



ARTYKUŁY NAUKOWE

Planowane wiercenie badawcze w Karkonoszach dla potrzeb modelowania termicznego systemów gorących suchych skał (HDR)

Wiesław Bujakowski¹, Antoni Przemysław Barbacki¹, Robert Skrzypczak¹,
Aleksandra Kasztelewicz¹



W. Bujakowski



A.P. Barbacki



R. Skrzypczak



A. Kasztelewicz

Exploratory drilling planned for modelling of hot dry rock (HDR) geothermal systems in the Karkonosze Mts. *Prz. Geol.*, 60: 199–205.

Abstract. Looking in Poland for geological structures suitable for hot dry rock technology (HDR – Hot Dry Rock), we propose a new integrated method for selection of geological, petrographic, petrological, geophysical and hydrogeological data in order to discriminate between suitable geological objects. This approach allows identification of the most promising regional geological

units in Poland: the Sudetes Mt. and the Fore-Sudetic block. The most prospective local geological units in those areas are granitoid massifs, in particular the Karkonosze granite pluton. The abandoned Michałowice granite quarry, located within the Karkonosze pluton, is proposed as a potential drilling site that best meet the requirements for a thermal modelling study.

Keywords: hot dry rock technology, crystalline basement units of Poland, Sudetic granitoids, exploratory drilling, thermal wells in Cieplice Śląskie-Zdrój

Zamknięte systemy geotermiczne, tj. kumulujące ciepło w skałach słabo spękanych i izolowanych od krążenia wód podziemnych, umożliwiające jego odzysk w celu produkcji energii elektrycznej, to technologia gorących suchych skał (HDR – *Hot Dry Rock*; Górecki 2006). Ze względów ekonomicznych duże znaczenie ma możliwie płytkie zaleganie takich struktur geologicznych. W tym kontekście istotne wydają się masywy zbudowane ze skał krystalicznych, o relatywnie dużych rozmiarach, odsłaniające się na powierzchni i nie podlegające zbyt rygorystycznej ochronie (np. przyrodniczej).

Większe masywy skał krystalicznych odsłaniają się w naszym kraju na powierzchni lub zalegają płytko pod pokrywą osadową w Sudetach, na Przedgórzu Sudeckim oraz w Tatrach. W obu tych obszarach utwory krystaliczne charakteryzuje różnorodność typów petrograficznych skał w obrębie zwartych kompleksów. W Sudetach, w odróżnieniu od Tatr, stopień uciążliwości dla środowiska przyrodniczego potencjalnej przyszłej instalacji stosującej technologię HDR byłby niewielki. Na Przedgórzu Sudeckim takiego konfliktu nie dostrzega się, co skłania do zwrócenia szczególnej uwagi właśnie na Sudety i ich Przedgórze.

Wybór optymalnej jednostki geologicznej, przydatnej dla technologii HDR, musi uwzględnić dane o obecnej pozycji przestrzennej jednostki, jej historii geologicznej (zwłaszcza termicznej) oraz niektóre dane petrograficzne i petrologiczne, a szczególnie informacje o generowanym ciepłe radiogenicznym czy występowaniu wód termal-

nych. Wybór jednostki geologicznej i miejsca lokalizacji badań wstępnych do uzyskania danych potrzebnych dla modelowania termicznego dokonano drogą analizy dostępnych informacji i stopniowego (etapowego) eliminowania obszarów mniej korzystnych.

SKAŁY KRYSZALICZNE POD UTWORAMI OSADOWYMI

W przypadku kompleksów krystalicznych występujących w Polsce pod nakładem skał osadowych potencjalnych struktur geologicznych przydatnych dla technologii HDR można oczekiwać na dość dużych głębokościach. Wysoką produkcję ciepła radiogenicznego – rojującą uzasadnione nadzieje na występowanie takich struktur – stwierdzono w (Mazur & Jarosiński, 2004) :

- litosferze typu TESZ (od SW granicy strefy Teisseyre'a-Tornquista do strefy tektonicznej Dolska),
- litosferze typu PP (od strefy tektonicznej Dolska do uskoku środkowej Odry).

Na pograniczu litosfery typu TESZ i PP, w elewacji utworów krystalicznych (gnejsów, amfibolitów oraz granitów, a w części stropowej – utworów niskometamorficznych), temperatury około 200°C należy się spodziewać dopiero 6 km p.p.t., a np. 400°C na głębokości około 15 km p.p.t. (Jarosiński & Dąbrowski, 2004). W najpłytszej części tej elewacji – wzdłuż orientacyjnej linii Międzyrzec–Leszno – wskazane izotermy mogą występować nieco płycej. Dla porównania: w obrębie kompleksu skał krystalicznych

¹Institut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, ul. Wybickiego 7, 31-261 Kraków; buwi@meeri.pl, barbacki@meeri.pl, robskrzy@min-pan.krakow.pl, kasztelewicz@min-pan.krakow.pl.

