

Tomasz GAGULSKI<sup>1</sup>, Grażyna GORCZYCA<sup>1</sup>

## ZRÓŻNICOWANIE WARUNKÓW GEOTERMALNYCH CENOMAŃSKIEGO SYSTEMU WODONOŚNEGO W REJONIE BUSKA-ZDROJU NA PRZYKŁADZIE DANYCH Z NOWYCH WIERCEŃ

### STRESZCZENIE

Niecka miechowska stanowi obszar perspektywiczny pod względem występowania wód geotermalnych w obrębie cenomańskiego systemu wodonośnego. Wody takie zostały nawiercone w rejonie Buska-Zdroju w latach 2016–2017 trzema otworami OB-I, OB-II oraz OB-V. Otwory te zlokalizowane są po obu stronach dużej regionalnej dyslokacji zwanej uskokiem radzanowskim. Stwierdzona głębokość występowania wód geotermalnych w tym rejonie wynosi od 732,5 m (otw. OB-I) do 344,0 (otw. OB-II). Maksymalne temperatury wody na wypływie z otworów OB-I, OB-II i OB-V jakie uzyskiwano podczas badań wynoszą odpowiednio 27,2, 22,3 i 23,5°C. Są to wody chlorkowo-sodowe i chlorkowo-siarczanowo-sodowe, często jodkowe oraz siarczkowe. Pomimo tego, iż występują w obrębie utworów cenomanu, nie zawsze zawierają siarkowodór. Analiza wyników wykazała, że wyższy gradient geotermiczny występuje po południowej stronie uskoku Radzanowa. Jednak to obszar po północnej jego stronie, tj. rejon otworu OB-I, jest bardziej perspektywiczny pod kątem wykorzystania wód geotermalnych choćby do celów balneologicznych.

### SŁOWA KLUCZOWE

Wody geotermalne, Busko-Zdrój, system wodonośny, cenoman, gradient geotermiczny

\* \* \*

---

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków; e-mail: tomasz.gagulski@pgi.gov.pl, grazyna.gorczyca@pgi.gov.pl

## WPROWADZENIE

Busko-Zdrój położone jest w NE części niecki miechowskiej, która stanowi część większej struktury zwanej synklinorium szczecińsko-lódzko-miechowskim. Niecka miechowska zaliczona została przez Barbackiego (2007) do obszarów perspektywicznych pod względem występowania wód geotermalnych, zwłaszcza w utworach cenomanu, co potwierdzają prace m.in. (Kulikowska 1976; Oszczytko 1981; Barbacki 2004; Chowaniec i in. 2007, 2009; Lisik 2010; Rózkowski i Rózkowski 2010; Zuber i in. 2010; Górecki red. 2012; Lisik i Szczepański 2014; Wiktorowicz 2016).

Nowych danych na temat warunków geotermalnych cenomańskiego systemu wodonośnego dostarczyły badania przeprowadzone w latach 2016–2017 przez Oddział Karpacki Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego (OK PIG-PIB). Wody geotermalne w rejonie Buska-Zdroju rozpoznane zostały wtedy otworami wiertniczymi OB-I w Lesie Winiarskim, OB-II w Wełczu oraz OB-V w Budzynie. Otwory te zostały wykonane w związku z dokumentowaniem zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych, siarczkowych w rejonie Buska-Zdroju i Solca-Zdroju. Wyniki badań wód termalnych z otworów OB-I oraz OB-II zostały już scharakteryzowane w publikacji Gorczyca i in. (2017). Niniejszy artykuł jest kontynuacją i poszerzeniem tej wiedzy o rezultaty badań uzyskanych z otworu OB-V, które dotychczas nie były opublikowane.

Wcześniej, w roku 2009, w rejonie Buska-Zdroju wody geotermalne ujęto otworem Busko C-1 (Gała 2011).

### 1. OBSZAR BADAŃ

Niecka miechowska rozciąga się z NW na SE, aż do brzegu Karpat. Rejon Buska-Zdroju zlokalizowany jest w peryferyjnej jej części, na granicy z zapadliskiem przedkarpackim (rys. 1). Obszar ten charakteryzuje się silnym zaangażowaniem tektonicznym. Licznie występujące tu uskoki o głównym kierunku z NW na SE i mniejsze, poprzeczne i ukośne do nich, decydują o dużym zróżnicowaniu głębokości zalegania stropu utworów cenomanu. Otwory OB-I i OB-II zlokalizowane zostały w bliskim sąsiedztwie uskoku Radzanowa, po jego obu stronach, natomiast otwór OB-V został usytuowany około 6 km na SW od niego (rys. 2).

