



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2020 00232**

(22) Data de depozit: **29/04/2020**

(41) Data publicării cererii:
30/09/2020 BOPI nr. **9/2020**

(71) Solicitant:
• **UNIVERSITATEA "BABEȘ-BOLYAI" DIN
CLUJ-NAPOCA,
STR.MIHAIL KOGĂLNICEANU NR.1,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

(72) Inventatori:
• **BOTOS MARIUS LUCIAN,
STR.MITROPOLIT ANDREI ȘAGUNA 34-36,
AP.51, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**
• **CHIOREAN COSMIN GRUIA,
STR.EMIL RACOVIȚĂ NR.6,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**

• **CUCOS ALEXANDRA LAURA,
STR.OBSERVATORULUI NR.142, BL.7B,
AP.8, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**
• **DICU TIBERIUS, STR. PLOPILOR NR.79,
BL.P17, AP.14, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**
• **FERNANDEZ CARLOS SAINZ,
STR. PANDURILOR NR.7, CLUJ-NAPOCA,
CJ, RO**

(74) Mandatar:
**ROMINVENT S.A.,
STR. ERMIL PANGRATTI NR.35,
SECTOR 1, BUCUREȘTI**

(54) **SISTEM INTELIGENT DE PREDICȚIE ȘI REGLARE A
CONCENTRAȚIEI DE RADON DIN INTERIORUL CLĂDIRILOR
CIVILE BAZAT PE METODE DE ÎNVĂȚARE AUTOMATĂ**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem inteligent de predicție și control optimizat al concentrației de radon din aer, dintr-o locație. Sistemul (S) conform invenției cuprinde: mijloace (2) interioare de achiziționare a valorilor unor parametri ambientali interni reprezentând temperatura și umiditatea din interiorul unei locații, mijloace (3) exterioare de achiziționare a valorilor unor parametri ambientali externi reprezentând temperatura, umiditatea, viteza și direcția vântului din exteriorul respectivei locații, mijloace(4) de calcul al concentrației de radon și mijloace (5) de control al concentrației de radon din respectiva locație, în care concentrația de radon se previzionează cu o funcție de calcul determinată prin metode de învățare automată, în funcție de parametrii ambientali externi achiziționați de mijloacele (3) exterioare și, respectiv, de parametrii ambientali interni, achiziționați de mijloacele (2) interioare, iar mijloacele (5) de control declanșează ventilația respectivei locații în cazul în care concentrația de radon previzionată depășește o valoare prestabilită.

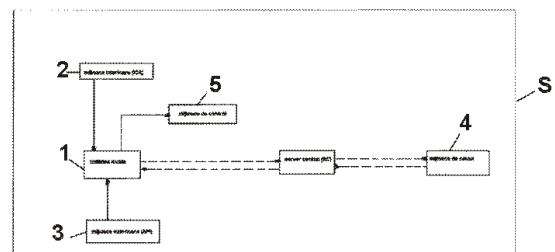
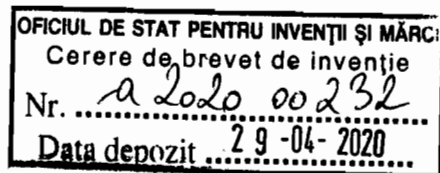


Fig. 1

Reven dicări: 13
Figuri: 6

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





SISTEM INTELIGENT DE PREDICȚIE ȘI REGLARE A CONCENTRAȚIEI DE RADON DIN INTERIORUL CLĂDIRILOR CIVILE BAZAT PE METODE DE INVATARE AUTOMATA

Invenția de față se referă la un sistem inteligent și la o metodă de predicție și reglare a concentrației de radon dintr-o încăpere aparținând unei clădiri civile, numită în continuare locație. Pe parcursul prezentei descrieri de invenție, prin locație se înțelege o incintă închisă, încadrată de pereți, planșee, uși și ferestre, utilizată de exemplu ca spațiu de locuit sau de lucru.

Radonul ^{222}Rn este un gaz radioactiv inodor și incolor. El este generat prin dezintegrarea radioactivă a uraniului prezent în sol, ciment sau din materialele de construcție a unei locuințe, astfel ajungând în aerul din interiorul unei locuințe. Expunerea ființelor vii la inhalare pe termen lung a radonului și produșilor de dezintegrare a acestuia prezente într-o încăpere închisă poate conduce la apariția cancerului de plămâni și în final la decese premature. Pentru a reduce concentrația de radon dintr-o încăpere, este necesar ca aceasta să fie ventilată periodic de către rezidenți, dar în timpul unor ierni geroase sau pe timpul nopții, acest proces de ventilare nu are loc în mod corespunzător, ceea ce poate conduce la acumularea radonului în aerul interior și implicit la afectarea sănătății persoanelor rezidente.

Conform Directivei Europene 2013/59/EURATOM, transpusă în legislația din România în Legea nr. 63/2018, este necesară protecția împotriva expunerii la radonul din interiorul locuințelor și al locurilor de muncă, prin identificarea acelor situații în care concentrația activității radonului în aer depășește nivelul de referință mediu anual stabilit la 300Bq/m^3 și remedierea acestora.

Detectarea radonului într-o locație se poate face în prezent doar cu ajutorul unor dispozitive specifice de măsurare plasate în locația de interes, iar remedierea unei situații în care concentrația acestuia depășește limita admisă este posibilă prin realizarea unui mod eficient de ventilare. De multe ori aceste soluții de remediere a calității aerului dintr-o locație locuită pot fi scumpe, energofage sau cronofage. Deteriorarea calității aerului într-o locație este greu de sesizat de o persoană obișnuită care locuiește sau lucrează acolo în absența unui senzor adecvat, iar acumularea în timp a radonului poate conduce la scăderea calității aerului interior sub limite considerate sigure pentru sănătate. În plus, dacă persoana nu este

conștientă de deteriorarea calității aerului, remedierea acesteia prin acționarea unor mijloace de ventilație poate fi declanșată prea târziu, în ciuda celor mai bine direcționate eforturi ale persoanei rezidente în locația respectivă. În plus, în momentul declanșării, ventilația va trebui să funcționeze la putere maximă pentru a reduce rapid concentrația de radon de la pragul critic la valori acceptate. Acest lucru necesită consum crescut de energie și produce disconfort pentru persoanele aflate în locația respectivă.

Literatura de specialitate prezintă soluții de detectare, măsurare și/sau de monitorizare a concentrației de radon într-o locație, care includ și metode de remediere a depășirii nivelului admis de radon, ca de exemplu brevetul US 7,317,185B2 propune un sistem de detectare și monitorizare a radonului într-o locuință, sistem care transmite prin intermediul unor mijloace de comunicare, ca de exemplu internet, datele colectate la un receptor tampon care le poate stoca o anumită perioadă de timp, de exemplu o săptămână. Sistemul propus de brevetul US 7,317,185 furnizează un sistem de testare a prezenței radonului într-o locuință, realizând doar o monitorizare pe termen scurt a gazului menționat, sub forma unui test de detectare și dozare radon într-o locuință înainte de achiziționarea acesteia și nu propune mijloace de remediere.

Un alt exemplu brevetul KR101446285B1 se referă la un sistem pentru monitorizarea radonului într-o locație, detectarea în timp real și transmiterea nivelurilor măsurate de radon la o unitate centrală care comandă o unitate de ventilație pentru a îmbunătăți calitatea aerului din respectiva locație. Soluția propusă prezintă dezavantajul că nu realizează o ventilație optimizată în timp real, care să conducă la un consum energetic eficient.

Pentru predicția concentrației de radon în spații închise se pot folosi și simulările numerice. Găsirea modelului numeric cel mai potrivit necesită un efort computațional serios care implică un număr considerabil de date ale parametrilor esențiali. O rezolvare eficientă a acestei probleme o oferă folosirea inteligenței artificiale (IA).

Prin IA se înțelege la modul general un program de computer sau un algoritm de calcul care permite unei mașini să reproducă comportamentul uman și să îndeplinească sarcini efectuate în mod convențional de om pe baza cunoștințelor asimilate. În prezent mașinile sunt antrenate (învățate) pentru a îndeplini un set de sarcini – „weak artificial intelligence AI” pentru a ajunge într-un viitor previzibil ca

mașinile, numite așa în mod generic, să realizeze orice sarcini pe care le poate face omul – „strong AI”. Procesul de învățare și evoluție de la „weak AI” la „strong AI” este numit Invățare Automată – „Machine Learning” (ML). Procesul de învățare poate fi realizat fie prin analiza rezultatelor unor date de intrare furnizate de om (ML cu supervizare), fie prin analiza mecanismelor informației de intrare furnizată algoritmului de învățare (ML fără supervizare). Procesul de învățare pe baza unor seturi mari de date este numit „deep learning” (DL) – învățare aprofundată. DL se bazează pe rețele neuronale artificiale (ANN – „artificial neural networks”) care conțin informații, date în straturi diferite conectate care sunt capabile să comunice între ele la fel ca neuronii biologici, prin transferul de informație, astfel ca rezultatele furnizate să aibe sens.

În multe domenii se prevede aplicarea unor sisteme capabile de învățare automată pentru eficientizarea activității. Literatura de specialitate în domeniul brevetelor prezintă astfel de soluții.

Astfel cererea CA2246637 prezintă o mașină și o metodă capabile să manifeste un comportament inteligent din interacția directă cu mediul înconjurător prin intermediul senzorilor mașinii și mijloacelor de acționare. Pentru a realiza acest scop, sistemul folosește o modelare multinivel aleatorie a procesului, de tip Markov. Soluția propusă, deși aplicabilă la modul general conform inventatorilor, necesită o soluție matematică complexă.

