

Formularul B pentru proiecte complexe (FB 07)

TEHNOLOGIE ECOLOGICĂ DE GAZIFICARE, CU PRODUCERE DE HIDROGEN CURAT

Cuvinte cheie:

Biomasă, gazificare, piroliză, hidrogen, minereu.

Rezumatul proiectului

Proiectul are ca obiectiv general elaborarea și testarea unei tehnologii noi de producere, în flux continuu, sub presiune, pînă la 10 bari, a unui amestec gazos de tipul H_2+CO , dintr-o materie primă abundentă, regenerabilă, cu obținere de *hidrogen curat* și *ieftin*. Fazele principale ale tehnologiei sunt următoarele: uscarea, piroliza și gazificarea materiei prime, reducerea (dezoxidarea) de pulbere de minereu de fier cu agentul gazos produs de gazogen și producerea de hidrogen, folosind aburul curat rezultat de la uscare.

Materia primă, formată din deșeuri celulozice (rumeguș, sorg, rapiță, soia, vrejuri, gunoaie urbane selectate, etc.), este mărunțită și coboară într-un spațiu dintre doi cilindri coaxiali, prevăzuți cu perforații în zonele de trecere alternantă a agenților termici aferenți uscării și pirolizei. Agentul termic de uscare este chiar aburul generat din proces, recirculat, reîncălzit în exterior și valorificabil. Temperatura în faza de uscare nu depășește 200°C. Materia uscată ajunge în zona de piroliză (pînă la 600°C), de unde rezultă mangal și gaze de piroliză. Mangalul se valorifică avantajos ca atare, iar ansamblul gazelor de piroliză se încălzește într-un schimbător de căldură cu gaze produse din arderea unei părți a combustibilului gazos final, unde vaporii de apă și diverșii compuși organici se transformă într-un combustibil gazos cu circa 75% H_2 și 25% CO (volumic). Acesta este atît un produs de *energetică verde*, valorificabil ca atare (ca înlocuitor de metan și mult mai ieftin, sau ca gaz de sinteză pentru industria chimică), cît și un agent reducător, util în producerea de pulbere de fier moale (adică având puțin carbon), direct din minereu de fier, la circa 550°C. Coloanele verticale de minereu aflat în evoluție într-un alt reactor, organizat corespunzător, sunt traversate alternant de agentul gazos reducător, dezoxidînd, în mod relativ avansat, minereul. Urmează o zonă de introducere de abur provenit de la uscare, realizînd reacția: $Fe+H_2O \rightarrow FeO+H_2$ și producînd astfel hidrogen curat.

Tehnologia nu utilizează oxigen tehnic și a fost parțial brevetată și experimentată cu succes, dar cu minereu imobil și fără gazificare de biomasă. În faza finală a acestui proiect, se va demonstra obținerea produselor menționate. Pentru aceasta, va fi proiectat un simulator de proces bazat pe modele de identificare experimentală. Ca obiectiv subsidiar, se va urmări dezvoltarea unui parteneriat stabil, format din agenți economici, cadre didactice competente, tineri cercetători și studenți. Prin aceasta, vor fi dezvoltate aplicații industriale profitabile, legate de o dezvoltare durabilă, ceea ce se încadrează în obiectivele Programului 4 al CNMP. Este de așteptat ca rezultatele acestei cercetări să fie stimulative atît pentru realizarea de noi surse de energie, nepoluante ale mediului, cît și pentru perfecționarea profesională interdisciplinară, în studiul unor procese tehnologice complexe, de mare impact științific, tehnologic și chiar social.

Relevanța proiectului

☞ Încadrarea proiectului în obiectivele Programului 4 și obiectivele specifice ale direcției de cercetare

Studiind lista domeniilor de cercetare prioritare din pachetul de informații aferent proiectelor de tip P4, credem că propunerea noastră se încadrează la categoria 3 (*Mediu*), secțiunea 3.1 (*Modalități și mecanisme pentru reducerea poluării mediului*), subsecțiunea 3.1.1 (*Tehnologii cu grad scăzut de poluare, în mod special în transporturi și producerea energiei*). Este drept, însă, că această cercetare are un caracter multi-disciplinar, care integrează cunoștințe din cîteva domenii științifice, cum ar fi: chimie industrială, metalurgie, mecanică, energetică, automatică și știința calculatoarelor, matematică. În consecință, ea ar putea fi analizată și de către experți din domeniile *Energie* (2) sau *Materiale, procese, produse inovative* (7). Unul dintre obiectivele majore ale direcției de cercetare 3.1.1. îl constituie propunerea de noi mecanisme generatoare de energie, nepoluante, avînd ca efect colateral

producerea și captarea de produși chimici industriali, valorificabili în cadrul altor tehnologii.

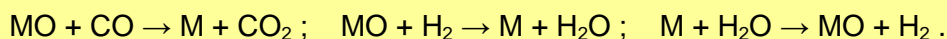
☞ **Scopul urmărit**

Proiectul propune proiectarea, realizarea și experimentarea unui sistem de producere a hidrogenului *curat* (cu grad înalt de puritate), pe baza unei tehnologii ecologice de gazificare a unor clase largi de materii prime reciclabile (deșeuri celulozice). Hidrogenul astfel produs îl echivalează calitativ cu cel de electroliză, dar este mult mai ieftin. El are numeroase utilizări ulterioare, printre care și aceea de a servi ca materie primă ieftină în producerea de energie nepoluantă. Sistemul este prevăzut a produce în subsidiar și alți compuși utili, cum ar fi: combustibil gazos de calitate, pulbere de fier moale (practic, fără carbon), mangal, etc. Sistemul se dorește a fi util atât în plan didactic (prin dezvoltarea unor cercetări la nivel de pregătire universitară și doctorală), cât și în plan practic (prin demonstrarea posibilității de a utiliza surse alternative de energie, diferite de cele convenționale). De asemenea, gazogenul, care se preconizează a fi realizat în cadrul proiectului, va fi alimentat cu biomasă, putând fi valorificat prin el însuși.

