

Elżbieta LIBER-MAKOWSKA
Politechnika Wrocławska
Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii
Zakład Geologii i Wód Mineralnych
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
e-mail: elzbieta.liber-makowska@pwr.edu.pl
Ireneusz ŁUKACZYŃSKI
Nowe Przedsiębiorstwo Geologiczne S.C.
ul. Krótka 27, 42-200 Częstochowa
e-mail: lukaczynski@neogeo.pl

Technika Poszukiwań Geologicznych
Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 2/2016

CHARAKTERYSTYKA NOWO ROZPOZNANEGO ZŁOŻA WÓD TERMALNYCH W KARPNIKACH NA TLE WARUNKÓW GEOTERMICZNYCH KOTLINY JELENIOGÓRSKIEJ

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono nowe wyniki badań hydrogeologicznych wykonanych w celu rozpoznania złoża wód termalnych w Karpnikach, występującego w jeleniogórskim systemie geotermicznym. Scharakteryzowano m.in. warunki występowania i krążenia, skład izotopowy i fizykochemiczny wód termalnych. Oszacowano główne parametry termiczne złoża, takie jak: temperatura wody, gradient temperatury, przewodność cieplna i strumień ciepły. Dodatkowo porównano te parametry z warunkami geotermicznymi określonymi dla Dolnego Śląska.

SŁOWA KLUCZOWE

Wody termalne, zasoby wód podziemnych, jeleniogórski system geotermalny, Sudety

* * *

WPROWADZENIE

Wody termalne występujące w rejonie Kotliny Jeleniogórskiej dotychczas były rozpoznane i eksploatowane jedynie ze złoża Cieplice w Jeleniej Górze. Cieplickie wody termalne wykorzystywane były tylko do celów balneologicznych, a od 2014 roku także do celów rekreacyjnych. Wykorzystanie wód termalnych nie tylko do celów leczniczych możliwe było po pogłębieniu w 1997 r. otworu C-1, który osiągnął głębokość 2002,5 m. Otwór ten jest najgłębszym odwiertem hydrogeologicznym z wykonanych dotychczas na obszarze Sude-

tów. Dzięki jego pogłębieniu uzyskano zwiększone zasoby eksploatacyjne tego ujęcia, wynoszące 45 m³/h wody o temperaturze 86,7°C.

W latach 2013–2014 na obszarze Kotliny Jeleniogórskiej wykonano dwa głębokie otwory: ST-1 w Stanisławowie i KT-1 w Karpnikach o głębokości wynoszącej odpowiednio 1501 m i 1997 m. Zasoby eksploatacyjne ustalone według stanu rozpoznania hydrodynamicznego z 2014 r. – w otworze ST-1 wynoszą 20,5 m³/h dla wody o temperaturze 37,3°C, a dla otworu KT-1 44,0 m³/h dla wody o temperaturze 54,0°C.

Wykonanie nowych otworów ujmujących wody termalne w rejonie Kotliny Jeleniogórskiej nie tylko przyczyniło się do lepszego rozpoznania warunków hydrogeologicznych i geotermalnych jeleniogórskiego systemu geotermalnego, ale umożliwia większe wykorzystanie tych wód do celów rekreacyjnych i grzewczych, dotychczas nie osiąganym na taką skalę w Sudetach.

1. POŁOŻENIE ZŁOŻA

Obszar złoża wód termalnych w rejonie wykonanego odwiertu KT-1 zlokalizowany jest w miejscowości Karpniki, około 14 km na południowy wschód od Jeleniej Góry.

Morfologicznie obszar ten położony jest we wschodniej części Kotliny Jeleniogórskiej, w mikroregionie Wzgórz Karpnickich, otoczonych pobliskimi górami – Karkonoszami na południu oraz Rudawami Janowickimi na wschodzie (rys. 1).

