

PROGRAMUL DE FINANȚARE: Planul Național de Cercetare-Dezvoltare și Inovare (PNCDI III)
PROGRAM 2: Creșterea competitivității economiei românești prin cercetare, dezvoltare și inovare
SUBPROGRAM 2.1. Competitivitate prin cercetare, dezvoltare și inovare – Proiect Experimental-Demonstrativ”



TITLUL PROIECTULUI/ACRONIM: MATeriale TermoPLASTice ranforsate ușoare pentru carcase termoformate în vacuum pentru aplicații în Vehicule Aeriene fără Pilot Uman / PlastMatUAV

CONTRACT NR.: 601PED/2022

BUGET TOTAL PROIECT: 598.795 lei

BUGET INCDTP: 249.500 lei

DATA DE ÎNCEPERE: (21/06/2022)

DATA DE FINALIZARE: (20/06/2024)

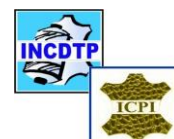
PAGINA WEB: <https://old.incas.ro/images/stories/PN-III/PlastMatUAV/index.html>

PARTENERI:

Coordonator: Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare Aerospațială
“ELIE CARAFOLI” – I.N.C.A.S. București



Partener: Institutul Național De Cercetare-Dezvoltare Pentru Textile
și Pielărie-I.N.C.D.T.P. București - Sucursala Institutul de Cercetare
Pielărie – Încălțăminte I.C.P.I.



OBIECTIVE GENERALE

- 1. Formularea și verificarea de noi ipoteze** privind realizarea de materiale compozite termoplastice cu adaosuri de **nanofibre aramidice modificate**, sub formă de foi, având **proprietăți fizico-chimice optimizate** pentru procesarea prin **termoformare în vid**, precum și efectuarea de **teste preliminare** pe materialele obținute.
- 2. Obținerea și testarea** de materiale compozite termoplastice cu adaosuri de nanofibre aramidice modificate, care să prezinte **densitate redusă, rezistență mecanică ridicată și stabilitate la condițiile de mediu**. Activitățile vor include:
 - ✓ Caracterizarea fizico-chimică și morfostructurală;
 - ✓ Testarea mecanică și termomecanică;
 - ✓ Evaluarea comportamentului la **îmbătrânire accelerată**.
- 3. Explorarea și validarea** de noi ipoteze privind procesarea materialelor nanocompozite termoplastice sub formă de foi, prin **termoformare în vid**, în scopul obținerii de **geometrii complexe** adaptate cerințelor aplicațiilor UAV (vehicule aeriene fără pilot uman).
- 4. Definirea tehnologiei la scară de laborator** pentru dezvoltarea de forme complexe prin termoformarea în vid a foilor de nanocompozite termoplastice obținute în cadrul proiectului.
- 5. Diseminarea rezultatelor tehnico-științifice** obținute, prin intermediul instrumentelor prevăzute în propunerea de proiect (publicații, conferințe, rapoarte etc.).

FAZE DE EXECUȚIE:

Etapa 1 (21.06.2022-31.12.2022)

Denumire Etapă: Selecția și caracterizarea materiilor prime. Dezvoltarea foilor termoplastice și caracterizarea preliminară

Rezultate Etapă: Tehnologia de realizare a foilor din polimer termoplastic cu proprietăți adecvate termoformării ulterioare. Rezultatele tehnico-științifice vor fi diseminate prin participarea la 2 conferințe internaționale.

Etapa 2 (01.01.2023-31.12.2023)

Denumire Etapă: Dezvoltarea, caracterizarea și testarea foilor din nanocompozite termoplastice. Experimentări preliminare în vederea procesării lor prin termoformare în vid

Rezultate Etapă: Stabilire rute tratamente de suprafață nanofibre Kevlar/aramidice, Tehnologia de realizarea a foilor de nanocompozite termoplastice. Obținerea de nanocompozite termoplastice cu nanofibre Kevlar modificare, cu caracteristici performante. Rezultatele tehnico-științifice vor fi diseminate prin publicarea unui articol WoS, participare la 1 conferință internațională, depunerea a 1 cereri de brevet de invenție.