Descrierea proiectului din punct de vedere științific și tehnic, incluzând gradul de noutate și posibilitatea aplicării rezultatelor cercetărilor

☞ **Prezentarea succintă a stadiului realizărilor S/T din domeniu, la nivel național și internațional, raportat la tema proiectului**

Gazificarea substanțelor cu componente combustibile este un domeniu actual, care urmărește înlocuirea gazelor naturale, tot mai scumpe, cu gazele rezultate prin tratare termochimică ecologică a biomasei, regenerabile și abundente. Cercetări în acest sens au fost efectuate în România, încă de la începutul anilor '90, inclusiv de către unii participanți la acest proiect [StSt93c], [StSt03]. Energetica bazată pe hidrogen este obiectul unor cercetări intense la nivel internațional, menite să înlocuiască combustibilii fosili organici, prin generarea de combustibili artificiali, care, după ardere, generează mulți vapori de apă și mai puține substanțe nocive. Se cunosc multe lucrări științifice, brevete de invenții și tehnologii privind producerea de hidrogen (ca și metode pentru stocarea sau transportul acestuia), prezentate la numeroase conferințe internaționale și în cele peste 15 congrese mondiale dedicate hidrogenului. În industria mondială, hidrogenul se obține în amestec cu CO, CO₂ și alte gaze, prin: reformarea catalitică a metanului, arderea parțială sau oxidarea parțială a hidrocarburilor și gazificarea cărbunilor sau a biomasei. Prin electroliza apei, se generează hidrogen curat, dar cu un consum energetic și costuri ridicate, dificil de acceptat pentru producția industrială [TaSt04]. În ultimii 15 ani, s-au studiat procese termochimice, apropiate de cele propuse în cadrul proiectului, care utilizează *reacții redox ciclice* ale particulelor de oxid de metal (MO) cu gaze de sinteză (CO+H₂) și abur, având ca efect producerea de hidrogen prin reacții de tipul [EC'80]:



Ca oxizi de metal primar se folosesc cei de fier, îndeosebi Fe₂O₃, care este convertit la Fe, în urma reacției cu gazul de sinteză și apoi cu abur, operație însoțită de producerea hidrogenului curat. În România, au fost dezvoltate cu succes cercetări și în această direcție, tot la începutul anilor '90. De exemplu, în urma unui contract din 1993 cu MCT, derulat la Catedra de Fizică din Universitatea „Politehnica” București, a fost obținut brevetul [StSt93a]. Deși mediul industrial nu a fost convins la acea dată să integreze aceste rezultate, cercetările au fost reluate și continuate în ultimii ani, obținându-se două noi brevete [StVC05], [StVC07]. O tehnologie similară face actualmente obiectul unor cercetări internaționale intense [VeSa05], [VaPu06], [FaPu08]. Unele dintre cele mai avansate cercetări sunt actualmente în desfășurare pe o instalație pilot realizată la Universitatea de Stat din Ohio (SUA), anunțând ajunul unor aplicații industriale. Credem, totuși, că proiectul nostru propune soluții care ar putea conduce la rezultate superioare celor prezentate de cercetătorii americani.

☞ **Contribuția proiectului la dezvoltarea cunoștințelor în domeniu, inclusiv noutatea și complexitatea soluțiilor propuse**

Așa cum s-a menționat, proiectul își propune realizarea de materiale și produse inovative nepoluante, corespunzând cerințelor *energeticii verzi*. Producerea de hidrogen este un domeniu

prioritar pentru industria europeană actuală – în energetică, în obținerea de combustibili artificiali mai puțin poluanți, ca și în industria fertilizatorilor (îngrășăminte azotoase). Problema esențială o constituie costul generării lui locale, fără a mai considera transportul sau stocarea. Aplicată la nivel industrial, tehnologia descrisă succint în continuare poate conduce la producerea rapidă de hidrogen curat și ieftin, la un cost mai mic de 75 €/1000 m³_n (folosind un gazogen pe bază de biomasă) și, concomitent, la obținerea de pulbere de fier moale, fără carbon, la un cost cu peste 70% inferior celui actual. De notat că tehnologia *nu utilizează oxigen tehnic*. Pulberea de fier poate fi valorificată îndeosebi în oțelării, unde au loc pierderi datorate extracției prin oxidare a carbonului (și, implicit, a fierului), în industria pulberilor sau în industria farmaceutică. Tehnologia este înalt ecologică, deoarece toate emisiile sunt neutralizate, iar CO₂ iese curat, neamestecat cu alte gaze.

Instalația pe care va fi experimentată tehnologia de gazificare și care se propune a fi realizată în cadrul proiectului este relativ compactă, incluzând două subsisteme importante: un (bio-)gazogen și un reactor de reducere cu producere de hidrogen curat și pulbere de fier moale. Pentru a conecta aceste subsisteme, sunt necesare o serie de echipamente accesorii, cum ar fi: conducte, schimbătoare de căldură, pompe, ventilatoare, aparatură de măsură și control, etc. (menționate și în Anexa LD-05). În pofida complexității instalației, costurile implicate sunt relativ mici, atât în faza de investiție, cât și în cea de exploatare.

