VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

STUDIE TVORBY KONCEPCE SKLADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ VYUŽITÍM ADITIVNÍCH TECHNOLOGIÍ

STUDY OF THE CREATION OF THE CONCEPT OF WAREHOUSE MANAGEMENT USING ADDITIVE TECHNOLOGIES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE Bc. Samuel Mikula

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

SUPERVISOR

BRNO 2022

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA PODNIKATELSKÁ

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav managementu
Student:	**Bc. Samuel Mikula**
Vedoucí práce:	**prof. Ing. Marie Jurová, CSc.**
Akademický rok:	2021/22
Studijní program:	Strategický rozvoj podniku

Garant studijního programu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává diplomovou práci s názvem:

Studie tvorby koncepce skladového hospodářství využitím aditivních technologií

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod
Cíle řešení
Vyhodnocení teoretické oblasti k naplnění cíle
Popis současného stavu organizace
Analýza současného stavu skladového hospodářství
Tvorba studie pro možnou implementaci návrhu aditivní technologie
Závěr
Podmínky realizace a přínosy.
Použitá literatura

Cíle, kterých má být dosaženo:

Návrh možného přístupu k realizaci aditivní technologie ve skladovém hospodářství pro vybranou skupinu materiálových prvků pro servisní činnosti dopravní společnosti.

Základní literární prameny:

CEMPÍREK, V., KAMPF, R., ŠIROKÝ, J. Logistické a přepravní technologie. Pardubice: IJP, 2009, 198 s. ISBN 9778-80-86530-57-4.

DUPAL, A. Logistika. Bratislava: Sprint 2 s.r.o., 2018, 287 s. ISBN 978-80-89710-44-7.

JUROVÁ, M. a kol. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: GRADA Publishing, 2016, 256 s. ISBN 978-80-271-9330-1.

MAŘÍK, V. Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press, 2016, ISBN 978-80-7261-440-0.

ROSEKE, B. What to Learn from the Toyota Production System [online]. 25.9.2019 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: https://www.projectengineer.net/what-to-learn-from-the-toyota-production-system/.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně dne 28.2.2022

L. S.

doc. Ing. Vít Chlebovský, Ph.D. garant	doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D. děkan

Abstrakt

Cieľom tejto diplomovej práce je optimalizovať skladové prvky a materiál v sklade náhradných dielov Železničnej spoločnosti Slovensko formou aplikácie výstupov aditívnych technológií. Práca je rozdelená na tri časti – teoretickú, analytickú a návrhovú. Prvá časť sa zameriava na teoretické pozadie aditívnej technológie a tiež definuje zásoby v podniku a skladové hospodárstvo. Analytická časť sa zameriava na analýzu spoločnosti pomocou vybratých metód, ktoré sú popísané v prvej časti. V tejto časti sú tiež definované kritériá, na základe ktorých boli identifikované súčiastky vhodné pre výrobu aditívnou technológiou. Pri každej súčiastke boli sledované požadované vlastnosti, možnosť ich následnej výroby, ich nákupná cena a dodávateľ. V poslednej, návrhovej časti, sú odporučené dva spôsoby, s ktorými si spoločnosť môže zabezpečiť aditívnu výrobu ako nástroj pre optimalizáciu skladových prvkov.

Abstract

The aim of this thesis is to optimize warehouse items and materials in the warehouse of spare parts of Slovak railways company with the use of additive technology. The thesis is divided into three parts – theoretical, analytical, propositional part. The first part focuses on the theoretical background of additive manufacturing and its materials as well as warehouse management and stocks within the company. The analytical part aims on analysis of the company with chosen methods. Its main target is to identify spare parts, which are suitable for the production by eligible 3D printer and appropriate material. During the analysis of every part the properties, additive technology, price, and distributors were defined. In the last, propositional part, are presented two ways, how company can get an output out of additive technology to gain financial benefit and optimize its warehouses.

Kľúčové slová

Aditívna výroba,, 3D tlač, skladové hospodárstvo, optimalizácia

Key words

Additive production, 3D printing, warehouse management, optimization

Bibliografická citácia

MIKULA, Samuel. *Studie tvorby koncepce skladového hospodářství využitím aditivních technologií.* Brno, 2022. Dostupné také z: https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140628. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Marie Jurová.

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že diplomová práca je pôvodná a spracoval som ju samostatne. Tiež prehlasujem, že citácia použitých prameňov je úplná, a že som pri spracovaní neporušil žiadne autorské práva.

V Brne dňa 9.5.2021 .....

Podpis študenta

Poďakovanie

V prvom rade by som sa chcel poďakovať prof. Ing. Marii Jurovej, CSc, za vedenie a praktické pripomienky pri vypracovávaní diplomovej práce. Tiež by som sa chcel poďakovať Ing. Jurajovi Špánikovi z firmy Admasys, s.r.o za odbornú konzultáciu ohľadom aditívnej technológie, čo mi pomohlo pri štandardizácii súčiastok a pri návrhu. Moje poďakovanie tiež patrí Železničnej spoločnosti Slovensko, že mi sprístupnili ich sklady, čím mi poskytli potrebné dáta pre úspešné vypracovanie práce.

OBSAH

Úvod 10

Cieľ práce 11

1. TEORETICKÁ ČASŤ 12

1.1. Aditívna výroba 12

1.2. Druhy aditívnej technológie 14

1.3. Materiál vhodný pre FDM metódu 18

1.4. Riadenie zásob 23

1.4.1. Skladové hospodárstvo 24

1.5. Použité analytické metódy 25

1.5.1. SWOT analýza 25

1.5.2. Porterov model piatich konkurenčných síl 25

1.5.3. McKinseyho model 7S 26

2. ANALYTICKÁ ČASŤ 29

2.1. Železničná spoločnosť Slovensko, a.s 29

2.1.1. Porterova analýza 30

2.1.2. McKinseyho model 7S 32

2.1.3. SWOT analýza 36

2.2. Súhrn analýzy spoločnosti 37

2.3. Metodológia a štandardizácia súčiastok 38

2.3.1. Metóda a pozorovaná vzorka 38

2.4. Identifikácia súčiastok 39

2.5. Vhodné aditívne technológie 53

2.5.1. Ulimaker S3 53

2.5.2. Markforged Mark Two 54

2.5.3. Formlabs Fuse 1 56

2.5.4. Formlabs Form 3+ 58

2.6. Zhodnotenie analytickej časti 60
3. NÁVRHOVÁ ČASŤ 65
3.1. Zakúpenie si vlastného zariadenia 65
3.1.1. Podmienky spracovania a finančné zhodnotenie návrhu č.1 66
3.2. Zabezpečenie aditívnej výroby externou firmou 69
3.2.1. Podmienky spracovania a finančné zhodnotenie návrhu č.2 70
3.3. Zhodnotenie návrhovej časti 73
Záver 74
Bibliografia 75
Zoznam Obrázkov 78
Zoznam tabuliek 78

Úvod

Aditívna výroba je pomerne novou a rýchlo sa rozvíjajúcou technológiou súčasnej doby. Jej využitie sa uplatňuje v širokej škále odvetví, ako napríklad školstvo, zdravotníctvo, strojárstvo, doprava a mnoho iných. Jej história siaha do 80. rokov minulého storočia a vznikla so zámerom zrýchlenia procesu prototypovania nových produktov alebo potrebných dielov k údržbe a tým zvýšenia flexibility a sebestačnosti podniku. Časom sa stala viac prístupná pre širokú verejnosť a dnes je to koníček niektorých domácich majstrov.

V tejto diplomovej práci bude využitie 3D tlače pozorované práve v dopravnej sfére a to priamo v Železničnej spoločnosti Slovensko. Tento podnik, ponúkajúci osobnú dopravu, je vlastníkom veľkého počtu vlakových súprav, na ktorých je vyžadovaná pravidelná údržba. Z toho dôvodu, aby bolo čo najväčšie množstvo vagónov a lokomotív pripravených vo vysokej pohotovosti a v dobrej kondícii, je potrebné, aby spoločnosť skladovala veľké množstvo náhradných dielov. A práve v optimalizácii skladových prvkov má aditívna výroba obrovský potenciál.

Cieľom práce je identifikovať náhradné diely, ktoré sú vhodné pre prípravu adekvátnou aditívnou technológiou a tým optimalizovať skladové hospodárstvo. Pri pozorovaní jednotlivých súčiastok je braný ohľad na to, aby súčiastka vyrobená touto metódou mala rovnaké vlastnosti ako jej originál. Pre získanie odbornej konzultácie týkajúcej sa materiálov a technológie vhodnej pre jednotlivé súčiastky bola kontaktovaná spoločnosť 3D Wiser, ktorá je vedúcou spoločnosťou na českom trhu s aditívnou technológiu a s jej dcérskou spoločnosťou Admasys.

V analytickej časti je vykonaná dôkladná analýza spoločnosti podľa vybraných metód. Ďalej sú identifikované jednotlivé súčiastky, ktoré boli získané pomocou pozorovania a porovnávania na základe multikriteriálneho výberu. Ku každej súčiastke je priložený popis jej funkcie a vyžadovaných vlastností po výrobe. Priraďovaný materiál a technológie sú bližšie popísané v teoretickej časti. Tiež sú sledované aj zmluvné vzťahy s jednotlivými dodávateľmi, na čo je následne prihliadané v návrhovej časti. Tá spočíva v dvoch návrhoch, ktoré majú spoločnosti ukázať možnosti, akými si môžu zabezpečiť aditívnu výrobu za účelom optimalizácie skladového hospodárstva.

Cieľ práce

Hlavným cieľom práce je optimalizovať skladové prvky a materiál vo vybranom sklade náhradných dielov formou aplikácie výstupov aditívnych technológií pre následnú výrobu. Čiastočné ciele práce:

1. Vyhodnotenie teoretického pozadia problematiky
2. Štandardizácia a identifikácia náhradných dielov
3. Návrh správneho druhu aditívnej technológie
4. Určenie správneho materiálu pre následnú výrobu
5. Návrh správneho spôsobu zabezpečenia aditívnej technológie vo firme

1. TEORETICKÁ ČASŤ

1.1. Aditívna výroba

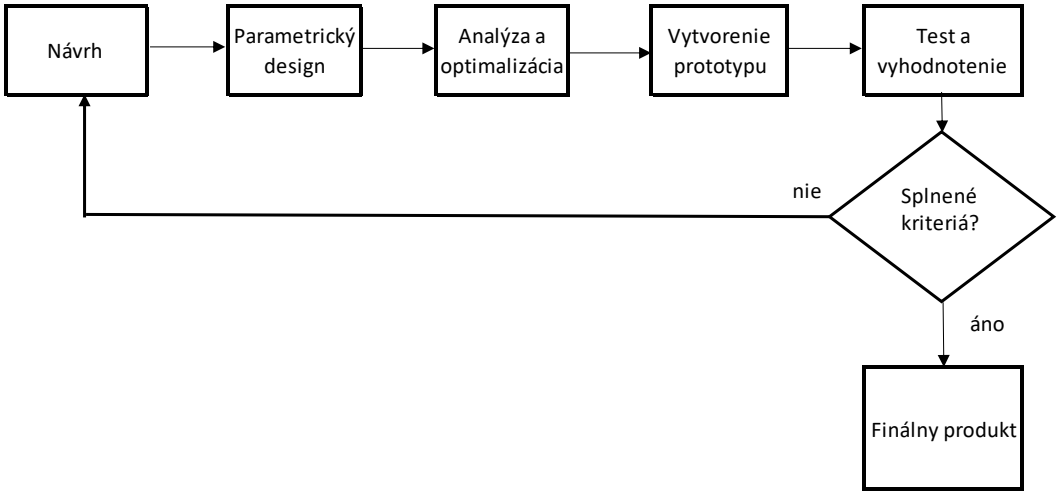
Aditívna technológia, častejšie označovaná ako 3D tlač, sa rýchlo dostáva do povedomia spoločnosti ako efektívna a flexibilná technika spracovania plastov, kovov, keramiky, betónu a iných stavebných materiálov. Moderná technológia aditívnej výroby vznikla pred tromi desaťročiami a za tento čas sa rapídne zmenila. Je prístupná nie len priemyselným závodom, ale aj školám, knižniciam, vysokoškolským učebniam a domácnostiam. Svetový predaj sa za posledné tri roky zvýšil v priener o 33 % a to vo všetkých odvetviach (výroba zariadení, materiály, služby pre priemyselné závody, ...). Celkový trh bol v roku 2016 odhadovaný na 4,1 miliardy dolárov. Tento nárast spôsobilo vypršanie patentov doposiaľ vyvinutých aditívnych technológií a procesov. To otvorilo dvere viacerým startupom na vývoj ich vlastnej 3D tlačiarne. Táto skutočnosť znížila náklady na zaobstaranie v niektorých prípadoch pod 1000€ na začiatočnícku domácu tlačiareň. Dnes už je viac ako 300 firiem predávajúcich relatívne lacné stolové aditívne zariadenia. (1)

Proces aditívnej výroby si berie informácie zo softvérov CAD (computer-aided design). Po pripravení modelu sa zložka neskôr pripraví do súboru STL (Stereolithography file). Takto pripravený súbor sa ďalej v programe „Slicer“ nareže na jednotlivé vrstvy, ktoré nesú informácie o tom, ako majú byť tlačené a za akých podmienok. (2)

Rapid Prototyping

Rapid prototyping je prvá forma vytvárajúca vrstvením jednotlivých vrstiev trojrozmerný objekt využívaním CAD. Táto myšlienka vznikla v roku 1980 za účelom zrealizovania nápadov inžinierov za čo najkratší čas. Je to jeden z prvých procesov aditívnej výroby. Medzi hlavné metódy RP patrí zníženie nákladov, času, ľudskej chybovosti, a konzistentnosť vo výrobe súčastí. V období vývoja technológie nebola využívaná v priemysle a vo výrobe, ale hlavne vedcami, doktormi v medicíne, študentami, profesormi a umelcami.

Procesy vo vývoji produktu za použitia RP sú znázornené na obrázku č.1. Z tejto schémy je zrejmé, že vytváranie modelov a prototypov rýchlejšie ušetrí mnoho času a umožní testovať viac variant a modelov. (2)



Obrázok 1 Proces vývoja produktu (vlastné spracovanie podľa (3))

Je dôležité dodať, že Rapid protyping sa stal možným vďaka spojeniu troch technológií: Computer-aided design (CAD), computer-aided manufacturing (CAM) a computer numerical contron (CNC). Práve skombinovanie týchto troch technológií umožnilo vytvárať trojrozmerné objekty. Rapid prototypinng stále nie je vhodný pri všetkých prípadoch, lebo má určité chyby. Pri niektorých modeloch je stále potrebné využitie CNC. Tiež materiály využívané pre RP sú stále limitované. (2)

Computer-aided design (CAD)

CAD zahrňuje akúkoľvek návrhovú aktivitu za využitia počítačovej technológie na vývoj, analýzu, alebo upravenie inžinierskeho návrhu. Moderné CAD programy fungujú na základe interaktívnej počítačovej grafiky. Užívateľ si v CAD programe pomocou príkazov vytvorí model, ktorý môže pretvárať a analyzovať. V moderných CAD programoch tieto analýzy obsahujú testy napätia, mechanické skúšky a testy tepelnej rezistencie, ktoré automaticky pretransferuje do numerických dát. (4)

Príklady programov CAD:

- SolidWorks
- Fusion 360
- AutoCad
- Tiikercad (modelovací program cez internetový prehliadač)

Computer-aided manufacturing (CAM)

CAM je systém, ktorý využíva dáta vytvorené pomocou vyššie definovaného CAD softvéru. CAM je technológia využívajúca priamu alebo nepriamu integráciu počítača na plánovanie, riadenie a kontrolovanie výrobných operácií. Takto riadená výroba zabezpečí, aby navrhnutý výrobok bol efektívne vyrábaný pomocou CNC stroja a tiež aj 3D tlačiarní. (5)

Computer numerical control (CNC)

Obrábací stroj riadený pomocou počítačového jazyka. Využíva dáta vzniknuté pomocou systémov CAD a CAM. Ich integrácia môže vysoko zvýšiť efektivitu výroby. (6)

Súbor STL

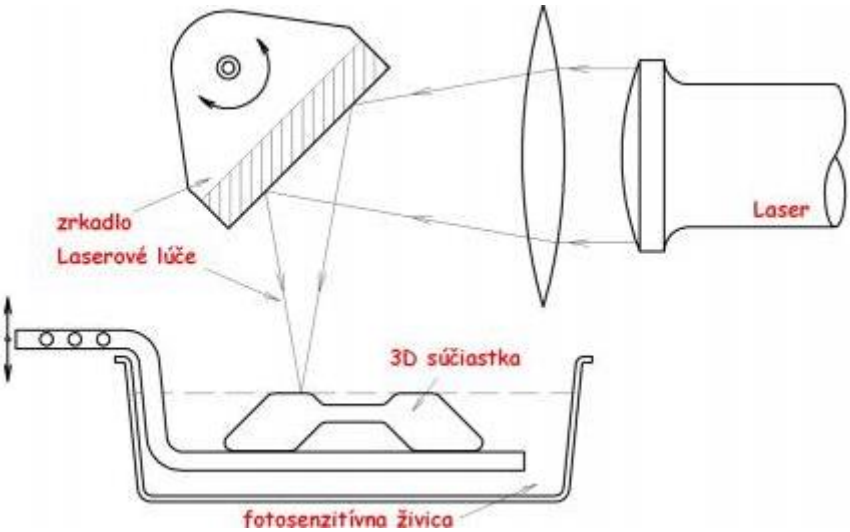
Súbor STL bol vytvorený v roku 1987 spoločnosťou 3D systems INC. Ako prvý vytvorili proces stereolitografie, na základe ktorej pomenovali jej vstupné súbor STL. Tiež skratka môže zastupovať aj Standard Tessellation Language. Existuje mnoho rozličných 3D súborov, no STL sa stal ako štandard pre každý proces aditívnej výroby. Princíp tohto súboru spočíva v pretransformovaní geometrie z CAD programu na drobné trojuholníky vytvárajúce trojice bodov na x, y a z ose. Proces konverzie môže byť nepresný a menšie trojuholníky približujú model viac k realite. (2)

1.2. Druhy aditívnej technológie

Rôzne odvetvia využívajúce aditívnu výrobu majú rozličné požiadavky na kvalitu výstupu s rozličnými vlastnosťami. Preto sa neustále vyvíjajú nové druhy tejto technológie ako aj rozličné materiály.