Tab. 1. Granity i granitoidy masywów sudeckich: strzelińskiego, Żulowej, Niemczy, kłodzko-złotostockiego i Kudowej
Table 1. Granites and granitoid plutons of the Sudetes: Strzelin, Żulowa, Niemcza, Kłodzko-Złoty Stok and Kudowa

Miejscowość <i>Location</i>	Typ petrograficzny <i>Petrographic Type</i>	Ciężar właś. <i>Specific weight [G/cm³]</i>	Ciężar objęt. <i>Volumetric weight [G/cm³]</i>	Porowatość <i>Porosity [%]</i>	Zawartość <i>Concentration (M. Plewa, 1988)</i>			Ciepło radiog. <i>Radio-genic heat (S. Plewa, 1994)</i> [μ W/m ³]
					U [ppm]	Th [ppm]	⁴⁰ K [%]	
MASYW STRZELIŃSKI <i>STRZELIN MASSIF</i> (Kulikowski & Mikulski, 1968; Dienemann & Burre, 1929; Kłeczek, 1963; Teisseyre i in., 1957; Morawski, 1979)								
Strzelin łom główny <i>main quarry</i>	granity: strzeliński drobno- i średnioziarnisty, typu Białego Kościoła <i>granites: strzelinski fine and medium grained, Biały Kościół type</i>	2,65–2,7	2,59–2,68	0,75–2,6				
Mikoszów (Strzelin)	granity: strzeliński drobno- i średnioziarnisty <i>granites: strzelinski fine and medium grained</i>	2,64–2,68	2,58–2,65	1,2–3,1				
Górka Sobocka	granity typu Białego Kościoła <i>granites type: Biały Kościół</i>	2,64–2,68	2,6–2,61	1,6				
Strzegów	granity typu Białego Kościoła <i>granites type: Biały Kościół</i>	2,65	2,58	2,83				
Gęsinię	granity typu Białego Kościoła <i>granites type: Biały Kościół</i>	2,63–2,72	2,57–2,59	2,27				
Gościęcice	granit strzeliński drobnoziarnisty <i>Strzelin type granite grained</i>	2,66–2,68	2,6–2,62	1,5–2,98				
Gębczyce	granity typu Białego Kościoła <i>granites type: Biały Kościół</i>	2,63–2,65	2,4–2,6	1,52–2,64				
Biały Kościół	granit strzeliński drobnoziarnisty <i>Strzelin type granite fine grained</i>	2,66–2,67	2,54–2,62	2,0–2,6				
MASYW ŻULOWEJ <i>ŻULOWA MASSIF</i> (Kulikowski & Mikulski, 1968; Dienemann & Burre, 1929)								
Maciejowice	granit strzeliński drobnoziarnisty <i>Strzelin type granite fine grained</i>	2,66–2,67	2,54–2,62	2,0–2,6				
Starowice	granit strzeliński drobnoziarnisty <i>Strzelin type granite fine grained</i>	2,62–2,66	2,52–2,61	2,27–3,82				
Kamienna Góra	granity typu Białego Kościoła <i>granites type: Biały Kościół</i>	2,63–2,67	2,58–2,61	3,0				
Nadziejów	granit strzeliński drobnoziarnisty <i>Strzelin type granite fine grained</i>	2,65–2,66	2,58	3,0				
Jarnołów	granity typu Białego Kościoła <i>granites type: Biały Kościół</i>	2,67	2,56–2,6	2,7–4,1				
GRANITOIDY STREFY NIEMCZY <i>NIEMCZA ZONE GRANITOIDS</i> (Kulikowski & Mikulski, 1968; Dziedzicowa, 1979)								
Karczowica	granodioryty średnioziarniste <i>medium grained granodiorites</i>	2,78	2,75	–				
Kośmin	granodioryty średnioziarniste <i>medium grained granodiorites</i>	2,86	2,76	–	6,6	17,9	3,89	3,41
Niemcza	granodioryty średnioziarniste <i>medium grained granodiorites</i>	2,84	2,76	–				
Piekielnik	granodioryty średnioziarniste <i>medium grained granodiorites</i>	2,74	2,71	–				
Przerzeczyn	granodioryty średnioziarniste <i>medium grained granodiorites</i>	2,78	2,74	–				
Brodziszów	sjenodioryty drobnoziarniste <i>fine grained syendiorite</i>	2,91	2,87	–				
Piława Górna	sjenodioryty drobnoziarniste <i>fine grained syendiorite</i>	2,88	2,86	–				
Przedborowa	sjenodioryty drobnoziarniste <i>fine grained syendiorite</i>	2,8	2,78	–	1,1 2,4	5,6 9,4	5,10 2,50	1,13 1,61
MASYW KŁODZKO-ZŁOTOSTOCKI <i>KŁODZKO-ZŁOTY STOK MASSIF</i> (Wojciechowska, 1979)								
Chwalisław	granitoidy <i>granitoids</i>	2,83–2,67	2,8–2,64	0,04–0,01				
Gajek -Zameczysko	granitoidy <i>granitoids</i>	2,87–2,73	2,83–2,71	0,05–0,01				