Publicația internațională WO2018 208395A1 prezintă un sistem de management al relației cu clienții, care include primirea unui mesaj de la un client prin intermediul unei interfețe grafice a utilizatorului pe o pagină web și alocă un mesaj de la client dintr-un flux de date primite, unui agent corespunzător. Metoda pe care se bazează sistemul poate include crearea unei rutine suplimentare prin folosirea unui algoritm de învățare automată bazată pe URL-ul paginii web. Sistemul necesită resurse importante de rețele hardware..

Invenția de față își propune eliminarea acestor dezavantaje prin propunerea unui sistem inteligent și a unei metode de predicție bazată pe metode de învățare automată și control optimizat al concentrației de radon dintr-o locație. Sistemul conform invenției folosește un model numeric simplificat și rularea unui număr de date numerice experimentale dintr-o anumită locație sau mai multe, care sunt alimentate în algoritmul de învățare automată. Avantajul sistemului și metodei de

predicție este că se bazează pe date de la senzori activi, deci evenimente care au loc în realitate pentru a fi înregistrate și nu pot fi evenimente create artificial. Un alt avantaj al soluției tehnice propuse de invenție este că se poate face o predicție a calității aerului dintr-o locație și astfel să se acționeze într-un mod optim pentru a se controla niveluri ridicate de radon într-o locație într-un mod eficient energetic și cu impact minim asupra ocupanților respectivei locații. dacă fac o predicție și acționez din timp, mai pot zice că remediez nivelul de radon, sau preintampin să obțin nivel ridicat de radon?

Problema tehnică pe care invenția își propune să o rezolve este asigurarea unui sistem de predicție și control optimizat al nivelului de radon dintr-o locație, pe o perioadă lungă de timp, cu o eficiență energetică și acuratețe ridicată.

Soluția tehnică constă în asigurarea unui sistem inteligent de predicție bazat pe metode de învățare automată și control optimizat al concentrației de radon dintr-o locație conform revendicărilor 1 - 6 și a unei metode de previzionare și control optimizat al concentrației de radon dintr-o locație conform revendicărilor 7 - 13

Avantajele prezentei invenției constau în:

- Odată determinată funcția de calcul, este posibilă o prognoză a evoluției concentrațiilor de radon din locația menționată în timp real;
- Permite controlul proactiv al dispozitivelor de ventilare mecanică pentru menținerea eficientă a unui nivel al concentrației de radon în interiorul unei locații în limitele acceptate, indiferent de soluția de remediere folosită;
- Sistemul inteligent de predicție și control optimizat al concentrației de radon din respectiva locație funcționează pe baza unui model matematic înglobând funcții de calcul implementate într-un model predictiv bazat pe metode de învățare automată, respectiv o funcție de calcul care previzionează concentrația de radon din incinta menționată în funcție de
 - o o serie de parametri de mediu externi achiziționați de la o stație meteo locală sau dintr-o prognoză meteo locală și
 - o o serie de parametri de mediu interni furnizați în timp real sau valori ale acestora preluate de la un sistem de control ambiental interior.
- Determinarea funcției de predicție a concentrației de radon se realizează folosind un număr redus de relații matematice și a unui algoritm ce permite

determinarea directă a coeficienților de formă ai funcției. Acest proces necesită resurse de calcul minimale (hardware). Metoda de determinare și control al concentrației de radon dintr-o locație conform invenției, asigură o remediere a nivelului de radon în respectiva locație, realizând un consum energetic optimizat, fără impact direct negativ asupra ocupanților respectivei locații.

- Funcția de calcul poate fi aplicată pentru orice locație, nu are limitări date de mecanismele de propagare a gazului radon în interiorul locației și de soluția de remediere aplicată.
- Sistemul propus nu are nevoie de măsurători sau determinări în laborator sau *in situ* a parametrilor, funcția de calcul are nevoie doar de măsurători continue a unor parametri definitorii în propagarea și acumularea radonului în spații interioare ca de exemplu: temperatura și umiditatea relativă a aerului interior, presiunea atmosferică, temperatura, umiditatea relativă și viteza aerului exterior.
- Parametrii exteriori nu trebuie măsurați în exteriorul imediat al locației, ci la o stație meteo aflată în apropiere.
- Față de CBI a 2019 00465, sistemul propus de prezenta cerere propune o metodă de predicție și control cu un număr mai scăzut de etape, care folosește o funcție de predicție simplificată.

Se vor prezenta în continuare exemple de realizare nelimitative ale invenției și care sunt în legătură cu figurile 1 – 6, care reprezintă:

Figura 1a Schema bloc a unui sistem S inteligent de predicție și control optimizat al concentrației de radon din aer dintr-o locație conform unui exemplu de realizare

Figura 1b Schema bloc a unității locale 1 conform unui exemplu de realizare

Figura 2 Fluxul de determinare inițială a funcției de calcul conform unui exemplu de realizare

Figura 3 Fluxul de determinare a funcției de calcul conform unui exemplu de realizare

Figura 4 Fluxul de funcționare a sistemului integrat conform unui exemplu de realizare

Figura 5 Exemplu preferat de formare a bazei de date necesare determinării funcției de calcul

Figura 6 Exemplu preferat de funcționare a sistemului inteligent de predicție și reglare a concentrației de radon într-o locație în etapa de verificare a funcției de calcul

Într-un prim aspect, invenția de față propune un sistem S inteligent de predicție și control optimizat al concentrației de radon din aer dintr-o locație care cuprinde:

- mijloace interioare 2 de achiziționare a valorilor unor parametri ambientali interni reprezentând temperatura din interiorul locației;
- mijloace exterioare 3 de achiziționare a valorilor unor parametri ambientali externi reprezentând temperatura, umiditatea, viteza și direcția vântului de la cea mai apropiată stație meteo, din surse online;
- mijloace 4 de calcul al concentrației de radon și
- mijloace 5 de control al concentrației de radon din respectiva locație; caracterizat prin aceea că
- concentrația de radon se previzionează cu o funcție de calcul determinată prin metode de învățare automată, în funcție de parametri ambientali externi achiziționați de mijloacele exterioare 3 și respectiv parametri ambientali interni achiziționați de mijloacele interioare 2
- mijloacele 5 de control al concentrației de radon declanșează ventilația respectivei locații în cazul în care concentrația de radon previzionată depășește o valoare prestabilită.

Într-un al doilea aspect, invenția va furniza o metodă de predicție și control optimizat ale concentrației de radon dintr-o locație care cuprinde următoarele etape:

- Preluarea într-un sistem inteligent S a parametrilor ambientali interni furnizați de mijloacele interioare 2, respectiv a parametrilor ambientali externi furnizați de mijloacele exterioare 3
- Prognozarea concentrației de radon dintr-o locație ca o funcție de parametri ambientali externi și interni, calculată pe baza unei metode de învățare automată
- Acționarea mijloacelor de control 5 a concentrației de radon din respectiva locație în cazul în care valoarea prognozată a concentrației de radon depășește un prag prestabilit.

În continuare se vor prezenta exemple de realizare a invenției în legătură cu figurile 1 – 6, care nu vor limita protecția conferită prin revendicări.

Într-un exemplu de realizare prezentat în figura 1a, un sistem S inteligent de predicție și control optimizat al concentrației de radon din aer dintr-o locație, cuprinde o unitate locală 1 și un server central SC, capabile să comunice la distanță. Unitatea locală 1 primește valori ale unor parametri ambientali interni de la mijloace interioare 2; aceste date sunt transmise și stocate pe serverul central SC, care calculează concentrația de radon pe baza acestora și a valorilor unor parametri ambientali externi furnizați de mijloacele exterioare 3. Forma funcției de calcul determinate de serverul central SC va fi transmisă către unitatea locală 1. În caz de depășire a unui prag prestabilit al concentrației de radon previzionate în respectiva locație, unitatea locală 1 va acționa mijloace 5 de control al concentrației de radon din respectiva locație.

Pe parcursul prezentei descrieri de invenție prin mijloace exterioare 3 de achiziționare a valorilor unor parametri ambientali de la stația meteo apropiată locației se înțelege orice dispozitiv capabil să primească date despre parametri ambientali externi, respectiv temperatură, umiditate, viteză și direcție vânt din exteriorul locației, de exemplu prin accesarea la distanță a unei baze de date meteo. Într-un exemplu preferat, prin mijloacele exterioare de achiziționare a factorilor exteriori se înțelege o aplicație software denumită aplicație API care accesează parametrii ambientali externi menționați de la o stație meteo din apropierea respectivei locații prin aplicație API se înțelege pe parcursul prezentei descrieri de invenție, un sistem de funcții și proceduri care permite comunicarea între mai multe aplicații software și baze de date disponibile pe web sau la o stație meteo din proximitatea locației.

Într-un exemplu preferat al prezentei invenții, parametrii ambientali externi sunt preluați și stocați de aplicația API, valorile stocate sunt folosite la nevoie de serverul SC. Într-un alt exemplu preferat, parametrii ambientali externi sunt folosiți de aplicația API pentru a calcula concentrațiile de radon pe o perioadă prognozată de până la 5 zile.