Stereolitografia

Stereolitografia vyvinutá 3D systems, Inc. bol prvý a najčastejšie využívaný proces pre rapid prototyping. Je to proces využívajúci tekutý materiál (živica – fotosenzitívny polymér), ktorý je vytvrdzovaný ultrafialovým žiarením tam, kde laser vytvára kontakt so živicou. Hrúbka každej vrstvy a jej rozlíšenie závisí od použitého zariadenia. Model je tvorený na platforme, ktorá slúži na uchytenie modelu a podpôr na podloženie prevísajúcich častí modelu. Tento proces sa tiež nazýva aj ultafialové vytvrdzovanie. (2)



Obrázok 2 Laserová stereolitografia (7)

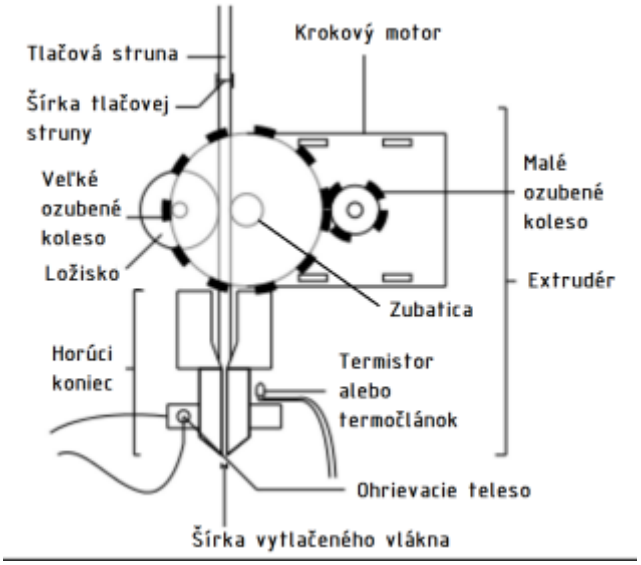
3DP

3DP je druh aditívnej technológie vyvinutý MIT (Michigan Institute of Technology), ktorý je založený na lepidle na vodnej báze, ktoré je striekané na prášok na báze škrobu. Tekutina je dodávaná prúdom na škrob, ktorý je následne zatvrdený podľa informácií z CAD modelu. Práškové častice ležia na platforme a sú lepené dokopy, keď je spojivo aplikované na povrch. Tento proces sa volá 3DP preto, lebo je podobný klasickému atramentovému tlačeniu dvojrozmerných obrazcov na papier. (2)

Fused Deposition Modeling (FDM)

FDM je proces 3D tlače, ktorého princípom je navádzanie tenkého filamentu do extrúderu,v ktorom sa plast taví a tlačí sa na platformu. Pri tejto metóde sa používajú materiály určené na tento proces aditivnej výroby, ktoré si priblížime v ďalšej kapitole.

Pri tejto metóde nie je potrebné žiadne procesné chemické upravenie, ako pri iných metódach (napr. SL), je menej finančne náročná, má ľahkú údržbu a z hľadiska nákladov je to efektívny proces. Všetky tieto aspekty môžeme radiť medzi výhody tohto procesu 3D tlače. Nevýhodami tejto metódy je nízke rozlíšenie na osi Z pri porovnaní s inými metódami (iba 0,25mm), čo častokrát nemusí stačiť pri súčiastkach, ktorých rozmerové tolerancie sú nízke. Pri požiadavke na hladký povrch súčiastky je potrebná chemická úprava acetónom (len materiál ABS) a pri tlačení veľkých modelov môže tento proces trvať aj niekoľko dní na dokončenie. (2)



Obrázok 3 schematické znázornenie extrúderu pri tlači pomocou technologie FDM

Prometal

Je proces 3D tlače, ktorý sa používa na vytvorenie vstrekovacích nástrojov a nástrojov na obrábanie. Ide o proces na báze oceľového prášku. Proces tlače prebehne, keď je spojivo vstreknuté na oceľový prášok čím zatvrdne a častice sa spoja. Prášok je umiestnený na podložke, ktorá sa nachádza na piestoch, ktoré sa po nanesení každej vrstvy znížia. Následne sa odstráni nepotrebný práškový materiál. Pri vyrábaní foriem nie je potrebné žiadne následné opracovanie. Dokončovacie procesy sú nutné pri funkčných telesách, ako napríklad spekanie. (2)

Selective Laser Sintering (SLS)

V tomto procese ide o spekanie alebo tavenie prášku pomocou laserového lúču obsahujúceho oxid uhličitý. Komora je zahriata takmer na bod topenia materiálu a laser roztaví prášok na konkrétnom mieste predurčenom v CAD. Po pripečení voľne ležiacich zrniek sa podložka pomocou piestu zníži o rovnakú vzdialenosť akú má jedna vrstva. Tento proces ponúka širokú škálu materiálov ako sú plasty, kovy, kombinácie kovov a keramiky, kombinácie kovov a polymérov.

Hlavnou výhodou tejto technológie je široká škála materiálov, recyklácia nepoužitého materiálu a možnosť využitia celého objemu tlačiarne. Ako nevýhodu je nutné uviesť ovplyvniteľnú presnosť rozmerov veľkosťou zrniek prášku, prístup kyslíka pri výrobe musí byť eliminovaný vo vnútornom prostredí a pre úspešné dokončenie musí byť udržaná konštantná teplota blízko bodu topenia materiálu. (2)

Typickými práškovými materiálmi sú:

- Nylon 11 – húževnatý, pevný a pružný materiál pre funkčné diely kde je kľúčová odolnosť, vhodný na prototypy, modely s tenkými stenami a kanálikmi
- Nylon 12 – univerzálny materiál pre všeobecné využitie s vysokou presnosťou detailov a rozmerov.
- Nylon GF – materiál pre diely, pri ktorých je kritická konštrukčná tuhosť a tepelná stabilita. (8)

Electron Beam Melting (EBM)

Tento veľmi podobný proces k SLS je relatívne nový, no za posledné roky rapídne rastie. Podstatou tohto procesu je tavenie prášku pomocou elektrónového laseru poháňanom vysokým elektrickým prúdom, zvyčajne od 30 do 60 KV. Proces sa vykonáva vo vákuovej komore, aby sa zabránilo oxidácii. Táto metóda je určená na výrobu kovových súčastí. Jednou z budúcností tejto technológie je výroba v otvorenom vesmíre. (2)

Laser Engineered Net Shaping

Táto aditívna technológia spočíva v topení kovového prášku a vstreknutí do potrebnej lokality. Materiál je tavený laserom s vysokým napätím, ktorý tuhne v procese chladnutia. Tlač prebieha v argónovej atmosfére. Proces umožňuje tlač veľkej škály kovov a ich kombinácií. Hlavnou nevýhodou tejto metódy je zvyškové napätie spôsobené nerovnomerným chladiacim procesom. (2)

Laminated Object Manufacturing (LOM)

Tento proces spája aditívne a subtraktívne techniky na vytvorenie modelu „vrstva po vrstve“. Pre tento proces ja materiál v listovej podobe. Vrstvy sú spojené dokopy tlakom a teplom a následne odrezané laserom podľa tvaru uvedeného v STL súbore. Hlavnou výhodou tejto metódy je finančná nenáročnosť a ľahký proces tlače, keďže nie sú potrebné podpory. Nevýhodou je nevyužiteľnosť odstráneného materiálu, čiže tvorí vysoký odpad a zložité vnútorné štruktúry sú náročné na vytlačenie. (2)

Polyjet

Ide o aditívny výrobný proces, ktorý využíva atramentovú tlač na výrobu fyzických modelov. Hlava sa pohybuje po osách X a Y a ukladá fotopolymér, ktorý sa po dokončení každej vrstvy vytvrdzuje ultrafialovými lampami. Hrúbka vrstvy dosiahnutá v tomto procese môže byť až 16 µm, takže vyrobené diely majú vysoké rozlíšenie. Avšak modely vyrobené

touto metódou sú slabšie a krehkejšie. Na vytvorenie podpor sa využíva gélový materiál, ktorý je následne odstránený vodou. Táto metóda umožňuje tlač viacerých farieb. (2)

1.3. Materiál vhodný pre FDM metódu

Jednou z kľúčových súčastí pre fungovanie FDM tlačiarní je pevný, tenký materiál, z ktorého nakoniec vznikajú modely. Toto tenké vlákno sa inak nazýva filament. Vlákna sa dodávajú v dvoch štandardných rozmeroch, ktoré udávajú priemer vlákna: 1,75 mm a 2,85 mm. Každá tlačiareň je kompatibilná len s jedným rozmerom filamentu, pre ktorý bola skonštruovaná. Najviac používaný je rozmer 1.75, pretože k jeho vytlačeniu je vyžadovaná 6-krát väčšia sila. (9)

PLA

PLA (polyaktid) je najpoužívanejší materiál pre 3D tlač. Je to biologicky rozložiteľný sacharid, ktorý je pevný, no pri vysokom zaťažení sa ľahko láme. Je perfektnou voľbu pre tlač veľkých objektov, kvôli dobrej tepelnej rozťažnosti (výtlačky dobre držia na podložke). Tiež je vhodná na detailné modely. Je to jediný materiál pre FDM, s ktorým je možné tlačiť 0.05mm veľké vrstvy. (9) (10)

Výhody:

- Ľahká tlač
- Schopnosť tlačiť vysoko detailné modely
- Pevné, nízka ohybnosť
- Finančne dostupné
- Široký výber farieb a druhov
- Bez zápachu (10)

Nevýhody

- Krehký
- Nízka tepelná odolnosť (< 60 °C)
- Náročné opracovanie výtlačku
- Nie je vhodná na vonkajšie použitie

Zvyčajné využitie: Prototypy, hračky, postavičky, architektonické modely, detailné modely (šperky) (10)

PET/PETG

Polyethylentereftalát (PET) je to rovnaký materiál, ako materiál používajúci sa na výrobu plastových fliaš a tiež je vysoko používaný pri využívaní FDM tlačiarní. Je skvelou voľbou pri tlačení mechanických komponentov. V porovnaní s PLA má vysokú tepelnú rezistenciu a je viac tvárnejší, čo sa odzrkadľuje v nižšej krehkosti. (9) (10)

Výhody:

- Vysoká tepelná odolnosť
- Ľahká tlač
- Nízka tepelná rozťažnosť
- Ľahké šmirgľovanie a opracovanie
- Recyklovateľný
- Neprepúšťa vodu
- Mechanické vlastnosti

Nevýhody

- Nie je vhodný na tlač malých objektov
- Možné zanechávanie plastových vláskov
- Pri odstraňovaní sa môže poškodiť podložka
- Problematická tlač previsov

Zvyčajné využitie: Mechanické komponenty, vodotesné nádoby, modely na vonkajšie použitie, modely určené do vyšších teplôt (60 °C <) (10)

ASA/ABS

ABS (akrylonitrilbutadienstyren) je rovnaký materiál, z ktorého sa vyrábajú kocky lego. ASA je veľmi podobný materiál, preto je zhrnutý do jednej kapitoly. Jedným rozdielom je ich odolnosť voči UV žiareniu (ASA je viac stabilný – menej časom žltne). Oba sú veľmi pevné a univerzálne materiály. V porovnaním s PLA, vyšší bod topenia dáva týmto materiálom vysokú tepelnú rezistenciu a výtlačky vydržia teplotu až do 100 °C. Naopak ABS aj ASA majú nízku tepelnú rozťažnosť, čo je nevýhodou pri veľkých modeloch (rohy sa časom od podložky odlepia a nadvihnú). (9) (10)

Výhody:

- Odolný voči nárazom
- Vhodný na vonkajšie použitie
- Jednoducho sa materiál zlepí
- Povrch je možné vyhladiť acetónom

Nevýhody:

- Náročná tlač
- Tendencia sa odlepiť od podložky
- Horšie detaily
- Nepríjemný zápach počas tlačenia

Zvyčajné využitie: Prototypy, ochranné obaly, náhradné diely, hračky a postavičky (10)

Flex (TPE, TPU)

Už názov tohto materiálu nám naznačuje jeho vlastnosti. Flex je ohybný a zároveň veľmi pevný materiál pri využívaní FDM tlačiarní.

Výhody:

- Flexibilita a elasticita
- Dobre prilepenie na podložke

Nevýhody:

- Vyžaduje ďalšie kroky pri vkladaní filamentu do tlačiarne
- Model sa musí precíznejšie nastaviť
- Musí sa tlačiť pomaly
- Finančne náročnejší
- Musí sa skladovať v suchom prostredí (10)

CPE

Kopolyester (CPE) je špeciálny materiál podobný PETG. Tento materiál bol vyvinutý za účelom dosiahnutia vyšších mechanických vlastností (ako pri PETG) pre ľahké vysoko kvalitné tlačenie. Tiež ako PETG, CPE sa pri tlačení nedeformuje a dobre drží na podložke, a pri tlačení neprodukuje nepríjemný zápach. Jeho nevýhodou je náchylnosť na vlhkosť, preto musí byť skladovaný v suchom prostredí. (9) (10)

Nylón

Nylón je pevný, tvárny a univerzálny materiál, určený výhradne na mechanické komponenty. Je flexibilný medzi jednotlivými vrstvami, ale naopak má výbornú pevnosť medzi nimi. Nylon je vhodný tam, kde sa súčiastky budú navzájom o seba otierať Materiál musí byt skladovaný v suchom prostredí, inak sa v štruktúre materiálu vytvoria bubliny, ktoré znemožňujú tlač. (9) (10)

Výhody:

- Uplatnenie v zdravotníctve
- Trvanlivý
- Chemická rezistencia

Nevýhody:

- Ťažká tlač
- Musí sa špeciálne skladovať v suchom prostredí
- Môže sa odliepať od podložky

Zvyčajné využitie: skrutky, šrauby, mechanické komponenty, náhradné diely (10)

Onyx

Tento materiál je vlajkovou loďou medzi materiálmi spoločnosti Markforged. Je to materiál, ktorého základnou zložkou -je nylon a je vyplnený mikrouhlíkovými vláknami. Poskytuje presné diely s takmer bezchybnou povrchovou úpravou Len málo materiálov je tak všestranných ako Onyx. Je možnosť ho tlačiť samostatne, či ho vystužiť kompozitnými vláknami, ako je kevlar, karbón, sklolaminát a iné, ktorým sa budem venovať v ďalšom odseku. Tento materiál ponúka vysokú pevnosť, húževnatosť a je vysoko odolný voči chemikáliám. (11)

Výhody:

- Jednoduché vystuženie kompozitnými vláknami,
- Všestranný materiál,
- Hladký, ale klzký povrch.

Nevýhody:

- Vyžaduje tvrdšiu a kvalitnejšiu trysku,

- Finančne náročnejší
- Nutnosť skladovania v suchom prostredí (dry-box) (11)

Kompozitný materiál

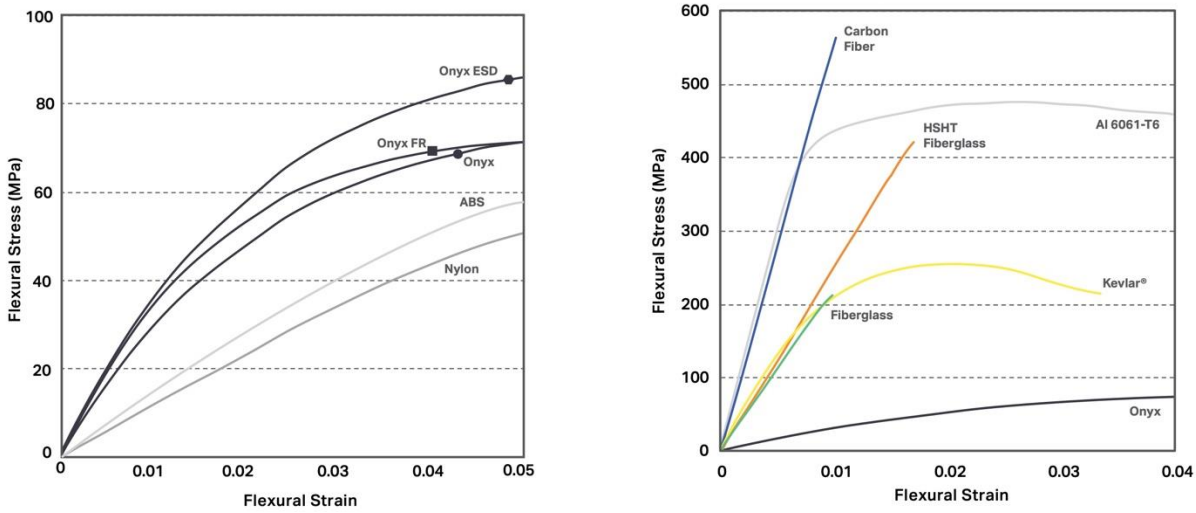
Kompozitné materiály sú založené na tlačení hlavného, plastového materiálu a vedľajšieho, ktorý je tlačený priamo do konštrukcie z hlavného modelu. Toto kompozitné vlákno je vyrábané v mnohých rozličných druhoch, no najbežnejšie sú: karbón, kevlar, sklolaminát. Tieto materiály sú veľmi abrazívne, preto sa odporúčajú používať tvrdené trysky. Tiež pre tlač modelov z kompozitných materiálov je potrebné mať extrúder s dvomi tryskami (jeden na hlavné vlákno, druhý na kompozitné vlákno). Vlastnosti tlače sa vysoko líšia od základného platového materiálu, preto dôkladné nastavenie v rezacom programe je nevyhnutné pre úspešnú tlač. (10)

<u>Výhody:</u>

- Pekný výzor modelu po opracovaní
- Neodlepuje sa od podložky
- Pevný, len veľmi ťažko sa dá zlomiť

<u>Nevýhody:</u>

- Vyžaduje drahšiu a tvrdšiu trysku
- Finančne náročnejšie zaobstaranie vhodnej tlačiarne (10)



Graf. 1 Porovnanie pevnosti rôznych materiálov s vystužením kompozitnými materiálmi v MPa (11)

Z Grafov porovnávajúcich pevnosť materiálu je možné vyčítať, že pri materiály Onyx je jeho pevnosť pri vystužení karbónovým vláknom takmer 10x vyššia.

Podporné materiály (support)

Podporný materiál sa využíva pri tlači, kde časť modelu prevísa nad vzduchom a nie je ju možné vytlačiť. Support slúži na podloženie týchto prevísajúcich častí, ktorý sa následne odlomí. Môže byť tlačený z toho istého materiálu ako je tlačený samotný model, no táto metóda nikdy nezanechá peknú časť modelu, kde bol model podložený. Preto sa používajú materiály, ktoré sa dajú rozpustiť vo vybraných tekutinách. (9) (10)

- HIPS – je najpoužívanejší podporný materiál pri tlačení modelov z ASA/ABS. Tento materiál je rozpustný v rozpúšťadle Lemonesol, ktorého cena je 340,- Kč za 250ml. Po odstránení podpory je spodok modelu pekný a hladký.
- PVA a BVOH – tieto dva materiály určené na podopretie modelov sú rozpustné vo vode, čo umožňuje odstrániť podporu kedykoľvek a kdekoľvek. Nie je potrebné špeciálne zariadenie, ani chémia. O to je tento materiál drahší a náročnejší na údržbu. Musí byť skladovaný v suchom prostredí.

