

PROGRAM DE FINANȚARE din PN IV: Program 5.8. - Cooperare europeană și internațională

SUBPROGRAM: 5.8.1. - Orizont Europa

TIP PROIECT: ERANET



TITLUL PROIECTULUI/ACRONIM: Eco-electronice ignifugate imprimate din materiale biodegradabile / BEATRICE

CONTRACT NR.: 15/2024

BUGET TOTAL PROIECT: 1.184.500 Euro

BUGET INCDTP: 100.000 Euro

DATA DE ÎNCEPERE: (01/04/2024)

DATA DE FINALIZARE: (31/03/2027)

PAGINA WEB: <https://www.htw-dresden.de/en/luc/forschung/chemieingenieurwesen/translate-to-english-technische-chemie/polymere/translate-to-english-beatrice>

PARTENERI:

Partener 1 (CO) - Universitatea de Științe Aplicate din Dresda, Germania;

Partener 2 - Universitatea de Tehnologie și Economie, Ungaria;

Partener 3 - Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare Textile

Pielărie - Sucursala Institutul de Cercetări Pielărie-Încălțăminte, Romania;

Partener 4 – SC Monofil SRL, Romania.



OBIECTIVE GENERALE

- 1. Dezvoltarea de materiale compozite biodegradabile și sustenabile pentru substraturi de circuite electronice**, pe bază de polimeri naturali și fibre proteice naturale.
- 2. Înlocuirea materialelor tradiționale nereciclabile (de tip FR4)** utilizate în plăcile de circuite imprimate, cu alternative ecologice compatibile cu echipamentele standard din industrie.
- 3. Integrarea principiilor de proiectare pentru reciclare (design for recycling)**, vizând recuperarea eficientă a metalelor strategice (ex. Cu, Ag, Au) prin procese controlate de biodegradare a matricei compozite.
- 4. Evaluarea performanțelor funcționale ale substraturilor dezvoltate** în condiții reale sau simulate de operare (temperatură, umiditate, solicitări mecanice/electrice).
- 5. Crearea unui model demonstrativ de substrat electronic biodegradabil** pentru aplicații electronice sustenabile și integrare heterogenă.
- 6. Creșterea contribuției europene în domeniul materialelor electronice sustenabile**, prin generarea de cunoștințe aplicabile și suport pentru politici de mediu și inovare circulară.

FAZE DE EXECUȚIE:

Etapa 1 (01.04.2024-31.12.2024)

Denumire Etapă: Prelucrarea fibrelor naturale în bio-ignifug și a PLA prin metode ecologice

Etapa 2 (01.01.2025-31.12.2025)

Denumire Etapă: Obținerea noului substrat electronic verde la scară de laborator

Etapa 3 (01.01.2026-31.12.2026)

Denumire Etapă: Demonstrarea funcționalității metodelor și tehnologiilor utilizate la obținerea urmelor de circuit. Asamblarea componentelor electronice pe noul PCB la scară de laborator.

Etapa 4 (01.01.2027-31.03.2027)

Denumire Etapă: Obținerea noilor materiale Beatrice cu ajutorul unui echipament industrial

CONCEPTUL ȘTIINȚIFIC:

Proiectul BEATRICE abordează una dintre cele mai stringente provocări actuale din domeniul electronicii – creșterea alarmantă a volumului de deșeuri electronice, cauzată de ciclul de viață scurt al dispozitivelor electronice și de utilizarea materialelor nereciclabile în fabricarea plăcilor cu circuite imprimate (PCB). În prezent, majoritatea substraturilor PCB sunt realizate din rășini termorigide derivate din petrol, adesea conținând substanțe ignifuge bromurate cu impact ecologic negativ, iar reciclarea acestora este dificilă, din cauza imposibilității separării eficiente a componentelor metalice și organice.

BEATRICE propune o soluție inovatoare și sustenabilă prin dezvoltarea unor demonstratori de ansambluri electronice fabricate pe substraturi din materiale compozite ecologice și biodegradabile. Aceste substraturi vor fi obținute din polimeri naturali ranforșați cu fibre proteice de origine naturală, ceea ce va permite reciclarea prin biodegradare, reducând semnificativ amprenta de carbon și costurile asociate recuperării metalelor strategice precum cuprul, argintul și aurul.

