

Ekonomická
fakulta
Faculty
of Economics

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Ekonomická fakulta

Katedra řízení

Bakalářská práce

Téma:

Využití 3D tiskáren v průmyslu

Zpracoval: Filip Říský

Vedoucí práce: Ing. Martin Pech, Ph.D.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Ekonomická fakulta

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Filip ŘÍSKÝ
Osobní číslo: E18651
Studijní program: B6208 Ekonomika a management
Studijní obor: Řízení a ekonomika podniku
Téma práce: Využití 3D tiskáren v průmyslu
Zadávací katedra: Katedra řízení

Zásady pro vypracování

Cíl práce:

Cílem bakalářské práce je posouzení využití 3D tiskáren v průmyslu, jejich vlivu na podnikové procesy, zhodnocení jejich výhod a nevýhod včetně navržení doporučení.

Metodika práce:

1. Prostudování odborné literatury.
2. Zpracování metodiky v souladu s cílem bakalářské práce.
3. Posouzení využití 3D tiskáren v průmyslu.
4. Zhodnocení možností 3D tiskáren a jejich výhod a nevýhod.
5. Syntéza výsledků a navržení doporučení.

Rámcová osnova:

1. Úvod.
2. Literární přehled.
3. Cíl a metodika.
4. Vlastní zpracování.
5. Závěr.
6. Přehled použité literatury.
7. Přílohy.

Rozsah pracovní zprávy: 40 – 50 stran

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam doporučené literatury:

- Alasdair, G. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Berkeley: Apress.
Kloski, W. L., & Kloski, N. (2017). *Začínáme s 3D tiskem*. Praha: Albatros Media.
Kumar, J. L., Pandey, M. P., & Wimpenny, I. D. (2019). *3D printing and additive manufacturing technologies*. Singapore: Springer.

Mařík, V. (2016). *Průmysl 4.0. Výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press.
Miketa, K. (2017). *Smart revoluce*. Praha: Mladá Fronta.
Redwood, B., Schöffer, F., & Garret, B. (2017). *The 3D printing handbook: technologies, design and applications*. Amsterdam: 3D Hubs.
Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. New York: Currency.
Štriteský, O., Průša, J., & Bach, M. (2019). *Základy 3D tisku s Josefem Průšou*. Praha: Prusa Research.
Tomek, G., & Vávrová, V. (2017). *Průmysl 4.0. Aneb nikdo sám nevyhraje*. Praha: Professional Publishing.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Pech, Ph.D.**
Katedra řízení

Datum zadání bakalářské práce: **17. ledna 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **17. dubna 2021**



doc. Dr. Ing. Dagmar Škodová Parmová
děkanka

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
EKONOMICKÁ FAKULTA
Studentská 10 370 01 České Budějovice



doc. Ing. Petr Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 20. února 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma Uplatnění informačních technologií v obchodě jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 zákona č. 111/1999 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to – v nezkrácené podobě/v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Ekonomickou fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdání textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum:

Filip Říský

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi pomohli v realizaci bakalářské práce. Zejména děkuji vedoucímu své práce panu Ing. Martinu Pechovi, Ph.D.. Poděkování patří také všem respondentům a rodině za podporu při studiu.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Literární přehled	2
2.1 Průmysl 4.0	2
2.2 Výroba.....	4
2.3 Rozdělení výrobních metod	5
2.4 Princip fungování 3D tisku	7
2.5 Historie 3D tisku	8
2.6 Technologie 3D tisku	9
2.7 Průmyslové využití 3D tisku.....	15
2.8 Ostatní využití	17
3. Cíl a metodika.....	19
3.1 Cíl práce	19
3.2 Metodický postup.....	19
3.3 Použité metody.....	20
4. Vlastní zpracování	22
4.1 Vyhodnocení dotazníkového šetření	22
4.1.1 Charakteristika výzkumného vzorku	22
4.1.2 Dostupnost využívání 3D tiskáren.....	25
4.1.3 Charakteristika využití 3D tisku.....	30
4.1.4 Výhody a nevýhody 3D tisku	34
4.2 Výsledky strukturovaného rozhovoru	35

4.2.1	Typy 3D tiskáren	36
4.2.2	Změny po zavedení 3D tisku	37
5.	Diskuse a doporučení	39
5.1	Posouzení využití 3D tiskáren v průmyslu.....	39
5.2	Zhodnocení vlivu 3D tisku na podnikové procesy.....	41
5.3	Zhodnocení výhod a nevýhod 3D tisku	41
5.4	Navržení doporučení	43
6.	Závěr	44
7.	Seznam použité literatury	46
8.	Seznam použitých obrázků	47
9.	Seznam použitých tabulek	48
10.	Summary	49
11.	Přílohy.....	50

1 Úvod

V současné době, kdy jsme tlačeni urychlit proces digitalizace a automatizace ve výrobě, Průmysl 4.0 se stal realitou a spolu s ním roste i význam 3D tisku, který se neustále rozvíjí a jeho význam v budoucnosti ještě dále poroste. Začíná být součástí výrobních podniků i domácností. V posledních letech roste dostupnost a popularita, které vedou k stále narůstajícímu počtu uživatelů. Umožňuje vytvoření výrobku libovolných tvarů a různých vlastností. V dnešním světě, kde se vše jen kopíruje podporuje rozvoj kreativity a umožňuje díky tomu zkoušet a objevovat věci, které by jinak v malém měřítku nebylo možné realizovat.

V průmyslu je 3D tisk, jinak zvaný také jako aditivní výroba, podle technologického způsobu výroby je nejvíce používán kvůli technologii rychlé výroby prototypů, nazývanou jako rapid prototyping. Ceněný je pro svou rychlost, variabilitu a výslednou kvalitu výrobku.

Toto odvětví vzniklo na základě spojení lidí z celého světa v online prostředí. Kolem 3D tisku se pohybuje velký počet nadšenců a není pro to problém nalézt řadu odborných zahraničních publikací, ale aktuálních odborných publikací od českých autorů mnoho není. S aditivní výrobou jsou spojená pozitiva i negativa, kterým jsou představeny v teoretické části. Ta seznamuje s pojmy jako je Průmysl 4.0, výroba a historie samotného vzniku 3D tisku, jakým způsobem funguje, jeho rozdělením podle použité technologie, vlastnostmi a použitím v různých odvětvích.

Cílem této práce je analyzovat stav a postavení 3D tisku v českém průmyslu. Zodpovědět na otázky, zda už ho společnosti aktivně využívají, k jakému účelu a jaké s tím mají spojené zkušenosti. Zaměřuje se na vliv v podnikových procesech a posuzuje výhody použití této metody výroby proti tradičním způsobům.

2 Literární přehled

2.1 Průmysl 4.0

Historie

Každá revoluce předurčuje nutnost změn ve společnosti. Pro lepší pochopení smyslu 4.0 je dobré si připomenout, jaký dopad měli na lidstvo dřívější průmyslové revoluce.

Nové vynálezy počínaje vynálezem parního stroje Jamesem Watterem roku 1765 a odstartovali první Velkou průmyslovou revoluci. Následoval přechod obyvatel od zemědělství k průmyslové výrobě a nastalo období industrializace. Průmyslová revoluce odstartovala změnu stylu života do dnešní podoby. Továrny byly schopné chrlit velké množství výrobků. Zvyšující se životní standard vedl k růstu populace, zároveň se při prosazování pokroku nehledělo na životní prostředí a rostoucí bohatství vedlo k rozevírajícími se nůžkami mezi bohatými a chudými ve společnosti. Zejména celková kvalita života nižších společenských vrstev ve městech nebyla vysoká. (*The Industrial Revolution*, 2014)

Na konci 19. století navazuje tzv. Vědecko-technická revoluce spojená s využitím elektřiny a využitím montážních linek přechází na masovou produkci.

Třetí průmyslová revoluce je otázkou druhé poloviny 20. století a je spojována s využitím informačních technologií a procesu automatizace. Hlavní slovo začínají mít počítače a nový vynález internetu.

Myšlenka 4.0 v České republice

Průmysl 4.0 je označením pro koncept „inteligentních továren“ v pokročilé fázi digitalizace, kdy jsou spolu stroje a systémy schopné nadálku komunikovat bez nutnosti zásahu člověka. Cílem je postupné redukování počtu pracovníků ve výrobě a nahrazování lidské síly roboty.

Český stát si uvědomuje význam těchto změn, proto Ministerstvo průmyslu a obchodu společně s vládou založilo Národní centrum Průmyslu 4.0 a vydalo vizi nazvanou Iniciativa 4.0, kde popisuje svou představu propojení virtuálního kybernetického světa se světem fyzickým založenou na informačních a kybernetických technologiích. Očekává rozšířené sdílení informací a komunikace a s tím otevřené nové možnosti v oblasti Big data. Za další významné technologie Průmyslu 4.0 považuje senzory, autonomní roboty, datová úložiště a využití cloudů, kybernetiku, rozšířenou realitu, umělou inteligenci a v neposlední řadě aditivní výrobu. (“Ministerstvo průmyslu a obchodu”, 2017)

Průmysl 4.0 povede k větší produktivitě práce. Vzniknou nová pracovní místa pro více kvalifikované pracovníky. Mařík(2015) zmiňuje nutnost změn ve vzdělávacím systému tak, aby reflektoval nové požadavky. Očekává se nižší energetická a surovinová náročnost výroby, optimalizace logistických tras, nové softwarové systémy pro výrobu nebo inteligentní řešení městských infrastruktur. Nové možnosti ve využití dat vedou ke schopnosti strojového učení a posunu v rozhodovacích procesech strojů. Využití nalezneme Průmysl 4.0 také v rámci rozvoje měst v rámci projektů tzv. „smart cities“.

Hlavními výzvami pro českou ekonomiku a průmysl bude zvýšení povědomí společnosti o těchto změnách, vybudování vhodných podmínek, zejména dostatečně rychlé komunikační sítě, zajištění dostatečné množství kvalifikovaných pracovníků, kteří rozumí novým technologiím a s rostoucími objemy sdílených dat také zajištění jejich zabezpečení. (“Ministerstvo průmyslu a obchodu”, 2017)

Tabulka 1: Profese s největším indexem ohrožení digitalizací

ISCO-3 Kód	Název profese	Index ohrožení digitalizací
431	Úředníci pro zpracování číselných výdajů	0,98
411	Všeobecní administrativní pracovníci	0,98
832	Řidiči motocyklů a automobilů (kromě nákladních)	0,98
523	Pokladníci a prodavači vstupenek a jízdenek	0,97
621	Kvalifikovaní pracovníci v lesnictví a příbuzných oblastech	0,97
722	Kováři, nástrojáři a příbuzní pracovníci	0,97
441	Ostatní úředníci	0,96
412	Sekretáři (všeobecní)	0,96
834	Obsluha pojezdých zařízení	0,96
612	Chovatelé zvířat pro trh	0,95

Zdroj: (Chmelař, et. al, 2015)

2.2 Výroba

Hlavním cílem výrobního procesu je přeměna vstupů na výstupy.

Pro naše účely si výrobu rozdělíme z hlediska objemu a rozsahu sortimentu a z hlediska vnitropodnikové logistiky.

Z hlediska objemu a rozsahu můžeme výrobu rozdělit na:

kusovou výrobu – výroba v malém množství na zakázku objednávku (složitější a dražší výstupy), širší sortiment

sériovou výrobu – větší množství výrobků v užším spektru, výroba probíhá v sériích, je potřeba speciálních strojů

hromadnou výrobu – ve velkém množství se celou dobu vyrábí jediný výrobek, používají se jednoúčelové stroje, které jsou pro danou výrobu nejefektivnější

Z hlediska vnitropodnikové logistiky:

zakázková výroba – opět malé množství výrobků, kde každý prochází výrobou jednotlivě

linková výroba – výroba několika druhů výrobků na zařízeních stejného druhu, každý z výrobků podstoupí podobnou cestu. Cílem je také maximální

kontinuální výroba – hromadná výroba stejných nebo podobných výrobků, produkce je co nejvíce standardizovaná za cílem hladkého a rychlého toku výrobků

V souvislosti s logistikou a průmyslem 4.0 je nežádoucí mít příliš velké hodnoty zásob, ideální je výroba na způsob Just in Time. Přizpůsobení velikosti výroby poptávce a potřebám zákazníka (Keřkovský, 2001).

2.3 Rozdělení výrobních metod

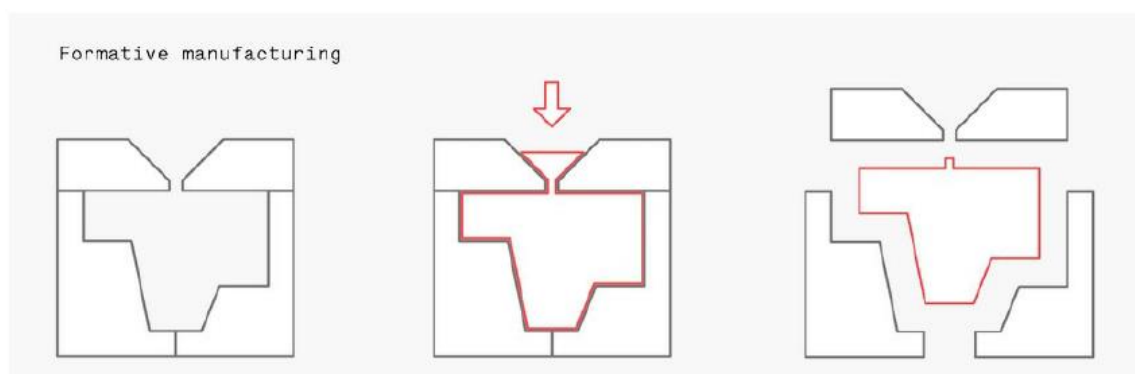
Průmyslovou výrobu můžeme rozdělit podle způsobu výrobního procesu do tří skupin na formativní, subtraktivní a aditivní.

Formativní výroba

Při této metodě je obvykle vytvořena forma, do které je poté surový materiál pomocí tepla roztaven a poté tlakem vstřikován, odléván nebo lisován do požadovaného tvaru. Tímto způsobem lze vyrábět z kovů, plastů i pryže.

Vyznačuje se vysokými vstupními náklady, kvůli nutnosti vzniku formy a pořízením stroje a jeho obsluhou. Tato metoda je vhodná pro sériovou výrobu ve vysokých objemech, kde je naopak jednotková cena velmi nízká. Překážkou jsou také kvůli složitosti technologie možné prostroje ve výrobě.

Obrázek 1: Formativní výroba



Zdroj: (Redwood, Schöffler, & Garret, 2017)

Subtraktivní výroba

Za subtraktivní výrobu se považuje způsob, kdy je materiál pracován postupným odebráním vrstev materiálu do výsledného tvaru výrobku. V průmyslu se využívá CNC strojů pro obrábění, frézování, broušení, vrtání nebo řezání nejčastěji kovů, dřeva, plastů a kompozitních materiálů.

