



INSTYTUT MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA


ZAGADNIENIA ZWIĄZANE Z NARAŻENIEM NA RADON W BUDYNKACH, LOKALACH, POMIESZCZENIACH PRZEZNACZONYCH NA POBYT LUDZI

JERZY OLSZEWSKI





*Szkolenie realizowane przez Instytut Medycyny
Pracy im. prof. dra. med. J. Nofera, na zlecenie
Głównego Inspektora Sanitarnego.
Szkolenie jest finansowane przez Główny
Inspektorat Sanitarny.*

NASZ ROZWÓJ TWOJA PRZYSZŁOŚĆ

SPIS TREŚCI

1. Krótka charakterystyka radonu.
 2. Obowiązujące regulacje prawne.
 3. Pomiar stężenia radonu.
 4. Wpływ radonu na zdrowie.
 5. Działania zabezpieczające.
- 

KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA RADONU


-  Krótka historia odkrycia radonu.
-  Radon i jego właściwości.
-  Gdzie radon występuje i jak się przemieszcza.
-  Występowanie radonu w budynkach.



Historia badań radonu liczy sobie z górą 120 lat.

Pierwiastek ten został bowiem odkryty jeszcze w XIX wieku. Dokonał tego w roku 1900 niemiecki chemik Friedrich Ernst Dorn. W tym czasie prowadził on w Halle badania promieniotwórczego rozpadu radu. Gdy próbował ustalić co dzieje się z masą radu, odkrył promieniotwórczy gaz, który początkowo nazwał nitonem.



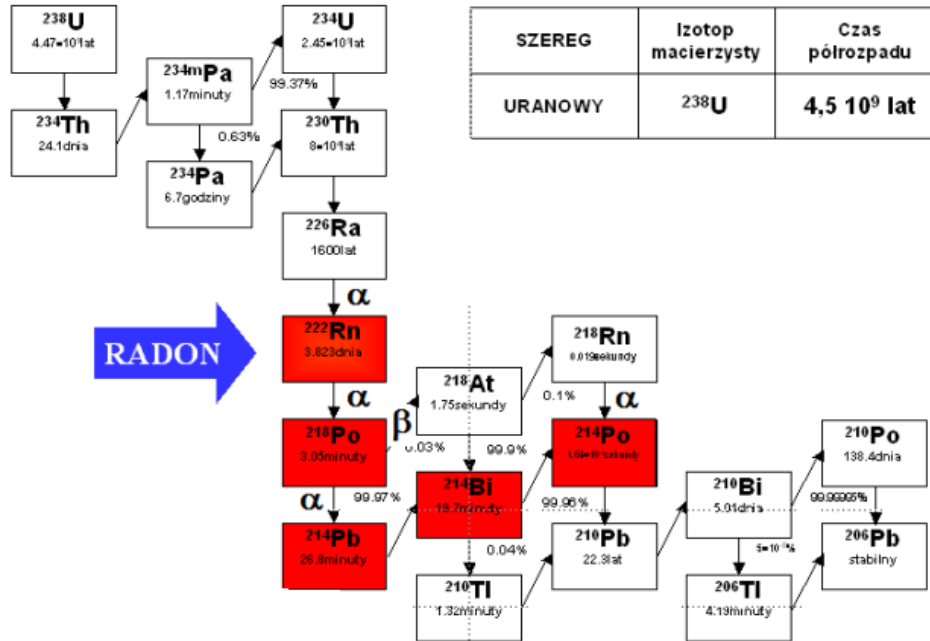


Ustalenie F. Dorna, że rad rozpadając się tworzy radon, który z kolei rozpadając się tworzy polon, przyczyniło się do odkrycia, że pierwiastki promieniotwórcze przekształcają się w pierwiastki lżejsze.

Dopiero w 1923 roku Międzynarodowy Kongres Nauki o Promieniotwórczości przyjął obowiązującą obecnie dla tego pierwiastka nazwę radon.



RADON I JEGO WŁAŚCIWOŚCI



K.Kozak (IFJ PAN)



Radon jest pierwiastkiem należącym do grupy helowców czyli gazów szlachetnych, osiąga stan ciekły w temperaturze -71°C , wrze w temperaturze $-61,8^{\circ}\text{C}$. Jest gazem niewidocznym, bez zapachu i smaku, łatwo rozpuszczalnym w wodzie i niektórych rozpuszczalnikach organicznych ma więc zdolność przemieszczania się, a okres jego połowicznego rozpadu (3,8 dnia) umożliwia mu wędrówkę w środowisku od miejsca powstania do powietrza atmosferycznego, lub przestrzeni zamkniętych takich jak jaskinie, tunele, mieszkania itp.



GDZIE RADON WYSTĘPUJE I JAK SIĘ PRZEMIESZCZA

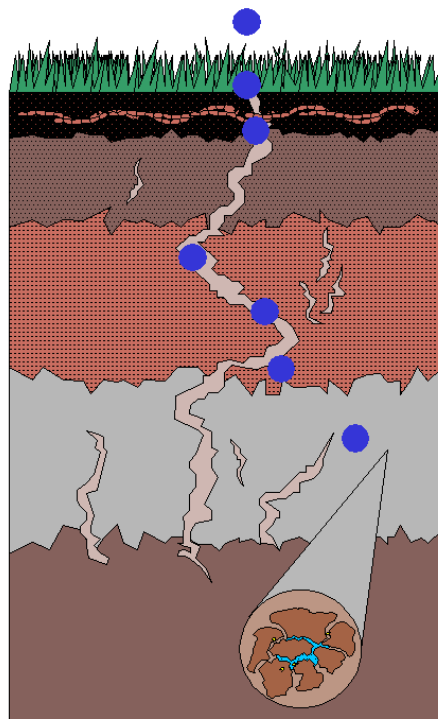
Radon jest pierwiastkiem powszechnie występującym w przyrodzie.

Proces rozprzestrzeniania się radonu z gruntu do atmosfery można podzielić na trzy etapy:

- emanacja - uwalnianie się atomów radonu z ziaren gleby czy skał do przestrzeni międzyziarnowej
- migracja uwolnionego radonu w przestrzeni międzyziarnowej odbywająca się głównie poprzez dyfuzję i konwekcję;
- ekshalacja - wydostawanie się radonu z gruntu do przyziemnej warstwy

powietrza





EKSHALACJA

ucieczka z gleby do atmosfery

TRANSPORT

dyfuzja i konwekcja przez glebę

EMANACJA

uwalnianie radonu z ziaren minerałów

K.Kozak (IFJ PAN)

Proces uwalniania radonu z gruntu do atmosfery

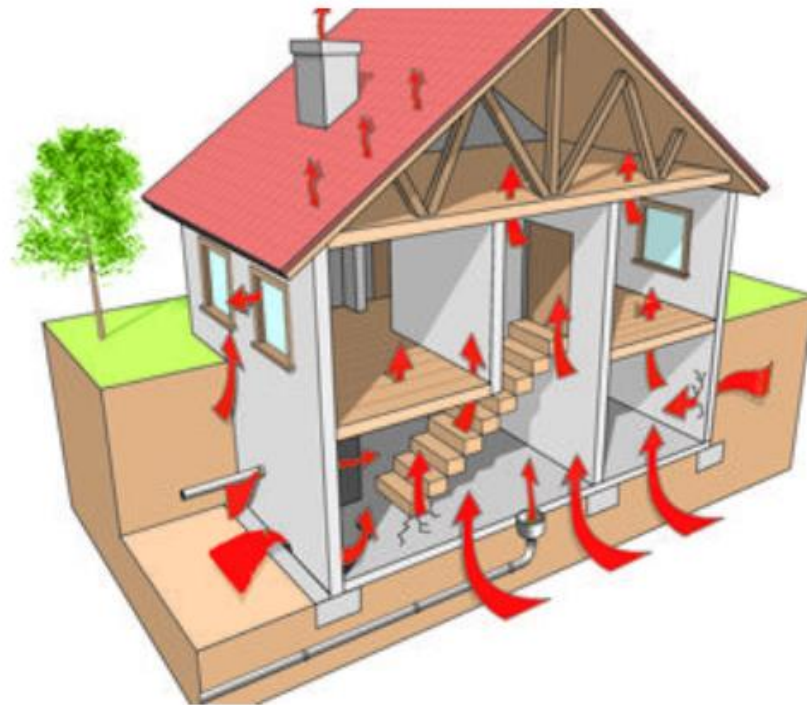


INSTYTUT MEDYCyny PRACY IM. PROF. J. NOFERA

WYSTĘPOWANIE RADONU W BUDYNKACH I DROGI JEGO WNIKANIA

Źródła i miejsca wnikania radonu do budynku mieszkalnego:

- pęknięcia fundamentów,
- nieszczelności przy przewodach,
- przejście przez nieuszkodzoną podłogę piwnicy,
- materiały budowlane,
- woda używana w domu.



<http://optymalnaizolacja.com/zdrowe-domy/w-jaki-sposob-gaz-radon-dostaje-sie-budynku/>



Radon w budynkach mieszkalnych i nie tylko


Radon może wnikać do wnętrza budynku z kilku źródeł. Najważniejszymi z nich są: grunt (podłoże budowlane), na którym budynek jest posadowiony, materiały budowlane użyte do jego konstrukcji, a także woda i gaz stosowane w gospodarstwie domowym. Miejsca wnikania radonu do budynku mieszkalnego to: pęknięcia fundamentów, nieszczelności przy przewodach, przejście przez nieuszkodzoną podłogę piwnicy, materiały budowlane, woda używana w domu.