2. BUDOWA GEOLOGICZNA

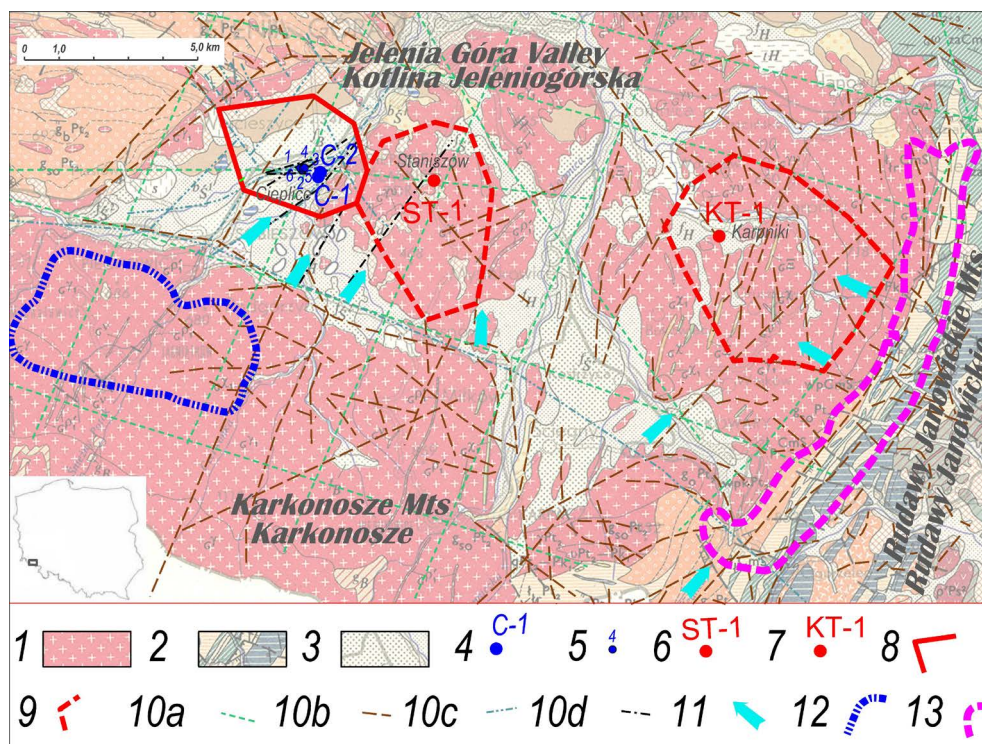
Złoże wód termalnych Karpniki znajduje się w Sudetach Zachodnich w obrębie bloku karkonosko-izerskiego, we wschodniej części karkonoskiego masywu granitoidowego i w pobliżu jego kontaktu ze wschodnią osłoną metamorficzną Rudaw Janowickich (rys. 1).

Batolit karkonoski ukształtował się w górnym karbonie (namur, westfal), datowania radiometryczne budujących go granitoidów wskazują na zasięg czasowy wynoszący 329–299 mln lat temu (Borkowska i in. 1980; Duthou i in. 1991).

W rejonie Karpnik występuje gruboziarnisty granit (monzogranit) porfirowaty, typowy dla Kotliny Jeleniogórskiej. Charakterystyczne dla tego rodzaju granitu są prakryształowe różowego skalenia potasowego tkwiące w równo- i gruboziarnistej masie skalnej złożonej ze skaleni, kwarcu i biotyту (Mierzejewski 1985).

Z granitem związane są różnego rodzaju utwory żyłowe typu aplitów, pegmatytów, mikrogranitów, którym towarzyszą żyły kwarcowe i lamprofiry. Obszar złoża wód termalnych Karpnik leży w strefie granitów pokrytych miększą (ok. 10 m) warstwą czwartorzędowych zwietrzelin o charakterze gliniastym.

W granicie przeważają dyslokacje o kierunkach NW-SE i NE-SW, podkreślone przebiegiem utworów żyłowych, o dużych kątach upadu. Odrębną grupę stanowią uskoki o kierunkach NNE-SSW lub N-S oraz uskoki o przebiegu zbliżonym do równoleżnikowego.



Rys. 1. Uproszczona mapa hydrogeologiczna Kotliny Jeleniogórskiej (podkład geologiczny według Milewicz i in. 1979)

Objaśnienia: 1 – granit (karbon górny); 2 – skały metamorficzne (proterozoik/kambr); 3 – aluwia (holocen); 4 – otwór C-1 i C-2 w Cieplicach; 5 – źródło (1–6) wód leczniczych w Cieplicach; 6 – otwór ST-1 w Stanisławowie; 7 – otwór KT-1 w Karpnikach; 8 – granica obszaru górniczego złoża wód leczniczych Cieplice; 9 – proponowana granica obszaru górniczego złoża wód termalnych Stanisławów i Karpniki; 10 – prawdopodobny przebieg dyslokacji: a – wg Mroczkowskiego, Ostaficzuka 1985 i Granicznego, Doktora 1985; b – wg Bażyńskiego i in. 1986; c – wg Fistka i in. 2001 i Marszałka 2007; d – wg Fistka 2009; 11 – kierunki przepływu wód głębokiego krążenia; obszary zasilania wód leczniczych Cieplice wg Ciężkowskiego i in. 1996; 12 – dla wód typu $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Cl-Na-Ca}$; 13 – dla wód typu $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Na}$

Fig. 1. Simplified hydrogeological map of Jelenia Góra Valley (geological background after Milewicz et al. 1979)
Explanation: 1 – granite (Upper Carboniferous); 2 – metamorphic rocks (Proterozoic/Cambrian); 3 – alluvium (Holocene); 4 – C-1 and C-2 boreholes in Cieplice; 5 – the source (1–6) of medicinal waters in Cieplice; 6 – ST-1 borehole in Stanisławów; 7 – KT-1 borehole in Karpniki; 8 – mining area of Cieplice medicinal deposits; 9 – the proposed boundary of the mining areas of Stanisławów and Karpniki thermal waters deposits; 10 – the probable course of dislocation: a – after Mroczkowski, Ostaficzuk 1985 and Graniczny, Doktor 1985; b – after Bażyński et al. 1986; c – after Fistek et al. 2001 and Marszałek 2007; d – after Fistek 2009; recharge zone of Cieplice medicinal waters after Ciężkowski et al. 1996; 12 – for the type of $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Cl-Na-Ca}$ water; 13 – for the type of $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Na}$ water

W obrazie satelitarnym Kotliny Jeleniogórskiej zaznacza się szereg struktur liniowych o kierunkach zgodnych z kierunkami uskoku (Marszałek 2007). Większość lineamentów ma przebieg NNE-SSW lub równoleżnikowy.

