

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Využití 3D tisku v technických odborných předmětech

Use of 3D printing in professional technical subject

STUDIJNÍ PROGRAM

Specializace v pedagogice

STUDIJNÍ OBOR

Učitelství praktického vyučování a obd. výcviku

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. Petr Svoboda, Ph.D., ING.PAED.IGIP

LOVČÍ HÁJEK

MARTIN

2022

Lovčí Hájek, Martin. *Využití 3D tisku v odborných technických předmětech*. Praha: ČVUT 2022. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Masarykův ústav vyšších studií.



**MASARYKŮV ÚSTAV
VYŠŠÍCH STUDIÍ
ČVUT V PRAZE**

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně. Dále prohlašuji, že jsem všechny použité zdroje správně a úplně citoval a uvádím je v příloženém seznamu použité literatury.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této závěrečné práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Praze dne: 05. 05. 2022

Podpis:

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Lovčí Hájek Jméno: Martin Osobní číslo: 495777
Fakulta/ústav: Masarykův ústav vyšších studií
Zadávací katedra/ústav: Institut pedagogických a psychologických studií
Studijní program: Specializace v pedagogice
Studijní obor: Učitelství praktického vyučování a odborného výcviku

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Využití 3D tisku v odborných technických předmětech

Název bakalářské práce anglicky:

Use of 3D Printing in Professional Technical Subjects

Pokyny pro vypracování:

Bakalářská práce se zaměří na využití 3D tisku v odborných technických předmětech na středních školách. V rámci teoretické části budou definovány základní pedagogické pojmy a celkový vývoj 3D tisku. Klasifikovány a charakterizovány budou 3D tiskárny, konstrukční parametry, programy na tvorbu 3D modelů a budou porovnány jednotlivé tiskárny. Formulovány budou teoretická východiska pro konkrétní návrh využití 3D tisku v odborném výcviku. V praktické části proběhne ověření znalostí žáků a pedagogů s využitím 3D tisku a bude navržen kurz 3D tisku pro SOU a SOŠ Kaplice na základě empirického šetření. Kurz bude ověřen v odborném výcviku.

Seznam doporučené literatury:

1. Foltera, Petr. Průmysl 4.0 - Výzva pro Českou republiku. Manaement Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440.
2. Kloski, Nick & Wallach Kloski, Liza. Začínáme s 3D tiskem. Computer press (CP Book), 2016. ISBN 978-80-251-4876-1.
3. Vaněček, David a kol. Didaktika odborných předmětů. Praha: nakladatelství ČVUT, 2016. ISBN 978-80-01-05991-3.
4. Blauch, David N, Carroll Felix A. 3D printers can provide an added dimension for teaching structure-energy relationships, 2014. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed4007259>
5. Černý, Michal. 3D tisk ve školním prostředí, 2015. Dostupné z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/OU/19903/3D-TISK-VE-SKOLNIM-PROSTREDI.html/>

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Petr Svoboda, Ph.D., ING.PAED.IGIP Masarykův ústav vyšších studií ČVUT v Praze

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: 05.01.2022 Termín odevzdání bakalářské práce: 28.04.2022

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Petr Svoboda, Ph.D., ING.PAED.IGIP
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. David Vaněček, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. PhDr. Vladimíra Dvořáková, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Petru Svobodovi, Ph.D., ING.PAED.IGIP za metodické vedení a konzultace, které mi při zpracování bakalářské práce poskytoval. Zároveň děkuji také své rodině a kolegům v práci za podporu při tvorbě bakalářské práce.

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na využití 3D tisku v odborných technických předmětech na středních školách. V rámci teoretické části jsou definovány základní pedagogické pojmy a celkový vývoj 3D tisku. Dále jsou zde klasifikovány a charakterizovány 3D tiskárny, jejich konstrukční parametry, programy na tvorbu 3D modelů a porovnání jednotlivých typů tiskáren. Formulována jsou teoretická východiska pro konkrétní návrh využití 3D tisku v odborném výcviku. V praktické části je uvedeno ověření znalostí žáků a pedagogů s využitím 3D tisku a je navržen kurz 3D tisku pro SOŠ a SOU Kaplice na základě empirického šetření. Kurz je následně pilotně odškolen pro žáky technických předmětů a jejich pedagogy, kteří se dále podílí na optimalizaci kurzu a jeho následného začlenění do výuky na SOŠ a SOU Kaplice pod názvem Základy 3D tisku.

Klíčová slova

Metody výuky, 3D tisk, aditivní výroba, kurz, slicování, tvorba modelů

Abstract

The bachelor thesis is focused on the use of 3D printing in vocational technical subjects in secondary schools. The theoretical part defines the basic pedagogical concepts and the overall development of 3D printing. Furthermore, 3D printers, design parameters, programs for creating 3D models are classified and characterized and individual printers are compared. The theoretical background for a specific proposal of the use of 3D printing in vocational training is formulated. In the practical part, the verification of students' and teachers' knowledge using 3D printing is presented and a 3D printing course for the Secondary School and Secondary School of Kaplice is proposed on the basis of an empirical investigation. The course is then piloted for students of technical subjects and their teachers, who are involved in the optimization of the course and its subsequent integration into the teaching at the Secondary School and Secondary School of Kaplice under the title Fundamentals of 3D printing.

Key words

Teaching methods, 3D printing, additive manufacturing, course, slicing, model making

Obsah

Úvod	5
1 Metody výuky.....	7
1.1 Slovní metody	7
1.1.1 Slovní metoda - monologická	8
1.1.2 Slovní metoda - dialogická.....	8
1.2 Metody názorně-demonstrační	10
1.3 Metody dovednostně-praktické.....	11
2 Analýza skutečného stavu 3D tisku.....	12
2.1 Historie a vývoj 3D tisku	12
2.2 Technologie 3D tisku.....	14
2.2.1 Materiál v podobě tiskové struny – FDM/FFF	14
2.2.2 Komponenty tiskáren FFF	17
2.2.3 Tekutý materiál – SLA/DPL/MSLA.....	20
2.2.4 Komponenty tiskáren MSLA	20
2.2.1 Práškový materiál – SLS/ DMLS.....	22
2.3 Využití 3D tiskáren	22
2.4 Využívané CAD programy pro tvorbu modelů.....	25
2.4.1 Slicování.....	26
2.5 Porovnání a výběr 3D tiskáren pro SOŠ a SOU	26
3 Dotazníkové šetření	29
3.1 Metodologie výzkumu.....	29
Vyhodnocení dotazníkového šetření	30
3.2 Sumarizace dotazníkového šetření	36
4 Tvorba kurzu.....	37
4.1 Cíle kurzu.....	37
4.2 Časová dotace kurzu.....	38

4.3	Obsahové části kurzu	38
4.4	Tvorba podpůrných aplikací	43
5	Příprava prostor a techniky pro realizaci kurzu	44
	Učebna	44
6	Pilotní kurz	45
6.1	Vyhodnocení znalostního kvízu a zpětná vazba	46
6.2	Optimalizace kurzu.....	48
	Závěr	51
	Seznam použité literatury	52
	Seznam grafů	55
	Seznam tabulek	56
	Přílohy.....	57

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá využitím 3D tisku v technických odborných předmětech. 3D tisk vnímám jako významné odvětví, které může mít velký přínos pro žáky bez ohledu na jejich obor. Výrobky 3D tisku jsou dnes využívány napříč všemi odvětvími.

Osobně pracuji na pozici Lean poradce ve společnosti ŠKODA AUTO a.s., kde je 3D tisk využíván ve velké míře, a to především z důvodu finanční a časové úspory. 3D tisk je ve firmě ŠKODA AUTO a.s. využíván na výrobu komponentů a součástí zařízení.

Výhod 3D tisku si všímají i jiné firmy a odvětví, které 3D tiskárny nakupují ve velkém množství a díky tomu vznikají nové pracovní pozice pro tvorbu 3D modelů. Školství je bezesporu oblastí, kde je nutné žáky a studenty seznamovat s novými technologiemi jako je aditivní výroba. Tuto metodu výroby je vhodné začleňovat především pro technické obory, kde jsou vyučovány odborné předměty. SOŠ a SOU Kaplice, konkrétně odborné učiliště nedisponuje žádnou formou vzdělávání na téma 3D tisk.

Bakalářská práce má dílčí cíle, které svým systematickým plněním vedou k hlavnímu cíli, a to zavedení kurzu 3D tisku na SOŠ a SOU Kaplice. Mezi dílčí cíle patří především dotazníkové šetření. Z jeho výsledků došlo k potvrzení nutnosti začlenit výuku 3D tisku do výuky odborně technických předmětů. Další součástí je vytvoření kurzu, který reflektuje požadavky respondentů. Navrhovaný kurz je pilotně odškolen na SOŠ a SOU Kaplice a následně optimalizován dle připomínek žáků a pedagogů.

Při sestavování kurzu jsou voleny didaktické principy a metody výuky, které jsou implementovány za podpory didaktických prostředků. Zároveň je dbáno na maximální využití kurzu pro stávající, ale také nově nastupující žáky. Jeho výsledkem bude osvojení teoretických a praktických dovedností spojených s 3D tiskem.

Bakalářská práce se skládá ze dvou hlavních částí. Teoretická část je zaměřena především na definici metod výuky, které jsou vhodné pro technické obory a napomáhají žákům lépe pochopit probíranou látku. Dále se tato část věnuje mapování vývoje 3D tisku, přičemž je kladen důraz na klíčové historické milníky. V teoretické části jsou také kapitoly zaměřující se na popis jednotlivých typů 3D tiskáren dle vybraných parametrů a celkový proces tisku. Součástí teoretické části je seznámení s vybranými programy pro tvorbu nebo úpravu 3D modelu. Závěrem je porovnání jednotlivých 3D tiskáren, kdy nejvhodnější z nich je využita v rámci navrhovaného kurzu na SOŠ a SOU Kaplice.

Praktická část bakalářské práce je zaměřena na tvorbu kurzu. Jeho náplň se odvíjí od vyhodnocení dotazníkového šetření, do kterého se zapojí pouze pedagogové a žáci technických oborů jako je například Mechanik opravář motorových vozidel. Při tvorbě tohoto kurzu jsou definovány jednotlivé kroky, které je zapotřebí splnit pro úspěšné začlenění kurzu do výuky. V rámci přípravy kurzu dochází k definování cílů jako je tvorba obsahových částí, časového rozvržení do jednotlivých bloků, přípravě učebny, SW a HW. Závěrem praktické části je pilotní odškolení navrhovaného kurzu, který je následně optimalizován dle zpětné vazby od účastníků.

TEORETICKÁ ČÁST

1 Metody výuky

V rámci první kapitoly dojde k definování výukových metod a didaktických pojmů. Výukové metody jsou pro tuto práci důležité, budou totiž využity v kurzu 3D tisku pro SOŠ a SOU Kaplice. Při tvorbě kurzu musí být brán zřetel na metody popsané v následujících podkapitolách. Napomohou totiž efektivně předávat informace žákům ze strany pedagoga a plnit tak výukové cíle. Pro tvorbu kurzu jsou zároveň důležité i definice didaktických pojmů. Vyučující musí znát jednotlivé pojmy, aby je mohl správně interpretovat a zařadit. Výukové metody a didaktické pojmy lze nazvat jako základními kameny pro tvorbu kurzu či výuky. Pro podporu metod je vhodné využívat také didaktické prostředky a pomůcky. V případě znalosti výše uvedeného a vhodně zvolených didaktických prostředků a pomůcek, lze předpokládat efektivní formu výuky, která žáka dovede k dosažení stanovených vzdělávacích cílů.

Slovo metoda pochází z řeckého slova „*methodos*“, což lze přeložit jako postup či cesta. Metody výuky jsou řazeny mezi základní kameny didaktiky. Přesně definují jednotlivé kroky pro úspěšné dosažení cílů.

Cílem výukových metod jsou především cíle poznávací, hodnotové a operační. Pro úspěšné pochopení vyučované látky je zapotřebí efektivní komunikace a vzájemná spolupráce mezi učitelem a žákem. Metodu výuky lze také chápat jako pracovní či technologický postup, kdy se za jasně daných kroků dospěje k výsledku. Veškeré stanovené cíle výuky musí být v souladu se zásadami organizace a didaktickými cíli.

Dle Vaněčka [1, s. 152-208] lze metody výuky se dělit dle následujících hledisek:

- „*Povaha a struktura poznatků a pramene poznání:*
- *Obsah vzdělání*
- *Rozvoj myšlenkových operací*
- *Řešení úloh*
- *Metody rozborové, situační, projektové a inscenační. Didaktické hry.“*

V následujících subkapitolách budou definovány a popsány metody výuky, které budou následně využity v kurzu 3D tisk a jeho využití v odborných technických předmětech v SOŠ a SOU Kaplice.

Jedná se o metody výuky dle povahy a struktury poznatků a pramene poznání, tj. slovní metody (monologické a dialogické), metody názorně-demonstrační a metody praktické činnosti žáků.

1.1 Slovní metody

K metodám výuky neodmyslitelně patří metody slovní, které jsou založeny především na komunikaci a jsou vnímány jako metody tradičního vyučování. [2]

Rozlišujeme následující slovní metody [2]:

- monologické metody,
- dialogické metody,
- metody písemných prací a metody práce s učebnicí, textovým materiálem či knihou.

1.1.1 Slovní metoda - monologická

Do monologických metod patří především výklad, popis, vyprávění, vysvětlování a v neposlední řadě přednáška. Tyto typy monologických metod se v rámci výuky velice často prolínají a navzájem doplňují. Z tohoto důvodu jsou využívány vyučujícími často ve fázi expo-ziční, kdy je žák seznamován s novým učivem a ve fázi fixační pro opakování učiva. Již zmíněná metoda může mít ovšem i velice vysoký vliv na motivaci žáka. [1] Níže budou detailněji rozebrány dva typy monologických metod.

a) Výklad

Výklad je nejvíce využívanou monologickou metodou při osvojování pojmů a získávání nových dovedností. Je zapotřebí klást velký důraz na efektivitu výkladu. Vyučující se musí zaměřit především na srozumitelnost a zjednodušení témat, která jsou pro žáky složitější. Výklad můžeme též proložit konkrétními příklady případně využít názorně demonstrační metody (viz kapitola 1.2), které pomohou lépe pochopit probírané učivo.

Do výuky je vhodné zařadit i využívání zpětné vazby od studentů formou otázek. Vyučující se tak utvrdí, že žáci pochopili probírané učivo správně.

Tato metoda, tedy výklad ovšem skrývá i jisté nedostatky, kdy v malé míře vede žáky k samostatnému myšlení, rozvoji komunikačních dovedností a tvořivosti.

b) Vyprávění

Vyprávění je založeno na konkrétních faktech, které jsou barvitě popisovány a žáka vtahují do děje například formou popisu konkrétních situací. Aby vyprávění v rámci výuky splnilo svou funkci je důležité, aby vyučující kladl důraz na hlasovou modulaci a živější mimiku. Při správném provedení tohoto typu metody může dojít k vytvoření bližšího vztahu mezi vyučujícím a studentem, což má opět kladný vliv na motivaci studenta [2].

Stejně tak jako metoda výkladu má i metoda vyprávění svá negativa. U vyprávění je velké riziko při předávání informací ze strany vyučujícího. Například pokud se vyučující vyjadřuje příliš odborně a přetěžuje žáky velkým detailem, případně příliš zjednoduší látku nebo zvolí špatné příklady, které žáky mohou mást. V těchto případech dochází k porušení didaktických zásad a pochopitelnosti. Navíc je u žáku zvýšená možnost demotivace.

1.1.2 Slovní metoda - dialogická

Dialogická slovní metoda je založena na komunikaci nejen mezi vyučujícím a žáky, ale i mezi žáky samotnými. Do této kategorie lze zařadit pojmy jako brainstorming, rozhovor, diskuze, panelová diskuze, beseda, dialog a brainwritting. [1]

V následujících odstavcích se budu zabývat charakteristikou metod, které budou následně využity v praktické části této bakalářské práce.

a) Brainstorming

Brainstorming často bývá překládán jako bouře mozku nebo burza nápadů. V kvalitním provedení je to velice efektivní nástroj, pomocí kterého lze získat za krátkou dobu velké množství návrhů nebo možných postupů k dané situaci. Pokud je otázka kvalitně položena a pracovní skupina dodržuje daná pravidla brainstormingu, lze najít rychlé řešení.

Tato metoda je založena především na kreativitě a spontánním myšlení účastníků. Pro demonstraci brainstormingu je možné využít příklad z odborného výcviku, kdy učitel odborného výcviku položí žákům otázku a vyzve je, aby se zamysleli nad možnými zdroji problémů: Ráno přijdu k vozu a nemohu ho nastartovat, čím to může být zapříčiněno? V této fázi je důležité, aby vyučující veškeré podněty od žáků zapisoval na tabuli a dalo se potom nad nimi diskutovat a posoudit tak jejich užitečnost. Jak již bylo řečeno, je důležité dostat co nejvíce návrhů či podnětů nastavením jasných pravidel a seznámit s nimi žáky. Dále je důležité, aby si učitel v tomto případě moderátor brainstormingu stanovil jasný postup. Při brainstormingu by měly být dodržovány následující pravidla [3]:

Vzniklé nápady se nesmí kritizovat či se vysmívat autorovi.

1. Vytvoření příznivého neformálního klima, kdy při tvorbě nápadů panuje naprostá uvolněnost.
2. Veškeré návrhy je nutno zapisovat na tabuli či flipchart, aby je žáci viděli.
3. Nechat se inspirovat již vytvořenou myšlenkou.
4. Pokusit se vyprodukovat co nejvíce myšlenek.

