



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 00755**

(22) Data de depozit: **26/10/2016**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/06/2022** BOPI nr. **6/2022**

(41) Data publicării cererii:
29/11/2019 BOPI nr. **11/2019**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE ȘI DEZVOLTARE PENTRU FIZICĂ ȘI INGINERIE NUCLEARĂ "HORIA HULUBEI", STR.REACTORULUI NR.30, C.P. MG-6, MĂGURELE, IF, RO;**
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI-UTCB, BD.LACUL TEI NR.125, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **DRĂGUȘIN MITICĂ, STR. ALUNIȘ NR.46 A, SAT ALUNIȘU, MĂGURELE, IF, RO;**
• **DEJU RADU, STR.LT.AV.GHEORGHE CARANDA NR.1, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **ROBU ION, BD.LACUL TEI NR.56, BL.19, SC.B, ET.2, AP.34, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **MAZILU CLAUDIU, STR. PREVEDERII, NR.17, BL.R13, SC.A, AP.17, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
T. ISHIKURA, H. UEKI, K. OHNISHI, D. OGURI, "UTILIZATION OF CRUSHED RADIOACTIVE CONCRETE FOR MORTAR TO FILL WASTE CONTAINER VOID SPACE", JOURNAL OF NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGY, NR. 7, VOL. 41, PP. 741-750, 2004; JP 2008026116 (A)

(54) **PROCEDEU DE RECICLARE ȘI REUTILIZARE A BETONULUI RADIOACTIV REZULTAT DIN DEZAFECTĂRI ALE INSTALAȚIILOR RADIOLOGICE ȘI NUCLEARE**



RO 133717 B1

1 Invenția de față se referă la un procedeu de reciclare și reutilizare a betonului
radioactiv rezultat din dezafectări ale instalațiilor radiologice și nucleare.

3 Conform brevetelor **US 4767572/30.08.1988**, **US 4882092/21.11.1989**,
CA 2205947/1997, **US 5789648/04.08.1998** și **US 5545796**, **13.08.1996**, s-a propus
5 utilizarea agregatelor de beton radioactiv în locul agregatelor naturale pentru fabricarea de
ecrane de radioprotecție, urmărind astfel minimizarea volumului de deșeuri radioactive.
7 Metoda dezvoltată a demonstrat ca agregatele de beton radioactiv pot fi încorporate fără
dificultate în structuri de ecranare noi, cu condiția ca deșeul radioactiv să aibă înainte de
9 introducerea în beton o activitate specifică echivalent $\text{Co } 60 < 100 \text{ Bq/g}$. Se estimează că
pentru a construi o incintă ecranată sunt necesare aproximativ 1200 t de blocuri de beton.
11 Agregatele naturale pot fi înlocuite în întregime cu agregate fine/pietriș radioactiv reciclat,
rezultând un necesar de beton radioactiv reciclat de 1000 t/incintă.

13 Conform **US 5789648** și **US 5545796** s-a propus realizarea de containere din RAC
cu dimensiuni, forme și capacități variate pentru procesarea, izolarea, depozitarea finală sau
15 păstrarea deșeurilor radioactive sau a materialelor periculoase. De asemenea, conform
FR 2205947 s-a propus o metodă de minimizare a volumului de deșeuri radioactive și
17 utilizarea RCA pentru fabricarea de prefabricate (containere, celule și vetre pentru
depozitarea finală a deșeurilor în depozite de suprafață, grinzi și segmente pentru construirea
19 de depozite finale geologice de adâncime). Betonul este singurul material, compatibil cu
formațiunile de argilă, care poate fi utilizat pentru consolidarea tunelelor și galeriilor excavate.
21 În Spania s-a studiat utilizarea betonului radioactiv concasat reciclat pentru realizarea de
prefabricate de beton (grinzi și segmente) folosite în construcția unui depozit geologic de
23 mare adâncime situat în structuri argiloase, estimându-se că va fi necesară o cantitate de
beton prefabricat de aproximativ 58500 t/an.

25 În perioada de operare a depozitului cantitatea necesară de prefabricate va fi de
aproximativ 3300 t/an. Considerând că pietrișul radioactiv din compoziția betonului va fi de
27 circa 60% se estimează că va fi reciclată o cantitate de aproximativ 97000 t pietriș radioactiv.
Evaluarea acestei metode arată că reciclarea betonului radioactiv pentru fabricarea de
29 repere prefabricate este fezabilă și mai puțin costisitoare decât depozitarea finală în depozite
de suprafață.

