

Ministerul Dezvoltării, Lucrărilor Publice și Administrației - Ghid din 13 octombrie 2023

Ghidul privind metodele de remediere în clădiri existente pentru reducerea nivelului de expunere la radon, indicativ RTC 6-2022, din 13.10.2023

În vigoare de la 24 noiembrie 2023

Publicat în Monitorul Oficial, Partea I nr. 967bis din 25 octombrie 2023. Formă aplicabilă la 13 decembrie 2023.

GHID PRIVIND METODELE DE REMEDIERE ÎN CLĂDIRI EXISTENTE PENTRU REDUCEREA NIVELULUI DE EXPUNERE LA RADON INDICATIV RTC 6-2022

Definiții

Bq/m³: unitate în Sistemul Internațional pentru concentrația de activitate a elementelor radioactive în volumul de aer. Un becquerel (Bq) corespunde unei dezintegrări pe secundă. Unitatea de măsură în Statele Unite ale Americii este picocurie pe litru (pCi/l). 1 pCi/l = 37 Bq/m³.

Cartografiere a clădirilor: reprezentarea spațială a rezultatelor măsurărilor care prezintă distribuția datelor concentrației activității de radon în diferitele spații ale clădirii, pentru a identifica acele zone în care concentrația activității radonului este cea mai mare.

Concentrație de radon: concentrația de activitate a radonului, cu unitatea de măsură Bq/ m³.

Concentrație de radon din sol (CRn): numărul de dezintegrări radioactive ale radonului (222Rn) per secundă, într-un m³ de gaz din sol.

Condiții de lucru normale: pe o bază anuală, timpul de lucru este limitat la 8 ore zilnic, 40 de ore săptămânal. O săptămână de lucru este de luni până sâmbătă cel mult. Lucrul nu se execută noaptea (între orele 20:00 și 6:00 dimineața) și nici în zilele declarate sărbători legale.

Depresurizare: presiune negativă produsă într-o zonă în raport cu o altă zonă. În timpul sezonului rece, etajele inferioare ale unei clădiri suferă depresurizare din cauza efectului de tiraj termic. Presiunea aerului care predomină afară, în sol este, de asemenea, adesea mai mare decât cea din subsol, determinând ca gazele din sol să fie atrase în clădire.

Depresurizare activă a solului (DAS): set de sisteme de reducere a concentrației de radon care implică depresurizarea solului folosind un ventilator, incluzând dar fără a se limita la varianta sa cea mai răspândită cunoscută sub numele de depresurizare a solului sub placă, precum și alte metode conexe, cum ar fi depresurizarea solului de sub membrană, depresurizarea peretelui blocului și depresurizarea conductelor de drenaj. Depresurizarea solului cu ajutorul unui ventilator face posibilă îndepărtarea gazelor subterane încărcate cu radon și eliminarea acestuia în aerul exterior înainte de a pătrunde în clădire. DAS este considerată cea mai eficientă modalitate de a reduce concentrațiile mari de radon într-o clădire, reducerea putând ajunge la peste 90%.

Tiraj termic: mișcarea verticală a aerului determinată de diferența de densitate dintre aerul din interior și cel exterior, ceea ce crește flotabilitatea aerului din interior în raport cu cea a aerului exterior. Această diferență este cauzată de diferențele de temperatură între mediul interior și cel exterior. Forțele ascendente care alimentează efectul de tiraj termic cresc odată cu înălțimea clădirii și diferența de temperatură. În climatele reci, efectul de tiraj termic tinde să atragă aerul în partea de jos a clădirilor și afară în partea de sus.

Gaz din sol: un amestec de gaze din porii solului.

Indice de radon al locului de clădire (RI): un indice care dă informații asupra nivelului de risc de radon eliberat din sol, roca de bază sau materialul de construcție.

Loc de muncă: orice loc sau activitate care se desfășoară în interiorul sau în afara unei unități sau într-un spațiu închis sau deschis. Un loc de muncă la subteran este acel loc de muncă în care activitatea se desfășoară sub nivelul solului. În contextul actual, în care scopul este de a realiza o analiză de risc privind expunerea la radon, se iau în considerare numai locurile de muncă din încăperi închise în care este probabil să se acumuleze radon.

Permeabilitate la gaze (k): parametrul care caracterizează potențialul radonului și a altor gaze de a migra prin sol.

Potențial de radon al locului de clădire (RP): valoarea care determină indicele de radon al locului de clădire. Dacă $RP < 10$, atunci RI este mic; dacă $10 \leq RP < 35$, atunci RI este mediu; dacă $RP \geq 35$, atunci RI este mare.

Principiul ALARA (As low as reasonably achievable): luarea tuturor măsurilor și acțiunilor posibile pentru a se asigura optimizarea radioprotecției, astfel încât toate expunerile să fie menținute la cel mai scăzut nivel rezonabil posibil, luând în considerare factorii economici și sociali.

Punct de aspirație: punctul de legătură între colectorul de gaz subteran și conducta sistemului de nivel 2 sau 3 descris în acest ghid.

Radon: Elementul chimic, sub formă gazoasă, cu numărul de ordine 86 din tabelul periodic al elementelor. În contextul expunerii organismului uman la radiații ionizante, de interes sunt oricare dintre izotopii radioactivi radon-222, radon-220 și radon-219 care fac parte din seriile de dezintegrare ale uraniului-238, toriului-232 și uraniului-235, proveniți din dezintegrarea elementului părinte, radiul-226, radiu-224 și radiu-223. Datorită valorilor mici ale izotopilor radioactivi radon-220 și radon-219 față de radon-222, în contextul prezentei metodologii, prin radon se înțelege izotopul radioactiv radon-222.

Rată de exalație: cantitatea de radon care ajunge la interfața dintre mediu și atmosferă pe unitatea de suprafață și pe unitatea de timp; se exprimă în Bq/m²/s.

Sezon rece: perioada în care clădirea este încălzită (octombrie-aprilie).

Timp mediu petrecut la locul de muncă: 800 de ore, condiții normale de muncă, cel puțin 5 luni pe an.

Unitate Administrativ Teritorială: forma de organizare a teritoriului României, sub aspect administrativ, în comune, orașe, municipii, municipiul București, sectoarele municipiului București, județe.

Abrevieri și acronime

ALARA - Nivel cât mai scăzut posibil, termen tradus din engleză (As Low As Reasonably Achievable)

CARIA - Concentrația de activitate a radonului, ca medie anuală, în aerul din interior, exprimată în Bq/m³

CNCAN - Comisia Națională pentru Controlul Activităților Nucleare (<http://www.cncan.ro/>)

DAS - Depresurizare activă a solului

SCVR - Sistem de ventilare centralizată cu recuperare de căldură, montaj în pod sau tavanul fals

SCVRm - Sistem de ventilare mecanică centralizată cu recuperare de căldură, montaj pe perete (mural)

SV - Sistem de ventilare mecanică descentralizată cu ventilator de fereastră/perete

SVCRDT- gt - Sistem de ventilare mecanică cu recuperare de căldură combinat cu sistem geotermic (colector orizontal) și depresurizare sol

SVCRDT- pc - Sistem de ventilare mecanică cu recuperare de căldură combinat cu puț canadian și depresurizare sol

SVDT - Sistem de ventilare cu depresurizare sol

SVPDS - Sistem de ventilare cu presurizare-depresurizare subsol

SVR1F - Sistem de ventilare cu recuperare de căldură, montaj în perete, simplu flux

SVR2F - Sistem de ventilare mecanică cu recuperare de căldură, montaj în perete, dublu flux

UAT - Unitate Administrativ Teritorială

VIE - Ventilator introducere sau evacuare aer

1. ASPECTE GENERALE

1.1. Obiect și domeniul de aplicare

Prezenta reglementare tehnică se aplică la clădirile existente și cuprinde cerințe de calitate specifice pentru reducerea nivelului de expunere la radon a utilizatorilor clădirilor, în funcție de sursele și căile de acces ale radonului în interiorul clădirii, respectiv de particularitățile amplasamentului clădirilor.

Reglementarea se aplică împreună cu actele normative și cu specificațiile tehnice care stabilesc cerințele de proiectare și execuție, inclusiv cerințele fundamentale aplicabile:

- a) rezistență mecanică și stabilitate;
- b) securitate la incendiu;
- c) igienă, sănătate și mediu înconjurător;
- d) siguranță și accesibilitate în exploatare;
- e) protecție împotriva zgomotului;
- f) economie de energie și izolare termică;
- g) utilizare sustenabilă a resurselor naturale, în temeiul Legii nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, republicată, cu modificările și completările ulterioare, pentru construcții și amplasament, cerințe stabilite prin Regulamentul (UE) nr. 305/2011 al Parlamentului European și al Consiliului din 9 martie 2011 de stabilire a unor condiții armonizate pentru comercializarea produselor pentru construcții și de abrogare a Directivei nr. 89/106/CEE și H.G. nr. 668/2017 privind stabilirea condițiilor pentru comercializarea produselor pentru construcții, iar pentru lucrările de investiții finanțate din fonduri publice, cu respectarea prevederilor H.G. nr. 907/2016 privind etapele de elaborare și conținutul-cadru al documentațiilor tehnico-economice aferente obiectivelor/proiectelor de investiții finanțate din fonduri publice.

Prezenta reglementare tehnică se aplică în cazul intervențiilor asupra clădirilor existente în ceea ce privește luarea măsurilor tehnice de protecție împotriva pătrunderii radonului (Rn-222) în aerul din interiorul clădirilor, conform cerințelor Ordinului președintelui CNCAN nr. 153/2023 privind aprobarea Metodologiei pentru determinarea concentrației de radon în aerul din interiorul clădirilor și de la locurile de muncă.

Reglementarea se aplică pentru clădirile existente de tipul:

- rezidențiale;
- publice (clădiri de învățământ, clădiri în care funcționează unități sanitare, clădiri care deserveșc servicii publice de asistență socială, sedii administrative ale autorităților publice etc.);
- civile care adăpostesc activități economice în care funcționează sedii de firme, fabrici, industrii, hale, birouri etc.

Reglementarea se aplică în situația renovării clădirilor existente, în funcție de tipul clădirii și de nivelul de renovare. Reglementarea se aplică în conformitate cu Harta națională de radon, realizată sub forma unei baze de date naționale de măsurători, conform cerințelor Ordinului președintelui CNCAN nr. 153/2023, cu condiția ca numărul de măsurători să fie suficient și reprezentativ la nivel național, regional și local, în raport cu densitatea populației și cu cerințele legislative.

În vederea prioritizării aplicării măsurilor tehnice pentru reducerea concentrației de radon se recurge la utilizarea hărții naționale de radon. Harta națională de radon, realizată exclusiv cu măsurări de depistare efectuate în clădirile rezidențiale, reprezintă un instrument util pentru identificarea zonelor de prioritate mare din perspectiva expunerii la radon.

Pentru aplicarea reglementării, se impune realizarea unor măsurări de depistare (screening) în aerul din interiorul clădirilor, efectuate de către laboratoarele desemnate de Comisia Națională pentru Controlul Activităților Nucleare (CNCAN). Pentru clădirile existente, care au "concentrația de activitate a radonului, ca medie anuală, în aerul din interior", exprimată în Bq/m³ (CARIA), măsurată la fața locului în aerul din interior, peste nivelul de referință, se prevăd măsurări de control pentru identificarea surselor de radon, respectiv măsuri tehnice pentru reducerea concentrației de radon sub nivelul de referință la valori cât mai mici posibil.

Prezenta reglementare tehnică conține:

- 1.** clasificarea metodelor și tehnicilor de remediere pentru reducerea nivelului de expunere la radon, în funcție de sursele și căile de acces ale radonului în interiorul clădirii, respectiv de particularitățile amplasamentului clădirilor existente;
- 2.** clasificarea metodelor și tehnicilor de remediere a concentrației radonului în funcție de sistemul constructiv și funcțional al clădirilor existente;
- 3.** metodologii de proiectare și realizare a elementelor de contact a clădirilor existente cu terenul de fundare, precum și a racordurilor de îmbinare a instalațiilor subterane și a trecerilor prin elementele structurale de contact, inclusiv proiectarea și realizarea de izolații rezistente la pătrunderea radonului;

4. soluții de proiectare și implementare a sistemelor de ventilare în clădiri pentru asigurarea calității aerului interior și asigurarea protecției împotriva radonului, cu respectarea normativelor specifice pentru proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare¹.

¹ Normativ pentru proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, Indicativ I5- 2022, aprobat prin Ordinul ministrului dezvoltării, lucrărilor publice și administrației nr. 173/2023.

1.2. Radon

Uraniu este un element radioactiv, natural, prezent în toate tipurile de roci și soluri. Dezintegrarea radioactivă a uraniului (U-238) produce radium (Ra-226), care la rândul său se dezintegrează în radon (Rn-222), un gaz radioactiv, incolor și inodor. În cele ce urmează termenul radon se referă strict la izotopul Rn-222. Cum toate tipurile de sol conțin uraniu, radonul este prezent în toate solurile.

Presiunea aerului din interiorul clădirii este de obicei mai mică decât în solul din jurul fundației. Această diferență de presiune atrage gazele din sol, inclusiv radonul, din terenul de fundare în interiorul clădirii. Materialele de construcție oferă un ecran de protecție față de iradierea de la suprafața pământului, dar existența unor fisuri la nivelul acestora permite infiltrarea gazelor din sol, și implicit a radonului, în aerul interior. Radonul poate pătrunde într-o clădire prin intermediul deschiderilor existente la interfața dintre clădire și terenul de fundare: fisuri în fundație, pereți și plăci pe sol, rosturi de construcție, goluri în jurul instalațiilor de apă sau electricitate, ferestre, drenuri, bazine sau cavități din interiorul pereților. De asemenea, materialele de construcție conțin radionuclizi care pot conduce la creșterea concentrației de radon în aerul din interiorul clădirilor.

1.3. Prezentarea generală a radonului și a surselor într-o clădire

Sursa principală a radonului în aerul din interiorul clădirilor o constituie solul. Alte surse de radon sunt reprezentate de materialele de construcție și apa de uz casnic (Figura 1).

Nivelul de radon acumulat în interiorul clădirilor depinde de o serie de factori, pornind de la geologia locală (conținutul de uraniu și permeabilitatea la gaze a terenului), existența golurilor, fisurilor și crăpăturilor în plăcile peste sol (subsoluri sau fundații neizolate corespunzător pentru protecție la infiltrații cu radon), exalarea radonului din materialele de construcții, până la tipul de ventilare a aerului din interiorul clădirii, etanșeitatea la aer a clădirii, climatul și modul de utilizare și factorul de ocupare a clădirilor de către populație. Deși anumite formațiuni geologice sunt asociate cu concentrații ridicate de radon, multitudinea factorilor cu impact în transferul și acumularea radonului în interiorul clădirilor

fac dificilă estimarea cu precizie a concentrației de radon. Din acest motiv, singura cale de a afla dacă o clădire prezintă concentrații ridicate de radon este prin efectuarea unei măsurări de depistare.

Posibilele căi de intrare a radonului în clădiri, în funcție de sursă:

A. Solul de sub clădire:

- Prin golurile în pereții aflați în contact direct cu solul
- Prin plăcile în contact cu solul (porozitate, fisuri și îmbinări)
- Prin pereții subsolului în contact cu solul
- Prin spațiile din jurul conductelor

B. Materialul de construcție:

- Exalație din anumite materialele de construcție

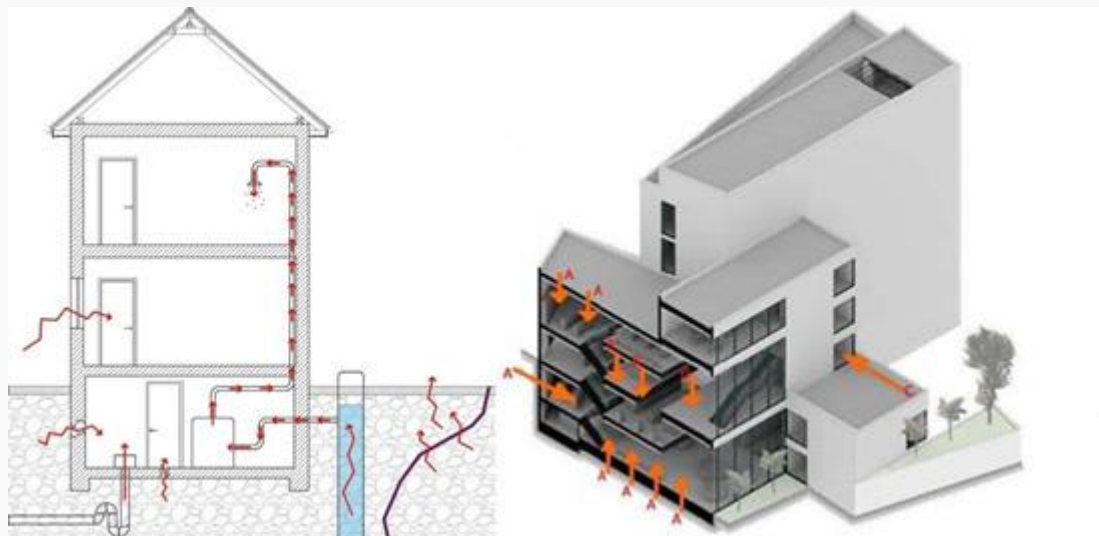
C. Aerul din exteriorul clădirii:

- Infiltrații la nivelul geamurilor/ușilor
- Infiltrații prin sistemul de ventilare al clădirii

D. Apa folosită în clădire:

- Degazificarea apei

Figura 1 - Surse și căi de intrare a radonului în clădiri - Schema de principiu



1.4. Riscurile expunerii la radon pentru sănătatea populației

Radonul care se deplasează din sol în aerul exterior este diluat rapid la concentrații scăzute și, în general, nu reprezintă o problemă pentru sănătate. Cu toate acestea, în interiorul unei clădiri, radonul se poate acumula la un nivel ridicat și poate deveni o problemă de sănătate pe termen lung. Când radonul este inhalat, unii dintre descendenții săi de viață scurtă, la rândul lor radioactivi, sunt reținuți în plămâni și iriază celulele din tractul respirator. Expunerea cronică la niveluri ridicate de radon din aerul din interiorul clădirilor conduce la creșterea riscului de a dezvolta cancer pulmonar pentru utilizatorii clădirilor.

Riscul de a dezvolta cancer pulmonar depinde de:

- concentrația medie de radon din clădire;
- intervalul de timp pentru care persoana este expusă la radon;
- statusul fumatului.

În cazul unui nefumător, care este expus pe parcursul vieții la o concentrație ridicată de radon, șansele de a dezvolta cancer pulmonar sunt de 1 la 20. Dacă la o concentrație similară de radon este expus un fumător șansele cresc la 1 din 3. Dacă în trecut expunerea la radon în minele de uraniu a fost asociată cu creșterea riscului de a dezvolta cancer pulmonar, studiile epidemiologice efectuate în ultimii 30 de ani au indicat faptul că și expunerea la concentrații de radon specifice clădirilor în care populația își desfășoară activitatea conduc la apariția acestei forme de cancer.

1.5. Recomandări referitoare la protecția împotriva expunerii la radon în România, pentru clădirile existente

Începând cu anul 2018, România a transpus în legislația națională Directiva CE nr. 2013/59 EURATOM de stabilire a normelor de securitate de bază privind protecția împotriva pericolelor prezentate de expunerea la radiațiile ionizante prin Legea nr. 63/2018.

Legislația națională în vigoare este reprezentată de actele legislative și normative: H.G. nr. 526/2018 pentru aprobarea Planului național de acțiune la radon (PNAR) și Ordinul președintelui CNCAN nr. 153/2023 privind aprobarea Metodologiei pentru determinarea concentrației de radon în aerul din interiorul clădirilor și de la locurile de muncă, precum și altele complementare.

Legislația actuală referitoare la protecția împotriva expunerii la radon în România, pentru clădirile existente, cuprinde următoarele prevederi:

- Măsurarea și aplicarea măsurilor de reducere a concentrației de radon în clădirile din România (clădiri rezidențiale, clădiri publice/clădiri cu acces public și clădiri cu locuri de muncă);
- Nivelul de referință pentru media anuală a concentrației activității radonului în aerul interior (CARIA) este de 300 Bq/m³, în clădirile rezidențiale, clădirile publice/cu acces public și la locurile de muncă;
- Măsurile de remediere trebuie întreprinse într-o clădire existentă în cazul în care concentrația medie anuală de radon depășește valoarea de referință de 300 Bq/m³, conform art. 27 alin. (1) din anexa la Ordinul președintelui CNCAN nr. 153/2023;
- Cu cât este mai mare concentrația radonului, cu atât mai repede trebuie aplicate măsuri de remediere pentru protecția sănătății utilizatorilor clădirii;
- Măsurile de remediere aplicate într-o clădire existentă trebuie să reducă concentrația de radon cât mai mult posibil, sub nivelul de referință de 300 Bq/m³;

Pentru clădirile existente, cerințele tehnice pentru luarea măsurilor de protecție împotriva pătrunderii radonului se stabilesc pe baza nivelului de referință a concentrației de radon conform indicatorului "concentrația de activitate a radonului, ca medie anuală, în aerul din interior", exprimată în Bq/m³ (definită ca indicatorul CARIA). Nivelul național de

referință privind expunerea la radon în clădirile rezidențiale sau la locurile de muncă în România este stabilit la 300 Bq/m³, în conformitate cu art. 67 din Normele de securitate radiologică². Orice valoare a indicatorului CARIA în clădiri care este mai mare decât valoarea stabilită pentru nivelul de referință va fi considerată inacceptabilă, iar clădirea va fi evaluată pentru luarea măsurilor tehnice de protecție a sănătății și siguranței utilizatorilor/populației.

² <http://www.cncan.ro/assets/Radon/Ordin-316-22.11.2018.pdf>

Măsurile de protecție a clădirilor împotriva radonului se iau în funcție de zona geografică de amplasare a clădirii, din punctul de vedere al geologiei solului, care determină probabilitatea de pătrundere a radonului în clădire. La punerea în aplicare a măsurilor preventive și corective (de remediere), trebuie să se țină cont de funcțiunea clădirii, de regimurile de utilizare și de numărul de utilizatori permanenți/ocazionali, de posibilitățile tehnice și de rentabilitatea implementării măsurilor, precum și de analiza costurilor și a beneficiilor asociate măsurilor de remediere, funcționalitatea pe termen lung a unui sistem de reducere a radonului, respectiv, de aspectele privind eficiența energetică a clădirii.

Planul de remediere și proiectarea măsurilor de protecție împotriva radonului pentru clădirile existente cu amplasare într-o zonă cu un conținut de radon stabilit se realizează după o evaluare a surselor de radon și o evaluare a CARIA măsurate în clădire, conform cerințelor prevăzute prin Ordinul președintelui CNCAN nr. 153/2023. Planul de remediere prevăzut se elaborează de organizații și companii de proiectare și execuție lucrări de construcții, în conformitate cu art. 19 alin. (2) din anexa la Ordinul președintelui CNCAN nr. 153/2023.

Soluțiile proiectate prin care se implementează măsurile de protecție a clădirilor împotriva radonului sunt cuprinse în proiectul tehnic pentru renovarea clădirii. Cerințele pentru soluțiile proiectate pentru implementarea măsurilor de remediere a clădirilor împotriva radonului se vor menționa la nivelul temei de proiectare. Aspectele tehnice și detaliile de implementare a măsurilor se vor detalia în proiectul tehnic.

Produsele pentru construcții destinate utilizării în clădiri pentru implementarea măsurilor de protecție împotriva radonului, respectă specificațiile tehnice armonizate din domeniul de aplicare al Regulamentului (UE) nr. 305/2011 al Parlamentului European și al Consiliului din 9 martie 2011 și legislația românească în domeniu.

Produsele, materialele, componentele și instalațiile sistemelor de ventilare pentru care sunt stabilite cerințe specifice și/sau cerințe de proiectare ecologică, trebuie să respecte cerințele reglementărilor și legislației în vigoare în acest domeniu.

Controlul în executarea lucrărilor de construcții și instalații aferente implementării măsurilor de remediere împotriva radonului în clădirile existente se efectuează în conformitate cu legislația în vigoare privind calitatea în construcții.

Controlul aplicării măsurilor de protecție a clădirilor împotriva radonului include toate lucrările de construcții și instalații care fac obiectul intervenției pentru remediere.

Proiectul tehnic ce cuprinde măsurile de protecție a clădirilor la radon, inclusiv cerințele privind performanțele principale ale materialelor de construcție utilizate pentru implementarea acestor măsuri, precum și instrucțiunile de funcționare a sistemelor tehnice, se anexează la Cartea tehnică a construcției.

1.6. Metodologii de intervenție pentru clădirile existente

Metodele și tehnicile de remediere pentru reducerea nivelului de expunere la radon se asigură prin îndeplinirea cerințelor tehnice pentru unul sau o combinație de mai multe elemente ale clădirilor proiectate și implementate, folosind următoarele metodologii pentru:

- 1.** Proiectarea și realizarea elementelor structurale ale clădirilor care vin în contact cu terenul de fundare, pentru protecția împotriva pătrunderii radonului, conform prevederilor din Anexa nr. 1;
- 2.** Proiectarea și execuția izolațiilor rezistente la pătrunderea radonului, conform prevederilor din Anexa nr. 2;
- 3.** Proiectarea și implementarea sistemelor de depresurizare a terenului de fundare sub clădiri pentru protecția împotriva pătrunderii radonului, conform prevederilor din Anexa nr. 3;
- 4.** Proiectarea și realizarea sistemelor de ventilare a spațiilor interioare ale clădirilor pentru protecția împotriva pătrunderii radonului, conform prevederilor din Anexa nr. 4;
- 5.** Ventilarea spațiilor tehnice nelocuite și fără acces din clădiri pentru protecția împotriva pătrunderii radonului, conform prevederilor din Anexa nr. 5;
- 6.** Proiectarea și implementarea măsurilor de protecție împotriva radonului în clădirile cu etaj de contact cu spațiu nelocuit, conform prevederilor din Anexa nr. 6;
- 7.** Proiectarea și implementarea măsurilor de protecție împotriva radonului în clădirile cu etaj de contact cu spațiul locuibil, conform prevederilor din Anexa nr. 7;
- 8.** Proiectarea și execuția elementelor de racordare a instalațiilor și amenajări subterane și a accesului prin structura de contact a clădirilor pentru protecția împotriva pătrunderii radonului, conform prevederilor din Anexa nr. 8;
- 9.** Analiza costurilor și a beneficiilor asociate implementării unor măsuri de remediere la un studiu de caz, conform aspectelor din Anexa nr. 9;
- 10.** Exemple practice - studii de caz pentru diferite situații de aplicare a măsurilor de remediere în funcție de tipul și particularitățile clădirilor, conform aspectelor din Anexa nr. 10.

2. ACTE NORMATIVE REFERITOARE LA RADON PENTRU CLĂDIRILE EXISTENTE

2.1. Acte normative referitoare la radon pentru clădirile existente

Directiva nr. 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 nr. 89/618/Euratom, nr. 90/641/Euratom, nr. 96/29/Euratom, nr. 97/43/Euratom și nr. 2003/122/Euratom, publicată în Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L 13/1 din 17.01.2014

Legea nr. 111/1996 privind desfășurarea în siguranță, reglementarea, autorizarea și controlul activităților nucleare, cu modificările și completările ulterioare

H.G. nr. 526/2018 pentru aprobarea Planului național de acțiune la radon, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 645 din 25 iulie 2018

Ordinul președintelui Comisiei Naționale pentru Controlul Activităților Nucleare nr. 316/2018 pentru aprobarea Normelor privind cerințele de securitate radiologică pentru surse naturale de radiații, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 1048 din 11 decembrie 2018

Ordinul președintelui Comisiei Naționale pentru Controlul Activităților Nucleare nr. 153/2023 privind aprobarea Metodologiei pentru determinarea concentrației de radon în aerul din interiorul clădirilor și de la locurile de muncă, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 729 din 8 august 2023

Ordinul președintelui Comisiei Naționale pentru Controlul Activităților Nucleare nr. 237/2019 pentru aprobarea Normelor privind procedura de desemnare a laboratoarelor pentru domeniul nuclear, publicat în Monitorul Oficial al României Partea I, nr. 798 din 2 octombrie 2019

2.2. Normative, standarde, alte acte legislative naționale și internaționale relaționate cu radon

H.G. nr. 1.218/2006 privind stabilirea cerințelor minime de securitate și sănătate în muncă pentru asigurarea protecției lucrătorilor împotriva riscurilor legate de prezența agenților chimici, cu modificările și completările ulterioare

Ordinul ministrului muncii și protecției sociale nr. 508/20.11.2002 și Ordinul ministrului sănătății și familiei nr. 933/25.11.2002 privind aprobarea normelor generale de protecție a muncii

Normativ privind igiena compoziției aerului în spații cu diverse destinații, în funcție de activitățile desfășurate în regim de iarnă-vară, indicativ NP 008-1997, aprobat prin O.M.L.P.A.T. nr. 6/N/22.01.1997, publicat în Buletinul Construcțiilor nr.10/1997

H.G. nr. 1034/2022 pentru aprobarea Strategiei naționale de renovare pe termen lung pentru sprijinirea renovării parcului național de clădiri rezidențiale și nerezidențiale, atât publice, cât și private, și transformarea sa treptată într-un parc imobiliar cu un nivel ridicat de eficiență energetică și decarbonat până în 2050

Regulamentul (UE) nr. 305/2011 al Parlamentului European și al Consiliului din 9 martie 2011 de stabilire a unor condiții armonizate pentru comercializarea produselor pentru construcții și de abrogare a Directivei nr. 89/106/CEE publicat în Jurnalul Oficial al Uniunii Europene nr. L 88/5 din 04.04.2011;

H.G. nr. 668/2017 privind stabilirea condițiilor pentru comercializarea produselor pentru construcții

Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, republicată, cu modificările și completările ulterioare;

Ordinul ministrului sănătății nr. 381/2004 privind aprobarea Normelor sanitare de bază pentru desfășurarea în siguranță a activităților nucleare, cu modificările și completările ulterioare.

Ordinul ministrului sănătății nr. 119/2014 pentru aprobarea Normelor de igienă și sănătate publică privind mediul de viață al populației, cu modificările și completările ulterioare;

Ordinul ministrului sănătății nr. 752/2018 pentru aprobarea Normelor privind cerințele de bază de securitate radiologică;

Directiva nr. 2010/31/UE a Parlamentului European și a Consiliului din 19 mai 2010 privind performanța energetică a clădirilor publicată în Jurnalul Oficial al Uniunii Europene L 153/13 din 18.06.2010.

Standarde române de referință

Se utilizează cele mai recente ediții ale standardelor române de referință, împreună cu, după caz, anexele naționale, amendamentele și eratele publicate de către organismul național de standardizare.

SR 13329:1996 Calitatea aerului. Depuneri atmosferice. Prelevare și pregătire a probelor în vederea determinării conținutului radioactiv;

STAS 12031-84 Apă. Determinarea conținutului de radon 222;

STAS 12052-82 Aer. Determinarea conținutului de descendenți de viață scurtă ai radonului 222;

STAS 12198-84 Aer. Determinarea conținutului de descendenți de viață scurtă ai toronului (radon 220);

SR EN ISO 16641:2016 Măsurarea radioactivității mediului - Aer - Radon 220: Metodă de măsură integrată pentru determinarea concentrației medii de activitate utilizând detectori pasivi de urme nucleare în stare solidă;

SR EN ISO 13164-1:2020 Calitatea apei. Radon-222. Partea 1: Principii generale;

SR EN ISO 13164-3:2020 Calitatea apei. Radon-222. Partea 3: Metoda de încercare utilizând emanometria;

SR EN ISO 13164-4:2020 Calitatea apei. Radon-222. Partea 4: Metoda de încercare utilizând numărarea scintilațiilor în mediu lichid cu două faze;

SR ISO 11665-4:2022 Măsurarea radioactivității în mediu. Aer: Radon-222. Partea 4: Metoda de măsurare integrată pentru determinarea activității medii utilizând prelevarea pasivă și măsurarea întârziată

3. PLANUL DE MĂSURI PENTRU PROTECȚIA LA RADON ÎN FUNCȚIE DE CLASIFICAREA CLĂDIRILOR EXISTENTE

3.1. Recomandări generale

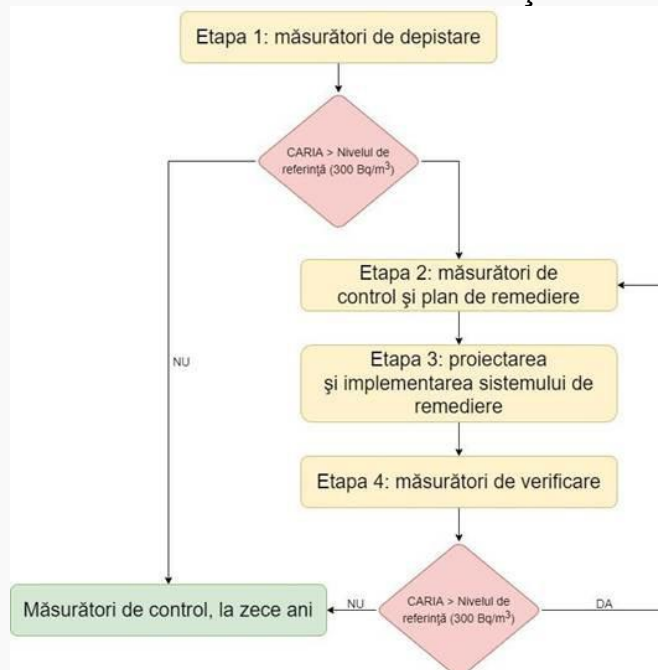
Măsurile de protecție la radon se aplică următoarelor tipuri de clădiri:

- Clădiri rezidențiale;
- Clădiri publice (clădiri de învățământ, clădiri în care funcționează unități sanitare, clădiri care deserveșc servicii publice de asistență socială, sedii administrative ale autorităților publice etc.);
- Clădiri civile care adăpostesc activități economice.

3.2. Planul de acțiune la radon într-o clădire existentă

Planul de acțiune la radon presupune 4 etape și este redat în Figura 2.

