

## WSTĘPNA OCENA MOŻLIWOŚCI POZYSKANIA WÓD PITNYCH Z WAPIENI DEWOŃSKICH W REJONIE ZIELONEK KOŁO KRAKOWA

### PRELIMINARY EVALUATION OF THE POSSIBILITIES OF DRINKING WATER EXTRACTION IN THE AREA OF ZIELONKI, KRAKÓW REGION

ANNA CHMURA<sup>1</sup>, MARIUSZ CZOP<sup>2</sup>, RYSZARD HABRYN<sup>1</sup>, JACEK MOTYKA<sup>2</sup>

**Abstrakt.** Węglanowe skały dewońskie w rejonie śląsko-krakowskim są brane pod uwagę jako perspektywiczne dla pozyskania wód pitnych m.in. dla ludności aglomeracji krakowskiej. Badania hydrogeologiczne tych utworów w rejonie Krakowa wykonano w tym celu w wywierconym otworze Trojanowice-2, zlokalizowanym w pobliżu północnej granicy zapadliska przedkarpackiego. Mimo warunków artezyjskich z ciśnieniem około 15 m nad powierzchnię terenu i miąższości wodonośnych utworów dewonu rzędu 150–250 m ich przewodność hydrauliczna, określona na podstawie wyników próbnych pompowań okazała się stosunkowo mała, od  $2,3 \times 10^{-4}$  do  $2,2 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s. Takie rezultaty badań hydrogeologicznych świadczą, że zasoby eksploatacyjne wodonośnych utworów dewonu w otworze Trojanowice-2 są niewielkie i mogą zaspokoić jedynie potrzeby niewielkiej, lokalnej społeczności.

**Słowa kluczowe:** zasoby wód podziemnych, próbne pompowanie, utwory dewońskie, skały węglanowe, rejon Krakowa.

**Abstract.** Devonian carbonates in the Kraków–Silesian region are known as a relatively productive aquifer containing good quality water for drinking purposes. The lack of water resources in the Kraków metropolitan agglomeration is the reason for the beginning of reconnaissance study of the Devonian aquifer groundwater resources. The paper presents some details related to the hydrogeological research of the Devonian carbonate aquifer in the Trojanowice-2 borehole. Despite the occurrence of artesian conditions with 1.5 atm. overpressure above datum level and about 150–250 m of the aquifer thickness, the transmissivities of the Devonian carbonates are relatively low and range from  $2.30 \times 10^{-4}$  to  $2.20 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s. As a consequence, the possible resources of the Devonian aquifer are also relatively low and potentially sufficient only for small, local communities.

**Key words:** groundwater resources, pumping test, Devonian rocks, carbonates, Kraków region.

### WSTĘP

Ludność aglomeracji krakowskiej jest zaopatrywana w wodę pitną głównie ze zbiornika retencyjnego na Rابية w Dobczycach oraz z ujęcia infiltracyjnego na tarasie Wisły w Bielanych (dzielnica Krakowa). Podrzędnie do krakowskiej sieci wodociągowej tłoczy się także wodę z Rudawy i Prądnika, niewielkich rzek dopływających do Wisły z obszaru Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej oraz najstarszego ujęcia

brzegowego na tarasie Wisły w Bielanych. Wody z tych źródeł zaopatrzenia są narażone na zanieczyszczenia, przede wszystkim ściekami komunalnymi i przemysłowymi oraz spływającymi z pól uprawnych. W najbliższym otoczeniu Krakowa nie ma wystarczająco zasobnych zbiorników wód podziemnych, aby pozyskać z nich znaczące ilości wody pitnej, którą można by wspomóc zaopatrzenie ludności Krako-

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Górnośląski; ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec; e-mail: anna.chmura@pgi.gov.pl

<sup>2</sup> Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; e-mail: motyka@agh.edu.pl

wa. Wprawdzie w trakcie badań przedmioceńskiego podłoża Krakowa na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych zeszłego stulecia, pod pokrywą słabo przepuszczalnych utworów mioceńskich, natrafiono w wapieniach jurajskich na artezyjskie wody bardzo dobrej jakości o mineralizacji od 0,7 do 1 g/l, ale ze względu na niskie wydajności otworów zdecydowano się zamienić je na ogólnodostępne źródła wód pitnych (Kleczkowski i in., 1994).