Podłoże niecki miechowskiej budują utwory paleozoiczne, na których zalegają osady mezozoiczne triasu, jury oraz kredy. Rozpoznanie wiertnicze niecki wskazuje, że utwory tych pięter nie mają ciągłego rozprzestrzenienia. W rejonie Buska-Zdroju na osadach jurajskich zalegają bezpośrednio utwory kredy górnej, reprezentowane przez piaski i piaskowce cenomanu oraz margle turonu i santonu. Utwory cenomanu stanowią w tym rejonie główny kolektor wód leczniczych, siarczkowych. Są eksploatowane i wykorzystywane do celów balneoterapii. Analiza uzyskanych rdzeni z otworów OB-II i OB-V wykazuje, iż kontakt utworów cenomanu i jury ma charakter erozyjny. Utwory kredy górnej występują pod po-

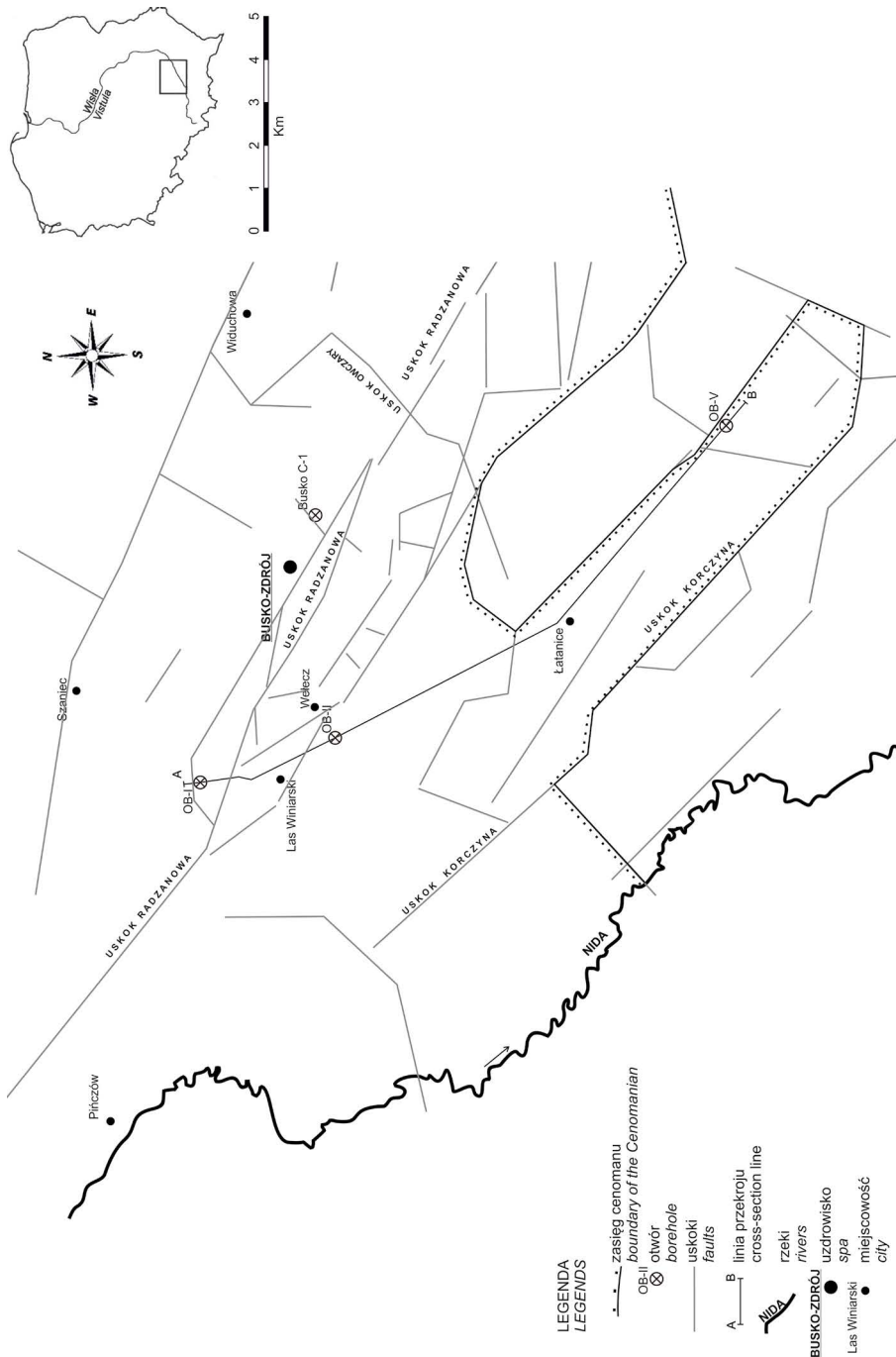
krywą osadów morskich neogenu (miocen) zapadliska przedkarpackiego bądź odsłaniają się bezpośrednio na powierzchni terenu. Miocen reprezentowany jest przez serie ilasto-margliste oraz utwory ewaporatowe, tj. gipsy i anhydryty. Osady czwartorzędowe występują głównie w dolinach rzek w postaci piasków i żwirów oraz lokalnie jako pokrywy lessowe na wzniesieniach.



