

Warunki geotermiczne Dolnego Śląska

Beata Bruszezwska*

W sposób kompleksowy przedstawiono analizę parametrów termicznych: temperatury, gradientu temperatury, przewodności cieplnej i strumienia ciepłego na obszarze Dolnego Śląska. Zweryfikowano 72 pomiary temperatury w głębokich otworach wiertniczych, z czego 51 wykorzystano do obliczeń średniego gradientu temperatury i strumienia ciepłego (10 tych pomiarów wykonano w 1996 r. w monitoringowej sieci hydrogeologicznej PIG). Wykonano mapy temperatury dla głębokości: 500 m, 1000 m, 1500 m, gradientu temperatury, strumienia ciepłego. Zanotowano, że obniżony strumień ciepły i temperaturę obserwujemy między uskokiem Odry a uskokiem brzeźnym, w starych masywach metamorficznych (metamorfik kaczawski, środkowej Odry, niemczańsko-kamieniecki, kra sowiogórska). Stwierdzono, że istnieje związek między wiekiem i historią geologiczną obszaru a współczesnym strumieniem ciepłym i temperaturą — stare masywy metamorficzne wykazują znaczne obniżenie parametrów termicznych w stosunku do tła. Dla obszarów o dużej powierzchni jest to znana prawidłowość, natomiast dla rejonu o małej powierzchni i do tego mozaikowej budowie — trudno uchwytne zależności.

Słowa kluczowe: współczesny pomiar temperatury w otworach wiertniczych, termogram, gradient temperatury, strumień ciepły

Beata Bruszezwska — **The geothermal conditions in Lower Silesia (SW Poland).** Prz. Geol., 48: 639–643.

Summary. Analysis of thermal parameters, such as temperature, thermal gradient, thermal conductivity and heat flow in the area of Lower Silesia are presented in the paper. Temperature determinations from 72 deep boreholes were verified, 51 of them were used for mean thermal gradient and heat flow calculations (among them 10 measurements were performed in 1996, for the purpose of this project). Basing on above data, the maps of temperature (for the depths 500, 1000, 1500 m), thermal gradient and heat flow were drawn. The correlation between the age, geological history and between the recent heat flow and temperature on the other hand was concluded. The old metamorphic massifs show low a thermal parameters in comparison to the average values for the area. Such a coincidence is a well known rule for the large geological units but for the small units such as dealt in this paper, the correlation is usually difficult to prove.

Key words: recent measurement temperature in boreholes, termogram, thermal gradient, heat flow density

Dolny Śląsk jest jednym z najbardziej skomplikowanym pod względem budowy geologicznej regionem Polski. Ma to swoje odzwierciedlenie również w dużej zmienności rozkładu parametrów fizycznych tego rejonu. Niniejszy artykuł przedstawia obecny stan rozpoznania parametrów termicznych Ziemi na obszarze Dolnego Śląska. Wybranie tego rejonu do szczegółowszej analizy było podyktowane następującymi względami:

1. Przeprowadzeniem nowych pomiarów temperatury na tym obszarze. Zostały one wykonane w dniach 30.09–3.10.1996 r. w 10 otworach hydrogeologicznej sieci monitoringowej PIG (ryc. 2), przez zespół prof. Vladimira Cermaka z Instytutu Geofizyki Czeskiej Akademii Nauk. Jakość uzyskanych pomiarów jest bardzo wysoka, zarówno z uwagi na zastosowany sprzęt (użyto sond elektrycznych o bardzo wysokiej precyzji $\sim 0,01^\circ\text{C}$), jak również ze względu na długotrwałą, kilkuletnią stójkę otworów, gwarantującą wyniki dotyczące bezsprzecznie stanu równowagi cieplnej.

2. Potrzebą uszczegółowienia map parametrów termicznych południowo-zachodniej Polski. Rejon ten był dotychczas „dziurą informacyjną”, miał tylko jedno oznaczenie strumienia ciepłego (Plewa, 1994).

3. Pracą nad metodyką wykorzystywania pomiarów o dużej dokładności (ale stosunkowo płytkich) w zestawieniu z pomiarami „przemysłowymi”, wykonywanymi przy okazji poszukiwań złóż itp. o niezupełnie ustalonym reżimie cieplnym.

