



Fenomén 3D tisk

Mgr. Veronika Švrčinová, Ostravská univerzita
Ing. Jiří Hajnyš, Ph.D., VŠB - Technická univerzita Ostrava
Doc. Ing. Marek Pagáč, Ph.D., VŠB - Technická univerzita Ostrava



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
OP Výzkum, vývoj a vzdělávání



Metodika je jedním z výstupů projektu OP VVV.

Název projektu:	Odborné, kariérové a polytechnické vzdělávání v MSK II
Registrační číslo projektu:	CZ.02.3.68/0.0/0.0./19_078/0019613

OSTRAVSKÁ UNIVERZITA

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STROJNÍ

FENOMÉN 3D TISK

Recenzovali:

1. doc. Ing. Ladislav Rudolf, Ph.D., Fakulta pedagogická, Ostravská univerzita, Ostrava
2. Mgr. Lenka Švrčinová, ZŠ a MŠ Kontešinec, Český Těšín

POUŽITÉ GRAFICKÉ SYMBOLY



Průvodce studiem



Cíl kapitoly



Klíčová slova



Kontrolní otázky



Pojmy k zapamatování



Shrnutí



Korespondenční úkol



Řešený příklad



Cvičení



Literatura

OBSAH

Slovo úvodem a didaktická doporučení	9
1 Aditivní výroba	11
1.1 Proces aditivní výroby.....	11
1.1.1 Pozitiva aditivní technologie.....	12
1.2 Možnosti využití aditivní výroby	13
2 3D tisk v historickém kontextu.....	16
2.1 Historie 3D tisku.....	16
2.1.1 1984 - 87: Raná historie 3D tisku a vynález stereolitografie	17
2.1.2 1988 - 92: Stratasys, EOS a FDM a SLS soupeří se SLA.....	18
2.1.3 1993 – 1995: ZCorp a barevná tiskárna Color Jet	19
2.1.4 Historie od konce devadesátých let.....	19
3 Příprava na využití 3D tisku ve výuce	21
3.1 Plánování	21
3.1.1 Strategie vyučování a učení.....	22
3.1.2 Technická podpora	22
3.1.3 Uspořádání učebny.....	22
3.1.4 Velikost skupiny.....	22
3.1.5 Chování studentů.....	22
3.1.6 Hodnocení nebezpečí a rizik	22
4 Materiály 3D tisku	25
4.1 Aditivní technologie	25
4.2 Tiskové materiály (filamenty)	28
4.2.1 Jaké vlastnosti a parametry u filamentu rozlišujeme?	28
4.2.2 Na co si dát pozor?	29
4.3 Nejčastěji používané materiály a jejich vlastnosti	29
4.4 Podpůrné materiály:	31
4.5 Ostatní materiály	31
4.6 Skladování filamentu	32
5 Technologie 3D tisku.....	33
5.1 Jak probíhá technologický proces 3D tisku?	33
5.1.1 Pre-processing	34
5.1.2 Processing.....	36
5.1.3 Post-processing.....	36
6 Konstrukční řešení 3D tisku.....	37
6.1 Konstrukční řešení 3D tiskáren	37
6.1.1 FFF/FDM	38
6.1.2 SLA	38
6.1.3 SLS.....	39

6.2	FFF/FDM – technologie nejběžněji používané na školách	39
6.2.1	Kartézská tiskárna	39
6.2.2	Delta tiskárna	40
6.2.3	Polární tiskárna	40
6.3	Skladba tištěného modelu	41
6.4	Procesní parametry pro tisk 3D modelu	41
6.5	Výška vrstvy a průměr trysky	41
6.6	Trysky pro 3D tiskárny	43
6.7	Vnitřní výplň (Infill)	43
6.8	Kvalita modelu	45
6.9	Převisy (Overhangs)	46
6.10	Podpory (Supports)	46
6.11	Teplota trysky a rychlost 3D tisku	47
6.12	Databáze modelů	49
7	Zajímavosti ze světa 3D tisku	51
7.1	3D tisk a architektura	51
7.2	3D tisk a jídlo	55
7.3	3D tisk a módní doplňky	55
7.4	3D tisk tkání a lidských orgánů - Tomographic 3D Printing	56
7.5	Moderní design inspirovaný přírodou	57
8	Vazba na vyučovací předměty	59
8.1	Matematika	59
8.2	Jazyky	60
8.3	Umění a design	60
8.4	Hudba	60
8.5	Dějepis	60
8.6	Zeměpis	61
8.7	Dramatická výchova	61
8.8	Biologie	61
8.9	Technologicky zaměřené předměty	61
8.10	Fyzika	61
8.11	Tělesná výchova	61
9	Metodika - úvodní hodina do 3D tisku a „hod kostkou“	62
9.1	Lekce-první metodika	62

9.2	Rozvíjené klíčové kompetence a očekávané výstupy	63
9.2.1	Vzdělávací oblast RVP ZV: Informační a komunikační technologie	63
9.2.2	Vzdělávací oblast RVP ZV: Matematika a její aplikace	63
9.2.3	Vzdělávací oblast RVP ZV: Fyzika	64
9.3	Průběh lekce	65
9.3.1	Seznámení s procesem 3D tisku	65
9.3.2	Kalkulace nákladů	65
9.3.3	Kalkulace času	65
9.3.4	Návrh a realizace 3D tisku hrací kostky	65
10	Projekt hudební nástroj	68
10.1	Projekt-metodika	68
10.2	Rozvíjené klíčové kompetence a očekávané výstupy	69
10.2.1	Vzdělávací oblast RVP ZV: Člověk a svět práce	69
10.2.2	Vzdělávací oblast RVP ZV: Člověk a svět práce	69
10.2.3	Vzdělávací oblast RVP ZV: Informační a komunikační technologie	70
10.2.4	Vzdělávací oblast RVP ZV: Matematika a její aplikace	70
10.2.5	Vzdělávací oblast RVP ZV: Fyzika	71
10.2.6	Vzdělávací oblast RVP ZV: Hudební výchova	71
10.3	Průběh projektu hudební nástroj	72
11	Projekt hlavolam.....	74
11.1	Metodika projektu	74
11.2	Rozvíjené klíčové kompetence a očekávané výstupy	75
11.2.1	Vzdělávací oblast RVP ZV: Informační a komunikační technologie	75
11.2.2	Vzdělávací oblast RVP ZV: Člověk a svět práce	75
11.2.3	Vzdělávací oblast RVP ZV: Člověk a svět práce	76
11.2.4	Vzdělávací oblast RVP ZV: Matematika a její aplikace	76
11.3	Průběh projektu hlavolam	77
12	Projekt Pythagorova věta	81
12.1	Metodika lekce	81
12.2	Rozvíjené klíčové kompetence a očekávané výstupy	82
12.2.1	Vzdělávací oblast RVP ZV: Informační a komunikační technologie	82
12.2.2	Vzdělávací oblast RVP ZV: Člověk a svět práce	82
12.2.3	Vzdělávací oblast RVP ZV: Člověk a svět práce	83
12.2.4	Vzdělávací oblast RVP ZV: Matematika a její aplikace	83
12.3	Průběh lekce Pythagorova věta	84
12.3.1	Pythagoras ze Samu (cca 570 - 500 př. n. l.)	84
12.3.2	Pythagorejská škola	85
12.3.3	Pythagorova věta	86
12.3.4	Pomůcka pro důkaz Pythagorovy věty.....	87
	Seznam použitých zdrojů	89
	Webové odkazy na videa	90
	Webové odkazy na obrázky	90

Slovo úvodem a didaktická doporučení

Vážené kolegyně, vážení kolegové,
do rukou se Vám dostala metodická příručka na téma Fenomén 3D tisk, která bezprostředně navazuje na realizované kurzy VŠB - Technické univerzity Ostrava v rámci projektu Odborné, kariérové a polytechnické vzdělávání v MSK II.

Hlavním cílem metodiky je zařazení inovačních prvků z reálného života žáků do výuky vzdělávací oblasti Člověk a svět práce a Informační a komunikační technologie.

Současně Vám podáváme komplexní vhled do problematiky atraktivní technologie 3D tisku, která zažívá boom. Jejím cílem je rozvíjení kompetencí pedagogů ve vazbě na současné trendy vývoje v oblasti digitálních technologií i polytechniky.

Metodická příručka se v prvních částech věnuje teoreticky technologii 3D tisku tak, aby učitelé začínající s touto technologií měli po ruce praktický manuál. Závěrečných 5 kapitol je věnováno obecně praktickému využití na školách a dále již konkrétně výuce na 2. stupni ZŠ (princip lze ale využít i na školách středních netechnického charakteru, vazby na RVP však uvádíme pouze pro školy základní).

Finální didaktickou transformaci již necháváme na Vás, na specifikaci tříd, které učíte. Mezi další doporučené předměty pro výuku tematického celku řadíme matematiku a fyziku. Věříme ovšem, že zde najdete využití i v sekundárních předmětech pro výuku tematického celku, tzv. mezipředmětové využití například v hudební výchově, dějepise apod.

Budeme rádi, pokud tímto způsobem naleznete inspiraci a cestu, jak začlenit požadované klíčové kompetence do výuky a věříme, že metodiky společně s realizovanými kurzy přispějí k oživení Vaší výuky a prohloubení jejího obsahu nejen v polytechnické oblasti.

Autoři.

1 Aditivní výroba



Cíl kapitoly

Po nastudování této kapitoly byste měli být schopni:

- Vysvětlit, co je aditivní výroba, jaké materiály zpracovává a za jakým účelem se využívá.
- Vyjmenovat možnosti využití aditivní výroby/3D tisku.
- Popsat základní princip procesu aditivní výroby.



Klíčová slova

Aditivní výroba, subtraktivní výroba, 3D tisk.



Průvodce studiem

Kapitola vysvětluje, co je aditivní výroba, jaké materiály zpracovává, jak se liší od subtraktivní výroby. Dozvíte se, jaký je základní princip procesu aditivní výroby a v jakých oborech se již běžně 3D tisk využívá.

1.1 Proces aditivní výroby

Aditivní výroba je proces zpracování materiálů, které lze roztavit – nejčastěji plasty, kovy či sklo. Výsledný produkt vzniká postupným kontrolovaným nanášením tenkých vrstev na sebe. Tím se liší jak od obráběcí a frézovací CNC výroby (neboli subtraktivní výroby), v níž jde naopak o ubírání materiálu, tedy vyřezávání výrobků, tak od tvarování materiálu pomocí forem. Oba zmíněné postupy jsou sice velmi rychlé a ve velkovýrobě výhodné, vyžadují ale zázemí, finance, odborné pracovníky a mnoho přípravy.



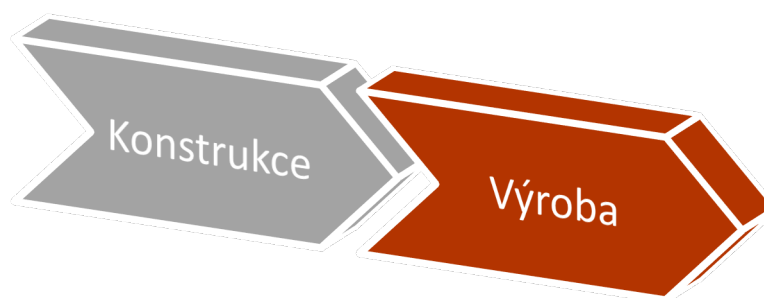
Obrázek 1: Aditivní proces - nanášení vrstev



Vznik výrobku aditivní výroby by se dal přirovnat ke vzniku krápníků v jeskyních, kdy během dlouhé řady let zanechává voda postupné vrstvy minerálů, které vytvoří stalagmity, stalaktity apod. K produkci výrobku aditivní technologie také dochází postupným přidáváním materiálu.

Výrobní stroje pracující na principu aditivních technologií si generují samy vlastní výrobní strategii.

Klasické schéma výroby „konstrukce – příprava výroby – výroba“ se tedy mění, odpadá fáze „příprava výroby“ a vzniká schéma nové (viz obr. 2).



Obrázek 2: Proces aditivní výroby

1.1.1 Pozitiva aditivní technologie

Aditivní způsob významně *zkracuje dobu výroby z týdnů na dny*, v mnoha případech dokonce snižuje i náklady na ni. Počáteční vstupní náklady jsou sice vyšší, ale celkové náklady na výrobu se z hlediska dlouhodobého horizontu vyplatí více.

Doba výroby je *nezávislá na složitosti tvaru*. Složité tvary se vyrábějí stejně rychle jako tvary jednoduché. Doba výroby je dána objemem výrobku a schopností 3D tiskáren.

Aditivní tiskárny jsou univerzálním výrobním prostředkem, parametrem je použitý materiál a rozměry pracovního prostoru tiskárny. Do tohoto prostoru lze navíc optimálně vložit více výrobků najednou. Tím se podstatně zvýší efektivnost stroje.

Tiskárny jsou *šetrné k životnímu prostředí*. Pracují s podstatně menším objemem materiálu. Vytváří méně odpadu, a navíc je často odpad recyklovatelný¹.

¹ Horáček, L., Pražma, V. a Vydra, P. (2018). Aditivní technologie pro Průmysl 4.0. MM Průmyslové spektrum. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/aditivni-technologie-pro-prumysl-4-0> (cit. 30.9.2021).

1.2 Možnosti využití aditivní výroby

Aplikace aditivní technologie je takřka neomezená. Využití nachází v leteckém nebo automobilovém průmyslu, ve zdravotnictví i v módě. Velmi oblíbený je 3D tisk v malosériové výrobě. Díky minimálním vstupním nákladům zde lze zahájit výrobu prakticky do druhého dne. Rychlé tisky ve formě *rapid prototypingu* (rychlá výroba prototypů) bývají používány jako předvýrobní vizualizační modely. Pro svou nízkou cenu se stále více osvědčuje i kutilům a lidem, kteří si chtějí levně a rychle vyrobit vlastní věc – rychle, přesně a s minimem vynaloženého úsilí.



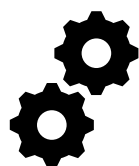
3D tisk v automobilovém průmyslu

3D tisk usnadňuje procesy rychlou výrobou prototypů automobilových dílů, vodících nástrojů a šablon.



3D tisk v leteckém průmyslu

3D tisk dynamicky podporuje inovace leteckého průmyslu možnostmi rychlého prototypování nových dílů.



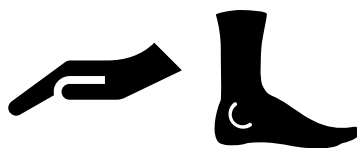
3D tisk v dalších oborech

3D tisk najde uplatnění napříč průmyslem v podobě prototypů, funkčních modelů, náhradních dílů i dalších typů součástí. Například:



3D tisk ve stomatologii

Studijní modely, ortodontické modely, modely a prototypy implantátů.



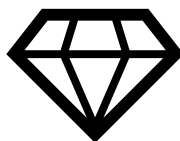
3D tisk tělesných náhrad

Kompenzace zdravotně specifických potřeb – výroba protéz končetin, invalidních vozíků pro domácí mazlíčky a jiné.



3D tisk pro lékařské vybavení a trénink

Využití při výrobě modelů pro plánování chirurgických zákroků, tréninkových pomůcek a jiného lékařského vybavení.



3D tisk ve šperkařství

3D tisk se ve šperkařství osvědčuje při zkoušení a testování designu a je skvělým materiálem pro diskuzi nad reálnými tvary. Vyrábí se designové šperky technologií 3D tisku – neobvyklé náramky, náhrdelníky, přívěsky, náušnice, piercingy a další.



Shrnutí

Aditivní výroba je proces zpracování materiálů, které lze roztavit – nejčastěji plasty, kovy či sklo. Výsledný produkt vzniká postupným kontrolovaným nanášením tenkých vrstev na sebe. Aditivní způsob významně zkracuje dobu výroby, je nezávislý na složitosti tvaru výrobku, je šetrný k životnímu prostředí. 3D tisk se uplatňuje v mnoha oborech – například lékařství, automobilový a letecký průmysl, stomatologie či šperkařství.



Pojmy k zapamatování

Aditivní výroba - způsob zpracování materiálu tak, že výsledný výrobek vznikne jeho postupným kontrolovaným přidáváním.

Subtraktivní výroba - opak aditivní výroby, výrobek vznikne jeho postupným ubíráním (například řezání, frézování, vrtání, broušení).



Cvičení

Pro hlubší pochopení problematiky doporučujeme shlédnout například video:

3D tisk – NEZkreslená věda IV

<https://www.youtube.com/watch?v=zUHF1jWZPhE>



Kontrolní otázky

Co je to aditivní výroba?

Jaká pozitiva přináší aditivní technologie do výrobního procesu?

Jaké jsou možnosti 3D tisku, v jakých oborech lze využít?



Úkol

Zamyslete se nad možnostmi využití 3D tisku v pedagogické praxi. Zkuste navrhnout výrobek, který byste s žáky mohli ve škole vytisknout. Výrobek by měl být praktický a zároveň pro žáky atraktivní, tak aby je motivoval k procesu 3D tisku.

2 3D tisk v historickém kontextu



Cíl kapitoly

Po nastudování této kapitoly byste měli být schopni:

- Popsat, jak se formovala v historii technologie 3D tisku, a vytýčit základní milníky v historii, které jsou významné z hlediska této technologie.
- Vysvětlit pojmy selektivní laserové slinování, stereolitografie, tavení plastové struny.



Klíčová slova

Selektivní laserové slinování, stereolitografie, tavení plastové struny.



Průvodce studiem

Kapitola seznamuje čtenáře s historickým kontextem vzniku 3D tisku, vysvětluje pojmy selektivní laserové slinování, stereolitografie, tavení plastové struny, které jsou úzce spjaty s technologií 3D tisku.

2.1 Historie 3D tisku

V květnu 1981 zveřejnil doktor **Hideo Kodama** z Nagojského městského institutu průmyslového výzkumu podrobnosti týkající se techniky „*rapid prototyping*“. Tento výzkum byl prvním odborným zdrojem, který popisoval vrstvení, přístup tak vlastní 3D tisku. Jeho výzkum zahrnoval tisk fotopolymerů pomocí metody, která předcházela *stereolitografii*, a také hovořil o příčných řezech vrstev, které ležely na sobě a vytvářely 3D objekt.



Stereolitografie je metoda vytváření objektů pomocí postupného vytvrzování polymerů působením záření různých vlnových délek, nejčastěji UV záření.

Doktor Kodama patentovou přihláškou nedodal v termínu a patent mu nebyl nikdy udělen².

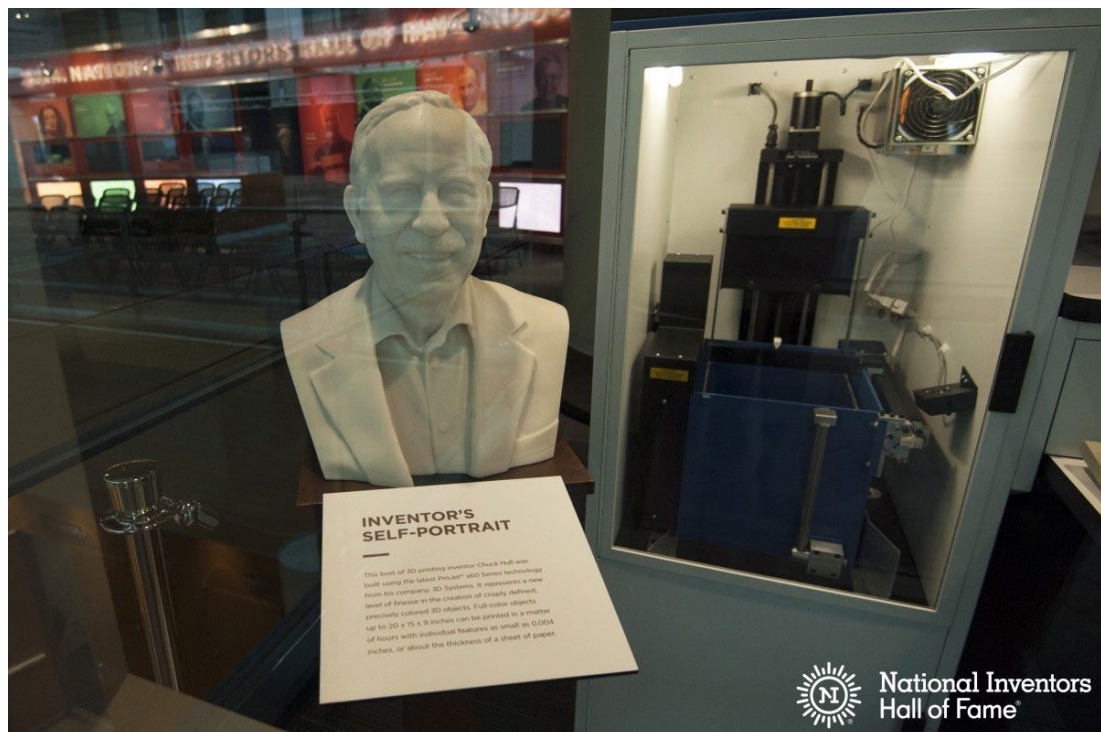
² Paoletti, Ingrid, Ceccon, Lorenzo. (2018). The Evolution of 3D Printing in AEC: From Experimental to Consolidated Techniques. https://www.researchgate.net/publication/328200871_The_Evolution_of_3D_Printing_in_AEC_From_Experimental_to_Consolidated_Techniques

2.1.1 1984 - 87: Raná historie 3D tisku a vynález stereolitografie

O tři roky později v roce 1984 podali tři inženýři z Francie **Alain Le Méhauté**, **Olivier de Witte** a **Jean Claude André** patent na proces stereolitografie. Patent měl být průkopníkem nového výrobního procesu, který měl znamenat revoluci ve výrobě!

