

Możliwości wykorzystania energii geotermalnej między Bochnią a Brzeskiem (woj. małopolskie)

Wiesław Bujakowski*, Antoni P. Barbacki*



W. Bujakowski

A. P. Barbacki

Possibilities of geothermal energy utilization in Bochnia–Brzesko area (S Poland). Prz. Geol., 55: 258–262.

S u m m a r y. Hydrogeothermal conditions of the Bochnia–Brzesko area within of Devonian, Cretaceous, Jurassic and Miocene aquifers are evaluated. Particularly favourable geothermal conditions in this area result from good hydrogeological parameters of the Late Cretaceous aquifer (Cenomanian sandstones, up to 80 m thick in this area). Heat power estimate for one geothermal doublet (with a heat pump system) exploiting the Cenomanian aquifer yields 1.5 MWt. Currently, other aquifers in this area (Miocene, Jurassic, Devonian) are regarded as being of secondary importance for geothermal purposes.

Key words: geothermal energy, Bochnia–Brzesko area, aquifer, thermal water

Energia geotermalna ze względu na swój odnawialny charakter oraz praktycznie całkowite wyeliminowanie szkodliwych emisji w porównaniu z tradycyjnymi nośnikami energii, jest wykorzystywana w ponad siedemdziesięciu krajach świata. W Polsce działa pięć zakładów eksploatujących wody termalne: na Podhalu, w Pyrzycach, Mszczonowie, Uniejowie i w Stargardzie Szczecińskim. Wody termalne są również używane dla celów leczniczych w kilku sanatoriach i uzdrowiskach (m.in. w miejscowościach Łądek Zdrój, Ciecchocinek, Konstancin, Ustroń, Iwonicz), a ciepło z płytkich stref przypowierzchniowych wykorzystuje się w instalacjach indywidualnych poprzez zastosowanie pomp ciepła. Technologia pomp ciepła spowodowała również wzrost zainteresowania wgłębnymi wodami niskotemperaturowymi (poniżej 20°C), umożliwiając ich użycie do celów grzewczych dla odbiorcy grupowego (np. Słomniki k/Krakowa; Bujakowski & Barbacki, 2000).

Dane z obszaru Bochnia–Rzezawa–Brzesko, uzyskane z ponad 200. otworów naftowych wskazują, że wody geotermalne w tej strefie są związane z utworami wodonośnymi miocenu, cenomanu, doggeru i malmu oraz dewonu. Poniżej przedstawiono charakterystykę zbiorników wodonośnych związanych z tymi utworami w aspekcie możliwości wykorzystania energii cieplnej dla celów grzewczych.

Zbiorniki wód geotermalnych strefy Bochnia–Rzezawa–Brzesko

Główne, najbardziej rozległe i zasobne zbiorniki wód geotermalnych w Polsce są związane z utworami dolnej jury i dolnej kredy Niżu Polskiego, które występują w szerokim pasie od Szczecina po równoleżnik Kielc (Górecki, 1995). Na tym obszarze liczne otwory nawierciły wody termalne, m.in. w Pyrzycach Stargardzie, Uniejowie k/Łodzi, Mszczonowie, Skierniewicach, Kole i Gnieźnie. Piaskowce jury i kredy, o łącznej miąższości do 900 m zalegają na głębokościach do 3000 m, a wody występujące w tych utworach wykazują temperatury od 20 do 100°C. Wymie-

nione zbiorniki Niżu Polskiego nie obejmują swym zasięgiem rejonu Bochnia–Rzezawa–Brzesko, natomiast w strefie tej znajdują się utwory zbiornikowe związane głównie z utworami cenomanu oraz dewonu (Bujakowski & Barbacki 2004.). Występują tu również inne, potencjalne zbiorniki wód geotermalnych reprezentowane przez piaskowcowe utwory miocenu, doggeru oraz wapienne utwory górnej jury, jednak dane otworowe wskazują, że ich parametry zbiornikowe są mniej korzystne, bądź trudne do oceny (Barbacki i in., 2006). Wartości przyływów zamieszczonych w tab. 1 zostały określone na podstawie wyników prób złożowych wykonanych próbnikiem złoża, bądź też oceny stwierdzonych wielkości samowypływów.