31 În cererea de brevet **JP 1020499 (A)/24.01.1989**, C. Koichi, *Treatment of*
contaminated concrete, s-a dezvoltat o metodă inovativă de utilizare a betonului radioactiv
33 ca mediu de umplere pentru butoaiele cu deșeuri radioactive, urmărind stocarea eficientă și
în condiții de siguranță a betoanelor radioactive rezultate din dezafectarea instalațiilor
35 nucleare. În condiții similare de depozitare cu metoda clasică, autorul a propus înlocuirea
nisipului provenit din agregate naturale, ca mediu de umplere, cu un mortar pe bază de beton
37 radioactiv. Betonul este concasat la o granulație $< 5 \text{ mm}$, amestecat cu ciment hidraulic
pulverizat (ciment cu ionomeri de sticlă), cu un adaos suplimentar de apă, până la obținerea
39 unei paste ce se introduce prin presare în interstițiile butoaielor metalice, făcând posibilă
solidificarea betonului radioactiv în adăpost, fără a-l plasa în butoaie. De asemenea, chiar
41 dacă se infiltrează apa subterană în adăpost, data fiind protecția pe care betonul o asigură
corpurilor solidificate, contactul acestora cu apă este infim și drept urmare, se reduc în mare
43 măsură scurgerile de radionuclizi în afară. Deoarece prin metoda propusă devine posibilă
utilizarea betonului contaminat drept material de umplere a spațiilor dintre butoaiele metalice
45 pre-plasate în adăposturile de stocare, dispăre necesitatea utilizării butoaielor destinate
stocării betonului menționat.

RO 133717 B1

O metodă asemănătoare se aplică La El Cabril (Spania) în containere paralelipipedice de beton armat (11 m³), se introduc câte 18 butoaie de 220 L cu deșeuri radioactive LLW/ILW. Butoaiile sunt imobilizate injectând în spațiul gol dintre ele mortar conținând agregate radioactive. În acest fel 50% din volumul de nisip este înlocuit cu agregate fine reciclate de beton radioactiv. În fiecare an la El Cabril se reciclează circa 700 t de beton radioactiv concasat.

Conform documentului de brevet **JP 10153691(A)/09.06.1998**, după concasare, bucățile radioactive de beton sunt amestecate cu mortar de umplere din agregate naturale care se toarnă în butoaie metalice și se lasă să se solidifice. Butoaiile sunt amplasate într-un adăpost de beton armat, înglobate în beton obținut din agregate naturale și depozitate final.

Metoda își propune să asigure:

- tratarea deșeurilor radioactive de beton, reutilizând toate fragmentele de beton radioactiv rezultate din concasarea acestuia;

- fabricarea mortarului de umplere pentru solidificarea altor deșeuri radioactive prin folosirea agregatelor fine și a unui amestec chimic.

Autorii au dovedit ca modificarea cantităților de amestec chimic și a suprafeței specifice a fracției fine determină modificarea proprietăților mortarului crud și întărit, astfel:

- modificarea distribuției granulometrice a agregatelor fine la dimensiunea maximă a particulelor de 5 mm, din care o fracție de 10% care trece prin sita de 0,15 mm și densitatea de 2,6 g/cm³, conduce la o fluiditate și rezistența la compresiune comparabile cu ale mortarului obținut cu agregate naturale;

- creșterea proporției de amestec chimic în mortar conduce la:

- scăderea fluidității mortarului;

- creșterea rezistenței la compresiune a mortarului solidificat;

- creșterea suprafeței specifice a fracției fine în amestec determină scăderea ușoară imediată a fluidității mortarului crud și deteriorarea puternică după o perioadă de 30 min.

Reutilizarea deșeurilor de beton radioactiv ca material de solidificare pentru alte deșeuri radioactive conduce la scăderea costului depozitării finale, față de cazul depozitării deșeurilor radioactive de beton ca atare.

În documentele de brevet **JP 2001-343488 (A) - 2001-12-14**, **JP 2002-296393 (A) - 2002-10-09**, **H. Ueki, et al**, "**Processing method for radioactive concrete**" și **JP 2003-344585 (A) - 2003-12-03**, **Y. Tsukhara, et al**, **Method of filling Disposal Container with Radioactive Concrete**, se propune procesarea șlamului radioactiv rezultat din procesul de tăiere a structurilor de beton sub forma de pelete și depozitarea finală în containere împreună cu blocurile și fragmentele de beton, reducând astfel volumul de deșeuri radioactive. În prima etapă a procesului, din structura de beton supusă demolării se taie cu firul diamantat blocul de beton la dimensiunea și forma necesară pentru introducerea sa în container și injectarea în joc a umpluturii. În a doua etapă șlamul rezultat în urma operațiilor de tăiere este uscat într-un deshidrator de tip filtru presă-centrifugă până la umiditatea de 30÷55%. În a treia etapă șlamul deshidratat se amestecă cu ciment și se extrudează sub forma de pelete cilindrice. Raportul ciment/apă trebuie să fie corelat cu conținutul de apă din șlam (> 0,6) pentru a obține rezistența la compresiune care să permită manipularea fără deteriorare a peletelor. În a patra etapă peletele crude se lasă să se întărească la o temperatură de aproximativ 20°C, și nu se usucă, pentru a evita apariția de crăpături și a inhiba absorbția de apă. În a cincea etapă blocul de beton este poziționat în container pe suporturi pentru a forma un joc egal pe toate laturile. În a șasea etapă peletele sunt plasate în

RO 133717 B1

1 jocul dintre pereții interiori ai containerului și blocul de beton. În a șaptea etapă în golurile
rămase dintre pelete se injectează mortar de umplere care trebuie să îndeplinească condiția
3 de fluiditate p-cone 16÷50 sec. Deschiderea superioară a containerului este acoperită și
etanșată, deșeu de beton radioactiv fiind pregătit pentru depozitarea finală. Prin aplicarea
5 metodei propuse nu se generează șlam de beton independent și se reduce cantitatea de
deșeu radioactiv a coletului care conține blocul de beton radioactiv, moloz de beton
7 radioactiv și întreaga cantitate de șlam de beton.

