

Conf. Dr. Ing. Călin-Cristian CORMOȘ

**SISTEME AVANSATE DE CONVERSIE A ENERGIEI
CU CAPTAREA, UTILIZAREA ȘI STOCAREA
DIOXIDULUI DE CARBON**

Rezumatul tezei de abilitare

Cluj-Napoca

2015

Rezumatul tezei

Această teză de abilitare prezintă principalele repere ale activității mele științifice și de cercetare după dobândirea titlului de doctor în anul 2004 până în prezent. Teza este structurată în 8 capitole după cum urmează:

- Capitolul 1 prezintă motivarea direcțiilor de cercetare abordate în domeniul dezvoltării sistemelor avansate de conversie a energiei cu captarea, utilizarea și stocarea carbonului precum și prezentarea pe scurt a metodologiilor de evaluare utilizate de autor în studiul acestora;

- Capitolele 2 - 6 prezintă ilustrativ o serie de rezultate originale ale autorului referitoare la sistemele de conversie a energiei, poli-generare vectori energetici decarbonizați, metode de captare și utilizare a CO₂ precum și evaluarea tehnico-economică și de mediu a acestora;

- Capitolele 7 - 8 cuprind un plan de dezvoltare a carierei cu evidențierea direcțiilor principale de cercetare pe care aș dori să le abordez în viitor și concluziile finale ale tezei.

În continuare sunt prezentate succint principalele direcții de cercetare abordate precum și un plan de dezvoltare pentru activitatea de cercetare viitoare.

Cercetările mele în domeniul **sistemelor avansate de conversie a energiei** a fost direcționate pentru analiza tehnologiilor de conversie actuale (gazeificare, reformare catalitică, combustie) și propunerea de metode inovative de creștere a eficienței energetice globale și de reducere a emisiilor de CO₂. Atât metode experimentale cât și numerice au fost folosite în acest scop. Una dintre metodele predilecte de conversie energetică este cea de gazeificare a combustibililor solizi, atât cei fosili cât și cei regenerabili (biomasă, deșeuri solide).

Astfel s-a dezvoltat un sistem de analiză multi-criterială pentru evaluarea tehnologiilor de gazeificare existente (reactoare de gazeificare în contracurent, echicurent sau în strat fluidizat) în vederea integrării acestora într-o centrală electrică de tip IGCC prevăzută cu etapă de captare a carbonului. Ca și principale rezultate, s-au dezvoltat modele matematice detaliate ale diferitelor reactoare de gazeificare care apoi au fost utilizate pentru evaluarea posibilităților de creștere a eficienței energetice. De exemplu, a fost dezvoltat un model pentru evaluarea cazurilor de co-procesare a diverșilor combustibili bazat pe compoziția cenușii pentru reducerea temperaturii din reactor ceea ce conduce la reducerea consumului de oxigen și la creșterea eficienței procesului.

Principalele avantaje ale tehnologiei de gazeificare (prezentate în detaliu în studiile publicate) sunt posibilitatea de procesare eficientă a diferitelor sorturi de combustibili și de a genera diferiți vectori energetici prin conversia chimică a gazului de sinteză. Suplimentar,

captarea pre-combustie a CO₂ este o metodă atractivă pentru reducerea penalităților energetice și de cost ale captării. Sistemele de combustie și cele de oxi-combustie au fost de asemenea evaluate pentru a evalua și propune metode inovative (de ex. calcium looping) de creștere a eficienței energetice și de reducere a impactului de mediu prin captarea CO₂.

Sistemele de **poli-generare vectori energetici** evaluate în activitatea mea de cercetare analizează posibilitatea de creștere a eficienței globale a procesului de conversie prin dezvoltarea de scheme flexibile de producere a energiei. S-a avut în vedere evaluarea capacității instalațiilor de a produce vectori energetici decarbonizați (electricitate, hidrogen, căldură, combustibili sintetici) funcție de necesarul momentan. Acest aspect este foarte important în sistemele energetice moderne din cauza integrării din ce în ce mai pronunțate a surselor regenerabile variable în timp (energie solară, eoliană) ceea ce impune ca instalațiile convenționale să aibă capacitatea să își modifice sarcina funcție de necesar. Din cauză că stocarea energiei electrice este problematică la scară mare (sute de MW - GW), o soluție potențială este dată de sistemele de poli-generare vectori energetici ce pot fi stocați și apoi utilizați în momentele de sarcină maximă a rețelei sau folosiți în diferite procese. Producerea de hidrogen și combustibili sintetici (gaz metan sintetic, combustibil Fischer-Tropsch, metanol) au fost evaluate cu precădere.

Dezvoltarea de **metode inovative de captare a carbonului** și integrarea acestora în sistemele de conversie a energiei ca și în alte procese industriale mari consumatoare de energie (chimie / petro-chimie, metalurgie, materiale de construcții etc.) este o direcție prioritară a activității mele de cercetare. Diferite metode de captare pre-, post- sau oxi-combustie a CO₂ au fost evaluate. De exemplu, pentru metodele de captare bazate pe procesele de absorbție gaz-lichid s-au evaluat performanțele diverșilor solvenți fizici sau chimici pentru configurațiile de captare pre- și post-combustie. Evaluările tehnico-economice detaliate arată că absorbția fizică este soluția preferată pentru procesele de conversie a energiei bazate pe oxidare parțială (gazeificare și reformare catalitică) iar absorbția însoțită de reacții chimice este soluția pentru captarea post-combustie când presiunea parțială a CO₂ în gazele arse este mică.

