



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Universitatea Națională de Știință și Tehnologie
POLITEHNICA BUCUREȘTI
Școala Doctorală de
Inginerie Industrială și Robotică

Andreea-Cristina N. COSTACHE (MOCANU)

TEZĂ DE DOCTORAT

**Cercetări privind dezvoltarea unor modele
de business pentru companii din domeniul
fabricației aditive în contextul economiei
circulare**

**Conducător științific,
Prof.univ.dr.ing. Cristian Vasile DOICIN**



Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA BUCUREȘTI

Decizie CSUD UPB nr. 162 din 21.12.2023

Andreea-Cristina N. COSTACHE (MOCANU)

REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

Cercetări privind dezvoltarea unor modele de business pentru companii din
domeniul fabricației aditive în contextul economiei circulare

/

Research on the development of business models for additive manufacturing
companies in the context of the circular economy

COMISIA DE DOCTORAT

Președinte	Prof.univ.dr.ing. Daniel GHICULESCU	Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA BUCUREȘTI
Conducător științific	Prof.univ.dr.ing. Cristian-Vasile DOICIN	
Referent	Conf.univ.dr.ing. Lucia MELNIC	Universitatea „Ovidius” din Constanța
Referent	CSII dr.fiz. Gabriel MOAGĂR- POLADIAN	INCD pentru Microtehnologie – IMT București
Referent	Conf.univ.dr.ing. Mihaela-Elena ULMEANU	Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA BUCUREȘTI

- 2024 -

Cuprins

Pag. rezumat	Pag. teză
-----------------	-----------

Cuvânt înainte	5	IV
Introducere	6	VI
Partea I. Stadiul actual al cercetărilor privind dezvoltarea IMM-urilor în domeniul fabricației aditive	8	10
Capitolul 1. Tehnologii de fabricație aditivă	8	11
<i>Standardizarea în domeniul fabricației aditive</i>	9	13
<i>Principalele etape de construire a obiectelor sunt ilustrate în Figura 2</i>	9	15
<i>Tipuri de tehnologii de fabricație aditivă</i>	9	16
<i>Aplicații ale imprimării 3D</i>	10	21
Capitolul 2. Stadiul actual privind modelele de business în domeniul fabricației aditive	11	23
<i>Date cu privire la firmele din domeniul fabricației aditive la nivel global</i>	11	23
<i>Statistici cu privire la firmele din domeniul fabricației aditive din România</i>	11	28
<i>Economia Circulară</i>	12	33
Capitolul 3. Concluzii privind stadiul actual privind dezvoltarea IMM-urilor din domeniul fabricației aditive	13	36
Capitolul 4. Direcțiile, obiectivul principal și metodologia de cercetare-dezvoltare	14	39
Capitolul 5. Contribuții privind dezvoltarea unor modele inovative de business în domeniul tehnologiilor aditive SLS	15	41
<i>Conceperea unor modele inovative de business din domeniul fabricației aditive</i>	15	45
<i>Alegerea modelului de business optim</i>	17	50
Capitolul 6. Caracterizarea modelului de business dezvoltat	19	53
Capitolul 7. Contribuții privind elaborarea unor scenarii de dezvoltare a afacerii	20	58
<i>Scenariul 1 – Scenariul nefavorabil</i>	21	60
<i>Scenariul 2 – Scenariul probabil</i>	23	66
<i>Scenariul 3 – Scenariul favorabil</i>	23	68
Capitolul 8. Contribuții privind determinarea unor proiecții financiare ale noului model de business	25	72
<i>Graficul de rambursare a împrumutului</i>	26	73
<i>Modul de funcționare și organizare a afacerii</i>	27	76
<i>Impactul asupra mediului</i>	27	77

Capitolul 9. Contribuții privind produsele dezvoltate pe baza noului model de business	27	80
<i>Proiectarea sistemelor de protecție, de susținere și de aterizare.....</i>	<i>27</i>	<i>80</i>
<i>Requii de proiectare pentru AM.....</i>	<i>32</i>	<i>95</i>
<i>Servicii de consultanță în proiectare și fabricare</i>	<i>32</i>	<i>97</i>
Capitolul 10. Resurse informaționale	33	98
<i>Poziția produselor/serviciilor societății pe piață comparativ cu cele ale concurenței.....</i>	<i>33</i>	<i>99</i>
Capitolul 11. Contribuții privind proiectarea unor servicii de decontaminare a pulberilor, în cadrul modelelor de business	36	105
<i>Metoda de purificare și tratare.....</i>	<i>36</i>	<i>105</i>
Metoda de curățare a pulberii	36	105
Tratament termic în soluție apoasă de KOH	36	106
Spălare și filtrare	37	106
Uscarea.....	37	107
<i>Controlul contaminării microbiene.....</i>	<i>37</i>	<i>107</i>
<i>Determinarea numărului total de bacterii aerobe.....</i>	<i>38</i>	<i>109</i>
<i>Determinarea numărului total de levuri și funghi filamentosi</i>	<i>38</i>	<i>109</i>
<i>Rezultate și discuții privind controlul contaminării microbiene</i>	<i>39</i>	<i>112</i>
Capitolul 12. Contribuții privind caracterizarea morfologică și spectrală a pulberii de Nailon 12 (PA 2200)	41	120
<i>Microscopie optică de scanare (SEM)</i>	<i>41</i>	<i>120</i>
<i>Spectroscopia cu raze X (EDX).....</i>	<i>42</i>	<i>121</i>
<i>Spectroscopie în infraroșu (FTIR).....</i>	<i>43</i>	<i>123</i>
<i>Spectroscopia Raman.....</i>	<i>43</i>	<i>125</i>
Capitolul 13. Concluzii finale și direcții viitoare de cercetare	45	127
<i>Concluzii finale</i>	<i>45</i>	<i>127</i>
<i>Contribuții personale.....</i>	<i>46</i>	<i>128</i>
<i>Direcții viitoare de cercetare.....</i>	<i>47</i>	<i>129</i>
Bibliografie	48	130

Cuvânt înainte

Cercetarea-dezvoltarea în domeniul fabricației aditive a evoluat de la o curiozitate tehnologică fascinantă, procese de prototipare rapidă și, mai apoi, la tehnologii mature, prin care se produc piese de uz industrial, de la care a pornit și direcția studiilor de doctorat, finalizate prin prezenta teză.

Avantajele tehnologiilor de fabricație aditivă, cu aplicații în industria automobilelor, aeronautică, de apărare și medicală, devenite din ce în ce mai complexe au făcut să fie tot mai utilizate la nivel industrial.

Programul de doctorat a constat din pregătirea, prezentarea și susținerea examenelor și a rapoartelor științifice, aprofundarea studiului, propunerea și dezvoltarea unui model de business în domeniul fabricației aditive și realizarea unor cercetări experimentale privind decontaminarea pulberii de nailon (PA2200), realizarea și publicarea de lucrări științifice, precum și elaborarea prezentei teze de doctorat privind „Cercetări privind dezvoltarea unor modele de business pentru companii din domeniul fabricației aditive în contextul economiei circulare.”

În cadrul programului de doctorat au fost realizate și publicate 5 lucrări, dintre care 4 ca prim autor și una drept coautor. Două lucrări sunt publicate în volume indexate ISI ale unor conferințe iar una într-un jurnal indexat ISI. Am participat la 3 conferințe internaționale, dintre care două la secțiunea de postere și o lucrare a apărut rezumat sub forma Book of abstracts.

Pe perioada studiilor doctorale, am participat ca membru în grupul țintă la proiectul “Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)”, derulat în cadrul UPB.

Realizarea cercetărilor experimentale și redactarea lucrărilor științifice au condus la redactarea tezei de doctorat.

Exprim gânduri de recunoștință și mulțumire Conducătorului științific, Prof.univ.dr.ing. Cristian Vasile DOICIN - Decanul IIR pentru permanenta sa îndrumare, sprijinul moral și științific, pe parcursul pregătirii tezei de doctorat.

Adresez mulțumiri deosebite comisiei de îndrumare formate din: Prof.univ.dr.habil.ing. Nicolae IONESCU, Conf.dr.ing. Mihaela Elena ULMEANU, Prof.univ.dr.habil.ing. Alexandra BANU, CSII.dr.fiz. Gabriel MOAGĂR-POLADIAN, Prof.univ.dr.ing. Gheorghe MILITARU, pentru implicarea și îndrumarea cu profesionalism pe tot parcursul elaborării tezei de doctorat.

Adresez mulțumiri doamnei Dr. Carmen CURUȚIU de la Facultatea de biologie, Universitatea din București pentru îndrumarea competentă și sprijinul acordat în vederea realizării cercetărilor experimentale în cadrul facultății.

O parte a cercetărilor s-a derulat în cadrul Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Microtehnologie – IMT București (IMT), unde am găsit în permanență înțelegere și susținere.

Adresez mulțumirile mele deosebite conducerii și colegilor din Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Microtehnologie – IMT București (IMT), fără al căror sprijin nu aș fi putut desfășura cercetările specifice și realiza această lucrare.

Sincere mulțumiri colegilor: Dr. Cosmin Alexandru OBREJA, Ing.fiz. Victor MOAGĂR-POLADIAN, Dr.ing. Roxana-Maria MARINESCU, Dr.ing. Bianca ȚÎNCU, Dr.fiz. Oana BRÎNCOVEANU, Dr.fiz. Cosmin ROMANIȚAN, Dr. Antonio RĂDOI.

Mulțumesc soțului și părinților mei pentru sprijinul moral, pentru înțelegerea și încrederea oferită.

Andreea-Cristina Costache (Mocanu)

Introducere

Aparatele de tip UAV (Unmanned Aerial Vehicle – Vehicul autonom aerian) devin tot mai utilizate în aplicații pentru care nu au fost gândite inițial, ceea ce atrage după sine necesitatea cercetării și dezvoltării de noi accesorii care să poată răspunde cerințelor tot mai mari ale clienților. La început, UAV-urile au fost utilizate strict în industria militară, denumirea de drone apărând ca o mențiune a unor UAV-uri care purtau arme.

În ultimul timp se constată o creștere a diversității aplicațiilor la care se folosesc UAV-uri, în domenii diferite, precum cel militar, agricol, protecția mediului și se remarcă o tendință în continuă creștere a vânzărilor. În ultimii ani, cererea pieței pentru achiziționarea de UAV-uri de mici dimensiuni (microdrona) s-a extins. În prezent, acestea sunt utilizate pe scară largă, atât în scopuri personale, cât și profesionale.

Conform raportului prezentat de Drone Industry Insights din iunie 2020, în Figura 1, tendințele pieței industriei de drone sunt în continuă creștere. La sfârșitul anului 2019 au fost înregistrate vânzări de drone la nivel global de 17,6 miliarde de dolari. În 2025 se așteaptă ca vânzările să depășească 42,8 miliarde de dolari în 2025 (Schroth, 2020).

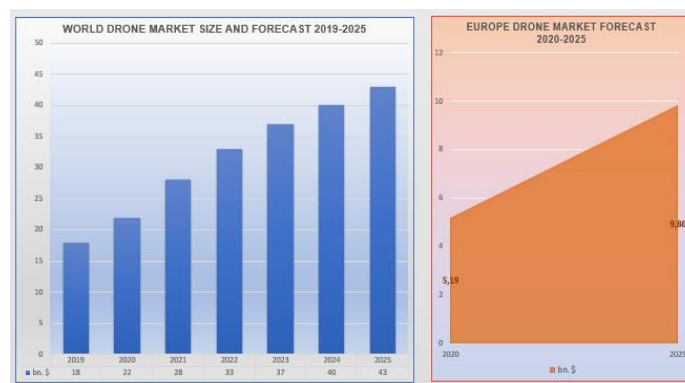


Figura 1 - Piața dronelor și previziunea pentru anii 2020-2025 (Schroth, 2020)

În funcție de domeniul de utilizare al UAV-urilor, sunt necesare anumite specificații pentru accesoriile tot mai complexe ale acestora, care nu mai pot fi realizate prin metodele de fabricare tradiționale. De aici a rezultat necesitatea înființării unui IMM care să activeze în domeniul fabricației aditive, mai precis în fabricarea accesoriilor pentru UAV-uri prin tehnologii aditive, într-un mod sustenabil.

Importanța tematicii de doctorat se conturează pe baza cerințelor și necesităților actuale identificate.

* * *

Teza de doctorat se concentrează pe principalele tipuri de tehnologii de fabricație aditivă (Additive Manufacturing - AM) din categoria procesului de fuziune pe pat de pulbere (Powder Bed Fusion - PBF).

După aproape 40 de ani de istorie, tehnologia de sinterizare selectivă cu laser (SLS) este o alternativă matură și adecvată pentru aplicații diverse și profitabile (Chua C.K., 2014).

Tehnologia SLS, ca parte a procesului de fuziune pe pat de pulbere, permite o mare flexibilitate în proiectarea piesei, la care se adaugă posibilitatea de a produce obiecte optimizate topologic și mecanic. În timp ce aceste caracteristici sunt specifice oricărei tehnologii AM, tehnologia SLS oferă încă un avantaj: nu are nevoie de structuri de susținere, astfel încât timpul de post-producție și costurile obiectelor fabricate sunt reduse la minimum.

Tehnologia SLS poate fi aplicată în multe domenii, cu aplicații comerciale deja active în domeniile auto și aerospațial. Modelele de afaceri se dezvoltă continuu, iar o secțiune specială de interes în care se lucrează cu această tehnologie este cea a UAV-urilor (J. Savolainen, 2020), (W. Liu, 2019) (D. Strong, 2018). Acestea reprezintă o piață importantă care se întinde de la cele mai avansate și mai mari drone utilizate pentru armată, până la cele mai mici UAV-uri utilizate pentru livrarea mărfurilor, inspecția terenului (de exemplu: a stării culturilor agricole, a liniilor de înaltă tensiune, a stării forestiere sau a poluării locale) și înregistrarea foto-video.

EASA (European Union Aviation Safety Agency) a elaborat norme comune în toate statele membre UE, privind zborul UAV-urilor. Începând cu data de 1 ianuarie 2021, a intrat în vigoare noul regulament UE nr. 2019/947, privind libera circulație a UAV-urilor. Astfel, în România, aceste noi informații au fost publicate pe site-ul AACR (Autorității Aeronautice Civile Române). UAV-urile sunt clasificate în trei categorii în funcție de masă, după cum urmează: <250 g; între 250g și 2 kg și între 2 kg și 25 kg. O altă clasificare se face în funcție de specificul zborului și de riscurile implicate: Deschise, Specifice sau Certificate (AACR, 2020).

De la 1 ianuarie 2021 nu mai este obligatorie înmatricularea dronelor (90 EUR + TVA) și prezentarea la sediul AACR (Autorității Aeronautice Civile Române). Este necesară doar înregistrarea online a pilotului în platforma. Pentru UAV-urile dotate cu camera foto-video (indiferent de masă), utilizatorii trebuie să se înscrie în platforma AACR cu fiecare aparat pe care îl dețin și vor primi un cod unic de identificare. Totodată, pentru aparatele cu masa mai mare de 250g, trebuie obținut certificatul de pilot la distanță. Acest certificat se obține în urma unui examen online și cuprinde 40 de întrebări pentru certificarea A1/3 (pentru zboruri în afara orașelor) și 30 de întrebări pentru certificarea A2 (zboruri în orașe). Pentru a promova examenul este necesar să răspunzi corect la cel puțin 75% din întrebări (Pentru A1/3 30/40 întrebări; pentru A2 23/30). Platforma a fost activată din data de 22 ianuarie 2021 (AACR, 2021).

Obiectivul principal al tezei de doctorat este de a elabora un model de business dezvoltat de un IMM care operează în domeniul fabricației aditive și utilizează un sistem industrial de imprimare 3D, Formiga P 100 de la EOS, cu capacitatea de a produce obiecte în serie mică și

medie, de a-și schimba rapid dimensiunea sau geometria, reducând costurile în comparație cu metodele tradiționale pentru piese din plastic - turnare sau fabricare în matriță. IMM-ul produce accesorii cu aplicații în industria aerospațială, dezvoltând piese specifice pentru UAV-uri, începând de la identificarea nevoilor clientului și personalizând diferite accesorii pentru diferite tipuri de aparate. Obiectele sunt fabricate din Nailon 12 (PA2200), care prezintă câteva avantaje importante: construcția rapidă a pieselor, timpul minim de post-procesare, fiabilitatea și rezistența bună a materialului și costurile reduse. Decizia de a fabrica aceste produse a impus o analiză detaliată a costurilor și beneficiilor și o nouă direcție a activității comerciale.

Una dintre cele mai mari influențe ale oamenilor asupra mediului o reprezintă prezența microparticulelor polimerice. Aceste microparticule se găsesc în aproape toate colțurile Pământului și au consecințe dramatice asupra biosferei în ansamblu. Rezolvarea problemei necesită elaborarea unor noi modele de management în ceea ce privește fabricarea, utilizarea și depozitarea polimerilor.

Obiectivul secundar al tezei de doctorat s-a concentrat pe reducerea impactului polimerilor asupra mediului înconjurător, prin recuperarea deșeurilor, purificarea și reutilizarea pulberilor ca materie primă în alte industrii.

De aici rezultă un nou model de afacere dezvoltat din modelul principal. Cercetările experimentale obținute cu privire la curățarea și decontaminarea pulberilor de nailon (PA12), rezultate din activitățile de fabricare aditivă, s-au făcut prin monitorizarea prezenței diverselor tipuri de bacterii aerobe, levuri și fungi filamentoși și a diferitelor microorganisme. Caracterizarea morfologică și spectrală a fost realizată pentru a determina modul în care reactivii utilizați pentru decontaminarea pulberilor afectează structura polimerului și utilizarea sa ulterioară. Toate rezultatele sunt prezentate în partea de contribuții personale.

Partea I. Stadiul actual al cercetărilor privind dezvoltarea IMM-urilor în domeniul fabricației aditive

Capitolul 1. Tehnologii de fabricație aditivă

Tehnologiile de fabricație aditivă datează încă de la începutul anilor '80 fiind cunoscute la acel moment sub denumirea de tehnologii de prototipare rapidă (Print 3D București, n.d.) (Ulmeanu & Doicin, 2018).

Inițial aceste tehnologii de fabricație aditivă au avansat cu pași mici, însă în prezent au cunoscut o extindere industrială, atât ca software, cât și ca hardware.

În anul 1986 Charles Hull a obținut brevetul pentru aparatele de stereolitografie. Obiectul este construit într-o cuvă cu rășină asupra căreia acționează un laser sau o altă sursă de lumină

care solidifică fiecare strat până când este finalizat. Procedul de fabricație fiind cunoscut sub denumirea de fotopolimerizare.

