

Contractor: INCDIE ICPE-CA
Cod fiscal : RO 13827850

De acord,
DIRECTOR GENERAL,
Dr.ing. Sergiu NICOLAIE

Avizat,
DIRECTOR DE PROGRAM
Dr.ing. Georgeta ALECU

RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contractul nr.: 35N/2018

Proiectul: *PN18240103 - Tehnologii avansate de prevenire, decontaminare, reciclare si valorificare superioara a solurilor si iazurilor situate in arii de exploatare cu risc ridicat de poluare chimica si electromagnetica.*

Faza: *3/2018 - Obținere si depunere de nanomateriale carbonice prin sinteză chimică și/sau depunere chimică din fază de vapori (CVD) pe substrat de tip screen printed electrode (variante experimentale). Studiu privind monitorizarea pesticidelor in produse horticole sau in mediu prin utilizarea de senzori carbonici electrochimici.*

Termen: 14/09/2018

1. Obiectivul proiectului:

Obiectivul general:

- Abordarea si dezvoltarea unor *“tehnologii avansate de prevenire, decontaminare, reciclare si valorificare superioara a solurilor si iazurilor situate in arii de exploatare cu risc ridicat de poluare chimica si electromagnetica”*.

Obiectivele specifice:

- OS1. Prevenirea generării deșeurilor poluante in sol si ape - Dezvoltarea si validarea unui senzor pe baza de materiale carbonice cu afinitate fata de carbendazim/molecule similare, cu inalta sensibilitate si fiabilitate, pentru detectia rapida a acestor reziduuri in diferite produse horticole (ex. fructe si legume proapete si prelucrate, sucuri, vinuri, alte produse derivate);
- OS2. Reciclarea și reutilizarea deșeurilor - Dezvoltarea unei sistem de laborator pentru reciclarea magneților permanenți pe bază de pământuri rare;
- OS3. Neutralizarea deșeurilor – Eficientizarea ecologică a activităților legate de forajul sondelor de hidrocarburi prin colectarea și neutralizarea deșeurilor rezultate, în scopul deversării responsabile în mediu, cu respectarea legislației în vigoare, atât pe plan intern cât și internațional;
- OS4. Exploatarea sinergica a impactului poluantilor asupra mediului - Analiza particularităților celulare vegetale prin respectarea unor protocoale de lucru specifice microscopiei de

fluorescență și microscopiei confocale, în scopul inițierii unei baze de date privind culturile vegetale care pot exploata pozitiv factorul poluator al câmpului electromagnetic.

2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului:

- R1. studiu privind posibilitățile de colectare, transport și neutralizare a reziduurilor rezultate din activitatea de foraj;
- R2. studiu privind aplicarea câmpurilor electric și magnetic asupra tesutului vegetal;
- R3. 2 variante experimentale de nanomateriale carbonice (xerogeluri și/sau materiale grafenice) obținute prin sinteză chimică (chimie umedă și/sau depunere chimică din fază de vapori), ce vor fi utilizate pentru dezvoltarea de senzori destinați detecției de pesticide;
- R4. model experimental de electrozi modificați;
- R5. proiect de realizare a unui sistem HD / HDDR dedicat reciclării magneților permanenți;
- R6. model experimental de sistem de reciclare a magnetilor permanenți;
- R7. procedura de depoluare a solului cu substanțe tensioactive.
- R8. protocol experimental de aplicare și evaluare a influenței câmpurilor electric și magnetic asupra tesutului vegetal;
- R9. 3 articole BDI / ISI transmise spre publicare;
- R10. 1 prezentare a rezultatelor la o conferință de specialitate.

3. Obiectivul fazei:

- Obținere și depunere de nanomateriale carbonice prin sinteză chimică și/sau depunere chimică din fază de vapori (CVD) pe substrat de tip *screen printed electrode (varianta experimentală)*. Studiu privind monitorizarea pesticidelor în produse horticoale sau în mediu prin utilizarea de senzori carbonici electrochimici.

4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

- Variante experimentale de nanomateriale carbonice (xerogeluri și/sau materiale grafenice) obținute prin sinteză chimică (chimie umedă și/sau depunere chimică din fază de vapori), ce vor fi utilizate pentru dezvoltarea de senzori destinați detecției de pesticide.

5. Rezumatul fazei: (maxim 5 pagini)

În prezent detecția pesticidelor (în general și punctual al celor de tip carbamic) se face exclusiv în laborator cu echipamente performante prin metode și tehnici laborioase ce necesită personal instruit. Metodele aplicate se bazează în principal pe separări cromatografice multiple însoțite de spectroscopie de masă (cromatografie de curgere turbulentă cuplata cu cromatografie de lichide cuplata cu spectroscopie de masă (*turbulent flow chromatography coupled to LC-MS/MS*)). Identificarea se bazează pe timpul de retenție și raportul ionic utilizând metoda MRM (multiple reaction monitoring) și cuantificările aferente utilizând standardele aplicate privind efectul de matrice. Dezvoltarea de tehnici și metode analitice pentru detecția de pesticide în produse horticoale constituie adesea o provocare datorită complexității matricei vegetale (amestec complex de zaharuri, enzime, alcaloizi, glicozide, polifenoli, uleiuri volatile etc). Componentii matriciei pot cauza un efect de îmbogățire sau suprimare ionică asociată semnului unui analit. Efectul de matrice poate afecta semnificativ cuantificarea analitului, reproductibilitatea și acurătatea unei metode de identificare a unui analit. De aceea, este necesar și de dorit să se caracterizeze și să se reducă pe cât posibil interferențele datorate unei matrici. Aceasta se poate realiza printr-o etapizare a pregătirii probelor, etape deseori laborioase și consumatoare de timp. Tehnici costisitoare de ultimă oră ca ultra-sensitive tandem quadruple technology, ce

implica un lant complex de echipamente permit depasirea efectului de matrice asociat cu analiza sucurilor de fructe. (*Rapid Detection of Pesticide Residues in Fruit Juice Without Sample Extraction Using UPLC-MS/MS, Application Note, Dimple Shah, Jinchuan Yang, Gordon Fujimoto, Lauren Mullin, and Jennifer Burgess Waters Corporation, Milford, MA, USA-2012 Waters Corporation. Produced in the U.S.A. July 2012 720004403en AG-PDF*).

Pe baza rezultatelor preliminare obtinute in cadrul proiectului: **PN-II-PT-PCCA-2013-4-0128 Imunobiosenzori pentru detectia de pesticide carbamice din produse horticoale**, prezentul proiect isi propune obtinerea si dezvoltarea unui prototip **de senzor carbonic** cu sensibilitate si senzitivitate ridicata fata de carbendazim **in lipsa unui bioconjugat** (ex: anticorpi; de cele mai multe ori, specificitatea si afinitatea anticorpilor **sunt factori limitativi ale acestor imunoteste** (fapt constatat si in cadrul proiectului mentionat). Intrucat pesticidele de tip benzimidazolic, inclusiv cele carbamice, sunt prea mici pentru a fi recunoscute de catre sistemul imunitar, in conditii naturale, ele nu prezinta epitopi multipli care pot fi exploatati pentru utilizare prin imunoteste de tip sandwich.)

