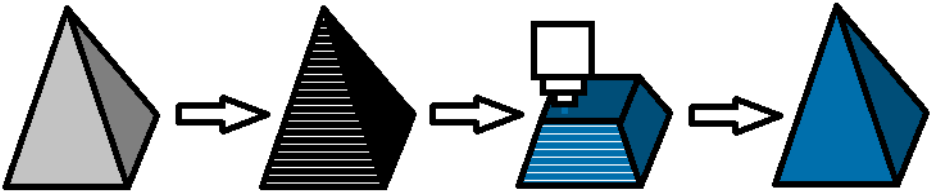
KATEDRA
INFORMATIKY
UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

3D tisk

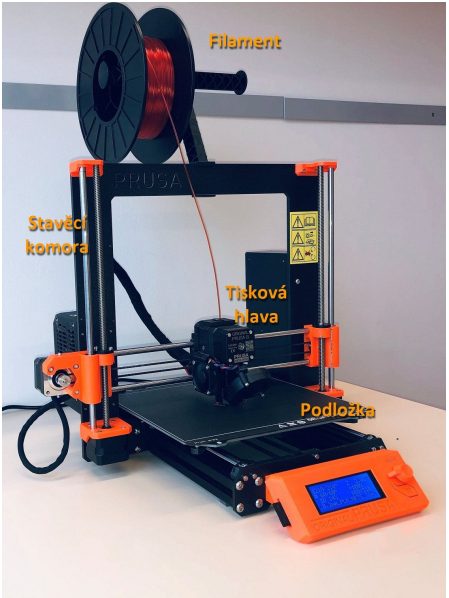
Vybrané partie z IT

Mgr. Markéta Trnečková, Ph.D.

3D tisk postup



FDM 3D tiskárna



Kritéria při volbě tiskárny

- Podložka
- Velikost stavěcí plochy
- Z-rozlišení
- Průměr filamentu
- Tisková hlava - Hot end
- Extruder, počet extruderů
- Ovládání

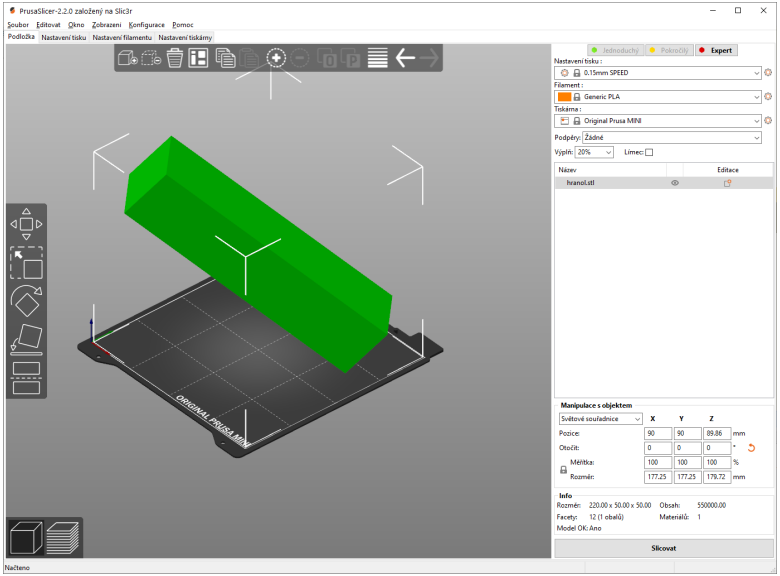
Stavěcí komora, krokové motory

- **Stavěcí komora**: oblast tisku
- **Krokové motory**: rozlišení tiskárny

Příklad

Velikost tiskové oblasti tiskárny Originál Průša Mini je $18 \times 18 \times 18$ cm. Je možné na tiskárně vytisknout hranol $5 \times 5 \times 20$ cm?

Stavěcí komora, krokové motory



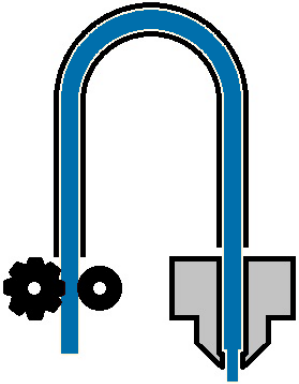
Podložka

- Vyhřívaná podložka: 40-110C
- Povrch:
  - Hladký
  - Texturovaný
- Povrchová úprava
- Kalibrace

Extruder - Cold end

Direct

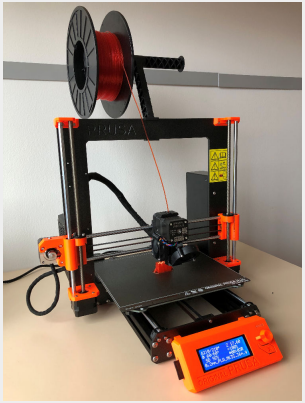
Bowden



Extruder
Příklad

Příklad

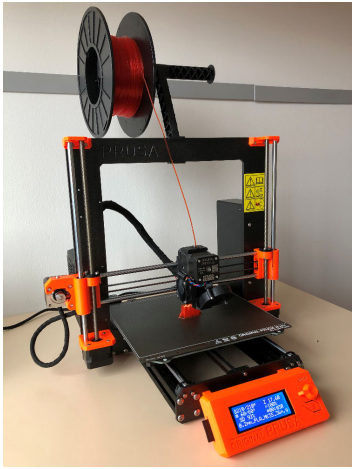
Která z tiskáren má bowdenový a která přímý extruder?



Extruder

Příklad

Direct

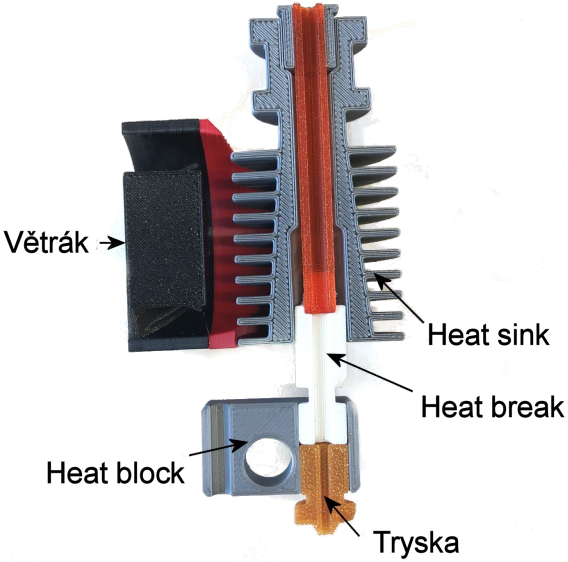


Bowden

Hot end

- PTFE/PEEK
- Kovové

- Tryska (Nozzle)
- Heat block
- Heat break
- Heat sink



Hot end

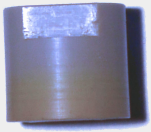
Příklad

Pojmenujte jednotlivé části hot endu.

