

Anna SOWIŹDZAŁ¹, Marek HAJTO¹, Bartosz PAPIERNIK¹, Kamil MITAN¹, Elżbieta HAŁAJ¹

MOŻLIWOŚCI ROZWOJU SEKTORA GEOTERMII W CENTRALNEJ POLSCE W ŚWIETLE POGŁĘBIONEJ ANALIZY STRUKTURALNO- PARAMETRYCZNEJ REJONU NIECKI MOGILEŃSKO-ŁÓDZKIEJ

STRESZCZENIE

Rejon niecki mogileńsko-łódzkiej jest, obok Podhala, jednym z najbardziej perspektywicznych rejonów w Polsce dla efektywnego zagospodarowania zasobów geotermalnych. Wykorzystanie energii geotermalnej w tym rejonie powinno w pierwszej kolejności być związane ze zbiornikami dolnojurajskim i dolnokredowym. Obecnie w Poddębicach i Uniejowie eksploatowane są wody zbiornika dolnokredowego. Na różnym etapie zaawansowania występują projekty wykorzystania potencjału energetycznego w rejonie niecki mogileńsko-łódzkiej, w tym w: Kole, Sochaczewie, Sieradzu, Aleksandrowie Łódzkim, Konstancynie Łódzkim, Łodzi. Istnieją również plany szerszego zagospodarowania wód geotermalnych w Poddębicach i Uniejowie. W celu określenia możliwości budowy nowych instalacji geotermalnych w rejonie niecki mogileńsko-łódzkiej wykonano analizę danych geologicznych oraz reinterpretację podstawowych parametrów hydrogeologicznych dolnokredowego i dolnojurajskiego zbiornika geotermalnego, w tym temperatur i mineralizacji wód oraz wydajności ujęć w obrębie analizowanych zbiorników geotermalnych. Skonstruowanie trójwymiarowego modelu geologiczno-parametrycznego obszaru badań wykonanego w programie Petrel umożliwiło określenie przestrzennego rozkładu analizowanych parametrów zbiornikowych. W efekcie tych działań dokonano obliczeń przewidywanej mocy cieplnej instalacji geotermalnych i wskazania miejsc perspektywicznych dla dalszego zagospodarowania zasobów geotermalnych w rejonie niecki. Większy potencjał energetyczny, wynikający głównie z wyższych temperatur wód geotermalnych, związany jest z wodami zbiornika dolnojurajskiego, jednak w przypadku ich wykorzystania należy mieć na uwadze wysoką mineralizację wód. Lokalizacje perspektywiczne dla wykorzystania wód geotermalnych poziomu dolnokredowego występują na znacznie mniejszym obszarze niż w przypadku zbiornika dolnojurajskiego. Wody tego zbiornika charakteryzują się niższą mineralizacją, ale także niższą temperaturą.

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Surowców Energetycznych, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.

SŁOWA KLUCZOWE

Energia geotermalna, niecka mogileńsko-lódzka, kreda dolna, jura dolna, analiza strukturalno-parametryczna

