

Proiect 3: *Materiale nanostructurate pe bază de carbon pentru dezvoltarea de senzori pentru monitorizarea unor gaze și hidrocarburi aromatice policiclice* în cadrul PN-III-P1-1.2-PCCDI-2017-0619

Rezumatul etapei pe activități

A1.12 - Studiu asupra cerințelor analitice pentru detecția hidrocarburilor aromatice policiclice (HAP)

1. Introducere

Hidrocarburile aromatice policiclice (HAP) reprezintă o clasă de compuși organici cu o structură ce conține două sau mai multe nuclee aromatice unite, având astfel în componență doar atomi de hidrogen și carbon. Aceste hidrocarburi aromatice polinucleare sunt formate și eliberate în mediul înconjurător, în urma variatelor procese industriale ce implică combustia unui material organic la temperaturi ridicate, precum arderea incompletă a unui combustibil (cărbune, lemn, petrol, produse petroliere, ulei) sau procesul de piroliză a unui material organic¹. De asemenea, HAP-urile se pot forma și prin procese naturale, cum ar fi cel de carbonizare (incendii forestiere).² Cu multiple cercetări științifice ce demonstrează caracterul carcinogen, mutagenic și teratogenic asupra omului al HAP-urilor³, acestea sunt printre cei mai răspândiți compuși poluanți întâlniți în natură. Hidrocarburile aromatice policiclice se pot găsi în aer, ape, soluri, alimente.⁴ Cu o incidență mult mai ridicată în mediu, există o categorie formată din 16 HAP-uri, stabilită de EPA (United States Environmental Protection Agency), folosite ca referință în efectuarea analizelor probelor pentru determinarea cantităților de contaminanți organici, a căror concentrații maxim admise sunt foarte bine reglementate la nivel național, european și global. Această categorie conține următoarele hidrocarburi aromatice policiclice: **naftalină**, acenaftilen, acenaften, fluoren, **fenantren**, **antracen**, **fluoranten**, **piren**, benzo[a]antracen, crisen, benzo[b]fluoranten, benzo[k]fluoranten, benzo[a]piren, benzo(g,h,i)perilen, dibenzo(a,h)antracen, indeno(1,2,3 -c,d)piren. Formulele structurale pentru câteva dintre exemple enumerate mai sus, sunt reprezentate în figura de mai jos (Figura 1).

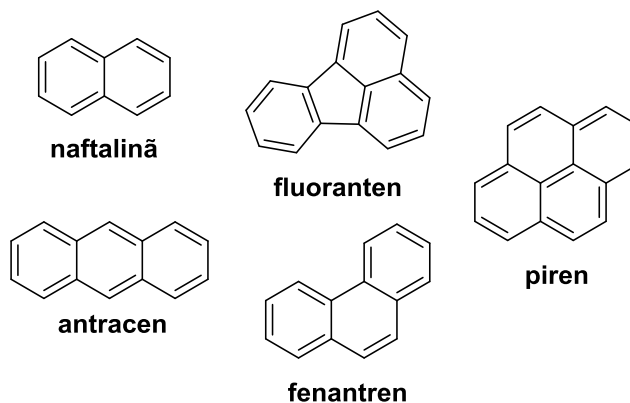


Figura 1 Exemple de hidrocarburi aromatice polinucleare cu incidență ridicată în natură

1 Fetzter, J. C., 2000, The Chemistry and Analysis of the Large Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Polycyclic Aromatic Compounds (New York: Wiley) 27 (2), p.143.

2 Adonis, M., Martinez, V., Riquelme R, Ancic P, Gonzalez G, Tapia R, și col., 2003, Susceptibility and exposure biomarkers in people exposed to PAHs from diesel exhaust, Toxicol Lett 144(1), pp. 3–15.

3 El-Shahawi, M.S., Hamza, A., Bashammakh, A.S., Al-Saggaf, W.T., 2010, An overview on the accumulation, distribution, transformations, toxicity and analytical methods for the monitoring of persistent organic pollutants, Talanta 80, pp. 1587–1597.