Carl Deckard a fost cel care a obținut brevetul pentru tehnologia de sinterizare selectivă cu laser (SLS) în anul 1989. La început această tehnologie era utilizată la scară redusă din cauza costurilor ridicate, precum și a limitării utilizării în diverse industrii (Additive-X, 2016).

În prezent, vânzările de imprimante 3D au înregistrat o creștere majoră datorită cererii tot mai mari de imprimare a obiectelor 3D (James A. Gopsill, 2017).

Creșterea numărului de producători a condus la reducerea costului de imprimare, acesta devenind competitiv chiar și în comparație cu metodele tradiționale de fabricare (James A. Gopsill, 2017) (Ulmeanu & Doicin, 2018).

Standardizarea în domeniul fabricației aditive

Începând cu anul 2008 Asociațiile de standardizare din Europa au început elaborarea standardelor în domeniul fabricației aditive, DIN (German Institute of Standardization): NA 145-04 și AFNOR (Association Française de Normalisation/ French Standardization Association): UNM 920 (Popescu, 2016). Standardul NA 145-04, elaborate de DIN se referă la „Fabricație aditivă - Teme interdisciplinare/Digitalizare”, iar standardul UNM 920, elaborate de AFNOR se referă la „Fabricație aditivă – Inginerie industrială, echipamente și materiale”.

La sfârșitul anului 2011, ISO (International Organization for Standardization) și ASTM (American Society for Testing and Materials) au elaborat deja în comun următoarele standarde privind fabricația aditivă:

1. ISO/ASTM 52915:2013 Standard Specification for additive manufacturing file format AMF Version 1.1
2. ISO/ASTM 52921:2013 Standard terminology for additive manufacturing – Coordinate systems and test methodologies.

Principalele etape de construire a obiectelor sunt ilustrate în Figura 2

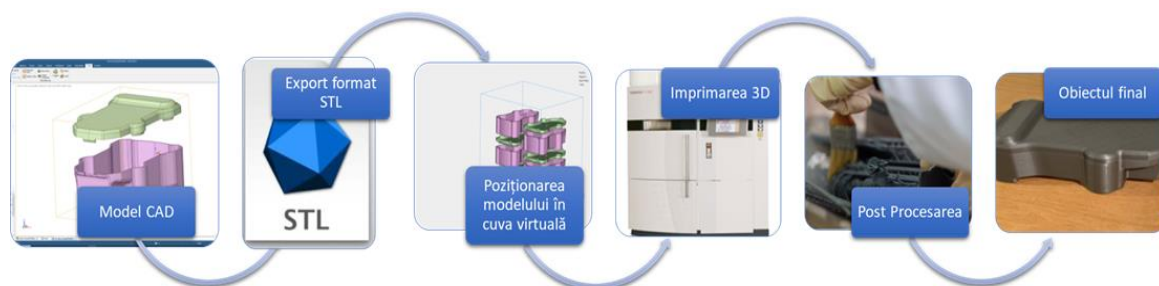


Figura 2 - Etapele de realizare a obiectului 3D

Tipuri de tehnologii de fabricație aditivă

Clasificarea principalele tehnologii de fabricație aditivă din cadrul procesului de fuziune pe pat de pulbere (PBF) este următoarea (Casini, 2022):

- Sinterizare Selectivă cu Laser (SLS);
- Sinterizare Selectivă prin Topire (SLM);
- Sinterizare Directă cu Laser a Metalelor (DMLS);
- Topire cu fascicul de electroni (EBM).

Sinterizarea Selectivă cu Laser (SLS)

În procesul de realizare a obiectelor 3D folosind metoda SLS se utilizează materiale precum: polimeri, ceramici, metale. Materialele se prezintă sub formă de pulbere.

Modul de lucru este ilustrat în Figura 3. În cuva de lucru a imprimantei 3D se depun straturi subțiri de material sub formă de pulbere. Fasciculul laser (Putere de 30 – 400 W) acționează asupra materialului până ajunge la temperatura de topire permițând astfel fuziunea graunților de pulbere pentru a-i transforma în masa solidă. Intensitatea fasciculului laser este reglată pentru a topi și modela obiectul doar în zona de interes. Când stratul este complet construit, pistonul coboară și se permite astfel depunerea unui nou strat de pulbere. Procesul se repetă până la construirea completă a obiectului. Sistemul de depunere este prevăzut și cu o lamă care presează ușor materialul astfel încât obiectul să fie mai dens. După fabricarea completă a obiectului 3D este necesară postprocesarea obiectului. Postprocesarea presupune îndepărtarea graunților de pulbere ramași în urma depunerii, înlăturarea structurilor suport (obligatoriu în cazul metalelor) și șlefuire sau vopsire (opțional) (Chua C.K., 2014)

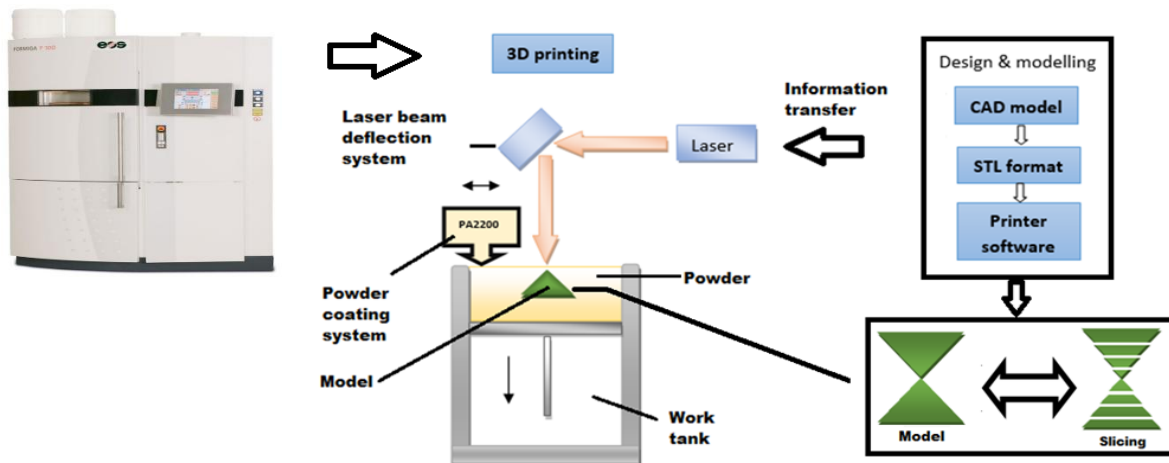


Figura 3 - Modul de lucru SLS (A.C. Mocanu (Costache), 2023)

Aplicații ale imprimării 3D

Imprimarea 3D se aplică în mai multe industrii precum industria auto și industria aerospațială unde, aspectele relevante sunt următoarele: reducerea masei componentelor, reducerea numărului de componente prin reproiectarea ca un ansamblu unitar complex, realizarea de geometrii complexe. În industria militară se realizează arme și piese de schimb pentru nave, iar în industria medicală imprimarea 3D se utilizează pentru construcția obiectelor analoage structurilor osoase naturale și a implanturilor dentare cu caracteristici poroase pentru o mai bună fixare de suprafață. Printre obiectele realizate pentru industria medicală se numără: proteze, implanturi de șold, genunchi, aparate auditive, vase de sânge, organe. Produsele imprimate 3D îmbunătățesc nivelul de confort al pacientului, permițând interacțiunea cu produse care sunt concepute special pentru nevoile lor. Datele de intrare sunt preluate direct de la scanarea CT sau RMN (3DHubs, n.d.).

Capitolul 2. Stadiul actual privind modelele de business în domeniul fabricației aditive

În literatura de specialitate, un model de business este un sistem de activități interconectate care descrie modul în care o companie își va genera venituri și profit. Modelul de business include detalii despre produsele sau serviciile oferite, canalele și resursele necesare prin care se vor livra și furniza produsele sau serviciile. Totodată sunt detaliate costurile necesare pentru produsele sau serviciile oferite (Carlos M. DaSilva, 2014).

Date cu privire la firmele din domeniul fabricației aditive la nivel global

S-au analizat modelele de business abordate de companii la nivel global care au ca domeniu de activitate fabricația aditivă.

Companiile precum Stratasys (companie americană, înființată în Israel), General Electric Additive, Arcam, EOS GmbH, 3D Systems (companie americană), Ultimaker (companie olandeză), Voxel Jet și Materialise (companie belgiană) au optat pentru modelul Business to Business (B2B). Aceste companii se bazează pe vânzarea de imprimate 3D, consumabile, accesorii conexe, vânzarea de pachete software, servicii de fabricație aditivă, servicii de proiectare, servicii de consultanță, servicii de producție la cerere pentru companii.

RepRap este un proiect open source de imprimare 3D din Marea Britanie care a devenit foarte popular în comunitatea Do It Yourself (DIY). Scopul proiectului este de a crea o imprimantă 3D care poate printa majoritatea sau chiar toate componentele necesare pentru a construi o copie a ei însăși (RepRap Company, n.d.) (John L Irwin, 2014).

Modelul de business al companiilor 3D Hubs și ShapeWays este de tip platformă și Business to Consumer (B2C). Platforma oferă o soluție flexibilă și accesibilă pentru accesul la tehnologia de fabricare aditivă. Modelul de business are la bază o platformă de imprimare 3D online care oferă servicii de fabricare aditivă pentru clienții din întreaga lume. Platforma permite conectarea utilizatorilor cu proprietarii de imprimante 3D din întreaga lume. Platforma oferă clienților posibilitatea de a încărca modelele 3D și de a selecta dintr-o varietate de opțiuni de materiale și tehnologii de imprimare 3D pentru a obține prețuri pentru producție (TINGJIE LI, 2017).

Statistici cu privire la firmele din domeniul fabricației aditive din România

Principalele coduri, conform clasificării statistice a activităților economice naționale (CAEN), pe care firmele care au ca obiect de activitate imprimarea 3D sunt următoarele:

- 1812 Alte activități de tipărire n.c.a. Această clasă include mașini de tipărit în relief, inclusiv mașini de tipărire rapidă.
- 2229 Fabricarea altor produse din material plastic.
- 7410 Activități de design specializat. Acest cod CAEN cuprinde design industrial.

Dintr-o analiză detaliată reiese că în România sunt în prezent 58 de firme care activează în domeniul imprimării 3D și proiectării. Clasificarea acestora în funcție de codul CAEN este ilustrată în Figura 4.

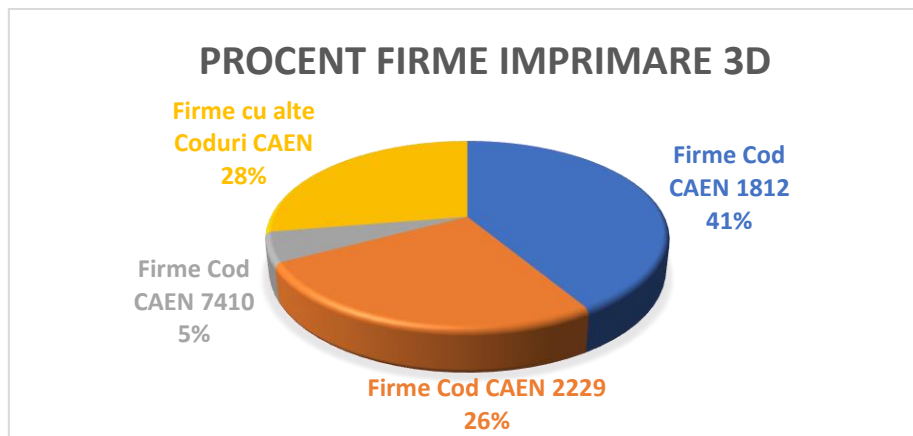


Figura 4 - Clasificarea firmelor în funcție de codul CAEN

Dintre toate firmele analizate, 58 la număr, relevante pentru acest studiu sunt doar 42. 24 dintre firme au principalul cod CAEN 1812, 15 au codul 2229 și 3 au codul CAEN 7410.

Tehnologiile de fabricare utilizate sunt FDM (preponderent cu materiale precum PLA și ABS), o firmă utilizează SLS, iar una utilizează FDM, SLA și SLS.

Pentru aceste firme s-au analizat datele financiare precum, cifra de afaceri, profitul net, numărul mediu de angajați în perioada 2020-2022.

Cea mai mare pondere a afacerilor se află în intervalul 0-50.000 RON. Dintre firmele analizate doar 19 au declarat profit la sfârșitul anului 2022.

Economia Circulară

Economia circulară a devenit în ultimul deceniu un subiect de interes intens dezbătut. Principiile care stau la baza economiei circulare sunt eliminarea deșeurilor și a poluării, păstrarea produselor și a materialelor în uz și regenerarea sistemelor naturale. Economia circulară aduce beneficii asupra mediului înconjurător. Prin eliminarea deșeurilor se reduce impactul negativ al poluării care dăunează sănătății umane și sistemelor naturale, precum poluarea aerului, apei și solului (Parlamentul European, 2023).

Principalele elemente care descriu economia circulară sunt prezentate în Figura 5.

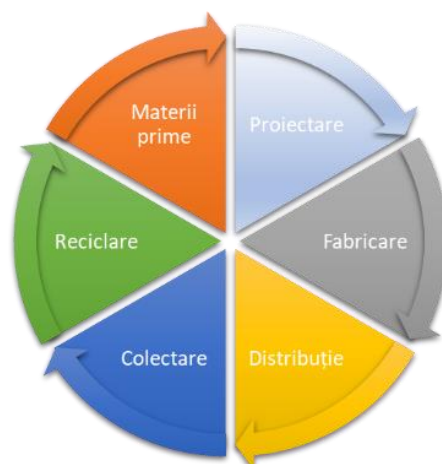


Figura 5 – Economia circulară

În septembrie 2022 a fost publicată în Monitorul Oficial al României Strategia Națională privind economia circulară. Principalul scop al acestei strategii este de a crea o viziune pe termen lung și o direcție strategică (Guvernul României, 2022).

Tranziția de la o economie tradițională la o economie circulară trebuie făcută progresiv astfel încât să nu afecteze calitatea, competitivitatea și performanța, ținând cont că mediul de afaceri din România este caracterizat preponderent de IMM-uri. Tranziția către o economie circulară provoacă întreprinderile să își regândească modelul de business astfel încât să utilizeze resursele și materialele cât mai mult, să elimine treptat deșeurile și să reducă poluarea, eliminând efectele negative asupra mediului înconjurător (Guvernul României, 2022).

Capitolul 3. Concluzii privind stadiul actual privind dezvoltarea IMM-urilor din domeniul fabricației aditive

Din analiza stadiului actual al tehnologiilor de fabricare aditivă și al statisticii privind firmele din domeniul fabricării aditive, se desprind concluzii importante, după cum urmează.

Sinterizarea Selectivă cu Laser este o tehnologie matură, competitivă cu metodele tradiționale din punct de vedere al timpului, al geometriilor mai complexe, al reducerii masei componentelor, realizarea unui ansamblu unitar complex, al numărului mai redus de deșeuri materiale și al costurilor implicate. Produsele realizate au aplicabilitate în domenii precum industria auto, aerospațială, militară, medicală.

Datorită creșterii tot mai mare a volumului fabricării obiectelor tridimensionale și a creșterii vânzării imprimantelor 3D, costul de imprimare 3D a scăzut. Tehnologiile de fabricație aditivă au devenit competitive cu metodele tradiționale din punct de vedere al timpului, al geometriilor mai complexe, al numărului mai redus de deșeuri materiale și al costurilor implicate.

Modelele de business analizate sunt de tipul B2B (comercializarea imprimatelor 3D și a programelor de proiectare CAD sau de pregătire a imprimării către alte companii), B2C (comercializarea imprimatelor 3D către utilizatorii finali, persoane fizice), de tip platformă (oferă o gamă variată de servicii de producție).

În România, primele firme din domeniul fabricării aditive au fost înființate în 2014. În Anul 2017 s-a înregistrat o creștere a numărului de firme nou înființate. Anul 2019 a înregistrat cel mai mare număr de firme nou înființate. Pandemia a afectat și acest domeniu de activitate, numărul firmelor nou înființate fiind în scădere în această perioadă. În anul 2022 a avut loc o redresare. Firmele analizate din domeniul fabricației aditive, din România, abordează economia tradițională. Din acest motiv s-a identificat oportunitatea de a înființa un IMM care are ca principal obiect de activitate fabricația aditivă și ca obiect secundar de activitate reciclarea polimerilor, pentru a se încadra în contextul economiei circulare.

Economia circulară este o soluție alternativă la economia tradițională. În practică, economia circulară diferă de modelul economic tradițional. Această abordare a economiei circulare promovează activitățile de reutilizare și reciclare pentru a menține produsele și materialele în circulație în economie, reducând astfel impactul negativ al poluării.

Partea a II-a. Contribuții la elaborarea unor modele de business în domeniul fabricației aditive în contextul economiei circulare

Capitolul 4. Direcțiile, obiectivul principal și metodologia de cercetare-dezvoltare

Pe baza celor desprinse din analiza stadiului actual, se apreciază a fi de actualitate următoarele direcții de cercetare-dezvoltare privind înființarea unui IMM în domeniul fabricației aditive:

- Elaborarea unei structuri originale pentru generarea de modele de business cu domeniul de activitate în aria tehnologiilor aditive.
- Cercetări referitoare la utilizarea tehnologiilor de imprimare 3D pentru realizarea de prototipuri și realizarea unor piese complexe de uz final;
- Dezvoltarea de tehnologii sustenabile în vederea fabricării cu modificarea rapidă a caracteristicilor și a dimensiunilor componentelor pentru UAV-uri;
- Cercetări experimentale referitoare la decontaminarea pulberii de Nailon, la controlul contaminării microbiene și la caracterizarea morfologică și spectrală a pulberii.

Obiectivul principal al tezei constă în elaborarea unui model de business cu obiect de activitate în domeniul fabricației aditive. Ca studiu de caz se va analiza un business dedicat fabricării componentelor pentru UAV-uri de mici dimensiuni prin tehnologia sinterizare selectivă cu laser (SLS), utilizând pulbere din nailon 12 (PA12/PA2200).

Obiectivul secundar al tezei constă în dezvoltarea unei metode de recuperare a pulberii de nailon, reciclare și reutilizare pentru ca firma să intre pe o economie circulară.

Metodologia de cercetare – dezvoltare este concepută ca sistem de referință pentru acțiunile care vor fi întreprinse pentru a realiza obiectivul principal al activității de doctorat, precum și pentru dezvoltări viitoare.

