

# **ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA o.p.s.**

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor/specializace: 6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu,  
logistiky a kvality

## **VYUŽITÍ TECHNOLOGIE 3D TISKU V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU**

**Bakalářská práce**

**Elizaveta OBRAZTCOVA**

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Malčic, Ph.D



ŠKODA AUTO Vysoká škola

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Elizaveta Obraztcova**

Studijní program: Ekonomika a management

Obor: Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality

Název tématu: **Využití technologie 3D tisku v automobilovém průmyslu**

Cíl: Cílem práce je analyzovat využití technologie 3D tisku v automobilovém průmyslu.

Rámcový obsah:

1. Vypracujte rešerši odborných publikací z oblasti technologie 3D tisku.
2. Analyzujte současný stav poznání a trendy ve vývoji technologie 3D tisku
3. Popište případy aplikace technologie 3D tisku v průmyslových společnostech.
4. Navrhněte možnosti využití technologie 3D tisku v automobilovém průmyslu a vyhodnoťte přínosy aplikace této technologie.

Rozsah práce: 25 – 30 stran

Seznam odborné literatury:

1. *Wohlers Report 2016: 3D printing and additive manufacturing state of the industry : annual worldwide progress report*. Wohler Associates, 2016. 335 s. ISBN 978-0-9913332-2-6.
2. CHUA, C K. – LEONG, K F. *3D printing and additive manufacturing: principles and applications*. Singapore: World Scientific, 2017. ISBN 978-981-314-675-4.
3. SRIVATSAN, T S. – SUDARSHAN, T S. *Additive manufacturing: innovations, advances, and applications*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016. ISBN 978-1- 4987-1477-8.

Datum zadání bakalářské práce: prosinec 2020

Termín odevzdání bakalářské práce: prosinec 2021

L. S.

Elektronicky schváleno dne 28. 5. 2021

**Elizaveta Obraztcova**

Autorka práce

Elektronicky schváleno dne 31. 5. 2021

**Ing. Tomáš Malčic**

Vedoucí práce

Elektronicky schváleno dne 1. 6. 2021

**doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.**

Garant studijního oboru

Elektronicky schváleno dne 1. 6. 2021

**doc. Ing. Pavel Mertlík, CSc.**

Rektor ŠAV

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval(a) samostatně a použité zdroje uvádím v seznamu literatury. Prohlašuji, že jsem se při vypracování řídil(a) vnitřním předpisem ŠKODA AUTO VYSOKÉ ŠKOLY o.p.s. (dále jen ŠAVŠ) směrnici OS.17.10 Vypracování závěrečné práce.

Jsem si vědom(a), že se na tuto závěrečnou práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, že se jedná ve smyslu § 60 o školní dílo a že podle § 35 odst. 3 je ŠAVŠ oprávněna mou práci využít k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna podle § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

Beru na vědomí, že ŠAVŠ má právo na uzavření licenční smlouvy k této práci za obvyklých podmínek. Užiji-li tuto práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, mám povinnost o této skutečnosti informovat ŠAVŠ. V takovém případě má ŠAVŠ právo ode mne požadovat příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to až do jejich skutečné výše.

V Mladé Boleslavi dne 29.4.2022

Děkuji Ing. Tomášovi Malčicovi, Ph.D. za odborné vedení této bakalářské práce a za užitečné rady a návrhy během celého procesu.

Chci poděkovat své rodině za jejich lásku a víru ve mě a samozřejmě obrovské poděkování mým přátelům za jejich neocenitelnou podporu po celou dobu této cesty.

## Obsah

Úvod.....	7
1 Historie vzniku 3D tisku.....	9
1.1 Začátek studia aditivní technologie. ....	9
1.2 Princip fungování 3D tiskárny.....	11
1.2.1 SLA.....	11
1.2.2 SLS.....	12
1.2.3 FDM&FFF.....	13
2 Analýza současného stavu technologie 3D tisku .....	15
2.1 Popularizace 3D technologie.....	15
2.2 Nové technologie 3D tisku.....	16
2.3 Trendy v 3D tisku .....	18
3 Využití technologie 3D tisku v průmyslu.....	21
3.1 Oblasti použití 3D tisku.....	21
3.2 Automobilové společnosti a aditivní výroba.....	24
4 Nove funkce pro 3D tisk.....	27
4.1 Plast jako základní materiál pro strojírenství .....	27
4.2 Využití bio materiálů v praxi.....	29
4.3 Výhody a nevýhody aditivní výroby .....	31
4.4 Bio materiál jako surovina pro 3D tisk .....	33
Závěr .....	35
Seznam obrázků a tabulek .....	40

## **Seznam použitých zkratek a symbolů**

3D	Three Dimensional
SLA	Stereolithography Apparatus
SLS	Selective Laser Sintering
FDM	Fused Deposition Modeling
UV	Ultraviolet
ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene
PLA	Polylactic Acid
CAD	Computer-Aided Design
SLM	Selective Laser Melting
EBM	Electronic Beam Melting
DLP	Digital Light Processing
BJ	Binder Jetting
MJ	Material Jetting
NASA	National Aeronautics and Space Administration
EPB	Electronic parking brake
HP	Hewlett-Packard
BMW	Bayerische Motoren Werke
BAC	Briggs Automotive Company
FCA	Fiat Chrysler Automotive
EPFL	École Polytechnique Fédérale de Lausanne
SUV	Sport Utility Vehicles
STL	Stereolithography
IOS	International Organization for Standardization
PBF	Powder Bed Fusion
FGF	Fused Granulate Fabrication

## Úvod

Moderní svět se mění poměrně rychle. Každou minutu jsou vytvářeny nové projekty, objevy, které slouží k zajištění pohodlnější životní úrovně lidstva. K dnešnímu dni neexistuje žádný člověk, který by neslyšel o 3D tiskárně. Technologie 3D tisku má impozantní dopad na různá průmyslová odvětví a bude i nadále svým vývojem měnit svět. Málokdo však ví, že první kroky ke studiu tohoto tématu byly učiněny již před 40 lety. V té době to byly obrovské, drahé tiskařské stroje, o kterých věděli jen vybraní jedinci. Nyní je to jedna z nejvyhledávanějších technologií. Aktivní růst 3D tiskových technologií otevřel nové možnosti ve výrobě složitých výrobků, a kvůli tomu získal 3D tisk široké využití.

Co je vlastně 3D tisk? Tento termín je také znám jako „aditivní výroba“. Jedná se o proces vytváření celých objektů, téměř jakéhokoli geometrického tvaru, založeného na digitálním modelu. Proces je založen na konceptu stavby objektu, důsledně nanesenými tenkými vrstvami materiálu, které zobrazují obrysy modelu. Jedním z klíčových výhod 3D tisku je schopnost vytvářet velmi složité tvary nebo geometrie, které by nebylo možné vytvořit ručně.

Hlavním důvodem výběru tohoto tématu bakalářské práce je investice práce, času a úsilí do důkladného zkoumání tématu během studia a osobní zvědavost autorky. Když si výzkumnice povšimla, jak aktivně se využívají 3D tiskárny v běžném životě lidí, projevila velký zájem o jejich historii a praktickou aplikaci. Čím hlouběji autorka pronikala v pochopení významu role 3D tiskáren v souvislosti s její širokou aplikací, tím více se také zajímala o bezpečnost a efektivitu použití 3D tiskáren v automobilovém průmyslu.

Hlavním cílem této práce je identifikovat způsoby použití a posoudit výhody používání 3D tiskáren v automobilovém průmyslu. Tato práce je rozdělena do dvou částí, na část teoretickou a část praktickou.

Teoretická část popisuje historický vývoj 3D tiskárny, krok za krokem je rozebrána: kvalita, cena, velikost a dostupnost pro veřejnost. Dále jsou analyzovány znalosti o 3D tisku v současné době a vývojové trendy. Teoretickou část dokončuje podkapitola o metodách použití této technologie v praxi v různých oblastech



činnosti průmyslových společností. Zvláštní důraz je kladen na hlavní téma práce, a to na využití technologie 3D tisku v automobilovém průmyslu.

Praktická část práce se věnuje tématu bio materiálu, jako suroviny, využívané pro 3D tisk v automobilovém průmyslu. Popisuje, jak používání plastů ovlivňuje životní prostředí naší planety a poukazuje na ty společnosti, které se s tímto problémem již začaly vyrovnávat, právě za pomoci bio materiálů v podobě jeho využití k 3D tisku komponentů pro vybavování aut. Dále jsou analyzovány výhody a nevýhody použití 3D tisku. Na konci práce autorka doporučuje automobilovým společnostem, aby ve své výrobě využily biologický materiál ve formě surovin pro 3D tisk.

Lze říci, že teoretická část práce vychází zejména z dostupné i méně dostupné literatury, článků a odborných studií. Na základě pramenů, uvedených v předchozí větě, měla autorka možnost prostudovat materiály týkající se tohoto tématu, a zaměřit se na zodpovězení otázky, jak efektivní může být využití 3D tisku v automobilovém průmyslu? Kombinací dostupných informací, výzkumnice analyzovala možnosti spojené se zavedením bio materiálu pro 3D tisk v automobilovém průmyslu a popsala je v praktické části práce.

Důležitost tohoto tématu je zapříčiněna rychlým vývojem využití 3D technologií v různých průmyslových odvětvích. Vzhledem k růstu a schopnostem 3D tisků je proto důležité, aby 3D tisky bylo možné co nejvíce využít a držet krok s vývojem a inovativními postupy ve světě.

## 1 Historie vzniku 3D tisku

Jak již bylo řečeno v úvodu, 3D tisk je vrstvená reprodukce trojrozměrných objektů založených na digitálních modelech. K dnešnímu dni existuje mnoho druhů 3D tiskáren a způsobů tisku. Ne každý však ví, jaký byl historický vývoj 3D tisku. Tato kapitola stručně popisuje historický vývoj 3D tisku. Zejména na základě odborných publikací v oblasti 3D tisku, jsou zde popsány tři hlavní metody práce 3D tisku.

### 1.1 Začátek studia aditivní technologie.

První kroky k 3D tisku provedl v roce 1981 japonský lékař Hideo Kodama. Byl první, kdo požádal o patent, ale nesplnil včas všechny potřebné požadavky před stanoveným termínem. Ve svém vynálezu použil fotosenzitivní pryskyřici a laser (Gregurić, 2018). Další kroky k vytvoření technologie 3D tisku podnikli tři inženýři z Francie, a těmi byli Jean-Claude André, Olivier de Witte a Alain Le Mechote. Jejich metoda spočívala v tom, že laser měl přeměnit kapalně monomery na pevné částice. Stejně jako Hideo Kodama také nezískali patent, ale nikoli kvůli nesplnění patřičných požadavků, ale díky nedostatku finančních prostředků (BCN3D Technologies, Inc., 2020).



