

# ZÁKLADY 3D TISKU

s Josefem Průšou

---

# ÚVOD

O 3D tisku jste už možná slyšeli v televizi nebo četli na internetu. Jako každá „nová“ technologie přitahuje pozornost médií a veřejnosti, většinou ale jen velmi povrchně a senzacechtivě. Kolem 3D tisku tak panuje celá řada mýtů – ostatně, už jen to, že jde o novou technologii, není tak úplně pravda. 3D tisk je známý už od 80. let minulého století a celkem běžně se dnes používá v celé řadě oborů, a dokonce i v domácnostech.

Jak sami brzy zjistíte, 3D tisk není žádnou složitou a běžnému smrtelníkovi nedostupnou technologií. Naopak, jeho principy jsou v zásadě velmi jednoduché a přímočaré. Na začátku vás možná mohou odradit některé specifické termíny a zkratky, ale nebojte se. Není jich zase tolik a zakrátko vám přejdou do krve.

V této knize se dozvíte, jaké technologie 3D tisku existují a jak fungují. Provedeme vás celým procesem 3D tisku od možnosti získání 3D modelu přes jeho přípravu k tisku až po finální opracování výtisku. Vysvětlíme si, co se skrývá za termíny jako slicer, extruder, perimetr nebo infill. Společně se podíváme na rozdíly mezi nejběžnějšími tiskovými materiály a na celou řadu praktických příkladů využití 3D tisku.

Po přečtení této knihy, budete mít obecný přehled o 3D tisku a budete schopni s 3D tiskem hravě začít. Pak už vám nebude nic bránit pořídit si 3D tiskárnu a začít s vaším prvním výtiskem!

Tisku zdar!

◆ **Josef Průša**

## Josef Průša

Josef Průša (\* 23. 2. 1990) se o fenomén 3D tisku začal zajímat už před nástupem na Vysokou školu ekonomickou v roce 2009. Brzy se stal jedním z hlavních vývojářů mezinárodního open source projektu RepRap Adriana Bowyer. Dnes se s designem Prusa v různých verzích můžete potkat po celém světě, jedná se o jednu z nejpoužívanějších tiskáren a patří jí zásluhy o rozšíření povědomí o technologii 3D tisku mezi běžné lidi. V roce 2012 založil firmu Prusa Research, která pod značkou Original Prusa dodává 3D tiskárny přímo zákazníkům do celého světa.





# OBSAH

Co je to 3D tisk?	4
Historie 3D tisku	5
Vynález stereolitografie	5
Projekt RepRap	5
Využití 3D tisku	6
Technologie 3D tisku	10
FDM/FFF	11
Komponenty FFF tiskárny	13
SLA (Stereolitografie)	16
Komponenty MSLA tiskárny	18
SLS / DMLS	20
Výběr 3D tiskárny	21
Proces 3D tisku od A do Z	23
Získání 3D modelu	25
Webové portály s 3D modely	25
Nástroje pro 3D modelování	26
Tinkercad	26
Autodesk Fusion 360	27
Blender	28
OpenSCAD	29
Co je dobré mít na paměti během návrhu a modelování?	30
3D skenování a fotogrammetrie	34
Volba tiskového materiálu	35
Slicování	35
PrusaSlicer	36
Simplify3D	37
Cura	37
Základní nastavení sliceru	38
Příprava tiskové podložky	41
Spuštění tisku	42
Postprocessing	42
Lepení a vyhlazování acetonem	43
Tiskové struny	44
PLA	46
PETG a ASA / ABS	47
FLEX	48
Kompozitní materiály	48
Podpůrné materiály PVA, BVOH	49
Ostatní materiály	49
Fotopolymery / Resiny / Pryskyřice	50
Barevný FFF tisk	52
Slovník pojmů	54
FAQ	58

---

**CO JE TO 3D TISK?**



**3D** tisk je automatizovaný proces, při kterém se z digitální předlohy (3D modelu) vytváří fyzický model. Technologií je nyní k dispozici více – ale ta nejpoužívanější, FFF, funguje velice jednoduše. Objekt vzniká postupně, vrstvu po vrstvě, natavováním tenkého proužku plastového materiálu. Představte si, že svůj model rozkrájíte na plátky, jako bramboru na chipsy, a poté nakreslíte tavnou pistolí jeden chips za druhým, až máte celou bramboru. Jedná se o takzvanou aditivní výrobu, kde se materiál postupně přidává, což je protipól ke způsobu subtraktivní výroby, která spočívá v obrábění materiálu.



3D tisk se v posledním desetiletí prudce rozvíjí. Dochází k neustálému vývoji tiskáren, a tiskových materiálů. Současně se tiskárny z firemního prostředí rozšířily mezi běžné uživatele – kutily.

## Historie 3D tisku

Zpočátku se 3D tisk primárně označoval jako Rapid Prototyping (rychlá výroba prototypů) a dodnes se s tímto označením můžeme setkat. Před příchodem dostupných tiskáren se totiž používal výlučně pro výrobu prototypů.

Typickým příkladem, kdy využijete Rapid Prototyping, může být výroba dálkového ovladače pro televizi. Základní příprava výroby se pohybuje ve stovkách tisíc korun (výroba forem, zadání výroby, testovací série,...), firma ale před takto velkou investicí potřebuje vyzkoušet, zda se tento ovladač pohodlně drží v ruce a uživatel dosáhne na všechna tlačítka. Proto, aby se snížily náklady, vytiskne se prototyp. Od toho se také později odvíjela cena high-end tiskáren. I v případě, že výtisk ovladače stál 20 000 Kč, stejně se ušetřily stovky tisíc. Technologie se proto neměla šanci dostat do rukou běžných smrtelníků. To se naštěstí změnilo.

## Vynález stereolitografie

3D tisk jako takový vznikl v roce 1984, kdy si pozdější zakladatel společnosti 3D Systems Charles W. Hull nechal patentovat technologii takzvané stereolitografie. Hull byl první, kdo vytiskl digitální 3D data. Tato technologie je běžně označována jako SLA a používá se dodnes. Podrobněji si ji popíšeme v kapitole o technologiích 3D tisku.



### První komerční 3D tiskárna

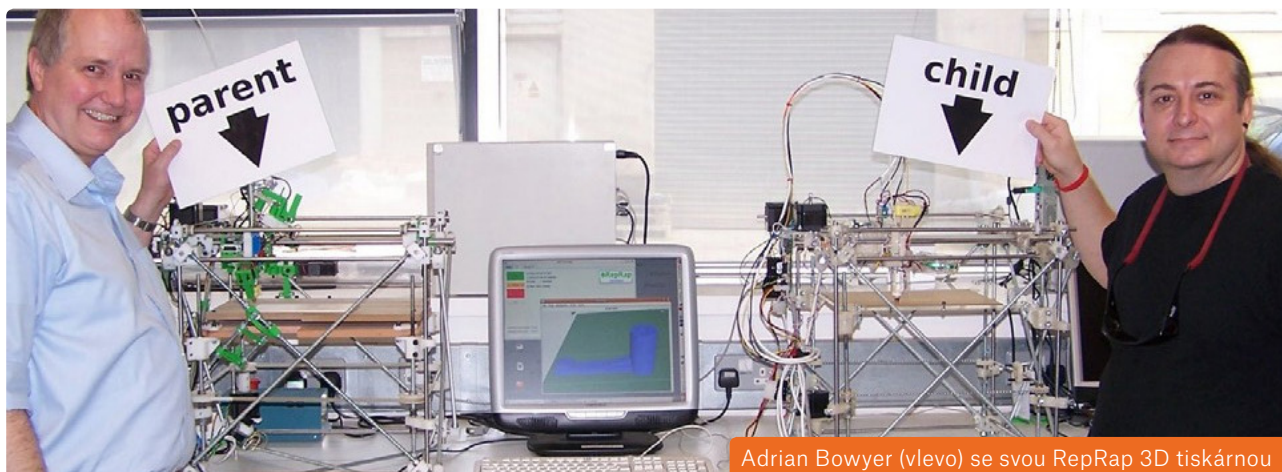
V roce 1992 začala firma 3D Systems vyrábět a prodávat první komerčně dostupnou 3D tiskárnu na technologii SLA.

## Projekt RepRap

Rok 2005 byl pravděpodobně nejdůležitějším rokem v novodobé historii 3D tisku. Na University of Bath byl doktorem Adrianem Bowyerem založen projekt RepRap. Idea byla navrhnout 3D tiskárnu, která bude umět vytisknout co nejvíce vlastních součástí. Od začátku byl projekt koncipován pod licencí open source (všechny zdrojové kódy jsou veřejně a zdarma přístupné a modifikovatelné), což umožnilo zapojit se do spolupráce nadšencům z celého světa. Díky tomu jsou nyní RepRap tiskárny

nejrozšířenějším druhem tiskáren na celém světě a jim také vděčíme za všechny dnešní tiskárny v hobby a polo profi segmentu (do 100 tisíc Kč za tiskárnu).

Komunita okolo repropových tiskáren je velmi široká. Pokud chcete porozumět tomu, jak tiskárna funguje, mít možnost provádět neustálá vylepšení a baví vás experimentovat, pak je pro vás RepRap tím správným řešením. Tiskárny je možné zakoupit jako stavebnici nebo již kompletně sestavené a zkalibrované.



Adrian Bowyer (vlevo) se svou RepRap 3D tiskárnou

## Využití 3D tisku

Jak už jsme si uvedli, 3D tisk byl zprvu využíván jako nástroj na výrobu rychlých a levných prototypů. S nástupem levnějších technologií, a také díky snížení cen, přišla i další využití.

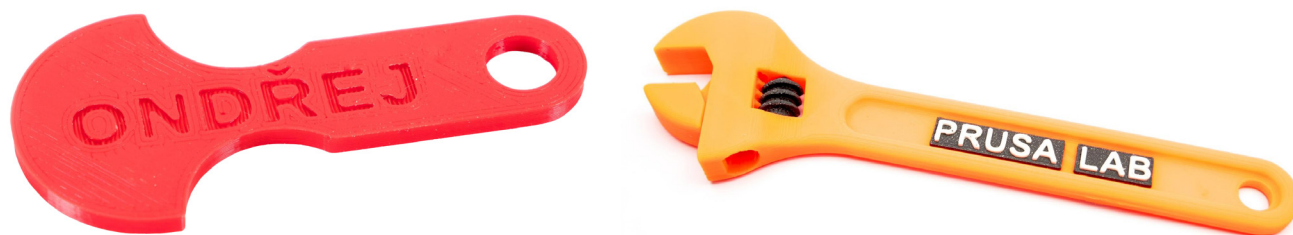
Ukázkovým příkladem je malosériová výroba. Pokud firma plánuje vyrábět sérii produktů, která je příliš malá na odůvodnění vysokých nákladů spojených s přípravou výroby, 3D tisk těchto produktů je často levnější. Dalším benefitem je i fakt, že pokud získáme od zákazníků zpětnou vazbu na tuto první sérii a děláme u produktu změny, nemusíme znovu platit náklady na přípravu výroby. Stačí pouze upravit 3D model a tisknout novou verzi produktu. Díky tomu je možné provádět změny v produktech velmi často a rychle bez dalších nákladů.

Tyto rysy 3D tisku využíváme na maximum při výrobě tiskáren Original Prusa i3 na naší tiskové farmě, která čítá přes 500 tiskáren. Pokud vymyslíme novou modifikaci dílu, stačí nám jej pouze otestovat, nahrát nové podklady na tiskovou farmu a skoro okamžitě můžeme začít tisknout a odesílat vylepšené verze zákazníkům. Možnost rychlého iterování mezi verzemi je obrovskou výhodou 3D tisku.



Tisková farma v Prusa Research





**Personalizovaná výroba**, kde je každý jednotlivý kus či malá série přizpůsobena přání zákazníka, je dalším ideálním využitím 3D tiskárny. Příkladem může být obal na mobilní telefon s vlastním motivem, přívěsek na klíče se jménem nebo reklamní předměty, kde je pro zákazníka model specificky upravován.



Tiskárna se skvěle hodí i pro **výrobu hraček a figurek**. Na internetu je zdarma k dostání nespočet modelů od postaviček až po celé deskové hry.



Lidem věnujícím se **cosplay**\* 3D tiskárna umožní vytvářet základy nejrůznějších masek, propriet a doplňků, které dále opracovávají při takzvaném postprocessingu, během něhož model nabarví a vyhladí. Výsledkem jsou věrohodně vypadající předměty.

\* Jako cosplay označujeme kostým, v němž se daný člověk snaží vypadat jako nějaká postava, ať už z fantasy nebo sci-fi obecně.





[www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com)

**Výroba nedostupných náhradních dílů** je dalším ukázkovým případem. Při opravě starožitností nebo veteránů nejsou náhradní díly dostupné už desítky let a často je potřeba jenom jeden kus. To samé se týká třeba i oprav domácích spotřebičů, tvorbu nejrůznějších obalů, krabiček a držáků. Věřte, že pokud si tiskárnu pořídíte, bude ve vašem domě po čase vidět tisk na každém kroku!



[www.archprint.cz](http://www.archprint.cz)

3D tisk vstoupil přirozeně i do světa **architektury a stavebnictví**. Nedílnou součástí architektonických projektů jsou 3D vizualizace. Ty jsou však typicky stále prezentovány ve 2D na monitoru. Zobrazení na monitoru ale není pro vnímání prostoru ideální. Řada architektů proto přešla k prezentaci vizualizací ve 3D. Velmi zajímavé možnosti poskytuje rychle se rozvíjející virtuální realita, díky které se zákazník může „projít“ svým budoucím domem. Pokud ustoupíme od virtuálního světa, nabízí se tvorba fyzických 3D modelů. Ručně lepené modely budov jsou časově náročnou a velmi složitou činností. 3D tisk umožní architektům vytvářet modely rychleji a levněji. Cílem 3D modelů je přemostit komunikační propast mezi zákazníkem a architektem díky přímému zhmotnění počítačového návrhu.



Vedle těchto základních případů je 3D tisk používán i v dalších odvětvích, kde je schopen urychlit proces vývoje a výroby. Své místo si našel ve zdravotnictví, automobilovém průmyslu, leteckém průmyslu, šperkařství, modelářství a podobně. Nové aplikace 3D tisku se objevují neustále.

Ať už tedy potřebujete rám pro váš dron, držák na kabel či cokoliv mezi tím, můžete si to vyrobit na 3D tiskárně. 3D tisk vám zkrátka dokáže zjednodušit život!

---

# TECHNOLOGIE 3D TISKU



**V**šechny technologie 3D tisku jsou založeny na stejném principu – postupném nanášení vrstev na sebe. V současné době neexistuje žádná technologie 3D tisku, která by byla univerzální a vhodná pro všechna použití. Proto je třeba pečlivě zvážit, co budeme na tiskárně tisknout, a co od ní požadujeme. Nejznámější technologie 3D tisku je možné rozdělit do tří kategorií podle toho, jakou podobu má tiskový materiál, a jakým způsobem je zpracováván.

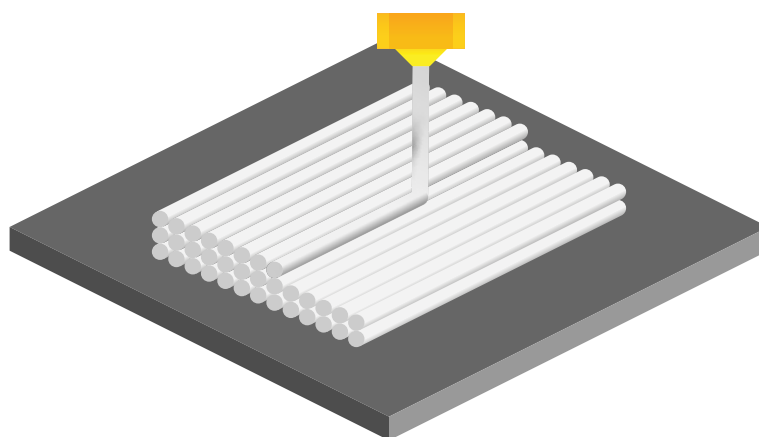
- 1. Materiál v podobě tiskové struny je extrudovaný** (vytlačovaný) tiskovou hlavou skrz rozeřátou trysku. Příkladem je technologie FDM (fused deposition modeling) / FFF (fused filament fabrication). Oba tyto názvy lze považovat za synonyma. FDM je registrovaná známka firmy Stratasys.
- 2. Tekutý materiál** je vytvrzován v rámci vrstvy na definovaných oblastech. Příkladem je technologie SLA stereolitografie). Materiál je vytvrzován světelným paprskem (UV laser či DLP projektor).
- 3. Materiál v podobě jemného prášku** je sinterován (spékán, nikoliv roztavován) laserem. Představitelem tohoto principu je technologie SLS (selective laser sintering).

## FDM/FFF

Mezi širokou veřejností se jedná o nejrozšířenější a nejdostupnější technologii 3D tisku. Je vhodná pro tisk funkčních modelů a prototypů. Stavebním materiálem je primárně roztavený plast. Ten je postupně nanášen na sebe vrstvu po vrstvě. Tiskovým materiálem je tisková struna (filament) nejčastěji průměru 1,75 mm. Dříve se používal také filament s průměrem 3 mm, nevýhodou byla ale menší přesnost v jeho dávkování. Oproti pryskyřici či jemnému prášku, které se využívají v dalších technologiích, je práce s filamentem jednoduchá a bezpečná. Na výtisku jsou patrné tiskové vrstvy. Jejich výška se při použití nejběžnější trysky průměru 0,4 mm pohybuje přibližně v rozsahu od 0,05 mm do 0,3 mm.

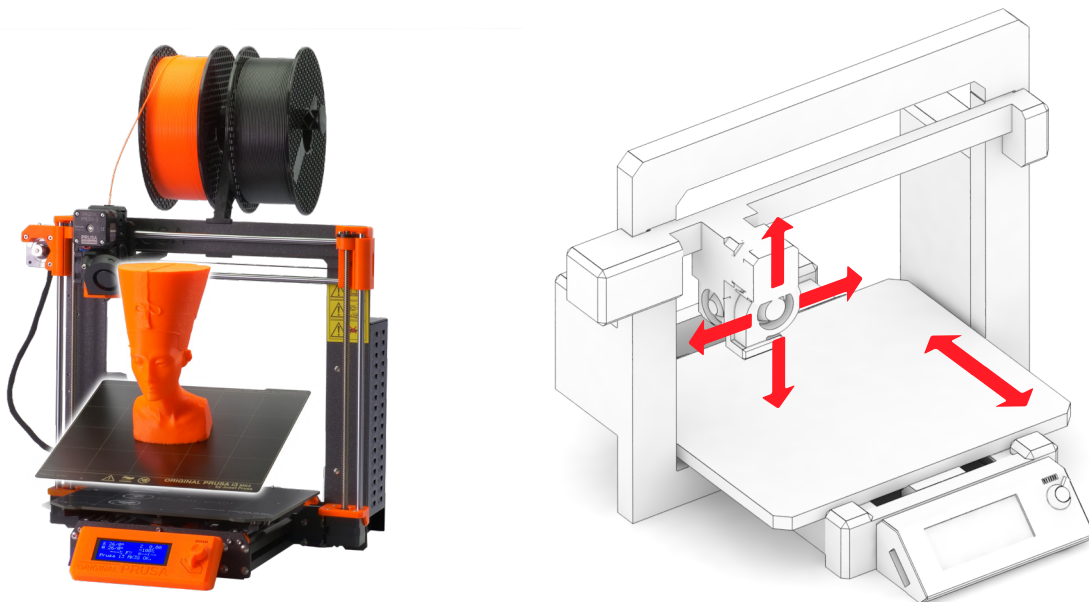


Cenové rozpětí FFF tiskáren se pohybuje v rozmezí od 2 500 Kč za levné tiskárny z Číny až po částky převyšující jednotky milionů korun za profesionální tiskárny. Tiskárna Original Prusa i3 MK3 v cenové relaci okolo 20 000 Kč je dobrým kompromisem mezi cenou a kvalitou.

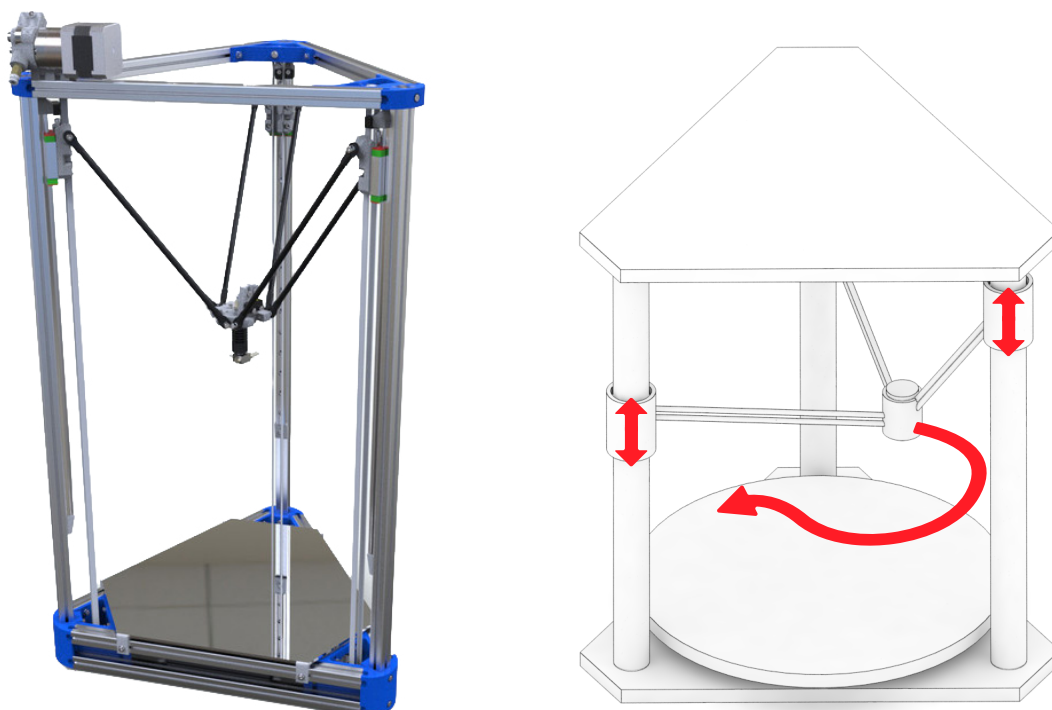


Způsob pohybu v trojrozměrném prostoru nám dává rozdělení na další podkategorie.

