

PROBLEMATICA PREZENȚEI RADONULUI ÎN CLĂDIRILE DIN ROMANIA

Prof.dr.ing. Bercea Mihai
Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" – Iasi
Prof.dr.ing. Emilia-Cerna Mladin
Universitatea POLITEHNICA București

1 - Introducere

Monitorizarea radonului, la prima vedere, nu ar face parte din preocupările auditorului energetic din domeniul construcțiilor, acestea fiind concentrate în principal către asigurarea eficienței energetice a construcțiilor, în condițiile asigurării unui confort optim al ocupanților, dat fiind că omul își petrece 75% din timpul unei zile, într-o încăpere. Confortul presupune însă și asigurarea unui număr optim de schimburi de aer, proaspăt și cât mai curat. Pana acum câțiva ani, prin aer curat se accepta ca acesta să conțină cât mai mult oxigen și cât mai puține componente toxice (NOx- compusi ai azotului, mono și bioxid de carbon, praf, polen, bacterii, fungi, formaldehidă etc.). Statisticile medicale au arătat că în lista celor menționate (după anii 50) trebuie incluse și gazele radioactive naturale, care sunt emise de scoarta terestră (inodore și incolore), dar care provoacă multe decese, prin implicațiile nedorite asupra plămânilor și nu numai. Unul din acestea este radonul.

Prin aceste demersuri se urmărește o reatentionare a factorilor decidenți în privința atenției legislative care trebuie să se acorde atenuării practice a efectelor nedorite ale radonului în construcțiile din România, atunci când se pune problema unei construcții noi sau a reabilitării unei mai vechi.

2 - Parametrii fizico-chimici ai radonului și efecte asupra sănătății omului

"Radonul este un gaz radioactiv provenit din dezintegrarea radiului, cel din urmă provenind din dezintegrarea uraniului. Este prezent în anumite soluri și poate fi transportat prin intermediul mediilor poroase, în special prin fenomenul de difuzie. Radonul este un element chimic cu simbolul **Rn** și numărul atomic **86**, fiind al cincilea element chimic radioactiv descoperit. A fost descoperit în anul 1900 de către Friedrich Ernst Dorn. Face parte din grupa gazelor rare. Creșterea concentrației de radon în atmosfera anunță apropierea unui cutremur. Radonul este inodor, incolor, insipid, dar la temperaturi scăzute sub punctul de îngheț 202 K (−71 °C) are o culoare fosforescentă strălucitoare, care se transformă în galben când temperatura scade și devine orange-roșu la temperaturi sub 93 [K] (−180.1 °C). La valori normale ale temperaturii și presiunii, radonul formează un gaz monoatomic cu o densitate de 9,73 kg/m³, de aproximativ 8 ori mai mare decât densitatea atmosferei Pământului care este 1,217 kg/m³. Izotopul său cel mai stabil, cu număr de masă 222, are un timp de înjumătățire de numai 3,8 zile.

Radonul se găsește în sol, roci și apă și nu poate fi detectat de către om. El este utilizat și în domeniul medicinei și științei, dar cauzează moartea a sute de mii de oameni pe glob, reprezentând o cauză recunoscută a cancerului la plămâni [1, 2, 3, 22]. În România, numărul de decese datorate radonului este foarte ridicat, acesta fiind între 1500-1800 de decese, reprezentând 25% din totalul deceselor de cancer pulmonar [4]. „Organizația Mondială a Sănătății” (OMS) precizează că riscul incidenței cancerului de plămâni cauzat de radonul rezidențial crește cu 10% la 100 de unități de radon pe metru cub de aer. Cu alte cuvinte, dacă la 100 de unități de radon pe metru cub de aer riscurile cresc cu 10%, la 200 de unități vorbim de 20%, respectiv la 300 – 30% și așa mai departe.” [5]

Unitatea de masura pentru nivelul de radon emis de sursa este **picocuries pe litru** [pCi/L] sau **becquerel pe metru cub** [Bq/m³]. 1[Bq] corespunde la o dezintegrare pe secunda. 1 [pCi/L] corespunde la 37 [Bq/m³]. Cantitatea (doza) de radiații absorbită de catre mediu, prin care trece fluxul de radiații, este **Gray** [Gy]. **Sievert** [Sv] este unitatea ce reprezinta doza de radiații care permite masurarea impactului medical (nu este o cantitate fizic masurabila).

3 - Cadrul legislativ european și național

În România există o singura instituție în care se efectueaza cercetări asupra concentrației de radon - "Centrul de Radioactivitatea Mediului și Date Nucleare" din cadrul Universității Babeș-Bolyai din Cluj. Aceasta s-a preocupat cu masurarea nivelului de radon în sol, apă și aer, la nivel național, dar cu preponderență în zone din Transilvania.

Din punct de vedere al normativelor care fac referire la radon exista numai normativul NP 008-97 [9]. Acesta se refera la igiena compozitiei aerului în spații cu diverse destinații, radioactivitatea conținutului de radon 220 și/sau radon 222 din aerul provenit din sol sau din materiale de construcție. Se precizeaza în normative că nivelul radonului nu trebuie să treacă de limita de 140 Bq/m³. Este interzisă adaugarea intenționată de elemente radioactive naturale sau artificiale. În schimb, directiva europeană 2013/59/Euratom a introdus o valoare maximă admisă de 300 Bq/m³ pentru toate clădirile (locuit, publice, spații de lucru etc.), mai mult decât dublul limitei din normativul românesc. România avea ca obligație, ca pana la data de 6 februarie 2018, sa adopte actele normative cu putere de lege si actele administrative necesare pentru transpunerea Directivei 2013/59/Euratom a Consiliului European, emisă la 5 decembrie 2013. Singurul act normativ emis a fost HG 526/2018 care stabilește un plan național de acțiune la radon, fără a prezenta însă niveluri de referință pentru concentrațiile de radon din interior și pentru expunerea la radiațiile gamma din interior emise de materialele de construcții, precum și și fără să introducă cerințe privind reciclarea reziduurilor din industriile de prelucrare a materialelor radioactive prezente în mod natural în materialele de construcție. La mijlocul anului 2018, România a dispus de o hartă completă a nivelurilor de radon. În fapt, toate țările europene trebuie sa dispună de astfel de cartografii, la aceeași dată.

La Universitatea "Babes Bolyai" din Cluj – s-a realizat prima hartă de radon din România, prezentată în Fig.1 cu zonele de risc, iar țara noastră se află într-un top negativ al valorilor de radon din Europa. Pe baza a aproximativ 5.000 de măsurători de radon interior, media expunerii în România ar fi de 176 Bq/m³, mai mult de 11% din rezultate fiind peste nivelul legiferat European de 300 Bq/m³.

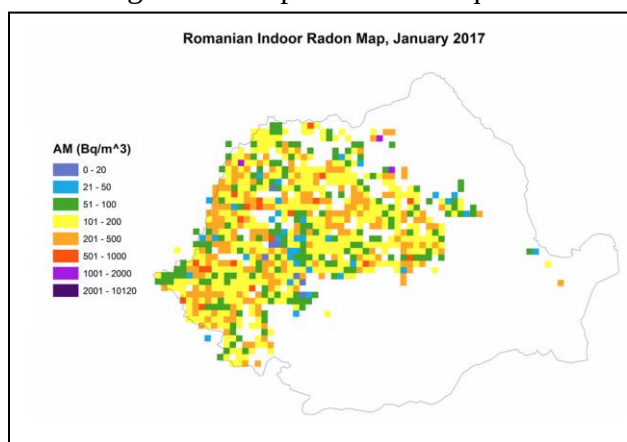


Fig. 1 – Cartografierea partiala a nivelului de radon la nivel national [13]

Asta inseamna ca ne situăm într-o zona de risc ridicat, media europeana fiind de 98 Bq/m³. Măsurătorile au acoperit 42% din teritoriul țării (18 județe din țară) și harta se va complete cu noi măsurători [13]. Din datele furnizate de laboratorul amintit, rezultă că problema radonului este

acută în România, concentrațiile de radon fiind printre cele mai mari din Europa. Pericolul este evidențiat și de faptul că, în 180 de școli, grădinițe și primării monitorizate, s-au constatat niveluri ridicate de radon. Sunt vizate în special județele județele Alba, Timiș și Suceava, unde concentrațiile măsurate au fost mai mari [24].

Prin acordurile de parteneriat încheiate de către **Laboratorul de Radioactivitatea Mediului al Facultății de Știința Mediului din Universitatea “Babes Bolyai”** din Cluj-Napoca, cu Comisia Națională pentru Controlul Activității Nucleare – CNCAN și Institutul Național de Sănătate Publică - INSP), prin proiectul SMART-RAD-EN, finanțat de Programul Operațional Competitivitate 2014-2020, se va contribui la crearea cadrului legislativ românesc pentru protecția locuitorilor României împotriva radonului, având ca țintă și indicații pentru evitarea anumitor zone unde nu ar trebui construite locuințe.

