

**Program Parteneriate în Domenii Prioritare,
Proiect PCCA Tip I, PN-II-PT-PCCA-2011-3.1-0741 Ctr. 141/2012
“Realizarea Camerei de Radon – Stand de Etalonare a Aparaturii de Măsurare a
Concentrației de Radon și Descendenți în Aer”
(acronim CARSTEAM)**

Etapa 5 /31.12.2016:

**Verificarea și testarea experimentală a Camerei de Radon. Diseminarea rezultatelor
proiectului.**

RAPORTUL ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC (RST) ÎN EXTENSO

Rezumatul Etapei 5:

**Obiectivele Etapei 5: Verificarea și testarea experimentală a Camerei de Radon.
Diseminarea rezultatelor proiectului.**

Activitate 5.1: Verificarea și testarea experimentală a parametrilor Camerei de Radon.

Activitate 5.2: Redactarea finală a documentației de operare a Camerei de Radon.

Activitate 5.3: Etalonarea unui echipament de măsurare a radonului.

Activitate 5.4: Vizite de lucru/diseminare/documentare.

Activitate 5.5: Diseminarea rezultatelor prin propunerea unor lucrări la conferințe internaționale,
elaborarea unui brevet.

În această etapă a proiectului „Realizarea Camerei de Radon – Stand de Etalonare a Aparaturii de Măsurare a Concentrației de Radon și Descendenți în Aer (CARSTEAM)” s-au realizat incinta exterioară a sistemului camerei de radon, incinta de măsurare a fondului și o serie de conexiuni necesare pentru: aspirarea / evacuarea de radon gaz și aer tehnic de înaltă puritate în incinta interioară, aspirarea aerului în incinta exterioară, evacuarea apei de spălare a incintei interioare, conectarea pompei de vid, treceri electrice 220 V pentru alimentarea electrică a aparatelor de măsură și ventilatoarelor din incinta interioară, treceri de semnal tip serial RS 232, montajul senzorilor de temperatură, presiune și umiditate în poziția finală. A continuat achiziția de materiale, dotări și servicii necesare pentru finalizarea construcției ansamblului camerei de radon. Rezultatele preliminare ale participării IFIN-HH la compararea internațională de măsurare a activității radonului, cod CCRI(II)-K2.Rn-222, organizată în 2015 în cadrul Comitetului Internațional de Măsură și Greutăți - Comitetul Consultativ pentru Radiații Ionizante, Secțiunea II, Măsurarea radionuclizilor (CIPM – CCRI(II)), comunicate de organizatori, sunt foarte bune. La data redactării prezentului raport este în curs verificarea și adaptarea conexiunilor camerei de radon în vederea testării experimentale a etanșeității incintei interioare.

A continuat redactarea documentației necesare pentru descrierea componentelor și operarea în condiții optime a Camerei de Radon și a incintei de fond. Au fost redactate și instrucțiuni pentru măsurarea corectă a descendenților radonului în aer, fiind evaluate mai multe metode experimentale posibile de analiză.

Pentru etalonarea echipamentelor de măsurare a radonului a fost redactată o procedură de lucru (descrierea etapelor necesare), care va fi aplicată experimental și, eventual, îmbunătățită după testarea ansamblului camerei de radon.

Au fost efectuate câteva vizite de lucru, necesare proiectării, confecționării, instalării și ajustării/modificării unor componente principale și secundare ale Camerei de Radon la IFIN-HH,

si s-a realizat diseminarea rezultatelor obtinute pana in prezent. Astfel, cele doua lucrari prezentate in anul 2015 in cadrul prestigioasei manifestari stiintifice internationale 20th International Conference on Radionuclide Metrology and its Applications (ICRM-2015), care a avut loc la Viena, Austria, au fost publicate in revista Applied Radiation and Isotopes (cotata ISI Thomson) in volumul special nr. 109 aparut in luna martie 2016.

Alte trei lucrari au fost prezentate in 2016 la doua conferinte internationale importante:

7th International Conference on Radionuclide Metrology – Low Level Radioactivity Measurement Techniques, Seattle, SUA (26-30 septembrie 2016), respectiv First International Conference on Radioanalytical and Nuclear Chemistry (RANC-2016), Budapesta, Ungaria, 10-15 aprilie 2016. Lucrarea de la conferinta RANC-2016 a fost acceptata si este sub tipar la revista Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, iar cele doua lucrari de la conferinta ICRM-LLRMT 2016 au fost acceptate pentru publicare in revista Applied Radiation and Isotopes (2017).

De asemenea, au fost initiate demersurile necesare pentru depunerea unei cereri de brevet de inventie national la Oficiul de Stat pentru Inventii si Marci (OSIM), drepturile de proprietate intelectuala urmand a fi partajate intre cei trei parteneri in prezentul proiect.

Pe baza experientei si rezultatelor obtinute pana acum (proiectele SEPRAD, <http://proiecte.nipne.ro/pn2/19-proiecte.html>, si cel prezent – CARSTEAM), IFIN-HH a fost acceptat ca partener la o propunere de proiect european de cercetare; proiectul a fost aprobat in noiembrie 2016 pentru finantare prin Programul HORIZON 2020, European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR). Proiectul se numeste “Metrology for radon monitoring” (SRT-v03 MetroRADON), va incepe in iunie 2017, va dura 3 ani, iar IFIN-HH este partener (finantat din fonduri europene) impreuna cu 16 institute de cercetare si universitati din alte 11 tari europene.

Coordonatorul proiectului (CO), Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica si Inginerie Nucleara “Horia Hulubei” - IFIN-HH, cu sediul in Magurele (Ilfov), a fost implicat in urmatoarele activitati:

- instalarea incintei exterioare, realizarea, ajustarea si montajul unor componente ale Camerei de radon si anexelor sale la sediul IFIN-HH, Dept. DRMR, cladirea CPR, camera nr. 248 (colaborare cu ICSI si cu atelierul mecanic de la Dept. DAT din IFIN-HH);

- au continuat achizitiile de materiale, dotari si servicii, necesare pentru constructia incintei exterioare, conexiunilor si a unor accesorii ale Camerei de Radon;

- intocmirea unei documentatii de operare a incintei de fond – anexa la Camera de Radon;

- testarea functionarii ansamblului camerei de radon, urmand apoi sa fie etalonat un echipament de masurare a concentratiei de radon in aer (echipament aflat in dotarea IFIN-HH), activitati in curs;

- au fost diseminate rezultatele obtinute, prin prezentarea unei lucrari la Conferinta internationala RANC-2016, Budapesta, Austria; se fac pregatiri pentru depunerea de catre IFIN-HH (impreuna cu cei doi parteneri la proiect) a unei cereri de brevet de inventie national la OSIM.

In acest context, principala activitate a **Partenerului 1 (P1), Institutul National de Cercetare-Dezvoltare Pentru Tehnologii Criogenice si Izotopice – ICSI Rm. Valcea** a constat intr-o colaborare tehnica stransa cu Coordonatorul IFIN-HH, fiind efectuate mai multe vizite de lucru la sediul IFIN-HH din orasul Magurele, Ilfov. Astfel, au fost identificate subansamblurile principale necesare finalizarii sistemului camerei de radon. De comun acord, dupa transmiterea

desenelor de execuție corespunzătoare (proiectate la IFIN-HH) și ale unor piese/materiale de la IFIN-HH, au fost realizate la ICSI Rm. Valcea mai multe repere pentru următoarele subansamble:

- sistem de aspirație aer din camera secundară;
- sistem de aspirație aer și radon;
- trecere electrică 220V;
- trecere alimentară radon.

Acestea au fost transmise la IFIN-HH, fiind verificate, eventual ajustate și apoi montate.