Obrázek 2: Subtraktivní výroba

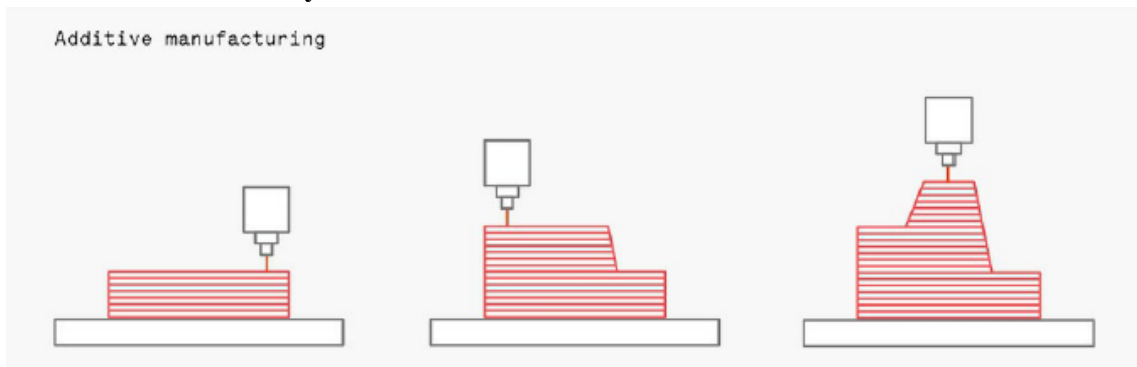


Zdroj: (Redwood, Schöffler, & Garret, 2017)

Aditivní výroba

Gal (2019, s. 5) definuje „3D tisk, přesněji aditivní výrobu jako výrobní proces, kdy je materiál postupně přidáván neboli vrstven za účelem výroby produktu“. 3D tiskárna potřebuje pro svou předlohu model vytvořený v některém z grafických programů CAD (Computer Aided Design). Následně si rozloží jednotlivé kroky do vrstev, které postupně nanáší.

Obrázek 3: Aditivní výroba



Zdroj: (Redwood, Schöffler, & Garret, 2017)

2.4 Princip fungování 3D tisku

CAD model

Prvním krokem je vytvoření 3D modelu. Každá tiskárna obvykle využívá vlastní grafický software na bázi systému CAD (Computer Aided Design/Drafting). Uživatelé mohou využít předem vytvořený model, upravit jej nebo si vymodelovat každý aspekt od nuly. Model lze také vytvořit využitím 3D skeneru nebo pomocí nahrání fotek požadovaného produktu z více úhlů. Modelovací software poté rozdělí model do jednotlivých vrstev a pošle pokyny tiskárně, které určují jejich jednotlivý tvar a formu. Vytvoření správného modelu je důležité nejen pro kvalitu tisku, ale také pro určení doby trvání, potřeby následného dalšího opracování a eliminaci potencionálních vad. Součástí modelu jsou také podpěry, které slouží k podepření části nové vrstvy, která je širší než předchozí a začínala by tak ve vzduchu. Dnešní modelovací systémy už si je umí vygenerovat automaticky.

Tisk

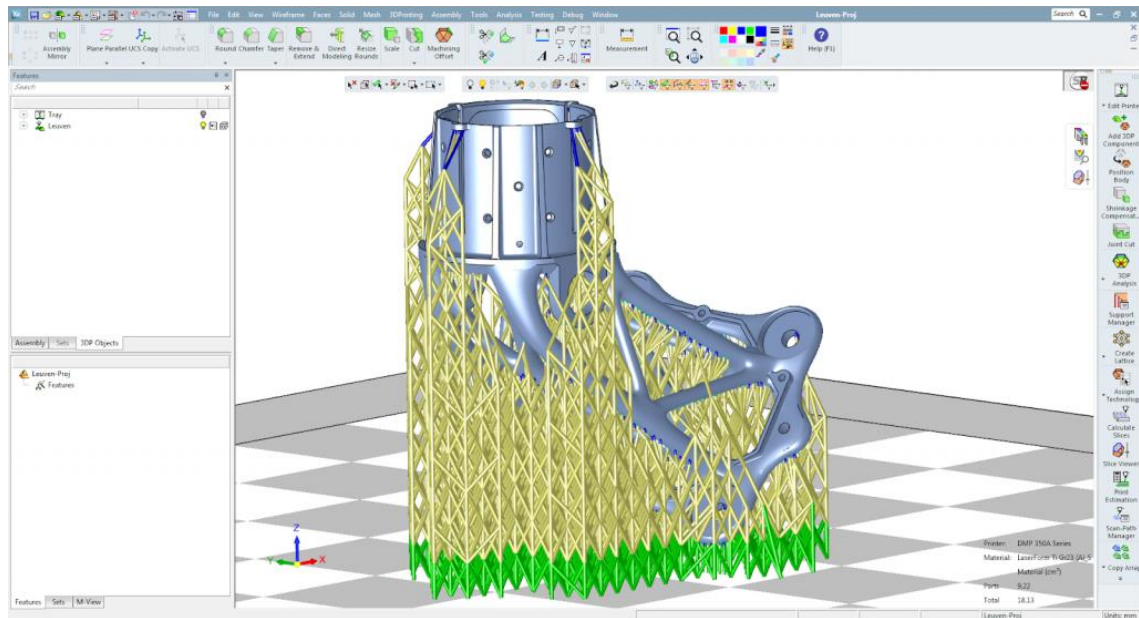
Model je poté převeden do souboru tzv. G-kódu, který udává pokyny tiskové hlavě, jak výrobek vytisknout. Před samotným tiskem musí být tiskárna správně nastavená a zkalibrována. V závislosti na použité technologii je potřeba před tiskem nahřát tiskovou hlavu nebo tiskovou podložku. Po spuštění tisku probíhá celý proces automaticky. Pro správný průběh tisku je důležité správné přichycení první vrstvy k podložce a zajištění ochrany proti vnějším vlivům. Profesionální tiskárny, kromě FDM bývají zpravidla uzavřené.

Finální opracování

Po dokončení tisku je nezbytné ve fázi post-processingu odstranit přebytečný materiál a podpěry. Pro větší hladkost povrchu je dobré jej posléze začistit například brusným papírem.

Rozdílné jsou ve způsobu nanášení vrstev do hmotné podoby. Použitelných materiálů je celá škála, např.: termoplasty, keramické materiály, slitiny kovů, sklo, papír, fotopolymery, titan a dokonce i živé buňky nebo potraviny (Gal, 2019).

Obrázek 4: Modelovací software s vygenerovanými podpěrami



Zdroj: (3Dprintingindustry.com, 2021)

Technologie 3D tisku se nejlépe hodí pro malé objemy výroby složitějšího designu, které by bylo složité vyrobit ostatními metodami (např. vstřikováním nebo obráběním) nebo pro rychlou výrobu prototypů, tzv. „rapid prototyping“.

2.5 Historie 3D tisku

První tiskárny s myšlenkou tisknout 3D objekty začali vznikat během 80. let 20. století, kdy si Charles Hull nechal patentovat první komerčně využitelnou technologii SLA. K největšímu posunu došlo až později částečně i díky vypršení některých patentů. Tiskárny známé v dnešní podobě spatřili světlo světa až kolem roku 2005, kdy Adrian Bowyer založil projekt RepRap. Ten spočíval v myšlence vytvoření kompaktnější tiskárny, která je schopná si vytisknout velkou část vlastních součástek. Díky tomu, že

byl projekt od počátku zamýšlen jako open source¹, umožnil tím jeho rozšíření mezi fanoušky po celém světě a položil základy dnešním domácím 3D tiskárnám (Stříteský, Průša, & Bach, 2019).

2.6 Technologie 3D tisku

Přestože všechny tiskárny fungují na principu postupného nanášení vrstev na sebe, nelze s určitostí určit nejlepší, pro vhodný výběr typu tiskárny je zapotřebí zvážit několik faktorů: rozpočet, složitost modelu a potřebná kvalita detailů (Horvath , 2014).

Stříteský, Průša a Bach (2019) je rozdělují podle podoby tiskového materiálu způsobem jeho zpracování:

- a) **Materiál v podobě tiskové struny je extrudovaný** (vytlačovaný) tiskovou hlavou skrz nahřátou trysku. Příkladem je technologie FDM (fused deposition modeling) / FFF (fused filament fabrication). Oba tyto názvy lze považovat za synonyma. FDM je registrovaná známka firmy Stratasys.
- b) **Tekutý materiál** je vytvářen v rámci vrstvy na definovaných oblastech. Příkladem je technologie SLA (stereolitografie). Materiál je vytvářen světelným paprskem (UV laser či DLP projektor).
- c) **Materiál v podobě jemného prášku** je sintrován (spékán, nikoliv roztavován) laserem. Představitelem tohoto principu je technologie SLS (selective laser sintering) (Stříteský, Průša, & Bach, 2019).

¹ Licence je zdarma veřejně dostupná a dále upravitelná

FDM (Fused Deposition Modeling)

Současné tiskárny tohoto typu jsou následovníky projektu RepRap. Jedná se o nejrozšířenější a nejdostupnější typ, zejména díky ceně a jednoduchosti provozu a volby vlastností vytvořeného produktu. Nevýhodou je horší kvalita zpracování, pro její zlepšení je možné zvětšit počet vrstev, to se negativně promítne na vyšší spotřebě materiálu a větší době tisku. Pro lepší hladkost povrchu je po dokončení tisku nutné povrch začistit, případně chemicky ošetřit (Kumar, Pandey, & Wimpenny, 2019).

Tiskárny tohoto typu rozehřívají tiskový materiál (filament), a poté pokládají rozehřátý materiál na tiskovou desku přesně pouze tam, kde je potřeba, kde filament zchladne a ztvrdne.

FDM tiskárny můžeme rozdělit podle zavěšení tiskové hlavy na 2 způsoby:

Kartézská tiskárna pracuje s pohybem tiskové hlavičky po třech osách – X, Y a Z, kdy:

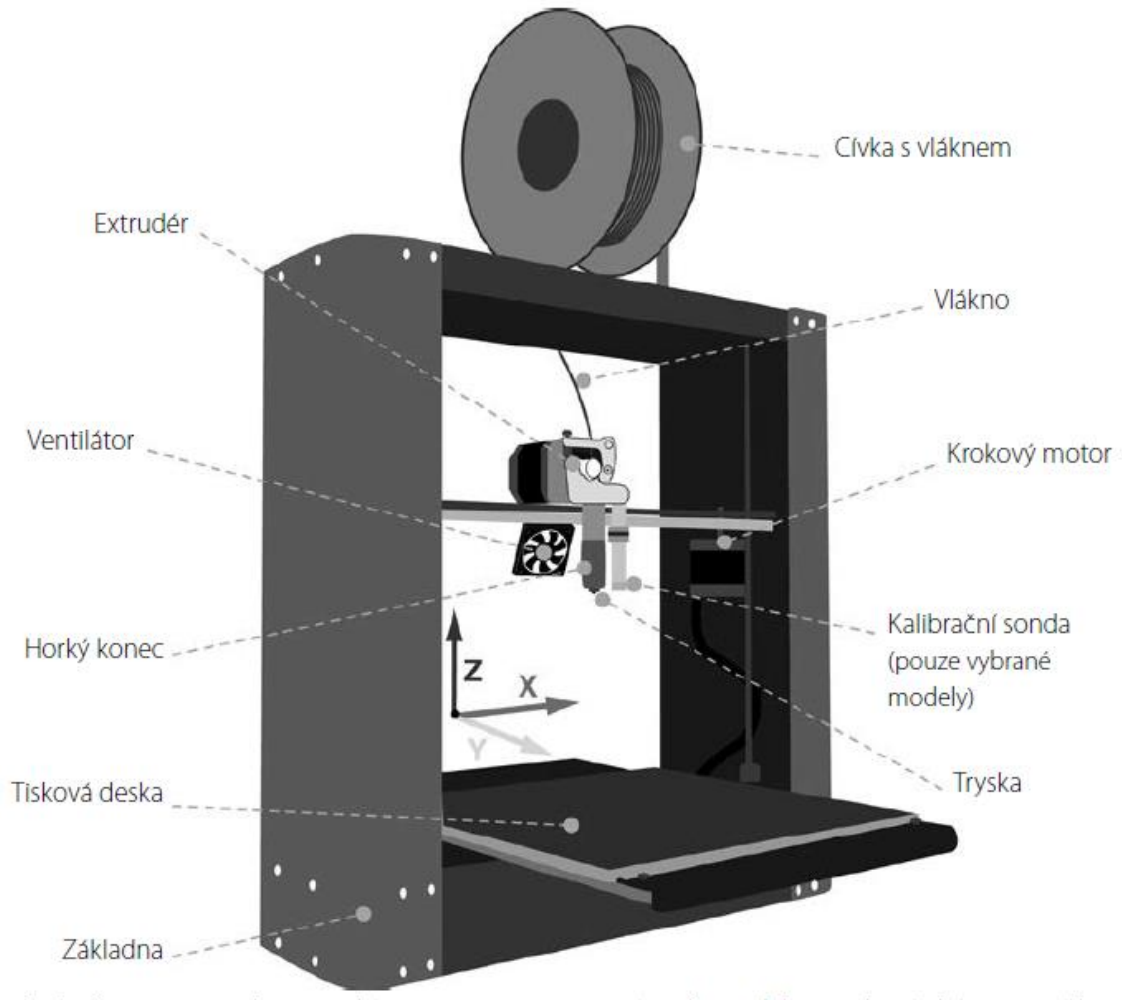
- Osa X zajišťuje pohyb doleva a doprava.
- Osa Y pohyb dopředu a dozadu,
- Osa Z směrem nahoru a dolů

Označení os se může u jednotlivých tiskáren lišit, podstatné je, že pracují vytvářením vrstvy v rovině XY, poté posunou extrudér o určitý počet mikronů ve směru Z, kde začne tisknout novou vrstvu (Kloski & Kloski, 2017).

Delta tiskárna využívá mechanismus označovaný jako „zvednout a umístit“ (pick and place), uplatňovaný také na montážních linkách. Pracuje se systémem zavěšení tiskové hlavy na „plovoucí soustavu“ tří ramen, které s ní pohybují v různých směrech. Na rozdíl od kartézského systému není tiskárna omezena výškou osy Z, dokáže proto vytvořit mnohem vyšší objekty. Vyznačují se také kratší dobou tisku, díky konstrukčně jinak řešenému mechanismu podávání a zahřívání vláknem jsou pohyblivé části delta tiskárny lehčí a mohou se tím pohybovat rychleji. Nevýhodami delta uspořádání je tisk na kruhovou tiskovou desku, kdy na krajích desky klesá přesnost kvůli nutnosti vytáhnout jedno nebo více ramen do maximální délky a v dochází tím ke kolísání v rozměrech tisku. Někteří výrobci tento problém řeší znepřístupněním okrajových částí desky, zatímco tedy

delta tiskárny vynikají možnostmi tisku na ose Z, mohou poskytovat menší tiskovou oblast v rovině XY (Kloski & Kloski, 2017).