Oprócz opracowań parametrów termicznych, obejmujących powierzchnię całej Polski (Plewa, 1994; Majorowicz & Plewa, 1979; Majorowicz, 1984), w których obszar Dolnego Śląska jest traktowany w sposób bardzo regional-

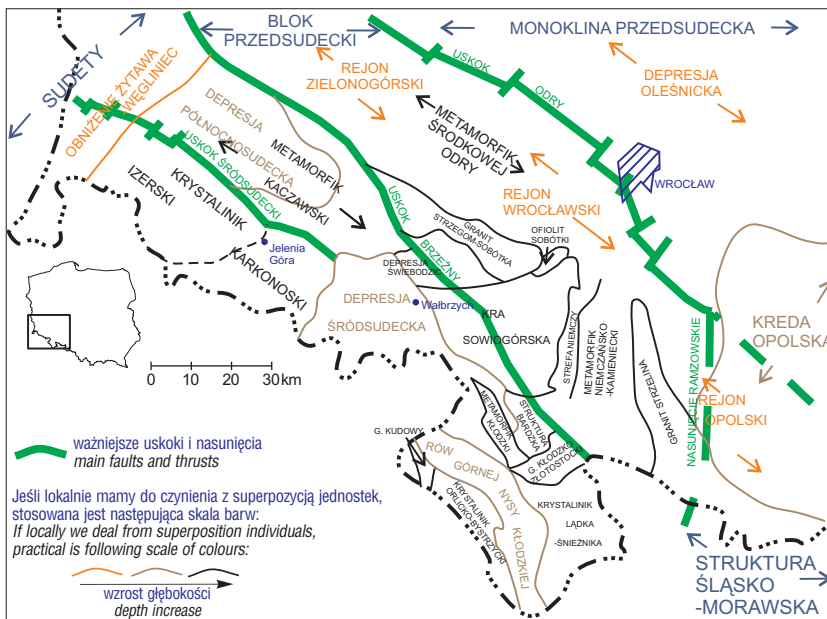
ny, na temat geotermiki tego rejonu publikowali: Downarowicz (1983) — opisując lokalne warunki termiczne dla złóż rud miedzi monokliny przedsudeckiej, oraz hydrogeolodzy, m.in. Dowgiałło (1987), Dowgiałło i Fistek (1998) — pisząc o cieplicach krystaliników sudeckich. Niniejsza praca przedstawia opracowanie parametrów termicznych Dolnego Śląska w sposób kompleksowy, wzięto pod uwagę wszelkie pomiary parametrów cieplnych tego rejonu.

Obszar badań — charakterystyka geologiczna

Obszar badań pod względem fizyko-geograficznym należy do Dolnego Śląska, a szczegółowiej, obejmuje idąc z południa na północ: Sudety, Przedgórze Sudeckie, Nizinę Śląską i Wał Trzebnicki.

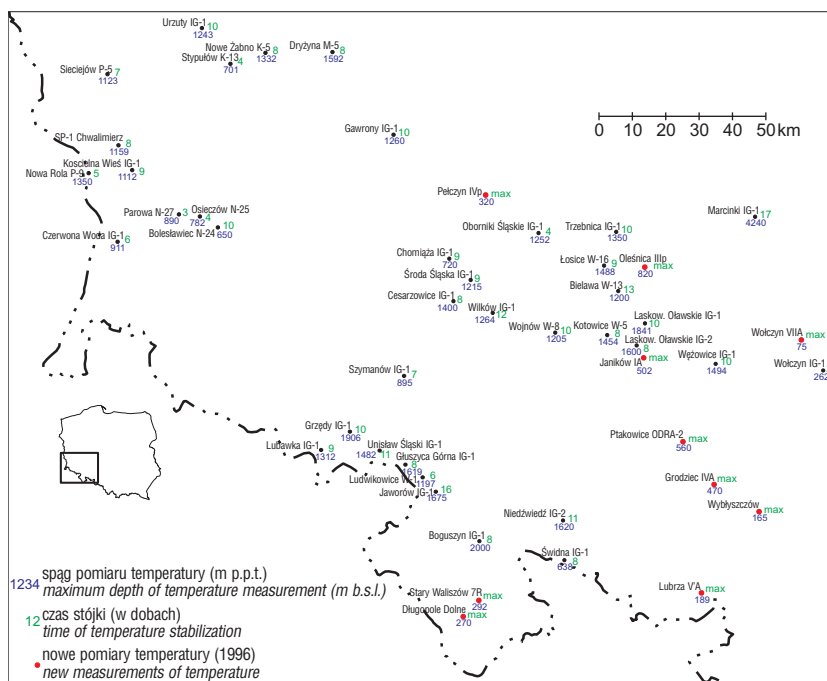
Pod względem geologicznym obejmuje w zasadzie cały blok dolnośląski (czyli Sudety i blok przedsudecki) oraz zachodnią część strefy śląsko-morawskiej i południowo-zachodnią część monokliny przedsudeckiej. Ogólnie można mówić o jego mozaikowej budowie. Oprócz głębokich rozłamów (idąc od południa: uskoku śródsudeckiego, uskoku brzeźnego, nasunięcia ramzowskiego, uskoku Odry) dzielących teren na nadrzędne jednostki strukturalne, istnieje wiele mniejszych dyslokacji oddzielających mniejsze jednostki o odrębnych cechach budowy geologicznej (ryc. 1). Upraszczając, wyróżniamy dwa piętra strukturalne: starsze i młodsze. W skład starszego piętra wchodzi kompleksy skalne objęte ruchami waryscyjskimi. Udział tektoniki dysjunktywnej jest w nim znaczący. Tworzą go skały przeobrażone i intruzywne (wyjątek: depresja Świebodzic i struktura Barda). Młodsze piętro strukturalne budują skały osadowe (od górnego karbonu po kenozoik włącznie), (Rühle, 1974; Sawicki, 1995).