În documentul de brevet **JP 2008026116 (A) - 2008-02-07, T. Kazuyoshi, Treating**
9 **method of radioactive waste**, se propune tratarea betonului radioactiv astfel încât să
crească volumul celui concasat inclus într-o unitate de volum de bloc de deșeu radioactiv
11 format.

Betonul radioactiv rezultat din operațiile de dezmembrare, este concasat într-un
13 concasor cu falci, obținându-se agregate grosiere, agregate fine și pulbere. Agregatele
grosiere au dimensiunea particulelor > 2,5 mm, agregatele fine au dimensiunile în domeniul
15 0,15÷2,5 mm și pulberea are diametrii particulelor < 0,15 mm. Materialul granular este
separat pe cele trei categorii mai sus menționate. Apoi, agregatele fine și pulberea se ames-
17 tecă și încălzesc la 700÷800°C astfel încât pulberea să capete proprietăți de auto-întărire.

Agregatele fine, pulberea și apa se amestecă într-un malaxor iar amestecul se toarnă
19 peste agregatele grosiere pre-plasate într-un butoi. Opțional, agregatele grosiere și
amestecul se pot turna în butoi în același timp. Compoziția din butoi se întărește deoarece
21 apa și pulberea tratată determină o reacție de rehidratare (proces de întărire). Coletul format
cuprinzând agregate grosiere, agregate fine, pulbere cu proprietate de auto-întărire se
23 transportă în zona de depozitare finală a deșeurilor radioactive. De remarcat că adaosul de
ciment în compoziție nu este necesar pentru întărire când se formează coletul din deșeuri
25 de beton radioactiv concasat. Astfel cantitatea de beton radioactiv concasat conținută în
unitatea de volum de colet poate fi crescută. Costul de depozitare finală al betonului
27 radioactiv rezultat din dezafectarea instalațiilor nucleare devine nesemnificativ. Ca o variantă,
prin separarea inițială a pulberii de celelalte fracții și tratare termică separată, lucrabilitatea
29 mortarului poate fi îmbunătățită. Aplicabilitatea metodei poate fi extinsă și la depozitarea
finală a deșeurilor metalice. În acest caz amestecul de umplere este format numai din
31 agregate fine, material pulverulent care are proprietăți de auto-întărire și apă.

EP 2302642 A1 a dezvoltat un procedeu de utilizare a betonului radioactiv provenind
33 de la dezafectarea structurilor de beton radioactiv de foarte slabă activitate < 100 Bq/g la
depozitarea pe termen lung a deșeurilor radioactive și toxice.

35 Procedeu propus cuprinde următoarele subprocesse:

- 37 - separarea blocurilor și molozului (0÷500 mm) de armatură din fier beton;
- concasarea:
 - 39 - (treapta I), cu un concasor cu falci, a blocurilor și/sau molozului de beton
(0÷500 mm) până la dimensiuni < 200 mm;
 - (treapta II), cu un concasor giratoriu, a materialului < 200 mm până la o
41 granulație < 20 mm cu reciclarea la concasare a molozului > 20 mm;
 - transportul materialului concasat în silozuri de stocare; amestecarea materialului
43 concasat < 20 mm cu ciment autonivelant; forarea de puțuri de injecție situate deasupra
cavității subterane;
 - 45 - impermeabilizarea pereților cavităților subterane prin injecția șapei fluide de beton
în cavitatea subterană chiar la contactul pereților care delimitează cavitatea;
 - 47 - închiderea puțurilor de injecție prin umplerea la o înălțime pre-determinată cu nisip
sau beton hidrolic.

RO 133717 B1

O parte din betonul rezultat din dezafectări ale instalațiilor radiologice și nucleare este radioactiv atât superficial cât și în profunzime datorită efectului radiațiilor ionizante din timpul funcționării instalațiilor. Elementele principale ale strategiei de management a deșeurilor pot fi grupate în patru domenii: reducerea sursei, prevenirea împrăștierii contaminării, reciclarea - re folosirea și optimizarea managementului deșeurilor. Prima etapă a oricărei strategii de management a deșeurilor este să mențină generarea deșeurilor radioactive la minim, astfel caracterizarea corespunzătoare și segregarea materialelor sunt factori importanți în orice strategie de management a deșeurilor. Caracterizarea radiologică ne ajută să dobândim informații despre caracteristicile fizice, chimice și radiologice ale acestor materiale cu scopul de a le segrega, procesa și/sau depozita final. Segregarea favorizează maximizarea eliberării nerestrictive, permite considerarea eliberării condiționate, re folosirea sau reciclarea materialelor și permite reducerea volumului de deșeurii radioactive care nu îndeplinesc criteriile de eliberare, reciclare sau re folosire. Cerințele în ceea ce privește securitatea nucleară și radiologică, protecția mediului, transportul, tratarea, condiționarea, depozitarea intermediară și depozitarea finală a deșeurilor radioactive în ultimii ani au devenit mai stringente. Acceptanța publică pentru domeniul nuclear induce constrângeri pentru procesele de reglementare, control, autorizare, securitate și protecție fizică.