W ramach realizacji przez Państwowy Instytut Geologiczny zadania badawczego, sfinansowanego przez Ministerstwo Środowiska, pt. *Zintegrowany program płytkich wierceń badawczych dla rozwiązania istotnych problemów*

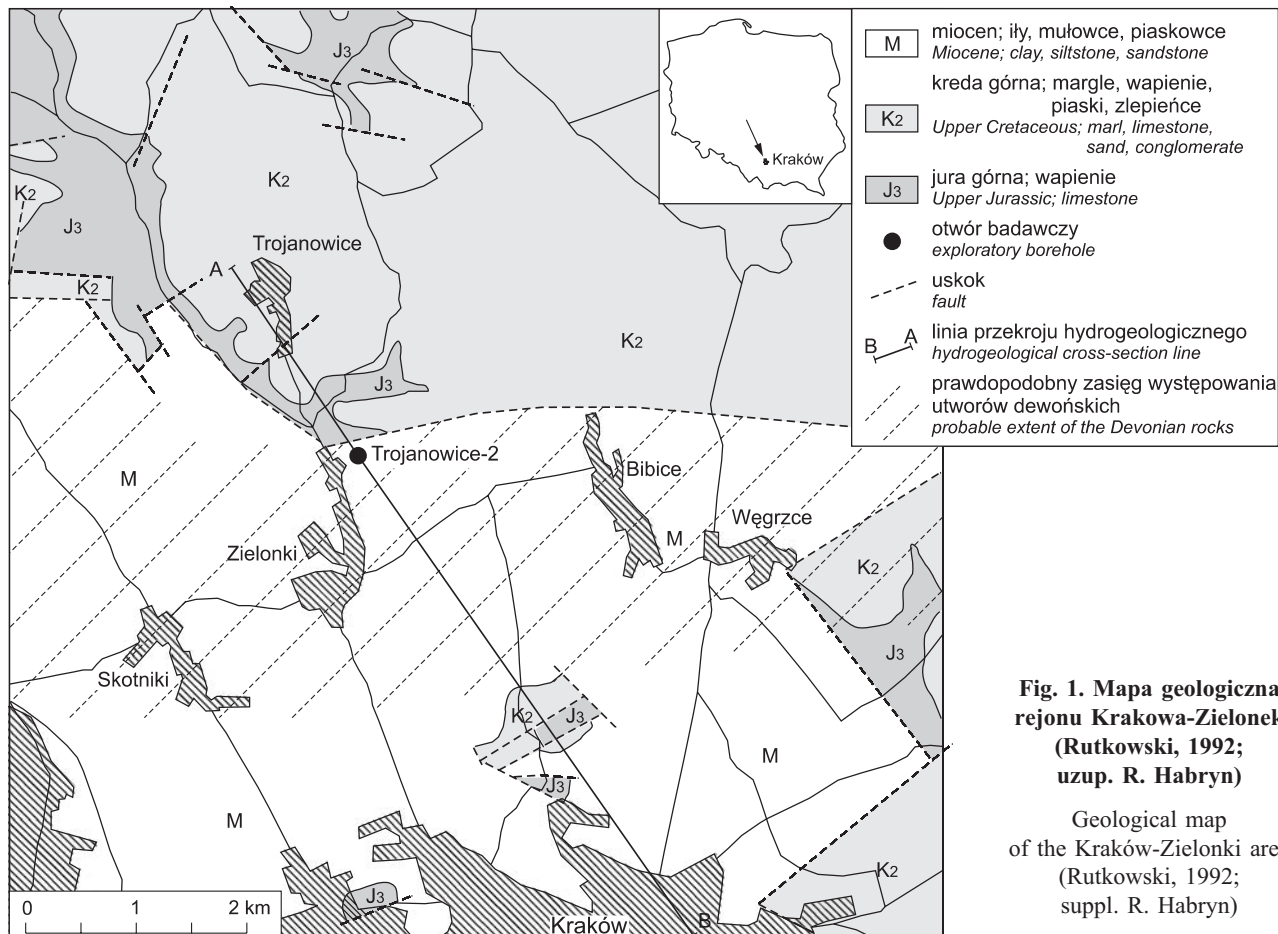
*budowy geologicznej Polski* i dla rozwiązania problemu pt. *Geologiczno-strukturalne rozpoznanie strefy rozłamu Kraków-Lubliniec na odcinku krakowskim* wykonano w Zielonkach koło Krakowa otwór badawczy Trojanowice-2, w którym rozpoznano także możliwości ujęcia wód pitnych dobrej jakości. Szczególną uwagę zwrócono na węglanowe skały dewońskie, które ze względu na stosunkowo głębokie zaleganie są dobrze chronione przed wpływem zanieczyszczeń z powierzchni terenu. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań hydrogeologicznych uzyskanych w tym otworze (Habryn i in., 2007).

## WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Otwór Trojanowice-2 został odwiercony przy granicy trzech dużych jednostek tektonicznych o zasięgu regionalnym: rowu krzeszowickiego, niecki miechowskiej i monokliny krakowsko-częstochowskiej (fig. 1). Obszar ten należy do dwóch jednostek hydrogeologicznych: regionu niżańskiego (XI) oraz subregionu jurajskiego (XII<sub>3</sub>) w regionie śląsko-krakowskim (XII), w których wody użytkowe występują w utworach czwartorzędu, kredy i jury. Opisywanym otworem badawczym natrafiono na dotychczas nieznaną w tym rejonie 200 m kompleks dolomitów środkowego dewonu, z których

na głębokości 326 m nastąpił samowypływ wody słodkiej. Wyniki uzyskane w otworze Trojanowice-2 dokumentują występowanie wód zwykłych do głębokości 519,1 m, które można zagospodarować do celów komunalnych

**Wodonośne piętro czwartorzędowe** budują piaski i żwiry, wypełniające doliny rzeczne, których miąższość dochodzi do 20 m. Tworzą one zbiorniki wód podziemnych typu porowego. Najczęściej swobodne zwierciadło wody zalega na głębokości kilku metrów. Zasilanie czwartorzędowego piętra wodonośnego odbywa się przez infiltrację wód atmosferycznych



**Fig. 1. Mapa geologiczna rejonu Krakowa-Zielonek (Rutkowski, 1992; uzup. R. Habryn)**

Geological map of the Kraków-Zielonki area (Rutkowski, 1992; suppl. R. Habryn)

ferycznych, a lokalnie przez ascenzyjny dopływ wody z utworów kredowych i jurajskich. W otworze Trojanowice-2 warstwa wodonośna nie występuje.

**Wodonośne piętro kredowe** występuje na obszarze niecki miechowskiej. Tworzą je spękane wapienie i margle oraz lokalnie zlepieńce górnej kredy. Zwierciadło wody podziemnej, generalnie o charakterze swobodnym, lokalnie naporowym, najczęściej stabilizuje się na głębokości od kilku do około 20 m. Jest to zbiornik wód podziemnych typu szczelinowego, stąd też wydajność studni, odwierconych w tych utworach mieści się w szerokich granicach – od 10 do 70 m<sup>3</sup>/h. Zasilanie utworów piętra kredowego odbywa się głównie przez infiltrację opadów atmosferycznych na ich wychodniach lub poprzez nadkład zbudowany z osadów czwartorzędowych. W profilu otworu Trojanowice-2 pod ilastymi utworami miocenu nawiercono 2 m margli kredowych z przewarstwieniami iłu z otoczkami wapieni, które należy traktować jako warstwę izolacyjną, a nie wodonośną.

**Wodonośne piętro jurajskie** w rejonie otworu Trojanowice-2 jest dwudzielne pod względem litologicznym. Górną część tego piętra budują wapienie skaliste i płytowe oraz margle i wapienie margliste górnej jury (malm), a dolną piaskowce środkowej jury (doggeru). Serią izolującą poziomy wodonośne są margliste utwory oksfordu oraz ilaste utwory jury środkowej. Na wychodniach wapieni jurajskich zwierciadło wody ma charakter swobodny, natomiast pod utworami

mi neogeńskimi i kredowymi ma charakter naporowy i układa się na głębokości od kilku do około 30 m. Wapienie malmu, z zaobserwowanymi na rdzeniu wiertniczym licznymi spękaniem i kawernami oraz formami krasowymi (Gradziński, 1962), tworzą zbiornik wód podziemnych typu krasowo-szczelinowego. Dolna część wodonośnego piętra jurajskiego, zbudowana z piaskowców doggeru, tworzy zbiornik wód podziemnych typu porowo-szczelinowego. Zasilanie wapieni piętra jurajskiego w wodę odbywa się przez infiltrację opadów atmosferycznych na ich wychodniach lub pośrednio przez leżące na nich osady czwartorzędowe.