(a)

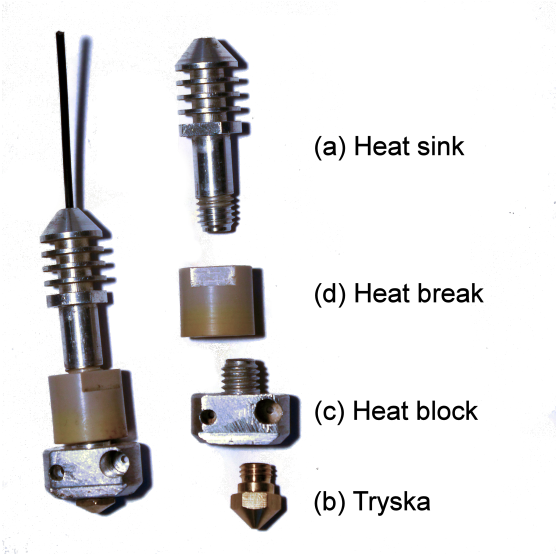
(b)

(c)



(d)

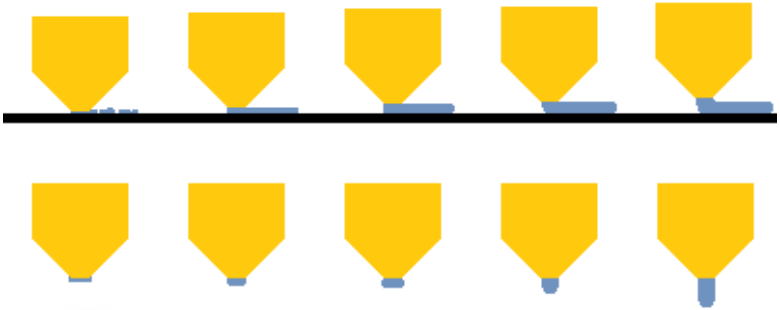
Hot end



Filament

- Různé materiály, barvy
- Průměr: 1.75 mm, 2.85 mm (3 mm)
- Výběr filamentu:
  - Síla
  - Flexibilita
  - Přesnost
  - Speciální podmínky

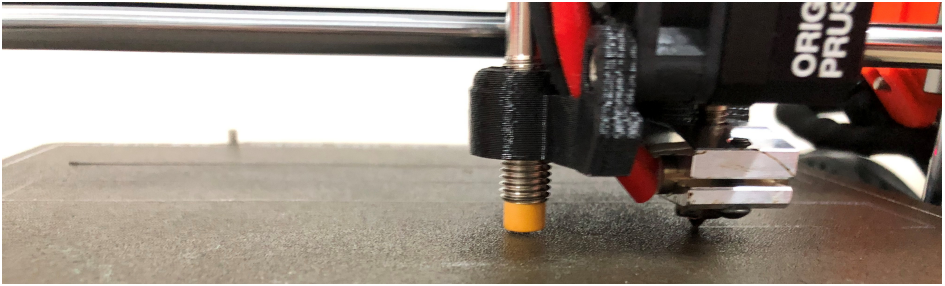
Bed leveling

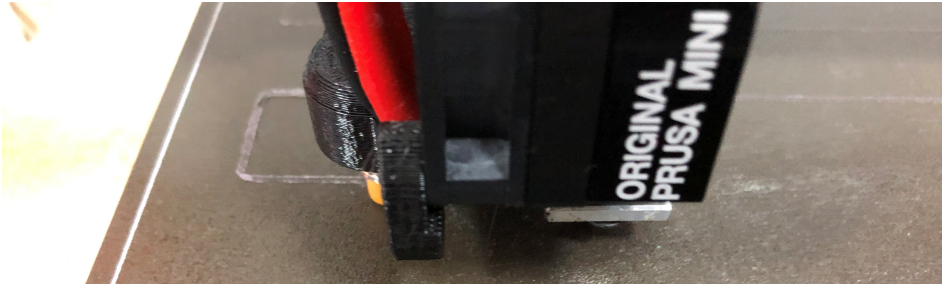


- příliš blízko
- blízko
- akorát
- daleko
- příliš daleko

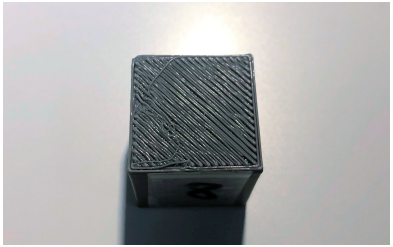
Kalibrace: Kalibrace podložky tiskárny

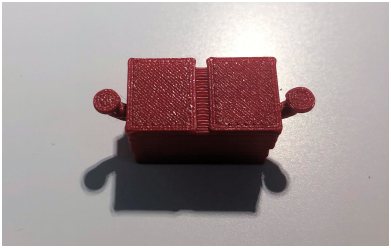
Tryska je příliš blízko podložky





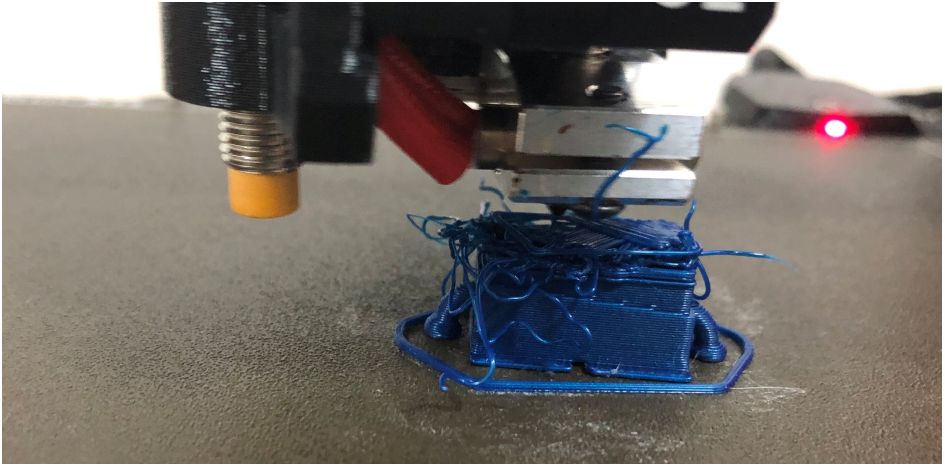
Nehezká první vrstva



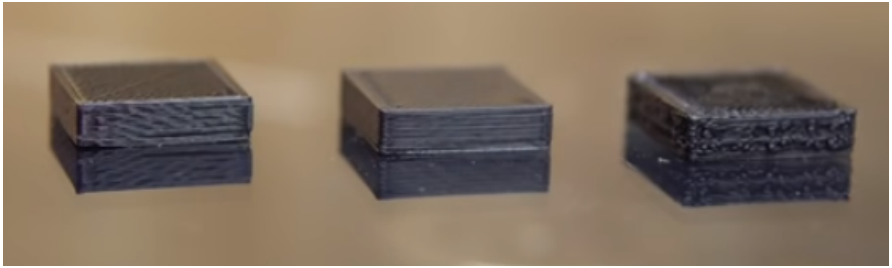


Nejde oddělat model od podložky

Model nedrží na podložce



Extruze

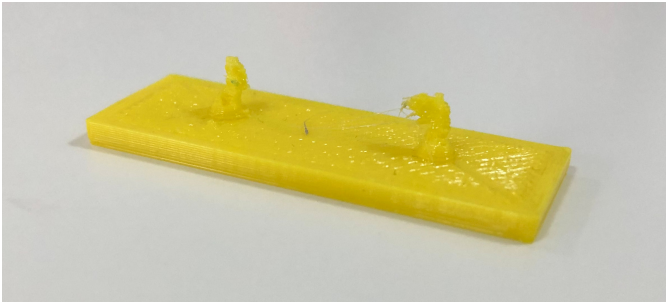


- Under extrusion
- Right extrusion
- Over extrusion

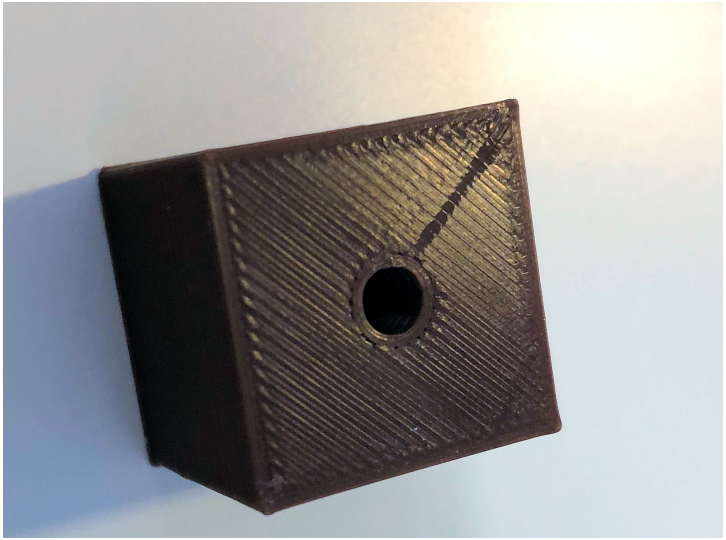
Kalibrace: Vytlačení určitého množství filamentu - výpočet chyby