1- nasunięcie karpackie, 2- ważniejsze dyslokacje, 3- miocen, 4- kreda górna, 5- jura, 6- otwór geotermalny, 7- miasto

Rys. 1. Lokalizacja otworów z wodami geotermalnymi rejonu Buska-Zdroju na tle jednostek tektonicznych wg Stupnickiej (1989)

Fig. 1. Location of the geothermal boreholes of the Busko-Zdrój region against a background of the tectonic units according to Stupnicka (1989)



Rys. 2. Szkic tektoniczny rejonu Buska-Zdroju na podstawie badań gravimetrycznych (opracowanie własne)  
 Fig. 2. Tectonic sketch of the Busko-Zdrój area based on gravimetric research (own elaboration)

## 2. GEOLOGICZNE UWARUNKOWANIA WYSTĘPOWANIA WÓD GEOTERMALNYCH W REJONIE BUSKA-ZDROJU

Występowanie utworów cenomanu reprezentowanych przez piaski i piaskowce glaukonitowe determinowane jest ukształtowaniem powierzchni stropowej jury (Barbacki 2004). Miąższość osadów cenomanu jest zróżnicowana i wynosi od poniżej 20 do ponad 100 m w centralnej części niecki miechowskiej. Utwory te ulegają całkowitemu wyklinowaniu w kierunku wschodnim i południowo-wschodnim, co potwierdzają wyniki wierceń otworu OB-V, w którym miąższość cenomanu jest najmniejsza ze stwierdzonych w otworach OB-I, OB-II i OB-V (tab. 1). Na południowy-wschód od Buska-Zdroju, w rejonie Solca-Zdroju, na powierzchni odsłaniają się utwory jurajskie (rys. 1).

Tabela 1

*Wybrane parametry cenomańskiego zbiornika wód podziemnych w rejonie Buska-Zdroju*

