



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 00448**

(22) Data de depozit: **22/06/2016**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/02/2020** BOPI nr. **2/2020**

(41) Data publicării cererii:  
**29/12/2017** BOPI nr. **12/2017**

(73) Titular:

- **UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII DIN BUCUREȘTI**,  
BD.LAȚUL TEI NR.122-124, SECTOR 2,  
BUCUREȘTI, B, RO;
- **CEPROCIM S.A.**, BD.PRECIZIEI NR.6,  
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
- **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE ȘI DEZVOLTARE PENTRU FIZICĂ ȘI INGINERIE NUCLEARĂ "HORIA HULUBEI"**, STR.REACTORULUI NR.30, MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:

- **GHEORGHE MARIA**, ALEEA CALATIS NR.16, BL.A10, AP.57, SECT.6, BUCUREȘTI, B, RO;
- **MOANȚĂ ADRIANA**, STR.BÎRNOVA NR.5, BL.M 117, SC.1, AP.3, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;

- **FUGARU VIOREL**, STR.PARIS NR.51, AP.2, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
- **RADU LIDIA RODICA**, STR. RADOVANU NR. 9, BL. 43, SC. 1, ET. 8, AP. 50, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
- **SACA NASTASIA**, STR. MAIOR V. BĂCILĂ NR. 32-34, BL. 2, SC. 1, AP. 92, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
- **PETRE IONELA**, BD.GHENEA NR.30, BL.C 76, SC.3, ET.4, AP.92, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
- **COARNĂ MARIANA**, STR.SOLD.ION TUDOR NR.1, BL.8, SC.1, ET.6, AP.61, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
- **DRAGOMIR VASILE**, ALEEA CALATIS NR. 3, BL. A14, SC. A, ET. 3, AP. 11, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**RO 92538; RO 130240 A2;**  
**CN 101134655 (A)**

(54) **BETON CU CAPACITATE DE ECRANARE  
A RADIAȚIILOR GAMMA**



# RO 132309 B1

1 Invenția are ca scop obținerea betonului special, pe bază de agregat mineral greu, recuperat din resurse secundare, având capacitate de ecranare a radiațiilor gamma.

3 Utilizarea radiațiilor gamma ( $\gamma$ ) în diferite domenii ca cercetarea fundamentală și  
5 tehnologică, ce include dezvoltarea metodelor și aparaturii de cercetare/investigare avansată,  
7 centrale electrice nucleare, unități medicale de radioterapie, construcții speciale, necesitatea  
9 de protejare a clădirilor - universități, spitale, construcții strategice, protecția mediului prin reali-  
11 zarea de structuri de transport și stocare a deșeurilor radioactive, a crescut semnificativ și, prin  
urmărire, durată mai mare de expunere. Radiația  $\gamma$  se prezintă sub formă de unde electro-  
magnetice sau fotoni emiși din nucleul unui atom. Ei pot traversa complet corpul uman, putând  
fi opriți doar de un perete de beton cu grosime variabilă, în funcție de densitate, sau de o placă  
de plumb groasă de minimum 15 cm.

13 Betonul este alcătuit din 75...80% vol agregate - materiale granulare care sunt înglobate  
în piatră de ciment cu o pondere de 15...20% în volumul betonului. Faptul că cel puțin 75% din  
15 volumul betonului îl reprezintă agregatul constituie un argument esențial, referitor la importanța  
influenței acestuia asupra caracteristicilor de ecranare a radiațiilor  $\gamma$ . Criteriul tehnic de selec-  
17 tare a agregatelor l-a constituit conținutul în atomi cu număr atomic mare, Pb, Ba, Ca și Fe, care  
determină densitatea mare a materialului de care depinde semnificativ capacitatea de ecranare.  
Coeficientul de ecranare crește cu grosimea peretelui de beton și cu densitatea acestuia.  
19 Betonul de înaltă densitate, peste 2600 kg/m<sup>3</sup>, are caracteristici lineare de atenuare a radiației  
21  $\gamma$  mai mari decât betonul obișnuit și, de aceea, peretele - ecran de protecție din beton de înaltă  
densitate este cu mult mai subțire.

23 Criteriile de selectare a materialelor au pornit de la necesitatea atingerii performanțelor  
funcționale ale betonului: coeficienți ridicați de absorbție a radiației  $\gamma$ , rezistență la fisurare dato-  
25 rată tensiunilor interne generate de reacții alcalii silice, îngheț-dezghet repetat, și dilatării ter-  
mice diferite a componentelor.

