

CAPTAREA ȘI STOCAREA CO₂ – O TEHNOLOGIE INOVATIVĂ PENTRU INDUSTRIA CIMENTULUI

Cristina SESCU-GAL, ing. drd. UTCB,
Gheorghe Petre ZAFIU, prof. dr. ing. UTCB.

ABSTRACT: This paper analyze the possibility of applying the techniques of capture and storage (CCS) in the cement industry to reduce emissions.

1.INTRODUCERE

Ca o consecință firească a dezvoltării tehnologice, diverse instituții specializate abordează tot mai multe studii în domeniul emisiilor poluante, destinate promovării de metode și soluții care să conducă la scăderea nivelului acestora. Dintre acestea, studiile asupra emisiilor de CO₂ au generat mai multe ipoteze asociate proceselor industriale capabile să producă un efect eficace de reducere a lor. Ultimele preocupări în lumea cercetătorilor s-au concentrat pe dezvoltarea tehnologiilor de captare, transport și stocare a CO₂ și pe efortul de a demonstra eficiența acestei metode. Tehnologia de captare și stocare a dioxidului de carbon (Carbon Capture and Storage – CSC), este un element cheie al politicii climatice UE pe termen lung, fiind singura tehnologie care permite utilizarea în continuare a combustibililor fosili [3]. Fluxul tehnologic de captare, transport și stocare artificială a CO₂ (fig.1) presupune injectarea prin foraje de sondă la adâncimi mari în roci gazdă, care prezintă pori între granule sau fracturi, înlocuind și comprimând în acest fel fluidul deja prezent în acestea: gaz natural, apă sau petrol.

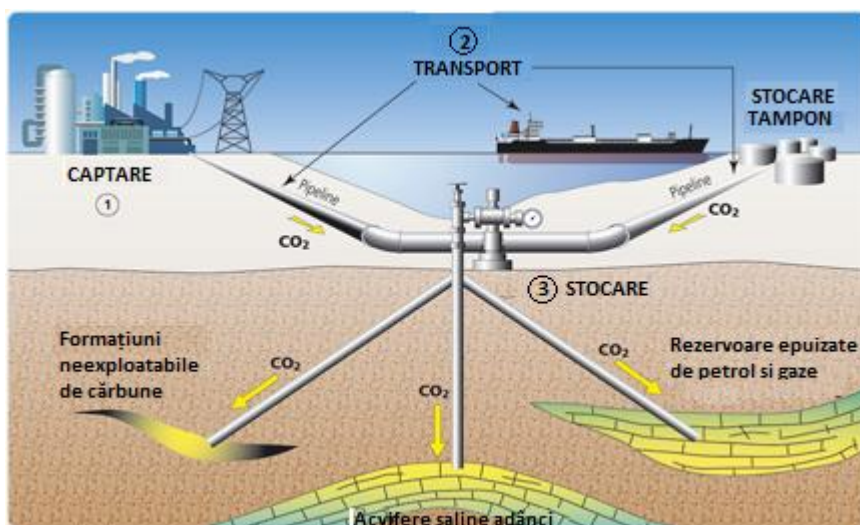


Fig. 1. – Sistemul de captare al CO₂

Sursa: [www.co2club.ro/ro/informatii-utile-CCS.html]

Deoarece procesul de fabricare a cimentului presupune eliberarea de emisii poluante și implicit de CO₂, la nivel mondial, se încearcă implementarea acestor tehnici și în acest sector.

2. TEHNICI DE CAPTARE A CO₂

Este important să se precizeze că stocarea CO₂ nu este o invenție a omenirii, ci un fenomen natural, manifestat sub forma unor depozite de CO₂ care s-au format în subteran. Tehnologiile de captare dezvoltate la nivel de proiect demonstrativ au fost studiate prin trei metode [2]:

- Pre-combustie;
- Oxi-combustie;
- Post-combustie.

Există încă două metode de captare în fază pilot, și anume:

- Combustie în buclă chimică;
- Captare cu membrane moleculare.

