



Badanie wnikania i stężeń radonu (Rn-222) w pomieszczeniach różnych typów budynków w Kaliszu

Henryk Bem, Sławomira Janiak, Bartosz Przybył

Akademia Kaliska im. Prezydenta Stanisława Wojciechowskiego

WPROWADZENIE I CELE

Epidemiologiczne badania kliniczno-kontrolne na dużą skalę z późniejszą analizą danych indywidualnych z 13 europejskich zespołów wykazały liniowy wzrost skumulowanego ryzyka zgonu z powodu raka płuc wraz ze wzrostem stężenia radonu w pomieszczeniach [1]. W celu praktycznego wdrożenia strategii ochrony przed radonem Międzynarodowa Komisja Ochrony Radiologicznej (ICRP) zaleciła zintegrowane podejście do ochrony przed narażeniem na radon we wszystkich budynkach, niezależnie od ich przeznaczenia lub statusu użytkowników. Wprowadzono również górną wartość dla poziomu odniesienia 300 [Bq m⁻³] dla ²²²Rn w mieszkaniach [2]. Podobne podejście zostało zaproponowane w zaleceniach Komisji UE (Unii Europejskiej). W ramach krajowego planu działania państwa członkowskie powinny promować działania mające na celu identyfikację mieszkań, w których stężenie radonu (jako średnia roczna) przekracza ten poziom odniesienia [3]. Ponadto Komisja zdecydowanie zachęca władze krajowe do ustalenia krajowego poziomu referencyjnego radonu pochodnego na najniższym możliwym do osiągnięcia poziomie w zakresie 100–300 [Bq m⁻³].

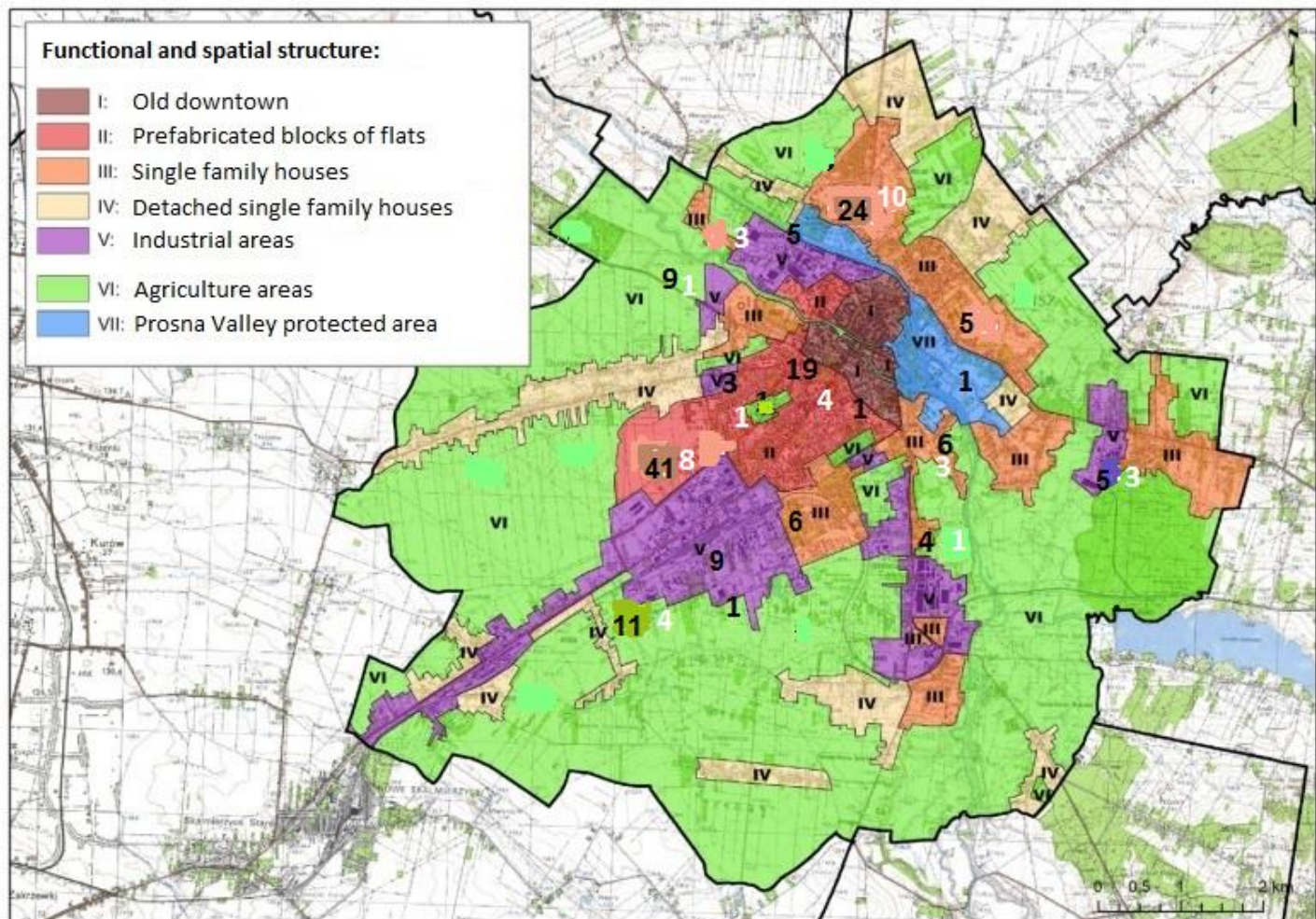
Celem tego badania było rozszerzenie badania radonu w pomieszczeniach różnych typów budynków, aby ocenić rozkład stężeń aktywności radonu w budynkach mieszkalnych, a co za tym idzie, ocenić ryzyko radiologiczne dla lokalnej populacji.