Ale osud jim nepřál. Tři muži patent vzdali brzy poté, co jej podali, důvodem byl „nedostatek obchodní perspektivy“.

Pouhé tři týdny poté **Charles 'Chuck' Hull** podal svůj patent na stereolitografii s novými funkcemi jako je formát souboru STL a digitální krájení. Jeho proces využíval ultrafialové světlo k vytvrzování ftopolymerů. Od podání a získání patentů do roku 1986 vytvořil Chuck Hull **3D Systems** a v roce 1987 vydal vůbec první 3D tiskárnu SLA-1. Zrodil se 3D tisk [2].



Obrázek 3: První 3D tiskárna SLA-1 V Muzeu National Inventors Hall of Fame
(<https://www.3dsystems.com/blog/2015/06/sla-1-national-inventors-hall-fame-museum>)

2.1.2 1988 - 92: Stratasys, EOS a FDM a SLS soupeří se SLA

Stereolitografie a 3D tisk si navzájem konkurovaly. V roce 1988 podal **Carl Deckard** z University of Texas patent na technologii *Selective Laser Sintering (SLS)*. Místo použití ultrafialového světla použil SLS laser ke sledování a zpevnění vrstev práškových polymerů. Tato nová inovativní technologie byla poté pronajata společností DTM Inc k použití.



Selective Laser Sintering (SLS) neboli selektivní laserové slinování je technologie aditivní výroby. Používá vysoce výkonný laser k fúzi malých částic např. plastu, kovu, keramiky nebo skla ve formě prášku do hmoty, která má požadovaný trojrozměrný tvar. Laser selektivně spojuje práškový materiál skenováním průřezů generovaných z 3D digitálního popisu díla.

Z nových výrobních technologií se stal závod tří koní. **Scott Crump** spoluzakládal firmu *Stratasys* v roce 1989 a podal patent na *Fused Deposition Modeling (FDM)*, pravděpodobně dnes nejznámější technologii 3D tisku. 3D Systems a Chuck Hull měli možná náskok, ale konkurenti mu byli v patách.



Fused deposition modeling (FDM) neboli výroba fúzovaných vláken či tavení plastové struny je technologie 3D tisku, která se používá pro modelování, výrobu prototypů i finálních produktů. Principem je postupné nanášení roztaveného materiálu v tenkých vrstvách.

Tato soutěž byla umocněna založením firmy EOS v roce 1989 v Německu Dr. **Hansem Langerem**. Nezastavitelný Hansen nadále dominoval na trhu 3D tiskáren SLS a také byl průkopníkem Direct Metal Laser Sintering v polovině 90. let.

Po vydání SLA-1 *Stratasys* vydal svou první 3D tiskárnu FDM v roce 1991. Jednalo se o první skutečnou konkurenční soutěž pro 3D systémy, protože každý měl patentová práva na dvě velmi odlišné technologie 3D tisku. Části FDM byly silnější a chemicky odolnější, ale díly SLA mohly být vytvořeny rychleji a přesněji ³.

Hned další rok 1992 společnost DTM Inc představila svou první 3D tiskárnu SLS. Je však nutné podotknout, že tyto stroje byly monstra - od dnešních kompaktních a levných stolních tiskáren naprosto k nepoznání. Podílely se na zakázkách průmyslového prototypování. A hra se rozběhla – na trhu se objevily tři technologie 3D tisku ⁴.

³ The Complete History of 3D Printing: From 1980 to the Present Day - 3DSourced. (2020). 3DSourced - The most informative 3D printing site on the web. Dostupné z: <https://3dsourced.com/guides/history-of-3d-printing/>

⁴ The Free Beginner's Guide. History of 3D Printing. (2017). 3D Printing Industry. Dostupné z: <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide#02-history>

2.1.3 1993 – 1995: ZCorp a barevná tiskárna Color Jet

I když je v dnešní době už méně známá, byla ZCorp na počátku 90. let další významnou společností zabývající se 3D tiskem. V roce 1993 vyvinulo MIT techniku 3D tisku vycházející z principu inkoustových tiskáren – těch, které používáme k tisku v našich kancelářích na papír. Přizpůsobením této 2D technologie pro 3D tisk společnost ZCorp vydala svou první 3D tiskárnu - Z Corp Z402. Tato technologie se původně jmenovala Zprinting. Řada tiskáren se nyní nazývá tiskárny Color Jet a tato technologie je známá dnes jako Binder Jetting. První model používal k tisku předmětů práškové materiály na bázi škrobu a sádry a pojivo na vodní bázi [4].

Ve stejném roce se na trh dostalo další nové řešení 3D tisku. V roce 1993 **Royden Sanders** založil Solidscape (původně Sanders Prototype Inc.) a vytvořil voskové 3D tiskárny. Ty nevytvářely konvenční prototypy, o které se snažily jiné technologie, ale místo toho vyráběly voskové formy. Tyto formy byly poté použity pro vytvoření licích forem k vytvoření předmětů z jiných, pevnějších materiálů. Společnost Solidscape vydala v roce 1994 Model Maker, svou první voskovou 3D tiskárnu, která se stala oblíbenou mezi klenotníky vytvářejícími 3D tištěné šperky [4].

Zde uvádíme ukázkou současné technologie výroby 3D tištěných šperků firmou Solidscape (tiskárna Solidscape S325):

Solidscape S325 high precision 3D wax printer for jewelers (YouTube):

<https://www.youtube.com/watch?v=AYNPhJfSOA>

2.1.4 Historie od konce devadesátých let

Za méně než deset let se 3D tisk změnil z nápadu na kusu papíru na efektivní specializovanou technologii pro menší výrobní procesy. Stroje byly zpočátku obrovských rozměrů a poměrně pomalé. Ale stejně tak tomu bylo i u stolních počítačů. Veliký a rychlý pokrok v oblasti informačních a komunikačních technologií však každým rokem posouval tyto technologie mílovými kroky kupředu.

Od počátku 21. století vývoj 3D tiskáren pokročil ještě dále. Světu byly představeny různé značky 3D tiskáren. Nicméně milník 3D tiskáren nastal s Rep Rap. Filozofií tohoto projektu bylo vytvořit 3D tiskárnu, která by se sama znovu vytvořila. Hlavní myšlenkou bylo vytvořit přístupné 3D tiskárny pro širokou veřejnost.



Shrnutí

Historie 3D tisku sahá do 80. let 20. století. V průběhu několika desetiletí se z technologie, která pracovala s monstrózními stroji, stala běžně dostupná záležitost, která se adaptovala nejen do procesu výroby v mnoha oblastech lidské činnosti, ale také například i do vzdělávání.



Pojmy k zapamatování

Fused deposition modeling (FDM) neboli výroba fúzovaných vláken či tavení plastové struny je technologie 3D tisku, která se používá pro modelování, výrobu prototypů i finálních produktů. Principem je postupné nanášení roztaveného materiálu v tenkých vrstvách.

Selective Laser Sintering (SLS) neboli selektivní laserové slinování je technologie aditivní výroby, která používá vysoce výkonný laser k fúzi malých částic do hmoty, která má požadovaný trojrozměrný tvar. Laser selektivně spojuje práškový materiál skenováním průřezů generovaných z 3D digitálního popisu díla.

Stereolitografie je metoda vytváření objektů pomocí postupného vytvrzování polymerů působením záření různých vlnových délek, nejčastěji UV záření.

3 Příprava na využití 3D tisku ve výuce



Cíl kapitoly

Po nastudování této kapitoly byste měli být schopni:

- Promyslet, naplánovat a zajistit výuku za využití 3D technologie.



Klíčová slova

Hodnocení nebezpečí, hodnocení rizik, strategie vyučování, technická podpora, uspořádání učebny.



Průvodce studiem

Kapitola seznamuje učitele s přípravami na využití 3D tisku, shrnuje základní aspekty, které je nutné zvážit, připravit a zajistit s výrazným důrazem na zachování bezpečnosti.

3.1 Plánování

Aby bylo možné využít plně potenciál 3D tisku, je *nutné organizaci výuky „logisticky“ promyslet a naplánovat*. Pokud to neuděláme, může to mít dopad na kvalitu lekce, výsledky vzdělávání i kreativní proces učení, což vede také ke snížení úrovně výsledků učení a nakonec k nesplnění původních cílů vašeho projektu.

Je zřejmé, že každá škola má jiné podmínky (finanční, personální, sociální, materiální...). Je však nutné, aby se instituce školy, pokud chce do výuky zařadit technologii 3D tisku, snažila odstranit co nejvíce překážek, které by znemožňovaly kvalitní a dostupnou výuku 3D tisku.

3D tisk v posledních letech dobyt svět. Jak je uvedeno v kapitole 1, technologie 3D tisku se v současnosti využívá snad ve všech oblastech lidské práce – počínaje automobilovým průmyslem a stavebnictvím, přes lékařství (náhrady kostí), gastronomii, umění či vzdělávání apod.

Díky zvyšující se konkurenci 3D tiskáren na trhu došlo ke snížení jejich cen, takže je v současné době mohou pořídit i školy a využívat této technologie ve vlastní školní praxi. *Šíře uplatnění ve školství je v zásadě neomezená* – lze tisknout vlastní výrobky, které si žáci předpřipraví např. doma či v hodinách informatiky (s využitím volně dostupných nástrojů), 3D tisk umožňuje vytvářet například vlastní učební pomůcky, lze tisknout kopie modelů či různé doplňující komponenty.

3.1.1 Strategie vyučování a učení

Při plánování učebního procesu bude učitel muset zvážit a naplánovat, jak a kdy bude tiskárna používána ke zlepšení, prohloubení a upevnění výsledků učení.

3.1.2 Technická podpora

Je jasné, že i přes zlepšující se použitelnost 3D tiskáren potřebují tato zařízení pro efektivní a spolehlivý provoz fyzickou údržbu, neustálé upgrady softwaru a zásahy při odstraňování problémů. Pro učitele je tedy zásadní, aby porozuměli jednoduchým technikám odstraňování problémů. Pravidelná technická údržba je nezbytná nejen pro kvalitu výtisků, ale především pro bezproblémový chod výuky. Údržba zahrnuje:

- napínání řemenů;
- čištění a mazání pojezdů;
- udržovat tiskárnu v čistotě (kryt);
- update firmware;
- kalibraci;
- výměnu podložky;
- čištění trysky.

3.1.3 Uspořádání učebny

Je-li tiskárna umístěna v prostředí učebny, měla by být umístěna v místě a poloze se snadným přístupem.

3.1.4 Velikost skupiny

Velikost vyučovacích skupin jednoznačně ovlivňuje přístup k tiskárnám. Ve skupinách větších než 15 by nebyl přístup jednotlivých žáků k hardwaru v rámci běžného kontextu lekce možný, pokud by nebylo použito více zařízení.

3.1.5 Chování studentů

Ve školách, kde chování žáků může způsobit zlomyslné poškození nebo nedbalé použití tiskárny, je nutné, aby zaměstnanci zvážili dohled a další provozní postupy nebo umožnili pouze přístup jednotlivcům nebo malým skupinám, což umožní více kontrolované prostředí. Jakákoli omezení je však třeba velmi pečlivě zvážit, aby neměla dopad na motivaci žáků a výsledky učení. Důvěryhodnější přístup a posílení postavení žáka v procesu může skutečně zlepšit jeho postoje a chování, což povede ke zlepšení jeho školního úspěchu.

3.1.6 Hodnocení nebezpečí a rizik

Provoz 3D tiskáren představuje pouze malé nebezpečí nebo riziko a je srovnatelný s používáním typického kancelářského nebo domácího spotřebiče. Očekává se však, že bude

vyhovovat evropským nebo národním předpisům a že každá organizace provádí úplné posouzení rizik pomocí svých vlastních protokolů a norem. Trh s 3D tiskárnami se nadále vyvíjí s novými pravidelně uváděnými modely a specifikacemi, které se mění, což vyžaduje pravidelnou individuální kontrolu. Během procesu doporučujeme, aby byla posouzena následující možná nebezpečí a byla zavedena odpovídající kontrolní opatření:

Nebezpečí úrazu elektrickým proudem

Tisková zařízení by měla vyhovovat aktuálním předpisům CE, pokud jde o přiměřenou izolaci a požadavky na „uzemnění“, správné zapékání, přístupnou izolaci napájení a provádění pravidelných testování přenosných zařízení; vše musí být zdokumentováno.

Pohyblivé části

Systémy 3D tiskáren většinou vyvíjejí minimální sílu pod úrovní, která by způsobila zranění, a zařízení pro toto konkrétní riziko nepotřebují ochranu nebo zásadnější opatření. Je však důležité, aby se s pohyblivými částmi během provozu nemanipulovalo kvůli riziku poškození tiskárny.

Nebezpečí popálení

Vzhledem k tomu, že všechny procesy 3D tisku zahrnují teplo, a to jak na konstrukčních deskách, tak na trysce extruderu, a tudíž existuje možné nebezpečí popálení, měla by být zavedena adekvátní opatření - varovné štítky a stálý přístup ke studené tekoucí vodě.

Vdechování škodlivých výparů

Ačkoli proces 3D tisku vykazuje minimální uvolňování škodlivých výparů, zejména při použití materiálů jako je PLA, u jiných materiálů, jako je ABS, bylo sledováno vyšší riziko při použití v malém nevětraném prostoru. Doporučuje se, aby byly stroje umístěny v přiměřeně velkém dobře větraném prostoru, aby se snížilo nebezpečí výparů. Pokud je k dispozici pouze malý nevětraný prostor, je třeba nainstalovat vhodný systém odsávání zplodin ⁵.

⁵ Methodology and guidelines for the introduction of 3D printers as a tool in teaching experimentations in secondary schools (2015). PRINTSTEM. https://danmar-computers.com.pl/wp-content/uploads/2015/02/IO2_Methodology-and-guidelines-for-the-introduction-of-3D-printers-as-a-tool-in-teaching-experimentations-in-secondary-schools.compressed.pdf



Cvičení

Pro hlubší pochopení problematiky doporučujeme shlédnout například video

Uvažujeme o 3D tisku – co je dobré znát (3Dwiser, YouTube):

<https://www.youtube.com/watch?v=8Xulo6QC5tc>

nebo

Nejčastější chyby při 3D tisku (Průvodce 3D tiskem, Youtube):

<https://www.youtube.com/watch?v=-Rh6QqPEFA>



Shrnutí

Při plánování implementace 3D tisku do výuky je nutné kromě didaktických aspektů promyslet i další okolnosti: zajištění počtu žáků na jednu tiskárnu, velikost prostoru, umístění tiskárny, technickou kontrolu i případný pedagogický dohled. Nemalou míru pozornosti věnujeme hodnocení nebezpečí a rizik při plánování a realizaci 3D tisku.

4 Materiály 3D tisku



Cíl kapitoly

Po nastudování této kapitoly byste měli být schopni:

- Popsat princip aditivní technologie.
- Vysvětlit princip 3D tisku.
- Vysvětlit pojem filament.



Klíčová slova

Aditivní technologie, filament, podpůrné materiály, tiskové materiály.



Průvodce studiem

Kapitola seznamuje učitele s materiály, které se nejčastěji používají při 3D tisku. Uvádí základní přehled vlastností těchto materiálů, věnuje se rovněž materiálům podpůrným a podmínkám skladování.

4.1 Aditivní technologie

Aditivní technologie představují způsob výroby digitálních modelů vrstvením. Podkladem jsou zpravidla modely převedené do datového formátu STL, který je standardizován od roku 1986 (zkratka ze „stereolitografie“) - nativní formát souboru stereolitografického programu pro CAD vytvořeného firmou 3D Systems.

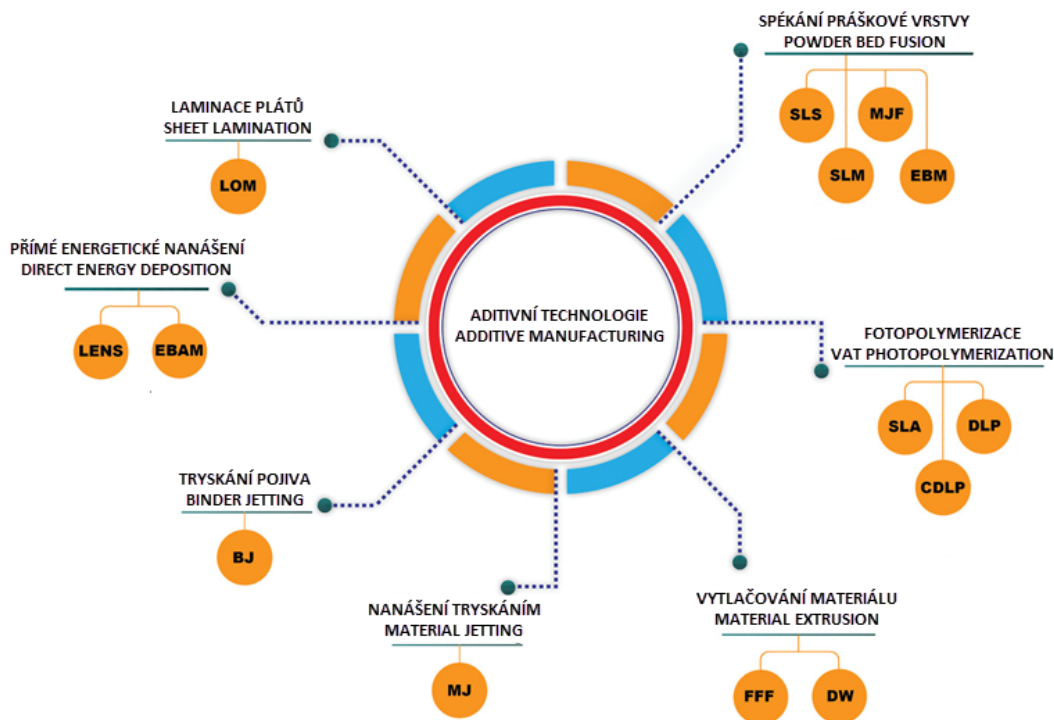
Aditivní technologie se liší skupenstvím výchozího materiálu a způsobem vytváření vrstev. Z výchozích materiálů to mohou být *pevné nebo práškové polymery, práškové kovy, pevné nebo práškového kompozity, kapalné pryskyřice, písek, sklo, keramika, drahé kovy (zlato, platina)* atd.

Vytvrzování materiálu probíhá chlazením na vzduchu, ve vyhřívané komoře, UV světlem, laserem a elektronovým paprskem v inertní atmosféře nebo pomocí lepení.

Rozdělení aditivních technologií dle mezinárodní normy ISO/ASTM 52900:2015 (Additive Manufacturing – General Principles – Terminology), která rozděluje aditivní technologie do 7 současných výrobních procesů:

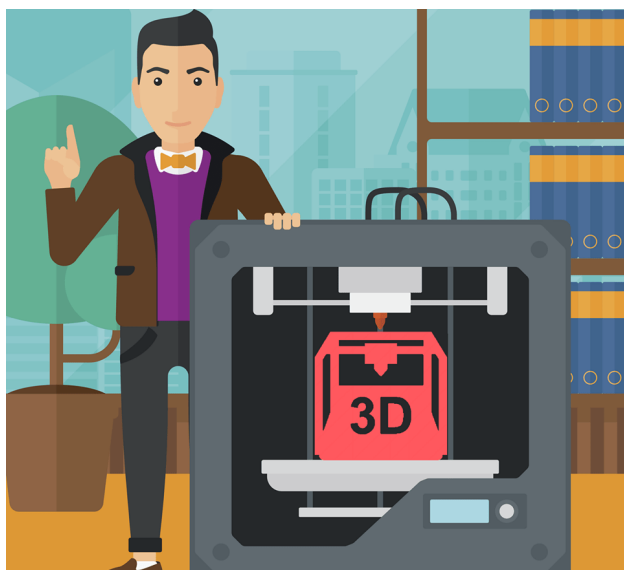
- *Spékání práškové vrstvy,*
- *Fotopolymerizace,*
- *Vytlačování materiálu,*

- Nanášení tryskáním,
- Tryskání pojiva,
- Přímé energetické nanášení,
- Laminace plátů viz obr.



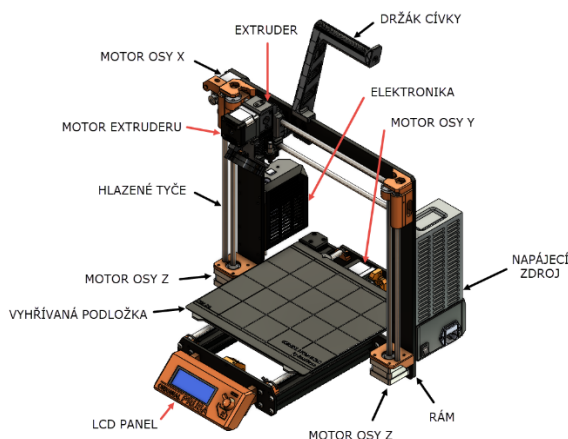
Obrázek 4: Aditivní technologie-kategorizace a terminologie

Jak funguje 3D tisk?