- Identificarea oportunității de realizare a produselor de tipul componentelor pentru UAV-uri la nivel național.
- Elaborarea modelor de business specifice pentru înființarea unui IMM în domeniul fabricației aditive business cu posibilitatea de a se înscrie în economia circulară.
- Aplicarea metodei AHP pentru stabilirea variantei optime de înființare a IMM-ului.
- Dezvoltarea unor scenarii pentru înființarea afacerii și analizarea structurii de finanțare pentru implementare.
- Fabricarea accesoriilor complexe pentru UAV-uri. Procesul constă în proiectarea, modelarea CAD și imprimarea 3D.
- Recuperarea, decontaminarea și reciclarea pulberii de Nailon 12.
- Determinarea contaminării microbiene.
- Studiarea efectului procesului de decontaminare asupra structurii și compoziției pulberii de Nailon 12.

Capitolul 5. Contribuții privind dezvoltarea unor modele inovative de business în domeniul tehnologiilor aditive SLS

În contextul înființării unui IMM în domeniul fabricației aditive, trebuie gestionate în detaliu amenințările și creată o strategie adecvată pentru a face față provocărilor viitoare, prin detectarea potențialelor riscuri pentru afaceri. Orice firmă mică, la început de drum, este important să își mențină flexibilitatea și adaptarea strategiei, pentru a face față mediului de afaceri în continuă schimbare.

Datorită faptului că tendința pentru UAV-uri este în continuă creștere și cererea pentru accesorii conexe este tot mai mare, firma își propune să se adapteze cerințelor pieței și să realizeze la cerere accesorii personalizate conform cerințelor clienților. Firma oferă servicii de proiectare la cerere.

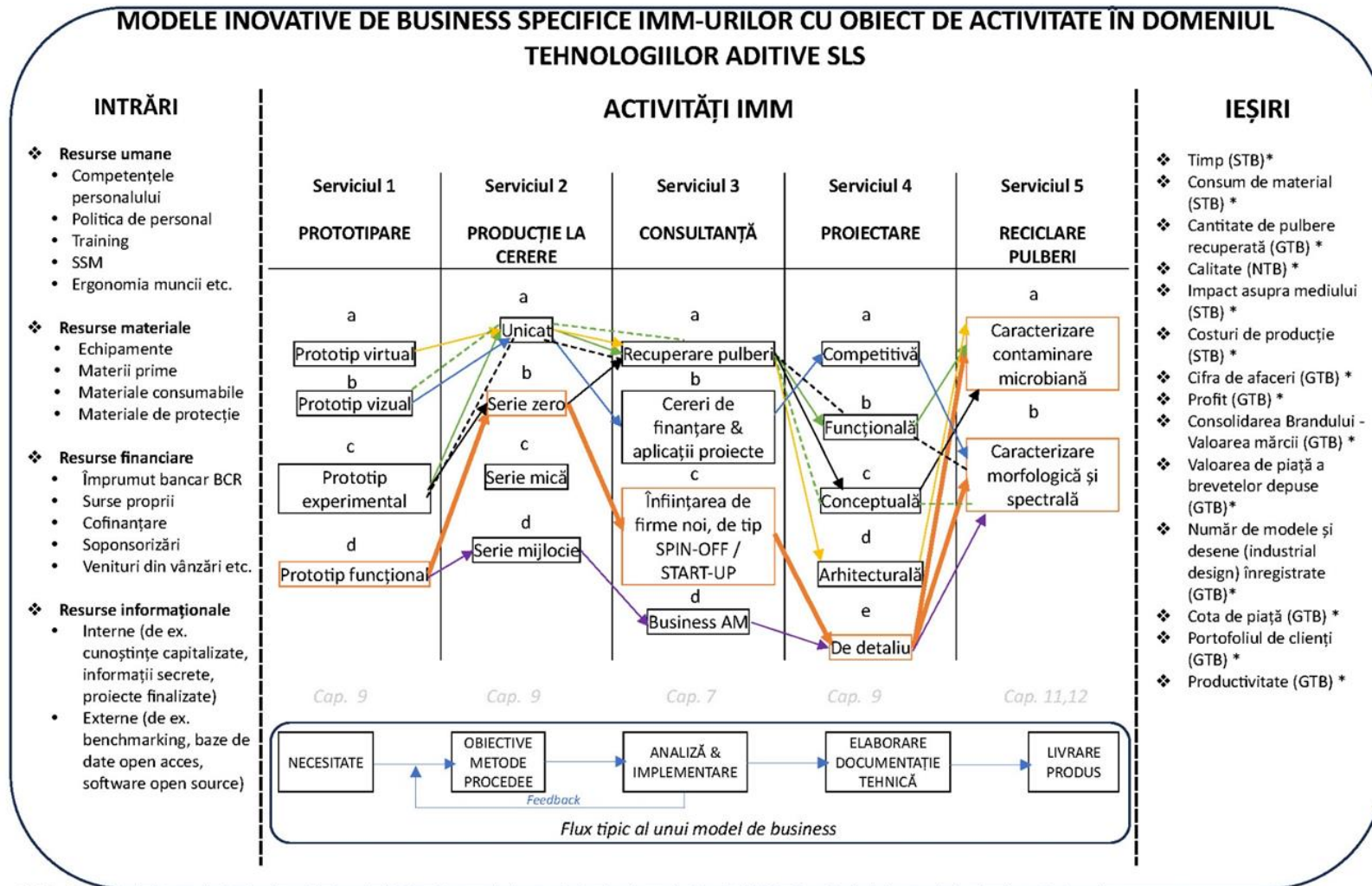
S-a identificat posibilitatea înființării unei afaceri de tipul Spin-Off care oferă posibilitatea consolidării relațiilor cu mediul industrial și posibilitatea utilizării spațiului de lucru și a echipamentele din dotarea colaboratorului.

Conceperea unor modele inovative de business din domeniul fabricației aditive

În diagrama prezentată în Fig. 6, pe baza analizei SWOT și a stadiului actual, se propune o structură originală pentru generarea de modele de business cu domeniul de activitate în aria tehnologiilor aditive SLS. Prin combinarea serviciilor din cadrul activităților IMM-ului reies 640 de modele de business teoretic posibile. Un client poate să își aleagă oricâte combinații de servicii dintre activitățile IMM-ului.

În ceea ce privește activitatea IMM-ului se conturează următoarele servicii:

1. **Prototipare;** Din punct de vedere al prototipurilor se pot crea prototipuri virtuale, vizuale, experimentale sau funcționale. Prototipurile virtuale reprezintă proiectarea în programe software specializate, prototipurile vizuale arată ca obiectul dorit dar nu îndeplinesc funcțiile acestuia, este doar o machetă, prototipul experimental, prototipul funcțional îndeplinesc funcțiile dorite însă nu are un design optimizat.
2. **Producție la cerere** se face în funcție de nevoile clientului. Produsele se pot produce în serie unicat (un singur produs sau câteva exemplare conform cerințelor unui client), serie zero (mai puțin de 50 de bucăți), serie mică sau serie mijlocie.
3. **Consultanță** în recuperarea pulberii, cereri de finanțare, înființarea de noi firme de tipul spin-off și start-up și Business AM.
4. **Proiectare** la cerere, pe diferite paliere: proiectare competitivă - benchmarking, proiectare funcțională – stabilirea funcțiilor produsului, proiectare conceptuală – stabilirea conceptelor, proiectare arhitecturală – stabilirea arhitecturii produsului și proiectare de detaliu.
5. **Reciclare pulberi** în care se pot face două analize. Acest serviciu cuprinde caracterizarea contaminării microbiene și caracterizarea morfologică și spectrală.



*STB – Smaller the better (criteriu de minimizare) / GTB – Grater the better (criteriu de maximizare) / NTB – Nominal the better (criteriu de optimizare)

Figura 6 - Schema generală a modelelor inovative de business

Dintre cele 640 de modele au fost selectate opt modele de business identificate în Fig. 6 prin săgeți de culori diferite. Modelele de business sunt conturate pe baza combinării serviciilor activităților IMM-ului. La baza alegerilor modelelor de business stă analiza prezentată în stadiul actual. Stadiul actual al modelelor de business face referire la serviciile 1, 2, 3, și 4 din diagrama prezentată în Figura 6.

Alegerea modelului de business optim

Conform schemei generale a modelelor inovative de business, realizată în Figura 6, cu privire la caracteristicile unui model de business, se consideră că cele mai importante criterii prin care pot fi analizate multicriterial cele opt modele de business sunt: Profitul, Cifra de afaceri, Cantitatea de pulbere recuperată, Cota de piață și Portofoliul de clienți.

Pentru selectarea modelului optim dintre cele opt modele s-a utilizat metoda AHP deoarece este recunoscută ca fiind una dintre cele mai performante metode de analiză multicriterială (Saaty & Peniwati, 2008) (Forman & Gass, 2001) (Dincă LL., 2018). Metoda AHP se aplică în două etape. Prima etapă constă în stabilirea ponderii criteriilor iar cea de-a doua etapă constă în stabilirea modelului optim de business (Saaty & Peniwati, 2008).

Pentru calculul ponderilor s-a utilizat platforma BPMSG (Goepel, 2018). În evaluarea criteriilor conform analizei priorităților AHP s-au acordat importanțe conform Figura 7.

Cea mai mare nota care s-a acordat este nota 5. S-au considerat criteriile destul de apropiate din punct de vedere al importanței. Primele două cele mai importante criterii care stau la baza oricărei afaceri sunt Profitul și Cifra de afaceri. Următorul criteriu în ordinea importanței este cantitatea de pulbere recuperată deoarece se dorește ca IMM-ul să abordeze economia circulară.

With respect to AHP priorities, which criterion is more important, and how much more on a scale 1 to 9?

A - wrt AHP priorities - or B?		Equal	How much more?
1	<input checked="" type="radio"/> Profitul <input type="radio"/> Cifra de afaceri	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
2	<input checked="" type="radio"/> Profitul <input type="radio"/> Cantitatea de pulbere recuperata	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
3	<input checked="" type="radio"/> Profitul <input type="radio"/> Cota de piata	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input checked="" type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
4	<input checked="" type="radio"/> Profitul <input type="radio"/> Portofoliul de clienti	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input checked="" type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
5	<input checked="" type="radio"/> Cifra de afaceri <input type="radio"/> Cantitatea de pulbere recuperata	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
6	<input checked="" type="radio"/> Cifra de afaceri <input type="radio"/> Cota de piata	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
7	<input checked="" type="radio"/> Cifra de afaceri <input type="radio"/> Portofoliul de clienti	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input checked="" type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
8	<input checked="" type="radio"/> Cantitatea de pulbere recuperata <input type="radio"/> Cota de piata	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
9	<input checked="" type="radio"/> Cantitatea de pulbere recuperata <input type="radio"/> Portofoliul de clienti	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
10	<input checked="" type="radio"/> Cota de piata <input type="radio"/> Portofoliul de clienti	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input checked="" type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9

CR = 0% Please start pairwise comparison

AHP Scale: 1- Equal Importance, 3- Moderate importance, 5- Strong importance, 7- Very strong importance, 9- Extreme importance (2,4,6,8 values in-between).

Figura 7 – Importanța criteriilor conform Analizei Priorităților AHP

În Figura 8 se prezintă matricea de comparare a criteriilor și ponderea criteriilor, conform principiilor enunțate anterior, generate de aplicația online BPMSG (Goepel, 2018) pe baza datelor introduse.

The resulting weights are based on the principal eigenvector of the decision matrix:

	1	2	3	4	5
1	1	2.00	3.00	4.00	5.00
2	0.50	1	2.00	3.00	4.00
3	0.33	0.50	1	2.00	3.00
4	0.25	0.33	0.50	1	4.00
5	0.20	0.25	0.33	0.25	1

Principal eigen value = 5.196

Eigenvector solution: 5 iterations, delta = 3.7E-8

a. Matricea de comparare a criteriilor

These are the resulting weights for the criteria based on your pairwise comparisons:

Cat	Priority	Rank	(+)	(-)
1	Profitul	41.2%	1	9.1% 9.1%
2	Cifra de afaceri	25.9%	2	5.9% 5.9%
3	Cantitatea de pulbere recuperata	15.8%	3	3.9% 3.9%
4	Cota de piata	11.6%	4	5.4% 5.4%
5	Portofoliul de clienti	5.5%	5	1.9% 1.9%

Number of comparisons = 10

Consistency Ratio CR = 4.4%

b. Ponderea criteriilor

Figura 8 – Stabilirea ponderii criteriilor

Platforma BPMSG a generat ponderile aferente celor cinci criterii analizate. Profitul cel mai important parametru al modelului de business, având o pondere de 41,2%. Următorul criteriu în ordinea importanțelor, cu o pondere de 25,9% este cifra de afaceri. Acest parametru este important deoarece ne arată anvergura afacerii. Cel de-al treilea criteriu este reprezentat de cantitatea de pulbere recuperată, cu o pondere de 15,8%. Ultimele două criterii sunt cota de piață cu o pondere de 11,6% și Portofoliul de clienți cu o pondere de 5,5%.

Următoarele etape pentru identificarea modelului optim de business constau în realizarea matricei de ierarhizare (Tabelul 1) și întocmirea matricei de decizie (Tabelul 2). În cadrul matricei de ierarhizare s-a considerat referință modelul de business 6.

Tabelul 1 – Compararea modelelor pe baza celor cinci criterii

Criterii	Model 1 1a2a3a4d5a		Model 2 1b2a3a4c5b		Model 3 1b2a3b4a5b		Model 4 1c2a3a4b5a		Model 5 1c2a3a4b5b		Model 6 1c2b3a4c5a (Ref)		Model 7 1d2b3c4e5ab		Model 8 1d2d3d4e5b		Total	
	ierarhizare	Fracțiune din total	ierarhizare	Fracțiune din total	ierarhizare	Fracțiune din total	ierarhizare	Fracțiune din total	ierarhizare	Fracțiune din total	ierarhizare	Fracțiune din total	ierarhizare	Fracțiune din total	ierarhizare	Fracțiune din total		
Profitul	1	0.045	2	0.091	2	0.091	3	0.136	3	0.136	3	0.136	4	0.182	4	0.182	22	1,000
Cifra de afaceri	1	0.045	2	0.091	2	0.091	3	0.136	3	0.136	3	0.136	4	0.182	4	0.182	22	1,000
Cantitatea de pulberi recuperată	2	0.091	2	0.091	2	0.091	2	0.091	2	0.091	3	0.136	5	0.227	4	0.182	22	1,000
Cota de piață	3	0.103	3	0.103	4	0.138	3	0.103	3	0.103	3	0.103	5	0.172	5	0.172	29	1,000
Portofoliul de clienți	3	0.103	3	0.103	4	0.138	3	0.103	3	0.103	3	0.103	5	0.172	5	0.172	29	1,000

*Modelul 6 codificat prin 1c2b3a4c5a s-a considerat model de referință pentru evaluarea conceptelor.

Pentru stabilirea variantei optime se compară fiecare model de business cu referința și se acordă note de la 1 la 5, unde 1 este evaluat mult mai rău ca modelul de referință și 5 este

evaluat mult mai bun ca modelul de referință. Pentru ca valorile să fie normalizate (suma lor să dea 1) s-a împărțit fiecare notă acordată la totalul pe linie, rezultând fracțiunile din total.

În Tabelul 2 s-a realizat matricea deciziilor. Pe prima coloană se trec cele cinci criterii analizate, pe cea de-a doua coloana se trec ponderile obținute în Figura 8 pentru fiecare criteriu în parte iar pe coloanele 3-10 se trec fracțiunile din total pentru fiecare model de business în parte.

Tabelul 2 – Matricea deciziilor

Criterii	Pondere	Modelul 1	Modelul 2	Modelul 3	Modelul 4	Modelul 5	Modelul 6	Modelul 7	Modelul 8
Profitul	0.412	0.045	0.091	0.091	0.136	0.136	0.136	0.182	0.182
Cifra de afaceri	0.259	0.045	0.091	0.091	0.136	0.136	0.136	0.182	0.182
Cantitatea de pulberi recuperată	0.158	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.136	0.227	0.182
Cota de piață	0.116	0.103	0.103	0.138	0.103	0.103	0.103	0.172	0.172
Portofoliul de clienți	0.055	0.103	0.103	0.138	0.103	0.103	0.103	0.172	0.172
TOTAL	1.000	0.063	0.093	0.099	0.124	0.124	0.131	0.187	0.180

Totalul fiecărui model de business se obține prin înmulțirea fiecărei ponderi a criteriilor cu fracțiunea din total corespunzătoare și se adună toate rezultatele obținute din înmulțire.

Modelul de business pe care IMM-ul îl abordează în înființarea afacerii în domeniul fabricației aditive este ilustrat prin săgeți de culoare portocalie în Figura 6. Astfel modelul de business nou înființat are la bază realizarea unui prototip funcțional, cu producție de serie zero (până în 50 de bucăți). IMM-ul se axează pe fabricarea pieselor conform nevoilor clientului, la cerere. Se urmărește înființarea unei afaceri de tip spin-off, care are la bază proiectarea de detaliu, iar din punct de vedere al reciclării pulberii are caracterizarea contaminării microbiene și caracterizarea morfologică și spectrală.

Capitolul 6. Caracterizarea modelului de business dezvoltat

Modelul optim de business anterior prezentat presupune înființarea unei afaceri în domeniul fabricației aditive, utilizând tehnologia de Sinterizare Selectivă cu Laser (SLS) și se dezvoltă pe două direcții: direcția principală constă în fabricarea aditivă de piese, folosind 100% pulbere achiziționată de la furnizori specializați sau într-o proporție de maximum 1:1, pulbere reciclată și pulbere nouă, iar direcția secundară de business, care oferă noutate acestui model de business constă în faptul că pulberea de Nailon, care nu mai poate fi reutilizată într-un nou ciclu de fabricație, va fi reciclată și comercializată cu predilecție pentru fabricarea de folii utilizate ca material de ambalare, după parcurgerea unor etape de recuperare, filtrare și decontaminare, permițând astfel reutilizarea ei ca materie primă în altă industrie, protejarea mediului, reducerea costurilor și a deșeurilor, într-un demers asociat conceptului de economie circulară.

Noua afacere va fi de tip IMM, ca formă de organizare fiind aleasă o Societate cu Răspundere Limitată (SRL), datorită câtorva avantaje: asociații firmei răspund în fața creditorilor cu

patrimoniul firmei, firma poate trece în obiectul de activitate mai multe coduri CAEN, posibilitatea alegerii modalității de impozitare a afacerii. Firma, UAV 3D Printing Lab SRL, are un capital social de 200 RON și domeniu de activitate producție. Firma va fi neplătitoare de TVA. Conform legii, în România, orice firmă nou înființată este neplătitoare de TVA. Pentru ca o firmă să devină plătitoare de TVA trebuie să depășească pragul de 300.000 RON cifra de afaceri sau să depună o cerere la ANAF în care să solicite schimbarea statutului în firmă plătitoare de TVA.