Obiectivele acestei etape, constau in:

- o Obținere de nanomateriale carbonice pentru dezvoltarea de senzori destinati detectiei de pesticide
- o Depunere de nanomateriale carbonice pentru dezvoltarea de senzori destinati detectiei de pesticide pe substrat de tip SPE (screen printed electrode)

Rezultate obtinute:

1. Au fost obtinute diferite **variante experimentale** de xerogeluri carbonice dopate sau nu cu metale de tip Pt, Pd, Ni. Tehnica de sinteza a aplicata a fost sinteza de tip sol-gel urmata de uscare si piroliza avnd ca precursor un sistem de rezorcina formaldehida conform schemelor de reactie prezentate mai jos. Doparea s-a realizat in situ (*prin utilizarea sarurilor organice de Pt, Pd Ni : ex; acetilacetona de Pt*) sau prin simpla imersare a gelului organic odata obtinut intr-o solutie. 0.16 % de H_2PtCl_6 si mentinut sub agitare magnetica timp de 12 ore. Solutia rezultata a fost redusa chimic ulterior cu o sol. 0.1M Na_2BH_4 la rece (amestecul se mentine in timpul reducerii la $0^{\circ}C$).

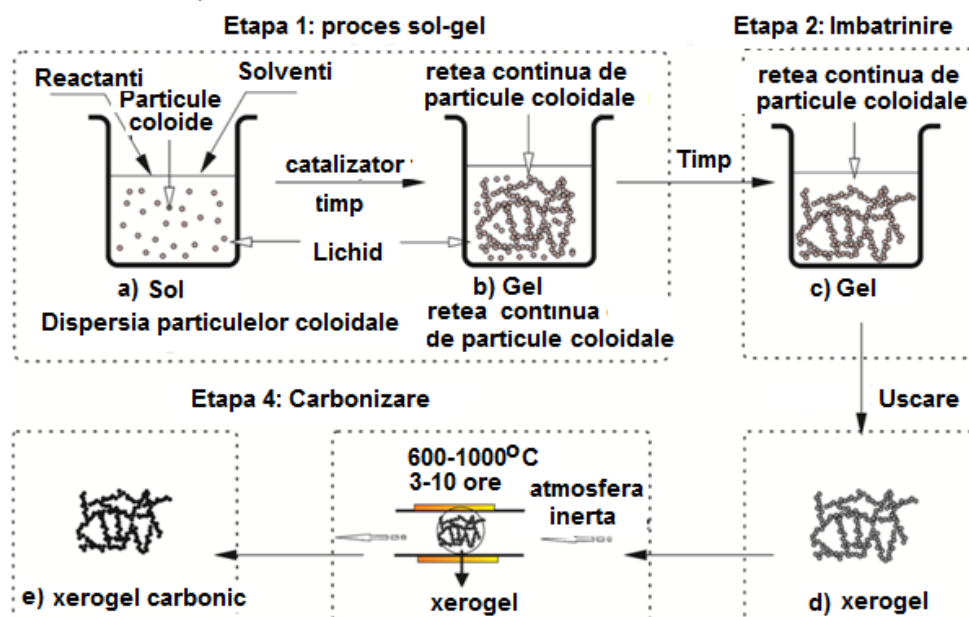


Fig. 1. schema de principiu a etapelor de sinteza

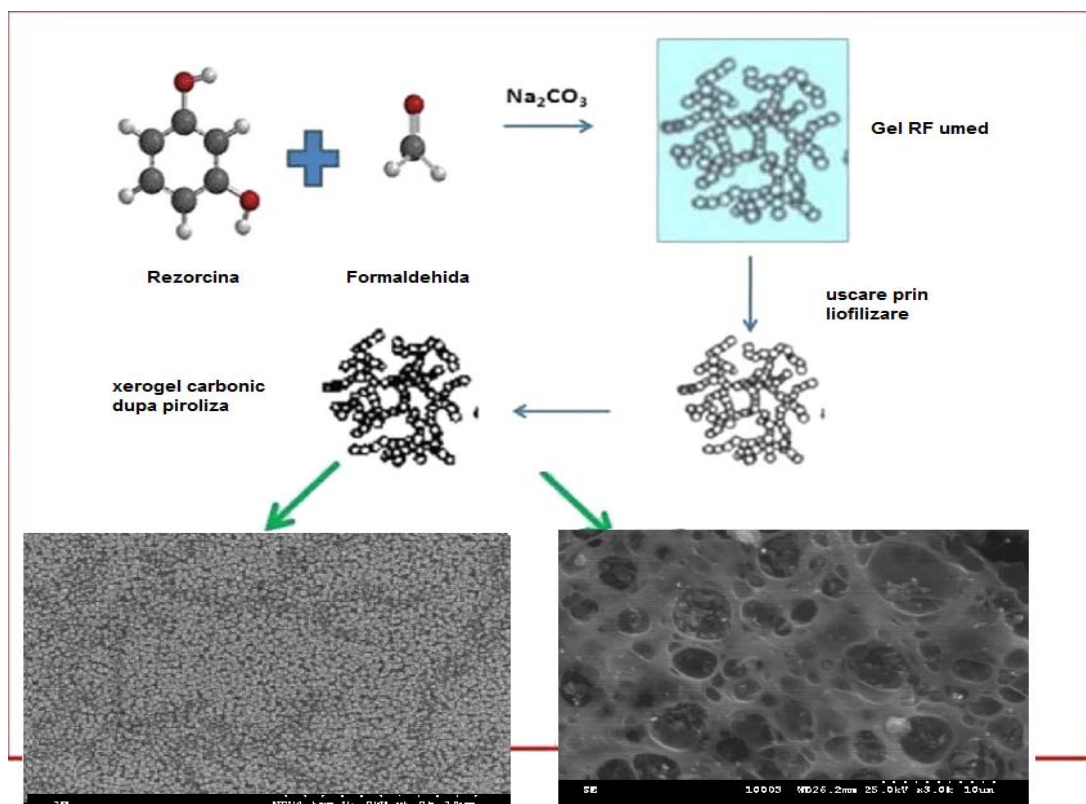


Fig. 2. schema de principiu a procesului de sinteza a unui xerogel pe baza de rezorcina- formaldehida

