

**PERSPEKTYWY WYKORZYSTANIA CIEPŁA WÓD PODZIEMNYCH Z UTWORÓW MEZOZOICZNYCH WIELKOPOLSKI\***

UKD 556.313+553.78.551.76.022.4].004.17:615.327+697+613.74(438-191.2 Wielkopolska)

Ciepło wewnętrzne ziemi przenoszone przez wody podziemne jest już od kilkudziesięciu lat wykorzystywane do wytwarzania energii elektrycznej, bezpośredniego zastosowania pary technologicznej lub do ogrzewania, np. w Islandii, Japonii, Nowej Zelandii, St. Zj., na Węgrzech lub we Włoszech. Praktyczne wykorzystanie wód gorących do powyższych celów miało miejsce w tych regionach, gdzie wody gorące lub pary wydostawały się samoczynnie na powierzchnię ziemi.

Zastosowanie ciepła odebranego z wód termalnych ma bardzo szeroki zakres: od ogrzewania gruntu, poprzez chłodnictwo, szereg „niskotemperaturowych” procesów technologicznych aż do wytwarzania energii elektrycznej. Niektóre z zastosowań wód podziemnych w zakresie temperatur od 20 do 80°C przedstawiono w tabeli 1.

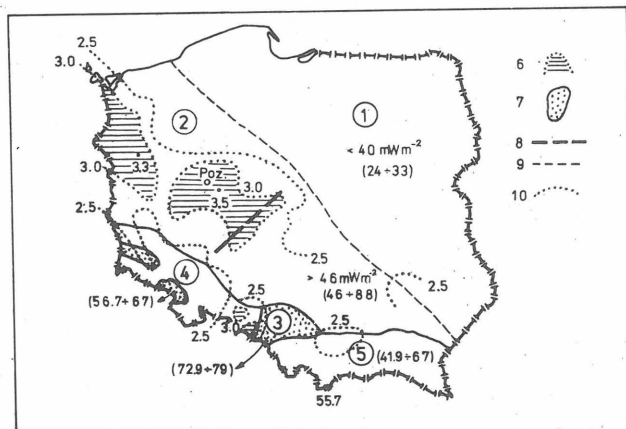
Obszar Polski nie pokrywa się z żadną z uprzywilejowanych stref dla eksploatacji energii cieplnej pochodzenia ziemskiego. Z dotychczasowych badań wynika, że obszar leżący na NE od tzw. linii Teisseyre’a-Tornquista należy do obszaru „chłodnego” starej platformy wschodnioeuropejskiej, natomiast na SW od tej linii w obrębie platformy paleozoicznej stwierdzono szereg miejsc o anomalnym, podwyższonym gradiencie geotermicznym. Strefy te zostały pokazane na ryc. 1 wykonanej na podstawie prac (5, 8, 9).

W osadach mezozoicznych niecki mogileńsko-łódzkiej wartości strumienia ciepłego mieszczą się w zakresie

60–90 mWm<sup>-2</sup>, przy czym te najwyższe są zmierzone w pobliżu, lub w samych wysadach solnych. W strefie tej określono istnienie 17 struktur solnych leżących na głębokości mniejszej niż 500 m (10). Gradienty geotermiczne w większości przypadków są większe niż 30 mK<sup>-1</sup>. Samo stwierdzenie podwyższonego lub wysokiego gradientu temperatury w określonym obszarze nie przesądza o możliwościach wykorzystania ciepła ziemi dla celów technologicznych lub ogrzewania. Nośnikiem energii geotermalnej jest woda. Aby źródło energii było odnawialne woda ta musi być uzupełniana z powierzchni w sposób naturalny lub po odebraniu ciepła z powrotem powinna być zwracana do strefy wygrzewania. Krytyczną wartość stężenia soli przyjmuje się jako 10 g/dm<sup>3</sup> wody, chociaż i wody o niższym stężeniu soli mogą się okazać nieprzydatne