Podłoże

Głównym źródłem radonu w budynku jest podłoże. Transport radonu z gruntu (powietrza glebowego) do wnętrza budynku odbywa się poprzez dyfuzję i przepływ konwekcyjny. Dyfuzja może przebiegać przez nieuszkodzoną warstwę betonu, stanowiącego posadzkę piwnic; jak również przez szczeliny i pęknięcia: w płytach betonowych, na ich łączeniach oraz w miejscach, w których są przecięte przez różnego rodzaju instalacje (wodną, CO, kanalizację i itp.).





Przepływ konwekcyjny radonu w pomieszczeniu odbywa się razem z ruchem konwekcyjnym powietrza. Ruch ten jest wywołany różnicą ciśnień, powstającą jako efekt różnicy temperatur pomiędzy wnętrzem budynku a atmosferą. Różnice ciśnień pomiędzy wnętrzem domu a otoczeniem mogą być również wywołane wiatrem.




W latach 70-tych XX wieku sądzono, że głównym źródłem radonu są materiały budowlane, ponieważ zawierają ^{226}Ra . Wyniki przeprowadzonych badań nie potwierdziły jednak tej tezy. Nawet maksymalne wydzielanie radonu z betonu nie może wyjaśnić jego stężeń notowanych wewnątrz mieszkań. Wypływa stąd wniosek, że decydujący wpływ ma grunt, na którym posadowiony jest budynek.

Ilość radonu powstającego w materiałach budowlanych i uwalnianego do powietrza wewnątrz budynku zależy od zawartości ^{226}Ra w tych materiałach oraz od wielkości ekshalacji radonu*. Wytworzony w ścianach i stropach radon przedostaje się do powietrza wewnątrz mieszkań głównie na drodze dyfuzji.

*Dz. U. 2021 poz. 33 „Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2020 r. w sprawie materiałów budowlanych, w przypadku których oznacza się stężenie promieniotwórcze izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-232, wymagań dotyczących dokonywania tych oznaczeń oraz wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego, o której przekroczeniu informuje się właściwe organy





Istnieją trzy parametry materiałów budowlanych, które warunkują w nich transport radonu: porowatość, przepuszczalność i współczynnik dyfuzji. Ten sam rodzaj materiału zależnie od stosunkowo umiarkowanych zmian w proporcjach tworzących go składników może niekiedy znacznie zmieniać wartość współczynnika dyfuzji.



Woda

Radon jako pierwiastek dobrze rozpuszczalny w wodzie jest wraz z nią przenoszony do wnętrza domu, gdzie ma miejsce jego uwalnianie. Proces ten zależy od sposobu wykorzystania wody. Jej gotowanie i rozpryskiwanie zwiększa wydzielanie radonu, co w konsekwencji prowadzi do podwyższenia jego stężenia w pierwszej kolejności w łazienkach i kuchniach.

W rezultacie stężenie radonu w powietrzu mieszkania zależy także od: ilości zużywanej wody, objętości wnętrza budynku i tempa jego wentylacji.





DZIENNIK USTAW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Warszawa, dnia 11 grudnia 2017 r.

Poz. 2294

**ROZPORZĄDZENIE
MINISTRA ZDROWIA¹⁾**

z dnia 7 grudnia 2017 r.

w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi²⁾



WYMAGANIA RADIOLOGICZNE, JAKIM POWINNA ODPOWIADAĆ WODA,
ORAZ MINIMALNA CZĘSTOTLIWOŚĆ POBIERANIA PRÓBEK WODY DO BADAŃ
W ZAKRESIE SUBSTANCJI PROMIENIOTWÓRCZYCH

A. Wymagania dotyczące substancji promieniotwórczych

Lp.	Parametr	Wartość parametryczna ¹⁾	Jednostka	Objaśnienia
1.	Radon	100	Bq/l	
2.	Tryt	100	Bq/l	²⁾
3.	Dawka orientacyjna	0,10	mSv/rok	²⁾¹³⁾





D. Minimalna częstotliwość pobierania próbek wody oraz postępowanie w zależności od stężenia aktywności radonu w wodzie

Stężenie aktywności radonu (^{222}Rn) w wodzie [Bq/l]	Ocena narażenia	Postępowanie	Badanie
≤ 10	Brak lub znikome	System pod kontrolą – nie wymaga podjęcia specjalnych działań.	Jeden raz na 10 lat.
$> 10 \leq 100$	Niskie	Należy przystąpić do wzmożonej kontroli pomiarów. Dalsze działania zależą od wyniku następnego badania.	Drugie badanie po 6 miesiącach, jeżeli stężenie radonu nie przekracza 50 Bq/l, badanie z częstotliwością jeden raz na 5 lat. Jeżeli stężenie aktywności badanego parametru mieści się między 50 Bq/l a 100 Bq/l, badanie z częstotliwością raz na 2 lata.
$> 100 \leq 1000$	Średnie	Należy ocenić, czy obecność substancji promieniotwórczych w wodzie stanowi zagrożenie dla zdrowia ludzi wymagające działania oraz – w razie konieczności – podjąć działanie naprawcze służące poprawie jakości wody do poziomu zgodnego z wymogami dotyczącymi ochrony zdrowia ludzi przed promieniowaniem.	Drugie badanie po 6 miesiącach, trzecie badanie po upływie 6 miesięcy od poprzedniego badania, jeżeli stężenie radonu we wstępnym monitoringu substancji promieniotwórczych nie przekracza 500 Bq/l, wymagane jest badanie z częstotliwością jeden raz w roku. Jeżeli stężenie radonu we wstępnym monitoringu substancji promieniotwórczych przekracza 500 Bq/l, wymagane jest badanie z częstotliwością jeden raz w ciągu 6 miesięcy.

Gaz używany w domach również stanowi źródło radonu. Ilość radonu wydzielonego przy spalaniu gazu zależy od jego stężenia w gazie, a także od zużycia gazu.

Zakładając dzienną konsumpcję gazu na 1 m^3 i średnie w nim stężenie radonu na 240 Bq m^{-3} oraz dwukrotną wymianę całkowitej objętości powietrza w ciągu godziny, otrzymujemy podwyższenie stężenia radonu wewnątrz budynku o $1,5 \text{ Bq m}^{-3}$ w czasie gotowania i tylko o $0,13 \text{ Bq m}^{-3}$ średnio w ciągu całej doby. Tak więc gaz daje dużo mniejszy wkład do stężenia radonu wewnątrz budynku, niż pozostałe źródła.

OBOWIĄZUJĄCE REGULACJE PRAWNE

-  Historia legislacji związanej z radonem.
-  Dyrektywa Unii i jej konsekwencje dla przepisów prawnych w krajach Unii.
-  Ustawa Prawo atomowe.
-  Przepisy prawne wynikające z zapisów Ustawy.

HISTORIA LEGISLACJI ZWIĄZANEJ Z RADONEM

W ustawie Prawo atomowe z 10 kwietnia 1986 r. nie pojawił się zapis dotyczący radonu.

Natomiast w Zarządzeniu Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki z dnia 31 marca 1988 r. pojawia się następujący zapis w paragrafie 10 ust. 2 *„Średnie wartości roczne ekwiwalentnego stężenia radonu, określające zagrożenie od radonu i jego pochodnych w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi, oddanych do użytku po dniu*

1 stycznia 1995 r., nie mogą przekraczać 100 Bq/m³”.




Natomiast w Zarządzeniu Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki z dnia 7 lipca 1995 r. pojawia się następujący zapis: paragraf 10 ust. 2 otrzymuje brzmienie –

„Średnie wartości roczne stężenie radonu-222 w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi nie mogą przekraczać:

- 1. 400 Bq/m³ – w budynkach istniejących i oddanych do użytku przed dniem 1 stycznia 1998 r.*
- 2. 200 Bq/m³ – w budynkach oddawanych do użytku po 1 stycznia 1998 r.”*





Zarządzenia te zostały uchylone ustawą Prawo atomowe z dnia 29 listopada 2000 r. W ustawie tej pojawia się natomiast zapis w artykule 13 mówiący, że dawki graniczne nie obejmują narażenia pochodzącego od radonu w budynkach mieszkalnych. Zapis ten powtórzony był w aktualizacji Prawa atomowego z 26 kwietnia 2018 r.



**DYREKTYWA RADY 2013/59/EURATOM
z dnia 5 grudnia 2013 r.**

ustanawiająca podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego oraz uchylająca dyrektywy 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom i 2003/122/Euratom



- (22) Z najnowszych danych epidemiologicznych pochodzących z badań budynków mieszkalnych wynika, że występuje statystycznie istotny wzrost ryzyka zachorowania na nowotwór płuc w wyniku przedłużonego narażenia na radon wewnątrz pomieszczeń na poziomie rzędu 100 Bq m^{-3} . Nowa koncepcja sytuacji narażenia pozwala na włączenie postanowień zalecenia Komisji 90/143/Euratom ⁽¹⁾ do wiążących wymogów podstawowych norm bezpieczeństwa, pozostawiając jednocześnie wystarczającą elastyczność w zakresie wdrażania.

84) „poziom referencyjny” oznacza w sytuacji narażenia wyjątkowego lub w sytuacji narażenia istniejącego poziom dawki skutecznej lub dawki równoważnej lub stężenia promieniotwórczego, powyżej którego za niewłaściwe uznaje się pozwolenie na występowanie narażenia w wyniku tejże sytuacji narażenia, nawet jeżeli nie jest to granica, której nie można przekroczyć;



Artykuł 74


Narażenie na radon w pomieszczeniach

1. Państwa członkowskie ustanawiają krajowe poziomy referencyjne dla stężeń radonu w pomieszczeniach. Poziomy referencyjne dla średniego rocznego stężenia promieniotwórczości radonu w powietrzu nie mogą być wyższe niż 300 Bq m^{-3} .