1. **Kartézská** tiskárna je založena na principu pohybu po třech lineárních osách, přičemž tisková hlava vytlačující materiál (extruder) se pohybuje ve dvou osách (X, Z) a podložka po jedné (Y). Tisková podložka je proto u většiny tiskáren pravouhlého tvaru. Příkladem je tiskárna Original Prusa i3 MK3S.



2. **Delta** tiskárna využívá zavěšeného extruderu na třech ramenech, která jsou spolu spojená právě v místě extruderu. Výhodou jsou rychlé pohyby a velký tiskový prostor především v ose Z. Naopak tiskárna vyžaduje vysokou přesnost při stavbě a následné kalibraci. Složitá geometrie vyžaduje náročné výpočty pro pohyby krokových motorů jednotlivých ramen.



- 3. Polar** tiskárna je méně používaný systém založený na polárním pohybu tiskové hlavy po dvou osách a rotační podložce. Tento systém je konstrukčně velmi jednoduchý, ale převedení a příprava modelu pro tisk je naopak v tomto případě poměrně komplikovaná.



## Komponenty FFF tiskárny

Všechny FFF tiskárny jsou si konstrukčními prvky velmi podobné. Na jednotlivé části a jejich funkci se podíváme níže.

### Extruder

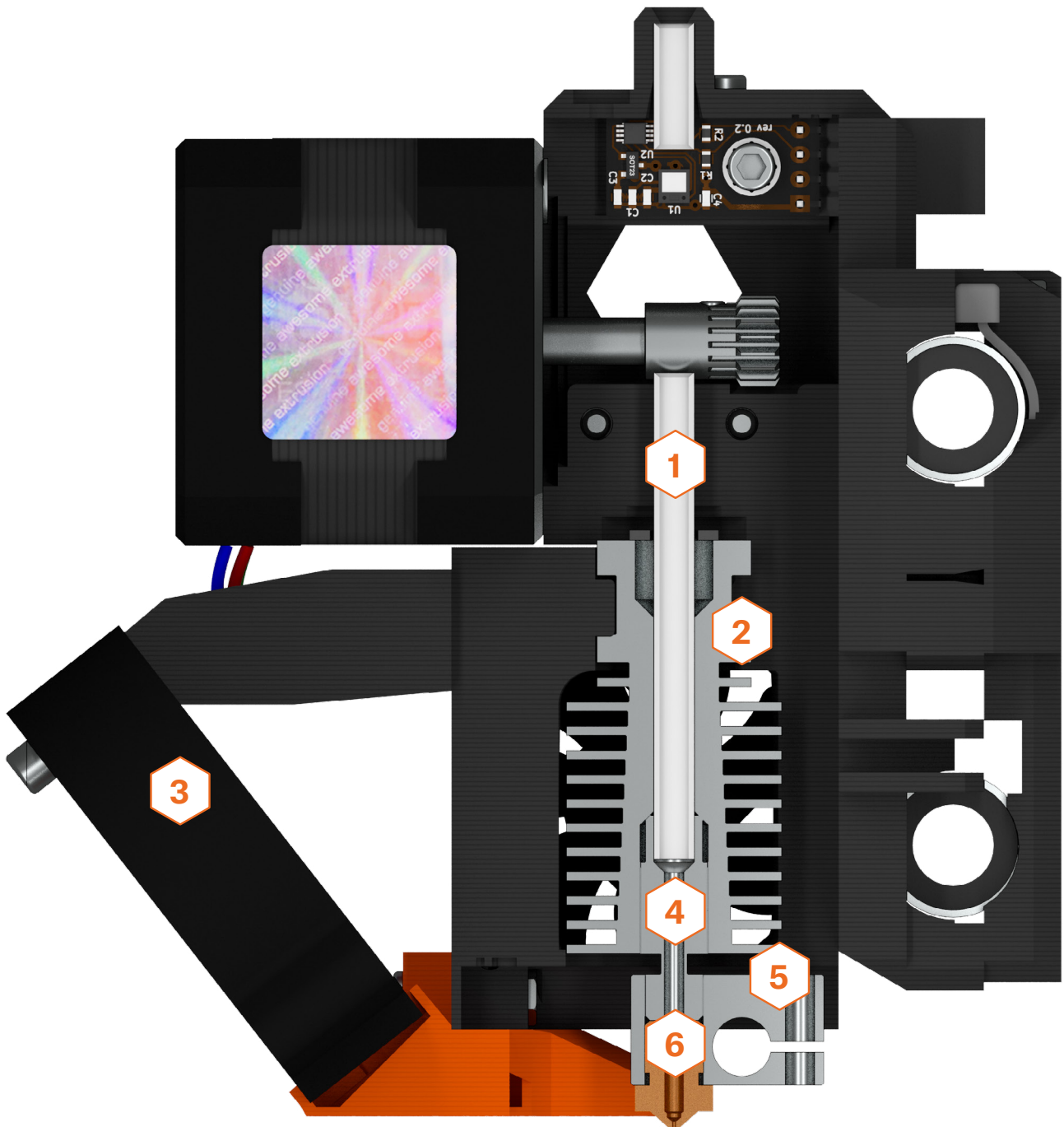
Extruder, neboli tisková hlava, slouží k nanášení jednotlivých tiskových vrstev. Skládá se z celé řady dílů. Popíšeme si, jakou funkci plní každý z nich.

Do extruderu putuje filament teflonovou trubičkou. V té chvíli má pokojovou teplotu a je v pevném stavu. Ten dále prochází přes heat sink, neboli chladič. Má za cíl odvést teplo, které se šíří přes heat break a co nejvíce tak zmenšit oblast mezi pevným a roztaveným filamentem. Pro vyšší účinnost bývá na heat sink montován ventilátor. Heat break je ve své podstatě kus trubičky s vnějším závitem, která je v jednom místě výrazně zúžená, aby bylo docíleno co nejmenšího možného průřezu a tím pádem omezení přenosu tepla směrem nahoru, kde má být filament neroztavený. Heater block je kus materiálu, který dobře vede teplo (nejčastěji hliník). V něm je umístěné elektrické topné těleso a termistor pro zpětnou vazbu o aktuální teplotě. Na jeho úrovni je již materiál roztavený a je vytlačován přes trysku ven. Tryska je pravděpodobně jediná součást extruderu, která je pro uživatele zajímavá z pohledu výměny. Různými průměry trysky můžeme ovlivnit dobu a kvalitu tisku. Více o tryskách si můžete přečíst v článku: „Vše o tryskách s různým průměrem“ na [www.josefprusa.cz/trysky](http://www.josefprusa.cz/trysky).



### Extruder

- 1 Teflonová (PTFE) trubička
- 2 Heatsink (chladič)
- 3 Tiskový ventilátor
- 4 Heat break (izolátor)
- 5 Heater Block
- 6 Tryska



### Vyhříváná podložka

Vyhříváná podložka je důležitou součástí každé moderní 3D tiskárny, která má tisknout ze všech dostupných materiálů. Zabraňuje efektu postupného kroucení součástek při tisku z materiálů s výraznější tepelnou roztažností.

### Rám

Rám tvoří nosnou konstrukci 3D tiskárny. Jeho tuhost a přesnost zpracování má významný vliv na výslednou kvalitu tisku. Robustní a pevný rám omezuje vibrace a tím umožní rychlejší tisk bez známek snížení kvality tisku.

### Krokové motory

Krokové motory zajišťují veškeré mechanické pohyby extruderu a tiskové podložky v 3D prostoru. Další motor zajišťuje podávání tiskového materiálu do extruderu. Výhodou krokových motorů je definovaná velikost kroku.

### Řídící jednotka

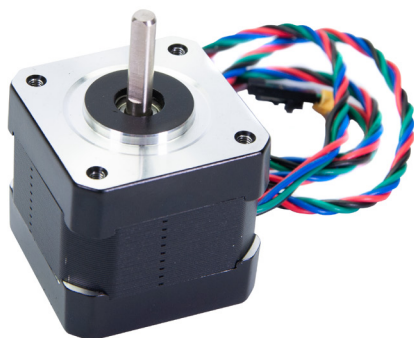
Řídící jednotka se stará o chod celé tiskárny. Její primární funkcí je čtení a zpracovávání vstupního textového souboru (G-code), podle kterého se řídí pohyby jednotlivých krokových motorů, a který ovládá nahřívání podložky a trysky.



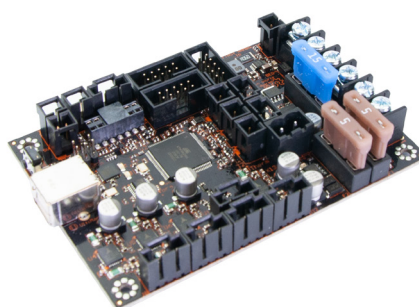
Vyhříváná podložka



Rám



Krokové motory

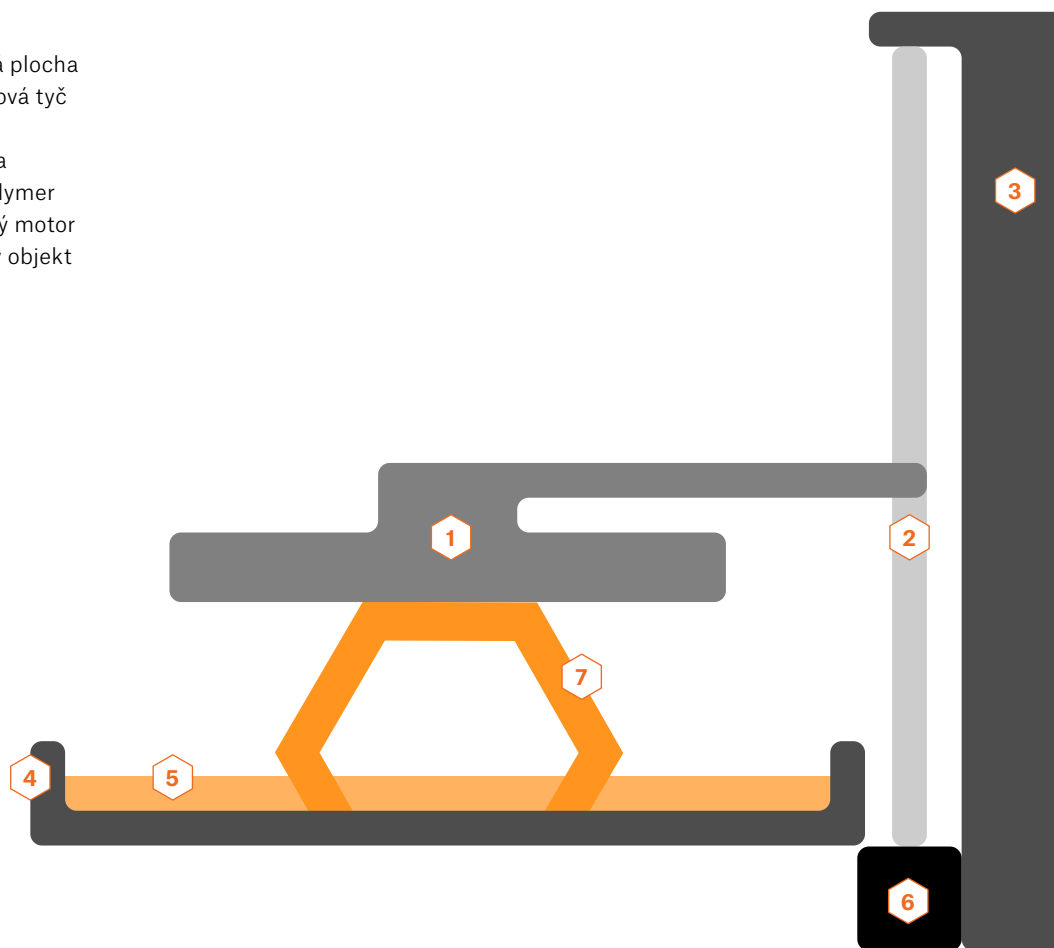


Řídící jednotka

## SLA (Stereolitografie)

SLA technologie je založena na principu vytvrzování světlocitlivé pryskyřice pomocí světla. Podložka se při každé vrstvě posune a proběhne vytvrzení fotopolymery na požadovaných místech. Tisk je v porovnání s FFF tiskárnami detailnější, ale typicky trvá déle a tisková plocha je menší. Tyto tiskárny si najdou uplatnění především v medicíně a šperkařství. Tisk je takřka ideálně hladký, detailní a nejsou na něm tak patrné vrstvy materiálu, jako jsme tomu zvyklí u FFF tiskáren. Nevýhodou této technologie může být menší tisková plocha oproti FFF tiskárnám a především toxicita pryskyřice. Je třeba se vyvarovat kontaktu pryskyřice s pokožkou a dýchání výparů během tisku.

- 1 Tisková plocha
- 2 Trapézová tyč
- 3 Osa Z
- 4 Vanička
- 5 Fotopolymer
- 6 Krokový motor
- 7 Tištěný objekt

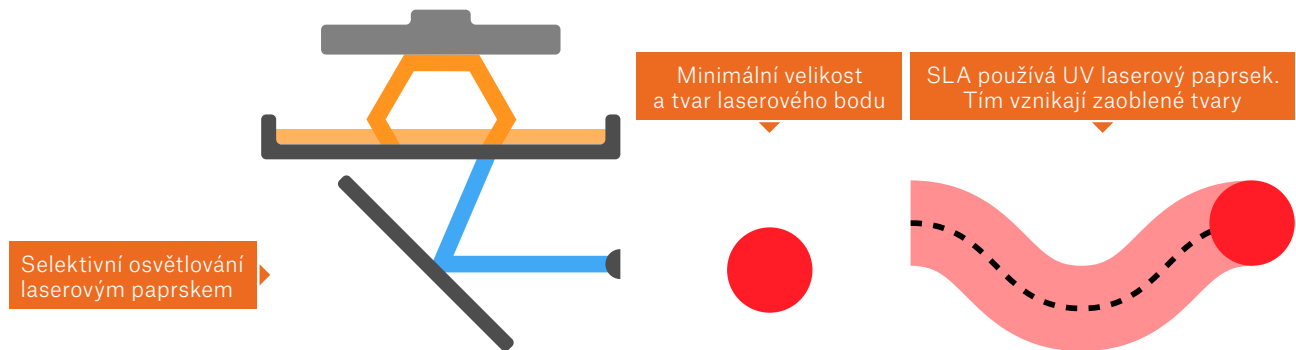


Pro pohodlný SLA tisk se hodí ještě jedno zařízení. K čemu? Model po vytištění není vhodný pro okamžité použití, protože je znečištěný nevytvrzenou pryskyřicí na povrchu. Proto je model na dotek lepkavý. Model se doporučuje namáčet v isopropylalkoholu, aby se zbytek pryskyřice smyl a navíc se doporučuje model dodatečně vytvrdit UV světlem. To vše je třeba provádět s opatrností a v ochranných rukavicích. Naštěstí pro tyto úkony existují přístroje, které se o mytí a vytvrzení postarají automaticky. Mycí a vytvrzovací stanice je volitelným příslušenstvím i u naší tiskárny Original Prusa SL1.

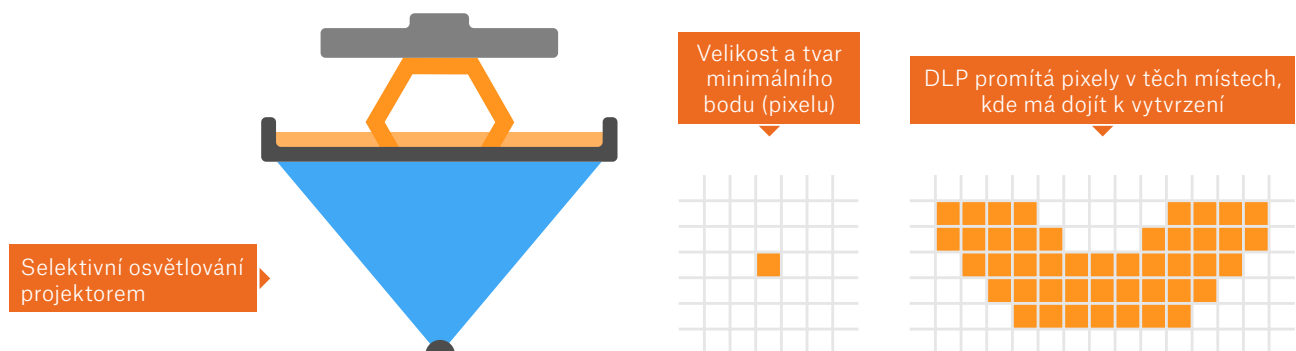
Existují tři hlavní kategorie SLA procesu, které se liší způsobem osvětlení a vytvrzováním fotopolymery. Ačkoliv se mohou zdát velmi podobné, kvalita a doba tisku se mohou významně lišit.



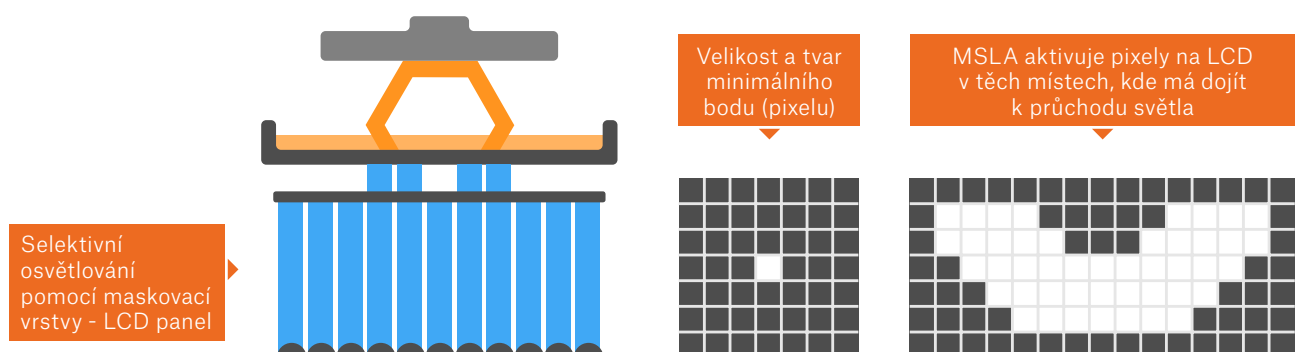
- 1. SLA - Laser** – osvit pomocí UV laserového paprsku, kdy je paprsek směřován dvěma zrcadly a postupně vykresluje tiskovou vrstvu. Doba tisku jedné vrstvy je závislá na ploše, která se v dané vrstvě vytvrzuje. Zjednodušeně řečeno: čím více objektů se tiskne, tím déle tisk trvá.



- 2. DLP (Digital Light Processing) - SLA** – osvit celé tiskové vrstvy najednou pomocí digitálního projektoru. V místech osvitu dochází k vytvrzení. Výhodou této technologie je nezávislost doby tisku jedné vrstvy na počtu tištěných objektů a jejich ploše v dané vrstvě. Jeden model se bude tisknout stejně dlouho jako modely dva. Tiskový čas jedné vrstvy je fixní.



- 3. MSLA (Mask Stereolithography)** – osvit pomocí UV LED a maskování celé tiskové vrstvy LCD displejem. UV světlo prostoupí jen tam, kde jsou pixely aktivované (svítí bíle) a jen tam dojde k vytvrzení pryskyřice. Protože se LCD displej skládá ze čtvercových pixelů o pevně daném rozlišení, rozlišení objektu je v osách X a Y pevně dané rozlišením LCD displeje. Díky vytvrzování celé vrstvy najednou je i tato technologie časově nezávislá na počtu tištěných objektů. Tiskový čas jedné vrstvy je pořád stejný. Original Prusa SL1 používá právě tuto technologii.



Obrázky výše jsou pro přehlednost zjednodušené. U technologií DLP a MSLA pro názornost opomíjíme fakt, že se k vyhlazování hran zobrazovaného obrazce používá takzvaný antialiasing. Bez něj by se promítal obrázek se zubatými hranami. Antialiasing zjednodušeně řečeno odstraní ostrý přechod v oblasti hran díky zprůměrování barev okolních pixelů. V našem případě není hrana tvořená pouze rozhraním černého a bílého pixelu, ale vznikne postupný přechod z černého pixelu na šedý a následně na bílý.

## Komponenty MSLA tiskárny

Stejně jako u FFF tiskáren existují různé druhy konstrukcí, i SLA tiskárny se dělí podle toho, jakým způsobem je docíleno selektivního vytvrzování tiskové vrstvy. V závislosti na tom se mění i některé jejich komponenty. My se detailně zaměříme na technologii MSLA, kterou používá naše tiskárna Original Prusa SL1.

### UV dioda

Vysoce výkonná UV dioda zajišťuje vytvrzení pryskyřice osvitěním během několika málo vteřin. Nalezneme ji uvnitř tiskárny pod LCD panelem.

### LCD panel

LCD panel slouží pro maskování. Co to znamená? UV dioda osvětluje během vytvrzovacího procesu celou tiskovou plochu bez rozdílu. V případě absence LCD maskovacího panelu by byl výsledkem tisku kvádr v celém tiskovém objemu. LCD panel nám umožní u jednotlivých pixelů určovat, kterými z nich UV světlo projde a kterými nikoliv.