La ICSI Rm. Valcea a fost redactată și o documentație detaliată în care este descrisă Camera de Radon și o primă variantă a modului de operare (succesiunea operațiilor) pentru realizarea etalonării aparatelor care măsoară concentrația de radon în aer.

Universitatea din București (Partenerul 2 – P2) s-a axat mai ales pe elaborarea metodologiei de determinare a activității descendenților radonului, ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po . Acești radionuclizi sunt responsabili pentru cea mai mare parte din doza de iradiere naturală, și de fapt interesul actual pentru problema radonului se datorează efectelor acestor radionuclizi. Prof. Octavian Sima a participat la conferința “International Conference on Radionuclide Metrology – Low Level Radioactivity Measurement Techniques”, Seattle, SUA (26-30 septembrie 2016), informându-se astfel asupra cercetărilor internaționale din domeniu și prezentând rezultatele studiilor realizate în cadrul proiectului. A fost studiată documentația diferitelor echipamente de măsurare a radonului și a procedurilor de etalonare pentru adaptarea acestora la condițiile camerei de radon din IFIN-HH. În ceea ce privește activitățile de diseminare/documentare și vizite de lucru având legătura cu proiectul, partenerul P2 a contribuit la realizarea obiectivelor principale, alături de Coordonator și de partenerul P1. În particular, lucrarea “*Monte Carlo simulation of air sampling methods for the measurement of radon decay products*”, autori O. Sima, A. Luca, M. Sahagia, a fost prezentată la conferința amintită mai sus. La aceeași conferință, dl. O. Sima a mai prezentat și lucrarea “*Efficiency computation for gamma-ray spectrometry assessment of samples with intrinsic inhomogeneity*”; ambele lucrări urmează să fie publicate în revista Applied Radiation and Isotopes.

Concluzie:

Cei trei parteneri au participat la toate activitățile (5.1-5.5) prevăzute în cadrul Etapei 5/2016. Obiectivele etapei a 5-a au fost îndeplinite de toți partenerii.

Raport Stiintific si Tehnic pentru Etapa 5:

Obiectivele generale ale Proiectului

1. Proiectul tehnic de execuție a Camerei de Radon
2. Construcția Camerei de Radon
3. Utilizarea Camerei pentru etalonarea echipamentelor de măsurare a concentrației de Radon în aer
4. Validarea etalonului primar de Radon de la IFIN-HH prin participare la o comparație internațională
5. Redactarea Manualului și Procedurilor de operare

6. Diseminarea rezultatelor obținute prin participări la conferințe internaționale, articole și brevetarea soluțiilor tehnice originale.

Obiectivele Etapei 5: Verificarea și testarea experimentală a Camerei de Radon. Diseminarea rezultatelor proiectului.

Activitate 5.1: Verificarea și testarea experimentală a parametrilor Camerei de Radon.

Activitate 5.2: Redactarea finală a documentației de operare a Camerei de Radon.

Activitate 5.3: Etalonarea unui echipament de măsurare a radonului.

Activitate 5.4: Vizite de lucru/diseminare/documentare.

Activitate 5.5: Diseminarea rezultatelor prin propunerea unor lucrări la conferințe internaționale, elaborarea unui brevet.

În această etapă a proiectului „Realizarea Camerei de Radon – Stand de Etalonare a Aparaturii de Măsurare a Concentrației de Radon și Descendenți în Aer (CARSTEAM)” s-a urmărit, pe de-o parte, finalizarea construcției Camerei de Radon, cu toate accesoriile și anexele prevăzute în proiect (și recuperarea întârzierilor din etapa precedentă), iar pe de altă parte, redactarea documentației de operare și testarea experimentală a acestei noi facilități de etalonare de la IFIN-HH. De asemenea, s-a pus un accent deosebit pe diseminarea rezultatelor proiectului, prin publicarea unor articole științifice în reviste cotate ISI Thomson și prezentarea unor lucrări la conferințe internaționale prestigioase, dar și prin pregătirea depunerii unei cereri de brevet de invenție național la Oficiul de Stat pentru Invenții și Marci (OSIM), drepturile de proprietate intelectuală urmând a fi partajate între cei trei parteneri în prezentul proiect.

Merita subliniată următoarea realizare, extrem de importantă:

Pe baza experienței și rezultatelor obținute până acum (proiectul prezent – CARSTEAM și proiectul anterior - SEPRAD*), IFIN-HH a fost acceptat ca partener la o propunere de proiect european de cercetare; proiectul a fost aprobat în noiembrie 2016 pentru finanțare prin Programul HORIZON 2020, European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR). Proiectul se numește “Metrology for radon monitoring” (SRT-v03 MetroRADON), va începe în iunie 2017, va dura 3 ani, iar IFIN-HH este partener (finanțat din fonduri europene) împreună cu 16 institute de cercetare și universități din alte 11 țări europene.

* “Realizarea sistemului etalon primar de radon al României pentru asigurarea trasabilității naționale și internaționale a măsurărilor” (SEPRAD), ctr. 71-102, 2007-2010, <http://proiecte.nipne.ro/pn2/19-proiecte.html>

Subject: MetroRADON - success!
From: "Maringer Franz-Josef" <Franz-Josef.Maringer@bev.gv.at>
Date: Tue, November 29, 2016 11:17 am
To: "krmitev@phys.uni-sofia.bg" <krmitev@phys.uni-sofia.bg> ([more](#))
Priority: High
Options: [View Full Headers](#) | [View Printable Version](#) | [Download this as a file](#)

Heureka! Dear Colleagues,

I am happy to inform you, that the reviewers have evaluated our JRP positively and the EMPIR committee decided to fund our project!

At the moment, the decision is preliminary because it is subject to an external ethics review.

Proposers will be formally notified of the outcomes of the complete review by the MSU (EMPIR Management Support Unit) on 11 January 2017, including the individual marks and comments, following the completion and outcomes of the ethics review. It is currently anticipated that the face-to-face grant preparation meetings with the coordinators will be held during the following periods following the formal announcement (ENV JRPs: 11 - 27 January 2017).

At the face-to-face meeting and afterwards, the MSU will negotiate the JRP contract with the JRP coordinator. In this phase the final details of the research contract will be discussed and agreed.
I assume we will start the JRP on 1 June 2017.

With my best regards,
Franz Josef

Franz Josef Maringer
HR Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.

BEV - Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen
Leiter des Referates für Ionisierende Strahlung und Radioaktivität
Strahlenschutzbeauftragter des BEV
Prof. University of Natural Resources and Life Science Vienna
and Vienna University of Technology
1160 Wien, Alttgasse 35
Tel. + 43 1 21110-6372, Fax + 43 1 21110-6000
Mobil: + 43 676 8210 6372
franz-josef.maringer@bev.gv.at <<mailto:6372vorname.nachname@bev.gv.at>>
www.bev.gv.at <<http://www.bev.gv.at/>>

Hinweis: Rechtsverbindlichen Schriftverkehr wie Anträge,
Bestellungen richten Sie bitte an: fi@bev.gv.at <<mailto:fi@bev.gv.at>>

Activitatile Coordonatorului Proiectului, IFIN-HH

Realizarea si instalarea incintei exterioare a camerei de radon la sediul IFIN-HH, Dept. DRMR, cladirea CPR, Laboratorul de Metrologia Radionuclizilor (LMR), camera nr. 248
Incinta exterioara a ansamblului camerei de radon a constat din doua invelisuri cilindrice de diametru diferit (fiecare invelis fiind format din doua suprafete cilindrice concentrice din otel inox de 1 mm grosime, cu spatiu interior de circa 150 mm) si doua capace cilindrice corespunzatoare, montate pe suportul camerei de radon, Fig. 1.