Według Mroczkowskiego (1993) zarówno lineamenty Cieplic, jak i Rudaw Janowickich są odbiciem ważnych regionalnych linii tektonicznych stanowiących strefy spękań i rozluźnień podatnych na penetrację wód podziemnych i okruszczowanie polimetaliczne.

Zależności występowania wód mineralnych i termalnych Sudetów Zachodnich z nieciągłościami teledetekcyjnymi badali Ciężkowski i in. (1989). Autorzy ci stwierdzają obecność wszystkich ujęć wód termalnych w obrębie ryftu ochrzańskiego, wydzielanego na terenie Czech, a przedłużającego się na obszar Polski.

Głębokościowy zasięg uskoków rozpoznano bezpośrednio w trakcie prowadzenia głębokich wierceń, w rejonie występowania wód termalnych w Cieplicach. W trakcie wiercenia i pogłębiania otworu C-1 do 2002,5 m przewiercono 11 stref spękań o różnym stopniu zawodnienia, w których stwierdzono dopływy wód termalnych. Wypływy wód cieplickich związane są z istnieniem w centralnej części Kotliny sieci krzyżujących się uskoków m.in. uskoku Kamiennej o przebiegu WSW-ENE, uskoku Wrzosówki o kierunku SW-NE oraz uskoku zdrojowego (Dowgiałło, Fistek 1998a i b).

Wykonane w 2008 r. w rejonie otworu KT-1 w Karpnikach badania geofizyczne wykazały istnienie strefy krzyżujących się dwóch systemów dyslokacyjnych o przebiegu NW-SE i SW-NE, mających głębokie założenie tektoniczne (Farbisz, Wojdyła 2008).

W trakcie wiercenia otworu KT-1 natrafiono na kilka stref spękań. Szczegółowo badaniami geofizycznymi zbadano odcinek otworu poniżej głębokości 684 m p.p.t. Na tym odcinku wydzielono ponad 40 stref z dopływem wody do otworu. W większości przypadków były to dopływy bardzo małe ze stref spękań o miąższości na ogół od kilkudziesięciu cm do 1 m, a sporadycznie większych (do ok. 5 m). Główny dopływ wody do otworu odbywa się z przewierconej strefy uskokowej, z głębokości około 1800 m (Łukaczyński, Polaczek 2014).

Na podstawie przedstawionych obserwacji oraz prac innych autorów (Bażyński i in. 1986; Cymerman 2010; Fistek 2009; Fistek i in. 2001; Marszałek 2007) na mapie geologicznej rejonu złoza Karpniki (rys. 1) zestawiono przebieg ważniejszych dyslokacji tektonicznych.

3. WARUNKI WYSTĘPOWANIA WÓD TERMALNYCH

Występowanie zwykłych (chłodnych) wód podziemnych w rejonie złoza wód termalnych Karpniki związane jest z karbońskim piętrzem wodonośnym w spękanych granitach. Specyficznym typem utworów porowatych są zalegające na litych granitach pokrywy zwietrzelinowe, które z wodami gromadzącymi się w szczelinach wietrzeniowych skał związanych tworzą środowisko wód szczelinowo-porowych (Marszałek 2007). W centralnej części Kotliny Jeleniogórskiej podstawową rolę w zaopatrzeniu w wodę pitną odgrywają poziomy wód porowych w piaszczysto-żwirowych utworach czwartorzędowych, związanych ze współczesnymi lub kopalnymi dolinami rzecznyymi oraz osadami fluwiogłacjalnymi.

Poniżej wód poziomu wodonośnego o charakterze szczelinowo-porowym, w obrębie utworów krystalicznych, wyróżnia się szereg stref wodonośnych. Występują one na różnych głębokościach, charakteryzując się zróżnicowaną wodonośnością i właściwościami fizyko-

chemicznymi wód szczelinowych (Marszałek 2007). Dolny zasięg płytszej strefy występowania wód szczelinowych wiąże się z granicą pomiędzy występowaniem wód zwykłych (chłodnych) i wód termalnych oszacowaną na około 300 m. Informacji na temat zasięgu tej strefy dostarczają wyniki przeprowadzonych badań w trakcie wiercenia głębokich otworów C-1 i C-2 w rejonie Jeleniej Góry–Cieplic (Dowgiałło, Fistek 1998a; Fistek, Dowgiałło 2003), gdzie w centralnej części Kotliny dopływy wód o podwyższonej temperaturze sięgającej 15–16°C nawiercono w przedziale głębokości 112–153 m. Poniżej tej głębokości temperatura wód wzrastała, osiągając stopniowo na wypływie temperaturę 18,5°C z głębokości 320 m. W całym rejonie Kotliny Jeleniogórskiej granica pomiędzy wodami zwykłymi a termalnymi może przebiegać na różnych głębokościach.