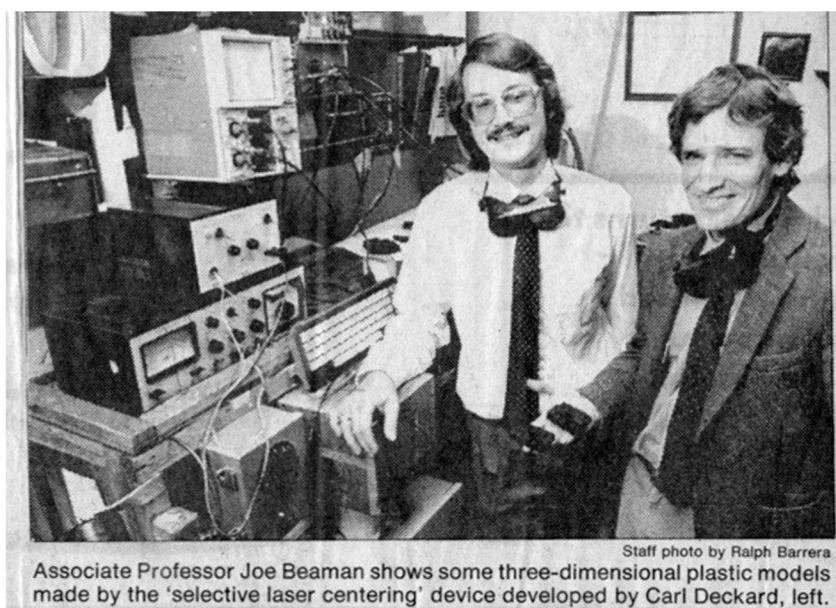
Zdroj: all3dp (2018)

**Obr. 1 3D tiskárna SLA-1**

Konečně v roce 1984 si Charles Hull, který pracoval na výrobě nábytku, všiml, jak dlouho trvá vytvoření malých nestandardních dílů. Jeho myšlenkou bylo použití ultrafialové lampy k vytvrzení vrstev pryskyřice. Pro tento experiment mu byla přidělena malá laboratoř, a v roce 1986 mu byl vydán patent. Technologie, kterou vytvořil, dostala název Stereolitografie (dále jen SLA).

Dva roky po získání patentu založil Charles společnost s názvem 3D System Corporation se sídlem ve Valencii v Kalifornii. 3D tiskárna, kterou vyvinuli, se jmenovala SLA-1 (viz Obr. 1). Dnes je tato společnost jedna z největších společností vůbec, která se zabývá vývojem těchto zařízení.

V roce 1988 si student Texaské univerzity Karl Deckard patentoval následující technologii 3D tisku. Tato další technologie spočívala na prášku, který se taval pomocí laseru. Metoda dostala název Selektivní Laserové Slinování (dále jen SLS). 3D tiskárna SLS, která je znázorněna na obrázku č. 2, tiskla pouze nejjednodušší detaily. Tato metoda tisku však byla pouze pokrokem ve výrobě 3D tiskáren, detaily objektu a kvalita tisku nebyly nejvyšší prioritou. (Gregurić, 2018).



Zdroj: all3dp (2018)

### **Obr. 2 Carl Deckard s 3D tiskárnou SLS**

V roce 1992 byl vydán třetí patent, tentokrát ho získal Scott Crump, spoluzakladatel společnosti Stratasys, na Fused Deposition Modeling (dále jen FDM). Druhý název této metody je Fused Filament Fabrication (dále jen FFF).

Vytváření trojrozměrných detailů, vrstvu po vrstvě na základě digitálních dat, je nejjednodušší a nejpoužívanější technologie k dnešnímu dni. Společnost Stratasys se sídlem v Minnesotě zaujímá jedno z předních míst v oblasti vysoce přesných 3D tiskáren (BCN3D Technologies, Inc., 2020).

Všechny tyto výše uvedené aparáty se týkají průmyslových zařízení a byly poměrně drahé. Ale právě tyto tři metody připravily začátek pro studium a modernizaci technologie 3D tisku.

## **1.2 Princip fungování 3D tiskárny**

Dalším krokem je pochopit princip fungování 3D tiskárny. K tomu je třeba podrobněji prozkoumat proces vytváření trojrozměrných modelů pomocí základních tiskových metod.

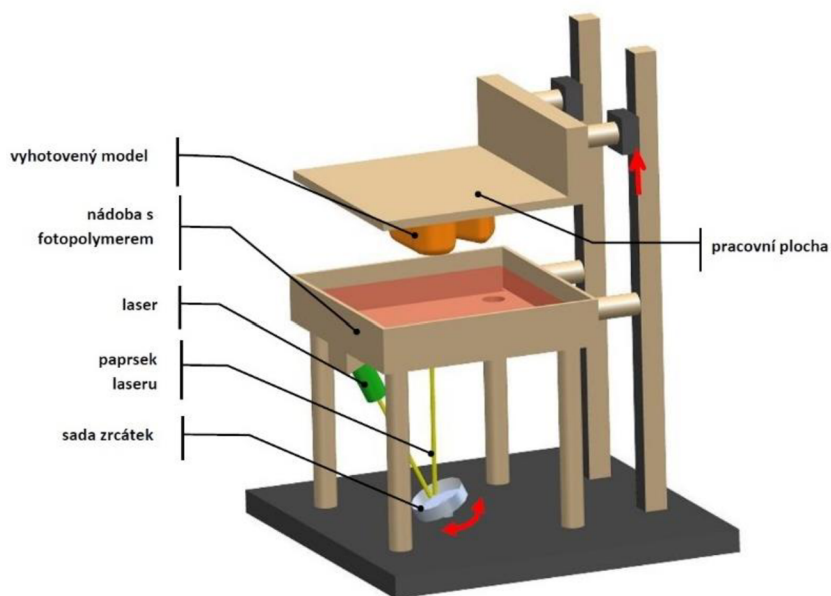
### **1.2.1 SLA**

Jednou z nejstarších metod 3D tisku, jak již bylo uvedeno výše, je metoda SLA (viz Obr. 3). Pro práci s touto metodou se používá fotopolymerová pryskyřice a UV laser. Pracovní plocha se postupně snižuje, což způsobuje, že kapalina interaguje se světlem laseru, který v tomto okamžiku vytváří průřez požadovaného objektu. Tiskárna SLA používá zrcadla umístěná na osách XY, které ovládají světlo. Surová pryskyřice, která nebyla ošetřena, spočívá na dně nádoby a slouží pro další vrstvu modelu. Vytvrzování polymeru probíhá vrstvu po vrstvě, dokud není zřetelný požadovaný detail (Awari a kol., 2021).

Orientace tisku může být nastavena jedním ze dvou způsobů: zdola nahoru nebo shora dolů. Proces „zdola nahoru“ se nejčastěji používá v desktopových 3D tiskárnách. Jedná se o rozpočtové 3D stroje a jsou poměrně snadno použitelné. Proces „shora dolů“ se obvykle vyskytuje v průmyslu. Vzhledem k hromadné sestavě jsou tyto 3D tiskárny schopny vytvářet objekty výrazně vyšší rychlostí a větší velikosti (Sculpteo, 2020a).

Další důležitou podmínkou je nosná konstrukce. Ta je zapotřebí pro kvalitní tisk převisů a mostů. Závěrečnou fází metody SLA je post-zpracování. Po dokončení práce s detailem je nejprve nutné z ní odstranit zbytky pryskyřice. Poté, aby bylo dosaženo maximální pevnosti a stabilizace, musí být výrobek umístěn v UV peci (Prasad, 2016).

Produkt SLA se vyznačuje hladkým, matným povrchem, který je ideální pro vytvoření vysoce kvalitního prototypu nebo celého produktu. Díky SLA je možné tisknout díly s vyšší úrovní detailů a složitosti než při použití metody FDM nebo SLS. Fotopolymer je však citlivý na ultrafialové záření. Zásah přímého slunečního záření může vést k deformaci výrobku nebo k vyhoření barvy (Sculpteo, 2020b).

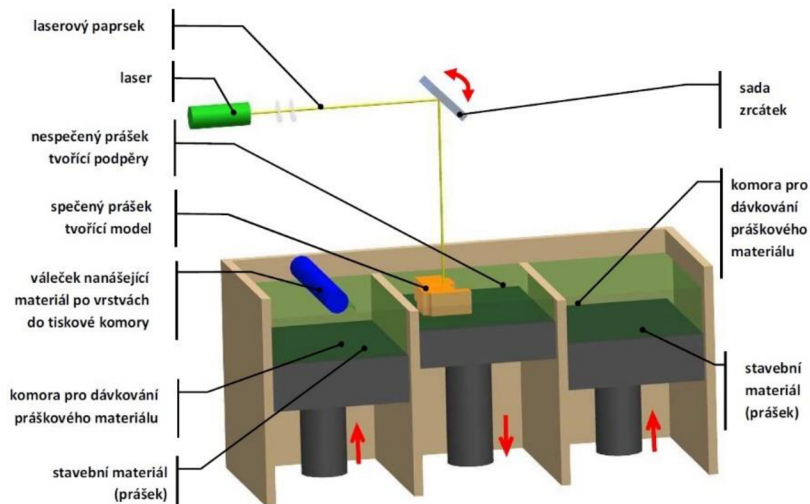


Zdroj: dk metal prominent s.r.o. (2018)

**Obr. 3 Tiskárna SLA**

### 1.2.2 SLS

Další technologií aditivní výroby je metoda SLS. Selektivní laserové slinování je proces, při kterém vrstvou po vrstvě dochází ke slinování prášku, v důsledku čehož je vytvořen 3D objekt. 3D tiskárna předem zahřeje vrstvu prášku na teplotu o něco menší než stupeň tání. Čepel rovnoměrně rozděljuje tenkou vrstvu prášku přes pracovní plošinu. Laser pak selektivně slinuje částice práškového materiálu. Po dokončení této fáze čepel znovu aplikuje prášek na povrch. Celý proces tisku probíhá v inertní atmosféře, díky dusíku, která zabraňuje oxidaci a brání rozkladu materiálů (viz Obr. 4). Konečným produktem této metody jsou nejčastěji složité komponenty nebo propojené objekty (Gibson, Rosen a Stucker, 2015).



Zdroj: dk metal prominent s.r.o. (2018)

#### **Obr. 4 Tiskárna SLS**

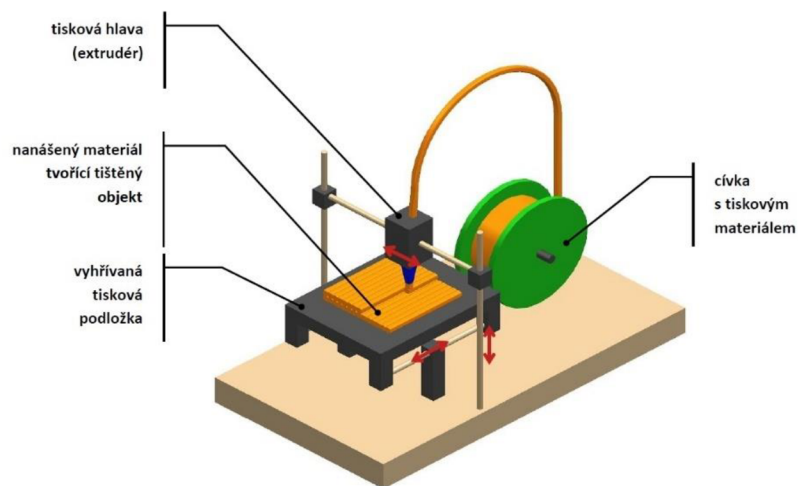
SLS je výjimečná metoda 3D tisku, protože nevyžaduje nosnou konstrukci, nahrazuje ji surový prášek. Díky tomu může být použita k vytvoření nejsložitějších geometrických tvarů (Gaget, 2019).