Fig. 1. Montajul si testarea incintei exterioare la sediul firmei furnizoare.

Realizarea incintei exterioare a ansamblului camerei de radon a fost extrem de dificila, montajul punand probleme deosebite din cauza preciziei necesare pentru imbinarile etanse (sudura in argon – in puncte la exterior si continua la interior pentru etansare) si a injectarii ulterioare a unui strat de poliuretan fierbinte (izolant termic) intre cele doua invelisuri de otel. Suportul Camerei de Radon a fost transportat la sediul firmei S.C. ART PROIECT CONSULT S.R.L. din Bucuresti, care a executat lucrarea. Apoi, suportul, invelisul exterior (inclusiv capacele), placile de inchidere a spatiului dintre cilindri au fost toate transportate, montate, sudate si testate la sediul IFIN-HH. A fost singura solutie posibila, deoarece, din cauza dimensiunilor mari (peste 2 metri), montarea completa a incintei exterioare la furnizor, nu ar fi permis introducerea ei pe culoarul de acces spre laboratorul de radon din cladirea DRMR-CPR (IFIN-HH). Ultima operatie dificila, de mare precizie, a fost gaurirea incintei exterioare pentru cele 7 treceri ale incintei interioare si cele 4 ale incintei exterioare, unde au fost apoi infiletate etans tevi de legatura cu flanse (pentru etansarea filetelor s-a folosit folie subtire de teflon). Din pacate, toate aceste operatii au durat foarte mult timp (s-au suprapus si cu perioada concediilor de vara) din cauza unicitatii acestui tip de lucrare, astfel incat s-a inregistrat o intarziere de circa doua luni in derularea proiectului, dificil de recuperat.

Ulterior, s-a realizat si injectarea sub presiune a poliuretanului incalzit – in stare lichida (se solidifica si se expandeaza rapid formand asa numita spuma poliuretana), intre peretii incintei exterioare, inclusiv a celor doua capace de inchidere.

Acest material are rol de izolatie termica a incintei interioare. Lucrarea a fost realizata de firma S.C. DIAFAN S.R.L. din Slatina, jud. Olt. Materialul, folosit de obicei in constructii, se numeste Elastopor® H 1723/3/35 si este produs de firma BASF Espanola S.L. din Barcelona, Spania. In vederea turnarii, la materialul de baza se adauga un aditiv, IsoPMDI 92140.

Proprietatile fizice principale ale acestui tip de poliuretan sunt: densitate de $45,2 \text{ kg/m}^3$, rezistenta la compresiune $0,25 \text{ N/mm}^2$ si conductivitate termica de numai $0,021 \text{ Kcal/mh}^\circ\text{C}$. Materialul nu este inflamabil, este sensibil la umezeala (din acest motiv se pastreaza doar in recipiente inchise, etansi) si poate fi folosit intr-un interval larg de temperatura: intre -50 si $+100^\circ\text{C}$.

Proiectarea, realizarea, ajustarea si montajul unor componente ale camerei de radon si anexelor sale la sediul IFIN-HH, Dept. DRMR, cladirea CPR, camera nr. 248

Au continuat achizitiile de materiale si dotari, necesare pentru constructia conexiunilor si a unor accesorii ale Camerei de Radon. In afara de colaborarea cu ICSI Rm. Valcea, Partenerul P1 (descrisa pe larg, mai jos), multe lucrari dificile au fost executate cu deosebit profesionalism in atelierul mecanic de la Dept. DAT din IFIN-HH:

- incinta de fond care va fi folosita pentru masurarea valorilor scazute ("zero") ale concentratiei de radon in aer;
- asamblarea corecta a sistemelor de electrovalve, tevi, furtune si adaptori;
- conectarea pompei de vid;
- asamblarea, ajustarea si testarea conexiunilor pentru alimentarea incintei interioare si a incintei de fond cu aer tehnic si radon, respectiv cu aer tehnic.

La IFIN-HH au fost executate si lucrari electrice pentru alimentarea cu 220 V a echipamentelor din incinta interioara (aparate de masurat concentratia de radon, ventilatoare etc.), conexiunile seriale RS 232 pentru transmiterea semnalelor aparatelor in exterior.

In prezent, sunt in curs instalarea si testarea senzorilor in pozitia finala, precum si testarea functionarii ansamblului camerei de radon (verificarea etanseitatii), urmand sa fie etalonat un prim echipament de masurare a concentratiei de radon in aer (echipament aflat in dotarea IFIN-HH: un monitor Radon Scout produs de firma SARAD GmbH (Germania). In acest scop, se

prepara la IFIN-HH/DRMR/LMR o sursa etalon de radon gaz intr-un flacon de sticla, cu o activitate de circa 10.000 Bq. Stadiul actual al Camerei de Radon este prezentat mai jos, in Fig. 2.

Intocmirea unei documentatii de operare a incintei de fond – anexa la Camera de Radon

Incinta de fond este prezentata in Fig. 3.

Operarea acestei incinte se face astfel:

- se verifica daca in butelia de aer tehnic este suficient gaz;
- se pregateste incinta de fond: se introduce si se porneste aparatul care masoara concentratia de radon; se pornesc inregistrările senzorilor de temperatura, presiune si umiditate; se testeaza conexiunile de semnal electric si inregistrarea lor si legatura cu pompa de vid; se inchide usa incintei;
- se porneste pompa de vid si functioneaza pana la o presiune de circa 0,3 bar, apoi se inchide folosind electrovalva corespunzatoare; se deschide butelia de gaz la presiunea atmosferica, iar apoi se pastreaza un debit de aer constant de circa 10 l / minut, timp de cel putin o ora; in final, se va diminua debitul la circa 2,5 l/min si se noteaza data si ora;
- pe parcursul testului, se inregistreaza presiunea, temperatura si umiditatea; trebuie notate minimum 10 inregistrari ale aparatului de masurare a concentratiei de radon in aer. Se face inregistrarea, prelucrarea si stocarea rezultatelor experimentale pe calculator (PC), iar apoi aceste date se vor folosi la etalonarea aparatului respectiv.



Fig. 2. Camera de Radon de la IFIN-HH (stadiul realizat la 5.12.2016).

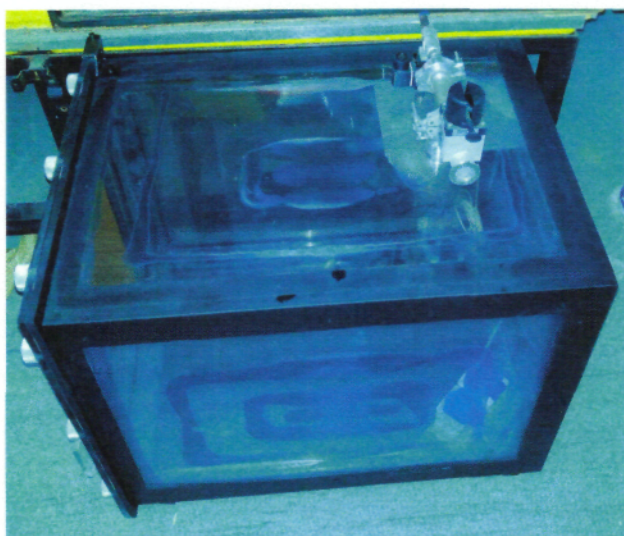


Fig. 3. Incinta de masurat fondul de radon cu aparatele de etalonat.