Tehnologia de captare pre-combustie reprezintă metoda prin care dioxidul de carbon este înlăturat înainte de arderea combustibilului. Aceasta constă în oxidarea parțială a unui combustibil fosil bogat în carbon (carbune sau derivați petrolieri) într-un gazificator. Rezultă un gaz de sinteză constituit din monoxid de carbon și hidrogen (CO și H₂). Sunt necesare mai multe etape de transformare și purificare a gazului astfel obținut, transformarea lui în CO₂ și o cantitate mai mare de H₂, ce poate fi ars într-o centrală cu ciclu combinat. Astfel, CO₂ rezultat poate fi captat, relativ pur, dintr-un flux de evacuare. Avantaje: eficiență termică foarte bună, datorită captării integrale a CO₂ și a utilizării ciclului termodinamic combinat care și în instalațiile uzuale fără gazeificare conduce la eficiențe mai mari decât ale unei centrale electrice uzuale utilizând un singur ciclu termodinamic. Dezavantaje: tehnologia are un cost investițional ridicat, este dificilă de pus în aplicare și prezintă un grad ridicat de risc.

Tehnologia de captare oxi-combustie constă în arderea combustibililor în exces de oxigen. Gazul rezultat din această ardere este format, în principal, din vapori de apă și CO₂. La sfârșitul procesului, prin condensarea vaporilor de apă rezultați din ardere, CO₂ este captat cu ușurință. Avantaje: se pretează la orice fel și calitate de combustibil, eficiență de reținere foarte bună, consum propriu tehnologic mai redus față de tehnologia post-combustie, datorită necesarului mare de O₂ produs în instalația de separare a aerului. Dezavantaje: se aplică mai greu centralelor existente, o mică parte din CO₂, generat în timpul arderii, se va dizolva în apa condensată. Un dezavantaj foarte important este acela că procesul de separare a oxigenului din aer necesită multă energie reducând astfel eficiența globală a instalațiilor.

Tehnologia de captare post-combustie este astăzi cea mai avansată tehnologie și poate fi adaptată cu ușurință la capacitățile mari instalate în centralele electrice pe bază de combustibili fosili. Aceasta constă în separarea CO₂ din gazele de ardere utilizând un solvent (amina sau amoniac răcit). Ultimele rezultate ale cercetărilor arată că metoda de captare cu amoniac răcit poate îndepărta până la 90 % din CO₂ reținut în gazele de ardere. Tehnologia poate fi aplicată atât în cazul folosirii cărbunelui cât și în cazul gazelor combustibile la instalații staționare de mare capacitate. Îmbogățirea cu oxigen a aerului de combustie poate conduce la ameliorarea acestei tehnologii. Avantaje: eficiență de reținere peste 85%, integrare mai facilă, proces tehnologic relativ simplu, tehnologie mai bine stăpânită și dezvoltată, se aplică cu ușurință după orice tip de instalație de ardere, nouă sau veche și indiferent de tipul combustibilului. Dezavantaje: consum energetic ridicat, instalație complexă, cu costuri ridicate, solventul chimic de reținere a CO₂ este, în general, toxic.

Tehnologia de captare prin combustie în buclă chimică (chemical looping combustion – CLC) figura 2, este cea mai nouă și mai promițătoare tehnologie de captare a dioxidului de carbon din

fluxul de gaze rezultate de la sistemele de conversie a energiei. Procesul de ardere a combustibililor pe bază de hidrocarburi este împărțit în două reacții: de reducere și de oxidare. Această tehnologie implică folosirea unor metale pe post de „purtător solid” [2] pentru a transfera oxigenul între cele două reactoare (de oxidare și de reducere).

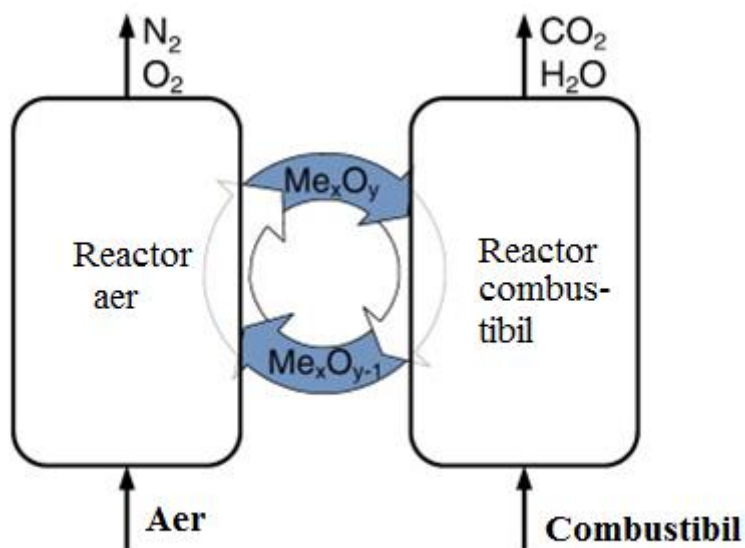


Fig. 2. – Tehnologia de captare prin combustie în buclă chimică-CLC
 Sursa: *** Chemical looping [http://www.chemical-looping.at], accesat noiembrie, 2012