Obrázek 5: Schéma FDM tiskárny



Zdroj: (Kloski & Kloski, 2017)

Materiál je umístěn na cívce ve formě tenkého vlákna (filamentu), obvykle se jedná o druh termoplastu o průměru 1,75 mm nebo 2,85 mm. Výhodou jsou velké možnosti ve výběru barev a vlastností. Běžné materiály se pohybují v ceně 400 Kč – 1000 Kč za 1 kg. Existují však i odolnější high-tech polymery jako například PEEK

(PolyEtherEtherKetone), kde se cena pohybuje i v řádech desítek tisíc Kč za kg. Redwood, Schöffner & Garret (2017) mezi nejběžnější materiály řadí:

- PLA (polyaktidová vlákna), jedná se o plastickou hmotu vyrobenou z biomasy, obvykle z kukuřičného škrobu, s tímto materiálem se snadno tiskne, ale je méně odolný, než ostatní druhy.
- ABS (Akrylonitrilbutadienstyren) se vyznačuje dobrou mechanickou a teplotní odolností, naopak je náchylnější k deformacím.
- Nylon je pružný a odolný materiál, zejména proti poškození chemického charakteru. Jeho nevýhodou je obtížnější tisk.
- PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol) je obdobou klasického PET, má dobré tepelné vlastnosti, je chemicky odolný a dokáže vstřebat i větší otřesy, stejně jako ABS je také náchylnější k deformacím.
- TPU (termoplastický polyuretan) je speciální polymer vlastnostmi podobný gumě, je velmi pružný a odolný proti roztahování, je složitější na tisk.
- PEI (Polyetherimid) nabízí velmi vysokou tepelnou odolnost. Na svou pevnost je také velmi lehký, je však dražší a za 1 kg filamentu zaplatíme kolem 4000 Kč.

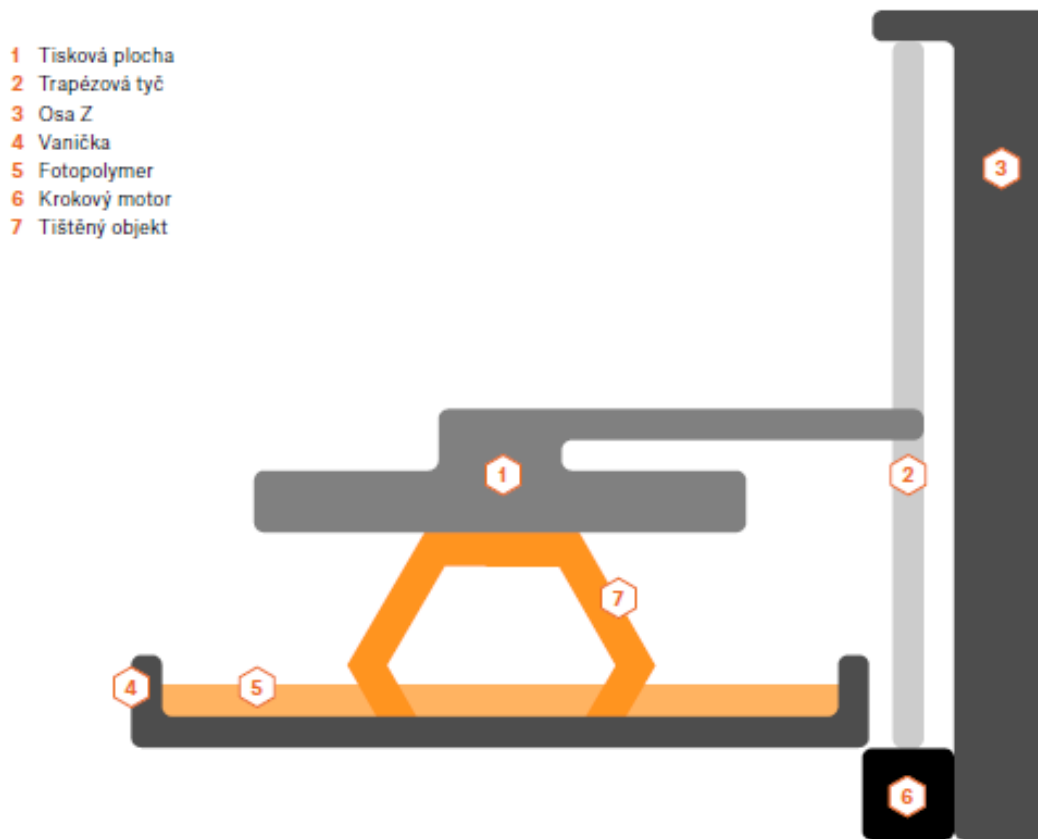
SLA (Stereolitografie)

Akronym SLA označuje „stereolitografický aparát“, což v zásadě znamená „zařízení, které píše světlem“. SLA technologie funguje na principu vytvrzování světlocitlivé pryskyřice pomocí světla. Výhodou těchto tiskáren jsou velmi propracované výtisky, ale jsou náročnější na obsluhu (Kloski & Kloski, 2017).

Jedná se o nejstarší technologii, pojem stereolitografie vytvořil zakladatel 3D tisku Charles W. Hull, který si tuto technologii nechal patentovat (Redwood, Schöffner, & Garret, 2017).

SLA technologie funguje vytvrzováním světlocitlivé pryskyřice pomocí světla. Do 3D tiskárny je umístěna vana naplněná nádobou s kapalnou pryskyřicí, do které se postupně posouvá tisková deska, na kterou dopadají směřované laserové paprsky. Ty následně vytvrzují pryskyřici na požadovaných místech (Stříteský, Průša, & Bach, 2019).

Obrázek 6: Schéma konstrukce tiskárny SLA



Zdroj: Strítěský, Průša, & Bach (2019)

Nevýhody SLA tiskárny oproti FDM definuje Kloski L. W. & Kloski N. (2017) takto:

- Prskyřici je nutné skladovat v teplotě okolo 21 stupňů Celsia, aby nedošlo ke změně viskozity.
- Prskyřice vydává chemický zápach, který může být pro někoho nepříjemný.
- Je nutné zamezit dopadu slunečních paprsků, aby nedocházelo k nežádoucímu vytvrzování prskyřice.
- Při fyzické manipulaci s tiskárnou je nutné používat rukavice.
- Po dokončení je nutné výtisk opláchnout isopropylalkoholem.
- Po dokončení tisku je potřeba nechat výtisk na světle dokončit proces vytvrzování.
- Vana na prskyřici se musí po čase vyměnit

Pryskyřice dále rozdělují na:

- normální a univerzální,
- tvrdé a trvanlivé,
- pružné,
- odlévatelné.

Také jednotlivé druhy pryskyřic se vyznačují svými vlastnostmi. Odolné a tvrdé pryskyřice například neumožňují vytisknout stejně jemné detaily jako běžné univerzální pryskyřice. Naopak zvládnou větší fyzické zatížení a jsou trvanlivější (Kloski & Kloski, 2017).

POLYJET

Polyjet funguje podobně jako klasická inkoustová tiskárna. Nanášením malinkých kapek, které jsou po dopadu vytvrzeny UV lampou. Díky tomuto procesu se jedná o nejpřesnější metodu aditivní výroby, která zvládne vytvořit stěny o minimální tloušťce až 0,6mm. Výhodou je možnost kombinace více materiálů a barev. Polyjet je průmyslová technologie vhodná pro výrobu kvalitních prototypů, které není nutné dále složitě opracovávat.

SLS (Selective Laser Sintering)

SLS nebo také v případě využití slitin kovů označován jako SLM (Selective Laser Melting) na sebe vrství částičky jemného prachu, který je předem nahřátý na teplotu těsně pod bodem tání, a které poté pomocí laserového tepelného zdroje naváděného galvanometry spéká (sintruje) dohromady do požadovaného tvaru. Následuje nanesení nové vrstvy a opakování procesu. Výtisk zůstává zasypaný v nesintrovaném prachu, který slouží při tisku jako podpora. Výsledkem je výtisk obklopený prachem, který se použije do dalšího tisku. (Redwood, Schöffner, & Garret, 2017).

Jako ostatní způsoby 3D tisku je SLS tvořeno ve vrstvách. Pro robustnost výtisku je důležitá přilnavost mezi vrstvami. Díky předehřívání prachu a následnému vystavení se laseru dochází k tomu, že se částice taví do sebe v různých směrech. Výsledkem jsou prakticky identické výtisky. Stejně jako u FDM jsou SLS díly také náchylné na vady a různá zkroucení se během tisku. Tomu se snaží zamezit právě předehřívání prachu. Pro zamezení odchylek je u SLS důležité chlazení po dokončení tisku (Redwood, Schöffler, & Garret, 2017).

Rozdíl SLM oproti SLS spočívá v úplném roztavení kovu do jedné homogenní části, u SLS se jedná o pouhé slinutí k sobě. Díky tomu je výrobek pevnější, jelikož v sobě nemá žádná dutá místa. Tato metoda je proveditelná pouze při použití jednoho druhu materiálu (Gibson, Rosen, & Stucker, 2015).

2.7 Průmyslové využití 3D tisku

Použití aditivní výroby je vhodné zvolit při vzniku nového produktu, ať už při jeho vývoji, modifikaci nebo malosériové výrobě. Díky možnosti customizace², nízké ceně, minima odpadního materiálu a rychlosti nalezl 3D tisk uplatnění v širokém spektru odvětví. Níže si představíme jednotlivé oblasti, kde se uplatňuje.

Letecký průmysl

Letecký průmysl byl jedním z prvních, který začal využívat technologii 3D tisku. Společně s armádním využitím je odhadována velikost trhu v tomto odvětví v roce 2019 na 1,86 miliardy dolarů. Podle analýzy společnosti Stratview se v současnosti podílí 16,8 % na celkovém objemu trhu a bylo mu předpovídáno do roku 2027 zvětšení o 360 % nebýt současné pandemie a následné vypuknutí krize v letectví. Hlavními hráči jsou velcí výrobci jako GE, Airbus nebo Boeing (Stratview Research, 2019).

Kromě vývoje prototypů se díly využívají i přímo v letecké dopravě, tištěny jsou například vzduchové kanály pro proudění vzduchu nebo části trupu letadla. Pro armádní účely jsou tištěny z niklu technologií SLM části motoru raket. Výhody pro letectví

² úprava dle požadavků zákazníka

spočívají v nízké hmotnosti a využití menšího množství materiálu. V letectví jsou vyráběny složitější součástky v menších objemech, neplatí zde tedy překážka v počtu vyrobených kusů a naopak je 3D tisk cenově efektivní.

Automobilový průmysl

Další velký a rostoucí podíl na trhu má oblast automobilového průmyslu. Při výrobě prototypových vzorků pro testování a schválení vzorků do výroby hraje využití aditivní výroby důležitou roli. Jelikož se pro tyto potřeby vyrábí pouze malé objemy, hraje roli rychlejší doba výroby i nižší cena, díky absenci nutnosti výroby formy a lze tak zrychlit i vývoj. Zejména u využití pro motorsport a sportovní automobily je důležitá také hmotnost, zejména se řeší její neodpružená část. Příklady využití v sériové výrobě jsou například části tlumičů u firmy Porsche nebo zavěšení stahovací střechy u BMW. Využití nalezne také při výrobě součástek pro starší automobily, které už se jinak nevyrábějí.

Zdravotnictví

Medicína a dentální průmysl slibují veliké možnosti rozvoje v péči o lidské zdraví. Atraktivní je zde možnost personalizace zařízení jednotlivým pacientům. Například výroba protéz a implantátů se tím značně zlevnila. U protéz se jedná hlavně o náhrady kyčelních a kolenních kloubů. Ve stomatologii se výroba zubních náhrad provádí formou naskenování ústní dutiny a následným tiskem 3D modelu. Výrobce tiskáren technologie SLA a SLS Formlabs odhaduje, že se provedlo přes 50 000 operací s využitím chirurgických pomůcek vytištěných na jejich tiskárnách (Industrial applications of 3D printing, nedatováno).

Biomedicínské inženýrství experimentuje s tiskem živých tkání jako jsou chrupavky, kůže, kosti, krevní cévy a srdeční oblasti (Alasdair, 2016).

Stavebnictví

Hlavním materiálem pro stavbu budov technologií aditivní výroby se stal speciální beton s kompozitní směsí a poslední dobou také cement. Velké plány s 3D tiskem budov

mají Číně a Dubaji. V Českých Budějovicích vznikl minulý rok první tištěný dům s rozlohou 43 metrů čtverečních nazvaný Prvok (Czechcrunch, 2020).

Obrázek 7: Animace tisku domu



Zdroj: (Yourstory Media,2019)

2.8 Ostatní využití

Spotřební zboží

Také v maloobchodním průmyslu hlavní účel 3D tisku spočívá v testování a výrobě prototypových vzorků při vývoji. Vzorky jsou používány mimo jiné pro marketingové účely a průzkum trhu. Díky rychlosti výroby mohou výrobci otestovat více variant. Příklady použití jsou v řasenkách, špercích nebo elektrokolech.

Vzdělávání

Zapojení 3D tisku do výuky umožňuje studentům možnost podílet se na praktické tvůrčí činnosti při tvorbě modelu, zároveň žáky učí pracovnímu procesu a podněcuje zájem pro nové technologie.

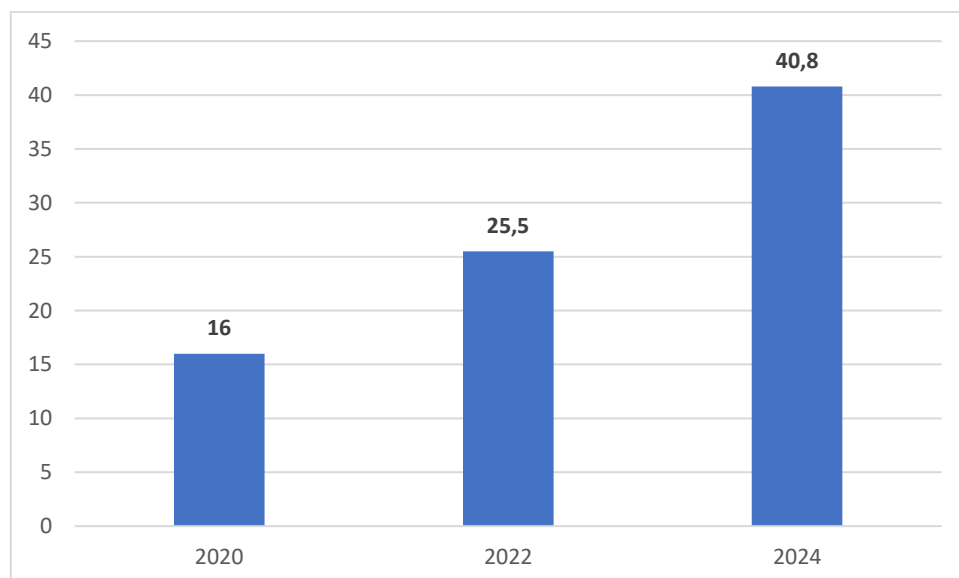
Umění

Moderní umění využívá 3D tisk pro výrobu šperků, bižuterie nebo v sochařství. Díky možnosti jedinečného designu se také využívá pro tisknutí dárků nebo pamětních předmětů.

