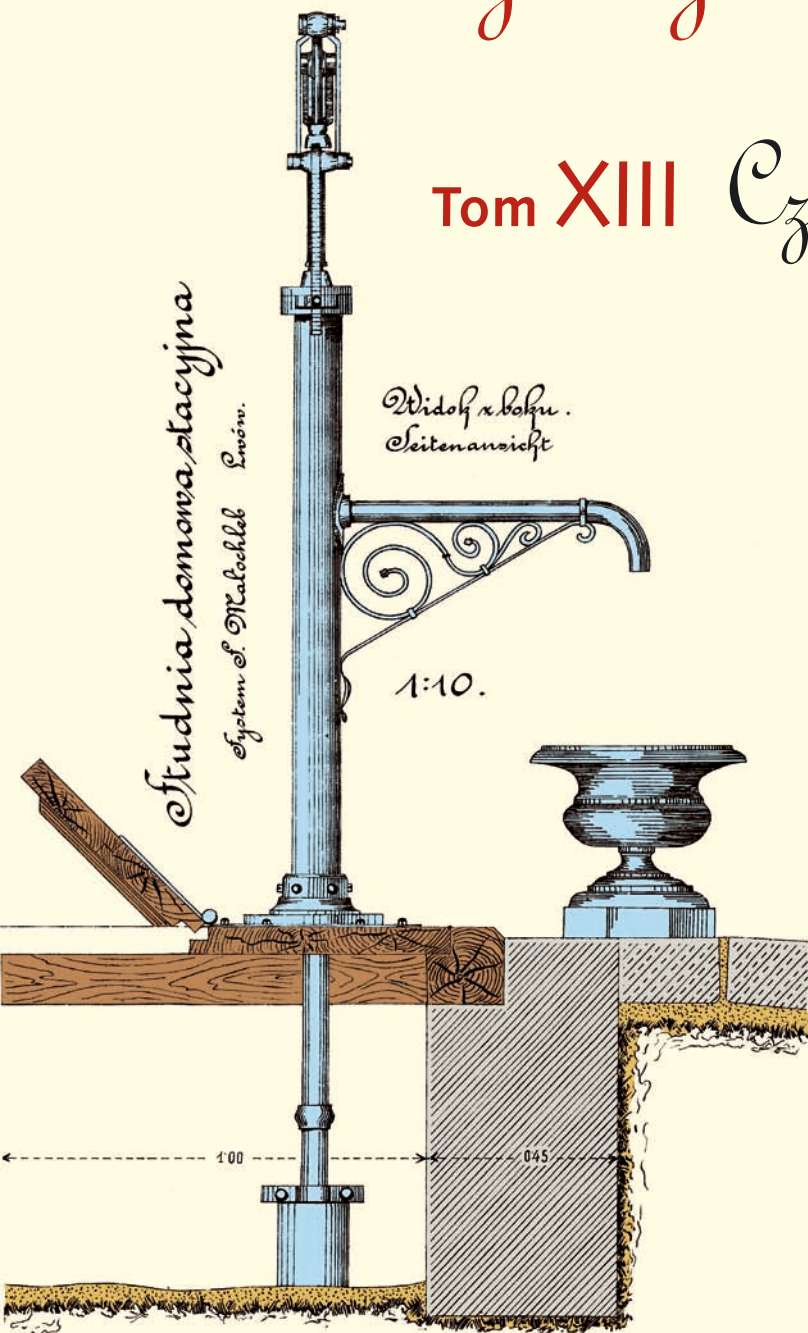


Współczesne problemy hydrogeologii

Tom XIII Część 2.