Zbiornik dewoński

Zbiornik ten nie występuje w rejonie Rzezawy i przypuszczalnie w rejonie Brzeska, rozpoznany został natomiast na wschód od Bochni (otwory Cikowice 1 i Łapczyca 2, tab. 1). Korzystne parametry zbiornikowe wykazują głównie węglanowe utwory dewonu i środkowego co potwierdziły przykłady i samowypływy wód obserwowane głębokimi otworami (Barbacki, 2004a, b). Poziomy wodonośne dewonu są zasilane przypuszczalnie pośrednio poprzez kontakt z wyżejleżącymi poziomami wodonośnymi górnej jury.

Znaczenie szczelinowości dla parametrów zbiornikowych dewonu potwierdza fakt, iż samowypływy o wartościach przekraczających niekiedy 10 m³/h uzyskiwane były z utworów dewonu o zmierzonej laboratoryjnie porowatości efektywnej zaledwie 1% i niemal zerowej przepuszczalności. We wschodniej strefie Bochni strop utworów dewonu zalega na głębokości 1400–1600 m, temperatura wód zbiornika wynosi ok. 45°C (otwory Cikowice 1, Łapczyca 2), a mineralizacja ogólna przekracza 35 g/dm³.

Zbiornik jurajski

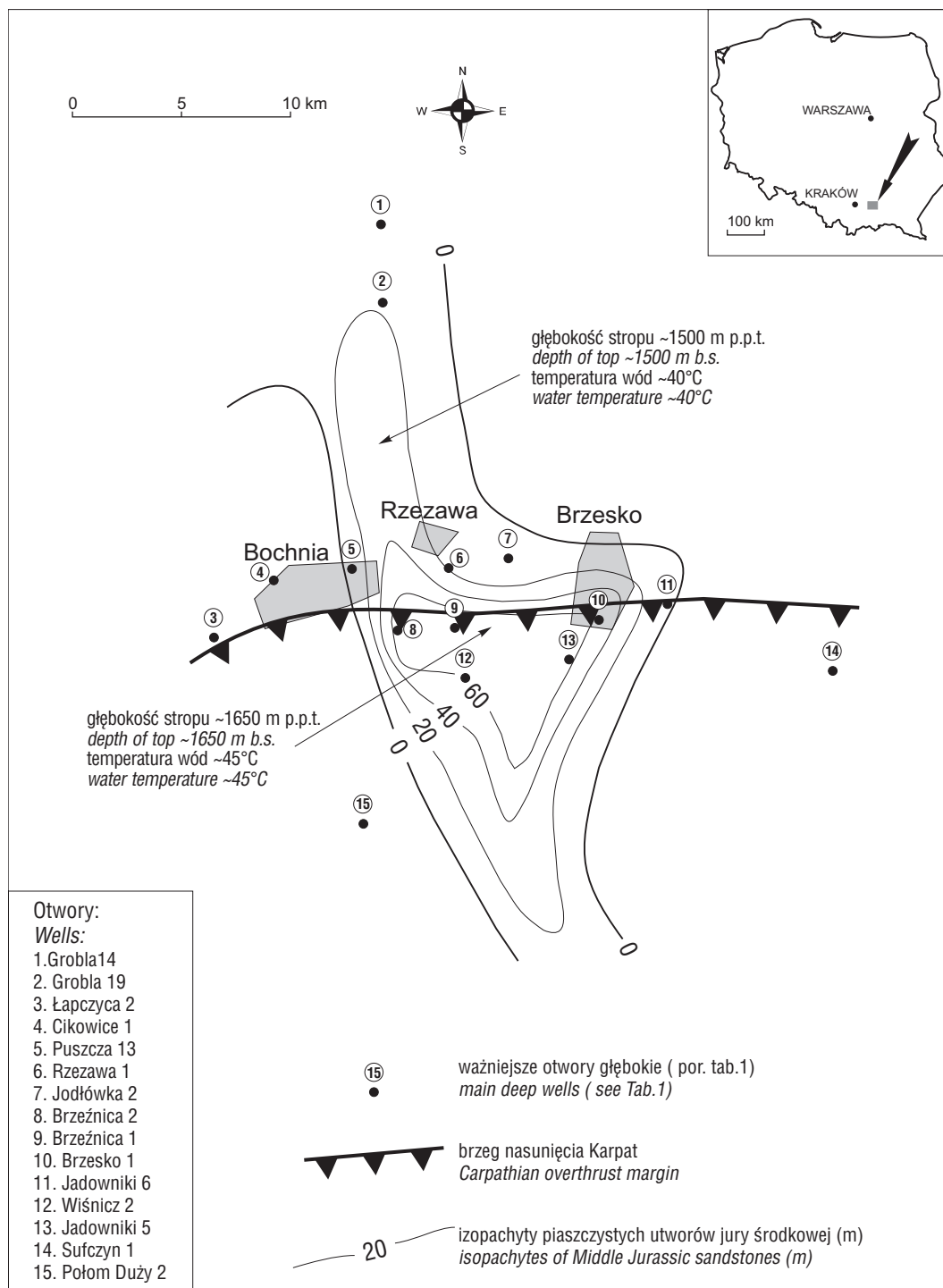
Zbiornik jurajski w strefie Bochnia–Rzezawa–Brzesko obejmuje dwa poziomy wodonośne: środkowojurajski (piaskowcowy) oraz górnójurajski (wapienny). Starszy, środkowojurajski poziom jest zbudowany z piaszczystych utworów morskich o miąższości dochodzącej do 60 m (ryc. 1) zalegających na różnicowanej głębokości. W północnej części obszaru środkowojurajskie piaskowce występują na

*Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, Polska Akademia Nauk, ul. Wybickiego 7, 31-261 Kraków; buwi@min-pan.krakow.pl; barbacki@min-pan.krakow.pl

głębokościach rzędu 1500 m, a temperatury zawartych w nich wód szacowane są na 40°C, w części południowej, na głębokości ok. 2000 m z wodami o temperaturze ok. 60°C (rejon Wiśnicza). Mineralizacja tych wód jest zależna od głębokości poziomu wodonośnego i waha się od ok. 50 do 60 g/dm³. Przyływy wód geotermalnych były notowane w otworach Rzezawa 1, Jadowniki 5, Brzesko 1, a najlepsze właściwości zbiornikowe piaszczycowych utworów jury środkowej stwierdzono w rejonie Brzeźnicy (tab.1).

W okresie jury górnej obszar Małopolski był dnem epi-kontynentalnego morza, w którym deponowały utwory

wapienne. W rejonie Bochnia–Rzezawa–Brzesko miąższość wapiennego kompleksu jury górnej wynosi ok. 400 m, a głębokość zalegania jego stropu waha się od 1100 do 1700 m p.p.t. W licznych otworach obserwowano przyływy solanki, której zwierciadło bądź dochodziło do powierzchni terenu (Rzezawa 1), bądź też miał miejsce jej samowypływ na powierzchnię (Cikowice 1, Sufczyn 1, Jadowniki 6; tab. 1). Wapienny kompleks górnej jury wykazuje silne zróżnicowanie parametrów zbiornikowych wyrażające się tym, że strefy o korzystnych właściwościach zbiornikowych sąsiadują bezpośrednio ze