Intrările în activitățile IMM-ului, conform diagramei prezentate în Fig. 5 sunt resursele umane, materiale, financiare și informaționale.

Managementul firmei SC UAV 3D Printing Lab SRL este asigurat de reprezentantul legal al firmei, Ing. Ec. MOCANU Andreea- Cristina.

Reprezentantul legal al firmei a absolvit Facultatea de Antreprenoriat, Ingineria și Managementul Afacerilor, domeniul Inginerie și Management, masteratul în domeniul Ingineriei Economice și Managementul Afacerilor la Facultatea de Inginerie și Managementul Sistemelor Tehnologice (fost IMST, actual FIIR) și este student doctorand în domeniul Ingineriei Industriale.

În cadrul proiectului urmează a fi create două noi locuri de muncă, pentru ingineri proiectanți. Personalul angajat va efectua cursuri de instruire pentru a utiliza corect echipamentele și totodată, va fi instruit în vederea sănătății și securității la muncă și în vederea ergonomiei muncii.

Programul de lucru este de luni până vineri în intervalul 8:00-16:30 (30 min pauza de masă).

Sediul social al noii companii va fi în județul Ilfov, localitatea Voluntari, Strada Erou Iancu Nicolae Nr. 126 A. Sediul social se află în localitatea din mediul rural, în care număr de IMM la nivel județean/ 100 locuitori este mai mare de 4.

Pentru dimensionarea investiției s-au luat în calcul toate activele corporale și necorporale, însumând un total general de 831.005 RON.

Capitolul 7. Contribuții privind elaborarea unor scenarii de dezvoltare a afacerii

Serviciile de consultanță privind scenariile de dezvoltare a afacerii sunt ilustrate la serviciul 3 din diagrama modelului de business inovativ.

Metoda scenariilor presupune analiza prospectivă și modelarea probabilistică a implicațiilor posibile ale unor evenimente actuale și/sau anterioare asupra viitorului (Popa, 2015).

În vederea ilustrării costurilor, surselor de finanțare și sustenabilității afacerii, s-au realizat trei scenarii de dezvoltare. La baza fiecărui scenariu stau indicatorii de evaluare a proiectelor de investiții. Indicatorii calculați sunt: valoarea actualizată netă (VAN), indicele de profitabilitate (IP) și Rata internă de rentabilitate (RIR). (Elena Valentina Țilică, 2020), (Militaru, 2013).

S-au analizat trei scenarii diferite (nefavorabil, probabil și favorabil) din punct de vedere al investiției inițiale și al surselor de finanțare. În toate trei scenariile aportul propriu este de 23.500 EUR, diferențele fiind date de valoarea împrumutului bancar și obținerea unei alocații financiare nerambursabile prin depunerea planului de afacere în cadrul programului Start-Up Nation. Previziunea veniturilor este aceeași în toate cele trei scenarii și se regăsește în obiectivele pe termen scurt și lung ale firmei.

Pentru toate scenariile, costurile implicate în analiza financiară includ costurile totale cu investițiile, costurile materiilor prime și costurile operaționale. Costurile cu materiile prime sunt aceleași pentru toate scenariile (se referă la stocurile de pulbere de nailon utilizate în procesul de fabricație a obiectelor). Pulberea de nailon se vinde în saci de plastic de 20 kg, la prețul de 1.200 EUR/sac (60 EUR/Kg). Costurile operaționale sunt cheltuielile legate de activitatea principală a companiei, cum ar fi cheltuielile administrative (salarii, plata chiriei și utilităților în primele 3 luni de activitate) și cheltuielile de marketing.

Costurile lunare sunt prezentate în Figura 9. Pentru desfășurarea activității de producție a firmei se vor considera aceleași costuri operaționale pentru toate cele trei scenarii.

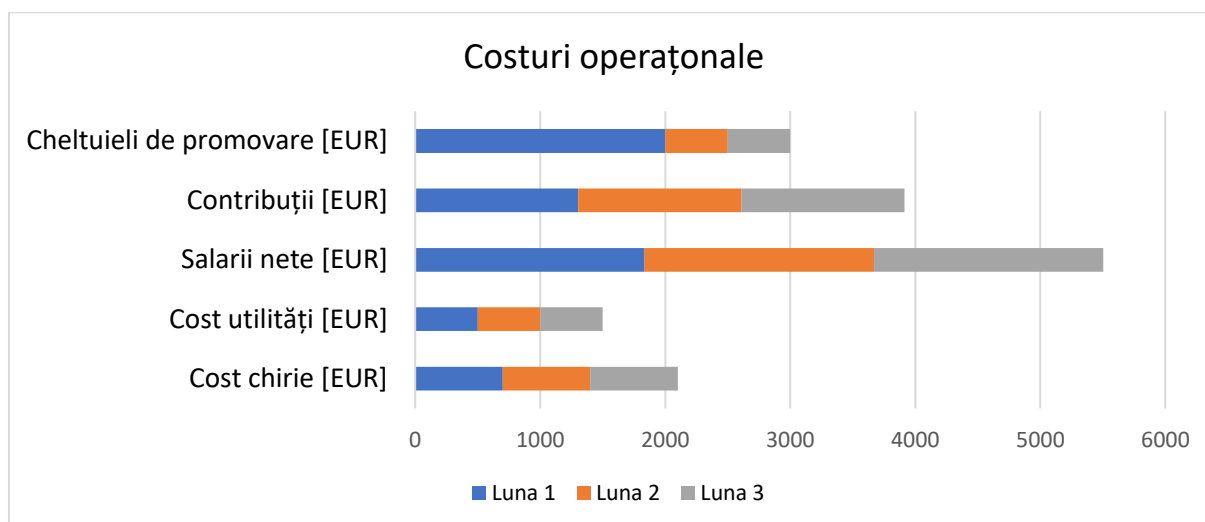


Figura 9 – Graficul costurilor operaționale în primele 3 luni de activitate

Costurile cu investițiile se referă la costul echipamentelor și aplicațiilor software necesare desfășurării activității. Pentru înființarea IMM-ului sunt necesare investiții pentru următoarele echipamente și auxiliare, în funcție de scenariul ales. Imprimantă 3D Formiga P100, mobilier (3 birouri, 3 scaune, un dulap cu rafturi), calculatoare și a accesoriilor conexe: mouse, tastatură, căști, software-uri de proiectare CAD (ANSYS SpaceClaim) și investiții în stocuri (materiale consumabile - Nailon 12).

Scenariul 1 – Scenariul nefavorabil

Scenariul nefavorabil presupune închirierea spațiului de lucru, achiziționarea imprimantei 3D industriale, achiziționarea pieselor de mobilier, a stațiilor de lucru și a software-urilor specializate.

Costurile de investiții necesare pentru implementarea proiectului constau în achiziționarea unei imprimante 3D Formiga P100 (142.600 EUR), a trei calculatoare (3.000 EUR), două licențe

software ANSYS SpaceClaim (5.000 EUR), o licență software Materialise Magics (2.000 EUR), trei birouri, trei scaune, un dulap cu rafturi (2.000 EUR) și amenajarea spațiului de lucru cu o suprafață utilă de 80 mp – pardoseală epoxidică industrială (3.000 EUR) și asigurarea unei sume tampon de 5.000 EUR Spațiul se închiriază în zona industrială Pipera pe strada Erou Iancu Nicolae 126 A și este distribuit astfel – 30 mp birouri și 50 mp zona de producție.

Costurile totale sunt ilustrate în Tabelul 3 - Costurile totale – Scenariul nefavorabil

Tabelul 3 - Costurile totale – Scenariul nefavorabil

Cost de investiție [EUR]	Costul cu stocurile de Nailon 12 [EUR]	Cost operațional Pentru primele 3 luni [EUR]	Cost total [EUR]
162.600	2.400	16.000	181.000

Tabelul 4 - Structura de finanțare a proiectului de investiție – scenariul nefavorabil

Sursa de finanțare	Scenariu nefavorabil	
	[EUR]	%
Aport propriu	23.500	12,98
Credite bancare	157.500	87,02
TOTAL valoare de investiție	181.000	100

Pentru a implementa proiectul de investiții este necesar un împrumut bancar de 779.625 RON, echivalentul a 157.500 EUR pentru zece ani (120 luni), la un curs de 1 EUR = 4,95 RON. Dobânda acordată de banca este de 15% pe an. Suma de bani care va fi restituită la finalul celor zece ani este de 1.126.036 RON echivalentul a 227.482 EUR. Această sumă s-a calculat cu ajutorul Calculatorului de Credite online pentru persoane juridice de la BCR la data de 8 septembrie 2022. Datoriile pentru împrumuturile bancare se ridică la 12.571,07 RON /lună.

$$RL = \frac{\frac{15\% \cdot 779.625}{12}}{1 - (1 + \frac{15\%}{12})^{-120}} = 12.571,07 \text{ RON} \quad (1)$$

S-a realizat contul de profit și pierdere previzionat pentru primii trei ani de activitate ai firmei. În primul an de activitate se preconizează pierdere în valoare de 16.575 EUR iar în următorii doi ani se preconizează profit astfel: în anul al doilea de activitate 80.010 EUR iar în anul al treilea 186.820 EUR.

Totodată, s-a previzionat fluxul de numerar pentru o perioadă de trei ani. Fluxul de numerar este ilustrat în coloana a treia din Tabelul 5.

Tabelul 5 – Decizia de fundamentare

An	Element	Valoare Flux de numerar	VAN	RIR	IP
0	Investiția	132.042			
1	CF1	-14.871	139.173,26	57%	0,05
2	CF2	57.917			
3	CF3	164.727			

Scenariul 2 – Scenariul probabil

Scenariul probabil se diferențiază de scenariul nefavorabil prin aplicarea pentru o subvenție nerambursabilă în valoare de 200.000 RON (aproximativ 40.000 EUR) în cadrul programului Start-Up Nation. În acest fel se va diminua suma obținută prin credit bancar.

Costul total în cazul scenariului probabil, ca și în cazul scenariului nefavorabil, este de 181.000 EUR. Structura de finanțare este detaliată în Tabelul 6.

Tabelul 6 - Structura de finanțare a proiectului de investiție – Scenariul probabil

Sursa de finanțare	Scenariul probabil	
	[EUR]	%
Credite bancare	117.500	64,92
AFN – prin programul Start - Up Nation	40.000	22,10
Alte surse (aport propriu)	23.500	12,98
TOTAL valoare de investiție	181.000	100

IMM-ul solicită un credit bancar în valoare de 117.500 EUR, echivalentul a 581.625 RON pe 10 ani. Dobânda este fixă și este în valoare de 15%/an. Rata lunară este calculată cu ajutorul formulei. Costurile totale lunare se ridică la aproximativ 8.095 EUR (din care 6.150 EUR/lună reprezentând costurile operaționale și costurile cu materia primă și 1.895 EUR/lună reprezentând rata lunară a împrumutului bancar, echivalentul a 9.383,65 RON.

$$RL = \frac{\frac{15\% \cdot 581.625}{12}}{1 - (1 + \frac{15\%}{12})^{-120}} = 9.383,65 \text{ RON} \quad (2)$$

S-a întocmit fluxul de numerar previzionat pentru primii trei ani de activitate ai firmei astfel: în primul an se înregistrează un flux de numerar negativ -7.131 EUR, în anul al doilea de activitate se înregistrează un flux de numerar pozitiv 65.657 EUR iar în anul al treilea 172.467 EUR.

În Tabelul 7 s-au calculat indicatorii de evaluare ai investiției.

Tabelul 7 – Decizia de fundamentare – scenariul probabil

An	Element	Valoare	VAN	RIR	IP
0	Investiția	132.042			
1	CF1	-7.131	156.845,42	75%	0,19
2	CF2	65.657			
3	CF3	172.467			

Scenariul 3 – Scenariul favorabil

Scenariul favorabil presupune înființarea unei afaceri de tipul spin-off cu INCD pentru Microtehnologie – IMT București, în concordanță cu serviciul 3 prezentat în schema generală a modelelor inovative de business (Figura 6). În acest fel, Institutul pune la dispoziția IMM-ului spațiul de lucru și echipamentele din dotare. Chiria pentru utilizarea echipamentului și a spațiului de lucru este de 700 EUR / lună. Pentru început vor fi angajați doi ingineri bine pregătiți în proiectarea CAD și vor avea un salariu fix de 508 EUR / lună. Al treilea salariat este administratorul, acesta având un salariu net lunar de 819 EUR. Costurile totale sunt reduse cu 5.000 EUR, deoarece costurile de amenajare a spațiului de lucru (3.000 EUR) și costurile cu

achiziționarea mobilierului (2.000 EUR) sunt eliminate. Costurile de investiții constau în achiziționarea celor 3 calculatoare și a software-urilor de proiectare.

Pentru a derula afacerea este nevoie de 33.500 EUR pentru a acoperi costurile de investiții (10.000 EUR), materia primă (2.400 EUR), costurile operaționale (16.000 EUR) și suma tampon (5.000 EUR) pentru cheltuielile neprevăzute. Fondurile proprii sunt în cuantum de 23.500 EUR și se va accesa un credit în valoare de 10.000 EUR pentru a putea susține firma în primul an de activitate.

În Figura 10 este ilustrată diagrama fluxului de numerar pentru primul an de activitate al IMM-ului. Timpul este reprezentat prin linia orizontală. Săgețile ascendente reprezintă fluxuri de numerar pozitive (intrări – aport propriu, venituri sau încasări), iar săgețile descendente reprezintă fluxuri de numerar negative (plăți sau cheltuieli). Toate sumele sunt ilustrate în EUR.

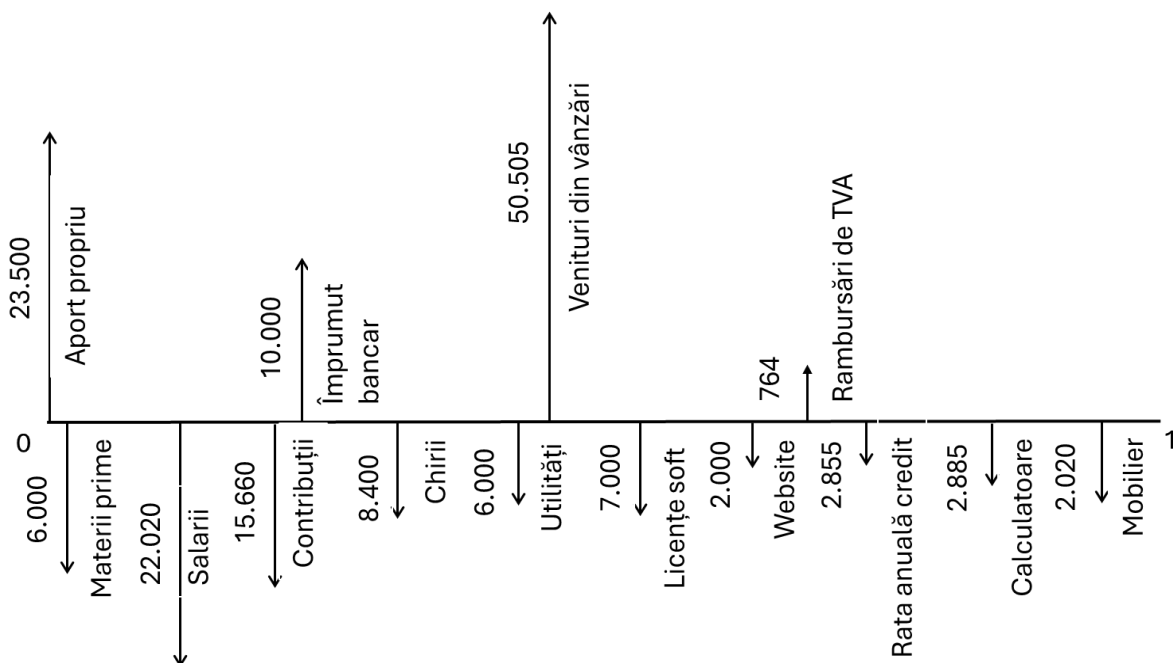


Figura 10 – Diagrama fluxului de numerar

Din oferta băncii BCR obținută la data de 8 septembrie 2022 pentru un împrumut de 10.000 EUR am obținut o dobândă fixă anuală în valoare de 15% și un comision de administrare de 2% la acordarea creditului. Comisionul se plătește o singură dată, la acordarea creditului. Rambursarea împrumutului se face în rate lunare / anuități constante. Rata lunară este fixă și este în valoare de 1.177,60 RON echivalentul a 237,90 EUR.

$$RL = \frac{\frac{15\%}{12} \cdot 49.500}{1 - (1 + \frac{15\%}{12})^{-60}} = 1.177,60 \text{ RON} \quad (3)$$

Fluxul de numerar previzionat în cazul scenariului probabil este pozitiv încă din primul an de activitate al firmei. Soldul final disponibil pe primii trei ani se distribuie astfel: în primul an 9.859 EUR, în anul al doilea 66.366 EUR iar în anul al treilea 169.176 EUR.

Tabelul 8 – Decizia de fundamentare – scenariul favorabil

An	Element	Valoare	VAN	RIR	IP
0	Investiția	4.061			
1	CF1	3.877	160.728,46	5796%	39,58
2	CF2	66.366			
3	CF3	169.176			

La baza decizie de fundamentare a investiției stă analiza celor trei scenarii și schema general a modelelor inovative de business (Figura 6).

Din toate cele trei scenarii în care s-au analizat proiecția veniturilor, proiecția cheltuielilor (inclusiv calculul ratei lunare pentru fiecare credit obținut și calculul dobânzilor), fluxul de numerar, indicatorii de evaluare a proiectelor de investiții (VAN, IP, RIR) a rezultat ca fiind cel mai bun scenariu, cel favorabil.

Decizia de înființare a IMM-ului se va face pe baza scenariului favorabil, prezentat anterior. Pornind de la acest scenariu, varianta optima de fabricare 3D a pieselor constă în recuperarea pulberii și reutilizarea acesteia. Pulberea recuperată poate fi amestecată cu pulbere nouă în proporții egale și se poate reutiliza într-un nou ciclu de fabricare, fără a afecta caracteristicile materialului. Totodată, această ipoteză conduce la scăderea considerabilă a deșeurilor periculoase produse în urma procesului de imprimare și valorificarea pulberilor recuperate și decontaminate.

Capitolul 8. Contribuții privind determinarea unor proiecții financiare ale noului model de business

Costul total al proiectului include următoarele categorii principale: cheltuieli cu personalul, cheltuieli directe, cheltuieli indirecte.

