

MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA WÓD GEOTERMALNYCH PODHAŁA DO CELÓW BALNEOTERAPEUTYCZNYCH I REKREACYJNYCH

Possibilities of use of the Podhale geothermal waters for balneotherapeutical and recreational purposes

Beata KĘPIŃSKA & Joanna CIĄGŁO

*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,
Katedra Surowców Energetycznych;
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; email: bkepinska@interia.pl, joannaciaglo@wp.pl*

Treść: Wody geotermalne Podhala związane są z mezozoicznym podłożem niecki podhalańskiej oraz serią eocenu środkowego (węglanowego). Podwyższone temperatury (20–86°C) oraz zawartość siarkowodoru, krzemionki i fluorków o korzystnym wpływie na organizm ludzki pozwalają rozpatrywać je w kontekście możliwości wykorzystania w lecznictwie i rekreacji. Wymienione wody wykorzystywane są obecnie przede wszystkim do celów ciepłowniczych w systemie PEC Geotermia Podhalańska SA (bazującym na czterech otworach), a ponadto w dwóch ośrodkach rekreacyjnych w Zakopanem i ośrodku w Szaflarach. W trakcie budowy są ponadto obiekty kąpieliskowe w Bukowinie Tatrzańskiej i Białce Tatrzańskiej. Dotychczas niewykorzystywane pozostają niektóre odwierty ujmujące wody geotermalne, dla których zaproponowano ogólnie sposoby ich zagospodarowania w rekreacji i balneoterapii. Wskazano, że rozwój sektora uzdrowiskowo-rekreacyjnego bazującego na wodach geotermalnych w znacznym stopniu poszerzyłby ofertę turystyczną regionu, uzupełniając ją o bardzo atrakcyjną formę rekreacji i lecznictwa, na którą istnieje duże zapotrzebowanie.

Słowa kluczowe: wody geotermalne, temperatura, skład chemiczny, rekreacja, lecznictwo, Podhale

Abstract: Geothermal waters of the Podhale region are connected with Mesozoic basement of the Podhale Basin and with Middle Eocene (carbonate) series. Their increased temperatures (20–86°C) and content of hydrogen sulphide, silica and fluoride which have beneficial effect on human body, allow to consider them in the context of using in health care and recreation. The waters are presently used mostly in heating system of PEC Geotermia Podhalańska SA (based on four wells) and in two recreational centres in Zakopane and in Szaflary. Moreover, bathing facilities in Bukowina Tatrzańska and Białka Tatrzańska are under construction. Up to now some wells with geothermal waters remain unused. Some general proposals of their management for recreation and balneotherapy are presented in the paper. It was indicated that the development of healing-recreation sector based on geothermal waters in meaningful grade would widen the tourist offer of the region, by addition of very attractive form of recreation and health care.

Key words: geothermal waters, temperature, chemical composition, recreation, balneotherapy, the Podhale region

WSTĘP

Wody geotermalne¹⁾ Podhala związane są z utworami podłoża niecki podhalańskiej – struktury zlokalizowanej na południu Polski, w Karpatach Wewnętrznych, pomiędzy Tatrami i pienińskim pasem skałkowym. Nieckę podhalańską wypełniają miększe, słabo przepuszczalne paleogeńskie serie fliszu wewnętrznokarpackiego. Są one bezpośrednio podścielone serią eocenu węglanowego (eocenu środkowego) stanowiącą poziomy zbiornikowe dla wód geotermalnych wraz z niżej leżącymi utworami mezozoicznymi, głównie wapieniami i dolomitami triasu środkowego oraz piaskowcami i skałami węglanowymi jury (S. Sokołowski 1973, Małecka 1981, J. Sokołowski *et al.* 1992).

W obszarze niecki podhalańskiej wykonano dotychczas dwadzieścia jeden otworów wiertniczych. Wody geotermalne uzyskano w czternastu spośród nich: Zazadnia IG-1, Zakopane IG-1, Zakopane 2, Siwa Woda IG-1, Bańska IG-1, Biały Dunajec PAN-1, Poronin PAN-1, Furmanowa PIG-1, Chochołów PIG-1, Bukowina Tatrzańska PIG/PNiG-1, Bańska PGP-1, Biały Dunajec PGP-2, Szymoszkowa GT-1 i Białka Tatrzańska GT-1 (dwa ostatnie z wymienionych otworów wykonano w ostatnich dwóch latach). Temperatury wód geotermalnych na wypływach z poszczególnych odwiertów mieszczą się w zakresie od 20°C (otw. Siwa Woda IG-1) do 86°C (otwory: Bańska PGP-2, Biały Dunajec PAN-1, Biały Dunajec PGP-2). Największe wydajności udokumentowano w odwiertach: Bańska PGP-1 (550 m³/h) i Biały Dunajec PAN-1 (270 m³/h), natomiast najmniejsze w otworach Siwa Woda IG-1 (4 m³/h) i Zazadnia IG-1 (25 m³/h; Chowaniec *et al.* 1997).

Rozmieszczenie wymienionych odwiertów i ich przeznaczenie na cele ciepłownicze oraz rekreacyjne i lecznicze przedstawia figura 1. W tabeli 1 (na wklejce) podano litologię i wiek warstw wodonośnych, głębokość odwiertów udostępniających wody geotermalne, zatwierdzone zasoby oraz mineralizację, temperaturę i skład chemiczny wód (za pomocą zapisu skróconego), jak również typy chemiczne wód według klasyfikacji Altowskiego–Szwieca.

CHEMIZM PODHALAŃSKICH WÓD GEOTERMALNYCH

Na skład chemiczny wód podziemnych niecki podhalańskiej oraz jej mezozoicznego podłoża mają wpływ warunki ich krążenia, a także litologia skał zbiornikowych, warunki utleniająco-redukcyjne, ciśnienie, temperatura oraz działalność mikroorganizmów (Chowaniec *et al.* 1997). Podhalańskie wody geotermalne charakteryzują się niską mineralizacją: w zakresie od kilku dziesiątych g/dm³ do około 3 g/dm³ (Tab. 1 na wklejce). Są to wody słodkie, akratepegi oraz wody mineralne o odczynie od słabo kwaśnego do słabo zasadowego (pH w zakresie od 6.7 do 7.3).

¹⁾ Termin „wody geotermalne” został użyty jako synonim terminu „wody termalne” określonego ustawą Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2004 r. Nr 27). Przymiotnik „geotermalne” informuje w jednoznaczny sposób, że ciepło zawarte w wodach podziemnych pochodzi z wnętrza Ziemi. Termin ten jest powszechnie stosowany w krajach od wielu lat prowadzących badania i wykorzystujących wody i pary geotermalne, a przyjętą się także w wielu publikacjach i praktyce polskiej.

Tabela (Table) 1

Charakterystyka hydrochemiczna wód głównego poziomu geotermalnego Podhala w seriach mezozoicznych i eocenu węglanowego Podhala w seriach mezozoicznych i eocenu węglanowego Podhala w seriach mezozoicznych i eocenu węglanowego Podhala (na podstawie Chowańca *et al.* 1997, 2001, 2004 oraz Barbackiego *et al.* 1998)

*Hydrochemical characteristics of waters of the main Podhale geothermal aquifer in Mesozoic and Middle Eocene formations captured by wells (based on Chowaniec *et al.* 1997, 2001, 2004 and Barbacki *et al.* 1998)*

