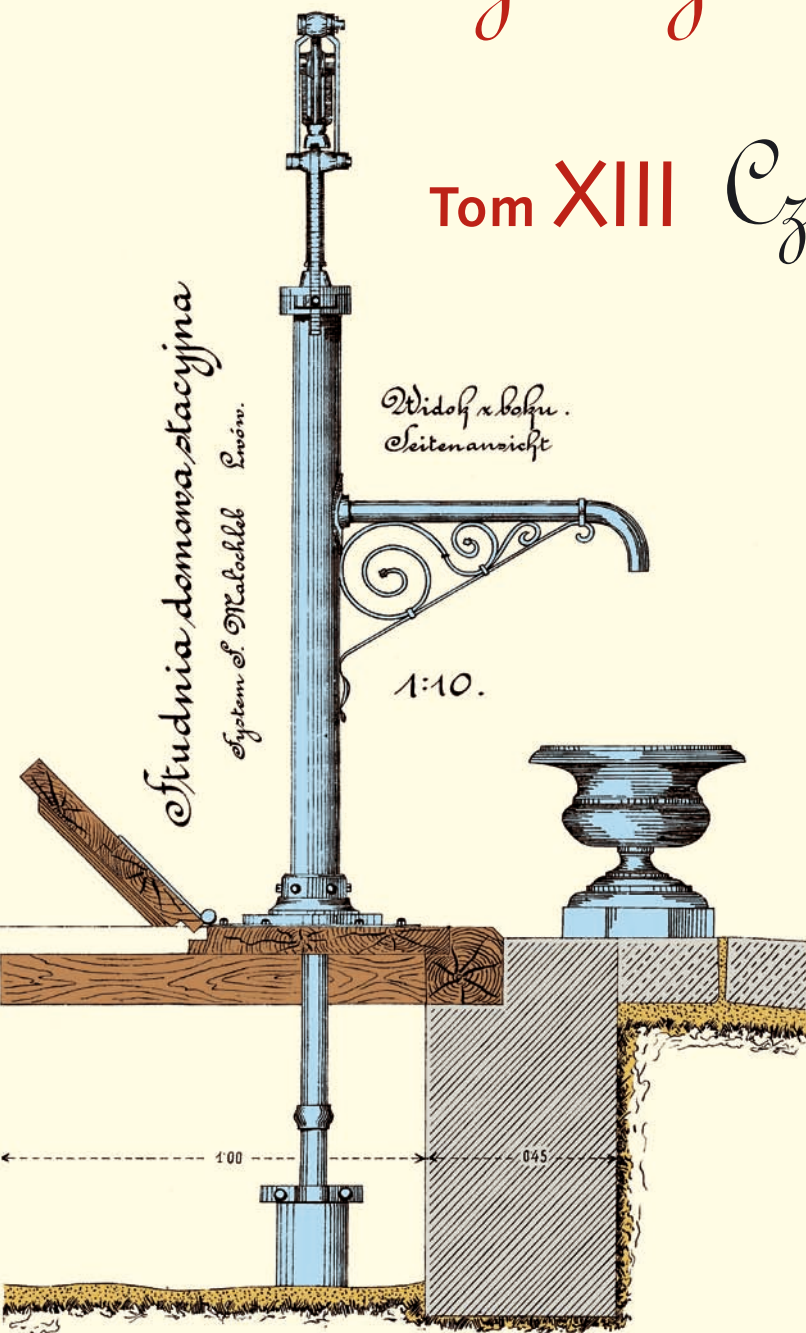


Współczesne problemy hydrogeologii

Tom XIII Część 3.