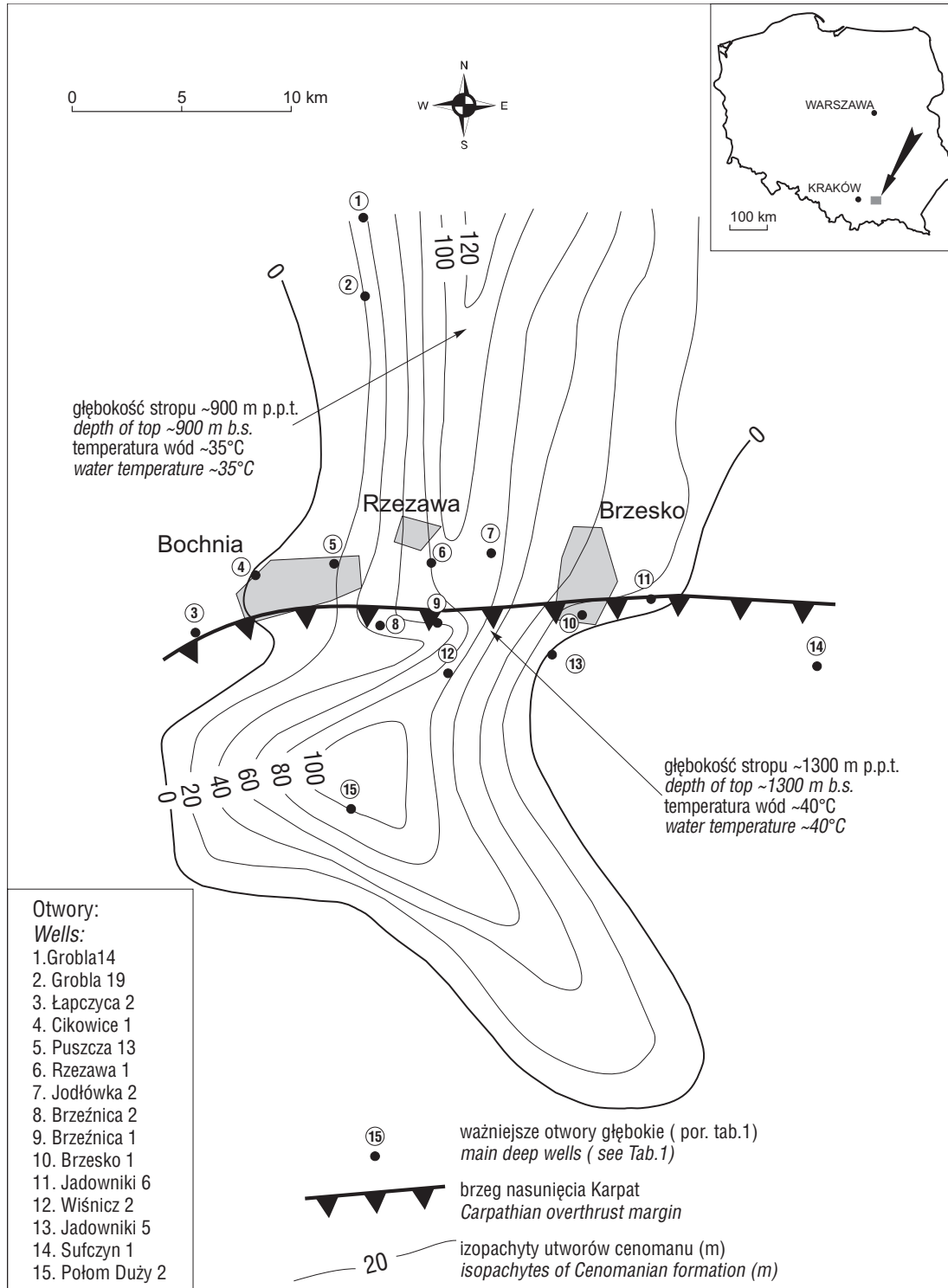
Ryc. 1. Mapa miąższości piaszczycowych utworów jury środkowej (bajocjan, bathonian) w rejonie Bochnia–Rzezawa–Brzesko (wg. danych BG-Geonafsta-PGNiG, PiG i prac Jawora, 1970)

Fig. 1. Isopach map of Middle Jurassic sandstones (bajocian, bathonian) in the Bochnia–Rzezawa–Brzesko area (based on data derived from BG-Geonafsta-POGC, PiG and works of Jawor, 1970)

strefami całkowicie nieprzepuszczalnymi. Dużą rolę w formowaniu stref zbiornikowych odgrywały procesy post-sedymencyjne, takie jak dolomityzacja i aktywność tektoniczna. Temperatura występujących tu wód mieści się w zakresie 35–60°C, a średnia wielkość samowypływu wynosi kilka m³/h.

Zbiornik cenomański

Bezpośrednio na wapiennych utworach górnej jury zalegają piaszczyste utwory cenomanu (ryc. 2), często tworząc z nimi wspólny system wodonośny. Strefa Bochnia–Rzezawa–Brzesko w czasie transgresji cenomańskiej stanowiła obszar zatoki morskiej, a obszary lądowe znaj-



Ryc. 2. Mapa miąższości utworów cenomanu w rejonie Bochnia–Rzezawa–Brzesko (wg danych BG-Geonaf-ta-PGNiG, PIG i prac Jawora, 1970, Jawora i in., 1999, 2001— zmodyfikowane)

Fig. 2. Isopach map of Cenomanian formation in the Bochnia–Rzezawa–Brzesko area (based on data derived from BG-Geonaf-ta-POGC, PGI and works of Jawor 1970, Jawor et al., 1999, 2001 — modified)

dowały się na wschodzie i zachodzie obszaru. Piaskowcowe osady cenomanu wykazują bardzo korzystne parametry zbiornikowe a ich miąższość dochodzi do 80 m. Stwierdzono wprost proporcjonalną zależność pomiędzy parametrami zbiornikowymi a miąższością utworów cenomanu, przejawiającą się tym, że najwyższe wartości tych parametrów występują w centralnej, najbardziej miąższej strefie zbiornika (Jawor & Baran, 2001). Mineralizacja wód zbiornika cenomańskiego waha się od 20 do 70 g/dm³ w zależności od głębokości jego zalegania (Oszczypko & Tomasz, 1976).