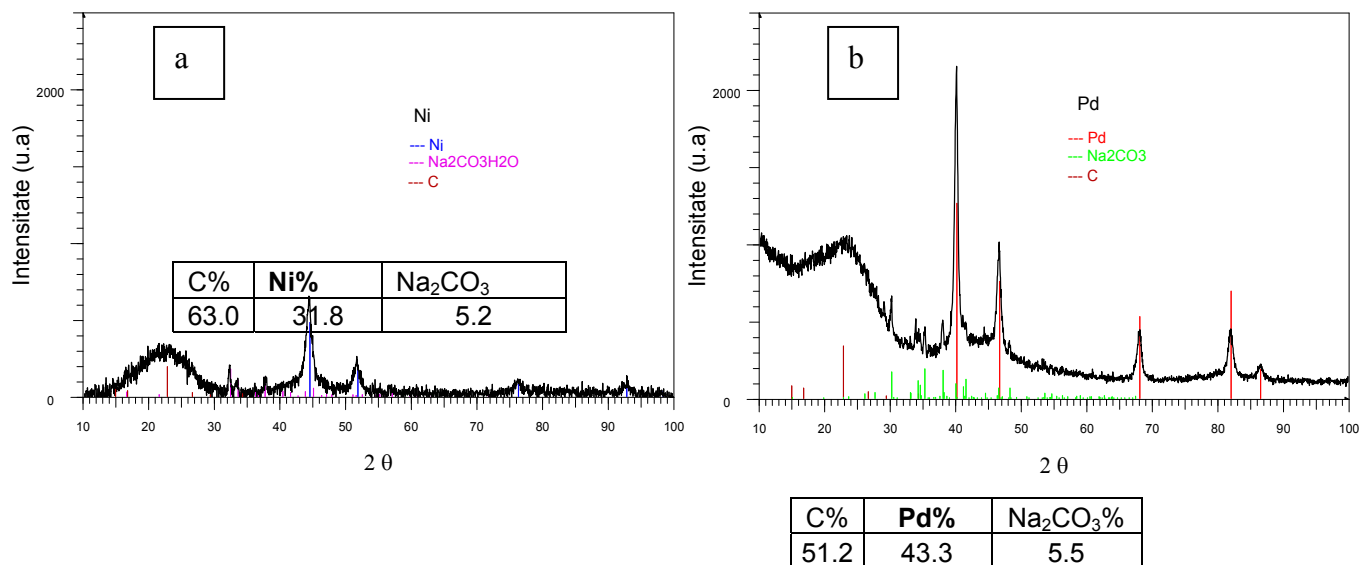


Fig.3. Difractii de raze X pentru variantele experimentale de xerogel carbonic dopat cu Ni (a) si dopat cu Pd (b)

In urma doparilor dispersia metalelor a fost omogena iar cantitatea de metal introdus in matricea carbonica a variat intre: 30-40% (dimensiunile nanoparticulelor metalice au fost de aprox. 13 nm- a se vedea raport de faza)

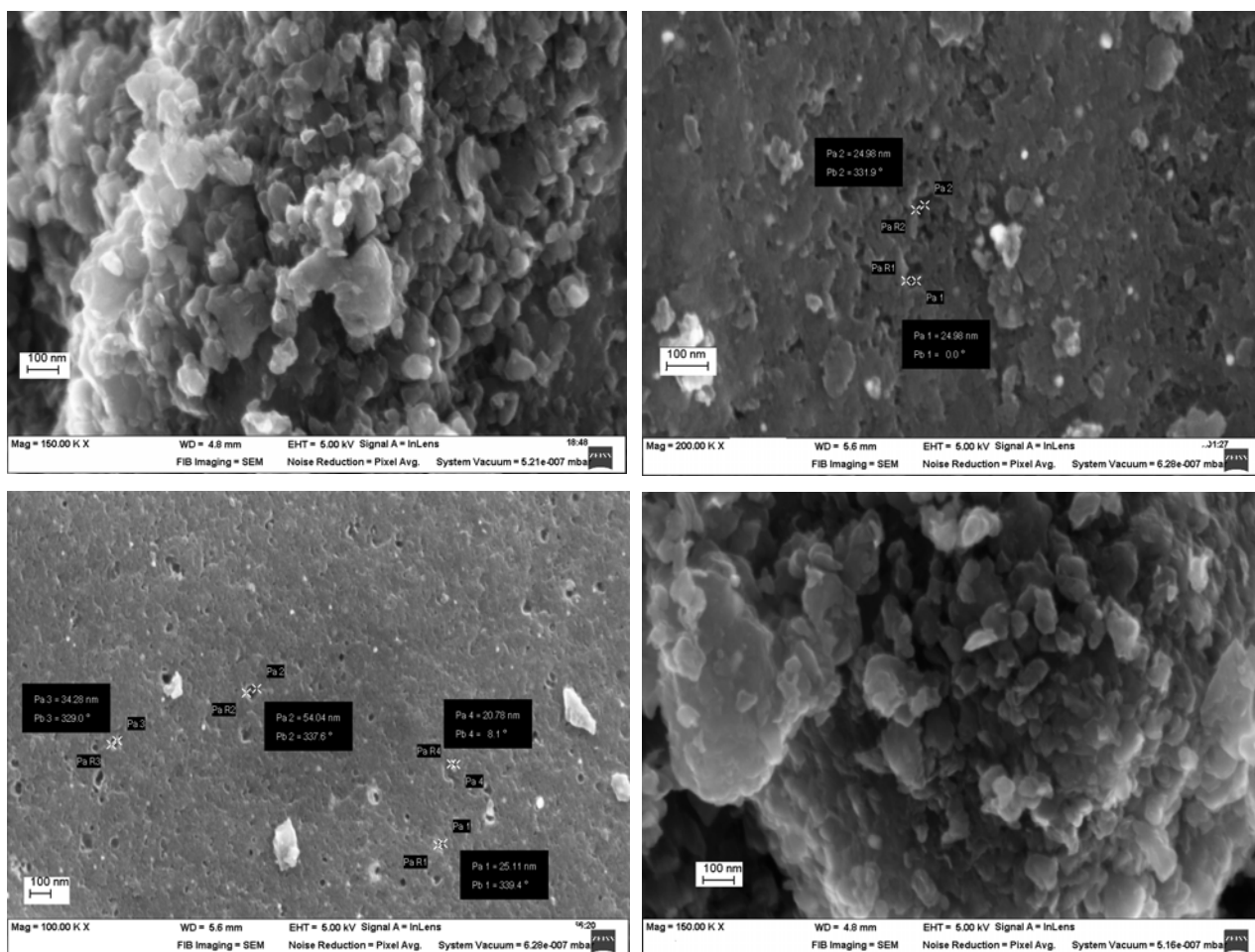


Fig.4. Microscopie electronica de baleiaj: morfologii diferite ale variantelor experimentale de xerogeluri carbonice obtinute

In cazul probelor obtinute prin schimb de solvent (in acetona) se remarca aparitia unor formatiuni tubulare. (diam. 0.1-5 μ)-**whiskeri carbonici**. in cazul probelor supuse direct procesului de piroliza nu se observa formarea de acicule.