Figura 2 - Schema generală de abordare a unui Plan de acțiune la radon într-o clădire existent



A. Etapa 1 în aplicarea planului de acțiune la radon este reprezentată de efectuarea de măsurători de depistare (screening)

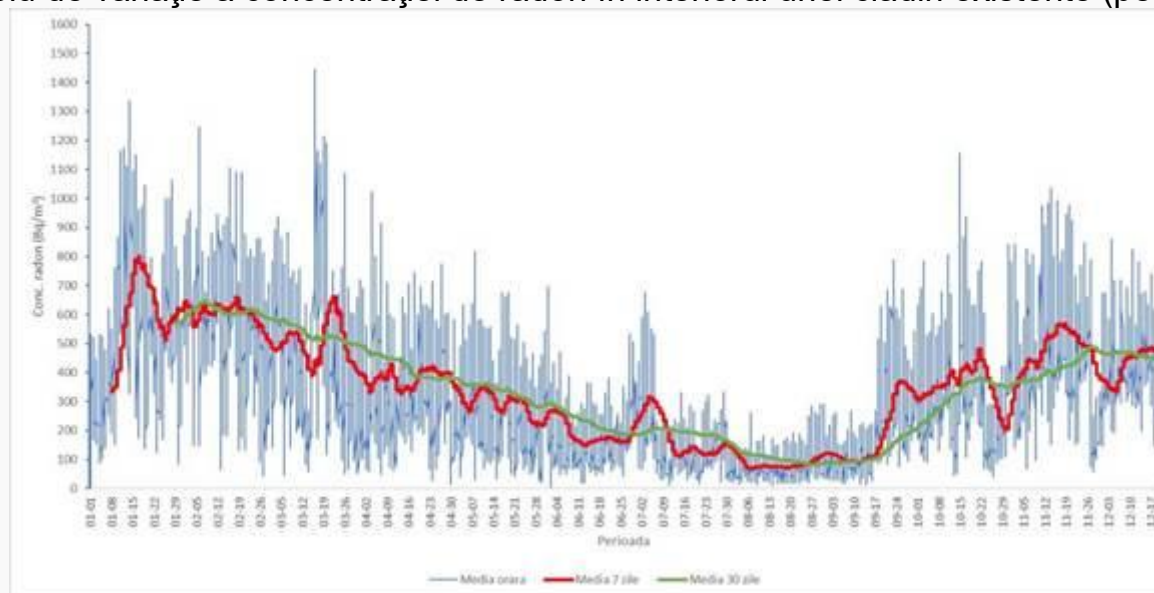
Nivelul radonului dintr-o clădire existentă fluctuează în funcție de sezon și de utilizarea sistemului de ventilare, dacă există un sistem de ventilare special proiectat. Nivelurile radonului pot varia de la o oră, zi sau săptămână la alta. Acest lucru este tipic variabilității concentrațiilor de radon în interior și reflectă variabilitatea combinată a fluxului de radon provocată de sol și de gradul de ventilare al clădirii.

Pe lângă aceste variații pe termen scurt în jurul valorii medii lunare, media lunară ca atare variază de la un sezon la altul, cele mai ridicate valori înregistrându-se, de regulă, în lunile de iarnă. În Figura 3 este reprezentată evoluția concentrației de radon pe parcursul unui an. Media concentrației de radon pentru luna ianuarie este de 560 Bq/m^3 , în timp ce luna august prezintă o medie lunară de 85 Bq/m^3 , media anuală fiind de 350 Bq/m^3 . În consecință, este nevoie ca măsurătoarea să dureze între 3 și 12 luni, pentru o estimare fidelă a concentrației medii anuale a radonului.

Prin urmare, înainte de aplicarea unui plan de remediere, este obligatorie determinarea concentrației de radon în aerul din interior prin măsurători de depistare (screening) pe o perioadă de minim 3 luni, potrivit Ordinului CNCAN nr. 153/2023.

În situația în care CARIA este mai mic decât nivelul de referință atunci se recomandă efectuarea unei măsurători de control la 10 ani.

Figura 3 - Exemplu de variație a concentrației de radon în interiorul unei clădiri existente (pe parcursul unui an)



B. Etapa 2 de realizare a măsurătorilor de control într-o clădire existentă și elaborarea planului de remediere pentru reducerea expunerii la radon, pentru situația în care $CARIA > 300 \text{ Bq/m}^3$

În situația în care CARIA este mai mare decât nivelul de referință, se impune efectuarea unor măsurători de control. Măsurătorile de control utilizează metode continue și instantanee. Acestea se efectuează ulterior măsurărilor de screening și au ca scop identificarea surselor și căilor de acces ale radonului în clădire, în vederea proiectării adecvate a soluțiilor de remediere pentru reducerea nivelului de expunere la radon. Măsurările de control se efectuează conform Ordinului CNCAN nr. 153/2023 și includ aspecte precum vizita în teren, inspecția vizuală a spațiilor, analiza documentelor tehnice cu privire la clădire, măsurători pentru identificarea surselor de radon și a căilor de intrare a acestuia în clădire, identificarea căilor de transfer și a surselor de creștere a concentrației de radon, precum și recomandări pentru proiectarea măsurilor corective adecvate aplicabile, în funcție de rezultate și analiza tehnică a clădirii.

Planul de remediere se întocmește în baza măsurărilor de depistare (screening) și ca urmare a măsurărilor de control descrise la anexa nr. 10 din Ordinul CNCAN nr. 153/2023. În cadrul acestor măsurători se evaluează situația privind expunerea la radon și se propune un plan de remediere a situației (metode, instalații, materiale etc.), care se prezintă arhitectului și constructorului, pe care aceștia îl analizează din punct de vedere al parametrilor tehnici impuși de legislația pentru construcții. Aplicarea măsurilor de remediere se realizează de către organizații și companii de proiectare și execuție lucrări de construcții, în conformitate cu art. 19 alin. (2) din Ordinul președintelui CNCAN nr. 153/2023. Execuția planului de remediere are loc după consensul părților vizate și conține măsurile de remediere ce trebuie implementate pentru reducerea concentrației de radon sub nivelul de referință la valori cât mai mici posibil, conform Ordinul președintelui CNCAN nr. 153/2023.

Un plan de remediere a concentrației radonului trebuie să ia în considerare mai multe aspecte: nivelul de radon, sistemul constructiv și funcțional al clădirii (modul de utilizare, dimensiunea clădirii și tipul de fundație etc.), costurile instalării și funcționării unui sistem de reducere a radonului, analiza costurilor și a beneficiilor asociate implementării unor măsuri de remediere, funcționalitatea pe termen lung a unui sistem de reducere a radonului, aspecte privind eficiența energetică a clădirii.

Pentru situația în care cel puțin un rezultat al concentrației de radon în aerul interior în una din încăperile evaluate ca urmare a măsurării de depistare, în baza buletinului emis de către laboratoarele desemnate, are valoarea indicatorului "concentrația de activitate de radon în interior anuală" (CARIA) mai mare de 300 Bq/m^3 , este necesară evaluarea clădirii pentru aplicarea măsurilor, în cel mai scurt timp. Clădirea va fi evaluată pentru a se identifica cauzele creșterii valorilor concentrației de radon și pentru stabilirea unui Plan de remediere adecvat, pentru aplicarea măsurilor tehnice de remediere în cadrul unor lucrări de renovare sau separat.

C. Etapa 3 de proiectare și implementare a sistemului de remediere

Soluțiile proiectate pentru implementarea măsurilor de remediere pentru reducerea expunerii la radon într-o clădire existentă trebuie să cuprindă specificații referitoare la: materialele de construcție, tehnologia, implementarea și regulamentul de exploatare a sistemelor de protecție împotriva radonului. La proiectarea măsurilor de remediere a unei clădiri existente, aplicate elementelor aflate în contact cu solul, se descriu elementele constructive, inclusiv grosimile acestora și caracteristicile fizice necesare (coeficient de difuzie, permeabilitate la gaze etc.). Aplicarea soluțiilor de remediere nu trebuie să afecteze rezistența mecanică și stabilitatea structurală a clădirii.

Aplicarea măsurilor de remediere la o clădire existentă se face în baza Planului de remediere, prin realizarea proiectelor și a lucrărilor specifice de remediere și instalare de soluții adecvate de ventilare, în vederea reducerii concentrației de radon sub nivelul de referință la valori cât mai mici posibil.

Pe lângă eficiența din punct de vedere al protecției la radon, soluțiile de remediere trebuie să fie eficiente, durabile, rentabile și cu impact minim invaziv asupra structurii clădirii și să răspundă nevoilor de sănătate și confort ale utilizatorilor.

Cerințele tehnice definite în baza Planului de remediere pentru soluțiile proiectate pentru implementarea măsurilor de remediere a clădirilor împotriva radonului, precum și aspectele tehnice și detaliile de implementare a măsurilor, se stabilesc prin tema de proiectare.

Toate metodele și soluțiile de remediere a concentrației radonului trebuie să satisfacă condițiile sanitare, de eficiență energetică și de confort, cum sunt cele referitoare la parametrii de temperatură a aerului, umiditate relativă, viteza aerului interior, parametri vizuali, acustici și de calitate a aerului din spațiul interior, și să se regăsească într-un echilibru, astfel încât percepția ocupantului asupra calității mediului interior să fie corespunzătoare cu categoria de ambianță interioară.

D. Etapa 4 de realizare a măsurărilor de verificare a concentrației de radon (CARIA) după remediere

După finalizarea lucrărilor de intervenții, pe perioada utilizării clădirii este necesară realizarea măsurărilor de urmărire pentru a se demonstra eficiența măsurilor de remediere, în conformitate cu prevederile Ordinului CNCAN nr. 153/2023.

Este necesară verificarea periodică a CARIA, cel puțin o dată la zece ani. Este necesară verificarea CARIA și în cazul unor lucrări de intervenție care conduc la modificări majore aduse clădirii, inclusiv lucrări de reabilitare și izolare termică și orice alte acțiuni care modifică ventilarea sau fluxul de aer din interior. Sistemul de remediere instalat trebuie să fie prevăzut cu un mecanism care să indice funcționalitatea și este necesară asigurarea predării instrucțiunilor de utilizare și mentenanță la recepția sistemului instalat.

Măsurătorile de depistare (screening), măsurătorile de control pentru identificarea surselor de creștere a concentrației de radon, precum și măsurătorile de urmărire pentru a se demonstra eficiența măsurilor de remediere, se realizează obligatoriu de către laboratoare desemnate de CNCAN pentru astfel de proceduri.

4. CERINȚELE TEHNICE PENTRU PROTECȚIA LA RADON A CLĂDIRILOR EXISTENTE

4.1. Criterii și principii generale tehnice pentru reducerea radonului în clădirile existente

Pentru reducerea pătrunderii radonului într-o clădire existentă se aplică 2 principii generale, care se bazează pe următoarele aspecte:

(1) Cantitatea de radon care intră într-o clădire se poate reduce prin scăderea fluxului gazelor care pătrund din sol prin fundație și limitarea pătrunderii radonului în interior, prin metode pasive, care asigură:

- tratarea terenului de fundare prin asigurarea etanșeității la nivelul interacțiunii teren-structură și izolarea golurilor și fisurilor din fundație care sunt în contact direct cu solul;
- reducerea presiunii în terenul de fundare de sub clădire sau de sub membrana de hidroizolație antiradon/bariera de radon, astfel încât gazele din sol să nu mai pătrundă în clădire.

(2) Dacă pătrunderea fluxului de gaze din sol prin fundație nu poate fi redusă, concentrația de radon din clădire poate fi remediată prin metode active de ventilare a aerului interior, care asigură:

- tratarea fundației prin schimbarea modului de circulație a aerului, astfel încât aerul încărcat cu radon să fie orientat spre exteriorul clădirii, înainte ca acesta să pătrundă în spațiul interior;
- tratarea volumului de aer interior prin creșterea ratei de ventilare în spațiul ocupat sau în spațiile adiacente, în scopul diluării radonului, introducând aer curat din exterior. Acest lucru trebuie să se realizeze organizat cu ajutorul unei instalații de ventilare dimensionată corespunzător, care să asigure necesarul de aer proaspăt în mediul interior, scăzând concentrația de radon în momentele în care există acumulări, prin diluarea acestuia în aerul ventilat, cu menținerea unei bune calități a aerului și un confort interior optim.

Soluțiile de remediere a concentrațiilor ridicate de radon se proiectează în funcție de specificul clădirii și al amplasamentului. Este obligatoriu ca soluțiile de remediere să se bazeze pe un set minimal de măsurători și observații la fața locului, realizate în baza Planului de remediere personalizat: determinarea sursei de radon, a fluxului de radon, a modului de distribuție a radonului în clădire etc. Aceste măsurători se efectuează la solicitarea proprietarului/administratorului clădirii pentru subsolul, demisolul și parterul clădirii, după caz, și vor fi puse la dispoziția proiectantului în vederea stabilirii soluțiilor de remediere. Măsurătorile se realizează de către laboratoarele de specialitate.

Memoriul tehnic al proiectului de remediere va conține particularități definitorii ce țin de caracteristicile tehnice ale clădirii și amplasamentului, cum ar fi: localizarea clădirii în funcție de zona cu potențial de radon în care se încadrează construcția, datele geotehnice și hidrogeologice, starea clădirii, inclusiv a elementelor de contact cu solul, existența și starea fundației și a elementelor de fundație, adâncimea și materialele din care acestea sunt realizate, starea și compoziția pardoselii existente, starea planșeului/plăcii subsolului și demisolului, starea materialelor și elementelor din care sunt construiți pereții acestora, umiditatea structurilor în contact cu solul, prezența fisurilor în special în legătura dintre placă și pereți, încadrarea seismică (opțional, dacă există informații), starea golurilor prin care trec instalațiile

clădirii, existența și starea sistemelor de ventilare, sistemul de termoficare folosit în etajul de contact al clădirii cu solul, existența spațiilor locuite ale clădirii, situate în subsol, demisol și primul etaj suprateran, gradul de ocupare al clădirii etc.

Proiectarea măsurilor preventive și de remediere pentru protecția unei clădiri împotriva infiltrațiilor de radon se realizează pe baza proiectului tehnic elaborat în conformitate cu cerințele normative și legislative în vigoare.

Soluțiile proiectate pentru implementarea măsurilor de remediere prin reducerea concentrației de radon într-o clădire existentă trebuie să cuprindă specificații privind: materialele de construcție, tehnologia, implementarea și regulamentul de exploatare a sistemelor de protecție împotriva radonului. La proiectarea măsurilor de remediere aplicate elementelor de la interfața cu solul a unei clădiri existente se descriu elementele constructive, inclusiv grosimile acestora și caracteristicile fizice necesare (coeficient de difuzie, permeabilitate la gaze etc.). Aplicarea soluțiilor de remediere nu trebuie să afecteze rezistența mecanică și stabilitatea structurală a clădirii.

4.2. Alegerea metodelor de remediere

Alegerea metodelor și a sistemelor de remediere pentru reducerea expunerii la radon, depinde de valoarea concentrației de radon, de tipul clădirii și de costurile metodei aplicate, inclusiv de costurile de funcționare (energie) și de finisajele instalației. Metoda aleasă și costurile aferente depind în mare măsură de cât de greu sau de ușor accesibile sunt părțile vulnerabile ale fundației clădirii, caracteristicile și locul în care poate fi poziționat sistemul de remediere, arhitectura construcției și modul de utilizare a spațiilor. Modul în care utilizatorii unei clădiri folosesc subsolul clădirii poate să influențeze aspectul și costul instalației.

Pătrunderea gazelor din sol și, implicit a radonului, poate fi împiedicată prin refacerea plăcii pe sol și instalarea unei membrane împotriva radonului, precum și izolarea căilor de intrare a radonului și limitarea căilor de transfer prin etanșeizarea la contactul dintre sol și clădire.

Metodele de reducere a concentrației radonului se aplică combinat cu soluțiile de etanșeizare, în funcție de tipurile de fundații existente, prevăzute de reglementările tehnice în construcții din România.

4.3. Tipuri de fundații

Un alt parametru cheie în alegerea nivelului de protecție la radon, pe lângă valoarea concentrației de radon, ca medie anuală, în aerul din interiorul clădirilor (indicatorul CARIA), îl reprezintă tipul fundației clădirii.

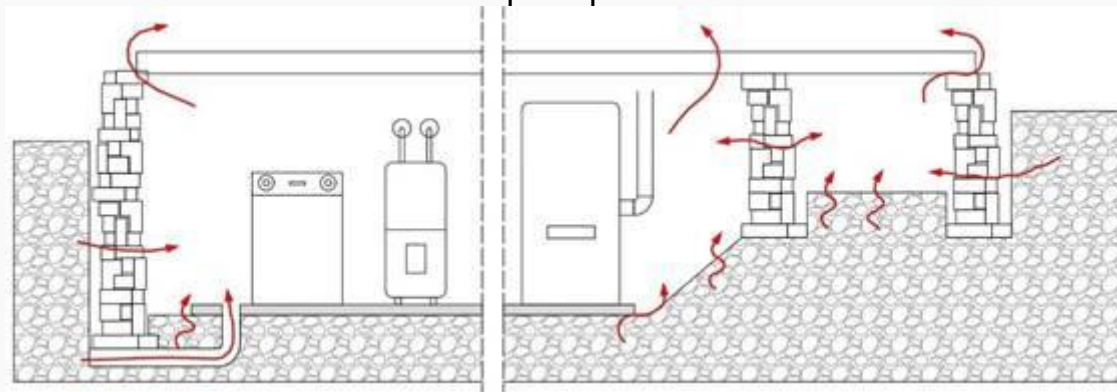
Caracteristicile asociate principalelor tipuri de fundații sunt ilustrate și analizate mai jos. Metodele de reducere a nivelului concentrației radonului, prezentate în Tabelul 1 și în Tabelul 2 din prezentul capitol, sunt metode aplicabile cu costuri rezonabile, detaliate pe tip de fundație. Fiecare metodă este analizată în detaliu în Metodologiile prezentate în Anexe.

4.3.1. Fundații din zidărie

Fundațiile din cărămidă sau din piatră naturală sunt specifice clădirilor vechi, construite după metode și norme de construcție total diferite de cele de astăzi. Pardoseala/placa pe sol poate fi realizată din pământ, piatră, cărămidă, dale de beton sau grinzi din lemn sau placă de beton turnată direct pe pământ. Există multiple căi de pătrundere a radonului prin placa pe sol și/sau pardoseală.

Există clădiri unde fața exterioară a fundației sau a pereților exteriori în contact cu solul nu a fost niciodată protejată cu un strat de impermeabilizare, sau, dacă a fost, stratul este crăpat sau s-a exfoliat. Mortarul dintre rosturile de zidărie prezintă multe fisuri sau găuri, care sunt căi de pătrundere a gazelor din sol și a radonului. Căile de pătrundere a radonului sunt ilustrate în Figura 4.

Figura 4 - Căile de intrare a radonului prin subsolul din zidărie sau prin fundația unei pivnițe, boxe, subsol - schema de principiu



În funcție de compartimentarea clădirii, pot fi zone cu pardoseală doar din pământ pe care sunt așezate plăci de beton ca suport pentru echipamente electrocasnice, caz în care este nevoie de o combinație de metode de depresurizare a pardoselii sau de presurizare sub o membrană antiradon. În unele cazuri se impune, ca atât pardoseala din pământ, cât și fundația de zidărie să fie acoperite cu o membrană continuă, pentru a împiedica pătrunderea radonului prin ambele tipuri de suprafețe, urmată de depresurizarea spațiului de sub membrană.

Dificultățile pe care le ridică identificarea multiplelor căi de pătrundere a radonului, combinate cu accesul greoi în subsol fac ca ventilarea mecanică forțată a subsolului să fie considerată o metodă atractivă de reducere a radonului, cu condiția ca fluxurile de aer dinspre subsol înspre zonele locuite să poată fi diminuate. Accesul în subsol este necesar pentru întreținerea sistemului de ventilare. S-ar putea însă ca astuparea căilor de pătrundere a aerului prin placa pe sol și pardoseală și etanșarea rosturilor conductei de ventilare forțată să fie dificil de realizat, mai ales dacă spațiile de sub pardoseală sunt greu accesibile. Metodele de protecție antiradon, recomandate în cazul fundațiilor din zidărie, sunt prezentate în Tabelul 1.

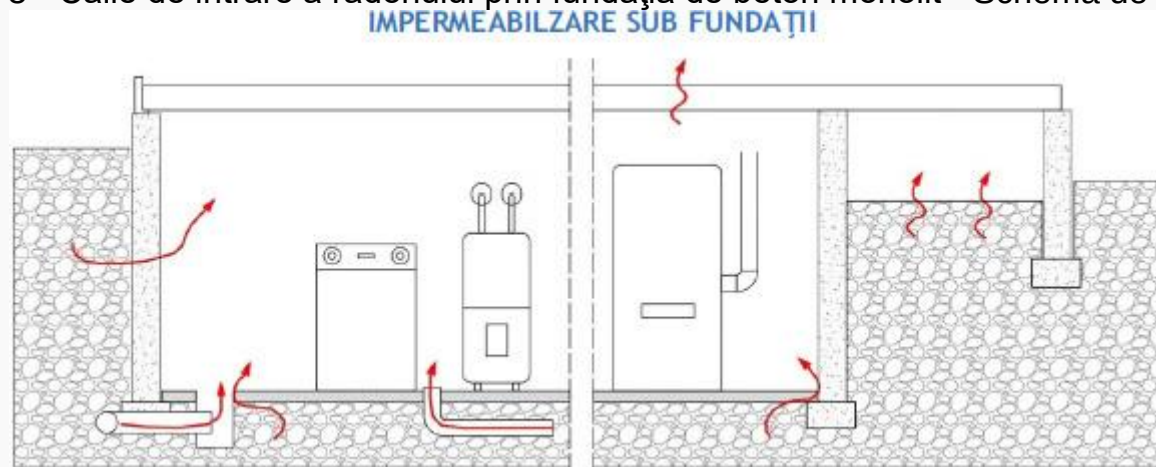
4.3.2. Fundații din beton monolit

Fundațiile continue din beton monolit sub pereți sunt specifice clădirilor moderne din zonele urbane/suburbane. Majoritatea fundațiilor continue se toarnă monolit, cu sau fără rosturi de turnare, ceea ce le conferă etanșeități la apă și la aer, excepție făcând crăpăturile cauzate de tasare și rosturile de turnare ca urmare a întreruperii tehnologice sau imprevizibile a turnării betonului, însă aceste vicii sunt ușor de sesizat cu ochiul liber, astfel că pot fi eliminate prin metode de impermeabilizare tipice.

Cea mai des întâlnită placă pe sol este cea realizată monolit, realizat dintr-o singură turnare, după realizarea fundațiilor continue și/sau a pereților de contur. În unele cazuri, placa se toarnă și direct pe sol, însă, de regulă, sub placa pe sol, se realizează un strat de umplutură poroasă. Este posibil ca, în cazul clădirilor mai vechi, să avem o placă pe sol împreună cu zone fără placă, respectiv pardoseală din pământ, mai ales dacă clădirea a fost supusă unor intervenții în vederea extinderii acesteia. În cazul în care placa de beton acoperă tot ochiul de cameră, posibilele căi de intrare sunt fisurile de contracție sau deformațiile apărute la îmbinarea dintre placă și fundație/elevație, crăpăturile și rosturile ocazionale, golurile tehnice pentru băile, dușurile și toaletele de la subsol, golurile din jurul conductelor de utilități, plus penetrări de la ancorajul sprijinirilor sau de la structura pereților de compartimentare. Aceste căi de intrare a gazelor din sol și a radonului sunt ilustrate în Figura 5. În situația în care există zone cu pardoseli din pământ, se propune ventilarea mecanică a spațiului împreună cu aplicarea unei membrane antiradon și realizarea unei pardoseli adecvate destinației spațiului.

Metodele de remediere recomandate pentru fundațiile din beton monolit sunt enumerate în Tabelul 2.

Figura 5 - Căile de intrare a radonului prin fundația de beton monolit - Schema de principiu



4.3.3. Fundații tip radier

Posibilele căi de intrare a gazelor din sol și a radonului în clădire prin acest tip de placă sunt fisurile din contracție sau deformații, golurile tehnice aferente instalațiilor sanitare din băile, dușurile și toaletele de la subsol și golurile pentru utilități.

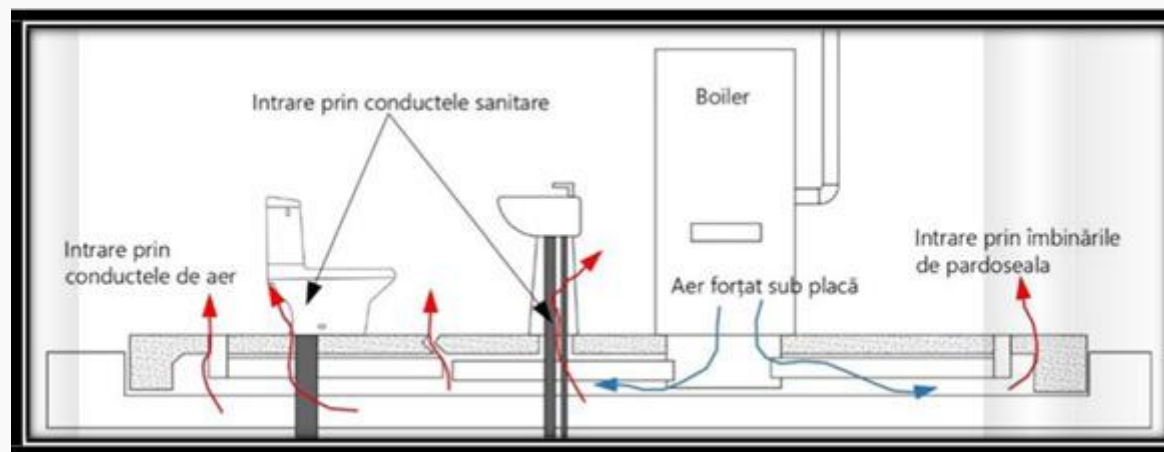
Clădirile prevăzute cu sisteme de încălzire și răcire bazate pe sistemul de ventilație mecanică, în unele cazuri au toată rețeaua de conducte instalată deasupra plăcii pe sol, sau parțial sau total sub placă, plus o centrală de ventilație, cu curent de aer descendent sau ascendent. Când sistemul de ventilație mecanică este pornit, conducta de deasupra plăcii, care lasă aerul să se scurgă în exteriorul spațiului ventilat, poate provoca o depresurizare internă, permițând radonului să pătrundă prin toate golurile din placa pe sol.

În cazul în care conducta de recirculare a aerului este pozată sub placă, îmbinările care prezintă scurgeri vor atrage aerul din sol și radonul din spațiul de sub placă, în clădire. Dacă există conducte de alimentare poziționate sub placă, scurgerile de aer vor cauza presurizarea neuniformă a spațiului de sub placă, ceea ce va forța și mai mult pătrunderea radonului în clădire prin golurile din placă.

Când sistemul de ventilație mecanică este oprit, conductele de sub placă vor furniza noi căi de acces pentru radon pe la îmbinările dintre conducte și prin golurile de trecere a conductelor.

Toate aceste rute de intrare sunt ilustrate în Figura 6.

Figura 6 - Căile de intrare a radonului prin fundația de suprafață - Schema de principiu



Metodele de remediere recomandate în cazul radierelor sunt prezentate în Tabelul 2.

Metodele de reducere a nivelului concentrației radonului sunt prezentate în Tabelul 1 și în Tabelul 2, enumerate pe tipuri de fundații. Fiecare metodă este analizată în detaliu în Metodologiile prezentate ca Anexe.

Tabel 1.

Tipul fundației	Zidărie	
	Sol aparent/ pavaj din piatră	Placă de beton
Metode de protecție la radon		
Etanșarea/sigilarea cu material de etanșare a fisurilor mari care vin în contact direct cu solul, de pe toate părțile accesibile ale plăcii pe sol	☒	☒

Montarea unor sifoane în drenurile de pardoseală cu descărcare direct în sol	☐	☒
Etanșarea/sigilarea căilor de intrare a radonului și limitarea căilor de transfer prin etanșarea interfeței dintre sol și clădire Evacuarea aerului din zona fundației în exterior prin montarea unui sistem de depresurizare*	☒	☒
Instalarea unui sistem de ventilare mecanică cu recuperare de căldură, pentru a introduce aer proaspăt în spațiul ocupat, și evacuarea aerului din zona fundației în exterior prin montarea unui sistem de depresurizare*	☒	☒
Etanșarea zonei accesibile de sol / pavaj aparent cu o membrană din PVC și evacuarea aerului de dedesubt în exterior prin montarea unui sistem de depresurizare *	☒	
Evacuarea aerului de sub placa de beton în exterior prin montarea unui sistem de depresurizare *		☒
Etanșarea/sigilarea golurilor din perete și evacuarea aerului din cavitățile peretelui la exterior prin montarea unui sistem de depresurizare *		

* Montarea sistemului de depresurizare este detaliată în metodologiile anexate.

Tabel 2.

Tipul fundației	Fundații din beton	
Placa pe sol	Sol aparent/ pavaj din piatră	Placă de beton
Metoda		
Etanșeizarea și astuparea fisurilor mari, care vin în contact direct cu solul, de pe toate părțile accesibile ale pereților/plăcii pe sol	☒	☒
Montarea sifoanelor în drenurile de pardoseală cu descărcare directă în sol	☒	☒
Separarea zonei de fundație de spațiul ocupat Evacuarea aerului din zona fundației în exterior prin montarea unui sistem de depresurizare*	☒	☒
Separarea zonei de fundație de spațiul ocupat Instalarea unui sistem de ventilare mecanică cu recuperare de căldură, pentru a introduce aer proaspăt în spațiul ocupat, și evacuarea aerului din zona fundației în exterior prin montarea unui sistem de depresurizare*	☒	☒
La clădiri rezidențiale, instalarea ventilatorului cu recuperare de căldură, pentru a introduce aer proaspăt în spațiul locuit, și evacuarea aerului din zona băii sau a cazanului de ardere în exterior*		
Etanșeizarea zonei accesibile de sol / pavaj aparent cu o membrană antiradon și evacuarea aerului de dedesubt în exterior prin montarea unui	☒	

sistem de depresurizare *		
Evacuarea aerului de sub placa de beton în exterior prin montarea unui sistem de depresurizare *		☒

* Montarea sistemului de depresurizare este detaliată în metodologiile anexate.

Niveluri și categorii de măsuri de remediere

În funcție de valoarea indicatorului CARIA, se disting trei niveluri și categorii de măsuri de remediere:

NIVELUL I. Pentru clădirile existente cu $300 \text{ Bq/m}^3 < \text{CARIA} \leq 500 \text{ Bq/m}^3$, se aplică una sau o combinație a următoarelor măsuri:

1. tratarea/izolarea/închiderea traseelor de pătrundere a radonului din terenul din jurul clădirii până în incintă, în principal a fisurilor și golurilor pentru instalațiile de construcții în structurile în contact cu solul;
2. creșterea numărului de schimburi naturale de aer în cazul în care măsurătorile arată o concentrație de radon crescută, care se datorează unui număr de schimburi de aer mai mic de $0,3 \text{ h}^{-1}$; în acest caz, creșterea numărului de schimburi de aer se asigură prin crearea de guri de ventilare suplimentare situate în părțile inferioare ale clădirii, în etajul subteran și de demisol, sau printr-o soluție de ventilare mai eficientă cu suprapresiune;
3. instalarea de sisteme de depresurizare a terenului pentru care nu este necesară desfacerea/înlocuirea planșeului etajului de la contactul cu terenul de fundare;
4. proiectarea și realizarea unui sistem de ventilare mecanică cu numărul schimburilor de aer necesare pentru asigurarea necesarului de aer proaspăt și a suprapresiunii în interiorul clădirii.

NIVELUL II. Pentru clădirile existente cu $500 \text{ Bq/m}^3 < \text{CARIA} \leq 1000 \text{ Bq/m}^3$, se aplică una sau o combinație a următoarelor măsuri:

1. creșterea numărului schimbului de aer prin instalarea unui sistem de ventilare, în combinație cu izolarea tuturor fisurilor și golurilor de trecere ale instalațiilor din elementele de fundare aflate în contact direct cu solul;
2. instalarea unui sistem de depresurizare a terenului sub clădire, în combinație cu asigurarea etanșării tuturor fisurilor și a golurilor de trecere ale instalațiilor din structura de contact cu solul; atunci când este posibil din punct de vedere tehnic, sistemele de depresurizare de sub placă se proiectează fără înlocuirea plăcii peste sol;

3. executarea obligatorie cel puțin a instalării membranei antiradon, care asigură etanșeitatea în structură a tuturor golurilor de trecere pentru instalațiile de construcții, în combinație cu un sistem de depresurizare a terenului sub placa de beton;

4. ventilarea primului etaj aflat în contact cu terenul de fundare - în clădirile la care acesta este utilizat pentru locuit și unde este necesară rezolvarea unei probleme de umiditate sau unde sistemul de depresurizare de sub placă este inefficient din cauza permeabilității scăzute la gaze a solului;

5. măsurile aplicabile unui spațiu tehnic închis, la clădirile cu un etaj în zona de contact fără spațiu folosit pentru locuit, astfel cum sunt prevăzute în metodologia specifică acestor tipuri de spații sau în combinație cu realizarea unor sisteme de depresurizare a solului pentru care nu este necesară demolarea sau refacerea planșeului/plăcii;

6. măsuri aplicabile unui spațiu tehnic închis până la reducerea concentrației radon în spațiul respectiv, astfel cum se prevede în metodologia specifică acestor tipuri de spații, și prin modificarea suprafeței terenului în cazul în care conținutul de radon împiedică fluxul de aer dinspre sol spre partea superioară.

Toate soluțiile de remediere pentru clădirile cu $500 \text{ Bq/m}^3 < \text{CARIA} \leq 1000 \text{ Bq/m}^3$ se pun în aplicare în combinație cu etanșarea/tratarea căilor de pătrundere a radonului în incintă - fisuri, goluri de trecere pentru instalațiile de construcții și elementele de fundare aflate în contact direct cu terenul de fundare.

NIVELUL III. La proiectarea măsurilor de remediere în clădirile existente cu $\text{CARIA} > 1000 \text{ Bq/m}^3$, se implementează măsurile prevăzute pentru clădirile cu $\text{CARIA} < 1000 \text{ Bq/m}^3$, cu respectarea următoarelor cerințe suplimentare:

1. sistemul de ventilare proiectat pentru a reduce concentrația de radon din clădire nu trebuie să funcționeze cu un număr de schimburi de aer mai mare de $1,5 \text{ h}^{-1}$ și nu mai mult de 8 ore pe zi;

2. sistemul de depresurizare sub placă trebuie să fie implementat cu componente de aspirație și evacuare cu o suprafață efectivă cât mai mare; admisiile de aer se realizează cu un număr mai mare de fante;

3. nivelul de ventilare din etajul aflat în contact direct cu terenul de fundare trebuie să fie asigurat cu ventilare mecanică în regim de suprapresiune.

Trecerea la un nivel superior de protecție la radon (de la nivelul 1 la nivelul 2, respectiv de la nivelul 2 la nivelul 3) se va face conform indicatorului CARIA. Măsurile de remediere pentru clădirile existente din cadrul celor trei niveluri de protecție se pun în aplicare în combinație cu măsuri de tratare și etanșare a căilor de pătrundere a radonului în incintă - fisuri, goluri de trecere pentru instalațiile de construcții și elementele de fundare aflate în contact direct cu amplasamentul. Alegerea măsurilor de remediere depinde de scopul funcțional al clădirii, de regimurile de utilizare și de

numărul de utilizatori permanenți/ocazionali, de posibilitățile tehnice și de rentabilitatea implementării măsurilor, precum și de funcționalitatea pe termen lung, costuri, precum și alte aspecte privind eficiența energetică a clădirii.