### Ovládací displej

Jedná se o druhý displej v tiskárně, avšak tento není součástí samotného procesu tisku. Slouží pro uživatelskou obsluhu tiskárny a naleznete jej na předním panelu tiskárny.

### Vanička

Vanička slouží jako zásobník tekutého tiskového materiálu (pryskyřice). Je specifická tím, že její dno je průhledné, aby skrz něj mohlo procházet UV světlo. Naše tiskárna Original Prusa SL1 má navíc vaničku motoricky naklápěnou. K čemu je to dobré? Po dokončení vytvrzovacího procesu se předmět lehce přilepí ke dnu vaničky. Při přímém pohybu směrem vzhůru hrozí poškození vrstvy či dokonce odlepení celého tisku. Díky naklápěcí vaničce se tisk odlepuje postupně. Síla, která působí mezi modelem a tiskovou podložkou je tak mnohem menší a pravděpodobnost, že dojde k odlepení modelu od podložky se významně snižuje.

### Posun osy Z

K mechanickému posuvu dochází pouze ve směru osy Z. Díky maskování na LCD panelu nejsou třeba žádné další mechanické posuvy v osách X a Y.

### Zakrytování

Průhledný kryt (typicky zabarvený do červena, oranžova, zelena či žluta). Omezuje přístup UV světla ze slunečního svitu směrem do tiskárny, (aby nedocházelo k nechtěnému samovolnému vytvrzování pryskyřice) a zabraňuje tomu, aby UV světlo vyzařované diodou neprocházelo směrem ven. V neposlední řadě také zamezuje šíření výparů z pryskyřice do okolí.

### Filtrace vzduchu

Nepříjemný zápach pryskyřice je eliminovaný filtrem vzduchu.

### Masivní hliníkový rám

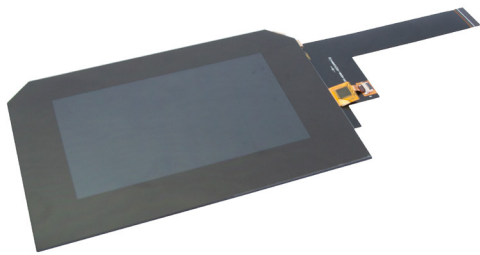
Zaručuje stabilitu a tuhost celé konstrukce. V případě měkkého rámu může docházet ke kroucení a negativnímu vlivu na kvalitu a spolehlivost tisku.



UV dioda



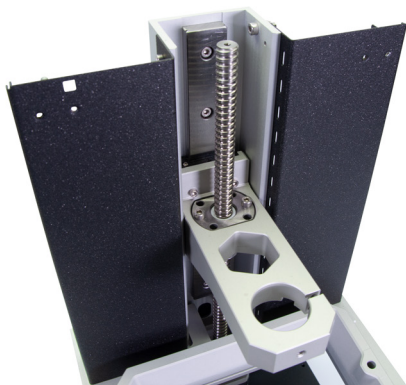
LCD panel



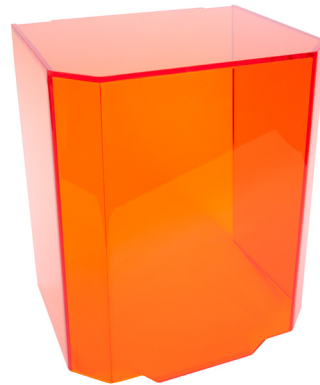
Ovládací displej



Vanička



Posun osy Z



Zakrytování



Filtrace vzduchu



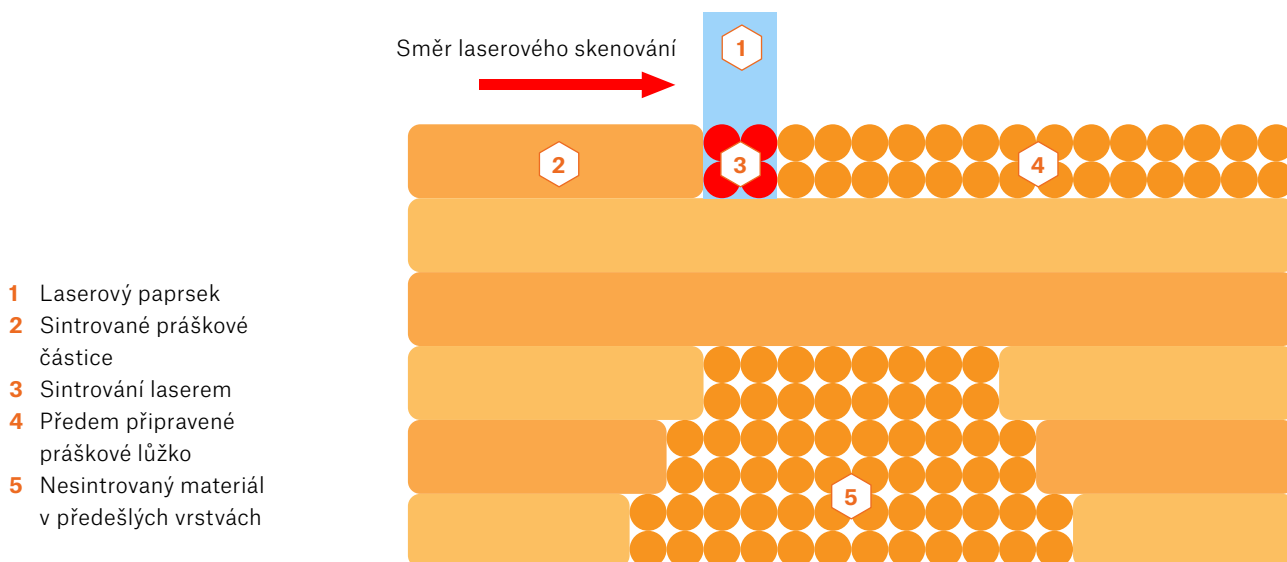
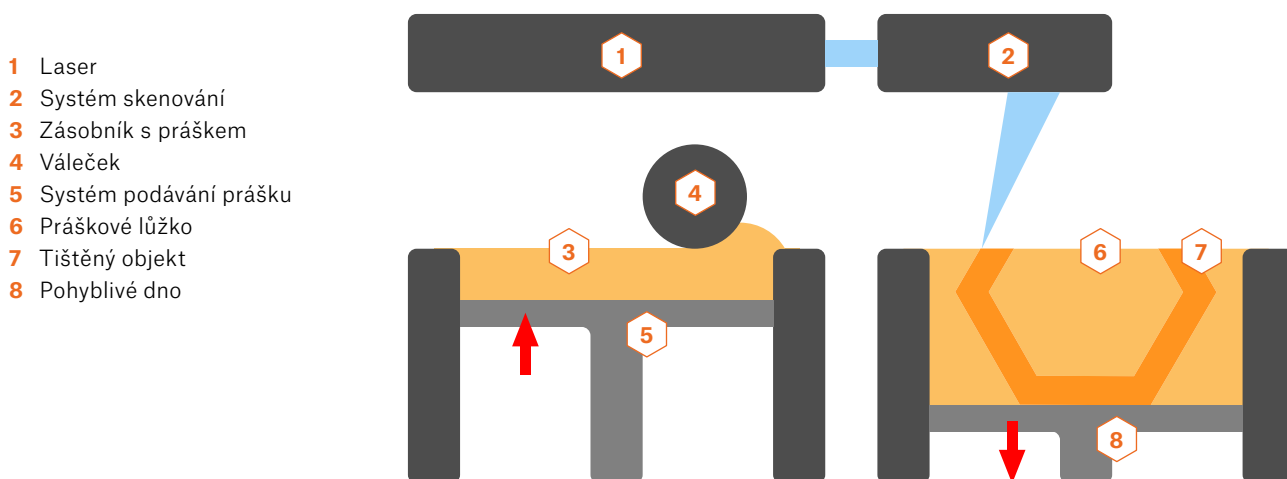
Masivní hliníkový rám

Ceny 3D tiskáren s technologií SLA začínají přibližně na dvojnásobku ceny FFF tiskáren. Nejlevnější modely SLA tiskáren lze zakoupit již od 7 000 Kč. Profesionální řešení se pohybují v miliónech korun. Naše tiskárna Original Prusa SL1 stojí 40 tisíc korun.

## SLS / DMLS

Mezi další technologie 3D tisku patří SLS a DMLS. Během tisku nové vrstvy vždy váleček nanese vrstvu jemného prášku a ten se laserem sintruje (spéká, materiál se neroztaví do tekuté podoby) v místech, která mají být součástí konečného výtisku. Tisk končí tak, že je celý model zasypán v tiskovém materiálu. Proto je třeba při tvorbě dutého modelu vytvořit otvory umožňující vysypání nevytvrzeného materiálu. Ten je poté možné použít pro další tisk. Odpad tiskového materiálu je u této technologie minimální. Výhodou je velmi nevýrazné vrstvení materiálu.

Tyto tiskárny zatím nejsou rozšířené mezi širokou veřejností tak, jako je tomu například u FFF tiskáren. Jejich využití je zejména v průmyslu a od toho se odvíjí i jejich cena, která začíná od 150 000 Kč.





---

# VÝBĚR 3D TISKÁRNY

**P**okud rozmyšlíte koupit 3D tiskárny, je vždy důležité myslet v první řadě na vaše potřeby a na zamýšlený účel. Možná jste čekali, že zde uvidíte jeden seznam s tiskárnami seřazenými od nejlepší k nejhorší. Takový seznam ale nelze sestavit. Poskytneme vám pouze několik otázek, které byste si měli před koupí položit a podle toho se rozhodovat.

#### Zakoupíte si tu nejdražší tiskárnu na trhu? Vyberete si tu nejlevnější stavebnici z čínského obchodu?

Životnost tiskárny, kvalita zpracování a použitých materiálů se vždy promítne do výsledné ceny.

#### Jakou má tiskárna uživatelskou podporu? Existuje okolo tiskárny aktivní komunita, která mi dokáže pomoci s případnými problémy? Je tiskárna Open Source? Lze tiskárnu upgradovat?

Tato sada otázek je možná ta nejdůležitější. Komunita okolo produktu se stává čím dál zásadnějším faktorem nejen při výběru 3D tiskárny. Obdobně to funguje například u mobilních telefonů, kde výrobce vydává aktualizace po velmi omezenou dobu. Nebýt aktivní komunity, tak je telefon po krátké době nepoužitelný a je třeba zakoupit nový. To samé platí i u 3D tiskáren. Open Source projekty jsou přímo ideální pro podporu fungování komunity.

#### Jaké jsou provozní náklady?

Někteří výrobci tiskáren neumožňují použití jiných tiskových materiálů než jejich vlastních a čipovaných. To významně prodražuje provoz a navíc je množina dostupných materiálů omezená.

#### Jak velkou tiskovou plochu potřebujete?

Ač se může na první pohled zdát, že je lepší mít co největší plochu na tisk, většinou jde spíše o plýtvání financemi. Prakticky jen z PLA je možné tisknout objekty větší než 20 cm v jedné ose. Tepelná roztažnost u větších modelů způsobuje nadměrné kroucení a znemožňuje tisk. Nezapomínejte, že modely je možné vytisknout na více dílů a následně slepit.

#### Jak detailní a kvalitní tisk požadujete?

Kvalitu a detail tisku lze ovlivnit u FFF tisku tryskou, použitým materiálem, rychlostmi a teplotami. Avšak je pravdou, že oproti technologiím SLA či SLS, je kvalita a detailnost u FFF tisku nižší.

#### Vystačíte si s jedno-materiálovým a jednobarevným tiskem, anebo potřebujete tisk více-materiálový či dokonce plnobarevný?

Více o barevném tisku se dozvíte v pozdější kapitole.

#### Zakoupit si stavebnici tiskárny, nebo hotovou sestavenou tiskárnu?

Chcete-li detailněji porozumět, jak 3D tiskárna funguje, kde je která komponenta umístěná a k čemu slouží, pak je stavebnice správnou volbou. V případě problému snáze identifikujete příčinu a případnou poruchu budete umět opravit. Sestavená tiskárna je výhodou především z pohledu ušetřeného času na smontování. Jestliže máte 3D tisk jako koníček, pak zcela jistě rádi čas stavbě věnujete.

#### Je lepší zakrytovaná tiskárna ve srovnání s otevřeným designem?

Zakrytovanou tiskárnu oceníte především v případě tisku velkých objektů z materiálů s velkou teplotní roztažností. Mezi nejběžnější takové materiály patří ASA a ABS. Při tisku v zakrytované komoře se vytvoří prostředí s vyšší teplotou vzduchu, a tedy menším teplotním rozdílem mezi tištěným materiálem a okolním prostředím. Díky tomu nedochází k tak velkému smršťování a následnému kroucení výtisku. Jestliže nemáte již nyní opodstatněný důvod tisku z ASA či ABS, pak pro vás zakrytovaná tiskárna nepřinese žádný benefit. Nejpoužívanějším tiskovým materiálem je PLA, pro které není zakrytování nutné, ba naopak může být na škodu. V případě potřeby si můžete vyrobit vlastní jednoduché zakrytování tiskárny. Postačí k tomu například papírová krabice.

Rozhodněte se podle toho, která z vlastností je pro vás nejdůležitější. Řada z nich je protichůdných, takže vždy budete muset přistoupit na nějaký kompromis. Pokud požadujete vysoký detail tisku a bude vám stačit menší tisková plocha, je pro vás dobrou volbou některá z kategorie SLA tiskáren. Avšak nejširší spektrum využití si u běžného kutila najde FFF tiskárna.

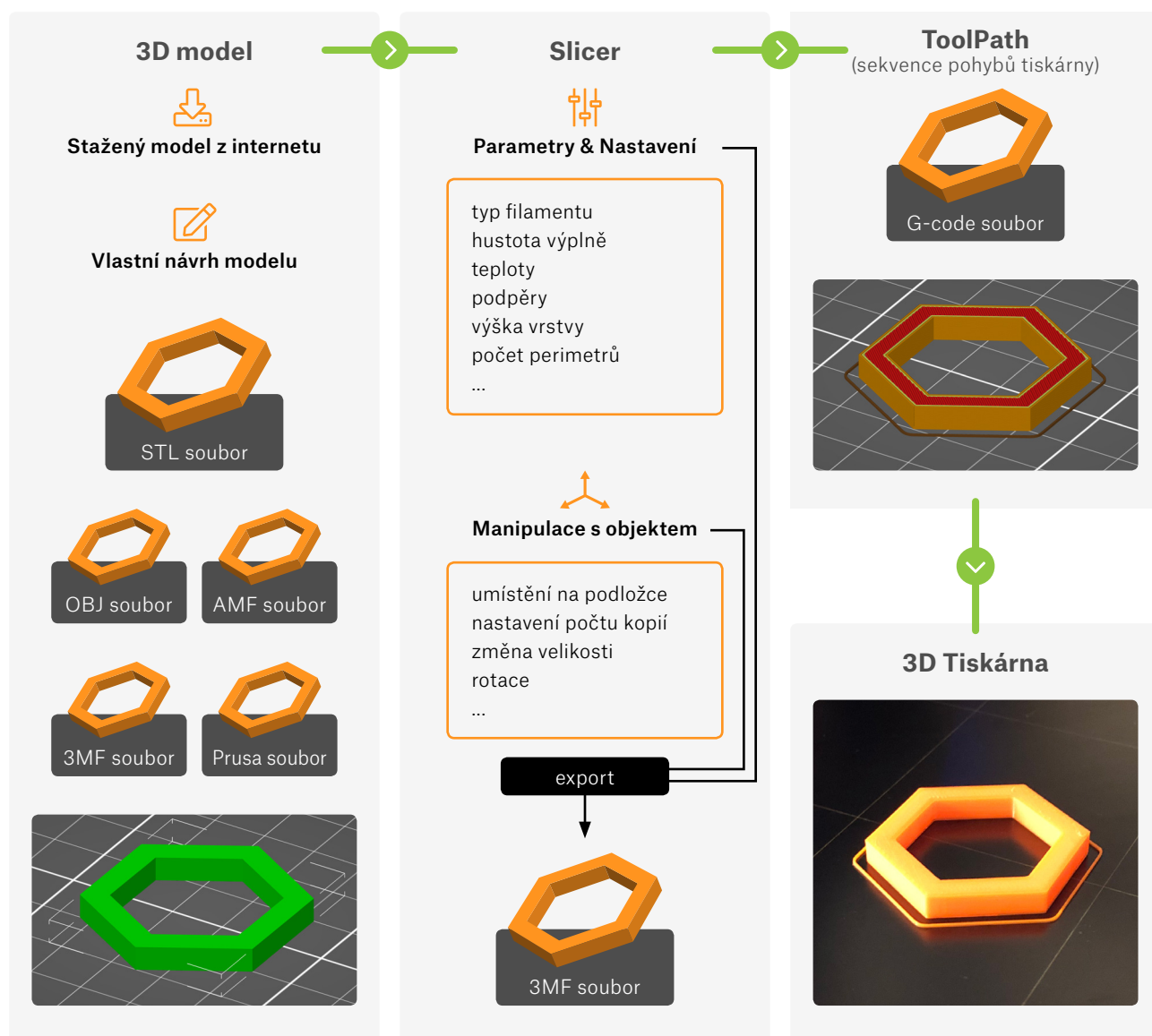
---

# PROCES 3D TISKU OD A DO Z

**P**roces 3D tisku se skládá ze tří hlavních, na sebe navazujících, kroků. Nejprve se třeba si obstarat samotný model, který budeme tisknout. Poté je nutné připravit jej pro tisk. A až posledním krokem je samotný tisk. Pojdme si nejdříve popsat postup jako celek, a až poté se podíváme na jednotlivé kroky detailněji.

Prvním krokem je získání požadovaného 3D modelu, který je typicky ve formátu STL. Takový formát je však pro tiskárnu nesrozumitelný a nelze jej tedy rovnou tisknout. **STL soubor je vstupem pro** program zvaný obecně **slicer** (PrusaSlicer, Simplify3D, Cura). Dalším vstupem do sliceru jsou nastavení a parametry, které určují kvalitu tisku, teploty, chlazení a další. **Výstupem sliceru je soubor ve formátu G-code**. Slicer provede převod z formátu STL do formátu G-code, který spočívá v rozřezání modelu na tenké vrstvy a vytvoření cest pohybů extruderu v jednotlivých vrstvách. Dále do souboru přidá informace o požadovaném nastavení teplot, chlazení a dalších. Takto vygenerovaný soubor je již specifický pro konkrétní typ tiskárny. To je důvodem, proč jsou 3D modely šířeny nejčastěji ve formátu STL a je již na každém uživateli, aby si model tzv. naslicoval podle svých potřeb v závislosti na použitém materiálu a tiskárně.

Diagram znázorňuje, jakými kroky prochází 3D model od jeho vzniku až po vytištění.





# Získání 3D modelu

3D model lze získat v zásadě třemi způsoby:

1. Stažení hotového modelu z internetu
2. Vymodelování vlastního modelu
3. 3D skenování existující věci

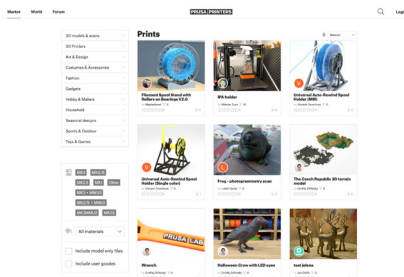
## Webové portály s 3D modely

Nejznámější způsob, jak začít s 3D tiskem, je najít si volně dostupné 3D modely na internetu ve formátu .stl nebo .obj. Databází s 3D modely existuje celá řada a naleznete v nich nepřeberné množství hotových modelů od tvůrců z celého světa. Mezi nejoblíbenější patří:

### PrusaPrinters

modely zdarma

[www.prusaprinters.org](http://www.prusaprinters.org)

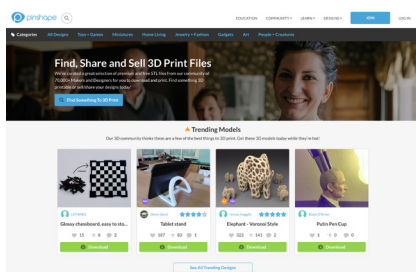


Služba určená především pro komunitu okolo tiskáren Original Prusa. Uživatelé zde naleznou jak STL soubory, tak i připravené G-cody k tisku. Počet modelů se každým dnem rozšiřuje. Přispějte také svými modely a staňte se součástí komunity.

### Pinshape

modely placené i zdarma

[www.pinshape.com](http://www.pinshape.com)

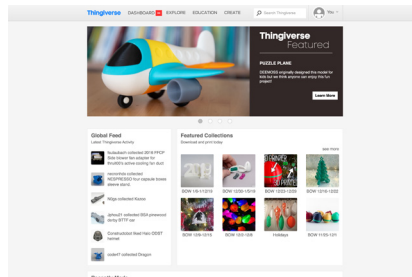


Pinshape je webová stránka, která sama sebe popisuje jako obchod s vysoce kvalitními 3D modely. Některé modely jsou placené, ale celou řadu z nich si uživatelé mohou stáhnout zdarma. Pro designery slouží jako platforma pro prodej modelů.

### Thingiverse

modely zdarma

[www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com)

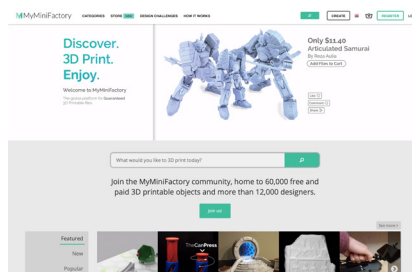


Nejrozsáhlejší portál s 3D modely na internetu co se týče počtu modelů. V současné době nabízí přes 1,2 miliónu modelů a jejich počet se stále navyšuje. Stal se velmi oblíbeným místem pro stahování, sdílení a prezentaci vlastních modelů.