Tehnologia propusă prezintă următoarele caracteristici:

- Materia primă brută (biomasă formată din deșeuri celulozice sau rumeguș – în faza de experimentare) este mărunțită și introdusă într-o instalație de încărcare. Aceasta permite trecerea de la presiunea atmosferică la o presiune de pînă la 10-15 bari.
- Materia primă astfel pregătită coboară prin spațiul dintre doi cilindri coaxiali, cel exterior fiind prevăzut cu palete de răscolire și împingere și cu perforații în zonele de trecere alternantă a agenților termici aferenți uscării și pirolizei.
- Agentul termic de uscare este chiar aburul generat din proces, recirculat și încălzit în exterior. Aburul generat în final este evacuat în stare curată, putînd fi valorificat în condiții superioare, deoarece nu se află în amestec cu gaze necondensabile (cum ar fi N₂, CO₂, O₂).
- Uscarea, realizată pînă la 10-15 bari, permite ca, în final, comprimarea aburului să se efectueze printr-un consum mic de energie, cu creșterea temperaturii de saturație la circa 180°C. Această temperatură este satisfăcătoare pentru rețele de termoficare sau ca abur industrial. Contactul direct dintre agentul termic de uscare și materia primă mărunțită optimizează transferul termic, prin folosirea suprafeței mari a mărunțului și prin curgerea la viteze mici, cu o turbulență care intensifică puternic convecția. Mai mult, agentul termic este *circulat în sens alternant [StSt93b]*, ceea ce determină o puternică atenuare a neuniformităților regimurilor de uscare. Practic, straturile de materie primă aflate în același stadiu sunt supuse aceluiași regim de uscare. În faza de uscare, temperatura nu depășește 200°C, pentru a preveni formarea de volatili combustibile.
- În urma procesului de uscare, rezultă abur și deșeu celulozic uscat, ultimul fiind direcționat către reacția de piroliză. Piroliza se realizează similar cu uscarea, dar la maximum 600°C, cu utilizare de materiale și utilaje relativ ieftine. Prin piroliză se produc mangal și gaze specifice, care conțin în principal: gudroane, metanol, acetonă, acid acetic (puternic coroziv), apă de pirogeneză – toate în fază de vapori.
- Mangalul se valorifică avantajos ca atare, după răcirea sa utilă.
- Ansamblul gazelor de piroliză parcurge procesul de gazificare finală. Acesta constă în încălzirea într-un schimbător de căldură special, cu gaze produse din arderea unei mici părți a combustibilului gazos final, unde vaporii de apă și diverșii compuși organici se transformă la maximum 1300°C, după o retenție de circa 2 s, într-un amestec combustibil, cu circa 75% H₂, 25% CO și abur (valorificabil în instalații realizabile cu materiale accesibile). Acest combustibil gazos este un bun reducător pentru producerea de pulbere de fier moale, direct prin dezoxidarea minereului de fier, cu evitarea carburării fierului final.
- Coloanele verticale de minereu aflat în evoluție, cu o granulație sub 500 μm, coboară într-un alt reactor, organizat corespunzător (cu multe elemente de noutate). Aceste coloane sunt traversate

de gazul reducător obținut după gazificare și are loc reducerea relativ avansată a minereului, după care urmează o zonă de introducere de abur de la uscare, producându-se hidrogen curat, concomitent cu reoxidarea minereului (conform reacției $\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeO} + \text{H}_2$). Minereul de fier nu trebuie peletizat. Circulația prin vrac a agenților gazoși – reducător ($\text{CO} + \text{H}_2$) și oxidant (H_2O) – este asigurată printr-un procedeu original de alternanță (care a mai fost experimentat cu succes și în alte aplicații [StSt93b]). Datorită suprafeței imense a particulelor de minereu, schimbul de căldură între agenții termici și minereu este intensificat de sute de ori în raport cu peletele (care, altfel, ar fi realizate cu costuri mari din minereul menționat) sau cu bulgării de minereu (care nu valorifică mărunțul).

- Urmează alte două etape de reducere cu gazul produs, alternate cu etape de producere de hidrogen curat și în final, cu desăvârșirea dezoxidării. Așadar, producerea de hidrogen se va realiza în flux continuu, fără utilizare de oxigen tehnic, prin reoxidarea temporară a fierului din minereul suficient de redus, care în final este redus complet la fier. Se pot obține astfel până la 1500m^3_n de H_2 curat pentru fiecare tonă de pulbere de fier produsă. Fierul rezultat este valorificat ca pulbere lipsită de carbon. Aceasta este mai valoroasă decât fonta lichidă de primă fuziune (bazată pe furnal, produsă cu consum de cocs, în instalații mari și scumpe).

În urma experimentării tehnologiei, se estimează obținerea următoarelor rezultate:

- Producerea, în flux continuu, la 4 bari suprapresiune (5 bari absoluți), a unui combustibil gazos reducător, cu circa 75% H_2 și 25% CO , prin uscarea, piroliza și gazificarea unei materii prime abundente și regenerabile (e.g. deșeuri celulozice: rumeguș, sorg, soia, rapiță, paie, stof, frunze, semințe și cereale degradate, vrejuri, alge, gunoaie urbane selectate). Gazogenul va fi alimentat cu o rată de 50 kg/h rumeguș, cu avînd putere calorică de aproximativ 2600 kcal/kg (10 MJ/kg), din care, după uscare, vor rezulta: apă și substanță uscată cu debitele de circa 15 kg/h, respectiv 35 kg/h. După piroliză, vor rezulta: mangal și gaze cu debitele de circa 8 kg/h, respectiv $35\text{m}^3/h$, din care se vor separa circa 28m^3_n combustibil gazos reducător, cu 20m^3_n H_2 și 8m^3_n CO .
- Reducerea (\equiv dezoxidarea) de minereu de fier, mărunțit sub $150\ \mu\text{m}$ și obținerea de pulbere de fier moale. Cu cei 28m^3_n amestec gazos reducător, se vor trata circa 65 kg minereu și, în final, se vor obține între 20 și 45 kg/h fier și, simultan, circa 10m^3_n hidrogen (sau mai puțin).
- Producerea de hidrogen curat prin reducerea minereului (în cursul evoluției acestuia, folosind combustibilul gazos de la gazogen), urmată de reoxidarea cu abur provenit de la uscarea deșeurilor celulozici, reacțiile redox fiind repetate. Producția de hidrogen este reglabilă, corelarea fiind de circa 1300m^3_n H_2 la fiecare tonă de pulbere de fier. Instalația se dorește a fi flexibilă, astfel încît să se poată regla cantitatea de fier și cea de hidrogen produse (prin creșterea uneia în defavoarea celeilalte).

Pentru demonstrarea viabilității tehnologiei, se preconizează a fi realizate și implementate un simulator de proces bazat pe modelele de identificare experimentală [SCS05], asociat principalelor reacții și o interfață grafică aferentă, prietenoasă cu utilizatorul. Modelele de identificare sunt de tip multi-dimensional (pentru procese cu mai multe intrări și mai multe ieșiri). Ele vor descrie diferitele corelații între parametrii tehnologiei care pot fi măsurați prin intermediul unor ansambluri senzortraductor specializate (temperaturi, concentrații, umidități, etc.). Pentru determinarea modelelor din datele măsurate se vor implementa algoritmi aferenți Metodelor celor Mai mici Pătrate și Variabilelor instrumentale multi-dimensionale. Interfața grafică va prezenta instalația și va permite simularea proceselor de gazificare și reducere plecînd de la parametri prestabiliți (tip de materie primă, cantitate, dimensiuni tehnice, etc.).

Gradul de originalitate al proiectului constă în principal în intensificarea sensibilă a transferului termic, datorată contactului direct al agenților gazoși cu materia primă, prin folosirea alternanței introducerii agenților. Aceasta asigură o uniformizare a parametrilor fizici – temperatură sau presiune – la fiecare nivel al materialului aflat în curgere gravitațională. De asemenea, tehnologia permite evitarea carburării fierului produs, după ce s-a redus participația CO în gazul reducător de sinteză produs de gazogen (prin obținerea de mangal). Printr-un calcul științific riguros (ale cărui rezultate se

intenționează a fi publicate), s-au stabilit limitele de participare a CO (după cunoștințele noastre, aceasta este o noutate deosebită). Tehnologia nu utilizează oxigen tehnic, nici la gazificare și nici la reducere. Există și alte noutăți brevetabile care se referă la construcția internă a gazogenului și a reactorului de reducere. *Complexitatea tehnico-științifică* este deosebită, deoarece se lucrează în flux continuu și la presiune (care, totuși, nu va depăși 4 bari la experimentări, din motive de siguranță). Aceasta implică necesitatea unei monitorizări avansate a evoluției tuturor parametrilor tehnologici.

☞ **Obiectivele generale și specifice ale proiectului**

Obiectivul general îl constituie acumularea de cunoștințe noi, multidisciplinare, ca și demonstrarea pe o instalație experimentală complexă a unei tehnologii de vîrf. De asemenea, se va urmări transferul acesteia în mediul industrial, stimulînd participarea sectorului privat și creșterea încrederii atît în cercetarea tehnico-științifică românească, cît și în capacitatea participării la programe de cercetare-dezvoltare europene și euroatlantice. Ca *obiective specifice*, se pot menționa: realizarea unui model experimental de instalație complexă originală, experimentarea obținerii de produse curate și ieftine – combustibil gazos reducător (înlocuitor al metanului), hidrogen și pulbere de fier – toate avînd o piață stabilă. O problemă importantă, a cărei soluție a fost descrisă în cadrul proiectului, este cea a obținerii de fier moale (decarburat), necesar în obținerea de oțeluri speciale. Proiectul urmărește și o serie de *obiective științifice*, cum ar fi: creșterea numărului de articole științifice în publicații din fluxul principal de cunoaștere, studiul termodinamic și cinetic al reacțiilor de gazificare și redox (în condiții specifice), măsurarea gradului de reactivitate a minereului în evoluție și a gradului de carburare a fierului produs. De asemenea, se au în vedere: efectuarea de analize ale rezultatelor semnificative ale cercetării în cadrul întâlnirilor periodice ale partenerilor, elaborarea unui manual al tehnologiei, propunerea de brevete de invenție și publicarea rezultatelor în reviste și/sau la manifestări științifice de prestigiu.

☞ **Aspecte etice implicate în realizarea proiectului**

Se vor respecta normele de etică a cercetării, se vor comunica numai date corecte, rezultate din măsurători și din calcule verificabile și se vor analiza obiectiv, în cadrul parteneriatului, rezultatele fiecărei activități și etape. Experimentele vor fi reproductibile la cererea beneficiarului. Se va respecta legislația U.E. privind drepturile de proprietate intelectuală.