5. METODE DE REMEDIERE PENTRU REDUCEREA EXPUNERII LA RADON ÎN CLĂDIRILE EXISTENTE

Principalele metode de remediere pentru reducerea expunerii la radon sunt:

1. Depresurizarea solului (a terenului) din apropierea sau de sub clădire;
2. Suprapresurizarea în interiorul clădirii sau în solul de sub clădire prin creșterea ventilării (mecanică, controlată, simplă/cu recuperare a căldurii);
3. Izolarea căilor de intrare a radonului și limitarea căilor de transfer prin etanșeizarea interfeței dintre sol și clădire.

Implementarea acestor metode de reducere a concentrației de radon trebuie realizate strict în conformitate cu etapele și procedurile de lucru stabilite în Planul de remediere, cu utilizarea unor echipamente adecvate.

5.1. Depresurizarea solului de sub clădire

Tehnica de remediere prin depresurizare este cea mai complexă și mai eficientă metodă de remediere a concentrației radonului din interior. Prin "sol" se înțelege "terenul" de sub clădire.

Implementarea unor sisteme de remediere, poate conduce la o eficiență în reducerea nivelului concentrației de radon din interior, cuprinsă între 76% și 98%.

Durata de viață a unui astfel de sistem poate scădea în timp, fiind direct influențată de durata de viață a ventilatorului. Exploatarea și întreținerea corespunzătoare a ventilatorului poate menține eficiența remedierii până la 10 ani.

Principiul de bază utilizat în depresurizarea solului este de a asigura o diferență de presiune dintre sol și clădire, întotdeauna negativă. În timpul sezonului rece, etajele inferioare ale unei clădiri suferă depresurizare din cauza efectului de tiraj termic. Presiunea aerului care predomină afară în sol este, de asemenea, adesea mai mare decât cea din subsol, determinând ca gazele din sol să fie atrase în clădire.

În general, depresurizarea solului este considerată a fi cea mai robustă și de succes soluție, în comparație cu alte abordări în interesul reducerii concentrațiilor de radon. Cu toate acestea, depresurizarea solului ar putea crește pierderile termice din clădire, dacă interfața dintre sistemul de depresurizare și aerul din interiorul clădirii nu este etanșă. Se cunosc 2 tipuri de depresurizare: pasivă și activă.

Depresurizarea pasivă a solului

Metoda de depresurizare pasivă folosește principiile de stratificare termică, dar și viteza vântului, pentru a crea o depresiune în vederea realizării circulației unui flux de aer din umplutura de sub pardoseală și evacuarea acestuia în exterior. Depresurizarea pasivă este predispusă la factori diferiți care îi afectează eficacitatea. Sistemele pasive trebuie

Întotdeauna să fie proiectate astfel încât adaptarea la un sistem activ să fie posibilă, rapidă și simplă. În acest sens, sistemul activ poate fi văzut ca un sistem pasiv, modernizat cu ventilare activă a terenului (depresurizare). În prezent, există puține date despre eficacitatea sistemelor pasive.

Depresurizarea activă a solului (DAS) implică depresurizarea solului folosind un ventilator, incluzând, dar fără a se limita la, varianta sa cea mai răspândită cunoscută sub numele de depresurizare a terenului de sub placă, și alte metode conexe, cum ar fi depresurizarea solului de sub membrană, depresurizarea peretelui blocului și depresurizarea conductelor de drenaj.

Depresurizarea solului cu ajutorul unui ventilator face posibilă îndepărtarea gazelor subterane încărcate cu radon și eliminarea acestuia în aerul exterior înainte de a intra în clădire. DAS este considerată cea mai eficientă modalitate de a reduce concentrațiile mari de radon într-o clădire.

Depresurizarea activă a solului constă în următoarele: aplicarea unui strat permeabil, punct(e) de aspirație/drenaj, conducte, etanșare, ventilator.

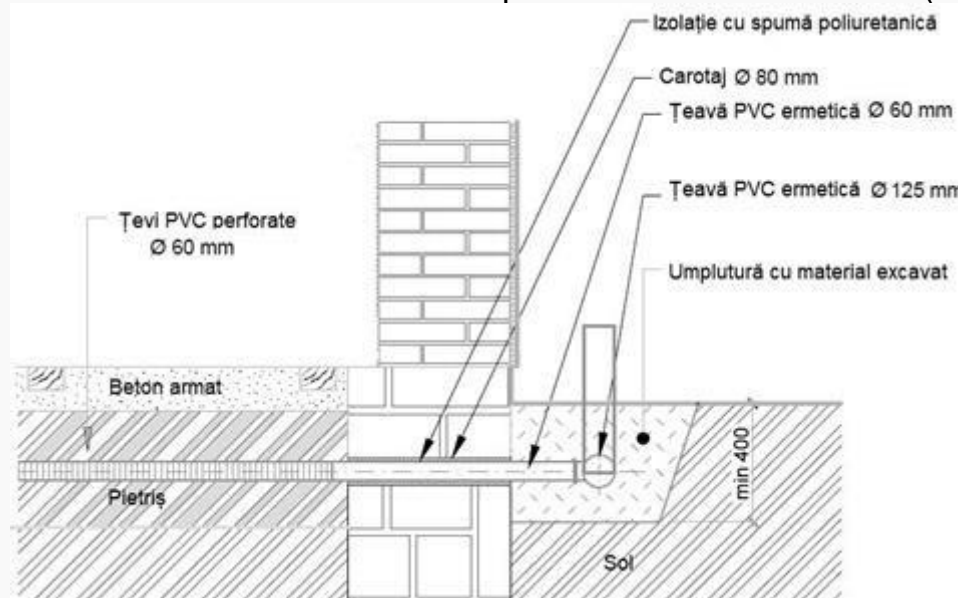
Este necesar un strat suficient de permeabil pentru a permite extinderea câmpului de presiune și pentru a permite gazului radon să curgă din punctul de presiune mai mare (sol) până în punctul de presiune mai mică (punctul de aspirație). Acest strat ar putea fi un strat de pietriș sau un strat de aer sub o membrană etanșă (Figura 7). Înțelegerea compoziției stratului permeabil la aer este o contribuție importantă la proiectarea configurației sistemului DAS. Poate fi necesar unul sau mai multe puncte de aspirație. Există diferite tehnici de colectare a radonului (fosa de radon, dale de scurgere, bazine sau goluri de aer sub o membrană) la punctul de aspirație. Punctul de aspirație este conectat direct la conducta de aspirație, astfel încât radonul, colectat dintr-o anumită zonă (dimensiunea extinderii câmpului de presiune) este tras prin conducta de aspirație către exteriorul clădirii.

Numărul de puncte de aspirație necesare variază de la clădire la clădire, depinzând, de exemplu, de permeabilitatea stratului, de amprenta la sol a clădirii. Cu toate acestea, printr-o planificare și execuție atentă, este posibil să se reducă numărul de puncte de aspirație la câteva sau chiar la unul singur.

Un ventilator radial în linie este instalat pe partea verticală a conductei de evacuare. Ventilatoarele potrivite pentru sistemul de depresurizare a solului (SDS) sunt ventilatoare mixte care permit efectuarea depresiunii la un debit mai mic, fără a fi prea voluminoase. Pentru a genera o depresiune de aproximativ 5 Pascali într-un strat de pietriș sub pardoseala joasă a unei suprafețe de aproximativ 250 m², este necesar un ventilator cu o putere între 30 și 100 W. Cu un design adecvat, puterea consumată poate fi menținută cu mult sub 1 până la 5 kWh/zi, în funcție de dimensiunea ventilatorului utilizat.

Pentru a evita efectele de zgomot perturbatoare, ventilatorul trebuie instalat pe peretele exterior, folosind cleme cu cauciuc care să fixeze conducta la -1 cm față de ventilator. Conducta de evacuare se termină printr-o grilă, deasupra acoperișului, astfel încât aerul viciat să fie eliberat departe de geamuri. Aceasta va fi prevăzută cu un subpass pentru condens, pentru a proteja ventilatorul.

Figura 7 - Secțiune plan de instalare a unei metode de depresurizare activă a solului (DAS) - Schema de principiu



Depresurizarea activă a solului (DAS) poate avea mai multe configurații:

- (a) Depresurizarea solului sub placă - "Sub-slab depressurization/depresurizare (SSD)" - Figura 8;
- (b) Depresurizarea solului sub membrana împotriva radonului - Figura 9a
- (c) Depresurizarea solului sub conducta de drenaj - "Drain-tile depressurization (DTD)" - Figura 9b.

Figura 8 - Depresurizarea solului sub placă - Schema de principiu

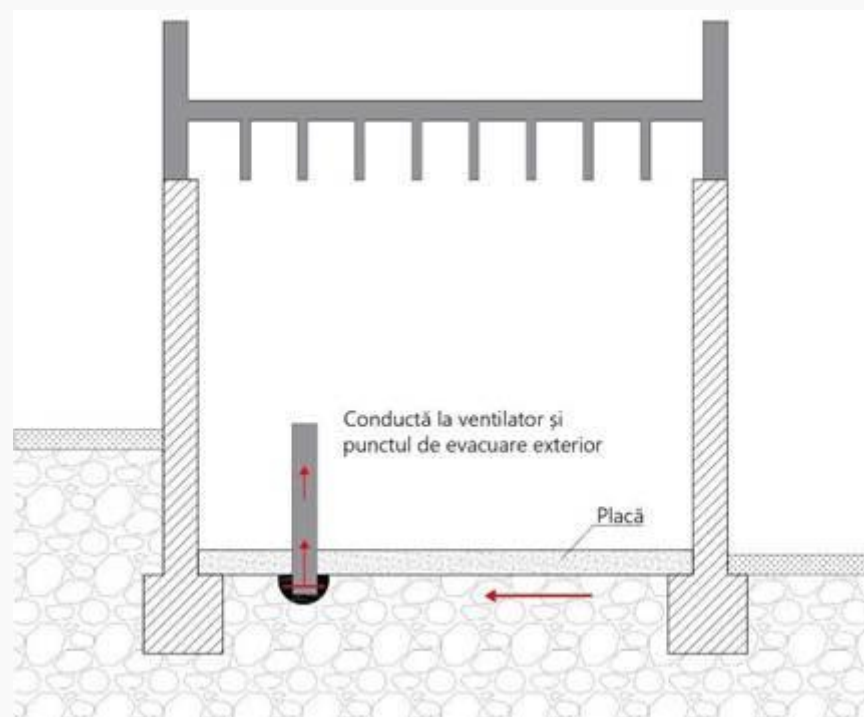


Figura 9a) Depresurizarea solului sub membrana împotriva radonului - Schema de principiu

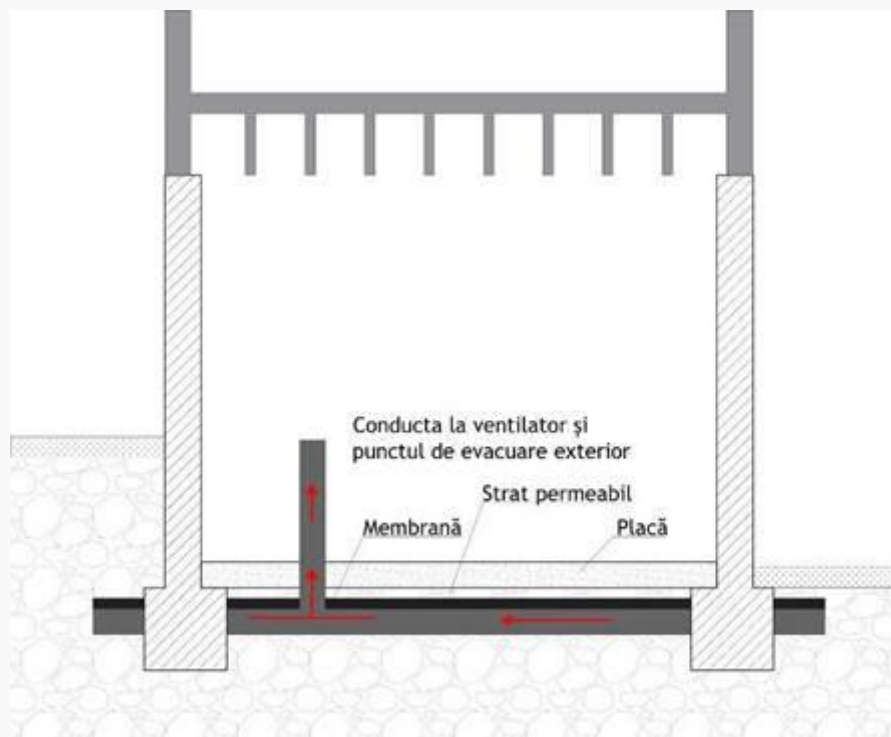
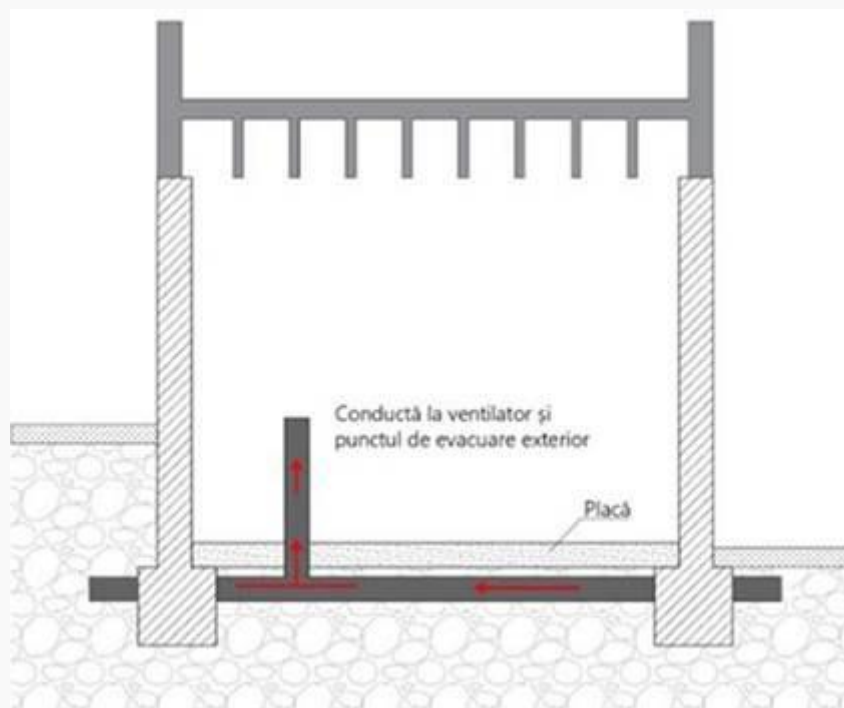


Figura 9b) Depresurizarea solului sub conducta de drenaj - Schema de principiu



Materialul din care sunt realizate conductele poate fi diferit în funcție de opțiunea proprietarului/administratorului clădirii. Tubulatura din PVC este frecvent utilizată. Conductele trebuie să fie durabile și rezistente la impact.

Proiectarea conductelor trebuie să asigure o pantă continuă descendentă de aproximativ 1 cm cădere pe 1 m lungime pentru a preveni crearea unor capcane de apă neintenționate în sistemul de conducte. Dacă acest lucru nu este posibil, trebuie utilizate metode adecvate pentru menținerea fluxului de aer fără obstrucție prin conducte. Etanșarea trebuie făcută folosind un material de etanșare durabil, compatibil cu toate materialele cu care intră în contact (de exemplu, PVC, beton, polietilenă). Materialul utilizat pentru etanșare trebuie să asigure o etanșare durabilă, permanentă, elastică. Dacă

este necesar, suprafețele pot fi tratate cu grund, în funcție de materialul selectat. Ventilatorul este destinat să inducă diferența de presiune în sistem.

Diverse configurații în funcție de modul de amplasare a sistemului de ventilare și structura clădirii sunt redată în Figurile 10 - 13.

Figura 10 - Depresurizarea solului sub placă cu ventilator intern în tavan și evacuare la nivelul acoperișului - Schema de principiu

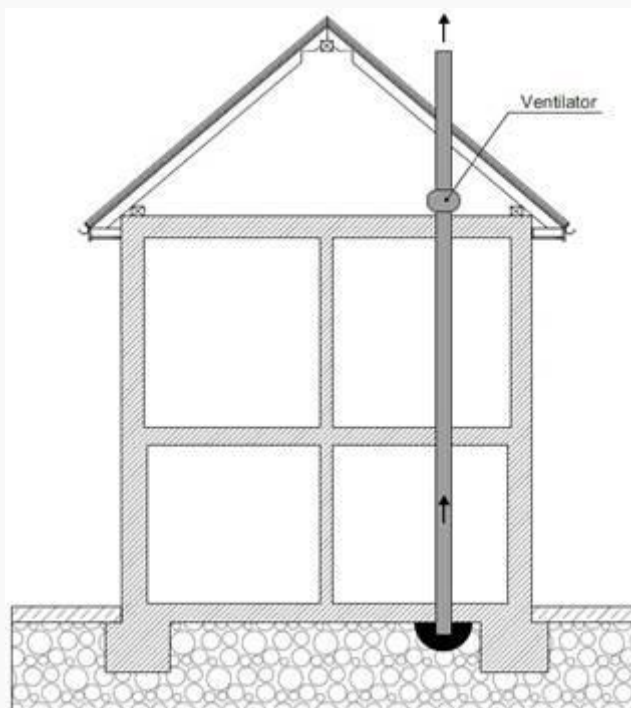


Figura 11 - Depresurizarea solului sub placă cu ventilator exterior clădirii și evacuare la nivelul acoperișului

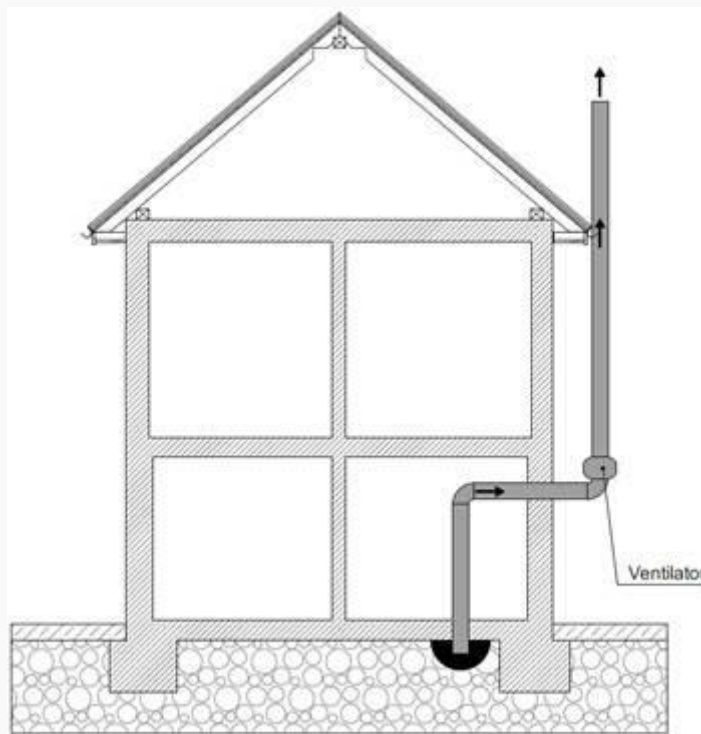


Figura 12 - Depresurizarea solului sub placă cu ventilator intern în tavan și evacuare la nivelul acoperișului din clădire cu subsol - Schema de principiu

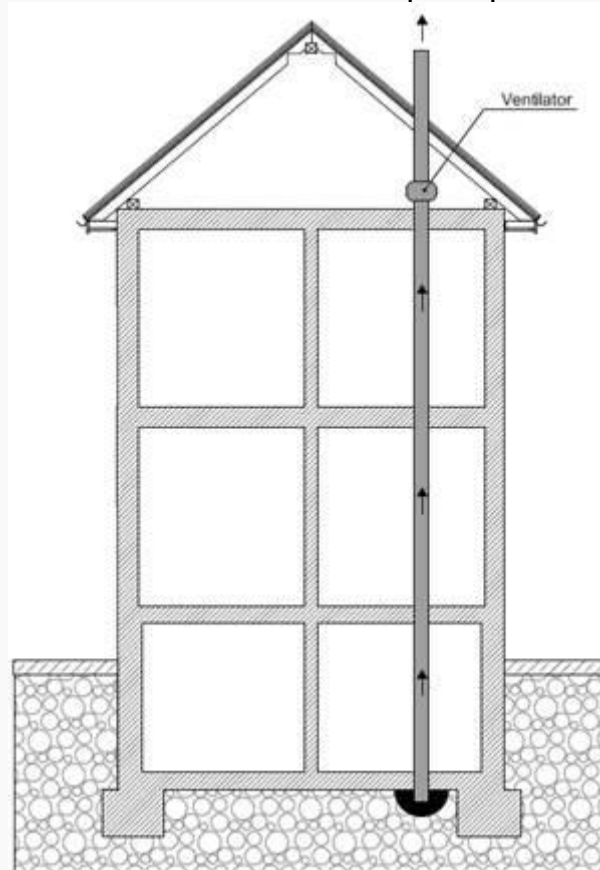
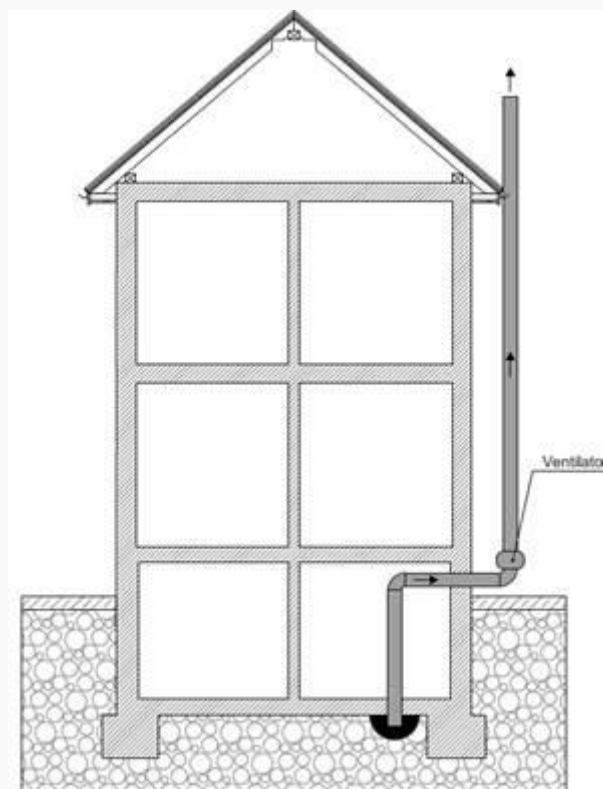


Figura 13 - Depresurizarea solului sub placă cu ventilator exterior clădirii și evacuare la nivelul acoperișului de la subsol-
Schema de principiu



Depresurizarea solului sub placă este cea mai utilizată tehnică de remediere a concentrației radonului. Această tehnică presupune un sistem de conducte și un ventilator de radon care vor extrage radonul și alte gaze din solul de sub clădire și le vor descărca în aer liber (Figura 14).

Figura 14 - Depresurizarea solului sub placă aplicată la clădiri din România



Depresurizarea solului sub membrană este utilizată pentru a reduce concentrațiile de radon în cazul în care sursa de radon a fost identificată în solul expus sub o parte sau sub întreaga clădire. Prin această abordare, radonul este extras de sub o membrană de polietilenă plasată peste sistemul de depresurizare și evacuat în exteriorul clădirii, folosind o

combinație ventilator/conductă (Figura 15). Tehnica aceasta prezintă cea mai ridicată eficiență, putând ajunge până la 99%.

Figura 15 - Depresurizarea solului sub membrană aplicată la clădiri din România

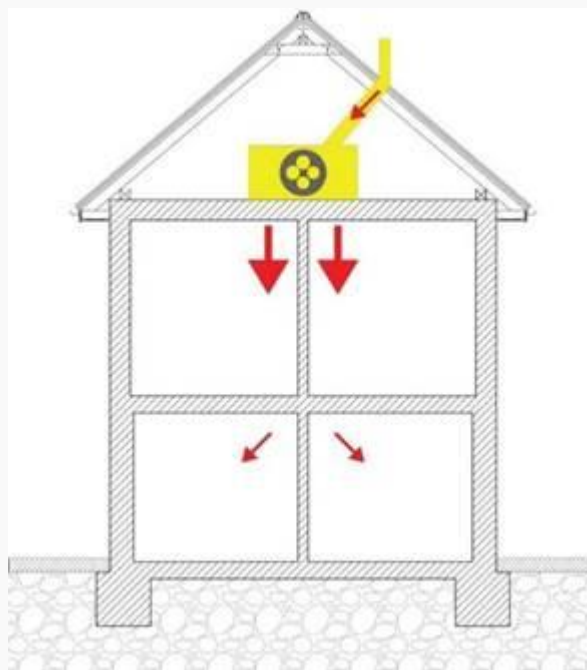


5.2. Presurizarea clădirilor

Presurizarea clădirilor este strâns legată de funcționarea sistemului de ventilare mecanică, iar acest sistem de atenuare a radonului se aplică strict în cazul clădirilor cu sisteme de ventilare mecanică. Presiunea din interiorul clădirii este reglată prin sistemul de ventilare mecanică. Este esențial ca presiunea din toate încăperile să fie echilibrată. De cele mai multe ori, presurizarea se realizează prin alimentarea (în exces/surplus) cu aer proaspăt în clădire, în același timp echilibrând alimentarea cu aer și evacuarea. Există mulți producători care oferă unități de ventilare pozitive pentru a reduce problemele cauzate de umiditatea ridicată a clădirilor, problemele care ar putea apărea incluzând mucegaiul, condensul și calitatea slabă a aerului. Aceste unități asigură o ventilare prin degajare în clădire, creând o presiune pozitivă foarte mică și o ventilare îmbunătățită. Sunt utilizate pe scară largă în zonele cu umiditate ridicată, atât pentru a îmbunătăți mediul interior, cât și pentru a reduce concentrația de radon din interior. Presurizarea clădirilor cu locuri de muncă sau cu acces și utilitate publică se poate dovedi dificil de echilibrat în orice moment. Din acest motiv, presurizarea clădirilor în practică are o aplicabilitate limitată. Mai mult, în clădirile presurizate trebuie să se acorde o atenție specială

fluxului de umiditate din aerul interior (poate avea o umiditate absolută mai mare decât aerul exterior) către anvelopa clădirii. Schema unui sistem pozitiv de presurizare a clădirii este prezentată în Figura 16.

Figura 16 - Sistem pozitiv de presurizare a clădirii - Schema de principiu



Metodele de presurizare pot avea mai multe configurații, similar cu metodele prin depresurizarea activă a solului (DAS).

Metoda de presurizare a solului sub placă este în esență același sistem ca depresurizarea activă a solului (DAS), dar cu inversarea direcției fluxului de aer. Alimentarea cu aer se realizează de obicei din aerul exterior.

Dacă se folosește aerul interior, trebuie acordată atenție în a nu se presuriza unele încăperi din clădire, deoarece acest lucru ar putea induce aspirația aerului bogat în radon de sub clădire exact în aceste camere.

Când se folosește aer exterior trebuie acordată atenție în a nu răci excesiv structurile podelei (este afectată eficiența energetică). În locul punctului de aspirație, se introduce un punct de presurizare. Acest punct și groapa/șanțul sunt, din punct de vedere tehnic, aceleași ca într-un sistem de depresurizare. Ventilatorul sistemului este situat aproape de groapa/șanțul de presurizare pentru a evita apariția pierderilor liniare de sarcină. Conexiunile conductelor la ventilator și la punctul de presurizare trebuie sigilate cu atenție. Dacă există o scurgere de aer prin oricare dintre aceste conexiuni, atunci sistemul nu va reuși să suprapresurizeze zona sub-plăcii. Toate punctele de scurgere din pardoseală trebuie să fie sigilate cu atenție, deoarece orice scurgere ar putea permite aerului din sol bogat în radon să pătrundă în clădire. Deoarece sistemul va presuriza zona sub-plăcii, nu este nevoie de o conductă de evacuare. Dezavantajul acestor sisteme este că, pe parcursul sezonului rece, în condiții de vreme extrem de rece, pot îngheța traseele.

5.3. Ventilarea clădirilor

Reducerea concentrației de radon din clădiri cu ajutorul ventilării depinde în mare măsură de gradul de etanșeitate la aer a pardoselii. Cu cât fluxurile de aer natural dinspre spațiul de sub pardoseală spre zona de locuit, sunt mai mici, cu atât rezultatul este mai satisfăcător.

Când ventilatorul extrage aerul din subsol, pivniță sau spațiul tehnic, presiunea scade, iar rata de pătrundere a radonului din sol în clădire crește. Creșterea gradului de ventilare, ca urmare a aerului suplimentar atras în spațiul de sub pardoseală de afară sau din clădire, poate reduce concentrația de radon sub pardoseală. Dacă ventilatorul este dimensionat să reducă presiunea din beci/pivniță sub valoarea presiunii din spațiul de deasupra, aerul va curge prin punctele de intrare anterioare în spațiul subteran. Aceasta va reduce fluxul de aer cu conținut mare de radon din spațiul subteran și va crește gradul de ventilare în spațiul de deasupra.

La clădirile cu destinația de locuințe, combinația dintre admisia redusă de radon și suplimentarea ventilării scade concentrațiile de radon din zona de locuit. Dacă presiunea din spațiul subteran se mărește cu ajutorul unui ventilator, rata la care radonul pătrunde din sol în spațiu scade, iar ventilarea suplimentară va reduce și mai mult concentrația de radon. Cu toate acestea, o presiune mai mare antrenează fluxuri de aer mai mari din spațiul de sub planșeu înspre spațiul de locuit, astfel încât reducerea concentrației de radon în locuință devine incertă.

În vederea asigurării calității aerului interior este disponibilă o gamă largă de sisteme de ventilare, fiecare dintre acestea având avantaje, dezavantaje și posibilități de implementare. În funcție de elementele preliminare aflate sau puse la dispoziție în faza de proiectare, sistemele de ventilare trebuie să asigure respectarea unor condiții. În funcție de anumite criterii, în normativul pentru proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, instalațiile de ventilare sunt prezentate ca fiind:

- Instalații de ventilare naturală, mecanică sau hibridă;
- Instalații de ventilare în depresiune, în suprapresiune sau în echilibru;
- Instalații de ventilare locală, generală sau combinată;
- Instalații cu tratarea sau fără tratarea aerului.

Aceste instalații trebuie să satisfacă anumite condiții de confort, printre care parametrii de temperatură, umiditate, vizuali, acustici și de calitate a aerului, care trebuie să se regăsească într-un echilibru, astfel încât percepția ocupantului asupra calității mediului interior să fie una bună.

NOTĂ!

Creșterea necontrolată a ventilării poate afecta diferența de presiune interior/exterior și va conduce la creșterea nivelului de radon în interiorul clădirii!

Ventilarea mecanică cu recuperare de căldură (VRC) poate fi o soluție eficientă dacă o clădire are multiple probleme de calitate a aerului și este/va fi echipată cu un sistem HVAC, ce cuprinde centrala de tratare a aerului și traseul de conducte de distribuție a aerului. Un sistem VRC facilitează îmbprospătarea aerului prin introducerea aerului curat în interiorul clădirii, concomitent cu evacuarea aerului viciat. Prin intermediul recuperatorului de căldură se facilitează o parte din transferul termic de la aerul viciat ce este evacuat, către aerul introdus. Când este instalat și întreținut în mod corespunzător, VRC poate reduce concentrația de radon cu aproximativ 50%. Trebuie menționat că, pentru ca un sistem VRC să rămână eficient, este necesară o întreținere continuă.

Instalarea sistemelor de ventilare

Orice grila de admisie a aerului trebuie amplasată conform reglementărilor în vigoare și, în orice caz, la o înălțime de cel puțin 30 cm deasupra nivelului terenului și departe de garaje, tufișuri și canalizare, pentru a împiedica pătrunderea poluanților sau a mirosurilor neplăcute în clădire.

Admisia și evacuarea sistemelor de ventilare mecanică cu recuperare de căldură (VRC) trebuie montate conform reglementărilor în vigoare, dar este recomandabil să se prevadă o separare de 1,8 m între admisie și evacuare, pentru a împiedica reintroducerea în clădire a aerului de la gura de evacuare. VRC sau grilele de admisie și de evacuare ale ventilatorului trebuie protejate cu un grătar contra dăunătorilor.

La instalare, trebuie să se asigure că fluxurile de alimentare și de evacuare sunt proiectate să fie egale, verificând specificațiile fabricantului. Conducta de evacuare a condensului trebuie racordată la un dren cu sifon de evacuare și nu descărcată printr-o simplă gaură în pardoseală.

Pentru a menține performanța sistemului de ventilare, ventilatorul și VRC trebuie întreținute prin lucrări de întreținere efectuate cel puțin o dată pe an sau conform programului de lucrări de întreținere stabilit de fabricant. O gură de admisie a aerului, înfundată cu gunoaie, frunze sau zăpadă, poate cauza scăderea presiunii din interiorul clădirii și a tirajului natural al coșului de fum și poate duce la creșterea ratei de penetrare a radonului în clădire.

Instalarea ventilatorului

Sistemele active de reducere a radonului trebuie să se descarce în exterior, așa cum se arată în Figura 17 (acoperiș), Figura 18 (capătul frontonului) sau Figura 19 (descărcarea din peretele lateral lângă nivelul solului). Sistemele active de reducere a radonului care se termină deasupra acoperișului sau printr-un fronton (vezi Figura 18) trebuie să aibă ventilatoarele amplasate în pod. Cele trei opțiuni posibile de deversare descărcare a sistemului activ de reducere a radonului (acoperiș, capăt de fronton sau descărcarea din pereții laterali aproape de nivelul solului) trebuie să respecte distanțele de degajare prezentate în Tabelul 3.

NOTĂ!

