VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2017 **Bc. Renáta STEŇKOVÁ**

VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE

FAKULTA PODNIKOHOSPODÁŘSKÁ

Obor: Podniková ekonomika a management

Průmysl 4.0 - aditivní výroba v českém leteckém a automobilovém průmyslu

Autor: Bc. Renáta Steňková
Vedoucí práce: Ing. Petr Jirsák, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *„Průmysl 4.0 – aditivní výroba v českém leteckém a automobilovém průmyslu“* vypracovala samostatně s využitím literatury a informací, na něž odkazuji.

…… .....

v Praze dne podpis studenta

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Petru Jirsákovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce a podnětné připomínky v průběhu jejího zpracování. Dále děkuji všem zástupcům podniků, kteří byli velice laskavi a vyjádřili se k danému tématu. Děkuji i své rodině a příteli za veškerou podporu při studiu, ale i v životě.

Název diplomové práce:

Průmysl 4.0 – aditivní výroba v českém leteckém a automobilovém průmyslu

Abstrakt:

Cílem této závěrečná práce je analyzovat současný stav aditivní výroby v kontextu českého leteckého a automobilového průmyslu. Teoretická část práce je rozdělena do dvou kapitol. První pojednává o průmyslu (průmysl ČR se zaměřením na letecký a automobilový, průmyslové revoluce se zaměřením na Průmysl 4.0) a druhá o aditivní výrobě (vysvětlení základních principu a aspektů, technologie a zařízení, výhody a dopady na vybrané oblasti podnikové činnosti). V praktické části je porovnán současný stav technologie ve světě a na českém trhu z pohledu výrobních podniků. Data o globálním trhu byly získány z výzkumu poradenské firmy EY a následně analyzovány. Čeští výrobci byli dotázáni pomocí dotazníkového šetření. Součástí práce je i případová studie, jejímž smyslem je prezentovat reálné a praktické poznatky při implementaci a používání technologie.

Klíčová slova:

průmysl, automobilový průmysl, letecký průmysl, průmyslová revoluce, čtvrtá průmyslová revoluce, Průmysl 4.0, aditivní výroba, 3D tisk

Title of a Diploma's Thesis:

Industry 4.0 – additive manufacturing in the Czech aerospace and automotive industry

Abstract:

The aim of this thesis is to analyse the current state of additive manufacturing in the context of the Czech aerospace and automotive industry. The theoretical part of the thesis is divided into two chapters. The first one discusses the industry (the industry of the Czech Republic specialized in the aerospace and automotive industry, industrial revolutions with a focus on Industry 4.0) and the second one deals with additive manufacturing (explanation of the basic principles and aspects, technologies and advantages and impacts on selected areas of company activities). The practical part compares the current state of technology in the world and on the Czech market from the point of the production enterprise's view. The global market data were obtained from the EY's research and subsequently analysed. Czech producers were asked using a questionnaire survey. An integral part of the thesis is a case study, which aims to present realistic and practical knowledge in the implementation and use of the technology.

Key words:

industry, automotive, aerospace, industrial revolution, fourth industrial revolution, Industry 4.0, additive manufacturing, 3D printing

OBSAH

ÚVOD **9**

TEORETICKÁ ČÁST **11**

1 PRŮMYSL A PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE **11**

1.1 PRŮMYSL ČR 12

1.2 AUTOMOBILOVÝ PRŮMYSL ČR 13

1.2.1 Charakteristika 13

1.2.2 Indikátory 14

1.3 LETECKÝ PRŮMYSL ČR 17

1.3.1 Charakteristika 17

1.3.2 Indikátory 18

1.4 PRŮMYSLOVÉ REVOLUCE 20

1.5 KONCEPT PRŮMYSL 4.0 21

1.6 NÁRODNÍ INICIATIVA PRŮMYSL 4.0 22

1.6.1 Implementace prvků Průmyslu 4.0 23

1.6.2 Obavy a bariéry spojené s implementací Průmyslu 4.0 24

1.6.3 Podpora implementace principů Průmyslu 4.0 25

1.6.4 Legislativa a právní úprava 27

1.6.5 Technologické předpoklady a vize Průmyslu 4.0 29

2 ADITIVNÍ VÝROBA **32**

2.1 HISTORIE 33

2.2 ZÁKLADNÍ ASPEKTY 33

2.2.1 Vstup 34

2.2.2 Metoda 35

2.2.3 Materiál 35

2.2.4 Využití 36

2.3 TECHNOLOGIE A ZAŘÍZENÍ 36

2.3.1 Technologie na bázi kapaliny 36

2.3.2 Technologie na bázi pevných částic 39

2.3.3 Technologie na bázi prášku 42

2.4 VÝHODY 43

2.4.1 Přímé výhody ... 44
2.4.2 Nepřímé výhody ... 45
2.5 DOPAD NA PODNIKOVÉ PROCESY A LOGISTICKÉ ŘETĚZCE ... 45
PRAKTICKÁ ČÁST ... 48
3 SEKUNDÁRNÍ VÝZKUM ... 48
3.1 ADITIVNÍ VÝROBA ... 48
3.1.1 Globální výzkum EY ... 48
4 PRIMÁRNÍ VÝZKUM ... 54
4.1 METODIKA ... 54
4.1.1 Cíl výzkumu ... 54
4.1.2 Sběr dat a časový harmonogram ... 55
4.2 VÝSLEDKY VÝZKUMU ... 57
4.2.1 Dotazníkové šetření ... 57
4.2.2 Případová studie ... 69
4.3 ZÁVĚRY PRAKTICKÉ ČÁSTI ... 78
ZÁVĚR ... 82
SEZNAM ZDROJŮ ... 84
TIŠTĚNÉ ZDROJE ... 84
ELEKTRONICKÉ ZDROJE ... 84
SEZNAM ZKRATEK ... 89
SEZNAM GRAFŮ ... 90
SEZNAM OBRÁZKŮ ... 91
SEZNAM TABULEK ... 91
PŘÍLOHY ... 92

ÚVOD

Moderní technologie spotřebiteli usnadňují život každý den. To samé platí pro firmy. Technologie procházejí změnami, které jsou ovlivňovány požadavky trhu a zároveň jej zpětně také ovlivňují. Drobné změny technologií jsou více či méně zaznamenatelné, ale zásadní změny jejich konceptu přicházejí společně s průmyslovými revolucemi a jsou nepřehlédnutelné. V historii lidstva se odehrály zatím čtyři průmyslové revoluce. Poslední čtvrtá průmyslová revoluce ovlivňuje nejen technologické a technické prvky průmyslu, jako předchozí tři revoluce, ale řeší rovněž změnu postavení člověka na trhu práce, podněcuje úvahy nad změnou právního rámce nebo obchodního modelu.

Aditivní výroba, rapid prototyping nebo mezi širokou veřejností technologie 3D tisku jsou pojmy, s kterými se můžeme setkat, pokud hovoříme o jedné z technologií čtvrté průmyslové revoluce. O aditivní výrobě toho bylo napsáno mnohé. V nejrůznějších článcích a studiích se zkoumají možnosti jejího využití, přínosy nebo míra jejího vlivu na nejrůznější prvky trhu. Jedním z přínosů aditivní výroby (jak deklarují dodavatelé technologií, ale i vědecké publikace) je zkrácení doby doručení zákazníkovi díky kratší době výroby. Dnešní doba je uspěchaná a vše chceme mít co nejdříve. Čas hraje důležitou roli jak pro člověka, tak pro firmu. Nátlak na co nejkratší dodací lhůtu je v současnosti běžný a firmy se s ním musí vypořádat.

Průmysl má pro českou ekonomiku velký význam. Ve srovnání s evropskými státy má největší podíl na přidané hodnotě. Zkoumané oblasti průmyslu (automobilový a letecký průmysl) mají v České republice dlouholetou tradici a jsou do jisté míry propojeny. Průmysl 4.0 a změny s ním přicházející budou pro české výrobní i prodejní podniky znamenat jistou výzvu. Jak se firmy z automobilového a leteckého průmyslu v dnešní době, ale i do budoucna, staví k aditivní výrobě zkoumá tato závěrečná práce.

Cílem práce je odpověď na otázky současného, ale i budoucího postavení aditivní výroby v českém leteckém a automobilovém průmyslu. Práce má za cíl zjistit jaké jsou hlavní přínosy implementace technologie 3D tisku a s jakými bariérami se české firmy potýkají.

Teoretická část práce se zabývá popisem průmyslu a jeho vývojem v České republice, zejména základními indikátory automobilového a leteckého průmyslu. Dále jsou popsány jednotlivé průmyslové revoluce se zaměřením na čtvrtou průmyslovou revoluci. Následující kapitola je věnována Průmyslu 4.0, jehož základní prvky, myšlenky a výzvy rozvádí v českých podmínkách dokument *Národní iniciativa průmyslu 4.0*. Jedním z prvků Průmyslu 4.0 je i aditivní výroba, kterou rozvádí poslední kapitola teoretické části.

Praktická část do jisté míry vychází z poznatků, které byly vyvozeny z teoretické části. Teoretické informace byly zdrojem pro sestavení dotazníkového šetření společně s analýzou sekundárních dat realizovaného výzkumu poradenské firmy EY. Kvantitativní dotazníkové šetření bylo doplněno o kvalitativní případovou studii. V průběhu práce bylo zjištěno, že je veřejně k dispozici malé množství případových studií, které by popisovaly

reálnou implementaci a využití technologie 3D tisku v podniku. V závěru práce je vyhodnocení výsledků vlastního výzkumu v porovnání s výsledky výzkumu aditivní výroby na globální trhu a případová studie, která vysvětluje některé zjištěné skutečnosti z dotazníkového šetření a aplikuje získané poznatky do praxe.

TEORETICKÁ ČÁST

1 PRŮMYSL A PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE

Historické kořeny průmyslové činnosti na území dnešního českého státu jsou hluboké. Za dob Rakouska-Uherska tvořily rakouské země (z velké části české země Čechy, Morava a Slezsko) průmyslovou základnu. Krátce před rozpadem bylo v tehdejších českých zemích soustředěno přibližně 70 % průmyslové výroby celé monarchie. Vznik samostatné ČSR vedl k dalšímu rozvoji průmyslu dokonce natolik, že Československo patřilo mezi průmyslově nejrozvinutější státy světa. (Hlavní pilíře českého průmyslu, 2011)

Každou činnost, která se v ekonomice (národním hospodářství) státu odehrává, ať už se jedná o výrobu či poskytování služeb, lze zařadit do jednoho z následujících sektorů:

- primární sektor (prvovýroba), který představuje získávání a zpracování přírodních surovin (těžba, zemědělství, rybářství, lesnictví),
- sekundární sektor (druhovýroba), který transformuje produkty prvovýroby v hotové výrobky (průmysl, stavebnictví),
- terciální sektor (služby), který zahrnuje všechny činnosti v ekonomice, jejichž podstatou je poskytování služeb (obchod, bankovní služby atd.),
- a popř. kvartální sektor, pod který je zahrnut vývoj, věda a výzkum (jindy je součástí sektoru terciálního). (ManagementMania.com, 2016)

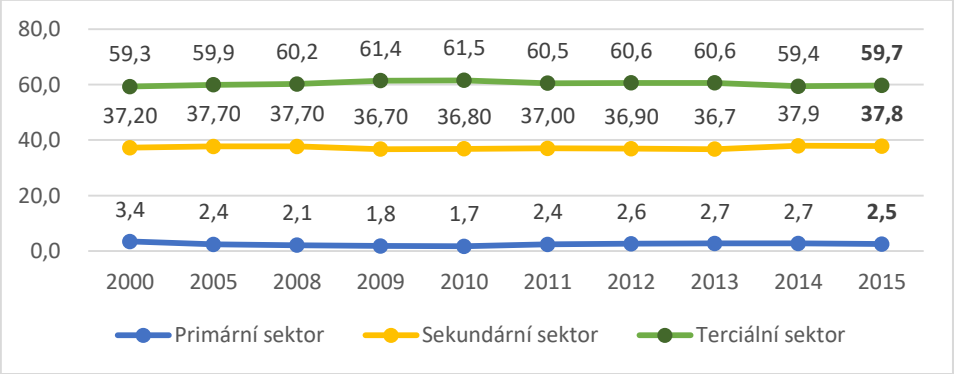
Slovník spisovného jazyka českého definuje průmysl, který jak ukazuje seznam výše je součástí sekundárního sektoru, jako „*odvětví národního hospodářství zabývající se těžbou surovin, jejich zpracováváním a výrobou výrobních prostředků n. spotřebních předmětů ve velkém*“. (Slovník spisovného jazyka českého)

Význam jednotlivých sektorů hospodářství udávají podíly jejich hrubé přidané hodnoty (dále HPH) na celkové HPH ekonomiky. Měnící se struktura HPH souvisí s vyspělostí daného státu – čím vyspělejší ekonomika, tím větší podíl terciálního, popř. kvartálního sektoru.

1.1 PRŮMYSL ČR

V průběhu posledních desetiletí zaznamenalo české hospodářství výkyvy vývoje jednotlivých sektorů. Od roku 2000 docházelo k nárůstu podílu terciálního sektoru na úkor primárního i sekundárního sektoru. Rok 2014 a 2015 zaznamenal ovšem sekundární sektor mírný nárůst, zatímco terciální klesal, jak také ukazuje graf níže.

Graf 1: Podíl sektorů na hrubé přidané hodnotě ČR v % (podle standardu kupní síly, v běžných cenách)



Zdroj: ČSÚ (2016)

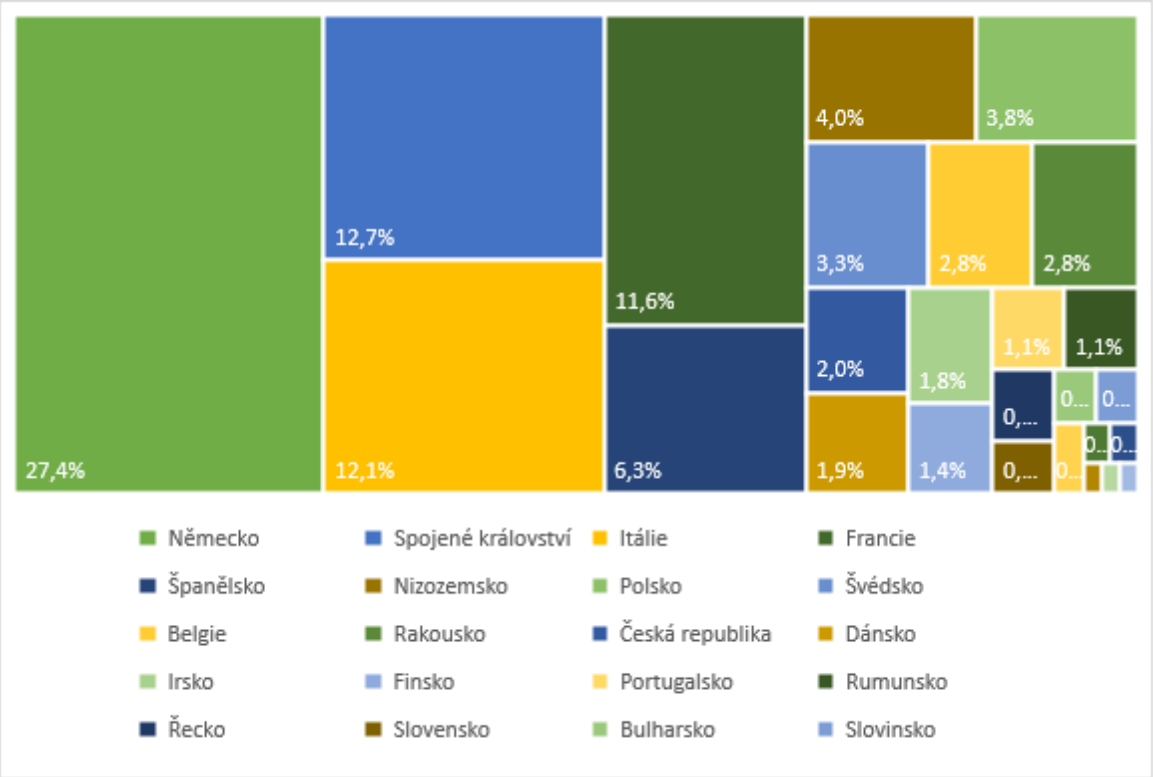
V roce 2015 měla Česká republika v rámci zemí EU druhý největší podíl sekundárního sektoru na HPH, jako jediná ji předčila irská ekonomika (41,6 %). Často dochází k porovnávání s Německem, které ve sledovaném roce mělo podíly jednotlivých sektorů 0,6 % - 30,5 % - 68,9 %.

Je nutné zdůraznit, že každá země světa má jiné podíly sektorů, činností a oborů. Je to dáno mnoha faktory – např. přístupem k nerostným surovinám, podílem orné půdy na půdě zemědělské, tradicí daného země nebo jak bylo řečeno vyspělostí dané země. Z toho důvodu země vykazují jiné hodnoty indikátorů, jejichž hodnoty souvisí nejen s různými fázemi hospodářského cyklu, ale také k vzájemnému porovnávání světových ekonomik mezi sebou.

Samotný průmysl sekundárního sektoru v polovině roku 2015 tvořil 47,3 % celkové ekonomiky českého státu[1]. V rámci evropského srovnání se jedná vůbec o nejvyšší podíl.[2] Provedeme ještě jedno srovnání, a to srovnání zemí evropské osmadvacítky (EU28). Podíl českého průmyslu na celkovém průmyslu EU28 jsou ve srovnání s předchozími čísly „pouhá“ 2 %. Největší podílem je zastoupen průmysl Spolkové republiky Německo. (ČSÚ, přístup dne: 11.2.2017)

[1] Vypočteno jako přidaná hodnota v nákladech na výrobní činitele (v %).
[2] Následuje Maďarsko (45,9 %), Polsko (45 %), Rumunsko (44,2 %), Slovinsko (42,8 %), Irsko (41,7 %), Bulharsko (40,5 %) a Německo (40,2 %).

Graf 2: Podíl evropských zemí na průmyslu EU28 (přidaná hodnota v nákladech na výrobní činitele, v %, rok 2015)



Zdroj: ČSÚ (20.2.2017)

Následující dvě podkapitoly se věnují zkoumaným průmyslům – automobilovému a leteckému. Oba průmysl jsou stručně charakterizovány a popsány pomocí indikátorů.

1.2 AUTOMOBILOVÝ PRŮMYSL ČR

Výroba automobilů a jejich dílů, hraje pro českou ekonomiku a průmysl podstatnou roli. Na svém území koncentruje jednu z největších projektových a výrobních činností. Jen pro představu – na 1 000 obyvatel připadá výroba 107,5 automobilů, což ve světovém žebříčku řadí český trh mezi 15 nejvýznamnějších „automobilových“ ekonomik a je tak jedním z leadrů globálního automobilového trhu. Možná také díky dlouholeté tradici, široké dodavatelské základně a síti a vyspělému know-how představuje jednu nejrozvinutějších a ynejvýznamnějších automobilových odvětví regionu střední a východní Evropy. (CzechInvest, 2017)

1.2.1 Charakteristika

Automobilový průmysl můžeme definovat na základě klasifikace ekonomických činností (CZ-NACE). Oddíl C – Zpracovávatelský průmysl mimo jiné obsahuje oborovou činnost Výroba motorových vozidel (kromě motocyklů), přívěsů a návěsů (kód 29). Dále je tento oddíl rozdělen na tři skupiny, jejichž podíly jsou zaznamenány v tabulce níže:

- výroba motorových vozidel a jejich motorů (29.1),
- výroba karoserií motorových vozidel; výroba přívěsů a návěs (29.2),
- výroba dílů a příslušenství pro motorová vozidla a jejich motory (29.3), dělící se na podtřídy:
    - výroba elektrických a elektronických zařízení pro motorová vozidla (29.31),
    - výroba ostatních dílů a příslušenství pro motorová vozidla (29.32). (ČSÚ, přístup dne 23.4.2017)

Tabulka 1: Podíly skupin na oddílu CZ-NACE 29 v roce 2015 (v %, oddíl = 100 %)

Skupina CZ-NACE	Osobní náklady	Přidaná hodnota	Tržby	Vlastní kapitál	Aktiva celkem	Počet zaměstnanců	Počet jednotek
29.1	30,7	47,2	46,2	54,6	47,3	22,5	9,3
29.2	1,7	1	0,8	0,9	1	2,1	17,2
29.3	67,7	51,7	53	44,5	51,8	75,5	73,5

Zdroj: MPO (2015)

Jak vyplývá z výše zmíněného dělení, do automobilová průmyslu nespadá pouze výroba hotových automobilů, ale i dodavatelské firmy napříč odvětvími. Do činnosti promlouvají firmy strojírenského, gumárenského, elektrotechnického či textilního průmyslu, které ovlivňují a podporují výsledky automobilek.

Typy výrobců

Mezi největší výrobce osobních a lehkých užitkových automobilů (včetně jejich podíl v závorkách) patří automobilky ŠKODA AUTO a.s (56,77 %), Hyundai Motor Manufacturing Czech s.r.o. (26,36 %) a Toyota Peugeot Citroën Automobile Czech, s.r.o. (16,87 %). Mezi výrobci nákladních vozidel je i nadále pouze jedna značka – TATRA TRUCKS a.s. S 80 % produkce dominuje mezi výrobci autobusů firma Iveco Czech Republic, a. s., následuje výrobce SOR Libchavy spol. s r.o. se 14 %. Produkce mezi výrobci komponentů roste, stejně jako zvyšují počet svých zaměstnanců. V Evropě nejezdí automobil, který by nemělo komponenty od českých výrobců (vyjma malovýrobců luxusních a sportovních vozidel). (MPO, 2015)

Identifikovat podnikovou činnosti firem na českém trhu pomáhá agentura CzechInvest, která vytvořila sektorovou databázi dodavatelů českého průmyslu. Jejím přínosem je zejména přehledné vyhledávání partnerů a dodavatelů z daného oboru průmyslu podle jejich umístění v dodavatelském řetězci dle Tier 1, 2, 3.

1.2.2 Indikátory

Přidaná hodnota

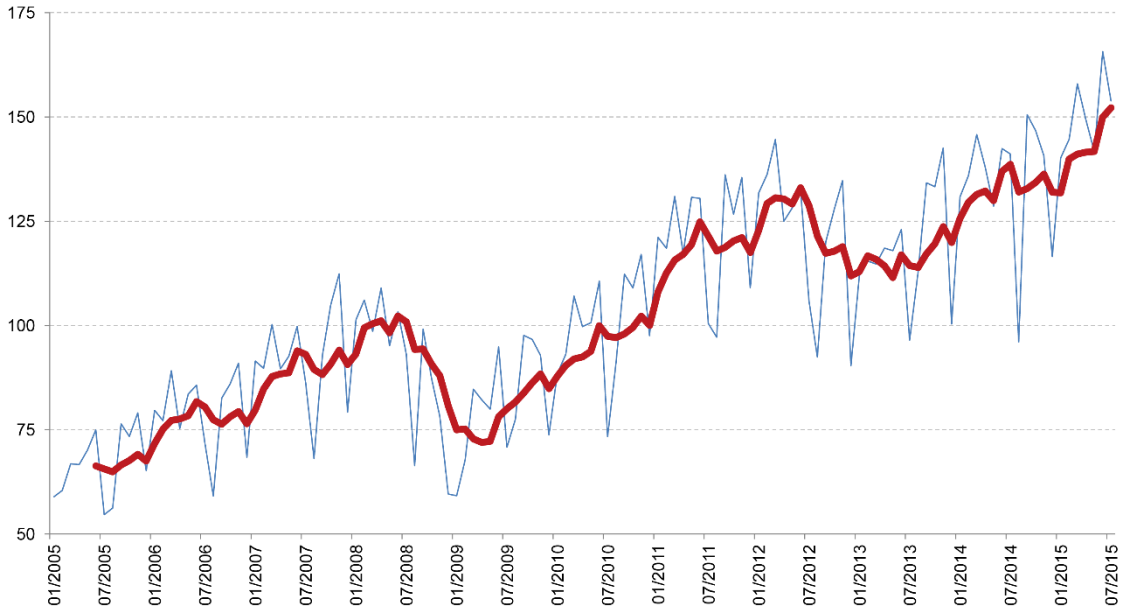
Před čtyřmi lety, v roce 2013, český automobilový průmysl tvořil největší podíl na hrubé přidané hodnotě celkového průmyslu ČR. Se svými 13,7 % (v absolutní hodnotě 141,5

mld. Kč) předčil druhou výrobu kovových konstrukcí a kovodělných výrobků (9,1 %, 93,5 mld. Kč) a třetí výrobu strojů a zařízení jinde neuvedených (8,1 %, 84,1 mld. Kč). (ČSÚ, přístup dne: 22.4.2017, z:). O rok později byla PH automobilového průmyslu téměř 174 mld. Kč (15 %) a v roce 2015 189 mld. Kč (15,9 %).

Objem produkce, podíl na HDP

Za posledních deset let se produkce automobilového průmyslu více než zdvojnásobila, jak ukazuje graf níže, což z odvětví výroby motorových vozidel dělá tahouna průmyslu České republiky.

Graf 3: IPP[3] výroby motorových vozidel (kromě motocyklů), přívěsů a návěsů (IPP, průměr roku 2010 = 100, neočištěno, klouzavý průměr (6 měsíců)



Zdroj: ČSÚ (2016)

V uplynulém roce 2016 zaznamenalo odvětví výroba motorových vozidel, přívěsů a návěsů meziroční růst IPP o 7,6 %, jakožto odvětví s druhý největším příspěvkem k meziročnímu růstu průmyslové produkce. (ČSÚ, 2017)

Dále ze statistických údajů Sdružení automobilového průmyslu (dále SAP) vyplývá, že v roce 2014 automobilový průmysl představoval 24,7 % celkové výrobní produkce země a odhadem se podílel na HDP ČR 7,4 %. (SAP, 2017)

Rok 2016 byl rokem obzvláště úspěšný pro české automobilky a dodavatele, protože průmysl překonal rekord v počtu vyrobených motorových vozidel. Z výrobních hal vyjelo celkem 1,35 milionů kusů vozidel. (SAP, 2017)

[3] IPP – index průmyslové produkce, měří vlastní výstup průmyslových odvětví i průmyslu celkem očištěný od cenových vlivů

Díky zahraniční poptávce vzrostla výroba všem předním automobilkám na českém trhu – Škodě, Hyundai i TPCA[4]. Pro letošní rok Vojtěch Opleštil člen Automobilové expertní skupiny PwC ČR již další rekord neočekává, neboť některým modelům končí produkční cyklus, z čehož vyplývá zpravidla nižší poptávka. (Seznam Zprávy, 2017)

Export

Celkový export České republiky je tvořen téměř z jedné čtvrtiny (23,4 %) činností automobilového průmyslu. (SAP – Sdružení automobilového průmyslu, 2017)

Dlouhodobě se zařazuje český automobilový průmysl mezi největší exportéry světa a významně přispívá ke kladnému saldu zahraničního obchodu České republiky. V posledních letech je počet vyvezených vozidel kolem 1 mil. kusů a dováží se cca 250 000 vozidel ročně (včetně vozidel ojetých). České automobilky a firmy vyrábějící komponenty do automobilového průmyslu mají přístup na 100 zahraničních trhů. V rámci skupiny 29.1 je více jak 90 % produkce vyváženo do zahraničí. V roce 2015 bylo největším vývozním teritoriem je Německo, které představovalo pro český export 34 %. V tomto roce se v Německu prodalo na 170 000 vozidel značky Škoda, což škodovky zařadilo na 7. místo v žebříčku neprodávanějších značek automobilů. Následuje Slovensko se 7 % a Velká Británie a Francie s 6 %. (MPO, 2015)

Zaměstnanost

Společnosti, jejichž výroba je zaměřena na motorová vozidla, zaměstnávaly ke konci roku 2016 přes 168 tis. osob. Na celkové zaměstnanosti České republiky se podílí 14 %. Počet zaměstnaných osob meziročně roste, ale oproti předchozímu roku 2015 klesajícím tempem.[5] Největší propouštění a snižování počtu pracovních míst zaznamenal automobilový průmysl v době ekonomické krize v letech 2008 a 2009 - meziroční index zaměstnanosti klesl v průběhu roku 2009 až o 17 %. (ČSÚ, 2016)

Mezi lety 2006 až 2015 vzrostla průměrná hrubá měsíční mzda celého oddílu 29 z 22 562 Kč na 32 367Kč, tzn. nárůst o 43 %. Průměrná hrubá měsíční mzda na konci roku 2016 činila 33 936 Kč, což je další nárůst o 5 %. Mzdy rostou v posledních třech letech rostoucím tempem. (ČSÚ, 2016)

Investice

Investice v automobilovém průmyslu představují cca jednu pětinu hodnoty všech investic zpracovatelského průmyslu. Odvětví je zároveň mezi předními odvětvími co do počtu investičních pobídek. V roce 2015 obdrželo investiční pobídku 106 projektů, z toho 25 z automobilového průmyslu. V rámci celkových investic o hodnotě 45 mld. Kč se jednalo o 12 mld. Kč. (26 %). (MPO, 2015)

[4] Toyota Peugeot Citroën Automobile
[5] Meziroční indexy: 2014 – 104,5; 2015 – 108,9; 2016 – 103,4

1.3 LETECKÝ PRŮMYSL ČR

Česká republika se řadí mezi úzký okruh zemí, které jsou schopny stále vyvíjet a vyrábět celé portfolio základních leteckých výrobků (letadlo, motor a vrtule) a jejich příslušenství. „*Naší hlavní doménou jsou sportovní letadla, malá dopravní letadla do 19 cestujících, cvičná vojenská proudová letadla, malé bezpilotní prostředky a participace v dodavatelských řetězcích velkých světových hráčů jako je např. Airbus*“ jak uvedl Josef Kašpar prezident Asociace leteckých výrobců ČR. České firmy jsou tak schopny vyrábět nejen komponenty pro velké zahraniční letecké společnosti, ale jsou známé i pro výrobu ultralightů. Náš průmysl je schopný zajistit uvedené aktivity díky vybudovanému a neustále modernizovanému technologickému zázemí, které je naprosto srovnatelné s jinými vyspělými leteckými zeměmi světa.

Letecký průmysl je specifický délkou vývojového cyklu. Vývoj letadla se pohybuje od 7 do 10 let, kdy dané letadlo létá 20 – 30 let, a je jen málo prostoru pro opravdu výrazné objevy ve výzkumu a vývoje. Inovační proces je tedy spíše kontinuální. (MPO, 2015)

1.3.1 Charakteristika

Letecký průmysl je definován v klasifikaci ekonomických činností (CZ-NACE). Jako u automobilového průmyslu je uveden pod sekcí C – Zpracovávatelský průmyslu. Letecký a kosmický průmysl však spadá pod oddíl Výroby ostatních dopravních prostředků a zařízení (30), který obsahuje následující skupiny:

- stavba lodí a člunů (30.1),
- výroba železničních lokomotiv a vozového parku (30.2),
- výroba letadel a jejich motorů, kosmických lodí a souvisejících zařízení (30.3),
- výroba vojenských bojových vozidel (údaje nejsou zveřejňovány) (30.4),
- výroba dopravních prostředků a zařízení j. n. (30.9).

Podíl skupiny 30.3 na jednotlivých indikátorech oddílu v roce 2015 zachycuje tabulka níže. Dlouhodobě se jedná o druhou nejvýznamnější skupinu oddílu, první je výroba železničních lokomotiv a vozového parku. Na přidané hodnotě oddílu 30 se letecký a vesmírný průmysl podílí 36,5 % hodnoty a na počtu zaměstnanců 38,9 %.

Tabulka 2: Podíly skupin na oddílu CZ-NACE 30 v roce 2015 (v %, oddíl = 100 %)

Skupina CZ-NACE	Osobní náklady	Přidaná hodnota	Tržby	Vlastní kapitál	Aktiva celkem	Počet zaměstnanců	Počet jednotek
30.1	0,5	0,5	1,2	0,5	0,7	1,1	21,6
30.2	48,7	54,5	56,7	61,1	61,9	47,4	6,7
30.3	41,7	36,5	30,7	30,7	31,1	38,9	9
30.4	0	0	0	0	0	0	0
30.9	9	8,6	11,4	7,8	6,3	12,6	62,7

Zdroj: MPO (2015)

Pod skupinu 30.3 zařazuje CZ-NACE výrobu letadel pro přepravu osob nebo nákladů, pro vojenské, sportovní a jiné účely nebo výrobu pozemních letadlových trenažérů, dále potom průmyslovou přestavbu, renovace a generální opravy letadel a jejich motorů, výrobu vedlejších produktů, jako je výroba padáků, výroba leteckých navigačních systémů nebo běžné opravy a údržbu letadel a jejich motorů. (ČSÚ, 2008)

Typy výrobců

Ve skupině 30.3 jsou největšími firmami Honeywell Aerospace Olomouc, s.r.o., Aero Vodochody Aerospace, a.s., LATECOERE Czech Republic, s.r.o., Zodiac Galleys Europe, s.r.o., První brněnská strojírna Velká Bíteš, a.s., Aircraft Industries, a.s. a GE Aviation Czech, s.r.o., které vyrábí jak kompletní letadla tak i jejich komponenty. Firmy, které vyrábějí a dodávají své komponenty pro kosmický průmysl, jsou malé co do počtu zaměstnanců, ale jsou významnými dodavateli pro nadnárodní společnosti zabývající se výstavbou např. satelitů, družic a kosmických raket. Jsou to firmy jako CSRC, spol. s r.o., BBT-MATERIALS PROCESSING, s.r.o., BD SENSORS, s.r.o. nebo Frentech Aerospace, s.r.o.

Stejně jako pro automobilový průmysl, tak i pro letecký a vesmírný průmysl můžeme využít pro přehled výrobců a dodavatelů sektorovou databázi dodavatelů na webových stránkách CzechInvestu.

