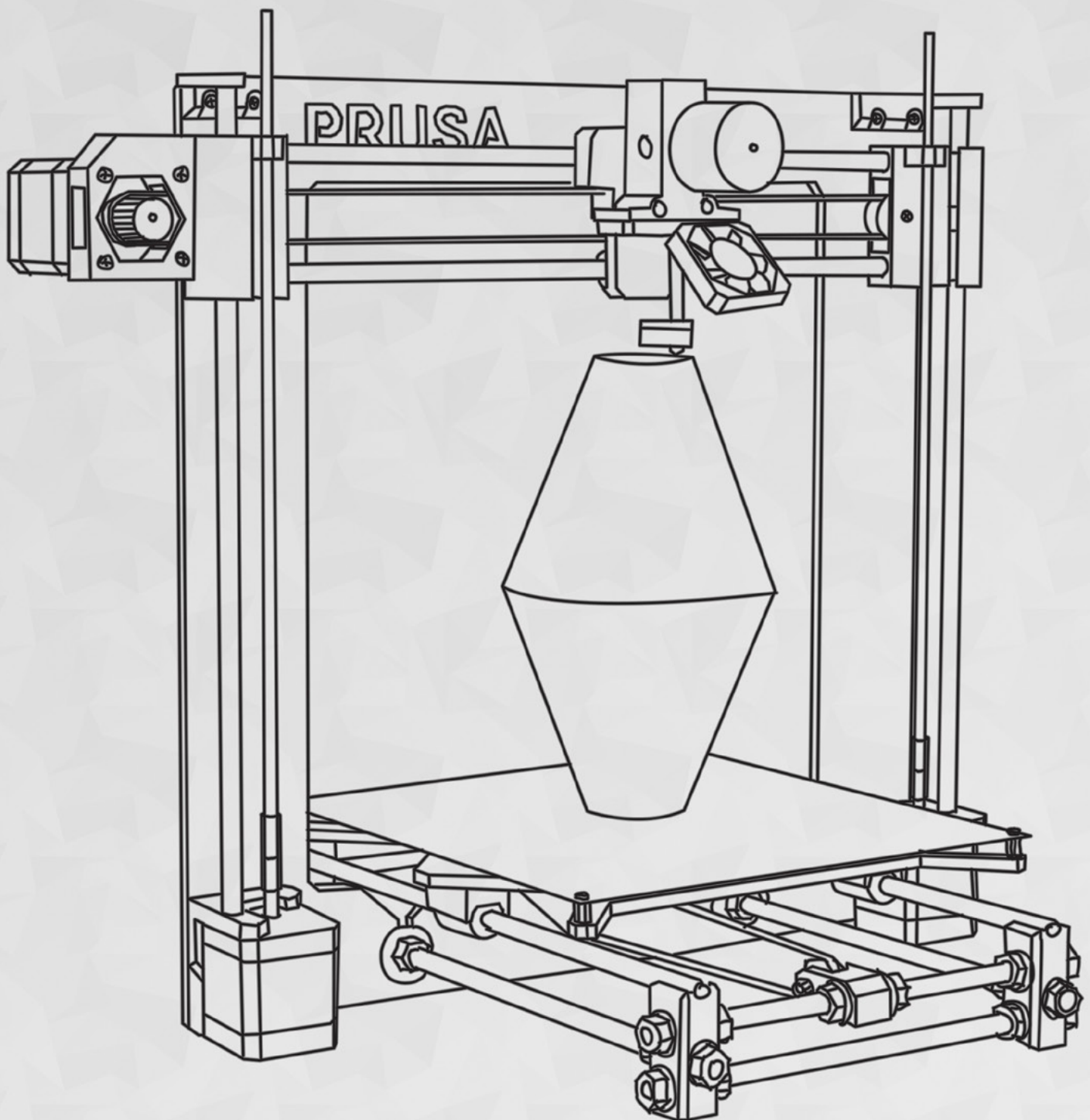


# ZÁKLADY 3D TISKU

JOSEF PRŮŠA & MICHAL PRŮŠA

15. PROSINCE 2014



# OBSAH

<b>Úvod</b>	3
<b>Několik vět o mně</b>	3
<b>Co je 3D tisk?</b>	3
<b>Historie 3D tisku</b>	3
Vynález stereolitografie	3
První komerční 3D tiskárna	3
Začátek projektu RepRap	4
<b>Využití 3D tisku</b>	4
<b>Technologie 3D tisku</b>	5
Funkční součástky - FFF (nebo FDM)	5
Funkční součástky - SLS	5
Plnobarevné součástky - ProJet a Mcor	6
Extrémně detailní součástky - SLA (nebo DLP)	6
Výroba forem pro odlévání - Solidscape	7
Tisk z kovů - DMLS	7
Souhrn technologií	8
<b>Jak vybrat 3D tiskárnu</b>	8
<b>Open source versus uzavřený design</b>	8
<b>Velikost tiskové plochy</b>	8
Vyhřívaná podložka	9
<b>Materiály</b>	9
ABS	9
PLA	9
PET	10
HIPS	10
Laywood	10
PVA - Polyvinylalkohol	10
PA6 - Polyamid (Nylon)	10
<b>Software pro 3D modelování</b>	10
<b>Autodesk 123D Design</b>	10
<b>OpenSCAD</b>	11
<b>Mýty 3D tisku</b>	12
<b>Zmáčknot tisk a je to!</b>	12
<b>3D vytisknutá zbraň</b>	12
USA a tisk součástí zbraní	12
Plastová celovytisknutá zbraň	12
Kovová celovytisknutá zbraň	12

# ÚVOD

Víte, co je ABS, PLA, PET, SLS, FDM, DMLS a další velká spousta zkratk? Pokud jste v 3D tisku nováčkem, musí vás zákonitě mást. Než abych Vás nechal strávit hodiny googlováním, rozhodl jsem se dát dohromady praktický přehled, po jehož přečtení budete vědět o 3D tisku téměř tolik jako já. Tedy skoro :). Mých 5 let zkušeností se takhle rychle předat nedá, ale mohu se o to alespoň pokusit a Vy pak rozhodně budete vědět dost na to, abyste se na 3D tiskárnu mohli dívat jako na partnera.