Laski	granitoidy <i>granitoids</i>	2,72	2,66	2,2				
Ożary	granitoidy <i>granitoids</i>	2,67–2,74	2,68–2,61	2,3				
Rogówka	granitoidy <i>granitoids</i>	2,8–2,72	2,74–2,66	0,01–0,03				
Kłodzko -Złoty Stok	granitoidy <i>granitoids</i>				4,2	19,3	3,59	2,72
MASYW KUDOWEJ <i>KUDOWA MASSIF</i>								
Kudowa	granit <i>granite</i>				3,9	16,9	4,40	2,56
Jerzykowice	granitoidy <i>granitoids</i>				4,2	11,5	4,22	2,21

platformy wschodnioeuropejskiej, na południe od Olszty-
na, odpowiednie izotermie występują zdanem w.w. auto-
rów znacznie głębiej – 11 i 29 km p.p.t.

Wobec powyższego, dalsze analizy skoncentrowano na
powierzchniowych masywach krystalicznych.

SKAŁY KRYSZALICZNE NA POWIERZCHNI

W obszarze Polski skały krystaliczne odsłaniają się na
powierzchni w Tatrach oraz w Sudetach i na Przedgórzu
Sudeckim.

Polska część Tatr, a w niej wystąpienia skał krystalicz-
nych, w całości objęta jest prawną ochroną jako Tatrzański
Park Narodowy. To jednocześnie Obszar Specjalnej Ochrony
Ptaków (OSO) i Specjalny Obszar Ochrony Siedlisk
(SOO) w ramach polskiej części systemu NATURA 2000.

W Sudetach i na ich Przedgórzu większość interes-
ujących nas miejsc występowania skał krystalicznych,
zwłaszcza skał magmowych, położona jest poza obszarami
prawnej ochrony. W podobnie rygorystyczny sposób jak w
Tatrach ochronie podlegają jedynie najwyżej położone par-
tie plutonu Karkonoszy – w obrębie Karkonoskiego Parku
Narodowego – powyżej miejscowości: Szklarska Poręba,
Piechowice, Podgórzyn, Karpacz, Kowary. To równocze-
śnie – jak w Tatrach – obszary OSO i SOO systemu
NATURA 2000. Trzeba dodać, że obszary systemu
NATURA sięgają daleko poza granice parku narodowego,
lecz system ten jest bardziej liberalny niż w przypadku
ochrony w obrębie parków narodowych. W przypadku plu-
tonu Kudowy graniczy on od wschodu z Parkiem Narod-
owym Gór Stołowych (niemal cała powierzchnia Parku to
także obszar SOO) i jednocześnie zawiera się w obszarze
OSO.

Tak więc Sudety i ich Przedgórze stanowią w stosunku
do regionu tatrzańskiego region bardziej atrakcyjny w kon-
tekście typowania lokalizacji do badań wstępnych zwią-
zanych z technologią HDR (a w przyszłości ewentualnej
lokalizacji zakładu eksploatacyjnego). Jeśli wyniki badań
w Sudetach i na Przedgórzu Sudeckim, dotyczące zastoso-
wania technologii HDR, byłyby obiecujące, można jed-
nocześnie rozważać celowość rozpoznania podobnych struktur
na terenie Tatr.

W Sudetach i na bloku przedsudeckim odsłaniają się
skały metamorficzne i magmowe należące do waryscyjs-
kiego piętra strukturalnego. Ze względu na potencjalne
zasoby energii geotermicznej szczególnie interesujące są
duże masywy granitowe umiejscowione u schyłku oroge-

nezy waryscyjskiej. Uznano, że do tych utworów należy
zawężyć dalsze badania struktur przydatnych dla technolo-
gii HDR. W tabelach 1 i 2 zestawiono dane literaturowe o
niektórych cechach fizycznych wybranych granitoidów
sudeckich wraz z informacjami o produkcji ciepła radioge-
nicznego. W nawiązaniu do przedstawionych danych i
uzyskanych informacji petrograficznych wskazano
wstępną listę proponowanych miejsc planowanych badań
w obrębie Sudetów i ich Przedgórza – eliminując inne:

- Michałowice (pluton Karkonoszy) – granity porfiro-
wate (średnio- do gruboziarnistych);
- Czerwony Potok (pluton Karkonoszy) – granity por-
firowate (średnio- do gruboziarnistych);
- Strzelin (masyw strzeliński) – granity normalne;
- Maciejowice, Kamienna Góra (masyw Żulowej) –
granity, granity monzonitowe, granodioryty;
- Strzegom, Gola (masyw Strzegomia-Sobótka) – gra-
nodioryty i granity.