Etapa 3 (01.01.2024-20.06.2024)

Denumire Etapă: Dezvoltarea de capace cu forme complexe, din materialul nanocompozit prin termoformare în vacuum

Rezultate Etapă: Tehnologia de procesare a foilor din nanocompozit prin termoformare în vid. Obținerea de forme complexe de calitate superioară. Rezultatele tehnico-științifice vor fi diseminate prin publicarea a 2 articole WoS, participarea la 1 conferință internațională.

CONCEPTUL ȘTIINȚIFIC:

În contextul actual al dezvoltării accelerate a tehnologiilor destinate vehiculelor aeriene fără pilot (UAV – Unmanned Aerial Vehicles), se manifestă o nevoie stringentă pentru identificarea și dezvoltarea de materiale avansate care să răspundă simultan cerințelor de performanță, durabilitate, greutate redusă și sustenabilitate. Evoluția constantă a aplicațiilor UAV – de la domeniul militar și aerospațial la aplicații civile, de securitate, mediu, sănătate și agricultură de precizie – impune integrarea unor soluții structurale adaptabile și eficiente din punct de vedere al costurilor și al procesabilității.

În acest context, materialele compozite termoplastice armate cu nanofibre aramidice modificate se conturează ca o soluție promițătoare pentru aplicații de protecție a componentelor electronice sensibile ale UAV-urilor. Aceste nanocompozite oferă un raport excelent între proprietățile mecanice și greutatea specifică, precum și o bună stabilitate la factorii de mediu, caracteristici esențiale pentru funcționarea în regimuri de exploatare variate. De asemenea, caracterul termoformabil al materialelor termoplastice permite prelucrarea facilă în forme complexe, prin tehnologii cu amprentă energetică redusă, precum termoformarea în vacuum.

Pe plan internațional, cercetarea în domeniul nanocompozitelor funcționale cu matrici termoplastice s-a intensificat, cu accent pe îmbunătățirea interfeței fibră-matrice, optimizarea proceselor de procesare și creșterea rezistenței la solicitări mecanice, termice și chimice. Modificarea chimică a nanofibrelor aramidice este un domeniu emergent, cu potențial de a spori compatibilitatea cu matricea polimerică și de a genera rețele hibride performante.

Proiectul se înscrie astfel în direcțiile prioritare ale cercetării avansate din domeniul materialelor inteligente și multifuncționale, vizând o integrare coerentă a cunoștințelor din domeniile științei materialelor, chimiei macromoleculare și ingineriei proceselor de fabricație. Prin generarea de noi date științifice privind structurarea, proprietățile și comportamentul în timp al nanocompozitelor termoplastice, proiectul contribuie la consolidarea bazei de cunoștințe necesare pentru dezvoltarea de soluții inovatoare, fiabile și sustenabile în domeniul UAV.

REZULTATE EXPLOATABILE PRECONIZATE PENTRU ATINGEREA OBIECTIVULUI:

Proiectul este orientat către obținerea unor **rezultate cu valoare aplicativă ridicată**, care pot fi transferate către industriile interesate (aeronautică, securitate, echipamente inteligente), contribuind totodată la avansul cunoștințelor în domeniul materialelor avansate. Rezultatele exploatabile preconizate sunt următoarele:

1. **Formule de materiale compozite termoplastice optimizate**, cu adaosuri de nanofibre aramidice modificate, adaptate cerințelor de procesabilitate prin termoformare în vid și de performanță funcțională (rezistență mecanică, durabilitate, stabilitate la mediu). Aceste formule pot constitui **baze tehnologice pentru dezvoltarea de produse comerciale ușoare și durabile**.
2. **Foi de nanocompozit termoformabil** cu caracteristici validate experimental, ce pot fi utilizate ca **elemente de protecție (capace, carcase, învelișuri)** pentru componente electronice sensibile din UAV-uri. Aceste produse pot fi integrate direct în lanțuri tehnologice existente din sectorul UAV sau adaptate pentru alte aplicații industriale.
3. **Tehnologie de procesare la scară de laborator** pentru termoformarea în vid a foilor compozite, incluzând parametri de proces (timp, temperatură, presiune), modele funcționale, soluții de transfer termic și control geometric. Acest rezultat poate constitui fundamentul pentru **extinderea către nivel pre-industrial sau demonstrator TRL 5-6**.
4. **Model funcțional demonstrativ** (prototip) reprezentând o componentă UAV realizată prin termoformare în vid din material compozit dezvoltat în proiect. Acest prototip va permite **testarea în condiții reale sau simulate**, validând astfel aplicabilitatea rezultatelor.
5. **Date științifice și tehnice originale** privind structura, proprietățile și comportamentul în exploatare al materialelor nanocompozite termoplastice, care pot fi valorificate continuu prin:
 - articole în reviste indexate (ISI, BDI),
 - comunicări la conferințe internaționale de specialitate,
 - cereri de protecție a proprietății intelectuale (brevete, modele de utilitate).
6. **Metodologie de caracterizare multidisciplinară**, aplicabilă și altor sisteme nanocompozite, utilă în activități de cercetare-dezvoltare ulterioare din domeniul științei materialelor, cu potențial de **transfer inter-sectorial** (automotive, medical, electronică integrată etc.).

REZULTATE OBTINUTE:

-  1 Tehnologie de modificare a suprafeței fibrelor aramidice prin tehnica sol-gel în prezența precursorului de TiO_2 (izopropoxid de titan) și microceluloză cu rol de stabilizare a dimensiunii particulelor (**Figura 1**);
-  1 Tehnologie de modificare a suprafeței fibrelor aramidice prin tehnica sol-gel în prezența precursorului de SiO_2 (tetraetilortosilicat) în vederea reducerii gradului de aglomerare și implicit a dispersiei în matricea

polimerică (Figura 2);

- 1 Tehnologie de realizare a foilor din compozit termoplastic pe bază de fibre aramidice simple sau modificate prin compoundare în topitură urmată de presare termică în matrițe metalice (Figura 3);
- Matrițe printate 3D pentru realizarea capacului dronei prin termoformare (1 matriță superioară și 1 matriță inferioară realizate din polymer Onyx, prin printare 3D (tehnica FDM), conform designului realizat în CAD de acoperire a corpului dronei) (Figura 4);
- 7 Variante de capace pentru acoperirea corpului dronei – plăci pe bază de 50/50 PP/PE-g-AM, diverși coloranți (1% Mastersafe MP-10-20B / 0.2%Oppasin Blau 6900/0.2% Eupolen Red 41-6001), fibre aramidice modificate cu TiO_2 sau SiO_2 , aditivi de procesare (Genioplast, ceară pe bază de PE, etc) obținute prin termoformare (Figura 5 și 6).