☞ **Detalierea activităților în corelație cu obiectivele propuse**

Proiectul este prevăzut a se derula între **1 iulie 2008 și 30 iunie 2011** (pe durata a **36°de luni**) și are 4 etape: una de 6 luni (în 2008), două de cîte 12 luni (în 2008 și 2009), ultima fiind tot de 6°luni (în 2011). Suma totală necesară a fi alocată din **buget** a fost estimată la **1,8 milioane lei (noi)**. Cei 4 parteneri din proiect contribuie prin **cofinanțare** cu încă **0,26 milioane lei**. Din suma alocată de la buget se preconizează ca aproximativ **5%** să fie destinată **dotărilor**, iar aproximativ **20%** să fie utilizată pentru achiziționarea de materiale și materii prime în vederea **realizării modelului experimental al instalației**. Un procent de aproximativ **3%** este prevăzut pentru diseminarea de rezultate (publicații și participări la manifestări științifice, brevete de invenție, etc.).

Etapile și activitățile principale sunt descrise în Anexa I.7, fișa PR-06, pe baza informațiilor financiare generale din Anexa I.2, fișa IFG-01. (De notat că, pentru fiecare activitate, codurile au fost extrase din Tabelul de la pagina 36 a Pachetului de informații.) De asemenea, succesiunea activităților principale care constituie fiecare etapă este ilustrată în diagrama Gantt din Anexa I.13, fișa (suplimentară) GANTT-12. Vom parcurge pe scurt etapele de lucru. Obiectivele fiecărei etape și activități sunt practic enunțate de titlurile acestora și nu vor mai fi detaliate.

I. Analiza procesului de gazificare a biomasei și elaborarea proiectului de gazogen (3 luni, în 2008)

- Activități: I.1. Studiu privind fenomenele de gazificare a biomasei. Elaborarea de modele experimentale specifice.
I.2. Elaborarea proiectului modelului experimental de gazogen.
- În cadrul acestei etape, se urmărește atingerea a două obiective: modelarea matematică a fenomenelor de gazificare și elaborarea unui proiect pe baza căruia să fie construit un gazogen corespunzător.

II. Realizarea gazogenului, analiza fenomenelor redox și proiectarea unui model experimental de reactor (12 luni, în 2009)

- Activități: II.1. Lansarea în execuție a modelului experimental de gazogen și a accesoriilor acestuia.
- II.2. Asamblarea și testarea siguranței gazogenului.
- II.3. Desfășurarea de experimente complexe cu ajutorul gazogenului.
- II.4. Studiu privind fenomenele redox. Elaborarea de modele experimentale specifice.
- II.5. Elaborarea proiectului de model experimental al reactorului de reducere și a accesoriilor acestuia.
- În cadrul acestei etape, se vor efectua achizițiile necesare realizării gazogenului, se va modela matematic ansamblul de fenomene redox și se va elabora un proiect de realizare a reactorului de reducere. Achizițiile vizează de asemenea tehnica de calcul aferentă proiectului.

III. Realizarea instalației integrale (gazogen-reactor) și desfășurarea de experimente complexe (12 luni, în 2010)

- Activități: III.1. Realizarea modelului experimental și testarea reactorului de reducere.
- III.2. Asamblarea și testarea gazogenului, reactorului și a accesoriilor aferente.
- III.3. Experimente complexe cu diferite materii prime.
- III.4. Diseminare de rezultate (inclusiv prin participarea la 1-2 manifestări științifice internaționale).

IV. Identificarea și simularea fenomenelor de gazificare și reducere în vederea diseminării tehnologiei (9 luni, în 2011)

- Activități: IV.1. Efectuarea unei analize comparative cu alte tehnologii similare.
- IV.2. Elaborarea modelelor de identificare experimentală asociate fenomenelor de gazificare și reducere.
- IV.3. Realizarea simulatorului de proces gazificare-reducere.
- IV.4. Realizarea interfeței grafice a simulatorului.
- IV.5. Elaborarea programelor demonstrative privind funcționalitatea și utilitatea tehnologiei.
- III.6. Diseminare de rezultate (inclusiv prin participarea la 1-2 manifestări științifice internaționale).

☞ **Prezentarea rezultatelor S/T estimate corespunzătoare activităților prevăzute**

La încheierea fiecărei etape de calcul, va fi elaborat un raport tehnic și de cercetare în detaliu cuprinzând rezultatele obținute la fiecare activitate. În decursul celor 36 de luni de derulare a proiectului, vor fi elaborate 4 astfel de rapoarte.

☞ **Viabilitatea și riscurile proiectului**

Un prim argument privind viabilitatea proiectului îl constituie calitatea profesională și etică a partenerilor, precum și experiența lor de cercetare fundamentală și aplicativă. Un alt argument este acela că tehnologia a fost parțial experimentată cu succes (cu minereu imobil și fără generarea prealabilă a unui agent reducător). Există disponibilități de confirmare și aplicare cu succes. Funcționalitatea tehnologiei va fi demonstrată pe un model experimental, în flux continuu. Produsele realizate vor fi supuse analizelor unor laboratoare specializate. Pe baza experienței partenerilor și a analizei obiective, se estimează că riscul ca proiectul să nu se finalizeze este inferior procentului de 5%, singurele eventuale probleme fiind legate de sincope în finanțare (apărute cu ocazia redimensionării bugetelor anuale de stat) sau de nesincronizări între parteneri (din motive obiective).

☞ **Schema de realizare a proiectului, privind rolul și responsabilitățile fiecărui participant cu defalcarea pe activitățile prevăzute**

Înainte de a descrie contribuția fiecăruia dintre cei 4 parteneri din acest proiect, este utilă o scurtă prezentare a acestora.