## NĚKOLIK VĚT O MNĚ

Jmenuji se Josef Průša, 3D tiskárnám se věnuji od roku 2009, jsem jedním z představitelů open source hnutí RepRap a moje 3D tiskárna Prusa i3 je třetí nejpoužívanější na světě. Proč? Protože jsem navrhl něco, co je relativně jednoduché na výrobu a přitom spolehlivé. Po internetu mám desítky rozhovorů, vystupoval jsem na mnoha konferencích – např. Open Hardware Summit na MIT, MakerFair, MakerFaire Rome, TedX Vienna, Keynote na OpenED Jam Texas atd. Více o mně se můžete dočíst na blogu josefprusa.cz. Sice jsem ho delší dobu pořádně neaktualizoval, ale zase se k tomu dostanu...

## CO JE 3D TISK?

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

Technologií je nyní k dispozici více – ale ta nejpoužívanější, FDM, funguje velice jednoduše. Objekt vzniká vrstvou po vrstvě natavováním tenkého proužku plastového materiálu. Představte si, že váš model rozkrájíte na plátky jako bramboru na chipsy a poté každý z řezů nakreslíte tavnou pistolí na lepidlo. Žádná raketová věda.

Nebudu vám nicméně mazat med kolem úst – 3D tisk je stále technologie ve vývoji, a i když jednodušší modely můžete vytisknout prakticky okamžitě, u těch komplikovanějších můžete jejich tisk ladit dlouhé dny. Záleží na vhodném materiálu, použité výplni, užití tiskových podpěr a dalších desítek možných nastavení tiskárny.

## 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 výlučně používal pro výrobu prototypů.

Například chcete vyrábět dálkový ovladač pro televizi. Základní příprava výroby se pohybuje ve stovkách tisíc Kč (výroba forem, zadání výroby, testovací série, ...), firma ale před takto velkou investicí potřebuje vyzkoušet, zda se tato verze ovladače pohodlně drží v ruce a uživatel dosáhne na všechna tlačítka. Proto, aby se snížily náklady, vytiskne si prototyp. Od toho se také později odvíjela cena high-end tiskáren. I v případě, že výtisk ovladače stál 20 000 Kč, stejně se ušetřilo stovky tisíc. Technologie se proto neměla šanci dostat do rukou normálních lidí a nebyl tlak ji pro ně dělat dostupnou. To se naštěstí změnilo.

## VYNÁLEZ STEREOLITOGRAFIE

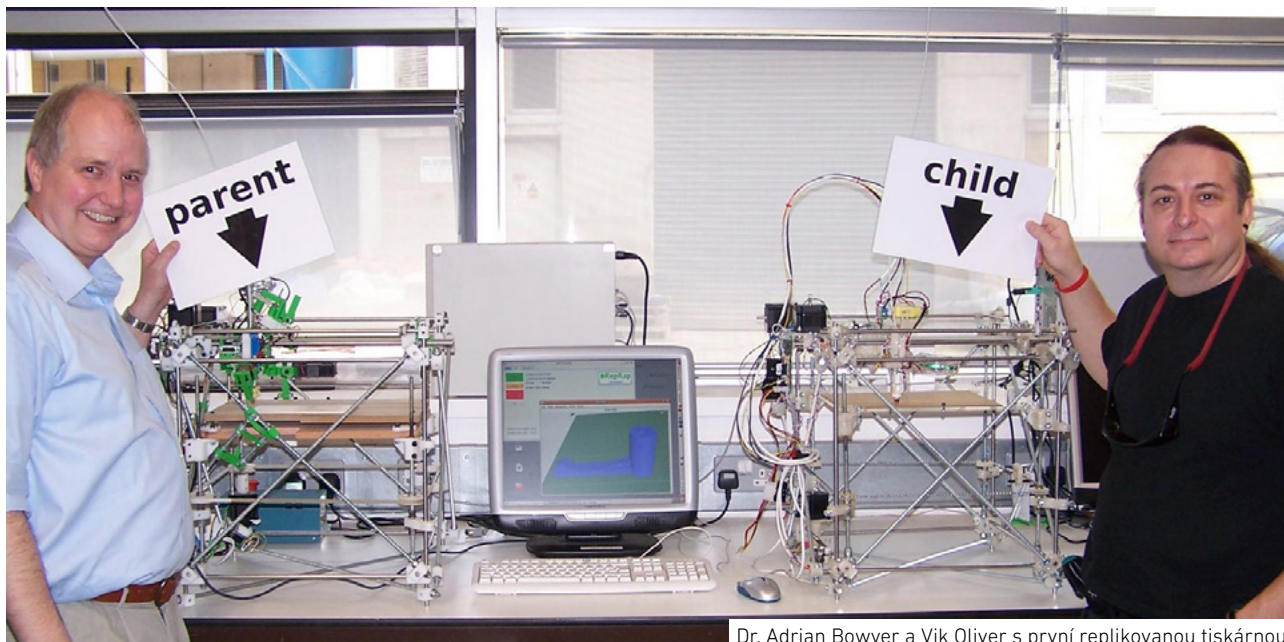
Inkoustový tisk, který položil základ pro technologie 3D tisku, byl vynalezen už v roce **1976**. 3D tisk jako takový vznikl v roce **1984**, kdy byla patentována první technologie **stereolitografie** pozdějším zakladatelem společnosti 3D Systems **Charlesem W. Hullem**. Poprvé tak byla vytisknuta digitální 3D data. Tato technologie je běžně označována jako **SLA** a používá se dodnes. Detailní popis bude následovat 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.