Diseminarea rezultatelor

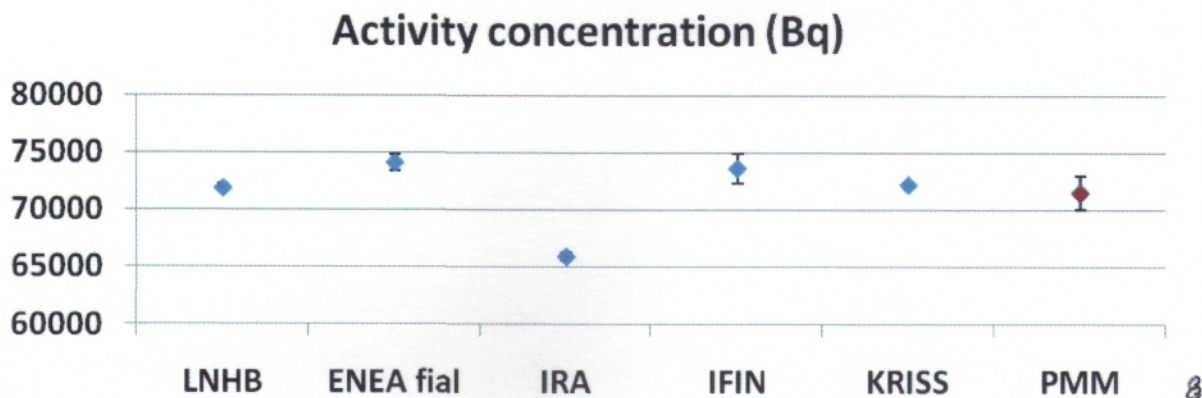
La conferinta internationala "First International Conference on Radioanalytical and Nuclear Chemistry (RANC)", Budapesta, Ungaria, 10-15 Aprilie 2016, Dr. Aurelian Luca a prezentat lucrarea orala intitulata "RADON GAS ACTIVITY MEASUREMENTS IN THE FRAME OF AN INTERNATIONAL COMPARISON", autori Aurelian Luca, Maria Sahagia, Andrei Antohe, Mihail-Razvan Ioan, Leonardo Serbina, Constantin Ivan.

Lucrarea a fost acceptata pentru publicare in revista (cotata ISI) Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, fiind in prezent accesibila online si sub tipar, DOI 10.1007/s10967-016-5033-9.

Au fost initiate demersurile necesare pentru depunerea unei cereri de brevet de inventie national la Oficiul de Stat pentru Inventii si Marci (OSIM), drepturile de proprietate intelectuala urmand a fi partajate intre cei trei parteneri in prezentul proiect.

Rezultatele preliminare ale participarii IFIN-HH la compararea internationala de masurare a activitatii radonului, cod CCRI(II)-K2.Rn-222, organizata in 2015 in cadrul Comitetului International de Masuri si Greutati - Comitetul Consultativ pentru Radiatii Ionizante, Sectiunea II, Masurarea radionuclizilor (CIPM – CCRI(II)), comunicate de organizatori (CEA/LNE-LNHB, Saclay, Franta), sunt foarte bune, [1] (Fig. 4). Rezultatul raportat de IFIN-HH a fost: (73680 ± 1300) Bq la 1 iulie 2015, 12:00 UTC (Coordinated Universal Time).

Fig. 4. Rezultatele preliminare ale compararii internationale de masurare a activitatii radonului CCRI(II)-K2.Rn-222:



Concluzie: Coordonatorul si-a indeplinit obiectivele prevazute in prezenta etapa.

Activitatile Partenerului 1, ICSI – Rm. Valcea

Avand in vedere complexitatea proiectului a fost necesar ca si in ultima etapa a acestuia colaborarea intre parteneri sa fie extrem de stransa. Astfel in data de 23.06.2016 a avut loc la IFIN-HH o prima intalnire la care au participat reprezentantii ICSI Rm. Valcea si cei ai IFIN-HH in urma careia s-a convenit realizarea la ICSI Rm. Valcea a unor repere pentru urmatoarele subansamble:

- sistem de aspiratie aer din camera secundara;
- sistem de aspiratie aer si radon (Fig. 5);
- trecere electrica 220V;
- trecere alimentare radon.

De asemenea la acesta sedinta de lucru s-a stabilit ca desenele de executie vor fi efectuate la IFIN-HH si transmise la ICSI in termen de 5 zile lucratoare, iar pentru subansamblul „trecere alimentare radon” IFIN-HH s-a transmite la ICSI Rm. Valcea materialele deja achizitionate si eventualele componente deja realizate in atelierul coordonatorului proiectului.

Ulterior sedintei de lucru din 23.06.2016 coordonatorul proiectului a transmis o parte din desenele de executie, iar in data de 21.07.2016 au fost trimise la ICSI Rm. Valcea si componentele realizate partial la IFIN-HH si anume:

Nr. Crt.	Denumire componenta	Nr. Bucati
1	Disc metalic	1
2	Disc cu gaura	1
3	Disc cu tija	1
4	Cilindru metalic cu piston	1
5	Teflon	2

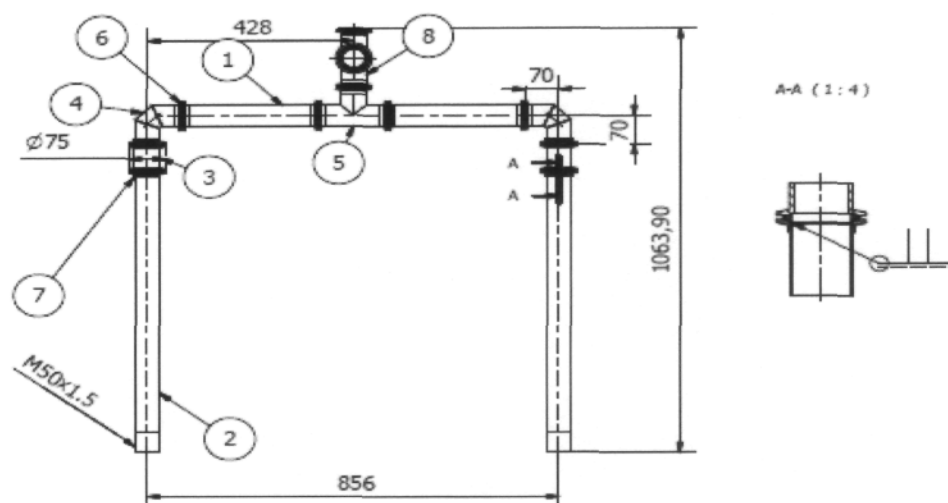


Fig. 5. Sistem de aspiratie aer si radon

Condițiile tehnice în care a fost executat sistemul de aspiratie aer și radon au fost următoarele:

- Toleranțe generale ISO 2768-mK;
- Muchiile ascuțite tesite $0.3 \times 45^\circ$;
- Teava 1 este cota de reglaj;
- Sistemul să fie etans la vid;
- Sudurile flanselor cu tevilă executate pe contur;
- Fitingurile de vid pot fi și din aluminiu.

În etapa de realizare a subansamblelor la ICSI Rm. Valcea s-a păstrat în permanentă legătură cu proiectantul acestora, iar pe măsura ce se întâmpinau probleme s-au ales de comun acord soluții tehnice în concordanță cu capabilitățile de execuție ce au permis finalizarea reperelor la cele mai înalte standarde de calitate.

Reperul cu gradul cel mai mare de dificultate s-a dovedit a fi containerul de transport și lucru (Fig. 6) datorită multitudinii de repere ce intra în componența acestuia și care trebuie să lucreze perfect împreună, dar și datorită dimensiunilor atipice ale materialelor utilizate. Condițiile tehnice în care a fost executat containerul de transport și lucru au fost ca ansamblul să fie etans și să reziste la vid 10-3 mm coloana Hg.