4 EC (European Communities), 2001c, 2001, Ambient Air Pollution by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) - Position Paper Annexes, (prepared by the Working 70 Group On Polycyclic Aromatic Hydrocarbons).

2. Norme naționale și europene asupra concentrațiilor de HAP în mediu

World Health Organization (WHO) precizează că nivelele de HAP-uri individuale din aer se situează între 0.1-100 ng/m³ pentru zonele neindustriale, acestea formându-se din activitatea omului neindustrială prin încălzirea locuințelor și emisiile traficului rutier. În afară de apele intens poluate industrial, concentrațiile HAP-urilor individuale în apele de suprafață și de coastă, ajung în jurul valorii de 50 ng/L. Dacă concentrațiile depășesc această valoare, apropiindu-se de zona de 10μg/L, atunci se poate vorbi despre o contaminare cu HAP-uri din puncte industriale, porturi, depunere atmosferică și scurgeri urbane.⁵ Apa subterană necontaminată prezintă nivelele HAP-urilor în intervalul de 0-5 ng/L, iar în cazul unei contaminări majore cu HAP-uri, concentrația acestora în aceste ape poate să depășească valoarea de 10 μg/L.⁶ În România, există impuse limite maxime admise (LMA) pentru HAP-uri în apele teritoriale maritime, apele potabile sau uzate. Valorile acestor limite maxime pentru hidrocarburile aromatice policiclice cele mai răspândite sunt prezentate în Tabelul 1.⁷

HAP	LMA (μg/L)
Naftalină	2,400
Fenantren	0,030
Antracen	0,063
Fluoranten	0,090

Tabelul 1 Limitele maxime admise ale HAP-urilor din ape în România

În ceea ce privește controlul apei potabile, limitele HAP-urilor sunt și mai coborâte pentru a oferi o siguranță mai mare a consumului de apă: benzo[a]piren – 0,01 μg/L și suma HAP-urilor (benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(ghi)perilen, indeno(1,2,3-cd)piren) – 0,1 μg/L.⁸ Pentru a asigura controlul adecvat al mediului înconjurător prin determinarea concentrațiilor exacte de HAP-uri din diferite probe, se utilizează metode moderne cu precizie foarte mare în determinarea acestor compuși, precum cromatografia de lichide la presiune înaltă (HPLC) cu detecție de fluorescență (FLD) sau cromatografie de gaze (GC), cuplată cu detector de tip spectrometru de masă (MS).^{9, 10} Alte metode folosite în trecut, cum ar fi HPLC cu detecție UV sau detecție cu set de fotodiode sau GC cu detecție prin ionizare în flacăra, sunt depășite datorită selectivității și sensibilității joase pentru HAP-uri. Metodele bazate pe spectrometria de masă sunt mult mai întâlnite deoarece selectivitatea detectorului permite confirmarea identității analitului prin spectrul de masă.¹¹

3. Metode electrochimice

Metodele cromatografice de analiză (HPLC și GC) sunt cele mai folosite în analiza mediului înconjurător. Totuși, aceste tehnici instrumentale necesită aparatură destul de costisitoare, greu de

5 WHO (1997) Non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 202)

6 Environment Canada (1994) Canadian Environmental Protection Act Priority Substances List assessment report: polycyclic aromatic hydrocarbons. Ottawa, Ontario, Supply and Services Canada, pp 61.

7 Monitoringul de mediu pentru executarea lucrărilor de abandonare a intervalului 2550-1850 m și resăpare a intervalului 1850 – 3034m, în sonda 821bis A Lebăda Vest, Perimetrul de explorare – exploatare – dezvoltare XVIII Istria, 2014.