## ZAČÁTEK PROJEKTU REPRAP

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 součástek. Od začátku byl projekt Open Source, 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).



Dr. Adrian Bowyer a Vik Oliver s první replikovanou tiskárnou

# VYUŽITÍ 3D TISKU

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, 3D tisk zprvu začínal jako nástroj na výrobu rychlých a levných prototypů. S příchodem levnějších technologií a také díky finanční dostupnosti přišla i další využití.

Jedním z nich je například **malosériová výroba**. Pokud jako firma plánujete 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 získáte od zákazníků zpětnou vazbu na tuto první sérii a děláte u produktu změny, nemusíte znovu platit náklady na přípravu výroby.

**Personalizovaná výroba** kdy každý jednotlivý kus je přizpůsoben přání zákazníka. Představte si například obal na iPhone, kde je pro zákazníka upravováno jméno.

Výroba nedostupných **náhradních dílů**. Při opravě starožitností nebo například veteránů nejsou náhradní díly dostupné už desítky let a často je potřeba jenom jeden kus. To samé se týká třeba i domácích spotřebičů.

Kromě těchto základních kategorií je 3D tisk používán v konkrétních odvětvích velice specificky a je schopen zrychlit proces vývoje a výroby. Technologie je mladá a další využití se objevují každý den.

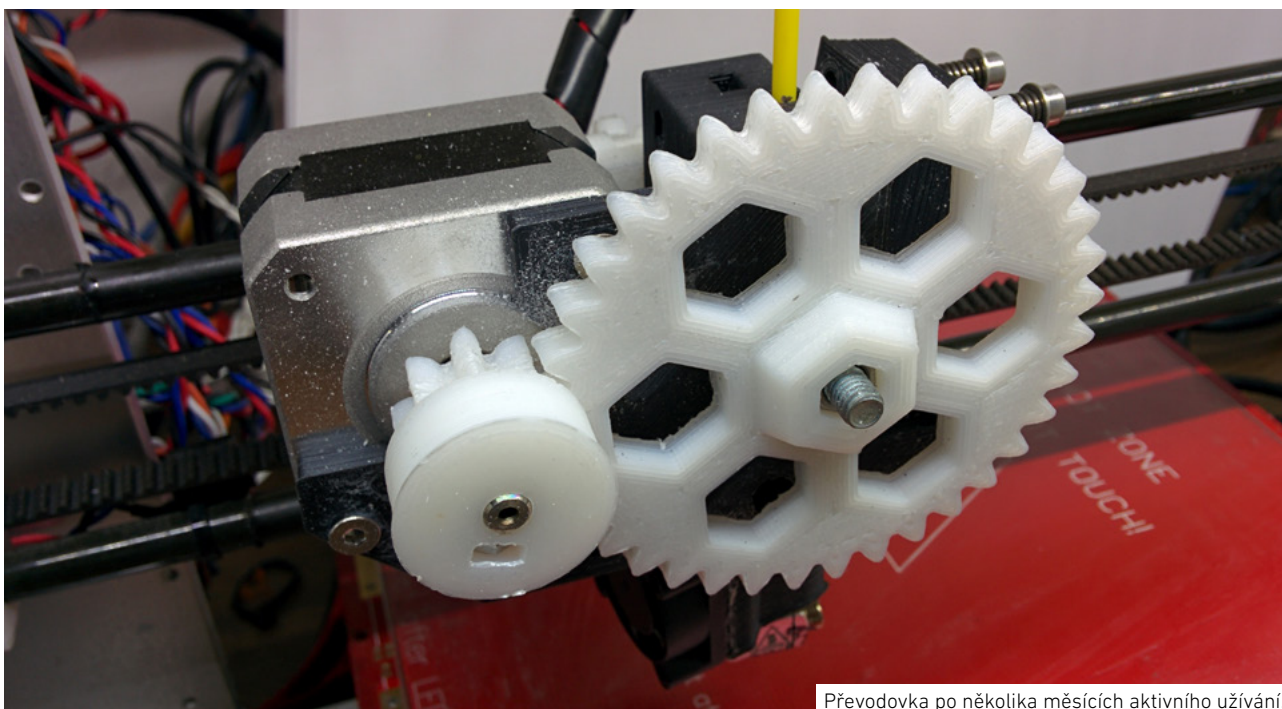
# TECHNOLOGIE 3D TISKU

Zatím neexistuje technologie 3D tisku, která by zvládla veškerá použití, a proto je při výběru technologie potřeba zvážit, co po tiskárně vlastně požadujete.

## FUNKČNÍ SOUČÁSTKY

Funkční součástkou je myšlen výtisk, který má okamžitě po dotisknutí finální mechanické vlastnosti. Tento výtisk není křehký a vydrží mechanické namáhání.

Pro příklad, na tiskárnách RepRap, včetně mé **Prusa i3**, jsou z velké části zastoupeny tisknuté součástky. Převodovka používaná při vytlačování horkého plastu je ihned po vytisknutí osaditelná na finální tiskárnu a bez problému vydrží fungovat i několik let.



Převodovka po několika měsících aktivního užívání.