Selektivní laserové slinování má pro svou práci široký výběr materiálu: plast, kov, sklo, nylon, keramika a velké množství prášků z kompozitních materiálů. Použití této metody lze nalézt v různých oblastech našeho života, například: v robotice, medicíně, architektuře, ve šperkařství a tak dále.

Tato metoda je vhodná pro zhotovení prototypů a pro části konečného použití. SLS ve srovnání s tradičními technologiemi, výrazně zkracuje dobu potřebnou pro vytvoření vysoce kvalitních produktů, a je to také nákladově efektivní způsob 3D tisku (Sculpteo, 2019a).

### **1.2.3 FDM&FFF**

Fused Deposition Modeling (FDM) a Fused Filament Fabrication (FFF) jsou nejnámějšími metodami aditivní výroby (viz Obr. 5). Tisk funguje následovně. Motor tlačí vlákno přes vyhřívanou trysku, což způsobuje, že se roztaví. Poté tisková hlava tiskárny distribuuje materiál na stavební podložku, kde se postupně vytvrzuje. Pak se proces opakuje znovu (Awari a kol., 2021).



Zdroj: dk metal prominent s.r.o. (2018)

#### **Obr. 5 Tiskárna FDM**

Materiály, které lze použít pro metody FDM, jsou termoplastické polymery. Výběr je poměrně pestrý a existuje jak pro průmyslový 3D tisk, tak pro spotřebitelský. Běžně používané jsou zejména tyto materiály: ABS (akrylonitril-butadien-styren), PLA (kyselina polymerová) nebo nylon.

Metoda navařování je vhodná pro prototypování koncepčních dílů, funkčních modelů, výrobu nástrojů a detailů konečného určení. Za hlavní plusy metody můžeme označit fakta, že pomocí jednoho tiskového stroje lze vytisknout samostatný kus/prototyp z termoplastu a 3D tisk netrvá dlouho. Nevýhody jsou, že pro získání hladkého dílu bude zapotřebí post-zpracování, jelikož FDM není nejpřesnější technologií na trhu 3D tiskáren (Sculpteo, 2020b).

## 2 Analýza současného stavu technologie 3D tisku

Po studiu historie a metodiky práce 3D tiskárny je dalším krokem analyzovat její současný stav vývoje. Jak tato technologie získala, tak široké uplatnění a stala se populární mezi různými oblastmi činností? Jaké metody 3D tisku existují dnes? Jaké nové trendy vývoje 3D tisku lze očekávat v budoucnu? Odpovědi na všechny tyto otázky jsou obsaženy v následující kapitole.

### 2.1 Popularizace 3D technologie

Od začátku nové dekády se technologie 3D tisku začala aktivně rozvíjet a postupně přitahovat pozornost různých společností a veřejnosti jako celku.

V roce 2005 došlo k jedné z nejdůležitějších událostí v historii 3D tisku. Dr. Adrian Bauer vytváří projekt RepRap s otevřeným zdrojovým kódem (open source). Cílem tohoto projektu je vytvořit 3D tiskárnu, která by dokázala vytisknout co nejvíce vlastních komponent. To bylo možné díky tomu, že tělo stroje obsahovalo velké množství plastových dílů. Tento projekt položil základy pro většinu 3D tiskáren s rozpočtem a zpřístupnil je veřejnosti (Prusa, 2014). Ve stejném roce společnost s názvem Z Corp vyrábí Spectrum Z510. Jedná se o první 3D tiskárnu schopnou tisknout barevné detaily s vysokou jasností. Tento vynález vyvolal řadu pozitivních reakcí. Díky němu se 3D tisk stal ještě rychlejším, protože není nutné ztrácet čas malováním vytištěného kusu.

V roce 2008 téměř všechna média hovořila o 3D tiskárnách. Taková reakce byla způsobena novým objevem v oblasti medicíny. Ve formátu 3D byla totiž vytištěna první trojrozměrná protéza nohy na světě. Jednodílný kus, který nevyžaduje žádnou montáž. Tento pokrok spolu s výjimečnou technologií na vzestupu dal naději, že ortopedická medicína může být brzy ve svém oboru rychlejší a dostupnější (Sculpteo, 2019c).

V roce 2009 byla založena online služba 3D tisku Sculpteo. S její pomocí bylo možné rychle a snadno získat potřebný 3D objekt. Zákazník si vytvořil svůj 3D design v libovolném CAD softwaru a nahrál jej na webovou stránku. Sculpteo vytiskl 3D model a dodal zákazníkovi (Robinson, 2016).

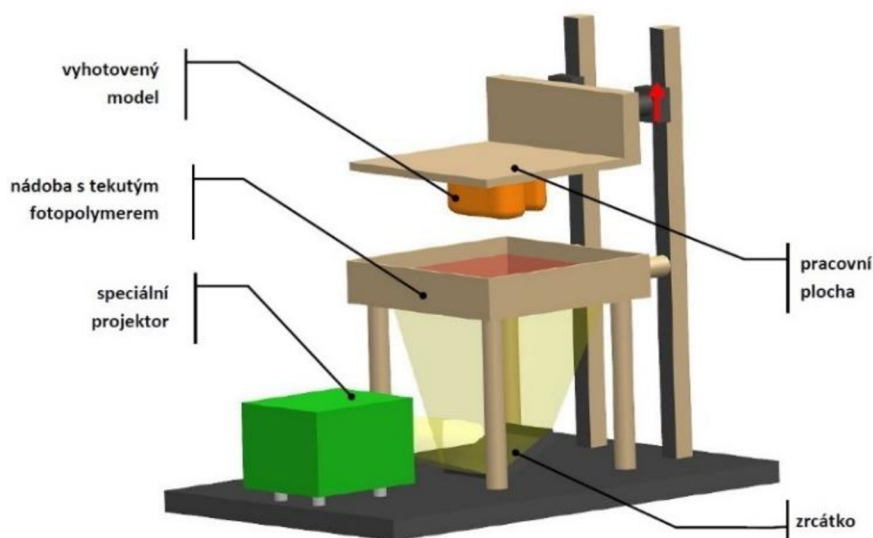


Vzhledem k tomu že, po prohlášení o 3D tisku v médiích, získal patent FDM velkou popularitu, tato skutečnost způsobila velký tlak na nové inovace a v průběhu času se objevilo mnoho dalších, nových tiskových technik.

## 2.2 Nové technologie 3D tisku

*Selective Laser Melting* (dále jen SLM) používá laser pro svařování kovových práškových částic. 3D tiskárna vytváří pevnou část, vrstvu po vrstvě, kvůli plnému tavení prášku. Tato technologie nemá velkou popularitu v domácím použití, kvůli vysokým nákladům, ale má však vysokou poptávku v leteckém průmyslu a ortopedické medicíně (3DINSIDER, 2017).

*Electronic Beam Melting* (dále jen EBM) technologie je totožná s metodou SLM kromě toho, že zdrojem energie je elektronický paprsek a samotný proces probíhá ve vakuu. Díky EBM je možné vytvořit kvalitní díly z kovových slitin. Díky vytváření plně funkčních a trvanlivých dílů se tato metoda používá v široké škále průmyslových odvětví (Gregurić, 2019).



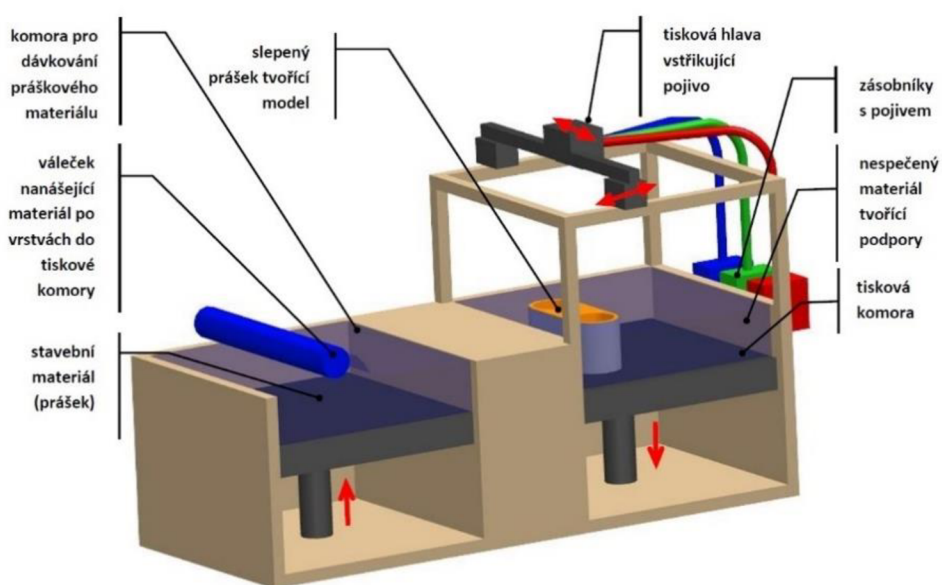
Zdroj: dk metal prominent s.r.o. (2018)

**Obr. 6 Tiskárna DLP**

*Digital Light Processing* (dále jen DLP) má mnoho podobností s metodou SLA, ale pracuje mnohonásobně rychleji. To vše díky novému světelnému zdroji zobrazenému na obrázku č. 6. SLA používá UV laser, zatímco DLP používá speciální projektor a displej z tekutých krystalů. Digitální světelný projektor

umožňuje blesku zachytit celou vrstvu sestavy. Mělká nádrž s pryskyřicí snižuje odpad a náklady na materiál a je další výhodou oproti metodě SLA (Awari a kol., 2021).

Metoda *Binder Jetting* (dále jen BJ) používá dva druhy materiálů: práškové (např. sádra) a pojivo. Tisková hlava selektivně stříká nad práškem tekutý materiál, který ji "lepí" dohromady. Dále se dokončená vrstva snižuje a proces se opakuje. Po dokončení sestavy je kus umístěn ve zbývajícím neupraveném prášku pro vytvrzení (viz Obr. 7). Metoda BJ je schopna vytvořit velmi robustní modely, které se používají v medicíně, leteckém a automobilovém průmyslu.