W północnej, pozakarpackiej części obszaru zbiornik ten występuje na głębokości ok. 900 m p.p.t., z wodami o temperaturze 30–35°C, natomiast w południowej, karpaczej części obszaru — na głębokości około 1600 m p.p.t., z wodami o temperaturze wód do 50°C (rejon Wiśnicza).

Niewysokie temperatury wód w strefie pozakarpaczej są „rekompensowane” ich wysokimi wydajnościami i samowypływami dochodzącymi do 60 m³/h (otwór Rzezawa 1). W przypadku rejonu Rzezawy, przy założonym schłodzeniu wód do 5°C, w systemie pomp ciepła możliwe byłoby zatem uzyskanie mocy cieplnej rzędu 1,5MW_t z jednego dubletu geotermalnego.

Znaczące przyipyływy i samowypływy wód geotermalnych obserwowano również w takich otworach tego rejonu jak: Grobla 14, Puszcza 13, Wiśnicz 2, Jodłówka 2, Połom Duży 2 (tab.1).

Podstawową cechą tego zbiornika jest wyraźny trend występowania korzystnych parametrów zbiornikowych (porowatość, przepuszczalność), zgodnie z którym najlepsze parametry zbiornikowe występują wzdłuż strefy osiowej zbiornika.

Tab. 1. Wybrane parametry hydrogeotermalne zbiorników wód geotermalnych w rejonie Bochnia–Rzezawa–Brzesko (na podstawie danych PGNiG S.A., PIG oraz prac Gryz & Kozień-Królikowska, 1999; Jawora i in., 1999; Kruczka, 1972; Oszczypki i in., 1976, 1978)

Table 1. Selected hydrogeothermal parameters of geothermal water aquifers in the Bochnia–Rzezawa–Brzesko area (based on data derived from POGC, PGI and works of Gryz & Kozień-Królikowska, 1999; Jawor et al., 1999; Kruczek, 1972; Oszczypko et al., 1976, 1978)

Nr otworu (zgodnie z ryc. 1 i 2) No of well (see Fig. 1 and 2)	Nazwa otworu Name of well	Stratygrafia zbiornika i opróbowany interwał/głębokość (m p.p.t.) Stratigraphy and tested interval/depth (m b.s.)	Temperatura złożowa wód Water temperature (°C)	Wielkość przyipyływu Water flowrate (m ³ /h)	Mineralizacja wód Water mineralization (g/dm ³)	Parametry zbiornikowe Reservoir parameters	
						Porowatość średnia Average porosity (%)	Przepuszczalność średnia Average permeability (mD)
1	Grobla 14	Cenoman 818–825	37**	30,0*	15,0	–	–
2	Grobla 19	Cenoman 804–813	35	10,0*	15,0	–	–
3	Łapczyca 2	Dewon ~1614	45	–*	>35,0	–	–
4	Cikowice 1	dewon ~1417 jura górna 1150–1185	45 35	15,0* 1,2*	>35,0 –	3,0	–
5	Puszcza 13	cenoman 1013–1030	30	1,8*	20,0	14,1	1604,0
6	Rzezawa 1	jura środkowa 1578–1593	45	1,5	>35,0	–	–
		jura górna 1330–1350	40	–*	>35,0	9,0	~30
		cenoman 1111–1190	35	66,0 *	26,6	~20,0	00,0
7	Jodłówka 2	Cenoman 1264–1348	40	3,0*	>35,0	–	–
8	Brzeźnica 2	jura środkowa 1682–1759	55	–	–	5,0	–
9	Brzeźnica 1	jura środkowa 1780–1880	55	–	–	6,4	143,0
10	Brzesko 1	jura środkowa 2002–2033	60	3,0	>35,0	–	–
11	Jadowniki 6	jura górna 1690–1740	65	1,0*	>35,0	2,0	–
12	Wiśnicz 2	cenoman 1585–1667	50	25,0	80,0	23,3	1821,0
13	Jadowniki 5	jura środkowa 2051–2116	60	0,3	>35,0	6,2	–
14	Sufczyn 1	jura górna 1965–2071	54**	9,0*	>35,0	2,5	–
15	Połom Duży 2	cenoman 2473–2582	75	–	115,2	15,3	392,0