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

Hanna Rubin, Krystyn Rubin

Podstawowe własności hydrogeologiczne ilów retyko-kajpru występujących na obszarze GZWP Lubliniec-Myszków

Basic Hydrogeological Properties of Rhaetic-Keuper Clays in the Area of Lubliniec-Myszków MGWB

Słowa kluczowe iły, pionowe przesączanie, współczynnik filtracji, porowatość

Key words clays, vertical leakage, hydraulic conductivity, porosity

Abstract According to the model research, the dominating part of Triassic Major Groundwater Basin (MGWB) Lubliniec-Myszków is recharged by vertical leakage through Upper Triassic clay deposits, which cover approximately 75% of the basin surface. Laboratory investigations of the basic hydrological features of the Rhaetic-Keuper clays have been carried out to characterize possible intensity of recharge through that way. The results of porosity and hydraulic conductivity investigations have allowed determining the role of available pores in water leakage, estimating permeability and finding correlations among the determined parameters. Mineral composition of clays as the factor modifying their permeability has been preliminary identified.

Wprowadzenie

Główny Zbiornik Wód Podziemnych Lubliniec-Myszków został wydzielony w obrębie węglanowych utworów triasu dolnego (ret) i środkowego (wapień muszlowy). Warstwami przykrywającymi są łupki ilaste górnych ogniw triasu środkowego oraz kompleks skał ilastych triasu górnego (retyko-kajper). Utwory te występują w północnej i wschodniej części zbiornika i obejmują ok. 75% jego powierzchni, a ich miąższość rośnie w kierunku północnym osiągając nawet 290 m. Zasilanie kompleksu wodonośnego serii węglanowej triasu odbywa się na obszarze wychodni (lub poprzez przykrywające utwory plejstocenu) w południowej części zbiornika, na drodze pionowego przesączania przez słabo przepuszczalne utwory triasu środkowego i górnego oraz na drodze zasilania bocznego. Wykonane na podstawie badań modelowych obliczenia bilansowe dla tego zbiornika, wykazały, że dominujący udział w całkowitym zasilaniu ma pionowe przesączanie przez utwory słabo przepuszczalne retyko-kajpru pokrywające ok. 3/4 powierzchni (Kowalczyk i in., 2002). W niniejszej pracy podjęto próbę oceny własności hydrogeologicznych ilów retyko-kajpru w kontekście możliwości oceny tej wielkości zasilania GZWP Lubliniec-Myszków na drodze pionowego przesączania.

Metodyka badań

Badania przeprowadzono dla 23 próbek ilów retyko-kajpru pobranych z wkopów w obszarach wychodni tych utworów na powierzchni terenu oraz odkrywek eksploatacyjnych (rys. 1).

Zakres badań laboratoryjnych obejmował oznaczenie: uziarnienia (dla wszystkich próbek), współczynnika filtracji (dla wszystkich próbek), porowatości otwartej (dla 11 próbek), porowatości aktywnej (dla 11 próbek), składu mineralnego (dla 14 próbek). Skład uziarnienia badano metodą pipetową (Myślińska, 1989), współczynnik filtracji metodą flow-pump (Marciniak i in., 1998), porowatość otwartą w zakresie średnic porów od 0,003 do 300 μm i porowatość aktywną w zakresie średnic porów od 0,2 do 300 μm oznaczono za pomocą porozymetru rtęciowego AutoPore II 9220 firmy MICROMETRITICS (Bachleda-Curuś, Semyrka, 1997; Marciniak i in., 1999) natomiast skład mineralny określono metodą wzorców przy użyciu dyfraktometru rentgenowskiego firmy Philips PW 3710 i programu komputerowego X'PERT (Grabowska-Olszewska, 1990).

Wyniki badań i interpretacja

Badania przeprowadzono dla 23 próbek utworów retyko-kajpru, w których zawartość frakcji ilowej (f_i) zmieniała się w granicach od 36% do 82%, frakcji pyłowej (f_n) od 5% do 58%, a frakcji piaskowej (f_p) od 0% do 16% (tab. 1). Zgodnie z klasyfikacją gruntów spoistych wg PN-86/B-02480 wszystkie badane próbki są gruntami bardzo spoistymi, w zdecydowanej przewadze klasyfikowane jako ły, a w dwóch przypadkach jako ły pylaste (próbki 17 i 18).