Pre tlačenie rozpustných podporných materiálov je nutné mať tlačiareň s dvojtryskovým extrúderom. (10)

1.4. Riadenie zásob

Voľba správnej metódy riadenia zásob a rozhodnutia v tejto oblasti patria k najriskantnejším oblastiam logistiky. Tak ako sú dôležité zásoby a ich riadenie pre výrobný podnik, tak aj optimálna štruktúra zásob je nevyhnutná pre správny chod prevádzky dopravného podniku. Voľba stratégie je nevyhnutná a to kvôli tomu, že výška kapitálu viazaného v zásobách obežného majetku sa pohybuje vo výške od 10% do 25% aktív podniku, a preto nie je významná. Výška zásob ovplyvňuje úroveň služieb zákazníkom (tým aj konkurencieschopnosť firmy), ale na druhej strane zníženie zásob, čo i len minimálne, môže znamenať významný ekonomický efekt pre podnik. (12)

Funkcie riadenia zásob

- Geografická – vytvorenie podmienok pre územie špecializácie
- Vyrovnávacia – krytie náhodných výkyvov v dopyte; eliminácia porúch v distribúcii
- Technologická – udržovanie zásob ako podmienka technologického procesu
- Špekulatívna - zámerné vytváranie zásoby zo špekulatívnych dôvodov (12)

Druhy zásob podľa funkcie

- Obratová zásoba – tiež označovaná ako bežná zásoba, ktorá vznikla zo skutočnosti, že je ekonomickejšie výrobky objednávať, vyrábať alebo expedovať v dávkach. Množstvo v jednotlivých dávkach je väčšie ako priama spotreba. Pri viac či menej rovnomernom odbere je priemerná obratová zásoba rovná polovici nakupovaného množstva.
- Poistná zásoba – jej účelom je zachytávať výkyvy v dopyte behom dodacej lehoty objednaného materiálového prvku, tak aj kolísanie v dodacej lehote. Priemerná veľkosť zásoby je učená súčtom obratovej zásoby a poistnej zásoby.
- Zásoba pred predzásobení – vytvára sa k vyrovnaniu predvídateľných výkyvov v prísune a odsune. Je chápaná ako kolísanie v dôsledku zavretia firmy počas dovolenky, príprava na sezónu a pod.
- Vyrovnávacia zásoba – prísun a odsun prebieha synchronizovane. Vytvára sa pre minimalizovanie malých nepredvídateľných javov.
- Zásoba v logistickom kanály – materiálové prvky, ktoré sa nachádzajú vo vstupnom a výstupnom „potrubí“. Sú to prvky, ktoré doposiaľ neboli expedované.

  Možno ich rozlíšiť na :

  - Dopravná zásoba
  - Zásoba rozpracovanej výroby (12)

1.4.1. Skladové hospodárstvo

Skladové hospodárstvo a jeho riadenie je kľúčom k tomu, aby celý systém v podniku sa neustále zlepšoval, a bol stále viac a viac efektívnejší. Bezchybné riadenie tejto oblasti môže zabezpečiť nové trhy, pretože zákazníci vyžadujú rýchlosť, kvalitu a nízke náklady. Riadenie zásob v skladoch je prvým krokom, ako zákazníkom zabezpečiť flexibilitu služby efektívnou údržbou svojich strojov. Aj keď u mnohých ľudí skladovanie predstavuje vysoké náklady, ktoré neprinášajú priamu hodnotu, mnoho spoločností sa viaže skladovať ich súčiastky z viacerých dôvodov, akými sú napríklad: optimalizovanie výkonu logistiky, vyvarovanie sa výkyvom v dopyte, zvýšenie efektivity údržby a iné. (13)

Pre zabezpečenie efektívneho fungovania skladu slúži viacero metód

5S

Táto metóda, inák nazývaná aj Kaizen, je metóda používaná na zníženie a elimináciu plytvania vo výrobných závodoch a na pracovných miestach. Technika 5S sa skladá z piatich prvkov (pomenovaných v japonksom jazyku), ktoré fungujú ako základ dobrého výrobného systému.

Tento koncept má za cieľ čistiť, štandardizovať a udržovať disciplínu na pracovisku v snahe o udržateľné zlepšovanie produktivity a efektivity, čím sa znižuje plytvanie cez celú organizáciu. (14)

5 elementov metódy:

- Seiri – vytriediť (sort)
- Seiton – usporiadať (set in order)
- Seiso - vyleštiť (shine)
- Seiketsu – štandardizovať
- Shitsuke – udržiavať (sustain) (14)

1.5. Použité analytické metódy

Pre správne pochopenie potrieb spoločnosti, a prostredia v ktorom sa nachádza je potrebné vykonať analýzy, ktoré odrážajú internú a externú situáciu podniku. Pre vypracovanie tejto diplomovej práce boli zvolené nasledovné metódy:

1.5.1. SWOT analýza

Je technika strategickej analýzy, ktorá je založená na zvažovaní vnútorných (silné a slabé stránky) a vonkajších (hrozby a príležitosti) faktorov. Je hlavne využívaná pri hodnotovom managemente a tvorbe podnikovej stratégie. (15)

Silné a slabé stránky podniku sú faktory vytvárajúce alebo znižujúce hodnotu podniku Silné a slabé stránky sú ľahko identifikovateľné, keďže sa vyskytujú priamo vo vnútri podniku. Naopak hrozby a príležitosti vychádzajú z vonkajšieho prostredia. To znamená, že ich spoločnosť nedokáže riadiť a kontrolovať. Je možné ich identifikovať pomocou analýzy konkurencie. (15)

SWOT analýza sa z pravidla robí ako posledná z analýz, keďže využíva informácie nadobudnuté vykonávaním predchádzajúcich pozorovaní. (15)

1.5.2. Porterov model piatich konkurenčných síl

Tento model predpokladá, že strategická pozícia podniku pôsobiaca v danom odvetví je určovaná piatimi základnými činiteľmi. (15)

1. Súčasná konkurencia

- veľkosť a rast odvetvia
- rozmanitosť konkurentov
- diferenciácia produktov
- bariéry vstupu

2.Bariéry vstupu

- úspory plynúce z rozsahu výroby
- výrobková diferenciácia
- investičná náročnosť
- prístup k distribučným kanálom
- vládna politika
- očakávané opatrenia konkurentov

3.Vyjednávacia sila dodávateľov

- diferenciácia vstupov,
- náklady prechodu u dodávateľov a v podnikoch v danom odvetví
- existencia náhradných vstupov
- koncentrácia dodávateľov
- dôležitosť dodávok pre dodávateľa

4.Vyjednávajúca sila odberateľov

- koncentrácia zákazníkov vs. koncentrácia podnikov
- objem nákupu zákazníkov
- existencia substitučných produktov
- citlivosť ceny.

5.Substitučné produkty

- náklady prechodu
- relevantná výška cien
- ochota zákazníkov prejsť na nový produkt (15)

1.5.3. McKinseyho model 7S

Tento model bol vyvinutý v 70. rokoch 20. storočia firmou McKinsey and Co. Ako koncepčný rámec užitočný pri diagnostike príčin organizačného nesúladu a formulovanie plánov na

zlepšenie. Tento model prekonáva klasickú predstavu, že štruktúra nasleduje stratégiu. Model spája stratégiu nie len so štruktúrou, ale aj s ďalšími piatimi prvkami: zdieľané hodnoty, zručnosti, personál, systémy a štýl.

Stratégia

Stratégia je v modeli 7S chápaná ako súbor akcií, ktoré sú naplánované ako reakcie na zmeny vo vonkajšom prostredí. Takýto súbor činností by mal firme umožniť adekvátnu obranu pred týmito zmenami a tiež aj zlepšenie konkurenčného postavenia poskytovaním jedinečnej hodnoty svojim zákazníkom.

Systém

Systémami McKinsey a spol. myslia postupy, vďaka ktorým funguje organizácia. Je dôležité pochopiť nie len formálnu stránku fungovania spoločnosti, ale celkový pohľad na fungovanie spoločnosti, akými je komunikácia, evidencia skladov, úloh a dochádzky, a pod.

Štýl riadenia

Zameriava sa prevažne na to, akým činnostiam sa prevažne venuje manažment. Je to analýza štýlu riadenia, skrz organizáciu. Akú možnosť vyjadrovať sa majú zamestnanci a v akej miere sú vypočutí manažérmi. Tiež analýza sleduje viacero otázok, ktorými sú napr. či plánujú dostatočne dopredu alebo sú skôr reaktívni? Sú kľudní pri podstupovaní nevyhnutného rizika?

Spolupracovníci

V modeli je personál považovaný za predel medzi tvrdými (platové tabuľky, systém hodnotenia) a mäkkými faktormi (morálka, postoj, motivácia). Ľudia sú považovaní za zdroje, o ktoré sa treba starať, rozvíjať, strážiť a prideľovať.

Zručnosti

Vzhľadom na zvolenú stratégiu, tento prvok odhaľuje a pomáha spoločnosti reálne zhodnotiť svoje schopnosti pri vykonávaní podnikateľských aktivít skrz svoj sektor. Jeden problém môže byť pri odstraňovaní starej, zažitej zručnosti, ktorá môže predstavovať blok pri zmene, ktorá by mohla brzdiť vývoj novej potrebnej zručnosti.

Zdieľané hodnoty

Jadrom modelu sú ciele a zdieľané hodnoty, okolo ktorých sa organizácia sústredí. Tieto hodnoty definujú kľúčové presvedčenia a túžby organizácie. Tvoria jadro firemnej kultúry.

Organizačná štruktúra

V McKinseyho modely sa argumentuje, že kritická výzva, ktorá súvisí so štruktúrou je schopnosť sústrediť sa na tie dimenzie v štruktúre, ktoré sú momentálne dôležité k vývoju korporácie. Jednou z týchto dimenzií je dodržiavanie kritérií pokiaľ ide o zoskupenie jednotiek. Štruktúra by mala byť založená na funkčnom, priemyselnom, klientskom alebo na geografickom základe. Dôležité je aj určenie stupňa decentralizácie rozhodovania, resp. do akej miery potrebuje organizácia horizontálnu koordináciu mechanizmov medzi jednotkami.

2. ANALYTICKÁ ČASŤ

V tejto časti je analyzovaná Železničná spoločnosť Slovensko a.s. z hľadiska organizačnej štruktúry a jej pôsobenia na Slovenskom trhu s vlakovou dopravou. Tiež pre analyzovanie interných a externých faktorov je použitá SWOT analýza.

Ďalej sú uvedené jednotlivé súčiastky, ktoré boli vybrané na základe stanovených atribútov uvedených vyššie. Po ich následnom prevedení do digitálnej podoby v programoch CAD a prevedené do súboru STL budú súčiastky pripravené na tlač. Predmetom výskumu je identifikovať vhodné súčiastky a priradiť im druh technológie a materiál. Samotné prevedenie do modelu CAD a pripravenie STL nie je súčasťou tejto práce.

Identifikácia jednotlivých súčiastok bola vykonávaná výberom a následným pozorovaním skladových prvkov. Pri identifikácii súčiastok je priložená fotka daného náhradného dielu a popis pod obrázkom.. Sledovaný je materiál pôvodnej súčiastky, priradená adekvátna technológia a materiál. Na základe tejto analýzy bude odporučený typ technológie a materiál vhodný pre výrobu súčiastok. Počas analýzy bola sledovaná aj nákupná cena jedného kusu danej súčiastky. Tiež je sledovaný aj zmluvný vzťah s dodávateľom, čo považujem dôležité pri optimalizácii skladov aditívnou technológiou.

2.1. Železničná spoločnosť Slovensko, a.s

Predmetom tejto diplomovejj práce je Železničná spoločnosť Slovensko, a.s., ktorá sídli na Námestí slobody 6 v Bratislave. . Firma bola zapísaná do obchodného registra vedenom v Bratislave 1.1.2005. Jej zakladateľom a výhradným vlastníkom (jediným akcionárom) je štát a patrí pod Ministerstvo dopravy a výstavby Slovenskej republiky. Aj napriek pandemickej situácii v rokoch 2020-2022 firma vykazuje pozitívny výsledok hospodárenia, čo je dôkazom toho, že aj štátny podnik dokáže hospodáriť zodpovedne. Ich cieľom je poskytovať kvalitné, spoľahlivé a bezpečné služby. Chce byť železničným dopravcom prvej voľby pre občanov Slovenskej republiky. Ďalším cieľom je tiež poskytovať služby najvyššej kvality v komerčných vlakoch. Tiež sa snažia byť významným a atraktívnym zamestnávateľom, ktorý rozvíja potenciál svojich zamestnancov. (16)

Ako plánujú dosiahnuť svoj cieľ:

- Orientujú sa na zákazníka a snažia sa zjednodušiť a spríjemniť využitie služieb. Zaisťujú prepravu pre staršie osoby a pre cestujúcich so zníženou schopnosťou pohybu a orientácie
- Investujú do obnovy vozového parku
- Rozvíjajú kľúčové kompetencie zamestnancov
- Preferujú riešenia, ktoré minimalizujú vznik rizika zaťaženia životného prostredia
- Zavádzajú moderné technológie vypravovania cestujúcich, komunikáciu s nim a predaj cestovných lístkov. (16)

2.1.1. Porterova analýza

Pre pochopenie trhu a odvetvia je nevyhnutné vykonať Porterovu analýzu piatich síl. Tieto sily predstavujú subjekty na trhu. Analyzovaný bude ich vplyv a dopad na fungovanie spoločnosti. 5 týchto síl predstavuje: súčasná konkurencia, nová konkurencia, vplyv odberateľov, vplyv dodávateľov, hrozba substitutov.

Súčasná konkurencia

V minulosti malo ŽSSK monopolné postavenie na trhu s vlakovou osobnou dopravou, a tiež tak aj v nákladnej doprave. Momentálne to už tak nie je a na Slovenský trh prišlo 9 súkromných spoločností. V oblasti nákladnej logistiky konkuruje LTE Logistik a Transport Slovakia s.r.o. Na trh slovenskej osobnej dopravy sa dostala spoločnosť RegioJet a.s a LeoExpress, Arriva Service (17)

<u>Regio Jet</u>

Spoločnosť Regio Jet a.s. vznikla v roku 2009 ako dcérska spoločnosť STUDEN AGENCY. Až v roku 2014 sa značka zjednotila pod jednu a to RegioJet a zahrňovala ako vlaky, tak aj autobusy. RegioJet zaisťuje pravidelnú osobnú železničnú dopravu na trase Praha-Ostrava-Žilina-Košice, Praha-Brno-Bratislava. RegioJet plánuje rozšíriť svoju sieť trás na Slovensku. Rok 2020 bol fenomenálny, pretože žlté vlaky začali jazdiť cez Bratislavu do Chorvátska. (18)

<u>LeoExpress</u>

Spoločnosť LeoExpress Slovensko s.r.o bola založená 9.novembra 2015 a vznikla 16. januára 2016. Bola zapísaná do obchodného registra na okresnom súde v Bratislave. Spoločnosť patrí

pod materskú spoločnosť LEO Express Global a.s. Priemerný počet zamestnancov v roku 2020 bol 5. Na slovensku prevádzkuje osobnú vlakovú dopravu na trasaich z Čadce do Košíc a do Mukacheva (19)

Arriva Service

Arriva je spoločnosť sídliaca v Anglicku v Sunderlande. Na Slovensku pôsobí v 4 krajoch a zamestnáva 2400 zamestnancov. Jej hlavným zámerom je autobusová doprava, s ktorou na Slovensku prepravili viac ako 80 mil. ľudí za rok. Jej železničné možnosti sú v celku nové, keďže svoje služby o expresnú vlakovú dopravu rozšírili v roku 2016. Tiež sa venujú iným spôsobom dopravy, ako je bikesharing v meste Nitra a od marca 2019 BikeKIA v meste Žilina. (20)

Porovnanie súčasnej konkurencie				
Firma	Obrat 2020	Obrat 2019	Zisk/Strata 2020	Zisk/Strata 2019
ZSSK	448 040 000,00 €	436 539 000,00 €	10 590 000,00 €	28 000,00 €
Regiojet	22 526 353,00 €	30 469 242,00 €	-144 491,00 €	-1 209 194,00 €
LeoExpress Slovensko	111 663,00 €	110 472,00 €	9 162,00 €	34,00 €
Arriva Slovakia	20 827 914,00 €	23 673 577,00 €	1 201 988,00 €	-669 740,00 €

Tabuľka 1 Porovnanie súčasnej konkurencie (21) (22) (23) (24)

Z Tabuľky č.1 je jasné, že ŽSSK má monopolné postavenie na trhu v cestovnej doprave. Žiadny z konkurentov ju vôbec neohrozuje. Zatiaľ čo generujú obrat vo výške 448 mil.€, ostatní konkurenti nemajú v súčte ani 10% z tržieb ŽSSK. Je zaujímavé spozorovať, že konkurent ako je RegioJet nevykazuje vôbec žiadne zisky, naopak je v strate.

Bariery vstupu

Na trh ako je osobná železničná doprava je vstup veľmi náročný. Monopolné postavenie ŽSSK určuje podmienky na trhu a tým ho tvorí pre novú konkurenciu neatraktívnym. Tiež aj z hľadiska ekonomickej situácie je malá pravdepodobnosť vstupu novej konkurencie, pretože počiatočné investičné náklady sú obrovské.

Riziko, že vstúpi nová konkurencia na tento trh a ohrozí postavenie ŽSSK je minimálne.

Vplyv odoberateľov

ŽSSK pôsobí ako aj v cestovnej, tak aj v nákladnej doprave, preto za odoberateľov ich služieb môžeme považovať ako právnické, tak aj fyzické osoby v podobe cestujúcich. Počet cestujúcich je veľký a každým rokom stúpa. V roku 2019 bolo celkovo platiacich cestujúci 77 356 24 čo

bol nárast oproti predchádzajúcemu roku o 4,8%. (25) Pre tento počet cestujúcich považujem ich vyjednávaciu silu za minimálnu.

Vplyv dodávateľov

Pre správne fungovanie železničného podniku, ako je ŽSSK je udržanie prevádzkových nákladov na minime základom. Na udržanie vlakov v pohybe vyžadujú dostatočne veľa nafty a iných materiálov. Tak ako v roku 2017, kedy bolo vyhlásené verejné obstarávanie na naftu v hodnote 88 mil. €. V tejto súťaž bojoval aj Slovnaft, no nakoniec ju vyhrala firma Petroltrans. Firma ,ktorá zabezpečuje naftu do vlakov si zaistila zákazku od štátneho podniku ŽSSK do roku 2022. (26)

Na základe zistenia, že na chod železníc sú potrebné nesmierne vysoké náklady, považujem vplyv dodávateľov a ich vyjednávaciu silu za vysokú.

Hrozba substitútov

Za substitút železničnej dopravy na Slovensku považujem autobusovú dopravu. Tá ma značný vplyv v obciach, ktoré nemajú prístup k železničným tratiam a nemajú vlastnú stanicu. Obyvatelia takýchto obcí si zvolia autobusovú dopravu pred železničnou. Z tohto hľadiska považujem hrozbu tohto substitútu za vysokú.

2.1.2. McKinseyho model 7S

Stratégia

Jasnou stratégiou ŽSSK je orientácia na zákazníka, čiže zabezpečiť efektívnu a modernú dopravu a poskytovať služby najvyššej kvality v komerčných vlakoch. Z neustáleho napredovania týchto aspektov je spoločnosť lídrom na liberalizovanom trhu v mobilite a prístupe k zákazníkom. Tiež spoločnosť má cieľ byť atraktívnym zamestnávateľom, ktorý rozvíja potenciál svojich zamestnancov skrz vzdelávacie kurzy. (16)

Spoločnosť neustále investuje a zameriava sa na aktivity pridávajúce hodnotu v stanovených oblastiach. Orientovanie sa na zákazníka s činnosťami ako prispôsobenie vlakových súprav starým a hendikepovaným osobám. Inovácie smerom do vozových parkov a do modernizácie koľajových vozidiel. Tiež sústavným zlepšovaním a inováciou sa spoločnosť zameriava na zvyšovanie využitia vozidiel. (16)

Systémy

Pre podnikové riadenie sa v podniku využiva systém SAP, ktorý je rozšírený o ďalšie moduly pre efektívnu činnosť vybranej oblasti ŽSSK:

- TIS – systém riadenia dopravy a informačný systém infraštruktúry
- SP – informačný systém prevádzky
- IKVC- informačný systém pre komplexné vybavovanie cestujúcich
- VDS – vlakový dispečingový systém (27)

Tiež je vo firme zabezpečený systém riadenia kvality. Zavedený integrovaný manažérsky systém, prostredníctvom ktorého sa riadi zlepšovanie kvality zabezpečovaných činností v spoločnosti. (16)

Po rozhovore s podpredsedom predstavenstva a riaditeľom úseku prevádzky Ing. Jánom Lukáčom bolo zistené, že aj napriek využívaniu informačného systému SAP, systém skladovania náhradných dielov je zastaralý a neefektívny. Dodávatelia dielov do starých vlakových súprav v mnohých prípadoch už nedodávajú. Nasleduje zdĺhavý proces verejného obstarávania na nového dodávateľa. Tiež súčiastky nie sú prevedené do digitálnej podoby, čo je prvým krokom pre aplikáciu aditívnej technológie.

