

Beata WIKTOROWICZ
Państwowy Instytut Geologiczny–
Państwowy Instytut Badawczy
Oddział Świętokrzyski
25-953 Kielce, ul. Zgoda 21
Jacek NOWAK
Kazimierskie Wody Termalne i Lecznicze Sp. z o.o.

Technika Poszukiwań Geologicznych
Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 2/2016

WODY GEOTERMALNE REJONU KAZIMIERZY WIELKIEJ I MOŻLIWOŚCI ICH ZAGOSPODAROWANIA

STRESZCZENIE

Obszar Kazimierzy Wielkiej jest położony w południowej części struktury niecki miechowskiej, uznanej za strefę perspektywiczną dla występowania wód geotermalnych. W pierwszym udokumentowanym otworze geotermalnym w województwie świętokrzyskim o głębokości 750 m uzyskano samowypływ wody mineralnej 1,5% typu chlorkowo-siarczanowo-sodowego, siarczkowej, jodkowej, o temperaturze 28,6°C. Ustalone zasoby eksploatacyjne określone na podstawie interpretacji wyników pomiarów wydajności samowypływu dokumentowanego ujęcia wynoszą: $Q = 82,0 \text{ m}^3/\text{h}$. Występujące w rejonie Kazimierzy Wielkiej siarczkowe wody geotermalne posiadają wiele możliwości i perspektyw wykorzystania. Przede wszystkim mogą stanowić interesującą bazę surowcową dla balneoterapii i rekreacji, do zastosowania w zakładach wodolecznictwa zdrowego oraz w basenach kąpielowych krytych i otwartych.

SŁOWA KLUCZOWE

Wody geotermalne, energia geotermalna, niecka miechowska, region Kazimierza Wielka, Cudzynowice GT-1

* * *

WPROWADZENIE

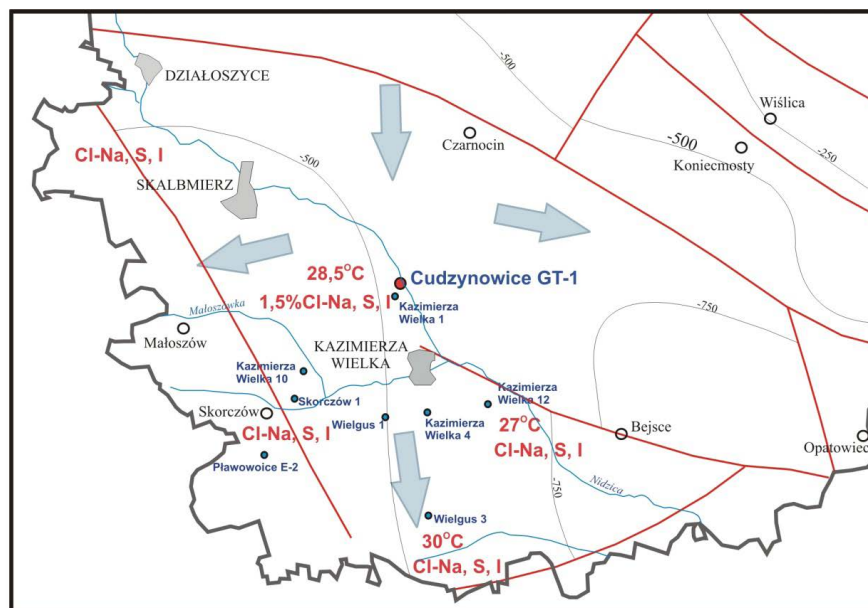
Zainteresowanie wodami geotermalnymi w Polsce jest coraz powszechniejsze. Poznanie tematyki związanej z możliwością ich wykorzystania i pozyskiwania jest bardzo ważne, nie tylko ze względu na ich rolę jako surowca balneoterapeutycznego, lecz także jako nośnika energii cieplnej.