Managementul deșeurilor radioactive rezultate constă în următoarele etape: colectare, transport, tratare, depozitare intermediară, condiționare, stocare și depozitare finală.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este inhibarea propagării contaminării radioactive, reducerea cantității de deșeurii depozitate și implicit a spațiului de depozitare.

Procedeu de reciclare și reutilizare a betonului radioactiv înlătură dezavantajele de mai sus, prin aceea că are loc într-o primă etapă concasarea betonului radioactiv sub formă de pietriș cu dimensiuni de 16...50 mm, preplasarea acestuia fără bloc de beton sau cu bloc de beton în butoaie de 220 L, concasarea fracției de pietriș cu dimensiuni mai mari de 50 mm și respectiv mai mică de 16 mm în treapta a doua și a treia la dimensiuni mai mici de 5 mm, agregatele fine obținute se amestecă cu ciment, apă și aditivi uzuali, rezultând un mortar care se toarnă în containere, peste pietriș peste blocul de beton radioactiv ajungând la un grad de umplere de 70...75%, în final obținându-se un colet care conține pietriș radioactiv în matrice de mortar solidificat, echivalentul debitului dozei de radiații la peretele betonului fiind de maximum 2 mSv/h.

O mare parte din materialele de construcție rezultate din dezafectarea instalațiilor nucleare și radiologice sunt inactive, putând fi eliberate nerestrictiv și depozitate final sau reciclate folosind metode convenționale, în conformitate cu cerințele de reglementare aplicabile. Totodată, este bine cunoscut faptul că în timpul operării, întreținerii sau reparațiilor acestor instalații, o parte din structurile de beton ale acestora pot deveni radioactive (contaminate/activate). Astfel, dezafectarea instalațiilor nucleare produce cantități impresionante de deșeurii radioactive din care cea mai mare parte o reprezintă deșeurile din beton. În urma dezafectării:

- unei centrale nucleare-electrice cu apă ușoară (90÷1300 MWe) rezultă aproximativ 600 t de deșeurii de beton radioactiv;

- unui reactor nuclear de cercetare (KRR-2 cu puterea de 10 MWth) rezultă aproximativ 260 t de deșeurii de beton radioactiv raportat la o cantitate totală de 2000 t deșeurii de beton;

- unui reactor nuclear de cercetare VVR-S din cadrul IFIN-HH cu puterea termică de 2 MWth, aflat în dezafectare, rezultă aproximativ 75 t de deșeurii de beton radioactive raportat la o cantitate totală de 925 t deșeurii de beton.

RO 133717 B1

1 După anul 2025, când multe reactoare nucleare se vor dezafecta fiind la sfârșitul
2 duratei de viață, cantitățile de beton radioactiv vor crește considerabil. Reducerea volumului
3 și reciclarea deșeurilor este esențială pentru reducerea costului dezafectării instalațiilor
nucleare.

5 Domeniile de aplicații pentru reutilizarea betonului radioactiv în industria nucleară
cuprind:

7 a. fabricarea ecranelor de protecție radiologică;

8 b. fabricarea pieselor prefabricate:

9 - containere, celule și vetre pentru depozitarea finală a deșeurilor în depozite
de suprafață;

11 - grinzi și segmenti pentru construirea de depozite finale geologice de
adâncime;

13 c. prepararea materialului de umplere, de completare sau încapsulare pentru
butoaiele cu deșeuri și containere utilizate în depozitele finale de suprafață;

15 d. prepararea mortarului pentru imobilizarea deșeurilor solide de joasă activitate;
mortar pentru impermeabilizare;

17 e. construirea de noi instalații sub anumite condiții;

19 Utilizarea ecranelor de radioprotecție este o necesitate și este larg răspândită în
tehnologia nucleară.

21 Ecranele sunt fabricate din metal sau beton și sunt proiectate să asigure o secțiune
relativ mare de absorbție a neutronilor pentru a minimiza transmisia radiației dintr-un spațiu
delimitat de aceste structuri către mediul înconjurător sau pentru a reduce energia unei astfel
23 de radiații făcând-o inofensivă. În mod clasic, ecranele din beton se realizează utilizând
agregatele naturale.

25 Brevetul a propus o metodă inovativă de procesare și depozitare finală a deșeurilor
de beton radioactiv, care asigură:

27 - inhibarea propagării contaminării radioactive ce se poate produce prin deteriorarea
protecției adăpostului și/sau a butoiului;

29 - reducerea cantității de deșeuri depozitate final și implicit spațiul de depozitare.

