v programu SketchUp přívěsek nebo jiný jednoduchý výrobek a model se vytiskne na 3D tiskárně, to se ale ukázalo jako nemožné. Tisk jednoho přívěsku trval asi 40 minut, žáků bylo kolem stovky a některý model se během tisku zničil.

Se zájemci o vytisknutí 3D modelu jsem se scházela před vyučováním. Žáci přicházeli s vlastními návrhy, které se většinou po úpravě měřítka podařilo vytisknout. Na vytisknutí všech návrhů by bylo zapotřebí mít 3D tiskárnu delší dobu. Tiskli jsme kolem pěti modelů denně, ale nebylo možné být u tiskárny po celou dobu tisku, a tak se některý model nepodařilo vytisknout kvůli chybě způsobené během tisku. O zdařilých i nepovedených pokusech se podrobně zmíním v následujících kapitolách.

## 2.6 OVĚŘENÍ PŮVODNÍCH NÁVRHŮ

Při konzultaci návrhů se zkušenějšími návrháři jsem neodhalila žádné zásadní chyby, problémy se začaly objevovat až po načtení modelů do virtuálního prostředí 3D tiskárny. Program rozdělí STL model na tenké vrstvy, ve kterých bude model vytisknut. V této fázi docházelo k následujícím problémům

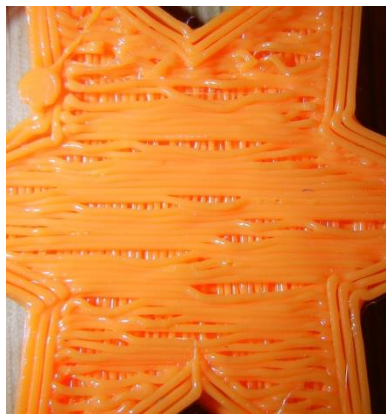
- program odhalil skryté chyby v návrhu
- návrh se po rozdělení na tenké vrstvy zdeformoval
- předpokládaná doba tisku byla nepřijatelná

V programu je možné model dále upravit, měnit měřítko i polohu na tiskové ploše. K tisku původních návrhů většinou nedošlo a o pokusech o tisk se dále zmíním.

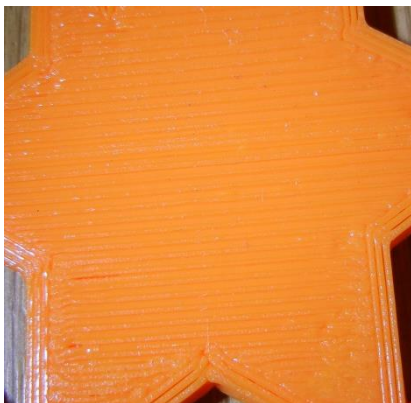
Před každým tiskem je nutné ručně nastavit vzdálenost tiskové plochy od tiskové hlavy. Vzdálenost by měla být 0,25mm a ze začátku bylo problematické správnou vzdálenost odhadnout. Při menší vzdálenosti by se mohl model zatavit do tiskové plochy (obrázek 31), při větší vzdálenosti by se mohl uvolnit ze své pozice (obrázek 32).



Obr. 31 – vzdálenost < 0,25mm



Obr. 32 – vzdálenost > 0,25



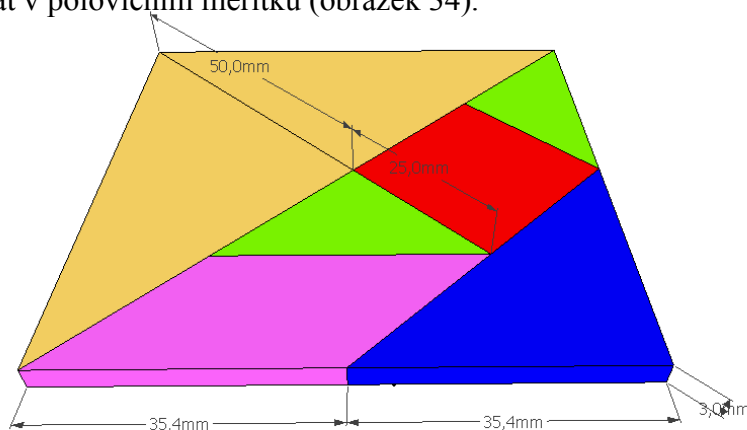
Na obrázku 33 je vzdálenost tiskové plochy nastavena správně.

Obr. 33 – správně nastavená vzdálenost tiskové hlavy



### 2.6.1 TANGRAM

V původním návrhu byl rozměr složeného čtverce 14cm, tloušťka 0,5cm. V návrhu jsem nepočítala s tím, že tisk velkých ploch je problematický. Často se stává, že se model uvolní ze své pozice, nebo se při chladnutí deformuje. Tangram jsem vytvořila znovu, tentokrát v polovičním měřítku (obrázek 34).



Obr. 34 – nové rozměry jednotlivých dílků tangramu

Pokoušela jsem se tangram vytisknout několikrát. Poprvé se tiskly všechny dílky najednou, doba tisku se pohybovala kolem dvou hodin. Při nanášení prvních vrstev se zdálo být vše v pořádku, ale během tisku docházelo k rychlému chladnutí materiálu a dílky se postupně uvolňovaly ze svých pozic. Po ukončení tisku jsem našla prázdnou tiskovou plochu, zdeformované dílky se nacházeli na nečekaných místech a jeden se dokonce přitavil k tiskové hlavě.

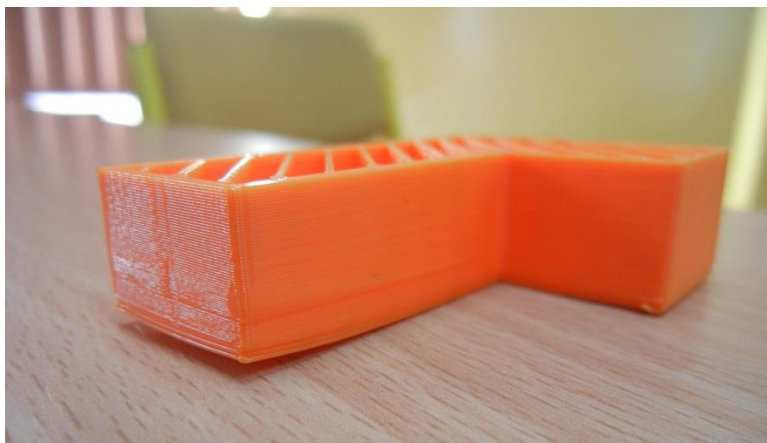
Při dalším pokusu jsem chtěla tisknout tangram po menších částech. Tiskl se největší a nejmenší trojúhelník, ale výsledek mě opět zklamal. Větší trojúhelník se při chladnutí zkroutil a na menší se přitavil nepotřebný materiál (obrázek 35). V průběhu tisku bych musela větší trojúhelník přilepit tavným lepidlem.



Obr. 35 – nepovedený tisk hlavolamu tangram

## 2.6.2 KOSTKA SOMA

Původní návrh musel projít menšími změnami, ale vytisknout se ho podařilo. Původně byl rozměr základní krychličky 2 cm, to se ale neosvědčilo. Tisk prvního dílku musel být zrušen ještě před koncem. Dílek byl moc velký, doba tisku byla delší než hodina a chladnoucí materiál se začal kroutit (obrázek 36).

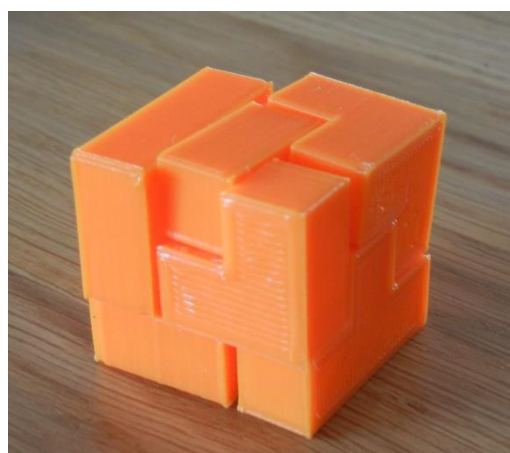


Obr. 36 – nepovedený tisk dílku hlavolamu Soma

Hlavolam jsem znovu vymodelovala v polovičním měřítku, základní krychle měla rozměr 1cm a model se vytiskl bez problémů (obrázek 37). Při skládání kostky se objevily drobné chyby. Dílky byly vymodelovány přesně, ale tiskárna nepatrně „přidává“. Některé hrany jsou delší a dílky na sebe nedolehnou přesně (obrázek 38).



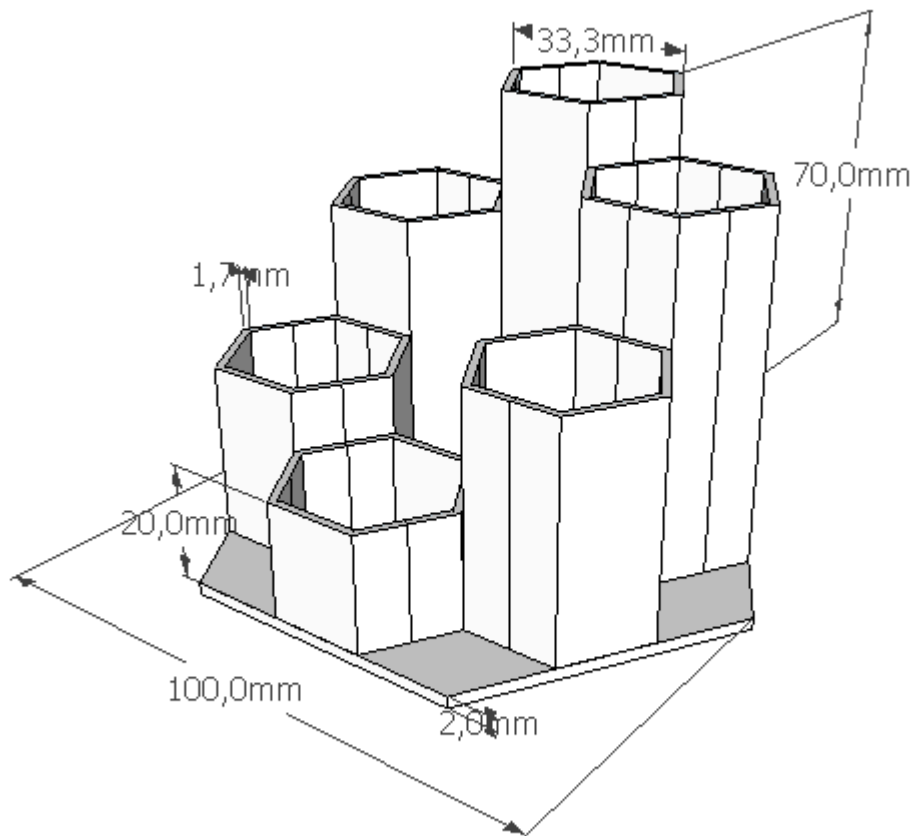
Obr. 37 – jednotlivé dílky hlavolamu



Obr. 38 – složený hlavolam Soma

### 2.6.3 STOJÁNEK

K vytištění modelu stojánku nakonec nedošlo. Předpokládaná doba tisku původního návrhu se pohybovala kolem 22 hodin a písmo na straně podstavy by se muselo tisknout zvlášť, nelze tisknout „do vzduchu“. Návrh jsem přepracovala (obrázek 39), doba tisku se snížila na dvě hodiny, ale podstava zabírala velkou plochu. Obávala jsem se kroucení materiálu při chladnutí a uvolnění modelu ze své pozice. Musela bych být přítomna po celou dobu tisku a model včas přilepit tavným lepidlem, ale to z omezených časových důvodů nebylo možné.