**Wodonośne piętro dewońskie** budują spękane i skawerowane dolomity (obserwacje na rdzeniu wiertniczym), a więc jest to zbiornik wód podziemnych typu szczelino-krasowego. Otworem geologicznym Trojanowice-2 udokumentowano 207 m zawodnionych utworów, zalegających na głębokości 312 m p.p.t. O ich rozprzestrzenieniu można wstępnie wnioskować na podstawie przyjętych nowych założeń do budowy geologicznej rowu krzeszowickiego (fig. 1, 2), według których struktura ta kontuuje się dalej w kierunku wschodnim, prawdopodobnie do strefy uskoku Kraków–Lubliniec. Opierając się na analizie budowy geologicznej w skali regionalnej (Buła, red., i in., 2002; Buła, Habryn, 2008) można sądzić, że zasilanie węglanowych utworów dewońskich w wodę odbywa się skomplikowanymi drogami, prawdopodobnie głównie przez infiltrację wody z pokrywających je utworów jurajskich (fig. 2).

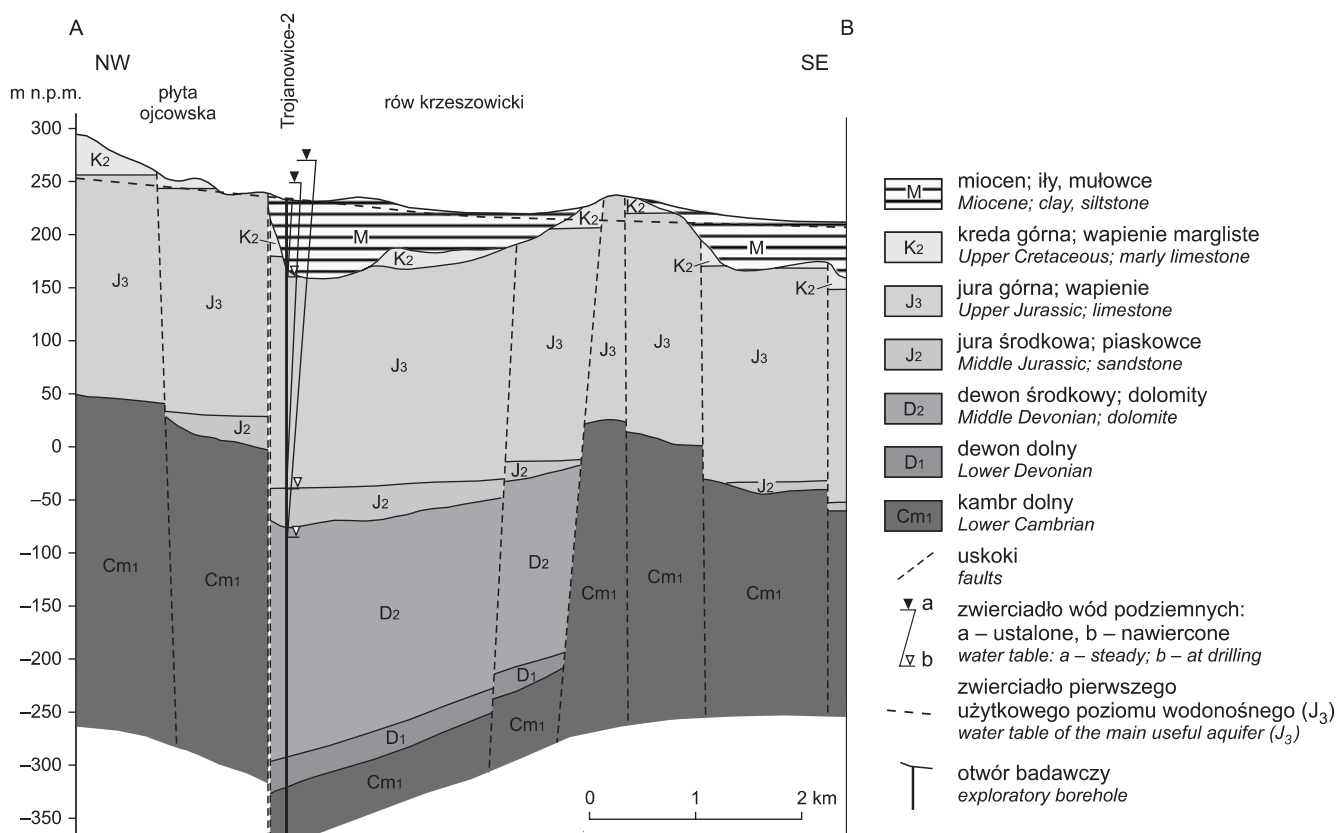


Fig. 2. Przekrój hydrogeologiczny rejonu badań (lokalizacja na fig. 1)