Pe parcursul prezentei descrieri de invenție prin mijloace interioare 2 de achiziționare a valorilor unor parametri ambientali interni se înțelege orice dispozitiv capabil să achiziționeze date despre parametri ambientali interni, și anume

temperatura din interiorul locației de exemplu de la un senzor de temperatură sau de la un sistem de control al temperaturii interioare. Opțional, mijloacele 2 interioare pot prelua date de la unul sau mai mulți senzori care detectează concentrația de radon din aerul din interiorul locației, presiunea și umiditatea din interiorul locației sau oxizi de carbon și substanțe organice volatile în aerul din locația menționată.

Pe parcursul prezentei descrieri de invenție, dispozitivul care primește date despre parametrii ambientali interni mai poartă și denumirea de dispozitiv ICA. De exemplu, datele despre parametrii ambientali interni pot fi furnizate de un senzor pentru măsurarea temperaturii ambientale, de preferință însoțit de un grup de senzori pentru măsurarea presiunii și umidității din respectiva locație, cum ar fi un senzor tip BME20, produs de firma Bosch, cu domeniul de măsurare pentru temperatură -40 - +85°C, cu precizie 0,01°C, pentru umiditate 0 - 100% Rh, precizie 0,008%Rh, pentru presiune atmosferică 300 – 11000 hPa, cu precizie 0,18Pa.

Într-un exemplu de realizare prezentat în figura 1b, senzori de temperatură, presiune și umiditate 23 se pot afla pe o placă de senzori 20, care mai cuprinde un microcontroler 21, o memorie nevolatilă EEPROM 22 pentru stocarea datelor suplimentare de calibrare, etalonare și mentenanță a plăcii de senzori, și toate circuitele suport necesare interfațării senzorilor cu microcontrolerul.

Suplimentar, mijloacele interioare 2 pot prelua date de la un senzor 25a de determinare a concentrației de radon în respectiva locație, aflat pe aceeași placă de senzori 20. Suplimentar, placa de senzori mai poate conține senzori de detectare a oxizilor de carbon sau de substanțe organice volatile (VOC), cum ar fi un senzor 25c pentru CO, un senzor 25d pentru CO₂ și respectiv un senzor 25b pentru VOC. O sursă de alimentare poate asigura tensiunea necesară senzorilor, cât și filtre suplimentare astfel încât zgomotul electric de la componentele digitale să nu influențeze precizia de măsurare a senzorilor. În plus, placa de senzori mai poate conține o interfață ICSP 24 de programare a microcontrolerului.

Prin mijloace de calcul 4 conform invenției se înțelege un procesor capabil să execute operații matematice, necesare aplicării funcției de predicție a concentrației de radon.

Așa cum este prezentat în figura 1b, unitatea locală 1 este formată dintr-o placă de bază 10 pe care se află un microcontroler 11, de exemplu de tipul AtMeaga128, denumit microcontroler principal, care asigură operarea coerentă a modulelor

integrate de pe placa de bază și interfața cu placa de senzori și o placă de afișaj. Pe placa de bază se regăsesc următoarele module integrate: o memorie nevolatilă locală EEPROM 12 utilizată pentru a păstra date particulare ale unității locale cum ar fi adresa geografică, ID, credențiale de la router-ul WiFi din locație, etc; o interfață USB 13 prin care se poate stabili o conexiune locală dintre unitatea locală 1 și un calculator PC, de exemplu pentru configurarea anumitor parametri ai sistemului (credențiale de la router-ul WiFi local) la instalare în locuința beneficiarului; un modul ICSP 14 necesar încărcării unui nou firmware, la nevoie, în microcontroler; un modul RTC 15 de timp real cu baterie care asigură un ceas local, util la logarea datelor în cazul în care conexiunea la internet nu funcționează; un modul de conversie de la protocolul SPI la UART necesar interfațării cu alte module; un modul WiFi 16 pentru comunicarea cu serverul central SC.

În plus, unitatea locală mai include un releu I/O 17 care poate controla alte dispozitive, de exemplu poate controla ventilația locației care se dorește a fi aerisită ca urmare a creșterii concentrației de radon peste limitele admise. Pornirea sistemului de ventilație se face cu ajutorul unor relee din acest modul.

Suplimentar, unitatea locală 1 mai poate include o memorie FLASH 18 pentru salvarea datelor la nivel local. Astfel, în cazul în care unitatea locală 1 nu poate comunica cu serverul central SC, datele măsurate nu se pierd ci se salvează local, urmând să fie transferate către server după restabilirea conexiunii cu acesta.

Placa de afișaj 30 conține elementele de interfață cu utilizatorul și include un afișaj TFT 31, de preferat de tip touch-screen rezistiv și butoane 32 pentru folosire afișaj.

Prin mijloace 5 de control al concentrației de radon se înțelege în prezenta invenție acele dispozitive care permit înlocuirea aerului și a altor gaze, în special radon, aflate în locație, cu aer proaspăt. Aceste dispozitive, pot fi de exemplu, un sistem de ventilație, un aparat de aer condiționat sau structuri ale locației respective, care prin acționare manuală permit aerisirea acestora, de exemplu ușă sau fereastră. Într-un mod preferat de realizare, acționarea mijloacelor 5 de control, se realizează prin intermediul unui releu situat pe unitatea locală 1, în urma instrucțiunilor primite de la serverul central SC. Preferabil releul este de tip Normal Open, cu contacti liberi de potențial, cu specificații de maxim 10A și 250V c.a., preferabil nu mai mare de 3A și 20V c.a. pentru sarcină rezistivă.

Funcția de predicție a concentrației de radon

În sistemul inteligent S conform prezentei invenții, determinarea concentrației de radon se poate face în timp real, prin folosirea datelor furnizate de mijloacele exterioare 3 (API) și mijloacele interioare 2 (ICA) privitor la valorile unor parametri ambientali, care s-au dovedit a influența concentrația de radon dintr-o locație. Astfel, calcularea concentrației de radon în respectiva locație ca o funcție de diverși parametrii ambientali externi și interni ai respectivei locații, unde se monitorizează și controlează concentrația de radon, se face prin intermediul unei funcții de calcul care furnizează posibilitatea de predicție a respectivei concentrații de radon pentru o perioadă de timp următoare.

De exemplu, pentru realizarea unei predicții a concentrației de radon, se colectează:

- prin intermediul aplicației API – mijloace exterioare 3, valorile prognozate pentru temperatură, viteză și direcție vânt pentru un anumit interval de timp, preferabil mai mic de 5 zile, preferabil mai mic de 24 ore, cel mai preferabil, mai mic de 1 oră, și
- date de la mijloacele interioare 2, valori de temperatură din interiorul locației conform predicției de temperatură furnizate de un sistem interior de termostatare a locației respective, sau conform datelor achiziționate de la senzorul de temperatură din interiorul locației menționate.

Datele achiziționate se introduc în funcția de calcul a concentrației de radon și aceasta va furniza o concentrație previzionată de radon în respectiva locație pentru o anumită perioadă de timp, de exemplu o lună, preferabil o săptămână.

Funcția de calcul propusă, așa cum este prezentată în relația (1), este de tipul „regresie liniară” și se poate aplica indiferent de mecanismele de propagare a radonului în locație, respectiv de localizarea sursei de radon, atâta timp cât nu se produce o modificare provocată de apariția unor noi surse. În cazul în care se modifică modul de operare al locației, sau se reabilitează clădirea, sistemul va sesiza automat o deteriorare a calității valorilor prezise de funcție și va trece automat la etape de determinare automată, de recalibrare a funcției de predicție folosită. Funcția de predicție și control are aceeași formă indiferent de locație, diferențele fiind date de parametrii m și b ai funcției din ecuația (1).

Sistemul S inteligent de predicție și control al concentrației de radon într-o locație folosește o funcție de calcul al concentrației de radon, determinată conform următoarelor etape:

a) o etapă de determinare a funcției de calcul în care se determină coeficienții funcției de regresie liniară folosită la previzionarea concentrațiilor de radon. În momentul în care funcția de calcul a fost determinată și oferă o acuratețe acceptată, de exemplu $\pm 68\%$ pentru concentrații mai mici de 100Bq/m^3 , $\pm 36\%$ pentru concentrații cuprinse între 100Bq/m^3 și 1000Bq/m^3 , respectiv $\pm 11\%$ pentru concentrații mai mari de 1000Bq/m^3 , a valorilor previzionate, se poate pune în funcțiune sistemul integrat, așa cum este descris în etapa b);

b) o etapă de funcționare și optimizare a sistemului integrat inteligent de previzionare și control al concentrației de radon

a) Etapa de determinare a funcției de calcul

Într-un exemplu preferat descris în **figura 2**, respectiv etapa inițială de dezvoltare a funcției de calcul pentru previzionarea concentrației de radon în respectiva locație, cuprinde următorii pași:

- i. stabilirea locației (P100)
- ii. se instalează dispozitivul ICA pentru colectarea valorilor unor parametri ambientali interni, de exemplu temperatura din interiorul locației și se pornește aplicația API pentru achiziționarea de valori ale unor parametri ambientali externi, de exemplu temperatură, umiditate, presiune atmosferică, viteză și direcție vânt (P101) de la o stație meteo din proximitatea locației
- iii. se stabilesc parametrii relevanți și se generează matricea X (P102)
- iv. transmiterea valorilor parametrilor ambientali interni stabiliți de la dispozitivul ICA, respectiv de la un dispozitiv de termostatare din interiorul locației, și completarea matricei X și a concentrației de radon de la dispozitivul ICA și completarea vectorului C (P103)
- v. transmiterea valorilor parametrilor ambientali externi achiziționate de aplicația API către serverul SC folosit la determinarea funcției predictive (P104)
- vi. se rulează în serverul SC algoritmul de determinare a parametrilor funcției de calcul cu 80% din datele de intrare furnizate de mijloacele exterioare 3 (API),

respectiv temperatură exterioară, presiune atmosferică, umiditate relativă exterioară, viteză și direcție vânt, și cu datele de intrare furnizate de mijloacele 2 interioare (dispozitiv ICA), respectiv temperatură interioară, umiditate relativă interioară, concentrație de radon, rezultând valorile coeficienților m și b din funcția de regresie liniară din ecuația (1) (P105)

- vii. se compară valoarea concentrației de radon previzionată de funcția de calcul, așa cum a fost determinată în pasul (P105), valoare a concentrației obținută pe baza restului de 20% din datele de contur furnizate de mijloacele exterioare 3 (API) și de mijloacele interioare 2 (dispozitiv ICA), cu concentrația de radon din interiorul locației, determinată de senzorul de radon (P106)
- viii. Se rețin valorile parametrilor funcției de calcul cu care se obține o valoare a coeficientului de determinare mai mare decât pragul minim de încredere stabilit, de exemplu 0.70 (P107).