Štýl riadenia

Štýl riadenia je v spoločnosti demokratický. Hlavným znakom tohto štýlu je správna motivácia pracovníkov, ktorí sú pravidelne odmeňovaní. Tiež vypočutie podriadeného pracovníka vedúcim, a dať na jeho radu. Tieto pripomienky sú diskutované na každodenných 15 minútových schôdzkach. Po osobnej skúsenosti môžem skonštatovať, že atmosféra je na pracoviskách (aspoň v depo Nové Zámky) príjemná a uvoľnená. Tieto informácie mi boli predané prostredníctvom rozhovoru s riaditeľom úseku prevádzky Ing. Jánom Lukáčom.

Spolupracovníci

ŽSSK aktívne spolupracuje s výskumnými inštitúciami, vysokými školami a strednými odbornými školami. V spolupráci so Strednou odbornou školou dopravnou Martin-Priekopa spoločnosť pokračuje v budovaní firemného centra, ktorého zámerom je podporenie súčasných zamestnancov a vyškolí novú pracovnú silu. Toto vzdelávacie centrum umožní zamestnancom získať certifikáty. Pri tejto výučbe ŽSSK používa vlastné lektorské zdroje a vlastné didaktické pomôcky. Toto zavedenie vzdelávacieho centra prinesie úsporu prostriedkov vynaložených na vzdelávanie u externých dodávateľov. (16)

Plánovaný počet zamestnancov k 31.12.2020 bol 5871, ale skutočný evidovaný počet zamestnancov bol 5910. V porovnaní s rokom 2019 sa toto číslo zvýšilo o 1,34%. Priemerná mzda v ŽSSK dosiahla výšku 1281,63 €. Najviac zamestnancov v ŽSSK je v rozpätí medzi 50-59 rokov (2048), no každý rok pribúda viac a viac mladých ľudí. (16)

Schopnosti

Na základe integrovaného manažérskeho systému spoločnosť získala certifikované predmety, ktoré sú zamerané na manažérstvo kvality prevádzkovania vlakov diaľkovej dopravy vnútroštátneho významu, vzdelávanie zamestnancov, predaj cestovných dokladov a ochrany zdravia a bezpečnosti pri práci. Tieto certifikáty garantujú, že činnosti sa vykonávajú v súlade s príslušnými normami. (16)

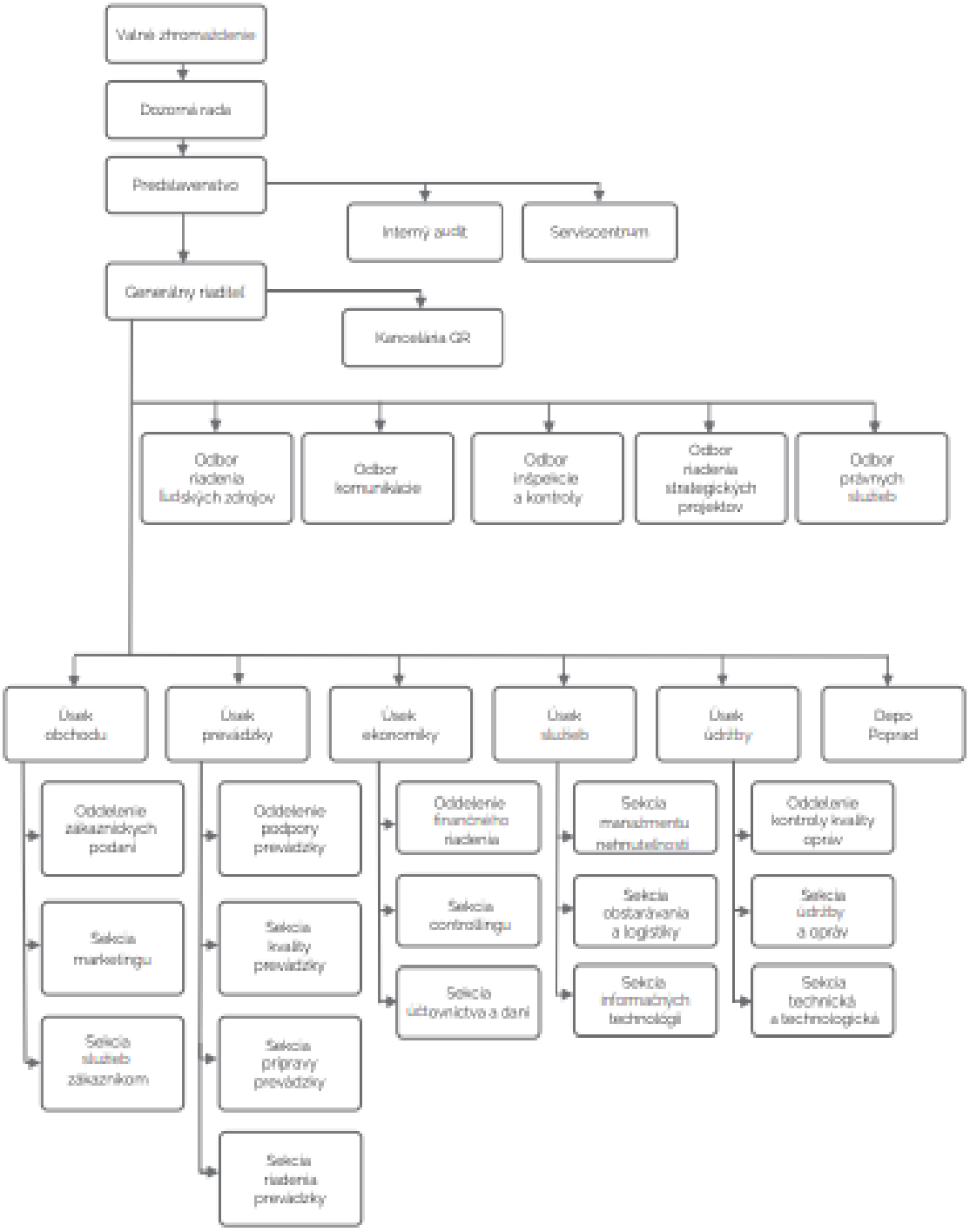
Integrovaný manažérsky systém v roku 2020 zahŕňal certifikované predmety:

- Systém manažérstva kvality podľa normy ISO 9001
- Systém manažerstva BOZP podľa normy ISO 45001

Zdieľané hodnoty

Cieľom ŽSSK je poskytovať kvalitné, spoľahlivé a bezpečné služby. Ich víziou je byť železničným dopravcom prvej voľby pre zákazníkov a objednávateľov dopravných služieb vo verejnom záujme. Zabezpečovanie komfortu pre zákazníka a napĺňanie jeho požiadaviek tlačí ŽSSK investovať do moderných riešení. Tieto hlavné hodnoty sú zdieľané medzi zamestnancov, ktorí sú si vedomí cieľov a vízie celej spoločnosti. (16)

Organizačná štruktúra



Obrázok 4 Organizačná štruktúra (16)

2.1.3. SWOT analýza

Po vyššie uvedených analýzach som schopný vytvoriť internú analýzu slabých a silných stránok a externú analýzu príležitostí a hrozieb. Za silnú stránku z pohľadu riadenia považujem status spoločnosti - je štátny podnik. To jej zabezpečuje stabilitu na trhu a dominantné postavenie. Na druhej strane, ako závažnú slabú stránku považujem zlú organizáciu vlakovej logistiky. To má za následok meškanie vlakov a zároveň nižšiu zákaznícku spokojnosť a komfort.

Silné stránky:

- Nízke emisie – v porovnaní s automobilovou dopravou, vlaková doprava je menej náročná na životné prostredie.
- Štátny podnik – vytvára silnú pozíciu na trhu.
- Nízka cena pre zákazníka.
- Palubný servis – možnosť občerstvenia v reštauračnom vozni.
- Cestovanie mimo nepriaznivej automobilovej dopravy (vyhnutie sa upchatiu ciest)

Slabé stránky:

- Neprístupnosť vo všetkých obciach – nie všetky mestá a obce Slovenskej republiky majú vlakovú stanicu.
- Časovo neflexibilná možnosť – zákazník je povinný prispôsobiť sa časovému harmonogramu vlakov
- Časté poruchy – spôsobené starými vlakovými súpravami vyžadujúce si častú údržbu
- Zlé prispôsobené webové stránky pre mobilné zariadenia
- Zastaralé skladové hospodárstvo – súčiastky nie sú v digitálnej podobe, nedostatočná práca so skladovými položkami

---

Príležitosti:

- Zníženie nákladov prichádzajúcou technológiou (autonómne lokomotívy)
- Získanie nových cieľových destinácií (mimo Európu)
- Rozšírenie koľajových sietí
- Rozšírenie kapacít

Hrozby:

- Prírodné živly (tornádo, vyliatie rieky) zapríčinia prerušenie prevádzky niektorých spojov a zákazníci budú musieť zvoliť alternatívny spôsob dopravy.
- Samovrahovia
- Lockdown (zákaz cestovania cez okresy)
- Vandalizmus – grafity ničia vagóny, ktoré následne nemôžu byť vypravené.

2.2. Súhrn analýzy spoločnosti

Pre detailné priblíženie interných a externých faktorov prostredia, v ktorom ŽSSK pôsobí bola použitá Porterova analýza piatich síl, 7S a analýza SWOT. Z týchto analýz nám vychádzajú nasledovné zistenia:

Železničná spoločnosť Slovensko, a.s je štátny podnik čo znamená, že jeho jediný akcionár je štát. Z toho dôvodu má monopolné postavenie na trhu v cestovnej doprave. Jej cieľom je poskytovať kvalitné, spoľahlivé a bezpečné služby. Ich hlavným zámerom je napĺňanie požiadaviek zákazníka v oblasti osobnej železničnej dopravy. Podľa prevedených analýz bolo zistené, že zákazník nemá vysokú vyjednávaciu moc, naopak tak dodávateľ

V podniku je demokratický štýl riadenia a je zavedená funkčná organizačná štruktúra.

Konkurencia na trhu je len veľmi malá. RegioJet, obratovo druhý najväčší konkurent, nemá ani 10% z obratu ŽSSK. Pritom táto spoločnosť nevykazuje zisk. Preto považujem konkurenciu v oblasti železničnej cestovnej dopravy za zanedbateľnú. Vývoj nových technológií konkurenciou by tiež nemal ohroziť postavenie ŽSSK na tomto trhu.

Podľa slov riaditeľa oddelenia prevádzky Ing. Jána Lukáča je systém skladového hospodárstva zastaralí. Preto výskumná časť tejto diplomovej práce bude zameraná na túto oblasť prevádzky Železničnej spoločnosti Slovensko, a.s.

2.3. Metodológia a štandardizácia súčiastok

V časti metodológia je popísaná metóda, ktorá bola použitá pri skúmaní skladov náhradných dielov Železničnej spoločnosti Slovensko, a.s (ďalej len ŽSSK). Tiež sú štandardizované súčiastky pomocou vybraných kritérií.

2.3.1. Metóda a pozorovaná vzorka

Získanie dát pre tento výskum bolo uskutočnené pomocou vzorkovania a následného pozorovania a to za použitia zámerného multikriteriálneho výberu.

Výskum bol vykonávaný v sklade náhradných dielov v depe ŽSSK v Nových Zámkoch. Tento sklad obsahuje zásoby skladových prvkov, ktoré sú určené na údržbu vlakových súprav osobných a aj nákladných vozňov. Výskum prebiehal pri niekoľkých návštevách depa v Nových Zámkoch, kde bol vykonaný na cca 670 rozličných skladovaných súčastí. Tieto súčasti boli následne rozdelené do nasledovných skupín: elektrotechnické súčiastky, mechanické súčiastky, spotrebné súčiastky do osobných vlakov, skrutky a matice, tesnenia.

Ďalej boli vyradené kategórie, pri ktorých je jasné, že nie sú určené pre 3D tlač a to všetky elektrotechnické súčiastky. Pre správne určenie súčiastok vhodných pre výrobu pomocou aditívnej technológie boli určené potrebné kritériá:

- Použitie súčiastky v rámci vlakovej súpravy
- Plast ako základný materiál
- Rozmery tlačového objemu
- Vhodný typ aditívnej technológie
- Zmluvný vzťah s dodávateľom
- Cena za jeden kus náhradného dielu

Po aplikovaní všetkých kritérií pri výbere vhodných skladových prvkov sa skúmaná vzorka zmenšila na 17 náhradných dielov, ktoré boli ďalej skúmané podľa požadovaného materiálu a funkčnosti po vytlačení na adekvátnej 3D tlačiarni. Mnoho súčiastok bolo vyradených, z dôvodu nutnej certifikácie, ktorej podlieha viacero položiek. Táto certifikácia je nutná z dôvodu prevádzky osobných vlakov, kde musia byť dodržané normy horľavosti, elektrickej vodivosti a iné bezpečnostné štandardy.

2.4. Identifikácia súčiastok

Ako prvá analyzovaná oblasť skladových prvkov boli elektrotechnické súčiastky, ktoré boli ihneď vyradené z dôvodu nutnosti certifikácie, a tiež aj preto, že elektronické prvky sa nedajú vytlačiť a nákup takýchto súčiastok je viac ekonomicky efektívnejší, ako tlačenie obalu a montovanie elektrických prvkov.

Ďalej bola analyzovaná kategória mechanických súčastí (MS). Tie, ktoré súvisia s pohonom súpravy boli vyradené z dôvodu certifikácie a bezpečnosti prevádzky. Zostali nám mechanické zariadenia do osobných vlakoch pre spotrebné účely. Tieto súčiastky musia spĺňať svoje mechanické vlastnosti a pevnosť. Preto použitie materiálov s nízkou pevnosťou je vyradené a odporúčané sú kompozitné materiály (karbon, kevlar) pre potrebnú pevnosť.

V kategórii spotrebných súčiastok do osobných vlakov (SSOV) bolo identifikovaných najviac vhodných súčiastok na tlač a to z dôvodu, že skúmané súčiastky nepotrebujú certifikáciu o horľavosti a bezpečnosti. Tieto súčiastky nemajú žiadne mechanické funkcie a sú perfektným príkladom pre aplikáciu aditívnej technológie do riadenia zásob náhradných dielov.

Kategória skrutiek a matíc bola vyradená, kvôli nutnosti certifikácie a tiež je ekonomicky výhodnejšie si skrutky nakúpiť od externého dodávateľa. Takisto bola vyradená kategória tesnenia.

V štúdii boli tiež brané do úvahy nákupné ceny jednotlivých súčiastok a zmluvné záväzky s dodávateľmi. Všetky bližšie informácie o jednotlivých súčiastok som získal zo systému SAP. Vyhľadávanie prebehlo pomocou unikátneho kódu, ktorý má každá súčiastka priradený (ľavý vrchný roh na visačke súčiastky.

Po analýze boli identifikované nasledovné skladové prvky:

1. Nosič na kladivko

Obrázok 5 Nosič na kladivko

Ako prvá vybraná súčiastka na hlbšiu analýzu je nosič na deštrukčné kladivko. Pôvodný materiál tejto súčiastky je plast. Je tvarovo zložitejšia, no v praxi nie je mechanicky namáhaná. Súčiastka vyžaduje dostatočnú pevnosť v oblasti úchytu kladivka a pri dierach určených na prichytenie pomocou adekvátneho šraubu.

Spoločnosť má pri tejto súčiastke zazmluvneného dodávateľa Brama SK s.r.o. na 20 kusov za cenu 4.82€ za kus do konca roku 2023. Momentálne stav v skalde v Nových zámkoch je 10ks. Táto súčiastka sa skladuje len v tomto sklade.

Tým, že nosič na kladivko vyžaduje svoju pevnosť v kritických miestach je vhodné ho tlačiť metódou FDM za použitia kompozitného materiálu.

2. Vešiak

Obrázok 6 Vešiak

Ďalšou vybranou súčiastkou vhodnou pre výrobu aditívnou technológiou je vešiak. Táto súčiastka sa nachádza pri sedadlách v osobných vlakoch a slúži na zavesenie kabátov, tašiek a podobných vecí, ktoré so sebou cestujúci nosia. Často je súčiastka vystavovaná vysokému a sústavnému tlaku. Preto je originálna súčiastka vyrobená z hliníka, ktorý podobný tlak zvládne. So súčasnou aditívnou technológiou nie je problém vyrobiť súčiastku podobnej kvality, a pevnosti. Najvhodnejšia metóda pre výrobu tejto súčiastky je FDM za použitia kompozitného materiálu. Ten zabezpečí pevnosť dostačujú na požadované účely (zavesenie kabátov, tašiek a iných osobných vecí).

Spoločnosť má takisto zazmluvneného dodávateľa na túto súčiastku, ktorým je Brama SK, s.r.o. Nákup jedného kusu stojí 3,77€ a do konca roka 2023 sa spoločnosť zaviazala že odoberie od spoločnosti 170 kusov. Momentálny stav na sklade v Nových zámkoch je 28 kusov.

3) Záslepka plastová

Obrázok 7 Záslepka plastová

Plastová záslepka pravého hrdla je vyrobená z plastu a nevyžaduje vysokú pevnosť. Práve naopak, záslepka musí byť ohybná, aby ľahko zapadla do hrdla a pevne v ňom držala. Preto jediná prípustná metóda pre výrobu tejto súčiastky je FDM. Pri využití adekvátnej tlačiarne (napr. ultimakr) je možné vytlačiť túto súčiastku z ohybného materiálu, ktorý bude spĺňať všetky vlastnosti, ktoré súčiastka vyžaduje mať v praxi.

Spoločnosť nemá zmluvné záväzky so žiadny dodávateľom. Cena jedného kusu plastovej záslepky je 0,50€.

4) Puzdro Nylonove

Obrázok 8 Puzdro Nylonové

Toto púzdro je rozdelené na tri diely z nylonu. Polyamid (nylon) má vysokú pevnosť a odolnosť proti oderom a vibráciám. (28) Preto je často využívaným materiálom v železničnej doprave. Pre zavedenie tejto súčiastky do výroby aditívnou technologiou bude musieť byť použitý adekvátny materiál, ktorý bude zabezpečovať všetky vyžadované vlastnosti. Dnešné technológie FDM už bez problémov dokážu tlačiť nylónové vlákna pri vyššej teplote na tryske, ako aj na podložke. Tiež je vhodné túto súčiastku vyrábať pomocou SLS metódy za použitia práškového materiálu Nylon 12 (PA12).

Po zabezpečení digitálnej súčiastky tohto dielu nebude musieť pokračovať zmluvný vzťah s dodávateľom Brama SK s.r.o v rámci tejto súčiastky. Momentálna nákupná cena tejto súčiastky je 8,16€ za kus (3 nylonové diely). V sklade v Nových Zámkoch je 10 kusov,ale celá spoločnosť ŽSSK ich má uskladnených 138.