Tabelul 9 - STAT de plată lunar

Nume Prenume	Funcția	Salariu Brut [EUR]	CAS 25% [EUR]	CASS 10% [EUR]	Salariul brut fără contribuții [EUR]	Impozit 10% [EUR]	Salariu Net [EUR]
Popescu Ion	Ing. Proiectant	870	218	87	565	57	508
Vasilache Dan	Ing. Proiectant	870	218	87	565	57	508
Mocanu Cristina	Administrator	1400	350	140	910	91	819
TOTAL		3140	786	314	2040	205	1835

În Tabelul 9 sunt ilustrate veniturile lunare brute ale celor trei salariați, contribuțiile aferente veniturilor brute și salariul net. Cheltuielile anuale cu personalul sunt în cuantum de aproximativ 37.680 EUR, echivalentul a 186.516 RON la un curs de 4,95 RON. Numărul total este de 3 salariați.

Graficul de rambursare a împrumutului

Din oferta băncii BCR obținută la data de 8 septembrie 2022 pentru un împrumut de 10.000 EUR am obținut o dobândă fixă lunară în valoare de 1,25% și un comision de administrare de 2% la acordarea creditului. Comisionul se plătește o singură dată, la acordarea creditului. Rambursarea împrumutului se face în rate lunare / anuități constante. Rata lunară/ anuitatea este fixă și este în valoare de 1.177,60 RON. Valoarea totală plătită (soldul împrumutului) este de 70.656 RON plus un comision 2%, plătit la acordare.

Graficul de rambursare a împrumutului este prezent în Tabelul 10 și conține primele trei luni și ultimele trei luni până la rambursarea integrală a împrumutului.

Tabelul 10 - Graficul de rambursare

Luna	Sold [RON]	Dobânda [RON]	Principal [RON]	Comision [RON]	Rata lunară [RON]
Comision la acordare				974,0	974,0
1	49 500	618,8	558,9	0	1 177,6
2	48 941	611,8	565,8	0	1 177,6
3	48 375	604,7	572,9	0	1 177,6
58	3 446	43,1	1 134,5	0	1 177,6
59	2 312	28,9	1 148,7	0	1 177,6
60	1 163	14,5	1 163,1	0	1 177,6
Total	0	21 156,4	49 500	990	70 656

Formula pentru calculul ratei lunare este următoarea (Radu Daniel, 2018):

$$RL = \frac{\frac{r}{12} \cdot C}{1 - (1 + \frac{r}{12})^{-n}} \quad (4)$$

Unde:

RL – Rata lunară [RON];

r – valoarea anuală a dobânzii din contract [%];

C – Credit [RON];

n – Numărul de luni pentru care s-a acordat creditul.

$$RL = \frac{\frac{15\%}{12} \cdot 49500}{1 - (1 + \frac{15\%}{12})^{-60}} = 1177.60 \text{ RON} \quad (5)$$

În calculul costului de producție intră Modelare CAD și transfer date (Proiectare CAD, Poziționare în cuva virtuală, secționare model, verificare și transfer date pe imprimantă 3D) + Pregătirea imprimantei 3D și a materialelor pentru imprimare + imprimare efectivă (consum materiale, Consum de energie, postprocesare piesă) + Consumabile conexe (alcool izopropilic, șervețele optice) + Costuri cu managementul deșeurilor.

Modul de funcționare și organizare a afacerii

Materia primă, pulberea de Nailon 12, va fi achiziționată de la EOS GmbH.

Aprovizionarea se face JIT (just in time). Principalele obiective ale utilizării acestei metode constau în eliminarea stocurilor, diminuarea inventarului, costuri reduse și îmbunătățirea calității.

Principalele etape din procesul de producție constau în primirea cererilor de fabricare, corectarea/proiectarea modelului CAD și lansare în fabricație a produsului finit. Produsele se realizează doar la cerere, pe baza unui contract ferm.

Programul software utilizat de companie pentru a proiecta accesoriile și piesele de schimb este ANSYS SpaceClaim. Programul software utilizat de companie pentru a imprima piesele este Materialise Magics.

Impactul asupra mediului

Poluarea cu plastic este una dintre cele mai mari probleme ale ecosistemului. Firma își propune să colecteze pulberea rămasă în urma procesului de fabricare și să o recicleze, într-un demers care se înscrie în conceptul de dezvoltare sustenabilă, promovat de companie.

Capitolul 9. Contribuții privind produsele dezvoltate pe baza noului model de business

Capitolul 9 face referire la serviciile 1, 2 și 4 de prototipare, consultanță și proiectare din cadrul schemei generale a modelului de business inovativ prezentată în capitolul 5, Figura 6.

Capitolul cuprinde proiectarea componentelor pentru UAV-uri, serviciul de consultanță în ceea ce privește fabricarea pieselor pentru clienți și un serviciu suplimentar pe care IMM-ul îl poate oferi constă în decontaminarea pulberii de Nailon 12 (PA 2200) care nu mai poate fi utilizat într-un nou ciclu de fabricație.

Pe partea de consultanță un angajat al IMM-ului poartă o discuție cu clientul pentru a înțelege mai bine nevoile și pentru a realiza piesa dorită care să corespundă cerințelor acestuia.

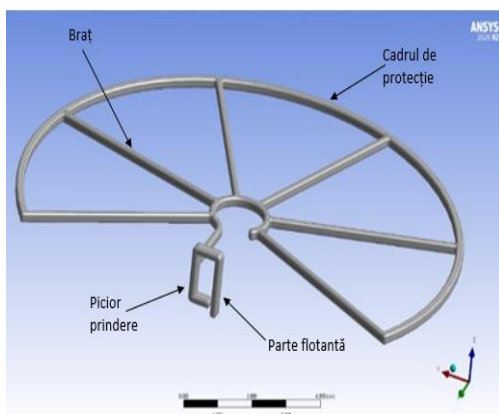
Proiectarea sistemelor de protecție, de susținere și de aterizare

În acest subcapitol se prezintă proiectarea de detaliu a accesoriilor concepute pentru DJI Mavic PRO. Am ales acest model deoarece este unul dintre cele mai vândute drone la nivel național. Principalele etape pentru fabricarea accesoriilor sunt proiectarea, realizarea desenului de execuție, verificarea modelului CAD și imprimarea 3D.

În cadrul acestui capitolului, în vederea proiectării de detaliu a pieselor s-a ținut cont de regulile de proiectare pentru fabricare aditivă.

În cazul unei posibile avarii, principalele elemente afectate vor fi elicele. Imprimarea elicelor nu este posibilă prin tehnologia de fabricare SLS cu Nailon 12. Proprietățile nailonului nu permit fabricarea acestor accesorii datorită faptului că Nailonul construit în strat foarte subțire este flexibil iar toleranțele sunt foarte mici. Din aceste considerente s-a proiectat un set de

grile de protecție pentru elice. Setul de grile de protecție s-a realizat din Nailon 12 (PA 2200). Dimensiunile pentru o singură grilă de protecție sunt 102.02 mm x 132.01 mm x 15.59 mm.



În Figura 11 este ilustrată grila de protecție pentru DJI Mavic PRO. În cadrul proiectării s-a luat în calcul creșterea rezistenței prin mărirea suprafeței de contact între cele 6 brațe și cadrul de protecție. Limita maximă a rezistenței este dată de aria brațului care a suportat rigidizarea. Cadrul de protecție are grosimea de 2 mm și este construit astfel pentru a nu îngreuna foarte mult UAV-ul. Prinderea grilei de protecție pe brațul UAV-ului este cu un picior cu o parte flotantă.

Figura 11 - Grila de protecție elice

Ca element de susținere s-a proiectat un suport pentru DJI Mavic PRO. Dimensiunile suportului sunt ilustrate în Figura 12.

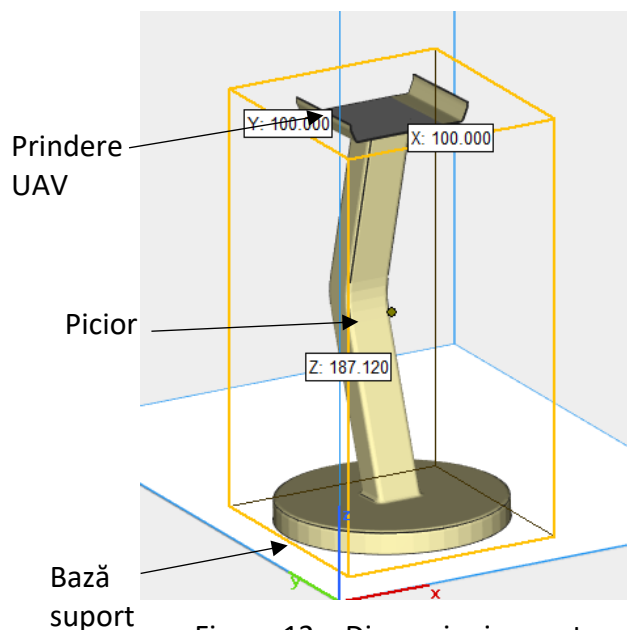


Figura 12 – Dimensiuni suport

Picioarele UAV-ului DJI Mavic PRO sunt foarte subțiri și din această cauză ar putea deveni dificilă aterizarea pe suprafețe cu noroi, zăpadă sau nisip deoarece aceasta s-ar afunda. Din aceste considerente am ales să imprim 3D un set de picioare pentru aterizare pe orice suprafețe pentru UAV. Construirea picioarelor de aterizare a început prin secționarea piciorului UAV-ului și proiectarea secțiunii pe un nou plan. Astfel s-a creat conturul exterior al picioarelor UAV-ului.

În Figura 13 este ilustrat modul de construcție al piciorului de aterizare din față.

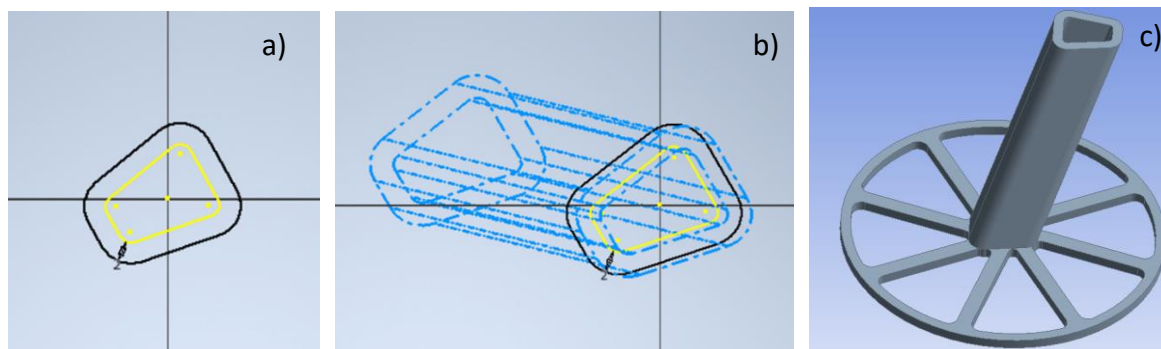


Figura 13 – Picioar de aterizare din față DJI Mavic PRO

Pentru picioarele de aterizare față, profilul de tip țevă a fost închis în partea inferioară. S-a creat un cerc cu diametrul de 65 mm care este unit de 8 brațe de picior. Grosimea brațelor este de 3 mm, iar înălțimea este de 2mm. Pentru rigidizarea suportului de aterizare s-a utilizat funcția fillet între picior, brațe și cadru. Dimensiunile piciorului de aterizare față sunt 65mm x 65mm x 46,23mm.

Pentru picioarele de aterizare din spate s-a creat prinderea suportului de aterizare de piciorul UAV-ului. Partea de prindere a fost secționată cu un plan și s-a eliminat o parte din material pentru a permite prinderea cu o parte flotantă. Cu ajutorul funcției extrude a fost creat piciorul de legătura dintre prindere și cadru de aterizare. Cadrul de aterizare are grosimea de 1,5 mm și înălțimea de 2 mm. Cadrul este unit cu piciorul prin intermediul a opt brațe, fiecare braț având grosimea de 1,25 mm și înălțimea de 2 mm. Diametrul exterior al cadrului are dimensiunea de 60 mm. Dimensiunile piciorului de aterizare spate sunt: 60mm x 60mm x 44,39mm.

În Figura 14 este ilustrat modul de construcție al piciorului de aterizare din spate.

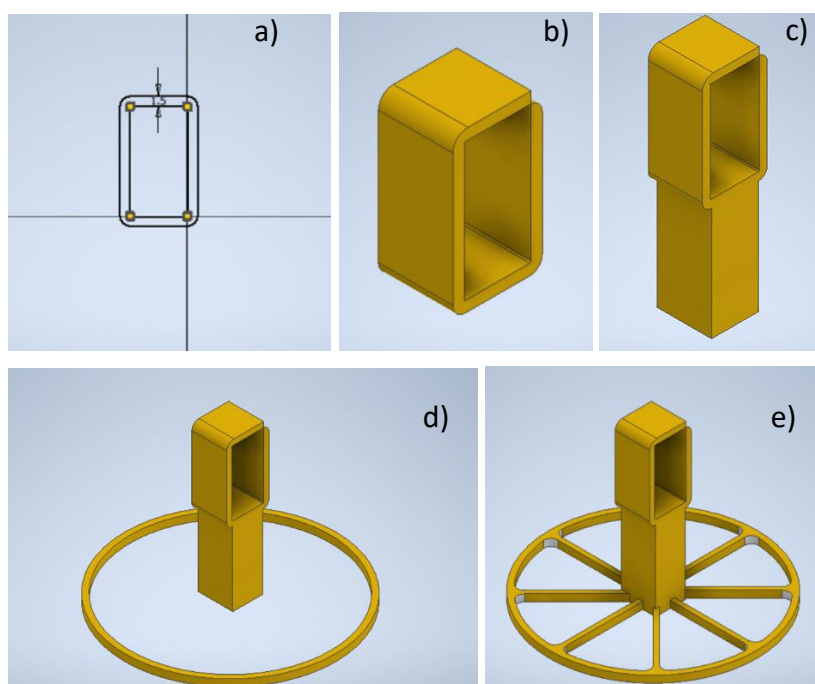


Figura 14 – Construcție picior de aterizare spate

Modul de lucru

Piese realizate în Ansys SpaceClaim au fost exportate în format STL. Formatul de date STL fiind ulterior importat în programul Materialise Magics. Programul are un modul care permite diagnosticarea problemelor și remedierea acestora. După verificarea și remedierea eventualelor erori, se lansează piesele în execuție. Piesele având o complexitate redusă nu au fost evidențiate erori. Programul Materialise Magics dispune de o bibliotecă variată de imprimare 3D. S-a ales imprimanta Formiga P100 pentru realizarea pieselor.

În Figura 15 s-a ilustrat poziționarea pieselor în cuva virtuală. Piesele au fost poziționate astfel încât spațiul și timpul de imprimare să fie optimizate. După cum se poate observa în figura de mai sus, grila de protecție s-a amplasat la 3 cm față de fundul cuvei iar între brațele acesteia se pot observa picioarele de aterizare din față.

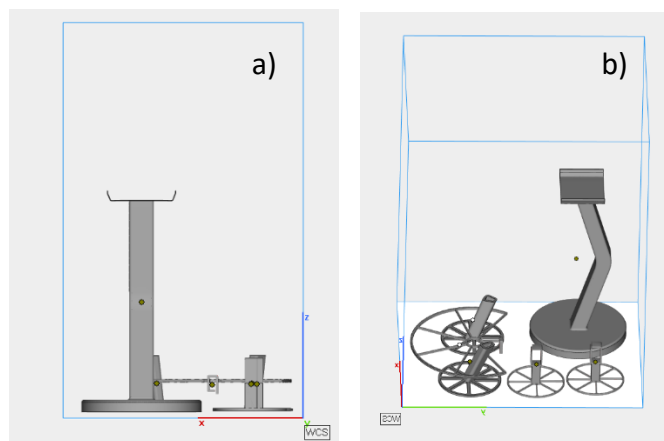


Figura 15 - Poziționarea pieselor în cuva virtuală a) vedere plan XZ b) vedere XY

Piesele s-au poziționat cu baza în jos. Astfel în momentul imprimării 3D se creează mai întâi partea inferioară a piesei (baza), urmând ulterior să se construiască piciorul și partea de prindere. Se construiește mai întâi baza ca sprijin și totodată, fiind o suprafață mai mare imprimată se păstrează o căldură uniformă pe toată suprafața piesei rezultând o sinterizare eficientă a pulberii care oferă rigiditate piesei.

Piesele sunt poziționate la o înălțime de 50 mm față de fundul cuvei. Acest lucru permite depunerea succesivă a unor straturi de pulbere de nailon ca suport pentru piesele care urmează să fie imprimate. Grosimea fiecărui strat este de 0,1 mm.

Laserul parcurge o mișcare alternativă de tip longitudinal - transversal în construcția piesei astfel încât piesele să aibă o rezistență mecanică cât mai bună. Puterea laserului este de 30 W, iar viteza de scanare 5m/s.

În programul Materialise Magics se creează un fișier de tip STL care preia cuva cu toate piesele. Acest nou fișier se importă în programul de la EOS denumit PSW3.3_P100. Programul are un modul slice view care permite transformarea fișierului de tip STL într-un fișier de tip SLI. În acest moment cuva împreună cu piesele este secționată în straturi cu grosimea de 0,1 mm. În Figura 16 se pot vizualiza două dintre straturi. Primul strat a) ilustrează momentul de începere al imprimării și se pot observa picioarele de aterizare față, spate și suportul UAV-ului. În cel de-al doilea strat ilustrat se poate observa și grila de protecție.

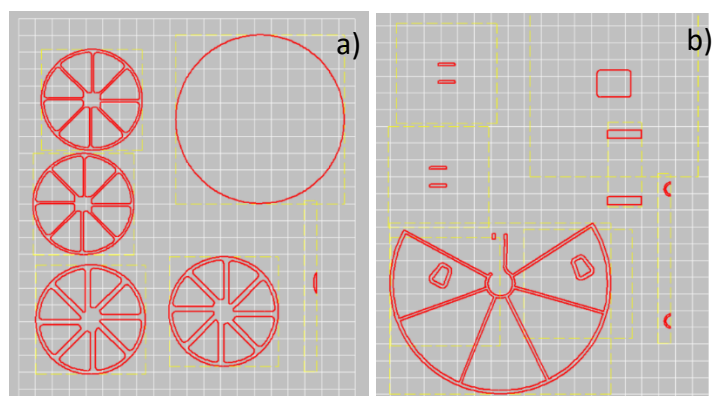


Figura 16 – Capturi de ecran din programul PSW3.3_P100

În Figura 17 este indicat procesul de construcție al pieselor din programul imprimantei EOS Formiga P100. În prima figură a) este ilustrat stratul 62. În acest strat se poate observa construcția bazei picioarelor de aterizare față, spate și suportul pentru UAV, c) ilustrează stratul 300 se poate vedea grila de protecție a elicei.