BADANIA

Opis lokalizacji

Kalisz to drugie co do wielkości miasto w Wielkopolsce, po Poznaniu, liczące około 1,08 tys. mieszkańców i zajmujące powierzchnię 69,8 [km²]. Miasto położone jest na wschodniej granicy Monokliny Przedsudeckiej w dolinie rzeki Prosny o wysokości 108 m n.p.m. W głębszych warstwach gleby w granicach miasta, stwierdzono występowanie osadów jurajskich, górnokredowych, trzeciorzędowych i czwartorzędowych. Średnia roczna temperatura wynosi 8,4°C, a średnia roczna suma opadów około 511 mm. Przestrzeń miejska składa się z centrum miasta z czterokondygnacyjnymi budynkami z początku XX wieku. Otaczają je prefabrykowane bloki mieszkalne i gęsto postawione domy jednorodzinne. W pobliżu granicy miasta znajduje się kilka działek z nowoczesnymi domami jednorodzinnymi.

Rys.1. Opis wewnętrznych obszarów poboru radonu w Kaliszu



Wnikanie radonu do budynku w dużej mierze zależy od konstrukcji i materiałów budowlanych. Dla modelowego pomieszczenia standardowe wyniki stężenia radonu w pomieszczeniu można opisać równaniem różniczkowym liniowym [17]:

$$V \cdot dA/dt = Q_0 \cdot A_a + E - (\lambda_e + \lambda_d) A \cdot V \quad (1)$$

gdzie: V - objętość pomieszczenia [m³], Q₀ - napływ powietrza do pomieszczenia [m³/h], A_a - stężenie radonu w powietrzu nawiewanym [Bq/m³], E-²²²Rn szybkość wypromieniowania ze ścian w [Bq /h], λ_e - szybkość wymiany powietrza [h⁻¹], λ_d -²²²Rn stała zaniku = 7,5·10⁻³[h⁻¹] oraz A - stężenie radonu w pomieszczeniach w [Bq/m³].

Zastąpienie całkowitego dopływu radonu na metr sześcienny powietrza w pomieszczeniu:

$$R = (Q_0 \cdot A_a + E)/V \quad (2)$$

a dla niskich współczynników wentylacji: λ_e >> λ_d Eq (1) staje się:

$$dA/dt = R - \lambda_e \cdot A \quad (3)$$

W najprostszej sytuacji, gdy dopływ ²²²Rn jest stały – R przez pewien okres i zakładając, że dla t=0 początkowa aktywność radonu w pomieszczeniu jest równa A₀, można otrzymać następujące rozwiązanie równania (3):

$$\ln(1 - \lambda_e \cdot A/R) = \ln(1 - \lambda_e \cdot A_0/R) - \lambda_e \cdot t \quad (4)$$

Jeżeli równowaga aktywności radonu - A_{eq}, ustali się w pomieszczeniu po pewnym czasie, to dA/dt=0 i z równania (3) otrzymujemy:

$$A_{eq} = R/\lambda_e \quad (5)$$

Podstawiając wyrażenie A_{eq} = R/λ_e do równania (4) otrzymujemy w końcu :

$$\ln(1 - A/A_{eq}) = B - \lambda_e \cdot t \quad (6)$$

gdzie przyjmuje się, że B= ln(1-A₀/A_{eq}) jest stałe w czasie trwania eksperymentu.

Dlatego sprawdzając (po całkowitym przewietrzeniu pomieszczenia) przyrosty aktywności od A₀ do równowagowej aktywności A_{eq} w funkcji czasu –t, można otrzymać radon w stosunku wymiany powietrza λ_e z zależności liniowej (6). Ponadto z równania (5) można obliczyć całkowity dopływ radonu R- do badanego pomieszczenia.