*samowypływ, ** temperatury zmierzone (pozostałe oszacowano na podstawie gradientu geotermicznego)

*free-outflow, ** measured temperatures (other estimated according a temperature gradient)

Zbiornik mioceniński

W omawianym obszarze osady miocenijskie osiągają dużą miąższość dochodzącą do 1000 m, tworząc naprzemianległe pakiety piaskowców, mułowców, iłupków oraz soli i anhydrytów. Są to osady morskie wypełniające rów przedgórski o znacznej subsydencji tektonicznej. Poza strefą nasunięcia karpackiego, strop utworów miocenu występuje bezpośrednio pod osadami czwartorzędowymi, w strefie karpackiej natomiast na głębokości dochodzącej do 1400 m p.p.t. (rejon Wiśnicza).

Eksploatacja miocenijskich złóż gazowych wskazuje, że znajdują się one pod ciągłym naporem wód złożowych. W strefie miocenijskiego złoża Dąbrówka (5 km na północ od Brzeska) w otworach wierconych poza konturem woda-gaz stwierdzano przypiływy i samowypływy wód z utworów miocenu o mineralizacji od 10 do 120 g/dm³ i temperaturze od 20 do 25°C. Przypiływy wód złożowych mieściły się w granicach 1,0–26,0 m³/h, jednak specyfika zbiornika miocenijskiego związana z ograniczonym zasięgiem i hermetycznością soczewek piaskowcowych grozi ryzykiem obniżenia wydajności wód w dłuższym okresie eksploatacji. Również w rejonie Rzezawy i Bochni podczas poszukiwań węglowodorów stwierdzano samowypływy solanek z utworów miocenijskich, jednak ich temperatura ze względu na nieduże głębokości były niewysokie (~20°C).

Podsumowanie i wnioski

Rejon Bochnia–Rzezawa–Brzesko należy uznać za rejon o dobrym rozpoznaniu geologicznym, głównie dzięki poszukiwaniom naftowym. Na terenie tym znajduje się ok. 200 głębokich otworów, a pochodzące z nich dane wskazują, że znajduje się on w strefie korzystnych parametrów hydrogeotermalnych, związanych głównie ze zbiornikiem cenomańskim. Temperatury wód tego zbiornika wynoszą od 35 do 40°C, a wydajności — w warunkach samowypływu — dochodzą do 60 m³/h. Wskazuje to na możliwość uzyskania mocy grzewczej z jednego dubletu geotermalnego do ok. 1.5 MW_e. Niskie temperatury wód oznaczają, że bezpośrednie wykorzystanie energii geotermalnej może mieć miejsce głównie w rekreacji, ogrodnictwie lub hodowli ryb, natomiast dla celów grzewczych w skojarzeniu z systemem pomp ciepła.

Zbiorniki dewoński i środkowojurajski gromadzą wody o temperaturze do 50°C, lecz przypuszczalnie wydajności z tych zbiorników byłyby niższe niż ze zbiornika cenomańskiego. Wody o takich temperaturach mogą już jednak wprost służyć celom grzewczym, przy zastosowaniu współczesnych energooszczędnych technologii budowlanych. Obecne rozpoznanie tych zbiorników jest jednak niewystarczające i ich przydatność dla celów ciepłowniczych wymaga dalszych badań.

Zbiornik górniojurajski również stwarza potencjalne możliwości dla wykorzystania energetycznego, jednak — podobnie jak w przypadku zbiornika dewońskiego i środkowojurajskiego — jego przydatność może zostać oceniona dopiero po pogłębionych analizach i po uzyskaniu nowych danych.

Zbiornik mioceniński jest rozpoznany głównie w aspekcie poszukiwań złóż gazowych. Również w tym przypadku wiarygodna ocena wartości parametrów hydrogeotermalnych jest utrudniona. Ocenia się, że temperatury złożowe wód są rzędu 25°C, lecz możliwość ich wykorzystania będzie zależna od stabilności parametrów w trakcie eksploatacji.