Over extruze

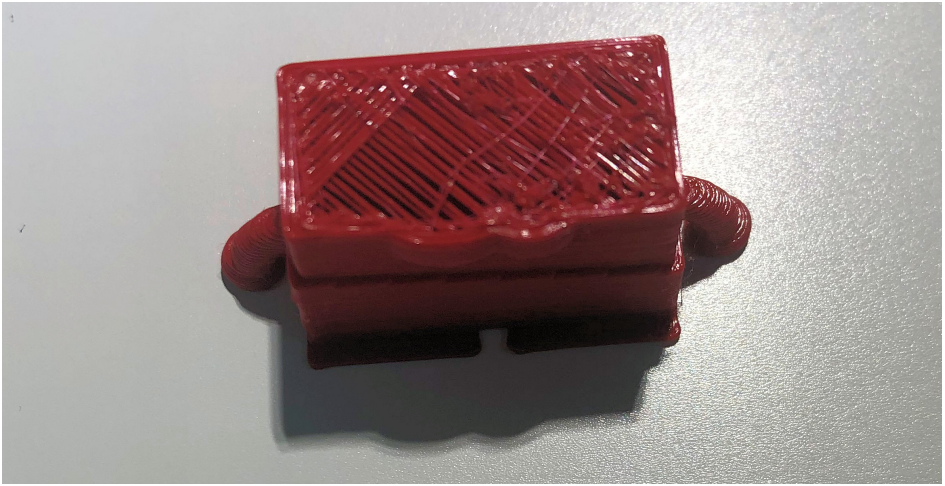
Under extruze



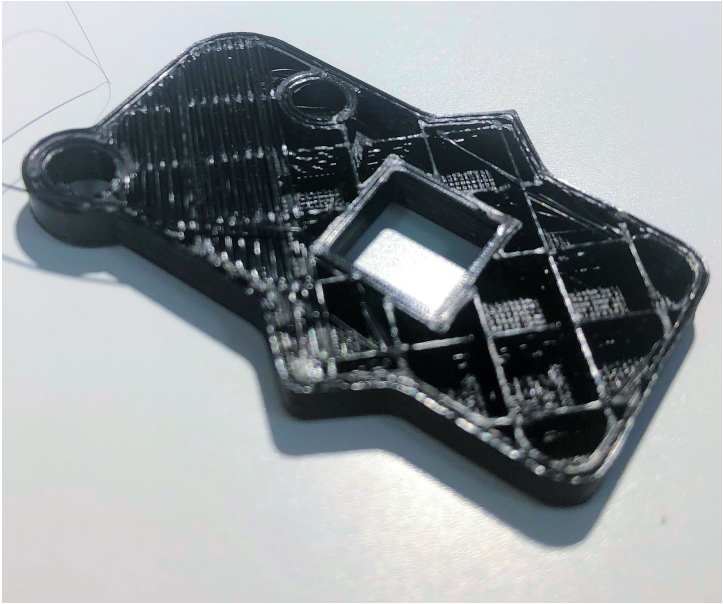
Diagonální rýhy



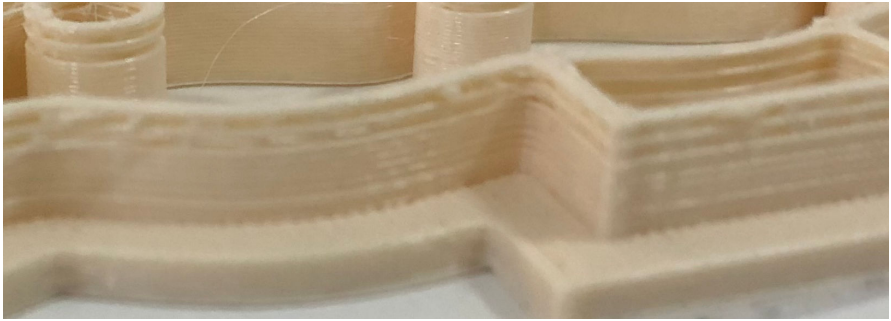
Filament není vytlačován



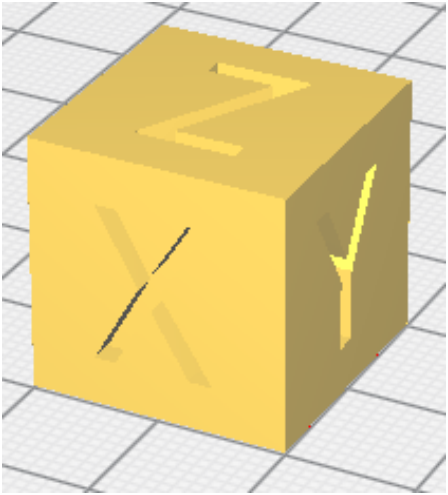
Výplň není pravidelná



Chybějící vrstvy



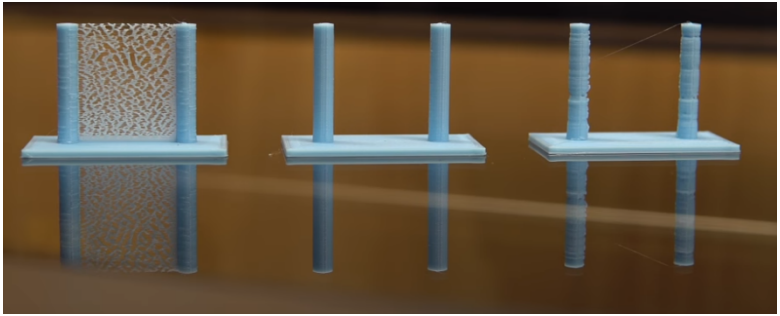
X, Y, Z kalibrace



Kalibrace: Nastavení motorů

Nepřesnost tisku

Retrakce



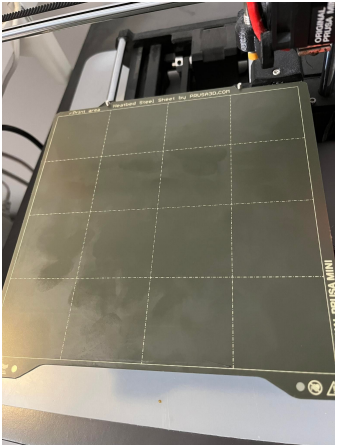
- bez retrakce
- správná retrakce
- příliš retrakce

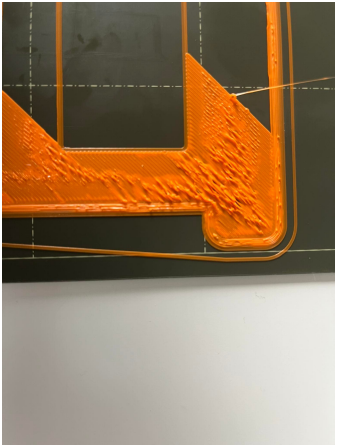
Kalibrace: Nastavení sliceru

Údržba tiskárny

- čistý tiskový plát
- volný pohyb os
- čištění trysky a hotendu
- čištění a utahování extruderu
- čištění a mazání tyčí
- updatování frmware