Tabela I  
TEMPERATURY WODY PRZYDATNE DO NIEKTÓRYCH ZABIEGÓW I PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH (FRAGMENT)

temperatura wody, °C	wykorzystanie
20	hodowla ryb
20–30	odlodzanie
30	dostarczenie ciepłej wody dla górnictwa w klimacie chłodnym
30–40	ogrzewanie basenów kąpielowych, fermentacja, biodegradacja
40	ogrzewanie gruntu
40–50	balneologia – kąpiele lecznicze
50	uprawa grzybów
60	hodowla zwierząt, uprawa roślin w szklarniach
70	dolna granica zastosowań w chłodnictwie
80	ogrzewanie pomieszczeń mieszkalnych



Ryc. 1. Strefy z podwyższonym gradientem geotermicznym w Polsce

1 – platforma prekambryjska Wschodniej Europy, 2 – platforma epipaleozoiczna, 3 – niecka górnośląska, 4 – Sudety i blok przedsudecki, 5 – Karpaty fliszowe, 6 – strefy z podwyższonym gradientem geotermicznym, 7 – paleozoiczne depresje orogeniczne, 8 – przekrój pokazany na ryc. 2, 9 – linia Teisseyre’a-Tornquista, 10 – linie jednakowego gradientu temperatury. Liczby pod oznaczeniem jednostki tektonicznej oznaczają wartości ziemskiego strumienia ciepłego

Fig. 1. Areas with higher geothermal gradient in Poland

1 – Precambrian platform of Eastern Europe, 2 – epipaleozoic platform, 3 – Upper Silesian basin, Sudetes and Presudetic block, 5 – Carpathians, 6 – areas with higher geothermal gradient, 7 – Paleozoic orogenic depressions, 8 – cross-section shown in fig. 2, 9 – Tornquist-Teisseyre Line, 10 – lines of equal temperature gradient. Numbers below the sign of tectonic units signify the values of earth heat flow

\* Referat wygłoszony na Konferencji Naukowej Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu na temat: „Perspektywy surowcowe wielkopolskiej części basenu środkowoeuropejskiego” w dniach 11–12 maja 1984 r.

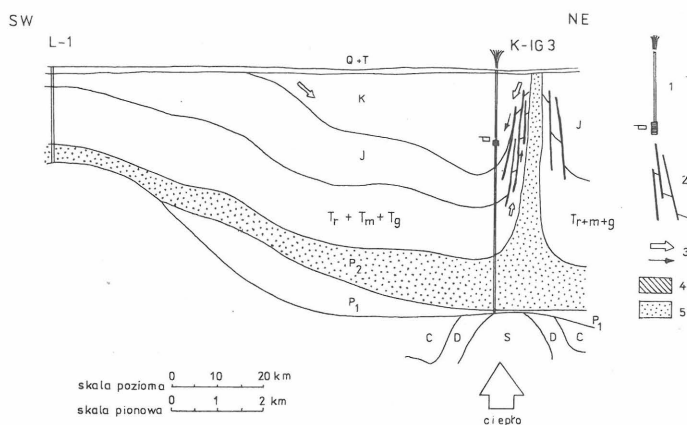
do niektórych celów wyszczególnionych w tabeli I. Znane natomiast są wykorzystania wód o znacznie wyższym stężeniu soli: ok. 15 g/dm<sup>3</sup> – Ahuchapan, Salwador i Cerro Prieto, Meksyk; ok. 25 g/cm<sup>3</sup> – East Mesa, USA oraz około 30 g/dm<sup>3</sup> Reykjanes w Islandii (11).

Drugim czynnikiem decydującym o możliwości wykorzystania wody termalnej do ogrzewania jest wydatek sumaryczny z odwiertów przeznaczonych do eksploatacji, np. dla zasilania w energię cieplną zespołu szklarni o standardowych wymiarach (o powierzchni 1 ha) wymagane jest dostarczenie około 12 GJ/h energii, którą odda (przy założeniu ok. 30% strat ciepła w systemie rozprowadzania i wymiany ciepła) ok. 100 m<sup>3</sup>/h wody o temperaturze 60°C na ujściu otworów lub ok. 200 m<sup>3</sup>/h wody o temperaturze 40°C.

