

# RAPORT ȘTIINTIFIC ȘI TEHNIC

## ETAPA DE EXECUȚIE NR. 2 (2022)

### - Rezumat și Indicatori progres -

**Proiect PCE: Soluții inovative și sustenabile pentru eliminarea poluanților prioritari și emergenți prin procese de epurare avansată a apelor uzate (SUSTINWATER)**

Proiect PN-III-P4-ID-PCE-2020-1199, Contract nr. PCE 56/2021

Website: <http://sustinwater.icpm.tuiasi.ro/>; <http://sustinwater.icpm.tuiasi.ro/index.php/home-eng/>

Coordonator: Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, TUIASI

Director proiect: Prof.univ.dr.ing. Carmen Teodosiu

**Etapa II. Monitorizarea concentrațiilor de poluanți prioritari/emergenți. Testarea sorbentilor (în regim static) și evaluarea performanțelor de mediu ale sorbenților inovativi. Diseminarea rezultatelor proiectului**

#### Rezumatul Etapei II

În cadrul Etapei II (2022) a proiectului intitulat *Soluții inovative și sustenabile pentru eliminarea poluanților prioritari și emergenți prin procese de epurare avansată a apelor uzate (SUSTINWATER)* au fost prevăzute un număr de 3 activități de cercetare științifică. **Toate activitățile au fost realizate complet și la timp, ceea ce a condus la îndeplinirea obiectivelor pentru anul 2022 și la realizarea și depășirea indicatorilor de proiect.** O descriere sintetică a principalelor activități desfășurate în această etapă este prezentată în următoarele paragrafe.

**Prima activitate a Etapei II (A2.1)** a proiectului constă în monitorizarea indicatorilor generali și ai concentrațiilor poluanților prioritari ai efluentului stației de epurare a apelor uzate municipale din Iași și ai unor ape de suprafață. Această activitate a fost realizată în timp de șase luni, în perioada februarie - iulie 2022. Probele de efluent au fost analizate în cadrul Laboratorului de Analiză și Control Factori de Mediu-LACMED, acreditat pentru 17 indicatori de către Asociația de Acreditare din România în conformitate cu SR EN ISO/CEI 17025:2018 (certificat RENAR LI 1054, emis în data de 18.03.2015 și actualizat în data de 09.11.2020.).

**A doua activitate a acestei etape (A2.2)** a avut ca obiectiv investigarea capacității de sorbție a celor 12 materiale compozite (opt sorbenți prin metoda strat-după-strat (LbL) și patru sorbenți prin depunere de coacervat (one-pot)) sintetizate în etapa precedentă a proiectului. Toți acești sorbenți compoziți au fost mai întâi testați în regim static pentru adsorbția metalelor grele (ioni de  $Cd^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  și  $Ni^{2+}$ ) din apa uzată. Pentru determinarea caracteristicilor procesului de sorbție a ionilor de  $Cd^{2+}$ , s-a studiat influența mai multor parametri (pH, concentrație inițială, timp de contact). Modelarea datelor cinetice și la echilibru a fost realizată prin regresie neliniară, aplicând metodologia sumei normalizate a erorilor și a criteriului informațional. O caracteristică comună a materialelor compozite polielectrolitice obținute prin metoda LbL este scăderea rapidă a eficienței de îndepărtare cu creșterea concentrației inițiale de ioni metalici, indicând adecvarea acestor sorbenți pentru ape cu concentrații reduse de poluanți. Sorbenții compoziți obținuți prin metoda depunerii de coacervat (one-pot) au prezentat performanțe de sorbție superioare, obținând eficiențe de reținere între 35% și 99.9% pentru un interval de concentrație inițială de 2-130 mg  $Cd^{2+}$ /L. Comparativ cu metoda LbL, această metodă de sinteză prezintă mai multe avantaje, printre care facilitate, rapiditate și o cantitate mai mare de

fracție organică depusă într-o singură etapă. Capacitățile maxime de sorbție obținute depind de cantitatea de grupe funcționale, adică sunt proporționale cu cantitatea de polielectroliti depusă pe miezul de silice. O altă caracteristică practică importantă a unui bun sorbent este capacitatea sa de regenerare, mai exact, potențialul de reutilizare. Sorbenții compoziți de tip coacervat au putut fi reutilizați în trei cicluri consecutive de adsorbție-desorbție, cu o scădere a eficienței de reținere a ionilor metalici mai mică de 18%.