Proiectul urmărește fabricarea acestor substraturi folosind echipamente industriale standard, pentru a asigura

compatibilitatea cu procesele existente din industrie. În plus, BEATRICE vizează dezvoltarea de materiale compozite avansate, rigide, flexibile și portabile, cu proprietăți termice, electrice și mecanice optimizate pentru aplicații electronice, în concordanță cu tendințele actuale de integrare eterogenă. Scopul final este inițierea producției durabile de PCB-uri în Europa, capabile să înlocuiască materialele convenționale (precum FR4), promovând astfel un nou design al dispozitivelor electronice bazat pe principiile „design for recycling” și „eco-design”, cu potențial de a transforma lanțurile valorice ale industriei electronice europene într-un mod sustenabil și circular.

REZULTATE EXPLOATABILE PRECONIZATE PENTRU ATINGEREA OBIECTIVULUI:

Pentru atingerea obiectivelor generale ale proiectului, sunt preconizate următoarele **rezultate exploatabile**, cu valoare științifică, tehnologică și aplicativă:

1. Dezvoltarea de noi formulări de materiale compozite pe bază bio

Elaborarea unor compoziții inovative pe bază de polimeri naturali, ranforșați cu fibre proteice biodegradabile, care pot înlocui materialele termorigide convenționale utilizate în plăcile de circuite imprimate (ex. FR4). Aceste materiale vor fi optimizate pentru performanțe termice, electrice și mecanice adecvate utilizării în electronica avansată.

2. Tehnologie de fabricație compatibilă cu standardele industriale

Definirea unui proces tehnologic scalabil și compatibil cu echipamentele industriale existente, pentru realizarea substraturilor electronice pe bază de materiale bio, cu aplicabilitate directă în producția de PCB-uri rigide, flexibile sau portabile. Tehnologia va fi validată la scară de laborator (TRL 4).

3. Integrarea principiilor economiei circulare

Proiectarea materialelor și produselor în acord cu principiile economiei circulare: compostabilitate, reciclabilitate, dezasamblare facilă și reducerea substanțelor toxice. Aceasta va contribui la creșterea sustenabilității lanțului de valoare în sectorul electronic.

4. Elaborarea unei metodologii de evaluare multi-criterială

Dezvoltarea și aplicarea unui cadru integrat de analiză a performanței materialelor, incluzând: analiza ciclului de viață (LCA), analiza cost-beneficiu (CBA), calculul costului pe ciclul de viață (LCC), pentru fundamentarea deciziilor privind fezabilitatea ecologică și economică a noilor materiale.

5. Demonstrarea funcționalității produselor dezvoltate

Realizarea de prototipuri funcționale de ansambluri electronice (ex. circuite imprimate sau componente integrate), utilizând materialele compozite dezvoltate, și testarea acestora în condiții reprezentative pentru aplicații reale (ambient, sarcină electrică, îmbătrânire accelerată etc.).

6. Generarea de cunoștințe transferabile și diseminarea rezultatelor

Publicarea rezultatelor științifice în reviste de specialitate și participarea la conferințe internaționale, alături de elaborarea de ghiduri tehnologice, etc.

7. Consolidarea bazei tehnologice pentru reindustrializarea europeană

Crearea premiselor pentru relocalizarea producției de PCB-uri sustenabile în Europa, prin dezvoltarea de know-how, materiale compatibile cu cerințele pieței și procese tehnologice conforme cu reglementările de mediu și sănătate publică ale Uniunii Europene.

REZULTATE OBTINUTE:

- ❖ **1 studiu din literatura de specialitate** cu privire la stadiul actual al tehnicii în procesarea compozitelor PLA/fibre de lână sau cheratină și aplicațiile lor potențiale;
- ❖ **Elaborare metodologie de caracterizare** a fibrei naturale (prin FTIR), a PLA modificat, precum și a noului substrat electronic verde (HDT, impact);
- ❖ **5 Variante de cheratină** extrasă prin tratament alcalin, fie utilizând tratamentul combinat enzimatic/agent de reducere în prezența a doi agenți de denaturare (SDS și EDTA);
- ❖ **6 Variante de fibre de lână** modificate prin tratament enzimatic respectiv combinat enzimatic/agent de cuplare silanic sau enzimatic/acid stearic în scopul îmbunătățirii interacției și dispersiei în masa de PLA;
- ❖ **Stabilire parametrii** pentru procesare PLA, PLA ignifugat, PLA modificat prin injecție, Brabender și presa electrică;
- ❖ **Realizare amestecuri și plăci** prin metoda compresiei pe bază de PLA/fibre de lână sau cheratină care vor fi laminate cu foițe de cupru și testate ca substraturi pentru PCB.