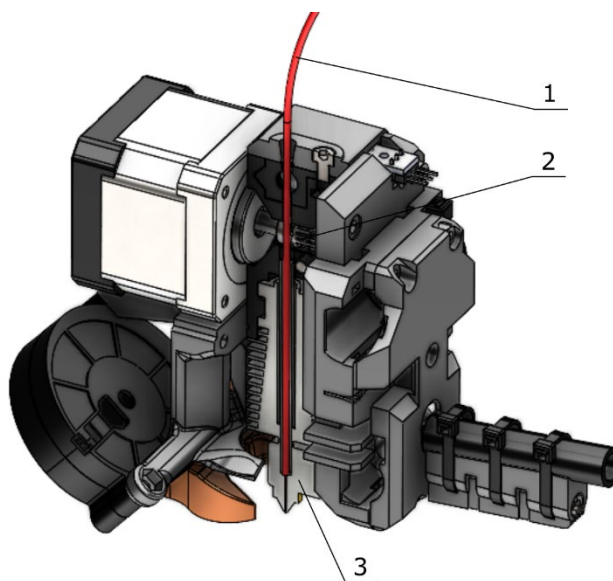
Princip 3D tisku si vysvětlíme na nejznámější technologii Material Extrusion = Vytlačování materiálu, který je ve světě známý jako 3D tisk. Tento způsob 3D tisku (FDM) je založený na *protlačování materiálu ve formě struny (vláken, filamentů) skrz tavící protlačovací trysku, která je pohyblivá ve dvou až třech osách*. Roztavený materiál je zde nanášen na konkrétní místa - dojde k vytvoření první vrstvy. Výtisk postupně tvrdne, poté je nanášena další vrstva, dokud není hotovo.

Obrázek 5: Princip 3D tisku (cz.clipartlogo.com)



Obrázek 6: Model 3D tiskárny Prusa MK3S

Důležitou částí 3D tiskárny je zařízení, které taví materiál a mění tím tiskovou strunu (filament) na tenké vlákno, ze kterého se tvoří výsledný výrobek.



Obrázek 7: Řez nanášecí hlavou 3D tiskárny Prusa MK3S

Pozn. 1 – materiál (filament), 2 – podavač filamentu, 3 – tryska, 4 – stavební podložka

3D tisk na principu vytlačování materiálu však vyžaduje tvorbu podpor ze stejného nebo případně rozdílného stavebního materiálu, jako je základní komponenta tisknutého výrobku. K tomuto účelu se používá více tiskových hlav. Objem podpor zvyšuje finální cenu i tiskový čas.

4.2 Tiskové materiály (filamenty)



Obrázek 8: Ukázka filamentů

Filament znamená vlákno a v kontextu 3D tisku se jedná o materiál, který 3D tiskárna využívá k realizaci výrobků. Tyto materiály se prodávají ve *formě struny navinuté na cívce*. Jde převážně o různé druhy čistého plastu, existují ale i plastové filamenty s příměsí, a pak dokonce takové, jejichž základem je úplně jiný materiál.

4.2.1 Jaké vlastnosti a parametry u filamentu rozlišujeme?

Při výběru filamentu se řídíme parametry a vlastnostmi, které by měly odpovídat především parametrům naší tiskárny, ale rovněž by měly vyhovovat vlastnostem a parametrům výrobku, který budeme tisknout. Jedná se o tyto parametry:

- průměr filamentu,
- materiál,
- maximální teplota trysky;
- teplota podložky,
- pružnost (poddajnost vytištěného materiálu),
- teplotní odolnost (jakým teplotám materiál odolá poté, co je vytištěn).

4.2.2 Na co si dát pozor?

Filamenty mají i další vlastnosti, které je nutné brát v potaz:

- zápach (některé filamenty nepříjemně zapáchají v průběhu procesu 3D tisku),
- toxicita výparů (při používání některých filamentů je nutné větrat místnost vzhledem k toxicitě výparů a jejich škodlivých účinků na lidské zdraví),
- ekologická odbouratelnost,
- recyklovatelnost,
- kontakt s jídlem (některé materiály mohou kontaminovat jídlo škodlivými látkami či bakteriemi).

Další poznámky:

Každý filament vyžaduje specifická tisková nastavení. Stejný druh materiálu od různých výrobců může mít odlišné vlastnosti 3D tisku. 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 řídíme teplotami doporučenými výrobcem filamentu. Tyto parametry je možné ručně nastavit nebo využít již předem předpřipraveného profilu materiálu. Až v případě neuspokojivého výsledku experimentujte s rychlostí tisku, nastavením teplot, rychlostí ventilátoru, průtokem materiálu apod.

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 bezesporu materiál PLA ⁶.

4.3 Nejčastěji používané materiály a jejich vlastnosti

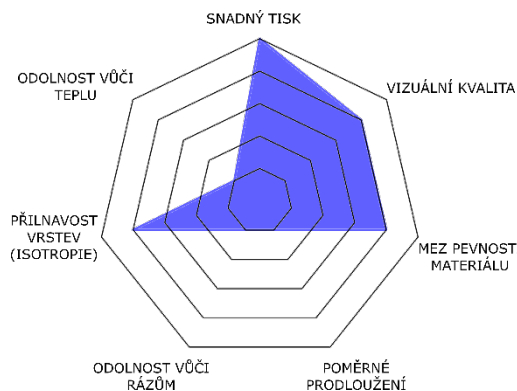
PLA

Jedná se o filament, který je nejuniverzálnější a nejoblíbenější v komunitě 3D tiskařů. PLA neboli *polyaktid neboli kyselina polymléčná* je bioplast, tedy materiál ekologicky odbouratelný, vyrábí se nejčastěji z kukuřičného škrobu nebo jiných rostlinných zdrojů sacharidů. Při tisku tedy nevydává zápach a po vytištění nehrozí kontaminace při kontaktu s jídlem.

⁶ Stříteský, O. (2019). Základy 3D tisku s Josefem Průšou. Praha : Prusa Research a.s.

Vlastnosti a parametry:

- nejjednodušší na tisk,
- tisk bez zápachu,
- nerozpustný v acetonu,
- pevný ale křehký,
- neodolává vyšším teplotám,
- UV odolný,
- časem stárne,
- biologicky odbouratelný, kompostovatelný,
- špatně lepitelný,
- běžná tisková teplota 180 až 230 °C.



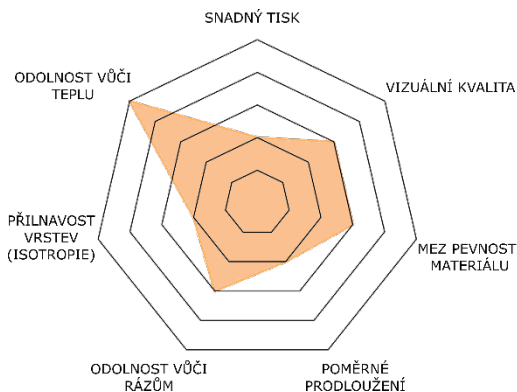
Obrázek 9: Vlastnosti PLA

ABS

ABS neboli *akrylonitrilbutadienstyren* je materiál tepelně a fyzicky odolný, díky tomu je ale náročnější na tisk. Není ekologicky odbouratelný a je nebezpečný při kontaktu s jídlem, jelikož zde může dojít ke kontaminaci, protože se vyrábí z ropy.

Vlastnosti a parametry:

- náročnější na tisk,
- kroucení a roztažnost,
- zápach,
- pevný a houževnatý,
- stálý,
- odolný opotřebení,
- teplotně odolný,
- rozpustný v acetonu,
- UV citlivý,
- běžná tisková teplota 210 až 250 °C.

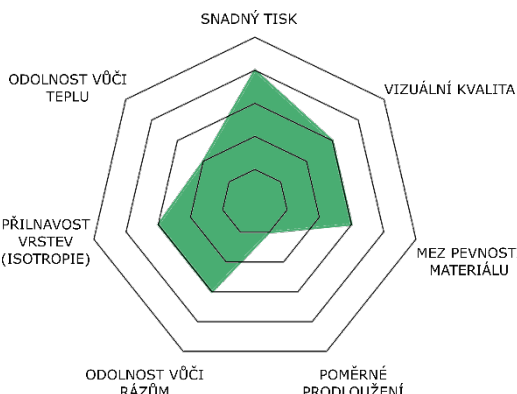


Obrázek 10: Vlastnosti ABS

PET

Vlastnosti a parametry:

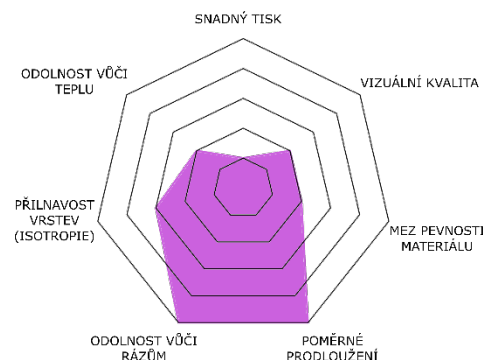
- potravinářský atest,
- neabsorbuje vlhkost,
- chemická odolnost,
- mechanicky odolný,
- odolný proti opotřebení,
- dobře se tiskne.



Obrázek 11: Vlastnosti PET

TPU (Flex)**Vlastnosti a parametry:**

- flexibilní materiál,
- odolný opotřebení,
- chemická odolnost,
- obtížně lepitelný a opracovatelný.

**Obrázek 12:** Vlastnosti TPU**4.4 Podpůrné materiály:**

Podpůrné materiály jsou výrazně dražší než běžné filamenty, proto se jim snažíme při 3D tisku vyhýbat, ne vždy to ale lze. Ve většině případů tiskneme podpěry ze stejného materiálu jako je výrobek, pokud ale tiskárna umožňuje tisk z více materiálů zároveň, lze využít některý z rozpustitelných materiálů [6]:

PVA (Polyvinylalkohol) a BVOH (Butenediol vinylalkoholový kopolymer) jsou rozpustné ve vodě, hodí se nejlépe při tisku PLA.

HIPS (High Impact Polystyrene) je rozpustný lemonsolem, hodí se v kombinaci s ABS.

4.5 Ostatní materiály

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

Nylon – odolný a pevný materiál s vysokou adhezí mezi vrstvami, odolný vůči tření (vhodný pro mechanické díly), pozor, je hygroskopický (absorbuje vzdušnou vlhkost), což má negativní vliv na tisk [6].

4.6 Skladování filamentu

Skladujeme bez přístupu vzduchu (ideálně ve vakuu) s kuličkami pohlcující vlhkost vzduchu (silikagel). Filamenty umísťujeme do prostor bez přístupu slunečního záření. Snažíme se zabránit kontaktu s prachem.

Běžné chyby v důsledku špatného skladování:

- lámání struny (sluneční záření),
- ucpaná tryska (prach),
- nedostatečné přilnutí na stavební podložku nebo na předchozí vrstvu,
- bubliny na povrchu modelu (vlhkost).



Cvičení

Pro hlubší pochopení problematiky doporučujeme shlédnout například video

3D tisk: Teorie Materiály pro FFF 3D tiskárny (FabLab University, Youtube):

<https://www.youtube.com/watch?v=9PSblv0GD9Y>



Shrnutí

Mezi nejčastěji používané materiály pro 3D tisk patří PLA (polyaktid), který je nejméně náročný na tisk. Dalším poměrně využívaným materiálem pro filamenty je ABS neboli akrylonitrilbutadienstyren – materiál, který je tepelně a fyzicky odolný, ale zároveň náročnější na tisk. Navíc není ekologicky odbouratelný a je nebezpečný při kontaktu s jídlem.



Pojmy k zapamatování

Filament – vlákno; v kontextu 3D tisku se jedná o materiál, který 3D tiskárna využívá k realizaci výrobků. Tyto materiály se prodávají ve formě struny navinuté na cívce.

Formát STL - nativní formát souboru stereolitografického programu pro CAD vytvořeného firmou 3D Systems

5 Technologie 3D tisku



Cíl kapitoly

Po nastudování této kapitoly byste měli být schopni:

- Popsat a vysvětlit technologický proces 3D tisku ve všech jeho fázích.



Klíčová slova

Post-processing, pre-processing, processing, STL formát.

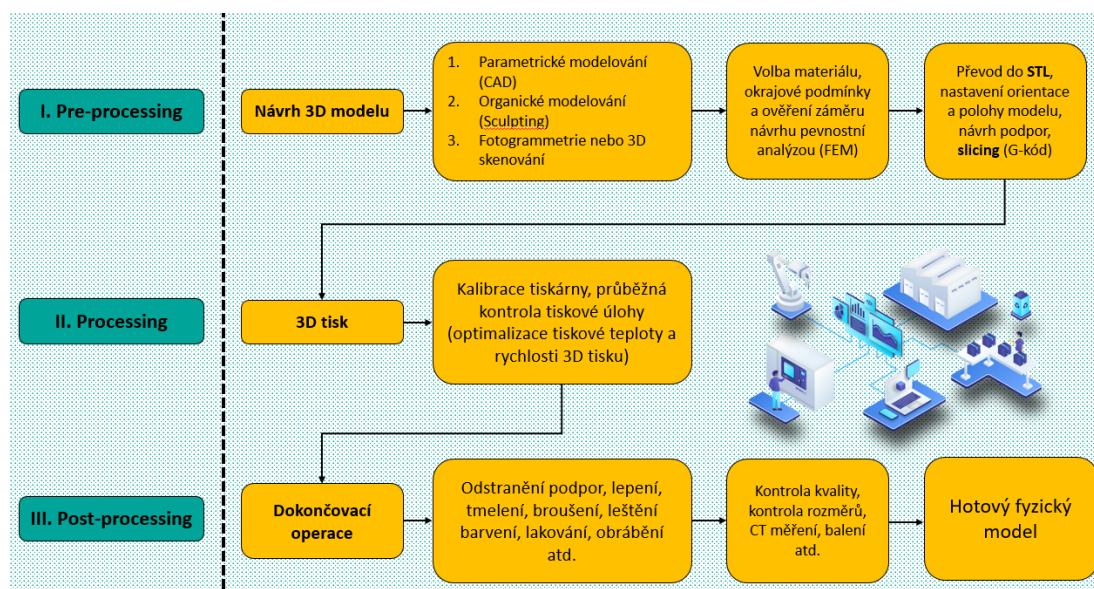


Průvodce studiem

Kapitola se zabývá třemi fázemi technologického procesu 3D tisku – přípravnou fází tzv. pre-processingem, samotným tiskem neboli processingem a závěrečnými dokončovacími pracemi tzv. post-processingem.

5.1 Jak probíhá technologický proces 3D tisku?

Technologický postup 3D tisku se skládá ze tří fází: pre-processing, processing neboli vlastní produkce tisku a post-processing (viz obr. 13).



Obrázek 13: Technologický postup 3D tisku

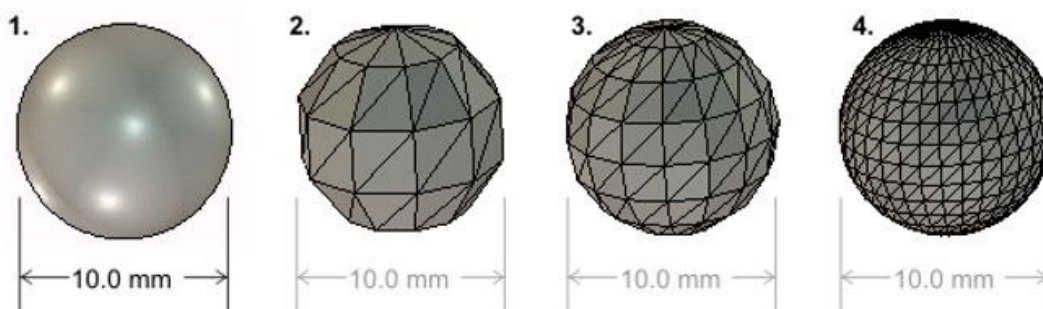
5.1.1 Pre-processing

Prvním krokem ve výrobě komponent je tvorba softwarového 3D modelu pomocí:

- *CAD modelovacích systémů* (parametrické),
- další možností je tzv. *Sculpting* (organické modelování, které lze přirovnat k digitální práci s hlínou - objekty tvoříme přidáváním, ubíráním a tvarováním virtuální hmoty do požadované podoby),
- využitím *3D skenerů*,
- jinou možností je použití již hotových *volně dostupných modelů* například z databází na internetu.

Dále je nutné zvolit materiál a okrajové podmínky.

Poté pokračujeme krokem převedení CAD modelu do formátu STL - na síť rovinných trojúhelníkových ploch (viz obr. 14). Tato část je často kritickým místem pre-processingu, neboť se právě zde projeví nedokonalosti modelu.



Obrázek 14: Ukázka převodu do STL formátu (solidsolutions.co.uk)

Nastavíme orientaci a polohu modelu. Dalším krokem je návrh podpor, aby nedošlo při tisku ke zhroucení výrobku. Vrchní vrstvu je nutné na něco „položít“. Obecně se podpory používají u sklonu větším než 45 stupňů (viz obr. 15).



Obrázek 15: Ukázka podpor

STL formát se následně exportuje do tzv. *sliceru* – dochází k převedení modelu do řeči tiskárny → tzv. **G-code** (jedničky a nuly) - obsahuje informace o:

- trajektorii trysky,
- teplotách,
- rychlosti.

Primární funkcí tohoto programu je rozřezání na jednotlivé horizontální vrstvy. Čím jsou vrstvy tenčí, tím víc se prodlužuje čas tisku, ale o to lepší bude kvalita povrchu, přesnější geometrie a naopak.

Připravíme tiskárnu:

- očistíme základovou desku pomocí Isopropanolu,
- zavedeme požadovaný filament,
- nahřejeme trysku se základovou deskou (dle materiálu).

5.1.2 Processing

V této fázi dochází k samotnému tisku výrobku, průběžně provádíme:

- kalibraci tiskárny,
- průběžnou kontrolu tiskové úlohy (optimalizace tiskové teploty a rychlosti 3D tisku).

5.1.3 Post-processing

V této fázi se provádějí dokončovací práce:

- častou dokončovací metodou je odstranění podpor (odlamováním, otryskáním nebo chemickou cestou pomocí máčení ve speciálních rozpouštědlech),
- dalšími možnostmi závěrečných úprav je lepení, tmelení, broušení, leštění, barvení, lakování, obrábění.

Na závěr ještě výrobek projde kontrolou kvality a přeměření rozměrů.

Cvičení



Více informací a názorných ukázek procesu 3D tisku můžete nalézt ve videu Průša Labu na YouTube:

Základní školení 3D tisku — Záznam z Maker Faire Prague Online 2020

<https://www.youtube.com/watch?v=0UQyRxaBYQ4>

Shrnutí



Technologie 3D tisku je realizována ve 3 fázích. V pre-processingu provádíme návrh modelu, vybíráme materiál a převádíme do formátu STL, zadáváme další podmínky: nastavení polohy, orientace, volba podpor. Při vlastním tisku pak průběžně kontrolujeme kalibraci tiskárny či samotné tiskové úlohy. Post-processing je dokončovací metodou, v této fázi nejčastěji odstraňujeme podpory, lepíme, tmelíme, leštíme, barvíme, lakujeme či obrábíme výsledný produkt.

6 Konstrukční řešení 3D tisku



Cíl kapitoly

Po nastudování této kapitoly byste měli být schopni:

- Popsat a vysvětlit možnosti konstrukčních řešení 3D tiskáren.
- Popsat skladbu tištěného modelu.
- Charakterizovat parametry tištěného modelu.



Klíčová slova

Fused filament fabrication, selective laser sintering, stereolitografie, tryska, výška vrstvy.



Průvodce studiem

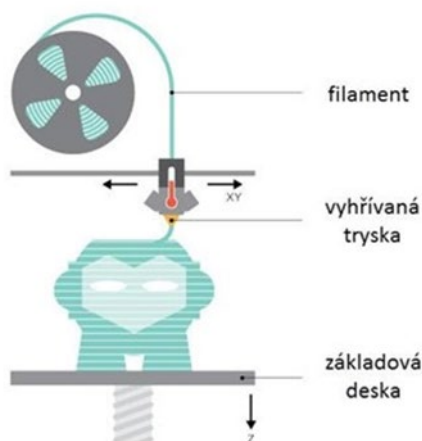
Kapitola seznamuje čtenáře s možnostmi konstrukčního řešení 3D tiskáren, charakterizuje části, ze kterých se skládá 3D tištěný model, a představuje parametry tištěného modelu: výška vrstvy a průměr trysky, tloušťka horní, spodní a obvodové stěny, výplň a geometrie výplně, převisy a podpory, teplota trysky a podložky, rychlost tisku a přejezdu.

6.1 Konstrukční řešení 3D tiskáren

Technologie 3D tisku jsou založeny na stejném principu – postupné nanášení vrstev. **Existují tři kategorie technologií 3D tisku [6]:**

6.1.1 FFF/FDM

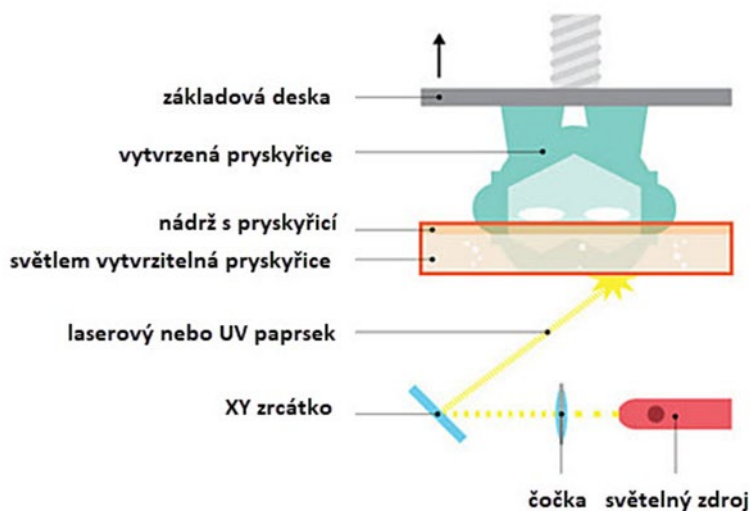
Materiál v podobě tiskové struny je extrudovaný (vytlačovaný) tiskovou hlavou skrz rozeřátou trysku (viz obr. 16). Příkladem je **technologie FFF** (fused filament fabrication)/**FDM** (fused deposition modeling). Oba tyto názvy lze považovat za synonyma; FDM je registrovaná známka firmy Stratasys.