Zdroj: dk metal prominent s.r.o. (2018)

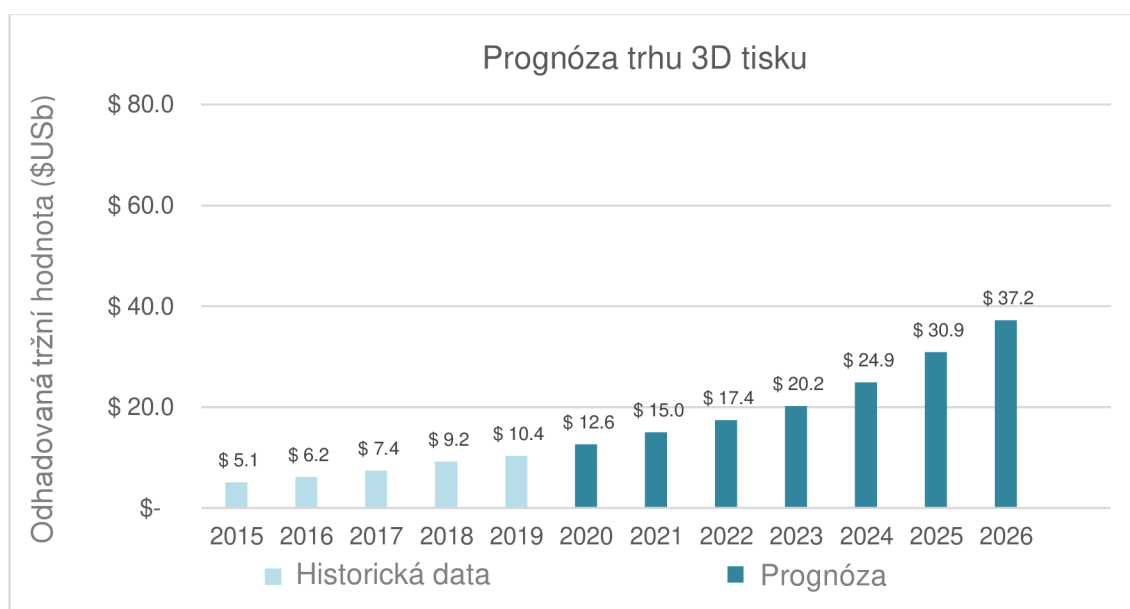
### **Obr. 7 Tiskárna BJ**

*Material Jetting* (dále jen MJ) je metoda 3D tisku, která se nejčastěji používá v klenotnictví a zubním průmyslu. Na hliníkovou sestavu se nalije roztavený vosk a rovnoměrně se rozloží. Po jeho zasazení do komponentu se vosk začne ochlazovat a ultrafialové záření mu pomáhá se vytvrdit. K vytvoření složitějších částí často dochází za pomoci gelovitěho materiálu, který lze snadno odstranit po dokončení sestavy. Díly vytištěné touto metodou mohou být použity ihned po dokončení tisku (3DINSIDER, 2017).

## 2.3 Trendy v 3D tisku

Za posledních 30 let se aditivní výroba neúnavně vyvíjela a postupně se zaváděla do nových podniků. I přes těžkou situaci ve světě spojenou s pandemií, poptávka po technologii, která vyrábí trojrozměrné modely, stále rostla. Podle zprávy o trendech v aditivní výrobě z roku 2021 (zpráva byla vypracována společností 3D Hubs BV) světový trh 3D tisku v roce 2020 vzrostl o 21 procent v porovnání s rokem 2019. Odhadovaná hodnota z roku 2020 činila 12,6 miliardy dolarů.

Pokud se podíváme do předpovídané budoucnosti, prognóza naznačuje, že do 5 let se aditivní výroba zvýší ještě dvakrát a v roce 2026 bude činit 37,2 miliardy dolarů (viz Obr. 8).



Zdroj: Upraveno dle + 3d hubs bv (2021)

### **Obr. 8 Prognóza trhu 3D tisku**

Zprávu o vývoji 3D tisku sestavila, jak již bylo avizováno výše, Společnost 3D Hubs BV, na základě které se poté formovaly názory odborníků. Účastníky průzkumu pro vyhotovení zprávy se stalo 1.504 inženýrských společností. Zpráva také vznikla na základě novinek publikovaných v médiích a z přehledů analytiků, kteří analyzovali trendy na trhu (3D HUBS BV, 2021).

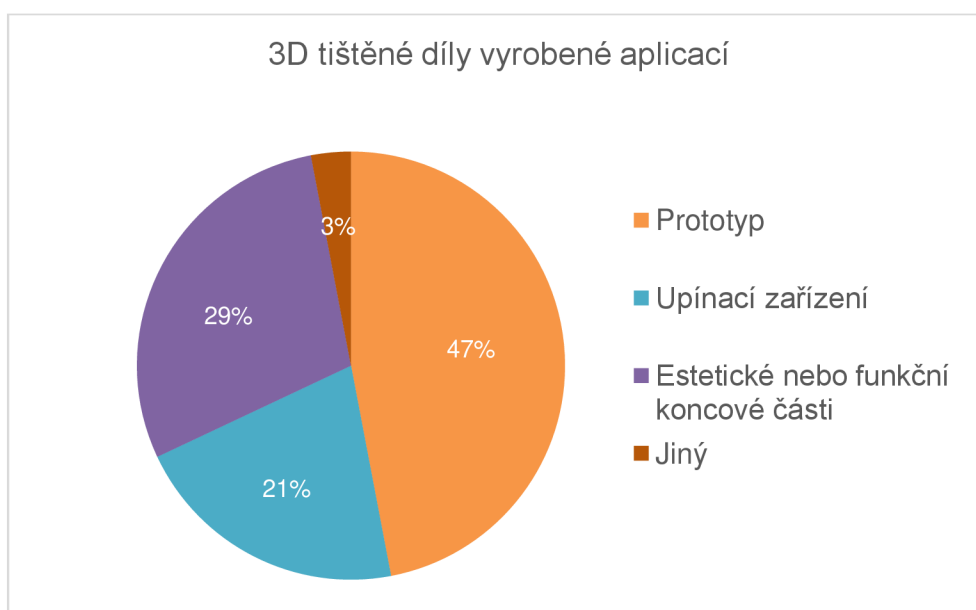
Ve výroční zprávě se uvádí, že 65 % strojírenských podniků začalo používat 3D tisk v souvislosti s omezeními k přístupu k tradičním výrobním technologiím z důvodu pandemie viru COVID-19. Začátkem roku 2020 se po celém světě začal

šířit virus COVID-19, který zastavil většinu produkce. Problémy s logistikou způsobily, že poptávka začala převyšovat nabídku.

Ze zprávy společnosti 3D Hubs dále vyplývá, že k urychlení zavádění 3D tisku pomohla výroba prostředků na individuální ochranu osob a výroba dílů potřebných pro přístroje a další zdravotnická zařízení. Důvodem je také skutečnost, že se vzniklými problémy v dodávkách potřebných dílů mezi zeměmi byla jako řešení využita aditivní výroba oceli, zejména pro vytváření prototypů a také pro tvorbu koncových částí komponentů.

Z průzkumu dále vyplývá, že pod vlivem pandemie se využití aditivní výroby ve strojírenském průmyslu zvýšilo na 33 procent. Z 1 504 zúčastněných, dotázaných společností polovina uvedla, že i nadále (i po lock-downu) hodlá používat 3D tisk. Důvodem tohoto rozhodnutí, by mohla být zejména jednoduchá práce, která dává zaměstnancům výše uvedených společností šanci analyzovat práci v podniku a provádět experimenty na vytváření 3D prototypů. Jedním z hlavních výhod 3D tisku je hlavně rychlost provádění určitých požadavků ve srovnání s tradičními technologiemi (Everett, 2021).

Obrázek č. 9 ukazuje, že nejčastěji se 3D tisk používá k výrobě prototypů (47 % inženýrských společností), nicméně zpráva ukazuje, že tato technologie má i všechny šance na zvýšení v oblasti výroby dílů pro konečné použití (29 %).

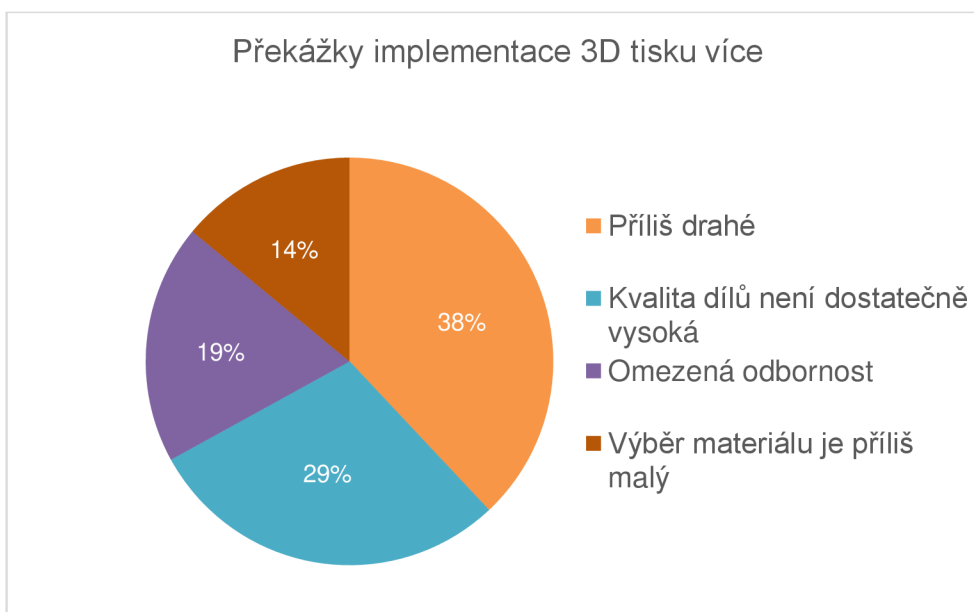


Zdroj: Upraveno dle + 3d hubs bv (2021)

**Obr. 9 Díly vytištěné na 3D tiskárně**

Podle zprávy z roku 2020 až 54 % podniků zvýšilo využití 3D tiskáren k vytvoření funkčních částí konečné výroby. Nejčastěji v oblastech, jako jsou: biotechnologie, doprava a automobilový průmysl. 3D tisk může vytvářet detaily jakékoliv složitosti, což je velký přínos pro ta výrobní odvětví, jejichž jádro závisí právě na detailním propracování. Třicet procent podniků zůstalo v porovnání s rokem 2019 na stejné úrovni (3D HUBS BV, 2021).

Prognóza zprávy uvádí, že i v roce 2021 bude růst aditivní výroby pokračovat. Existuje však i opačný názor. Na vině je cena, kvalita, omezená odbornost a omezení při výběru materiálu (viz Obr. 10). Tyto faktory mají velký vliv na zavedení 3D tisku do výroby. Nicméně, aditivní technologie má svůj vlastní vývoj a má své silné stránky: 3D tiskárna podporuje jakékoliv složitosti designu detaily, spoří čas, postupně se objevují nové metody 3D tisku a také rozšiřuje výběr vhodných, funkčních materiálů.



Zdroj: Upraveno dle + 3d hubs bv (2021)

**Obr. 10 Překážky pro další zavádění 3D tisku**

Na závěr své zprávy společnost 3D Hubs pohovořila s více než 1 500 uživateli 3D tisku, kteří měli popsat svou předpověď na rok 2021. Většina oslovených uživatelů 3D tisku podpořila myšlenku, že použití 3D tiskárny k vytvoření detailů konečné výroby poroste a náklady na technologii se sníží (Everett, 2021).

### 3 Využití technologie 3D tisku v průmyslu

S každým novým dnem se na trhu objevuje stále více modelů 3D tiskáren. Nyní jsou jednodušší, rychlejší, levnější, efektivnější, podporují širokou škálu materiálů a zároveň si udržují vysokou kvalitu tisku. Jejich možnosti jsou až zarážející. Není divu, že mnoho průmyslových oblastí experimentuje se zavedením 3D tisku, aby modernizovalo svou výrobu. Několik příkladů těchto společností a organizací je uvedeno v následující kapitole.