Figura 17 - Procesul de construcție al pieselor a) 62mm b) 300 mm

După finalizarea procesului de imprimare 3D, răcirea cuvei și a pulberii până la o temperatură de 37°C se trece la etapa de scoatere a cuvei din imprimantă și scoaterea pieselor din cuvă. Prima etapă constă în îndepărtarea grosieră a nailonului nesinterizat de pe suprafața pieselor. Cea de-a doua etapă constă în suflarea cu aer comprimat a pieselor într-un mediu controlat pentru a elimina pulberile reziduale din etapa de imprimare 3D.

Pentru imprimarea 3D a pieselor s-au încărcat rezervoarele imprimantei cu 7 kg pulbere. S-a utilizat pulbere nouă în proporție de 50% și pulbere recuperată în proporție de 50%. Pulberea recuperată înseamnă că a mai fost într-un ciclu de fabricație. Calculele și măsurătorile s-au realizat pentru a putea determina procentul de pulbere care se poate recupera și reutiliza într-un nou ciclu de fabricație și procentul de pulbere care nu se mai poate utiliza în imprimarea 3D dar se va recicla și se va utiliza ca materie primă în alte industrii.

Pentru imprimarea celor 18 piese, având masa totală de 315,5 grame s-au utilizat 5.469 grame de pulbere. Din cantitatea totală de pulbere de Nailon utilizată se recuperează 4.832 grame care poate fi reutilizată într-un nou ciclu de fabricație. În contextul economiei circulare, în

urma acestui proces de imprimare 3D rezultă o cantitate de 321,5 grame de pulbere care va fi decontaminată și reciclată.

Ținând cont de masa de pulbere care nu se mai poate reutiliza, rezulta faptul că în urma a 3-4 cicluri de fabricare va rezulta un kilogram de pulbere reziduală (care poate fi reciclată).

În urma utilizării a 16 kg de pulbere rezultă 1 kg de pulbere reziduală care va fi decontaminată și ulterior reciclată, rezultând un raport al pulberii reciclate de 1:16.

Reguli de proiectare pentru AM

Imprimarea 3D prin utilizarea tehnologiei de Sinterizare Selectivă cu Laser permite construirea unor geometrii complexe. Tehnologia SLS este o metodă scalabilă care realizează prototipuri funcționale.

În cazul imprimării 3D cu pulbere de Nailon 12 nu este necesară construirea structurilor suport. Acest lucru permite mai multă libertate în design și construcție spre deosebire de alte tehnologii de imprimare.

Imprimarea prin tehnologia SLS are un comportament anizotrop, ceea ce înseamnă că nu are aceleași proprietăți fizice în toate direcțiile de imprimare. Rezistența maximă a pieselor sinterizate este în planul XY. În vederea realizării accesoriilor pentru UAV-uri realizate de IMM s-a ținut cont de acest aspect, astfel piesele s-au poziționat pe axa XY, paralele cu fundul cuvei. Poziționarea pieselor în cuva imprimantei este ilustrată în subcapitolul precedent

Pentru a obține proprietăți mecanice bune, Grosimea recomandată a stratului este de 0,1 mm și direcția de imprimare, pe orizontală, de 0° ($PD = 0^\circ$).

Concentrațiile de tensiuni reprezintă un alt aspect important în proiectarea pieselor. În cadrul proiectării s-a luat în calcul creșterea rezistenței prin rotunjirea muchiilor între cele 6 brațe și cadrul de protecție (grila de protecție elice). Pentru construirea picioarelor de aterizare s-au respectat același reguli ca în cazul grilei de protecție. Toate marginile și colțurile s-au rotunjit, utilizând funcția fillet, pentru a oferi o rezistență mai bună piesei.

Perete în consolă, prinderea grilei de protecție pe brațul UAV-ului este cu un picior cu o parte flotantă. Nailonul construit în strat subțire este flexibil și permite construcția prinderii în acest mod); Această regulă s-a respectat și la prinderea piciorului de aterizare din spate de piciorul UAV-ului.

Servicii de consultanță în proiectare și fabricare

Serviciul de consultanță are un rol important în dezvoltarea IMM-ului. Primul pas înainte chiar de proiectarea și fabricarea unei componente constă în discuția dintre angajat/ inginerul proiectant și client. Discuția are rolul de a înțelege cu exactitate dorințele și necesitățile fiecărui client și de a realiza astfel o piesă conform nevoilor clientului.

Orice client poate contacta compania direct de pe site-ul companiei, fie telefonic. Odată cu mesajul de pe site, clientul poate încărca piesa CAD, iar o persoană specializată o verifică și o corectează.

Capitolul 10. Resurse informaționale

Finanțarea afacerii, în proporție de 70,15% (116.325 RON), va fi asigurată de asociatul unic, care ocupă funcția de director general al firmei UAV 3D Printing Lab SRL. Cofinanțarea, în proporție de 30% (49.500 RON), va fi obținută de la bancă sub forma unui credit bancar. Valoarea creditului bancar este de 10.000 EUR, pe o perioadă de 5 ani cu o dobândă de 15% pe an. Veniturile obținute din vânzarea produselor vor fi reinvestite.

Aționarul nu a avut calitatea de administrator sau asociat unic într-o societate comercială care a fost în declarată în insolvență sau faliment în ultimii 5 ani (2019, 2020, 2021, 2022, 2023).

Poziția produselor/serviciilor societății pe piață comparativ cu cele ale concurenței

Ținând cont de trendul ascendent al vânzărilor de drone, realizat de Drone Industry Insights și prezentat în introducere, și raportat la creșterea cererii accesoriilor conexe firma ar putea ocupa o cotă importantă de piață.

Tipul de afacere este B2C. Compania va livra produsele finite către clienții finali (persoane fizice). Întreprinderea optează să se lanseze pe piață cu un preț mediu. Strategia de preț are ca obiectiv atragerea unui număr mare de clienți și obținerea de profit. Pentru a putea păstra prețul la un nivel mediu compania SC UAV 3D Printing Lab va trebui să acumuleze un număr de minimum 3-4 comenzi pentru eficientizarea costurilor fixe, cu consumul de energie.

Strategia de vânzare a produselor se realizează prin comerțul cu amănuntul (en detail). Compania onorează comenzi mici (produse în serie mică și mijlocie) pentru un număr mare de utilizatori finali pe baza unui contract. Produsele pot fi ridicate personal de la sediul companiei sau pot fi livrate la adresa clientului, prin intermediul firmelor de transport colaboratoare.

Pentru realizarea accesoriilor pentru UAV-uri (grilă de protecție pentru elice, picioare de aterizare față, picioare de aterizare spate, suport) costul total este detaliat în Tabelul 11.

Tabelul 11 – Cost accesorii UAV

Produse: accesorii UAV (139 g)	Cost
Materie primă – PA2200	84,20 RON
Materiale consumabile auxiliare (alcool izopropilic, șervețele optice); /produs	5 RON
Manoperă	148,5 RON
Utilități/Energie electrică	46,30 RON
Cost de fabricație	284 RON
Adaosul comercial (RON)	62,5 RON
Adaosul comercial (%)	22%
Preț de vânzare	346,5 RON

Prețul de vânzare pentru accesorii având masa de 139 g este de 346,50 RON, pentru acesta adaosul comercial este de 22%. Astfel, pentru a ușura calculele pentru previziunea producției se consideră o comandă pentru realizarea accesoriilor de 100 g. Prețul de vânzare pentru accesorii cu masa de 100 g este de 250 RON calculat astfel: $346,5/139*100$.

Prețul pentru 1 Kg pulbere de Nailon este de 60 EUR, curs 1 EUR = 4,95 RON. Rezultă un preț/kg pulbere Nailon de 297 RON.

Producția corespunde unui an calendaristic, 365 zile. Calculul previziunii s-a efectuat pentru perioada 2024-2024. Anul 2024 are 252 zile lucrătoare, fără weekend-uri și zile libere naționale, anul 2025 are 248 zile lucrătoare și anul 2026 are 249 zile lucrătoare.

Unul dintre obiectivele propuse pentru primul an constă în atragerea unui număr de 1000 de clienți. Un accesoriu pentru UAV-uri poate avea de la câteva grame până la câteva zeci de grame în funcție de dimensiunile dronei, de dimensiunile accesoriilor, de volumul piesei. Se estimează o medie de 100 g pentru accesoriul/ client astfel avem detaliată previziunea producției în Tabelul 12.

Tabelul 12 - Previziunea producției

Produs	UM	AN I	AN II	AN III
Accesoriu UAV	1 Buc / 100 g	1000	3000	5000

Lansarea în execuție a comenzilor se va efectua pentru produse finite de minimum 100 de grame. Astfel se vor colecta 2-3 comenzi pentru o eficientizare a utilizării energiei electrice și pentru a păstra prețurile la un nivel mediu.

Promovarea reprezintă principalul canal de comunicare cu consumatorul. În cazul firmei UAV 3D Printing SRL, promovarea firmei se va face prin intermediul site-ului propriu și prin vânzare directă. Promovarea companiei prin intermediul paginii Web se realizează cu costuri mici și prezintă avantajul de a se îmbunătăți și actualiza permanent. Pe site-ul companiei sunt prezentate atât serviciile oferite clienților, cât și valorile și misiunea. Adresa web a paginii de promovare este: <https://uav3dprinting.wixsite.com/uav-3d-printing-lab>.

Logo-ul firmei înglobează viziunea modernă și totodată ilustrează principalul domeniu de activitate, cel al fabricării 3D a componentelor pentru UAV-uri. Logo-ul este atent ales astfel încât potențialilor clienți să li se transmită tipul serviciilor oferite de firmă.

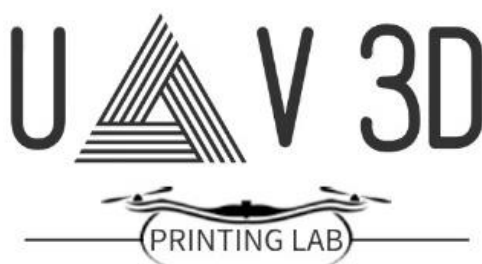


Figura 18 – Logo UAV 3D Printing Lab

În primul an de funcționare al firmei, clientul va completa un formular (Figura 19) de solicitare a ofertei în care descrie componenta de care are nevoie și opțional încarcă modelul CAD, dacă îl deține. Solicitarea va fi preluată și analizată de unul dintre inginerii proiectanți. Acesta va analiza modelul CAD, va face un calcul de cost și îi va transmite oferta clientului, în decurs de 24h lucrătoare. Începând cu anul al doilea se va integra un algoritm de calcul în platforma care va calcula automat prețul orientativ în momentul în care clientul va încărca piesa.

Obține o ofertă de preț personalizată

Transmite-ne ideea ta sau piesa în format CAD și noi o să te contactăm în 24 de ore și o să îți oferim cea mai bună ofertă.

Nume

Prenume

Email *

Telefon

Care sunt serviciile de care ai nevoie? *

Proiectare CAD

Printare 3D

Proiectare CAD + Printare 3D


Daca detii modelul CAD ce doresti să fie imprimat îl poți transmite către noi. 

Figura 19 – Formular cerere ofertă

Alte metode de promovare includ participarea la expoziții de fabricație aditivă, încheierea unor acorduri cu firme care să afișeze pe site-ul lor reclame cu compania, stabilirea unor relații de colaborare cu Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA BUCUREȘTI (efectuarea unor stagii de practică).

Unul dintre elementele importante ale mixului de marketing constă în identificarea segmentul de piață țintă. Piața țintă este reprezentată de consumatorii individuali/ persoane fizice.

Vânzarea directă este caracterizată prin comunicarea față în față care conduce la păstrarea unor relații viitoare pentru ca aceștia să revină. Atragerea clienților se face prin promovarea unor produse de calitate oferite la preț competitiv. Pe site-ul companiei există o rubrică unde clienții pot lăsa un feedback. Clienții vor primi răspuns indiferent dacă feedback-ul este pozitiv sau negativ.

Capitolul 11. Contribuții privind proiectarea unor servicii de decontaminare a pulberilor, în cadrul modelelor de business

Serviciile de decontaminare oferite de IMM sunt ilustrate în cadrul Serviciului 5 din schema generală a modelelor inovative de business (Figura 6).

Metoda de purificare și tratare.

Pentru purificarea și tratarea pulberii a fost concepută o metodă având drept scop eliminarea impurităților și a urmelor de fier din amestecul eterogen.

Principalele etape în procesul de purificare sunt:

1. Curățarea pulberii;
2. Tratarea termică a pulberii;
3. Spălarea și filtrarea;
4. Uscarea.

Metoda de curățare a pulberii

Din punct de vedere al eficienței și al costurilor s-a ajuns la concluzia că se va utiliza spălarea pulberii cu o soluție de apă și hidroxid de potasiu, descrisă în continuare. Pentru a verifica eficacitatea eliminării contaminanților, s-au analizat șapte probe. Condițiile în care cele șapte probe s-au realizat sunt prezentate în Tabelul 13.

Tabelul 13 - Seturile de teste și condițiile de decontaminare ale pulberii de nailon

Condiții Set de teste	C1	C2	C3	C4
Set 1	$C_{\text{KOH}} = 40\%$	$T = 80^{\circ}\text{C}$	$T = 2\text{h}$	3h; $T = 60^{\circ}\text{C}$
Set 2	$C_{\text{KOH}} = 40\%$	$T = 60^{\circ}\text{C}$	$T = 2\text{h}$	
Set 3	$C_{\text{KOH}} = 40\%$	$T = 90^{\circ}\text{C}$	$T = 1\text{h}$	
Set 4	$C_{\text{KOH}} = 20\%$	$T = 80^{\circ}\text{C}$	$T = 2\text{h}$	
Set 5	$C_{\text{KOH}} = 20\%$	$T = 60^{\circ}\text{C}$	$T = 2\text{h}$	
Set 6	$C_{\text{KOH}} = 60\%$	$T = 80^{\circ}\text{C}$	$T = 1\text{h}$	
Set 7	$C_{\text{KOH}} = 60\%$	$T = 60^{\circ}\text{C}$	$T = 1\text{h}$	

Pentru un randament mai bun s-a luat în calcul și efectuarea unui tratament termic asupra pulberii.

Tratament termic în soluție apoasă de KOH

Într-un pahar Berzelius, pulberea de polimer a fost dispersată într-o soluție de hidroxid de potasiu (KOH 99.8% puritate) concentrații variabile în intervalul 20 - 60% (Condiția C1). Soluția a fost încălzită pe o plită sub agitare magnetică la temperaturi cuprinse între 60 - 90°C (Condiția C2) și menținută timp 1-2 ore (Condiția C3).

După terminarea procedurii aceasta s-a lăsat la decantat 24 ore.

Spălare și filtrare

În această etapă s-au utilizat o pâlnie filtrantă (sticla borosilicat 3.3) și o pompă de vid. Aceasta are rolul de a accelera procesul de separare a pulberii din suspensie.

Pentru îndepărtarea urmelor de KOH, dispersia apoasă de polimer a fost spălată cu apă deionizată și filtrată de 6 ori. Suspensia rămâne în pâlnia filtrantă, iar în pahar se colecta KOH-ul împreună cu impuritățile.

În etapa a șasea de spălare, patul filtrat de polimer umed a fost redispersat într-un litru de apă deionizată unde s-au adăugat 50 ml alcool izopropilic (VLSI grade, BASF) și 25 ml soluție apoasă proaspăt preparată de 1% acid clorhidric (Sigma Aldrich, 37%).

Pentru o îndepărtare cât mai eficientă a ionilor de potasiu s-a utilizat soluția diluată de acid clorhidric pentru neutralizarea dispersiei de polimer. PH-ul dispersiei apoase a avut valoarea de 5,5-6 la o valoare apropiată de pH-ul apei deionizate, indicând o neutralizare corespunzătoare a dispersiei.

Alcoolul izopropilic a fost utilizat pentru o umectare mai bună a particulelor de polimer în apă și pentru a îmbunătăți eliminarea ionilor de potasiu de pe suprafața particulelor de polimer.

Urmele de izopropanol ajută de asemenea la eliminarea apei în etapa de uscare.

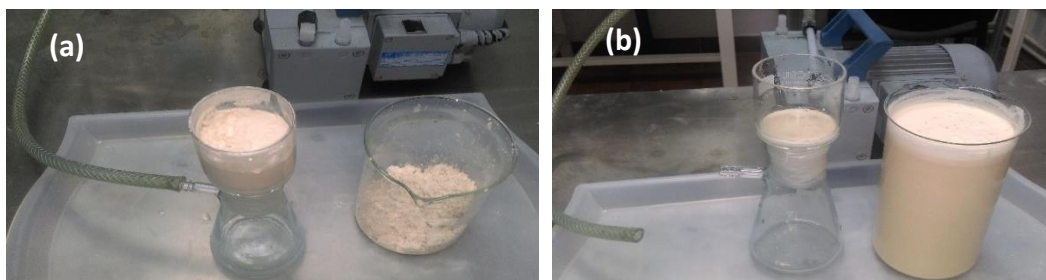


Figura 20 (a) Colectarea pudră umedă de polimer după o etapă de spălare cu apă deionizată; (b) etapă de spălare a pudrei cu soluție de acid clorhidric și izopropanol în amestec cu apă deionizată.

Uscarea

Pulberea umedă de polimer s-a colectat într-un vas cilindric care s-a introdus ulterior într-o etuvă cu vacuum (Memert VO400, Germania) la temperatura de 60°C timp de 3 ore, la un vid de 30 mbar. Vidul a fost anulat cu azot și pudra lasată să se răcească la temperatura camerei.

Controlul contaminării microbiene

S-a recurs la această metodă pentru a putea determina gradul în care s-a reușit decontaminarea biologică a pulberii de Nailon 12.

Primul set de teste a constatat în controlul microbiologic al celor șapte probe rezultate după utilizarea diferitelor condiții de decontaminare. De asemenea, s-a testat o probă din pulberea nouă, sub forma în care se comercializează, ca referință și o probă din pulberea contaminată.

Pentru determinarea contaminării microbiene a pulberii de nailon (PA12) s-au utilizat testele calitative, cantitative și de identificare a microorganismelor.

Testul calitativ s-a realizat prin metoda inoculării directe în mediu. Această metodă presupune transferul unei cantități prestabilite de probă, direct în mediul de cultură și incubarea acestuia la temperaturi cuprinse între 30-37°C pentru bacterii și 20-25°C pentru fungi (Council of Europe, 2004).

Testul cantitativ s-a utilizat pentru determinarea numărului total de microorganisme aerobe (bacterii aerobe, levuri și fungi filamentoși).