Současné využití spojené s pandemií

Rostoucí význam potvrdila také současná pandemie, kdy majitelé tiskáren jako první přišli s ochrannými obličejovými štíty a přední české technologické firmy je rozdávali nemocnicím. Kvůli lockdownu trávíme více času doma, což by také mohlo podpořit prodej domácích 3D tiskáren.

Tabulka 2: Předpokládaná velikost trhu znázorněná v mld. \$



Zdroj: vlastní zpracování, Statista (2020)

3 Cíl a metodika

Tato kapitola stanovuje cíle a metodiku při jeho řešení.

3.1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je posouzení využití 3D tiskáren v průmyslu, jejich vlivu na podnikové procesy, zhodnocení jejich výhod a nevýhod včetně navržení doporučení.

Z hlavního cíle byly odvozeny dílčí cíle:

Dílčí cíl 1: Posouzení využití 3D tiskáren v průmyslu.

Dílčí cíl 2: Zhodnocení vlivu 3D tisku na podnikové procesy ve vybrané společnosti

Dílčí cíl 3: Zhodnocení výhod a nevýhod 3D tisku.

3.2 Metodický postup

1. Prostudování odborné literatury.
2. Zpracování metodiky v souladu s cílem bakalářské práce.
3. Posouzení využití 3D tiskáren v průmyslu.
4. Zhodnocení možností 3D tiskáren a jejich výhod a nevýhod.
5. Navržení doporučení.
6. Syntéza výsledků a navržení doporučení.

Z literárních zdrojů bylo zjištěno zařazení 3D tisku do výroby, jeho hlavní znaky, charakteristiky technologie a materiálů. V teoretické části byly shrnuty možnosti uplatnění v jednotlivých oborech průmyslu, která navazuje na dílčí cíl 1, který je předmětem výzkumu u dotazníkového šetření. Pro posouzení a vyhodnocení využití 3D tisku bylo použito porovnání s mezinárodním výzkumem společnosti Ernst and Young.

Z odborné literatury, provedeného dotazníkového šetření a rozhovorů jsou posouzeny možnosti 3D tiskáren a jejich výhody. Výsledky jsou poté shrnuty a spojením poznatků z odborné literatury a vlastního šetření je význam 3D tisku dále posuzován a je navrženo doporučení.

3.3 Použité metody

Pro zhodnocení obecného využití 3D tiskáren v průmyslu byla použita metoda strukturovaných rozhovorů a dotazníkového šetření zaslaného vybraným firmám.

Dotazníkové šetření

Sběr dat byl prováděn telefonicky a e-mailovou korespondencí z důvodu epidemiologické situace. Dotazník se skládal celkem z 14 otázek. Předmětem otázek je využití 3D tisku, jaké typy technologie tisku a materiály používají a na jejich zkušenosti. Otázky zodpovědělo celkem 20 firem. Statistické vyhodnocení jsem provedl přímo přes platformu Survio, ve které jsem dotazník vytvořil.

Dotazník byl rozdělen do následujících bloků:

- Charakteristika výzkumného vzorku
- Dostupnost využívání 3D tiskáren
- Charakteristika využití 3D tisku
- Výhody a nevýhody 3D tisku

Pro lepší porovnání jsem zjištěné výsledky u některých otázek následně porovnal s podobnými otázkami analýzy společnosti Ernst and Young, která byla provedena na větším vzorku 900 firem v globálním měřítku.

Strukturovaný ústní rozhovor

Vliv 3D tisku na podnikové procesy jsem zjišťoval kvalitativní metodou strukturovaného ústního rozhovoru s pracovníkem firmy Robert Bosch Martinem Kryštofem, technikem zodpovědným za technologie 3D tisku. Rozhovor se uskutečnil 9. a 12.4.

Rozhovor popisuje fungování v českobudějovickém závodě Robert Bosch s.r.o. Jedná se o největšího zaměstnavatele v kraji s téměř čtyřmi tisíci zaměstnanci spadajícím pod divizi Mobility Solutions. Jeho hlavní náplní je tedy vývoj a výroba v automobilovém průmyslu.

Na závěr této práce jsem zhodnotil, zda má pořízení 3D tiskáren pro průmyslové účely v této době smysl a jaké jsou výhledy do budoucna

4 Vlastní zpracování

Součástí této části práce jsou výsledky provedeného dotazníkové šetření a strukturovaného rozhovoru.

4.1 Vyhodnocení dotazníkového šetření

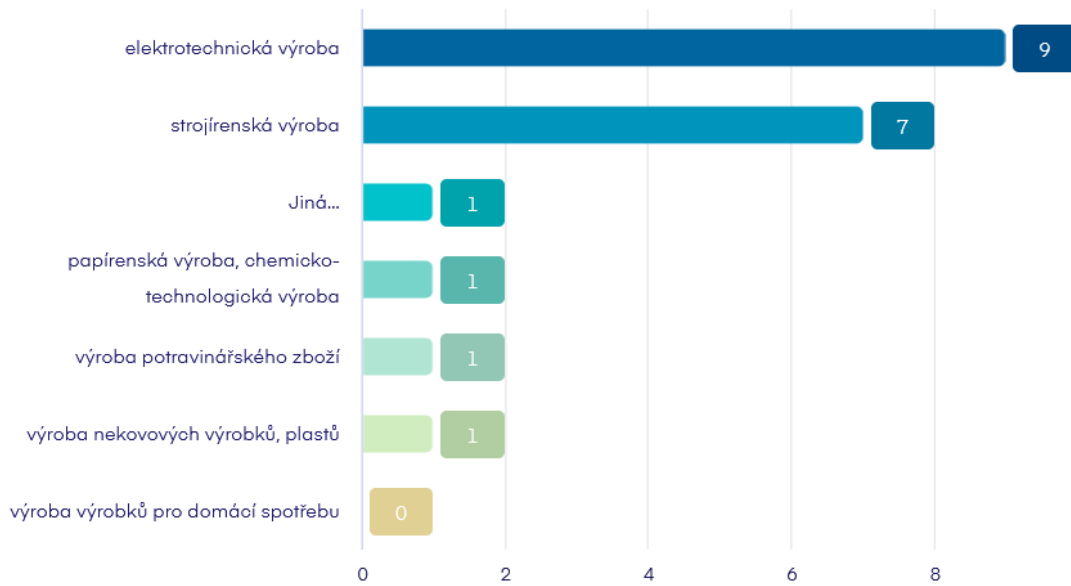
Oslovené firmy museli splňovat kritérium vlastní výroby v některém z průmyslových odvětví.

4.1.1 Charakteristika výzkumného vzorku

První blok otázek se zaměřuje na obecné informace o podniku. Zjišťuje předmět činnosti podnikání, geografickou polohu podle krajů, počet zaměstnanců a technickou vyspělost podniku.

První otázka se zabývala druhem výroby, která v podniku převažuje. Z obrázku 8 vyplývá, že 80% dotazovaných firem podniká v elektrotechnickém a strojírenském průmyslu. Zbývá pětina působí v různých oborech.

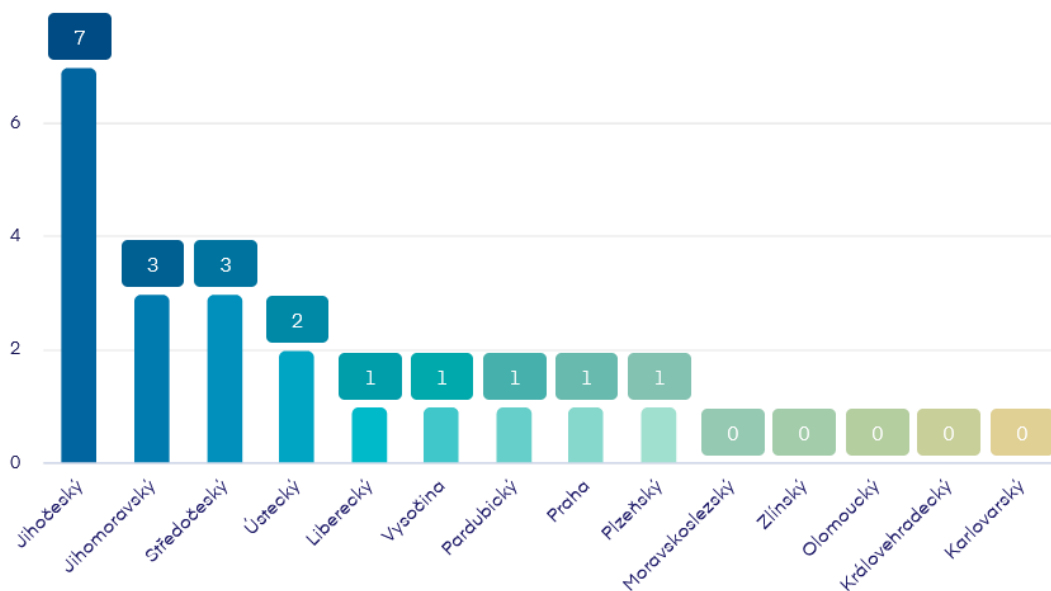
Obrázek 8: Předmět činnosti oslovených výrobních podniků



Zdroj: vlastní zpracování

Další otázka se ptá na geologické určení sídla firmy podle krajů. Podle obrázku 9 má největší počet 7 firem sídlo v Jihočeském kraji, následoval kraj Jihomoravský a Středočeský.

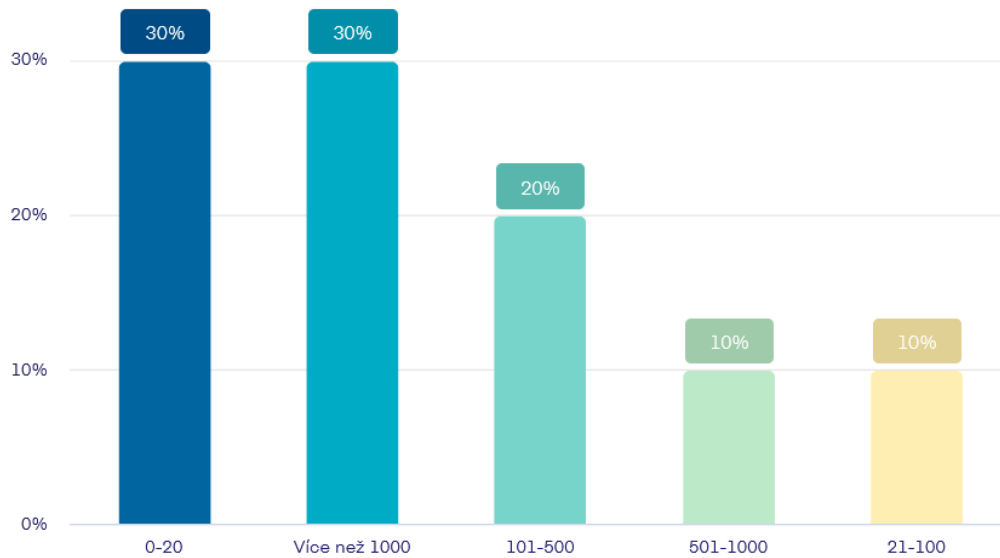
Obrázek 9: Rozmístění dotazovaných společností podle krajů



Zdroj: vlastní zpracování

Třetí otázka dělí na obrázku 10 podniky podle počtu zaměstnanců, nejvíce se v průzkumu vyskytují s 30% (6) malé podniky do 20 zaměstnanců a naopak také velké firmy s počtem zaměstnanců nad 1000.

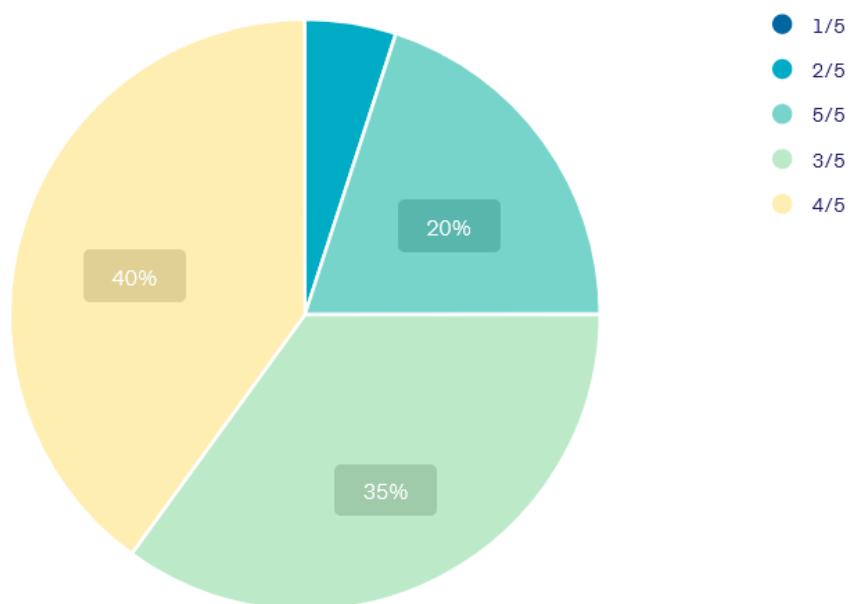
Obrázek 10: Rozdělení společností podle počtu zaměstnanců



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 11 zobrazuje názor respondentů na technologicky vyspělost a připravenost na realizaci myšlenky Průmyslu 4.0. Pětina respondentů si myslí, že jsou na tom skvěle a dala 5*. 40 % odpovědělo, že jsou připraveni na 4* a třetina svou připravenost ohodnotila 3*.