8 LEGEA nr. 458 / 2002(r1) privind calitatea apei potabile intrata in vigoare :15/12/2011

9 González, M. D., et al., 2016, Electrochemical devices for the detection of priority pollutants listed in the EU water framework directive. Trends in Analytical Chemistry 77, pp. 186–202

10 Zelinkova Z., Wenzl T., 2015, The Occurrence of 16 EPA PAHs in Food – A Review, Polycycl Aromat Compd.; 35(2-4), pp. 248–284.

11 Plaza-Bolaños P, Frenich AG, Vidal JL., 2010, Polycyclic aromatic hydrocarbons in food and beverages. Analytical methods and trends. J Chromatogr A.; 1217(41), pp. 6303-26

transportat pentru analize de rutină la fața locului, alte prelucrări suplimentare ale probelor înainte de determinarea cantității analitului de interes. Astfel, se caută variante de analiză mult mai accesibile și mai puțin costisitoare, cu aceleași rezultate favorabile, astfel metode ce se bazează pe senzori electrochimici pot reprezenta o soluție pentru aceste căutări. S-au dezvoltat metode electrochimice pentru determinarea de HAP-uri în încercarea de a atinge limite de detecție corespunzătoare normelor stabilite de organizații responsabile de sănătatea omului, pentru a deveni variante viabile în analiza acestor poluanți. Dintre metodele electrochimice folosite, voltametria prezintă un potențial în determinarea acestor contaminanți. Voltametria ciclică este o tehnică electrochimică utilizată în studiul electro-oxidărilor a unor compuși chimici pe suprafața unor electrozi de platină sau de carbon sticlos.¹² **Naftalina** și alți derivați ai acesteia au fost studiați prin intermediul voltametriei, pe un electrod de carbon sticlos în prezența unui electrod de referință, 1,0 M KCl Ag/ AgCl, într-un solvent mixt format din acetona și apă (1:1 v/v), utilizând ca electrolit (CH₃)₄N(BF₄), ce permite măsurători până la potențiale pozitive de circa 2,2 V.¹³ În urma acestui studiu, au determinat valoarea potențialului la care are loc procesul de oxidare al naftalinei, necesar în dezvoltarea unei metode ce intenționează determinarea concentrației de naftalină dintr-o probă, aceasta fiind egală cu 1,65 V. S-a mai dovedit cum oxidarea are loc printr-un transfer de 2 electroni, prin care se generează o grupare hidroxilică pe nucleul aromatic al naftalinei, care în urma oxidării suplimentare, se transformă în naftochinonă. Pentru determinarea **antracenului** prin voltametrie, s-a dezvoltat un sensor nanocomposit de grafenă și polianilină (GR-PANI), depuse pe un electrod de carbon sticlos (GCE – glassy carbon electrode), ce prezintă un domeniu liniar de măsurare în intervalul 2,136-178000 μg/L (0,012-1000 μM) cu o limită de detecție de 0,78 μg/L (0,0044 μM).¹⁴ Grafena și polianilina sunt materiale recunoscute pentru proprietățile mecanice, electrice, termice și electrochimice, ce asigură un transfer electronic eficient al senzorului în măsurători.^{15,16} *Un alt senzor electrochimic pentru fenantren a fost preparat prin depunere de polianilină (PANI) și oxid de wolfram (WO₃) pe un electrod de carbon sticlos (GCE), acoperit cu un strat de grafenă (GR). Prin studii de voltametrie ciclică în soluție de HCl 1M, s-a obținut pentru acest senzor un domeniu de liniaritate de 1,78x10⁻⁴ - 1,068x10⁻³ μg/L (1,0-6,0 pM) și o limită de detecție de 2,18x10⁻⁵ μg/L (0,123 pM).*¹⁷ *Oxidul de wolfram este un semiconductor de tip n, cu proprietăți promițătoare în construcția unui senzor, având energia benzii interzise de 2,8 eV cu capacitate de absorbție în spectru solar, care datorită suprafeței mari raportate la volum cu sensibilitate mărită, a fost utilizat în dezvoltarea de dispozitive optice, optocromice, electrochimice cum ar fi ferestre inteligente în mașini și clădiri.*¹⁸ Există mai multe strategii de dezvoltare a senzorilor electrochimici pentru HAP-uri ce prezintă rezultate foarte bune cu respectarea limitelor impuse de directiva europeană în ce privește tehnicile de analiză, cu potențial în definirea ca metode standard, câteva dintre acestea fiind menționate în Tabelul 2.¹⁶

