

MUNI
SCI

Základy 3D tisku

Prezentace je vytvořena v rámci projektu ZIP, reg. č. CZ.02.3.68/0.0/0.0/19_068/0016170



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Základy 3D tisku

Vytvořil: Jiří Ledvinka

Vyučující: Jiří Ledvinka

ledvinkaj@sci.muni.cz

Proč 3D tisk?

- Co vás zajímá?
- Víte něco o 3D tisku?

Obsah

Teorie

úvod a využití 3D modelů

typy 3D tiskáren a způsoby 3D tisku

princip FDM tisku

tiskové materiály a jejich vlastnosti

Praxe

základní techniky 3D modelování

příprava dat k tisku

základní manipulace s 3D tiskárnou

řešit nejčastější problémy a chyby při tisku

zpracování výtisku

Úvod

- Počítačová předloha -> fyzický model
- Nanášení vrstev na sebe
- Mladá technologie
- Dostupná i do domácností

Využití 3D modelů

- Výukové předměty (představivost, kreativita)
 - Antropologie, architektura, stomatologie, lékařství,...
- Vlastní modely (ty si nekoupím)
- Náhradní díly (hračky, bazén, domácnost,...)

- Ne vše se vyplatí
 - Tisk hraček - LEGO ve velkém

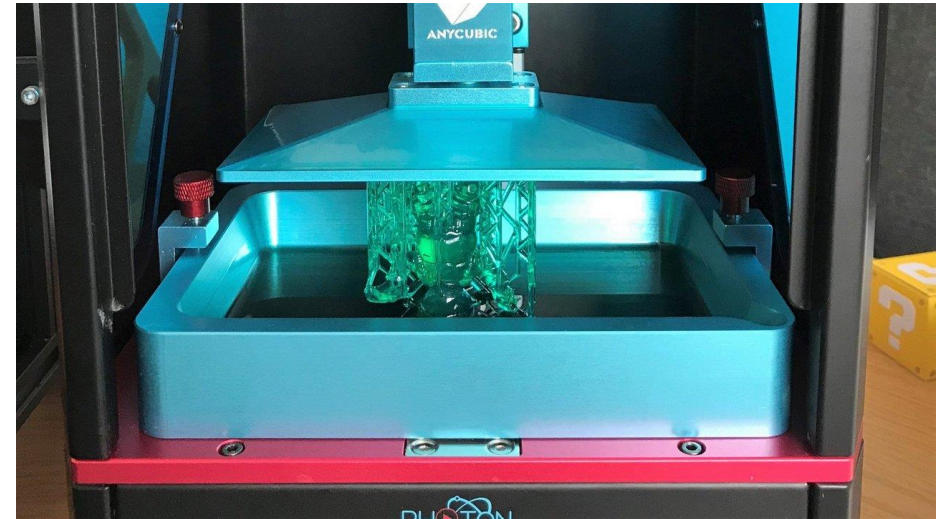
Typy 3D tiskáren

- SLA stereolitografie – osvit pryskyřice
- **FDM/FFF** – tisková struna vytlačována skrz rozehrátou hlavu na podložku
- A jiné

Přehled technologií 3D tisku:

<http://www.dkmp.cz/o-nas/detail/prehled-technologii-3d-tisku>

Výběr? -> záleží, co chcete tisknout



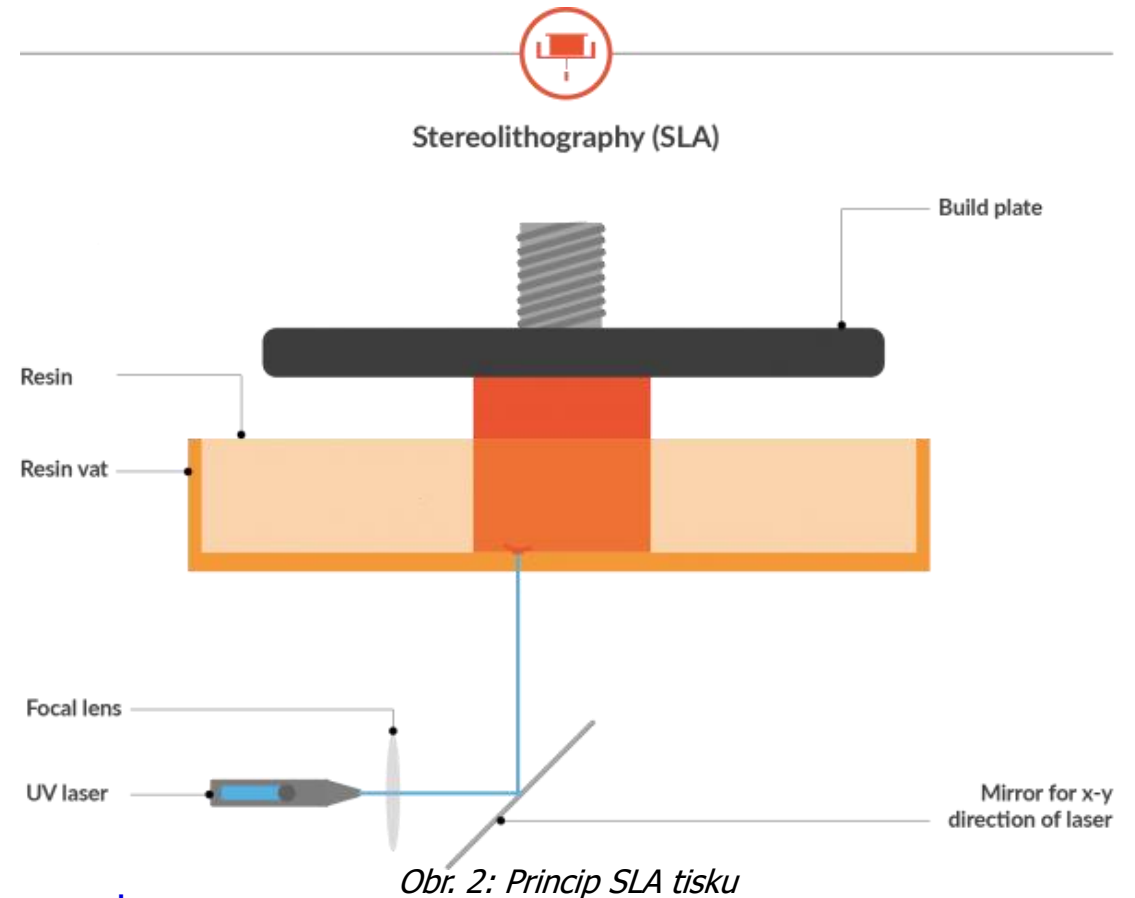
Obr. 1: 3D SLA tiskárna

Zdroj: www.all3dp.com

MUNI
SCI

SLA - stereolitografie

- vytvrzování tekutého polymeru pomocí laserového záření
- Postupně se tak vykresluje celá vrstva
- Tisk je vzhůru nohama
- Čím větší objekt, tím déle to trvá