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa



Ryc. 1. Szkic geologiczno-strukturalny Dolnego Śląska na podstawie map: Osika i in., 1971; Rühle, 1974; Sawicki, 1995)

Fig. 1. Sketch of geological units of Lower Silesia



Ryc. 2. Mapa lokalizacyjna otworów wiertniczych
Fig. 2. Locality map of the analysed boreholes

Opisywany teren wg podziału hydroregionalnego Polski (Paczyński, 1993) należy do makroregionu hydrogeologicznego południowego, a szczegółowej do regionów:

1) region sudecki (na południe od uskoku brzeźnego).

Charakterystyczne dla tego regionu jest występowanie płytkiego poziomu wodonośnego w rumoszu zwietrzelinowym oraz przewaga wód szczelinowych (niezależnie czy jesteśmy w obrębie basenu paleozoiczno-mezozoicznego np.: depresja Świebodzic, struktura Barda, czy w obrębie cokołu krystalicznego). Region sudecki stanowi system powiązanych hydraulicznie w różnym stopniu wodonośców szczelinowych (lokalnie zdarzają się wodonośce

porowe i krasowe np. perm depresji północnosudeckiej, trzeciorzęd niecki Żytawa-Węgliniec).

To co jest istotne dla geotermiki, to występowanie stref spękań wyraźnie uprzywilejowanych dla drenażu np.: w obrębie kry sowiogórskiej w rejonie Wałbrzycha. Obecność predysponowanych tektonicznie stref intensywnej cyrkulacji wód potwierdzone jest również istnieniem w krystalniku sudeckim wód termalnych o dużej wydajności (rejon Cieplic — w Karkonoszach i rejon Łądko Zdroju — w masywie śnieżnicko-złotostockim).

2) region wrocławski (na północ od uskoku brzeźnego). Za wodonośne w tym regionie uważa się:

a) utwory kenozoiku — o charakterze porowym — rozprzestrzenione na całym obszarze. Wodonośne utwory czwartorzędowe, z reguły małej miąższości, najczęściej związane są z pogrzebnymi dolinami i stożkami sandrowymi. Wodonośce trzeciorzędowe charakteryzują się wielowarstwowością i nieciągłością, oraz dużą zmiennością miąższości.