Obszar Kazimierzy Wielkiej jest położony w południowej części struktury niecki miechowskiej, uznanej za strefę perspektywiczną dla występowania wód geotermalnych (Gó-

recki i in. (red.) 2006). Jednakże warunki geotermalne regionu nie były dotychczas przedmiotem szerokiego rozpoznania. Spośród nielicznych prac wymienić należy opracowania Jurkiewicza i Szczerby (1976), Barbackiego (2004), Góreckiego (2012) oraz Lisika i Szczepańskiego (2014). Ostatnio tematyka geotermalna regionu świętokrzyskiego jest podejmowana przez zespół Oddziału Świętokrzyskiego Państwowego Instytutu Geologicznego–Państwowego Instytutu Badawczego (Wiktorowicz i in. 2012; Wiktorowicz 2013; Wiktorowicz i Gała 2013). Efektem wykonanych prac badawczych była realizacja projektu otworu hydrogeologiczno-rozpoznawczego dla udokumentowania wód geotermalnych z utworów cenomanu w miejscowości Cudzynowice, gm. Kazimierza Wielka (Wiktorowicz i in. 2014; Pacholewski i in. 2015). Podkreślić należy, że jest to pierwsze udokumentowane ujęcie wód geotermalnych w województwie świętokrzyskim. W ramach prac wykonano otwór wiertniczy o głębokości 750 m. Z poziomu kredy górnej z utworów cenomanu uzyskano samowypływ wody mineralnej 1,5% o temperaturze 28,6°C, typu chlorkowo-siarczanowo-sodowego, siarczkowej i jodkowej. Ustalono zasoby eksploatacyjne określone na podstawie interpretacji wyników pomiarów wydajności samowypływu dokumentowanego ujęcia wynoszą: $Q = 82,0 \text{ m}^3/\text{h}$ (Pacholewski i in. 2015). Przedmiotem niniejszej pracy jest synteza dotychczasowych badań dotyczących warunków występowania siarczkowych wód termalnych w rejonie Kazimierzy Wielkiej.

1. GEOLOGICZNE UWARUNKOWANIA WYSTĘPOWANIA WÓD GEOTERMALNYCH W REJONIE KAZIMIERZY WIELKIEJ

Rejon Kazimierzy Wielkiej położony jest w strefie centralnej zbiornika wód geotermalnych niecki miechowskiej, charakteryzującej się największą subsydemencją, podkreśloną maksymalnymi miąższościami utworów cenomanu (Barbacki 2004). Z uzyskanych danych wynika, że całkowita ich miąższość w obszarze badań wynosi około 120 m (Pacholewski i in. 2015). Niecka Nidy lub niecka miechowska w regionalnym podziale geologicznym jednostek piętra alpejskiego należy do struktury Niżu Polskiego i stanowi rozległą brachysynklinę wypełnioną osadami mezozoiku. W części południowej utwory przykryte są przez miocenijskie osady zapadliska przedkarpackiego. Występują tu głównie utwory kredy dolnej i górnej oraz niewielkiej miąższości osady triasu, jury środkowej i dolnej. Kredowa seria sedymentacyjna rozpoczyna się osadami piaskowców albu. Następnie obserwuje się utwory cenomanu, wykształcone w facji piaszczystej, węglanowej oraz w stropie zlepieńcowatej. Osady turonu i santonu tworzą skały węglanowe. Natomiast utwory kredy górnej stanowią jednolity, monotony kompleks osadów reprezentowanych głównie przez margle i wapienie margliste. Sumaryczna miąższość osadów kredowych w strefie osiowej niecki osiąga wartości od 800 do 1000 m (Dadlez, Marek 1997).



OBJAŚNIENIA:

- 750 - izohipsy spągu utworów cenomanu
- 500 - izohipsy spągu utworów cenomanu
- uskoki
- Cudzynowice GT-1**
 - - dokumentowany otwór Cudzynowice GT-1
- Wielgus 3**
 - - otwór badawczy
- 30°C** - temperatura wód w spągu cenomanu
- CI-Na, S, I** - typ chemiczny wód termalnych i leczniczych w utworach cenomanu
- ↓ - kierunek przepływu wód podziemnych (na podstawie Barbacki, 2004)

Rys. 1. Szkic hydrogeologiczny zbiornika wód geotermalnych i leczniczych w utworach cenomanu w południowej części niecki miechowskiej z elementami hydrochemii (na podstawie Wiktorowicz i in. 2012)