Obszar Wielkopolski jest wysoce perspektywiczny dla odkryć i wykorzystania wód termalnych dla celów ogrzewania. Dotychczasowe wyniki badań w głębokich otworach wiertniczych są zebrane w tabeli II (1, 5, 2). Dane zebrane w tej tabeli wskazują, że wszystkie te wody spełniają warunki stawiane wodom termalnym w stopniu wystarczającym, aby mogły być wykorzystywane do celów ogrzewania.

Tabela II  
WODY TERMALNE ODKRYTE OTWORAMI  
WIERTNICZYMI NA TERENIE WIELKOPOLSKI  
(PRZYDATNE DO CELÓW OGRZEWANIA)

l.p.	nazwa otworu	horyzont wodonośny m	poziom stratygr.	parametry wody na ujściu		
				temp. °C	wydatek m <sup>3</sup> /h	min. og. g/dm <sup>3</sup>
1	Czeszewo IG-1	930–960	jura d.	35	15,4	4,9
2	Koło IG-3	1771–1796	kreda	60	80	6
3	Polwica 1	1167–1175	jura d.	38,3	18	9
4	Środa IG-2	1012–1020	jura d.	40	40	8,2
5	Swarzędz IGH-1	1089–1286	jura d.	41	60	>10



Ryc. 2. Model budowy głębokiej obszaru Wielkopolski

1 – otwór z ujściem wody termalnej, 2 – strefa dyslokacji i spekań związana z halokinezą, 3 – kierunki przepływu wód, 4 – osady kredowe, 5 – utwory ewaporatowe cechsztynu

Fig. 2. A model of the earth crust on Wielkopolska area

1 – thermal water well, 2 – zone of the faults and fractures connected with salt structures, 3 – directions of water flow, 4 – Cretaceous sediments, 5 – evaporitic sediments of Zechstein

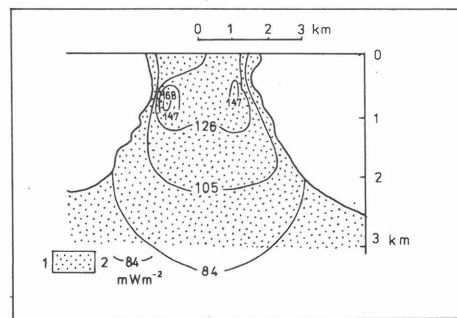
Model budowy głębokiej obszaru występowania wód termalnych w utworach kredy sporządzony na podstawie głębokich przekrojów geologicznych opracowanych przez P. Karnkowskiego (7) przedstawiono na ryc. 2. Model ten jest wspólny i dla innych złóż odkrytych w Wielkopolsce. Wody termalne koncentrują się w pobliżu struktur halokinetycznych, natomiast pochodzące z opadów atmosferycznych przenikają na brzegach basenu w głąb poprzez osady czwartorzędowe i nieciągłości w pokrywie trzeciorzędowej. Migrujące wody są ogrzewane przez wody znajdujące się w osadach kredowych, jurajskich oraz triasowych i mieszają się z nimi w różnych proporcjach. Proces ten zachodzi w strefie spekania skorupy ziemskiej spowodowanych halokinezą w pobliżu wysadu.

Przedstawiony model basenu ma charakter artezyjski. Ciepło z głębi ziemi jest oddawane przez nagrzane skały krystalicznego podłoża utworom osadowym i dalej jest doskonale przenoszone przez wysady solne z powodu wysokiej przewodności cieplnej soli kamiennej wynoszącej 5,44–7,12 Wm<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup> (3) i przekazywane utworom wodonośnym wraz z wypełniającymi je wodami. Rozkład strumienia cieplnego w obrębie wysadu solnego i w jego najbliższym otoczeniu przedstawiono na ryc. 3 (6).