Funcția de calcul a concentrației de radon este reprezentată de ecuația generală (1) prezentată în continuare. Funcția de calcul este una de regresie liniară, de forma:

$$C = mx + b \quad (1)$$

în care:

C reprezintă concentrația de radon, [Bq/m³];

x este vectorul ce conține datele furnizate de ICA și API

m și b sunt coeficienții funcției liniare determinați în etapa a)

În urma parcurgerii pașilor iv - v, se construiește matricea „X” a parametrilor exteriori și interiori pentru perioada de timp parcursă:

- pe fiecare linie a matricei (vectorul „x”) se înregistrează valorile corespunzătoare parametrilor exteriori, respectiv temperatura și umiditatea relativă a aerului exterior, viteza și direcția vântului furnizate de mijloacele exterioare 3 (API), și interiori, respectiv, temperatura și umiditatea relativă a aerului interior, furnizate de mijloacele interioare 2 (ICA), la intervale de timp prestabilite, de preferință orare, și
- vectorul concentrațiilor de radon „C” furnizat de mijloacele interioare 2 (ICA).

Aceste două baze de date se împart aleator în câte două părți folosind proporția de 80% la 20%.

În pasul vi. (P105) se folosesc 80% din datele astfel separate pentru determinarea funcției de predicție, determinându-se coeficienții m și b cu următoarele relații:

$$m = \frac{\bar{x}\bar{C} - \overline{xC}}{(\bar{x})^2 - \overline{x^2}} \quad (2)$$

Respectiv

$$b = \bar{C} - m\bar{x} \quad (3)$$

în care:

\bar{x} , \bar{C} mediile valorilor lui x și C pentru intervalul de timp stabilit,

$$\bar{C} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i;$$

$\bar{x}\bar{C}$ produsul valorilor medii pentru x și C,

$$\bar{x}\bar{C} = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n C_i * \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\overline{xC} \text{ media produsului între x și C, } \overline{xC} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i C_i$$

$\overline{x^2}$ media pătratelor lui x,

$(\bar{x})^2$ pătratul mediilor lui x.

Cu valorile obținute pentru cele 80% din valorile colectate se construiește funcția (1), folosită pentru a determina valorile previzionate prin introducerea în ecuație a restului de 20% din datele colectate și nefolosite în procesul de determinare a funcției.

$$\hat{C} = mx + b \quad (4)$$

Unde:

\hat{C} – Valori previzionate pentru 20% din valorile x, nefolosite în procesul de determinare.

Performanța funcției se stabilește pe baza coeficientului de determinare R^2 calculat cu relația următoare (5):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \hat{C})^2}{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2} \quad (5)$$

Unde:

C_i valori înregistrate în vectorul C (20% din totalul înregistrărilor furnizate de ICA)

\hat{C} – valori previzionate

\bar{C} media valorilor întregistrate C

n numărul (întreg) de valori calculate, corespunzător procentului de 20% din numărul total de înregistrări efectuate

Dacă coeficientul de determinare R^2 nu se încadrează deasupra pragului minim acceptat, de exemplu 0.70 , funcția poate să fie folosită pentru predicția concentrațiilor de radon și pentru controlul sistemelor de ventilare pentru păstrarea lor sub pragul prestabilit.

Într-un exemplu preferat, prezentat în **figura 3**, se descrie fluxul de determinare finală a funcției de calcul (1) care cuprinde următorii pași:

- i. P201: se construiește baza de date cuprinzând
 - matricea X care conține valori ai parametrilor interiori și exteriori primiți de la mijloacele interioare 2 (ICA) și mijloacele exterioare 3 (API) și
 - vectorul concentrațiilor de radon C primite de la mijloacele interioare 2 (ICA)
- ii. P202: se determină prin calcul coeficienții m și b ai funcției conform ecuației (1)
- iii. P203: se verifică dacă rezultatele obținute se înscriu peste pragul prestabilit de 0.70 reprezentat de marja de eroare a dispozitivului ICA
- iv. P204: dacă rezultatele obținute se încadrează peste limita de eroare prestabilită, se consideră funcția de previzionare corectă și se trece la etapa următoare b) de funcționare și optimizare a funcției, dacă nu, se reia de la pasul ii. P202

b) Etapă de optimizare și funcționare a sistemului inteligent de predicție și control al concentrației de radon

Într-un exemplu preferat de realizare descris în **figura 4**, după ce funcția de calcul a concentrației de radon a fost determinată și validată, aceasta este încărcată în aplicația de pe server, iar sistemul este gata de funcționare. În timpul funcționării, serverul SC primește date de la mijloacele de calcul 4, prin aplicația API și de la mijloacele interioare 2, prin intermediul unității locale 1 situate la locația de monitorizat. Într-un exemplu preferat, datele citite de senzorul de radon ICA sunt stocate continuu pentru a permite verificarea continuă a rezultatelor previzionate și

revenirea la etapa de determinare cu setul de date actualizat atunci când rezultatele nu sunt satisfăcătoare.

P301: Cu ajutorul aplicației aflate pe serverul SC, se preiau datele prognozate despre temperatura din interiorul locației de la senzorul ICA și despre temperatura, umiditatea, viteza și direcția vântului de la stația meteo din apropierea locației prin aplicația API și se construiește matricea X pentru determinarea concentrațiilor de radon pentru perioada previzionată.

P302: Se realizează previzionarea valorilor concentrației de radon, calculate cu ajutorul funcției stabilite în pasul P204, respectiv ecuația (1), la intervale prestabilite de timp, de exemplu la interval de o oră pe perioadă de timp considerată.

P303: Se compară concentrația calculată conform funcției de calcul (ecuația 1) cu un prag prestabilit, peste care nivelul de radon din locație devine nociv și în cazul în care concentrația este peste pragul respectiv, se trece la pasul (P304).

În cazul în care concentrația de radon este sub pragul critic nociv, se continuă etapa de măsurare și stocare prin preluarea datelor de la senzorul ICA. Preferabil un prag prestabilit pentru concentrația de radon în aerul din locație este de 300 Bq/m^3 , mai preferabil 100 Bq/m^3 .

P304: Atunci când se determină că s-a ajuns la o concentrație de radon peste pragul prestabilit de concentrație de radon nocivă în aerul din locație, din aplicația aflată pe serverul SC, respectiv funcția antrenată conform ecuației 1, se trimite o comandă către unitatea locală 1 care acționează mijloacele 5 de control al concentrației de radon, pentru reglarea sistemului de ventilare mecanică .

Într-un alt aspect, invenția își propune o metodă de predicție și control optimizat al concentrației de radon din aer dintr-o locație, utilizând o funcție de calcul a concentrației de radon, determinată pe baza unor metode de învățare automată. Metoda cuprinde parcurgerea unor etape de determinare și validare a unei funcții de calcul prin care se prognozează concentrația de radon din respectiva locație. Suplimentar metoda menționată mai cuprinde etapa de validare sau optimizare automată în funcționare a funcției de calcul prin care se verifică în mod continuu acuratețea prognozelor pentru concentrația de radon din respectiva locație. Dacă acuratețea prognozelor nu se încadrează în limitele fixate, se revine la etapa de determinare a funcției, așa cum este prezentată în figura 3, în care se folosesc bazele de date actualizate cu înregistrările efectuate în plus de la ultima etapă de

determinare. Pe măsură ce sistemul funcționează, acuratețea rezultatelor obținute crește, sistemul învață reacția locației la parametrii exteriori și interiori. Pe măsură ce sistemul învață, odată cu trecerea timpului etapele de determinare a funcției de calcul devin din ce în ce mai rare.