Obr. 39 – nový model stojánku na tužky

#### 2.6.4 PŘÍVĚSEK VE TVARU HVĚZDY

Tento návrh si žáci oblíbili nejvíce. Vytvoření modelu vyžaduje hned několik kroků, ale podle návodu většina žáků 3D model vytvořila. Přívěsek v původní velikosti byl mohutný a předpokládaná doba tisku se pohybovala kolem 90 minut. Zkusila jsem zmenšit měřítko modelu ve formátu STL ve virtuálním prostředí tiskárny, ale s výsledkem jsem spokojená nebyla (obrázek 40), písmo bylo rozmazané. Přívěsek jsem znovu vymodelovala s menšími rozměry, doba tisku se pohybovala kolem 30 minut a písmo bylo mnohem čitelnější (obrázek 41).



Obr. 40 – nepovedený tisk přívěsku



Obr. 41 – tisk vylepšeného návrhu

#### 2.6.5 KOLO

Model kola je pro mě záhadou. V programu SketchUp návrh nevykazoval žádné chyby, po načtení do virtuálního prostředí tiskárny program nahlásil chybu, ale celý model se zobrazil. Po rozdělení modelu na tenké vrstvy jsem výstup nekontrolovala a 3D tiskárna model vytiskla bez vnitřní části (obrázek 42). Zkusila jsem znovu model kola rozdělit na tenké vrstvy ve virtuálním prostředí tiskárny, ale výsledek byl stejný. Tisk kola se nezdařil.



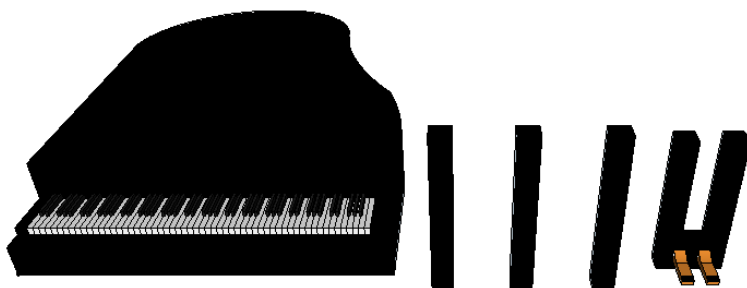
Obr 42 – nepovedený tisk kola

## 2.7 NÁVRHY ŽÁKŮ

Během výzkumu jsem byla překvapena, jak je pro žáky snadné pracovat v programu SketchUp. Stačilo žákům ukázat pár základních nástrojů a oni byli schopni vytvořit propracovaný model domu během jedné vyučovací hodiny. S programem SketchUp pracovali i žáci prvního stupně, žáci pátého ročníku během hodin informatiky, žáci třetího ročníku během pracovní výchovy. Bylo pro mě velkým překvapením, jak žáky práce v programu nadchla a jak snadno dokázali program ovládat. Žáky druhého stupně práce v programu také bavila, pracovali samostatně a vytvořené návrhy byly propracovanější. V dalších kapitolách se zmíním o těch nejzajímavějších.

### 2.7.1 KLAVÍR

Návrh klavíru vytvořil Petr, žák sedmého ročníku. Původní několikakilometrový model vytvořil v menším měřítku (obrázek 43), ale i tento návrh musel upravit. Klavír nelze vytisknout na nožkách, ty musely být odděleny a tiskly se zvlášť. Při prvním pokusu se tiskl klavír o délce 9cm, model se ale během tisku uvolnil ze své pozice a tisk se nezdařil (obrázek 44). Na uvolnění se podílela velká plocha modelu a deformace materiálu při chladnutí. Model jsem zkusila vytisknout čtyřikrát zmenšený a tisk se podařil (obrázek 45).



Obr. 43 – 3D model klavíru, rozdělený na části



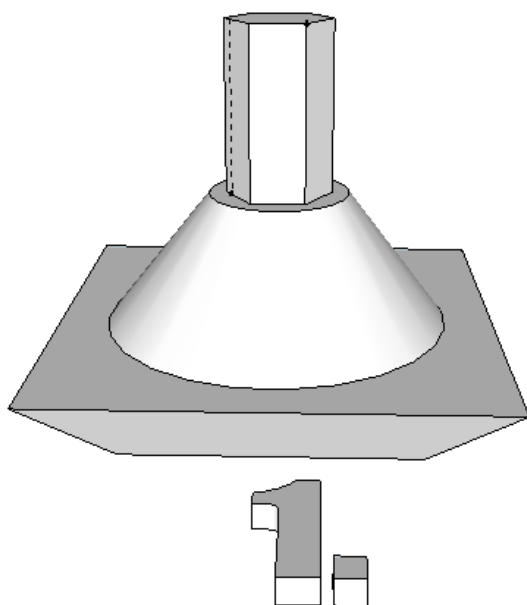
Obr. 44 – nepovedený tisk



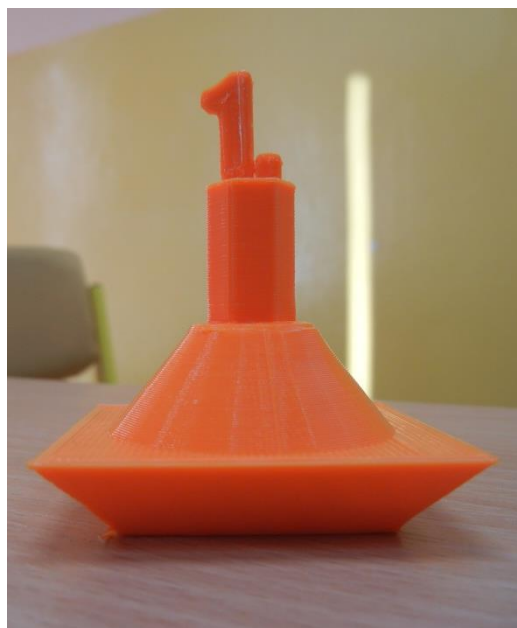
Obr 45 – vytisknutý klavír v menším měřítku

### 2.7.2 POHÁR

Dalším šikovným návrhářem je Martin, žák 8 ročníku, který vytvořil model poháru. Vytvoření takového modelu není jednoduché, rotační tělesa patří k nejsložitějším úkolům, které vyžadují zkušenosti a pokročilou znalost programu. V původním návrhu stála jednotka na poháru, ale s tím by si tiskárna neporadila, protože v závěrečné fázi by tiskla „do vzduchu“. Model se musel rozdělit a tisknout na dvakrát (obrázek 46). Obávala jsem se, že se nepodaří vytisknout první část poháru, kde se strany rozevírají, ale výsledek nás všechny překvapil. Pohár se stal jedním z nejzdařilejších návrhů (obrázek 47).



Obr. 46 – 3D model poháru



Obr. 47 – vytisknutý pohár

### 2.7.3 OBLÍBENÝ BAVIČ

Honza, žák 8 ročníku, přišel s návrhem destičky se jménem oblíbeného baviče a model to byl zajímavý (obrázek 48). Hlavy šroubů jsou detailně propracované, i tvarem je destička zajímavá. Ideálně se destičku vytisknout nepodařilo, ve větším měřítku zabírala poměrně velkou plochu a hrozilo by uvolnění modelu z pozice, v menším měřítku by se nevytiskly detaily a písmo by bylo rozmazané. Na vytištěném modelu je písmo částečně k přečtení, ale detaily hlavy šroubu nevyšly (obrázek 49).



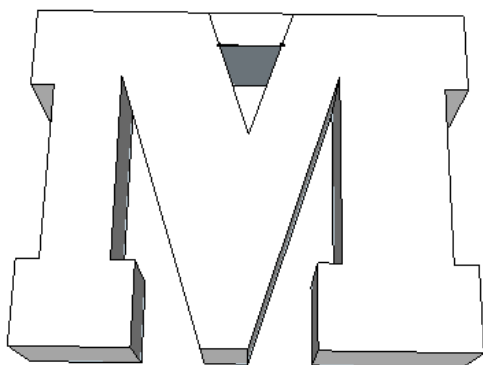
Obr. 48 – 3D model destičky



Obr. 49 – vytisknutá destička

### 2.7.4 PŘÍVĚSEK VE TVARU PÍSMENE

Další zajímavý návrh vytvořil Jirka, žák šestého ročníku. Přívěsek byl dárek pro sestru, ale zařadím ho mezi své návrhy jako přívěsek pro kluky. Vymodelovat originální přívěsek zvládne i začátečník (obrázek 50), doba tisku se pohybuje kolem půl hodiny a vytisknutý model vypadá zajímavě (obrázek 51).



Obr. 50 – 3D model přívěsku



Obr. 51 – vytisknutý přívěsek

### 2.7.5 PŘÍVĚSEK VE TVARU SRDCE

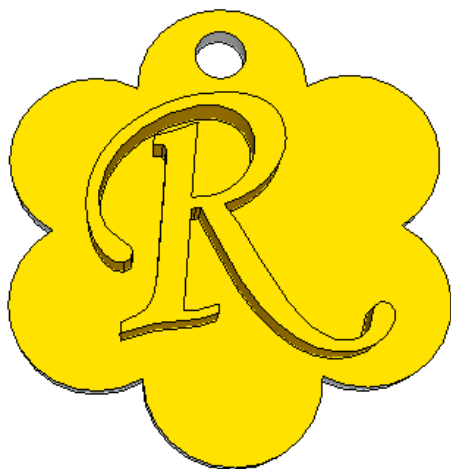
Dívky ze šestého ročníku chtěly vyrobit dárek pro třídní učitelku k narozeninám, nakonec vyrobily přívěsek ve tvaru srdce s vyřiznutým písmenem P. Tvar srdce je zajímavý nápad a také ho zařadím mezi nové návrhy na výrobu. Vytvořit srdce není náročné a jistě se bude žákům líbit. Doba tisku se pohybovala kolem půl hodiny a výsledek mě mile překvapil (obrázek 52).



Obr. 52 – vytisknutý přívěsek

### 2.7.6 PŘÍVĚSEK VE TVARU KVĚTINY

Mezi žákovskými návrhy mě zaujal také přívěsek ve tvaru květiny (obrázek 53). Není složité květinu vymodelovat a doba tisku nepřesáhne půl hodinu. Tento přívěsek zařadím do mých návrhů na výrobu.



Obr 53 – 3D model přívěsku



### 2.7.7 LOGO ŠKOLNÍHO ČASOPISU

Žáci 9. B pod vedením třídní učitelky si ve škole založili redakci školního časopisu s názvem Kralovická Základní. Při hodině občanské výchovy dostali za úkol vymodelovat logo školního časopisu. S programem SketchUp se žáci setkali poprvé, a tak jejich návrhy nebyly složité, přesto vzniklo několik zdařilých 3D návrhů a jeden se podařilo vytisknout (obrázek 54). Do svých návrhů jistě zařadím námět na výrobu loga třídy (zájmového kroužku, party...). Pro žáky to bude motivující a budou rozvíjet hned několik kompetencí, než vyberou finální podobu návrhu.