Stosunkowo niska mineralizacja wód z utworów kredy i jury, wydatki w granicach 100 m<sup>3</sup>/h, temperatury w zakresie 40–60°C oraz uzyskane samowypływy umożliwiając ich wykorzystanie do celów ogrzewania i rekreacyjnych. Zakres temperatur wody 40–60°C, tzn. uzyskanie od 32 do 52°C więcej niż wynosi średnia temperatura roczna regionu daje możliwość zastosowania tych wód do bezpośredniego ogrzewania szklarni lub pomieszczeń hodowlanych. W przypadku odkrycia wód o wyższym zakresie temperatur (80–100°C) można by podjąć projekt ogrzewania pomieszczeń mieszkalnych. Koncepcję obiegu wody gorącej z wykorzystaniem ciepła dla celów ogrzewania upraw warzywniczych w szklarniach, pomieszczeń hodowlanych oraz użyciem schłodzonych wód dla celów rekreacyjnych (oraz w wypadku leczniczego charakteru wód – dla celów balneologicznych) przedstawiono na ryc. 4.

Podstawowymi czynnikami wpływającymi na ekonomiczną zasadność stosowania ogrzewania geotermalnego są:

- temperatura płynu geotermalnego na ujściu otworu, °C,
- wydajność cieplna projektowanego systemu, GJ/h,



Ryc. 3. Rozkład strumienia cieplnego ziemi w wysadzie solnym

1 – wysad solny, 2 – linie jednakowej wartości strumienia cieplnego

Fig. 3. Earth heat flow distribution in the salt dome

1 – salt dome, 2 – lines of equal heat flow values

- roczna ilość ciepła doprowadzanego do systemu, TJ/rok,
- gęstość nasycenia systemu odbiorczego ciepła, GJ/h · km<sup>2</sup>,
- odległość pola geotermalnego od centrum systemu odbiorczego, km,
- nakłady na jednostkę produkowanej energii, zł/GJ·h

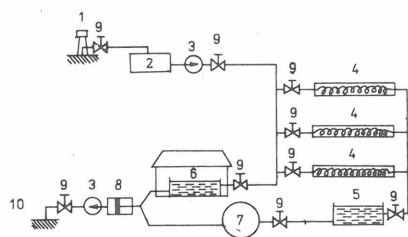
W nakładach na wyprodukowaną energię wiodący jest koszt wiercenia, jednak zależnie od warunków geologicznych i technicznych koszt ten musi się zmieniać w bardzo szerokich granicach. Głównymi czynnikami decydującymi o kosztach transportu i dystrybucji ciepła są: temperatura płynu transportowanego, odległość pola geotermalnego od odbiorcy i gęstość nasycenia ciepłem centrum odbiorczego. Efekt ekonomiczny transportu płynów geotermalnych jest stosunkowo niski i głównie zależy od temperatury na wejściu do systemu rozprowadzania ciepła. Stąd płyny o temperaturze niższej od 100°C nie mogą być transportowane na odległości większe niż 10–20 km. Powyższe czynniki determinują cenę 1 m<sup>3</sup> wody gorącej dostarczanej użytkownikowi. W cenie tej dadzą się wyróżnić następujące czynniki (w %): wiercenie 19, rurociągi magistralne 11, system magazynowania i przetłaczania 4, system rurociągów rozprowadzających 66 (11).

Szacunkowe obliczenie dokonane dla warunków eksploatacji wody termalnej dwoma otworami i zatłaczania tej wody po odebraniu ciepła do złoża jednym otworem oraz przy wykorzystaniu energii cieplnej na miejscu (tj. sprowadzeniu do minimum długości rurociągów magistralnych i rozprowadzających) wykazały, że przy dziesięcioletnim okresie amortyzacji systemu cena 1 GJ energii uzyskanej z wody termalnej wyniosłaby ok. 90 zł, przy cenie 1 m<sup>3</sup> pozyskanej wody około 15 zł.