2. W ramach krajowego planu działania, o którym mowa w art. 103, państwa członkowskie propagują działania mające na celu zidentyfikowanie budynków mieszkalnych, w których stężenie radonu (jako średnia roczna) przekracza poziom referencyjny, i zachęcają, w stosownych przypadkach za pomocą środków technicznych lub finansowych, do wprowadzania w tych budynkach środków służących ograniczeniu stężenia radonu.





3. Państwa członkowskie zapewniają dostępność lokalnych i krajowych informacji na temat narażenia na radon w pomieszczeniach oraz związanych z nim zagrożeń dla zdrowia, na temat znaczenia, jakie ma przeprowadzanie pomiarów radonu, oraz na temat dostępnych środków technicznych służących ograniczeniu występujących stężeń radonu.




Warszawa, dnia 27 października 2021 r.

Poz. 1941

OBWIESZCZENIE
MARSZAŁKA SEJMU RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ
z dnia 16 września 2021 r.

w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo atomowe





W artykule 3 Prawa atomowego (użyte określenia) dodany zostaje punkt 15a o treści

„narażenie na radon – narażenie na pochodne radonu”;



i punkt 47a) – „Średnioroczne stężenie radonu - wartość stężenia radonu oszacowaną na podstawie pomiarów tego stężenia w okresie nie krótszym niż jeden miesiąc, odpowiadającą średniemu stężeniu radonu w powietrzu w okresie roku kalendarzowego;”



Art. 23b. Ustala się poziom odniesienia dla średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w powietrzu w:

- 1) miejscach pracy wewnątrz pomieszczeń oraz*
- 2) pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi*
- w wysokości 300 Bq/m³ (bekereli na metr sześcienny).



Art.23d. 1. Zbywca budynku, lokalu lub pomieszczenia przeznaczonego na pobyt ludzi oraz wynajmujący budynek, lokal lub pomieszczenie, przeznaczone na pobyt ludzi, przekazuje na żądanie nabywcy lub najemcy takiego budynku, lokalu lub pomieszczenia informację o wartości średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w powietrzu odpowiednio w budynku, lokalu albo pomieszczeniu.





Informacja powinna zawierać:

- wartość średniorocznego stężenia radonu
- porównanie z poziomem odniesienia
- pomiary i informacje o wykonawcy
- laboratoria prowadzące pomiary mają obowiązek informować państwowego inspektora sanitarnego o przekroczeniu poziomu odniesienia.



PRZEPISY PRAWNE WYNIKAJĄCE Z ZAPISÓW USTAWY

Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie terenów, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń w znacznej liczbie budynków może przekraczać poziom odniesienia (Dz. U. 2020 poz. 1139).

Rozporządzenie wymienia 27 powiatów, w których istnieje możliwość przekroczenia poziomu odniesienia średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w pomieszczenia tj. 300 Bq/m^3



Obwieszczenie Ministra Zdrowia w sprawie ogłoszenia Krajowego planu działania w przypadku długoterminowych zagrożeń wynikających z narażenia na radon w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi oraz w miejscach pracy (M. P. 2021, poz. 169).



Rozporządzenie jest aktem prawa powszechnie obowiązującego, które w granicach upoważnienia ustawowego, może bezpośrednio wpływać na prawa i obowiązki podmiotów prawa (ludzi, spółek, itp.).

Obwieszczenie jest sposobem informowania o określonych faktach, często faktach mających znaczenie prawne, obwieszczenie jednak samo z siebie nie może być podstawą dla obciążania podmiotów prawa obowiązkami ani podstawą ich uprawnień.



CELE OKREŚLONE W KRAJOWYM PLANIE DZIAŁANIA W PRZYPADKU DŁUGOTERMINOWYCH ZAGROŻEŃ WYNIKAJĄCYCH Z NARAŻENIA NA RADON W BUDYNKACH PRZEZNACZONYCH NA POBYT LUDZI ORAZ W MIEJSCACH PRACY

Cel zasadniczy:

Ograniczenie ryzyka negatywnego wpływu występującego w środowisku radonu na zdrowie ludzi.

Cel zasadniczy osiągnąć jest przez realizację celów szczegółowych.


Cele szczegółowe:

1. Wskazanie terenów, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń w znacznej liczbie budynków może przekraczać poziom odniesienia 300 Bq/m^3 – na terenach tych podejmowane są działania przewidziane w ustawie.



2. Ustalenie budynków, lokali i pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi, w których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu może przekraczać poziom odniesienia 300 Bq/m^3 - w odniesieniu do tych miejsc powinny być podejmowane działania mające na celu minimalizację zagrożeń przed ryzykiem negatywnego wpływu radonu na zdrowie ludzi.
3. Ograniczenie ryzyka wystąpienia nowotworu płuc u osób palących w związku z narażeniem tych osób na występujący w środowisku radon.



- 
4. Promowanie działań mających na celu ograniczenie ryzyka negatywnego wpływu na zdrowie w związku z narażeniem ludzi na występujący w środowisku radon.
 5. Określenie wpływu występującego w środowisku radonu na zdrowie publiczne.

Krajowy plan radonowy będzie oceniany w zakresie jego kompletności i aktualności.



Wybrane zapisy z

KRAJOWEGO PLANU DZIAŁANIA W PRZYPADKU DŁUGOTERMINOWYCH ZAGROŻEŃ WYNIKAJĄCYCH Z NARAŻENIA NA RADON W BUDYNKACH PRZEZNACZONYCH NA POBYT LUDZI






Zgodnie z art. 23e ustawy z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe Główny Inspektor Sanitarny prowadzi działania mające na celu identyfikację terenów, na których wewnątrz pomieszczeń w znacznej liczbie budynków poziom średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w powietrzu może przekroczyć poziom odniesienia, tj. 300 Bq/m³.

Przy identyfikacji terenów uwzględnia się wykonanie pomiarów m.in. w budynkach użyteczności publicznej, m.in. tj. szkoła, przedszkole, żłobek, oraz budynkach zamieszkania zbiorowego tj. dom dziecka, dom pomocy społecznej, internat, dom studencki.

Pomiary należy wykonać w pomieszczeniach znajdujących się na parterze budynku.




POMIAR STĘŻENIA RADONU

-  Zagadnienia pomiaru stężenia radonu w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi w Krajowym planie działania w przypadku długoterminowych zagrożeń wynikających z narażenia na radon w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi.
-  Techniki pomiaru stężenia radonu w powietrzu pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi.
-  Zalecenia co do pomiarów stężenia radonu.
-  Istota prawidłowego określenia średniorocznego stężenia radonu w pomieszczeniu.
-  Zagadnienia unikania i polowania na wynik.

ZAGADNIENIA POMIARU STĘŻENIA RADONU W POMIESZCZENIACH PRZEZNACZONYCH NA POBYT LUDZI

Pomiary stężenia radonu w powietrzu przeprowadza się w celu określenia stopnia narażenia radiologicznego pochodzącego od tego izotopu.






Do pomiarów średniorocznego stężenia radonu wewnątrz pomieszczeń należy stosować detektory śladowe w komorze dyfuzyjnej.

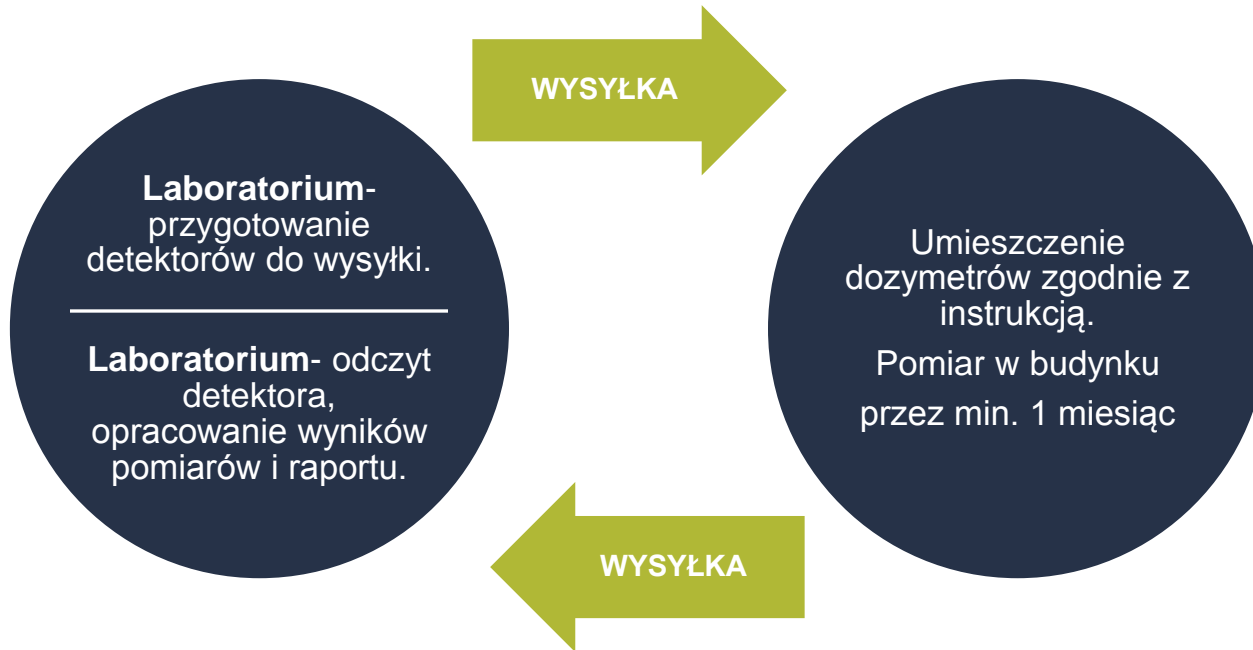
Pomiar z wykorzystaniem detektorów śladowych przebiega dwuetapowo. W pierwszym etapie detektor jest eksponowany przez ściśle określony czas (tzw. okres ekspozycji detektora) w pomieszczeniu, w którym chcemy określić stężenie radonu.






