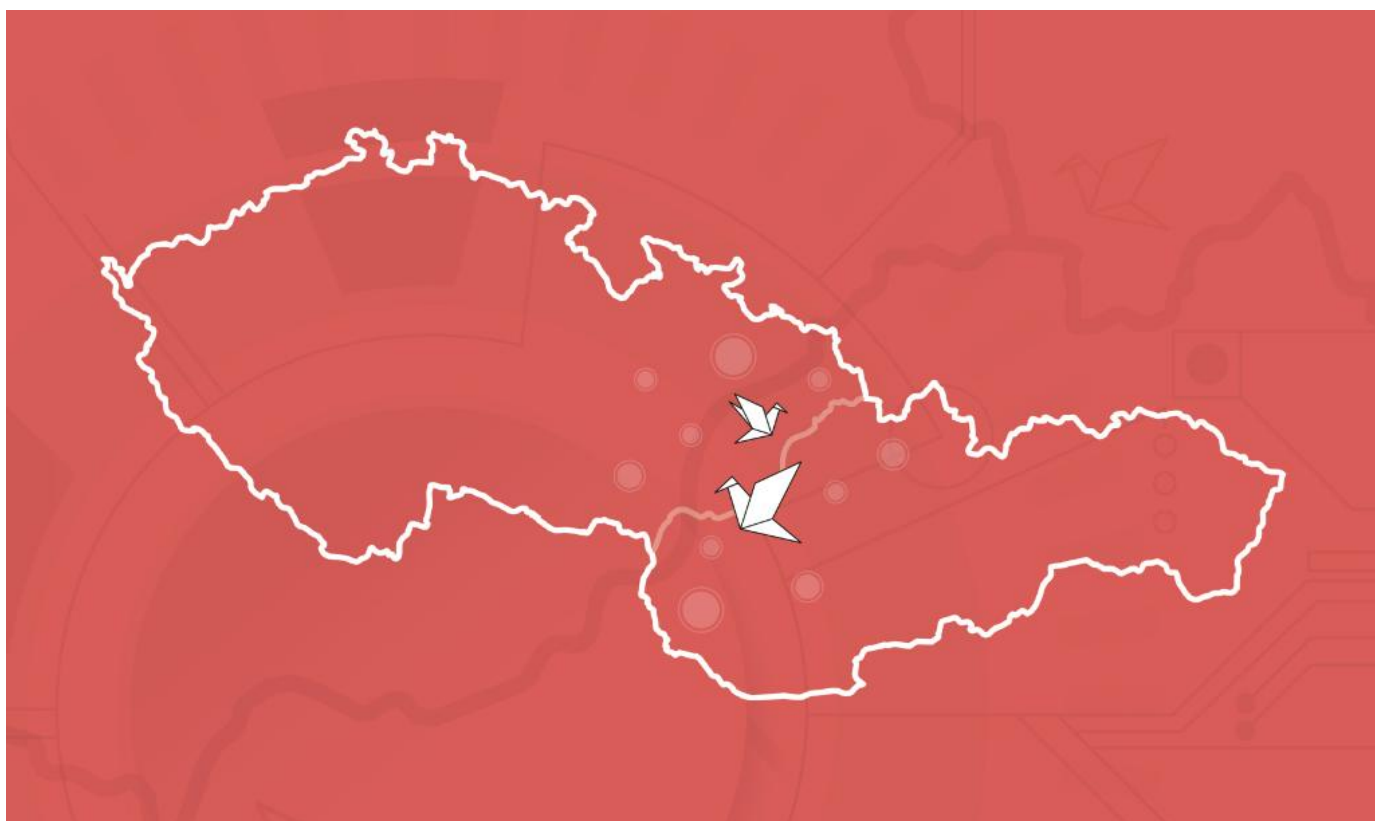


Návod na spracovanie skenovaných objektov v Prusaslicerí pre potreby 3D tlače



Bezplatná publikácia

Výhradnú zodpovednosť za obsah tejto publikácie nesú jej autori
a nedá sa stotožniť s oficiálnym stanoviskom Európskej únie.

Obsah

ZOZNAM ILUSTRÁCIÍ	Chyba! Záložka nie je definovaná.
ÚVOD	3
1 Príprava digitálneho modelu pre potreby 3D tlače.....	5
1.1 Polygónový 3D model	6
1.2 Postup získania potrebného formátu	6
1.3 Informačné kritéria digitálnych polygónových 3D modelov	8
1.4 Neutrálne 3D formáty	11
2 Slicer softvér pre 3D tlač.....	12
2.1 Postup inštalácie Prusliceru	12
2.1.1 Sprievodca nastaveniami	13
2.1.2 Sprievodca nastaveniami	14
2.2 Užívateľské rozhranie Prusliceru.....	19
2.2.1 Užívateľské funkcie.....	20
2.3 Nastavenie tlače	26
3 Základy 3D tlače	35
3.1 Technológia	35
3.2 Nástroj.....	35
3.3 Materiál.....	36
3.4 Kvalita výrobku	37
ZÁVER.....	41
ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV	41

ÚVOD

V súčasnej technickej praxi naberajú na význame **procesy reverzného inžinierstva** ďalej len „**RE**“, ktorých cieľom je vytvárať objekty ekvivalentné pôvodným predlohám. Základom je existencia predmetu, ktorý sa prevádza do 3D podoby prostredníctvom digitalizácie. Tá s využitím 3D skenerov umožňuje transformovať reálny objekt na jeho virtuálny model.

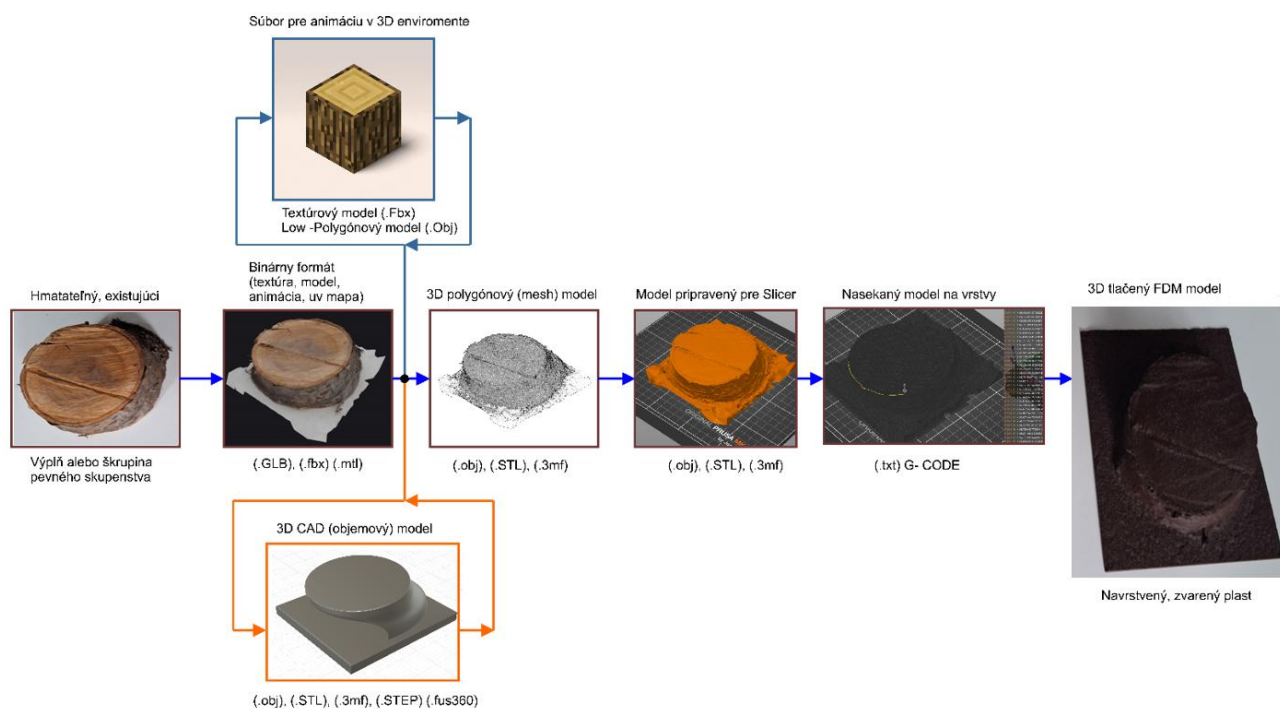
RE je teda analýza existujúceho produktu (objektu) za účelom pochopenia jeho funkčnosti a dizajnu, dá sa čiastočne realizovať aj pomocou smartfónu. Použitie telefónu je však obmedzené a skôr sa hodí pre jednoduchšie prípady, napríklad pre 3D skenovanie menších objektov alebo zber textúr objektov do virtuálneho prostredia. Pre komplexnejšie úlohy je potrebný sofistikovanejší softvér a hardvér.

Niektoré aplikácie pre smartfóny umožňujú snímanie objektov pomocou kamery a generovanie 3D modelov. Tieto modely sú menej presné a podrobné ako modely vytvorené pomocou profesionálnych 3D skenerov, preto sa skôr využívajú na umeleckú činnosť, marketingové účely, prvotnú tvorbu vizuálnych prototypov alebo textúry do 3D virtuálneho prostredia.

Reverzné inžinierstvo a **fotogrametria** sú technológie, ktoré sa často kombinujú pri digitálnej rekonštrukcii objektov.

- **RE** získava konštrukčné dáta z existujúceho dielu (súčiastky) skenovaného predmetu s cieľom vytvoriť jeho digitálny 3D model. Príkladom môže byť skenovanie konštrukčnej súčiastky a následne tvorba jeho digitálneho 3D modelu v CAD programe.
- **Fotogrametria** naopak využíva fotografie na meranie a tvorbu presných 3D modelov objektov a priestorov. Príkladom je použitie smartfónu pre získanie fotografií, snímaného objektu a následne vytvorenie 3D polygónového modelu pomocou triangulácie.

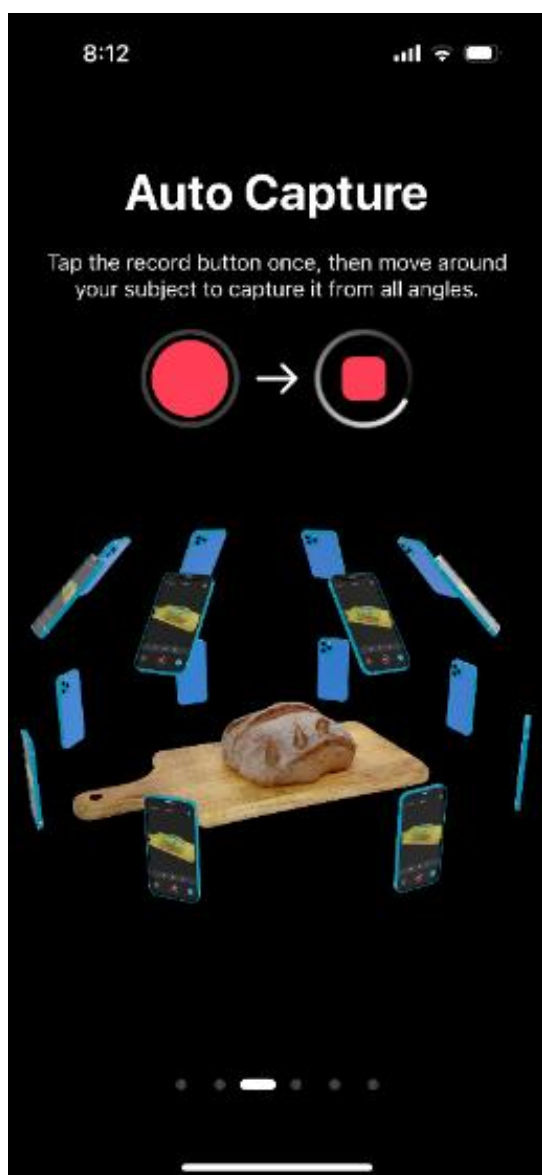
Rozdiel je v prístupe – fotogrametria poskytuje vstupné dáta o geometrii pomocou snímok, zatiaľ čo RE tieto dáta spracúva, analyzuje a premieňa na použiteľný konštrukčný model. Tieto prístupy v kombinácii (Obr.1) umožňujú rýchle a presné zachytenie existujúceho objektu a jeho následnú digitalizáciu, dokumentáciu či vývoj nových produktov pre animáciu, marketingové účely a výrobu napríklad prostredníctvom 3D tlače.



Obr. 1 Ukážka rekonštrukcie a výroby objektu využitím kombinácie procesov RE, fotogrametrie a 3D tlače.

1 Príprava digitálneho modelu pre potreby 3D tlače

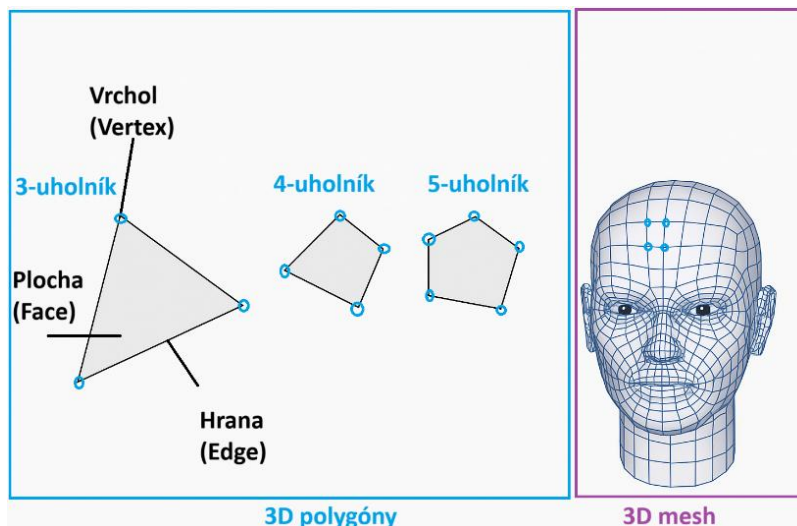
V aplikácii „**Reality scan**“ dokážeme bezkontaktne zhotoviť fotografie nášho skenovaného predmetu, následne sú snímky opísané mrakom bodov (cloud of points). Body označené červenou a žltou farbou vieme manuálne premazať, snažíme sa opísať náš objekt čo najviac zelenými bodmi. Po premazaní aplikácia automaticky spracuje tieto body na polygóny pomocou procesu triangulácie. Zhuk tých polygónov sa nazýva mesh. Avšak aby z meshu bol tlačiteľný 3D model, musíme ho exportovať do formátu .OBJ; .STL; .3mf .



Obr. 2 Ukážka spracovania dát v aplikácii Realityscan, na ľavo snímky objektu na pravo mrak bodov (reality scan)

1.1 Polygónový 3D model

Polygónálny model je model tvorený z **3D polygonálnej siete** (mozaiky z polygónov – trojuholníkov alebo iných jednoduchých digitálnych geometrických útvarov) nazývanej **mesh**.



Obr. 3 Typy digitálnych polygónov v 3D priestore: modrou označený druh samostatných polygónov, fialovou zhľuk spojených polygónov nazývaný mesh

(<https://help.autodesk.com/view/MAYALT/2017/ENU/?guid=GUID-7941F97A-36E8-47FE-95D1-71412A3B3017>)

1.2 Postup získania potrebného formátu

Na obrázku 4 sú zobrazené jednotlivé **pracovné postupy** exportu polygónového modelu na súbory spracovateľné 3D tlačou. Sú nimi:

Pre prácu s počítačom:

Softvér Windows 3D builder: Z Android smartfónu získame 3D formát .glb s uv mapou a textúrou. Pri použití PC je potreba si stiahnuť dodatočný softvér Windows 3D builder. Všetky súbory potom sú importované do daného softvéru any sme mohli vyexportovať formát .obj, alebo .stl.