#### 3.1 Oblasti použití 3D tisku.

Aditivní výrobu lze nalézt v oblastech, jako jsou:

- *medicína,*

Za prvé, bio tisk. Bio tisk je tisk, při kterém počítač pomocí pipety ukládá živé buňky na sebe, pro vytvoření umělé živé tkáně nebo organoidu, které se později mohou využít k transplantaci.

Za druhé, tisk přesné kopie orgánů pacienta pro výcvik chirurgů před těžkou operací. Tato praxe pomáhá snížit rizika zdravotní újmy či smrti pacienta a urychlit samotný proces operace (snadný nácvik operačních postupů).

Za třetí, 3D tisk se používá k tisku sterilních chirurgických nástrojů. Díky aditivní technologii lze nástroje vyrobit s libovolnou velikostí a tloušťkou, což pomáhá předcházet nežádoucímu poškození pacienta.

Za čtvrté, pro výrobu protéz. Inovativní technologie umožní, aby byla protéza individuální, přizpůsobena na konkrétní tělesné proporce pacienta. Zejména pro pohodlnější vložení a zakotvení v těle pacienta, včetně možnosti zvolit ten nevhodnější design protézy. Jedná se o levnější a rychlejší způsob protetiky (Nawrat, 2022).

Vytváření protéz pomocí 3D tisku může pomoci nejen lidem, ale i zvířatům. Příklad takového příběhu je popsán v časopise National Geographic. Americký aligátor jménem Stubbs přišel o ocas při setkání s překupnicí zvířat. 3D tiskárna umožnila vytvořit ideální protézu s velikostí a strukturou, se kterou se zvíře cítilo co nejpohodlněji. Nyní je aligátor Stubbs schopen žít plnohodnotný život (Hertzberg, 2018).

- *stavebnictví,*

Aditivní technologie pomáhají při vytváření úkrytů v místech, kde jsou poměrně častým jevem přírodní katastrofy. Samozřejmě se používá i pro tisk domů.

Ruská společnost Apis Cor, může instalovat domy za 24 hodin za všech povětrnostních podmínek, a to díky 3D tiskárně, kterou vytvořila. Stroj zobrazený na obrázku č. 11 dosahuje délky 4,5 metru, šířky a výšky 1,5 metru, takže je poměrně snadno přepravitelný. Instalace tiskárny na místě stavby trvá asi 30 minut, jako stavební materiál je používán beton. Společnost vytvořila svůj software a program pro řízení provozu tiskárny, pro optimální stavební proces. Apis Cor postavil největší budovu v Dubaji. Zastavěná plocha 640m<sup>2</sup>, výška až 10 metrů. Budova byla vytištěna na 3D tiskárně za 17 dní (Jamie D., 2020).



Zdroj:3dnatives (2020)

**Obr. 11 3D tiskárna Apis Cor**

- *design:*

- nábytek a domácí inventář,

Zakladatelé Rotterdamského studia The New Raw našli způsob, jak používat 3D tisk s přínosem pro životní prostředí. Sbírají plastový odpad a vytvářejí z nich Městský nábytek (McGee, 2019).

Yujia Metal Science je společnost, která navrhuje a vytváří nábytek pomocí 3D tisku. Využití 3D technologie výrazně zkrátilo dobu zhotovení a zvýšilo produktivitu. Společnost vyrábí kovový nábytek na míru. Kupující mohou získat jedinečný nábytek pro domácnost, např.: dveře, okna, vinotéky, křesla a další (Raise 3D Technologies, Inc., 2018).

- *obuv,*

Aditivní výrobu lze nalézt i v obuvnickém průmyslu. Jedna z největších světových firem sportovní obuvi Nike se již dlouho zabývá studiem této technologie. Prvním produktem, který společnost vydala za pomoci 3D tisku, byly fotbalové boty Nike Vapor Laser Talon. Později v roce 2017 Nike vydala tenisky Nike Zoom Vaporfly Elite, v rámci spolupráce s maratoncem Eliudem Kipchogem. Úspěšnějším projektem pro společnost se však staly tenisky Flyprint Nike. Pro jejich vytvoření Nike použila pokročilou metodu 3D tisku FDM, která dostala název Solid Deposition Modeling. Prvním krokem k vytvoření ideální sportovní obuvi je analýza běhu sportovce. Dalším krokem je výběr materiálu. Aditivní výroba vytvoří elastickou tkaninu pro horní část tenisky, která botě umožní být lehčí a prodyšnější. S touto technologií se Nike podařilo vytvořit jedinečnou sportovní obuv a možná ji po nějaké době použijí i k vytvoření dalšího sportovního vybavení (MANUFACTUR3D, 2020).

- *šperky,*

Klenotnictví American Pearl nabízí svým zákazníkům nákup různých šperků s individuálními rozměry a designem. Od roku 2013 společnost aktivně využívá ve své výrobě 3D tisk. Na internetových stránkách obchodu si každý může vybrat svůj oblíbený šperk, změnit jeho velikost, tvar, barvu a kvalitu, stejně jako čistotu kovu. Výsledkem je, že kupující obdrží individuálně vytvořený klenot, odpovídající všem jeho přáním a zadaným požadavkům (Gilpin, 2014).

- *potravinářský průmysl,*

Experiment s 3D tiskem jídla se uskutečnil ve Švýcarsku v domovech pro seniory. Vzhledem k tomu, že starší lidé často mají potíže jíst pevné potraviny, jejich jídlo nevypadá příliš atraktivně. To často vede ke ztrátě chuti k jídlu. Státní inovační orgán Rise proto vytvořil tento druh 3D tisku, při kterém jídlo vypadá jako skutečné (steak, brokolice, kuřecí stehna), ale má měkkou konzistenci. Díky této technologii



si hosté domova důchodců mohou i nadále pochutnávat na konzistentně měkkém jídle, avšak s vynikajícím a lákavým vzhledem (McGee, 2019).

- *automobilový a letecký průmysl.*

3D technologie jsou široce používány při montáži letadel, satelitů a automobilů. Například NASA je využívá k rozvoji vesmírného výzkumu a auto průmysl vytvořil tzv. Urbee – první vůz na světě, jehož trup je kompletně vytvořen na 3D tiskárně (Sculpteo, 2019). Právě tomuto odvětví se bude věnovat následující podkapitola.

### **3.2 Automobilové společnosti a aditivní výroba**

- **FORD MOTOR COMPANY s.r.o.** (dále jen Ford)

Ford byl jednou z prvních automobilových společností, která začala používat 3D tisk. Hlavní výhodou zavádění aditivní technologie do výroby, kterou se podařilo odhalit, je rozdíl v hmotnosti. Díly vytištěné 3D tiskárnou byly výrazně lehčí než díly vytvořené tradičním způsobem. Proto se stroje staly ekonomičtější, co se spotřebou paliva týče (Symes, 2019).

V současné době má společnost Ford více než 30 průmyslových 3D tiskáren. S jejich pomocí již byly vytištěny minimálně dva komponenty pro sériová auta. Jedním z nich je konzole EPB pro Shelby Mustang. Tištěná verze tohoto prvku je o 60 % lehčí než originál a snížila tak náklady na prototypování. Dalším komponentem je zástrčka pro pick-up Ford Raptor. Proces jejího vytvoření výrazně snížil ztrátu času a peněz na její vývoj (Edge, 2021).

V dnešním světě se mnoho společností snaží co nejvíce snížit emise odpadu do ovzduší atd. a tím chránit životní prostředí. Ford není výjimkou. Společně s firmou HP se rozhodli, že se odpadu po 3D tisku nezbaví, ale použijí je ve výrobě. S 3D tiskárnou tak vytiskli díly pro vůz F-250 z práškových zbytků. Bylo zjištěno, že hlavními klady této technologie je: odolnost proti vlhkosti, pevnost a životnost dílů. Současně se takto vyrobené díly staly o 7 % lehčí a v rámci vývoje na nich společnost uspořila až 10 % svých finančních prostředků (Sertoglu, 2021). Díky 3D tisku Ford ušetřil milion hodin práce a miliardy dolarů na výrobu.

- **BMW Company s.r.o.** (dále jen BMW)

BMW také zaujímá jedno z předních míst ve studiu aditivní výroby.

Před několika lety BMW vyrobilo vůz Roadster i8. Zvláštností tohoto vozu je upevnění střechy kabrioletu. Jens Ertel řekl: „V případě modelu BMW i8 Roadster se společnost BMW Group stala prvním výrobcem automobilů, který pomocí 3D tisku vyrobil několik tisíc kovových součástí. Zmiňovaná součástka je součástí rámu plátěné skládací střechy“ (BMW PressClub CZ, 2018). Tištěné díly používané pro i8 Roadster způsobily, že je vůz lehčí, bezpečnější, lépe se s ním manévruje a je též úspornější při spotřebě paliva. Takové výsledky nemohly být dosaženy při použití tradičního procesu odlévání.

Společnost BMW je majitelem britské automobilky MINI, v níž se také běžně využívá aditivní výroba. MINI Yours Customized je jedním z nedávno spuštěných programů společnosti. Jeho podstatou je, aby vyrobený stroj byl jedinečný. Zákazníci si mohou objednat malé detaily, jako je například: přístrojová deska, prahová deska nebo světelný kryt. Pro tyto komponenty si zákazník sám vybere svůj originální design. Dříve byla možnost využít tuto službu jen u drahých aut, nyní je dostupná všem, a to vše díky 3D tisku (Symes, 2019).



Zdroj: bmwgroup (2020)

#### **Obr. 12 Kampus aditivní výroby v Mnichově**

Společnost BMW bere trojrozměrnou technologii a její studium velmi vážně. V roce 2020 byl v Mnichově otevřen nový areál aditivní výroby (viz Obr. 12). Na výstavbu závodu bylo použito 15 milionů EUR (Hanaphy, 2020a).

Daniel Schäfer, Senior Vice President pro integraci výroby a pilotní výrobní linku v BMW Group uvedl: „*Procesy, jako je aditivní výroba, nám pomáhají zrychlit vývoj a dostat naše vozy rychleji do sériově výroby. 3D tisk také zkracuje výrobní časy dílů a současně má pozitivní přínos v mnoha dalších vlastnostech daných komponentů*“ (BMW PressClub CZ, 2018). Takový postoj k 3D tisku a otevření tohoto kampusu, ochotu investovat finance a čas na experimenty s aditivní výrobou, znovu zdůrazňuje význam této technologie pro společnost BMW.

- **Audi AG**

V roce 2015 německá automobilová společnost Audi AG představila světu reprodukci starého závodního vozu Auto Union, který byl vytištěn na 3D tiskárně. Výrobce automobilů Audi otevřela nové oddělení 3D tisku, čímž ukázala svůj zájem o používání této pokročilé technologie. Díky použití 3D tiskárny, si může společnost Audi sama vytisknout komponent, který byl například poškozen na montážní lince, a nemusí tak nečekat na náhradní komponent od prodejce. Tato skutečnost opět pomáhá snižovat provozní náklady a zvyšovat zisk (Symes, 2019).

3D tisk používá mnoho dalších automobilových společností, jako jsou: BAC, Bugatti, Cadillac, Chevrolet, FCA, General Motors, Lamborghini, Porsche, Rolls-Royce, Tesla, Volkswagen atd.