Obrázek 16: Princip metody FFF/FDM (b3d.com)

6.1.2 SLA

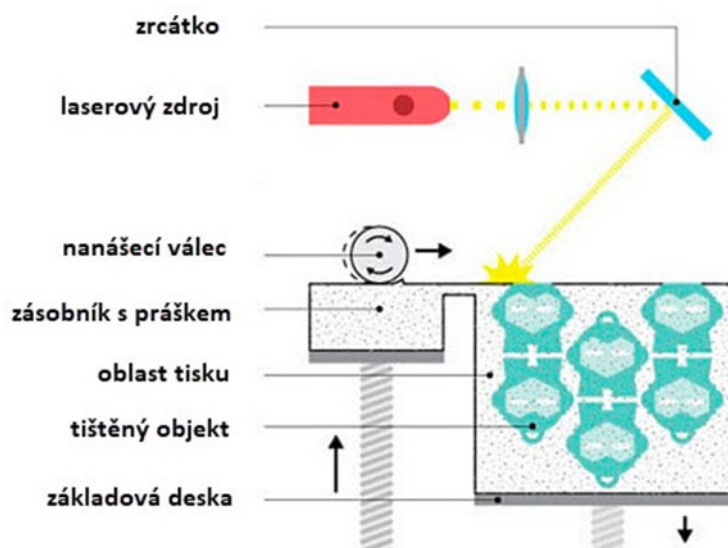
Tekutý materiál je vytvrzován v rámci vrstvy na definovaných oblastech (viz obr. 17). Příkladem je **technologie SLA** (stereolitografie), kdy je materiál vytvrzován světelným paprskem (UV laser či DLP projektor).



Obrázek 17: Princip metody SLA (b3d.com)

6.1.3 SLS

Materiál v podobě jemného prášku je sinterován (spékán, nikoliv roztavován) laserem (viz obr. 18). Příkladem je **technologie SLS** (selective laser sintering).



Obrázek 18: Princip metody SLS (b3d.com)

My se blíže zaměříme na technologii FFF, která je nejběžněji používána v prostředí škol.

6.2 FFF/FDM – technologie nejběžněji používané na školách

Tato technologie je vhodná především pro tisk funkčních modelů a prototypů. Stavebním materiálem je primárně roztavený plast v podobě tiskových strun (filamenty) – nejčastěji v průměru 1,75 mm. Tento materiál je postupně nanášen na sebe vrstvu po vrstvě. Oproti ostatním výše uvedeným technologiím, kde základním materiálem je prášek nebo pryskyřice, je technologie na bázi práce s filamentem jednoduchá a bezpečná. Na výtisku jsou patrné tiskové vrstvy, jejichž výška se při použití nejběžnější trysky průměru 0,4 mm pohybuje přibližně v rozsahu od 0,05 mm do 0,3 mm [6].

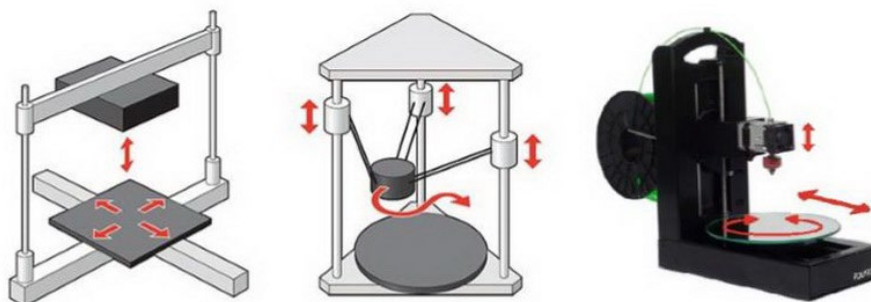
Na základě způsobu pohybu v trojrozměrném prostoru **dělíme FFF/FDM tiskárny na další podkategorie** [6].

6.2.1 Kartézská tiskárna

Kartézská tiskárna je založena na *principu pohybu po třech lineárních osách*; tisková hlava vytlačující materiál (extruder) se pohybuje ve dvou osách (X, Z) a podložka po jedné (Y). Tisková podložka je proto u většiny tiskáren pravoúhlého tvaru (viz obr. 19 vlevo).

6.2.2 Delta tiskárna

Delta tiskárna využívá *zavěšeného extruderu na třech ramenech*. Ramena jsou spolu spojena v místě extruderu. Výhodou tiskárny jsou rychlé pohyby a velký tiskový prostor především v ose Z. Tiskárna však vyžaduje vysokou přesnost při stavbě a následné kalibraci, zároveň jsou pro tisk nutné náročné výpočty pro pohyby krokových motorů jednotlivých ramen (viz obr. 19 uprostřed).



Obrázek 19: Pohyby kartézské, delta a polární tiskárny (3D.ofrii.com)

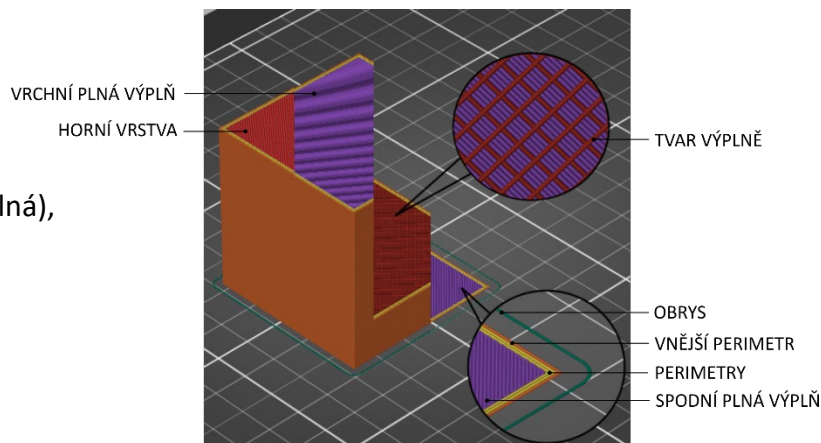
6.2.3 Polární tiskárna

Polární tiskárna je nejméně používaný systém, jehož principem je *polární pohyb tiskové hlavy po dvou osách a rotační podložce*. I když je konstrukčně tento systém velmi jednoduchý, převedení a příprava modelu pro 3D tisk jsou v tomto případě poměrně komplikované (viz obr. 19 vpravo).

6.3 Skladba tištěného modelu

Model se chronologicky tiskne z těchto částí:

- obrys,
- perimetry,
- vnější perimetr,
- spodní plná výplň,
- výplň (zpravidla není plná),
- horní vrstva,
- vrchní plná výplň.



Obrázek 20: Pohled na řez 3D tištěnou krychlí v jednotlivých vrstvách

Díly málokdy tiskneme plné, šetříme tak čas tisku a materiál. Vnitřní výplň výrazně ovlivňuje pevnost.

6.4 Procesní parametry pro tisk 3D modelu

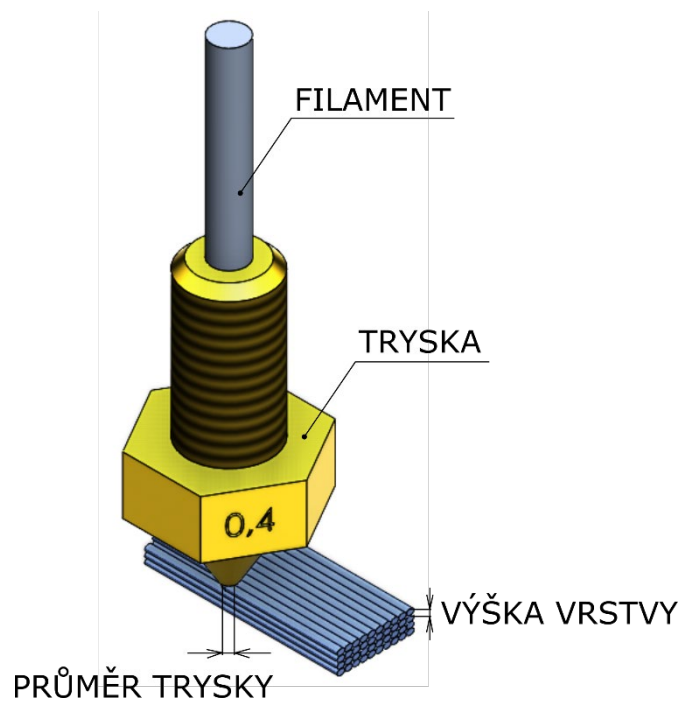
Základními sledovanými a potřebnými parametry pro započetí procesu 3D tisku modelu jsou:

- výška vrstvy a průměr trysky,
- tloušťka horní, spodní a obvodové stěny,
- výplň a geometrie výplní,
- převisy a podpory,
- teplota trysky a podložky,
- rychlost tisku a přejezdu.

6.5 Výška vrstvy a průměr trysky

Pokud tiskneme standardní tryskou s průměrem 0,4 mm (viz obr. 21) měla by být optimální výška vrstvy 0,3 mm. Tato výška je zároveň maximální.

V případě nastavení výšky 0,4 mm by se plast volně pokládal jeden na druhý a nedošlo by k optimálnímu spojení v jeden model. Výška vrstvy nejvíce ovlivňuje finální vzhled modelu, vyšší vrstvy vytvoří viditelnější vroubky na povrchu. Na druhou stranu bude celý tisk trvat kratší dobu, proto je třeba s touto hodnotou balancovat a mnohdy tuto hodnotu několikrát změníme, než najdeme optimální nastavení. Bude-li našim cílem maximální kvalita a velmi detailní výtisk, můžeme výšku vrstvy snížit až k 0,05 mm. Takovou výšku použijeme při tisku drobných součástí, figurek akčních hrdinů atd.



Obrázek 21: Standardní tryska s průměrem 0,44 mm

Schématické znázornění výšky vrstvy (viz obr. 21)

- průměr filamentu 1,75 mm a 2,85 mm (Ultimaker),
- standardní průměr trysky je 0,4 mm,
- pro něj platí optimální výška vrstvy 0,3 mm ~ 75 % velikosti průměru trysky.

6.6 Trysky pro 3D tiskárny

Trysky pro 3D tiskárny (viz obr. 22) se umísťují do vyhřívaného hliníkového bloku. Větší průměry trysek jsou vhodné pro rychlý tisk bez nutnosti detailnosti nebo pro speciální filamenty jako je wood a carbon, které obsahují miniaturní abrazivní částice a mohly by menší průměry trysek ucpat. Také existují různé materiály trysek, které dokáží déle tisknout bez výrazného opotřebení tedy změny velikosti průměru trysky.



Obrázek 22: Trysky pro 3D tiskárny

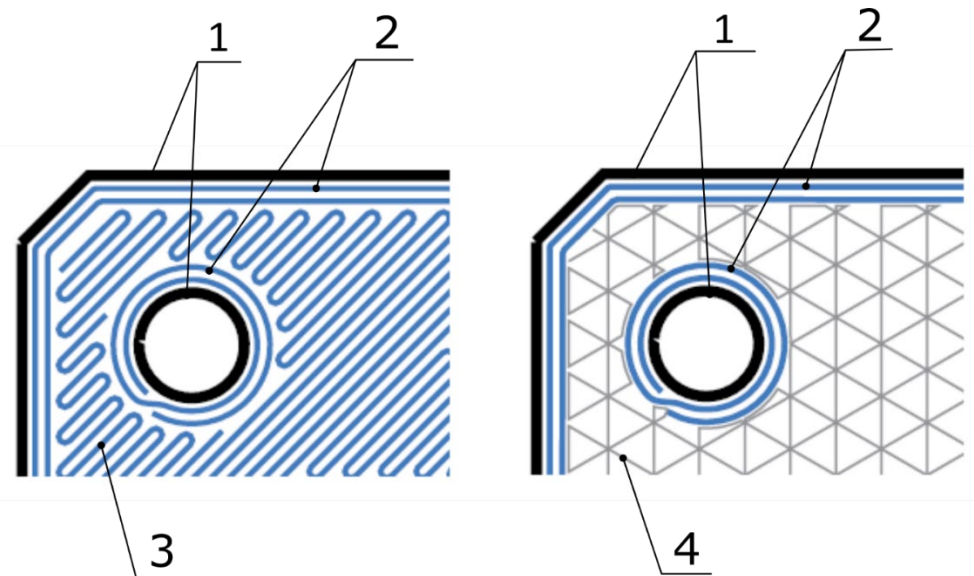
6.7 Vnitřní výplň (Infill)

- díly se zpravidla netisknou plné (*solid*) ani prázdné,
- kompromis mezi pevností, spolehlivostí tisku, dobou tisku a spotřebou materiálu,
- šetří se čas tisku a materiál,
- hustota výplně se v praxi volí 25 až 75 % (viz obr. 23 a obr. 24).

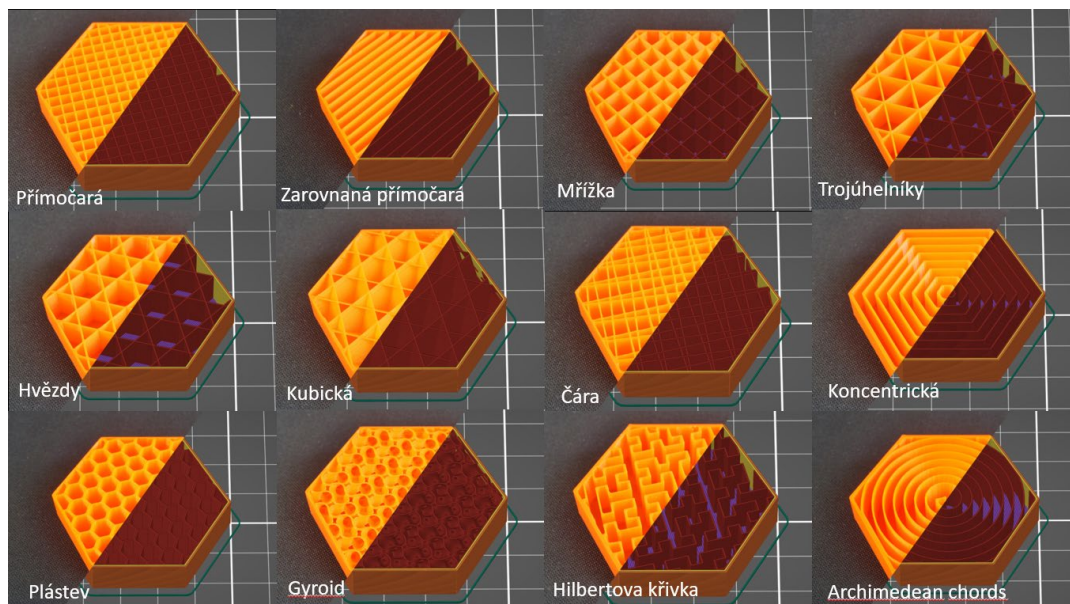


Názvosloví:

- obvodová stěna/skořepina (*outer shell*) – volí se tloušťka 1 až 2 mm,
- obvodová skořepina je dána počtem obrysů (*perimeters*).



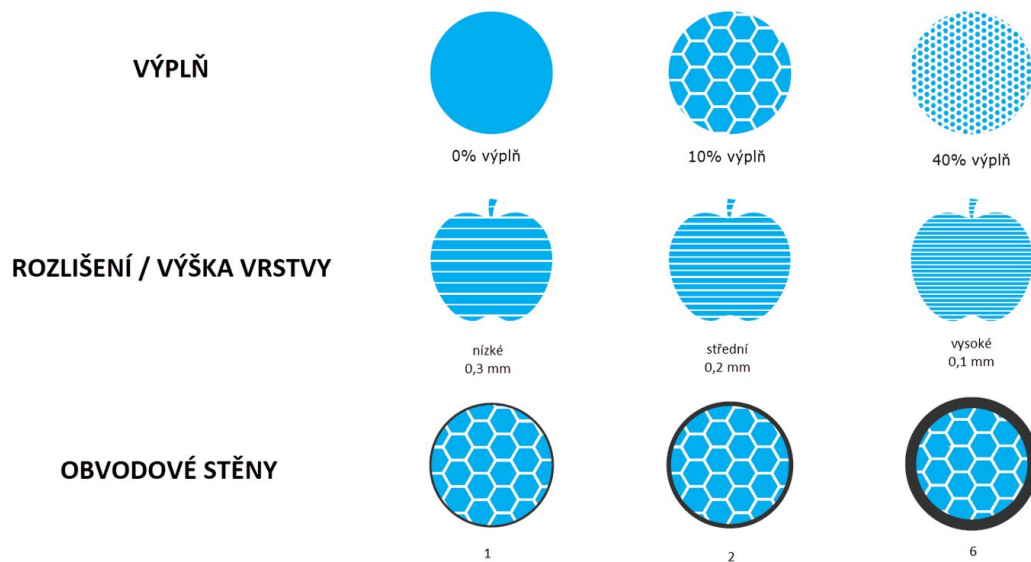
Obrázek 23: Řez plným modelem (vlevo) a model s procentuální výplní
 (1 – obvodová stěna/skořepina, 2 – obrysy skořepiny,
 3 – trajektorie výplně plného modelu, 4 – trajektorie vnitřní výplně)



Obrázek 24: Druhy výplní (blog.prusaresearch.com)

6.8 Kvalita modelu

Kvalita modelů závisí na vámi zvolených procesních parametrech (viz obr. 25).

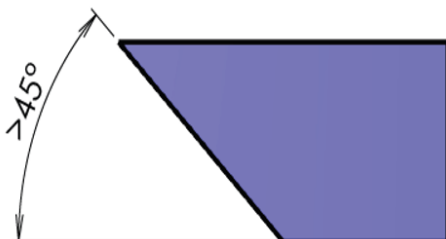


Obrázek 25: Závislost procesních parametrů na kvalitě modelu

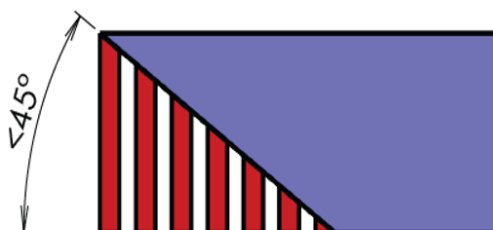
6.9 Převisy (Overhangs)

U většiny technologií 3D tisku platí pravidlo, že převislá místa lze tisknout bez použití podpěr, pokud jejich úhel mezi plochou a základní deskou není menší než 45° (viz obr. 26).

Tisk **nevyžaduje** podpory, pokud je úhel $> 45^\circ$



Tisk **vyžaduje** podpory, pokud je úhel $< 45^\circ$



Obrázek 26: Požadavek podpory u převisů

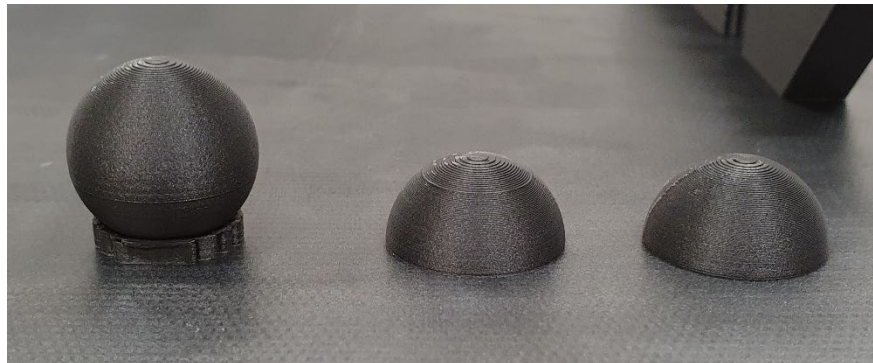
6.10 Podpory (Supports)



Obrázek 27: Nutnost podpory při 3D tisku modelu

- FFF/FDM technologie v některých případech vyžaduje použití podpory (viz obr. 27),
- vrchní vrstvu musí být „na co položit“,

- podpory generuje slicer (program pro přípravu tiskové úlohy) automaticky na základě definice a zkušeností uživatele,
- podpory lze eliminovat rozdělením modelu a jeho následným slepením (viz obr. 28).



Obrázek 28: Eliminace podpor rozdělením modelu

6.11 Teplota trysky a rychlost 3D tisku

Pokud máme před sebou tisk malého a přesného objektu, volí se často pomalejší rychlost a tudíž i nižší teplota.

Pokud tiskneme rychle, teplotu trysky musíme zase zvýšit. Je tomu tak, protože čím rychleji tiskneme, tím rychleji musí vlákno tryskou protékat a tím rychleji se musí daný průměr za kratší čas ohřát na stejnou teplotu jako při tisku pomalém.

O tom, že na teplotu trysky má vliv i materiál, se můžete přesvědčit na krabici daného filamentu.

Některé materiály začínají „téct“ při 220 °C (ABS) a některé již u 170 °C (WoodenPLA).

Do rychlosti tisku také stejným způsobem zasahuje i samotný průměr trysky. Pokud máme na tiskárně trysku průměru 0,25 mm, teplota trysky bude rozhodně nižší než u průměru 0,8 mm, a to při stejné rychlosti.

Teplota okolí

Některé materiály vyžadují uzavřenou a vyhřívanou pracovní komoru. Jedná se o materiály PEEK a ULTEM využívané zejména v aerospace.



Stolní 3D tiskárna Ultimaker S5 má velký tiskový objem.

Ve spodní části je materiálová stanice pro nepřetržitý 3D tisk a uchovávání náročnějších termoplastů.

Horní část tvoří kryt s filtrem zvyšující komfort na pracovišti (viz obr. 29).