Dla porównania cena jednostkowa energii cieplnej uzyskanej ze spalania surowców energetycznych (bez uwzględnienia sprawności palników i systemów wymiany ciepła) wynosi (w zł): węgiel kamienny 80, ropa naftowa 240, gaz ziemny 90, energia elektryczna 750.

Ciepło odebrane ze 100 m<sup>3</sup> wody termalnej w zakresie temperatur 80°C do 20°C ( $\Delta t = 60^\circ\text{C}$ ) odpowiada wartości opałowej ok. 1000 kg węgla energetycznego.

Z dotychczasowych obserwacji, które poczyniono w czasie eksploatacji systemów ogrzewania płynami geotermalnymi, wynika, że problem osadzania się osadów



Ryc. 4. Schemat obiegu wody gorącej do celów ogrzewania

- 1 - otwór wydobywczy, 2 - zbiornik roboczy, 3 - odcinek pomiarowy, 4 - wymiennik ciepła, 5 - basen rekreacyjny (otwarty), 6 - basen rekreacyjny (kryty), 7 - oczyszczalnik, 8 - system pomp, 9 - system zaworów, 10 - otwór zatłaczający

Fig. 4. Sketch of thermal water circulation for heating purposes

- 1 - exploitation well, 2 - water collection reservoir, 3 - measurement unit, 4 - heat exchanger, 5 - water-pool (open), 6 - water-pool (under roof), 7 - waste water cleaner, 8 - pumping system, 9 - valve system, 10 - waste waterflooding well

mineralnych jest mało poznany i w związku z tym przeciwdziałanie ich wytrącaniu jest utrudnione. Te trudności powodują, że wiele wód geotermalnych jest w praktyce bezużytecznych, chociaż przenoszą znaczną wartość energii cieplnej. Aby zabezpieczyć się przed intensywnym wytrącaniem osadów mineralnych należy poznać stosunki pomiędzy składem chemicznym solanki, warunkami technologicznymi procesu wymiany ciepła oraz powstawaniem osadów. Znajomość mechanizmów osadzania się soli mineralnych umożliwia takie projektowanie procesu wymiany ciepła, aby osadzanie występowało jedynie w fazie roztworowej, a nie na ścianach zbiorników, rur i wymienników ciepła.

## WNIOSKI

1. Obszar Wielkopolski stanowi perspektywiczny rejon dla eksploatacji wód termalnych dla celów balneologicznych, rekreacyjnych, ogrzewania pomieszczeń szklarniowych i hodowlanych oraz podgrzewania wody dla gospodarstw wodnych.
2. Poszukiwania wód termalnych o wyższych temperaturach, które mogłyby być użyte do ewentualnego ogrzewania pomieszczeń mieszkalnych, powinny być prowadzone w pobliżu struktur halokinetycznych.
3. Wykorzystanie wód termalnych dla celów energetycznych wymaga spełnienia następujących warunków:
  - temperatura na wyjściu do systemu 80–100°C,
  - wydatki z poszczególnych otworów w przedziale 20–100 m<sup>3</sup>/h,
  - mineralizacja ogólna wody poniżej 10 g/dcm<sup>3</sup>.
4. Dwoma ważnymi czynnikami determinującymi realizację projektu systemu ogrzewania jest osadzanie się osadów mineralnych oraz ekonomiczność realizacji projektu i jego eksploatacji.