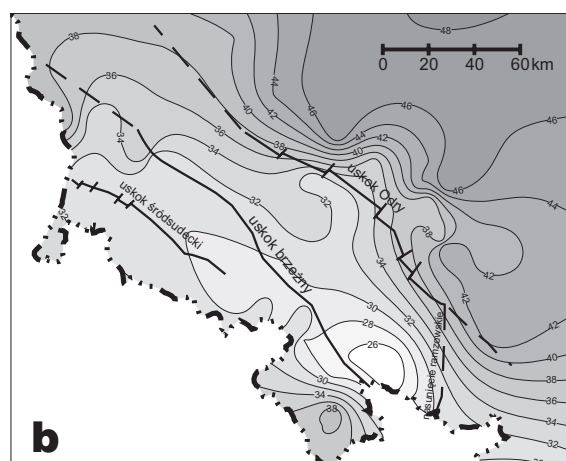
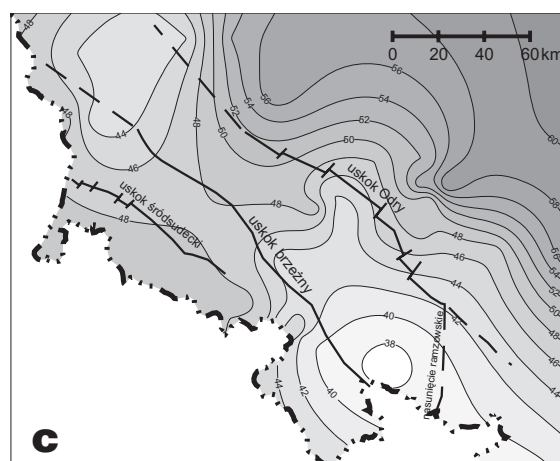
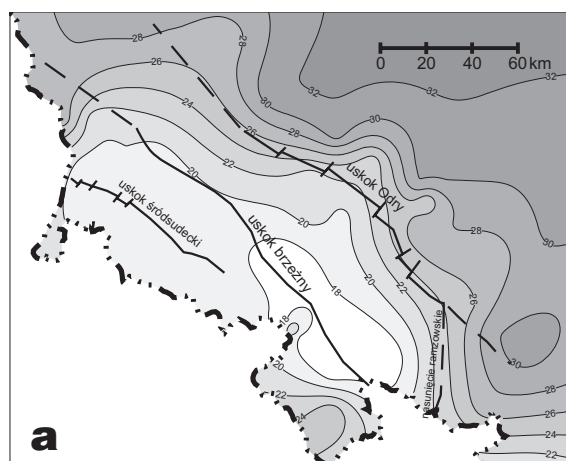
b) utwory permo-mezozoiku — dotyczące monokliny przesudeckiej i kredy opolskiej. Wody mają w tych wodonoścach charakter porowo-szczelinowy. Lokalnie mają wykazującą dużą wydajność np. obserwowane w okol. Bolesławca w starych wyrobiskach; co świadczy o występowaniu szczelinowych stref intensywnego drenażu.

c) utwory krystaliczne paleozoiku i prekambru — o charakterze analogicznym jak w regionie sudeckim.

Górotwór jest układem w skład którego wchodzi głównie ciała stałe ale też ciecz i gaz, zatem transport ciepła odbywa się nie tylko na drodze kondukcji (i radiacji w mniejszym stopniu), ale też konwekcji. Stąd wpływ warstw wodonośnych i stref spękań na układ temperatur czy strumienia ciepłego, konkretniej — składowej konduktywnej strumienia ciepłego, jest znaczny (nawet do 50% — Haenel i in., 1988) i powoduje złagodzenie kontrastów w obrazie parametrów, rozmycie stref anomalnych.

Metodyka prac i wykorzystane dane

Dla przedstawienia obrazu pola ciepłego Dolnego Śląska przeanalizowano 72 termogramy z czego do konstrukcji map parametrów termicznych użyto 51 pomiarów uznanych za przeprowadzone w warunkach przynajmniej zbliżonych do ustalonych (ryc. 2). Z uwagi na skomplikowaną budowę geologiczną i niejednorodność danych (inny czas stójki, inna głębokość końcowa), weryfikacja tych pomiarów była utrudniona. Na przykład trudno było ustalić, czy brak analogii między kształtem termogramów z



Ryc. 3. Mapa temperatury [w °C] na głębokościach: a — 500 m p.p.t., b — 1000 m p.p.t., c — 1500 m p.p.t.

Fig. 3. Temperature maps [°C] at the depths: a — 500 m b.s.l., b — 1000 m b.s.l., c — 1500 m b.s.l.

otworów w bliskiej od siebie odległości wynika z tego, że są one już w innej jednostce geologiczno-strukturalnej, czy też że zawierają one błędy. Nowe pomiary temperatur rzadko mogły posłużyć jako repery, ponieważ były małej głębokości i dotyczyły utworów jednostek stratygraficznych (głównie neogenu i triasu górnego) nie objętych profilami innych otworów. Istnieją na opisywanym obszarze jednostki geologiczne, dla których brak pomiaru, co też mogło wpłynąć na zafałszowanie otrzymanego obrazu. Niemniej uznano, że pole cieplne jest polem ciągłym i poszczególne jego wartości (zadane punktowo) można ze sobą łączyć. Przedstawiony obraz pola temperaturowego opracowano na podstawie bezpośrednich pomiarów w otworach wiertniczych, przedłużenia termogramu w głąb (prostoliniowo) dokonywano tylko na odcinku max 5% głębokości otworu. Dla konstrukcji map, do interpolacji (programem Surfer), użyto metody krigingu — powszechnie stosowanej metody przy interpolacji pól potencjalnych. 51 danych temperaturowych — duża ilość jak na tak mały obszar — pozwoliła na próbę konstrukcji map, bez sugerowania się obrazem geologicznym, co dało dość obiektywny obraz pola cieplnego. Warunki brzegowe na granicy z Czechami i Niemcami zostały przyjęte wg Hurtiga i in., (1991–1992).