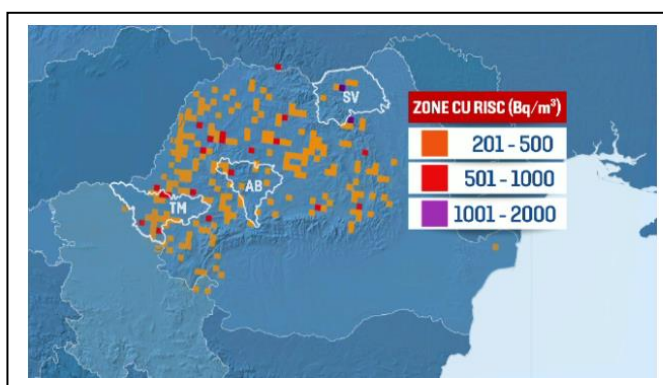


Fig. 2- Județele cu risc la contaminare cu radon [26]

4 - Modul de infiltrare a radonului în clădiri

Radonul ($Rn-222$) și thoronul ($Rn-220$) se formează continuu în crusta terestră prin dezintegrarea uraniului și thoriului distribuiți în mici cantități în sol și rocile ce constituie această crustă. Atomii de radon migrează în aerul din structura solului și ajunge în atmosferă prin difuzie sau prin transportul cauzat de diferențele de presiune. Coeficientul de difuzie al radonului în sol este de circa $0,05 \text{ cm}^2/\text{s}$, ceea ce înseamnă că la o adâncime de 1m concentrația lui este dublă față de cea de la suprafață [12].

Migrarea acestor gaze într-o clădire se produce prin neetanșeitățile dintre sol și plăcile pe sol, prin pereții subsolurilor și demisolurilor (zonele prin care patrund conductele în clădire, fisuri, segregări în masa de beton etc.), prin apa utilizată pentru consum sau în scop sanitar și prin aerul introdus în clădire – Fig. 3. Prezența radonului în aerul din interiorul clădirilor poate fi datorată și aerisirii insuficiente a spațiilor, gradului de etanșietate ridicat al clădirii, presiunii negative în anveloparea clădirii etc. Concentrația radonului în locuințe crește pe timpul nopții, când apare o acumulare puternică datorită reducerii ventilației naturale și se reduce semnificativ dimineața la deschiderea ferestrelor și ușilor. Datorită diferenței de presiune dintre cameră și subsol/sol apare un transport al aerului cu radon spre interior dacă în placa peste subsol/sol există crăpături și neetanșeități.

În privința aerului exterior clădirii, radonul poate fi răspândit prin curenții de aer de la zona de emanare din sol până în zone mai îndepărtate, atât pe orizontală cât și pe verticală. În atmosferă, coeficientul de difuzie al radonului este de $5 \cdot 10^4 \text{ cm}^2/\text{s}$, astfel că înălțimea la care concentrația de radon scade la jumătate este de 1000 m [11].

Radonul este solubil în apă, dar mult mai solubil în lichide organice. La nivel național, apa cu cele mai mari concentrații în radon este livrată în regiunea Moldovei. La polul opus este Banatul [7]. Directiva 2013/51/EU precizează că nivelul maxim admisibil al radonului în apa potabilă este de 100 Bq/l . În băi, nivelul radonului poate fi mai ridicat decât în celelate camere, dacă apa conține radon [14].

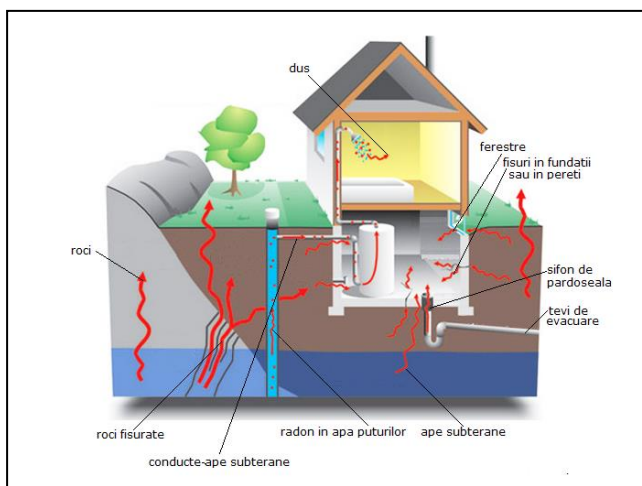


Fig. 3 – Modul de infiltrare a radonului, prin scoarța terestră într-o locuință

Radonul poate proveni și din materialele utilizate pentru realizarea construcției (pământ, piatră, cărămidă, țiglă, plăci din bazalt, “bolțari” din zgura de la termocentrale, straturile din zgură utilizate ca izolator termic pentru pardoseli etc.), dacă acestea provin din zone radioactive, însă concentrația nu este semnificativă. În schimb, gipsul și fosfogipsul, folosite ca materiale de acoperire a pereților interiori, pot aduce o contribuție semnificativă la creșterea concentrației de radon la interior deoarece acesta poate difuza ușor înainte de a se dezintegra prin straturile subțiri de tencuială [7].

Orice casă, fie ca este veche sau nouă, cu sau fara subsol, bine izolată sau expusă curenților, poate avea probleme de gravitate diferită cu radonul. În cazul blocurilor de locuințe, nivelul radonului este sesizabil la parter și este neglijabil la etaje. Nivelul radonului variază și de la o luna la alta dintr-un an. Astfel, în perioada de iarnă, concentrația de radon într-o clădire crește mai mult decât în perioada de vară datorită diferenței de temperatura dintre interior și exterior (“efectul de șemineu” sau “tiraj termic”) [14] și a presiunii mai scăzute a aerului în interior față de exteriorul clădirii în aceasta perioada. Pentru o casă din jud. Bistrița Năsăud, cu pivniță sub unul dintre dormitoare de la parter, construită între anii 1976-1978 cu temelie din piatră extrasă din zona minei Baița-Plai, cu nisip din zona Criș, pereți din cărămidă plină și cu podea din scandură, s-au măsurat nivelurile de radon prezentate în Tabelul 1 [11].

Tabel 1

Nr. crt.	Camera	Concentrația de radon (Bq/m ³)		
		Perioada (dec.-feb.)	Perioada (mar.-apr.)	Anual
1	Dormitor 1 (peste pivniță)	1013	601	680
2	Dormitor 2	1600	1590	1395
3	Sufragerie (living)	-	649	649
4	Baie	-	726	726

Nivelul radonului poate fi diferit și în două clădiri foarte apropiate. Diferențele se datorează poziționării clădirii față de o sursă de radiații, dar și configurației acesteia: cu placa pe sol, cu sau fără demisol, cu sau fără subsol/pivniță sub clădire etc. După cum reiese și din Tabelul 1 concentrațiile de radon diferă de la o cameră la alta, în aceeași casă. În general, valori mai scăzute s-au înregistrat în bucătăria cu placa pe sol cu gresie, valori mai ridicate în dormitoare cu pardoseala din scânduri și fără șapă din beton. S-au înregistrat astfel concentrații de 150 Bq/m³ într-o casă, iar la casa vecină de peste 1000 Bq/m³ [13, 23].

Există și unele păreri conform cărora izolarea termică a clădirilor cu straturi din materiale termoizolante ar conduce la creșterea nivelului de radon din interior. Astfel regretatul prof.dr.ing. Constantin Cosma de la Universității Babeș-Bolyai din Cluj afirma următoarele: „s-a constatat că eficientizarea energetică a locuințelor crește conținutul de radon și de alte gaze periculoase

pentru sănătate. Intr-o locuință foarte bine izolată față de una normală poate crește concentrația de radon de 2-3 ori.”[8]. Una din cauze poate fi și tâmplăria etanșă și/sau faptul că unii locatari au dărmătat sau închis coloanele de aerisire.

În România, riscul contaminării cu radon este mărit în județele Sibiu, Cluj și Bihor, unde un studiu a delimitat zone cu valori duble față de limita maximă [6]. Problematika radonului este aceeași și la nivel mondial. De exemplu, în SUA – EPA (*Environmental Protection Agency – Agenția de Protecție a Mediului*) estimează ca aproape una din cincisprezece case are un nivel ridicat de radon.

