

# METODE DE REDUCERE A EMISIILOR POLUANTE LA FABRICILE DE CIMENT

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

ABSTRACT: This paper the main technical and technological methods to reduce emissions from cement plants, including the use of alternative fuels.

## 1. INTRODUCERE

Industria cimentului este una dintre sursele importante a emisiilor poluante din lume, iar conform studiilor recente, cererea pentru acest produs este în creștere. Dezvoltarea sectorului producției de ciment în UE depinde în mare măsură de politicile și deciziile privind emisiile poluante inclusiv de CO<sub>2</sub>, adoptate la nivelul acesteia, în condițiile în care Uniunea Europeană și-a propus atingerea unor obiective ambițioase de reducere acestora. Ținta vizată pentru reducerea emisiilor poluante la nivelul UE pentru anul 2020 este cu 20% față de anul 1990 și cu 80% pentru anul 2050 [4].

Producția industriei cimentului are legătură directă cu starea generală a sectorului construcțiilor și reflectă starea economiei în ansamblu, iar spre deosebire de sectorul energetic există puține alternative pentru atenuarea emisiilor poluante specifice. În acest context, măsurile adoptate pentru reducerea emisiilor poluante în sectorul industriei cimentului au condus la metode care implică întreg fluxul tehnologic.

## 2. METODE TEHNOLOGICE PENTRU REDUCEREA EMISIILOR POLUANTE

„Spre deosebire de alte industrii, cimentul suferă de o problemă chimică: reacția prin care se obține acesta eliberează mari cantități de CO<sub>2</sub>” [2]. Conform precizărilor făcute de Olivier Luneau, vicepreședinte în grupul francez Lafarge, 60% din totalul emisiilor de CO<sub>2</sub>, cauzate de producerea cimentului, apar doar din procesul chimic. Restul noxelor sunt datorate arderii combustibililor, transportului și depozitării materialelor aferente acestei industrii. Formarea clincherului, printr-un proces energofag, se produce la temperaturi de 600...900°C [6]:



Indiferent de tehnologia aplicată, producerea cimentului generează noxe. Fabricile de ciment poluează, dar măsura în care acestea devin un poluator major depinde de utilizator.

Măsurile de reducere a emisiilor reprezintă o combinație între măsurile primare generale și cele specifice pentru fiecare fază a procesului tehnologic. Acestea sunt îndreptate către îmbunătățirea eficienței energetice și tehnologice, înlocuirea combustibililor tradiționali, modificări ale raportului clincher/ciment, realizarea de produse similare cimentului.

Măsurile primare generale de reducere a emisiilor cuprind „Cele mai bune tehnici disponibile pentru producerea cimentului” și includ [5]:

- operarea lină și stabilă a cuptorului, funcționând aproape de parametrii prestabiliți ai procesului, benefică pentru toate emisiile din cuptor precum și pentru folosirea energiei;

- minimizarea consumului de energie termică prin măsuri de preîncălzire și precalcinare la un nivel cât mai înalt, considerând configurația existentă a sistemului cuptorului, folosirea răcitoarelor moderne de clincher pentru a permite recuperarea maximă de căldură, recuperarea de căldură din gazul rezidual;
- minimizarea consumului de energie electrică prin folosirea de echipamente de măcinare cu eficiență ridicată în utilizarea energiei, înlocuirea morilor de măcinare existente cu mori cu role verticale;
- selectarea și controlul atent al substanțelor ce intră în cuptor și pot reduce emisiile.

Operarea lină și stabilă a cuptorului poate fi obținută prin:

- optimizarea controlului procesului, incluzând sisteme de control automat bazate pe utilizarea computerului;
- utilizarea sistemelor moderne de alimentare gravimetrică a combustibilului solid.

Prin aplicarea acestor metode, pe lângă efectul de reducere a emisiilor poluante, are loc o creștere a calității clincherului, reducerea costurilor de producție și reducerea consumului de energie.