## 4 Nove funkce pro 3D tisk

Žijeme ve světě, kde průmyslová odvětví poškozují životní prostředí. Nejhorší situace je způsobena v důsledku použití základního materiálu – plastu. Tato kapitola se věnuje tématu zavádění bio materiálů do automobilového průmyslu v souvislosti s 3D tiskem, jako náhražky plastů. Kapitola obsahuje odpovědi na otázky jako: Proč jsou plasty škodlivé pro životní prostředí? Proč je tak důležité najít alternativní biologickou náhražku plastu? Které společnosti používají bio materiály v automobilovém průmyslu? Jaké jsou výhody a nevýhody použití 3D tisku? Jakmile budou tyto otázky zodpovězeny, práce bude popisovat základní myšlenku – bio materiál jako základní materiál pro 3D tisk.

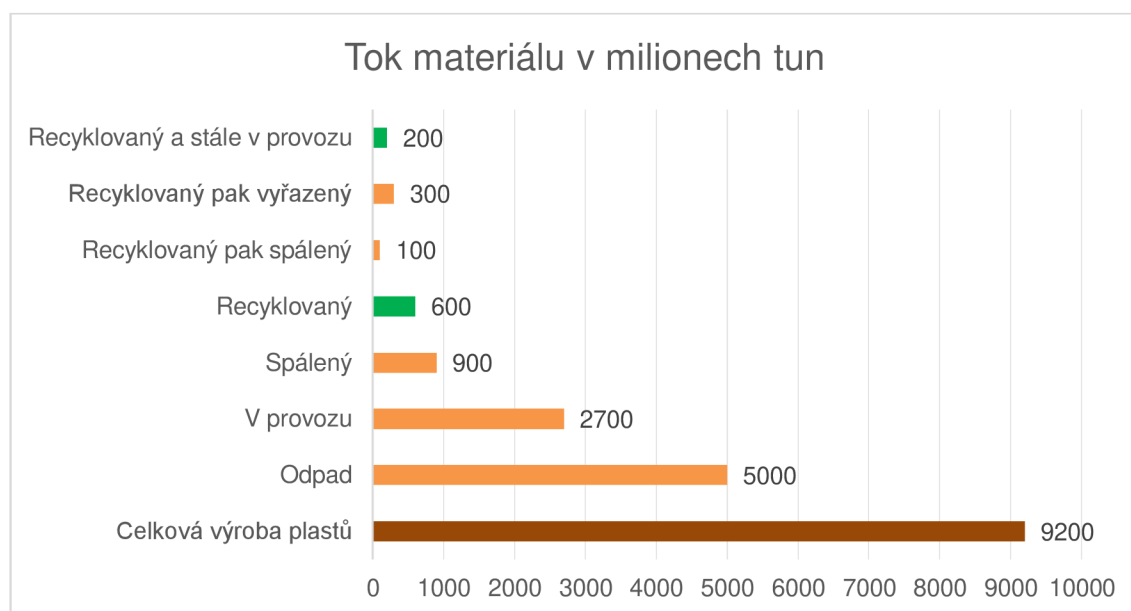
### 4.1 Plast jako základní materiál pro strojírenství

Při výrobě automobilu se používají především materiály jako: ocel, plast, hliník, pryž, sklo, sklolaminát, olovo, měď, titan a hořčík. Plasty používané při výrobě automobilů tvoří téměř polovinu z celkového počtu automobilových dílů. Z toho 48 % plastu se používá pro úpravy karoserie.

V padesátých letech se plasty začaly vyrábět v průmyslovém měřítku. Každý rok se na světě vyrábí miliony tun plastů. Evropa je největším spotřebitelem těchto materiálů a Německo, Velká Británie a Itálie patří mezi největší producenty plastového odpadu. Na skládkách v Evropě tvoří více než polovinu odpadu plasty, které nejsou recyklovatelné. Aktivní používání tohoto materiálu způsobuje problém s jeho recyklací, protože se může rozkládat několik set let (Tiseo, 2021).

Podle údajů uvedených na obrázku č. 13 je vidět, že od roku 1950 do roku 2017 je objem světové produkce plastů více než devět miliard metrických tun. Je třeba poznamenat, že z tohoto neuvěřitelného množství plastu se polovina následně změnila na odpad a pouze 6,5 %  $((100 * 600)/9200)$  bylo recyklováno.

V moderním světě se plast používá v mnoha aspektech života lidí. Poptává se nejen ve strojírenství, ale také ve stavebnictví, medicíně, elektronice, vyrábí se z něj obaly atd. Vysoká potřeba tohoto materiálu způsobila, že se plasty staly vážným globálním ekologickým problémem, který poškozují celou planetu (Statista, 2021).



Zdroj: Upraveno dle + statistika (2021)

**Obr. 13 Tok plastových materiálů po celém světě v letech 1950 až 2017 (v milionech tun)**

Podle údajů za rok 2021 pandemie viru COVID-19 ovlivnila nárůst plastového odpadu. Velká část vznikla z prostředků na individuální ochranu osob, obalových materiálů pro online nákup a také z odpadů v nemocnicích. Na planetě vzniklo více než 8 milionů tun odpadu, z toho 25 000 tun se dostalo do oceánu (Peng a kol., 2021). V něm se plast rozpadá na částice mikro plastů a poškozují zvířata a okolní přírodu jako celek. Přes ryby a mořské plody proniká i do lidského těla (Tiseo, 2021).

Nizozemský politik Frans Timmermans vyjádřil názor, že pokud lidé nezmění způsoby výroby a používání plastů, do roku 2050 bude v oceánech více plastů než ryb (EurOcean, 2018). Z tohoto důvodu vyvstává otázka hledání a používání takových materiálů pro výrobu vozidel, které mohou sloužit jako náhrada za plastové materiály a následně mohou dlouhodobě sloužit v běžné výrobě potřebných komponentů, a tím pomáhat a chránit životní prostředí.

Například v Německu se vyvíjí koncept výroby automobilů na bázi přírodních vláken. Lněné vlákno je pro takovou výrobu základní surovinou. V roce 1996 činila spotřeba lněných vláken v Německu 5,0 tuny a v roce 2000 dosáhla 20,0 tuny a na této úrovni se stabilizovala dodnes. Nicméně, stojí za zmínku, že každý rok se zvyšuje spotřeba přírodních vláken v automobilovém průmyslu.

Lněné čalounění interiéru vozu pomáhá snížit hladinu hluku tím, že absorbuje vibrace a také tepelně izoluje. Díky nízké hmotnosti komponentů z přírodních vláken se snižuje hmotnost vozidla, což bezpečně ovlivňuje snížení spotřeby paliva a tím omezuje vypouštění výfukových plynů do životního prostředí (SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization, 2018).

## 4.2 Využití bio materiálů v praxi

Po analýze a pochopení celkové vážnosti situace se podíváme na několik příkladů společností, které také trápí problém spojený s použitím plastu a jeho vlivu na životní prostředí.

- *Bcomp*

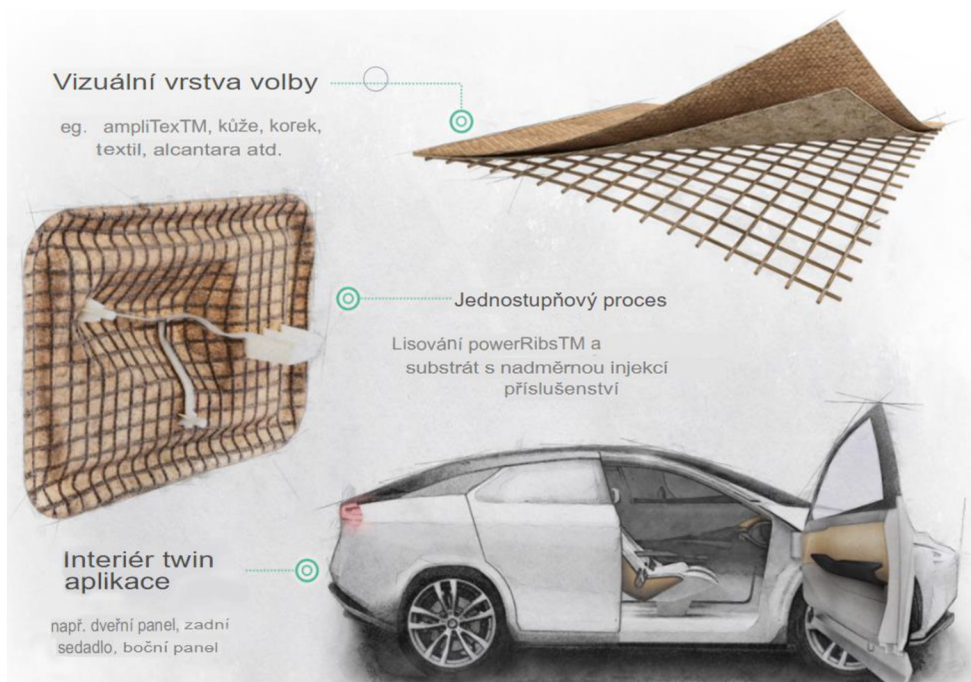
Bcomp je švýcarská společnost, která zahájila svou činnost v roce 2011. Cílem jejich projektu bylo vytvořit vysoce efektivní a zároveň lehké lyže. Zakladatelé jsou kandidáti věd o materiálech z EPFL. K výrobě lyží používali lněné vlákno k posílení balsových jader a zlepšení tuhosti smyku. Vzhledem k tomu, že výsledek byl impozantní, společnost začala vyvíjet a hledat cesty ekologických řešení i pro široký trh s vozidly.

V současné době je Bcomp lídrem na trhu výroby kompozitních materiálů z přírodních vláken s ohledem na udržitelnou nízkou hmotnost komponentů. Společnost popisuje své hlavní poslání následovně: *„Naším cílem je hrát roli v probíhající revoluci směrem k čistší mobilitě. Abychom toho dosáhli, věříme, že nová řešení musí překonat řešení, která jsou v současné době na trhu, kromě toho, že jsou udržitelnější. Proto jsme vložili veškeré naše úsilí, vášně a energii do vytváření vysoce výkonných řešení z udržitelných materiálů“* (Bcomp Ltd., 2020a).

Jedním z takových řešení bylo vytvoření termoplastických žeber PowerRibs™. Pomocí termoplastických žeber je možné snížit množství plastu ve vnitřních panelech na 70 % a také usnadnit jejich výrobu o 50 %. Tímto způsobem je možné snížit negativní dopad použitých materiálů a minimalizovat spotřebu paliva.

PowerRibs™ a ampliTex™ (viz Obr. 14) jsou vyrobeny z lněných vláken pěstovaných přirozeně v Evropě. Díky mechanické optimalizaci vlastností vláken a struktury tkaniny se k výrobě komponentů používá méně materiálu. Hlavní

výhodou je, že na konci životnosti mohou být díly rozdraceny a znovu použity jako základní materiál (Bcomp Ltd., 2020b).



Zdroj: Upraveno dle + bcomp (2020b)

#### **Obr. 14 Použití PowerRibs™ u ampliTex™**

Stojí za zmínku, že společnost Bcomp také spolupracuje s mnoha jinými společnostmi, jednou z nich je společnost Spark Racing Technology. Společně vytvořili elektrické závodní auto SUV – Spark Odyssey, které využívá vysoce účinné kompozity z přírodních vláken.