Rysunek 1. Lokalizacja obszaru badań i punktów poboru próbek iłów retyko-kajpru
 Objasnienia: 1 – granica GZWP Lubliniec-Myszków, 2 – obszar występowania iłów retyko-kajpru, 3 – punkt poboru próbek

Figure 1. Location map of the research area and sample collection points in the Rhaetic-Keuper clays

Explanation: 1 – MGWB Lubliniec-Myszków boundary, 2 - Rhaetic-Keuper clays area, 3 – sample collection points

Badanie przestrzeni porowej dla wytypowanych 11 próbek iłów pozwoliło na obliczenie porowatości otwartej (n) zmieniającej się od 5,14% do 22,65% (tab. 1). Obliczono również porowatość aktywną (n_a) rozumianą jako udział porów o średnicach $>0,2 \mu\text{m}$ czyli umożliwiających ruch wody pod działaniem siły ciężkości i sił molekularnych (ruch kapilarny) (Pazdro, Kozerski, 1990). Wyznaczona według tego kryterium porowatość aktywna zmienia się w zakresie 0,06% do 5,08% (tab. 1), czyli ma niskie wartości. Jednakże w praktyce geologiczno-inżynierskiej za pory całkowicie wypełnione wodą związaną uznaje się ultrapory o wymiarach $<0,1 \mu\text{m}$ (Grabowska-Olszewska, 1990), stąd udział porów umożliwiających przesączanie wody może być większy niż obliczony, zwłaszcza przy znacznych gradientach ciśnienia, jakie występują w rozpatrywanych warunkach zasilania poziomów wodonośnych.

Wyniki badania współczynnika filtracji dla 23 próbek iłów retyko-kajpru wykazały zmienność wartości w granicach $6,47 \cdot 10^{-12} \div 4,79 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$ (tab. 1). Oznaczone wartości współczynnika filtracji pozwalają ocenić ich przepuszczalność pionową na słabą i bardzo słabą ($k = 10^{-12} \div 10^{-10} \text{ m/s}$) oraz średnią ($k = 10^{-10} \div 10^{-8} \text{ m/s}$) (Marciniak i in., 1999).

Tabela 1. cd.
Table 1. Continuation

Numer próbki zgodny z rys.1	Skład uziarnienia [%]			Współ- czynnik filtracji k [m/s]	Poro- watość otwarta n [%]	Poro- watość aktywna n_a [%]	Skład mineralny* [%]														
	f_p	f_m	f_i				kwarc	ogółem	smektyt	illit	illit/smektyt	kaolinit	chloryt	skalenie	kalcyt	dolomit	syderyt	tleno- wodorotlenki żelaza			
13	0	35	65	$1,56 \cdot 10^{-11}$			63	17	+	+	+				2	10	8				
14	6	41	53	$8,02 \cdot 10^{-11}$			48	37	+	++				+	10					1	
15	14	31	55	$2,57 \cdot 10^{-11}$	12,72	0,67	45	42						++	6					7	
16	7	22	71	$3,82 \cdot 10^{-10}$	21,64	5,08	60	22		+				++	7	+	+			5	
17	5	58	37	$5,20 \cdot 10^{-11}$																	
18	6	58	36	$2,72 \cdot 10^{-11}$			85	10	+		+				13					1	
19	13	5	82	$3,03 \cdot 10^{-11}$			86	10	+	+	+			+	13					1	
20	0	35	65	$2,68 \cdot 10^{-11}$																	
21	13	39	48	$4,50 \cdot 10^{-11}$																	
22	6	17	77	$5,81 \cdot 10^{-11}$																	
23	11	26	63	$2,02 \cdot 10^{-11}$																	

* stwierdzone występowanie minerału bez oznaczenia ilościowego:

+ - występuje, ++ - występuje w dużych ilościach

* particular mineral occurrences without quantitative estimation:

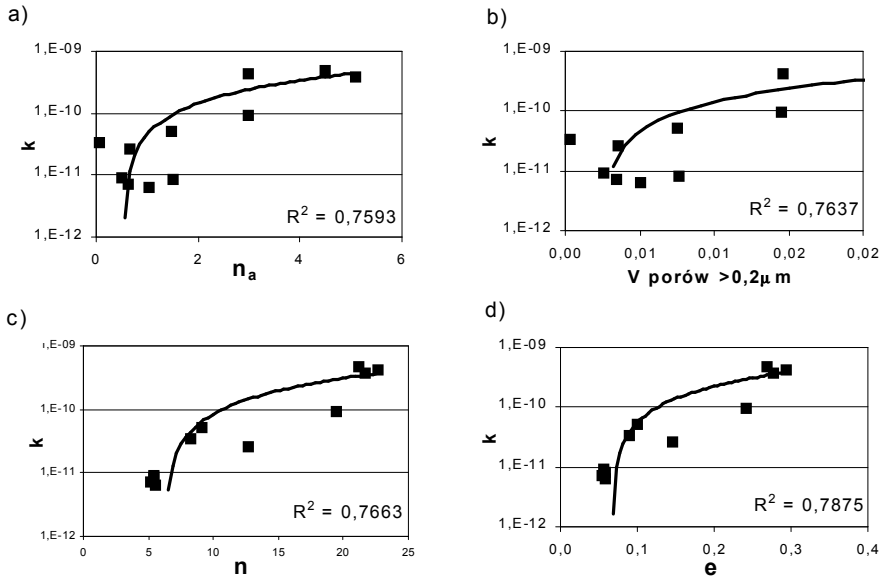
+ - occurrence, ++ - occurrence in large quantities

Według klasyfikacji przepuszczalności skał jako barier izolujących wody podziemne przy przesiąkaniu pionowym (Witczak, Adamczyk, 1994) 65% badanych ilów kwalifikuje się do utworów średnio izolujących ($k = 1,1 \cdot 10^{-11} \div 1,1 \cdot 10^{-10}$ m/s); pozostałe oznaczenia w równych proporcjach zaliczają je do słabo ($k = 1,1 \cdot 10^{-10} \div 1,1 \cdot 10^{-8}$ m/s) i dobrze izolujących ($k = 1,1 \cdot 10^{-12} \div 1,1 \cdot 10^{-11}$ m/s).

Dla pełniejszego scharakteryzowania kształtowania się przepuszczalności badanych ilów wykonano analizę korelacyjną wartości współczynnika filtracji z innymi oznaczonymi parametrami opisującymi ich własności hydrogeologiczne. Stwierdzono, zgodnie z oczekiwaniami, istotną korelację ($R^2 > 0,75$) wartości współczynnika filtracji i parametrów charakteryzujących przestrzeń porową dostępną dla przepływu wody takich jak porowatość aktywna (n_a) i objętość porów o średnicach $> 0,2 \mu\text{m}$, ale także dla parametrów charakteryzujących całkowitą, kontaktującą się ze sobą przestrzeń porową, takich jak porowatość otwarta (n) i wskaźnik porowatości (e) (rys. 2a, b, c, d).

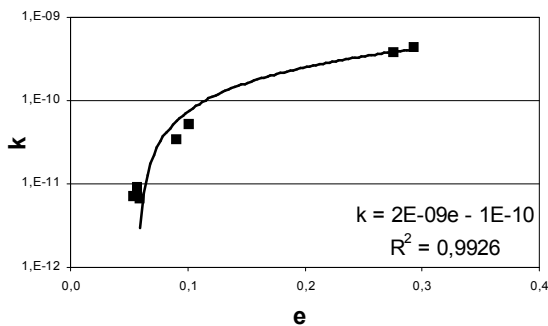
Najwyższą wartość współczynnika korelacji R^2 dla współczynnika filtracji (k) badanych ilów obserwuje się w odniesieniu do wskaźnika porowatości (e) (rys. 2d). Istotność związku tych dwóch parametrów potwierdzają badania innych autorów (Sridharan, Nagaraj, 2005). W literaturze wskazuje się również na zależność przepuszczalności gruntów spoistych od wartości wskaźnika plastyczności (I_p) i wskaźnika skurczalności (I_s) czyli parametrów określających plastyczność gruntu (Choma-Moryl, 2004; Sridharan, Nagaraj, 2005). Jednym z ważniejszych czynników mających wpływ na plastyczność gruntu jest skład granulometryczny, stąd sprawdzono istotność korelacji wartości współczynnika filtracji (k) i wskaźnika porowatości (e) dla ilów o zawartości frakcji ilowej powyżej 65% i uzyskano bardzo wysoką korelację tych parametrów ($R^2 = 0,99$) wyrażoną zależnością: $k = 2 \cdot 10^{-9} e - 1 \cdot 10^{-10}$ (rys. 3).