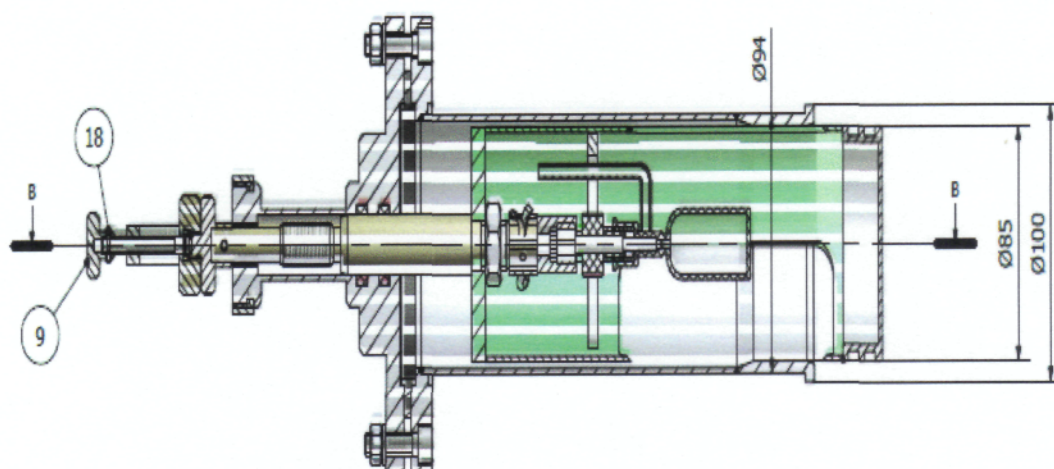


Fig. 6. Container de transport si lucru

In data de 06.10.2016 s-a realizat transportul reperelor executate, cu aceasta ocazie facandu-se receptia cantitativa si calitativa a acestora. Echipa ce a realizat deplasarea a fost formata din: Dr. fiz. Ionut Faurescu si ing. Denisa Faurescu. In urma acestei actiuni s-a incheiat Procesul verbal de predare-primire, nr. inreg. IFIN-HH 288/10.10.2016 (nr. inreg. ICSI, 14876/05.10.2016).

S-au predat catre coordonatorul de proiect urmatoarele componente:

Nr. Crt.	Denumire reper	Numar Bucati
1	Reductie speciala DN100 - DN 50	1
2	Cot țevă sudată la 90 ⁰	4
3	Țevă izolație termică	2
4	Țevă 3 DN50	2
5	Țevă 1 aerisire DN50	1
6	Țevă 2 aerisire DN50	1
7	Cot țevă sudată la 90 ⁰ DN50	2
8	Țevă izolație termică DN50	2
9	Țevă 4 DN50	2

10	Flanșă specială cu 2 treceri radon DN50 CF	1
11	Bară distanțier M4_HEX8	4
12	Flanșă ISO DN100 cu conectori de vid CONEC de 9 pini	1
13	C_V4 - teava D108 container transport	1
14	Lagăr cu flanșă	1
15	Perete exterior container	1
16	Tija	2
17	Cheie fixa pod	1
18	Sasiu impingator	1
19	Buton	1
20	Surub impingator-extractor	1
21	Lagar	1
22	Buton surub impingator-extractor	1
23	Surub impingator	1
24	Ansamblu extractor	1

Echipa coordonatorului de proiect si echipa ICSI au verificat respectarea prevederilor specificatiei tehnice, constatand urmatoarele: produsele au fost fabricate conform cerintelor tehnice prevazute in proiectul de executie intocmit de IFIN-HH si transmis ulterior sedintei de lucru din 23.06.2016. Referitor la produsele partial realizate la IFIN-HH Bucuresti si transmise la ICSI Rm. Valcea in 21.07.2016 acestea au fost prelucrate la ICSI si se regasesc ca si parti componente ale reperelor mai sus mentionate.

Documentatie de operare a Camerei de Radon

Camera de Radon – Stand de Etalonare a Aparaturii de Măsurare a Concentrației de Radon si Descendenți in Aer are un volum de 1 m³ al atmosferei de lucru. Forma acesteia este una cilindrica confectionata in cea mai mare parte din otel inoxidabil marca ANSI 304 (incinta interioara si capace, tabla cu grosimea de 4 mm; guler capac si guler incinta tabla cu grosimea de 25 mm, etc).

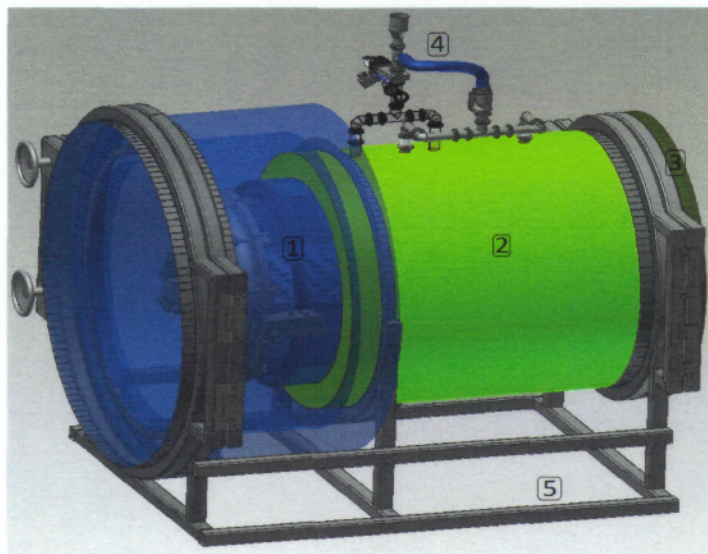
Camera de radon este perfect etansa si izolata termic putandu-se mentine in interiorul acesteia temperatura, presiune si umiditate constanta. Acesti parametri putand fi controlati si monitorizati din exterior utilizand dispozitive calibrate.

Schema bloc a Camerei de Radon – Stand de Etalonare a Aparaturii de Măsurare a Concentrației de Radon si Descendenți in Aer (Fig 7) cuprinde urmatoarele elemente:

- camera interioara (1);
- un invelis secundar ce asigura circulatia aerului pentru controlul temperaturii atmosferei de lucru (2);
- camasa exteriora ce inchide in interiorul ei sistemul de monitorizare si achizitie date pentru parametrii climatici (3);
- conexiuni instalatii exterioare (producere aerosoli, monitorizarea concentratiei si dimensiunii aerosolilor, transport sursa radon) (4);
- suport ansamblu (5).

Partea cea mai importanta a întregului ansamblu este incinta interioara a camerei de radon. Aceasta a fost proiectata astfel incat sa asigure etanseitatea si siguranta in exploatare, partea de izolatie fiind considerata de importanta secundara avand in vedere ca la unele laboratoare aceasta este optionala, temperatura constanta fiind asigurata prin climatizarea incaperii in care este amplasata intreaga instalatie.

Proiectarea si executia Camerei de Radon – Stand de Etalonare a Aparaturii de Măsurare a Concentrației de Radon si Descendenți in Aer a fost facute pornind de la cerintele standardului “CEI 61577-Radiation protection instrumentation - Radon and radon decay product measuring instruments – Instrumentatie de radioprotectie – Instrumente de masurare a radonului si a descendentilor sai”, coordonatorul de proiect considerand ca acest echipament trebuie sa indeplineasca conditiile impuse echipamentelor utilizate in monitorizarea pe teren a nivelului de radon.