Copyright © Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, Kraków 2007



Wydanie publikacji zostało sfinansowane przez
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Recenzenci:

Jadwiga Szczepańska
Wojciech Ciężkowski
Józef Górski
Andrzej Kowalczyk
Ewa Krogulec
Grzegorz Malina
Jerzy Małecki
Marek Marciniak
Jacek Motyka
Marek Nawalany
Jan Przybyłek
Andrzej Rózkowski
Andrzej Sadurski
Andrzej Szczepański
Stanisław Staśko
Stanisław Witczak
Andrzej Zuber

Redakcja: Andrzej Szczepański, Ewa Kmiecik, Anna Żurek

Teksty artykułów w częściach 2. i 3. zostały wydrukowane z wersji elektronicznej dostarczonej przez Autorów, metodą bezpośredniej reprodukcji (*camera ready*)

Projekt okładki i stron tytułowych: Andrzej Tomaszewski

Na okładce: fragment projektu studni miejskiej we Lwowie z 1906 roku
— ze zbiorów prof. **Antoniego S. Kleczkowskiego** (1922–2006)

Korekta: Zespół

Skład komputerowy systemem $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$: pre $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ t, www.pretext.com.pl

Druk: ROMA-POL, www.romapol.pl

ISBN-13 978-83-88927-16-4

Anna Adamczyk-Lorenc

**Lokalne tło radonu w wodach podziemnych
wybranych masywów krystalicznych Sudetów**

**Local Hydrogeochemical Radon Background
in Groundwaters in Selected Crystalline Massifs
of Sudety Mts.**

Słowa kluczowe tło hydrogeochemiczne, radon, woda radonowa, woda podziemna, Sudety

Key words hydrogeochemical background, radon, radon waters, groundwaters, Sudety Mts.

Abstract Paper presents the selected methods of hydrogeochemical background estimation of radon concentration in groundwaters. Descriptive statistic was used for the presentation of data. Local backgrounds of radon in groundwaters within two geological units in Sudety Mts. — Karkonosze granite and Izera metamorphic unit, were compared.

1. Wstęp

Tło hydrogeochemiczne jest pojęciem często stosowanym w hydrogeologii, geologii czy też hydrologii. Przez tło hydrogeochemiczne rozumie się „zakres stężeń badanych substancji lub zakres wartości cech hydrochemicznych, charakterystycznych dla badanego środowiska, jednostki lub fragmentu jednostki hydrogeologicznej jednolitej pod względem hydrogeochemicznym” (Dowgiałło i in., 2002).

Metody określania tła hydrogeochemicznego oparte są na analizie statystycznej. W Polsce są to głównie metody graficzne – analiza histogramów, wykresów prawdopodobieństwa czy też wykresów skrzynkowych. Nie są to metody jednoznaczne i obiektywne – opierają się w dużym stopniu na doświadczeniu bądź też na intuicji badacza (Macioszczyk, 1976, 1983).

2. Geneza wód radonowych

Radon jest pierwiastkiem promieniotwórczym, w wodach podziemnych powstaje w wyniku rozpadu α atomów ^{226}Ra . Stężenie radonu w wodzie podziemnej zależy głównie od stężenia radu w skałach zbiornikowych, a więc jest większe jeżeli woda znajduje się w obrębie skał krystalicznych, a zwłaszcza w granitach, a niższe jeżeli są to skały pochodzenia osadowego (Przylibski, 1997, 2004, 2005). Z tego względu metody wyznaczania tła hydrogeochemicznego radonu w wodach podziemnych prześledzono na przykładzie wyników uzyskanych na obszarach gdzie występują skały krystaliczne, czyli na obszarze granitu karkonoskiego oraz metamorfiku izerskiego.

3. Zarys budowy geologicznej granitu karkonoskiego i metamorfiku izerskiego

Granit karkonoski powstał w wyniku intruzji magmy granitowej w staropaleozoiczną osłonę skał zmetamorfizowanych. W obrębie stygnącego plutonu granitowego doszło do deformacji magmy i powstania różnych odmian petrograficznych granitu (Stupnicka, 1989; Szałamacha, 1965).

