

Perspektywy wykorzystania zasobów wód termalnych jury dolnej z regionu niecki szczecińskiej (północno-zachodnia Polska) w ciepłownictwie, balneologii i rekreacji

Anna Sowizdzał¹



Prospects of use of thermal water resources of Lower Jurassic aquifer in the Szczecin Trough (NW Poland) for space heating and balneology and recreation. Prz. Geol., 58: 613–621.

A b s t r a c t. The paper presents results of a research project entitled Geological analysis and assessment of thermal water and energy resources of Mesozoic formations in the Szczecin Trough. The Lower Jurassic aquifer is the most prospective Mesozoic aquifer in the Szczecin Trough (NW Poland). Lindal's diagram was analyzed in order to investigate possibilities of Lower Jurassic geothermal resources utilization in that part of the country. It shows potential directions of thermal water application depending on its temperature. Utilization of geothermal resources for heating purposes is determined mainly by water temperatures and discharge of wells. Characterization of these parameters enabled the evaluation of Lower Jurassic disposable geothermal energy resources in Szczecin

Through. Deployment and amounts of disposable geothermal energy resources indicate areas where geothermal installations could be constructed. Water temperature and mineralization have the largest impact on usability of thermal water for recreation and balneological purposes. The final results and summary of the study were presented in the form of map indicating optimal areas for development of geothermal resources for heating, recreation and balneological purposes.

Keywords: geothermal energy, energy resources, Szczecin Trough

W ramach pracy przeanalizowano potencjał geotermalny zbiornika dolnojurańskiego północno-zachodniej części Niżu Polskiego. Analizowany obszar jest zawarty pomiędzy współrzędnymi od 52°00' do 54°00' szerokości geograficznej N i od 14°00' do 17°15' długości geograficznej E (ryc. 1). Powierzchnia analizowanego obszaru wynosi 16 910 km², co stanowi 6,2% powierzchni Niżu Polskiego i 5,4% powierzchni Polski.

Obszar badań został scharakteryzowany pod względem geologicznym, termicznym oraz hydrochemicznym. Przeprowadzono analizę cech zbiornikowych i parametrów petrofizycznych dolnojurańskiego zbiornika geotermalnego, co pozwoliło na oszacowanie wielkości zasobów geotermalnych w różnych grupach zasobowych, a następnie określenie rejonów perspektywicznych do zagospodarowania na analizowanym obszarze.

Podstawowe parametry hydrogeotermalne wpływające na opłacalność wykorzystania wód geotermalnych

Opłacalność wykorzystania wód termalnych zależy od wielu czynników, m.in. warunków hydrogeotermalnych występujących na danym obszarze, sposobu obciążenia instalacji geotermalnych, a także wielu innych okoliczności wpływających na pozycję konkurencyjną geotermalnego nośnika energii oraz na dostępność i wartość kapitału przeznaczanego na inwestycje (Górecki, 2006a).

Jednym z najważniejszych czynników warunkujących opłacalność stosowania wód termalnych jest temperatura eksploatacyjna wody, wynikająca z temperatury złożowej pomniejszonej o wartość spadku temperatury w czasie wydobywania wody na powierzchnię (Górecki, 2006b).

Temperatura wód podziemnych rejonu niecki szczecińskiej zakumulowanych w skałach dolnojurańskich zmienia

się od około 20°C do prawie 90°C (ryc. 1). Najwyższa temperatura w stropie utworów dolnej jury charakteryzuje osiową część niecki. Temperaturę powyżej 50°C stwierdzono wzdłuż wschodniego obrzeżenia niecki szczecińskiej, w strefie silnego oddziaływania tektoniki solnej. Najniższą temperaturę (poniżej 30°C) zarejestrowano w otworach zlokalizowanych w północnej części obszaru badań. Na przeważającym obszarze występują wody o temperaturze 30–60°C, przy czym największy odsetek wód (29%) przypada na przedział temperaturowy 40–50°C. Woda o temperaturze powyżej 70°C jest obserwowana tylko na 6% obszaru badań (ryc. 2). Podane wartości temperatury stanowią wynik przeprowadzonego przez autorkę artykułu modelowania termicznego mezozoicznych powierzchni stropowych (Sowizdzał, 2009). Materiał wykorzystany podczas modelowania stanowiły pomiary temperatury wykonane w 46 otworach wiertniczych. Źródłem informacji były archiwa BG *Geonaf* w Warszawie, *Polgeol* w Warszawie, Oddział PGNIG w Pile, a także *Prace Instytutu Geologicznego* (Jaskowiak-Schoeneichowa, 1979; Marek & Pajchłowa, 1997).

Istotnym parametrem wpływającym na opłacalność budowy zakładu geotermalnego jest wydajność. Do obliczeń wydajności wykorzystano równanie Darcy'ego-Du-puita stosowane dla nieograniczonego poziomu lub warstwy wodonośnej eksploatowanej w warunkach stacjonarnych (Szczepański i in., 2006):

$$Q = 2\pi \cdot k \cdot m \frac{S}{\ln \frac{R}{r}}$$

gdzie:

Q – wydajność otworu eksploatacyjnego [m³/s],

k – współczynnik filtracji [m/s],

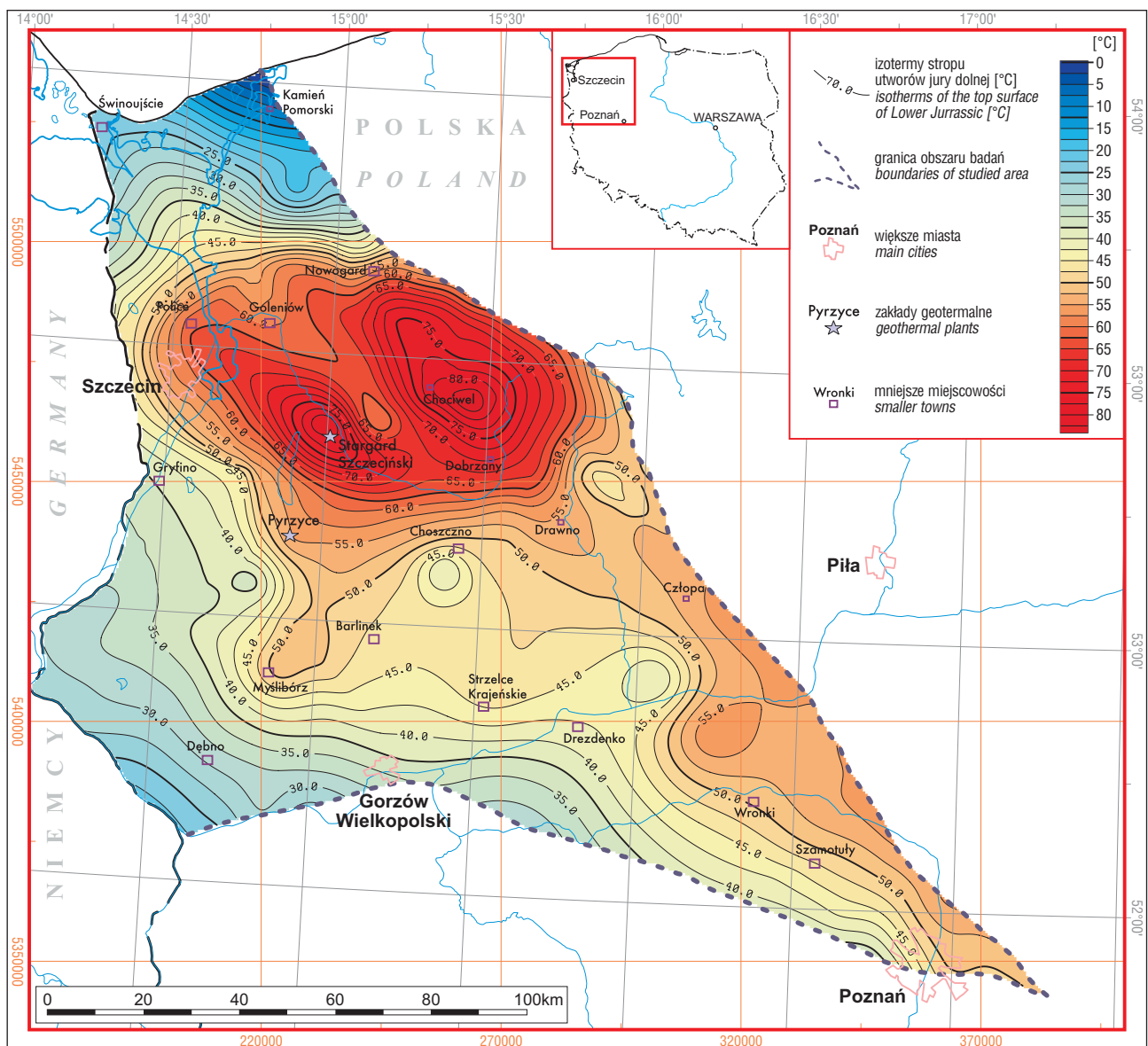
m – miąższość utworów wodonośnych [m],

S – depresja [m],

r – promień filtra eksploatacyjnego [m],

R – promień lejki depresji [m].

¹Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; ansow@agh.edu.pl



Ryc. 1. Mapa temperatury w stropie utworów jury dolnej na obszarze północno-zachodniej Polski
 Fig. 1. Map of temperature at the top surface of Lower Jurassic aquifer in NW Poland

Mapę potencjalnych wydajności studni (dubletów) w jurze dolnej wykonano, przyjmując następujące założenia (Szczepański i in., 2006):

- średnica roboczej części filtra otworu eksploatacyjnego $R = 12''$ (0,305 m),
- depresja eksploatacyjna otworu nie przekroczy 100 m,
- depresja regionalna nie przekroczy 33 m,
- miąższość ujętej warstwy wodonośnej $M = 100$ m lub miąższość warstwy stanowi długość części roboczej filtra.

Wielkość leja depresji obliczono wzorem Sichardta (Szczepański i in., 2006):

$$R = 3000 \cdot S \cdot \sqrt{k}$$

gdzie:

- R – promień leja depresji [m],
- S – depresja [m],
- k – współczynnik filtracji [m/s].

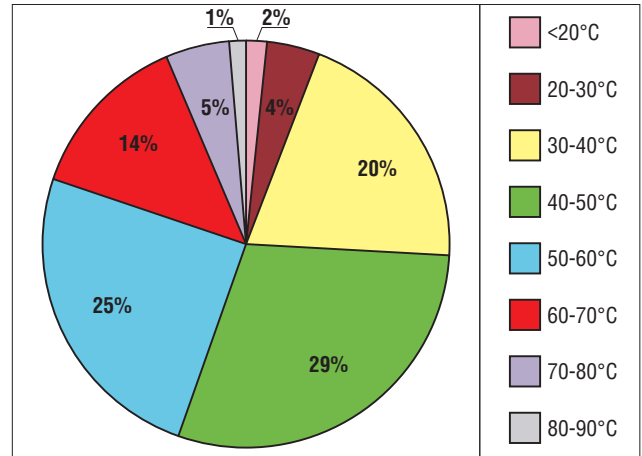
Do konstrukcji mapy potencjalnych wydajności studni (dubletów) w jurze dolnej wykorzystano także mapy miąższości utworów wodonośnych oraz współczynnika filtracji wykreślone przez autorkę na podstawie danych otworowych (Sowiżdżał, 2009). Efekt obliczeń przedstawiono na mapie potencjalnych wydajności studni (dubletów) w jurze dolnej (ryc. 3). Wydajność zmienia się w granicach 80–300 m³/h. Maksymalna wydajność jest związana z centralną strefą analizowanego terenu. Obszary o największych wartościach wydajności to obszary o najwyższej wartości współczynnika filtracji. Minimalna wydajność jest rejestrowana w części północnej i południowo-zachodniej terenu.

Oprócz wydajności i temperatury liczy się także stopień mineralizacji wód. Zasolenie wód głębszych rośnie wraz z głębokością występowania horyzontów wodonośnych. Wzrost mineralizacji wód zwiększa ich lepkość, przyczyniając się do zmniejszenia wydajności, i wpływa niekorzystnie na wzrost wartości eksploatacyjnego spadku temperatury. W głęboko pogrążonych strefach centralnych

basenu, gdzie korzystnym czynnikiem jest wysoka temperatura złożowa wód, występują na ogół wody wysoko zmineralizowane, a skały wodonośne, pochodzące z głębszych facji basenu i poddane zmianom diagenetycznym, wykazują gorsze właściwości zbiornikowe, co ogranicza wydajności i możliwości zatłaczania wody do warstwy chłonnej (Górecki i in., 2006).