Při brainstormingu by měl být uplatňován následující postup:

1. Zopakovat, popřípadě dovysvětlit žákům pravidla brainstormingu. Ta je vhodné sepsat na tabuli či flipchart, aby je žáci měli po celou dobu na očích. Dle potřeby moderátora rozdělit žáky do menších skupin.
2. Problémy jsou zapisovány na dobře viditelné místo a v případě dotazů od žáků je možná lepší formulace či přesnější definice.
3. Ve třetí fázi se začíná již s tvorbou nápadů. Je možné postupovat dvěma způsoby. První je strukturovaný, což znamená, že žáci jsou postupně vyvoláváni a pokud mají návrh, sdělí ho. Pokud ne, moderátor je přeskočí. Druhá varianta přístupu je častěji využívána a nazývá se nestrukturovaná. Žáci mohou kdykoliv sdělit svou myšlenku. Při nestrukturovaném postupu však hrozí, že někteří žáci budou pasivní.
4. Nápady se nechají takzvaně uležet. Soupis nápadu se vystaví na místo, kde k němu bude přístup pro všechny žáky. Mohou se tak kdykoliv vracet k nápadům a přemýšlet nad nimi. V časovém presu je možno tento krok vynechat a věnovat se rovnou vyhodnocení po tvorbě nápadů.
5. Vyhodnocení nápadů. V této fázi je dobré si již připravit otázky typu, zdali jsou nápady reálné či nikoliv. Dále je možné využít i kritéria, která mohou pomoci

v roztřídění nápadů. V tomto kroku je zároveň uplatňována metoda kritického myšlení. [3]

Ve spojení s brainstormingem je občas skloňován i brainwriting, který je další variantou brainstormingu. Jak již název napovídá jedná se o písemnou formu brainstormingu. Pravidla i jednotlivé kroky velice podobné. Psaní nápadů může probíhat na jeden papír, který se postupně posílá po žácích nebo formou lístečků, které se následně lepí na tabuli.

b) Diskuse

Do dialogické slovní metody spadá také diskuse, kdy dochází k vzájemnému rozhovoru mezi žáky a vyučujícím. Vyučující je v řídicí roli a je považován za moderátora. V diskusi se ve většině případů vyjasňují již předem stanovené problematiky. Z tohoto důvodu musí být žáci na tento proces připraveni, což vyžaduje čas. Diskuse má velice vysoký přínos pro studenty, především v oblasti komunikačních dovedností a osvojení nových poznatků. V rámci diskuse se sdílí ve skupině jednotlivé myšlenky a názory nad kterými ostatní žáci přemýšlí a jistým způsobem se s cizími myšlenkami vyrovnávají. Vzájemný respekt a tolerance k ostatním učí žáky k sociálnímu citění. Žáci se zároveň učí vystupovat veřejně, formulovat správným způsobem své názory a obhajovat je. [4]

Moderátorská činnost je při diskusi velice důležitá, protože moderátor musí mít již předem stanovené cíle a hlavní otázky do diskuse. Zároveň se snaží, aby se všichni žáci zapojovali do diskuse. Žáci musí být správně rozmístěni, aby na sebe dobře viděli.

Závěrem musí moderátor shrnout veškeré hlavní myšlenky a kvalitní vyzdvihnout a podpořit. [1]

1.2 Metody názorně-demonstrační

Metoda názorně-demonstrační je opět založena na smyslovém vnímání žáků, což v kombinaci s metodami slovními napomůže žákovi lépe pochopit probíranou látku především v odborných technických předmětech. Žáci v rámci této metody využívají poznávacího procesu praktických aktivit. Při metodě dochází k transformaci žáků z teoretické roviny na praktickou. [3]

Zaměření na co největší množství smyslů ve výkladu prosazoval i J.A. Komenský [5, s. 156], v rámci zlatého pravidla pro učitele „*Proto budiž učitelům zlatým pravidlem, aby všechno bylo předváděno všem smyslům, kolika možno. Totiž věci viditelné zraky, slyšitelné sluchu, vonné čichu, chutnatelné chuti a hmatatelné hmatu; a může – li něco být vnímáno najednou více smysly, budiž to předváděno více smyslům.*“

Metody názorně-demonstrační lze dále dělit do podskupin [1]:

- Pozorování
- Předvádění
- Demonstrační pokus
- Demontrace

- Projekce statická a dynamická

a) Pozorování a předvádění

Pozorování a předvádění lze často nalézt jako dvě samostatné metody, ale z praktického hlediska je efektivnější metody využívat souběžně. Pokud učitel již předvádí nějaké činnosti, žáci jej při tom zároveň sledují. Při využívání těchto metod je důležité, aby vyučující měl přesně stanovený a systematický postup, a to především z důvodu udržení žákovy pozornosti. Žáci totiž často vnímají pouze povrchně a lehce se rozptýlí, čímž se snižuje vnímání žáka. Cílem je, aby žák vnímal soustavně, zamyslel se nad daným tématem a rozvíjel svoji fantazii. [3]

Vzhledem k tématu bakalářské práce lze uvést i tématický příklad z oblasti 3D tisku, kdy vyučující předvádí jednotlivé kroky přípravy 3D tiskárny pro úspěšný výtisk modelu. Žáci sledují celý proces krok po kroku, přičemž učitel jednotlivé kroky komentuje a klade důraz na důležité body a kritická místa, aby vysvětlení bylo dostatečné a žáci později při práci s 3D tiskárnou nechybovaly.

b) Projekce statická a dynamická

Veškeré dílčí metody názorně-demonstrační mají stejný cíl, a to předat co nejvíce informací jednotlivým smyslům žáka. K tomu je využívána i projekce statická a dynamická, kdy za pomoci didaktických prostředků jako jsou například tablety, technická dokumentace či film dochází k větší pozornosti studentů. Pokud učitel při předvádění využije i interaktivní prvky, dochází zároveň i ke zvýšení motivace žáků. [1]

Pro příklad je možné použít i využití tabletů při pravidelné údržbě 3D tiskárny, kdy si žáci naskenují QR kód a ten je odkáže na návodku, kde naleznou jednotlivé kroky, jak postupovat. Pokud je návodka v aplikaci doplněna fotografiemi, popřípadě videem je to mnohonásobně přínosnější než pouhý text v knize či výklad učitele u tabule.

1.3 Metody dovednostně-praktické

Metoda dovednostně-praktická je v poslední době upozadována především z důvodu zvyšujících se nároků na rozsah poznatků v rámci výuky. U této metody teoretická část převažuje praktickou. Ta je prováděna až po ukončení studia v pracovním procesu.

Lze se opřít několik o průzkumů. Například Maňák [3, s. 91] uvádí: „z toho, co slyšíme, si pamatujeme jen 20 %, z viděného 30 %, zatímco 80 % nám utkví v paměti z toho, co sami formulujeme, ale paměť uchová dokonce 90 % z toho, co sami děláme“. Níže uvedené metody posilují praktickou aktivitu žáků díky vlastním zkušenostem, při kterých dochází k podpoře psychomotorických a motorických dovedností [3]:

- Vytváření dovedností
- Napodobování
- Manipulování, laborování, experimentování
- Produkční metody

2 Analýza skutečného stavu 3D tisku

3D tisk, často nazýván jako aditivní výroba, je proces výroby trojrozměrných pevných objektů za podpory digitálního souboru. Aby došlo k vytvoření tištěného 3D modelu je zapotřebí aditivního procesu. Aditivní proces spočívá v postupném nanášení vrstev materiálu, dokud není model zcela hotový. Tento způsob výroby umožňuje tisknout velice složité tvary s použitím menšího množství materiálu než u metody tradiční výroby. [6]

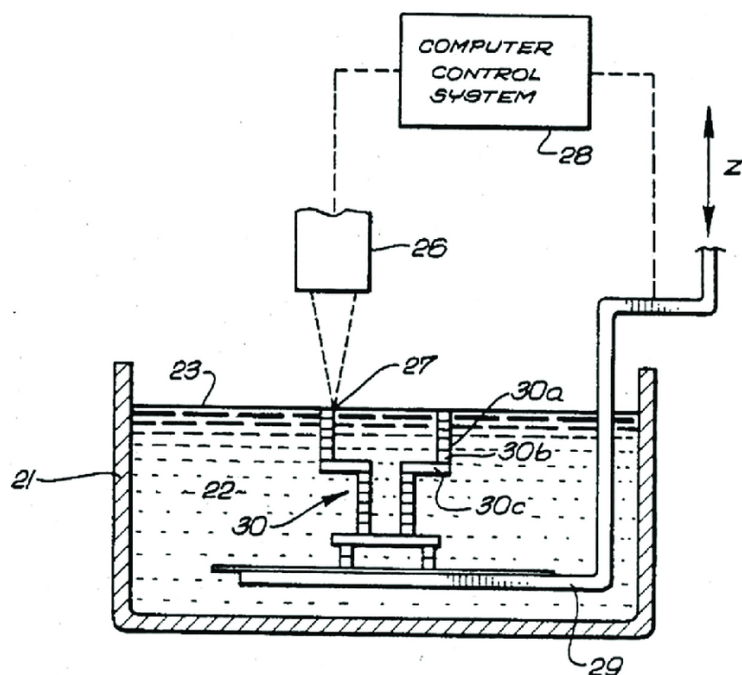
3D tisk je v dnešní době vnímán jako důležitý prvek, který je schopen spořit čas a finanční prostředky. Z těchto důvodů je stále více využíván napříč veškerými odvětvími, které chtějí napomoci efektivním procesům. Na tuto skutečnost se snaží reagovat také školy, které žáky s aditivní výrobou seznamují a tím zvyšují jejich konkurenceschopnost na trhu práce.

Druhá kapitola se bude zabývat historií a vývojem 3D tisku, vysvětlením principu 3D technologie, seznámením se základním rozdělením 3D tiskáren, jejich komponenty a programy na tvorbu 3D modelů. Dále budou uvedeny příklady pro využití aditivní výroby v rámci jednotlivých odvětví. Body, kterými se druhá kapitola bude zabývat, napomůže žákům a vyučujícím ke komplexnímu pochopení aditivní výroby. Nabyté zkušenosti budou následně využity v praxi při tvorbě modelů a u obsluhy 3D tiskárny.

2.1 Historie a vývoj 3D tisku

K prvnímu zdokumentování 3D modelů došlo na počátku 80. let 20. století v Japonsku. V roce 1981 Hideo Kodoma představil metodu na vytváření 3D plastových modelů. Jeho metoda rychlého prototypování byla založena na postupném vytvrzování jednotlivých vrstev fotocitlivé pryskyřice za pomoci ultrafialových paprsků. Tento princip se objevoval u prvních tiskáren typu SLA. Nicméně Kodoma nedokázal tuto metodu nikdy patentovat. První úspěšný patent si nezávisle na Kodomovi podal 8.8.1984 Charles Hull, který byl uznán a publikován 11.3.1986 pod označením US4575330. Patent je nazván jako zařízení na výrobu trojrozměrných předmětů stereografií. [7]

Tento patent je vysvětlen jako systém pro generování trojrozměrných objektů, který má být vytvořen na vybraném povrchu. Základem je kapalně médium schopné měnit svůj fyzikální stav v reakci na vhodnou synergickou stimulaci dopadajícím zářením. [8]



Obrázek č. 1: Zařízení pro výrobu trojrozměrných předmětů stereografií [28]

V roce 1987 společnost 3D Systems uvedla na trh první 3D tiskárnu typu SLA s názvem SLA-1 [9]. Hned následující rok Carl Dekard přišel s technologií SLS, kterou vyvíjel v rámci magisterského studia. Technologie SLS má vstupní materiál prášek, který je spojován za pomoci laseru vrstvu po vrstvě do tvaru výrobku. Roku 1992 byl společnosti Stratasys udělen patent na technologii Fused Deposition Modeling (FDM). Tato metoda tisku opět spočívá v postupném nanášení materiálu. Hlavní rozdíl mezi tiskárnami SLS a FDM je především na vstupním materiálu. FDM využívá tiskovou strunu, tedy materiál v pevném skupenství. Technologie FDM zároveň přispěla k velkému rozšíření tiskáren na trhu a to především cenovou dostupností a jednoduchostí.

Roku 1999 se 3D tisk začal využívat i ve zdravotnictví. První vyrobené lidské orgány přinášejí nové pokroky v medicíně.

V roce 2004 byl zahájen projekt RepRap. 3D tiskárny typu FDM jsou si schopny tisknout náhradní díly tzv. se samoreplikovat. Další velký posun přichází o rok později, kdy Společnost ZCorp uvádí na trh model 3D tiskárny Spectrum Z510. Ta dokáže tisknout barevně a s vysokým rozlišením. [10]

Roku 2010 se začaly využívat benefity 3D tisku také v automobilovém průmyslu, kdy firma Local Motors zhotovila první vytištění dvoumístní roadster. Vytisknutý model je elektrovůz, který by měl být využíván jako městské vozidlo. [11]

V roce 2012 vstoupil na trh Josef Průša s firmou Prusa Research. Český vynálezce, který je v tuto chvíli považován za jednoho z nejznámějších osob v oblasti 3D tisku. Jeho začátky jsou v roce 2009, kdy se začal o 3D tisk zajímat a později se zapojil do open-source projektu RepRap. Aktuálně firma vyprodukuje 9000ks tiskáren měsíčně do celého světa [12]. Tiskárny typu Průša i3 patří mezi nejlepší v poměru cena výkon a proto jsou využívány v dílnách kutilů, ale i ve velkých korporátech jako je například ŠKODA AUTO a.s

3D tisk se v roce 2017 začal využívat už i ve stavebnictví, kdy jako materiál pro tisk je speciální beton. Firma COBOD International zhotovila dům v Kodani, který je plně obyvatelný. Robot byl schopen nanášet délku vrstvy betonu o 1000mm/s [13].

2.2 Technologie 3D tisku

Technologie všech druhů 3D tiskáren je založena na stejném principu. Jednotlivé vrstvy požadovaného materiálu jsou postupně nanášeny na sebe. Materiály, ze kterých lze tisknout mají rozdílné fyzikální a chemické vlastnosti, proto je důležité si předem definovat k čemu má vytištěný výrobek sloužit.

V tomto ohledu lze rozdělit 3D tiskárny do tří kategorií, které se od sebe liší materiálem na vstupu, a tudíž i procesem tisku, při kterém probíhá změna skupenství.

Využívané materiály mohou být následující [14]:

- materiál v podobě tiskové struny,
- materiál tekutý,
- materiál práškový.

Vzhledem k rozpočtu státních škol jsou 3D tiskárny začleňovány do výuky až v posledních letech. V rámci svých finančních možností jsou školy touto technologií postupně vybavovány a žáci jsou tak seznamováni s aditivní výrobou. Bez předchozích zkušeností je ovšem zbytečné vybavovat školy tiskárnami, které tisknou speciální materiály a jsou finančně náročné. Zde je tedy nasnadě seznámit žáky, ale i pedagogy se základními úkony, pro které jsou dostačující tiskárny typu FFF. Ty se vyznačují výborným poměrem cena/výkon. Zároveň jsou tiskárny tohoto typu poměrně spolehlivé se snadnou údržbou.

I přesto je v dnešní době mnoho škol, které 3D tiskárny nemají k dispozici a žáci i učitelé o aditivní výrobě nemají žádné informace.

Výběru nejvhodnější tiskárny se bude věnovat kapitola 2.5. Zde budou porovnány tiskárny, které jsou vhodné pro seznámení žáků a pedagogů s 3D tiskem.

2.2.1 Materiál v podobě tiskové struny – FDM/FFF

Tato forma 3D tisku je nejrozšířenější a to především z důvodů cenové dostupnosti, jednoduchosti a bezpečnosti. Druh tohoto tisku má jako materiál na vstupu tiskovou strunu neboli filament, který je zaváděn do tiskové hlavy (extruderu), ta filament roztaví a postupným nanášením tvoří jednotlivé vrstvy.

Výše uvedené technologii FDM (fused deposition modeling) a FFF (fused filament fabrication) jsou stejné, ale název FMD je registrován pouze pro firmu Stratasys, která má ochrannou známku.

Technologii FDM a FFF využívají především tiskárny. [14]

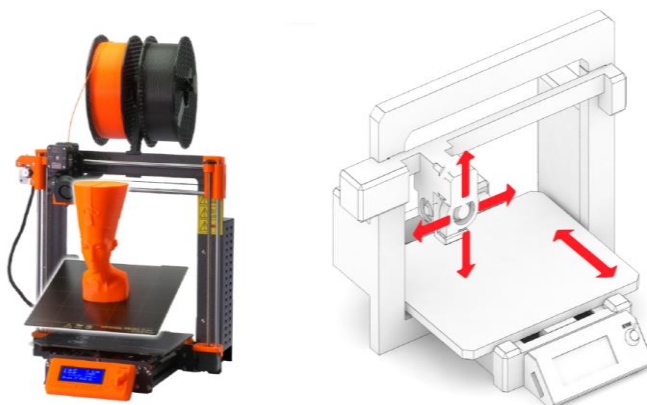
- Kartézská
- Delta

- Polar

a) Kartézská tiskárna

Tiskárna nesoucí název Kartézská patří mezi nejznámější a nejvyužívanější tiskárny a to především díky firmě Prusa Research a.s., která se zabývá jejich výrobou pod názvem Prusa i3 MK3S.

Princip tiskárny je výstižně popsán v knize Základy 3D tisku s Josefem Průšou [14, s. 12]. „tiskárna je založena na principu pohybu po třech lineárních osách, přičemž tisková hlava vytlačující materiál (extruder) se pohybuje ve dvou osách (X, Z) a podložka po jedné (Y).“

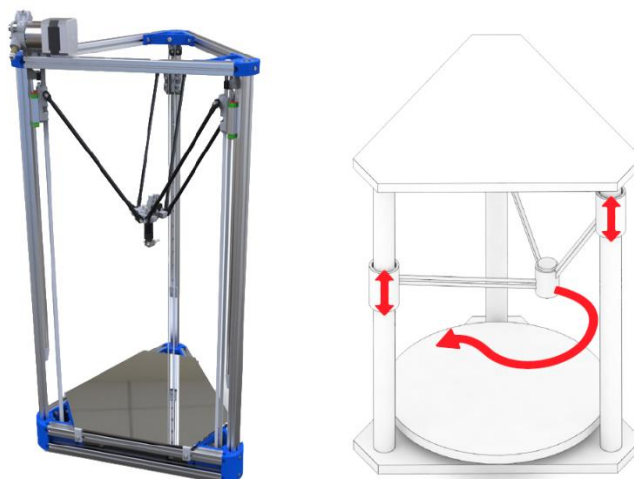


Obrázek č. 2: Kartézská tiskárna [29]

b) Tiskárna Delta

Tiskárny delta jsou pojmenovány dle jejich principu tisku, kdy se během tisku pohybují pomocí tří ramen v trojúhelníkovém systému. Ramena jsou od sebe oddělena a v dolní části jsou spojena extruderem, který nanáší jednotlivé vrstvy. Při tisku dochází k pohybu ramen, která jezdí nahoru a dolů. Znamená to vzájemnou spolupráci všech ramen i při pohybu v jednom směru. Z tohoto důvodu dochází k převodu souřadnic osy XYZ do trojúhelníkové soustavy.

Velkou výhodou tiskárny Delta je především její rychlost, a to kvůli menšímu množství pohybu oproti jiným tiskárnám využívající technologii FDM a FFF. Nutno podotknout, že tyto tiskárny nejsou vhodné pro začátečníky, a to z důvodu náročné a velice citlivé údržby tiskárny. [14]

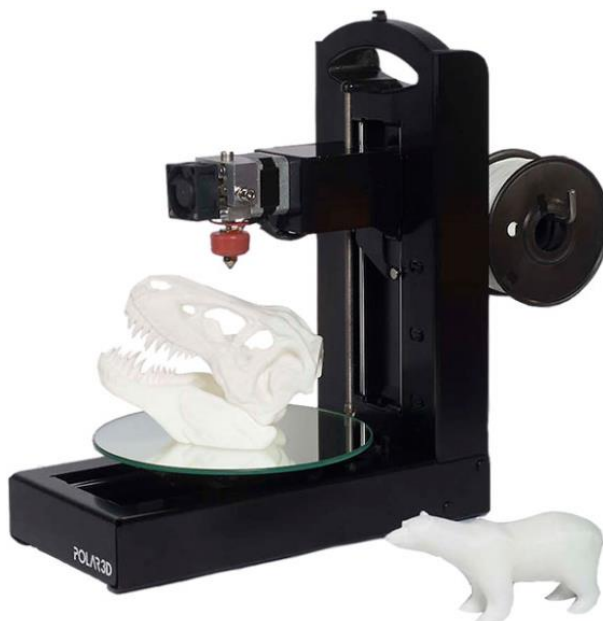


Obrázek č. 3: Tiskárna Delta [29]

Tiskárna Polar

Tiskárny typu Polar využívají místo kartézského souřadnicového systému systém polárních souřadnic. V polárním souřadnicovém systému jsou body určeny pomocí vzdálenosti a úhlu od definovaného centrálního bodu. Tiskárna je konstrukčně velice jednoduchá, pohyby vykonává tisková hlava ve dvou osách a podložka formou rotace.