Údržba tiskárny – čistý tiskový plát

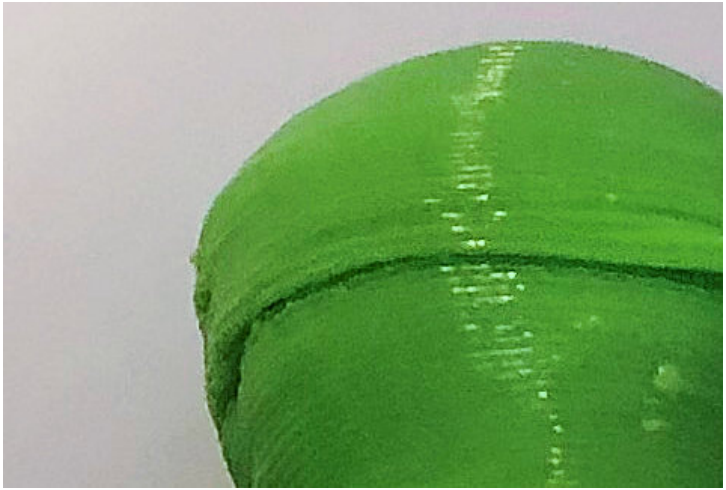




Údržba tiskárny – čistý hotend

Údržba tiskárny – volný pohyb os

Posun modelu



Materiály

- termoplasty
- kov
- netradiční materiály
- termolasty s příměsí:
  - vzhled
  - vlastnosti

PLA/PLA+

- Polyactic Acid
- **Pro:**
  - nízká cena
  - tuhý a odolný
  - nesmršťuje se
  - nepotřebuje vyhřívanou podložku
  - dobrá trvanlivost
  - biologicky rozložitelný
- **Proti:**
  - malá tepelná odolnost
  - stringování (potřeba chladících větráků)
  - filament je křehký
  - není vhodný na použití venku

ABS

- Acrylonitrile Butadine Styrene
- **Pro:**
  - nízká cena
  - odolnost
  - málo artefaktů
  - tepelná odolnost
- **Proti:**
  - při chladnutí se kroutí a smršťuje
  - potřeba vyhřívané podložky
  - je cítit při tisku

ASA

- Acrylic Styrene Acrylonitrile
- **Pro:**
  - velmi odolný
  - vysoký skelný přechod
- **Proti:**
  - drahý
  - vyžaduje vyšší teploty extruderu
  - produkuje nebezpečné plyny

PET-G

- Glycol modified PET
- **Pro:**
  - lesklý a jemný povrch
  - dobře přilne k podložce
  - bez zápachu při tisku
  - recyklovatelný
  - jednotlivé vrstvy dobře přilnou
- **Proti:**
  - stringing
  - špatné vlastnosti při tisku mostů
  - vyžaduje vyhřívanou podložku
  - těžko se odlamují podpěry

Flexible - TPE, TPU

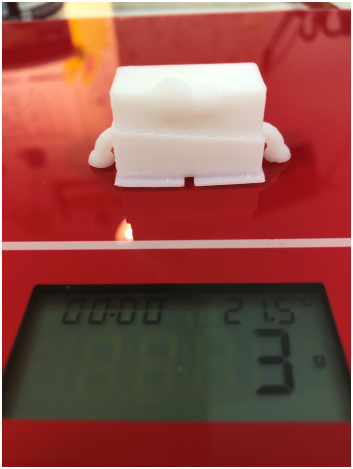
- termoplastický elasten, termoplastický polyuretan
- různá tuhost - scale A,D (0-100)
- **Pro:**
  - ohebné, jemné
  - tlumí vibrace
  - dlouhá životnost
- **Proti:**
  - obtížně se z nich tiskne
  - stringing, bubliny
  - těžko se tisknou bowdenovými extrudery

Příklad

Spočítejte na kolik vyjde vytištění modelu z PLA filamentu, když se na jeho výrobu spotřebuje 12 g materiálu, přičemž 1 kg PLA stojí 480 Kč.
Na stejný model se spotřebuje 13,5 g flexibilního materiálu, který stojí 605 Kč za 500 g.
Na kolik vyjde tisk modelu z tohoto materiálu?

HIPS

- High Impact Polystyrene
- **Pro:**
  - rozpustný v d-Limonenu, acetonu
  - nerozpustný ve vodě
  - levný
  - lehký
- **Proti:**
  - potřeba vyhřívané podložky
  - doporučená vyhřívaná komora
  - vysoká teplota tisku
  - potřeba ventilace při tisku



PVA

- Polyvinyl Alkohol
- **Pro:**
  - vodou rozpustný
  - nejsou potřeba rozpouštědla
  - není potřeba další hardware
- **Proti:**
  - náchylný na vlhkost
  - špatně se skladuje
  - drahý
  - ucpává trysku

Nylon

- Polyamid
- **Pro:**
  - tuhý, flexibilní
  - odolnost vůči nárazům a oděru
  - žádný nepříjemný zápach při tisku
- **Proti:**
  - náchylný ke zkroucení
  - nutné vzduchotěsné skladování
  - špatně vysušený filament vede k chybám při tisku

Polykarbonát

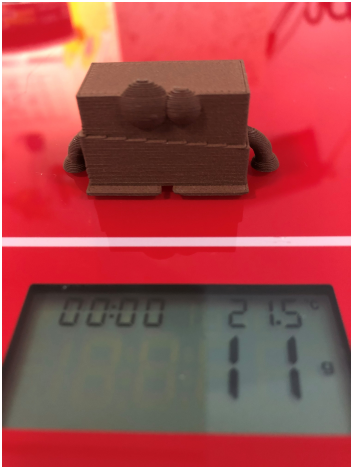
- **Pro:**
  - odolný
  - průhledný
  - ohebný
- **Proti:**
  - vyžaduje vysokou teplotu tisku
  - náchylný k deformacím
  - absorbuje vlhkost ze vzduchu

Příměsové - Carbon

- PLA, ABS, PET-G
- **Pro:**
  - zvyšuje pevnost a sílu
  - nesmršťuje se při chladnutí
  - lehký
- **Proti:**
  - stringing
  - abrazivní, nutná tvrzená ocelová tryska
  - křehký filament
  - ucpává trysku

Příměsové - Kov

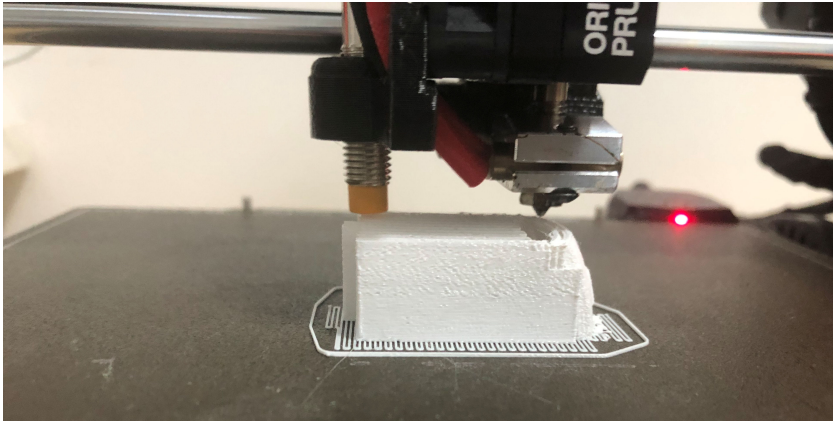
- měď, bronz, mosaz, nerezová ocel
- **Pro:**
  - nepotřebuje vysokoteplotní extruder
  - těžší než standardní vlákna
  - kovový vzhled
- **Proti:**
  - abrazivní
  - vytištěné díly jsou křehké
  - špatně se tisknou mosty a převisy
  - drahé
  - ucpává trysku