Existují další dobrovolná sdružení, která sjednocují výrobce a podniky, jejichž vizí je více méně integrace výrobní, vývojové a výzkumné činnosti jejich členů, vytvoření komplexní nabídky spolupráce, zastoupení a prezentace, analýza a hájení zájmů podniků asociace a vzdělání a propagace. Lze zmínit například Asociaci leteckých výrobců ČR nebo Moravský letecký klastr v Kunovicích na Brněnsku, který vznikl v roce 2010. (Aero-cluster.cz, 2017)

Právě oblast jihovýchodní Moravy je známá pro velký počet výrobních firem z leteckého (1/3 dle databáze), ale i automobilového průmyslu, kde má sídlo také téměř jedna třetina výrobců a dodavatelů. (např. Gumotex či Brano)

1.3.2 Indikátory

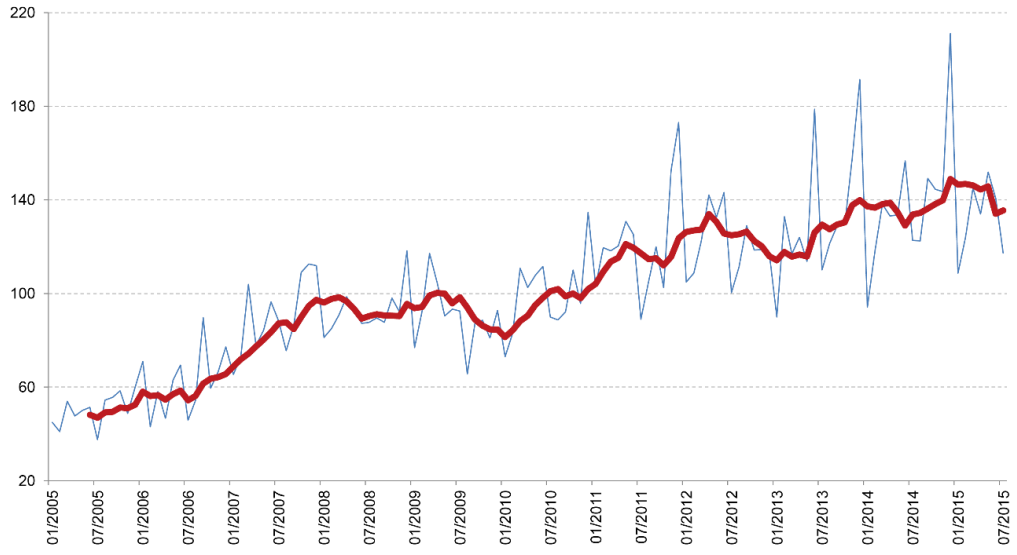
Přidaná hodnota

Oddíl 30 se podílí na celkové přidané hodnotě průmyslu v posledních letech kolem hodnoty 1,6 %. Tahounem je právě zkoumaná skupina 30.3, oproti výrobě lodí, která zaznamenala největší propad.

Objem produkce, podíl na HDP

Produkce v rámci oddílu byla v roce 2015 oproti roku 2005 téměř trojnásobná. V uplynulém roce 2016 zaznamenalo toto odvětví zpracovávatelského průmyslu zvýšení IPP o 5 %. (ČSÚ, 2017)

Graf 4: IPP výroba letadel a jejich motorů, kosmických lodí a souvisejících zařízení (IPP, průměr roku 2010 = 100, neočištěno, klouzavý průměr (6 měsíců)



Zdroj: ČSÚ (2015)

V roce 2016 hodnota nových zakázek u zpracovávatelského průmyslu meziročně vzrostla o 9,4 %, avšak u výroby letadel a jejich motorů, kosmických lodí a souvisejících zařízení šlo o pokles o 10, 6 %. Tato skutečnost mohla být ovlivněna tehdejším vývozním embargem do Ruska. Nemalé problémy měla v souvislosti s embargem firma Aircraft Industries, která se díky poklesu prodejů svých letadel ocitla v insolvenci, ale naštěstí byla v průběhu roku insolvence zažehnána. Propad hodnoty rublu vůči dolaru měl za následek zdražení kunovických letadel na ruském trhu. Během dvou let kunovické společnosti klesly prodeje na desetinu. (MPO, 2015)

Export

Celých 70 % produkce leteckého průmyslu míří do zahraničí (ČSÚ, 24.4.2017). Vývoz komponent a letadel představuje třetinu vývozu svého oddílu. Český letecký průmysl byl v rámci exportu oslaben, když přišel o velkou část zakázek z Ruska. A proto se dnes Asociace leteckých výrobců ČR nyní snaží směřovat svou činnost na hledání nových odbytišť. (MPO, 2015)

Zaměstnanost

Stejně jako v automobilovém průmyslu, tak v leteckém a kosmickém byl patrný velký vliv ekonomické krize na zaměstnanost, která v roce 2009 meziročně klesla o 2,8 % a v následujícím roce o další 3,3 %. V dalších letech už však rostla a skokový růst zaměstnanosti v průmysl byly zaznamenány v letech 2014 a 2015, společně s růstem produktivity práce a průměrné mzdy (MPO, 2015). K poslednímu čtvrtletí roku 2014 byl poměr zaměstnanců na celkovém počtu zaměstnanců průmyslu 1,8 %, v roce 2015 1,9 % a v roce 2016 taktéž 1,9 %. Průměrný evidenční počet zaměstnanců kolísá mezi hodnotami 21 000 a 23 000 (ČSÚ, 20.8.2017). V posledních letech počet zaměstnanců

uvnitř oddílu 30 mírně roste. V rámci skupiny 30.3 lze sledovat dlouhodobě rostoucí trend neustálého nabírání nových zaměstnanců. Problémem do dalších let je však nedostatek kvalifikovaných pracovníků, který bude pro letecký průmysl znamenat omezení. (MPO, 2015)

Mezi lety 2006 až 2015 vzrostla průměrný mzda z 22 225 Kč na 30 712 Kč, tzn. nárůst o 38 %. Průměrná hrubá měsíční mzda na konci roku 2016 činila 33 982 Kč. (ČSÚ, 2016)

Z výše zmíněných dat vyplývá, že česká ekonomika má nejen vysoký podíl průmyslové výroby, ale také, že je pro Českou republiku významný automobilový i letecký průmysl. První zjištění znamená, že české hospodářství bude reagovat na změny a revoluce odlišně od ostatních zahraničních ekonomik v návaznosti na odlišnou sektorovou strukturu. Nejedná se o pouhou domněnku, již předchozí tři průmyslové revoluce ukázaly, že každá země reaguje na změny jinak. A právě jednotlivým průmyslovým revolucím a jejich hlavním přínosům a změnám se věnuje následující kapitola.

1.4 PRŮMYSLOVÉ REVOLUCE

„Rychlý, výrazný, kvalitativní, skokový přechod, prudká změna“ – přesně takto zní významy slova *revoluce* podle výkladového slovníku. Jedná se o změny, které mění národní hospodářství, podnikové činnosti, ale i životní styl lidí.

První průmyslová revoluce započala v 18. století, ale největší převraty nastaly až v následujícím století. Počátek revoluce byl v Anglii, která byla v té době nejvyspělejší velmocí. První vlaštovkou a zároveň symbolem první průmyslové revoluce byl parní stroj, který zdokonalil James Watt. Tato revoluce znamenala přechod ke strojové výrobě a industrializaci hospodářství. Doposud převážně zemědělsky zaměřená Evropa se změnila v industriální kontinent.

Jak bylo již nastíněno výše, každá země (kontinent) reagovala na revoluce odlišným způsobem. Nejen v čase, ale i v oblastí činnosti. Dále jsou uvedeny příklady první průmyslové revoluci a vybraných zemí Evropy. Británie jako původce první průmyslové revoluce se zaměřila hlavně na textilní průmysl a meltalurgii. Belgie jako první země začala přebírat průmyslový model Velké Británie. Valónský region se zaměřil díky bohatým zdrojům uhlí na oblast metalurgie, dále se v Belgii rozvinulo sklářství a zbrojní průmysl. Belgie se stala druhou nejsilnější průmyslovou zemí po Velké Británii. Francie měla málo zdrojů uhlí a železa, revoluce proběhla hlavně v textilním průmyslu. S potřebou budování železnic se rozjel později i průmysl ocelárenský. Německo mělo velkou tradici v chemickém průmyslu včetně vývoje a vysokých škol, tudíž rozšíření proběhlo v této oblasti. Mělo problém však problém s budováním železniční sítě, protože nebylo ještě sjednoceno. (ERIH, 2017)

Druhá průmyslová revoluce volně navazuje na první koncem 19. století. Revoluce je spojována s elektrifikací (1879 - Alfred Edison vynalezl žárovku) a ve výrobě se poprvé objevují montážní linky (1870 - firma Cincinnati jako první instaluje montážní linku a o něco později přichází s dělbou práce). (Technický Týdeník, 2015)

Za počátek a jeden z hlavních dosavadních přínosů **třetí průmyslové revoluce** je považováno vytvoření PLC[6] v roce 1969. Automatizace, elektronika a rozmach informačních technologií – to jsou další klíčové změny, které byly charakteristické pro toto období. (Cejnarová, 2015)

Poprvé byl koncept **čtvrté průmyslové revoluce** představen na veletrhu v Hannoveru v roce 2011. Ucelený dokument a zásadní body implementace sepsala až spolková vláda o dva roky později. Jedná se o významný převrat, který se netýká pouze průmyslu a průmyslové oblasti jako tomu bylo u předchozích revolucí, není spojena pouze s technologickou změnou. Zasahuje celou řadu oblastí od technické standardizace, bezpečnost, vzdělávání zaměstnanců a trh práce až po právní rámec, řízení či obchodní modely. Podstatným prvkem je člověk a jeho postavení v novém světě čtvrté průmyslové revoluce, zásadní roli také má digitalizace společnosti, Internet věcí, služeb a lidí, ale i objem dat, který enormně roste (Big Data). Právě Internet, který je širší veřejnosti dostupný od devadesátých let minulého století, byl podstatným impulsem revoluce. (CzechInvest, 2016)

Programy a názvy jednotlivých evropských a světových zemí se liší. České označení zní *Průmysl 4.0.*

1.5 KONCEPT PRŮMYSL 4.0

Následující kapitola se v úvodu věnuje všeobecnému a ideálnímu pohledu na to, co Průmysl 4.0 znamená, popisuje jeho základní prvky a myšlenky.

V rámci Průmyslu 4.0 dochází k přeměně samostatných automatizovaných jednotek na integrované a průběžně optimalizované výrobní prostředí. Procesy a jejich zdroje budou propojeny do kyberneticko-fyzického systému (CPS[7]), které představují elementární prvek tzv. „inteligentních továren“. Díky nim budou moci firmy rychle reagovat na požadavky, změny a další podněty, ale i realizovat nezávislou kontrolu. Podstatou je tedy visibilita nejen v rámci procesů uvnitř jednoho podniku, ale i napříč partnery (dodavatelé a odběratelé). Díky tomu lze přesně řídit tyto procesy a vyrábět individualizované produkty pro aktuální poptávku jednotlivých zákazníků/trhu. (Mařík, 2016, str. 26)

V takovýchto továrnách budou vyráběny „inteligentní produkty“. Inteligentní proto, že je bude snadná jejich lokalizace a identifikace, historie, ale i analýza současného stavu a alternativní způsoby, kterými je bude možno vyrobit. Jednou z takovýchto novodobých digitalizovaných inteligentních továren je továrna Siemens v Mohelnici. Zavedení jednotlivých prvků Průmyslu 4.0 v závodě je pro firmu zásadní a vidí v nich jasné a zásadní zvýšení efektivity, produktivity a tím i snížení výrobních nákladů. Ve firmě je již nyní zavedeno např. elektronické sledování využití strojů, plně digitalizovaná výrobní

[6] Programmable Logic Controller (PLC) = programovatelný logicky automat. Jedná se o malý průmyslový počítač řízený mikroprocesorem, který má vlastní operační systém. Jeho hlavním přínosem je možnost řešit automatizační úlohy v reálném čase, s co nejmenším prodlevou.
[7] Cyber – Physical Systems

dokumentace, animovaný 3D postup montáže motoru, manipulační technika opatřená GPS moduly nebo inteligentní systém řízení budov. (Továrna – vše o průmyslu, 2016)

Firmy budou moci v reálném čase reagovat na požadavky trhu. Problémem nebude ani individualizace produktu a jeho efektivní výroba či okamžitá reakce v krizové situaci. K efektivitě a možnosti rychle a pružně reagovat přispěje i nahrazení fyzických prototypů virtuálními návrhy výrobků, výrobních prostředků a procesů. Roboti, výrobní zařízení a výrobky spolu budou navzájem komunikovat. Zkrátí se čas produkce a zvýší se efektivnost.

Postupně bude docházet ke změně pohledu na hodnototvorný řetězec a bude se vytvářet prostředí pro zcela nové obchodní modely. Měnící se role člověka, který již nadále nebude vykonávat těžkou a rutinní práci, ale bude mít prostor pro rozvoj své kreativity, lepší skloubení pracovního a osobního života. A to vše povede k prodloužení pracovního věku člověka.

Tradiční model pronájmu a prodeje movitých i nemovitých aktiv je nahrazován jejich sdílením, tedy pronájmem na velmi krátkou dobu nebo pronájmem ne celé kapacity, ale pouze její dílčí volné kapacity. Podstatou je pronájem nevyužité kapacity (peer-to-peer transakce), který může uspokojit poptávku po službách, aniž by firma investovala do nových strojů.

Komunikace bude probíhat moderními způsoby, na trhu se objeví nové formy služeb (spíše se již jedná o současný trend) prostřednictvím sociálních sítí, které poskytují velký objem informací a dat o zákazníkovi. Firma by je neměla opomíjet, jinak to pro ni bude znamenat ztráty a problémy. Dojde k také ovlivnění sektoru služeb. Již v současnosti je běžné, že CRM efektivně spolupracuje se sociálními sítěmi a analyzuje data, a tak přispívá k lepší péči o zákazníka. (Mařík, 2016, str. 26 - 27)

Výše zmíněné informace jsou obecné, konkrétní úpravu pro české prostředí shrnuje dokument *Národní iniciativa Průmysl 4.0*, kterému je věnována následující kapitola.

1.6 NÁRODNÍ INICIATIVA PRŮMYSL 4.0

Dokument reflektuje čtvrtou průmyslovou revoluci pro české prostředí a jeho cílem je udržet a posílit konkurenceschopnost za nových podmínek ve světě. Byl zpracován Ministerstvem obchodu a průmyslu ČR a schválen Vládou ČR na jejím zasedání dne 24. srpna 2016.

Cílem této iniciativy je *„ukázat možné směry vývoje a nastínit opatření, která by mohla nejen podpořit ekonomiku a průmyslovou základnu ČR, ale též pomoci připravit celou společnost na absorbování této technologické změny“*. (Iniciativa Průmyslu 4.0) Popisuje současný stav, směry dalšího vývoje a klíčové příležitosti v jednotlivých oblastech. V neposlední řadě by měla vést k zvýšené spolupráci mezi zainteresovanými subjekty (firmy, stát, veřejnost).

1.6.1 Implementace prvků Průmyslu 4.0

Při implementaci prvků Průmyslu 4.0 lze sledovat diametrálně rozličné přístupy v různých průmyslových v průmyslových podnicích. (Mařík, 2016, str. 31) Přístup managementu firmy je odlišný od přístupu ostatních firem v jejím okolí a závisí do jisté míry na následujících faktorech:

A. Vlastnická struktura

1. Česká pobočka jako součást velké nadnárodní korporace
   Zahraniční firmy mohou klást na své české pobočky požadavky, které jsou založeny na základě jiných principů než v ČR. Může se jednak jak o doporučení, ovšem stejně tak i o závazná nařízení, což může mít vliv na vývoj ve zdejších podmínkách. Opačná vliv (česká pobočka na ostatní zahraniční pobočky korporace) již není kolikrát patrný.
2. Samostatná česká firma vlastněná zahraniční firmou
   Zavedení principů je v tomto případě komplikované a není zcela v zájmu vedení. Management se poměrně často mění, a tak jsou strategická rozhodnutí a plány na samém konci zájmů. Jde zejména o plnění krátkodobých ekonomických ukazatelů a cílů. Z vlastních zdrojů se hradí technologie v oblasti vnějších ekonomických zdrojů (nákup, prodej, logistika). Ostatní jsou hrazeny pomocí dotačních programů.
3. Česká firma vlastněná vlastním managementem
   Jedná se o malé a střední firmy, jejich odběrateli jsou tuzemské i zahraniční firmy. V případě takovýchto firem je překážkou nedostatečné množství potřebných informací.

B. Postavení v hodnototvorném řetězci průmyslové produkce

Efekt na zavedení má také zaměření českých firem – výroba finálních produktů pro konečné spotřebitele; polotovary, komponenty a součásti pro finální produkty; kompletní ucelené součásti rozsáhlejších investic; rozsáhlejší investiční celky; vývoj bez hmotných výstupu nebo v podobě prototypů; kybernetická bezpečnost.

C. Motivace pro zavedení Průmyslu 4.0 nebo alespoň motivace pro vytvoření předpokladů pro jeho zavedení

Mezi přínosy, které vedení českých firem v implementaci Průmyslu 4.0 vidí, patří:

- zvýšení produktivity práce (studie uvádí až nárůst až o 32 %),
- deficit lidských zdrojů napříč všemi úrovněmi kvalifikace,
- působení vlivu zahraničních poboček nebo vlastníků (matky), odběratelů a partnerů,
- problémy ostatních firmem při implementaci prvků Průmyslu 4.0, firma chce být mezi tzv. early adopters,
- požadavky ovlivňující životní prostřední, zajištění ochrany a zdraví při práci.

D. Způsob řízení průmyslové výroby
Vliv má v neposlední řadě způsob řízení výroby (např. „velínový“ způsob, který je typický pro chemický průmysl, jinde jde o mapování hodnototvorných toků v rámci celého hodnototvorného řetězce). Důležité strategické rozhodnutí se týká, zda vůbec, v jaké míře, v jakém časovém horizontu má být firma transformována. Může se jednat o postupnou transformaci, ale i změnu jednorázovou a celoplošnou.

E. Způsob údržby strojů a zařízení
V českém prostředí v poslední letech začínají firmy využívat datové analýzy zejména pro oblast nákladů na údržbu, prevenci a predikci. I přesto tento potenciál v ČR není plně využit, bohužel se nejedná pouze o nezájem a nečinnost firem, ale i legislativní ustanovení o revizních lhůtách apod. (Mařík, 2016, str. 31 – 35)

1.6.2 Obavy a bariéry spojené s implementací Průmyslu 4.0

Obavy a bariéry, které mají české firmy spojené se zavedením principů, lze rozdělit do tří oblastí:

A. Poznání a motivace (mentální entropie)
- omezené povědomí a znalosti o principech, přístupech a možnostech Průmyslu 4.0 (málo případových studií, příklady úspěšných implementací)
- přístup vedení/vlastníků, kteří se bojí závazných strategických rozhodnutí
- neznalost pojmů
- obavy z nedostatku pracovníků schopných definovat a implementovat vizi, orientovat se v prostřední 4. průmyslové revoluce, řídit a rozvíjet její prvky
- obavy z nákladných analýz současného stavu firem
- obavy z budoucího postavení českého průmyslu
- obavy z přístupu akademické sféry, která se nebude chtít podílet na rozvoji českého průmyslu
- obavy a nedůvěra k datové architektuře a její vliv na efektivitu firmy

B. Technika (technologická entropie)
- nepropojení dat o jednotlivých prvcích průmyslové výroby, často i velmi blízce spolupracujících (nevyužití dat z prodeje a nákupu)
- zbytečně komplikovaná implementace datových štítků a dalších principů pro automatizaci výroby

C. Stát (sociální entropie)
- zanedbaný rozvoj datových sítí (veřejných i neveřejných), který způsobuje neefektivní komunikaci v rámci hodnototvorného řetěze průmyslové výroby
- nedostatky státu v oblasti digitální transformace a aplikovaného výzkumu
- nedostatky ve vzdělávacím systému státu (počítačová negramotnost, snižující se počet hodin matematiky a fyziky apod.)
- vysoké daně a legislativní zátěž omezující firmy (Mařík, 2016, str. 37 – 41)

1.6.3 Podpora implementace principů Průmyslu 4.0

Pokud české podniky nebudou implementovat prvky Průmyslu 4.0, tak se může stát, že česká ekonomika ztratí na konkurenceschopnosti vůči zahraničí. Změna ovšem nezávisí pouze od podniků, české prostředí není ještě zcela připraveno. Slabé stránky jsou v nedostatečně připravené infrastruktuře, legislativě, ale i problémem může být obyvatelstvo, které nemá požadované vzdělání.

Aplikovaný výzkum

Významným bodem implementace nejmodernějších nástrojů a principů Průmyslu 4.0 do praxe je i podpora aplikovaného výzkumu (AV) a experimentálního vývoje (EV). Absolutní hodnota těchto dvou složek v rámci celkových výdajů na výzkum a vývoj (VaV) roste, ale jejich podíl na VaV je konstantní (podíl za rok 2013 je 69 %). V porovnání se zahraničím je česká ekonomika a její podíl AV a EV na VaV nižší, což je vzhledem k významnému průmyslovému odvětví pozoruhodné. Státy s největším podílem (seřazeny sestupně) jsou Izrael (87 %), Velká Británie (84 %) a USA 82 %.

V posledních letech je zaznamenán nárůst podílu výdajů realizovaný vysokými školami (16 %), zatímco podíl vládního sektoru klesá (5 %). Stále největší a zároveň konstantní podíl má podnikatelský sektor (79 %). (Mařík, 2016, str. 74 – 76)

Role státu v procesu transformace stávající podoby aplikovaného výzkumu v efektivnější spočívá převážně v metodické pomoci, analýze současného stavu a stanovení cílů. Nedílnou součástí je výchova a vzdělávání odborníků na veřejných vysokých školách a podporování spolupráce s průmyslovou praxí. Stát tedy vystupuje jako moderátor, který řídí komunikaci a součinnost všech účastníků procesu. Financování aplikovaného výzkumu pro Průmysl 4.0 je závislé od institucí, ale největším podílem je financován právě průmyslem samotným. Celkové výdaje jednotlivých sektorů od roku 2010 do 2015 a podíly za poslední tři roky zobrazuje tabulka dole.

Tabulka 3: Výdaje na výzkum a vývoj v letech 2010 - 2015 (v mil Kč)

	2010	2012	2013		2014		2015	
Sektor provádění:								
podnikatelský	30 013	38 228	41 513	*53,3 %*	46 981	*55,2 %*	48 148	*54,3 %*
vládní	12 020	13 884	14 875	*19,1 %*	16 145	*19,0 %*	18 091	*20,4 %*
vysokoškolský	10 616	19 879	21 198	*27,2 %*	21 628	*25,4 %*	22 083	*24,9 %*
soukromý neziskový	324	369	267	*0,3 %*	351	*0, 4 %*	343	*0,4 %*
Celkem	**52 974**	**72 360**	**77 853**	*100 %*	**85 104**	*100 %*	**88 663**	*100 %*

Zdroj: ČSÚ (2016)

AV na národní úrovni je soustředěný do tzv. Národního centra. Jeho cílem je poskytovat firmám, které nemají příležitosti k postačujícímu vlastnímu výzkumu a vývoji, přístup k případovým pilotním studiím nebo nástrojům, které jim pomohou ke zlepšení konkurenceschopnosti. To, co bude jednou otestované v podmínkách výzkumných Národních centrech, se podnikům bude už lépe přebírat a uplatňovat právě ve svých provozech. Jde o implementaci technologií ve výrobě, implementaci technologií v konečných výrobcích a službách a licencích na technologiích nebo softwarů. Vedlejším efektem by bylo posílení kompetence výzkumných organizaci a zlepšení komunikace s průmyslem, ale také nové studijní programy na vysokých školách a výchova budoucích absolventů schopných konkurovat svým zahraničním kolegům na globálním trhu práce.

O aplikaci výzkumu a spolupráci mezi institucemi pojednává také dokument *Národní politika výzkumu, vývoje a inovací na léta 2016 – 2020*. Za klíčové obory jsou označeny biotechnologie a nanotechnologie, digitální ekonomika, automobilový a letecký průmysl a železniční doprava, ovšem nezapomíná se ani na strojírenství, elektrotechniku nebo energetiku. Mezi navrhovanými výzkumnými tématy je zařazena jak oblast leteckého průmyslu, tak i digitální ekonomika a Průmysl 4.0. Pro letecký průmysl jsou navrženy AV týkající se aerodynamiky, termomechaniky, mechaniky, používaných technologií a materiálů, ale také pevnost a životnost letadel. (Výzkum a vývoj v ČR, 2015)

Část dokumentu zabývající se leteckým průmyslem byla vypracována na základě dokumentu *Strategická výzkumná agenda (SVA) Českého leteckého a kosmického průmyslu (do roku 2025)*, kde ovšem o aditivní výrobě není žádná konkrétní zmínka. (Asociace pro letecký průmysl, 2013)

AV Průmyslu 4.0 se zabývá tématy od kybernetické bezpečnosti přes vertikální a horizontální integraci procesů až po 3D tisk. Východiskem byl již výše zmiňovaný dokument *Národní iniciativa Průmysl 4.0* od MPO.

Projekty, konference, veletrhy

I v ČR vznikají projekty, které mají tuzemským firmám pomoci při implementaci a vůbec vysvětlit jim, proč by měli ve svých firmách přistoupit k zavedení principů Průmyslu 4.0. Mezi projekty lze zařadit konference pořádané agenturou Czechinvest. Agentura zabývající se podporou podnikání a investic v roce 2016 pořádala sérii konferencí pod názvem *Průmysl 4.0 v praxi*. Přednášky byly určeny zástupcům průmyslových podniků, nebyly zpoplatněny (nutná byla pouze registrace) a týkaly se aplikace principů do praxe. Všechny konference byli pod záštitou tehdejšího ministra průmyslu a obchodu Jana Mládka. (Czechinvest, 2016)

Dalším projektem pro objasnění konceptu Průmyslu 4.0 je *Kybernetická revoluce.cz*, který zaštiťuje sdružení CzechInno.

Výraznou roli budou hrát veletrhy a výstavní akce. Konkrétně u aditivní výroby a 3D tisku lze rozlišit akce pro velké průmyslové stroje a malé stolní tiskárny. Je potřebné mít na paměti, že výrobce a poskytovatel technologie bude mít mezi uživateli malých stolních

tiskáren jak průmyslové podniky, tak i jednotlivce, kteří mají tiskárnu pro pracovní účel, ale také jako koníček. Zatímco velkou tiskárnu bude využívat pouze výrobní firma.

Největší českou veletržní akci menších stolních tiskáren je výstava *3dexpo* v PVA EXPO Praha – Letňany.

Velkou akcí pro průmyslové podniky bylo *Fórum aditivní výroby*, která se konal vloni na podzim v Brně. Akce, která se každoročně koná v Brně, pořádá Vydavatelství Nová média pod záštitou Americké ambasády v Praze. Počet účastníků je téměř 470 a jejím cílem není pouze obchodní činnost, ale prezentovat a předat praktické zkušenosti společně s případovými studiemi, prezentovat a diskutovat předpokládané trendy. Konference tak byla zajímavá i pro firmy, které teprve uvažují o zavedení technologie 3D tisku a pomáhala jim odpovědět si na otázky týkající se tohoto rozhodnutí. *„Mohu si dovolit změnit výrobní metodu? Mohu si dovolit konstrukční úpravy dílce, případně vývoj úplně nové geometrie?“* nebo *„Sníží nová metoda celkové náklady na výrobu?“* Šlo také o prezentaci novinek. Firma Stratasys představila na fóru svou novinku – šestimateriálovou plnobarevnou tiskárnu Stratasys J750, díky níž jsou vytištěné předměty mnohem věrohodnější. Novinku představil i český výrobce – Josef Průša z Prusa Research. (3D tisk, 2016)

Technologie neznají hranice, jsou globálního charakteru díky globalizaci. Stejně tak jako sdílení znalosti a zkušenosti s nimi. Mnozí tak navštěvují také zahraniční veletrhy a akce. Zájemci, ale i současní uživatelé a poskytovatelé technologií, materiálů a dalších součástí technologií aditivní výroby se mohou zúčastnit také 3D Printing Days. Tento veletrh se koná v Polsku, tudíž pro české podniky se jedná o docela přijatelnou vzdálenost veletrhu v závislosti na velikosti takové akce. Již osm let zde setkávají vystavující a prezentující (zejména z Polska) se současnými, ale i potenciálními uživateli. V rámci programu jsou uskutečněny nejrůznější přednášky a výstavy, workshopy, ale i prezentace novinek a firem. (3DPrint.com, 2016)

1.6.4 Legislativa a právní úprava

Samotný prezident sdružení automobilového průmyslu AutoSAP v únoru roku 2017 uvedl na kolokviu v Mladé Boleslavi, že pro český automobilový průmysl je zásadní připravit se na změny, které v této oblasti nastanou, ale které se také již dějí. Jedním ze zásadních kroků, jak uvedl, je *„… aby vláda, s ohledem na význam automobilového průmyslu pro českou ekonomiku, nastupující trendy včas zohlednila v legislativě, v připravovaných strategiích a koncepcích. Ve vyspělém průmyslovém světě jsou přípravy společnosti na rychlé inovační změny už v pohybu. V České republice máme jedinečné předpoklady s nimi udržet krok.“* (Wojnar, 2017).

Obecně se dá říci, že legislativní dokumenty nikterak nepotlačují potenciál technologie, ale v návaznosti na vyjádření pana Wojnara by měl český zákonodárce více dbát o podporu a rozvoj technologie. Jedná se o podporu Průmyslu 4.0 v rámci standardizace, BOZP, sdílené ekonomiky, odpovědnost za autonomní řízení apod.

Obecné dokumenty pro podporu digitalizace

Základní strategický dokument, který určuje směr vývoje EU pro dalších pár let je strategie Evropa 2020 vydaná Evropskou komisí v roce 2010. Následovala Strategie pro jednotný digitální trh v Evropě (rok 2015). V rámci současné strategie se řeší následující témata:

- *Legislativní návrh pro reformu práva EU v oblasti autorského práva.*
- *Zřízení smluvního PPP v oblasti kybernetické bezpečnosti.*
- *Iniciativy týkající se vlastnictví údajů, volný tok dat a zřízení Evropského cloudu.*

Aktuální stav v ČR je takový, že národní digitální strategie a existující strategické dokumenty nejsou dostatečně provázané. Funguje pár pracovních a poradních vládních orgánů bez odpovídající kompatibility. Optimální by bylo sjednotit oblast digitální agendy pod jedno ministerstvo nebo do rukou jednoho vládního zástupce, dále sjednocení a revize strategických vládních materiálů pro podporu rozvoje digitalizace a usnadnění implementace Průmyslu 4.0. (Mařík, 2016, str. 133 – 134)

Standardizace a certifikace

V České republice má správu standardů v pravomoci Úřad pro normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ). Legislativní dokumenty, podle kterých se řídí, je zákon o technických požadavcích a zákon o metrologii. Dále vede seznam platných národních norem. Nahlížení do seznamu je zpoplatněno. Pro zvýšení využití ve firemní praxi by bylo vhodné zvážit, zda by nemělo být nahlížení bezplatné. (Mařík, 2016, str. 136 – 137)

Na podnikové úrovni můžeme hovořit o zajištění záruky kvality, které zde s největší pravděpodobností budou stále. Každý uživatel od svého zakoupeného produktu požaduje určité deklarované požadavky technického předpisu, kterých se nechce vzdát, a neočekává jejich nižší hodnotu, kolikrát ani vyšší. Chce to, co si žádá v požadovaném čase a kvalitě. Správnost těchto požadavků, nejen jednotlivce, ale všeobecného zájmu celé společnosti mají zajišťovat právě certifikace.

Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

V rámci oblasti BOZP přejímá český právní systém evropský soubor směrnic, které v současné době nijak neomezují rozvoj Průmyslu 4.0. Pro příští rozhodování o změnách v evropské legislativě BOZP, je potřebné zajistit, aby nedocházelo např. zpřísněním regulace k brždění jejího rozvoje. Tato opatření je potřebné zajistit i u dalších změn legislativy. (Mařík, 2016, str. 142 – 143)

Odpovědnost za autonomní zařízení

Současné české ani zahraniční právo nemá zvláštní právní předpisy, které by upravovaly odpovědnost za škodu, jejímž původcem je umělá inteligence. Z jedné strany přichází názory, které hovoří o nástupu umělé inteligence a potřebě vytvořit pro ni specifické zákony. Zároveň z druhé strany jsou názory, že českou legislativu v tomto směru není

potřebné měnit a vystačíme se současným ustanovením občanského zákoníku. Zda je současné znění práva v této oblasti dostačující nebo ne není lehké posoudit. Jakmile se stane umělá inteligence dostatečně autonomní, tak je vhodné přenést objektivní odpovědnost za škody na jejího výrobce. (Štípa, 2017)

1.6.5 Technologické předpoklady a vize Průmyslu 4.0

Dochází k integraci dílčích, samostatných částí do složitého celku, v rámci kterého mezi sebou jednotlivé části komunikují, nikoliv již na bázi centralizovaného hierarchického řízení. Dochází k propojení dvou světů – světa reálných fyzických objektů (stroje, zařízení, roboti, výrobky, lidé) a světa virtuálního. Virtuální svět je světem, kde fyzické jednotky mají své softwarové moduly, které simulují jejich chování a zastupují je v něm. V prvním případě se jedná o Internet věcí (Internet of Things – IoT). Činnosti ve světě virtuálním probíhají prostřednictvím Internetu služeb (Internet of Services – IoS). Zvlášť je vyčleněn Internet lidí (Internet of People – IoP), kdy pro lidi a roboty je potřebná i další komunikace (přirozená řeč, hmatové a vizuální informace).