Hlavní technologie, která poskytuje takovéto výtisky, je **FFF**, známá také jako **FDM** (registrovaná značka firmy Stratasys). Bohužel nezvládne plnobarevný tisk a rozlišení použitelné například pro design klasických šperků. Obrovskou výhodou je variace různých materiálů, které tyto tiskárny umožňují používat, a také stále aktivní vývoj nových materiálů. Proces tisku je bezpečný, a není problém tyto tiskárny provozovat doma nebo v běžné kanceláři. Materiál se prodává jako tisková struna, plastové vlákno jedné barvy namotané na cívce, a to je také důvod, proč jsou hotové objekty většinou pouze jednobarevné. I tato nevýhoda se dá obejít - např. použitím více trysek, kdy každá tiskne jinou barvu, nebo pokud se model tisknutého objektu vhodně upraví, aby šlo tisknout v různých vrstvách různými barvami.

*Cenové rozmezí takovýchto komerčních tiskáren je od 20 tisíc Kč až po miliony Kč.*

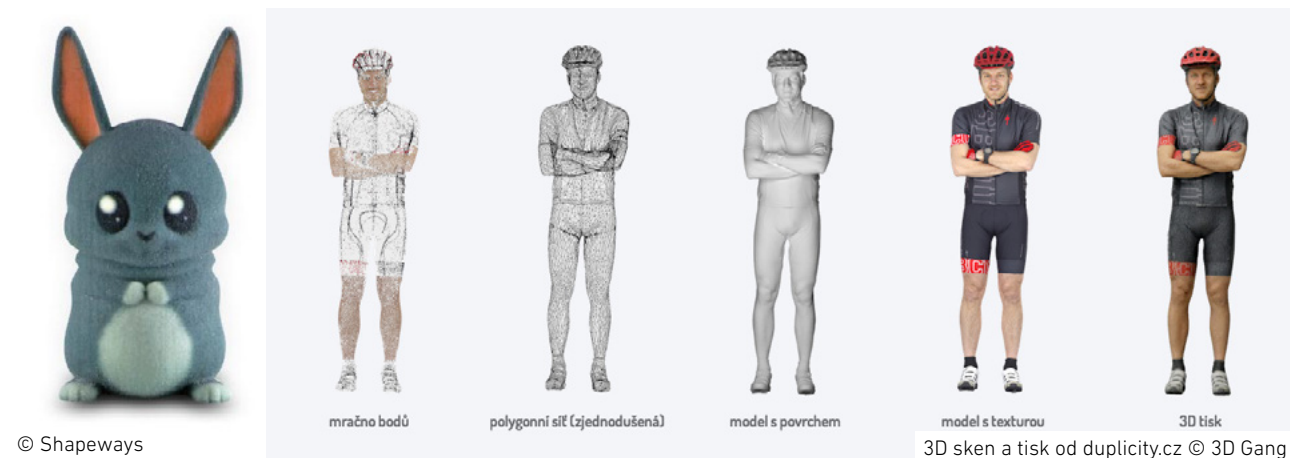
Další technologie pro tvorbu funkčních součástek se jmenuje **SLS** - laserem se sintruje (spéká, materiál se neroztaví do tekuté podoby) nylonový prach. Technologie umožňuje tisk objektu pouze z jedné barvy, výhodou ale je, že na výsledném objektu není tak výrazné vrstvení materiálu. Principem je velice podobná **DMLS**, o které se dočtete dále v knize.

*SLS tiskárny jsou primárně vyráběné firmou **EOS** a základní model začíná na ceně okolo 5 miliónu Kč. Během několika příštích let se dá očekávat výrazné zlevnění, jelikož dobíhají patenty na základní technologii.*

## PLNOBAREVNÉ SOUČÁSTKY

Plnobarevný tisk je nejvíce používán u prezentačních modelů nebo například u postaviček.

Příklad - pořídíte 3D scanner a na zakázku budete vytvářet modely lidí a tisknout plnobarevné postavičky.



V této oblasti existují dvě technologie, a to **ProJet** od 3D Systems a technologie firmy **Mcor**. ProJet používá kompozitní prach na určených místech spojený pojídkem a barvami. Mcor objekt staví lepením a řezáním obyčejného kancelářského papíru.

Nevýhoda těchto součástek je složitý postup při ručním dokončování modelu, např. impregnace pryskyřicí pro větší pevnost nebo u Mcor odstraňování zbytků kancelářského papíru. Součástky nejsou vhodné pro jiné použití než prezentační.

Kvůli mikroskopickému prachu u ProJet procesu, který se snadno dostane do vzduchu, je třeba být extrémně obezřetný před jeho vdechnutím.

Paleta materiálů je u obou technologií omezena pouze na jeden - u ProJet kompozitní prach a papír pro Mcor.

*Cena tiskárny přibližně od 400 tisíc Kč až miliony Kč.*

## EXTRÉMĚ DETAILNÍ SOUČÁSTKY

Vznikají osvětlením fotocitlivé pryskyřice, tzv. stereolitografií popřípadě SLA. Primárně DLP projektorem nebo laserem. Vznikají tak extrémně detailní součástky.

Pryskyřice v nevytvrzené formě je silně toxická a při špatné manipulaci rychle vyvolává vyrážky. Vyžaduje tedy profesionální obsluhu a speciální pracoviště.

*Cena se pohybuje od cca 80 tisíc Kč až po stovky tisíc.*



Objekty vytisknuté na tiskárně Form1 © formlabs

## VÝROBA FOREM PRO ODLÉVÁNÍ

Pro výrobu šperků z drahých kovů se často používá prastará metoda odlévání do ztraceného vosku (voskový model se zasype nehořlavým pojivem, např. pískem, udusá se a vosk se nechá v peci rozpustit, čímž vznikne forma na odlévání kovů). 3D tiskárny, které umí tisknout z vosků extrémně detailní modely vhodné pro odlévání, vyrábí například firma Solidscape nebo 3D Systems.