Zdroj: www.druckwege.de

Výhody nevýhody SLA

Výhody

Vysoké
rozlišení 8k
(22 μm)

Přesnost os
XY 0.05 mm

Rychlost 50
mm/s

Pevnost
materiálu

Nevýhody

Drahá cca od
15 tis. Kč

Malá tisknutelná
plocha cca 192 x
120 x 250mm

Drahá pryskyřice
(resin)

Materiál jen resin
(různé barvy a
vlastnosti –
svítící)

Výpary

Postprocessing

Isopropylalkohol
– rukavice a
nebezpečné

Další zařízení na
sušení

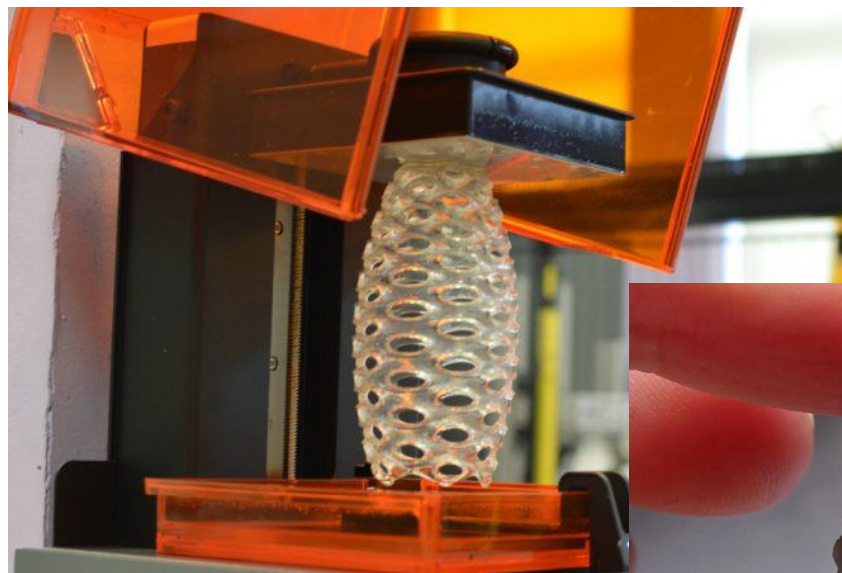
Životnost UV
lampy

Hodí se na tisk modelů s vysokým rozlišením např. figurky, zubní modely,...

SLA - ukázky



Obr. 3: 3D SLA tiskárna CREALITY



Obr. 4: Ukázka výtisku na SLA tiskárně 1



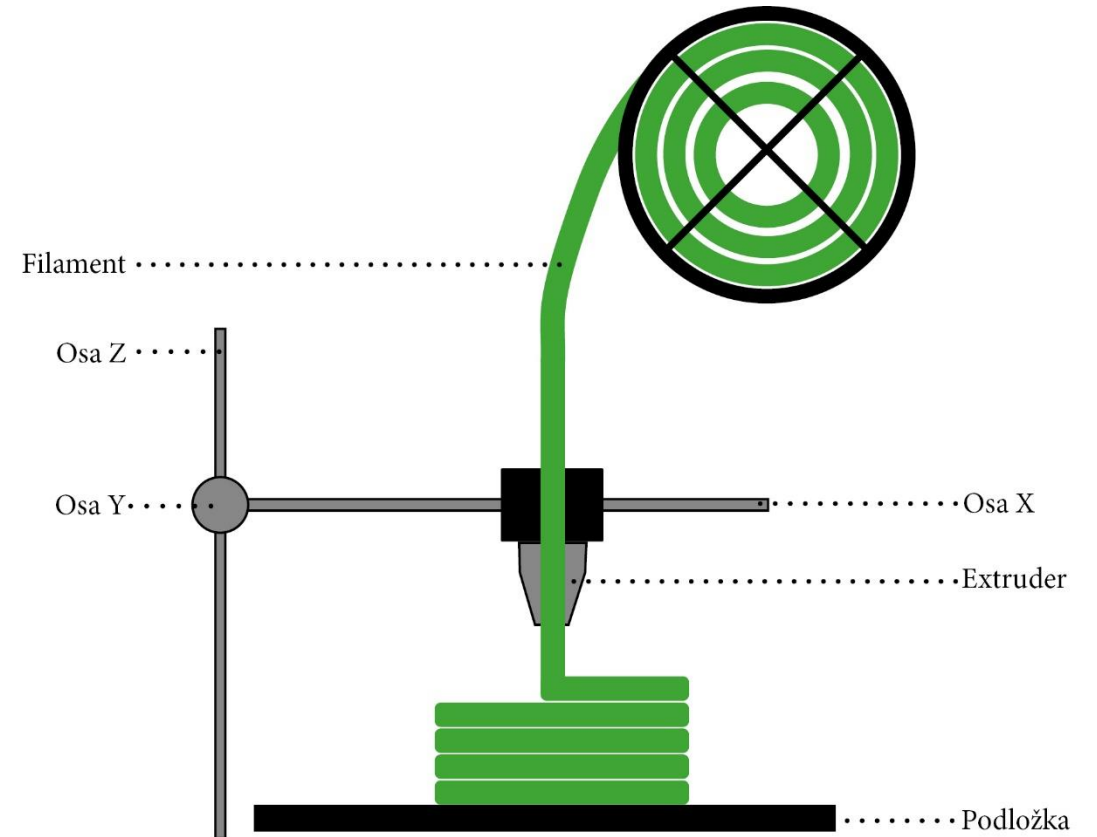
Obr. 5: Ukázka výtisku na SLA tiskárně 2

Zdroj: www.re-fream.eu

Zdroj: www.creativitystore.cz

Princip tisku FDM/FFF

- Fused Filament Fabrication (FFF), nebo-li Fused Deposition Modeling (FDM)
- Nanášení jednotlivých vrstev – pohyb hlavy XYZ
- Filament stlačován do horké trysky (extruderu)
- Filament prochází skrz Heat Break (různé velikosti – kvalita tisku)



Obr. 6: Princip FDM/FFF tisku

Výběr tiskárny

Co budete chtít tisknout a v jaké kvalitě

Od 5 tis. až do desítek tis.