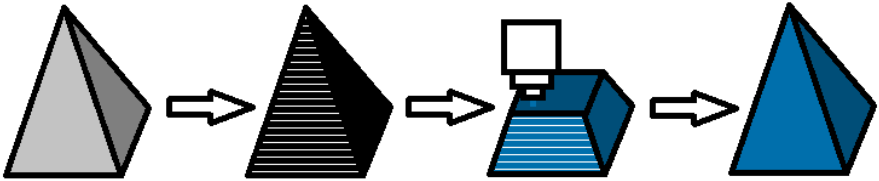
Příměsové - Dřevo

- PLA
- **Pro:**
  - vzhled dřeva
  - nepotřebuje speciální trysky
  - příjemná vůně při tisku
- **Proti:**
  - stringing
  - ucpává úzké trysky

Navlhlý filament

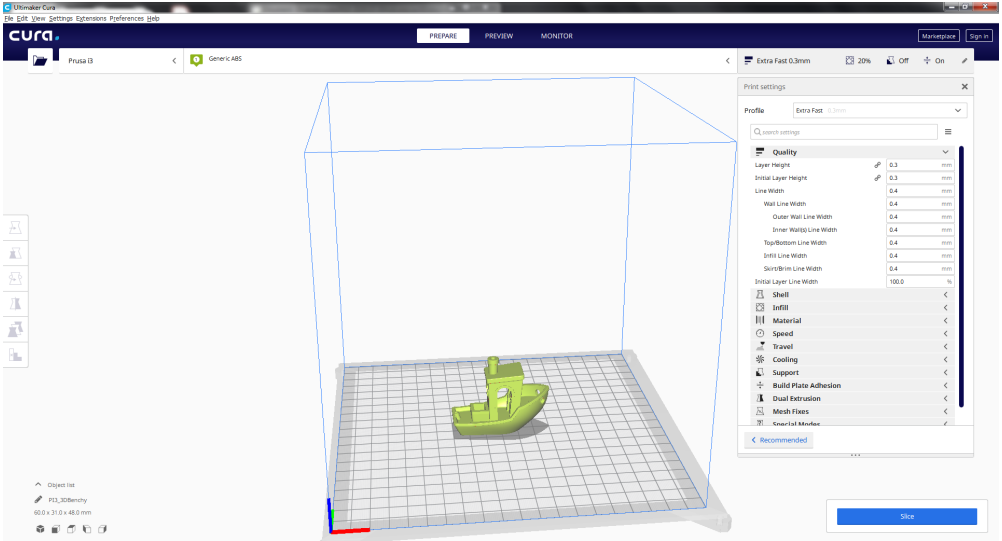


Slicery

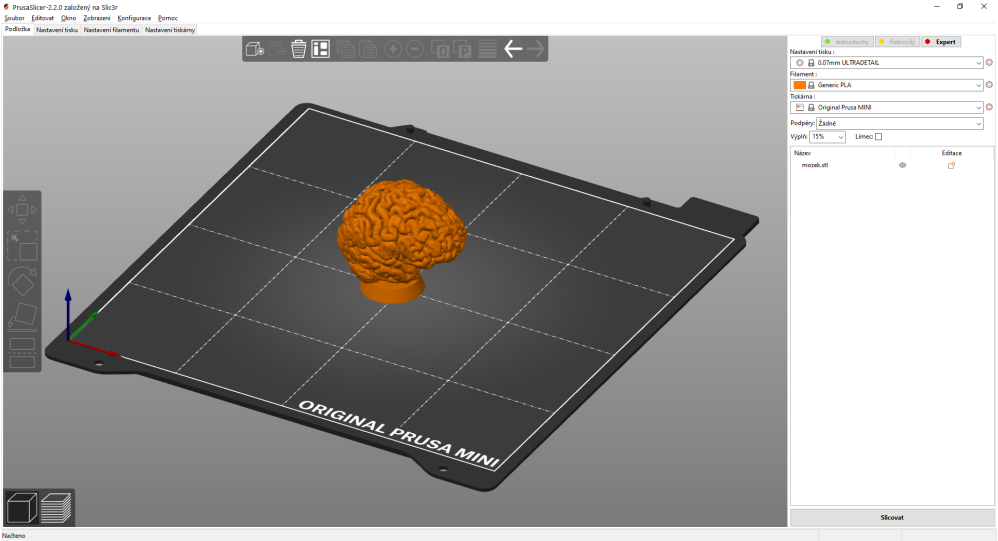


Srovnání slicerů

Cura


Ultimaker Cura
File Edit View Settings Extensions Preferences Help
cura
PREPARE
PREVIEW
MONITOR
Marketplace
Sign In
Prusa i3
Generic ABS
Extra Fast 0.3mm
20%
Off
On
Print settings
Profile
Extra Fast 0.3mm
search settings
Quality
Layer Height 0.3 mm
Initial Layer Height 0.3 mm
Line Width 0.4 mm
Wall Line Width 0.4 mm
Outer Wall Line Width 0.4 mm
Inner Wall(s) Line Width 0.4 mm
Top/Bottom Line Width 0.4 mm
Infill Line Width 0.4 mm
Skirt/Brim Line Width 0.4 mm
Initial Layer Line Width 100.0 %
Shell
Infill
Material
Speed
Travel
Cooling
Support
Build Plate Adhesion
Dual Extrusion
Mesh Fixes
Special Modes
Recommended
Object list
P13_3DBenchy
60.0 x 31.0 x 48.0 mm
Slice

PrusaSlicer

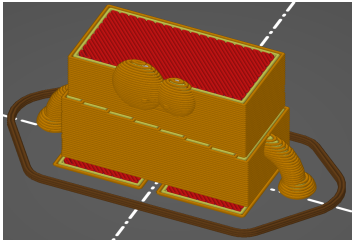


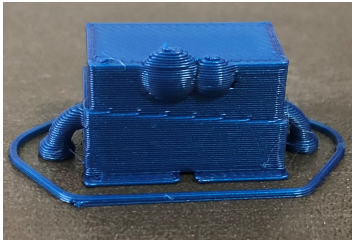
PrusaSlicer

- **Podložka**
  - výběr tiskárny
  - výběr materiálu
  - základní nastavení
- **Nastavení tisku**
- **Nastavení filamentu**
- **Nastavení tiskárny**