31 Resturile de beton radioactiv sunt condiționate prin concasare/măcinare în diferite
fracții granulometrice, amestecate și vibrocompactate în butoaie. Utilizarea distribuției
continue de particule, asigură o mai bună umplere a spațiului, decât în cazul celor grosiere,
33 reducând astfel substanțial, volumul de deșeuri. Prin modificarea ponderii fracțiilor
granulometrice adăugate în amestec se poate delimita un domeniu în care jocul dintre
35 particule în amestec atinge valoarea minimă și densitatea compactată este mare. Frația fină
este utilizată ca un material de solidificare pentru fracția grosieră. Prin faptul că în amestec
37 nu se introduce nici un material de solidificare din exterior volumul deșeurii după procesare
scade semnificativ.

39 În cazul în care în timpul depozitării pe termen lung apa freatică se infiltrează în
butoaiele cu deșeuri, ea este consumată prin hidratarea amestecului și eluția contaminantului
41 radioactiv este inhibată.

43 În prezent, în România deșeurile de beton radioactiv LLW sunt pre-plasate în butoaie
cilindrice din oțel cu capacitatea de 220 L, sub formă de blocuri și solidificate cu mortar
(amestec făcut din agregate fine obținute din resurse naturale, ciment și apă), pentru a
45 asigura rezistența specifică a coletului ce urmează a fi depozitat final, betonului radioactiv,
dar începând cu anul 2013 procesul de dezafectare în desfășurare al reactorului nuclear de
47 cercetare VVR-S va produce cantități mari de deșeuri de beton (925 t din care apoximativ
75 t de deșeuri de beton LLW-deșeuri radioactive de joasă activitate). Astfel propunerea unei

RO 133717 B1

tehnologii inovative este imperios necesară. Tehnologia clasică asigură un raport de umplere de aproximativ 50% vol pentru betonul radioactiv, în fiecare container cu deșeuri. Cea mai mare parte a deșeurilor radioactive rezultate din activitățile de dezafectare este depozitată final în această formă. Până acum nu a existat o constrângere de a dezvolta la nivel național o tehnologie de reciclare a	1 3 5
Metodele de reciclare dezvoltate până în prezent pentru reciclarea betonului radioactiv au similarități dar și diferențe în ceea ce privește:	7
- metodele și tipurile de echipamente folosite în procesul de concasare;	9
- parametrii procesului de concasare;	9
- numărul treptelor de concasare;	11
- tipul de produs final (ecrane, piese prefabricate, mortar etc);	11
- caracteristicile agregatelor fine reciclate folosite pentru obținerea produselor finale.	11
Ținând cont de costul scăzut implicat, toate metodele sunt atractive din punct de vedere financiar. Întotdeauna s-a subliniat că folosirea betonului reciclat în alt mod decât pentru obținerea mortarului necesar pentru condiționarea deșeurilor în butoaie va fi limitată.	13 15
Reciclarea betonului are un efect economic mai mic în cazul betonului obținut din agregate naturale, depinzând de costurile implicate în instalațiile de depozitare finală ale deșeurilor, comparativ cu betonul radioactiv a cărui reciclare generează mai multe avantaje economice (ca un exemplu costul aproximativ de depozitare finală pentru LLW este de aproximativ 5000+8500 USD/mc conform studiului din 1999 al Agenției pentru Energia Nucleară din cadrul Organizației pentru Cooperare Economică și Dezvoltare (NEA-OECD), iar în unele țări din Europa (Belgia) costul depozitării finale pentru 1 mc de deșeuri radioactive condiționate poate ajunge la 15000 euro.	17 19 21 23
Măsurile necesare a fi luate pentru reducerea dozei de expunere a lucrătorilor la praful radioactiv, pot fi ușor asigurate. Analiza datelor economice făcute pentru utilizarea betonului reciclat concasat utilizat la fabricarea de containere și ca material de umplere, arată că betonul generat la nivel European, poate fi reciclat obținându-se o descreștere semnificativă a costului pentru depozitele de suprafață și pentru depozite de adâncime.	25 27
Dezvoltarea unei tehnologii de reciclare pentru beton radioactiv trebuie să fie studiată de asemenea din punct de vedere social și politic. Tehnologiile de reciclare nu pot fi simplu evaluate, utilitatea și aplicabilitatea lor trebuie să fie corelată cu:	29 31
- existența, posibilitatea de proiectare și construcție a depozitelor finale de deșeuri radioactive;	33
- tipul de depozit (de suprafață sau adâncime);	35
- cerințele legale aplicabile pentru materialele eliberate din domeniul nuclear;	35
- acceptanța publică.	35
Necesitatea implementării tehnologiei inovative la nivel național rezultă din următoarele constrângeri:	37
- nu există cerere de piață pentru ecrane din beton radioactiv sau piese prefabricate utilizate la consolidarea galeriilor sau tunelurilor de adâncime pentru că actualmente există un singur depozit de suprafață;	39 41
- numărul mic de instalații nucleare existente nu necesită un număr semnificativ de ecrane de beton;	43
- cerințele legale nu permit folosirea materialelor radioactive pentru construcția fundațiilor și rambleurilor pentru drumuri, sub formă de amestecuri nelegate cu granulometrie omogenă, material de umplere sau agregate pentru fabricația de noi betoane;	45
- acceptanța publică este limitată către construcția de noi instalații nucleare și ușor crescută pentru re tehnologizarea celor existente;	47

RO 133717 B1

1 - aplicarea metodelor de reciclare cu minimizarea volumelor și cantităților de deșeuri
radioactive pe amplasament întrunește așteptările publicului în ceea ce privește strategiile
3 de reciclare a deșeurilor.