Figura 1. Mostre de PLA ignifugat sub formă de granule și folie (A) respectiv granule obținute prin extrudare-granulare pe baza de PLA modificat cu aditivi și coloranți (imaginile B și C)

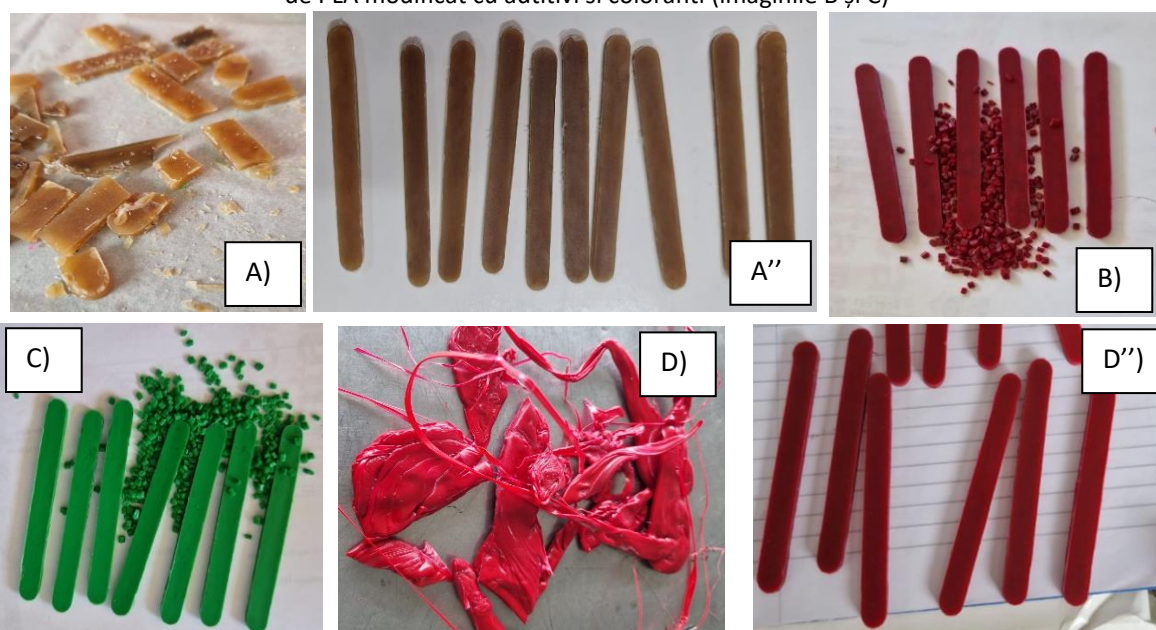


Figura 2. Imagini ale epruvetelor de testare obținute prin compresiune: A) PLA ignifugat obținut la 182°C și A'') la 170°C; Imaginile B și C epruvete realizate din PLA modificat cu 2 și 3% aditiv de dispersie/compoundare; Imaginea D (Amestec pe bază de PLA/PLA ignifugat /aditiv de dispersie/colorant obținut pe mixerul Brabender) și imaginea D'') epruvete realizate prin compresiune

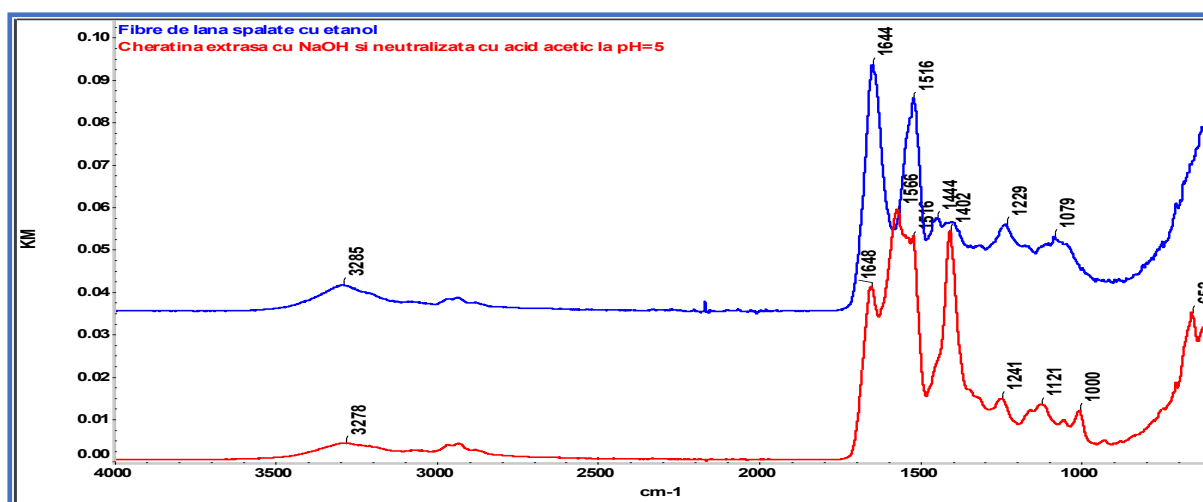


Figura 3. Spectre FTIR al fibrei de lana și al cheratinei obținute prin hidroliză alcalină

