

Dariusz Kluszczyński  
 Maja Tybor-Czerwińska  
 Janusz Kacprzyk  
 Zbigniew Kamiński

## OCENA ZAWARTOŚCI NATURALNYCH IZOTOPÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH RADU $^{226}\text{Ra}$ I RADONU $^{222}\text{Rn}$ W WODACH Z UJĘĆ GŁĘBINOWYCH POCHODZĄCYCH Z OKOLIC ŁODZI\*

CONCENTRATIONS OF NATURAL  $^{226}\text{Ra}$  AND  $^{222}\text{Rn}$  RADIOISOTOPES IN THE WATER FROM DEEP WELL INTAKES IN THE VICINITY OF ŁÓDŹ

Zakład Ochrony Radiologicznej  
 Instytut Medycyny Pracy im. dra med. J. Nofera w Łodzi

### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Zgierz, Ozorków, Stryków i Głowno znajdują się w centralnej części Polski w odległości od 10 do 30 km na północ od Łodzi. W rejonie tym brak jest dużych zbiorników wód powierzchniowych i z tego też względu na potrzeby zaopatrzenia ludności w wodę pitną wykorzystuje się zasoby wód głębinowych. Z literatury wiadomo, że w wodach z takich ujęć mogą występować radionuklidy, należące do szeregu uranowego jak rad  $^{226}\text{Ra}$  i radon  $^{222}\text{Rn}$ , których poziom aktywności zależy między innymi od wieku warstwy geologicznej, z której czerpana jest woda. **Materiał i metody.** Do pomiarów stężeń radu i radonu w wodzie z ujęć głębinowych znajdujących się w okolicach wymienionych miast zastosowano technikę emanacyjną, wykorzystującą niskotłowy układ pomiarowy zawierający scyntylacyjną komorę pomiarową z dwoma fotopowielaczami pracującymi w układzie koincydencyjnym. **Wyniki.** W żadnym z badanych ujęć wody nie wykryto obecności radu-226 na poziomie powyżej progu detekcji metody pomiarowej ( $9 \text{ Bq/m}^3$ ). We wszystkich badanych próbach wykryta została obecność rozpuszczonego w wodzie radonu-222. Zmierzone aktywności były w zakresie  $1\text{--}13 \text{ kBq/m}^3$ . **Wnioski.** Dla maksymalnej wartości stężeń oszacowana dawka roczna dla populacji spożywającej tę wodę wynosi  $0,04 \text{ mSv}$  i jest poniżej wartości normatywnej  $0,1 \text{ mSv}$ , rekomendowanej przez WHO. Med. Pr., 2006;57(5):451–454

Słowa kluczowe: promieniowanie jonizujące, rad, radon, woda

### ABSTRACT

**Background.** The towns of Zgierz, Ozorków, Stryków and Głowno are located in the central part of Poland, 10 to 30 km to the north of Łódź. Large surface water reservoirs are not available in that region, and the inhabitants of this region are supplied with drinking water from deep water sources. Literature data show that water from deep wells may contain various radionuclides, such as radium  $^{226}\text{Ra}$  or radon  $^{222}\text{Rn}$ , and their activity levels depend, among others, on the age of the geologic formation the water comes from. **Material and Methods.** An emanation technique employing a low-background system consisting of scintillation chamber with two photomultipliers operating in the coincidence arrangement was used to measure radium and radon concentrations. **Results.** Radium-226 at levels above the detection level ( $9 \text{ Bq/m}^3$ ) of the measurement method were not detected in any of the examined deep water sources. Water-solved radon-222 was detected in all tested samples. The measured activities were within the range of  $1 \text{ kBq/m}^3$  to  $13 \text{ kBq/m}^3$ . **Conclusions.** Assuming the maximum concentration value, it is estimated that an annual dose received by the population drinking that water is  $0.04 \text{ mSv}$ , which is below the value of  $0.1 \text{ mSv}$  recommended by the World Health Organisation. Med Pr 2006;56(5):451–4

Key words: ionising radiation, radium, radon, water

Adres autorów: św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: klud@imp.lodz.pl