Bcomp umožňuje vytvářet karoserie s 85 % nižšími emisemi CO<sub>2</sub> ve srovnání s uhlíkovými vlákny. Díky využití přirozených vlastností lněného vlákna, inovativní technologie Bcomp ampliTex™ a powerRibs™ přinášejí nové možnosti do ekologického motoristického sportu. Tělo z přírodního vlákna, vyvinuté společností Spark Racing Technology, bude podrobena pěti závodním zkouškám na čtyřech kontinentech na mistrovství Extreme E. Jedná se o mezinárodní sérii závodů off-road, jejichž cílem je propagace šetrnosti k životnímu prostředí a zavádění elektrických vozidel.

Christian Fischer, generální ředitel a spoluzakladatel společnosti Bcomp, uvedl: „Vzhledem k objemu výroby, spotřebě, odpadu a emisím, které se podílejí na

*„dodávkách, používání a odstraňování uhlíkových vláken, je zavedení udržitelných kompozitu jasným krokem správným směrem“ (Bcomp Ltd., 2021).*

- *Renew Design*

Firma z Floridy Renew Design, vyrábí auta přesně na míru zákazníkům. Karosářské díly pro své vozy vyrábí na základě zpracování vnějšího konopného stonku a zkombinováním se syntetickou pryskyřicí a následně umístěním do formy. Podle prezidenta společnosti Bruce Dietzena je konopí ideálním materiálem pro výrobu automobilových panelů, protože je desetkrát odolnější vůči tvorbě důlků než ocel a plast. Konopí neobsahuje uhlík, je schopné absorbovat a akumulovat uhlík během svého růstu, čímž nezanechává uhlíkovou stopu.

- *Auto «World F3rst Formula 3»*

Profesor Kerry Kirwan z univerzity University of Warwick ve velké Británii se svým týmem v roce 2009 vytvořil závodní auto "World F3rst Formula 3". Ve tomto voze byli vyrobeny nárazníky a vnější výzdoba z přírodních vláken, jako je konopí a len, stejně jako byly použity biologicky rozložitelné a recyklované polymery (Kovacs, 2016).

### **4.3 Výhody a nevýhody aditivní výroby**

Jak již bylo zmíněno, cílem této práce, věnované tématu využití 3D tisku v automobilovém průmyslu, je navrhnout novou metodu použití 3D tiskárny. Před popisem samotné myšlenky bychom se měli dozvědět o výhodách a nevýhodách používání aditivní technologie.

Výhody použití 3D tisku:

- *Flexibilní design:* 3D tisk umožňuje navrhnout a vytisknout konstrukce jakékoliv složitosti, které nemusí být navrženy a vyrobeny tradičním výrobním procesem.
- *Zrychlený proces prototypování:* díky tomu, že díly mohou být vyrobeny během několika hodin, každá fáze výroby bude probíhat mnohem rychleji.
- *Cena:* 3D tisk je výrazně levnější než tradiční výroba, pokud jde o malosériovou výrobu.



- *Tisk na vyžádání:* výhodná příležitost pro úsporu místa určeného k ukládání materiálu k tisku.
- *Rychlé navrhování a výroba:* soubory 3D designu jsou uloženy ve virtuální knihovně jako soubory CAD nebo STL, což znamená, že je lze v případě potřeby snadno nalézt a zahájit tisk.
- *Pevné a lehké části:* plast je základním tiskovým materiálem, protože je lehčí než jiné kovové ekvivalenty. V automobilovém průmyslu, kde má nízká hmotnost velký význam, je to obrovská výhoda. Také je možné vytvářet díly z materiálů se speciálně vybranými vlastnostmi (např. voděodolné).
- *Minimalizace odpadu:* při výrobě dílů tradičním způsobem, jsou díly obvykle vyříznuty z velkých kusů materiálů, které nejsou recyklovatelné. 3D tisk tuto metodu nevyžaduje, protože potřebuje pouze takové množství materiálu, které je nezbytné pro vytvoření objektu, čímž šetří zdroje materiálu a minimalizuje odpad.
- *Dostupnost:* v současné době se 3D tiskárny stávají stále více populárními a jsou na trhu mnohem více k dispozici, než tomu bylo v minulosti. Jedním z důvodů je skutečnost, že větší počet poskytovatelů (osob, či společností vlastnících 3D tiskárny) začal nabízet outsourcingové služby. Což je velké plus, protože 3D tisk nevyžaduje velké dopravní náklady, na rozdíl od tradičních způsobů výroby.
- *Šetrné k životnímu prostředí:* 3D tisk nezanechává prakticky žádný odpad. Hlavní výhodou je bezpochyby také fakt, že díky použití lehkých komponentů vytištěných na 3D tiskárně, se zvyšuje účinnost využití paliva.

Nevýhody použití 3D tisku:

- *Materiály:* problémem je, že ne všechny materiály jsou vhodné pro 3D tisk. Mnoho z nich navíc nelze recyklovat.
- *Velikost montážních dílů:* moderní tiskárny mají malé tiskové kamery, proto musí být nejprve vytištěny velké části komponentů a poté spojeny dohromady. To zvyšuje náklady a čas na výrobu. Kromě toho je pro jejich sestavení nutná ruční práce.

- *Struktura dílu:* díly na 3D tiskárně jsou vyrobeny vrstvou po vrstvě, vrstvy se vzájemně spojují, což také znamená, že se mohou při určitých napětích oddělit od sebe.
- *Snižování počtu pracovních míst:* automatizovaná výroba může potenciálně snížit počet pracovních míst v podniku.
- *Konstrukční nepřesnosti:* problém souvisí s typem použitého 3D zařízení a procesem práce.
- *Otázky týkající se autorských práv:* popularizace a dostupnost 3D tisku může vést k vytvoření falešných produktů (padělků), které je velmi obtížné odlišit od originálu.

Po uvedení výhod a nevýhod aditivní výroby se dostáváme k hlavní myšlence práce. Koncept praktické části práce spočívá v rozvedení myšlenky způsobu návržení a využití bio materiálů v automobilovém průmyslu.

#### **4.4 Bio materiál jako surovina pro 3D tisk**

Vzhledem k tomu, že tato práce je věnována použití 3D tiskárny v automobilovém průmyslu, autorka práce navrhuje začít používat bio materiály v tomto odvětví. Vhodný materiál pro realizaci této myšlenky nabízí společnost DSM.

Mezinárodní nizozemská společnost DSM, která působí v oblasti zdravotnictví, výživy a také působí jako výrobce materiálů, investovala značné prostředky i do 3D tisku. V roce 2017 společnost otevřela divize pro vývoj materiálů pro aditivní výrobu a poté představila světu nový polymer pro 3D tisk s názvem EcoPaXX AM4001 GF (G), vyrobený na bázi bio materiálů.

Cílem vytvoření tohoto materiálu byla touha zajistit nejen „výkon užití“, ale i ekologičnost materiálu. Společnost totiž v posledních letech projevuje velký zájem o výrobu ekologičtějších materiálů a podílí se také na ekologických projektech, například při stavbě ekologické lávky v Rotterdamu.

Vytvořený polymer má certifikát ISO, který potvrzuje skutečnost, že materiál obsahuje 42 procent organických látek, polovina z nich se skládá z rostliny, a to ze skočce obecného. Jak uvádí DSM, polymer vykazuje vynikající tepelné, chemické a mechanické vlastnosti. Materiál absorbuje méně vlhkosti, což do značné míry usnadňuje nejen tisk, ale i zpracování.

Ředitel inovace aditivní výroby Jeff Gardner uvedl: „*EcoPaXX AM4001 GF (G)* je kombinací patentované technologie DSM a síly přírodních stavebních bloků odvozených ze skočcových rostlin“. Poznamenal také: „*Materiál je ideální pro tisk pelet automobilových konstrukčních dílů a kombinuje mechanický výkon s širokým teplotním rozsahem*“ (Hanaphy, 2020b).

DSM v současné době nabízí materiály pro práci se systémy SLA, FDM a PBF, ale nedávno se společnost rozhodla rozšířit svou nabídkovou škálu. Proto společnost kladla důraz na vytváření nových surovin a nástrojů pro technologii FGF (Fused Granulate Fabrication – metoda 3D tisku, při kterém se plastové pelety taví a jsou napájeny přes trysky).

Výrobci poukazují na skutečnost, že při použití vyvinutého bio materiálu a metody FGF jsou v procesu 3D tisku vytvořeny lehčí automobily, které zanechávají menší uhlíkovou stopu.

## Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo prozkoumat 3D tisk zejména v automobilovém průmyslu a také nabídnout nové možnosti využití 3D tisku v tomto odvětví.

V začátku práce na základě vědeckých článků týkajících se tématu 3D tisku byla popsána historie vzniku 3D tiskáren. Pro podrobnější pochopení co znamená pojem 3D tiskárna a 3D tisk a jak funguje, autorka pečlivě studovala a postupně uváděla metody 3D tisku, a tím ve své práci obsáhla začátek moderní představy o 3D tisku. Dalším krokem bylo nastítnit, jak tato technologie získala takovou popularitu a k jakým novým objevům a inovacím vývoj 3D tiskáren vedl. Poté byla autorkou provedena analýza vývojového trendu 3D tisku a na jeho základě byl učiněn závěr o budoucnosti aditivní výroby. Závěrem teoretické části práce výzkumnice popisuje způsoby použití třídimenzionální technologie v průmyslových a zdravotnických odvětvích a zvláštní pozornost věnuje odvětví automobilovému průmyslu.

Další část práce je věnována zavádění bio materiálů do automobilového průmyslu prostřednictvím 3D tisku. Zprvu se spolu s tématem 3D tisku objevuje i aktuální palčivé téma znečišťování životního prostředí plastovým odpadem. Autorka analyzuje, jaké množství plastového odpadu se již nedá po použití recyklovat, posléze se tedy vyhodí a při likvidaci se plastový odpad dostává zejména do oceánu. Na základě této informace dochází autorka k neuspokojivému závěru, jenž je zřejmý pro celé lidstvo. Těla automobilů obsahují velké množství plastů, použití paliv není též k přírodě šetrné, oba tyto fakty způsobují na přírodě nenapravitelné škody. Autorka se snaží najít způsoby řešení těchto problémů a v dalším bodu práce se tedy zabývá společnostmi, které jsou vážně znepokojeny nenapravitelnými škodami na přírodě způsobenými při tradiční výrobě v automobilovém odvětví. Tyto společnosti již začaly poskytovat své služby různým automobilovým společnostem, přičemž v rámci ochrany životního prostředí, kladou důraz na použití ekologických materiálů tj. bio materiálů. V závěrečné části práce autorka popisuje klady a zápory využití 3D tisku ve výrobě. Poté se zabývá společnostmi, které poskytují biologický materiál pro 3D tisk, který lze použít v automobilovém průmyslu.

Myšlenka, kterou chce autorka sdělit svým výzkumem je, aby lidé byli opatrnější na svět okolo, co je obklopuje. Zavedení bio složky do automobilové výroby jako suroviny pro 3D tiskárny může pomoci naší planetě a všemu, co na ní žije. I malý detail v sériových vozech je velkým přínosem nejen pro životní prostředí, ale i pro jejich výrobce. Koneckonců, bio materiál má mnoho pozitivních vlastností, z nichž některé jsou kvalita a lehkost materiálu, které jsou v automobilovém průmyslu tak důležité.