Obrázek 11: Posouzení technologické vyspělosti a připravenosti na Průmysl 4.0



Zdroj: vlastní zpracování

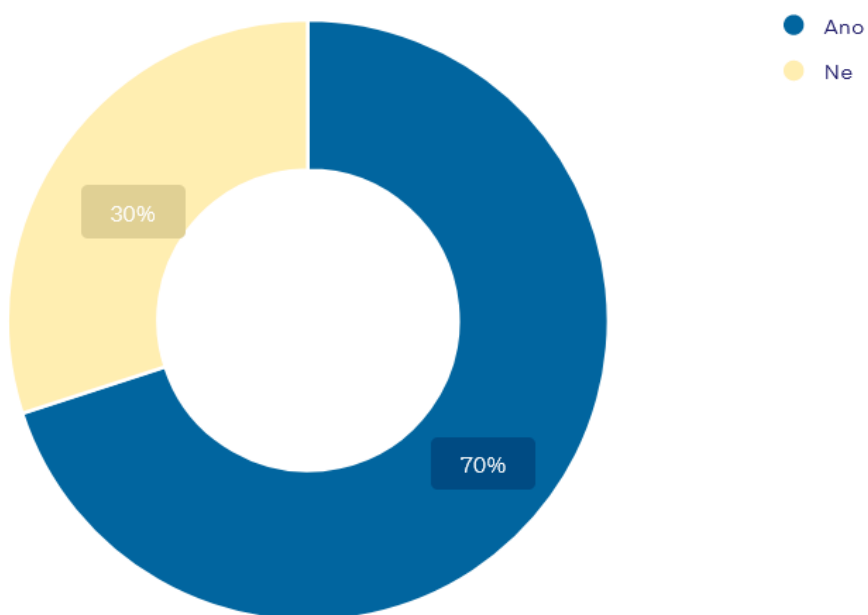
4.1.2 Dostupnost využívání 3D tiskáren

Druhá sekce otázek se týká využití 3D tiskáren. Zkoumá, zda je společnosti v současnosti využívají, jak dlouhou s nimi mají zkušenost, a zda plánují jejich využívání v příštích letech rozšířit. Zajímá se také o to, zda mají firmy zájem tyto služby outsourcovat³.

³ Uskutečňování činností prostřednictvím vnějších zdrojů.

Pátá otázka je první otázkou zabývající se přímo 3D tiskem, ptá se na využití jakékoliv 3D technologie společností v současnosti. Na obrázku 12 uvedlo 70 % (14) firem, že v současnosti 3D tisk využívá.

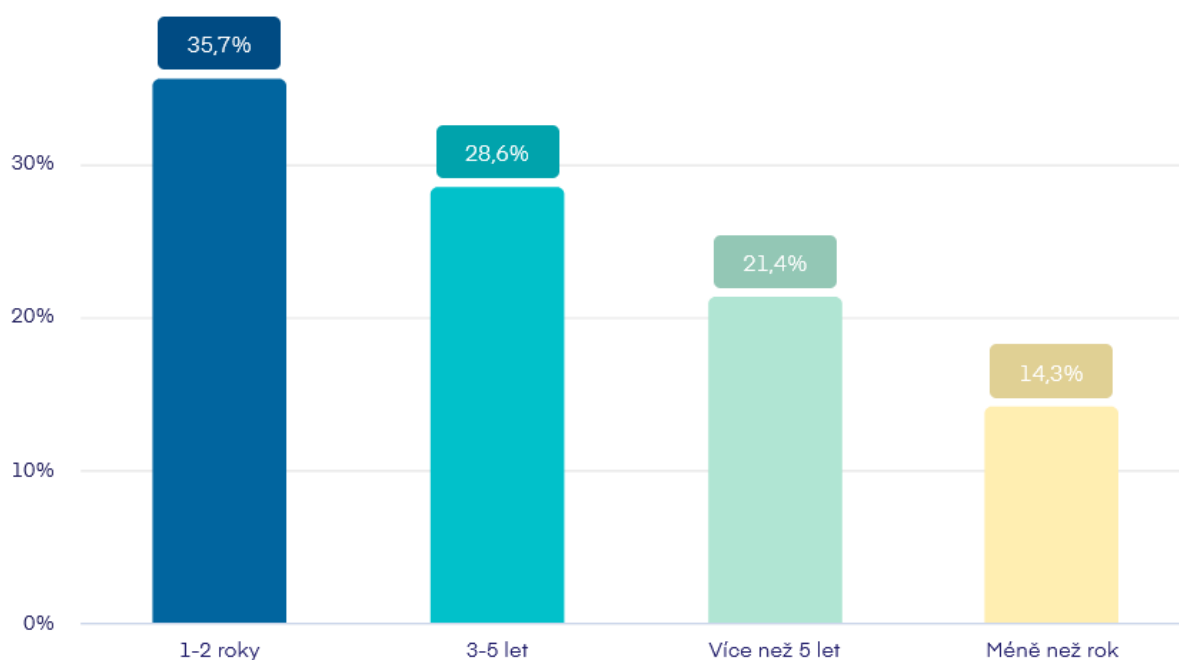
Obrázek 12: Současné využití 3D tisku v podnicích



Zdroj: vlastní zpracování

Podle obrázku 13 polovina oslovených podniků z těch, které aditivní výrobu využívá s tím začala před méně než dvěma roky, konkrétně 35,7 % (5) podniků mezi 1-2 roky a 14,3 % dokonce začala před méně jak rokem. Tyto výsledky ukazují na globální trend v posledních letech zobrazený v grafu č. 6, kdy si firmy začínají této technologii všimnout a zavádět ji.

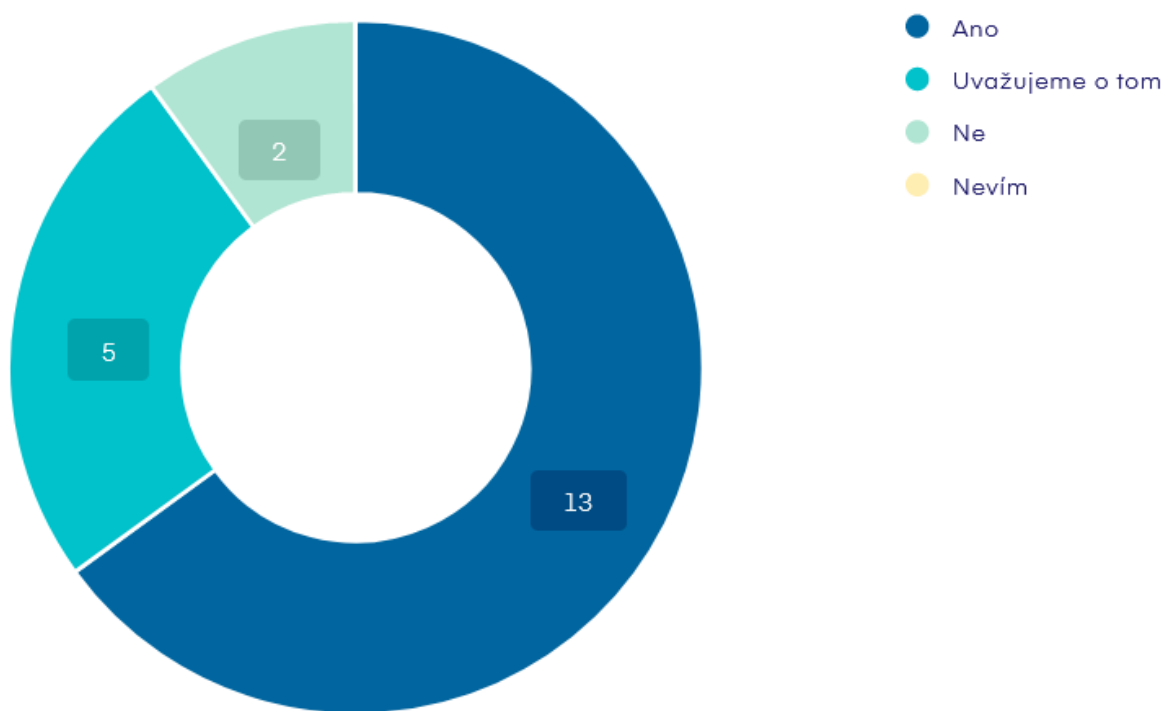
Obrázek 13: Doba, po kterou společnosti 3D tisk používají



Zdroj: vlastní zpracování

Položená otázka se týká toho, zda společnosti plánují rozšiřování využití 3D tisku v příštích letech. Podle obrázku 14 plánuje z celkových 20 společností 90 % (18) využití 3D tisku rozšířit nebo o tom alespoň uvažuje. 3D tisk neplánují více využívat pouze společnosti, které ho nevyužívají ani nyní.

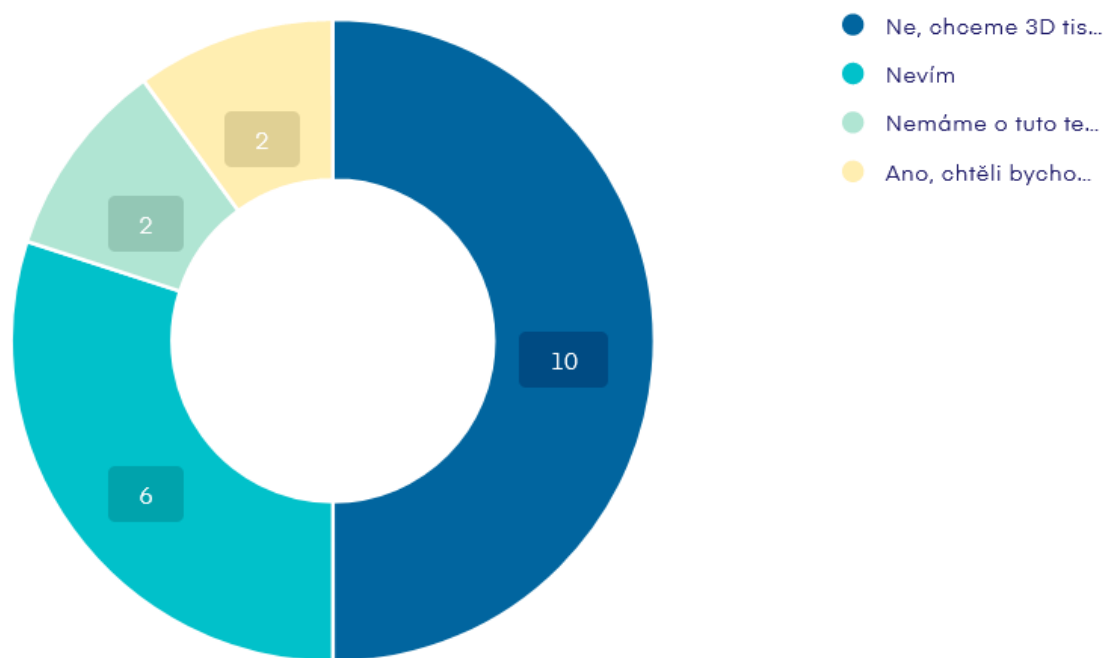
Obrázek 14: Plánované rozšíření 3D tisku v příštích letech



Zdroj: vlastní zpracování

Polovina společností (10) chce podle obrázku 15 aditivní výrobu vyvíjet a využívat interně. Šest společností si nebylo jistých a 2 společnosti by měli zájem na to tyto služby outsourcovat. Podniky, které tuto technologii nevyužívají by neměli zájem ani o její případné zprostředkování.

Obrázek 15: Zájem společností o využití 3D tisku formou outsourcingu



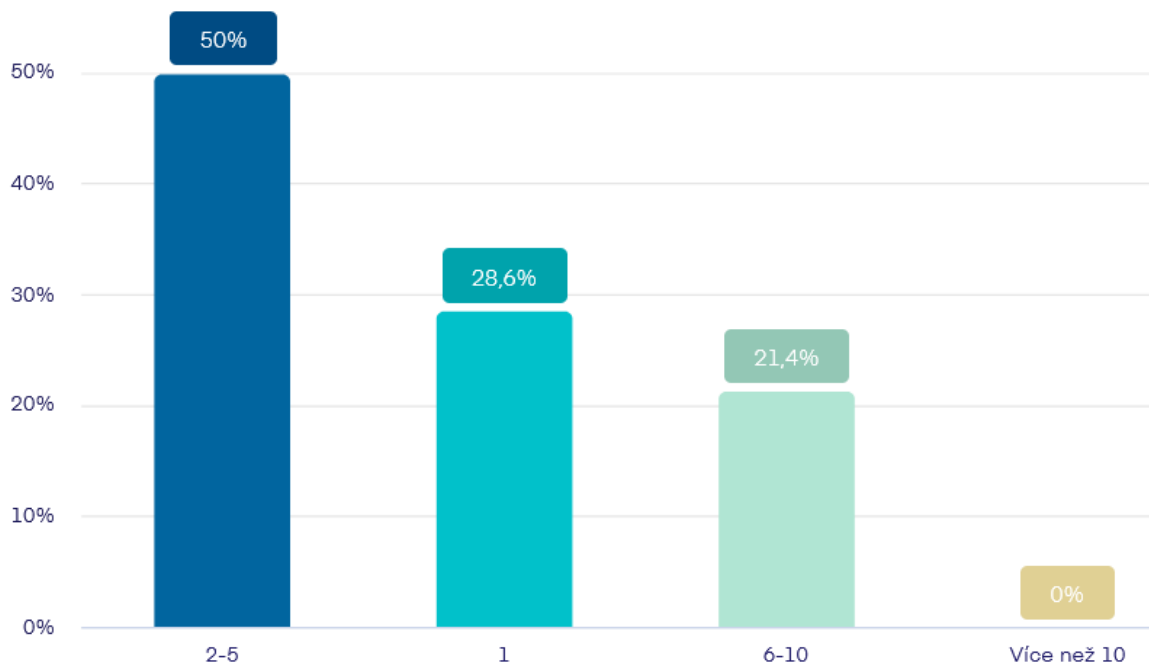
Zdroj: vlastní zpracování

4.1.3 Charakteristika využití 3D tisku

Následující blok otázek rozebírá počet a aktuální způsob použití 3D tiskáren. Ptá se na typ technologií a druhů materiálů, které společnosti využívají.

Následující otázka zobrazená na obrázku 16 zjišťuje počet 3D tiskáren ve společnosti. Přesně polovina (7) společností, které 3D tisk využívá v současnosti používá mezi 2-5 tiskárnami, 28,6% (4) podniků využívá pouze jednu tiskárnu a zbylých 21,4% (3) podniků mezi 6-10.