### MyMiniFactory

modely placené i zdarma

[www.myminifactory.com](http://www.myminifactory.com)

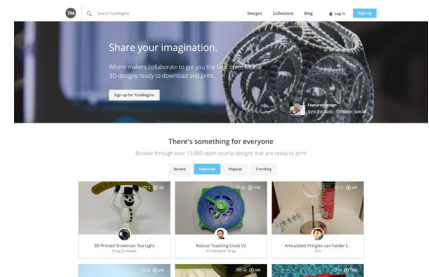


Repozitář s přibližně 50 tisíci modely, které pochází od profesionálních designerů. Navíc jsou všechny modely testovány, díky čemuž je zaručena jejich kvalita. Ceny placených modelů se pohybují převážně mezi 100-1000 Kč.

### YouMagine

modely zdarma

[www.youmagine.com](http://www.youmagine.com)

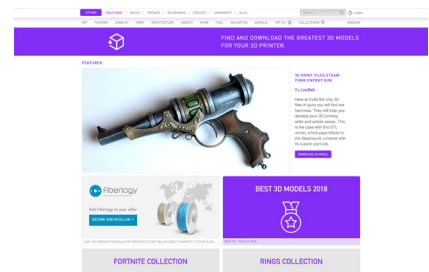


YouMagine je komunitní webová stránka zaštiťovaná firmou Ultimaker. Modely je možné procházet dle tradičního rozdělení do kategorií, tak i po kolekcích, které vytváří sami uživatelé. Portál obsahuje přibližně patnáct tisíc modelů.

### Cults

modely placené i zdarma

[www.cults3d.com](http://www.cults3d.com)



Repozitář s více než 25 tisíci volně dostupnými 3D modely určenými pro tisk. Další tisíce modelů jsou ke stažení za menší poplatek. Zajímavostí jsou kolekce založené na produktech populárních značek (Lego, IKEA, GoPro).

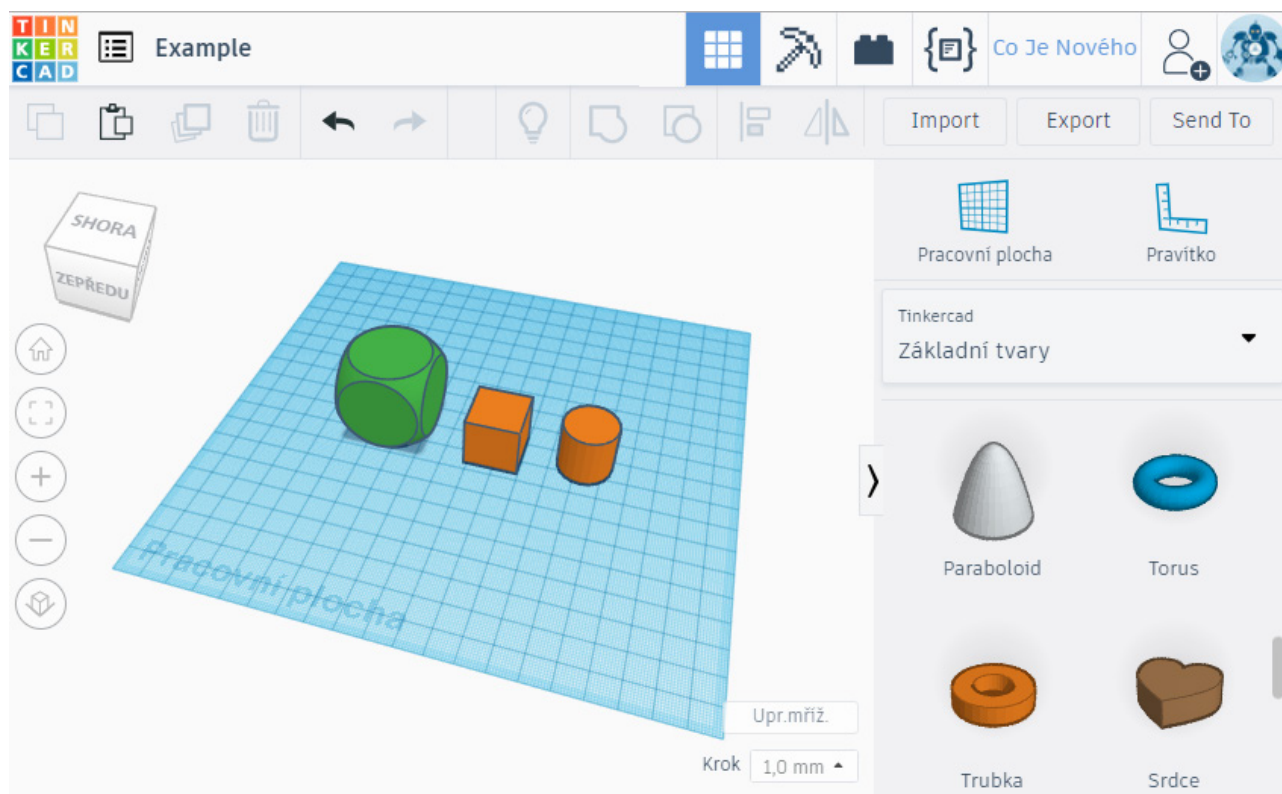
## Nástroje pro 3D modelování

Paleta nástrojů pro 3D modelování je velmi široká a stále se rozšiřuje. Od jednoduchých webových aplikací, jako je například Tinkercad, přes parametrické modelování pomocí zdrojového kódu v OpenSCAD, až po profesionální nástroje, jako je například oblíbený Autodesk Fusion 360. Všechny tyto aplikace umožňují exportovat vytvořený model do souboru STL.

### Tinkercad

Tinkercad je vhodný pro začátky s modelováním. Nástroj je po registraci zdarma, jeho ovládání je intuitivní a naleznete k němu celou řadu návodů a výukových videí. Základními stavebními bloky jsou trojrozměrné tvary, které snadno myší přetáhneme z knihovny po pravé straně obrazovky na pracovní plochu. Tam je dále posouváme, měníme jejich rozměry, otáčíme a aplikujeme operace průniku či rozdílu. Užitečnou funkcí je import a modifikace STL souboru.

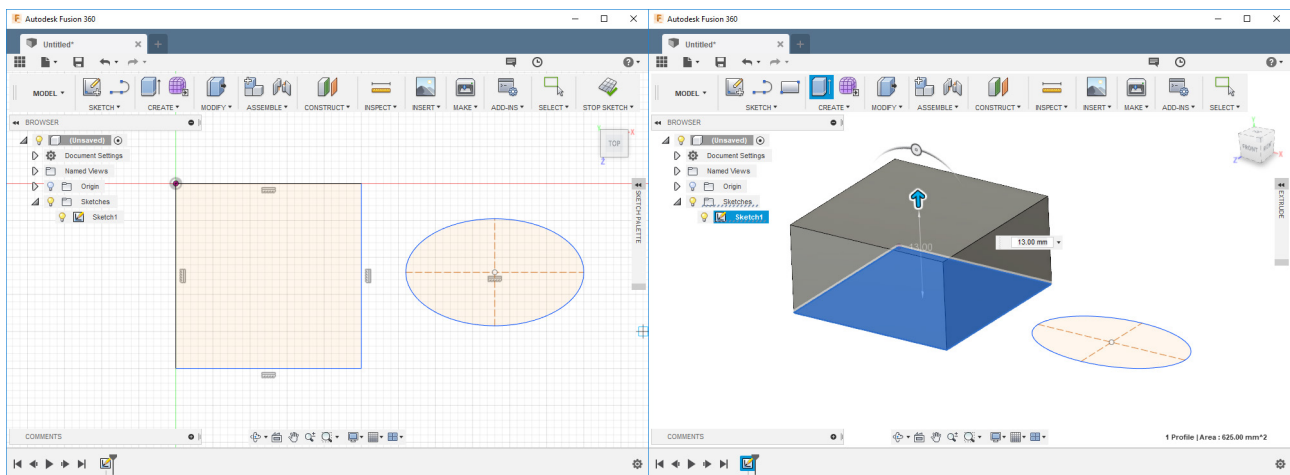
Aplikaci naleznete na [www.tinkercad.com](http://www.tinkercad.com).



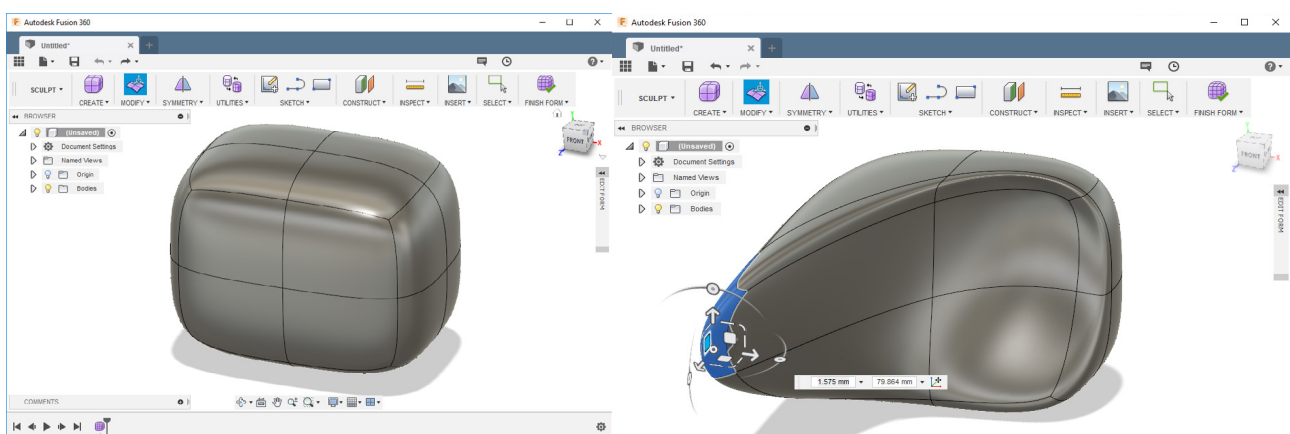
## Autodesk Fusion 360

Pokud potřebujete vytvářet komplexnější modely, či sestavy z více dílů pasujících do sebe, pak je na místě zvolit některý z profesionálních modelovacích nástrojů. Fusion 360 umožňuje pracovat nejen v režimu počítačem podporovaného navrhování (CAD), ale nabízí také obrábění (CAM), analýzy pevnosti či vizualizace. Kromě tradičního prostředí pro parametrické modelování nalezneme ve Fusionu 360 ještě další užitečné prostředí pro volnoprošné modelování. O co jde?

**Parametrické modelování** je běžný postup tvorby konstrukčních modelů. Nejprve se na zvolené rovině vytvoří 2D náčrt. K tomu poslouží primitivní prvky (čára, čtverec, obdélník, bod a další). Následně se provede takzvané vytažení náčrtu do prostoru, čímž vznikne objemové těleso.



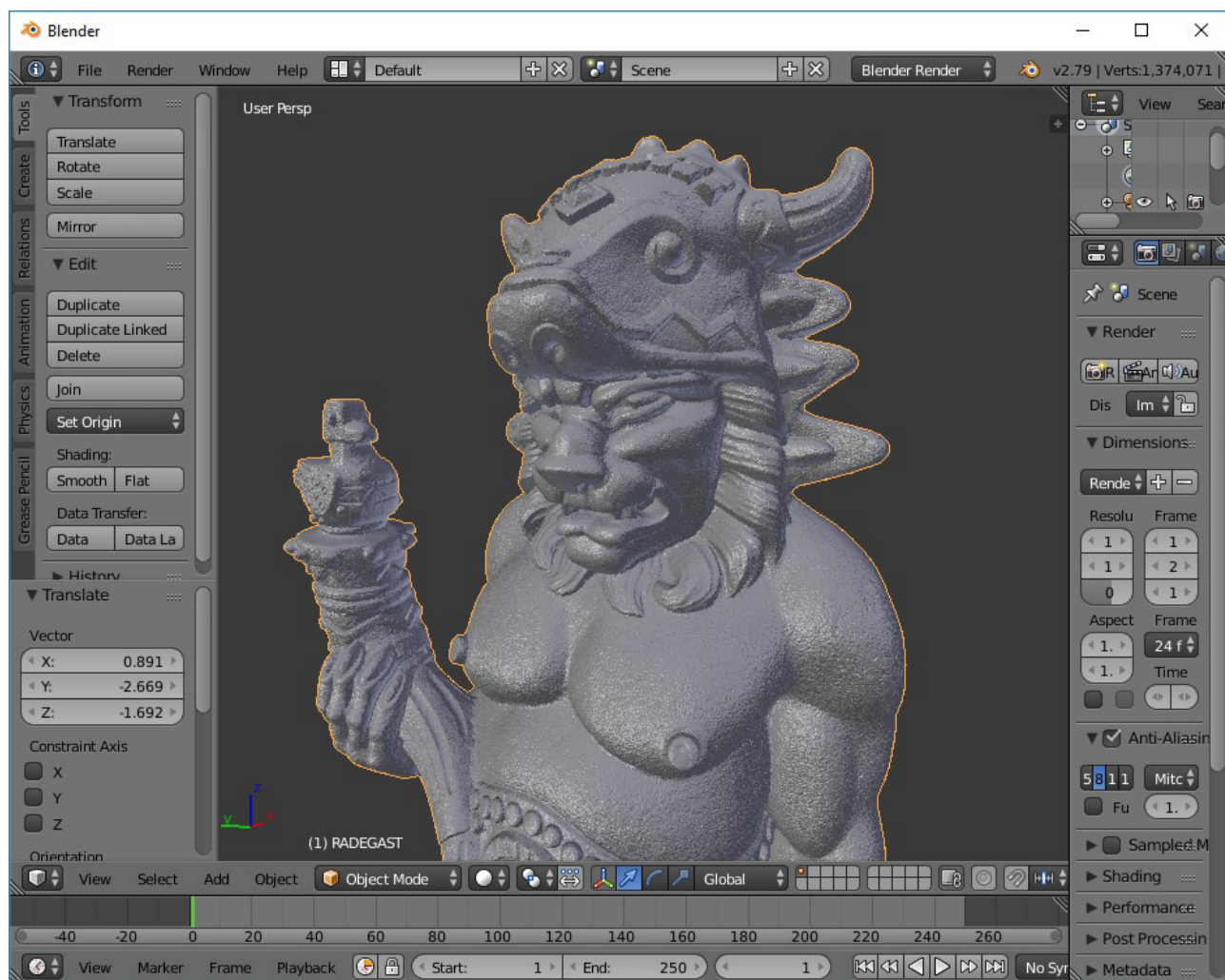
Představme si situaci, kdy potřebujeme vymodelovat psa. Vytvoření takového modelu klasickým parametrickým modelováním by bylo velmi složité až skoro nemožné. Proto existuje možnost modelovat takzvaně volně. Lze si to představit jako tvarování plastelíny (primitiva), ale v počítačovém programu. Primitivy jsou v tomto případě rovnou objemová tělesa (krychle, koule, válec, toroid a další). Tyto objekty je možné volně vytahovat, protahovat, tvarovat. Více napoví ukázka.



Fusion 360 se v poslední době stává velmi populárním, díky bezplatné licenci pro kutily, inovátory a nadšence, kteří v rámci svého podnikání nepřesáhnou obrát 100 tisíc USD ročně. Pokud vás tento program zaujal a chcete se modelování více věnovat, určitě zvažte jeho použití. Instalaci naleznete na [www.autodesk.com/products/fusion-360](http://www.autodesk.com/products/fusion-360). S učením základů vám pomohou dostupná výuková videa.

## Blender

Blender je zřejmě nejmocnější a funkčně nejvybavenější 3D modelovací nástroj pro práci s objekty v podobě 3D meshe. Vyvíjený je pod open source licenci pro všechny operační systémy a je zdarma. Pro začátečníka je vzhledem k jeho komplexnosti velmi složitý až chaotický. Své uživatele si našel zejména u lidí umělecky založených, kteří se nechtějí omezovat technickým přístupem, ale naopak oceňují volné sochání a modelování v prostoru, práci s texturami a tvorbu animací. Blender je zaměřený především na práci s modely v podobě 3D meshe a parametrické modelování podporuje v omezenější formě.

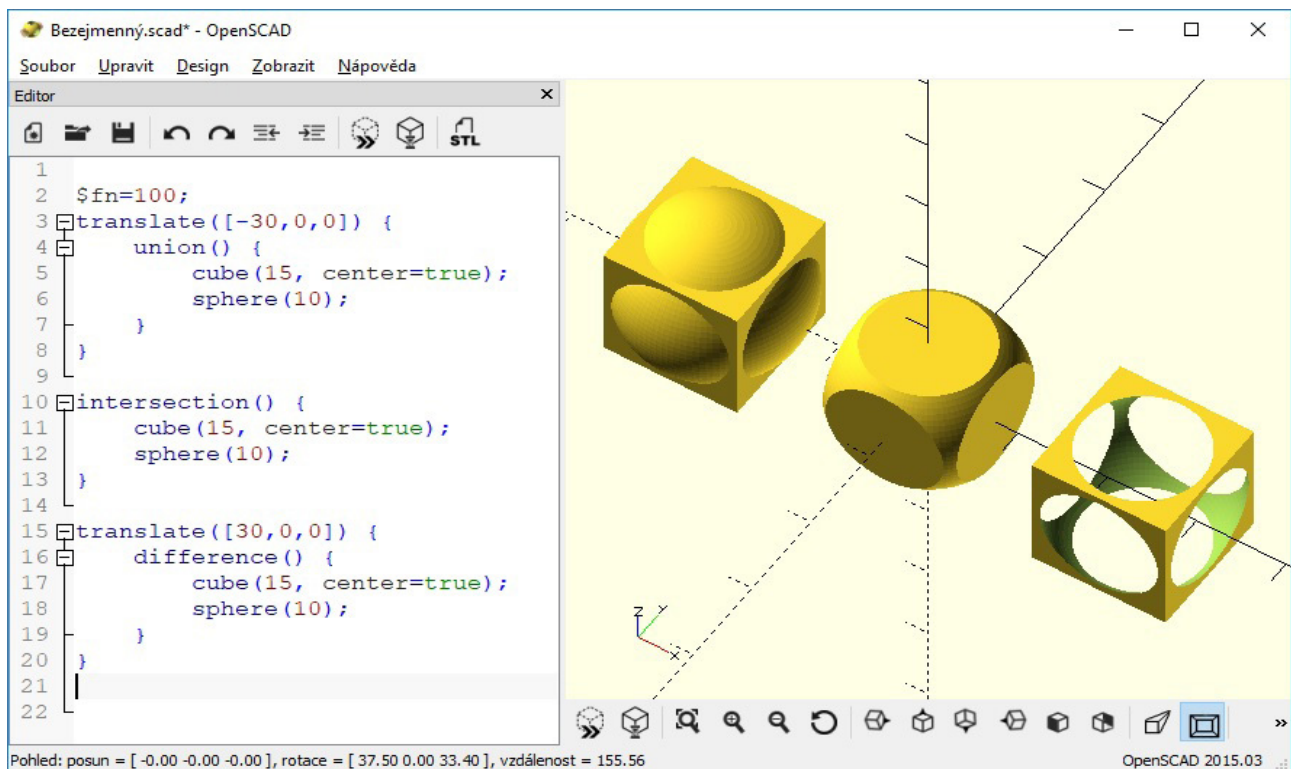




## OpenSCAD

Aplikace OpenSCAD je open source projekt, který je k dispozici zdarma na [www.openscad.org](http://www.openscad.org). Uživatelské rozhraní je členěno na dvě části. V levé pomoci zdrojového kódu definujete objekty a v pravé části vidíte vyrenderovaný náhled. Pracuje se v zásadě jen s několika primitivy (kvádr, válec, koule, jehlan,...) a základními booleovskými operacemi (sjednocení, průnik, rozdíl). To správné scriptování přichází ve chvíli, kdy použijeme cykly for a while, podmínku if, logické operátory a mnoho dalších. Pokud je vám programování blízké, jistě si tento nástroj pro tvorbu jednodušších parametrických modelů oblíbíte..

Jak začít s modelováním v OpenSCAD si můžete přečíst v článku [www.josefprusa.cz/openscad](http://www.josefprusa.cz/openscad).



### Další modelovací nástroje, které můžete vyzkoušet:

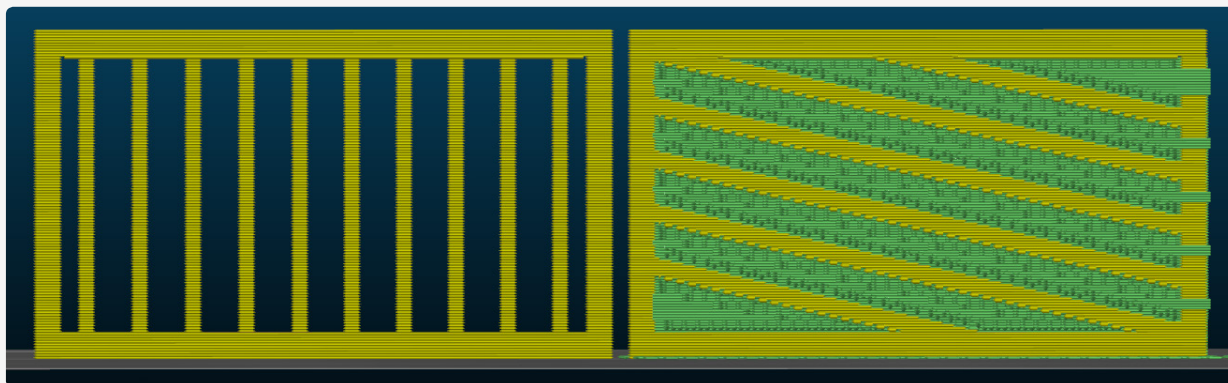
- Microsoft 3D Builder
- Meshmixer
- Rhinoceros 3D
- FreeCAD
- Autodesk Inventor
- SolidWorks
- Autodesk AutoCAD
- SketchUp

## Co je dobré mít na paměti během návrhu a modelování?

**1. Minimalizujte podpěry.** Vhodným návrhem a modelováním můžete ovlivnit množství a nutnost podpěrného materiálu. Omezením podpěr ušetříte jak materiál, tak tiskový čas a v některých případech dosáhnete lepšího povrchu. Pamatujte na to, že 3D tiskárna nemůže tisknout „do vzduchu“.