Obrázek 29: Ukázka tiskárny Ultimaker S5

6.12 Databáze modelů

Stránka	Typ	Obsah	Zdarma/Placené
Thingiverse	Úložiště	Vše	Zdarma
GrabCAD	Úložiště	CAD, Věda a technologie	Zdarma
Sketchfab	Úložiště	Vše	Zdarma/Placené
MyMiniFactory	Úložiště	Vše	Zdarma
CGTrader	Obchod	Vše	Zdarma/Placené
Free3D	Úložiště	Vše	Zdarma/Placené
NIH 3D Print Exchange	Úložiště	Medicína, inženýrství	Zdarma
Pinshape	Obchod	Vše	Zdarma/Placené
Turbosquid	Obchod	Vše	Zdarma/Placené
Embodi3D	Úložiště	Medicína	Zdarma/Placené
Cults3D	Obchod	Vše	Zdarma/Placené
CGStudio	Obchod	Vše	Zdarma/Placené
3D Squirrel	Obchod	Sci-fi architektura	Zdarma/Placené
YouMagine	Úložiště	Vše	Zdarma
3D Gallery XYZprinting	Obchod	Vše	Zdarma/Placené
NASA 3D Resources	Úložiště	Věda	Zdarma
PrintMeASheep	Vyhledávač modelů	Vše	Zdarma/Placené
IFIND 3D	Vyhledávač modelů	Vše	Zdarma/Placené
Yeggi	Vyhledávač modelů	Vše	Zdarma/Placené
STLFinder	Vyhledávač modelů	Vše	Zdarma/Placené

Obrázek 30: Databáze modelů



Cvičení

Pro hlubší pochopení problematiky doporučujeme shlédnout například video

3D tisk: Teorie Úvod a dobré návyky - konstrukční řešení 3D tiskáren (FabLab University, Youtube):

<https://www.youtube.com/watch?v=ufE7mBFovXc>



Shrnutí

Existují tři možnosti 3D tisku: FFF/FDM, SLA a SLS. Ve školách je nejčastěji používána technologie FFF/FDM. Tyto tiskárny dle pohybu v prostoru dále kategorizujeme na: kartézská tiskárna, delta tiskárna a tiskárna polární. V průběhu tisku zadáváme a sledujeme tyto parametry modelu: výška vrstvy a průměr trysky, tloušťka horní, spodní a obvodové stěny, výplň a geometrie výplně, převisy a podpory, teplota trysky a podložky, rychlost tisku a přejezdu.



Pojmy k zapamatování

FFF (fused filament fabrication)/FDM (fused deposition modeling) - materiál v podobě tiskové struny je extrudovaný (vytlačovaný) tiskovou hlavou skrz rozehřátou trysku.

SLA (stereolitografie) - tekutý materiál je vytvrzován v rámci vrstvy na definovaných oblastech světelným paprskem (UV laser či DLP projektor).

SLS (selective laser sintering) - materiál v podobě jemného prášku je sinterován (spékán, nikoliv roztavován) laserem.

7 Zajímavosti ze světa 3D tisku



Cíl kapitoly

Po nastudování této kapitoly byste měli být schopni:

- Charakterizovat různorodost využití 3D tisku.



Klíčová slova

Architektura, biotisk, design, lékařství, móda.



Průvodce studiem

Kapitola představuje možnosti 3D tisku v různorodých oblastech lidské činnosti, uvádí zajímavé příklady aplikace 3D tisku v oblasti medicíny, designu, architektury či módy.

7.1 3D tisk a architektura

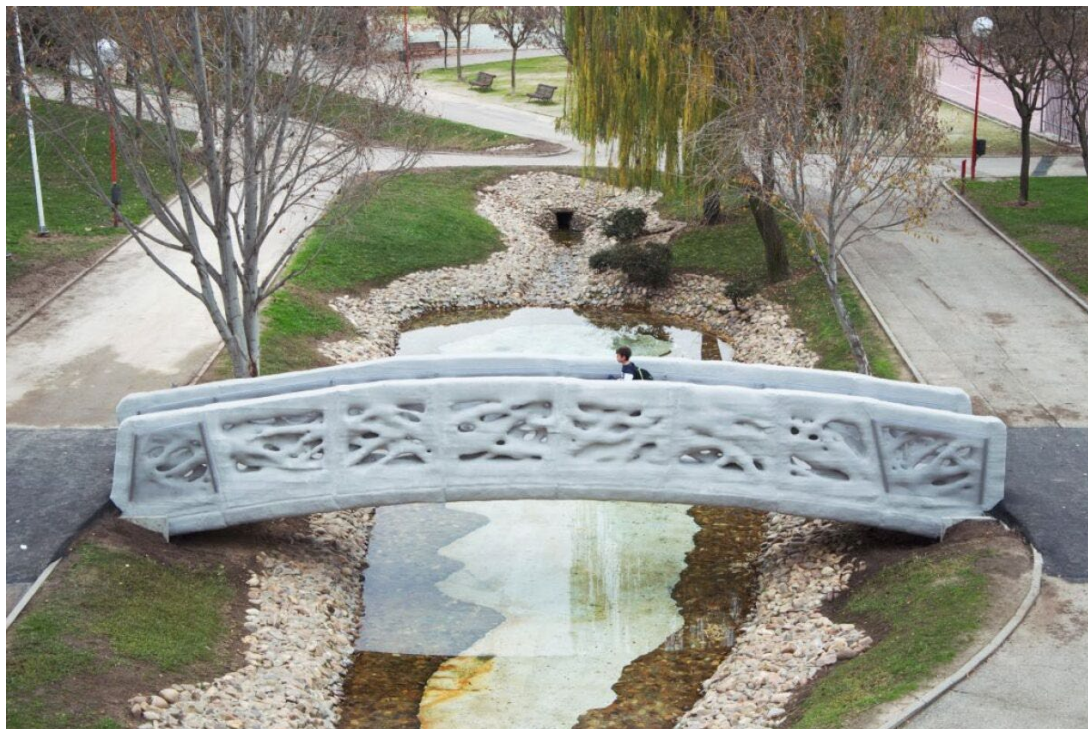
3D tisk v oblasti architektury se využívá především pro tisk budoucích modelů, díky 3D tisku můžeme vytvořit vysoce detailní fyzické modely z řady materiálů a barev. Je to efektivní proces, který architektům umožňuje rychle a přesně vytvářet modely, které kupujícími a klientům poskytují lepší představu o tom, jak bude finální stavba vypadat. A pokud chtějí nějaké změny, mohou nějaké navrhnout a pak je rychle vidět v novém 3D tištěném modelu. To šetří čas a peníze ve srovnání s čekáním, než bude budova téměř hotová, a než si uvědomíte, že potřebuje nějaké úpravy. Bez ohledu na složitost stavby dokáže 3D tisk vyrobit modely během několika dní.

Návrh interiéru byl pro architekty vždy náročný a časově náročný. 3D tisk jim umožňuje vytvářet komplexní zařízení interiéru. Menší dekorativní předměty lze prototypovat rychle a bez plýtvání drahými materiály nebo lidskou prací. V poslední době někteří architekti nechávají zákazníky vybírat si z katalogu návrhů a povrchových úprav připravených k tisku. Výběr zákazníka lze přizpůsobit bez dalších nákladů.

Zařízení je vytištěno interně z recyklovatelných materiálů. Ceny se pohybují od 500 do 1 500 USD, podobně jako současné náklady. Ale 3D tisk poskytuje zákazníkům širší škálu, ze které si mohou vybrat, aniž by ztráceli čas hledáním motivů a čekáním, až dorazí.

3D tisk významně ovlivňuje i přímo samotnou architekturu. Příkladem může být vrstvení betonových směsí pomocí robotického ramene. Jedná se o tzv. Contour Crafting volných tvarů ze speciálních betonů.

Z případových studií můžeme zmínit zajímavost ve světě 3D tisku: první tištěná lávka dlouhá 12 metrů a široká 1,75 m. Tato lávka pro pěší byla navržena Institutem pro pokročilou architekturu Katalánska (IAAC), lávka je instalována v městském parku Castilla - La Mancha v Alcobendas v Madridu (viz obr. 31).



Obrázek 31: 3D tištěná lávka v Madridu (<https://newatlas.com/3d-printed-bridge-madrid/47650/>)

NASA a další instituce se snaží přijít na způsob, jak využít 3D tisk k vybudování obyvatelných struktur na Měsíci nebo Marsu. Obecná myšlenka je, že NASA pošle tým robotů na místo určené roky dlouho předtím, než dorazí lidé. Tým by sestával z roveru/kolektoru, který by těžil a dodával suroviny; továrny na vlákna, která by přeměňovala vytěžené suroviny na „vlákno“ pro použití v tiskárně; a mobilní tiskárny, která by přeměňovala vlákno na různé budovy.

To by odstranilo potřebu posílat tuny stavebních materiálů a řadu nástrojů na dlouhou a nákladnou cestu do cíle. Vše, co by bylo potřeba, je poslat roboty, CAD plány a případně nějaké chemikálie pro proces konverze.

Pokud budou umělá inteligence a robotika dostatečně pokročilé, „lidský“ dozor přítomný u samotného procesu by byl zbytečný. Roboty by bylo možné monitorovat a nové programy pro roboty a struktury zasílat ze Země.

Robotický tým by postavil domy, laboratoře a skladovací zařízení a lidští průzkumníci by mohli přijít o měsíce nebo dokonce roky později.

Futuristický směr upoutal designéry v Dubaji, kde vzniká čtvrť vystavěna pomocí 3D tisku (viz obr. 32). Národní inovační výbor Spojených arabských emirátů odhalil plány na vybudování prvního 3D tištěného komplexu na světě pomocí 20 stop vysoké 3D tiskárny.

Vše – konstrukce, budovy, vnitřní povrchové úpravy a nábytek - bude vytištěno 3D technologií po částech a poté smontováno na místě. Budova o rozloze 2000 čtverečních stop pak poslouží jako sídlo ústředí Muzea budoucnosti v Dubaji.



Obrázek 32: 3D tištěné budovy (<https://www.archdaily.com/769584/dubai-to-host-worlds-first-3d-printed-office-building>)

V současné době se nachází jeden tištěný dům i u nás v ČR - v Praze. Architektura inspirovaná organickým světem je navržena sochařem Michalem Trpákem a jeho týmem architektů z FA ČVUT v Praze (viz obr. 33). Architektura inspirovaná organickým světem získala své tvary díky robotickému ramenu.

A jaké má dům tištěný v ČR parametry?

Čistá doba tisku: 22 hodin

Rychlost tisku: 15 cm/sekundu

Rozměry: 13,35 m × 3,5 m x 3,1 m

Váha: 43 tun

Obytná plocha: 43 m²

Výdrž: minimálně 100 let



Obrázek 33: Prvok Michala Trpáka (<https://www.prvokodburinky.cz/>)

7.2 3D tisk a jídlo

Většina z nás má k 3D tisku skeptický názor. Potenciál v 3D tisku ale sledují organizace s leteckým a vesmírným programem.



Pomocí 3D tiskárny se z prášků či jiných zdrojů vytlačuje strava bohatá na sacharidy, proteiny, vitamíny, vlákninu atd. Zpravidla se jedná o napodobeniny masa na rostlinné bázi.

Výhody spočívají ve výrobě čerstvé potravy bez použití ekonomicky nákladných a ekologicky obtížně zpracovatelných obalů na palubě letadel, vesmírných raket a ve vesmírných stanicích na oběžné dráze.

Obrázek 34: 3D tisk jídla

(<https://www.tastetomorrow.com/inspiration/3d-printing-of-food-reduces-food-waste/489/>)

7.3 3D tisk a módní doplňky

Módní návrhy tištěné pomocí technologií SLS upoutaly pozornost již před sedmi lety. Současné trendy poukazují i na celobarevný tisk pomocí technologie Material Jetting. Designéři na vybrané skupině zákazníků monitorují, který návrh je nejvíce upoutá. Takový výrobek je pak určený pro sériovou výrobu.

Pomocí 3D tisku vznikají i zajímavé a kustomizované návrhy šperků (viz další strana Obrázek 35). Pomocí technologie SLA lze z voskového materiálu vytisknout věrnou kopii šperku. Vytavitelná pryskyřice se zalije do sádky, vytaví a následně se negativní profil formy vylije drahým kovem. Významné využití ve šperkařství si již uvědomily firmy Formlabs a EnvisionTEC.

Ve vztahu k módě vznikají především futuristické náměty oděvů.



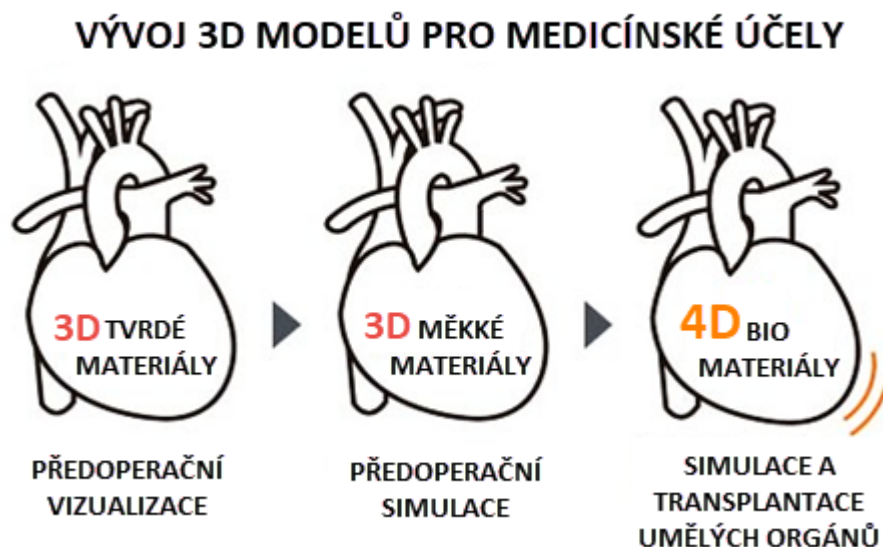
Obrázek 35: 3D tištěné šperky (<https://cz.pinterest.com/pin/324751823099953914/>)

7.4 3D tisk tkání a lidských orgánů - Tomographic 3D Printing

Vědci již dokázali vytisknout materiál s kmenovými buňkami. Materiál je pevný a odolný, není však dostatečně flexibilní - tato funkce je pro lidské tělo nepostradatelná, aby mohly vytištěné orgány plnit přirozenou funkci a byly tělem po transplantaci přijaty. Současně však musí biologické materiály měnit své materiálové vlastnosti v čase. Tím je myšlen přirozený růst a vývoj například v kojeneckém věku a u dětí v raném věku. Lidské orgány po celou dobu evoluce přirozeně dorůstají a obnovují se. Materiály musí být zároveň zdravotně nezávadné a musí splňovat podmínky oseointegrace, tzv. vhojování.

S výrobním procesem souvisí i vývoj organických 3D biotiskáren, které v současné době vedou ke komplexním debatám o celosvětovém zákazu této technologie.

Budoucnost 3D „biotisku“ spočívá ve výzkumu biologických materiálů.



Obrázek 36: Možnosti 3D tisku pro medicínské účely

7.5 Moderní design inspirovaný přírodou

Moderní design v mnoha případech vyžaduje prototypovou (kusovou) výrobu. Tímto způsobem lze snadno ověřit záměr návrhu. Pro takový typ výroby jsou vhodné právě aditivní technologie.

Z uvedených příkladů si všimněte zajímavého kreativního myšlení konstruktérů. Návrhy nezapřou inspiraci v přírodě (viz obr. 37 a obr. 38). S ohledem na konstrukci a obtížně vyrobitelné tvarové plochy lze snadno aplikovat výhody aditivních technologií.



Obrázek 37: 3D tištěné křeslo, autor Lilian van Daal (<https://cz.pinterest.com/pin/282812051575365649/>)



Obrázek 38: 3D tištěné sedlo (<https://www.pinterest.de/pin/332070172516661087/>)

8 Vazba na vyučovací předměty



Cíl kapitoly

Po nastudování této kapitoly byste měli být schopni:

- Charakterizovat možnosti využití 3D tisku ve vazbě na vyučovací předměty.



Klíčová slova

3D model, 3D tisk, vazba 3D tisku na výuku, vyučovací předměty.



Průvodce studiem

Po nastudování kapitoly byste měli získat přehled o možnostech využití 3D tisku a jeho vazbách na jednotlivé vyučovací předměty.

8.1 Matematika

3D tisk „stojí“ na matematice, ta je nutná nejen při samotném navrhování modelu, ale například při nákupu filamentů. Zahrnuje také kreativní využití technologie ke zlepšení matematického porozumění a zároveň umožňuje žákům uplatnit své matematické znalosti k vytváření nových vzrušujících produktů.

3D tisk lze také použít v matematice, aby pomohl žákům zatraktivnit tento předmět. Příkladem může být 3D tisk jednoduché hry, která pomůže vašim žákům porozumět algebře. Oblast, kterou mnoho žáků těžko chápe, je problematika Pythagorovy věty. Žáci si proto mohou vytisknout 3D verzi Pythagorovy věty, což jim umožní větu racionalizovat a pochopit ji, získají totiž jasnou představu, jak jsou druhé mocniny stran pravoúhlého trojúhelníku ve vzájemném vztahu ⁷.

Zajímavým námětem pak může být například hlavolam tangram či pro zdatnější hlavičky Ostomachion.

⁷ 3D printing in the classroom. A Schools Handbook for Northern Ireland (2018). Nerve Centre. Dostupné z: <https://www.nervecentre.org/sites/default/files/downloads/3D%20Printing%20In%20The%20Classroom%20Web%20%281%29.pdf>

8.2 Jazyky

Žáci mohou vytvořit esej o výrobním procesu či přímo o hotovém 3D modelu. V cizím jazyce pak procvičí slohový styl - popis.

Pomocí 3D tisku lze vytisknout i kostky s Brailleovým písmem.

Pokud se jedná o cizí jazyky, již jen při samotném 3D tisku používáme především anglickou terminologii, takže žáci si tak přirozeně rozšiřují slovní zásobu technických i dalších pojmů.

8.3 Umění a design

3D tisk se přirozeně hodí pro využití v umění a designu. Existuje mnoho příkladů, jak lze 3D tisk použít v těchto odvětvích.

Módní design a design šperků je jednou z oblastí, kde 3D tisk našel své místo. 3D tisk se již dostal i na přehlídková mola. Mnoho designérů využívá tuto technologii k vytváření 3D tištěných oděvů a šperků. Vaši žáci mohou být kreativní a pomocí této technologie navrhnout vlastní módní šperk či oděv.

Žáci mohou navrhovat a vytvářet 3D tištěné produkty jako jsou lampy, vázy, sochy atd.

8.4 Hudba

Díky 3D tisku můžete se žáky navrhnout a vytisknout rozmanité hudební nástroje. Zajímavým „oříškem“ by mohl být návrh pomůcky, díky které byste mohli notovou osnovu narýsovat rychle a zároveň přesně jen jedním tahem [7].

8.5 Dějepis

3D tisk je skvělým doplňkem každé hodiny dějepisu, protože umožňuje žákům realizovat a replikovat historické artefakty.

Místo pouhého prohlížení obrázků v učebnici mohou žáci vytvářet 3D repliky historických postav nebo artefaktů, umožňuje tedy žákům propojit se s historickými kulturami a dávnými tradicemi.

8.6 Zeměpis

3D tisk může skutečně oživit hodinu zeměpisu, protože umožňuje žákům vizualizovat, a tedy i realizovat geografické jevy: například 3D tisk sopky zobrazující každou z jejích různých vrstev, 3D tisk účinků eroze, 3D tisk korálového útesu ukazující účinky lidského rybolovu, 3D tisk trojrozměrných map států s geografickými jevy. Zajímavým počinem by mohl být tisk planet sluneční soustavy (pro názornou představu o poměrech velikostí planet).

8.7 Dramatická výchova

3D tisk umožňuje levně a efektivně vytvářet rekvizity. Povzbudte své žáky, aby si vytvářeli vlastní rekvizity, než by je jednoduše a mnohdy dost draze kupovali. Zvyšuje se tím motivace, rozvíjí kreativita a žáci získají lepší vztah k vlastnímu dílu.

8.8 Biologie

3D tisk je jako stvořený pro tento předmět. Díky této technologii si žáci udělají přesnou představu o fungování různých biologických pochodů v těle, jako je například krevní oběh či dýchací systém, dále může žákům zprostředkovat detailní a zvětšené modely například buněk v těle. 3D tiskem lze vytvářet repliky struktur orgánů.

Díky 3D tisku bude výuka fauny a flory atraktivní a zábavná, se žáky si například můžeme vytisknout různé druhy ptactva, poznávat můžeme rozmanité druhy rostlin.

8.9 Technologicky zaměřené předměty

Je zřejmé, že 3D tisk může být přínosem pro jakoukoli výuku technicky zaměřených předmětů, protože zvyšuje názornost, kreativitu, zapojení žáků, dovednosti a motivaci k úspěchu. Využijeme ho především při prezentaci technicky složitých mechanismů či strojů. Příkladem mohou být spalovací motory.

8.10 Fyzika

I zde jsou možnosti 3D tisku nepřeberné, vytisknout si můžeme například model atomu, auto na gumičkový pohon, průřez hvězdicovým nebo proudovým motorem.

8.11 Tělesná výchova

3D tisk lze použít k vytvoření pomůcek, nástrojů a nářadí pro fyzické aktivity.

9 Metodika - úvodní hodina do 3D tisku a „hod kostkou“



Cíl kapitoly

Po nastudování této kapitoly byste měli být schopni:

- Vysvětit, co je to filament.
- Popsat způsob kalkulace nákladů na tisk.
- Seznámit se s procesem 3D tisku, s funkcemi 3D tiskárny, se softwarem pro 3D tisk.
- Vyhledat model hrací kostky, navrhnout a vytisknout model hrací kostky.



Klíčová slova

Cena 3D tisku, čas 3D tisku, filament, 3D model, 3D tiskárna.