5 - Masuratori în zona satului Pietrăria, comuna Bârnova, jud. Iași – anul 2017

Satul Pietrăria este situat în apropierea dealului Repedea care face parte din rezervația paleontologică Repedea. Cercetările geologice efectuate aici, (printre primii fiind geologul Grigore Cobălcescu), au demonstrat că în urmă cu 5-7 milioane de ani (în perioada geologică - Miocenă), amplasamentul unde se află azi dealul Repedea era acoperit de apele Mării Sarmatice care se întindeau pe un larg areal vest-est între Viena de astăzi și Munții Tian-Shan din Asia Centrală. Cochiliile moluștelor de apă sărată care au murit s-au depus pe fundul mării, cimentându-se și astfel s-a format Dealul Repedea de astăzi. Dealul Repedea are structura calcaroasă, în preajmă fiind și câteva grote. Pana la încadrarea locației în categoria de rezervatie, aici erau cariere de piatră (gresie), de unde se extragea piatră pentru diverse utilizări/destinații: fundații de casă, beciuri, pavaje etc.

Clădirea este o locuință recepționată în anul 2008 și se află la o distanță de circa 600 m față de dealul Repedea. Construită pe un sol de natură argilă nisipoasă, are regimul de înălțime **D+P+M**. Fundația este de tip continuă din beton armat, rigidă, având lățimea de 80 cm. Fundația este hidroizolată pe exterior (cu masă de șpaclu din bitum cauciucat) și termoizolată cu polistiren extrudat având grosimea de 10 cm. Pe contur, placile pe sol (flotante) corespunzătoare fiecărei camere, sunt izolate față de fundație printr-un strat de 2 cm din polistiren extrudat așezat pe verticală. Placa pe sol are configurația reprezentată în Fig. 4. În Fig. 5 sunt cotele de nivel ale demisolului.

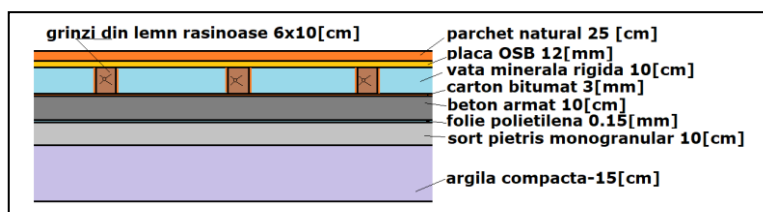


Fig. 4 – Detaliul plăcii pe sol

Structura de rezistență a nivelurilor P și M este un cadru spațial din lemn (rășinoase), în ochiurile de cadru fiind zidărie din BCA (25cm); întreaga casă este izolată pe exterior cu vată bazaltică semirigidă. Fațada este ventilată, paramentul exterior fiind din cherestea (rășinoase) de 2 cm. Toată tâmplăria este de tip termoizolantă (PVC, cu 2 rânduri de sticlă). Clădirea nu dispune de un sistem centralizat de ventilație. Ventilația se realizează numai prin deschiderea ferestrelor. Detectoarele pentru radon au fost montate în două camere de la demisol, conform procedurii oferite de *Laboratorul Centrului de Radioactivitate Mediului și Date Nucleare - Cluj* și au fost menținute 6 luni de zile în perioada ianuarie - iulie 2017. După dezvoltare în cadrul laboratorului amintit, s-a emis buletinul de măsuratori prezentat în Fig. 6. Concentrațiile de argon măsurate sunt mai mici decât cele adoptate la nivel european (300 Bq/m^3), dar mai mari decât cele prevăzute de normativul NP 008-97 (valoarea maximă admisă 140 Bq/m^3). Se poate bănui că nivelul radonului ar fi fost mult mai mare dacă demisolul ar fi avut o dușumea clasică, din scândură.

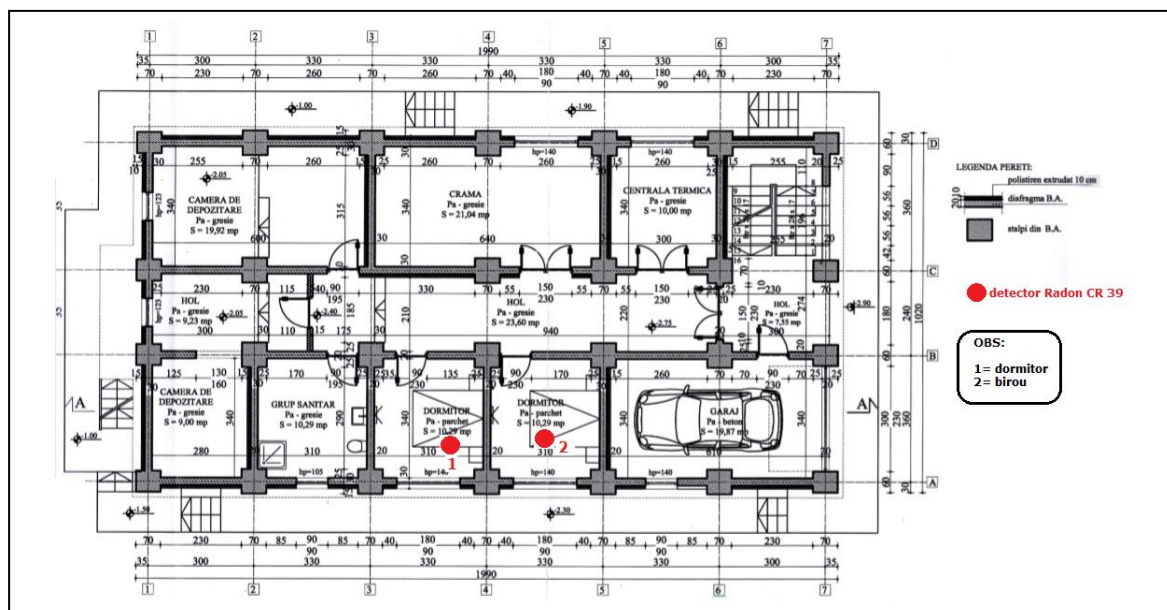


Fig. 5 – Arhitectura demisolului

Scopul	Campania I de măsurători pasive în 1000 de case din cadrul proiectului „Sisteme inteligente privind siguranța populației prin controlul și reducerea expunerii la radon corelate cu optimizarea eficienței energetice a locuințelor din aglomerări urbane importante din România”, Contract Nr. 22/01.09.2016, ID P_37_229, cod MySms 103427, Finanțat prin Programul Operațional Competitivitate 2014-2020, Axa prioritară POC-A1-A1.1.4-E-2015 (www.smartradon.ro)		
Tipul detectorului	RSKS (CR-39) furnizat de Radosys, Ungaria		
Data emiterii buletinului	10.10.2017		
Condiții de măsurare	Perioada monitorizată	ianuarie - iulie 2017	
	Tipul camerei 1	Birou	
	Seria detectorului 1	797240	
	Tipul camerei 2	Dormitor principal	
	Seria detectorului 2	796855	
REZULTATELE MĂSURĂTORILOR CONCENTRAȚIEI DE ACTIVITATE DE RADON ÎN AER PRIN METODA PASIVĂ ÎN CAMPANIA I			
Camera monitorizată	Concentrația de activitate de radon (Bq/m³)	Eroarea de măsurare (Bq/m³)	Valoarea recomandată (Bq/m³)
Birou	168	± 13	< 300
Dormitor principal	141	± 11	

Fig. 6– Detaliu din buletinul de măsurători

6 – Soluții tehnice pentru reducerea nivelului de radon din clădiri de locuit, publice sau spații de lucru

Din literatura de specialitate, se desprind câteva soluții tehnice pentru reducerea concentrației de radon. Se disting abordări diferite pentru clădiri mai vechi care necesită reabilitare parțială sau totală și pentru clădiri noi.

Deoarece problema reducerii concentrației de radon este relativ nouă, multe clădiri vechi, (locuințe, școli, grădinițe, penitenciare, clădiri culturale, spitale etc.) trebuie să fie reabilitate astfel încât să facă față noilor cerințe sanitare. Acolo unde nu sunt posibile intervenții radicale în interiorul clădirilor, se impune chituiră tuturor fisurilor apărute în timp în placa pe sol, între placă și pereți sau fundație, în jurul conductelor etc, cu soluții de tipul celor prezentate în Fig. 7. Aceasta operație se poate face cu o gamă diversă de adezivi, masticuri sau cu lichide penetrante cu întărire rapidă. Suplimentar, se impun măsuri de intensificare a ventilației naturale – Fig. 8.