Na rycinach 1, 2 i 3 wskazano lokalizacje złóż granitów
i niektórych granitoidów eksploatowanych w Sudetach i na
ich Przedgórzu w przeszłości i obecnie, bądź przewi-
dzianych do eksploatacji, oraz innych interesujących wystą-
pień granitoidów jako potencjalnych miejsc lokalizacji
otworu badawczego dla uzyskania danych do wykonania
modelu termicznego (zaznaczono lokalizacje wstępnie
preferowane). Rycina 1 przedstawia strefy występowania
granitów i granitoidów masywów: strzelińskiego, Żulowej,
Niemczy, kłodzko-złotostockiego i Kudowej; rycina 2 –
granitów i granitoidów masywu Strzegom-Sobótka; a ryci-
na 3 – granitów plutonu Karkonoszy.

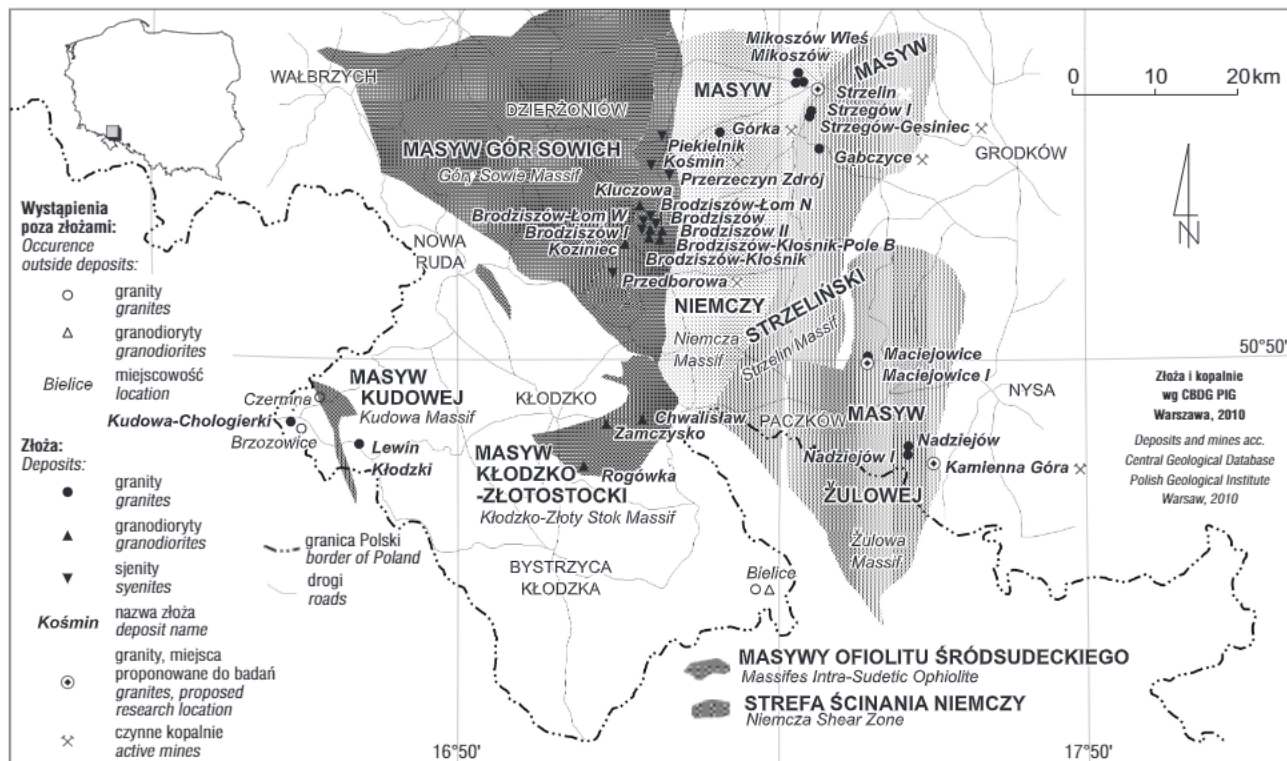
Uwagę skoncentrowano na waryscyjskim plutonie
Karkonoszy, o największych rozmiarach w obrębie granic
Polski i o notowanej tam wysokiej produkcji ciepła radioge-
nicznego. Dodatkową przesłanką, wskazującą na tę jed-
nostkę, są informacje o termice plutonu związane z samo-
wypływem wód termalnych w Cieplicach Śląskich-Zdroju
oraz udokumentowaniem wód termalnych w dwóch głębo-
kich otworach wiertniczych. W otworze Cieplice C-1 z
1971 r. (pogłębionym w 1997 r. do 2002,5 m) na głęboko-
ściach 1590–1602 m i 1840–1895 m występują strefy, w któ-
rych temperatura wód przekracza 97,5°C. Obserwowano
wyraźny związek tej temperatury z głębokością krążenia
wód oraz z występowaniem stref zaburzeń tektonicznych –
odpowiednio na głębokościach 1601–1800 m i 1826–1970 m
(Dowgiałło, 1998). Woda na wypływie miała temperaturę
87,6°C (ustabilizowaną do 86,7°C), a na głębokości 1850–
1855 m: 98,7°C (Fistek & Dowgiałło, 2003). Według tych