Następnie po zakończeniu ekspozycji następuje tzw. „odczyt detektora” – najczęściej przeprowadzany w specjalistycznym laboratorium. W oparciu o wynik uzyskany w trakcie „odczytu detektora” oblicza się średnie stężenie radonu w powietrzu występujące w okresie ekspozycji detektora.







W opinii ekspertów wykonujących pomiary stężenia radonu w celu uzyskania średniorocznego stężenia radonu w pomieszczeniu przeznaczonym na pobyt ludzi zalecane jest wykonywanie pomiarów w okresie grzewczym (zalecany w Polsce okres październik – marzec), z uwzględnieniem sezonowych współczynników korekcyjnych tam, gdzie jest to zasadne.





ELSEVIER



Correction factors for determination of annual average radon concentration in dwellings of Poland resulting from seasonal variability of indoor radon

K. Kozak^{a,*}, J. Mazur^a, B. Kozłowska^b, M. Karpińska^c, T.A. Przylibski^d, K. Mamont-Cieśla^e, D. Grządziel^a, O. Stawarz^c, M. Wysocka^f, J. Dorda^b, A. Żebrowski^d, J. Olszewski^g, H. Hovhannissyan^a, M. Dohojda^h, J. Kapała^c, I. Chmielewska^f, B. Kłos^b, J. Jankowski^g, S. Mnich^c, R. Kotodziej^f

^a Institute of Nuclear Physics PAN, Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków, Poland

^b University of Silesia, Bankowa 12, 40-007 Katowice, Poland

^c Medical University of Białystok, Jana Kilińskiego 1, 15-089 Białystok, Poland

^d Wrocław University of Technology, Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland

^e Central Laboratory for Radiological Protection, Konwalska 7, 03-194 Warszawa, Poland

^f Central Mining Institute, Plac Gwarków 1, 40-166 Katowice, Poland

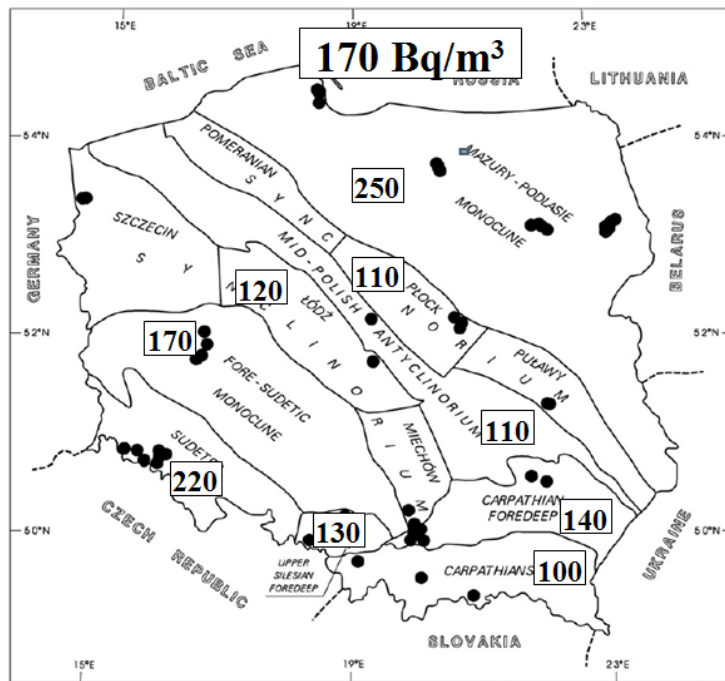
^g Nofer Institute of Occupational Medicine, Św. Teresy od Dzieciątka Jezus 8, 91-348 Łódź, Poland

^h Institute of Building Technology (ITB), Filtrów 1, 00-611 Warszawa, Poland

Tabela 3. Wartości sezonowych współczynników korekcji dla budynków z piwnicami (bs) i bez piwnic (no-bs) w regionach A, B, C i D w Polsce

Month of exposure	k_{1m}							
	A		B		C		D	
	bs	no-bs	bs	no-bs	bs	no-bs	bs	no-bs
I	0.57	0.92	0.88	0.92	0.67	0.70	0.95	1.05
II	0.55	1.01	0.85	0.86	0.83	0.85	0.93	1.10
III	0.45	0.66	0.71	0.70	1.19	1.26	0.74	0.69
IV	0.49	0.67	0.69	0.69	0.90	0.72	0.68	0.62
V	0.53	0.84	1.26	1.04	1.00	1.08	0.88	0.68
VI	0.78	1.44	1.62	1.38	1.04	0.95	0.94	1.01
VII	0.99	1.92	1.71	1.73	1.05	1.17	1.21	1.27
VIII	0.89	0.91	2.62	1.68	1.37	2.05	1.08	1.16
IX	0.86	0.86	1.05	1.08	0.69	0.88	0.96	1.15
X	0.72	1.03	0.99	0.95	0.74	0.83	0.88	1.19
XI	0.57	0.67	1.17	0.88	0.57	0.46	0.86	1.12
XII	0.60	0.86	0.76	1.03	0.79	0.81	0.98	1.20





Średnioroczne wartości stężenia ^{222}Rn [Bq/m^3] w powietrzu budynków znajdujących się na obszarze głównych jednostek tektonicznych Polski.

Znaczenie przeprowadzonych pomiarów


Szacuje się, że około 80% czasu spędzamy w budynkach, zarówno mieszkalnych, jak i w innych przeznaczonych na pobyt ludzi, jak na przykład miejsca naszej pracy lub nauki. W takich pomieszczeniach radon może osiągać podwyższone stężenie.

Europejska Agencja Ochrony Środowiska (ang: *European Protection Agency, EPA*) szacuje, że redukcja stężenia radonu powoduje zmniejszenie zapadalności i zgonów z powodu raka płuc o 2-4% .



Pomiary stężenia radonu mają na celu identyfikację terenów, na których poziom średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń może przekroczyć dopuszczalny poziom odniesienia tj. 300 Bq/m³. *Średnioroczne stężenie radonu to wartość oszacowana na podstawie pomiarów stężenia radonu w okresie, co najmniej 1 miesiąca, odpowiadająca średniemu stężeniu w ciągu roku kalendarzowego.*

