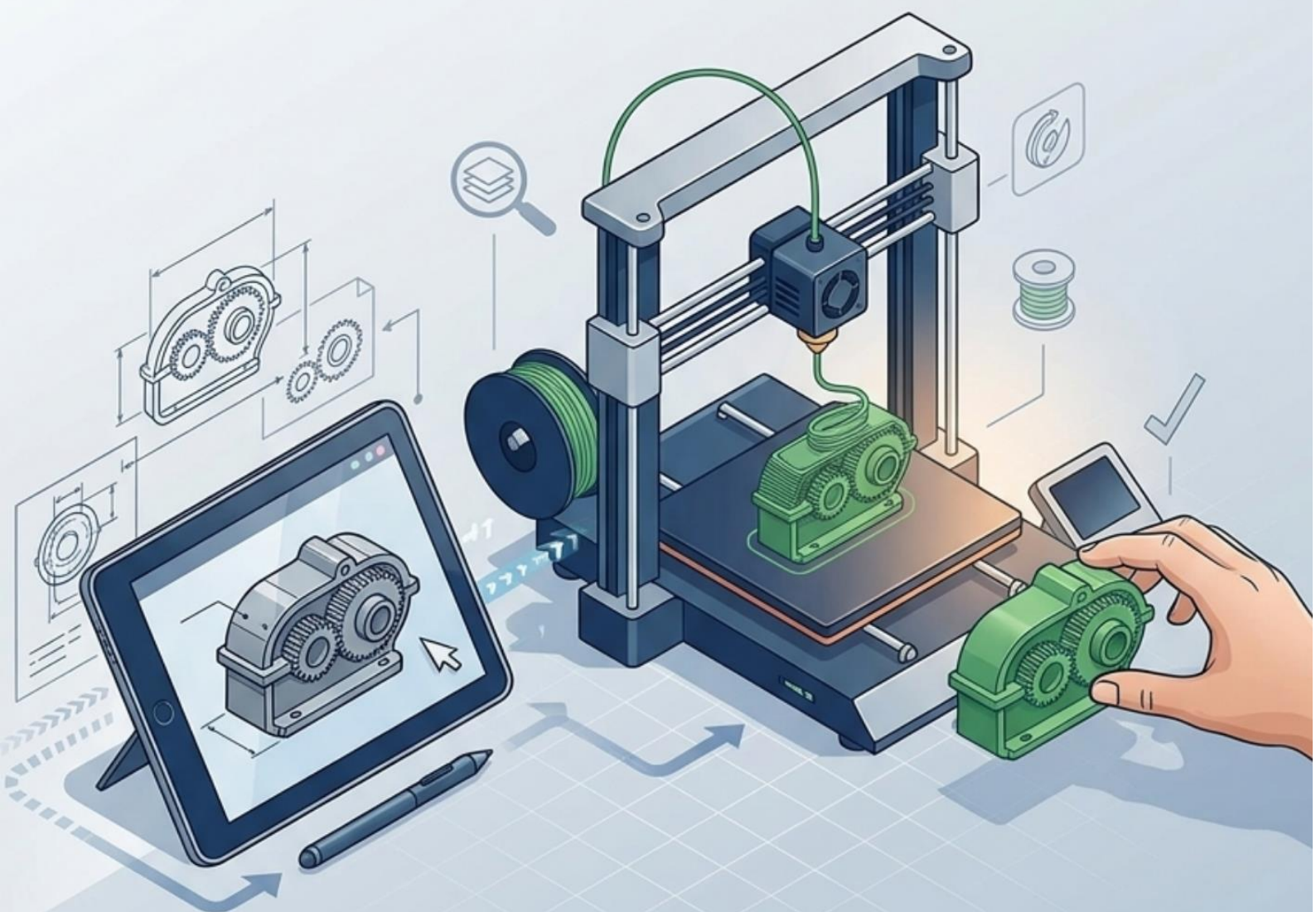


3D TISK V PRAXI

Od nápadu k výtisku



Jakub Dvořák

Obsah

Úvod	3
1. Co je 3D tisk	4
2. Jak funguje 3D tisk.....	6
3. Základy 3D modelování	9
4. Jednoduché modelování v TinkerCADu	10
5. Databáze 3D modelu – kde hledat co chci tisknout	21
6. Formáty 3D souboru	24
7. Slicer – příprava tisku.....	25
8. G-code: Aneb co tiskárna skutečně čte	36
9. Samotný tisk	37
10. Nejčastější chyby a problémy.....	42
Závěr	44
Seznam obrázků a grafického podkladu	45
Použité zdroje a literatura	46

Úvod

Tento učební text je určen všem, kteří se setkávají s 3D tiskem poprvé. Neočekává se žádná předchozí zkušenost. Jediným předpokladem je chuť a odhodlání něco tvořit.

Projdeme společně celým procesem 3D tisku. Od chvíle, kdy máte nápad nebo najdete model na internetu, přes jednoduché modelování v TinkerCADu, přípravu v programu PrusaSlicer, až po samotný tisk a řešení běžných problémů spojených s 3D tiskem.

Orientace v učebním textu

Kapitoly jsou řazeny tak, jak postupujete při reálném tisku – od nápadu až k hotovému výrobku. Učební text je doprovázen řadou názorných snímků obrazovky. Při čtení potkáte řadu tabulek, která vám pomohou rychle se zorientovat:

tip = užitečný,

pozor = častá chyba,

cíl = co se v kapitole naučíte.

Kapitola 1

1. Co je 3D tisk

1.1 3D tisk jednoduše

3D tisk je způsob výroby předmětu, při kterém stroj (3D tiskárna) postupně nanáší materiál vrstvu po vrstvě a tím vytváří fyzicky trojrozměrný předmět. Jde v podstatě o opak frézování: místo odebrání materiálu ho přidáváme.

Celý princip si lze představit takto: máte-li digitální model v počítači (jako soubor), předzpracujete ho v programu zvaném slicer, a slicer vygeneruje instrukce (takzvané G-Kód) pro tiskárnu. Tiskárna tyto instrukce přečte a začne tisknout.

NÁPAD Nápad Co chcete vytvořit	MODEL 3D model STL / 3MF soubor	SLICER Slicer PrusaSlicer	G-KÓD G-code Instrukce pro tiskárnu	VÝTISK Výtisk Hotový předmět
---	--	--	--	---

1.2 Kde se 3D tisk používá

3D tisk už dávno není jen hobby pro nadšence. Dnes ho používají národní instituce, garážoví mistři, nemocnice i velké firmy.

Oblast	Co se tiskne	Proč to dává smysl
Školy	Modely, učební pomůcky, projekty	Studenti si můžou sami vyrobit to, co studují
Hobby	Klíčenky, držáky, modely, figurky	Levné, rychlé, individuální – přesně podle sebe
Opraváři	Náhradní díly, spony, protikusy	Díl už není v obchodě? Vytiskneme ho.
Architekti / Designéři	Makety, prototypy	Rychle ověření nápadu před reálnou výrobou
Průmysl / Medicína	Nástroje, implantáty, protézy	Individuální kusová výroba za rozumné náklady

1.3 Co si dokáže vytisknout běžný člověk

Příkladem se naučí lépe než teorií. Tady je pár věcí, které si můžete vytisknout doma nebo ve škole – bez speciálních znalostí, jen se staženým modelem z internetu:

Praktické věci

- Držák na telefon nebo tablet
- Organizér na kabely nebo na tužky
- Malé plastové náhradní díly
- Náhrada za zlomenou svorku / sponu
- Stojan pod notebook pro chlazení

Dekorace a zábava

- Klíčenka s vlastním jménem
- Podložka pod skleničku
- Figurky a miniatury
- Dekorativní lampičky a vázičky
- Hračky a puzzle

Cíl kapitoly

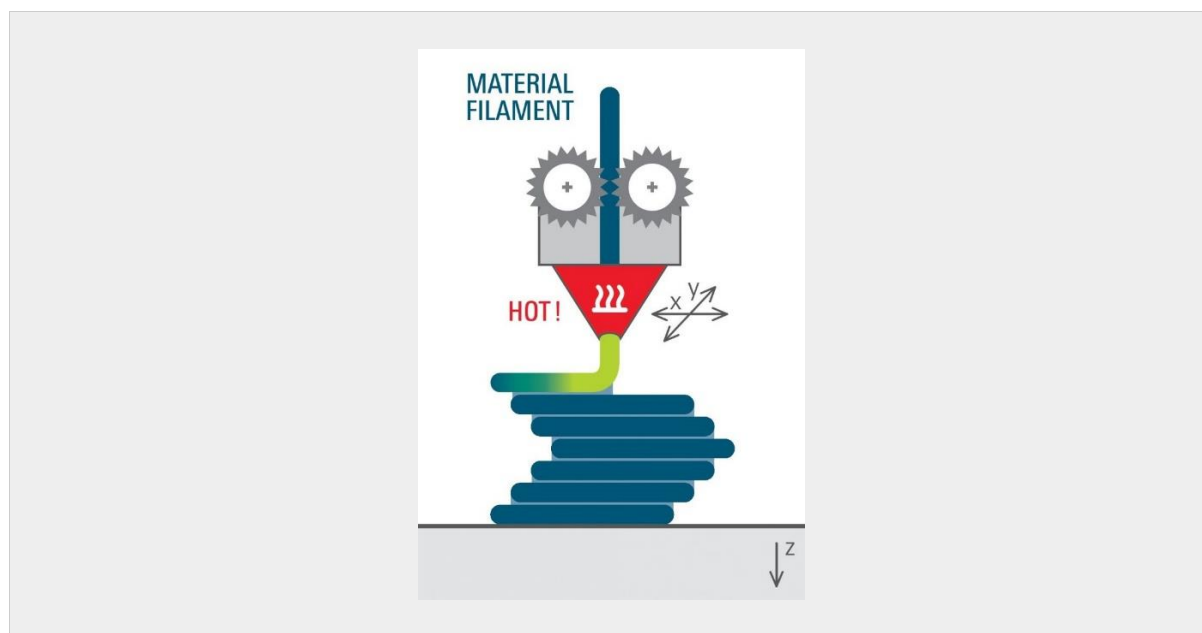
3D tisk je dostupný nástroj pro každého – není to složitá technologie vyhrazena pro odborníky. Pokud umíte používat počítač a sledovat jednoduchý návod. Zvládnete ho ovládnout taky!

Kapitola 2

2. Jak funguje 3D tisk

2.1 Princip vrstvení

Nejrozšířenější technologie domácích 3D tiskáren se jmenuje **FDM** – Fused Deposition Modeling, což v překladu znamená 'modelování taveninou'. Je to jednoduchá myšlenka: Roztopí se nylonový drát (filament) a nanáší se vrstvu po vrstvě, dokud nevznikne požadovaný tvar.



Obr. 1: Princip FDM tisku. (MATCA, 2026)

Když si model prohlédnete z profilu nebo z boku, uvidíte charakteristické vrstvy – jako letokruhy stromu. Právě tyto vrstvy jsou podstatou FDM tisku. Čím tenčí vrstvy, tím hladší výsledek – ale tím déle tisk trvá.

Filament – materiál pro 3D tisk

Filament je plastový drát navinutý na cívce, ze které ho tiskárna odvíjí a postupně taví. Pro začátečníky je nejdůležitější znát základní typy:

Materiál	Teplota trysky	Náročnost	Vhodné pro
PLA	180–220 °C	Nejjednodušší	Začátečníky, dekorace, škola – ideální start
PETG	220–245 °C	Střední	Věci, které snáší teplotu nebo vodu
TPU	220–240 °C	Střední	Pružné věci – pouzdra, pneumatiky RC aut
ABS / ASA	230–260 °C	Vysoká	Venkovní použití, technické dílce – ne pro začátky

Tip

Začínajte vždy s PLA. Je to nejjednodušší materiál, levný, dostupný v obrovském množství barev a zvládá ho každá tiskárna. Teprve až máte PLA zvládnutý, zkuste PETG.

2.2 Celý řetězec od nápadu k výtisku

Než začneme pracovat, pojdme se podívat na celý postup od začátku do konce. Tento řetězec si pamatujte – je to kostrč celého procesu, ke které se budeme neustále vracet.



Poznámka

Kazdy z těchto kroků bude podrobně vysvětlen v následujících kapitolách. Nebojte se – je to snazší, než to vypadá.

2.3 Co ovlivňuje kvalitu výtisku

3D tisk není 'kliknu a hotovo'. Výsledek ovlivňuje víc faktorů. Tady jsou ty nejdůležitější, které budeme nastavovat v sliceru:

Parametr	Co určuje	Typická hodnota
Výška vrstvy	Detail vs. rychlost tisku	0.20 mm – standard pro běžný tisk
Výplň (Infill)	Pevnost a hmotnost modelu	15 % pro dekorace, 25 % pro funkční díly
Teplota trysky	Tekutost plastu, adheze vrstev	PLA: 210–220 °C, PETG: 230–245 °C
Teplota podložky	Bude držet první vrstva?	PLA: 60 °C, PETG: 85 °C
Rychlost tisku	Čas tisku vs. kvalita	Standard: 60–100 mm/s
Podpory	Nutné pro převisy nad 45°	Zapnout, když je třeba, jinak ne

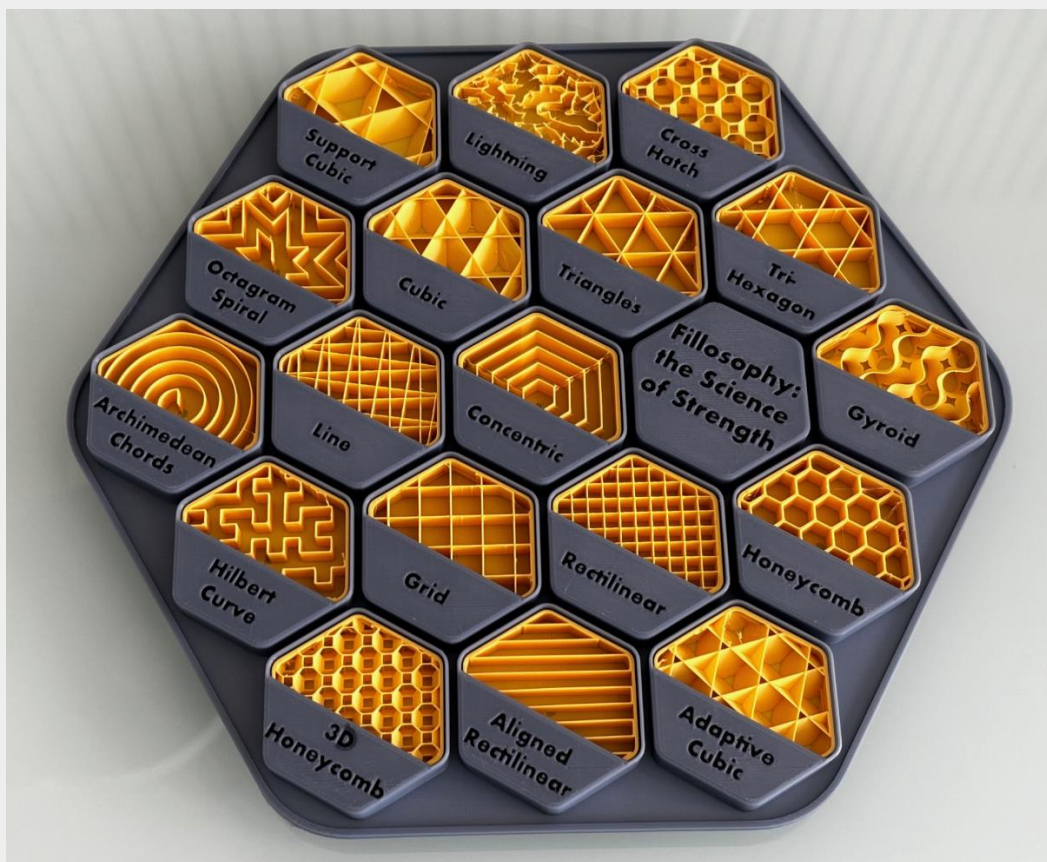
Pozor

Tisk se složitým nastavením nevede k lepšímu výsledku – často naopak. Používejte předpřipravené profily v sliceru a od nich se teprve odchylujte až po získání zkušeností.

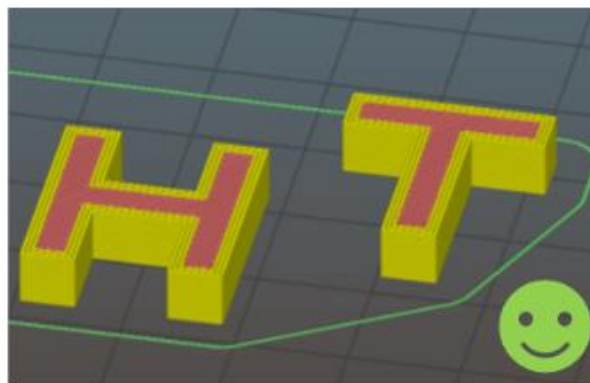
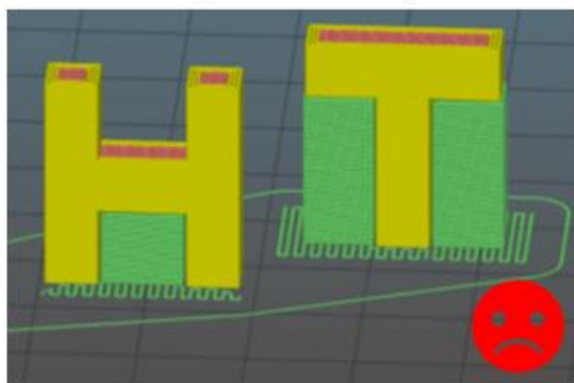
Cíl kapitoly

Pochopíte, že 3D tisk je sekvenční proces – každý krok má svůj význam a každé nastavení něco ovlivňuje. Není to magie, je to logický postup.