Tab. 2. Granitoidy masywu Strzegom-Sobótka i plutonu Karkonoszy
Table 2. Granitoids of the Strzegom-Sobótka Massif and Karkonosze Pluton

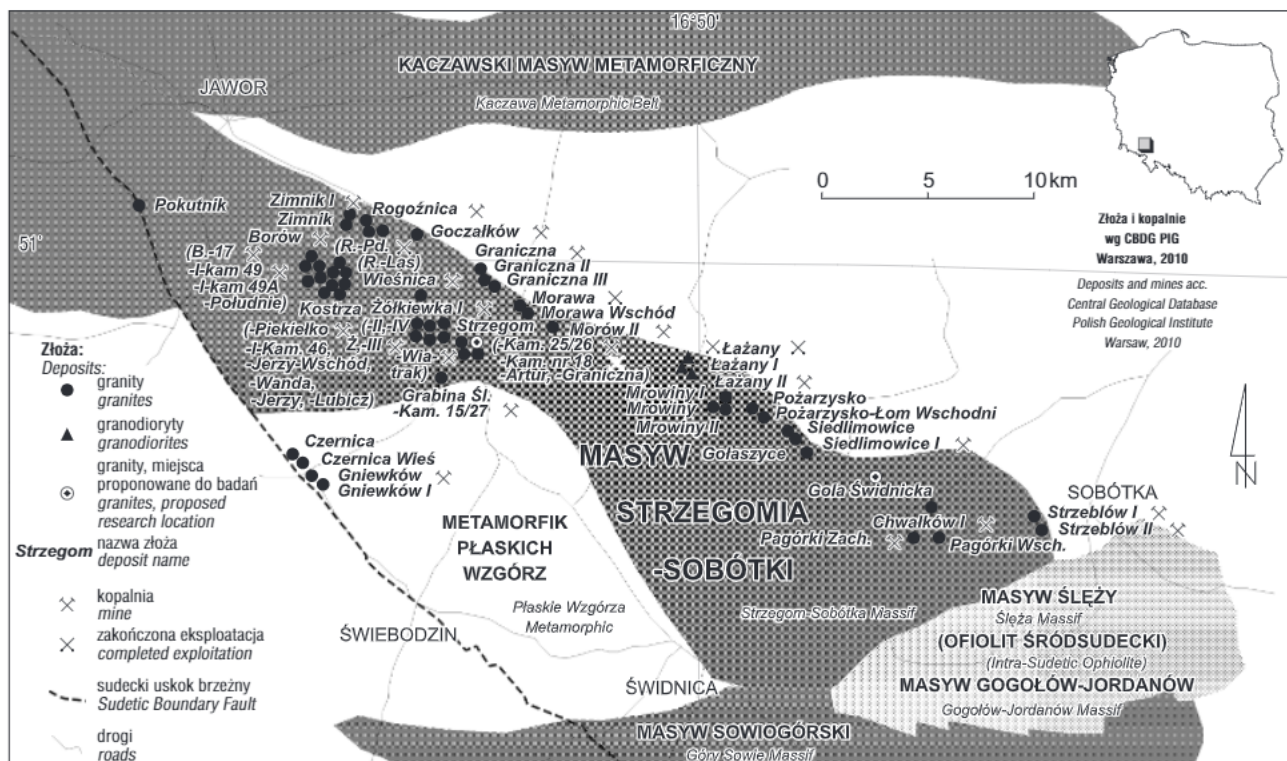
Miejscowość <i>Location</i>	Typ petrograficzny <i>Petrographic Type</i>	Ciężar właś. <i>Specific weight</i> [G/cm ³]	Ciężar objęt. <i>Volumetric weight</i> [G/cm ³]	Porowatość <i>Porosity</i> [%]	Zawartość <i>Concentration</i> (M. Plewa 1988)			Ciepło radiog. <i>Radio-genic heat</i> (S. Plewa 1994) [μW/m ³]
					U [ppm]	Th [ppm]	⁴⁰ K [%]	
MASYW STRZEGOM-SOBÓTKA STRZEGOM-SOBÓTKA MASSIF (Majerowicz, 1979)								
Strzeblów	granodioryt <i>granodiorite</i>	2,66	2,6	2,0				
Chwałków	granodioryt <i>granodiorite</i>	2,66	2,63	1,2				
Mrowiny	granit monzonitowy <i>monzonite granite</i>	2,65	2,6	1,98				
Morów	granit monzonitowy <i>monzonite granite</i>	2,66	2,62	1,5				
Graniczna	granodioryt <i>granodiorite</i>	2,668	2,631	1,39				
Strzegom	granit monzonitowy <i>monzonite granite</i>	2,65	2,61	1,5	7,3	18,7	4,83	3,60
Kostrza	granit monzonitowy <i>monzonite granite</i>	2,67	2,64	1,1				
Borów	granit monzonitowy <i>monzonite granite</i>	2,68	2,63	1,87				
Zimnik	granit drobnoziarnisty <i>fine grained granite</i>	2,65	2,61	–				
Czernica	granit monzonitowy <i>monzonite granite</i>	2,65	2,61	1,51				
Imbramowice	granit <i>granite</i>				2,6	21,4	4,66	2,53
PLUTON KARKONOSZY KARKONOSZE PLUTON (Szałamacha, 1979)								
Cieplice Śl.-Zdr. (Wzg. Strzeleckie)	granit gruboziarnisty <i>coarse grained granite</i>	2,65	2,61	1,51				
Janowice Wielkie	granit śr.-ziarnisty szaroróż. <i>medium grained granite, pink-gray colour</i>	2,67	2,61	2,5				
Janowice Wielkie	granit gruboziarnisty barwy szarej z różowymi skaleniami <i>coarse grained granite, gray color with pink feldspars</i>	2,66	2,6–2,61	1,85–1,88				
Jelenia Góra	granit gruboziarnisty szaroróż. <i>coarse grained granite, pink-gray color</i>	2,63	2,65	1,1				
Karpacz II	granit <i>granite</i>	2,65	2,61	1,51				
Karpniki	granit gruboziarnisty szaroróż. <i>coarse grained granite, pink-gray colour</i>	2,67	2,61	2,2				
Kowary	granit średnioziarnisty <i>medium grained granite</i>	2,65	2,6	1,8				
Kowary	granit gruboziarnisty <i>coarse grained granite</i>	–	2,65	–				
Michałowice	granit gruboziarnisty <i>coarse grained granite</i>	2,68	2,63	1,5				
Michałowice	granit średnioziarnisty <i>medium grained granite</i>		2,61–2,64					
Szklarska Poręba Hale	granit gruboziarnisty szaroróż. <i>coarse grained granite, pink-gray colour</i>	2,68	2,63	1,9	9,9 12,4	32 22	3,74 3,98	5,05 4,90
Wiciarka k. Szkl. Poręby	granit średnioziarnisty <i>medium grained granite</i>	2,62	2,61	0,34	7,1	34,7	3,56	4,55