Pro demonstraci si vezměme příklad, kdy máme vytvořit jednoduchý model plotového dílce bez bližší specifikace o jeho výplni. Níže jsou dva příklady možné realizace. Uvažujeme omezuující podmínku tisku pouze na výšku. Nejlepším možným řešením je orientovat tento model na plochu.

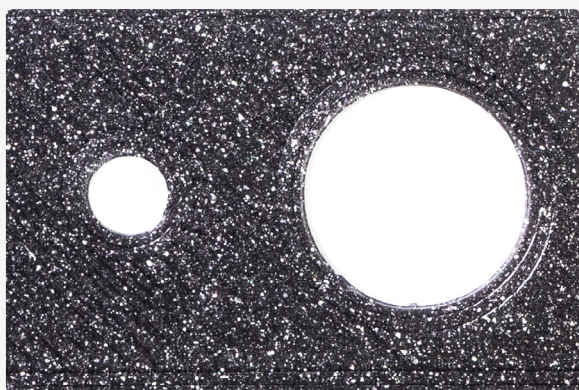
Vizualizace modelu ve sliceru – zelená barva značí podpůrný materiál, žlutá samotný model.



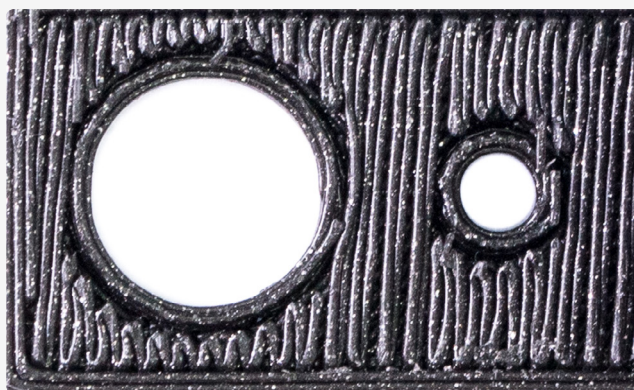
Tisk modelu je možný bez podpěr.

Podpěry jsou nezbytné pro tisk tohoto modelu. Jejich následné odstranění bude pracné a hrozí poškození samotného modelu.

**2. Rozmyslete si, jaká bude orientace modelu na podložce** – plochy umístěné na podpěrách nebudou tak hladké a rovné jako plochy umístěné na podložce.



Povrch umístěný na tiskové podložce. Je dokonale rovný a hladký.



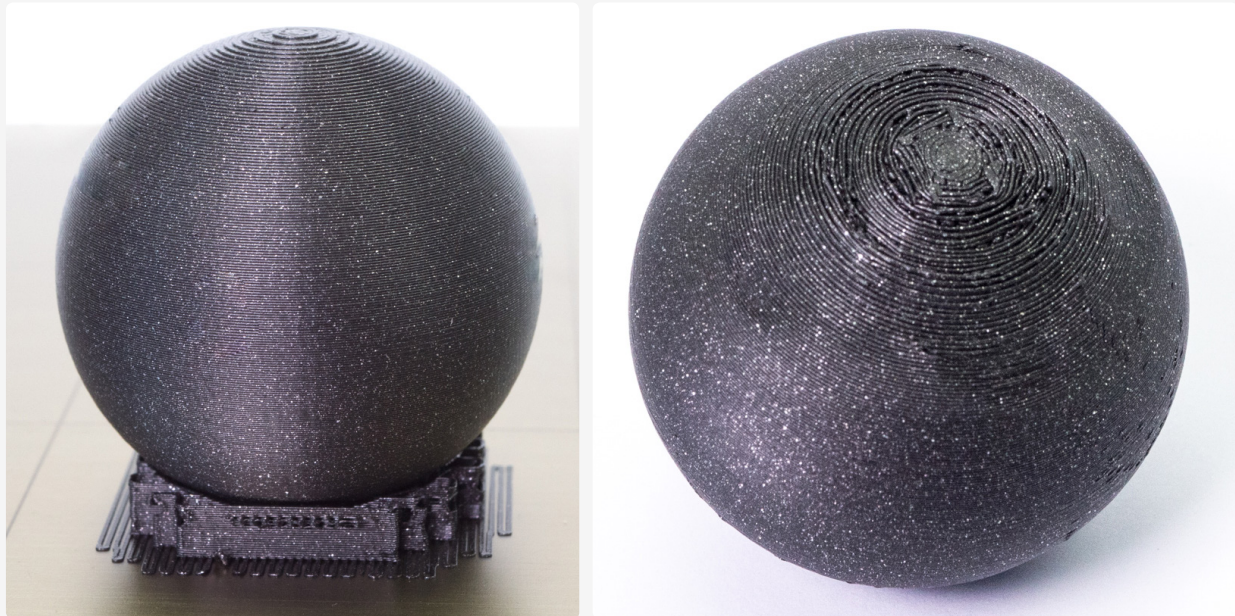
Povrch umístěný na podpěrách. Povrch je nekonzistentní a hrubý. Jedná se o ukázkový nejhorší možný případ. Plochy s menším úhlem převisu jsou i s podpěrami mnohem hladší.

**3. Výtisk má menší pevnost ve směru rovnoběžném s vrstvami**, než kolmo na vrstvy. Berte tento fakt v potaz u dílů, u kterých očekáváte pevnost.



**4. Zvažte rozdělení modelu na více částí**, a ty si na podložce natočte nejvhodnějším způsobem. Příkladem může být obyčejná koule. Vytisknout ji jako jeden kus je náročné, protože má velmi malou styčnou plochu s podložkou. Samozřejmě je možné přidat podpěry, ale povrch koule zespodu nebude ideálně hladký (povrch je vidět na obrázku vpravo). Možným řešením je rozdělení koule na dvě polokoule a jejich následné slepení.

Tisk s podpěrami jako jeden kus. Na spodní části koule v místě podpěr jsou patrné nerovnosti.



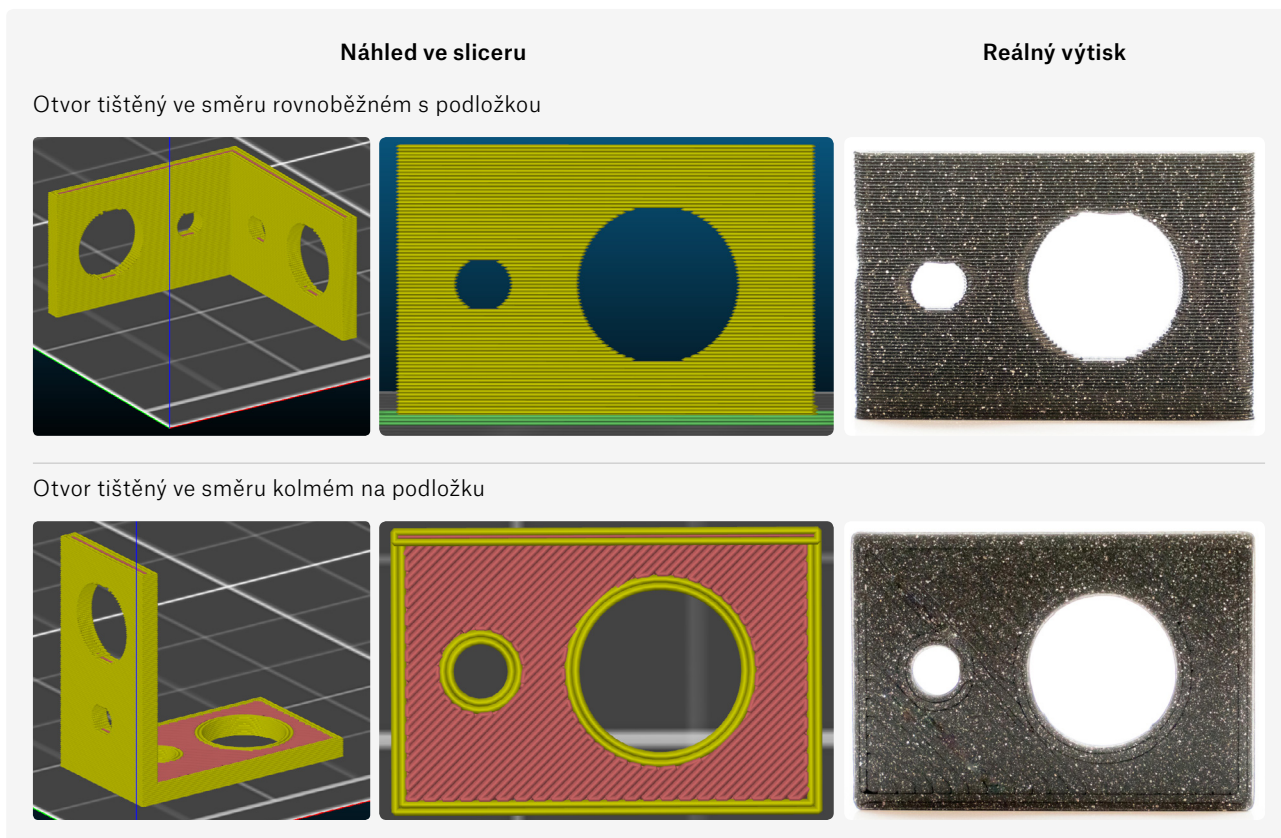
Tisk dvou polokoulí bez podpěr a jejich následné slepení.



**5. Při modelování částí, které do sebe mají zapadat je třeba kalkulovat s tolerancí.** Díly s nulovou tolerancí do sebe nebude možné vsadit. Se správnou hodnotou tolerance je třeba experimentovat. Liší se zejména podle velikosti modelu, směru vrstev do sebe zapadajících dílů, kalibrací, nastavením vaší tiskárny a řadou dalších aspektů. Postupem času získáte potřebný odhad. Tiskárna má sloužit k prototypování, proto nezapomínejte, pokud toleranci neodhadnete na první pokus. Model upravte a zkuste to znovu.

Pro představu: pokud chceme, aby do vytištěné trubky vnitřního průměru 10 mm bylo možné volně vložit jinou trubku, tak by měla být mít venkovní průměr přibližně o 0,15 mm menší.

6. Kulatý otvor tištěný ve směru rovnoběžném s podložkou nebude dokonale kulatý. Při orientaci otvoru kolmo k tiskové podložce bude otvor o poznání lepší.



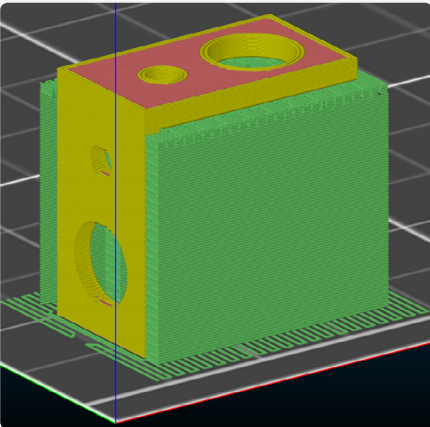

7. Šířka jednoho perimetru (s nejčastěji používanou tryskou 0,4 mm) je cca 0,45 mm. To ovlivňuje možné šířky stěn modelu a plyne z toho následující:

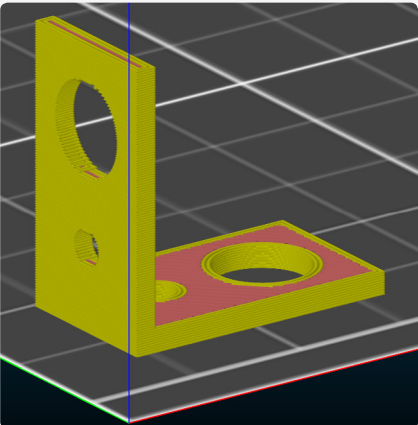

Šířka stěny modelu	Je možné vytisknout?
méně než šířka jednoho perimetru	✘
jeden perimetr	✔
více než šířka jednoho perimetru a méně než dvojnásobek šířky perimetru	✘
více než dvojnásobek šířky perimetru	✔

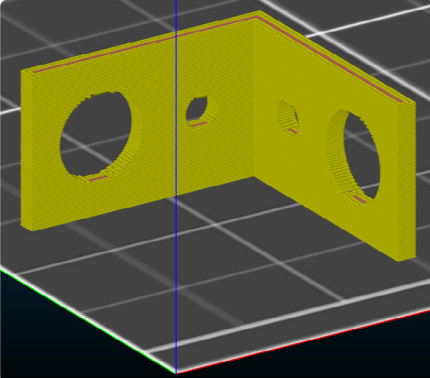



## Příklady možných orientací modelu na tiskové podložce a jejich dopady na výtisk

Jako ukázkový model si vezmeme jednoduchý úhelník se dvěma dírami na každém rameni. U každé možné orientace si uvedeme výhody a nevýhody. Stejný model s jinou orientací vůči tiskové ploše má odlišné vlastnosti z pohledu pevnosti, odlišné doby tisku a různou spotřebu materiálu.

	Náhled ve sliceru	Reálný výtisk
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Rameno úhelníku tisknuté rovnoběžně s tiskovou podložkou bude mít hezky kulaté otvory.</li> <li>⊖ Zbytečně velké množství odpadního materiálu v podobě podpěr.</li> <li>⊖ Pevnost úhelníku v místě pravého úhlu bude malá.</li> <li>⊖ Rameno tisknuté kolmo na podložku bude náchylné na zlomení ve směru tiskových vrstev.</li> <li>⊖ Rameno úhelníku tisknuté kolmo na podložku bude mít mírně oválné otvory.</li> <li>⊖ Povrch tisku na podpěrách nemusí být hezký.</li> </ul>		
<p><b>Nejedná se o optimální orientaci modelu.</b></p>		

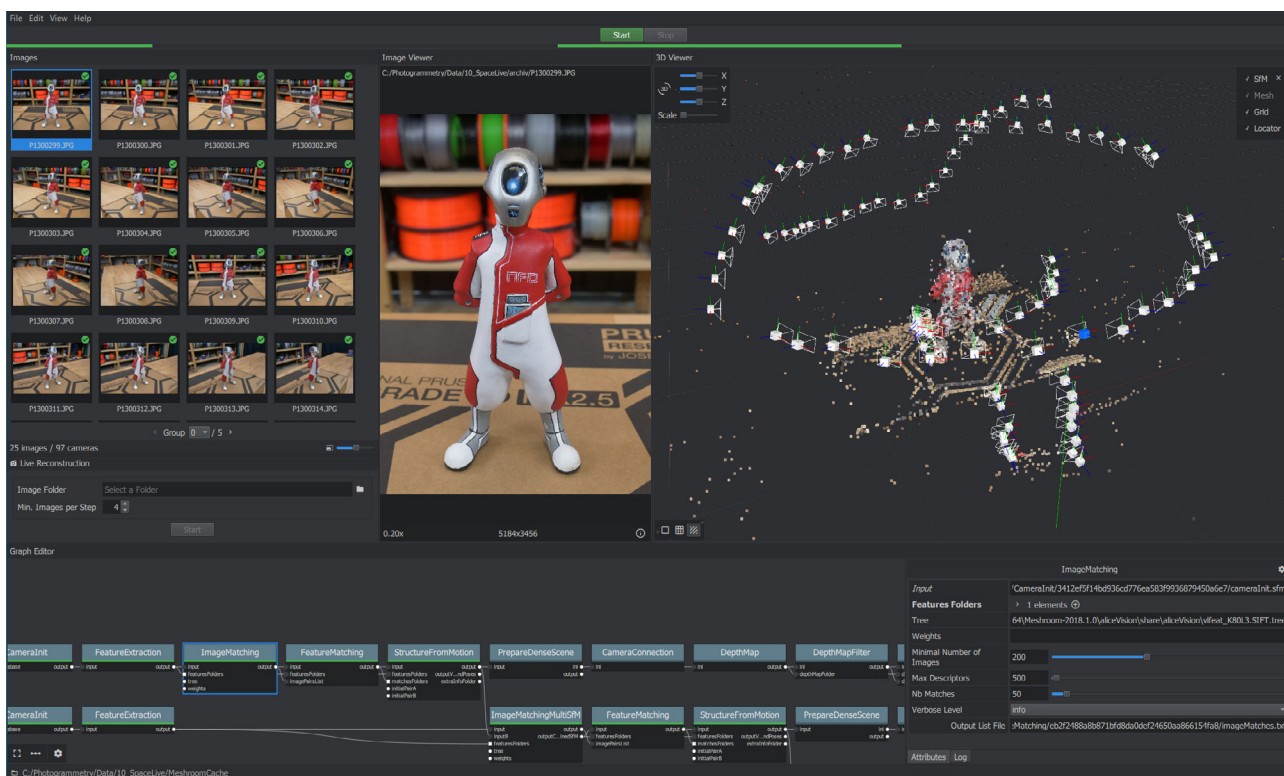
<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Rameno úhelníku tisknuté rovnoběžně s tiskovou podložkou bude mít hezky kulaté otvory.</li> <li>⊕ Žádné podpěry.</li> <li>⊖ Pevnost úhelníku v místě pravého úhlu bude malá</li> <li>⊖ Rameno tisknuté kolmo na podložku bude náchylné na zlomení ve směru tiskových vrstev.</li> <li>⊖ Rameno úhelníku tisknuté kolmo na podložku bude mít mírně oválné otvory.</li> </ul>		
--	--	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Pevnost úhelníku v místě pravého úhlu bude nejlepší možná.</li> <li>⊕ Žádné podpěry.</li> <li>⊖ Otvory budou mírně oválné.</li> </ul>		
--	--	---

**Optimální orientace modelu jak z pohledu spotřeby materiálu, tak z pohledu pevnosti.**

## 3D skenování a fotogrammetrie

Jedná se o způsoby, jak přenést reálný předmět do počítačového modelu. 3D skenery na trhu existují už relativně dlouho, ale jejich cena a dostupnost není přívětivá. Pohybují se v rozmezí od desítek tisíc až po statisíce korun. Kvalita výstupu je zpravidla přímo úměrná ceně. Existuje však i levnější způsob zvaný fotogrammetrie, který je založený na sérii fotografií z různých úhlů pohledu. Ty jsou následně počítačovým programem zpracovány do 3D modelu. Více o fotogrammetrii s použitím volně dostupného software se dozvíte v článku „Fotogrammetrie – 3D skenování s použitím fotoaparátu či mobilu“ na [www.josefprusa.cz/fotogrammetrie](http://www.josefprusa.cz/fotogrammetrie).



3D skener Sense od firmy 3D systems

Zdroj: <https://3dprint.com/58221/3d-systems-sense-plus>

## Volba tiskového materiálu

Volba materiálu není pouze o barvě, jak si mnozí začátečníci mohou myslet. Je třeba myslet především na jeho fyzikální vlastnosti vzhledem k zamýšlenému použití výsledného výtisku. Z některých materiálů se tiskne snadno a tisk je velmi detailní, ale teplotní odolnost je nízká (PLA). Jiné materiály se chovají naprosto opačně (ABS).

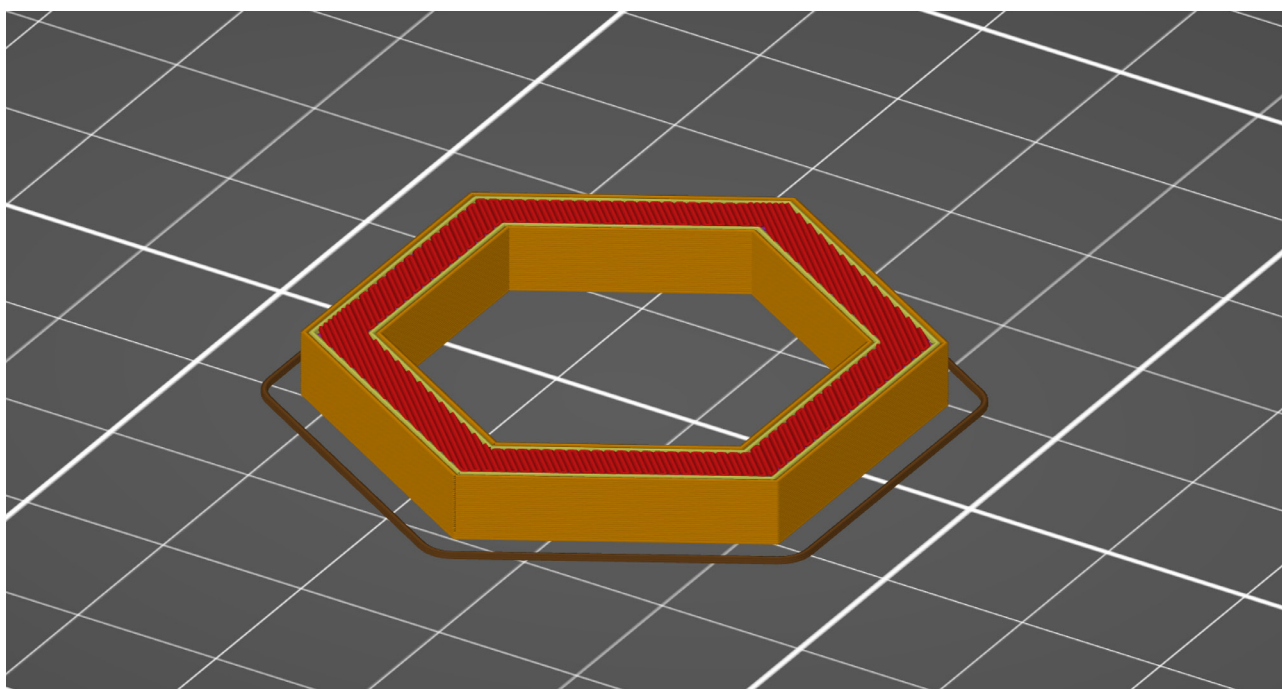


Více informací o používaných materiálech a jejich vlastnostech se dočtete v sekci „Tiskové struny“.