Obr 54 – vytisknuté logo školního časopisu

## 2.8 LOGO ŠKOLY

Na nápad vytvořit logo školy mě přivedl zástupce ředitelky školy. Mohlo by jít o dlouhodobý školní projekt, žáci by vytvářeli různé návrhy a hlasováním by se vybralo nejoblíbenější logo školy. Na naší škole byla 3D tiskárna poměrně krátkou dobu, vytvořila jsem několik návrhů a s jedním přišla také Anička, žákyně 7. ročníku. Po několika nevydařených pokusech vznikly tři zajímavé návrhy. Věřím, že by se zapojilo více žáků a mohla by vzniknout pěkná výstava návrhů, kdyby bylo více času.

### 2.8.1 NÁVRH OD ANIČKY

Anička byla jediná dívka ve skupině žáků, kteří pracovali s 3D tiskárnou a vytvořila několik originálních návrhů. S prací v programu SketchUp neměla moc zkušeností a první návrhy nebylo možné vytisknout. Třída jí pomohla vybrat nejzajímavější návrh, ten přepracovala (obrázek 55) a vytisknuté logo se všem velice líbilo. Při tisku se opět projevil, že tiskárna „přidává“ a některé části loga vypadají jinak než na 3D modelu (obrázek 56).



Obr. 55 – 3D model loga



Obr. 56 – vytisknuté logo školy

### 2.8.2 MOJE NÁVRHY LOGO ŠKOLY

Hledala jsem nápad, čím bych mohla logo oživit a napadla mě sova, symbol moudrosti. Siluetu sovy jsem tvořila poměrně dlouho s použitím mnoha nástrojů (kružnice, oblouk, čára...) a s výsledkem jsem byla spokojená. První návrh měl podstavu šestiúhelníku, ale písmo nebylo k přečtení kvůli malým rozměrům (obrázek 57). Návrh jsem trochu poupravila, rozměry zvětšila a vzniklo zdařilé logo školy (obrázek 58). Do třetice jsem vymodelovala logo ve tvaru hvězdy, protože tvar hvězdy se těšil velké oblibě. První pokus se z neznámých nepovedl (obrázek 59), ale další logo se vytiskla bez problémů (obrázek 60).



Obr. 57 – nepovedený tisk loga



Obr. 58 – tisk poraveného návrhu



Obr. 59 – chyba 3D tiskárny



Obr. 60 – logo školy ve tvaru hvězdy

## 2.9 ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ PRO PRAXI

3D tisk byl pro mě i mé kolegy ze Základní školy v Kralovicích novinkou a nikdo netušil, jaký ohlas bude mít u žáků. Myslela jsem si, že se mnou bude spolupracovat jen několik žáků a ti byli s programem SketchUp předem seznámeni. Velké překvapení pro mě bylo, jak snadno se v programu naučili pracovat. Modely, které vytvořili, byly velice náročné a dokonale propracované. Některé návrhy zařadím do přílohy.

Žáci byli 3D tiskárnou nadšení a velkou zásluhu na tom měla beseda pod vedením Mgr. Krotkého, během které se žáci seznámili se základy 3D modelování i technologií 3D tisku. Po této besedě se rozrostla skupina mých spolupracovníků a každý žák chtěl mít svůj vlastní model vytisknutý na 3D tiskárně. Tiskárna na naší škole byla jen pár dní a každému jsem přání vyplnit nemohla.

Pro velký zájem bylo nutné program SketchUp nainstalovat do všech počítačů na škole a modelovali žáci z pěti ročníků. Myslela jsem si, že práce v programu bude pro žáky složitá, ale opak byl pravdou. I nejmladší třetíáci dokázali vytvořit dům se všemi nejrůznějšími detaily během jedné vyučovací hodiny. Jediný problém bylo měřítko, ve kterém žáci modely tvořili. Rozměry většiny návrhů se pohybovaly v kilometrech. Program SketchUp budu i nadále využívat ve svých předmětech (matematika, informatika, pracovní výchova) a věřím, že i kolegové najdou jeho využití v ostatních předmětech (zeměpis, výtvarná výchova...).

3D tiskárna je pro žáky velkou motivací a přináší mnoho nových zážitků a zkušeností. Byla bych ráda, kdyby si škola v budoucnu tiskárnu pořídila, to ale záleží zejména na finančních možnostech školy. Využití by našla v mnoha předmětech na prvním i druhém stupni. Obsluha 3D tiskárny není složitá, jen je nutné vyvarovat se návrhům, u kterých hrozí chyba při tisku.

Pokusím se sepsat moje zkušenosti s modelováním v programu SketchUp a 3D tiskem do několika bodů:

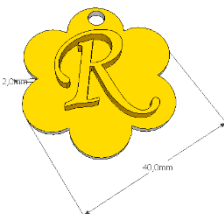
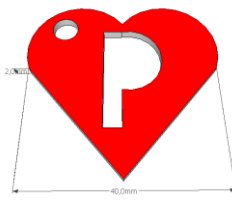
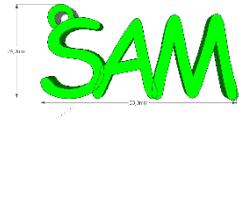
- Při modelování v programu SetchUp je nutné si předem rozmyslet rozměry finálního návrhu. Zmenšením měřítka před samotným tiskem dojde k zániknutí detailů.
- Z mé zkušenosti je lepší vyhnout se návrhům, jejichž podstava zabírá větší plochu. Při tisku hrozí uvolnění modelu ze své pozice a deformace tvaru při chladnutí materiálu. Tomuto problému lze předejít včasným přilepením modelu tavným lepidlem, ale to vyžaduje nepřetržitý dohled nad tiskem.
- 3D tisk návrhů pro celou třídu je velice časově náročný, je vhodné začít s dostatečným časovým předstihem. Tisk menších modelů pro 20 žáků zabere minimálně 13 hodin.
- Je dobré zásobit se značnou dávkou trpělivosti hned ze dvou důvodů. Některé modely nedokáže virtuální prostředí 3D tiskárny rozdělit na tenké vrstvy a je poměrně složité najít příčinu. Když se vydaří i tato fáze a předem se vyvarujeme chyb popsaných výše, stále není vyhráno. Stalo se nám, že se dva modely vytiskly bez problémů a třetí se z neznámých příčin nepovedl (obrázek 59).



Obr. 59 - chyba vzniklá při tisku

## 2.10 NÁVRHY NA VÝROBU

Vybrala jsem náměty, které žáky nejvíce zaujaly, jejichž výroba v programu SketchUp je vhodná i pro začátečníky a doba tisku se pohybuje kolem jedné hodiny. Po zkušenostech s 3D tiskem to budou menší modely, u kterých nehrozí problémy při tisku. Upustila jsem tedy od návrhů, které se nepodařilo vytisknout, jejichž podstava zabírala velkou plochu a doba tisku se pohybovala v řádech několika hodin. Vyberu náměty pro chlapce i dívky, které žákům udělají radost, a seřadím je od nejjednodušších ke složitějším.

Název návrhu	Přívěsek ve tvaru květiny	Přívěsek ve tvaru srdce	Přívěsek ve tvaru písmene či slova
Vstupní požadavky	Znalost základních funkcí programu SketchUp	Znalost základních funkcí programu SketchUp	Zkušenosti programem SketchUp
Složitost návrhu	Jednoduchý návrh	Jednoduchý návrh	Složitost závisí na zvolené variantě
ročník	5. ročník ZŠ	5. ročník ZŠ	6. ročník ZŠ
Časová dotace	1 vyučovací hodina	1 vyučovací hodina	1 vyučovací hodina
Doba tisku	Cca 30 minut	Cca 30 minut	Cca 30 minut
Ukázka návrhu			

Název návrhu	Přívěsek ve tvaru květiny	Přívěsek ve tvaru srdce	Přívěsek ve tvaru písmene či slova
Vstupní požadavky	Zkušenosti s programem SketchUp	Schopnost samostatné práce v programu SketchUp	Schopnost samostatné práce v programu SketchUp
Složitost návrhu	Složitost závisí na zvolené variantě	Návrh, odvíjející se od schopností žáka	Návrh, odvíjející se od schopností žáka
ročník	6. ročník ZŠ	2. stupeň ZŠ	2. stupeň ZŠ
Časová dotace	1 vyučovací hodina	1 vyučovací hodina	2 vyučovací hodiny
Doba tisku	Cca 60 minut	Podle velikosti návrhu	Podle velikosti návrhu
Ukázka návrhu			

### 2.10.1 PŘÍVĚSEK VE TVARU KVĚTINY

Tento přívěsek je jedním z mnoha návrhů, kterými mě inspirovali žáci při práci v programu SketchUp. Přívěsek je vhodný pro dívky, nebo jako dárek pro maminku, a finální podobu si každý žák vytvoří podle svých představ. Patří mezi drobnější návrhy, doporučuji přívěsek ozdobit písmenkem, které může být do materiálu vyryto (obrázek 61), nebo je možné písmenko napsat na přívěsek (obrázek 62). Výroba 3D modelu je poměrně jednoduchá, návrh květiny vyrobila žákyně šestého ročníku, která se setkala s programem SketchUp poprvé, a doba tisku se pohybuje kolem půl hodiny.

Ročník	5. ročník ZŠ
Předmět	Informatika
Téma	Přívěsek ve tvaru květiny
Cíl	Žáci vytvoří návrh přívěsku ve tvaru květiny v programu SketchUp
Vyučovací metoda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instruktaž</li> <li>• Samostatná práce</li> </ul>
Organizační forma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frontální výuka</li> <li>• Individuální</li> </ul>
Časová dotace	1 vyučovací hodina
Klíčové kompetence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizuje a řídí vlastní činnost</li> <li>• Samostatně experimentuje a vyvozuje závěry</li> <li>• Rozpozná a pochopí problém</li> <li>• Promyslí a naplánuje způsob řešení problémů</li> <li>• Volí vhodné způsoby řešení</li> </ul>
Pomůcky	PC s programem SketchUp, promítací plátno

- **Cíl hodiny**

Žáci znají základní funkce programu SketchUp, podle instruktáže vyučujícího vytvoří návrh přívěsku ve tvaru květiny, který si ozdobí podle svých představ.

- **Forma a organizace výuky**

Výuka probíhá v počítačové učebně. Žáci podle pokynů vyučujícího vytvoří základní tvar květiny, postup je promítán na plátno. Žáci následně přívěsek ozdobí podle vlastních představ při samostatné práci. Učitel sleduje samostatnou práci žáků, případně nabídne pomoc, usměrňuje nápady a chování.

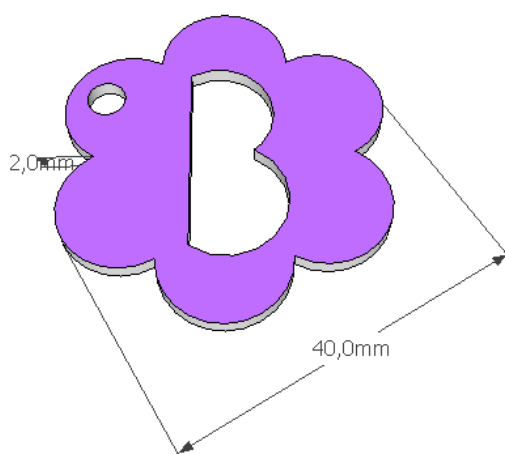
- **Motivace**

Tento přívěsek by se hodil pro maminku jako dárek ke Dni matek. Návrh přívěsku zvládnou i žáci s minimálními zkušenostmi s 3D modelováním. Práce s programem SketchUp je pro žáky velice zábavná, přívěsky jsou mezi žáky velice populární a možnost vytisknutí návrhu na 3D tiskárně je pro žáky velice motivující.