Într-un exemplu preferat de realizare, se prezintă o metodă de predicție și control optimizat al concentrației de radon din aer dintr-o locație, utilizând o funcție de calcul determinată pe baza unor metode de învățare automată. Metoda de predicție și control menționată conține următoarele etape:

- Etapa 1 cuprinde metoda pentru determinarea funcției de calcul pentru utilizare în prognoza concentrației de radon din respectiva locație conținând următorii pași:
 - a) Se pornește aplicația API pentru achiziționare date de parametri ambientali externi de exemplu, temperatură, umiditate, viteză și direcție vânt din exteriorul locației considerate, pentru a fi introduse în funcția de calcul matricea X
 - b) Se trimit date de parametri ambientali interni de exemplu temperatura ambientală internă achiziționate de la senzorul interior din locație din dispozitivul ICA sau de la un sistem de termostatare din respectiva locație, pentru a fi adaugate în matricea X
 - c) Se determină coeficienții m și b din ecuația (1) folosind relațiile (2) și (3), prin utilizarea a 80% din datele colectate în pasul a) și b)
 - d) Se compară valoarea concentrației de radon determinată cu funcția de calcul obținută în pasul c) aplicând ecuația (1) pentru restul de 20% din datele colectate la pasul a) și b)
 - e) Dacă valoarea coeficientului de determinare R^2 se încadrează în intervalul acceptat, se trece la etapa de funcționare și optimizare automată a funcției în baza eficienței ei în prezicerea concentrațiilor de radon
 - f) Dacă valoarea concentrației de radon obținută numeric este în afara marjei de eroare admisibilă față de valoarea măsurată a concentrației de radon, de exemplu, mai mare decât 0.70, după trecerea unei perioade de timp necesare pentru a colecta date, de exemplu o săptămână, în matricea X și vectorul „C” se reiau pașii de la c) la e) din etapa 1

- Etapa 2 care cuprinde metoda pentru validare în funcționare a funcției de calcul pentru utilizare în prognoza concentrației de radon din respectiva locație, conținând următorii pași:
 - i. Funcția precalibrată și calibrată în regim de funcționare în Etapa 1 este lansată în funcționare pe serverul SC.
 - ii. Se setează un prag prestabilit pentru concentrația de radon în aerul din locație, preferabil între 100 și 300 Bq/m³ peste care concentrația de radon se consideră nocivă pentru o ființă umană
 - iii. Se notează poziția amplasamentului unde se află locația considerată, în care se determină și controlează concentrația de radon din aerul interior.
 - iv. Se culeg date meteo previzionate și în timp real de la cea mai apropiată stație meteo de amplasament, furnizate de aplicația API

Dacă există un sistem performant de control al temperaturii interioare, care poate funcționa cu temporizare sau fără, se achiziționează datele furnizate de acesta și se trece la calculul previzionat al concentrațiilor interioare de radon folosind ecuația (1).

Dacă controlul temperaturii interioare nu este posibil, calculele se fac în timp real. Valoarea concentrației de radon se calculează pentru pasul de timp setat, preferabil la interval de 1 oră.
 - v. Dacă concentrațiile previzionate depășesc valoarea prestabilită, se comandă acționarea sistemului de remediere, de preferință doar în intervalul de timp necesar pentru ca respectiva concentrație de radon să revină sub pragul de concentrație admisibil.

Se prezintă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile 1 – 6, care prezintă un mod preferat de ilustrare a sistemului inteligent de previzionare și control al concentrației de radon și a metodei de determinare și control al concentrației de radon dintr-o locație, fără a constitui o limitare a invenției.

Într-un mod preferat de realizare a invenției se prezintă un exemplu de parcurgere a etapei de determinare a coeficienților m și b ai funcției de calcul:

- Se alege un interval de timp de minim o lună, de preferat 12 luni, în care se înregistrează valorile orare medii pentru următorii parametri ambientali: temperaturi și umiditate relativă din interior, respectiv din exterior, furnizate

respectiv, cea din interior de către sistemul ICA, cea din exterior de către aplicația API, împreună cu viteza aerului exterior și presiunea atmosferică, achiziționate de aplicația API. Se construiește matricea X, așa cum este descris în figura 5 ;

- Pentru aceeași perioadă, dispozitivul ICA livrează în vectorul C valoarea măsurată a concentrațiilor de radon, așa cum este prezentat în figura 5 ;
- Se împart în mod aleator matricea X și vectorul C în două seturi:
 - o 80% din valori se folosesc pentru determinarea coeficienților m și b, și
 - o restul de 20% din valori se folosesc doar în etapa de testare a funcției obținute,așa cum este prezentat în figura 5
- Coeficienții m și b obținuți sunt reținuți și utilizați în etapa de predicție și optimizare doar dacă valoarea R^2 este mai mare decât pragul minim acceptat, preferabil 0.70.

Într-un mod preferat de realizare se prezintă etapa de funcționare a sistemului predictiv care cuprinde următorii pași:

- Funcția de calcul determinată este pusă în funcțiune pe serverul SC.
- Se setează o concentrație de control pentru radon în aerul din încăpă, respectiv o valoare maximă admisă, egală cu 40 Bq/m^3
- Se culeg datele meteo previzionate și în timp real (furnizate de API) pe baza cărora se construiește matricea X, așa cum este prezentat în figura 5
- Având în vedere că sistemul de termoficare din încăpă respectivă menține valoarea temperaturii interioare la o valoare cunoscută și temporizată, se trece la calculul previzionat al concentrațiilor interioare pe baza matricei X.
- Dacă pentru rezultatele previzionate, așa cum se prezintă în figura 6, sistemul constată o depășire a nivelului de control, perioade marcate cu hașuri oblice în primul grafic de sus, se decide acțiunea mijloacelor de control al concentrației de radon din aerul din interiorul încăpăi considerate pentru a realiza remedierea calității aerului.
- În varianta în care concentrațiile previzionate depășesc valoarea prestabilită, se pornește sistemul de remediere strict pe intervalul de timp în care se previzionează această depășire analizând valorile calculate;

- În varianta în care rezultatele previzionate sunt sub concentrația maximă admisă de 40 Bq/m^3 , așa cum se prezintă în figura 6, sistemul nu pornește sistemul de remediere, constatându-se o încadrare a valorilor previzionate în limitele admise;
- Dacă pragul acceptat este fixat la o valoare de 40 Bq/mc sistemul de ventilare mecanic este pornit în primele patru zile și se opreste în cea de a cincea zi, rezultând o economie de aproximativ 20% cu energia electrică, așa cum se prezintă în figura 6.

Acționarea mijloacelor de control al concentrației de radon conform invenției realizează o creștere a schimburilor orare la $1,5 \text{ h}^{-1}$. Acest lucru este posibil, de exemplu prin montarea unei instalații de ventilare mecanică, preferabil un ventilator axial capabil să extragă $150 \text{ m}^3/\text{h}$. În mod natural sistemul preconizează că schimburile orare sunt egale cu $0,5 \text{ h}^{-1}$. Rezultatele prezentate în figura 6 sunt obținute pentru ventilarea naturală. Zonele marcate cu hașuri oblice sunt perioadele în care ventilarea mecanică este necesară și trebuie să intervină, respectiv în total aproximativ 4 zile din cele 5 pentru care se execută prognoza concentrațiilor în spațiul interior, rezultând o economie de 20% pentru acționarea sistemului de ventilare mecanică, respectiv consumul de curent electric.

Sistemul clasic de remediere presupune funcționarea continuă a sistemului de ventilare. Prin aplicarea sistemului inteligent de determinare și control al concentrației de radon conform invenției se va realiza pentru perioada analizată o reducere a costurilor cu energia electrică raportat la soluția clasică.

Suplimentar se mai realizează și o economie cu energia termică. Ținând seama de faptul că într-un sistem cu remediere clasică a concentrației de radon în interiorul locației, un schimb orar înseamnă că în fiecare oră 125 m^3 de aer pătrund în interior la temperatura exterioară, aceasta determină costuri suplimentare cu energia termică în sezonul rece. Sistemul propus de prezenta invenție realizează o reducere a costurilor cu energia termică în perioada rece a anului față de un sistem clasic de ventilare mecanică.

Sistemul conform invenției are avantajul că pornește sistemul de remediere prin acționarea mijloacelor de control doar pentru perioade de timp în care este previzionată depășirea pragului impus pentru concentrația de radon în aerul interior. În plus soluția propusă pentru funcția de calcul a concentrației de radon este o relație liniară care comparativ cu un sistem de calcul 3D sau 2D ce se bazează pe metoda

elementelor finite, necesită mult mai puține resurse și semnificativ mai puțin timp de calcul pentru obținerea unui rezultat corect. În mod avantajos, forma liniară pe care se bazează funcția de calcul a concentrației de radon previzionate conferă un grad de acuratețe similar soluției oferite de metoda elementelor finite, dar cu un efort computațional semnificativ mai redus.

Recalibrarea sistemului, parcurgerea etapelor de determinare a coeficienților m și b , este necesară la perioade de minim 3 luni sau de fiecare dată când se remarcă o scădere a coeficientului R^2 sub limita minimă a intervalului de încredere acceptat. Pe măsură ce sistemul funcționează, acuratețea rezultatelor obținute crește, sistemul învață reacția locației la parametrii exteriori și interiori. Pe măsură ce sistemul învață, odată cu trecerea timpului etapele de determinare a funcției de calcul, respectiv de recalibrare a sistemului, devin din ce în ce mai rare.

REVENDICĂRI

1. Sistem (S) inteligent de predicție și control optimizat al concentrației de radon din aer dintr-o locație care cuprinde:

- mijloace interioare (2) de achiziționare a valorilor unor parametri ambientali interni reprezentând temperatura și umiditatea din interiorul locației;
 - mijloace exterioare (3) de achiziționare a valorilor unor parametri ambientali externi reprezentând temperatura, umiditatea, viteza și direcția vântului din exteriorul respectivei locații; - mijloace (4) de calcul al concentrației de radon. și
 - mijloace (5) de control al concentrației de radon din respectiva locație;
- caracterizat prin aceea că
- concentrația de radon se previzionează cu o funcție de calcul determinată prin metode de învățare automată, în funcție de parametri ambientali externi achiziționați de mijloacele exterioare (3) și respectiv parametri ambientali interni achiziționați de mijloacele interioare (2)
 - mijloacele (5) de control al concentrației de radon declanșează ventilația respectivei locații în cazul în care concentrația de radon previzionată depășește o valoare prestabilită.