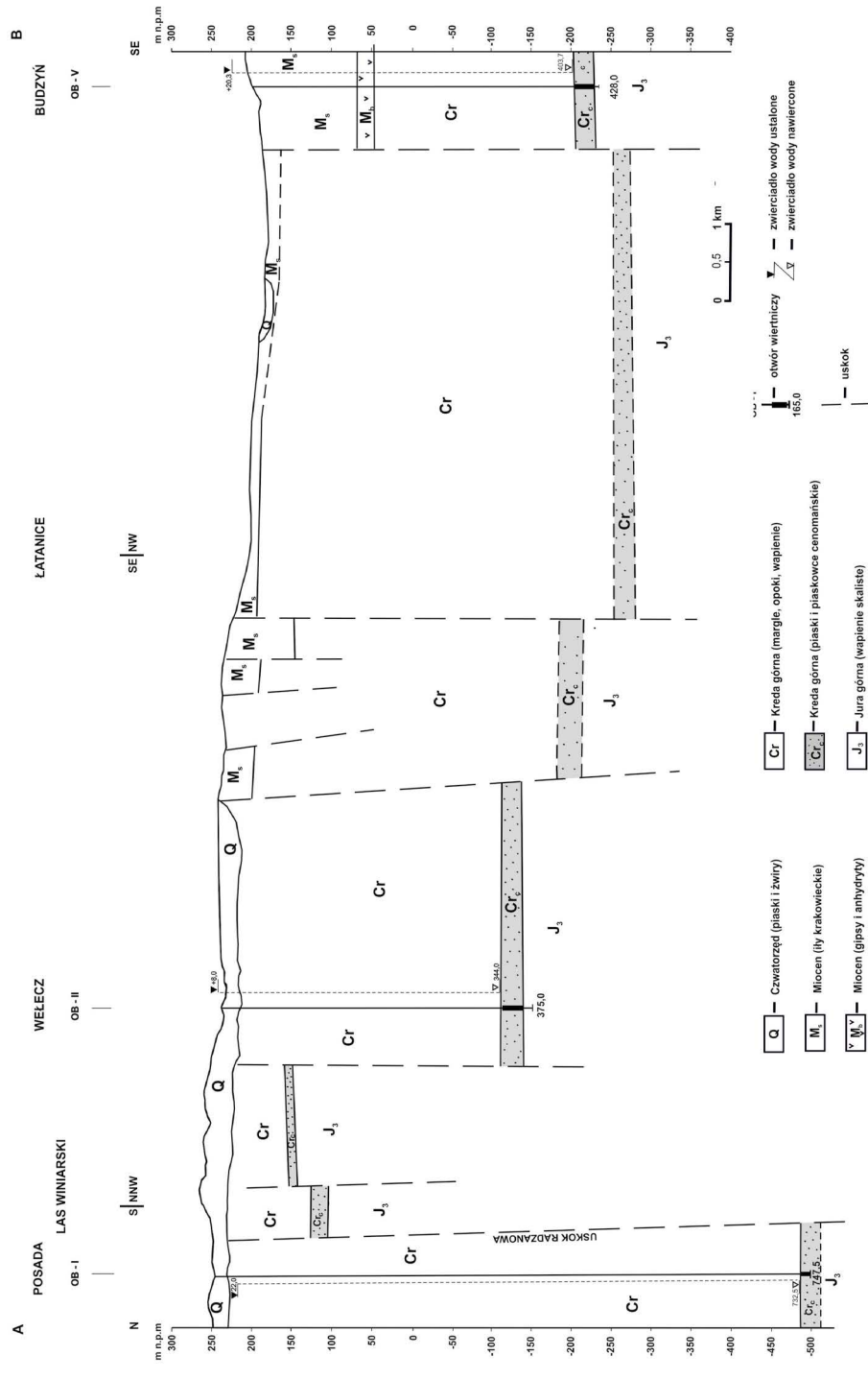
Table 1

*Selected parameters of Cenomanian aquifer in the Busko-Zdrój area*

Nazwa otworu	Rozdaj otworu	Strop-spąg utworów cenomanu	Miąższość cenomanu	Max. temperatura wody na wypływie	Mineralizacja wody	Typ wód	Zawartość H <sub>2</sub> S
		[m p.p.t.]	[m]	[°C]	[g/dm <sup>3</sup> ]		[mg/dm <sup>3</sup> ]
OB-I	badawczy	732,5–747,5*	15,0*	27,2	9,8	Cl-Na, I	<0,2
OB-II	badawczy	344,0–364,5	20,5	22,3	12,0	Cl-Na, S	36,8
OB-V	badawczy	403,7–416,0	12,3	23,3	15,3	Cl-SO <sub>4</sub> -Na, I	<0,2
Busko C-1	eksploatacyjny	622,2–649,6	27,4	25,5	12,4	Cl-Na, S, I	29,7

\* Nie przewiercono.

Uskokiem o największym zrzućcie w rejonie Buska-Zdroju jest uskok Radzanowa. Deniwelacje powierzchni stropowej utworów cenomanu po obu stronach tego uskoku dochodzą do ponad 600 m (rys. 3). W otworze OB-I zlokalizowanym w skrzydle zrzuconym, strop tych utworów stwierdzono na głębokości 732,5 m p.p.t, natomiast w OB-II położonym w skrzydle wiszącym uskoku Radzanowa na głębokości 344 m p.p.t. W otworze OB-V oddalonym w kierunku SE o około 14,5 km od OB-I i 12,5 km od OB-II strop cenomanu nawiercono na głębokości 403,7 m p.p.t. Wyniki wykonanych wierceń oraz dane z innych otworów tego rejonu dokumentują bardzo duże zróżnicowanie zalegania powierzchni stropowej utworów cenomanu.



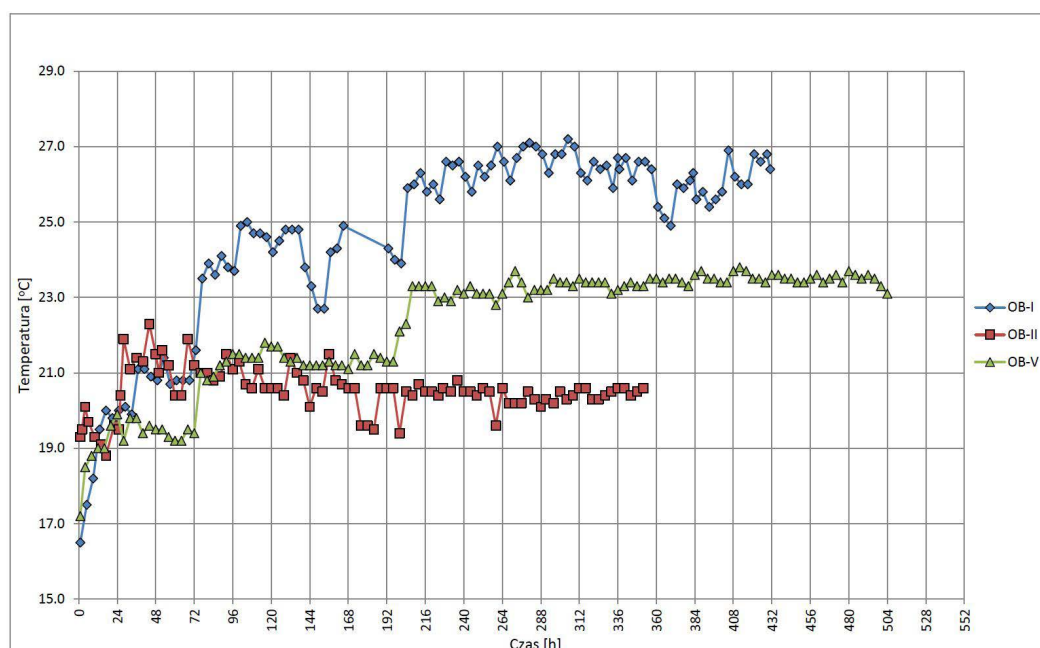
Rys. 3. Uproszczony przekrój geologiczny z elementami hydrogeologicznymi między Lasem Winiarskim a Budzynie (opracowanie własne)  
 Fig. 3. Simplified hydrogeological cross-section with hydrogeological features between Las Winiarski and Budzyń (own elaboration)