Nazwa otworu <i>Name of well</i>	Skąły zbiornikowe (wiek) <i>Reservoir rocks</i>	Głębokość otworu, wysokość [m n.p.m.] <i>Depth of well, height [m asl]</i>	Zatwierdzone zasoby <i>Approved reserves</i> [m ³ /h]	Temperatury wód na wypływie <i>Wellhead temperatures</i> [°C]	Wyniki analiz chemicznych (zapis skrócony) <i>Results of chemical analyses (abridged notation)</i>	Typ wody wg Altowskiego–Szawieca <i>Type of water after Altowski–Szawiec</i>
Zazadnia IG-1	wapień numulitowe i zlepienie (eocen środkowy) <i>nummulitic limestones and conglomerates (Middle Eocene)</i>	680.0 855.2	25.1	22	$M^{0.187} \frac{HCO_3^{58.2} SO_4^{40.3} Cl^{1.5}}{Ca^{61.9} Mg^{31.8} Na + K^{6.3}}$	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Zakopane IG-1	margle i wapień z rogowcami (jura dolna) <i>marls and limestones with cherts (Lower Jurassic)</i>	3073.2 864.9	50	37	$H_2S^2 M^{0.363} \frac{HCO_3^{67.5} SO_4^{31.4} Cl^{1.1}}{Ca^{43.0} Mg^{34.2} Na + K^{22.8}}$	HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Mg-Na+H ₂ S
Zakopane 2	wapień numulitowe (eocen środkowy) + dolomity (trias środkowy) <i>nummulitic limestones (Middle Eocene) + dolomites (Middle Triassic)</i>	1113.0 871.2	80	26	$H_2S^0.5 M^{0.326} \frac{HCO_3^{82.7} SO_4^{14.9} Cl^{2.4}}{Ca^{51.2} Mg^{43.9} Na + K^{4.1}}$	HCO ₃ -Ca-Mg
Siwa Woda IG-1	wapień dolomitowe, zlepienie (eocen środkowy) + dolomity (trias środkowy) <i>limestone-dolomites, conglomerates (Middle Eocene) + dolomites (Middle Triassic)</i>	856.0 920.0	4	20	$H_2S^{0.6} M^{0.426} \frac{HCO_3^{59.3} SO_4^{31.7} CO_3^{4.4} Cl^{3.5}}{Mg^{37.3} Na + K^{33.0} Ca^{28.7} Sr^{0.7}}$	HCO ₃ -SO ₄ -Mg-Na-Ca
Bańska IG-1	wapień numulitowe (eocen środkowy) + wapień i dolomity (trias środkowy) <i>nummulitic limestones (Middle Eocene) + limestones and dolomites (Middle Triassic)</i>	5261.0 679.0	120	86	$H_2SiO_3^{76.17} H_2S^{3.4} F^{2.29} M^{2.693} \frac{SO_4^{49.8} Cl^{37.5} HCO_3^{12.7}}{Na + K^{63.1} Ca^{28.1} Mg^{8.6}}$	Na-Ca-SO ₄ -Cl+H ₂ SiO ₃ +H ₂ S+F
Białe Dunajce PAN-1	zlepienie (eocen środkowy) + wapień i dolomity (trias środkowy) <i>conglomerates (Middle Eocene) + limestones and dolomites (Middle Triassic)</i>	2394.0 685.0	270	86	$H_2SiO_3^{81.24} F^{5.89} H_2S^{5.1} M^{2.617} \frac{SO_4^{47.8} Cl^{36.3} HCO_3^{5.9}}{Na + K^{61.5} Ca^{29.6} Mg^{8.8}}$	Na-Ca-SO ₄ -Cl+H ₂ SiO ₃ +F+H ₂ S

Tabela (Table) 1 cd.

Nazwa otworu <i>Name of well</i>	Skaly zbiornikowe (wiek) <i>Reservoir rocks</i>	Głębokość otworu, wysokość [m n.p.m.] <i>Depth of well, height</i> [m asl]	Zatwierdzone zasoby <i>Approved reserves</i> [m ³ /h]	Temperatury wód na wypływie <i>Wellhead temperatures</i> [°C]	Wyniki analiz chemicznych (zapis skrócony) <i>Results of chemical analyses (abridged notation)</i>	Typ wody wg Altowskiego-Szwieca <i>Type of water after Altowski-Szwiec</i>
Poronin PAN-1	wapienie i dolomity zbrekcyjne (trias środkowy) <i>brecciated limestones and dolomites (Middle Triassic)</i>	3003.0 741.0	90	63	$H_2S^{28,13}M^{1,137} \frac{SO_4^{42,87}HCO_3^{34,9}Cl^{22,23}}{Na+K^{47,02}Ca^{36,9}Mg^{6,09}}$	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃ -Cl+H ₂ S
Furmanowa PIG-1	zlepienie (eocen środkowy) + piaskowce (jura) + wapienie (jura i kreda) <i>conglomerates (Middle Eocene) + sandstones (Jurassic) + limestones (Jurassic and Cretaceous)</i>	2324.0 1010.0	90	60.5	$H_2S^{61,2,53}M^{0,583} \frac{HCO_3^{81,5}Cl^{12,9}SO_4^{5,6}}{Na+K^{51,6}Ca^{31,3}Mg^{17,0}}$	HCO ₃ -Na-Ca-Mg+H ₂ S
Chochołów PIG-1	dolomity zbrekcyjne i wapienie (trias środkowy) <i>brecciated dolomites and limestones (Middle Triassic)</i>	3572.0 778.0	190	82	$H_2SiO_3^{77,47}H_2S^{7,64}F^{1,17}M^{1,322} \frac{SO_4^{79,46}HCO_3^{15,59}Cl^{4,93}}{Ca^{55,33}Na+K^{26,77}Mg^{18,83}}$	SO ₄ -Ca-Na-Mg+H ₂ SiO ₃ + H ₂ S+F
Bukowina Taurzańska PIG/PNiG-1	wapienie margliste (jura górna, kreda dolna) <i>marly limestones (Upper Jurassic, Lower Cretaceous)</i>	3780.0 957.0	70	67	$F^{1,98}M^{1,49} \frac{SO_4^{64,0}Cl^{20,7}HCO_3^{14,9}}{Ca^{43,3}Na+K^{37,2}Mg^{19,5}}$	SO ₄ -Cl-Ca-Na-Mg+F
Bańska PGP-1	wapienie margliste (eocen środkowy) + wapienie i dolomity (trias środkowy) <i>marly limestones (Middle Eocene) + limestones and dolomites (Middle Triassic)</i>	3242.0 672.3	550	86	$H_2SiO_3^{94,97}F^{1,05}M^{3,122} \frac{SO_4^{46,6}Cl^{41,7}HCO_3^{11,7}}{Na+K^{60,7}Ca^{29,8}Mg^{10,1}}$	Na-Ca-SO ₄ -Cl+H ₂ SiO ₃ +F
Biały Dunajec PGP-2	wapienie i dolomity (trias środkowy) <i>limestones and dolomites (Middle Triassic)</i>	2450.0 682.7	175	86	$H_2SiO_3^{81,76}M^{2,784} \frac{SO_4^{55,8}Cl^{33,2}HCO_3^{11,1}}{Na+K^{64,5}Ca^{27,2}Mg^{8,3}}$	Na-Ca-SO ₄ -Cl+H ₂ SiO ₃