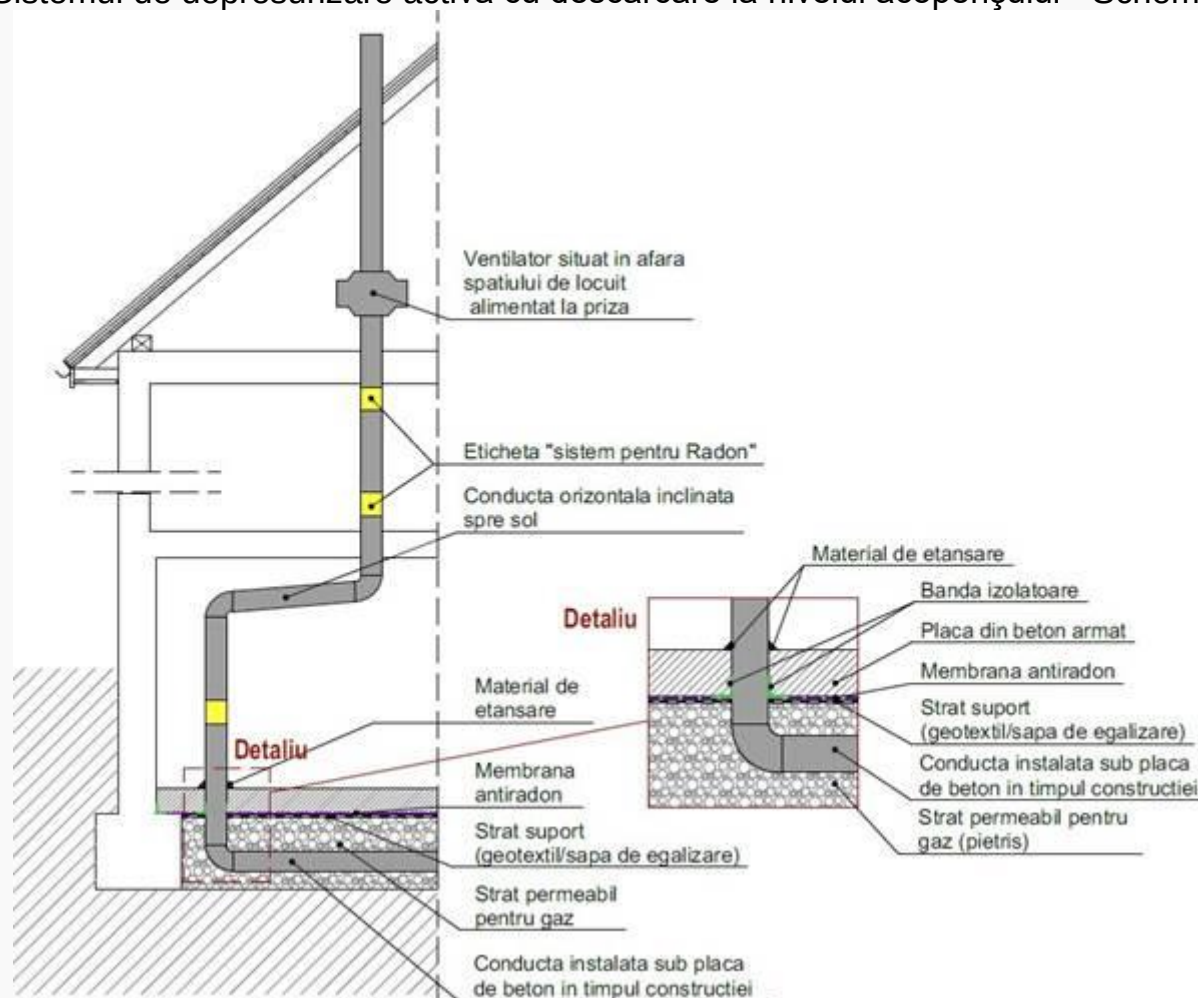
Această condiție este impusă pentru a preveni acumularea de gheață sau deteriorarea datorată apei pe acele suprafețe.

Conducta pentru evacuarea la capătul frontonului trebuie să se descarce orizontal cu o lungime minimă de 50 mm și o lungime maximă de 150 mm care iese dincolo de planul structurii verticale.

Trebuie avut grijă pentru a se asigura că punctul de terminare de descărcare la capătul frontonului nu este situat direct deasupra unei pasarele, pentru a se asigura că orice bucată de gheață care se poate forma la ieșirea conductei nu cade peste persoanele care circulă pe dedesubt.

Un exemplu de ventilator de radon utilizat frecvent este cel care asigură un minimum de 85 m³/h la 125 Pa. Ventilatorul asigură un flux de aer ascendent în conducta de aerisire, pentru a atrage aerul "bogat" în radon din solul de sub membrană. Nu trebuie să fie amplasat acolo unde poate crea presiune pozitivă în orice porțiune a conductei de aerisire situată în interiorul clădirii. O alarmă sonoră, o lumină intermitentă, un manometru sau un alt dispozitiv similar pot fi instalate pentru a indica când ventilatorul nu funcționează.

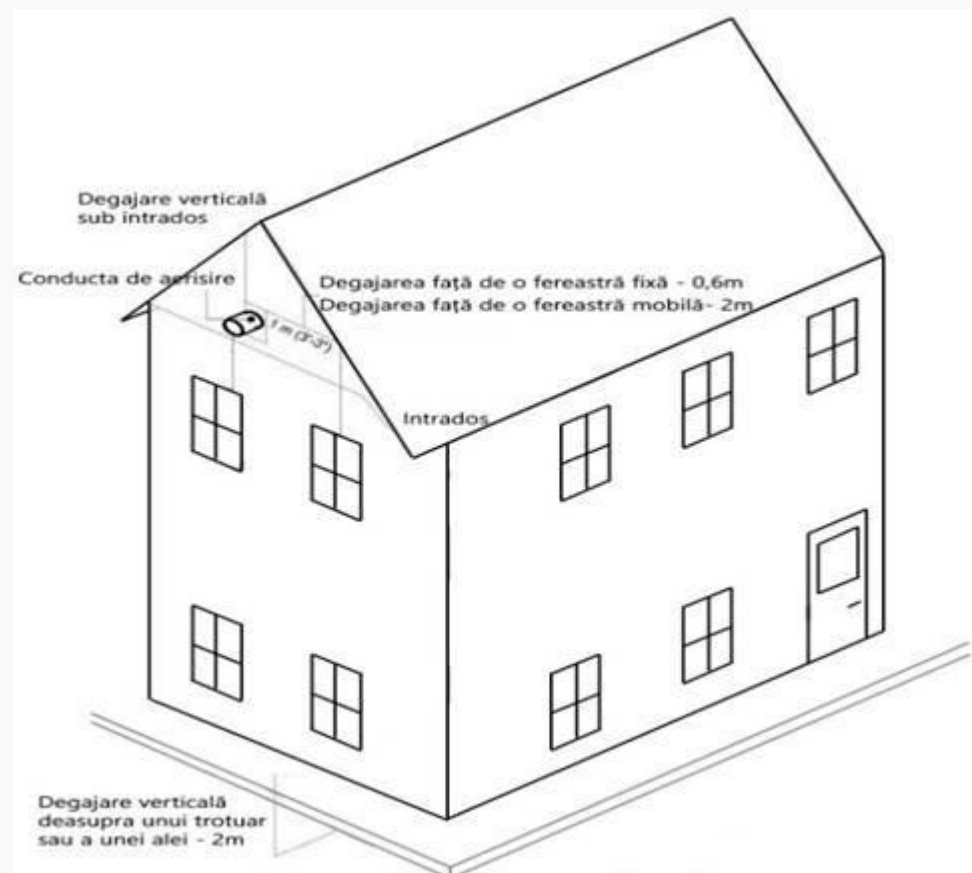
Figura 17 - Sistemul de depresurizare activă cu descărcare la nivelul acoperișului - Schema de principiu



Tabelul 3 - Distanțe de degajare pentru sistemele active de reducere a radonului

Localizare	Distanța minimă (m)
Distanță față de o gura de alimentare cu aer	2
Distanță până la fereastra închisă permanent	0,6
Spațiu liber pentru o fereastră care se poate deschide	2
Distanță față de o ușă care poate fi deschisă	1
Distanță până la colțul exterior	0,3
Distanță până la colțul interior	0,3
Spațiu liber deasupra trotuarului asfaltat sau a drumului asfaltat situat pe proprietate publică	2
Spațiu liber deasupra nivelului, verandă, punte sau balcon	0,3
Distanță verticală de la orice componentă de ventilare pentru mansardă	1
Distanță orizontală dintr-o zonă direct sub descărcare acolo unde există riscul de rănire din cauza căderii gheții	1

Figura 18 - Sistem de depresurizare activă cu descărcare la nivelul frontonului - Schema de principiu



NOTĂ!

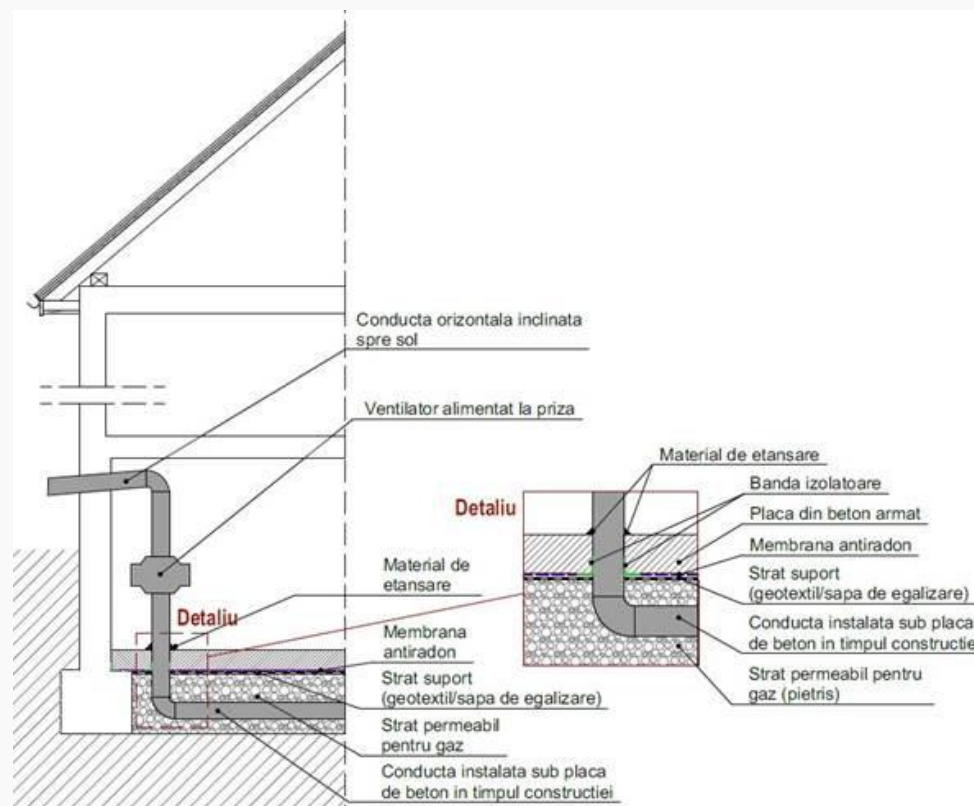
Această condiție este impusă pentru a preveni acumularea de gheață, înghețul sau deteriorarea datorată apei pe acele suprafețe.

Conducta pentru evacuarea la capătul frontonului trebuie să se descarce orizontal cu o lungime minimă de 50 mm și o lungime maximă de 150 mm care iese dincolo de planul structurii verticale.

Trebuie avut grijă pentru a se asigura că punctul de terminare de descărcare la capătul frontonului nu este situat direct deasupra unei pasarele, pentru a se asigura că orice bucată de gheață care se poate forma la ieșirea conductei nu cade peste persoanele care circulă pe dedesubt.

Conducta trebuie să fie amplasată acolo unde aerul evacuat și umiditatea nu vor afecta direct suprafețele de pe proprietate sau proprietăți adiacente. Un sistem activ deasupra orificiului de evacuare a conductei de evacuare a acoperișului nu trebuie instalat în dolii sau alte locuri unde este probabil să se acumuleze zăpadă sau gheață.

Figura 19 - Sistem de depresurizare activă cu descărcare la nivelul peretelui lateral, aproape de nivelul solului



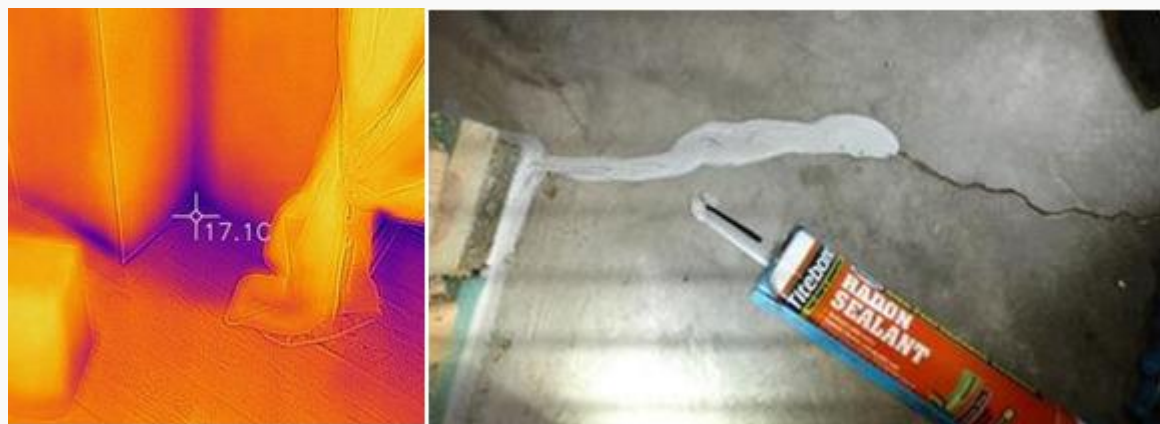
5.4. Izolarea căilor de intrare în clădire

Tubulatura și oricare alte căi de acces pentru utilități, care trec prin placa de beton a unei clădiri remediate pentru reducerea expunerii la radon, trebuie să fie sigilate în mod etanș și permanent. Materialul de etanșare trebuie să fie compatibil cu suprafețele pe care este aplicat. Această etanșare trebuie inspectată la finalizarea lucrărilor pentru a se asigura etanșeitățile clădirii, care este o condiție prealabilă pentru ca orice alte măsuri de atenuare a radonului care vor fi

aplicate să aibă succes. Toate fisurile, îmbinările și deschiderile din placa de beton trebuie să fie sigilate în mod etanș permanent. Deschiderile cu o lățime mai mare de 13 mm trebuie să fie preumplute, după necesități, cu un material compatibil, înainte de aplicarea oricărui material de etanșare (Figura 20). Se recomandă monitorizarea fisurilor care pot apărea în plăcile peste sol înainte de sigilarea lor în mod etanș și permanent, necesară pentru a se preîntâmpina pătrunderea radonului.

Materialele de etanșare moderne conferă etanșare la aer, deci transformarea plăcilor și pardoselilor obișnuite în rezistente la radon, sigilând toate golurile, ar trebui, în principiu, să fie o chestiune simplă. Însă, în practică, o primă dificultate este cea legată de accesul la goluri, deoarece presupune că absolut toate suprafețele din subsol să fie inspectate vizual, în vederea aplicării ulterioare a materialului de etanșare. Punctele de intrare a gazelor din sol se pot detecta cu ajutorul unui ventilator mare sau a unei uși suflante, care să depresurizeze semnificativ subsolul, și cu ajutorul fumului chimic, care să detecteze scurgerile de aer prin goluri. Se poate utiliza și un termometru cu infraroșu sau o cameră de termoviziune, pentru a localiza căile de intrare a gazelor din sol, detectând zonele răcite de gazele reci infiltrate din sol.

Figura 20 - Sigilarea căilor de intrare în clădire cu material de etanșare



Căile de intrare specifice care se pot regăsi în clădiri pot fi: fisuri, crăpături, goluri, găuri și penetrații pentru conducte în placa de beton peste sol sau în pereții care au contact direct cu solul.

Sigilarea completă este adesea foarte solicitantă, depinzând de tipologia clădirii. Etanșarea punctelor de intrare cu material de etanșare nu este considerată drept o tehnică de sine stătătoare de diminuare a concentrației de radon, ci se aplică în combinație cu o altă metodă de remediere.

5.5. Membrane împotriva gazelor din sol

Există mai multe tipuri de membrane împotriva gazelor din sol și, implicit, radonului, având grosimi diferite (Figura 21). Aceste membrane sunt instalate sub plăcile de beton din două motive: în primul rând, membrana ține betonul în loc, în timp ce acesta se întărește, astfel încât betonul să nu umple stratul de pietriș permeabil, iar în al doilea rând, membrana poate ajuta la eliminarea oricăror crăpături viitoare care pot apărea în beton după ce s-a realizat toată etanșarea. Membranele utilizate pentru etanșarea spațiilor de accesare trebuie să fie durabile și etanșe pentru a opri orice punct de intrare a gazului din sol în structură casei/clădirii. În majoritatea cazurilor, la aplicare, bucățile de membrană trebuie suprapuse în zonele de câmp, una peste alta, 300 mm și sigilate într-un mod etanș. De asemenea, la contactul cu pereții se ridică pe verticală cu 300 mm și se sigilează cu banda de etanșare. Sigilarea trebuie să fie inspectată la finalizare pentru a se asigura un nivel ridicat de etanșeitate la aer. Membranele se pot instala, de asemenea, și la "suprafață" peste suprafața betonată, însă eficiența lor scade (ușor) în acest fel.

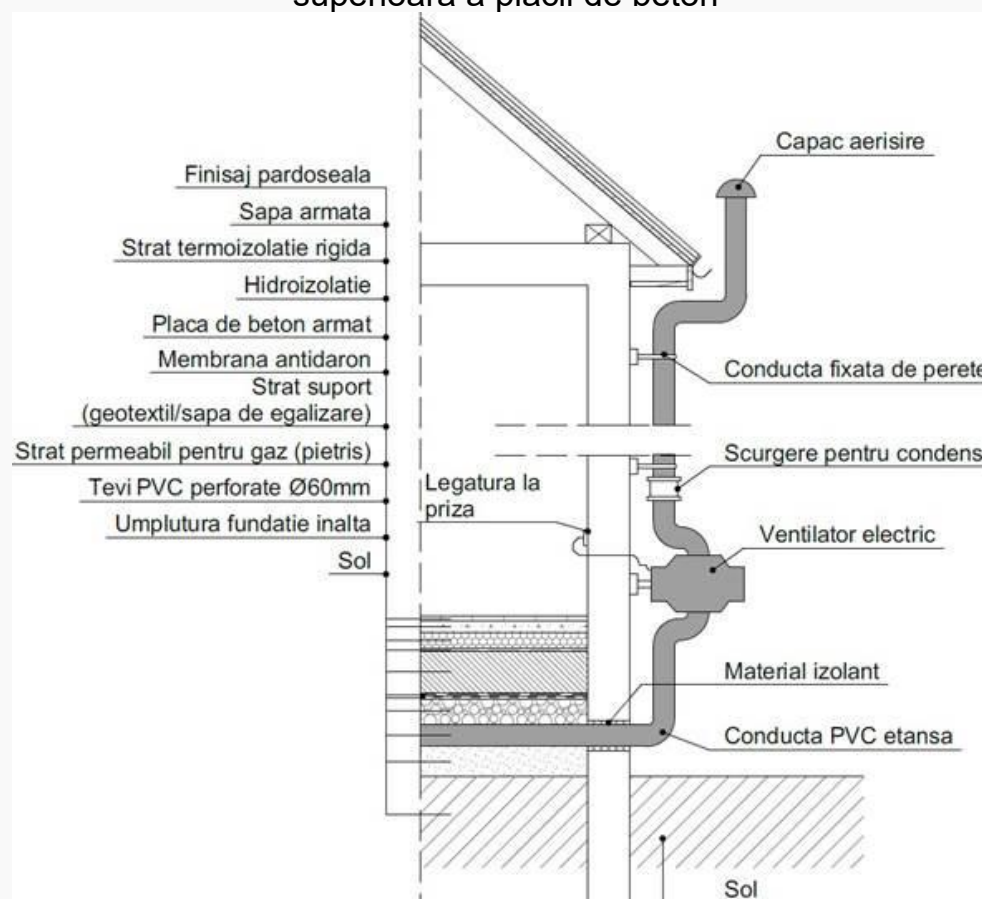
Figura 21 - Membrana împotriva radonului și etanșarea acesteia la contactul cu pereții



Pentru o eficiență maximă, dar și pentru a evita ca sistemul de depresurizare să extragă o parte din căldura din interiorul clădirii, metodele de remediere se aplică în combinație cu izolarea cu material de etanșare a căilor de intrare a

radonului și limitarea căilor de transfer prin etanșeizarea interfeței dintre sol și clădire și amplasarea unei membrane împotriva radonului (Figura 22).

Figura 22 - Secțiune de principiu - metodă combinată de remediere a concentrației radonului - Depresurizarea activă a solului cu izolarea și etanșeizarea fundației și a planșeului, cu aplicarea membranei împotriva radonului la partea superioară a plăcii de beton



Etichetare: Se recomandă atașarea unei etichete informative pe conductele sistemului, într-un loc vizibil, care să specifice faptul că acea conductă face parte din sistemul de remediere a concentrației de radon. Se vor atașa etichete și pe întrerupătorul panoului de operare, pe întrerupătorul de deconectare a ventilatorului și pe capacele puțurilor (bazinelor) de epuizment. O etichetă care să avertizeze că membrana face parte din sistemul de atenuare a concentrației de radon se va amplasa la intrarea în orice spațiu unde se practică depresurizarea sub membrană.

5.6. Remedierea spațiilor cu concentrații de radon eliberat din diverse surse de apă în clădirile existente

Dacă în clădire este folosită apă cu concentrații mari de radon, aceasta poate fi o sursă a creșterii concentrației de radon în interior.

Aceasta este în primul rând o problemă pentru clădirile cu locuințe la care alimentarea cu apă care se realizează dintr-o zonă cu concentrații ridicate de radon în roca de bază. Apa provenită de la companiile locale de distribuție de apă este de obicei suficient de aerată în procesul de stocare, tratare și distribuție. Când apa părăsește o conductă sub presiune, o parte din gazul radon dizolvat devine aeropurtat și contribuie la valorile concentrațiilor de radon din interior. Radonul dizolvat, provenit din apă, poate de asemenea să ajungă în aer în timpul încălzirii. Cu cât picăturile de apă sunt mai mici și expuse la aer, cu atât mai mult din gazul radon dizolvat poate ajunge aeropurtat. Ca o indicație aproximativă a contribuției apei din gospodărie asupra concentrației de radon într-un spațiu interior relativ mic, este general acceptat faptul că 1000 Bq/L de radon în apă contribuie la 100-200 Bq/m³ de radon în aerul interior, dacă consumul de apă este de aproximativ 1 m³/zi.

Formula pentru calcularea exalației de radon cu proveniență din apă, într-o clădire, este dată de ecuația de mai jos:

$$C_v = \frac{C_a}{24 \times (n + \lambda)} \sum e_i \times W_i$$

unde:

C_v - Contribuția radonului din utilizarea apei menajere în aerul interior, Bq/m³

C_a - Concentrația de radon în apă, Bq/m³

λ - Constanta de dezintegrare 0,00755 h⁻¹

n - Schimbul de aer din clădire, h⁻¹

V - Volumul clădirii, m³

W_i - Volumul de apă utilizat zilnic în scopuri diverse, m³/zi

e_i - Ponderea radonului care intră/se combină cu/în aerul interior

Tabelul 4 prezintă câteva exemple privind exalația de radon în aerul interior provenit de la utilizarea apei utilizate în clădirile rezidențiale.

Tabelul 4 - Exalația de radon în aerul interior provenit de la utilizarea apei utilizate în locuințe

Utilizare	Exalație/emanație radon în aerul interior (%)
Duș	60-70
Baie (cadă cu apă)	30-50
WC	30
Spălătorie (mașină de spălat rufe)	90-95
Mașina de spălat vase	95
Apă de băut	10-45

Pentru a rezolva contribuția la expunerea în exces la radon într-o clădire, cauzată de alimentarea gospodăriei/casei/clădirii, cu apă ce are un conținut mare de radon, apa poate fi aerată înainte de a fi utilizată. Sistemul de aerare trebuie să aibă o capacitate suficientă pentru a face față tuturor cerințelor zilnice din gospodărie. De obicei, sistemul de aerare ar trebui să aibă la dispoziție circa 200 de litri de apă aerată pentru utilizare. Principiul sistemului este de agitare a apei încărcată cu radon, astfel încât gazul radon să fie degazat în siguranță înainte ca apa să intre în sistemul de alimentare cu apă a clădirilor. Cu toate acestea, este necesară o precauție suplimentară în cazul în care sistemul este pus în funcțiune. Radonul eliberat în procesul de aerare trebuie îndepărtat imediat din spațiu/încăpere, astfel încât să nu pătrundă în aerul interior al clădirii și să conducă la un nivel ridicat de radon.

5.7. Remedierea clădirilor existente pentru scăderea concentrației radonului provenit din materialele de construcție

Toate materialele și produsele de construcție destinate utilizării în clădiri în implementarea măsurilor de protecție și remediere împotriva radonului respectă specificațiile tehnice armonizate din domeniul de aplicare al Regulamentului (UE) nr. 305/2011 al Parlamentului European și al Consiliului din 9 martie 2011 de stabilire a unor condiții armonizate pentru comercializarea produselor pentru construcții și de abrogare a Directivei nr. 89/106/CEE a Consiliului și legislația românească în domeniu. Produsele, materialele, componentele și instalațiile sistemelor de ventilare pentru care sunt

stabilite cerințe specifice și/sau cerințe de proiectare ecologică, trebuie să respecte cerințele reglementărilor aplicabile în vigoare.

Cu toate acestea, utilizarea materialelor de construcții (mai mult sau mai puțin) radioactive, bogate în radionuclizi emițători gama naturali poate provoca expunerea semnificativă a persoanelor care ocupă/utilizează clădirile construite cu astfel de produse.

Implementarea noilor Norme de Securitate de Bază (Basic Safety Standards) conform Directivei Consiliului nr. 2013/59/EURATOM implică identificarea materialelor de construcție ce ar reprezenta un motiv de îngrijorare din punctul de vedere al protecției radiologice (Art. 75). În contextul armonizării cu legislația Europeană, noile Norme privind cerințele de bază de Securitate Radiologică (NSR) (Ordin CNCAN 136/iunie 2018), art. 73 - 75 și Normele de securitate radiologică pentru surse Naturale de Radiații (NRN) (Ordin CNCAN 316/nov 2018) includ aceste cerințe. Regulamentul UE nr. 305/2011 al Parlamentului European și al Consiliului stabilește condiții armonizate pentru comercializarea produselor pentru construcții și prevede ca informațiile să fie puse la dispoziție atunci când produsele sunt introduse pe piață. În Anexa nr. 1 NSR (Termeni și expresii) se definește ca material de construcții - orice produs pentru construcții destinat încorporării în mod permanent într-o clădire sau în părți componente ale acesteia, a cărei performanță are efect asupra performanței clădirii în ceea ce privește expunerea ocupanților săi la radiațiile ionizante, definiție care se regăsește și în legislația proprie industriei materialelor, respectiv produselor pentru construcții. Cerințele privind materialele de construcție sunt menționate în Capitolul VI, secțiunea a 4-a și în Anexa nr. 8 din Ordinul ministrului sănătății nr. 752/2018. Dacă se constată că sursa de radon o reprezintă materialul de construcție, apar mai multe situații ce trebuie analizate în planul de remediere. Orice plan de remediere, relativ la materialul de construcție, trebuie să conțină un calcul al dozelor care trebuie să țină seama de factori precum rata de exalație, densitatea și grosimea materialului, factorii referitori la tipul construcției și utilizarea preconizată a materialului de construcție, în profunzime sau la suprafață (Anexa nr. 8).

6. SISTEME DE REMEDIERE PENTRU PROTECȚIA LA RADON A CLĂDIRILOR EXISTENTE

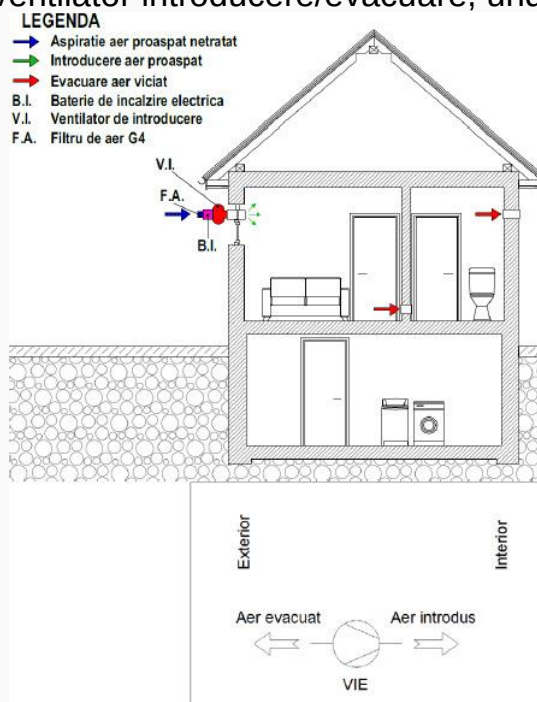
6.1. Sistem de ventilare cu ventilator de fereastră/perete (SV)

Cea mai simplă soluție este un sistem ventilator de evacuare, care extrage aerul poluat și umed din clădire în zona mai puțin ocupată. În același timp, aerul curat este introdus prin prizele de aer aflate la nivelul fațadei sau în tâmplăria ferestrelor din zonele ocupate (Figura 23).

Sistemul de remediere cu presurizare sau depresurizare montat în fereastră este compus dintr-un ventilator reversibil (poate introduce aer proaspăt sau evacua aer viciat în și din încăpere) montat așa cum îi spune și numele în "ochiul unei

ferestre". El este alcătuit dintr- un motor cu ventilator, grile cu deschidere automată la pornirea ventilatorului și corpul acestuia (cu rol de prindere și susținere a elementelor menționate anterior). În funcție de modulul de comandă, sistemul poate fi acționat manual sau automat de un poluant/parametru interior și numai în funcție de această comandă ventilatorul să pornească.

Figura 23 - Schema de principiu ventilator introducere/evacuare, unde: VIE = ventilator introducere aer

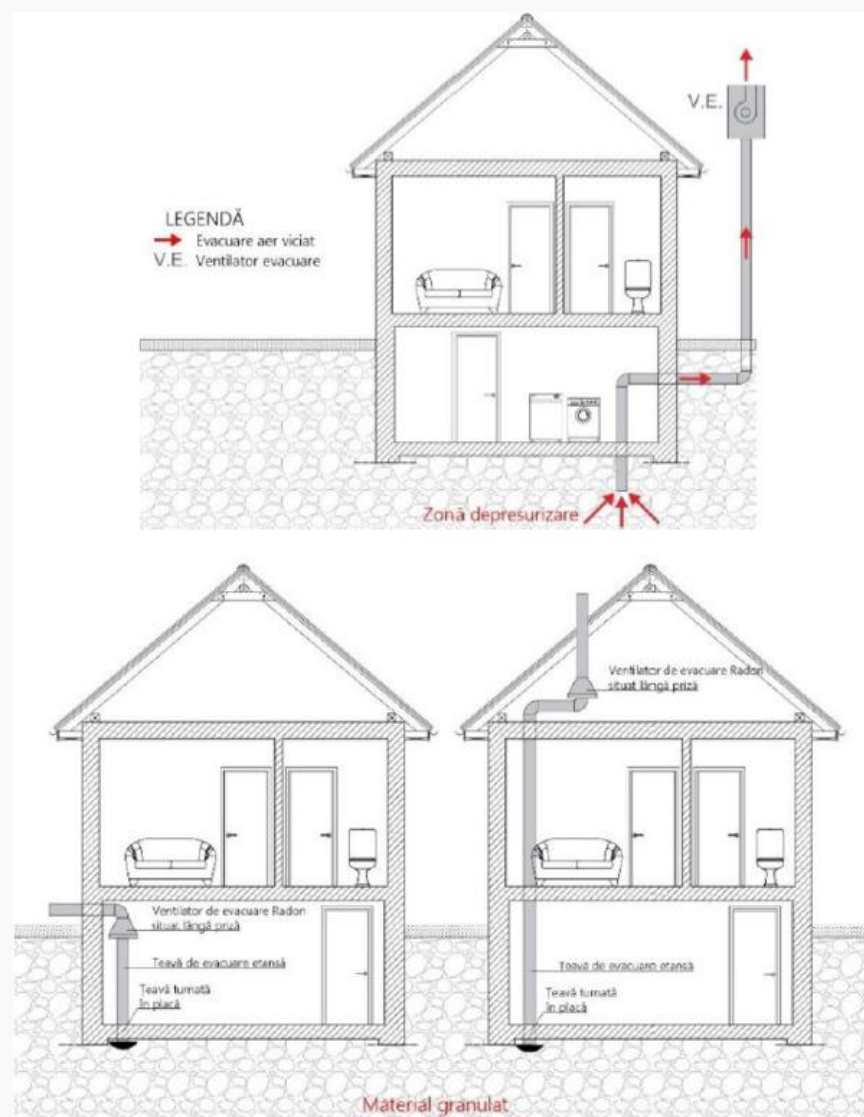


6.2. Sistem de ventilare cu depresurizare sol (SVDT)

Această metodă pentru reducerea radonului prin depresurizarea terenului de sub clădire este cea mai răspândită și eficientă tehnică utilizată pe plan internațional.

Metoda constă în depresurizarea zonei de sub placa de beton de la nivelul inferior, având ca efect principal aerisirea și îndepărtarea radonului din sol în zona adiacentă imobilului. Această soluție de remediere se poate utiliza în cazul clădirilor care au subsol sau placă direct peste sol. În cazul plăcii peste sol, aceasta presupune instalarea adițională a unor căi de ventilare sub aceasta, pentru evacuarea forțată a radonului cu un ventilator activ. Aceste căi de ventilare sunt reprezentate de colectoare longitudinale din conducte de PVC prevăzute cu fante și care sunt montate sub pardoseală finită. În cazul în care clădirea este dotată cu subsol, se pot monta unul sau mai multe colectoare verticale, iar alegerea, dimensionarea echipamentelor se face după un studiu de caz și proiect individual pentru fiecare tip de clădire în parte (Figura 24). În funcție de modulul de comandă, sistemul poate fi acționat manual sau automat de un poluant/parametru interior și numai în funcție de această comandă ventilatorul să pornească.

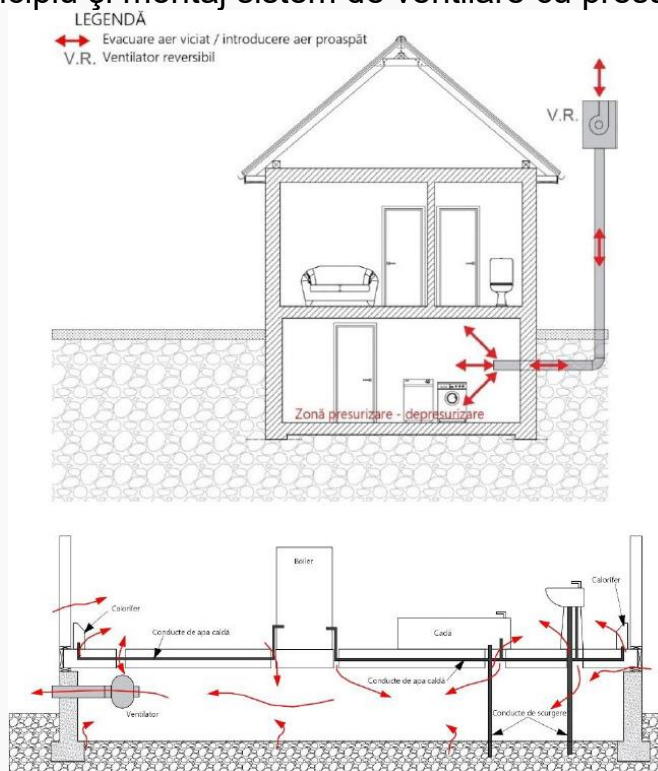
Figura 24 - Sistem depresurizare activă a pardoselii - Schema de principiu



6.3. Sistem de ventilare cu presurizare-depresurizare subsol (SVPDS)

Această soluție de remediere se poate utiliza numai în cazul clădirilor care au subsol. Alegerea, dimensionarea echipamentelor se face după un studiu de caz și proiect individual pentru fiecare tip de clădire în parte. Sistemul de remediere cu presurizare sau depresurizare montat în subsol, este compus dintr-un ventilator reversibil (poate introduce aer proaspăt sau evacua aer viciat în și din subsol) montat fie în "ochiul unei ferestre" fie într-un perete exterior (Figura 25). El este alcătuit dintr-un motor cu ventilator, grile cu deschidere automată la pornirea ventilatorului și corpul acestuia (cu rol de prindere și susținere a elementelor menționate anterior). În funcție de modulul de comandă care poate fi acționat fie manual, fie automat de un poluant/parametru interior și nu numai, în funcție de această comandă ventilatorul să pornească într-un sens sau altul (să introducă sau să evacueze aer).