Astfel, invenția de față se aplică în țară ținând seama de tehnologia de depozitare,
5 coletele fiind cu volume de 220 L sau 420 L. O dată cu dezafectarea reactorului nuclear de
cercetare VVR-S din cadrul institutului IFIN-HH, Măgurele, cantitățile de beton radioactiv
7 cresc și este imperios necesar să se aplice metode inovative de tratare și condiționare,
adaptate la condițiile specifice țării noastre, metoda descrisă în continuare putând fi aplicată
9 și în alte țări.

Metoda de reciclare și utilizare a betonului radioactiv constă în obținerea de agregate
11 fine la prepararea mortarului necesar la umplerea butoaielor cu deșeuri radioactive,
conducând la un nou tip de produs final-compozit (pietriș radioactiv într-o matrice de mortar
13 obținut cu agregate fine radioactive), solidificat într-un butoi de oțel carbon cu capacitatea
de 220 L.

15 Prin folosirea sistemului de tăiere cu fir diamantat, a splitterelor, fierăstraielor cu disc
diamantat și a robotului de demolare comandat de la distanță, structurile de beton radioactiv
17 sunt demolate și transformate în resturi de beton. Acestea vor fi concasate, prima treaptă;
sub formă de pietriș cu dimensiunea < 50 mm, ce va fi utilizat pentru umplerea butoaielor cu
19 capacitatea de 220 L. Frația > 50 mm va fi concasată în treapta a doua până la dimensi-
unea < 2,5 mm (nisip) și va fi folosită pentru prepararea mortarului. Astfel, în butoaiile de
21 depozitare finală, se plasează mai întâi pietrișul, rezultând un grad de umplere de
aproximativ 50% vol beton radioactiv și apoi butoiul se umple cu mortar obținut din agregate
23 radioactive fine reciclate. Materialul compozit omogen asigură confirmarea radionuclizilor în
butoiul de depozitare finală, pentru cel puțin 50 de ani.

25 Mortarul trebuie să îndeplinească cerințele specificate. În aceste condiții, se va
demonstra că gradul de umplere în butoaie va crește până la 70...75% vol pentru beton
27 radioactiv, sau volumul de depozitare finală va descrește la aproximativ 2/3, cu condiția
respectării cerinței legale de menținere a debitului de doză la peretele butoiului de maximum
29 2 mSv/h. Structura temporară prevăzută cu echipament de filtrare de înaltă eficiență (HEPA),
unde se efectuează activitățile de pregătire și implementare a metodei și materialele
31 constituie un alt element de noutate.

Față de metodele descrise în cadrul analizei stadiului internațional, această metodă
33 aduce următoarele îmbunătățiri:

- este identificat un nou flux tehnologic, prin introducerea procesului de reciclare
35 constând din concasarea betonului radioactiv și de preplasarea pietrișului rezultat în butoiul
cu deșeuri;

37 - se obțin caracteristici optime pentru mortarul preparat cu agregate fine reciclate,
asigurându-se confirmarea pe termen lung a radionuclizilor;

39 - se obține un nou tip de produs compozit (pietriș radioactiv într-o matrice de mortar
preparat din agregate fine radioactive) cu proprietăți fizice și mecanice care pot asigura
41 condiții optime de confinare a radionuclizilor pentru depozitarea finală.

Scopul invenției este de a gospodări eficient deșeurile radioactive rezultate din
43 domeniul nuclear, în particular de la dezafectarea de instalații nucleare, reactorul nuclear de
cercetare VVR-S din cadrul Institutului National de Cercetare Dezvoltare pentru Fizică și
45 Inginerie Nucleară-Horia Hulubei-IFIN-HH, unde rezultă cantități mari de beton radioactiv,
acest reactor fiind prima instalație nucleară majoră din țară care se dezafecteză. Proiecte de
47 dezafectare de instalații nucleare vor fi în viitor (2030) reactorul nuclear de cercetare tip
TRIGA de la Institutul de Cercetări Nucleare de la Pitești-Mioveni și apoi după 2050
49 reactoarele nucleare electrice de la Cernavodă.