Součástí kryt

Hlučnost

Rychlost tisku

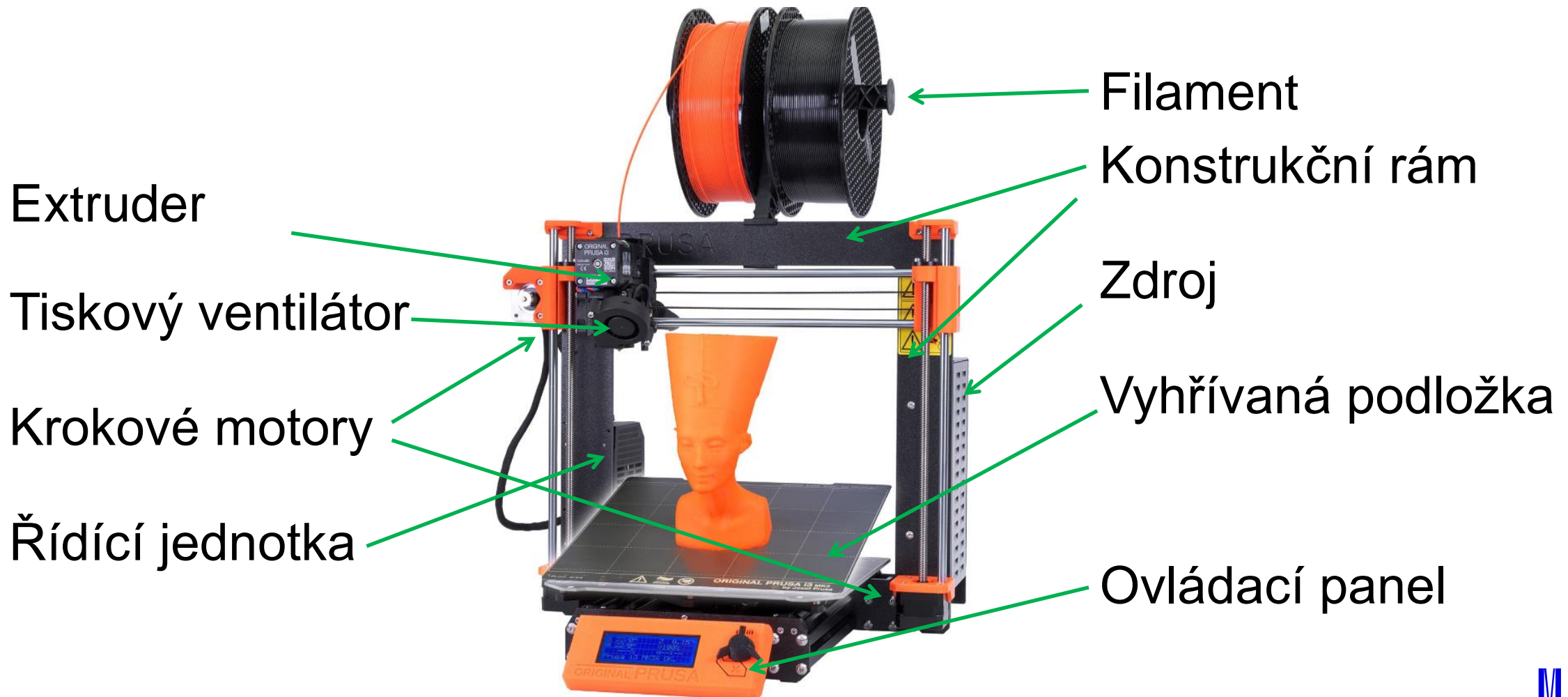
Velikost tisknutelné plochy

Dostupnost náhradních dílů

Podpora tiskových materiálů

Podpora výrobce / komunitou

Popis 3D tiskárny Original Prusa i3 MK3S+



Materiály pro FDM tisk – filamenty



Obr. 8: Černý filament

- Na první pohled vypadají stejně
- Průměr struny – většinou 1,75 mm
- Prodávají se po 1 kg (0,5 kg) – cena od 400 Kč – 1000 Kč
- Různé typy dle druhu, odolnosti, barvy, teplotou tání...
- Filamenty jsou hydroponní – uchovávat v suchu (silica gel) a ve tmě nejlépe

Nejznámější

PLA

PETG

ABS

ASA

FLEX

PP

+ různé
modifikace

PLA – polylactic acid (kyselina polymléčná)



Obr. 9: Zkušební výtisk na FDM/FFF 3D tiskárně

Nejznámější materiál

biologicky plně
odbouratelný
materiál

Tvrký, ale křehký
materiál

Nízká teplota tání

Při průměru 1,75 mm
silného materiálu je
délka 330 m

Teplota extrudéru:
150–210 °C
Teplota podložky:
45–60 °C
(záleží na výrobci)

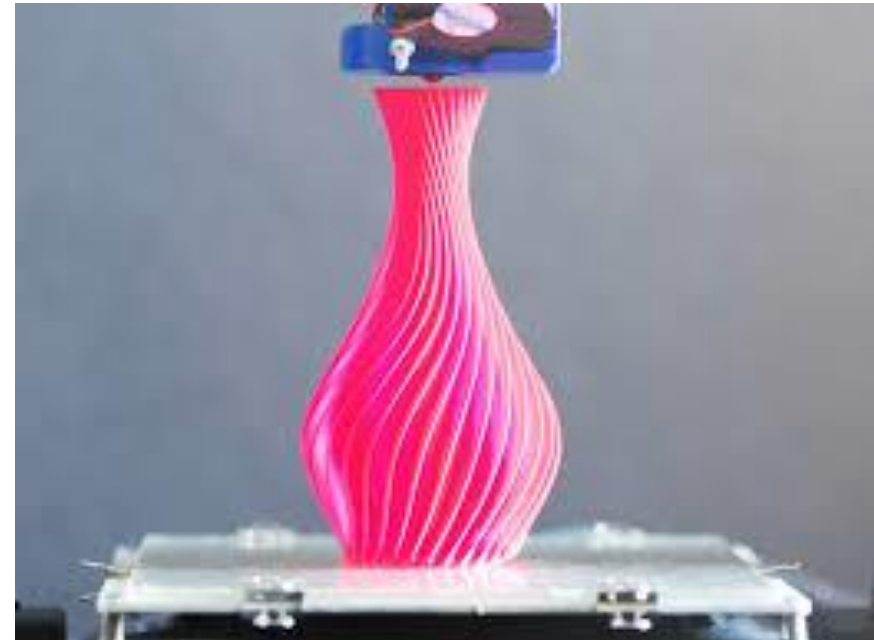
Nízká cena (Benchy
loďka 4,4 m = 4,9 Kč)

Dobrá přilnavost k
podložce

Vhodná na výuku,
tisk prototypů, hraček

PETG – Glycol Modifikovaná verze polyethylentereftalátu

Alternativa PLA	Hladší povrch	Houževnatý materiál s tepelnou odolností
Malou roztažnost – nekrouťí se	Lepší mechanické vlastnosti než PLA	Při průměru 1,75 mm silného materiálu je délka 310 m
Teplota extrudéru: 220–260 °C Teplota podložky: 50–90 °C (záleží na výrobci)	Obdobná cena jako u PLA	Inertní proti všem dostupným chemikáliím
	Vhodná na větších modelů, prototypů, hraček...	