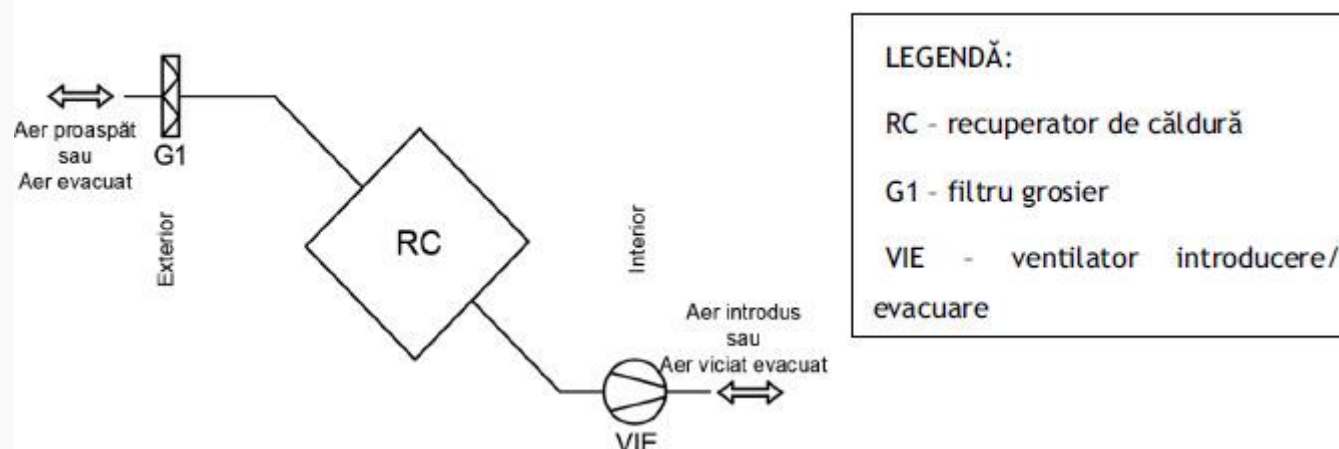
Figura 25 - Schemă de principiu și montaj sistem de ventilare cu presurizare/depresurizare subsol



6.4. Sistem de ventilare mecanică descentralizată cu recuperare de căldură, montaj în perete, simplu flux

Prin acest sistem descentralizat de ventilare se poate realiza o circulație a aerului local în funcție de necesar (Figura 26). Ventilarea tuturor spațiilor unei clădiri cu sisteme de recuperare a căldurii realizează o economie deosebită de energie. Acest sistem de ventilare cu recuperare de căldură este nou, modern și eficient energetic. Sistemul de ventilare cu recuperare de căldură reprezintă o modalitate de ventilare a spațiilor prin care aerul viciat evacuat cedează căldura sa aerului proaspăt introdus. "Inima" sistemului o reprezintă schimbătorul de căldură, prin care aerul introdus este încălzit sau răcit la o temperatură foarte apropiată de cea a aerului evacuat, folosind căldura acestuia. Având în vedere pierderile foarte mari de energie din timpul aerisirii camerelor, ventilarea mecanică cu recuperarea căldurii este cea mai utilă tehnologie pentru scăderea costurilor. Recuperarea de căldură se face atât în sezonul rece cât și în sezonul cald.

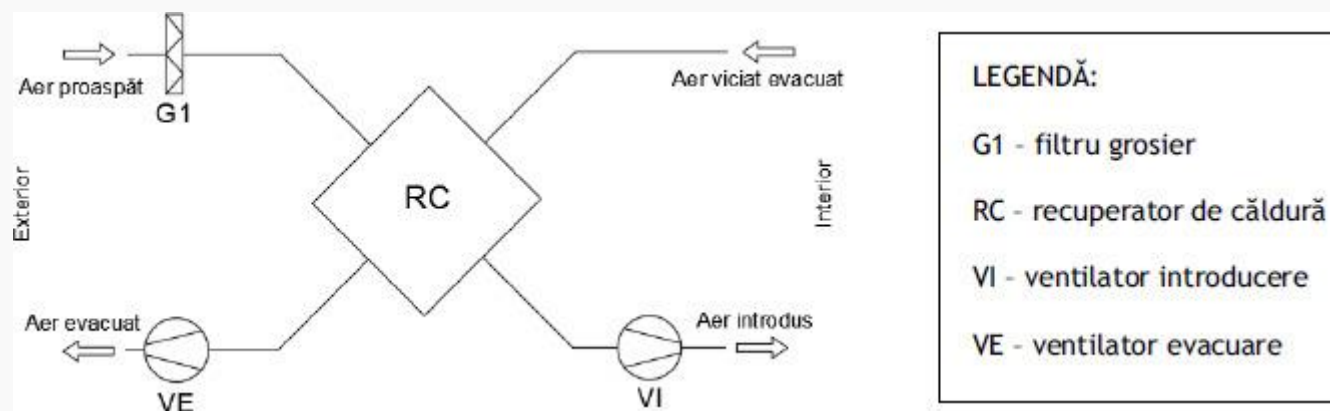
Figura 26 - Schemă de principiu și montaj sistem de ventilare mecanică descentralizată cu recuperare de căldură simplu-flux



6.5. Sistem de ventilare mecanică descentralizată cu recuperare de căldură, montaj în perete, dublu flux (SVR2F)

Sistemele de ventilare cu recuperare de căldură, montaj în perete, sunt bazate în totalitate pe un concept descentralizat. Ventilarea clădirii se realizează prin instalarea unei unități în fiecare încăpere. Sistemele descentralizate pot fi instalate foarte ușor în clădiri în faza de construcție, dar și în clădiri vechi, renovate sau reabilite termic și care nu dispun de soluții de ventilare a aerului interior. Traseele de conducte de la sistemele de ventilare centralizate nu sunt necesare. De asemenea, este eliminată instalarea atenuatoarelor de zgomot sau curățarea periodică a conductelor de ventilare pentru evitarea efectelor negative asupra sănătății cauzate de microbii care pot apărea pe conductele de ventilare. Implicit toate costurile de proiectare și mentenanță a sistemelor de ventilare centralizate sunt evitate, ceea ce în final înseamnă costuri reduse cu aproximativ 50% la instalarea sistemelor de ventilare cu schimbător de căldură. Fiecare unitate de ventilare poate fi configurată și poate fi reglată în mod individual, astfel încât ventilația încăperilor se poate face diferențiat. Se poate opta pentru un schimb de aer scăzut în dormitoare pentru a asigura un flux continuu de aer proaspăt, și schimburi mai dese în camera de zi. Aerul viciat din încăpere este evacuat către mediul exterior cedându-i căldură aerului proaspăt ce este introdus în locul aerului viciat (Figura 27). Transferul de căldură se face prin intermediul unui schimbător de căldură dublu flux din cupru (fără intersectarea directă a fluxurilor de aer). Debitul de aer introdus/evacuat se face cu ajutorul grilelor. Controlul unității de ventilare se face manual sau automat, se reglează cantitatea de aer în funcție de parametrul/ poluantul interior care se dorește a se controla. Recuperarea de energie se face atât în sezonul rece cât și în sezonul cald. Sistemul de ventilare individuală a încăperilor aduce un plus de confort: dispare zgomotul exterior, oferă o alimentare continuă cu aer proaspăt și un mediu de locuit fără alergenii sau alți poluanți, toate acestea cu un consum redus de energie.

Figura 27 - Schemă de principiu și montaj sistem de ventilare mecanică descentralizată cu recuperare de căldură dublu-flux



6.6. Sistem de ventilare mecanică centralizată cu recuperare de căldură, montaj orizontal (SCVR)

Sistemul de ventilare cu recuperare de căldură asigură ventilarea controlată a caselor și a blocurilor de apartamente, cu funcție opțională de pre-încălzire a aerului pe admisie, pre-răcire pe timp de vară și utilizarea eficientă a tuturor aporturilor de energie, interioare și exterioare. Un sistem de ventilare corect proiectat asigură introducerea aerului proaspăt și filtrat în dormitor, sufragerie, birou, precum și evacuarea simultană a aerului viciat din încăperile sanitare (toaile, băi) și bucătării. În casele cu consum mic de energie (casele pasive) sistemul de ventilare, prin montarea unei baterii de încălzire pe circuitul de introducere al aerului, poate completa sistemul existent de încălzire (de ex. încălzire centrală, încălzire în pardoseală etc.).

Sistemul de ventilare cu recuperare de căldură cu montare în tavan sau podul tehnic este un ansamblu compus din agregat de ventilare și elementele de distribuție a aerului. Transferul de căldură se face prin intermediul unui schimbător de căldură dublu flux din material plastic (fără intersectarea directă a fluxurilor de aer). Distribuția aerului se realizează prin intermediul conductelor de ventilare, respectiv a gurilor de introducere/evacuare aer. Controlul unității de ventilare se face automat prin senzori, aceștia reglează cantitatea de aer în funcție de parametrul/poluantul interior care se dorește a se controla (Figura 28).

Figura 28 - Schema de principiu și montaj a echipamentului de ventilare mecanică centralizată cu recuperare de căldură (montaj în pod)

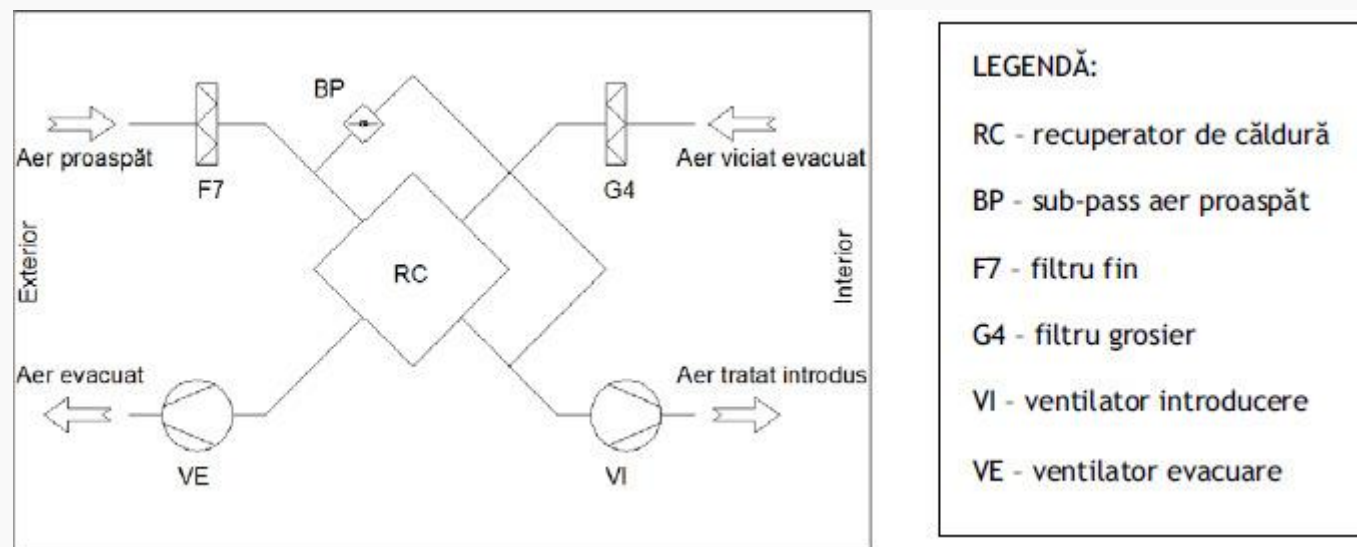
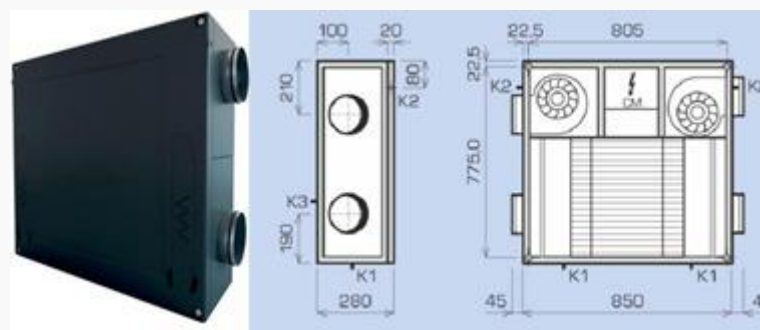


Figura 29 - Imagini reprezentative cu echipamentul de ventilare mecanică centralizată cu recuperare de căldură



6.7. Sistem de ventilare centralizată cu recuperare de căldură, montaj pe perete (mural) (SCVRm)

Sistemul de ventilare cu recuperare de căldură asigură ventilarea controlată a caselor și a blocurilor de apartamente, cu funcție opțională de pre-încălzire a aerului pe admisie, pre-răcire pe timp de vară și utilizarea eficientă a tuturor

economiilor de energie, interioare și exterioare. Un sistem de ventilare corect proiectat asigură introducerea aerului proaspăt și filtrat în dormitor, sufragerie, birou, precum și evacuarea simultană a aerului viciat din încăperile sanitare (toaile, băi) și bucătării. În casele cu consum mic de energie (casele pasive) sistemul de ventilare completează sistemul existent de încălzire (de ex. încălzire centrală, încălzire în pardoseală etc.).

Sistemul de ventilare cu recuperare de căldură cu montare pe perete este un ansamblu compus din agregat de ventilare și elementele de distribuție a aerului. Transferul de căldură se face prin intermediul unui schimbător de căldură dublu flux din material plastic (fără intersectarea directă a fluxurilor de aer). Debitul de aer introdus/evacuat se face cu ajutorul rețelei de conducte de distribuție precum și a grilelor. Controlul unității de ventilare se face automat prin senzori, aceștia reglează cantitatea de aer în funcție de parametrul/poluantul interior care se dorește a se controla (Figura 30, 31).

Figura 30 - Schemă de principiu echipament de ventilare mecanică centralizată cu recuperare de căldură (montaj pe perete)

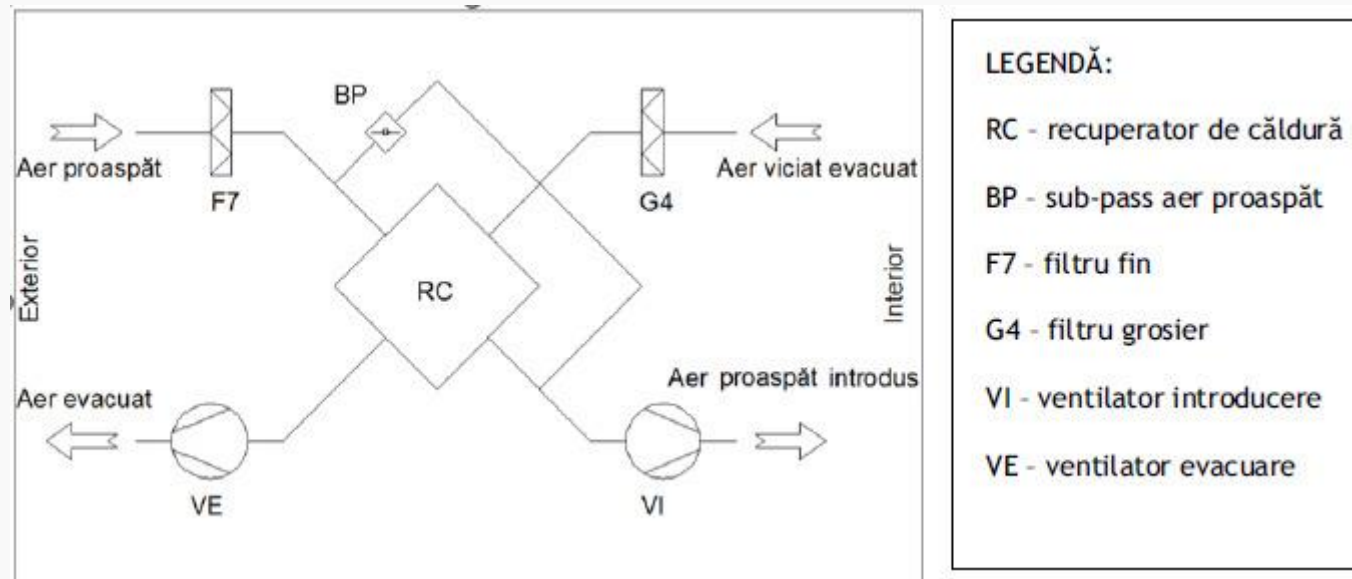
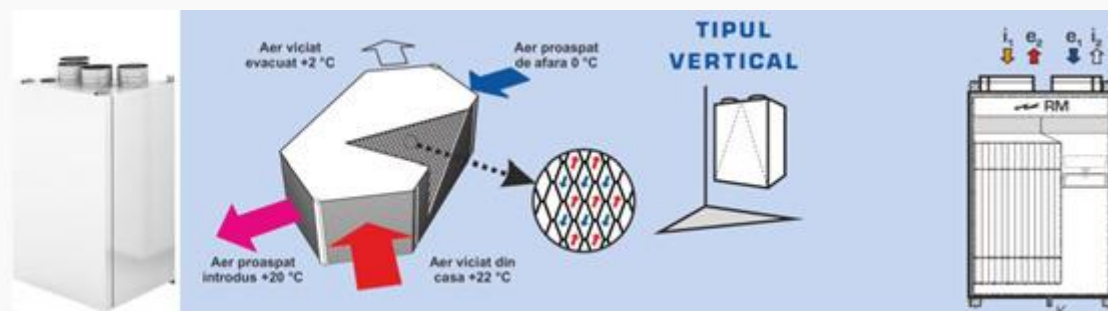


Figura 31 - Imagini reprezentative cu centrala de ventilare centralizată



6.8. Sistem de ventilare mecanică cu recuperare de căldură combinat cu puț canadian și depresurizare sol (SVCRDT-PC)

Sistemul de ventilare cu recuperare de căldură asigură ventilarea controlată a clădirilor, caselor și a blocurilor de apartamente, cu funcție opțională de preîncălzire a aerului pe admisie, pre-răcire pe timp de vară și utilizarea eficientă a tuturor economiilor de energie, interioare și exterioare (Figura 32, 33). Un sistem de ventilare corect proiectat asigură introducerea aerului proaspăt și filtrat în dormitor, sufragerie, living, birou, precum și evacuarea simultană a aerului viciat din încăperile sanitare, toalete, băi și bucătării. În clădirile și casele cu consum mic de energie (casele pasive) sistemul de ventilare completează sistemul existent de încălzire (de ex. încălzire centrală, încălzire în pardoseală etc.).

Puțul canadian utilizează căldura și inerția termică a solului, astfel încât aerul din exterior este preîncălzit iarna și respectiv răcit vara la o temperatură confortabilă. Pentru o dimensionare corectă a puțului canadian (în funcție de volumul clădirii, respectiv debitul de aer necesar a fi preluat din exterior, tipul solului, spațiul disponibil pentru pozarea traseului de conductă, adâncimea de pozare a traseului, localizarea geografică, bugetul disponibil), se poate obține vara (în cazul unei temperaturi exterioare de 30°C, o temperatură a solului de 12°C) ca aerul preluat din exterior, după parcurgerea puțului canadian să aibă o temperatură de 16°C. Similar putem obține iarna (în cazul unei temperaturi exterioare de -15°C o temperatură a solului de 7°C) ca aerul preluat din exterior, după parcurgerea puțului canadian să aibă o temperatură de 2°C. Acest sistem, relativ simplu de executat, poate reduce temperatura interioară cu 5 până la 8 °C în zilele caniculare printr-un consum electric foarte scăzut și diminuează consumul de căldură în perioada rece. Conducta puțului canadian este îngropată în pământ la o adâncime de 2,2- 2,5 m. Sistemul de tuburi utilizat are o lungime de circa 40 metri și diametrul de 200 mm. Etanșeitatea conductei este foarte importantă pentru evitarea infiltrării apelor subterane precum și pentru evitarea apariției radonului în interiorul locuinței în perioada de vară, mai ales, se poate forma condens în conducta de aer. Acesta se colectează într-un cămin special montat în punctul cel mai coborât al instalației. Îndepărtarea condensului se face prin grija proprietarului/administratorului, sau automat, cu ajutorul unei pompe.

Sistemul de ventilare cu recuperare de căldură combinat cu puț canadian este un ansamblu compus din agregat de ventilare și elementele de distribuție a aerului plus un sistem de conducte ce trec prin pământ, cu rolul de a preîncălzi sau pre-răci aerul denumit puț canadian. Înainte de a fi introdus în sistemul de ventilare cu recuperare de căldură, aerul proaspăt trece printr-o secțiune de conducte care sunt îngropate în sol, acesta se încălzește sau răcește (în funcție de anotimp) apoi este direcționat către unitatea de ventilare. Transferul de căldură se face prin intermediul unui schimbător de căldură dublu flux din material plastic (fără intersectarea directă a fluxurilor de aer). Debitul de aer introdus/evacuat se face cu ajutorul conductelor de distribuție precum și a grilelor. Reglarea unității de ventilare se face automat prin senzori.

Figura 32 - Schemă de principiu sistem de ventilație cu recuperare de căldură combinat cu puț canadian și depresurizare sol

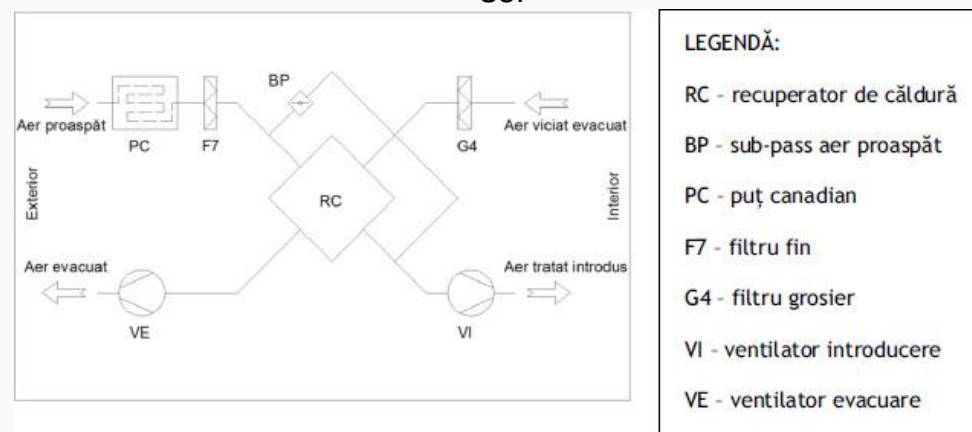
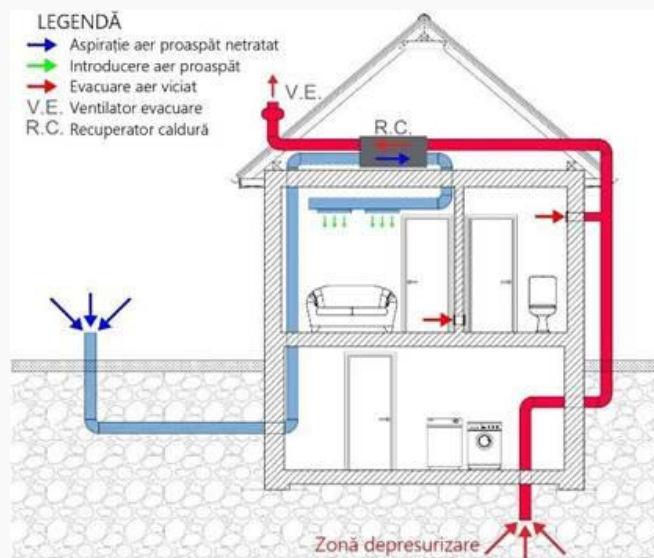


Figura 33 - Imagine reprezentativă cu sistem de ventilație cu recuperare de căldură combinat cu puț canadian și depresurizare sol - Schema de principiu



6.9. Sistem de ventilare mecanică cu recuperare de căldură combinat cu sistem de geotermic (colector orizontal) și depresurizare sol (SVCRDT-gt)

Pe timpul verii, căldura de la soare este stocată în sol. Aceasta este fie captată direct, ca strat izolator, sau provenită din căldura de la apa de ploaie și din aerul de la suprafața solului. Utilizarea acestor surse de energie pentru încălzire reprezintă o metodă rentabilă. Căldura este extrasă din sol cu ajutorul unor conducte din plastic îngropate în pământ. Prin aceste conducte circulă un amestec de apă și glicol, nepoluante și care nu îngheață. Solul de deasupra colectorului nu trebuie sub nicio formă să fie blocat de clădiri, asphalt sau beton.

Sistemele de ventilare cu recuperare de căldură foarte eficiente sunt capabile să răcească aerul viciat evacuat din casă pe timp de iarnă și la temperaturi geroase cu mult sub punctul de îngheț. În această situație umiditatea din aerul evacuat nu numai că condensează, ea îngheață și se depune pe schimbătorul de căldură al unității de ventilare. Acest lucru poate duce la oprirea sistemului și în cazuri grave la defecțiuni (desigur, există sisteme de împiedicare a fenomenului, integrate chiar în unitățile de ventilare). Pentru a împiedica înghețarea schimbătorului de căldură în unități de ventilare foarte eficiente trebuie să fie asigurată o preîncălzire a aerului exterior la o valoare care exclude răcirea

aerului evacuat sub punctul de îngheț. Valoarea temperaturii aerului preîncălzit depinde de eficiența schimbătorului de căldură în unitatea de ventilare. La adâncimi între 1,5 și 3m și pe timp de iarnă, temperatura în pământ are valori cuprinse între +5 și +8°C. Cu ajutorul unui schimbător de căldura sol - aer se poate extrage suficientă căldură din pământ pentru a preîncălzi aerul exterior la valorile dorite. Pentru aceasta se instalează un colector în pământ și un schimbător de căldură sol - aer specializat în conducta de aspirație aer proaspăt a unității centrale de ventilare cu recuperare de căldură, căldura din sol este astfel transferată aerului aspirat. În circuitul colectorului din pământ se instalează o stație de pompare a agentului termic (amestec apă-antigel). Reglajul întregului sistem este asigurat de un regulator automat care ghidează pompa de recirculare în funcție de temperaturi și cu variații de putere cuprinse între 0 - 100%. Cu alte cuvinte, debitul pompei de recirculare este reglat în funcție de necesitatea dată de temperaturile setate în calculatorul de control și reglaj. O preîncălzire a aerului exterior cu ajutorul unui schimbător de căldură sol - aer în pământ este recomandabilă și în cazul în care unitatea centrală de ventilare cu recuperare de căldură are o protecție anti îngheț integrată. De cele mai multe ori această protecție constă în oprirea forțată sau încetinirea întregului sistem de ventilare (casa nu mai este ventilată corespunzător sau deloc) sau după caz oprirea forțată sau reducerea volumului de aer aspirat (se creează o subpresiune în casă care este egalizată cu aerul rece din afară când se deschide de ex. ușa exterioară). Schimbătoarele de căldură sol - aer asigură funcționarea optimă a sistemului de ventilare cu recuperare de căldură pe timp de iarnă.

Cu un sistem de ventilare controlat central și un schimbător de căldură în pământ se poate extrage aer cald din casă și înlocui cu aer răcoros, proaspăt și filtrat. Dat fiind faptul că vara la adâncimi între 1,5 - 3m temperaturile în pământ sunt cu mult mai mici decât temperaturile aerului exterior, solul poate fi utilizat ca sursă de răcire gratuită. Agentul termic din colectorul aflat în sol răcește aerul exterior de ex. de la +36°C până la +24°C, fără agregate de răcire suplimentare. Într-o casă de tip familial se poate obține cu ajutorul răcirii gratuite din pământ și investind cca. 40W curent pentru o pompă de recirculare, un efect de răcire de până la 2 KW (50 x investiția), 24 ore/zi în mod continuu (noaptea sau la temperaturi mai mici se obține o putere de răcire mai mare).

Sistemul de ventilare cu recuperare de căldură combinat cu sistemul geotermic (foraj orizontal), este un ansamblu compus din agregat de ventilare și elementele de distribuție a aerului plus un sistem de conducte ce trec prin pământ cu rolul de a pre-încălzi sau pre- răci aerul, denumit puț canadian. Aerul viciat din încăperi (dormitor, living, bucătărie, baie etc.) este evacuat către mediul exterior cedându-i căldură aerului proaspăt ce este introdus în locul aerului viciat. Înainte de a fi introdus în sistemul de ventilare cu recuperare de căldură, aerul proaspăt trece printr-o baterie cu funcția de pre-încălzire sau pre-răcire, acesta se încălzește sau se răcește (în funcție de anotimp), după care este direcționat către unitatea de ventilare. Transferul de căldură se face prin intermediul unui schimbător de căldură dublu flux din material

plastic (fără intersectarea directă a fluxurilor de aer). Debitul de aer introdus/evacuat se face cu ajutorul conductelor de distribuție precum și a grilelor. Controlul unității de ventilare se face automat prin senzori, aceștia reglează cantitatea de aer în funcție de parametrul/poluantul interior care se dorește a se controla (temperatură, CO₂, radon).

Figura 34 - Schemă de principiu sistem de ventilare cu recuperare de căldură combinat cu sistem de geotermic (colector orizontal) și depresurizare sol

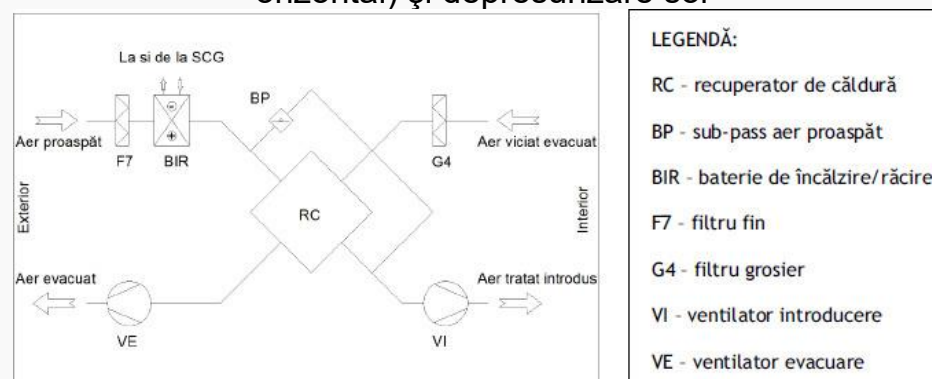
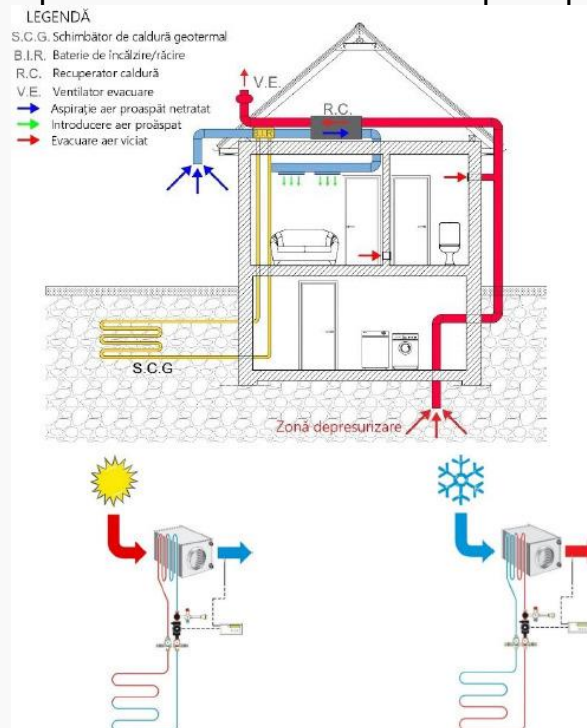


Figura 35 - Sistem de ventilare cu recuperare de căldură combinat cu sistem de geotermic (colector orizontal) și depresurizare sol - Schema de principiu



6.10. Sistem de ventilare mecanică centralizată cu recuperare de căldură, puț canadian și răcitor evaporativ

Principalele avantaje ale acestui sistem față de sistemul prezentat anterior sunt următoarele:

- Filtrarea aerului se face grosier în răcitorul evaporativ și mai fin în recuperatorul de căldură;
- Utilizarea acestuia la parametri nominali pe tot parcursul anului;
- Costuri de exploatare scăzute și consum redus de energie;
- Eficiență energetică ridicată;
- Umiditatea relativă se menține în limite normale;
- Reprezintă o metodă eficientă de remediere la radon.

Toate aceste avantaje ale instalării și exploatării acestui sistem aduc și o serie de dezavantaje, cum ar fi: costul ridicat de instalare și necesitatea mentenanței preventive obligatorie. Apa din răcitorul evaporativ prezintă pericol de îngheț pe timpul sezonului rece.

Pentru asigurarea reducerii nivelului de radon din clădire se realizează o extracție de aer din zona de sub placa pe sol, realizând o depresiune, și astfel, radonul și alți poluanți prezenți în sol, sunt extrași înainte de a pătrunde în incintă.

Sistemul de răcitor evaporativ pentru pre-răcirea aerului oferă avantajele scăderii capacității de răcire a sistemelor convenționale de ventilare. Acesta cuprinde pasaje verticale prin care circulă aerul exterior, aranjate astfel încât pasajele alternative să asigure umidificarea și răcirea sensibilă a aerului. Pentru umidificare, interiorul pasajelor este menținut umed prin pulverizarea continuă pe suprafețele absorbante. Aerul exterior care urcă prin aceste pasaje, este umidificat, coborând până spre temperatura termometrului umed.