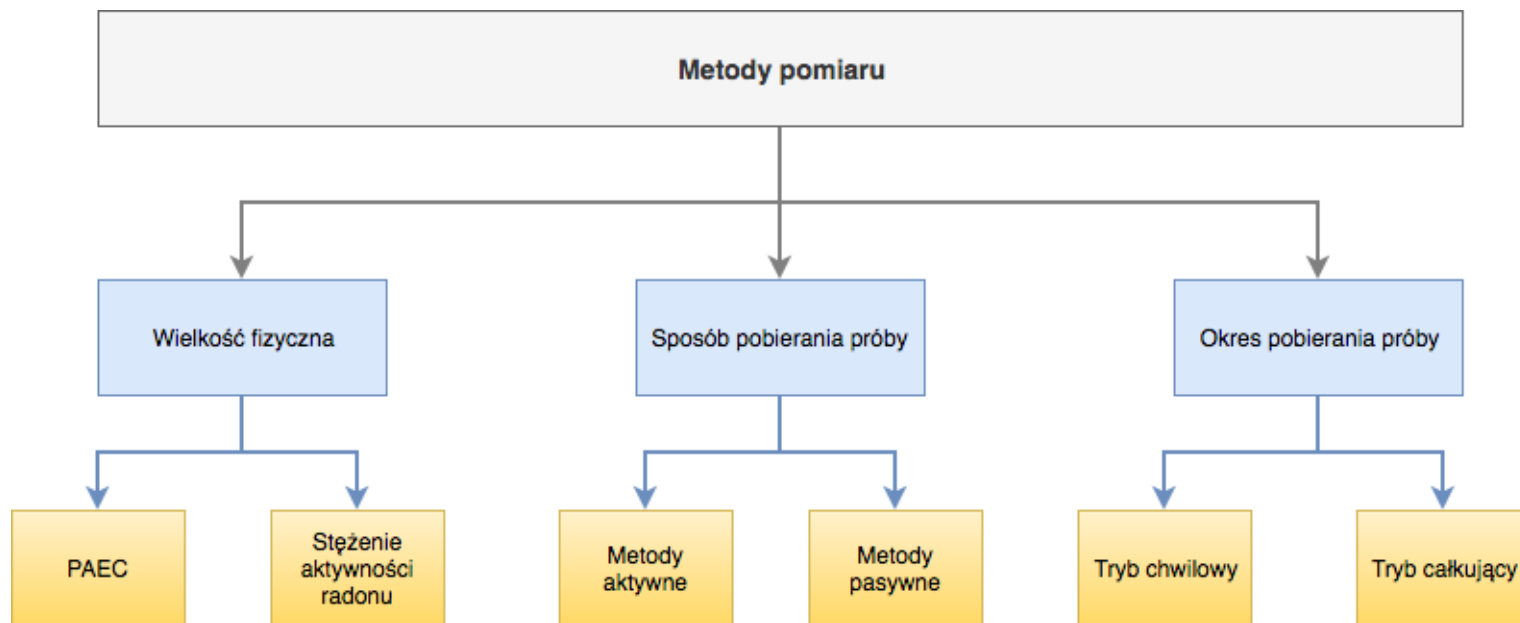


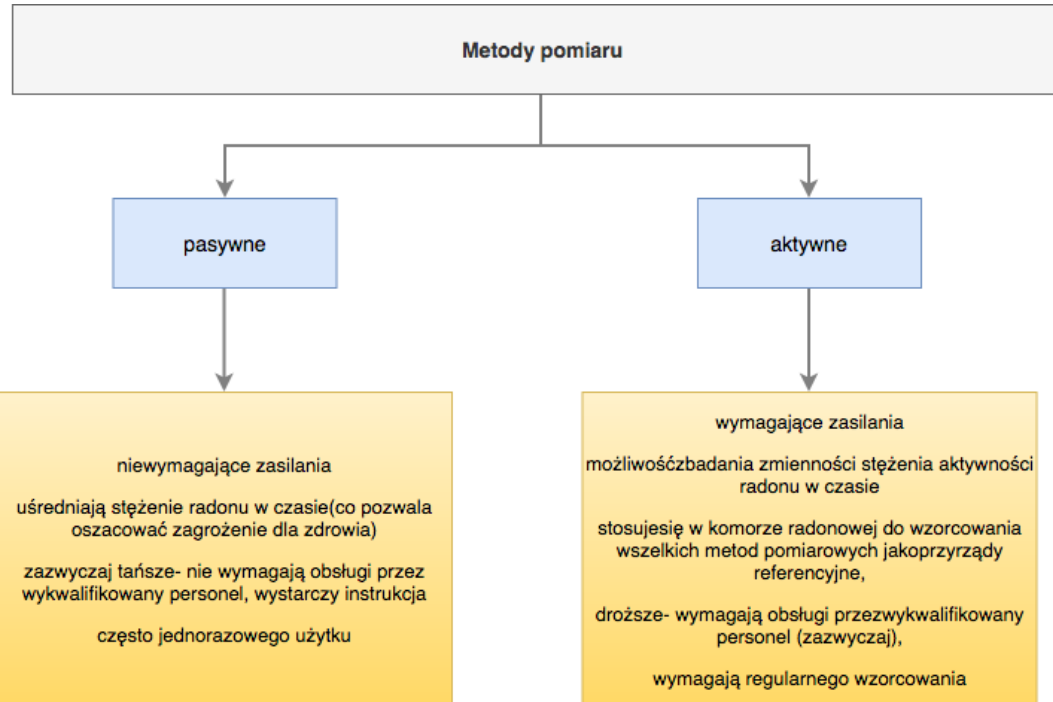


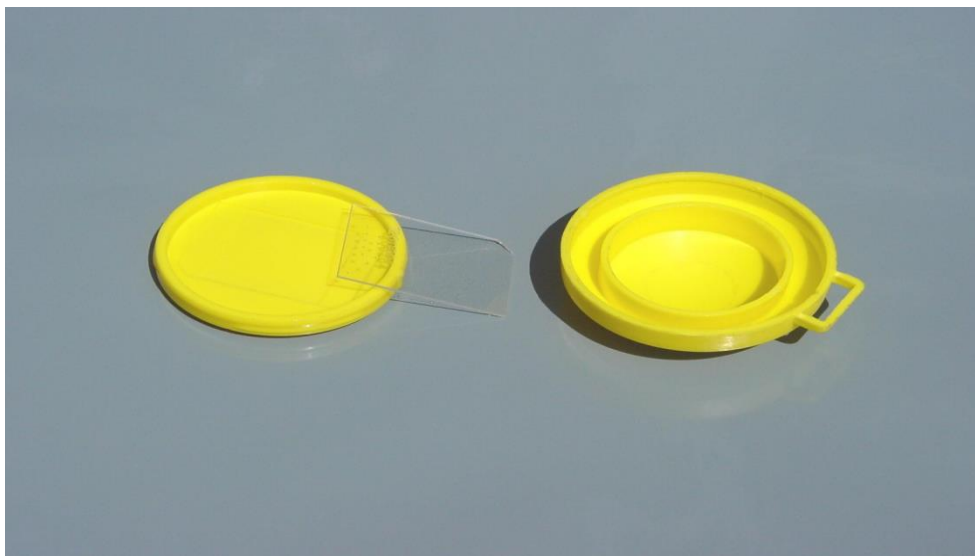
W trosce o własne zdrowie, mieszkańcy regionów, gdzie mogą występować wyższe stężenia radonu powinni umożliwić odpowiednim służbom dokonanie pomiarów stężenia tego gazu w mieszkaniach, a nawet sami o nie zabiegać. Pomiary nie są skomplikowane ani uciążliwe i nie wiążą się z żadnym zagrożeniem dla mieszkańców, a mogą przyczynić się do ochrony naszego zdrowia.



TECHNIKI POMIARU STĘŻENIA RADONU W POWIETRZU POMIESZCZEŃ PRZEZNACZONYCH NA POBYT LUDZI





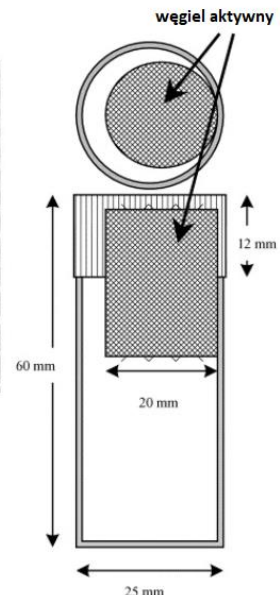


Rozłożona kasetka dyfuzyjna z detektorem CR-39.



Rozłożona komora dyfuzyjna z detektorem CR-39.



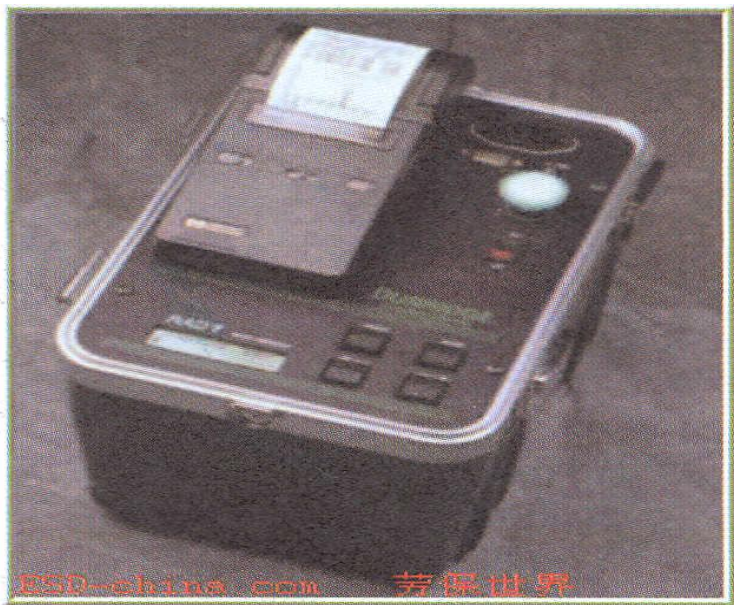


Detektory PICO-RAD z węglem aktywnym





Miernik RDA-200 do pomiaru chwilowych stężeń radonu.



Detektor RAD7



Miernik AlphaGuard



W zakresie pomiaru stężenia izotopu ^{222}Rn w powietrzu dla czasów ekspozycji 1 miesiąca oraz dodatkowo, dla części z nich, dla dowolnego czasu ekspozycji detektora, PCA na dzień 18 lutego 2020 r. udzieliło akredytacji:



1. Głównemu Instytutowi Górnictwa w Katowicach (Certyfikat Akredytacji Nr AB 005);
2. Instytutowi Medycyny Pracy im. prof. dra med. Jerzego Nofera w Łodzi (Certyfikat Akredytacji Nr AB 327 – w zakresie dowolnego czasu ekspozycji detektora);
3. Centralnemu Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie (Certyfikat Akredytacji Nr AB 450 – w zakresie dowolnego czasu ekspozycji detektora);
4. Narodowemu Instytutowi Zdrowia Publicznego – Państwowemu Zakładowi Higieny (Certyfikat Akredytacji Nr AB 509 – w zakresie dowolnego czasu ekspozycji detektora);
5. Instytutowi Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk w Krakowie (Certyfikat Akredytacji Nr AB 788 – w zakresie dowolnego czasu ekspozycji detektora i średnioroczne stężenie radonu (z obliczeń).




ZALECENIA CO DO POMIARÓW STĘŻENIA RADONU

Liczba detektorów, niezbędna do przeprowadzenia pomiarów w celu rozpoznania narażenia na radon

W pomieszczeniach i przestrzeniach zlokalizowanych w piwnicach, parterze i pod ziemią należy wykonywać pomiary zgodnie z następującą zasadą:

Jeden detektor należy umieścić w każdym pomieszczeniu/ przestrzeni, w którym osoby pracują lub przebywają co najmniej 4 godziny dziennie;





Jeden detektor należy umieścić w każdym pomieszczeniu/ przestrzeni podziemnej/piwnicznej, w których możliwe jest ryzyko znaczącego wnikania radonu, a gdzie osoby przebywają co najmniej 50 godzin na rok, to jest około 1 godzinę w ciągu tygodnia;

Jeśli powierzchnia pomieszczeń/przestrzeni o powierzchni do 150 m² należy rozmieścić co najmniej 1 detektor.