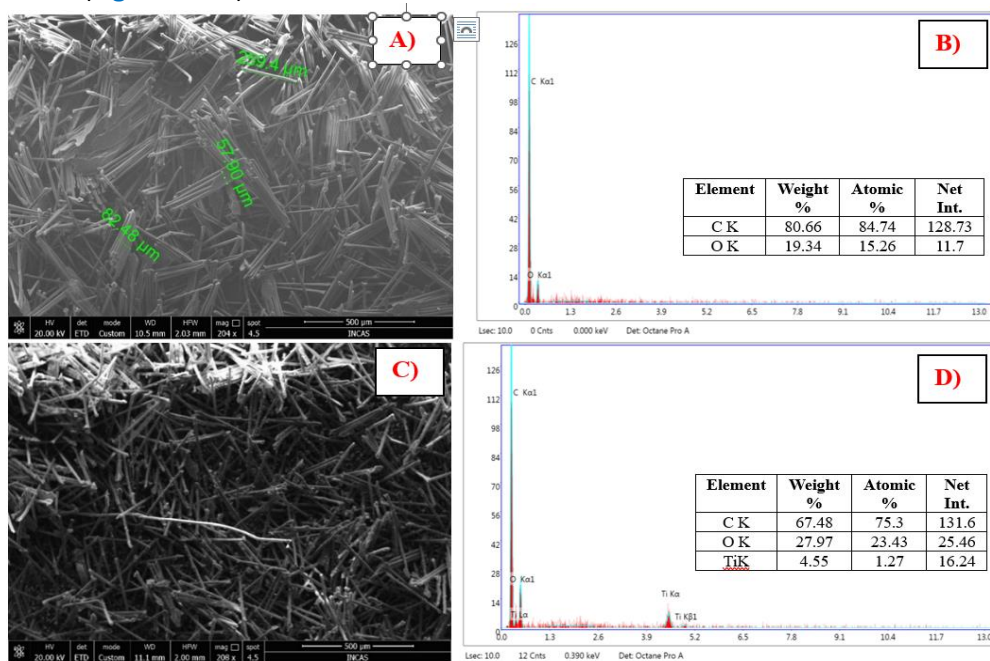


Figura 1. Imaginile SEM și spectrele EDS ale fibrelor aramidice netratate (A și B) respectiv tratate cu TiO_2 (C și D)

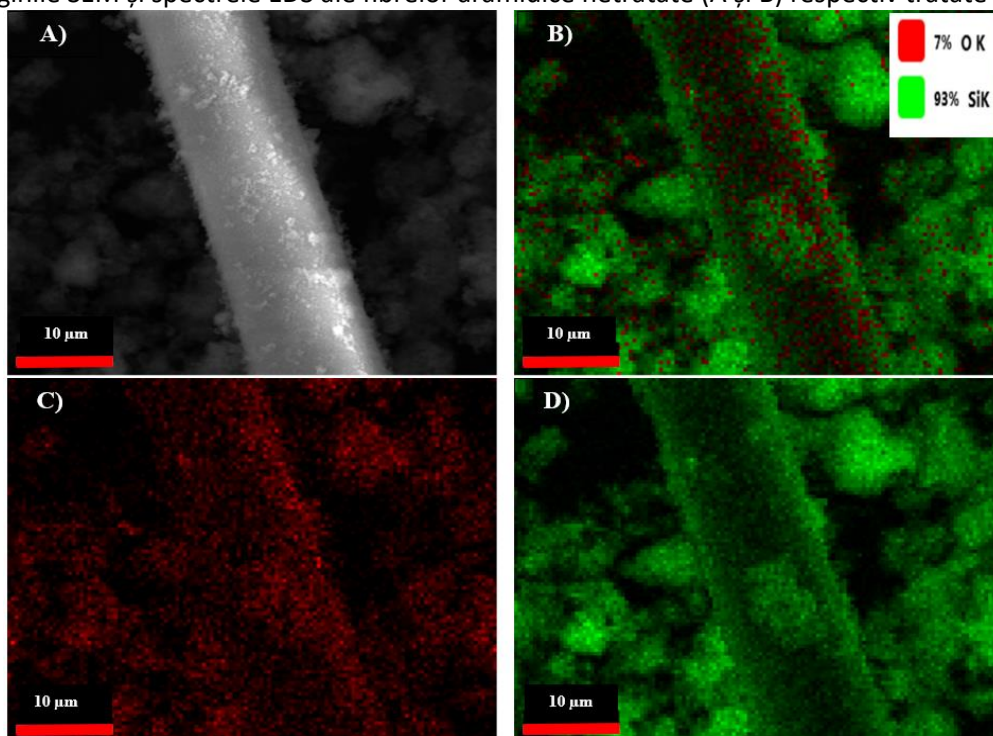


Figura 2. Imaginea SEM (A) și hărțile EDS ale elementelor constitutive ale fibrei de aramidă modificată cu SiO_2 (B - obținută prin suprapunerea elementelor de O și Si), distribuția individuală a O și Si în probă (C, D). Toate imaginile au fost capturate la un nivel de mărire de 5000x.