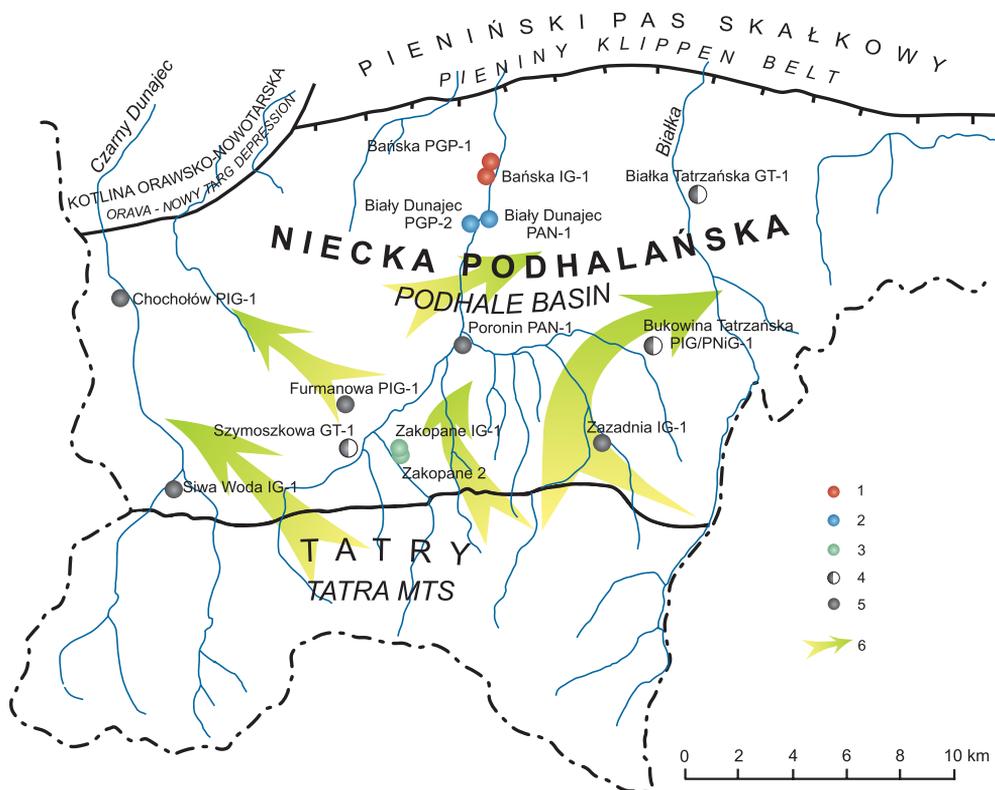


Fig. 1. Lokalizacja odwiertów geotermalnych w obszarze niecki podhalańskiej oraz schemat kierunków przepływu wód podziemnych w obrębie poziomu geotermalnego w połączonych utworach eocenu środkowego i mezozoiku (wg Kępińskiej 1997). Odwierty geotermalne: 1 – produkcyjne w systemie ciepłowniczym, 2 – chłonne w systemie ciepłowniczym, 3 – wykorzystywane w rekreacji i lecznictwie, 4 – planowane do wykorzystania, 5 – niewykorzystywane, 6 – kierunki przepływu wód podziemnych

Fig. 1. Location of geothermal wells in the Podhale Basin and sketch of groundwater flow directions within geothermal aquifer connected with the Middle Eocene and Mesozoic formations (after Kępińska 1997). Geothermal wells: 1 – production ones in the heating system, 2 – injection ones in the heating system, 3 – used for recreation and balneotherapy, 4 – planned for the use, 5 – not in use, 6 – directions of groundwater flow

Wraz z oddalaniem się w kierunku północnym od obszaru zasilania w Tatrach wzrasta mineralizacja ogólna wód. Ich typ hydrochemiczny zmienia się generalnie od wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowego i wodorowęglanowo-wapniowo-sodowego w południowej części systemu poprzez typy pośrednie, do siarczanowo-chlorkowo-sodowo-wapniowego w północnej części systemu. Związane jest to również z rosnącą w kierunku północnym głębokością zalegania geotermalnych poziomów wodonośnych oraz kierunkami przepływu wód (zaznaczonymi na figurze 1), prędkością przepływu malejącą wraz z oddalaniem się od obszaru zasilania i dłuższym kontaktem woda – skała (Witczak 1999, Kępińska 2001).

Z punktu widzenia balneoterapii najcenniejszym składnikiem chemicznym (swoistym) wód geotermalnych Podhala jest siarkowódor – H_2S (siarczki i siarkowódor w przeliczeniu na H_2S). W największych ilościach występuje on w wodach udostępnionych otworem Poronin PAN-1 (ok. 28 mg/dm³). Wysokie zawartości stwierdzono również w otworze Furmanowa PIG-1 (ok. 12.5 mg/dm³), Bańska PGP-1 (do 13.4 mg/dm³), zaś najniższe – w otworze Zakopane IG-1 (2 mg/dm³). Wody geotermalne z zawartością H_2S , ale w ilości poniżej lub na granicy współczynnika farmakodynamicznego, nawiercono także otworami Zakopane 2, Siwa Woda IG-1 (Tab. 4) (Chowaniec *et al.* 1997).

Ilość rozpuszczonej krzemionki (jako kwasu metakrzemowego H_2SiO_3) waha się w granicach od około 40 mg/dm³ (otw. Furmanowa PIG-1; na podstawie Chowaniec *et al.* 1997) do około 95 mg/dm³ (otw. Bańska PGP-1; na podstawie Barbacki *et al.* 1998).

Omawiane wody cechuje także w niektórych przypadkach podwyższona zawartość fluorków (do 1.5–4.0 mg/dm³; Tab. 4) (Chowaniec *et al.* 1997).

WŁAŚCIWOŚCI BALNEOTERAPEUTYCZNE WYNIKAJĄCE Z ODDZIAŁYWANIA CHEMICZNEGO WÓD

Podhalańskie wody geotermalne mogą być z powodzeniem stosowane zarówno w celach rekreacyjnych, jak i balneoterapeutycznych. Ich stosunkowo niska mineralizacja, która nie przekracza 3 g/dm³, mieści się w zakresie mineralizacji dopuszczalnej do stosowania w balneoterapii i rekreacji, gdyż maksymalna dopuszczalna wartość dla wód używanych w kąpielach leczniczych została określona na 50 g/dm³, a w przypadku zastosowań w rekreacji – 35 g/dm³ (Paczyński & Płochniewski 1996; Tab. 2).

Tabela (Table) 2

Wymagania stawiane wodom do kąpeli rekreacyjnych i leczniczych
(Paczyński & Płochniewski 1996)

*Requirements specified for waters for recreational and healing purposes
(from Paczyński & Płochniewski 1996)*

Przeznaczenie wód <i>Type of water use</i>	Temperatura [°C] <i>Temperature [°C]</i>	Mineralizacja [g/dm ³] <i>Mineralization [g/dm³]</i>
Rekreacyjne <i>Recreation</i>	24–30	<35
Rekreacyjno-lecznicze <i>Recreation-therapeutic</i>	28–32	35–40
Lecznicze <i>Therapeutic</i>	28–37	<50

Siarkowódór, krzemionka i fluorki występują w przypadku niektórych ujęć omawianych wód w stężeniach, które pozwalają uznać te wody za potencjalnie lecznicze zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dn. 14 lutego 2006 r. w sprawie złóż wód podziemnych zaliczonych do solanek, wód leczniczych i termalnych oraz złóż innych kopalin leczniczych, a także zaliczenia kopalin pospolitych z określonych złóż lub jednostek geologicznych do kopalin podstawowych (Dz. U. Nr 32, poz. 220 z dnia 14 lutego 2006 r.; Tab. 3).

Tabela (Table) 3

Zawartość składników swoistych i odpowiadające im nazwy wód leczniczych
(na podstawie rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 14 lutego 2006 r.

Dz. U. z dnia 27 lutego 2006 r.)

Contents of specific elements and equivalent names of healing waters

(after rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 14 lutego 2006 r.

Dz. U. z dnia 27 lutego 2006 r.)

Minimalna zawartość w 1 dm ³ wody <i>Contents of elements in 1 dm³ of water, at least</i>	Nazwa wody <i>Water name</i>
Zawartość rozpuszczonych składników mineralnych stałych – nie mniej niż 1000 mg/dm ³ <i>Contents of dissolved solids, at least 1,000 mg/dm³</i>	mineralna <i>mineral water</i>
10.0 mg Fe ²⁺	żelazista <i>ferruginous water</i>
2.0 mg F ⁻	fluorkowa <i>water containing fluoride</i>
1 mg J ⁻	jodkowa <i>water containing iodide</i>
1 mg S ²⁻	siarczkowa <i>sulphurous water</i>
70 mg kwasu metakrzemowego H ₂ SiO ₃	krzemowa <i>water containing silica</i>
1000 mg wolnego CO ₂	szczawa <i>carbonated water</i>
2·10 ⁻⁹ Ci (74 Bq)	radonowa <i>radioactive water</i>

Ponadto, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z 2006 r. (Dz. U. z 2006 r. Nr 80, poz. 565), wody te mogą być uznane za potencjalnie lecznicze z uwagi na podwyższoną temperaturę (powyżej 20°C).

Lecznicze właściwości podhalańskich wód geotermalnych zostały omówione na ile przedstawionych w niniejszym rozdziale informacji ogólnych, które dotyczą wód mineral-

nych i/lub swoistych, będących wodami leczniczymi o właściwościach potwierdzonych badaniami klinicznymi, które zawierają analogiczne składniki swoiste, jak stwierdzone w wodach podhalańskich – siarkowodór, krzemionkę i fluorki.