* * *

WPROWADZENIE

Niecka mogileńsko-lódzka, zlokalizowana jest w centralnej części Nizy Polskiego i obejmuje swym zasięgiem obszar około 18 tys. km², co stanowi około 6% powierzchni kraju. Wyniki dotychczasowych badań, potwierdzone szeregiem wierceń geotermalnych wskazują, że jest to jeden z najbardziej perspektywicznych rejonów dla szerokiego wykorzystania wód geotermalnych w Polsce. Regionalna analiza warunków geotermalnych w obrębie niecki mogileńsko-lódzkiej była przedmiotem wielu prac badawczych przeprowadzonych w ciągu ostatniej dekady, w tym m.in.: Górecki, Hajto red. i in. 2006a,b; Górecki i in. 2015; Bujakowski, Tomaszewska red. i in. 2016; Wójcicki, Sowizdżał, Bujakowski red. i in. 2014. W większości opracowań wykorzystano elementy kartografii cyfrowej, jednakże metody trójwymiarowego modelowania parametrycznego do oceny potencjału geotermalnego są wykonywane od niedawna. W rejonie niecki mogileńsko-lódzkiej wody geotermalne eksploatowane są w Uniejowie i Poddębicach, gdzie funkcjonują ciepłownie geotermalne, odpowiednio od 2006 i 2010 roku. W Uniejowie w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku nawiercono wody podziemne o temperaturze 68°C potwierdzając tym samym występowanie wód geotermalnych w obrębie utworów dolnokredowych. Kolejne otwory odwiercone w latach dziewięćdziesiątych XX wieku udokumentowały wody charakteryzujące się wydajnością rzędu 90 m³/h i temperaturą około 70°C (Sapińska-Śliwa 2011; Kępińska 2016). Obecnie zatwierdzone zasoby (wydajność) wynoszą 120 m³/h przy depresji 74,7 m. Wody geotermalne Poddębic udokumentowano w roku 2010, kiedy to wykonano otwór geotermalny Poddębice-GT-2. Temperatura wody na wypływie wynosiła 71°C (dla chwilowego przepływu wody około 300 m³/h), a woda charakteryzowała się niską mineralizacją wynoszącą 0,4 g/L (woda typu wodorowęglanowo-sodowo-krzemowo-wapniowego). Zatwierdzone zasoby eksploatacyjne wynoszą 252 m³/h (Kępińska i in. 2017), przy depresji 85,3 m. Obecnie (2017) woda geotermalna jest wykorzystywana do celów ciepłowniczych, rekreacji oraz, na ograniczoną skalę, do konsumpcji (pijalnia wód). W kilku innych miejscowościach istnieją projekty w różnych fazach ich realizacji. Wspomnieć tutaj należy Konin, gdzie z utworów dolnej jury zalegających z głębokości 2660 m uzyskano przyływ wysokozmineralizowanej solanki (150 g/L) o temperaturze 97,5°C i wysokiej wydajności 150 m³/h. Kolejne dwie miejscowości (Sieradz, Koło) uzyskały dofinansowanie projektów geotermalnych w ramach programu priorytetowego NFOŚiGW: „Poprawa jakości powietrza. Część 2) Zmniejszenie zużycia energii w budownictwie”, robiąc wielki krok w kierunku zagospodarowania wód podziem-

nych w swoim regionie. Plany rozwoju sektora geotermii mają też inne miejscowości m.in.: Aleksandrów Łódzki, Konstantynów Łódzki, Sochaczew oraz miasto Łódź. Przeprowadzone badania wskazują, że pomimo szeregu nowych przedsięwzięć wciąż istnieje duży, niewykorzystany potencjał geotermalny w tym regionie, co stwarza szansę na wykorzystanie tego ekologicznego źródła ciepła, jakim jest energia geotermalna. Szanse te dotyczą zarówno inwestorów instytucjonalnych, w tym gmin, jak i inwestorów prywatnych, z uwzględnieniem podmiotów zainteresowanych rządowym Programem M+ (Mieszkanie Plus).

1. MODELOWANIE STRUKTURALNO-PARAMETRYCZNE W REJONIE NIECKI MOGILEŃSKO-ŁÓDZKIEJ

W celu określenia potencjalnych miejsc dla lokalizacji nowych instalacji ciepłowniczych wykonano przestrzenne trójwymiarowe modele strukturalno-parametryczne na obszarze niecki mogileńsko-łódzkiej, a następnie dokonano oceny podstawowych parametrów hydrogeologicznych oraz geotermicznych w obrębie zbiorników dolnej kredy oraz dolnej jury wspomnianej struktury. Modelowania wykonano w programie Petrel znajdującym się w posiadaniu WGGiOŚ AGH dzięki umowie o wspieraniu prac naukowo-badawczych i dydaktycznych zawartej między Wydziałem Geologii Geofizyki i Ochrony Środowiska a firmą Schlumberger Information Solutions (umowa nr CTT-tt-4/2012).