Obr. 10: Ukázka tisku spirálové vázy

ABS – Akrylonitrilbutadienstyren



Obr. 11: Postprocessing tisku ABS s využitím acetonu

Velmi pevný a
tepelně odolný

Tvrký, ale křehký
materiál

ABS rozpustný v
acetonu

Při průměru 1,75 mm
silného materiálu je
délka 400 m

teplota extrudéru:–
245-250 °C
teplota podložky:
45–60 °C
(záleží na výrobc)

Obdobná cena jako
PLA

Nízká přilnavost k
podložce

Tisk s krytem – velké
pnutí a vznik prasklin

Náročnější tisk,
venkovní použití,
modely s
mechanickou
náročností

Další zpracování
acetonem

Nástupce ASA

Srovnání vlastností filamentů 3D tiskárny s FFF/FDM

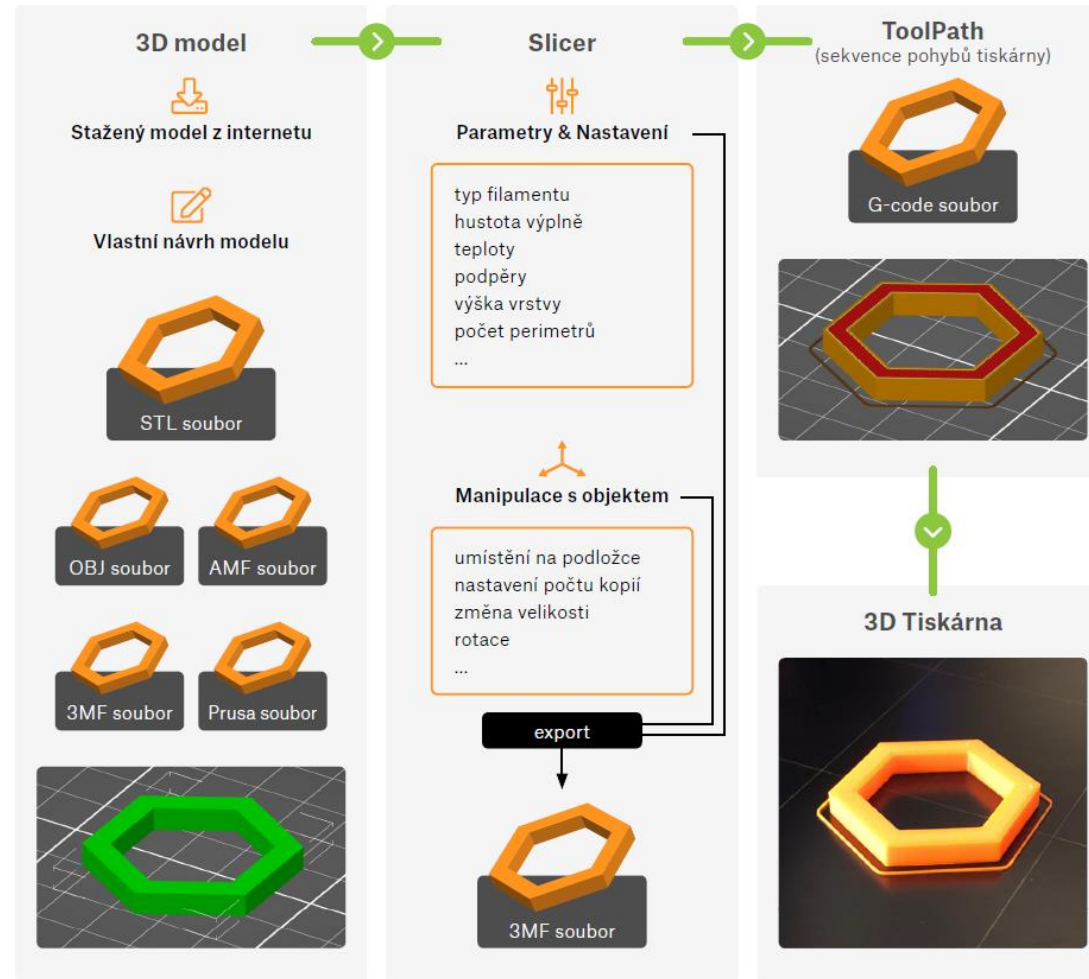
Materiál	Snadnost tisku	Odolnost		
		Teplotní	Chemická	Mechanická
PLA	Jednoduchá	Velmi nízká	Nízká	Nízká
PET-G	Jednoduchá	Nízká	Nízká	Nízká
ABS/ASA	Střední	Střední	Nízká	Střední
Flex	Střední/Náročná	Střední	Nízká	Vysoká
PP	Náročná	Vysoká	Střední	Vysoká
Nylon	Náročná	Vysoká	Střední	Vysoká
PC	Velmi náročná	Vysoká	Střední	Velmi vysoká
nPower	Velmi náročná	Velmi vysoká	Vysoká	Vysoká

<https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/> (anglicky)

<https://prusament.com/cs/materials/> (česky)

Zdroj: TACR 3D tisk – Vojtěch Staněk

Proces 3D tisku



Obr. 12: Schématický proces 3D tisku

Získání modelů pro tisk

- Stažením z internetu
- 3D sken
- Vlastní v 3D modelovacím software

Stažení modelů z internetu

- Online databáze volně dostupných nebo placených modelů
- Ne každý model je vhodný na vaši tiskárnu (detailní, velký,...)
- Je dobré, když autor uvede parametry tisku
- Licence!