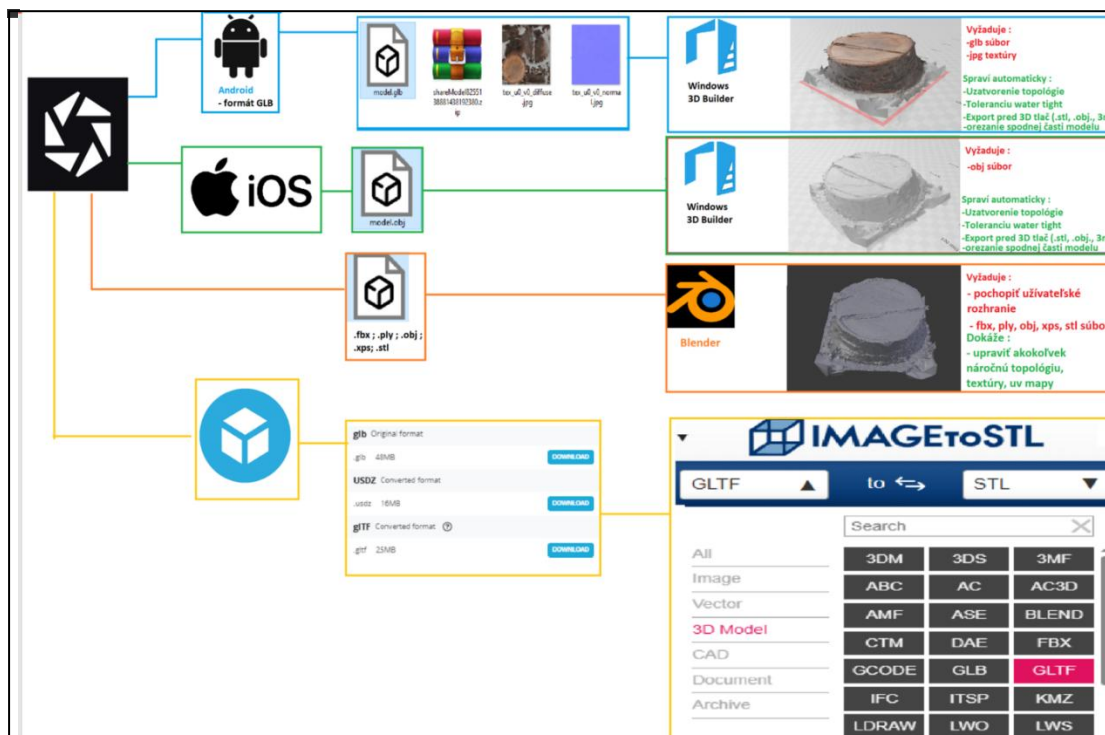
Softvér Blender: Cez používateľské rozhranie, dokáže previesť akýkoľvek súbor typu .fbx; .ply; .xps; na .obj; .stl .

Pre prácu s Iphone (IOS):

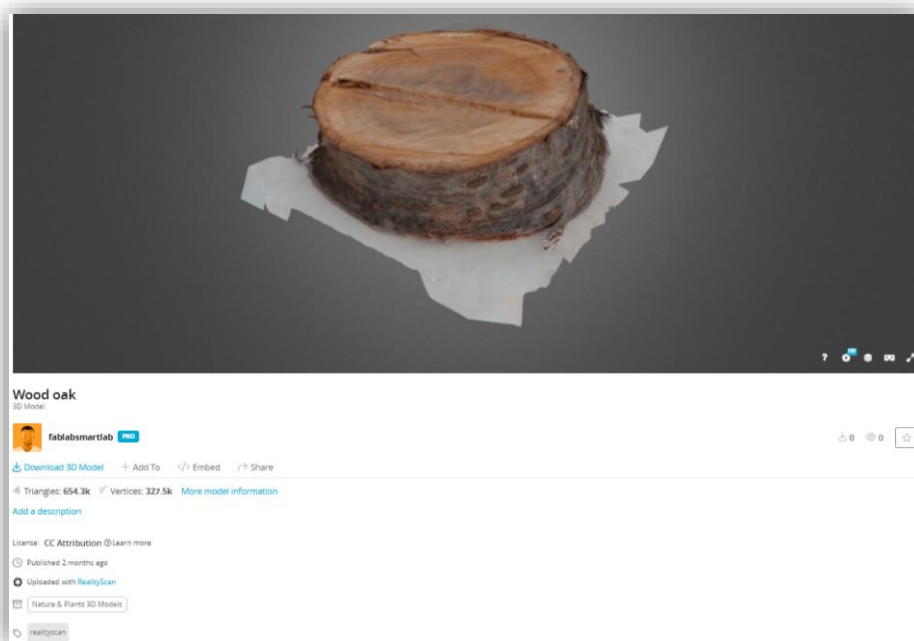
Na apple zariadeniach priamo stiahnuteľné vo formáte .obj na pripravené pre softvér 3D tlačiarne.

Na online stránkach:

Sketchfab 3D / VR prehliadač: Zo smartfónu / iFónu vieme priamo nahráť model na cloud virtualnej knižnice Sketchfab (Obr.5). Následne 3D model vieme stiahnuť ako .obj. V niektorých prípadoch Sketchfab poskytuje iba formáty .glb, .gltf, kedy je potreba dodatočne dsadtietosúborykonvertovať na online stránke „Image to stl“ na .obj alebo.stl.stl.



Obr. 4 Náhľad pracovných postupov získania súborov .stl; .obj z Realityscan aplikácie.



Obr. 5 3D / VR prehliadač Sketchfab

1.3 Informačné kritéria digitálnych polygónových 3D modelov

Nie všetky 3D modely sú vhodné na 3D tlač. Kým vizuálne pôsobivé 3D modely môžu postačovať pre virtuálne aplikácie, pre 3D tlač musia byť splnené určité kritériá. To zahŕňa definovanie tvaru. Existujú však aj ďalšie dôležité kritériá. Napríklad, pri 3D tlači je nevyhnutné, aby orientácia plôch bola jednoznačne definovaná. Medzi najdôležitejšie návrhové kritériá môžeme zaradiť:

- **Prepojenie hrán plôch**

Dve susediace plochy nemusia nevyhnutne tvoriť prepojený mesh (sieť). Pri tvorbe 3D modelov sa uistite, že hrany sú plne prepojené, aby vytvárali „zdieľaný“ mesh namiesto dvoch samostatných. Dá sa to predstaviť nasledovne: ak posuniete roh a ide o uzavretú hranu, posunú sa obe plochy; ak ide o neprepojené hrany, posunie sa iba jedna plocha (pozri obrázok 6).



Obr. 6 Prepojenie hrán plôch 3D objektu
(<https://3faktor.com/en/how-to-create-3d-models-for-3d-printing/>)

- **Uzavretý objem – „vodotesný“**

3D tlačiť je možné iba objemy, nie samostatné plochy (t. j. musí existovať určitá hrúbka steny). V 3D modeli preto plochy musia byť hranami prepojené a uzavreté = objemové teleso (Obr. 7). Tento objem musí byť úplne uzavretý, čo znamená, že nesmú byť prítomné žiadne diery (chýbajúce polygóny). Takéto diery môžu vzniknúť „nechtiac“ pri určitých operáciách, napríklad nedoskenovanie spodnej časti objektu alebo pri plošnom modelovaní neuzavretie plochy.

Orientácia plôch je taktiež dôležitá; ak má čo i len jedna plocha v meshi nesprávnu orientáciu (nespojené, vyťčajúce polygóny) bude to mať rovnaký efekt ako diera.

V programoch ako 3D Builder alebo Prusaslicer je možné pomocou „opravného algoritmu“ tieto polygóny uzavrieť a dosiahnuť tak vodotesný model.

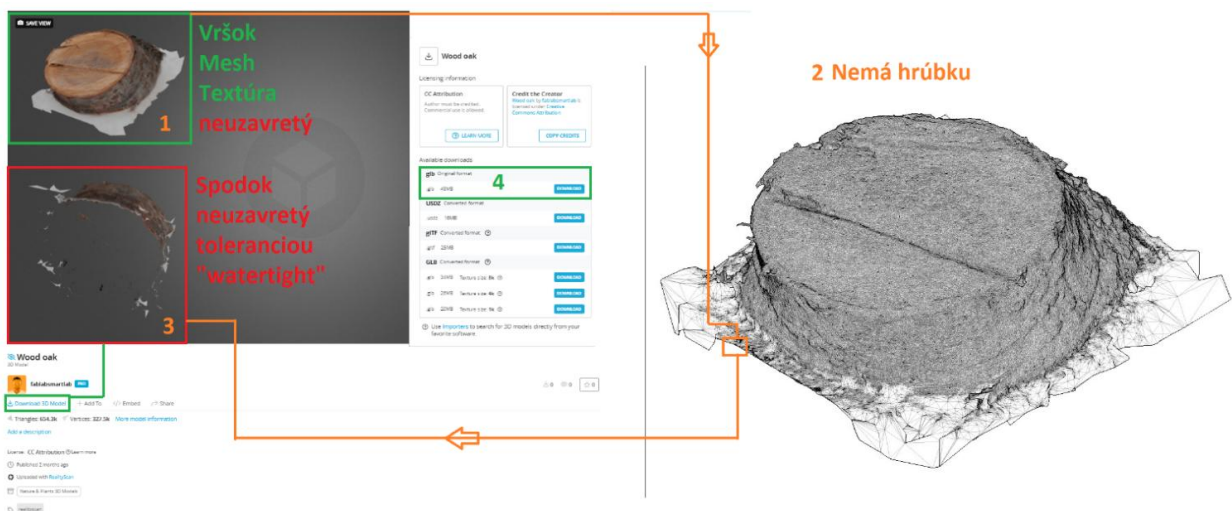


Obr. 7 Na ľavo neuzatvorený model Na pravo uzatvorený objemový model
(<https://3faktor.com/en/how-to-create-3d-models-for-3d-printing/>)

- **Prebytočné štruktúry**

Vytváranie 3D modelu v 3D modelovacom softvéri alebo použitie 3D skenovacej technológie môžu niekedy viesť k vytvoreniu zbytočných štruktúr (sekundárne zvyškové polygóny). Ide často o „neužitočné“ polygóny (Obr.8 (2)), ktoré voľne existujú v priestore a na prvý pohľad nespôsobujú problém avšak takéto štruktúry môžu ohroziť proces 3D tlače.

V praxi preto treba pred samotnou 3D tlačou odstrániť všetky nadbytočné štruktúry z 3D modelu modelu.



Obr. 8 Ukážka skenovaného objektu

Na obrázku 8 je zobrazený oskenovaný objekt v prehliadači Sketch fabu.

V 1. okienku je zobrazená ukážka objektu, ktorá ma textúry a z vrchu sa javí ako ucelený model.

V 2. okienku, kde nie sú zobrazené textúry objektu, vidíme označené „neužitočné polygónové štruktúry, ktoré taktiež nie sú 3D tlačiteľné, nemajú hrúbku.

V 3. okienku pri pohľade zo spodu, vidíme neuzavretú škrupinu meshu, ktorá nemá hrúbku, tým pádom netvorí uzatvorený, objemový reálny 3D objekt.

V 4. okne možnosť stiahnutia, ako .obj v niektorých prípadoch .glb, .gltf , kedy je potreba dodatočne konvertovať tieto súbory na online stránke „Image to stl“ na .stl. alebo .obj.

1.4 Neutrálne 3D formáty

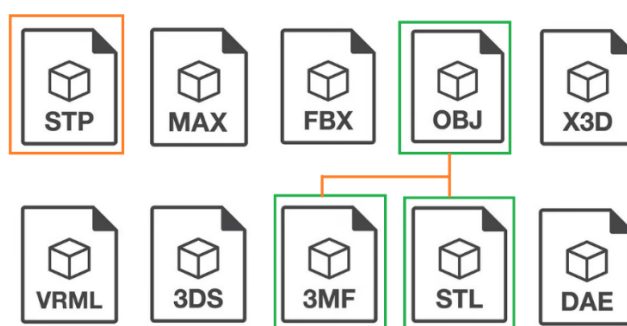
Neutrálne súborové formáty (Obr.9) fungujú naprieč platformami – to znamená, že môžeme vytvoriť súbor v jednom programe a poslať ho užívateľovi ktorý používa iný softvér na jeho spracovanie. Sú nimi:

STL (stereolitografia) je najpoužívanejší 3D formát v 3D tlači, rýchlom prototypovaní a CAM. Ukladá približnú povrchovú geometriu vo forme trojuholníkovej siete, bez informácií o farbe či materiáli. Podporuje ASCII aj binárny formát (binárny je bežnejší) a stále zostáva priemyselným štandardom, hoci novšie formáty ako OBJ, 3MF či AMF ho môžu časom nahradiť.

OBJ je vďaka svojej neutralite jedným z najpopulárnejších výmenných formátov v 3D grafike. Zároveň si získava obľubu aj v 3D tlači, najmä preto, že priemysel sa posúva smerom k plnofarebnej tlači.

3MF (3D Manufacturing Format) je komprimovaný open-source formát vyvinutý konzorciom 3MF na prekonanie obmedzení STL. Na rozdiel od STL ukladá geometriu, profily tlačiarňí, podpery, G-code príkazy, miniatúry a modifikátory – a to všetko v menšej veľkosti súboru. Vďaka tomu je silným kandidátom na nový štandard v 3D tlači.

STEP (ISO 10303) je nástupcom formátu IGES a široko sa používa v inžinierskych odvetviach, ako je automobilový, letecký či stavebný priemysel. Umožňuje komplexnú výmenu produktových dát, podporuje topológiu, tolerancie, materiály a textúry prostredníctvom súborov .stp/.step. Kým IGES je stále univerzálnejšie kompatibilný, STEP sa uprednostňuje pri detailných aplikáciách CAD, CAM a CAE.



Obr. 9 Vybrané formáty pre 3D tlač (https://www.brusat.tech/news_detail/3dprinterfile/)

2 Slicer softvér pre 3D tlač

PrusaSlicer je výkonný open-source softvér, ktorý pripravuje 3D modely na tlač. Premieňa súbory ako **.STL**, **.OBJ**, **.3mf** a **.STEP** na **G-code**, teda inštrukcie pre 3D tlačiareň. Je známy svojimi bohatými funkciami a podporou rôznych typov tlačiarní.

Hlavné funkcie:

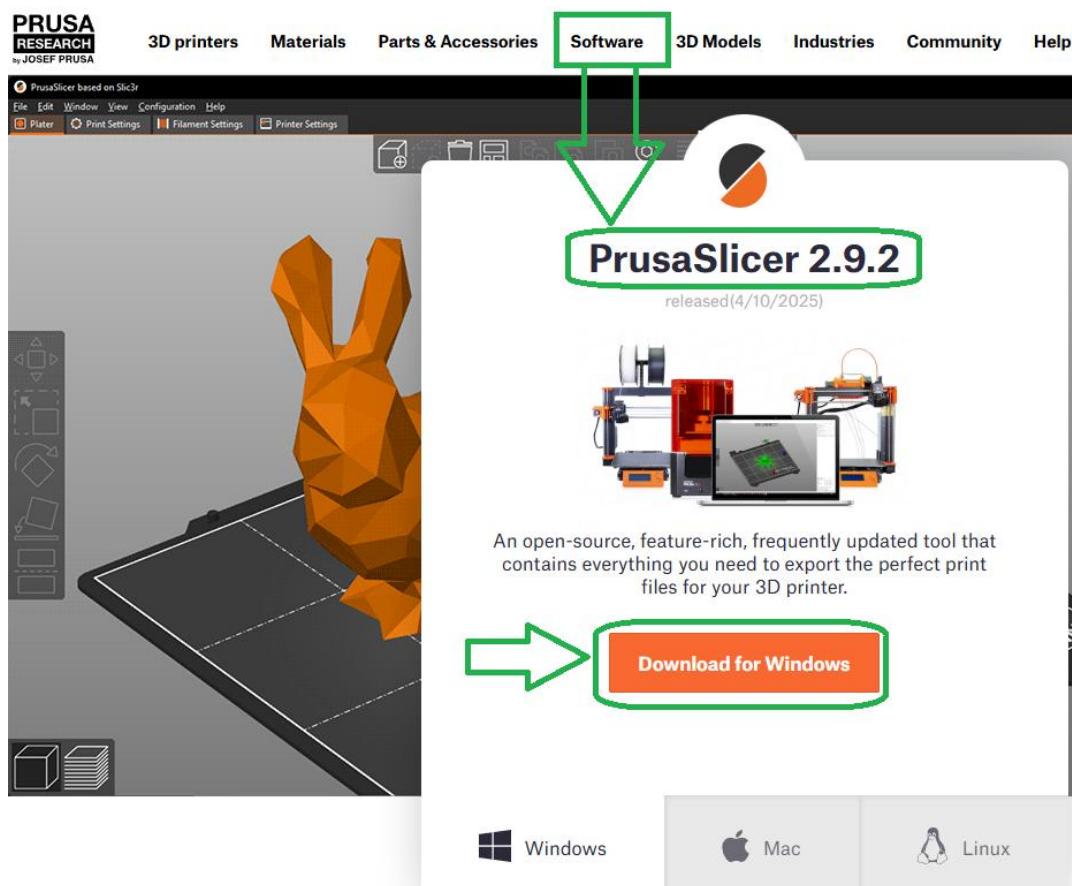
- **Generovanie G-code** pre FDM aj živicové tlačiarnie.
- **Rozšírené nastavenia** kvality, rýchlosti a podporných štruktúr pre 3D tlač.
- **Profily nastavení FDM tlačiarní od rôznych výrobcov**
- **Databázy tlačiteľných materiálov Filamentov** (aj iné značky, nielen Prusa).
- **Farbenie objektov** pre viacmateriálovú tlač.
- **Otvorený kód**, bezplatný, s častými aktualizáciami.
- **Dostupný pre Windows, Mac aj Linux.**

2.1 Postup inštalácie Prusliceru

PrusaSlicer v 3D tlači je bezplatný softvér, ktorý slúži ako prepojenie medzi digitálnym modelom (vygenerovaným v počítači) a skutočným modelom (vyrobeným samotnou 3D tlačiarňou).