4. Concluzii

Hidrocarburile aromatice policiclice reprezintă un potențial pericol pentru sănătatea omului și a altor viețuitoare din mediul înconjurător prin capacitatea carcinogenică și răspândirea considerabilă în natură a acestora datorită formării lor prin intermediul proceselor naturale, industriale și antropologice. Necesitatea de a stabili norme de protecție la nivel global este justificată prin prevenirea acumulării HAP-

12 F. Scholz (Ed.), Electrochemical Methods. Guide to Experiments and Applications, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005.

13 Sioda, R.E., Frankowska B., 2008, Voltammetric oxidation of naphthalene derivatives. Journal of Electroanalytical Chemistry, 612, pp. 147–150

14 Tovide, O. et al., 2014, Electro-oxidation of anthracene on polyanilino-graphene composite electrode. Sensors and Actuators B, 205, pp. 184–192

15 Yan, J. et al., 2010, Preparation of agraphene nanosheet/polyaniline composite with high specific capacitance, Carbon, 48, pp. 487–493

16 Vallés, C. et al., 2011, Simultaneous reduction of graphene oxide and polyaniline: doping-assisted formation of a solid-state charge-transfer complex, J. Phys. Chem. C, 115, pp. 10468–10474

17 Tovide, O. et al., 2014, Graphenated polyaniline-doped tungsten oxide nanocomposite sensor for real time determination of phenanthrene. Electrochimica Acta, 128, pp. 138–148

18 Dyer, A.L. et al., 2010, Orange and red to transmissive electrochromic polymers based on electron-rich dioxithiophenes, Macromolecules, 43, 4460.

Substanța de interes	Dispozitiv electrochimic	Modul de transducție	Limita de detecție (μg/L)
HAP	Imunotester derivat cu bile magnetice	VC	0,02
Benzo[a]piren	Imunosenzor din sfere de carbon funcționalizate cu multienzimă-anticorp și Fe ₃ O ₄ /polianilină/Nafion	VC	0,001
Naftalină	Imunosenzor cu albastru de Prusia și nanoparticule de Au	VC	0,06
Benzo[a]piren	Imunosenzor cu albastru de Prusia și nanoparticule de Au	VC	0,08
Antracen	Senzor cu compozit tionină-grafenă	VPD	1,1x10 ⁻⁴
Benzo[k]fluoranten	Senzor cu polipirol și benzo(a)antracen-7,12-dionă	VPD	2,5x10 ⁻⁵

Tabelul 2 Diferite metode electrochimice de determinare a HAP-urilor ce respectă normele europene

-urilor în concentrații periculoase pentru om și evitarea expunerii la acești contaminanți. Odată cu stabilirea limitelor maxime admise în diferite componente întâlnite în natură, a apărut nevoia de metode de determinare și monitorizare a hidrocarburilor aromatice policiclice din diferite probe. Cu scopul dezvoltării de metode cu mobilitate la diferite zone suspectate de contaminare și cu costuri de utilizare mai scăzute, metodele electrochimice reprezintă un potențial major în determinarea eficientă și precisă a HAP-urilor, dintre care câteva tehnici prezintă rezultate notabile în ce privește limitele de detecție care ating valori cu 3 ordine de mărime mai mici decât limitele impuse de legislație.