(a)

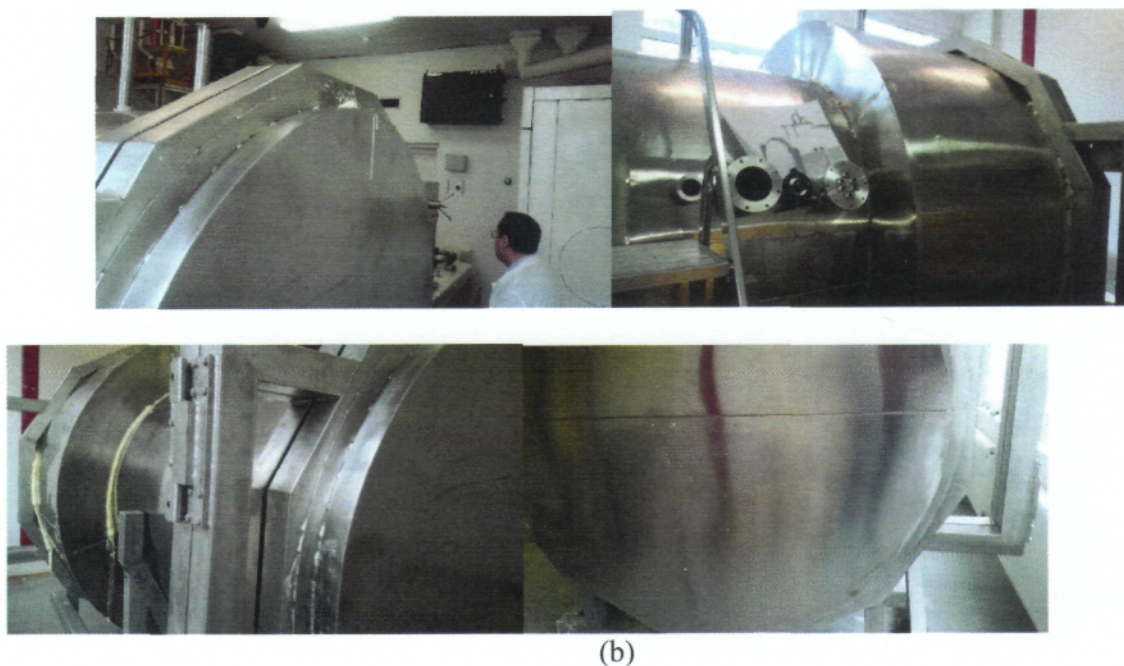


Fig. 7. Camera de Radon – Stand de Etalonare a Aparaturii de Măsurare a Concentrației de Radon si Descendenți in Aer – model conceptual (a) si (b) forma finala

Suportul camerei de radon (Fig. 8) a fost proiectat si executat pentru a fi ușor de transportat si eventual mutat într-o altă locație componentele acestuia fiind următoarele:

- Suport fata, 1 buc.
- Suport median, 1 buc.
- Suport spate, 1 buc.
- Suport capac fata, 1 buc.
- Suport capac spate, 1 buc.
- Lonjeron, 4 buc.
- Șurub $\Phi 8$, 24 buc.
- Șaibă $\Phi 8$, 24 buc.

Montajul și rigidizarea structurii se realizează cu ajutorul lonjeroanelor prin fixarea acestora de suportul frontal, median si spate prin intermediul organelor de asamblare tip șurub, șaibă, piuliță.

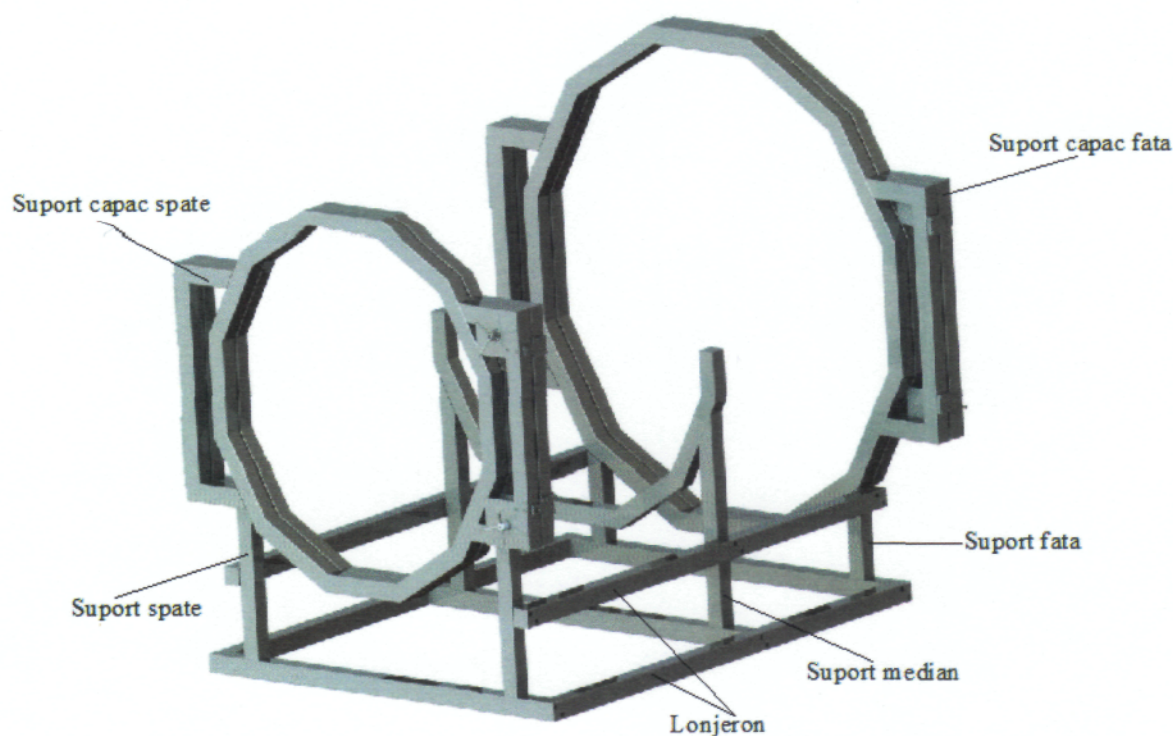


Fig. 8. Suportul camerei de radon

Ordinea de montaj a componentelor camerei de radon este următoarea:

- se aduce în poziție suportul fata și se fixează primul lonjeron, la baza acestuia;
- se fixează și al doilea lonjeron de suportul fata, tot la baza, în partea opusă a acestuia, rigidizând-se structura;
- se aduce în poziția de montaj și suportul median și se fixează prin intermediul organelor de asamblare, de o parte și de alta a acestuia;
- se aduce în poziția de montaj suportul spate și se rigidizează întreaga structură prin strângerea elementelor de asamblare situate la baza acestuia, de o parte și de alta;
- se montează și celelalte două lonjeroane, situate mai sus de o parte și de alta a structurii nou create;
- se strâng la un cuplu de 8-10 Nm elementele de asamblare utilizate la pașii precedenți;
- se montează prin intermediul balamalelor suportul capacului fata și suportul capacului spate.