Koncept Průmyslu 4.0 je založen na mnoha předpokladech. Jedním z nich je i **průmyslová integrace**, která má 3 základní kameny – vertikální integrace výrobních systémů, horizontální integrace napříč dodavatelským řetězcem, integrace všech inženýrských procesů, která je důležitým prvkem. Zabývají se mimo jiné také tématikou CAD systémů a softwarů, které jsou používány k navrhování výrobků od fáze vývoje až po kompletní výrobní dokumentaci. Včetně oblasti aditivní výroby. (Mařík, 2016, str. 42 – 45)

Vedle průmyslové integrace sem patří dalšími prvky a technologie:

- analýza velkých dat (Big Data[8]),
- autonomní roboti,
- komunikace a komunikační infrastruktury,
- datová uložiště, cloudové výpočty,
- aditivní výroba,
- rozšířená realita,
- senzory zajišťující vzájemnou spolupráci člověka a strojů a jejich bezpečnost,
- kybernetika a umělá inteligence.

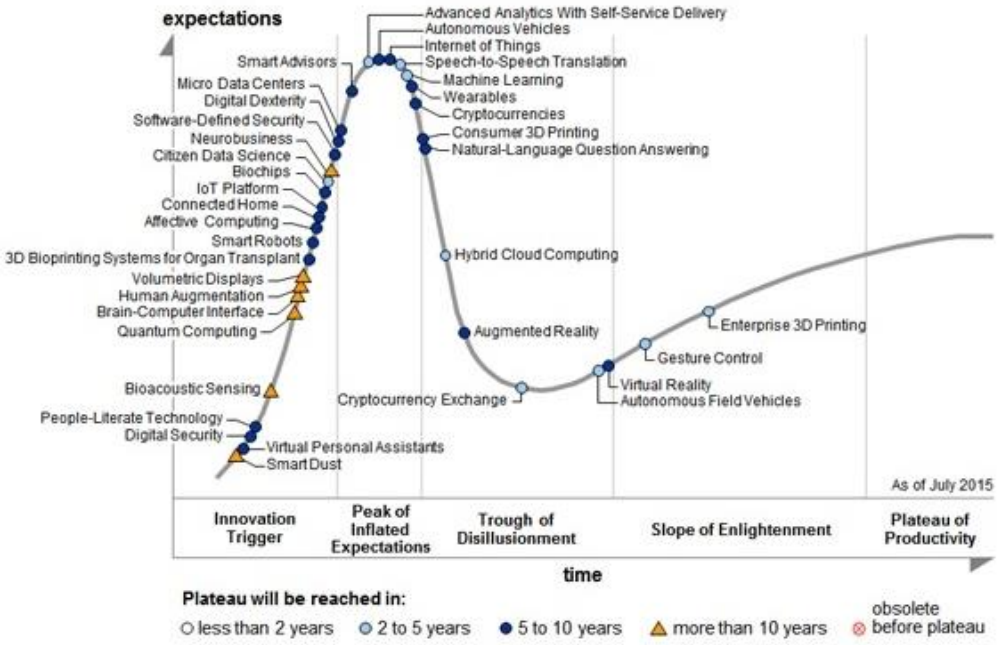
V následující kapitole 2 se práce zabývá pouze aditivní výrobou, jakožto jedním z významných prvků čtvrté průmyslové revoluce. Pro nastínění novosti technologie jsou používány Hype křivky. Hype křivka zaznamenává nové technologie a přístupy. Od roku 1995 ji každoročně sestavují analytici firmy Gartner. Fázi životního cyklu, ve které se technologie nachází, zachycuje horizontální osa. Na vertikální ose je vyobrazen potenciál, který do dané technologie vkládají lidé (tzn. její publicita). Pro srovnání vývoje

[8] Za Big Data jsou považovány data o velikosti větší, než je 10^{15} bytů (peta bytů).

technologií založených na aditivní výrobě byly vybrány Hype křivky pro rok 2015 a 2016.

V roce 2015 byla zmiňována aditivní výroba hned ve třech podobách: systém pro tisk transplantátů orgánů, spotřebitelský 3D tisk a 3D tisk pro zábavu. Očekávání ohledně jejich adaptace u široké veřejnosti (dosažení technologie „Plateau of Productivity“) byla v horizontu do dvou let nebo v rozmezí 2–5 let. Oproti předcházejícímu roku se u těchto oblastí využití technologie neprojevily žádné výrazné změny. (Gartner, 2014) V roce 2016 ubylo uplatnění aditivní výroby a směrů jejího vývoje. Jako jediným zástupcem aditivní výroby je v posledním roce 4D tisk. Tato technologie je v samotném počátku a její publicita není tak velká jako v předchozím roce publicita transplantátů orgánů aditivně vyrobených. Jedná se však o technologii budoucnosti, která dle Gartnerovi Hype křivky dosáhne stádia zralosti za více jak 10 let.[9]

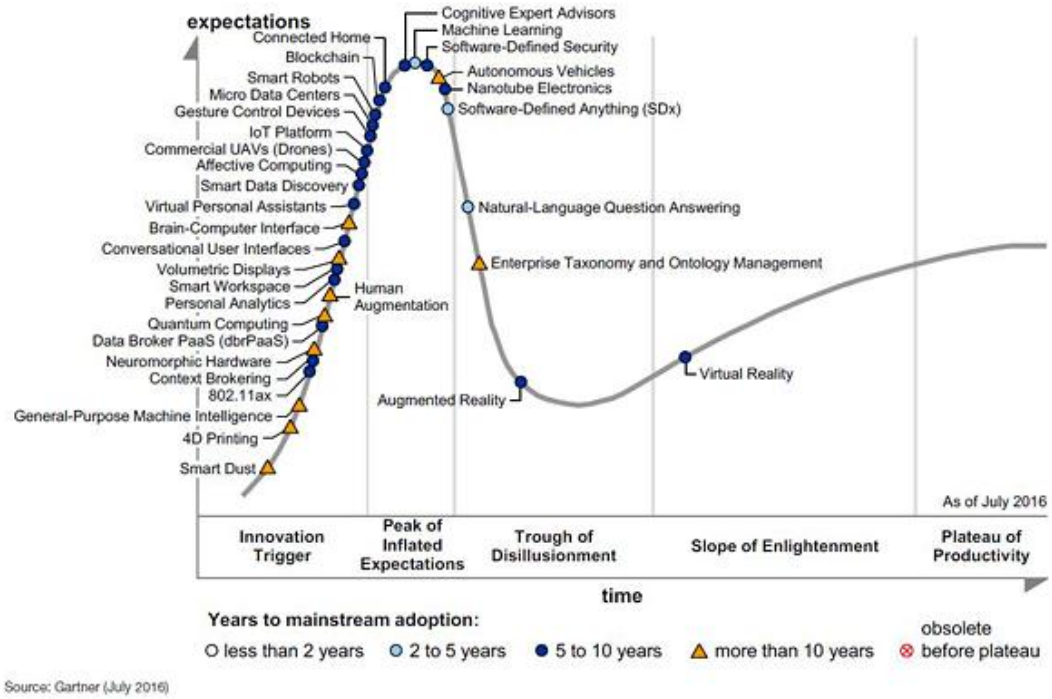
Obrázek 1: Hype křivka pro rok 2015



Zdroj: Gartner Inc. (2014)

[9] Jedná se o technologii založenou na stejných principech jako je 3D tisk, pouze jsou využity materiály, kterou jsou pod vlivem vnějších podmínek (změna tepla, tlaku) schopny samovolně měnit svůj tvar. Materiály reagují díky programu a transformaci, které jsou vloženy přímo do něj.

Obrázek 2: Hype křivka pro rok 2016



Zdroj:Gartner Inc. (2015)

2 ADITIVNÍ VÝROBA

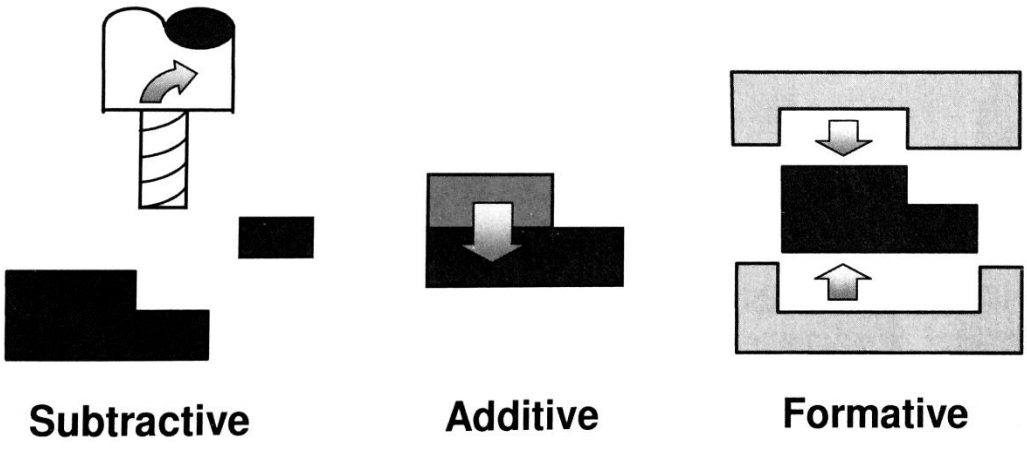
Konkurence na trhu výrobků a služeb v současných tržních podmínkách neustále roste. Pro podniky se stává stále důležitějším dostat se na trh se svým produktem dříve než konkurence a nabídnout individualizovaný produkt, přípravek či obal podle požadavků zákazníka/trhu při zachování nákladové efektivity. Ruku v ruce jde rychlost s efektivitou – efektivita použitých zdrojů, nástrojů, ale i procesů. Aditivní technologie známá také pod anglickým názvem Additive Manufacturing (AM) nebo také Rapid Prorotyping, je právě takovou technologií, která požadavky splňuje.

Existují tři základní výrobní procesy, které jsou znázorněny piktogramy na Obrázek 3. Při substraktivním procesu neboli obrábění (z anglického substractive) je na začátku procesu určité množství materiálu, který je odebírán až vznikne požadovaný objekt.

Zatímco u aditivních procesů (additive) dochází k postupnému přidávání vrstev materiálu do té doby, kdy je dosaženo požadovaného objektu. Americká asociace pro testování a materiály (American Society for Testing and Materials, ASTM) definuje aditivní výrobu jako proces přidávání a spojování materiálu, obvykle vrstvu po vrstvě, kdy na základě předchozího 3D modelu vznikne objekt.

Posledním je formativní proces (formative), kdy je materiál dán například do formy a působením tlaku vznikne objekt požadovaného tvaru. (Chua & Leong, 2015, str. 1)

Obrázek 3: Základní výrobní procesy



Zdroj: Chua & Leong, 2015, str. 19

Využití, zařízení a používané materiály jsou různé, mají své nesporné klady, ale zároveň se jejich uživatelé setkávají s bariérami, které jim omezují využít jejich potenciál. A přesně tyto skutečnosti, ale i další, popisuje následující kapitola.

2.1 HISTORIE

Za předchůdce dnešních 3D tiskáren lze považovat již inkoustovou tiskárnu vyrobenou v roce 1976. Následné úpravy a vylepšení vedly k posunu v používaných materiálech. První 3D tiskárna se datuje k roku 1984, kdy byl na trh uvedeno první AM zařízení SLA-1. Zařízení fungovala na principu stereolitografie (SLA), jejíž princip je vysvětlen v kapitole 2.3.136. (Hodek, 2013)

Za počátek komerčního využití 3D tiskáren lze považovat rok 1990, kdy společnost *3D Systems* vyrobila první AM zařízení. Použitým materiálem byly fotopolymery, které byly vytvrzované UV laserem. Výsledný tvar objektu nebyl dokonalý, avšak rychlost výroby předmětu složitějších tvarů byl větším přínosem. (Chua & Leong, 2015, str. 2)

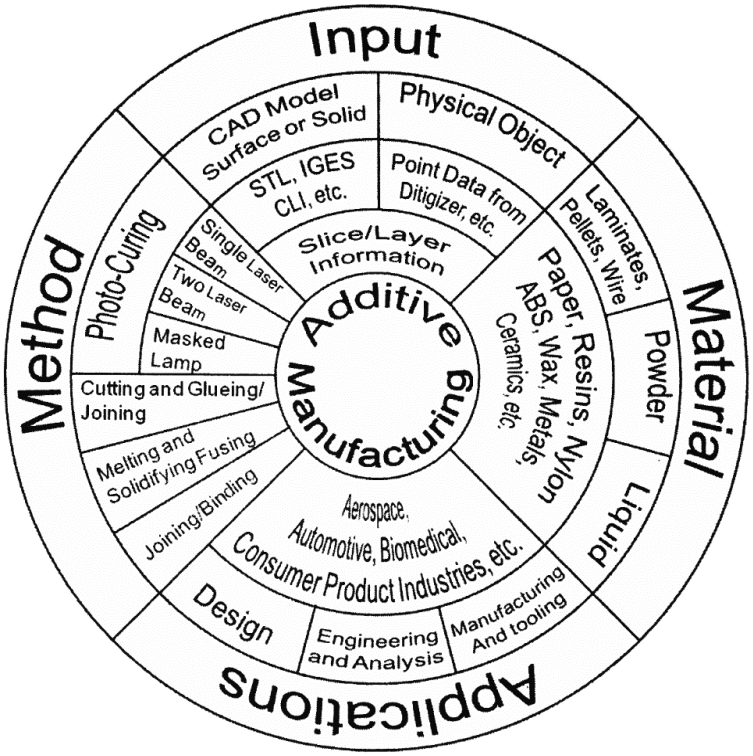
V průběhu dalších let došlo k vývoji nových zařízení a používaných materiálů. Oblastí, ve kterých se začala aditivní technologie využívat, značně přibývalo a stále přibývá. V roce 1991 General Motors a další již vlastnili nástupce zařízení SLA-1, model SLA-250. Jeho využití bylo omezeno pro tisk prototypů krytu skříně motoru klikové hřídele. (Chua & Leong, 2015, str. 2)

Využití technologie je od doby jejího vzniku široké napříč mnoha odvětvími. Velký úspěch slaví na poli medicíny. Již v roce 1999 byla transplantována první ledvina vyrobena za pomoci AM, v roce 2008 byla poprvé takto vyrobena protéza nohy, a o 4 roky později byli lékaři schopni transplantovat pacientovi kost spodní čelisti vytištěnou na 3D tiskárně. V roce 2011 byl poprvé proveden tisk ze zlata a stříbra. A ve stejném roce bylo vyrobeno první auto, které z větší části pochází z 3D tiskárny (až na motor, šasi a kola). Dlouhá léta byla technologie AM využívána pouze pro výrobu prototypů a ve fázi výzkumu a vývoje. V současnosti se lze setkat s 3D tiskárnami i ve výrobě. (Hodek, 2013)

2.2 ZÁKLADNÍ ASPEKTY

Ačkoliv se dnes technologie v mnohém značně odlišují, tak základní aspekty, ze kterých vycházejí, a proces vývoje AM technologie jsou stejné. Následující diagram popisuje 4 základní aspekty každé AM technologie – vstup (input), metoda (method), materiál (materiál), využití (application).

Obrázek 4: Additive Manufacturing Wheel, 4 aspekty AM



Zdroj: Chua & Leong (2015, str. 5)

2.2.1 Vstup

K vytištění předmětu na 3D tiskárně je potřeba 3 softwarů. První z nich vytváří 3D model v digitální podobě. Tradičně se používají tzv. CAD softwary (computer-aided design). Druhým je software CAM (compute-aided manufacturing) neboli slicer, který přetvoří digitální 3D model do specifických příkazů pro tiskové zařízení. A třetím je software pro kontrolu tiskárny.

V první fázi CAD software konvertuje digitální 3D model do standardizovaných formátů STL, IGES, CLI apod. Je možné, že STL složka obsahuje chyby (díry, převracené hodnoty), které je potřebné nalézt a opravit. CAM softwary můžou některé časté chyby rozeznat a snaží se je automaticky opravit, ne vždy se dá na to však spolehnout. Lepší je využít softwarů jako je například MeshLab (pro začátečníky, open source) nebo Nettfabb Studio (sofistikovanější, placené). Vytvořený digitální 3D model se pomocí CAM softwaru rozřeže do jednotlivých vrstev, které se budou tisknout. Software vypočet pohyb hlavice tiskárny. Software CAM rovněž umožnuje nastavení různých proměnných jako je rychlost tisku, kvalita, výška vrstev, hustota tisku atd. Některé z těchto softwarů umožnují i vizualizaci tisku včetně vizualizace pohybu hlavy tiskárny a procházení modelu po jednotlivých vrstvách. Třetím softwarem je řídicí software tiskárny, který umožňuje ovládat tiskárnu v reálném čase (start, stop, pauza, kalibrace tiskárny, teplota). Tento

software posílá instrukce pohybu hlavy do tiskárny (přes Wi-Fi nebo USB). (France, 2014, str. 31 – 36).

To je první cesta, jak vytvořit digitální podobu modelu. Druhým způsobem je získat ho skenováním fyzické předlohy (z anglického digitizer), což ale není tak přesné. Tento rastrový formát obrázku je poté převeden do CAD systému pro „rekonstrukci“ modelu. (Chua & Leong, 2015, str. 5)

2.2.2 Metoda

Ačkoliv je na světě již mnoho AM zařízení, tak každé z nich může být zařazeno do jedné z následujících kategorií, opírající se o rozličné principy:

- vytvrzování (z anglického photo-curing),
- řezání a spojování (z anglického cutting and joining),
- roztavení a tuhnutí nebo spojování (z anglického melting and solidifying or joining),
- spojování nebo vázání (z anglického joining or binding). (Chua & Leong, 2015, str. 6)

2.2.3 Materiál

Počáteční stav každého materiálu může mít podobu – kapaliny, pevné látky nebo sypkého prášku. V současnosti je používána široká škála materiálů. Jedná se o: papír, plasty (polymery), vosk, pryskyřice, kovy (nikl, kobalt-chrom, hliník, zlato, stříbro, apod.), keramika, ale taktéž lidské buňky. (Chua & Leong, 2015, str. 6)

Ve spojitosti s 4D tiskem se můžeme často setkat s přívlastkem „chytrý“. Při výrobě je použit materiál, který se skládá se 4 látek, kde „chytrou“ složku představuje látka alginát, která vyráběná z mořských ras. (itnetwork.cz, 2015)

Nejpoužívanějším materiálem byl v roce 2013 plast. Jedná se například o materiály PLA (Polylactid acid) a ABS (Akrylonitrilbutadienstyren). PLA plast je poměrně nový materiál, který nezatěžuje životní prostředí, protože je snadno biologicky odbouratelný. Nepotřebný výtisk je možné bez problémů zkompostovat. Zato ABS plast se používá v celé řadě odvětví od automobilového průmyslu až po výrobu nábytku. V porovnání s PLA plastem je pružnější a při vnějším použití tak rychle nedegraduje. Plastový materiál je dodáván ve strunách o tloušťce 1,75 mm, které jsou navinuty na cívce (viz Příloha 1). (Science Word.cz, 2013).

Dalšími používanými plasty jsou polyamid (nylon, PA), houževnatý polystyren (HIPS) nebo termoplastický kaučuk (termoplastický elastomer, TPE). (3D Insider, 2015)

Materiály jako je jsou kovy, písek nebo sklo mají podobu prášku, který je následně v rámci procesu tisku vytvrzen. Písečné sklo vzniká recyklací starého skla, do kterého se přidává speciální spojovací materiál, aby hmota držela pohromadě.

Výrobky imitující dřevo mají jako vstupní materiál vlákna, která mají vysoký obsah dřevěných částic. Jsou stejně jako plastové struny dodávány navinuté na cívkách. Jedním takovým výrobcem v ČR je firma Timberfill (výrobek imitující dřevo viz Příloha 2). (3D tisk, 2015)

2.2.4 Využití

Dnešní využití AM technologie je mnohem širší, než tomu bylo před 10 nebo 20 lety. V té době se jednalo pouze o prototypování ve výzkumu a vývoji. Dnes lze obecně hovořit o následujících oblastech:

- design,
- inženýrské analýzy a plánování,
- manufacturing (výroba produktů) a tooling (výroba nástrojů a zařízení).

Na počátku bylo tištění 3D předmětů dosti pomalé, nákladné a výsledný vzhled nebyl nijak dokonalý. Postupem času s novými technologiemi a použitými materiály se stával hotový 3D výrobek dokonalejším a vhodnějším i pro prezentační účely v designu či pro výrobu přípravků a forem pro vakuové lití, kde musí být vytištěné výrobky přesné.

Výhody a vlastnosti AM technologií najdou uplatnění v nejrůznějších průmyslových oblastech – letecký a vesmírný, automobilový, biomedicína, elektronika, strojírenství. (Chua & Leong, 2015, str. 6)

2.3 TECHNOLOGIE A ZAŘÍZENÍ

Vstupní informací je počítačový model a jeho data, který nabyde své fyzické podoby vytištěním v pracovním prostoru tiskárny. Základní technologie zařízení, které jsou v současnosti dostupné na českém trhu, a jejich funkční principy popisuje následující kapitola. Grafické znázornění přehledu současných technologií 3D tisku a zařízení je součástí přílohy 7.

2.3.1 Technologie na bázi kapaliny

1. Stereolitografie (SLA)

Jedná se vůbec o nejstarší a nejznámější využívanou technologii, a to od roku 1986. Její uvedení na trh proběhlo však až o dva roky později. (Chua & Leong, 2015, str. 31)

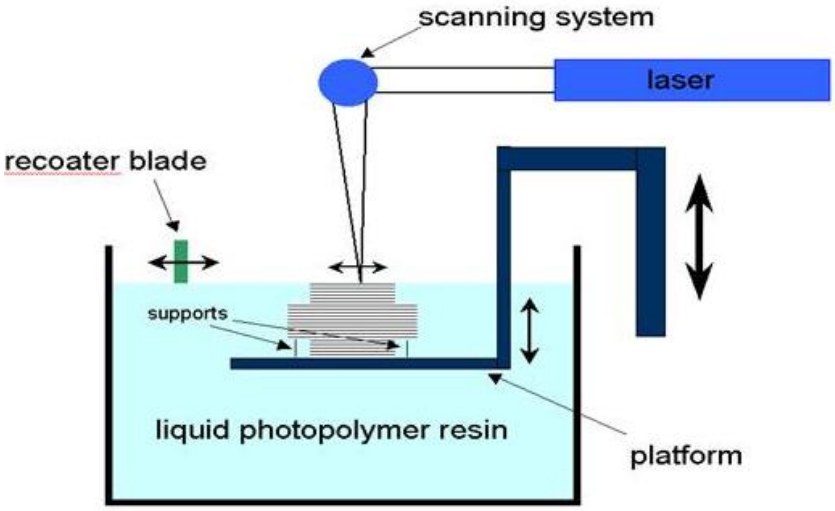
Princip, na kterém je SLA založena, je následovný. Vstupním materiálem je tekutá fotopolymerická pryskyřice, která se působením laserového paprsku přemění tzv. vytvrzováním do pevné vrstvy.

Každá vrstva odpovídá dané vrstvě řezu STL modelu, do které byly převedeny prvotní CAD data. Součástí kádě, ve které je tekutý fotopolymer umístěn, je platforma, na které se tvoří požadovaný objekt. Po vytvrzení jedné vrstvy (o výšce cca 0,025 až 0,5 mm) se platforma posune ve vertikálním směru o výšku jedné vrstvy a laser vytvrdí další vrstvu.

Celý proces probíhá „zezdola nahoru“ a až do té doby, dokud není celý objekt vytvořen. (Chua & Leong, 2015, str. 37 – 39)

Nejnovější technologie SLA dokonce mají dva paprsky, které zaměřují a svítí na dané místo najednou a materiál se vytvrzuje pouze v místech, kde se oba paprsky protnou v jejich společném středu (bod s největší sílou záření). Tiskárna je tak mnohem přesnější a lze vytisknout i extrémně malé modely. (Stratil, 2014)

Obrázek 5: Schéma procesu SLA



Zdroj: Scottish Plastics and Rubber Association (2014)

Silné stránky technologie:

- Možnost využití k tisku objektu po celém obvodu (*Round the Clock Operation).*
- Tisk malých (250 x 250 x 250 mm) i větších objektů (1500 x 750 x 550 mm).
- Přesný tisk, který nalezne své využití ve velkém množství odvětví.
- Objekt má dokonalý povrch bez nerovností a je pevný. (Chua & Leong, 2015, str. 43)
- Široké spektrum používaných materiálů (od běžných materiálů až po průhledné či materiály používané např. pro tisk dentálních modelů či modelů korunek a můstků). (Protocom s.r.o., 2017)

Slabé stránky technologie:

- Pro tisk objektu jsou potřebné dočasné podpůrné struktury, které je nutné následně manuálně odstranit. Může se jednat o zdlouhavý a náročný proces, přičemž hrozí i zničení samotného objektu. (Chua & Leong, 2015, str. 44)

Technologie SLA byla využita ve stáji Lotusu (Formule 1). Bylo potřebné zajistit velké množství součástí, které jsou rychle a často opotřebeny a je zároveň podstatné dosáhnout dobré aerodynamiky. První takové součástky byly nainstalovány v roce 2001, od té doby

se využívá technologie stále více. Přínosem je kratší vývojový cyklus, stejně jako nižší náklady. (Chua & Leong, 2015, str. 45)

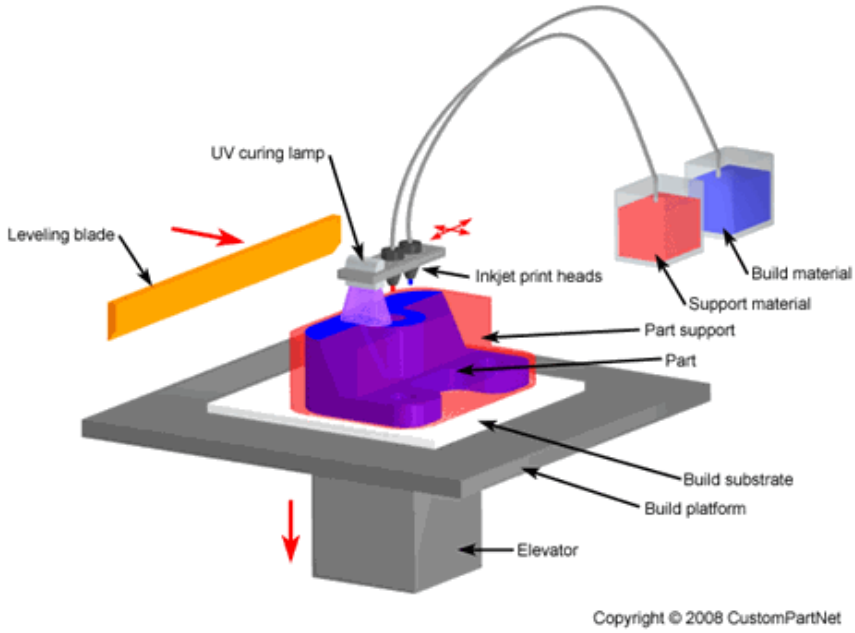
2. Polyjet Matrix

V roce 2000 firma Objet představila trhu svou technologii Polyjet. V roce 2012 Objet odkoupila společnost Stratasys Inc. (Chua & Leong, 2015, str. 48)

Polyjet technologie funguje na podobném principu jako obyčejná inkoustová tiskárna, Rozdíl spočívá v tom, že místo inkoustu je vstřikován na platformu tekutý fotopolymer v ultratenkých vrstvách (0,016 mm), který je opět vytvrzen UV světlem. První vrstva je „nanášena“ podél osy x, následně se vstřikovací hlava posouvá podél osy y. Objekt je tedy vytištěn vrstvu po vrstvě, kde po prvním „cross-section“ se zvedne platforma o výšku jedné vrstvy nahoru. Celý proces je řízen softwarem Objet studio™.

Samotný tvar je dán podpůrnými strukturami (materiál podpor konzistencí připomíná gel), který je vstřikován zároveň s hlavním materiálem. Podpůrný materiál lze snadno po dokončení celého procesu odstranit rukou a vodou. (Chua & Leong, 2015, str. 53 – 54)

Obrázek 6: Schéma procesu Polyjet



Zdroj: MKS Technologies Pvt Ltd (2008)

Silné stránky technologie:

- Vysoká kvalita, hladký povrch a detailní zpracování objektu díky tenkým natištěným vrstvám o výšce 0,016 mm (16 µm).
- Rychlost procesu díky absenci sušení, upravování povrchu apod. U Polyjet je potřebné pouze odstranit podpůrný materiál.
- Široké spektrum použitelných materiálů, které lze využít pro různé účely (od akrylových materiálů přes polypropylenové plasty po materiály imitující gumu).

- Technologie, která je snadná na obsluhu, bezpečná, čistá (není manipulace s tekutou pryskyřicí v průběhu modelování) a tichá.
- Jako jediná technologie umožňuje využít různé materiály 3D tisku v rámci jediného procesu modelování. Finální 3D model tak využívá vlastnosti vícero materiálů. Společnost Stratasys udává až 100 možných materiálových kombinací. (Chua & Leong, 2015, str. 54 – 55)

Slabé stránky technologie:

- Následné odstraňování podpůrné struktury pomocí proudu vody může poškodit malé detaily objektu.
- Náklady na podpůrný materiál, který nelze použít opakovaně. (Chua & Leong, 2015, str. 55 – 56)

2.3.2 Technologie na bázi pevných částic

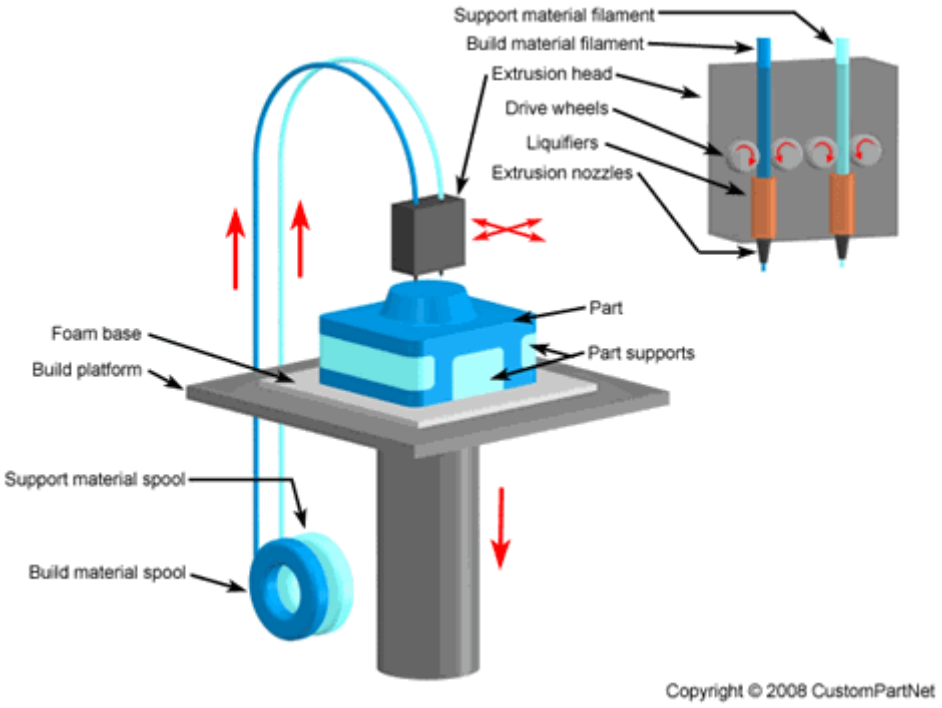
Technologie, jejichž vstupní materiálem mají podobu pevných částic/látek jsou velice odlišné nejen od ostatních, ale zároveň se značně liší mezi sebou navzájem.