Evaluarea performanțelor sorbenților sintetizați a fost realizată pentru sistem bi-component anorganic (ioni de  $Pb^{2+}$  sau  $Cd^{2+}$ ) + organic (diclofenac de sodiu (DCF-Na) sau eritromicină (ERY)), în două configurări ale procesului de sorbție: secvențială și simultană. IS/(PEI-PMAA)<sub>c</sub> (r=1.0) își menține abilitatea de sorbție a DCF-Na după 6 etape de sorbție secvențială, în timp ce capacitatea de reținere a ionilor de plumb din soluție scade. Studiul de sorbție simultană a ERY și a ionilor de plumb a avut ca obiectiv obținerea valorilor optime ale unor factori de influență cu ajutorul metodologiei suprafeței de răspuns. Au fost realizate 20 de experimente, variind concentrația inițială a poluanților și timpul de contact între faza lichidă și cea solidă.

În cadrul **cele de-a treia activități de cercetare (A2.3)** a fost realizat un studiu de evaluare a ciclului de viață (ECV) pentru analiza performanței de mediu a materialelor sintetizate. Obiectivul general al studiului a fost acela de evalua performanța tehnică și de mediu a doi sorbenți compoziți, IS/(PEI/PAA)<sub>4.5</sub> (r = 0.1) și IS/(PEI/PAA)<sub>c</sub> (r = 1.0), utilizați la eliminarea ionilor de  $Cd^{2+}$  din fluxuri apoase. S-au considerat două unități funcționale: 1g material compozit sintetizat și respectiv 1 mg ioni  $Cd^{2+}$  eliminați. La stabilirea limitelor sistemului au fost luate în considerare toate fluxurile materiale și de energie care intră în procesele de sinteză studiate, precum și fluxurile de ieșire (sub formă de produse - microparticulele de compozite și poluanți – sub formă apă uzată). Pentru evaluarea impactului ciclului de viață a fost aleasă o metodă de evaluare consacrată (Recipe 2016). Profilurile de mediu pentru obținerea a 1g material compozit arată contribuția semnificativă a particulei suport din silice poroasă în toate categoriile de impact, datorită ponderii foarte mari a masei de silice în masa totală a compozitului. Pe lângă aceasta, fluxul care contribuie semnificativ în majoritatea categoriilor este poli(etilenimina), în timp ce obținerea apei ultrapure generează impacturi în categoriile legate de eutrofizare, iar celelalte substanțe chimice au o contribuție limitată. Trebuie precizat faptul că pentru ambele sinteze nu se consumă deloc energie (nici electrică și nici sub formă de căldură). Atunci când se compară cele două materiale considerând cantitatea specifică de poluant eliminată, diferențele de performanță de mediu dintre cei doi sorbenți sunt mai mult decât evidente și sinteza de tip coacervat (one-pot) are o performanță net superioară. Acestea se datorează faptului că materialul sintetizat prin metoda one-pot are o capacitate de sorbție mult mai mare pentru ionii de cadmiu. Au fost propuse și câteva scenarii pentru a evalua diverse oportunități de proiectare ecologică (înlocuirea materialelor toxice și a substanțelor chimice, modificarea parametrilor operaționali etc.).

## Sumar al progresului Etapei II

Diseminarea rezultatelor proiectului s-a realizat prin publicarea de 4 articole științifice, prin participarea cu 6 comunicari la conferințe internaționale și naționale și printr-un stagiul de cercetare la National Hellenic Research Foundation, Atena, Grecia.

Pentru anul 2022 indicatorii de realizare ai proiectului „*Soluții inovative și sustenabile pentru eliminarea poluanților prioritari și emergenți prin procese de epurare avansată a apelor uzate*”, prevăzuți și realizați sunt prezentați în Tabelul 1.

**Tabelul 1.** Indicatori de realizare ai proiectului, Etapa 2/2022

Nr. crt.	Indicatori de rezultat	Total realizați	Total prevăzuți
1.	Articole publicate în reviste cotate ISI cu factor de impact	4	2
2.	Comunicări științifice la conferințe naționale și internaționale	6	2
3.	Capitole de cărți publicate în edituri internaționale	1	0
4.	Stagii de cercetare în străinătate	1	1

Se observă din acest tabel că majoritatea indicatorilor de realizare ai proiectului au fost depășiți și NU există nerealizări pentru această etapă a proiectului.

Detalierea indicatorilor de realizare ai proiectului se poate regăsi mai jos, pe site-ul proiectului <http://sustinwater.icpm.tuiasi.ro/>, și pe platforma UEFISCDI EvoC.