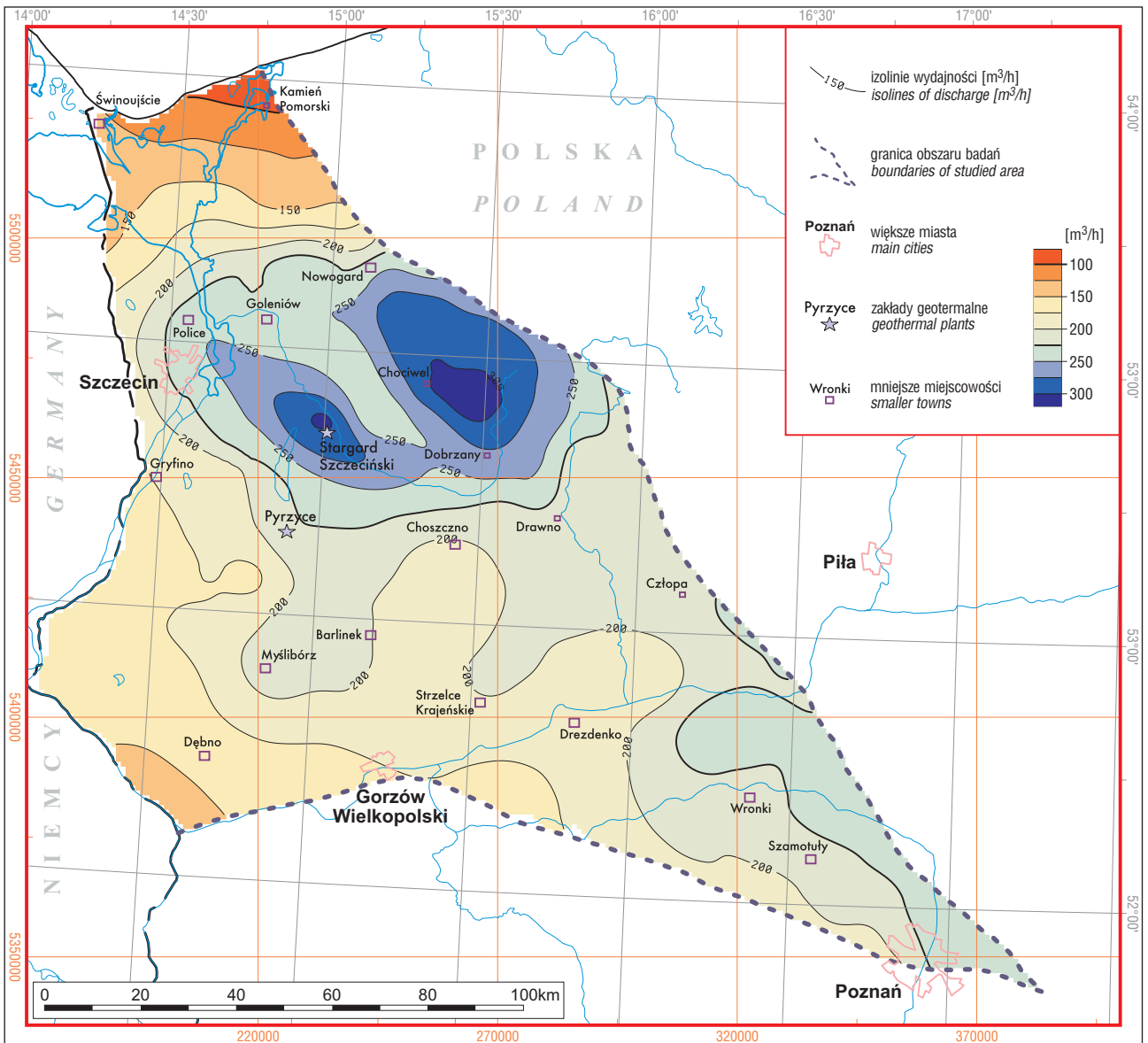
Wartość mineralizacji wód w górnej partii skał zbiornikowych jury dolnej jest zmienna, mieści się w przedziale 20–150 g/dm³ (ryc. 4). Wodę o maksymalnej mineralizacji, kształtującej się na poziomie 173,9 g/dm³, pobrano z otworu Wolin IG-1 z głębokości 1238–1307 m p.p.m. (analiza wykonana w Laboratorium Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego). Strefa występowania wód o mineralizacji powyżej 100 g/dm³ biegnie od północy wzdłuż centralnej części obszaru aż do jego wschodniego obrzeżenia. Wartości minimalne są obserwowane w strefach brzeżnych.

Z gospodarczego punktu widzenia najbardziej pożądane jest uzyskanie wód o najwyższej temperaturze



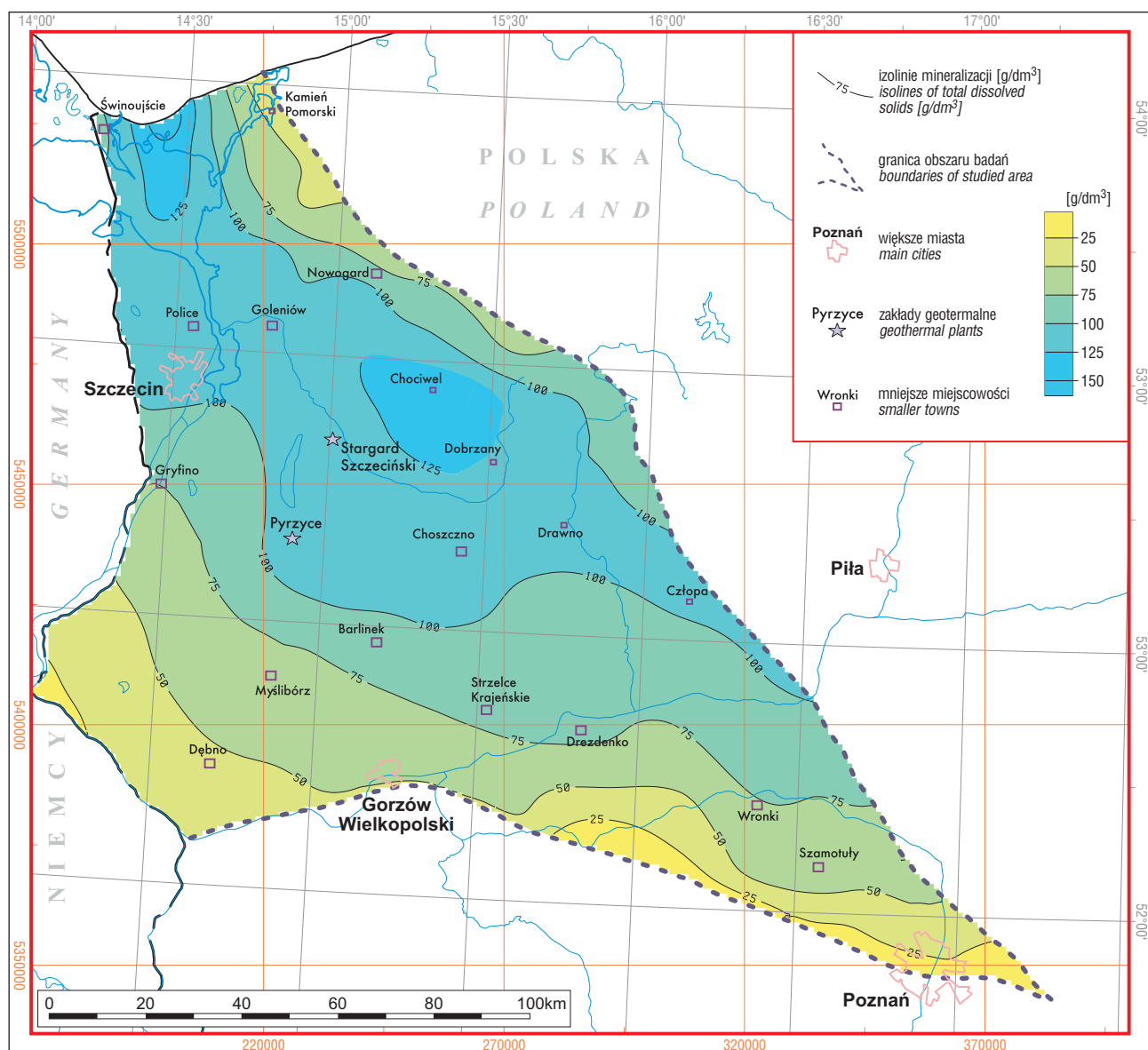
Ryc. 2. Procentowy udział wód należących do poszczególnych klas temperaturowych (°C) zakumulowanych w stropie utworów jury dolnej niecki szczecińskiej

Fig. 2. Percentage of water belonging to different classes of temperature (°C), accumulated in top part of the Lower Jurassic aquifer in Szczecin Trough



Ryc. 3. Mapa potencjalnych wydajności studni (dubletów) w jurze dolnej w północno-zachodniej Polsce

Fig. 3. Map of potential discharge of Lower Jurassic aquifer in NW Poland



Ryc. 4. Mapa mineralizacji wód w stropie utworów jury dolnej w północno-zachodniej Polsce
 Fig. 4. Map of the total dissolved solids in top part of Lower Jurassic aquifer in NW Poland

złożowej i eksploatacyjnej, maksymalnej wydajności w warunkach artezyjskich i o najniższej mineralizacji (Górecki, 2006a).