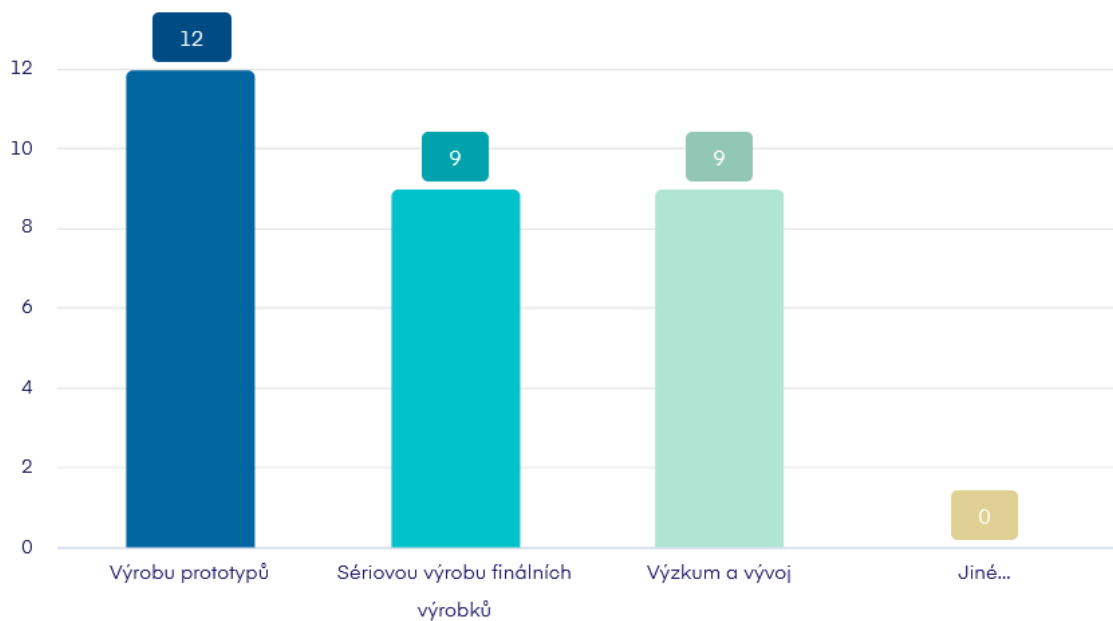
Obrázek 16: Délka, po kterou podniky 3D tisk využívají



Zdroj: vlastní zpracování

V této otázce, zobrazené na obrázku 17 uvedlo ze 14 podniků, že jich 86 % (12) využívá 3D tisk pro výrobu prototypů, většina z nich jej také využívá pro finální výrobu a vývoj. Čísla pro výrobu a vývoj jsou podle mého mínění příliš vysoká, a pravděpodobně jsou zapříčiněná možností zvolit více odpovědí. Podle analýzy EY očekává 46 % dotazovaných společností, že budou do roku 2022 využívat aditivní metodu pro výrobu finálních produktů (EY, 2019).

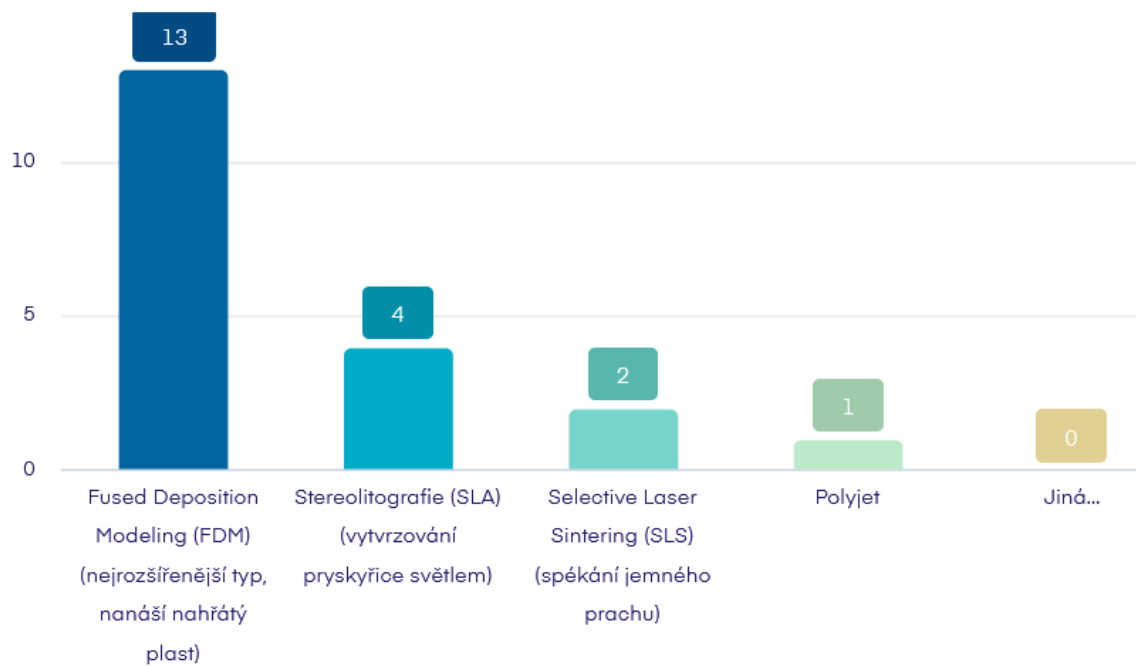
Obrázek 17: Účel využití 3D tisku



Zdroj: vlastní zpracování

Z obrázku 18 vyplývá, že téměř všichni využívají technologii FDM (13). Je to logické, díky širšímu využití a nízké pořizovací ceně. Dále je nejvíce zastoupený typ Stereolitografie SLA 29% (4).

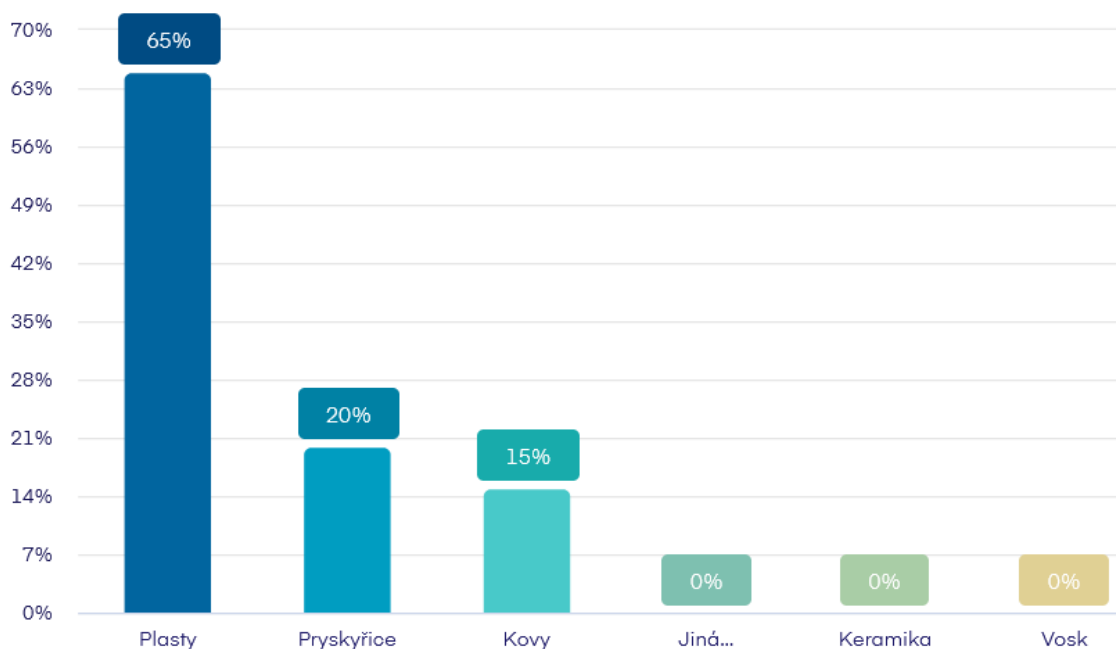
Obrázek 18: Používané tiskárny rozdělené podle použité technologie



Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 19 popisuje poměr používaných materiálů. Jelikož určité typy tiskárny umí používat pouze některé materiály kopíruje tento graf předchozí obrázek s využitými technologiemi tisku. Převažující tisk pomocí FDM určuje, že nejvíce využívaným materiálem jsou s 65% plasty, následované pryskyřicí a kovy. Globálně jsou nejvíce žádané slitiny a vysoce odolné polymery. Společnosti by si také přáli tisknout keramické díly (EY, 2019).

Obrázek 19: Druhy materiálů používaných při tisku



Zdroj: vlastní zpracování

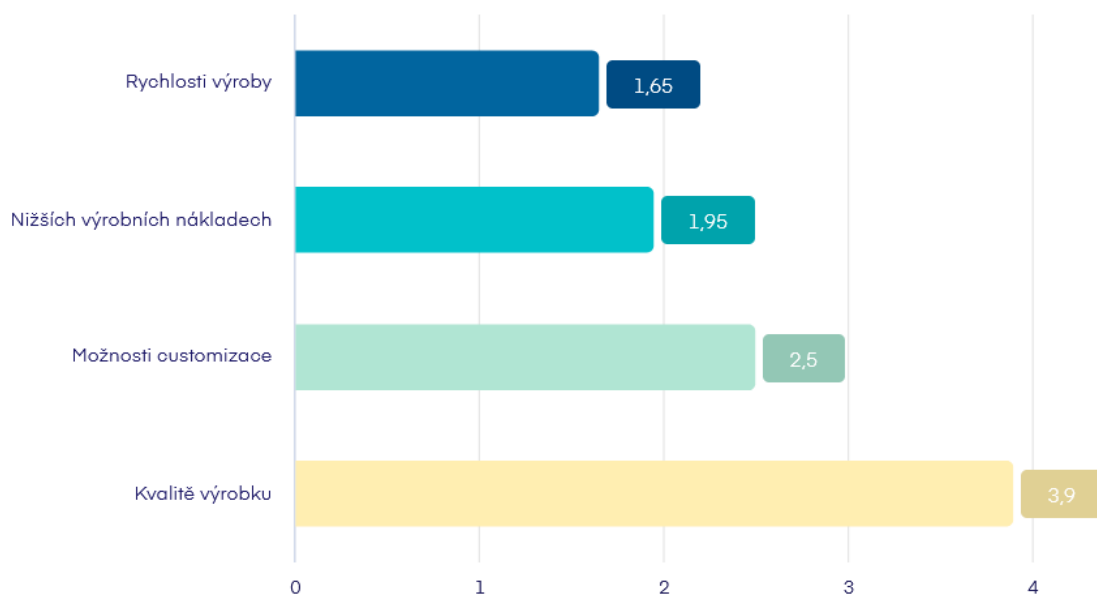
4.1.4 Výhody a nevýhody 3D tisku

Poslední rozdělení otázek se týká zhodnocení výhod a nevýhod aditivní výroby.

Respondenti měli seřadit jednotlivé výhody/nevýhody od těch, které jim přináší největší přínos nebo z nich naopak mají největší obavy.

V otázce graficky zobrazené na obrázku 20 respondenti sestavovali žebříček typických výhod aditivní metody 1-4 podle toho, jak velký v jednotlivých možnostech viděli přínos. Podle očekávání byla za největší výhodu považována rychlost výroby. Za druhý největší přínos byly označovány nižší výrobní náklady, ale někdo spíše preferoval možnost customizace. Za nejmenší přínos z výše vyjmenovaných byla zvolena kvalita výrobku. Nejspíše je to zapříčiněno z důvodu potřeby následného opracování a nejistým průběhem tisku.

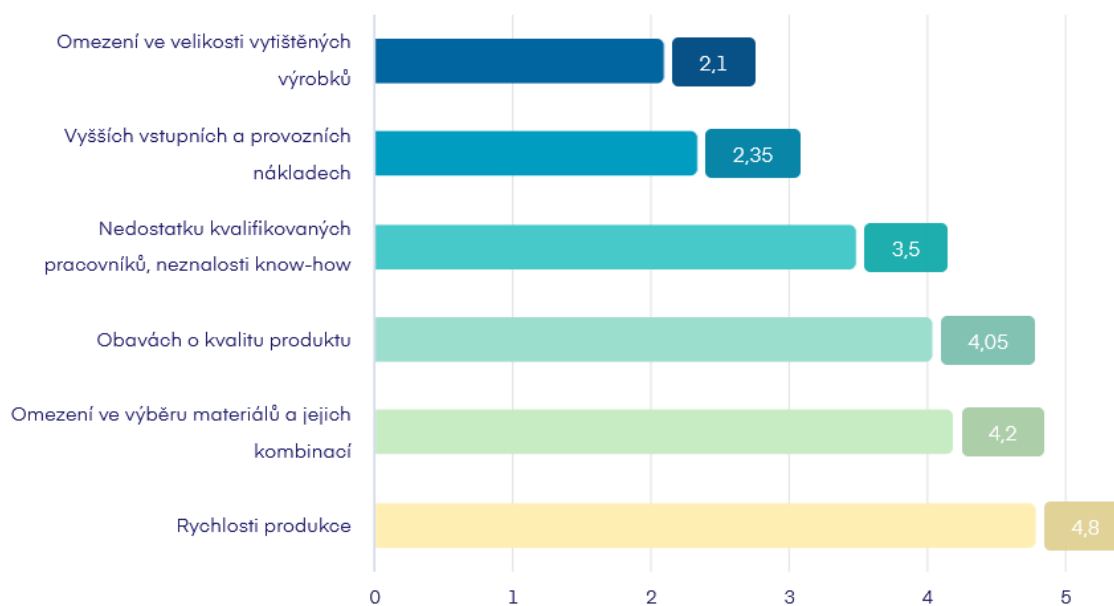
Obrázek 20: Přínosy 3D tisku



Zdroj: vlastní zpracování

Za největší překážku považují české podniky podle obrázku 21 omezení ve velikosti vytištěných výrobků, následované vysokými pořizovacími a provozními náklady. Za problém považují i nedostatek kvalifikovaných pracovníků a neznalost know-how. Naopak rychlost produkce, která je u 3D tisku velmi dobrá nepovažují za problém. Za hrozbu nepovažují ani kvalitu produktu.

Obrázek 21: Překážky 3D tisku



Zdroj: vlastní zpracování

4.2 Výsledky strukturovaného rozhovoru

Popsané změny na podnikové procesy jsou popsány ve firmě Robert Bosch. Společnost se v poslední době snaží ve svých závodech o zavedení Průmyslu 4.0 do praxe, postupně přesouvat svá data do cloudového úložiště. Pokračuje v automatizaci výroby a logistiky. Prosazují využití IoT (Internet věcí) a investují do digitalizace. Podílí se například na vývoji systémů pro autonomní řízení, zařízeních pro chytrou domácnost nebo vodíkových pohonů pro automobily.

Otázka: Jakým způsobem využíváte 3D tisk ve Vašem podniku?

Odpověď: *Hlavní náplní je tisk prototypových vzorků podle specifikací zákazníka a tisk prototypových vstřikovacích forem. V době pandemie jsou FDM tiskárny využívány také k výrobě štítů a respirátorů. Slouží také při výrobě nových a náhradních dílů nebo různých „zlepšováků“ do výroby jako například tisk konektorů, trysek pro čištění suchým ledem. Vyrábíme také různé modely pro účely našich zaměstnanců.*

4.2.1 Typy 3D tiskáren

Otázka: Jaké typy tiskáren používáte?

Odpověď: *Na oddělení se využívají dvě tiskárny technologie FDM od české firmy Průša. Výhodou je nenáročnost na údržbu a automatický tiskový proces. Velký výběr materiálů umožňuje tisknout z materiálů, který je stejný jako materiál používaný v sériové výrobě. Další dvě FDM tiskárny Průša se nachází v učňovském středisku, kde slouží k studijním účelům.*

Dále máme k dispozici tiskárnu s technologií Polyjet. Jedná se o nejpřesnější aditivní výrobu v závodě nejvíce podobnou klasické tiskárně. Tiskárna je vyrobena firmou Stratasys, konkrétně se jedná o modelovou řadu Objet500 Connex3. Díky speciální tiskové hlavici jsou v závodě schopni tisknout až ze 4 materiálů v rámci jedné tiskové úlohy. Díly jsou poté následně pouze očištěny vodním paprskem a nemusí se dále upravovat. Loni jsme zakoupili také tiskárnu s technologií SLS, konkrétně model od společnosti Desktop metal slouží pro tisk dílů z kovů, hlavně nerezové oceli. Vytištěné díly musí být dále zpracovány v pracím zařízení, kde se odstraní pojivo a následně vložené do sintrovací pece, kde jsou poté pod teplotou až 1400 °C spékány jednotlivé vrstvy dohromady. SLS tiskárna se používá také v nástrojárně.