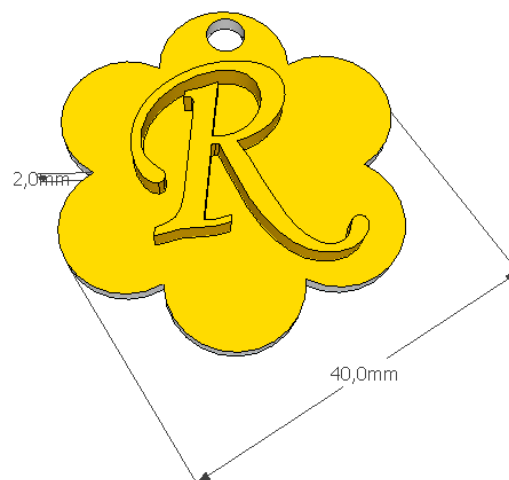
- **Forma hodnocení**

V průběhu hodiny převládá slovní hodnocení, na závěr vyučující hodnotí výsledný návrh známkou, která zahrnuje činnost žáka při samostatné práci i kreativitu návrhu.

- **Ukázky hotového návrhu**



Obr. 61 – model s vyříznutým písmenkem

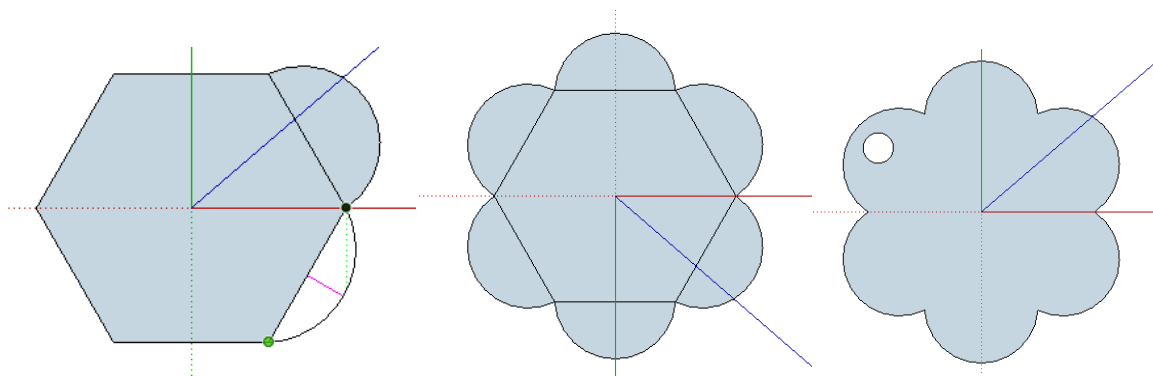


Obr. 62 – model s 3D textem



- **Postup výroby**

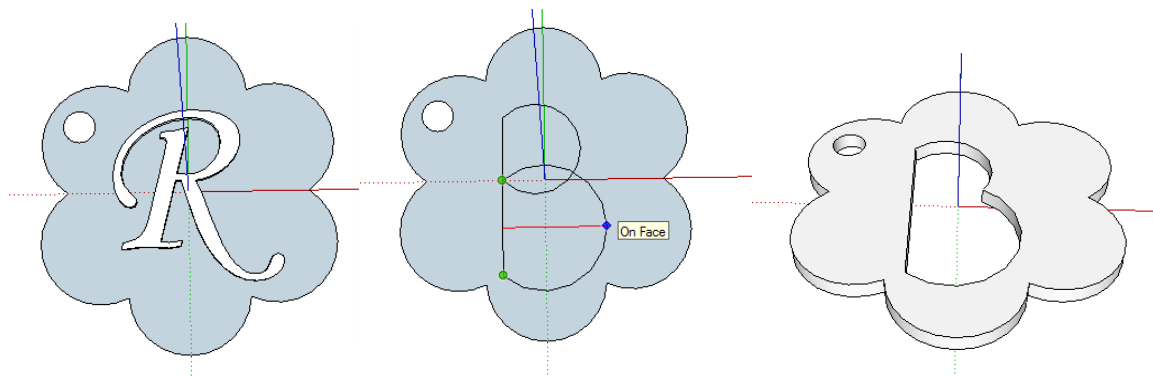
Tvar květiny vychází ze šestiúhelníku o poloměru 15mm. Přesný poloměr lze zadat na klávesnici. Nástroj „2 Point Arc“ vytvoří oblouk vycházející ze dvou bodů (obrázek 63). Ze sousedních vrcholů šestiúhelníku postupně vytvoříme oblouky o šířce 7mm (obrázek 64). Přesnou šířku oblouku opět můžeme zadat na klávesnici. Nástrojem Guma odstraníme přebytečné hrany a vytvoříme otvor pro zavěšení. Zvolíme tvar kruhu o poloměru 2mm a odstraníme plochu otvoru (obrázek 65). V dalším kroku ozdobíme květinu písmenkem, které je možné na přívěsek napsat, nebo vyrýt do materiálu. Jednodušší je napsat písmenko na přívěsek pomocí nástroje 3D text, který umožňuje zvolit velikost i styl textu (obrázek 66). Pokud budeme chtít písmenko do přívěsku vyrýt, musíme si tvar písmenka na květinu vlastnoručně vymodelovat pomocí nástroje čára a oblouk. Odstraníme plochu písmenka (obrázek 67) a na závěr pomocí nástroje „Push/Pull“ nastavíme šířku přívěsku 2mm (obrázek 68).



Obr. 63 – tvorba oblouku

Obr. 64 – tvar květiny

Obr. 65 – finální tvar



Obr. 66 – 3D text

Obr. 67 – tvorba písmene

Obr. 68 – hotový návrh

### 2.10.2 PŘÍVĚSEK VE TVARU SRDCE

Výroba modelu srdce v programu SKetchUp je o něco složitější, než návrh květiny, ale návrh žáci vytvořili s minimálními znalostmi programu. Jde opět o drobný přívěsek pro dívky, který si každý upraví podle svého vkusu. Přívěsek je možné ozdobit písmenem, které lze na srdce napsat (obrázek 69), a může být i do přívěsku vyryto (obrázek 70). Doba tisku se pohybuje kolem půl hodiny.

Ročník	5. ročník ZŠ
Předmět	Informatika
Téma	Přívěsek ve tvaru srdce
Cíl	Žáci vytvoří návrh přívěsku ve tvaru srdce v programu SketchUp
Vyučovací metoda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instruktaž</li> <li>• Samostatná práce</li> </ul>
Organizační forma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frontální výuka</li> <li>• Individuální</li> </ul>
Časová dotace	1 vyučovací hodina
Klíčové kompetence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizuje a řídí vlastní činnost</li> <li>• Samostatně experimentuje a vyvozuje závěry</li> <li>• Rozpozná a pochopí problém</li> <li>• Promyslí a naplánuje způsob řešení problémů</li> <li>• Volí vhodné způsoby řešení</li> </ul>
Pomůcky	PC s programem SketchUp, promítací plátno

- **Cíl hodiny**

Žáci znají základní funkce programu SketchUp, podle instruktáže vyučujícího vytvoří návrh přívěsku ve tvaru srdce, který si opět ozdobí podle svých představ.

- **Forma a organizace výuky**

Výuka probíhá v počítačové učebně. Žáci podle pokynů vyučujícího vytvoří tvar srdce, postup je promítán na plátno. Žáci následně přívěsek ozdobí podle vlastních představ při samostatné práci. Učitel sleduje samostatnou práci žáků, případně nabídne pomoc, usměrňuje nápady a chování.

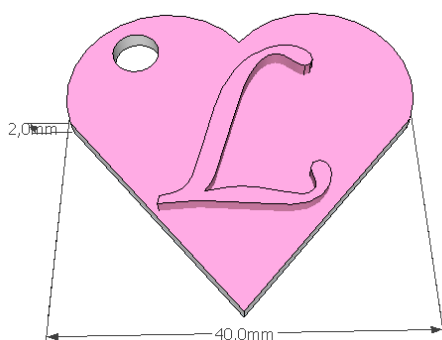
- **Motivace**

Tento přívěsek je vhodný jako dárek ke Dni svatého Valentýna. Návrh přívěsku zvládnou i žáci s minimálními zkušenostmi s 3D modelováním. Práce s programem SketchUp je pro žáky velice zábavná, přívěsky jsou mezi žáky velice populární a možnost vytisknutí návrhu na 3D tiskárně je pro žáky velice motivující.

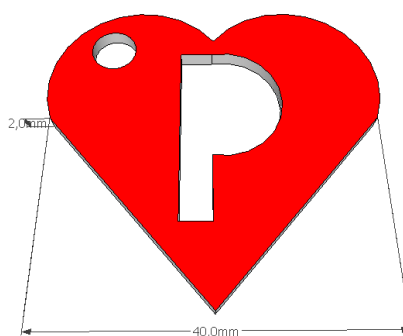
- **Forma hodnocení**

V průběhu hodiny převládá slovní hodnocení, na závěr vyučující hodnotí výsledný návrh známkou, která zahrnuje činnost žáka při samostatné práci i kreativitu návrhu.

- **Ukázky hotového návrhu**



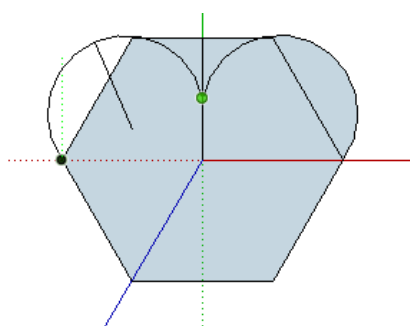
Obr. 69 – přívěsek s 3D textem



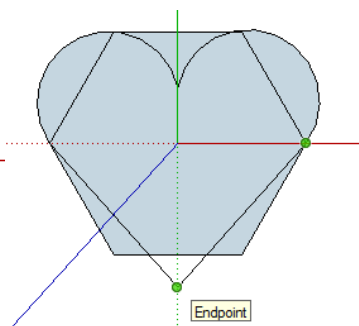
Obr. 70 – přívěsek s vyřiznutým písmenem

- **POSTUP VÝROBY**

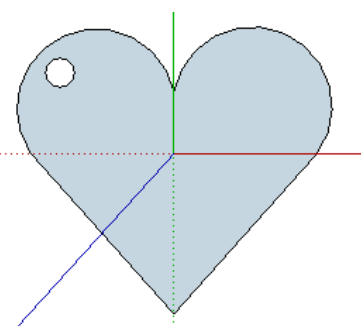
Tvar srdce vychází ze šestiúhelníku o poloměru 20 mm. Přesný poloměr lze zadat na klávesnici. Ze středu šestiúhelníku vedeme podél zelené osy úsečku do středu horní strany, oblouky vycházejí ze středu této úsečky. Nástroj „2 Point Arc“ vytvoří oblouk vycházející ze dvou bodů. Ze středu nově vzniklé úsečky vedeme oblouk o šířce 13,3 mm do krajních bodů šestiúhelníku (obrázek 71). Přesnou šířku oblouku opět můžeme zadat na klávesnici. Spodní část srdce vytvořím nástrojem čára, úsečky o délce 30 mm vychází z krajních bodů šestiúhelníku a protínají se na zelené ose (obrázek 72). Nástrojem guma odstraníme přebytečné hrany a vytvoříme otvor pro zavěšení. Zvolím tvar kruhu o poloměru 2mm a odstraním plochu otvoru (obrázek 73). V dalším kroku ozdobíme srdce písmenkem, které je možné na přívěsek napsat, nebo vyrýt do materiálu. Jednodušší je napsat písmenko na přívěsek pomocí nástroje 3D text, který umožňuje zvolit velikost i styl textu (obrázek 47). Pokud budeme chtít písmenko do přívěsku vyrýt, musíme si tvar písmenka na srdce vlastnoručně vymodelovat pomocí nástroje čára a oblouk. Odstraníme plochu písmenka (obrázek 75) a na závěr pomocí nástroje „Push/Pull“ nastavíme šířku přívěsku 2mm (obrázek 76).