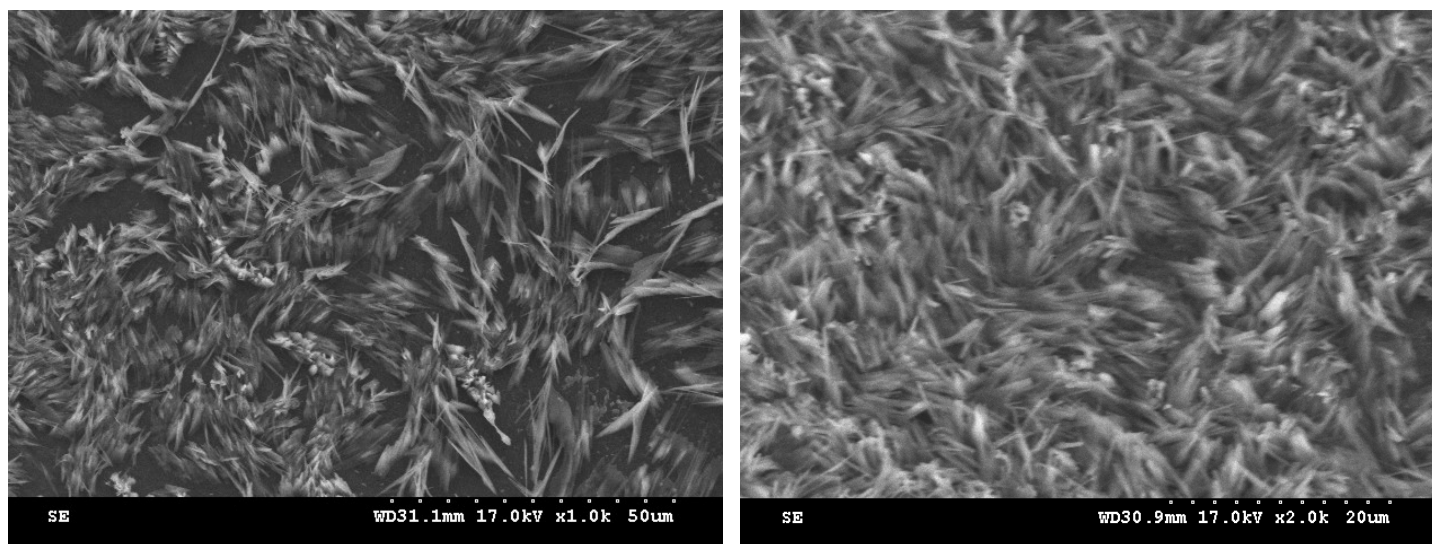


Fig. 5. Microscopie electronica xerogeluri carbonice obtinute fara dopaj si in conditii de schimb de solvent (acetona) : obtinere de whiskeri carbonici (morfologie aciculara)

2. Obținere nanomateriale de tip oxizi grafenici

În cadrul acestei etape **au fost obținute diferite variante de dispersii** (soluții coloidale) de oxid de grafena prin metode specifice chimiei umede.

Mediul de dispersie utilizat : apa și/sau solvenți organici de tip: etanol/DMFA/uree/hidrazina

Metoda de sinteză abordată pentru obținerea oxidului de grafena : *tehnica top-down* de exfoliere chimică a grafitului. Procesul de sinteză chimică a oxidului de grafena presupune în principal:

Etapa 1. Obținere precursor: oxid de grafit

Etapa 2. Obținere oxid de grafena prin reducerea oxidului de grafit (ultrasonare și reducere chimică)

Rezumativ, este ilustrat modul de lucru:

H₂SO₄ conc. a fost adăugat peste un amestec de grafit și NaNO₃. Amestecul a fost răcit pe baie de gheață și menținut la temperatura de 5⁰ C. KMnO₄ a fost adăugat lent păstrând temperatura amestecului de reacție sub 10⁰C. Soluția rezultată a fost încălzită la 35⁰C și supusă agitării timp de 2 ore. Oxidarea este continuată prin adăos de H₂O₂ 30%. Amestecul de reacție este lăsat sub agitare încă o oră. Soluția rezultată este supusă filtrării (la vid) și adusă la un pH neutru prin spălare cu HCl 5% și apă distilată. Produsul rezultat a fost uscat la 50⁰C în etuvă timp de 4 ore.

După uscare, 100 mg de oxid de grafit -au fost diluate în 80 ml apă deionizată și supuse ultrasonării timp de 30min -3 ore **obținându-se oxidul de grafena aferent**. Intensificarea gradului de reducere a oxidului de grafit. În vederea obținerii unor caracteristici conductive adecvate aplicației propuse în cadrul proiectului (dezvoltarea de electrozi conductivi selectivi pentru carbendazim) procesul de reducere inițiat prin ultrasonare a fost continuat cu reducere chimică. Au fost identificați noi agenți de reducere –ne-identificați și ne-testați în literatura de specialitate, anume: glucoza și imidazol.

Obținerea coloizilor (dispersii de oxid de grafena în apă) respectiv a oxidului de grafena a *fost pusă în evidență prin microscopie electronică de baleiaj și spectroscopie RAMAN*

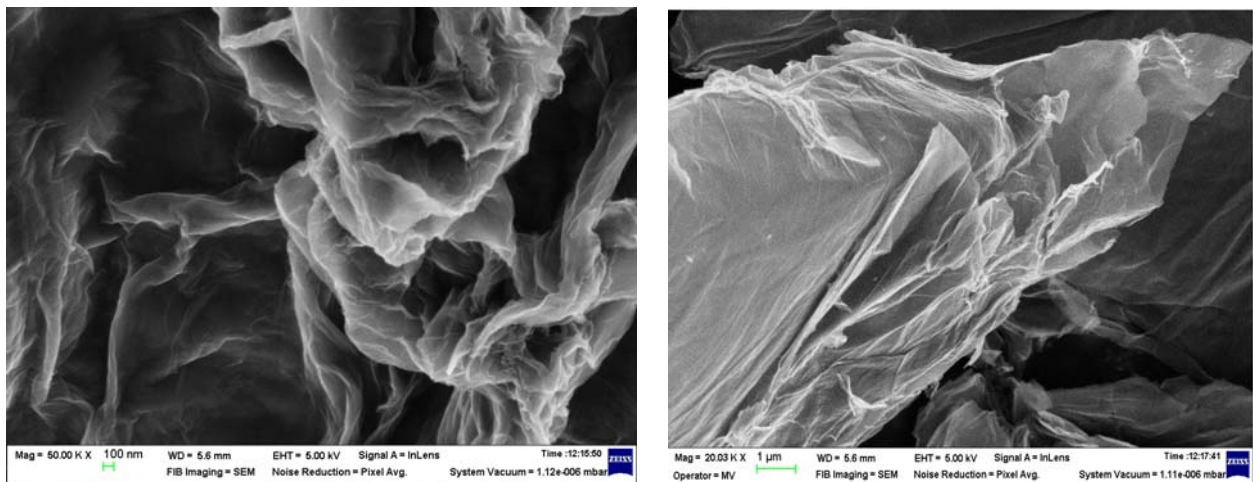


Fig.6. Microscopie electronică oxizi grafenici/grafene obținute prin sinteză chimică în cadrul etapei

Au fost totodată obținute în premieră „carbon nanowalls” prin metode chimice. Morfologia structurilor obținute sunt redată în imaginile de mai jos