Testul de identificare a microorganismelor contaminante cu potențial patogen s-a efectuat pentru detecta următoarele specii: Enterobacteriilor, Escherichia (E.) coli, detectarea Salmonella sp, detectarea Pseudomonas (P.) aeruginosa și detectarea Staphylococcus aureus (S.).

Prima etapă constă în **cântărirea probelor** și anume 10 g din fiecare probă.

Cea de-a doua etapă constă în **realizarea diluțiilor zecimale seriale** folosind același tip de diluant. Diluantul folosit este apă peptonată tamponată (un bulion slab cu pH 7). Diluțiile realizate sunt 1/10; 1/100; 1/1000.

A treia etapă constă în **însămânțarea plăcilor**. Pentru a putea controla o eventuală contaminare, s-a lucrat în mediu steril, la flacăra. Astfel, fiecare instrument în parte s-a sterilizat înainte și după utilizare.

Cu ajutorul unei pipete electronice, plăcile Petri s-au însămânțat, în picătură, cu câte un ml din cele 3 diluții rezultate la pasul anterior. Pentru fiecare probă în parte s-au utilizat 3 plăci.

Determinarea numărului total de bacterii aerobe s-a realizat prin picurarea a câte 1 ml din cele 3 diluții ale fiecărei probe în vasele Petri pe care s-au adăugat 15-20 ml de Trypticase Soy Agar (TSA) lichefiat și răcit la 45 °C. Fiecare diluție a fost lucrată în triplicate (trei probe din fiecare). Probele au fost încorporate omogen în mediul de cultură prin rotirea ușoară a fiecărei plăci. După solidificare, plăcile au fost incubate la temperatura de 37 °C, timp de 24 - 48 h. S-au reținut pentru calcul doar plăcile care au prezentat maximum 300 de colonii.

Determinarea numărului total de levuri și fungi filamentoși s-a realizat prin picurarea a câte 1 ml din cele 3 diluții ale fiecărei probe în vasele Petri pe care s-au adăugat 15-20 ml de Sabouraud Dextrose Agar (SAB) topit și răcit la 45 °C. Fiecare diluție a fost lucrată în triplicat. Probele au fost încorporate omogen în mediul de cultură prin rotirea ușoară a fiecărei plăci. După solidificare, probele au fost păstrate la temperatura camerei 20-25 °C, până la 5 zile. S-au reținut pentru calcul doar plăcile care au prezentat maximum 100 de colonii. S-au numărat coloniile de pe fiecare placă în parte.

TSA și SAB sunt medii solide, dar acestea au fost lichefiate și ținute pe baie de apă la temperaturi de 45-50 °C, pentru a le putea turna pe plăcile însămânțate cu diluțiile din etapa a doua și pentru a permite omogenizarea. Pe fiecare placă s-a notat numărul probei, diluția și data.

Identificarea microorganismelor contaminate cu potențial patogen

Probele au fost testate pentru detectarea unor microorganisme considerate ca indicatori bacteriologici ai contaminării folosind medii specifice, selective și teste biochimice pentru confirmare. Microorganismele specifice sunt de două tipuri:

Înainte de a începe identificarea bacteriilor s-au pregătit masa de lucru, plăcile cu mediile de cultură (Cetrimid, XLD, Mc Konkey, VRDB) s-au introdus la hota pentru uscare apoi s-au pregătit pentru insamantare.

Rezultate și discuții privind controlul contaminării microbiene

Pentru determinarea numărului total de bacterii aerobe și pentru determinarea numărului total de fungi, rezultatele se exprimă ca UFC/ml (g)- numărul de unități formatoare de colonii/ml sau g de produs. Ecuația este următoarea:

$$\frac{a+b+c}{3} \times 10^{-d} = \text{UFC/ml} \quad (6)$$

Unde:

$\frac{a+b+c}{3}$ - media aritmetică a coloniilor numărate

10^{-d} – factorul de diluție (*ex: 10⁻¹ diluție 1/10*)

În Tabelul 14 și în Tabelul 15 sunt prezentate rezultatele detectate pe eșantioane. În cazul numărului total de bacterii aerobe și fungi, coloniile dezvoltate pe placă au fost calculate pentru fiecare diluție în trei exemplare.

Tabelul 14 - Determinarea numărului total de bacterii aerobe în mediul de cultura TSA

Proba	Diluția								
	1/10			1/100			1/1000		
S1	-	-	-	23	16	26	-	-	-
S2	1	1	7	2	-	-	10	2	1
S3	1	1	3	-	-	-	1	-	-
S4	20	2	-	1	1	1	1	1	6
S5	1	2	1	1	1	1	1	1	-
S6	1	2	-	4	2	-	1	-	-
S7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pulberea netratată/contaminată	Contaminare masivă cu fungi								

Exemplu de calcul: Pentru diluția 1/100 în cazul probei S1, UFC este:

$$\text{UFC} = \frac{23+16+26}{3} \times 10^{-2} = 25.33 \times 10^{-2} \text{ UFC/ml} \quad (7)$$

Se poate observa un număr mic de bacterii dezvoltate pe mediu TSA. Proba netratată a fost puternic contaminată cu fungi, ceea ce a împiedicat citirea creșterii bacteriene. Cel mai bun rezultat a fost obținut pentru setul de teste S7. Se poate observa că în acest set de teste nu s-a înregistrat creștere bacteriologică la niciuna dintre diluții.

În cazul determinării numărului de levuri și fungi filamentoși s-a folosit mediul Sabouraud Dextrose Agar (SAB). Acest mediu se utilizează în cercetare pentru a favoriza creșterea fungilor și a altor tipuri de ciuperci. Totodată, agar-ul din compoziție are un pH acid care inhibă creșterea bacteriilor. Plăcile au fost incubate la temperatura camerei, aproximativ 20-25° C.

Pentru calcul s-au reținut doar plăcile care au conținut un număr de maximum 100 de colonii. Fiecare placă Petri s-a împărțit în 4 cadrane și s-au numărat coloniile. S-au obținut rezultatele

prezentate în Tabelul 15.

Tabelul 15 - Determinarea numărului total de fungi în mediul de cultură SAB

Proba	Diluția								
	1/10			1/100			1/1000		
S1	1	-	-	2	1	11	1	3	-
S2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	-	-	1	-	-
S5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S6	1	-	-	1	-	-	-	-	-
S7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pulberea netratată	Contaminare masivă cu fungi								

Proba netratată a fost masiv contaminată cu fungi, fapt care a împiedicat citirea creșterii bacteriene.

Tratamentul chimic al pulberilor de nailon s-a dovedit a fi eficient, fiind observat un număr redus de ciuperci în următoarele seturi de pulberi: S1, S2, S4 și S6 și chiar o reducere totală de 100% a contaminării cu fungi pentru probele S3, S5 și S7.

Pentru determinarea numărului microorganismelor Gram pozitive și Gram negative s-au utilizat următoarele medii de cultură: VRBD, Mac Conkey, XLD, Cetrimide și Baird Parker.

Pe proba contaminată s-au identificat următoarele microorganisme: tulpini din specia staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa și E.coli.

Niciun microorganism utilizat ca indicator bacteriologic (E. coli, Salmonella sp, P. aeruginosa sau S. aureus) nu s-a dezvoltat pe medii specifice, pe probele tratate.

Decontaminarea unui de 1 kg pulbere de nailon implică următoarele costuri: Costuri cu managementul deșeurilor; materii prime; energia electrică; consumabile conexe și cu manopera resurse umane.

În această primă etapă s-au folosit 3 kg pastile de KOH și 5 l apă deionizată pentru un kg de pulbere de nailon, pentru a prepara o soluție de KOH concentrație 60%. Soluția a fost împărțită în mod egal în două pahare Berzelius și a fost încălzită pe o plită sub agitare magnetică la 80°C timp de 2 ore fiecare. Din această soluție inițială s-au preparat soluții cu concentrație mai mică.

Dispersia de polimer a fost spălată cu 5 l apă deionizată și filtrată de cinci ori pentru îndepărtarea urmelor de soluție de KOH. Pompa de vid a fost folosită timp de 10 minute. În ultima etapă de spălare s-au folosit doi litri de apă deionizată la care s-au adăugat 100 ml alcool izopropilic (grade VLSI, BASF) și 50 ml acid clorhidric 1%. Pentru uscare s-a introdus pulberea în cuptorul cu vid timp de 3 ore.

Deși decontaminarea a demonstrat eficiență în îndepărtarea murdăriei și a contaminanților, aceasta are și un cost. Luând în considerare toate aceste elemente și durata fiecărei etape în timpul decontaminării, costul rezultat al pulberii recuperate se ridică la 30,16 Euro pe kg, echivalentul a 149,31 RON. Cantitatea totală de pulbere care a fost utilizată în acest ciclu de fabricație este de 5469 g, iar cantitatea de pulbere care se va recicla este de 321,5 g.

Capitolul 12. Contribuții privind caracterizarea morfologică și spectrală a pulberii de Nailon 12 (PA 2200)

Serviciile de caracterizare microbiologică și spectrală oferite de IMM sunt ilustrate în cadrul Serviciului 5 din schema generală a modelelor inovative de business (Figura 6).

Al doilea set de teste a constat în caracterizarea pulberii curățate în raport cu pulberea nouă, nefolosită dar, și cu pulberea contaminată. Motivul pentru acest al doilea set de teste este de a determina dacă procesul de decontaminare afectează sau nu structura și compoziția pulberii. În acest scop, au fost utilizate mai multe tehnici, cum ar fi microscopia electronică de scanare (SEM), spectroscopia cu raze X dispersive de energie (EDX), spectroscopia cu infraroșu (FTIR), spectroscopia RAMAN.

Microscopie optică de scanare (SEM)

Pentru efectuarea microscopiei electronice de scanare, s-a utilizat echipamentul FEI Nova Nano SEM 630. Microscopia electronică de scanare produce imagini ale unui eșantion prin scanarea suprafeței cu un fascicul de electroni focalizat și oferă informații despre topografia de suprafață și compoziția eșantionului.

În Figura 21 s-au reprezentat morfologiile suprafețelor SEM ale pulberii de referință, contaminată și decontaminată.

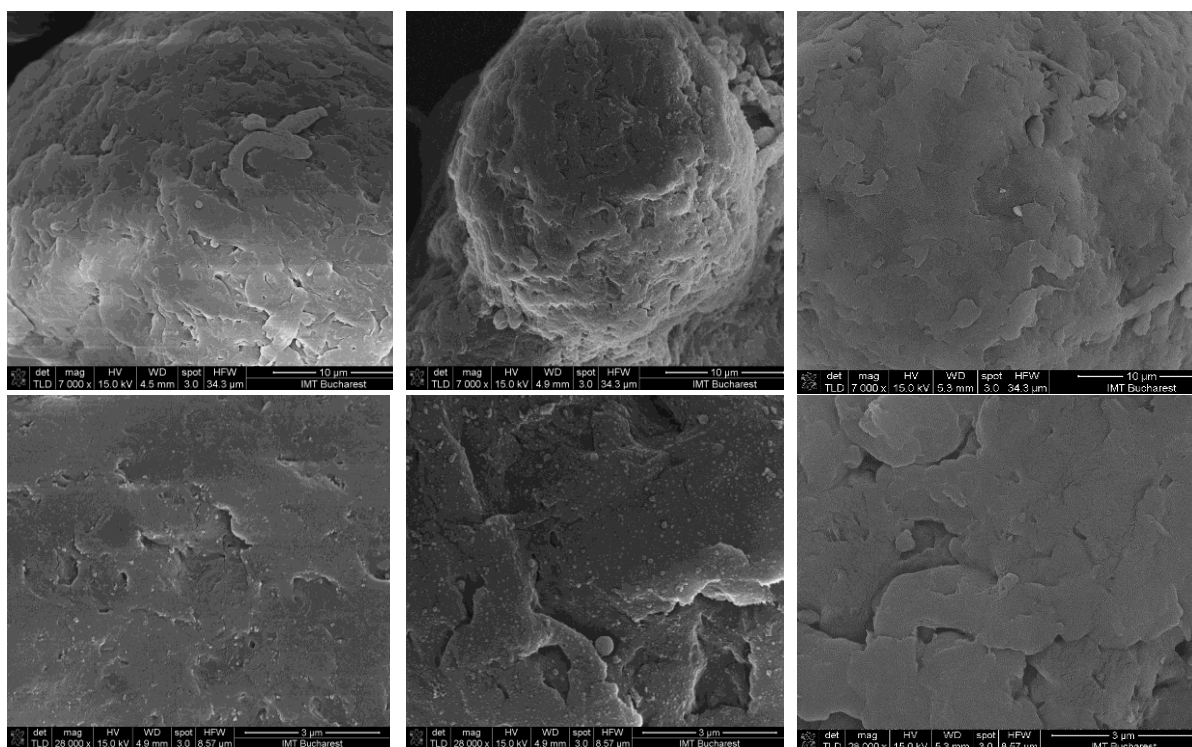


Figura 21 - Morfologia suprafeței SEM a pulberii a) de referință b) contaminată și c) decontaminată având diferite magnificații 7kx în imaginile din partea de sus și 28kx în imaginile din partea de jos

Din imaginile obținute la SEM s-a observat că în eșantionul de referință sunt prezente câteva nanoparticule de aproximativ 50 nm. În plus, în eșantioanele contaminate putem remarca o multitudine de nanoparticule în intervalul 70-430 nm. În proba decontaminată, nanoparticulele nu sunt prezente datorită soluțiilor KOH. Nanoparticulele slab fixate care se aflau la suprafața probei au fost îndepărtate în timpul tratamentului de decontaminare. Mai mult, poate apărea o ușoară gravură a polimerului, ca urmare a comparației dintre figurile 21a și, respectiv, 21c. Suprafața probei decontaminate este puțin mai netedă decât suprafața pulberii de referință, ceea ce sugerează gravarea.

Spectroscopia cu raze X (EDX)

EDX este o tehnică de analiză pentru determinarea compoziției elementare sau a structurii caracteristice a unei probe. Analiza EDX se realizează pe un desktop SEM cu sistem EDS Element.

Constituenții chimici de interes din proba de nailon (PA12) au fost dezvăluiți de spectrele EDX la mărirea de 4kx. Din spectrele EDX s-au observat diferite concentrații de carbon, azot și oxigen.

Constituenții chimici de interes, din eșantioanele analizate, au fost dezvăluiți de spectrele EDX. Se poate observa o diferență între concentrația de azot și oxigen din raportarea la proba contaminată (vezi Tabelul 16). Aceste diferențe se datorează cel mai probabil contaminanților existenți pe suprafața eșantionului respectiv. De asemenea, se poate observa că eșantionul de referință nu este atât de diferit de proba decontaminată.

Tabelul 16 - Compoziția elementară a seturilor de pulberi polimerice rezultate din analiza EDX

Element	Referința		Contaminat		Decontaminat	
	Masa %	Atomic %	Masa %	Atomic %	Masa %	Atomic %
C	66.8	71.4	68.9	74.1	63.4	68.4
N	17.8	16.3	6.2	5.8	16.9	15.6
O	15.4	12.3	24.9	20.1	19.7	16.0

În ceea ce privește compoziția de carbon (C), Azot (N) și oxigen (O), în spectrele EDX, se poate observa o variație mică între concentrația de carbon și oxigen pentru pulberea de referință și cea decontaminată (Tabelul 16).

Din spectrele EDX se observă că pulberea contaminată conține, de asemenea, Si, P și S. În timp ce Siliciul poate fi atribuit componentei minerale a prafului (SiO_2), Fosforul poate fi atribuit atât contaminantului organic, cât și unei componente pe bază de fosfați din fracția minerală. Se poate lua în considerare și componenta Sulf. Ceea ce este important de văzut din analiza EDX este că pulberea decontaminată nu are contaminanți, cel puțin în limita de detectare a sistemului EDX (0,5% la, rezoluția 129.2 eV).

În ceea ce privește N, există o scădere mare a acestuia în cazul pulberii contaminate în comparație cu cea proaspătă și o revenire a concentrației de azot pentru pulberea decontaminată. De asemenea, aceasta variație se regăsește și în cazul oxigenului.

Spectroscopie în infraroșu (FTIR)

Spectroscopia FTIR a fost efectuată pentru a determina efectul decontaminării asupra compoziției polimerului. Echipamentul utilizat este FTIR spectrometru – Tensor 27/Bruker Optics/2006. Spectrele FTIR ale pulberii de referință, contaminate și decontaminate sunt prezentate în Figura 22.

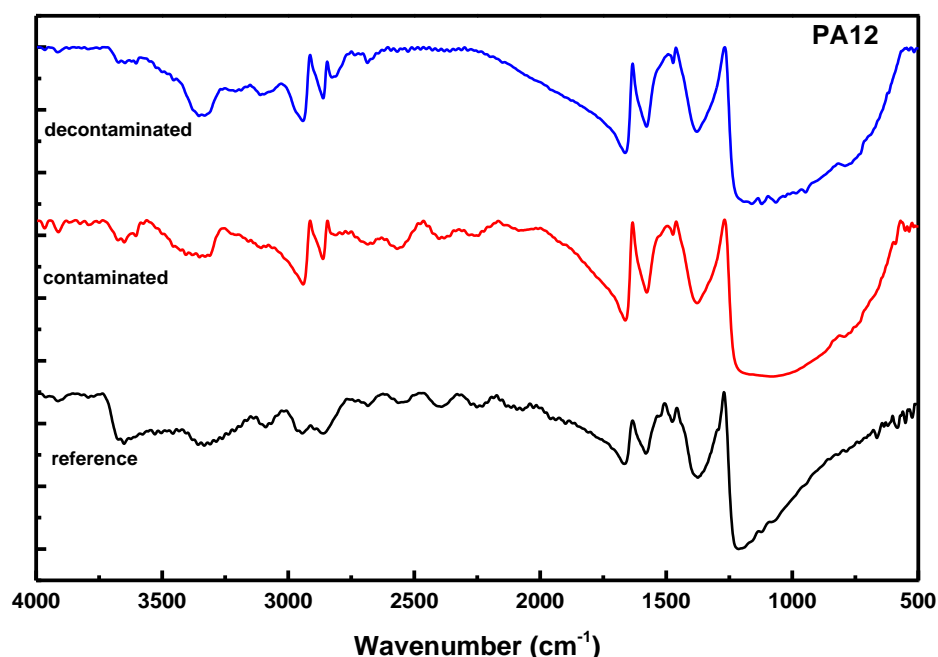


Figura 22 - Spectre FTIR pentru pulbere de referință, contaminată și decontaminate

În proba de referință vârfurile de la 3358 și 1581 cm^{-1} sunt atribuite vibrațiilor de întindere și îndoire a modului NH. Vârfurile de la 2945 și 2860 cm^{-1} corespund vibrațiilor de întindere ale - modului CH_2 . Vârful de 1666 cm^{-1} este atribuit modului vibrațional $\text{C} = \text{O}$.

