

**INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ im. Henryka Niewodniczańskiego
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**



doświadczenie profesjonalizm solidność

**LABORATORIUM
EKSPERTYZ RADIOMETRYCZNYCH**

ul. E. Radzikowskiego 152, 31-342 KRAKÓW

tel./ kom./fax: 012 66 28 332 / 0 517 904 204 / 012 66 28 458; e-mail: radon@ifj.edu.pl; [http:// radon.ifj.edu.pl](http://radon.ifj.edu.pl)

RAPORT KOŃCOWY

**z pomiarów parametrów radonowych
dostarczonej próbki materiału izolacyjnego:
papa asfaltowa**

FUNDAMENT ANTYRADON SZYBKI PROFIL SBS

dr Krzysztof Kozak, dr Jadwiga Mazur, mgr Dominik Grządziel, dr Elżbieta Kochowska

Kraków, styczeń 2009



AB 788

LABORATORIUM EKSPERTYZ RADIOMETRYCZNYCH IFJ PAN

31-342 Kraków, ul. Radzikowskiego 152

tel: 012 66 28 332 • mob: 517 904 204 • fax: 012 66 28 458

e-mail: radon@ifj.edu.pl • [http:// radon.ifj.edu.pl](http://radon.ifj.edu.pl)

NIP 675-000-04-44; REGON 000326983

Bank PEKAO S.A. O/Kraków

Nr 66 1240 4722 1111 0000 4850 1109

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	4
2. Teoria	6
3. Aparatura pomiarowa	7
4. Metoda pomiarowa	8
5. Wyniki pomiarów	9
6. Niepewność pomiaru	10

Załącznik – sprawozdanie z pomiarów stężeń radonu w powietrzu.

ZAKRES ZLECENIA

Pomiary zostały wykonane w Laboratorium Ekspertyz Radiometrycznych - Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk w Krakowie (IFJ PAN) na zlecenie: ICOPAL S.A. ul. Łaska 169-197, 98-220 Zduńska Wola (zlecenie z dnia 19.11.2008.).

Zakres zlecenia obejmował przeprowadzenie następujących pomiarów:

1. zbadanie stopnia przepuszczalności radonu w dostarczonym materiale izolacyjnym:

§ papa asfaltowa FUNDAMENT ANTYRADON SZYBKI PROFIL SBS

2. określenie współczynników:

radon transmittance: P [m/s]

radon permeability: k [m²/s]

Pomiar stężenia izotopu radonu Rn-222 wykonano wg procedury szczegółowej RG wyd.2 z dnia 9.11.2006., stosowanej w LER IFJ PAN.

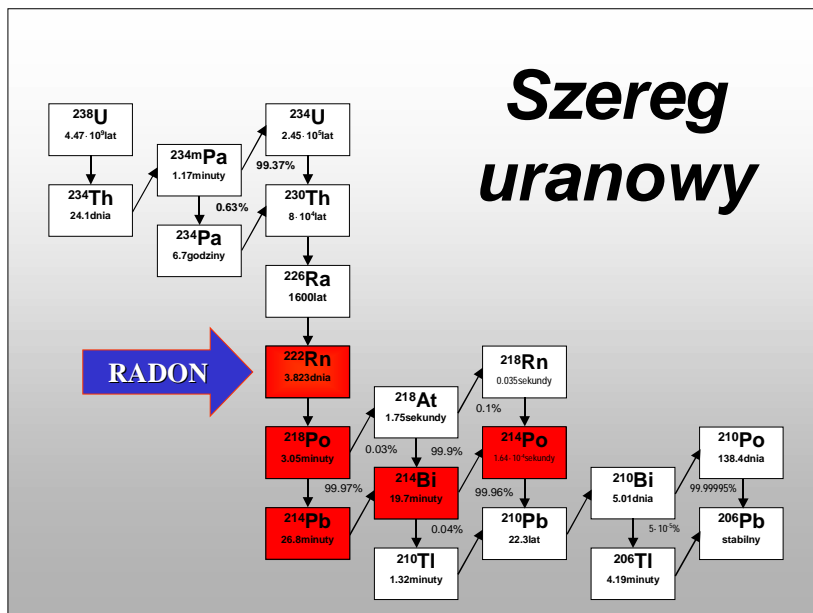
Pomiary wykonano w dniach od 9.01.2009 do 12.01.2009.