1. Fused Deposition Modelling (FDM)

Patent na FDM technologii byl udělen v roce 1992 a stejně jako u Polyjet je jejím vlastníkem americká společnost Stratasys. (Chua & Leong, 2015, str. 127)

Princip procesu spočívá v tavení pevných vláken (podoba vlasce), která jsou skrz vytlačovací hlavici nanášena na podložku v polotekutém stavu. Vzduch, který obklopuje vytlačovací hlavici má nižší teplotu, než je teplota potřebná k roztavení materiálu, což má za následek rychlé zatuhnutí vytlačeného materiálu (vrstvy). Když zařízení dokončí prvním vrstvu, posune se o výšku jedné vrstvy nahoru (výška je nastavitelná v rozmezí od 0,178 do 0,356 mm). Dalším společným rysem s Polyjet technologií je použití dvou materiálů – primárního a podpůrného. Po dokončení celého procesu se vytištěné podpory odstraní mechanicky, rozpustí čistícím prostředkem nebo vodou. (Chua & Leong, 2015, str. 134 - 136)

Obrázek 7: Schéma procesu FDM



Zdroj: Manufacturing Cost Estimation (2008)

Silné stránky technologie:

- Tištění prototypů, které svými vlastnostmi velice dobře odpovídají požadovaným produktům.
- Množství potřebného podpůrného materiálu je malé, což pro výrobce znamená malý objem odpadového materiálu. Vytištěné podpory jsou snadno odstranitelné a neničí model.
- Vstupní materiál (dodávaný v cartridgích nebo na cívkách) je snadno vyměnitelný a doplnitelný.
- Velké objekty, které lze na tiskárnách FDM vytisknout. (Chua & Leong, 2015, str. 136)

Slabé stránky technologie:

- Vlákno má průměr 1,27 mm, výsledné modely nedosahují přesných tvarů.
- Rychlost procesu tisku je omezena rychlostí průtoku materiálu, který prochází vytlačovací hlavicí. Používaným primárním materiálem jsou plasty, jejichž viskozita je vysoká – celý proces je tak značně pomalý.
- Rychlé tuhnutí vytlačeného materiál. Může docházet k rychlému zchlazení a sražení materiálu při jeho vytlačení. (Chua & Leong, 2015, str. 137)

Hyundai Mobis (Korea) využívá FDM technologie pro funkční testování, testování aerodynamiky a designu svých výrobků. Na zařízeních tiskne modely přístrojových desek, sání, stabilizační tyče a další. Jeden příklad za všechny – využití zařízení

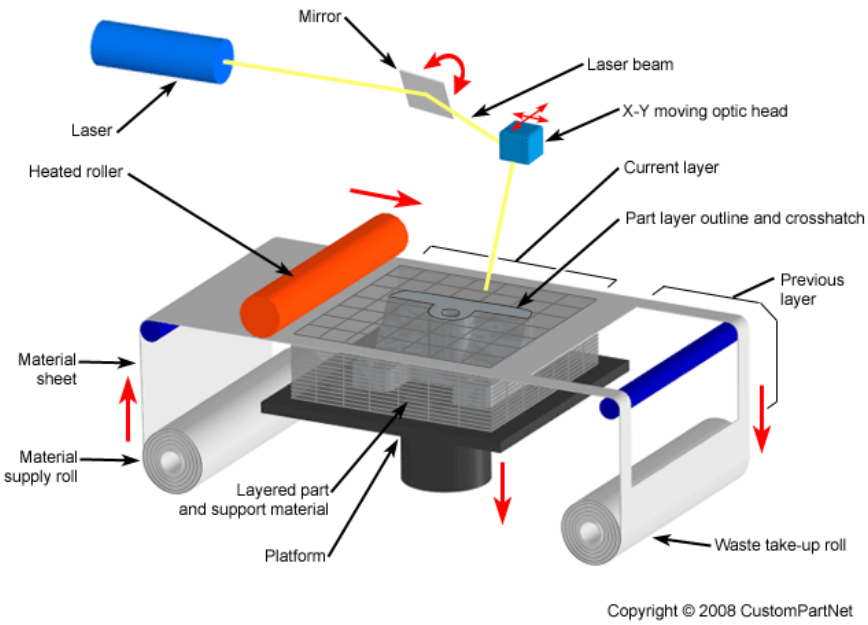
k testování modelu přístrojové desky pro automobil Spectra od Kia (přístrojová deska byla vytištěna ze 4 kusů, které byly poté spojeny). (Chua & Leong, 2015, str. 138 – 139)

2. Laminated Object Manunfacturing (LOM)

Vynálezcem technologie je Cubic Technologies, která na počátku měla potíže s uvedením produktu na trh. (Chua & Leong, 2015, str. 151)

Samotný proces tvorby modelu je postaven na principu postupného přilepování vrstev materiálu na sebe. Každá vrstva je nejprve vyříznuta pomocí laserového paprsku nebo nože do požadovaného tvaru. Přebytečný materiál slouží jako podpůrná struktura. Následně je na nanesenou a vyříznutou vrstvu přiložena papírová fólie s vrstvou polyetylénu, který je vlivem zahřívacích válců přitisknut, zahřát a dochází tak s spojení poslední a nové vrstvy do jednoho celku. Laser paprskem opět vyřízne požadovaný tvar objektu. Po vytvoření vrstvy se podložka sníží o vrstvu fólie. Celý proces se opakuje.

Obrázek 8: Schéma procesu LOM



Zdroj: Manufacturing Cost Estimation (2008)

Silné stránky technologie:

- Rychlost, se kterou je model vytvořen. Proto se využívá např. pro výrobu architektonických modelů.
- Široký výběr z materiálů (jakýkoliv materiál, který lze zpracovat do tvaru „listu“). Není potřeba dalšího materiál pro podpůrné konstrukce, použit je odříznutý materiál.

Slabé stránky technologie:

- Je nutné kontrolovat laser, který řeže vrstvy materiálu, aby nezasahoval svým paprskem do jiné než nejvyšší řezané vrstvy a nepoškodil objekt.

- Pro dosažení efektu hladkého povrchu je potřebné objekt ručně opracovat.
- Malá pevnost objektu (nemusí vydržet manipulaci), která je způsobená omezenou přilnavostí síla lepidla.
- Nevýhodou je také velké množství vzniklého odpadu a jeho odstraňování. (Chua & Leong, 2015, str. 159 - 161)

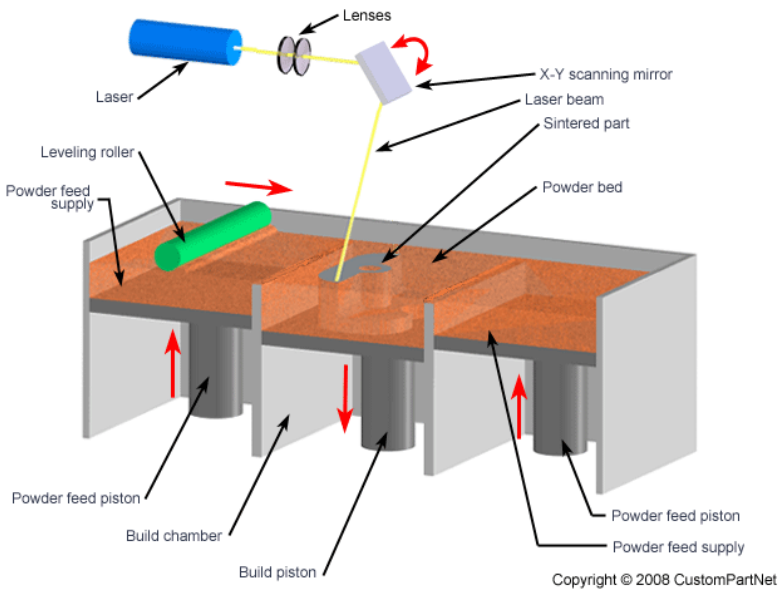
2.3.3 Technologie na bázi prášku

1. Selective Laser Sintering (SLS)

Technologie SLS byla vyvinuta vědci na texaské univerzitě v Austinu (University of Texas), kteří následně založili společnost DTM, pod kterou technologii nabízeli na trhu od roku 1992. V roce 2001 společnost odkoupila konkurenční společnost 3D Systems (Chua & Leong, 2015, str. 193)

V češtině se setkáváme s názvem selektivní spékání laserem, zkráceně také sintrování. Sintrování je proces, kdy je práškový materiál zahřát pod teplotu skelného přechodu[10]. Nejprve je práškový materiál nanesen v jedné vrstvě (pomocí ramena) na celou plochu platformy (build platform). Stroj předehřeje prášek k bodu blízké teplotě tání. Následně laserový paprsek osvítí požadovanou plochu roztaveného prášku. Prášek se v rámci jedné vrstvy k sobě připeče, zároveň je připečen i k předcházející vrstvě. Platforma klesne o výšku jedné vrstvy (cca 0,1 mm) a opět je nanesena vrstva práškového materiálu. Cyklus se opakuje. (Chua & Leong, 2015, str. 196 - 197)

Obrázek 9: Schéma procesu SLS



Zdroj: Eng. Rami Khalil (15.4.2017)

[10] Teplota skelného přechodu polymeru – jedná se o přechodovou teplotu, kdy se látka původně nachází ve sklovitém stavu a přechází do stavu kaučukovitého stavu a opačně

Mechanické vlastnosti vytištěného objektu závisí na hustotě částic (z anglického packing densit of particles). Čím vyšší hustota, tím lepší soudružnost modelu a dalších mechanické vlastnosti.[11] (Chua & Leong, 2015, str. 201)

Silné stránky technologie:

- Široký výběr používaných materiálů. Teoreticky lze použít jakoukoliv látku, která má práškovou podobu (např. nylon, polykarbonát, kovy nebo keramika). Materiály mají nízké pořizovací ceny.
- Není zapotřebí žádné podpůrné struktury pro tisk objektu. Následné úpravy objektu po tisku vyžadují jen drobnější zásahy (obroušení). (Chua & Leong, 2015, str. 203)
- Nevytváří žádný odpad.
- Sintrováním lze vyrobit objekt jakéhokoliv tvaru a velikosti. (SINTEO, 2017)

Slabé stránky technologie:

- Zařízení SLS jsou prostorově značně objemná, což klade nároky na dostatečně velký prostor. Vysoká je také pořizovací cena zařízení.
- Velká spotřeba energie a s ní spojené náklady (pro příkon laseru).
- Výsledný objekt sice nemusí mít podpůrné konstrukce, ale jeho povrch je značně hrubý (velké částice prášku). (Chua & Leong, 2015, str. 203)

Využití technologie je široké – od modelů a prototypů až po vzory a po využití v leteckém průmyslu pro výrobu potrubních systémů. SLS technologie našla uplatnění také v automobilovém průmyslu. Příkladem je firma Bertrand, která pro svého zákazníka (firmu Smart GmbH) navrhovala spodní a horní díl držáku zpětných zrcátek pro automobil Smart Crossblade[12]. Ještě předtím, než byl vyroben vstřikovací přístroj pro výrobu finálního „držadla“, bylo potřeba funkční testování automobilu. Model držadla byl vytisknut na SLS zařízení a jako materiál byl použit polyamid (nylon). (Chua & Leong, 2015, str. 205)

Dalšími technologiemi, pro které je charakteristické použití práškového materiálu jsou ColorJet Printing (CJP), EOSINT Systems, Laser Engineered Net Shaping (LENS) nebo Electron Beam Melting (EBM).

2.4 VÝHODY

Při obrábění nebo výroby pomocí forem, je potřeba jak nářadí, tak různé formy nebo vzory. U AM zařízení je zapotřebí primárně pouze zařízení, které tiskne. Tudíž odpadá potřeba nářadí nebo forem a je možno vyrobit i díly, které jsou požadovány v malém objemu.

[11] Dalšími faktory ovlivňující mechanické vlastnosti modelu jsou skenovací vzor a expoziční parametry.
[12] Jednalo se o specifický model automobilu, u kterého bylo zapotřebí přijít s novým řešením uchycení zpětných zrcátek, jelikož automobil Smart Crossblade neměl žádnou střechu ani dveře.

Obecně majitelé AM zařízení zmiňují jako hlavní výhodu rychlost a variabilitu technologie. Zařízení jsou schopny vyrobit v krátkém časovém horizontu (po vytvoření digitálního modelu) požadované výrobky. Velké uplatnění je i v oblastech, kde jsou vyráběny malé objemy. Menší nevýhodou však je finální podoba výtisku, konkrétně jeho struktura povrchu. Povrch takto vyrobeného výrobku je o něco hrubší a jsou vidět jednotlivé vrstvy, jeho vzhled není tak dokonalý jako v případě výroby obrábění. Výtisk tak vyžaduje následné obracování a začištění. Další nevýhodou je tako omezená velikost vytištěného předmětu. Více o jednotlivých nevýhodách a přínosech jednotlivých subtechnologií v kapitole 2.3. (Chua & Leong, 2015, str. 9)

Výčet výhod je však mnohem širší, primárně je rozdělujeme na přímé a nepřímé výhody.

2.4.1 Přímé výhody

Čas a možnost experimentovat. Jak je uvedeno výše, hlavní výhodou je zkrácení doby navrhování produktu (project time) a úplnost tvaru a forma finálního produktu. Projektování v roce 2010 návrhářům zabralo cca 2 týdny, oproti 70. letům, kdy nad projektováním strávili týdny 4 (po předchozím růstu na 16 týdnu v letech 80.). Komplexnost produktu vzrostla za dobu 40 let téměř čtyřnásobně. (Chua & Leong, 2015, str. 9)

S předchozími výhodami mají zkušenosti zejména firmy, které aditivní technologie používají k tisku prototypů. Proto záleží, jakou roli AM technologie ve firmě má. Využívá se pouze ve fázi prototypování nebo i k výrobě finálního produktu?

Výhody pro produktové designéry

Splnění požadavků zákazníka – schopnost vytvořit produkt požadovaného tvaru, který plný svou funkčnost a estetičnost. Kromě toho mohou snížit počet součástí tím, že AM zařízení kombinuje funkce více dílů do jednoho dílů. S menším počtem dílů a kombinací více materiálů, kratším časem věnovaný tolerančním analýzám, výběru upevňovacích prvků, popisování umístění otvorů pro šrouby a výkresům, se výrazně celý proces zkracuje na 10 % – 50 % původní délky (tzn. bez AM). (Chua & Leong, 2015, str. 10-11)

Výhody pro inženýry (přístroje, výroba)

Snížené množství spotřebovaného materiálu je u samotné výroby považováno za hlavní výhodu. Nanášení vrstvy po vrstvě redukuje objem odpadu na minimum. Náklady na materiál tak výrazně klesají. Nižší náklady vykazuje celý proces od projektování, výrobu až zkoušení. Stejně se projeví snížení režijních nákladů na likvidaci odpadu, materiálové náklady na dopravu, náklady na zásobování materiálu a hotových dílu. Nižší úroveň fixních nákladů u produktu dovoluje firmě dosáhnout bodu zvratu dříve – produkt se pro ni stává ziskovým v kratším časovém horizontu.

Snížení počtu dílů má hned několik přínosů – snížení kroků během finálního kompletování výrobku (menší pravděpodobnost chybovosti/zmetkovosti komponent a

produktu) a zjednodušení nákupu (jednotková cena je téměř nezávislá na množství a kupuje jen tolik kolik potřebuje).

Firma si koupí jeden účelový přístroj, a nikoliv velké množství specializovaných, čímž se snižují náklady na kapitál, údržbu zařízení a minimalizuje se potřeba specializovaných operátorů a školení. Výrobní plánování menšího výrobního závodu bude také jednodušší. (Chua & Leong, 2015, str. 12)

2.4.2 Nepřímé výhody

Výhody pro marketing a logistický řetězec

Technologie 3D tisku může značně snížit čas uvedení produktu na trh, což zaprvé vede ke snížení rizika, protože není potřeba dlouhodobě odhadovat budoucí stav na trhu, za druhé produkty lépe uspokojují potřeby zákazníka, protože jsou aktuální, a za třetí produkty nabízejí poměr cenu výkon nejnovějších technologií. Aditivní technologie mohou měnit výrobní kapacity v závislosti na poptávce trhu v reálném čase bez dopadů na výrobní zdroje. Zároveň mohou zvýšit rozmanitost nabízených produktů a doplňovat výklenky trhu.

Aditivní technologie mohou zjednodušit logistický řetěze, což vede ke snížení nákladů. Na rozdíl od tradičních strojů je u zařízení 3D tisku potřebný k obsluze menší počet lidí, čímž jsou celkové mzdové náklady nižší. Technologie 3D tisku umožňují výrobu komplexnějších dílů, výtisk se skládá z menšího počtu komponent, dochází tak i k úsporám při kompletaci konečného produktu. Podniky, které budou tuto technologii využívat, nebudou muset najímat levnou pracovní sílu. Výroba a továrny se tak budou přesouvat zpátky do zemí, ze kterých pochází design nebo produkt. Všechny tyto faktory zjednoduší dodavatelský řetězec, sníží náklady a zkrátí čas dodání zákazníkovi. (Chua & Leong, 2015, str. 13)

Výhody pro spotřebitele

Zákazník produkt, který bude odpovídat jeho požadavkům. Zaprvé je větší různorodost nabídky, ze které si může vybrat. Zadruhé si může koupit přímo pro něj na míru vytvořené produkty. Díky ušetřeným výrobním nákladům zákazník rád uvítá nižší cenu výrobku. (Chua & Leong, 2015, str. 14)

2.5 DOPAD NA PODNIKOVÉ PROCESY A LOGISTICKÉ ŘETĚZCE

Aditivní výroba a 3D tisk jsou faktory, které více či méně ovlivňují globální dodavatelský řetězec a logistický průmysl. Jedna skupina odborníků tvrdí, že budou stávající výrobní technologie zcela nahrazeny 3D tiskárnami, zatímco druhá skupina se přiklání k méně radikálním změnám a zdokonalení některých aspektů výrobního procesu.

Je důležité rozpoznat aspekty logistického řetězce, které mohou být technologií 3D tisku narušeny a být připraveni. Mohr a Khan (2015) ve své práci identifikují 7 klíčových oblastí, které jsou ovlivněny 3D tiskem a budou ovlivňovat logistický řetězec firem:

1. Přizpůsobení se požadavkům trhu. Přizpůsobení se požadavkům jedince a zapojení klientů do projektových a výrobních činností může vést k posunu v prioritách řízení nákladů a výnosů.
2. Efektivita zdrojů. Ve srovnání se subtraktivní výrobní metodou má 3D tisk větší účinnost zdrojů. Technologie 3D tisku jsou schopny využívat přírodní zdroje, ale i například recyklované materiály.
3. Decentralizace výroby. Přemístění výroby díky 3D tisku na místo spotřeby, kde může docházet k rychlejší reakci na změny požadavků zákazníků a poptávky. Technologie 3D tisku mohou zefektivnit reakční schopnost, dobu tržní výroby a stupeň agility v dodavatelském řetězci pro malé objemy výrobků (hlavně u výrobků s požadavkem na vysoký stupeň technické specifikace). (Mohr & Khan, 2015)
4. Ubírání složitosti. Menší složitost výrobků spočívá již ve výrobě jednoho konsolidovaného výrobku, čímž může být výrobní proces značně zjednodušen. (Mohr & Khan, 2015). Existuje zde velký prostor pro úsporu času a vnitřních nákladů. Například pračka má 63 jednotlivých dílů, které mohou být vytištěné na jedné jediné tiskárně místo 63 samostatně fungujících a stojících zařízeních. Počet dodavatelů tak může být z 30 nebo 60 snížen na jednoho nebo dva. Stejně tak jako je snížen skladovaných kusů. (Biederman, 2013)
5. Racionalizace zásob a logistiky. 3D tisk umožňuje vyrábět v místě spotřeby, což by vedlo k racionalizaci skladování a logistiky. (Manners-Bell & Lyon, 2012) Dále může být přeprava fyzického zboží po celém světě nahrazena odesláním elektronického souboru do tiskárny. Digitální inventář s 3D modely pro produkty celého portfolia by mohl nahradit fyzický seznam zejména technicky složitých produktů, dále snížit počet SKU[13] a celkový počet skladovaných dílů a výrobků.
6. Návrh výrobku a prototypování. Technologie je velice všestranná, může produkovat zásadně odlišné výstupy levně, snadno a rychle[14]. 3D tiskárny mohou mít klíčovou roli při vytváření inovativních procesů pro výrobu a testování prototypů, stejně jako při tvorbě nových nebo aktualizovaných návrhů výrobků.
7. Právní a bezpečnostní aspekty. Právní rámec je a bude diskutovaným tématem. Jedním z bodů sporu je například tisk nebezpečných a škodlivých předmětů (nože, zbraně). Současná legislativa nijak neupravuje tisk fyzických předmětů, a tak je problémem, kdo nese odpovědnost za vzniklé škody. Výrobce tiskového zařízení nebo vývojář? Existuje tak nespočet nejasností a budoucích dopadů na oblasti jako jsou ochrana duševního vlastnictví, zranění a odpovědnost za výrobek. (Mohr & Khan, 2015) Odpovědnost řeší firmy mnohdy certifikací, která je v mnoho oborech požadována a zaručuje kvalitu a bezpečnost tištěného výrobku.

[13] SKU – Stock Keeping Unit, ve významu unikátního kódu, který se používá pro identifikaci a odlišení konkrétního produktu
[14] Závisí na použitém zařízení a jeho principu fungování, materiálu, účelu apod.

Pro výše uvedené oblasti Mohr a Khan sepsali seznam nezodpovězených otázek o možném negativním dopadu 3D tisku na budoucí logistických řetězec, který zachycuje Příloha 3. (Mohr & Khan, 2015)

Dle výzkumu IBM se očekává změna klasické masové výroby, kterou do této doby charakterizuje globální produkce, vysoce komplexní logistické řetězce a obecně platné „čím větší, tím lepší“. Jedním z impulsů změny dosavadní masové výroby, bude (je) právě 3D tisk. (Biederman, 2013)

Přínosy 3D tisku u firem se softwarově navrženým logistickým řetězcem jsou již nyní patrné. Bylo dokázáno dramatické snížení výrobních časů a snížení nákladů. Částečný vliv má eliminaci investic do forem, odlitků nebo obráběcích strojů. Dalším ovlivňujícím faktorem je zjednodušení logistických řetězců pomocí redukce počtu dílů a lokalizované produkce, jak uvedl Paul Brody (2013), vedoucí celosvětového průmyslu pro elektroniku z firmy IBM. Studie, kde byly 3 odlišné předměty vyrobeny za pomocí 3D tisku (mobilní telefon, naslouchátko a pračka) a kde náklady na výrobu a distribuci vycházely ze simulovaného dodavatelského řetězce založeném na 3D tisku, dokázala, že k dosažení požadovaného zisku místo 100 výrobků bylo zapotřebí „vytisknout“ výrobků pouze 10. (Biederman, 2013)

3D tisk bude technologií, která změní trhy a průmyslová odvětví s vysoce hodnotnými a individualizovanými výrobky. Zpráva společnosti Jones Lang LaSalle, která se zabývá servisními službami a je hlavním vývojářem logistických zařízená, uvádí, že 3D tisk pro širší přijetí možná čelí velkým překážkám. Avšak podle ředitele pro logistiku a průmyslový výzkum v oblasti Evropy, Blízkého Východu a Asii Jona Sleemana má svůj potenciál pro transformaci dynamiky rozhodovacího procesu v oblasti dodavatelského řetězce pro menší firmy a více lokalizovaná zařízení. 3D tisk ale pomůže i sériové výrobě, i když podle mnohých bude vliv technologie méně významný. Pomoci může řídit zásoby s nižší hodnotou nebo zkrátit vývojové cykly produktů. (Biederman, 2013)

NASA testovala a srovnávala tištěné a tradičně vyrobené díly pro své rakety (Space Launch System). Tradiční výroba dílů trvala 6 měsíců s náklady na jeden díl téměř 10 000 dolarů. Na druhou stranu tisk (společně s přípravou i zakončovacími pracemi) trval 3 týdny a vytištěné díly nestály více jak 5 000 dolarů za kus. Další firma z leteckého průmyslu, GE Aviation, získala v roce 2012 firmu Morris Technologies a její sesterskou společnost Rapid Quality Manufacturing. GE má v plánu do roku 2020 více jak 100 000 koncových hotových výrobků vyrábět aditivní výrobou. Pro samotnou firmu a její vedení to představuje velkou výzvu a změnu, jak řekl Randy Kappesser, vedoucí pro technologii leteckých kompozitů. (Biederman, 2013)

PRAKTICKÁ ČÁST

3 SEKUNDÁRNÍ VÝZKUM

V rámci praktické části práce byl proveden sekundární výzkum dat z uskutečněného globálního výzkumu společnosti EY. Dalším zdrojem informací byla databáze elektronických informačních zdrojů ProQuest. Poznatky z této části se promítly do následujících dvou kapitol praktické části.

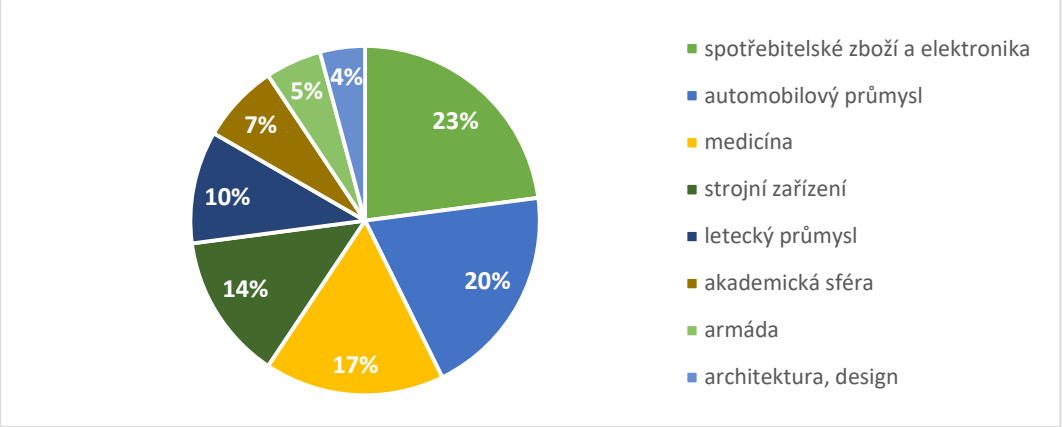
3.1 ADITIVNÍ VÝROBA

Podkladem pro praktickou část byl celosvětový průzkum společnosti EY, s.r.o. (dále EY) s názevem *„How will 3D printing make your company the strongest link in the value chain“*. Jeho hlavním přínosem je zmapování současného využívání 3D tisku na globální úrovni, zároveň však poukazuje na potenciál technologie ve firmách průmyslu v budoucnosti.

Dle konzultantů z Wohlers Associates vzrostl mezi roky 2010 – 2013 trh 3D tisku o 274 %. Celosvětový trh v roce 2012 činil 2,2 bilionu dolarů, kdy oproti roku 2016 vzrostl o 0,5 bilionu dolarů. Očekávané příjmy/návratnost v roce 2021 jsou 10,8 bilionu dolarů. (Biederman, 2013)

V roce 2013 Biederman zjistil i využití technologie mezi jednotlivými obory, které zachycuje graf níže. Celkem 30 % firem, které 3D tisk využívají, bylo z leteckého a automobilového průmyslu.

Graf 5: Zaměření firem využívající technologii 3D tisku (2013)



Zdroj: Biederman (2013)

3.1.1 Globální výzkum EY

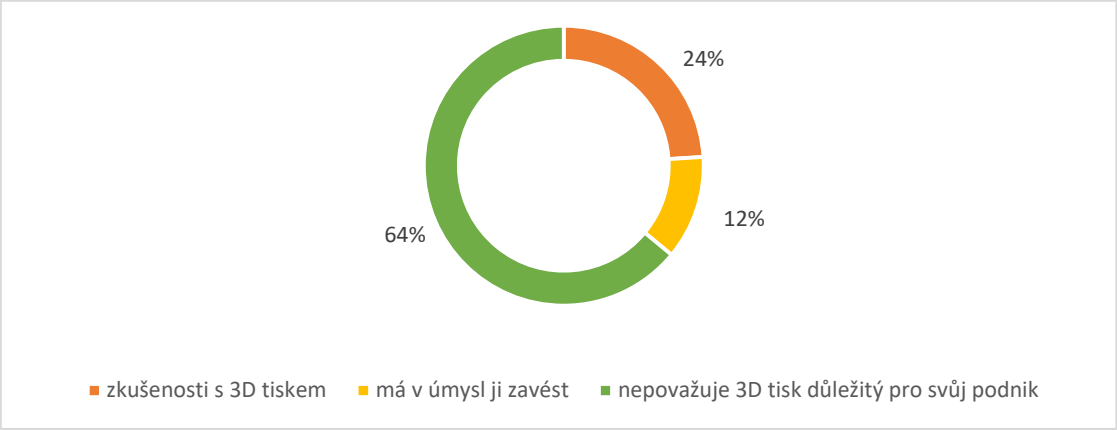
Průzkumu, jehož výsledky byly zveřejněny v roce 2016, se zúčastnilo 900 podniků z 12 zemí světa (zastoupení a jednotlivé země viz příloha 4. Každý z podniků byl zařazen do jednoho z 9 průmyslových odvětví – výroba a zpracování plastů, automobilový průmysl a

letectví, farmaceutický průmysl, elektronika, výroba strojů a zařízení, logistika a transport, spotřební zboží (včetně maloobchodu a velkoobchodu) a poslední kategorie zahrnovala ostatní odvětví.

Zkušenosti

3D tisk není v dnešním světě výdobytkem pouze některých firem, stává se značně rozšířenou technologií, kde téměř čtvrtina dotázaných firem má zkušenosti s aktivním využíváním technologie a dalších 12 % o jejím zavedení počítá v blízké budoucnosti.

Graf 6: Zkušenosti s 3D tiskem - svět



Zdroj: EY's Global 3D printing Report (2016)

Největší využití je v současné době při prototypování nových výrobků. Firmy si však uvědomují, že mnohem větší potenciál technologie tkví ve výrobě výrobků pro koncového spotřebitele a komponentů výrobků. Již v současnosti má každá pátá firma zkušenosti s 3D tiskem při tisknutí konečných výrobků nebo jejich částí. Nejčastěji je tomu u firem z plastického, automobilového, leteckého a farmaceutického odvětví. V oblasti leteckého průmyslu se jedná dokonce o 29,7 % firem, o druhou nejpočetnější skupinu za plastovým průmyslem (30,4 %).

Tisknout lze i nástroje a součástky strojů pro výrobu koncových výrobků. Takovýmto způsobem využívá své tiskárny již menší počet společností. V leteckém a automobilovém průmyslu je to 21,6 %, což je největší procent napříč trhem. Mezioborový světový průměr je 17 %.

Potenciál do budoucna

Co se budoucnosti týká, tak 38 % zahraničních výrobních firem předpovídá, že do roku 2021 bude tisknout své výrobky pro konečného spotřebitele. 3D tiskárny budou začleněny do výroby 3 způsoby. První z nich je ten, kdy firmy budou tisknutí využívat pouze jako doplněk k své běžné tradiční výrobě. S touto cestou počítá 19 % firem. Dalších 15 % firem si představuje výrobu jako hybridní formu tradiční výroby a moderních technologií – např. 3D tisku. Nejmenší procento firem (12 %) počítá se scénářem, že 3D tisk zcela nahradí tradiční technologie výroby. Jedná se však o nejméně pravděpodobný scénář,

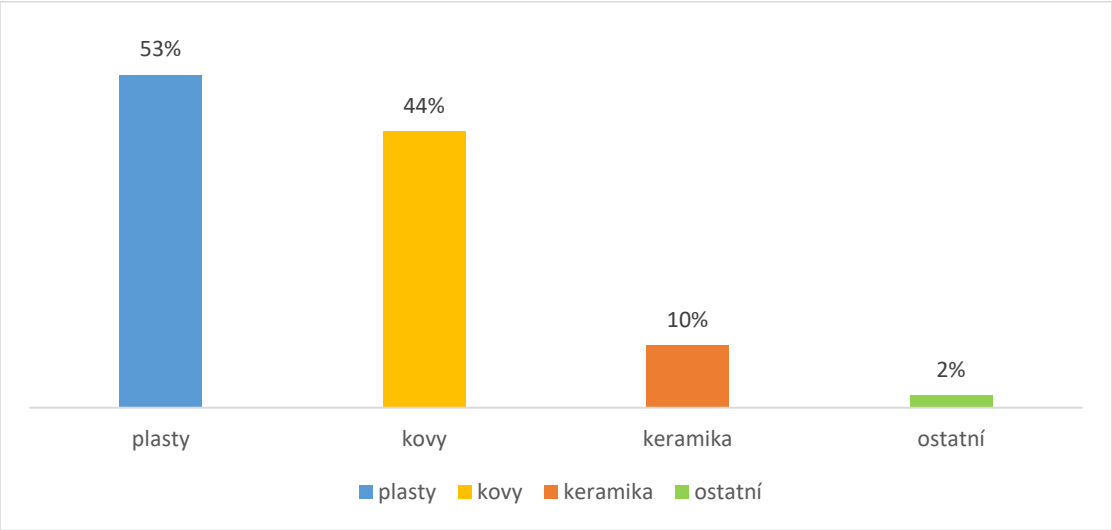
jelikož s jeho aplikací lze počítat pouze u malých firem s personalizovaným a značně specifickým produktem.

Co se automobilového a leteckého průmyslu týká, téměř 30 % firem má ve svých výrobních prostorech implementovanou 3D tiskárnu. Do budoucna se očekává nárůst až na 49 %, což je mezi průmyslovými odvětvími největší procento využití. Tento průmysl tak přeroste průmysl výroby plastů, kde je očekávání růstu na 45 %.

Materiály

Materiálů je stále více. Výsledky výzkumu však ukazují, že pouze 2 % firem mají zkušenost s tiskem z jiných materiálů než jsou plasty (53 %), kovy (44 %) a keramika (10 %).

Graf 7: Používané materiály pro 3D tisk - svět



Zdroj: EY's Global 3D printing Report (2016)

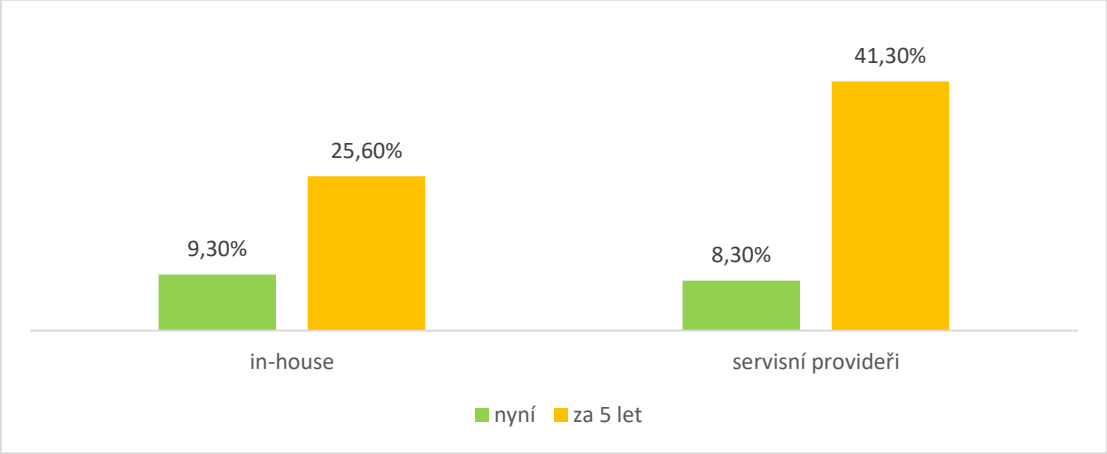
Potenciál kovových materiálů je dle dotázaných firem v budoucnosti větší a celkem 52 % firem vidí 3D tisk z kovů jako rozhodující v osvojení této technologie. Kovy berou jako hlavní materiál pro sériovou výrobu, a to zejména při výrobě strojů a zařízení. Rostoucí je taktéž poptávka po ostatních materiálech jako jsou jídlo nebo textil. Největší zkušenost s tiskem z kovových materiálů mají firmy z leteckého a automobilového průmyslu. Až 65 % firem z toho odvětví již používá kovové materiály. Hlavní výhodou je zejména lehkost vytištěných kovových dílů, kterých je v obou odvětví značně velký podíl. Díky lehčím komponentům může výrobce dosáhnout i větších úspor na spotřebovaném palivu, a snížit tak celkové náklady na provoz.