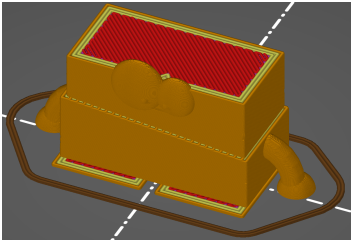
Výška vrstvy

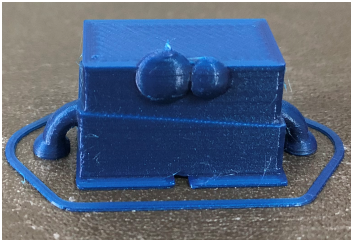
0.25 mm





0.07 mm





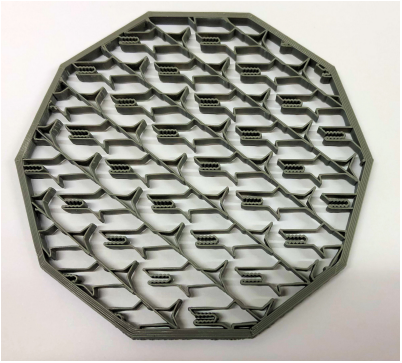
Tloušťka stěn

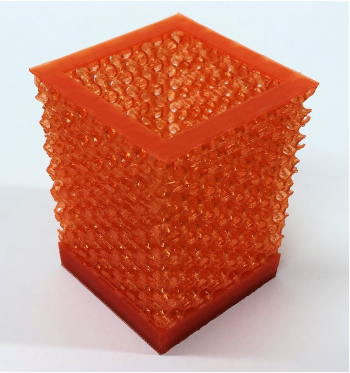
Výplň

Vzor

Hustota

Využití výplně jako desingový prvek

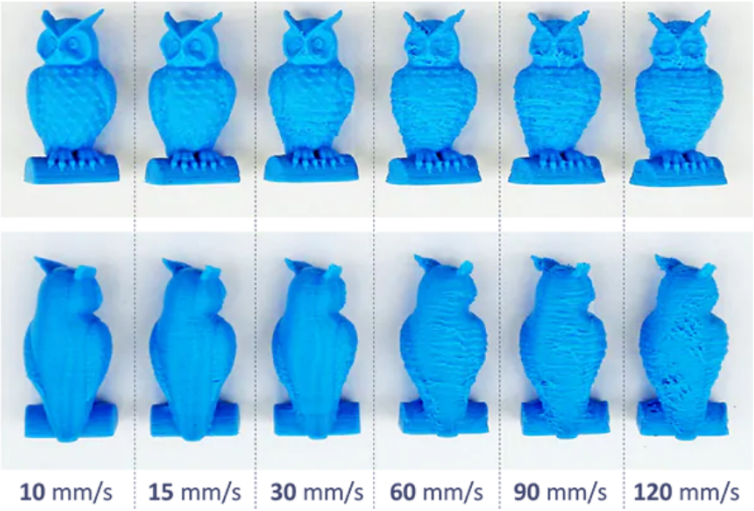




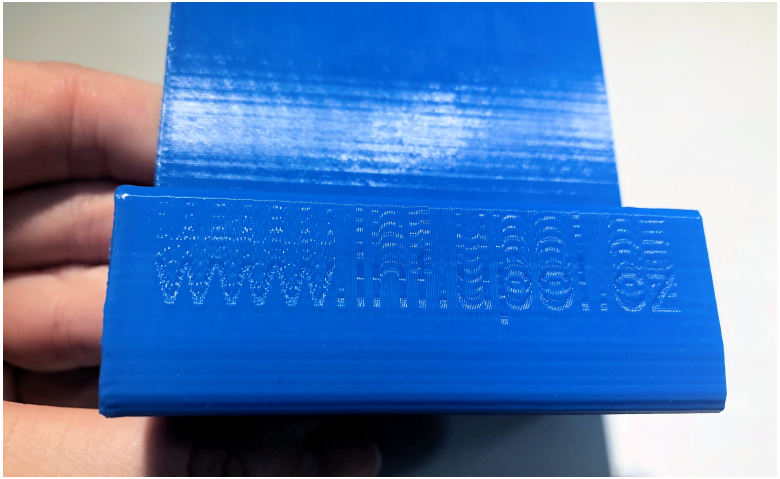
Infill je vidět zvenku

Díry ve vrchní vrstvě

Rychlost



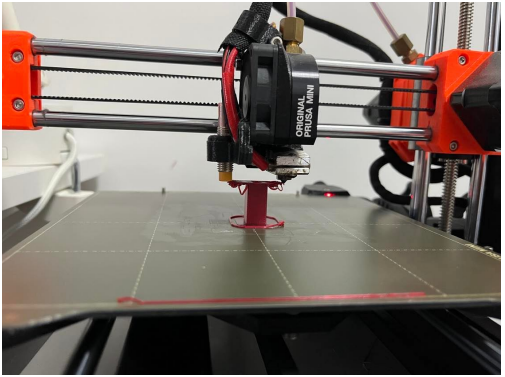
Příliš velká rychlost



Retrakce

Podpůrné struktury

- přilnavost k podložce
- lepší výsledek tisku
- nezbytné:
  - převis
  - most
  - ostrov



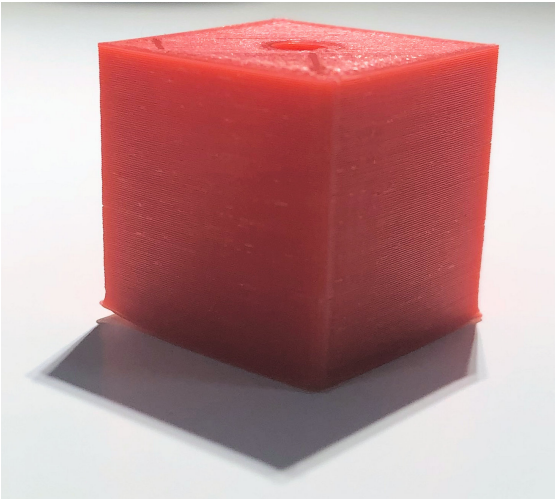
Přilnavost k podložce

Okraj (skirt)

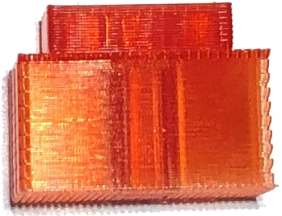
Límec (brim)

Raft

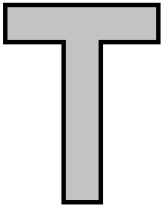
Okraje tisku se zvedají

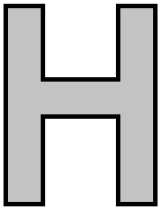


Podpěry



Tisk bez podpěr

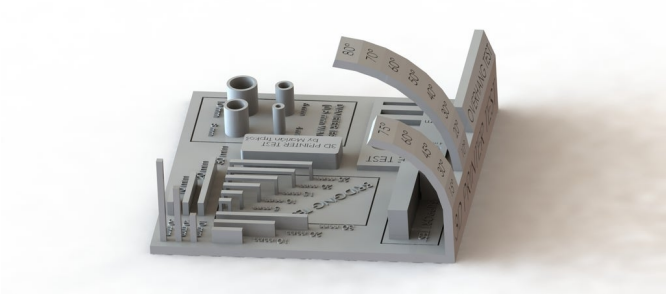




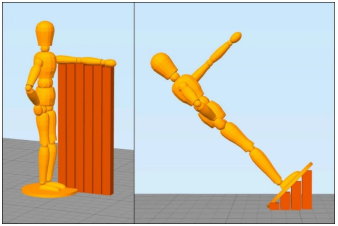
- Převis = pravidlo 45°
- Most = pravidlo 5 mm

Tisk bez podpěr

- Správné nastavení tiskárny

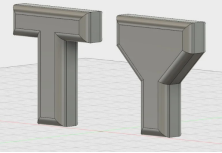


- Správná orientace modelu



Tisk bez podpěr

- Nastavení tisku: nižší rychlost, nižší teplota, nižší vrstvy
- Chlazení
- Směr tisku
- Zkosení



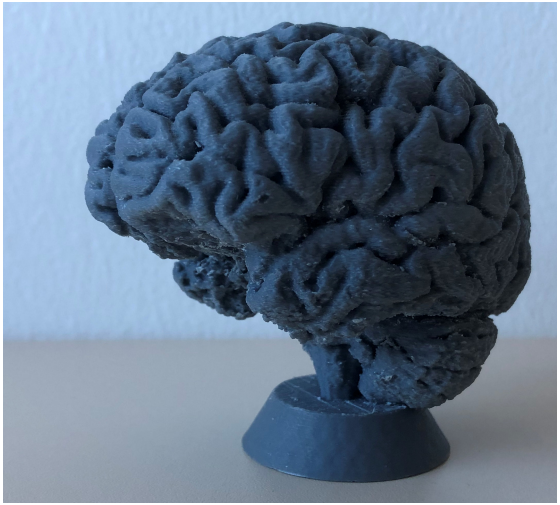
- Návrh

Podpěry

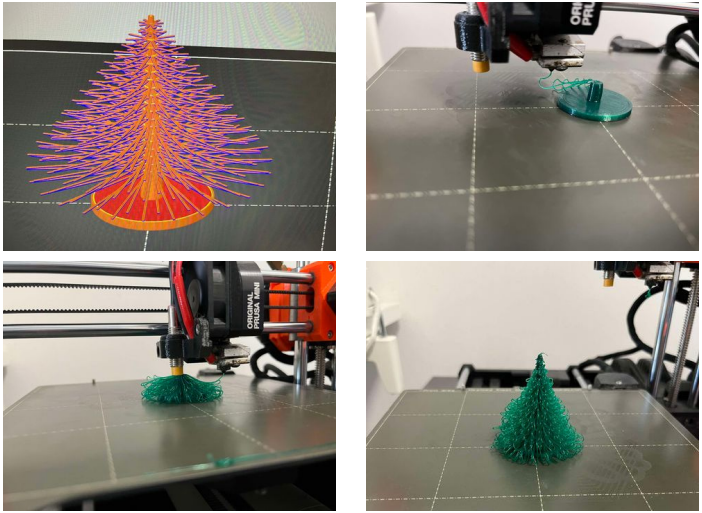
- Umístění podpěr
  - Všude
  - Dotýkající se podložky
  - Vynucené
- Vrchní vrstva podpěr
- Vzdálenost podpěr od modelu
  - X/Y
  - Z
- Vzor