1. WPROWADZENIE

Radon w powietrzu

Izotop ^{226}Ra z szeregu uranowego jest izotopem alfa promieniotwórczym i z okresem półrozpadu równym 1600 lat przechodzi w radioaktywny **izotop radonu** (^{222}Rn), który jako gaz jest szczególnie istotny ze względu na swój wysoki udział w dawce inhalacyjnej.

Radon jest gazem szlachetnym - nie reaguje z innymi związkami. Jest niewidoczny, bez zapachu i smaku. Jest to izotop najbardziej istotny z punktu widzenia wpływu na zdrowie. Rozpada się z czasem półrozpadu $T_{1/2}=3,8$ dnia, tworząc tzw. „szereg krótkożyciowych pochodnych rozpadu radonu” (oznaczone na czerwono).



Schemat przemian promieniotwórczych w szeregu uranowym (strzałki pionowe oznaczają rozpad alfa, ukośne – przemianę beta)

Głównym źródłem radonu w atmosferze jest radon wydostający się z gleby, gdzie jego stężenia sięgają tysięcy bekereli na metr sześcienny (1 Bekerel to 1 rozpad promieniotwórczy atomu w ciągu 1 sekundy). Po wydostaniu się z gleby do atmosfery następuje bardzo szybka ekspansja radonu i jego rozrzedzenie, co powoduje znaczny spadek jego stężenia. Wielkość ekshalacji (wydobywania się) radonu z gruntu jest zależna od miejsca (rodzaj gleby, geologia podłoża) oraz od warunków atmosferycznych (ciśnienie, siła i kierunek wiatru, wilgotność, obecność pokrywy śnieżnej, itp.). Radon jako gaz szlachetny nie wpływa bezpośrednio na nasz organizm. Rozpada się on, emitując cząstki alfa, na krótkożyciowe pochodne (izotopy polonu: ^{218}Po i ^{214}Po , i ołów ^{210}Pb), które następnie łączą się z aerozolami i wnikają do układu oddechowego. Ten proces może stanowić wzrost zagrożenia zdrowotnego przy występowaniu wyższych stężeń radonu w pomieszczeniach, w których spędzamy większość czasu.

Wysokie stężenia radonu występujące głównie w kopalniach uranu (rzędu tysięcy bekereli w m³), a w konsekwencji jego pochodnych, mogą być szkodliwe dla zdrowia. Pochodne radonu związane z pyłami obecnymi w powietrzu osadzają się w płucach i mogą stanowić zagrożenie wystąpienia chorób nowotworowych.

Średnie stężenie radonu w przyziemnej warstwie atmosfery utrzymuje się na poziomie około 10 Bq/m³, przy czym zmienia się w zakresie 0 – 100 Bq/m³ zależnie od miejsca, pory roku i pory dnia. W okresie letnim stężenia te są wyższe niż w zimie. Niskie stężenia radonu występują np. nad zbiornikami wodnymi [Niewiadomski T. (red.), 1994, *Radon – właściwości, ryzyko, przeciwdziałanie*, wyd. Instytut Fizyki Jądrowej, Kraków]. Zdarzają się jednakże rejony na świecie, gdzie te stężenia są znacznie wyższe, dochodzące do 200 – 300 Bq/m³ (np. południowe rejony Serbii i Czarnogóry). Wynika to z budowy geologicznej takiego terenu oraz z obecności znacznych ilości radu ²²⁶Ra w gruncie. W Polsce wyższe stężenia radonu występują na obszarze Sudetów. Za taką sytuację odpowiedzialne jest rozmieszczenie najważniejszych naturalnych izotopów promieniotwórczych w glebie, które jest odzwierciedleniem budowy geologicznej danego obszaru.