W celu przedstawienia zmian temperatury w pionie wykonano mapę gradientów temperatury. Interwał do obliczeń starano się wyznaczyć biorąc pod uwagę fakt, że w warunkach zbliżonych do ustalonych, najmniej wiarygod-

ny jest najpłytszy odcinek. Stąd dla otworów o małej stójce wyznaczano odcinek pomiarowy jak najgłębiej, dla termogramu, jeśli to możliwe — prostoliniowo. Mapy gradientu nie należy traktować do końca jako jednorodnej, gdyż dotyczy wartości tego parametru dla różnych interwałów — z uwagi na głębokość i „miąższość” pomiaru. Idealna byłaby sytuacja, gdybyśmy mieli na obszarze równomiernie rozmieszczone pomiary do tej samej głębokości. Ponieważ nie jest to możliwe, dysponujemy pomiarami dla różnych głębokości (od 75 do 4240 m ppt, średnio 1500 m ppt), obliczony gradient pokazuje parametr pola cieplnego dla różnych interwałów. Szczególnie jest to widoczne dla nowych pomiarów, które wykazują duże gradienty temperatury i dotyczą płytko występujących utworów neogenu i triasu (utwory te — głównie utwory ilaste klastyczne, ilowce i mułowce mają niską przewodność cieplną).

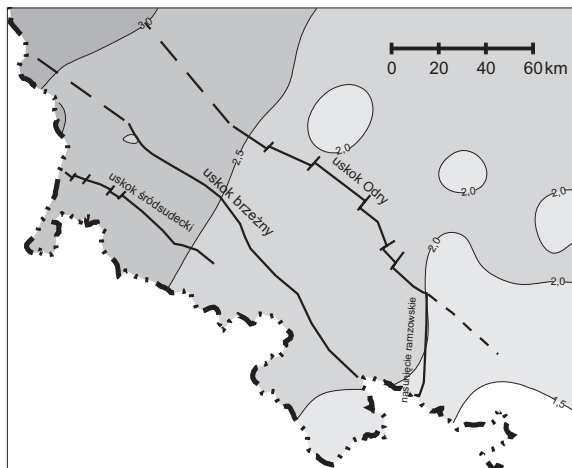
Dane przewodności cieplnej przyjęto według:

- danych laboratoryjnych dla otworów: Sieciejów P-5, Niedźwiedź IG-2 (na całym profilu),
- średnich dla jednostek stratygraficznych (dotyczy neogenu — na podstawie danych dla neogenu GZW),
- średnich dla permu rejonu złóż miedzi według Downarowicza (1983) i danych laboratoryjnych z otworów S-646, S-658,
- danych literaturowych według Zalewskiej (1980) i Plewy (1994).

Pomiarów przewodności cieplnej, w otworach z nowymi termogramami, nie udało się przeprowadzić z uwagi na brak rdzenia.

Wyniki

Temperatura. Mimo niejednorodności danych, uzyskany obraz pola temperaturowego wydaje się homogeniczny (ryc. 3). Na głębokości 500 m ppt. temperatura wykazuje wyraźny wzrost w kierunku północnym i wschodnim — w stronę monokliny i GZW — od poniżej 18°C do ponad 32°C. Strefy szybkiego wzrostu gradientu poziomego (zaznaczające się przez zagęszczenie izolinii temperatury) doskonale korespondują z uskokiem Odry i nasunięciem ramzowskim (ryc. 1, ryc. 3a). Podobny obraz utrzymuje się jeszcze na głębokości 1000 m ppt. (ryc. 3b). Izolinie temperatury zawarte między 28°C a 44°C wykazują wzrost w kierunku północno-wschodnim, strefa wzrostu gradientu poziomego w stosunku do obrazu na 500 m ppt. przesuwa się w kierunku północno-wschodnim i znacznie się wygina w rejonie Wrocławia. Na głębokości 1500 m ppt. rozkład temperatury stopniowo zmienia się (od 40°C do 58°C).