5) Zátka interiérová

Obrázok 9Zátka interiérová

Táto zátka sa využíva v interiéri kupé dopravných vozňov. Je kovová a jej povrch je hladký a tvrdý. Používa sa na upchatie diery na operadle a na tento účel postačí aj zátka z plastu, ktorá má určitú pevnosť, preto materiál Onyx od Markforged je ideálnou voľbou. Výroba pomocou FDM bude rýchla a dostatočne efektívna na zabezpečenie požadovaných vlastností súčiastky.

Pre túto súčiastku spoločnosť nemá zmluvný vzťah so žiadnym dodávateľom. V skladoch náhradných dielov v Nových Zámkoch sú len tri kusy tejto súčiastky. Cena jedného kusu je 6,45€. Táto cena na tak malú súčiastku je vysoká. Vzhľadom na jej veľkosť je možné predpokladať, že výroba pomocou aditívnej technológie bude minimálne o 50% nižšia.

6) Vešiak na uterák

Obrázok 10 Vešiak na uterák

Vešiak na uterák je zavesený v každom osobnom vlaku na záchodoch, na ktorom visí uterák určený na utretie rúk po použití toalety. Je z kovového materiálu, aby nebol ovplyvnený vlhkosťou. Na 3D tlač pomocou metódy FDM by bol komplikovaný, a to konkrétne v mieste háčiku. FDM metóda v miestach previsu (tzv. overhang) si musí vytlačiť podperu. Po jej odstránení povrch v kontakte s podperou nie je rovný a na dotyk drsný. To by mohlo uterák poškodiť pri zvesovaní. No iný druh aditívnej technológie by mohol splniť požiadavky na výrobu tohto dielu s hladkým povrchom. A to metóda SLS alebo SLA. Výhodou je úplné odstránenie pomocného materiálu, pod ktorým povrch zostáva hladký. No nevýhodou oboch metód je vysoká finančná náročnosť pri kúpe zariadenia.

Spoločnosť pre túto súčiastku má uzatvorený zmluvný vzťah s dodávateľom Brama SK, s.r.o. Cena jedného kusu je 3,46€ a zmluva je uzatvorené na 20 kusov. Momentálne spoločnosť skladuje 27 kusov, z čoho 8 ich je uskladnených v Nových Zámkoch.

7) Výplň dverí

Obrázok 11 Výplň dverí

Tento plastový diel je vhodný pre výrobu aditívnou technológiou pre jej zložitý tvar. Výroba takejto súčiastky klasickou, vstrekovacou metódou je náročná a nákladná. Tomu aj odpovedá nákupná cena jedného dielu a to 10,96€. Pri použití vhodného materiálu ako napr. Nylon 12 bude súčiastka plne funkčná a bude spĺňať všetky vyžadované vlastnosti. Vzhľadom na jej tvar je vhodná na výrobu metódami FDM a SLS, no metóda SLS je viac vhodná z dôvodu krajšieho povrchu súčiastky.. Spoločnosť momentálne nemá žiadny zmluvný vzťah so žiadnym dodávateľom pre túto súčiastku a momentálne sa v skladoch ŽSSK nachádzajú len dva kusy tejto položky a to práve v sklade v Nových Zámkoch.

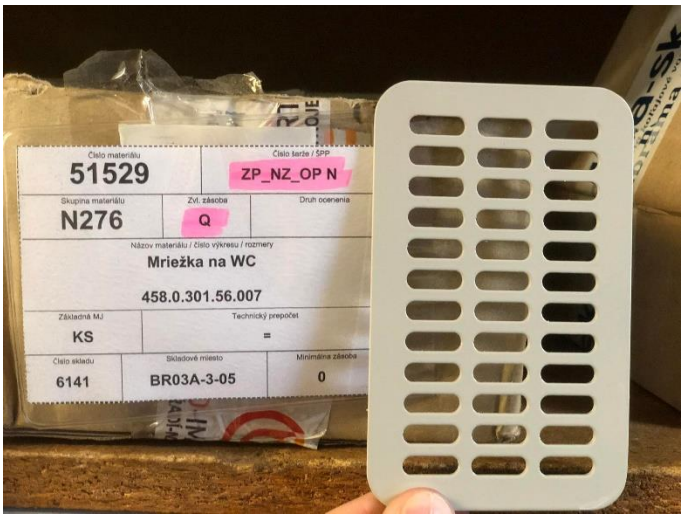
8) Úchyt T s vnútorným závitom M6

Obrázok 12 Úchyt T s vnútorným závitom M6

Plastový úchyt má tvar T kvôli lepšiemu uchopeniu pri používaní. Na pevné prichytenie o konštrukciu je vo vnútri súčiastky vlisovaný závit M6. Ak je model vytlačený z univerzálneho materiálu ako je napr. Onyx, je možné vytlačiť závit potrebnej veľkosti priamo do tela úchytu. Kvôli vyžadovanej pevnosti je vhodné túto súčiastku vyrobiť pomocou FDM metódy za použitia kompozitného materiálu ako napr. karbón.

Jediný kus tejto súčiastky stojí 11,20€ a spoločnosť momentálne nemá zmluvný vzťah so žiadnym dodávateľom.

9) Mriežka na WC



Obrázok 13 Mriežka na WC

Mriežka na WC je z hliníka, ktorý neplní žiadnu konkrétnu funkciu. Táto súčiastka slúži len na prekrytie vzduchotechniky v toaletnej kabínke. Túto súčiastku je možné vyrobiť aj z menej odolného materiálu pri zachovaní jej pôvodnej funkcie. Pre výrobu aditívnou technologiou je jednoduchá, pretože nevyžaduje žiadny podporný materiál. Súčiastka môže byt vyrobená všestranným materiálom, ako napr. Onyx a využitie stroja schopého vytlačiť kompozitný materiál zabezpečí, že súčiastka bude mať pevnosť ako origínál mriežka na WC. Najoptimálnejšia technológia je FDM

Momentálne spoločnosť nemá žiadny zmluvný vzťah zo žiadnym dodávateľom a cena jedného kusu je 21,00€. Momentálne má spolločnosť naskladnené 4 kusy tejto súčiastky do osobných vlakov.

10) Podpera (vsporník)

Obrázok 14 Podpera (vsporník)

Táto súčiastka je rozmerovo najväčšia z tohto výberu. Je z trvrdého, plastového materiálu, ktorý je stavaný na odolanie vysokému tlaku. Aj tvar modelu je prisposobený tak, aby súčiastka vydržala nápor pod vysokým tlakom. Diery po stranách slúžia na prichytenie dielu o zem a vrchná zas na prichytenie podopieraného objektu. Pri výrobe metódov FDM je vhodné nastaviť tlač s vysokým percentom výplňe v správnom tvare. To zabazpečí vnútornú pevnosť súčiastky, no tiež aj značne predĺži čas tlače. Tiež pre zabezpečenie vysokej pevnosti je možné využiť vstreknutie kompozitného materiálu (napr. karbon, sklolaminát, kevlar). Takto vystužená súčiastka bude vysoko pevná a bude schopná udržať ťažký predmet bez akéhokoľvek poškodenia. Tiež je možné využiť metódu SLS, ktorá taktiež produkuje vysokopevné súčiastky.

Spoločnosť má zmluvný vzťah so spoločnosťou Brama SK, s.r.o na konečných 25 kusov. Táto kapacita je momentálne už vyčerpaná, pretože ŽSSK už všetky tieto kusy vykúpila, no má ich

naskladnené v svojich skladoch. Z celkových 25 kusov sa 6 nachádza v skladoch v Nových Zámkoch. Nákupná cena jednej súčiastky je 18,04€.

11) Vedenie pre postranné dvere

Obrázok 15 Vedenie pre postranné dvere

Táto súčiastka slúži na vedenie dverí v žľabe, ktorý slúži na ich posun. Aj napriek tomu, že tento diel je vystavovaný nárazom a sústavnému treniu o dvere, je z dreveného materiálu, ktorý je pomerne mäkký. Tento materiál by pri výrobe aditívnou technológiou mohol byť nahradený napríklad Nylonom, ktorý je odolný voči nárazom a iným mechanickým pohybom, ktoré my mohli spôsobiť poškodenie. Táto súčiastka je vhodná pre technológiu FDM, pretože si nevyžaduje podporný materiál. Pre zvýšenú odolnosť vedenia je tiež vhodné použiť aj kompozitný materiál ako karbón alebo kevlar. No pri tejto súčiastke je technológia SLS vylúčená. Táto súčiastka vyžaduje mať klzký povrch. Metóda SLS je založená na spekaní prášku a povrch po opracovaní je viac drsný ako klzký.

Nákupná cena jedného kusu vedenia postranných dverí je 25,56€ a spoločnosť nemá zmluvný vzťah so žiadnym dodávateľom pre túto súčiastku. Momentálne skladuje 11 kusov z čoho 10 je uskladnených v depe v Nových Zámkoch.

12) Krytka sedadla dolná

Obrázok 16 Krytka sedla dolná

Krytka sedadla slúži na prekrytie ukončenia rúry sedadla. Nie je vystavovaná žiadnemu opotrebeniu. Táto súčiastka nesmie byť však úplne tuhá. Musí mať dostatočnú pružnosť na to, aby sa do rúry na sedadle jednoducho nasadila a tiež sa jednoducho aj vybrala z diery von. Nevyžaduje podporný materiál, čiže po vyrobení pomocou technológie FDM bude mať jemný povrch a nebude nutné žiadne opracovanie. Materiál ako Onyx zabezpečí, že sa pôvodné vlastnosti plastového materiálu zachovajú. Tiež metóda SLS je prípustná s použitím práškového materiálu Nylon 12.

Jediným limitom pri výbere materiálu je vyššia tepelná rezistencia. V horúcich letných dňoch, keď je vozeň odstavený a klimatizácia vypnutá, sa môže kabína prehriať a súčiastka zdeformovať. Materiál s vyššou tepelnou rezistenciou by mal tomu predísť.

Spoločnosť má pre túto súčiastku zmluvný vzťah s dodávateľom ŽOS trading s.r.o. na konečných 83 kusov. Momentálne spoločnosť skladuje 53 kusov, z čoho 26 sa nachádza v skladoch v Nových Zámkoch. Nákupná cena jednej súčiastky je 0,90€.

13) Tryska splachovacia

Obrázok 17 Tryska splachovacia

Splachovacia tryska je základnou súčiastkou v splachovacom systéme v toaletných zariadeniach osobných vlakov. Je vyrobená z odolného plastového materiálu, aby fungovala spoľahlivo aj pod vysokým tlakom vo vlhkom prostredí. Vnútro tela súčiastky je členité a tvoria ho úzke chodbičky, ktoré tvoria splachovací systém. Dosiahnuť také komplikované vnútro súčiastky by bolo pomocou FDM metódy za predpokladu zachovania rozmerov prakticky nemožné. No metóda SLS by zabezpečila, že vďaka spekaniu práškového materiálu vo vákuu by boli dodržané rozmery s dostatočnou toleranciou aj vo vnútri modelu. Súčiastka by bola dostatočne odolná a vodotesná. Takto vyrobená splachovacia tryska by si zachovala svoje pôvodné vlastnosti a spoločnosť by sa v zabezpečovaní tejto súčiastky mohla odtrhnúť od dodávateľa a spoliehať sa na výrobu súčiastky priamo v skladoch len v prípade potreby alebo si súčiastku zabezpečiť od externej firmy zamarenej na aditívnu technológiu.

Momentálne má ŹSSR zmluvný vzťah s dodávateľom Rudos Ružomberok, za nákupnú cenu 6,77€ za kus. Firma sa zaviazala, že od spoločnosti Rudos Ružomberok odoberie 100 kusov. Momentálne sú v sklade v Nových zámkoch 4ks tejto súčiastky z celkových 54 uskladnených kusov.

14) Záslepka plastová okrúhla

Obrázok 18 Záslepka plastová okrúhla

Táto záslepka je podobná ako súčiastka číslo 3., no slúži na prekrytie menších otvorov. Vyžaduje určitú pružnosť, aby ľahko do otvoru vkĺzla a pevne držala. Táto súčiastka na rozdiel od súčiastky č.3., má okolo seba dva pomerne veľké „goliere“. Táto časť môže byť pri výrobe 3D tlačou problematická, no tento problém sa dá čiastočne vyriešiť s vodourozpustnou podporou (napr. PVA alebo BVOH) alebo inou tekutinou (napr. HIPS s rozpúšťadlom Lemonesol). Tlačenie týchto materiálov je možné vtedy, keďmá tlačiareň možnosť si počas tlače meniť hlavicu a tým aj materiál extrúzie Preto najvhodnejšia technologia je FDM s možnosťou tlačenia viac druhov materiálov naraz.

Spoločnosť pre túto súčiastku nemá žiadny zmluvný vzťah so žiadnym dodávatelom. Nákupná cena jedného kusu je 0,24€ a spoločnosť má na sklade v Nových Zámkoch 24 kusov.

15) Mriežka na WC strop

Obrázok 19 Mriežka na WC strop

Táto súčiastka sa od dielu č.9 líši len veľkosťou a počtom dier slúžiacich na prechod vzduchu vo vzduchotechnike toaletnej kabínky. Materiál aj spôsob výroby (frézovanie) je rovnaký. Preto sa odporúčaná technológia a materiál ako pri diele č.9 nemení.

Jediná zmena je jej nákupná cena. Jeden kus tejto zväčšenej mriežky na WC stojí spoločnosť 21,00€. Ako pri menšej verzii, spoločnosť skladuje 4 kusy v sklade v Nových zámkoch a nemá zmluvný vzťah so žiadnym dodávateľom, ktorý by ju s touto súčiastkou zásoboval.

16) Páčka malá k spínaču

Obrázok 20 Páčka malá k spínaču

Páčka malá k spínaču sa nachádza v riadiacej skrinke vo vagónoch. Jej vonkajší tvar nie je komplikovaný, no vnútro má značne členité. Rozmery musia byť presné aby páčka doľahla

na spínač a pevne na ňom držala pri manipulovaní. Najvhodnejšia metóda je práve FDM, no je dôležite brať ohľad na to, aby povrch súčiastky bol hladký a jemný. To je možné dosiahnuť s nastavením nižšej vrstvy tlače, čo ale značne predĺži výrobu tejto súčiastky. Tiež je možné zakomponovať aj kompozitný materiál pre zabezpečenie vyššej pevnosti súčiastky.

Spoločnosť ma zmluvný vzťah s dodávateľom Brama SK, s.r.o na konečných 125 kusov . a cena jedného kusu tejto súčiastky je 0,89€ a v skladoch ŽSSK sa nachádza už 121 kusov z toho 9 v sklade v Nových Zámkoch.

17) Púzdro spojky generátora

Obrázok 21 Púzdro spojky generátora

Toto puzdro je vyrobené z rovnakého materiálu ako je súčiastka č.4. Na rozdiel od tej súčiastky, toto puzdro nie je rozdelené na viac kusov. Tým že je z nylónu vieme, že súčiastka vyžaduje značnú pružnosť, ale tiež aj vysokú pevnosť. Na generátor sa musí ľahko nasadiť a pevne na ňom držať. Jej úlohou je chrániť spojku generátora pred vonkajšími vplyvmi ako sú nárazy, otrasy a iné nepriaznivé vplyvy. Najvhodnejšou aditívnou technológiou je FDM, pretože pomerne jednoducho vie tlačiť tento materiál. Je náročnejší na skladovanie, pretože absorbovanie vlhkosti ho môže natrvalo poškodiť. Podporu pri tlači bude súčiastka vyžadovať len v spodnej časti modelu, kde je v puzdre cca 3mm hlboká ryha. To sa jednoducho dá vyriešiť s rozpustnými materiálmi, ako napr HIPS, PVA a BVOH.

Súčiastku spoločnosť odoberá od spoločnosti Brama SK, s.r.o,, ktorej sa zaviazala, že do konca roku 2023 odoberie 20 kusov. Nákupná cena jedného kusu puzdra spojky generátora je 38,00€. Momentálne sa na sklade v Nových Zámkoch nachádzajú 3 kusy tejto súčiastky.

2.5. Vhodné aditívne technológie

Po identifikácii a analýze súčiastok v sklade ŽSSK a.s. boli ku každému dielu priradené vhodné technológie aditívnej výroby. Metóda, ktorá vyhovuje takmer pri väčšine súčiastok je FDM a to z dôvodu finančnej nenáročnosti a jednoduchej obsluhy. Tiež pri využívaní tejto metódy je možné využiť širokú škálu materiálov. Schopnosť tlače viacerých druhov materiálov je nevyhnutná kvôli rozličnosti identifikovaných súčiastok. Taktiež niektoré 3D tlačiarne vytvorené na princípe FDM sú schopné do modelu zakomponovať karbónové, kevlarové, sklolaminátové a iné vlákna. To súčiastke pridá značnú pevnosť a odolnosť.

Ďalšie vhodné metódy aditívnej technológie pre výrobu identifikovaných súčiastok sú SLS (Selective Laser Sintering) a SLA (Stereolytografia). Tieto metódy sú vhodne pri tých súčiastkach, ktoré po vytlačení musia mať hladký povrch.

V tejto časti budú identifikované konkrétne 3D tlačiarne z každej zvolenej technológie (FDM, SLS, SLA). Pri výbere bude uvažovaná cena zariadenia, rozmer tlačiarne, tlačový objem, a všeobecné vlastnosti tlačiarne.

2.5.1. Ulimaker S3

Ultimaker S3 funguje na princípe FDM/FFF a je to dvojmateriálová tlačiareň prinášajúca výtlačky vo vysokej kvalite. Užívateľ má možnosť si vybrať širokú škálu materiálov, vrátane kompozitov. Jej Predchodca Ultimaker S5 patrí k najspoľahlivejším stolovým 3D tlačiarňam na trhu. Túto tlačiareň na riadenie svojich zásob a pre vlastnú kusovú výrobu súčiastok používajú popredné svetové firmy ako napr. Volkswagen, Ford, Airbus, Bosch, Heineken a iné. Medzi jednu z výhod tejto tlačiarne patrí jednoduchá a užívateľsky prívetivá obsluha. Tak isto jednoduché je aj zaškolenie a praktické nasadenie do konkrétnych projektov.

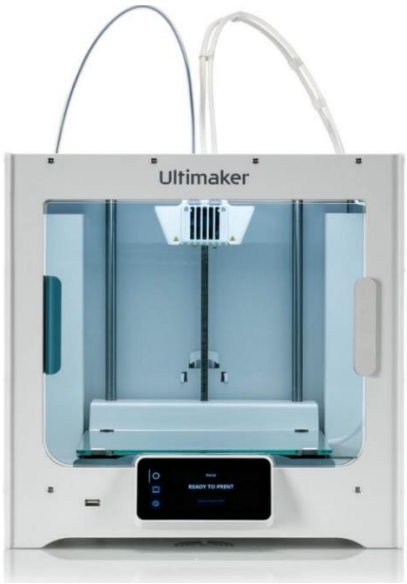
Hlavnými výhodami sú:

- Plná sieťová konektivita – Pracuje cez LAN, Wifi, Cloud, alebo aj USB čo zvyšuje flexibilitu pri tlači
- Dotykový displej
- Pokročilé vyrovnanie podložky
- Kompatibilita s kompozitmi
- Jednoduché nastavenie a kontrola

Dvoj materiálová tlač dokáže presne kombinovať dva materiály alebo dve farby. S kombináciou nylonu, CPE alebo Tough PLA s vodou rozpustnými podporami z PVA vytlačí aj geometricky náročnejšie tvary. Tlačiareň tiež umožňuje jednoduché tlačové jadro (extrúder) s rozličným priemerom trysiek (0.25mm pre detailné modely až 0.8 pre rýchlu tlač veľkých dielov). Tlačiareň túto zmenu rozpozná, čo výrazne zjednoduší a zrýchli prestavbu tlačiarne bez nutnosti prestavovania parametrov.