RO 133717 B1

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, pentru demonstrarea aplicabilității industriale. 1

Astfel, în fig. 1 și 2 sunt prezentate fluxurile tehnologice de reciclare ale betoanelor radioactive cu bloc de beton și fără bloc de beton, cu un grad de umplere cu deșeu radioactiv al coletului de minimum 75%. 3
5

Testele de omologare au fost efectuate pe o cantitate de 2744,45 kg de beton de referință C25/30 (45 de șarje de câte circa 60 kg fiecare). Betonul a fost cântărit cu un cântar platforma KERN & SOHN GmbH model SFB 100K-2HM-2019c (domeniul de măsurare 150 kg, precizia 50 g). 7
9

Deșeurile radioactive din beton de forme neregulate cu dimensiuni < 350 mm sunt concasate (treapta I) pe un concasor cu făci (SHUTTE BUFFALO model B 1624J) prereglat la o fantă de 65 mm rezultând pietriș cu dimensiunea < 65 mm. 11

Materialul rezultat din concasarea treapta 1 cernut pe un sortator (CE INTERNATIONAL TRADING CORP. model LS-450-A-NW) prevăzut cu o sită cu diametrul de 400 mm, înălțimea de 100 mm și deschiderea ochiurilor de 50 mm rezultând: 13

- pietriș cu granulația > 50 mm (590,6 kg - 21,5%);
 - pietriș cu granulația < 50 mm (2153,8 kg - 78,5%).
- 15
-
- 17

Materialul rezultat din sitare cu dimensiunea < 50 mm a fost cernut pe un sortator CE INTERNATIONAL TRADING CORP. model LS-450-A-NW) prevăzut cu o sită cu diametrul de 400 mm, înălțimea de 100 mm și deschiderea ochiurilor de 16 mm rezultând: 19

- pietriș cu granulația 16/50 mm (1556,45 kg - 72,3%);
 - pietriș cu granulația < 16 mm (597,4 kg - 27,7%).
- Sortul 16/50 mm (vezi fig. 4) se utilizează ca fracție utilă - pietriș preplasat în colete cu deșeuri. Din acest sort s-a prelevat o probă reprezentativă de 50 kg de material pe care s-a determinat distribuția granulometrică (vezi tabelul 1). 21
23
25

Distribuția granulometrică pentru fracția utilă de agregate grosiere din beton sort 16/50 mm

 27

Tabelul 1

 29

Sort	Cantitate (kg)	%gt
16...31,5 mm	15,45	30,9
31,5...45 mm	25,2	50,5
45...50 mm	9,3	18,6

 31
33

Sortul 16/50 mm a fost păstrat în două cuve cu volumul de 1 m.c. fiecare, 24 h imersat complet în apă și scurs 5 min înainte de utilizare. 35

Produsul final-compozit (pietriș radioactiv într-o matrice de mortar obținut cu agregate fine radioactive) etalează foarte bune caracteristici de confinare a radionuclizilor (index de levigare între 7,82 și 9,84 pentru radionuclidul Cs-137 și respectiv, 11,5 și 12,3 pentru radionuclidul Co-60, față de valoarea minimă acceptată de 6). 37
39

41

RO 133717 B1

Revendicări

1

3

1. Procedeu de reciclare și reutilizare a betonului radioactiv rezultat din dezafectări ale instalațiilor radiologice și nucleare, **caracterizat prin aceea că**, are loc într-o primă etapă concasarea betonului radioactiv sub formă de pietriș cu dimensiuni de 16...50 mm, preplasarea acestuia fără bloc de beton sau cu bloc de beton în butoaie de 220 L, concasarea fracției de pietriș cu dimensiuni mai mari de 50 mm și respectiv mai mică de 16 mm în treapta a doua și a treia la dimensiuni mai mici de 5 mm, agregatele fine obținute se amestecă cu ciment, apă și aditivi uzuali, rezultând un mortar care se toarnă în containere, peste pietriș peste blocul de beton radioactiv ajungând la un grad de umplere de 70...75%, în final obținându-se un colet care conține pietriș radioactiv în matrice de mortar solidificat, echivalentul debitul dozei de radiații la peretele betonului fiind de maximum 2 mSv/h.

11

13

2. Procedeu de reciclare și reutilizare a betonului radioactiv conform cu revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că**, coletele din beton obținute au o densitate aparentă medie 2130 kg/m³, o rezistență la încovoiere medie de 10,1 N/mm² la forța medie aplicată de 450 daN, o rezistență la compresiune medie de 38,7 N/mm² la o forță medie aplicată de 6800 daN.