<https://be3dacademy.ysoft.com/>

kolekce školních lekcí

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

2 miliony modelů

<https://www.prusaprinters.org/>

32 tisíc modelů

<https://www.youmagine.com/>

18 tisíc modelů dle kategorií

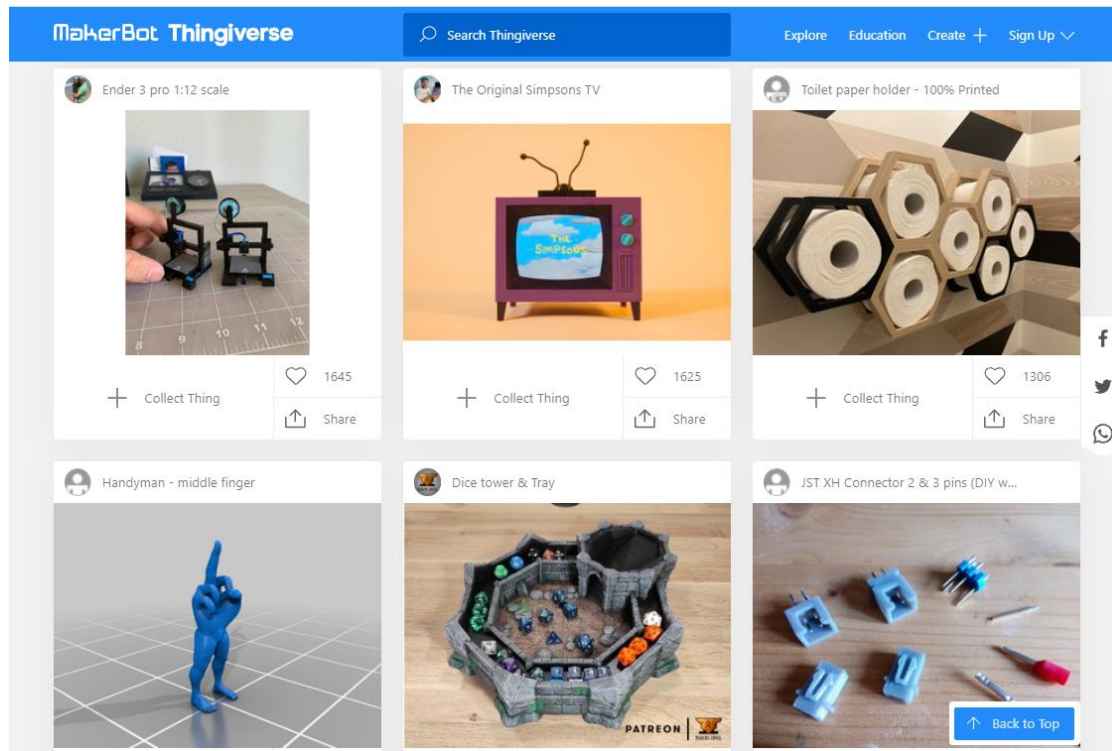
<https://3dprint.nih.gov/>

modely z oblastí biologie a medicíny

<https://www.yeggi.com/>

vyhledávač

Stažení modelů z internetu



Obr. 13: Ukázka webu Thingiverse

<https://be3dacademy.ysoft.com/>

kolekce školních lekcí

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

2 miliony modelů

<https://www.prusaprinters.org/>

32 tisíc modelů
UŽ GCODE

<https://www.youmagine.com/>

18 tisíc modelů dle kategorií

<https://3dprint.nih.gov/>

modely z oblastí biologie a
medicíny

<https://www.yeggi.com/>

vyhledávač

3D sken

- Zatím drahý a pomalý
- Antropologové používají
- Aplikace – z fotek -> model



Obr. 14: 3D sken

3D modelovací SW

- Celá řada (placené/zdarma; webové/desktopové)
- Musíte mít nějaký skill na modelování
- Existují video tutoriály

TinkerCad

Onshape

Autodesk
Fusion 360

OpenSCAD

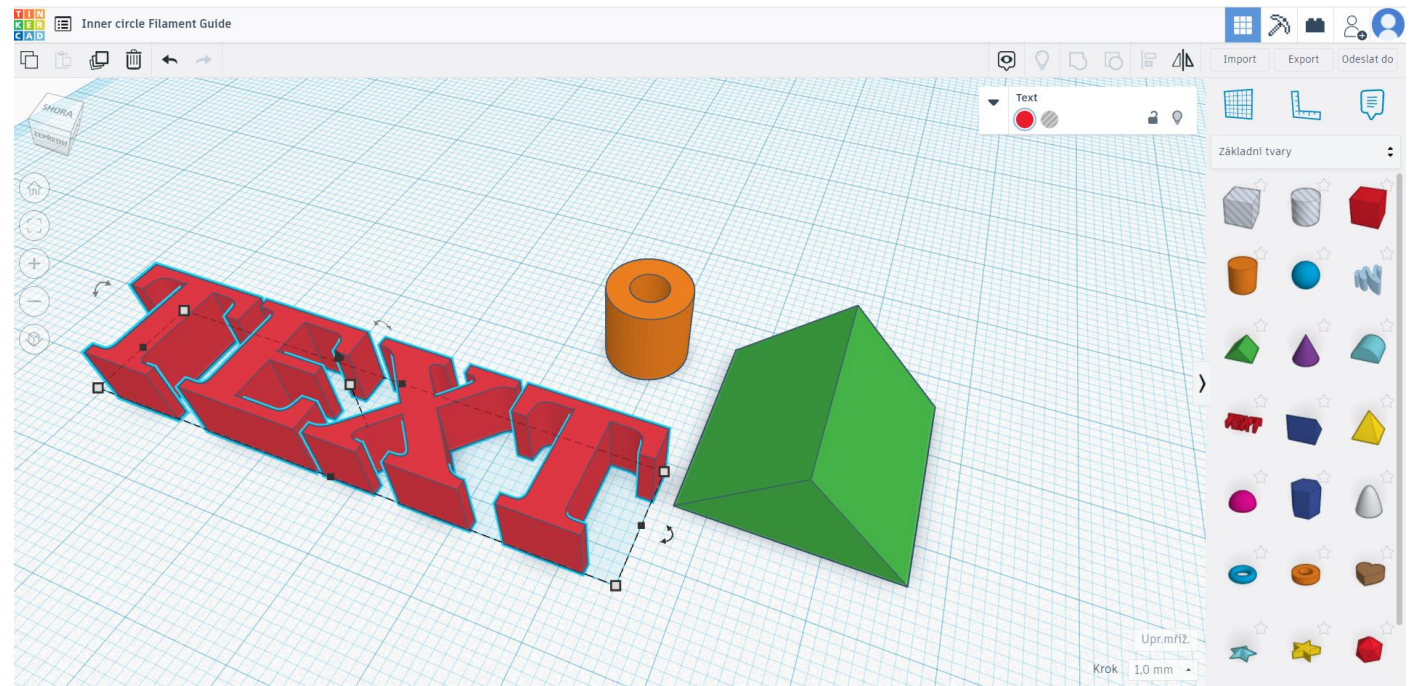
Blender

Cinema4D

TinkerCad

- Zdarma
- Webová aplikace
- Jednoduché použití
- Pro jednodušší modely
- Úprava STL souborů