Funcționarea procesului constă în introducerea combustibilului fosil într-un combustor de strat fluidizat (reactorul de reducere), unde reacționează cu oxidul de metal. Acest proces este endotermic, generează particule solide de metal și un amestec de dioxid de carbon cu vapori de apă. Captarea CO₂ pur, este asigurată prin condensarea vaporilor de apă. Particulele solide de metal sunt transmise într-un alt strat fluidizat (reactorul de oxidare) unde reacționează cu aerul, producând energia termică (proces exoterm), regenerându-se particulele de oxizi metalici și eliberând în atmosferă N₂+O₂. Particulele de oxizi metalici sunt recirculate în combustorul de strat fluidizat (reactorul de reducere).

Tehnologia de captare cu membrane moleculare. În acest proces „gazele de ardere sunt introduse sub presiune într-o incintă separată de o membrană moleculară permisivă doar pentru molecula de CO₂, astfel CO₂ trece prin membrană și gazele fără CO₂ își continuă drumul [2]”.

3. TRANSPORTUL CO₂

Realizarea efectivă a tehnologiei de captare impune constituirea unei infrastructuri între locul de captare a CO₂ și locul de stocare.

Legătura dintre captarea și stocarea CO₂ o reprezintă transportul acestuia, care se poate realiza prin trei sisteme: pe conducte, pe cale rutieră sau navală, în una din cele trei stări de agregare (fig. 3).

Transportul CO₂ pe cale rutieră se realizează cu autocisterne, în stare lichidă, la o presiune de aproximativ $p \approx 16$ bar și temperatura $t \approx -50$ °C [2].

Transportul prin conducte are loc în stare de fluid supracritic, la presiunea de $p > 73,8$ bar [2]. Transportul cu nave se face în stare lichidă, la presiunea de $p \approx 6,5$ bar și temperatura $t \approx -52$ °C [2].

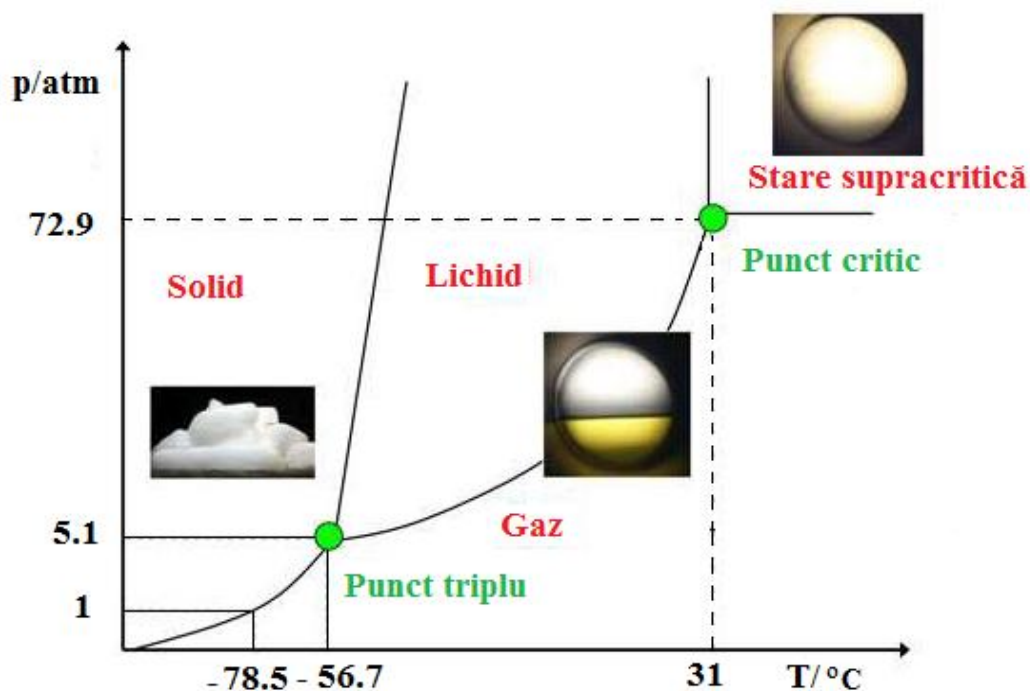


Fig. 3. – Stările de agregare ale CO₂

Sursa: [http://www.ispe.ro/.../Radu_Filip_Tehnologii_de_captare_si_transport_CO...],