În cadrul proiectului component Proiect 3, Activitatea 1.12 a fost dedicată evaluării cerințelor analitice necesare în vederea detecției electrochimice a hidrocarburilor aromatice policiclice (HAP). Activitatea 1.12 are un grad de indeplinire de 100%.

A1.13 - Sinteza umeda a materialelor nanostructurate pe baza de carbon - incercari preliminare

Structuri de tip gel pentru realizarea de precursori de aerogel

1. Introducere

Scopul acestei sinteze a constat în evaluarea potențialului polietileniminei și glucozaminei în vederea obținerii de precursori pentru formarea unor aerogeluri.

2. Metoda de sinteză

În cadrul acestei activități au fost efectuate încercări folosind clorhidratul de glucozamină și polietilenimina în raport masic 1:2, care au fost lăsate să interacționeze diferiți timpi (15, 30 și 45 minute) la 40°C, pentru a favoriza procesul de *cross-linking* dintre grupările imino și amino. Astfel s-a obținut un gel semisolid care a fost supus unui tratament termic (450°C, 30 minute, N₂) însă nu s-a obținut o structură stabilă de tip aerogel. Încercări alternative au fost efectuate și cu o dispersie de grafenă astfel încât să rezulte o structură de tip aerogel, capabilă să se autosustină.



3. Concluzii Imaginea optică arată formarea unui gel semirigid care supus tratamentului termic (450 °C, N₂) nu a condus la obținerea unor structuri stabile precursore de aerogeluri.

În cadrul proiectului component Proiect 3, Activitatea 1.13 a fost dedicată unei metode de sinteză în vederea obținerii unor precursori pentru structuri de tip aerogel. Activitatea 1.13 are un grad de indeplinire de 100%.

Sinteza nanoparticulelor de $CuInS_2$

a) Metoda 1 de sinteză

Se prepară câte 50 mL soluție $5,0 \cdot 10^{-2}$ $InCl_3$ (S1), de asemenea se prepară o soluție 0.15 M tiouree (S2), $5,5 \times 10^{-2}$ M $CuCl$ și 0,5 M KCl (S3). Înainte de prepararea soluției de $CuCl$ are loc purificarea acestui compus. Este binecunoscut faptul că $CuCl$ se oxidează în aer la $CuCl_2$. Pentru a diminua cât mai mult activitatea ionilor Cu^{2+} în sistem $CuCl$ impurificat cu $CuCl_2$ se dizolvă într-o soluție concentrată de HCl cu formarea complexului solubil $[CuCl_2]^-$. După formarea acestui complex, valoarea pH-ului se crește prin adăugare de apă distilată, ceea ce duce la precipitarea $CuCl$. Urmele de $CuCl_2$ rămân în soluție. Precipitatul de $CuCl$ alb se filtrează, se spală cu apă distilată, iar filtratul se usucă la temperatura de $50^\circ C$ în vacuum timp de 20 h. Această substanță a fost utilizată mai departe pentru sinteză. În continuare se prepară 3×10 ml soluție 1:1 (vol.) n-butanol – isopropanol. În aceste soluții (S4) se dizolvă câte 0.05 mmoli de: bromura de cetiltrimetilamoniu (CTAB), dodecilamina (DDA) și dodecantiol (DDT).