## Slicování

Jedná se o proces převodu 3D modelu na strojový kód G-code. K převodu slouží software zvaný obecně slicer. Mezi nejznámější slicery pro FFF tiskárny patří PrusaSlicer, Simplify3D a Cura. Vstupem programu je nejenom 3D model, ale také celá řada nastavení, která mají vliv na kvalitu, pevnost a dobu tisku. Modely je většinou možné také modifikovat v rozsahu zmenšování či zvětšování, otáčení dle os, řezání či rozdělování na separátní objekty. V neposlední řadě slouží slicer také k tomu, abychom si jednotlivé 3D modely rozmístili po tiskové ploše. Slicer a jeho správné nastavení je stejně důležité jako kvalita a mechanické zpracování samotné tiskárny.

Slicerů existují desítky, každý má své přednosti a nedostatky. Většina z nich je k dispozici zdarma. Začínajícím uživatelům doporučujeme alespoň v začátku používat takový slicer, pro který již existují hotové a odladěné tiskové profily pro vaši tiskárnu. Až později zkoušejte a experimentujte s dalšími slicery. Obvykle každý solidní výrobce 3D tiskárny má svůj slicer, do kterého dodává profily pro svoje tiskárny. Podíváme se na tři nejpoužívanější zástupce slicerů, které používají majitelé tiskáren Original Prusa i3.





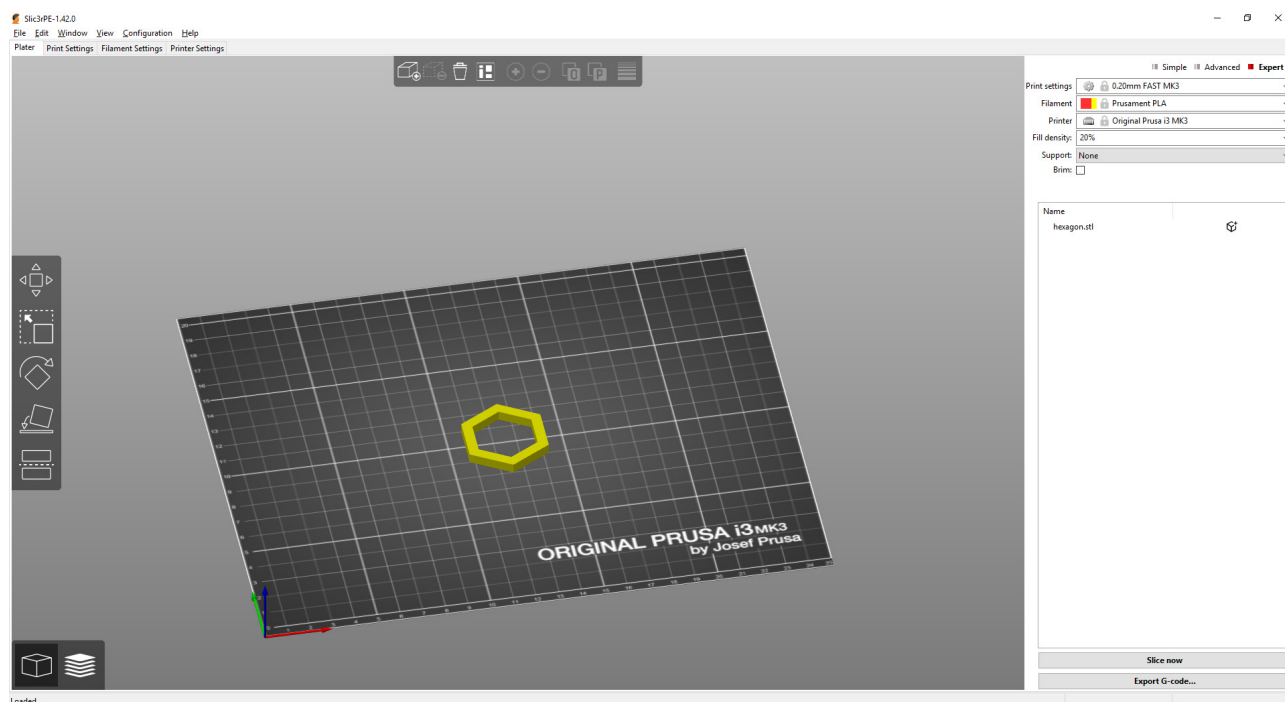
## PrusaSlicer

PrusaSlicer vychází z open source projektu Slic3r. PrusaSlicer je výchozí slicer, který je součástí balíku ovladačů a aplikací dodávaných s tiskárnami Original Prusa. PrusaSlicer je obohacen a celou řadu užitečných funkcí a je neustále ve vývoji. Obsahuje mnoho vylepšení a optimalizací pro produkty Prusa Research, včetně slicování pro multi-materiálový tisk. Součástí PrusaSlicer je také řada otestovaných tiskových profilů pro širokou škálu filamentů. Je dobrou volbou pro začínající majitele tiskáren Original Prusa.

### Klíčové charakteristiky:

#### **Zdarma a open source.**

- ➔ Obsahuje přes 30 otestovaných tiskových profilů pro nejrůznější tiskové materiály. Tiskové profily jsou navíc automaticky aktualizovány.
- ➔ Vestavěný nástroj pro nahrávání firmware do produktů Original Prusa.
- ➔ Podpora Multi Materiálového tisku.
- ➔ Integrace s Octoprint.
- ➔ Široké možnosti tiskového nastavení včetně modifikátorů pro generování podpěr.
- ➔ Náhled naslicovaného modelu po jednotlivých vrstvách.
- ➔ Nastavení variabilní výšky vrstvy, díky čemuž je možné strukturálně jednoduché části modelu tisknout s vyšší výškou vrstvy, než oblasti, kde je požadovaný vysoký detail tisku.





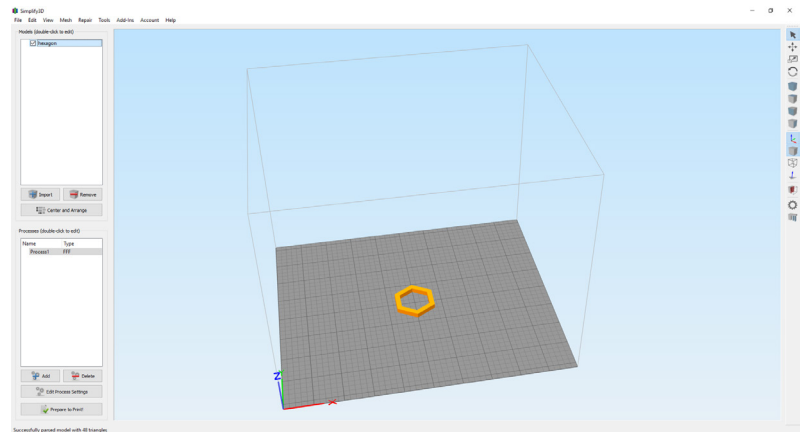
## Simplify3D

Simplify3D je slicovací software, který je vyvíjený bez spojitosti s konkrétním typem či výrobcem tiskárny. Obsahuje profily pro stovky různých tiskáren. Díky tomu je možné pro různé typy tiskáren používat pořád stejný slicovací program bez toho, aby si uživatel musel sám pro každou tiskárnu vytvářet tiskový profil.

### Klíčové charakteristiky:

#### Placený software (150 USD).

- ➔ Realistická simulace pohybů extruderu před samotným tiskem.
- ➔ Náhled již naslicovaného 3D modelu ve formátu G-code.
- ➔ Automatické generování podpěr a jejich následná uživatelská editace.
- ➔ Široké možnosti nastavení tisku.
- ➔ Umožňuje v různých oblastech modelu používat jiné tiskové nastavení. Stejně tak je možné pro každý objekt na tiskové ploše použít jiné tiskové nastavení.



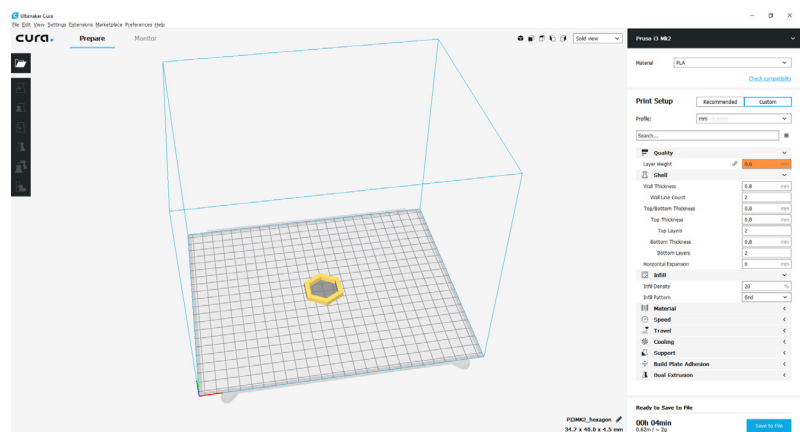
## Cura

Slicovací software vyvíjený výrobcem 3D tiskáren Ultimaker. Proto je pro majitele tiskáren Ultimaker tou nejčastější volbou. Program obsahuje desítky dalších profilů pro ostatní tiskárny.

### Klíčové charakteristiky:

#### Zdarma a open source.

- ➔ Jednoduchý pro začátečníky a zároveň s dostatečným množstvím nastavitelných parametrů.
- ➔ Optimalizované profily pro oficiální materiály a tiskárny Ultimaker.
- ➔ Tisk více modelů najednou, každý s vlastním tiskovým nastavením.
- ➔ Náhled již naslicovaného 3D modelu ve formátu G-code.
- ➔ Umožní zobrazit rozpis kolik tiskového času zaberou dílčí části modelu (tisk perimetrů, podpěr, výplně a dalších).



## Základní nastavení sliceru

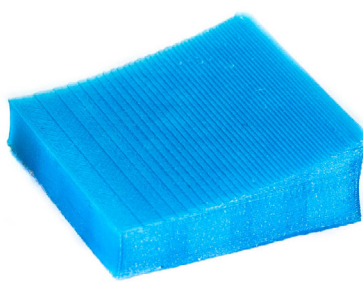
**Teplota filamentu a podložky** – každý výrobce filamentu udává teplotní rozsah nejvhodnější pro konkrétní typ filamentu. V tomto rozmezí byste se měli držet. Úpravami teplot se budou měnit především vizuální vlastnosti výtisku. Teplota trysky se pohybuje nejčastěji v rozmezí od 200°C do 240°C a teplota podložky od 60°C do 100°C.

**Layer height (výška vrstvy)** – významně ovlivňuje dobu tisku a tisku (rozlišení v ose Z). Čím je výška vrstvy vyšší, tím více jsou jednotlivé vrstvy patrné. Nejvíce je to viditelné na plochách, které jsou skoro rovnoběžné s tiskovou plochou. Nejběžnější výškou vrstvy je 0,15 mm. Nižší vrstvy volíme proto, abychom dosáhli detailnějšího výtisku, ale současně s tím se prodlužuje tiskový čas. Kompromisu lze dosáhnout tím, že ve složitých místech modelu, kde požadujeme větší detaily, si zvolíme výšku vrstvy menší, než ve zbytku modelu, který neobsahuje náročné detaily. Tento přístup umožňuje například slicer PrusaSlicer v podobě takzvané variabilní výšky vrstvy.

Ukázka rozdílu povrchu výtisku při změně výšky vrstvy.



0,2 mm  
18 minut



0,1 mm  
33 minut

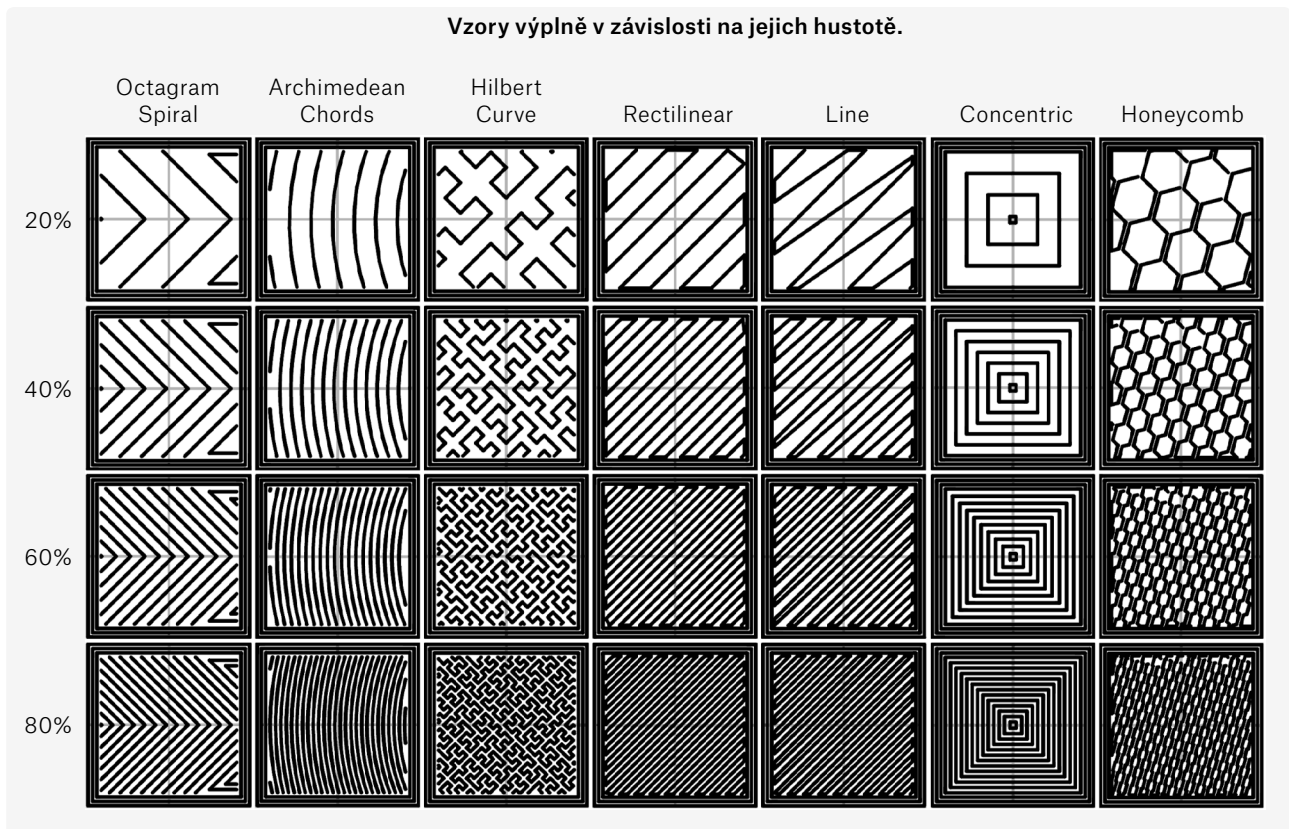


0,05 mm  
75 minut

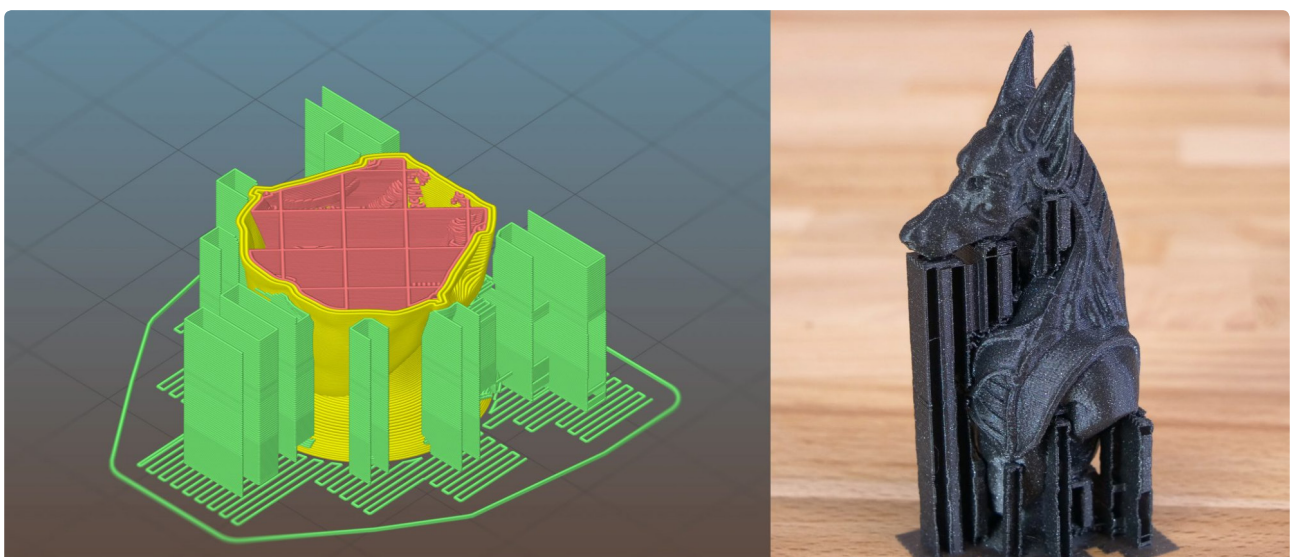
**Vertical shells / Perimeters (perimetry)** – jedná se o obvodové stěny modelu a nastavujeme jejich počet. Výsledná stěna modelu bude mít šířku přibližně: počet perimetrů × průměr trysky. Více informací o perimetrech se dozvíte v článku „K čemu slouží nastavení perimeters?“ na [www.josefprusa.cz/perimeters](http://www.josefprusa.cz/perimeters).

**Horizontal shells / Solid layers (plné vrstvy)** – umožňuje nastavit počet spodních a vrchních vrstev modelu, které budou plné (100% infill).

**Infill (výplň)** – ovlivňuje dobu tisku, pevnost výtisku a spotřebu filamentu. Nastavuje se procentuální hodnotou – 0% pro duté objekty a přibližně 10–20% pro běžné tisky. Je také možnost si zvolit vzor výplně (každý slicer nabízí různé vzory).



**Supports (podpěry)** – umožňují tisknout části modelu, které by jinak visely ve vzduchu, či taková místa, která svírají s podložkou úhel menší než cca 45°. Podpěry jsou následně odlámaný. Naším cílem je však množství podpěr minimalizovat, respektive použít jich dostatek, aby byl tisk úspěšný, ale zároveň to s jejich množstvím nepřehnat. Čím méně budeme mít podpěr, tím bude tisk rychlejší a spotřeba materiálu menší.

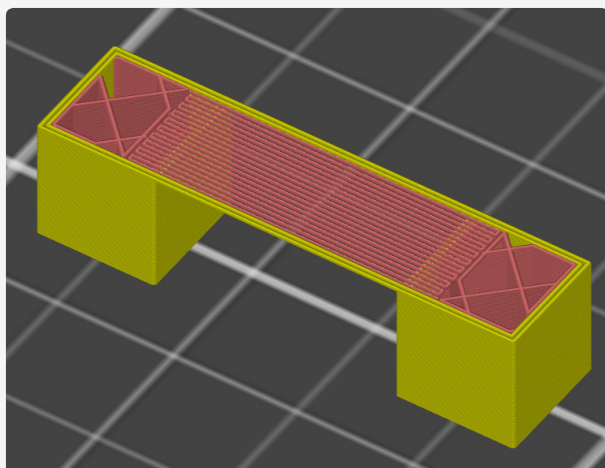


**Bridging (přemostování)** – jediný případ, kdy lze tisknout „do vzduchu“ bez podpěr. Dochází k tahání tiskových vláken mezi dvěma body o stejné výšce. Most tedy musí být nutně rovnoběžný s tiskovou plochou.

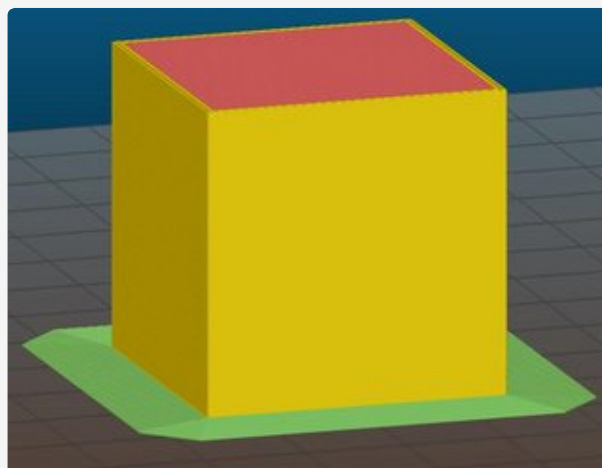
**Brim (límelec)** – udává šířku límce, který bude vytištěn okolo objektů v první vrstvě. Brim se dotýká objektu. Je vhodný ke zvýšení přilnavosti tištěného objektu k podložce. Po vytištění se odlomí.

**Skirt (obrys)** – Skirt se na rozdíl od brimu objektu nedotýká a netiskne se pouze v první vrstvě. Používá se nejčastěji u materiálu ABS, který se při chladnutí významně smršťuje a má tendence praskat. Přidáním skirtu se okolo objektu vytvoří mikroklima a kolem objektu přestane proudit chladný okolní vzduch. Jeho další praktické využití je v podobě několika málo vrstev. Ty se tisknou vždy dříve, než objekty samotné v dané vrstvě. Díky tomu máme možnost si zkontrolovat přichycení první vrstvy a případně doladit výšku osy Z.