2. Sistem conform revendicării 1, în care funcția de calcul cu care se determină concentrația de radon prognozată este descrisă de ecuația (1) :

$$C = mx + b \quad (1)$$

în care:

C reprezintă concentrația de radon, Bq/m³, sub forma unui vector ce conține 80% din datele furnizate de mijloacele interioare (2)

x este un vector ce conține 80% din datele furnizate de mijloacele interioare (2) și respectiv de mijloacele exterioare (3)

m și b coeficienții funcției liniare, unde

$$m = \frac{\sum C - \bar{x}\bar{C}}{(\sum x^2 - \bar{x}^2)} \quad (2),$$

respectiv

$$b = \bar{C} - m\bar{x} \quad (3)$$

în care:

\bar{x} , \bar{C} mediile a 80% din valorile x și C pentru un interval de timp stabilit,

$$\bar{C} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i;$$

$\bar{x} \bar{C}$ produsul valorilor medii pentru x și C ,

$$\bar{x} \bar{C} = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n C_i * \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\overline{xC} \text{ media produsului între } x \text{ și } C, \overline{xC} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i C_i$$

$\overline{x^2}$ media pătratelor lui x ,

$(\bar{x})^2$ pătratul mediilor lui x .

3. Sistem conform revendicărilor 1 - 2, în care performanța funcției de calcul care previzionează concentrația de radon descrisă de ecuația (1) se determină cu un coeficient de determinare R^2 calculat cu relația (5):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2} \quad (5)$$

unde:

C_i reprezintă cele 20% din valorile înregistrate în vectorul C , achiziționate de la mijloacele interioare (2)

\bar{C} reprezintă valori previzionate pentru restul de 20% din valorile x , calculate

$$\text{cu relația (4): } \bar{C} = mx + b \quad (4),$$

în care m și b sunt calculate cu relația (2), respectiv (3),

\bar{C} reprezintă media valorilor înregistrate C

n reprezintă numărul (întreg) de valori calculate, corespunzător procentului de 20% din numărul total de înregistrări efectuate,

în care funcția de calcul a concentrației de radon previzionate descrisă de ecuația (1) este validată dacă coeficientul R^2 calculat cu relația (5) este în afara unui interval de eroare prestabilit.

4. Sistem conform oricăreia din revendicările 1 - 3, în care valorile corespunzătoare parametrilor ambienali interni sunt achiziționate ca valori în timp real sau ca valori prognozate preluate dintr-un sistem de control al temperaturii interioare.

5. Sistem conform oricăreia din revendicările 1 – 3, în care valorile corespunzătoare parametrilor ambienali externi sunt achiziționate de la o stație meteo din apropierea respectivei locații sau din baze de date dedicate cu informații cuprinzând prognoză meteorologică.

6. Sistem conform oricăreia din revendicările 1 - 3, în care mijloacele (5) de control acționează mijloacele de remediere a calității aerului din respectiva locație într-un interval de timp, în cazul în care concentrația de radon prognozată calculată cu funcția descrisă de ecuația (1) este mai mare decât un prag prestabilit.

7. Metodă de predicție și control optimizat ale concentrației de radon dintr-o locație folosind un sistem conform oricăreia dintre revendicările 1-6 care cuprinde următoarele etape:

- Preluarea într-un sistem inteligent (S) a parametrilor ambienali interni furnizați de mijloacele interioare (2), respectiv a parametrilor ambienali externi furnizați de mijloacele exterioare (3)
- Prognozarea concentrației de radon dintr-o locație ca o funcție de parametri ambienali externi și interni, calculată pe baza unei metode de învățare automată
- Acționarea mijloacelor de control (5) a concentrației de radon din respectiva locație în cazul în care valoarea prognozată a concentrației de radon depășește un prag prestabilit.

8. Metodă de predicție și control optimizat conform revendicării 7, în care funcția de calcul pentru prognozarea concentrației de radon în respectiva locație se determină parcurgând etapele de determinare a funcției de calcul, respectiv de optimizare și funcționare a sistemului inteligent de predicție și control al concentrației de radon.

9. Metodă conform revendicării 8, în care etapa de determinare a funcției de calcul cuprinde următoarele faze:

- a) Dezvoltarea inițială a funcției de calcul, care conține următorii pași:
 - i. Stabilirea locației și intrarea în operare a mijloacelor interioare (2) pentru achiziționarea datelor de parametri ambientali interni, respectiv a mijloacelor exterioare (3) pentru achiziționarea datelor de parametri ambientali externi pentru dezvoltarea funcției de calcul (P100, P101)
 - ii. Stabilirea parametrilor ambientali externi și interni semnificativi și transmiterea acestora de la mijloacele exterioare (3), respectiv interioare (2) către serverul SC pentru determinarea funcției de calcul a concentrației de radon prognozată (P102, P103, P104)
 - iii. Rularea în serverul SC a 80% din datele transmise de mijloacele exterioare (3), respectiv de mijloacele interioare (2) pentru a se obține valorile inițiale ale coeficienților m și b din funcția de regresie liniară descrisă de ecuația (1) (P105)
 - iv. Compararea valorii concentrației de radon determinată cu funcția de calcul stabilită în etapa iii. prin folosirea a restului de 20% din datele transmise de mijloacele exterioare (3), respectiv de mijloacele interioare (2), cu valoarea concentrației de radon furnizată de mijloacele interioare (2) (P106)
 - v. Se rețin valorile coeficienților m și b determinați în pasul iii. dacă valoarea concentrației de radon calculată în pasul iv. este într-un interval de eroare acceptat, dacă nu, se reparcurg pașii iii., iv. prin folosirea a noi date de parametri ambientali externi, respectiv interni, transmise de mijloacele exterioare (3), respectiv interioare (2) (P107) și
- b) Determinarea finală a funcției de calcul, care conține următorii pași:
 - I. Construirea unei baze de date cuprinzând o matrice (X) care conține valori ale parametrilor ambientali externi furnizate de mijloacele exterioare (3) și valori ale parametrilor ambientali interni furnizate de mijloacele interioare (2), și un vector (C) al concentrațiilor de radon furnizate de mijloacele interioare (2) (P201)
 - II. Determinarea coeficienților m și b ai funcției de calcul descrisă de ecuația (1) (P202)



- III. Verificarea rezultatelor obținute dacă se înscriu într-o marjă de eroare prestabilită, de preferință marja de eroare a mijloacelor interioare (2) în determinarea concentrației de radon în respectiva locație (P203)
- IV. Validarea funcției de calcul pentru previzionarea concentrației de radon dacă rezultatele obținute se încadrează în limita de eroare prestabilită și trecerea la o etapă următoare de funcționare și optimizare a funcției, dacă nu, se reia de la pasul II (P204).

10. Metodă conform revendicării 7, în care funcția de calcul al concentrației de radon previzionate se validează într-o etapă suplimentară de funcționare și optimizare a sistemului (S), care cuprinde următorii pași:

- 1) se instalează funcția de calcul validată pe server,
- 2) se achiziționează datele previzionate furnizate de mijloacele exterioare (3), respectiv datele furnizate de mijloacele interioare (2) pentru o perioadă stabilită de timp, preferabil o lună, mai preferabil 12 luni (P301),
- 3) se furnizează de către funcția de calcul a concentrațiilor de radon previzionate în locația menționată la un interval prestabilit de timp, preferabil la o oră, pe perioada de timp stabilită în pasul 2) (P302),
- 4) compararea concentrației previzionate calculate cu funcția de calcul validată în pasul (P204) cu o valoare de prag prestabilită admisibilă pentru om a concentrației de radon într-o locație, preferabil 300 Bq/m^3 , mai preferabil 100 Bq/m^3 (P303)
- 5) dacă valoarea concentrației de radon previzionate calculate este mai mare decât valoarea de prag prestabilită, se acționează mijloacele de control (5) pentru remedierea calității aerului pentru o perioadă de timp în care concentrația de radon previzionată este mai mare valoarea de prag prestabilită (P304).

11. Metodă conform revendicării 7, în care parametrii ambientali externi, temperatură, umiditate, direcție și viteză vânt sunt valori medii orare sau valori prognozate, furnizate de aplicația API și în care parametrii ambientali interni, temperatură în respectiva locație sunt valori medii orare sau valori prognozate, dacă există un sistem de termostatare în interiorul respectivei locații.

12. Metodă conform revendicării 7, în care calcularea concentrației prognozate de radon din respectiva locație ca o funcție de parametri ambientali interni, respectiv parametri ambientali externi se face cu o funcție conform revendicării 2.

13. Metodă conform revendicării 7, în care mijloacele (5) de control al concentrației de radon din respectiva locație sunt dispozitive care permit înlocuirea aerului și a altor gaze, în special radon, aflate în locație, cu aer proaspăt, de preferință un sistem de ventilație, un aparat de aer condiționat sau structuri ale locației respective, care prin acționare manuală permit aerisirea acestora.