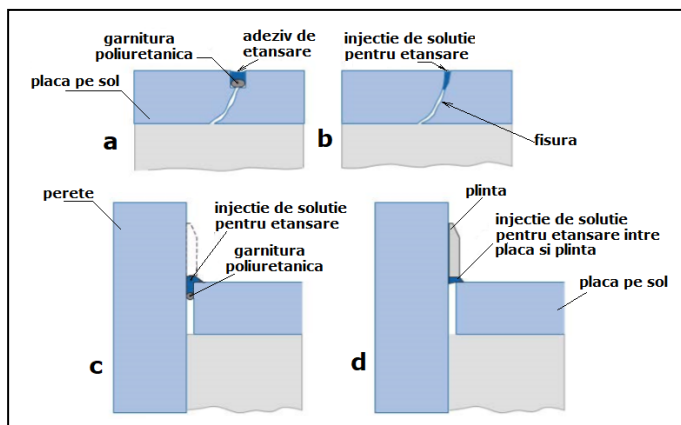


Fig.7 – Soluții pentru etanșarea fisurilor și spațiilor rezultate prin tasări [23]

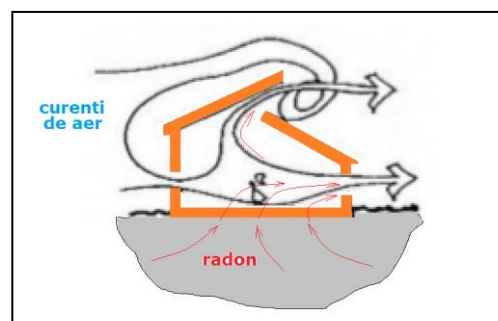


Fig. 8 - Ventilarea naturală pentru reducerea concentrației de radon

În clădirile unde este posibilă înlăturarea dușumelelor și a parchetului, se execută canale paralele în care se pune sorț din piatră și conducte perforate din material plastic, pentru extracția și eliminarea radonului spre exterior prin tiraj natural sau forțat. Această soluție a fost utilizată și în cazul reabilitării unor locuințe din zona minei de aur din Băița [28] – Fig. 9.



Fig. 9 - Practicarea de șanțuri în șapa unei plăci pe sol, pentru introducerea tubulaturii perforate, pentru absorbția radonului [27]

Atat în cazul clădirilor noi, cât și în cazul clădirilor vechi (peste tubulatura perforată – Fig. 9) se așază membrane speciale, cunoscute și sub denumirea de membrane “antiradon”. Acestea se lipesc pe contur și între ele. În cazul reabilitării totale sau parțiale a clădirilor existente, membranele se dispun peste placa pe sol (cu sau fără rețea de tubulatură perforată), sub o șapa din beton armat. În cazul clădirilor noi aceasta se dispune sub placa pe sol. Pe piață, sunt multe sortimente de membrane, autoadezive sau nu, care pot îndeplini aceste cerințe. Grosimea membranelor este de aproximativ 300 μm și nu permit difuzia radonului (permeabilitate la radon este 8.1-12 m^2/s , permeabilitate la vaporii de apă 0.33 $\text{g}/\text{m}^2/24\text{h}$). Membranele au rezistență mecanică adecvată, datorită utilizării unui suport textil sintetic și sunt impregnate cu material plastic pelicular (polietilena) care îi conferă elasticitate. Îmbinarea se face prin suprapunere, utilizând benzi dublu adezive între cele două membrane suprapuse. În locul membranelor pot fi utilizate și diferite vopsele elastice, pe baza de cauciuc, care astupă toți porii plăcii pe sol. În cazul clădirilor noi, membranele se utilizează nu numai sub placa pe sol, ci și între blocurile ceramic cu gauri, pe conturul peretilor verticali ai subsolurilor sau demisolurilor – Fig.11. Dacă pereții sunt din cărămizi cu goluri, OSB și izolator termic, plăci din gypscarton și izolator termic, gazele de radon pot să se infiltreze și prin aceste spații.

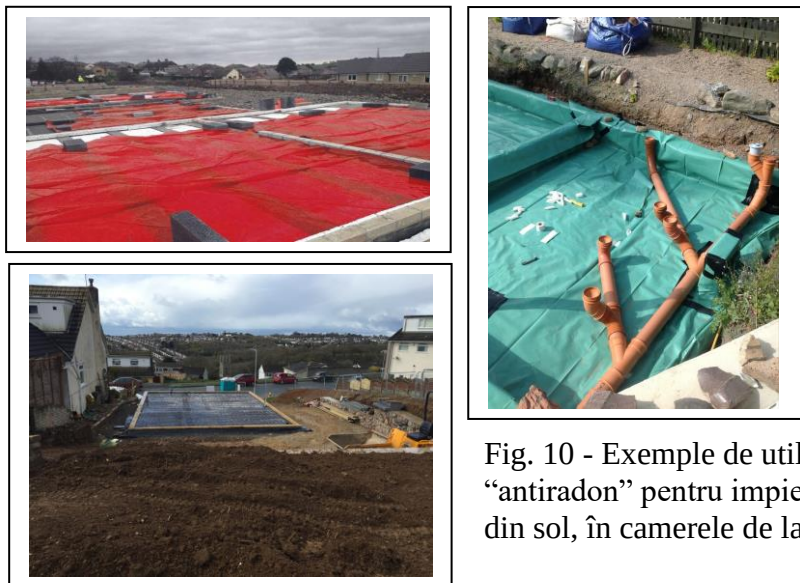


Fig. 10 - Exemple de utilizarea unor membrane “antiradon” pentru împiedicarea patrunderii radonului din sol, în camerele de la parter [15, 16, 17]

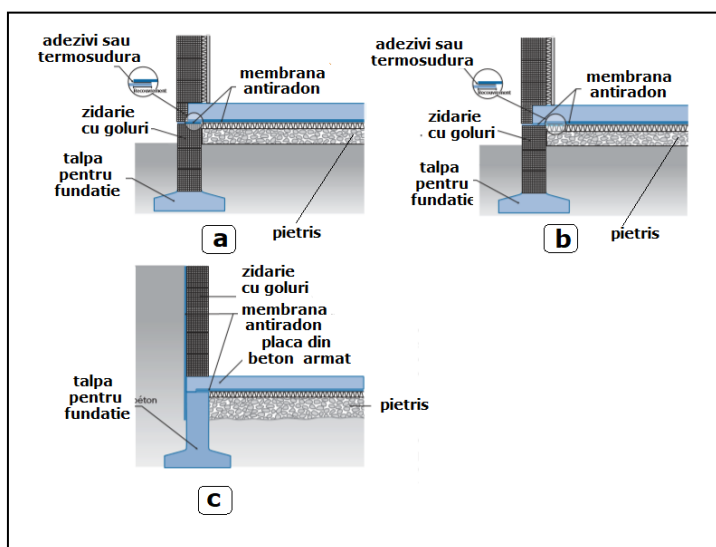


Fig. 11 – Soluții pentru dispunerea membranelor antiradon în cazul clădirilor noi (pereți și temelii din blocuri ceramice cu goluri)[29]

Soluțiile prezentate anterior sunt din categoria celor pasive, radonul infiltrat fiind eliminat prin tiraj natural. Există însă și soluții care presupun utilizarea unui ventilator electric pentru eliminarea sau diminuarea concentrației de radon.

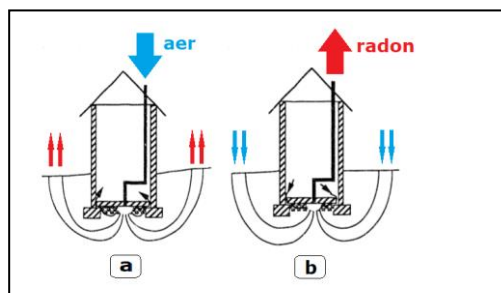


Fig. 12 - Soluții de principiu pentru eliminarea pericolului contaminării cu radon:

a - crearea unei **suprapresiuni** în locuința;

b - crearea unei **depresiuni** sub placa pe sol

Cea mai utilizată este soluția de depresurizare. Depresurizarea se poate realiza prin tiraj natural (soluție pasivă) sau forțat, cu ventilatoare. Puterea ventilatoarelor necesare este mică, de 50-70 W. Soluția aceasta se aplică în Italia, Franța, Finlanda, Norvegia, Cehia etc. [18]. Eficiența sistemului este dependentă și de structura solului. Dacă solul este permeabil gazelor, eficiența

este mai ridicata. Soluții detaliate pentru aplicarea acestei variante pe teritoriul SUA sunt prezentate în lucrarea [20].