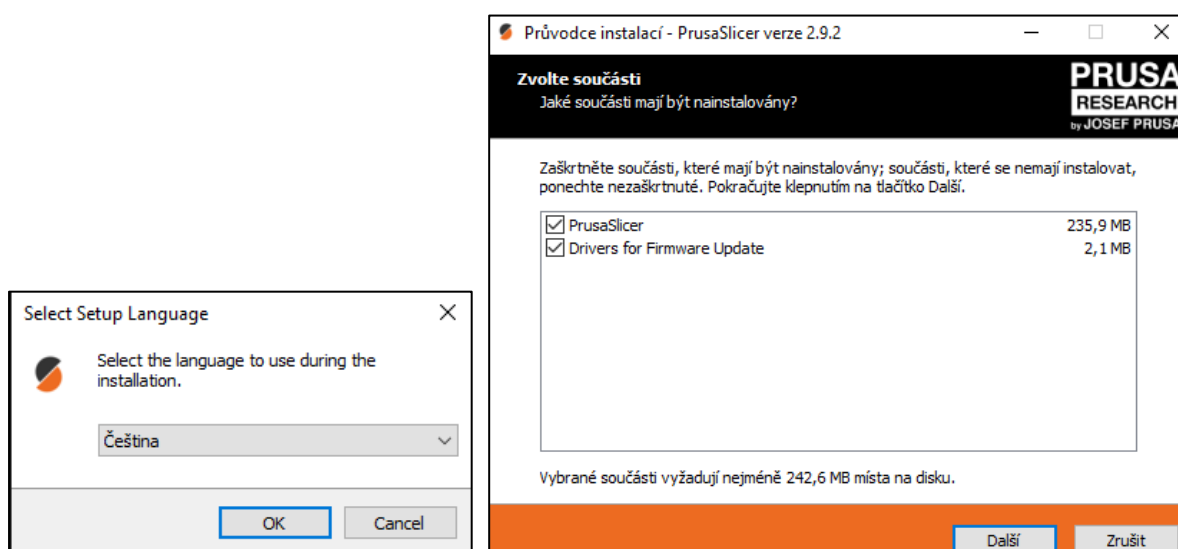
Na stránke (Obr.10) <https://www.prusa3d.com/> postupujeme podľa nasledovného vlákna:

- Software
 - PrusaSlicer (2.9.2 – momentálne aktuálna verzia)
 - Stiahnuť pre príslušný operačný system Windows



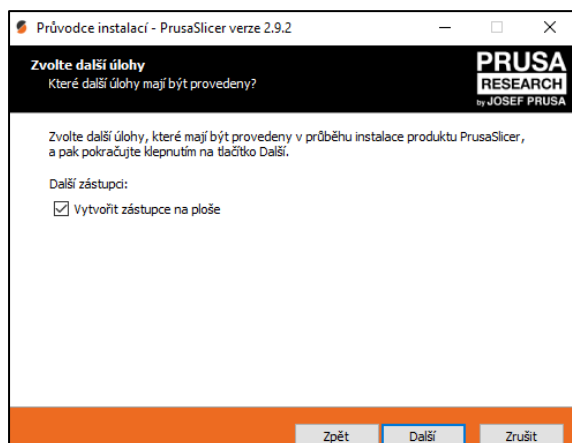
Obr. 10 Softvér pre FDM / SLA 3D tlač Prusaslicer

2.1.1 Sprievodca nastaveniami



Obr. 11 Výber jazyka

Obr. 12 Inštalácia ovládačov



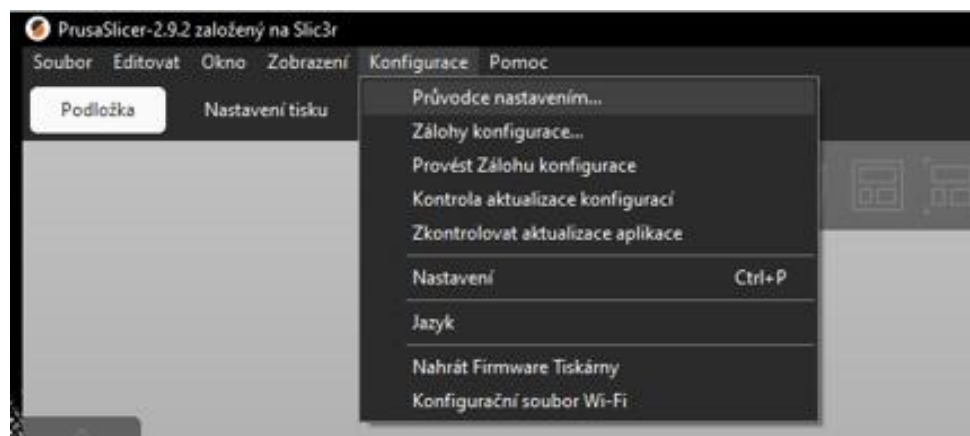
Obr. 13 Zástupce na ploche pc



Obr. 14 Dokončenie

2.1.2 Sprievodca nastaveniami

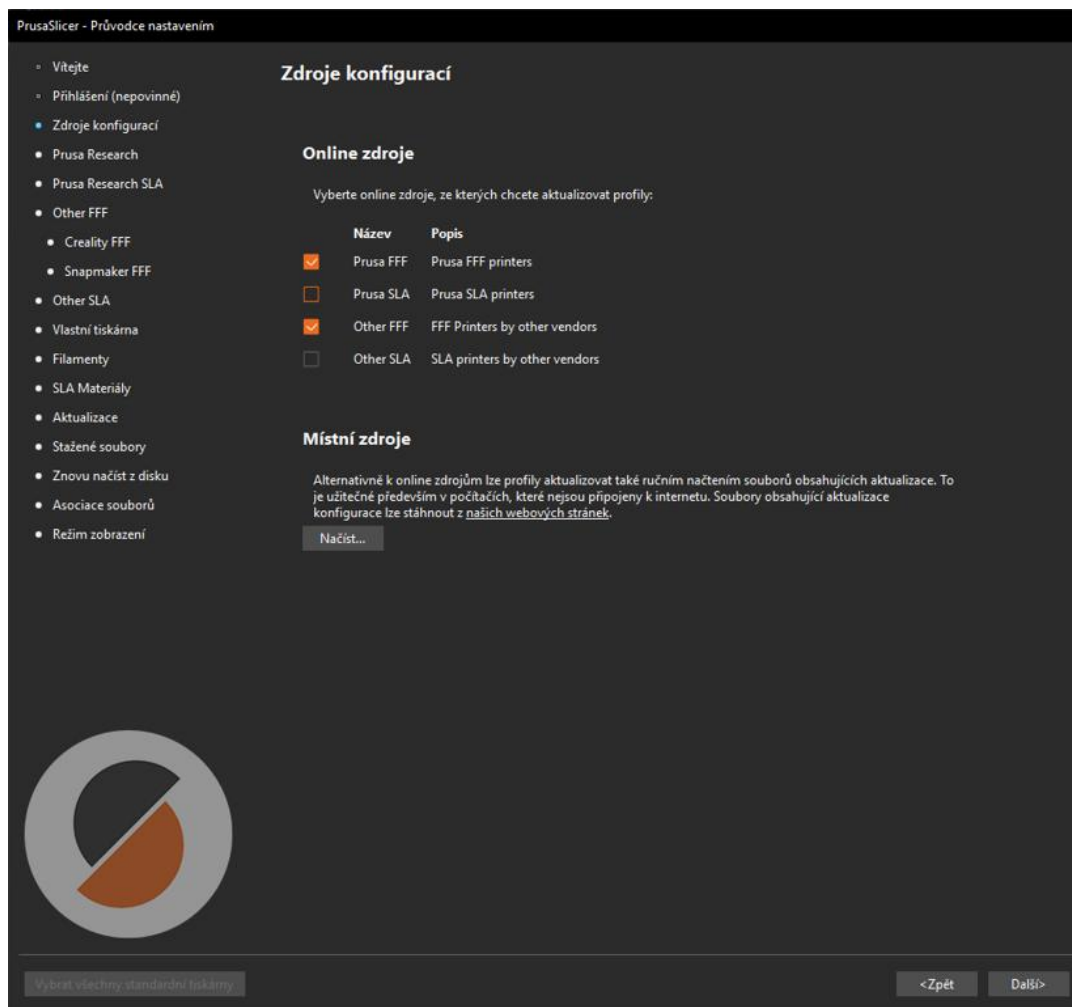
Po spustení Sprievodcu nastaveniami nasledujeme vlákno:



Obr. 15 Spustenie sprievodcu

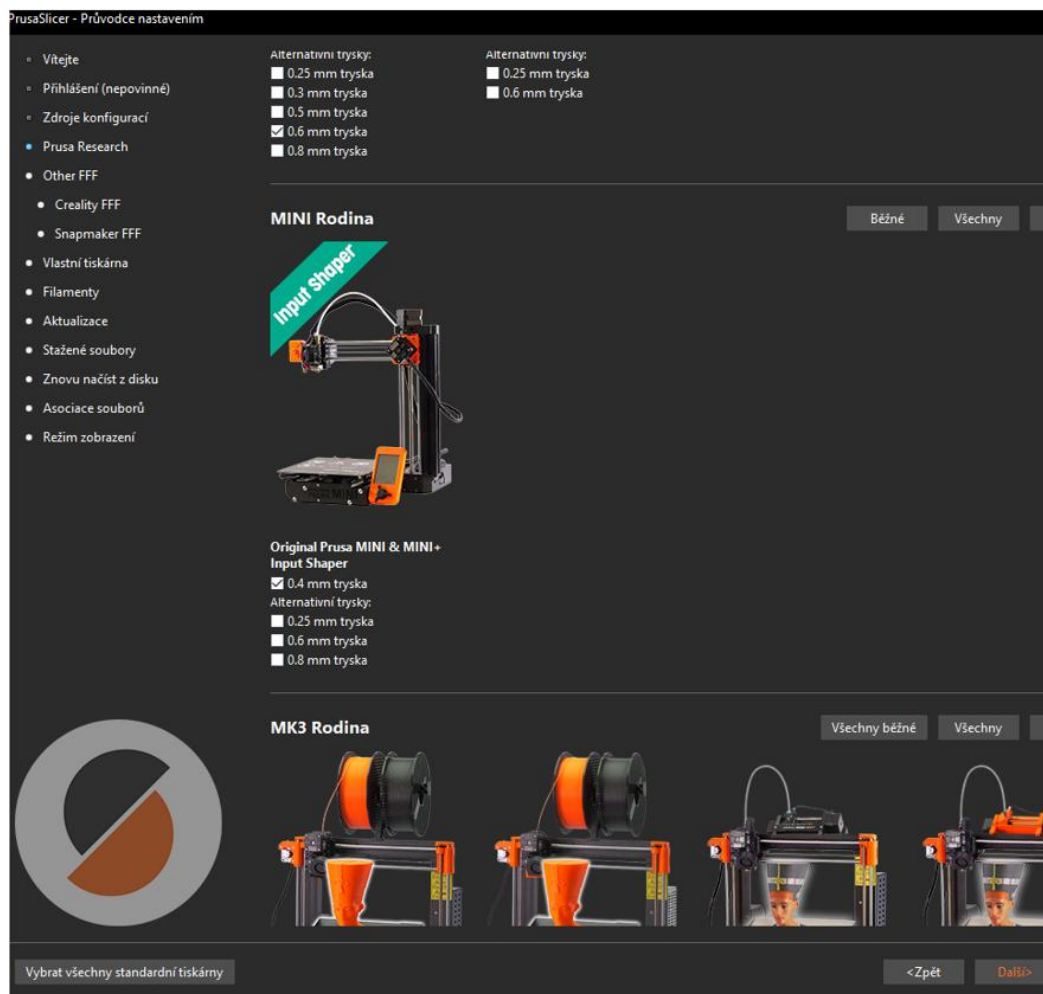
Vlákno:

- Uvítanie (ďalej) – Prihlásenie k Prusa účtu (Nepovinné) – Ďalej – Online zdroje – Prusa FFF



Obr. 16 Zdroje konfigurací – Prusa FFF printers pre Prusa tlačiarne označíme

- Prusa Research – MINI Rodina – Original Prusa MINI & MINI + **Input Shaper**



Obr. 17 Prusa Research – Original Prusa MINI & MINI + Input Shaper

3D tlačiareň **Original Prusa MINI+** obsahuje od verzie firmvéru **5.1.0** funkciu **Input Shaper**. Táto funkcia umožňuje **rýchlejšiu tlač** a **zlepšenú kvalitu výtláčkov** vďaka kompenzácií vibrácií počas tlače.

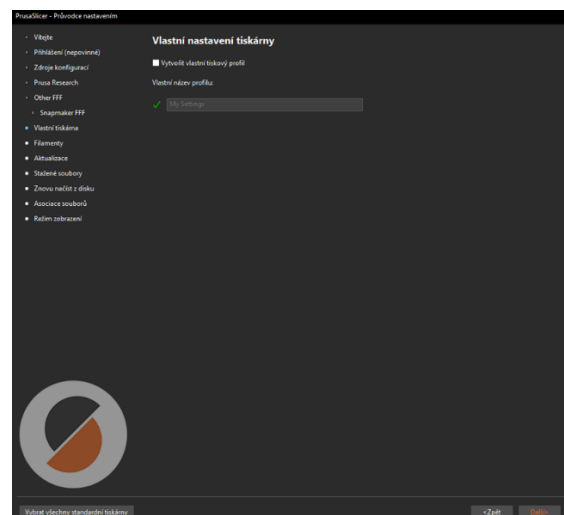
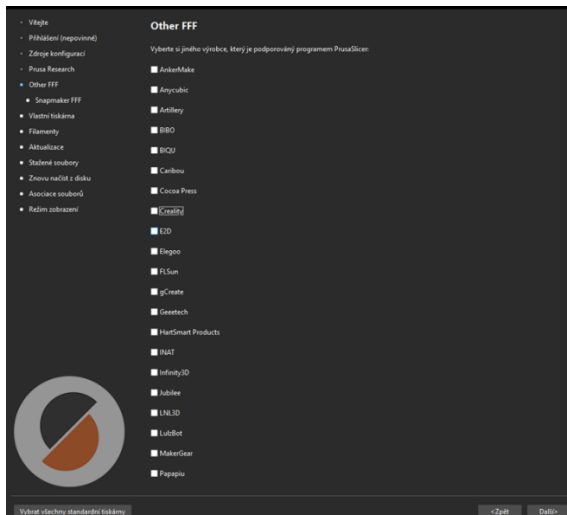
Ak chcete Input Shaper na MINI+ používať, je potrebné:

Aktualizovať firmvér na verziu 5.1.0 alebo novšiu:

Táto verzia firmvéru zavádza podporu pre funkciu Input Shaper.

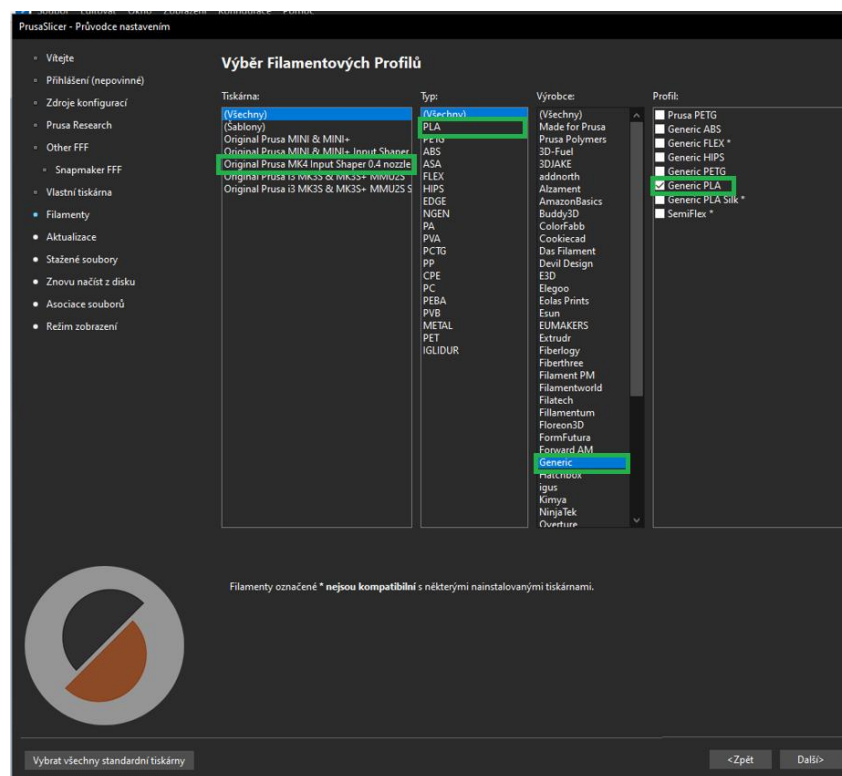
Štandardne každá FDM 3D tlačiareň od Prusy má v základnom vybavení priemer trysky 0.4 mm.