Prace obejmowały budowę modelu strukturalnego, konstrukcję modeli: parametrów petrofizycznych – porowatości, przepuszczalności oraz gęstości objętościowej, a także budowę modelu geotermicznego niecki mogileńsko-łódzkiej.

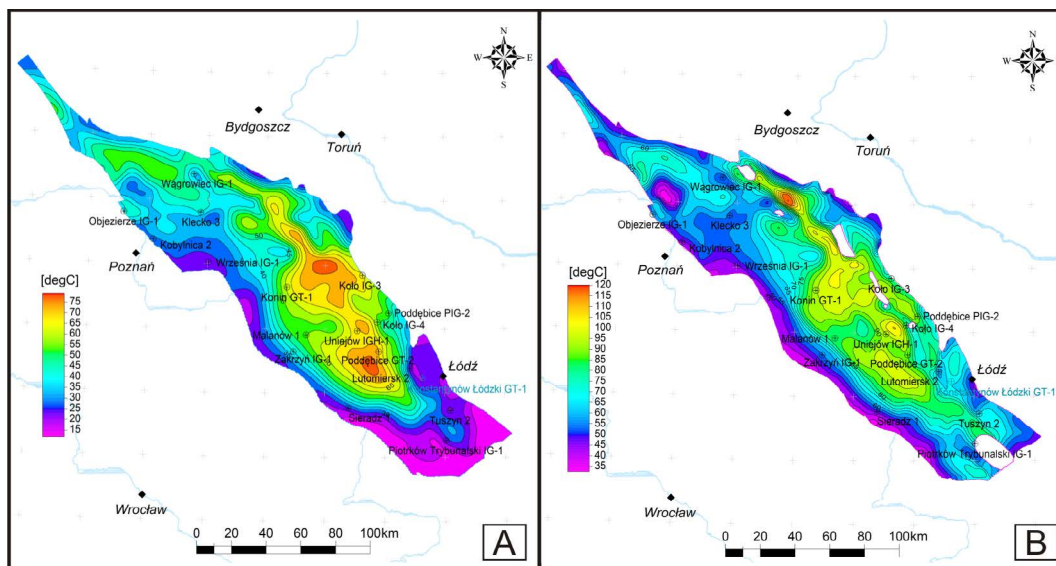
2. ROZKŁAD PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW HYDROGEOLOGICZNYCH W REJONIE NIECKI MOGILEŃSKO-ŁÓDZKIEJ

Bazując na wynikach modelowania strukturalno-parametrycznego oraz stosując klasyczne wzory i nazewnictwo używane w hydrogeologii ogólnej (m.in.: Paczyński i in. 1996; Pazdro i Kozerski 1990) dokonano oceny potencjalnej wydajności ujęć wód geotermalnych w rejonie niecki mogileńsko-łódzkiej. Dokonano także charakterystyki parametrów fizykochemicznych wód zbiornika dolnokredowego oraz dolnojurajskiego bazując na dostępnych wynikach analiz.