Tato technologie je velice úzce specializovaná na šperkaře a výrobu laboratorních pomůcek.

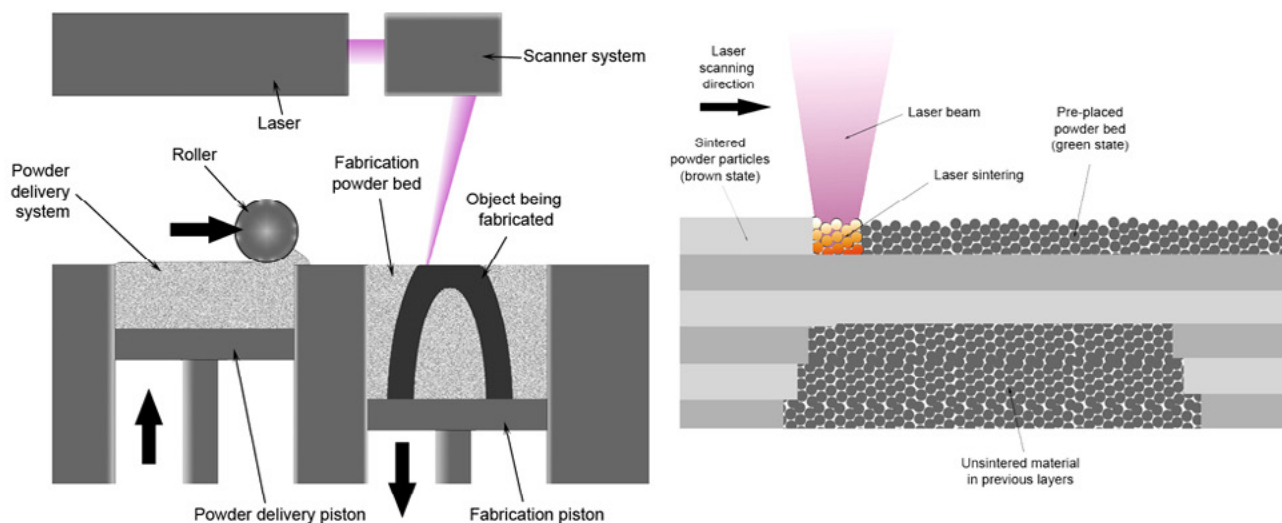
*Cena tiskáren se pohybuje od milionu Kč a výš.*



Prsten s motivem tигра © Solidscape

## TISK Z KOVŮ

Primárně se jedná o technologii **DMLS** (Direct Metal Laser Sintering), kdy se laserovým paprskem sinteruje (stavuje) kovový prach. Takto vytvořený objekt se poté ještě dá pro zpevnění finálně vypálit do peci. Primárním výrobcem je firma **EOS**.



Princip fungování DMLS © Wikipedia & Materialgeez

Nejčastější použití je ve výrobě vstřikovacích forem na plasty. Výsledný povrch takových forem ale nedosahuje dostatečné kvality povrchu, a musí být proto stejně mechanicky opracován CNC frézou.

*Cena základního modelu cca 11 milionů Kč.*

## SOUHRN TECHNOLOGIÍ

**FFF (nebo FDM)** - tisk funkčních modelů roztaveným plastem

**SLA (nebo DLP)** - vytvrzování fotocitlivé pryskyřice

**SLS** - laserové sintrování plastového prachu

**DMLS** - sintrování kovového prachu

**SolidScape** - tisk voskových modelů

**ProJet** - tisk křehkých plnobarevných modelů z prášku

**Mcor** - tisk křehkých plnobarevných modelů z papíru



Neopracovaný objekt z tiskárny EOS

# JAK VYBRAT 3D TISKÁRNU

## OPEN SOURCE VERSUS UZAVŘENÝ DESIGN

Pokud se rozhodnete pro Open Source řešení, k tiskárně je dostupná veškerá dokumentace včetně toho, jak ji celou sestavit, a plány všech dílů. Náhradní díly jsou většinou dostupné hned od několika výrobců, a nikdy tak nezůstanete na suchu.

Otevřené zdroje (pod správnou a nerestriktivní licenci - jako všechny tiskárny pod projektem RepRap) dělají z takovýchto tiskáren i extrémně efektivní učební pomůcku pro školy. Studenti mohou názorně pochopit celý proces od návrhu až po finální zařízení.

Otevřenost přichází i se standardizací všech součástí tiskového procesu. Když se objeví nějaký posun v technologii, většinou není problém tiskárnu levně o chybějící technologii dovybavit. Nebo například pokud Vám nevyhovuje aktuální software, je možné si vybrat z několika desítek alternativ.

## VELIKOST TISKOVÉ PLOCHY

I když se na první pohled může zdát, že je vždy lepší mít co největší plochu na tisk, většinou jde spíše jen o plýtvání financemi. Prakticky jen z materiálu PLA (více o materiálech v další kapitole) se dají tisknout velké objekty přes 20 cm v jedné ose. PLA je krásný a biologicky odbouratelný materiál, bohužel si své mechanické vlastnosti zachová jen do přibližně 60°C. Tepelná roztažnost ABS a podobných materiálů kvůli různé teplotě jednotlivých vrstev způsobuje kroucení. Při velké ploše se pak celý objekt zdeformuje a znemožní další tisk.