Nevýhodou této tiskárny je její spolehlivost, a proto je nejméně využívána. Navíc její příprava před tiskem je časově náročná. Ovšem velkou výhodou jsou velikosti výtisků, které jsou větší než u rozměrově stejné tiskárny kartézské. [14]



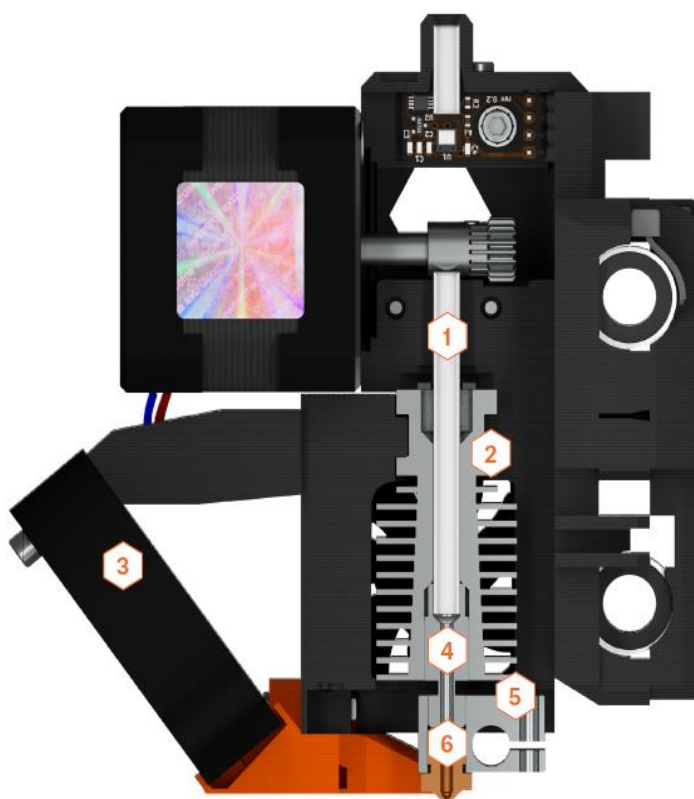
Obrázek č. 4: Tiskárna Polar [29]

2.2.2 Komponenty tiskáren FFF

Základem úspěšného procesu tisku je znalost komponentů, ze kterých se 3D tiskárny skládají. I když se tiskárny FFF dělí dle jednotlivých typů, nutno podotknout, že komponenty mají velice podobné. Níže dojde k vyjmenování a základnímu popisu komponentů z tiskárny FFF. [13]

Extruder

Extruder bývá často také nazýván jako tisková hlava a je právem považován za jednu z nejdůležitějších částí 3D tiskáren. Tento komponent má na starosti vtahování, roztavení a vytlačování filamentu. Extruder je složen z několika dílů, které vzájemně spolupracují. Dále budou jednotlivé díly popsány. [16]



Obrázek č. 5: Extruder [30]

1. **Teflonová trubička** – skrze teflonovou trubičku je přiváděn filament v pevném stavu v pokojové teplotě.
2. **Chladič (Heatsink)** – chladič je umístěn v extruderu, aby odvedl pryč co nejvíce tepla a zmenšil tak oblast mezi pevným a roztaveným filamentem.
3. **Tiskový ventilátor** – z důvodu lepšího odvodu tepla je na tiskárny montován tiskový ventilátor, který napomáhá chladiči a zvyšuje tím jeho účinnost.
4. **Izolátor (Heat break)** – izolátor má za úkol oddělit takzvanou teplou zónu od studené. Na první pohled je izolátor oproti teflonové trubičce zúžen, což je z důvodu, aby se zamezilo přenosu tepla nahoru.

5. **Heater Block** – je nejčastěji zhotoven z hliníku, aby dobře vedl teplo a slouží k tavení filamentu, který následně putuje do trysky. Heater Block je osazen topným tělesem, které zajistí požadovanou teplotu pro tisk zvoleného materiálu a termistorem, který informuje o aktuální teplotě na displeji
6. **Tryska** – tryska je nejspodnější díl extruderu, skrz kterou je vytlačován roztažený filament na vyhřívanou podložku. Uživatel si může zvolit mezi různými průměry trysek a ovlivňovat tak rychlost a kvalitu tisku.

Vyhřívaná podložka

Vzhledem k velké rozmanitosti filamentů a jejich fyzikálních vlastností umožňuje vyhřívaná podložka nastavování různých teplot, které jsou ideální pro daný typ tisknutého materiálu. Optimální teplota podložky eliminuje postupnou deformaci výtisku.

Rám

Konstrukce tiskárny neboli rám má velký vliv na kvalitu tisku. Pokud je rám pevný a robustní zamezuje tak vibracím, které ve velké míře snižují kvalitu tisku a to především při rychlejším tisku.

Krokové motory

Pro zajištění veškerých mechanických pohybů během tisku využívají tiskárny krokové motory. Na konkrétním typu tiskárny Prusa i3 MK3S+, což je aktuálně nejprodávanější model, jsou umístěny tři krokové motory. První krokový motor zajišťující přívod neboli podávání tiskového materiálu do tiskové hlavy. Následující dva zajišťují veškeré pohyby tiskové podložky a tiskové hlavy.

Řídící jednotka

Řídící jednotka je považována za centrální mozek 3D tiskárny. Právě řídicí jednotka čte a zpracovává vstupní textový soubor, který je nazýván G-code. Na základě kódu koordinuje jednotlivé pohyby krokových motorů a nastavuje optimální teplotu trysky a podložky. [14]

Tiskové materiály pro 3D tiskárny typu FFF

Tyto tiskárny využívají jako stavební materiál filament, který je také často nazýván tiskovou strunou. Obsluha tiskárny musí být seznámena se základními vlastnostmi jednotlivých filamentů, aby správně zvolila vhodný druh materiálu pro svůj výrobek, který bude například využíván ve vyšších teplotách a bude u něj vyžadována jistá pružnost. V dnešní době je spektrum opravdu široké a lze si vybrat přibližně z 20 možných druhů filamentů. Lze také volit různé barvy, průměry filamentu a množství, které se nachází na špulce. Zde je ovšem důležité prověřit, zdali zakoupená tiskárna umožňuje tisk zvoleného filamentu.

Vzhledem k nejrozšířenějším tiskárnám od firmy Prusa Research budou přednostně vybrány filamentsy, které jsou vhodné pro tyto tiskárny.

PETG

Zkratka PET značí Polyethylentereftalát, který je nejvíce používaný plast na světě a označení G znamená modifikovaný glykol. Díky glykolu nejsou vytisknuté předměty méně křehké. [17] Tento druh filamentu je jeden z nejvíce používaných, a to především z důvodu jeho ceny, vhodnosti využití pro mechanické díly a chemické odolnosti. Naopak není vhodné tento materiál využívat na malé předměty a užívat jej ve vyšších teplotách. [14]

PLA

Filament s označením PLA je polylactic acid v překladu kyselina polymléčná. Také velice využívaný filament, který je plně biologicky odbouratelný. PLA obsahuje bramborový či kukuřičný škrob. Tento materiál je vhodný pro menší předměty a nevyžaduje vyhřívanou podložku. Zvýšenou pozornost je ovšem nutné věnovat jeho skladování. Je totiž velice náchylný na vlhkost. Při nevhodném skladování dochází k vytisknutí nekvalitních výrobků, což se projevuje bublinkami na výrobku. [18]

ABS

ABS neboli Akrylonitrilbutadienstyren je amorfní termoplastický průmyslový kopolymer. Tento materiál se vyznačuje svou houževnatostí a odolností vůči vysokým a nízkým teplotám. Z tohoto důvodu je nutné zvýšení teploty tiskové podložky oproti výše zmíněným materiálům. Pro tisk ABS je vhodné využívat zakrytované tiskárny z důvodu pomalejšího chladnutí materiálu. Zároveň se doporučuje větrání místnosti, kde probíhá tisk, protože při zahřívání materiálu dochází k odpařování škodlivých látek. [19]

ASA

Filament typu ASA Acrylic Styrene Acrylonitrile je považován za alternativu k materiálu ABS, v mnoha ohledech je ovšem lepší. Například je odolnější vůči UV záření a je vysoce odolný vůči povětrnostním podmínkám. U tohoto materiálu lze zhotovovat lesklý a hladký povrch za pomoci výparů acetonu. Aceton lze také využívat k lepení výrobků z ASA. Nevýhodou tohoto materiálu je velké kroucení, které je způsobeno rozdílnými teplotami mezi okolím a modelem [20].

PC

Polykarbonáty jsou nejčastěji využívané materiály pro 3D tisk. Každopádně se doporučuje začít je používat až po jistých zkušenostech s 3D tiskem. Polykarbonát se vyznačuje opravdu vysokou tepelnou odolností, odolností v tahu a houževnatostí, což se projevuje v ceně, která je oproti PLA a PETG dvojnásobná. Další výhodou jsou elektroizolační a dielektrické vlastnosti, což znamená, že nevodí elektřinu. Záporné vlastnosti spočívají především v jeho náchylnosti na vlhkost. [21]

Z výše vyjmenovaných filamentů patří do základních skupiny právě PLA, PETG a ABS. Jsou i nejvíce využívány. ACA a PC patří mezi nadstavbové filamenty, které vyžadují lepší znalost tisku a jejich ceny jsou vyšší.

Aktuálně lze vybírat z 20 druhů filamentů, ty mohou být s obsahem sádry nebo dřeva, fosforeskující, s částicemi kovu atd.

2.2.3 Tekutý materiál – SLA/DPL/MSLA

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.1 tisk SLA (Stereolithography) patří mezi první princip 3D tisku. Základem je kapalně médium schopné měnit svůj fyzikální stav v reakci na vhodnou synergickou stimulaci dopadajícím zářením [8]. Dle J. Průši [16, s. 14]. je 3D tisk na principu SLA oproti FFF pomalejší a tisková plocha je menší. Což ovšem SLA kompenzuje svou precizností, kdy modely mají takřka hladké a detailní povrchy, tzn. že na modelu nejsou vidět na první pohled vrstvy jako u modelů z tiskáren FFF. Díky těmto přednostem je tisk SLA využíván v medicíně a šperkařství. Při obsluze tiskáren SLA je ovšem velice důležité si dát pozor na toxicitu pryskyřice, která je využívána jako stavební materiál. Během tisku by se měl uživatel vyvarovat přímému kontaktu s pryskyřicí a vdechování výparu při vytvrzování.

Po zhotovení výrobku 3D tiskárnou není celý proces u konce. V dalším kroku musí dojít k jeho oplachu a následnému dovytvrzení UV světlem. Model po vytisknutí má na svém obvodu nevytvrzenou pryskyřici, kterou je zapotřebí smýt. K očištění se nejčastěji využívá izopropylalkohol, do kterého se výrobek ponoří. Jak již je patrné z celého popisu, je nutností dbát na BOZP a využívat ochranné pomůcky jako jsou rukavice. K novějším typům tiskáren lze zakoupit zařízení, které všechny kroky nutné k vytištění udělají automaticky.

Tiskárny SLA lze dělit v procesu vytvrzování do tří kategorií dle způsobu osvětlení. Různé druhy vytvrzování vrstev mají vliv na kvalitu a dobu tisku požadovaného výrobku.

SLA - laser

Vytvrzování probíhá za postupného osvětlování celé tiskové vrstvy přes zrcadla, na která dopadá UV laserový paprsek. Protože osvětlování je postupné, tisk většího objektu trvá déle a naopak.

SLA – DLP (Digital Light Processing)

Na rozdíl od postupného vytvrzování pomocí laseru je metoda digitálního projektoru efektivnější. Digitální projektor osvětluje celou vrstvu najednou v místě potřeby.

MSLA - (Mask Stereolithography)

MSLA vytvrzuje pryskyřici jako DLP, a to po celých vrstvách najednou. Ovšem celá tisková vrstva je zamaskována LCD displejem. Dá se říct, že displej určuje místo, kde má dojít k vytvrzení a to tím, že dojde k aktivaci (rozsvícení) diody. V těchto místech dojde k propuštění paprsku a následnému vytvrzení. [14]

2.2.4 Komponenty tiskáren MSLA

Vzhledem k velkému rozšíření tiskáren typu MSLA, je důležité si přiblížit komponenty, ze kterých se tiskárna skládá. Vše bude následně demonstrováno na tiskárně od firmy Prusa RESEARCH, a to Original Prusa SL1S.

UV dioda

Pomocí diody, která se nachází v jádru tiskárny pod panelem LCD, dochází k rychlému vytvrzování pryskyřice. Jakmile velice výkonná dioda provede osvit v definovaných místech, nastane během několika vteřin vytvrzení vrstvy pryskyřice.

LCD panel

Hlavní role panelu spočívá v maskování částí vrstvy, která nemá být vytvrzena. LCD panel je tvořen z pixelů, které určují, zdali skrze ně projde UV světlo či nikoliv. Maskování hraje důležitou roli, protože UV diody osvětlují celou plochu a kdyby nedocházelo k maskování, bude vytvrzena celá plocha.

Vanička

Vanička je zásobník na pryskyřici, ze které je následně tisknuto. Dno vaničky je průhledné, aby skrze něj mohlo procházet UV světlo a docházelo tak vytvrzování. Zde je nezbytně nutné dbát o správnou údržbu průhledného dna, aby nedocházelo k poškození. Poškrábání průhledné části může mít vliv na výslednou kvalitu vytištěného předmětu.

Kryt tiskárny

Kryt tiskárny slouží k zamezení úniku UV světla mimo tiskárnu a zároveň vnikání UV světla ze slunečního svitu. Při vnikání slunečních paprsků do tiskárny hrozí nežádoucí vytvrzování pryskyřice. Kryt spolu s filtrací vzduchu také brání úniku výparů, které vznikají během tisku.

Součástí tiskárny je stejný rám jako na tiskárnách typu FFF a ovládací panel k mechanickému posuvu osy. Tiskárny FFF pracují, jak již bylo zmíněno, ve třech osách X, Y, Z zatímco MSLA pouze v jedné ose Z.

Tiskový materiály pro 3D tiskárny typu SLA/DPL/MSLA

Tiskové materiály pro tiskárny typu SLA, DPL, MSLA jsou na kapalně bázi. Nazývají se resin nebo pryskyřice. Jedná se o fotocitlivý materiál, který je vytvrzován UV světlem. Oproti filamentu neexistují různé materiály s rozdílným základem. Tento kapalně stavební materiál je v základě stejný, ale lze přidávat příměsi a barvy. Přidáním příměsí můžeme docílit vyšší tvrdosti a houževnatosti.

Resin se skládá ze 3 složek, které mají vliv na výslednou kvalitu a vlastnosti výrobku. Jádro resinu tvoří pryskyřice. Resin obsahuje i fotoiniciátory, což jsou molekuly, které reagují na UV světlo a zahájí tuhnutí. Poslední složkou jsou aditiva, která změní barvu a vylepší vlastnosti výrobku.

Práce s kapalněm materiálem je z pohledu BOZP rizikovější než práce s pevněm materiálem a není příliš vhodná pro žáky středních škol. Resin je považován za nebezpečnou chemikálii a hrozí zde riziko nehody. V případě využívání tohoto druhu materiálu na středních školách je nezbytně žáky důkladně seznámit s možnými následky a vybavit je ochrannými pomůckami. Žák musí při manipulaci s materiálem použít rukavice, aby nedošlo ke kontaktu s pokožkou a respirátor. Během tisku je nutné odvětrávání místnosti kvůli výparům a v neposlední řadě je důležité prověřit, zdali student nemá alergii na resin. [14]

2.2.1 Práškový materiál – SLS/ DMLS

Zatímco nejběžnější formy 3D tiskáren pracují s různými roztavenými plasty, technologie SLS a DMLS používají k vytvoření požadovaných výrobků i práškový kov nebo kovové slitiny. Zkratka SLS znamená Selective Laser Sintering a DMLS je Direct Metal Laser Sintering. Princip tisku, jako u klasických tiskáren, spočívá v nanášení jednotlivých vrstev, které jsou následně vytvrzovány. V případě této technologie je to ovšem prášek, který je nanášen válcem. Jemný prášek je následně silným laserem spékán v bodech, které tvoří samotný výrobek.

Nutno podotknout, že prášek není zcela roztaven do tekuté podoby. Při tisknutí je víceméně nulový odpad, protože zbylý prášek se dá znovu využít pro tisk. Aby byl více definován rozdíl mezi SLS a DMLS je důležité zmínit, že technologie SLS je zaměřena na tisk keramiky, skla, plastů a výběr speciálních kovů. DMLS využívá prášek pouze s kovovými slitinami. Výhodou této technologie DMLS je, že výrobky jsou bez vnitřních vad. Z tohoto důvodu jsou využívány hlavně v prostředí, kde jsou hodně zatěžovány jako je například letecký průmysl.

Tiskové materiály pro SLS a DMLS

Tiskový materiál pro tento druh tiskáren je ve formě prášku. Pomocí metody SLS je možné tisknout materiály jako je plast, kov, písek, keramika. Metoda DMLS se řadí na profesionální úroveň, kdy lze tisknout slitiny titanu nebo kobaltový chrom. Tyto materiály jsou schopny snášet enormní výkyvy teplot a jsou velice odolné. Pro příklad lze uvést letectví a kosmonautiku, kde se tisknou například komponenty turbín. [22]

2.3 Využití 3D tiskáren

V posledních letech, se aditivní výroba dotkla všech průmyslových odvětví. Tiskárny, které využívali primárně kutilové, se posunuly na výkonné, spolehlivé tiskárny, které jsou dnes standardními nástroji pro malé i velké podniky. 3D tisk přináší firmám jisté výhody, které dělají firmy efektivnější a snáze se optimalizují. 3D tisk především snižuje náklady, umožňuje rychlé prototypování, snižuje skladové zásoby a umožňuje výrobu s minimálním množstvím odpadu. Níže bude uvedeno několik odvětví, kde má 3D tisk velice důležitou roli.