Hydrogeological cross-section of the study area (for location see Fig. 1)

## WYNIKI BADAŃ HYDROGEOLOGICZNYCH W OTWORZE TROJANOWICE-2

### BADANIA HYDRODYNAMICZNE

W trakcie wiercenia otworu geologicznego Trojanowice-2 stwierdzono dopływy wody z poziomu malmu i doggeru oraz z piętra dewońskiego. W wapieniach górnej jury na głębokości 80 m nastąpił samowypływ o wydajności około  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  i maksymalnej wysokości równej około 1 m ponad powierzchnię terenu. Po przewierceniu marglistych utworów malmu, wypływ wody z piaskowców doggeru sięgnął 10,3 m nad powierzchnię terenu. Dla odcinka otworu wywierconego w tych piaskowcach wykonano próbne pompownie, uzyskując wydajność  $15,5 \text{ m}^3/\text{h}$ , przy depresji  $s = 24,78 \text{ m}$ . Ze względu na to, że pompowanie było krótkotrwałe i zasilanie piaskowców doggeru wodą z wapieni malmu przez półprzepuszczalną warstwę margli, rozdzielających te dwa poziomy wodonośne było do pominięcia, to do obliczeń współczynnika filtracji ( $k$ ) piaskowców można przyjąć model studni zupełnej w warstwie o zwierciadle napiętym i zastosować wzór Dupuita (Pazdro, Kozerski, 1990, wzór 207, str. 438):

$$k = 0,366Q \times (\lg R - \lg r) / MS \quad [1]$$

gdzie:

- $k$  – współczynnik filtracji [ $\text{m/s}$ ],
- $Q$  – wydajność pompowania [ $\text{m}^3/\text{s}$ ],
- $R$  – zasięg leja depresji [ $\text{m}$ ],
- $r$  – promień otworu [ $\text{m}$ ],
- $M$  – miąższość warstwy wodonośnej [ $\text{m}$ ],
- $s$  – wielkość depresji [ $\text{m}$ ].

Dla wielkości  $Q = 0,00431 \text{ m}^3/\text{s}$ , założonego  $R = 250 \text{ m}$  (szacunkowe obliczenia wzorem Sichardta),  $r = 0,079 \text{ m}$ ,  $M = 28 \text{ m}$  oraz  $s = 24,78 \text{ m}$  obliczona wzorem [1] wartość współczynnika filtracji dla piaskowców doggeru wyniosła  $k = 7,96 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ .

Poniżej 6 metrowej warstwy iłowców doggeru lub liasu (wiek nie jest pewny), podścielających piaskowce doggeru, na głębokości 326 m, z dolomitów dewońskich, nastąpił samowypływ o wydajności  $44,9 \text{ m}^3/\text{h}$  i ciśnieniu 1,3 atm. Po miesiącu, kiedy otwór był zamknięty ciśnienie wody wzrosło do 2,4 atm. W dolomitach dewońskich wykonano dwustopniowe próbne pompowanie. Dla pierwszego stopnia przy depresji  $s = 12,1 \text{ m}$  uzyskano wydajność  $Q = 44,93 \text{ m}^3/\text{h}$ . Miąższość dolomitów dewońskich w profilu otworu Trojanowice-2 jest równa  $M = 202 \text{ m}$ , a długość czynnej części otworu jest równa  $l = 59 \text{ m}$ , czyli  $l < 0,3M$ , to do obliczenia współczynnika filtracji ( $k$ ) na podstawie wyników tego pompowania można zastosować wzór Giryńskiego (Turek red., 1971, wzór 174, str. 176):

$$k = 0,366Q \times \lg 1,6 l/r : [l \times s] \quad [2]$$

gdzie:

- $Q$  – wydajność pompowania =  $0,0125 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- $l$  – czynna długość otworu =  $59 \text{ m}$ ,
- $s$  – depresja =  $12,1 \text{ m}$ ,
- $r$  – promień otworu =  $0,06 \text{ m}$ .

Wielkość współczynnika filtracji dolomitów dewońskich, obliczona na podstawie pierwszego stopnia próbnego pompowania wynosi  $k = 2,05 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ .

Dla drugiego stopnia pompowania, przy depresji  $s = 22,58 \text{ m}$  i tych samych pozostałych parametrach, uzyskano wydajność  $Q = 73,8 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $0,0205 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Obliczony wzorem [1] współczynnik filtracji dla drugiego stopnia pompowania jest równa  $1,80 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ . Średnia wartość współczynnika filtracji obliczona dla obu stopni pompowania wynosi  $1,93 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ .

W trakcie drugiego stopnia próbnego pompowania notowano zmianę poziomu zwierciadła wody, a więc i depresji w czasie, a więc do interpretacji jego wyników można było zastosować metody filtracji nieustalanej. Czas pompowania był jednak równy tylko 63 godziny, a więc było ono krótkotrwałe i w przypadku skał szczelinowo krasowych charakteryzuje tylko systemy o najmniejszych oporach hydraulicznych, przeciętych przez otwór (szeroko rozwarte szczeliny, czy kawerny). Krzywe wzrostu depresji w trakcie próbnego pompowania oraz wzniosu zwierciadła po jego zakończeniu (fig. 3) wykorzystano do obliczeń parametrów hydrogeologicznych utworów dewonu. W tym celu skorzystano z programu AquiferTest 3.0 (Waterloo Hydrogeologic, 2000), a wyniki obliczeń dla różnych modeli zestawiono w tabeli 1.

Z uwagi na nieznaną miąższość warstwy wodonośnej skał dewońskich w tabeli 1 przedstawiono w większości przypadków tylko wartości przewodności hydraulicznej –  $T$ , która waha się w szerokich granicach od  $2,30 \times 10^{-4}$  do  $2,20 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . Duża zmienność parametru wynika ze szczelinowego charakteru warstwy wodonośnej, gdzie występują zróżnicowane pod względem przepuszczalności systemy spękań i szczelin. W tym kontekście bardzo ciekawe są uzyskane wyniki współczynnika zasobności –  $S$ , w analizo-

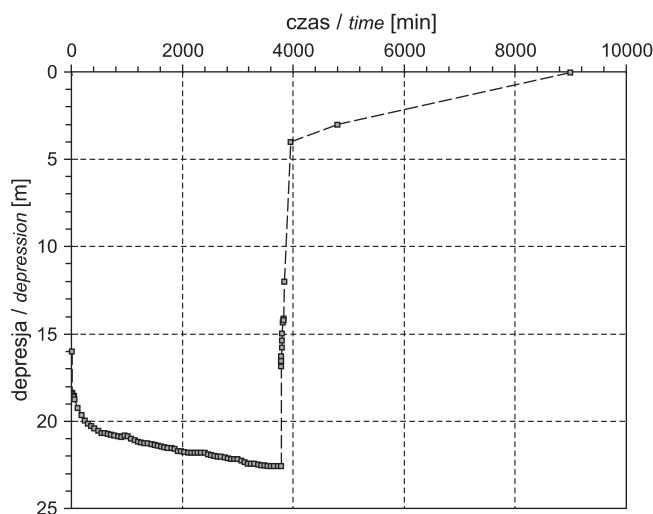


Fig. 3. Zmiany depresji w otworze Trojanowice-2 podczas próbnego pompowania

Drawdown changes in the Trojanowice-2 borehole during the pumping test

Tabela 1

**Wyniki interpretacji próbnego pompownia otworu Trojanowice-2**  
Results of the pumping test data analysis for the Trojanowice-2 borehole

Metoda interpretacji	Charaktrystyka modelu	Parametry hydrogeologiczne
Metoda Theisa	warunki naporowe, nieograniczona i jednorodna warstwa wodonośna, studnia dogłębiona	$T = 1,27 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ $S = 4,18 \times 10^{-6}$
Metoda Cooper-Jacoba (metoda Theisa-Jacoba)	warunki naporowe, nieograniczona i jednorodna warstwa wodonośna, studnia dogłębiona; $u < 0,01$	$T_1 = 2,20 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ $T_2 = 1,44 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ $T_3 = 9,00 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Metoda analizy wzniosu wg Theisa	warunki naporowe, nieograniczona i jednorodna warstwa wodonośna, studnia dogłębiona;	$T_1 = 1,32 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ $T_2 = 2,30 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Metoda Waltona	występowanie zjawiska „przeziąkania” z warstw otaczających; warstwy wodonośne jednorodne i o nieograniczonym zasięgu	$k = 7,18 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
Metoda Moenchy	warstwa wodonośna o charakterze szczelinowym; dominujący udział przepływu szczelinami	$T = 1,36 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ $S = 1,74 \times 10^{-4}$

wanym przypadku charakteryzującego przede wszystkim zasobność sprężystą (ang. *specific storage*), który osiąga wartości rzędu  $4,18 \times 10^{-6}$  (metoda Theisa – dla całej warstwy wodonośnej) oraz  $1,74 \times 10^{-4}$  (metoda Moenchy – dla przewodzących szczelin o ograniczonym kontakcie z niespękanymi blokami skalnymi i systemami mikrospełkań).