În spectrele FTIR ale eșantionului contaminat pot fi observate câteva mici modificări ale pozițiilor de vârf în modurile vibraționale $\text{C} = \text{O}$ și grupurile $-\text{CH}$. Prezența contaminanților la suprafață poate fi responsabilă pentru această deplasare a vârfurilor.

Un alt motiv al schimbării poziției de vârf este că pulberea contaminată a trecut printr-un proces de încălzire termică în timpul SLS. Urmele de solvenți conținuți în granulele de pulbere au fost îndepărtate prin evaporare. Acest lucru ar putea explica de ce probele contaminate și, respectiv, decontaminate, au un spectru destul de similar la valori scăzute ale numărului de undă și în jurul intervalului 2750 - 3000 cm^{-1} .

Spectroscopia Raman

Spectroscopia Raman este o tehnică care se utilizează pentru a observa modurile de vibrație, rotație și alte mișcări de frecvență joasă într-un sistem. Echipamentul utilizat este WITec RAMAN spectrometer alpha 300S/2008. Spectroscopia Raman arată compușii chimici în care se găsesc elementele.

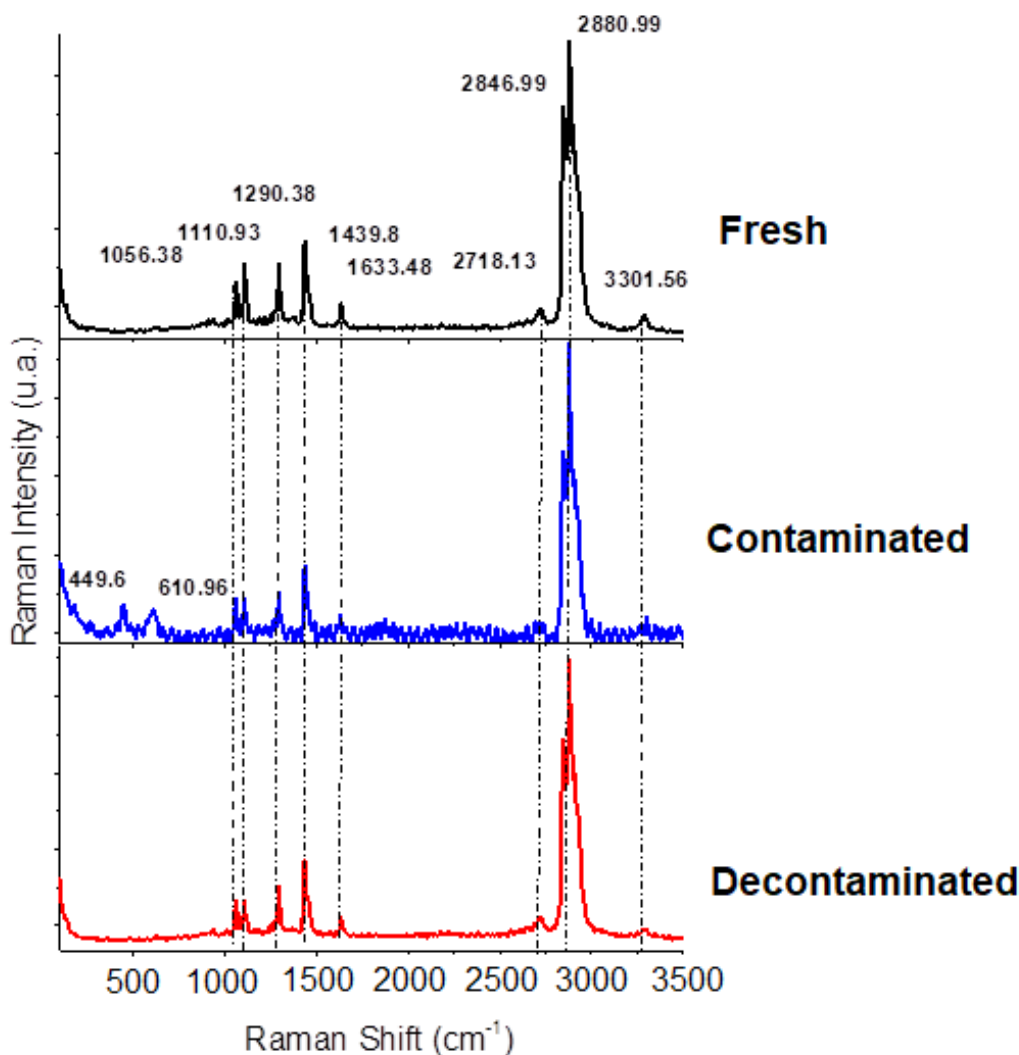


Figura 23 - Spectroscopia Raman pentru pulberea nouă, contaminată și decontaminată

În spectrele RAMAN se poate observa, în cazul probei contaminate, apariția unor vârfuri la pozițiile 449,6 și 610,96. Putem concluziona că vârful 610,96 cm⁻¹ se datorează prezenței SiO₂, cel mai probabil din particule de praf. Prezența siliciului este susținută și de spectrele EDX, în timp ce datele Raman arată compusul în care se găsește Si.

Cea mai mare parte a grupurilor identificate sunt atribuite poliamidei. Aceasta înseamnă că, în limita de detectare a sistemului, compoziția chimică a materialului nu a fost modificată de procesul de decontaminare. Câteva mici diferențe (în ceea ce privește poziția liniilor) apar între pulberea nouă, nefolosită, și cea contaminată, respectiv decontaminată. Această schimbare se poate datora efectului căldurii în timpul procesului SLS prin care a trecut eșantionul contaminat.

Pe baza datelor FTIR și Raman, putem afirma că procesul de decontaminare nu a modificat compoziția chimică a pulberii de nailon PA12.

Capitolul 13. Concluzii finale și direcții viitoare de cercetare

Concluzii finale

În urma analizei stadiului actual prezentat în prima parte a tezei și a desfășurării cercetărilor din cea de-a doua parte, s-au desprins mai multe concluzii finale după cum este prezentat în continuare.

Utilizarea tehnologiei de fabricație aditivă prin sinterizare selectivă cu laser poate fi utilizată cu succes la realizarea accesoriilor pentru UAV-uri. Materialul utilizat pentru fabricarea pieselor este Nailon 12 (PA2200).

În cadrul studiului realizat la nivel global al firmelor care au ca obiect de activitate fabricația aditivă s-au identificat modelele de business utilizate. Modelele de business sunt de tipul B2B, B2C sau de tip platformă.

Din analiza companiilor care activează în România în domeniul fabricației aditive a rezultat că majoritatea acestora realizează obiecte utilizând tehnologia FDM. Această tehnologie utilizează materiale precum PLA și ABS. Niciuna dintre firmele analizate din România nu abordează conceptele economiei circulare. S-au identificat 3 competitori direcți ai IMM-ului care utilizează tehnologia SLS.

În urma realizării schemei generale a modelelor inovative de business specifice IMM-urilor cu obiect de activitate în domeniul tehnologiilor aditive SLS și a aplicării metodei AHP, a rezultat un model optim de înființare a afacerii.

Modelul optim de înființare a IMM-ului în domeniul fabricației aditive are la bază realizarea unui prototip funcțional, cu producție de serie zero (până în 50 de bucăți). IMM-ul se axează pe fabricarea pieselor conform nevoilor clientului, la cerere. S-a considerat înființarea unei afaceri de tip spin-off, care are la bază proiectarea de detaliu, iar din punct de vedere al reciclării pulberii are probabilitatea caracterizării contaminării microbiene și caracterizării morfologice și spectrale a pulberii de nailon (PA2200).

În urma definirii a trei scenarii de dezvoltare a rezultat faptul că scenariul optim presupune înființarea unei afaceri de tipul spin-off, derivată din INCD pentru Microtehnologie. Finanțarea afacerii se face în proporție de 70% surse proprii și 30% prin obținerea unui credit bancar. Data de înființare a firmei este 4 ianuarie 2024, urmând ca producția să înceapă în data de 25 martie 2024.

S-au proiectat accesoriile realizate de companie, au fost realizate modele CAD ale acestora, s-au realizat desenele de execuție, verificări în vederea imprimării 3D și un calcul al costului de fabricare.

IMM-ul își propune să recicleze pulberea rămasă în urma fabricării, ceea ce o încadrează în conceptul de dezvoltare sustenabilă. În acest sens s-au efectuat o serie de teste pentru purificarea pulberii și ulterior care a permis identificarea contaminanților microbiologici.

În urma caracterizării morfologice și spectrale a pulberii curățate în raport cu pulberea nouă, nefolosită, dar și cu pulberea contaminată, s-a determinat că procesul de decontaminare nu afectează structura și compoziția pulberii.

Contribuții personale

În cadrul prezentei teze de doctorat se remarcă următoarele contribuții personale:

În partea de analiză a stadiului actual s-a efectuat un studiu al firmelor din domeniul fabricației aditive la nivel global, care reprezintă punctul de pornire în înființarea unei afaceri în acest domeniu. Pentru firmele analizate s-au urmărit modelele de afaceri adoptate de către companii, tehnologiile de fabricație, tipul de imprimantă și materialele utilizate. Totodată s-au evidențiat industriile care au optat pentru utilizarea tehnologiilor de fabricație aditivă și principalii clienți ai firmelor analizate.

Realizarea unei clasificări statistice a firmelor din România din punct de vedere al poziționării geografice, al cifrei de afaceri, al rezultatelor financiare (profit/pierdere), al numărului de angajați, al tehnologiilor și materialelor utilizate și al datei de înființare.

Analiza datelor financiare ale firmelor din România pentru perioada 2020-2022 a arătat că cinci dintre cele 6 firme analizate și-au dublat sau chiar triplat cifra de afaceri la nivelul anului 2022 comparativ cu anul 2020.

Proiectarea unei structuri originale pentru generarea modelelor inovative de business specifice IMM-urilor cu obiect de activitate în domeniul tehnologiilor aditive SLS. Determinarea datelor de intrare în cadrul schemei generale: resurse umane, resurse materiale, resurse financiare și resurse informaționale. Stabilirea activităților principale din cadrul activităților IMM-ului (Prototipare, Producție la cerere, Consultanță, Proiectare și Reciclare pulberi). Combinarea serviciilor din cadrul activităților IMM-ului a condus la conceperea a 640 de modele de business teoretic posibile. Selectarea celor opt modele de business, în cadrul schemei generale, s-a realizat prin combinarea celor mai importante activități din cadrul celor cinci servicii ale IMM-ului

Analiza AHP, recunoscută ca fiind una dintre cele mai performante metode de analiză multicriterială, s-a aplicat pentru stabilirea variantei optime de business specific IMM-urilor în domeniul fabricației aditive.

Analiza celor trei scenarii (favorabil, de bază și nefavorabil) s-a realizat pentru stabilirea și dimensionarea proiectului de investiții, în vederea înființării unui IMM în domeniul fabricației aditive.

Determinarea modelului optim de înființare al IMM-ului s-a realizat pe baza analizei multicriteriale AHP. IMM-ul nou înființat va fi de tipul Spin-Off și va aborda o economie circulară, prin colectarea pulberilor reziduale, în urma realizării unui prototip funcțional, cu proiectare de detaliu și producție la cerere de serie zero. Decontaminarea și reciclarea pulberii poate fi reutilizată ca materie primă în alte industrii precum industria fibrelor textile.

Proiectarea CAD a unui set de piese: sistem de protecție a elicelor, un set de picioare de aterizare și un suport pentru DJ Mavic PRO. În prima variantă grila de protecție a fost proiectată cu un cadru plin, o suprafață de contact mai redusă și un sistem de prindere cu clips. Varianta a doua, cea îmbunătățită, vine cu următoarele avantaje: o masă redusă datorită modului de construcție a cadrului, asemenea unei țevi, gol pe interior, o suprafață mai mare de contact între cadru și brațe prin curbarea îmbinării, iar modul de prindere a fost optimizat alegând o prindere cu o parte flotantă. De asemenea sistemul de prindere al picioarelor de

aterizare spate se prinde cu o parte flotantă. Toate accesoriile au fost verificate, corectate, poziționate în cuva virtuală a imprimantei pentru optimizare și eficientizarea din punct de vedere al consumului de material și energie și imprimate.

Recuperarea și reciclarea pulberii de nailon care nu mai poate fi reutilizată în fabricația aditivă reprezintă un capitol important în cadrul tezei de doctorat și în contextul economiei circulare.

Realizarea celor șapte probe de purificare a pulberii de nailon recuperate în care s-au variat temperatura, concentrația și timpul, a condus la identificarea metodei optime a eliminării contaminanților din punct de vedere al eficienței și costurilor. Astfel, s-a optat pentru spălarea pulberii cu o soluție de apă și hidroxid de potasiu, de concentrație concentrație 60%, încălzită pe o plită sub agitare magnetică la 80 °C timp de 2 ore.

Rezultatele obținute în urma efectuării testelor pentru caracterizarea morfologică și spectrală a pulberii de referință (sub forma în care se comercializează), contaminată (recuperată) și reciclată au arătat că procesul de decontaminare nu a afectat structura sau compoziția pulberii.

Determinarea costurilor pentru decontaminarea unui kilogram de pulbere de Nailon 12.

Direcții viitoare de cercetare

Poluarea este una dintre cele mai mari probleme actuale ale planetei. Obiectivul secundar al firmei este îndreptat asupra factorilor de mediu precum deșeurile, poluarea solului și a apelor cu microplastice.

În acest context, o direcție de cercetare care se va dezvolta în continuare constă în analiza efectului pulberii asupra plantelor, dacă acesta ar ajunge în sol.

Se va analiza influența creșterii plantelor pentru un set de eșantioane. Unul dintre seturile de eșantioane va fi referința (semințe plantă + sol + apă), iar alte seturi se vor trata/ uda cu concentrații diferite de amestecuri omogen apă și pulbere. Se vor analiza rădăcinile și tulpinile la microscop pentru a putea concluziona care sunt efectele pe termen lung asupra poluării solurilor cu microplastice.

O altă direcție de cercetare constă în dezvoltarea de noi materiale sustenabile utilizate în procesul de fabricație aditivă. Totodată, se urmărește ca aceste materiale să fie mai ușor de reciclat și să aibă un impact redus asupra mediului. Un alt aspect poate fi utilizarea materialelor biodegradabile în procesul de fabricație aditivă.

Bibliografie

1. Chua, K. C., & Leong, K. F. (2014). *3D Printing and additive Manufacturing – Principles and Applications* (ed. 4).
2. AACR, A. A. (2020). *Legislatie drone - Aeronave civile fără pilot la bord*. Preluat pe 03 21, 2021, de pe <https://caa.ro/ro/pages/legislatie-drone>
3. AACR, A. A. (2021). *Înregistrare Cont Portal RPAS AACR*. Preluat pe 12 12, 2021, de pe www.rpas.ro
4. Additive-X. (2016). *What is Selective Heat Sintering (SHS)?*. Preluat pe Aprilie 16, 2022, de pe <https://additive-x.com/blog/selective-heat-sintering-shs-work/>
5. Casini, M. (2022). Advanced building construction methods. În M. Casini (Ed.), *Advanced Technology, Tools and Materials for the Digital Transformation of the Construction Industry* (pg. 405-470). Woodhead Publishing.
6. Council of Europe. (2004). *European Pharmacopoeia* (ed. 5th, Vol. 5). Strasbourg.
7. DaSilva, C. M., & Trkman, P. (2014). Business Model: What It Is and What It Is Not. *Elsevier*, 47(6), 379-389.
8. Dincă, L., Banu, A., Vișan, A., & Ionescu, N. (2018). AHP Method to Determine the Optimal Technological Variant for Maxillofacial Implant Fabrication, 22nd International Conference on Innovative Manufacturing Engineering and Energy, IManEE. Chișinău.
9. Forman, E. H., & Gass, S. I. (2001). The analytical hierarchy process—an exposition. 49(4), 469–487.
10. Gopsill, J. A., & Hicks, B. J. (2017). Investigating the effect of scale and scheduling strategies on the productivity of 3D managed print services.
11. Guvernul României. (2022). *Monitorul Oficial al României*. Preluat pe 03 27, 2023, de pe https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/national_strategy_for_the_circular_economy_in_romania.pdf
12. Irwin, J. L., Pearce, J. M., Anzalone, G. C., & Oppliger, E. (2014). The RepRap 3-D Printer Revolution in STEM Education. *Journal of Engineering Education*.
13. Militaru, G. (2013). *Management financiar - Aplicații* (ed. ISBN 978-606-515-456-8). București, România: Ed. POLITEHNICA Press.
14. Mocanu (Costache), A. C., Marinescu, R., Buiu, O., Brîncoveanu, O., & Doicin, C. (2023). The cost of decontaminating and recycling PA2200 powder waste in Selective Laser Sintering technology. *Nonconventional Technologies Review*, Vol. 27(Nr. 1), 53-59.
15. Parlamentul European. (2023). *Economia circulară: definiție, importanță și beneficii*. Preluat pe Oct 28, 2023, de pe <https://www.europarl.europa.eu/news/ro/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circulara-definitie-importanta-si-beneficii>

16. Popescu, D. (2016). *Revista T&T - Fabricația aditivă – Apariția primelor standarde în domeniu.*
17. Radu Daniel. (2018). *Metode De Rambursare a Creditelor* . Preluat pe Iulie 25, 2023
18. TINGJIE, L., ASPLER, J., KINGSLAND, A., CORMIER, L. M., & XUEJUN, Z. (2017). 3D PRINTING – A REVIEW OF TECHNOLOGIES,. *Journal of Science & Technology for Forest Products and Processes.*
19. Saaty, T. L., & Peniwati, K. (2008). Group Decision Making: Drawing out and Reconciling Differences. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*(ISBN 978-1-888603-08-8.).
20. Schroth, L. (2020, June 22). *THE DRONE MARKET SIZE 2020-2025: 5 KEY TAKEAWAYS.* Preluat de pe Drone industry insights: <https://www.droneii.com/the-drone-market-size-2020-2025-5-key-takeaways?fbclid=IwAR2KwnRyYTGiOlnkfqYvjDDpIEoQ3sl9RrJTQfG3BtB1jTJWLFskMF>
21. Țilică, E. V., & Ciobanu, R. (2020). Indicatori de evaluare a proiectelor de investiții (II). *CECCAR Business Review*, 8, 41-44. doi:dx.doi.org/10.37945/cbr.2020.08.05
22. Ulmeanu, M., & Doicin, C. (2018). *Dezvoltarea produselor fabricate aditiv – Aplicații ale Analizei* (ISBN 978-606-610-219-3 ed.). Ed. Bren.