Částečně se tomu dá předejít použitím vyhřívané podložky. To je jedna z inovací, kterou jsem vyvinul pro RepRap a posléze si jí přebrala většina odvozených tiskáren, ať už přiznaně, či ne. Logické řešení je jen teplotně kontrolovaná komora (uzavřený tiskový prostor s vyhříváním), ale tohle je bohužel řešení patentované firmou Stratasys a výrobci takového řešení hrozí žaloba :-/

U opravdu velkých tisků pak narůstá doba tisku na řadu dnů a několik cívek materiálu. Pokud se cokoliv stane, na 99% přijdete o celý výtisk. Pokud potřebujete tisknout velké objekty, nejlepším řešením je mít několik 3D tiskáren s tiskovou plochou do 30x30 cm, objekt rozdělit na části a tisknout současně víc částí najednou. Efektivně tak snížíte celkovou dobu tisku. Při čtyřech tiskárnách bude celkový tisk trvat 1/4 času a navíc i ušetříte, protože čtyři 3D tiskárny s plochou 20x20 cm stojí řádově méně než jedna s 40x40 cm. Je to také daleko robustnější řešení. Při poruše, například vinou kontaminovaného filamentu (i to se může stát, proto doporučujeme nakupovat pouze u prověřených výrobců), přijdete jen o jednu část a zbylé tiskárny mohou tisknout dál.



## VYHŘÍVANÁ PODLOŽKA

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



## MATERIÁLY

S materiály pro 3D tisk to není tak jednoduché jak si 99% lidí představuje. „Vždyť je to všechno stejně jenom plast!“ Dva základní materiály, které by měla podporovat každá tiskárna, jsou ABS a PLA.

Materiály, které požadujete, vyberte předem, protože pokud se rozhodnete koupit tiskárnu s uzavřeným (closed source) designem, těžko si ji pak upravíte pro používání nových materiálů.

### ABS – ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE

ABS plast je jeden z nejpoužívanějších materiálů v 3D tisku. Všechny vytisknuté součástky na 3D tiskárnách jsou právě z ABS. Má dobrou tepelnou odolnost a je relativně levný (okolo 500 Kč za 1 kg). Jedná se o velmi stálý plast s vysokou pevností. Pokud si dokážete vybavit, jaké to bylo, když jste šlápli na kostičku stavebnice LEGO, rozhodně nebudete pochybovat o jeho pevnosti. ABS je schopen odolávat teplotám až do 100 °C bez velkých ztrát na pevnosti, jeho tisková teplota se pohybuje kolem 250 °C. Velká nevýhoda je však jeho tepelná roztažnost, v porovnání s ostatními používanými je na tom nejhůře. To při tisku způsobuje deformaci objektů, a vyžaduje proto vyhřívanou podložku. I tak se však nedají vždy spolehlivě tisknout objekty větší než 15 cm.

### PLA – POLYLACTIC ACID (Kyselina polylactická)

Materiál PLA je nejspíše jako jediný vyroben z kukuřičného škrobu a je tak biologicky odbouratelný v řádu jednotek měsíců. V oblasti 3D tisku je tento materiál velmi rozšířen, hlavně kvůli jeho velmi nízké teplotní roztažnosti, která je tak nízká, že ve většině případů není potřeba vyhřívaná podložka. Prakticky jako jediný se dá použít k tisku velkých objektů přes 20 cm.

Mohlo by se zdát, že tento materiál je perfektní, nicméně nevýhoda je v jeho křehkosti (v porovnání s ABS) - výtisky jsou použitelné maximálně do 60 °C, poté materiál začíná být plastický. Může se stát i to, že pokud si necháte vytisknutý objekt na palubní desce auta, po čase se samovolně zdeformuje. Tiskové teploty se pohybují kolem 200 °C.

## PET – POLYETHYLENE TEREPHTHALATE

Stejný materiál, ze kterého si každý den naléváte své oblíbené pití. V poslední době si získává velkou oblibu, a to zvláště pro jeho pevnost, stálost a nízkou tepelnou roztažnost. Bere si tak všechny dobré vlastnosti z ABS a PLA, a ty negativní jim nechává. Tepelná roztažnost je velmi malá, a to natolik, že opět pro drtivou většinu objektu není třeba vyhřívané podložky. Výtisky z tohoto materiálu lehce odolají i teplotě vyšší než 100 °C, přičemž teploty tisku se pohybují, podobně jako u ABS, kolem 250 °C. Bohužel zatím je většinou dostupný jen v čiré variantě a cenově zhruba o třetinu dražší než ABS.

## OSTATNÍ MATERIÁLY

Většinou experimentální a okrajově používané, konkrétně pro technologii FDM lze ale použít téměř jakýkoliv termoplastický polymer, který se dá vyrobit ve formě filamentu – tiskové struny (drát o průměru 1.75mm, případně 3mm).

## HIPS – POLYSTYREN

Nechá se použít jako druhý podpůrný materiál pro složité objekty. Rozpouští se v lemonenu.

## LAYWOOD

PLA s příměsí dřeva. Výsledný tisk pak nevypadá tak plastově, ale často zasekává trysky. Teplota a rychlost tisku ovlivňuje výslednou barvu.

## PVA – POLYVINYLALKOHOL

Jedná se o suchou podobu lepidla na dřevo. Testoval se kvůli rozpustnosti ve vodě pro potřeby jako podpůrný materiál. Je extrémně hygroskopický a neosvědčil se.

## PA6 – POLYAMID (NYLON)

Houževnatý a flexibilní materiál, který ale není příliš používán, jelikož vyžaduje větší teploty a ne všechny trysky jej zvládnou. Potřebuje také jiný povrch podložky pro tisk, např. sklotextit.