Metamorfik izerski zbudowany jest, poza czwartorzędem, wyłącznie z utworów krystalicznych złożonych z różnych odmian gnejsów, granitognejsów, granitoidów i łupków krystalicznych. Pas łupków, zwany pasmem kamienickim, ciągnie się od granicy z Republiką Czeską aż po Jelenią Górę. W środkowej partii tych łupków występują warstwy drobnolaminowanego gnejsu. Od południa łupki graniczą – za pośrednictwem leukogranitów – z gnejsami izerskimi. Od północy łupki łyszczykowe ograniczone są również gnejsami lecz nie obserwuje się tu leukogranitów. Kontakt gnejsów z łupkami łyszczykowymi nie ma charakteru tektonicznego lecz jest to stopniowe przejście łupków w gnejsy. Warstwę wierzchnią stanowi czwartorzęd o miąższości do 15 m. Czwartorzęd reprezentowany jest przez plejstocenijskie gliny zboczowe przemieszane z gruzem skalnym oraz holocenijskie gliny zwietrzelinowe i żwiru (Szałamacha, Szałamacha, 1964).

4. Wyniki badań

Analiza statystyczna wyników pomiarów stężenia radonu ma na celu zwięźle przedstawienie właściwości badanych zbiorowości oraz możliwość porównywania ich ze sobą. Wyznaczenie tła hydrogeochemicznego dla granitu karkonoskiego i metamorfiku izerskiego wymaga osobnej analizy wyników w każdej jednostce. Dlatego też wartości zmiennej przedstawiono za pomocą podstawowych statystyk opisowych, czyli przez obliczenie miar położenia (średniej arytmetycznej, mediany), miar zmienności (minimum, maksimum, kwartyli 25 i 75), miar asymetrii (skośność) oraz kurtozę (tab. 1). Prezentowane w tabeli 1 parametry statystyczne zostały obliczone na podstawie średnich wartości stężenia radonu uzyskanych w kolejnych punktach pomiarowych w latach 2002-2006.

Tabela 1. Podstawowe parametry statystyczne stężenia radonu w wodach podziemnych Sudetów, wyznaczone na podstawie wartości średnich dla każdego punktu pomiarowego
Table 1. Basic statistical parameters of radon concentration in ground waters of Sudety Mts. assigned for medium value in every sampling point

Podstawowe parametry statystyczne	Jednostka geologiczna	
	Granit karkonoski	Metamorfik izerski
	[Bq/dm ³]	
Liczba punktów pomiarowych	57	73
Średnia arytmetyczna	296,1	254,7
Mediana	189,4	74,8
Minimum	0,3	1,7
Maksimum	1715,9	1466,4
25. kwantyl	42,3	24,9
75. kwantyl	364,8	292,0
Skośność	2,1	1,9
Kurtoza	4,9	2,8

Odnosząc uzyskane wyniki pomiarów stężenia radonu w wodach podziemnych do klasyfikacji Przylibskiego (2005) można stwierdzić, że na obu badanych obszarach najczęściej występują wody niskoradonowe oraz wody radonowe (tab. 2).

5. Lokalne tło radonu w wodach podziemnych granitu karkonoskiego i metamorfiku izerskiego

Wszystkie prezentowane w artykule metody wyznaczania tła hydrogeochemicznego mają podobny algorytm postępowania. Pierwszy etap to analiza hydrogeologiczna obszaru badań, a następnie weryfikacja danych. Kolejnym etapem jest wybór odpowiednich

narzędzi do wyznaczenia zakresu tła i wyciągnięcie wniosków (Macioszyk, 1976, 1983; Kmiecik i Postawa, 2003).

Tabela 2. Liczba punktów pomiarowych wód podziemnych granitu karkonoskiego i metamorfiku izerskiego w poszczególnych klasach wód podziemnych za względu na stężenie radonu wyróżnionych przez Przylibskiego (2005)

Table 2. Numbers of sampling points of Karkonosze granite and Izera metamorphic unit ground wates in every classification class of radon waters (Przylibski, 2005)

Typ wody według klasyfikacji Przylibskiego (2005)		Jednostka geologiczna		
		Granit karkonoski	Metamorfik izerski	Razem
Wody	Bezradonowe < 1	1	0	1
	Ubogie w radon 1 – 9,9(9)	1	8	9
	Niskoradonowe 10 ÷ 99,9(9)	20	33	53
	Radonowe 100 ÷ 999,9(9)	32	24	56
	Wysokoradonowe 1000 ÷ 9999,9(9)	3	8	11
	ekstremalnie radonowe > 10000	0	0	0
	Razem	57	73	130