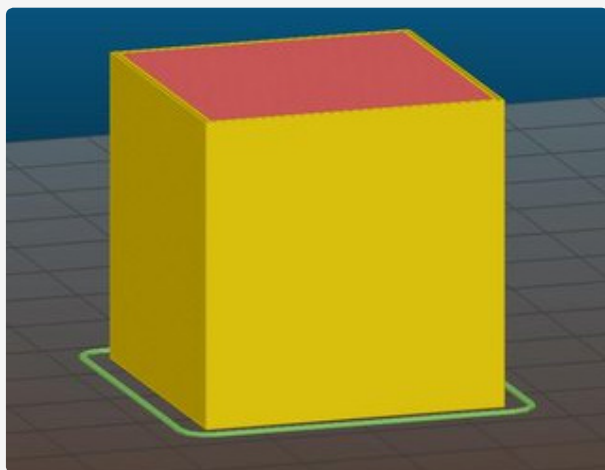
**Raft** – jedná se o typ podpěry, která se nachází pod celou kontaktní plochou modelu s podložkou. Model tak nebude ležet přímo na podložce, ale bude zvednutý o definovanou výšku raftu. Primárně se používá u materiálu ABS, aby se omezilo kroucení výtisku a zvýšila se jeho přilnavost k podložce.



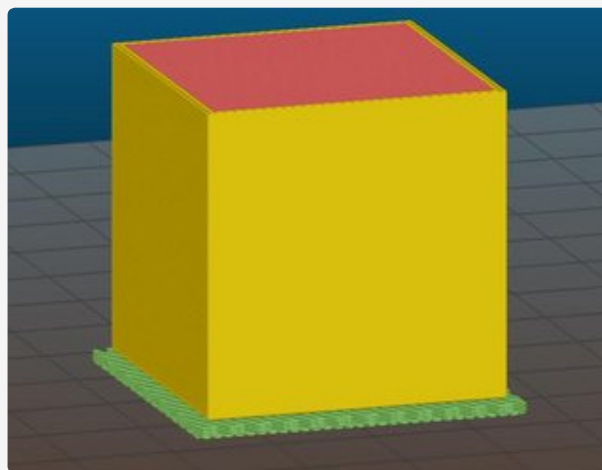
Bridging



Brim



Skirt



Raft



**Cooling (chlazení)** – chladit model během tisku je vhodné v případech, kdy je tiskový čas vrstvy velmi malý a předchozí vrstva se nestihá dostatečně samovolně ochladit a ztuhnout. Typicky se jedná o vysoké a úzké objekty.

### **Pokročilá nastavení**

Slicovací programy nabízí celou řadu dalších nastavitelných parametrů, jako jsou rychlosti tisku, perimetrů, infilů, mostů a tak dále. Tato nastavení již bývají odladěná a dostupná v podobě tiskových profilů od výrobce tiskárny. Proto do nich ve většině případů není potřeba vůbec zasahovat.

---

## Příprava tiskové podložky



Správně připravený povrch tiskové položky je základním krokem úspěšného tisku. Odlepení výtisku od podložky má za následek neúspěšný tisk. Věnujte mu tedy náležitou pozornost.

Vývoj 3D tiskáren probíhal mimo jiných částí také na tiskové podložce. Zprvu nevyhřívané podložky nahradily vyhřívané podložky. Tisklo se na sklo či zrcadlo. Pro zvýšení adheze se používal především lak na vlasy, ABS juice (rozpuštěné zbytky ABS v acetonu), kaptonová páska a lepidlo na papír (tyčinka Kores). Práce s tiskárnou proto nebyla čistá a snadná. S příchodem povrchu v podobě PEI folie se vše změnilo. PEI povrch nalezneme na všech modelech 3D tiskáren Original Prusa i3 od verze MK2. Tento povrch není třeba nikterak zvlášť upravovat před tiskem. Pouze je potřeba zajistit jeho odmaštění. Drží na něm velice dobře většina dostupných materiálů. Lepidlo Kores se stále používá, ale naopak jako separační vrstva mezi podložkou PEI a výtiskem z materiálu PET, kde by naopak přilnavost mohla být extrémní a bylo by obtížné model sundat z podložky bez jejího poškození.



## Spuštění tisku

Spustit tisk znamená začít číst vygenerovaný G-code a posílat ho do tiskárny. Níže se podíváme na to, jaké máme možnosti, a jaké jsou výhody a nevýhody jednotlivých řešení.

Během celé doby tisku musí být zaručeno, že tiskárna bude sekvenčně dostávat instrukce z G-code souboru. Pokud z nějakého důvodu dojde k přerušení doručování instrukcí, tisk je nenávratně zničený. Nejspolehlivějším řešením je tisk z SD karty či obdobného média, ze kterého si tiskárna sama G-code čte. Tisk tak není závislý na žádném dalším zařízení. Alternativně je možné 3D tiskárnu připojit k počítači jako jakoukoliv běžnou tiskárnu na papír. Počítač přes specializovaný program (například Pronterface) během celého několikahodinového tisku posílá postupně instrukce do tiskárny. Nevýhodou tohoto řešení je riziko problému na straně počítače během tisku. Počítač se může vypnout, uspat, restartovat nebo zaseknout. Tím dojde k přerušení komunikace a dodávání instrukcí pro tiskárnu, a tedy ke zničení tisku. Proto se připojení napřímo s osobním počítačem nedoporučuje a nepoužívá.

Situace je změněná, pokud si vyhradíme vhodný a spolehlivý počítač speciálně pro účely tisku. Takovým řešením je malý jednodeskový počítač Raspberry Pi s operačním systémem Raspbian. Komunikaci a obsluhu tiskárny obstarává aplikace OctoPrint. Uživatel do prostředí OctoPrint přistupuje přes webový prohlížeč. Výhodou tohoto řešení je především možnost monitoringu a vzdáleného ovládání.

## Postprocessing

Výtisky je možné ve většině případů ihned po vytištění použít jako funkční díly. Pokud však máme vyšší nároky na vzhled výtisku, přichází řada na takzvaný postprocessing.

Postprocessing je celá řada technik a dílčích prací na modelu s obecným cílem získat hladký, barevný a hezky vypadající povrch modelu. Plastové modely je možné ručně brousit (broušení elektrickými vysokootáčkovými nástroji typicky vede spíše k tavení plastu než jeho broušení), kytovat karosářským tmelem, stříkat plničem, laminovat, malovat akrylovými barvami, stříkat barvou ve spreji a mnoho dalšího. Při nanášení tmelu či kytu ve větší vrstvě je třeba počítat se ztrátou detailu modelu.



Více o postprocessingu se dozvíte v článku: „Postprocessing 3D výtisků krok za krokem“ na: [www.josefprusa.cz/postprocessing](http://www.josefprusa.cz/postprocessing).

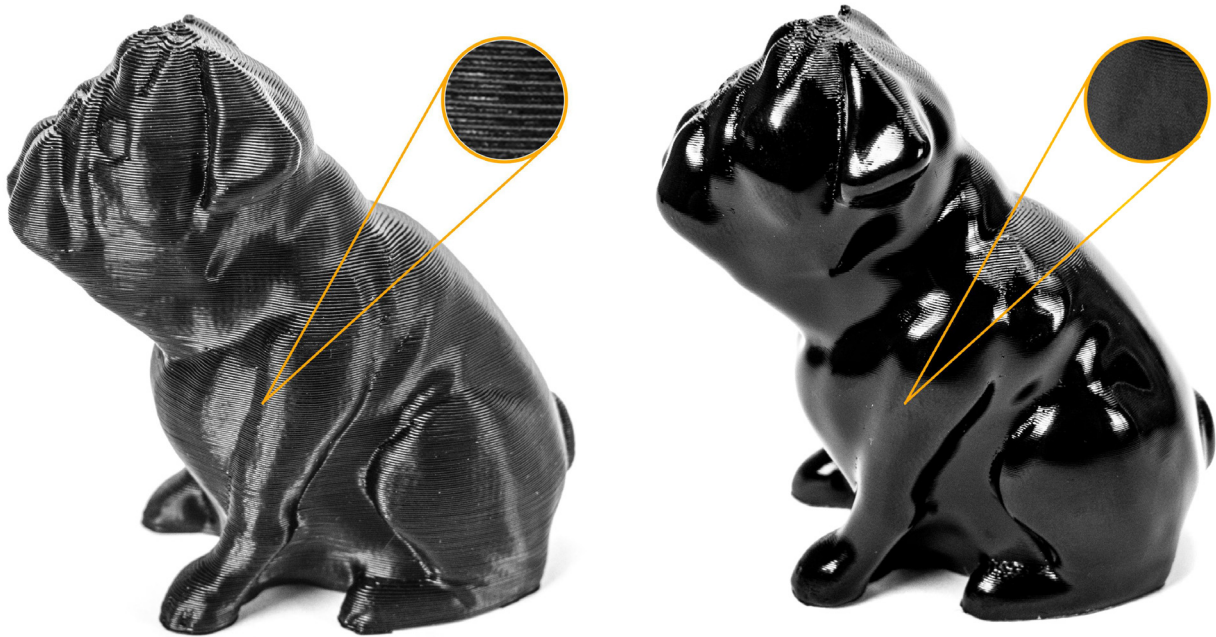


## Lepení a vyhlazování acetonem

Materiály ABS a ASA jsou rozpustné v acetonu. Toho lze využít k lepení jednotlivých dílů k sobě. Stačí obě plochy lehce potříit acetonem a přiložit je k sobě.

Aceton je dále možné využít k vyhlazování povrchu modelu. Buď je možné model na krátkou chvíli (5–10 s) do acetonu ponořit, nebo model uzavřít do nádoby s acetonem po dně. Acetonové páry budou pomalu model vyhlazovat.

Mějte na paměti, že vyhlazováním přijdete o jemné detaily modelu a povrch se stane lesklým.



### POZOR!

S acetonem pracujte pouze v dobře větraném místě. Používejte ochranné rukavice a ochranné brýle. Aceton je hořlavá kapalina a její výpary spolu s kyslíkem tvoří výbušnou směs.

### Další tipy:

- ⇒ Takzvané stringování (tenké vlásky na výtisku) lze do jisté míry odstranit horkovzdušnou pistolí. Výtisk ofukujte horkým vzduchem pouze krátce, jinak hrozí deformace.
- ⇒ Materiály jako je PLA a PETG se dobře lepí kyanoakrylátovým (vteřinovým) lepidlem. Pro zrychlení procesu vytvrzení můžete použít aktivátor.



Materiál PLA je rozpustný chloroformem (trichlormethanem). Není však vhodný k vyhlazování jako aceton pro ABS z důvodu, že hodně naleptává povrch modelu. Hodí se spíše pro lepení PLA dílů, i když je snazší použít vteřinové lepidlo. Mějte na paměti, že práce s chloroformem je nebezpečná a je třeba s ním pracovat v dobře větraných prostorech.

---

**TISKOVÉ STRUNY**

**S** polečně se stoupající dostupností a oblibou 3D tiskáren se na trhu objevují nové materiály v nejrůznějších barvách a se specifickými vlastnostmi. Spektrum materiálů je již velmi široké: snadno použitelný a velmi populární PLA, univerzální PETG, vhodný pro tisk mechanických částí, velmi pevný a teplotně odolný ASA (ABS), dále kompozitní materiály připomínající dřevo, bronz nebo měď, materiály svítící ve tmě, měkké flexibilní materiály a mnoho dalších.

Každý filament vyžaduje specifické tiskové nastavení. Stejný typ materiálu od různých výrobců může mít odlišné tiskové vlastnosti. U některých výrobců se dokonce může stát, že se odlišně chovají i různé barvy stejného typu materiálu.

Pro dosažení nejlepší možné kvality tisku se vždy nejprve řiďte teplotami doporučenými výrobcem filamentu. Až v případě neuspokojivého výsledku experimentujte s nastavením teplot, rychlostí ventilátoru, rychlostí tisku, průtoku materiálu, retrakce a dalších.

**Nejobvyklejší filamenty** pro běžné použití jsou **PLA**, **PETG** a **ASA**. Dále se dozvíte, pro jakou aplikaci jsou vhodné, a čím se od sebe odlišují. Poté se ve zkratce zmíníme také o několika netradičních filamentech, avšak detailní informace a jejich typické využití hledejte vždy na stránkách prodejce/výrobce.

Pro vás, jako pro začínajícího tiskaře, je důležité se seznámit se základními materiály a naučit se je vhodně používat v závislosti na povaze a účelu tištěného modelu. Prvním vaším filamentem by měl být nepochybně materiál PLA. Budeme ho považovat za pomyslný standard a ostatní materiály budeme porovnávat vůči němu.





## PLA

PLA je pravděpodobně nejpoužívanější filament mezi tiskaři.

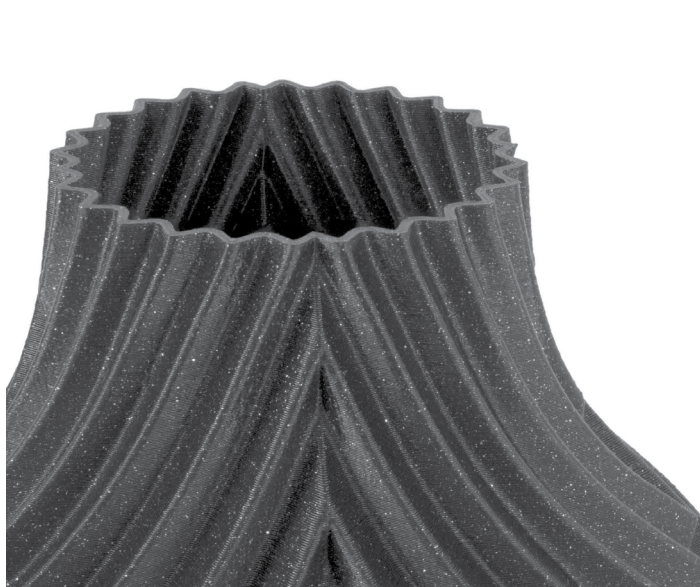
### Důvodů, proč tomu tak je, je hned několik:

- ⇒ Dobře se z něj tiskne. Co to však znamená v praxi? Hezký povrch výtisku, a to v místech, kde jsou velké převisy a na místech podepřených podpěrami. Je vhodný pro tisk detailních a malých objektů.
- ⇒ Při tisku nevzniká znatelný zápach.
- ⇒ Ve srovnání s ostatními materiály má malou teplotní roztažnost. Proto se tisk nekroucí a nemá tendenci odlepovat se od podložky či praskat. Z toho důvodu je vhodný i pro velké tisky.
- ⇒ PLA se nabízí v nejširším barevném spektru.
- ⇒ Cenově se jedná o jeden z nejlevnějších materiálů.

### Proč potřebujeme i jiné materiály a kdy se po nich poohlížet?

- ⇒ PLA je tvrdé, ale zároveň křehké. Při mechanickém namáhání se neohne, ale spíše praskne.
- ⇒ PLA je málo teplotně odolné. Měkne při teplotě cca 60°C. Pro vytištění držáku na mobilní telefon do auta proto není vhodnou volbou.
- ⇒ PLA je z nejpoužívanějších materiálů nejméně odolné povětrnostním vlivům.

Ve výše uvedených případech poslouží jako alternativa materiál PETG či ASA.





## PETG a ASA / ABS

Všechny tři materiály jsou oproti PLA pružnější a při mechanickém namáhání se do určité míry ohnou bez prasknutí. PETG se v náročnosti na tisk pohybuje mezi PLA a ASA. U materiálů ASA a ABS čelíme problémům při tisku způsobených velkou teplotní roztažností. Tyto materiály mají tendenci se kroutit a odlepovat od podložky. To typicky znamená neúspěšný tisk. Čím je model větší, tím je tisk náročnější. Při tisku materiálu ASA a ABS vzniká výrazně nejsilnější zápach oproti PETG a PLA. PETG má ve srovnání s PLA lesklejší povrch a má tendence stringovat během přejezdů extruderu.

### Kdy má smysl použít ASA / ABS a jaký je mezi nimi rozdíl?

ABS byl prvním dostupným tiskovým materiálem. S vývojem 3D tisku se mění i nabídka materiálů a neustále se vylepšují jejich tiskové vlastnosti a kvalita. ASA je nástupcem materiálu ABS. Většinu vlastností mají shodných a v některých ohledech je dokonce ASA lepší. ASA je oproti ABS UV stabilní a má menší teplotní roztažnost a tudíž se lépe tiskne.

Největší předností materiálů ASA a ABS je možnost vyhlazení vrstev acetonem či lepení jednotlivých částí modelu acetonem. S materiály PLA, PETG a ASA si vystačíte nejen v začátcích 3D tisku. Další nabízené materiály jsou vždy něčím odlišné od těch běžných a jsou vhodné pro specifické využití. Také jejich cena bývá vyšší.



## FLEX

Celou zajímavou kategorii tvoří částečně ohebné materiály pod souhrnným názvem FLEX. Tyto materiály se chovají podobně jako guma. Při ohnutí nepraskají, ale ohýbají se. Flexibilní materiály se vyrábí v několika stupních tvrdosti a tisk bývá tím náročnější, čím je filament měkčí. Využití si najdou při tisku kol na modely aut, obalů na mobilní telefony, silentbloků a dalších.



## Kompozitní materiály

Kompozitní materiály (woodfill, copperfill, bronzefill, karbonové a mnohé další) jsou založeny na hlavní plastové složce a sekundárním materiálu ve formě prachu. Po těchto materiálech se ohlédneme především z důvodu jejich vzhledu. Jsou to materiály velmi abrazivní, takže pokud s nimi plánujete tisknout dlouhodobě, doporučujeme používání tvrzené trysky. Při používání dřevěných kompozitů pak doporučujeme větší trysky (průměru 0,5 mm a větší), jinak hrozí ucpávání trysky částicemi dřevěného prachu. Parametry tisku jednotlivých materiálů se mohou lišit v závislosti na plastovém základu, takže využívejte příslušná nastavení tisku v PrusaSlicer, nebo si nejpodobnější dostupné nastavení upravte dle doporučení výrobce filamentu.



Bronzefill a další kovové kompozity

Bronzefill po leštění

## Podpůrné materiály PVA, BVOH

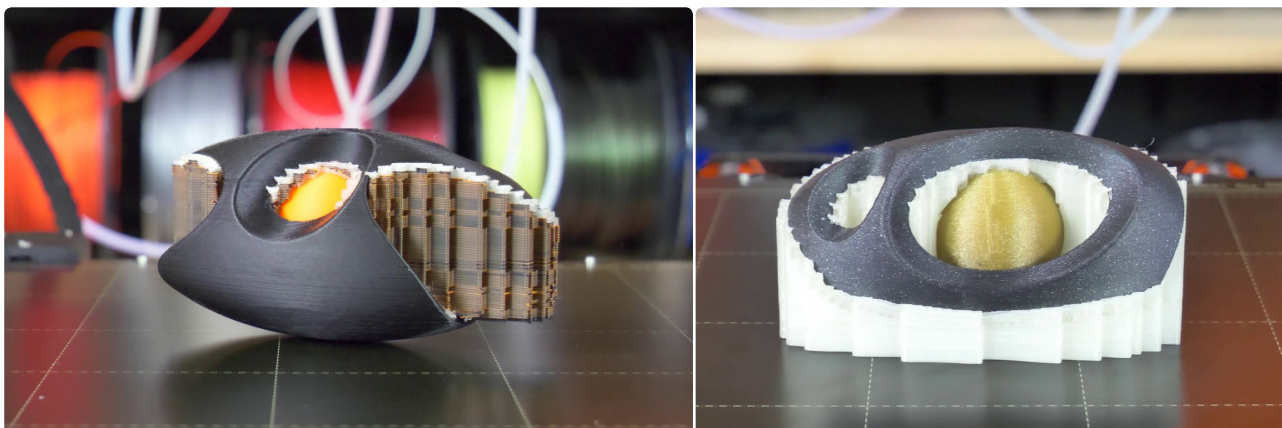
Podpěrám se snažíme při konstrukci modelu co nejvíce vyhýbat, ale ne vždy je to možné. Podpěry ve většině případů tiskneme ze stejného materiálu jako samotný model, a poté je odlomíme. Jiná možnost u tiskárny s jednou tryskou a jedním filamentem neexistuje. Povrch výtisku v místě podpěr může být zvlněný a hrubý. To je způsobeno mírným prověšováním tiskových vláken nad podpěrami. Aby bylo možné podpěry později odstranit, je nutné nechávat distanční vzdálenost mezi podpěrami a objektem.

V případě, že tiskárna umožňuje tisk ze dvou a více materiálů zároveň, můžeme jako podpůrný materiál využít některý z rozpustitelných materiálů. Díky tomu lze vynechat distanční vzdálenost mezi podpěrami a objektem, protože zbytky podpěr později rozpustíme.

Podpůrné materiály jsou bohužel výrazně dražší než běžný filament. Redukovat jejich spotřebu lze tak, že z rozpustitelného materiálu vytiskne pouze několik distančních vrstev mezi obyčejnými podpěrami a modelem.

Materiály BVOH a PVA se hodí ve spojení s PLA. Především z důvodu jejich podobných tiskových teplot. Oba jsou rozpustitelné ve vodě.

HIPS je podpůrný materiál rozpustný lemonsolím. Je vhodný pro podpěry především ve spojení s materiálem ABS.



## Ostatní materiály

**PP** – vyšší tepelná odolnost než u ABS nebo PLA. Je chemicky odolný a pružný, pozor ale na problémy s přilnavostí k tiskové podložce.

**Nylon** – odolný a pevný materiál s vysokou adhezí mezi vrstvami. Nylon je odolný vůči tření (vhodný pro mechanické díly) a je hygroskopický (absorbuje vzdušnou vlhkost), což má negativní vliv na tisk.