2. TEORIA

Gęstość strumienia radonu (q) przez testowany materiał opisuje równanie:

$$q = P \cdot (C_1 - C_2)$$

gdzie:

q	– gęstość strumienia radonu (^{222}Rn)	[Bq/m ³ ·s]
P	– radon transmitance	[m/s]
C_1, C_2	– stężenia radonu przed i za badanym materiałem (papą)	[Bq/m ³]

Narastanie stężenia radonu (C_2) w komorze pomiarowej opisuje równanie różniczkowe:

$$\frac{dC_2}{dt} = \frac{P \cdot (C_1 - C_2)}{V} \cdot S$$

gdzie:

t	– czas	[s]
S	– powierzchnia testowanego materiału	[m ²]
V	– objętość komory pomiarowej	[m ³]

W efekcie rozwiązanie tego równania przy założeniu: $C_2 = 0$ dla $t = 0$, otrzymujemy:

$$C_2 = t \cdot \frac{S}{V} \cdot P \cdot (C_1 - C_2)$$

$$P = \frac{C_2}{C_1 - C_2} \cdot \frac{V}{S \cdot t}$$

Dla określenia przepuszczalności radonu używa się niekiedy pojęcia *radon resistance* Z [m/s] zdefiniowanego jak poniżej:

$$Z = \frac{1}{P} = \frac{C_1 - C_2}{C_2} \cdot \frac{S \cdot t}{V}$$

Współczynnik k (*radon permability*) oblicza się na podstawie wzoru:

$$k = \frac{d}{Z} = P \cdot d = \frac{C_2}{C_1 - C_2} \cdot \frac{V}{S \cdot t} \cdot d$$

gdzie:

k	– radon permability	[m ² /s]
d	– grubość testowanego materiału	[m]

3. APARATURA POMIAROWA

CERTYFIKOWANE ŹRÓDŁO RADONOWE RN-1025 (FIRMY PYLON)



RN-1025 o aktywności 21,6 kBq

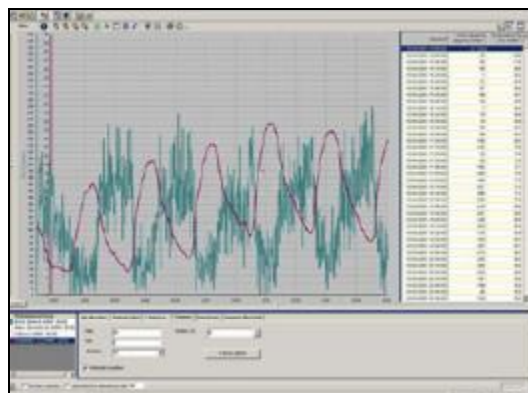
- produkcja radonu z szybkością: 2,710 Bq/min.

Charakterystyka źródła RN-1025:

Izotop	rad (^{226}Ra)
Dokładność kalibracji	$\pm 4\%$
Przepływ	0-10 dm ³ /min
Zakres temperatur	od -20°C do +40°C
Zakres wilgotności	od 0 do 100%
Waga	1,7 kg
Wymiary (dług. x szer. x wys.)	457mm x 153mm x 102mm

PROFESJONALNY MIERNIK RADONU

Do pomiarów stężenia radonu stosowano referencyjny profesjonalny miernik radonu : AlphaGUARD™ PQ2000 Pro firmy Genitron ®



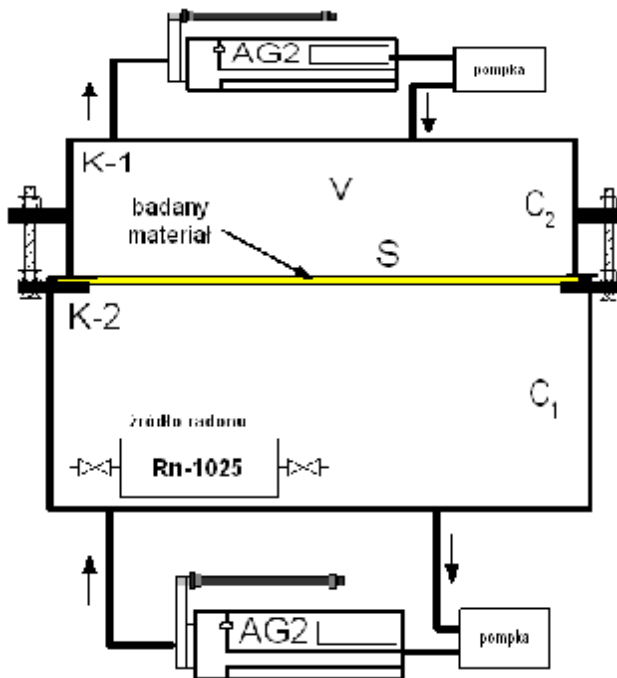
Podstawowe parametry techniczne AlphaGUARD™ PQ2000 Pro przedstawiono poniżej:

- rodzaj detektora do wykrywania radonu: komora jonizacyjna HV=750 VDC
- objętość detektora 0,62 dm³ (objętość aktywna 0,56 dm³)
- zakres pracy:
 - temperatura od -10 °C do +50 °C,
 - ciśnienie atmosferyczne: 700 – 1100 mbar
 - wilgotność: do 99 % rH
- zakres pomiarowy stężeń radonu: 2- 2 000 000 Bq/m³
- czułość detektora 1cpm dla 20 Bq/m³ (5 CPM dla 100 Bq/m³)
- tło detektora <1 Bq/m³
- błąd kalibracji urządzenia nie większy niż 3%
- cykle pomiarowe: dyfuzyjny (10 i 60 min) i przepływowy (1 i 10 min)
- praca na bateriach: powyżej 7 dni
- pamięć dla zapisywania danych:
 - (powyżej 10 dni dla cyklu dyfuzyjnego
 - powyżej 30 dni dla cyklu przepływowego (10min)
- waga < 5 kg
- minimum 5 lat ważność kalibracji
- automatyczna kompensacja tła detektora
- możliwość dołączania zewnętrznych czujników

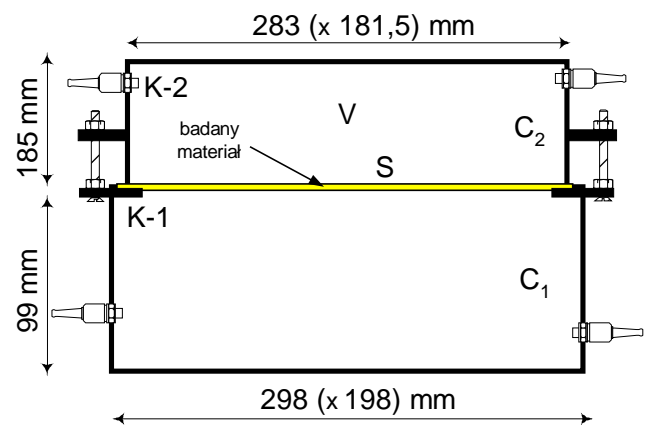
4. METODA POMIAROWA

Pomiary prowadzono z wykorzystaniem komory pomiarowej Rn-BOX.

Badany materiał (papa) o polu powierzchni S został szczelnie przymocowany między dwoma komorami K-1 i K-2. Przeprowadzona badanie szczelności Rn-BOX. Wewnątrz komory K-1 umieszczono źródło radonowe Rn-1025. Do układu komór za pomocą rurek PCV firmy TRYGON podłączono dwa mierniki AlphaGUARD™ PQ2000 Pro: AG1 i AG2 oraz pompki AlphaPUMP wymuszające przepływ powietrza. Miernik AG1 służył do pomiaru stężenia radonu C_1 w komorze K-1. Drugi miernik AG2 rejestrował stężenia radonu C_2 w komorze K-2 o objętości V .



Schemat układu pomiarowego



Wymiary komór RnBOX

Stanowisko pomiarowe przedstawiono na zdjęciu:



Sprawdzanie szczelności komory RnBOX



Widok układu w czasie pomiaru

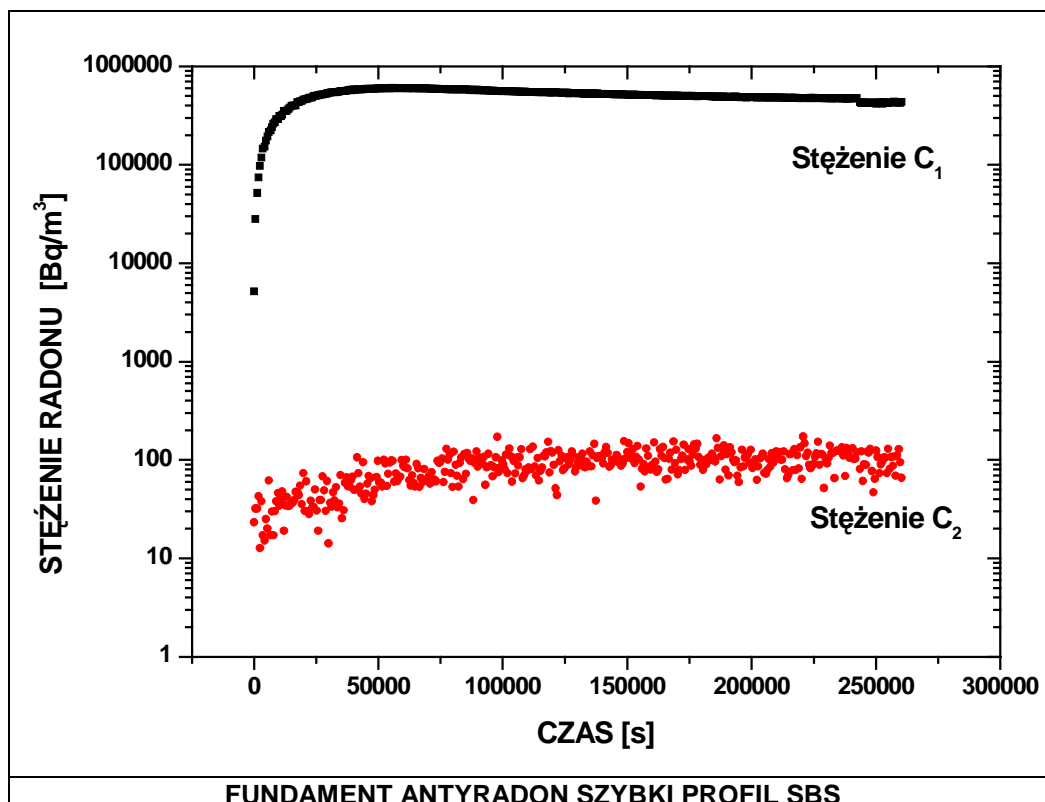
5. WYNIKI POMIARÓW

Test przeprowadzono w następujących warunkach:

Materiał		FUNDAMENT ANTYRADON SZYBKI PROFIL SBS	
Grubość materiału	d [mm]	2,8 mm	
Powierzchnia materiału	S [m²]	0,0483 m ²	
Objętość komory K-2	V [m³]	0,006 m ³	
Czas trwania badania		od 09.01.2009 do 12.01.2009 (242 400 s)	
Stężenie radonu C₁	[Bq/m ³]	zakres	5 150 ÷ 602 110
		średnia *	515 700
Stężenie radonu C₂	[Bq/m ³]	zakres	13 ÷ 173
		średnia *	86
Ciśnienie	[Pa]	zakres	1001 ÷ 1007
		średnia	1005
Temperatura	[°C]	zakres	20,1 ÷ 21,3
		średnia	20,6
Wilgotność	[%]	zakres	23,8 ÷ 30,8
		średnia	27,1

średnia * - średnie stężenie Rn-222 od momentu ustalenia równowagi do końca pomiaru

Przebiegi zmian stężenia radonu w czasie badania przedstawia poniższy rysunek:



Wyniki przeprowadzonych pomiarów posłużyły do obliczenia współczynników opisujących własności anty-radonowe badanego materiału: współczynnika P (*radon transmittance* [m/s]) oraz współczynnika k (*radon permeability* [m²/s]). Sposób obliczenia współczynników P oraz k opisano w rozdziale „Teoria”.

Do obliczeń wybrano 6 punktów pomiarowych z obszaru, gdzie stężenia radonu C_1 i C_2 osiągnęły w przybliżeniu stały poziom.