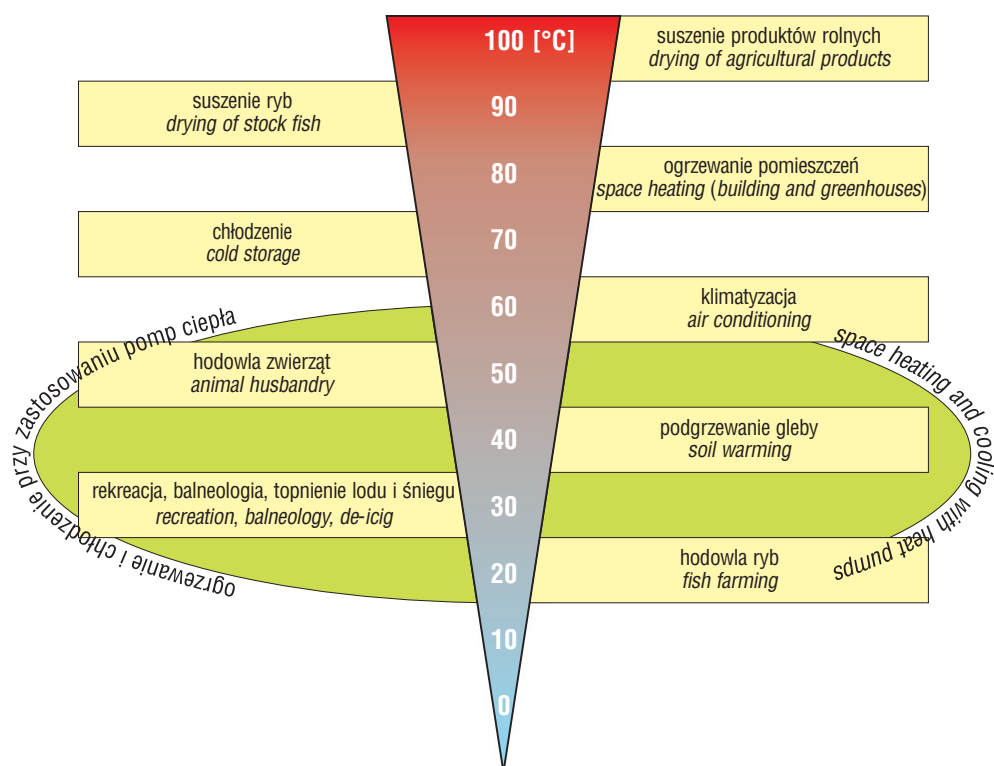
Perspektywy wykorzystania zasobów geotermalnych obszaru badań

Rozpatrując możliwości zagospodarowania zasobów geotermalnych niecki szczecińskiej przeanalizowano diagram Lindala (1973), który wskazuje kierunki zagospodarowania wód termalnych, przyjmując za kryterium ich temperaturę (ryc. 5). Największe wymagania są stawiane wodom (parom) termalnym stosowanym do produkcji prądu elektrycznego.

Maksymalna temperatura w stropie zbiornika dolnojurajskiego niecki szczecińskiej kształtuje się na poziomie 85°C (okolice Chociwla) (ryc. 1), co przy uwzględnieniu miąższości warstwy w tym miejscu nieprzekraczającej 500 m i gradientu geotermalnego na poziomie 3°C/100 m, daje maksymalną temperaturę w najkorzystniejszym

układzie ok. 100°C. Jednak tylko 1% wód zakumulowanych w zbiorniku dolnojurajskim cechuje się tak wysoką temperaturą. Ponad połowa wód zgromadzonych w skałach dolnej jury charakteryzuje się temperaturą w stropie serii rzędu 40–60°C (ryc. 2). Jest to wartość zbyt niska, aby można było produkować energię elektryczną. Według Lindala (1973) temperatura wód wykorzystywanych do tego celu powinna przekraczać 100°C. Jakkolwiek istnieją propozycje zagospodarowania wód termalnych o niższej temperaturze do produkcji energii elektrycznej, oparte na niskotemperaturowym obiegu Clausiusa-Rankina (Nowak i in., 2004), jednak ze względu na niską sprawność tego systemu nie zostały one uwzględnione w niniejszych analizach. Rozważono więc inne sposoby zagospodarowania zasobów wód termalnych zakumulowanych w skałach dolnojurajskiej.

Zasoby hydrogeotermalne północno-zachodniej Polski mogą znaleźć zastosowanie w ciepłownictwie, a także do chłodzenia, klimatyzacji, hodowli zwierząt, podgrzewania gleby, rekreacji, balneologii oraz topnienia lodu i śniegu.



Ryc. 5. Możliwości zagospodarowania zasobów wód termalnych według kryterium temperaturowego (Lindal, 1973)

Fig. 5. Possibilities of thermal water utilization according to temperature criteria (Lindal, 1973)

Wody o niższej temperaturze (poniżej 60°C) mogą być wykorzystywane do ogrzewania i chłodzenia dzięki zastosowaniu pomp ciepła. W celu zwiększenia efektywności wykorzystania zasobów geotermalnych dolnej jury proponuje się ich kaskadowe użycie. Po oddaniu ciepła wodzie sieciowej woda termalna może być wykorzystana do innych celów, np. do hodowli zwierząt czy upraw roślin w podgrzewanej glebie, a następnie w balneologii lub rekreacji.