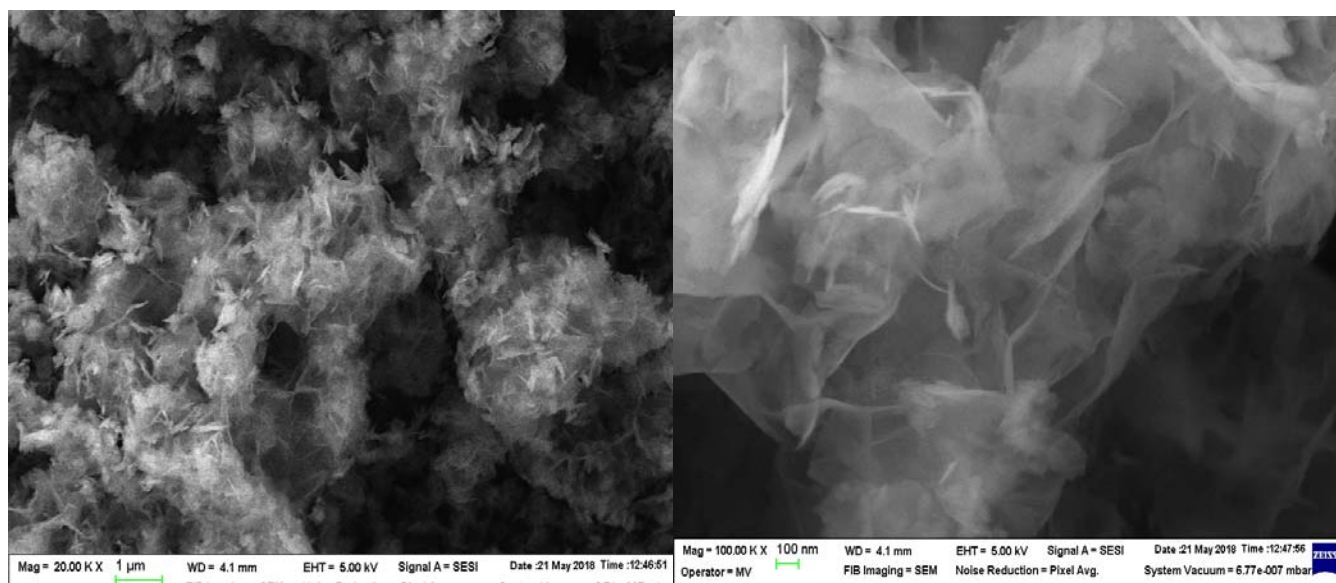


Fig.7. Microscopie electronica oxizi carbon nanowalls obtinute prin sinteza chimica in cadrul prezentei etape

Intr-o prima etapa au fost obtinute 3 variante de oxizi grafitici ce au fost reduși prin ultrasonare respectiv reducere chimica in diferiti solvenți la oxizi de grafena. Reducerile au fost efectuate in prezenta : uree, hidrazina, dimetilformamida.

Totodata, au fost propusi si testati noi agenti reducatori in vederea obtinerii unui grad avansat de reducere a oxizilor grafitici obtinuti . Acestia sunt: **glucoza** si **imidazolul**. Gradul de reducere a materialelor grafitice obtinute a fost studiat intr-o prima abordare prin spectroscopie RAMAN.

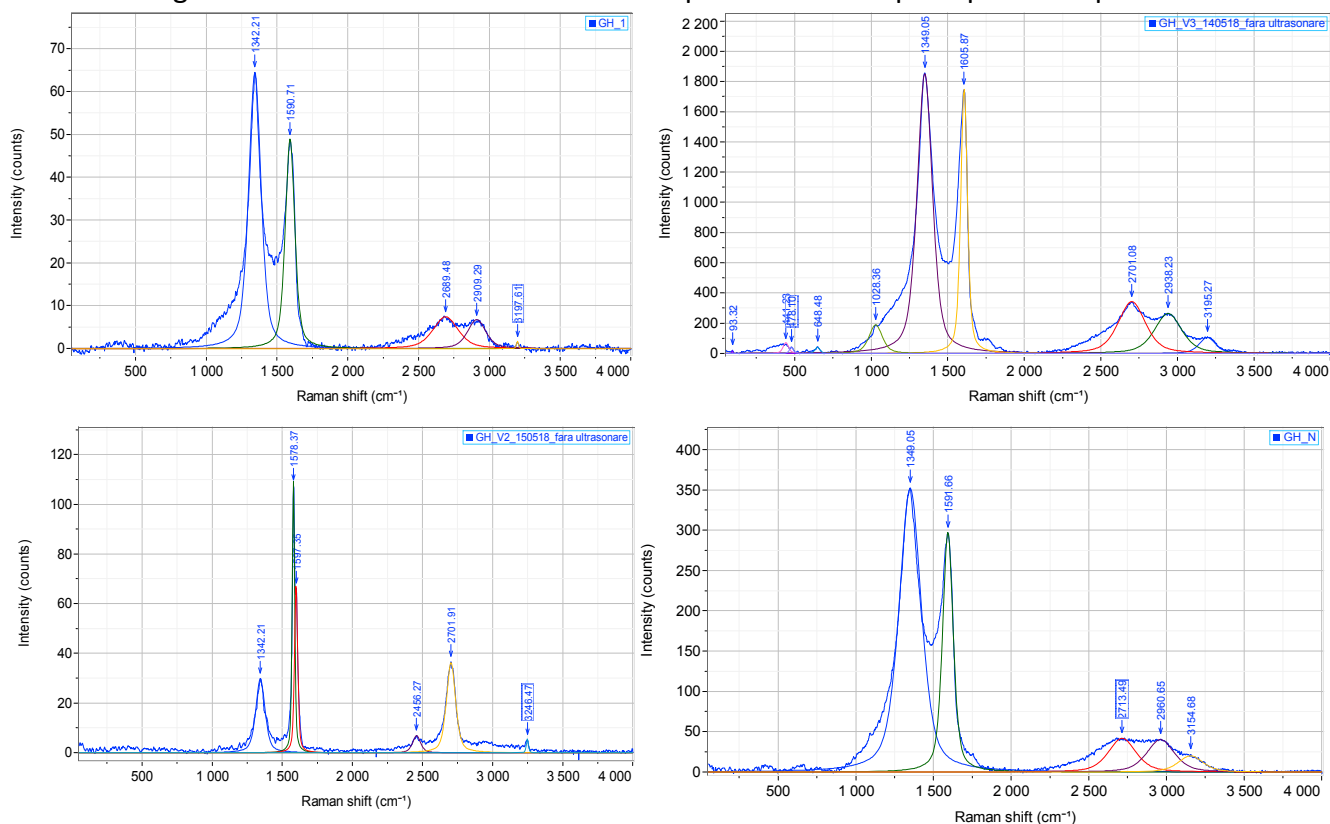


Fig. 8. Spectrul Raman inregistrat pe probe redusa cu diferiti agenti reducatori

3. Depunere nanomateriale carbonice pe substrat imprimat de tip *screen printed electrode* (SPE)

Depunerea variantelor experimentale de nanomateriale de tip xerogel carbonic si oxizi grafenici pe substrat imprimat (screen printed electrode) s-a realizat in urmatoarele conditii: -in cazul xerogelurilor carbonice depunerea acestora s-a realizat prin picurarea pe electrodul de lucru a xerogelurilor in amestec cu o solutie de Nafion;

- in cazul oxizilor grafenici depunerea acestora s-a realizat direct pe electrodul de lucru fara adaos de liant.