2.4 Názorné obrázky



Obr. 2: 3D model se všemi druhy výplně. (ellinger, 2026)



Obr. 3: Správné umístění 3D modelu na tiskovou podložku. (ČVUT Fakulta strojní, 2026)

Kapitola 3

3. Základy 3D modelování

3.1 Co je 3D model

3D model je digitální popis trojrozměrného předmětu uložený v počítači, který lze zkoumat ze všech stran, zmenšovat, zvětšovat, tisknout nebo odesílat. Slicer si z digitálního souboru bere potřebné informace o tom, jak tiskárna má pohybovat hlavou.

Poznámka

Dobrá analogie: 3D model je jako stavební plán domu. Plán není dum, ale obsahuje všechno potřebné pro jeho postavení. 3D model není výtisk, ale obsahuje všechno pro jeho vytvoření.

3.2 Dva hlavní přístupy k modelování

Pokud chcete mít vlastní jedinečný model, který jinde nenajdete, potřebujete ho někde vymodelovat. Existují dva základní přístupy.

Přístup	Jak funguje	Typický program
CSG modelování	Skládání a odečítání základních těles (krychle, válce...)	TinkerCAD
Parametrické modelování	2D náčrtek -> 3D vysunutí, přesně kóty a vazby	Onshape, Fusion 360, SolidWorks

V tomto textu se věnujeme **TinkerCADu, a tedy CSG přístupu** – je to nejjednodušší způsob, jak vytvořit vlastní model bez jakýchkoliv předchozích zkušeností.

Cíl kapitoly

Nemusíte být expert na modelování. Pro 80 % běžných tisku stačí model stáhnout z internetu. TinkerCAD zvládnete za hodinu a pak už můžete vytvářet vlastní věci dle libosti a vaší vlastní fantazie.

Kapitola 4

4. Jednoduché modelování v TinkerCADu

4.1 TinkerCAD

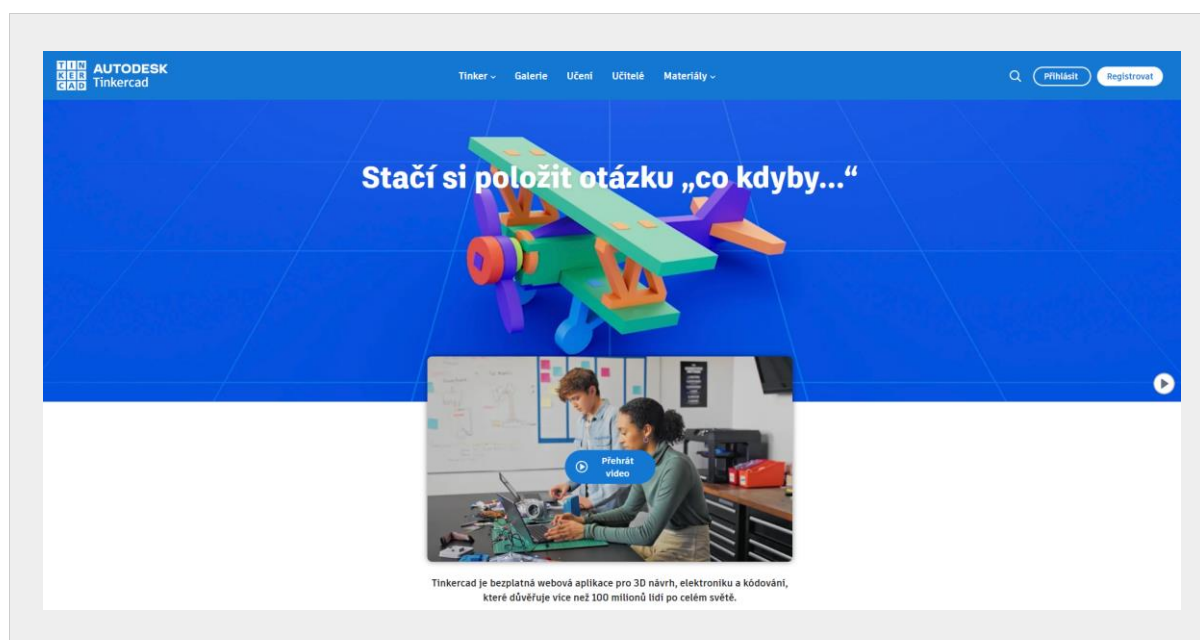
TinkerCAD je bezplatná webová aplikace od společnosti Autodesk. Spustí se přímo v prohlížeči – nic se nestahuje, nic se neinstaluje. Je navržen tak, aby byl co nejjednodušší, a přesto umožňuje vytvořit překvapivě užitečné modely.

Přednosti TinkerCADu:

- Zdarma pro všechny
- Funguje v prohlížeči – žádná instalace
- Dostupný Český překlad
- Ideální pro jednoduché věci: klíčenky, držáky, nápisy, krabičky
- Export přímo do STL – prakticky hned ho můžete tisknout

4.2 Registrace a první spuštění

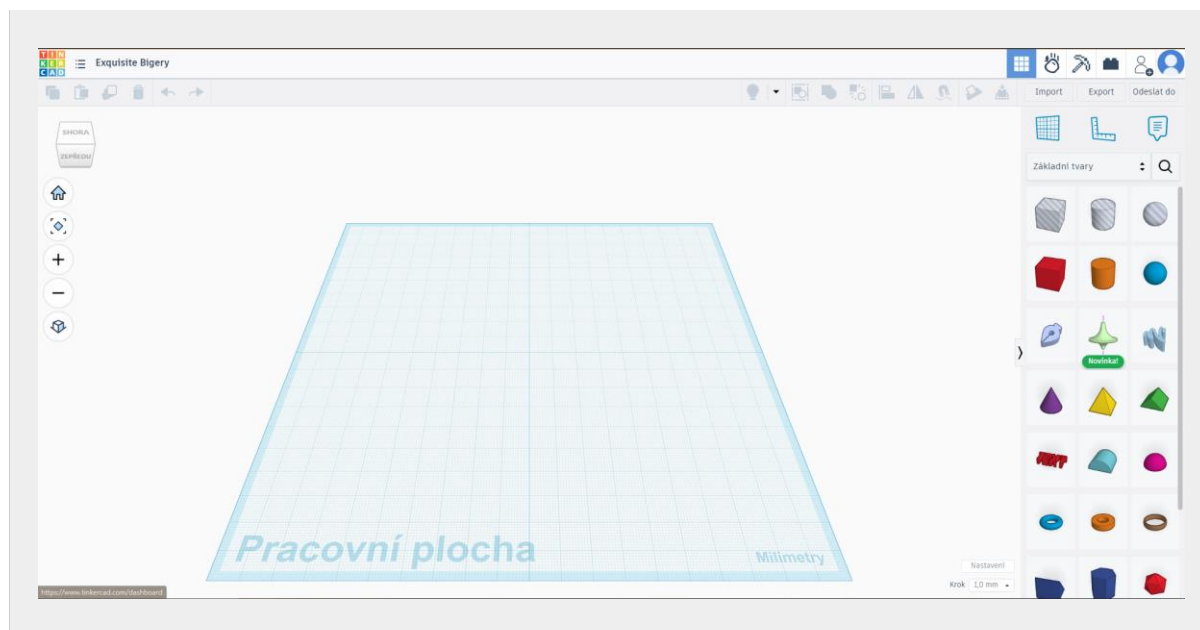
1. Otevřete prohlížeč a jdete na www.tinkercad.com
2. Kliknete na **Registrovat** v pravém horním rohu
3. Zaregistrujete se e-mailem nebo Google účtem (celá registrace do 2 minut)
4. Po přihlášení kliknete na tlačítko **+Vytvořit -> 3D návrh** – otevře se pracovní plocha



Obr. 4: Úvodní stránka TinkerCADu.

4.3 Prostředí TinkerCADu

Po spuštění nového designu uvidíte toto pracovní prostředí:



Obr. 5: Pracovní prostředí TinkerCADu.

Oblast	Co tam najdu
Panel (vpravo)	Základní tvary (kváder, válec, koule...) – přetáhnete na plochu
Pracovní plocha	Modrá mřížkovaná rovina = virtuální podložka tiskárny
Navigační kostka	Přepíná pohled (shora, z boku, perspektiva...)
Horní panel	Nástroje: Align (zarovnání), Flip (zrcadlení), Group (sdružení)
Šipky (nahore)	Krok zpět a vpřed – nebo klávesová zkratka Ctrl+Z

Základní ovládání

Akce	Jak na to
Rotace pohledu	Držet pravým tlačítkem myši + pohybovat myší
Pohyb (posun pohledu)	Držet kolečko myši + pohyb; nebo Shift + pravé tlačítko
Přiblížení / oddálení	Kolečko myši dopředu / dozadu
Vybrat objekt	Kliknout levým tlačítkem na objekt, při držení klávesy SHIFT – vícenásobný výběr
Přesunout objekt	Vybrat a táhnutím myši na nové místo
Změnit velikost	Kliknout na objekt -> táhnutí bílé čtverečky na hranách
Zadat přesnou velikost	Kliknout na objekt -> kliknout na rozměr -> napsat číslo + Enter
Smazat	Vybrat objekt -> klávesa Delete
Šipka zpět (Undo)	Ctrl+Z (nejpoužívanější zkratka!)

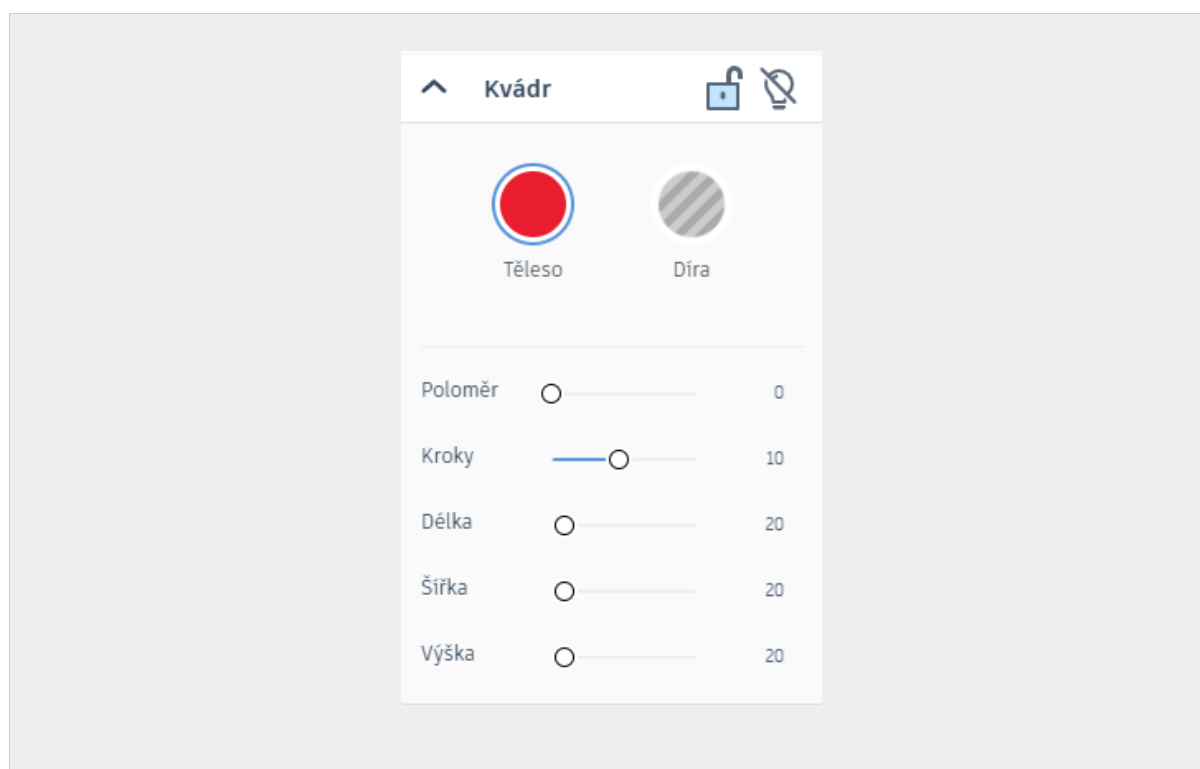
4.4 Princip CSG – skládání a odečítání tvarů

CSG (Constructive Solid Geometry) je základní princip TinkerCADu: modely vytváříme skládáním, sjednocováním a odečítáním základních geometrických těles. Není třeba kreslit – pracujeme s hotovými 3D tvary.

Operace v TinkerCADu	Co dělá	Příklad
Solid + Solid -> Group	Spojí více těles v jeden objekt	Kvádr + válec = pilulkový tvar
Hole + Solid -> Group	Z tělesa odečte tvar 'díry'	Kvádr – válec = kvádr s kruhovou dírou

Poznámka

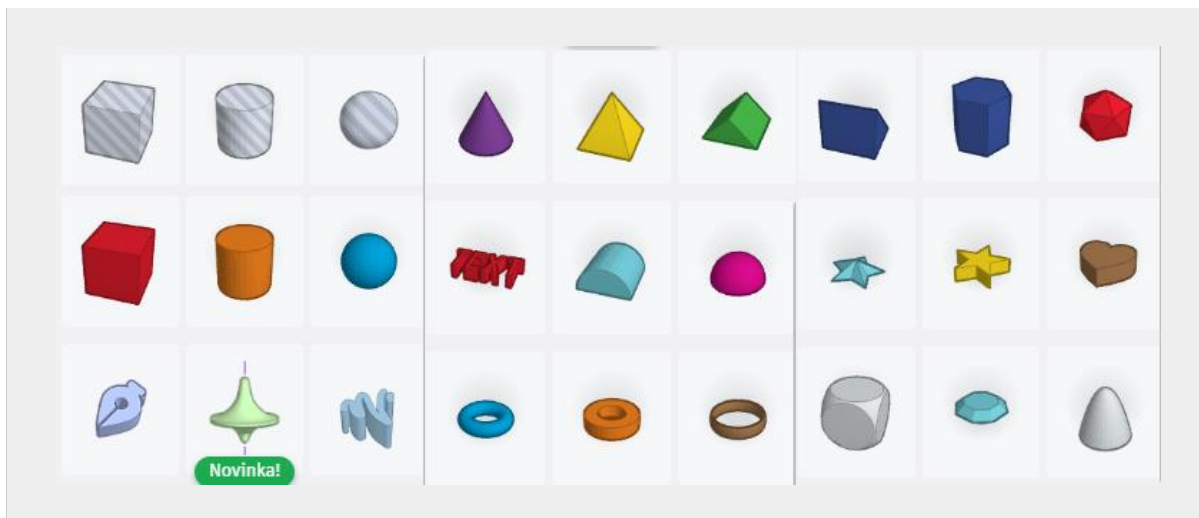
Každý tvar v TinkerCADu je buď Solid (plný, barevný) nebo Hole (díra, zobrazena šedě). Přepínání mezi nimi provedete kliknutím na objekt a zvolením režimu v bočním panelu. Hole (díra) tvar se chová jako 'negativní' (požíravé) těleso – po operaci Group vyřízne svůj otisk do ostatních Solid (pevných) těles.



Obr. 6: Boční panel – přepínání mezi „solid“ a „dírou“.

4.5 Základní tvary v TinkerCADu

V pravém panelu najdete všechny dostupné základní tvary. Přetažením je umístíte na pracovní plochu.



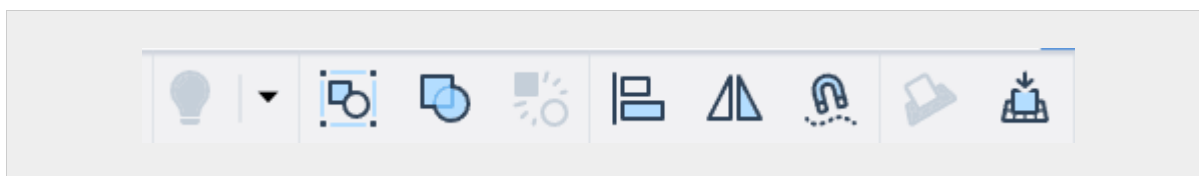
Obr. 7: Panel dostupných základních 3D těles.