Fig. 1. Sketch of the hydrogeological aquifer in the southern part of the Nida River Basin (based on Wiktorowicz et al. 2012)

2. CHARAKTERSTYKA HYDROGEOCHEMICZNA CENOMAŃSKIEGO ZBIORNIKA WÓD GEOTERMALNYCH

W rejonie Kazimierzy Wielkiej utwory cenomanu wykształcone są jako piaskowce i piaski glaukonitowe o korzystnych parametrach zbiornikowych. Rozkład porowatości zawiera się w zakresie od 9,14 do 32,8%, a przepuszczalność wynosi od 27,7 do 1380 mD (Barbacki 2004).

Uzyskane wyniki archiwalnych prób złożowych wykazały, że w strefie centralnej powszechnie panują warunki artezyjskie, a ciśnienie zmierzone na głowicach otworów przekraczały niekiedy wartości 1,0 MPa (Barbacki 2004). W udokumentowanym otworze

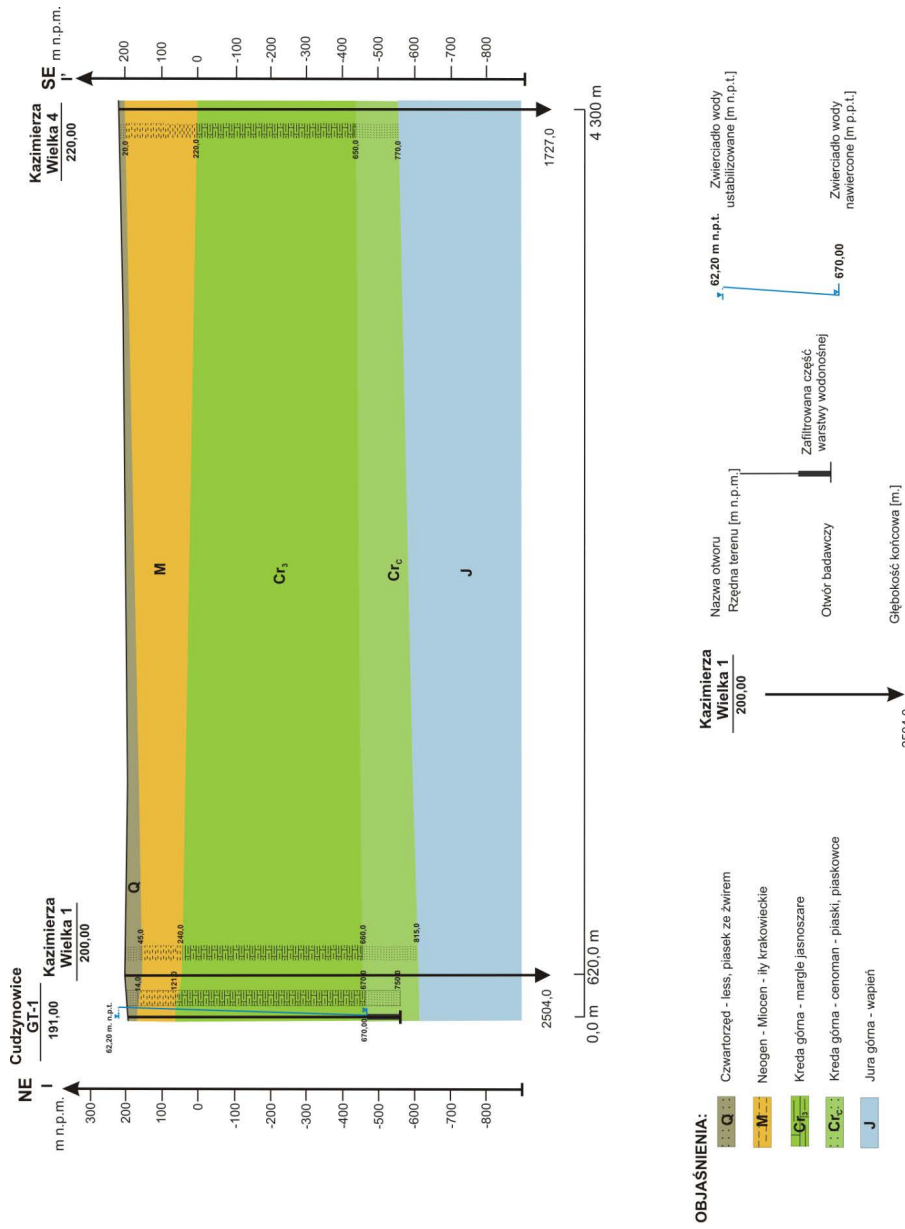
Tabela 1

Wybrane parametry leczniczych wód siarczkowych Ponidzia (Pacholewski i in. 2015)

Table 1

Selected parameters of sulphurous waters from the Ponidzie area (after Pacholewski et al. 2015)

Miejscowość	Ilość ujęć	Głębokość [m]	Litologia i wiek skał	Mineralizacja [g/dm ³]	Typ wód (według Altowski, Szawiec)	Składniki swoiste [mg/dm ³]		Temperatura [°C]	Suma zasobów eksploatacyjnych [m ³ /h]
						H ₂ S +HS-	I ⁻		
Busko-Zdrój uzdrowisko	5	60–163	margle i piaskowce / kreda górna	11,4–15,3	Cl-Na, S, I	11,9–67,2	0,3–2,7	10,0–15,9	16,75
Busko-Zdrój Busko C-I	1	663		12,4	Cl-Na, S, I	29,7	1,9	22,5–25,0	6,0
Solec-Zdrój	3	121–170		12,8–21,9	Cl-SO ₄ -Na, S, I Cl-Na, S, I	6,8–340,0	1,0–19,2	10,5–17,5	0,96
Las Winiarski	2	165	piaskowce glaukonitowe / kreda górna	8,5–12,7	Cl-Na, S, I	25,6–56,1	0,8–2,2	13,5	3,11