Jeśli pomiary wykonywane są w pomieszczeniach/ przestrzeniach o powierzchni przekraczającej 150 m² należy na każde przekroczenie kolejnych 150 m² umieszczać dodatkowy detektor;

Pomiarami należy objąć co najmniej 20% pomieszczeń na parterze w miejscach pracy, budynkach, lokalach i pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi;

W pomieszczeniach i powierzchniach powyżej parteru należy umieszczać co najmniej 1 detektor na 250 m².



Szczegółowe zalecenia dotyczące rozmieszczenia detektorów

Detektor można położyć na szafce lub powiesić pod sufitem np. na lampie.

Nie należy umieszczać detektorów:

- w miejscu wilgotnym lub w pobliżu ujęcia wody, gdzie istnieje ryzyko zalania detektora wodą,
- w pobliżu źródeł ciepła lub urządzeń elektronicznych, takich jak grzejniki, piece, telewizory itp.
- w miejscu dostępnym dla małych dzieci lub zwierząt,
- na podłodze, w miejscu bezpośredniego nasłonecznienia, np. na parapecie oraz w przeciągu,
- bliżej niż w odległości 25 cm od podłogi, sufitu i ściany,
- bliżej niż w odległości 50 cm od zewnętrznej ściany budynku,
- bliżej niż w odległości 1,5 m od drzwi, okna, grzejnika czy innych źródeł ciepła,
- bliżej niż w odległości 50 cm od wyciągu czy urządzenia do filtracji powietrza



ISTOTA PRAWIDŁOWEGO OKREŚLENIA ŚREDNIOROCZNEGO STĘŻENIA RADONU W POMIESZCZENIU


1. Przed rozpoczęciem pomiarów budynków należy przeanalizować czynniki mające wpływ na migrację i wnikanie radonu, takie jak: lokalizacja szybów instalacyjnych, rodzaj stosowanej wentylacji, rodzaj materiałów budowlanych pod kątem stężenia nuklidów promieniotwórczych. Zebrane informacje należy przekazać do laboratorium wykonującego pomiary.
2. Informacja o rozpoczęciu pomiarów radonu i miejscach umieszczania detektorów powinna być przekazana pracownikom i osobom przebywającym w badanych pomieszczeniach. Pracownicy powinni być poinformowani o celu pomiarów.



3. Detektory powinny być umieszczone w bezpiecznych miejscach tak, aby ograniczyć do minimum możliwość ich przenoszenia, otwierania i innych działań mogących wpływać na wynik pomiaru.

Jednocześnie miejsce pomiaru powinno być dobrane tak, aby wynik pomiaru był reprezentatywny dla danego pomieszczenia. W miejscach pracy, budynkach, lokalach i pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi detektory należy umieszczać z dala od okien, grzejników, ciągów wentylacyjnych, możliwie najbliżej miejsc przebywających tam osób.



- 
4. Należy zapewnić swobodny opływ powietrza wokół detektorów.
 5. W trakcie pomiarów należy notować czas przebywania pracowników w pomieszczeniach, które nie są wykorzystywane w sposób ciągły (warsztaty, magazyny itp.).



Wszystkie przedstawione powyżej zasady prowadzenia pomiarów radonu w pomieszczeniach mają na celu jak najprecyzyjniej określić istotny parametr tzn. średnioroczne stężenie radonu w danym pomieszczeniu. Wspomniane było o stosowaniu sezonowych współczynników korekcyjnych oraz zaleceniu przeprowadzania pomiarów w okresie grzewczym (październik – marzec). Współczynniki określone zostały dla budynków mieszkalnych. Nie ma jeszcze jednoznacznych zaleceń co do np. miejsc pracy w których należy przeprowadzić pomiary.



ZAGADNIENIA UNIKANIA I POLOWANIA NA WYNIK

Równie ważnym, osobnym zagadnieniem jest postępowanie z detektorami tak, żeby wyeliminować zjawisko „unikania czy polowania na wynik”.

Prawidłowe przeprowadzenie pomiarów opiera się na zaufaniu, iż osoby rozmieszczające detektory wykonają to zgodnie z załączoną instrukcją.



Polowanie na wynik

Umieszczenie detektora w miejscu słabo wietrzonym, w małych zamkniętych pomieszczeniach, czy w piwnicy z równoczesnym zafałszowaniem informacji o miejscu ekspozycji miernika.

Unikanie wyniku

Umieszczenie detektora w miejscach intensywnie przewietrzanych, na wyższych piętrach czy na zewnątrz budynku z równoczesnym zafałszowaniem informacji o miejscu ekspozycji miernika.



WPŁYW RADONU NA ZDROWIE



Specyfika oddziaływania radonu na zdrowie człowieka.



Skutki zdrowotne występowania radonu.




Synergiczne działanie radonu z paleniem papierosów.



SPECYFIKA ODDZIAŁYWANIA RADONU NA ZDROWIE CZŁOWIEKA

Skutki oddziaływania promieniowania na organizm dzielimy na deterministyczne (pojawiają się w przypadku otrzymania stosunkowo dużej dawki promieniowania, ich częstość i nasilenie wzrasta wraz z dawką promieniowania) i stochastyczne (nie ma dla nich dawki progowej, mogą się pojawić po otrzymaniu najmniejszej nawet dawki promieniowania). Ze względu na specyfikę oddziaływania, radon i jego pochodne mogą wywoływać jedynie skutki stochastyczne (nowotwory płuc).






Absorpcja radonu w ciele ludzkim jest ograniczona rozpuszczalnością tego izotopu w tkankach. Ogranicza to wielkość dawek pochłanianych w organizmie w wyniku inhalacji radonu czy toronu. Radon dostaje się do płuc podczas oddychania, a stąd poprzez błonę pęcherzyków płucnych do krwi i dalej wraz z nią do innych części organizmu ludzkiego.



Ocenia się jednak, że już podczas pierwszego przepływu krwi przez płuca stężenie radonu osiąga w niej 80-90% poziomu nasycenia. Zgodnie z modelem Jacobiego-Eisfelda 50-60% sumarycznej dawki jest pochłaniane w płucach, po około 8% w wątrobie, nerkach, śledzionie, czerwonym szpiku kostnym i na powierzchniach kości, a reszta w pozostałych częściach organizmu ludzkiego.






Zupełnie inne mechanizmy rządzą rozprzestrzenianiem się krótkożyciowych produktów rozpadu radonu. Dawka dla układu oddechowego od pochodnych radonu jest głównie wynikiem napromienienia nabłonka komórek oskrzeli i płuc cząstkami alfa.



Ocenę narażenia ludzi na wdychanie pochodnych radonu prowadzi się na podstawie zmierzonych (szacowanych) wartości ekspozycji oraz przy znajomości współczynników ryzyka, umożliwiających wyrażenie ekspozycji w jednostkach dawki efektywnej.

Ekspozycję wylicza się, znając średnie stężenia radonu C_{Rn} (energię potencjalną alfa) w atmosferze, w której przebywają ludzie, oraz średnie czasy ich przebywania w skażonej atmosferze.





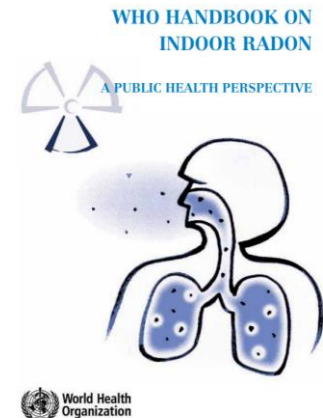
Radon jest uznawany przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem (IARC) jako czynnik rakotwórczy klasy 1 (IARC, 2012). Z zebranych na dużą skalę badań epidemiologicznych uzyskano dowody, że istnieje liniowy związek między długoterminową ekspozycją na radon i ryzykiem występowania raka płuc. Według raportu WHO ekspozycja na radon jest drugą, po paleniu papierosów, przyczyną indukowania raka płuc.



SKUTKI ZDROWOTNE WYSTĘPOWANIA RADONU

Wyniki badań epidemiologicznych w grupie osób narażonych na radon w mieszkaniach (wg. WHO, 2009):

- Potwierdzają, że obecność radonu zwiększa ryzyko rozwoju raka płuc w populacji ogólnej.
- Co więcej, inne skutki zdrowotne radonu nie zostały wykazane.
- Szacuje się, że odsetek wszystkich nowotworów płuc związanych z radonem wynosi od 3% do 14% w zależności od średniego stężenia radonu w danym kraju i metody jego obliczania.

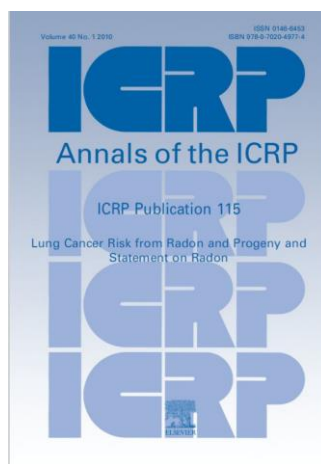




- Radon jest drugą najważniejszą przyczyną raka płuc po paleniu tytoniu w wielu krajach.
- Radon znacznie częściej powoduje raka płuc u osób, które palą, lub które paliły w przeszłości, niż u osób niepalących przez całe życie. Jest główną przyczyną raka płuc u osób, które nigdy nie paliły.
- Nie jest znane stężenie progowe, poniżej którego narażenie na radon nie występuje - nawet niskie stężenia radonu mogą powodować niewielki wzrost ryzyka raka płuc.

Wyniki badań epidemiologicznych w grupie zarówno górników jak i populacji generalnej (przeprowadzone w Europie, Ameryce Północnej i Chinach) pokazują podobne wyniki tzn.:

- istnieją mocne dowody, iż radon i jego pochodne mogą powodować raka płuc.
- w przypadku guzów litych (innych niż rak płuca) i białaczek, nie ma do tej pory przekonujących ani spójnych dowodów na istnienie zwiększonego ryzyka rozwoju choroby.