Weryfikacja danych polega na odrzuceniu błędów grubych (z wykorzystaniem np. testu Grafą) oraz wartości ekstremalnych i odstających. Punkty odstające to takie, które leżą w odległości $1,5 \times H$ rozstępu międzykwartylowego ($1,5 \times H$) od kwartyła górnego lub dolnego, natomiast punkty ekstremalne przewyższają trzykrotnie rozstęp międzykwartylowy ($3 \times H$) (Janica, 2001).

W żadnym z testowanych zbiorów danych nie wykryto błędów grubych. Nie stwierdzono odstających i ekstremalnych wartości stężenia radonu w wodach podziemnych metamorfiku izerskiego. Odrzucono jedną wartość odstającą ze zbioru danych stężenia radonu w wodzie podziemnej na obszarze granitu karkonoskiego. Na podstawie uzyskanych przedziałów danych podjęto próbę wyznaczenia tła hydrogeochemicznego w wodach podziemnych granitu karkonoskiego i metamorfiku izerskiego.

Do wyznaczenia tła hydrogeochemicznego radonu w wodach podziemnych użyto dziesięciu metod – graficznych i obliczeniowych. W przypadku metod 1-7 użyto danych po transformacji logarytmicznej (tab. 3). Uzyskane w ten sposób dane mają rozkłady normalne. W metodach 8-10 użyto danych nieprzekształconych logarytmicznie. Gdy dysponuje się zbiorem wartości o rozkładzie lognormalnym lub zbliżonym do lognormalnego, sugerowane jest, aby w metodach obliczeniowych używać mediany zamiast wartości średniej. Mediana jest wówczas lepszą miarą tendencji centralnej (Reimann i Garrett, 2005).

Wartości ustalonego tła hydrogeochemicznego radonu w wodach podziemnych zależą od przyjętej metody. Jest to tło cząstkowe, gdyż odnosi się tylko do jednego składnika wód podziemnych.

Tło hydrogeochemiczne radonu w wodach podziemnych granitu karkonoskiego i metamorfiku izerskiego jest tłem lokalnym (Macioszczyk, 1976, 1983), wyznaczonym na podstawie danych pochodzących z tych jednostek.

Tabela 3. Zakresy tła lokalnego radonu w wodach podziemnych granitu karkonoskiego oraz metamorfiku izerskiego wyznaczone różnymi metodami

Table 3. Local background of radon in ground waters in Karkonosze granite and Iżera metamorphic unit assigned by different methods

Lp.	Metoda wyznaczania tła	Zakres tła lokalnego radonu [Bq/dm ³]	
		Granit karkonoski	Metamorfik izerski
1	Histogram	10 ÷ 1000	3 ÷ 3162
2	Krzywa kumulacyjna	33 ÷ 908	12 ÷ 716
3	Wykres skrzynkowy (16. i 84. percentyl)	25 ÷ 604	17 ÷ 499
4	Wykres kwartylowy	11 ÷ 908	4 ÷ 1068
5	$Z \pm 3 \times \sigma$	2 ÷ 10472	1 ÷ 12199
6	$Z \pm 1,96 \times \sigma$	21 ÷ 2323	3 ÷ 2150
7	$Z \pm 1,28 \times \sigma$	21 ÷ 868	10 ÷ 691
8	$M \pm 3 \times \sigma_M$	0 ÷ 1397	0 ÷ 1331
9	$M \pm 1,96 \times \sigma_M$	0 ÷ 930	0 ÷ 891
10	$M \pm 1,28 \times \sigma_M$	0 ÷ 625	0 ÷ 603

Z – średnia arytmetyczna dla danych zlogarytmowanych, σ – odchylenie standardowe dla danych zlogarytmowanych, M – mediana dla danych rzeczywistych, σ_M – odchylenie standardowe dla danych rzeczywistych, w którym zamiast średniej zastosowano medianę.