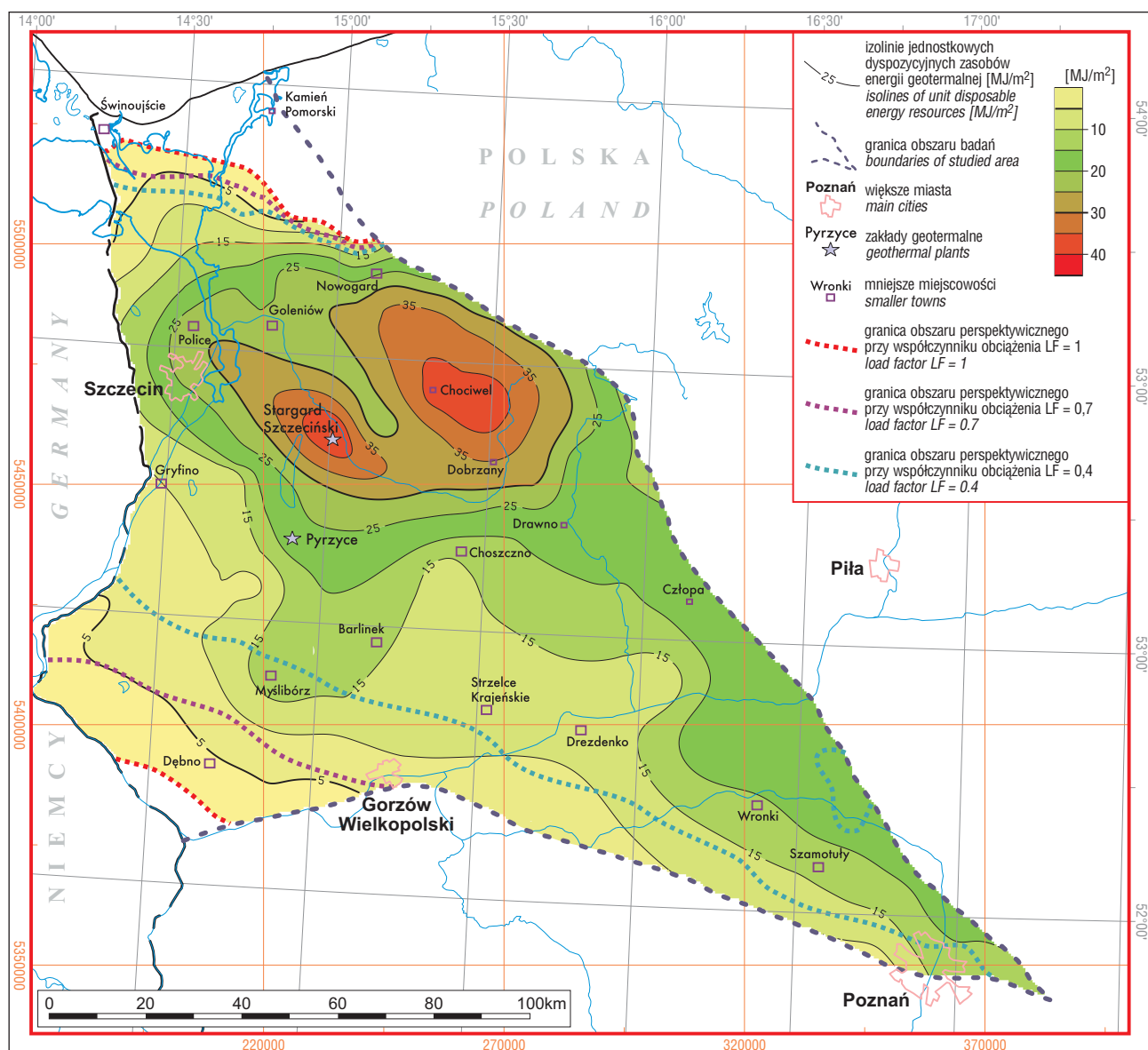
Możliwości zagospodarowania zasobów wód termalnych dolnej jury do celów ciepłowniczych. Wykorzystanie energii geotermalnej w celach ciepłowniczych jest zdeterminowane głównie przez takie parametry jak temperatura i wydajność. Ich weryfikacja została przeprowadzona podczas obliczania wielkości dolnojurajskich zasobów dyspozycyjnych niecki szczecińskiej. Z tego względu zasięg i wielkość tych zasobów wyznaczają obszary perspektywiczne lokalizacji ujęć wód dolnej jury.

Jakkolwiek zasoby dyspozycyjne energii geotermalnej zostały stwierdzone prawie na całym analizowanym obszarze, to strefy najbardziej perspektywiczne są skupione w części centralnej, gdzie w okolicach Stargardu Szczecińskiego, Dobrzana i Chociwła jednostkowe zasoby dyspozycyjne mają wartość ponad 35 MJ/m² (ryc. 6). Jako najbardziej obiecującą strefę budowy instalacji geotermalnych wskazano obszar zlokalizowany we wschodniej części rejonu badań. Strefa ta obejmuje swoim zasięgiem miasta: Dobra, Maszewo, Chociwel, Ińsko i Dobrzany. Na tym obszarze znajdują się struktury solne, co może wpływać korzystnie na występowanie wysokiej temperatury oraz na lokalne podniesienie stropu utworów jury dolnej. Temperatura w stropie skał dolnojurajskich w tym rejonie kształtuje się w przedziale 73–85°C. W okolicy miejscowości Dobra utwory dolnojurajskie zalegają bezpośrednio na wyniesionych osadach cechsztynu, co wpływa na zmniejszenie się głębokości ich zalegania oraz

mnijszą miąższość warstw wodonośnych. Prawdopodobnie temperatura w stropie warstwy, ze względu na płytsze zaleganie, jest niższa niż w strefach przyległych. Strop dolnej jury zalega na głębokości 2000–2500 m p.p.m., a w miejscach występowania struktur solnych znacznie płycej (1225 m p.p.m.).

Wyznaczony obszar charakteryzuje się wysokimi wartościami mineralizacji wód dolnej jury (75–125 g/dm³). Tak wysoka wartość tego parametru będzie czynnikiem powodującym intensywne procesy korozyjne i wytrącanie się związków chemicznych w otworze eksploatacyjnym oraz elementach powierzchniowej instalacji ciepłowniczej, dlatego podczas budowy instalacji geotermalnej należy przewidzieć rozwiązanie tego problemu. Wydajność dubletów geotermalnych na tym obszarze jest duża (ok. 300 m³/h).

Rozpatrując możliwości budowy instalacji geotermalnych, oprócz właściwości wód termalnych należy wziąć pod uwagę także uwarunkowania dotyczące lokalnego rynku ciepłowniczego. Miasta, w których instaluje się ciepłownie geotermalne, powinny mieć odpowiednich odbiorców ciepła, a ze względu na znaczną kapitałochłonność inwestycji geotermalnych lokalny rynek ciepłowniczy powinien być na tyle atrakcyjny, aby był zdolny do przyciągnięcia potencjalnych inwestorów (Górecki, 2006b). W wydzielonym zasięgu występowania maksymalnych dyspozycyjnych zasobów energii geotermalnej dolnej jury są zlokalizowane miejscowości, w których liczba odbiorców jest niewielka (największy Chociwel ma ok. 3300 mieszkańców). Z tego względu należy zwrócić uwagę na większe miasta, w których zasoby dyspozycyjne energii geotermalnej kształtują się na niższym poziomie 20–25 MJ/m² (ryc. 6). Do takich miast należą: Szczecin (ponad 400 000 mieszkańców), Police (prawie 35 000) i Nowogard (prawie 17 000 mieszkańców). Na obszarze tych miejscowości stwierdzono występowanie zasobów energii geotermalnej możliwej do prze-



Ryc. 6. Mapa jednostkowych zasobów dyspozycyjnych energii geotermalnej zbiornika dolnojurajskiego w północno-zachodniej Polsce
 Fig. 6. Map of unit disposable resources of Lower Jurassic aquifer in NW Poland

mysłowego wykorzystania, jednak należy pamiętać, iż oprócz uwarunkowań hydrogeotermalnych na opłacalność przedsięwzięcia geotermalnego wpływa wiele innych czynników (m.in. uwarunkowania ekonomiczne, zainteresowanie władz i społeczności lokalnej), których szczegółowa analiza jest niezbędna na etapie projektowania konkretnej instalacji geotermalnej.