27 Sunt cunoscute betoane cu capacitate de ecranare a radiațiilor  $\gamma$  pe bază de agregate  
grele, cu densitatea peste 3000 kg/m<sup>3</sup>. Barita este agregatul greu cel mai frecvent utilizat în  
betonul de protecție la radiații  $\gamma$ .

29 Conform brevetului **RO 92538**, "Beton foarte greu de protecție contra radiațiilor  
nucleare", betonul este realizat cu barită sort 0...31 mm, alicie FHS, sortul 40/80 mm, cu raport  
31 Apă/Ciment de 0,62 și 0,72.

33 Cererea de brevet **CN 104129954 A**, "*Barite X/gamma ray protective material*", descrie  
un tip de material compozit pe bază de matrice de ciment, care include particule fine de barită  
35 cristalină. Betonul, sub formă de elemente (blocuri de zidărie), are un echivalent specific de  
plumb de 0,13...0,14, adică betonul de protecție cu grosimea de 1 mm este echivalent cu o tablă  
de plumb groasă de 0,13...0,14 mm.

37 Brevetul **US 7250119 B2**, Jul 31, 2007, "*Composite materials and techniques for neutron  
and gamma radiation shielding*", se referă la materiale compozite cu capacitate de ecranare a  
39 radiațiilor din deșeurii radioactive cu nivel ridicat și nivel scăzut de radiații. Sunt utilizate minerale  
naturale, cu conținut de elemente având capacitate de absorbție a radiației  $\gamma$  și a radionuclizilor  
41 cu diferite valori ale fluxului de energie emis.

43 Cererea de brevet **WO 2011095642 A1**, "*Shielding material and shielding element for  
shielding gamma and neutron radiation*", propune un material compozit cu matrice de ciment,  
45 absorbant selectiv al radiațiilor ionizante, în funcție de compoziția sa. Pentru obținerea unei  
ecranări eficiente a radiației  $\gamma$  s-au realizat compozite cu agregate pe bază de minerale cu  
conținut de Fe.

# RO 132309 B1

În brevetele menționate se realizează un material compozit de tip mortar/beton cu agregate grele, din resurse primare, mai greu accesibile pe piața internă și costisitoare. De asemenea, betonul greu de protecție la radiații  $\gamma$  este obținut cu agregate grele de clasă granulară grosieră, cu diametrul maxim peste 16 mm, ceea ce conduce la dificultăți tehnologice de omogenizare și compactare, și creșterea tendinței de segregare.

Scopul invenției este obținerea betonului special, cu capacitate de ecranare a radiațiilor  $\gamma$ , cu utilizare în lucrări de beton structural - centrale electrice nucleare, unități medicale de radioterapie, laboratoare de cercetare în universități și spitale, dispozitive de stocare a deșeurilor radioactive și în alte construcții speciale.

Betonul cu capacitate de ecranare a radiațiilor  $\gamma$  este constituit din ciment Portland CEMII/A-V 42,5N, filer de calcar, agregat curent, agregat greu și aditiv superplastifiant, puternic reducător de apă. Agregatele grele constituie componentele care controlează capacitatea de ecranare, prin conținutul de elemente cu număr atomic,  $Z$ , mare și densitatea ridicată.

Noutatea invenției constă în faptul că agregatul greu de barită este obținut prin recuperare din resursa secundară de gneiss baritizat depozitat în haldă. Barita de haldă este un deșeu mineral de la procesarea rocii primare prin separarea mineralului barită, cu conținut ridicat de  $BaSO_4$ . Barita de haldă conține o proporție semnificativă de gneiss baritizat în care conținutul în  $BaSO_4$  a variat în limite largi, 18,12...46,21%, iar densitatea a variat în limitele 2426...3620  $kg/m^3$ . Pentru prepararea betoanelor de protecție la radiații  $\gamma$ , gneissul baritizat de haldă a fost procesat prin separarea mineralelor silicioase de densitate redusă, concasare și clasare pe fracții granulare de 2/4 mm, 4/8 mm și 8/16 mm. Alicele de oțel de dimensiune sub 1 mm, utilizate ca agregat fin în beton, au influență directă asupra absorbției radiației  $\gamma$ , și contribuie la creșterea densității betonului. Alicele colțuroase tip G, cu densitatea 7300  $kg/m^3$ , sunt adecvate ca agregate grele în beton și permit o aderență mai bună a pastei de ciment decât cele sferice. Filerul de calcar a avut un conținut de 91%  $CaCO_3$ , densitatea de 2780  $kg/m^3$ , volumul de goluri în stare îndesată de 33,1% și 85% particule cu dimensiunea sub 0,25 mm. Filerul de calcar a fost necesar în compoziția betonului conform invenției pentru creșterea stabilității la segregare și a capacității de ecranare. Agregatele silicioase naturale utilizate sunt agregate curente, și au avut densitatea în domeniul 2600...2780  $kg/m^3$ .