Istotnym czynnikiem modyfikującym przepuszczalność tego typu utworów jest zdolność minerałów ilastych do pęcznienia. Za najbardziej pęczniące, co wynika ze struktury ich pakietu, uznawane są minerały grupy smektytu. Grupa kaolinitu należy do mało hydrofilnych minerałów, natomiast illity cechują się właściwościami pośrednimi. Przeprowadzone badania składu mineralnego ilów retyko-kajpru wykazały, że dominującymi składnikami są kwarc i minerały ilaste (tab. 1). Kwarc występuje w ilościach od 30% do 86%, przy czym połowa badanych prób zawiera powyżej 50% kwarcu. Zawartość minerałów ilastych zmienia się od 10% do 50%, przy czym tylko w jednej badanej próbce jest ich ponad 50%. W podrzędnych ilościach występują skalenie, kalcyt, dolomit i syderyt oraz tlenowodorotlenki żelaza (goethyt, lepidokrokit, rzadziej hematyt) nadające ilom czerwoną, niekiedy bardzo intensywną, barwę. Obecnie prowadzone są badania nad składem frakcji najbardziej zdyspergowanej. Ich celem jest uzyskanie dokładniejszych informacji o minerałach ilastych występujących w opróbowanych ilach retyko-kajpru. Według wstępnego rozpoznania wśród minerałów ilastych stwierdzono obecność smektytu, illitu, struktur mieszanopakietowych illit/smektyt, kaolinitu i chlorytu (tab. 1). Rodzaj i ilość występujących minerałów ilastych wskazuje, że badane iły mogą wykazywać zdolność do pęcznienia ale w ograniczonym zakresie. Należy zauważyć, że proces pęcznienia zmniejsza przepuszczalność utworów spoistych o ile nie uzyskuje zbyt dużych wartości, gdyż po spęcznieniu wartość współczynnika filtracji wzrasta kilkukrotnie (Grabowska-Olszewska, 1998).



Rysunek 2. Zależność współczynnika filtracji i parametrów charakteryzujących przestrzeń porową iłów retyko-kajpru: a) zależność współczynnika filtracji (k) i porowatości aktywnej (n_a); b) zależność współczynnika filtracji (k) i objętości porów $>0,2 \mu m$; c) zależność współczynnika filtracji (k) i porowatości otwartej (n); d) zależność współczynnika filtracji (k) i wskaźnika porowatości (e)

Figure 2. Correlation of the hydraulic conductivity and the parameters characterising porous area of the Rhaetic-Keuper clays: a) correlation of the hydraulic conductivity (k) and active porosity (n_a); b) correlation of the hydraulic conductivity (k) and pore $>0,2 \mu m$ volume; c) correlation of the hydraulic conductivity (k) and open porosity (n); d) correlation of the hydraulic conductivity (k) and void ratio (e)



Rysunek.3. Zależność współczynnika filtracji i wskaźnika porowatości iłów retyko-kajpru o zawartości frakcji iłowej $>65\%$

Figure 3. Correlation of the hydraulic conductivity and void ratio of the Rhaetic-Keuper clays containing $>65\%$ of clay fraction

Wnioski

Wyniki badań iłów retyko-kajpru w kontekście możliwości zasilania GZWP Lubliniec-Myszków na drodze pionowego przesączania pozwoliły określić udział porów dostępnych dla przesączania się wody, ocenić przepuszczalność i własności izolacyjne, znaleźć związki korelacyjne pomiędzy oznaczonymi parametrami, wstępnie rozpoznać skład mineralny jako czynnik modyfikujący przepuszczalność.