— Zbiornik dolnokredowy

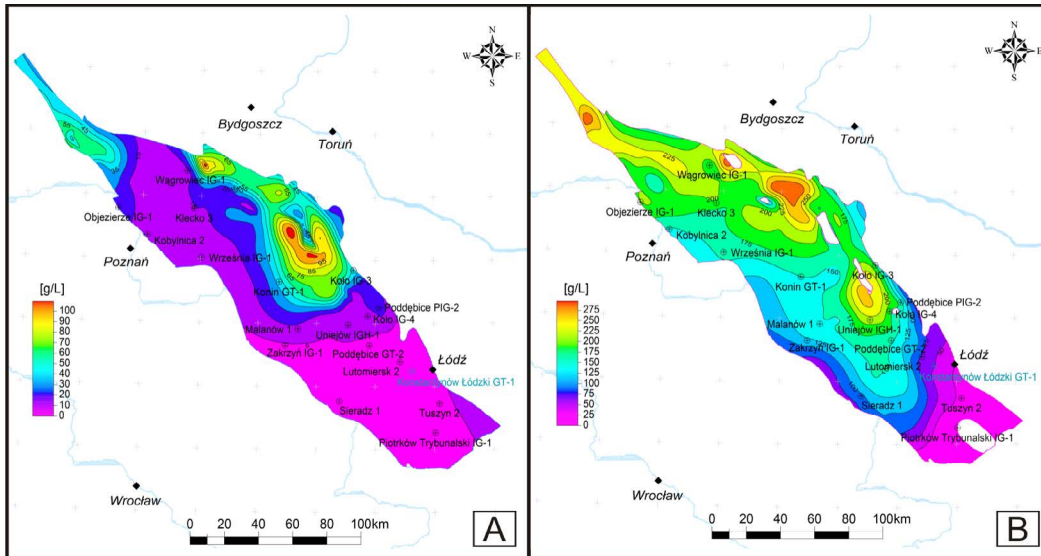
Strop utworów kredy dolnej zalega na głębokościach zmiennych w granicach od kilkudziesięciu m n.p.m. w strefach brzeżnych niecki, do ponad 2500 m p.p.m. w rejonie na północny-wschód od Konina. **Całkowita miąższość utworów dolnokredowych** zmienia się w granicach od kilku do około 600 m w centralnej i wschodniej części niecki mogileńsko-łódzkiej, lokalnie przekraczając nawet wartość 600 m. W części południowo-zachodniej miąższości utworów dolnej kredy nie przekraczają 300 m. Ogólny **rozkład sumarycznej**

miąższości warstw wodonośnych występujących w utworach dolnej kredy jest zbliżony do rozkładu całkowitej miąższości utworów tego wieku. Miąższość warstw wodonośnych stwierdzonych w profilu utworów dolnokredowych jest zmienna w granicach od kilku metrów w brzeżnej strefie niecki do około 400 m w strefie północno-wschodniej. Lokalnie we wschodniej części niecki można spodziewać się maksymalnych miąższości warstw wodonośnych nawet do ponad 600 m. **Temperatury** wód podziemnych w stropie analizowanego zbiornika pozostają funkcją głębokości występowania warstw wodonośnych. W strefach brzeżnych temperatura rzadko przekracza 40°C, rosnąc ku centralnym przegłębieniom struktury nieckowej do około 75°C, osiągając maksymalne wartości w rejonie na północno-wschód od Konina oraz na południowy zachód od Poddębic (rys. 1A). **Mineralizacja** wód zbiornika dolnokredowego jest zmienna w zakresie od ponad 0 do około 100 g/L. Wody o niskich mineralizacjach poniżej 2 g/L występują na bardzo dużym obszarze niecki, zwłaszcza w jej południowej części. Największe mineralizacje (kilkadziesiąt g/L, lokalnie >100 g/L) obserwuje się we wschodniej części niecki (rys. 2A). Jest to strefach dużych głębokości zalegania utworów kredy dolnej, w której występują wody typu Na–Ca–HCO₃, Na–Cl, Na–Cl–HCO₃ oraz Ca–Na–HCO₃. Mapa potencjalnych **wydajności** ujęć w zbiorniku kredy dolnej wskazuje jednoznacznie, że wydajności powyżej 50 m³/h należy się spodziewać jedynie w południowej i południowo-wschodniej części niecki. W obszarze centralnym oraz północnym wydajność spada poniżej tej wartości. Najwyższe wartości wydajności, nawet ponad 400 m³/h są spodziewane w rejonie Koła (rys. 3A). Silny wpływ tego parametru na przewidywane parametry instalacji geotermalnych widać na mapie **potencjalnej mocy**