Průvodce studiem

Žáci se v lekci naučí základy 3D tisku pod vedením učitele, jsou schopni dohledat cenu materiálu pro 3D tisk, kalkulovat náklady na 3D tisk a získají představu o času potřebném k 3D tisku dle velikosti a náročnosti modelu. Žáci navrhnu a realizují 3D tisk modelu hrací kostky.

9.1 Lekce-první metodika

Doporučená hodinová dotace

3*45 min/téma

Doporučené vyučovací metody a formy

Metody:

- Slovní (vyprávění, vysvětlování, přednáška, práce s textem, rozhovor).
- Metody názorně demonstrační (předvádění a pozorování, práce s obrazem, instruktáž).
- Aktivizující výukové metody (diskuze, heuristická metoda, metoda řešení problému).

Formy:

- Frontální výuka.
- Skupinová a kooperativní výuka.
- Samostatná práce žáků.
- Projektové vyučování.

9.2 Rozvíjené klíčové kompetence a očekávané výstupy

9.2.1 Vzdělávací oblast RVP ZV: Informační a komunikační technologie

Tematický okruh: Zpracování a využití informací

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

ICT-9-2-04 používá informace z různých informačních zdrojů a vyhodnocuje jednoduché vztahy mezi údaji;

ICT-9-2-05 zpracuje a prezentuje na uživatelské úrovni informace v textové, grafické a multimediální formě.

Aktivity – žák

- poznává úlohy informací a informačních činností a využívá moderních informačních a komunikačních technologií;
- rozumí toku informací, počínaje jejich vznikem, uložením na médium, přenosem, zpracováním, vyhledáváním a praktickým využitím;
- porovnává informace a poznatky z většího množství alternativních informačních zdrojů, a tím dosahuje větší věrohodnosti vyhledaných informací;
- využívá výpočetní techniky, aplikačního i výukového softwaru ke zvýšení efektivity své učební činnosti a racionálnější organizaci práce, tvořivému využívání softwarových a hardwarových prostředků při prezentaci výsledků své práce;
- šetrně pracuje s výpočetní technikou.

9.2.2 Vzdělávací oblast RVP ZV: Matematika a její aplikace

Tematický okruh: Číslo a proměnná

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

M-9-1-01 provádí početní operace v oboru celých a racionálních čísel;

M-9-1-02 zaokrouhluje a provádí odhady s danou přesností, účelně využívá kalkulátor;

M-9-1-04 užívá různé způsoby kvantitativního vyjádření vztahu celek – část (přirozeným číslem, poměrem, zlomkem, desetinným číslem, procentem);

M-9-1-05 řeší modelováním a výpočtem situace vyjádřené poměrem; pracuje s měřítky map a plánů;

M-9-1-06 řeší aplikační úlohy na procenta (i pro případ, že procentová část je větší než celek);

M-9-1-07 matematizuje jednoduché reálné situace s využitím proměnných; určí hodnotu výrazu, sčítá a násobí mnohočleny, provádí rozklad mnohočlenu na součin pomocí vzorců a vytýkáním.

Aktivity – žák

- rozvíjí abstraktní a exaktní myšlení osvojováním si a využíváním základních matematických pojmů a vztahů, poznává jejich charakteristické vlastnosti a na základě těchto vlastností určuje a zařazuje pojmy;
- rozvíjí si zkušenosti s matematickým modelováním (matematizací reálných situací), vyhodnocuje matematický model a hranice jeho použití;

- využívá matematických poznatků a dovedností v praktických činnostech – odhady, měření a porovnávání velikostí a vzdáleností, orientace;
- rozvíjí spolupráce při řešení problémových a aplikovaných úloh vyjadřujících situace z běžného života a následně je využívá k získání řešení v praxi;
- poznává možnosti matematiky a skutečnosti, že k výsledku lze dospět různými způsoby.

9.2.3 Vzdělávací oblast RVP ZV: Fyzika

Tematický okruh: Látky a tělesa

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

F-9-1-01 změní vhodně zvolenými měřidly některé důležité fyzikální veličiny charakterizující látky a tělesa;

F-9-1-03 předpoví, jak se změní délka či objem tělesa při dané změně jeho teploty;

F-9-1-04 využívá s porozuměním vztah mezi hustotou, hmotností a objemem při řešení praktických problémů.

Aktivity – žák

- zkoumá přírodní fakta a jejich souvislost s využitím různých empirických metod poznávání (pozorování, měření, experiment) i různých metod racionálního uvažování,
- analyzuje výsledky měření a vážení;
- diskutuje o nejpříjemnějším řešení tisku 3D modelu;
- rozvíjí spolupráce při řešení problémových a aplikovaných úloh vyjadřujících situace z běžného života a následně je využívá k získání řešení v praxi.

Zajištění podmínek pro realizaci výuky

- počítač s projektořem či SMART tabulí – promítání pro srovnávání cen filamentů;
- váha;
- 3D tiskárna a počítač se softwarem;
- filamenty;
- internetové připojení – vyhledávání cen dostupných filamentů, vyhledávání dostupných modelů pro 3D tisk hrací kostky.

9.3 Průběh lekce

9.3.1 Seznámení s procesem 3D tisku

Viz úvodní kapitoly metodické příručky. Rozsah cca 1 hodina.

9.3.2 Kalkulace nákladů

Většina výrobců vám poskytuje informace o tisku, jako je množství materiálu, který tiskárna použije. To znamená, že můžete vypočítat přibližnou cenu tisku. První věc, kterou musíte udělat, je vypočítat cenu 1 g filamentu. Cena za 1 kg filamentu se dnes pohybuje cca 330 Kč/kg.

9.3.3 Kalkulace času

Podobně jako u cvičení kalkulace nákladů můžete také experimentovat s časem tisku. Díky slicer softwaru dokážeme odhadnout potřebný čas výroby a na většině zařízení lze tento čas kontrolovat přímo na displeji.

Zkuste pracovat s modely různých velikostí, abyste viděli, jak je ovlivněna doba tisku. Dobrým tipem pro třídu je, že není vždy nezbytné, aby každý student měl svůj model. Zvažte skupinovou práci nebo soutěže, kde studenti hlasují pro to, který návrh bude vytištěn.

Poznámka:

ZÁSOBNÍK

Dalším dobrým tipem je založit si složku s návrhy, do kterých si pak budete vpisovat i poznámky a zkušenosti z tisku (připomínky k vydařeným ale i nevydařeným modelům).

9.3.4 Návrh a realizace 3D tisku hrací kostky

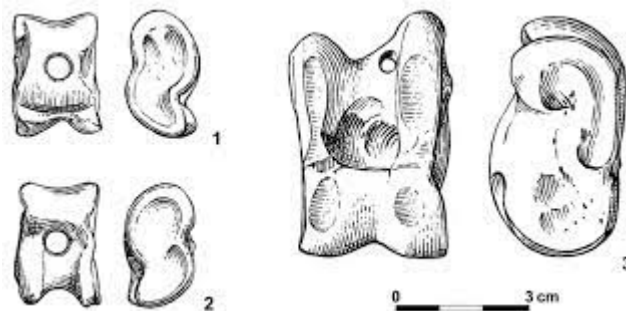
Žáci mají za úkol v dostupných databázích vyhledat model hrací kostky. Žáci se seznámí se základy 3D tisku, jak tiskový proces funguje a jaké jsou rozdíly mezi procesy 3D tisku (např. v závislosti na výplni). Učí se obsluhovat tiskárnu a související software.

Využití hrací kostky ve výuce rozvíjí u žáků řadu žádoucích cílových kompetencí. Asi nejčastěji se ve škole uplatní hrací kostka v matematice - při řešení různých matematických úloh a především v problematice teorie pravděpodobnosti - simulaci reálných náhodných dějů. Hrací kostka zde vystupuje jako materiální didaktická pomůcka k rozvoji matematické gramotnosti žáků při řešení reálných problémů. Kostky lze využít na ZŠ i SŠ.

Hrací kostka provází lidstvo již od doby kamenné. Kostky se užívaly podle dostupných informací především ke dvěma účelům:

- jako rituální předměty,
- k zábavě při deskových hrách.

Dnes známé hrací kostce zřejmě předcházely tzv. *astragal*, což byl kostěný předmět určený ke hře a vyroben většinou z ovčí hlezenní kosti (viz obr. 39). První zmínky nalézáme u starých Sumerů (asi 4 tisíce let př. n. l.). Tato kostka měla zpočátku pouze čtyři rovné či prohnuté stěny, další dvě byly zaoblené. Jejich pozdějším seříznutím vznikla hrací kostka v dnešním tvaru – v podobě malé krychle⁸.



Obrázek 39: Astragal (digilib.phil.muni.cz)

Asi nejstarší nalezenou kostku nacházíme v oblasti jihovýchodního Íránu u města Burnt City a pochází z doby asi 2800-2500 let př. n. l. Podobně stará je kostka nalezená v hrobce harappské kultury v povodí řeky Indus v dnešním Pákistánu. Tyto kostky byly již šestistěnné a byly opatřeny tzv. oky, puntíky - vyjadřují počet. V antických dobách patřila hra v kostky k velmi oblíbeným. Dokladem je známé vyobrazení Achilla a Ajaxe při hře v kostky (viz obr. 40) vyobrazené na keramice⁸.



Obrázek 40: Vyobrazení Achilla a Ajaxe při hře v kostky
(<https://www.akg-images.de/archive/Achill-und-Ajax-beim-Brettspiel-2UMDHUHWQYSQ.html>)

Nesmírnou oblibu si získaly hrací kostky v době římské. Římané používali dva druhy kostek: velké tzv. *tali* se čtyřmi stěnami a malé *tesseræ* se šesti stěnami. Oka byla rozmístěna většinou ještě náhodně. Obliba kostek pronikla dokonce až k římskému císaři Augustovi, ten prý holdoval hazardním hram. Císař Claudius (10 př. n. l.-54 n. l.) podle dostupných zdrojů prý

⁸ Fiala, Jan. (2020). Hrací kostka, její historie a využití ve výuce (Dice, its History and Use in Teaching) [Komenský, 01(145), ISSN: 0323-0449]. 39-45.

dokonce napsal knihu o strategii házení kostkami. Nechvalně známý Caligula pak zase při kostkách prý podváděl. Traduje se, že za císaře Commona (161-192) snad vzniklo v Římě první kasino. V této době vstupuje už na věky do dějin slavný výrok císaře Julia Caesara (100-44 př. n. l.): „Kostky jsou vrženy“, který pronesl údajně po přechodu řeky Rubikon a porušil tak nedotknutelnost hranice mezi Itálií a Galií [8].

Hrací kostky znali také ve starověkém Egyptě: používaly se jako pomůcka při věštění nebo jako druh zábavy. Někteří faraónové brali např. šestistěnné hrací kostky ze slonoviny jako součást své výbavy na pouť do svého posmrtného života. Již 2000 let př. n. l. si v Egyptě oblíbili dvacetistěnné kostky (viz obr. 41).



Obrázek 41: Ukázka egyptské hrací kostky
(<https://www.metmuseum.org/art/collection/search/100008377>)



Řešený příklad

1. Žáci zkusí dohledat na internetu ceny filamentů.
2. Za pomoci učitele vytisknou různé velikosti vybraného modelů a:
 - kalkulují čas potřebný pro tisk;
 - kalkulují průměrnou cenu jednotlivých modelů.



Shrnutí

V této lekci se žáci naučí teoreticky naplánovat 3D tisk modelu. Za pomoci učitele se seznámí s 3D tiskem různých velikostí vybraných modelů. Jsou schopni vysvětlit, co je to filament a dohledat cenu tohoto materiálu pro 3D tisk. Po lekci jsou schopni spočítat cenu tisku vybraného modelu a přibližně určit čas potřebný pro tisk.

10 Projekt hudební nástroj



Cíl kapitoly

Po nastudování této kapitoly byste měli být schopni:

- Vysvětlit, co je to okarína.
- Charakterizovat zvukové jevy.
- Popsat technologii 3D tisku.
- Dohledat, navrhnout a realizovat tisk 3D modelu okaríny.



Klíčová slova

3D model, 3D tisk, hudební nástroj, okarína.



Průvodce studiem

Žáci se v projektu zabývají zvukovými jevy, získají poznatky o starobylém nástroji - okarína. Na základě těchto informací dohledají příslušný model na internetu, navrhnou vlastní parametry modelu, vytisknou 3D model okaríny a naučí se s tímto nástrojem manipulovat a realizovat případný hudební doprovod v rámci výuky hudební výchovy.

10.1 Projekt-metodika

Doporučená hodinová dotace

4*45 min/téma

Doporučené vyučovací metody a formy

Metody:

- Slovní (vyprávění, vysvětlování, přednáška, práce s textem, rozhovor).
- Metody názorně demonstrační (předvádění a pozorování, práce s obrazem, instruktáž).
- Aktivizující výukové metody (diskuze, heuristická metoda, metoda řešení problému).

Formy:

- Frontální výuka.
- Skupinová a kooperativní výuka.
- Samostatná práce žáků.
- Projektové vyučování.

10.2 Rozvíjené klíčové kompetence a očekávané výstupy

10.2.1 Vzdělávací oblast RVP ZV: Člověk a svět práce

Tematický okruh: Práce s technickými materiály

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

ČSP-9-1-01 dělá jednoduché práce s technickými materiály a dodržuje technologickou kázeň;

ČSP-9-1-02 řeší jednoduché technické úkoly s vhodným výběrem materiálů, pracovních nástrojů a nářadí;

ČSP-9-1-03 organizuje a plánuje svoji pracovní činnost;

ČSP-9-1-04 užívá technickou dokumentaci, připraví si vlastní jednoduchý náčrt výrobku;

ČSP-9-1-05 dodržuje obecné zásady bezpečnosti a hygieny při práci i zásady bezpečnosti a ochrany při práci s nástroji a nářadím; poskytne první pomoc při úrazu.

Aktivity – žák

- rozvíjí vztah k práci a k odpovědnosti za kvalitu svých i společných výsledků práce;
- osvojuje si základní pracovní dovednosti a návyky z různých pracovních oblastí, organizuje a plánuje práci a používá vhodných nástrojů, nářadí a pomůcek při práci i v běžném životě;
- rozvíjí vytrvalost a soustavnost při plnění zadaných úkolů, uplatňuje tvořivost a vlastní nápady při pracovní činnosti a vynakládá úsilí na dosažení kvalitního výsledku;
- poznává, že technika jako významná součást lidské kultury je vždy úzce spojena s pracovní činností člověka;
- využívá technických poznatků a dovedností v praktických činnostech – odhady, měření a porovnávání velikostí a vzdáleností, orientace;
- rozvíjí spolupráce při řešení problémových a aplikovaných úloh vyjadřujících situace z běžného života a následně je využívá k získání řešení v praxi;
- charakterizuje a diskutuje základní vědomosti o materiálech, nástrojích a pracovních postupech.

10.2.2 Vzdělávací oblast RVP ZV: Člověk a svět práce

Tematický okruh: Využití digitálních technologií

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

ČSP-9-7-01 ovládá základní funkce digitální techniky; diagnostikuje a odstraňuje základní problémy při provozu digitální techniky;

ČSP-9-7-04 ošetřuje digitální techniku a chrání ji před poškozením;

ČSP-9-7-05 dodržuje základní hygienická a bezpečnostní pravidla a předpisy při práci s digitální technikou a poskytne první pomoc při úrazu.

Aktivity – žák

- rozvíjí spolupráce při řešení problémových a aplikovaných úloh.

10.2.3 Vzdělávací oblast RVP ZV: Informační a komunikační technologie

Tematický okruh: Zpracování a využití informací

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

ICT-9-2-04 používá informace z různých informačních zdrojů a vyhodnocuje jednoduché vztahy mezi údaji;

ICT-9-2-05 zpracuje a prezentuje na uživatelské úrovni informace v textové, grafické a multimediální formě.

Aktivity – žák

- poznává úlohy informací a informačních činností a využívá moderních informačních a komunikačních technologií;
- rozumí toku informací, počínaje jejich vznikem, uložením na médium, přenosem, zpracováním, vyhledáváním a praktickým využitím;
- porovnává informace a poznatky z většího množství alternativních informačních zdrojů, a tím dosahuje větší věrohodnosti vyhledaných informací;
- využívá výpočetní techniky, aplikačního i výukového softwaru ke zvýšení efektivity své učební činnosti a racionálnější organizaci práce, tvořivému využívání softwarových a hardwarových prostředků při prezentaci výsledků své práce;
- šetrně pracuje s výpočetní technikou.

10.2.4 Vzdělávací oblast RVP ZV: Matematika a její aplikace

Tematický okruh: Číslo a proměnná

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

M-9-1-01 provádí početní operace v oboru celých a racionálních čísel; užívá ve výpočtech druhou mocninu a odmocninu;

M-9-1-02 zaokrouhluje a provádí odhady s danou přesností, účelně využívá kalkulátor;

M-9-1-04 užívá různé způsoby kvantitativního vyjádření vztahu celek–část (přirozeným číslem, poměrem, zlomkem, desetinným číslem, procentem);

M-9-1-05 řeší modelováním a výpočtem situace vyjádřené poměrem; pracuje s měřítky map a plánů;

M-9-1-06 řeší aplikační úlohy na procenta (i pro případ, že procentová část je větší než celek);

M-9-1-07 matematizuje jednoduché reálné situace s využitím proměnných; určí hodnotu výrazu, sčítá a násobí mnohočleny, provádí rozklad mnohočlenu na součin pomocí vzorců a vytýkáním.

Aktivity – žák

- vnímá složitosti reálného světa;
- rozvíjí si zkušenosti s matematickým modelováním (matematizací reálných situací), vyhodnocuje matematický model a hranice jeho použití;
- využívá matematických poznatků a dovedností v praktických činnostech – odhady, měření a porovnávání velikostí a vzdáleností, orientace;

- rozvíjí abstraktní a exaktní myšlení osvojováním si a využíváním základních matematických pojmů a vztahů; poznává jejich charakteristické vlastnosti a na základě těchto vlastností určuje a zařazuje pojmy;
- rozvíjí spolupráce při řešení problémových a aplikovaných úloh vyjadřujících situace z běžného života a následně je využívá k získání řešení v praxi;
- poznává možnosti matematiky a skutečnosti, že k výsledku lze dospět různými způsoby.

10.2.5 Vzdělávací oblast RVP ZV: Fyzika

Tematický okruh: Zvukové děje

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

F-9-5-01 rozpozná ve svém okolí zdroje zvuku a kvalitativně analyzuje příhodnost daného prostředí pro šíření zvuku;

F-9-5-02 posoudí možnosti zmenšování vlivu nadměrného hluku na životní prostředí.

Aktivity – žák

- zkoumá přírodní fakta a jejich souvislost s využitím různých empirických metod poznávání (pozorování, měření, experiment) i metod racionálního uvažování,
- analyzuje výsledky měření a vážení;
- diskutuje o nejpřijatelnějším řešení tisku 3D modelu;
- rozvíjí spolupráce při řešení problémových a aplikovaných úloh vyjadřujících situace z běžného života a následně je využívá k získání řešení v praxi.

10.2.6 Vzdělávací oblast RVP ZV: Hudební výchova

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

HV-9-1-01 využívá své individuální hudební schopnosti a dovednosti při hudebních aktivitách;

HV-9-1-03 reprodukuje na základě svých individuálních hudebních schopností a dovedností různé motivy, témata i části skladeb, vytváří a volí jednoduché doprovody, provádí jednoduché hudební improvizace;

HV-9-1-08 vyhledává souvislosti mezi hudbou a jinými druhy umění.

Aktivity – žák

- využívá hudebních poznatků a dovedností v praktických činnostech;
- rozvíjí spolupráce při řešení problémových a aplikovaných úloh vyjadřujících situace z běžného života a následně je využívá k získání řešení v praxi;
- chápe umění a kulturu v jejich vzájemné provázanosti jako neoddelitelné součásti lidské existence;
- chápe a poznává umělecké hodnoty v širších sociálních a kulturních souvislostech;
- uvědomuje si sebe samého jako svobodného jedince s tvůrčími schopnostmi a možnostmi jejich rozvoje.

Zajištění podmínek pro realizaci výuky

- váhy, 3D tiskárna a počítač se softwarem;
- filamenty;
- internetové připojení – vyhledávání modelů hudebních nástrojů;
- další hudební nástroje případně hudební nosiče pro doprovod.

10.3 Průběh projektu hudební nástroj

V tomto projektu o 4 vyučovacích hodinách se žáci vydávají na cestu designu, aby vytvořili vlastní funkční 3D tištěnou okarínu.



Obrázek 42: Okarína dřevěná (muziker.cz)

Okarína (viz obr. 42) je jeden z nejstarších hudebních nástrojů, podle archeologických nálezů po celém světě je možné, že jejich původ může být až 12 tisíc let starý. Okarína se nejčastěji vyrábí z keramiky, dále ze dřeva či bambusu, vytvořit ji však můžeme i ze skla nebo právě z plastu.

Z boku je vymodelován náustek, za nímž se tvoří tóny podobným způsobem jako v píšťale. Na těle okaríny je podle druhu různé množství kruhových otvorů: nejčastěji 4 - 12, jejichž zakrýváním měníme výšku tónu.

Lekce 1 začíná prezentací a diskusí o zvukových vlnách, frekvenci a amplitudě. Pokud se ještě žáci neseznámili s metodou 3D tisku, projdou výukovým programem.

Výukový program dá žákům potřebné dovednosti CAD, aby si vytvořili svůj vlastní jedinečný návrh okaríny v další části projektu.

V lekcích 2 a 3 žáci navrhují svůj model okaríny, propočítávají potřebný čas tisku.

V **závěrečné hodině** si studenti otestují své hudební nástroje, analyzují jejich návrhy a zvažují případná vylepšení. Okarínu pak mohou využít v hudební výchově.