Se da mai jos o schema de principiu a metodei abordate:

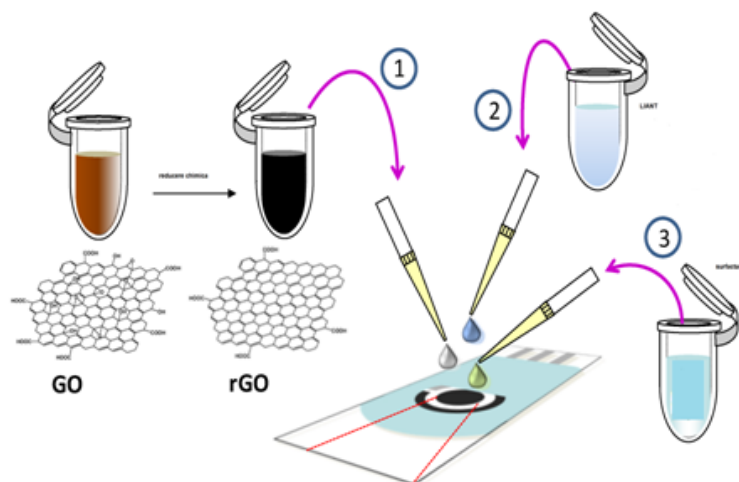
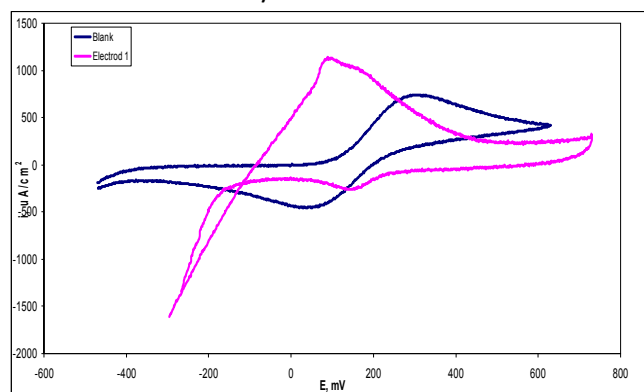


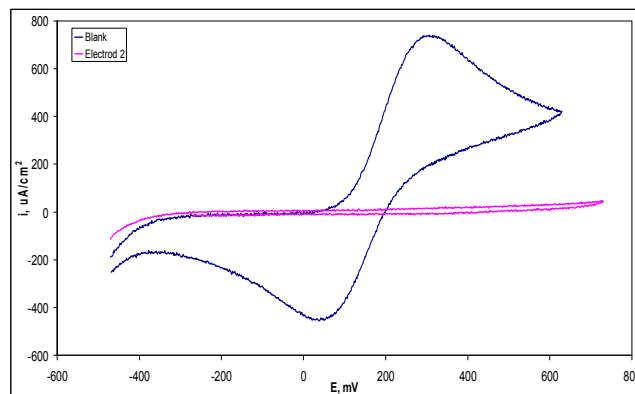
Fig. 9. Depunere nanomateriale carbonice (xerogeluri sau oxizi grafenici) prin picurare

Electrozii rezultati prin depunerea de xerogeluri carbonice si/sau a oxizilor grafenici sintetizati in cadrul acestei faze au fost caracterizati prin microscopie electronica (*pentru a verifica morfologia si tipul depunerii: omogen/neomogen*) si voltametrie ciclica (*pentru a putea decela raspunsul electrochimic al electrodului modificat in vederea separarii raspunsului moleculei de interes - carbendazim- in testarile viitoare*). Masuratorile electrochimice au fost efectuate cu un potentiostat/galvanostat cu analizor de impedanta, **tip VOLTALAB**. Pentru a masura capacitatea dublului strat electric s-a folosit o configuratie standard de celula cu trei electrozi. Suprafata electrodului de lucru : **1,92 mm²**, electrodul de referinta : electrod de calomel; contraelectrod : platina; electrolit : 5mM K₄Fe(CN)₆*3H₂O + 0.2MKCl; interval de potential : -470 mV/+730 mV; vitez. de baleare: 150 mV/s



Electrod 1= V1G .

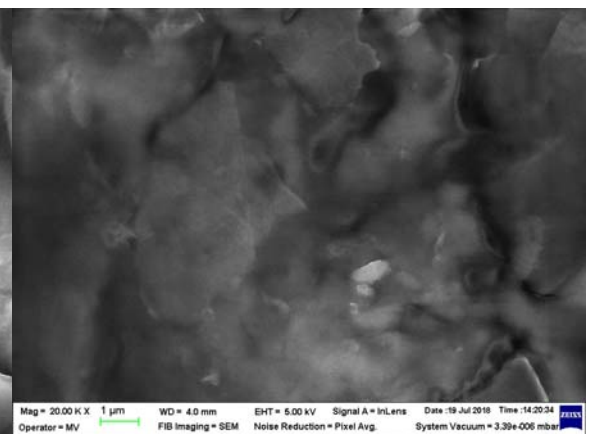
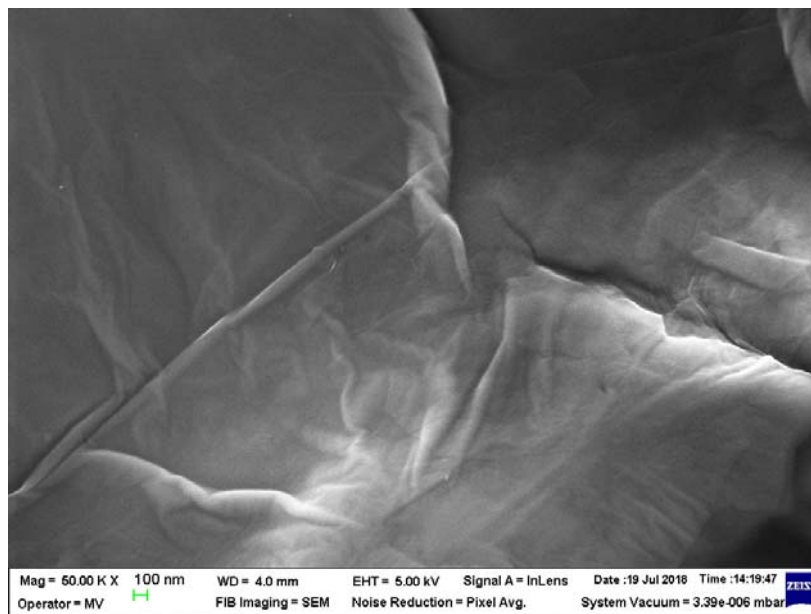
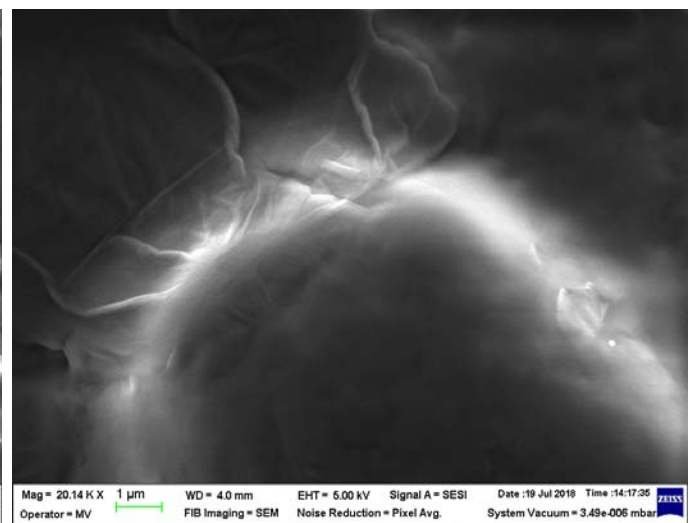
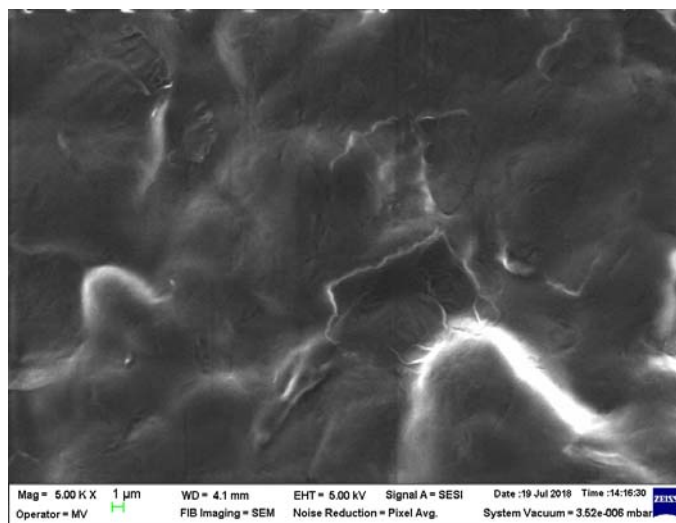
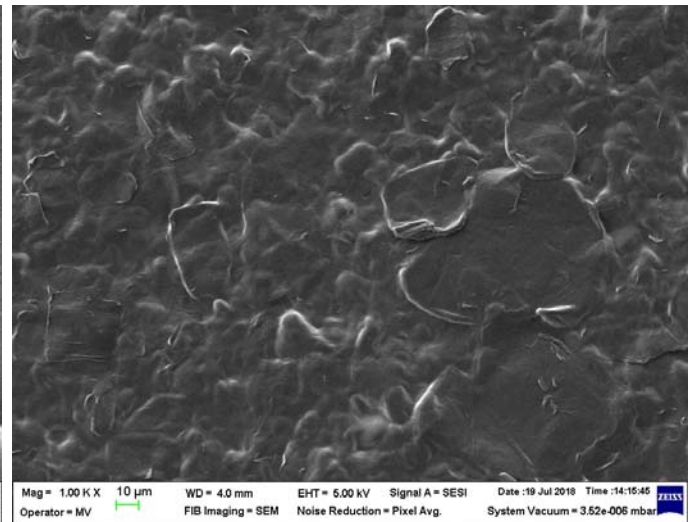
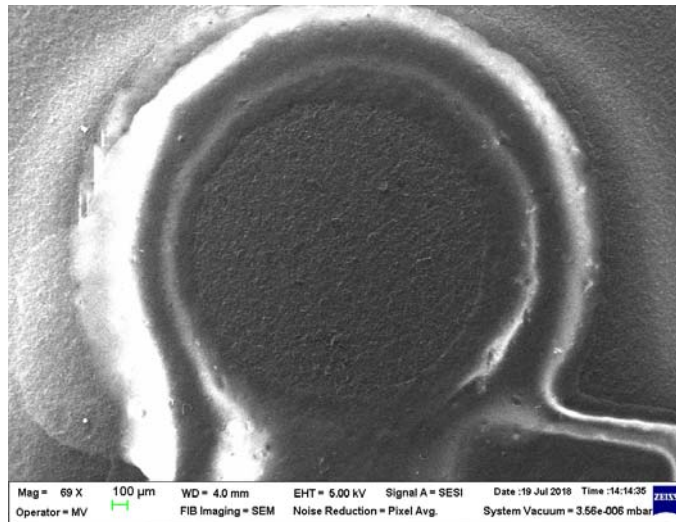
Fig. 10. Voltametrie ciclica pe electrod modificat cu depunere de oxid de grafena redusa cu glucoza