Nadesłano: 17.07.2006

Zatwierdzono: 6.09.2006

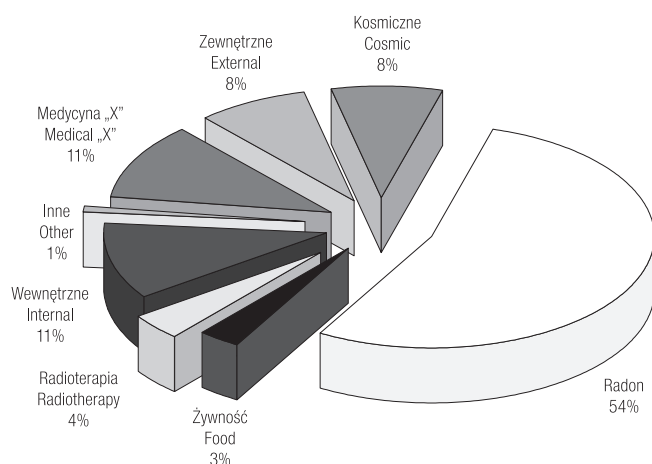
## WSTĘP

Izotopy promieniotwórcze występujące w środowisku naturalnym mają główny wkład w narażenie radiacyjne populacji ludzkiej i mogą być podstawową przyczyną jego wzrostu. Sumaryczna dawka roczna od róż-

nych źródeł promieniowania jonizującego wynosi ok.  $2,8 \text{ mSv}$  (1). Na szczególną uwagę zasługuje 54-procentowy udział w tej dawce radonu  $^{222}\text{Rn}$  (ryc. 1).

Jednym ze stałych elementów środowiska, w którym występują naturalne izotopy promieniotwórcze, jest woda pochodząca z ujęć głębinowych. Na obszarach o zwiększonej migracji do wód podziemnych radu  $^{226}\text{Ra}$  i jego radioaktywnego produktu pochodnego radonu

\* Praca wykonana w ramach zadania finansowego z dotacji na działalność statutową nr IMP.16.1 pt. „Ocena zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych radu  $^{226}\text{Ra}$  i radonu  $^{222}\text{Rn}$  w wodach z ujęć głębinowych pochodzących z okolic Łodzi”. Kierownik zadania: dr inż. D. Kluszczyński.



**Ryc. 1.** Procentowe udziały różnych źródeł promieniowania jonizującego w sumarycznej dawce rocznej.

**Fig. 1.** Percentage contributions from various ionizing radiation sources to the total annual dose.

**Tabela 1.** Ujęcia wód głębinowych i wyniki oznaczeń  $^{222}\text{Rn}$  i  $^{226}\text{Ra}$

**Table 1.** Deep water sources and the results of  $^{222}\text{Rn}$  and  $^{226}\text{Ra}$  determinations

Lokalizacja Location	Głębokość Depth m	Wydajność Output $\text{m}^3/\text{h}$	Warstwa geologiczna Geological formation	Średnie stężenie aktywności $^{222}\text{Rn} \pm \text{błąd}$ Mean concentration of $^{222}\text{Rn}$ activity $\pm$ error Bq/l	Średnie stężenie aktywności $^{226}\text{Ra} \pm \text{błąd}$ Mean concentration of $^{226}\text{Ra}$ activity $\pm$ error Bq/l
Boczki Domaradzkie	43	60	czwartorzęd	$3,27 \pm 0,06$	0
gmina Głowno	44,6	60	quaternary	$3,46 \pm 0,08$	0
Głowno district					
Popów	56,5	31,8	czwartorzęd	$3,22 \pm 0,08$	0
gmina Głowno	52	31,8	quaternary	$3,11 \pm 0,08$	0
Głowno district					
Ozorków	40–50	156	czwartorzęd	$1,25 \pm 0,05$	0
			quaternary		
Stryków	204	150	górną kreda	$1,01 \pm 0,05$	0
			late cretaceous		
Głowno	105	156	górną kreda	$12,80 \pm 0,20$	0
			late cretaceous		
Zgierz	252	90	górną kreda	$3,72 \pm 0,08$	0
studnia SI			late cretaceous		
SI well					
Zgierz	203	97	górną kreda	$1,65 \pm 0,05$	0
studnia SIIA			late cretaceous		
SIIA well					
Zgierz	180	180	górną kreda	$3,10 \pm 0,07$	0
Złoże Proboszczewice S4			late cretaceous		
Proboszczewice S4 well					
Zgierz	180	180	górną kreda	$3,16 \pm 0,08$	0
Złoże Proboszczewice S5			late cretaceous		
Proboszczewice S5 well					
Zgierz	60	13	czwartorzęd	$1,61 \pm 0,05$	0
studnia S1b			quaternary		
S1b well					
Zgierz	60	37	czwartorzęd	$2,82 \pm 0,09$	0
studnia S2d			quaternary		
S2d well					
Zgierz	60	25	czwartorzęd	$2,02 \pm 0,07$	0
studnia S3c bis			quaternary		
S3c bis well					

$^{222}\text{Rn}$  obserwuje się wzrost zagrożenia radiacyjnego populacji.