Hodnototvorný řetězec

Firmy čeká v implementaci technologie řada výzev. Od investic přes změny organizační struktur až po kapacity a vnitřní procesy. Firmy stojí před důležitým rozhodnutím, zda budou využívat své vlastní zařízení, nebo využít servisní providery. Provideři budou tisknout komponenty a produkty za výrobce a následně mu je doručí na jeho sklady nebo přímo koncovému spotřebiteli. Současnost a budoucí očekávání se v těchto dvou cestách

mění. In-house systémy vzrostou podle předpovědí 2,5krát, tzn. že každý čtvrtá firma bude mít vlastní zařízení. Zatímco služeb servisních providerů využije více jak 4násobek současných uživatelů, tzn. 41 % firem.

Graf 8: Využívání in-house systémů a servisních providerů - nyní a za 5 let, svět



Zdroj: EY's Global 3D printing Report (2016)

Bariéry

V cestě za začleněním technologie 3D tisku do výrobních procesů stojí hned několik překážek. Až 40 % firem označuje za největší problém, se kterým se potýkají, vysoké investice. U malých firem je toto procento větší (43 %). Dalším je nedostatek specialistů, kteří by technologii dokázali ovládat – překážku zmiňuje 28 % dotázaných. Již v současnosti se firmy snaží řešit nedostatek odborníků spoluprací se specializovanými poskytovateli.

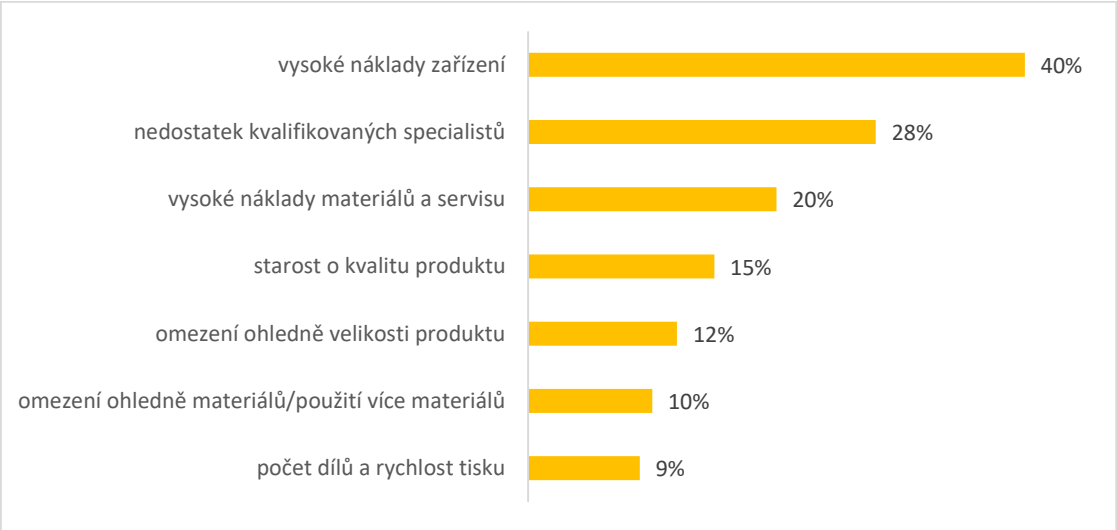
Firmy se potýkají s vysokými náklady na vstupní materiál. Polymery do 3D tiskáren stojí 20 až 100 krát více než materiály na produkty vzniklé tradičním způsobem. Obzvlášť finančně náročné jsou kovové materiály, což je hlavní důvod, proč nejsou rozšířenější a není více využit jejich potenciál. Jedna pětina firem, které zvažují koupi zařízení, pokládá za důležité snížit cenu vstupních materiálů. Tato bariéra stojí na bedrech výrobců zařízení, kteří jsou většinou i výrobci vlastních materiálů do svých tiskáren.

Produkty musí dosahovat určitých kvalit a splňovat požadavky trhu. Až 15 % dotázaných firem se obává, že jejich produkty budou nekvalitní při použití technologie 3D tisku. Jako příklad lze uvést povrch, který je v závislosti na použité technologii více či méně hrubý a je potřebné ho následně opracovat[15]. Některá zařízení sice dovolují tisknout z více materiálů stejného druhu najednou (více polymerů/více kovů), avšak kombinování materiálů není možné z důvodu vysokých nákladů a nedostatečné vyspělosti technologie.

[15] Viz kapitola 2.3, kde jsou problémy spojené s hrubostí povrchu zmíněné u nevýhod daných technologií.

Další technologické omezení, maximální rozměr vytištěných objektů, je překážkou pro 12 % firem. Proto někteří vývojáři a výrobci 3D tiskáren vyvíjejí tzv. BAAM[16] nebo ohromná stereolitografická zařízení.

Graf 9: Omezení pro zavádění 3D tisku - svět



Zdroj: EY's Global 3D printing Report (2016)

Podstatnou roli při implementaci technologie 3D tisku do firemních procesů hraje také lidský faktor. V těchto případech si daný jedinec například myslí, že technologie není nic pro jeho business nebo zkoumají, jaký přínos by pro jejich firmu daná technologie měla.

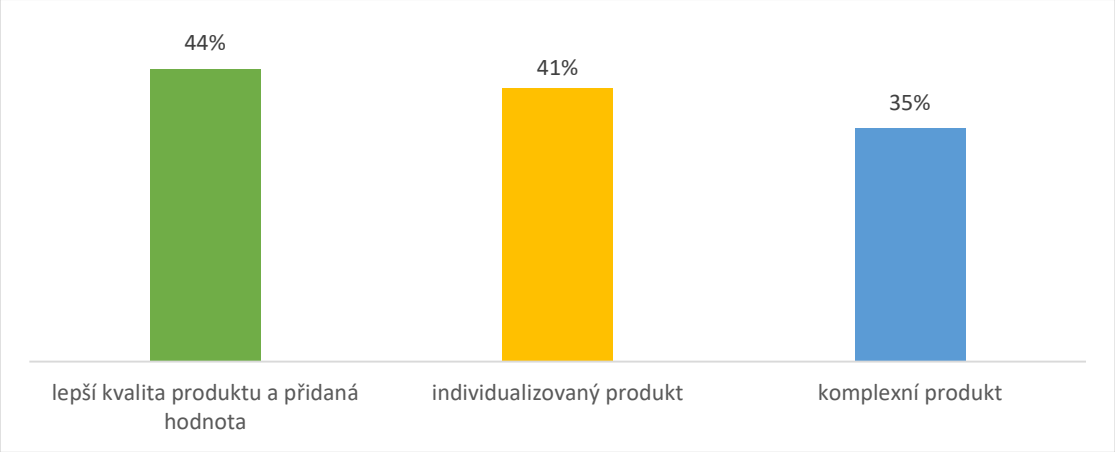
Proč je stále tak velký počet firem, které nemají zkušenosti s 3D tiskem? Podstata tohoto problému tkví v nedostatku informací, omezeném povědomí a nedostatku expertiz a případových studií. Vše vede již k zmíněnému, že firmy nevidí přínosy, které pro ně technologie může znamenat, a proto nezvažují její zavedení.

Přínosy

O technologii 3D tisku firmy uvažují jako technologii, která jim přinese větší konkurenceschopnost. Konkrétně v možnosti vyrábět individualizovaný a komplexní produkt, který je možno kvalitativně lepší a má přidanou hodnotu.

[16] big area additive manufacturing

Graf 10: Hlavní přínosy využití 3D tisku - svět



Zdroj: EY's Global 3D printing Report (2016)

Poznatky a závěry globálního výzkumu sloužily jako jeden z podkladů pro stanovení cílů a otázek, na které se tato práce snaží nalézt odpovědi. Zároveň sloužily jako srovnávací data a informace k zjištěným skutečnostem v českém prostředí.

4 PRIMÁRNÍ VÝZKUM

Vlastní výzkum primárních dat následoval po výzkumu a analýze sekundárních informací. Užitečné poznatky ze sekundárních informací byly použity pro konstrukci primárního výzkumu. Tato fáze praktické části se skládá z několika částí – z kvantitativního dotazníkového šetření pro výrobce v automobilovém a leteckém průmyslu a navazujících případové studii, která byla provedena na základě rozhovoru se zástupci jedné české firmy.

4.1 METODIKA

Následující podkapitola se podrobně zabývá cílem primáního výzkumu a otázkami, na které je hledána odpověď, dále metodologií sběru dat a informací. Kapitola obsahuje také časový harmonogram výzkumu.

Jak je již zmíněno v předchozí kapitole, první fáze, kdy bylo provedeno kvantitativní dotazníkové šetření, probíhala ve spolupráci s poradenskou firmou EY. Výzkum byl zaměřený na současný stav a klíčové trendy v oblasti využívání 3D tisku v českých výrobních podnicích. Samozřejmostí však je, že pro DP byly stanoveny cíle samostatně, stejně jako zkoumání jejich následného naplnění, či nenaplnění.

4.1.1 Cíl výzkumu

Cílem primárního výzkumu bylo zjistit postoj a názor českých uživatelů (firem) k aditivní výrobě. Zjištěné informace a data vedou k odpovědi na následující otázky, které byly stanoveny na základě sekundárních dat z výzkumu EY a poznatků, které jsou sepsány v teoretické části práce:

1. Jaké jsou zkušenosti s 3D tiskem v České republice?
2. Jaké je procento firem, které plánují zavést technologii 3D tisku do svých podniků v horizontu 5 let?
3. Jaké hlavní přínosy a dopady vidí české firmy v užívání technologie 3D tisku?
4. Jaké byly/jsou na českém trhu překážky implementace technologie 3D tisku?
5. Jaký je účel, ke kterému je v české firmě technologie 3D tisku vyžívána?
6. Jakým způsobem české podniky využívají technologii 3D tisku?
7. Budou české firmy využívat služeb logistických poskytovatelů? Nebo výrobních kapacit třetích stran?
8. Jaké materiály využívají firmy dnes a jaké plánují využívat v roce 2022?
9. Do jaké míry je obchodní model ovlivněn technologií 3D tisku?
10. Mají firmy zpracovanou analýzu výrobků vhodných pro 3D tisk?
11. Mají firmy zpracovanou analýzu výrobních a předvýrobních procesů pro zavedení 3D tisku?

4.1.2 Sběr dat a časový harmonogram

V první fázi byl vytvořen dotazník, který začínal identifikační otázkou dotazující se na obor činnosti. Dále dotazník pokračoval meritorními otázkami rozdělených do následujících bloků – dosavadní zkušenosti s 3D tiskem, přínosy a bariéry implementace 3D tisku, vyspělosti podniku z hlediska využívání 3D tisku, studie a možnosti zavedení do praxe.

Bylo potřeba rozlišit firmy se zkušenostmi s 3D tiskem a ty, které s nějakého důvodu technologii nevyužívají. U obou skupin byly následně zkoumány rozličné skutečnosti. První otázka měla za cíl zjistit současný stav zapojení/nezapojení 3D tisku do podnikových procesů. Firmy, které zařízení na 3D tisk žádným způsobem nevyužívaly, byly odkázány na část, která se týkala překážek pro zavedení 3D tisku nebo obsahovala otázky tázající se na skutečnost, proč pro ně 3D tisk není vhodnou cestou současného, ale i budoucího vývoje.

Veškeré dotazníkové šetření bylo provedeno prostřednictvím e-mailové korespondence a odpovědi byly následně anonymně zpracovány ve spolupráci s EY.

Osloveny byly pouze ty společnosti, které byly vyhodnoceny jako výrobci produktů pro koncové spotřebitele a dodavatelé prvního stupně. Důležitým bodem bylo doručit dotazník kompetentní osobě, která rozhoduje o používaných technologiích. Primárně byl označen za takovou osobu technolog (manažer technologie) nebo výrobní ředitel. V případě, kdy nebyl na takového člověka kontakt, byl dotazník zaslán majiteli/jednateli firmy. Popřípadě byl e-mail odeslán i marketingovému řediteli nebo osobě zodpovědné za vztah s veřejností.

Z celkového počtu 715 oslovených firem na dotazník odpovědělo celkem 71 firem z 8 oblastí průmyslu. Podíl oslovených firem z jednotlivých oborů a podíl zodpovězených dotazníků je zachycen v tabulce níže.

Tabulka 4: Počet a procentuální rozdělení oslovených firem a respondentů – ČR

	oslovených	oslovených %	respondenti	respondenti %
letecký a automobilový průmysl	96	13 %	16	23 %
elektronika	97	14 %	4	6 %
energetika	27	4 %	5	7 %
farmaceutický průmysl	62	9 %	7	10 %
chemický průmysl	17	2 %	3	4 %
spotřební zboží (včetně maloobchodu a velkoobchodu)	147	21 %	4	6 %
výroba a zpracování plastů	53	7 %	2	3 %

výroba strojů a zařízení	200	28 %	28	39 %
jiné	17	2 %	2	3 %

Zdroj: autorka

Firmy z automobilového a leteckého průmyslu, které odpověděly na dotazník, měly následující velikost, co se počtu zaměstnanců týká. Výzkumu se tak zúčastnili zástupci velký automobilových a leteckých firem s vysokým počtem zaměstnanců a stejně tak představitelé menších firem.

Tabulka 5: Počet a procentuální zastoupení respondentů podle počtu zaměstnanců – letecký a automobilový průmysl, ČR

Počet zaměstnanců		
0-49	1	6 %
50-499	5	31 %
500-999	6	38 %
1000-4999	3	19 %
neuvedeno	1	6 %

Zdroj: autorka

Z dotazníku byly vyvozeny závěry, které následně byly zapracovány do scénáře a otázek pro individuální rozhovor. Samostatně v rámci diplomové práce byl vytvořen oslovovací mail s krátkým dotazníkovým šetřením o 4 otázkách (viz Příloha 5). Pokud firma souhlasila v dotazníku s dalším pokračováním na výzkumu, tak byla následně oslovena a dohodnut byl termín rozhovoru. Pro rozhovor a následné zpracování případové studie byla vybrána jedna společnost. Rozhovor se uskutečnil v prostorách firmy. Délka rozhovor byla v rozmezí 3 hodin. Součástí rozhovoru byla i ukázka 3D tiskáren a prostoru, kde jsou umístěny a prezentací některý 3D výtisků. Rozhovor byl zaznamenán na nahrávací zařízení a poté přepsán. Cílem rozhovoru bylo zjistit minulost, současnost a budoucnost technologie 3D tisku v dané společnosti. Celý scénář rozhovoru a znění otázek je v Příloha 6.

Individuálního rozhovoru, který byl podkladem pro vypracování případové studie, se zúčastnila firma, která má spadá do kategorie s 150 – 200 zaměstnanci a ročním obratem 6 000 – 7 000 tisíc EUR, její podniková činnost zasahuje do leteckého, ale i automobilového průmyslu.

Následující tabulka zobrazuje časový harmonogram celého vlastního výzkumu od tvorby dotazníkového šetření až po vyhodnocení individuálních rozhovorů.

Tabulka 6: Časový harmonogram výzkumu primárních dat

Sepsání oslovovacího e-mailu a tvorba dotazníkového šetření	listopad 2016
Výběr firem pro oslovení	listopad 2016
Oslovení firem, dotazníkové šetření	prosinec 2016
Vyhodnocení dotazníkového šetření	leden 2017
Sepsání otázek a scénáře pro rozhovory (AL, LP)	duben 2017
Navázání kontaktu s firmami kvůli IR, úprava otázek a scénáře IR	květen 2017
Rozhovory ve firmě	červenec, srpen 2017
Vyhodnocení IR, sepsání případové studie	červenec, srpen 2017

Zdroj: autorka

4.2 VÝSLEDKY VÝZKUMU

V této podkapitole jsou analyzovány odpovědi respondentů jak z dotazníků, tak z individuálních rozhovorů.

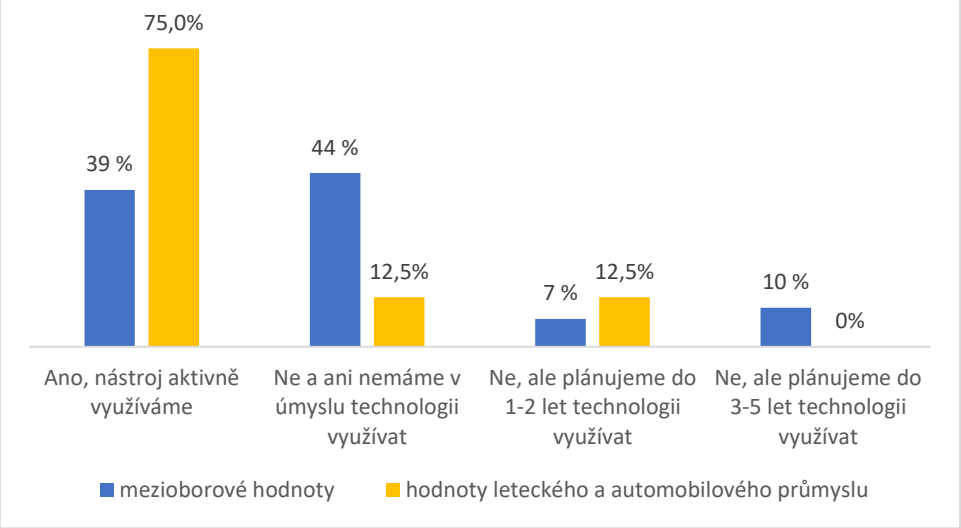
4.2.1 Dotazníkové šetření

Technologie jako jsou 3D tisk a další z řady Průmyslu 4.0 jsou moderními technologiemi, jejichž budoucnost ve světových, ale i v českých firmách má své nejasné postavení. Úkolem dotazníkového šetření bylo tedy zjistit, jaké procento firem využívá technologii 3D tisku a jaký postoj mají k jejich využití a potenciálu do budoucna. To vše zejména v kvantitativním měřítku.

Vůbec prvním bodem šetření bylo zjistit, jaká je míra využití aditivní výroby v českých podnicích a popř. jejich plány do budoucna. V oblasti leteckého a automobilového průmyslu bylo zjištěno, že 3 ze 4 firem mají zkušenosti s aditivní výrobou a využívají ji, ale mezioborové využití je již mnohem menší a to 39 % (např. nízká míra používání v oblasti výroby strojů a zařízení, 29 %). Vysoké procento v automobilovém a leteckém průmyslu vede k tomu, že je jen malé procento firem, které plánují zavést technologii do svých procesů v horizontu do 2 let (12,5 %). Dalších 12,5 % firem o ní neuvažuje vůbec. Je velké procento firem (45 %) na celkovém průmyslovém trhu, které o jejím zavedení vůbec neuvažuje.

Důvodem, proč firmy nejčastěji neuvažují o využití aditivní výroby, je především představa, že tato moderní technologie pro jejich činnost a model podnikání není vhodná nebo vidí určité bariéry, které jim v tom brání. Nejvíce zmiňované – nedostatek know-how, interní manažerské/organizační změny či chybějící externí dodavatelé.

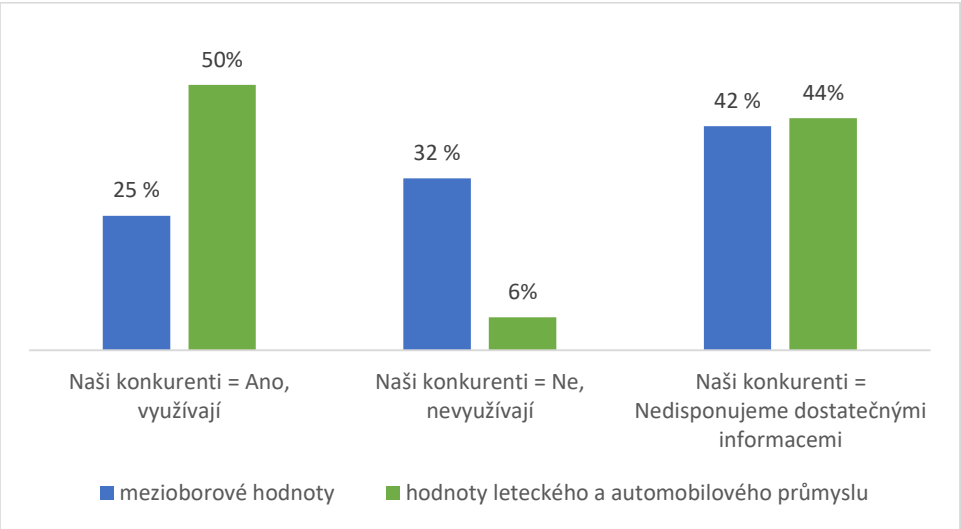
Graf 11: Zkušenosti s 3D tiskem - ČR



Zdroj: autorka

Pro podnik je důležité znát i prostředí svého podnikání, aby se podle něj mohl v dalších obdobích zařídit a rozhodovat. Pokud konkurence bude využívat technologii, která je na trhu žádaná, tak je zapotřebí, aby i náš podnik danou technologii na trhu nabízel. Polovina firem z automobilového a leteckého průmyslu má informace o tom, že jejich konkurence s jistotou používá 3D tisk (ať už se jedná o jakýkoliv způsob využití). Jen 6 % firem tvrdí, že jejich konkurence nenabízí/nevyrábí produkty pocházející z 3D tiskáren. Pro téměř každou druhou firmu je trh nepřehledný a neví, zda jejich konkurence technologii používá.

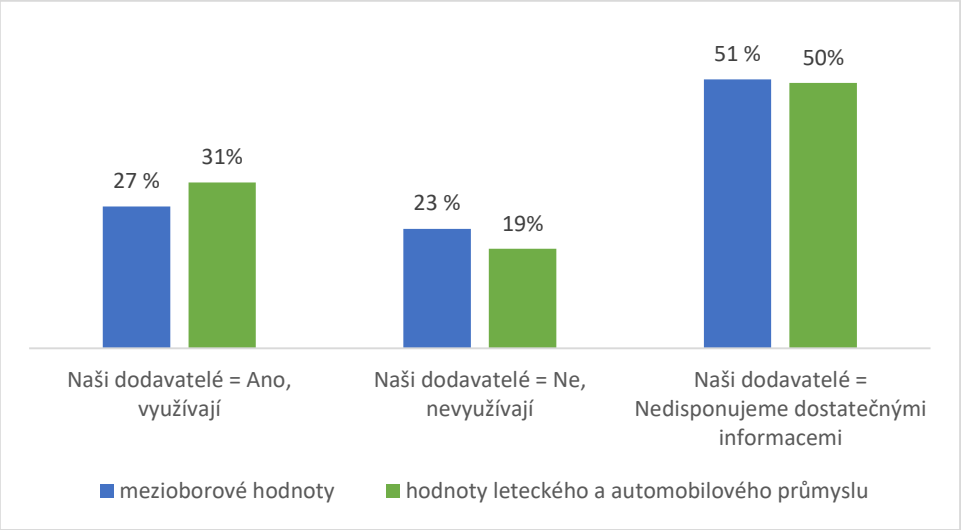
Graf 12: Zkušenosti s 3D tiskem - konkurence, ČR



Zdroj: autorka

Od firem, které berou produkty od dodavatelských firem nižší úrovně, by se dalo očekávat, že budou mít partnerský vztah se svými dodavateli. Tzn., že budou vědět, co jim jejich dodavatel nabízí a jaké má možnosti. Není tomu však tak. Dokonce 6 z 8 firem z automobilového a leteckého průmyslu, které již v současné sobě využívají své vlastní stroje, nedisponuje informacemi o využití aditivní výroby u svých dodavatelů. Téměř 1/3 využívá dodavatele 3D tisk a zatímco 1/5 nikoliv.

Graf 13: Zkušenosti s 3D tiskem - dodavatelé, ČR

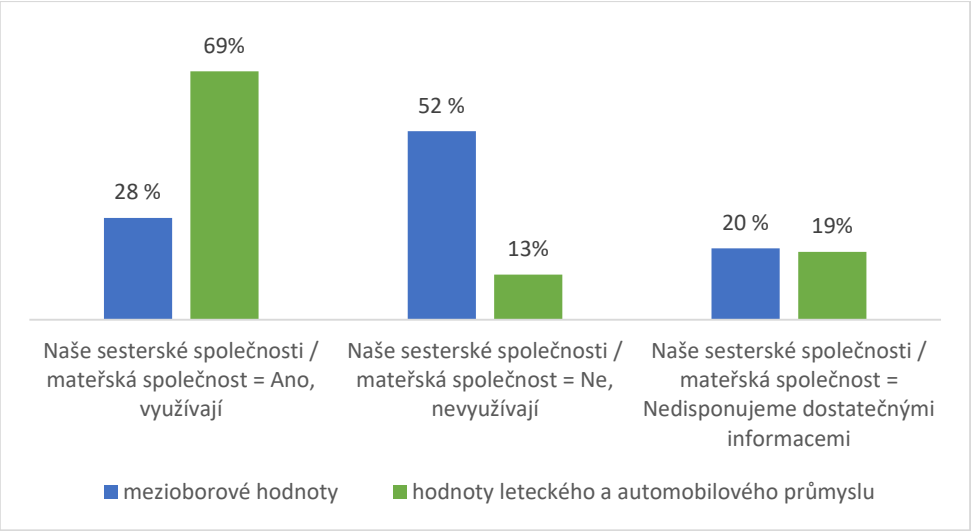


Zdroj: autorka

Mnoho firem na českém území má svou mateřskou/sesterskou společnost působící v zahraničí. Z celosvětového průzkumu EY vyplývá, že 24 % sesterských/mateřských společností využívá technologii 3D tisku. Českých mezioborových 28 % by se tak dalo považovat za srovnatelné. Ve zkoumané oblasti průmyslu je zkušenost větší, necelých 70 % firem.

Odpovědi na otázku, zda sesterská/mateřská společnost využívá technologii 3D tisku, mohou být nepatrně zkreslené skutečností, že některé firmy jsou výhradně české s působností pouze na území České republiky (zejména odpovědi u celkového mezioborového srovnání). Tyto firmy mohly označit odpovědi B nebo C.

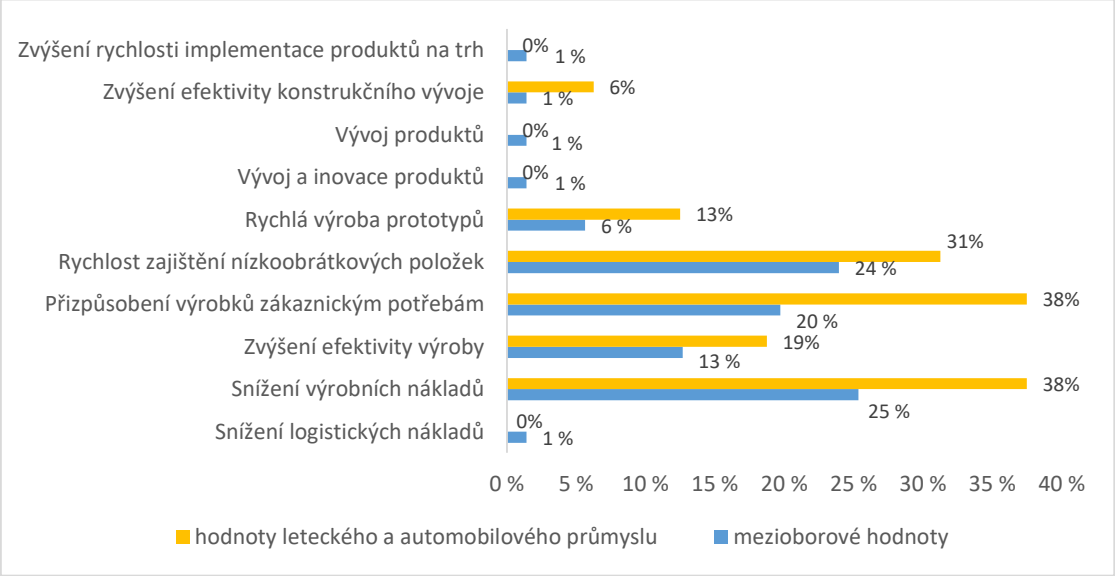
Graf 14: Zkušenosti s 3D tiskem - sesterská/mateřská společnost, ČR



Zdroj: autorka

Nejčastěji zmiňovanými přínosy mezi firmami leteckého a automobilového průmyslu jsou individualizace výrobků (38 %) a snížení výrobních nákladů (38 %). Respondenti, ať už současní uživatelé nebo potencionální, také nemenší výhodu spatřují v rychlosti zajištění nízkoobrátkových položek (31 % dotázaných firem). V porovnání s výsledky celé českého průmyslu jsou zmíněné výhody nepatrně odlišné. Všeobecně pro čtvrtinu firem je přínosem snížení výrobních nákladů a pro téměř stejné procento firem je výhodou rychlost, s jakou lze zajistit nízkoobrátkové položky. Přizpůsobení výrobků zákaznickým potřebám je oproti leteckému a automobilovému průmyslu až na třetím místě.

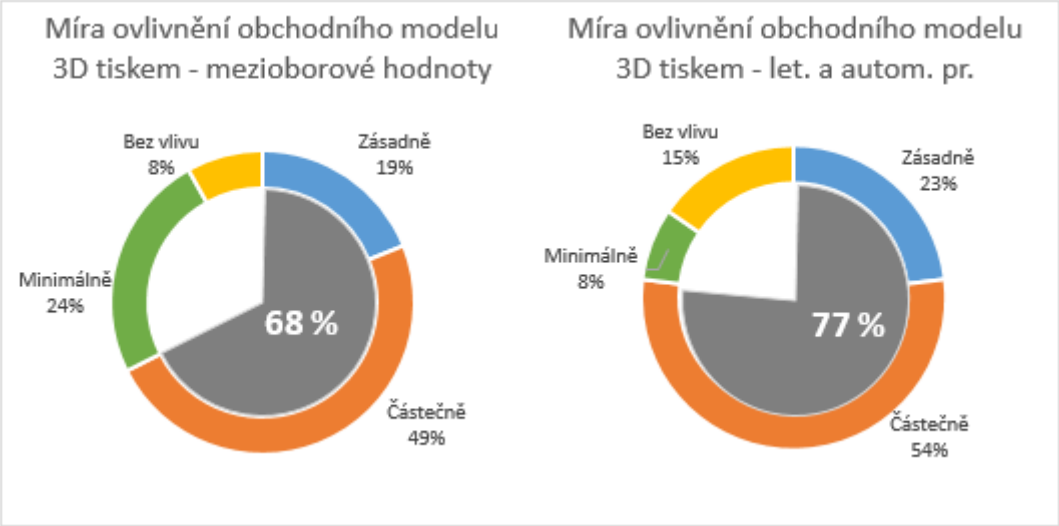
Graf 15: Hlavní přínosy zavedení 3D tisku - ČR



Zdroj: autorka

Více jak tři čtvrtiny respondentů z automobilového a leteckého průmyslu, kteří využívají 3D tisk nebo jej plánují využívat, si myslí, že jejich obchodní model byl/bude ovlivněn 3D tiskem.

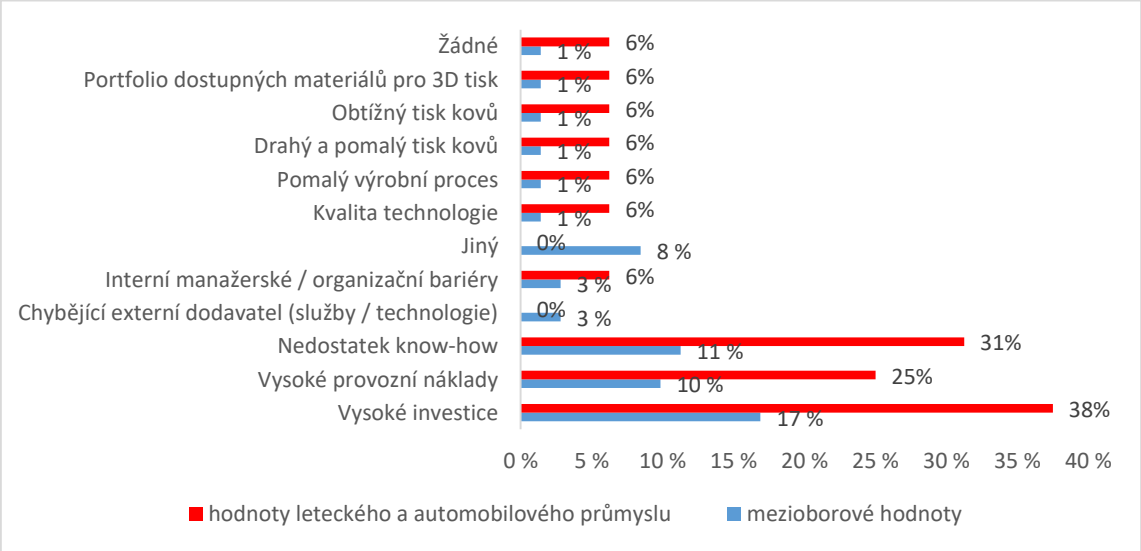
Graf 16: Míra ovlivnění obchodního modelu při využitím 3D tisku



Zdroj: autorka

Je důležité se podívat také na situaci před zavedením technologie do firmy. Mnoho firem se potýkalo s překážkami, které bránily v hladké implementaci technologie 3D tisku. Pokud bude trh žádat produkty, ať se jedná o prototypy nebo finální produkty, tak bude potřeba zajistit prohloubení odborných znalostí. Dalším problémem jsou finance. Mnoho firem vidí stávající investiční, ale i provozní náklady jako vysoké a omezující. Tyto zmíněné bariéry se neliší od překážek, se kterými se setkaly firmy z jiných průmyslových oblastí.