Automobilový průmysl

Automobilový průmysl využívá potenciál 3D tisku již několik let. 3D tisk je užitečný při rychlém prototypování a je schopen výrazně zkrátit dobu návrhu a dobu realizace u nových modelů aut. Stále častěji se také vytisknuté díly objevují při vykonávání pracovní činnosti v rukách zaměstnanců. Firmy si montážní přípravky dělané na zakázku a další nástroje díky 3D tisku zvykle vyrábět přímo samy. [23]

Tímto způsobem dochází k celkovému zefektivnění, kdy výrobce nemusí držet zásobu požadovaných dílů a odpadá komunikace s dodavatelem. V některých případech firmy zabývající se výrobou vozů, jsou schopny snížit cenu přípravku i o 90% se stejnou životností. Díky zefektivnění vlastní výroby je výrobní proces jako celek efektivnější a ziskovější.

Vzhledem k neustálému vývoji 3D tisku lze očekávat, že stále více komponentů umístěných ve vozích bude z aditivní výroby. Závěrem je nutno podotknout, že spektrum přípravků, zařízení a automatických stanic je obsáhlé a jsou zde využívány veškeré technologie 3D tisku od základních až po profesionální typy tiskáren za několik milionů Kč.

Výroba šperků

3D tisk je velkým hráčem také v oblasti designu a způsobil revoluci ve šperkařství. Za pomoci 3D tisku lze vytvořit tištěných šperků, který má srovnatelný vzhled a dojem s tradičně ručně vyráběnými a odlévanými šperky. V posledních letech došlo v této oblasti k velkým pokrokům. Mnoho návrhářů upřednostňuje 3D modelování a tisk svých návrhů před tradičními ručními metodami.

Digitální modely lze snadno upravovat a vytisknout znovu, díky čemuž je 3D tisk levnou a rychlou variantou. Zákazníci mohou před nákupem šperku vyzkoušet prototyp kusu a následně si jej nechat na míru upravit. Konečné návrhy pak mohou být 3D vytištěny a odlity do formy dle tradičních šperků.

Letecký a kosmický průmysl

Snižování hmotnosti je důvod, proč se i tento průmysl rozhodl pro využívání 3D technologií. Menší hmotnost tisknutých komponentů napomohla zejména leteckému průmyslu k značným úsporám. Pokud jsou komponenty v letadle lehčí snižují spotřebu paliva, emise, rychlost a bezpečnost. Podobně jako v jiných oblastech 3D tisk umožňuje zrychlení výroby oproti tradičním metodám, které jsou příliš složité. V tomto průmyslu, kde jsou komponenty extrémně namáhány, je využívána především technologie DMLS. Aktuálně Airbusy tisknou tisíce součástí do svých letadel.

Zdravotnictví – Protetika a stomatologie

I zde lze najít prvky 3D tisku a to především v oblasti protetiky. Jak již bylo zmíněno rychlost prototypování, tisku a cena patří mezi hlavní výhody 3D tisku. A to je dobrá zpráva pro 30 milionů lidí, kteří potřebují končetiny, a ne vždy mají potřebné prostředky na jejich pořízení. Výroba protetiky standardní metodou je nákladná a o hodně pomalejší, což je v poměru k poptávce neúnosné. Tento problém se nejvíce vyskytuje v rozvojových zemích. Své využití našel 3D tisk také v oblasti stomatologie při tvorbě protéz, můstků, korunek a částečných zubních náhrad. [23]

Stavebnictví a architektura

Zatímco stolní tiskárny jsou omezeny svou velikostí tiskové plochy, ve stavebnictví došlo k posunu. Lze tisknout celé domy a velké funkční součásti. Technika 3D tisku dává architektům svobodu, a to i u dříve méně tvárných stavebních materiálů jako je beton. Umožňuje stavět plně udržitelné a energeticky úsporné domy, které zároveň splňují moderní standardy. Výstavba za pomoci 3D tisku by do budoucna mohla být bez odpadu a poskytovat velmi nízké provozní náklady

Školství

Posledním a nejdůležitějším odvětvím pro tuto bakalářskou práci je školství, kdy je mnoho důvodů proč využívat 3D tiskárny ve školách.

Prvním důvodem, proč využívat 3D tisk ve výuce, jsou především modely, na kterých lze vysvětlit probíranou látku a přiblížit tak žákovi praxi. Modely, například pro učební obor automechanik, jsou velice drahé. Další nevýhodou může být i dodací doba konkrétního modelu. Pokud je škola vybavena 3D tiskárnou je schopna tyto modely zhotovovat sama za mnohonásobně nižší částku a v kratším časovém období. Jednoduchý model lze vytisknout v řádu jednotek hodin. Další výhodou je zapojování studentů do tvorby pomůcek či zlepšování školního prostředí. V této fázi dochází k velké motivaci, kdy žák na vlastní oči vidí, jak se mu jeho výkres mění ve 3D výrobek. 3D tisk lze zahrnout do kroužku či v technických předmětech zhotovovat jednotlivé díly nebo dokonce celé sestavy. [23]

Byť je tato práce zaměřena na technické obory jako je například automechanik, lze začlenit 3D tisk i do jiných předmětů či škol, které nemají technické zaměření. Dá se říci, že výuku 3D tisku je možno začlenit od předškolního věku po doktorské studium. Zde je ovšem důležité zvolit správné zařízení a metodu tisku. Pro základní školy jistě není vhodné využívání tiskáren, jejichž vstupní materiál je toxický jako například stavební materiál resin. Zde je ideální volba základní tiskárna typu FFF, která není pro žáky tolik nebezpečná a využijí ji například v předmětech jako jsou:

- Biologie - tvorba orgány či modelů DNA
- Výtvarná výchova – modelování soch, tvorba držáků popřípadě rámu
- Zeměpis – tisk topografických a tematických map
- Dějepis – tvorba historických předmětů

Pokud má žák již základní znalosti 3D tisku, lze na střední škole posunout hranici jeho znalostí dále. Mohou být využívány dražší a profesionálnější tiskárny jako například tiskárny typu MSLA. Pro střední školy s konkrétním zaměřením není výběr předmětů, které mohou být pomocí 3D tiskáren zhotoveny, složitý. Již nyní je využíván napříč odvětvími a školy se tak mohou inspirovat přímo v praxi.

Vysoké školy, které se zabývají 3D tiskem, využívají tiskárny, které jsou schopny tisknout i jiné materiály jako například kovové slitiny či kobaltový chrom. Studenti, kteří se zaměřují na robotiku či na letectví a kosmonautiku, jsou s touto technologií seznámeni.

Velký vliv na veškeré úrovně vzdělání mají i pedagogové, kteří musí žáky motivovat a prohlubovat si znalosti 3D tisku. Jedině tak mohou předávat informace svým žákům či studentům. [26]

Učení se praxí. Zde je možné navázat na didaktickou část, kdy se student aktivně zapojuje do celého procesu učení od počáteční myšlenky, tvorbu designu až po zhotovení finálního dílu. Pokud je student v přímé interakci s modelem napomáhá to uchováním informací. Tyto nasbírané zkušenosti může žák přenést i do soukromého a pracovního života. Dnešní firmy zkušenosti s 3D tiskem vítají.

Je důležité zmínit, že 3D tisk je využíván ve velké míře napříč odvětvím. Formou 3D tisku lze též tisknout například ceny za umístění, které žáky motivují, udělají jim radost a jejich cena je v jednotkách korun. [24]

Posledním bodem je bezpečnost práce s 3D tiskárnami. V rámci tisku totiž dochází k zahřátí trysky až na 280 °C. V tomto ohledu je nutné zabezpečit tiskárny, aby nedocházelo k užívání tiskáren neproškoleným žákem. Tiskárny lze opatřit kódy či čtečkami karet, které zabrání neoprávněnému užívání.

2.4 Využívané CAD programy pro tvorbu modelů

Spektrum nástrojů pro 3D modelování je poměrně široké a nadále se rozšiřuje. Modelování lze provádět v základních webových aplikacích, ale i v profesionálních programech jako je Autodesk Fusion 360 nebo Blender. Důležité je, aby využívaný program pro tvorbu modelů k tisku dokázal exportovat vytvořený model do souboru STL

Pro úplné začátečníky s modelováním je vhodný Tinkercad, který je webovou aplikací a po registraci zcela zdarma. Tento nástroj je velice intuitivní na ovládání a jako podporu nalezne uživatel mnoho videí, které mu pomohou v začátcích. Již v základu uživatel nalezne v knihovně trojrozměrné tvary, které snadno přetahuje a následně je upravuje [12].

Mezi nejrozšířenější CAD programy na 3D modelování je program Autodesk Fusion 360. Zmiňovaný program je vhodný nejen pro kutily, ale i pro vývojáře. Obsahuje spoustu funkcí, kterými jsou například simulace, zobrazování nejvíce namáhaných míst a technické analýzy. Oproti Tinkercad je vhodnější na tvorbu sestav a komplexnějších dílů.

Dalším programem je Blender, který se řadí mezi funkčně nejvybavenější programy v oblasti 3D modelování. Tento program není vhodný pro úplné začátečníky, neboť s jeho mnoha funkcionalitami může působit velice zmatečně a složitě. Uživatelé, kteří tento program využívají, jsou spíše umělecky založeni a nechtějí se zabírat technickým přístupem. Tito uživatelé využívají modelování v prostoru, tvorbou animací a v neposlední řadě s prací s texturami. K tomuto 3D modelování je i program přizpůsoben a parametrické modelování není jeho silnou stránkou oproti Fusionu 360. [25]

2.4.1 Slicování


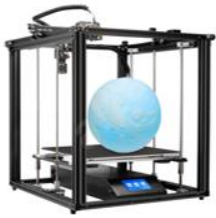


Posledním krokem před přípravou tiskárny a samotným tiskem je slicování. Při tomto procesu slicování, dochází k převodu 3D modelu na strojový G-code. Programů na slicování je hodně ostatně jako programů pro tvorbu 3D modelů a jsou převážně zdarma. Nejrozšířenější slicery pro tiskárny typu FFF jsou PrusaSlicer, Cura a Simplify 3D. [12]

2.5 Porovnání a výběr 3D tiskáren pro SOŠ a SOU

V této části budou porovnány jednotlivé typy tiskáren a následně budou vybrána nejvhodnější tiskárna pro využívání v SOŠ a SOU Kaplice. Nutno podotknout, že střední škola nemá žádný specializovaný obor, který se zabývá 3D tiskem. V rámci praktické části dojde k vytvoření 4hodinového Workshopu, který má žáky seznámit se základy 3D tisku a motivovat je k dalšímu zájmu si rozšiřovat své znalosti a zkušenosti z oblasti 3D tisku.

V rámci porovnání 3D tiskáren budou zohledněny parametry, jako pořizovací cena, náklady na tisk, náročnost na obsluhu a servis. Tato kritéria budou též využita k výběru konkrétní technologie tisku na SOŠ a SOU Kaplice.

Tiskárny, které pracují s tekutým materiálem, tj. SLA/DPL/MSLA jsou náročné na údržbu zejména při výměně Resinu, který je zároveň považován za chemikálii. Z těchto důvodů a BOZP není vhodné umístění tohoto typu tiskáren na střední školu, která chce žáky s 3D tiskem seznamovat. Obdobně jsou na tom tiskárny, které pracují s práškovým materiálem tedy SLS a DMLS. Tyto tiskárny nejsou vhodné pro začátečníky a pořizovací cena se pohybuje v řádu statisíců Kč. Jako ideální typ tiskárny pro SOŠ Kaplice byla vybrána technologie FFF, která pracuje se vstupním materiálem v pevném stavu, tj. filamentem.

Název	Original Prusa i3 MK3S+	Ender 5 plus	Creativity ENDER 3	Original Prusa MINI+
Foto				
Cena	Stavebnice 22 000Kč Zkompleťovaná 27 000Kč	14 400 Kč	5 600 Kč	Stavebnice 10 000Kč Zkompleťovaná 11 000Kč
Tisková plocha	210 x 250 x 210 mm	350 x 350 x 400 mm	220 x 220 x 250 mm	180 x 180 x 180 mm
Rychlost	až 200 mm/s	až 180 mm/s	až 180 mm/s	200mm/s
Minimální tloušťka vrstvy	0,05mm	0,1mm	0,1mm	0,05 – 0,25 mm
Klady	Podrobný návod a podpora 24/7 Kvalitní zpracování a spolehlivost Intuitivní ovládání Vysoká rychlost Vysoký detail tisku	Velký tiskový prostor Pevná konstrukce Jednoduchá mechanika	Cena Intuitivní ovládání Snadné sestavení	Podrobný návod a podpora 24/7 Kvalitní zpracování a spolehlivost Intuitivní ovládání Vysoká rychlost Vysoký detail tisku
Zápory	Absence dotekového displeje Vyšší cena	Nutnost časté údržby	Hlučnost Manuální nastavení tiskové podložky Nízká detailnost	Menší tiskový prostor

Obrázek č. 6: Porovnání 3D tiskáren Original Prusa i3 MK3+, Ender 5 plus, Creativity ENDER 3 [31]

Obrázek č. 7: Porovnání tiskáren Original Prusa MINI+ [32]

V rámci porovnání byly vybrány Kartézské tiskárny, které jsou dostupnější, spolehlivější a snazší na obsluhu a pochopení. Tento typ tiskárny je nejoblíbenější na českém trhu. Přesto je dobré vzájemně porovnat jednotlivé typy, aby vyhovovaly uživateli.

V tomto případě se jedná o studenty, kteří nemají žádné nebo minimální zkušenosti s 3D tiskem a vyučující, kteří budou vytvářet pracovní pomůcky. Vzhledem k počtu žáků, kteří budou tvořit výkresy a následně tisknout modely bude tiskárna intenzivně využívána. Byť tiskárny Ender 5 plus a Creality Ender 3 jsou ekonomicky výhodnější, tak se na ně nedá plně spolehnout jako na tiskárny od Firmy PRUSA RESEARCH, které jsou svou kvalitou světově proslulé. Další výhodou tiskárny Prusa je bezesporu její rychlost a minimální tloušťka vrstvy, která zaručí lepší detail výrobku, což bude pro některé vyučující klíčové. Příkladem mohou být šrouby, na kterých lze vysvětlovat jednotlivé druhy závitů. Dalším bodem je podpora pro uživatele 24 hodin denně, 7 dní v týdnu a speciální školení pro pedagogy, které mohou pedagogové využít v rámci programu Průša pro školy. Toto školení může učitelům pomoci jak po technické, tak po didaktické stránce. Vhodnou pomůckou do výuky může být i stavebnice, kterou žáci se svým vyučujícím sestaví a zároveň si vysvětlí k čemu slouží jednotlivé komponenty.

Již bylo zmíněno, že ideálním typem tiskárny vzhledem k požadavkům a potřebám SOŠ Kaplice je Originál Prusa MINI+. Tiskárna je v poměru cena/výkon pro školu nejlepší volbou, a to i kvůli menší ploše pro tisk. Tyto výsledky byly předány vedení školy a na jejich základě byly právě tyto tiskárny nakoupeny a budou využity pro kurz 3D tisku.

PRAKTICKÁ ČÁST

3 Dotazníkové šetření

Součástí bakalářské práce je i dotazníkové šetření. Dotazníkové šetření bylo provedeno na SOŠ a SOU Kaplice a byli do něj zařazeni všichni žáci a pedagogové technických předmětů. Vzhledem k efektivitě byla využita online aplikace MS Forms, kdy došlo k rozeslání QR kódů a odkazů učitelům, kteří v rámci výuky žáky s dotazníkem seznámili.

Cílem dotazníkového šetření bylo především zjistit jaké jsou zkušenosti a znalosti v oblasti 3D tisku. Výsledky dotazníkového šetření byly zpracovány a následně využity jako podklad k návrhu a úpravě kurzu, který seznámí žáky a učitele s technologií 3D tisku.

3.1 Metodologie výzkumu

Empirické dotazníkové šetření, které probíhalo v rámci výuky technických předmětů na SOŠ a SOU Kaplice se zúčastnilo 92 respondentů. Z celkového počtu je 21 pedagogů a 71 žáků. To znamená více než 90% účast. Pro efektivní vyhodnocení a možnou filtraci odpovědí byla zvolena aplikace MS Forms. Po vytvoření dotazníku, byl vygenerován QR kód. Ten byl zaslán ředitelce SOŠ a SOU Kaplice, která jej rozeslala jednotlivým pedagogům. Ti jej následně poskytli žákům k vyplnění.

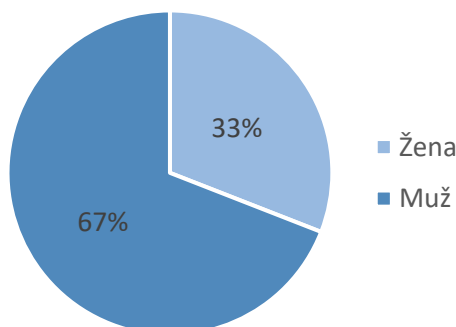
V rámci dotazníkového šetření byly zvoleny otevřené, uzavřené, polouzavřené a filtrační otázky. Všechny byly povinné. Dotazníkové šetření bylo postaveno tak, aby respondenta příliš nezdrželo, a zároveň aby bylo přínosné pro tvorbu kurzu. Z tohoto důvodu převažovali otázky uzavřené. Filtrační otázka byla zakomponována na začátek dotazníku a v případě negativní odpovědi automaticky ukončila šetření. Filtrační otázka byla do dotazníku přidána, aby nedocházelo ke zkreslování výsledků.

Termín vyplnění dotazníkového šetření byl dva týdny především kvůli praxi žáků SOU, která probíhá mimo objekt školy. Ve vyhodnocení dotazníkového šetření lze filtrovat dle jednotlivých ročníků, oborů nebo vyfiltrovat pouze pedagogy.

Vyhodnocení dotazníkového šetření

1. Jaké je Vaše pohlaví?

Z celkového počtu respondentů bylo 33% žen, což způsobil především obor operátor skladování logistik, který je u žen velice oblíbený. Je ovšem důležité zmínit fakt, že i mezi učebními obory jako je mechanik opravář motorových vozidel vznikl zájem u žen. V tomto oboru ve 2. ročníku se nachází 5 žen.



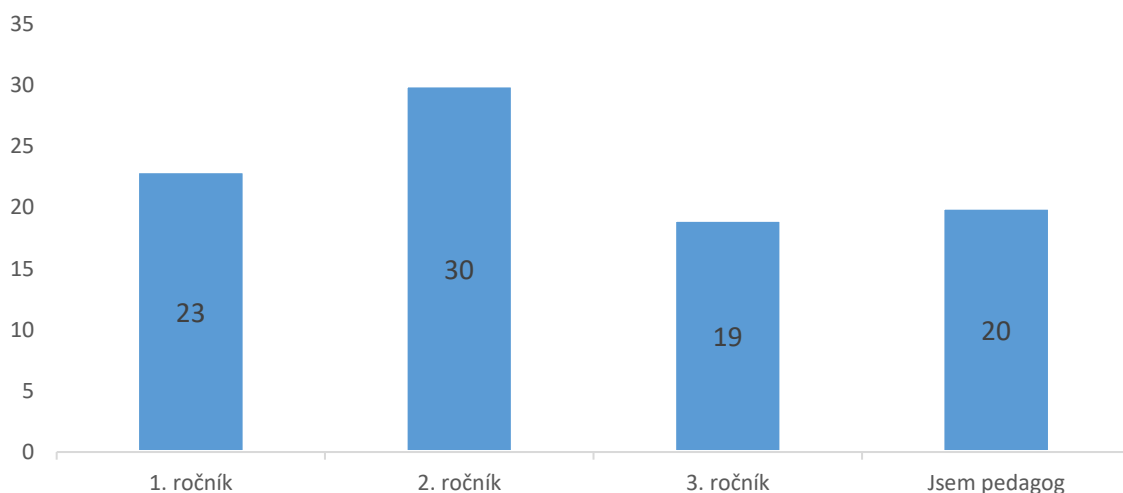
Graf č. 1: Otázka č.1 [32]

2. V jakém ročníku studujete?

Největší počet hlasujících žáků se nachází ve druhém ročníku. Dále následuje první ročník s počtem 23 žáků a žáků třetího ročníku hlasovalo celkem 19. Na vyplnění dotazníkového šetření se participovali i pedagogové. Celkem jich hlasovalo 20.