## LITERATURA

1. Bojarski L., Płochniewski Z., Stachowiak J. - Wody termalne na Niziu Polskim. Kwart. Geol. 1976 nr 3.
2. Bojarski L. - Wody termalne niewykorzystanym bogactwem Wielkopolski. Zesz. Nauk. UAM Geologia 1984 nr 11.
3. Bowen R. - Geothermal Resources. Appl. Science Publ. Ltd. London 1979.
4. Dowgiałło J. - Occurrence and Utilization of Thermal Waters in Poland. Geothermics 1970 Special Issue 2.
5. Dowgiałło J. - The Geothermal Resources of Southwest Poland. 2<sup>nd</sup> UN Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources. San Francisco 1975.
6. Drwięga Z. - Prognozowanie i wykrywanie struktur wgłębnych w Lubelszczyźnie metodami geotermicznymi. Prz. Gór. 1983 nr 11–12.
7. Karnkowski P. - Wgłębne przekroje geologiczne przez Niż Polski. Wyd. Geol. 1980.
8. Majorowicz J., Plewa S. - Study of Heat Flow in Poland with Special Regard to Tectonophysical Problems. In Čermak A., Rybach L. - Terrestrial Heat Flow in Europe. Springer-Verlag Berlin 1979.
9. Majorowicz J. - Wieloznacznosc tektonicznej interpretacji rozkladu pola geotermicznego na obszarach platformowych Polski. Prz. Geol. 1982 nr 2.
10. Poborski J. - Perspektywy poszukiwań i eksploatacji soli magnezowo-potasowych w cechsztyń-

skich strukturach solnych okręgu poznańskiego i śródkowopolskiego. Zesz. Nauk. UAM Geologia 1984 nr 11.

11. Wahl E.F. — Geothermal Energy Utilization. John Wiley and Sons, New York 1977.

## S U M M A R Y

Heat from thermal waters can be used for wide range of purposes, e.g.: soil warming, animal husbandry, greenhouses, balneological baths, space-heating and even refrigeration. A lot of examples of utilization of low temperature energy from thermal waters are shown in table 1.

Locations of positive anomalies of geothermal gradient and earth heat flow are shown in fig. 1. One can see, that several positive anomalies are situated in the Wielkopolska region.

A simple geological model of the geothermal aquifer near Poznań was presented in fig. 2. Meteoric water and ground waters mix with subsurface waters in deeper layers in different proportions. Such processes take place near salt structures, where the earth crust is fractured and crashed, because of its tectonical and neotectonical movements. Salt has very high heat conductivity (range 5.44–7.12  $M_m^{-10}C^{-1}$ ), what provides very good heat conduction from magmatic rocks to aquifer through salt structures.

The thermal waters are useful for low temperature heating and balneologic purposes, due to relatively low mineralization, capacity of overflowing wells to 100  $m^3/h$  and temperatures between 40–60°C.

Exploration of thermal waters with higher temperature useful for space-heating purposes, however, could be reached on areas close connected with salt structures.

Such problems as: capacity of wells, salinity of water, corrosion and minerals depositing determined practical using of thermal waters for space-heating.

*Translated by the author*

## Р Е З Ю М Е

Термальные воды являются источником тепла используемого для разных целей, как: обогревание грунтов и помещений для животных, бальнеологическое лечение, отопление помещений, а также холодильная техника. Несколько примеров использования термальной энергии вод с низкими температурами указано в таблице 1. Локализация зон с повышенным геотермическим градиентом и тепловым потоком земли представлена на фиг. 1. На основании этих материалов можно заметить, что ряд таких аномалий находится на территории Велькопольски.

Упрощенная геологическая модель термального месторождения в районе Познаня указана на фиг. 2. Метеорные и грунтовые воды соприкасаются с подземными водами и в эффекте циркуляции смешиваются с ними в разных пропорциях. Такие процессы происходят вблизи соляных структур, где почва обычно трещиноватая из-за тектонических и неотектонических движений. Наблюдается хорошая теплопроводность из пород вулканического происхождения в водоносные горизонты через соляные структуры с тепловой проводностью от 5,44 до 7,12  $Вм^{-10}C^{-1}$ .

Сравнительно низкая минерализация вышеупомянутых вод, расход фонтанных скважин до 100  $m^3/ч$  и температуры в пределах 40–60°C позволяют применять эти воды в бальнеологии и в качестве сырья для теплообмена. Поиски термальных вод с высшими температурами, которые могли бы использоваться для теплообмена и отопления помещений, нужно вести в районах с проявлениями соляных структур.

Такие вопросы, как: производительность скважин, минерализация воды, коррозия и осаждение минералов, решают о практическом использовании теплообмена для отопления помещений.