Figura 36 - Sistem de ventilare mecanică centralizată cu recuperare de căldură, depresurizare sol și răcitor evaporativ -
Schema de principiu

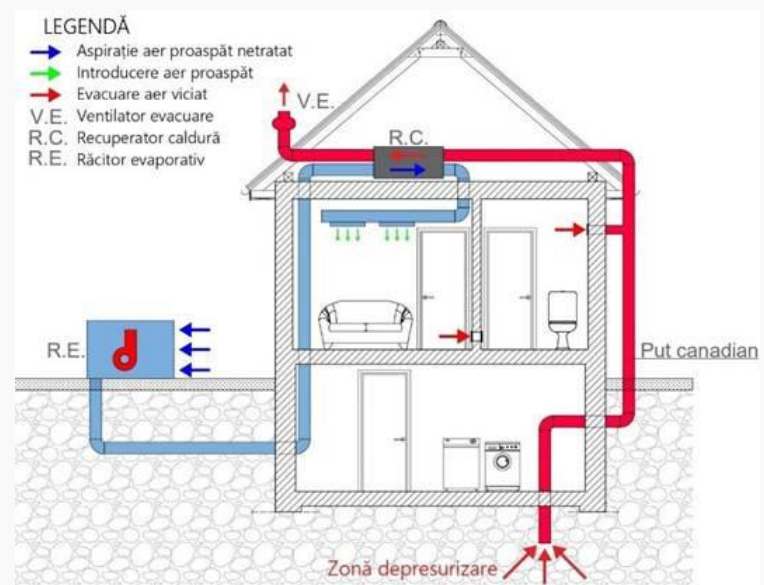
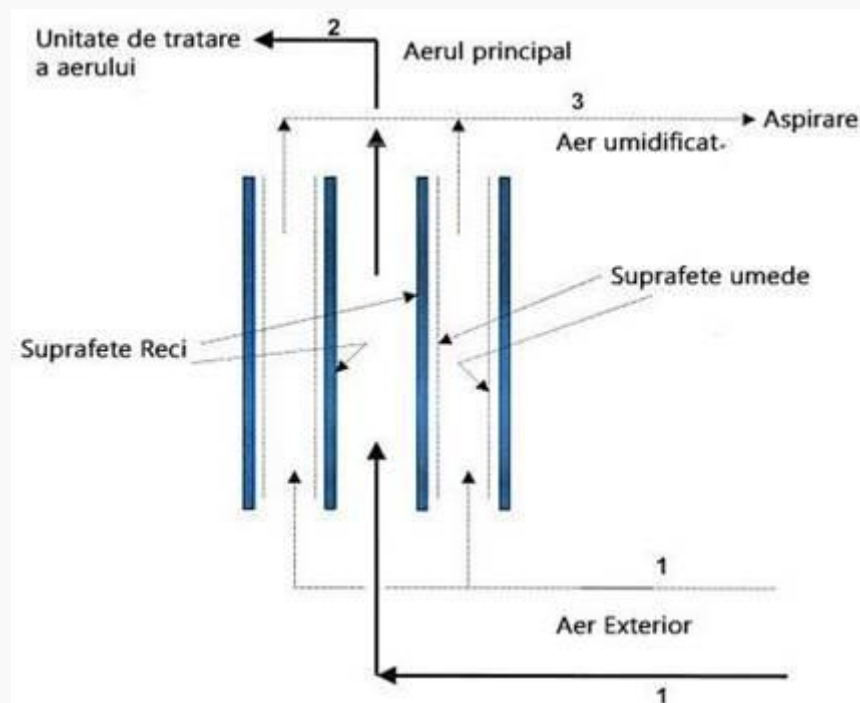


Figura 37 - Configurația răcitorului evaporativ - Schema de principiu

**6.11. Sistem de ventilație mecanică centralizată cu depresurizare sol și răcitor evaporativ**

Acest sistem de ventilație funcționează pe principiul introducerii aerului proaspăt din exterior, după tratarea prin răcitorul evaporativ. Concomitent cu introducerea aerului în încăperile de locuit se va face și extracție din încăperile cu aer mai viciat, și inclusiv, de sub pardoseală, creându-se o depresiune asupra zonei de sub clădire.

Principalele avantaje ale acestui sistem sunt reprezentate de următoarele caracteristici:

- Filtrarea aerului introdus;
- Utilizarea sistemului la parametri nominali pe tot parcursul anului;
- Costuri de exploatare foarte mici în sezonul cald;

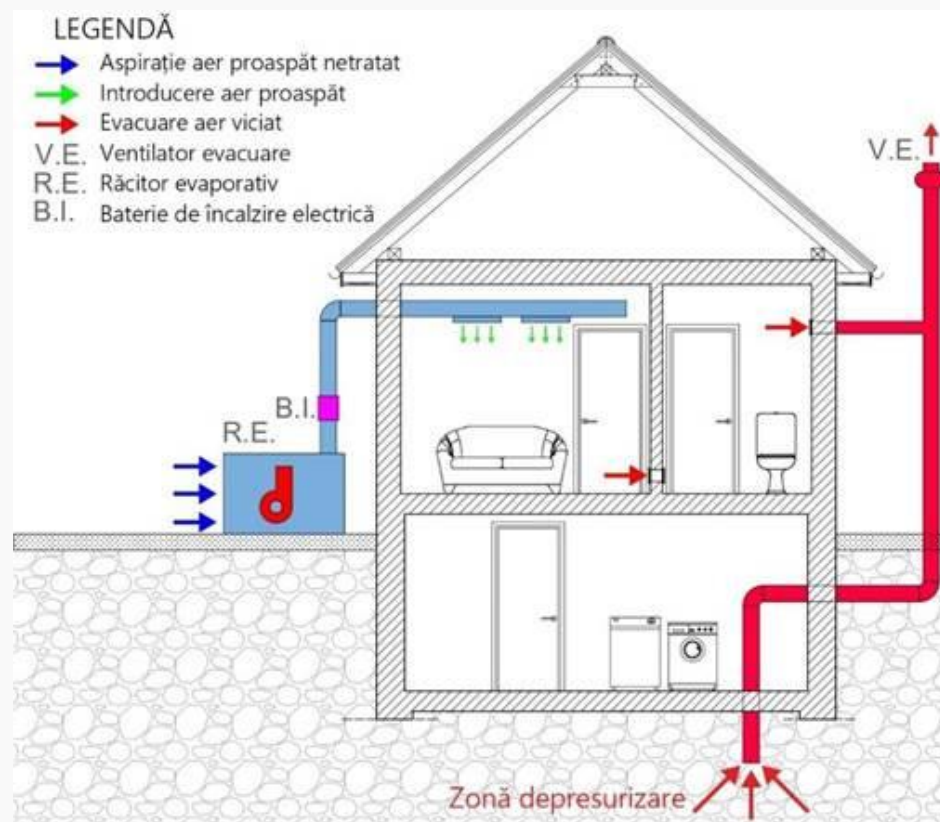
- Costuri de instalare relativ mici.

Dezavantaje ale utilizării acestui sistem sunt:

- Menținanța preventivă obligatorie;
- Apa din sistemul de răcire evaporativ trebuie golită în sezonul rece;
- Costurile de exploatare cresc considerabil în sezonul rece.

Marele dezavantaj al acestei soluții, față de soluția precedentă, îl reprezintă lipsa conductei tip puț canadian și implicit, scăderea eficienței energetice a sistemului.

Figura 38 - Sistem de ventilare mecanică centralizată cu depresurizare sol și răcitor evaporativ - Schema de principiu



7. CONTROLUL ȘI VERIFICAREA EFICIENȚEI MĂSURILOR DE PROTECȚIE LA RADON. DURABILITATEA MĂSURILOR

Înainte de proiectarea măsurilor de intervenție la o clădire existentă, se recomandă ca aceasta să fie evaluată pentru alegerea adecvată a măsurilor tehnice de remediere. Realizarea Planului de remediere se face în baza măsurărilor de depistare (screening) și ca urmare a măsurărilor de control prevăzute în Ordinul CNCAN nr. 153/2023, care implică

analiza situației specifice a clădirii, pentru identificarea surselor de creștere a concentrației de radon și recomandarea măsurilor de remediere adecvate.

Planul de remediere se implementează de organizații și companii de proiectare și execuție lucrări de construcții, în conformitate cu Ordinul președintelui CNCAN nr. 153/2023.

Planul de remediere se predă arhitecților și proiectanților responsabili de realizarea și punerea în practică a ansamblului de lucrări de construcții din cadrul intervenției.

Înainte de aplicarea măsurilor de intervenție la o clădire existentă, în baza ansamblului de metode și tehnici de remediere pentru reducerea nivelului de expunere la radon, se efectuează un control preliminar pentru evaluarea clădirii, constând în: stabilirea stării suprafeței de contact, identificarea eventualelor căi suplimentare de pătrundere a radonului în clădire, verificarea suprafeței pentru aplicarea izolației (membranei împotriva radonului) și pentru asigurarea continuității și integrității execuției izolației lucrărilor de remediere, conform cerințelor în proiectarea, execuția, controlul și recepția sistemelor de hidroizolație și de impermeabilizare a clădirilor.

Lucrările de construcție și montaj pentru realizarea unui sistem de remediere a concentrației radonului se verifică în etapa de execuție în ceea ce privește respectarea caracteristicilor de proiectare și respectarea cerințelor tehnologice de montaj ale producătorilor de elemente individuale ale sistemului de remediere.

La finalul lucrării, după aplicarea măsurilor lege de intervenție, se realizează controlul în ceea ce privește executarea lucrărilor de construcții și instalații aferente implementării măsurilor de remediere împotriva radonului în clădirile existente, care se efectuează în conformitate cu legislația în vigoare privind calitatea în construcții.

După finalizarea lucrărilor de intervenții, pe perioada utilizării clădirii este necesară realizarea măsurărilor de urmărire prin metode active (de minim 5 zile) și pasive de măsurare (de minim 90 de zile) pentru a se demonstra eficiența măsurilor de remediere, în conformitate cu prevederile Ordinului CNCAN nr. 153/2023. Pentru evaluarea durabilității lucrării, este necesară verificarea periodică a CARIA, cel puțin o dată la zece ani. Sistemul de remediere instalat trebuie să fie prevăzut cu un mecanism care să indice funcționalitatea și este necesară asigurarea de servicii de mentenanță.

Toate măsurările de radon într-o clădire existentă, pentru verificarea CARIA, înainte și după o intervenție, se determină obligatoriu de către laboratoare desemnate de CNCAN: măsurările de depistare (screening), măsurările de control pentru identificarea surselor de creștere a concentrației de radon, precum și măsurările de urmărire pentru a se demonstra eficiența măsurilor de remediere.

Eficacitatea măsurilor implementate pentru protecția împotriva radonului sau pentru reducerea concentrației acestuia într-o clădire se verifică prin măsurători ale concentrației volumetrice în încăperi interioare separate ale clădirii, inclusiv în spațiul ocupat/ de locuit de la primul etaj supraterran al unei clădiri civile.

Eficacitatea măsurilor de protecție împotriva radonului se determină prin formula:

$$F = \frac{(C_1 - C_2)}{C_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

Unde:

F este eficacitatea măsurilor (%);

C₁ - concentrația de activitate medie anuală a radonului în aerul din interior, CARIA, stabilită prin măsurători înainte de implementarea măsurilor (Bq/m³);

C₂ - concentrația de activitate medie anuală a radonului în aerul din interior, CARIA, stabilită prin măsurători după implementarea măsurilor (Bq/m³);

Elementele din cadrul soluției de remediere a concentrației radonului trebuie proiectate cu asigurarea posibilităților de întreținere eficientă și de reparații periodice. Măsurile de protecție împotriva radonului sunt proiectate astfel încât elementele sistemelor individuale să fie rezistente la efectele coroziunii chimice și biologice.

METODOLOGIE DE PROIECTARE SI EXECUTIE A ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE A CLĂDIRILOR CARE VIN ÎN CONTACT CU TERENUL DE FUNDARE PENTRU PROTECȚIA ÎMPOTRIVA PĂTRUNDERII RADONULUI - ANEXA nr. 1

Elementele de construcție din zona de contact cu terenul de fundare, realizate, în general, din materiale durabile și cu rezistență suficientă, creează un suport adecvat pentru membranele izolante rezistente la pătrunderea radonului, în care se pot executa goluri de trecere etanșe, pentru instalațiile de construcție. Stratul suport trebuie să fie compatibil cu soluția de hidroizolație aleasă.

În situația în care stratul suport existent nu este adecvat soluției adoptate de izolație împotriva radonului se va realiza o șapă fină, de 10 - 25 mm. Colțurile și marginile se ajustează în funcție de soluția propusă.

Elementele clădirii aflate în contact direct cu terenul de fundare se proiectează și se execută astfel încât să limiteze fluxul de aer convectiv dinspre sol. Ele nu trebuie să aibă goluri sau fisuri care să traverseze întreaga grosime sau rosturi neetanșe.

În cazul în care, la construcțiile existente, este necesară intervenția pentru remediere, iar intervenția de reparație asupra elementelor prin care se suspectează că se face transferul de radon din teren nu este fezabilă din punct de vedere economic (de exemplu, pardoseli din lemn pe un pat de zgură, dale foarte deteriorate așezate pe un pat drenant permeabil, dale din beton fisurat), acestea trebuie să fie îndepărtate și înlocuite cu unele noi pe care poate fi aplicată membrana de etanșare.

Toate fisurile din elementele de contact cu terenul de fundare trebuie închise etanș înainte de aplicarea membranei hidroizolante rezistentă la pătrunderea radonului. Anterior realizării izolației, fisurile trebuie deschise, curățate (de preferință cu aer comprimat) și umplute cu un material etanșant adecvat.

METODOLOGIE DE PROIECTARE ȘI EXECUȚIE A IZOLAȚIILOR REZISTENTE LA PĂTRUNDEREA RADONULUI - ANEXA nr. 2

Izolația rezistentă la pătrunderea radonului (membrana/bariera antiradon) se proiectează și se execută astfel încât să formeze un strat etanș complet și continuu pe toată suprafața zonei de contact cu terenul de fundare. Continuitatea se asigură prin realizarea de îmbinări etanșe și goluri de trecere etanșe pentru instalațiile de construcții, descrise în detalii tehnice de execuție ale producătorilor de izolații.

Noua hidroizolație orizontală a plăcii pe sol, realizată în zona unei clădiri existente, trebuie să fie lipită etanș de hidroizolația existentă. În cazul în care, în zona de contact, nu se realizează o etanșeizare corectă, pătrunderea radonului prin pereți și prin golurile dintre placa peste sol și pereți poate fi limitată astfel:

- în zona de contact acoperită de zidărie, impermeabilizarea plăcii se continuă prin tăierea peretelui; rostul este umplut după aplicarea hidroizolației; izolația de sub perete este sudată - termosudare, lipire etc. - de izolația plăcii;
- în zona de contact dintre placa pe sol și perete, se va realiza un șliț longitudinal la baza peretelui; se va umple șlițul cu material izolant, compatibil cu izolația plăcii.
- conductele de ventilare se amplasează de-a lungul pereților existenți, lângă stratul de drenaj de sub betonul pentru pardoseală; în zona de contact acoperită cu placa din beton se execută goluri de trecere circulare carotate, de cel puțin 100 mm; izolația antiradon de pe placă se continuă etanș până la perete, deasupra nivelului pardoselii finite;
- un strat depresurizat este plasat sub structura pardoselii în zona de contact acoperită cu placă de beton; se realizează gura de trecere cu o carota de cel puțin 100 mm; izolația este continuată perimetral/etanș de-a lungul acesteia până la perețele de deasupra nivelului pardoselii finite.

Racordarea etanșă a izolației la pereți fără aplicarea vreuneia dintre modalitățile descrise mai sus poate fi inefficientă și nu este recomandată mai ales pentru pereții realizați din elemente mari de construcție (cum ar fi zidăria din piatră sau

pereții realizați din blocuri cu găuri verticale). Eficacitatea membranei izolante în astfel de cazuri este semnificativ redusă odată cu transferul de radon prin pereți și prin rosturile dintre pardoseală și pereți.

Stratul suport al barierei antiradon trebuie să respecte cerințele specifice ale producătorului. Grosimea minimă totală a barierei antiradon se determină prin formula:

$$d_{min} \geq l \cdot \operatorname{arcsinh} \left(\frac{\alpha \lambda C_s}{E_{max}} \right), [m] \quad (2.1)$$

Unde:

d_{min} este grosimea minimă totală a barierei antiradon (m);

l - lungimea de difuzie (m);

α - factorul de siguranță (-);

λ - constanta de dezintegrare radioactivă a radonului (h^{-1}) ($\lambda = 0,00756 h^{-1}$);

C_s - concentrația de radon în sol (Bq/m^3);

E_{max} - rata maximă de exalare a radonului prin suprafața barierei antiradon, cu o grosime totală d (m) ($Bq/m^2 \cdot h$);

Lungimea de difuzie a hidroizolației se determină prin formula:

$$l = \sqrt{\frac{D}{\lambda}}, [m] \quad (2.2)$$

Unde:

D este coeficientul de difuzie al radonului în membrana/bariera antiradon (m^2/h).

Coeficientul de difuzie a radonului în stratul de impermeabilizare se alege din specificațiile tehnice ale producătorului sau din alte documente (de exemplu Rapoarte de încercare specifice) puse la dispoziție de producător.

Factorul de siguranță α este o valoare adimensională care:

- pentru structura care vine în contact vertical cu solul permeabil sau cu umplutura cu material permeabil, are valoarea 1;
- pentru alte situații, valoarea lui α se determină în conformitate cu tabelul 6.

Tabelul 6

Permeabilitatea la gaz a solului	Factor de siguranță		
	În cazul unei bariere antiradon	În cazul unei bariere antiradon, în combinație cu un strat de ventilare sau în combinație cu un sistem de ventilare a solului	
	Fără sistem de ventilare	Cu ventilare mecanică	Cu ventilare naturală
Scăzută	2,1	1,0	1,5
Medie	3,0	1,0	2,0
Ridicată	7,0	1,0	4,0

Permeabilitatea solului este un parametru important în procesele de transport al gazelor în sol, care influențează în mare măsură fluxul sau exalația de radon din sol.

Permeabilitatea solului este cel de-al doilea parametru decisiv în determinarea potențialului de radon al perimetrului unei clădiri.

Permeabilități ridicate permit o creștere a gradului de infiltrare a gazului și a radonului din sol în clădire, așteptându-se o acumulare mai mare a radonului din sol în clădire, și, implicit, un risc mai mare de radon.

Permeabilitatea are simbolul k , și poate fi determinată prin măsurători de permeabilitate in situ directe, caz în care permeabilitatea la gaze este dată în m^2 (ex. $1,7 \times 10^{-12} m^2$). Măsurătorile in situ directe de permeabilitate sunt efectuate la o adâncime standard de 80 cm în sol și constau în măsurarea fluxului de gaz din sol în timpul extracției sub presiune constantă. Procedurile pentru măsurătorile de permeabilitate sunt similare cu cele ale prelevării gazelor de sol (sondă cu diametru mic cu vârf ascuțit).

Ca limită inferioară de permeabilitate mică se recomandă valoarea $k = 5,2 \times 10^{-14} m^2$, caz în care pentru evaluarea statistică se înlocuiesc toate valorile cu $k < 5,2 \times 10^{-14} m^2$ cu valoarea $k = 5,2 \times 10^{-14} m^2$.

Ca limită superioară de permeabilitate mare se recomandă valoarea $k = 1,8 \times 10^{-11} m^2$, caz în care pentru evaluarea statistică se înlocuiesc toate valorile cu $k > 1,8 \times 10^{-11} m^2$ cu valoarea $k = 1,8 \times 10^{-11} m^2$.

Rata maximă de exalare a radonului prin suprafața stratului superior al hidroizolației în grosimea totală d , rezistentă la pătrunderea radonului - E_{max} , se determină prin formula:

$$E_{max} = \frac{C_d V_k n}{A_k + A_s}, [\text{Bq/m}^2\text{h}] \quad (2.3)$$

Unde:

E_{max} este rata maximă de exalare a radonului la suprafața barierei antiradon, cu o grosime totală d (m) ($\text{Bq/m}^2\text{h}$);

V_k - volumul net al spațiului aflat în contact direct cu terenul, m^3 ;

n - numărul de schimburi de aer în spațiul de contact (h^{-1});

A_k - suprafața orizontală a plăcii aflată în contact cu solul, (m^2);

A_s - suprafața pereților de subsol ai plăcii în contact cu solul (m^2);

C_d - concentrația de radon pătruns prin difuzie prin membrana / bariera antiradon în spațiul interior.

Pentru determinarea corectă a grosimii barierei antiradon, d (m), se efectuează o verificare prin îndeplinirea condiției:

$$E < E_{max}, [\text{Bq/m}^2\text{h}] \quad (2.5)$$

Unde:

E este rata de exalare a radonului la suprafața barierei antiradon ($\text{Bq/m}^2\text{h}$);

E_{max} - rata maximă de exalare a radonului la suprafața barierei antiradon ($\text{Bq/m}^2\text{h}$) determinată prin formula (2.3);

Rata de exalare a radonului la suprafața barierei antiradon, se determină cu formula:

$$E = \alpha \lambda C_s \left(\frac{1}{\sinh\left(\frac{d_{min}}{l}\right)} \right), [\text{Bq/m}^2\text{h}] \quad (2.6)$$

Unde:

E este rata de exalare a radonului prin suprafața barierei antiradon ($\text{Bq/m}^2\text{h}$).

α - factorul de siguranță (-);

l - lungimea de difuzie (m);

λ - constanta de dezintegrare radioactivă a radonului (h^{-1}) ($\lambda = 0,00756 \text{ h}^{-1}$);

C_s - concentrația de radon în sol (kBq/m^3);

$d_{\min}$ - grosimea minimă totală a barierei antiradon (m).

În cazul în care grosimea totală a barierei antiradon, nu poate fi obținută printr-un singur strat pentru a îndeplini condiția (2.5), se permite ca grosimea minimă necesară $d_{\min}$ (m) să fie obținută din mai multe straturi separate de grosimi diferite și cu coeficienți de difuzie de valori apropiate.

$$\frac{\sum_{i=1}^n (E_i A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \leq E_{\max} \quad (2.7)$$

Unde:

$E_{(i)}$ este rata de exalare a radonului prin suprafața celui de-al i-lea strat special de impermeabilizare inclus în grosimea totală a barierei;

$E_{\max}$ - rata maximă de exalare a radonului prin suprafața barierei antiradon ($Bq/m^2 \cdot h$) determinată prin formula (2.3);

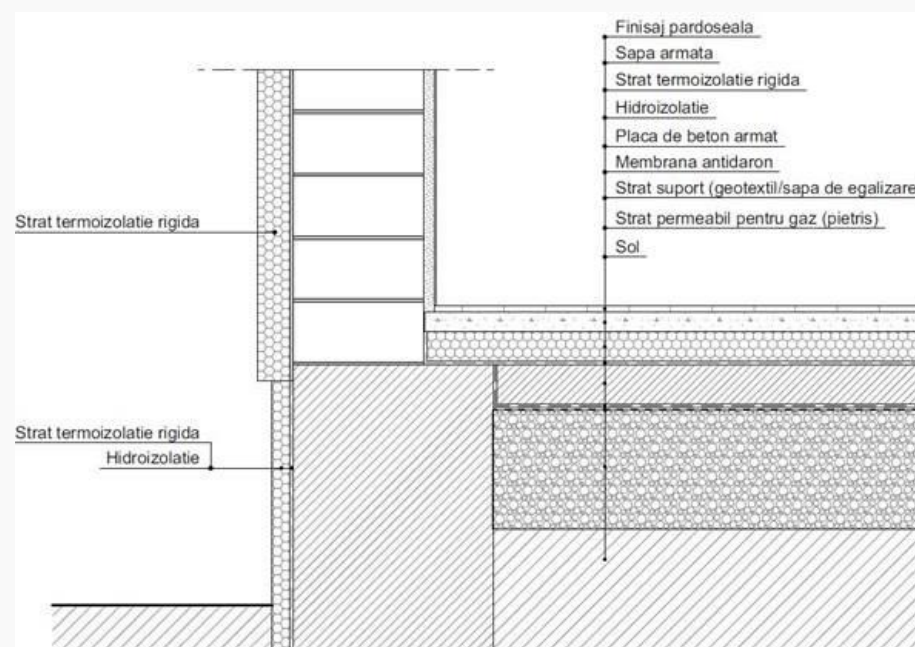
$\sum_{i=1}^n A_i$ - suma suprafețelor "n" numărului de straturi individuale de impermeabilizare incluse în grosimea totală a barierei antiradon (m^2);

$\sum_{i=1}^n (E_i A_i)$ - suma produsului celor "n" elemente individuale de straturi de impermeabilizare și a ratei de exalare a radonului E_i (Bq/h) la $i = 1 \dots n$.

În cazul în care condiția $E < E_{\max}$ nu poate fi îndeplinită cu o anumită grosime, se permite o abordare care să reducă factorul de siguranță prin proiectarea și construirea unui sistem de depresurizare a solului în conformitate sau prin aplicarea ventilării mecanice a spațiului interior pentru etajul aflat în contact direct cu solul.

Membrana antiradon/bariera orizontală antiradon trebuie protejată împotriva deteriorării înainte de așezarea următoarelor straturi de pardoseală prin acoperirea cu geotextil de protecție, panouri de plastic, strat de beton sau în alt mod corespunzător. Figura 39 prezintă modul în care se aplică membrana la nivelul rosturilor și al contactului perete - pardoseală.

Figura 39 - Aplicarea membranei antiradon/ barierei antiradon la nivelul rosturilor și al contactului perete - pardoseală - Schemă de principiu



METODOLOGIE PENTRU PROIECTAREA ȘI IMPLEMENTAREA SISTEMELOR DE DEPRESURIZARE A TERENULUI DE FUNDARE SUB CLĂDIRI PENTRU PROTECȚIA ÎMPOTRIVA PĂTRUNDERII RADONULUI - ANEXA nr. 3

Sistemele de depresurizare a terenului de fundare sunt concepute pentru a se asigura schimbul de aer între teren și mediul înconjurător. Sistemele de ventilare a terenului de fundare (SVDT) sunt concepute pentru a crea suucțiune în stratul de teren de sub clădire.

Se aplică 4 variante de sisteme de ventilare de depresurizare (SVDT):

(a) printr-o conductă de aspirație verticală care este conectată la conductele din stratul de drenaj de sub placă; conducta de aer evacuează aerul la nivelul superior al clădirii; în cazul în care acest lucru nu este posibil, conducta este montată pe fațada clădirii și evacuează aerul într-un loc sigur, departe de deschiderile fațadei (ferestre sau guri de aerisire); conductele de aer din stratul de drenaj sau din conductele planșeelor sunt tuburi riflate din plastic, ceramică, beton (Fig. 41);

(b) prin foraj pentru radon, o gaură de foraj într-un planșeu existent în care se plasează o conductă perforată (Fig. 40); conducta perforată poate fi realizată din următoarele produse și materiale: conducte din plastic rigid, conducte metalice cu tratament exterior din plastic sau conducte din oțel inoxidabil; forajul pentru radon se aplică acolo unde există posibilitatea tehnică de a fi realizat ca o excavare pe suprafața de contact a clădirii sau în exteriorul acesteia;

(c) prin intermediul unui canal/puț pentru extragerea/determinarea concentrației radonului care reprezintă un gol de cel puțin 10 dm³ destinat colectării radonului (Fig. 42); canalul de radon este amplasat sub structura plăcii fiecărei încăperi de pe suprafața de contact a clădirii cu terenul de fundare; canalul poate fi realizat cu următoarele materiale: plastic, beton sau cărămizi solide bine arse, tencuite cu rosturile verticale fără mortar;

(d) printr-un canal pentru extragerea radonului, reprezentând partea uscată a unui canal situat fie direct sub clădire, fie în apropierea clădirii, care are o structură permeabilă care permite extragerea aerului din terenul din proximitate; această decizie este relativ rar aplicabilă; ventilarea prin aspirație/depresurizare trebuie să fie proiectată mecanic.

Sistemele de depresurizare a solului de sub clădiri trebuie proiectate după cum urmează:

- ca instalație de ventilare prin aspirație naturală sau mecanică pentru extragerea amestecului de aer și radon și eliminarea acestuia în mediul înconjurător;
- ca instalație de ventilare prin aspirație naturală sau mecanică pentru extragerea amestecului de aer și radon și eliminarea acestuia în mediul înconjurător, aerul aspirat este compensat prin aportul de aer proaspăt în sol.

Cerințe pentru elementele individuale ale instalației de aspirație la clădirile existente:

- canalele de aspirație a aerului și de evacuare a radonului de sub clădire se proiectează într-un singur strat de drenaj din pietriș cu o grosime minimă de 150 mm, de obicei cu o fracție de 16-32; stratul suport se execută cu o pantă spre coloana verticală de aspirare; stratul de drenaj trebuie să fie prevăzut împotriva inundării pentru funcționarea eficientă a sistemului de ventilare; pentru eliminarea condensului, se prevăd tuburi în stratul de drenaj, care se execută cu o pantă de 1 % spre descărcarea într-o canalizare existentă;

- atunci când peste stratul permeabil din susul canalelor riflate se toarnă o placă din beton, suprafața stratului de drenaj trebuie protejată împotriva pătrunderii betonului cu ajutorul geotextilelor, hârtiei izolatoare sau al altor produse de construcție adecvate;
- conductele riflate de aspirație se amplasează în orice zonă delimitată de fundații continue, distanța dintre ele fiind cuprinsă între 2 m și 4 m;
- în cazul sistemelor de depresurizare prin aspirație naturală, diametrul conductelor riflate așezate în sol este de la 80 mm la 100 mm, iar în cazul depresurizării prin aspirație mecanică, de la 50 mm la 80 mm;
- diametrul canalului de ventilare este cuprins între 50 mm și 80 mm în cazul ventilării mecanice și 100 mm în cazul ventilării naturale; ventilarea mecanică prin aspirație a gazelor din teren prin goluri de trecere carotate este permisă numai dacă podelele prin care trece au toate fisurile și golurile de trecere ale instalațiilor etanșe, fără a fi nevoie de membrana / bariera antiradon și cu condiția ca stratul de suprafață al solului să aibă o permeabilitate ridicată;
- colectoarele riflate sunt racordate într-un colector principal; colectoarele și lungimile acestora sunt proiectate astfel încât cel puțin unul sau două din ele să fie amplasate sub fiecare spațiu locuibil, în funcție de dimensiunea acestuia, cu următoarea suprafață determinată pentru fiecare metru de lungime a puțului:
 - până la 5 m² în cazul în care placa pe sol și pardoseala nu este etanșă și solul are o permeabilitate mare;
 - de la 5 la 10 m² în cazul în care placa pe sol și pardoseala nu este etanșă și solul are o permeabilitate medie, fie placa pe sol și pardoseala are cel puțin fisurile și golurile de trecere etanșate și solul are o permeabilitate medie;
 - de la 10 la 15 m², în cazul în care placa pe sol și pardoseala are fisurile și golurile de trecere etanșate, iar solul are o permeabilitate scăzută;
- canalele riflate de aspirație se amplasează în orice zonă delimitată de fundații continue; acestea trebuie să fie amplasate în stratul de drenaj din centrul fiecărei zone, astfel încât gazele din sol să poată trece prin întreaga lor suprafață efectivă; un astfel de canal acoperă o suprafață de 50 m²; canalul nu este amplasat în teren cu permeabilitate scăzut; gazele din canal sunt eliminate cu ajutorul unui ventilator de aspirație de joasă presiune;
- instalarea unei conducte riflate de aspirație de-a lungul perimetrului încăperii, astfel încât să se obțină o presiune cât mai mică sub locul de racordare dintre pardoseală și perete; priza de aer se plasează în conducte sub podelele existente, la cel puțin 150 mm sub cota inferioară a plăcii pe sol și pardoselii; conducta este acoperită cu pietriș;
- instalarea canalelor de aspirație sub clădirile existente este adecvată numai în cazul în care pardoseala existentă este fără barieră de radon dar cu fisurile și golurile etanșate, iar terenul are un grad ridicat de permeabilitate la gaze; în cazul

în care, pentru clădirile existente, nu poate avea loc o desfacere parțială a plăcii peste sol, canalul trebuie amplasat în apropierea fundației continue și trebuie să se țină seama de eficiența mai scăzută;

- un puț de apă existent poate fi utilizat pentru extragerea concentrației gazului radon din sol în clădirile rezidențiale unifamiliale, în următoarele condiții:

- puțul este situat direct în clădire sau la cel mult 3 m de aceasta, iar terenul are un grad ridicat sau mediu de permeabilitate la gaze;

- construcția puțului în contact cu terenul este etanșă la gaze;

- nivelul apei din fântână se află la cel puțin 0,5 m sub nivelul podelei clădirii pe tot parcursul anului.

Este permisă combinarea cu diferite sisteme de remediere pentru o singură clădire sau sisteme care combină depresurizarea sub placă cu ventilarea spațiului interior (SVDT+SV, SVDT+SCVR, SVDT+SVR2F etc.), iar pentru obținerea eficienței energetice se recomandă sisteme complexe cu recuperare de căldură (SVCRDT-pc, SVCRDT-gt). Alegerea acestora depinde de permeabilitatea la gaze a solului, de etanșeitatea la aer a structurii plăcii și fundațiilor clădirii. În cazul în care nu este posibil să se ventileze niciun spațiu sub o suprafață delimitată de fundații continue, se recomandă să se conecteze spațiile individuale de sub placa pe sol cu conducte care traversează fundațiile sub pereții interiori.

Depresurizarea prin ventilare naturală a solului se proiectează ținând seama de impactul vântului, de permeabilitatea terenului la gaze și de gradientul de temperatură. Ventilarea naturală prin aspirație asigură o presiune între 3 Pa și 5 Pa în sol sub placă. O conductă de aer verticală cu un diametru de cel puțin 200 mm, care se termină cu un deflector situat deasupra coamei clădirii, acționează pe o suprafață de aproximativ 50 m².

În cazurile în care nu este posibilă realizarea depresurizării prin aspirație naturală, se proiectează o ventilare prin aspirație mecanică pentru a extrage aerul din sol. Orice ventilare prin aspirație naturală trebuie să permită instalarea suplimentară a unui ventilator de aspirație pentru a crește eficiența sistemului. Ventilatorul de aspirație trebuie să fie amplasat în cel mai înalt punct al conductei de aer. Dacă este necesar, se instalează și un amortizor de zgomot. O suprafață de contact cu o suprafață de 100 - 120 m² poate fi deservită cu ajutorul unui ventilator de joasă presiune care asigură un debit de aer de 200 - 250 m³/h.

Capacitatea și caracteristicile ventilatorului de aspirație se alege în funcție de rezistențele liniare și locale ale conductelor de aer și de căderea de presiune în sol. Se recomandă ca ventilatorul să aibă posibilitatea de reglare a presiunii de operare.

Pentru conductele canalului de ventilare se utilizează tuburi din policlorură de vinil (PVC), polietilenă (PE) sau polipropilenă (PP) de secțiune circulară sau dreptunghiulară. Elementele conductelor de aer care trec prin interiorul clădirii se execută cu îmbinări etanșe. Conductele de aspirație se amplasează sub placă cu o pantă astfel încât condensul să fie descărcat în teren sau dacă este posibil se prevede un canal de descărcare cu sifon în punctul cel mai de jos spre canalizarea existentă a clădirii. Diametrul canalului de aer trebuie dimensionat în funcție de debitul de aer transportat. Pentru ventilarea prin aspirație mecanică, sunt suficiente diametre cuprinse între 80 mm și 125 mm pentru ventilația prin aspirație naturală. În cazul clădirilor cu o suprafață mare se proiectează mai multe sisteme de ventilare prin depresurizare separate.