### **3. METODE TEHNICE CARE CONDUC LA REDUCEREA EMISIILOR POLUANTE ALE FABRICILOR DE CIMENT**

Aceste metode implică:

- implementarea unor tehnici de ardere cu emisii reduse la cuptoarele de ciment;
- înlocuirea combustibililor tradiționali cu combustibili alternativi;
- modificarea raportului clincher/ciment.

#### **3.1. TEHNICI DE ARDERE CU EMISII REDUSE LA CUPTORUL DE CLINCHER**

Efectul principal asupra emisiilor constă în reducerea oxizilor de azot,  $NO_x$ , realizată prin diverse metode:

a) *Răcirea flăcării* (fig. 1) constă în adaosul de apă la combustibil sau direct în flacără care reduce temperatura și mărește concentrația radicalilor hidroxil. Aceasta poate avea un efect pozitiv asupra reducerii de  $NO_x$  în zona de ardere, fiind înregistrată o eficiență între 0 și 50 %, dar injecția apei poate provoca probleme de funcționare a cuptorului [5].



**Fig.1 - Schema injectării de apă în focarul cuptorului**

Sursa: <http://webbut.unitbv.ro/teze/rezumat/2011/rom/BancilaCiprianMarius.pdf>

b) *Arzătorul cu emisii reduse de  $NO_x$*  - Proiectarea unor arzătoare cu emisii reduse de  $NO_x$  variază esențial aerul și cărbunele (combustibilul) care sunt injectate în cuptor prin tuburi concentrice. Cantitatea de aer primar este redusă la circa 6...10 % din necesarul pentru arderea stoichiometrică (de obicei de 20...25 % în arzătoarele tradiționale). Efectul net al proiectării acestui arzător este de a

produce o aprindere timpurie, în special a compușilor volatili din combustibil, într-o atmosferă deficitară de oxigen, aceasta tinzând spre reducerea formării de  $\text{NO}_x$ . Reducerile de  $\text{NO}_x$  de până la 30 % se realizează în instalații în stare bună de funcționare [5], dar aplicarea unor arzătoare cu conținut scăzut de  $\text{NO}_x$  nu este întotdeauna urmată de o reducere a emisiilor respective.

c) *Arderea în trepte* – (fig. 2) se aplică cuptoarelor de ciment dotate cu câteva trepte de combustie. Prima treaptă de combustie are loc în cuptorul rotativ în condiții optime pentru procesul de ardere al clincherului. A doua treaptă de combustie este arzătorul de la capul rece al cuptorului, care produce o atmosferă reducătoare care descompune o parte din oxizii de azot generați în zona de sinterizare. Temperatura ridicată din această zonă este favorabilă în special reacției care preschimbă  $\text{NO}_x$  în azot primar. În a treia treaptă de combustie, combustibilul necesar calcinării este alimentat în calcinator cu o cantitate de aer terțiar, producându-se, de asemenea, o atmosferă reducătoare. Acest sistem reduce generarea de  $\text{NO}_x$  din combustibil și scade cantitatea de  $\text{NO}_x$  care iese din cuptor. În cea de-a patra și ultima treaptă de combustie, aerul terțiar rămas este alimentat în sistem sub formă de «top air» pentru arderea reziduală [5].