Wody siarczkowe mają najbardziej bodźcowe działanie na organizm człowieka spośród wód swoistych. Działają przeciwalergiczenie, przeciwbólowo, przeciwgrzybiczo i przeciw pasożytniczo. Mają też działanie częściowo bakteriobójcze, niepotwierdzone jednak badaniami *in vitro* (Kochański 2002). W wyniku dziesiątków, a nawet setek lat doświadczeń lekarzy uzdrowiskowych i pacjentów określono wskazania do kąpieli leczniczych w tego typu wodach. Do leczonych schorzeń należą choroby narządu ruchu (układu kostnego, stawów), zaburzenia krążenia, nadciśnienie tętnicze, choroby narządów rozrodczych, choroby dermatologiczne, zatrucia metalami ciężkimi, nerwice. Wśród przeciwwskazań do stosowania podanych wód wymienić należy hipotonię (niskie ciśnienie tętnicze) i nadwrażliwość na związki siarki (Kochański 2002). W Polsce do uzdrowisk bazujących na wodach siarczkowych należą między innymi Busko-Zdrój, Swoszowice, Krzeszowice.

Krzem decyduje o przebiegu mineralizacji kości i utwardzania tkanek łącznych, w pewnym stopniu odgrywa też rolę w budowie struktury włosów i skóry (Kabata-Pendias & Pendias 1993).

Fluor podawany w kuracji pitnej wspomaga leczenie osteoporozy, stosuje się go w profilaktyce próchnicy zębów czy po przebytych infekcjach, zwłaszcza układu moczowego (Kochański 2002).

WŁAŚCIWOŚCI BALNEOTERAPEUTYCZNE WYNIKAJĄCE Z ODDZIAŁYWANIA TERMICZNEGO WÓD

Za pomocą zabiegów kinezyterapeutycznych (różnych form wysiłku fizycznego) przeprowadzanych w wodach o temperaturach 28–37°C (w tym także w wodach geotermalnych) leczy się wiele schorzeń związanych z wadami narządu ruchu zarówno u osób dorosłych, jak i u dzieci, np. z porażeniem mózgowym (Karski *et al.* 2000). Istnieją jednak pewne przeciwwskazania do kąpieli leczniczych w wodach geotermalnych. Należą one do tak zwanych przeciwwskazań ogólnych, które nie kwalifikują chorego do leczenia w warunkach uzdrowiskowych, ponieważ jego stan może nie tylko nie ulec poprawie, ale także pogorszyć się. Są to między innymi ostre schorzenia zapalne, nowotwory złośliwe (w tym białaczka), utrzymujące się nadciśnienie, schorzenia gruźlicze, schorzenia systemu nerwowego (m.in. padaczki z częstymi napadami), choroby zakaźne, niewydolność serca i układu krążenia, hemofilia, ciąża, gorączka, choroby weneryczne, żółtaczka oraz grzybice skóry (Ponikowska 1996).

Temperatury podhalańskich wód geotermalnych przemawiają za ich wykorzystaniem zarówno w rekreacji, jak i balneoterapii. Osiągają one 20–86°C, przekraczając na ogół wartość 24°C, powyżej której wody te nadają się – zgodnie z klasyfikacją Paczyńskiego & Płochniewskiego (1996) – do stosowania w rekreacji, i wartość 28°C, powyżej której nadają się one według tej samej klasyfikacji do stosowania w balneoterapii (Tab. 2).

Zestawienie parametrów fizykochemicznych decydujących o leczniczym charakterze wód geotermalnych ujętych w wybranych otworach na Podhalu zawiera tabela 4.

Tabela (Table) 4

Zestawienie parametrów fizykochemicznych decydujących o leczniczym charakterze wód geotermalnych ujętych w wybranych otworach na Podhalu (dane na podstawie Chowaniec *et al.* 1998, Kępińska 2006)

*Table of physical and chemical parameters determining healing capacity of geothermal waters from chosen wells in the Podhale region (after Chowaniec *et al.* 1998, Kępińska 2006)*

Otwór <i>Well</i>	Zatwierdzona wydajność wody <i>Approved water flow rate</i> [m ³ /h]	Parametry decydujące o leczniczym charakterze wód <i>Parameters implying curative features of waters</i>			Nazwa wody <i>Water name</i>
		Temperatura na wypływie z otworu <i>T</i> <i>Temperature at the outflow T</i> [°C]	Mineralizacja <i>Mo</i> [mg/dm ³]	Składniki swoiste <i>Specific elements</i> [mg/dm ³]	
Zakopane IG-1	50	37	0.3639	H ₂ S = 2	siarczkowa, termalna <i>sulphurous, thermal water</i>
Zakopane 2	90	26	0.3260	H ₂ S = 0.5–2	siarczkowa, termalna <i>sulphurous, thermal water</i>
Furmanowa PIG-1	60	60.5	0.5830	H ₂ S = 12.53	siarczkowa, termalna <i>sulphurous, thermal water</i>
Chochołów PIG-1	190	82	1.244	H ₂ SiO ₃ = 77.4–78.1 H ₂ S = 7.64 (F ⁻) = 1.17–2.2	krzemowa, siarczkowa (fluorkowa), termalna <i>containing silica, sulphurous (containing fluoride), thermal water</i>
Poronin PAN-1	90	63	1.137	H ₂ S = 28.13	siarczkowa, termalna <i>sulphurous, thermal water</i>
Bańska IG-1	120	82	2.690	H ₂ SiO ₃ = 94.37–95.02 H ₂ S = 2.0–3.4 F ⁻ = 2.17–4	krzemowa, siarczkowa, fluorkowa, termalna <i>containing silica, sulphurous, containing fluoride, thermal water</i>
Bańska PGP-1	550	86	3.122	H ₂ SiO ₃ = 94.4–95.0 H ₂ S = 9.1–13.4	krzemowa, siarczkowa, termalna <i>containing silica, sulphurous, thermal water</i>
Biały Dunajec PAN-1	270	86	2.500–2.830	H ₂ SiO ₃ = 68.5–81.24 H ₂ S = 4.6–5.1 (F ⁻) = 0.66–5.89	krzemowa, siarczkowa (fluorkowa), termalna <i>containing silica, sulphurous (containing fluoride), thermal water</i>
Biały Dunajec PGP-2	175	86	2.784	H ₂ SiO ₃ = 80.7–82.54	krzemowa, termalna <i>containing silica, thermal water</i>

OBECNY STAN WYKORZYSTANIA WÓD GEOTERMALNYCH PODHAŁA

Ciepłownictwo i kaskadowy system wykorzystania energii geotermalnej

Podhalańskie wody geotermalne są aktualnie wykorzystywane do produkcji ciepła w systemie Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Geotermia Podhalańska SA, który zaopatruje około 600 odbiorców indywidualnych, 170 budynków wielorodzinnych, ponad 260 odbiorców wielkoskalowych (m.in. hotele, pensjonaty, szkoły, inne budynki użyteczności publicznej) na terenie czterech gmin: Zakopane, Poronin, Biały Dunajec i Szaflary (Wartak *et al.* 2007). System ten bazuje na dwóch otworach produkcyjnych: Bańska IG-1 i Bańska PGP-1, dwóch chłonnych – Biały Dunajec PAN-1 i Biały Dunajec PGP-2, oraz na szczytowym źródle ciepła, jakim jest kotłownia gazowa w Zakopanem. Wody geotermalne o temperaturach 82–87°C eksploatowane odwiertami produkcyjnymi (o łącznej wydajności 670 m³/h) kierowane są na wymienniki ciepła w ciepłowni geotermalnej tuż obok odwiertu Bańska PGP-1 w Szaflarach (Wartak *et al.* 2007). Po oddaniu części ciepła wodzie sieciowej dostarczanej do odbiorców woda geotermalna jest doprowadzana rurociągiem zrzutowym do stacji pomp w Białym Dunajcu i zatłaczana z powrotem do złoża. Od 2008 r. część wody schłodzonej w wymiennikach ciepła jest kierowana do „Term Podhalańskich” sąsiadujących z ciepłownią geotermalną, gdzie stosuje się ją do napełniania basenów i ogrzewania obiektu.

Równoległe z realizowanym przez PEC Geotermia Podhalańska SA projektem geotermalnego centralnego ogrzewania Laboratorium Geotermalne IGSMiE PAN prowadzi prace badawczo-rozwojowe nad kaskadowym wykorzystaniem energii geotermalnej w szerokim zakresie temperatur, a także monitoring złoża i systemu geotermalnego w warunkach długotrwałej eksploatacji (Kępińska 2001b). W skład systemu wchodzi: centralne ogrzewanie i przygotowanie ciepłej wody użytkowej w obiektach Laboratorium Geotermalnego IGSMiE PAN, suszarnia drewna, szklarnia, hodowla ryb ciepłolubnych, tunele foliowe do uprawy roślin w podgrzewanej glebie.