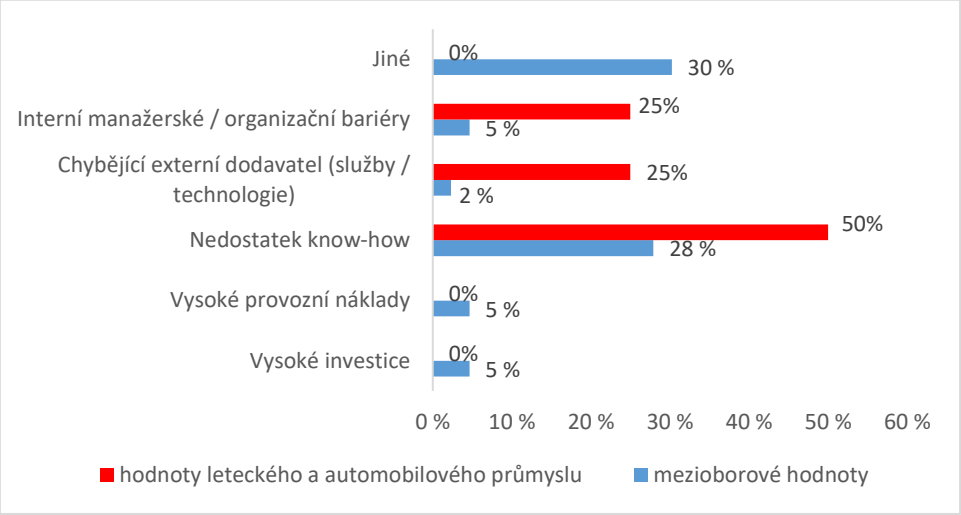
Graf 17: Hlavní bariéry při zavádění 3D tisku - ČR



Zdroj: autorka

Předchozí poznatky se týkaly firem, které řešily bariéry v minulosti a jaké jsou problémy nyní za běžného chodu. Zvláště je však potřeba se věnovat firmám, které se potýkají s překážkami při současném uvažování nad začleněním aditivní výroby do svých procesů. Také zde se nejčastěji setkáme s odpovědí, že je potřeba vytvořit určitou osvětu mezi firmami. Řešením jsou konference a přednášky, které by byly formou diskuze a ukázkových případových studií. Takováto praktická cvičení by firmám osvětlila jejich problémy a ukázala by jim, že jejich situace nemusí být neřešitelná. Většina důvodů pod odpovědí „jiné“ byly odpovědi typu *„pro náš podnik se technologie nehodí“* nebo *„není možnost tisku našeho finálního produktu“*.

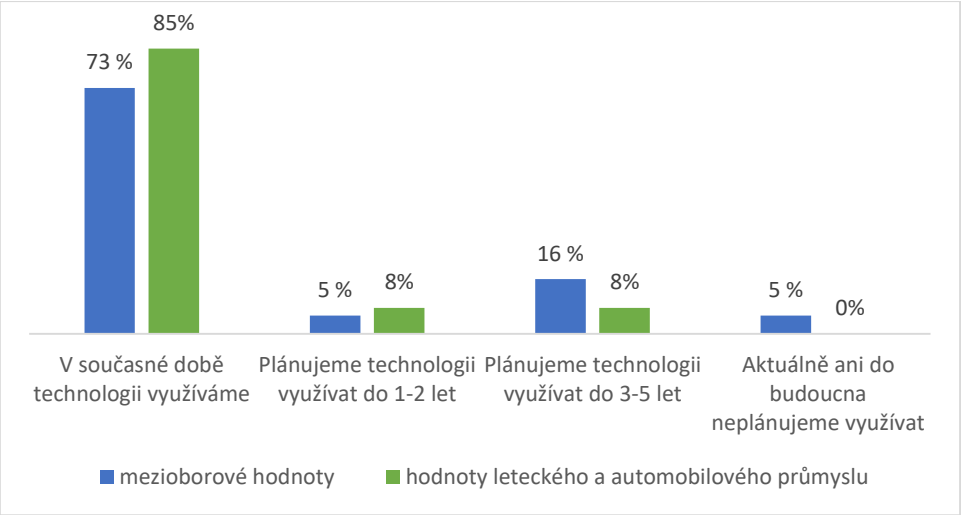
Graf 18: Hlavní bariéry pro zavedení 3D tisku - ČR



Zdroj: autorka

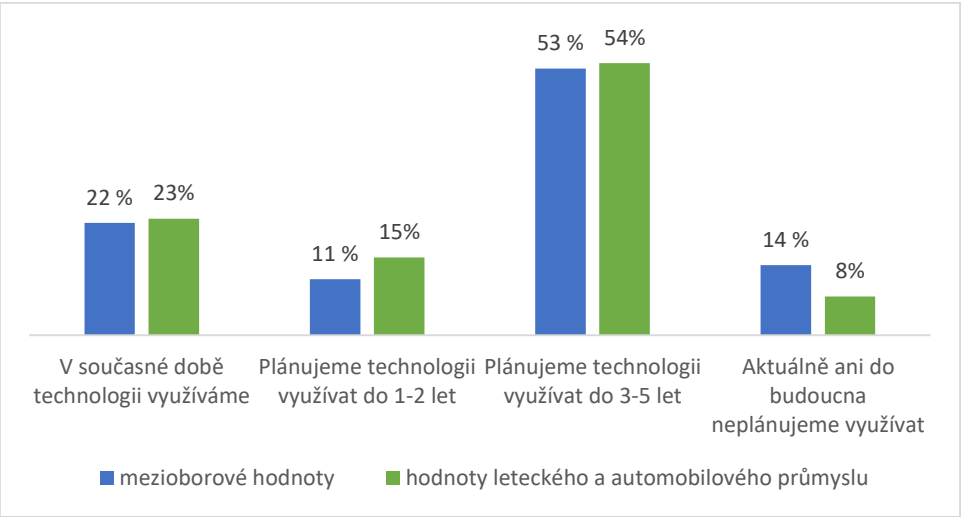
Za současných podmínek je hlavním a primárním využitím 3D tisku prototypování. V prototypování je důležitá rychlost a dynamika možné změny, kdy konstruktér má možnost tisku většího počtu prototypů, které je možné obměňovat/vylepšovat podle zjištěných poznatků. Není výjimkou (u 85 % firem), že se ve firmě nachází 3D tiskárna, která slouží pouze k tisku prototypů. Pro výrobu finálních výrobků je menší využití – v současnosti 23 % firem. V horizontu 5 let však firmy v automobilovém a leteckém průmyslu očekávají změny. Touto dobou plánuje každá firma k prototypování používat 3D tiskárny a 92 % všech firem aktivně využívat 3D tisk pro výrobu finálních produktů. Zkoumaná odvětví průmyslu patří k odvětvím, která nejvíce využívají 3D tisk k výrobě finálních produktů.

Graf 19: Využití 3D tisku pro účely výzkumu a vývoje (výroba prototypů) - ČR



Zdroj: autorka

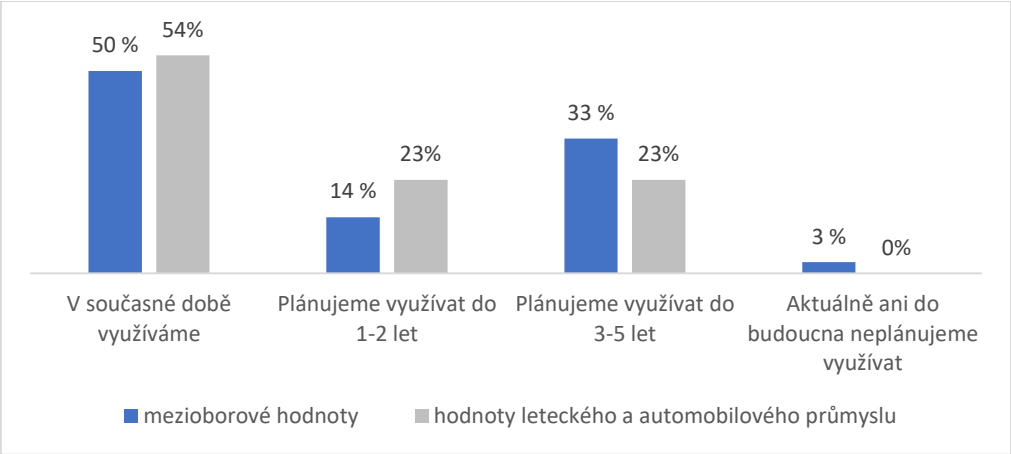
Graf 20: Využití technologie pro účely výroby finálních produktů - ČR



Zdroj: autorka

České podniky v současnosti nejvíce využívají vlastní 3D tiskárny a zařízení - každá druhá firma má své zařízení na 3D tisk. Ne jinak je tomu u podniků z leteckého a automobilového průmyslu – zde je podíl větší, 54 %. V horizontu dalších 5 let se má podle odpovědí respondentů zvýšit počet vlastních zařízení. Ve zkoumaných oblastech dokonce nebude žádná firma, která by nevlastnila 3D tiskárnu.

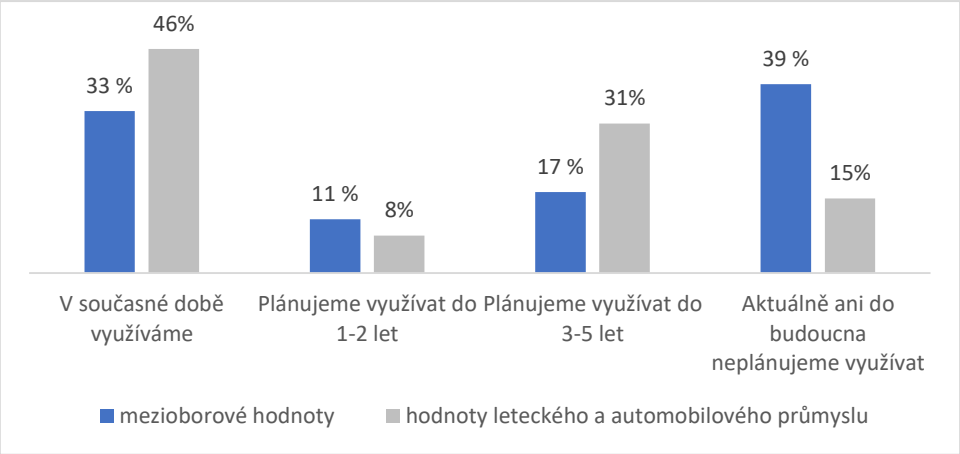
Graf 21: Způsob využití 3D tisku vlastní 3D tiskárnou - ČR



Zdroj: autorka

Dalším řešením, jak lze vytištěné výrobky poskytovat/využívat, je jejich přímý nákup. Automobilový a letecký průmysl je oproti mezioborovému srovnání značně optimističtější k tomuto způsobu využití. Současně nakupuje hotové 3D tištěné výrobky téměř polovina firem a v delším časovém horizontu (za 5 let) bude o dalších 39 % firem více.

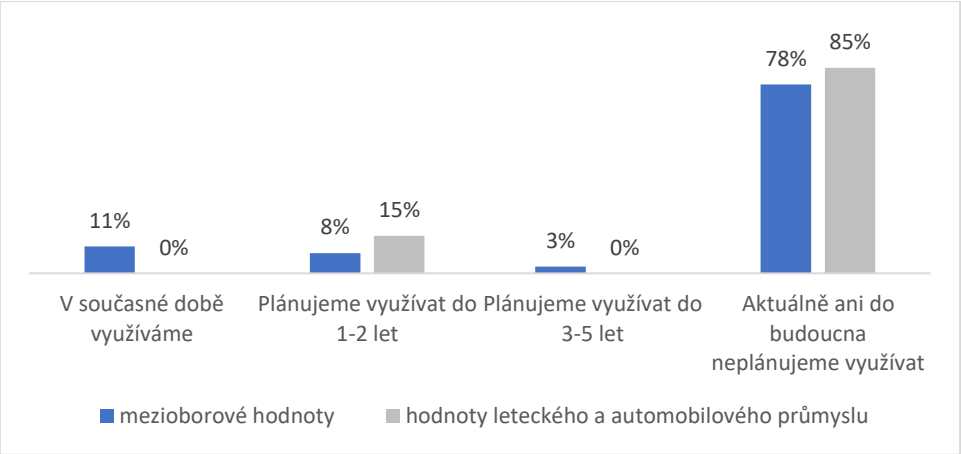
Graf 22: Způsob využití 3D tisku nákupem hotových 3D výrobků - ČR



Zdroj: autorka

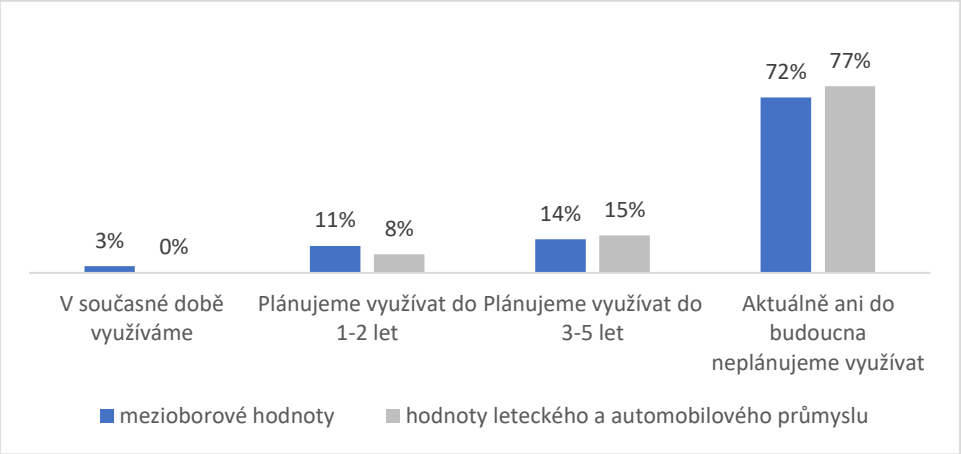
Firmy nechtějí předávat své know-how a informace o zákaznících třetím osobám. Proto pro ně cesta prostřednictvím využití logistických poskytovatelů není v současnosti, ale ani v nejbližších 5 letech, reálná. Respondenti stejně tak neuvažují o možnosti využití výrobní kapacity třetích stran. Tento způsob využití 3D tisku nemá v plánu až 77 % firem.

Graf 23: Způsob využití 3D tisku prostřednictvím logistického poskytovatele - ČR



Zdroj: autorka

Graf 24: Způsob využití 3D tisku pronájmem výrobní kapacity třetí strany - ČR

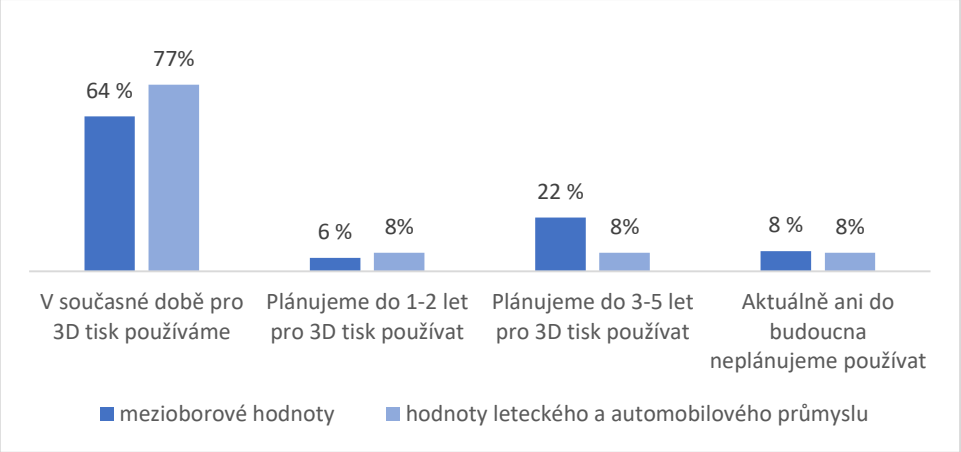


Zdroj: autorka

Velkou zkoumanou oblastí jsou materiály. Současným nejvíce používaným materiálem jsou polymery/plasty, ať už se jedná o používání ve světě (53 %), ale i na českém trhu (64 %). V českém leteckém a automobilovém průmyslu dokonce 3 firmy ze 4 tisknou své výrobky z polymerů. Pouhých 8 % firem neplánuje tisk z plastů a polymerů, což souhlasí s procentem celkového průmyslového trhu.

Všechny firmy, které k prototypování využívají 3D tisk, mají modely tištěné z plastů. V 70 % firem z automobilového a leteckého průmyslu se jedná o tisk na vlastních tiskárnách, u zbylých 30 % nakupují hotové 3D modely od dodavatelů.

Graf 25: Používání materiálu – polymery/plasty, ČR

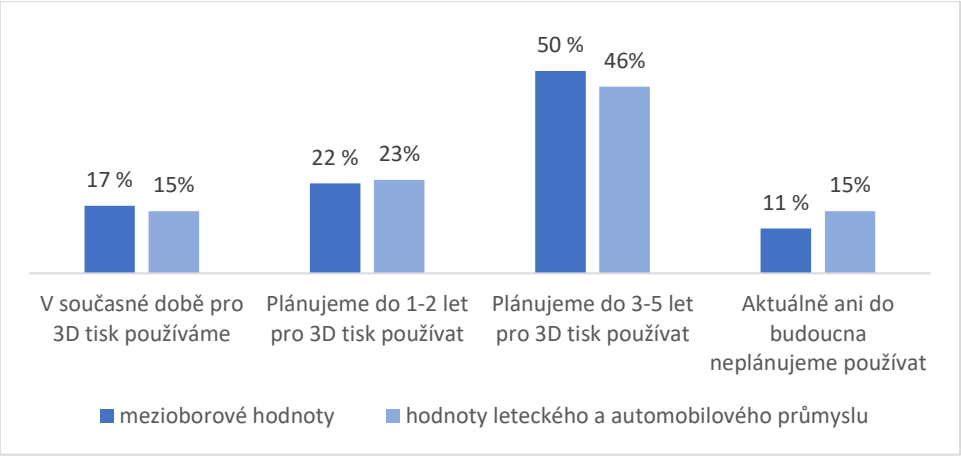


Zdroj: autorka

„Kovové materiály jsou drahé a tisk je velice pracný." Odpověděl na otázku, jaké vidí bariéry v technologii 3D tisku, jeden z respondentů. Oproti tomu je pro něj tisk z plastů levný a snadný. A zřejmě i tyto dva poznatky budou důvodem, proč současné využití kovů je v leteckém a automobilovém průmyslu 15 %, 2 % pod hodnotou celého průmyslu (dále kovy nejvíce využívají farmaceutický průmysl a výroba strojů a zařízení). Všechny firmy, které 3D tisk z kovů využívají nebo mají v plánu jej využívat, v současnosti tisknou z plastů. Dá se tedy předpokládat, že firmy začínají právě s plasty kvůli jejich nižší ceně, vhodnosti, ale i lepší obslužnosti, a dále přechází na další materiály jako jsou kovy nebo keramika. Do dvou let chce tisknout z kovů 23 % respondentů a do 5 let 46 % z nich. Potenciál kovů tak roste nejen ve světě, ale i v České republice.

Jeden z respondentů uvedl, že pro jejich firmu a činnost podnikání, není 3D tisk vhodnou technologií z toho důvodu, že ocel, která je pro ně stěžejním výrobním materiálem, je pro tištění výrobků nedostatečně dostupná a velice drahá. Stejný problém mají další dva výrobci – výrobce ocelových válcových profilů do PVC oken a ocelových kontejnerů. Pokud některá z firem tvrdí, že není technologie vhodná pro jejich činnost podnikání, mnohdy to může souviset s chybějící znalostí možných způsobů využití, ale i s neexistencí potřebného či vhodného materiálu na trhu.

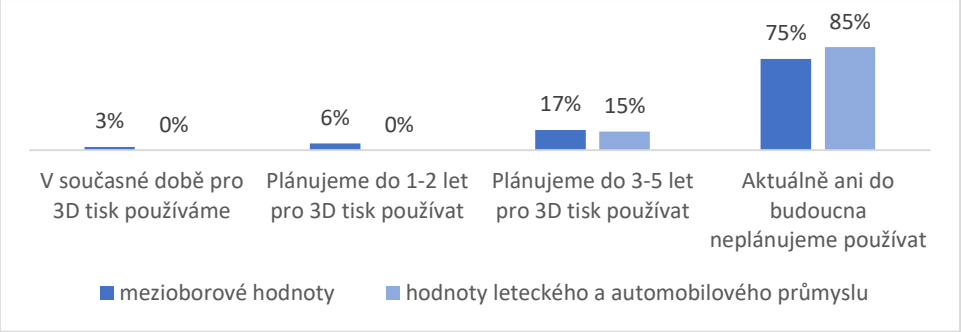
Graf 26: Používání materiálu – kovy, ČR



Zdroj: autorka

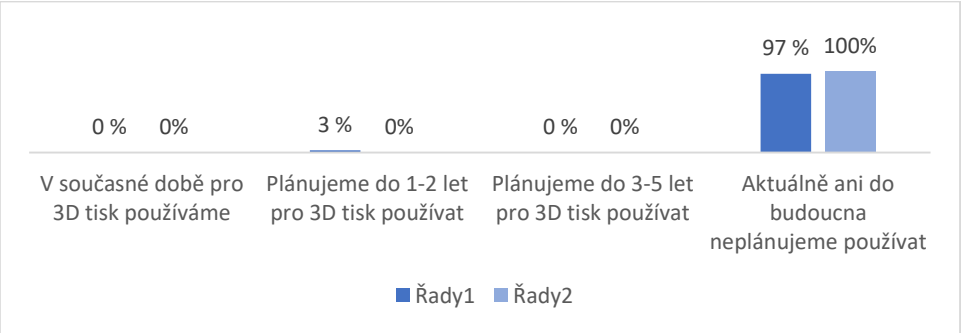
Materiály jako jsou keramika nebo dřevo jsou pro příštích pár let pro české podniky jistou neznámou a o jejich využití nemají zatím zájem. Jedná se o materiály značně specifické, které své místo na trhu ještě hledají. Na základě odpovědí respondentů lze tvrdit, že takovýchto materiálů využívají firmy, které 3D tisk neberou jen jako doplňkovou činnost v podniku, ale mají s ním dlouhodobější zkušenosti (např. tisk na vlastních tiskárnách, více strojů, tisk plastů či kovů apod.).

Graf 27: Používání materiálu – keramika, ČR



Zdroj: autorka

Graf 28: Používání materiálu – dřevo, ČR



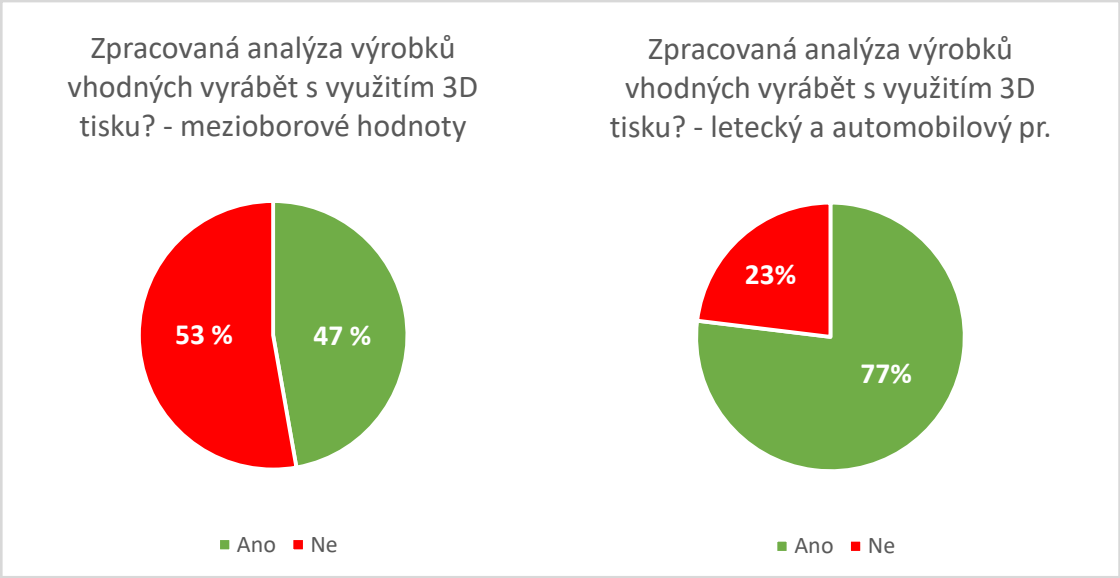
Zdroj: autorka

Mnohdy zástupci firem zhodnocují vhodnost technologie na základě svých vnitřních přesvědčeních a nadšení. O tom vypovídají i výsledky poslední části výzkumu, která se

zabývala problematikou zpracování analýzy výrobků, které jsou pro firmu vhodné vyrábět za použití 3D tisku.

Výsledky výzkumu celého průmyslu jsou poněkud nižší než ty z leteckého a automobilového průmyslu, kde více jak tři čtvrtiny odpovídajících firem analýzu zpracovanou má. Graf 16 poukazoval na míru, do jaké si firmy myslí, že zavedení 3D tisku ovlivnilo nebo ovlivní jejich obchodní model. Firmy, které označily vliv 3D tisku jako značný nebo alespoň částečný mají v 8 z 10 případů zpracovanou analýzu výrobků vhodných pro 3D tisk.

Graf 29: Zpracována analýza výrobků vhodných pro 3D tisk - ČR



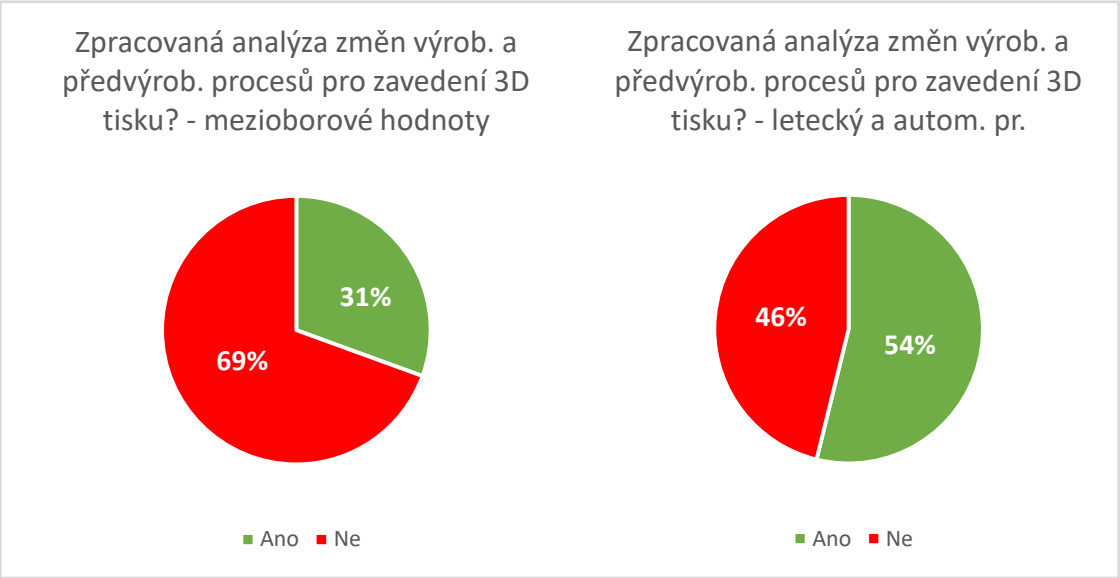
Zdroj: autorka

Potřeba mít zpracovanou analýzu změn výrobních a předvýrobních procesů pro zavedení 3D tisku není v automobilovém a leteckém průmyslu ani na celém průmyslovém trhu tak častá jako analýza výrobků. Z českých průmyslových podniků mají firmy uvažující nebo využívající 3D tisk tuto analýzu zpracovanou v 31 %, v automobilovém a leteckém průmyslu každá druhá firma.

U 6 z 10 firem, které předpokládají vliv na jejich obchodní model, máme již zpracovanou analýzu výrobních a předvýrobních procesů.

Firmy, které nemají zpracovanou analýzu výrobků a výrobních a předvýrobních procesů ve většině případů nemají zakoupenou vlastní 3D tiskárnu, ale chtějí si ji pořídit do 2 let. Zatím nakupují hotové tištěné 3D výrobky pro účely výzkumu a vývoje, nebo technologii zatím nijak nevyužívají, ale plánují ji využívat v období 2 let (zakoupením vlastního zařízení i nákupem hotových 3D výrobků).

Graf 30: Zpracována analýza změn výrobních a předvýrobních procesů pro zavedení 3D



tisku - ČR

Zdroj: autorka

4.2.2 Případová studie

Při zkoumání daného tématu bylo zjištěno, že je k dispozici veřejně velice málo případových studií. Případové studie jsou přitom dobrým zdrojem teoretických informací, ale i praktických zkušeností opravdových lidí a firem, které mohou pomoci dalším subjektům při rozhodování. Proto byla do praktické části práce zahrnuta případové studie popisující minulost, současnost a budoucnost 3D tisku v jedné nejmenované české firmě. Firma vyrábí komponenty, ale i konečné výrobky, do leteckého i automobilového průmyslu, kde je významným hráčem na obou trzích. S malým přesahem vyrábí také do spotřebního průmyslu.

První část případové studie se zabývá počátky technologie 3D tisku ve firmě, co vedlo firmu k zavedení technologie 3D tisku, kdo se o to zasloužil, jaké zařízení bylo zakoupené a zda dodavatelská firma v začátcích pomohla firmě s technologií, k jakému účelu a využití bylo zařízení zakoupeno a jaké byly potencionální přínosy. Tato část je zaměřená spíše na popis skutečností, které se v minulosti odehrály ve firmě.

Část, která popisuje současný stav technologie 3D tisku ve firmě, je již obsáhlejší. Věnuje se současnému využití, používaným zařízením, materiálům a jejich zásobám, vztahu s dodavatelem nebo současným překážkám.

Poslední část z pohledu časové linie je o potenciálním využití technologie, jaká zařízení by bylo ideální pro další vývoj a období pořídit, jestli je možné, že bude narůstat vliv a počet logistických poskytovatelů, jaká je možnost, že se bude měnit obchodní model firmy nebo jaké je možno očekávat bariéry v budoucnosti.

Na závěr se případová studie zmiňuje o sdílení informací a spolupráci mezi subjekty na trhu.

V úvodu je dobré zmínit, co vlastně pro dotazovanou firmu znamená Průmysl 4.0. Obecně se spíše jedná o lobby, kdy se společnost někam něco snaží protlačit. Avšak na druhou stranu je v každé takovéto specializace (i v 3D tisku) potenciál, který ve výsledku povede k tvorbě přesné definice konkretizující danou problematiku. Firma přistupuje k novým technologiím ze svého pohledu, nedá se říci přímo bez konceptu, avšak se nezaměřuje na danou problematiku zeširoka – *„Jako by člověk dělal na svém, nechtěl si půjčovat."* Technologie a jejich zavádění řídí v současné době spíše specialisté oddělení než vedení firmy, nesoustředí se na průzkumy, ale na praktickou a ekonomickou stránku řešeného problému.

1. Minulost

Prvotním impulsem byl potenciál využití na trhu automobilového průmyslu a využití pro vlastní vývoj. Zároveň nebyly pro firmu tištěné výrobky novinkou. Již dříve si nechávala některé věci tisknout, tudíž cítila, co trh chce - *„I konstruktér, který když mu věc vytisknete a on si ji potom může vzít do ruky, tak s vámi okamžitě chce jinak jednat. Kdežto v počítači – malá věc, velká věc. Zvlášť na manažerských pozicích někdy nemají představu. Ti to opravdu potřebují mít v ruce. To se dá označit jak prvotní impuls."* Nadšení a znalost trhu skupinou zaměstnanců společně s dlouhodobým uvažováním o pořízení zařízení vedlo k tomu, že téměř po 4 letech firma zakoupila v roce 2007 jednu z prvních tiskáren na českém trhu. *„Rozhodnutí využít 3D tisk byla vzájemná debata, nadšení, ale určitě ne bez rozmyslu."*

Využití bylo již od počátku zavedení technologie na velmi dobré úrovni, zejména pro prototyping a interní potřeby. Vyráběly se velké věci, které se lepily dohromady z jednotlivých vytištěných částí.

Prvním **zařízením** nebyla úplně nejmenší tiskárna, která byla v té době na trhu (tzn. stolní tiskárna), ale tiskárna FDM technologie menších rozměrů do kanceláře od brněnské firmy MCAE Systems, s.r.o. Pořizovací cena stroje v té době byla cca na 700 – 800 tisíc Kč. Překážka spočívala spíše v umístění tiskárny v prostorách firmy. Nakonec byla v archivu, kde bylo málo místa pro samotné zařízení, natož pro další doplňující prostředky jako je pračka na vypírání podpůrného materiálu nebo zázemí pro dokončovací úpravy. Tehdejší jednatel **dodavatelské firmy** MCAE Systems, s.r.o. byl aktivní a do firmy jezdil. Snažil se nabídnout to nejlepší. **Insight visity** nebo **případové studie** dodavatelská firma neumožňovala, avšak svému zákazníku umožnila cokoliv si vytisknout, cokoliv si zrealizovat.

Při zavedení technologie firma nevyužila žádného externího technologa, kterého by si musela najmout krátkodobě, či dlouhodobě, a tak zavedení **personálně** zvládla vlastními silami. Úvodní školení na jednoduchou tiskárnu nebylo nijak obsahově náročné. *„Musíte vědět, jak získat model, jak ho poslat na tiskárnu, a pak získávat zkušenosti. Není to jen o tom, to tam poslat a máte hotovo."* V první fázi pracoval s technologií jeden člověk,

který ji měl na starosti se vším všudy. Po nějaké době k sobě dostal nového kolegu (původně z CNC programování) a jednoho dalšího člověka kvůli zastupitelnosti.