#### BADANIA JAKOŚCI WODY

W trakcie wiercenia otworu Trojanowice-2 pobrano próbki wody z utworów piętra jurajskiego i dewońskiego. Analizy składu chemicznego pobranych próbek wody wykonano w Centralnym Laboratorium Chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego, natomiast badania bakterio-

logiczne – w Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Krakowie. Wyniki analiz składu chemicznego zestawiono w tabeli 2.

Woda pobrana z połączonych poziomów jury górnej i środkowej miała mineralizację ogólną równą 544 mg/l i była typu  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ . Wartości dopuszczalne dla wód pitnych przekraczało stężenie żelaza (Fe), równe 1,17 mg/l (dopuszczalna zawartość – 0,2 mg/l; Rozporządzenie..., 2007).

Woda pobrana z węglanowych utworów dewonu miała mineralizację ogólną równą 549 mg/l i była typu  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ . Powyżej wartości dopuszczalnych dla wód pitnych było stężenie żelaza (Fe), równe 0,43 mg/l. Pod względem bakteriologicznym woda była bardzo czysta. W temperaturze 22°C po 72 godzinach stwierdzono obecność

Tabela 2

**Skład chemiczny próbek wód podziemnych z otworu Trojanowice-2**

Chemical composition of the groundwater samples from the Trojanowice-2 borehole

Stratygrafia	pH [-]	PEW [ $\mu\text{S/cm}$ ]	Ca [mg/l]	Mg [mg/l]	Na [mg/l]	K [mg/l]	$\text{HCO}_3$ [mg/l]	$\text{SO}_4$ [mg/l]	Cl [mg/l]	$\text{SiO}_2$ [mg/l]	$\text{NO}_3$ [mg/l]	$\text{NO}_2$ [mg/l]
Dewon	6,94	648	86,1	25,8	18,9	6,4	368	35,5	6,53	11,7	0,32	<0,01
Jura górna i środkowa	6,84	641	85,1	25,2	19,3	5,9	364	32,9	8,99	11,2	0,23	0,01

Stratygrafia	$\text{NH}_4$ [mg/l]	Al [mg/l]	As [mg/l]	Ag [mg/l]	B [mg/l]	Ba [mg/l]	Br [mg/l]	Cd [mg/l]	Co [mg/l]	Cr [mg/l]	Cu [mg/l]	F [mg/l]
Dewon	0,17	<0,01	<0,01	–	0,13	0,072	<0,1	<0,001	<0,002	<0,003	<0,002	0,52
Jura górna i środkowa	0,16	0,01	<0,01	<0,003	0,11	0,08	<0,1	<0,001	<0,002	<0,003	<0,002	0,55

Stratygrafia	Fe [mg/l]	Li [mg/l]	Mn [mg/l]	$\text{HPO}_4$ [mg/l]	Pb [mg/l]	Sr [mg/l]	Zn [mg/l]	data opróbowania	odsłonięty interwał do badań
Dewon	0,43	0,02	0,010	<1	<0,01	0,53	<0,003	14.04.2006	323,0–333,4
Jura górna i środkowa	1,17	0,02	0,015	<1	<0,01	0,48	0,004	28.03.2006	80,0–293,8



4 bakterii w 1 ml wody, przy dopuszczalnej ilości równej 100 bakterii w 1 ml (PN-EN-ISO 6222-2004), a w temperaturze 37°C, po 24 godzinach 1 bakterię w 1 ml wody, przy dopuszczalnej ilości równej 20 bakterii w 1 ml wody (*op. cit.*).

Podobny skład chemiczny badanych poziomów wodonośnych wskazuje na zasilanie węglanowych utworów dewońskich głównie przez infiltrację wody z pokrywających je utworów jurajskich (fig. 2).