b) Metoda 2 de sinteză

Se dizolvă 27.3 mg $CuCl$ într-o soluție apoasă 0.15 M tiouree. Acestei soluții i se adaugă 1 ml etilenglicol. Soluției rezultate i se adaugă 5 ml soluție 0.05 M $InCl_3$, 0.05 milimoli CTAB, 5 mL alcool izopropilic și 5 mL soluție HCl 0.1M. Complecșii metalelor se transvazează în câte o fiolă de sticlă pyrex având volumul de 40 ml, prevăzută cu bară de agitare magnetică. Fiola se tratează termic la temperatura de $180^\circ C$ timp de 1 h în câmp de microunde și în mediu de azot de puritate 4.6, utilizând agitarea. Viteza de creștere a temperaturii a fost de $10^\circ C/min$. După autoclavare proba se spală de trei ori cu apă și de două ori cu etanol și se usucă în vacuum la temperatura de $70^\circ C$, obținându-se proba CIS6. Probele CIS7 și CIS8 se prepară în mod analog utilizându-se ca surfactanți dodecilamina și dodecantiolul. Proba CIS5 a fost obținută fără adăugarea vreunui surfactant. Spectrele XRD pun în evidență formarea ca singură fază cristalină a compusului ternar, $CuInS_2$. Raportul $Cu : In$ în reactanți este de 1.1. Așadar prezența surfactanților prin adsorbția acestora pe primele nanoparticule formate limitează viteza de reacție dintre acestea și ionii In^{3+} din sistem. Datorită produsului de solubilitate redus, la apariția ionilor sulfură în sistem are loc formarea compusului Cu_2S . Pe suprafața acestor nanoparticule are loc adsorbția surfactanților care limitează reacția Cu_2S cu $InCl_3$ cu formarea compusului $CuInS_2$. La descompunerea tioureei are loc formarea ionilor sulfură în sistem, astfel încât datorită produsului de solubilitate scăzut, prima fază care precipită este Cu_2S . Pe suprafața acestor nanoparticule se adsoarbe surfactantul. Cu cât adsorbția este mai puternică cu atât dimensiunea cristitelor de Cu_2S este mai redusă. În continuare, complecșii de indiu difuzează prin stratul de surfactant adsorbit reacționând cu nucleul de Cu_2S format în prima fază.

Activitatea 1.14 are un grad de indeplinire de 100%.

A1.15 - Sinteza nanoparticulelor de tip $M_aM_bCh_2$

În cadrul acestei activități prevăzute în proiectul de cercetare s-au realizat studii de laborator pentru a obține materialul $CuGaO_2$, atât sub formă nanometrică cât și sub formă micrometrică utilizând metoda hidrotermală. Condițiile experimentale pentru obținerea compusului $CuGaO_2$ nanocristalin:

- 1 mmol de $Cu(NO_3)_2$
- 1 mmol de $Ga(NO_3)_3$
- 16 ml H_2O
- 5 ml Etilen glicol (EG) și Pluronic P123
- Temperatura de autoclavare $190 - 250^\circ C$
- Timp de autoclavare 30 min pana la 56 h
- Mineralizator KOH

- Volum total al autoclavei 21 ml. Gradul de umplere al autoclavei pentru toate experimentele a fost de 40%
- pH-ul este de 4.3-5.15

Încălzirea autoclavei s-a făcut cu o creștere a temperaturii de 10 °C/min. După trecerea timpului de autoclavare, pulberea obținută se spală în mod repetat cu o soluție de (10 ml NH₃ 25% cu 30 ml H₂O), pentru a spăla surplusul de Cu₂O. La sfârșit se mai spală de câteva ori cu apă distilată și etanol după care se pune la uscat la temperatura de 80 °C timp de 4 h. Un efect foarte important în realizarea fazei pure de CuGaO₂ îl are etilen glicolul (EG), care are efect de agent reducător, precum și de a stabilizare a Cu⁺ pentru a evita oxidarea la Cu²⁺, datorită oxigenului dizolvat. În cadrul sintezei hidrotermale, rolul mineralizatorului de KOH este de a forma speciile hidrate de Cu(OH)₂ și Ga(OH)₃. Instalația de sintetiză, autoclava de teflon de tip Morey care este introdusă într-o cămașă de oțel inoxidabil, reprezintă un mediu inert din punct de vedere chimic față de mediul de lucru. Încălzirea autoclavelor s-a realizat cu ajutorul unei etuve de laborator ECVR 50, la care temperatura este omogenă în tot interiorul etuvei. Avantajul utilizării teflonului este că se poate utiliza un mediu bazic sau acid fără a afecta pereții autoclavei și astfel evitând orice impurificare a materialului propus spre sinteză. În incinta de teflon se pot realiza experimente la temperaturi de până la 250 °C și presiunea sub 100 bari.