Alimentarea cu radon a camerei și calibrarea echipamentelor se poate face în două moduri:

1) Calibrare (Etalonare) statică

- se videază camera de radon cu ajutorul unei pompe de vid atasată acesteia;
- se introduce o fiolă etalon cu radon gaz de activitate cunoscută, A_0 prin intermediul „containerului de transport și lucru”;
- se introduce controlat în camera aer sau un amestec de aer-aerosoli astfel încât să se obțină o concentrație uniformă a radonului;
- după 5 ore radonul este în echilibru cu produsele de viață scurtă rezultate din dezintegrarea radonului a căror circulație în camera trebuie să fie uniformizată cu ajutorul unui ventilator;

- echipamentul de etalonat se tine in interiorul camerei pentru o anumita perioada de timp, de obicei cateva saptamani (Fig. 9). Activitatea concentratiei integrate, C_A se poate calcula in functie de expunerea la concentratia X pentru un timp de expunere, t_{exp} (ore) si este exprimata in $Bq \cdot m^3 \cdot h$. Aceasta se poate calcula cu ajutorul urmatoarei ecuatii:

$$C_A = (1/V) \int A_0 x, \text{ in } Bq$$

integrata pentru timpul de expunere, t_{exp}

sau

$$C_A = (A_0 / \lambda V) (1 - e^{-\lambda t_{exp}})$$

unde A_0 este activitatea cunoscuta a radonului din flacon la inceputul masuratorilor, λ este constanta de dezintegrare a radonului, iar V este volumul de aer din camera in m^3 corectat pentru temperatura si presiune:

$$V = V_0 \cdot P \cdot 273 / (0.1 \cdot T)$$

unde V_0 este volumul geometric al camerei, P este presiunea in MPa and T este temperatura in grade Kelvin.

- se calculeaza factorul de calibrare ca si raport dintre numarul de semnale inregistrate de instrument in timpul expunerii si C_A ;



Fig. 9. Modul de așezare al echipamentului de etalonat in interiorul camerei de radon.

2) Calibrare dinamica

- se poate utiliza un vas cu volum mare in care se gaseste radon gaz cu activitate cunoscuta in amestec cu aer si care poate asigura o rata de emisie a radonului constanta. Acesta rata trebuie sa poata fi foarte bine determinata.

- se mai poate folosi si o sursa de ^{226}Ra (varianta disponibila in prezent la IFIN-HH).

Obiectivele prezentei etape au fost realizate in totalitate de catre Partenerul 1, ICSI, Rm. Valcea.

Activitățile Partenerului 2, Universitatea din București

Având în vedere că efectul principal de iradiere este atribuit descendenților radonului, și nu radonului însuși, este esențială determinarea directă a activității acestor radionuclizi, și nu pe baza activității măsurate a radonului. Aceasta datorită faptului că în aer activitatea descendenților nu este egală cu a radonului, deoarece descendenții, cu proprietăți fizico-chimice net diferite de ale radonului, se pot depune pe diferite suprafețe, în timp ce radonul rămâne în aer. Astfel, deși fîccare nucleu de radon care se dezintegrează produce un nucleu de ^{218}Po , care la rândul său produce un nucleu de ^{214}Pb , ș.a.m.d., nu toate nucleele de Po , Pb , .., vor rămâne în aer. În consecință, numărul de dezintegrări pe secundă în aer pentru ^{218}Po va diferi de numărul de dezintegrări pe secundă în aer pentru ^{222}Rn , adică activitățile acestor radionuclizi în aer diferă, ceea ce se întâmplă și pentru ceilalți descendenți. Raportul dintre activitatea unui descendent și activitatea radonului reprezintă factorul de echilibru. Deoarece factorul de echilibru depinde în mod complex de un șir de factori (raportul dintre fracțiunea atașată și neatașată a aerosolilor, concentrația și distribuția după dimensiuni a aerosolilor, umiditate, temperatură, presiune, configurația geometrică a incintei de interes), acest factor nu poate fi determinat cu precizie, și prin urmare nu poate fi folosit, împreună cu activitatea măsurată a radonului, pentru evaluarea indirectă a activității descendenților radonului, cu o incertitudine mică.

Astfel, măsurarea directă a activității descendenților radonului este justificată. În contextul realizării camerei de radon, și a interesului actual pentru evaluarea cât mai realistă a incertitudinilor, s-a considerat necesar un studiu detaliat al metodelor de determinare a descendenților radonului, cu accent pe evaluarea incertitudinilor. Metoda pasivă, bazată pe analiza detectorilor solizi de urme, nu este convenabilă pentru evaluarea separată a activității fiecărui radionuclid [2,3], astfel încât ne-am axat pe metoda activă de determinare, în cadrul căreia aerul este aspirat printr-un filtru, care reține aerosolii radioactivi; măsurarea ulterioară a filtrului permite determinarea activității descendenților radonului.

Deși metoda este aplicată pe plan mondial de foarte mult timp, analiza incertitudinii rezultatelor nu mai satisface cerințele actuale. În particular, procesele stocastice de colectare a radionuclizilor pe filtru, de dezintegrare și detectare sunt prea complexe pentru a fi descrise utilizând metodologia recomandată în referința "Guide to the expression of Uncertainty in Measurement" (GUM 100) [JCGM 100:2008; 4]. Pentru a elimina aproximațiile bazate pe această metodologie, am dezvoltat un program de simulare Monte Carlo care descrie realist toate etapele măsurării, începând cu distribuția statistică a nucleelor în aer, colectarea lor pe filtru (cu ajutorul unei pompe cu parametrii cu distribuția statistică asociată, nu ideali), dezintegrarea (fără a adopta aproximația Poisson) și măsurarea. Programul reprezintă prima abordare realistă a evaluării incertitudinii rezultatelor metodelor active de determinare a descendenților radonului. Incertitudinea se obține prin evaluarea distribuției finale a activităților măsurate, pe baza propagării distribuțiilor asociate parametrilor experimentali, prin metoda Monte Carlo, în acord cu recomandările din referința GUM 101 [JCGM 101:2008; 5]. Rezultatele obținute [6] au fost prezentate la conferința "International Conference on Radionuclide Metrology – Low Level Radioactivity Measurement Techniques", Seattle, SUA (26-30 septembrie 2016). Prin simulare Monte Carlo au fost obținute valorile așteptate ale indicațiilor aparatelor de măsură, iar aceste rezultate, care mimează măsurările propriu-zise au fost analizate cu softul dezvoltat anterior [7]. Studiul a arătat ca incertitudinile valorilor măsurate ale activității descendenților au contribuții suplimentare față de cele considerate tradițional, provenind în primul rând de la procesele

stocastice de colectare a radionuclizilor pe filtru. Aceste contribuții depind de parametrii pompei de aspirare, și sunt mai mari în cazul activităților mari ale descendenților radonului.

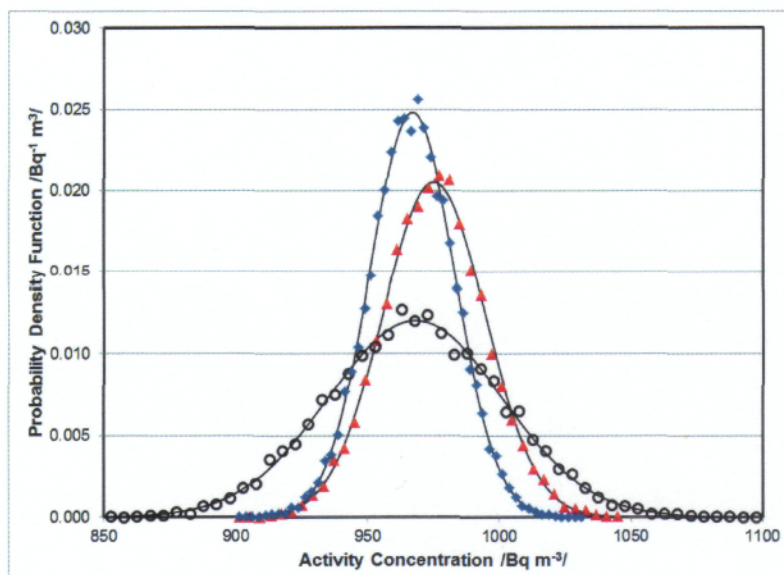


Fig. 10. Densitatea de probabilitate a rezultatelor măsurării descendenților radonului (^{218}Po – triunghi; ^{214}Pb – cerc; ^{214}Bi – romb). Activitatea în camera de radon este de 1000 Bq pentru fiecare descendent. Volumul camerei este de 1.03566 m^3 . Incertitudinile standard sunt de 19,4, 33,1, respectiv 16,1 Bq m^{-3} , pentru ^{218}Po , ^{214}Pb și ^{214}Bi . Incertitudinea obținută prin propagarea distribuțiilor este cu aprox. 10% mai mare decât incertitudinea evaluată conform JCGM 100.