Figura 3. Plăci/folii procesate prin compoundare/presare termică utilizate pentru termoformarea capacelor realizate în diverse combinații cromatice

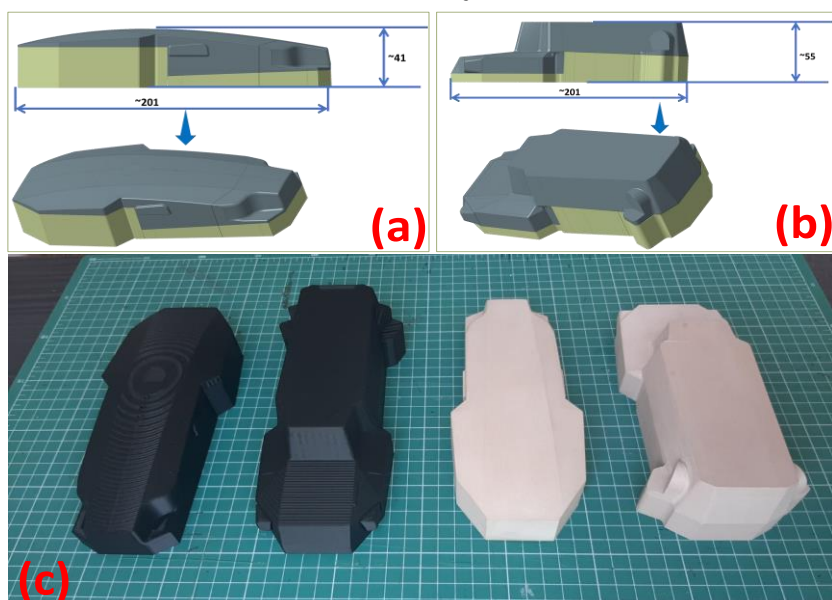


Figura 4. Geometria matrițelor capacelor finale: (a) Designul capacului superior, (b) Designul capacului inferior, (c) matrițele finale utilizate pentru termoformarea capacelor dronei: stânga perechea de matrițe superioară-inferioară printată 3D din material polimeric și dreapta perechea de matrițe superioară-inferioară debitate cu CNC din spumă polimerică Necuron 301



Figura 5. Produse-capace multicolore termoformate, împreună cu matrițele și cu cele 3 capace ce au fost montate anterior pe dronă



Figura 6. Imagini din timpul testelor de zbor efectuate cu drona având capacul montat

DISEMINARE, CERERI DE BREVETE, PREMII OBTINUTE:

- **Lucrari publicate WoS:**

1. **Sonmez Maria**, Cristina-Elisabeta Pelin, George Pelin, Bogdan Rusu, Adriana Stefan, **Maria Daniela Stelescu**, Madalina Ignat, Dana Gurau, **Mihai Georgescu**, **Mihaela Nituica**, and et al. "Development, Testing, and Thermoforming of Thermoplastics Reinforced with Surface-Modified Aramid Fibers for Cover of Electronic Parts in Small Unmanned Aerial Vehicles Using 3D-Printed Molds" *Polymers*, 2024,16, no. 15: 2136. <https://doi.org/10.3390/polym16152136>, (IF=4.7, **Q1**);
2. Pelin George, **Maria Sonmez**, and Cristina-Elisabeta Pelin "The Use of Additive Manufacturing Techniques in the Development of Polymeric Molds: A Review", *Polymers*, 2024, 16(8): 1055. <https://doi.org/10.3390/polym16081055>, (IF=4.7, **Q1**)
3. Cristina-Elisabeta Pelin, **Maria Sonmez*** (corresponding author) et al, Compatibilized polypropylene composites reinforced with TiO₂ modified aramid fibers, *Polymer Composites*, 2024, 45(8):7116-7136, <https://doi.org/10.1002/pc.28254>, (IF=5.2, **Q1**).