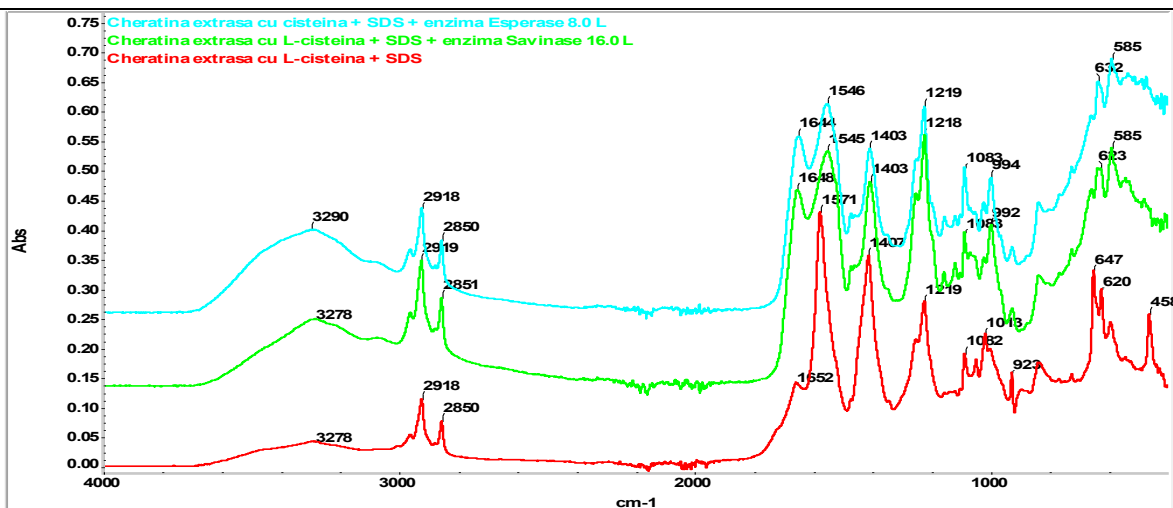


Figura 4. Spectrele FTIR suprapuse ale cheratinei obținute din fibrele de lână în prezența de: agent de reducere/surfactant SDS (spectru de culoare roșie); agent de reducere/SDS/enzima Savinase (verde) respectiv extracția cheratinei în prezența agent de reducere/SDS/enzima Esperase (turcoaz)

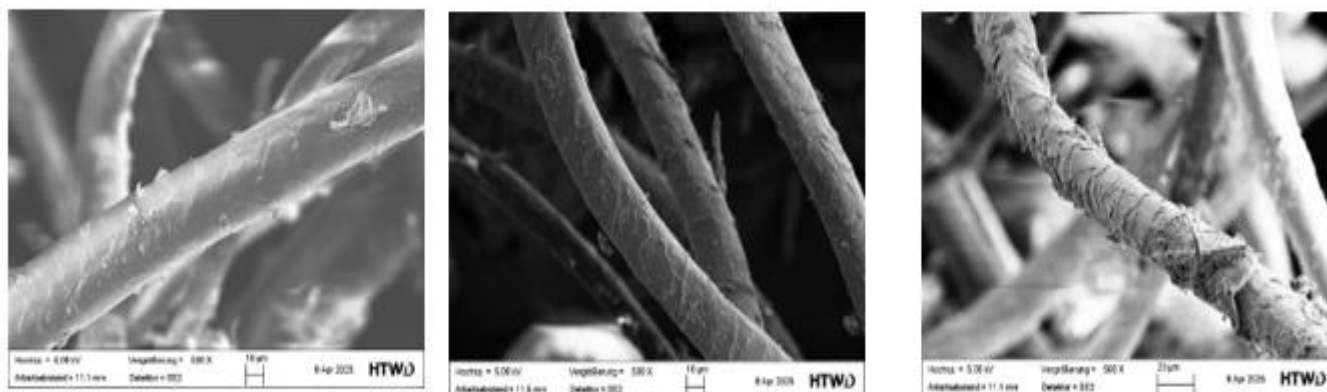


Figura 5. Imagini SEM ale: fibrei de lana brute (stanga), a fibrelor spalate cu etanol (centru) si respectiv tratate cu enzima/APTMS (dreapta)