autorów jej dopływ następuje z karbońskich granitów monzonitowych i granodiorytów pociętych żyłami lamprofirów i – jak wspomniano – silnie spękanych w strefie dużego nagromadzenia elementów tektoniki dysjunktywnej. Silna więc hydrauliczna łączy tam kilka współwystępujących

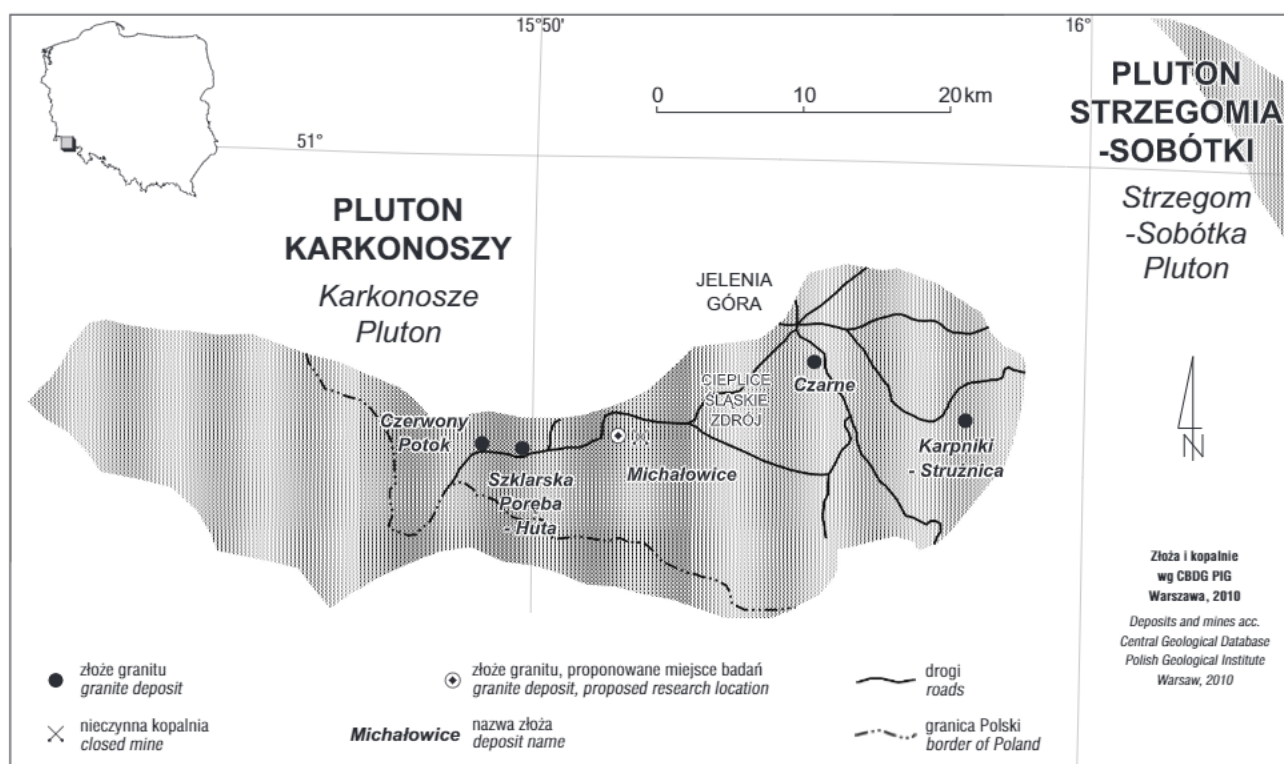
poziomów wodonośnych. Zdaniem Dowgiałły (1998) silne spękanie ułatwia intensywne krążenie tamtejszych wód do głębokości co najmniej 3 tys. m, a w związku z tym ich temperatura może przekraczać tam 130°C. Z opracowane-go szkicu sudeckiego regionu geotermicznego wynika, że