## PODSUMOWANIE

Wyniki badań hydrogeologicznych w otworze Trojanowice-2 wykazały, że na północ od Krakowa, w podłożu utworów mezozoicznych i w brzeźnych partiach rowu krzeszowickiego, możliwe jest uzyskanie wód pitnych dobrej jakości z węglanowych skał dewońskich, zalegających na głębokości powyżej 300 m pod powierzchnią terenu. Woda na tej głębokości ma mineralizację poniżej 500 mg/l. Trudno obecnie, na podstawie badań w jednym otworze hydrogeologicznym, ocenić zasoby wody pitnej w piętrze dewońskim na rozpatrywanym obszarze. Można by to zrobić po zrealizowaniu szerszego programu badań, który objąłby

również rozpoznanie w południowej części monokliny śląsko-krakowskiej, zapadlisku przedkarpackim i niecce niedziańskiej. Niemniej jednak, wydaje się, że zasoby wody podziemnej z węglanowych skał dewońskich mogą posłużyć do lokalnego wykorzystania w obszarze północnych peryferii zapadliska przedkarpackiego (rowu krzeszowickiego), jak to ma miejsce w przypadku gminy Zielonki, gdzie po stwierdzeniu wód podziemnych dobrej jakości, zaadaptowano otwór rozpoznawczy Trojanowice-2 na studnię opatrzoną symbolem S-3 i włączono ją do sieci wodociągowej gminy.

## LITERATURA

- BUŁA Z. (red.), HABRYN R., KUREK S., KRIEGER W., MARKOWIAK M., WOŹNIAK P., 2002 – Atlas geologiczny paleozoiku bez permu w strefie kontaktu bloków górnośląskiego i małopolskiego. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BUŁA Z., HABRYN R. (red.), 2008 – Atlas geologiczno-strukturalny paleozoicznego podłoża Karpat zewnętrznych i zapadliska przedkarpackiego. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GRADZIŃSKI R., 1962 – Rozwój podziemnych form krasowych w południowej części Wyżyny Krakowskiej. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **32**: 429–492.
- HABRYN R., BUŁA Z., CHMURA A. i in., 2007 – Dokumentacja geologiczna otworu badawczego Trojanowice-2. Zintegrowany program płytkich wierceń badawczych dla rozwiązania istotnych problemów budowy geologicznej Polski. Problem 10. Geologiczno-strukturalne rozpoznanie strefy rozłamu Kraków–Lubliniec na odcinku krakowskim. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KLECZKOWSKI A.S., MYSZKA J., SOLECKI T., STOPA J., 1994 – Krakowskie artezyjskie źródła wód pitnych z wapieni jury. Wyd. Geol., Geof. i Ochr. Środ., AGH, Kraków.
- PAZDRO Z., KOZERSKI B., 1990 – Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., Warszawa.
- PN-EN-ISO 6222-2004 – Jakość wody. Oznaczanie ilościowe mikroorganizmów zdolnych do wzrostu. Określenie ogólnej liczby kolonii metodą posiewu na agarze odżywczym. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Zdrowia z dn. 29.03.2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. Nr 61, poz. 417.
- RUTKOWSKI J., 1992 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Kraków. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- TUREK S. (red.), 1971 – Poradnik hydrogeologa. Wyd. Geol., Warszawa.
- WATERLOO HYDROGEOLOGIC, 2000 – Aquifer Test User's Manual. Graphical Analysis and Reporting of Pumping Test & Slug Test Data.

## SUMMARY

The Trojanowice-2 borehole was drilled as part of geological investigations of the Kraków–Silesian zones boundary. During drilling under the 70-m thick Miocene formation (siltstones, mudstones), the Upper Jurassic aquifer was found consisting of limestones and underlying marls. Beneath, Middle Jurassic sandstones were encountered. This is a confined aquifer with water flowing above surface. At the depth of 312 m, there is the Devonian aquifer consisting of karstic-fissured type dolomites. Hydraulic conductivity of the Devonian dolomites calculated on the basis of pumping test for steady-state conditions is  $1.93 \times 10^{-5}$  m/s, and the

transmissivity, depending on the interpretation method, ranges from  $2.3 \times 10^{-4}$  to  $2.2 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s. Storativity of these rocks calculated by the Theis method is  $4.18 \times 10^{-6}$  (Tab. 1). The Devonian aquifer contains good quality water with respect to chemical and bacteriological properties. The total dissolved solid (TDS) in HCO<sub>3</sub>–Ca–Mg type water is about 550 mg/l, however the iron concentration is 0.43 mg/l, exceeding the Polish limits for drinking water. The results of pumping test shows that water resources of the Devonian aquifer are small and could be taken under consideration as a source of drinking water supply only for small communities.