Spoločnosť Ultimaker vyvíja aj vlastný program na prípravu modelov a to Ultimaker Cura, ktorý perfektne komunikuje s tlačiarňou. Tiež má prednastavené profily na každý doporučený materiál, čo umožňuje spustenie tlače aj menej skúseným pracovníkom. (29)

Špecifikácie	Ultimaker S3
Technologia	FFF (FDM)
Priemer tlačovej struny	2,85mm
Tlačový objem	230 x 190 x 200 mm
Fyzický objem	394 x 483 x 637 mm
Hmotnosť	14,4 kg
Podporované materiály	PLA, PLA Tough, Nylon, ABS, CPE, CPE+,PC, TPU 95A, PP, PVA a ďalšie
Kompozity	áno
Počet extrúderov	2 - ľahko vymeniteľné
Počet trysiek	2
Prenos dat	WIFI,LAN,USB
Cena zariadenia	124 267 Kč (5108 €)



Tabuľka 2 Špecifikácie zariadenia Ultimaker S3 (29)

2.5.2. Markforged Mark Two

Mark two je vlajkovou loďou spoločnosti Markforged pre kompozitné stolové tlačiarne. Pracuje na princípe FDM/FFF. Táto tlačiareň je nastavená na tlačenie materiálu Onyx bez akýchkoľvek problémov. Je schopná vyrábať súčiastky, ktoré sú vlastnosťami najbližšie k hliníkovým dielom. Za použitia materiálu Onyx s vystužením s kompozitným materiálom, súčiastky môžu byť až 24x pevnejšie ako súčiastky vyrobené z materiálu ABS alebo PLA.

Podobne ako najvyšší model Markforged X7, aj táto stolová tlačiareň prináša široký výber materiálových kombinácii pre tlač pevných a odolných kompozitov. Oproti rade X3 – X7 Mark two nedisponuje laserovým meraním geometrie. No aj napriek tomu je jednou z najvyhladávanejších stolových 3D tlačiarní vôbec. Jej tlačový objem je celkovo menší ako

tlačiarne z rady X, no to ju robí dostupnejšou do firiem a do konštrukčných tímov. Do jej výtlačku je možné vkladať kovové púzdra (napr. Závitové či klzké). Túto funkciu spoločnosť ŽSSK môže perfektne zužitkovať pri súčiastke č. 8 (úchyt v tvare T), ktorý má v sebe vnútorný závit M6. Druhá generácia Mark Two prináša praktické vylepšenia pre ďalšie zvýšenie komfortu a spoľahlivosti a to vďaka čidlu, ktoré zachytáva prítomnosť materiálu. (30)

Hlavnými výhodami sú:

- Pevné súčiastky spojením materiálu Onyx s kompozitným vláknom
- Menšie rozmery – Zariadenie sa zmestí na stôl
- Súčiastky sa pevnosťou vyrovnajú hliníkovým dielom

Špecifikácie FDM	Markforged Mark Two
Technologia	FFF (FDM)
Priemer tlačovej struny	1,75 mm
Tlačový objem	320 x 132 x 154 mm
Rozmer zariadenia	584 x 330 x 355 mm
Výška vrstvy	100 - 200 mikrometrov
Hmotnosť	16 kg
Podporované materiály	Onyx, Nylon white, PLA Tough
Kompozity	áno
Počet extrúderov	1
Počet trysiek	2
Prenos dát	WIFI,LAN,USB
Cena zariadenia	391 000 Kč (cca 16 000 €)

Tabuľka 3 Špecifikácie zariadenia Markforged Mark Two (30)

2.5.3. Formlabs Fuse 1

Talčiareň Formlabs Fuse 1 funguje na princípe SLS, ktorý nebol nikdy tak dostupný ako s touto tlačiarňou. To je možné vďaka nižšej cene zariadenia, cenovo dostupenejším materiálom a recyklácii prášku. Pri technológii SLS je potrebné mať dve zariadenia. Jeden na samotnú tlač a druhý na očistenie modelu od prebytočného prášku. Spoločnosť Formlabs pre zariadenie Fuse 1 vyvinula čistiacu stanicu Fuse Sift. Obe zariadenia sa nastavujú a pripravujú v aplikácii PreForm, do ktorého sa jednoducho importuje model vo formáte STL pripravený vo vybranom CAD programe, ktorý pomocou pokročilých algoritmov nachystá ideálne vyplnenie tlačovej komory.

Hlavnými výhodami sú:

- Úplné využitie tlačového objemu
- Farebný dotykový displej
- Zabudovaná kamera
- Recyklácia použitého materiálu
- Jemný povrch zložitých modelov

Pri SLS tlači výkonný laser speká nylonový prášok – vrstvu po vrstve až do požadovaného modelu. Nevyužitý prášok slúži ako dočasná podpora čo zabezpečí jemný povrch súčiastky aj v ťažko dostupných miestach, kde by to metóda FDM bez podpery nezvládla. Zariadenie obsahuje aj unikátnu technológiu Surface Armor, ktorá vytvorí okolo povrchu škrupinu napolo spečeného materiálu. To vysoko zvyšuje odolnosť súčiastky, vďaka čomu sa stáva plne konkurencieschopným mechanickým dielom.

Ku každej tlačiarni využívajúcej technológiu SLS je nevyhnutné čistiaca stanica. Stanica Fuse Sift zabezpečí dôkladne očistenie súčiastky od prebytočného materiálu, tiež aj opätovné získanie použitého materiálu. Tento použitý práškový materiál je možné použiť viackrát. Plne funkčný diel je možné tlačiť pri dodaní len 30% nového materiálu. To znamená, že 70% tlačí z recyklovaného prášku . To predstavuje obrovskú úsporu nákladov a menej odpadu. (8)

Špecifikácie SLS	Formlabs Fuse 1
Technologia	SLS
Max. veľkosť dielu	159 x 159 x 295 mm
Tlačový objem	165 x 165 x 300 mm
Fyzický objem	685x 645 x 1065 mm
Hmotnosť	114 kg
Podporované materiály	Nylon 11, Nylon 12, Nylon 12 GF
Kapacita zásobníku	8,5 kg
Hrúbka vrstvy	110 mikrometrov
Typ laseru	Ytterbium Fiber (10W)
Prenos dát	WIFI, ethernet, USB
Cena zariadenia	410800 Kč (16 860 €)

Tabuľka 4 Špecifikácie zariadenia Formlabs Fuse 1

Špecifikácie SLS	Formlabs Sift
Typ zariadenia	čistiaca stanica
Rozmer zariadenia	991 x 619 x 1880 mm
Rozmer pracovnej komory	279 x 342 x 489 mm
Hmotnosť zariadenia	93 kg
Tlačový objem	165 x 165 x 300 mm
Pripojenie	WIFI, ethernet
Cena zariadenia	184 000 Kč (7560 €)

Tabuľka 5 špecifikácie zariadenia Formlabs Sift

Pri každej SLS technológii sú nevyhnutné dve zariadenia - samotná tlačiareň a čistiaca stanica. Voľba tejto technológie pri značke Formlabs si vyžaduje investíciu minimálne 594 800 Kč (24 420 €). (8)

2.5.4. Formlabs Form 3+

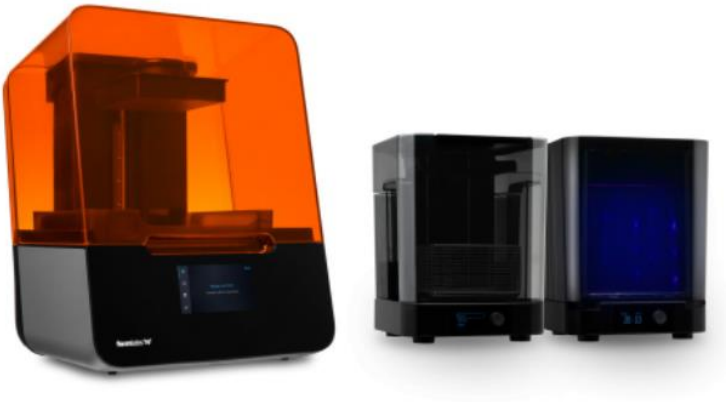
Rovnako ako predchádzajúce zariadenie, Form 3+ je vlajkovou loďou stereolitografickej technológie tejto spoločnosti. Toto zariadenie využíva novú, modernú technológiu LFS (Low force Stereolitography). Zariadenia s touto technológiou zaisťujú o 40% rýchlejšiu 3D tlač než zariadenia FDM. Majú ľahko odstrániteľné podpory, pod ktorými povrch modelu zostáva hladký. Na odstránenie týchto podpier slúži tzv. umývačka Form Wash. Po umytí a odstránení podpier je potrebné model vytvrdiť vo vytvrdzovanej stanici Form Cure. Vďaka metóde LFS modely dosahujú hladký povrch, čo je pre niektoré identifikované súčiastky veľmi priaznivé. Veľkou výhodou je tiež adaptívna hrúbka vrstvy. Systém sám vyhodnotí podľa geometrie dielov a upraví hrúbku vrstvy tak, aby sa čo najviac zvýšila rýchlosť tlače pri súčasnom zachovaní jemných detailov. Používanie tlačiarne je jednoduché a nevyžaduje žiadne odborné zaškolenie. Práca so zariadením je intuitívna. (31)

Tým, že firma Formlabs sa neustále zameriava na výskum a vývoj nových materiálov robí ju jednou z najuniverzálnejších tlačiarní. Vývoj sa zameriava na široké spektrum odvetví. Ich široká ponuka živíc je rozdelená na: štandardné, konštrukčné, pružné a elastické, tuhé a odolné, pevné, odlievacie, dentálne a lekárske. (31)

Hlavnými výhodami sú :

- Hladký a detailný povrch vďaka technológii LFS
- Široká škála materiálov pre rôzne odvetvia
- Zvýšená rýchlosť vďaka adaptívnej hrúbky vrstvy
- Použiteľné v medicíne

Špecifikácie Stereolitografie	Formlabs Form 3+
Technologia	LFS (Low force Stereolithography)
Tlačový objem	145 x 145 x 185 mm
Rozmer zariadenia	4005x 375 x 530 mm
Hmotnosť zariadenia	17,5 kg
Výška vrstvy	25 -300 mikrometrov
Laser	1 x 250 mW
Prenos dát	WIFI, Ethernet, USB
Podporovaný formát dat	STL, Obj
Cena zariadenia	143 900 kč (5885€) + formWash a FormCure



Tabuľka 6 Špecifikácie Zariadenia Formlabs Form 3 + (31)

2.6. Zhodnotenie analytickej časti

Táto časť začala podrobnou analýzou Železničnej spoločnosti Slovensko, kde bola táto diplomová práca vypracovaná. Pre pochopenie fungovania spoločnosti a zistenia jej silných a slabých stránok boli použité analytické metódy McKinseyho 7S a Porterova analýza piatich konkurenčných síl. Po vypracovaní analýz bolo zistené, že spoločnosť má zastaralé riadenie skladových zásob v celej organizácii. Súčiastky nemajú digitálne zaznamenané a často je v tejto oblasti riadenia chaos. Preto ako inovatívny prístup riadenia skladových položiek a zaobstarávania si náhradných dielov bola zvolená aditívna výroba.

Najprv bol vybraný jeden sklad náhradných dielov v spoločnosti ŽSSK a to vo vlakovom depe v Nových Zámkoch. Toto stredisko bolo zvolené z dôvodu rôznorodosti skladových položiek v sklade. Za použitia pozorovania boli vyradené súčiastky, ktoré nie sú vhodné pre výrobu aditívnou výrobou (mechanické súčiastky, skrutky, matice, tesnenia a súčiastky vyžadujúce certifikáciu). Z toho bolo identifikovaných 17 súčiastok, ktoré majú potenciál na výrobu pomocou adekvátnej metódy za predpokladu, že sa funkčnosť a vlastnosti súčiastky nezmenia. To umožní čiastočne sa odpútať od dodávateľa niektorých súčiastok alebo si zabezpečiť vlastnou výrobou tie súčiastky, na ktoré spoločnosť nemá dodávateľa.

Pri pozorovaní jednotlivých súčiastok bola priradená vhodná technológia aditívnej výroby a adekvátny materiál, ktorý zabezpečí zachovanie pôvodných vlastností súčiastky. Pre úplné zhodnotenie výsledkov pozorovania náhradných dielov bola zhotovená tabuľka č.6 . V nej sú prehľadne zoskupené jednotlivé informácie o súčiastkach: unikátny kód každej súčiastky, dodávateľ (ak existuje zmluvný vzťah), cena jedného kusu, počet kusov, ktoré sa spoločnosť zaviazala odobrať, celková suma, ktorú za zmluvné obdobie spoločnosť zaplatí, vhodná aditívna technológia, rozhodnutie, či súčiastka vyžaduje použitie kompozitného materiálu („áno/nie“ znamená že v oboch prípadoch je súčiastka použiteľná). Na základe toho je odporučená konkrétna 3D tlačiareň. Tie sú priradené na základe vlastností, ktoré boli analyzované v kapitole 2.5

číslo	Súčiastka	kód v SAP	Dodávatel	Cena za kus	Odoberie kusov	Celková suma	Aditívna technologia	Kompozitný mat.	Tlačiareň	Materiál
1.	Nosič na kladivko	49770	Brama SK, s.r.o	4.82 €	20	96.40 €	FDM	áno	Mark forged	Onyx
2.	Vešiak	41620	Brama SK, s.r.o	3.77 €	170	640.90 €	FDM	áno	Mark forged	Onyx
3.	Zálepka plastová	13500		0.50 €			FDM	nie	Ultimakr S3	Flex - TPU
4.	Puzdro Nylonové	44056	Brama SK, s.r.o	8.16 €	230	1,876.80 €	FDM, SLS	nie	Ultimakr S3, Fuse 1	Nylon 12, onyx
5.	Zátka interiérová	27162		6.45 €			FDM	nie	Ultimakr S3	Onyx, PETG
6.	Vešiak na uterák	44004	Brama SK, s.r.o	3.46 €	20	69.20 €	SLS, SLA	nie	Fuse 1, Form 3+	Nylon 12, Tough resin
7.	Výplň dverý	41552		10.96 €			FDM, SLS	áno/nie	Ultimakr S3, Mark forged, Fuse 1	Onyx, Nylon 12
8.	Úchyt T s vnút. Závitom M6	51940		11.20 €			FDM	áno	Mark forged	Onyx
9.	Mriežka na WC	51529		17,80 €			FDM,SLS	áno/nie	Mark forged, Ultimakr S3, Fuse 1	Onyx , CPE, Nylon 12
10.	Podpera (vsporník)	49162	Brama SK, s.r.o	18.04 €	25	451.00 €	FDM, SLS	áno/nie	Ultimakr S3, Mark forged, Fuse 1	Onyx, Nylon 12
11.	Vedenie pre postranné dvere	48733		25.56 €			FDM	áno	Mark forged	Onyx
12.	Krytka sedadla dolná	49251		0.90 €			FDM, SLS	áno	Mark forged, Fuse 1	Onyx, Nylon 12
13.	Tryska splachovacia	46592	Rudos Ružomberok, s.r.o	6.77 €	100	677.00 €	SLS	nie	Fuse 1	Nylon 12
14.	Záslepka plastová kruh.	13244		0.24 €			FDM	nie	Ultimakr S3	Flex - TPU
15.	Mriežka na WC strop	51530		21.00 €			FDM SLS	áno/nie	Ultimakr S3, Mark forged, Fuse 1	Onyx, CPE, Nylon 12
16.	Páčka malá k spin.	60926	Brama SK, s.r.o	0.89 €	125	111.25 €	FDM, SLS	áno/nie	Ultimakr S3, Mark forged, Fuse 1	Onyx, CPE, Nylon 12
17.	Púzdro spojky generátor	51449	Brama SK, s.r.o	38.00 €	20	760.00 €	FDM	nie	Ultimakr S3, Mark forged	Onyx CPE
			Spolu		710	4,682.55 €				
			Brama SK, s.r.o		610	4,005.55 €				
			Rudos Ružomberok, s.r.o		100	677.00 €				

Tabuľka 7. Zhrnutie analýzy súčiastok (vlastné spracovanie)

Z tabuľky 7. je jasné, že najsilnejší dodávateľ identifikovaných náhradných dielov je Brama Sk, s.r.o. Táto firma dodáva ŽSSK 7 súčiastok zo 17 identifikovaných náhradných dielov. Na zvyšných 10 súčiastok spoločnosť momentálne buď nemá žiadneho dodávateľa na tieto náhradné diely alebo ich dodáva menší dodávateľ (ako napr. pri súčiastke č.13, ktorú dodáva spoločnosť Rudos Ružomberok, s.r.o.). Spoločnosť má zmluvný vzťah s Brama SK, s.r.o do konca roku 2023. Ak berieme do úvahy, že spoločnosť od dodávateľa odoberie všetky súčiastky, ktoré sa spoločnosť zaviazala kúpiť, bude ju to stáť 4005,55 €.Pri zabezpečení týchto súčiastok aditívnou technológiou tento náklad odpadá, a spoločnosť nemusí byť závislá na tomto dodávateľovi, aspoň v rámci týchto siedmych náhradných dielov.

Najviac zastúpené súčiastky z identifikovaného výberu sú práve tie, pre ktoré spoločnosť nemá zmluvný vzťah so žiadnym dodávateľom. Práve pri týchto súčiastkach má aditívna výroba obrovský potenciál. Štátna spoločnosť ako je ŽSSK musí pri výbere dodávateľov náhradných dielov spraviť výberové konanie, ktoré je často zdĺhavé. Naopak, ak sa aj nájde adekvátny dodávateľ konkrétneho náhradného dielu, nemusí byť ochotný dodávať nízky počet kusov. Väčšinou dodávatelia majú minimálne množstvo objednávky, aby sa im doprava a výroba súčiastky vyplatila. Pri zapojení aditívnej technológie pre vlastnú výrobu náhradných dielov sa spoločnosť stane plne samostatnou pri zabezpečení týchto náhradných dielov. Tiež medzi týmito dielmi aj súčiastky, ktorých nákupná cena je relatívne vysoká. Napr. Súčiastka č.9, ktorá stojí 17,80 € a súčiastka č. 15 s cenou 21,00 €. Pri výrobe týchto súčiastok adekvátnou aditívnou technológiou sa táto cena môže znížiť až o 80% (odborný odhad). Najdrahšia súčiastka, ktorú nedodáva žiadny dodávateľ do ŽSSK je diel č.11 (vedenie pre postranné dvere – 25,56 €).