4. MODALITĂȚI DE STOCARE A CO₂

După ce s-a realizat captarea CO₂, acesta poate fi stocat sau reutilizat. Reutilizarea constă în folosirea acestuia ca resursă la fabricarea băuturilor răcoritoare sau în sere. Deoarece piața reutilizării CO₂ este în prezent redusă, majoritatea CO₂ extras trebuie să fie stocat.

Opțiunile considerate ca fiind cele mai adecvate stocării pe scară largă a CO₂ sunt:

- stocarea geologică în formă gazoasă în diferite formațiuni geologice aflate la mare adâncime, exemplu: zăcăminte epuizate de gaze natural și petrol care sunt bine cunoscute datorită exploatării lor pentru extracția hidrocarburilor, acvifere saline adânci ce conțin apă care nu este adecvată consumului și care este chiar mai sărată decât apa de mare, în formațiunile adânci și neeconomice de cărbune.
- stocarea lichidă în mări și oceane;
- stocarea minerală în stare solidă prin reacția CO₂ cu oxizi metalici pentru a produce carbonați stabili.

Stocarea geologică (fig. 4) – denumită și geo-sechestrare, implică injectarea dioxidului de carbon, în general în stare supracritică, ($p > 78,3$ bar) direct în formațiunile geologice din subsol. Uneori, CO₂ este injectat în câmpurile petrolifere aflate în declin, pentru creșterea gradului de recuperare a țiteiului. Aceasta este o opțiune atractivă deoarece costurile de depozitare pot fi parțial compensate prin vânzarea unor cantități suplimentare de țitei extras. Acviferele saline adânci oferă un potențial enorm de stocare. Prezintă avantajul că dețin un potențial largit de stocare și sunt prezente în cele mai multe țări, deseori în apropierea surselor de CO₂. Dezavantajul acviferelor saline este faptul că nu sunt cunoscute îndeajuns de bine în privința structurii geofizice. Injectția de CO₂ în aceste formațiuni este similară injectiei în zăcămintele de petrol sau gaze.

Stocarea în straturile neexploatate de cărbuni prezintă avantajul că acestea nu conțin produse secundare, iar CO₂ injectat se atașează de cărbune eliberând metanul.

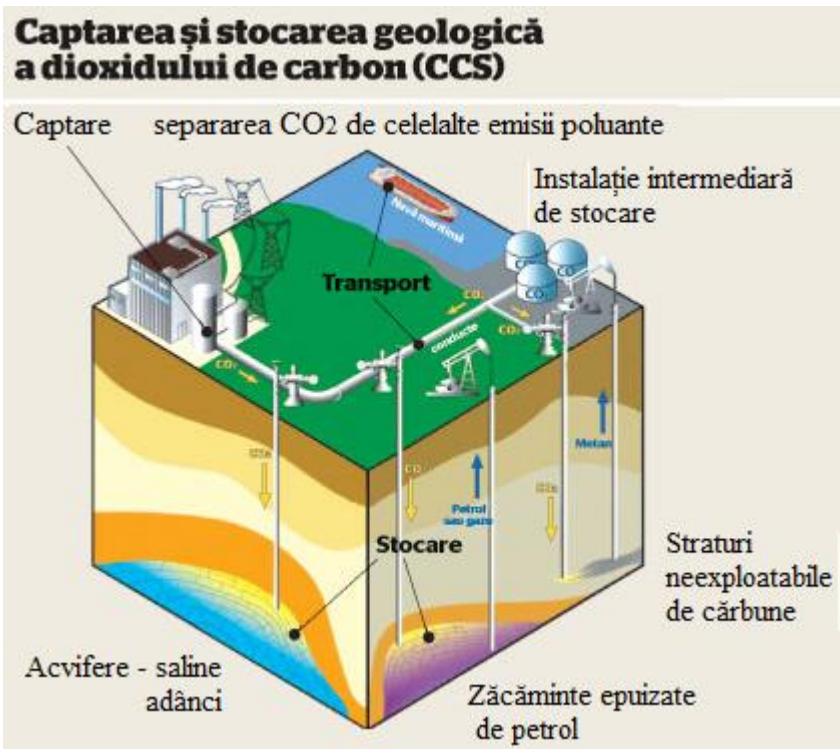


Fig. 4 – Captarea și stocarea geologică
 Sursa: [<http://www.co2geonet.com> - CCS Europe]