Otázka: Jaké materiály používáte?

Odpověď: *Z 90 % se jedná o plastové výrobky, zbylých 10 % je kov.*

4.2.2 Změny po zavedení 3D tisku

Otázka: Jaké výrobní procesy se změnili po zavedení 3D tisku?

Odpověď: *Dříve bylo nutné externě objednávat prototypové formy. Dodací lhůty byly delší a bylo potřeba se spoléhat na dodavatele. V případě nutnosti výroby formy se čas potřebný pro vyrobení vzorků pohyboval mezi 4-8 týdny. V současnosti se stejný požadavek vyřizuje za 10-14 dnů. Jelikož se v budějovickém závodě přímo nachází i vývoj je možné jim rychle dodat potřebné vzorky pro testování a je tedy možné otestovat například více typů materiálů. V případě designových změn je pomocí 3D tisku výhodnější vytisknout formu, která se použije na výrobu 50 kusů, odladí se na ní jednotlivé chyby, upraví se a může se vytisknout nová. Ušetří se tím náklady za velkou dražší formu.*

Otázka: Jaké jsou pro Vás výhody při použití této technologie?

Odpověď: *Pro nás je největší výhodou rychlost. Po zadání zakázky a zaslání modelu od zákazníka nebo našeho vývoje jsme schopni okamžitě začít s výrobou. Nemusíme se spoléhat na externí dodavatele a nedochází k odlivu kapitálu mimo společnost.*

Otázka: Jaké jsou pro Vás nevýhody při použití této technologie?

Odpověď: *Nevýhodou 3D tisku oproti klasickým metodám je vyšší jednotková cena. Při vyšších objemech se proto přestává vyplácet.*

Otázka: Jak vidíte výhled této technologie do budoucna. Budete aditivní výrobu rozšiřovat, případně bude se měnit její účel?

Odpověď: *Do budoucna se měnit účel 3D tiskáren v Boschi měnit nebude, nadále budou sloužit primárně pro výrobu prototypových dílů. Spíše se bude rozšiřovat portfolio strojů, v úvahu připadá paket pro SLS tiskárnu k zpracování mědi nebo tiskárna, která je*

technologií SLS schopná tisknout plastové (polyamidové) díly. Jedná se však o „špinavou technologii“ náročnější na zavedení.

5 Diskuse a doporučení

V této části jsou porovnány vlastní výsledky s výsledky analýzy společnosti Ernst and Young provedené v roce 2019 a je navrženo doporučení.

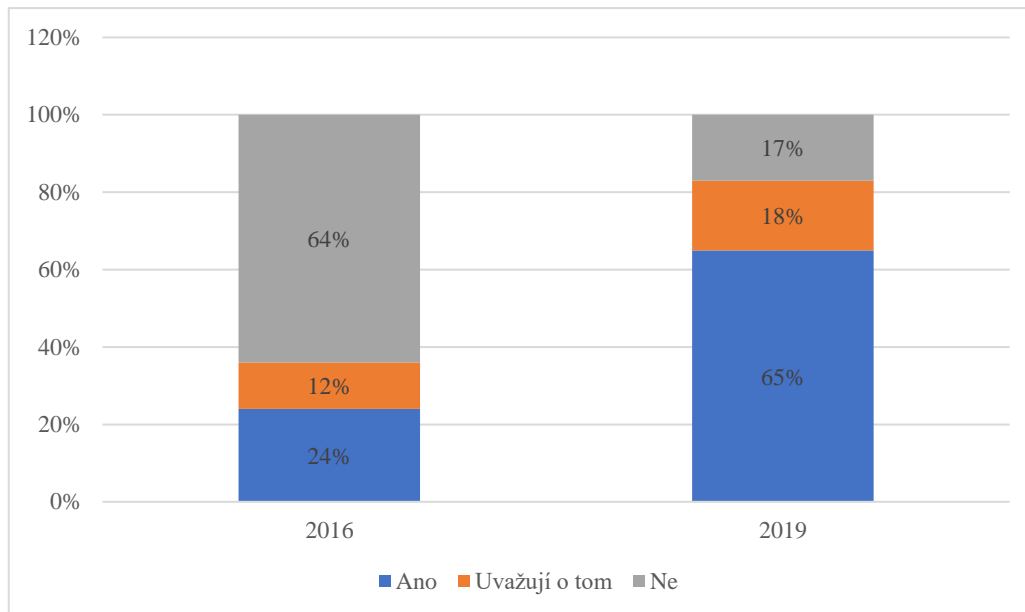
V následných kapitolách posuzují využití 3D tisku a jaký vliv má na společnosti na českém trhu. S příchodem chytrých továren a větší automatizací výrobního procesu bude vliv a využití aditivní výroby nadále stoupat.

5.1 Posouzení využití 3D tiskáren v průmyslu

Díky mediálnímu zájmu a firmám jako je Prusa3D je povědomí o 3D tisku mezi výrobními podniky rozšířené. Záměrně jsem pro výzkum vybíral podniky v oborech, kde je aditivní výroba nejvíce rozšířená a je tedy vyšší šance na její používání, z toho důvodu jsou výsledná čísla poměrně příznivá. V České republice je 3D tisk nejdále v oblasti automobilového a leteckého průmyslu. Pomalu se přesunují od výroby jednoduchých dílů po komplexnější. Společnosti si uvědomují potenciál a chápou roli, kterou bude v budoucnu tato technologie hrát. Strojírenský průmysl nachází možnosti v tisku z kovů, ale technologií pro výrobu z tohoto materiálu disponuje zatím málo společností. Většina využívá 3D tisk pouze pro výrobu z plastů na jednodušší FDM tiskárně. Vyčkávají na další vývoj této technologie a na průkopnické podniky, které jim přiblíží nové způsoby využití v praxi.

První porovnání se zabývá otázkou, jaký podíl firem využívá aditivní výrobu. se přímo 3D tiskem, podle obrázku 12 70% (14) dotazovaných firem uvedlo, že v současnosti 3D tisk využívá. To je poměrně shodné číslo s analýzou společnosti Ernst and Young, kde uvedlo v tabulce 3 využívání 3D tisku 65% firem. Je zajímavé sledovat vývoj proti roku 2016, kde aditivní výrobu využívalo pouze 24% a většina podniků o její zavedení ani neuvažovala (EY, 2019).

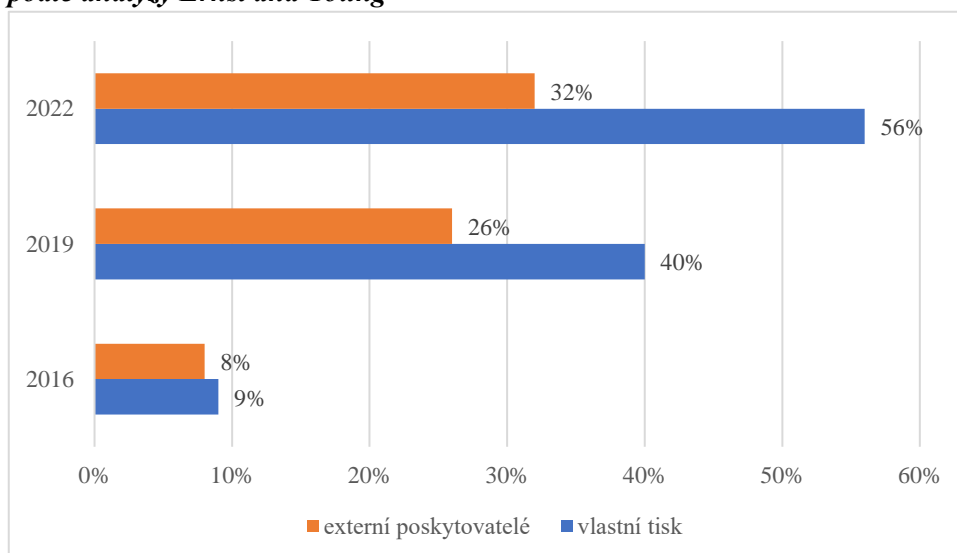
Tabulka 3: Využívání 3D tisku podle analýzy Ernst and Young



Zdroj: vlastní zpracování, Data: (EY, 2019)

Ve světě využívá služeb out-sourcingu těchto služeb až čtvrtina firem a Ernst and Young(2019) přepokládá její další růst. V kontrastu s tím by podle dotazníkového šetření viz. obrázek 15 o možnost zprostředkování této technologie mimo svůj závod mělo pouze 10 % oslovených podniků.

Tabulka 4: Prognóza společností využívajících pro tisk vlastní tiskárny/externího poskytovatele podle analýzy Ernst and Young



Zdroj: vlastní zpracování, Data: (EY, 2019)

5.2 Zhodnocení vlivu 3D tisku na podnikové procesy

Vliv 3D tisku na podnikové procesy je zatím okrajový. Většina podniků průmyslové výroby možnosti 3D tisku teprve zkoumá a tyto technologie ve společnostech využívá jen okrajové množství zaměstnanců. Využití zatím testují hlavně při pokusech na kusové výrobě pomocí FDM tiskáren. Největší změny nastaly ve větších závodech mezinárodních společností, které už s tímto druhem výroby mají zkušenosti a převádí je i do závodů v České republice, kde už je integrována do výrobního procesu. Nejvíce je ovlivněn vývoj a testování nových dílů pro sériovou výrobu. Společnosti nevyužívají příliš možnosti tisku pro finální výrobu, ale s postupným zdokonalováním lze předpokládat posun i v této oblasti. 3D tisk v sobě skrývá potenciál ušetření značného množství nákladů a s přibývajícím rolí a větší alokací zdrojů do tohoto odvětví se bude měnit i strategie podniků ve výrobě a logistice v ČR

5.3 Zhodnocení výhod a nevýhod 3D tisku

Na jedné tiskárně lze vytvořit výrobek libovolného tvaru bez nutnosti modifikace stroje. Díky otevřenému systému nemusí operátor umět model vytvářet, ale může si vybrat z velkého množství volně dostupných modelů. Navíc se databáze každým dnem rozšiřuje. 3D tisk pomáhá logistice a skladování, není nutné si držet tak vysoké zásoby, díky velké variabilitě a rychlosti, kterou je aditivní výroba schopná vyrábět.

Hlavní výhody naprosté volnosti spočívají při volnosti vytváření modelu, rychlosti a relativní jednoduchosti, nízké spotřebě materiálu, z ekologického hlediska je pozitivem téměř nulové množství odpadu a čistota výrobního. Výhodou je také schopnost 3D tisku reagovat na nenadálé situace. Počáteční investice jsou nízké a je k dispozici široká paleta materiálů. Díky menšímu počtu výrobních operací může velká část procesu probíhat automaticky bez dozoru.

Nevýhodou je dlouhá doba tisku, výsledný stav není kvůli vrstvení materiálu garantovaný a dochází k chybám, ať už kvůli vnějším vlivům nebo díky špatnému nastavení tiskárny. Postupné nanášení má také vliv na křehkost při namáhání z různých směrů. Velikost výrobku je daná velikostí tiskárny a také přesnost a kvalita tisku je omezená. S toxicitou materiálu při zpracování plastů je spojený vznik škodlivých výparů a s ním spojená zdravotní rizika. Při velkovýrobě nedává aditivní výroba ekonomický smysl a je pomalá. Uživatelské prostředí je zatím neintuitivní a potencionálně náchylné ke kybernetickým útokům.

Tabulka 5: Přehled výhod a nevýhod 3D tisku

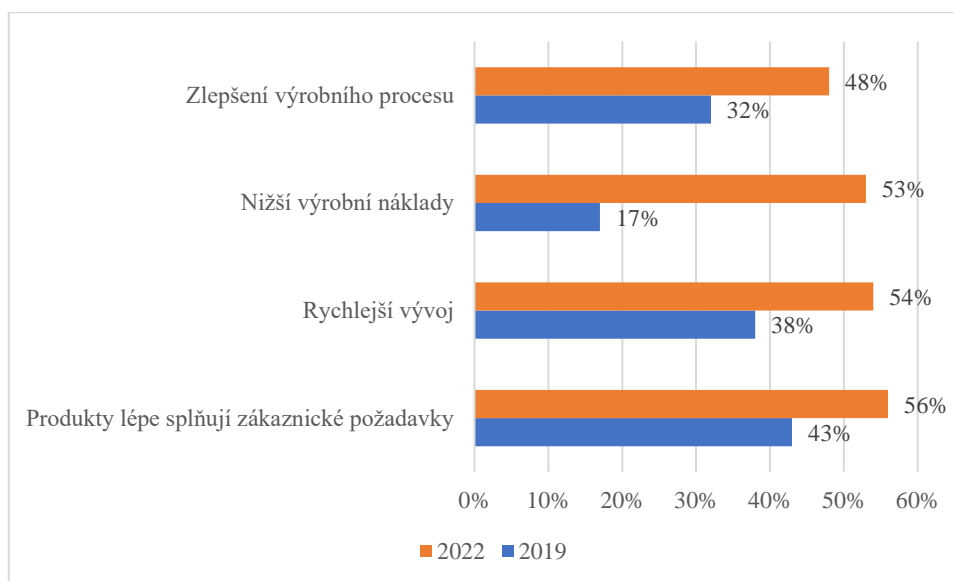
Výhody	Nevýhody
Ekonomický a rychlý při malé produkci	Neekonomický a pomalý při větší produkci
Spotřeba materiálu	Omezená velikost výrobku
Možnosti přizpůsobení tisku	Omezená přesnost
Velký výběr materiálů	Nutnost následného opracování
Menší počet výrobních operací	Vznik škodlivých látek při tisku
Nízké počáteční náklady	Anizotropnost
Snadná údržba	Uživatelsky složitější

Zdroj: vlastní zpracování

Podle analytické společnosti Ernst and Young vidí zahraniční společnosti v tabulce 6 v současnosti největší výhodu v tom, že vyrobené produkty lépe splňují zákaznické požadavky. Rychlost R&D (Výzkum & Vývoj) tvoří méně podstatnou, ale stále významnou část. Naopak možnost výroby stávajících výrobků, zejména prototypů za nižší náklady považuje v tomto průzkumu v roce 2019 za podstatné pouze 17% respondentů. Pokud se podíváme na budoucí očekávání v roce 2022, je zde kladen větší důraz na úsporu času a nákladů (EY, 2019).

Za největší překážky zahraniční společnosti považují vyšší vstupní náklady a vyšší ceny materiálu. Nedostatek kvalifikovaných pracovníků a vědomostí považují za třetí nejzásadnější problém (EY, 2019).