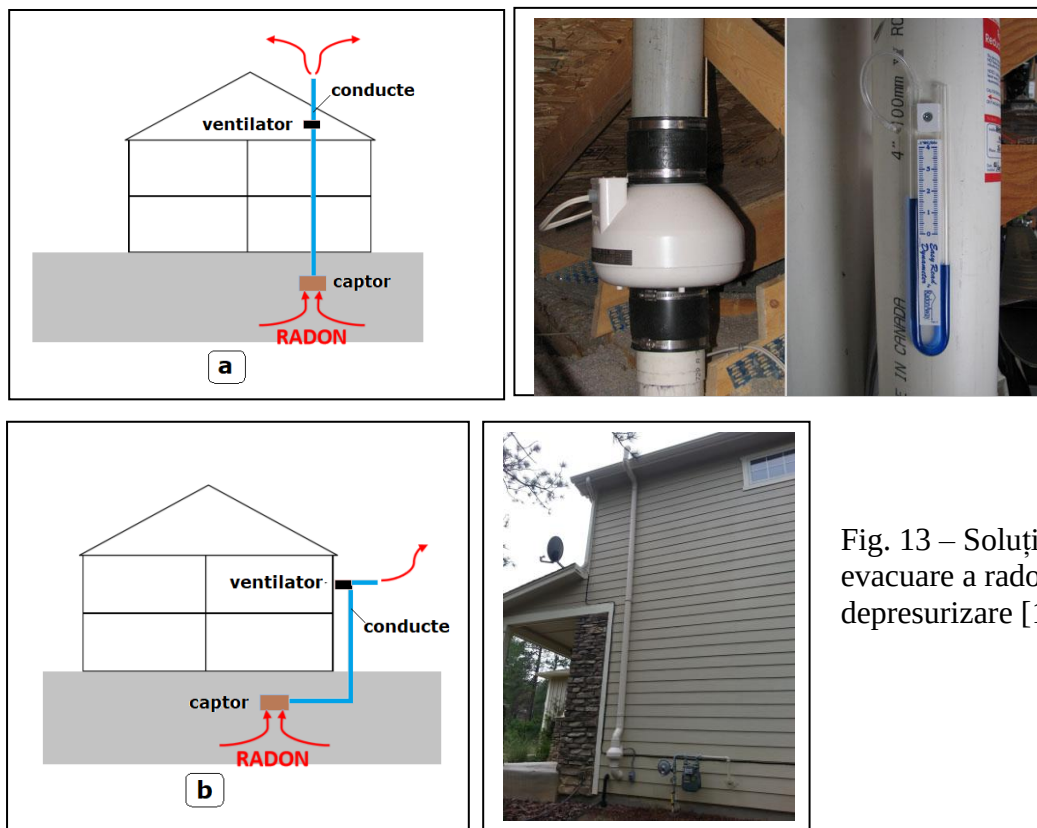


Fig. 13 – Soluții de evacuare a radonului prin depresurizare [19,21]

În domeniul depresurizării, se întâlnesc două variante. Prima variantă presupune folosirea unui mic puț de radon (sort din piatra) și un sorb (o teava din plastic, perforată), atașat unei țevi din PVC sau din metal (care îl distribuie în atmosfera) și/sau unui ventilator axial. Conducta de evacuare a radonului poate să treacă prin planșee și acoperiș sau să fie montată tangent pe exterior, pereților- Fig. 13a și 13b. Un astfel de extractor a fost utilizat și în cercetările efectuate în zona Băița-Steii - Fig.14 și Fig. 15.

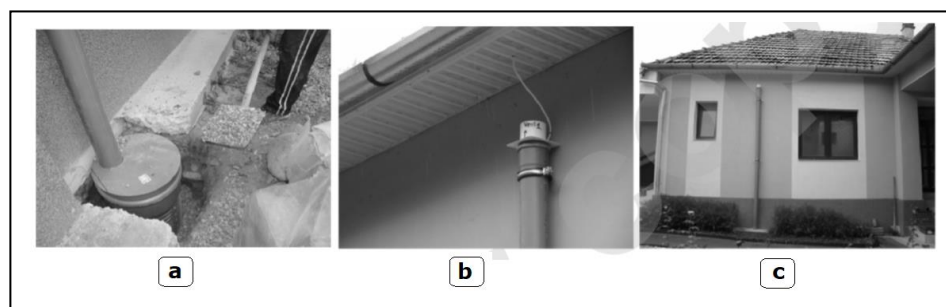


Fig. 14 – Soluție utilizată la reabilitarea unei locuințe din zona minei Băița [30]

În SUA, Canada și Australia, există module fabricate special pentru absorbția radonului, în cazul aplicării metodei de depresurizare – Fig. 16. În cazul solurilor permeabile absorbția radonului poate fi realizată utilizând tuburi din material plastic, perforate, protejate cu geotextile, amplasate sub placa de sol sau dusele – Fig.17.

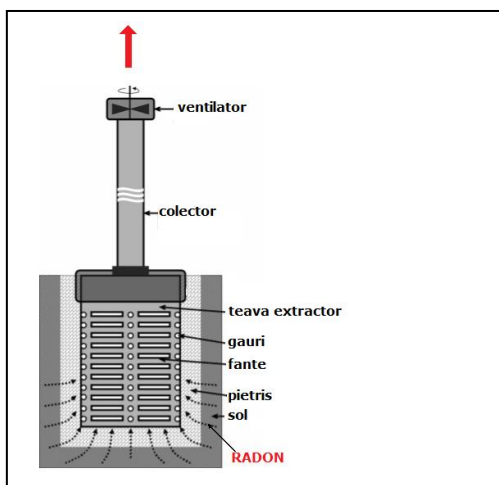


Fig. 15 – Extractor (sorb) de radon, care se monteaza în sol, în vecinatatea locuintei sau chiar în interiorul acesteia [23]



Fig. 16 – Module pentru aspirarea aerului cu infiltrații de radon

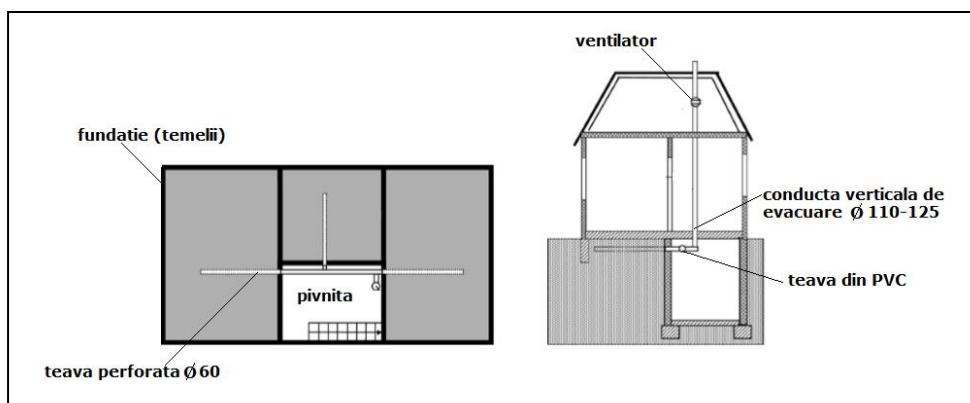


Fig. 17 – Solutie tehnica de absorbtie a radonului pentru o casa cu parter, pod si pivnita [19]

A doua varianta presupune ca planșeul parterului să fie amplasat la o anumită distanță de sol sau placa pe sol - Fig. 18. Se creaza astfel un volum tampon de aer, denumit în literatura franceza de specialitate ca "*vide sanitaire*". Locuințele din SUA, Australia sau Canada au o astfel de conformitate, avand planșeul parterului deasupra solului. Prin acest spațiu, se creeaza o circulație naturală a aerului exterior. Aerul proaspăt absoarbe și gazele de radon furnizate de

scoarța terestră sub fundația clădirii, gaze care în mod normal ar avea tendința să patrundă în locuință. Tirajul natural poate fi intensificat prin intermediul unor coșuri de aerisire. Dacă circulația naturală nu reușește să absoarbă într-un procent mulțumitor radonul, atunci se impune utilizarea unor ventilatoare axiale – Fig.19.

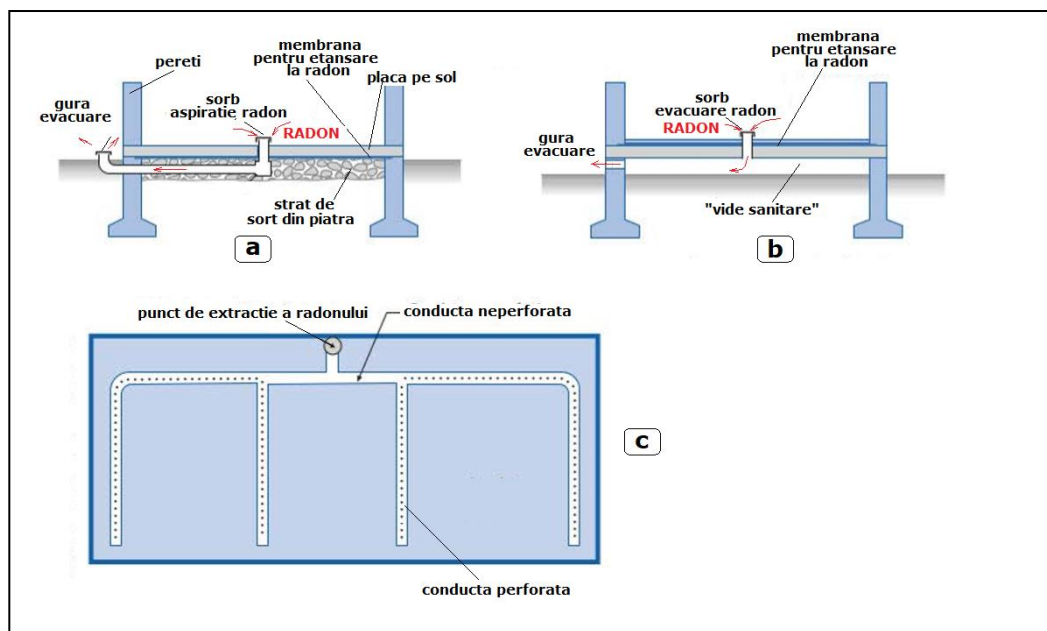


Fig.18 – Soluții pentru înlăturarea radonului cu tiraj natural sau “vide sanitaire”