Najgłębszą strefę występowania wód szczelinowych reprezentują wystąpienia termalnych wód podziemnych, koncentrujących się w obrębie głębokich rozłamów tektonicznych i tworzących lokalne obszary anomalii hydrodynamicznych, hydrogeochemicznych i hydrogeotermicznych. Ich przykładem są wody termalne Cieplic. Pogłębiony w Cieplicach w 1997 roku otwór C-1 pozwolił na przesłedzenie w granicie karkonoskim stref dopływu wód zwykłych i termalnych do głębokości 2002,5 m (Dowgiałło, Fistek 1998a i b; Fistek, Dowgiałło 2003). W otworze tym nawiercono kilkanaście stref spękanego granitu z dopływem wód termalnych o temperaturze wzrastającej od 24,8°C na głębokości 570 m do 97,7°C na głębokości 2 km. Wydajności poszczególnych stref były zróżnicowane i wahały się od około 0,5 do nawet 130 m³/h z głębokości około 850 m. Poniżej głębokości 1500 m wielkości dopływów wód termalnych, o temperaturze w przedziale 76,4–87,8°C, wzrastały od około 20 m³/h na głębokości 1600 m do 88 m³/h w dolnej części otworu.

W otworze KT-1 w Karpnikach, pierwszy poziom wodonośny nawiercono w strefie szczelin wietrzeniowych granitu (na głębokości 10–23 m). Główną strefę uskokową nawiercono na głębokości ok. 1800 m p.p.t. Pochodzi z niej ponad 80% dopływu wody do otworu. Przyjęty sposób wiercenia uniemożliwił wyselekcjonowanie i przebadanie poszczególnych stref dopływu wody do otworu.

4. WARUNKI KRAŻENIA WÓD TERMALNYCH

Silne rozcięcie erozyjne obszarów górskich sprzyja nacinaniu zróżnicowanych głębokościowo stref wodonośnych i powstawaniu różnych systemów wód podziemnych: od lokalnego, formującego się w płytkich strefach, poprzez przejściowy, związany z głębszym niż przypowierzchniowe krążenie, aż do regionalnego przepływu w obrębie głębokich rozłamów tektonicznych. Część wód infiltrujących w podłoże przemieszcza się na większe głębokości systemem rozłamów tektonicznych. Taki system bardzo głębokiego krążenia wód charakterystyczny jest m.in. dla złożeń wód termalnych Cieplic (Liber 2008).

Dużą rolę w przepływie wód przypisuje się zarówno głębokim regionalnym strefom uskokowym, jak i kontaktującym z nimi płytszym pęknięciom podłoża krystalicznego, które pozwalają na istnienie w tych samych strefach drenażu wypływów wód o odmiennych wła-

ściwościach fizykochemicznych i różnym czasie przebywania w środowisku skalnym. Duża anizotropia ośrodka skalnego wpływa na zróżnicowaną odnawialność stref wodonośnych, a co za tym idzie zróżnicowany wiek wód podziemnych.

Wody termalne Kotliny Jeleniogórskiej są pochodzenia infiltracyjnego, a ich temperatura związana jest z podwyższoną wartością stopnia geotermicznego. Genezę wód termalnych Cieplic potwierdziły badania izotopowe (Ciężkowski i in. 1992; Dowgiałło 1976), natomiast poglądy na temat wieku tych wód oraz ich obszarów zasilania są zróżnicowane. Według Ciężkowskiego i in. (1996) wody typu $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Cl-Na-Ca}$ ze źródła Sobieski (nr 2) i częściowo ze źródeł Antoni-Wacław (nr 3) i Marysieńka (nr 1), są wodami współcześnie infiltrującymi, a ich zasilanie odbywa się w obrębie Pogórza Karkonoszy. Wody typu $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Na}$ ze źródeł Nowe (nr 4), Basenowe Damskie (nr 5), Basenowe Męskie (nr 6), z otworów C-1 i C-2, nie zawierają trytu, a zawierają niewielkie ilości radiowęglu, co wskazuje, że ich wiek wynosi ponad 10 000 lat. Przy obecnym stanie wiedzy za obszar zasilania głównego systemu wód termalnych Cieplic przyjęto pasmo Rudaw Janowickich (rys. 1)

Pierwsze badania izotopowe (wykonane w 2014 r.) wody termalnej z otworu KT-1 w Karpnikach również potwierdziły jej pochodzenie infiltracyjne. Wyniki oznaczeń zawartości izotopów w wodzie przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Wyniki analiz izotopowych wody termalnej z otworu KT-1 w Karpnikach

Table 1

The results of isotopic analyses of thermal water from the well KT-1 in Karpniki

Data poboru wody	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	Tryt	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{14}\text{C}$
	‰	‰	T.U.	‰	‰
25.06.2014 r.	$-10,55 \pm 0,1$	$-75,7 \pm 1$	$0 \pm 0,3$	$-8,3 \pm 0,2$	0 ± 1
	$-10,52 \pm 0,1$				
	$-10,53 \pm 0,1$				

Wyniki tych oznaczeń wskazują, że woda termalna z otworu KT-1 nie zawiera trytu co oznacza, że była zasilana przed 1952 r. Nie stwierdzono w niej również obecności radiowęglu, co wskazuje, że wiek karpnickich wód termalnych wynosi ponad 30 000 lat. Szacowanie to zostało jednak określone na podstawie pojedynczego oznaczenia. Brak radiowęglu w badanej próbce wody może być spowodowany również innymi czynnikami (wymiana izotopowa z matrycą skalną zawierającą pozbawione ^{14}C minerały węglanowe lub kontakt z geogenicznym dwutlenkiem węgla pozbawionym tego izotopu).