### 3. REZULTATY BADAŃ W OTWORZE OB-V

W trakcie badań hydrogeologicznych w otworze OB-V stwierdzono wodę leczniczą, termalną typu  $\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$ , I o mineralizacji  $15,3 \text{ g/dm}^3$  i maksymalnej temperaturze na wypływie wynoszącej  $23,3^\circ\text{C}$  (tab. 1). Woda występuje pod ciśnieniem artezyjskim, zwierciadło wody nawiercone na głębokości  $403,7 \text{ m p.p.t.}$ , a ustabilizowało się około  $20,3 \text{ m n.p.t.}$  (tab. 2). Podczas pompowania badawczego w otworze OB-V, z częstotliwością jeden raz na cztery godziny, był wykonywany pomiar temperatury wody na wypływie. Temperatura stopniowo rosła wraz ze wzrostem wydajności i depresji. Po pierwszej godzinie pompowania na I stopniu dynamicznym z wydajnością  $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$  temperatura wody na wypływie wynosiła  $17,2^\circ\text{C}$  po 24 godzinach badań osiągnęła maksymalnie  $19,9^\circ\text{C}$ . W trakcie pompowania na II stopniu dynamicznym z wydajnością  $5,0 \text{ m}^3/\text{h}$  i III z wydajnością  $8,0 \text{ m}^3/\text{h}$ , temperatura nadal sukcesywnie rosła, osiągając odpowiednio maksymalnie wartości  $21,8$  i  $23,3^\circ\text{C}$ . Badania na I i II stopniu dynamicznym prowadzone były na samowypływie, przy ustalonych warunkach filtracji, odpowiednio przez 25 i 87 h. Na III stopniu dynamicznym pobór odbywał się przy pomocy pompy, a warunki filtracji po 240 h pompowania nie ustaliły się.

Rezultaty badań wykonane w otworach OB-I i OB-II szczegółowo przedstawione zostały w artykule Gorczyca i in. (2017).

Na rysunku 4 przedstawiono zmiany temperatury wody na wypływie podczas pompowania w otworach OB-I, OB-II i OB-V.



Rys. 4. Wykres temperatury wody na wypływie podczas pompowania próbnego w otworach OB-I, OB-II i OB-V

Fig. 4. Outflow water temperature diagram during test pumping in the OB-I, OB-II, and OB-V boreholes

Tabela 2

Wyniki badań hydrogeologicznych w otworach rejonu Buska-Zdroju uzyskane w trakcie pompowania badawczego

Table 2

Results of hydrogeological research in the boreholes of the Busko-Zdroj region obtained during the pumping test

Nazwa otworu	Data pompowania	Opróbowany interwał piaskowców cenomanu [m p.p.t.]	Zwierciadło wody ustalone nawierconec [m]	Pompowanie badawcze					Eh [mV]
				wydajność [m <sup>3</sup> /h]	depresja** [m]	temperatura wody na wypływie [°C]	PEW [mS/cm]	pH	
OB-I	3-15.12.2016	732,5-747,5*	$\frac{22,0}{732,5}$	8,0	147,9	23,9-27,2	15,7-16,9	7,3-7,9	(-136,7)-(-25,4)
OB-II	15-25.09.2016	344,0-364,5	$\frac{+8,0}{344,0}$	5,0	9,6	20,4-22,3	19,2	7,7	(-228,9)
OB-V	23.03.-6.04.2017	403,7-416,0	$\frac{+20,3}{403,7}$	8,0	30,9	22,8-23,5	22,9-25,5	6,8-7,2	(-20,4)-(-62,0)
Busko C-1	8-15.06.2009	622,2-649,6	$\frac{49,6}{622,2}$	8,9	75,5	24,0-25,0	18,0	7,0	(-10,0)

\* Nieprzewiercony.

\*\* Badanie w warunkach ruchu nieustalonego.