Wielin (Malina)	1	170	wapienie / jura górna	28,7–40,7	Cl-Na, S, I	264,0–1064,0	11,4–33,8	11,2–13,4	3,0
Dobrowoda	1	162–300	piaski / neogen / piaskowce i zlepience / kreda piaskowce/jura	14,0	Cl-SO ₄ -Na, S, I	98,4	1,58	16,0	8,0
Cudzynowice GT-1	1	750	piaski i piaskowce / kreda górna	15,01	Cl-SO ₄ -Na, S, I	108,0	2,2	28,6	82,0



Rys. 2. Przekrój geologiczny przez rejon Kazimierzy Wielkiej (na podstawie Pacholewski i in. 2015)
 Fig. 2. Geological cross-sections across the Kazimierza Wielka area (after Pacholewski et al. 2015)

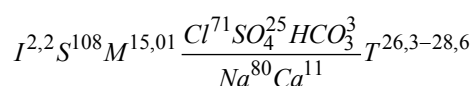
Cudzynowice GT-1 stwierdzono występowanie wód artezyjskich o bardzo wysokim ciśnieniu. Maksymalna zmierzona na zamontowanym manometrze wartość ciśnienia wyniosła 6,1 bara (Pacholewski i in. 2015).

Z dostępnych danych wynika również, że zróżnicowanie temperatur wód w rejonie Kazimierzy Wielkiej jest zgodne ze zmianą głębokości zalegania zbiornika. Stwierdza się, że duży wpływ na rozkład temperatur posiada czynnik hydrogeologiczny, związany z wymianą wód powierzchniowych i wgłębnych na obszarach rozwiniętego krasu i w strefach dyslokacji (Plewa 1994). Według Jurkiewicza i Szczerby (1976) wartość średnia gradientu geotermicznego dla jednostki niecki miechowskiej zmienia się w granicach od 1,91 do 3,09°C/100 m. Natomiast stopień geotermiczny przyjmuje wartości w przedziale od 31,6 do 60,2 m/°C. Należy zwrócić również uwagę na anomalnie wysokie wartości gradientu i stopnia geotermicznego zanotowane w otworze Pągów IG1, o czym wspomina już Jurkiewicz i Szczerba (1976).