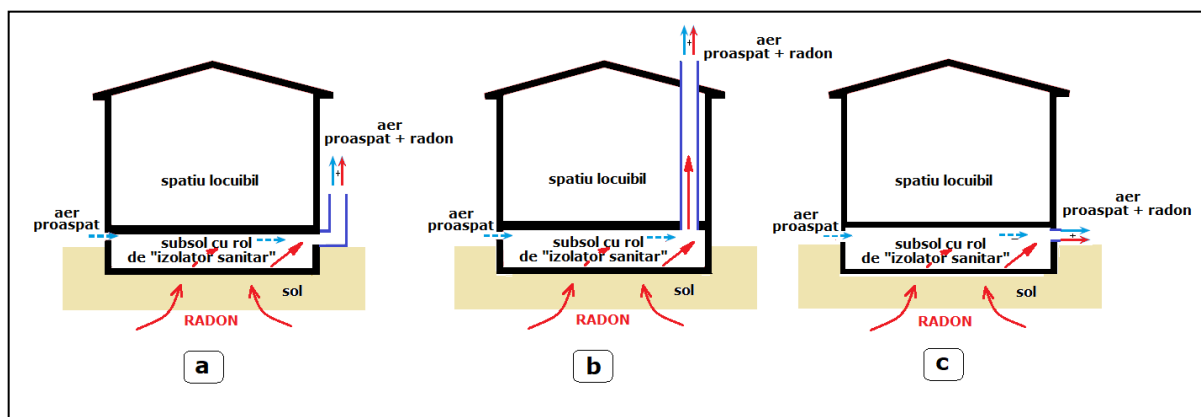


Fig.19 – Soluții pentru intensificarea tirajului din spațiile de sub locuințe (beciuri, demisoluri sau cele special proiectate în acest scop)

Acest volum de aer (“vide sanitaire”) poate fi realizat și din piese prefabricate (obținute prin injecție, din mase plastice reciclabile), care se cuplează între ele și se așează pe o membrană “antiradon”, peste care se plasează armatură din oțel și betonul. Piesele sunt sub forma unor cochilii, permițând circulația aerului între acestea și sol. Din start, se realizează gurile de admisie și de evacuare a aerului, care sunt țevi din PVC. Sistemul se utilizează și în zonele în care se înregistrează emanații de metan. Totodată, ele constituie un confraj pentru turnarea plăcii pe sol. Soluția (brevet italian) se utilizează în Italia, Franța [20], Canada, SUA, Australia, Germania etc. [21].



Fig.20 - Cupolete din material plastic, modulare, utilizate pentru realizarea “subsolului” necesar ventilării, în vederea eliminării radonului [20, 21]

Puțurile de radon reprezintă o soluție optimă în zonele în care solurile sunt permeabile [19] - Fig. 2. Acestea sunt forate la o adâncime de 4-5 m și colectează radonul de pe o rază de 20-30 m. Eficiența tehnologiei este de 80-90%. Radonul este absorbit de către un ventilator axial cu puterea de 150-300 W, dintr-un strat de pietriș, printr-un sorb (o țeava cu găuri) și evacuat în atmosferă. Utilizat în Elveția și Finlanda, acest sistem asigură o diminuare a nivelului de radon cu 80-90%. Această soluție a fost utilizată și în cazul rezolvării problemei reducerii concentrațiilor de radon din locuințele din zona minei Băița [30].

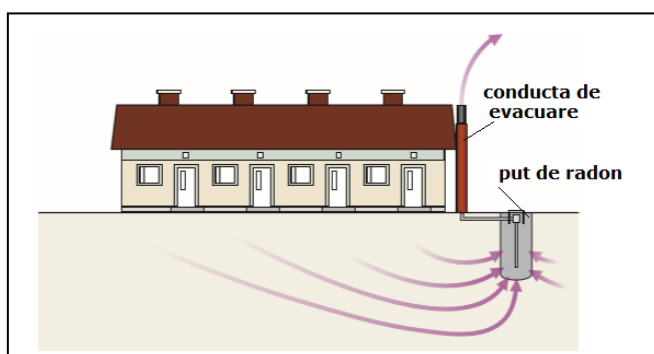
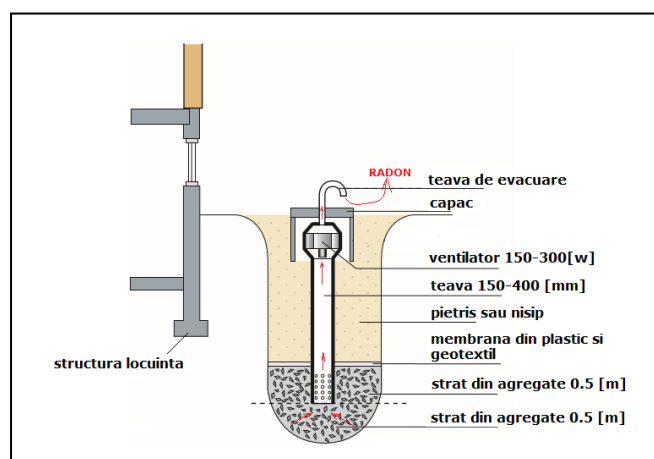


Fig. 21 – Puturi de radon (amplasare și componenta) [19]



O altă soluție constă în crearea unei suprapresiuni în aceste subsoluri, care va împiedica infiltrarea radonului în placa peste subsol – Fig.22. Suprapresiunea se creează prin utilizarea unui ventilator. Dacă este posibil placa peste “subsol”, fie va fi izolată cu o membrană antiradon, fie va fi tratată cu un strat de lichid care să blocheze infiltrarea radonului prin pori sau microfisuri.

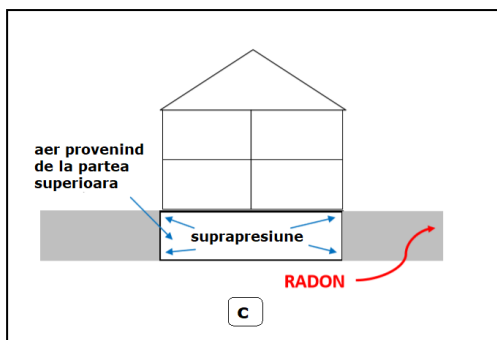


Fig. 21- Utilizarea suprapresiunilor în subsoluri pentru împiedicarea infiltrării radonului din sol

În SUA se utilizează și soluția ce presupune crearea unei ușoare suprapresiuni în întreaga locuință. Suprapresiunea se realizează prin montarea unor filtre și ventilatoare, în podul locuințelor [19] – Fig. 22.

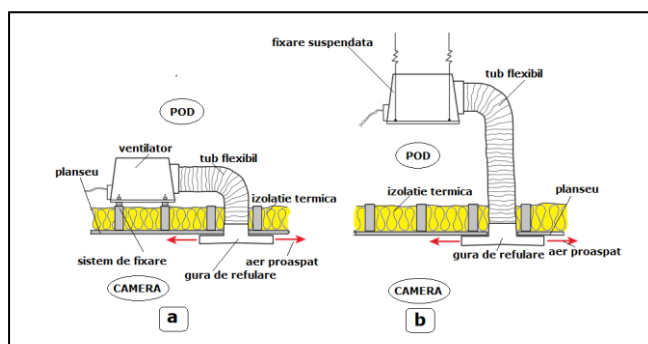
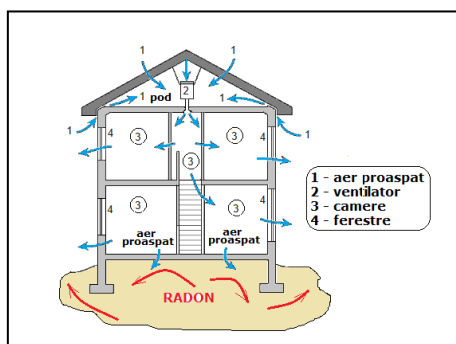


Fig. 22 – Suprapresiune creată în întreaga locuință cu ajutorul ventilatoarelor

În ultima perioadă, se menționează și posibilitatea de a reduce concentrația de radon prin utilizarea sistemului dublu flux de ventilație (schimbător de căldură) – Fig. 23.