Ryc. 1. Granity i granitoidy masywów sudeckich: strzełińskiego, Żulowej, Niemczy, kłodzko-złotostockiego i Kudowej
 Fig. 1. Granite and granitoid massifs of the Sudetes: Strzelin, Żulowa, Niemcza, Kłodzko-Złoty Stok and Kudowa



Ryc. 2. Granity i granitoidy masywu Strzegom-Sobótka
 Fig. 2. Granites and granitoids of the Strzegom-Sobótka Massif



Rys. 3. Granity plutonu Karkonoszy
Fig. 3. Granites of the Karkonosze Pluton

gęstość ziemskiego strumienia ciepłego osiąga w Cieplicach wartość 79 mW/m^2 (Dowgiałło, 2001). Także w kilku obszarach na wschód, północ i zachód od tej miejscowości występuje podwyższona temperatura wody w studniach kopanych i stosunkowo wysoki gradient geotermiczny w płytkich otworach wiertniczych (Dowgiałło & Fistek, 2007).

PODSUMOWANIE

Wybór plutonu Karkonoszy jako strefy optymalnej dla badań geotermicznych związanych z technologią HDR wynikał z:

- dużych rozmiarów, dobrego odsłonięcia i względnie małego zaangażowania tektonicznego;
- anomalnie wysokiej produkcji ciepła radiogenicznego.

Stwierdzono, że korzystne warunki do wykonania badawczego otworu wiertniczego o głębokości 200 m i przeprowadzenia w nim m.in. badań profilu ciepłego i petrograficznego przewiercanych skał dla potrzeb modelowania termicznego występują w rejonie nieczynnego kamieniołomu granitów karkonoskich w miejscowości Michałowice (między Cieplicami Śląskimi-Zdrojem a Szklarską Porębą). Kamieniołom znajduje się obecnie w obszarze zalesionym, poza siedliskami ludzi i zasięgiem ich działalności. Co prawda jest on zlokalizowany w obrębie niedawno utworzonych obszarów OSO i SOO systemu NATURA 2000, lecz znajdują się w nich także m.in. zabudowania pobliskich Michałowic. Miejsce to jest dodatkowo interesujące, gdyż jest usytuowane:

- w centralnej części plutonu Karkonoszy (w odniesieniu do jego całości, a także w obrębie jego polskiej części);

– około 4 km na zachód od udokumentowanej cieplickiej anomalii termicznej, w obszarze wyniesionym zrębowo w stosunku do Cieplic Śląskich-Zdroju;

– około 6–7 km na wschód od miejsc, w których w granitach stwierdzono wysoką produkcję ciepła radiogenicznego.

LITERATURA

- Centralna Baza Danych Geologicznych PIG 2010** – PIG Warszawa. [W:] <http://geportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/cbdg> z 2010-03-13.
- DIENEMANN W. & BURRE O. 1929 – Die nutzbaren Gesteine Deutschlands und ihre Lagerstätten. Ferd. Enke Verl., Stuttgart.
- DOWGIAŁŁO J. 1998 – Geotermometryczne prognozy temperatury a wyniki poszukiwań wód termalnych w Jeleniej Górze-Cieplicach: 70–78. [W:] A.T. Jankowski, A. Kowalczyk, J. Kropka & A. Witkowski (red.) Hydrogeologia obszarów zurbanizowanych i przemysłowych. Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, 1718, Tom poświęcony Jubileuszowi Prof. Andrzeja Rózkowskiego. Wyd. Uniw. Śl., Katowice.
- DOWGIAŁŁO J. 2001 – Sudecki region geotermiczny (SRG) – określenie, podział, perspektywy poszukiwawcze. Współczesne problemy hydrogeologii, 10 (1): 301–308.
- DOWGIAŁŁO J. & FISTEK J. 2007 – Prowincja sudecka: 57–78. [W:] B. Paczyński & A. Sadurski (red.) Hydrogeologia regionalna Polski, t. II. Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalniane. Warszawa, PIG.
- DZIEDZICOWA H. 1979 – Granitoidy niemiezańskie. [W:] K. Dziedzic, S. Kozłowski, A. Majerowicz & L. Sawicki (red.) Surowce mineralne Dolnego Śląska 1979. Inst. Nauk Geol. Uniw. Wrocław, Inst. Geol. Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk.
- FISTEK J. & DOWGIAŁŁO J. 2003 – Wody termalne Cieplic Śląskich w świetle badań geologiczno-poszukiwawczych wykonanych w latach 1963–73 i 1997–98: 207–224. [W:] W. Ciężkowski, J. Wojewoda & A. Żelazniewicz (red.) Sudety zachodnie od wendy do czwartorzędu. Wrocław, Wyd. WIND.
- GÓRECKI W. 2006 – Opis zastosowań wód i energii geotermalnej: 36–37. [W:] W. Górecki (red., praca zbiorowa) Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim. Ministerstwo Środo-