Electrod 2 = V1Im

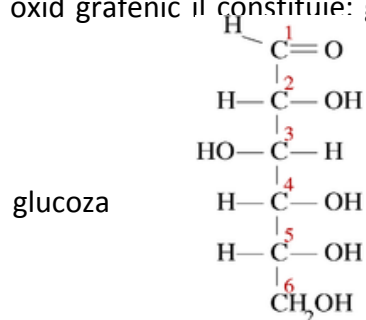
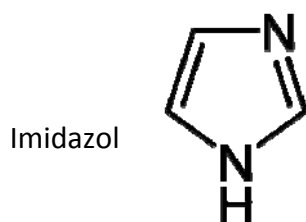
Fig.11. Voltametrie ciclica pe electrod modificat cu depunere de oxid de grafena redusa cu imidazolina 0.01%

Fig. 12. Aspecte (microscopie electronica) privind morfologia depunerilor de nanomateriale pe electrod de tip SPE



Concluzii

- In cadrul acestei etape au fost sintetizate diferite variante de xerogeluri carbonice obtinute prin varierea conditiilor de reactie (rapoarte molare reactanti, raport R/C, timpi de policondensare, dopare cu diferite metale, etc) .
- De asemenea, un alt tip de nanomaterial carbonic procesat in vederea detectiei de carbendazim a fost oxidul de grafena. Astfel, au fost procesati oxizi grafenici aflati in diferite stadii de reducere (al caror grad de reducere a fost urmarit in special prin spectroscopie Raman) . Reducerile au fost efectuate initial prin ultrasonare urmata de reducere chimica in: *dimetilformamida (DMFA)*, *ureee*, *hidrazina*.
- Materialele au fost caracterizate si pusa in evidenta structura lor prin microscopie electronica si difractie de raze X.
- Se subliniaza **indentificarea de noi agenti de reducere** (nu exista raportari in literatura de specilitate privind utilizarea acestora in obtinerea de grafene) cu activitate comparabila cu a celor amintiti. Noii agenti de reducere folositi pentru a obtine un oxid grafenic il constituie: glucoza si imidazolul.



- Materialele sintetizate au fost depuse pe electrozi de tip SPE prin picurare pe electrodul de lucru. In cazul xerogelurilor a fost adaugat un agent de liere (Nafion). Electrozii rezultati au fost analizati prin microscopie electronica de baleiaj (*pentru a verifica morfologia si tipul depunerii: omogen/neomogen*) si voltametrie ciclica (*pentru a putea decela raspunsul electrochimic al electrodului modificat in vederea separarii raspunsului moleculei de interes -carbendazim- in testarile viitoare*)

Ultima parte a lucrarii este formata dintr-un studiu de literatura privind monitorizarea pesticidelor in produse horticole sau in mediu prin utilizarea de senzori **carbonici electrochimici**. **Lucrarea vizeaza**

1. **aspecte generale ce tin de utilizarea pesticidelor** in general si a efectelor acestora asupra mediului si sanatatii umane; sunt prezentate detailat efectele acute si cronice generate de pesticide;
2. **clasificarea pesticidelor** cu specificatii asupra toxicitatii compusilor prezentati, scopului pentru care sunt folositi cat si aspecte legate de timpul de rezistenta in natura si gradul de risc asupra speciilor vii.
3. **standarde si valori limita admise de UE ;**
4. **metode utilizate in detectia de pesticide, anume :**
 - a. Recunoasterea electrochimica si detectia nivelului de carbendazim folosind un electrod funtional ce utilizeaza polimeri de (3, 4-etilendioxitiofen).
 - b. Hibridi de grafene imbunatatite cu ciclodextrine utilizate in detectia ultrasenzitiva a carbendazinului.