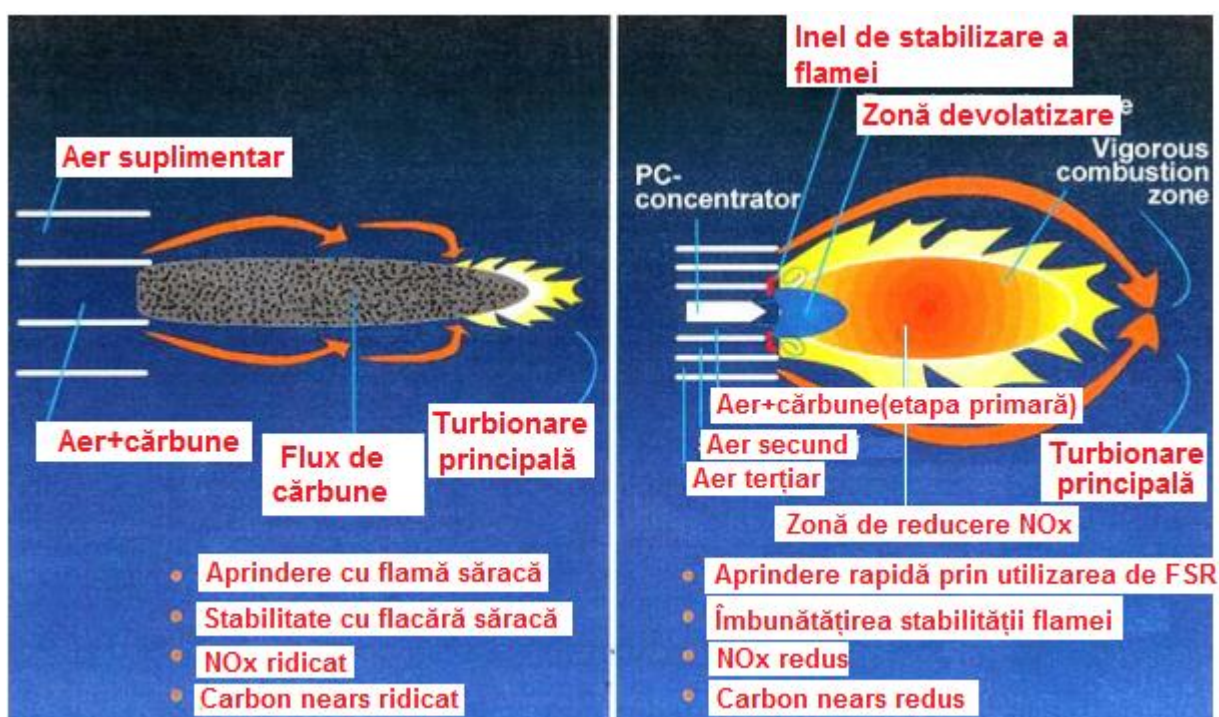


Fig.2. – Comparație între arzătoarele cu  $\text{NO}_x$  redus, convenționale cu introducerea în trepte a aerului și arzătoarele avansate

Sursa: [<http://www.anpm.ro.../bref/BREF>], [136, Fortum, 2002]

Tehnologia cu ardere în trepte poate fi folosită în general numai la cuptoarele echipate cu un precalcinator.

d) *Arderea la mijlocul cuptorului* - În cazul cuptoarelor lungi, crearea unei zone de reducere prin arderea combustibilului solid poate reduce emisiile de  $\text{NO}_x$ . Pentru că în cuptoarele lungi nu există acces la zonele de temperatură de 900...1000°C, la unele instalații au fost introduse sisteme de ardere la mijlocul cuptorului pentru a permite folosirea deșeurilor care nu pot trece prin arzătorul principal (de exemplu anvelopele) [1].

e) *Reducerea catalitică selectivă* (Selective Catalytic Reduction – SCR) – reprezintă o tehnică de reducere a oxizilor de azot deja formați. SCR presupune injectarea de amoniac, uree sau alți compuși care reacționează cu  $\text{NO}_x$  în gazele de evacuare pentru a-l reduce la azot molecular.

f) *Reducerea non-catalitică selectivă* (Selective Non-Catalytic Reduction – *SNCR*) – este o altă măsură secundară de reducere a oxizilor de azot deja formați în gazele arse ale unității de ardere. *SNCR*, se aplică fără un catalizator la o temperatură cuprinsă între 850°C și 1100°C. Acest interval de temperatură depinde în mare parte de reactivul folosit (amoniac, uree sau amoniac caustic).