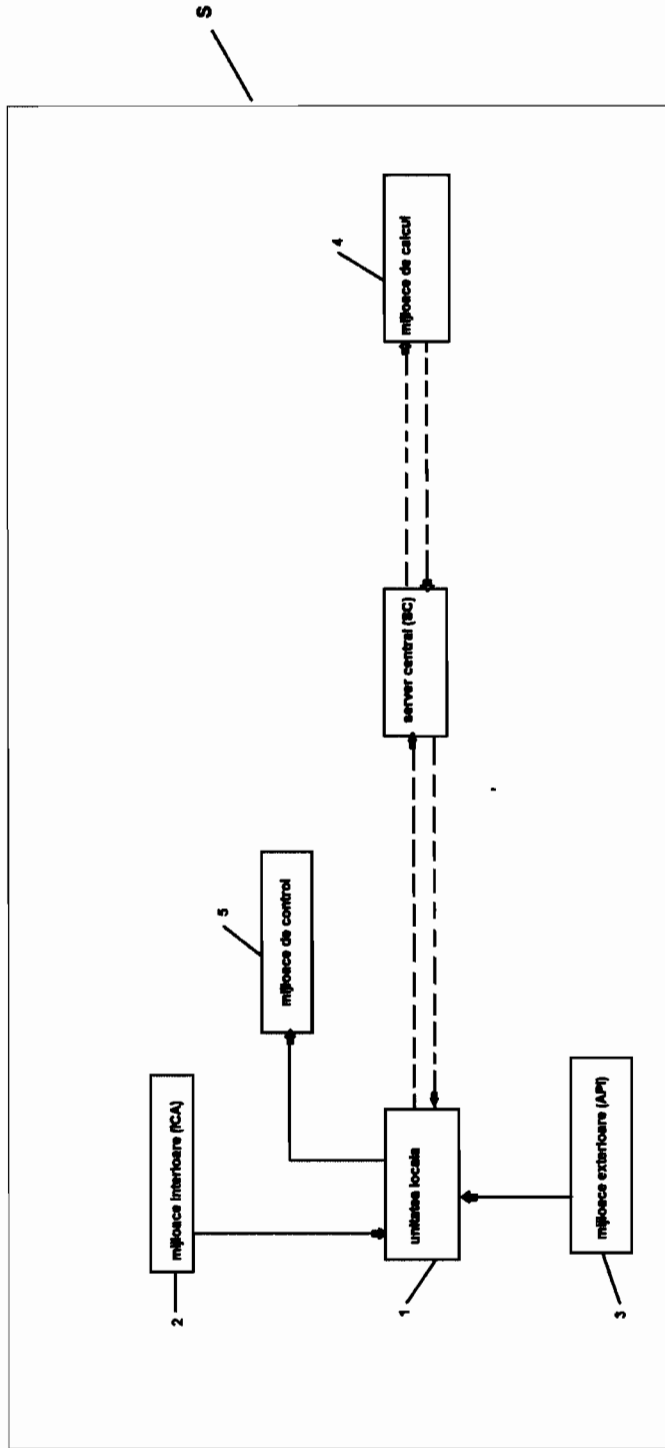


Figura 1a Schema bloc a sistemului conform unui exemplu de realizare

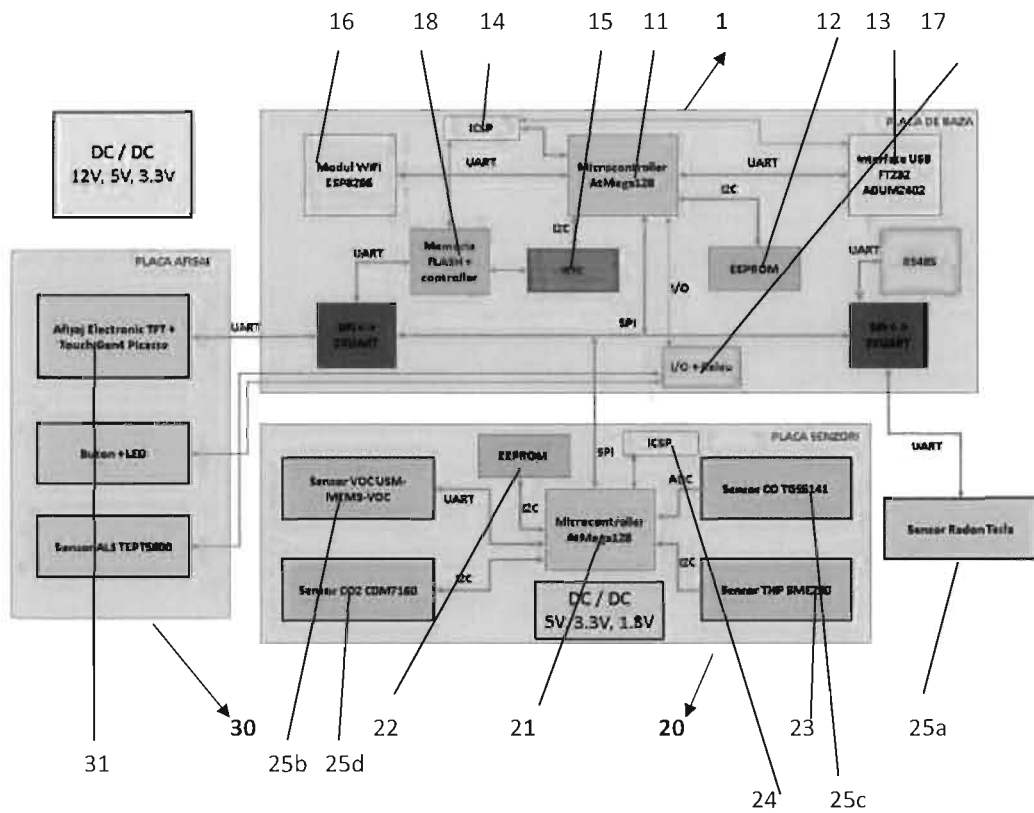


Figura 1b Schema bloc a unității locale (1) conform unui exemplu de realizare

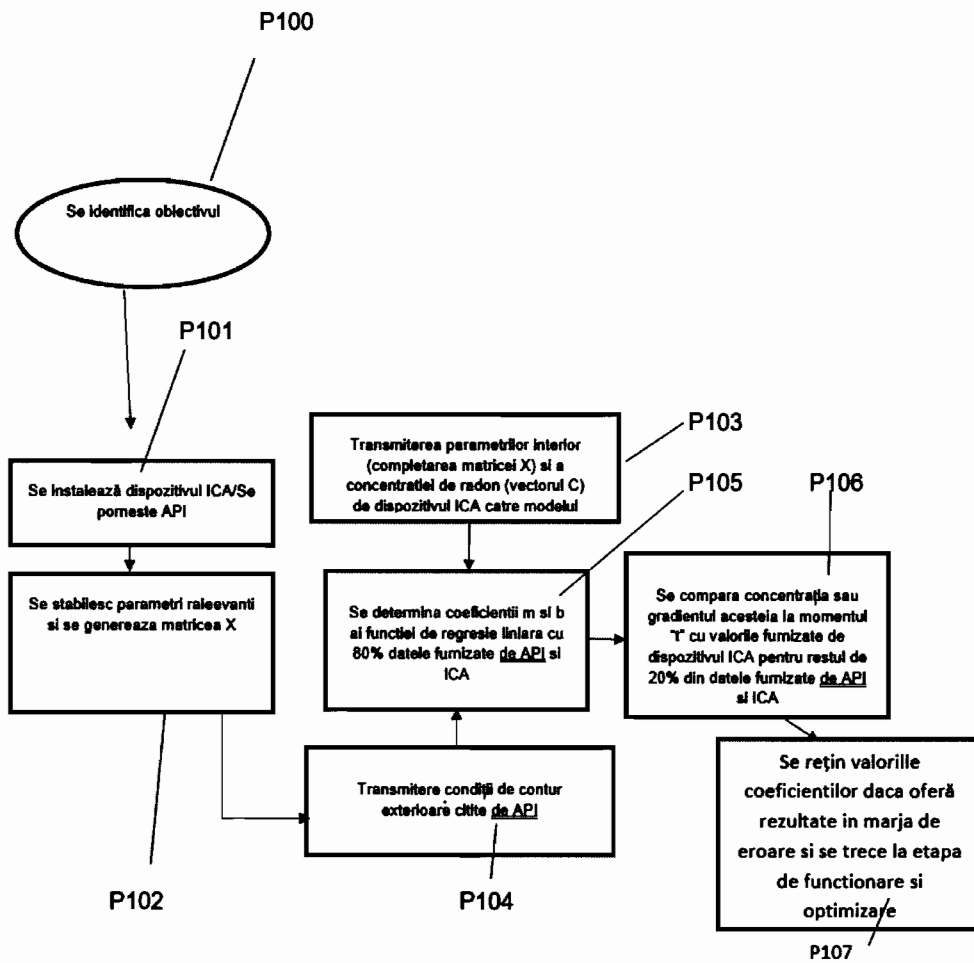


Figura 2 Fluxul de determinare inițială a funcției de calcul

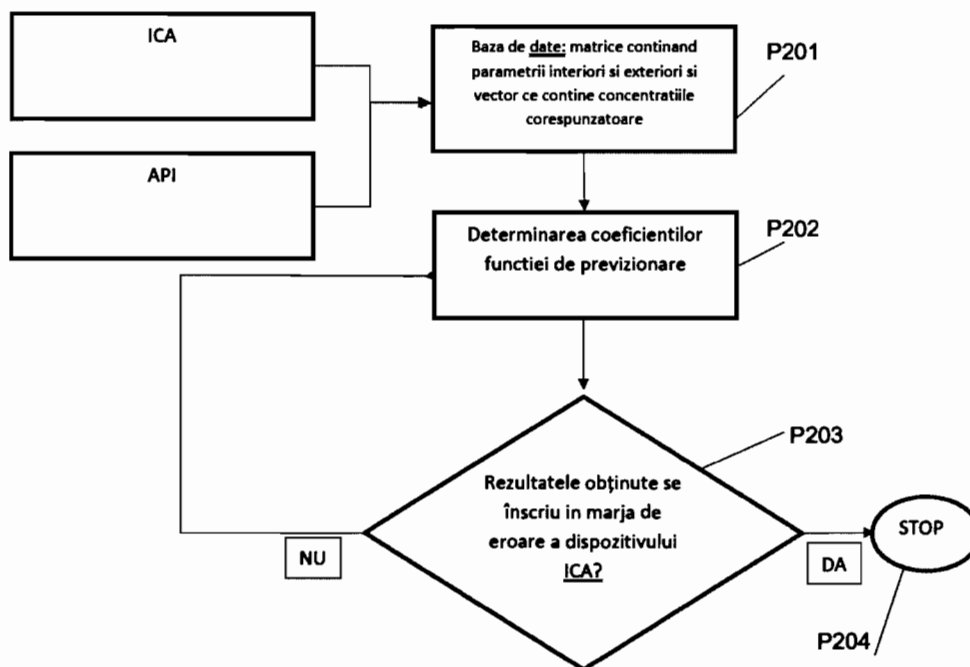


Figura 3 Fluxul de determinare a funcției de calcul

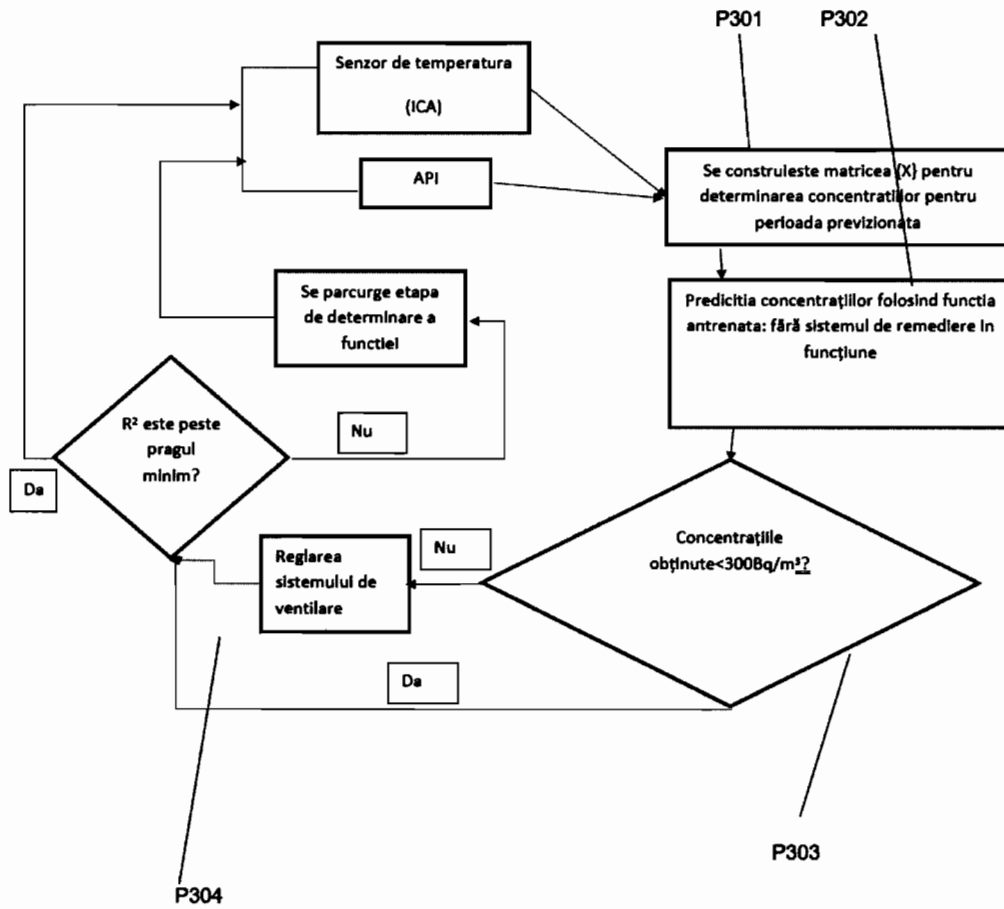


Figura 4 Fluxul de funcționare a sistemului integrat

1	Data	Ora	T_int	UR_int	T_ext	Pat	UR_ext	v	C
2	1-Jan	1:00:00 AM	20.94545	33.60749	0.7	771.9	100	1	304.73621
3	1-Jan	2:00:00 AM	20.38615	33.53035	0.6	772	100	1	366.2207
4	1-Jan	3:00:00 AM	19.98167	33.45354	0.5	772.6	100	1	442.9201
5	1-Jan	4:00:00 AM	19.73203	33.37713	0.3	772.5	100	1	534.8345
6	1-Jan	5:00:00 AM	19.57965	33.30100	0	772.3	100	1	671.4426
7	1-Jan	6:00:00 AM	19.78182	33.22535	0.2	772	98	0	811.7515
8	1-Jan	7:00:00 AM	20.08572	33.15	0.3	771.9	96	1	954.7897
9	1-Jan	8:00:00 AM	20.49957	33.075	0.1	772	96	1	1078.556
10	1-Jan	9:00:00 AM	20.97201	33.00031	-0.2	772	99	1	1117.662
11	1-Jan	10:00:00 AM	21.59812	32.92609	0.5	771.7	93	2	1086.812
12	1-Jan	11:00:00 AM	20.45253	32.85217	0.9	771.1	90	1	976.9168
13	1-Jan	12:00:00 PM	21.81602	32.7786	2.6	770.4	81	1	803.4703
14	1-Jan	1:00:00 PM	22.76999	32.7054	2.4	769.8	80	1	603.2768