O metodă inovativă de captare a CO₂ este cea bazată pe tehnica de chemical looping când un transportor de oxigen (de obicei un oxid metalic) este folosit în locul aerului pentru oxidarea totală sau parțială a combustibilului. Forma redusă a transportorului de oxigen este apoi reoxidată într-un reactor separat cu aer și / sau abur și recirculată la reactorul de conversie a combustibilului. Astfel deoarece contactul dintre combustibil și aer este evitat, CO₂ rezultat din proces este deja captat (după separarea condensului). Sistemele de tip calcium looping sunt metode de captarea pre- și post-combustie a carbonului care folosesc adsorbenți pe bază de calciu. Sistemele de tip chemical / calcium looping sunt foarte promițătoare în vederea reducerii penalităților energetice și de cost asociate captării CO₂. Astfel, penalitatea energetică pentru

captare este de circa 5 - 7 puncte procentuale eficiență energetică netă în timp ce pentru procesele de captare pre-combustie cu solvenți chimici este de circa 8 - 9 puncte iar pentru captarea post-combustie cu alcanolamine este de aproximativ 10 puncte procentuale. Pentru evaluarea experimentală a tehnicii de chemical / calcium looping s-a pus la punct două instalații de laborator moderne dotate cu monitorizare și control automat cu calculatorul (vezi Figura 1).

Evaluarea **tehnic-economică și de impact asupra mediului** a sistemelor de conversie a energiei și de poli-generare vectori energetici cu captarea carbonului au fost bazate pe bilanțurile globale de masă și energie rezultate din experimente și / sau prin modelarea matematică și simulare. Schemele conceptuale de conversie a energiei au fost evaluate folosind tehnici de integrare a căldurii și puterii pentru optimizarea eficienței energetice a instalației. S-au calculat principalii indicatori de performanță a instalațiilor (eficiența brută și netă, consumurile de combustibil, apă și energie, puterea instalată, rata de captare a carbonului, emisiile specifice de CO₂ etc.). Pentru evaluarea detaliată a costurilor de capital, costurilor de operare și a prețului energiei electrice generate s-au dezvoltat modele de calcul detaliate pentru evidențierea aspectelor economice ale captării carbonului. Pentru evaluarea impactului de mediu s-au folosit metode standardizate (Waste Reduction Algorithm - WAR, Life Cycle Assessment - LCA).

Rezultatele activității mele de cercetare au fost publicate în reviste ISI cu factor de impact ridicat sau prezentate la congrese internaționale. În plus activitatea și vizibilitatea științifică au contribuit la atragerea de resurse financiare prin intermediul unor proiecte naționale și internaționale fapt care a permis realizarea unei infrastructuri experimentale moderne pentru studiul sistemelor de conversie energetică cu captarea CO₂. Figura 1 prezintă instalațiile de captare CO₂ prin tehnicile de chemical / calcium looping operate în strat fix și strat fluidizat realizate în cadrul Departamentului de Inginerie Chimică.



Figura 1. Instalații experimentale de captare CO₂ prin tehnica de chemical / calcium looping

În viitor direcțiile majore de cercetare și dezvoltare pe care mi le propun vor viza cu precădere următoarele elemente importante:

- Dezvoltarea infrastructurii experimentale de studiere a sistemelor de conversie a energiei cu captarea CO₂ în special prin tehnicile de chemical / calcium looping. Se va avea în vedere evaluarea unor aspecte fundamentale de inginerie chimică de ex. proiectarea reactoarelor de conversie, optimizarea și integrarea fluxurilor de masă și energie în cadrul instalației, determinări cinetice, dezvoltarea de materiale cu proprietăți îmbunătățite pentru transportul de oxigen / sorbenți pentru adsorbția CO₂, studii hidrodinamice de curgere etc.;

- Aplicarea tehnicilor inovative de captare a CO₂ și la alte procese industriale mari consumatoare de energie în afara sectorului energetic de ex. sectorul chimic / petro-chimic, materiale de construcții (ciment), metalurgie etc. Se vor aborda și o serie de tehnici inovative de captare / utilizare a carbonului pentru obținerea de compuși chimici utili prin intermediul proceselor electro-, foto- și bio-chimice;

- Dezvoltarea unui sistem integrat de evaluare tehnico-economică și de impact de mediu a proceselor industriale poluante bazat pe conceptele ingineriei de proces. Se vor urmări cu precădere dezvoltarea de capacități avansate de modelare matematică, simulare și control al proceselor, dezvoltarea de modele detaliate de evaluare economică precum și realizarea unui sistem software integrat în care datele experimentale sau de simulare se folosesc automat pentru caracterizarea performanțelor tehnico-economice și de mediu ale instalațiilor;

- Aplicarea conceptelor de dezvoltare durabilă a proceselor industriale prin promovarea de tehnologii de conversie energetică mai eficiente și cu emisii reduse de CO₂. Nu în ultimul rând se va urmări dezvoltarea de sisteme inovative de conversie pe baza surselor de energie regenerabilă (de ex. biomasă, energie solară etc.).

Toate aceste direcții de cercetare viitoare vor fi dezvoltate cu ajutorul tinerilor cercetători implicați dintre care doctoranzii vor avea un aport major. Se are în vedere și atragerea de resurse financiare pentru susținerea activității de cercetare prin competiții de proiecte naționale / internaționale și contracte cu sectorul industrial în domeniul tehnologiilor avansate de conversie a energiei prevăzute cu captare, stocare și utilizare a carbonului.