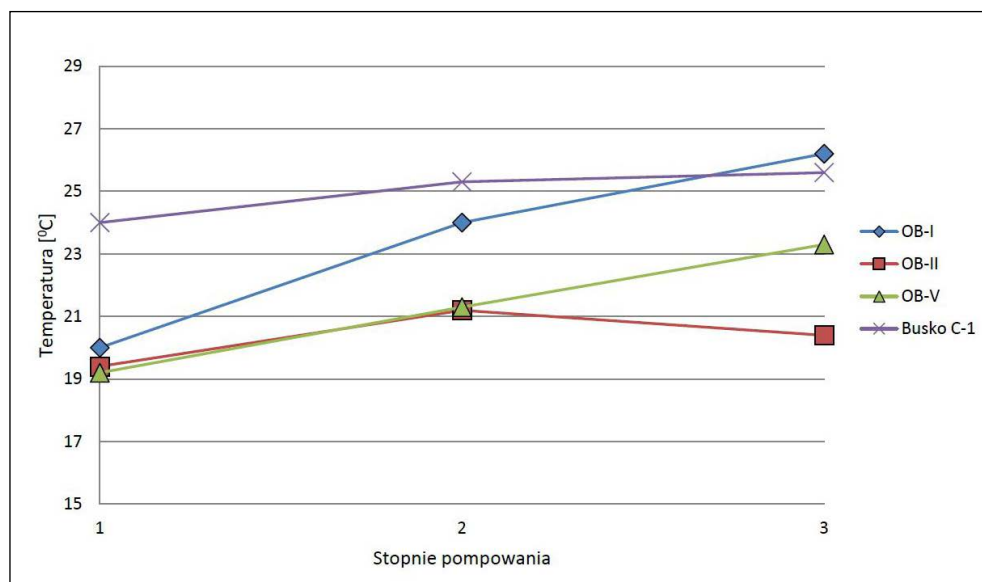


#### 4. DYSKUSJA WYNIKÓW

Podczas badań hydrogeologicznych w otworach OB-I, OB-II i OB-V stwierdzono występowanie wód leczniczych, geotermalnych. Różnią się one jednak od siebie nie tylko pod względem chemicznym i termalnym, ale również ciśnieniem wód cenomańskiego systemu wodonośnego. W otworach OB-I i OB-II stwierdzono występowanie wód o typie Cl-Na. Charakterystyczne jest to, że składnikiem swoistym wód w otworze OB-I jest jod, natomiast w OB-II jest to siarkowodór. W przypadku wód ujętych otworem OB-V stwierdzono wody typu Cl-SO<sub>4</sub>-Na, jodkowe, podobnie jak w OB-I pozbawione są siarkowodoru. Ponadto w otworach OB-II i OB-V występują warunki artezyjskie, natomiast w otworze OB-I oraz Busko C-1 są to warunki subartezyjskie.

Podczas pompowania wraz ze wzrostem wydajności średnia temperatura wody w otworach OB-I i OB-V rosła, osiągając maksymalne wartości podczas III stopnia pompowania. Natomiast w otworze OB-II odnotowano spadek temperatury na III stopniu pompowania (rys. 5). Zauważony spadek temperatury jest prawdopodobnie spowodowany efektem dopływu do otworu OB-II wód chłodniejszych z rejonu Lasu Winiarskiego i prawdopodobnie z rejonu Buska-Zdroju.

Stopień i gradient geotermiczny nie zostały określone metodami geofizycznymi. Parametry te oszacowane zostały na podstawie pomiarów temperatury wody prowadzonych podczas pompowania pomiarowego w otworach OB-I, OB-II i OB-V. Wartości stopnia geotermicznego dla cenomańskiego systemu wodonośnego w rejonie Buska-Zdroju w otworach

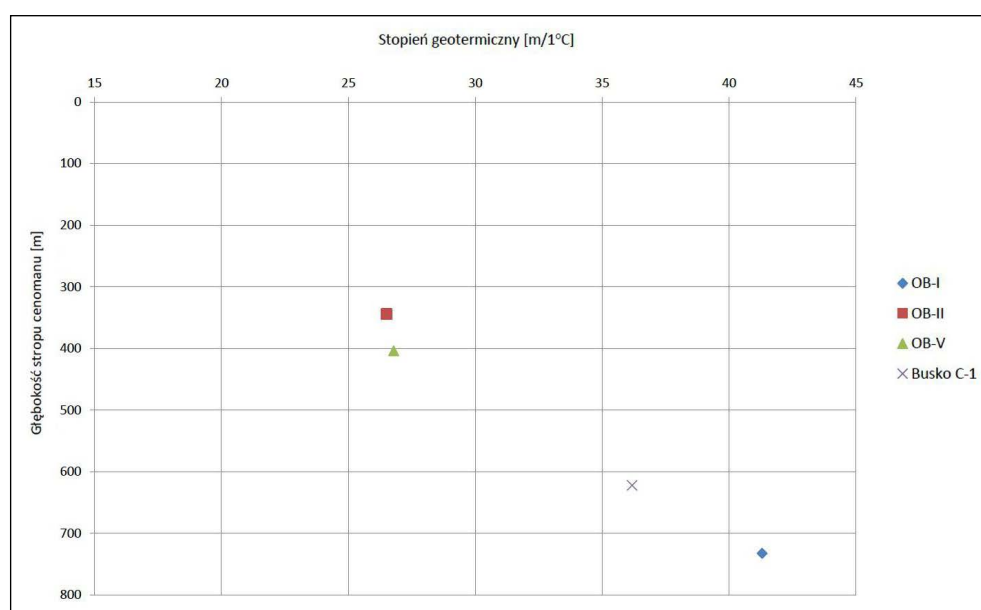


Rys. 5. Wykres średnich wartości temperatury wody na wypływie na poszczególnych stopniach pompowania

Fig. 5. Average outflow water temperature values at particular pumping stages

OB-I, OB-II i OB-V wyniosły odpowiednio: 41,3, 26,5 oraz 26,8 m/1°C. Wartości te oszacowano do stropu utworów cenomanu, dla średniej temperatury wody uzyskanej na III stopniu pompowania w otworach OB-I i OB-V, a w otworze OB-II na II stopniu. Oszacowany stopień geotermiczny dla otworu Busko C-1 wyniósł natomiast 36,2 m/1°C.

Uzyskane dużo wyższe wartości stopnia geotermicznego zarówno dla otworu OB-I, jak i Busko C-1 wskazują na zdecydowanie mniej korzystne warunki termiczne po północnej stronie uskoku Radzanowa (rys. 6).