www.tinkercad.com

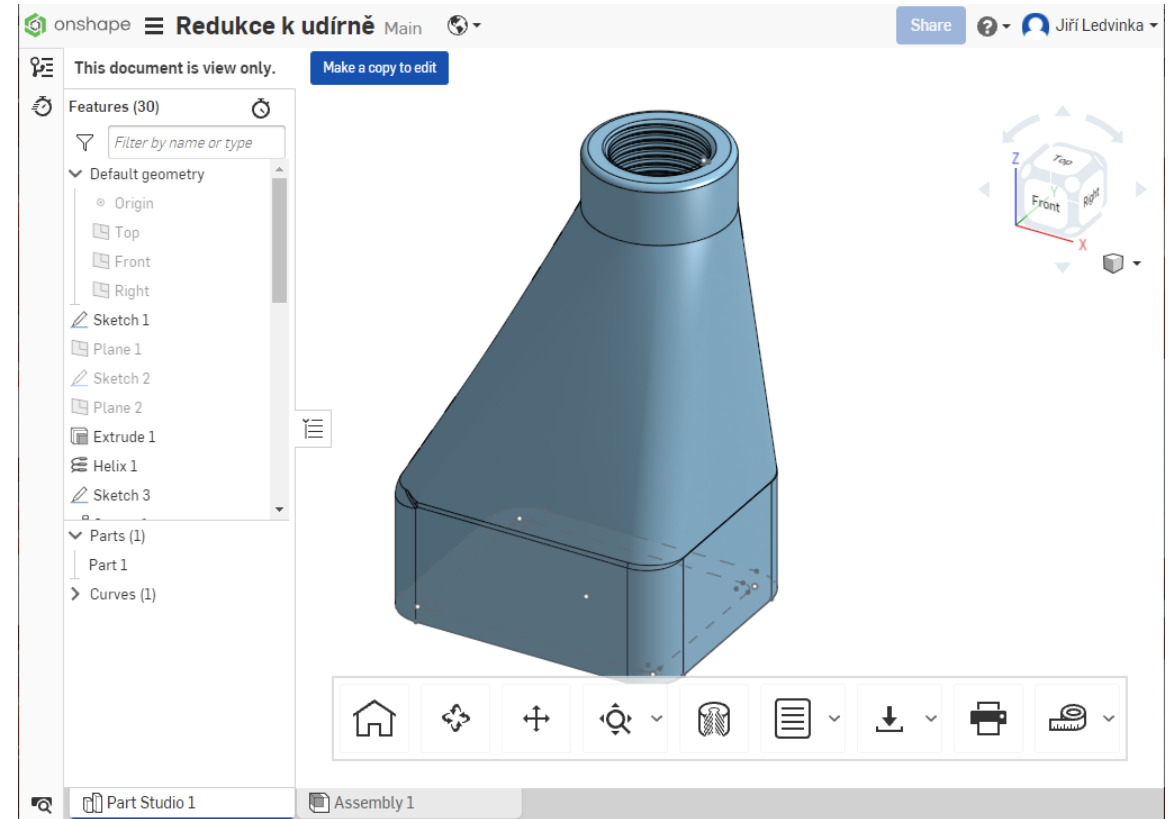


Obr. 15: Ukázka práce s ThinkerCad

Onshape

- Zdarma
- Webová aplikace
- Sofistikovanější modely
- Vše co vytvoříte, zůstává tam
- Velká databáze modelů

www.onshape.com

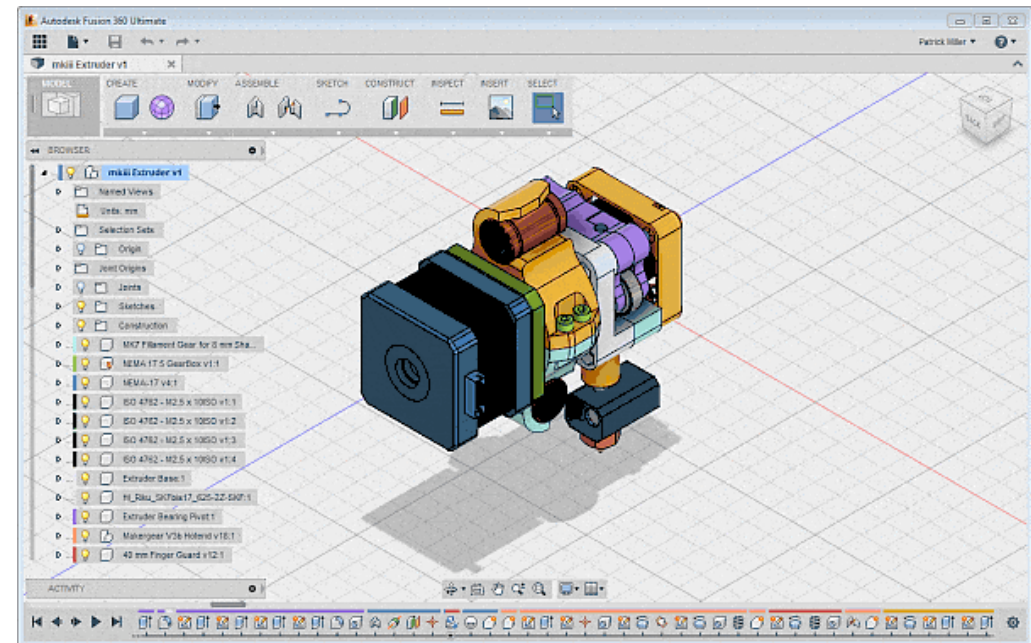


Obr. 16: Ukázka práce s Onshape

Autodesk Fusion 360

- Pro studenty a učitele zdarma
- Desktopová aplikace
- Složité modely vč. animací