## Seznam literatury

*All3DP Content Academy* [online]. Mnichov: Leo Gregurić, 2018 [2022-02-15].  
Dostupné z: <https://bit.ly/3KSCXCp>

*BCN3D* [online]. Barcelona: BCN3D Technologies, Inc., 2020 [2022-02-15].  
Dostupné z: <https://bit.ly/3vp4K72>

*SCULPTEO* [online]. Villejuif: Sculpteo, 2020a [2022-02-15]. Dostupné z:  
<https://bit.ly/38UdAIC>

*dk metal prominent* [online]. Libhošť: dk metal prominent s.r.o., 2018 [2022-02-15].  
Dostupné z: <https://bit.ly/3jYR3GP>

*SCULPTEO* [online]. Villejuif: Sculpteo, 2020b [2022-02-16]. Dostupné z:  
<https://bit.ly/3xDaCMM>

GIBSON, I., D. ROSEN and B. STUCKER. *Additive Manufacturing Technologies: 3D printing, Rapid Prototyping and Direct Digital Manufacturing. Second Edition.* New York: Springer, 2015. ISBN 978-1-4939-2112-6

*SCULPTEO* [online]. Villejuif: Lucie Gaget, 2019. Dostupné z:  
<https://bit.ly/3vujOQV>

PRASAD, Ganesha M.S. *Rapid Prototyping and Allied Manufacturing Technologies.* Chennai: Airwalk Publications, 2016. ISBN 978-93-84893-40-8

*SCULPTEO* [online]. Villejuif: Sculpteo, 2019a [2022-02-15]. Dostupné z:  
<https://www.sculpteo.com/en/materials/sls-material/>

AWARI G.K., C.S. THORAT, Vishwejet AMBADE and D.P. KOTHARI. *Additive Manufacturing and 3D Printing Technology: Principles and Applications.* Boca Raton: CRC Press, 2021. ISBN 9780367436223

*SCULPTEO* [online]. Villejuif: Sculpteo, 2019b [2022-02-15]. Dostupné z:  
<https://bit.ly/3Ev2Y8B>

*PRUSA RESEARCH by JOSEF PRUSA* [Online]. Praha: Josef Průša, 2014 [2022-03-13] <https://bit.ly/3JWG0bw>

*SCULPTEO* [online]. Villejuif: Sculpteo, 2019c [2022-02-23]. Dostupné z:  
<https://bit.ly/37qVO9u>

*All3DP Content Academy* [online]. Mnichov: Faith Robinson, 2016 [2022-02-23].  
Dostupné z: <https://all3dp.com/sculpteo/>

*All3DP Content Academy* [online]. Mnichov: Leo Gregurić, 2019 [2022-02-23].  
Dostupné z: <https://bit.ly/3LdP6lu>

*3DINSIDER* [online]. Christchurch: 3D Insider, 2017 [2022-02-28]. Dostupné z: <https://3dinsider.com/3d-printer-types/>

*3D Printing Industry* [online]. Londýn: Hayley Everett, 2021 [2022-02-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/3rynHmC>

*HUBS* [online]. Amsterdam: 3D HUBS BV, 2021 [2022-02-28]. Dostupné z: <https://bit.ly/3uQF0kN>

*3Dnatives* [online]. Paříž: Jamie D., 2020 [2022-03-07]. Dostupné z: <https://bit.ly/3jPbUMI>

*MEDICAL DEVICE NETWORK* [online]. New York: Allie Nawrat, 2022 [2022-03-15]. Dostupné z: <https://bit.ly/3Oktu9e>

*National Geographic* [online]. Washington: Richie Hertzberg, 2018 [2022-03-15]. Dostupné z: <https://on.natgeo.com/3vIJQWg>

*SumUp* [online]. Londýn: Micah McGee, 2019 [2022-03-21]. Dostupné z: <https://bit.ly/3JPURV9>

*3Dnatives* [online]. Paříž: Jamie D., 2020 [2022-03-21]. Dostupné z: <https://bit.ly/3MvIZL5>

*Manufactur 3D Magazine* [online]. Thane: MANUFACTUR3D, 2020 [2022-03-29]. Dostupné z: <https://bit.ly/3OjtuGx>

*RAISE3D* [online]. Irvine: Raise 3D Technologies, Inc., 2018 [2022-03-29]. Dostupné z: <https://bit.ly/3JMtBa8>

*TechRepublic* [online]. Louisville: Lyndsey Gilpin, 2014 [2022-03-30]. Dostupné z: <https://tek.io/3vtR0Yz>

*GRABCAD BLOG* [online]. Cambridge: Steven Symes, 2019 [2022-03-30]. Dostupné z: <https://bit.ly/3vobq5j>

*BMW Group Česká republika* [online]. Praha: BMW PressClub CZ, 2018 [2022-03-30]. Dostupné z: <https://bit.ly/3xBaEEH>

*All3DP Content Academy* [online]. Mnichov: Jonny Edge, 2021 [2022-03-31]. Dostupné z: <https://bit.ly/3vuKXDr>

*BMW Group Česká republika* [online]. Praha: BMW PressClub CZ, 2020 [2022-03-31]. Dostupné z: <https://bit.ly/3K19jKf>

*3D Printing Industry* [online]. Londýn: Kubi Sertoglu, 2021 [2022-03-31]. Dostupné z: <https://bit.ly/3Om2kPp>

*3D Printing Industry* [online]. Londýn: Paul Hanaphy, 2020a [2022-03-31]. Dostupné z: <https://bit.ly/3Md8wqZ>

*Statista* [online]. Hamburk: Ian Tiseo, 2021 [2022-04-07]. Dostupné z: <https://bit.ly/3xDcqp2>

*Statista* [online]. Hamburk: Statista, 2021 [2022-04-07]. Dostupné z: <https://bit.ly/36NhRH2>

*The Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. USA: Yiming Peng, Peipei Wu, Amina T. Schartup and Yanxu Zhang, 2021 [2022-04-07]. Dostupné z: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2111530118>

*Mayco International* [online]. Sterling Heights: MAYCO INTERNATIONAL, LLC., 2019 [2022-04-07]. Dostupné z: <https://bit.ly/3LctS7V>

*EurOcean* [online]. Lisabon: EurOcean, 2018 [2022-04-07]. Dostupné z: <https://bit.ly/3vygzYx>

*Specific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization* [online]. Minsk: SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization, 2018 [2022-04-17]. Dostupné z: <https://bit.ly/3Os3Bo7>

*Bcomp* [online]. Fribourg: Bcomp Ltd., 2020a [2022-04-19]. Dostupné z: <https://www.bcomp.ch/about-us/>

*Bcomp* [online]. Fribourg: Bcomp Ltd., 2020b [2022-04-19]. Dostupné z: <https://bit.ly/3EAR01V>

*Bcomp* [online]. Fribourg: Bcomp Ltd., 2021 [2022-04-19]. Dostupné z: <https://bit.ly/3MguMQL>

*WARDSAUTO* [online]. London: Mandy Kovacs, 2016 [2022-04-19]. Dostupné z: <https://bit.ly/3uZfJ3m>

*TWI* [online]. Velký Abington: TWI Ltd., 2019 [2022-04-21]. Dostupné z: <https://bit.ly/3Kbzpdm>

*3D Printing Industry* [online]. Londýn: Paul Hanaphy, 2020b [2022-04-23]. Dostupné z: <https://bit.ly/3OIOfSI>



## Seznam obrázků a tabulek

### Seznam obrázků

Obr. 1 3D tiskárna SLA-1 .....	9
Obr. 2 Carl Deckard s 3D tiskárnou SLS.....	10
Obr. 3 Tiskárna SLA .....	12
Obr. 4 Tiskárna SLS .....	13
Obr. 5 Tiskárna FDM .....	14
Obr. 6 Tiskárna DLP .....	16
Obr. 7 Tiskárna BJ .....	17
Obr. 8 Prognóza trhu 3D tisku .....	18
Obr. 9 Díly vytištěné na 3D tiskárně .....	19
Obr. 10 Překážky pro další zavádění 3D tisku.....	20
Obr. 11 3D tiskárna Apis Cor.....	22
Obr. 12 Kampus aditivní výroby v Mnichove .....	25
Obr. 13 Tok plastových materiálů po celém světě v letech 1950 až 2017 (v milionech tun) .....	28
Obr. 14 Použití PowerRibs™ a ampliTex™.....	30

## ANOTAČNÍ ZÁZNAM

<b>AUTOR</b>	Elizaveta Obratcova		
<b>STUDIJNÍ PROGRAM/OBOR/SPECIALIZACE</b>	6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality		
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Využití technologie 3D tisku v automobilovém průmyslu		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Ing. Tomáš Malčic, Ph.D		
<b>KATEDRA</b>	KRVLK - Katedra řízení výroby, logistiky a kvality	<b>ROK ODEVZDÁNÍ</b>	2022
<b>POČET STRAN</b>	42		
<b>POČET OBRÁZKŮ</b>	14		
<b>POČET TABULEK</b>	0		
<b>POČET PŘÍLOH</b>	0		
<b>STRUČNÝ POPIS</b>	<p>Tato práce se zaměřuje na identifikaci způsobů a posouzení výhod používání 3D tiskárny v automobilovém průmyslu. Hlavním cílem práce je navrhnout novou metodu použití 3D tiskárny při stavbě vozu. Hlavní část práce obsahuje informace popisující možnosti a nevýhody 3D tiskárny, stejně jako analýzu společností, které ji používají v praxi. Studie ukáže důležitost použití 3D tiskárny v automobilovém průmyslu, stejně jako potřebu najít biodegradabilní plastů pro usnadnění výstavby automobilů a ochrany životního prostředí.</p>		
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	3D tisk, 3D tiskárna, aditivní výroba, automobilní průmysl, bio materiál		

## ANNOTATION

<b>AUTHOR</b>	Elizaveta Obratcova		
<b>FIELD</b>	6208R186 Business Administration and Operations, Logistics and Quality Management		
<b>THESIS TITLE</b>	Use of 3D printing technology in the automotive industry		
<b>SUPERVISOR</b>	Ing. Tomáš Malčic Ph.D		
<b>DEPARTMENT</b>	KRVLK - Department of Production, Logistics and Quality Management	<b>YEAR</b>	2022
<b>NUMBER OF PAGES</b>			
	42		
<b>NUMBER OF PICTURES</b>			
	14		
<b>NUMBER OF TABLES</b>			
	0		
<b>NUMBER OF APPENDICES</b>			
	0		
<b>SUMMARY</b>			
	<p>This thesis focuses on identifying methods and assessing the benefits of using a 3D printer in the automotive industry. The primary goal of the paper is to propose a new method of using the 3D printer in the vehicle's construction. The main part of the work contains information describing the possibilities and disadvantages of the 3D printer, as well as an analysis of companies which use it in practice. The study is going to show the importance of using the 3D printer in the automotive industry, as well as the need to find biodegradable materials to facilitate automotive construction and environmental protection.</p>		
<b>KEY WORDS</b>			
	3D printing, 3D printer, additive manufacturing, automotive industry, biomaterials		