În cazul sistemelor de depresurizare prin aspirare a gazelor din solul de sub placă, nu se recomandă ca gurile de ventilare, care au rolul de a asigura un aflux de aer exterior la nivelul de sub structura pardoselii, să fie amplasate de-a lungul perimetrului sau pe pereții subsolului. Acest lucru contribuie la o răcire semnificativă a podelei și la căderi de presiune. În cazul ventilării prin aspirație naturală, în cazuri excepționale, aceste orificii de ventilare pot fi prevăzute numai dacă sunt îndeplinite următoarele condiții:

- (a) orificiile sunt situate cât mai departe posibil de locurile de aspirare a aerului;
- (b) amplasarea orificiilor de ventilare este de așa natură încât să nu conducă la crearea unei suprapresiuni la nivelul de sub structura plăcii pe sol și pardoselii;
- (c) suprafața orificiilor de aer proaspăt să fie mai mică decât suprafața orificiilor de aspirație;
- (d) orificiile de ventilare sunt protejate de un grilaj împotriva animalelor, păsărilor etc.;
- (e) aerul aspirat este evacuat peste acoperișul clădirii prin intermediul unei conducte de aer verticale;
- (f) sunt îndeplinite cerințele de protecție termică.

În cazul în care aerul ajunge la nivelul de sub structura plăcii pe sol și pardoselii din interiorul clădirii, gurile de trecere sunt prevăzute cu supape de retur pentru a nu ajunge aerul din sol în interiorul clădirii. Acest caz este posibil atunci când în clădire funcționează ventilarea sub presiune, care menține suprapresiunea în încăperile locuite.

În cazul sistemelor de depresurizare a solului de sub placa de fundare, este necesar să se reducă efectele negative, cum ar fi răcirea podelei și a fundațiilor, uscarea stratului de sol, creșterea numărului de schimburi de aer. Acest lucru se realizează cu funcționarea temporară a ventilatorului.

Ventilarea mecanică pentru depresurizarea solului trebuie să fie proiectată astfel încât să nu afecteze procesul de ardere a cazanelor, precum și efecte nocive asupra sănătății celor care locuiesc în spațiul respectiv. Acolo unde este

necesar, aerul necesar arderii este livrat cu o conductă de aer la cazan. În cazul apariției în sol a unor gaze explozive periculoase, se recomandă alegerea unui alt sistem de ventilare.

Elementul orizontal deasupra stratului depresurizat se realizează după cum urmează:

- (a) limitează convecția aerului prin jurul trecerilor instalațiilor, dar nu este obligatoriu să conțină o barieră antiradon - pentru sistemele de ventilare mecanică pentru depresurizarea terenului de fundare instalate în clădirile existente
- (b) executarea obligatorie a barierei antiradon și toate fisurile, rosturile și golurile de trecere pentru instalațiile de construcții etanșe - pentru sistemele de ventilare mecanică a spațiului interior.

Figura 40 - Transferul radonului către pereții exteriori prin intermediul unei rețele de țevi perforate plasate la nivelul de drenaj și care împiedică pătrunderea radonului prin termosistem - Schema de principiu

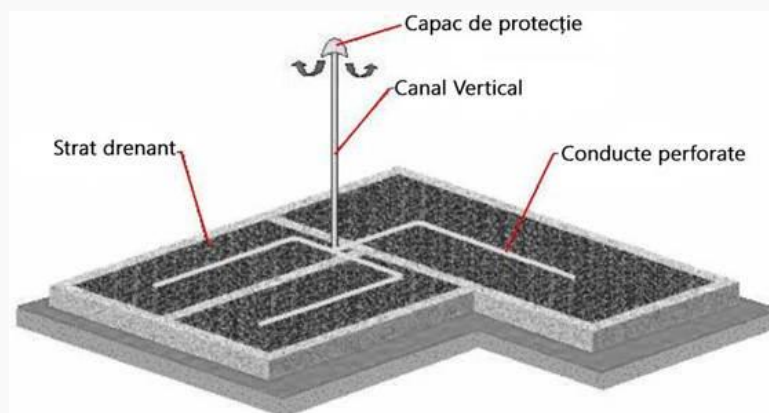


Figura 41 - Reducerea presiunii prin sisteme de conducte perforate

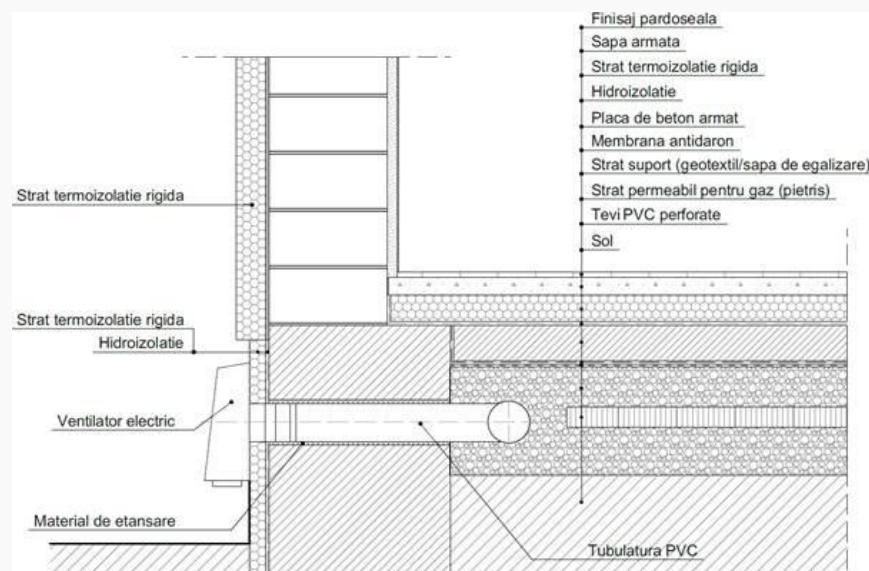
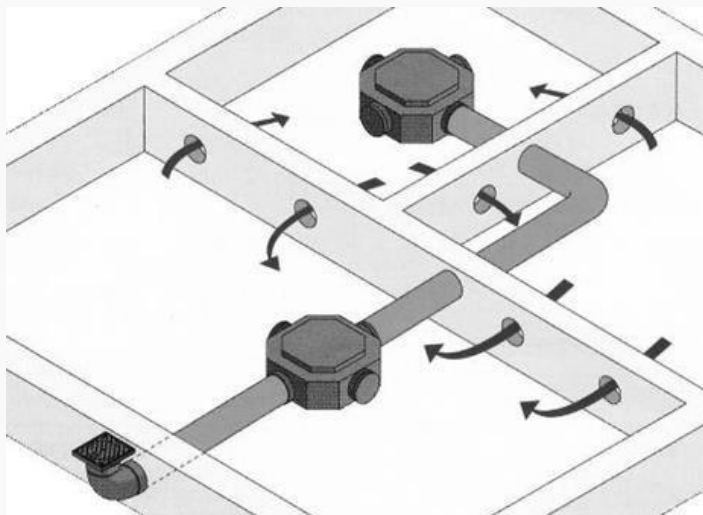


Figura 42 - Canale prefabricate pentru realizarea sistemelor de remediere și reducere a nivelului de expunere la radon



METODOLOGIE DE PROIECTARE ȘI REALIZARE A SISTEMELOR DE VENTILARE A SPAȚIILOR INTERIOARE ALE CLĂDIRILOR PENTRU PROTECȚIA ÎMPOTRIVA PĂTRUNDERII RADONULUI - ANEXA nr. 4

Sistemele de ventilare a spațiilor interioare aflate în contact cu terenul de fundare prin intermediul elementelor de fundare, se proiectează în conformitate cu următoarele reguli:

Ventilarea naturală de admisie cu conducte și deflector și fluxul de aer se asigură cu sau fără conducte de drenaj riflate pentru aspirarea gazelor din sol, în funcție de permeabilitatea acestuia la gaze.

Introducerea aerului cu ajutorul ventilării mecanice, cum ar fi:

- (a) se asigură un flux de aer cu sau fără conducte de drenaj riflate prin sol, în funcție de permeabilitatea sa la gaze;
- (b) fluxul de aer este asigurat de un ventilator conectat la rețeaua de conducte de distribuție din interiorul clădirii, echipate cu clapete anti retur; în acest caz, se iau măsuri pentru a se asigura suprapresiunea în clădire.

Se realizează un spațiu interior ventilat în întreaga zonă a structurii de contact, permițând circulația liberă a aerului.

În cazul ventilării prin aspirație naturală, se pot utiliza în mod excepțional guri sau orificii de ventilare în pereții din perimetrul clădirii, dar numai dacă sunt îndeplinite următoarele condiții:

- (a) orificiile sunt situate cât mai departe posibil de conductele verticale de aer;
- (b) poziția și forma orificiilor de ventilare se aleg astfel încât presiunea creată de circulația maselor de aer exterior să nu creeze suprapresiuni în spațiul ventilat interior;
- (c) secțiunea transversală totală a gurilor de admisie a aerului proaspăt este mai mică decât suprafața totală a gurilor de evacuare aer din spațiul ventilat;
- (d) gurile și orificiile de ventilare sunt protejate printr-o grilă pentru a opri accesul animalelor.

Ventilația mecanică prin aspirație este proiectată, dacă este cazul, pentru oricare dintre următoarele condiții:

- (a) înălțimea efectivă a stratului ventilat este mai mică de 20 mm și are o suprafață mai mare de 8 m²;
- (b) înălțimea efectivă a stratului ventilat este cuprinsă între 20 mm și 50 mm și are o suprafață mai mare de 30 m²;
- (c) nu este posibil să se realizeze ventilarea naturală a întregii suprafețe a stratului.

În cazul ventilării mecanice, nu se recomandă să existe deschideri de-a lungul perimetrului pereților subsolului care să servească la alimentarea stratului cu aer exterior. Acest lucru poate cauza o răcire semnificativă a structurii clădirii și căderi de presiune.

În cazul în care nu este posibilă realizarea instalației prin intermediul unei rețele de aer prin interiorul clădirii, ventilarea mecanică prin aspirație trebuie proiectată cu evacuarea aerului către un perete exterior de-a lungul perimetrului exterior al clădirii sau în imediata apropiere a clădirii, în interiorul proprietății, astfel încât să se evite întoarcerea aerului evacuat din sol în interiorul clădirii.

Pentru crearea straturilor de ventilare se utilizează membrane profilate, ținând cont de caracteristicile mecanice ale acestora.

Presiunea în straturile de aer este redusă așa cum se arată în Figura 43.

Presiunea sub structura de contact prin intermediul ventilării naturale sau mecanice se reduce așa cum se arată în Figurile 44-45.

Figura 43 - Reducerea presiunii în straturile de aer. Strat de aer peste hidroizolația rezistentă la pătrunderea radonului -
Schema de principiu

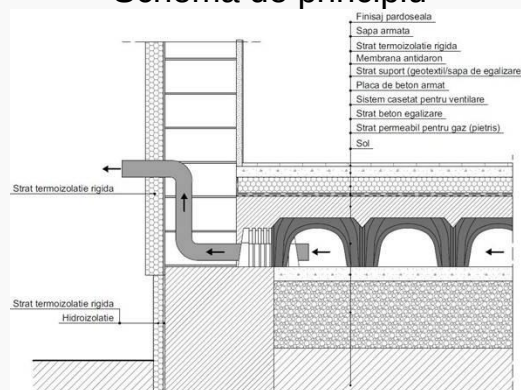
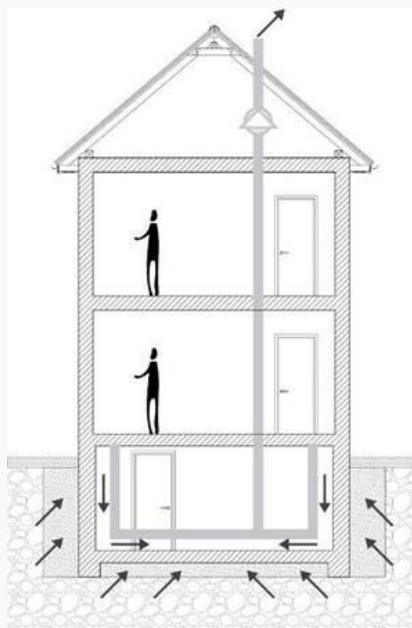


Figura 44 - Schema de principiu - Scăderea presiunii sub structura de contact prin ventilare naturală sau mecanică



Figura 45 - Schema de principiu - Scăderea presiunii sub structura de contact



METODOLOGIE DE VENTILARE A SPAȚIILOR TEHNICE NEUTILIZATE DIN CLĂDIRI PENTRU PROTECȚIA ÎMPOTRIVA PĂTRUNDERII RADONULUI - ANEXA nr. 5

Numărul, dimensiunile și amplasarea golurilor de ventilație în pereții de închidere și în pereții interiori ai spațiului tehnic sunt proiectate astfel încât să asigure ventilația spațiului pe tot parcursul anului. Golurile de ventilație trebuie să fie dotate cu grilaje de protecție și amplasate astfel încât acesta să fie protejat împotriva pătrunderii apei.

Diferențele de presiune necesare sunt menținute în unul dintre următoarele moduri:

- prin intermediul unei conducte de aer verticale, așa cum este prezentată în Fig. 47, cu piese îmbinate etanș. Sistemul de ventilație se poate executa ca ventilație naturală cu deflector sau cu ventilație mecanică prin aspirație (SVPDS). Dacă este necesar, este prevăzut un amortizor de zgomot.

- cu executarea unor goluri de ventilare dispuse orizontal pe pereți opuși, cu ventilatoare de aspirație montate pe un perete opus (SV, SVR1F), așa cum se arată în Fig. 46. pentru a se asigura presiunea în spațiul gol. În acest caz, golurile de ventilare trebuie prevăzute cu o suprafață de 1 până la 1,5 % din suprafața de contact, iar numărul recomandat al schimburi de aer în spațiul gol este de 1,5.

Nu este permis niciun flux de aer dinspre spațiul tehnic spre spațiile din clădire. Numărul de schimburi de aer în spațiul tehnic n_p se calculează cu formula:

$$n_k = \frac{Q_k}{V_k}, [h^{-1}] \quad (5.1)$$

Unde:

Q_k este debitul de aer care intră în spațiul tehnic (m^3/h);

V_k - volumul spațiului ventilat (m^3).

Concentrația de radon C_k într-un spațiu tehnic, în cazul în care este acesta dispune de o placă sau barieră antiradon, se calculează cu ajutorul formulei:

$$C_k = \frac{\sum_{i=1}^n (E_k A_k)_i}{n_k V_k}, [Bq/m^3] \quad (5.2)$$

Unde:

E_k este rata de exalare a radonului prin suprafața terenului tratat [$Bq/(m^2 \cdot h)$];

A_k - suprafața de pătrundere a radonului în spațiul tehnic (m^2);

n_k - numărul de schimburi de aer în spațiul tehnic determinat prin formula (1) ;

V_k - volumul interior al spațiului tehnic (m^3);

$i=1. n$ - numărul de straturi de produse/materiale de construcție cu care a fost dotată suprafața terenului în spațiul gol.

În cazul în care suprafața terenului din spațiul tehnic este expusă direct, dar este prevăzut un sistem de ventilare prin aspirație cu numărul corespunzător de schimburi de aer, concentrația volumetrică a radonului în spațiul gol C_k se calculează cu formula:

$$C_k = \lambda \frac{C_s}{n_k}, [\text{Bq/m}^3] \quad (5.3)$$

Unde:

λ este o constantă de dezintegrare a radonului radioactiv ($\lambda = 0,00756 \text{ h}^{-1}$);

C_s - concentrația de radon (Bq/m^3);

n_k - numărul de schimburi de aer în spațiul tehnic calculat prin formula (5.1).

Figura 46 - Schema de principiu - Ventilarea mecanică a spațiului tehnic închis cu un sistem de ventilare prin aspirație amplasat pe un perete

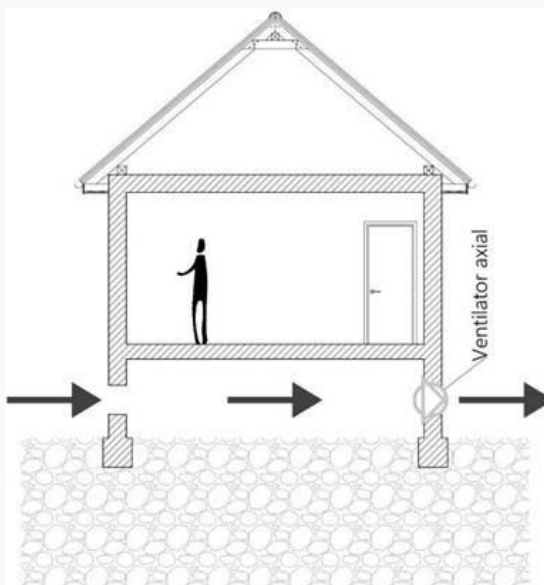
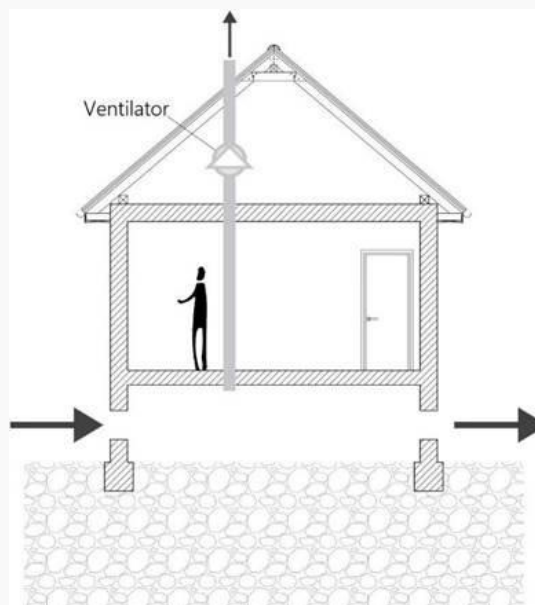


Figura 47 - Schema de principiu - Ventilarea mecanica a spațiului tehnic închis cu sistem vertical de conducte de aer și ventilator de aspirație



METODOLOGIA DE ELABORARE ȘI REALIZARE A MĂSURILOR DE PROTECȚIE ÎMPOTRIVA RADONULUI ÎN CLĂDIRILE CU SUBSOL NELOCUIT - ANEXA nr. 6

În clădirile cu subsol nelocuit, se proiectează următoarele măsuri de protecție împotriva radonului:

Pentru toate spațiile nelocuite de la subsol trebuie să se asigure o ventilare prin aspirație pe tot parcursul anului.

Spațiul trebuie să fie ventilat în unul dintre următoarele moduri:

- cu executarea unei conducte de aer verticale cu piese bine etanșate la îmbinări. Sistemul de ventilare în acest caz poate fi executat ca un sistem cu ventilare naturală cu un deflector amplasat peste nivelul coamei acoperișului sau ca un sistem de ventilare mecanică prin aspirație cu un ventilator de aspirație. Dacă este necesar, este prevăzut un amortizor de zgomot.

- cu executarea unor goluri de ventilare amplasate orizontal pe pereți opuși și a unor ventilatoare de aspirație montate pe un perete opus pentru a se asigura presiunea în spațiul interior (SV, SV1F, SV2F). Numărul de schimburi de aer recomandat este de 1,5.

Pe golurile de ventilare se montează grile de protecție. Nu se permite niciun flux de aer din spațiul nelocuit către spațiile locuite din clădire. În cazul unui sistem cu ventilare prin aspirație naturală a spațiului nelocuit, trebuie prevăzută posibilitatea de a instala un ventilator de aspirație pentru a crește eficiența instalației.

Numărul schimburilor de aer în spațiul nelocuit de la etajul de contact n_p se calculează cu formula:

$$n_p = \frac{Q_p}{V_p}, [\text{h}^{-1}] \quad (6.1)$$

Unde:

Q_p este debitul de aer care intră în spațiul nelocuit (m^3/h);

V_p - volumul spațiului nelocuit (m^3).

Concentrația de radon C_p în spațiul locuit în condițiile măsurilor prevăzute pentru limitarea fluxului de radon din sol se calculează cu ajutorul formulei:

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^n (E_p A_p)_i}{n_p V_p}, [\text{Bq}/\text{m}^3] \quad (6.2)$$

Unde:

E_p este rata de exalare a radonului prin suprafața plăcii de contact a etajului fără spațiu locuibil [$\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$];

A_p - suprafața etajului de contact fără spațiu locuibil (m^2);

n_p - numărul de schimburi de aer în etajul de contact, determinat prin formula (6.1);

V_p - volumul etajului de contact fără spațiu locuibil (m^3);

$i=1. n$ - numărul de spații de la etajul de contact.

În cazul în care suprafața pardoselii etajului de contact a clădirilor noi nu este destinată să fie protejată prin impermeabilizare rezistentă la pătrunderea radonului, dar este prevăzută o ventilare prin aspirație a spațiului cu numărul corespunzător de schimburi de aer, concentrația volumetrică a radonului în spațiul de contact C_p se calculează cu formula:

$$C_p = \lambda \frac{C_s}{n_p}, [\text{Bq/m}^3] \quad (6.3)$$

Unde:

λ este constanta de dezintegrare a radonului radioactiv ($\lambda = 0,00756 \text{ h}^{-1}$);

C_s - concentrația de radon măsurată în solul de sub o clădire nouă (Bq/m^3);

n_p - numărul de schimburi de aer în etajul de contact fără spațiul locuibil calculat prin formula (6.1).

Pentru ventilarea mecanică a etajului de contact, se recomandă utilizarea sistemelor cu recuperare de căldură (SV1F, SV2F) dacă numărul de schimburi de aer în spațiul interior al etajului de contact este mai mare de 1 h^{-1} .

Tavanul acestui spațiu trebuie să aibă toate fisurile și golurile etanșate dacă:

- acesta dispune de un sistem de depresurizare a solului sub placa de fundare (SVDT);
- spațiul locuit de la nivelul următor dispune de ventilare sub presiune (SV);
- acesta dispune de un sistem de ventilare prin aspirație (SVPD).

Accesul la etajul de contact este izolat de următoarele etaje ale clădirii cu uși etanșe, care se închid automat, amplasarea ușii fiind în concordanță cu traseul de evacuare a clădirii.

METODOLOGIA DE ELABORARE ȘI REALIZARE A MĂSURILOR DE PROTECȚIE ÎMPOTRIVA RADONULUI ÎN CLĂDIRILE SUBSOL LOCUIT - ANEXA nr. 7

În cazul clădirilor existente cu subsol locuit, toate spațiile de la acest etaj în care concentrația măsurată de radon este mai mare decât pragul minim, sunt prevăzute cu ventilare mecanică pe tot parcursul anului, iar elementele structurale de contact cu terenul de fundare vor avea toate fisurile și spațiile libere din jurul trecerilor instalațiilor și bransamentelor etanșate.

Proiectarea și implementarea unui sistem de ventilare mecanică la un subsol locuit pentru o clădire existentă se realizează pe baza rezultatelor măsurării la fața locului a concentrației de radon în clădire la numărul n_m de schimburi de aer, (h^{-1}) înainte de a lua măsura de proiectare a sistemului de ventilare. În acest caz, numărul de schimburi de aer n_s (h^{-1}) se calculează cu aproximație conform ecuației:

$$n_b \approx \frac{\sum_{i=1}^n (C_b n_m)_i}{C_{ref}}, [\text{h}^{-1}] \quad (7.2)$$

Unde:

C_b este CARIA măsurată în prima încăpere interioară (Bq/m^3);

n_m - numărul de schimburi de aer în prima încăpere interioară de la etajul de contact stabilit în timpul măsurătorilor C_b (h^{-1});

n_b - numărul de schimburi de aer necesar a fi asigurat prin ventilare mecanică după punerea în aplicare a măsurii (h^{-1});

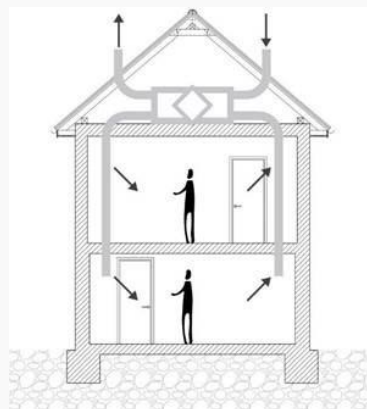
C_{ref} - nivelul de referință al concentrației de radon în aerul interior (Bq/m^3).

În cazul în care se stabilește să se atingă o valoare CARIA mai mică decât valoarea de referință, ecuația 7.2 se calculează folosind valoarea respectivă în locul valorii de referință.

Spațiile pentru locuit ale clădirilor existente, trebuie dotate cu sisteme de ventilare mecanică sub presiune (SV, SV1F, SV2F), care este compensată prin ventilarea prin aspirație în băi și toalete. Dacă este posibil, sunt recomandate sisteme mecanice de ventilare cu recuperare de căldură (SV1F, SV2F, SCVR, SCVRm), iar pentru cele existente cu valori mari ale concentrației de radon se recomandă sisteme complexe de remediere prin ventilare și depresurizare cu recuperare de căldură (SVCRDT-pc, SVCRDT-gt). Sistemele care aspiră aer exterior trebuie prevăzute cu filtru de aer.

Este permisă proiectarea unei micro-ventilații cu fante în tâmplărie, pentru ventilația orizontală a spațiilor locuibile atunci când nu este posibilă realizarea ventilării mecanice, prezentată în Figura 48. Presiunea ventilatorului se alege în funcție de rezistențele liniare și locale ale conductelor de aer, precum și de căderea de presiune din sol. Ventilatoarele se selectează ținând cont de factorii de umiditate și de praf din aer. Se selectează ventilatoare cu reglare automată a turației.

Figura 48 - Schema de principiu - Sistem de ventilare mecanică centralizată cu recuperare de căldură



METODOLOGIE DE ELABORARE ȘI REALIZARE A ELEMENTELOR DE RACORDARE A INSTALAȚIILOR ȘI AMENAJĂRI SUBTERANE ȘI A ACCESULUI PRIN STRUCTURA DE CONTACT A CLĂDIRILOR PENTRU PROTECȚIA ÎMPOTRIVA PĂTRUNDERII RADONULUI - ANEXA nr. 8

Lucrările de racordare și branșament a instalațiilor se proiectează astfel încât numărul de goluri și treceri pentru instalații în elementele de contact să fie minim. Golurile de trecere pentru instalațiile de construcții prin stratul de hidroizolație rezistentă la pătrunderea radonului, se execută etanș folosind manșon elastic cu guler de fixare. Spațiul dintre manșon și conductă sau cablu este strâns cu un material care asigură o etanșeitate mare a îmbinării (etanșare flexibilă durabilă, profile de cauciuc etc.). Etanșarea este fixată de colierul manșonului prin lipire, sudare, foc deschis sau prin presare între colierul liber și cel de fixare etc.

În locurile în care nu este posibil să se pună o bucă de dilatare cu guler de fixare, se folosește o bucă de dilatare fără guler, hidroizolația fiind fixată etanș pe aceasta după cum urmează:

- (a) folosind un guler de izolație plasat pe manșonul de dilatare;
- (b) prin întreruperea hidroizolației manșonului pentru expansiune, prin etanșarea cusăturii dintre hidroizolație și bucă cu o garnitură permanent flexibilă și prin acoperirea îmbinării cu bandă adezivă.

În cazul clădirilor existente, atunci când soluțiile de proiectare permit, golurile de trecere pentru instalații se execută în conformitate cu punctele 2 și 3. În aceste cazuri, se utilizează o bucă separată longitudinal pentru dilatare dacă măsurile de protecție împotriva radonului nu implică o modificare a sistemelor de ventilare. Spațiul dintre manșon și structură se umple sau se injectează cu un amestec de beton.

Golurile de trecere pentru instalații printr-o structură realizată din beton etanș se execută cu ajutorul unei buce de dilatare prevăzute cu benzi de dilatare și a unui colier de fixare care se instalează în structură astfel încât betonul să acopere colierul pe ambele părți, așa cum se arată în Figurile 49 și 50.

Figura 49 - Etanșarea golurilor de trecere pentru instalații

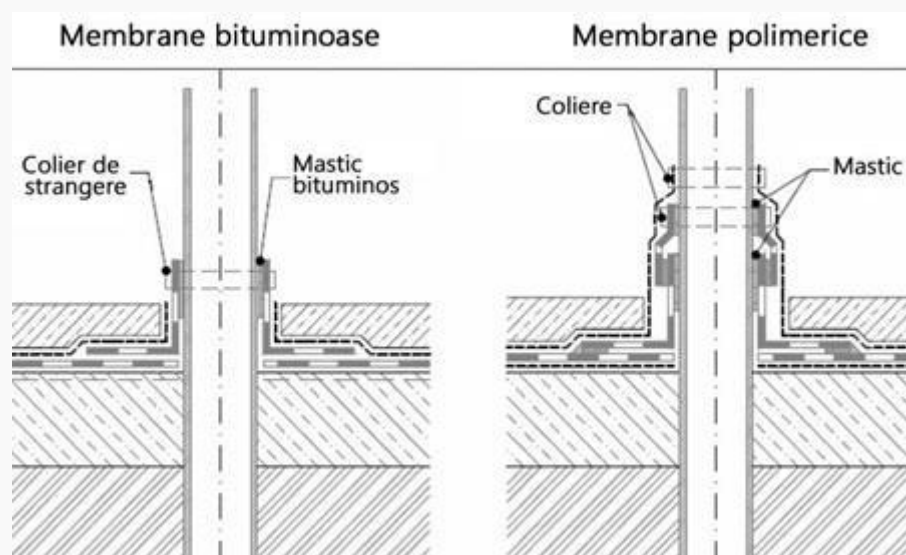
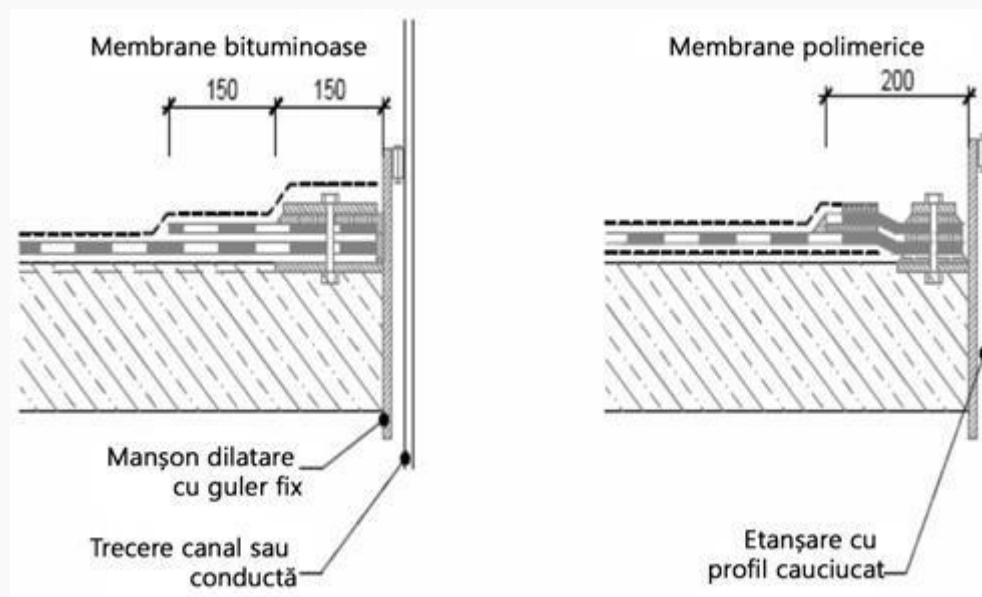


Figura 50 - Etanșarea rosturilor de dilatare - Schema de principiu



ANALIZA COSTURILOR ȘI A BENEFICIILOR ASOCIATE IMPLEMENTĂRII UNOR MĂSURI DE REMEDIERE LA UN STUDIU DE CAZ- ANEXA nr. 9

Cerințe preliminare dar necesare pentru analiza cost - beneficiu:

- Definirea obiectivelor

Obiectivele proiectului reflectă beneficiile aduse de implementarea metodelor de prevenire și control a pătrunderii radonului în clădirile existente. Principalul obiectiv socio-economic al unui proiect trebuie să fie reducerea îmbolnăvirilor cauzate de emanațiile de radon, fiind unul din principalii agenți din mediul înconjurător considerat, după fumat, a doua cauză în apariția cancerului pulmonar.

Stabilirea temei de proiectare este independentă din punct de vedere economic. Se stabilesc metodele de prevenire și control a pătrunderii radonului în clădirile existente, se definesc acțiunile necesare, lucrările de executat, materialele, manopera și utilajele/echipamentele utilizate și implicit costurile generate de realizarea investiției.

- Analiza opțiunilor și a fezabilității

Pentru fiecare proiect ar putea fi luate în considerare cel puțin trei alternative:

- alternativa de a nu face nimic;
- alternativa de a face minimum;
- alternativa de a face ceva.

Alternativa de a nu face nimic reprezintă alternativa de bază a analizei proiectului care vizează cel puțin compararea situațiilor cu sau fără proiect. Alternativa de a nu face nimic mai este denumită scenariul inerțial. A nu face nimic în legătură cu nivelul de radon din clădirile existente este echivalentă cu menținerea gradului de îmbolnăviri cauzate de radon.

Alternativa de a face minimum care poate fi analizată reprezintă varianta prin care se realizează unele lucrări de reabilitare ale clădirilor fără o legătură cu obiectivul de a reduce nivelul de radon din clădiri.

Alternativa de a face ceva presupune realizarea și implementarea uneia dintre metodele specifice de remediere identificate în capitolul anterior în funcție de categoria de remediere: nivelul 1, 2 sau 3.

1. Analiza financiară

Scopul analizei financiare este de a utiliza previziunile fluxului de numerar al proiectului pentru a calcula ratele randamentului adecvate, în special rata financiară internă a randamentului (FRR) sau a investiției (FRR/C) sau a capitalului (FRR/K) și valoarea netă financiară actuală corespunzătoare (FNPV).

În timp ce Analiza Cost-Beneficiu cuprinde mai mult decât doar considerarea ratelor financiare ale proiectului, cele mai multe dintre datele proiectelor referitoare la costuri și beneficii sunt asigurate de analiza financiară. Această analiză pune la dispoziție informații asupra intrărilor și ieșirilor, prețurilor acestora și structura veniturilor și cheltuielilor de-a lungul întregii perioade de utilizare a investiției.

Elementele de bază ce trebuie avute în vedere sunt:

- Orizontul de timp
- Determinarea costurilor totale investiționale
- Determinarea costurilor de exploatare a investiției
- Veniturile generate de proiect

- Valoarea reziduală a investiției
- Verificarea sustenabilității financiare a investiției
- Determinarea principalilor indicatori de performanță

Implementarea metodelor de remediere în clădiri existente pentru reducerea nivelului de expunere la radon se realizează de obicei ca o parte componentă a unor investiții de reabilitare, renovare mai ample ale clădirilor. Astfel costurile și beneficiile generate de implementarea acestor metode de remediere se evidențiază separat în analiza beneficiilor și costurilor aferentă investiției de bază.