Znaczny wiek wody sugerują również badania zawartości izotopów tlenu i wodoru. Skład izotopowy badanej próbki wody jest niższy od przeciętnych składów wód infiltracji holocenijskiej w rejonie Jeleniej Góry, które według d'Obyrna i in. (1995) powinny się charakteryzować wartościami $\delta^{18}\text{O}$ od $-9,8$ do $-10,0$ ‰ oraz $\delta^{18}\text{H}$ od -68 do -70 ‰.

Możliwy jest również tzw. efekt wysokościowy (spadek zawartości izotopów tlenu i wodoru wraz ze wzrostem wysokości zasilania). Uwzględniając przedstawioną przez Ciężkowskiego (1990) zależność składu izotopowego od wysokości n.p.m. można stwierdzić, że wartość $\delta^{18}\text{O} = -10,5\text{‰}$ dla rejonu Karkonoszy odpowiada wysokości zasilania około 900 m n.p.m. W okolicy Karpnik jest tylko jeden szczyt o takiej wysokości tj. Skalnik (948 m n.p.m.) – najwyższe wzniesienie Rudaw Janowickich, jednak szczytowe partie tego wzniesienia to za mały obszar dla dostarczenia ilości wody obserwowanej w otworze KT-1.

Uwzględniając powyżej przedstawione wyniki badań izotopowych oraz warunki hydrogeologiczne tego rejonu Kotliny Jeleniogórskiej, dla wód termalnych wypływających z otworu KT-1 w Karpnikach przyjęto przypuszczalny południowy i południowo-zachodni kierunek zasilania wód głębokiego krążenia (rys. 1).

5. WARUNKI HYDROCHEMICZNE

Właściwości fizyko-chemiczne wód podziemnych kształtowane są na kontakcie z ośrodkiem skalnym przez który wody te przepływają. W przypadku wód termalnych Karpnik ośrodkiem tym są słabo rozpuszczalne granity, stąd niska mineralizacja tych wód (od 490,72 do 514,69 mg/L), pomimo dużej głębokości ich ujęcia.

W składzie chemicznym karpnickich wód dominują jony: wodorowęglanowy, siarczany oraz sodowy. Zgodnie z klasyfikacją opartą na zawartości w wodzie anionów i kationów w ilości co najmniej 20% mval, omawiane wody termalne należą do typu $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na}$. Wybrane właściwości fizykochemiczne wody termalnej z otworu KT-1 w Karpnikach przedstawiono w tabeli 2.

Metale ciężkie występują w badanej wodzie w śladowych ilościach. Wyjątek stanowi arsen, którego zawartość w próbce wody z dn. 31.07.2014 wyniosła 0,072 mg/L. Występowanie tego składnika w wodzie w ilości przekraczającej 0,01 mg/L, według Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 29.11.2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. poz. 1989), dyskwalifikuje ujętą wodę jako pitną (po schłodzeniu).

Ocenę składu gazowego wód termalnych Karpnik przeprowadzono na podstawie próbki pobranej w dniu 1.08.2014 r. (Łukaczyński, Polaczek 2014). Zawartość gazu wyniosła poniżej 0,2 dm³ w 1 dm³ wody (wykładnik gazowy <0,2). W składzie gazowym wód termalnych Karpnik dominuje azot w ilości ponad 99%, zaznacza się również obecność śladowych ilości helu i metanu.

Właściwościami określającymi sposób wykorzystania wody termalnej Karpnik jest: jej temperatura na wypływie wahająca się od 53,4 do 55,4°C, mineralizacja wynosząca średnio 496,7 mg/L, znacząca zawartość fluorków (11,39–15,97 mg/L) i radonu (290,1 Bg/L), a także podwyższona zawartość kwasu metakrzemowego (59,62–68,28 mg/L).

Zgodnie z ustawą z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2011 Nr 163, Poz.981 wraz z późn. zm. Dz.U. 2015 Poz. 196) analizowane wody stanowią wody

Tabela 2

Wybrane właściwości fizykochemiczne wody termalnej z otworu KT-1 w Karpnikach

Table 2

Selected physicochemical properties of thermal water from the KT-1 well in Karpniki