Pri analýze aditívnych technológii bolo zistené, že technológia FDM (Fused deposition modeling) je najvhodnejšia pre najviac dielov. Celkovo sa zo 17 súčiastok dá vyrobiť s touto metódou za použitia správneho materiálu až 15 dielov. Na druhej strane táto metóda je finančne najmenej náročná a jednoduchá na obsluhu. Tiež boli identifikované aj iné vhodné technológie a to SLA a SLS. Tieto metódy boli vybrané pri súčiastkach, ktoré potrebujú jemný povrch alebo nie sú vhodné pre výrobu metódou FDM. Možnosť použitia metódy SLS pre výrobu náhradných dielov je pri desiatich súčiastkách. Metóda SLA bola identifikovaná iba raz a to pri súčiastke č.6 (vešiak na uterák) a to z toho dôvodu, že zahnutie háčiku by pomocou metódy FDM bolo náročné kvôli rozsiahlym podperám, ktoré sú nevyhnutné pre správne vytlačenie tohto dielu. Po odstránení podpier vzniknutých po výrobe FDM metódou by povrch na súčiastke

bol nerovný a uterák zavesený na háčiku by mohol poškodiť. Preto pre výrobu tejto súčiastky boli zvolené tieto metódy.

Tiež pri analýze súčiastok bolo sledované, do ktorých súčiastok musí byť zakomponovaný kompozitný materiál, do ktorých nemôže a ktoré môžu byť vytlačené s kompozitných materiálov no ich vlastnosti si to priamo nevyžadujú. V tabuľke č. 7 je možné spozorovať, že až 5 súčiastok si vyžaduje zakomponovanie kompozitného materiálu ako je napr. karbón, kevlar alebo sklolaminát. Do 7 súčiastok sa kompozitné vlákna nehodia a zvyšných 5 súčiastok nemusia mať zakomponované vlákna, no ak by sa vlákno do súčiastky zakomponovalo, nezmenilo by to jej vlastnosti. Na základe tohto zistenia je jasné, že najvhodnejšou metódou pre výrobu až 10 súčiastok je vhodná metóda FDM s možnosťou zakomponovania kompozitných materiálov.

Ku každej metóde bola priradená konkrétna 3D tlačiareň, ktorých vlastnosti som analyzoval v kapitole 2.5. Pre lepšiu interpretáciu vhodných tlačiarní bola ku každej súčiastke vytvorená tabuľka č. 8.

FDM		SLS	SLA
Mark Forged mark Two	Ultimakr S3	Formlab Fuse 1	Formlabs Form 3 +
11x	9x	9x	1x

Tabuľka 8 3D tlačiarne a počet vyskytnutí pri analýze súčiastok

Ako bolo naznačené pri analýze vhodnej aditívnej technológie, najvhodnejšia 3D metóda je FDM. Najvhodnejšou 3D tlačiarňou pre výrobu analyzovaných náhradných dielov je kompozitná 3D tlačiareň Mark Forged mark two. Táto tlačiareň spoľahlivo zakomponuje kompozitný materiál do súčiastok, no tiež dokáže tlačiť čistý materiál bez nutnosti kompozitu.

Tiež bol analyzovaný aj vhodný materiál, ktorý zabezpečí zachovanie pôvodných funkcií súčiastky. Materiál ako ABS a PLA boli hneď vyradené, pretože tento materiál nie je vhodný pre priemyselné využitie a časom sa opotrebuje. Preto do úvahy boli brané len pevné materiály, ktoré sú menej citlivé na opotrebovanie a vydržia aj mechanické namáhanie. Pre súčiastky, ktoré potrebujú mať značnú ohybnosť bol navrhnutý materiál Flex (TPU, TPE), ktorý zabezpečí, že tieto súčiastky budú ohybné. Tento materiál bol priradený len ku dvom náhradným dielom a to súčiastka č. 5 a súčiastka č. 14. Ďalšie materiály pre výrobu identifikovaných súčiastok metódou FDM sú CPE, Onyx, PETG. Pre výrobu súčiastky č.6 (vešiak na uterák) bol navrhnutý materiál Tough Resin (čo je pevná odroda živice, ktorá sa využíva pri SLA metóde). Pre súčiastky, ktoré sú vhodné pre výrobu SLS metódou bol jediný

identifikovaný materiál Nylon 12, ktorý zabezpečí, že všetky súčiastky vyrobené touto metódou dosiahnu požadované vlastnosti. Tento materiál je najvyužívanejší materiál touto metódou a tiež je aj cenovo najdostupnejší z materiálov vhodných pre SLS metódu. Pre lepšiu interpretáciu analýzy vhodných materiálov slúži tabuľka č. 8.

FDM				SLS	SLA
CPE	Onyx	PETG	Flex - TPE, TPU	Nylon 12	Tough resin
4x	12x	1x	2x	9x	1x

Tabuľka 9 materiály a počet ich vyskytnutí pri analýze súčiastok

Z tabuľky č.8 je jasné, že najvhodnejší materiál je Onyx. Tento materiál vyvinula spoločnosť Markforged pre ich kompozitné tlačiarne. Výhodou tohto materiálu je vysoká pevnosť a kvalita aj bez zakomponovania kompozitného materiálu, kompozitný materiál sa dobre viaže na tento materiál, čo zabezpečuje jednoduché tlačenie kompozitných dielov. Tento materiál sa pri mojej analýze vyskytol až 12 – krát. Ďalší vysoko využívaný materiál by bol práškový Nylon 12. Ten je vhodný pre všetky súčiastky, pri ktorých po analýze vyšla vhodná metóda SLS.

3. NÁVRHOVÁ ČASŤ

Po analytickej časti som získal presný obraz o súčiastkach zo skladu náhradných dielov a ich možnostiach pri výrobe aditívnou technológiou. Z tejto analýzy bolo vybraných 17 súčiastok, ktoré je možno vyrábať rôznymi aditívnymi technológiami s použitiím rôznych materiálov. Pre aplikovanie aditívnej výroby do údržby vlakových súprav je viacero možností ako túto novú technológiu zaviesť do každodennej prevádzky. Preto návrhová časť bude rozoberať dva prístupy aplikovania aditívnej výroby. Prvý návrh je zakúpenie si vlastného zariadenia, ktoré bude neustále k dispozícii v sklade. Druhý návrh bude rozoberať zabezpečenie externého dodávateľa aditívnych technológii. Pri každom návrhu budem predkladať podmienky spracovania, finančnú náročnosť a tiež aj odborne odhadovaný návrat investície.

3.1. Zakúpenie si vlastného zariadenia

Ako prvý návrh na optimalizáciu skladového hospodárstva pomocou aditívnej technológie je zakúpenie si vlastného zariadenia. Tento návrh predstavuje značnú flexibilitu výroby náhradných dielov pre údržbu vlakových súprav. Tento prístup je výhodný v tom, že spoločnosť bude môcť vytvárať vlastné prototypy súčiastok a v ten istý deň ich aj odskúšať. Ďalšou veľkou výhodou je, že súčiastky, ktoré nemajú žiadneho dodávateľa sa takto môžu vyrábať bez nutnosti začatia výberového konania dodávateľov. Aj po výbere adekvátneho dodávateľa sa spoločnosť musí zaviazať na odber konkrétneho počtu súčiastok (väčšinou viac ako 20 kusov). V súčasnosti spoločnosť skladuje vysoké množstvo súčiastok na sklade, ktoré ani nemusia použiť. Tieto náhradné diely časom stratia svoje vlastnosti a musia byť vyrobené. Pri zabezpečení si vlastnej 3D tlačiarne sa spoločnosť nebude musieť viazať na dodávateľa a predom stanovený počet odberu. ŽSSK si bude môcť tlačiť súčiastky v prípade potreby, čo umožní vyradiť súčiastky, ktoré boli predtým fyzicky skladované. Výsledokom toho je väčšia flexibilita údržby, ušetrenie fyzického miesta v sklade a ušetrenie financií, ktoré by boli zaplatené dodávateľovi pri ich objednávke. Pri analýze súčiastok z celkovo 17 produktov bolo identifikovaných 7, ktoré dodáva jeden dodávateľ (Brama SK, s.r.o.) a celkovo do konca roku 2023 sa spoločnosť zaviazala, že odoberie 610 kusov týchto súčiastok v hodnote 4005,55 €.

Tým, že väčšina analyzovaných dielov je vhodná pre výrobu pomocou metódy FDM/FFF v tomto návrhu odporúčam zakúpiť FDM/FFF zariadenie. Tieto 3D tlačiarne sú menej finančne náročné a sú jednoduché na obsluhu. Spoločnosť si nemusí zaobstarávať žiadne ďalšie zariadenia ako napr. pri technológiách SLA a SLS.

Ďalším uvažovaným kritériom pri výbere vhodnej tlačiarne je adekvátny materiál, s ktorým si súčiastky zachovajú svoje pôvodné vlastnosti. Dominantným materiálom z dôvodu jeho všestrannosti a možnosťou vystuženia dielu kompozitnými vláknami je materiál Onyx od spoločnosti Markforged. Preto je pre tento návrh najvhodnejším zariadením práve 3D tlačiareň Markforged Mark Two.

3.1.1. Podmienky spracovania a finančné zhodnotenie návrhu č.1

V prípade, že by sa spoločnosť rozhodla si zakúpiť zariadenie Markforged Mark two do skladu v Nových Zámkoch, aby v prípade chýbajúceho dodávateľa si zabezpečila potrebné diely v pravý čas, alebo sa odpútala od dodávateľov, ktorý dodávajú o mnoho drahšie súčiastky (napr. podľa odborného odhadu súčiastka č 17. - púzdro spojky generátora, ktorú spoločnosť odoberá od spoločnosti Brama SK za 38,00 € by pomocou metódy FDM pri použití materiálu Onyx, by materiálový náklad bol cca 5,00 €, čo predstavuje ušetrenie na jednom kuse tejto súčiastky 33,00 €.)

Prvou podmienkou uplatnenia tohto návrhu je vytvorenie miesta v sklade, kde bude táto 3D tlačiareň umiestnená a takisto aj materiál, ktorý potrebuje prostredie s regulovanou vlhkosťou vzduchu. Tým, že Markforged Mark two je stolová tlačiareň s rozmermi 584 x 330 x 355 mm sa jednoducho zmestí na akýkoľvek voľný stôl. Priame umiestnenie do skladu neodporúčam z dôvodu zvýšeného obsahu prachu v ovzduší. Vhodnejšie miesto pre umiestnenie tohto zariadenia je pred kancelársky priestor v sklade. Chodba pred kanceláriou je cca 2,5 metra široká, čiže umiestnenie zariadenia o šírke 584 mm a dĺžke 330 mm nebude prekážať pri pohybe zo skladu do kancelárskeho priestoru.

Pre využívanie 3D tlačiarne na vlastnú výrobu náhradných dielov je nevyhnutný digitálny 3D model danej súčiastky. Tento 3D model musí byť v správnom formáte ako napríklad STL alebo OBJ. Na prevedenie modelu do digitálnej podoby môžu byť využité dva spôsoby. Ručné modelovanie v CAD programe. Tento spôsob je pracovne aj časovo náročný. Tiež je potreba kvalifikovaného pracovníka na adekvátny CAD program, v ktorom bude schopný digitálny model pripraviť. Ďalším možným spôsobom ako previesť súčiastku do digitálnej podoby je využitie 3D skeneru. Je množstvo aplikácii aj na mobilnom telefóne, kde sa súčiastka dá naskenovať. To ale vytvára značné nezrovnalosti v rozmeroch a nie sú také presné. Naopak profesionálny 3D skener je schopný rýchlo a efektívne zachytiť tvar a rozmery súčiastky a tak vytvoriť digitálny 3D model, ktorý je ihneď pripravený na vyrobenie na 3D tlačiarni. Takáto služba je prístupná vo viacerých spoločnostiach na Slovensku, ktoré sa zameriavajú na aditívnu

výrobu. Ako príklad možno uviesť spoločnosť Admasys, s.r.o., ktorá disponuje profesionálnym 3D skenerom

Ďalšie náležitosti, ktoré spoločnosť ŽSSKmusí vynaložiť pre úspešné využívanie 3D tlačiarne a zrýchlenie návratnosti investície je adekvátne školenie na program, v ktorom s pripraví tlač a celkovú obsluhu a údržbu zariadenia. Program, ktorý vyvinula spoločnosť Markforged pre svoje tlačiarne sa nazýva Eiger. Tento program je zdarma a funguje v internetovom prehliadači. Program je intuitívny, no aj napriek tomu autorizovaný predajcovia ponúkajú školenie aj na tento program. Veľkou výhodou tohto programu je Cloudové úložisko a vzdialený prístup k tlačiarni.

Tiež je dôležité pri uchovávaní materiálu Onyx a kompozitných vlákien zabezpečiť prostredie s regulovanou vlhkosťou ovzdušia. Vysoká vlhkosť vzduchu môže materiál nenávratne poškodiť.

Po dohode so spoločnosťou Admasys, s.r.o., bola vyhotovená cenová kalkulácia na všetky tieto náležitosti. Veľkou výhodou je , že táto firma je autorizovaný predajca produktov Markforged, ktorých súčasťou je aj inštalácia zariadenia a školenie zamestnancov na pobočke v Šali, čo sa nachádza necelých 30 km od Nových Zámkoch.

Cenová kalkulácia je nasledovná:

Položka	Počet
Markforged Mark two	1ks
Dry box na materiál	1ks
800cm3 Onyx kotúč	1ks
100cm3 karbónové vlákno	1ks
50cm3 sklolaminátové vlákno	1ks
50cm3 kevlar	1ks
Súprava nástrojov pre obsluhu tlačiarne	1ks
Súprava pre základný servis + náhradné trysky	1ks
Šolenie obsluhy	1ks
Odborná inštalácia	1ks
Virtuálna farma	
Celková hodnota ponuky bez DPH	**19 500 €**

Tabuľka 10 Cenová kalkulácia návrhu č. 1

Celková cena všetkých náležitostí, ktoré spoločnosť musí zabezpečiť pre plné využitie tlačiarne a za predpokladu rýchleho návratu investície je 19 500 €. Túto cenovú ponuku vytvorila

spoločnosť Admasys, s.r.o. Cena zahŕňa Drybox (zariadenie s regulovanou vlhkosťou v ovzduší) s jedným kotúčom z každého materiálu. V tejto cene sú tiež zahrnuté náradia pre obsluhu a pravidelnú údržbu zariadenia. Výhodou toho je, že spoločnosť by si zariadenie kúpila od tejto spoločnosti a pri značnej spotrebe materiálov vie firma v predstihu doručiť ďalšie potrebné kotúče materiálov. Takisto je v cene zahrnutá aj možnosť využívania virtuálnej farmy. To znamená, že pri vysokom využití tlačiarne, keď je naplno využitá kapacita a spoločnosť potrebuje vyrábať ďalšie diely, môže využiť túto virtuálnu farmu spoločnosti. To znamená, že po nahratí vyžadovaného dielu do zdielaného cloudu v programe Eiger

Spoločnosť Admasys, s.r.o pravidelne organizuje prednášky pre svojich zákazníkov o využívaní 3D tlače v priemysle a vo firmách. To by mohlo spoločnosť ŽSSK naštartovať do využívania tohto zariadenia aj mimo náhradné diely identifikované analýzou v tejto diplomovej práci.

Po odborných skúsenostiach procesného inžiniera spoločnosti Admasys,s.r.o Ing. Juraja Špánika bol stanovený odborný odhad, že pri vhodnom a dostačujúcom využívaní tlačiarne je predpokladaná **návratnosť investície do 6 mesiacov od inštalácie zariadenia.**

Špecifikácie navrhnutého zariadenia:

Špecifikácie FDM	Markforged Mark Two
Technologia	FFF (FDM)
Priemer tlačovej struny	1,75 mm
Tlačový objem	320 x 132 x 154 mm
Rozmer zariadenia	584 x 330 x 355 mm
Výška vrstvy	100 - 200 mikrometrov
Hmotnosť	16 kg
Podporované materiály	Onyx, Nylon white, PLA Tough
Kompozity	áno
Počet extrúderov	1
Počet trysiek	2
Prenos dát	WIFI,LAN,USB
Cena zariadenia	391 000 Kč (cca 16 000 €)

Tabuľka 11. Špecifikácie navrhnutého zariadenia (32)

Obrázok 22. Navrhnuté zariadenie (32)

Zariadenie Markforged bolo vybraté hlavne preto, lebo jednoducho dokáže kombinovať širokú škálu kompozitných materiálov do už aj tak pevného materiálu Onyx. Tento materiál je tiež jedným z produktov tejto spoločnosti zameriavajúcej sa na výhradne aditívne technológie a doplnky k nim. Najnovší doplnok do portfolia materiálov spoločnosti Markedforged je PLA, čo umožňuje jednoduché a rýchle tvorenie prototypov navrhnutých súčiastok údržby. Tlačový objem zariadenia je 320 x 132 x 154 mm, čo je dostatočný rozmer pre výrobu všetkých identifikovaných súčastí, vhodných pre túto technológiu FDM.

3.2. Zabezpečenie aditívnej výroby externou firmou

Ďalším spôsobom, s ktorým si spoločnosť vie zabezpečiť náhradné diely vyrobené aditívnou výrobou je využitie kapacít externých firiem, ktoré sa zameriavajú na tento spôsob výroby náhradných dielov. Pre výber tejto možnosti odporúčam využitie služieb spoločnosti Admasys, s.r.o. a to z dôvodu, že sídlo firmy je neďaleko od Nových Zámkov, kde sa nachádzajú sklady náhradných dielov. To zabezpečuje efektívnu komunikáciu medzi strediskami a rýchle dodanie súčiastky (pri menších súčiastkách často do druhého dňa). Výhodou zvolenia tejto možnosti je to, že spoločnosť nemusí investovať financie do nového zariadenia a zaškolenia personálu. Tiež aj to, že spoločnosť disponuje všetkými aditívnymi technológiami, čiže spoločnosť sa nemusí viazať len na technológiu FDM, ktorá bola odporučená v predchádzajúcom návrhu. To rozširuje počet náhradných dielov, ktoré spoločnosť nemusí odoberať vo väčších množstvách od pôvodného dodávateľa, ale pokojne si môže objednať jeden kus z akéhokoľvek materiálu, čo by spoločnosť nebola schopná pri zakúpení jednej technológie.

Nevýhodou tejto možnosti je obmedzená flexibilita, čo je základom pre aplikáciu aditívnej výroby ako nástroj na optimalizáciu skladového hospodárstva. Myšlienkou optimalizácie je, že spoločnosť bude vedieť expresne reagovať na zmeny v dodávateľoch, údržbárskych aktivitách a v prototypovaní nových dielov do vlakových súprav. Pri aplikovaní tohto návrhu sa spoločnosť ŽSSK stále spolieha na kapacity externej firmy a nie na kapacity vlastného zariadenia. Tiež po vytlačení na svojej tlačiarni sú súčiastky hneď po vytiahnutí z tlačiarne a po prípadnom opracovaní povrchu pripravené na použitie. Pri tomto návrhu sa diel musí ešte z 3D farmy zo Šale dopraviť do skladu v Nových Zámkoch.

O firme ADMASYS, s.r.o

Slovenská spoločnosť ADMASYS vznikla v roku 2018 s cieľom ponúknuť profesionálne riešenia pre spoločnosti na dynamicky sa rozvíjajúcom trhu 3D technológií. Ich služby využíva široké spektrum zákazníkov od dizajnérov a návrhárov cez architektonické ateliéry a konštrukčné tímy až po univerzity, automobilky a výrobné závody. Od roku 2020 sú súčasťou medzinárodnej siete ADMASYS international, vďaka čomu sú schopní ponúkať svoje služby aj za hranice Slovenskej republiky a to v Česku a v Maďarsku.