Compoziția betonului a fost stabilită astfel încât să răspundă cerințelor de impermeabilitate sporită la radiație  $\gamma$ , cât și caracteristicilor ingineresti cerute, referitoare la densitate și rezistență mecanică.

S-a stabilit compoziția optimă pentru betoane pe criteriul raportului A/C minim cu valoare de 0,36 și a compactității maxime, conform principiului de calcul adoptat, pe baza volumelor absolute.

Secvențele consecutive la malaxare în betonieră a betonului au fost:

I. omogenizarea uscată, în mod separat, a pulberilor de ciment și filer;

II. omogenizarea uscată a agregatului în betonieră;

III. introducerea pulberilor în betonieră și amestecarea/omogenizarea cu agregatul;

IV. adăugarea a 70% din cantitatea totală de apă, și amestecarea cu materialele uscate;

V. adăugarea restului de 30% apă ce conține aditivul superplastifiant (SP), și omogenizarea amestecului de beton.

Probele de beton au fost încercate în stare proaspătă și la 28 zile, asupra densității aparente, a rezistenței la compresiune și a capacității de ecranare a fotonilor, prin determinarea coeficientului de atenuare liniară,  $\mu$  ( $cm^{-1}$ ). Coeficienții de atenuare liniară au fost determinați la diferite niveluri de energie a fotonilor emiși: 0,37 MeV (Ir-192), 0,663 MeV (Cs-137) și 1,25 MeV (Co-60).

# RO 132309 B1

1 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în utilizarea agregatului greu  
recuperat din gneiss baritinizat de haldă, astfel încât betonul obținut să aibă impermeabilitate  
3 îmbunătățită la radiațiile  $\gamma$ .

5 Compoziția de beton special, pe bază de agregat mineral greu, înlătură dezavantajele  
de mai sus prin aceea că este constituită din 400 kg/m<sup>3</sup> ciment Portland, eventual, 120 kg/m<sup>3</sup>  
filer de calcar, 1416 kg/mc alice colțuroase de oțel de dimensiuni 0...1 mm, 240 kg/m<sup>3</sup> agregat  
7 natural silicios de dimensiuni 1...2 mm, 1240 kg/m<sup>3</sup> barită de haldă de dimensiuni 2...16 mm,  
144 l/m<sup>3</sup> apă, 1,6% aditiv superplastifiant ce reduce cantitatea de apă, betonul având o densi-  
9 tate aparentă de 2967...3308 kg/m<sup>3</sup> și un coeficient liniar de atenuare a radiațiilor Co-60 de  
0,158...0,184 cm<sup>-1</sup>.

11 Principiul obținerii betonului cu capacitate de ecranare a radiației  $\gamma$ , conform invenției,  
constă în proiectarea compoziției pe baza volumului minim de goluri, și stabilirea procedurii  
13 experimentale. Betoanele obținute conform invenției sunt cerute în lucrări de construcții în  
domenii ca: cercetarea fundamentală și tehnologică, ce include metode și aparatură de  
15 cercetare/investigare avansată, cu implicarea radiațiilor ionizante, centrale electrice nucleare,  
unități medicale de radioterapie, necesitatea de protejare a clădirilor - universități, spitale,  
17 construcții strategice, protecția mediului în cadrul procedurilor de stocare în siguranță, pe  
termen lung a deșeurilor radioactive.

19 Prin realizarea acestui tip de beton se vor depăși o serie de bariere tehnice precum:

- tendința pronunțată de segregare, de care depinde omogenitatea betonului și, implicit,  
21 capacitatea de ecranare a radiației  $\gamma$ , ca urmare a densității foarte variate a componentelor în  
limitele 2700...7300 kg/m<sup>3</sup>. Pentru eliminarea acestui neajuns s-au aplicat măsuri precum  
23 limitarea diametrului maxim al baritei la 16 mm, limitarea diametrului maxim al agregatului de  
oțel la 2 mm și micșorarea raportului Apă/Ciment;

25 - dobândirea unei densități cât mai mari, de care depinde capacitatea de ecranare a  
radiației  $\gamma$ , este corelată cu ponderea volumică a agregatelor grele. Creșterea densității  
27 betonului s-a realizat prin adoptarea, pe bază de încercări preliminare, a unei granulozități care  
să asigure volumul minim de împachetare și compactitatea maximă a betonului la raport  
29 Apă/Ciment minim, pentru asigurarea hidratării și a lucrabilității;

- contracția și fisurarea datorată acesteia s-au controlat prin stabilirea unui volum optim  
31 de pastă de ciment, în limita asigurării compactității maxime realizabile, și a rezistențelor  
mecanice specifice betonului de structură.