Hlavní **přínosy** v počátcích byly následující:

- Jedinečnost. Nejen to, že málokdo měl v té době 3D tiskárnu (FDM technologii měli dále v ŠKODA AUTO), ale také tisk předmětů a výrobků, které nikdo jiný nevyráběl (zejména velké slepované objekty). *„Přínos byl jednoznačný. Chtěli po nás nejen ten díl, ale i konstrukci, protože jsme jim to dodali komplet a oni nemuseli řešit žádné svoje tištění, začišťování a nastříkání.“*
- Nižší náklady. Při vývoji prototypů je potřeba mnohdy několikrát prototyp předělat a vyrobit. Což byla pro firmu mnohdy opravdu drahá záležitost. Kdežto při tisku je lze často i ručně doladit nebo předělat v softwaru a dát opět vytisknout.
- Méně času na přípravu zařízení. Čas na přípravu tisku, který se postupem času a změnami technologie, nijak zásadně nemění, je u malých předmětů i se spuštěním stroje do 15 minut. U větších objektů jde o přípravu v řádu hodin.
- Kratší doba samotného tisku oproti konvenčním metodám výroby. Samotný tisk sice zabírá největší procento celkové výroby, avšak po většinu času není potřeba člověka na obsluhu.

Problém byl však s kvantifikací a dokazováním takovýchto přínosů, proto nejsou zřetelné a jasné případové studie, které by ho dokázaly objasnit. Avšak praktické přínosy byly patrné. Na zařízeních se tiskly výrobky, které bylo ještě před konstrukcí potřebné odzkoušet. Například při zkoušení výklopného ložiska, které mělo být teprve dovezeno z USA, nebo se prováděly zkušební testy kinematiky příďového podvozku. Řadu věcí si společnost vymyslela sama a je výhradním dodavatelem určitých výrobků. Technologie tak skýtá možnost navrhnout a vyrobit jedinečný výrobek, který díky své exkluzivitě na trhu bude mít větší přidanou hodnotu (v případě, že po něm bude poptávka).

Jedna z hlavních **překážek**, se kterou se firma na počátku potýkala, bylo zrychlení jedné části procesu v rámci celku. Problém se netýká pouze 3D tisku, ale jakékoliv změny či zavedení nové technologie, která zrychlí jednu část, a pokud firemní procesy nejsou připraveny na změnu, tak zlepšení ztrácí smysl. Snaha dodavatelů by tedy neměla být jen v prodeji a poskytnutí dané technologie do firmy, ale její celkové začlenění do procesů.

2. <u>Současnost</u>

V současné době firmu netrápí nedostatek zakázek, nové zákazníky ani aktivně nevyhledává. Problém je spíš v jednostranném zaměření zakázek, které jsou převážně z automobilového průmyslu. Případné změny (požadavky trhu, certifikace apod.) by tak pro firmu mohly znamenat problém.

To, že firma používá technologii 3D tisku, je pro ni mnohdy přínosné u výběrových řízení na dodávky jejího hlavního produktového portfolia. Zároveň je 3D tisk technologií, kterou dnešní zákazníci požadují, a jindy jsou rádi, když jim je nabídnut vytištěný první kus na ukázku.

V současnosti firma **využívá** 3D tisk nejen pro prototyping a vlastní interní potřeby, ale také pro výrobu přípravků (sestavovací, dočasné) a na šablony. Výhoda je opět v rychlosti tisku. Firma potřebovala vyrobit přípravek a konvenčním způsobem by doba výroby byla 3 týdny. Kdežto při využití 3D tiskárny ho v pátek nakonstruovala, přes víkend vytiskla a v pondělí bylo možno ho použít. Dalším typem přípravků jsou přípravky ustavovací nebo montážní, kdy například výrobce neví, zda má výrobek sestavit vevnitř nebo venku. Vyzkouší si to a zjistí, co je lepší. V tomto případě se částečně jedná i o prototyping. Pro malosériovou výrobu (jako je například výroba přípravků) je 3D tisk naprosto ideální. Když se přípravek rozbije a je malý, tak ho lze mít druhý den znovu. Kdežto když se vyrábí klasickou metodou, tak je často dražší a kdykoliv se poškodí, vznikne výpadek. Přípravky představují pro firmu velkou část portfolia tištěných výrobků (cca 30 %). Někdy se těžko rozlišuje mezi přípravkem a finálním dílem. Cílem firmy je však zjistit, o co se jedná, protože jedině tak lze nabídnout nejlepší řešení. Dále se 3D tisk využívá k tvorbě prvotního výrobku pro vakuové lití. U prototypingu se za stávajícího stavu jedná z 25 % o čistý prvotní designový prototyping a z 35 % o funkční prototyping. Zbývajících 10 % produkce je výroba finálních výrobků (např. výroba krytů výfuků do motosportu, obecně výrobky krátkodobé spotřeby).

Společnost prosperuje a vlastní 4 **zařízení**:

- Dvě zařízení technologie FDM (Fortus 900mc), která pracují v nepřetržitém provozu a mají prodaných o 20 hodin více, než je vypočítaná kapacita. Rychlost tisku na zařízeních FDM je pomalá. Často se provádí srovnání, zda není rychlejší CNC výroba. CNC výroba je však přísně plánovaná a tiskárny jsou flexibilnější. Přidanou hodnotou FDM technologie jsou mechanické vlastnosti výtisku a při prototypování podobnost s reálným dílem. Objekty vytištěné za pomoci FDM technologie jsou vysoce odolné vůči teplu a lze je tedy například dodatečně tepelně upravit horkovzdušnou pistolí.[17] Oproti tomu laserové sintrování (SLS technologie) neumožňuje dodatečnou úpravu, protože při zahřátí se celý díl zkroutí. Další výhodou FDM technologií je velikost zařízení, ve kterých lze tisknout velké objekty. I když jsou tyto výhody velké, stále je rychlost tisku zásadní.
- Menší zařízení FDM (Fortus 400mc) doplňuje dvě velké tiskárny v případě velkých a naléhavých zakázek a zároveň je v záloze jako rezerva při vykrývání vlastních potřeb. Tato tiskárna je vytížena jen částečně (z 30 % – 50 % své kapacity).
- Posledním zařízením je Polyjet Objet, které má však využití hodně nízké. Vytištěné předměty mají nedostatečné mechanické vlastnosti, a tak se

[17] Tento postup provádí Škoda Auto v interiérech vozů.

nenaplnila očekávání vkládaná do toho zařízení. Výhodou Polyjet Objet tiskárny je částečně probarvený tisk, který však mnoho zákazníků nepožaduje (nebyl ani jednou využit), rychlost tisku, možnost tisku z vícekomponentních materiálů (například tisk kartáčku na zuby, u kterého tiskárna umí vytisknout měkkou a tvrdou část zároveň), tenká natištěná vrstva (výška 0,13 mm). Takto vytištěný objekt má již opravdu jemný vzor tisku a kvalitní hladký povrch. Zde ale firma naráží opět na problém ve svém zaměření, kdy v automobilovém a leteckém průmyslu jde v první fázi vývoje o odzkoušení daného výrobku a větší hrubost povrchu nepředstavuje pro takovýto účel problém. U designových a pohledových modelů ani tato technologie nestačí a musí se model ručně upravit. FDM ani Polyjet Objet nedokáží vytisknout dokonale transparentní model, i když se použije transparentní vstupní materiál. Při nanášení vláken vznikají mikrotrhlinky, čímž se transparentnost díky tisícině lomu světla vytrácí. Takovýmto způsobem lze vyrobit např. mlhovku, ale v automobilovém průmyslu se dodnes mlhovky frézují z plexiskla. Polyjet Objet se tak pro tento účel neujala. Firma sama uvažuje do budoucna o jiném využití technologie Polyjet Objet. Zařízení je nicméně vhodné k tisku prvotního modelu pro vaukové lití, a to právě díky hladkému povrchu a menším nárokům na začišťování. U takto vytištěného modelu nevadí ani jeho horší mechanické vlastnosti.

Dodavatel a údržba zařízení hrají v dnešním době v 3D tisku velkou roli. Pokud se nevyužívá servis dodavatele, tak v případě poruchy si firma sama objednává náhradní díl. Nikdo ji však nezaručí, že onen údajný díl byl správně určen jako vadný. *„Není to jako klasický vztah, kdy občanský zákoník udává dvouletou záruční lhůtu.“* Na vrácení má kupující 3 měsíce. Náklady na údržbu na Fortus 900mc je přibližně 600 - 700 tisíc Kč na rok včetně upgradů softwaru. Reakční doba dodavatele MCAE Systems, s.r.o. je v současné době 1 den, u komplikovanějších problémů může dojít k odvozu zařízení. U větších zařízení jako je Fortus 900mc nebo Fortus 400mc je výpadek maximálně v několika dnech. Důležitá je běžná údržba zařízení i ze strany firmy a jejich zaměstnanců. Například vstřikovací trysky se mění stále, musí se zaznamenávat, jak dlouho byly v provozu, dále je důležité čištění a vysávání zařízení.

Mezi současnými plastovými **materiály** firma využívá ABS-M30, PC (polykarbonát), ULTEM 9085, PC-ABS, ASA, ABSi, Nylon a ABS-like.

- ABS-M30 je typ ABS materiálu. Je trochu tvrdší a pevnější než ABS (Stratasys nabízí 6 základních druhů ABS materiálů). Obvykle se používá v černé barvě (pro automobilový průmysl), nebo ve světlé barvě (pro letecký průmysl a ostatní průmysly).
- PC je používán na tisk přípravků. Snadno se s ním tiskne, pracuje, opracovává se, je pevný a tuhý, je pro tento účel ideální. Pro některé zákazníky se tiskne výhradně z tohoto materiálu. Používá se také pro interní potřeby. PC se používá na vnější komponenty letadla kvůli jeho vysoké

odolnosti vůči nízkým teplotám až do -50°C (ABS vydrží do -30°C, poté křehne a i při malém mechanickém namáhání praská).

- ULTEM 9085 se používá pro vnější komponenty letadla (interiér pilotní kabiny), protože má leteckou certifikaci podle FAR[18] na nehořlavost a samozhášivost, je ve zlatavé a černé barvě. Nevýhodou ULTEM je problémová povrchová úprava a zastřikování.
- PC-ABS je směsný materiál PC a ABS. Má jinou rázovou houževnatost a někteří zákazníci požadují vyloženě tento materiál.

ABS-M30, PC i PC-ABS mají vyplavitelné podpůrné materiály, u ULTEM se podpůrné materiály musí mechanicky odstraňovat.

- ASA je materiál, který má nahradit ABS, protože je více UV stabilní a umožňuje tištění řidší konstrukce vláken. ASA je materiál matný (stejně jako PC-ABS), tudíž vzniklý objekt vypadá oproti ABS hladší (objekty z ABS jsou lesklé). Mechanické vlastnosti jsou s ABS srovnatelné. Tištěné objekty nemusí být vevnitř plně homogenní, ale mohou mít žebrování. Tím pádem se zkracuje doba samotného tisku.
- ABSi není moc používaným materiálem. Firma ho má na svých skladech v čiré červené, oranžové, bílé a čistě čiré barvě. Materiál je sice čirý, ale výtisk je jen průsvitný.
- Nylon je specifickým druhem materiálu, který při zvlhnutí částečně získává svou pružnost a pevnost. Objekt se po vytištění namáčí do vody a plast získává lepší vlastnosti. Skladování nylonu je problematické kvůli jeho vysoké náchylnosti na vlhkost.
- Veškeré výše zmíněné materiály se používají pro tisk na FDM tiskárnách. Pro tisk na Polyjet Objet se používá materiál ABS-like, který je tzv. přímým materiálem. Dále je součástí tisku tzv. digitální materiál, který je výsledkem kombinace dvou až tří fotopolymerů ve specifických koncentracích a mikrostrukturách za účelem vytvoření kompozitního materiálu s hybridními vlastnostmi. Firma Statasys nabízí širokou škálu kombinací materiálů (včetně gumy).

Slabou stránkou polymerových materiálů je jejich recyklovatelnost a ekologická zátěž. U prototypingu se prototyp vytiskne a následně vyhodí. Stejně jako podpůrné materiály se po vytisknutí vyhodí do tříděného odpadu, nijak se však nerecyklují. Problémem se může jevit i ve vypouštění vody z praček po vypírání podpůrných konstrukcí. Výrobce doporučuje snížení koncentrace látek v odpadní vodě naředěním vodou. Opakem je konvenční výroba nebo výroba z kovových materiálů, kdy je velká spotřeba energií přímo při samotné výrobě, ale nevzniká zátěž z odpadu.

Zásoby materiálu pro 3D tisk je potřebné, jako i u jiných materiálů, řídit. Sehnat materiály problém není, pokud je odebírán přímo od dodavatele. Samozřejmě je možnost

[18] Federal Aviation Regulation

použít jiné náhradní materiály od dalších výrobců, ale materiály od dodavatele mají materiálové listy a zaručené vlastnosti. Promítnutí cen materiálů do cen výrobků většina zákazníků akceptuje. Průměrná dodací lhůta jsou 3 dny v případě, že má dodavatel materiál na skladě. Avšak občas dodavatel není schopen zaručit dodávku materiálu včas (nemá ho na skladě) a je nutné zvolit jiného dodavatele. Zásoby pro 3D tisk na skladě nejsou u firmy nikdy ne nižší než pro potřebu na 3 až 5 dnů, a někdy je materiálu naskladněn na 2 až 3 měsíce tisku. Zaměstnanci firmy se při objednávání materiálů zohledňují plánované zakázky a podle toho poté koncipují objednávku, ale zároveň říkají, že *„nakupovaného materiálu je víc, než je výhled na zakázky“*. Je potřebné rozlišovat a sledovat skladovatelnost jednotlivých materiálů. U materiálů pro FDM technologii se skladovatelností není problém. U materiálů pro Polyjet Objet je to velice problematické. Skladovatelnost těchto materiálu je velice omezená a někdy vyprší rychle. *„Jak prochází řetězcem, tak od dodavatele jde nějakou dobu, a potom má životnost například jen 3 měsíce. Strašně obtížně se udržuje, protože nevíte, jestli ho spotřebujete, nebo nespotřebujete.“*

Dodání zákazníkovi a dodací lhůta je od několika hodin po měsíce. Při malých výtiscích jde řádově o hodiny. V případě volného zařízení se tisk během dne zadá a odpoledne je výtisk připraven k vyzvednutí nebo odeslání. U větších objektů, kde samotný tisk jednoho výrobku trvá v řádu 70 až 80 hodin, zde se dodací lhůta pohybuje od 7 do 14 dnů. Zajímavé je poukázat na pojem rapid prototyping. *„Když máte vyprodanou kapacitu na měsíc dopředu a někdo vám zavolá, že něco chce, a vy mu řeknete, že to můžete udělat za měsíc, tak pojem rapid prototyping tak úplně nenaplňuje svůj význam.“*

Personálního zajištění technologie je nedostatečné. V současnosti se o 4 tiskárny stará jeden člověk, který pracuje na 120 % a je přetížený. Mimo jiné je jeho pracovní náplní zajištění obchodní činnosti. Pomáhá mu jeho vedoucí, který se s ním střídá u některých činností (např. u obsluhy tiskárny). Začišťovací práce, stříkání, dokončování dílů zastává další zaměstnanec. Důležité je si uvědomit, že nejde jenom o to mít digitální 3D model, který se pošle z kanceláře na tiskárnu. *„Takovýto přístup by způsoboval potíže. Je dobré mít minimálně jednoho člověka, který se zabývá 3D tiskem alespoň nějakým procentem, například 30 %, … ale spíš až majoritní část času jednoho člověka. Jestli on se tím bude zabývat jedenkrát za týden, nemyslím si, že to bude fungovat.“* Člověk je pro správný chod fungování celé technologie 3D tisku jednoznačně nepostradatelným prvkem a rozhodně technologie v tomto případě člověka nenahradí.

Náklady jsou v porovnání se zahraničním trhem více méně totožné. Materiálové náklady nebo náklady na pořízení zařízení jsou v rámci malého mezinárodního trhu velice podobné. O něco nižší jsou produkční náklady, které jsou ovlivněny nižšími náklady na dokončovací práce, které dělá člověk. Oproti zahraničí se tak cena (náklady) liší právě díky nižším mzdovým nákladům.

Bariéry při využívání 3D tisku, se kterým se lze v dnešní době setkat, jsou:

- Lidé. K tomu, aby technologie správně ve firmě fungovala, tak je potřebné mít k dispozici lidi (zaměstnanci i dodavatel), kteří se snaží využívat potenciál technologií na maximum, zkoušet je a posouvat je dál.
- Rychlost tisku (viz výše zmíněno u zařízení FDM technologie).

Naopak problémem nejsou certifikace. Certifikované jsou již nakupované a dále používané materiály (viz materiály). *„Žádné potíže s certifikací nemáme. My si to certifikujeme sami, musíme splnit podmínky, jejichž splnění musíme doložit. A protože máme ony materiálové specifikace, tak to můžeme udělat."* A pro tisk prototypů není certifikace zásadní. *„Pro nás je to prototyp, kdybychom to udělali hořlavý, tak je to naše věc a musíme to uvést … Na první vzduchové potrubí jsme používali ABS, abychom si to odzkoušeli. Zjistili jsem, že ABS horší. Na PC jsme si tedy udělali vlastní zkoušky nehořlavosti, abychom věděli, jak to je. Zjistili jsme, že vůči parametrům ULTEMu je jen kousíček pod ním. Ten přirozeně zhasne, odkapávají jen kapičky. Máme tedy jistotu, že do letadla dáváme to, co nehoří."* Doposud nepředstavuje překážku ani logistika a vzdálenost mezi výrobcem a zákazníkem. Jinak tomu může být však v budoucnosti u malosériové výroby. V případě, že technologie půjdou moderním směrem (ceny půjdou dolů a technologie se bude dostávat do portfolia jednodušších dílů), tak i logistika do toho bude vstupovat. Firmy ale zatím nechtějí objednávat v zahraničí, raději v České republice. Vliv může mít i samotná domluva a přímá vazba, nejen vzdálenost.

3. Budoucnost

Strategická rozhodnutí o jedné technologii jdou ruku v ruce s rozhodováním o jiných strategiích a obecnými strategickými cíli. A tak se budoucí postavení a úloha 3D tisku ve firmě odvíjí od strategie celé společnosti, ale i jiných technologií. Avšak firma věří ve větší využití svých zařízení a nalezení nových způsobů a míst, kde by se dala technologie uplatit. S růstem využití porostou i nároky na obsluhu a počet tiskáren. Ideální by tak bylo rozšířit oddělení o další zařízení a nového člověka (zejména pro začišťování výrobků a modelů).

Využití by bylo podobné jako doposud (prototyping, interní potřeby, přípravky) a dále nově pro malosériovou výrobu. 3D tisk v malosériové výrobě má určitě smysl pro určité výrobce a výrobky. Například jeden nejmenovaný mezinárodní výrobce plotrů. Plotry mají velký počet mechanických součástek, pro které by bylo nutné vyrobit formy, avšak raději je firma tiskne na 3D tiskárnách včetně náhradních dílů.

Zařízení, která má firma v plánu pořídit během několika let, jsou dvě. První pramení z aktuálního stavu, kde vedoucí oddělení by si představoval její okamžité zakoupení právě kvůli vysoké současné vytíženosti, počtu zakázek a poptávce na trhu. Jednalo by se o další zařízení Fortus 900mc (FDM technologie) a rozšíření kapacity pro začišťovací práce. Druhé zařízení, které využívá novou technologii tisku, je od Hewlett Packard. Jako Polyjet Objet vytváří kvalitní povrch objektu, navíc u tiskárny od Hewlett Packard mají používané materiály lepší mechanické vlastnosti. FDM je vláknová technologie,

mechanické vlastnosti jsou v různých směrech různé. Kdežto tato nová technologie je prášková a má shodné, téměř identické, mechanické vlastnosti v různých směrech. Pro firmu je tato nová tiskárna velice zajímavá, ale zatím je velice drahá a moc rychlá, tzn. že při této rychlosti spotřebuje velké množství lidské práce. Využití takového zařízení směřuje spíše do sériové výroby a je vhodné pro individualizaci výrobku dle zákazníka. Firma věří, že tiskárna má na současném trhu velký potenciál a má v plánu ji využít. Pro další zvažování o koupi nové technologie je vhodné udělat analýzu, jak umístění, tak i použitelnosti. Dobré je využít znalostí dodavatele, konzultovat s ním, nechat si u něj natisknout vzorky, popř. oslovit zákazníky, kteří by projevili o technologii zájem.

Využití **logistických poskytovatelů** je podle této případové studie spíš dalekou budoucností. Vývoj této myšlenky je poněkud pomalejší. *„Může to dělat kdokoliv, ale musí si vybudovat pracoviště, zajistit stroje, nastřádat know-how a fungovat“*, což ve výsledku může trvat i několik let. Firma Materialise s.r.o. nabízí mimo jiné kapacity svých 3D tiskáren pro rychlé prototypování (s více než 20 materiály a 15 povrchovými úpravami) od technologie laserového sintrování, 3D tisku kovů, FDM, stereolitografii až po tisk s technologií PolyJet. Objednání tisku probíhá přes webový formulář, kde se nahraje soubor s digitálním 3D modelem a výtisk přijde poštou. Výhodou je určitě rychlost, ale nevýhodou je vysoká cena a povrchní vztah dodavatele a zákazníka. Zákazník nemá takovou záruku kvality a vztah, jako když si nechává výrobek tisknout přímo od výrobce. Toto si musí obě strany uvědomit. Při současné úrovni technologií musí zákazník počítat s jistými nedostatky. Pokud mají logističtí poskytovatelé mít významnější úlohu a větší podíl na trhu, bude potřebné se na tyto nedostatky zaměřit a pracovat s nimi.

Co se týká podoby **obchodního modelu**, tak se v průběhu dalších let příliš nezmění. Zástupce firmy nevidí smysl ve výrobě výrobků pro další podniky, které by oni jen předprodávali a byli by tak jejich dealery. Chce zůstat na úrovni blízkého a přímého vztahu se zákazníkem. Využívání kapacit jiných subjektů přichází do úvahy v případě, že vlastní kapacity nestačí k pokrytí některých zakázek nebo v případě výpadků. V takových případech lze již v současnosti využít kapacit dodavatele, ale i univerzit. Samozřejmostí je přijmutí jejich interní ceny, která je ve většině případů vyšší. Mnohdy je lepší mít na dané zakázce menší profit, ale přijmout ji a splnit i za těchto podmínek, než zákazníka ztratit. Dodavatelská firma MCAE Systems, s.r.o. nabízí kapacity na svých zařízeních v Mladé Boleslavi a v současnosti je na trhu největším hráčem s největší kapacitou pokrytí.

Zásadní možné **bariéry**, se kterými se budoucí svět může v této oblasti potýkat, jsou podle představitele zkoumané firmy dvě – legislativní restrikce a nesprávné pochopení technologie. V americké jurisdikci je ukotveno, že se určité technologie nesmí dostat do potencionálně nebezpečných zemí. Za výrobky nese odpovědnost jejich dodavatel i výrobce a poskytovatel technologie, která jsou použita k tvorbě daných výrobků. Jednou z takovýchto technologií je i linuxová distribuce Fedora (její současný nástupce Red Hat), kde kupující musí podepsat dokonce smlouvu, že se výrobky vyrobené za pomocí dané technologie nedostanou do těchto zemí. Evropské právo je trochu jiné, benevolentnější,

a současný evropský seznam potencionálně nebezpečných zemí je odlišný od toho amerického. Seznam se však může změnit. Druhým potencionálním nebezpečím se může jevit fakt, že se technologie 3D tisku ujme někdo, kdo nebude respektovat její limity a technologii nasadí tam, kde to nebude vhodné. Negativní důsledky pak mohou být faktické (poruchy, nehody) nebo psychologické (nedůvěra).

Získávání a sdílení informací

Zvlášť byla zařazena část o sběru dat a získávání informací. V současné situaci lze spolupracovat s dodavateli technologií a materiálů, čerpat z internetu, konferencí a případových studií, rovněž lze využít i znalosti a kapacity vysokých škol.

Spolupráce s dodavatelem je výhodná pro obě strany, protože každý nahlíží na danou situaci z jiného pohledu. Spolupráce s dodavatelem může být na úrovni čistě ústních předávání informací, ale také ve formě případových studií, kdy dodavatel praktické zkušenosti svých zákazníků prezentuje na konferencích a dává je jako příklad k dispozici dalším potencionálním zákazníkům. Zákazník může dodavateli pomoci pochopit trh a technologii a následně se dodavatel může trendům a trhu přizpůsobit a přiblížit. Zákazník na druhou stranu od dodavatele dostává vzorky nových materiálů, výtisků a přístup k informacím o technologiích a materiálech.

Univerzity jsou podle dotázané firmy také dobrým zdrojem informací a jsou vhodné pro spolupráci s výrobním podnikem. Vysoké školy by se však měly do budoucna kromě vzdělávací funkce více zaměřit na výzkum a vývoj. Své poznatky by univerzity pak předávaly dále. Z rozhovoru vyplynulo, že doposud se vývojem spíše zabývá soukromý sektor, které se zaměřují na určitou oblast, kterou posouvají dále.

Kooperace a sdílení informací s konkurencí je o něco složitější. Každá firma má své výrobky a know-how a hrozí jí, že by je mohla při otevřeném sdílení ztratit. Proto je potřebné zvážit, do jaké míry má otevřené sdílení ohledně 3D tisku na komerčním trhu šanci. Pokud se má technologie ubírat správným směrem, je potřebné vzájemné předávání zkušeností mezi firmami. A firmy to tak i dělají, ale jen tak, aby neprozradily informace o svých zákaznících a know-how. Každý, kdo nějakým způsobem využívá 3D tiskárny, je na českém trhu konkurence. A nejedná se pouze o soukromé výrobní podniky, ale také o dodavatele technologií a materiálů.

4.3 ZÁVĚRY PRAKTICKÉ ČÁSTI

Následující kapitola obsahuje srovnání dat z primárního výzkumu (dotazníkové šetření a případová studie) a informací z analýzy sekundárních dat, včetně odpovědí na otázky, které byly stanoveny v podkapitole 4.1.1.

Zkušenosti – odpovědi na otázky 1 a 2

Již Biederman v roce 2013 došel na základě výzkumu k zjištěním, že 30 % firem ve svět, které využívají 3D tisk, je z leteckého (10 %) a automobilového průmyslu (20 %). Při srovnání současného českého a světového průmyslu bylo zjištěno, že český trh má

poněkud větší zkušenost s aditivní výrobou. Zatímco v zahraničí má zkušenost s technologií 24 % firem, tak v České republice 39 % firem. U českého leteckého a automobilového průmyslu dokonce 75 % firem. Potenciál technologie si však některé firmy uvědomují, a tak 12 % světových průmyslových firem a 51 % českých průmyslových firem plánuje v horizontu 5 let technologii 3D tisku využívat (ať prostřednictvím svých zařízení nebo nákupem hotových vytištěných výrobků). Desetina průmyslových firem v České republice neplánuje 3D tisk využívat. Většinou respondenti uváděli jako důvod to, že pro jejich výrobky a činnost není technologie 3D tisku vhodná. Avšak v leteckém a automobilovém průmyslu nebude v roce 2022 firmy, která by 3D tisk nevyužívala.

Konkurence a dodavatelé

Vysoké procento českých firem (mezioborově 42 % a v leteckém a automobilovém průmyslu 44 % firem) nevím o tom, zda jejich konkurence technologii využívá. O něco větší je dokonce počet českých firem, které nemají informace o tom, zda by technologii využívali jejich dodavatelé. Když však porovnáme letecký a automobilový průmysl s celým českým průmyslem a jeho hodnotami, tak zjistíme, že co se konkurenčního prostředí týká, tak je letecký a automobilový průmysl více informovaný (50 % ku 25 %). Jak bylo zmíněno i v případové studii, tak firmy (výrobní podniky z oboru, ale i například dodavatel technologie 3D tisku) mezi sebou spolupracují. Důvodem je zejména správný vývoj a předávání informací, což je v rámci posunování technologií kupředu vítáno.

Přínosy – odpověď na otázku 3

Pro světový průmysl i český (včetně leteckého a automobilového) je největším přínosem již několikrát zmiňovaná individualizace výrobku podle zákaznických potřeb a snížení výrobních nákladů. Oba tyto faktory hrají velkou roli již v současné době v prototypingu a do dalších let budou mít nemenší vliv i na malosériovou výrobu.

Bariéry – odpověď na otázku 4

Nedostatek know-how a nedostatek specialistů, vysoké investice a vysoké provozní náklady jsou bariéry, na které naráží firmy napříč všemi světovými trhy. Nedostatek specialistů je ve světě větším problémem než ČR, a tak se firmy obracejí na služby logistických poskytovatelů.

Účel využití – odpověď na otázku 5

V českých i zahraničních firmách se v současné době technologie nejvíce využívá k navrhování prototypů a modelů. České firmy využívají 3D tisk k prototypingu v 73 %, v případě leteckého a automobilového průmyslu je to 85 % firem. V současnosti má zkušenosti s tiskem finálních výrobků 20 % firem ve světě (29,7 % světový automobilový a letecký průmysl), 22 % firem z českého průmyslu a 23 % z českého leteckého a automobilového průmyslu. Potenciál rozšíření technologie 3D tisku do oblasti výroby produktů a komponent není dalekou budoucností. V rámci výzkumu bylo zjištěno, že 86 % českých firem bude za 5 let využívat technologii pro účely výroby finálních výrobků.

Způsob využití – odpověď na otázku 6 a 7

Firmy mohou užívat technologii 3D tisku nejen tisknutím na vlastních zařízeních. Na trhu jsou možnosti jako je využití služeb logistických poskytovatelů nebo výrobní kapacity třetí strany. Ve světě má necelých 10 % firem vlastní 3D tiskárnu. V českých firmách nalezneme tiskárnu v 50 % z nich, v leteckém a automobilovém průmyslu výskyt zařízení častější (54 % firem). V roce 2022 na českém průmyslové trhu bude málo firem, které by neměly vlastní 3D tiskárnu. V porovnání s globálním trhem jsou české firmy v tomto smýšlení napřed, protože v té samé době bude mít vlastní zařízení 26 % firem celosvětového průmyslového trhu. Nejjednodušší cestou, jak lze přijít do styku s produkty 3D tisku je jejich přímý nákup. Hotové výrobky vytištěné na 3D tiskárnách si pořizuje 33 % firem z celého českého průmyslu a 46 % firem z leteckého a automobilového průmyslu. Výhodou je, že není potřeba technologa nebo zařízení ve firmě. A i tak zákazník čerpá výhody, které mu plynou z využití technologie 3D tisku, jako je rychlost a individualizace produktu podle jeho představ. Firmy nechtějí předávat své know-how a informace o zákaznících třetím osobám. Tento poznatek se potvrdil jak z dotazníkového šetření, tak v rozhovoru, který byl podkladem pro případovou studii. Vztah se zákazníkem může být pro firmu tím nejdůležitějším a chce si sama zajistit, aby byl zákazník maximálně spokojený. Patrně proto firmy z leteckého a automobilového průmyslu v 85 % neplánují využívat služeb logistických poskytovatelů a 77 % firem nebude v budoucnosti využívat ani kapacity třetích stran. Data primárního výzkumu trhu českého průmyslu se neshodují s výsledky globálního výzkumu EY. Mezi firmami na zahraničních trzích bude logistické poskytovatele využívat za 5 let až 41 % firem, což je oproti současné situace více jak čtyřnásobný nárůst.

Materiály – odpověď na otázku 8

Dodavatelé nabízejí velké množství nejrůznějších materiálů, avšak nejvíce používanými jsou plasty. Všechny firmy v rámci primárního výzkumu, které využívají 3D tisk k prototypování, používají plasty. Zkušenost s plastovými materiály má 53 % firem světového průmyslu (65 % firem světového leteckého a automobilového průmyslu), 64 % firem českého průmyslu a 77 % českého leteckého a automobilového průmyslu. Kovy jsou druhým nejpoužívanějším materiálem a mají velký potenciál pro výrobu sériovou finálních výrobků. Kovové materiály jsou v současnosti stále pro mnoho firem drahé a technologie tisku je složitá a pracná. Mnoho firem postrádá materiály, které by mohly použít k tisku svých výrobků. Keramika se ve světovém průmyslu používá mnohem více (12 %) než je tomu v českém průmyslu (3 %). Automobilový a letecký průmysl není zřejmě vhodným odvětvím pro tisk z keramiky, protože z žádná z dotázaných firem neuvedla, že by tiskla z keramiky.

Vliv na obchodní model, analýzy – odpověď na otázku 9, 10, 11

Obchodní model český průmyslových firem ovlivňuje technologie 3D tisku poněkud méně (68 % firem) než je tomu u firem v leteckém a automobilovém průmyslu (77 %). Obchodní model tak mění způsob, jakým firmy doručují svou přidanou hodnotu trhu a zákazníkům. A přidaná hodnota je doručována skrz firemní produkty – výrobky a služby.

Analýzy výrobků, které jsou vhodné vyrábět za pomocí technologie 3D tisku, má v českém leteckém a automobilovém průmyslu 75 % firem, což než hodnota celkového průmyslového trhu (47 %). Na analýzu výrobních a předvýrobních procesů se soustředilo již menší procento firem – v leteckém a automobilovém průmyslu 54 % firem a z celého českého průmyslového trhu 31 %.