Conform cercetărilor, când este injectat în subteran CO₂ devine un fluid dens, în stare supercritică începând de la aproximativ 800 m adâncime. În aceste condiții, volumul său se reduce de la 1000m³ la suprafață la 2,7 m³ la adâncimea de 2000 m. Acesta constituie unul din principalele avantaje ale stocării geologice [4].

Stocarea minerală - Captarea carbonului prin reacția cu CO₂ a mineralelor naturale care conțin Mg și Ca, pentru a forma carbonați, are unele avantaje particulare. Cel mai important este faptul că acești carbonați au o stare energetică mai mică decât CO₂, motiv pentru care carbonatarea minerală este favorabilă termodinamic și apare în mod natural (de exemplu, alterarea supergenă a rocilor în cursul perioadelor geologice). În al doilea rând, materiile prime, cum ar fi mineralele pe bază de magneziu, există din abundență. În cele din urmă, carbonații produși sunt indiscutabil stabili, astfel că nu se mai pune problema eliberării CO₂ în atmosferă. Cu toate acestea, la temperaturi și presiuni normale ale mediului înconjurător, reacțiile convenționale de carbonatare se produc lent. Provoacă în acest caz o constituie identificarea unui traseu viabil din punct de vedere ecologic și industrial, care va permite ca sechestrarea minerală care urmează să fie aplicată să fie acceptabilă și din punct de vedere economic.

5. POSIBILITĂȚI TEORETICE DE APLICARE ÎN INDUSTRIA CIMENTULUI

Într-o abordare mai nouă, captarea și stocarea carbonului (CSC) este folosită pentru a reduce emisiile poluante în industria cimentului. În Uniunea Europeană există mai multe activități pentru a stimula CSC și, de asemenea, Comisia are în vedere în mod serios implementarea pe scară largă a acestei opțiuni în industria cimentului.

Este important de știut faptul că tehnologiile de captare au o valoare doar atunci când întregul lanț de CSC este disponibil, inclusiv transportul, infrastructura, accesul la site-uri de stocare adecvate, precum și un cadru legal pentru transportul și stocarea CO₂, de monitorizare și verificare, precum și procedurile de acordare a licențelor.

Pe lângă aspectele tehnice și economice, cadrul legislativ va fi decisiv pentru aplicații viitoare a CSC în industria cimentului. Deși este de așteptat ca să scadă costul implementării CSC în viitor, în funcție de tehnică și progres științific, costurile curente estimate pentru captarea de CO₂ sunt ridicate.

În acest moment, nu există nici un proiect de CSC implementat la fabricile de ciment. Acest lucru se datorează în primul rând faptului că datele disponibile cu privire la costurile de aplicare a CSC la fabricile de ciment sunt limitate, dar estimările actuale indică faptul că aplicarea CSC ar duce la o creștere semnificativă a costului produsului final [3]. Industria cimentului este considerată în general a fi de risc și s-ar părea că dezvoltarea viitoare a tehnologiilor CSC pentru acest segment va fi realizată cel mai probabil de către furnizorii de echipamente industriale și nu de producătorii de ciment în sine. Un alt aspect care trebuie avut în vedere este necesitatea realizării unei infrastructuri pentru transportul CO₂ la situările de stocare. Cuptoarele de ciment sunt de obicei situate în apropiere de mari cariere de calcar, care pot sau nu pot fi în apropierea de situri adecvate de stocare a CO₂. Un număr redus de proiecte de mari dimensiuni au fost anunțate în acest domeniu. Proiectele cele mai notabile sunt axate pe tehnologia solidului absorbant, pe tehnologia de captare post-combustie și captare biologică cu alge.