Wyniki wykonanych analiz chemicznych wody geotermalnej ujętej otworem Cudzynowice GT-1 wykazały, iż stanowi ona 1,5% wodę mineralną typu chlorkowo-siarczanowo-sodowego, siarczkową i jodkową. Woda ta spełnia wymagania dla wód leczniczych, określone w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 14 lutego 2006 r., w sprawie złóż kopalin wód podziemnych, a także zaliczenia do kopalin pospolitych z określonych złóż lub jednostek geologicznych do kopalin podstawowych (Dz.U. Nr 32, poz. 220, z późn. zm.). Analiza wyników składu chemicznego nie wykazała również znaczących różnic składników mineralnych przy poszczególnych wartościach wydajności otworu. Znaczna miąższość utworów wodonośnych (120,0 m), ich wykształcenie, a także artezyjski poziom stabilizacji statycznego zwierciadła wody dają podstawę do prognozowania trwałości właściwości fizycznych i składu chemicznego wody w przypadku eksploatacji tego otworu.

Na podstawie wykonanych badań stwierdzono, że maksymalna temperatura wody z otworu Cudzynowice GT-1 na wypływie wynosi 28,6°C. Udokumentowana woda geotermalna jest wodą przezroczystą, bezbarwną, o słonym smaku i wyraźnym zapachu siarkowodoru. Wartości potencjału redoks zanotowano tu w zakresie od -378,0 do -420,0 mV. Ujemne wartości świadczą o silnych warunkach redukcyjnych. Ustalono również, iż woda geotermalna z otworu Cudzynowice GT-1 charakteryzuje się odczynem o wartości od 6,54 do 6,79, co stanowi odczyn słabo kwaśny.

Na podstawie wyników analiz składu chemicznego określony został chemiczny charakter wody geotermalnej z otworu Cudzynowice GT-1. Skrócony zapis wzorem Kurlowa przedstawia się następująco:



Zawartość w wodzie z otworu Cudzynowice GT-1 związków siarki (II) (108,0 mg/dm³) jest znacząca dla jej leczniczego oddziaływania w czasie kąpieli. Wody tego typu, również

Tabela 2

Wybrane właściwości fizyczne wody geotermalnej z otworu Cudzynowice GT-1
(Pacholewski i in. 2015)

Table 2

Selected physical properties of geothermal water the Cudzynowice GT-1 borehole
(after Pacholewski et. al. 2015)

Parametr	Wydajność [m ³ /h]				
	81,6 (próba 1)	51,6 (próba 2)	20,0 (próba 3)	5,0 (próba 4)	130,0 (próba 5)
Temperatura [°C]	28,6	28,1	27,3	26,3	28,6
Ciśnienie [bar]	5,3	5,7	6,6	6,1	5,5
Przewodnictwo właściwe [mS/cm]	17,92	17,9	17,93	17,92	17,9
Odczyn pH	6,77	6,78	6,78	6,79	6,70
Potencjał redoks Eh [mV]	-396,0	-399,9	-420,0	-441,0	-402,0
Mineralizacja [mg/dm ³] [g/dm ³]	13 431,81 13,4	13 340,58 13,4	13 415,58 13,4	13 482,95 13,5	13 442,2 13,4

ze względu na zawartość jodków (2,2 mg/dm³) i ogólną mineralizację (~1,5%), zalecane są (wg wskazań lekarskich) głównie do kąpeli indywidualnych w wannach, z zabezpieczeniem pacjentów przed narażeniem na pobieranie siarkowodoru drogą oddechową. Wody o mineralizacji do 1,5% (słone) mogą być również użyte w basenach rekreacyjnych ogólnodostępnych po usunięciu z nich związków siarki (II), zwłaszcza lotnego siarkowodoru – toksycznego przy wchłanianiu drogą oddechową.

Obszar zasobowy udokumentowanego ujęcia Cudzynowice GT-1 dotyczy wyłącznie „głębokich” wód siarczkowych. Zasoby eksploatacyjne ujęcia określono w ilości $Q = 82 \text{ m}^3/\text{h}$. Przyjęto, że maksymalna wydajność dobową nie przekroczy wartości $1968 \text{ m}^3/\text{dobę}$ (Pacholewski i in. 2015).

3. MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA SIARCZKOWYCH WÓD GEOTERMALNYCH REJONU KAZIMIERZY WIELKIEJ

Perspektywy i możliwości wykorzystania wód geotermalnych zależą głównie od ich temperatury (Lindal 1973). Najbardziej efektywnym i najprostszym sposobem zagospodarowania wód geotermalnych jest wykorzystanie ich możliwości energetycznych. Funkcjonujące obecnie rozwiązania techniczne i struktura urządzeń służących do pozyskania ciepła z wnętrza Ziemi pozwalają na ich zastosowanie do ogrzewania w gospodarce komunalnej, w rolnictwie, w procesach technologicznych, jako wspomaganie konwencjonalnych ciepłowni oraz użycie jako źródła energii w siłowniach niskotemperaturowych (Górecki (red.) 2006).

Do innych możliwości wykorzystania wód geotermalnych należy zaliczyć ich zastosowanie w rekreacji – do napełniania niecek basenów kąpielowych krytych i otwartych oraz

Tabela 3

Podstawowe składniki chemiczne wody geotermalnej z otworu Cudzynowice GT-1
(próbę z dnia 17.04.2015 r.) (Pacholewski i in. 2015)

Table 3

Basic chemical composition of geothermal water in the Cudzynowice GT- 1 borehole
(sample taken on 17.04.2015) (after Pacholewski et. al. 2015)

Składnik	Zawartość			
	mg/dm ³	mval/dm ³	%mval/dm ³	%
Cl ⁻	6 203,75	175	71,48	41,37
SO ₄ ²⁻	2942,2	61,3	25,04	19,62
HCO ₃ ⁻	483,26	7,92	3,23	3,22
Ca ⁺⁺	561,12	28,0	11,45	3,74
Mg ⁺⁺	218,74	18,0	7,36	1,46
Na ⁺	4 496,0	195,56	79,97	29,98
K ⁺	90,0	2,23	0,94	0,60
Suma:	15 083,29 mg/dm ³			
Typ :	Cl-SO ₄ -Na			

w balneoterapii w zakładach wodolecznictwa zdrojowego. Wymogi stawiane wodom przeznaczonym do kąpielii rekreacyjnych, to temperatura od 24 do 30°C, a mineralizacja do 35 g/dm³ (Rajchel 2006).

Podkreślić również należy, że wody termalne występujące w utworach cenomanu niecki miechowskiej, dzięki obecności siarkowodoru, posiadają właściwości lecznicze i terapeutyczne, znajdujące zastosowanie w medycynie uzdrowiskowej. Wśród najczęściej stosowanych zabiegów leczniczych, które wykorzystują wody termalne wymienia się: kąpiele lecznicze, kuracje pitne, inhalacje, irygacje i płukania. Według ustalonych kryteriów, wody geotermalne tak wykorzystywane powinny charakteryzować się temperaturą od 28 do 42°C oraz mineralizacją do 60 g/dm³ (Rajchel 2006).

PODSUMOWANIE

Występujące w rejonie Kazimierzy Wielkiej siarczkowe wody geotermalne posiadają wiele możliwości i perspektyw wykorzystania. Przede wszystkim mogą stanowić interesującą bazę surowcową dla balneoterapii i rekreacji, jako zakłady wodolecznictwa zdrojowego oraz rekreacji – baseny kąpielowe kryte i otwarte. W pierwszym udokumentowanym otworze geotermalnym w województwie świętokrzyskim o głębokości 750 m uzyskano

samowypływ wody mineralnej 1,5% typu chlorkowo-siarczanowo-sodowego, siarczkowej, jodkowej, o temperaturze 28,6°C. Ustalone zasoby eksploatacyjne określone na podstawie interpretacji wyników pomiarów wydajności samowypływu dokumentowanego ujęcia wynoszą: $Q = 82,0 \text{ m}^3/\text{h}$.