33 Avantajele soluției propuse în brevet, față de cele cunoscute, sunt următoarele:

- betonul s-a obținut cu un amestec de agregate cu densitate diferită, cu  $D_{max}$  16 mm,  
35 având granulozitatea astfel stabilită încât să se obțină un volum minim de goluri, și stabilitate  
ridicată la segregare;

37 - creșterea stabilității la segregare a betonului a fost favorizată de includerea agregatelor  
grele de clasă granulară cu diametrul maxim de 16 mm;

39 - agregatele grele, de tipul alice colțuroase de oțel, au avut diametrul maxim de 1 mm,  
și au substituit nisipul fin;

41 - agregatele grele, cu conținut de Ba, au fost obținute din recuperarea deșeurilor de  
gneiss baritinizat de haldă, rămas de la procesarea și extragerea mineralului barită cu puritate  
43 ridicată;

- raportul Apă/Ciment a fost menținut cât mai redus, 0,36, pe baza granulozității  
45 adecvate a agregatului, și a folosirii de aditiv superplastifiant, puternic reducător de apă, astfel  
încât să favorizeze stabilitatea la segregare, creșterea densității, a rezistenței mecanice, și  
47 diminuarea tendinței de fisurare.

# RO 132309 B1

Se dau în continuare două exemple de realizare a betonului cu capacitate de ecranare a radiațiilor  $\gamma$ , conform invenției, comparativ cu un beton de referință pentru compararea coeficienților de atenuare liniară a radiației  $\gamma$ .

## Exemplul 1

Betonul gneiss baritinizat de haldă și alice colțuroase de oțel, având capacitate de ecranare a radiației  $\gamma$ , conform invenției, are compoziția din tabelul 1.

Tabelul 1

Cod beton	CEM II/A-V 42,5N kg/m <sup>3</sup>	Agregat, kg/m <sup>3</sup>			Apă L/m <sup>3</sup>	Raport Apă/Ciment A/C	Aditiv superplastifiant, puternic reducător de apă %
		Alice colțuroase de oțel 0/1 mm	Agregat natural silicios 1/2 mm	Gneiss baritinizat de haldă 2/16 mm			
BA1	400	1416	240	1240	144	0,36	1,6

Caracteristicile fizico-mecanice ale betonului sunt: densitatea aparentă în stare proaspătă de 3356 kg/m<sup>3</sup>, densitatea în stare întărită de 3308 kg/m<sup>3</sup> și rezistența la compresiune de 68 MPa. Coeficienții de atenuare liniară a radiației  $\gamma$  pentru diferite valori ale fluxului de energie sunt dați în tabelul 4.

## Exemplul 2

Betonul cu gneiss baritinizat de haldă, alice colțuroase de oțel și filer de calcar, având capacitate de ecranare a radiației gamma, conform invenției, are compoziția din tabelul 2.

Tabelul 2

Cod beton	CEM II/A-V 42,5N kg/m <sup>3</sup>	Agregat, kg/m <sup>3</sup>				Apă L/m <sup>3</sup>	Raport Apă/Ciment A/C	Aditiv superplastifiant, puternic reducător de apă %
		Filer calcar	Alice colțuroase de oțel 0/1 mm	Agregat natural silicios 1/2 mm	Gneiss baritinizat de haldă 2/16 mm			
BA2	400	120	1416	240	1240	144	0,36	1,6

Caracteristicile fizico-mecanice ale betonului sunt: densitatea aparentă în stare proaspătă, 2980 kg/m<sup>3</sup>, densitatea în stare întărită de 2967 kg/m<sup>3</sup>, rezistența la compresiune de 35,5 MPa. Coeficienții de atenuare liniară a radiației  $\gamma$  pentru diferite valori ale fluxului de energie sunt redați în tabelul 4.

### Beton de referință

Pentru aprecierea influenței agregatelor grele asupra caracteristicilor tehnice și asupra coeficientului linear de atenuare a radiației  $\gamma$  s-a preparat un beton de referință cu agregat silicios curent.