## Detalierea indicatorilor de realizare ai proiectului

### A. Articole publicate în reviste cotate ISI

1. Bucatariu F., Petrița L-M, Teodosiu C\*, Mihai M\*, 2022. **Versatile nanostructured SiO<sub>2</sub>/cross-linked polyelectrolyte composites for emerging pollutants removal from aqueous media**, *Comptes Rendus Chimie* pag: 1-14, DOI: <https://doi.org/10.5802/crchim.171>, (Q3, IF = 2.550, ISI Web of Science) (raportat ca trimis spre publicare în 2021 și actualizat în 2022).
2. Morosanu I., Paduraru C., Bucatariu F., Fighir D., Mihai M.\*, Teodosiu C\*, 2022. **Shaping polyelectrolyte composites for heavy metals adsorption from wastewater: experimental assessment and equilibrium studies**, *Journal of Environmental Management*, **321**, 115999, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115999> (Q1, IF = 8.910, ISI Web of Science)
3. Ciobanu R., Teodosiu C.\*, Almeida C.M.V.B., Agostinho F., Giannetti B.F., 2022. **Sustainability Analysis of a Municipal Wastewater Treatment Plant through Energy Evaluation**. *Sustainability*. 14(11):6461. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14116461> (Q2, IF = 3.889, ISI Web of Science).
4. Petrița L.-M., Gradinaru V.R., Bucatariu F., Mihai, M.\*, 2022. **Polymer/Enzyme Composite Materials – Versatile Catalysts with Multiple Applications**, *Chemistry*, **4(4)**, 1312-1338; <https://doi.org/10.3390/chemistry4040087> (indexat în BDI: Scopus, ESCI (Web of Science), CAPlus / SciFinder)

### B. COMUNICĂRI ȘTIINȚIFICE LA CONFERINȚE NAȚIONALE SI INTERNAZIONALE

1. Ciobanu R., Morosanu I., Fighir D., Paduraru C., Bucatariu F., Mihai M., Teodosiu C., 2022. **Equilibrium studies for the removal of Cd<sup>2+</sup> ions from wastewater using silica/polyelectrolyte multilayer core-shell composites**, 6th International Conference on Chemical Engineering Innovative Materials and Processes for a Sustainable Development (ICCE6), October 5 – 7, 2022 – online
2. Bârjoveanu G., F., Teodosiu C., Morosanu I., Fighir D., Bucatariu F., Mihai M. 2022. **Life cycle assessment as support tool for development of novel materials used in environmental applications**, 1st International Conference on Sustainable Chemical and Environmental Engineering (SUSTENG), 31.08.-04.09.2022, Rethymno, Creta, Grecia.
3. Morosanu I., Paduraru C., Bucatariu F., Fighir D., Mihai M., Teodosiu C., 2022. **Immobilization of cadmium ions from wastewater onto polyelectrolyte composite sorbents**, 12th International Conference on Materials Science & Engineering (BRAMAT 2022), 09-12.03.2022, Brașov, România.
4. Mihai M., 2022. **Polyelectrolyte-based architectures for targeted applications in water cleaning and medicine**, 20th National Symposium Polymers 2022 open to International Participation (POLYMERS 2022), Velingrad, Bulgaria, 5-8.07.2022 (keynote invitat).
5. Mihai M., 2022. **Polyelectrolytes in multicomponent systems. Application in water cleaning and medicine**, Conferința Națională de Chimie, 04-07.10.2022, Calimănești Căciulata, România (conferință plenară).
6. Mihai M., 2022. **(Multi)functional ionic polymers. synthesis, materials design, application**, Conferința New Trends and Strategies in the Chemistry of Advanced Materials with Relevance in Biological Systems, Technique and Environmental Protection, 20-21.10.2022, Timișoara, România (conferință plenară).

### C. Cărți/capitole de cărți publicate în edituri internaționale

1. Bârjoveanu G., Teodosiu C., Mihai M., Moroșanu I., Fighir D., Vasiliu A-M., Bucatariu F. 2022. **Life cycle assessment for eco-design in product development**, Chapter of the Book: *Assessing the sustainability progress: frameworks, tools and case studies*, Editors: Teodosiu C., Fiore S., Hospido A. (Elsevier contract no. 846739), published by Elsevier Netherlands,

#### **D. Stagiul de cercetare**

1. Stagiul de cercetare realizat de către doamna dr.habil. Marcela Mihai în perioada 17.09.2022-01.10.2022 la **Theoretical and Physical Chemistry Institute, National Hellenic Research Foundation, Atena, Grecia.**

#### **NOTA:**

*Toate rezultatele cercetărilor științifice prezentate în acest raport reprezintă proprietatea intelectuală a echipei proiectului SUSTINWATER și sunt protejate de legislația națională și europeană în domeniu. Orice utilizare, reproducere, distribuire și modificare neautorizată, parțială sau integrală a acestor rezultate este strict interzisă fără acordul prealabil scris al autorilor/partenerilor care au participat în mod direct la derularea activităților de cercetare științifică.*

**Director proiect,**

Prof.univ.dr.ing. Carmen TEODOSIU