Możliwości zagospodarowania wód dolnej jury do celów balneologicznych i rekreacyjnych. Przydatność wód termalnych do celów rekreacyjnych bądź leczniczych jest zdeterminowana głównie przez takie parametry jak temperatura i mineralizacja wody. Do warunków, jakie muszą być spełnione, aby wody termalne mogły być użytkowane do kąpiei balneologicznych i rekreacyjnych, należy również zaliczyć wydajność ujęcia wody, ciśnienie wody oraz głębokość występowania warstwy wodonośnej (Górecki, 1996). Minimalna wydajność wody termalnej z ujęcia, dostarczana dla jednego basenu rekreacyjnego,

powinna wynosić 3–5 m³/h (Paczyński & Płochniewski, 1996).

Wydajność otworów w jurze dolnej niecki szczecińskiej prawie na całym obszarze jest większa od 100 m³/h (ryc. 3), co oznacza, że jest wystarczająca do wykorzystania do kąpiei balneologicznych i rekreacyjnych. Przy założeniu, że ciśnienie wód jest wysokie i nie będzie trudności z wydobyciem wody z określonej głębokości, najistotniejszymi czynnikami są temperatura i mineralizacja.

Zgodnie z wymaganiami stawianymi wodom do kąpiei mineralizacja wody wykorzystywanej do celów rekreacyjnych nie może przekraczać 30 g/dm³ (w temperaturze 24–30°C), a do celów leczniczych 50 g/dm³ (w temperaturze 28–42°C) (Płochniewski, 1990; Rajchel, 2006; ryc. 7). Wyższa dopuszczalna temperatura i mineralizacja wody w basenach leczniczych niż w rekreacyjnych wynika stąd, że kąpiele lecznicze są bardziej bodźcowe i powinny odbywać się pod nadzorem lekarza, natomiast kąpiele rekreacyjne, ze względu na brak takiego nadzoru, nie powinny

wykazywać wysokiego poziomu bodźcowego (Płoch-niewski, 1990).

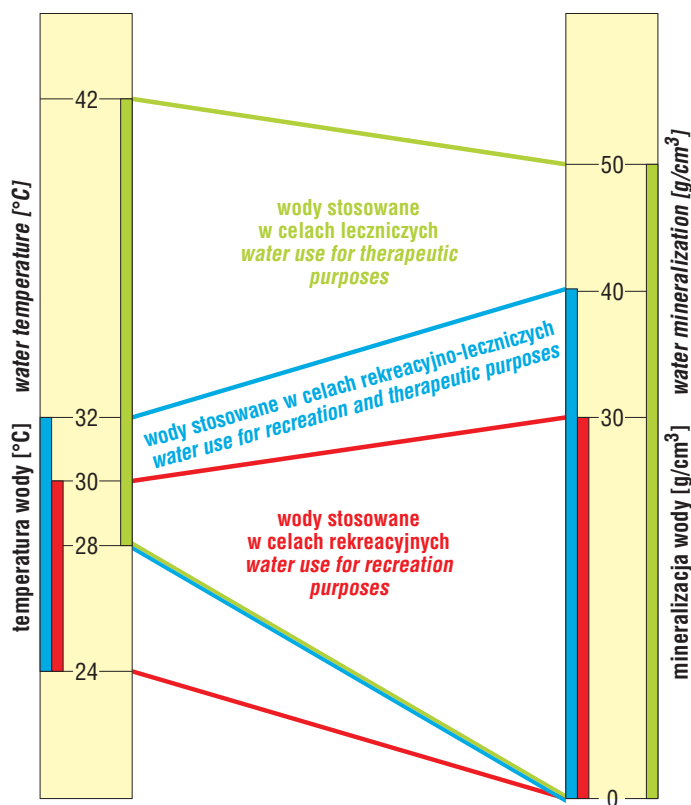
Spośród wód zakumulowanych w dolnojurajskiej serii wodonośnej najbardziej przydatne do celów balneologicznych są wody typu chlorkowo-sodowego, występujące najczęściej wśród analizowanych wód termalnych. Ich podstawowe działanie sprowadza się do procesów zachodzących w powierzchniowych warstwach skóry pod wpływem chlorku sodu i towarzyszących mu jonów, wpływających na obniżenie dolegliwości bólowych i ogólnej pobudliwości. Wody tego typu mogą być wykorzystane do kąpieli solankowych, kuracji pitnych lub inhalacji, które są wskazane w chorobach zarówno dorosłych, jak i dzieci (Kochański, 2002).

Ze względu na możliwość rozcieńczenia wód o wyższej mineralizacji niż podana w kryteriach (ryc. 7) przyjęto, iż do celów balneologicznych najodpowiedniejsze będą wody o mineralizacji nieprzekraczającej 50 g/dm^3 , natomiast wody o mineralizacji w przedziale $50\text{--}100 \text{ g/dm}^3$ będą stanowiły grupę o gorszych parametrach, jakkolwiek również korzystnych dla założonego celu. Do celów rekreacyjnych przyjęto, że najbardziej przydatne będą wody cechujące się mineralizacją poniżej 35 g/dm^3 , a wody o wyższej mineralizacji, nieprzekraczającej jednak 100 g/dm^3 , będą stanowiły grupę wód o korzystnych parametrach i mogą być wykorzystane w rekreacji. Wody o mineralizacji powyżej 100 g/dm^3 , znacznie utrudniającej ich użycie do opisywanych celów, zakwalifikowano jako nieprzydatne zarówno w celach rekreacyjnych, jak i leczniczych.

Przyjęte kryterium temperaturowe, charakteryzujące wody przydatne do celów rekreacyjnych i leczniczych, określa jedynie dolną graniczną temperaturę (30°C). Brak zdefiniowanej górnej granicy przydatności wód termalnych do tych celów wynika z propozycji kaskadowego zagospodarowania dolnojurajskich wód podziemnych. W zależności od temperatury wody na wypływie jest możliwe jej zagospodarowanie w celach innych niż balneologiczno-rekreacyjne i dopiero po oddaniu wymaganej ilości ciepła woda o odpowiedniej temperaturze może być stosowana w celach leczniczych bądź rekreacyjnych.

Przyjmując kryteria wód przydatnych do celów rekreacyjnych i leczniczych, oparto się na zasadach oceny wód zastosowanych przez Góreckiego (1996). W pracy tej stwierdzono, iż konieczność 2–4-krotnego rozcieńczenia powoduje, że wody nie można traktować jako surowca naturalnego, a poza tym jej walory termiczne mogą się okazać wówczas niewystarczające.

Inne sposoby wykorzystania wód dolnojurajskich niecki szczecińskiej. Występujące powszechnie na analizowanym obszarze wody typu chlorkowego o znacznej mineralizacji zawierają jod, który jest bardzo ceniony w balneologii (Górecki, 1996). Wody o znacznej zawartości jodu (jak również potasu i magnezu) mogą być wykorzystane również do innych celów, mianowicie do produkcji cenionych związków i pierwiastków chemicznych (Dzieniewicz, 1990) – odzyskiwanie potasu, magnezu, jodu, produkcja soli leczniczych i soli kosmetycznych.