Vzhledem k funkcionalitě softwaru Forms tato otázka dopomohla i ke zjištění kolik hlasujících z jednotlivých skupin má zájem o tematiku 3D tisku, případně jestli má zkušenosti s 3D tiskem. Tyto informace jsou velmi cenné, protože pomohou k optimalizaci kurzu 3D tisku na míru.

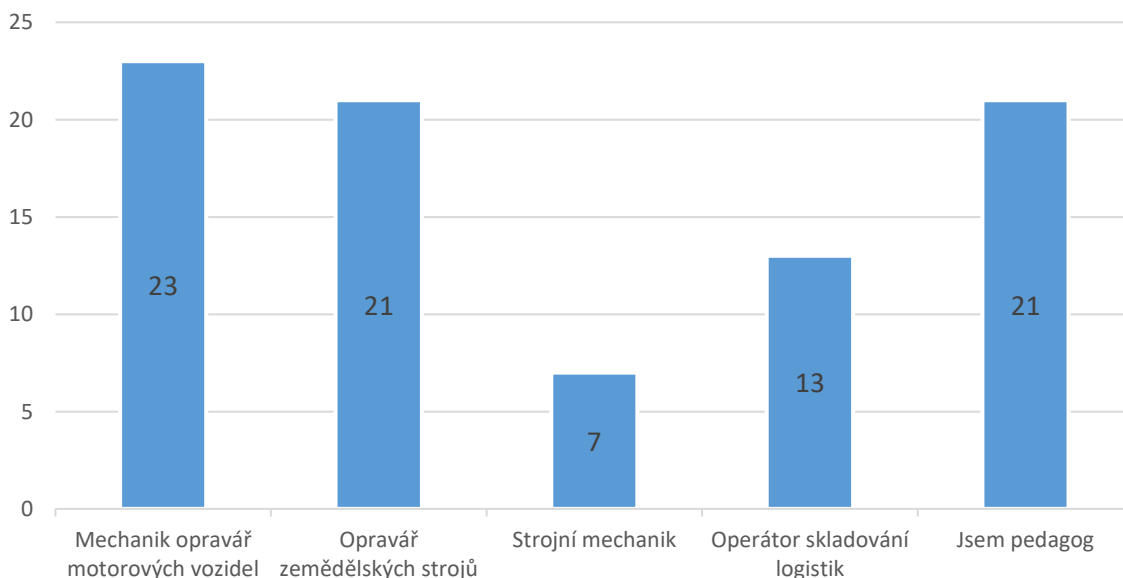
Největší zájem jeví učitelé, což je dobrá zpráva, protože se o téma zajímají, vidí v něm význam a mohou pak informace a návod na obsluhu 3D tiskáren dále předávat svým stávajícím i budoucím studentům. Odpovědi žáků zase poukázaly na to, že čím mladší žák je, tím má větší zájem o 3D tisk. Je tedy zapotřebí žáky vyšších ročníků více motivovat.



Graf č. 2: Otázka č. 2 [32]

3. Jaký je Váš studijní obor?

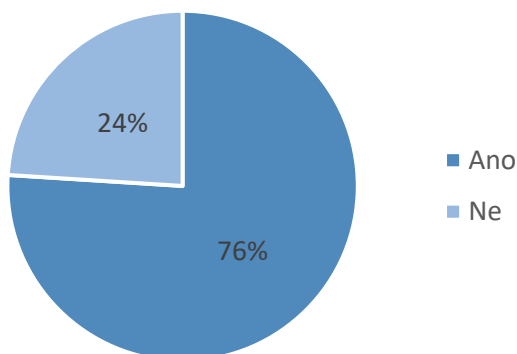
Odpovědi na studijní obory jsou opět důležité v rámci celého kontextu dotazníku. Cílem této otázky bylo zjistit, jakým způsobem žáci daných oborů přistupují k 3D tisku, a jestli mají již nějaké zkušenosti. Zde došlo ke zjištění, že nejvíce podnětů na pracovní pomůcky vzešlo od Mechaniků motorových vozidel. Největší zájem o tvorbu prototypů projevili strojní mechanici a tvorbu učebních pomůcek preferují učitelé. Pro přípravu kurzu bylo důležité zjistit o jaké informace mají žáci zájem a v jakých předmětech chtějí 3D tisk využívat.



Graf č. 3: Otázka č.3 [32]

4. Setkali jste se někdy s 3D tiskem?

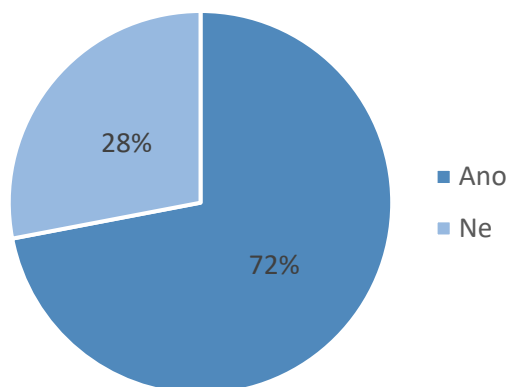
Z odpovědí vyplývá, že žáci se s 3D tiskem již setkali. To jen potvrzuje, že 3D tisk se objevuje napříč všemi odvětvími. Je také pozitivní, že žáci už mají přibližnou představu, co lze na tiskárnách vytisknout.



Graf č. 4: Otázka č.4 [32]

5. Zajímá Vás téma 3D tisku?

Tato otázka je filtrační. Respondentům, kteří o 3D tisk nemají zájem, se dotazník po upozornění ukončí. Zde je ovšem důležité, že většina respondentů zájem o 3D tisk jeví a to v 72%. Žáci, kteří nemají zájem o 3D tisk (28%) se s 3D tiskem nikdy neseťkali, a proto musí být kladen důraz v rámci školení na výhody 3D tisku a jeho přínosy v soukromém i pracovním životě. Žáky je nutné motivovat, aby měli chuť se v této technologii dále posouvat.

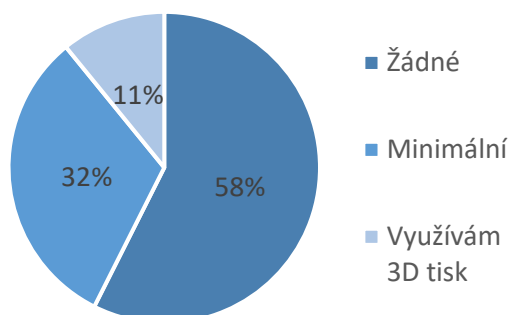


Graf č. 5: Otázka č.5 [32]

6. Jaké jsou Vaše dosavadní zkušenosti s 3D tiskem?

Z dotazníku vyplynulo, že většina žáků (58%) nemá s 3D tiskem žádné zkušenosti. 32% má znalosti minimální, dokážou uvést příklady děl, které lze vytisknout. 11% 3D tisk

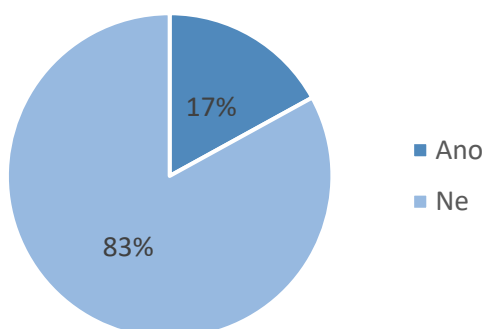
využívá aktivně, což bylo z velké části ovlivněno učiteli, kteří vedou kroužek 3D tisku na SOŠ.



Graf č. 6: Otázka č.6 [32]

7. Využíváte 3D tisk ve výuce?

Odpovědi na tuto otázku nejsou překvapivé, a to z důvodu, že na středním odborném učilišti nejsou tiskárny k dispozici. 17% tvoří učitelé, kteří vyučují zároveň na střední odborné škole a využívají tiskárny v rámci kroužku 3D tisku.

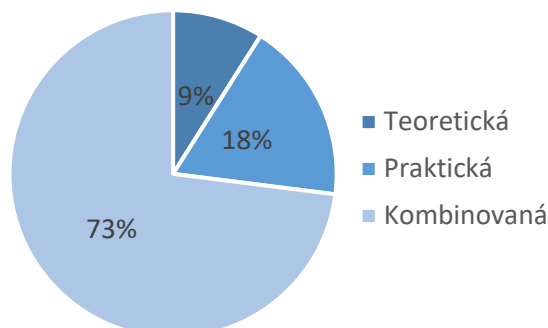


Graf č. 7: Otázka č.7 [32]

8. Která forma vzdělávání Vám nejvíce vyhovuje?

Žáci preferují především kombinovanou formu vzdělávání, tedy teorii v kombinaci s praxí. Podíl této odpovědi činí 78% a je nasnadě využívat v rámci kurzu metodu názorně

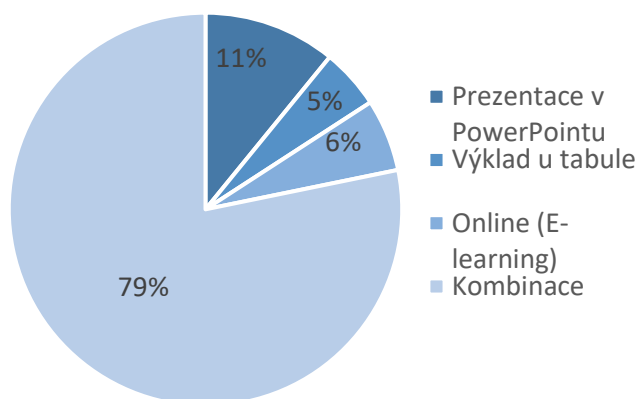
demonstrační. Tato metoda je založena především na smyslovém vnímání žáků a je v technických předmětech mnohem účinnější než pouhá teorie. Zbylá část respondentů v 18% preferuje pouze praktickou část a 9% pouze teoretickou.



Graf č. 8: Otázka č.8 [32]

9. Jaká forma předávání informací je pro Vás nejpřínosnější?

Výsledky odpovědí na tuto otázku jsou překvapivé, a to hlavně proto, že žáci v rámci pandemických opatření byli z velké části doma a účastnili se online výuky. Online formu vzdělávání preferuje pouze 6% žáků, což svědčí o chuti žáků opět docházet do školy a vzdělávat se prezenčně. Zároveň lze vidět, že žáci nevnímají online formu jako efektivní. Největší podíl činí kombinace veškerých odpovědí a to v 79%. Výklad u tabule preferuje 5% žáků a prezentaci v PowerPointu 11% dotázaných.

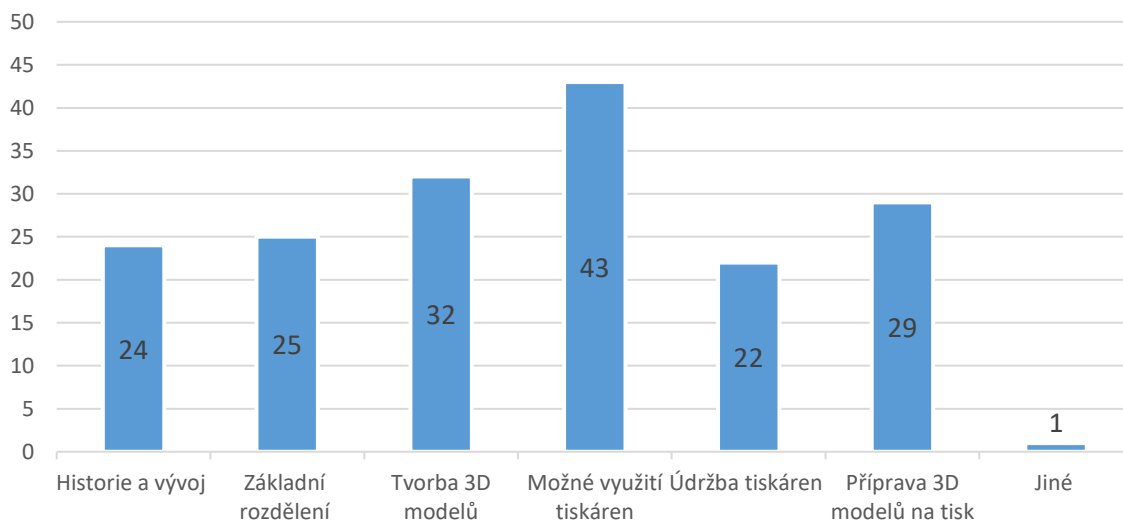


Graf č. 9: Otázka č.9 [32]

10. O jaké informace v rámci výuky 3D tisku, byste měli zájem?

V této otázce žáci označovali i více odpovědí a někteří dokonce všechny. Tyto odpovědi svědčí o tom, že žáci o 3D tisk mají zájem a chtějí se dozvědět co nejvíce informací. Největší zájem byl o možné využití tiskáren, poté tvorbu 3D modelů, příprava 3D modelu na tisk a základní rozdělení tiskáren. Již méně preferovaná byla historie a vývoj, údržba tiskáren a v poslední kolonce „jiné“ byla samotná stavba 3D tiskárny. Stavba tiskárny je

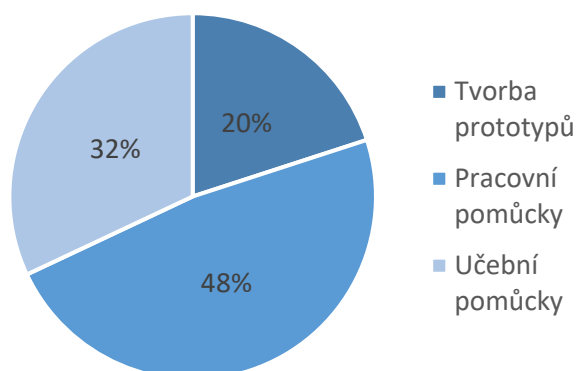
velice zajímavé téma, při kterém lze žákům vysvětlit k čemu jednotlivé komponenty tiskárny slouží.



Graf č. 10: Otázka č.10 [32]

11. Jakým způsobem byste chtěli využívat 3D tiskárnu v odborných technických předmětech?

Žáci preferují využívání 3D tiskáren především na tisk pracovních pomůcek a to ve 44%, následují učební pomůcky v 32% a tvorba prototypů 20%. Při této otázce rovněž několik žáků zaškrtno veškeré odpovědi, kdy je vidět zájem žáků zlepšovat prostředí výrobky z 3D tisku. Zde je důležité do kurzu zahrnout co nejvíce podnětů a příkladů, aby došlo k další motivaci žáků a rozšíření jejich obzorů.

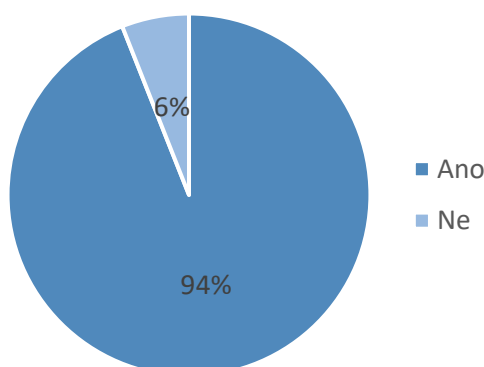


Graf č. 11: Otázka č.11 [32]

12. Zvýší se Vaše motivace, pokud si budete moci vytisknout vlastní model?

Odpověď na tuto otázku byla víceméně jednoznačná. Drtivá většina v 94% zaškrtnla, že ano a 6% spíše ne. Zde je důležité, aby žáci byli motivováni byl jim umožněn tisk vlastních modelů, které budou moci vytvářet na školních i soukromých PC. Tímto je možné docílit zlepšování žáků při tvorbě modelů a získání tak cenné zkušenosti praxí. V tomto ohledu

si žáci mohou i předávat své zkušenosti s 3D tiskem a posouvat se tak dále. S tímto přístupem lze ovšem počítat i s možným rizikem, kdy žáci budou modely pouze stahovat a tisknout, což není cílem a žáka to nebude posouvat.



Graf č. 12: Otázka č.12 [32]

13. Jsou nějaké součástky, které byste nahradili vytištěnými modely z 3D tiskárny?

Poslední otázka dotazníkového šetření byla otevřená a povinná. Výsledky odpovědí jsou ve velké míře zkreslené. Respondenti nejčastěji udělali pouze tečku či čárku. Z celkového počtu respondentů 15 z nich uvedlo jako odpověď ano. V 7 případech pak byla odpověď ne. Pouze 7 respondentů uvedlo konkrétní příklady viz tabulka.

13. Jsou nějaké součástky, které byste nahradili vytištěnými z 3D tiskárny?		
Obor	Ročník	Návrh
Stojní mechanik	2	Držák šroubováků
Mechanik opravář motorových vozidel	2	Měřicí pomůcky
Mechanik opravář motorových vozidel	3	Přípravky pro praxi
Opravář zemědělských strojů	2	Plastové díly, které se nedají sehnat
Opravář zemědělských strojů	2	Šrouby, matice
Pedagog		Obnova zastaralých pomůcek
Pedagog		Plastové součástky automobilů

Tabulka č. 1: Otázka č.13 [32]

3.2 Sumarizace dotazníkového šetření

Z dotazníku vyplynulo, že se sice žáci ve větší míře s 3D tiskem už setkali, nicméně nemají s ním žádné praktické zkušenosti. Pozitivní je, že žáci mají zájem se v této oblasti aditivní výroby rozvíjet, konkrétně 72%. Zbylí respondenti uvedli, že o 3D tisk nemají zájem. V rámci školení bude tedy nutné klást důraz na motivaci této skupiny účastníků kurzu, vysvětlit jim výhody 3D tisku jako jsou finance nebo časová náročnost na výrobu modelů. Velkou výhodou je i větší konkurenceschopnost žáků na trhu práce. Motivovat žáky je též

možné tiskem vlastních modelů. U otázky, zdali se jejich motivace při výuce zvýší, pokud si budou moci vytisknout vlastní model, je víceméně jednoznačná, 94% dotázaných odpovědělo ano.