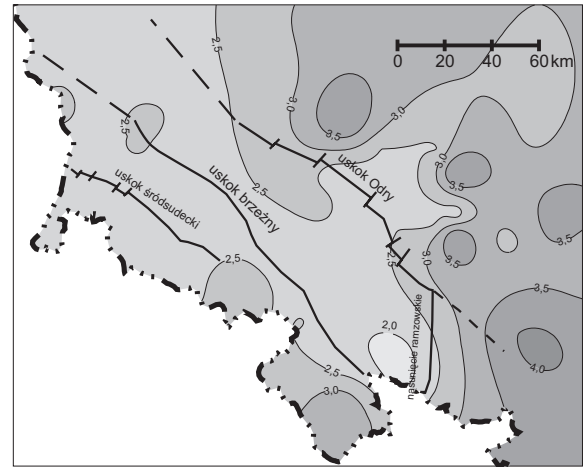


Ryc. 4. Wartości przewodności cieplnej [w W/m°C] przyjęte do obliczeń strumienia ciepłego
 Fig. 4. Thermal conductivity values [W/m°C] used for heat flow calculations

Wyraźnymi strefami anomalii dodatnich staje się rejon na północny-wschód od uskoku Odry i na południe od uskoku śródsudeckiego (podyktowany pomiarami z Czech i Niemiec oraz depresji śródsudeckiej). Zdecydowanie niższa temperatura jest w południowej i w północnej części przedgórza sudeckiego.

Reasumując, na wszystkich przedstawionych mapach temperatury (ryc. 3) daje się obserwować strefę obniżonych wartości parametru między uskokiem śródsudeckim a uskokiem Odry. Wraz z głębokością anomalia ta przesuwa się w kierunku południowo-wschodnim. Gradienty poziome temperatury wraz z głębokością, w strefie uskoku Odry (widocznym na każdej z map jako rejon graniczny anomalii) zmniejszają się. Niemniej jednak zakres temperatury na danej głębokości wzrasta wraz z nią:

Strefami, gdzie izolinie temperatury wykazują pewne skomplikowanie są: rejon Wrocławia i rejon depresji śródsudeckiej na wschód od Wrocławia i rejon depresji śródsudeckiej z krą sowiogórską. Wywołane jest to prawdopodobnie zmianą temperatury pod wpływem drenażu wód.



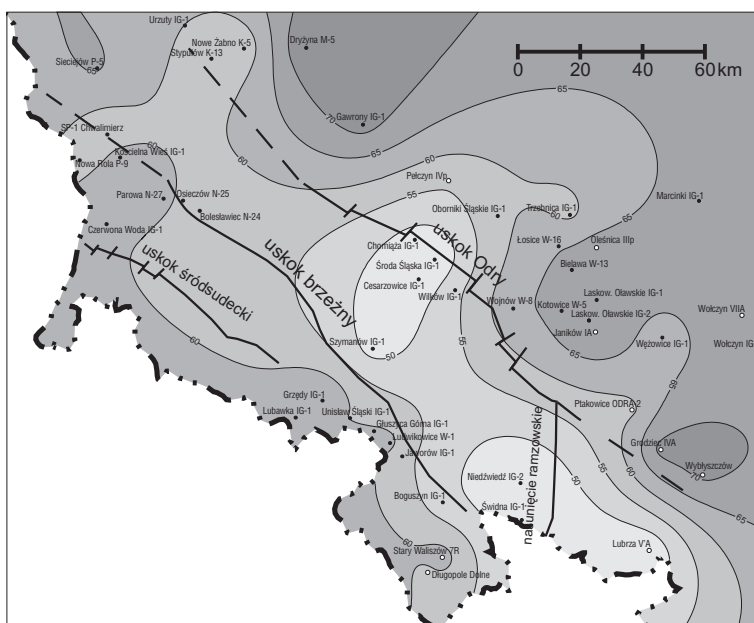
Ryc. 5. Mapa średniego gradientu temperatury [w °C/100 m]
 Fig. 5. Map of the average thermal gradient [°C/100 m]

Gradient temperatury. Gradienty temperatur na omawianym obszarze mieszczą się w granicach: 1,5–4,5°C/100 m (ryc. 5). Podwyższone średnie gradienty temperatur występują na monoklinie przedsudeckiej (w utworach permu i karbonu). Dla utworów mezozoiku największe gradienty

500 m ppt	18–32°C	ΔT=14°C
1000 m ppt	28–44°C	ΔT=16°C
1500 m ppt	40–58°C	ΔT=18°C
2000 m ppt	52–72°C	ΔT=20°C

uzyskano dla kredy opolskiej, kredy rowu górnej Nysy Kłodzkiej i triasu na wschód od Wrocławia. Dla utworów paleozoiku zaś, na odcinku bezpośredniego pomiaru temperatury, najniższe gradienty (nawet <1,5°C/100 m) zanotowano w utworach permu depresji północnosudeckiej i monokliny przedsudeckiej (czyli w północno-zachodniej części opisywanego rejonu) oraz dla masywów metamorficznych okolic Niedźwiedzia i Świdnej (wydaje się iż utwory te leżą w pobliżu strefy spękań). Podwyższone gradienty temperatury w utworach paleozoiku, w stosunku do tła, występują w niecce śródsudeckiej (~2,5°C/100 m) i we wschodniej części monokliny.