6. PĂRERI PRO ȘI CONTRA FAȚĂ DE NECESITATEA ADOPTĂRII TEHNOLOGIEI CSC

Conform unui raport al IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), din anul 2007, se arată că în atmosferă concentrația CO₂ a crescut semnificativ de la 280 de părți la un milion (ppm) din perioada pre-industrială, secolul al XIX-lea, la concentrația de 313 ppm în anul 1960 ajungând în anul 2005 la valoarea de 375 ppm. Această creștere alarmantă se datorează dezvoltării industriale, mării necesarului energetic global și a utilizării pe scară largă a combustibililor fosili. În acest sens IPCC sugerează o reducere estimativă de până la 50% a emisiilor de dioxid de carbon până în 2050 comparativ cu emisiile existente în 2000.

Dar nu toți oamenii de știință sunt de acord cu această afirmație. Oponenții ideii de încălzire globală afirmă că temperaturile globale ar putea fi mai puțin sensibile la schimbările nivelului de dioxid de carbon din atmosferă decât s-a afirmat până în prezent.

Într-un studiu de ultimă oră, o echipă internațională de cercetători de la Universitatea din Oregon – SUA, susține că, deși oamenii se așteaptă să vadă schimbări dramatice ale vremii, peste tot în lume, din cauza creșterii de CO₂, riscul pentru acest lucru este mai puțin iminent.

Până acum, modelele climatice folosite în predicțiile pentru a estima sensibilitatea climei la creșterea nivelului de CO₂, utilizate în cercetări de IPCC, țineau cont de măsurătorile făcute în ultimii 150 de ani. În schimb, cercetătorii de la Oregon au luat în calcul temperaturile înregistrate în ultima eră glaciară, adică cu 21.000 de ani în urmă, când oamenii nu au avut niciun impact asupra temperaturilor globale [5].

Prin încorporarea noii descoperiri a “insensibilității climei” în modelele lor, cercetătorii au fost în măsură să spună că dioxidul de carbon nu influențează prea mult clima. Autorii studiului mai spun că rezultatele lor nu înseamnă că activitatea industrială ar avea efecte mai mici asupra schimbărilor climatice sau că acestea ar trebui tratate mai puțin serios.

Noile modele de cercetare arată că prin dublarea nivelului de CO₂ de la era pre-industrială încoace, temperatura de la suprafața Pământului va crește cu valori cuprinse între 1,7 °C și 2,6 °C. Oamenii de știință care au elaborat această teorie susțin că această predicție este mult mai apropiată de realitate decât cea a Grupului Interguvernamental pentru Schimbările Climatice (IPCC), care sugerează o creștere cuprinsă între 2 °C și 4,5 °C.

Un alt grup de cercetători care susțin ideea că activitatea industrială a omenirii nu ar putea influența într-un mod decisiv schimbările climatice aduc ca argument variația cantității de CO₂ de-a lungul erelor terestre, inclusiv când nu exista o industrie care să emită CO₂.

Problema CO₂ se pune și invers, adică, ce se întâmplă dacă prin captare și stocare se reduce prea mult cantitatea de CO₂ din atmosferă. La o concentrație de 150 CO₂ ppm creșterea plantelor se oprește iar viața terestră este în pericol datorită absenței dioxidului de carbon din atmosferă.

Conform [6] „Ce se întâmplă dacă tehnologia de captare și stocare conduce la o reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră în cantitate prea mare? Putem calcula, de fapt cantitatea corectă care să se reducă, și ce se va întâmpla cu temperatura? De exemplu, pentru o reducere de 1% a emisiilor de CO₂, se reduce temperatura cu 1°C?” sunt întrebări pe care Ferenc Miskolczi, renumit dr. fizician în științe atmosferice, fost colaborator al NASA, a încercat să răspundă. Relația dintre temperatură și CO₂, conform lui Willis Eschenbach, nu este liniară ci logaritmică (fig. 5).

Concentrația atmosferică de CO₂ atingea 180 ppm, în timpul erei glaciare, a devenit 280 ppm, în perioada pre-industrială, iar în 2010 a ajuns la 380 ppm.

Oamenii de știință care se ocupă cu predicțiile privind schimbările climatice se arată sceptici cu privire la noile modele de cercetare. Climatologul Andrey Ganopolski, de la Institutul de Cercetare a Impactului Climei din Potsdam arată că nu ar trage o asemenea concluzie și că omenirea ar trebui să facă un efort în menținerea unui nivel scăzut al emisiilor poluante până ce fenomenul nu devine ireversibil.