LITERATURA

- BARBACKI A.P., 2004 — Zbiorniki wód geotermalnych niecki miechowskiej i środkowej części zapadliska przedkarpackiego. Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków.
- DADLEZ R., MAREK S., 1997 — Rozwój basenów permu i mezozoiku. [W:] Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. Pr. Inst. Geol. 153: 403–409.
- GÓRECKI W. (red. nauk.), 2012 — Atlas geotermalny Zapadliska Przedkarpackiego. Wyd. AGH, Kraków.
- GÓRECKI W., (red. nauk) 2006 — Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Nizinie Polskiej, Wyd. AGH, Kraków.
- JURKIEWICZ H., SZCZERBA A., 1976 — Wyniki badań termicznych centralnej części niecki miechowskiej i przyległego obszaru Gór Świętokrzyskich. Biuletyn Instytutu Geologicznego 296, t. 12, 129–161.
- LINDAL B., 1973 — Industrial and Rother applications of geothermal energy, except power production and district heating. [W:] Geothermal energy, Earth Sciences (Ed. By H.C.H. Amstead). Vol. 12, UNESCO.
- LISIK R., SZCZEPAŃSKI A., 2014 — Siarczkowe wody lecznicze w części zapadliska przedkarpackiego. Wyd. Fundacja POSTERIS, Kielce.
- PACHOLEWSKI A., WIKTOROWICZ B., KOS M., MŁYŃCZAK T., LIPIEC I., FELTER A., SOCHA M., 2015 — Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne wód termalnych i leczniczych Cudzynowice GT-1 z utworów górnej kredy. Mat. arch. NAG, Warszawa.
- PLEWA S., 1994 — Rozkład parametrów geotermalnych na obszarze Polski. Wydawnictwo CP-PGSMiE PAN, Kraków.
- RAJCHEL L., 2006 — Zastosowanie wód geotermalnych w balneoterapii i rekreacji. [W:] Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Nizinie Polskiej. Wyd. AGH, Kraków: 50–54.
- 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, poz. 220, z późn. zm.).
- WIKTOROWICZ B., 2013 — Możliwości wykorzystania wód termalnych centralnej części Niecki Nidy. [W:] VII Świętokrzyskie Spotkania Geologiczno-Geomorfologiczne Busko-Zdrój 22–24 maja 2013 (mat. konferencyjne): 90–93.
- WIKTOROWICZ B., BIAŁECKA K., HERMAN G., JANECKA-STYRCZ K., KOS M., MŁYŃCZAK T., SALWA S., 2012 — Potencjał hydrogeologiczny oraz zasoby energii ze źródeł geotermalnych na terenie województwa świętokrzyskiego. Mat.arch. PIG–PIB Oddział Świętokrzyski, Kielce.

- WIKTOROWICZ B., GAŁA I., 2013 — Studium wykonalności dotyczące możliwości występowania i zagospodarowania wód termalnych w gminie Kazimierza Wielka. Mat.arch. PIG–PIB Oddział Świętokrzyski, Kielce.
- WIKTOROWICZ B., PACHOLEWSKI A., KOS M., MŁYŃCZAK T., 2014 — Projekt robót geologicznych na wykonanie otworu hydrogeologiczno-rozpoznawczego dla udokumentowania wód termalnych w m. Cudzynowice, gm. Kazimierza Wielka, pow. kazimierski. Mat. arch. PIG–PIB Oddział Świętokrzyski, Kielce.

THE GEOTHERMAL WATERS IN THE KAZIMIERZA WIELKA REGION AND THE POSSIBILITIES FOR USE

ABSTRACT

The Kazimierza Wielka region is one of the most prospective areas of geothermal waters in the central part of Poland. The structure has an asymmetric structure, which comprises Mesozoic sediments placed on the older rocks. The principal resources of the thermal waters are firstly accumulated in the Cenomanian, where the temperature ranges from 21 to 35°C. The paper presents the possibilities and prospects for the use of thermal waters in the Kazimierza Wielka region. All the waters studied have total dissolved solids TDS from 0,6 to 14 g/dm³ and belong to the following hydrogeochemical classes: HCO₃-Na, Na-Cl. Thermal waters in Kazimierza Wielka region may be used for the purpose of balneotherapy, recreation and heating.

KEYWORDS

Geothermal waters, geothermal energy, Nida Basin Kazimierza Wielka region, Cudzynowice GT-1