- Box (Kvádr) – základní krabicovitý tvar. Nejčastěji používané.
- Cylinder (Válec) – kruhovitý tvar. Ideál pro díry, otvory, trubky.
- Sphere (Koule) – kulatá tělesa, ozdobné prvky.
- Torus (Prsten) – koblížkovitý tvar, očka.
- Text – 3D nápis. Zadejte text a zvolte písmo – funguje jako normální tvar.
- Pyramid, Cone, Tube... – další speciální tvary.

4.6 Základní nástroje v horním panelu

Po vybrání objektu (kliknutím na něj) se v horním panelu aktivují nástroje:

- Align (zarovnání) – zarovná vybrané objekty k sobě (vlevo, na střed, vpravo, nahoru, dolů...)
- Flip (zrcadlení) – převrátí objekt podél osy
- Group (sdružení) – sloučí všechny vybrané objekty; provede Boolean operaci (Solid + Hole = Objekt s dírou)
- Ungroup (rozdělení) – rozloží skupinu zpátky na jednotlivé části pro editaci
- Duplicate (zdvojení) – Ctrl+D – rychle zkopíruje vybrané objekty



Obr. 8: Základní nástrojový horní panel TinkerCADu.

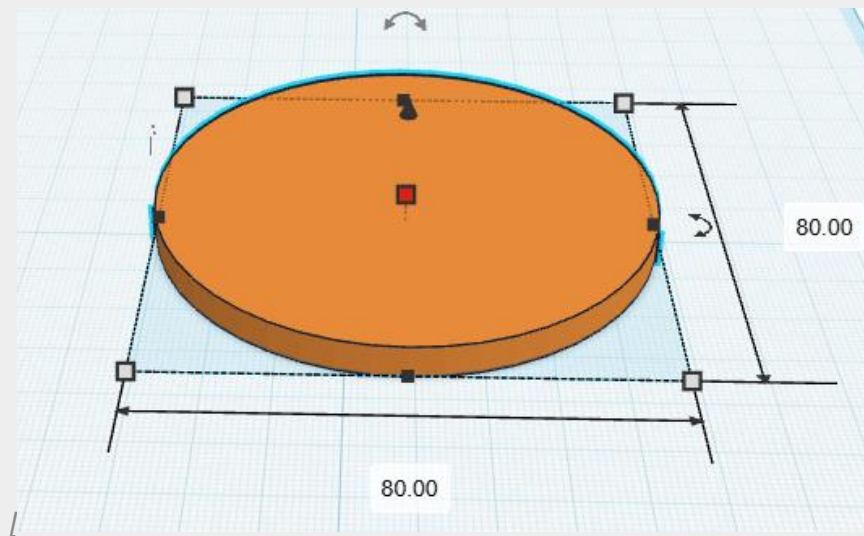
4.7 Krok za krokem: Podtácek se jménem

Nyní si vyrobíme první skutečný model – ozdobnou podložku pod skleničku s vlastním jménem. Tento projekt procvičí všechny důležité operace TinkerCADu.

1

Vložení základního válce

Z panelu základních tvarů přetáhněte tvar Válců na pracovní plochu. Klikněte na něj a nastavte rozměry: Šířka 80 mm, Hloubka 80 mm, Výška 5 mm. Rozměry zadejte kliknutím na bílý čtvereček s číslicí a запиšte požadované hodnoty.

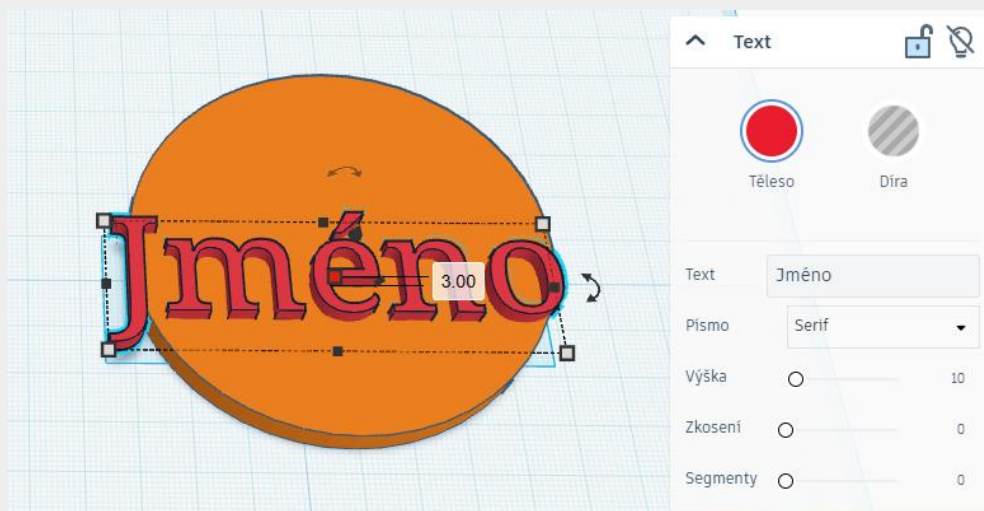


Obr. 9: Základní válec s nastavenými rozměry (80 x 80 x 5 mm).

2

Vložení a nastavení textu

Z panelu primitiv přetáhněte Text na pracovní plochu. Klikněte na něj – zobrazí se panel textových nastavení. Napište tam do kolonky text – vaše jméno, vyberte písmo (doporučuji 'serif' pro čitelnost při tisku) a nastavte Výšku textu na 3 mm.

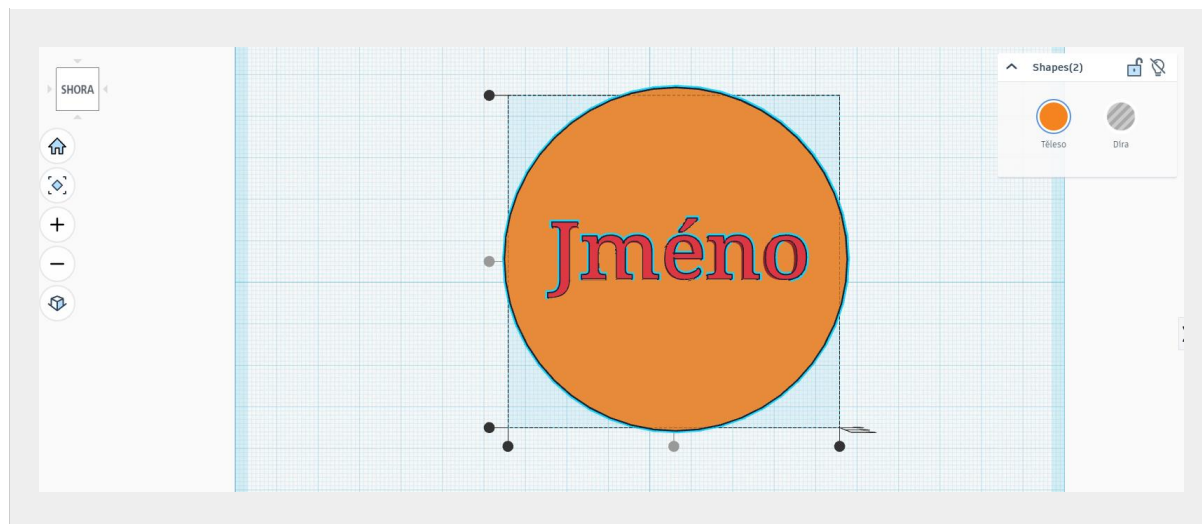


Obr. 10: Panel nastavení 3D modelu textu a nastavení jeho výšky (3.00 mm).

3

Umístění textu na střed podložky

Vyberte oba objekty (Ctrl+A), vícenásobný výběr nebo přetažením). Klikněte na nástroj Align (Zarovnání) v horním panelu (pokud nejde kliknout, tak nemáte vybrané dva objekty). Zarovnejte text na střed válce horizontálně i vertikálně pomocí dvou středových bodů. Pro kontrolu použijte pohled shora (klikněte na kostku pohledu vlevo v horním rohu pracovní plochy a zvolte 'Shora'). Nezapomeňte upravit velikost jména, aby se vešla do velikosti podložky.

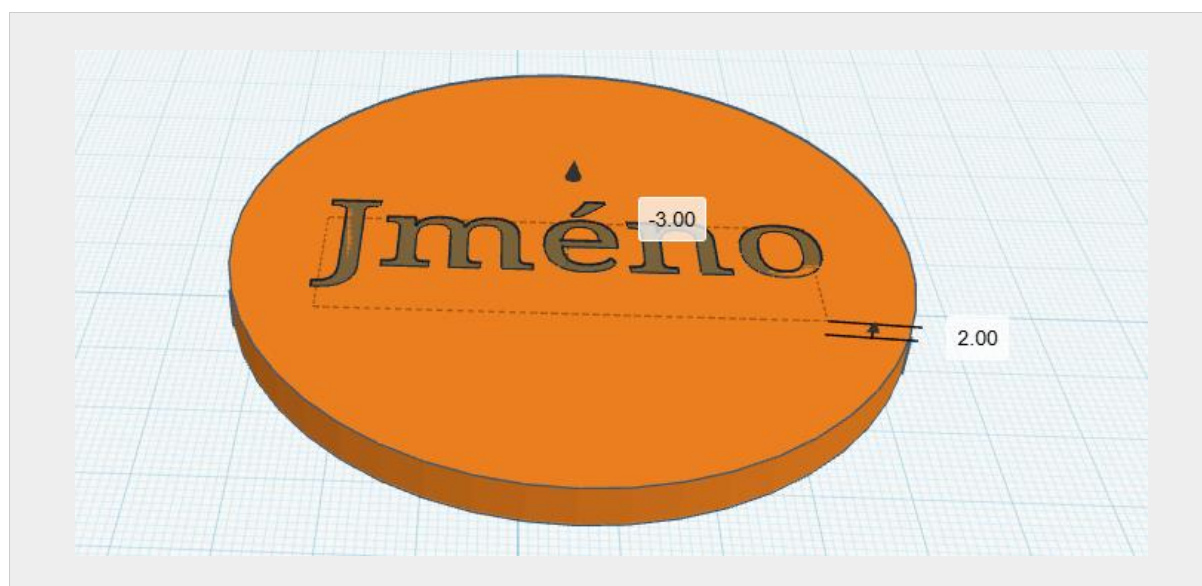


Obr. 11: Pohled shora po zarovnání textu na střed podložky pomocí nástroje – Zarovnání.

4

Nastavení textu jako Hole

Klikněte pouze na text (odznačte válec). V bočním panelu přepnete z 'Solid' na 'Hole'. Text se zobrazí šedě – to znamená, že bude při operaci Group odečten od podložky, čímž vzniká vyrytý nápis. Nápis musíme zapustit do podložky, aby se mělo co odečíst. Pomocí tažení šipky nad textem.

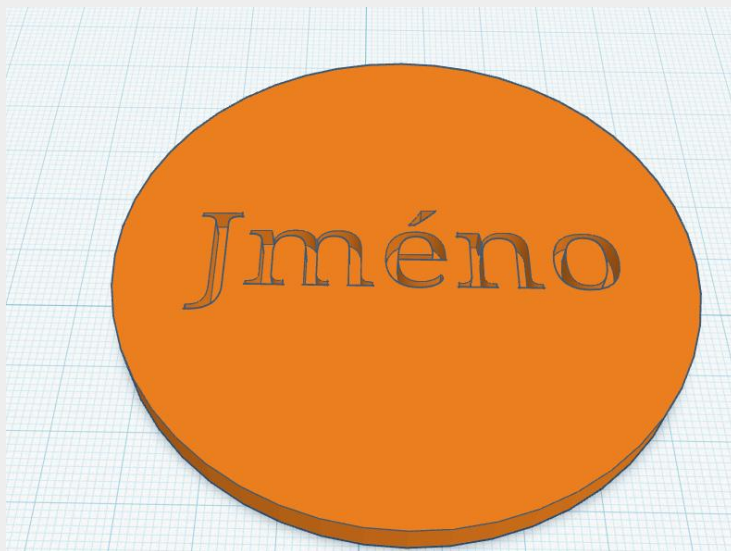


Obr. 12: Text v režimu Hole (šedý), který bude odečten.

5

Group – sloučení a dokončení

Vyberte všechny objekty (Ctrl+A). Kliknete na tlačítko Group (Sjednocená skupina) případně zkratka Ctrl+G v horním panelu. TinkerCAD provede operaci: od válce odečte text. Výsledkem je tenka kruhová podložka s vyrytým nápisem – připravena k exportu.



Obr. 13: Hotový model po operaci Sjednocení (Group).

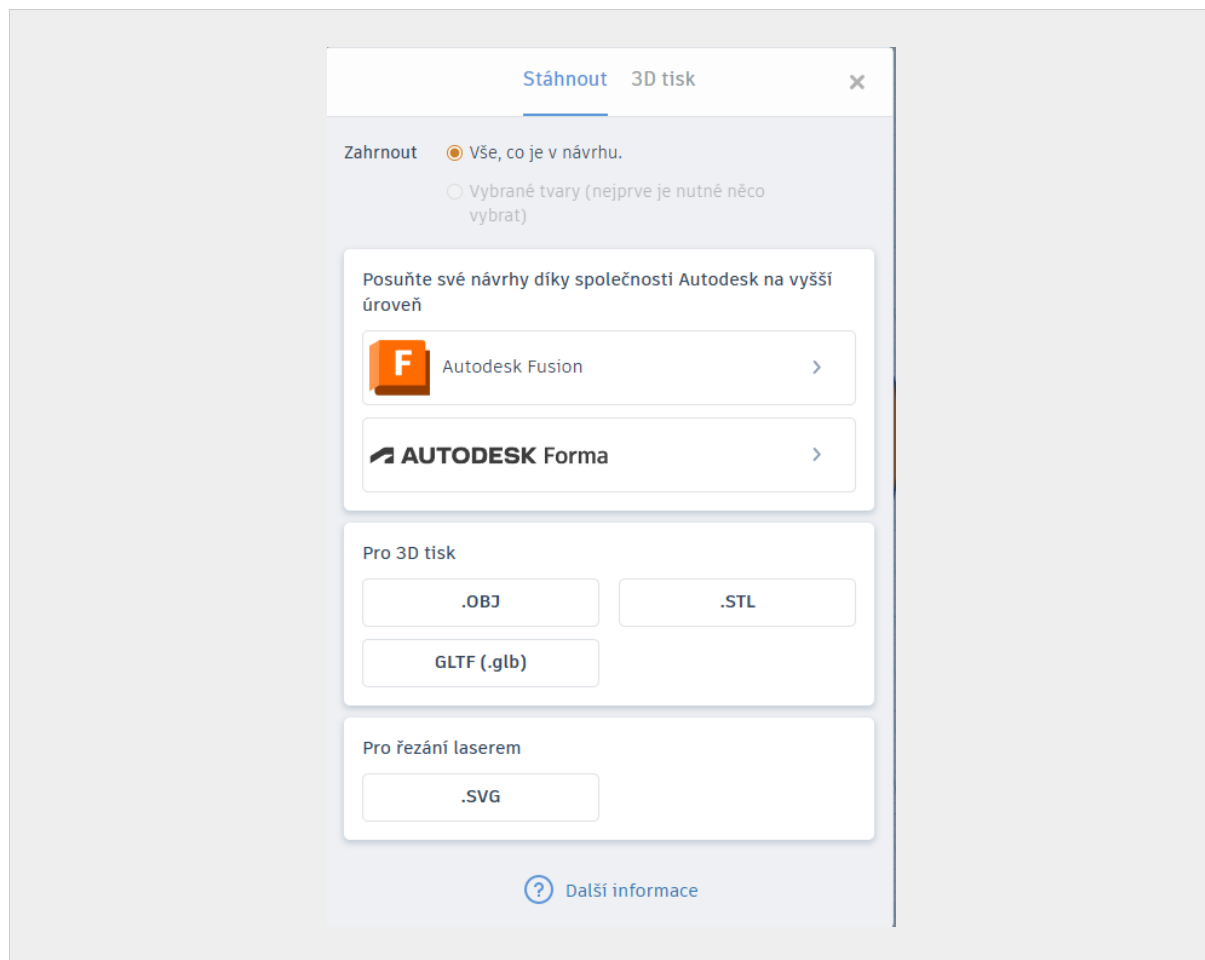
Tip

Chcete mít jméno vystupující nad plochu místo vyrytého? Jednoduše nechte text jako Solid (Těleso) a umístěte ho tak, aby vynikal 1–2 mm nad povrch válce. Po Group operaci bude text prostorově vystupovat – vypadá taky pěkně.

4.8 Export z TinkerCADu

Hotový model je třeba exportovat do formátu, který nám načte PrusaSlicer.