Rekreacja

Wody geotermalne znane są na Podhalu przynajmniej od połowy XIX w., kiedy ciepłe źródło o temperaturze około 20°C w Jaszczurówce koło Zakopanego było już stosowane do kąpieli przez miejscowych górali. Od końca XIX w. natomiast cieplica stała się szybko popularnym miejscem wypoczynku i kuracji dla pierwszych turystów, przybywających do Zakopanego i w Tatry w ślad za Tytusem Chałubińskim. Nazwa „Jaszczurówka” wywodzi się od nazwy „jaszczur”, którym to mianem górale określali salamandry licznie zasiedlające okolice źródła. Kąpielisko cieplicowe czynne było do lat 60. ubiegłego wieku, kiedy to planowano jego rozbudowę i w związku z tym wykonano odwiert o głębokości ok. 150 m, by zwiększyć wydajność źródła. Nastąpiło jednak mieszanie jego wód z chłodnymi wodami z pobliskiego Potoku Olczyskiego i cieplica zanikła. Źródło w Jaszczurówce odegrało ważną rolę w poznawaniu warunków geotermalnych Podhala, stanowiąc przesłankę do prowadzenia wieloletnich badań oraz żmudnych starań o praktyczne zagospodarowanie wód i energii geotermalnej w tym rejonie.

Od lat 70. do 2001 r. wody geotermalne o temperaturach 26–36°C były stosowane w niewielkim ośrodku rekreacyjnym na Antałówce w Zakopanem w odkrytym basenie kąpielowym, brodziku i kaskadzie. Ośrodek korzystał z dwóch otworów: Zakopane IG-1 i Zakopane 2. Wody z otworów na Antałówce ze względu na temperaturę i zawartość siarkowodoru zostały uznane przez Instytut Balneoklimatyczny w Poznaniu (1963) za nadające się do celów leczniczych, kąpielowych i rekreacyjnych (Małecka *et al.* 1977, Małecka 1981). Z uwagi na podwyższoną temperaturę są natomiast zaliczane do kopalin podstawowych (Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 14 lutego 2006 r. w sprawie złóż wód podziemnych zaliczonych do solanek, wód leczniczych i termalnych oraz złóż innych kopalin leczniczych, a także zaliczenia kopalin pospolitych z określonych złóż lub jednostek geologicznych do kopalin podstawowych; Dz. U. Nr 32 z 2006 r., poz. 220). W latach 2001–2006 wybudowano w miejscu niewielkiego ośrodka duży kompleks rekreacyjny „Aqua Park Zakopane”, który jest ogrzewany ciepłem geotermalnym z sieci c.o., natomiast woda geotermalna z wymienionych odwiertów zasila basen zewnętrzny.

Geotermalne ośrodki rekreacyjne i lecznicze w trakcie realizacji

Od początku realizacji projektu geotermalnego na Podhalu (J. Sokołowski *et al.* 1987) wskazywano na turystykę i lecznictwo jako równorzędny obok ciepłownictwa sektor zagospodarowania wód geotermalnych, jednak dopiero w ostatnich kilku latach rozpoczęto działania i inwestycje w tym zakresie. Można zatem stwierdzić, że rozpoczyna się nowy, długo oczekiwany etap w turystyce i lecznictwie na Podhalu, pojawia się atrakcyjna oferta związana z możliwościami, jakie dają wody geotermalne. Obecnie (czerwiec 2008 r.) w różnych stadiach realizacji znajduje się kilka obiektów: w Zakopanem, Bukowinie Tatrzańskiej i Białce Tatrzańskiej.

Oprócz już czynnego „Aqua Parku”, w Zakopanem na Polanie Szymoszkowej powstaje kąpielisko geotermalne. Woda jest podgrzewana ciepłem z sieci PEC Geotermia Podhalańska, a docelowo kąpielisko będzie bazować na wodzie geotermalnej wydobywanej z niedawno wykonanego odwiertu Szymoszkowa GT-1. Przyciąga ono bardzo atrakcyjnym położeniem na stokach Gubałówki, z pięknym widokiem na Tatry (Fig. 2).



Fig. 2. Zakopane – kąpielisko pod hotelem „Kasprowy” z wodą podgrzewaną ciepłem geotermalnym z PEC Geotermia Podhalańska SA, widok na Giewont (fot. P. Milaniak)

Fig. 2. Zakopane – the bathing centre near the „Kasprowy Hotel” using water heated up by geothermal heat from PEC Geotermia Podhalańska SA, a view towards Giewont Mt. (photo P. Milaniak)

W Szaflarach w 2008 r. otwarto „Termy Podhalańskie”. Sąsiadują one z ciepłownią geotermalną należącą do PEC Geotermia Podhalańska SA i wykorzystują do napełniania basenów i ogrzewania obiektu część wody geotermalnej schłodzonej w wymiennikach ciepłowni. Ośrodek jest przystosowany do przyjęcia ok. 250 osób na godzinę, świetnie widoczny z pobliskiej „zakopianki”.

W Bukowinie Tatrzańskiej na ukończeniu jest budowa dużego ośrodka sanatoryjno-rekreacyjnego „Terma Bukowina Tatrzańska” (Fig. 3). Będzie on wykorzystywał wodę geotermalną z odwiertu Bukowina Tatrzańska PIG/PNiG-1 wykonanego w 1992 r. w ramach projektu badań określających zasoby i warunki eksploatacji surowców energetycznych w niecce podhalańskiej (J. Sokołowski *et al.* 1987) – jednego z pierwszych etapów realizacji projektu geotermalnego na Podhalu.



Fig. 3. Wizualizacja ośrodka „Terma Bukowina Tatrzańska”
(www.termabukowina.pl)

Fig. 3. Visualization of “Terma Bukowina Tatrzańska” centre
(www.termabukowina.pl)

W Białce Tatrzańskiej w trakcie realizacji jest budowa ośrodka rekreacyjnego, który będzie korzystał z wody geotermalnej ujętej w specjalnie w tym celu wykonanym nowym odwiercie Białka Tatrzańska GT-1. Ośrodek będzie położony w bezpośrednim sąsiedztwie dużej i bardzo popularnej stacji narciarskiej.

Warto zwrócić uwagę, że wszystkie wymienione przedsięwzięcia są realizowane przez inwestorów prywatnych i na zasadach komercyjnych. Z wyjątkiem „Term Podhalańskich” w Szaflarach, położone są w pobliżu wyciągów i stacji narciarskich, co podnosi ich atrakcyjność i znacznie poszerza ofertę turystyczną miejscowości, a także wpływa na przedłużenie sezonu turystycznego. Należy wyrazić przekonanie, że w ślad za wymienionymi ośrodkami będą budowane następne (m.in. w miejscach proponowanych w tym artykule).

PROPOZYCJE ZAGOSPODAROWANIA WÓD GEOTERMALNYCH UDOSTĘPNIONYCH W ISTNIEJĄCYCH ODWIERTACH DO REKREACJI I LECZNICTWA

Ze względu na wysokie koszty nowych wierceń powinno się przede wszystkim zwracać uwagę potencjalnych inwestorów na odwierty już istniejące, w których stwierdzono wody geotermalne, a które dotychczas są niezagospodarowane. Stanowią one dobrą bazę dla nowych przedsięwzięć, co częściowo już wykorzystano, budując nowe ośrodki rekreacyjne wymienione w poprzednim rozdziale („Termy Podhalańskie”, „Terma Bukowina Tatrzańska”).

Poniżej przedstawiono propozycje zagospodarowania do rekreacji i lecznictwa wód z wybranych trzech istniejących odwiertów, które znajdują się w zachodniej i środkowej części niecki podhalańskiej (Fig. 1): Chochołów PIG-1, Furmanowa PIG-1 oraz Poronin PAN-1. Udostępnione w nich wody można uznać za potencjalnie lecznicze (Tab. 4).