Z šetření lze vyčíst, že je zapotřebí vytvořit kurz, který se bude zabývat základy 3D tisku. Kurz ovšem musí reflektovat veškerá témata, která si žáci a pedagogové zvolili v rámci dotazníku. Forma předávání informací bude v souladu s dotazníkem tedy kombinací teorie a praxe. V teoretické části budou zmíněna veškerá témata z dotazníku. Žáci mají největší zájem o možné využití 3D tiskáren, základní rozdělení 3D tiskáren, historii a vývoj. V těchto okruzích budou zmíněny veškeré výhody 3D tisku. Praktická část bude v rámci kurzu zaměřena především na tvorbu modelů a přípravu tisku. Žáci projeví největší zájem o tisk učebních pomůcek. Jednoznačná odpověď je motivace žáků, pokud budou své modely tisknout.

4 Tvorba kurzu

Čtvrtá kapitola se zabývá tvorbou kurzu. Nejprve vznikl draft kurzu, který nastínil veškeré tematické okruhy z dotazníkového šetření. Zároveň byly doplněny důležité body pro provázanost mezi jednotlivými tématy. Nesmí být opomenuta ani metoda názorně-demonstrační a ukázky 3D výrobků z praxe. Vstupní informace získané od žáků a učitelů jsou uvedeny v bodě 6.1 a následně poslouží k optimalizaci kurzu. Vzhledem k výsledkům dotazníkového šetření bude kurz pojmenován jako: Základy 3D tisku. V následujících podbodech dojde k definování cílů, rozvržení časové dotace kurzu, definování konkrétní naplně teoretické a praktické části a tvorbě podpůrné aplikace pro zahájení tisku.

4.1 Cíle kurzu

Před tvorbou každého kurzu je důležité stanovit si cíle, které by měl daný kurz naplnit. Obecné cíle kurzu dle didaktiky jsou následující [26]:

- žáci si vytvoří základní představu o technologii 3D tisku a naučí se pracovat s Kartézskou tiskárnou Original Prusa MINI+,
- získají základní znalosti a dovednosti pro práci s tvorbou modelů v programu Fusion 360, slicováním v programu Prusa Slicer, funkčnosti programu Prusa G-code Viewer,
- budou schopni dohledávat potřebné informace k procesu 3D tisku.

Žák by si měl z kurzu odnést následující poznatky a dovednosti:

1. Orientace v terminologii a ovládání základních pojmů spojených s 3D tiskem.
2. Porozumění principu 3D tisku a jeho vysvětlení.
3. Znalost základního rozdělení 3D tiskáren dle technologie.
4. Znalost základního rozdělení druhů materiálu určeného pro tiskárny typu FFF.
5. Orientace se ve využití 3D tiskáren a schopnost navrhnout základní model pro svůj studijní obor.

6. Umění pracovat s potřebnými programy pro tvorbu výkresů a slícování.
7. Umění provádět základní úkony na tiskárně a realizovat tisk potřebného modelu.

Strategií výuky v rámci kurzu je především forma diskuse a týmové práce. Žáci mohou průběžně vstupovat do jednotlivých bloků, dotazovat se či probíranou látku obohacovat svými zkušenostmi o které se podělí s ostatními. Dále lze v kurzu nalézt prvky projektového přístupu. Žáci se v programu naučí tvořit model, slícovat, tisknout a následně se spolužáky a učiteli vše prokonzultovat.

Ověření naplnění nastavených cílů dojde v závěru kurzu pomocí mobilní aplikace, kdy účastníci absolvují kvíz. Následně dojde k jeho vyhodnocení a případnému dovysvětlení. Detail mobilní aplikace bude blíže rozebrán v rámci kapitoly 4.4 Tvorba podpůrných aplikací.

4.2 Časová dotace kurzu

V rámci tvorby kurzu dojde k časovému rozvržení jednotlivých bloků. Cílem je vyplnit kurzem celý den a předat žákům co nejvíce informací. Zároveň nesmí dojít k přehlcení informacemi. Bylo by to kontraproduktivní a žáci by byli spíše zmatení. Časová dotace pro jednotlivé bloky bude nastavena s ohledem na možné dotazy či diskusi. První draft harmonogramu bude projednán s vyučujícími a vedením školy SOŠ a SOU Kaplice. Připomínky budou následně zapracovány. Dále dojde k pilotnímu odškolení kurzu s žáky a v případě připomínek k optimalizaci obsahové části a časové dotace. Níže je k dispozici časový harmonogram bloků, který je již po připomínkování ze strany pedagogů a vedení školy.

Základy 3D tisku			
Název	Délka trvání (min)	Časový rozsah	Obsah
Úvod	10	08:00 - 08:10	Seznámení žáků s obsahem a cílem kurzu
Vstupní informace	15	08:10 - 08:25	Zjištění aktuálních zkušeností od jednotlivých žáků s 3D tiskem
Historie a vývoj 3D tisku	35	08:25 - 09:00	Časová osa a vývoj 3D tisku
Pauza	10	09:00 - 09:10	
Druhy 3D tiskáren	45	09:10 - 09:55	Základní rozdělení tiskáren dle technologie a vstupujícího materiálu
Využití 3D tiskáren	40	09:55 - 10:35	Využití tiskáren dle typu a ukázky praktických příkladů
Pauza	10	10:35 - 10:45	
Komponenty tiskárny Original Prusa MINI+	30	10:45 - 11:15	Seznámení s jednotlivými komponenty tiskárny Original Prusa MINI+
Tvorba modelů	45	11:15 - 12:00	Seznámení s funkcionalitami SW Fusion 360 a následná tvorba 3D modelu
Slícování modelů a převed do G-codu:	15	12:00-12:15	Úprava modelu v Prusa slicer a následné převedení do G-codu
Oběd	30	12:15 - 12:45	
Příprava k tisku	30	12:45 - 13:15	Seznámení s BOZP a základní obsluhou tiskárny
Závěr	45	13:15 - 14:00	Ověření nabytých znalostí žáků formou kvízu, zpětná vazba na kurz formou Brainstromigu, kontrola vytisknutého modelu a následná diskuse

Tabulka č. 2: Časový harmonogram kurzu [32]

4.3 Obsahové části kurzu

Obsahové části kurzu jsou navrženy z velké části dotazníkovým šetřením, jehož prostřednictvím si žáci a učitelé zvolili jednotlivá témata, o která mají zájem. Zvolené tema-

tické okruhy budou v rámci kurzu zachovány a podpořeny prezentací v PowerPointu, animacemi, videi, fotografiemi a v neposlední řadě reálnými modely, na kterých dochází k bližšímu vysvětlení a žáci si je mohou osahat a vyzkoušet.

Hlavní důraz v rámci kurzu bude kladen především na dynamiku, efektivitu a motivaci. Obsah lze rozdělit na dvě základní části, kterými jsou teoretická část a praktická část. V rámci teoretické části žáci získají informace, které si následně v praktické části vyzkouší, čímž dojde k vysoké míře zafixování informací.

Teoretickou část kurzu lze rozdělit na následující okruhy:

Úvod

Prvním důležitým bodem na začátku kurzu je úvod, v němž bude žák seznámen s celkovým obsahem, časovou osou a cílem školení.

Vstupní informace

Získávání vstupních informací od žáků je pro učitele velice přínosné. Může si tak udělat přehled o znalostech žáků a tím zjistit na co klást v rámci výuky větší důraz a naopak. I přesto, že proběhlo dotazníkové šetření, je vhodné tento bod nevynechat a nechat projevit celou skupinu, což navodí volnější atmosféru. V tomto bodě je zároveň vhodné aktivovat žáky a pokusit se s nimi rozvíjet diskusi o 3D tisku a možných modelech, které lze vytisknout. Vzniklé nápady je nasnadě zapisovat na viditelné místo, aby nad nimi žáci mohli přemýšlet a diskutovat.

Historie a vývoj 3D tisku

V rámci této části budou žáci seznámeni s historií a vývojem. Aby tato nepoutavá část kurzu byla pro žáky lépe zapamatovatelná, bude vytvořena časová osa s fotografiemi pro lepší přehlednost a zapamatovatelnost.

Druhy 3D tiskáren

Aby byl popis jednotlivých druhů tiskáren a jejich dělení dle technologie a vstupních materiálů pro žáky co nejvíce srozumitelný, bude využito video a názorná ukázka. Jednotlivé typy tiskáren a princip tisku lze ukázat na videu s patřičným okomentováním a materiál lze ukázat na vzorcích, kde si žáci mohou vyzkoušet fyzické vlastnosti materiálu, jako je například jeho pružnost.



Obrázek č. 8: Vzorky filamentu [32]

Využití 3D tiskáren

V této části kurzu lze ukázat přínos 3D tiskáren napříč veškerými odvětvími. Hlavní důraz bude kladen na školství. Ve školství se nachází spousta prvků, které lze nahradit vytištěnými modely. Učitelé si mohou tisknout modely či jiné učební pomůcky. Příkladem je níže vytisknutá brzda osobního automobilu, kde lze názorně ukázat brzdový kotouč, náboj kola, třmen, brzdové destičky, šrouby pro upevňování kola atd. Žáci si mohou tisknout měřidla či držáky pro zatahovačky či šroubováky.



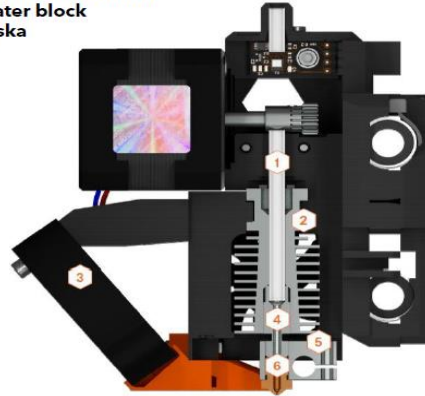
Obrázek č. 9: Svěrka [32] Obrázek č. 10: Držák zatahovačky [32] Obrázek č. 11: Model brzdového systému [32]

Komponenty tiskárny Original Prusa MINI+

Vzhledem k využívání tiskáren Original Prusa MINI+ budou detailněji vysvětleny komponenty zmíněné tiskárny. Jednodušší komponenty budou žákům představovány

přímo na tiskárně. Složitější komponenty jako je například extruder, je nutno ukázat v řezu na obrázku, kde je vše lépe viditelné.

- Extruder - tisková hlava
1. Teflonová (PTFE) trubička
 2. Heatsink (chladič)
 3. Tiskový ventilátor
 4. Heat break (izolátor)
 5. Heater block
 6. Tryska

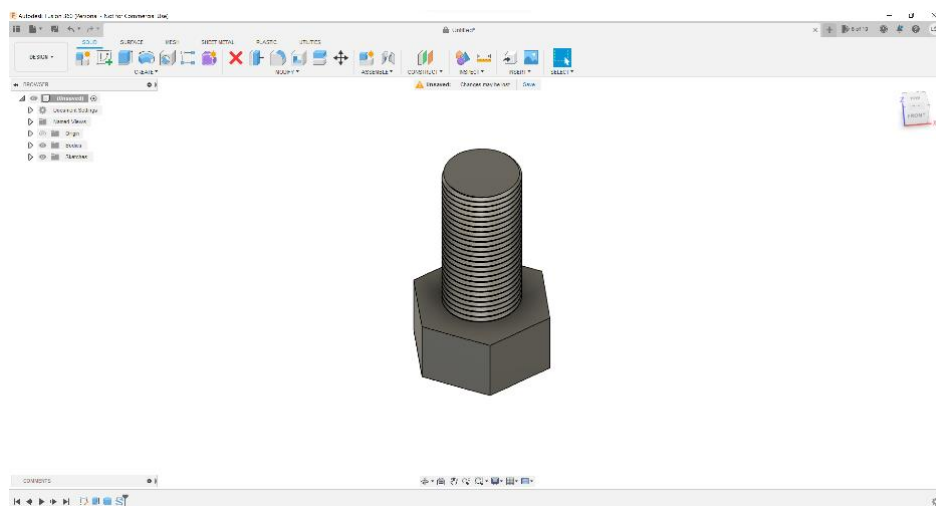


Obrázek č. 12: Extruder [30]

Praktická část je složena ze dvou částí - tvorba modelů a příprava k tisku

Tvorba modelů

Tento bod je zaměřen na tvorbu 3D modelů, který bude následně vytištěn na 3D tiskárně. Vzhledem k faktu, že žáci nemají žádné zkušenosti s modelováním ve Fusion 360 a Prusa Slicer, musí dojít k základnímu vysvětlení funkcionalit jednotlivých programů. Intuitivnímu ovládnutí programů napomůže i vysvětlování. Seznámení se základy a názornou ukázkou nebude trvat déle než několik desítek minut. Následně bude společně se žáky vymodelován první model šroubu,

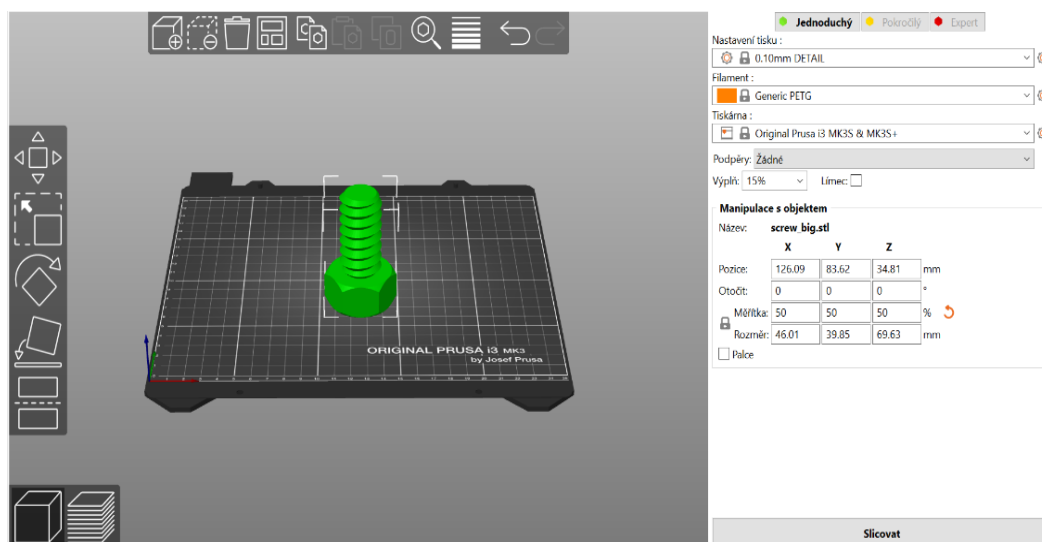


Obrázek č. 13: Fusion 360 [32]

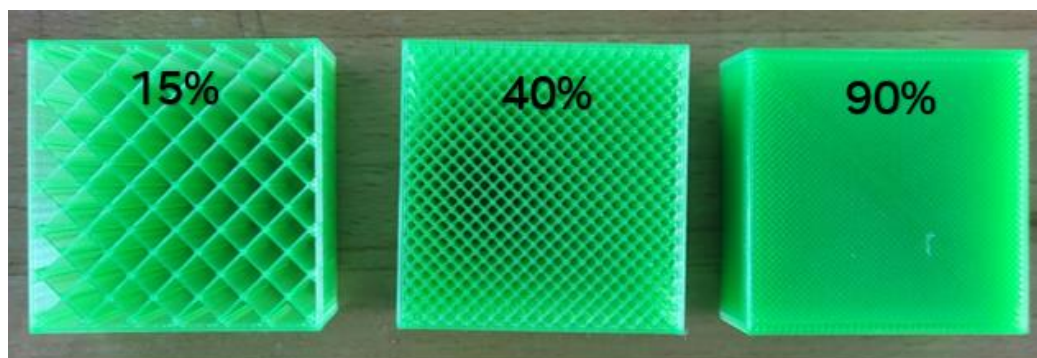
Slicování modelů a převod do G-codu:

Po vytvoření modelu je nutné jeho vyslicování a následné převedení do G-codu. V rámci nastavení programu Fusion lze přednastavit, aby uložený model s příponou STL

byl automaticky otevírán v programu Prusa Slicer, čímž dojde k eliminování překopírování uloženého souboru do Sliceru. V programu Slicer, lze provádět mnoho nastavení. Nejdůležitějším faktorem je druh tiskového materiálu. Druhy materiálu, u kterých je rozhodující teplota extruderu a podložky jsou již přednastavené. Lze také volit mezi třemi úrovněmi, kdy ve vyšších úrovních lze provádět například malování podpěr. Žáci budou seznámeni se základním nastavením jako je například nastavení již zmiňovaného materiálu, nastavení podpěr a procentuální výplň modelu. Na obrázku č. 12 lze vidět prostředí program Prusa Slicer, kdy po potřebném nastavení uživatel klikne na tlačítko slicovat a dojde k vyexportování G-codu. Pro vyexportování je zapotřebí mít nainstalovaný program Prusa G-code Viewer. V průběhu kurzu bude zároveň využívána metoda názorně-demonstrační, kdy dojde k ukázce modelu s výplní na 15%, 40% a 90% viz obrázek číslo 13.



Obrázek č. 14: Program Prusa slicer [32]



Obrázek č. 15: Výplně modelů [32]

Příprava k tisku

Vyexportovaný soubor lze v tuto chvíli nahrát na paměťovou kartu, vložit do tiskárny a začít se spouštěním tiskárny. Před zapnutím tiskárny je však nutné seznámit žáky s BOZP a obsluhou tiskárny. Je zapotřebí dbát především na horké komponenty, které mohou způsobit popálení. Tryska extruderu může mít teplotu až 280 °C. Obsluha tiskárny je opět velice intuitivní a vysvětlení s názornou ukázkou je rychlé. Pro všechny případy bude vytvořena

aplikace, která žákovi napoví jednotlivé kroky. Aplikace bude detailněji rozebrána v kapitole 4.4 Tvorba podpůrných aplikací.

Závěr

Závěrečná část kurzu se zabývá kontrolou vytisknutého modelu a zpětné vazby pomocí kvízu. Kontrola výtisku je pro žáky velice důležitá, zde se dozví, zdali se vše podařilo, či je zapotřebí model upravit. Při zpětné vazbě vyučující dostane informace, zdali žáci probíranou látku pochopili. Je důležité vybrat otázky, kde se nejvíce chybovalo a projít je s celou skupinou a popřípadě dovysvětlit či provést vzájemnou diskuzi na dané téma. Zpětná vazba ovšem slouží i pro potencionální vylepšení kurzu, kdy žáci budou moci napsat návrhy pro zlepšení. Vyučující po zakončení kurzu prověří přínosnost jednotlivých návrhů. Důležitým bodem je také celková aktualizace kurzu, kdy například vývoj tiskáren jde neustále dopředu a je cílem, aby žáci dostávali aktuální informace.