Rys. 6. Wykres wartości stopnia geotermicznego dla poszczególnych otworów

Fig. 6. Geothermal degree values for individual holes

Podstawowym parametrem charakteryzującym pole temperaturowe Ziemi jest gradient geotermiczny, który jest odwrotnością stopnia geotermicznego. Określa on przyrost temperatury na jednostkę przyrostu głębokości wewnątrz Ziemi, poniżej strefy termicznie neutralnej. Wartości gradientu geotermicznego dla niecki miechowskiej wahają się według Jurkiewicza i Szczerby (1976) oraz Góreckiego red. (2006) w granicach do 1,91 do 3,09°C/100 m. Średni gradient temperatury liczony do stropu zbiornika cenomańskiego, oszacowany dla niecki miechowskiej i środkowej części zapadliska przedkarpacciego, wynosi około 2,85°C/100 m (Barbacki 2004). Jak podaje Górecki red. (2012) gradient geotermiczny w rejonie Buska-Zdroju wynosi około 2,2°C/100 m.

Obliczony gradient geotermiczny, liczony do stropu cenomanu, zmienia się w granicach od 2,42°C/100 m dla otworu OB-I, poprzez 2,66°C/100 m dla otworu Busko C-1 i 3,73°C/100 m

dla otworu OB-V, do 3,77°C/100 m dla otworu OB-II. Maksymalna różnica pomiędzy oszacowanymi wartościami gradientu geotermicznego wynosi 1,35°C/100 m. Pomimo wyższej temperatury wody na wypływie z otworów OB-I i Busko C-1 zlokalizowanych po północnej stronie uskoku Radzanowa, w skrzydle zrzuconym, zdecydowanie lepsze parametry geotermiczne uzyskano w strefie otworów OB-II i OB-V zlokalizowanych po południowej stronie tego uskoku. Otrzymane wartości gradientu geotermicznego dla otworów OB-I i Busko C-1 bliskie są wartościom literaturowym według Barbackiego (2004) i Góreckiego red. (2012). Natomiast w przypadku otworów OB-II i OB-V są to wartości o 1,57°C/100 m wyższe. Najwyższą wartość gradientu geotermicznego uzyskano w otworze OB-II, a tylko nieznacznie niższe parametry uzyskano w otworze OB-V. Tak wysokie wartości gradientu wskazują prawdopodobnie na wpływ składowej termicznej z głębszych partii górotworu. Na skomplikowane i odmienne drogi krążenia wód cenomańskiego systemu wodonośnego w rejonie Buska-Zdroju wskazywać może zróżnicowana mineralizacja oraz różnice w zawartości składnika swoistego, tj. siarkowodoru, a w przypadku otworu OB-V dodatkowo skład izotopowy bogatszy od pozostałych w cięższe izotopy tlenu i wodoru (tab. 3).

Tabela 3

*Skład izotopowy wód geotermalnych*

Table 3

*The isotopic composition of the geothermal water*

Nazwa otworu	Data pomiaru	$\delta^{18}\text{O}$ [‰]	$\delta^2\text{H}$ [‰]
OB-I	09.12.2016	-9,34 -9,31	-63,1 -64,2
OB-II	24.10.2016	-9,81	-67,8
OB-V	05.04.2017	-7,23 -7,19 -7,13	-51,5 -51,2 -51,1
Busko C-1	02.06.2014	-9,83 -9,68	-71,3 -71,2

## PODSUMOWANIE

Otwory OB-I i Busko C-1 oraz OB-II i OB-V zlokalizowane zostały po przeciwnych stronach dyslokacji regionalnej zwanej uskokiem Radzanowa. Dla tych dwóch par otworów stwierdzono odmienne parametry termiczne cenomańskiego systemu wodonośnego. Zróżnicowanie to jest zapewne wynikiem silnego zaangażowania tektonicznego omawianego

obszaru. Wszystkie analizowane otwory zlokalizowane zostały w pobliżu stref uskokowych. Gradient geotermiczny w otworach OB-I i Busko C-1 wyniósł odpowiednio 2,42°C/100 m oraz 2,66°C/100 m i jest zdecydowanie niższy niż dla otworów OB-II i OB-V, dla których wyniósł odpowiednio 3,77°C/100 m oraz 3,73°C/100 m. Porównując te gradienty można wnioskować o charakterze hydraulicznym uskoków oraz ich zasięgu pionowym. W rejonie otworów OB-II i OB-V uskoki prawdopodobnie stanowią bazę drenażu dla wód głębszego krążenia. Mogą one jednak jednocześnie utrudniać przepływ wód w systemie wodonośnym doprowadzając w szczególnych przypadkach do odseparowania niektórych obszarów, np. rejon otworu OB-I.