Nehezké převisy

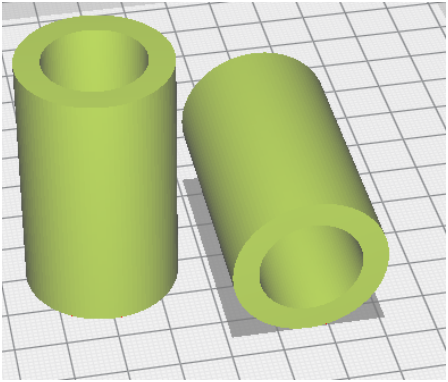
Nehezký povrch okolo podpěr



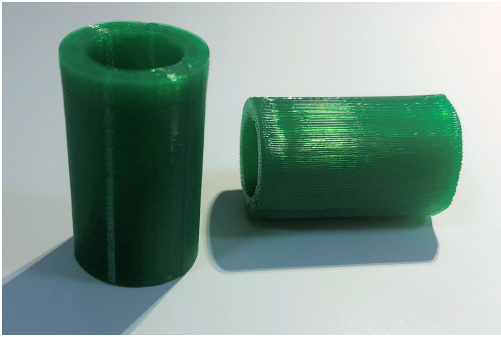
Záměrný tisk bez podpěr

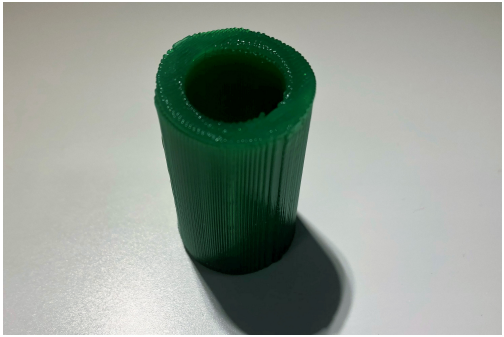


Poloha modelu



Poloha modelu



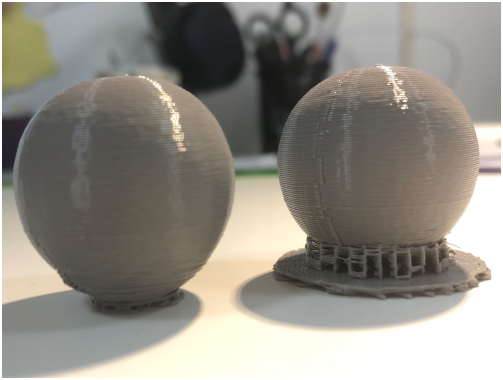


Tisk koule

Příklad

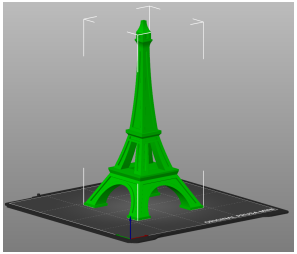
Jak byste naslicovali kouli, aby výsledná koule byla co nejhezčí?

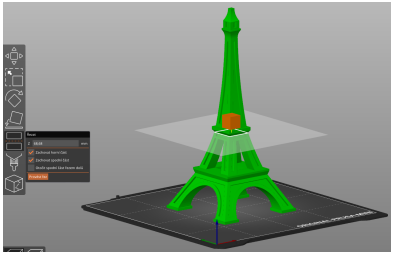
Tisk koule

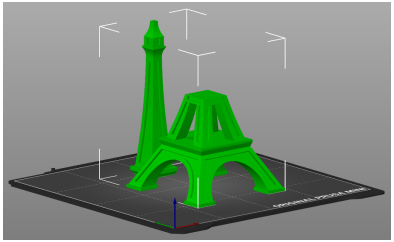


Dělení modelu na více částí

- **Důvod**:
  - velikost modelu
  - více barev
  - výsledný vzhled
- **Jak to udělat?**
  - při modelování
  - pomocí sliceru
- **Spojení**:
  - pomocí lepidla
  - pomocí spojek

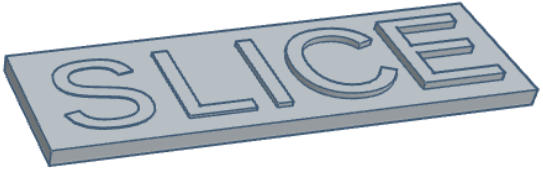




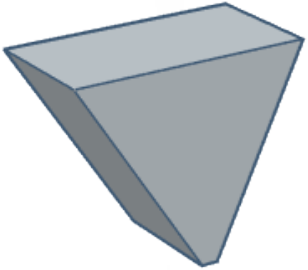


Úkol

Pomocí libovolného sliceru nařežte následující dva modely. Oba by měly být naslicované pro 3D tiskárnu Originál Průša MINI. Modely neotáčejte ani jim neměňte měřítko. Zvolte vhodné nastavení parametrů. Model `slice1.stl` by měl být vytištěn z PLA a model `slice2.stl` z ABS.



slice1.stl



slice2.stl

STL soubory spolu s kódy v OpenSCADu pro jejich výrobu jsou na webu / na Teams.

Vícemateriálový tisk

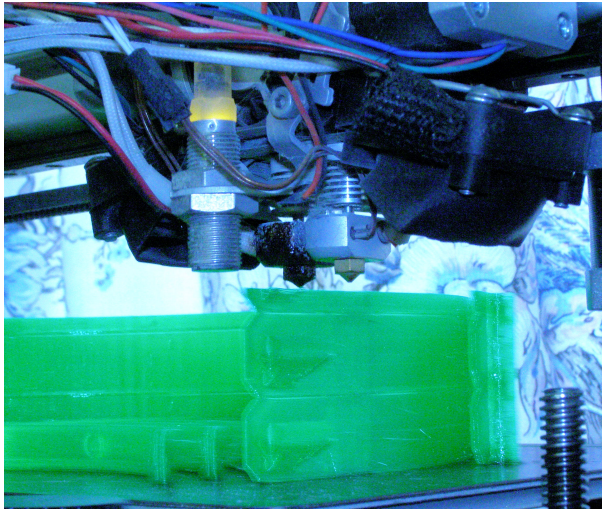
- Více částí
- Manuální cesta
- Duální extruze
- Dodatečný hardware
- Barevná 3D tiskárna