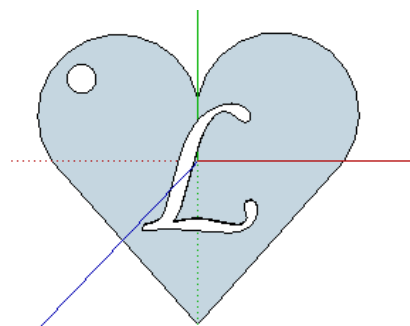
Obr. 71 – výroba oblouků



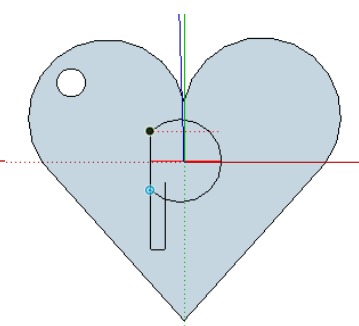
Obr. 72 – spodní část



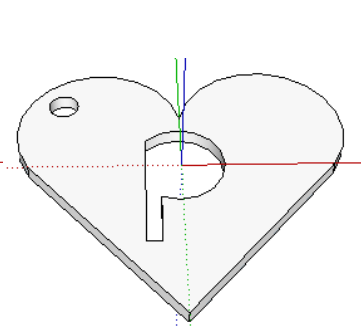
Obr. 73 – finální tvar



Obr. 74 – 3D text



Obr. 75 – tvorba písmene



Obr. 76 – hotový návrh

### 2.10.3 PŘÍVĚSEK VE TVARU PÍSMENE ČI SLOVA

Po několika přívěscích pro dívky budou následovat návrhy neutrální, ze kterých si vyberou i chlapci. První z nich je přívěsek ve tvaru písmene, nebo dokonce slova. Výsledný návrh bude záviset na zkušenostech žáka v programu SketchUp. Vytvořit písmeno je snadné, v programu existuje nástroj pro vytvoření 3D textu, písmeno se pak opatří očkem pro zavěšení (obrázek 77). Model slova je náročnější, písmena se musí překrývat, aby vytisknutý text držel pohromadě. Každé písmeno se musí vytvořit zvlášť a skládají se postupně (obrázek 78).

Ročník	5. - 6. ročník ZŠ
Předmět	Informatika
Téma	Přívěsek ve tvaru písmene či slova
Cíl	Žáci vytvoří návrh přívěsku v programu SketchUp
Vyučovací metoda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instruktaž</li> <li>• Samostatná práce</li> </ul>
Organizační forma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frontální výuka</li> <li>• Individuální</li> </ul>
Časová dotace	1 vyučovací hodina
Klíčové kompetence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizuje a řídí vlastní činnost</li> <li>• Samostatně experimentuje a vyvozuje závěry</li> <li>• Rozpozná a pochopí problém</li> <li>• Promyslí a naplánuje způsob řešení problémů</li> <li>• Volí vhodné způsoby řešení</li> </ul>
Pomůcky	PC s programem SketchUp, promítací plátno

- **Cíl hodiny**

Žáci znají základní funkce programu SketchUp, v programu již pracovali, výsledný návrh závisí zejména na vkusu a zkušenostech žáka. Neexistuje jednotný návod, každé písmenko i slovo bude originální. Žáci vytvoří návrh přívěsku ve tvaru písmene či slova podle vlastních představ i dovedností.

- **Forma a organizace výuky**

Výuka probíhá v počítačové učebně. Vyučující vytvoří návrh přívěsku ve tvaru slova, postup je promítán na plátno. Žáci následně vytvoří návrh vlastního přívěsku při samostatné práci. Tvar bude záviset na vkusu i zkušenostech žáka. Učitel sleduje samostatnou práci žáků, případně nabídne pomoc, usměrňuje nápady a chování. Žáci se mohou inspirovat podle instruktážního videa.

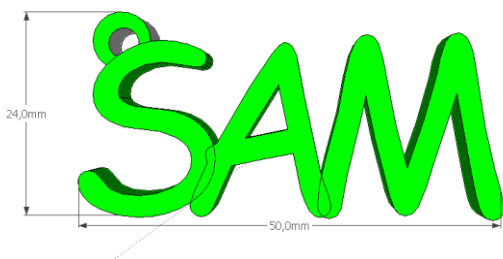
- **Motivace**

Tento přívěsek je univerzální, existuje mnoho způsobů, jak návrh využít. Je možné zvolit jednodušší variantu ve tvaru písmene i složitější ve formě slova. Motivace se bude odvíjet od zvolené formy návrhu a příležitosti, ke které je určen. Přívěsek ve tvaru písmene se může využít jako jednoduchý návrh pro začínající návrháře, doba tisku se pohybuje v řádech několika minut. Přívěsek ve tvaru slova vyžaduje zkušenosti s programem SketchUp, je možné ho využít jako dárek, nebo logo nějaké skupiny žáků, či zájmového kroužku. Hlavní motivací této hodiny je možnost vytisknutí přívěsku na 3D tiskárně.

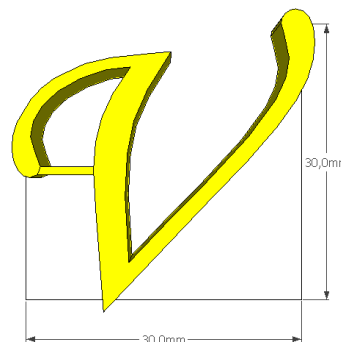
- **Forma hodnocení**

V průběhu hodiny převládá slovní hodnocení, na závěr vyučující hodnotí výsledný návrh známkou, která zahrnuje činnost žáka při samostatné práci i kreativitu návrhu.

- **Ukázky hotového návrhu**



Obr. 78 – přívěsek ve tvaru jména



Obr. 77 – přívěsek ve tvaru písmene

- **Postup výroby**

Není možné vytvořit univerzální návod pro výrobu, postup závisí na tvaru zvoleného písmenka či slova i stylu textu. Přesto existuje několik bodů, které je nutné dodržet.

#### **Přívěsek ve tvaru písmene**

- Pro tvorbu písmenka je nejjednodušší zvolit nástroj 3D text, který umožňuje zvolit velikost i styl textu.
- Další varianta by byla písmenko vlastnoručně vymodelovat.
- U většiny písmen je nutné doplnit očko pro zavěšení, výjimkou jsou písmena A, B, D, O, P, R.
- Některý styl textu, například Monotype Corsiva, je velmi ozdobný a závěsné očko je zdobením naznačeno (obrázek 77).
- V ostatních případech je nutné písmenko opatřit očkem vytvořeným pomocí nástroje „2 Point Arc“.

#### **Přívěsek ve tvaru slova**

U tohoto návrhu platí všechny body sepsané výše, jediný problém je ve způsobu přidávání dalšího písmenka. Nástroj 3D Text nechává mezi písmeny mezery a vytisknutý přívěsek by nedržel pohromadě. Je proto nutné každé písmeno vytvořit zvlášť a postupně je přidávat do návrhu tak, aby se částečně překrývala (obrázek 78).

### 2.10.4 PŘÍVĚSEK VE TVARU HVĚZDY

Vytvoření přívěsku ve tvaru hvězdy je asi nejsložitější ze všech mých návrhů a vyžaduje podrobný návod, nebo zkušenosti návrháře. Při ověřování návrhů přívěsek zvládla většina žáků šestého ročníku, kteří měli s programem SketchUp jen minimální zkušenosti. Podrobně jsem jim ukazovala krok po kroku, někteří ale potřebovali moji pomoc. Finální podoba přívěsku závisí na představě každého žáka, je možné ho ozdobit mnoha způsoby. Nejsnazší je vytvořit 3D text (obrázek 80), ale zkušenější návrhář může přívěsek ozdobit nějakým zajímavým obrázkem (obrázek 81), nebo písmeno do přívěsku vyrýt (obrázek 79). Doba tisku se pohybuje kolem 40 minut. Je možné měnit i velikost přívěsku, delší text či větší obrázek bude na drobném přívěsku nečitelný. Pokud zvětšíme měřítko přívěsku, prodlouží se doba tisku.

Ročník	6. ročník ZŠ
Předmět	Informatika
Téma	Přívěsek ve tvaru hvězdy
Cíl	Žáci vytvoří návrh přívěsku ve tvaru hvězdy v programu SketchUp
Vyučovací metoda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instruktaž</li> <li>• Samostatná práce</li> </ul>
Organizační forma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frontální výuka</li> <li>• Individuální</li> </ul>
Časová dotace	1 vyučovací hodina
Klíčové kompetence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizuje a řídí vlastní činnost</li> <li>• Samostatně experimentuje a vyvozuje závěry</li> <li>• Rozpozná a pochopí problém</li> <li>• Promyslí a naplánuje způsob řešení problémů</li> <li>• Volí vhodné způsoby řešení</li> </ul>
Pomůcky	PC s programem SketchUp, promítací plátno



- **Cíl hodiny**

Žáci znají základní funkce programu SketchUp, na základě instruktaže vyučujícího vytvoří návrh přívěsku ve tvaru hvězdy, který si opět ozdobí podle svých představ.

- **Forma a organizace výuky**

Výuka probíhá v počítačové učebně. Žáci podle pokynů vyučujícího vytvoří základní tvar hvězdy, postup je promítán na plátno. Žáci následně přívěsek ozdobí podle vlastních představ při samostatné práci. Učitel sleduje samostatnou práci žáků, případně nabídne pomoc, usměrňuje nápady a chování.

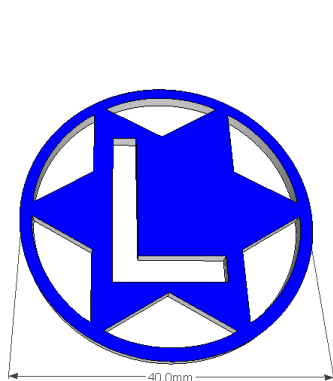
- **Motivace**

Tento tvar přívěsku se žákům velice líbil, ale patří ke složitějším návrhům. Samotný tvar hvězdy se skládá hned z několika kroků, přívěsek je možné ozdobit mnoha způsoby, od jednoduchého textu až po originální vlastnoručně vyrobený obrázek, a tím zohledníme individuální možnosti a schopnosti každého žáka. Hlavní motivací této hodiny je možnost vytisknutí přívěsku na 3D tiskárně. Doba tisku závisí na velikosti návrhu, ale pohybuje se kolem hodiny a s tím musíme počítat, pokud budeme chtít přívěsky tisknout celé třídě.