Wyniki obliczeń przedstawiono w poniższej tabeli:

C_1	C_2	t	P	k
			radon transmittance	radon permeability
[Bq/m ³]		[s]	[m/s]	[m ² /s]
FUNDAMENT ANTYRADON SZYBKI PROFIL SBS				
593 920	98	49 800	4,1E-10	1,2E-12
585 728	95	75 000	2,7E-10	7,5E-13
548 864	128	111 000	2,6E-10	7,3E-13
522 240	105	139 800	1,8E-10	5,0E-13
487 424	114	190 200	1,5E-10	4,3E-13
473 088	99	229 800	1,1E-10	3,2E-13

Średnie wartości współczynników P i k wynoszą:

Papa: FUNDAMENT ANTYRADON SZYBKI PROFIL SBS

$P = 2,3 \times 10^{-10}$ [m/s]; $k = 6,5 \times 10^{-13}$ [m²/s]

6. NIEPEWNOŚĆ POMIARU

Błąd stężenia radonu mieści się w granicach od $\pm 5\%$ (dla wysokich stężeń) do $\pm 35\%$ (dla najniższych stężeń). Inne błędy wpływające na określenie niepewności współczynników P i k to błędy określenia objętości komory K-1, powierzchni i grubości badanego materiału – ok. $\pm 5\%$. Całkowitą niepewność określono na poziomie $\pm 15\%$



.....
dr Krzysztof Kozak
Kierownik

LABORATORIUM EKSPERTYZ RADIOLOGICZNYCH IFJ PAN

**INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ im. Henryka Niewodniczańskiego
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**



doświadczenie profesjonalizm solidność

**LABORATORIUM
EKSPERTYZ
RADIOMETRYCZNYCH**

ul. E. Radzikowskiego 152, 31-342 KRAKÓW

tel./ kom./fax: 012 66 28 332 / 0 517 904 204 / 012 66 28 458; e-mail: radon@ifj.edu.pl; [http:// radon.ifj.edu.pl](http://radon.ifj.edu.pl)

Sprawozdanie zawiera stron: 2

Kraków, 23.01.2009

SPRAWOZDANIE Z BADAŃ Nr 02/2009

Wyznaczanie stężeń izotopów radonu ^{222}Rn i toronu ^{220}Rn
w próbkach gazowych
metodą spektrometrii promieniowania alfa
wg procedury szczegółowej „RG”, wyd. 2 z dnia 09.11.2006



AB 788

Zleceniodawca:	ICOPAL S.A. ul. Łaska 169-197, 98-220 Zduńska Wola
Numer i data zlecenia:	1/2009 z dnia 19.11.2008
Miejsce pomiaru:	Laboratorium Ekspertyz Radiometrycznych IFJ PAN, Kraków
Data pomiaru:	9.01.2009 – 12.01.2009
Pomiary wykonał:	Krzysztof Kozak, Dominik Grządziel, Jadwiga Mazur, Elżbieta Kochowska
Uwagi:	

Rodzaje wykonanych pomiarów*:

* odpowiednie zaznaczyć

Wyznaczanie stężeń izotopów radonu w powietrzu glebowym:

(metoda: spektrometria promieniowania alfa z wykorzystaniem profesjonalnego miernika radonu - komory jonizacyjnej AlphaGUARDÔ PQ2000 PRO)

Wyznaczanie stężeń radonu ^{222}Rn w powietrzu:

(metoda: spektrometria promieniowania alfa z wykorzystaniem profesjonalnego miernika radonu – komory jonizacyjnej AlphaGUARDÔ PQ2000, AlphaGUARDÔ PQ2000 PRO)

Załącznik nr 26 do księgi jakości

Strona: 1 z 1

Niniejsze sprawozdanie nie może być powielane i okazywane inaczej niż w całości

WYNIKI POMIARÓW:

Stężenia radonu (^{222}Rn) w powietrzu komór K-1 i K-2:

Nr punktu pomiarowego	Opis punktu pomiarowego	Stężenie radonu (zakres) [Bq/m³]
K-1 Anty-radon	Stężenie radonu w komorze K-1, badanie papy FUNDAMENT ANTYRADON SZYBKI PROFIL SBS	515 700 (5 150 – 602 110)
K-2 Anty-radon	Stężenie radonu w komorze K-2, badanie papy FUNDAMENT ANTYRADON SZYBKI PROFIL SBS	86 (13 – 173)

Wykresy zmian stężenia radonu dla poszczególnych pomiarów w załączeniu.

WYKRESY STEŻEŃ RADONU W KOMORACH K-1 i K2

FUNDAMENT ANTYRADON SZYBKI PROFIL SBS