- Other FFF – Ďalej – Vlastné nastavenie tlačiarne – Ďalej



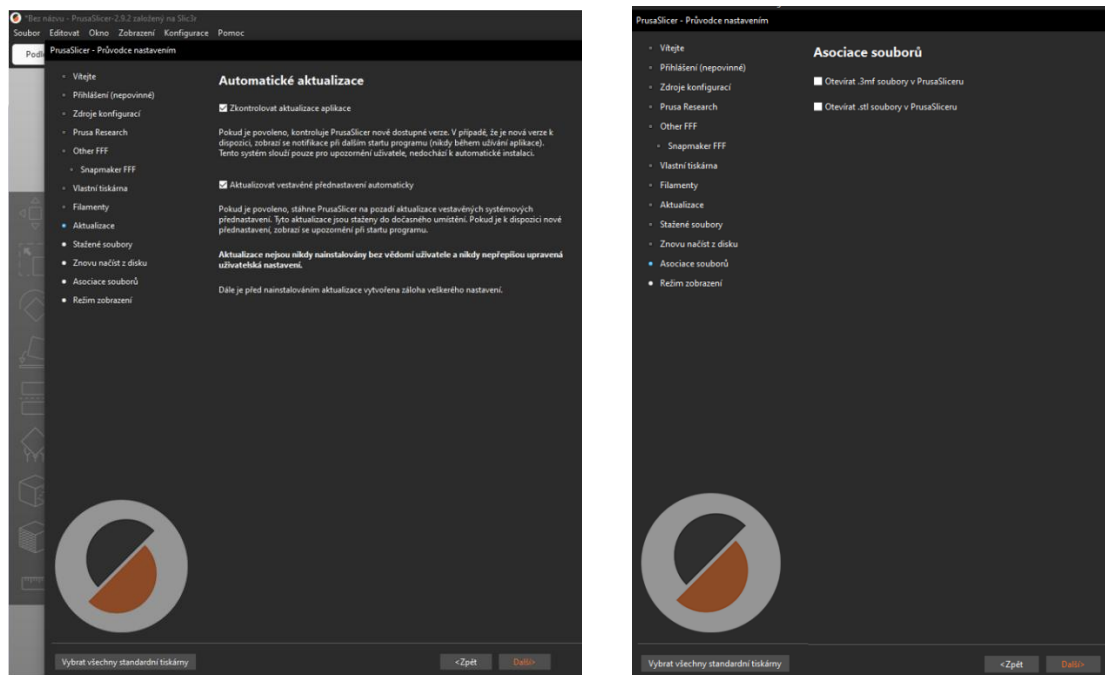
Obr. 18 Nastavenia pre tlačiarne od iných dodávateľov. Other FFF a Vlastné nastavenie tlačiarne

- Filamenty – Tlačiareň – Original Prusa MINI & MINI + Input Shaper – Typ – PLA – Výrobca – Generic – Profil – Generic PLA



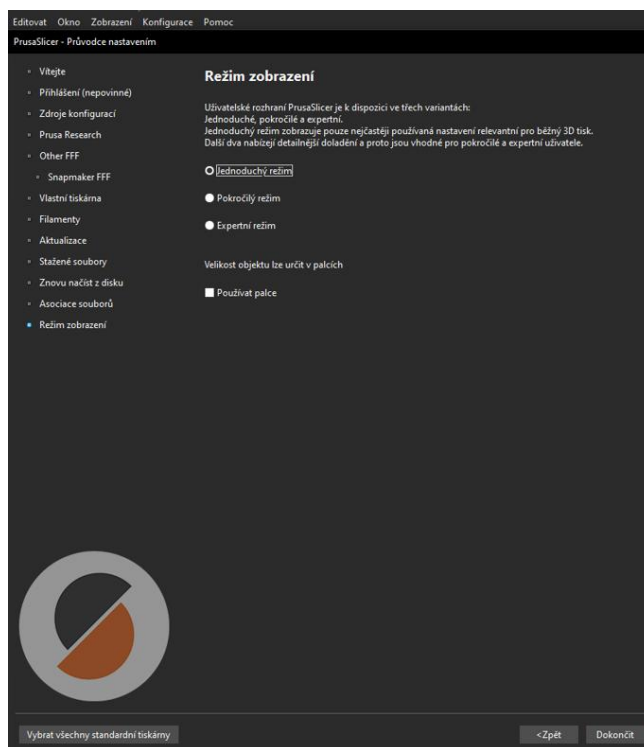
Obr. 19 Výber filamentov rôznych materiálov od viacerých dodávateľov

- Automatické aktualizácie – zkontrolovať aktualizácie aplikácie – Aktualizovať vstavané prednastavenia autoamtky – Ďalej – Asociácia súborov – Otvárať .3mf a .stl súbory v Prusasliceri – Ďalej



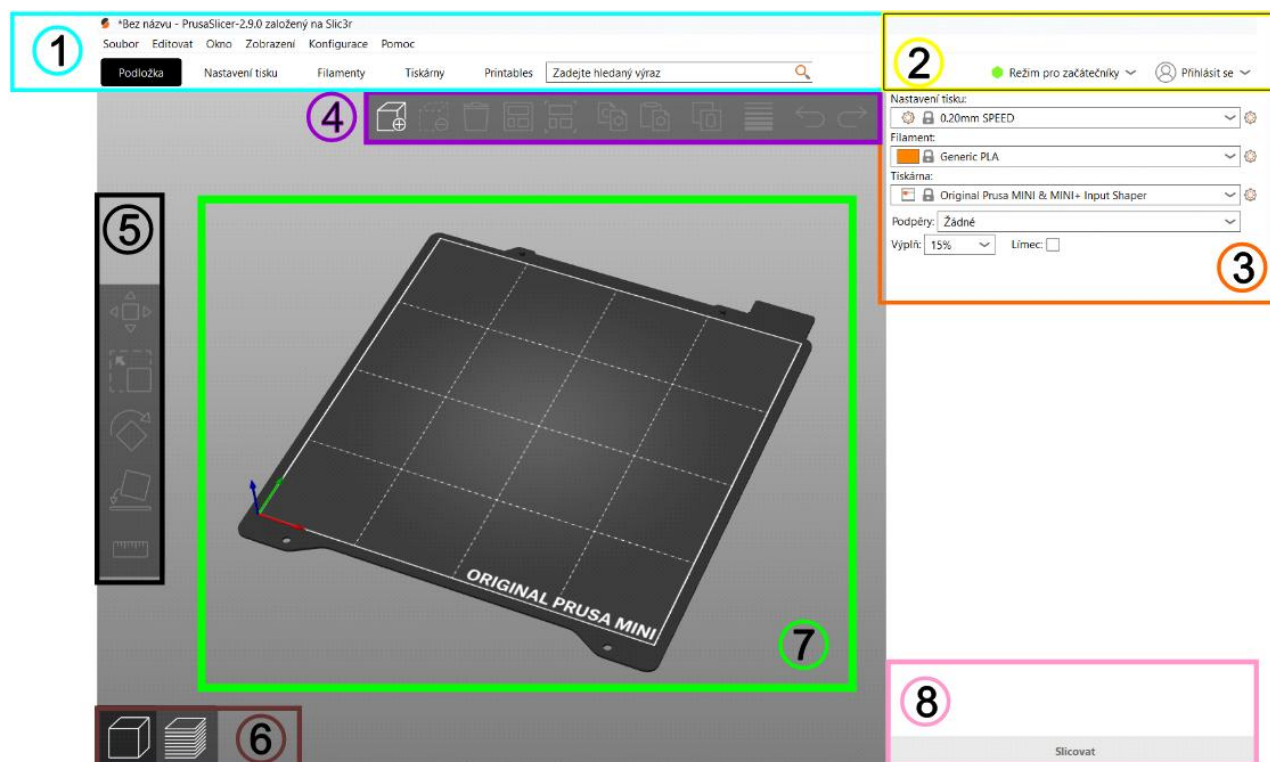
Obr. 20 Automatické aktualizácie a asociácia súborov

- Režim zobrazenia užívateľského rozhrania – jednoduchý režim – Dokončiť



Obr. 21 Režim zobrazenia posledné okno

2.2 Uživatelské rozhraní Prusliceru



Obr. 22 Prusaslicer uživatelské rozhranie

Na obrázku 22 sú označené nasledujúce rýchlo výberové funkcie pre nastavenie 3D tlače

- 1) Lišta pre výber rozsiahlejších nastavení,(Podložky),(3D tlače), (Filamenty) (Tlačiarne), (Printables online knižnica 3D modelov) aktuálne zobrazenie je na **podložke** tlačiarne
- 2) Režim zobrazenia rýchlo nastavení pre 3D tlač, prihlásenie do prusalink účtu nepovinné
- 3) Rýchlo nastavenia 3D tlače:
 - Nastavenie rýchlosti a kvality 3D tlačenej vrstvy
 - Výber profilu tlačového materiálu filamentu
 - Profil nastavení samotnej 3D tlačiarne v našom prípade Original Prusa MINI & MINI + Input Shaper
 - Automaticky generované podpory pre 3D modely s prevismy
 - Výplň 3D objektu
- 4) Horizontálna lišta s výberom pridania, odstránenia a usporiadania objektov na podložke
- 5) Vertikálna lišta s výberom posuvu, zmenenia rozmerov, rotácie, usadenia na podložke, rozkrájania modelu a merania vzdialenosti prvkov na objekte
- 6) Prepínanie sa medzi 3D editorom objektu a náhľadom 3D simulácie tlače objektu

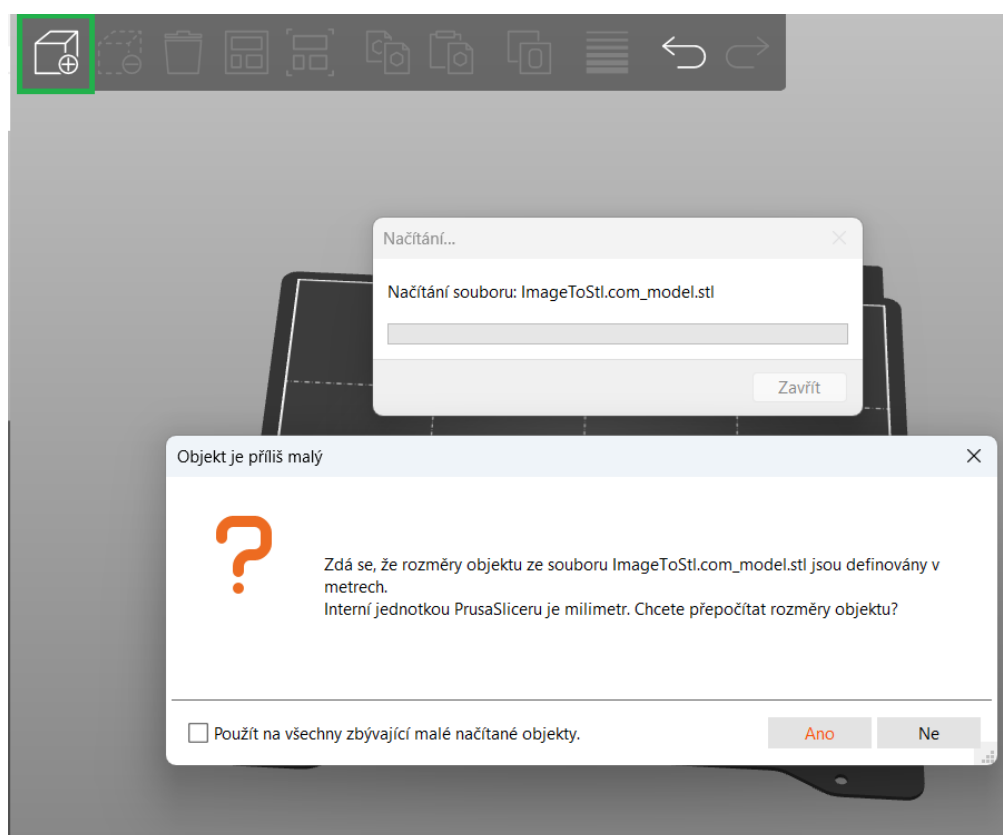
- 7) Samotná tlačová podložka s nulovým bodom v ľavo dole, ktorá orientuje objekty v karteziánskom súradnicom systéme osí x, y, z
- 8) Tlačidlo pre spustenie simulácie pre náhľad vytlačených vrstiev

2.2.1 Uživatelské funkcie

Import modelu

Najskôr musíte svoj model importovať. Použiť môžeme tlačidlo „**Pridať**“ na hornom paneli nástrojov alebo zvoliť **Súbor – Importovať**.

Podporované formáty sú **STL, STEP, 3MF a OBJ**.

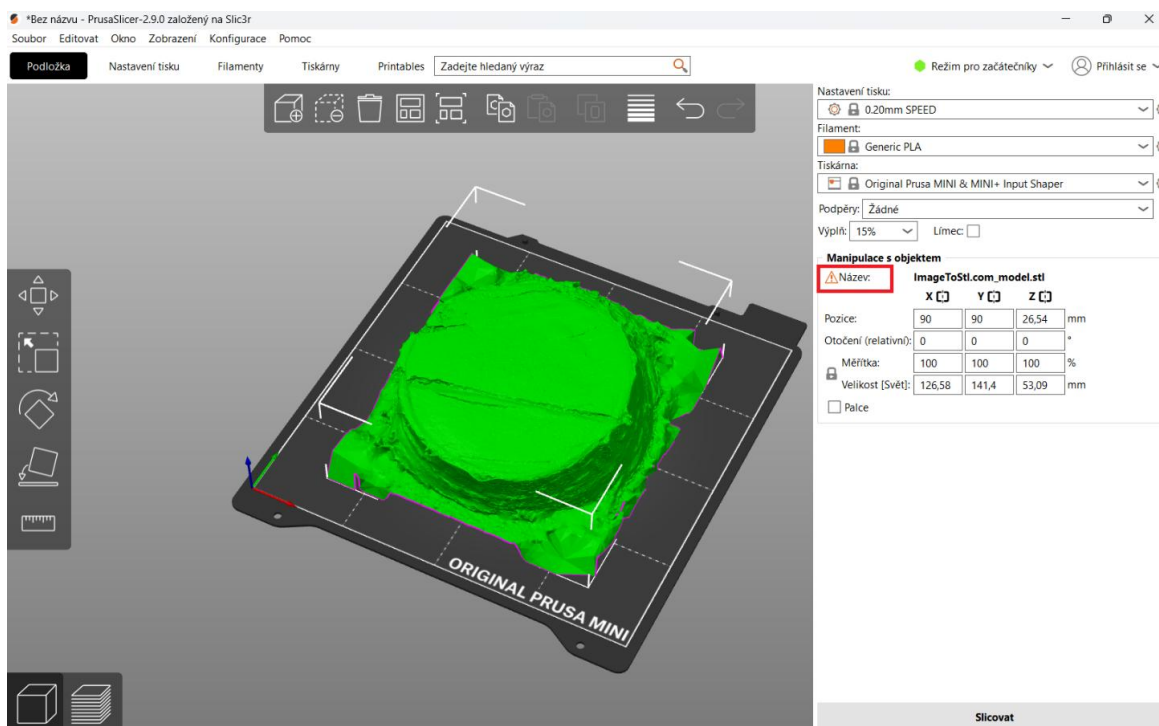


Obr. 23 Import objektu na podložku

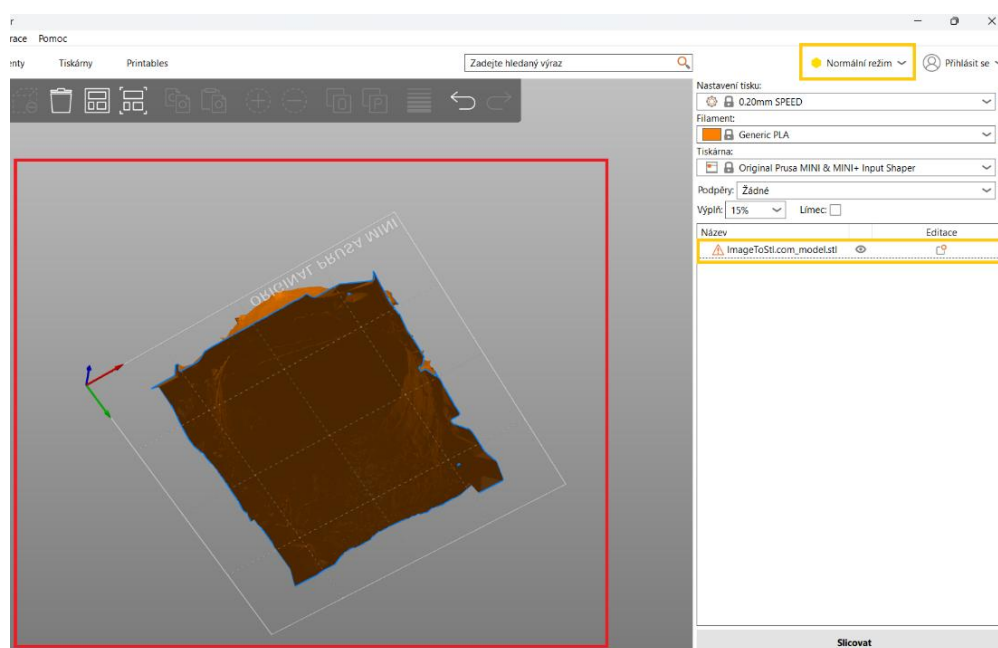
Ak objekt ktorý sa snažíme importovať má väčšie rozmery ako je tlačová podložka (Obr.23), Prusaslicer nás automaticky vyzve prispôsobiť veľkosť objektu tak aby bol tlačiteľný. Túto možnosť potvrdzujeme len v prípade, ak nám zmenšená mierka objektu vyhovuje. V prípade ak chceme ponechať veľkosť objektu v mierke 1:1, túto možnosť zamietneme stlačením „Nie“ a model si môžeme sami neskôr nakrájať na menšie časti.