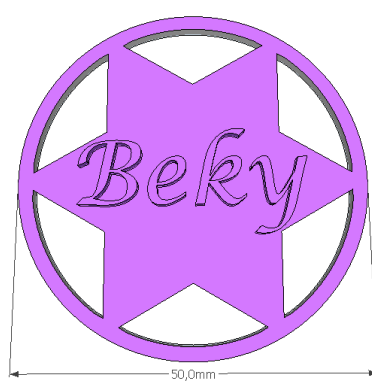
- **Forma hodnocení**

V průběhu hodiny převládá slovní hodnocení, na závěr vyučující hodnotí výsledný návrh známkou, která zahrnuje činnost žáka při samostatné práci i kreativitu návrhu.

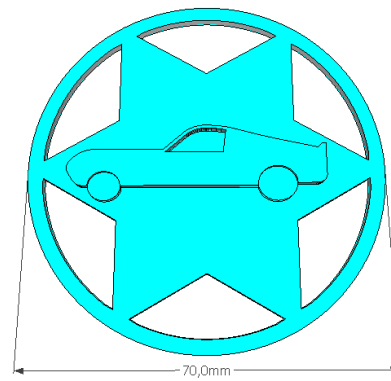
- **Ukázky hotového návrhu**



Obr. 79 - písmeno



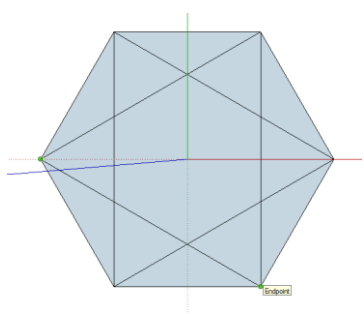
Obr. 80 – 3D text



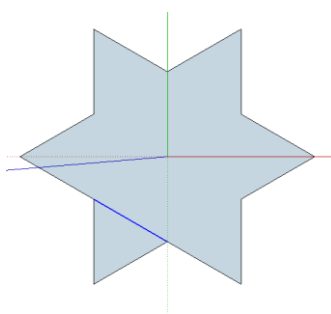
Obr. 81 - obrázek

- **Postup výroby**

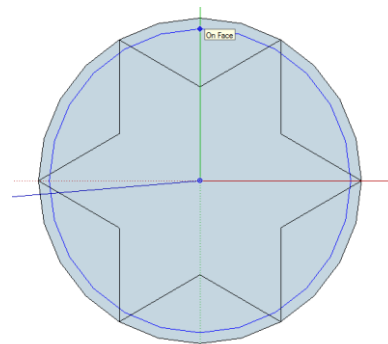
Tvar hvězdy vychází se šestiúhelníku, poloměr závisí na způsobu ozdobení přívěsku. Přesný poloměr lze zadat na klávesnici. Šestiúhelník o poloměru 20mm je vhodný pro zdobení jedním písmenem. Šestiúhelník o poloměru 25mm je možné doplnit kratším slovem. Pokud bude přívěsek ozdoben originálním obrázkem či delším textem, zvolíme šestiúhelník o poloměru 30mm. Pokud zvolíme větší poloměr šestiúhelníku, výrazně se prodlouží doba tisku a hrozí uvolnění modelu z pozice při tisku na 3D tiskárně. Pomocí nástroje „Line (čára)“ vytvoříme tvar hvězdy z vrcholů zvoleného šestiúhelníku podle obrázku 82. Pro větší přehlednost je vhodné nástrojem „Eraser (guma)“ odstranit přebytečné hrany (obrázek 83). V dalším kroku vytvoříme mezikruží skládající se ze dvou soustředných kružnic. Poloměry kružnic závisí na poloměru šestiúhelníku, poloměr vnější kružnice odpovídá poloměru šestiúhelníku a poloměr vnitřní kružnice je o 2 mm menší (obrázek 84). Odstraníme přebytečné hrany i plochy (obrázek 85), je vhodné nastavit počet částí, ze kterých jsou tvořené kružnice (obrázek 86). V dalším kroku žáci zdobí přívěsek podle vlastních představ a schopností. Je možné využít 3D text (obrázek 80), vyříznout písmenko do materiálu (obrázek 79) i vytvořit originální obrázek (obrázek 81). Návrh je možné využít i pro logo skupiny žáků, zájmového kroužku, či školy (obrázek 87). Na závěr je nutné nástrojem „Push/Pull“ nastavit šířku přívěsku 2mm.



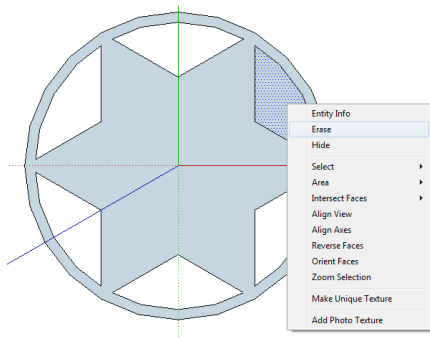
Obr. 82 – výroba tvaru



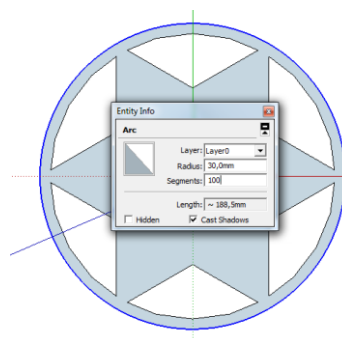
Obr. 83- odstranění hran



Obr. 84 - mezikruží



Obr. 85 – odstranění ploch



Obr. 86 - segmenty



Obr. 87 – logo školy

### 2.10.5 ZNAK AUTOMOBILU

Mezi návrhy pro chlapce by neměl chybět znak auta. Existuje mnoho znaků, které lze v programu SketchUp vymodelovat, záleží na vkusu a zkušenostech návrháře. Na ukázkou jsem vytvořila znak Mercedes (obrázek 88) a Audi (obrázek 89). Není možné vytvořit návody na postup výroby ke všem znakům aut, tento návrh počítá se samostatnou prací žáků, kteří mají s prací v programu SketchUp dostatek zkušeností. Návrh není proto vhodný pro celou třídu, je určený pro šikovné žáky, kteří by se při modelování jednodušších návrhu dostatečně nerealizovali.

Ročník	6. ročník ZŠ
Předmět	Informatika
Téma	Znak automobilu
Cíl	Žáci vytvoří návrh přívěsku v programu SketchUp
Vyučovací metoda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Samostatná práce</li> </ul>
Organizační forma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frontální výuka</li> <li>• Individuální</li> </ul>
Časová dotace	1 vyučovací hodina
Klíčové kompetence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizuje a řídí vlastní činnost</li> <li>• Samostatně experimentuje a vyvozuje závěry</li> <li>• Rozpozná a pochopí problém</li> <li>• Promyslí a naplánuje způsob řešení problémů</li> <li>• Volí vhodné způsoby řešení</li> </ul>
Pomůcky	PC s programem SketchUp, promítací plátno

- **Cíl hodiny**

Žáci znají základní funkce programu SketchUp, výsledný návrh závisí zejména na vkusu a zkušenostech žáka. Neexistuje jednotný návod, každý znak bude originální. Žáci vytvoří návrh přívěsku ve tvaru znaku auta podle vlastních představ a dovedností.

- **Forma a organizace výuky**

Výuka probíhá v počítačové učebně. Je možné vytvořit návrh přívěsku ve tvaru znaku auta a postup promítat na plátno, ale hrozilo by, že žáci budou při samostatné práci postup opakovat a nedojde k vytvoření originálního návrhu. Doporučuji návrh zadat zkušenějším žákům, nebo rozdělit žáky do skupin. Ve skupinách by žáci mohli spolupracovat a doplňovat se při tvorbě návrhu. Učitel sleduje samostatnou práci žáků, případně nabídne pomoc, usměrňuje nápady a chování.

- **Motivace**

Znak auta je návrh vhodný pro pokročilé návrháře. Výběr znaku závisí na vkusu i zkušenostech samotného žáka, mohl by sloužit i jako dárek pro bratra či tatínka. Motivující by mohla být skupinová práce/kooperace na téma Znak auta, kde by se uplatnily nápady i zkušenosti hned několika žáků. Hlavní motivací této hodiny je možnost vytisknutí přívěsku na 3D tiskárně.

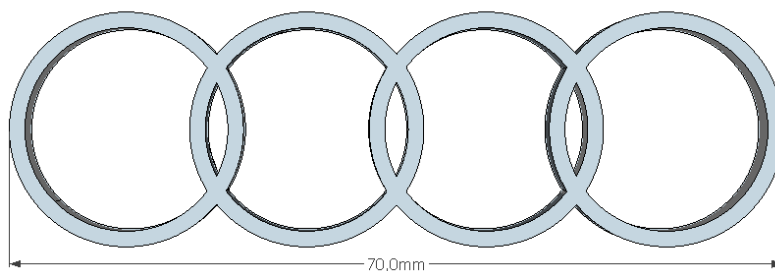
- **Forma hodnocení**

V průběhu hodiny převládá slovní hodnocení, na závěr vyučující hodnotí výsledný návrh známkou, která zahrnuje činnost žáka při samostatné práci i kreativitu návrhu.

- **Ukázky hotového návrhu**



Obr. 88 – znak Mercedes



Obr. 89 – znak Audi

- **Postup výroby**

Neexistuje univerzální návrh pro všechny znaky aut, žáci vychází ze svých zkušeností, učí se ze svých nezdarů, hledají možná řešení návrhu vybraného znaku. Je možné využít instruktážní videa na stránkách [www.youtube.com](http://www.youtube.com), při jejich vyhledávání si žáci procvičují znalosti z anglického jazyka, ale není zaručeno, že postup naleznou. Žáci pracují samostatně, rozvíjejí tak kompetence řešení problémů, vyučující zodpovídá dotazy žáků, ale není vhodné žáky instruovat. Je možné nabídnout nějakou alternativu pro žáky, kteří by modelování návrhu znaku auta nebyli schopni zvládnout.

### 2.10.6 LOGO ŠKOLY

Posledním námětem na výrobu je návrh originálního loga školy. Žáci, kteří již mají s programem SketchUp nějaké zkušenosti, vytvoří modely, které předčí naše očekávání. Na obrázku 90 je originální návrh žákyně sedmé třídy, na obrázku 91 je můj konvenční návrh. Při výrobě loga školy se mohou realizovat všichni žáci, ale motivující pro ně bude spolupráce ve skupinách, při které by mohly vzniknout zajímavější návrhy.

Ročník	6. ročník ZŠ
Předmět	Informatika, Výchova k občanství
Téma	Logo školy
Cíl	Žáci vytvoří návrh loga školy v programu SketchUp
Vyučovací metoda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Samostatná práce</li> </ul>
Organizační forma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frontální výuka</li> <li>• Individuální</li> </ul>
Časová dotace	2 vyučovací hodiny
Klíčové kompetence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizuje a řídí vlastní činnost</li> <li>• Samostatně experimentuje a vyvozuje závěry</li> <li>• Rozpozná a pochopí problém</li> <li>• Promyslí a naplánuje způsob řešení problémů</li> <li>• Volí vhodné způsoby řešení</li> </ul>
Pomůcky	PC s programem SketchUp, promítací plátno

- **Cíl hodiny**

Žáci znají základní funkce programu SketchUp, výsledný návrh závisí zejména na vkusu a zkušenostech žáka. Neexistuje jednotný návod, každé logo bude originální. Žáci vytvoří návrh loga školy podle vlastních představ a dovedností.