Przewodność cieplna. Średnią przewodność cieplną dla interwału obliczeniowego przedstawia ryc. 4. Szkic ten należy traktować jako ilustrację przyjętych wartości parametru zależnie od rejonu. Najwyższe przewodności (>2,5W/m°C) są w północno-zachodniej części opisywanego obszaru (w niecce północnosudeckiej i na monoklinie). Jest to uzasadnione występowaniem tam utworów permskich i triasowych wysokiej przewodności (Downarowicz, 1983; Zajac, 1980; dane z opróbowania



Ryc. 6. Mapa stumienia ciepłego [w mW/m²]
 Fig. 6. Map of heat flow [mW/m²]

otworów: Sieciejów P-5, S-646, S-658). Najniższe przewodności cieplne przyjęto dla otworów południowo-wschodniej części opisywanego obszaru, dla utworów mułowcowo-iłwcowych głównie neogenu (średnie dla neogenu wg średniej dla trzeciorzędu GZW).

Strumień cieplny. Mapa strumienia cieplnego (obliczenia wykonano programem TERMIKA; Bruszevska & Kuciński, 2000), przedstawia bardzo ciekawy obraz (ryc. 6). Obniżony strumień obserwujemy między uskokiem Odry a uskokiem brzeżnym, w starych masywach metamorficznych (metamorfik kaczawski, środkowej Odry, niemczańsko-kamieniecki, kra sowiogórska). Prawidłowość ta dla obszarów o większej powierzchni, np.: platform, jest powszechnie znana, natomiast lokalnie trudna do wychwycenia. W przypadku Dolnego Śląska mamy do czynienia z małym obszarem, bardzo skomplikowanym geologicznie. Wziąwszy pod uwagę niejednorodność danych wejściowych — uzyskany obraz strumienia zaskakuje swoją czytelnością. Wartości tego parametru wzrastają od 45 mW/m² między uskokiem Odry a uskokiem brzeżnym, do 70 mW/m² na monoklinie i w niecce północnosudeckiej. Obraz na mapie strumienia jest podyktowany po części obrazem na mapach temperatur. W środkowej części opisywanego obszaru, między uskokiem Odry a uskokiem brzeżnym, ciągnie się wyraźna strefa obniżenia tych parametrów. Niewykluczone jednak, że na kształt i wielkość tego obniżenia w znacznym stopniu wpływają procesy hydrogeologiczne (aby to zbadać należałoby dla tych warunków zbudować model termohydrodynamiczny, co przy tak skomplikowanej budowie jest bardzo trudne).

Dodatkowo, uzyskany obraz parametrów termicznych wskazuje na jednorodność warunków cieplnych w rejonie Bolesławca (północna część depresji północnosudeckiej — stare złoża miedzi) i w rejonie Stypułowa, Nowego Żabna (północno-zachodnia część monokliny — nowe złoża miedzi) co jest zgodne z tym, iż rejon te mają podobną budowę geologiczną i że były kiedyś połączone.

Mapy parametrów termicznych w rejonie krystaliniku karkonosko-izerskiego ze względu na zupełny brak pomiarów nie przedstawiają obrazu o dużym stopniu wiarygodności (obraz powstał przez interpolację danych z obszarów przyległych). Krystalinik ten pod względem geologicznym nie jest jednorodny. Metamorfik izerski w stosunku do granitoidu karkonoskiego jest innej genezy, innego wieku, innego składu chemicznego — głównie chodzi tu o zawartość pierwiastków radioaktywnych. Teoretycznie należałoby się spodziewać na mapach termicznych — podwyższonych temperatur i strumienia cieplnego dla granitoidu (wynikających z młodego wieku i ciepła z radiacji oraz rozmiaru masywu) oraz zdecydowanie niższych tych parametrów dla metamorfiku.

Przykład wyników uzyskanych na Dolnym Śląsku (a szczególnie rezultaty połączenia starych danych z nowymi) pozwala wnioskować, że istniejące w Polsce dane z pomiarów temperatur w otworach wiertniczych można wykorzystywać (po weryfikacji) do rozpoznania lokalnego pola cieplnego.

Podsumowanie

1. Pole cieplne rejonu Dolnego Śląska wykazuje znaczne obniżenie parametrów termicznych w centrum obszaru, między uskokiem Odry a uskokiem brzeżnym.