Otwór Chochołów PIG-1 (końcowa głębokość 3572 m) udostępnia wody geotermalne związane z węglanowymi utworami triasu środkowego (głęb. 3218–3572 m) o zatwierdzonej wydajności 190 m³/h przy temperaturze na wypływie 82°C. Woda jest siarczanowo-wapniowo-sodowo-magnezowa, krzemowa, siarczkowa, (fluorkowa), a mineralizacja wynosi 1.24 g/dm³ (Chowaniec *et al.* 1997). Są to wody, które z uwagi na mineralizację, temperaturę, zawartość kwasu metakrzemowego (77.4–78.12 mg/dm³) i siarkowodoru (7.6 mg/dm³) można zaliczyć do wód potencjalnie leczniczych. Niektóre analizy wykazały ponadto zawartość fluorków w ilości, która pozwala uznać je za składnik swoisty (2.2 mg/dm³). Odwiert oraz jego najbliższe otoczenie (Fig. 4) mieszczą się pomiędzy drogą wojewódzką Zakopane – Czarny Dunajec (poprzez Kościelisko, Witów i Chochołów) i potokiem Czarny Dunajec.



Fig. 4. Najbliższe otoczenie odwiertu geotermalnego Chochołów PIG-1 na pograniczu Chochołowa i Witowa

Fig. 4. The nearest surrounding of Chochołów PIG-1 well on the border between Chochołów and Witów villages

Otwór jest położony w zachodniej części niecki podhalańskiej, mniej dotychczas uczęszczanej przez turystów. Geotermalny ośrodek rekreacyjno-leczniczy w tej części Podhala z pewnością zatrzymałby po polskiej stronie wielu turystów udających się przez pobliskie przejście graniczne Chochółów – Sucha Hora do basenów geotermalnych na Słowacji (przede wszystkim do Oravic i Besenovej).

Temperatura (82°C) i wydajność ($190\text{ m}^3/\text{h}$) – jedne z najwyższych na Podhalu powodują, że należy rozpatrywać wody z tego odwiertu również pod kątem wykorzystania w ciepłownictwie. Zastosowanie systemu kaskadowego umożliwiłoby nie tylko efektywne zagospodarowanie wód na różnych poziomach temperatur, ale także znacznie poprawiłoby ekonomiczną opłacalność projektowanego przedsięwzięcia. W skład kaskady mogłyby wejść m.in. system centralnego ogrzewania i system przygotowania ciepłej wody użytkowej dla ośrodka rekreacyjnego i okolicznych budynków mieszkalnych, a także system podgrzewania słodkiej wody w basenach rekreacyjnych oraz wykorzystanie wody geotermalnej w basenach rekreacyjno-leczniczych.



Fig. 5. Furmanowa – teren, na którym znajduje się zaznaczony w tle odwiert Furmanowa PIG-1

Fig. 5. Furmanowa – a ground where the well Furmanowa PIG-1 is located (marked in the background)

Otwór Furmanowa PIG-1 (końcowa głębokość 2324 m) ujmuje wody, dla których skałami zbiornikowymi są zlepienie eocenu węglanowego, piaskowce jury oraz wapnie jury i kredy (głęb. 2003–2324 m). Zatwierdzona wydajność eksploatacyjna wynosi $90\text{ m}^3/\text{h}$ przy temperaturze wody na wypływie 60.5°C . Woda jest określono jako wodorowęglanowo-sodowo-wapniowo-magnezowa, siarczkowa, a mineralizacja wynosi $0.58\text{ g}/\text{dm}^3$ (Chowaniec *et al.* 1997). Są to akratopegi o właściwościach potencjalnie leczniczych ze względu na temperaturę i zawartość siarkowodoru. Otwór jest położony na wysokości 1010 m n.p.m na działce z malowniczym widokiem na Tatry (Fig. 5). Można z całą pewnością stwierdzić, że kąpielisko geotermalne znajdujące się w tej okolicy cieszyłoby się dużym powodzeniem.

Wkomponowany w krajobraz, nieduży ośrodek z charakterystyczną dla Podhala zabudową odróżniałby się korzystnie od pozbawionej wyrazistego stylu architektury znacznej większości budowanych obecnie ośrodków spa i wodnych parków rozrywki. Dodatkowym atutem tego terenu jest możliwość zagospodarowania zbocza jako stoku narciarskiego, co umożliwi połączenie uprawiania sportów zimowych z rekreacją w ciepłych wodach, podobnie jak ma to miejsce np. w Oravicach na Słowacji („Meander Park”).

Otwór Poronin PAN-1 (końcowa głębokość 3003 m) udostępnia wody o temperaturze na wypływie do 63°C, zatwierdzonej wydajności eksploatacyjnej 90 m³/h z wapieni i dolomitów triasu środkowego (głęb. 1768–1855 m). Woda ma mineralizację 1.14 g/dm³ i reprezentuje wody sodowo-wapniowo-siarczanowo-wodorowęglanowo-chlorkowe, siarczkowe. Cechuje się największą zawartością siarkowodoru (ok. 28 mg/dm³; Chowaniec *et al.* 1997) spośród wód stwierdzonych we wszystkich otworach na Podhalu.



Fig. 6. Głowica odwiertu Poronin PAN-1

Fig. 6. The wellhead of Poronin PAN-1 well

W bezpośrednim sąsiedztwie odwiertu Poronin PAN-1 (Fig. 6) jest stosunkowo mało miejsca do jego zagospodarowania, ponieważ przepływający opodal potok Poroniec oraz główna droga prowadząca do Zakopanego („zakopianka”) znacznie ograniczają z obu stron ten teren. W takiej sytuacji można rozważać przesył wody geotermalnej rurociągiem w inne, bardziej dogodne miejsce, w którym może powstać centrum leczniczo-rekreacyjne na bazie wody zawierającej związek siarki. W gamie zabiegów służących zachowaniu lub przywracaniu zdrowia mogłyby znaleźć się także m.in. masaże, ćwiczenia fizyczne, kąpiele błotne, aromaterapia i inne stosowane w ośrodkach typu spa i uzdrowiskach.

W ośrodkach rekreacyjno-leczniczych na Podhalu można wykorzystać – wraz z lokalnym surowcem, jakim są wody geotermalne – również inny lokalny surowiec – torf eksploatowany w obrębie Kotliny Orawsko-Nowotarskiej. Stosowany jest on już w takich uzdrowiskach najbliższych Podhalu, jak Rabka-Zdrój i Krynica-Zdrój. Peloidy torfowe (borowiny)

ze względu na dużą wartość leczniczą składników organicznych i nieorganicznych są bardzo cenione w peloidoterapii. Stanowiłaby ona doskonale uzupełnienie oferty geotermalnych obiektów leczniczych.

Podhalańskie wody geotermalne są w niektórych przypadkach wodami leczniczymi z uwagi na mineralizację, obecność niektórych składników swoistych (siarkowodoru, krzemionki, fluorków) oraz temperaturę. Nie były jednak dotychczas badane klinicznie pod kątem oddziaływania leczniczego, dlatego nie można przytoczyć stosownych opinii lekarskich. Brak zainteresowania środowisk medycznych wodami podhalańskimi w kontekście ich leczniczych właściwości wynika w dużej mierze z faktu, iż głównym obszarem ich dotychczasowego stosowania było ciepłownictwo.

Wysokie temperatury wód eksploatowanych z otworów Furmanowa PIG-1, Poronin PAN-1 i Chochołów PIG-1 (w przedziale 60.5–82°C) będą wymagać obniżenia do co najmniej 42–37°C górnych progów przedziałów, do których musi należeć woda przeznaczona do kąpieli w basenach leczniczych (pierwsza podana wartość wg Ponikowskiej 1996, druga wg Paczyńskiego & Płochniewskiego 1996) lub do 30°C – górnej granicy temperatury wody do celów rekreacyjnych (Ponikowska 1996, Paczyński & Płochniewski 1996).