Oprava topológie

Na obrázku 24 je zobrazené chybné hlásenie, je to v prípade ako polygónový model nemá správne uzatvorenú topológiu, mesh. V tom prípade prepne režim na "normálny režim" aby sme sa dostali do rozšírených nastavení, pre výber opravy topológie pomocou **windows algoritmu**.



Obr. 24 Chybné hlásenie o neuzavretej topológii modelu



Obr. 25 Pohľad zo spodu na neuzavretú topológiu

V tomto prípade pri pohľade zo spodu na obrázku 25 vidíme že objekt nemá uzatvorenú topológiu, tj má síce plášť no nemá hrúbku. Túto chybu vieme opraviť podľa vlákna:

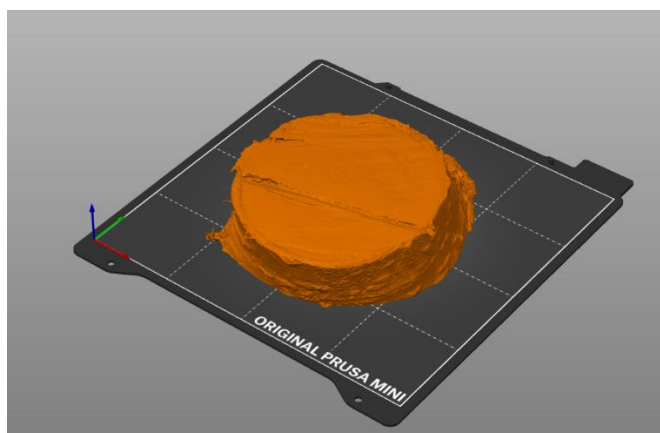
- Algoritmus pre uzavretie topológie nás znova vyzve uzatvoriť model, voľbu potvrdíme pre dokončenie opravy.



Vo vertikálnej lište (Obr.27) si zvolíme operáciu „rezať“ a pomocou posuvového bodu znížime rozdeľovaciu plochu na dostačujúcu úroveň, ktorá nám rozdelí užitočnú časť objektu od neužitočných. Postupujeme podľa vlákna:

-

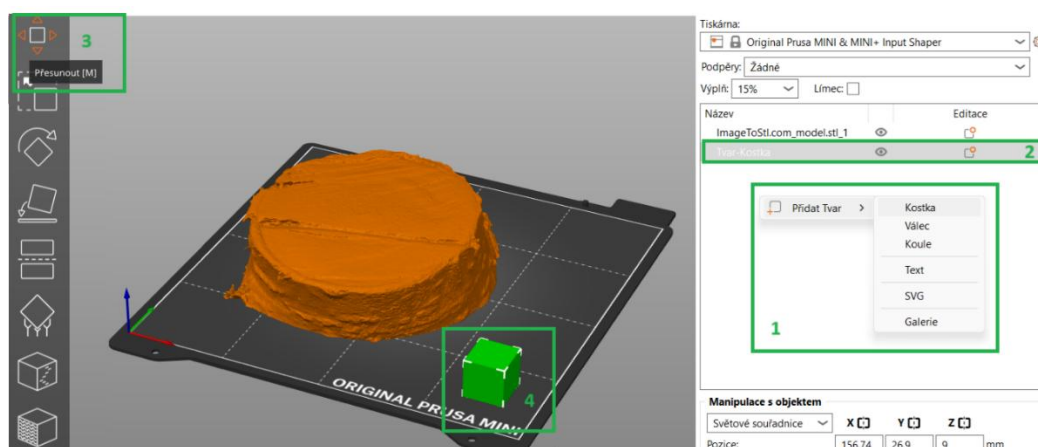
Obr. 27 Rozdelenie modelu na objekt A a B



Obr. 28 Ponechaný výsledný objekt A rovinné uzatvorený

Vytvorenie dodatočného stojančeku pre výstavné účely

Keď už náš model má uzatvorenú, tlačiteľnú topológiu, môžeme mu dodatočne dorobiť podstavec keďže ho použijeme na expozičné účely.



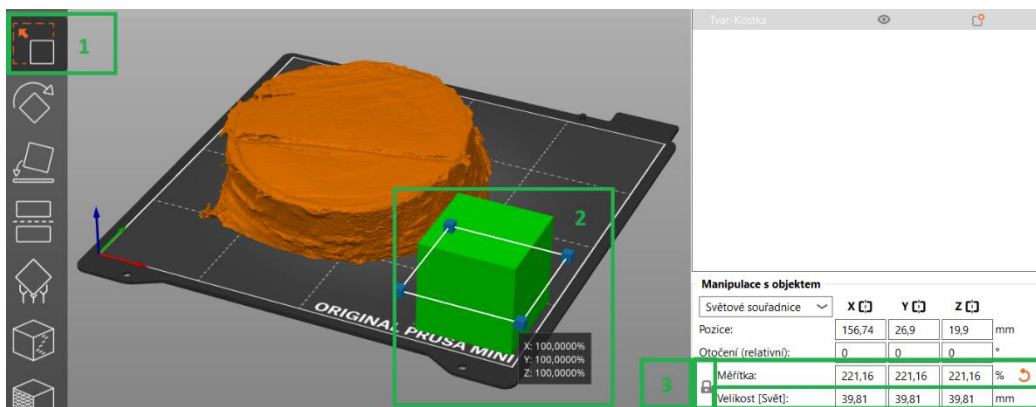
Obr. 29 Vytvorenie dodatočného objektu kocky na tlačovej podložke

Ostaneme v „Normálnom režime“, tlačie a postupujeme podľa vlákna:

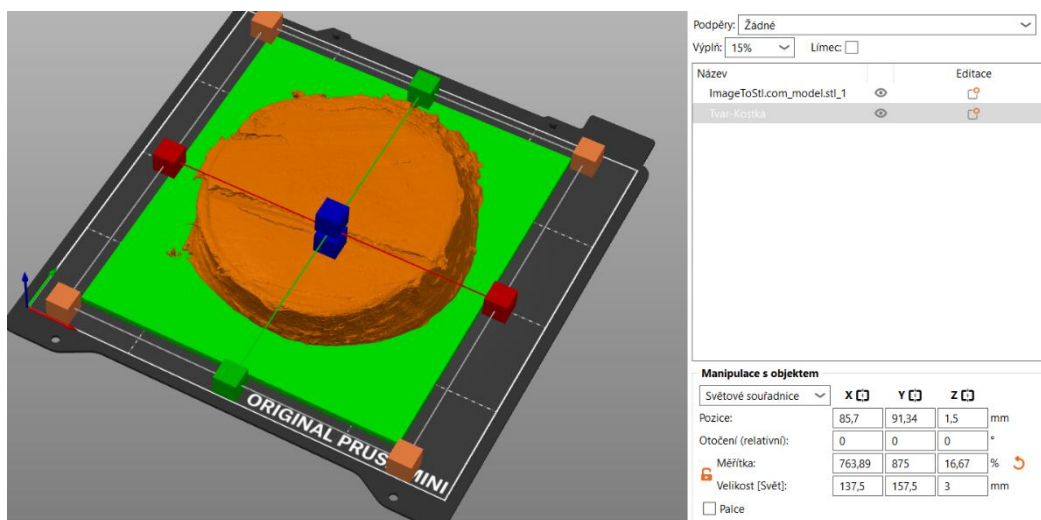
- Pravým kliknutím pod názvom objektu – Pridať tvar – Kocka – ľavým klikneme na názov kocky – vertikálna lišta – funkcia “Presun” (klávesová skratka “M”) – manuálne posunieme kocku na okraj podložky (Obr.29-4)
- Vertikálna lišta – “Merítko” (klávesová skratka “S”) – pridržením ľavého tlačidla škálovanie veľkosti objektu pomocou škálovacích bodov (Obr.30-2) – zámok pre uzatvorenie veľkosti pomeru stojančeku

Na obrázku 30, sú zobrazené dodatočné možnosti úpravy jednotlivých rozmerov objektu:

- **Zámok** pre uzatvorenie pomeru používame ak chceme podľa jedného rozmeru upraviť ostatné, tj zmeníme dĺžku automaticky sa nám prispôsobí šírka a výška.
- **Merítko**: slúži na percentuálny prepis jednotlivých rozmerov
- **Veľkosť svet**: sú aktuálne rozmery objektu na podložke v milimetroch, vieme ich manuálne prepísať na konkrétny rozmer.



Obr. 30 Škálovanie podstavca

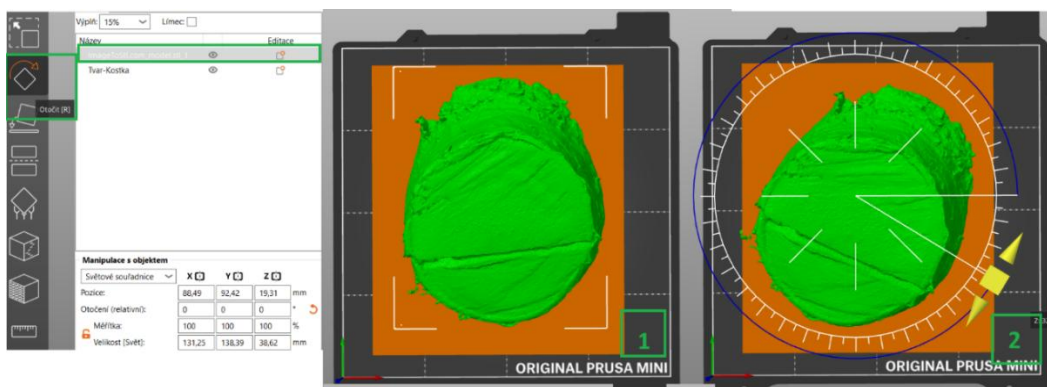


Obr. 31 Tvar budúceho podstavca

Doporučené rozmery pre podstavec (Obr.31) sú: X 137,6 ; Y 157,5; Z 3 [mm]

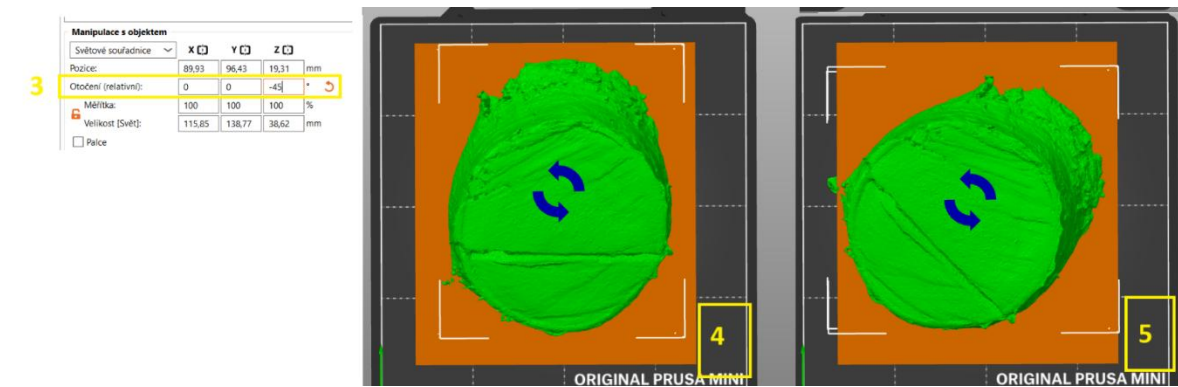
Manuálna rotácia

- **Vertikálna lišta – ľavým zvolíme názov nášho 3d objektu – zrotujeme manuálne pomocou „otočiť“ (klávesová skratka R) aby objekt bol pozdĺž diagonály tlačovej podložky pri väčších objektoch (Obr.32)**



Obr. 32 Manuálna rotácia

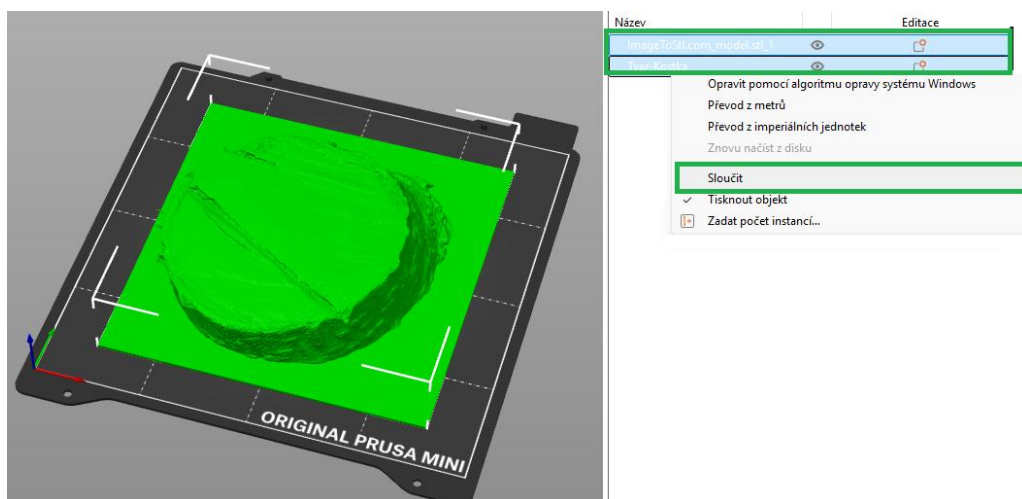
Relatívna rotácia



Obr. 33 Relatívna rotácia

- Manipulácia s objektom – otočenie objektu (relatívne) – v osi Z (-45°) (Obr.33)

Zlúčenie objektov



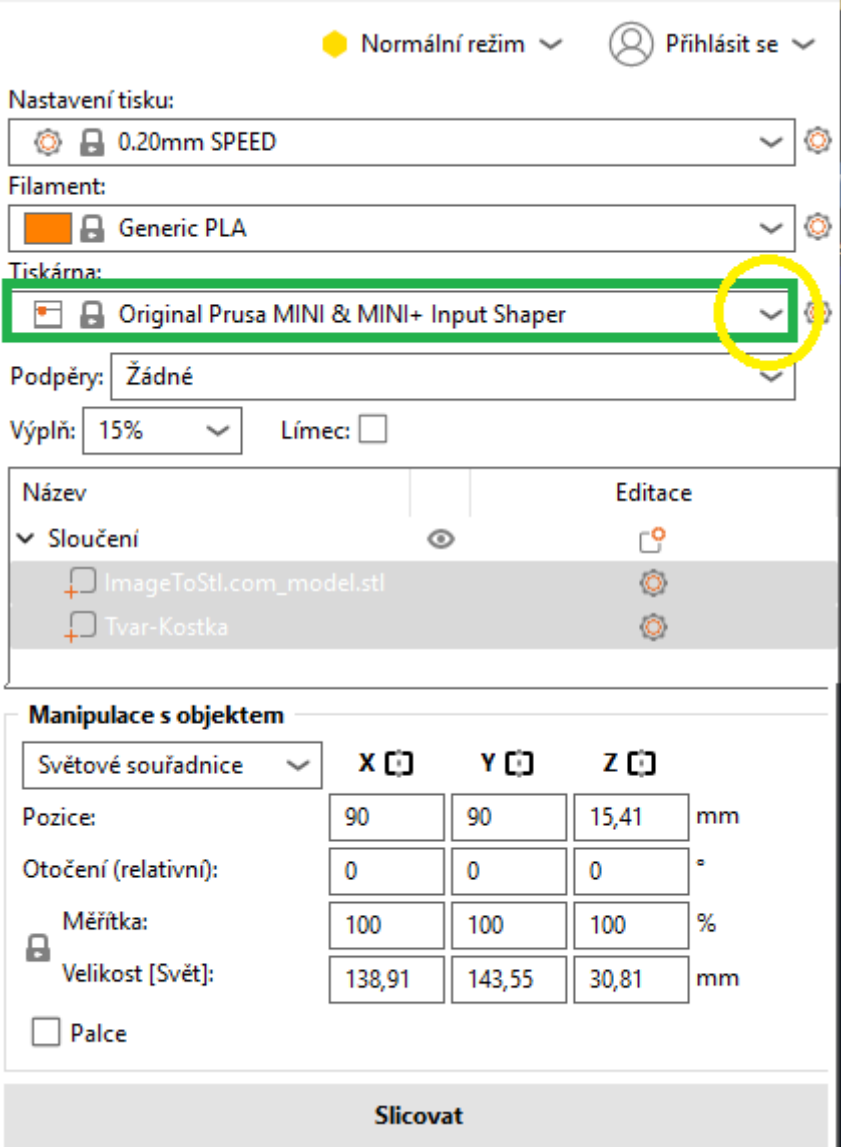
Obr. 34 Zlúčenie objektov

- Názov – shift + ľavé tlačidlo – označiť oba objekty – pravé tlačidlo – zlúčiť (Obr.33)

2.3 Nastavenie tlačne

Výber tlačiarne

Ak sme v „**sprievodcovi nastavením**“ vybrali iba jednu tlačiareň „**Original Prusa MINI + Input shaper**“ a jednu s veľkosťou trysky 0,4 mm nemusíme toto nastavenie meniť. Ak sme sa rozhodli importovať viac profilov rôznych tlačiarň, vyberieme z rozbaľovacej ponuky v pravom paneli ten profil, ktorý chceme použiť (Obr.35).