Astfel orizontul de timp avut în vedere va fi strâns legat de tipul și caracteristicile clădirii în care se realizează investiția. Având în vedere durata de viață a unei clădiri în alegerea orizontului de timp se are în vedere și vechimea acesteia. Orizontul de timp recomandat pentru analiză este de 15 ani.

Costurile investiționale sunt determinate de caracteristicile clădirii asupra căreia se intervine: dimensiuni, vechime, materiale utilizate la construcția inițială, zona unde este amplasată etc. Având în vedere că, în prezent, costurile unitare pentru lucrările de renovare moderată sunt estimate la 440 Euro/m² (arie desfășurată), fără TVA, se estimează costurile suplimentare investiționale pentru implementarea măsurilor de remediere, în funcție de nivelul și categoriile măsurilor de remediere prezentate mai sus astfel:

- Nivel 1 - costuri suplimentare 1,5% - 6,6 Euro/m² (arie desfășurată), fără TVA
- Nivel 2 - costuri suplimentare 2,5% - 11 Euro/m² (arie desfășurată), fără TVA
- Nivel 3 - costuri suplimentare 3,0% - 13,2 Euro/m² (arie desfășurată), fără TVA

Din punct de vedere al costurilor de exploatare a investiției, implementarea măsurilor de remediere nu generează costuri suplimentare de exploatare. Acestea vor fi considerate 0 pe toată perioada de analiză.

Veniturile financiare generate de componenta investițională referitoare la implementarea măsurilor de remediere sunt estimate la fel la valoarea 0, deoarece acest tip de investiție nu generează venituri directe din operare. Totuși, trebuie avut în vedere faptul că, așa cum este precizat mai sus, măsurile de remediere vor fi realizate în corelare cu o investiție mai amplă de reabilitare a clădirilor: vechi, renovate sau reabilitate termic etc. Ansamblul proiectului va genera - după caz beneficii financiare - în funcție de specificul și obiectivul fiecărei lucrări în parte.

Valoarea reziduală a componentei investiționale de implementare a măsurilor de remediere este în strânsă corelare cu valoarea reziduală calculată pentru întreg proiectul.

Valoarea reziduală poate fi calculată în două moduri:

- Prin luarea în considerare a valorii de piață reziduale a capitalului fix, ca și când acesta ar fi vândut la sfârșitul orizontului de timp luat în considerare.

- Valoarea reziduală a tuturor activelor și pasivelor.

Valoarea actualizată a fiecărei rețete viitoare, ulterioare orizontului de timp, trebuie să fie inclusă în valoarea reziduală. Cu alte cuvinte, valoarea reziduală este valoarea de lichidare.

Sustenabilitatea financiară, înseamnă că proiectul nu trebuie să riște să rămână fără bani; planificarea primirii fondurilor și plăților poate fi crucială în implementarea proiectului. De asemenea în orizontul de timp al proiectului, sursele de finanțare (incluzând orice fel de transferuri de numerar) vor egala în mod consistent plățile an după an. Sustenabilitatea apare în cazul în care în rândul fluxului net al fluxului de numerar generat cumulat este pozitiv pentru toți anii luați în considerare.

Pentru implementarea măsurilor de remediere trebuie asigurată sustenabilitatea financiară în perioada de realizare a investiției prin asigurarea fluxurilor suplimentare de numerar generate de costurile suplimentare. Pe perioada de operare a investiției, având în vedere că, așa cum am arătat mai sus nu vor exista costuri suplimentare și nici venituri financiare, nu este necesară asigurarea de lichidități suplimentare.

2. Analiza economică

Analiza economică evaluează contribuția proiectului la bunăstarea economică a regiunii sau țării. Ea este efectuată în numele întregii societăți (regiune sau țară) în locul doar al proprietarului infrastructurii ca în cazul analizei financiare.

Radonul este un gaz cancerigen, căruia i se atribuie între aproximativ 15% din cele 14.000 de cazuri anuale de cancer pulmonar identificate în Europa. La nivel mondial, este considerat a fi a doua cauză principală a cancerului pulmonar după fumat.

Ținând cont de aceste aspecte principalul beneficiu adus de implementarea metodelor de remediere în clădiri existente pentru reducerea nivelului de expunere la radon este reducerea numărului de îmbolnăviri, creșterea gradului de sănătate și creșterea duratei de viață a persoanelor care activează în interiorul clădirilor remediate. Una dintre problemele analizei economice este reprezentată de valorizarea acestor beneficii aduse de implementarea măsurilor.

Ca regulă generală orice cost sau beneficiu social care se propagă de la proiect spre alți subiecți fără compensație, trebuie contabilizate în cadrul Analizei Cost-Beneficiu prin însumare la costurile sale financiare.

Totuși se poate încerca cuantificarea acestor beneficii luând în considerare elemente cum ar fi:

- Costurile cu tratamentele în cazurile de cancer pulmonar
- Costurile de spitalizare

- Costurile cu intervențiile chirurgicale
- Costurile rezultate din lipsa de productivitate a persoanelor bolnave
- Costurile generate de decesul prematur al persoanelor bolnave de cancer

Costurile unei zile de spitalizare poate fi estimat pornind de la tarifele practicate pentru spitalizarea persoanelor afișate de către spitale pe site-urile acestora, fie după profilul medical ales, fie pentru fiecare secție a spitalului.

Astfel, în București, la Spitalul Universitar de Urgență, o zi de spitalizare pentru secțiile cu profil medical ajunge la 550 lei, pentru profil chirurgical este 850 lei iar pentru ATI este 1500 lei. Spitalul Clinic Colentina declară costul mediu pentru o zi de spitalizare ca fiind suma de 491 lei, iar la Spitalul Colțea, prețurile pornesc de la 609 lei pentru medicină internă și pot ajunge până la 2172 lei pentru ATI.

O parte din spitalele din țară, practică prețuri mai reduse comparativ cu cele din capitală, și putem menționa Spitalul Județean de Urgență Piatra-Neamț unde costul mediu pe zi de spitalizare pornește de la 385 de lei, Spitalul Municipal de Urgență Roman cu prețuri pornind de la 444 lei și Spitalul Municipal Dorohoi pornind de la 287 lei.

Este important de menționat că prețurile diferă la fiecare spital din țară pentru că sunt influențate și de cheltuielile pe care le are fiecare spital cu salariile personalului medical și cheltuielile de întreținere.

Costurile cu intervențiile chirurgicale pot fi estimate pornind de la TCP (tariful pe caz ponderat) care este fix - în jur de 1.485 de lei pentru majoritatea spitalelor. Pentru a obține tariful care se decontează de către Casa de Asigurări de Sănătate, TCP de 1.485 lei se înmulțește cu valoarea relativă a cazului, care poate varia între 0,42 și 14,23, în funcție de complexitatea cazului. Astfel, tarifele de decontare variază între 624 de lei (ex. proceduri pentru strabism) și 21.132 lei (ex.traheostomie). Ținând cont că ICM (indicele de complexitate a cazurilor) pentru chirurgia pulmonară este de cca 1,5 se poate estima faptul că costul minim al unei intervenții chirurgicale este de cca 2.230 lei.

Rezultatele soluțiilor de remediere aplicate realizate pot fi definite în termeni de ani de supraviețuire câștigați prin evitarea cazurilor de cancer pulmonar induse de radon și exprimate prin ani de viață câștigați. Costurile medii aferente tratamentului cancerului pulmonar au fost estimate pe baza studiilor efectuate în Anglia ca fiind cuprinse între 6800 și 7600 de euro (Kennedy et al., 1999). De asemenea, numărul mediu de ani de viață pierduți datorită mortalității prin cancer pulmonar a fost estimat la 13,5 ani (Kennedy et al., 1999).

Estimând numărul total de ocupanți din 10 case supuse remedierii la 30 de persoane se obține o reducere teoretică anuală per persoană în concentrația de radon de 1,14 WLM, presupunând factorul de ocupanță de 19,2 ore (0,8). NRPB estimează riscul de a dezvolta cancer pulmonar per WLM la $3,5 \cdot 10^{-4}$ pentru fiecare an de expunere. În acest context, obținem 0,024 cazuri de cancer pulmonar evitate ca urmare a aplicării măsurilor de remediere în cele 10 case, adică 0.96

cazuri/40 de ani. Un total de 12,89 ani de viață sunt câștigați prin evitarea cazurilor de cancer pulmonar induse de radon raportat la cele 10 case remediate.

Toate aceste valori calculate specific pentru fiecare investiție în parte pot reprezenta beneficii aduse de aplicarea metodelor de remediere pentru reducerea nivelului de expunere la radon.

În urma aplicării calculului de eficiență economică a investiției strict pentru componenta de remediere în raport cu beneficiile generate se poate observa faptul că Rata internă de rentabilitate economică a investiției va fi peste rata de actualizare (5,5%).

În anexă se prezintă sub forma de studiu de caz o analiză sintetică a beneficiilor aferentă remedierii unui număr de 10 imobile pe un proiect de cercetare.

EXEMPLE PRACTICE - STUDII DE CAZ PENTRU DIFERITE SITUAȚII DE APLICARE A MĂSURILOR DE REMEDIERE ÎN FUNCȚIE DE TIPUL ȘI PARTICULARITĂȚILE CLĂDIRILOR - ANEXA nr. 10

Pentru exemplificarea etapelor necesare pentru proiectarea și instalarea unei soluții combinate pentru remedierea radonului la o clădire existentă, cu eficiență crescută în reducerea radonului (98%), se prezintă un studiu de caz cu evidențierea unor detalii tehnice în fluxul lucrărilor necesare.

Studiu de caz cu evidențierea detaliilor tehnice din cadrul intervenției: Proiectare și instalare a unei soluții combinate pentru remedierea radonului la o clădire existentă de tip școală (din Categoria a III a de la capitolul 3.1, clădirea fiind încadrată în situația cu $CARIA > 1000 \text{ Bq/m}^3$), cu eficiență crescută în reducerea radonului (98%)

Soluția tehnică: Sistem de depresurizare pentru ventilarea solului de sub clădire și montarea unei membrane antiradon, pentru izolarea finală a planșeului peste sol și asigurarea etanșeității în scopul protecției clădirii împotriva pătrunderii radonului.

Proiectul tehnic s-a conceput în baza analizei clădirii și a prevăzut măsuri din Categoria a III. a de la capitolul 3.1, clădirea fiind încadrată în situația cu $CARIA > 1000 \text{ Bq/m}^3$. Soluția tehnică a fost recomandată de specialiștii în radon în colaborare cu arhitecții și proiectanții responsabili cu lucrarea de renovare. Planul este prezentat în Figura 51.

Sistemul de remediere implementat s-a bazat pe depresurizarea solului de sub clădire și ventilare, în conformitate cu arhitectura construcției, pentru o eficiență maximă în reducerea nivelului de radon din interior la valori cât mai mici posibile și optimizarea generală a calității aerului interior.

S-a proiectat și aplicat un ansamblu de măsuri și lucrări pentru depresurizare și ventilare sub nivelul plăcii de la parter, printr-un tub perforat cu diametrul de 80mm. Evacuarea gazului viciat cu radon s-a realizat în exterior, departe de ferestre, printr-un ventilator cu diametru de 125mm, printr-o conductă etanșă din PVC și cu diametru de 125mm.

Principiul de bază utilizat în depresurizarea solului este de a se asigura că diferența de presiune dintre sol și clădire este întotdeauna negativă. În mod specific, presiunea absolută din sol va fi mai mică decât presiunea absolută din clădire, pe toate suprafețele adiacente solului și, de asemenea, în toate punctele în care gazul radon ar putea pătrunde în interiorul clădirii (ex.: penetrări ale conductelor, fisuri etc.). Pentru asigurarea confortului termic și reducerea pierderilor termice este necesară izolarea termică a plăcii peste sol și asigurarea etanșeității la interfața dintre sistemul de depresurizare și aerul din interiorul clădirii. Ventilarea solului și depresurizarea se realizează simultan prin utilizarea unui ventilator, dimensionat corespunzător pentru a menține puterea consumată sub 1 până la 5 kWh/zi.

Montarea sistemului de ventilare prin depresurizarea activă a solului a prevăzut următoarele etape și elemente, prezentate în Figura 52:

- izolarea plăcii peste sol și asigurarea etanșeității la interfața printr-un strat permeabil;
- montarea conductelor în subsol în punct(e) de aspirație/drenaj, izolarea și etanșeizarea conductelor, montarea ventilatorului și cuplarea cu conducta de drenaj;
- montarea unei membrane hidroizolație cu rol de barieră de radon pentru izolarea finală a plăcii peste sol și a anvelopei clădirii, pentru asigurarea unui nivel ridicat de etanșeitate la aer a clădirii;
- lucrări de reparare și refacere a finisajelor interioare în zonele de intervenție.

Lucrările executate:

1. Îndepărtarea plăcii de beton existente peste sol (beton, pământ) din încăperile de la parter. Grosimea stratului îndepărtat este de aprox. 50 cm.

2. Asigurarea permeabilității necesare aspirării gazelor din teren prin sucțiune la interfața existentă prin aplicarea unui strat permeabil de pietriș grosier (fracție 16/32 mm) pe suprafața solului. Stratul de pietriș are funcția de strat permeabil. Grosimea minimă a stratului de pietriș este de 150 mm. Stratul de pietriș se aplică în două etape (înainte și după instalarea conductei), astfel încât toate conductele să fie în totalitate înglobate în pietriș.

3. Montarea conductelor în subsol în punct(e) de aspirație/drenaj: La conducta colectoare se atașează conductă de dren aferentă fiecărei încăperi în parte. Lungimea conductei de dren trebuie să acopere aproximativ $\frac{3}{4}$ din lungimea încăperii în care se instalează. Conducta perforată din tub flexibil (folosit pentru aspirarea radonului) cu un diametru între 50-80 mm, este așezată în stratul de pietriș, astfel încât tubul să fie total încorporat de pietriș (vezi Figura 51).

4. Montarea înclinată a conductei colectoare etanșă, din tub PVC cu diametrul de 100 mm, astfel încât să se asigure o înclinație continuă, favorizând scurgerea apei de condensarea în sol, prin conducta perforată. Aceasta traversează peretele subsolului existent al clădirii și este conectată la un ventilator electric.

5. Izolarea și etanșeizarea conductelor și a contactului dintre conducte și perete cu spumă poliuretanică sau material izolator.

6. Montarea ventilatorului radial în linie, pe partea verticală a conductei de evacuare (vezi Fig. 47 și 48). Se recomandă un ventilator în linie cu roată cu palete CK 125C cu un debit de la 100 la 200 m³/h, la o diferență de presiune de la 250 Pa la 150 Pa. Pentru a se evita efectele de zgomot perturbatoare, ventilatorul trebuie instalat folosind cleme cu cauciuc care să țină conducta la ~1 cm față de ventilator. Ventilatorul se instalează în exteriorul clădirii. Aceasta va fi prevăzută cu un subpass pentru condens, pentru a proteja ventilatorul. La acesta se conectează conductele etanșe, atât din fundația subsolului cât și a parterului. Conducta de evacuare este montată pe exteriorul clădirii și va depăși linia acoperișului, astfel încât aerul viciat să fie eliberat departe de ferestre și fantele de aerisire.

7. Izolarea și asigurarea etanșeității planșeului la interfața existentă printr-un strat permeabil acoperit cu material geotextil și o placă de beton armat. După instalarea tuturor conductelor, se asigură o grosime minimă a plăcii de beton de 100 mm (Figura 52).

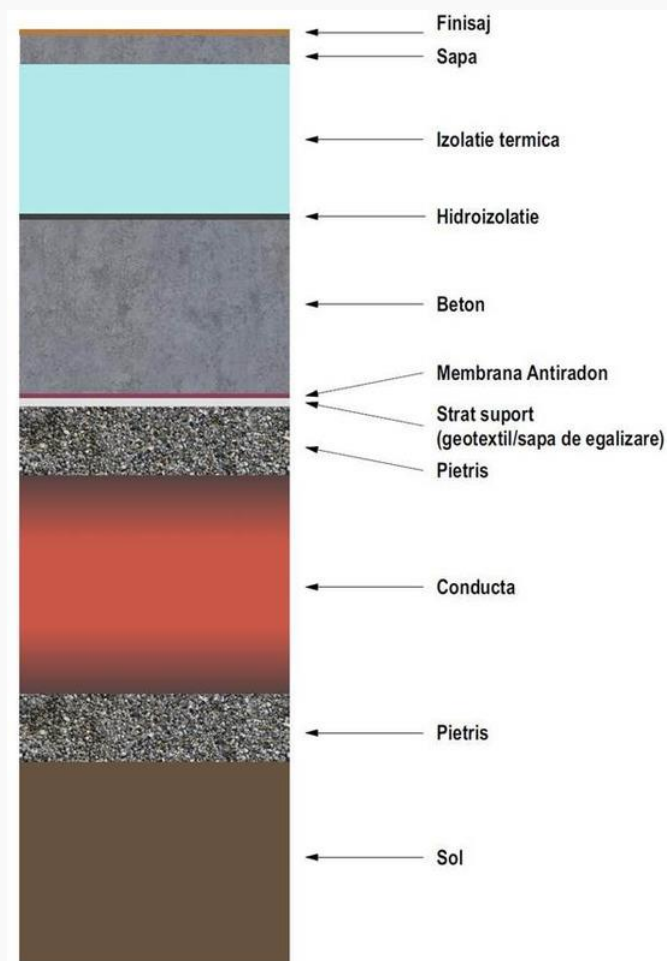
8. Montarea unei membrane antiradon/ bariera de radon pentru izolarea finală a planșeului peste sol și a anvelopei clădirii, pentru asigurarea unui nivel ridicat de etanșeitate la aer a clădirii. Membrana asigură menținerea calității aerului interior și reducerea nivelului de radon și menținerea confortului termic. Membrana rezistentă la radon (bariera de radon) se aplică atunci când betonul are o rezistență suficientă, procesul de aplicare se întinde pe durata 1 zi- maxim 1 săptămână, în funcție de volumul clădirii. Membrana se ridică 100 mm pe pereții fundației. Pereții fundației trebuie să aibă suprafață netedă pentru a permite o bună atașare a membranei. În acest scop, dacă situația o impune, se poate apela la material de umplutură a găurilor/îndreptare a pereților, care să aibă granulație mică și să fie întins cât mai uniform, pentru a facilita aplicarea membranei. Se asigură izolarea completă și sigilarea pătrunderilor conductelor, cu componente suplimentare pentru colțurile exterioare și interne.

9. Montarea straturilor de pardoseală suplimentare, cum ar fi izolația termică, șapa de ciment, pardoseala finală etc., care sunt amplasate peste izolația rezistentă la radon (vezi Figura 52).

10. Realizarea unor lucrări de reparare și refacere a finisajelor interioare în zonele de intervenție, izolarea și sigilarea tuturor fisurilor vizibile, cum ar fi penetrările conductelor, plinte etc. atât la nivelul subsolului cât și a parterului. Pentru etanșeizarea scurgerilor și a fisurilor pot fi utilizați diferiți agenți de etanșare (poliuretan, silicon și/sau acrilat).

Architectural floor plan of the ground floor (Eterea 1) of a building. The plan shows a rectangular layout with a central staircase labeled "Hol+Casa Scara" and a "Sală grupă" (group room) with a "Ventilator" (fan). Rooms include "Temă 1" (125.00 mp) and "Temă 2" (177.00 mp). The plan is detailed with dimensions, elevations, and structural notes like "Pereti din beton armat" (reinforced concrete walls).

Figura 52 - Recomandare privind stratificatia pentru izolarea plăcii pe sol



8. REFERINȚE

Cinelli G., De Cort M., Tollefsen T. (Eds.), European Atlas of Natural Radiation, Publication Office of the European Union, Luxembourg 2019.

Cinelli, G.; Tollefsen, T.; Bossew, P.; Gruber, V.; Bogucarskis, K.; De Felice, L.; De Cort, M. Digital version of the European Atlas of natural radiation. J. Environ. Radioact. 2019, 196, 240-252.

Miles, J.-C.-H.; Howarth, C.-B.; Hunter, N. Seasonal variation of radon concentrations in UK homes. J. Radiol. Prot. 2012, 32, 275-287.

Maheshwari, G., F. Al-Ragom, and R. Suri, Energy-saving potential of an indirect evaporative cooler. Applied Energy, 2001. 69(1): p. 69-76.

D.D. M. Cucu, "The Contribution of the Radioactive Gas, radon, To the Effective Dose Received Sub the Population of Mioveni City, Arges County," International Journal of Multidisciplinary and Current Educational Research (IJMCER), vol. 3, no. 4, 2021.

A. Cucoș, MC Moldovan, BD Burghel, T Dicu, OT Moldovan, Radiological Risk Assessment for Karstic Springs Used as Drinking Water in Rural Romania, Atmosphere, Issue Atmospheric radon Measurements, Control, Mitigation and Management 2021, 6 sept 2021, 12(9), 1207; <https://doi.org/10.3390/atmos12091207>.

National Primary Drinking Water Regulations; radon-222, 1999. Available online: <https://www.federalregister.gov/documents/1999/11/02/99-27741/national-primary-drinking-water-regulations-radon-222>

Guidelines for Drinking-Water Quality, 4th ed.; Incorporating the 1st Addendum, 2017. Available online: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

Sources-to-Effects Assessment for radon in Homes and Workplaces, 2009. Available online: <https://ci.nii.ac.jp/naid/10026964099/#cit>

A. Taner, "radon mitigation in the ground," Natural Environment III, Departament of Commerce, Springfield, 1980.

W. H. O. International Atomic Energy Agency, "Design and conduct of Indoor radon surveys, Safety Reports Series No. 98," Viena, 2019.

C. Scivyer, radon solution in homes: radon sump systems, BRE Guide GRC 37, Grston: IHS BRE Press, 2013.

C. Milu, "Masurarea expunerii la radon," Curierul de Fizica, 1985.

A. N. S. I. A. o. R. S. a. Technologists, "radon mitigation standards for schools and large buildings," Hendersonville, 2018.

J. H. M. Jiranek, "Applicability of various insulating materials for radon barriers," Sci Total Environ., vol. 4, 2001.

Botezatu E, Pantelică A, Mr Calin Radiological characterization of stocked phosphogypsum from former phosphate fertilizers factories in Romania, 4th EAN - NORM Workshop on "Transportation of NORM, NORM Measurements and Strategies, Building Materials", Hasselt, Belgium, Nov 29th - Dec 1st 2011, <http://www.ean-norm.net>

Botezatu E, Iacob O, C. Miron, M Gradinaru, Increased indoor exposures-the consequences NORMs for building materials, Proceedings of the 5th Internat Conf on HLNRR, Radiation Dose and Health Effects, V2,355-358, Munich, Sept 2000,

Botezatu E Iacob O, C. Grecea Is coal ash and slag any useful or unloaded wastes?

Proceedings of the European IRPA Congress, Florence, Italy, oct 2002

Botezatu E, Iacob O., Radiological Impact of TENORM on the Environment in Romania, Proceedings of the 11th Internat Congress of IRPA, Madrid, 2004, www.irpa11

Botezatu E. New Building Materials - Potential Source of Population Exposure, ROM9033 National Workshop on Best Practices on the Reuse of the Materials Contaminated with NORM and the Site Remediation, Bucharest, Romania, 6 - 10 July 2015.

Botezatu E, Reziduurile NORM deșeu radioactiv sau material de construcție? Conferința Națională a SRRP: Aspecte practice și legislative ce decurg din Directiva CE nr. 2013/59/Euratom, vol lucrări pg 36-52, oct 2015.

Botezatu E. The industrial NORM residues - radioactive waste or building material? Proceed of the 8th EAN_{NORM} WORKSHOP, "Three years into the new EU BSS: How far have we come with the transposition and what is the impact on NORM industrial activities?", Stockholm, Sweden, 5-7 December 2016.

Botezatu E. Practici și activități umane ce implică un risc crescut de expunere la surse naturale de radiații, Conferința Națională Aniversară a SRRP - "SRRP-30": Rolul culturii de protecție radiologică, vol lucrări pg 60-63, nov 2020.

Caplin et al, NORM and building materials, Proceed of the 8th EAN_{NORM} WORKSHOP, "Three years into the new EU BSS: How far have we come with the transposition and what is the impact on NORM industrial activities?", Stockholm, Sweden, 5-7 December 2016.

Elfving S, National Board of Housing, Building and Planning, Transposition of EU BSS regarding building materials in Sweden Proceed of the 8th EAN_{NORM} WORKSHOP, "Three years into the new EU BSS: How far have we come with the transposition and what is the impact on NORM industrial activities?", Stockholm, Sweden, 5-7 December 2016.

Leonardi F, radon exhalation and emanation information in the updated database on natural radioactivity in eu building materials, Proceed of the 8th EAN_{NORM} WORKSHOP, "Three years into the new EU BSS: How far have we come with the transposition and what is the impact on NORM industrial activities?", Stockholm, Sweden, 5-7 December 2016.

Michalik B, Regulating NORM and building materials in Poland, Proceed of the 8th EANNORM WORKSHOP, "Three years into the new EU BSS: How far have we come with the transposition and what is the impact on NORM industrial activities?", Stockholm, Sweden, 5-7 December 2016.

Vandenhove H, Studying the impact of NORM-containing Construction Materials on the environment, Proceed of the 8th EANNORM WORKSHOP, "Three years into the new EU BSS: How far have we come with the transposition and what is the impact on NORM industrial activities?", Stockholm, Sweden, 5-7 December 2016.

Alte articole științifice:

Cosma Constantin, Cucos (Dinu) Alexandra, Dicu Tiberius, Preliminary results regarding the first map of residential radon in some regions in Romania, Radiation Protection Dosimetry, 155(3), pp. 343-350, 2013.

Alexandra Cucos (Dinu), Constantin Cosma, Tiberius Dicu, Robert Begy, Mircea Moldovan, Botond Papp, Dan Niță, Bety Burghel, Carlos Sainz, Thorough investigation on indoor radon in Băița radon-prone area (Romania), Science of The Total Environment, 431, pp. 78-83, 2012.

Cucos (Dinu), A., Papp, B., et al. (2017), Residential, soil and water radon surveys in north- western part of Romania, Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 166/2, pp. 412-416.

Cosma, C.; Papp, B.; Cucos, A.; Sainz, C. Testing radon mitigation techniques in a pilot house from Băița-Ștei radon prone area (Romania). J. Environ. Radioact. 2015, 140, 141- 147.

Cosma, C., Szacsvai, K., Dinu, A., Ciorba, D., Dicu, T., Suciu, L., Preliminary integrated indoor radon measurements in Transylvania (Romania), Isotopes in Environmental and Health Studies 45 (3), pp. 259-268, 2010.

Sainz, C., Dinu, A., Dicu, T., Szacsvai, K., Cosma, C., Quindós, L., Comparative risk assessment of residential radon exposures in two radon-prone areas, Ștei (Romania) and Torrelodones (Spain), Science of the Total Environment 407 (15), pp. 4452-4460, 2009.

Cosma, C., Ciorba, D., Timar, A., Szacsvai, K., Dinu, Al., radon exposure and lung cancer risk in Romania, Journal of Environmental Protection and Ecology 10 (1), pp. 94-103, 2009.

Muntean, L.E.; Cosma, C.; Cucos, A.; Dicu, T.; Moldovan, D.-V. Assessment of annual and seasonal variation of indoor radon levels in dwelling houses from Alba County, Romania. Rom. J. Phys. 2014, 59, 163-171.

Burghel, B.D.; Cosma, C. Thoron and radon measurements in Romanian schools. Radiat. Prot. Dosim. 2012, 152, 38-41.

Papp, B., Cosma, C., Cucuș-Dinu., A., International Intercomparison Exercise of active radon devices and passive detectors at The First East European radon Symposium (FERAS 2012), Romanian Reports in Physics, 69 (1), 702, 2017.

Cosma, C.; Ciorba, D.; Timar, A.; Szacsvai, K.; Dinu, A. radon exposure and lung cancer risk in Romania. J. Environ. Prot. Ecol. 2009, 10, 94-103.

T. Sferle, G Dobrei, T. Dicu, BD Burghel, N. Brisan, A. Cucos (Dinu), T. Catalina, A. Istrate, A. Lupulescu, M. Moldovan, D. Nita, B. Papp, I. Pap, K. Szacsvai, S. Florica, A. Tenter, C. Sainz, Variation of indoor radon concentration within a residential complex, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 189, Issue 3, Pages 279-285, <https://doi.org/10.1093/rpd/ncaa040>, 2020.

Burghel B., Tenter A., Cucuș A., Dicu T., Moldovan M., Papp B., Szacsvai K., Neda T., Suci L., Lupulescu A., Maloș C., Florică Ș., Baci C., Sainz C., The FIRST large-scale mapping of radon concentration in soil gas and water in Romania, Science of The Total Environment, Vol. 669, Pp. 887-892. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.342>, 2019.

S. Celaya, I. Encian, I. Fuente, D. Rabago, M. Moldovan, T. Dicu, A. Cucuș, A. Fernández, L. Quindos, C. Sainz, Methodological Approaches to radon in Water Measurements: Comparative Experiences between Romania and Spain, Romanian Journal of Physics, Vol. 64/2019, Number 11-12, 2019, Published online http://www.nipne.ro/rjp/accepted_papers.html, 2019.

N. Bican-Brișan, G. Dobrei, B. Burghel, A. Cucuș (Dinu), First Steps towards a National Approach for radon Survey in Romanian Schools, Atmosphere, Issue Atmospheric radon Measurements, Control, Mitigation and Management 2022, 13, 59, <https://doi.org/10.3390/atmos13010059>

Thomas R. Beck, A Antohe, F Cardellini, A Cucuș, E Fialova, C Grossi, K Hening et al, The Metrological Traceability, Performance and Precision of European radon Calibration Facilities, International Journal of Environmental Research and Public Health 2021, 18(22), 132150; <https://doi.org/10.3390/ijerph182212150>, 19.11. 2021.

T Dicu, P Virag, I Brie, M Perde-Schrepler, E Fischer-Fodor, B Victor, A Cucuș, Bety-Denissa Burghel, A comparative study of genotoxicity endpoints for women exposed to different levels of indoor radon concentrations, International Journal of Radiation Biology, DOI: 10.1080/09553002.2021.1987559, 2021.

T. Dicu, B. D. Burghel, M. Botoș, A. Cucuș, G. Dobrei, Ș. Florică, Ș. Grecu, A. Lupulescu, I. Pap, K. Szacsvai, A. Tenter, C. Sainz, A new approach to radon temporal correction factor based on active environmental monitoring devices, Scientific Reports, 2021, Vol. 11/ 9925, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88904-2>, 2021

Burghеле B.D., Botoș M., Beldean-Galea S., Cucuș A., Catalina T., Dicu T., Dobrei G., Florică Ș., Istrate A., Lupulescu A., Moldovan M., Niță D., Papp B., Pap I., Szacsvai K., Sainz C., Tunyagi A., Țenter A., Comprehensive survey on radon mitigation and indoor air quality in energy efficient buildings from Romania, *Science of The Total Environment*, Vol. 751/2021, 141858. Available online 21 August 2020, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141858>, 2020.

Beldean-Galea S.M., Dicu T., Cucuș A., Burghele B.D., Catalina T., Botoș M., Țenter A., Szacsvai K., Lupulescu A., Pap I., Dobrei G., Moldovan M., Tunyagi A., Florică Ș., Pănescu V., Sainz C., Evaluation of indoor air pollutants in 100 retrofit residential buildings from Romania during cold season, *Journal of Cleaner Production*. Volume 277, 20 December 2020, 124098, Available online 7 September 2020.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124098>, 2020.

Alexandra Cucuș (Dinu), T. Dicu, C. Cosma, Indoor radon exposure in energy-efficient houses from Romania, *Romanian Journal of Physics*, 60 (9-10), pp. 1574-1580, 2015.

Muntean L.E., Cosma C., Cucos (Dinu) A., Dicu T., Moldovan D.V., Assessment of annual and seasonal variation of indoor radon levels in dwelling houses from Alba county, Romania, *Romanian Journal of Physics* Vol. 59 (1-2), pp. 163-171, 2014.

Szacsvai K, Cucuș A., Cosma C., Indoor radon exposure in Cluj-Napoca City, Romania, *Romanian Journal of Physics*, 58 (S), pp. 273-279, 2013.

Istrate, A.-M.; Catalina, T.; Cucuș, A.; Dicu, T. Experimental measurements of VOC and radon in two Romanian classrooms., *Energy Procedia* 2016, 85, 288-294.

IC Mareș, Tiberiu Catalina, MA Istrate, A Cucuș, T Dicu, B D Burghele, K Hening, Research on Best Solution for Improving Indoor Air Quality and Reducing Energy Consumption in a High-Risk radon Dwelling from Romania, *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2021, Manuscript accepted ijerph-1457486, in press 2021.

Florică Ș., Burghele B.D., Bican-Brișan N., Begy R., Codrea V., Cucuș A., Catalina T., Dicu T., Dobrei G., Istrate A., Lupulescu A., Moldovan M., Niță D., Papp B., Pap I., Szacsvai K., Țenter A., Sferle T., Sainz C., The path from geology to indoor radon, *Environmental Geochemistry and Health* 42, 2655-2665, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00496-z>, 2020.

T. Dicu, B.D. Burghele, M. Botoș, A. Cucuș, G. Dobrei, Ș. Florică, Ș. Grecu, A. Lupulescu, I. Pap, K. Szacsvai, C. Sainz, A. Țenter, Could smart devices provide the missing link in assessing the seasonal correction factors for the annual indoor radon?, *Scientific Reports*, in press, 2020.

I. C. Mares, T. Catalina, A. Istrate, T. Dicu, A. Cucos, Experimental research of mitigation systems for controlling and reducing radon exposure in residential buildings, Building Services and Energy Efficiency BSEE IASI-RO, pp. 1-13, DOI: 10.2478/9788395720413-001, 2020.

A. Tunyagi, T. Dicu, A. Cucos, B.D. Burghela, G. Dobrei, A. Lupulescu, M. Moldovan, D. Niță, B. Papp, I. Pap, K. Szacsvali, A. Tenter, M.S. Beldean-Galea, M. Anton, Ș. Grecu, L. Cioloca, R. Milos, M.L. Botos, C.G. Chiorean, T. Catalina, M.A. Istrate, C. Sainz, An Innovative System for Monitoring radon and Indoor Air Quality, Romanian Journal of Physics, Vol. 64/2019, Number 11-12, 2019, Published online http://www.nipne.ro/rjp/accepted_papers.html, 2019.

T. Catalina, M. A. Istrate, A. Damian, A. Vartires, T. Dicu, A. Cucos, Indoor Air Quality Assessment in a Classroom Using a Heat Recovery Ventilation Unit, Romanian Journal of Physics, Vol. 64/2019, Number 9-10, 2019, Published online http://www.nipne.ro/rjp/accepted_papers.html, 2019.