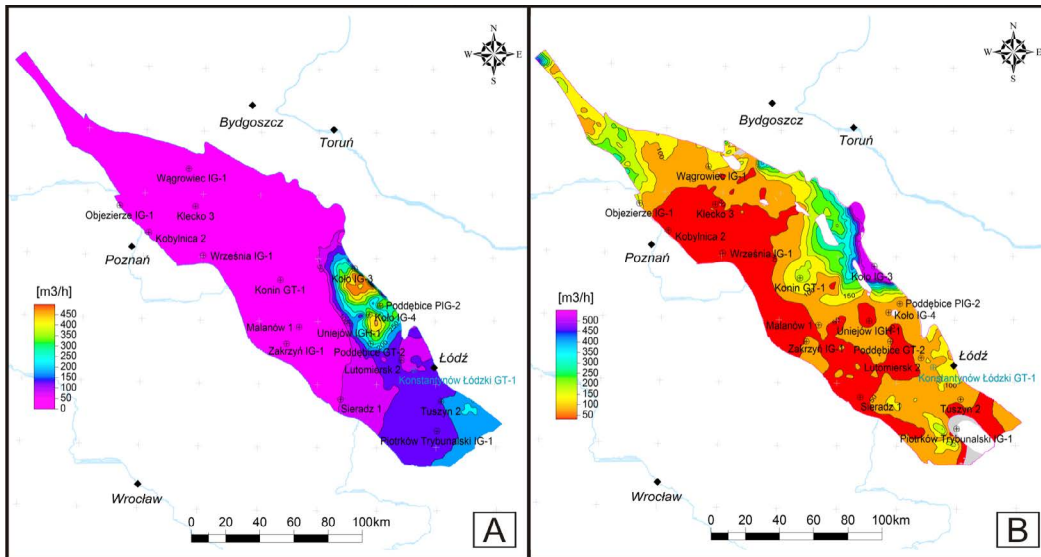


Rys. 1. Mapa rozkładu temperatur w stropie zbiorników geotermalnych A – kredy dolnej, B – jury dolnej

Fig. 1. Map of temperature distribution at the top of Lower Cretaceous (A) and Lower Jurassic (B) formations



Rys. 2. Mapa mineralizacji wód w stropie zbiorników geotermalnych A – kredy dolnej, B – jury dolnej
 Fig. 2. Map of the TDS at the top surface of Lower Cretaceous (A) and Lower Jurassic formations (B)



Rys. 3. Mapa potencjalnych wydajności ujęć w zbiorniku A – kredy dolnej, B – jury dolnej
 Fig. 3. Map of potential discharge of wells in the Lower Cretaceous (A) and Lower Jurassic reservoirs (B)

ciepłej instalacji geotermalnych w obrębie zbiornika dolnokredowego w rejonie niecki mogileńsko-łódzkiej. Na większości obszaru analiz potencjalne instalacje geotermalne nie będą przekraczać mocy 5 MW. Na uwagę zasługuje jednak rejon wschodni niecki, gdzie w strefie ciągnącej się od Poddębic na północ przewiduje się możliwość budowy instalacji geotermalnych o mocach cieplnych powyżej 5 MW, a maksymalnie nawet powyżej 20 MW.