W przewidywanej dalszej interpretacji oznaczonych laboratoryjnie wartości parametrów hydrogeologicznych iłów retyko-kajpru zostanie dokonana analiza i ocena reprezentatywności oznaczeń na drodze badań laboratoryjnych dla warunków rzeczywistych. Powszechnie dyskutowane jest zagadnienie adekwatności laboratoryjnych badań przesiąkalności pionowej utworów ilastych jako odbiegających (problem skali, całkowite nasycenie próbki) od warunków przepływu w strefie nienasyconej, gdzie znaczący wpływ na wielkość zasilania infiltracyjnego mają mikroszczeliny.

Literatura

- Bachleđa-Curuś T., Semyrka R., 1997: *Zastosowanie analizy porozymetrycznej dla oceny przestrzeni porowej skał w profilach utworów karbonu dolnego i kambru środkowego północno-zachodniej Polski*. Geologia. Kwartalnik AGH, nr 23/2: 165-188.
- Choma-Moryl K., 2004: *Badania wybranych gruntów spoistych z terenu Dolnego Śląska jako uszczelnienie składowisk odpadów komunalnych*. Acta Universitatis Wratislaviensis No 2599. Hydrogeologia. Wrocław. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego. ISBN 83-229-2467-4.
- Grabowska-Olszewska B., (red.), 1990: *Metody badań gruntów spoistych*. Wydanie trzecie. Warszawa. Wydawnictwa Geologiczne. ISBN 83-220-0315-3.
- Grabowska-Olszewska B., (red.), 1998: *Właściwości gruntów nienasyconych*. Geologia stosowana. Warszawa. Wydawnictwo Naukowe PWN. ISBN 83-01-12602-7.
- Kowalczyk A., Rubin K., Treichel W., Wróbel J., 2002: *Odnawialność wód podziemnych szczelinowo-krasowego zbiornika Lubliniec-Myszków w świetle badań modelowych*. [in:] Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego. Z.4: Hydrogeologia. A.Sadurski (red.). Warszawa. Państwowy Instytut Geologiczny. 51-66.
- Marciniak M., Przybyłek J., Herzig J., Szczepańska J., 1998: *Laboratoryjne i terenowe oznaczanie współczynnika filtracji utworów półprzepuszczalnych. Instrukcja*. Poznań. Wydawnictwo SORUS. ISBN 83-87133-39-6.
- Marciniak M., Przybyłek J., Herzig J., Szczepańska J., 1999: *Badania współczynnika filtracji utworów półprzepuszczalnych*. Poznań-Kraków. Wydawnictwo SORUS. ISBN 83-87133-55-8.
- Myślińska E., 1989: *Przewodnik do ćwiczeń z gruntoznawstwa*. Wydanie drugie. Warszawa. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego. ISBN 83-230-0494-3.
- Pazdro Z., Kozerski B., 1990: *Hydrogeologia ogólna*. Wydanie czwarte uzupełnione. Warszawa. Wydawnictwa Geologiczne. ISBN 83-220-0357-9.
- PN-86/B-02480 *Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów*.

Sridharann A., Nagaraj H.B., 2005Z: *Hydraulic conductivity of remolded fine-grained soils versus index properties*. Geotechnical and Geological Engineering 23. 43-60.

Witczak S., Adamczyk A., 1994: *Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania*. T.I. Warszawa. Biblioteka monitoringu środowiska. ISBN 83-85949-49-6.

Badania zostały sfinansowane z funduszu badań własnych i statutowych Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej WNoZ Uniwersytetu Śląskiego.