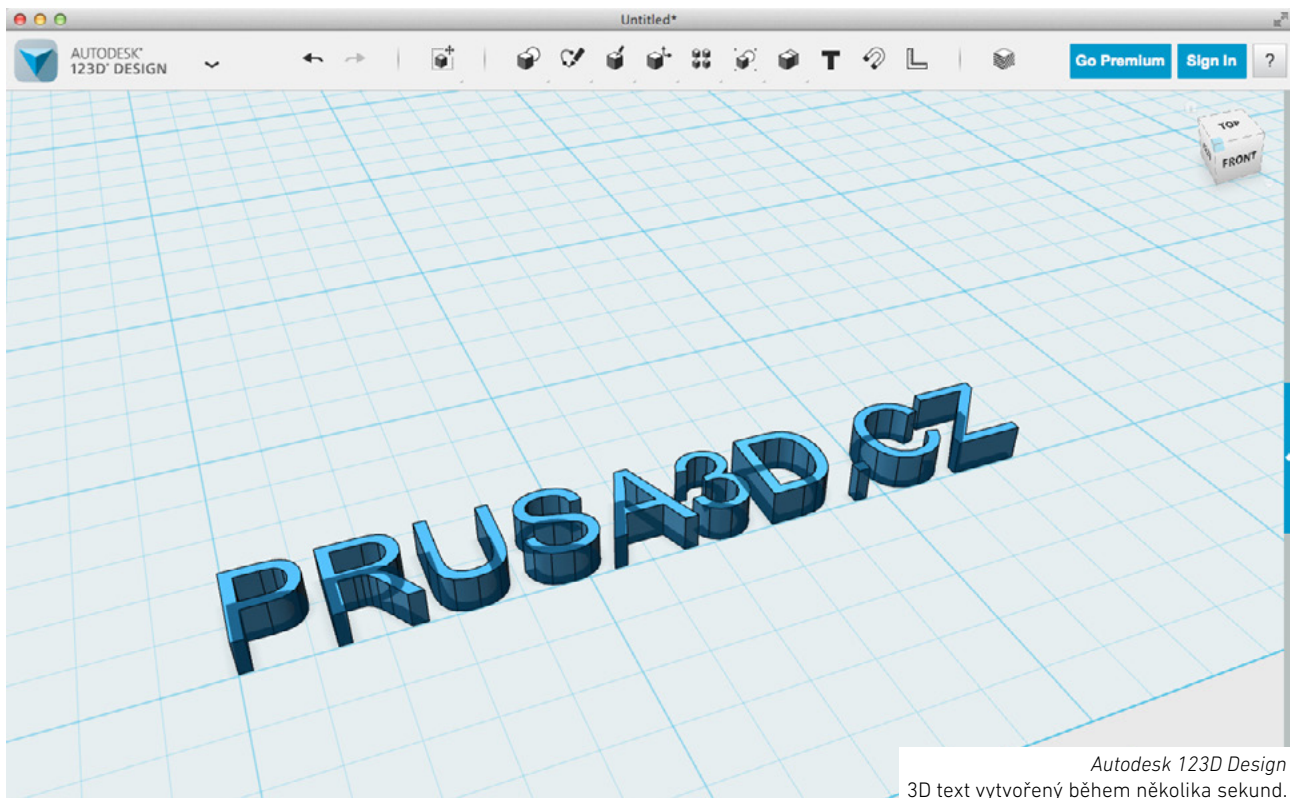
# SOFTWARE PRO 3D MODELOVÁNÍ

Standard pro modely ve 3D tisku je formát STL. Prakticky každý software na 3D modelování tento formát podporuje. Při modelování je však třeba dávat pozor, aby model byl takzvaně watertight (vodotěsný), zjednodušeně uzavřený, aby nikde nebylo vidět dovnitř modelu. Je potřeba také počítat s parametry jako minimální tloušťka stěny, které dostanete od výrobce tiskárny.