W przypadku wystąpienia w wodzie w odpowiednio wysokich stężeniach radu  $^{226}\text{Ra}$  i radonu  $^{222}\text{Rn}$  mogą pojawić się negatywne efekty zdrowotne, będące następstwem spożywania takiej wody. Zgodnie z zaleceniami Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej oraz standardami Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej ludność przebywająca w takich obszarach powinna być objęta oceną narażenia na promieniowanie (2).

Ze względu na skażenie chemiczne i biologiczne wód powierzchniowych coraz częściej do celów komunalnych wykorzystuje się wodę z ujęć głębinowych. Ma to miejsce szczególnie w regionie łódzkim, który dodatkowo charakteryzuje się brakiem znaczących zasobów wód powierzchniowych. Wody podziemne w tym re-

gionie, związane z jednostką hydrogeologiczną zwaną „niecką łódzką”, pobierane są z czterech pokładów hydrogeologicznych: czwartorzędu, kredy górnej, kredy dolnej oraz jury górnej. W pracy oceniono zawartość  $^{222}\text{Rn}$  i  $^{226}\text{Ra}$  w wodzie pochodzącej z ujęć głębinowych znajdujących się w okolicach Strykowa, Głowna, Zgierz i Ozorkowa (powiat zgierski).

## MATERIAŁ I METODY

W pomiarach stężeń radu i radonu w wodzie zastosowano technikę emanacyjną, wykorzystującą specjalnie do tego celu zbudowany niskotłowy układ pomiarowy, zawierający scyntylacyjną komorę pomiarową z dwoma fotopowielaczami pracującymi w układzie koincydencyjnym (3).

Z próbek wody o objętości 0,15–0,30 dm<sup>3</sup>, przechowywanych w szklanych płuczkach, wyflukiwano do komory scyntylacyjnej rozpuszczony w nich radon. Pomiar radioaktywności wykonano dla każdej próbki dwukrotnie; pierwszy raz bezpośrednio po pobraniu próbki w celu określenia koncentracji radonu i powtórnie po upływie 30 dni w celu określenia koncentracji radu.

Stężenie aktywności izotopów  $^{226}\text{Ra}$  oraz  $^{222}\text{Rn}$  określano na podstawie zmierzonej częstości zliczeń i wyznaczonego dla układu pomiarowego współczynnika kalibracyjnego. Próg detekcji aparatury pomiarowej wynosi 9 Bq/m<sup>3</sup>.

## WYNIKI

W okresie między majem a październikiem 2005 r. wykonano pomiary radioaktywności wód w 12 ujęciach znajdujących się w 6 lokalizacjach na terenie powiatu zgierskiego. Głębokości ujęć wahały się od 43 m do 252 m, dotyczyły więc pokładów geologicznych czwartorzędowych i górnej kredy. Zestawienie podstawowych parametrów geologiczno-fizycznych ujęć oraz wyniki pomiarów radonu i radu w wodzie przedstawiono w tab. 1.

## OMÓWIENIE

Żaden z uzyskanych wyników pomiarów radu  $^{226}\text{Ra}$  nie przekroczył wartości progu detekcji wynoszącego 9 Bq/m<sup>3</sup>. Należy zauważyć, że badane wody pochodzą z pokładów czwartorzędowych i górnej kredy. Mierzalne zawartości radu w wodzie pitnej mogą występować w pokładach głębszych (4). Inaczej niż w przypadku radu, wykonane pomiary wykazały obecność w wodzie radonu  $^{222}\text{Rn}$ . Wielkość wysycenia wody radonem kształtowała się pomiędzy 1 kBq/m<sup>3</sup> a 13 kBq/m<sup>3</sup>. Z wy-

**Tabela 2.** Roczna dawka obciążająca z tytułu korzystania w gospodarstwie domowym z wody pochodzącej z głębinowych ujęć

**Table 2.** Annual dose from deep-well water used in household

Objętość bieżącej wody wypijana rocznie Mean annual volume of water intake	150 ml/dzień 150 ml/day
Maksymalna dawka roczna od $^{226}\text{Ra}$ (droga pokarmowa) Maximum annual dose from $^{226}\text{Ra}$ (alimentary)	0,06 $\mu\text{Sv}$
Maksymalna dawka roczna od $^{222}\text{Rn}$ (droga pokarmowa) Maximum annual dose from $^{222}\text{Rn}$ (alimentary)	2,5 $\mu\text{Sv}$
Maksymalna dawka roczna od $^{222}\text{Rn}$ (droga oddechowa) Maximum annual dose from $^{222}\text{Rn}$ (respiratory)	33 $\mu\text{Sv}$
Sumaryczna dawka roczna Total annual dose	35,6 $\mu\text{Sv}$

jątkiem wyników pomiarów wykonanych w ujęciu wody w Głownie (13 kBq/m<sup>3</sup>) pozostałe wyniki nie przekraczają wartości 4 kBq/m<sup>3</sup>.