- c. Detectia carbendazimului folosind un senzor colorimetric pe bază de nanoparticule de aur.
 - d. Detectia pesticidelor organofosforice folosind un electrod de carbon sticlos modificat cu grafen și tirozinază imobilizată pe nanoparticule de platină.
 - e. Detectarea pesticidelor utilizând un biosenzor amperometric cu un electrod pastă de carbon modificat cu feroftalocianină și un sistem bienzimatic imobilizat
 - f. Monitorizarea pesticidelor din mediu utilizand senzori electrochimici bazati pe nanotuburi de carbon. Senzori pe baza de nanotuburi de carbon
5. Noi materiale utilizate in dezvoltarea de senzori electrochimici destinati detectiei de pesticide .Strategii aplicate in vederea obtinerii de senzori biomimetici pe baza de polimeri imprimati molecular

Concluzii:

In prezent detectia pesticidelor (in general si punctual al celor de tip carbamic) se face exclusiv in laborator cu echipamente performante prin metode si tehnici laborioase ce necesita personal instruit. Metodele aplicate se bazeaza in principal pe separari cromatografice multiple insotite de spectroscopie de masa (cromatografie de curgere turbulenta cuplata cu cromatografie de lichide cuplata cu spectroscopie de masa (*turbulent flow chromatography coupled to LC-MS/MS*)). Identificarea se bazeaza in principal pe timpul de retentie si raportul ionic utilizand metoda MRM (multiple reaction monitoring) si quantificarile aferente utilizand standardele aplicate privind efectul de matrice. Dezvoltarea de tehnici si metode analitice pentru detectia de pesticide in produse horticoale constituie adesea o provocare datorita complexitatii matricei vegetale (amestec complex de zaharuri ,enzime, alcaloizi, glicozide, polifenoli, uleiuri volatile etc). Componentii matricii pot cauza un efect de imbogatire sau suprimare ionica asociata semnalului unui analit. Efectul de matrice poate afecta semnificativ cuantificarea analitului, reproductibilitatea si acuratetea unei metode de identificare a unui analit. Comercializarea de teste rapide pentru astfel de aplicatii, este inca la nivel de proiectare; de aceea dezvoltarea de noi senzori care sa intruneasca cerintele pentru detectia rapida si cu acuratete a urmelor de pesticide necesita inca eforturi aprofundate si sustinute de cercetare.

6. Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului (se vor preciza stadiul de implementare a proiectului, gradul de indeplinire a obiectivului cu referire la tintele stabilite si indicatorii asociati pentru monitorizare si evaluare).

- La nivel de proiect obiectivul fazei 1/2018 a fost indeplinit, respectiv a fost realizat studiul privind posibilitățile de colectare, transport și neutralizare a reziduurilor rezultate din activitatea de foraj, obtinandu-se astfel rezultatul preconizat R1. Obiectivul fazei 1/2008 se incadreaza in obiectivul specific OS3 al proiectului;
- La nivel de proiect, obiectivul fazei 2/2018 a fost indeplinit, respectiv a fost realizat studiul privind aplicarea campurilor electric si magnetic asupra tesutului vegetal, obtinandu-se astfel rezultatul preconizat R2. Obiectivul fazei 2/2018 se incadreaza in obiectivul specific OS4 al proiectului;
- Obiectivul fazei 3/2018 a fost indeplinit, respectiv s-au obtinut diferite variante de nanomateriale carbonice pe baza de xerogeluri carbonice cat si oxizi grafenici-destinati/proiectati detectiei de pesticide; s-a efectuat depunerea materialelor sintetizate pe substrat de tip electrod imprimat (screen printed electrodes); s-a realizat un studiu privind monitorizarea pesticidelor in produse horticoale sau in mediu prin utilizarea de senzori carbonici electrochimici. Obiectivul fazei 3/2018 se incadreaza in obiectivul specific OS1 al proiectului;

- Pentru indeplinirea obiectivului general precum si a obiectivelor specifice OS1 – OS4 ale proiectului, pe parcursul anului 2018 au fost planificate urmatoarele faze de realizare, cuprinzand activitati stiintifice specifice, care vor conduce la obtinerea rezultatelor R3 – R10, conform planificarii din tabelul nr.1 prezentat.

Tabelul nr.1. Faze de realizat pe toată durata cercetării:				
Nr. crt.	Denumire faza	Valoare - lei -	Rezultate preconizate	Termen de predare
F1.	Studiu privind posibilitățile de colectare, transport și neutralizare a reziduurilor rezultate din activitatea de foraj (realizat).	273001	R1. Studiu privind posibilitățile de colectare, transport și neutralizare a reziduurilor rezultate din activitatea de foraj (realizat)	15.04.2018
F2.	Studiu privind aplicarea campurilor electric si magnetic asupra tesutului vegetal (realizat).	273001	R2. Studiu privind aplicarea campurilor electric si magnetic asupra tesutului vegetal (realizat)	15.04.2018
F3.	Obținere si depunere de nanomateriale carbonice prin sinteză chimică și/sau depunere chimică din fază de vapori (CVD) pe substrat de tip screen printed electrode (variante experimentale). Studiu privind monitorizarea pesticidelor in produse horticoale sau in mediu prin utilizarea de senzori carbonici electrochimici.	467000	R3. 2 variante experimentale de nanomateriale carbonice (xerogeluri si/sau materiale grafenice) obținute prin sinteză chimică (chimie umedă și/sau depunere chimice din fază de vapori), ce vor fi utilizate pentru dezvoltarea de senzori destinati detectiei de pesticide (realizat) Studiu privind monitorizarea pesticidelor in produse horticoale (realizat)	14.09.2018
F4.	Proiectarea sistemului de reciclare a magnetilor permanenti pe baza tratamentelor în hidrogen la temperatură ridicată.	417002	R5. proiect de realizare a unui sistem HD / HDDR dedicat reciclării magneților permanenți	10.12.2018
F5.	Elaborarea unei proceduri de depoluare a solului cu substanțe tensioactive.	422500	R7. procedura de depoluare a solului cu substanțe tensioactive	10.12.2018
F6.	Elaborarea unui protocol experimental de aplicare si evaluare a influentei campurilor electric si magnetic asupra tesutului vegetal.	619502	R8. protocol experimental de aplicare si evaluare a influentei campurilor electric si magnetic asupra tesutului vegetal R9. 1 articol ISI / BDI transmis spre publicare	10.12.2018
F7.	Obtinere de electrozi modificati in vederea dezvoltarii de teste rapide pentru detectia pesticidelor de tip carbamat (<i>model experimental</i>). Caracterizari preliminare ale electrozilor modificati obtinuti.	418497	R4. model experimental de electrozi modificati R9. 1 articol ISI / BDI transmis spre publicare R10. 1 prezentare rezultate la conferința de specialitate.	10.12.2018
F8.	Executarea sistemului de reciclare a magnetilor permanenti și testarea acestuia (<i>model experimental</i>).	416997	R6. model experimental de sistem de reciclare a magnetilor permanenti R9. 1 articol ISI / BDI transmis spre publicare	10.12.2018

Responsabil proiect
Dr.ing. Gimi A. RIMBU