Řešený příklad

1. Žáci dohledají informace o okaríně a jiných starobylých hudebních nástrojích.
2. Žáci dohledají vlastní dostupný model okaríny.
3. Žáci navrhnu parametry pro tisk modelu a zadají model pro 3D tisk.



Shrnutí

V tomto projektu žáci získají informace o 12 tisíc let starém hudebním nástroji -okarína. Po absolvování projektu jsou schopni navrhnout a realizovat 3D tisk modelu okaríny, v rámci případné lekce se pak naučí hrát na tento hudební nástroj.



Pojmy k zapamatování

Okarína – je starobylý hudební nástroj nejčastěji vyroben z keramiky, dále ze dřeva či bambusu, ze skla nebo právě z plastu. Z boku okaríny je vymodelován náustek, za nímž se tvoří tóny podobným způsobem jako v píšťale. Na těle okaríny je podle druhu různé množství kruhových otvorů: nejčastěji 4-12, jejichž zakrýváním měníme výšku tónu.

11 Projekt hlavolam



Cíl kapitoly

Po nastudování této kapitoly byste měli být schopni:

- Vysvětlit, co je to tangram.
- Popsat princip skládání tangramu.
- Prezentovat legendy o vzniku tangramu.
- Vysvětlit, co je to Ostomachion.
- Popsat princip skládání Ostomachionu.
- Charakterizovat geometrické vztahy mezi jednotlivými dílky hlavolamu tangram a Ostomachion.
- Popsat technologii 3D tisku.
- Dohledat, navrhnout a realizovat tisk 3D modelu tangramu.



Klíčová slova

3D model, 3D tisk, geometrie, hlavolam, Ostomachion, tangram.



Průvodce studiem

Žáci se v projektu zabývají geometrickými hlavolamy, získají poznatky o starobylém čínském hlavolamu tangram. Na základě těchto informací dohledají příslušný model na internetu, navrhnou vlastní parametry modelu, vytisknou 3D model tangramu, dohledají předlohy pro skládání hlavolamu a naučí se s tímto hlavolamem manipulovat. Získají informace o dalším řeckém hlavolamu Ostomachion, kterým se ve svém rukopisu zabýval sám řecký matematik, fyzik, filozof, astronom a vynálezce Archimedes.

11.1 Metodika projektu

Doporučená hodinová dotace

4*45 min/téma

Doporučené vyučovací metody a formy

Metody:

- Slovní (vyprávění, vysvětlování, přednáška, práce s textem, rozhovor).
- Metody názorně demonstrační (předvádění a pozorování, práce s obrazem, instruktáž).
- Aktivizující výukové metody (diskuze, heuristická metoda, metoda řešení problému).

Formy:

- Frontální výuka.
- Skupinová a kooperativní výuka.
- Samostatná práce žáků.
- Projektové vyučování.

11.2 Rozvíjené klíčové kompetence a očekávané výstupy**11.2.1 Vzdělávací oblast RVP ZV: Informační a komunikační technologie**

Tematický okruh: Zpracování a využití informací

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

ICT-9-2-04 používá informace z různých informačních zdrojů a vyhodnocuje jednoduché vztahy mezi údaji;

ICT-9-2-05 zpracuje a prezentuje na uživatelské úrovni informace v textové, grafické a multimediální formě.

Aktivity – žák

- poznává úlohy informací a informačních činností a využívá moderních informačních a komunikačních technologií;
- rozumí toku informací, počínaje jejich vznikem, uložením na médium, přenosem, zpracováním, vyhledáváním a praktickým využitím;
- porovnává informace a poznatky z většího množství alternativních informačních zdrojů, a tím dosahuje větší věrohodnosti vyhledaných informací;
- využívá výpočetní techniky, aplikačního i výukového softwaru ke zvýšení efektivity své učební činnosti a racionálnější organizaci práce, tvořivému využívání softwarových a hardwarových prostředků při prezentaci výsledků své práce;
- šetrně pracuje s výpočetní technikou.

11.2.2 Vzdělávací oblast RVP ZV: Člověk a svět práce

Tematický okruh: Práce s technickými materiály

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

ČSP-9-1-01 provádí jednoduché práce s technickými materiály a dodržuje technologickou kázeň;

ČSP-9-1-02 řeší jednoduché technické úkoly s vhodným výběrem materiálů, pracovních nástrojů a nářadí;

ČSP-9-1-03 organizuje a plánuje svoji pracovní činnost;

ČSP-9-1-04 užívá technickou dokumentaci, připraví si vlastní jednoduchý náčrt výrobku;

ČSP-9-1-05 dodržuje obecné zásady bezpečnosti a hygieny při práci i zásady bezpečnosti a ochrany při práci s nástroji a nářadím; poskytne první pomoc při úrazu.

Aktivity – žák

- rozvíjí pozitivní vztah k práci a k odpovědnosti za kvalitu svých i společných výsledků práce;
- osvojuje si základní pracovní dovednosti a návyky z různých pracovních oblastí, organizuje a plánuje práci a používá vhodných nástrojů, nářadí a pomůcek při práci i v běžném životě;
- rozvíjí vytrvalost a soustavnost při plnění zadaných úkolů, uplatňuje tvořivost a vlastní nápady při pracovní činnosti a vynakládá úsilí na dosažení kvalitního výsledku;
- poznává, že technika jako významná součást lidské kultury je vždy úzce spojena s pracovní činností člověka;
- využívá technických poznatků a dovedností v praktických činnostech – odhady, měření a porovnávání velikostí a vzdáleností, orientace;
- rozvíjí spolupráce při řešení problémových a aplikovaných úloh vyjadřujících situace z běžného života a následně je využívá k získání řešení v praxi;
- charakterizuje a diskutuje základní vědomosti o materiálech, nástrojích a pracovních postupech.

11.2.3 Vzdělávací oblast RVP ZV: Člověk a svět práce

Tematický okruh: Využití digitálních technologií

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

ČSP-9-7-01 ovládá základní funkce digitální techniky; diagnostikuje a odstraňuje základní problémy při provozu digitální techniky;

ČSP-9-7-04 ošetřuje digitální techniku a chrání ji před poškozením;

ČSP-9-7-05 dodržuje základní hygienická a bezpečnostní pravidla a předpisy při práci s digitální technikou a poskytne první pomoc při úrazu.

Aktivity – žák

- rozvíjí spolupráce při řešení problémových a aplikovaných úloh.

11.2.4 Vzdělávací oblast RVP ZV: Matematika a její aplikace

Tematický okruh: Geometrie v rovině a v prostoru

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

M-9-3-01 zdůvodňuje a využívá polohové a metrické vlastnosti základních rovinných útvarů při řešení úloh a jednoduchých praktických problémů; využívá potřebnou matematickou symboliku;

M-9-3-02 charakterizuje a třídí základní rovinné útvary;

M-9-3-09 určuje a charakterizuje základní prostorové útvary (tělesa), analyzuje jejich vlastnosti;

M-9-3-10 odhaduje a vypočítá objem a povrch těles;

M-9-3-13 analyzuje a řeší aplikační geometrické úlohy s využitím osvojeného matematického aparátu.

Aktivity – žák

- vnímá složitosti reálného světa;
- rozvíjí si zkušenosti s matematickým modelováním (matematizací reálných situací), vyhodnocuje matematický model a hranice jeho použití;
- využívá matematických poznatků a dovedností v praktických činnostech – odhady, měření a porovnávání velikostí a vzdáleností, orientace;
- rozvíjí abstraktní a exaktní myšlení osvojováním si a využíváním základních matematických pojmů a vztahů, poznává jejich charakteristické vlastnosti a na základě těchto vlastností určuje a zařazuje pojmy;
- rozvíjí spolupráce při řešení problémových a aplikovaných úloh vyjadřujících situace z běžného života a následně je využívá k získání řešení v praxi;
- poznává možnosti matematiky a skutečnosti, že k výsledku lze dospět různými způsoby.

Zajištění podmínek pro realizaci výuky

- váhy;
- 3D tiskárna a počítač se softwarem;
- filamenty;
- internetové připojení – vyhledávání legend o tangramu a předloh pro skládání tangramu, vyhledávání informací o Ostomachionu.

11.3 Průběh projektu hlavolam



Obrázek 43: Tangram (obchod.hryahlavolamy.cz)

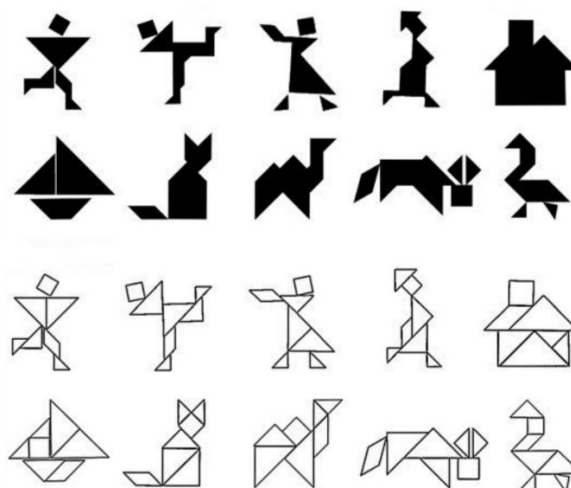
Tangram (viz obr. 43) je starý čínský hlavolam, který se skládá ze 7 dílků (jeden čtverec, pět trojúhelníků různých velikostí a jeden kosodélník, které společně vytvářejí základní čtverec). Úkolem je poskládat obrazec dle předlohy - při skládání ale musíme využít všech dílků a žádné se nesmějí překrývat. Původ tangramu je nejasný a příběhů o vzniku tohoto zajímavého hlavolamu je několik, my si zde představíme jeden z nich. Úkolem žáků by mohlo být: do další hodiny dohledat další.

„Legenda tohoto starého čínského hlavolamu vypráví příběh o jednom mudrci. Ten měl za úkol donést císaři vzácnou skleněnou tabuli. Císař potřeboval toto sklo na jedno okno v paláci. Mudrc vzal skleněnou tabuli a vydal se na dlouhou, předlouhou cestu. Vzácné sklo nesl v batohu na zádech, důkladně zabalené v hedvábí a vycpané šalvějovými listy. Tak stařec cestoval přes hory, přes lesy i pouště, a dokonce se brodil přes řeky. Po mnoha měsících putování nakonec vyšel na kopec a konečně spatřil královský palác. Celý šťasten, že už je v cíli, vykročil, uklouzl a sklouzl se i se svým nákladem po svahu... Stařečkovi se nic nestalo, a tak o pár hodin později stál před císařem. Přiznal se, že má obavy, jestli sklo vydrželo tento závěrečný nešťastný pád. Opatrně sklo s císařem rozbalili a zjistil, že není zcela roztřískané. Prasklo na sedm geometrických tvarů. Stařec vzal střepy, začal z nich skládat obrazy ze své cesty a vyprávěl císaři o své pouti. Císaři se to velmi líbilo a nechal potom vyhotovit střepy v dřevěném provedení. A tak vznikl hlavolam, který je dodnes znám pod jménem Tangram.“⁹

Tangram si dokonce velice oblíbil i Napoleon, když byl ve vyhnanství, jeho skládáním si krátil čas.

Lekce 1 a 2 začíná prezentací a diskusí o tangramu. Žáci se seznámí s rozměry a vztahy mezi geometrickými tvary tangramu. Žáci navrhují svůj model tangramu, propočítávají potřebný čas tisku.

Ve 3. a 4. hodině žáci realizují tisk tangramu a vyzkoušejí si složit hlavolam podle předloh (těch existuje tisíce, dají se zdarma dohledat na internetu, viz obr. 44). Žáci dále analyzují jejich návrhy a zvažují případná vylepšení. Je vhodné zvolit menší rozměry do 18 cm, jelikož pak se hlavolam skládá obtížněji, poznámka z praxe: skladatel se při větším formátu tangramu špatně orientuje. Tangram pak žáci mohou využít i ve výuce geometrie v nižších ročnících 2. stupně ZŠ jako jednu z aktivizačních metod, protože geometrie není nejoblíbenějším okruhem matematiky.



Obrázek 44: Předloha k tangramu (cz.pinterest.com)

⁹ Citováno doslova - *Tangram*. Škola hrou. Dostupné z: <http://e-skola.zolta.cz/tangram/>

Tip na závěr:

Zadejte žákům úkol, ať dohledají, co je Ostomachion (někdy také Stomachion, viz obr. 45).

- Archimédes vytvořil hlavolam skládající se ze 14 mnohoúhelníků, které mohly být mnoha způsoby poskládány do čtverce. Tento hlavolam se nachází v jeho rukopisu. Celý život se snažil přijít na to, kolika způsoby je možné tento hlavolam složit. Dr. Reviel Netz ze Stanfordovy univerzity vypočítal, že je to možné 536 způsoby, pokud jsou vynechány ty, které vznikly otáčením nebo zrcadlením.



Obrázek 45: Ukázka Ostomachionu (labyrinthdc.com)

**Řešený příklad**

1. Žáci vyhledají historické informace o tangramu – legendy.
2. Žáci dohledají parametry tangramu.
3. Žáci navrhnu vlastní tangram - velikost, barva.
4. Žáci zadají model tangramu pro 3D tisk modelu.
5. Žáci dohledají předlohy pro skládání hlavolamu.
6. Žáci si vyzkoušejí skládat hlavolam dle předlohy.
7. Žáci dohledají informace o Ostomachionu.

**Shrnutí**

V tomto projektu žáci získají informace o starobylém čínském hlavolamu tangram. Po absolvování projektu jsou schopni navrhnout a realizovat 3D tisk modelu tangramu, dohledat předlohy a dle nich skládat hlavolam. Žáci získají informace o dalším hlavolamu Ostomachion.

Pojmy k zapamatování



Ostomachion – hlavolam ze 14 mnohoúhelníku, jeho autorem je Archimédes.

Tangram – čínský hlavolam ze 7 dílů.

12 Projekt Pythagorova věta



Cíl kapitoly

Po nastudování této kapitoly byste měli být schopni:

- Popsat osobnost Pythagora.
- Vysvětlit, kdo byli Pythagorejci.
- Vysvětlit, co je to Pythagorova věta.
- Popsat princip Pythagorovy věty.
- Dohledat, prodiskutovat, navrhnout a realizovat tisk 3D modelu pro pochopení principu Pythagorovy věty.



Klíčová slova

Geometrie, odvěsna, přepona, Pythagoras, Pythagorova věta, Pythagorejci, učební pomůcka.



Průvodce studiem

Žáci se v projektu zabývají něžznámější matematickou větou – Pythagorova věta. Získají informace o významném matematikovi a filozofovi Pythagorovi, který založil Pythagorovu školu. V rámci projektu se dozví, kdo byli Pythagorejci a jak žili a studovali. Žáci se zabývají porozuměním Pythagorovy věty a za tímto účelem společně prodiskutují důkaz této věty na základě vytištění 3D modelu, který poslouží těmto účelům. Pomůcka pak poslouží v předmětu matematika (okruh Geometrie v rovině a v prostoru).

12.1 Metodika lekce

Doporučená hodinová dotace

4*45 min/téma

Doporučené vyučovací metody a formy

Metody:

- Slovní (vyprávění, vysvětlování, přednáška, práce s textem, rozhovor).
- Metody názorně demonstrační (předvádění a pozorování, práce s obrazem, instruktáž).
- Aktivizující výukové metody (diskuze, heuristická metoda, metoda řešení problému).

Formy:

- Frontální výuka.
- Skupinová a kooperativní výuka.
- Samostatná práce žáků.

12.2 Rozvíjené klíčové kompetence a očekávané výstupy

12.2.1 Vzdělávací oblast RVP ZV: Informační a komunikační technologie

Tematický okruh: Zpracování a využití informací

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

ICT-9-2-04 používá informace z různých informačních zdrojů a vyhodnocuje jednoduché vztahy mezi údaji;

ICT-9-2-05 zpracuje a prezentuje na uživatelské úrovni informace v textové, grafické a multimediální formě.

Aktivity – žák

- poznává úlohy informací a informačních činností a využívá moderních informačních a komunikačních technologií;
- rozumí toku informací, počínaje jejich vznikem, uložením na médium, přenosem, zpracováním, vyhledáváním a praktickým využitím;
- porovnává informace a poznatky z většího množství alternativních informačních zdrojů, a tím dosahuje větší věrohodnosti vyhledaných informací;
- využívá výpočetní techniky, aplikačního i výukového softwaru ke zvýšení efektivity své učební činnosti a racionálnější organizaci práce, tvořivému využívání softwarových a hardwarových prostředků při prezentaci výsledků své práce;
- šetrně pracuje s výpočetní technikou.

12.2.2 Vzdělávací oblast RVP ZV: Člověk a svět práce

Tematický okruh: Práce s technickými materiály

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

ČSP-9-1-01 provádí jednoduché práce s technickými materiály a dodržuje technologickou kázeň;

ČSP-9-1-02 řeší jednoduché technické úkoly s vhodným výběrem materiálů, pracovních nástrojů a nářadí;

ČSP-9-1-03 organizuje a plánuje svoji pracovní činnost;

ČSP-9-1-04 užívá technickou dokumentaci, připraví si vlastní jednoduchý náčrt výrobku;

ČSP-9-1-05 dodržuje obecné zásady bezpečnosti a hygieny při práci i zásady bezpečnosti a ochrany při práci s nástroji a nářadím; poskytne první pomoc při úrazu.

Aktivity – žák

- rozvíjí pozitivní vztah k práci a k odpovědnosti za kvalitu svých i společných výsledků práce;
- osvojuje si základní pracovní dovednosti a návyky z různých pracovních oblastí, organizuje a plánuje práci a používá vhodných nástrojů, nářadí a pomůcek při práci i v běžném životě;
- rozvíjí vytrvalost a soustavnost při plnění zadaných úkolů, uplatňuje tvořivost a vlastní nápady při pracovní činnosti a vynakládá úsilí na dosažení kvalitního výsledku;

- poznává, že technika jako významná součást lidské kultury je vždy úzce spojena s pracovní činností člověka;
- využívá technických poznatků a dovedností v praktických činnostech – odhady, měření a porovnávání velikostí a vzdáleností, orientace;
- rozvíjí spolupráce při řešení problémových a aplikovaných úloh vyjadřujících situace z běžného života a následně je využívá k získání řešení v praxi;
- charakterizuje a diskutuje základní vědomosti o materiálech, nástrojích a pracovních postupech.

12.2.3 Vzdělávací oblast RVP ZV: Člověk a svět práce

Tematický okruh: Využití digitálních technologií

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

ČSP-9-7-01 ovládá základní funkce digitální techniky; diagnostikuje a odstraňuje základní problémy při provozu digitální techniky;

ČSP-9-7-04 ošetřuje digitální techniku a chrání ji před poškozením;

ČSP-9-7-05 dodržuje základní hygienická a bezpečnostní pravidla a předpisy při práci s digitální technikou a poskytne první pomoc při úrazu.

Aktivity – žák

- rozvíjí spolupráce při řešení problémových a aplikovaných úloh.

12.2.4 Vzdělávací oblast RVP ZV: Matematika a její aplikace

Tematický okruh: Geometrie v rovině a v prostoru

Cíle (očekávané výstupy podle RVP):

M-9-3-01 zdůvodňuje a využívá polohové a metrické vlastnosti základních rovinných útvarů při řešení úloh a jednoduchých praktických problémů; využívá potřebnou matematickou symboliku;

M-9-3-02 charakterizuje a třídí základní rovinné útvary;

M-9-3-09 určuje a charakterizuje základní prostorové útvary (tělesa), analyzuje jejich vlastnosti;

M-9-3-10 odhaduje a vypočítá objem a povrch těles;

M-9-3-13 analyzuje a řeší aplikační geometrické úlohy s využitím osvojeného matematického aparátu.

Aktivity – žák

- vnímá složitosti reálného světa;
- rozvíjí si zkušenosti s matematickým modelováním (matematizací reálných situací), vyhodnocuje matematický model a hranice jeho použití;
- využívá matematických poznatků a dovedností v praktických činnostech – odhady, měření a porovnávání velikostí a vzdáleností, orientace;

- rozvíjí abstraktní a exaktní myšlení osvojováním si a využíváním základních matematických pojmů a vztahů, poznává jejich charakteristické vlastnosti a na základě těchto vlastností určuje a zařazuje pojmy;
- rozvíjí spolupráce při řešení problémových a aplikovaných úloh vyjadřujících situace z běžného života a následně je využívá k získání řešení v praxi;
- poznává možnosti matematiky a skutečnosti, že k výsledku lze dospět různými způsoby.