The screenshot displays the Prusa Slicer settings window. At the top, there is a 'Normální režim' dropdown and a 'Přihlásit se' button. The 'Nastavení tisku:' section includes a '0.20mm SPEED' dropdown. The 'Filament:' section shows 'Generic PLA'. The 'Tiskárna:' section has a dropdown menu with 'Original Prusa MINI & MINI+ Input Shaper' selected, which is highlighted by a green rectangular box and a yellow circle. Below this, the 'Podpěry:' dropdown is set to 'Žádné', and the 'Výplň:' is set to '15%'. The 'Límec:' checkbox is unchecked. A table lists the loaded models: 'Sloučení', 'ImageToStl.com_model.stl', and 'Tvar-Kostka', each with an 'Editace' icon. The 'Manipulace s objektem' section shows the coordinate system set to 'Světové souřadnice'. It includes input fields for position (X: 90, Y: 90, Z: 15,41 mm), rotation (0°), scale (100%), and size (138,91 x 143,55 x 30,81 mm). A 'Palce' checkbox is also present. At the bottom, there is a 'Slicovat' button.

Název	Editace
✓ Sloučení	
+ ImageToStl.com_model.stl	
+ Tvar-Kostka	

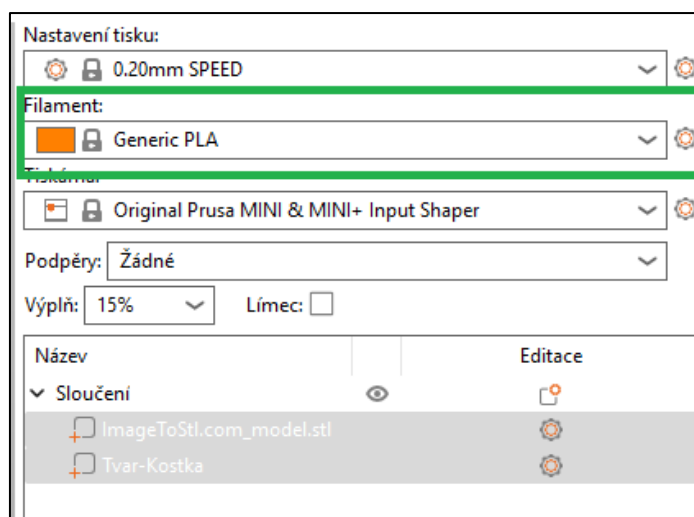
	X	Y	Z	
Pozice:	90	90	15,41	mm
Otočení (relativní):	0	0	0	°
Měřítka:	100	100	100	%
Velikost [Svět]:	138,91	143,55	30,81	mm

Obr. 35 Vol'ba profilu tlačiarne

Výber materiálu

Rôzne materiály vyžadujú odlišné teploty tlače, rýchlosti tlače, chladenie a množstvo ďalších nastavení. Našťastie, PrusaSlicer obsahuje predvoľby pre veľké množstvo rôznych materiálov, takže stačí jednoducho vybrať jeden z rozbaľovacej ponuky v pravom paneli.

Nakol'ko v sprievodcovy nastavenia Prusasliceru, sme zvolili profil pre tlač filament "Generic PLA", je na výber len táto možnosť (Obr.36).



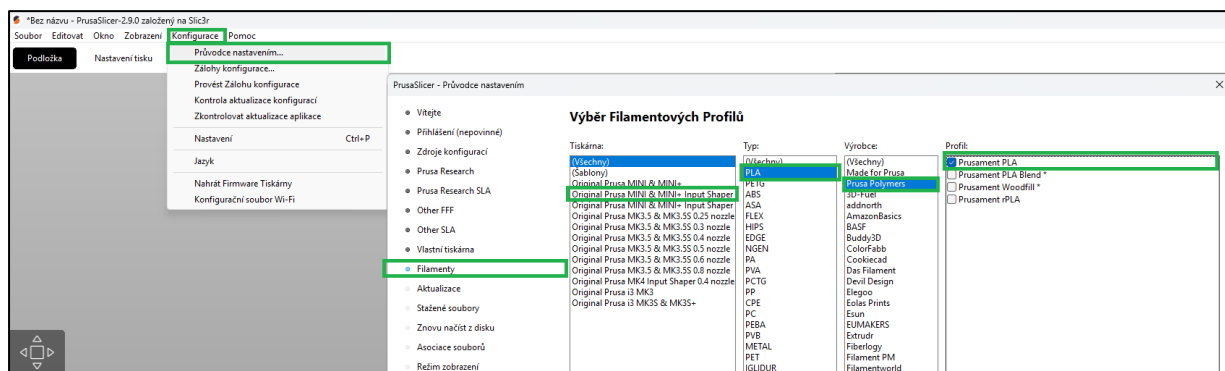
Obr. 36 Výber filamentu

V prípade že by sme chceli dodatočne pridať iný výber filkamentov , napríklad Prusament PLA, vrátíme sa do sprievodcu nastaveniami Prusasliceru (Obr.37):

Konfigurácia – Sprievodca nastaveniami – filamenty– Tlačiareň (ostane Prusa Mini s inputshaperom) – Typ (PLA) – Výrobca (Prusa Polymers) – Profil (Prusament PLA)

Profil Prusament PLA (Obr.37) je použiteľný pre tlač PLA filamentov od výrobcov ako: Filament PM, Gembird, Sunlu, Filamentum a samotné Prusamenty.

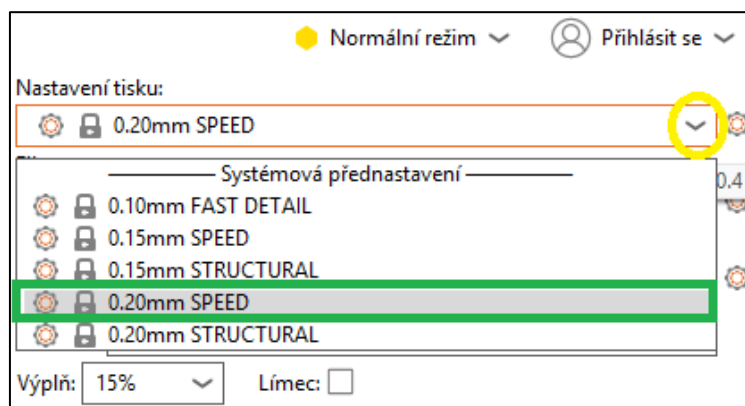
V prípade výskytu chýb pri 3D tlači sa dajú parameter ako teplota trysky, rýchlosť tlače, teplota podložky, prietok a iné upraviť aj manuálne na 3D tlačiarňi alebo v PRusasliceri pri name vybranom profile.



Obr. 37 Prusament PLA profil

Výber tlačového profilu / výšky vrstvy

Úpravou výšky jednotlivých tlačných vrstiev dosiahneme rovnováhu medzi **kvalitou tlače** a **dobou tlače**. PrusaSlicer ponúka viacero tlačových profilov. Na začiatok sa odporúča použiť výšku vrstvy **0,15 mm alebo 0,2 mm**, (Obr.38) pretože poskytujú veľmi dobrú kvalitu pri primeranej dĺžke tlače.

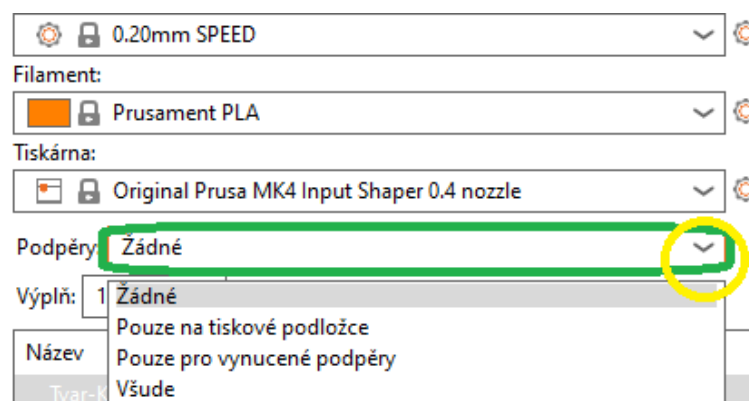


Obr. 38 Profil nastavenia výšky vrstvy objektu

Podpery

Proces 3D tlače spočíva v pokladaní vrstvy plastu na predchádzajúcu, preto v niektorých prípadoch kedy model má viacero previsov, môže byť potrebné vytlačiť podpornú štruktúru pod niektorými časťami modelu, ktoré by inak boli tlačené „vo vzduchu“. Okrem toho je pre tlačiareň náročné presne vytvoriť veľmi strmé previsy. PrusaSlicer dokáže automaticky zistiť, kde sú podpery potrebné, a automaticky ich vygenerovať.

Ak chcete zapnúť podpery, vyberte v rozbaľovacej ponuke na pravom paneli možnosť **Podpery: Všade** alebo **Podpery: Iba na tlačovej podložke** (Obr.39).



Obr. 39 Výber typu podpor

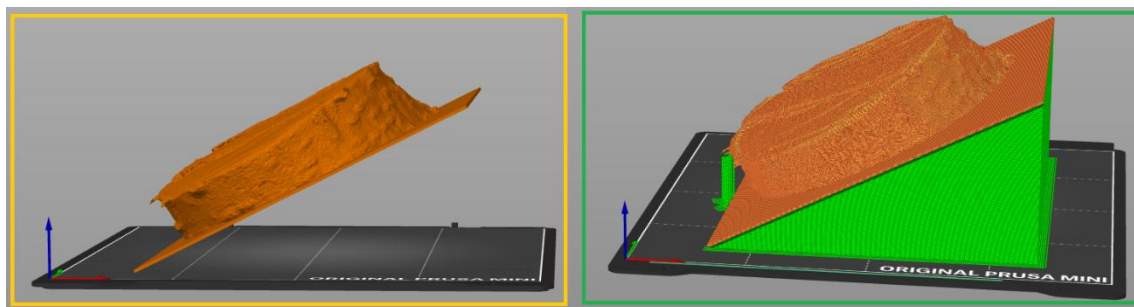
3D tlačiareň dokáže tlačiť objekty bez podpôr ktoré majú previslé štruktúry s uhlom medzi **45–60 stupňami**, v závislosti od priemeru trysky a nastavení tlače.

Štandardný priemer trysiek na stolových 3D tlačiarňach je **0,4 mm**. Pri menších tryskách, napríklad **0,25 mm**, môže byť tento uhol menší než 45 stupňov.

To znamená, že uhol medzi plochou objektu a tlačovou podložkou ak je menší ako 45 vyžaduje podpory (support), taktiež väčší ako 60°.

Modely ktoré majú plochu zvierajúcu s tlačovou podložkou menší ako 45° potrebujú tento previs podporiť (Obr.40).

Náhľad simulácie ako budú vypadať podpory je zobrazený až po "Slicnutí" modelu.

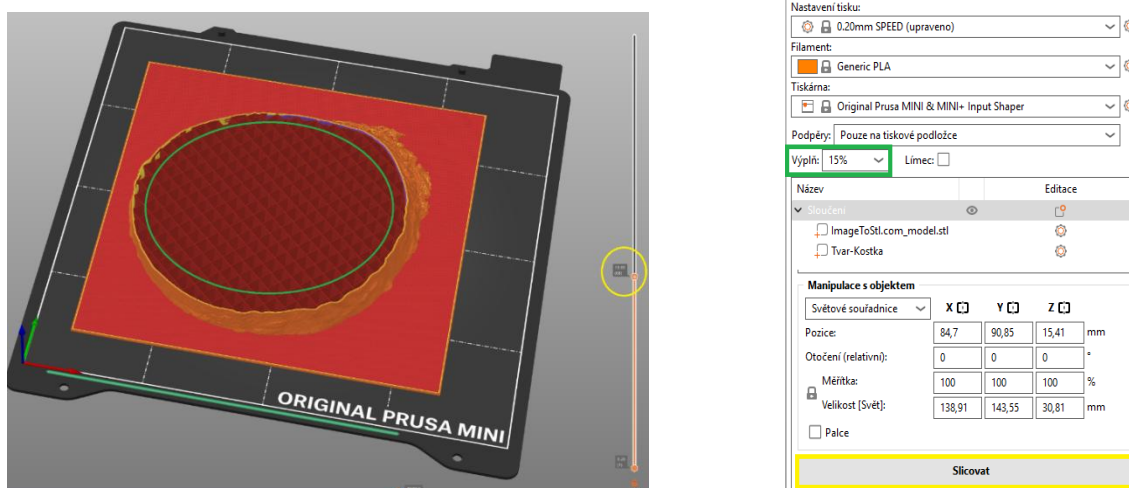


Obr. 40 Náhľad simulácie podper zobrazený po "Slicnutí" modelu na ľavo objekt vyžadujúci podpory na pravo objekt s podporami

Výplň (infill)

Objekty nebývajú zvyčajne tlačené ako úplne plné, ale ani úplne duté. Na vyplnenie vnútra modelu sa používa vzor s riedkou výplňou. Hlavným účelom výplne je poskytnúť **vnútornú nosnú štruktúru** pre vrchné vrstvy a zároveň **zlepšiť mechanické vlastnosti výtlaku**. Na druhej strane sa zvyčajne snažíme dosiahnuť čo **najnižšiu hustotu výplne**, aby sa znížila doba tlače aj spotreba materiálu.

Množstvo výplne je možné upraviť v pravom paneli. Vo všeobecnosti dobre fungujú hodnoty okolo **15 %**.



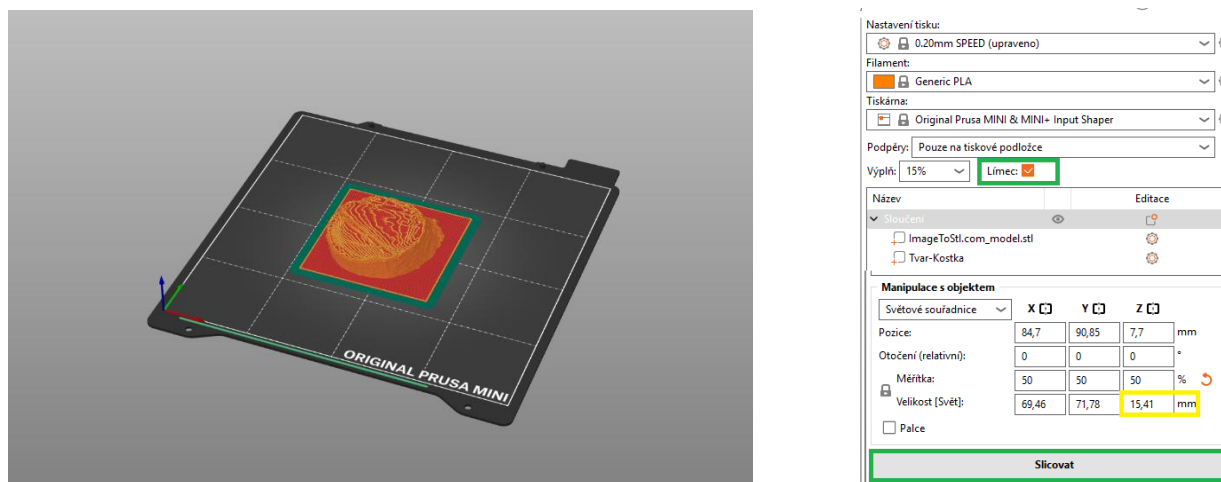
Obr. 41 Výplň (infill) ukážka 15 % výplne mriežky

Po vygenerovaní náhľadu, pomocou "slicovať" (Obr.41) vieme pravým indikátorom posúvať jednotlivé tlačené vrstvy.

Límec (Brim)

Límec sa používa na **zlepšenie príľnavosti k tlačovej podložke**. Vytvára sa tlačou niekoľkých vrstiev po obvode modelu a obzvlášť užitočný je v prípade, že má prvá vrstva **malý pôdorys**.

Límec môžete zapnúť zaškrtnutím príslušného políčka v **pravom paneli (Obr.42)** PrusaSlicera. Po dokončení tlače je zvyčajne veľmi jednoduché límec **ručne odstrániť**.