Data pobrania	02.12.2013	25.06.2014	9.07.2014	31.07.2014
Temperatura [°C]	54,0	55,4	56,3	53,4
HCO ₃ ⁻ [mg/L]	164,70	149,50	149,50	151,90
SO ₄ ²⁻ [mg/L]	94,64	97,94	94,64	95,76
Cl ⁻ [mg/L]	29,70	28,00	30,10	28,70
F ⁻ [mg/L]	15,97	15,01	12,59	11,39
Na ⁺ [mg/L]	132,79	124,0	123,46	122,50
Ca ²⁺ [mg/L]	8,02	11,02	9,02	10,02
K ⁺ [mg/L]	3,56	3,28	3,08	3,46
Fe ²⁺ [mg/L]	0,20	0,10	0,05	0,05
H ₂ SiO ₃ [mg/L]	64,48	59,62	68,28	68,20
S (II) H ₂ S HS ⁻ [mg/L]	–	0,5	<0,1	0,2
As ³⁺ [mg/L]	–	–	–	0,072
²²² Rn [Bq/L]	–	–	(1.08.2014) 290,1	–
Mineralizacja [mg/L]	514,69	488,97	490,72	492,56

potencjalnie lecznicze ze względu na: zawartość jonu fluorkowego przekraczającą 2 mg/dm³, temperaturę wody powyżej 20°C na wypływie oraz zawartość radonu ²²²Rn, przekraczającą wartość graniczną 74 Bq/L. Uwzględniając powyższe kryteria obowiązujące w ocenie potencjalnych wód leczniczych, wodę z otworu KT-1 należy scharakteryzować jako: 0,05% słabo zmineralizowaną swoistą fluorkową, termalną, radonową.

Charakter chemiczny i mineralizacja wód termalnych Karpnik są podobne jak dla wód termalnych Cieplic, przy czym oznaczone ilości kwasu metakrzemowego (są nieznacznie niższe niż w Cieplicach) nie pozwalają zakwalifikować wody z otworu KT-1 jako wody krzemowej (wymagana ilość kwasu metakrzemowego co najmniej 70 mg/L).

6. WARUNKI GEOTERMICZNE ZŁOŻA

Temperatura wód podziemnych jest zdeterminowana gradientem geotermicznym struktury geologicznej, cyrkulacją ciepła oraz warunkami hydrogeologicznymi zbiornika.

Analizę parametrów termicznych: temperatury wody, gradientu temperatury, przewodności cieplnej i strumienia cieplnego złoża wód termalnych Karpnik, określono porównując wykonane w otworze KT-1 (podczas prac wiertniczych prowadzonych od 4.09.2013 r. do 11.08.2014 r.) pomiary wybranych parametrów termicznych i porównanie ich z warunkami geotermicznymi, określonymi przez Bruszewską (2000) dla Dolnego Śląska.

Według podanej autorki spodziewana temperatura wody w miejscu wiercenia na głębokości 1000 m p.p.t. powinna wynosić około 30°C, a na głębokości 1500 m p.p.t. około 48°C.

W otworze KT-1 na głębokości około 1800 m stwierdzono temperaturę wody 59,1°C. Jest to strefa, w której odbywa się główny dopływ wody (1792–1850 mb otworu). Temperatura wody dopływającej do otworu na tej głębokości ma podstawowy wpływ na uzyskiwane temperatury wody wydobywanej z otworu. Stwierdzona wyższa temperatura wody od spodziewanej prawdopodobnie wynika z dopływu do tej strefy cieplejszych wód bardzo głębokiego krążenia.

Oszacowany według Bruszewskiej (2000) współczynnik przewodności cieplnej w miejscu wiercenia powinien wynosić około 2,5 W/m°C. W badaniach rdzeni wiertniczych z otworu KT-1 uzyskano wyniki w przedziale 1,82–3,18 W/m°C, średnio 2,51 W/m°C.

Podobnie średni gradient temperatury w miejscu wiercenia powinien wynosić około 2,4°C/100 m. Ze względu na samowypływ wód termalnych w otworze KT-1 precyzyjne określenie średniego gradientu temperatury nie było możliwe. Na podstawie wartości zmierzonej temperatury w otworze, mierzonej w trakcie badań geofizycznych, na głębokości 1800 m wynoszącej około 59°C został on oszacowany na 2,7°C/100 m.

Analogicznie oszacowany strumień cieplny w miejscu ujęcia powinien wynosić około 60 mW/m². W przypadku otworu KT-1 oszacowany – na podstawie wartości gradientu temperatury i współczynnika przewodności cieplnej – strumień cieplny wynosi około 70 mW/m².

7. WARUNKI EKSPLOATACJI I SPOSÓB WYKORZYSTANIA WÓD TERMALNYCH

Ujęcie wód termalnych – jest to kierunkowy otwór KT-1 o długości 2010 m i głębokości (w pionie) około 1997 m. Otwór ten zlokalizowany jest na terenie zespołu parkowo-pałacowego przyległego do Zamku w Karpnikach koło Jeleniej Góry, na terenie posesji Spółki „Termy Zamek Karpniki”.

Ustalone na podstawie Dokumentacji hydrogeologicznej (Łukaczyński, Polaczek 2014) zasoby eksploatacyjne wód termalnych ujęte otworem KT-1 wynoszą $Q = 44,0 \text{ m}^3/\text{h}$, przy następujących parametrach: temperatura wody na wypływie: 54,0°C; dynamiczne zwierciadło wody w wygrzanym otworze na rzędnej 372,1 m n.p.m.; typ chemiczny wody: HCO₃-SO₄-Na (F, Rn); mineralizacja: 514,7mg/L.

Obecnie ujęcie wód termalnych KT-1 nie jest eksploatowane. Właściciel tego ujęcia złożył wniosek o udzielenie koncesji dla „Termy Zamek Karpniki” Sp. z o.o. na eksploatację kopaliny (wód termalnych) ze złoża wód termalnych Karpniki.