W tym przypadku za najbardziej wiarygodną metodę uznano metodę obliczeniową $Z \pm 1,28 \times \sigma$, gdyż pozwala ona wyznaczyć zarówno anomalie dodatnie, jak i ujemne, w przeciwieństwie do metod nr 8, 9 i 10. Ponadto jest to metoda, która jednoznacznie i precyzyjnie określa granice tła, inaczej niż ma to miejsce w przypadku metod graficznych. Dla zbiorów danych o niewielkiej liczbie danych niektórzy autorzy sugerują, że tło powinno stanowić 90% analizowanych wartości (Adamczyk i in., 1979; Janica, 2001; Macioszczyk i Witczak, 1999; Nielsen, 1991). Uzyskane za pomocą metody nr 7 przedziały lokalnego tła stężenia radonu w wodach podziemnych granitu karkonoskiego oraz metamorfiku izerskiego stanowią zatem 90% obu zbiorów danych (po wcześniejszym odrzuceniu jednej wartości odstającej z serii danych pochodzących z granitu karkonoskiego).

Literatura

- Adamczyk A.F., Motyka J., Wilk Z., Witeczak S., 1979, *O wpływie tektoniki uskokowej na zawartość jonu chlorkowego w wodach triasu olkuskiego*. Roczn. Pol. Tow. Geol., T XLIX, z. 3-4, Kraków.
- Dowgiałło J., Kleczkowski A.S., Macioszczyk T., Rózkowski A. (red. nauk.), 2002, *Słownik hydrogeochemiczny*. PWN, Warszawa.
- Janica D., 2002, *Naturalne tło hydrogeochemiczne czwartorzędowych wód podziemnych Polski północno-wschodniej*. Praca doktorska. Warszawa.
- Kmieć E., Postawa A., 2003, *Wybrane aspekty metodyczne wyznaczania tła hydrogeochemicznego*. Współczesne Problemy Hydrogeologii, Tom XI, część 2, s. 183 - 191, Gdańsk.
- Przylibski T. A., 1997, *Wybrane uwarunkowania występowania radonu-222 w Sudetach*. Praca doktorska. Instytut Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej. Wrocław.
- Przylibski T. A., 2004, *Concentration of ^{226}Ra in rocks of the southern part of Lower Silesia (SW Poland)*. Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 75, No. 2, pp. 171-191.
- Przylibski T. A., 2005, *Radon. Składnik swoisty wód leczniczych Sudetów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Macioszczyk A., 1976, *Klasyfikacja anomalii hydrogeochemicznych*, Przegląd Geologiczny, Tom 24, Nr 1, str. 22-25.
- Macioszczyk A., 1983, *Tło hydrochemiczne w regionalnych badaniach hydrogeologicznych*. W: Mat. Sympozjum „Rozwój Regionalnych Badań Hydrogeologicznych w Polsce”, Warszawa, s. 51-64.
- Macioszczyk A., Witeczak S., 1999, *Współczesne problemy hydrogeochemii*. Biul. Państw. Instytut. Geol. – Hydrogeologia, nr 388, s. 139-156.
- Nielsen D.M., 1991, *Practical Handbook of Ground Water Monitoring*. Lewis Publishers. Michigan.
- Reimann C., Garrett R.G., 2005, *Geochemical background – concept and reality*. Science of the Total Environment, Vol. 350, pp. 12-27.
- Stupnicka E., 1989, *Geologia regionalna Polski*, Wyd. Geol., Warszawa.
- Szałamacha J., 1965, *Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów*. Skala 1:25000, arkusz Jelenia Góra – Zachód. Wyd. Geol., Warszawa.
- Szałamacha J., Szałamacha M., 1964, *Problem północnego kontaktu łupków łyszczykowych pasma kamienieckiego z gnejsami izerskimi*, Przegl. Geol., nr 7/8.

Praca finansowana przez KBN jako projekt badawczy 4T12B06926.