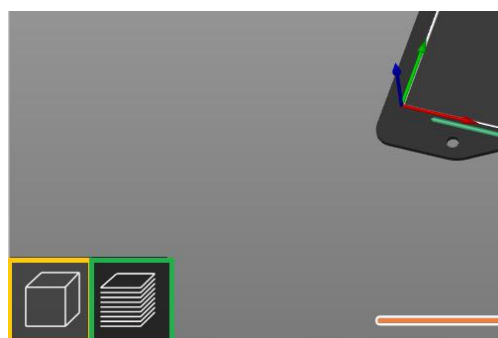


Obr. 42 Límec v případě zmenšeného modelu

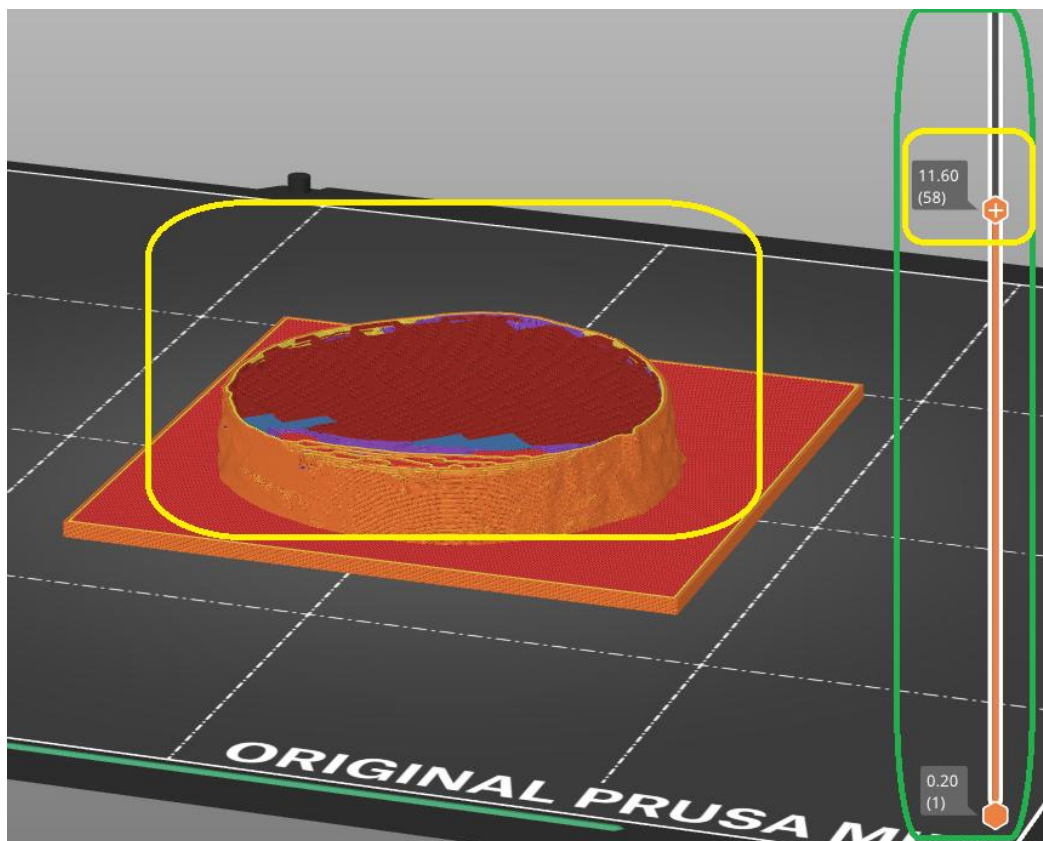
Náhľad 3D tlače

Je dobrým zvykom **zobraziť si náhľad G-code pred každou tlačou**. Po kliknutí na tlačidlo „Slicovať“ sa zobrazenie automaticky prepne do **režimu náhľadu**.

Alternatívne môžete prepínať medzi **3D zobrazením** a **režimom náhľadu** G-kódu v **ľavom dolnom rohu** alebo pomocou klávesy **TAB**.

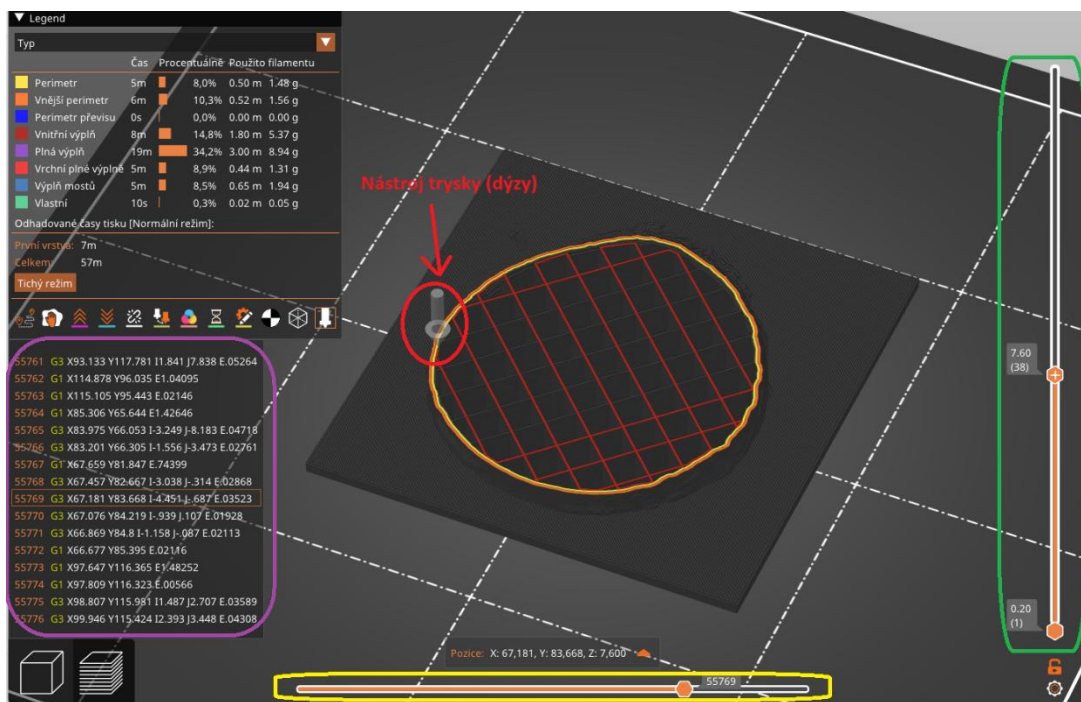


Obr. 43 Zobrazenie 3D objektu (žltou), Náhľad G-kódu (zelenou)



Obr. 44 Vertikálny posuvník pre náhľad jednotlivých vrstiev tlače

Pomocou vertikálneho **posuvníka vpravo (Obr.44)** si môžete upraviť náhľad a prezerať jednotlivé vrstvy. Skontrolujte celkový tvar modelu a uistite sa, že zodpovedá pôvodnému 3D objektu.



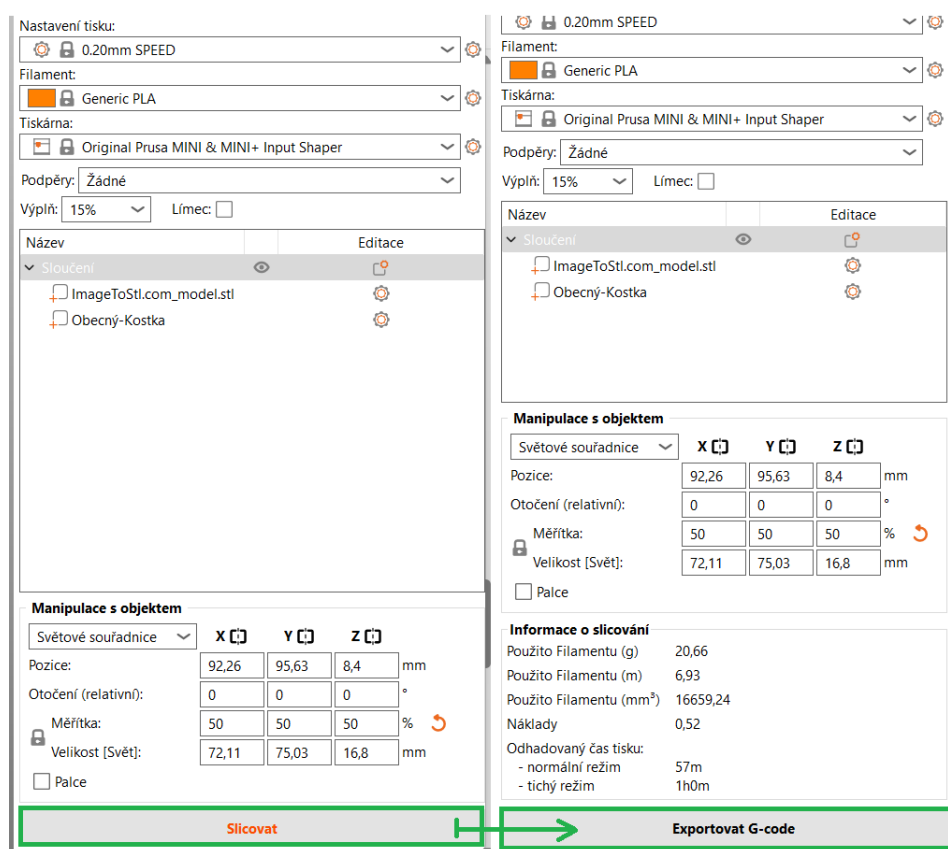
Obr. 45 Zobrazenie nástrojových ciest – G-kód

Pomocou horizontiálneho **posuvníka v strede** si môžete prezerať náhľad jednotlivých ciest , ktorými dýza prechádza pri tlačení **vertikálnych vrstiev**.

V ľavo máme zobrazený(Obr.45) **číselný G-kód**, ktorý slúži len pre náhľad, v akej pozícii sa pri danej vrstve tlačová hlava nachádza.

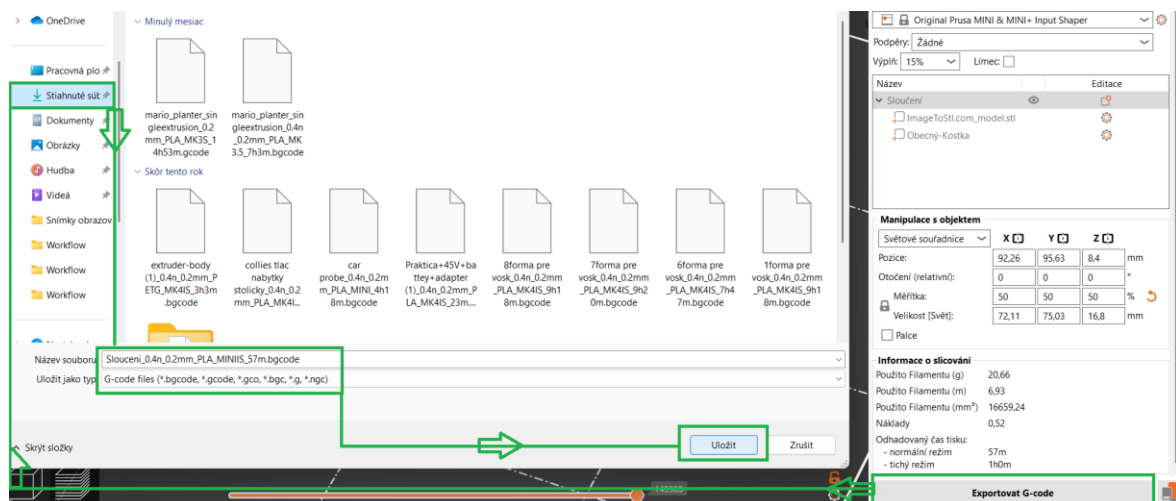
Export G- kódu

- Slicovať (pre nasekanie modelu na tlačiteľné vrstvy) – Exportovať G-code (uložiť informácie o pohybe nástroja)



Obr. 46 Export G - kódu

- Export G-kódu – do stiahnutých súborov (alebo vlastný folder) – Názov súboru ponechať (odporúča sa) – Uložiť ako g-code (ponechať) – Uložiť.

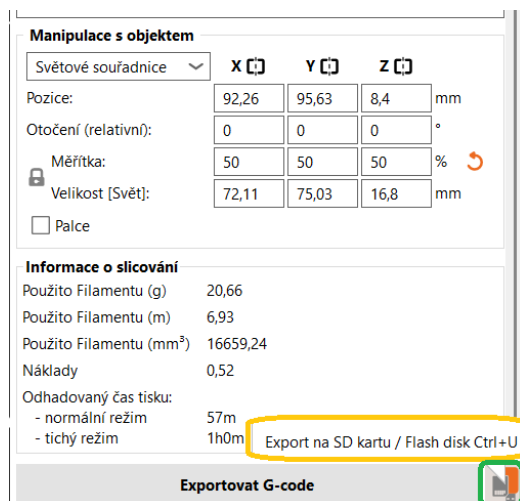


Obr. 47 Voľba úložiska do PC

PrusaSlicer automaticky rozpozná, keď vložíme **SD kartu** a **USB kľúč**

Po rozpoznaní média sa vedľa tlačidla **Exportovať G-code** zobrazí nové tlačidlo **Exportovať na jednotku SD/USB (Obr.48)** (v pravom dolnom rohu). Kliknutím naň sa otvorí dialógové okno na uloženie súboru, pričom cesta bude automaticky nastavená na SD kartu alebo USB kľúč.

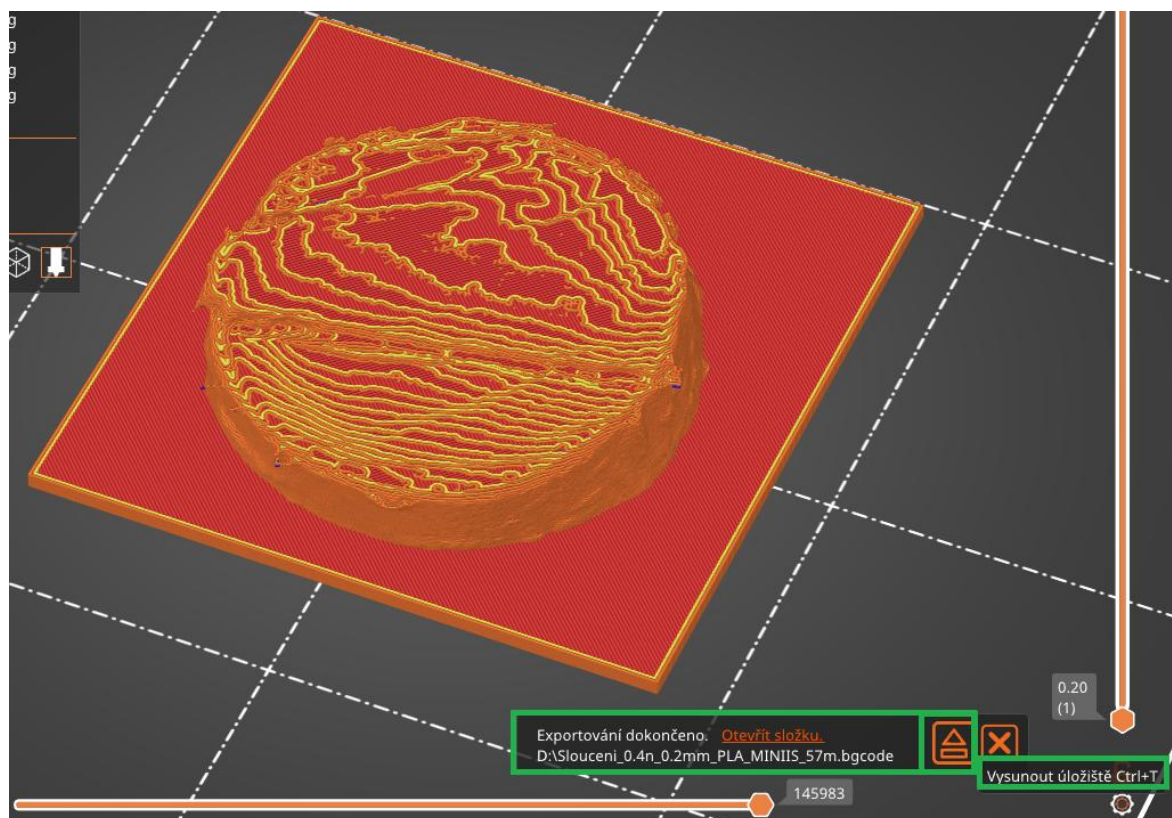
Ak je detekovaných viac SD kariet alebo USB diskov, dialógové okno sa otvorí na poslednom navštívenom vymeniteľnom médiu.



Obr. 48 Export na SD / USB flash disk

Po exportovaní G-code na vymeniteľné médium sa vedľa tlačidla **Exportovať G-code** zobrazí tlačidlo **Vysunúť**, ktoré bezpečne odpojí naše externé zariadenie.

Ak je všetko v poriadku, môžeme manuálne vybrať jednotku usb / sd a vložiť ju do 3D tlačiarne.



Obr. 49 Export souboru

3 Základy 3D tlače

3.1 Technológia

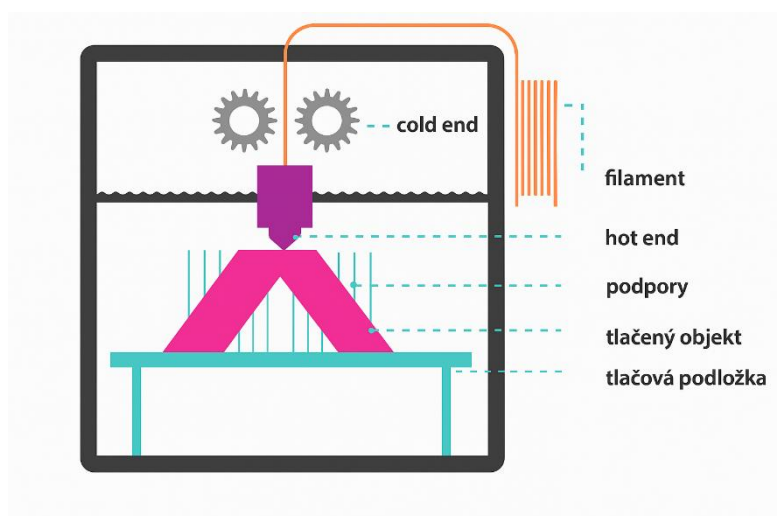
Fused Deposition Modeling (FDM) je technológia 3D tlače založená na extrúzii materiálu, pri ktorej sa termoplastický filament roztavuje a nanáša vrstvu po vrstve na vytvorenie objektu. Vďaka svojej jednoduchosti, cenovej dostupnosti a širokej prístupnosti je dnes FDM najpoužívanejšou 3D tlačovou technológiou.