Takie pomiary można wykonać za pomocą urządzenia Sarad EQF3220.

WYNIK I WNIOSKI

Parametry wejścia radonu obliczono na podstawie otrzymanych zależności liniowych zgodnie z równaniem. (6) dla różnych pomieszczeń w domach jednorodzinnych (tab. 1).

Tabela 1 Parametry wnikania radonu w różnych pomieszczeniach

House-street	Radon concentration A _{Rn} [Bq m ⁻³]			Exchange ratio λ _e [h ⁻¹]		Radon entry-R [Bq m ⁻² h ⁻¹]		R ₀ /R ₁
	Ground floor	First floor	A ₀ /A ₁	Ground floor	First floor	Ground floor-R ₀	First floor-R ₁	
Classical house-University campus	210	–		0.21	–	44.1	–	–
Passive house-University campus	35	–		0.19	–	6.1	–	–
Radosna	199	46.7	4.3	0.1	0.02	19.1	0.9	21.2
Rubinowa	85.2	69.8	1.22	0.076	0.038	6.5	2.6	2.5
Długa	249	194	1.28	0.09	0.11	21.6	21.7	1
Michałowskiego	194	124	1.56	0.19	0.13	36.9	16.2	2.3
Podkowińskiego	249	142	1.75	0.07	0.1	16.7	14.2	1.2
Sosnowa	267	69.4	4.41	0.07	0.1	16.0	7.6	2.1
Szeroka	288	–		0.075	–	21.6	–	–
Kossaka	29.1	–		0.18	–	5.2	–	–
Panorama	44.9	–		0.15	–	6.7	–	–

Metoda PicoRad ze względu na charakter 48 h ekspozycji daje bardzo dobre uśrednienie dobowych wahań radonu w badanych pomieszczeniach. Istotnym problemem przy zastosowaniu metody PicoRad do oceny radonu w pomieszczeniach jest zależność między pojedynczym pomiarem tą metodą a średnim miesięcznym stężeniem ²²²Rn. Dlatego detektory PicoRad eksponowano nieprzerwanie przez 3 dni w dwóch pomieszczeniach przez 1 miesiąc.

Tabela 2 Rozkład radonu w pomieszczeniach w różnych typach budynków w Kaliszu

Parameter	Detached single-family houses		Old houses - up to 4 stories	Prefabricated 5-story blocks of flats		Prefabricated 10-story high-rise flats	All homes
Number of flats	Ground floor	First floor	25	Floors		20	141
	34	23		0-2	3-4		
				17	22		
Arithmetic mean [Bq m ⁻³]	91.4	60.8	46.5	39.9	36.9	56.6	51.8
Geometric mean [Bq m ⁻³]	51.8	55.9	41.4	36.6	34.6	45.6	42.9
Median [Bq m ⁻³]	56.9	46.4	49.4	38.0	34.4	53.2	46.4
Annual effective dose [mSv]	2.7	2.2	2.3	1.8	1.6	2.5	2.2

Wyniki badania radonu w pomieszczeniach w Kaliszu metodą PicoRad wskazują, że mediana stężenia radonu w pomieszczeniach wahała się od 34,4 do 56,9 [Bq m⁻³] dla różnych typów budynków mieszkalnych. Najwyższe wartości zaobserwowano dla pomieszczeń parterowych w domach jednorodzinnych, natomiast najniższe w pięciokondygnacyjnych blokach prefabrykowanych. To rodzaj konstrukcji budynku jest głównym czynnikiem wpływającym na umiarkowane wartości radonu w pomieszczeniach na tym obszarze. Potwierdza to prawie znikoma korelacja między radonem w powietrzu glebowym a poziomem radonu w domach jednorodzinnych i obserwowanym wnikaniem radonu do tych domów .

BIBLIOGRAFIA

- Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, Bochicchio F, Deo H, Falk R, Forastiere F, Hakama M, Heid I, Kreienbrock L, Kreuzer M, Lagarde F, Makelainen I, Muirhead C, Oberaigner BW, Pershagen G, Ruano-Ravina A, Ruosteenoja E, Rosario AS, Tirmarche M, Tomasek L, Whitley E, Wichmann HE, Doll R (2005) Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. BMJ 330:223
- ICRP (2017) International commission on radiological protection. Occupational intakes of radionuclides: part 3. ICRP Publication 137. Ann ICRP 46(1):314–317
- EU Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32013L0059>
- Jacobi W (1972) Activity and potential α-energy of ²²²Rn and ²²²Rn daughters in different air atmospheres. Health Phys 22:441–450

KONTAKT

Akademia Kaliska, ul. Nowy Świat 4, 62-800 Kalisz
e-mail: s.janiak@akademikaliska.edu.pl