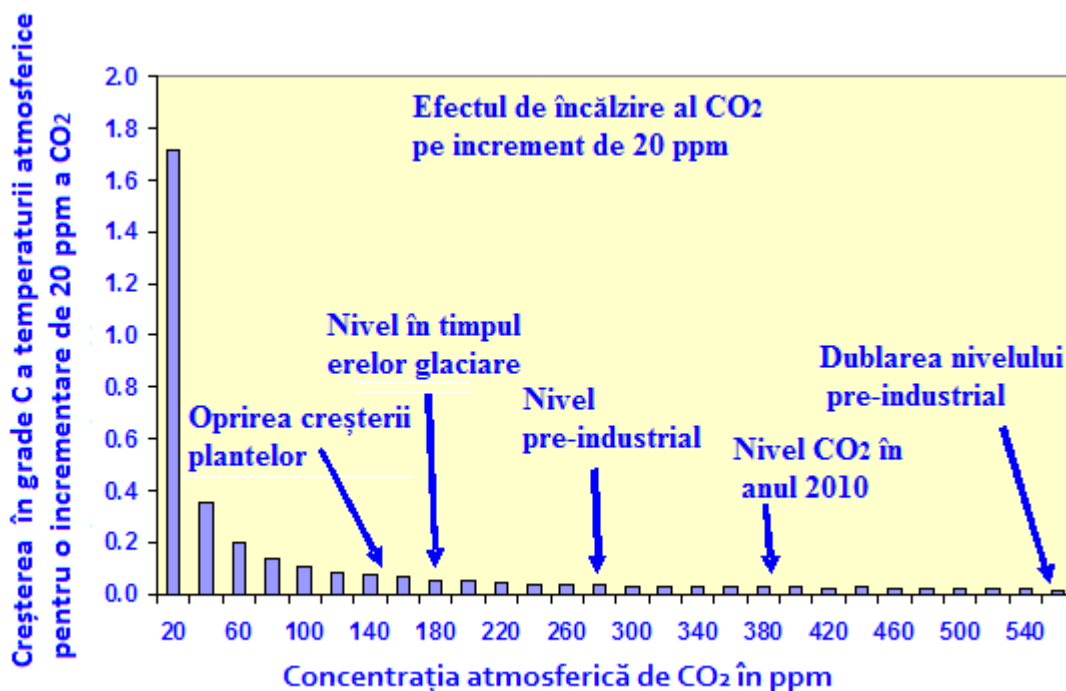


Fig. 5. – Relația dintre temperatură și nivelul de CO₂
Sursa: [[http://www.climategate.com/..](http://www.climategate.com/)],

7. CONCLUZII

Tehnologia de captare a dioxidului de carbon este încă în fază experimentală. Este adevărat că nu poate fi aplicată la scară industrială, în acest moment, și ca orice teorie nouă, naște opinii contrare. Cum cercetările sunt în curs de desfășurare, nu ne rămâne decât să sperăm că revoluția în industria

electronică a soft-urilor va aduce beneficii și în acest domeniu, pentru stabilirea unei realități cât mai aproape de adevăr în domeniul schimbărilor climatice.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Deac, C.D., Borla, M., Biriș, I. Captarea și stocarea CO₂ în vederea reducerii emisiei de gaze cu efect de seră, Simpozionul „Impactul Acquis-ului comunitar asupra echipamentelor și tehnologiilor de mediu” – Agigea 26-28 august 2009
- [2] Filip, R., Tehnologii de captare și transport O=C=O, Simpozionul Național de Informare, [http://www.ispe.ro/.../Radu_Filip_Tehnologii_de_captare_si_transport_CO...], accesat noiembrie 2012;
- [3] *** Global Technology Roadmap for CCS in Industry [<http://www.unido.org/.../CCS/Cement%20Sector%...>], accesat noiembrie 2012;
- [4] Roumanian CO₂GeoNetBrochur_pdf [<http://www.co2geonet.com> - CGS Europe], accesat noiembrie,2012;
- [5] STUDIU „Creșterea nivelului de CO₂ nu duce la schimbarea climei” [http://www.adevarul.ro/.../verde/Ciment-verde-_din_emisii_de_dioxid_de...], accesat noiembrie,2012;
- [6] *** Captarea și stocarea CO₂, [<http://www.climategate.com/...>], accesat noiembrie,2012;
- [7] *** Chemical looping combustion – Wikipedia, the free encyclopedia [<http://en.wikipedia.org/...>], accesat noiembrie, 2012
- [8] *** Chemical looping [<http://www.chemical-looping.at>] , accesat noiembrie,2012;