www.fusion360.cz

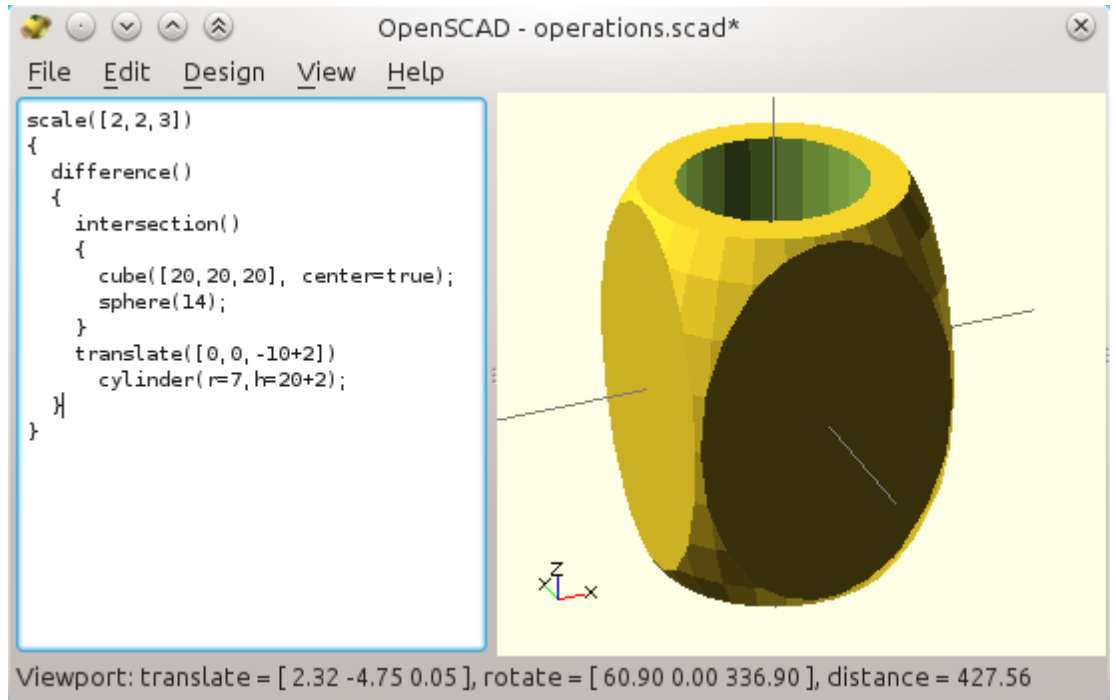


Obr. 17: Ukázka práce s Autodesk Fusion 360

OpenSCAD

- Open source
- Desktopová aplikace
- Všechny platformy
- Parametrizace
(moderní a ty lepší modely)

www.openscad.org



Obr. 18: Ukázka práce s OpenSCAD

Bledner a Cinema4D

- Profi nástroje
- Složité
- Není příliš vhodné na běžné použití

www.blender.org

www.cinema4d.cz



Obr. 19: Ukázka práce s Blender

MUNI
SCI

Praktická část

Hurá 😊

3D modelování tinkercad

– Otevřete si aplikaci TinkerCad

www.tinkercad.com

Přihlaste se.

Vytvořením nebo stažením modelu vše začíná

- Co s 3D modelem? CTRL+P?
- Nikoliv -> Pomocí Speciálního SW (tzv. Sliceru) – většinou formát .STL -> .GCODE
- Převedení 3D modelu do strojového kódu G-code – posun tiskové hlavy XY a Z

Slicery

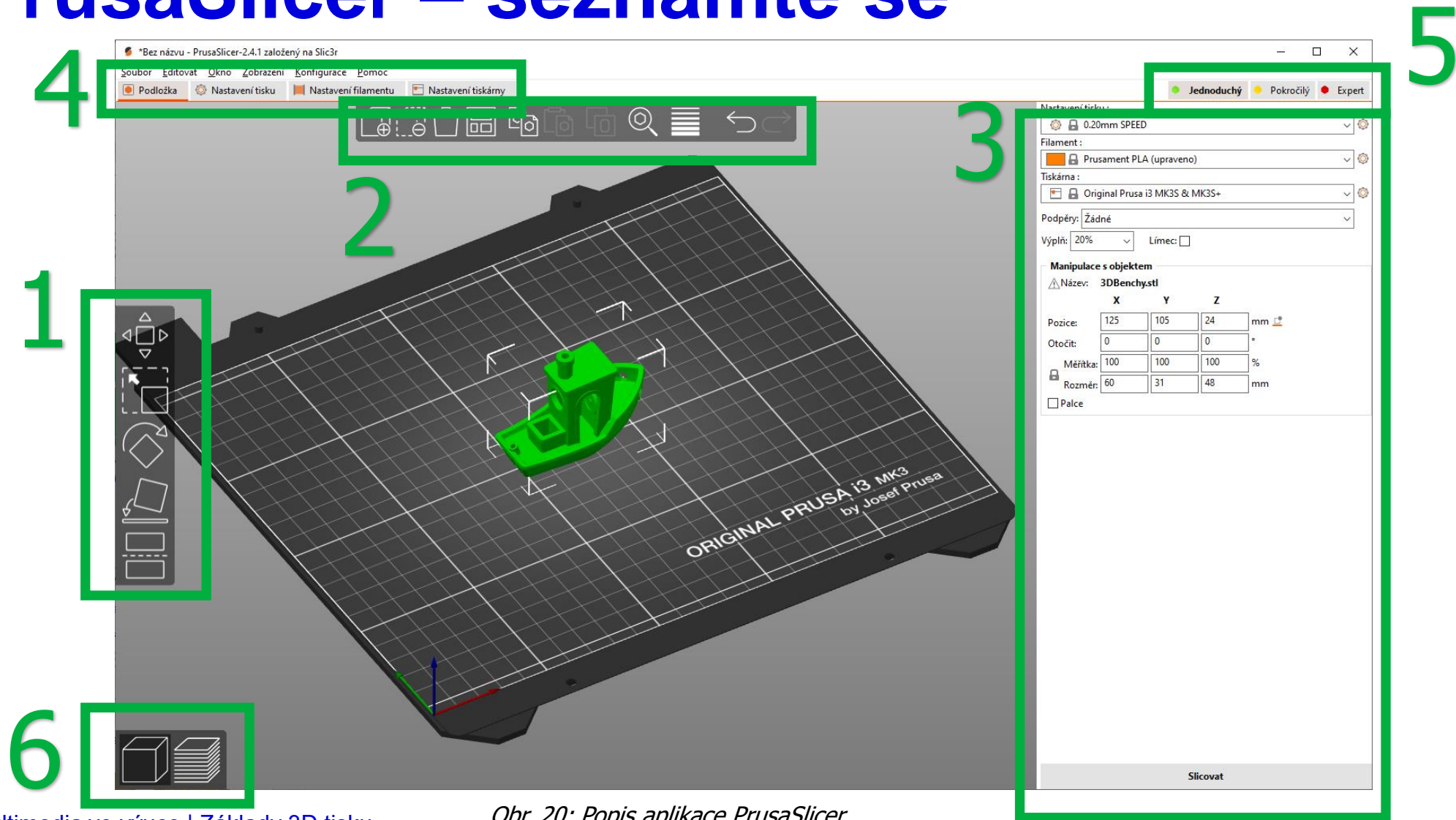
3D Slicer

Simplify3D

PrusaSlicer

Cura

PrusaSlicer – seznamte se



PrusaSlicer – Vrstvy a perimetry

- Výška vrstvy – kvalita tisku
- Svislé stěny – obal
 - Spirálová váza – velikonoční vejce, váza
- Vodorovné stěny – vrch a spodek
- Pozice švu a Členitý povrch