wiska, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie – Zakład Surowców Energetycznych AGH, Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie. Kraków.

JAROSIŃSKI M. & DĄBROWSKI M. 2004 – Jednowymiarowe modele reologiczne litosfery wzdłuż głębokich przekrojów sejsmicznych projektu POLONAISE'97, TTZ i LT. [W:] Budowa litosfery centralnej i północnej Polski (obszar projektu POLONAISE) na podstawie zintegrowanej analizy danych geofizycznych i geologicznych (proj. bad. nr 2.94.0004.00.0). http://www.pgi.gov.pl/post_polonaise/post-Pol_UNPl.html.

KŁĘCZEK A. 1963 – Własności techniczne granitów ze Strzelina, Mikoszowa (Dolny Śląsk). Spraw. z Pos. Kom. PAN. Oddz. w Krakowie, lipiec–grudzień 1962. s. 254.

KULIKOWSKI W. & MIKULSKI J. 1968 – Monografia złóż materiałów kamiennych w Polsce i ich przydatność do celów drogowych. Okręgi Południowo-Zachodni i Północno-Centralny Polski. Wyd. Komun. i Łącz., Warszawa.

MAJEROWICZ A. 1979 – Granity masywu Strzegom-Sobótka. [W:] K. Dziedzic, S. Kozłowski, A. Majerowicz & L. Sawicki (red.) Surowce mineralne Dolnego Śląska 1979. Inst. Nauk Geol. Uniw. Wrocław., Inst. Geol. Wrocław-Warszawa. Wyd. PAN, Z-d Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk.

MAZUR S. & JAROSIŃSKI M. 2004 – Budowa geologiczna głębokiego podłoża platformy paleozoicznej SW Polski w świetle wyników eksperymentu sejsmicznego POLONAISE'97. [W:] Budowa litosfery centralnej i północnej Polski (obszar projektu POLONAISE) na podstawie zintegrowanej analizy danych geofizycznych i geologicznych (pro-

jekt badawczy nr 2.94.0004.00.0). http://www.pgi.gov.pl/post_polonaise/postPol_UNPl.html

MORAWSKI T. 1979 – Granity masywu Strzelin-Żulowa. [W:] K. Dziedzic, S. Kozłowski, A. Majerowicz & L. Sawicki (red.) Surowce mineralne Dolnego Śląska 1979. Inst. Nauk Geol. Uniw. Wrocław., Inst. Geol. Wrocław-Warszawa. Wyd. PAN, Z-d Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk.

PLEWA M. 1988 – Analiza zmian gęstości powierzchniowego strumienia ciepłego Ziemi na obszarze Polski. Zesz. Nauk. AGH, Geofiz. Stos., z. 1, Kraków.

PLEWA S. 1994 – Rozkład parametrów geotermalnych na obszarze Polski. Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków.

SZAŁAMACHA J. 1979 – Granity masywu Karkonoszy. [W:] K. Dziedzic, S. Kozłowski, A. Majerowicz & L. Sawicki (red.) Surowce mineralne Dolnego Śląska 1979. Inst. Nauk Geol. Uniw. Wrocław., Inst. Geol. Wrocław-Warszawa. Wyd. PAN, Z-d Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk.

TEISSEYRE H., SMULIKOWSKI K. & OBERC J. 1957 – Regionalna geologia Polski. T. III. Sudety, z. 1. Utwory przedtrzciorzędowe. Pol. Tow. Geol., Kraków. s. 300.

WOJCIECHOWSKA I. 1979 – Granitoidy kłodzko-złotostockie. [W:] K. Dziedzic, S. Kozłowski, A. Majerowicz & L. Sawicki (red.) Surowce mineralne Dolnego Śląska 1979 – Inst. Nauk Geol. Uniw. Wrocław., Inst. Geol. Wrocław-Warszawa. Wyd. PAN, Z-d Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk.

Praca wpłynęła do redakcji 13.12.2010 r.

Po recenzji akceptowano do druku 16.03.2011 r.