Ryc. 7. Wymagania stawiane wodom stosowanym do kąpieli (Rajchel, 2006)

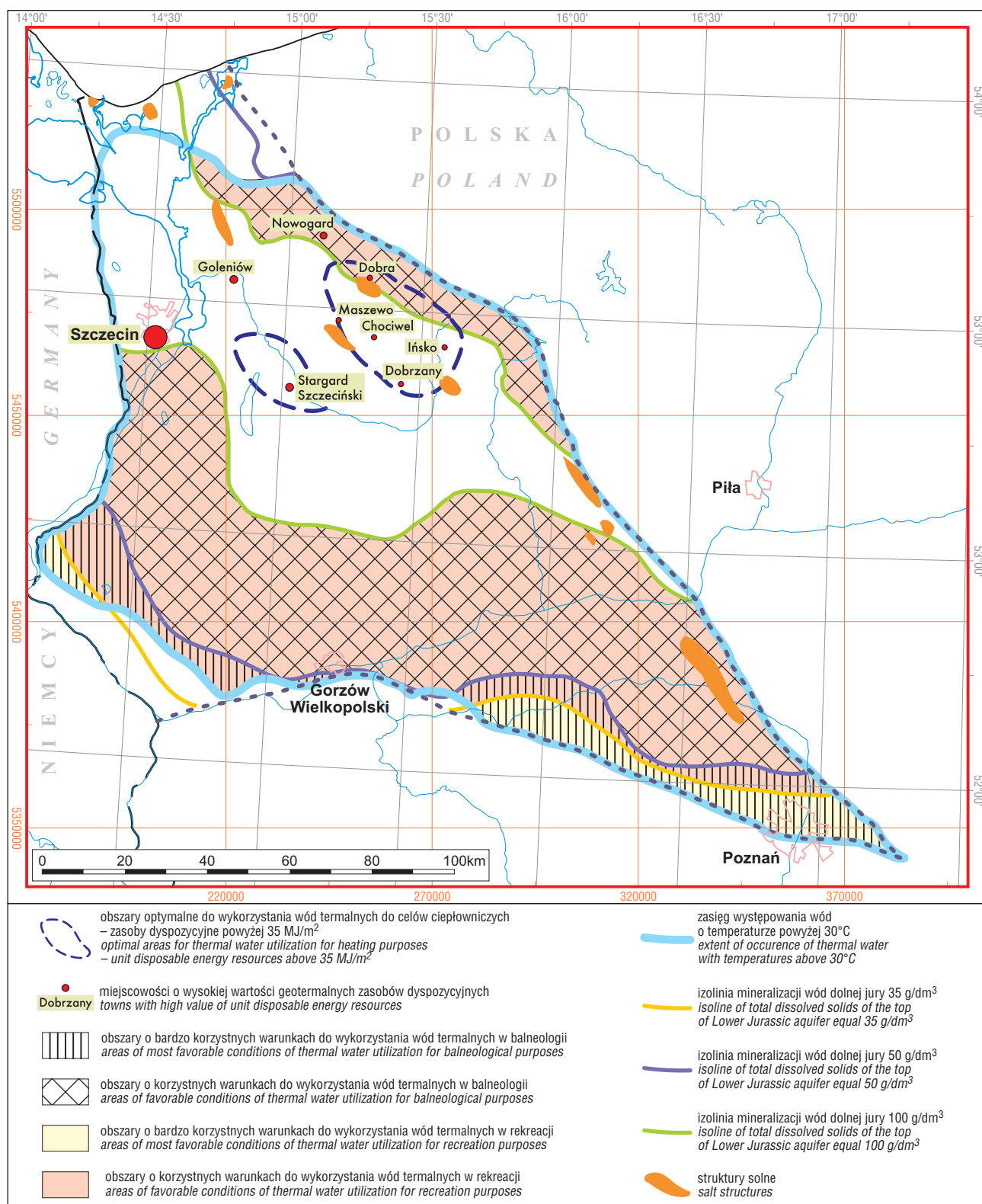
Fig. 7. Requirements specified for bathing waters (Rajchel, 2006)

Temperatura wód dolnojurajskich jest również odpowiednia do ogrzewania ciepłem geotermalnym upraw w szklarniach. Kolejny element kaskadowego wykorzystania energii geotermalnej mogą stanowić hodowle ryb. Takie zastosowania, oprócz korzyści ekonomicznych związanych ze sprzedażą produktów ze szklarni czy egzotycznych ryb, będą unikatowe w skali rejonu i mogą zostać wykorzystane do jego promocji. Z kolei procesy suszenia produktów rolnych, ze względu na stosunkowo wysoką temperaturę wymaganą do tego celu, nie są przewidywane na analizowanym obszarze.

Wpływ występowania struktur solnych na parametry wód podziemnych zakumulowanych w warstwach otaczających

Ze względu na fakt, iż wzdłuż niecki szczecińskiej ciągnie się strefa silnego oddziaływania tektoniki solnej (ryc. 8), podczas rozważania możliwości zagospodarowania wód termalnych zbiornika dolnojurajskiego należy zwrócić uwagę na obecność struktur solnych w strefach perspektywicznych.

Utwory solne charakteryzują się znacznie większą przewodnością cieplną niż pozostałe skały osadowe. Taka zwiększona przewodność cieplna soli kamiennej nie pozostaje bez wpływu na parametry termiczne skał otaczających. Przejawia się to zwiększoną gęstością strumienia cieplnego w obrębie samego wydajnego, a także skał otaczających, co znajduje bezpośrednie odzwierciedlenie w zwiększonej gęstości powierzchniowego strumienia cieplnego ponad wydajnym solnym (Lerche & O'Brien, 1987). Przekazywane do otoczenia ciepło skumulowane



Ryc. 8. Optymalne strefy wykorzystania wód i energii geotermalnej z formacji dolnojurańskiej w północno-zachodniej Polsce
Fig. 8. Optimal areas for use of Lower Jurassic geothermal resources in NW Poland

w strukturach solnych powoduje, że zróżnicowane litologicznie skały otoczenia cechuje wyższa temperatura niż podobne utwory zalegające na tej samej głębokości, ale występujące z dala od wysadów (Jarzyna, 2003).

Strefa silnego oddziaływania tektoniki solnej na obszarze niecki szczecińskiej nie pozostaje więc bez wpływu na właściwości termiczne obszaru. Zlokalizowane tu wysady solne, stanowiące atrakcyjne źródło energii, wpływają na

parametry termiczne utworów otaczających, złożonych ze skał osadowych mezozoiku. W tym świetle na uwagę zasługują warstwy mezozoiczne leżące ponad wysadami solnymi. W większości analizowanych przypadków są to skały jurajskie, zalegające bezpośrednio ponad strukturami solnymi (Człopa, Goleniów i Grzęzno), lokalnie także utwory triasu górnego (Drawno). Należy się zatem spodziewać w strefach występowania struktur solnych, a więc

wzdłuż wschodniego obrzeżenia niecki szczecińskiej, lokalnych dodatnich anomalii temperaturowych w warstwach jurajskich bądź też triasowych.

Tak jak w przypadku pola temperaturowego, także na wartość mineralizacji wód podziemnych niecki szczecińskiej wpływają struktury solne zlokalizowane we wschodniej i północnej części obszaru badań. Przeprowadzane na Kujawach badania wskazują na wyraźny wpływ struktury solnej na skały nadkładu, przejawiający się ich silnym zasoleniem (Prochazka, 1970). Wody o najwyższej mineralizacji nie występują bezpośrednio nad strukturą solną, lecz w niewielkiej odległości od niej (ok. 1 km), tworząc aureoleo geochemiczną nad złożem.