Z danych podanych w literaturze wiadomo, że przeciętne zawartości radu w wodzie pitnej wynoszą 1,7–4,5 Bq/m<sup>3</sup> (5). Jeżeli założymy, że w badanej wodzie znajduje się aktywność radu-226 wynosząca 4 Bq/m<sup>3</sup> i dziennie osoby korzystające z tych ujęć wypijają 150 ml wody bieżącej (6), to wraz z tą wodą wchłonęliby rocznie 0,2 Bq radu-226. Wartość ta jest równoważna dawce obciążającej wynoszącej 0,06  $\mu\text{Sv}$ . Roczne wchłonięcie radonu-222 wraz ze spożywaną wodą wynosi maksymalnie 700 Bq. Jest to wartość równoważna dawce obciążającej równej 2,5  $\mu\text{Sv}$ . Z kolei radon uwalniany z wody bieżącej do atmosfery mieszkania powoduje narażenie przebywających tam osób w wysokości 33  $\mu\text{Sv}$  rocznie (5). Łącznie, roczna dawka z powodu korzystania w gospodarstwie domowym z wody bieżącej pochodzącej z badanych ujęć głębinowych może powodować narażenie przebywających tam osób na poziomie 0,04 mSv (tab. 2). Zakładając, że przeciętna długość życia w Polsce wynosi 70 lat [7] to życiowa dawka z tytułu korzystania w gospodarstwach domowych z wody pochodzącej z ujęć głębinowych w miejscowościach objętych badaniami może wynieść 2,8 mSv. Należy podkreślić, że otrzymane wartości stanowią przybliżenie maksymalistyczne, które zakłada:

- występowanie w badanej wodzie radu-226,
- występowanie w badanej wodzie maksymalnej, zmierzonej aktywności radonu-222,
- nieuwzględnienie zależności pomiędzy wchłonięciem izotopu a wiekiem osoby narażonej.

## WNIOSKI

Do celów badawczych wybrano na terenie powiatu zgierskiego 14 głębinowych ujęć wody. Woda w tych ujęciach pochodzi z pokładów czwartorzędowych i gór-

nej kredy. W ujęciach tych wykonano 40 pomiarów zawartości  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{222}\text{Rn}$ . We wszystkich badanych próbach wody stwierdzono obecność radonu-222. Zmierzone radioaktywności radonu zawierały się w przedziale od  $1\text{ kBq/m}^3$  do  $13\text{ kBq/m}^3$ . Wartość  $13\text{ kBq/m}^3$  zmierzona została tylko w jednym ujęciu wody (Głowno). W pozostałych ujęciach stężenie aktywności radonu-222 nie przekraczało  $4\text{ kBq/m}^3$ . W żadnym z badanych ujęć nie wykryto obecności radu-226 na poziomie powyżej progu detekcji ( $9\text{ Bq/m}^3$ ).

Zakładając wartości maksymalne można oczekiwać, że osoby korzystające w gospodarstwie domowym z wody pochodzącej z badanych ujęć głębinowych mogą otrzymać roczną dawkę obciążającą nieprzekraczającą  $0,04\text{ mSv}$ . W ciągu całego życia dawka ta nie przekroczy  $2,8\text{ mSv}$ , co stanowi równowartość jednej rocznej dawki, którą otrzyma mieszkaniec Polski z powodu narażenia na promieniowanie jonizujące

## PIŚMIENNICTWO

1. Broszura Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie [cytowany 29 czerwca 2006]. Adres: [http://www.ifj.edu.pl/dept/no5/nz54/lpn/pdf/Rn\\_broszura.pdf](http://www.ifj.edu.pl/dept/no5/nz54/lpn/pdf/Rn_broszura.pdf)
2. ICRP Publication 60. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals ICRP, 1990;21:1-3
3. Chruścielewski W.: Badania rozpoznawcze skażenia wód pitnych radem  $^{226}\text{Ra}$  na terenie głównych skupisk ludności w Polsce [sprawozdanie z tematu nr IMP 5.3]. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 1991
4. Chruścielewski W., Kamiński Z.: Radium and radon in natural underground water supply in the region of Łódź, Poland. Int. J. Occup. Med. Environ. Health, 1999;12(3):229-238
5. UNSCEAR 2000. Sources and Effects of Ionizing Radiation. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly, UN, New York 2002
6. ICRP Publication 23. Report of the Task Group on Reference Man. Pergamon Press, Oxford, England 1975
7. Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2001