ZÁVĚR

Důležitou roli v přijetí jakékoliv změny hraje edukace a šíření informací, vysvětlovat její přínosy a možnosti jejího využití. V práci jsou nastíněny teoretické informace, proč je implementace prvků průmyslu 4.0 důležitá pro firmu. Zásadním důvodem je zachování konkurenceschopnosti firmy, která firmě nemůže být zaručena, pokud nebude reagovat na změny, které již v současné době nastávají. Letecký a automobilový průmysl jsou průmysly, které mají snahu o využití potenciálu technologie 3D tisku. Hodnoty všech ukazatelů (otázek) jsou ve srovnání s hodnotami českého průmyslového trhu vyšší.

Jednou ze zkoumaných oblastí byl pohled na využití potenciálu aditivní výroby a 3D tisku v budoucnu. Výsledky průzkumu českého průmyslového prostředí napovídají, že technologie nebude nadále využívána jen v prototypingu, ale její využití se rozšíří dál do sériové výroby (malosériové). V leteckém a automobilovém průmyslu bude do roku 2022 využívat až 92 % firem 3D tisk při výrobě finálních produktů, což jen doplňuje výrok z případové studie: *„Jak se technologie posouvají dál, tak se 3D tisk bude prosazovat v malosériové výrobě.“* Důležitým faktorem rozvoje technologie 3D tisku a jejího rozšíření do dalších oblastí činnosti je spolupráce mezi jednotlivými uživatelskými subjekty. Je vhodné, aby dodavatelé, výrobní podniky, ale i univerzity a logističtí poskytovatelé sdíleli své informace. Cílem této spolupráce je odstranit stávající bariéry implementace technologie 3D tisku (nedostatek know-how, snížení nákladů a zvýšení kvality tisku) a zabránit vlivu potencionálních hrozeb (změna právní legislativy omezující potenciál, využití technologie k použití v nevhodné činnosti či míře). Již v současnosti tato spolupráce funguje na dobré úrovni, jak ukazuje případová studie.

V přizpůsobení produktu potřebám a požadavkům zákazníka, kdy přecházíme z masové výroby k individuálnímu produktu, hraje technologie 3D tisku velkou roli. Technologie 3D tisku poskytuje firmám možnost navrhnout a vyrábět jedinečný výrobek, který díky své exkluzivitě získá na přidané hodnotě. V současnosti tyto výhody využívá prototyping a částečně i malosériová výroba, kde se však využití technologie očekává v dalších letech mnohem větší.

Každá technologie 3D tisku má své výhody a nevýhody, a proto se využívají pro různé účely a v jiných oblastech výroby nebo prototypingu. Stejně tomu tak je s materiály. Současné využití polymerových materiálů je v nejčastější v prototypingu nebo ve výrobě přípravků. Tisk z kovů by byl vhodným materiálem pro sériovou výrobu finálních výrobků, avšak jeho nevýhody (vysoká cena a složitý tisk) v současnosti odrazuje řadu firem, což brání v posunu využití technologii 3D tisku do malosériové výroby.

Jednou z oblastí, kterou technologie ovlivňuje, je i obchodné model včetně portfolia výrobků. Tři čtvrtiny firem z českého leteckého a automobilového průmyslu souhlasí, že technologie 3D tisku ovlivnila jejich obchodní model. Z výzkumu dále vyplývá, že české podniky leteckého a automobilového průmyslu provádí analýzu výrobků, které je vhodné vyrábět za pomocí 3D tisku (77 % firem). Pro zavedení technologie 3D tisku je potřebné zpracovat analýzu výrobních a předvýrobních procesů. Výrobní a předvýrobní procesy ve

spojitosti s implementací technologie 3D tisku řeší 54 % firem. Firma uvažující o implementaci technologie do firemních procesů si musí uvědomit, že pouhým zakoupením zařízení se nezmění její fungování a výsledky její činnosti okamžitě. Je důležité připravit změny všech firemních procesů, které budou ovlivněny technologií a které budou technologii ovlivňovat.

Jedním z důvodů, proč zahraniční firmy využívají logistické poskytovatele oproti českým mnohem více, je nedostatek specialistů a technologů ve firmách. Člověk je pro správné fungování technologie 3D tisku, ale i dalších technologií, nepostradatelný a v tomto případě technologie člověka nikdy nenahradí.

Případová studie, která je součástí této práce má pomoci firmám, které uvažují o zavedení technologie 3D tisku do svých podniků. Má jim ukázat, s jakými skutečnostmi se mohou potýkat, popř. kde hledat informace, na koho se obrátit či jakou technologii v případě podobnosti oboru a velikosti firmy zvolit k jednotlivým účelům. Proto byla ponechána případová studie v celé svém rozsahu včetně použitých materiálu nebo technologií, protože jak je popsáno výše – materiály a technologie jsou základem určení účelu, ke kterému chce firma technologii 3D tisku využívat.

SEZNAM ZDROJŮ

TIŠTĚNÉ ZDROJE

1. Chua, C. K. & Leong, K. F (2015). *3D printing and additive manufacturing*: *principles and applications*, Singapore: World Scientific
2. France, A. K. (2013). *Make: 3D Printing*, Canada: Maker Media.
3. Kloski, L. W. & Kloski, N. (2016). *Getting Started with 3D Printing*, Canada: Maker Media.
4. Mařík, V. (2016). *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha, Česko: Management Press

ELEKTRONICKÉ ZDROJE

5. 3D Insider (19.3.2015). 5 Most Popular 3D Printing. Získáno 23.4.2017, z Thermoplastics: http://3dinsider.com/5-most-popular-3d-printing-thermoplastics/
6. 3D tisk (5.10.2016). Fórum aditivní výroby ovládlo druhý den strojírenských veletrhů v Brně. Získáno 19.8.2017, z : https://www.3d-tisk.cz/forum-aditivni-vyroby-ovladlo-druhy-den-strojirenskych-veletrhu-v-brne/
7. 3D tisk (5.6.2015). Plasty se omrzely, 3D tisk se stále více obrací ke dřevu. Získáno 19.4.2017, z: http://www.3d-tisk.cz/plasty-se-omrzely-3d-tisk-se-stale-vice-obraci-ke-drevu/
8. 3D tisk (19.4.2017). Získáno 19.4.2017, z Selective Laser Sintering: http://www.3d-tisk.cz/selective-laser-sintering/
9. 3Dexpo (19.8.2017). Získáno 19.8.2017, z: http://3dexpo.cz/
10. 3DPrint.com (28.3.2016). Poland's 3D Printing Days Features Workshops, Lectures, and Some Brand New 3D Printers. Získáno 19.8.2017, z: https://3dprint.com/126427/3d-printing-days-poland/
11. Aero-cluster.cz (23.8.2017). Získáno 23.7.2017, z About cluster: http://www.aero-cluster.cz/?q=about_cluster
12. Asociace leteckých výrobců (2013). Strategická výzkumná agenda českého leteckého a kosmického průmyslu (do roku 2025). Získáno 7.3.2017, z: http://www.alv-cr.cz/download/SVA_2013.pdf
13. Biederman, D. (20.8.2017). 3D Printing Transforming the Way Companies Think About Supply Chains. Získáno 20.8.2017, z ProQuest: https://search-proquest-com.zdroje.vse.cz/docview/1444693757/8E533AC2C580474BPQ/8?accountid=17203
14. CTPS – Česká technologická platforma strojírenství (21.6.2013). Zpráva o stavu 3D tisku pro Českou technologickou platformu STROJÍRENSTVÍ o.s. Získáno 8.3.2017, z : https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiaq-rJguzVAhWDYVAKHc0uDaUQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ctps.c

z%2Fcs%2Fuvodni-stranka%2Fsoubor-aditivni-technologie%2F85%2F&usg=AFQjCNFrY-vOcDIHTPX2CaaX-Q6WT0IOkg
15. Czech.cz (24.2.2017). Získáno 24.2.2017, z Hlavní pilíře českého průmyslu: http://www.czech.cz/cz/Podnikani/Ekonomicka-fakta/Hlavni-pilire-ceskeho-prumyslu
16. Czechinno (25.2.2017). Kybernetická revoluce v CZ. Získáno 25.2.2017, z: http://czechinno.cz/kyberneticka-revoluce-v-cz
17. CzechInvest (22.4.2017). Získáno 22.4.2017, z Automobilový průmysl: http://www.czechinvest.org/automobilovy-prumysl
18. CzechInvest (25.2.2016). Čtvrtá průmyslová revoluce je za dveřmi. Získáno 6.3.2017, z: http://www.czechinvest.org/ctvrta-prumyslova-revoluce-je-za-dvermi
19. Český statistický úřad (2016). Získáno 20.2.2017, z Statistická ročenka České republiky – 2016: https://www.czso.cz/csu/czso/22-veda-vyzkum-a-inovace
20. Český statistický úřad (7.9.2015). Získáno 11.2.2017, z Český průmysl v polovině roku 2015: https://www.czso.cz/documents/10180/33955479/%C4%8CS%C3%9A%20TK+Pr%C5%AFmysl+prezentace.pdf/36e68e32-68a1-4ca8-8e81-d0f787c37822?version=1.0
21. Český statistický úřad (24.1.2008). Klasifikace ekonomických činností. Získáno 23.4.2017, z : https://www.czso.cz/documents/10180/20565267/021608.pdf/2f45895b-4c51-435b-a52a-0c7164dbf371?version=1.0
22. Český statistický úřad (7.2.2017). Získáno 22.4.2017, z Průmysl – prosinec 2016: https://www.czso.cz/csu/czso/cri/prumysl-prosinec-2016
23. Český statistický úřad (23.4.2017). Veřejná databáze. Získáno 23.4.2017, z Zaměstnanost v průmyslu: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=PRU05&z=T&f=TABULKA&skupId=146&katalog=30835&str=v146&&c=v3~3__RP2016#w
24. Český statistický úřad (23.4.2017). Veřejná databáze. Získáno 23.4.2017, z Zaměstnanost v průmyslu – meziroční index 2014 - 2016: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&z=T&f=TABULKA&skupId=146&katalog=30835&&pvo=PRU05-B&&c=v3~3__RP2016&str=v146
25. Český statistický úřad (23.4.2017). Veřejná databáze. Získáno 23.4.2017, z Zaměstnanost v průmyslu – meziroční index 2008 - 2010: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=PRU05-B&z=T&f=TABULKA&skupId=146&katalog=30835&c=v3~3__RP2010&&str=v147
26. Český statistický úřad (23.4.2017). Veřejná databáze. Získáno 23.4.2017, z Průměrná hrubá měsíční mzda (na fyzickou osobu) v průmyslu: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=PRU06&z=T&f=TABULKA&skupId=147&katalog=30835&pvo=PRU06&c=v3~3__RP2016

27. Český statistický úřad (23.4.2017). Veřejná databáze. Získáno 23.4.2017, z Průměrná hrubá měsíční mzda (na fyzickou osobu) v průmyslu – meziroční index: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&z=T&f=TABULKA&skupId=147&katalog=30835&&pvo=PRU06-B&&c=v3~3__RP2016&str=v107
28. Eng. Rami Khalil (8.1.2016). ADDITIVE MANUFACTURING, THINGS MUST BE KNOWN. Získáno 15.4.2017, z http://engramikhalil.weebly.com/articles/category/addictive-manufacturing
29. ERIH – European Route of Industrial Heritage (20.8.2017). The Industrial Revolution in Europe. Získáno 20.8.2017, z: http://www.erih.net/how-it-started/the-industrial-revolution-in-europe/
30. EY, (2016). How will 3D printing make your company the strongest in the value chain? *EY's Global 3D printing Report 2016, Full Report*. Dostupné z: http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-global-3d-printing-report-2016-full-report/$FILE/ey-global-3d-printing-report-2016-full-report.pdf
31. Gartner Inc. (11.8.2014). Získáno 6.3.2017, z Gartner's 2014 Hype Cycle for Emerging Technologies Maps the Journey to Digital Business: http://www.gartner.com/newsroom/id/2819918
32. Gartner Inc. (18.8.2015). Získáno 6.3.2017, z Gartner's 2015 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies the Computing Innovations That Organizations Should Monitor: http://www.gartner.com/newsroom/id/3114217
33. Gartner Inc. (16.8.2016). Získáno 6.3.2017, z Gartner's 2016 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies Three Key Trends That Organizations Must Track to Gain Competitive Advantage: http://www.gartner.com/newsroom/id/3412017
34. Hodek, J. (21.6.2013). Aditivní technologie, Zpráva o stavu 3D tisku pro Českou technologickou platformu STROJÍTENSTVÍ, o.s. Získáno 8.3.2017, z: http://www.ctps.cz/cs/uvodni-stranka/soubor-aditivni-technologie/85/
35. ITnetwork. cz (25.5.2015) Získáno 23.4.2017, z Evoluce 3D tisku - 4D tisk: http://www.itnetwork.cz/zpravodajstvi/hardware/evoluce-3d-tisku---4d-tisk
36. ManagementMania.com (11.2.2017). Sektory trhu. Získáno 11.2.2017, z: https://managementmania.com/cs/sektory-trhu
37. Manufacturing Cost Estimation (2017). (obrázek). Fused Deposition Modeling (FDM). Získáno 15.4.2017, z: http://www.custompartnet.com/wu/fused-deposition-modeling
38. Manufacturing Cost Estimation (2017). (obrázek). Laminated Object Manufacturing (LOM). Získáno 15.4.2017, z: http://www.custompartnet.com/wu/laminated-object-manufacturing
39. Ministerstvo průmyslu a obchodu (2016). Iniciativa Průmysl 4.0. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf
40. Ministerstvo průmyslu a obchodu (10.11.2016), Panorama zpracovávatelského průmyslu ČR 2015. Získáno 20.8.2017, z Zpracovávatelský průmysl: https://www.mpo.cz/cz/prumysl/zpracovatelsky-prumysl/panorama-

zpracovatelskeho-prumyslu/panorama-zpracovatelskeho-prumyslu-cr-2015--222027/
41. MKS Technologies Pvt Ltd. (15.3.2017). (obrázek). Získáno 14.4.2017, z PolyJet Technology: http://www.mkstechgroup.com/wp-content/uploads/2017/03/Polyjet-Process.png
42. Mohr, S. & Khan, O. (2015). 3D Printing and Its Disruptive Impacts on Supply Chains of the Future. Získáno 20.8.2017, z ProQuest: https://search-proquest-com.zdroje.vse.cz/docview/1736797730/F9DCA9939E1E4D5BPQ/3?accountid=17203
43. PKmodel (2006). Získáno 19.4.2017, z Technologie 3D tisku: http://www.pkmodel.cz/3Dtisk.html
44. Prodej profesionálních 3D tiskáren a materiálů (2014). Získáno 12.3.2017, z Materiál: http://www.3rsystems.cz/3d-tisk/3d-tisk-kov/material
45. Profesionální 3D tisk a průmyslové 3D tiskárny Statasys (2017). Získáno 14.4.2017, z Polyjet materiály: http://www.objet.cz/materialy/polyjet-materialy
46. Profesionální 3D tisk a průmyslové 3D tiskárny Statasys (2017). Získáno 14.4.2017, z PolyJet technologie: http://www.objet.cz/3D-tiskarny/technologie-polyjet
47. Protocom s.r.o. (2017). 3DP materiály. Získáno 22.8.2017, z Accura e-Stone: http://www.protocom.cz/accura-e-stone
48. Průmysl (24.4.2017). Získáno 24.4.2017, z Slovník spisovného jazyka českého: http://ssjc.ujc.cas.cz/search.php?heslo=pr%C5%AFmysl&sti=67965&where=hesla
49. Revoluce (11.2.2017). Získáno 11.2.2017, z Slovník cizích slov: http://www.slovnik-cizich-slov.cz/revoluce.html
50. SAP – Sdružení automobilového průmyslu (23.4.2017). Automobilový průmysl ČR. Základní přehledy a údaje. Získáno 23.4.2017, z: http://www.autosap.cz/zakladni-prehledy-a-udaje/
51. SAP – Sdružení automobilového průmyslu (10.2.2017). Kolokvium o budoucnosti automobilového průmyslu v České republice. Získáno 22.4.2017, z: http://www.autosap.cz/sfiles/TI2_2017_FIN.pdf
52. Science Word.cz (15.4.2017). Získáno 15.4.2017, z 3D tisk ze skla, písku i kmenových buněk: http://www.scienceworld.cz/aktuality/3d-tisk-ze-skla-pisku-i-kmenovych-bunek/
53. Scottish Plastics and Rubber Association (SPRA) (2016). (obrázek) SLA. Získáno 20.2.2017, z: http://www.spra.org.uk/sites/spra/files/imagecache/fullsize/sla.jpg
54. Seznam Zprávy. (17.1.2017). České automobilky táhne export. V tuzemsku prodávají jen zlomek svých aut. Získáno 23.4.2017, z: https://www.seznam.cz/zpravy/clanek/ceske-automobilky-tahne-export-v-tuzemsku-prodavaji-jen-zlomek-svych-aut-12179
55. SINTEO dental CAD/CAM center (19.4.2017). Získáno 19.4.2017, z http://www.sinteo.cz/technologie/technologie-sintrovani
56. Sintrování (19.4.2017). Získáno 19.4.2017, z Přechodové teploty polymerů: https://publi.cz/books/180/06.html

57. Skillar Tibbits: Vznik „4D tisku“ (2013). Získáno 28.2.2017, z TED: https://www.ted.com/talks/skylar_tibbits_the_emergence_of_4d_printing?language=cs#t-374372
58. Stratil, R. (2014). Příprava 3D modelu pro 3D tisk. (bakalářská práce) Dostupné z: https://is.muni.cz/th/325095/fi_b/BCP_For_Print_Final_Online2.pdf
59. Svět 3D tisku. Tiskové struny dřevěné. Získáno 19.4.2017, z: https://eshop.svet-3d-tisku.cz/drevo-wood-2/tiskova-struna-wood-fillamentum-timberfill-1-75-mm-rosewood-3d-filament/
60. Štípa, M. (3.7.2017). Umělá inteligence a odpovědnost za škodu aneb redefinování zákonů robotiky, část III. Získáno 20.8.2017, z:
61. TCT Magazine. Získáno 15.4.2017, z: http://www.tctmagazine.com/downloads/8815/download/3D%20Filament%20No%20Packaging%20Range%20Shot%206.png?cb=6d879a91f9124de1fa5b1dfb691ecebc
62. Cejnarová, A. (4.6.2015). Od 1. průmyslové revoluce ke 4. Získáno 12.2.2017, z Technický týdeník: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html
63. The Conversation (18.12.2014) Získáno 28.2.2017, z Explainer: what is 4D printing?: http://theconversation.com/explainer-what-is-4d-printing-35696
64. Továrna – vše o průmyslu (11.5.2016). Příklad inteligentní továrny najdete v Mohelnici. Získáno 20.8.2017, z: http://www.itovarna.cz/news/priklad-inteligentni-tovarny-najdete-v-mohelnici/
65. Výzkum a vývoj v ČR (7.3.2017). Národní politika výzkumu, vývoje a inovací na léta 2016-2020. Získáno 7.3.2017, z: http://vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=682145
66. *Obrázek* http://www.spra.org.uk/sites/spra/files/imagecache/fullsize/sla.jpg

SEZNAM ZKRATEK

ABS – Akrylonitrilbutadienstyren
AM – additive manufacturing
AV – aplikovaný výzkum
BOZP – bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CPS – kyberneticko-fyzický systém
CRM – customer relationship management (řízení vztahů se zákazníky)
CZ-NACE – klasifikace ekonomických činností dle Českého statistického úřadu
ČR – Česká republika
ČSR – Československá republika
ČSÚ – Český statistický úřad
EU – Evropská unie
EU28 – 28 členský států Evropské unie
EV – experimentální vývoj
FDM – Fused Deposition Modelling
HDP – hrubý domácí produkt
HIPS – houževnatý polystyren
HPH – hrubá přidaná hodnota
IPP – index průmyslové produkce
LOM – Laminated Object Manunfacturing
MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu
PH – přidaná hodnota
PLA - Polylactid acid
PVC – Polyvinylchlorid
SAP – Sdružení automobilového průmyslu
SKU – Stock Keeping Unit
SLA – Stereolitografie
SLS – Selective Laser Sintering
TPCA – Toyota Peugeot Citroën Automobile Czech, s.r.o.
TPE – termoplastický kaučuk (termoplastický elastomer)
ÚNMZ – Úřad pro normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
VaV – výzkum a vývoj

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Podíl sektorů na hrubé přidané hodnotě ČR v % (podle standardu kupní síly, v běžných cenách) 12
Graf 2: Podíl evropských zemí na průmyslu EU28 (přidaná hodnota v nákladech na výrobní činitele, v %, rok 2015) 13
Graf 3: IPP výroby motorových vozidel (kromě motocyklů), přívěsů a návěsů (IPP, průměr roku 2010 = 100, neočištěno, klouzavý průměr (6 měsíců) 15
Graf 4: IPP výroba letadel a jejich motorů, kosmických lodí a souvisejících zařízení (IPP, průměr roku 2010 = 100, neočištěno, klouzavý průměr (6 měsíců) 19
Graf 5: Zaměření firem využívající technologii 3D tisku (2013) 48
Graf 6: Zkušenosti s 3D tiskem - svět 49
Graf 7: Používané materiály pro 3D tisk - svět 50
Graf 8: Využívání in-house systémů a servisních providerů - nyní a za 5 let, svět 51
Graf 9: Omezení pro zavádění 3D tisku - svět 52
Graf 10: Hlavní přínosy využití 3D tisku - svět 53
Graf 11: Zkušenosti s 3D tiskem - ČR 58
Graf 12: Zkušenosti s 3D tiskem - konkurence, ČR 58
Graf 13: Zkušenosti s 3D tiskem - dodavatelé, ČR 59
Graf 14: Zkušenosti s 3D tiskem - sesterská/mateřská společnost, ČR 60
Graf 15: Hlavní přínosy zavedení 3D tisku - ČR 60
Graf 16: Míra ovlivnění obchodního modelu při využitím 3D tisku 61
Graf 17: Hlavní bariéry při zavádění 3D tisku - ČR 61
Graf 18: Hlavní bariéry pro zavedení 3D tisku - ČR 62
Graf 19: Využití 3D tisku pro účely výzkumu a vývoje (výroba prototypů) - ČR 63
Graf 20: Využití technologie pro účely výroby finálních produktů - ČR 63
Graf 21: Způsob využití 3D tisku vlastní 3D tiskárnou - ČR 64
Graf 22: Způsob využití 3D tisku nákupem hotových 3D výrobků - ČR 64
Graf 23: Způsob využití 3D tisku prostřednictvím logistického poskytovatele - ČR 65
Graf 24: Způsob využití 3D tisku pronájmem výrobní kapacity třetí strany - ČR 65
Graf 25: Používání materiálu – polymery/plasty, ČR 66
Graf 26: Používání materiálu – kovy, ČR 67
Graf 27: Používání materiálu – keramika, ČR 67
Graf 28: Používání materiálu – dřevo, ČR 67
Graf 29: Zpracována analýza výrobků vhodných pro 3D tisk - ČR 68
Graf 30: Zpracována analýza změn výrobních a předvýrobních procesů pro zavedení 3D tisku - ČR 69

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Hype křivka pro rok 2015 30
Obrázek 2: Hype křivka pro rok 2016 31
Obrázek 3: Základní výrobní procesy 32
Obrázek 4: Additive Manufacturing Wheel, 4 aspekty AM 34
Obrázek 5: Schéma procesu SLA 37
Obrázek 6: Schéma procesu Polyjet 38
Obrázek 7: Schéma procesu FDM 40
Obrázek 8: Schéma procesu LOM 41
Obrázek 9: Schéma procesu SLS 42

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Podíly skupin na oddílu CZ-NACE 29 v roce 2015 (v %, oddíl = 100 %) 14
Tabulka 2: Podíly skupin na oddílu CZ-NACE 30 v roce 2015 (v %, oddíl = 100 %) 17
Tabulka 3: Výdaje na výzkum a vývoj v letech 2010 - 2015 (v mil Kč) 25
Tabulka 4: Počet a procentuální rozdělení oslovených firem a respondentů – ČR 55
Tabulka 5: Počet a procentuální zastoupení respondentů podle počtu zaměstnanců – letecký a automobilový průmysl, ČR 56
Tabulka 6: Časový harmonogram výzkumu primárních dat 57

PŘÍLOHY

Příloha 1: Cívka s navinutým PLA materiálem

Zdroj: TCT Magazine (15.4.2017)

Příloha 2: Výrobek vytištěný na 3D zařízení, imitace dřeva

Zdroj: Svět 3D tisku (19.4.2017)

Příloha 3: Seznam nezodpovězených otázek ohledně negativních dopadů 3D tisku na budoucí logistické řetězce

Aspect	Questions
Manufacturing	• How will the emergence of 3D printing enable other innovations in this sector? • What knock-on effects will the disruption of manufacturing have in other areas?
Dispersed manufacturing	• How will the local-for-local business model affect global logistics activities? • Will there be a shift in transported goods towards more raw materials?
Design	• How will 3D printing continue to drive innovation in product design? • Which industries/product groups will be most affected by new designs?
Shift in skill requirements	• What skillsets will supply chain managers require in the future? • What will happen to the majority of the workforce in low-cost countries?
Sustainability	• Could 3D printing technology initiate a new era of sustainable businesses? • How will material savings and smart designs affect production in the long run?
Legal/security concerns	• Who owns the design/product risk? • How are the total costs of ownership defined?

Zdroj: Mohr & Khan (2013)

Příloha 4: Země a počet firem v globálním výzkumu

země	**počet firem**
USA	200
Velká Británie	100
Německo	200
Švýcarsko a Rakousko	50
Francie	80
Nizozemsko a Belgie	50
Švédsko a Dánsko	50
Čína a Jižní Korea	170
celkem	900

Zdroj: EY's Global 3D printing Report (2016)

Příloha 5: Krátký dotazník

1. Máte zájem spolupracovat na tomto výzkumu?
    a. Ano a rádi se zúčastníme i osobních rozhovorů
    b. Ano, ale osobních rozhovorů se již nebudeme účastnit
    c. Ne, ale klidně nás kontaktujte při jiných výzkumech
    d. Ne, a v budoucnu se již na nás neobracejte
2. Používáte 3D tisk ve Vašem podniku? ANO - NE
    a. pokud NE, proč? .....
3. Pro jaké účely využíváte 3D tisk?
    a. výroba prototypů
    b. výroba vlastních dílů
    c. výroba našeho finálního produktu

   d. jiné (jaké)? .....
4. Jaké materiály používáte při 3D tisku?
   a. polymery/plasty: ANO - NE
   b. kovy: ANO - NE
   c. keramika: ANO - NE
   d. jiné (jaké?) .....
5. Jaká je pozice Vaší firmy v dodavatelském řetězci?
   a. finální výrobce
   b. dodavatel 1. stupně (tier1)
   c. dodavatel 2. stupně (tier2)
   d. dodavatel 3. stupně (tier3)
   e. jiná, jaká? .....

Příloha 6: Seznam otázek pro případovou studii

A. Otázky zaměřené na minulost:

1. „Co bylo impulsem, který vás vedl k zavedení technologie 3D tisku ve firmě? Odkud přišla iniciativa?“
2. „Za jakým účelem jste začínali využívat 3D tisk? Pro výrobu konečného produktu zákazníkovi? Nebo pro komponenty, které jsou dále využity ve výrobě? Nebo pouze pro prototypy?“
3. „Proč jste se rozhodli zrovna pro tuto cestu využití 3D tisku?“
4. „Jakým způsobem jste využívali 3D tisk v té době?“
5. „Na základě čeho, jste se tak rozhodli?“
6. „Jak jste obsadili pozici technologa 3D tisku?“
7. „Jakou konkrétní technologii aditivní výroby jste v té době využívali? A proč?“
8. „Z jakých materiálů jste vyráběli produkty při 3D tisku? A proč?“
9. „Co považujete za hlavní přínosy technologie 3D tisku v této fázi?“
10. „Jaké byly bariéry, které jste měli při zavedení a v první fázi?“
11. „Jaké subjekty ve vašem odvětví využívali v té době technologii 3D tisku?“

B. Otázky zaměřené na současnost:

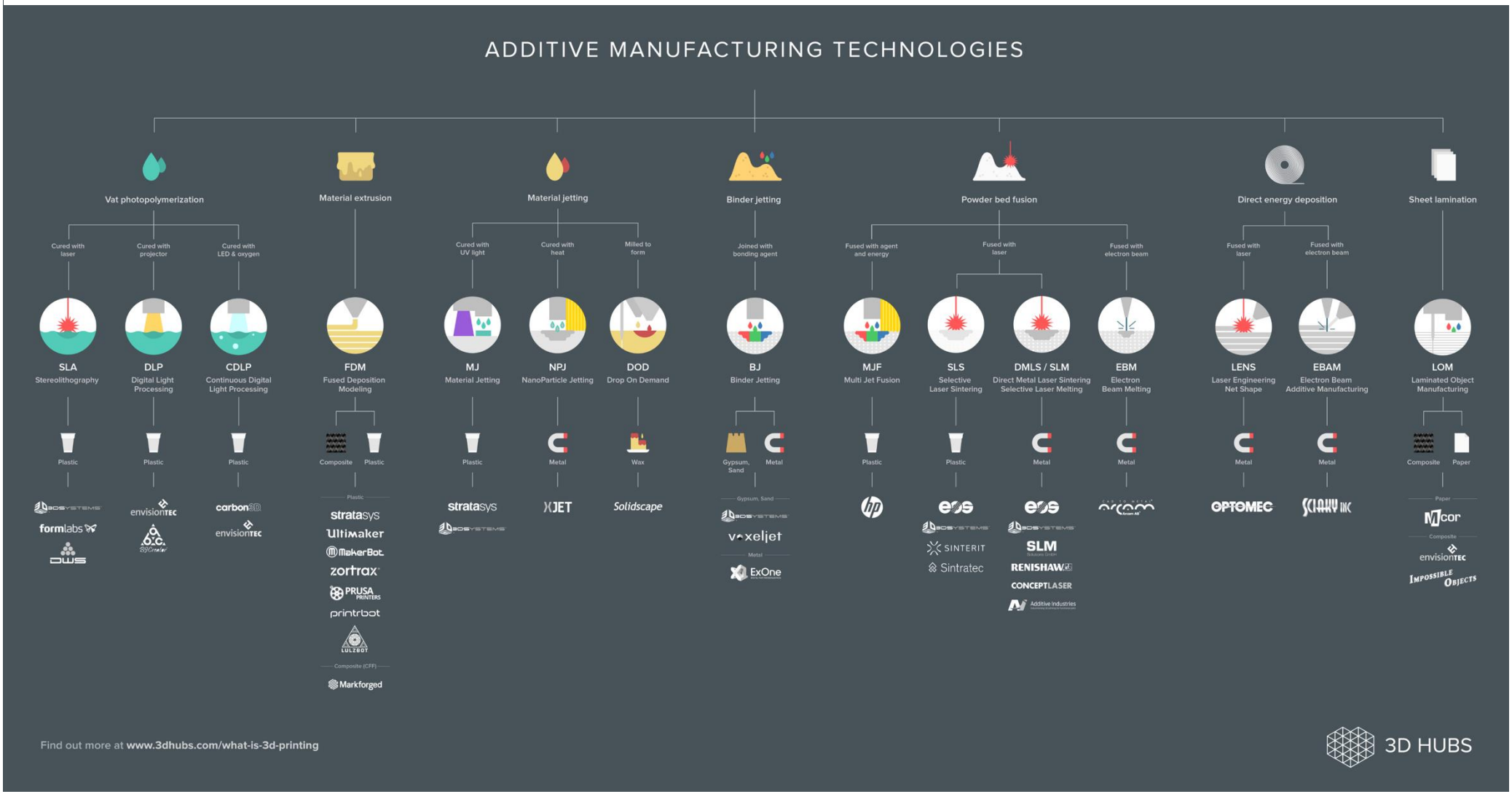
12. „Za jakým účelem využíváte 3D tisk nyní? Pro výrobu konečného produktu zákazníkovi? Nebo pro komponenty, které jsou dále využity ve výrobě?”
13. „Proč jste se rozhodli zrovna pro tuto cestu využití 3D tisku?“
14. „Jakým způsobem využíváte 3D tisk?“
15. „Na základě čeho, jste se tak rozhodli?“
16. „Jakou konkrétní technologii aditivní výroby využíváte? A proč?“
17. „Z jakých materiálů vyrábíte produkty pomocí 3D tisku? A proč?“
18. „Co považujete za hlavní přínosy využívání technologie 3D tisku v podmínkách vaší společnosti?“
19. „Co považujete za hlavní bariéry využívání technologie 3D tisku v podmínkách vaší firmy?“

20. „Do jaké míry ovlivnila tato technologie Váš business model?“
21. “Jak ovlivnila technologie 3D tisku logistický řetězec a Vaše dodavatele (např. jejich počet)?”
22. “Existuje mezioborová/oborová spolupráce mezi firmami, které se využívají technologii 3D tisku?“

C. Otázky zaměřené na budoucnost:

23. „Máte v plánu změnit nějak v dalších letech využívání 3D tisku ve své firmě? Pokud ano, jak? Pokud ne, proč?“
24. „Pokud plánujete změny ve využívání 3D tisku, tak jakou technologii aditivní výroby plánujete vyžívat? A proč?“
25. „Z jakých materiálů plánujete vyrábět produkty pomocí technologie 3D tisku? A proč?“
26. „Máte v současné době již zpracovanou analýzu výrobku, které je podle Vás vhodné vyrábět pomocí 3D tisku?“
27. „Máte v současné době již zpracovanou analýzu změn předvýrobních a výrobních procesů, které budou pro budoucí vývoj pozice 3D tisku ve firmě potřebné?“
28. „Do jaké míry může tato technologie ovlivnit Váš business model do budoucnosti?“
29. „Jaká jsou Vaše očekávání, které by mohl budoucí vývoj 3D tisku pro Vaši firmu znamenat? A jaké jsou obavy, možné bariéry?“

Příloha 7: Grafické znázornění technologií 3D tisku



Zdroj: 3D Hubs (2017)