## LITERATURA

- Barbacki, A.P. 2004. *Zbiorniki wód geotermalnych niecki miechowskiej i środkowej części zapadliska przedkarpackiego*. Kraków: Wyd. IGSMiE PAN.
- Barbacki, A.P. 2007. Możliwości wykorzystania wód geotermalnych w rejonie Buska. Mat III Krajowej Konf. Nauk.-Tech. Geologia stosowana i ochrona środowiska. Suchedniów, Hydrogeotechnika Sp. z o.o., PG Kielce Sp. z o.o. Kielce, s. 119–132.
- Chowaniec i in. 2007 – Chowaniec, J., Zuber, A. i Ciężkowski, W. 2007. *Prowincja karpacka* [W:] Paczyński B., Sadurski A. red. *Hydrogeologia regionalna Polski*, t. II. *Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalniane*. Warszawa: PIG, s. 78–96.
- Chowaniec i in. 2009 – Chowaniec, J., Najman, J., Olszewska, B. i Zuber, A. 2009. Pochodzenie i wiek wody mineralnej w Dobrowodzie k. Buska Zdroju. *Prz. Geol.* 57(4), s. 286–293.
- Gała, I. 2011. Wstępne rozpoznanie i charakterystyka siarczkowych wód termalnych w otworze Busko C-1. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój* nr 1/2, s. 339–348.
- Gorczyca i in. 2017 – Gorczyca, G., Chowaniec, J. i Gągulski, T. 2017. Charakterystyka Wód cermomańskiego systemu wodonośnego na pograniczu SE części niecki miechowskiej i zapadliska przykarpackiego. *Prz. Geol.* 65(11/1), s. 962–967.
- Górecki, W. red. nauk. 2006. *Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim*. Kraków: Wyd. AGH.
- Górecki, W. red. nauk. 2012. *Atlas geotermalny zapadliska przedkarpackiego*. Kraków: Wyd. AGH.
- Jurkiewicz, H. i Szczerba, A. 1976. Wyniki badań termicznych centralnej części niecki miechowskiej i przyległego obszaru Gór Świętokrzyskich. *Biul. Inst. Geol.* 296, s. 129–161.
- Kulikowska, J. 1976. O pochodzeniu wód mineralnych w rejonie Buska i Solca i możliwości zwiększenia ich zasobów. *Problemy uzdrowiskowe* 6/8 (104/106), s. 191–222.
- Lisik, R. 2010. *Lecznicze wody siarczkowe rejonu Pińczów–Busko-Zdrój–Kazimierza Wielka* [W:] Lisik R. red., *Wody siarczkowe w rejonie Buska-Zdroju*. Kielce: Wyd. XYZ, s. 23–86.
- Lisik, R. i Szczepański, A. 2014. *Siarczkowe wody lecznicze w części zapadliska przedkarpackiego*. Fundacja POSTERIS, Kielce, s. 1–288.
- Oszczypko, N. 1981. Wpływ neogeńskiej przebudowy przedgórza Karpat na warunki hydrodynamiczne i hydrochemiczne zapadliska przedkarpackiego. *Biul. Inst. Geol.* 325, s. 5–87.

- Rózkowski, J. i Rózkowski, A. 2010. *Pochodzenie mineralizacji wód siarczkowych Buska – ich paleogeneza* [W:] Lisik R. red. *Wody siarczkowe w rejonie Buska-Zdroju*. Kielce: Wyd. XYZ, s. 151–184.
- Stupnicka, E. 1989. *Geologia regionalna Polski*. Warszawa: Wyd. Geol.
- Wiktorowicz, B. 2016. Wody geotermalne rejonu Kazimierzy Wielkiej i możliwości ich zagospodarowania. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój* nr 2, s. 45–54.
- Zuber i in. 2010 – Zuber, A., Chowaniec, J., Porwiesz, B., Najman, J., Mochalski, P., Śliwka, I., Duliński, M. i Mateńko, T. 2010. *Pochodzenie i wiek wód mineralnych rejonu Buska-Zdrój, określone na podstawie znaczników środowiskowych* [W:] Lisik R. red. *Wody siarczkowe w rejonie Buska-Zdroju*. Kielce: Wyd. XYZ, s. 125–149.

## **DIVERSIFICATION OF GEOTHERMAL CONDITIONS OF THE CENOMANIAN WATER-BEARING SYSTEM ON THE EXAMPLE OF NEW DRILLINGS FROM THE BUSKO-SPA REGION**

### **ABSTRACT**

The Miechów Basin is a prospective area in terms of geothermal water occurrence within the Cenomanian aquifer. Three hydrogeological drillings (OB-I, OB-II, and OB-V) were made in the Busko-Zdrój area in 2016–2017. These geothermal water boreholes are located on both sides of a large regional dislocation called the Radzanów Fault. The geothermal water in this area occurs within the depth interval between 732.5 to 344.0 m, and the maximal temperatures at the outflow range from 21.5 to 27.2°C. These are chloride-sodium and chloride-sulfate-sodium waters, often with iodide and sulphide. Despite the fact that these waters occur within the Cenomanian formations, they do not always contain hydrogen sulphide. The results of the studies showed that better geothermal conditions take place on the southern side of the Radzanów Fault.

### **KEYWORDS**

Geothermal waters, Busko-Zdrój, cenomanian, geothermal degree