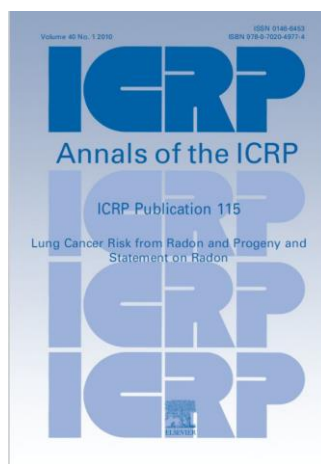


ICRP, 2010



Badania epidemiologiczne dotyczące radonu

- Chiny (połączono i przeanalizowano dane z 2 badań) – 1050 osób narażonych i 1995 osób z grupy kontrolnej
- Ameryka Północna (połączono i przeanalizowano dane z 7 badań) – 3662 osób narażonych i 4966 osób z grupy kontrolnej
- Europa (połączono i przeanalizowano dane z 13 badań) – 7148 osób narażonych i 14208 osób z grupy kontrolnej



ICRP, 2010



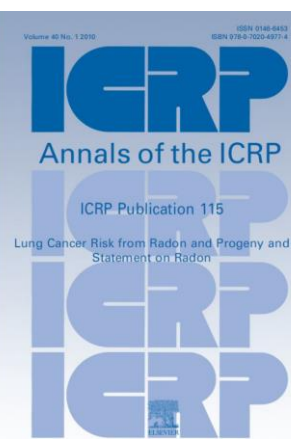
SYNERGICZNE DZIAŁANIE RADONU Z PALENIEM PAPIEROSÓW

Wyniki badań epidemiologicznych przeprowadzonych w Europie

Bq/m ³	Skumulowane ryzyko nowotworu płuc (w wieku 75 lat)	
	palący (około 1 paczka dziennie)	niepalący
0	10%	0,4%
100	12%	0,5%
400	16%	0,7%

Darby 2005 Radon in homes and risk of lung cancer: Collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies

Darby 2006 Residential radon and lung cancer—detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14 208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe



ICRP, 2010



- Palenie papierosów pozostaje najważniejszą przyczyną raka płuc.
- Obecność radonu ma wpływ na rozwój nowotworu, gdyż wraz ze wzrostem stężenia radonu rośnie ryzyko zachorowania.
- W przypadku narażenia na radon obserwujemy zwiększone ryzyko zapadalności na nowotwór płuc u osób palących. Dotyczy to również biernych palaczy.



DYREKTYWY

DYREKTYWA RADY 2013/59/EURATOM





z dnia 5 grudnia 2013 r.

ustanawiająca podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego oraz uchylająca dyrektywy 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom i 2003/122/Euratom

- (23) Dla ustalenia zadań wynikających z długoterminowego narażenia na radon konieczne są krajowe plany działania. Uznaje się, że połączenie palenia tytoniu i wysokiego narażenia na radon powoduje znacznie wyższe ryzyko wystąpienia raka płuc u pojedynczej osoby niż każdy z tych czynników z osobna, oraz że palenie tytoniu zwiększa ryzyko wynikające z narażenia na radon na poziomie populacji. Ważne jest, aby państwa członkowskie zajęły się obydwoma rodzajami zagrożeń dla zdrowia.



DZIAŁANIA ZABEZPIECZAJĄCE

-  Postępowanie przed wybudowaniem budynku w celu oszacowania zagrożenia od radonu
-  Działania ograniczające wnikanie radonu do pomieszczeń w trakcie budowy.
-  Metody zmniejszenia stężenia radonu w budynku cechujące się niskimi kosztami.
-  Postępowanie w budynkach gdzie stwierdzono przekroczenie średniorocznego stężenia radonu ponad 300 Bq/m³.

Radon należy do naturalnie występujących pierwiastków promieniotwórczych więc całkowite jego wyeliminowanie z procesu oddychania człowieka nie jest możliwe. Najprostszą i najtańszą metodą zmniejszenia stężenia radonu w pomieszczeniach jest częste i „inteligentne” ich wietrzenie. Można podjąć także inne działania, przynoszące długofalowe efekty, jednak wiąże się to z koniecznością poniesienia określonych nakładów finansowych.



POSTĘPOWANIE PRZED WYBUDOWANIEM BUDYNKU W CELU OSZACOWANIA ZAGROŻENIA OD RADONU

W związku z powyższym, jeszcze na etapie planowania inwestycji można określić tzw. „potencjał radonowy” i indeks ryzyka radonowego (RI - Radon Index) terenu przeznaczonego pod budowę. Na wskazanym terenie dokonuje się pomiaru stężenia radonu w podłożu i pomiar przepuszczalności gruntu, co pozwala na wyznaczenie potencjału i indeksu ryzyka radonowego terenu (RI).



POMIAR STĘŻENIA RADONU W POWIETRZU GLEBOWYM

Pomiar stężenia radonu w powietrzu glebowym można przeprowadzić zarówno za pomocą miernika RM-2 (miernik stężenia radonu w glebie z komorami jonizującymi IK-250) oraz systemu komór scyntylicyjnych, zwanych komorami Lucasa, z fotopowielaczem i licznikiem impulsów elektrycznych.

Pomiar stężenia radonu za pomocą komór Lucasa w porównaniu do pomiaru przy użyciu miernika RM-2 jest bardziej wydajny i szybszy, ponieważ pokrywa dużą powierzchnię w krótszym czasie ekspozycji. Komory Lucasa są jedną z najskuteczniejszych metod pomiaru stężenia radonu w powietrzu glebowym.





^{222}Rn w POWIETRZU GLEBOWYM



RI – Radonowy Indeks
(Radon Index)

- poziom ryzyka od radonu (niski, średni, wysoki)

RP – Radonowy Potencjał miejsca pod zabudowę
(Radon Potential of a building site)

$$RP = (C_{\text{Rn}} - 1) / (-\log k - 10)$$

C_{Rn} – stężenie radonu w glebie [kBq/m^3];

k – przepuszczalność [m^2]

RI niski	RP < 10
RI średni	10 ≤ RP < 35
RI wysoki	RP ≥ 35

Krzysztof Kozak - Seminarium IFJ PAN, 21.06.2012.

1. Zaizolowanie fundamentów, stropu i podłogi na gruncie, np. poprzez użycie

- dwóch warstw papy
- folii z polietylenu o wysokiej gęstości
- folii bitumicznej klejonej na zimno
- mas uszczelniających lub szkła piankowego.

Materiały powinny być certyfikowane pod względem przepuszczalności radonu.



2. Podjąć decyzję o zastosowaniu specjalnej konstrukcji fundamentów ze wzmocnionymi krawędziami, zapobiegającej nieszczelnościom między płytą, a ścianami, którymi radon może wnikać do wnętrza.
3. Można też przeprowadzić wymianę gruntu wokół budynku na grunt zawierający mniej izotopu radu przy równoczesnym zastosowaniu izolacji.
4. W ostateczności można zmienić lokalizację budowy



METODY ZMNIEJSZENIA STĘŻENIA RADONU W BUDYNKU CECHUJĄCE SIĘ NISKIMI KOSZTAMI

Zwiększenie częstości wymiany powietrza w budynku stosując mechaniczne systemy wentylacji


Obniżenie współczynnika ekshalacji*, poprzez np.

- pokrywanie ścian odpowiednimi farbami,
- zastosowanie na podłogach i stropach pomieszczeń folii z polietylenu o wysokiej gęstości lub folii bitumicznej klejonej na zimno**,
- zastosowanie mas uszczelniających lub szkła piankowego na pęknięcia w fundamentach lub szczeliny przy instalacjach.

* Współczynnik ekshalacji: aktywność radonu (Bq) wydzielana do powietrza w jednostce czasu (s) z jednostki powierzchni (m²) danego materiału.

** Materiały powinny być certyfikowane pod względem przepuszczalności radonu





Badania wpływu rodzaju pokrycia ścian na wartość ekshalacji radonu przeprowadzone w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej wskazują, że przy zastosowaniu tynku cementowo-wapiennego podwójna warstwa farby olejnej zmniejsza współczynnik ekshalacji radonu o ok. 75%, farba emulsyjna – o ok. 35%, a farba klejowa – o ok. 20%.

Źródło: Kalina Mamont-Cieśla, *Radon – promieniotwórczy gaz w środowisku człowieka*, Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, str. 33.