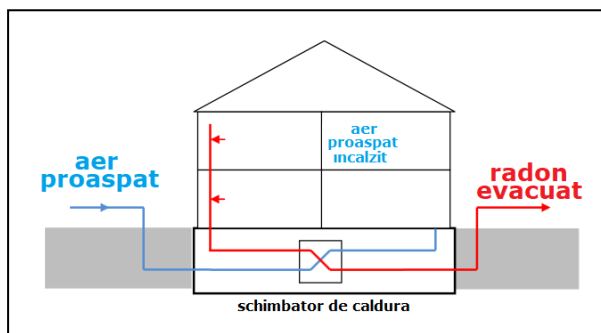


Fig. 23- Reducerea concentrației de radon cu ajutorul unui schimbător de căldură dublu flux, pentru aer

Aerul interior care conține și radon este înlocuit de aerul exterior, proaspăt. Un astfel de sistem păstrează 50-80% din căldură. El este rentabil numai atunci când există o diferență apreciabilă între temperaturile aerului exterior și aerului interior și când nivelul concentrației de radon nu depășește 400-600 Bq/m³.

7 – Metode și echipamente pentru măsurarea concentrației de radon din clădiri

Echipamentele pentru măsurarea concentrației de radon pot fi clasificate după mai multe criterii:

- timpul afectat pentru măsurare : instantaneu, de integrare pe o anumită perioadă, continuu;
- modul de funcționare : active – *necesită energie electrică*, pasive – *nu necesită energie electrică*;
- principiul de funcționare : detectoare de scintilație alfa (Alpha scintillation detectors) care utilizează fosforurile de sulfură de zinc, argintul activat ZnS(Ag), detectoare de etanșare

alfa (Alpha track-etch detectors (ATDs)), spectrometre de radiatie (Alpha radiation spectrometers)

O sinteza a metodelor de masurare disponibile este prezentata în lucrarea [30].

Măsurările efectuate de echipa laboratorului de **Radioactivitatea Mediului al Facultății de Știința Mediului din Universitatea “Babes Bolyai”** se încadrează în categoria măsurărilor pasive [26, 27] și indică concentrația de radon în aerul din interiorul clădirilor cu detectori de urme CR-39 (RadoSys), timp de 3-6 luni. Sistemul RadoSys 2000 (producător RadoSys - Budapesta) pentru procesarea detectorilor de urme CR-39 este alcătuit din următoarele componente:

- unitate de dezvoltare RadoBath;
- microscop optic RadoMeter;
- laptop cu software adecvat pentru citirea urmelor și prelucrarea statistică

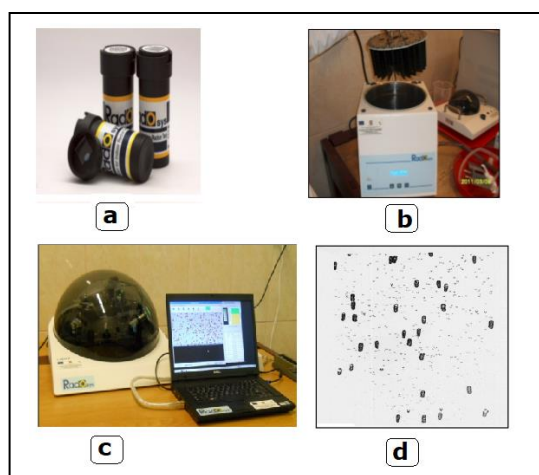


Fig. 24 - Echipamentul pentru măsurarea concentrației de radon **RdoSys**: a- detectorul CR 39, b- unitatea de dezvoltare - RadoBath, c- microscopul optic - RadoMeter

Detectorii pasivi pot fi fabricați sub diverse forme constructive: cilindrici – Fig. 24a, capsule etc. Aceștia utilizează o mică bucată de plastic special închisă într-o carcasă din materiale plastice. Detectorul este expus la aer într-o incinta (camera, sala de clasa, hol, salon etc.) pentru o perioada de timp conform specificatiei producatorului. Cand radonul din aer intra în carcasă, particulele „alfa”, produse prin dezintegrare lasa „amprente” pe plasticul menționat.

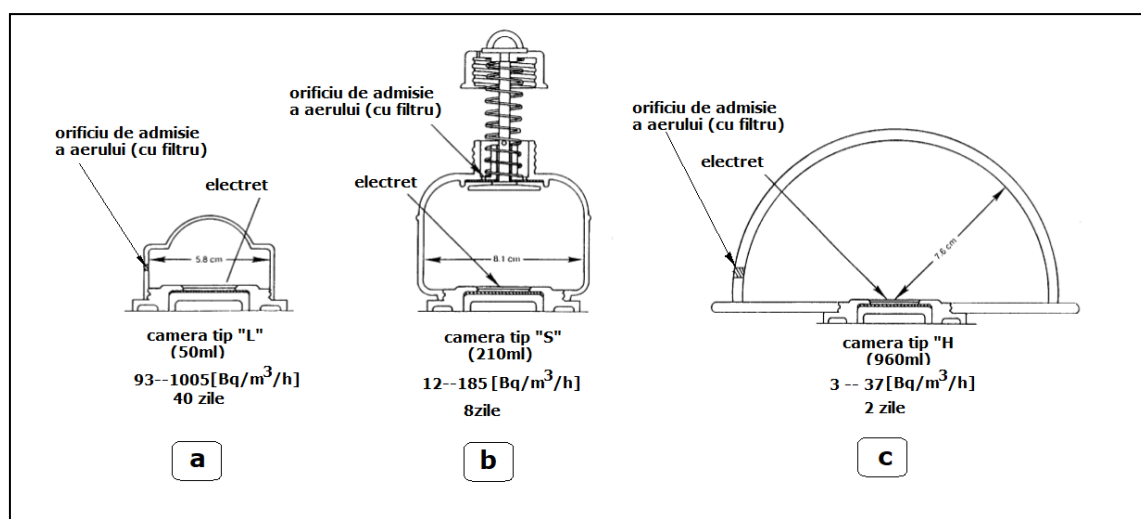


Fig. 25 - Diferite modele de detector cu electreti (tip /domeniul de masurare / durata de mentinere necesara pentru masurarea corecta a concentratiei de radon)

La sfârșitul testului, detectorul este returnat la un laborator pentru analiză și se calculează concentrația medie a radonului după dezvoltare și măsurarea cu ajutorul microscopului a numărului de „amprente”.

Detectoarele cu electreți conțin un disc numit "electret", care consta dintr-o lamelă încărcată electrostatic, montată într-o carcasă, similară cu cea prezentată anterior – Fig. 25 și Fig. 26. Când detectorul este expus la aerul dintr-o cameră pentru o perioadă de timp specificată în prospect, radonul din aer intra în carcasă (recipient) și ionizează aerul din incintă, ceea ce determină reducerea sarcinii electrice a discului. Variația de tensiune este măsurată cu un voltmetru special (înainte și după impresiunea cu radon a detectorului). Pe baza unor etalonări se calculează concentrația medie a radonului. Acest lucru se poate face în casă sau detectorul poate fi returnat la un laborator de specialitate.



Fig.26 - Model de detector de radon cu electreți

Cele mai moderne echipamente sunt cele active, digitale, realizate sub diverse forme. Au nevoie de detector sau mai multe detectoare montate în diverse camere, supuse monitorizării. Rezultatele pot fi transferate printr-un sistem de achiziții de date și de transfer, la distanță. Datele pot fi afișate pe aparate de dimensiunea unui telefon mobil, pot fi stocate pe memorii – port USB, pot fi prelucrate pentru diferite statistici cu ajutorul unui laptop etc.

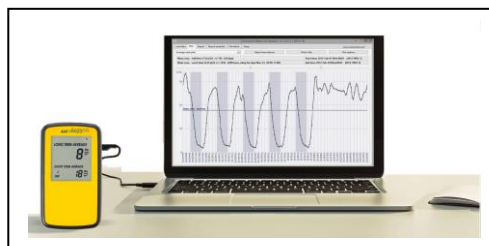
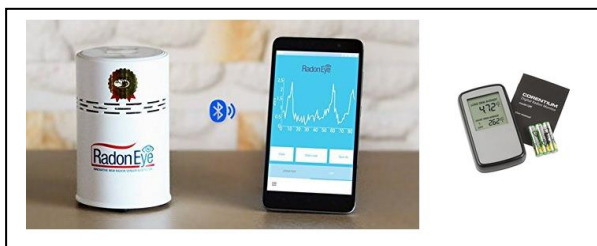


Fig. 27- Detector si display mobil pentru monitorizarea concentrației de radon - variante constructive (www.corentium.ca)



Fig. 28 – Detector, sistem de procesare si alarmare pentru monitorizarea concentratiei de radon

Exista și variante constructive care pot afișa nivelul concentrației de radon, dar pot declanșa și o alarmă atunci când nivelul a atins valoarea maxima permisă – Fig. 28. În cazul în care se face o expertiza tehnică, unele variante constructive pot oferi beneficiarului și un buletin cu datele reieșite în urma măsurărilor.