- **Coordonator:** Centrul de cercetare ACPC din cadrul Universității „Politehnica” București (UPB-ACPC), în colaborare cu Centrul de cercetare CEMS din cadrul aceleiași universități, dispune de laboratoare pentru: identificarea proceselor industriale, prelucrarea semnalelor, studiul sistemelor numerice de control automat, produse software dedicate, proiectarea asistată de calculator a sistemelor de control, optimizare și diagnoză de proces. De asemenea, permite elaborarea și gestionarea unor proiecte de cercetare complexe uni-/pluri-disciplinare în domeniul Automaticii sau în domenii înrudite cu acesta, multe dintre ele fiind în derulare. Centrul are numeroase colaborări cu alte centre de cercetare și universități din Franța, Belgia, Germania, Finlanda sau Canada. Centrul de cercetare CEMS este unul dintre cele mai mari și puternice (cu peste 200 de cercetători și profesori). Obiectul principal de activitate îl constituie dezvoltarea de noi tehnologii și materiale speciale (de exemplu, biocompatibile, amorse, nanocristaline, compozite, metalice speciale pentru electronică și aeronautică, oțeluri speciale). Centrul dispune de peste 10 laboratoare experimentale și de cercetare, participând constant la marile programe de cercetare naționale și internaționale (CEEX, RELANSIN, INVENT, CNCSIS, FP6, Banca Mondială, etc.). *În cadrul acestui proiect, în afara responsabilităților normale de management al proiectului, coordonatorul intervine tehnico-științific în toate etapele, în special în ultima (cea de elaborare a programelor demonstrative). Cu ajutorul colegilor de la CEMS, va fi proiectat, realizat și experimentat complexul gazogen-reductor.*
- **Partener 1: HIDROTEH S.R.L. (HIDROTEH SRL)** este o firmă cu experiență în proiectarea și realizarea de instalații complexe din domeniile: chimie, hidrotehnică, mecanică, hidraulică, etc. Dispune de utilaje și aparatură de calitate și precizie ridicate, fiind interesată de activități de cercetare-dezvoltare. *În cadrul acestui proiect, acest partener este responsabil cu realizarea și experimentarea efectivă a complexului gazogen-reductor.*
- **Partener 2: DC CONTROL S.R.L. (DC SRL)** este un partener cu experiență în proiectarea și realizarea sistemelor și echipamentelor electronice de control automat. Poate contribui la proiectarea și realizarea de echipamente numerice, module de interfață și de comunicație, microsisteme de tip automat programabil și microcontroller, în special destinate instalațiilor energetice și termoenergetice (dar și din alte domenii). Participă la instalarea unor proiecte de automatizări industriale în țară, la ALRO Slatina, SIDEX Galați, Metrom Brașov și în străinătate (stand de probe și încercări pentru aparate de uz casnic la Padova (Italia) și dispecer termoenergetic la Termocom Chișinău (Republica Moldova)). *În cadrul proiectului, acest partener intervine practic în toate etapele, cu precădere în probleme de măsurare și urmărire de parametri, de control al reacțiilor chimice sau de respectare a etapelor de implementare a tehnologiei.*

Cuantificarea contribuției fiecărui partener este estimată în Planul de realizare din fișa PR-06 și în Diagrama contribuției partenerilor din fișa (suplimentară) CP-13. Numărul de persoane și manopera alocate fiecărei activități din fiecare lună au fost stabilite ținând cont de specializarea și gradul de dificultate al activității. Lista persoanelor implicate în proiect se găsește în fișa LP-03. Dosarul contractului conține și CV-urile acestora. *De remarcat că 8 dintre cele 23 de persoane implicate în proiect sunt cercetători tineri, majoritatea doctoranzi.*

☞ **Modalitățile de valorificare a rezultatelor – potențiali beneficiari**

- **CO:** La nivelul centrelor de cercetare din cadrul Universității Politehnica București, se dorește utilizarea instalației experimentale pentru dezvoltarea de noi teme de cercetare (în vederea îmbunătățirii și optimizării tehnologiei) și ca suport de laborator de nivel Masterat-Doctorat.
- **P1 și P2:** Sistemul va putea fi utilizat la încheierea unor contracte de colaborare și pentru contractarea unor lucrări care vizează efectiv producerea de hidrogen curat și a pulberii de fier moale, eventual prin realizarea de instalații cu capacitate mai mare de producție.

Printre posibii beneficiari ai tehnologiei se pot menționa: industria energetică (atât pentru partea de gazificare ecologică a biomasei, ca înlocuitor de metan, cât și pentru producerea de hidrogen curat), industria fertilizatorilor, fabricile de hidrogenare a grăsimilor, industria oțelului, industria feritelor.

☞ **Diseminarea rezultatelor**

Dacă rezultatele obținute sunt favorabile, se preconizează participarea la cel puțin 3°conferințe/congrese internaționale de nivel ridicat, publicarea a cel puțin 4°articole în reviste de

specialitate cotate ISI (sau de nivel apropiat), publicarea a cel puțin o carte la o editură prestigioasă și participarea cu capitole de carte la diferite alte volume. De asemenea, se are în vedere activitatea de brevetare și demonstrarea tehnologiei în cadrul unor târguri de specialitate.