Tabulka 6: Největší výhody, které společnosti očekávají zavedením 3D tisku nyní a v budoucnu.



Zdroj: vlastní zpracování, Data: (EY, 2019)

5.4 Navržení doporučení

Po zhodnocení výše popsaných výhod a nevýhod lze využití 3D tiskáren výrobním podnikům doporučit. Je vhodným doplněním ke konvekčním technologiím, které nejde pro některé účely využít. Ceny za dnešní FDM tiskárny nejsou vysoké a myslím si, že tyto tiskárny si vždy dokážou usnadnit výrobu věcí, které nebyli dříve možné vyrobit. U ostatních citelně dražších typů se jedná o dlouhodobější investici, která se ovšem časem vrátí nejen v ušetřených nákladech, ale také v nově získaných vědomostech. Při tisku plasty dosahuje největší kvality technologie PolyJet, při potřebě tisku kovů se nabízí tiskárna technologie SLS. Díky časové efektivitě a velké úspoře nákladů je návratnost investice rychlá. Váš podnik se také bude prezentovat jako inovativní a soběstačný.

6 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo posouzení využití 3D tiskáren v průmyslu, jejich vlivu na podnikové procesy, zhodnocení jejich výhod a nevýhod včetně navržení doporučení. Hlavní cíl byl rozdělen na tři dílčí cíle. Tato práce byla zaměřena na porozumění tomuto technickému tématu, zhodnotit jeho stav a využití technologie 3D tisku v praxi.

Teoretická část se zabývá představením Průmyslu 4.0 a aditivní výrobou. Stručně shrnuje jejich historii a plánované použití konceptu 4.0 v České republice. Dále se zabývá rozdělením výroby a rozdíly aditivní metody proti ostatním konvenčním technologiím. Dále popisuje princip fungování a používané technologie tisku. Shrnuje používané materiály a přináší pohled na využití v různých průmyslových odvětvích. V diskusi je probíráno využití a potenciál pro větší uplatnění v budoucnosti.

Praktická část popisuje postavení českého průmyslu v oblasti 3D tisku, vyhodnocuje postoj českých společností, jejich zkušenosti a postoj k možnostem jeho využití do budoucna.

Pro naplnění prvního dílčího cíle posouzení využití 3D tiskáren v průmyslu bylo zpracováno dotazníkové šetření, které potvrdilo připravenost podniků na další rozšiřování aditivní výroby a způsoby jeho využití.

Český průmysl sice ještě není úplně připravený na novou průmyslovou revoluci, nicméně v oblasti 3D tisku je na tom srovnatelně se zbytkem Evropy. Ukázalo se, že velká část firem už 3D tisk v nějaké formě využívá a plánuje jeho využití dále rozšířit.

V rámci druhého dílčího cíle byl zhodnocen vliv 3D tisku na podnikové procesy ve vybrané společnosti. Formou strukturovaného rozhovoru jsou popsány dopady využití ve společnosti, která již pracuje s pokročilejšími technologiemi aditivní výroby. Potvrzují se tak předpoklady, že hlavním účelem bude i nadále výroba fyzických prototypů.

Poslední třetí dílčí cíl se zaměřoval na výhody a nevýhody 3D tisku. K naplnění tohoto cíle bylo využito informací zjištěných při zpracování předchozích cílů. Aditivní výroba

neslouží k produkci velkého množství vzorků, ale umožňuje nové způsoby využití, které nebylo možné formou tradičních metod uskutečnit. České podniky nevidí největší problém v nedostatku kvalifikovaného personálu, ale spíše v omezeních, která zatím 3D tisk má.

Přestože zatím převládá jednodušší technologie FDM, objevují se už i snahy využívat pokročilejší systémy s větším potenciálem pro průmyslové použití. Rozsah výroby aditivní metodou se každým rokem zvětšuje a v budoucnu se budeme setkávat s předměty vyrobenými tímto způsobem na denní bázi. Společnosti si potenciál této technologie uvědomují a je vhodné jim tento způsob výroby doporučit. Rozsah možností využití je opravdu velký a pořízení 3D tiskárny zvyšuje soběstačnost podniku. Pomůže jim vychytat výrobní proces a předejít tak nákladným chybám. Nemusí se tak spoléhat na složité a pomalé metody tradičních způsobů. Získají díky tomu také náskok ve znalosti nové technologie, která se postupem času stane součástí způsobu výroby ve všech oborech. Z analýzy různých průzkumů a článků vyplývá, že aditivní výroba kráčí vpřed rychlým tempem.

Seznam použité literatury

1. Kloski, L. W., & Kloski, N. (2017). *Začínáme s 3D tiskem* (přeložil Jakub GONER). Computer Press.
2. Redwood, B., Schöffler, F., & Garret, B. (2017). *The 3D printing handbook: technologies, design and applications*. 3D Hubs.
3. Gal, M. S. (2019). *3D Challenges: Ensuring Competition and Innovation in 3D Printing*. *Vanderbilt Journal of Entertainment*, 22(1), 1-37.
4. Chua, C. K., & Leong, K. F. (2017). *3D printing and additive manufacturing: principles and applications*. World Scientific.
5. Kumar, J. L., Pandey, M. P., & Wimpenny, I. D. (2019). *3D printing and additive manufacturing technologies*. Singapore: Springer.
6. Alasdair, G. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Berkeley: Apress.
7. Stříteský, O., Průša, J. & Bach, M. (2019). *Základy 3D tisku s Josefem Průšou*. Praha: Prusa Research.
8. Horvath, J. (2014). *Mastering 3D Printing: Technology in Action*. Apress.
9. Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2010). *Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing deals with various aspects of joining materials to form parts* (2010 ed.). Springer.
10. Mařík, V. et al.(2015). *Iniciativa Průmysl 4.0* Retrieved April 14,2021 from <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/ministerstvo/aplikace-zakona-c-106-1999-sb/informace-zverejnovane-podle-paragrafu-5-odstavec-3-zakona/-iniciativa-prumysl-4-0--230485>
11. Ernst and Young [Online]. (2019). *3D Printing: hype or game changer?* Retrieved April 14, 2021, from https://www.ey.com/en_gl/consulting/how-3dp-is-moving-from-hype-to-game-changer
12. 3D Printing Industry [Online]. Retrieved April 14, 2021, from <https://3dprintingindustry.com/wp-content/uploads/2020/02/Power-supports-software-1024x555.png>

13. Yourstory Media [Online]. Retrieved April 14, 2021 from https://cdn.yourstory.com/wp-content/uploads/2014/01/CC_Curve_House-1024x576.jpg
14. AMFG (2021). Industrial applications of 3D printing. Retrieved April 14, 2021 from Autonomous Manufacturing: <https://amfg.ai/industrial-applications-of-3d-printing-the-ultimate-guide/>
15. Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. Geneva, Switzerland: World Economic Forum.
16. *Stratview Research. Aerospace 3D Printing Market Size, Share, Trend, Forecast, & Competitive Analysis: 2020-2027*. (2019). London: Stratview Research.
17. Czechcrunch [Online]. Retrieved April 14, 2021, from <https://www.czechcrunch.cz/2020/08/prvok-se-uz-vznasi-na-hladine-vltavy-cesi-postavili-prvni-plovouci-dum-z-3d-tiskarny-na-svete/>
18. Statista (2021) [Online]. Global Market for 3D printers. Retrieved April 14, 2021 from <https://www.statista.com/statistics/315386/global-market-for-3d-printers/>
19. Chmelař, V. et al. (2015)[Online]. Dopady digitalizace na trh práce v ČR a EU Retrieved April 14, 2021 from <https://www.vlada.cz/assets/evropske-zalezitosti/analyzy-EU/Dopady-digitalizace-na-trh-prace-CR-a-EU.pdf>

Seznam použitých obrázků

Obrázek 1: Formativní výroba	5
Obrázek 2: Subtraktivní výroba	6
Obrázek 3: Aditivní výroba	6
Obrázek 4: Modelovací software s podpěrami	8
Obrázek 5: Schéma FDM tiskárny Rozdělení výrobních metod	11
Obrázek 6: Schéma konstrukce tiskárny SLA	13
Obrázek 7: Animace tisku domu	17
Obrázek 8: Předmět činnosti oslovených výrobních podniků	23
Obrázek 9: Rozmístění dotazovaných společností podle krajů	23

Obrázek 10: Rozdělení společností podle počtu zaměstnanců	24
Obrázek 11: Posouzení technologické vyspělosti a připravenosti na Průmysl 4.0.....	25
Obrázek 12: Současné využití 3D tisku v podnicích	26
Obrázek 13: Doba, po kterou společnosti 3D tisk používají	27
Obrázek 14: Plánované rozšíření 3D tisku v příštích letech	28
Obrázek 15: Zájem společností o využití 3D tisku formou outsourcingu	29
Obrázek 16: Délka, po kterou podniky 3D tisk využívají	30
Obrázek 17: Účel využití 3D tisku	31
Obrázek 18: Používané tiskárny rozdělené podle použité technologie	32
Obrázek 19: Druhy materiálů používaných při tisku.....	33
Obrázek 20: Přínosy 3D tisku.....	34
Obrázek 21: Překážky 3D tisku	35

Seznam použitých tabulek

Tabulka 1: Profese s největším indexem ohrožení digitalizací.....	4
Tabulka 2: Předpokládaná velikost trhu znázorněná v mld. \$	18
Tabulka 3: Využívání 3D tisku podle analýzy Ernst and Young	40
Tabulka 4: Prognóza společností využívajících pro tisk vlastní tiskárny/externího poskytovatele podle analýzy Ernst and Young.....	40
Tabulka 5: Přehled výhod a nevýhod 3D tisku.....	42
Tabulka 6: Největší výhody, které společnosti očekávají zavedením 3D tisku nyní a v budoucnu.....	43

Summary

While writing this bachelor thesis I aimed for better understanding of this technical topic. I wanted to evaluate its condition and the use of 3D printing technology in practice. As I went through various surveys and analyzes, I found out that additive production was moving forward by leaps and bounds. Although Czech industry is not yet fully prepared for the new industrial revolution, we are in a comparable situation in the field of 3D printing with the rest of Europe. It turned out that a large part of companies already have 3D printing in some forms created and they plan to further expand its use. Contrary to the expectations set out in the hypothesis, Czech companies are not most concerned about the lack of qualified staff, but more so about the limitations that 3D printing still has. Although nowadays majority of additive manufacturing consists of simpler FDM printers, there are efforts made to use more advanced systems with greater potential for industrial use. The scope of production by the additive method increases every year and in the future we will encounter items produced in this way on a daily basis.

Přílohy

1. Dotazníkové šetření

Využití 3D tisku v průmyslu

1 V jakém oboru dle převažujících činností podniká vaše firma?

Návoděna * otázce: Vyberte jednu odpověď.

- strojírenská výroba výroba nekovových výrobků, plastů elektrotechnická výroba výroba potravinářského zboží
- výroba výrobků pro domácí spotřebu papírenská výroba, chemicko-technologická výroba
- Jiná...

2 V jakém kraji sídlí?

Návoděna * otázce: Vyberte jednu odpověď.

- Praha
- Středočeský
- Jihočeský
- Plzeňský
- Karlovarský
- Ústecký
- Liberecký
- Královéhradecký
- Pardubický
- Vysočina
- Jihomoravský
- Olomoucký
- Zlínský
- Moravskoslezský

3 Počet zaměstnanců:

Návoděna * otázce: Vyberte jednu odpověď.

- 0-20 21-100 101-500 501-1000 Více než 1000

4 Využíváte v současnosti technologii 3D tisku?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- Ano Ne

5 Kolik využíváte 3D tiskáren?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- 1 2-5 6-10 Více než 10

6 Jak dlouho 3D tisk využíváte?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- Méně než rok 1-2 roky 3-5 let Více než 5 let

7 3D tisk využíváte pro:

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu nebo více odpovědí*

- Výrobu prototypů Výzkum a vývoj Sériovou výrobu finálních výrobků
 Jiná...

8 Jaké technologie tisku využíváte:

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu nebo více odpovědí*

- Fused Deposition Modeling (FDM)
(neirozšířenější tvar, nanáší nabídnou plast)
 Stereolitografie (SLA)
(vytváření pryskyčice světlem)
 Selective Laser Sintering (SLS)
(spékání jemného práchu)
 Polyjet
 Jiná...

9 Jaké materiály používáte?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu nebo více odpovědí*

- Plasty Pryskyčice Kovy Vosk Keramika
 Jiná...

10 Největší přínos vidíte v:

Nápověda * otázka: Přetáhnutím změňte pořadí položek dle svých preferencí (1. - nejdůležitější poslední - nejméně důležitá)

Nižších výrobních nákladech

Rychlosti výroby

Možnosti customizace

Kvalitě výrobku

11 Největší překážky vidíte v:

Nápověda * otázka: Přetáhnutím změňte pořadí položek dle svých preferencí (1. - nejdůležitější poslední - nejméně důležitá)

Vyšších vstupních a provozních nákladech

Omezení ve velikosti vytížených výrobků

Nedostatku kvalifikovaných pracovníků, neznalosti know-how

Obavách o kvalitu produktu

Omezení ve výběru materiálů a jejich kombinací

Rychlosti produkce

12 Plánujete 3D tisk využívat více v příštích letech?

Nápověda * otázka: Vyberte jednu odpověď

Ano Ne Uvažujeme o tom Nevím

13 Měla by vaše firma zájem tyto technologie outsourcovat?

Nápověda * otázka: Vyberte jednu odpověď

Ano, chtěli bychom tuto službu outsourcovat Ne, chceme 3D tisk využívat a vyvíjet interně Nevím Nemáme o tuto technologii zájem

14 Posuďte, jak považujete Váš podnik za technologicky vyspělý. (max 5 hvězdiček)

Návoděda k otázce: Můžeme z hlediska implementace Průmyslu 4.0 (digitalizace, Internet věcí, automatizace výroby)

☆☆☆☆☆ / 5

15 Chtěli byste dodat k tématu něco, co ještě nebylo zmíněno?

Návoděda k otázce: Prostor vyjádřit vlastní názor.

Děkují mnohokrát za vypořádání.

2. Seznam otázek položených při strukturovaném rozhovoru

Zaměstnanec: Martin Kryštof

Společnost: Robert Bosch s.r.o.

Pozice: Technolog se zaměřením na 3D tisk

Otázky:

Jakým způsobem využíváte 3D tisk ve Vašem podniku?

Jaké typy tiskáren používáte?

Jaké materiály používáte?

Jaké jsou pro Vás výhody při použití této technologie?

Jaké jsou pro Vás nevýhody při použití této technologie?

Jak fungovalo prototypování dříve před příchodem 3D tisku?

Jaké je ekonomické zhodnocení?

Jak vidíte výhled této technologie do budoucna. Budete aditivní výrobu rozšiřovat, případně bude se měnit její účel?