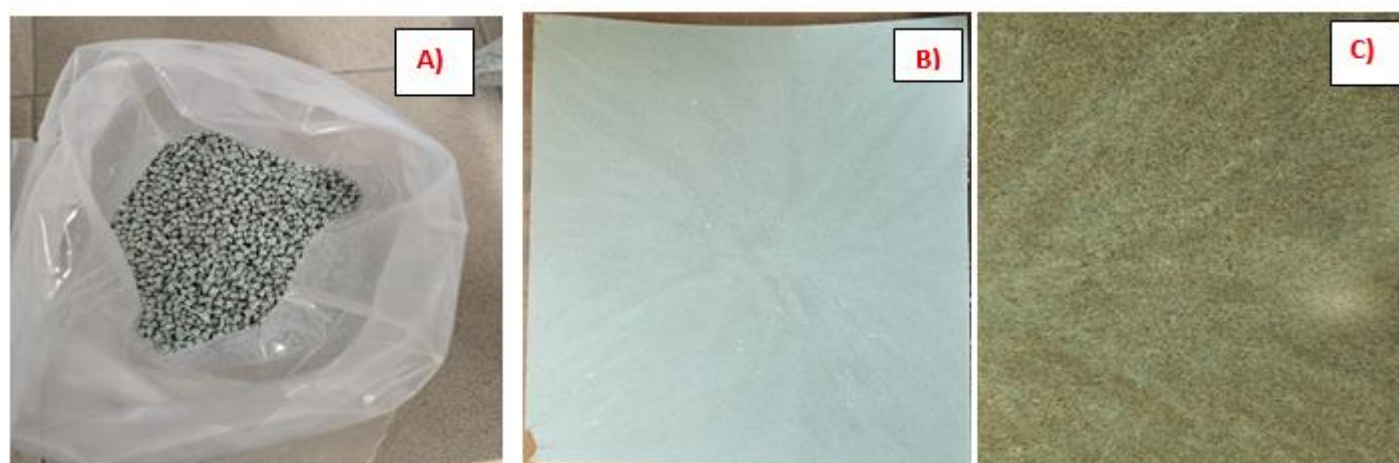


Figura 6. Compozite pe baza de PLA ranforsate cu fibre de lana tratate cu peroxid obtinute prin extrudare-granulare (imaginea A) respectiv prin compresiune (B si C)



Figura 7. Plăci obținute prin metoda compresiei: **A)** PLA, **B)** PLA/fibre de lână netratate și **C)** PLA/cheratină



Figura 8. Fibre de lână Țurcană și Merinos tratate cu acid stearic (imaginile A și B) respectiv fibre de lână tratată cu Savinase/APTMS

DISEMINARE, CERERI DE BREVETE, PREMII OBTINUTE:

Lucrari publicate WoS:

1. Dan Xiao, Katharina Knez, Yue Qi, Uwe Gohs, Kathrin Harre, Richárd Berényi, **Maria Sonmez**, **Dana Gurau**, **Mihai Georgescu**, Doina Constantinescu, Attila Géczy, Development of sustainable printed circuit board constructions based on Polylactic Acid (PLA) substrates: review of processing and manufacturing technologies, 2025, Journal: Materials Science & Engineering B
Manuscript Number: MSB-D-25-02979 - **Trimis spre publicare.**

Lucrari publicate BDI:

1. **Mariana Daniela Berechet**, **Maria Sönmez**, **Maria Daniela Stelescu**, **Demetra Simion**, Doina Constantinescu, Short review on keratin synthesis and its application as a bio reinforcement and flame retardant agent in polymer composites, DOI: <https://doi.org/10.2478/9788367405805-006>, 2024, pag. 45-52, publicat in Proceedings of the International Conference on Advanced Materials and Systems.

Comunicari stiintifice:

1. **Mariana Daniela Berechet**, **Maria Sönmez**, **Maria Daniela Stelescu**, **Demetra Simion**, Doina Constantinescu, Short review on keratin synthesis and its application as a bio reinforcement and flame retardant agent in polymer composites, ICAMS 2024, 10th International Conference on Advanced Materials and Systems, 30-31 October 2024, Bucharest, Romania – Prezentare orală.

PERSOANA DE CONTACT:

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