☞ **Referințe bibliografice (listă minimală)**

- [EC'80] *** – *Enciclopedia de chimie*, anii '80.
- [FaPu08] Fan L.S., Puneet G. – *One Step Chemical Looping Process for Producing Hydrogen of Syngas Directly from Solid Fuels*, WEB site of Sate University Ohio, USA, 2008.
- [StVC05] Stănășilă V.C. – *Procedeu și instalație de reducere a oxizilor de fier*, Brevet de invenție RO 120412, România, 2005.
- [StVC07] Stănășilă V.C. – *Procedeu și instalație de producere de pulbere de fier, asociată sau nu cu producere de hidrogen*, Brevet de invenție RO 121605, România, 2007.
- [StSt93a] Stănășilă V.C., Stănășilă O. – *Procedeu și instalație de producere a hidrogenului*, Brevet de invenție RO 106721, România, 1993.
- [StSt93b] Stănășilă V.C., Stănășilă O. – *Instalație de uscare a lemnului*, Brevet de invenție RO 106914, România, 1993.
- [StSt93c] Stănășilă V.C., Stănășilă O. – *Procedeu de gazificare*, Brevet de invenție RO 107000, România, 1993.
- [StSt03] Stănășilă V.C., Stănășilă O. – *Method and Installation for Gasifying Combustible Materials*, Brevet european de invenție WO 03/064562 A2, 2003.
- [SCS05] Ștefănoiu D., Culiță J., Stoica P. – *Fundamentele modelării și identificării sistemelor*, Editura PRINTECH, București, 2005.
- [TaSt04] Tacke K.H., Steffen R. – *Hydrogen for the Reduction of Iron Ores. State of Art.*, Stahl und Eisen, nr. 4, 2004.
- [VaPu06] Valasquez L., Puneet G. – *Reduction of Metal Oxide Particle with Syngas for Hydrogen Production*, WEB site of Sate University Ohio, USA, 2006.
- [VeSa05] Velu S., Santosh G. – *Pure Hydrogen Production from Syngas by Steam-Iron Process*, Research report, Center for Energy Technology, RTI, USA, 2005.

Impactul generat de proiect

☞ **Impactul economic**

Producerea unui combustibil gazos de calitate și apoi de hidrogen curat și ieftin are mare însemnătate economică. În acest sens, proiectul este competitiv și oferă mari posibilități de valorificare. De asemenea, producerea de pulbere de fier moale are o piață stabilă. Pe termen mediu, efectele economice sunt directe, prin obținerea la costuri scăzute de produse vandabile, prin scăderea consumurilor energetice și prin folosirea unor deșeuri ca materie primă. Pe termen lung, tehnologia propusă are și efecte indirecte în modernizarea și diversificarea industriei, ca și în crearea de întreprinderi noi.

☞ **Impactul social al proiectului**

Tehnologia contribuie direct la crearea de noi locuri de muncă, în special pentru tineri și la creșterea calității vieții. Se vor putea crea grupuri științifice stabile, în jurul unor teme de vârf, unde tinerii cercetători vor putea dezvolta și optimiza tehnologia, extinzând baza de materii prime și asociind-o cu tehnologiile informatice.

☞ **Impactul asupra mediului**

Prin minimizarea și controlul noxelor, atât în cursul gazificării cât și la reactorul de reducere și producerea de hidrogen, proiectul este în concordanță cu Directivele U.E. relative la protecția mediului. Pentru gazificare, tehnologia folosește materii prime reciclabile (deșeuri celulozice sau chiar urbane selecționate), iar pentru reducere – mărunț de minereu sărac în fier, contribuind astfel la diminuarea depozitelor de deșeuri, transformate în materii prime, fără producere de alte deșeuri. O atenție deosebită este acordată emisiilor controlate de CO₂.

Managementul proiectului. Alcătuirea consorțiului.

☞ **Experiența organizației coordonatoare și a organizațiilor partenere în domeniu și în managementul proiectelor naționale/internaționale**

În cadrul **UPB-ACPC-CEMS** (coordonator), preocuparea pentru propunerea de proiecte de cercetare este constantă. În general, temele de cercetare abordate se situează în domeniile modelării, simulării și identificării sistemelor, prelucrării de semnal, controlului numeric al proceselor, optimizării, programării aplicațiilor de timp real, expertizării de materiale speciale și elaborării de noi tehnologii. Centrele dispun de resurse umane și tehnice de valoare, cu numeroși tineri (unii dintre ei implicați și în acest proiect). Tema de cercetare abordată în cadrul proiectului este relativ nouă pentru preocupările centrelor, dar nu este singulară. Pentru o categorie largă de procese (chimie, petrochimie, energetică, metalurgie, etc.) au fost dezvoltate proiecte originale și implementate configurații performante de conducere, bazate pe modele experimentale similare celui abordat în cadrul proiectului. Experiența și capacitatea de cercetare a centrelor, poate fi apreciată prin:

- numărul important de proiecte din programele naționale de cercetare, la care a participat și participă: RELANSIN, INFOSOC, TELETRANS, CEEX-CONTE, INVENT, CNCSIS, FP6;
- contribuția la realizarea unor proiecte cu beneficiari din mediul industrial românesc (SIDEX Galați, ALRO Slatina, RAFO Onești) sau european (IKF-EUREKA-RO, EU-NCIT, CEC-WYS);
- dimensiunea acestor proiecte, exprimată prin gradul lor de complexitate, soluții numerice integrate, realizate la nivel de cercetare aplicativă;
- publicații de monografii și lucrări de referință.

Deși **HIDROTEH SRL** manifestă deschidere pentru activități de cercetare-dezvoltare, acesta este probabil primul proiect de anvergură la care participă ca partener. Experiența sa în domeniul proiectului este însă incontestabilă și de aceea a fost cooptat în cadrul consorțiului. În plus, acest partener participă cu o cotă importantă de cofinanțare, ceea ce probează interesul pentru tema abordată.

Partenerul **DIGITAL CONTROL SA** este unul dintre colaboratorii tradiționali ai centrului de cercetare ACCP, cu participare constantă, alături de acesta, la numeroase contracte de cercetare din România. Este proiectant și executant de module de interfață, microcontrollere, module de comunicație, sisteme hardware-software pentru aplicații în sectoare industriale importante. În cadrul acestui proiect, el participă cu un profesor extrem de experimentat pe tematica abordată (autor a numeroase brevete de invenție, unele menționate mai sus), un doctor în chimie și un chimist cercetător, absolut necesari în special în activitățile de experimentare a complexului gazogen-reactor.