15	1-Jan	2:00:00 PM	23.4518	32.63255	2.5	769	77	1	427.2777
16	1-Jan	3:00:00 PM	23.96465	32.56007	2.3	768.5	84	1	285.3959
17	1-Jan	4:00:00 PM	24.08499	32.48794	2.2	767.9	81	1	190.8854
18	1-Jan	5:00:00 PM	23.85642	32.41617	1.7	767.4	85	1	184.958
19	1-Jan	6:00:00 PM	22.91919	32.34475	1.2	766.9	89	1	226.3103
20	1-Jan	7:00:00 PM	21.26883	32.2737	-0.1	766.6	96	0	248.0261
21	1-Jan	8:00:00 PM	22.11501	32.203	-0.3	766	97	0	262.1524
22	1-Jan	9:00:00 PM	21.85729	32.13267	-0.8	765.5	97	1	240.641
23	1-Jan	10:00:00 PM	21.40996	32.06266	-0.8	764.7	98	1	209.8336
24	1-Jan	11:00:00 PM	21.05084	31.99305	-0.7	763.6	96	1	184.268
25	2-Jan	12:00:00 AM	20.62237	31.9238	-0.5	762.7	96	1	165.431
26	2-Jan	1:00:00 AM	20.27749	31.8549	-0.3	761.7	99	1	163.6769
27	2-Jan	2:00:00 AM	19.95397	31.78635	-0.2	761	97	1	206.1998
28	2-Jan	3:00:00 AM	20.00303	31.71816	-0.2	760.6	96	1	301.4748
29	2-Jan	4:00:00 AM	19.75613	31.65033	-0.3	760.1	96	1	418.9486

80%
Set antrenare

20%
Set testare

Date ICA

Date API

Date ICA
Vectoul C

Matricea X

Figura 5 Exemplu preferat de formare a bazei de date necesare determinarii funcției de calcul

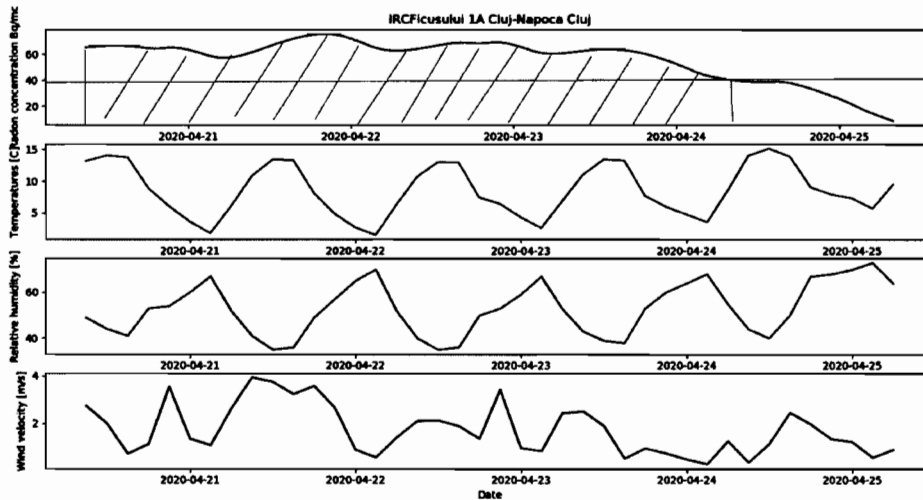


Figura 6 Exemplu preferat de funcționare a sistemului inteligent de monitorizare și control a concentrației de radon dintr-o locație – verificare funcție de calcul