Obrázek č. 16: Detail vytisknutého šroubu [32]

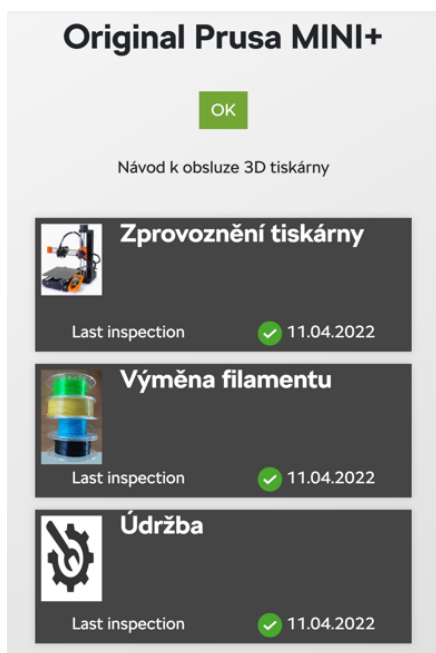
4.4 Tvorba podpůrných aplikací

Tvorba podpůrných aplikací má za úkol aktivovat žáky a motivovat je k využívání nových technologií. Pro kurz budou zvoleny 3 prvky aplikací, které budou začleněny v praktické části kurzu. Pro vstup do aplikace si žáci naskenují QR kód. V případě absence chytrých telefonů u žáků lze zapůjčit školní tablet. Dalším problémem může být nedostatek mobilních dat, kde z tohoto důvodu došlo k zpřístupnění školní Wi-Fi pro tyto účely. V rámci první aplikace si žáci naskenují QR kód umístěný na 3D tiskárně, který skrývá podrobný návod pro obsluhu tiskárny. Návod obsahuje jednotlivé kroky, kdy pod každým krokem lze nalézt fotografii a popis toho, co je zapotřebí k provedení úkonu. Každý krok se po absolvování následně potvrdí až je tiskárna v procesu tisknutí. V rámci aplikace je myšleno i na

problémy, které mohou nastat v průběhu přípravy. Zde žák či pedagog zaškrtně variantu, že krok nelze realizovat a aplikace ho odkáže na kroky k odstranění případného problému.

Druhou aplikací je kvíz, kde žáci budou odpovídat na otázky a tím dojde k ověření nabytých zkušeností. Kvíz bude tvořen deseti otázkami, na které je pouze jediná správná odpověď a závěrem následují dvě otázky u kterých je odpověď otevřená.

Poslední je zpětná vazba pro pedagoga a vedení školy, kdy žáci ohodnotí průběh kurzu, výkon pedagoga a napíší své připomínky, popřípadě návrhy pro optimalizaci kurzu. Zpětná vazba bude v rámci transparentnosti zveřejněná k nahlédnutí i pro vedení školy.



Obrázek č. 17: Aplikace pro práci s 3D tiskárnou [32]



Obrázek č. 18: Výměna filamentu tiskárny [32]

5 Příprava prostor a techniky pro realizaci kurzu

Pro úspěšné uspořádání kurzu je zapotřebí řádné přípravy, aby nedošlo k jeho narušení. V rámci příprav vznikl kontrolní seznam s body, které je zapotřebí splnit. Byli definovány zodpovědné osoby a termíny. Níže uvedené body jsou hlavní milníky, které skrývají jednotlivé podúkoly a je zapotřebí je splnit v termínu. Hlavními milníky jsou: Příprava učebny, zprovoznění 3D tiskáren a instalace potřebného SW.

Učebna

kurz Základy, 3D tisku byla zvolena IT učebna, která splňuje veškeré podmínky pro úspěšné uskutečnění celého kurzu. Žáci tedy v rámci kurzu absolvují teoretickou i praktickou část v učebně, kde jsou již instalovány PC a monitory, které budou využívány v rámci tvorby modelů a následného slicování. Pro kurz jsou ovšem důležité i jiné didaktické prostředky jako je flipchart či interaktivní panel na kterém bude promítána prezentace. IT učebna má kapacitu 20 míst. Každý žák má svůj počítač. Maximální kapacita je dostačující, vzhledem k předpokladu že se kurzu bude účastnit průměrně 14 žáků.

3D tiskárny

Celkový počet tiskáren, které jsou k dispozici je 10ks, tj. při maximální kapacitě jedna tiskárna na dvojici. Objednané stavebnice 3D tiskáren Original Prusa Mini+ od firmy Prusa Resaearch vyžadují před pilotním kurzem kompletaci a následný zkušební tisk pro zaručení správné funkčnosti. Složení tiskáren vyžaduje jistou manuální zručnost, což pro učitele odborného výcviku nepředstavuje větší problém. Součástí balení tiskárny je manuál, pomocí kterého lze tiskárnu složit. Na webových stránkách firmy Prusa Resaearch lze také nalézt videonávodku, kde jsou jednotlivé kroky popsány. Možné je také využít na webových stránkách postup v elektronické podobě, do kterého lze vkládat dotazy formou komentářů.

Technické požadavky na instalaci Software

Pro instalaci Softwaru je důležité zjistit minimální požadavky na PC. V případě instalace Prusa slicer a Prusa G-code Viewer jsou požadavky opravdu minimální a lehce je zvládnou i starší počítače. Softwary jsou určeny jak pro operační systém Windows, tak pro Mac a Linux. Pro systém Windows, což je případ využívaných počítačů v rámci kurzu jsou k dispozici verze pro Win32 a Win64. Náročnější program pro počítač je Fusion 360 v rámci kterého bude probíhat vytváření 3D modelů. Základem pro úspěšné tvoření modelů je především Microsoft Windows 8.1, 10 nebo 11 s 64-bitovou verzí, nižší verze 32 bitů není podporována. Samozřejmostí jsou i verze pro operační systémy Apple Mac. Procesor je nutné využívat založený na architektuře x86 se 4 jádry a 1,7GHz.

Počítače v SOŠ a SOU Kaplice splňují veškeré softwarové požadavky, což zajistí rychlé a bezproblémové tvoření 3D modelů.

6 Pilotní kurz

Poslední kapitola se zabývá realizací pilotního kurzu: Základy 3D tisku pro SOŠ a SOU Kaplice. Při tvorbě kurzu byly učiněny všechny potřebné kroky, jakou jsou cíle kurzu, zvolení obsahu kurzu, definování časového harmonogramu, odsouhlasení harmonogramu a příprava zázemí včetně didaktických prostředků. Účastníky pilotního kurzu budou žáci druhého ročníku oboru Mechanik motorových vozidel.

Po zakončení teoretické části, dojde k ověření znalostí pomocí kvízu, který je bodově ohodnocen. Vyhodnocené otázky lze brát jako podklad pro optimalizaci kurzu, kdy špatně zvolené odpovědi na otázku dávají jasný signál k většímu kladení důrazu na dané téma. Po pilotní realizaci kurzu bude zároveň provedena zpětná vazba žáků a pedagogů na kurz a lektora.

Podměty, které vyplynou ze zpětné vazby budou nasdíleny na digitální tabuli, kde dojde k provedení metody brainstormingu. V tomto bodě budou žáci a pedagogové s lektorem navrhovat opatření a návrhy, které kurz vylepší a eliminují tak nedostatky, které během kurzu shledali. Vznesené návrhy budou dále prodiskutovány s vedením školy a následně zapracovány. Optimalizovaný kurz ve finální verzi bude předán pedagogům, kteří budou moci dle podkladů vyučovat kurz Základy 3D tisku.

6.1 Vyhodnocení znalostního kvízu a zpětná vazba

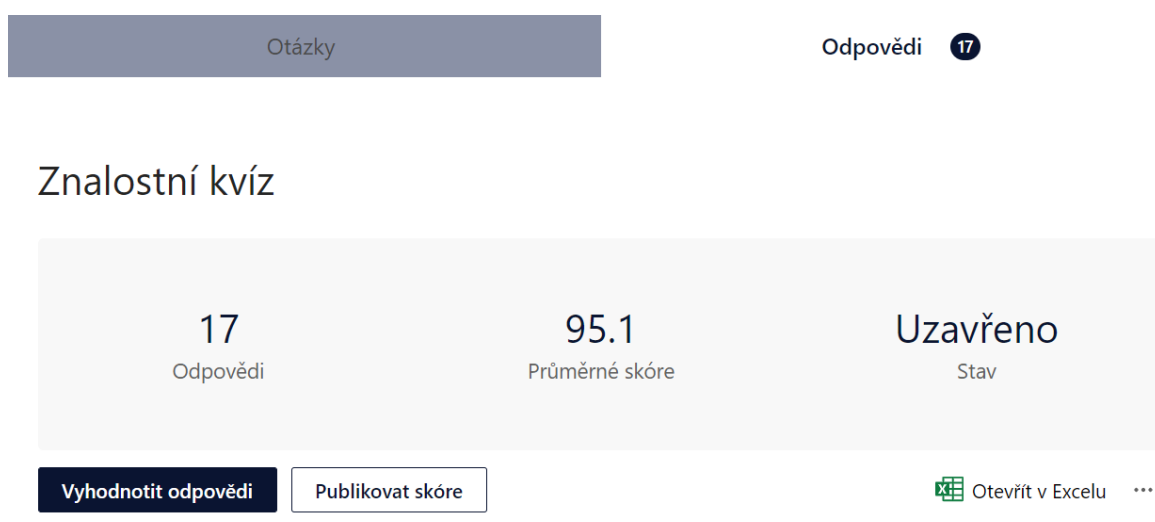
Po ukončení teoretické části, byli účastníci požádáni o vyplnění znalostního kvízu. Cílem bylo zjistit, zda byl výklad srozumitelný a byla zvolena správná kombinace metod výuky.

Po ukončení kurzu byli účastníci požádáni o vyplnění dotazníku, jehož otázky cílily na vyhodnotení efektivitu a celkový přínos kurzu Základy 3D tisku. Kurz absolvovalo celkem 15 žáků a 2 pedagogové.

Vyhodnocení znalostního kvízu

Znalostní kvíz byl tvořen 12 otázkami, kdy 10 bylo uzavřených a 2 otevřených. Uzavřené otázky byly ohodnoceny 10 body a otevřené 15 body. Před uskutečněním kvízu byly uschovány veškeré podklady v papírové formě, které byly rozdány účastníkům na začátku kurzu. Došlo k zamezení opisování, a tudíž následnému pokřivení výsledků, které jsou důležité pro optimalizaci kurzu. Kvíz probíhal za podpory MS Teams, kdy si žáci a pedagogové naskenovali QR kód a započali s vyplňováním. V tomto kroku nebyl žádný problém, protože účastníci byli připojeni na školní Wi-Fi.

Výsledkem kvízu je průměrné skóre 95,1% a účastníci potřebovali v průměru 6 minut na vyplnění kvízu. Což se dá považovat za velice dobrý výsledek a lze říci, že žáci pilně poslouchali a dělali si poznámky. I přes takto dobré výsledky došlo po ukončení kvízu k nasdílení výsledků na elektronickou tabuli a žáci zdůvodňovali správné odpovědi.



Obrázek č. 19: Vyhodnocení znalostního kvízu [32]

Zpětná vazba po zakončení kurzu došlo opět k nasdílení QR kódu, který byl přiřazen pro zpětnou vazbu na kurz Základy 3D tisku. Zde žáci a pedagogové hodnotili průběh

a přínos kurzu. V aplikaci byly nastaveny celkem tři druhy odpovědí. V prvním typu odpovědí účastníci volili na stupnici 1-5 jak se jim kurz líbil a zdali byl pro ně přínosný. Zde bylo v průměru 4,71%, kdy maximální počet byl pět. Další druhem byly uzavřené otázky, kdy byli účastníci tázáni, zdali se jim kurz líbil a doporučili by jej svým spolužákům. Tyto odpovědi byly také velice povzbudivé, protože žáci se v 79% chtějí zúčastnit dalších kurzů a zdokonalovat se dále v tomto odvětví. Kurz by celkem by doporučilo svým spolužákům 85% dotázaných. Závěrem byla otázka otevřená a účastníci mohli zasílat návrhy pro optimalizaci kurzu. Po ukončení zpětné vazby opět došlo k nasdílení potenciálů, abychom se mohli zabývat body pro optimalizaci kurzu. Pro tento krok byla zvolena metoda Brainstormingu a žáci s pedagogy vymýšleli možné varianty pro vylepšení kurzu. Zde došlo k opravdu plodné diskusi a byly dále prohlubovány povodní myšlenky. Při Brainstormingu byl vidět vzájemný respekt a týmový duch.

Chyběly Vám v rámci kurzu nějaké informace? Co byste do kurzu zařadili navíc?
Ani ne
Nejspíš ne
NE
Nic
Více "praxe"
Nechal bych si lidi vybrat z větší škály výrobků
Asi nic
Bylo to suprčuprový ❤️
Ne
Ne. Bylo by lepší méně říkat slovo průša
Pro začátek ok
Nevím
Kde se ty 3D tiskárny vyrábí, a za jak dlouho jsou hotové?
Nechyběly protože nevím. Více prostoru pro modelování.
Bylo to velmi přínosné, ale chtělo by to trochu více času.
Kurz byl srozumitelný a pochopitelný. 😊
Za mě by to chtělo více času nebo rozdělit do několika sekci takto to bylo vše moc rychle.

Tabulka č. 3: Zpětná vazba - Základy 3D tisku [32]

Brainstorming přinesl mnoho podmětných bodů, které jsme společně probírali. Velkým přínosem byla i přítomnost ředitelky školy, která byla přizvána. Žáci v její přítomnosti odprezentovali svoje návrhy na zlepšení kurzu. Zde vidím i velký přínos v možnosti zdokonalení se v prezentačních dovednostech.

Závěrem byly definovány tři hlavní směry, kterými se kurz bude dále vyvíjet.

- Úprava časového harmonogramu
- Více modelování ve Fusionu 360
- Začlenění 3D pera a postprocessing

Zhodnocení průběhu kurzu Základy 3D tisku, který probíhal na SOŠ a SOU Kaplice dne 8.4.2022 lze zhodnotit z pohledu školitele jako velice vydařený. Atmosféra byla přátelská a pedagogové byli nápomocni při ranní přípravě učebny. V průběhu kurzu nenastaly žádné problémy, a tak žáci mohli pilně poslouchat, dělat si poznámky a zapojovat se do diskuse. Těmto faktům nasvědčují taktéž výborné výsledky z vědomostního kvízu a pozitivní zpětná vazba od účastníků kurzu.



Obrázek č. 20: Pilotní odškolení kurzu Základy 3D tisku [32]

6.2 Optimalizace kurzu

Veškeré body, které byly definovány v rámci brainstormingu byly ihned po skončení kurzu řádně projednány na poradě s vedením školy a zúčastněnými pedagogy. Na této škole velmi oceňují efektivitu řešení problémů a zájem předávat žákům co největší množství informací.

První bod k projednání byl časový harmonogram. Žáci a pedagogové zmínili malou časovou dotaci na jednotlivé okruhy, a to zejména Druhy 3D tiskáren a Komponenty tiskárny Original Prusa MINI+, rovněž by ocenili více času modelování v programu Fusionu 360. Z další diskuse vyplynulo, že bude vhodné kurz Základy 3D tisku rozdělit do dvou po sobě jdoucích dnů. První den se žáci budou věnovat pouze modelování ve Fusionu 360, následně úpravě 3D modelu v programu PRUSA Slicer a vygenerování tiskové podoby

G-codu. Zde je velkou výhodou, že žáci budou moci vytvořit hned několik modelů a seznámit se s pokročilými nástroji v programu Fusion 360 a Prusa slicer. Dále byl na programu porady projednán požadavek na začlenění dalšího příslušenství pro 3D tisk a 3D pera. Pro integraci požadavku je zapotřebí zakoupit patřičné zařízení na postprocessing, 3D pero, které se pohybují v rámci tisíců Kč a zařadit je do kurzu, který bude probíhat druhý den.

Vzhledem k přesunu modelování v programu Fusion 360 a přípravě modelů k tisku na první den, dojde k uvolnění časové dotace jedné hodiny. Nutno také podotknout, že vzhledem k neznalosti žáků s programem Fusion 360 došlo v pilotním kurzu k překročení stanoveného času při tvorbě modelů o 15 minut. Přihlédneme-li k tomuto faktu a přesunu výše uvedených bodů do prvního dne, vznikne volné časové okno v kurzu Základy 3D tisku 75 minut. Dále byl akceptován návrh o další navýšení časové dotace kurzu o 30 minut. V součtu je tedy možno využít 105 minut pro postprocessing, tvorbu s 3D perem a navýšení časové dotace u jednotlivých bloků, které žáci a pedagogové vnímali jako nedostatečnou. Optimalizovaný časový harmonogram a jednotlivé bloky jsou uvedeny níže a reflektují veškeré požadavky žáků a pedagogů.

Základy 3D tisku - tvorba modelů			
Název	Délka trvání (min)	Časový rozsah	Obsah
Úvod	10	08:00 - 08:10	Seznámení žáků s obsahem a cílem kurzu
Rozhraní a nastavení programu	45	08:10 - 08:55	Seznámení s prostředím programu
Pauza	10	08:55 - 09:55	
Seznámení s jednotlivými nástroji	60	09:10 - 09:55	Definice a funkcionality jednotlivých nástrojů
Tvorba náčrtů	35	09:55 - 10:30	Tvorba základních tvarů a následná úprava
Pauza	10	10:30 - 10:40	
Vytvoření 3D modelu	45	10:40 - 11:25	Modelování šroubu a matice
Oběd	30	11:25 - 11:55	
Vytvoření 3D modelu	45	11:55 - 12:40	Modelování držáku pneumatické zatahovačky
Slicování modelů a převed do G-codu	50	12:40-13:30	Úprava modelu v Prusa slicer a následné převedení do G-codu
Závěr	45	13:15 - 14:00	Ověření nabytých znalostí žáků formou kvízu, zpětná vazba na kurz formou Brainstromigu

Tabulka č. 4: Základy 3D tisku - první den [32]

Základy 3D tisku			
Název	Délka trvání (min)	Časový rozsah	Obsah
Úvod	10	07:30 - 07:40	Seznámení žáků s obsahem a cílem kurzu
Vstupní informace	15	07:40 - 07:55	Zjištění aktuálních zkušeností od jednotlivých žáků s 3D tiskem
Historie a vývoj 3D tisku	35	07:55 - 08:30	Časová osa a vývoj 3D tisku
Pauza	10	08:30 - 08:40	
Druhy 3D tiskáren	60	08:40 - 09:40	Základní rodělení tiskáren dle technologie a vstupujícího materiálů
Využití 3D tiskáren	40	09:40 - 10:20	Využití tiskáren dle typu a ukázky praktických příkladů
Pauza	10	10:30 - 10:40	
Komponenty tiskárny Original Prusa MINI+	45	10:40 - 11:25	Seznámení s jednotlivými komponenty tiskárny Original Prusa MINI+
Příprava k tisku	35	11:25 - 12:00	Seznámení s BOZP, základní obsluhou tiskárny, zadání připravených 3D modelů k tisku
Oběd	30	12:00 - 12:30	
Příslušenství tiskáren	60	12:30 - 13:30	Postprocessing 3D výrobků, práce s 3D perem
Závěr	30	13:30 - 14:00	Ověření nabytých znalostí žáků formou kvízu, zpětná vazba na kurz formou Brainstromigu, kontrola vytiskutého modelu a následná diskuze

Tabulka č. 5: Základy 3D tisku - druhý den [32]

Závěr

Tématem bakalářské práce bylo Využití 3D tisku v odborně technických předmětech. Při tvorbě bakalářské práce došlo k definování hlavního cíle, kterým je začlenění kurzu 3D tisku pro SOŠ a SOU Kaplice. Dále byly definovány dílčí cíle, které systematickým plněním podporovaly úspěšné splnění cíle hlavního. Dílčí cíle jsou dále rozebrány v praktické části. Především se jednalo o vytvoření empirického dotazníku, tvorbu podkladů pro školení, pilotní odškolení kurzu a jeho následná optimalizace. Neméně důležité bylo i zjištění využití 3D tisku a jeho potenciálu na SOŠ a SOU Kaplice.