15

17

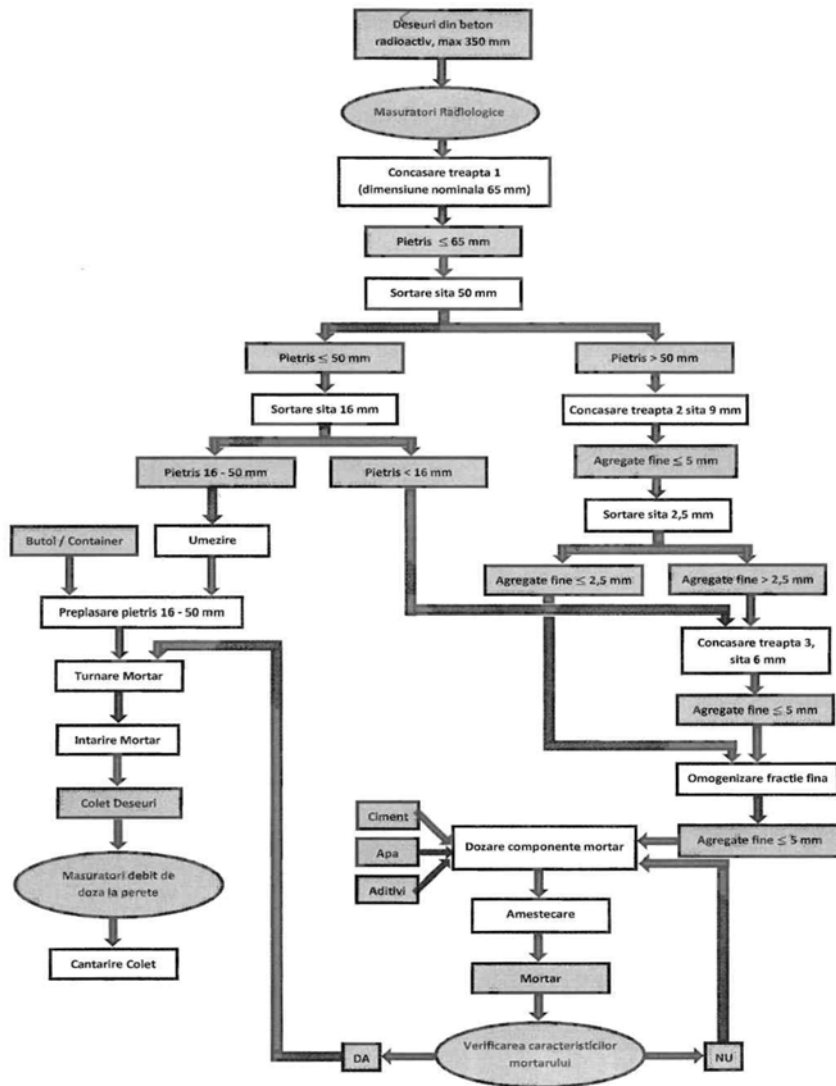


Fig. 1

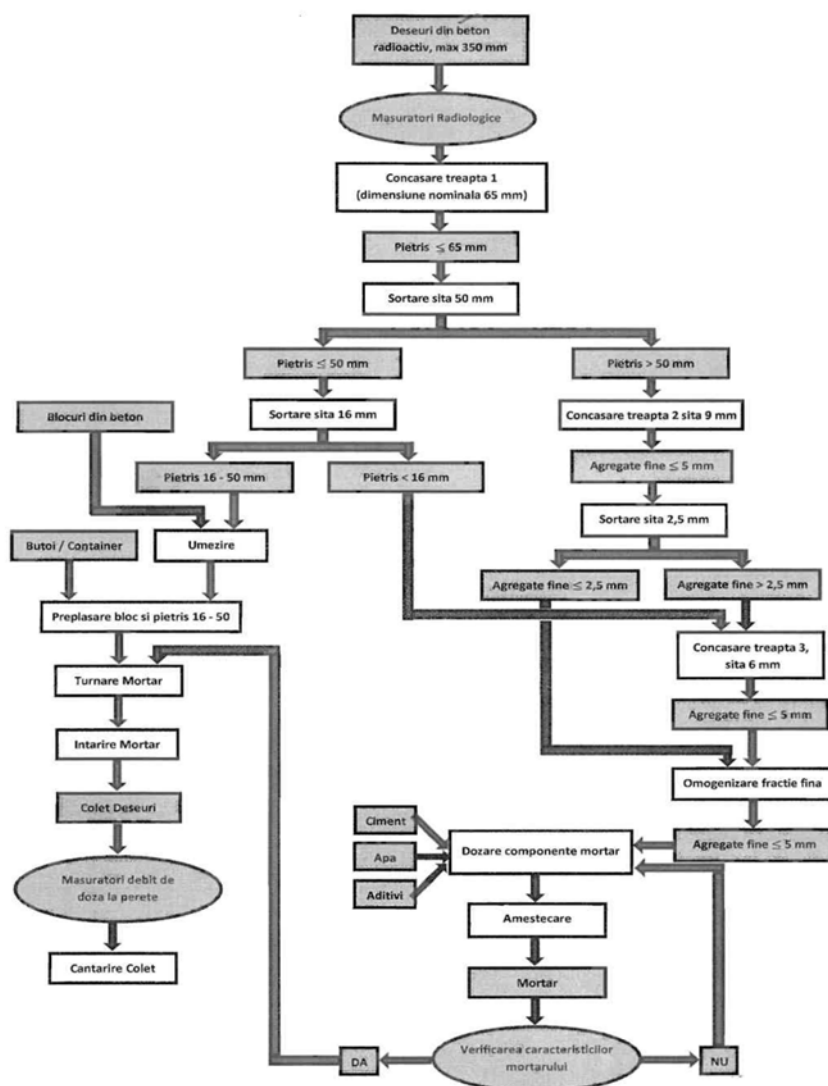


Fig. 2