1. Kliknete na tlačítko 'Export' v pravém horním rohu
2. Zvolte formát: .STL
3. Soubor se stáhne do vašeho počítače
4. Tento soubor nainportujete do PrusaSliceru (kapitola 7)

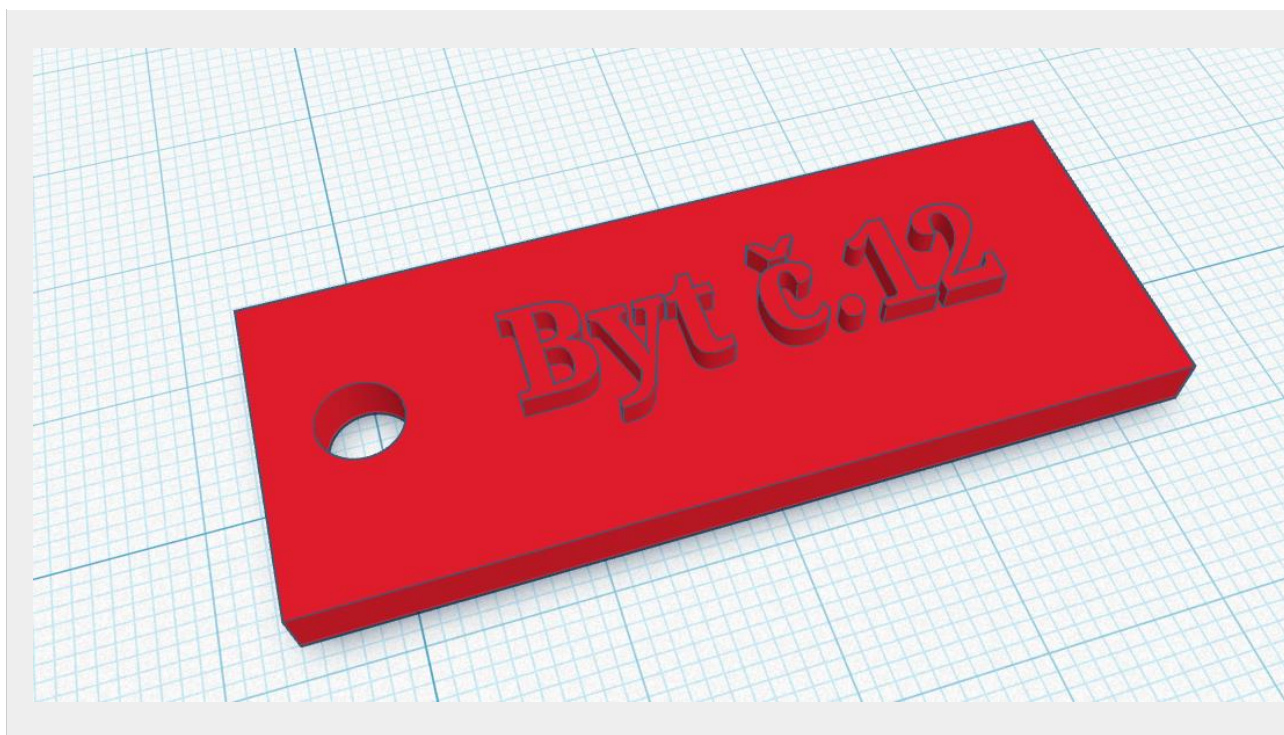


Obr. 14: Export modelu z TinkerCADu ve formátu .STL.

4.9 Další mini projekt: Klíčenka

Klíčenka je další skvělý začátečnický projekt – malá, rychle se tiskne a je užitečná. Využijete všechny znalosti z předchozí úlohy.

1. Vytvořte základní tvar (například kvádr o rozměrech (60 x 20x 3 mm)
2. Přidejte otvor pro kroužek: pomocí Válce 5 mm x 5 mm x 3 mm, Díra (Hole), umístěte na jeden okraj tvaru
3. Přidejte svůj nápis nebo motiv (Text, Solid, umístěte na povrch, výška 1,5 mm)
4. Sdružte všechny objekty (Group)
5. Exportujte jako STL



Obr. 15: Klíčenka v TinkerCADu. Po finální operaci Sjednocení.

4.10 Jednoduché modelování přímo v PrusaSliceru

PrusaSlicer není jen slicer – obsahuje taky základní nástroje pro jednoduché úpravy modelu přímo v programu. Nenahrazuje TinkerCAD, ale pro jednoduché věci (přidání textu na povrch, ořezání modelu, kombinování více STL) se hodí bez nutnosti otevírat další program.

Co PrusaSlicer umí při importu více modelu

Pokud naimportujete více STL souborů do jednoho projektu, můžete je v PrusaSliceru:

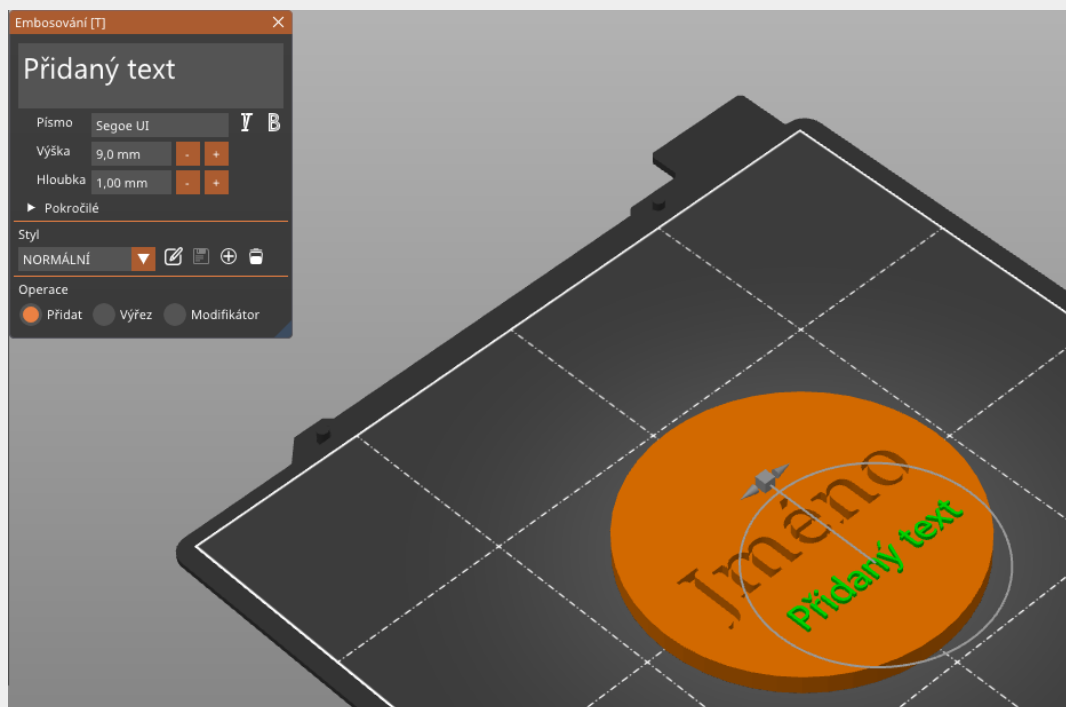
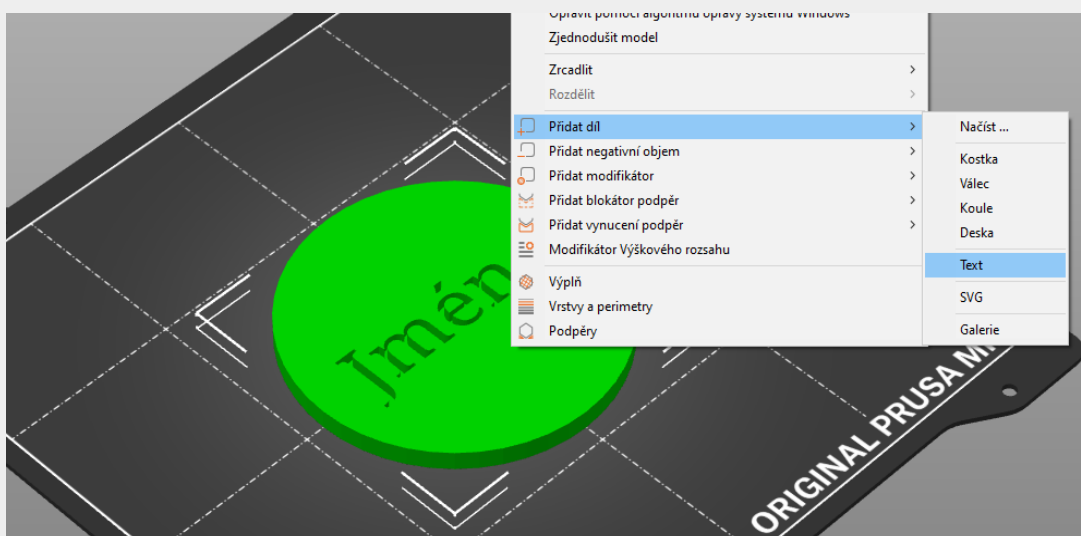
- Umístit na podložku vedle sebe (každý se tiskne zvlášť)
- Sloučit do jednoho celku (nastavením 'Load as single object') – pro jednoduché sjednocení
- Použít jeden jako 'modifier' – např. nastavit jinou vyplň pouze v jedné části modelu

PrusaSliceru je věnována kapitola 7.

Text na povrch modelu – funkce 'Add text'

PrusaSlicer obsahuje nástroj pro přidání textu přímo na povrch 3D modelu. Tato funkce umožňuje vyřezat nebo vysunout nápis na libovolnou plochu modelu bez nutnosti modelovacích programů.

1. Naimportujte váš model do PrusaSliceru
2. Klikněte pravým tlačítkem na model -> 'Add text'
3. Klikněte na plochu modelu, na které chcete text umístit
4. Napište požadovaný text a nastavte velikost, hloubku a styl písma
5. Potvrdíte – text se automaticky aplikuje na povrch modelu



Obr. 16 a 17: Přidání dílu a následné umístění na povrch 3D modelu.

Tip

Funkce Přidat díl -> Text v PrusaSliceru je ideální pro rychle personalizace: jméno na klíčenku, číslo pokoje na jmenovku, datum na ozdobný předmět. Nepotřebujete TinkerCAD, stačí jediný soubor STL z internetu a před tiskem můžete přidat.

Cíl kapitoly

Po této kapitole dokážete vytvořit jednoduchý vlastní 3D model v TinkerCADu a exportovat ho pro tisk. Také víte, že PrusaSlicer umí některá základní úpravy sám.

Kapitola 5

5. Databáze 3D modelu – kde hledat co chci tisknout

Většina lidí si 3D tisk představuje tak, že sami musí něco vymodelovat. Realita je ale jiná: většina tisku pochází ze stažených modelů z internetu. Proč vymyslet kolo, když už ho někdo vyrobil a poskytuje vám ho zadarmo...

5.1 Kde hledat modely

Databáze	Adresa	Proč ji použít
Printables	printables.com	Komunitní web Prusa Research, velký vyber, kvalitní filtrování
MakerWorld	makerworld.com	Komunitní web Bambu Lab, rychlý upload, preview (náhled) tisku
Thingiverse	thingiverse.com	Nejstarší a největší databáze, obrovský výběr
MyMiniFactory	myminifactory.com	Ověřené modely, část zdarma, část placená
Cults3D	cults3d.com	Mix bezplatných a placených, hezké modely

5.2 Jak vybrat dobrý model

Ne všechny modely jsou si rovny. Tady je na co se podívat, než se rozhodnete stahovat.

- Počet stahování a 'likes' – populární modely jsou obvykle otestované a fungují
- Fotografie reálných výtisků – ukazují, jak model opravdu vypadá po tisku (ne, jen render)
- Komentáře uživatelů – často obsahují důležité tipy (např. 'tiskne se lépe o 5° otočeno')
- Velikost a proporce – odpovídá model vašemu použití? Zkontrolujte rozměry v popisku
- Složitost a počet souborů – má model víc částí? Potřebuje lepení? Je to v popisu?
- Potřeba podpěr – model označený 'no supports' se tiskne snáz, dobrý pro začátečníky.

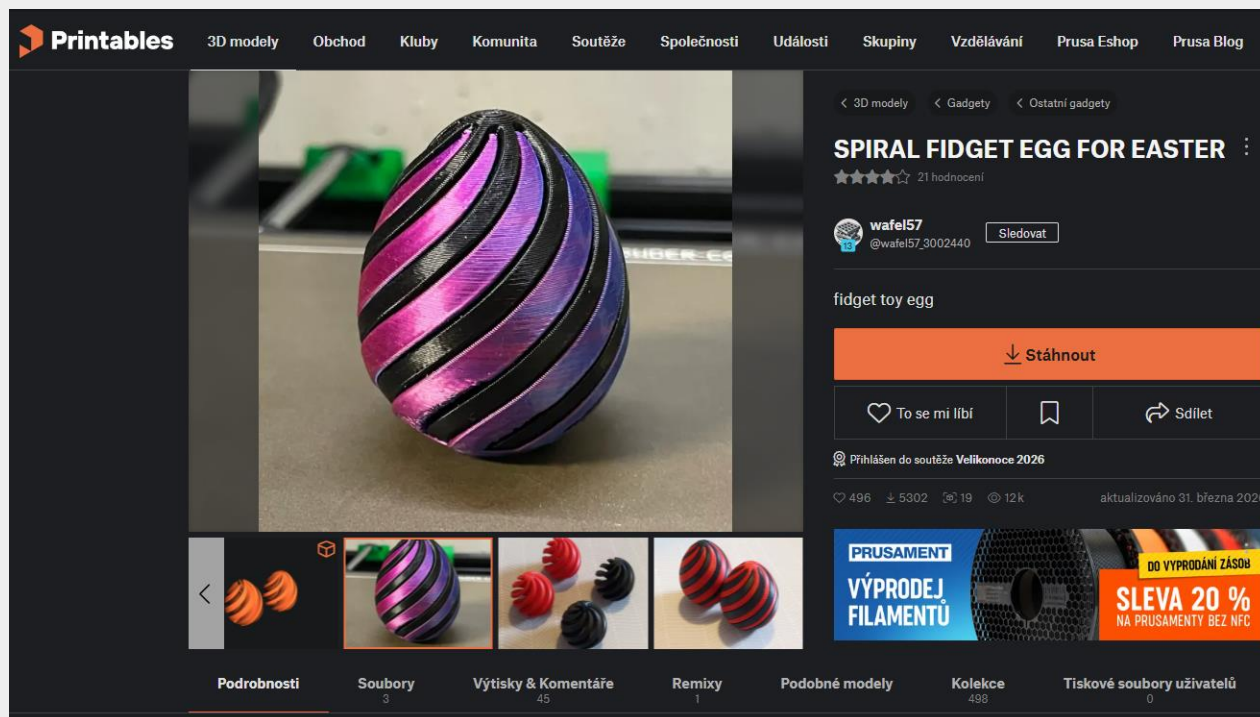
⚙ Recommended Print Settings

These settings are based on typical spiral fidget models to ensure smooth movement and proper tolerances

- **Layer height:** 0.2 mm
- **Walls / Perimeters:** 2
- **Infill:** 10–15%
- **Material:** PLA (recommended), PETG also works
- **Supports:** ✗ Not required
- **Brim:** Optional (use if you have adhesion issues)
- **Print speed:** Medium (40–60 mm/s recommended)
- **Cooling:** 100% after first layers

🔧 Important Tips

- Make sure your printer is **well-calibrated** (especially flow and first layer)
- Do **not scale down** too much — small tolerances may fuse
- If parts feel stuck after printing, gently twist to loosen them
- Silk or dual-color PLA gives the best visual spiral effect



Obr. 18 a 19: Požadavky 3D modelu a jeho stáhnutí v online knihovně Printables. (wafel57, 2026)

5.3 Co stáhnout – správný formát

Když model najdete, uvidíte tlačítko pro stažení (download). Často si můžete vybrat z více formátů. Co stáhnout:

Formát	Kdy stahovat	Poznámka
STL	Vždy funguje, universal	Nejstarší a nejrozšířenější – 100% podpora v slicerech
3MF	Když je nabízen – preferovat	Moderní formát, obsahuje barvy a nastavení tisku
STEP / F3D	Když chcete model upravit	Pro editaci ve Fusion 360 nebo Onshape, obsahuje podrobnější informace o vazbách apod.

5.4 Co NEstahovat (častý omyl)

Pozor

Neplést si formáty! Časté chyby začátečníků: stažení PNG nebo JPG obrázku z náhledu (to je fotografie, ne 3D model!), stažení PDF dokumentace, nebo stažení soubory formátu F3D / SLDPRPT, který otevře jen specifický program. Pro PrusaSlicer potřebujete vždy .STL nebo .3MF.

Cíl kapitoly

Víte, kde hledat modely, jak poznat kvalitní model a jaký soubor stáhnout. Klíč: .STL nebo .3MF do PrusaSliceru.

Kapitola 6

6. Formáty 3D souboru

6.1 STL – nejrozšířenější formát

STL (*Standard Tessellation Language*) je nejrozšířenějším formátem pro 3D tisk. Popisuje povrch modelu jako síť trojúhelníků (mesh). Každá zaoblená plocha je v STL aproximovaná mnoha malými trojúhelníky – čím víc, tím hladší výsledek, ale též větší soubor.

- Podporován úplně všemi slicery i 3D tiskárnami
- Nenese informace o barvě, materiálu ani jednotkách
- Nastavení 'Resolution' (rozlišení) při exportu ovlivňuje hladkost zaoblených ploch

6.2 3MF – moderní nástupce

3MF (*3D Manufacturing Format*) je moderní formát. Řeší nedostatky STL a je preferovaným formátem pro moderní slicery.