### 3.2. ÎNLOCUIREA COMBUSTIBILILOR TRADIȚIONALI CU COMBUSTIBILI ALTERNATIVI

Acești combustibili alternativi pot fi: deșeuri menajere, anvelope uzate, deșeuri plastice, lemnoase sau petroliere, solvenți sau uleiuri reciclate etc. Valorile lor energetice sunt apropiate de cele ale combustibililor tradiționali. Un avantaj major al folosirii combustibililor alternativi este faptul că temperaturile ridicate din cuptoare îi dezintegrează aproape complet, astfel că rezultă o cantitate mică de cenușă. Acest lucru este important pentru că cenușa este una din cele mai dăunătoare materii pentru mediul înconjurător. Posibilitatea utilizării unor deșeuri drept combustibili în instalațiile de clincherizare este determinată de condiții economice, ecologice și tehnologice referitoare la necesitatea menținerii calității clincherului. Conform [6] cercetările privind influența deșeurilor asupra nivelului emisiei de CO<sub>2</sub>, a evidențiat faptul că arderea deșeurilor nu afectează nivelul de emisii, deoarece numai o treime din volumul total de CO<sub>2</sub> provine din combustie, în timp ce restul volumului de CO<sub>2</sub> provine din descompunerea materiilor prime. Acceptarea deșeurilor în vederea coprocesării este reglementată de o serie de cerințe care țin de: securitatea și sănătatea în muncă, calitatea specifică procesului de fabricare a cimentului, protejarea mediului înconjurător. Analizele fizico-chimice complexe sunt o necesitate în vederea acceptării deșeurilor spre coprocesare, pentru a asigura respectarea în totalitate a cerințelor. Procedura de acceptare este descrisă în fig. 3.

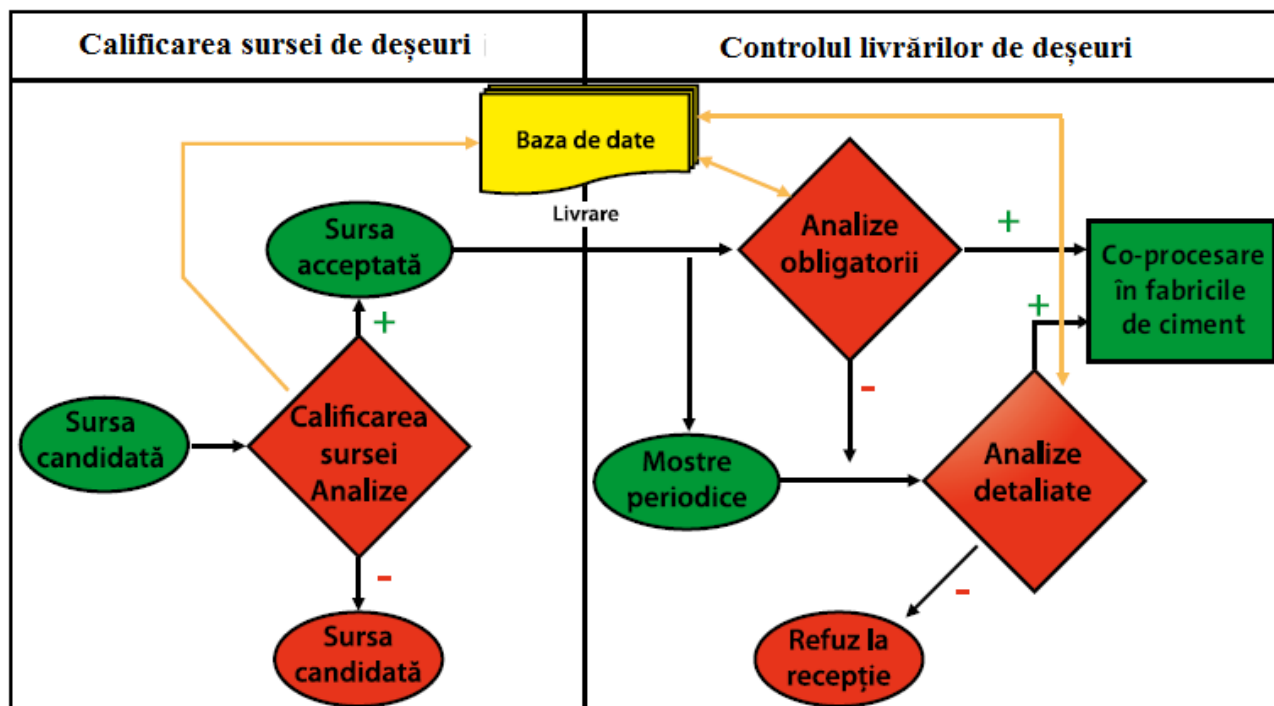


Fig. 3. – Schema de control a acceptării deșeurilor

Sursa: [http://www.holcim.ro]