## JEDNODUCHÝ SW PRO VIZUÁLNĚ ZALOŽENÉ

**Autodesk 123D Design** je velice jednoduchý software na produkování dobře tisknutelných modelů a je zdarma.

Ke stažení na <http://www.123dapp.com/design>

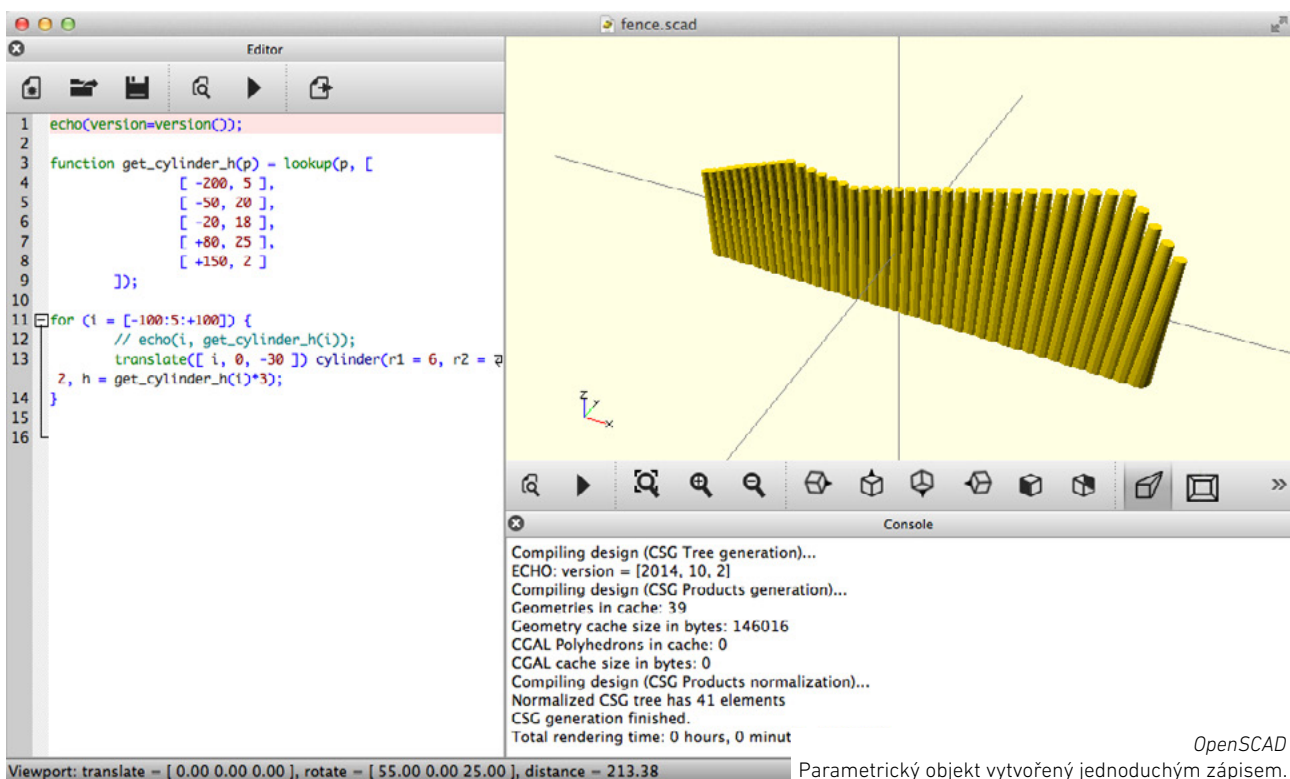


## JEDNODUCHÝ SW PRO TECHNICKY ZALOŽENÉ

**OpenSCAD** je Open Source 3D modelovací SW. Modely nejsou tvořeny vizuálně, ale jednoduchým textovým zápisem podobným základnímu programování. Umožňuje vytvářet parametrické modely (zadáním parametru se mění výsledný objekt bez přemodelování celého objektu).

V šikovných rukou se jedná o profesionální nástroj na modelování velkých projektů a jsou v něm například modelovány veškeré 3D tiskárny projektu RepRap.

Zdarma ke stažení na <http://www.openscad.org/>



# MÝTY 3D TISKU

## ZMÁČKNOUT TISK A JE TO!

Pokud používáte standartní 2D tiskárnu a jste zvyklí, že zmačknete tisk a než natáhnete ruku k tiskárně, je vytisknuto, na to je ve světě 3D tisku bohužel stále čas. Proces trvá dlouho od desítek minut po desítky hodin, záleží na kvalitě a velikosti výsledného objektu. Další věcí je spolehlivost tiskárny, pokud se bavíme o technologii FDM. Ty v levnější cenové relaci většinou nemají zpětné vazby o pohybu, a to jak materiálu, tak trysky. Občas se stane, že spustíte tisk, který bude trvat několik hodin, a když přijdete, naleznete na tiskové podložce třeba obrovský chumel plastového vlákna, nedotisknutý objekt, objekt se špatně seřazenými vrstvami či další podobné situace. V tuto chvíli často zbývá jen objekt vyhodit a vytisknout znovu, nebo očistit, odměřit kolik je vytisknuto, objekt oříznout, dotisknout pouze chybějící část a výsledek slepit dohromady.

## 3D VYTISKNUTÁ ZBRAŇ

Při setkávání s lidmi často slyším poznámky o 3D tisku zbraní. Na jednu stranu mě mrzí, že lidé získávají strach z tak úžasné technologie, jako je 3D tisk, ale na druhou stranu je pozitivní, kolik lidí se tak o 3D tisku dozví. Není se ale čeho bát.

Jsou zde tři hlavní otázky:

- USA a tisk součástek zbraní
- Plastová celovytisknutá zbraň
- Kovová celovytisknutá zbraň

## USA A TISK SOUČÁSTEK ZBRANÍ

Tady celá kauza začala. USA je země, kde je nelegální prodávat Kinder vajíčko, ale ve Walmartu (obdoba našeho Tesca) si koupíte zbraň. Například můžete koupit všechny součástky na útočnou pušku AR-15 online, a to dokonce bez jakékoliv prověrky. Tedy až na jednu část zvanou „lower receiver“, která nese sériové číslo a je registrovaná. Jenže lower receiver zrovna nic moc nedělá a jen drží pohromadě pár součástí. Právě tuto součástku lidé už desítky let vyrábí svépomocí na domácích CNC. Dle ústavy na to má v USA každý právo. Nedávno ji však někdo vytiskl a *média kolem toho začala šlet*. Kdekoliv v civilizovaném světě součásti pušky tak snadno nezakoupíte, a pokud je seženete nelegálně, koupíte rovnou celou pušku.

## PLASTOVÁ CELOVYTISKNUTÁ ZBRAŇ

Dali byste do plastové hlavě náboj a vystřelili? Ne? Já taky ne. Hlavní rozruch byl kolem toho, že se prý taková zbraň nechá pronést detektorem kovů. To je asi pravda, ale náboje už nepronesete.

Po celém světě jsou miliony nástrojů, na kterých je možné zbraň vyrobit daleko jednodušeji, a dokonce plně funkční. Jmenují se soustruh a pravděpodobně jeden máte na své chalupě. Můžete také pracovat s plastovými polymery, které by teoreticky vydržely i výstřel.

## KOVOVÁ CELOVYTISKNUTÁ ZBRAŇ

Nedávno se objevila i celokovová zbraň vyrobená metodou DMLS (viz přehled technologií). Nedá se však pronést detektorem kovu a výroba stojí jako malé rodinné auto.