# RO 132309 B1

Tabelul 3

Cod beton	CEM II/A-V 42,5N kg/m <sup>3</sup>	Agregat, kg/m <sup>3</sup>		Apă L/m <sup>3</sup>	Raport Apă/Ciment A/C	Aditiv superplastifiant, puternic reducător de apă %
		Agregat natural silicios 0/2 mm	Agregat natural silicios 2/16 mm			
R	400	640	1210	120	0,30	1,6

Caracteristicile fizico-mecanice ale betonului de referință sunt: densitatea aparentă în stare proaspătă, 2517 kg/m<sup>3</sup>, densitatea în stare întărită (28 zile) de 2473 kg/m<sup>3</sup>, rezistența la compresiune de 73,3 MPa. Coeficienții de atenuare liniară a radiației  $\gamma$  pentru diferite valori ale fluxului de energie sunt redați în tabelul 4.

Tabelul 4

Cod beton	Coeficientul de atenuare liniară, $\mu$ (cm <sup>-1</sup> )			Densitatea aparentă, $\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )
	Co-60	Cs-137	Ir-192	
R	136	185	233	2473
BA1	184	249	324	3308
BA2	158	218	280	2967

Betonul R, de referință, cu raport A/C de 0,30, a avut rezistența la compresiune semnificativ mai mare decât betoanele BA1 și BA2 cu raport A/C de 0,36. Betonul de referință a fost preparat cu un raport mai mic A/C tocmai pentru a pune mai bine în evidență capacitatea de ecranare a radiației  $\gamma$  a betonului cu agregate grele, dar preparat cu o cantitate mai mare de apă.

Coeficientul liniar de atenuare a radiației  $\gamma$  a betonului cu agregat greu, obținut conform invenției, a fost mai mare decât al betonului de referință, cu agregat curent. Coeficientul liniar de atenuare a crescut cu creșterea densității betonului, ca urmare a substituirii agregatului grosier silicios din betonul de referință cu barită de haldă concasată, și a nisipului fin cu alice de oțel și cu filer de calcar. Coeficientul liniar de atenuare,  $\mu$ , a radiației Co-60 de mare energie a fluxului de fotoni (1,25 MeV) al betonului cu agregat greu, obținut conform invenției, a fost de 0,158 cm<sup>-1</sup> și 0,184 cm<sup>-1</sup>, mai mare decât al betonului de referință, cu agregat curent, cu valoarea de 0,136 cm<sup>-1</sup>. Coeficientul linear de atenuare a crescut cu micșorarea fluxului de energie a fotonilor, având valoarea cea mai mare pentru fluxul de 0,37 MeV emis de Ir-192 și cea mai mică pentru fluxul de 1,25 MeV emis de Co-60.

# RO 132309 B1

## Revendicări

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1           |
| 1. Beton cu capacitate de ecranare a radiațiilor $\gamma$ , pe bază de ciment Portland, filer de calcar, agregat natural silicios, gneiss baritinizat de haldă, alicie de oțel și apă, <b>caracterizat prin aceea că</b> este constituit din 400 kg/m <sup>3</sup> ciment Portland, eventual 120 kg/m <sup>3</sup> filer de calcar, 1416 kg/m <sup>3</sup> alicie colțuroase de oțel 0,1...1 mm, 240 kg/m <sup>3</sup> agregat natural silicios 1...2 mm, 1240 kg/m <sup>3</sup> gneiss baritinizat de haldă 2...16 mm, 144 l/m <sup>3</sup> apă și 1,6% aditiv superplastifiant puternic reducător de apă. | 3<br>5<br>7 |
| 2. Beton cu capacitate de ecranare a radiațiilor $\gamma$ , <b>caracterizat prin aceea că</b> are densitatea aparentă de 2967...3308 kg/m <sup>3</sup> și un coeficient liniar de atenuare a radiațiilor Co-60 de 0,158...0,184 cm <sup>-1</sup> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 9<br>11     |
| 3. Beton cu capacitate de ecranare a radiațiilor $\gamma$ definit în revendicarea 1, <b>caracterizat prin aceea că</b> are coeficientul liniar de atenuare a radiațiilor $\gamma$ cuprins în intervalul 0,158...0,324, mai mare decât cel al betonului de referință cu agregat curent, care este cuprins în intervalul 0,136...0,233 pentru trei valori ale energiei fluxului de fotoni, 0,37 MeV emis de Ir-192, 0,663 MeV emis de Cs-137 și 1,25 MeV emis de Co-60.                                                                                                                                       | 13<br>15    |



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
sub comanda nr. 85/2020