### 3.3. MODIFICAREA RAPORTULUI CLINCHER/CIMENT

Având în vedere că o mare cantitate de CO<sub>2</sub> provine din procesul de producere a clincherului, modificarea raportului clincher/ciment, se realizează prin utilizarea unor materiale alternative în compoziția cimentului (rocă, tuf vulcanic, zgură de furnal, cenușă de termocentrală). În acest sens

au fost produse diferite tipuri de ciment cu un procent redus de clincher, dar acestea au dejavantajul rezistenței mecanice scăzute. Totuși, ele pot fi utilizate în domenii mai puțin restrictive din punct de vedere al rezistenței mecanice.

#### 4. TENDINȚE PRIVIND REDUCEREA EMISIILOR ÎN INDUSTRIA CIMENTULUI

Așa cum am arătat anterior, Uniunea Europeană a adoptat obiective ambițioase de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră produse prin utilizarea combustibililor fosili, care nu pot fi îndeplinite fără o reducere semnificativă a emisiilor de CO<sub>2</sub>.

Această reducere nu este posibilă din punct de vedere tehnic doar prin aplicarea măsurilor descrise ci necesită măsuri suplimentare, ca de exemplu:

- captarea și stocarea bioxidului de carbon emis în mod curent;
- dezvoltarea unor produse similare cimentului a căror tehnologie de fabricare să nu genereze o cantitate mare de emisii poluante.

*Captarea și stocarea carbonului* (Carbon Capture and Storage – CCS) este o abordare mai nouă în industria cimentului bazată pe captarea dioxidului de carbon (CO<sub>2</sub>) și stocarea lui în locul eliberării în atmosferă. Tehnologia CSC câștigă din ce în ce mai multă atenție, fiind privită ca o strategie de reducere a emisiilor de gaze de seră. În Uniunea Europeană există mai multe proiecte-pilot pentru a stimula CSC și, de asemenea Comisia are în vedere în mod serios implementarea pe scară largă a acestei opțiuni.

*Produse similare cimentului* sunt în curs de fabricare experimentală în centrale pilot. Nu s-a dovedit până în prezent eficiența acestora din punct de vedere economic, deoarece nu au fost testate la scară largă pe termen îndelungat. Deocamdată, nici industria construcțiilor nu a acceptat folosirea lor, datorită standardelor ridicate existente în domeniu. Prin urmare, nu se poate cunoaște, în acest moment, dacă aceste produse vor avea un impact asupra industriei cimentului. Pe termen lung, acestea pot oferi oportunități pentru reducerea emisiilor de CO<sub>2</sub>.

S-au experimentat unele tipuri noi produse:

- *Cimentul Calera*, care este un amestec de carbonați cu hidroxizi de calciu și magneziu. „Procesul tehnologic constă în amestecarea dioxidului de carbon cu apa de mare, care conține calciu, magneziu și oxigen. De aici, rezultă carbonat de calciu și carbonat de magneziu, substanțe folosite în fabricarea cimentului și agregatilor. Deși americanii de la Calera au pus în funcțiune un proiect-pilot de fabricare a cimentului din emisii de carbon, ei nu au precizat dacă procesul pe care-l folosesc le permite să fabrice ciment „verde” la scară industrială [7]”.
- *Cimentul CALIX* este produs într-un reactor cu calcinarea rapidă a dolomitului, în abur supraîncălzit. Emisiile de CO<sub>2</sub> pot fi capturate cu un sistem separat de scrubere umede.
- *NOVACEM* este un produs care are la bază silicatul de magneziu în loc de calcar. Tehnologia constă în convertirea silicatului de magneziu în oxid de magneziu, la temperaturi scăzute urmând adăugarea de aditivi care accelerează absorția de CO<sub>2</sub>, oferind perspectiva de „carbon negativ cement”;
- *Cimentul GEOPOLIMER*, utilizează deșeuri din industria energetică, siderurgică precum și deșeurile din beton. Performanțele produsului sunt în strânsă legătură cu compoziția chimică a materialelor utilizate ca surse de materii prime.