☞ **Prezentarea modului în care tematica ofertei de proiect a generat implicări în proiecte europene**

Tematica acestui proiect nu a generat încă implicări în proiecte europene, dar a constituit obiectul câtorva brevete de invenție, așa cum s-a menționat mai devreme în cadrul acestei descrieri. Faptul că abia la finele lui 2007 se încearcă implementarea unei tehnologii din aceeași familie cu a proiectului pe o stație pilot din SUA demonstrează noutatea subiectului.

☞ **Participarea directorului de proiect în alte programe / proiecte naționale / internaționale**

Directorul de proiect, **Prof.dr.mat. Octavian STĂNĂȘILĂ** nu conduce proiecte naționale de tip CEEX, dar are o vastă experiență în tematica acestui proiect, fiind autor și co-autor al mai multor brevete de invenție, comunicări științifice sau articole (conform CV-ului și listei extinse de publicații anexate). În plus, a condus proiecte cu tematici înrudite din programele ANCESIT, INVENT sau CNCSIS. Pe plan internațional, directorul de proiect a beneficiat de burse de cercetare și a colaborat în calitate de profesor invitat cu echipe de cercetare de la universități din Italia, Belgia sau SUA. Unele dintre brevetele de invenție sunt înregistrate în spațiul european.

☞ **Metodele/ modalitățile de conducere, coordonare și comunicare pentru realizarea proiectului, corelat cu cerințele schemei de realizare a proiectului și defalcarea pe activități**

Graficul Gantt al repartizării activităților pe durata de derulare a proiectului se află în fișa (suplimentară) GANTT-12.

În afara acestei programări, proiectul va fi condus după următoarea strategie generală (numele persoanelor fiind extrase din Lista de personal LP-03):

- Directorul de proiect, **Prof.dr.mat. Octavian STĂNĂȘLĂ**, numește și colaborează (prin metodele moderne de comunicație și prin intermediul paginii web a proiectului) cu cîte o persoană din partea fiecărui partener, care va avea rolul de responsabil științific. Persoanele desemnate sunt următoarele: **Prof.dr.ing. Dan ȘTEFĂNOIU** (pentru CO), **ing. Stejerei ROȘU** (pentru P1), și **Ing.drd. Octavian NICULA** (pentru P2).
- Directorul de proiect, însoțit de responsabilul științific din partea coordonatorului participă la negocierea sumelor de contractare, dacă proiectul este selectat pentru finanțare.
- Responsabilii științifici (împreună cu directorul de proiect) urmăresc îndeplinirea la timp și de calitate a sarcinilor din proiect care revin partenerului pe care îl coordonează. Totodată, ei vor furniza partea de raport scris de etapă care se referă la activitățile desfășurate și rezultate obținute.
- Directorul de proiect construiește rapoartele de etapă și le supune evaluării Comitetului științific al proiectului, înainte de predarea acestora către evaluatorii de program în derulare.
- Directorul de proiect dispune repartizarea fondurilor alocate și primite de la CNMP, conform planului de realizare.
- Responsabilii științifici asigură alocarea banilor conform cu capitolele de cheltuieli din planul de realizare (și din devizele cadru încheiate în faza de contractare, dacă proiectul este selectat pentru finanțare) și înaintează directorului de proiect toate documentele justificative legate de aceste cheltuieli, păstrîndu-și copii corespunzătoare.
- Directorul de proiect împreună cu responsabilii științifici asigură obținerea certificării unui auditor extern autorizat, la finalizarea întregului proiect.

Resursele materiale, financiare și umane

☞ Resursele materiale, financiare și umane existente și necesare pentru realizarea proiectului

Resursele materiale (dotările) existente sunt enumerate în fișa LD-05. S-a estimat că proiectul necesită suma de **1,8 milioane lei** din buget. Partea de cofinanțare ce revine fiecărui partener este specificată în fișa PR-06. Cei doi parteneri din industrie participă la **cofinanțare cu peste 25% din suma alocată acestora din buget**, conform schemei de ajutor de stat. Resursele umane necesare realizării proiectului sunt detaliate în fișa LP-03. Toți participanții au studii superioare, CV-urile lor fiind anexate imediat după fișa LP-03 (în ordinea din tabel). La acest proiect vor participa **23 de persoane**, dintre care: 5 profesori universitari, 1 conferențiar universitar, 1 șef de lucrări, 8 asistenți universitari, 1 doctor inginer, 1 doctorand inginer, 4 ingineri și 2 economiști. Dintre aceștia, 8 sunt tineri doctoranzi.

Resursele materiale necesare, care trebuie achiziționate sunt enumerate tot în fișa LD-05. **Suma alocată pentru dotări reprezintă aproximativ 5% din suma alocată de la buget**, așa cum ilustrează fișa PR-06. Cu toate acestea, realizarea proiectului necesită ca aproximativ **20%** din suma alocată de la buget să fie utilizată pentru achiziționarea de materiale și materii prime.

☞ Modul de alocare și de utilizare a resurselor în funcție de activitățile proiectului

Fișele PR-06 și (suplimentară) CP-13 detaliază maniera de alocare a resurselor financiare și umane pe fiecare activitate a proiectului. Administrarea resurselor financiare revine serviciului financiar-contabil al UPB, în colaborare cu centrul de cercetare ACPC, cu directorul de proiect și cu responsabilii științifici din partea partenerilor.