Wody termalne z tego złoża będą eksploatowane w warunkach samowypływu. Ze względu na możliwość obniżenia zwierciadła wody w wychłodzonym otworze do około 2 m p.p.t. (w przypadku zaprzestania poboru wody) ujęcie powinno być dodatkowo wyposażone w pompę, gdyż w celu ponownego zainicjowania samowypływu potrzebne będzie krótkotrwałe pompowanie.

Przy aktualnym rozpoznaniu hydrogeologicznym możliwość eksploatacji samowypływem otworu KT-1 ogranicza się do ilości wody wynoszącej 44 m³/h. Jest to wielkość wystarczająca na pokrycie planowanych potrzeb. Woda termalna będzie wykorzystywana do celów grzewczych obiektów budowlanych Zamku Karpniki, który po kompleksowym remoncie pełni obecnie funkcję hotelową. Po wykorzystaniu do celów grzewczych, woda termalna schłodzona do temperatury 35°C zrzucana będzie do fosi otaczającej Zamek.

W przyszłości Spółka „Termy Zamek Karpniki” zamierza wykorzystać energię geotermalną w obiektach rekreacyjnych i innych obiektach SPA planowanych do wybudowania na terenie otaczającym Zamek. W ramach rozbudowy obiektu planuje się również wykonanie basenów termalnych.

PODSUMOWANIE

Złoże wód termalnych Karpnik jest pochodzenia infiltracyjnego. Na podstawie analizy pierwszych wyników badań izotopowych oraz rozpoznanych warunków hydrogeologicznych złoże to zaliczono do typu złoża o bardzo głębokim krążeniu, dla którego czas przepływu wynosi ponad 30 000 lat. Dla wód termalnych wypływających z otworu KT-1 przyjęto przypuszczalny południowy i południowo-zachodni kierunek zasilania wód.

Wypływające z otworu KT-1 wody są słabo zmineralizowane, swoiste, o charakterze wodorowęglanowo-siarczanowo-sodowym; fluorkowe, termalne, radonowe.

Zasoby dyspozycyjne nowo odkrytego złoża nie są rozpoznane, natomiast zasoby eksploatacyjne otworu KT-1 zostały ustalone w ilości 44 m³/h przy temperaturze wody na wypływie wynoszącej 54,0°C. Stwierdzona w otworze temperatura wód dochodząca do 59,1°C związana jest z podwyższoną wartością stopnia geotermicznego w rejonie jeleniogórskiego systemu geotermalnego.

Sposób udostępnienia złoża wód termalnych Karpniki i system eksploatacji w warunkach samowypływu powinien gwarantować zachowanie naturalnego reżimu hydrogeologicznego i składu fizykochemicznego wód.

Eksploatowane wody termalne wykorzystywane będą głównie do celów grzewczych, dodatkowo planowane jest ich wykorzystanie do celów rekreacyjnych.

LITERATURA

- BAŻYŃSKI J., GRANICZNY M., OBERC J., WILCZYŃSKI S., 1986 — Mapa fotolineamentów Sudetów. PIG, Warszawa.
- BORKOWSKA M., HAMEURT J., VIDAL PH., 1980 — Origin and age of the Izera gneisses and Rumburk granites in the Western Sudetes. *Acta Geol. Pol.* 30:2.
- BRUSZEWSKA B., 2000 — Warunki geotermiczne Dolnego Śląska. *Prz. Geol.* 48/7.
- CIEŻKOWSKI W., 1990 — Studium hydrogeochemii wód leczniczych Sudetów Polskich. *Pr. Nauk. Inst. Geotech. Pol. Wroc.* Nr 60, Monografie 19.