Extrúzný systém v tlačiarňach FDM sa skladá z dvoch hlavných častí:

Studená časť (cold end) – zodpovedná za podávanie filamentu a reguláciu prietoku (poháňaná motorom).

Horúca časť (hot end) – pozostáva z vyhrievacieho bloku a trysky, ktoré filament roztavujú a vytlačujú.

Spolu studená aj horúca časť zabezpečujú presné nanášanie materiálu a správne vrstvenie na tlačovú podložku.



Obr. 50 Popis štruktúry FDM 3D tlače (zdroj chatgpt image generation)

3.2 Nástroj

Tryska (Dýza) je dôležitou súčasťou procesu 3D FDM tlače, pretože je to nástroj ktorý zodpovedá za vytlačovanie materiálu na tlačovú podložku vrstvu po vrstve.

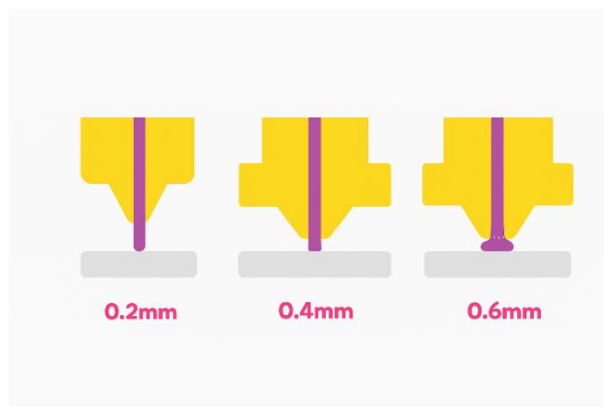
Priemer trysky (Obr.51) priamo ovplyvňuje extrúziu filamentu, presnosť a rýchlosť tlače, a preto je jedným z kľúčových faktorov pri 3D tlači.

>0,4 mm trysky: Väčší priemer zvyšuje rýchlosť tlače a znižuje riziko upchávania, ale na úkor jemných detailov.

0,4 mm trysky: Priemyselný štandard, ktorý vyvažuje rýchlosť a detail. Novšie softvéry však umožňujú dosiahnuť podobnú presnosť aj s tryskami 0,6 mm.

<0,4 mm trysky: Poskytujú vysokú presnosť a lepšie previsy, ale výrazne predlžujú čas tlače a vyžadujú nižšiu výšku vrstvy (cca 80 % priemeru trysky).

Správna voľba trysky závisí od toho, či pri tlači uprednostňujete rýchlosť alebo detail.



Obr. 51 Vplyv priemeru dýzy na proces 3D tlače (chatgpt image generate)

3.3 Materiál

Filamenty (obr.52): používané v 3D tlači sú termoplasty, teda plasty (polyméry), ktoré sa pri zahriatí netavia na popol, ale **roztavia**, dajú sa tvarovať a formovať a po ochladení opäť stuhnú. Najbežnejšie filamenty pre FDM 3D tlač sú:

- **PLA (Polylactic Acid)**
 - ✓ Jednoduchý na tlač, ekologický (biologicky odbúrateľný), bez zápachu.
 - ✗ Nižšia teplotná odolnosť a krehkosť.
 - Použitie: prototypy, dekorácie, vzdelávacie projekty.
- **ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)**
 - ✓ Odolný, húževnatý, tepelne stabilnejší ako PLA.
 - ✗ Pri tlači sa deformuje (warping), vyžaduje vyhrievanú podložku a ventiláciu (uvoľňuje zápach).
 - Použitie: funkčné súčiastky, kryty, náhradné diely.

- **PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol)**
 - ✓ Kombinuje pevnosť ABS a jednoduchosť PLA, odolný voči vlhkosti a chemikáliám.
 - ✗ Môže byť náchylný na tzv. „stringing“ (vláknenie).
 - Použitie: mechanické diely, nádoby, funkčné prototypy.
- **TPU (Thermoplastic Polyurethane)** – flexibilný filament
 - ✓ Pružný, ohybný, odolný proti oderu.
 - ✗ Ťažšie sa tlačí (vyžaduje pomalšiu rýchlosť, direct-drive extruder je výhodou).
 - Použitie: tesnenia, kryty, pružné komponenty.
- **Nylon (Polyamide)**
 - ✓ Veľmi pevný, odolný proti nárazom a opotrebovaniu.
 - ✗ Silno absorbuje vlhkosť, zložitejší na tlač.
 - Použitie: technické diely, ozubené kolesá, ložiská.



Obr. 52 Ukážka roliek filamentov (<https://racheldebarros.com/3d-printing-filaments-choose-the-best-type-for-your-project/>)

3.4 Kvalita výrobku

Výška vrstvy

Kvalita tlače = výška vrstvy (layer height) je ovplyvnená najmä hrúbkou každej vrstvy 3D tlačeného objektu. Jemnejšia vrstva poskytuje vyššie detaily a menej viditeľné línie vrstiev, ale zároveň predlžuje čas tlače. Hrubšia vrstva naopak skráti čas tlače, no výsledok bude s nižšími detailmi a viditeľnejšími vrstvami. Typicky je hrúbka 0,2 mm na vrstvu vhodná pre väčšinu aplikácií. Jemnejšia vrstva trvá dlhšie vytlačiť kvôli potrebe väčšieho počtu vrstiev na zhotovenie objektu avšak povrch objektu je potom jemnejší čo má za následok kvalitnejšiu (presnejšiu) tlač.

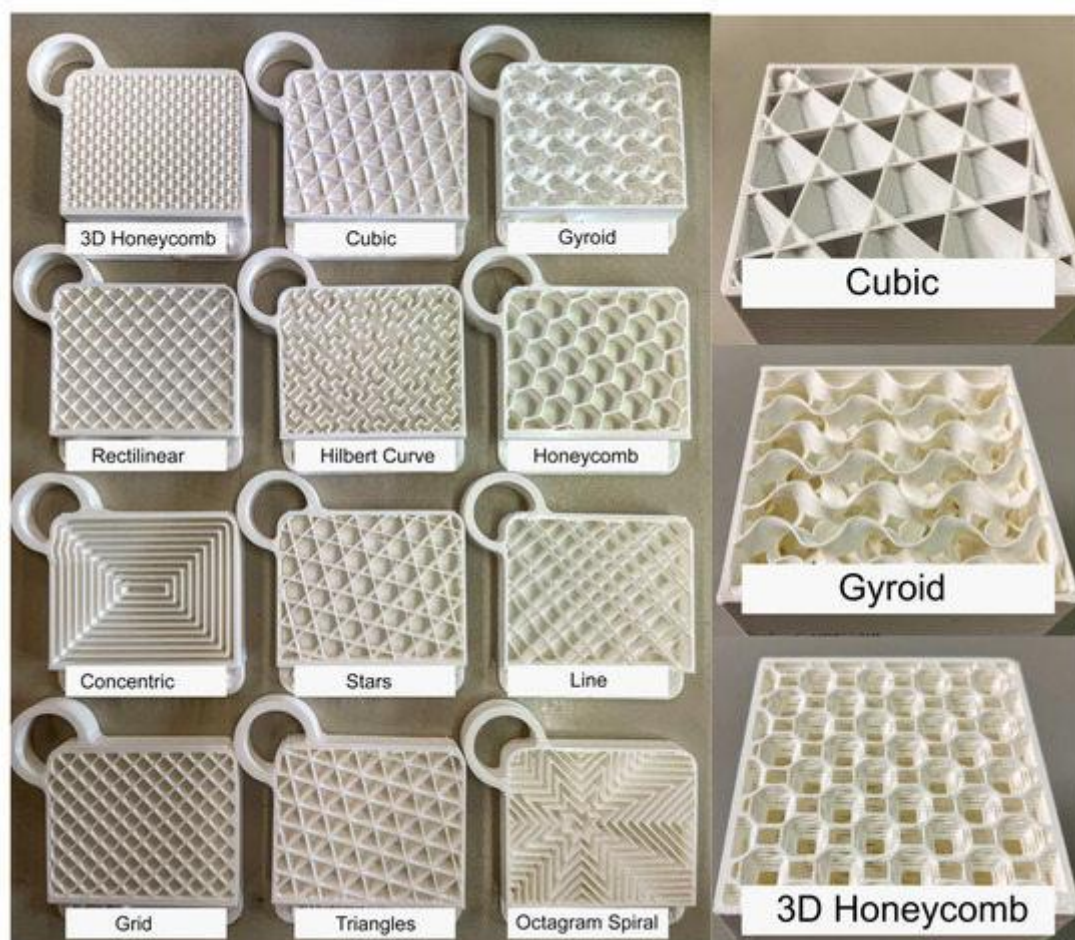
 0.20 mm	 0.10 mm	 0.07 ~ 0.25 mm
1h : 50min	3h : 45min	2h : 20min
		

Obr. 53 Závislosť času tlače objektu od výšky vrstvy (<https://3dgadgets.com.my/fdm-3d-printing-guide/>)

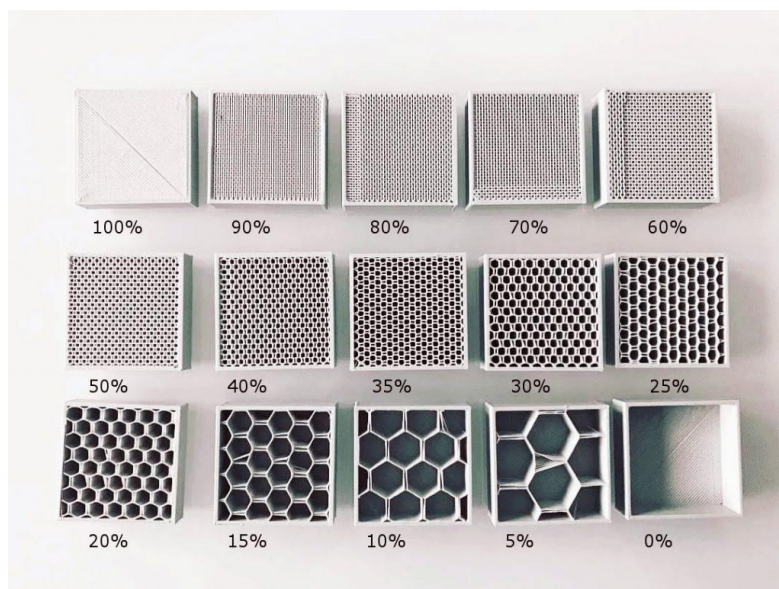
Výplň

Výplň (Infill) je vnútorná štruktúra dielu, ktorá môže mať rôzne vzory (obr.54) a hustoty (obr.55).

Obr. 54 Voliteľné vzory rôznych štruktúr vnútorných výplní (<https://www.mdpi.com/2073-4360/15/10/2268>)



Nastavuje sa v softvéri slicer a následne sa automaticky aplikuje do g-code (kódované inštrukcie posielať do 3D tlačiarne na spustenie tlače). Výplň má veľký vplyv na konečné vlastnosti vytlačeného dielu. Odporúčané hodnoty výplne (infill) sú medzi 5–20 %, no závisí to najmä od modelu a požadovanej pevnosti. Väčšia výplň znamená odolnejší model, avšak tlač bude trvať dlhšie a spotreba materiálu bude vyššia. Pre bežné použitie nie je účelné ísť nad 40 % výplne, pokiaľ to projekt skutočne nevyžaduje.



Obr. 54 Ukážka hustoty zaplnenia rôznych štruktúr vnútorných výplní v percentách
<https://3dgadgets.com.my/fdm-3d-printing-guide/>

Steny

Vertikálne steny (Shelly), známe aj ako perimetry, sú vytlačené obrysy definujúce tvar objektu. Každý objekt, ktorý tlačíte, musí mať aspoň jeden shell. Pridaním ďalších shellov sa zvyšuje pevnosť objektu, jeho hmotnosť a čas tlače. Pre väčšinu objektov sú dostatočné dva alebo tri shelly. V základnom režime tlače sú automaticky nastavené 2 perimetre. Prevažne postačujúce pre ukážkove modely ktoré nevyžadujú dodatočne podpery stačia 2 shelly, pre mechanicky namáhané súčiastky bez podpier minimálne 3 perimetre.



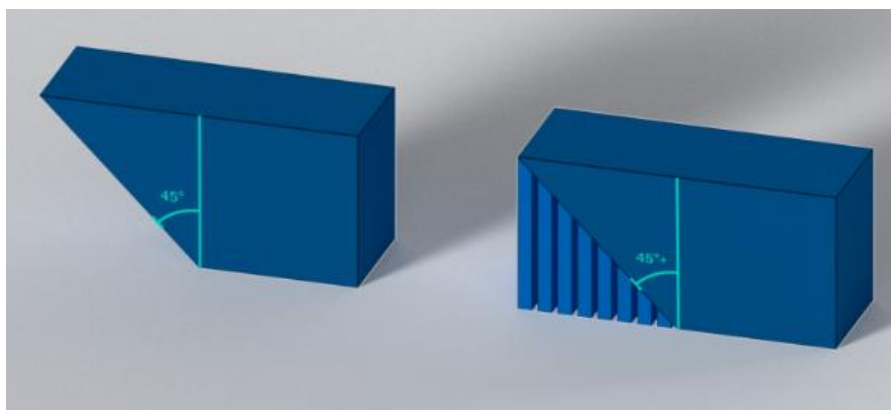
Obr. 55 Ukážka počtu stien 3D tlačéných objektov bez výplne
<https://3dgadgets.com.my/fdm-3d-printing-guide/>

Podpery

Spomenuté tiež v kapitole „Užívateľské rozhranie Prusliceru – podpery sú podporné konštrukcie (Support), ktoré podpierajú vytlačené vrstvy z rovnakého materiálu ako je 3D tlačný objekt pri konštrukcii tlačiarne s jednou tlačovou hlavou.

FDM 3D tlačiareň pracuje tak, že ukladaním vrstvy na vrstvu z termoplastov vytvára 3D objekt. Každá nová vrstva musí byť teda podpieraná vrstvou pod ňou (obr. 56) . Ak má náš model previs, ktorý nie je ničím podporený, existuje riziko jeho prepadnutia alebo pádu. Pre úspešnú tlač je potrebné vytvoriť dodatočné 3D tlačné podporné konštrukcie. Vieme ich vygenerovať automaticky:

- 1) všade kde sú potrebné (aj na modely aj na podložke),
- 2) len pri dotyku s tlačovou podložkou
- 3) bez potreby podpier (modely ktoré nemajú strmý previs a majú aspoň 3 perimetre (steny))



Obr. 56 Ukážka podpier pri previse objektu: na ľavo bez potreby podpier, na pravo nutnosť podpier (<https://3dgadgets.com.my/fdm-3d-printing-guide/>)

ZÁVER

Fotogrametria umožňuje rýchle a presné zachytenie tvarov predmetov dennej potreby či vonkajších objektov, ako sú sochy alebo dreviny, pomocou bežného fotoaparátu. Tieto digitálne modely sa dajú jednoducho upraviť a pripraviť na 3D tlač, čím sa uľahčuje ich obnova, replika alebo ďalšie využitie. Takto možno efektívne uchovávať kultúrne pamiatky, vyrábať náhradné diely, personalizované doplnky do domácnosti alebo ukážkové makety.



ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

https://help.prusa3d.com/cs/article/prvni-tisk-s-prusaslicerem_1753

<https://www.prusa3d.com/product/3d-printing-and-modeling-for-beginners-mini/>

<https://manufactur3dmag.com/what-is-an-stl-file-in-3d-printing/>

<https://3faktur.com/en/how-to-create-3d-models-for-3d-printing/>

<https://3dgadgets.com.my/fdm-3d-printing-guide/>

https://help.prusa3d.com/cs/article/prvni-tisk-s-prusaslicerem_1753

<https://racheldebarros.com/3d-printing-filaments-choose-the-best-type-for-your-project/>

<https://manufactur3dmag.com/what-is-an-stl-file-in-3d-printing/>
<https://help.autodesk.com/view/MAYALT/2017/ENU/?guid=GUID-7941F97A-36E8-47FE-95D1-71412A3B3017>

Autor: Andrej Gerhard

2025



Licencia CC-BY-NC



<https://smartlab.cvtisr.sk/index.php/smart-vzdelavanie/>

Interreg
Slovensko – Česko



Spolufinancovaný
Európskou úniou



**MORAVSKÁ
ZEMSKÁ
KNIHOVNA**