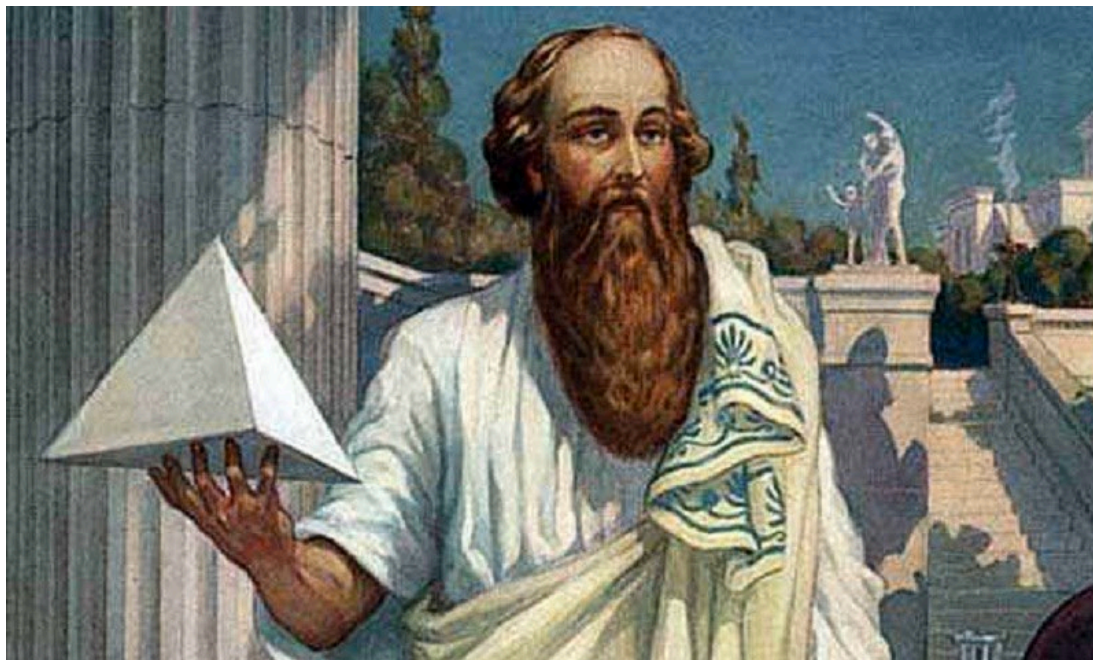
Zajištění podmínek pro realizaci výuky

- 3D tiskárna a počítač se softwarem;
- filamenty;
- internetové připojení – vyhledávání předloh pro navržení pomůcky pro pochopení principu Pythagorovy věty.

12.3 Průběh lekce Pythagorova věta

12.3.1 Pythagoras ze Samu (cca 570 - 500 př. n. l.)

Pythagoras ze Samu (viz obr. 46) byl slavný řecký matematik a filosof. Narodil se kolem roku 570 př.n.l. v rodině rytce kamene na řeckém ostrově Samos ¹⁰.



Obrázek 46: Pythagoras (epochalnisvet.cz)

¹⁰ VURM, Bohumil (1996). *Tajné dějiny Evropy*. Praha: Bohemia.

O životě tohoto mudrce toho moc nevíme. Podle některých procestoval celý tehdy známý svět. Říká se, že byl zasvěcen do mystérií thébských, babylónských i chaldejských, ba dokonce snad doputoval i do Indie, kde studoval a kde se setkal s myšlenkou reinkarnace. *Metempsychosis* neboli nauka o putování duší mnoha životy se stala součástí jeho učení.

Pythagoras v sobě slučoval postavu vědátora, vůdce i jasnovidce. Za základ všeho umění považoval *matematiku, hudbu a astronomii*. Hlavním zdrojem jeho znalostí bylo pozorování. Pythagoras nejspíše jako první pojmenoval *vesmír*, použil výraz *kosmos*, tedy „souhrn všeho“ a taky „systém mající řád“. Pythagorovi se také připisuje první použití slova *filosof* – milovník moudrosti či pravdy. Vycházel z názoru, že nikdo není moudrý kromě Boha [10].

Pythagoras byl znám svými poučkami a příslovími. Některé jsou srozumitelné, jiné jsou zahaleny symbolikou [10]:

- *Hlídej svůj jazyk jako bohové (= mlčeti zlato; když si nejsi jist, raději mlč).*
- *Když vane vítr, obdivuj jeho zvuk (= bůh je obsažen ve zvuku živelů).*
- *Nehrabej mečem v ohni (= nezhoršuj špatnou situaci; nepodporuj svár, ustup před ním).*
- *Nejez své srdce (= netrap sám sebe).*
- *Nechod' po širokých ulicích (= nenásleduj dav).*
- *Sejdi z veřejných cest a procházej se po málo frekventovaných cestách (= moudrost je třeba hledat v samotě).*
- *Pomáhej bližním v nakládání břemena, ale ne s jeho odkládáním (= pomáhej pilným, ale ne těm, kteří se chtějí vyhnout povinností).*

12.3.2 Pythagorejská škola

Pythagoras se v určité části svého života přesunul do jižní Itálie, kde měli Řekové své osady. V Cotrone založil svou slavnou organizaci, která je někdy nazývána *univerzitou*. Jeho škola by se v dnešní době dala nazvat spíše sektou. Bylo to zasvěcovací středisko, uzavřená společnost s přísnými pravidly, která provozovala nejrůznější rituály. Jeho žáci, *Pythagorejci*, žili pohromadě a řídili se různými přísnými předpisy, které nám v mnohém připomínají pozdější život v kláštrech. U přijímacího řízení museli slíbit, že budou vegetariány, dodržovat celibát a všichni se budou odívat stejným způsobem. Jejich způsob života měl být zdrženlivý a skromný, zaslíbili se, že neusmrtí zvíře, které nenapadá člověka, že každý večer budou zpytovat své svědomí a zkoumat, jakých se dopustili chyb atd. Mnohé ze zákazů zní užitečně, jiné se zdají být tzv. přitažené za vlasy, například zákaz jíst boby, nebo zákaz šlapat na odstřižené lidské vlasy a nehty ¹¹.

V Pythagorejském spolku byla udržována posvátná tajuplná atmosféra. Pythagoras prý přednášel zásadně v noci a pro navození mystické atmosféry využíval různé zvláštní světelné efekty.

¹¹ Balada, František (1959). *Z dějin elementární matematiky*. Praha: SPN.

12.3.3 Pythagorova věta

Pythagorova věta patří k základním stavebním kamenům euklidovské geometrie. Ta na vyměřování pozemků a základů různých staveb používala např. tzv. *měříčský provazec* – jednoduchou a vtipnou pomůcku k vytyčení pravého úhlu (viz obr. 47).



Obrázek 47: Ukázka vytyčování pozemku (hgf.vsb.cz)

Je nutné podotknout, že Pythagorova věta, převratná matematická myšlenka, byla známa už ve staré Číně a v Babylóně dávno před Pythagorem. Podle některých dostupných zdrojů se s ní Pythagoras setkal právě zde, nicméně Babylóňané větu pouze vytyčili, neuměli ji dokázat. A to se podařilo právě Pythagorovi a jeho žákům ¹².

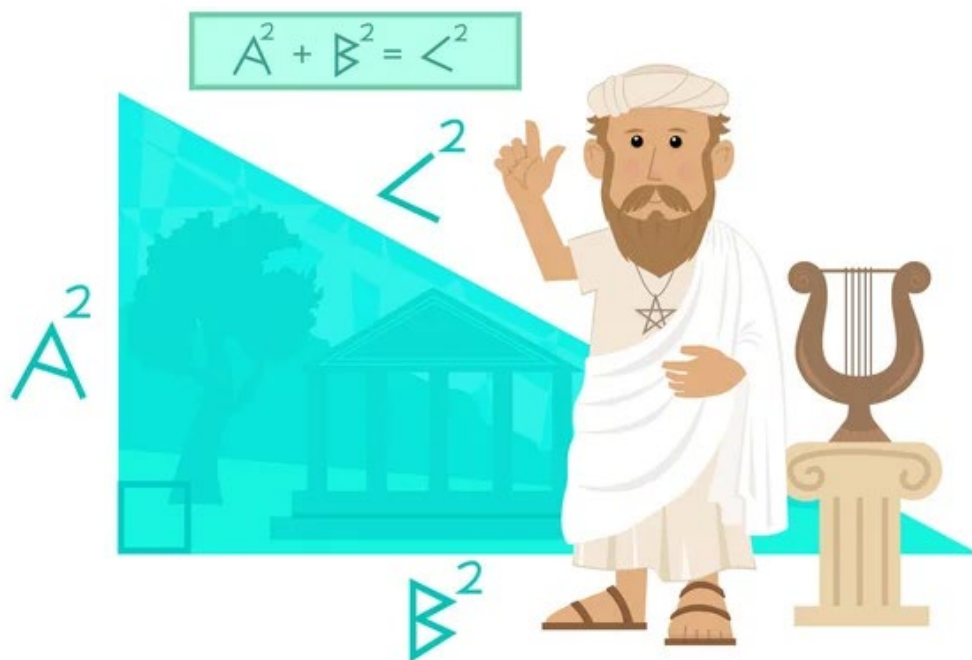
Pythagorova věta je jednou z nejčastěji dokazovaných vět. Mnoho matematiků dokazovalo tuto větu. Dnes je známo asi 370 důkazů. Kniha *Pythagorean proposition od Elishy Scott Loomis* ¹³ poskytuje 109 algebraických důkazů a 255 geometrických důkazů (existují také 4 "kvaternionické" důkazy a 2 "dynamické" důkazy, takže celkem 370).

Věta popisuje vztah, který platí mezi délkami stran pravoúhlých trojúhelníků v rovině i v prostoru (viz obr. 48).

Její geometrické znění je: *Obsah čtverce sestrojeného nad přeponou (nejdelší stranou) pravoúhlého trojúhelníka je roven součtu obsahů čtverců nad oběma odvěsnami (dvěma kratšími stranami).*

¹² Tronner, P. (2017). *Pythagoras: Proslavila ho věta o trojúhelníku, měl však úplně jiné ambice*. Dostupné z: <https://vtm.zive.cz/clanky/pythagoras-proslavila-ho-veta-o-trojuhelniku-mel-vsak-uplne-jine-ambice/pythagorova-veta/sc-870-a-190747-ch-110735/default.aspx#articleStart>

¹³ Loomis, E. S. (1968). *The Pythagorean Proposition*. Reston, Virginie, USA: The National Council of Teachers of Mathematics



Obrázek 48: Pythagorova věta (depositphotos.com)

12.3.4 Pomůcka pro důkaz Pythagorovy věty

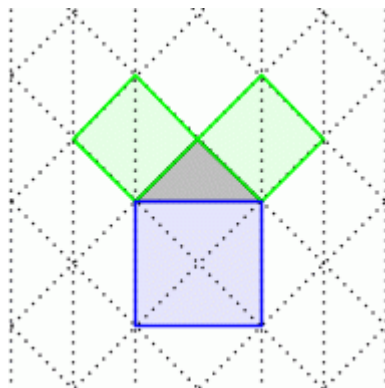
$$a^2 + b^2 + 4 * \frac{ab}{2} = c^2 + 4 * \frac{ab}{2}$$

$$a^2 + b^2 = c^2$$

Obrázek 49: Ukázka Pythagorova věta geometricky a algebraicky (drmatika.cz)



Zkuste společně se žáky promyslet, jak vytvořit model pro důkaz této věty (viz obr. 49). Pro inspiraci uvádíme níže jeden z důkazů věty $c^2 = a^2 + b^2$ (Obrázek 50).



Obrázek 50: Jeden z důkazů Pythagorovy věty (edu.techmania.cz)



Shrnutí

Pythagoras je jedním z nejznámějších matematiků historie a stejně tak i jeho věta. Pro její pochopení je nutné si vizuálně dopomoci. Větu si můžeme geometricky zakreslit (narýsovat). Ale ani tato vizualizace nám nedokáže smysl a obsah věty. Nejlépe je vytvořit si model, který je rozložitelný a díky kterému „obsah“ na obou stranách rovnice opravdu dokážeme, a tím větu pochopíme a navždy si ji zafixujeme.



Pojmy k zapamatování

Pythagoras - Pythagoras ze Samu byl slavný řecký matematik a filosof. Narodil se kolem roku 570 př.n.l. v rodině rytce kamene na řeckém ostrově Samos.

Pythagorova věta - Obsah čtverce sestaveného nad přeponou (nejdelší stranou) pravoúhlého trojúhelníka je roven součtu obsahů čtverců nad oběma odvěsnami (dvěma kratšími stranami).

Seznam použitých zdrojů

- [1] Horáček, L., Pražma, V. a Vydra, P. (2018). Aditivní technologie pro Průmysl 4.0. MM Průmyslové spektrum. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/aditivni-technologie-pro-prumysl-4-0>
- [2] Paoletti, I., Ceccon, L. (2018). *The Evolution of 3D Printing in AEC: From Experimental to Consolidated Techniques*. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/328200871_The_Evolution_of_3D_Printing_in_AEC_From_Experimental_to_Consolidated_Techniques
- [3] *The Complete History of 3D Printing: From 1980 to the Present Day - 3DSourced*. (2020). 3DSourced - The most informative 3D printing site on the web. Dostupné z: <https://3dsourced.com/guides/history-of-3d-printing/>
- [4] *The Free Beginner's Guide. History of 3D Printing*. (2017). 3D Printing Industry. Dostupné z: <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide#02-history>
- [5] *Methodology and guidelines for the introduction of 3D printers as a tool in teaching experimentations in secondary schools* (2015). PRINTSTEM. Dostupné z: https://danmar-computers.com.pl/wp-content/uploads/2015/02/IO2_Methodology-and-guidelines-for-the-introduction-of-3D-printers-as-a-tool-in-teaching-experimentations-in-secondary-schools.compressed.pdf
- [6] Stříteský, O. (2019). *Základy 3D tisku s Josefem Průšou*. Praha : Prusa Research a.s.
- [7] *3D printing in the classroom*. A Schools Handbook for Northern Ireland (2018). Nerve Centre. Dostupné z: <https://www.nervecentre.org/sites/default/files/downloads/3D%20Printing%20In%20The%20Classroom%20Web%20%281%29.pdf>
- [8] Fiala, J. (2020). *Hrací kostka, její historie a využití ve výuce* (Dice, its History and Use in Teaching) [Komenský, 01(145), ISSN: 0323-0449]. 39-45.
- [9] *Tangram*. Škola hrou. Dostupné z: <http://e-skola.zolta.cz/tangram/>
- [10] VURM, B. (1996). *Tajné dějiny Evropy*. Praha: Bohemia.
- [11] Balada, F. (1959). *Z dějin elementární matematiky*. Praha: SPN.
- [12] Tronner, P. (2017). *Pythagoras: Proslavila ho věta o trojúhelníku, měl však úplně jiné ambice*. Dostupné z: <https://vtm.zive.cz/clanky/pythagoras-proslavila-ho-veta-o-trojuhelniku-mel-vsak-uplne-jine-ambice/pythagorova-veta/sc-870-a-190747-ch-110735/default.aspx#articleStart>
- [13] Loomis, E. S. (1968). *The Pythagorean Proposition*. Reston, Virginie, USA: The National Council of Teachers of Mathematics.

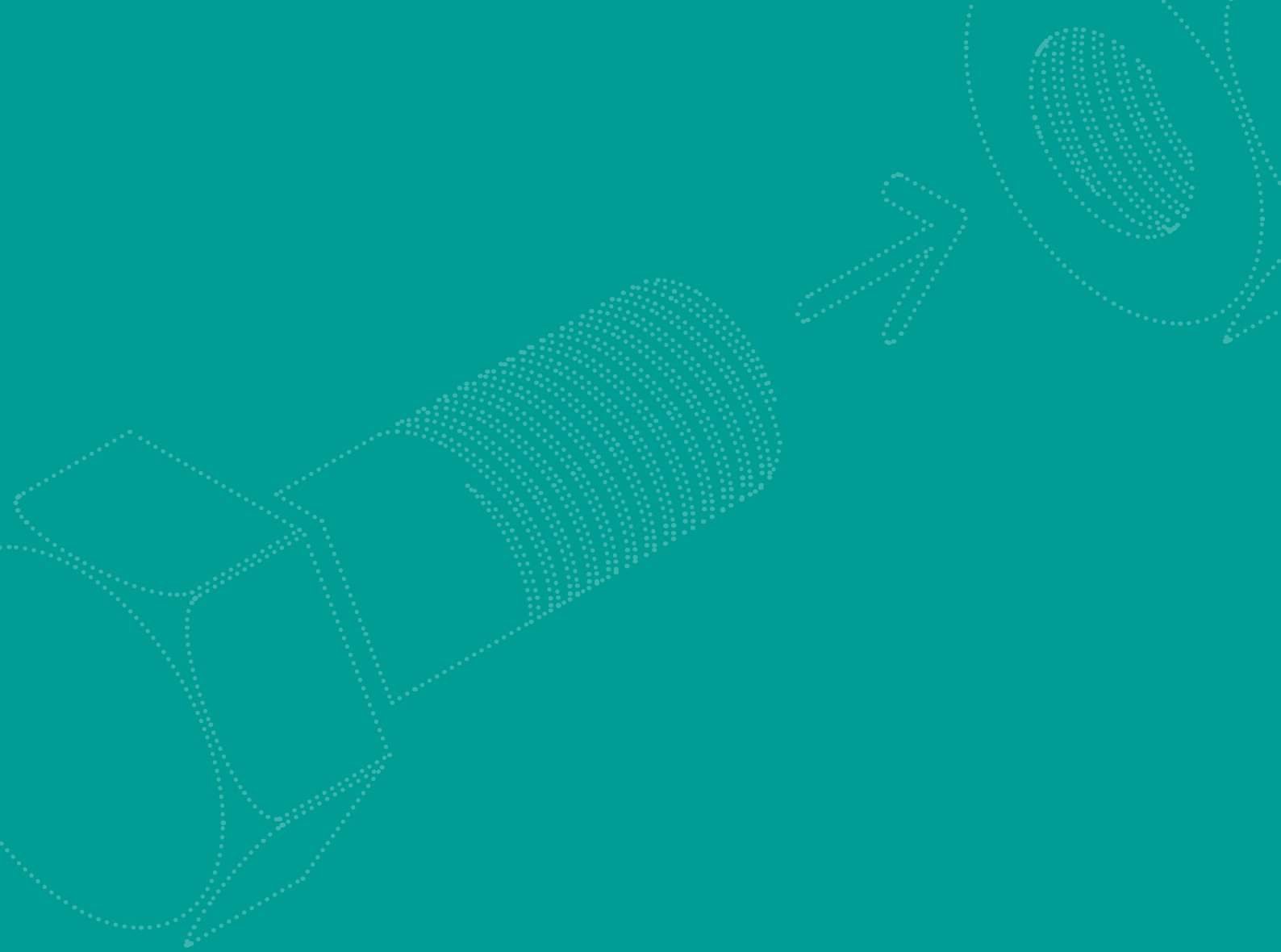
Webové odkazy na videa

- 3D tisk – NEZkreslená věda IV (Otevřená věda, Youtube):
<https://www.youtube.com/watch?v=zUHF1jWZPhE>
- Solidscape S325 high precision 3D wax printer for jewelers (SolidscapeInc, YouTube):
<https://www.youtube.com/watch?v=AYNPhJfSOA>
- Uvažujeme o 3D tisku – co je dobré znát (3Dwiser, YouTube):
<https://www.youtube.com/watch?v=8Xulo6QC5tc>
- Nejčastější chyby při 3D tisku (Průvodce 3D tiskem, Youtube):
<https://www.youtube.com/watch?v=-Rh6QqPEFA>
- 3D tisk: Teorie Materiály pro FFF 3D tiskárny (FabLab University, Youtube):
<https://www.youtube.com/watch?v=9PSblv0GD9Y>
- Základní školení 3D tisku — Záznam z Maker Faire Prague Online 2020 (PrusaLab, YouTube):
<https://www.youtube.com/watch?v=0UQyRxaBYQ4>
- 3D tisk: Teorie Úvod a dobré návyky - konstrukční řešení 3D tiskáren (FabLab University, Youtube)
<https://www.youtube.com/watch?v=ufE7mBFovXc>

Webové odkazy na obrázky

- První 3D tiskárna SLA-1 V Muzeu National Inventors Hall of Fame
<https://www.3dsystems.com/blog/2015/06/sla-1-national-inventors-hall-of-fame-museum>
- Princip 3D tisku
<https://cz.clipartlogo.com/>
- Ukázka převodu do STL formátu
<https://www.solidsolutions.co.uk/blog/2015/04/preparing-SOLIDWORKS-models-for-3d-printing/>
- Princip metody FFF/FDM
<https://b3d.com>
- Princip metody SLA
<https://b3d.com>
- Princip metody SLS
<https://b3d.com>
- Pohyby kartézské, delta a polární tiskárny
<https://3D.ofrii.com>

- Druhy výplní
<https://blog.prusaresearch.com>
- 3D tištěná lávka v Madridu
<https://newatlas.com/3d-printed-bridge-madrid/47650/>
- 3D tištěné budovy
<https://www.archdaily.com/769584/dubai-to-host-worlds-first-3d-printed-office-building>
- Prvok Michala Trpáka
<https://www.prvokodburinky.cz/>
- 3D tisk jídla
<https://www.tastetomorrow.com/inspiration/3d-printing-of-food-reduces-food-waste/489/>
- 3D tištěné šperky
<https://cz.pinterest.com/pin/324751823099953914/>
- 3D tištěné křeslo, autor Lilian van Daal
<https://cz.pinterest.com/pin/282812051575365649/>
- 3D tištěné sedlo
<https://www.pinterest.de/pin/332070172516661087/>
- Astragal
<https://digilib.phil.muni.cz>
- Vyobrazení Achilla a Ajaxe při hře v kostky
<https://www.akg-images.de/archive/Achill-und-Ajax-beim-Brettspiel-2UMDHUHWQYSQ.html>
- Ukázka egyptské hrací kostky
<https://www.metmuseum.org/art/collection/search/100008377>
- Okarína dřevěná
<https://muziker.cz>
- Tangram
<https://obchod.hryahlavolamy.cz>
- Předloha k tangramu
<https://cz.pinterest.com>
- Ukázka Ostomachionu
<https://labyrinthdc.com>
- Pythagoras
<https://epochalnisvet.cz>
- Ukázka vytyčování pozemku
<https://hgf.vsb.cz>
- Pythagorova věta
<https://depositphotos.com>
- Ukázka Pythagorova věta geometricky a algebraicky
<https://drmatika.cz>
- Jeden z důkazů Pythagorovy věty
<https://edu.techmania.cz>



**ZLEPŠI SI
TECHNIKU**

www.zlepsisitechniku.cz

**VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA**

OSTRAVA!!!