Activitatea 1.15 are un grad de indeplinire de 100%.

A1.17 - Optimizarea metodei de sinteza umeda pentru fabricarea materialelor nanostructurate pe baza de carbon

Grafenă decorată cu nanoparticule de Fe₃O₄

1. Introducere

Scopul acestei sinteze a constat în evaluarea potențialului nanoparticulelor Fe₃O₄ de a fi depuse pe suprafața grafenei astfel încât să asigure o spațiere a straturilor de grafenă, evitând aglomerarea și colapsarea ulterioară a nanostructurilor de tip aerogel pe bază de carbon.

2. Metoda de sinteză

S-au dizolvat 0,1674g FeCl₃ și 0,139 g FeSO₄•7H₂O în 2 ml HCl concentrat, într-un flask de plastic, obținându-se o soluție galbenă. În același timp, o dispersie conținând 5 ml grafenă (50 mg/l, PureSheets-Quattro, NanoIntegris) în 100ml apă a fost degazată prin barbotare cu azot, timp de 30 de minute. După degazare, dispersia a fost ultrasonată*, timp în care a fost adăugată în picătură soluția conținând ionii de fier. Apoi, tot în picătură, a fost adăugat 30ml soluție NH₃ 28%, continuând ultrasonizarea. S-a obținut un precipitat maro-negru. Acesta a fost filtrat la vid, apoi a fost spălat cu ~500ml apă deionizată. Apoi, a fost uscat la 60°, timp de 10 minute, și redispersat în 15ml etanol absolut, obținându-se o dispersie omogenă.

*parametri ultrasonicare: timp = 15 minute, pulse on = 10s, pulse off = 5s, amplitudă = 60%.

Rezultate caracterizare instrumentală: Diametrul mediu hidrodinamic = 162,4 nm ♦ Potențialul zeta: - 54,44mV, indică o dispersie stabilă în etanol ♦ Dimensiunea cristalitelor: 4,84 nm (Scherrer); 3,9 nm (Williamson Hall).

3. Concluzii

Imaginea SEM arată o acoperire uniformă a grafenei cu Fe₃O₄ dar și un grad crescut de compactare.

În cadrul proiectului component Proiect 3, Activitatea 1.17 a fost dedicată unei metode de sinteză în vederea obținerii unor structuri stabile de aerogel. Activitatea 1.17 are un grad de indeplinire de 100%.

A1.16 - Documentare și dezvoltare a sistemelor experimentale

În cadrul proiectului component Proiect 3 a fost achiziționat un liofilizator model CoolSafe 110-4 PRO, având colectorul acoperit cu teflon. Acesta atinge -110°C și presiuni de ordinul 0.030 mbar. Acest echipament este disponibil și pe platforma ERRIS (<https://erris.gov.ro/minafab>) iar oferta de servicii (servicii de liofilizare), în limba engleză, poate fi regăsită la: <https://erris.gov.ro/minafab>.

În cadrul proiectului component Proiect 3, Activitatea 1.16 a fost dedicată achiziționării unui echipament destinat consolidării infrastructurii institutului. Astfel a fost achiziționat un liofilizator model CoolSafe 110-4 PRO și pe pagina www.erris.gov.ro a fost înregistrată opțiunea efectuării de servicii de liofilizare. Astfel Activitatea 1.16 are un grad de îndeplinire de 100%.

♦ Locuri de munca susținute prin program, inclusiv resursa umană nou angajată;

Au fost angajați următorii cercetători:

- 1) Chimist, doctorand, ACS, Apostol Adrian Alexandru – [...]
- 2) Chimist, masterand, ACS, Stoian Marius Constantin – [...]
- 3) Fizician, CS III, Carmen Steluța Ciobanu – [...]
- 4) Inginer chimist, ACS, Adriana Iacob - [...]