POSTĘPOWANIE W BUDYNKACH GDZIE STWIERDZONO PRZEKROCZENIE ŚREDNIOROCZNEGO STĘŻENIA RADONU PONAD 300 Bq/m³

W istniejących budynkach, można wykonać uszczelnianie fundamentów i zastosować systemy wentylacyjne zapobiegające przedostawaniu się radonu do wnętrza budynków takie jak:

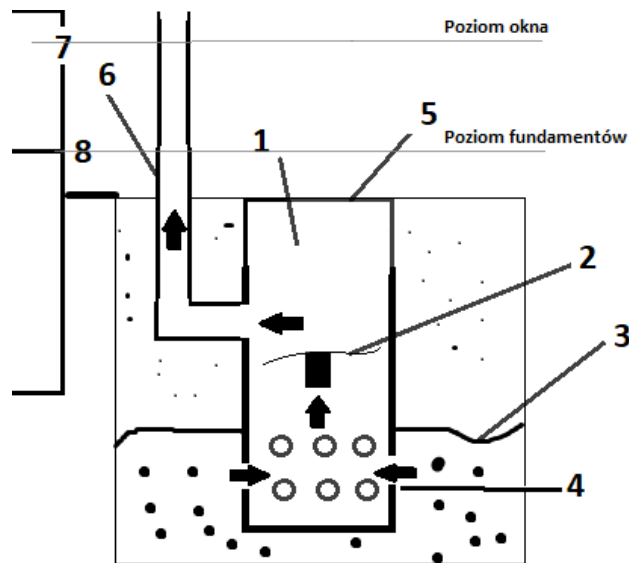
- studnia radonowa
- poduszka powietrzna
- instalacja nawiewna z poddasza
- wysysanie odpowiednią instalacją powietrza zawierającego radon spod płyty fundamentowej
- depresja podpodłogowa



Studnia radonowa

Metoda polega na wysysaniu powietrza glebowego spod budynku;

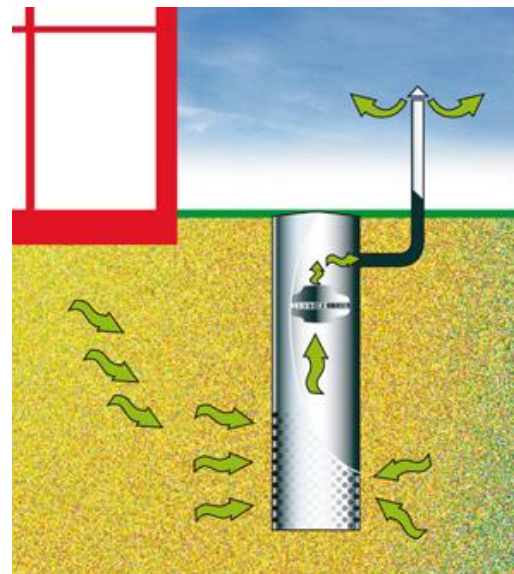
Aktywne studnie radonowe są to urządzenia, zbierające radon z dala od budynków i odprowadzające gaz ten do atmosfery.



- 1 – rura perforowana, średnica ok. 400-1000mm
- 2 – wentylator
- 3 – izolacja
- 4 – komora ssawna
- 5 – pokrywa
- 6 – przewód odprowadzający
- 7 – okno
- 8 – fundament

Studnia radonowa

Głębokość studni powinna być większa niż głębokość fundamentu, a przewód odprowadzający powietrze powinien być tak umieszczony, aby nie wprowadzał powietrza do domu np. przez otwory okienne.

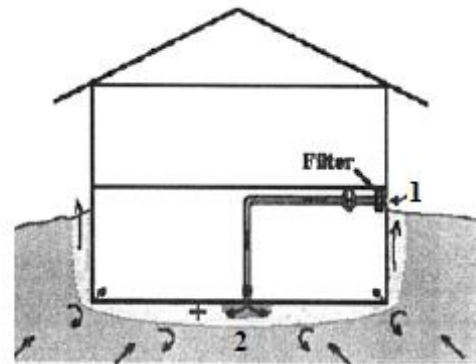


Studnia radonowa Źródło: <http://products.ostberg.com/>



Poduszka powietrzna

Metoda polega na wpompowywaniu powietrza z wnętrza budynku pod jego fundamenty.



Rys. 10. Schemat poduszki powietrznej: 1 – powietrze zasysane do systemu, 2 – „dołek dystrybucji ciśnienia” pod fundamentem

Źródło: Czasopismo Techniczne, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej ISSN 0011-4561 Elżbieta Korzeniowska-Rejmer, *Radon w gruncie i techniki redukcji jego stężenia w obiektach budowlanych.*

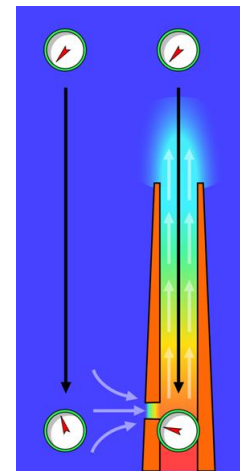
Instalacja nawiewna z poddasza

Metoda polega na zwiększeniu ciśnienia w budynku, co w konsekwencji zmniejsza wpływ efektu kominowego.

Efekt kominowy polega na przemieszczaniu się gazu z obszarów o wyższym ciśnieniu do obszarów o ciśnieniu niższym. Im ta różnica jest większa, tym sam efekt jest bardziej znaczący.

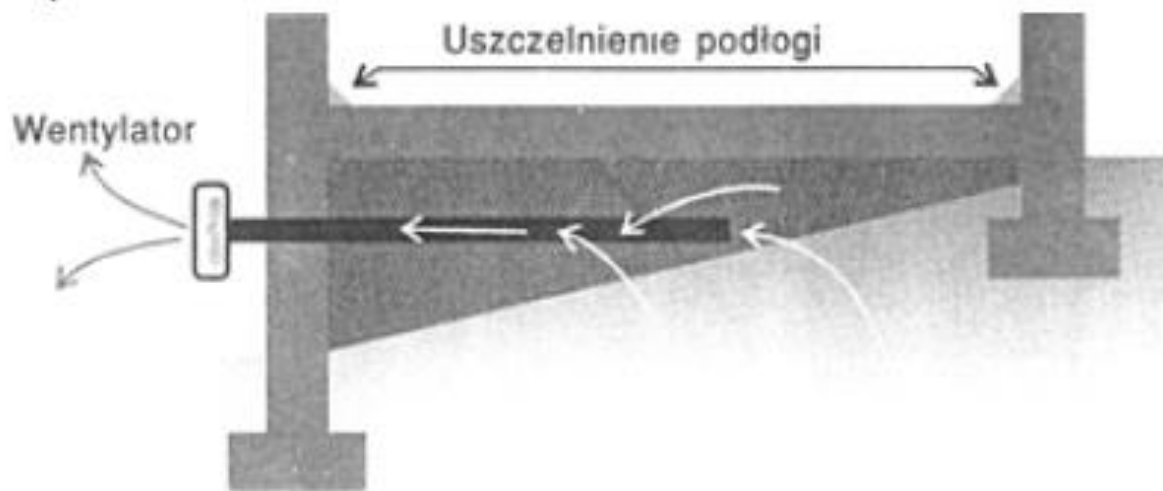
Efekt może występować nie tylko w kominach, ale i w całych budynkach, klatkach schodowych itd.

Efekt kominowy jest szczególnie widoczny w sezonie grzewczym, gdzie ogrzewany budynek w stosunku do zimnego otoczenia, wytwarza go, zasysając w większym stopniu radon z powietrza glebowego.



Efekt kominowy,
źródło: Wikipedia

Wysysanie odpowiednią instalacją powietrza zawierającego radon spod płyty fundamentowej



Źródło: Elżbieta Korzeniowska-Rejmer, *Radon w gruncie i techniki redukcji jego stężenia w obiektach budowlanych*.

Metoda polega na wykonaniu w piwnicy lub pod budynkiem studzienki, w której montuje się wentylator wytwarzający podciśnienie. Taki układ (pułapka radonowa) wysysa radon z przestrzeni pod budynkiem.

ICRP Raport 65, 66, 126, 137

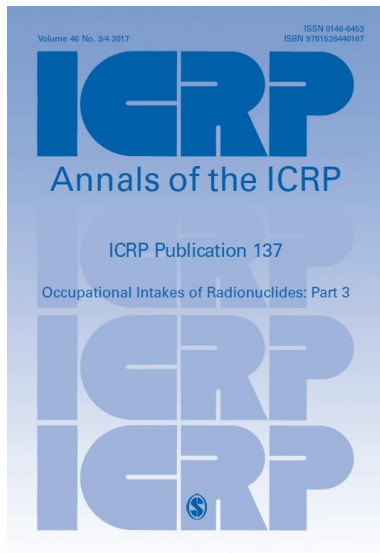
WHO Handbook on radon

IAEA Specific Safety Guide No. SSG-32 oraz SAFETY REPORTS SERIES No. 98,

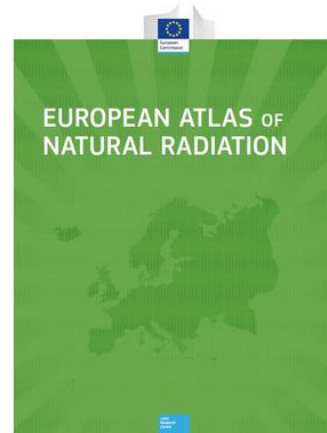
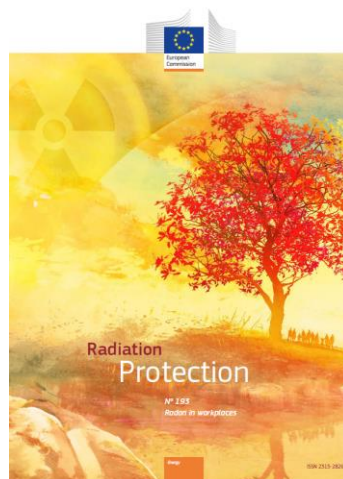
CLOR „Radon – promieniotwórczy gaz w środowisku człowieka” Kalina Mamont-Cieśla

UE Radiation Protection N^o193 Radon in Workplaces

JRC- European Atlas of Natural Radiation



WHO HANDBOOK ON
INDOOR RADON
A PUBLIC HEALTH PERSPECTIVE



IAEA Safety Standards

for protecting people and the environment

Protection of the Public
against Exposure Indoors
due to Radon and Other
Natural Sources of
Radiation

Jointly sponsored by the IAEA, WHO



Specific Safety Guide
No. SSG-32



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!



Zapraszam do kontaktu
e-mail: Jerzy.Olszewski@imp.lodz.pl