Koncepcja wykorzystania energii geotermalnej w obszarze Bochnia–Rzezawa–Brzesko wymaga ponadto uwzględnienia wysokiej mineralizacji występujących tam wód, co wiąże się z koniecznością ich ponownego zatłaczania do złoża poprzez otwór chłonny. Znacznym obciążeniem inwestycyjnym będą zatem koszty wierceń takich otworów. W strefie Bochnia–Rzezawa–Brzesko, gdzie znajdują się liczne zlikwidowane otwory poszukiwawcze oraz otwory kończące eksploatację węglowodorów, istnieje możliwość rekonstrukcji, czy też przejścia niektórych z nich — kończących eksploatację ropy lub gazu — na potrzeby geotermii (np. w rejonie złoża Grobla).

Reasumując, ocena możliwości wykorzystania energii geotermalnej dla tego obszaru wymaga analizy takich czynników jak:

- możliwa do uzyskania temperatura i wydajność wód z pojedynczego otworu w celu oszacowania mocy cieplnej dubletu otworów,

- stan techniczny starych odwiertów (ocena możliwości rekonstrukcji), bądź możliwość przejścia otworu kończącego eksploatację ropy lub gazu,

- obecność istniejącego lub potencjalnego odbiorcy w celu określenia przewidywanej wielkości sprzedaży energii cieplnej,

- wstępna ocena kosztów produkcji 1GJ energii cieplnej dla różnych wariantów i rozwiązań technologicznych.

Pomimo korzystnych warunków hydrogeotermalnych obszaru Bochnia–Rzezawa–Brzesko dopiero analiza wszystkich wymienionych czynników umożliwi określenie ekonomicznej efektywności wykorzystania energii geotermalnej w tym obszarze.

Literatura

- BARBACKI A. 2004a — Zbiorniki paleozoiczne obszaru krakowsko-kieleckiego — możliwość wykorzystania energii geotermalnej. *Prz. Geol.*, 48: 243–252.
- BARBACKI A. 2004b — Zbiorniki wód geotermalnych niecki miechowskiej i środkowej części zapadliska przedkarpackiego. *Studia, Rozprawy, Monografie 125, IGSMiE PAN, Kraków.*
- BARBACKI A., BUJAKOWSKI W. & PAJĄK L. 2006 — Atlas zbiorników wód geotermalnych małopolski. *Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.*
- BUJAKOWSKI W. & BARBACKI A. 2000 — System wykorzystania niskotemperaturowej wody geotermalnej dla celów ciepłowniczych i konsumpcyjnych w mieście Słomniki. *Czasopismo Techniczne KTT, Kraków.*
- BUJAKOWSKI W., BARBACKI A. 2004 — Potential for geothermal development in Southern Poland. *Geothermics*, 33.
- GRYZ W. & KOZIEN-KRÓLIKOWSKA M. 1999 — Charakterystyka hydrochemiczna wód utworów cenomanu przedgórzia Karpat. *Przemysł Naftowy i Nauka Razem w XXI wiek. Karpacka Konferencja Naukowa, Raba Wyżna: 78–86.*
- GÓRECKI W. 1995 — Atlas zasobów energii geotermalnej na Niżu Polskim. *Wyd. Towarzystwo Geosynoptyków GEOS — AGH, Kraków.*
- JAWOR E. 1970 — Wgłębna budowa geologiczna na wschód od Krakowa. *Acta Geol. Pol.*, 20: 709–762.
- JAWOR E. & JAWOR W. & BARAN U. 1999 — Rozwój piaskowców cenomanu w obrębie zapadliska przedkarpackiego i warunki występowania akumulacji węglowodorów. *Przemysł Naftowy i Nauka Razem w XXI Wieku, Karpacka Konferencja Naukowa, Raba Niżna: 57–66.*
- JAWOR E. & BARAN U. 2001 — Piaskowce cenomanu — rozpoznanie i perspektywy poszukiwawcze. *Nafta–Gaz*, 2: 79–97.
- KRUCZEK J. 1972 — Dolomityzacja wapieni malmu a możliwości poszukiwawcze profilu Dąbrowa-Tarnowska–Tarnów. *Nafta*, 2: 49–54, Katowice.
- OSZCZYPKO N. & TOMAŚ A. 1976 — Kredowe poziomy wodonośne środkowej części Przedgórzia Karpat. *Z. Nauk. AGH, Geologia*, t. 2.
- OSZCZYPKO N. & TOMAŚ A. 1978 — Charakterystyka własności zbiornikowych osadów jurajskich na przedgórzu Karpat środkowych. *Kwart. Geol.*, 22: 585–600.

Praca wpłynęła do redakcji 03.07.2006 r.

Akceptowano do druku 03.01.2007 r.