- Obsahuje informace o barvě, materiálu a měřítku
- Menší velikost souboru při stejné nebo lepší kvalitě
- Plně podporován PrusaSlicerem a Bambu Studiemi
- Umožňuje uložit nastavení sliceru přímo do souboru (čas tisku, výplň...)

6.3 STEP – zmínka

STEP (.STP) je formát pro výměnu CAD dat mezi profesionálními programy. Zachovává matematicky přesné křivky. Používá se, když chcete model upravit v Onshape, Fusion 360 nebo SolidWorks. Pro přímý 3D tisk ho nepotřebujete.

Shrnutí

Mám STL nebo 3MF? Jdu přímo do sliceru.

Mám STEP? Chci model upravit v CAD programu.

Mám PNG, JPG nebo PDF? To není 3D model, hledat znovu.

STL nemá informaci o jednotkách – vždy tedy musím exportovat v milimetrech!

Kapitola 7

7. Slicer – příprava tisku

7.1 Co je slicer a co dělá

Slicer je program, který převádí váš 3D model na instrukce pro tiskárnu. Název pochází z anglického 'to slice' = krájet. Slicer model 'nakrájí' na tenké horizontální vrstvy a z každé vrstvy vypočítá cestu, kudy pojede tisková hlava 3D tiskárny.

Poznámka

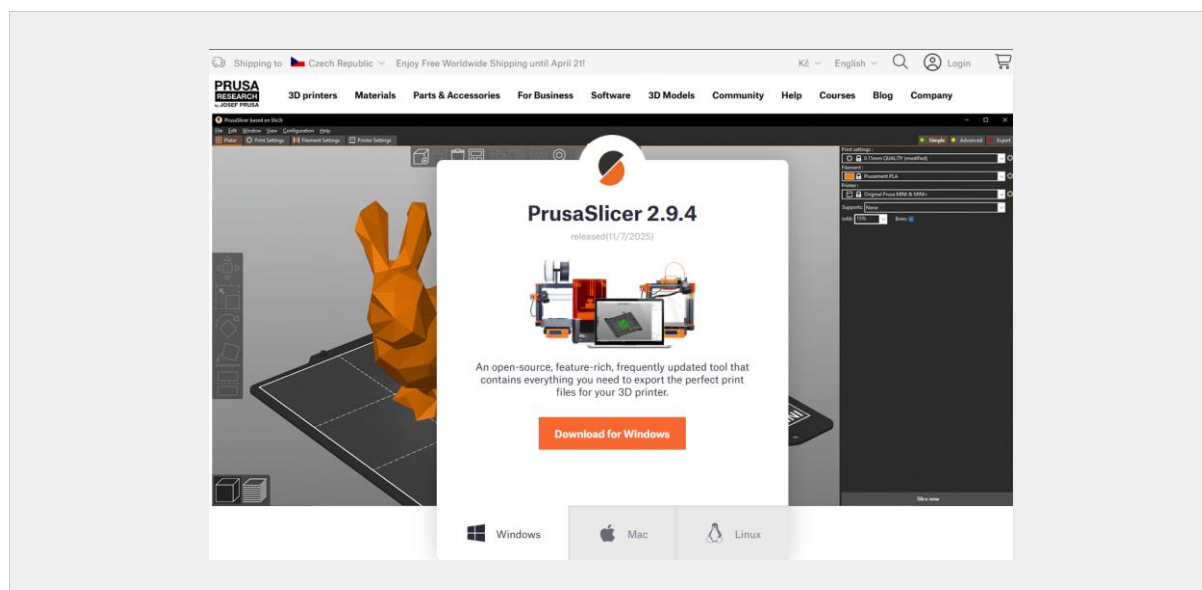
Bez sliceru tiskárna neudělá nic. I když máte dokonalý 3D model, tiskárna 'nerozumí' STL ani 3MF – potřebuje G-kód, který generuje až právě slicer.

7.2 PrusaSlicer – náš zvolený nástroj

Pro tento učební text jsme zvolili právě PrusaSlicer:

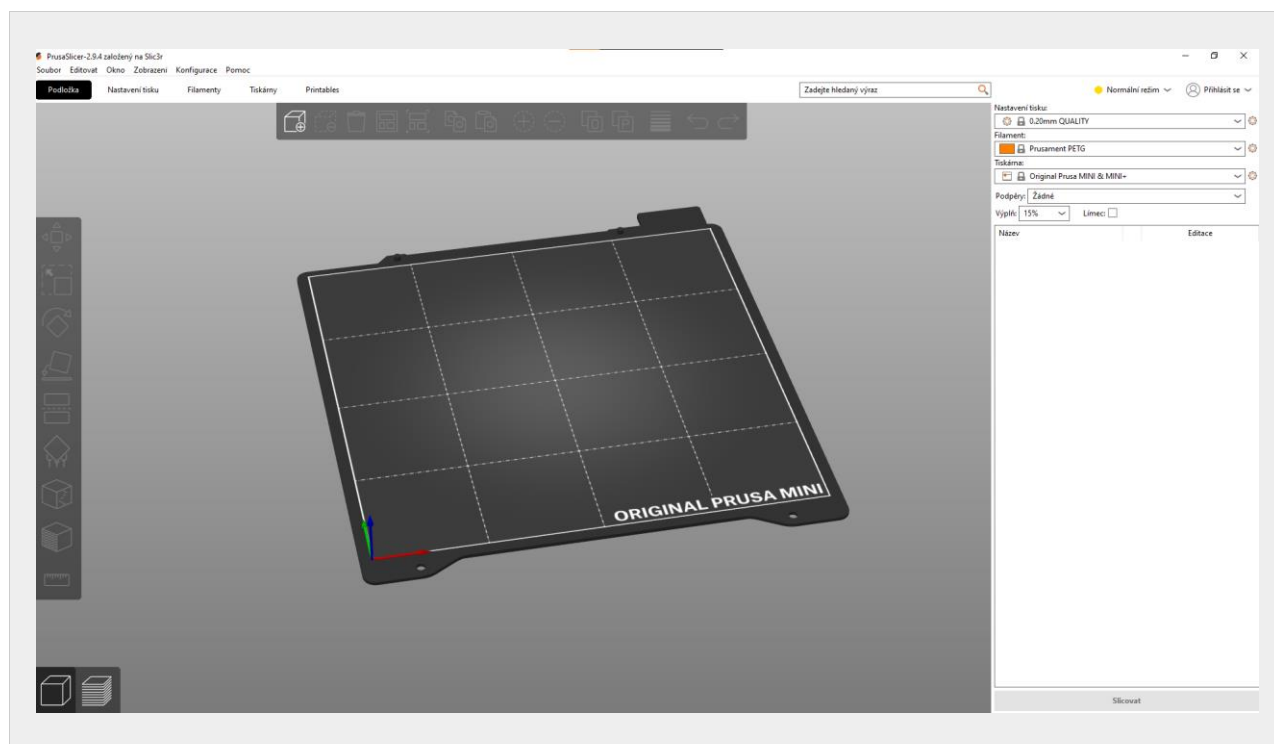
- Zdarma, open-source, dostupný na Windows / macOS / Linux
- Skvělé označené české menu – i začátečník se zorientuje
- Obsahuje profily pro desítky tiskáren (Prusa, Bambu, Ender, Creality...)
- Bambu Studio (pro Bambu Lab tiskárny) je modifikovaný PrusaSlicer – vše níže platí obdobně

1. Jdete na www.prusa3d.com/page/prusaslicer_424
2. Kliknete 'Download for Windows' a stáhněte verzi pro váš operační systém (Windows, Mac, Linux)
3. Nainstalujete standardní instalaci
4. Při prvním spuštění váš průvodce ptá na tiskárnu – vyberte svou



Obr. 20: Instalační okno PrusaSliceru na oficiálních stránkách.

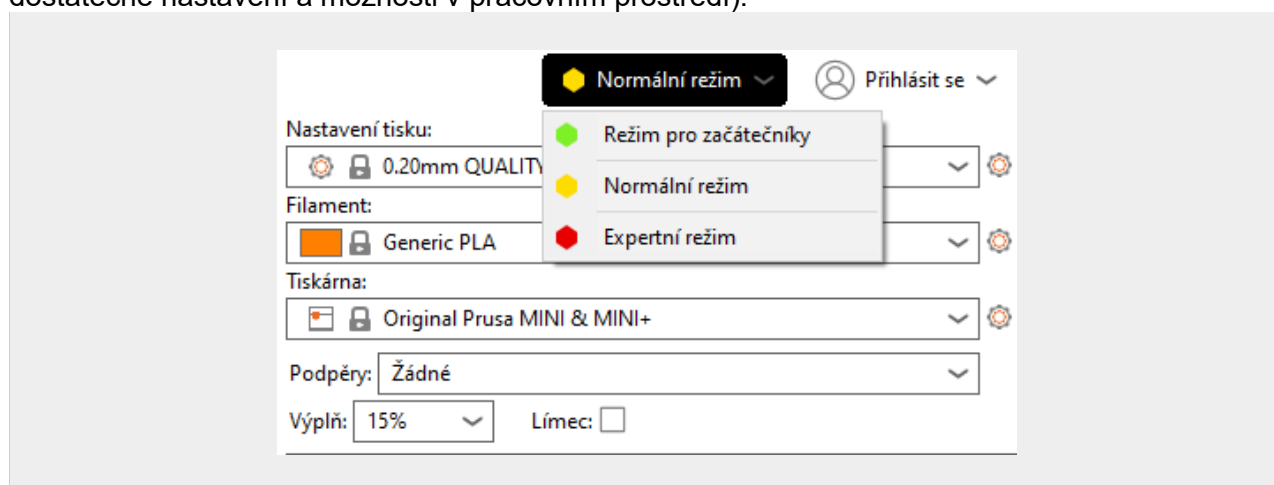
7.3 Prostředí PrusaSlicer



Obr. 21: Pracovní prostředí PrusaSliceru.

Oblast	Co tam nastavuji
Horní panel	Import modelu, možnost uspořádat modely na podložce
Pravá lišta	Výběr tiskárny, filamentu a tiskového profilu (výška vrstvy)
Pracovní plocha	Virtuální tisková podložka s naším modelem
Levá lišta	Nástroje pohledu a základní rotace s modelem
Dolní tlačítko	Slicovat– spustí generování G-Code (G-Kódu)

Pokud nevidíte některé tlačítka ať už v pracovním prostředí, nebo v nastavení je možné, že nemáte zvolený správný režim zobrazení. Doporučuji nastavit normální režim (umožňuje dostatečné nastavení a možnosti v pracovním prostředí).



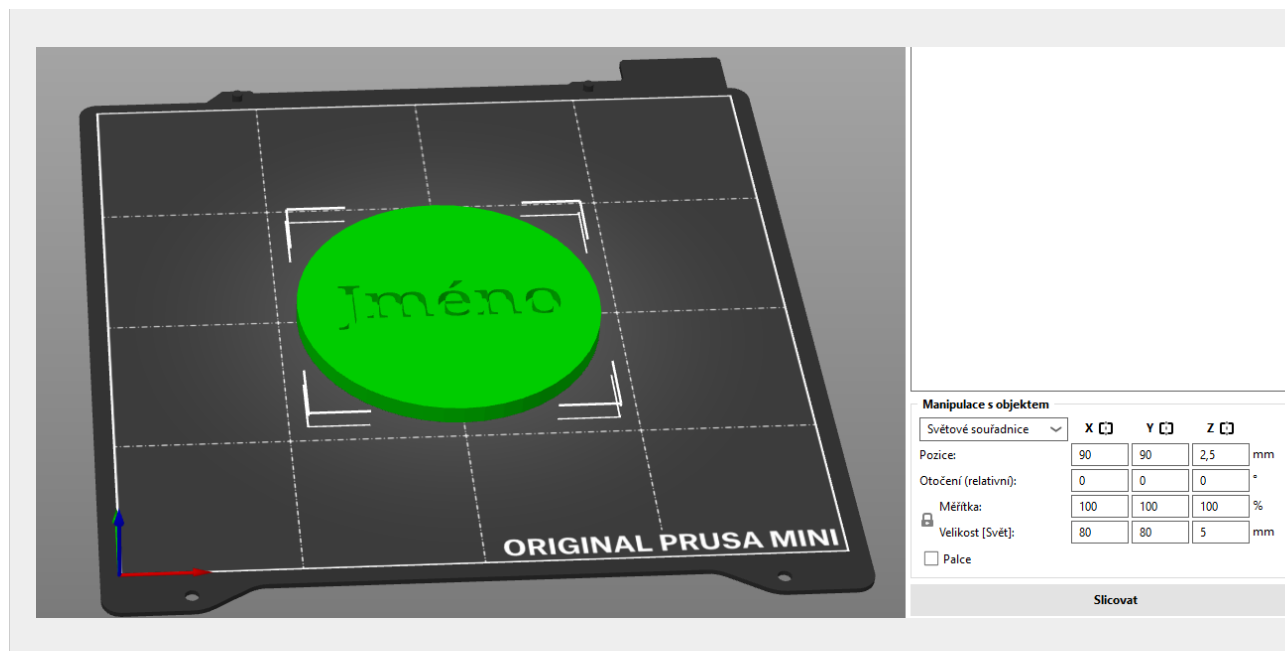
Obr. 22: Nastavení režimu v pravém bočním panelu pracovního prostředí PrusaSliceru.

7.4 Postup krok za krokem

Krok 1 – Import modelu

Prvním krokem je vždy načtení STL nebo 3MF souboru do PrusaSliceru.

1. Kliknete na 'Soubor > Importovat > Import STL/3MF...' nebo jednoduše přetáhněte soubor na pracovní plochu z vašich souborů
2. Model se objeví na virtuální tiskové podložce
3. Zkontrolujte rozměry – klikněte na model, v dolní liště zkontrolujte X, Y, Z v milimetrech



Obr. 23: Importovaný model v PrusaSliceru.

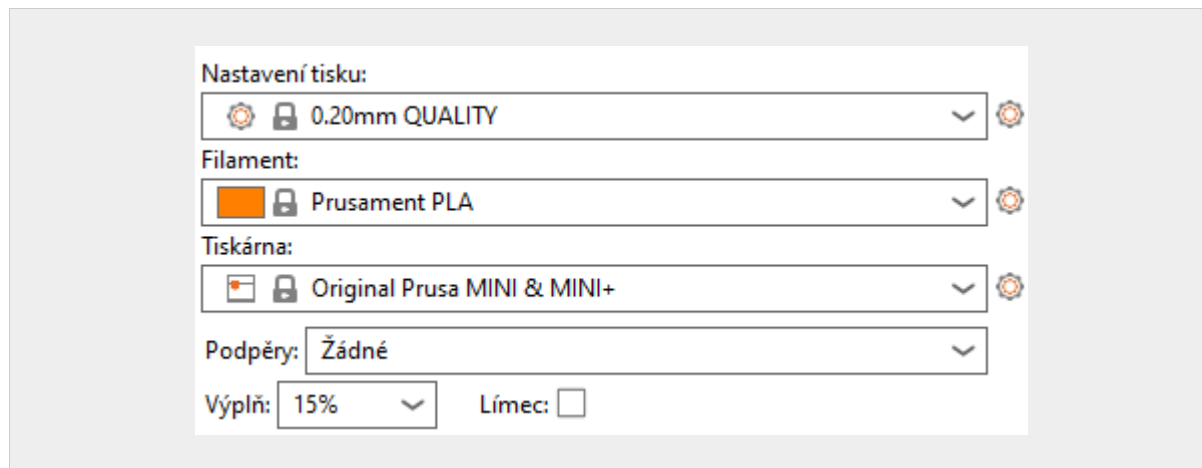
Pozor

Pokud je model větší nebo menší, než očekáváte, pravděpodobně jsou špatné jednotky při exportu (palce vs. milimetry). Opravte export v programu nebo použijte změnu měřítka.

Krok 2 – Výběr tiskárny a trysky

Slicer musí vědět, pro jakou tiskárnu data připravuje. Každá tiskárna má jiné rozměry podložky a jiná nastavení.

1. V pravé liště klikněte na rozbalovací menu 'Tiskárna'
2. Vyberte model vaší tiskárny
3. Zkontrolujte průměr trysky, filament a výplň – standardní je 0,20 mm, PLA a 15 %



Obr. 24: Okno nastavení všech parametrů v pravé liště pracovního prostředí.

Krok 3 – Orientace modelu na podložce

Orientace modelu na podložce má zásadní vliv na pevnost, vzhled výtisku a nutnost podpěr.