Bakalářská práce byla rozdělena do dvou částí, na část teoretickou a část praktickou. Teoretická část bakalářské práce se zabývala definicemi vybraných didaktických principů a metod výuky, které mají primární přínos v odborně technických předmětech. Dále zde byly klasifikovány a charakterizovány typy 3D tiskáren a podpůrných programů pro tvorbu a úpravu 3D modelů. Závěrem teoretické části došlo k porovnání jednotlivých tiskáren, dle kritérií a požadavků vybrané školy.

V praktické části došlo k vytvoření vlastního empirického šetření, jehož výstup definoval cíle a obsahy jednotlivých částí kurzu 3D tisku. Pro realizaci tohoto kurzu bylo nutné stanovení dílčích cílů, které napomohly správnému výsledku a začlenění navrženého kurzu do výuky. Při tvorbě kurzu byly začleněny veškeré metody výuky a didaktické principy, které byly popsány v teoretické části, aby forma výuky dosáhla maximální efektivity a byly tak dodržovány stanovené didaktické cíle.

Součástí praktické části bylo také pilotní odškolení kurzu s žáky technických oborů a jejich pedagogy. Závěrem kurzu došlo k verifikaci obsahu a cílů pomocí zpětné vazby, která napomohla k optimalizaci navrhovaného kurzu a jeho následné začlenění do výuky.

Veškeré cíle, které byly pro bakalářskou práci stanoveny jsou dosaženy a výstupem praktické části je optimalizovaný kurz s názvem Základy 3D tisku. Kurz seznamuje žáky se základy 3D tisku dle didaktických zásad a bude začleněn do vyučování na SOŠ a SOU Kaplice.

Seznam použité literatury

- [1] VANĚČEK, David. *Didaktika technických odborných předmětů*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016. ISBN 978-80-01-05991-3.
- [2] ZORMANOVÁ, Lucie. *Výukové metody tradičního vyučování* [online]. 2012 [cit. 2022-02-12]. Dostupné z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/S/15015/VYUKOVE-METODY-TRADIC-NIHO-VYUCOVANI.html>
- [3] MAŇÁK, Josef a Vlastimil ŠVEC. *Výukové metody*. 1. Brno: Paido, 2003. ISBN 80-7315-039-5.
- [4] SKALKOVÁ, Jarmila. *Obecná didaktika: 2., rozšířené a aktualizované vydání*. 2. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1821-7.
- [5] KOMENSKÝ, Jan Amos. *Didaktika velká*. 3. Brno: Komenium, 1948.
- [6] CHAKRAVORTY, Dibya. *What is 3D Printing?* [online]. 2017 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://all3dp.com/1/useful-cool-things-3d-print-ideas-3d-printer-projects-stuff/>
- [7] BECHTOLD, Stefan. *Economic Research Working Paper No. 28: 3D printing and the intellectual property system* [online]. 2015 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_econstat_wp_28.pdf
- [8] HULL, Charles. *Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography*. 1984. USA. 06638905. Uděleno 11.03.1986. Zapsáno 08.08.1984.
- [9] *3D systems* [online]. [cit. 2022-02-25]. Dostupné z: <https://www.3dsystems.com/our-story>
- [10] VIALVA, Tia. *3D Printing Industry* [online]. 2020 [cit. 2022-02-25]. Dostupné z: <https://3dprintingindustry.com/news/carl-deckard-the-inventor-of-sls-passes-away-166853/>
- [11] DYER, Ezra. *Popular mechanics* [online]. 2015 [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.popularmechanics.com/cars/a16726/local-motors-strati-roadster-test-drive/>
- [12] *PRUSA RESEARCH: O nás* [online]. [cit. 2022-02-27]. Dostupné z: https://www.prusa3d.com/cs/stranka/o-nas_77
- [13] BOISSONNEAULT, Tess. *3D Printing Media Network: PERI Group acquires minority share in construction 3D printing company COBOD* [online]. 2018 [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.3dprintingmedia.network/peri-group-invest-construction-cobod/>
- [14] STŘÍTESKÝ, Ondřej. *Základy 3D tisku s Josefem Průšou*. 1. Praha: Prusa Research, 2019.
- [15] FLYNT, Joseph. *What are Polar 3D Printers and Best Models to Consider* [online]. 2019 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://3dinsider.com/polar-3d-printers/>
- [16] CHEN, Aron. *5 things to learn on Extruder – Core part of a 3D printer* [online]. 2019 [cit. 2022-02-22]. Dostupné z: <https://www.cmac.com.au/blog/5-things-about-extruder-core-part-3d-printer>
- [17] *Materiál pro 3D tisk* [online]. [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/materialovy-slovník/pet-g/>
- [18] *Materiál pro 3D tisk* [online]. [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/materialovy-slovník/pla/>

- [19] *Materiál pro 3D tisk* [online]. [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/materialovy-slovník/abs/>
- [20] *Průvodce materiálů: ASA* [online]. [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: https://help.prusa3d.com/cs/article/asa_1809
- [21] *Materiál pro 3D tisk* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/materialovy-slovník/pc/>
- [22] *Additive Manufacturing* [online]. [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://additivemanufacturingllc.com/uncategorized/dmls-vs-sls-which-is-better-for-your-needs/>
- [23] *Form labs: 25 (Unexpected) 3D Printing Use Cases* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://formlabs.com/blog/25-unexpected-3d-printing-use-cases>
- [24] SEFZIG, Luděk, *Metodický portál RVP* [online]. 2018 [cit. 2022-03-06]. Dostupné z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/O/21812/7-duvodu-pro-vyuziti-3d-tisku-ve-skolach.html>
- [25] *For 3D tisk: Programy pro 3D tisk* [online]. [cit. 2022-03-06]. Dostupné z: <https://for3dtisk.cz/programy-pro-3d-tisk-blog/>
- [26] GOŠOVÁ, Věra. *Výukové cíle. Metodický portál RVP* [online]. 2011 [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: https://wiki.rvp.cz/Knihovna/1.Pedagogický_lexikon/V/výukové_cíle
- [27] *Makerbot: EVERYTHING YOU NEED TO KNOW ABOUT 3D PRINTING EDUCATION PROGRAMS* [online]. [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: <https://www.makerbot.com/stories/3d-printing-education/everything-you-need-to-know-about-3d-printing-education-programs/>
- [28] VERL, Humpherys. *3D Printing Realms* [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://www.3dprintingrealms.com/when-was-the-first-3d-printer-made/>
- [29] *Typy tiskáren a rozdíly mezi nimi* [online]. 2022 [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: https://www.help.prusa3d.com/cs/article/typy-tiskaren-a-rozdily-mezi-nimi_112464
- [30] STŘÍTESKÝ, Ondřej. *Základy 3D tisku* [online]. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/ped/jaro2021/T19009/111101390/zaklady-3d-tisku.pdf>
- [31] MUCHOVÁ, Kateřina. *Testy a srovnání 3D tiskáren 2022* [online]. 2021 [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://www.testado.cz/nejlepsi-3d-tiskarny/>
- [32] Lovčí Hájek, Martin. *Vlastní tvorba*

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Zařízení pro výrobu trojrozměrných předmětů stereografií [28].....	13
Obrázek č. 2: Kartézská tiskárna [29].....	15
Obrázek č. 3: Tiskárna Delta [29].....	16
Obrázek č. 4: Tiskárna Polar [29].....	16
Obrázek č. 5: Extruder [30].....	17
Obrázek č. 6: Porovnání 3D tiskáren Prusa i3 MK3+, Ender 5, Creality [31].....	26
Obrázek č. 7: Porovnání tiskáren Original Prusa MINI+ [31].....	26
Obrázek č. 8: Vzorčky filamentu [32].....	40
Obrázek č. 9: Svěrka [32].....	41
Obrázek č. 10: Držák zatahovačky [32].....	41
Obrázek č. 11: Model brzdového systému [32].....	40
Obrázek č. 12: Extruder [30].....	41
Obrázek č. 13: Fusion 360 [32].....	41
Obrázek č. 14: Program Prusa slicer [32].....	42
Obrázek č. 15: Výplně modelů [32].....	42
Obrázek č. 16: Detail vytisknutého šroubu [32].....	43
Obrázek č. 17: Aplikace pro práci s 3D tiskárnou [32].....	45
Obrázek č. 18: Výměna filamentu tiskárny [32].....	44
Obrázek č. 19: Vyhodnocení znalostního kvízu [32].....	46
Obrázek č. 20: Pilotní odškolení kurzu Základy 3D tisku [32].....	46

Seznam grafů

Graf č. 1: Otázka č.1 [32].....	30
Graf č. 2: Otázka č. 2 [32].....	31
Graf č. 3: Otázka č.3 [32].....	31
Graf č. 4: Otázka č.4 [32].....	32
Graf č. 5: Otázka č.5 [32].....	32
Graf č. 6: Otázka č.6 [32].....	33
Graf č. 7: Otázka č.7 [32].....	33
Graf č. 8: Otázka č.8 [32].....	34
Graf č. 9: Otázka č.9 [32].....	34
Graf č. 10: Otázka č.10 [32].....	35
Graf č. 11: Otázka č.11 [32].....	35
Graf č. 12: Otázka č.12 [32].....	36

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Otázka č.13 [32].....	36
Tabulka č. 2: Časový harmonogram kurzu [32]	38
Tabulka č. 3: Zpětná vazba - Základy 3D tisku [32]	47
Tabulka č. 4: Základy 3D tisku - první den [32].....	49
Tabulka č. 5: Základy 3D tisku - druhý den [32].....	50

Přílohy

Příloha č.1 – Položky dotazníku



Využití 3D tisku v technických odborných předmětech

Dobrý den,

rád bych Vás požádal o vyplnění krátkého dotazníku. Dotazník je anonymní a výsledky budou využity výhradně pro zpracování bakalářské práce na téma: Využití 3D tisku v technických odborných předmětech. Cílem dotazníku je zjistit jaké jsou aktuální znalosti a zkušenosti 3D tisku na SOU a SOŠ Kaplice.

Předem Vám děkuji za vyplnění dotazníku, který nezabere více než pár minut.

Martin Lovčič Hájek, Lean poradce - ŠKODA AUTO a.s.

Student 3. ročníku, bakalářského studia, obor Učitelství praktického vyučování a odborného výcviku na ČVUT Masarykova Ústavu Vyšších Studií

...

Ahoj, Martin. Při odeslání tohoto formuláře se majiteli zobrazí vaše jméno a e-mailová adresa.

* Povinné

1. Jaké je Vaše pohlaví? *

Muž

Žena

2. V jakém ročníku studujete? *

1. ročník

2. ročník

3. ročník

4. ročník

Jsem pedagog

3. Jaký je Váš studijní obor? *

- Obchodní akademie
- Mechanik opravář motorových vozidel (automechanik)
- Opravář zemědělských strojů
- Strojní mechanik
- Operátor skladování logistik
- Bezpečnostní služby
- Jsem pedagog

4. Setkali jste se někdy s 3D tiskem? *

- Ano
- Ne

5. Zajímává Vás téma 3D tisku? *

V případě, že zájem o 3D tisk nemáte, dotazník se automaticky ukončí.

- Ne
- Ano

6. Jaké jsou Vaše dosavadní zkušenosti s 3D tiskem? *

- Žádné
- Minimální
- Využívám 3D tisk

7. Vlastní Vaše škola 3D tiskárnu? *

- Ano
- Ne
- Nevím

8. Využíváte 3D tisk ve výuce? *

- Ano
- Ne

9. Která forma vzdělávání Vám nejvíce vyhovuje? *

- Teoretická
- Praktická
- Kombinovaná (teorie + praxe)

10. Jaká forma předávání informací je pro Vás nejpřínosnější? *

- Prezentace v PowerPointu
- Výklad u tabule
- Online (E-learning)
- Kombinace

11. O jaké informace v rámci výuky 3D tisku, byste měli zájem? *

- Historie a vývoj
- Základní rozdělení
- Tvorba 3D modelů
- Možné využití tiskáren
- Údržba tiskáren
- Příprava 3D modelu na tisk
- Jiné

12. Jakým způsobem byste chtěli využívat 3D tiskárnu v odborných předmětech? *

Tvorba prototypů

Pracovní pomůcky

Učební pomůcky

Jiné

13. Zvýší se Vaše motivace při studiu, pokud si budete moci vytisknout svůj vlastní model? *

Ano, určitě

Spíše ne

14. Jsou nějaké součástky, které byste nahradili vytištěnými z 3D tiskárny? *

Zadejte svoji odpověď.

Odeslat

Znalostní kvíz

Ověření získaných vědomostí z kurzu Základy 3D tisku

* Povinné

1. Kdo jako první úspěšně patentoval zařízení na výrobu trojrozměrných předmětů stereografi? *
(počet bodů: 10)

- Hideo Kodoma
- Carl Dekard
- Charles Hull

2. Která z níže uvedených tiskáren patří mezi nejspolehlivější? *
(počet bodů: 10)

- Polar
- Kartézská
- Delta

3. Který z níže uvedených komponentů není součástí 3D tiskárny typu FFF? *
(počet bodů: 10)

- Extruder
- Řídící jednotka
- UV dioda

4. Jaký vstupní materiál využívají Kartézské tiskárny? *
(počet bodů: 10)

- Filament - tisková struna
- Práškový materiál
- Tekutý materiál - Resin

5. Jaké maximální teploty může dosáhnout tryska tiskárny Originál Prusa MINI+? *
(počet bodů: 10)

- 120°C
- 220°C
- 280°C

6. Dokáží se 3D tiskárny samy reprodukovat? *
(počet bodů: 10)

- Ano
- Ne
- Do jisté míry ano

7. Vzniká při 3D tisku odpadní materiál? *
(počet bodů: 10)

- Ano
- Ne
- Pouze v případě podpěr

8. Lze nastavit v programu Slicer výměnu filamentu během tisku? *
(počet bodů: 10)

- Ano
- Ne

9. Je vhodné modely vytištěné na tiskárnách typu FFF používat při 300°C? *
(počet bodů: 10)

- Ano
- Ne

10. Jaká technologie tisku je vhodná do extrémních teplotních podmínek? *
(počet bodů: 10)

- FFF
- SLA
- DMLS

11. Vyjmenuj alespoň 3 odvětví, kde je využíván 3D tisk. *
(počet bodů: 15)

Zadejte svoji odpověď.

12. Jaké jsou hlavní výhody 3D tisku? Vyjmenujte alespoň 2. *
(počet bodů: 15)

Zadejte svoji odpověď.

Odeslat

Zpětná vazba

Zpětná vazba na kurz Základy 3D tisku

* Povinné

1. Byl pro Vás kurz přínosem? *

☆ ☆ ☆ ☆ ☆

2. Byly použity srozumitelné příklady z praxe? *

☆ ☆ ☆ ☆ ☆

3. Byla časová dotace kurzu přiměřená? *

☆ ☆ ☆ ☆ ☆

4. Jaký byl podle Vás výkon školitele? *

☆ ☆ ☆ ☆ ☆

5. Máte zájem se dále rozvíjet v oblasti 3D tisku? *

Ano

Ne

6. Doporučil/a byste tento kurz svým spolužákům? *

Ano

Ne

7. Chyběly Vám v rámci kurzu nějaké informace? Co byste do kurzu zařadili navíc? *

Zadejte svoji odpověď.

Odeslat

Příloha č. 4 – Obsah kurzu

Základy 3D tisku			
Název	Délka trvání (min)	Časový rozsah	Obsah
Úvod	10	07:30 - 07:40	Seznámení žáků s obsahem a cílem kurzu
Vstupní informace	15	07:40 - 07:55	Zjištění aktuálních zkušeností od jednotlivých žáků s 3D tiskem
Historie a vývoj 3D tisku	35	07:55 - 08:30	Časová osa a vývoj 3D tisku
Pauza	10	08:30 - 08:40	
Druhy 3D tiskáren	60	08:40 - 09:40	Základní rozdělení tiskáren dle technologie a vstupujícího materiálu
Využití 3D tiskáren	40	09:40 - 10:20	Využití tiskáren dle typu a ukázky praktických příkladů
Pauza	10	10:30 - 10:40	
Komponenty tiskárny Original Prusa MINI+	45	10:40 - 11:25	Seznámení s jednotlivými komponenty tiskárny Original Prusa MINI+
Příprava k tisku	35	11:25 - 12:00	Seznámení s BOZP, základní obsluhou tiskárny, zadání připravených 3D modelů k tisku
Oběd	30	12:00 - 12:30	
Příslušenství tiskáren	60	12:30 - 13:30	Postprocessing 3D výrobků, práce s 3D perem
Závěr	30	13:30 - 14:00	Ověření nabytých znalostí žáků formou kvízu, zpětná vazba na kurz formou Brainstromigu, kontrola vytisknutého modelu a následná diskuze

Základy 3D tisku			
Název	Délka trvání (min)	Časový rozsah	Obsah
Úvod	10	08:00 - 08:10	Seznámení žáků s obsahem a cílem kurzu
Vstupní informace	15	08:10 - 08:25	Zjištění aktuálních zkušeností od jednotlivých žáků s 3D tiskem
Historie a vývoj 3D tisku	35	08:25 - 09:00	Časová osa a vývoj 3D tisku
Pauza	10	09:00 - 09:10	
Druhy 3D tiskáren	45	09:10 - 09:55	Základní rozdělení tiskáren dle technologie a vstupujícího materiálu
Využití 3D tiskáren	40	09:55 - 10:35	Využití tiskáren dle typu a ukázky praktických příkladů
Pauza	10	10:35 - 10:45	
Komponenty tiskárny Original Prusa MINI+	30	10:45 - 11:15	Seznámení s jednotlivými komponenty tiskárny Original Prusa MINI+
Tvorba modelů	45	11:15 - 12:00	Seznámení s funkcionalitami SW Fusion 360 a následná tvorba 3D modelu
Slicování modelů a převod do G-codu:	15	12:00-12:15	Úprava modelu v Prusa slicer a následné převedení do G-codu
Oběd	30	12:15 - 12:45	
Příprava k tisku	30	12:45 - 13:15	Seznámení s BOZP a základní obsluhou tiskárny
Závěr	45	13:15 - 14:00	Ověření nabytých znalostí žáků formou kvízu, zpětná vazba na kurz formou Brainstromigu, kontrola vytisknutého modelu a následná diskuze

Evidence výpůjček

Prohlášení:

Dávám svolení k půjčování této bakalářské práce. Uživatel potvrzuje svým podpisem, že bude tuto práci řádně citovat v seznamu použité literatury.

Jméno a příjmení:

V Praze dne:

Podpis:

Jméno	Oddělení/ Pracoviště	Datum	Podpis