- **Lucrari publicate BDI:**

1. **M. Sonmez**, C-E. Pelin, **M. Georgescu**, G. Pelin, **M. D. Stelescu**, **M. Nituica**, G. Stoian, **L. Alexandrescu**, **D. Gurau**, Unmanned Aerial Vehicles – classification, Types of Composite Materials used in their structure and Applications, ICAMS Proceedings of the International Conference on Advanced Materials and Systems, 2022, <https://doi.org/10.24264/icams-2022.I.11>, pp 77-82.

- **Comunicari stiintifice:**

1. C.-E. Pelin, **M. Sonmez**, G. Pelin, A. Stefan, **M. D. Stelescu**, **M. Georgescu**, Pigment Based Composites with Polyolefin Matrix and Surface Modified Aramid Fibers, Applications of Chemistry in Nanosciences and Biomaterials Engineering NanoBioMat 2024 – Summer Edition, 19-20 June 2024.
2. C.-E. Pelin, **M. Sonmez**, G. Pelin, A. Stefan, A. Dragomirescu, **M. D. Stelescu**, **M. Nituica**, **M. Georgescu** - Manufacturing and testing of thermoplastic blends for vacuum thermoforming of covers for UAVs parts - prezentare orala la The 10th International Conference on Structural Analysis of Advanced Materials in Zakynthos, Grecia, în perioada 10-15 septembrie 2023.
3. C.-E. Pelin, **M. Sonmez**, G. Pelin, B. Rusu, A. Dragomirescu, **M. D. Stelescu**, **M. Georgescu**, **M. Nituica** - Sustainable technologies used for manufacturing of parts in small unmanned aerial vehicle structures- poster la The 6th International Conference Emerging Technologies In Materials Engineering, 9-10 Noiembrie 2023, Bucuresti, Romania.

- **Cereri de brevete:**

- Cerere de Brevet nr A/00606 din 26.10.2023, cu titlul: Compozit pe bază de polipropilenă ranforsat cu fibre aramidice funcționalizate, autori: **Sonmez Maria**, Pelin Cristina-Elisabeta, Pelin George, Cristea George-Catalin, Stefan Adriana, **Nituica Mihaela**, **Alexandrescu Laurentia**, **Stelescu Daniela Maria**, **Georgescu Mihai**.

- **Premii**

1. **Maria Sonmez**, Cristina-Elisabeta Pelin, George Pelin, George Catalin Cristea, Adriana Stefan, **Mihaela**

Nituica, Laurentia Alexandrescu, Daniela Maria Stelescu, Mihai Georgescu - Composite based on polypropylene reinforced by functionalized aramid fibers, participiare la: International Innovation and Invention Show, EURO POLITEHNICUS 2024, 22-23 Noiembrie 2024, Bucuresti, Romania - Medalie de aur.

2. Medalie de aur cu ocazia primei ediții EURO POLITEHNICUS 2024, International Innovation and Invention Show, 22-23 Noiembrie 2024 acordat pentru - **Sonmez M**, Pelin C-E, Pelin G, Cristea G-C, Stefan A, **Nituica M, Alexandrescu L, Stelescu DM, Georgescu M** - Composite based on polypropylene reinforced by functionalized aramid fibers, UGAL INVENT Salonul Inovarii si cercetarii.

PERSOANA DE CONTACT:

Responsabil partener: Dr. Ing. Maria SONMEZ, CSI, maria.sonmez@icpi.ro,
Departament Cercetare Cauciuc