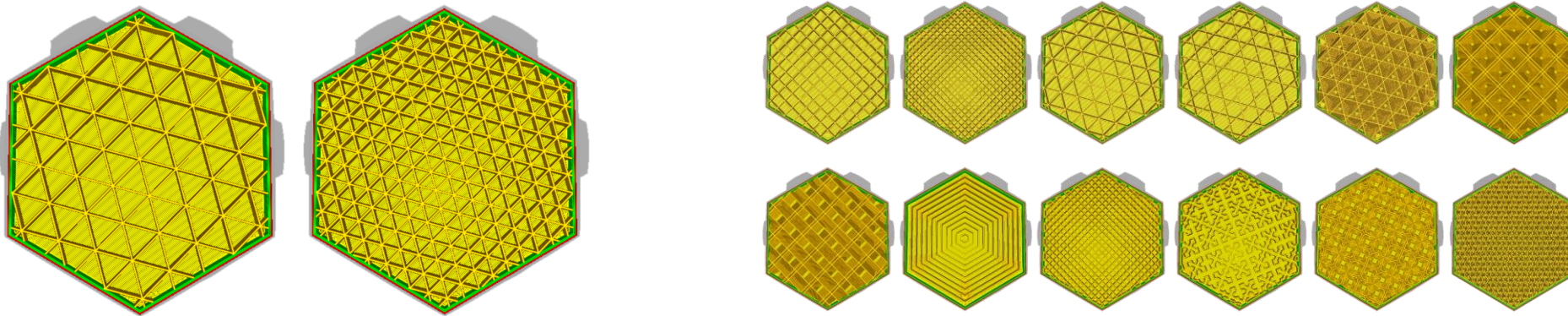


Obr. 21: Ukázka pillowing

Pillowing – zdroj all3dp.com

PrusaSlicer – Výplň

- Hustota - v procentech
- Vzory:
Mřížka, Gyroid, Monotónní, ...



Obr. 22: Typy výplní v PrusaSlicer

PrusaSlicer – Obrys a límec

- Zvýšení přilnavosti k podložce
- RAFT – pokročilá funkce

Obrys (Skirt)	Límec (Brim)	Raft
		
Obrys objektu – ověřuje se přilnavost (ABS)	Dotýká se objektu – zvyšuje přilnavost	Samostatná vrstva pod objektem max. přilnavost např. ABS

Obr. 23: Typy obrysů a límců v PrusaSlicer

PrusaSlicer – Podpěry

- Pokud jsou pro tisk potřeba
- Mezní úhel převisu

PrusaSlicer – Nastavení filamentu

- Každý materiál specifické parametry tisku
- Správné nastavení se odrazí ve výsledku tisku

- **Filament**
 - Cena, teplota, chlazení

 - ABS a chlazení nejsou kamarádi

Kalibrace tiskárny

- V MENU – Calibration → First Layer Cal. → Continue
- Možnosti tisku testovacího Pattern
- Kalibrace teploty trysky a podložky
 - Tisk Temperature tower
- Profily

Zdroj: www.thingiverse.com



Obr. 24: Kalibrační Pattern

Nasazení filamentu

Vložit filament do otvoru na extruderu

Zvolit typ materiálu a tiskárna si jej sama zavede

Pozor, pokud se nacházel v hlavě jiný typ materiálu (ABS -> PLA) vyžaduje vyšší teplotu

Dostatečně nechat „protéct“

Tisk

Nanesení lepidla na podložku (volitelné)

Tisk testovacího pruhu

Tisk první vrstvy je nejdůležitější případně skirt

V průběhu vrstev změna intenzity ventilátoru

Komponenty velmi horké – hrozí popálení

Troubleshoot

- Alfa omega:
 - Bed level
 - Správná teplota
 - Připravená data

<https://all3dp.com/1/common-3d-printing-problems-troubleshooting-3d-printer-issues/>

<https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/>

Pomoc:

- FORUM
- YOUTUBE

Post processing – dokončení

Odebrání z podložky (ohnutí podložky případně špachtle)

Odstranění podpěr

Vyhlazení modelu

Další zpracování (slepení, vybarvení, chemické ošetření,...)

Umytí a utření podložky, odstranění testovacího proužku.

Údržba

Odstranění zbytků filamentu vč extruderu

Očištění od prachu – vlhčený ubrousek

Závitové tyče namazat vazelínou

Ventilátory – vlasové zbytky filamentu

Dotáhnutí pásů

PFTE trubička

Kontrola kabeláže

Příslušenství k tiskárně

Vodou
omyvatelné
lepidlo

Kleštičky

Posuvné
měřidlo

Špachtle

A4 Papír

Jehle na
protlačení
ucpané trysky

Kovový
kartáč

Hubka a
utěrka

Navíc

Kryt na
tiskárnu

WEB
Kamera

Wifi Zásuvka

Voltmetr

UPS –
záložní zdroj

Proč byste chtěli mít FDM/FFF tiskárnu

- Nejdostupnější technologie
- Cenově dostupná tiskárna vč. filamentu
- Velká škála filamentů různých druhů (recyklovatelný materiál, pevný, pružný, odolný, kov,...)
- Jednoduchý tisk

- Doba tisku
- Kvalita

Literatura

- Základy 3D tisku s Josefem Průšou
- <https://all3dp.com/>
- <https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/>
- <https://support.ultimaker.com/hc/en-us/sections/360003548619-Print-settings>
- <https://all3dp.com/1/common-3d-printing-problems-troubleshooting-3d-printer-issues/>
- <https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/>

MUNI
SCI

Děkuji za pozornost

Mgr. Jiří Ledvinka

OIKT PŘF MU

ledvinkaj@sci.muni.cz