#### 5. CONCLUZII

Astăzi suntem în situația de a asculta și urmări avertismente sumbre cu privire la posibila declanșare a unei catastrofe determinată de o criză ecologică globală. Studiile științifice pe această temă sunt în

număr mare iar părerile sunt împărțite. Este incontestabil însă faptul că emisii ca NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, VOC, praful și CO<sub>2</sub> joacă un rol în modificarea ecosistemul planetar, dar dezvoltarea economică nu poate fi oprită, ci doar strategiile trebuie schimbate astfel încât să se potrivească cu limitete ecologice oferite de mediul înconjurător și de resursele planetei. De aceea, este necesară găsirea unor căi pentru a reduce nivelul acestor emisii la o valoare care nu influențează clima.

Industria producătoare de ciment a realizat salturi majore în ceea ce privește reducerea emisiilor poluante, cu rezultate vizibile. S-a adoptat tehnologia de fabricare prin procedeul uscat, care s-a dovedit a fi mai eficientă, s-au instalat sisteme de monitorizare a poluanților nocivi și se fac cercetări privind influența unor componenți din materiile prime asupra nivelului de emisii. Nu în ultimul rând, trecerea la utilizarea filtrelor cu saci pentru reținerea prafului a condus la o reținere eficientă a acestuia, contribuind major la reducerea poluării.

## **BIBLIOGRAFIE**

- [1] Băncilă, C. M. *Rezumat teză doctorat* – [[http:// webbut.unitbv.ro/teze/rezumat/ 2011/rom/.pdf](http://webbut.unitbv.ro/teze/rezumat/2011/rom/.pdf)], accesat noiembrie 2012;
- [2] Florea, L., Cimentul, între catalizator economic și sursă de poluare, în Ziarul Financiar, octombrie 2007;
- [3] Sescu-Gal, C. *Monitorizarea emisiilor de la fabricile de ciment*, Lucrare de disertație, Februarie, 2012;
- [4] Avizul CESE privind Comunicarea Comisiei către Parlamentul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor „Pentru încheierea la Copenhaga a unui acord cuprinzător privind schimbările climatice” COM(2009) 39 final Jurnalul Oficial C 128 , 18/05/2010 p. 0116 – 0121, , [[http://www. eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX...RO...](http://www.eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX...RO...)], accesat noiembrie, 2012;
- [5] \*\*\* Comisia Europeană BAT (2000) - Prevenirea și Controlul Integrat Al Poluării (IPPC)– Documentul de referință privind cele mai bune tehnici disponibile in industria de fabricarea cimentului si varului –[[http:// www.scribd.com/ BAT-Industria-de-Prelucrare-a-Cimentului-Si-Varului.](http://www.scribd.com/BAT-Industria-de-Prelucrare-a-Cimentului-Si-Varului)], accesat noiembrie, 2012;
- [6] \*\*\* Holcim SD (2005) – Strategii Globale/Inițiative Locale, [<http://www.holcim.ro>], accesat noiembrie, 2012;
- [7] \*\*\* Carbonatul de calciu și carbonatul de magneziu, două dintre ingredientele cimentului „verde”, [[http:// www.stopco2.ro/.../ciment-„verde“-din-emisii-de-dioxid-de-carbon/](http://www.stopco2.ro/.../ciment-„verde“-din-emisii-de-dioxid-de-carbon/)], accesat noiembrie, 2012;
- [8] \*\*\* The Novacem solution, [<http://novacem.com/cement>], accesat noiembrie, 2012;
- [9] \*\*\* Prevenirea și Controlul Integrat al Poluării (IPPC). Document de Referință asupra Celor Mai Bune Tehnici Disponibile pentru Instalațiile Mari de Ardere, mai 2005, [[http:// www.anpm.ro.../bref/BREF](http://www.anpm.ro.../bref/BREF)], accesat noiembrie, 2012.