Fig. 29- Detector de radon cu imprimanta pentru tipărirea buletinului de masuratori

9 - Concluzii:

- ✓ Din datele parțiale furnizate de *Laboratorul Centrului de Radioactivitate Mediului și Date Nucleară – Cluj* reiese că în România nivelul radonului este mare, ceea ce impune măsuri tehnice aferente, pentru reducerea efectelor negative asupra populației;
- ✓ România a adoptat prin HG 526/2018 un Plan național de acțiune la Radon, ca răspuns la Directiva europeană 2013/59 dar nu a precizat limita maximă de radon de 300 Bq/m³ pentru aer și 100 Bq/l pentru apă menționate în directivă;
- ✓ În anul 2018, a fost pusă la dispoziția celor interesați harta cu nivelurile concentrațiilor de radon la nivel de țară;
- ✓ Se impune interzicerea construcțiilor noi în zonele de risc radioactiv;
- ✓ Dat fiind factorii de risc pe care îi implică concentrațiile mari de radon, se impune realizarea unui normativ, a unui ghid tehnic de proiectare și execuție, norme de cost etc. care să cuprindă detaliile tehnice legate de proiectarea noilor clădiri rezidențiale sau publice, cât și cele impuse în cazul reabilitării clădirilor existente (similar cu cele pentru reabilitarea termică a clădirilor);
- ✓ Se impune ca ghidurile proiectelor cu finanțare națională sau europeană să menționeze ca eligibile cheltuielile pentru reabilitarea clădirilor existente, legate de reducerea concentrațiilor de radon;
- ✓ Dat fiind faptul că nivelul de radon este variabil într-o clădire, se impune recomandarea ca fiecare locuință din zonele de risc să fie dotată cu aparate digitale pentru măsurarea concentrației de radon, aparate care au în dotare și module de alarmare sonoră;

10 - Bibliografie

1.	.....	=	https://www.sciencesetavenir.fr/sante/cancer/le-radon-2eme-cause-du-cancer-du-poumon-encore-peu-connu_120312
2.	.....	=	http://www.ac-environnement.com/savoir-faire/departement-air/diagnostic-radon/
3.	.....	=	http://www.sante.gouv.qc.ca/conseils-et-prevention/radon-domiciliaire/
4.	.....	=	http://adevarul.ro/locale/cluj-napoca/gazul-radioactiv-locuinta-despre-niciun-medic-nu-ti-spune-poti-imbolnavesti-cancer-plamani-fumezi-1_56d5a8285ab6550cb8602ed0/index.html
5.	.....	=	https://www.timponline.ro/pericolul-care-vine-paman-direct-case-gazul-radioactiv-zona-noastra-trei-pesto-limita-admisa/
6.	.....	=	https://www.digi24.ro/magazin/stil-de-viata/viata-sanatoasa/apa-potabila-testata-radioactiv-377168
7.	Cosma C. Jurcuț T.	=	Radonul și mediul înconjurător - Editura Dacia Cluj-Napoca, 1996
8.	Aanica Cezar	=	https://aanica.blogspot.ro/2016/12/radonul-asiinul-tacut-din-casele.html#more
9.	.....	=	Normativ privind igiena compoziției aerului în spații cu diverse destinații, în funcție de activitățile desfășurate, în regim de iarnă-vară indicativ NP 008-97
10.	.....	=	https://www.digi24.ro/stiri/actualitate/evenimente/pericolul-din-materialele-de-izolare-termica-

		426511
11.	Suciu Liviu	Cercetări privind radonul și reducerea concentrației de radon în locuințe teză de doctorat – rezumat / Universitatea “Babeș-Bolyai” Cluj-Napoca / Facultatea de Știința Mediului -2014
12.	.....	Directiva 2013/59/Euratom a Consiliului din 5 decembrie 2013 de stabilire a normelor de securitate de bază privind protecția împotriva pericolelor prezentate de expunerea la radiațiile ionizante și de abrogare a Directivelor 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom și 2003/122/Euratom
13.	.....	http://radiocluj.ro/2017/02/02/harta-poluarii-cu-radon-radonul-concentrat-in-scoli-si-gradinite/
14.	.....	http://www.nouvelle-aquitaine.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/C_BROCHURE_RADON.pdf
15.	.....	https://www.itpltd.com/en/product/radon-gas-barrier
16.	.....	https://tollstension.wordpress.com/2013/07/12/soil-pipe-radon-barrier/
17.	.....	https://jdplot2.wordpress.com/2016/04/11/orchards-man-space-floor-screeds-
18.	Olli Holmgren, Hannu Arvela	Assessment of current techniques used for reduction of indoor radon concentration in existing and new houses in European countries / STUK-A251 / MARCH 2012 / Säteilyturvakeskus Strålsäkerhetscentralen Radiation and Nuclear Safety Authority https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/124855/stuk-a251.pdf?sequence=1
19.	.....	Radon solutions in homes - Positive house ventilation http://www.ukradon.org/cms/assets/gfx/content/resource_2726csb1c00bcd4b.pdf
20.	D. Bruce Henschel	Radon Reduction Techniques for Existing Detached Houses Technica~ Guidance (Third Edition) for Active Soil Depressurization Systems. EPA/625/R-93/011 October 1993/ https://www.wbdg.org/FFC/EPA/EPACRIT/epa625_r_93_011.pdf
21.	.....	Radon Protection www.cupolex.ca
22.	Bernard Collignan Bernard Sullerot	Le radon dans les bâtiments /Guide pour la remédiation dans les constructions existantes et la prévention dans les constructions neuves /CSTB 2008
23.	Cosma C., Papp B., Cucos (Dinu) Alexandra, Sainz C.	Testing radon mitigation techniques in a pilot house from Baita-Steii radon prone area (Romania), Journal of Environmental Radioactivity, 140 (2015), 141-147
24.	.....	http://stiri.acasa.ro/social-125/pericol-de-contaminare-cu-radon-in-romania-ce-judete-sunt-afectate-211921.html
25.	Horju D. Tenter A.C. Cucos Al. Dicu T. Szacsvai K. Sainz C.	Metodologia de determinare pasiv a concentrațiilor de radon în aerul din interiorul clădirilor / A XVII-a Conferința internațională multidisciplinară “Profesorul Dorin Pavel-fondatorul hidroenergeticii românești- Sebes-2017 http://stiintasinginerie.ro/wp-content/uploads/2017/05/32-95.-METODOLOGIA-DE-DETERMINARE-PASIV%C4%82-A-CONCENTRA%C8%9AILOR-DE-RADON-%C3%8EN-AERUL-DIN-INTERIORUL-CL%C4%82DIRILOR-Cristina-Daniela-HORJU-DEAC-Ancu%C8%9Ba-Cristina-%C8%9AENTER.pdf
26.	.....	RAPORT ETAPA I - 2012 Etapa I. Dezvoltarea metodologiei de cartare a radonului pe baza măsurătorilor în interiorul clădirilor, sol și apă http://radon.com.ro/wordpress/wp-content/uploads/raport-1b.pdf
27.	.....	http://adevarul.ro/locale/cluj-napoca/gazul-radioactiv-locuinta-despre-niciun-medic-nu-ti-spune-poti-imbolnavesti-cancer-plamani-fumezi-1_56d5a8285ab6550cb8602ed0/index.html
28.	Bregeon Ludvine	Etude d’impacts de politiques publiques sur les risques sanitaires dans les logements – CSTB https://documentation.ehesp.fr/memoires/2008/igs/bregeon.pdf
29.	.....	Extr_G06-01_Guide Radon batiments CSTB https://boutique.cstb.fr/img/cms/pdf/Extr_G06-01_Guide%20Radon%20batiments.pdf
30.	Cosma C., Cucos Alex., Papp B., Begy R., Dicu T., Moldovan Truță L. A., Niță D. C., Burghel B.D., Suciu L, Sainz C.	Radon and Remediation Measures near Băița-Ștei Old Uranium Mine (Romania), Acta Geophysica vol. 61, no. 4, Aug. 2013, pp. 859-875 DOI: 10.2478/s11600-013-0110-8
31.	Papastefanou C.	An overview of instrumentation for measuring radon in soil gas and groundwaters, Journal of Environmental Radioactivity 63 (2002) 271–283
32.	.....	http://jurnalul.ro/special-jurnalul/reportaje/vindecari-miraculoase-cu-aur-si-radon-638992.html herculane