În cadrul proiectului component Proiect 3, locurile de muncă asumate a fi ocupate au fost în număr de 3 poziții vacante, astfel încât această categorie de activitate are un grad de îndeplinire de 100%.

- Prezentarea valorificării/ îmbunătățirii competențelor/ resurselor existente la nivelul consorțiului (cecuri);

[...]

Diseminare & comunicare

Lucrari prezentate:

1) Daniel Ursu, Marinela Miclau, Radu Banica, One step hydrothermal synthesis of CuGaO_2 nanostructures for high performance p-Type dye-sensitized solar cells, *TIM 18 Physics Conference, Timisoara, Romania, 24-26 Mai 2018*.

2) Cristina Mosoarca, Radu Banica, Daniel Ursu, Petrica Linul, Synthesis and Characterisation of CuInS_2 Nanoparticles, *TIM 18 Physics Conference, Timisoara, Romania, 24-26 Mai 2018*.

3) Petrica Andrei Linul, Radu Banica, Cristina Mosoarca, Daniel Ursu, Andrei Racu, Mihai-Cosmin Pascariu, Characterisation of CuInS_2 Nanoparticles, *The 11th Edition of the Symposium with International Participation: New trends and strategies in the chemistry of advanced materials with relevance in biological systems, technique and environmental protection, 11th Edition, June 28-29, 2018, Timisoara, ROMANIA*.

4) C. Mosoarca, D. Ursu, T. Nyari, P. Linul, I. Serbachievici, B. Taranu, R. Banica, Synthesis of graphene/ CuGaO_2 aerogels for advanced electrodes, *24th International Symposium on Analytical and Environmental Problems, Szeged, Ungaria, 8-9 Octombrie 2018 (poster)*;

5) **M. C. Pascariu, I. Sebarchievici, P. Linul, C. Mosoarca, D. Ursu, R. Banica**, Synthesis of graphite-graphene aerogels for thermal energy storage applications and sensors, *24th International Symposium on Analytical and Environmental Problems, Szeged, Ungaria, 8-9 Octombrie 2018 (poster)*.

Lucrări publicate:

- 1) C. Mosoarca, D. Ursu, T. Nyari, P. Linul, I. Serbachievici, B. Taranu, R. Banica, *Synthesis of graphene/CuGaO₂ aerogels for advanced electrodes*, 24th International Symposium on Analytical and Environmental Problems Conference Proceedings, Szeged, Ungaria, ISBN 978-963-306-623-2 **(2018)**.
- 2) M. C. Pascariu, I. Sebarchievici, P. Linul, C. Mosoarca, D. Ursu, R. Banica,, *Synthesis of graphite-graphene aerogels for thermal energy storage applications and sensors*, 24th International Symposium on Analytical and Environmental Problems, Conference Proceedings, Szeged, Ungaria, ISBN 978-963-306-623-2 **(2018)**.

Lucrare trimisă spre publicare la revistă cotate ISI

1) **D. Ursu, M. Vajda, M. Miclau**, Hydrothermal synthesis of 3D hierarchical flower-like CuGaO₂ with high surface area for dye sensitized solar cell MNL-2018-5265, **Micro & Nano Letters**, *under review*.

Cerere brevet de invenție:

1) **Daniel URSU, Marinela MICLĂU, Radu BĂNICĂ**, Procedeu de sinteză a materialelor composite pe bază de grafenă redusă/CuGaO₂ cu aplicații fotoelectrochimice, înregistrat **OSIM nr. A/00595 din 22.08.2018**.

Linkuri lucrări la conferința TIM 18:

<http://acad-icht.tm.edu.ro/cercetare/manifestari/newtrends2018/Program-A5-New-Trends-2018.pdf>
https://timconference.uvt.ro/upload/Conference_Schedule_TIM18.pdf **(CM-P04, CM-P15)**