---

FOTOPOLYMERY

---

RESINY / PRYSKYŘICE



**R**esin (můžete se setkat i s pojmy jako fotopolymer nebo světlocitlivá pryskyřice) je tiskový materiál pro SLA tiskárny. Je tekutý a vytvrzuje se světelným paprskem. Tisk z resinu je jednoznačně dražší než tisk z filamentu. Ceny resinů se velmi liší. Nejlevnější standardní resin lze zakoupit přibližně za 700 Kč / litr a speciální materiály, jako jsou dentální a odlévací resiny, stojí až 10 000 Kč / litr. Cena se může výrazně lišit i mezi výrobci. Obecně lze říci, že SLA výtisky z resinu jsou křehčí než modely tištěné technologií FFF. Naopak, SLA výtisky nepraskají po vrstvách, ale lámou se podobně jako sklo.

Resin se skládá ze tří hlavních složek:

- ⇒ **Jádro pryskyřice** – monomery a oligomery.
- ⇒ **Fotoiniciátory** – molekuly, které reagují při dopadu UV záření, čímž iniciují reakci vytvrzování.
- ⇒ **Přísady** – přísady, které mění vzhled a charakteristiky (pigmenty, barviva).



Při nákupu věnujte pozornost tomu, při jaké vlnové délce dochází k vytvrzení resinu, a zda je tedy kompatibilní s vaší tiskárnou.

Resiny se nerozlišují dle typu materiálu, jako je tomu u filamentů pro FFF tiskárny, ale podle toho, pro jaký účel jsou určeny. Resin je ve své podstatě pouze jeden. Rozdíly vznikají jen přidáváním příměsí a barviv. Typickými parametry je jejich stupeň tvrdosti a houževnatost.

Následující tabulka shrnuje nejběžnější typy resinů s jejich výhodami a nevýhodami.

Typ resinu	Charakteristiky
Standardní resin	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ hladký a detailní povrch</li> <li>⊖ křehký</li> <li>⊖ není vhodný pro mechanické díly</li> </ul>
Clear resin	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ částečně transparentní</li> <li>⊖ po dodatečném opracování je na pohled téměř čirý</li> </ul>
Odlévací resin	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ detailní povrch</li> <li>⊕ vhodný pro vytváření odlévacích forem</li> <li>⊕ po vyhoření zbývá naprosté minimum popela</li> </ul>
Tvrdé a odolné resiny	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ vlastnostmi podobné materiálu ABS či PP</li> <li>⊕ částečně pružné</li> <li>⊕ vhodné pro mechanické díly</li> <li>⊖ nízká teplotní odolnost</li> </ul>
Teplotně odolný resin	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ vysoká teplotní odolnost</li> <li>⊕ používá se na vstřikovací formy</li> <li>⊖ vysoká cena</li> </ul>
Dentální resin	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ zdravotně nezávadný</li> <li>⊕ vhodný pro tvorbu zubních implantátů</li> <li>⊕ vysoce odolný otlaku</li> <li>⊖ vysoká cena</li> </ul>
Flexibilní resin	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ vlastnostmi podobný gumě (tvrdost 70A)</li> <li>⊖ menší rozměrová přesnost výtisku</li> </ul>

---

**BAREVNÝ FFF TISK**

**N**abízí se otázka, zda je možné tisknout modely vícebarevné či dokonce plnobarevné. Ano, je to možné. Dokonce existuje několik možných způsobů řešení, jak toho docílit. Každé má přitom své výhody i nevýhody. Podíváme se na ty nejnámější z nich.



### Jaký je rozdíl mezi vícebarevným a plnobarevným tiskem?

Pojem vícebarevný tisk používáme pro označení tisknu ze dvou až přibližně pěti barev. Oproti tomu plnobarevné tiskárny dokáží vytvořit libovolnou barvu díky míchání základních CMYKW barev.

Nejznámějším způsobem, jak docílit barevného tisku, je **ruční výměna filamentu** v požadované vrstvě tisku. Velmi dobře se hodí například pro odlišení podkladu a textu na vizitce, logu či banneru.

- ⊕ není třeba modifikovat tiskárnu
- ⊕ zanedbatelný odpad
- ⊖ je třeba ruční obsluha
- ⊖ změna barvy po vrstvách, ale nikoliv více barev v jedné vrstvě



Verze předchozího řešení, kdy se výměna filamentu provádí během celého tisku automaticky je případ Original Prusa Multi Material upgrade 2S nebo Mosaic Palette.

- ⊕ umožňuje výměny filamentů i v rámci jedné vrstvy
- ⊕ využívá se stále jedna tisková hlava - odpadá problém v kalibraci výšky více tiskových trysek mezi sebou
- ⊖ vzniká odpadní materiál během změny barvy při čištění trysky
- ⊖ tisk z omezeného počtu barev / filamentů
- ⊖ barvy nelze mezi sebou během tisku míchat



Plnobarevného tisku lze dosáhnout mícháním základních barev přímo v extruderu. Princip je obdobný jako u barevných tiskáren na papír. Pouze je zde inkoust zaměněn za filament. 3D tiskárna však potřebuje kromě CMYK (azurová, purpurová, žlutá, černá) barev ještě bílý filament.

- ⊕ se čtyřmi až pěti filamenti lze dosáhnout plnobarevného tisku
- ⊕ barvy jsou syté
- ⊖ vzniká velké množství odpadního materiálu
- ⊖ pro přesné výsledné barevné odstíny je třeba používat „kalibrované“ filamenti

Plnobarevného tisku lze dosáhnout také kombinací inkoustové a FFF tiskárny. Použitím inkoustové technologie CMYK se kapky inkoustu aplikují na průsvitný filament, který barvu vstřebává.

- ⊕ tisk libovolné barvy
- ⊕ stačí pouze jeden filament
- ⊕ nevzniká odpadní materiál
- ⊖ barvením bílého filamentu inkoustem nevznikají syté barvy ve srovnání s již barevnými filamenti



---

# SLOVNÍK POJMŮ



Slovník nejdůležitějších pojmů z oblasti 3D tisku, který vám pomůže se v této oblasti zorientovat. Některé pojmy jsou ponechány v anglické podobě, protože se jedná o běžně používané názvosloví.

Pojem	Popis a vysvětlení
<b>AMF/3MF file</b>	Souborový formát, který slicer využívá k uložení celé aktuální scény (rozmístění objektů na podložce a tiskové nastavení).
<b>FDM / FFF</b>	Technologie 3D tisku. Aditivní způsob výroby modelu vrstvu po vrstvě. Tisková struna je v hotendu natavovaná a extrudovaná za současných pohybů ve třech osách, čímž vzniká 3D objekt.
<b>G-code</b>	Výstupní formát sliceru. 3D objekt převedený do jednotlivých vrstev (plátků) obohacený o nastavení (teploty, rychlosti pohybu, chlazení,...). Model v tomto formátu již není vhodný k editaci. Posloupnost textových příkazů. Obecně se jedná o programovací jazyk pro řízení NC a CNC strojů
<b>OBJ file</b>	Možný vstupní formát 3D modelu pro slicer. Obdoba formátu STL.
<b>PEI</b>	Fólie na povrchu tiskové podložky. Většina materiálů na ní drží velmi dobře.
<b>RepRap</b>	RepRap je první projekt open-source 3D tiskárny. Začal v roce 2005 na University of Bath doktorem Adrianem Bowyerem. Nyní je projekt v rukou komunity stovek vývojářů a desítek tisíc uživatelů.
<b>resin</b>	Tekutá tisková náplň pro SLA tiskárny. Synonymum pro fotopolymer a pryskyřici. Vytvrzování probíhá pomocí světla.
<b>SLA / DLP</b>	Technologie 3D tisku. Založené na vytvrzování fotocitlivé pryskyřice.
<b>SLS</b>	Technologie 3D tisku. Založené na laserovém spékání (sintrování) sypkého materiálu.
<b>STL file</b>	Možný vstupní formát 3D modelu pro slicer. Definuje množinu bodů v prostoru, které jsou spojené do hran, ty následně tvoří trojúhelníkové plochy a z těch je již tvořen samotný 3D model (mesh síť). Nejpoužívanější formát 3D tisku.
<b>bed, heatbed</b>	Tisková (vyhřívána) podložka.
<b>bridging</b>	Přemostění. Jediný případ, kdy lze tisknout „do vzduchu“ bez podpěr. Dochází k tahání tiskových vláken mezi dvěma body o stejné výšce Z. Most tedy musí být nutně rovnoběžný s tiskovou plochou.

brim	Límeč, který bude vytištěn navíc okolo první vrstvy objektu. Používá se ke zvýšení přilnavosti objektu k tiskové podložce.
extruder	Celá tisková hlava. Typicky se skládá z hotendu, podávacího mechanismu a ventilátoru.
filament	Tiskový materiál používaný v FDM/FFF tiskárnách.
firmware	Software nahráný v tiskárně, který se stará o její chod.
heat break	Část hotendu tvaru trubičky, která minimalizuje přechod tepla mezi heater blockem a heat sinkem.
heater block	Spodní část hotendu z materiálu, který dobře vede teplo. Je v něm zašroubovaná tryska, vložené topné těleso a termistor.
heater cartridge	Topné těleso, které zahřívá heater block s tryskou a následně tiskový materiál.
hotend	Součást extruderu, která roztavuje filament.
infill	Nastavení určující kolik procent vnitřního objemu modelu bude vyplněno materiálem. 100% znamená plný objekt. Obvyklá hodnota je v rozmezí 10–20%. Významně ovlivňuje dobu tisku a spotřebu materiálu.
layer	Jedna vrstva modelu vytvořená při procesu slicování. Výška vrstvy by měla být maximálně <b>0.75 × průměr trysky</b> . Významně ovlivňuje dobu tisku. Čím je vrstva nižší, tím je tisk detailnější ve směru osy Z.
mesh	Způsob reprezentace 3D modelu. Kolekce bodů, hran a stěn (polygonů a facetů) v trojrozměrném kartézském souřadném systému. Pro 3D tisk se používá nejčastěji triangulární mesh (trojúhelníková síť).
nozzle	Tryska skrz kterou je vytlačován filament. Její průměr ovlivňuje kvalitu a rychlost tisku. Více se dozvíte v článku: <a href="http://www.josefprusa.cz/trysky">www.josefprusa.cz/trysky</a>
overextrusion	Vada tisku – extruderem protéká nadbytečné množství materiálu. Projevuje se nerovným povrchem výtisku.
perimeter	Jedná se o obvodovou stěnu modelu. Nastavuje se jejich počet, který udává, z kolika vláken bude tvořen plášť modelu. Šířka jednoho perimetru je závislá na průměru trysky. Při průměru trysky 0,4mm je šířka perimetru cca 0,45mm. Významně ovlivňuje dobu tisku.
raft	Typ podpěry, která se nachází pod celou kontaktní plochou modelu s podložkou.

<b>retrakce</b>	Zpětné vtažení filamentu extruderem před každým přjetím tiskové hlavy. Tím je omezeno, aby natavený filament samovolně vytékal z trysky. Typicky se špatně nastavená retrakce projevuje tvořením „vlásků“ (stringing) v místech, kde nemá být nic.
<b>skirt</b>	„Obal“ okolo modelu. V dostatečné výšce zajišťuje mikroklima pro tištěný model a snižuje kroucení a praskání. Lze využít pro kalibraci první vrstvy tisku.
<b>slicer</b>	Program pro převod digitálního 3D modelu (.stl, .obj) na strojově čitelný kód pro 3D tiskárnu (.gcode). Příklady slicerů: PrusaSlicer, Cura, Simplify3D a další. <b>Neslouží k modelování.</b>
<b>slicing</b>	Proces převodu 3D modelu do kódu pro tiskárnu. Dojde k rozřezání modelu na vodorovné vrstvy o definované výšce a vytvoření cest pohybů tiskové hlavy.
<b>stringing</b>	Vytváření nežádoucích slabých vláken materiálu během přejezdů tiskové hlavy. Omezit tento jev lze správným nastavením retrakce.
<b>supports</b>	Materiál, který je tištěný navíc k modelu za účelem možnosti tisku modelů, které obsahují oblasti s převisy, které svírají úhel s podložkou menší než cca 45°. Podpěry jsou následně odstraněny.
<b>termistor</b>	Teplotní čidlo. Slouží pro snímání a následné řízení teploty hotendu a tiskové podložky.
<b>under-extrusion</b>	Vada tisku – extruderem neprotéká dostatečné množství materiálu. Projevuje se dírami a nekonzistentním povrchem tisku. Za předpokladu dodržení doporučených teplot nahřívání filamentu je to nejčastěji způsobené ucpanou tryskou.



---

FAQ



## Co je to 3D tisk?

3D tisk je automatizovaný proces, při kterém se z digitální předlohy (3D modelu) vytváří fyzický model.

## Kolik stojí provoz 3D tiskárny?

Nejdražší položkou je tiskový materiál. Cena výtisku se odvíjí především od váhy. 1 kg nejběžnějšího filamentu PLA stojí přibližně 600 Kč. Spotřeba elektrické energie je srovnatelná se 100W žárovkou. Servis tiskáren není drahý a při slušném zacházení stojí maximálně několik stokorun ročně.

## Jak funguje 3D tisk?

Ať už se jedná o jakoukoliv technologii 3D tisku, vždy je založená na principu postupného nanášení vrstev materiálu na sebe. Postupným vrstvením vzniká 3D objekt.

## K čemu je 3D tisk dobrý a jaké jsou jeho výhody?

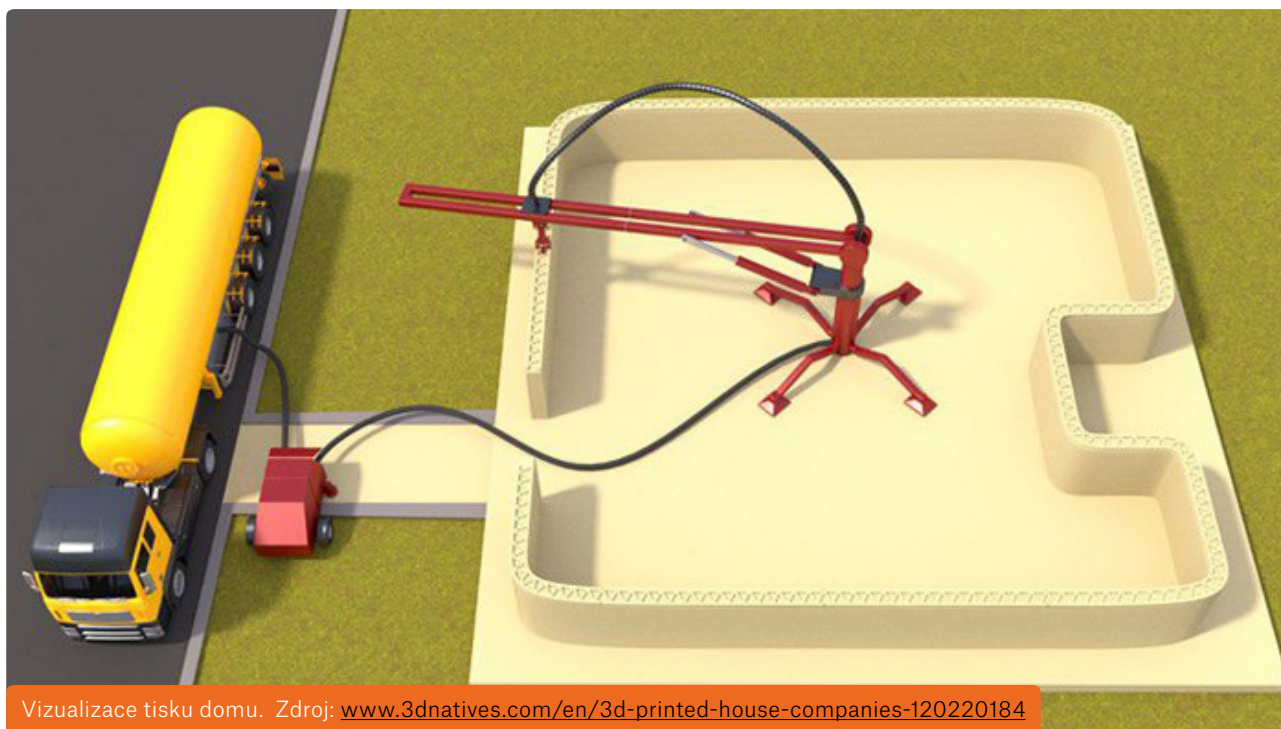
Rychlé prototypování, výroba personalizovaných modelů, malosériová výroba a nižší výrobní cena například oproti vstřikovacímu lisu.

## Lze FFF 3D tisk považovat za ekologicky šetrný?

Tak jako u většiny výrobních procesů, tak i u 3D tisku skončí část zpracovávaného materiálu jako odpad (podpěry, nepovedené výtisky). Avšak většinu běžných tiskových materiálů lze recyklovat. Nejpoužívanější materiál PLA je dokonce biologicky rozložitelný díky tomu, že je vyrobený ze škrobu. Na druhou stranu je třeba si uvědomit, že díky 3D tisku jsme schopni opravit řadu věcí, které by jinak skončily jako odpad, a tím způsobily znatelně větší ekologickou zátěž. Ukázkovým příkladem je tisk zlomeného madla lednice.

## Je možné vytisknout dům?

Ano! Již proběhlo několik úspěšných pokusů tisku z betonu či jílovitých materiálů. Princip je stejný jako při tisku z plastové struny.



Vizualizace tisku domu. Zdroj: [www.3dnatives.com/en/3d-printed-house-companies-120220184](http://www.3dnatives.com/en/3d-printed-house-companies-120220184)

### **Mohou 3D tiskárny tisknout lidské orgány?**

Ještě ne. Vědci na tom však velmi usilovně pracují a každou chvíli se objevují nové poznatky z této oblasti. Problémem a současně výzvou je to, že lidské orgány jsou velmi složité a navíc navzájem závislé. V současné době se vědci zaměřují na tisk tkáně pro jednoduché orgány.

### **Mohu tisknout objekty větší než je tisková plocha tiskárny?**

Ano! Model je možné rozřezat na jednotlivé části a následně slepit.

### **Jaký je rozdíl mezi technologií FFF a SLA?**

FFF tisk využívá jako tiskový materiál filament neboli tiskovou strunu v podobě plastu. Tisková struna se roztaví a je vytlačována za současných pohybů tiskové hlavy. Oproti tomu SLA je založené na vytvrzování tekutého fotopolymeru. Na FFF tisku jsou více patrné tiskové vrstvy ve srovnání s SLA. Nevýhodou SLA technologií je samotný tiskový fotopolymer, se kterým je třeba pracovat opatrně a vyvarovat se jeho styku s pokožkou a vdechování výparů během tisku.

### **Jaký materiál se používá pro FFF tisk?**

Tiskovým materiálem je vždy plast a případné další příměsi. Nejpoužívanějšími materiály jsou PLA, PETG, ABS.

### **Jak dlouho trvá tisk?**

Jednoduchá otázka se složitou odpovědí. Doba tisku je závislá na řadě faktorů. Primárně závisí na velikosti, ale také na hustotě výplně, počtu perimetrů (obvodových stěn), vrchních a spodních vrstev, průměru trysky, výšce tiskové vrstvy, složitosti modelu, množství podpěr, rychlosti pohybů tiskárny a dalších. Tisk malé postavičky výšky přibližně 5 cm bude trvat přibližně několik hodin. Nejsou však výjimkou ani tisky trvající desítky hodin.

Většina dostupných slicerů dokáže během slicování odhadnout dobu tisknu.

### **Co s prázdnými špulkami od filamentů?**

Odložte je do kontejneru s plastovým odpadem. Bohužel není snadné a ekonomické cívky od zákazníků dostávat zpět a vykupovat je. Pokud je vám jich líto, můžete je použít pro některý váš projekt. Inspirujte se třeba v článku „5 originálních nápadů na využití cívek od Prusamentu“ na: [www.josefprusa.cz/civky](http://www.josefprusa.cz/civky).

### **Mohu si vytisknout něco k jídlu?**

Ano! Jediné co je potřeba je mít jídlo v takové podobě, aby bylo možné jej vytlačovat přes extruder. Speciálně upravené RepRap tiskárny mohou tisknout například z čokolády či tisknout palačinkové těsto na rozehřátou pánev.

### **Mohu si vytisknout hrneček či talíř a konzumovat z tohoto nádobí potraviny?**

Ano, ale s jistými omezeními. Materiály PETG a PLA jsou obecně zdravotně nezávadnými materiály a mohou přijít do styku s potravinami (tuto informaci si vždy ověřte u výrobce filamentu). Problém však může nastat při dlouhodobém používání, kdy se v členitém povrchu výtisku začnou usazovat a množit bakterie.

### **Mohu si vytisknout erotické pomůcky?**

Ano, ale nejlépe pouze jako model na poličku. Problém je stejný jako u nádobí – množení a hromadění bakterií mezi vrstvami. Případně je třeba výtisk dodatečně ošetřit a vytvořit hladký a zdravotně nezávadný povrch.

### **Lze na 3D tiskárně vyrobit střelnou zbraň?**

Teoreticky ano! Pokud si dáte práci s postprocessingem, tak bude vypadat i důvěryhodně. Ale dali byste do plastového výtisku náboj a stiskli spoušť? Ne? My také ne! Hrozí roztržení plastového výtisku a vážné poranění. Stejně tak pronést takto vyrobenou zbraň přes detektory kovu je nemožné z důvodu kovového pláště střely. Možná vás napadne: „Co použít tisk z kovového prášku?“ Ano, máte pravdu, možné to je, ale vzhledem k tomu, že takový tisk je velmi drahý, tak je to nesmyslný scénář. Pro domácí výrobu zbraní existují jednodušší a levnější způsoby. Postačí obyčejný soustruh.

# Základy 3D tisku s Josefem Průšou

Ondřej Stříteský

## Vydal:

Prusa Research a.s.  
Partyzánská 188/7a  
170 00 Praha  
Česká republika

## Spoluautoři:

Josef Průša, Martin Bach

## Grafická úprava a sazba:

Petr Memory Dragoun

První vydání, Praha 2019