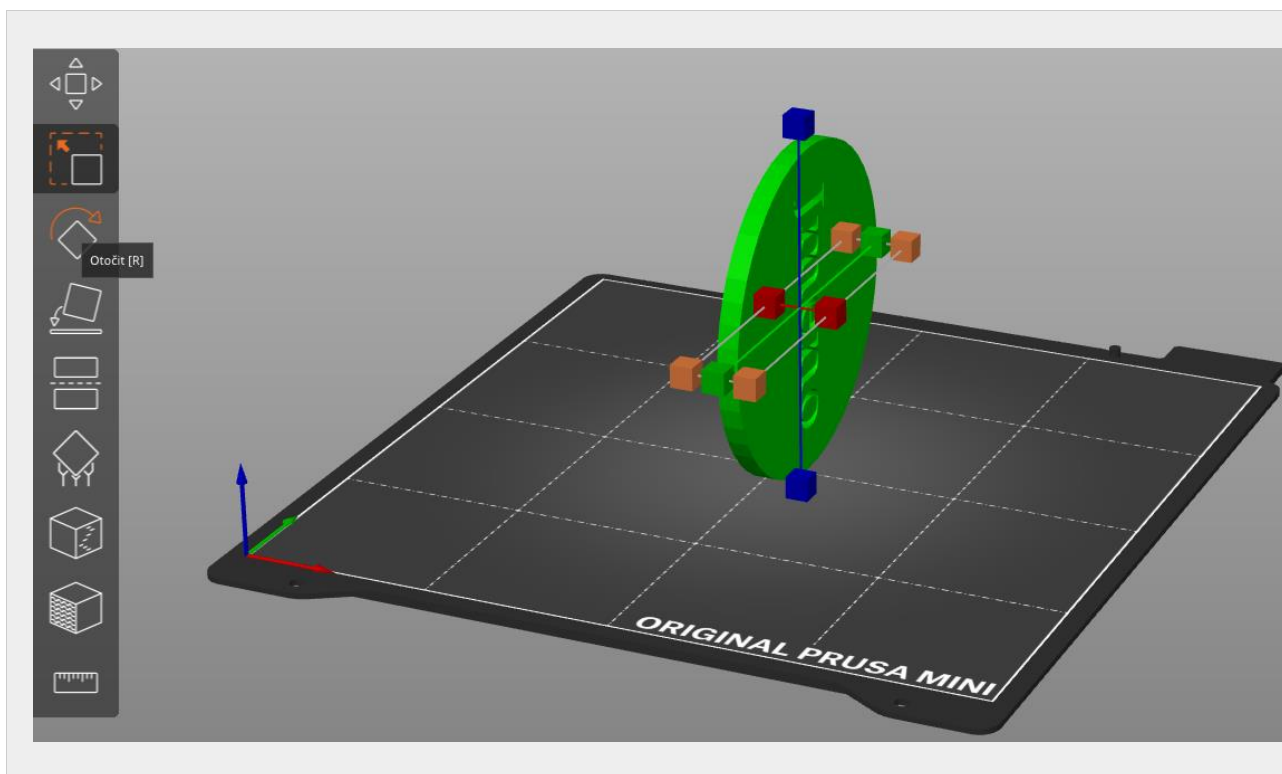
Základní pravidlo

Model staví na největší rovné ploše. To zajišťuje dobrou adhezi k podložce a minimalizuje potřebu podpěr.

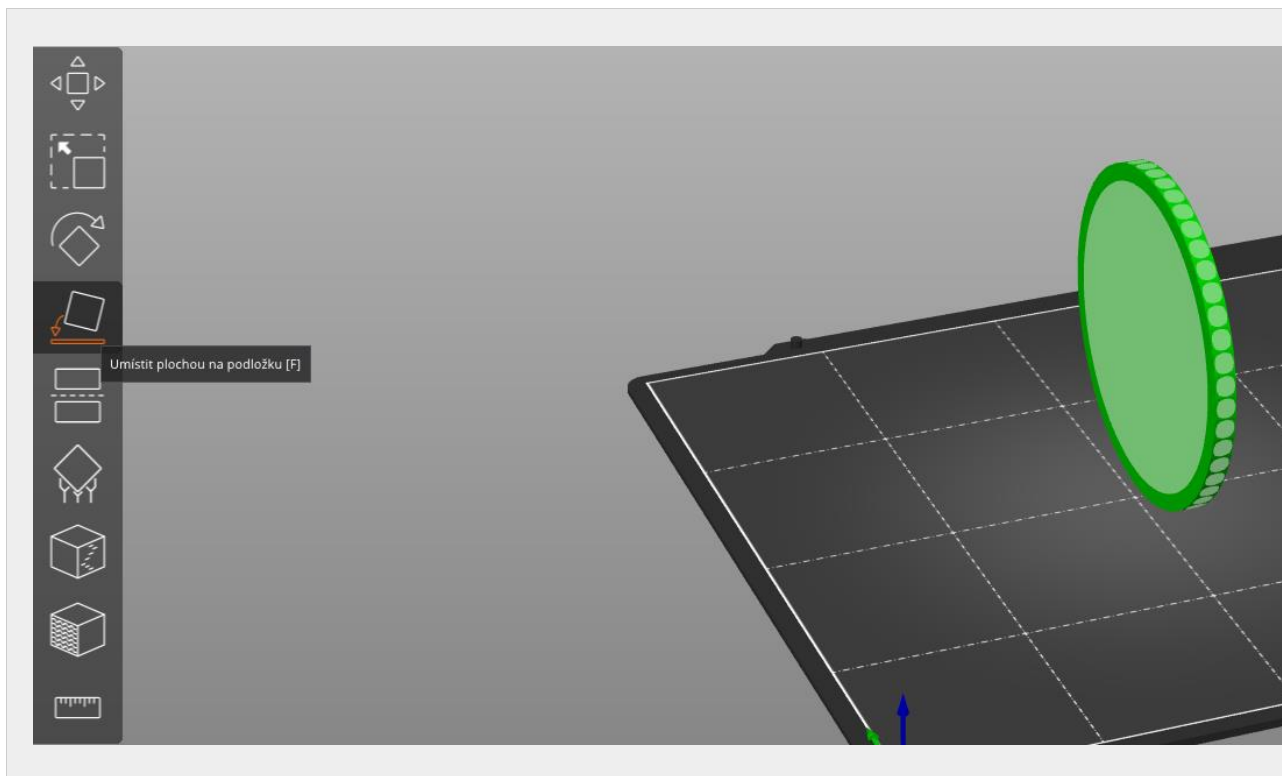
Typ modelu	Doporučená orientace	Důvod
Plochý předmět (podložka, destička)	Naplocho	Velká kontaktní plocha = dobrá adheze
Válcovitý předmět (krabíčka)	Na bok (největší plocha dolů)	Stabilita, minimum podpor
Figurka / detail	Nejdůležitější povrch nahoru	Viditelná část nejhladší
Převislé části	Otočit, aby převis byl pod 45°	Omezení nebo odstranění podpěr

Otočení modelu v PrusaSliceru:

1. Klikněte na model -> v levém panelu vyberte nástroj (Otočení)
2. Nebo použijte Umístit plochu na podložku a zvolte plochu, kterou chcete umístit na podložku.



Obr. 25: Použití nástroje Otočit na levé nástrojové liště.



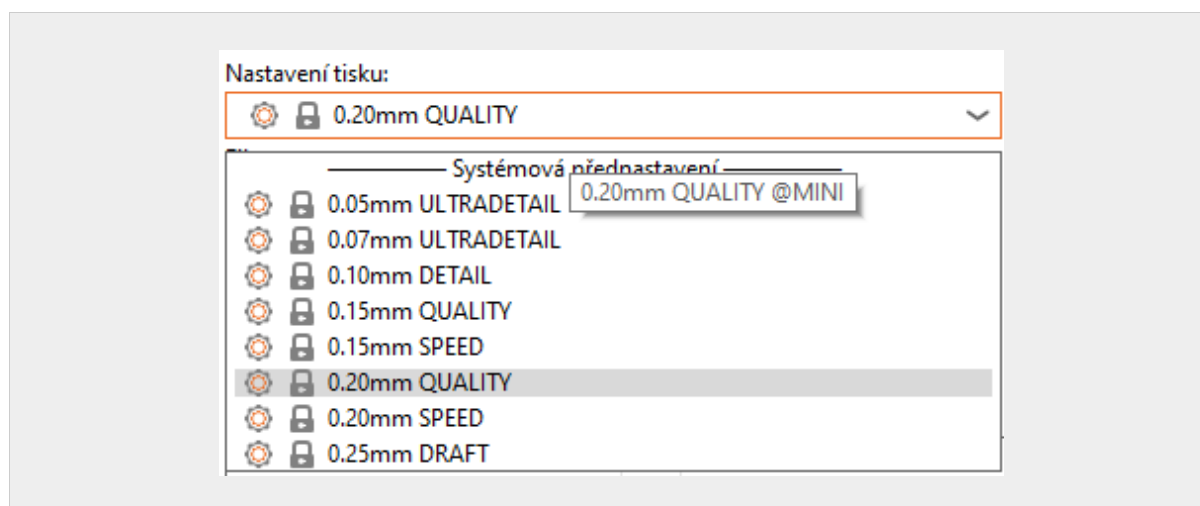
Obr. 26: Použití nástroje Umístit plochu na podložku na levé nástrojové liště.

Krok 4 – Výška vrstvy

Výška každé vytištěné vrstvy je kompromis mezi kvalitou a rychlostí tisku. Pro začátečníky je ideální 0,20 mm.

Výška vrstvy	Struktura	Čas tisku	Použití
0,10 mm	Ultra jemná	Velmi dlouhý	Šperky, figurky, miniaturní detaily
0,20 mm	Standard	Normální	Většina běžných tisků – doporučeno pro začátek
0,30 mm	Strukturovanější	Krátký	Prototypy, velké modely, rychlá kontrola

Nastavení v PrusaSliceru: V pravé liště klikněte na Nastavení tisku a vyberte požadovanou výšku. PrusaSlicer nabízí předpřipravené profily viz obrázek.



Obr. 27: Výběr výšky tisky v pravé liště – Nastavení tisku.

Krok 5 – Výplň (Infill)

Model nemusí být plný plastu. 3D tiskárna může vnitřek modelu tisknout s mezerami – to se nazývá Infill (výplň). Nastavuje se jako procento objemu:

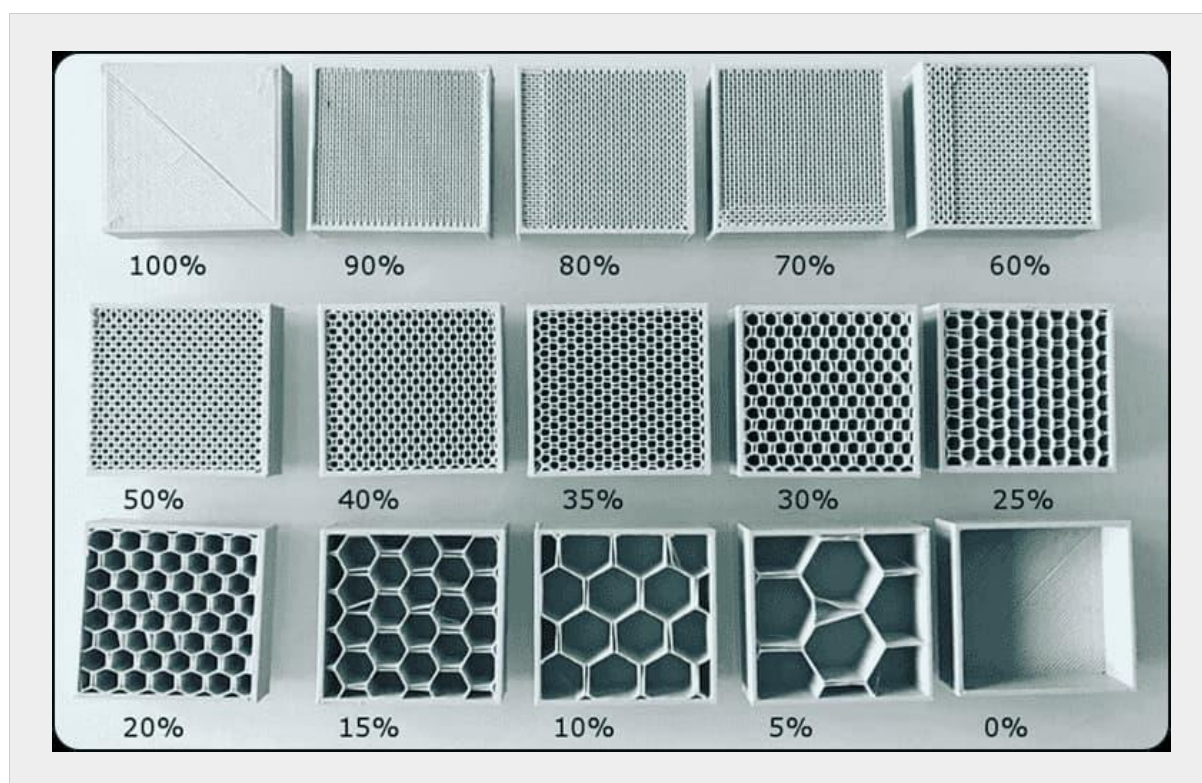
Hustota	Charakter	Vhodné pro
5–15 %	Víceméně prázdný vnitřek	Dekorace, figurky – nic nesou
15–20 %	Standard	Běžné předměty – klíčenky, držáky, krabičky
25–40 %	Střední pevnost	Věci, co nesou zátěž, nebo se mechanicky namáhají
100 %	Plný	Maximální pevnost – vzácná potřeba

Tip

Pro 90 % běžných tisku stačí výplň 15 až 20 %. Uspoříte tím hodně filamentu a času bez znatelného vlivu na pevnost pro běžné použití.

Kromě hustoty si můžete vybrat vzor výplně. Nejpopulárnější jsou:

- Grid (mřížka) – rychlý, jednoduchý, dobrý pro běžné předměty
- Gyroid – trojrozměrná vlnitá struktura, nejlepší pevnost ve všech směrech, doporučeno pro funkční díly
- Honeycomb (plástev) – pěkný vzor viditelný ze vzduchu, dobrá pevnost



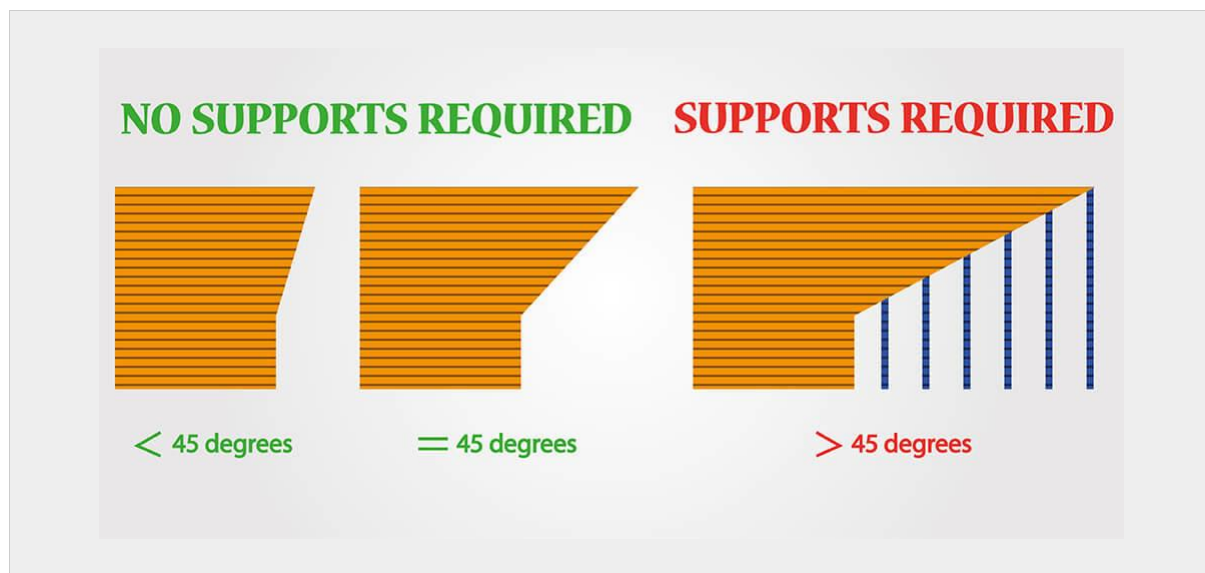
Obr. 28: Ukázka různých procent výplně (honeycomb). (Shenzhen JR Technology Co., Ltd. 2023)

Krok 6 – Podpory (Supports)

3D tiskárna umí tisknout jen na něco, co už bylo vytištěno. Pokud má model část, která visí ve vzduchu, tiskárna nemá na co plast nanášet. K tomu slouží podpěry – dočasné struktury, které se po tisku odlámají.