- **Forma a organizace výuky**

Výuka probíhá v počítačové učebně. Předvedením vzorového loga, nebo postupu výroby nedojde k projevu kreativity žáků v plném rozsahu. Doporučuji návrh zadat zkušenějším žákům, nebo rozdělit žáky do skupin. Ve skupinách by žáci mohli spolupracovat a doplňovat se při tvorbě návrhu. Učitel sleduje samostatnou práci žáků, případně nabídne pomoc, usměrňuje nápady a chování.

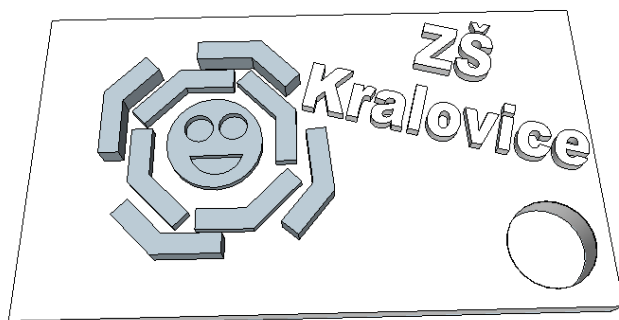
- **Motivace**

Ve škole by mohla proběhnout soutěž o návrh nejzajímavějšího loga školy, do které by se mohli zapojit žáci více ročníků, v programu SketchUp mohou žáci pracovat na svém domácím počítači. Při výuce je vhodné nechat žáky pracovat ve skupinách, skupinová práce je pro žáky zábavnější a uplatní nápady i zkušenosti hned několika žáků. Hlavní motivací je snaha o vytvoření vítězného návrhu a vytisknutí loga na 3D tiskárně.

- **Forma hodnocení**

V průběhu hodiny převládá slovní hodnocení, na závěr vyučující hodnotí výsledný návrh známkou, která zahrnuje činnost žáka při samostatné práci i kreativitu návrhu.

- **Ukázky hotového návrhu**



Obr. 90 – návrh loga od Aničky



Obr. 91 – můj návrh loga

- **Postup výroby**

Při výrobě originálního loga školy je vhodné žáky nechat pracovat samostatně, aby nedocházelo k opakování předvedeného návrhu. Mám zkušenost, že jsem žákům ukázala možnost, jak vytvořit logo školního časopisu, a většina vytvořených návrhů byla věrnou kopií mého návrhu a lišily se jen stylem písma. Originální logo školy vytvořila Anička (obrázek 90), která pracovala samostatně bez vzorového návrhu. Vhodné je nechat žáky pracovat ve skupinách, při skupinové práci mohou žáci vybírat z více nápadů a jejich dovednosti v programu SketchUp se při spolupráci doplňují. Na začátku hodiny je vhodné zadat parametry, které má logo školy splňovat, například maximální rozměry návrhu apod.



## ZÁVĚR

3D tisk proniká do všech možných oblastí lidské činnosti, v budoucnu se patrně stane běžnou součástí života, ale ve školství je toto téma prozatím novinkou. Měla jsem možnost využít 3D tiskárnu při výuce na Základní škole v Kralovicích a jednoznačně mohu říct, že byla pro žáky přínosem. V následujících odstavcích se vyjádřím k závěrům, ke kterým jsem během práce s 3D tiskárnou došla.

Žáci nepotřebují náročnou přípravu pro vytvoření 3D modelů v programu SketchUp. Po vysvětlení základních funkcí programu žáci samostatně vytvoří jednoduchý návrh. Práce v programu SketchUp je pro žáky velice zábavná a zároveň přispívá k rozvoji kompetencí pro řešení problémových úloh při navrhování modelu i hledání řešení chyby v návrhu.

Obsluhu 3D tiskárny zajišťoval tým proškolených žáků, kteří účinně a efektivně spolupracovali a zároveň se rozvíjel vztah mezi žáky a učitelem. Žáci navrhovali vlastní 3D modely, při práci vyhledávali nové poznatky, a tím rozvíjeli kompetence k učení.

Využití 3D tisku nalezneme snad v každé vzdělávací oblasti, nabízí možnost i mezipředmětového propojení, ale to závisí na složení pedagogického sboru. Práce s 3D tiskárnou vyžaduje pokročilou úroveň obsluhy počítače, trpělivost při práci i plánování výuky a hlavně nadšení a chuť zkusit něco nového.

3D tiskárna by měla patřit k základnímu vybavení každé školy. Žáci jsou motivováni k rozvíjení svých dovedností v oblasti 3D modelování, které mohou využít při následném studiu i práci, a škola může tiskárnu využít k netradičnímu způsobu výuky, či k tisku didaktických pomůcek. Obsluha 3D tiskárny vyžaduje jistou kvalifikaci pedagogického sboru a čas na přípravu výuky i následný tisk, ale výsledek v podobě samostatně tvořících žáků a propracovaných finálních 3D modelů jistě stojí za to!

## RESUMÉ

Cílem této práce bylo vytvořit návrhy několika modelových výrobků v programu SketchUp s návody na výrobu, které by si žáci následně mohli vytisknout na 3D tiskárně. Volila jsem náměty jednodušší, vhodné pro všechny žáky bez ohledu na jejich zkušenosti. Vyvarovala jsem se návrhů, které se ukázaly jako problematicky vytisknutelné. Doba tisku vybraných modelů se pohybuje kolem jedné hodiny.

Teoretická část diplomové práce obsahuje stručnou historii a technologii 3D tisku, uvádí přehled materiálů, ze kterých lze tisknout, a nabízí vhled do možností využití 3D tisku v nejrůznějších odvětvích lidské činnosti. Dále se práce zabývá přínosem 3D tisku k rozvoji kompetencí žáka a možnostmi využití 3D tisku ve školství.

Praktická část popisuje průběh ověřování návrhů. Zahrnuje výběr a výrobu 3D modelů, jejich ověření, i zajímavé návrhy od žáků. V práci uvádím několik doporučení pro práci s 3D tiskárnou, ke kterým jsem dospěla, a připojuji šest jednoduchých námětů pro výrobu 3D modelů v programu SketchUp, doplněných o metodický list, ukázky a postup výroby.

Při práci s 3D tiskárnou jsem došla k několika závěrům. Žáci jsou schopní modelovat v programu SketchUp, jen s minimem nových informací. Práce s 3D tiskárnou je pro žáky velkou motivací a přispívá k rozvoji hned několika klíčových kompetencí. 3D tiskárna nabízí i možnost mezipředmětového propojení, to ale závisí na úrovni obsluhy počítače, trpělivosti a nadšení pedagogického sboru.

## **SUMMARY**

The aim of this diploma work was to create designs of several model products in the program SketchUp including their manual, according to which the pupils could print them using the 3D printer. I chose simpler designs because of broader use for all the pupils despite their experience. I didn't take into consideration designs which were problematic to print. The time of the print was approximately one hour.

The theoretical part of the diploma work contains the brief history and technology of the 3D print, the overview of printable materials and suggests the possibilities of the use of the 3D print in various spheres of human activity. The work also concerns the contribution of 3D print to development of pupils' competence and the possibilities of the use of 3D print in school education.

The practical part describes the progress of designs verification. It includes the choice and production of 3D models, their verification and also some interesting pupils' designs. I present several recommendations for work with 3D printer, to which I concluded, and I also add six simple designs for 3D models in the program SketchUp, including the methodical sheet, illustrations and process of production.

During the work with 3D printer I came to several conclusions. The pupils are able to design in the program SketchUp with only the minimum of new information. They are motivated to work with 3D printer and it helps to develop the pupils' competence. The 3D printer suggests option for cross curricular link; however it depends on the level of computers use, patience and teachers' enthusiasm.

## SEZNAM LITERATURY

1. 3D se zatím tiskne hlavně z plastu. V budoucnu si z kmenových buněk vytisknete třeba novou ledvinu. CAD. [online]. © 2009 – 2015 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.cad.cz/component/content/article/27-clanky/5226-3d-se-zatim-tiskne-hlavne-z-plastu-v-budoucnu-si-z-kmenovych-bunek-vytisknete-treba-novou-ledvinu.html>
2. 3D tisk a jeho využití ve stavebnictví. TZB-info. [online]. 24.4.2014 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/11123-3d-tisk-a-jeho-vyuziti-ve-stavebnictvi>
3. 3D tisk do škol. 3D tisk. [online]. © 2014 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.3d-tisk.cz/vzdelavani/>
4. 3D tisk v medicíně: Dnešní realita a budoucnost. scienceworld. [online]. 27.02.2014 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.scienceworld.cz/aktuality/3d-tisk-v%C2%A0medicine-dnesni-realita-a-budoucnost/>
5. 3D tisk. Wikipedie. [online]. 21. 1. 2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/3D\\_tisk](http://cs.wikipedia.org/wiki/3D_tisk)
6. 3D tiskárny se učí jídlo, umí už pizzu a čokoládu. Aktualně. [online]. 21. 5. 2013 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://zpravy.aktualne.cz/zahranici/3d-tiskarny-se-uci-jidlo-umi-uz-pizzu-a-cokoladu/r~i:article:780359/>
7. A physical replica of Michelangelo's David. graphics.stanford. [online]. © 2004 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.graphics.stanford.edu/projects/mich/replica/>
8. be3D a Corinth, 3D tisk ve školství. be3D. [online]. © 2015 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.be3d.cz/cs/articles/38-be3d-a-corinth-3d-tisk-ve-skolstvi>
9. Block Puzzle. Thingiverse. [online]. 5.10.2012 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.thingiverse.com/thing:31898>
10. ČERMÁK, Jan. Distanční výukový kurz – Google SketchUp. Plzeň, 2012. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická.
11. Functional Differential Gear System. Thingiverse. [online]. 24.9.2011 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.thingiverse.com/thing:11836>
12. Galerie 3D modelů – download. FUTUR3D. [online]. [2014] [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.futur3d.net/file/370>
13. Harvardská univerzita využívá 3D tisk v archeologii. CAD. [online]. © 2009 – 2015 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.cad.cz/component/content/article/3677.html>
14. HEINDL, Michal. 3D tisk. Plzeň, 2011. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Petr Řezáček.
15. Historie 3D tisku. o3D.cz. [online]. [2013] [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.o3d.cz/3d-tisk/%C5%A1t%C3%ADtky/historie-3d-tisku/>