Jednakże lokalnie, w strefie oddziaływania tektoniki solnej, należy spodziewać się miejsc o anomalnie wysokich wartościach mineralizacji wód również w utworach zalegających powyżej wysadów solnych.

Podsumowanie

W efekcie przeprowadzonych analiz powstała mapa wskazująca optymalne strefy wykorzystania ciepła z dolnojurajskich wód termalnych (ryc. 8). Strefy występowania wód przydatnych do celów rekreacyjnych pokrywają się z obszarami, w których można zastosować wody podziemne w balneoterapii. Najodpowiedniejsze parametry, zarówno do celów rekreacyjnych, jak i leczniczych, charakteryzują wody termalne zakumulowane w utworach dolnojurajskich w południowej części niecki szczecińskiej, w okolicach Poznania. Mniej korzystne warunki, jednak wskazujące na przydatność wód dolnej jury do tych celów, występują w strefie rozciągającej się na południe od Szczecina oraz wzdłuż wschodniego obrzeżenia niecki szczecińskiej, gdzie mineralizacja wód nie przekracza 100 g/dm^3 , a temperatura jest wyższa od 30°C .

Podczas rozważania możliwości zagospodarowania dolnojurajskich wód termalnych należy zwrócić uwagę na obecność struktur solnych w strefach perspektywicznych. Fakt ten może wpływać na lokalne podniesienie wartości mineralizacji wód podziemnych. Wody stosowane w celach balneologicznych wymagają szczegółowej analizy składu chemicznego, aby określić zawartości składników swoistych, których obecność determinuje profil leczniczy. Skład chemiczny, a szczególnie duże stężenie ogólne rozpuszczonych składników mineralnych i obecność niektórych związków (np. siarki czy radonu), ograniczają możliwość wykorzystania wody termalnej w basenach ogólnodostępnych (Latour, 2008).

W strefie centralnej, gdzie utwory dolnojurajskie zalegają najgłębiej, ze względu na duże zasolenie wód podziemnych nie wskazano stref perspektywicznych do zagospodarowania zasobów termalnych dolnej jury w celach balneologicznych lub rekreacyjnych. Jest to natomiast obszar występowania wód o maksymalnej temperaturze, wskazującej na ich wysoką przydatność do celów ciepłowniczych. Optymalnej lokalizacji, umożliwiającej kaskadowe zagospodarowanie ciepła geotermalnego zbiornika dolnojurajskiego, należy więc szukać w strefie wschodniego obrzeżenia niecki szczecińskiej, gdzie stwierdzono obszary korzystne zarówno do celów ciepłowniczych, jak i rekreacyjno-leczniczych.

Praca naukowa została sfinansowana ze środków na naukę w latach 2007–2009 jako projekt badawczy promotorski; umowa nr 9004/B/T02/2007/33 z 29.10.2007 r. o wykonanie projektu badawczego promotorskiego Nr N N525 2347 33, umowa AGH nr 18.18.140.620.

Literatura

- DZIENIEWICZ M. 1990 – Możliwości wykorzystania wód geotermalnych jako surowca do produkcji jodu, bromu i innych pierwiastków. [W:] Możliwości wykorzystania wód geotermalnych w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem synklinorium mogileńsko-łódzkiego. Konferencja. Ślesin k. Konina, 26–27.10.1990 r. Wyd. AGH, Kraków: 265–290.
- GÓRECKI W. (red.) 1996 – Studium możliwości inwestycyjnych nad wykorzystaniem energii geotermalnej w zbiornikach dolnojurajskim i dolnokredowym w synklinorium mogileńsko-łódzkim na Niżu Polskim. Arch. ZSE AGH, Kraków.
- GÓRECKI W. (red.) 2006a – Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim. AGH, Kraków.
- GÓRECKI W. 2006b – Energia geotermalna energią przyszłości. Posiedzenie wyjazdowe komisji Rolnictwa i Ochrony Środowiska Senatu Rzeczypospolitej Polskiej, Kraków 26–27 października, 2006.
- JARZYNA J. 2003 – Własności cieplne skał wokół wysadów solnych. [W:] Bujakowski W. (red.) Termiczna charakterystyka górotworu w rejonie wysadów solnych. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- JASKOWIAK-SCHOENEICHOVA M. (red.) 1979 – Budowa geologiczna niecki szczecińskiej i bloku Gorzowa. Pr. Państw. Inst. Geol., 96.
- KOCHAŃSKI J.W. 2002 – Balneologia i hydroterapia. Wyd. AWF, Wrocław.
- LATOUR T. 2008 – Aktualny stan i dalsze możliwości wykorzystania w Polsce wód termalnych do celów leczniczych, profilaktycznych oraz rekreacji. [W:] Ogólnopolski Kongres Geotermalny „Geotermia w Polsce – doświadczenia, stan aktualny, perspektywy rozwoju”, Radziejowice, 17–19 października 2007 r. Tech. Poszuk. Geol., 46, 2: 63–67.
- LERCHE I. & O'BRIEN J.J. 1987 – Dynamical geology of salt and related structures. Academic Press.
- LINDAL B. 1973 – Industrial and other applications of geothermal energy, except power production and district heating. [In:] Amstead H.C.H. (ed.) Geothermal energy: review of research and development. Paris, UNESCO, LC, 72-97138: 135–148.
- MAREK S. & PAJCHŁOWA M. (red.) 1997 – Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. Pr. Państw. Inst. Geol., 153.
- NOWAK W., STACHEL A. & BORSUKIEWICZ-GOZDUR A. 2004 – Propozycje rozwiązań binarnych elektrowni geotermalnych małej mocy dla warunków Niżu Polskiego. [W:] Międzynarodowe Dni Geotermalne Polska 2004 – mat. konf. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków-Skopje.
- PACZYŃSKI B. & PŁOCHNIEWSKI Z. 1996 – Wody mineralne i lecznicze Polski. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- PŁOCHNIEWSKI Z. 1990 – Perspektywy zwiększenia eksploatacji wód termalnych do celów balneologicznych i rekreacyjnych. [W:] Możliwości wykorzystania wód geotermalnych w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem synklinorium mogileńsko-łódzkiego. Konferencja. Ślesin k. Konina, 26–27.10.1990 r. Wyd. AGH, Kraków: 209–215.
- PROCHAZKA K. 1970 – Wpływ wysadowych struktur solnych Kłoda-wy i Uścikowa na zasolenie skał nadkładu i wód studziennych (Kujawy). Wyd. Geol., Warszawa.
- RAJCHEL L. 2006 – Zastosowanie wód geotermalnych w balneoterapii i rekreacji. [W:] Górecki W. (red.) Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim. AGH, Kraków.
- SOWIŹDŹAŁ A. 2009 – Analiza geologiczna i ocena zasobów wód i energii geotermalnej formacji mezozoicznej niecki szczecińskiej. Arch. AGH, Kraków.
- SZCZEPAŃSKI A., HAŁADUS A. & HAJTO M. 2006 – Metodyka analizy podstawowych parametrów hydrogeologicznych zbiorników wód geotermalnych na Niżu Polskim. [W:] Górecki W. (red.) Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim. AGH, Kraków.

Praca wpłynęła do redakcji 19.03.2010 r.

Po recenzji akceptowano do druku 26.04.2010 r.