Pravidlo 45 stupňů

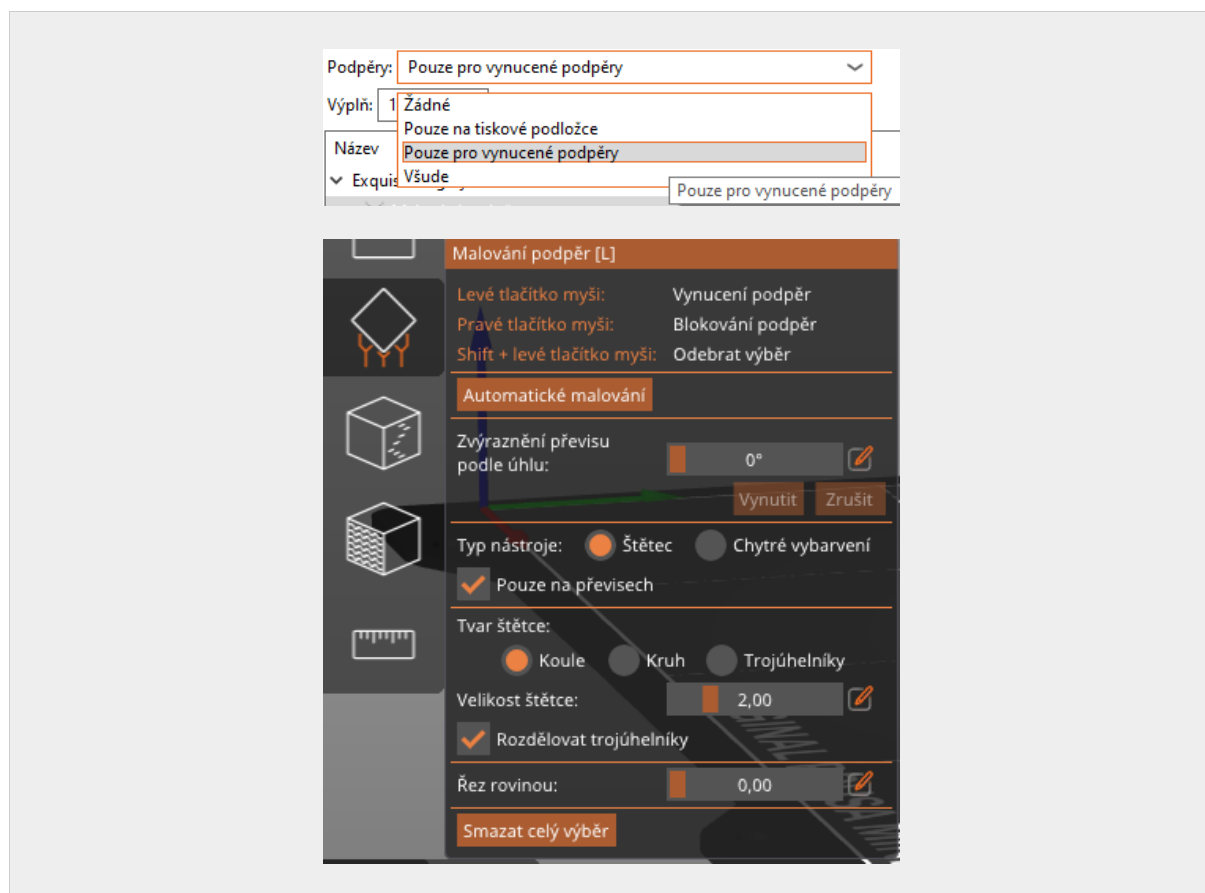
Tiskárna zvládá převisy až do uhlu 45 stupňů od vodorovné roviny bez podpor. Nad 45 stupňů jsou podpěry nutné. Když to jde, otočte model tak, aby převisy byly pod 45 stupni – uspoříte čas a materiál a výsledek bude čistější.



Obr. 29: Ukázka pravidel pro podpěry. Pravidlo 45 stupňů. (Gambody Team, 2020)

Podpěry zapneme v PrusaSliceru v levé liště – Malování podpěr (zkratka – klávesa L):

1. Zaklikneme Automatické malování
2. Můžete zanechat nastavení viz příložený obrázek
3. V pravé liště nastavení tisku musíte nastavit Podpěry -> Pouze pro vynucené podpěry



Obr. 30: Nastavení podpěr v prostředí PrusaSliceru.

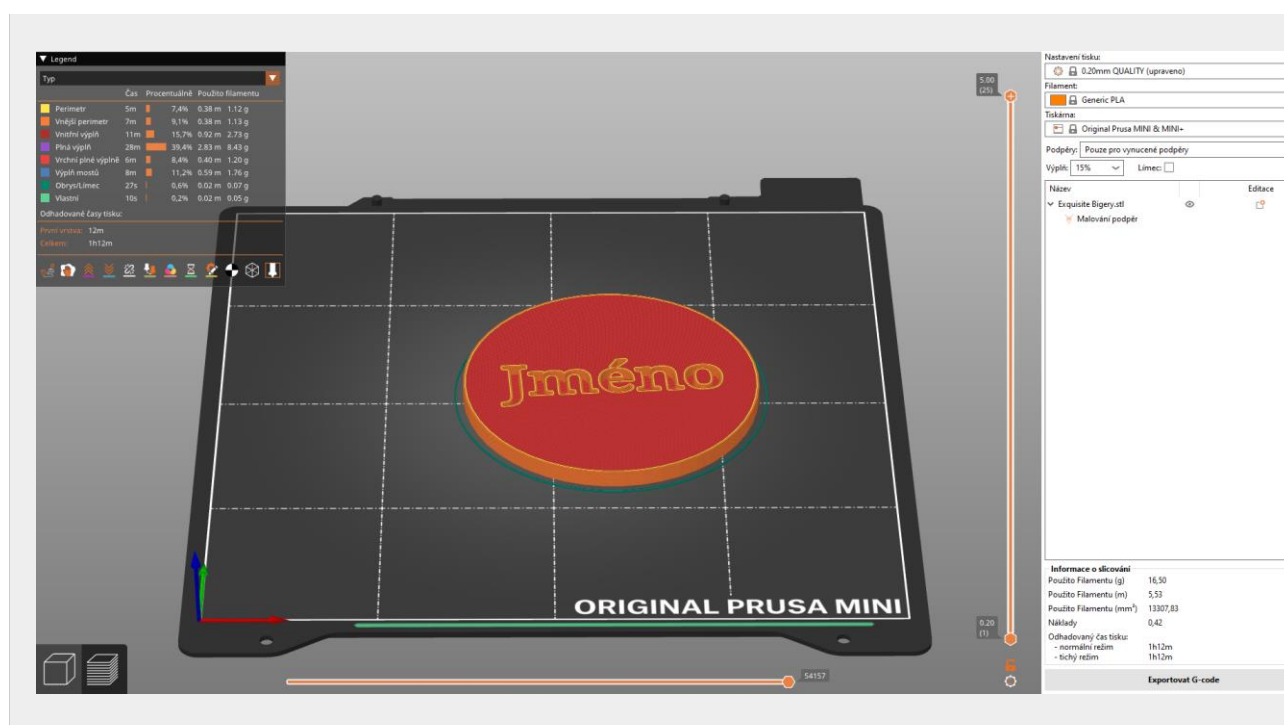
Tip

Zkuste tisknout bez podpěr a přidat je až když je opravdu potřeba (pravidlo 45). Dobře zvolenou orientaci modelu můžete často vyhnout podpěrám úplně – výsledek bude čistější a tisk rychlejší.

Krok 7 – Slicování

Když máte všechno nastaveno, je čas spustit samotné slicování. Slicer vypočítá cestu tiskárny pro každý pohyb.

1. Klikněte na tlačítko Slicovat vpravo dole
2. Vyčkejte několik sekund – PrusaSlicer vypočítá G-code
3. Pohled se automaticky přepne do režimu náhledu (Preview)
4. Vpravo dole uvidíte odhadovaný čas tisku a spotřebu filamentu v gramech a metrech

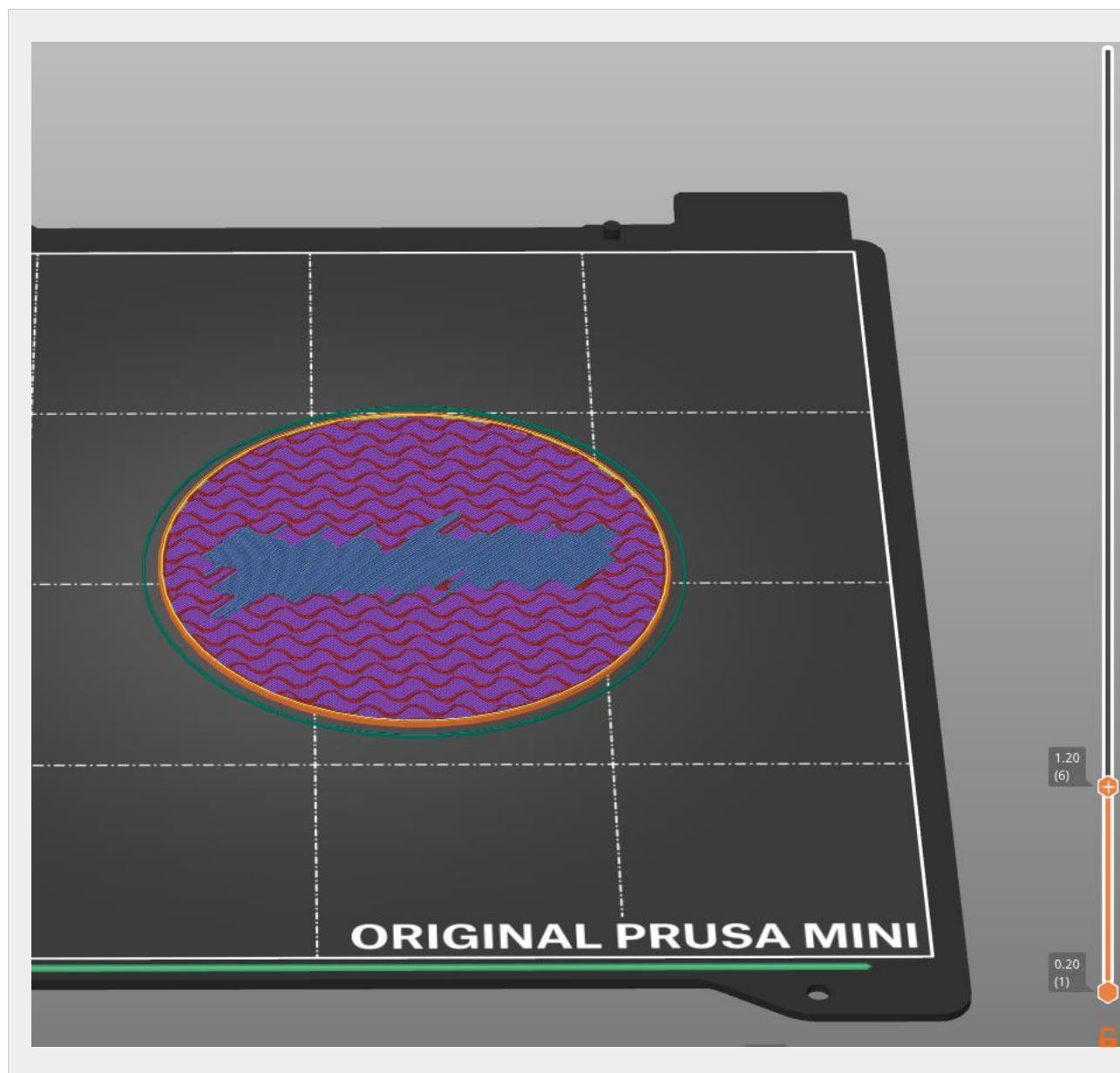


Obr. 31: Zobrazení vygenerované náhledu na tisk s jeho parametry.

Krok 8 – Náhled vrstev a kontrola

Po Slicování je klíčové zkontrolovat náhled, než cokoliv pošlete do tiskárny. Tohle je prevence před zbytečným ztracením času a filamentu.

1. V režimu Preview (náhled) použijte posuvník na pravé straně pro procházení vrstvami od spodu až na vrch (konec tisku)
2. Zkontrolujte: jsou vrstvy kompletní? Někde nechybí materiál?
3. Zkontrolujte: jsou podpěry tam kde mají být, a nejsou zbytečně jinde?
4. Zkontrolujte: je výplň viditelná uvnitř modelu?
5. Zkontrolujte: první vrstva plně pokrývá podložku?



Obr. 32: Procházení vrstev v náhledu tisku, pomocí posuvníku (šestihranu nalevo).

Co označují barvy v náhledu

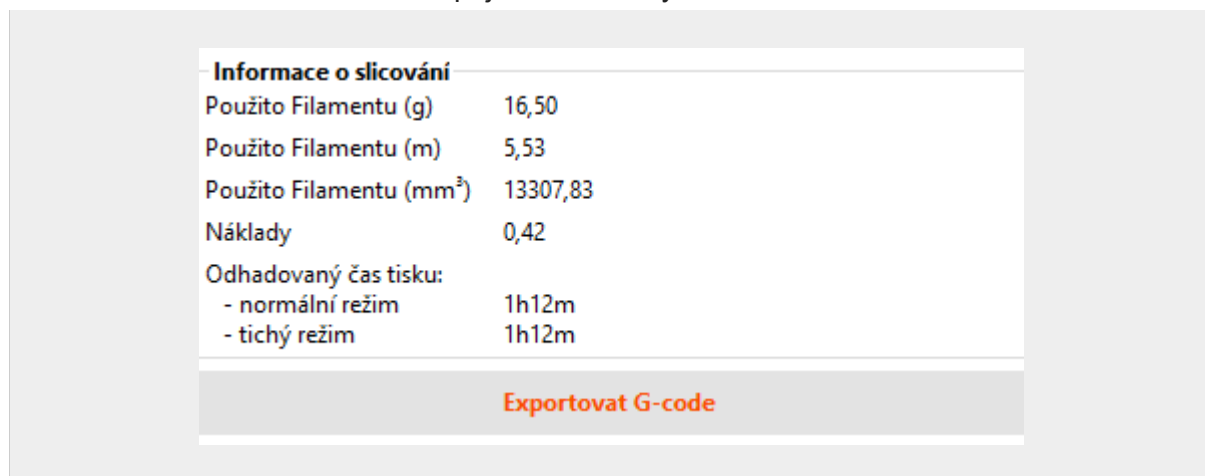
Oranžová = stěny (exteriér modelu). Fialová = výplň (vnitřek). Červená / Modrá = podpěry. Zelená = první vrstva. Každá barva je jedna část tisku – takhle přesně slicer umí model připravit.

		Čas	Procentuálně	Použito filamentu	
	Perimetr	5m	7,4%	0.38 m	1.12 g
	Vnější perimetr	7m	9,1%	0.38 m	1.13 g
	Vnitřní výplň	11m	15,7%	0.92 m	2.73 g
	Plná výplň	28m	39,4%	2.83 m	8.43 g
	Vrchní plné výplně	6m	8,4%	0.40 m	1.20 g
	Výplň mostů	8m	11,2%	0.59 m	1.76 g
	Obrys/Límeč	27s	0,6%	0.02 m	0.07 g
	Vlastní	10s	0,2%	0.02 m	0.05 g

Obr. 33: Náhledová tabulka jednotlivých částí 3D tisku..

Export G-kódu

1. Klikněte na 'Export G-code' v dolní liště napravo
2. Uložte ho na USB – které zapojíte do tiskárny



Obr. 44: Export G-Kódu.

Cíl kapitoly

Dokážete naimportovat model, nastavit všechny základní parametry, zkontrolovat náhled a exportovat G-kód. To je všechno, co potřebujete pro 90 % běžných tisků.

Kapitola 8

8. G-code: Aneb co tiskárna skutečně čte

8.1 Co je G-code

G-code (G-kód) je textový programovací jazyk, který říká 3D tiskárně přesně co má dělat: kam pohybovat tryskou, jak rychle, na jakou teplotu zahřát materiál, kdy zapnout ventilátor. Slicer ho generuje automaticky – vy ho normálně nečtete. Ale je zajímavé se na něj podívat, protože je to právě ten 'jazyk', kterému tiskárna rozumí.

8.2 Ukázka G-codu

Otevřete libovolný .G-code soubor v Notepadu (nebo jiném textovém editoru). Uvidíte něco takového:

```
; PrusaSlicer 2.8 | Prusa MK4 | PLA | 0.20mm
M140 S60      ; zahřej podložku na 60 °C
M104 S215     ; zahřej trysku na 215 °C
G28           ; homing - najdi nulový bod XYZ
M109 S215     ; čekej dokud tryska není 215 °C
G92 E0        ; nuluj extruder
; === TISK PRVNÍ VRSTVY ===
G0 Z0.200 F3600 ; pohyb do výšky první vrstvy (0.2 mm)
G0 X10 Y10     ; přesuň na startovní bod
G1 X80 Y10 E5.2 F1500 ; tisk cary (souřadnice + extruze + rychlost)

filament_type=PLA
filament_abrasive=0
nozzle_diameter=0.4
nozzle_high_flow=0
bed_temperature=60
brim_width=0
fill_density=15%
layer_height=0.2
temperature=210
ironing=0
support_material=1
extruder_colour=""
max_layer_z=5.00
objects_info={"objects":[{"name":"Exquisite Bigery.stl","polygon":[[108.375,53.799]]}]}
filament used [mm]=5532.75
filament used [g]=16.50
filament cost=0.42
filament used [cm3]=13.31
total filament used for wipe tower [g]=0.00
estimated printing time (normal mode)=1h 11m 45s
estimated printing time (silent mode)=1h 11m 45s
```

Obr. 45: Ukázka G-kódu a jeho parametrů.

Tip

Propojení s matematikou a IT: G-code je přímý příklad použití souřadnicového systému X, Y, Z v praxi. Každý pohyb trysky je pohyb v prostoru popsán souřadnicemi – přesně co se učíte v matematice.