2. Znaczący wpływ na obraz pola cieplnego wywierają procesy hydrogeologiczne, związane ze zwiększonym drenażem wód podziemnych w strefach spękań (np. w rejonie Wrocławia).

3. Teoretycznie prawdopodobne jest istnienie dodatniej strefy anomalnej pola cieplnego w obrębie granitoidu karkonoskiego. Wyjaśnienie tej sprawy wymaga dalszych badań.

4. Uzyskane wyniki parametrów cieplnych bardzo podobne w okolicach Bolesławca (północny skraj depresji północnosudeckiej) i Nowego Żabna (południowo-zachodnia granica monokliny przedsudeckiej) wskazują na związek tych obszarów, co jest zgodne z ich historią geologiczną.

Niniejszy artykuł jest częścią dużego projektu: (poz. pl. 2.94.0002.00.0) *Gęstość powierzchniowego strumienia cieplnego Ziemi na obszarze Polski* (M. Karwasiecka, B. Bruszevska; 1997) wykonanego w Państwowym Instytucie Geologicznym, opisującego parametry geotermiczne (w szczególności strumień cieplny) dla obszaru Polski.

Literatura

- ALEKSANDROWSKI P., KRYZA R., MAZUR S., PIN C. & ZALASIEWICZ J.A. 2000 (w druku) — The Polish Sudetes: Caledonian or Variscan? Trans. Royal Soc. Edinburgh: Earth Sciences.
- BRUSZEWSKA B. & KUCIŃSKI T. 2000 — Geotermika — pakiet programów do archiwizacji i interpretacji danych termicznych w otworach wiertniczych. Prz. Geol., 48: 59–61.
- DOWGIAŁŁO J. 1987 — Assupposed geothermal anomaly in the Duszniki-Kudowa area (Polish Western Sudetes). Bull. Pol. Acad. Sc., Earth Sc., 35: 323–333.
- DOWDIAŁŁO J. & FISTEK J. 1998 — Wstępne wyniki hydrogeologiczne wiercenia C-1 w Jeleniej Górze-Cieplicach. Prz. Geol., 46: 178.
- DOWNAROWICZ S. 1983 — Geotermika złóż rud miedzi monokliny przedsudeckiej. Pr. Państw. Inst., 106.
- HAENEL R., RYBACH L. & STEGNA L. (eds.) 1988 — Handbook of terrestrial heat-flow density determination. Kluwer Academic Publishers, Solid Earth Sciences Library, Dordrecht, Boston, London.
- HURTIG E. (ed.), CERMAK V., HAENEL R. & ZUI V. 1991/92 — Geothermal Atlas of Europe; Hermann Haack Verlagsgesellschaft mbH; Geographisch-Kartographische Anstalt Gotha. Potsdam.
- KARWASIECKA M. & BRUSZEWSKA B. 1997 — Gęstość powierzchniowego strumienia cieplnego Ziemi na obszarze Polski. CAG Państw. Inst. Geol. 060/21/98.
- MAJOROWICZ J. 1984 — Problems of tectonic interpretation of geothermal field distribution in the platform areas of Poland. Pub. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., A-13 (160): 149–166.
- MAJOROWICZ J. & PLEWA S. 1979 — Study of heat flow in Poland with special regard to tectonophysical problems. [W:] Terrestrial heat flow in Europe. Cermak V., Rybach L. (ed.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- OSIKA R., POŻARYSKI W., RÜHLE E. & ZNOSKO J. (red.) 1971 — Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoicznych, skala 1 : 500 000. Wyd. Geol.
- PACZYŃSKI B. (red.) 1993 — Atlas hydrogeologiczny Polski, skala 1 : 500 000, cz. I. Państw. Inst. Geol.
- PLEWA S. 1994 — Rozkład parametrów geotermalnych na obszarze Polski. Wyd. CPPGSMiE PAN. Kraków
- RÜHLE E. (red.) 1974 — Mapa geologiczna Polski bez utworów czwartorzędowych, skala 1 : 500 000. Wyd. Geol.
- SAWICKI L. 1995 — Mapa geologiczna regionu dolnośląskiego z przyległymi obszarami Czech i Niemiec (bez utworów czwartorzędowych), skala 1 : 100 000. Państw. Inst. Geol.
- ZALEWSKA J. 1980 — Związek współczynnika przewodnictwa cieplnego z innymi fizycznymi własnościami skał (na przykładzie piaskowców czerwonego spagowca). Nafta, 7: 221–224.