Omawiane wody można schłodzić na kilka sposobów (Kępińska & Skrzypczak 2000):

- schłodzenie w wymiennikach ciepła w systemie ciepłowniczym zaopatrującym w ciepło okolicznych odbiorców (tak jak ma to miejsce w ciepłowni geotermalnej Szaflary-Bańska Niżna);
- uprzednie wykorzystanie ciepła geotermalnego do ogrzewania pomieszczeń samych ośrodków rekreacyjno-leczniczych oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej na potrzeby ośrodka;
- podgrzewanie zwykłych wód w basenach rekreacyjnych, a następnie wykorzystanie schłodzonych wód geotermalnych w basenach leczniczych;
- mieszanie wód geotermalnych z wodami zwykłymi (o niskich temperaturach), pochodzącymi z płytszych poziomów wodonośnych; należy się jednak liczyć z tym, że takie rozwiązanie spowoduje rozcieńczenie wód geotermalnych, czyli obniżenie mineralizacji, a co za tym idzie – zanik niektórych leczniczych właściwości, wynikających z występowania pewnych składników, w przypadku gdy ich zawartość spadnie poniżej progu farmakodynamicznego.

Wody z otworu Zakopane IG-1 (temperatura 37°C) i Zakopane 2 (temperatura 26°C) nadają się bezpośrednio do wykorzystania w lecznictwie lub rekreacji. Temperatury wód z otworów Zazadnia IG-1 (22°C) i Siwa Woda IG-1 (20°C) są natomiast nieco niższe, niż wynosi dolny próg temperatury wód przeznaczonych do stosowania w rekreacji (24°C). Wymagałyby one zatem nieznacznego podgrzania.

PODSUMOWANIE

Zagospodarowanie podhalańskich wód geotermalnych w rekreacji i lecznictwie przyniesie wiele korzyści zarówno dla stałych mieszkańców, turystów, jak i dla środowiska naturalnego Podhala. Geotermalne ośrodki rekreacyjne i lecznicze proponować będą alterna-

tywną formę wypoczynku dla wędrówek po zatłoczonych szlakach górskich lub dla spędzania czasu na stokach narciarskich. Byłoby to doskonałe posunięcie w celu zwiększenia atrakcyjności regionu poprzez poszerzenie oferty turystycznej. Budowa takich ośrodków w innych niż Zakopane miejscowościach Podhala przyczyni się do zwrócenia uwagi także i na małe miejscowości, które do tej pory funkcjonują głównie jako tańsze zaplecze noclegowe „stolicy Tatr”; turyści bowiem spędzają czas głównie w samym Zakopanem lub w górach – z wyboru, ale i nierzadko także z braku innych wystarczająco atrakcyjnych możliwości. Pozwoli to także na skierowanie części przychodów wpływających dotychczas głównie do Zakopanego od turystów odwiedzających region do innych miejscowości (Kępińska & Łowczowska 2002). Kąpieliska geotermalne będą także atrakcyjną formą spędzania wolnego czasu dla dzieci i młodzieży – miejscowej oraz przyjezdnej. Oferty ośrodków spa i zabiegów leczniczych przyciągną natomiast wielu dorosłych klientów.

Wprowadzenie do powszechnej świadomości faktu, że podhalańskie wody geotermalne są wodami potencjalnie leczniczymi, które mogą być pomocne w leczeniu wielu schorzeń, spowoduje (w połączeniu z walorami klimatycznymi, krajobrazowymi i turystycznymi), że region będzie kojarzony jako miejsce, gdzie można nie tylko wypocząć, zrelaksować się, ale i zadbać o zdrowie.

Należy również zwrócić uwagę na fakt, że wykorzystanie na Podhalu, nawet na dużą skalę, wód geotermalnych w rekreacji i balneoterapii nie spowoduje emisji do środowiska naturalnego szkodliwych substancji powstających podczas spalania paliw kopalnych w porównaniu z sytuacją mającą miejsce w wielu uzdrowiskach, w których konieczne jest podgrzewanie chłodnych wód, aby nadawały się do basenów i zabiegów. Przyniesie to także wymierne efekty ekonomiczne w postaci ograniczenia kosztów energii. Ekologicznie czysty sposób wszechstronnego zagospodarowania wód i energii geotermalnej w ciepłownictwie i turystyce na Podhalu jest kolejnym argumentem, aby taka działalność była rozwijana na większą niż dotychczas skalę, stosownie do funkcji tego regionu i zapotrzebowania społecznego.

LITERATURA

- Barbacki A., Bujakowski W., Chowaniec J., Długosz P., Drozdowski B., Kępińska B., Nagel J., Nagy S., Wartak W., Wieczorek J. & Witczak S., 1998. *Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód geotermalnych w otworach Bańska PGP-1 i Biały Dunajec PGP-2*. Arch. IGSMiE PAN, Kraków.
- Chowaniec J., Długosz P., Drozdowski B., Nagy J., Witczak W. & Witek K., 1997. *Dokumentacja hydrogeologiczna wód termalnych niecki podhalańskiej*. Arch. CAG, Warszawa.
- Chowaniec J., Poprawa D. & Witek K., 2001. Występowanie wód termalnych w polskiej części Karpat. *Przegląd Geologiczny*, 49, 8, 734–742.
- Chowaniec J., Nagy S., Freiwald P. & Łopuszyńska M., 2004. *Dokumentacja hydrogeologiczna dla ustalenia zasobów eksploatacyjnych wód termalnych w otworze Bukowina Tatrzańska PIG/PNiG-1*. CAG PIG, Warszawa.

- Karski T., Frelek-Karska M. & Rigo J., 2000. Dobroczynne działanie ciepłych wód w leczeniu chorób narządu ruchu. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geosynoptyka i Geotermia*, 1, Kraków, 3–7.
- Kabata-Pendias A. & Pendias H., 1993. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa, 398.
- Kępińska B., 2001. *Warunki hydrotermalne i termiczne podhalańskiego systemu geotermalnego w rejonie otworu Biały Dunajec PAN-1*. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, 142.
- Kępińska B., 2001b. Wody geotermalne w rekreacji i lecznictwie – niewykorzystana szansa Podhala. *IV Seminarium z cyklu „Rola energii geotermalnej w zrównoważonym rozwoju regionów na temat Energia geotermalna w Małopolsce – dziś i jutro”*, Bukowina Tatrzańska 8–10.10.2001, IGSMiE PAN, LG w Krakowie, PEC Geotermia Podhalańska, Kraków, 143–160.
- Kępińska B. & Skrzypczak R., 2000. Możliwości wykorzystania wód geotermalnych Podhala dla potrzeb rekreacji i lecznictwa. *Seminarium naukowe „Perspektywy rozwoju terenów górskich w Polsce poprzez turystykę”*, Zakopane 13–14.12.2000.
- Kępińska B. & Łowczowska A., 2002. *Wody geotermalne w lecznictwie, rekreacji i turystyce*. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, 78.
- Kochański J.W., 2002. *Balneologia i hydroterapia*. Wyd. AWF, Wrocław, 251.
- Małecka D. et al. 1977. *Dokumentacje hydrogeologiczne ujęcia wód tatrzańskich z otworu Zakopane 2*. Arch. ZPG UW, Warszawa.
- Małecka D., 1981. *Hydrogeologia Podhala*. Wyd. Geol., Warszawa, 187.
- Opinia Instytutu Balneoklimatycznego o wodach z odwiertów na Antałówce*. Zakopane. Arch. „Polskie Tatry”, Zakopane 1963.
- Paczyński B. & Płochniewski Z., 1996. *Wody mineralne i lecznicze Polski*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, 108.
- Ponikowska I., 1996. *Lecznictwo uzdrowiskowe – poradnik dla chorych*. Oficyna Wydawnicza Branta, Bydgoszcz, 307.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 14 lutego 2006 r. w sprawie złóż wód podziemnych zaliczonych do solanek, wód leczniczych i termalnych oraz złóż innych kopalin leczniczych, a także zaliczenia kopalin pospolitych z określonych złóż lub jednostek geologicznych do kopalin podstawowych (Dz. U. Nr 32, z 2006 r., poz. 220).
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 kwietnia 2006 r. w sprawie zakresu badań niezbędnych do ustalenia właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i właściwości leczniczych klimatu, kryteriów ich oceny oraz wzoru świadectwa potwierdzającego te właściwości (Dz. U. z 2006 r. Nr 80, poz. 565 z późn. zm.).
- Sokołowski J., Doktor S., Górecki W., Graniczny M., Myśko A., Jawor E., Karnkowski P., Ney R., Nowotarski Cz., Poprawa D., Słuszkiewicz T. & Wysopal Z., 1987. *Projekt badań geologicznych określających zasoby i warunki eksploatacji surowców energetycznych w niecce podhalańskiej*. Arch. IGSMiE PAN, Kraków.
- Sokołowski J., Długosz P. & Bujakowski W., 1992. The first geothermal plant in Poland. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geosynoptyka i Geotermia*, 6, Kraków, 9–18.