Cíl kapitoly

Chápete, co je G-code a proč ho tiskárna potřebuje. Můžete si ho otevřít a prozkoumat.

Kapitola 9

9. Samotný tisk

9.1 Jak dostat G-code do tiskárny

SD karta nebo USB

Nejspolehlivější metoda. Soubor .G-code uložíte na SD kartu nebo USB, tu zasunete do tiskárny a z menu zvolíte soubor ke tisku. Funguje vždy, bez internetu a bez ovladače.



Obr. 46: USB s G-kódem ze sliceru.

Wifi / Cloud

Novější tiskárny (Prusa MK4 s PrusaConnect, Bambu Lab) podporují odesílání tisku přes Wifi přímo z PrusaSliceru nebo mobilní aplikace. Stačí kliknout 'Send to Printer' (Odeslat na tiskárnu) a tisk se odešle bezdrátově.

9.2 Příprava tiskárny

Očistění podložky – nejdůležitější krok před tiskem

Před každým tiskem očistěte tiskovou podložku isopropylalkoholem (IPA, alespoň 90%) a čistým papírovým ubrouskem. Tuk z rukou dramaticky snižuje adhezi první vrstvy a je hlavním důvodem selhání tisku.



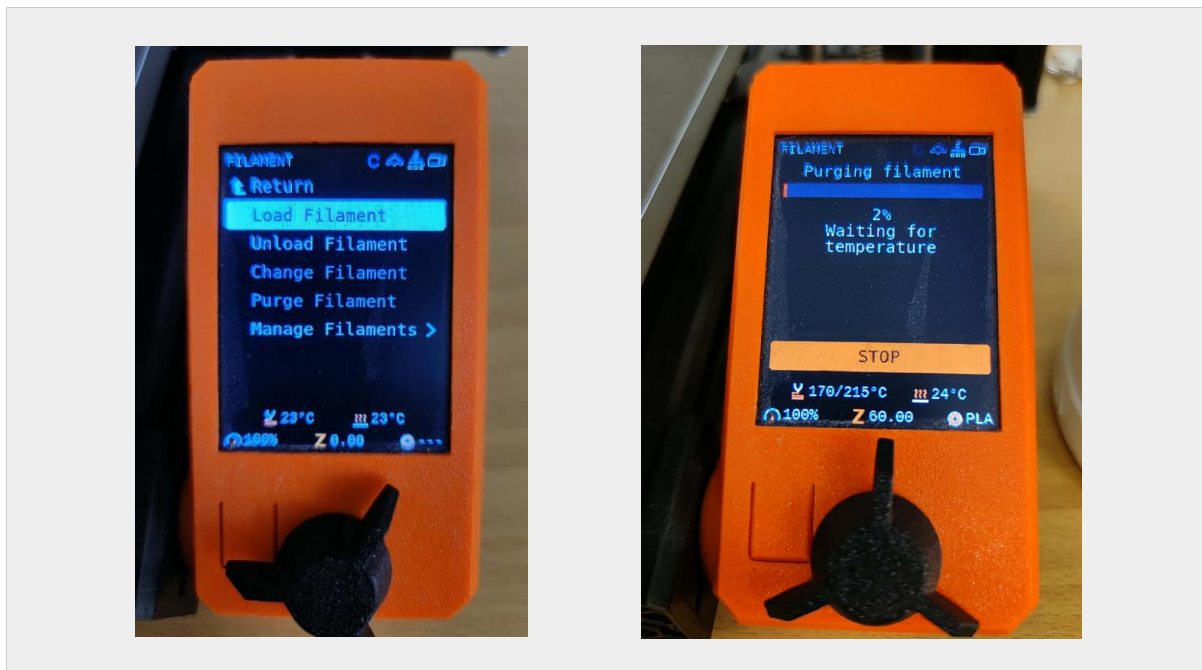
Obr. 47: Připravené pracovní prostředí (tiskárna, USB, čistič, filament, kleště).

Pozor

Nikdy nečistěte podložku acetonem – zničí PEI povrch. Používejte pouze izopropylalkohol. Stačí malé množství na papírový ubrousek.

Přípravení filamentu

Před tiskem je potřeba vzít filament a pomocí tlačítka Load Filament jej zasunout do tiskárny. Poté je nutné i opakovaně volit možnost Purge Filament, dokud filament nezačne vycházet z trysky.



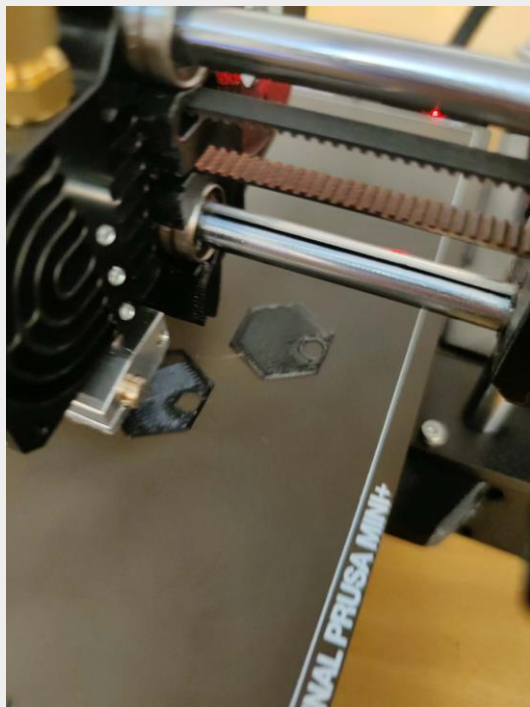
Obr. 48 a 49: Ukázka voleb na displeji 3D tiskárny.

Zahřátí tiskárny

Před tiskem se tiskárna automaticky zahřeje na nastavenou teplotu (z G-codu). Vyčkejte, dokud tiskárna nedosáhne správných teplot – Prusa a Bambu tiskárny to ohlásí na displeji nebo v aplikaci. Nikdy nezačínějte tisk na studené trysce.

9.3 První vrstva – nejdůležitější vrstva

První vrstva je absolutně kritická. Pokud první vrstva nesedí dobře, model se během tisku uvolní a tisk končí neúspěchem. Sledujte proto vždy minimálně prvních pár minut 3D tisku vašeho modelu.



Obr. 50: Vytisknutá pěkná první vrstva. Linky jsou lehce zploštělé a rovnoměrně přilepené po celé šíři.

Co vidím	Co to znamená	Jak opravit
Kulaté nitky, nedrží	Tryska příliš vysoko	Snížit Live Adjust Z (zápornější číslo)
Plast se špatně vytlačuje, tryska skřípá	Tryska příliš nízko	Zvýšit Live Adjust Z (méně záporné)
Mezery v linkách	Málo extruze nebo málo teploty	Zkontrolovat teplotu, očistit trysku
První vrstva správná, pak odlepení	Znečištěná podložka	Očistit IPA před dalším tiskem



Obr. 51 a 52: Nastavení Live Adjust Z.

Spuštění tisku

Pokud máte vše zprovozněné a očištěnou podložku, můžete se vrhnout do tisku.



Obr. 53: Spuštění 3D tisku na displeji 3D tiskárny.

Poznámka

Kalibrace Live Adjust Z (nebo Babystep Z) se může dělat za běhu tisku první vrstvy. Na displeji tiskárny nebo v aplikaci nalezte toto nastavení a jemně upravte, dokud první vrstva nevypadá správně.

Cíl kapitoly

Umíte dostat G-code do tiskárny, správně připravit podložku a rozeznat správnou první vrstvu od špatně nanesené první vrstvy.

Kapitola 10

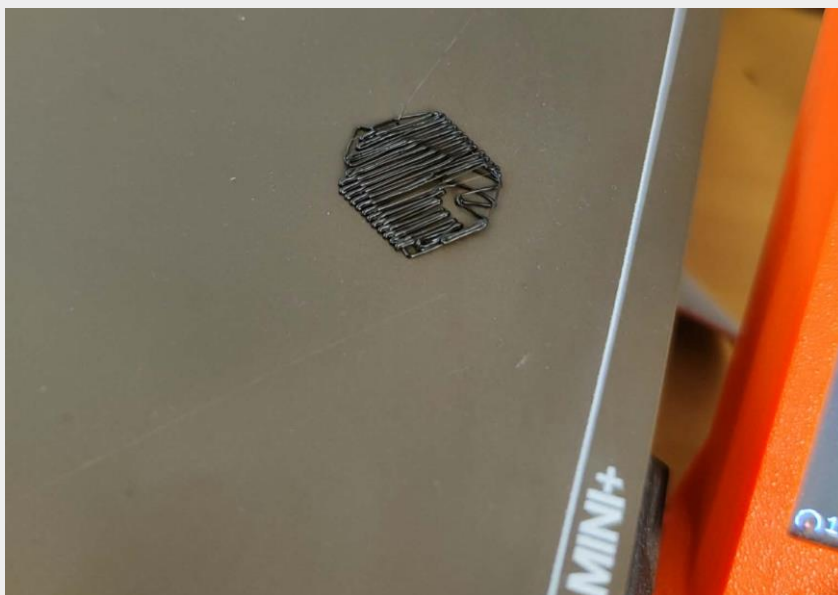
10. Nejčastější chyby a problémy

I zkušení tiskaři se setkávají s problémy. Tady jsou ty nejčastější a jak je řešit.

10.1 Odlepování od podložky (Warping)

Rohy modelu se během tisku zdvihají od podložky. Způsobeno teplotním stahem plastu.

- Příčina: Znečištěná podložka -> Očistit pomocí IPA
- Příčina: Příliš studená podložka -> Zkontrolovat a zvýšit teplotu podložky
- Příčina: Tryska příliš vysoko -> Zkalibrovat Live Adjust Z
- Příčina: Příliš rychlá první vrstva -> Snížit rychlost první vrstvy v sliceru
- Řešení v sliceru: Přidat Brim (okraj kolem modelu) – zvětší kontaktní plochu



Obr.54: Ukázka špatně vytisknuté první vrstvy (tryska moc vysoko).

10.2 Stringing (pavučiny)

Mezi částmi modelu se táhnou tenká plastová vlákna. Tryska při přechodu 'kape'.

- Zvýšit Retraction (retrakci) v sliceru – tryska při pohybu nasaje plast zpět
- Snížit teplotu trysky o 5–10 °C
- Zvýšit rychlost přechodu (Travel Speed)
- Zapnout 'Avoid crossing perimeters' v nastavení sliceru

10.3 Špatná kvalita povrchu

Povrch je hrbolatý, vrstvy jsou nerovné nebo jsou viditelné mezery.

- Vlhký filament – plast praská a bublá při tisku -> Sušit filament v sušičce (65 °C / 6 hodin)
- Příliš nízká teplota trysky -> Zvýšit o 5 °C
- Příliš vysoká rychlost tisku -> Snížit o 20 %
- Příliš velká výška vrstvy pro danou trysku -> Max. 75 % průměru trysky

10.4 Zacpaná tryska

Filament se neextruduje, tryska je zacpaná.

- Studený tah (Cold Pull): Zahřát trysku na tiskovou teplotu, ručně vsunout filament, pak ochladit na 90 °C a prudce vytáhnout – vytáhne nečistoty
- Prohřát trysku na 250 °C a zkusit pročistit filamentem (atomic pull)
- Výměna trysky – trysky jsou spotřební materiál a mají omezenou životnost

Závěr

Došli jste na konec tohoto učebního textu a teď už víte, že 3D tisk není žádná tajemná technologie. Je to nástroj, který zvládne každý, kdo je ochoten se naučit pár nových věcí a nebojí se zkoušení.

Co už umíte

Najít model na internetu a stáhnout správný formát (STL nebo 3MF)
Vytvořit jednoduchý vlastní model v TinkerCADu
Naimportovat model do PrusaSliceru a nastavit všechny základní parametry
Zkontrolovat náhled, exportovat G-code a dostat ho do tiskárny
Rozeznat a případně řešit nejčastější problémy při tisku

První tisky budou mít svoje chyby – to je naprosto normální a stává se to každému. Důležité je, že z každé chyby pochopíte něco nového. Časem začnete mít „3D intuici“ a tisk půjde skoro sám.

A až vám padne do ruky první vlastní 3D výtisk – předmět, který jste navrhli nebo vybrali, připravili a vytiskli – pochopíte, proč tuto technologii tolik lidí miluje. Je to malá superschopnost, která vám umožňuje přenést nápady z hlavy do reality.

Hodně zdaru, pevné nervy při první vrstvě a především – ať vás 3D tisk chytne stejně jako množství lidí před vámi!

Užitečné odkazy

PrusaSlicer ke stažení: www.prusa3d.com/page/prusaslicer 424
TinkerCAD: www.tinkercad.com
Printables (databáze modelu): www.printables.com
MakerWorld (databáze modelu): www.makerworld.com
Thingiverse (databáze modelu): www.thingiverse.com
Prusa Knowledge Base (návody): www.help.prusa3d.com

Seznam obrázků a grafického podkladu

Obecné prohlášení:

Není-li u konkrétního obrázku v textu uvedeno jinak, jsou všechny grafické materiály, snímky obrazovky z příslušných programů a fotografie vlastní tvorbou autora.

Využití umělé inteligence:

Ilustrační grafika a doplňkové vizuální prvky (např. úvodní obrázky kapitol) byly vygenerovány pomocí nástroje generativní umělé inteligence Google Gemini (model Gemini 3 Flash) na základě zadání autora.

Zdroje:

Obr. 1: MATCA. (2026). Aditivní technologie. Retrieved April 12, 2026, from <https://matca.cz/technologie/aditivni-technologie/>

Obr. 2: ellinger. (2026). Fillosophy - Infill Showcase [3D model]. MakerWorld. Retrieved April 12, 2026, from <https://makerworld.com/cs/models/597504-fillosophy-infill-showcase#profileId-2385407>

Obr. 3: ČVUT Fakulta strojní. (2026). Technologičnost konstrukce při 3D tisku plastových dílů. Retrieved April 12, 2026, from <https://fs.cvut.cz/ostatni/sekce-3dtisk/3dtisk/moznosti-3dtisk/technologicnost-konstrukce-3dtisk/technologicnost-konstrukce-pri-3d-tisku-plastovych-dilu-3dtisk/>

Obr. 18-19: wafel57. (2026, March 31). SPIRAL FIDGET EGG FOR EASTER [3D model]. Printables. <https://www.printables.com/model/1651258-spiral-fidget-egg-for-easter>

Obr. 28: Shenzhen JR Technology Co., Ltd. (2023, January 8). The best choice for infill density and infill pattern in 3D printing. <https://www.china-3dprinting.com/info/the-best-choice-for-infill-density-and-infill-78702595.html>

Obr. 29: Gambody Team. (2020, January 24). Best tips on how to 3D print without supports. Gambody. <https://www.gambody.com/blog/best-tips-on-how-to-3d-print-without-supports/>

Použité zdroje a literatura

Autodesk. (2026). *Tinkercad*. <https://www.tinkercad.com/>

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní. (n.d.). *Technologičnost konstrukce při 3D tisku plastových dílů*. <https://fs.cvut.cz/ostatni/sekce-3dtisk/3dtisk/moznosti-3dtisk/technologicnost-konstrukce-3dtisk/technologicnost-konstrukce-pri-3d-tisku-plastovych-dilu-3dtisk/>

Forge Labs Engineering Team. (2023, 25. července). *Infill techniques for making more efficient FDM parts*. Forge Labs. <https://forgelabs.com/blog/infill-techniques-efficient-fdm-parts>

HLMoTech. (2026). *HLMoTech*. YouTube. <https://www.youtube.com/@HLMoTech>

Instructables. (2026). *Teachers projects*. <https://www.instructables.com/teachers/projects/>

MakerWorld. (2026). *Filosophy infill showcase*. <https://makerworld.com/cs/models/597504-filosophy-infill-showcase#profileId-2385407>

MATCA. (2026). *Aditivní technologie*. <https://matca.cz/technologie/aditivni-technologie/>

Nitče, L. (2023a). *Úvod do 3D tisku* [Studijní materiál]. Střední průmyslová škola Purkyňova.

Nitče, L. (2023b). *Opakování a pokračování: Příprava k tisku* [Studijní materiál]. Střední průmyslová škola Purkyňova.

Nitče, L. (2026). *Grafika pro druhý ročník SŠ na Purkyňové*. Notion. <https://v2grw.notion.site/V2-GRW-Podm-nky-kurzu-116ca7c93892809d9bb4e3fa1518985b>

Nitče, L. (2026). *Pracujeme se studenty ve 3D*. Publi. <https://publi.cz/book/6728-pracujeme-se-studenty-ve-3d>

Printables. (2026). *Spiral fidget egg for Easter*. <https://www.printables.com/model/1651258-spiral-fidget-egg-for-easter>

Prusa Research. (2026). *Printables.com*. <https://www.printables.com/>

SAM – 3D Printing Kit for Schools guide. (2026). *Tinkercad user manual* [PDF]. Skills4AM. https://www.skills4am.eu/documents/tinkercad_usermanual