Spoločnosť ponúka preverené 3D tlačiarne a ich príslušenstvo, 3D skenery, špecializovaný softvér. Ich hlavnou službou je zákazková 3D tlač so školeniami, servisom a technickou podporou. Výhodou je, že spoločnosť ponúka vzorky výtlačkov zdarma až kým súčiastka nie je plne funkčná.

Sú certifikovanými predajcami týchto 3D zariadení: Ultimaker, Formlabs, Markforged, Craftbot a EnvisionTec. (32)

Obrázok 23. Logo spoločnosti ADMASYS (32)

3.2.1. Podmienky spracovania a finančné zhodnotenie návrhu č.2

Vždy ako prvé pri uvažovaní využitia aditívnej výroby akýmkoľvek spôsobom je vytvorenie digitálneho modelu súčiastky, ktorú chceme na zariadení vytlačiť. Ako som už spomenul, spoločnosť ŽSSK nedisponuje digitálnymi modelmi žiadnych náhradných dielov. Preto ako prvá podmienka spracovania tohto návrhu je vytvoriť takýto model, ktorý následne

bude zaslaný do spoločnosti. Pri voľbe sspoločnosti Admasys, s.r.o, ako externého dodávateľa aditívnych technológii, je možné si nechať tento digitálny model spracovať. Na prevedenie fyzického modelu do digitálnej podoby spoločnosť využíva modelovací program SolidWorks a na testovanie mechanických vlastností súčiastky Fusion 360 od spoločnosti Autodesk. Tieto programy využívajú vtedy, ak je spoločnosť schopná dodať technický výkres danej súčiastky. Ak technická dokumentácia k súčiastke chýba, vtedy spoločnosť využíva 3D skener. Ten zachytí povrch súčiastky, ktorý je následne dopracovaný v CAD programoch.

Cena skenovania súčiastok sa líši od veľkosti a zložitosti povrchu náhradného dielu. Preto konkrétnu cenu skenovania nie je možné odhadnúť. Takto vytvorené digitálne modely spoločnosť pridá na zdieľaný cloud, do ktorého má spoločnosť plný prístup. Z toho vyplýva, že jednorazová cena za prevedenie modelu do digitálnej podoby predstavuje úplné zakúpenie digitálneho modelu súčiastky, čo sa môže vyplatiť pri zakúpení vlastného zariadenia aditívnej technológie.

Ďalšou podmienkou zavedenia tohto návrhu je dohodnutie sa na konkrétnych podmienkach so spoločnosťou a zvolení viacerých variant technológii, ktoré sú možné pre danú súčiastku použiť.

Po prevedení modelov do digitálnej podoby a dohodnutí sa so spoločnosťou na konkrétnych podmienkach, ŽSSK bude môcť zadať objednávku cez zdieľaný softvér, čo spoločnosť obratom zadá do výroby. Po vyrobení adekvátnou technológiou a opracovaním súčiastky je náhradný diel zabalený do ochranného obalu a expedovaný prostredníctvom kuriéra priamo na adresu skladu v Nových Zámkoch.

Celkové finančné zhodnotenie tohto návrhu je nereálne, kdeže každá súčiastka sa líši od zložitosti povrchu (náročnejšie prevedenie do digitálnej podoby) a od použitej technológie a materiálu.

Pre hrubé stanovenie finančnej náročnosti dielov boli vybrané 3 súčiastky (vyrábané rozličnou technológiou (SLS a FDM) pri použití rozličných materiálov). Stanovenie ceny jednotlivých súčiastok je len hrubý odborný odhad od procesného inžiniera spoločnosti Admasys, s.r.o Ing. Juraja Špánika. Pri každej súčiastke bude odhadovaná cena porovnaná s reálnou cenou originálnej súčiastky.

Na tento odborný odhad ceny boli vybraté súčiastky podľa technológie (2x FDM a 1x SLS). Dve súčiastky FDM sú ešte rozdelené podľa nutnosti použitia kompozitného vlákna. Vybraté boli tieto súčiastky:

- Č.6 Zátka interierová – technológia FDM bez nutnosti použitia kompozitného materiálu (materiál Onyx). Skenovanie súčiastky rýchle a jednoduché.
  - Odborne odhadovaná cena za skenovanie = 1,00 €
  - Odborne odhadovaná cena materiálu = 0,45 €
  - Odborne odhadovaná cena tlače = 1,00 €

  - Celková odhadovaná cena súčiastky = 2,45 €
  - Originálna cena súčiastky = 6,45 €

  Odhadovaná úspora = 4,00 €
- Č.11 Vedenie pre postranné dvere – technológia FDM s nutnosťou použitia kompozitného vlákna (karbón + Onyx), skenovanie súčiastky jednoduché a rýchle.
  - Odborne odhadovaná cena skenovania = 2,00 €
  - Odborne odhadovaná cena materiálu = 2,50 €
  - Odborne odhadovaná cena tlače = 4,00 €

  - Celková odhadovaná cena súčiastky = 8,50 €
  - Originálna cena súčiastky = 25,56 €

  Odhadovaná úspora = 17,06 €

- Č.13 Mriežka na WC strop – technológia SLS za použitia materiálu Nylon 12, Skenovanie súčiastky je jednoduché a rýchle
  - Odborne odhadovaná cena skenovania = 1,50 €
  - Odborne odhadovaná cena materiálu = 0,20 €
  - Odborne odhadovaná cena tlače = 3 €

  - Celková odhadovaná cena súčiastky = 4,70 €
  - Originálna cena súčiastky = 21,00 €

  Odhadovaná úspora = 16,30 €

Na základe odborne odhadovaných cien súčiastok je jasné, že takto vyrobené náhradné diely predstavujú značnú úsporu v porovnaní s originálnou cenou od pôvodného dodávateľa.

3.3. Zhodnotenie návrhovej časti

V návrhovej časti boli rozoberané dva návrhy, ich podmienky k spracovaniu a finančnú náročnosť investície do takéhoto druhu optimalizácie skladových jednotiek.

Prvý návrh riešil zakúpenie vlastného zariadenia Markforged Mark Two. Táto 3D tlačiareň bola navrhnutá na základe analýzy súčiastok, z ktorej toto zariadenia vyšlo ako najvhodnejšie. Markforged Mark Two si spoločnosť môže zaobstarať od certifikovaného dodávateľa pre slovenský trh Admasys, s.r.o Tá stanovila cenu zariadenia so všetkými náležitosťami, ktoré sú nevyhnutné pre úspešné zavedenie Aditívnej výroby do skladov ŽSSK. Celková cena zariadenia aj so školením personálu, inštaláciou zariadenia, s materiálmi so zariadením dry box je 19 500 €. Odborne odhadovaná návratnosť investície bola stanovená na 6 mesiacov od inštalácie zariadenia.

Druhý návrh riešil zabezpečenie aditívnej výroby externou firmou a to tiež Admasys, s.r.o, ktorá ponúka aj tieto služby. Celková investícia do tohto návrhu je len ťažko odhadnuteľná, preto boli vytýčené tri vzorky, na ktorých je lepšie predstaviteľná úspora na jednotku súčiastky. Už pri týchto troch dieloch je odhadovaná značná úspora s porovnaním s originálnou cenou súčiastky. Treba myslieť pri tomto návrhu aj na to, že je nutné vyrobenú súčiastku dopraviť z jednej spoločnosti do druhej (Šaľa – Nové Zámky)

Podľa môjho názoru je návrh č.1 pre spoločnosť výhodnejší, keďže tlačiareň budú mať priamo na sklade, čo predstavuje značnú flexibilitu zabezpečovania súčiastok vyžadujúcich údržbu a tiež aj možnosť protypovania priamo v skladoch náhradných dielov.

Záver

Cieľom tejto diplomovej práce bolo identifikovať náhradné diely vhodné pre prípravu aditívnou technológiou za účelom optimalizácie skladového hospodárstva. Myšlienkou tejto optimalizácie je mať pripravené digitálne modely súčiastok a v prípade potreby si ich zabezpečiť 3D tlačou. Fyzické modely týchto súčiastok sa nemusia skladovať a spoločnosť bude disponovať len ich digitálnym modelom. To zníži financie držané v zásobách, čo umožní firme tieto prostriedky investovať do iného rozvoja. Spoločnosť bude flexibilnejšia v prototypovaní špeciálnych dielov alebo si bude môcť zabezpečiť súčiastky, ktorých dodávateľ už neexistuje.

Celkovo bolo identifikovaných 17 náhradných dielov, ktoré sú vhodné pre výrobu aditívnou technológiou a ku každej bol identifikovaný vhodný materiál. Jednotlivé materiály a technológie boli popísane v teoretickej časti pre lepšie pochopenie priradení. Ako najvhodnejšia metóda pre výrobu až 11 zo 17 identifikovaných súčastí bola metóda FDM/FFF a to nie len z dôvodu jej finančnej výhodnosti, ale aj z dôvodu širokého spektra možných využívaných materiálov. Ďalšími vhodnými aditívnymi technológiami sú SLS a SLA.

Návrhová časť obsahuje dva návrhy. Prvý sa zaoberá nákupom vlastného zariadenia do skladov spoločnosti. Výhodou tohto návrhu je rýchla odpoveď na požiadavky zo stany údržby a rýchla návratnosť investície, ktorá pri nákupe kompozitnej tlačiarne Markforged Mark two bola odhadnutá na 6 mesiacov od inštalácie zariadenia. Druhý návrh uvažuje o zabezpečení si externého dodávateľa aditívnych služieb. Pod pojmom aditívne služby je myslený aj prevod modelu do digitálnej podoby pomocou profesionálneho 3D skeneru, či odborná konzultácia. Výhodou tejto varianty je dostupnosť takmer všetkých vyžadovaných aditívnych technológií pre výrobu identifikovaných súčiastok. Čiže spoločnosť sa nemusí viazať na jeden druh technológie a môže potenciál tejto optimalizácie obohatiť aj napríklad o súčiastky vyrobené z kovu. Ku každému návrhu boli predstavené podmienky realizácie.

Oba návrhy boli konzultované s vedením úseku prevádzok a o ich aplikácii sa bude v blízkej budúcnosti uvažovať ako o jednom z hlavných prvkov modernizácie skladového hospodárstva.

Bibliografia

1. **Stansbury, Jeffrey W. a Idacavage, Mike J.** 3D printing with polymers: Challengesamong expanding options and opportunities. *Dental Materials* . 2016, Zv. 32, 1.

2. *A Review of Additive Manufacturing* . **Wong, Kaufui V. a Hernandez, Aldo.** Miami : Internationar Scholarly Resaerch Network , 2012, Zv. 1. doi:10.5402/2012/208760.

3. **Noorani, R.** *Rapid Prototyping - Principles and applications* . s.l. : John Wiley and Sons , 2006.

4. **Narayan, Lalit K., Rao, Mallikarjuna K. a M., Sarcar M. M.** *Computer Aided Design and Manufacturing* . New Delhi : Prentice-Hall of India , 2008. ISBN-978-81-203-3342-0.

5. **Xu, X.W a He, Q.** Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. *Striving for total integration of CAD,CAPP,CAM and CNC* . Auckland : University of Auckland, 2004.

6. **Di, Li, a iní.** Robotics and Computer-Intergrated Manufacturing . *A model based integration framework for computer nuj.* China : South China University of Technology, 2009.

7. **Jerz, J.** Laserová stereolitografia . *Matnet.sav.sk.* [Online] Ústav materiálov a mechaniky strojov SAV, 2007. [Dátum: 3. Január 2022.] http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=769.

8. **3Dwiser s.r.o.** 3Dwiser.com. *formlab fuse 1* . [Online] 2022. [Dátum: 4. Apríl 2022.] https://3dwiser.com/produkty/3d-tiskarny/termoplasty-sls/formlabs-fuse-1/.

9. **Kloski, Liza Wallach a Kloski, Nick.** *Getting started with 3D printing.* [prekl.] Jakub Groner. s.l. : Maker Media, Inc., 2016. ISBN9781680450200.

10. **Prusa Research by Josef Prusa, a.s.** *3D printing handbook.* Praha : Prusa Research, a.s, 2020.

11. **Markforged, Inc.** Markforged.com. *Onyx.* [Online] 2022. [Dátum: 16. April 2022.] https://markforged.com/materials/plastics/onyx.

12. **Jurová, Marie.** *Obchodní Logistika.* Druhý. Brno : Akademické nakladatelství CERM,s.r.o Brno, 2006.

13. **Hompel, Michael ten a Schmidt, Thorsten.** *Warehouse management - Automation and Organisation of Warehouse and Order Picking Systems.* Dortmund : Fraunhofer-Institut für Materialfluß und Logistik (IML), 2007. ISBN: 978-3-540-35218-1.

14. *5S - a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions* . **Randhawa, Jugraj Singh a Ahuja, Inderpreet Singh.** 3, s.l. : International Journal of Quality and Reliability Management , 2017, Zv. 34. 0265-671X.

15. **Kaňovská, Lucie a Schüller , David.** *Základy Marketingu* . Brno : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o Brno, 2015. ISBN 978-80-214-5107-0.

16. **Železničná spoločnosť Slovensko a.s.** *Výročná správa.* Bratislava : s.n., 2020.

17. **Železnice Slovenskej republiky .** zsr.sk. *zoznam dopravcov.* [Online] 2020. [Dátum: 6. December 2021.] https://www.zsr.sk/pre-cestujucich/zoznam-dopravcov/.

18. **Regiojet, a.s.** regiojet.cz. *O nas* . [Online] 2020. [Dátum: 6. December 2021.] https://www.regiojet.cz/o-nas/nas-pribeh/..

19. **Leo Express Slovensko, s.r.o.** *poznámky k mikroúčtovnej závierke za rok 2020.* Bratislava : s.n., 2020.

20. **Arriva SLOVAKIA, a.s.** arriva.sk. *arriva aktualne.* [Online] 2021. [Dátum: 6. December 2021.] https://arriva.sk/arriva-aktualne/.

21. **Leo express SLOVENSKO.** finstat.sk. *výkaz ziskov a strát* . [Online] 2020. [Dátum: 6. December 2021.] https://finstat.sk/50085891/vykaz_ziskov_strat?as=micro_2014..

22. **ARRIVA Slovakia, a.s.** finstat.sk. *výkaz ziskov a strát* . [Online] 2020. [Dátum: 6. December 2021.] https://finstat.sk/35811439/vykaz_ziskov_strat?as=2014..

23. **Železničná spoločnosť Slovensko, a.s.** finstat.sk. *výkaz ziskov a strát.* [Online] 2020. [Dátum: 6. December 2021.] https://www.finstat.sk/35914939/vykaz_ziskov_strat?as=2014..

24. **Regiojet, a.s.** finstat.sk. *výkaz ziskov a strát.* [Online] 2020. [Dátum: 6. December 2021.] https://finstat.sk/47231271/vykaz_ziskov_strat?as=2014..

25. **Železničná spoločnosť Slovensko, a.s.** ŽSSK.sk. *aktuality.* [Online] 2017. [Dátum: 6. December 2021.] https://www.ŽSSK.sk/aktuality/ŽSSK-testuje-moderne-wi-fi-pripojenie/..

26. **Krajanová, Daniela.** e.dennikn.sk. *zelezničiari objednávajú naftu za 88 milionov eur Slovnaft moze byt subdodavateľ.* [Online] 2017. [Dátum: 6. December 2021.] https://e.dennikn.sk/864784/zelezniciari-objednavaju-naftu-za-88-milionov-eur-slovnaftmoze-byt-subdodavatel/.

27. **Železničné telekomunikácie.** zsr.sk. *informatika.* [Online] 2020. [Dátum: 6. December 2021.] https://www.zsr.sk/sluzby-verejnosti/obchodne-vzdelavacie-sluzby/zt/informatika/..

28. **Vink - Plasty s.r.o.** vink.cz. *polyamid.* [Online] [Dátum: 29. Marec 2022.] http://www.vink.cz/polyamid.

29. **3Dwiser s.r.o.** 3dwiser.com. *ultimaker S3.* [Online] 2022. [Dátum: 4. Apríl 2022.] https://3dwiser.com/produkty/3d-tiskarny/termoplasty/ultimaker/ultimaker-s3/.

30. **Admasys, s.r.o.** admasys.sk. *Markforged Mark Two.* [Online] 2022. [Dátum: 16. Apríl 2022.] https://admasys.sk/produkty/3d-tlaciarne/plastove-kompozity/markforged/markforged-mark-two/.

31. **3Dwiser s.r.o.** 3Dwiser.com. *formlabs form 3.* [Online] 2022. [Dátum: 6. Apríl 2022.] https://3dwiser.com/produkty/3d-tiskarny/pryskyrice/formlabs/formlabs-form-3/.

32. **Admasy, s.r.o.** admasys.sk. *o nas.* [Online] 2022. [Dátum: 29. Apríl 2022.] https://admasys.sk/o-nas/.

33. **Markforged.** markfoged.com. [Online] 2021. [Dátum: 3. Januar 2022.] https://markforged.com/.

34. **s.r.o, 3Dwiser.** 3Dwiser.com. *formlab fuse 1* . [Online] 2022. [Dátum: 4. Apríl 2022.] https://3dwiser.com/produkty/3d-tiskarny/termoplasty-sls/formlabs-fuse-1/.

35. **3Dwiser s.r.o.** [Online]

36. **Admasys, s.r.o.** admasys.sk. *o nas.* [Online]

Zoznam Obrázkov

Obrázok 1 Proces vývoja produktu (vlastné spracovanie podľa (3)) 13
Obrázok 2 Laserová stereolitografia (7) 15
Obrázok 3 schematické znázornenie extrúderu pri tlači pomocou technologie FDM 16
Obrázok 4 Organizačná štruktúra (14) 35
Obrázok 5 Nosič na kladivko 40
Obrázok 6 Vešiak 40
Obrázok 7 Záslepka plastová 41
Obrázok 8 Puzdro Nylonové 42
Obrázok 9Zátka interiérová 42
Obrázok 10 Vešiak na uterák 43
Obrázok 11 Výplň dverí 44
Obrázok 12 Úchyt T s vnútorným závitom M6 45
Obrázok 13 Mriežka na WC 45
Obrázok 14 Podpera (vsporník) 46
Obrázok 15 Vedenie pre postranné dvere 47
Obrázok 16 Krytka sedla dolná 48
Obrázok 17 Tryska splachovacia 49
Obrázok 18 Záslepka plastová okrúhla 50
Obrázok 19 Mriežka na WC strop 51
Obrázok 20 Páčka malá k spínaču 51
Obrázok 21 Púzdro spojky generátora 52
Obrázok 22. Navrhnuté zariadenie 69
Obrázok 23. Logo spoločnosti ADMASYS 70

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 Porovnanie súčasnej konkurencie (19) (20) (21) (22) 31
Tabuľka 2 Špecifikácie zariadenia Ultimaker S3 (27) 54
Tabuľka 3 Špecifikácie zariadenia Markforged Mark Two (28) 55
Tabuľka 4 Špecifikácie zariadenia Formlabs Fuse 1 57
Tabuľka 5 špecifikácie zariadenia Formlabs Sift 57
Tabuľka 6 Špecifikácie Zariadenia Formlabs Form 3 + (29) 59
Tabuľka 7. Zhrnutie analýzy súčiastok (vlastné spracovanie) 61
Tabuľka 8 3D tlačiarne a počet vyskytnutí pri analýze súčiastok 63

Tabuľka 9 materiály a počet ich vyskytnutí pri analýze súčiastok 64
Tabuľka 10 Cenová kalkulácia návrhu č. 1 67
Tabuľka 11. Špecifikácie navrhnutého zariadenia (30) 68