- Sokołowski S., 1973. Geologia paleogenu i mezozoicznego podłoża południowego skrzydła niecki podhalańskiej w profilu głębokiego wiercenia w Zakopanem. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 265, 349.
- Ustawa z dnia 4 lutego 1994 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. Nr 27, poz. 96 z późn. zm.).
www.termabukowina.pl
- Wartak W., Wróbel A. & Ignacok W., 2007. PEC Geotermia Podhalańska S.A.: ciepłowniczy zakład geotermalny na Podhalu – doświadczenia, wybrane aspekty pracy, perspektywy. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia i Zrównoważony Rozwój*, 2, Kraków, 125–131.
- Witczak S., 1999. *Analiza i interpretacja składu fizyko-chemicznego wód eksploatowanych w Białym Dunajcu i Bańskiej pod kątem poznawania systemu geotermalnego Podhala*. Arch. IGSMiE PAN, Kraków.

Summary

The Podhale geothermal waters are connected with the Mesozoic basement formations of the Podhale Basin – a structure located in southern Poland, within the Inner Carpathians, between the Tatra Mts. and the Pieniny Klippen Belt. The trough is filled with thick and low permeable Paleogene flysch series, which are underlain by nummulitic carbonate series (Middle Eocene) and Mesozoic formations – mainly limestones and dolomites (Middle Triassic), sandstones and carbonates (Jurassic).

So far, in the area of the Podhale Basin fourteen geothermal wells have been drilled: Zazadnia IG-1, Zakopane IG-1, Zakopane 2, Siwa Woda IG-1, Bańska IG-1, Biały Dunajec PAN-1, Poronin PAN-1, Furmanowa PIG-1, Chochołów PIG-1, Bukowina Tatrzńska PIG/PNiG-1, Bańska PGP-1, Biały Dunajec PGP-2, and recently drilled: Szymbarkowa GT-1 and Białka Tatrzńska (for location of wells and their status see figure 1).

Mineralization of geothermal waters is low, in the range of 0.1–3 g/dm³ (Tab. 1). Hydrochemical water types change from HCO₃-Ca-Mg (Na) – in the southern part of the system, through intermediate types, to Na-Ca-SO₄-Cl in its northern part. This fact is connected with increasing (to the northern direction) depth of geothermal groundwater horizons and with water flow directions and also with the flow velocity decreasing with the distance from recharge area (situated in the Tatra Mts.).

The Podhale geothermal waters characterize with increased content of hydrogen sulphide, silica and fluoride. From balneotherapeutical point of view (Tabs 2, 3) sulphides and hydrogen sulphide are the most valuable elements of the Podhale geothermal waters. Affections cured with waters containing sulphides and hydrogen sulphide are diseases of motion organ (bone system, joints), trouble of blood circulation, hypertension, diseases of reproductive system, dermatological diseases, poisoning by heavy metals, neurosis. Amongst contraindications of using the waters of such chemical composition one should mention hypotonia (low blood-pressure) and hypersensitivity for sulphur compounds.

The temperature is the main physical factor of the Podhale geothermal waters which appeals for their use both for heating purposes and balneotherapy or recreation. Generally temperatures above 20°C allow to omit the heating up waters applied in healing treatment which is necessary in case of cold mineral or specific waters. This gives economical effects by minimization of energy costs.

By means of kinesiotherapy treatment (various forms of exercises) in geothermal waters many affections connected with defects of motion organs are being cured in case of adults as well as children, for example with infantile cerebral palsy. However, some contraindications of healing bath in geothermal waters exist. These are acute inflammatory diseases, malignant neoplasm (tumour), leukemia, keeping hypertension (high blood-pressure), tuberculosis infections, affections of nervous system, contagious diseases, heart failure and circulatory failure, hemophilia, pregnancy, fever.

At present the Podhale geothermal waters are being used for heat production in heating system of PEC Geotermia Podhalańska S.A. company which supplies about 600 individual receivers, 170 blocks of flats, over 260 large-scale receivers (i.e. hotels, boarding houses, schools and other public buildings) on the area of four communes: Zakopane, Poronin, Biały Dunajec and Szaflary. This system is based on two production wells: Bańska IG-1 and Bańska PGP-1, two injection wells: Biały Dunajec PAN-1 and Biały Dunajec PGP-2 and on gas and oil peak load plant in Zakopane.

Along with the geothermal space-heating project in the Podhale region, the PAS MEERI Geothermal Laboratory has conducted the R&D works on cascaded geothermal uses in a wide temperature range. The Laboratory conducts research and monitoring of the geothermal reservoir and system under the conditions of long-term exploitation. This place serves also for demonstration and education purposes, being the only one of such a character in the country.

Geothermal waters has been known in the Podhale region at least since 19th century, when warm water in Jaszczurówka near Zakopane was described. However, a 20°C water from that spring was most likely used earlier for bathing by the local highlanders. Since 1970's to 2001, 26–37°C geothermal waters were applied in an outdoor bathing pool, a paddling pool and a cascade in Zakopane. The centre was based on two wells: Zakopane IG-1 and Zakopane-2. In 2001 to 2006 a big recreational complex "Aqua Park Zakopane" was built on the place of small, old bathing facilities. The "Aqua Park" is heated by geothermal heat from heating network of PEC Geotermia Podhalańska SA while geothermal water from mentioned wells supplies the outdoor pool.

Some other bathing facilities in various stages of realization at present (June, 2008) in Zakopane (Polana Szymoszkowa – Fig. 2), Szaflary, Bukowina Tatrzańska (Fig. 3) and Białka Tatrzańska.

With regard to high costs of new drillings potential investors should pay attention, first of all, on already existing but unused geothermal wells. Examples of prospective geothermal wells proposed for recreation and balneotherapy (Tab. 4) implementation and presented in this article are: Chochołów PIG-1, Furmanowa PIG-1 and Poronin PAN-1:

- Chochołów PIG-1 well (Fig. 4) with 82°C geothermal water connected with Middle Triassic formations. Chemical type of water is $\text{SO}_4\text{-Ca-Na-Mg+H}_2\text{SiO}_3\text{+H}_2\text{S+(F)}$, mineralization is 1.24 g/l and the discharge of well amounts to 190 m³/h;

- Furmanowa PIG-1 well (Fig. 5) with 60.5°C geothermal water flowing from nummulitic Eocene conglomerates, Jurassic sandstones and Jurassic and Cretaceous limestones. Chemical type of water is $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca-Mg+H}_2\text{S}$, mineralization is to 0.58 g/l and the discharge of well reach 90 m³/h;
- Poronin PAN-1 (Fig. 6) well with 63°C geothermal water from Middle Triassic limestones and dolomites. Chemical type of water is $\text{Na-Ca- SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl+H}_2\text{S}$, mineralization is to 1.14 g/l, and the discharge of well amounts to 90 m³/h. Water discharged by Poronin PAN-1 well has the greatest content of hydrogen sulphide and sulphides of waters from any other well in the Podhale region.

The use of the Podhale geothermal waters in recreation and health care will bring many benefits both for residents, tourists and for natural environment. Geothermal recreation and healing centres will constitute the alternative to hiking in the mountains or to spending time on skiing. It would be a perfect step towards extension of the tourist offer of the region, by adding very attractive form of recreation and rest, which depends on seasons of a year only in a small grade. New bathing facilities in localities other than Zakopane should encourage the tourists to visit also the villages in the Podhale region. Up to now they serve mainly as cheaper base of accommodation as compared with “the capital of the Tatra Mts.”. Tourists spend their time mostly in Zakopane or in the mountains by choice or quite often because of lack of another possibilities attractive enough. This will allow to direct the part of stream of money which comes from tourists visiting Zakopane also to the other localities.

The use of geothermal waters does not cause the emissions of noxious substances to the air, which come from combustion of fossil fuels in the process of warm water preparation used in recreation and health care or for heating.