În figura 10 este reprezentată distribuția valorilor calculate pentru cazul în care activitatea descendenților radonului în camera de radon este de 1000 Bq . În acest caz, incertitudinile calculate realist sunt puțin mai mari (aproximativ cu 10 %) decât cele calculate în mod tradițional. Dacă activitatea crește, diferența se accentuează, în special pentru ^{218}Po [6].

Procedura dezvoltată și descrisă mai sus va fi aplicată pentru analiza incertitudinilor măsurărilor descendenților radonului în camera de radon.

A fost elaborată și o metodologie pentru măsurarea activității descendenților radonului în camera de radon, în intervalul $100 \text{ Bq m}^{-3} - 100 \text{ kBq m}^{-3}$, în condiții de activitate constantă în timp și uniformă în volum, cu parametri staționari în camera de radon (presiune, umiditate, temperatură, nivel de ventilare, concentrație a aerosolilor, distribuție după dimensiuni a aerosolilor). De asemenea, metodologia trebuie să permită evaluarea concentrației energiei alfa potențiale. Activitatea descendenților ^{220}Rn (^{216}Po , ^{212}Pb , ^{212}Bi , ^{208}Tl) se presupune mai mică decât 0,1 % din activitatea descendenților ^{222}Rn .

Pentru măsurarea descendenților radonului trebuie să se țină cont de următoarele caracteristici ale acestor radionuclizi:

1. Măsurarea activității direct în aer este dificilă; metodele pasive, bazate de exemplu pe detectorii solizi de urme nu permit discriminarea contribuției individuale a fiecărui tip de nuclid cu o incertitudine suficient de bună;

2. Timpii de înjumătățire sunt relativ scurți (3,07 min., 26,92 min., 19,8 min., 162,3 μ s).
3. ^{218}Po emite radiații α cu energia $E_1=6114,68$ (9) MeV, emisia radiației γ fiind neglijabilă; ^{214}Pb se dezintegrează β și emite câteva radiații γ , intensitate de emisie mai mare având radiațiile cu $E=351,93$ keV ($I=35,6$ %), 295,22 keV (18,41 %) și 242,0 keV (7,27 %); ^{214}Bi se dezintegrează β și emite numeroase radiații γ , intensitate de emisie mai mare având radiațiile cu $E=609,31$ keV ($I=45,49$ %), 1764,49 keV (15,31 %), 1120,29 keV (14,91 %) și altele; ^{214}Po emite radiații α cu energia $E_2=7833,46$ (6) MeV, emisia radiației γ fiind neglijabilă.

În continuare, au fost propuse metodologii de măsurare destinate determinării activității descendenților radonului (acumulare pe filtru) utilizând diferite dispozitive experimentale, adaptate pentru condițiile camerei de radon: măsurări simultane prin spectrometrie alfa și gama, măsurări de spectrometrie alfa, măsurări de spectrometrie gama, măsurări de spectrometrie gama cu presupunerea unui factor de echilibru pentru ^{218}Po , măsurări α globale. În fiecare caz, au fost stabilite protocoale clare de măsurare și testare, pentru a asigura corectitudinea rezultatelor experimentale, având la bază referința [8].

O altă direcție de studiu a constituit-o măsurarea prin spectrometrie gama a probelor neomogene [9]. Așa cum era de așteptat, în cazul probelor neomogene eficacitatea de detecție are o incertitudine mai mare decât în cazul unei probe omogene echivalente, datorită caracterului aleatoriu al compoziției, iar pentru o compoziție dată, distribuției spațiale a diferitelor componente. Suplimentar însă am demonstrat că eficacitatea medie (cea mai bună estimare a eficacității) este diferită față de valoarea corespunzătoare probei omogene echivalente. Aceste rezultate sunt relevante în măsurarea probelor de mediu înconjurător (cum ar fi sol, sediment), de exemplu în evaluarea radionuclizilor din seriile radioactive naturale (inclusiv radonul), în caracterizarea etaloanelor preparate prin procedura de spiking etc.

Lucrari publicate (articole) cu suport financiar din contractul nr. 141/2012:

1. O. Sima, M. C. Lepy, Application of GUM Supplement 1 to uncertainty of Monte Carlo computed efficiency in gamma-ray spectrometry, Applied Radiation and Isotopes, 109 (2016) 493-499.

Alți indicatori de proces și de rezultat (doar cei nenuli):

- Mobilitati internationale: 0.25 luna x om
- Numar de articole publicate: 1 cu suport din proiectul CARSTEAM
- Numar articole acceptate pentru publicare: 2
- Numar prezentari la conferinte internationale: 2
- Factor de impact cumulat: 1.136; factor normat la numarul de autori: 0.568

Bibliografie

1. S. Pierre, P. Cassette, International comparison of activity measurements of radon 222 CCRI(II)-K2.Rn-222 (draft report)
2. O. Sima, Computation of the calibration factor for the cup type SSNTD Radon monitor, Radiation Measurement 25, 603-606 (1995)

3. O. Sima, Monte Carlo simulation of the SSNTD Radon detector, Radiation Measurement 34, 181-186 (2001)
4. JCGM 100:2008, Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement.
5. JCGM 101:2008, Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” – Propagation of distributions using a Monte Carlo method.
6. O. Sima, A. Luca, M. Sahagia, Monte Carlo simulation of air sampling methods for the measurement of radon decay products, ICRM-LLRMT Conference, Seattle, 26-30 sept. 2016.
7. O. Sima, Comprehensive software for the assessment of ^{222}Rn and ^{220}Rn decay products based on air sampling measurements, Appl. Radiat. Isot. 67, 867-871 (2009).
8. Sima, O., 2009. Comprehensive software for the assessment of ^{222}Rn and ^{220}Rn decay products based on air sampling measurements, Appl. Radiat. Isot. 67, 867-871
9. O. Sima, Efficiency computation for gamma-ray spectrometry assessment of samples with intrinsic inhomogeneity, ICRM-LLRMT Conference, Seattle, 26-30 sept. 2016.

Obiectivele prezentei etape au fost realizate in totalitate de catre Partenerul 2, Universitatea din Bucuresti.

Concluziile etapei: Toți partenerii și-au îndeplinit obligațiile asumate pentru Etapa a 5-a a proiectului.

MULȚUMIRI: Directorul de proiect si responsabilii de proiect din partea celor doi parteneri ai proiectului CARSTEAM, exprimă sincere mulțumiri domnilor Viorel Bătrîneanu, Laurențiu Povariu, dr.ing. Leonardo Șerbina și dr. Dan Ghiță (Dept. DAT), doamnei dr. Dana Nicolae și d-lui Dan Gheorghe (Dept. DRMR) și celorlalți colegi din IFIN-HH care au contribuit direct sau indirect la realizarea obiectivelor acestui proiect. Le mulțumim domnilor Dan Eugen Neagoe (S.C. ART PROIECT CONSULT S.R.L.) și Ionuț Nicola (S.C. DIAFAN S.R.L.) pentru realizarea unor lucrări de calitate pentru proiect.

Mulțumim UEFISCDI pentru suportul financiar oferit în această a 5-a și ultimă etapă din cadrul proiectului.

Director de Proiect,

Dr. Aurelian Luca