16. Hlavalam SOMA. Abicko. [online]. 22.12.2000 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.abicko.cz/clanek/casopis-abc/1567/hlavalam-soma.html>
17. Hmatové mapy. geo3.fsv.cvut. [online]. [2012] [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuka/kapr/sp/2012/bartosova/index.html>
18. Honeycomb Organizer. Thingiverse. [online]. 2.9.2014 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.thingiverse.com/thing:449448>
19. How to Make Simple Car Wheels in Google Sketchup 8. YouTube. [online]. 9.11.2013 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=1pDZ\\_0Tt5\\_0](https://www.youtube.com/watch?v=1pDZ_0Tt5_0)
20. Jak vytisknout 3D kostru živého zvířete?. Osel. [online]. 4. 4. 2013 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.osel.cz/index.php?clanek=6826>
21. KROTKÝ, Jan. 3D tisk v přípravě budoucích učitelů. Trendy ve vzdělávání, 2014, roč. Neuveden, č. 2014, s. 210-213. ISSN: 1805-8949
22. KROTKÝ, Jan. Implementace 3D tisku do vzdělávání na FPE ZČU v Plzni. [online]. [2014] [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.desklight-d418e730-cded-43c2-a239-96b9bfcd2237/c/025.pdf>
23. Materiály pro 3D tisk. FUTUR3D. [online]. [2014] [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.futur3d.net/materialy-pro-3d-tisk>
24. Meet Strati, the world's first 3-D printed electric car. Karnes Dyn Rev. [online]. © 2011 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.karnesdynorev.com/?p=4135>
25. Michelangelův David má digitální dvojče. 21století. [online]. 21.7.2004 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://21století.cz/2004/07/21/michelangeluv-david-ma-digitalni-dvojce/>
26. Netušené možnosti 3D tisku. VTM. [online]. © 2015 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://vtm.e15.cz/netusene-moznosti-3d-tisku>
27. Pokroky v 3D tisku: kdy si vytiskneme první oběd, nebo třeba nová játra?. ITbiz. [online]. 21.8.2013 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.itbiz.cz/clanky/pokroky-v-3d-tisku-kdy-si-vytiskneme-prvni-obed-nebo-treba-nova-jatra>
28. PRŮŠA, Josef. Základy 3D tisku. [online]. 15. 12. 2014 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://josefprusa.cz/o-3d-tisku/>
29. Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. Praha, 2013.
30. Rapid prototyping. Evektor. [online]. © 1999-2014 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.evektor.cz/cz/rapid-prototyping>
31. Rapid prototyping. Stratasys. [online]. © 2015 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.stratasys.com/resources/rapid-prototyping>
32. Rapid prototyping. Wikipedie. [online]. 2. 4. 2013 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Rapid\\_prototyping](http://cs.wikipedia.org/wiki/Rapid_prototyping)
33. saf~. graphic design, apparel, art. [online]. [2008] [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <https://safvisuals.wordpress.com/>

34. SEHNÁLEK, Stanislav. 3D tiskárna na bázi projektu RepRap. Zlín, 2012. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky.
35. Slovník cizích slov. ABZ. [online]. © 2005-2015 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://slovník-cizich-slov.abz.cz/>
36. Soprano Ukulele. Thingiverse. [online]. 8.10.2013 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.thingiverse.com/thing:162309>
37. Společnost Materialise vytvořila 3D repliku mumie krále Tutanchamona na Mammoth stereolithography stroji. PlasticPortal. [online]. © 2009 – 2014 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.3d-tisk.cz/vzdelavani/>
38. Star keychain with a name. Thingiverse. [online]. 30.8.2014 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.thingiverse.com/thing:446635>
39. Tangram — Old game with a rethink of 3d Print. Thingiverse. [online]. 6.10.2013 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.thingiverse.com/thing:161382>
40. Technologie 3D tisku. itnetwork. [online]. © 2015 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.itnetwork.cz/technologie-3d-tisk>
41. Technologie 3D tisku. pkmodel. [online]. © 2006 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.pkmodel.cz/3dtisk.html>
42. TRENDY V 3D TISKU: KERAMIKA, DŘEVO, BATERIE, DÁMSKÉ SPODNÍ PRÁDLO. scienceworld. [online]. 22.12.2013 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: [http://www.scienceworld.cz/aktuality/trendy-v-3d-tisku-keramika-drevo-baterie-damske-spodni-pradlo/?switch\\_theme=mobile](http://www.scienceworld.cz/aktuality/trendy-v-3d-tisku-keramika-drevo-baterie-damske-spodni-pradlo/?switch_theme=mobile)
43. Velkosériovou výrobu 3D tisk zatím neovládne, příležitosti ale jsou. businessit. [online]. [2014] [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.businessit.cz/cz/velkoseriovou-vyrobu-3d-tisk-zatim-neovladne-prilezitosti-ale-jsou.php>
44. Vytiskněte si večeři. Hitem příštího roku může být 3D tiskárna jídla. iDNES. [online]. 25.12.2013 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: [http://ekonomika.idnes.cz/3d-tiskarna-jidla-foodini-0xp-/eko-zahranicni.aspx?c=A131225\\_155256\\_eko-zahranicni\\_brm](http://ekonomika.idnes.cz/3d-tiskarna-jidla-foodini-0xp-/eko-zahranicni.aspx?c=A131225_155256_eko-zahranicni_brm)
45. wienermobile panpipes. Thingiverse. [online]. 4.2.2012 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.thingiverse.com/thing:17023>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – automobil Škoda Yeti (32) .....	11
Obr. 2 – automobil Meet Strati (24) .....	11
Obr. 3 – replika krále Tutanchamona (37) .....	13
Obr. 4 – model kostry a plic (20) .....	13
Obr. 5 – model Sněžky (vlastní zdroj) .....	14
Obr. 6 – modely základních geometrických těles (vlastní zdroj) .....	14
Obr. 7 – kuličkové ložisko (3) .....	15
Obr. 8 – funkční model převodovky (11) .....	15
Obr. 9 – model panový flétny (45) .....	15
Obr. 10 – funkční model ukulele (36) .....	15
Obr. 11 – replika sochy Michelangelova Davida (7) .....	16
Obr. 12 – práce se stavebnicí (vlastní zdroj) .....	17
Obr. 13 – model motorky (vlastní zdroj) .....	17
Obr. 14 – 3D model Stonehenge (8) .....	18
Obr. 15 – probíhající 3D tisk (vlastní zdroj) .....	25
Obr. 16 – můj 3D model (12) .....	25
Obr. 17 – hlavolam tangram (39) .....	26
Obr. 18 – příklady složení tangramu (33) .....	26
Obr. 19 – jednotlivé části hlavolamu Soma .....	26
Obr. 20 – příklady složení hlavolamu (16) .....	26
Obr. 21 – stojánek na tužky (18) .....	27
Obr. 22 – přívěsek ve tvaru hvězdy (38) .....	27
Obr. 23 – ukázka z instruktážního videa na stránkách youtube (18) .....	28
Obr. 24 – rozměry jednotlivých dílků tangramu (vlastní zdroj) .....	29
Obr. 25 – rozměry hlavolamu, složeného do tvaru krychle (vlastní zdroj) .....	29
Obr. 26 – model stojánku (vlastní zdroj) .....	30
Obr. 27 – model přívěsku ve tvaru hvězdy (vlastní zdroj) .....	30
Obr. 28 – model kola (vlastní zdroj) .....	31
Obr. 29 – model klavíru (vlastní zdroj) .....	31
Obr. 30 – ukázka z nezdařeného videa (vlastní zdroj) .....	32
Obr. 31 – vzdálenost $< 0,25\text{mm}$ (vlastní zdroj) .....	35
Obr. 32 – vzdálenost $> 0,25$ (vlastní zdroj) .....	35
Obr. 33 – správně nastavená vzdálenost tiskové hlavy (vlastní zdroj) .....	35

Obr. 34 – nové rozměry jednotlivých dílků tangramu (vlastní zdroj) .....	36
Obr. 35 – nepovedený tisk hlavolamu tangram (vlastní zdroj) .....	36
Obr. 36 – nepovedený tisk dílku hlavolamu Soma (vlastní zdroj) .....	37
Obr. 37 – jednotlivé dílky hlavolamu (vlastní zdroj) .....	37
Obr. 38 – složený hlavolam Soma (vlastní zdroj) .....	37
Obr. 39 – nový model stojánku na tužky (vlastní zdroj) .....	38
Obr. 40 – nepovedený tisk přívěsku (vlastní zdroj) .....	39
Obr. 41 – tisk vylepšeného návrhu (vlastní zdroj) .....	39
Obr. 42 – nepovedený tisk kola (vlastní zdroj) .....	39
Obr. 43 – 3D model klavíru, rozdělený na části (vlastní zdroj) .....	40
Obr. 44 – nepovedený tisk klavíru (vlastní zdroj) .....	40
Obr. 45 – vytisknutý klavír v menším měřítku (vlastní zdroj) .....	40
Obr. 46 – 3D model poháru (vlastní zdroj) .....	41
Obr. 47 – vytisknutý pohár (vlastní zdroj) .....	41
Obr. 48 – 3D model destičky (vlastní zdroj) .....	42
Obr. 49 – vytisknutá destička (vlastní zdroj) .....	42
Obr. 50 – 3D model přívěsku (vlastní zdroj) .....	42
Obr. 51 – vytisknutý přívěsek (vlastní zdroj) .....	42
Obr. 52 – vytisknutý přívěsek (vlastní zdroj) .....	43
Obr. 53 – 3D model přívěsku (vlastní zdroj) .....	43
Obr. 54 – vytisknuté logo školního časopisu (vlastní zdroj) .....	44
Obr. 55 – 3D model loga (vlastní zdroj) .....	45
Obr. 56 – vytisknuté logo školy (vlastní zdroj) .....	45
Obr. 57 – nepovedený tisk loga (vlastní zdroj) .....	46
Obr. 58 – tisk poraveného návrhu (vlastní zdroj) .....	46
Obr. 59 – chyba 3D tiskárny (vlastní zdroj) .....	46, 48
Obr. 60 – logo školy ve tvaru hvězdy (vlastní zdroj) .....	46
Obr. 61 – model s vyřiznutým písmenkem (vlastní zdroj) .....	51
Obr. 62 – model s 3D textem (vlastní zdroj) .....	51
Obr. 63 – tvorba oblouku (vlastní zdroj) .....	52
Obr. 64 – tvar květiny (vlastní zdroj) .....	52
Obr. 65 – finální tvar (vlastní zdroj) .....	52
Obr. 66 – 3D text (vlastní zdroj) .....	52
Obr. 67 – tvorba písmene (vlastní zdroj) .....	52
Obr. 68 – hotový návrh (vlastní zdroj) .....	52



---

Obr. 69 – přívěsek s 3D textem (vlastní zdroj) .....	54
Obr. 70 – přívěsek s vyřiznutým písmenem (vlastní zdroj) .....	54
Obr. 71 – výroba oblouků (vlastní zdroj) .....	55
Obr. 72 – spodní část (vlastní zdroj) .....	55
Obr. 73 – finální tvar (vlastní zdroj) .....	55
Obr. 74 – 3D text (vlastní zdroj) .....	55
Obr. 75 – tvorba písmene (vlastní zdroj) .....	55
Obr. 76 – hotový návrh (vlastní zdroj) .....	55
Obr. 77 – přívěsek ve tvaru písmene (vlastní zdroj) .....	57
Obr. 78 – přívěsek ve tvaru jména (vlastní zdroj) .....	57
Obr. 79 - písmeno (vlastní zdroj) .....	60
Obr. 80 – 3D text (vlastní zdroj) .....	60
Obr. 81 – obrázek (vlastní zdroj) .....	60
Obr. 82 – výroba tvaru (vlastní zdroj) .....	61
Obr. 83- odstranění hran (vlastní zdroj) .....	61
Obr. 84 – mezikružší (vlastní zdroj) .....	61
Obr. 85 – odstranění ploch (vlastní zdroj) .....	61
Obr. 86 – segmenty (vlastní zdroj) .....	61
Obr. 87 – logo školy (vlastní zdroj) .....	61
Obr. 88 – znak Mercedes (vlastní zdroj) .....	63
Obr. 89 – znak Audi (vlastní zdroj) .....	63
Obr. 90 – návrh loga od Aničky (vlastní zdroj) .....	66
Obr. 91 – můj návrh loga (vlastní zdroj) .....	66