- CIEŹKOWSKI W., DOKTÓR S., GRANICZNY M., MARSZCZEK T., 1989 — Zależność występowania wód mineralnych i termalnych z nieciągłościami teledetekcyjnymi w Sudetach Zachodnich. Pr. Nauk. Inst. Geotechn. Pol. Wroc. 58, Konferencje 29.
- CIEŹKOWSKI W., GRÖNING M., LEŚNIAK P.M., WEISE S.M., ZUBER A., 1992 — Origin and age of thermal waters in Cieplice Spa, Sudeten, Poland, inferred from isotope, chemical and noble gas data. *Journal of Hydrology*, 140.
- CIEŹKOWSKI W., DOKTÓR S., GRANICZNY M., KABAT T., KOZŁOWSKI J., LIBER E., PRZYLIBSKI T., TEISSEYRE B., WIŚNIEWSKA M., ZUBER A., 1996 — Próba określenia obszarów zasilania wód leczniczych pochodzenia infiltracyjnego w Polsce na podstawie badań izotopowych. Zał. 3. Złoże wód leczniczych Cieplic Śląskich-Zdroju. Arch. ZBU „Zdroje”, Wrocław (maszynopis).
- CYMERMAN Z., 2010 — Mapa tektoniczna Sudetów i bloku przedsudeckiego. PIG, Warszawa.
- DOWGIAŁŁO J., 1976 — Wody termalne Sudetów. *Acta Geol. Pol.*, Vol. 26, No. 4.
- DOWGIAŁŁO J., FISTEK J., 1998a — Dokumentacja hydrogeologiczna wód leczniczych w Jeleniej Górze-Cieplicach. PIG-PIB, Warszawa (maszynopis).
- DOWGIAŁŁO J., FISTEK J., 1998b — Wstępne wyniki hydrogeologiczne wiercenia C-1 w Jeleniej Górze-Cieplicach. *Prz. Geol.* 46:178.
- DUTHOU J.L., COUTURIE J.P., MIERZEJEWSKI M.P., PIN CH., 1991 — Oznaczenie wieku granitu Karkonoszy metodą izochronowa, rubidowo-strontową, na podstawie całych próbek skalnych. *Przegl. Geol.* 2.
- FARBISZ J., WOJDYŁA M., 2008 — Dokumentacja badań geofizycznych wykonanych dla potrzeb rozpoznania możliwości występowania wód geotermalnych i wskazania optymalnej lokalizacji wiercenia poszukiwawczego na terenie posiadłości firmy WEKTOR-INWESTYCJE w Karpnikach. Wrocław (maszynopis).
- FISTEK J., 2009 — Projekt prac geologicznych w celu ujęcia wód termalnych w Pogórzynie na obszarze Pogórzyńskich Stawów w Kotlinie Jeleniogórskiej, NAG, Warszawa.
- FISTEK J., FISTEK A., FABISZ J., 2001 — Projekt prac geologicznych na wykonanie otworu „Cieplice-3” wraz z dokumentacją badań geofizycznych „Rozpoznanie struktury hydrogeologicznej Cieplice” oraz opracowaniem: Sprawozdanie z pierwszego etapu rozpoznania struktury hydrogeologicznej Cieplice przy zastosowaniu płytkich otworów badawczych”. NAG, Warszawa.
- FISTEK J., DOWGIAŁŁO J., 2003 — Wody termalne Cieplic Śląskich w świetle badań geologiczno-poszukiwawczych wykonanych w latach 1969–73 i 1997–98. [W:] Cieżkowski W., Wojewoda J., Żelaźniewicz A. (red.) – Sudety Zachodnie – od wendu do czwartorzędu. WIND, Wrocław.
- GRANICZNY M., DOKTÓR S., 1985 — Wykorzystanie danych teledetekcyjnych do badań wód termalnych i mineralnych w Sudetach. PIG, Warszawa.
- LIBER E., 2008 — Zmiany w dynamice wód termalnych Cieplic Śląskich-Zdroju wpływające na zasoby eksploatacyjne ujęć. *Technika Poszukiwań Geologicznych*. R. 47, z. 1/2, s. 17–38.
- ŁUKACZYŃSKI I., POLACZEK P., 2014 — Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wód termalnych otworem KT-1 w Karpnikach k/Jeleniej Góry (maszynopis).
- MARSZAŁEK H., 2007 — Kształtowanie zasobów wód podziemnych Kotliny Jeleniogórskiej. *Acta Universitatis Wratislaviensis* No 2993, seria: Hydrogeologia, Wyd. Uniw. Wrocław.
- MIERZEJEWSKI M.P., 1985 — Geologia granitowej części Karkonoszy. [W:] Jahn A. (red.), Karkonosze polskie. Ossolineum, Wrocław.

- MILEWICZ J., SZAŁAMACHA J., SZAŁAMACHA M., 1989 — Mapa geologiczna Polski, Arkusz Jelenia Góra w skali 1 :200 000. Wyd. Geol., Warszawa.
- MROCZKOWSKI J., 1993 — Fotolineamenty i dyslokacje tektoniczne w Karkonoszach i na obszarach sąsiednich. Mat. Konf.: Geoekologiczne Problemy Karkonoszy. Wyd. U. Wr., Wrocław.
- MROCZKOWSKI J., OSTAFICZUK S., 1985 — Konfrontacja zdjęcia satelitarnego z mapą geologiczną Karkonoszy i Gór Izerskich, próba interpretacji tektoniki dysjunktywnej. Geol. Sudetica, vol. XX, nr 2.
- D'OBYRN K., GRABCZAK J., ZUBER A., 1995 — Mapy składów izotopowych infiltracji holocenińskiej na obszarze Polski. Współczesne Problemy Hydrogeologii. T.7, s. 331–333.

CHARACTERISTICS OF NEWLY RECOGNIZED DEPOSIT OF THERMAL WATERS IN KARPNIKI ON THE BACKGROUND OF THE GEOTHEMICAL CONDITIONS OF JELENIA GÓRA VALLEY

ABSTRACT

New results of hydrogeological research carried out in order to identify deposits of Karpniki thermal waters occurring in Jelenia Góra geothermal system was presented in the article. The conditions of the occurrence and groundwater circulation, isotopic and physicochemical composition of Karpniki thermal waters have been characterized. The main parameters of the thermal reservoir, such as water temperature, the temperature gradient, the thermal conductivity and the heat flow were presented. In addition, these parameters were compared with the conditions of geothermal, which have been defined for the Lower Silesia.

KEYWORDS

Thermal waters, groundwater resources, Jelenia Góra geothermal system, Sudet Mts.