Více částí

Manuální cesta

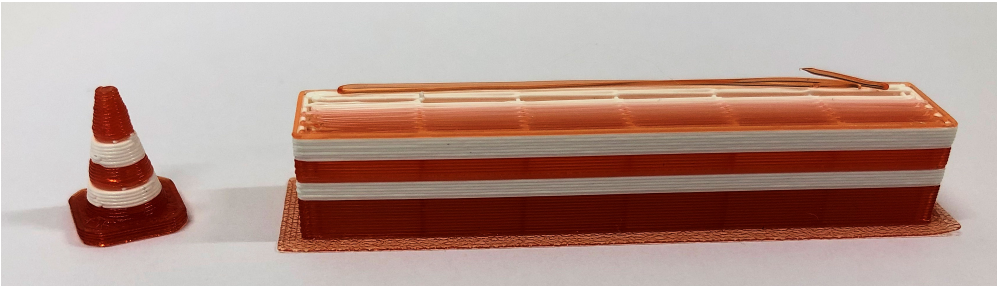
```
M600 ; vymena filamentu
```

Duální extruze



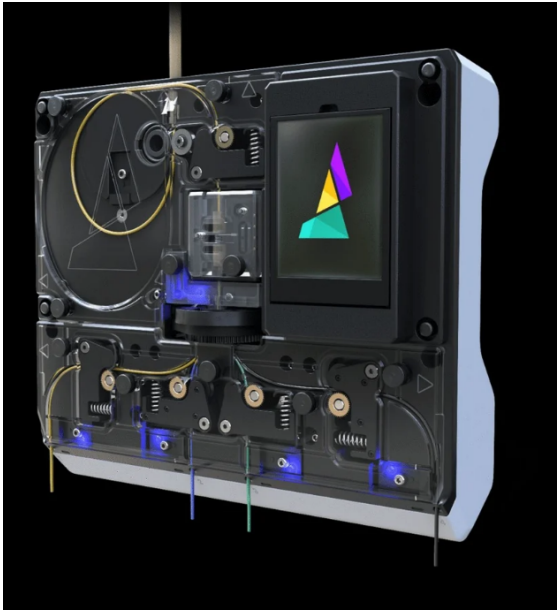
Průša Multimaterial upgrade

Průša Multimaterial upgrade



Průša Multimaterial upgrade

Mosaic Palette 2

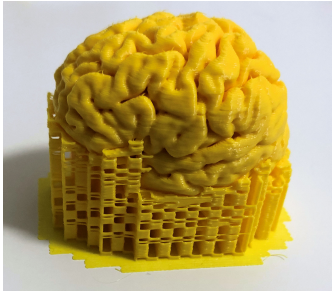


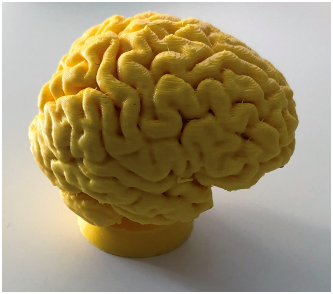
Barevná 3D tiskárna

Post processing

- Nezbytné úpravy (odstranění podpůrných struktur)
- Sestavení složitějších modelů
- Vylepšení vzhledu
- Vylepšení mechanických vlastností

Odstranění podpůrného materiálu





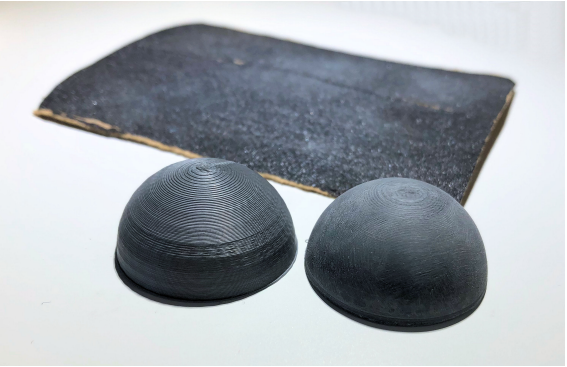
Odstranění podpůrného materiálu

Podpěry z rozpustného materiálu

- PVA - rozpustné ve vodě
- HIPS - rozpustné v Lemonesolu

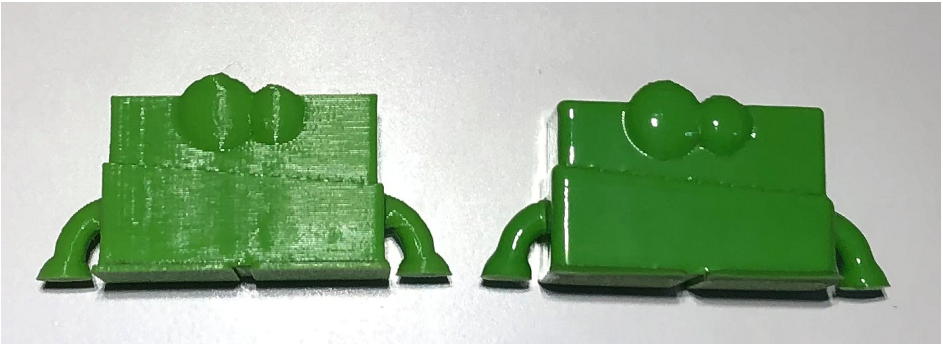
Vyhlazení

- broušení
- sandblasting (pískování)
- rock tumbling



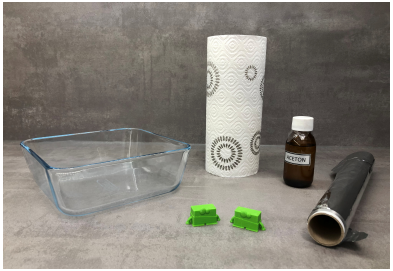
Vyhlazení pomocí rozpouštědel

- ABS: aceton
- PLA: THF (Tetrahydrofuran)
- Polysmooth: ethanol



Acetonové vyhlazení

Acetonovými parami – za tepla (pár vteřin) i za studena (několik hodin)

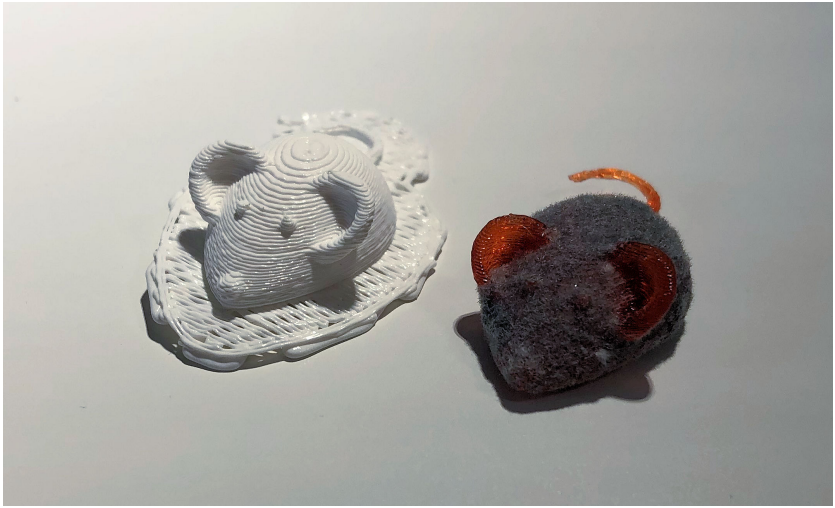


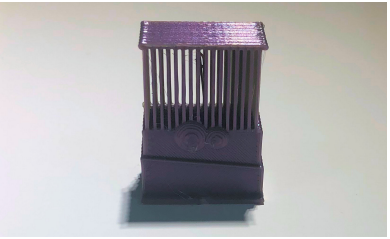
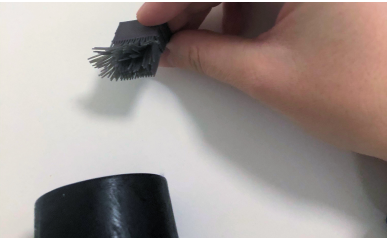
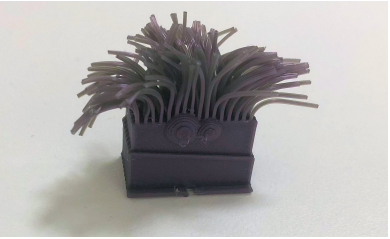
Barvení

- nátěr
- nástřik
- hydrodipping
- decoupage
- leštidlo

Flocking

Nanesení velmi malých částí vláken na povrch.



Teplo

Některé materiály (například PLA) mají nízkou teplotu tání. Po nahřátí (fénem, horkou vodou) se dají tvarovat.