— Zbiornik dolnojurański

Strop utworów dolnojurańskich zalega najgłębiej w osiowej części niecki (maks. ok. 3750 m p.p.m.) i wznosi się ku peryferyjnym częściom struktury nieckowej. Najpłytsze zaleganie utworów dolnojurańskich, rzędu 750 m p.p.m. widoczne jest wzdłuż południowo-zachodniego obrzeżenia niecki. Lokalnie, w południowej i wschodniej, części niecki mogileńsko-łódzkiej brak jest utworów dolnojurańskich. **Całkowita miąższość** utworów dolnojurańskich na większości analizowanego obszaru zmienia się w granicach od kilku do około 200–250 m. W granicach wału kujawskiego stwierdzono miąższości tych utworów dochodzące nawet do 900 m. Najniższe miąższości, poniżej 100 m występują w centralnej i południowej części niecki. Rozkład **miąższości utworów wodonośnych** zbiornika dolnej jury jest bardzo zbliżony do rozkładu miąższości całkowitej. Analogicznie – najmniejsze miąższości tych utworów (poniżej 100 m) występują w centralnej i południowej części niecki mogileńsko-łódzkiej, natomiast największe wartości miąższości efektywnych (maks. do ok. 850 m) obserwowane są w granicach wału kujawskiego. Rozkład **temperatur** w stropie utworów dolnojurańskich jest ściśle uzależniony od głębokości zalegania tych utworów. Najwyższe temperatury są rejestrowane w osiowej części niecki, gdzie lokalnie przekraczają 100°C. Z kolei w strefach brzeżnych niecki temperatury wód są rzędu 30–40°C (rys. 1B). Wartości **mineralizacji wód** zbiornika dolnojurańskiego są zdecydowanie większe niż dla wód zbiornika dolnej kredy. Maksymalne wartości mineralizacji występują w północnej i wschodniej części niecki, gdzie lokalnie przekraczają 250 g/L. W kierunku południowym wartości mineralizacji maleją, dochodząc do kilkunastu g/L. W południowej, krańcowej części wartość mineralizacji jest najmniejsza i nie przekracza kilku g/L (rys. 2B). W zdecydowanej większości to wody typu Na–Cl, sporadycznie spotykane są inne typy wód w tym Na–Mg–Cl, Ca–Na–Mg–Cl i in. Potencjalna **wydajność** otworów dla zbiornika dolnojurańskiego jest zmienna do kilkudziesięciu do nawet 500 m³/h. Widoczny jest znaczny wzrost wydajności w kierunku wschodnim, gdzie zaznacza się strefa wydajności powyżej 150 m³/h. Lokalnie takich wysokich wartości wydajności można się spodziewać także w części północnej obszaru, jakkolwiek największych wartości wydajności można oczekiwać we wschodniej części obszaru badań, zwłaszcza w okolicach Koła (nawet powyżej 400–500 m³/h) (rys. 3B).

Mapy temperatur, mineralizacji oraz wydajności zbiornika kredy dolnej oraz jury dolnej przedstawiają odpowiednio rysunki 1B, 2B i 3B. Uzyskane wartości parametrów geologicznych i hydrogeotermalnych zbiornika dolnokredowego i dolnojurańskiego zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Zestawienie parametrów geologicznych i hydrogeotermalnych zbiornika dolnokredowego i dolnojurskiego w rejonie niecki mogileńsko-lódzkiej

Table 1

Summary of geological and hydrogeological parameters of the Lower Cretaceous and Lower Jurassic reservoir in the region of the Mogilno-Lódź Trough

Zbiornik geotermalny	Głębokość zalegania stropu	Miąższość warstw wodonośnych	Mineralizacja wód	Temperatura w stropie zbiornika	Wydajność
	m n.p.m.	m	g/L	°C	m ³ /h
Kreda dolna	do ok. 2500	od kilku do ok. 400 (lokalnie do 600)	do ok. 100	do ok. 75	do ponad 400
Jura dolna	do ok. 3750	od kilku do ok. 200–250 (lokalnie ok. 850)	do ponad 250	do ponad 100	do ponad 500

3. ANALIZA UZYSKANYCH WYNIKÓW

Wyniki modelowania geologiczno-parametrycznego zbiornika dolnokredowego oraz dolnojurskiego przedstawiono w formie map wskazujących obszary perspektywiczne (gminy) dla zagospodarowania wód geotermalnych (rys. 4 i 5) oraz w formie tabel zawierających zestawienie przewidywanych parametrów hydrogeotermalnych w perspektywicznych rejonach niecki mogileńsko-lódzkiej (tab. 2 i 3).

Zestawione w tabelach wartości parametrów hydrogeotermalnych odnoszą się do środków geometrycznych gmin, w związku z powyższym, w celu prognozowania potencjału geotermalnego dla konkretnej lokalizacji, należy mieć na uwadze przestrzenną zmienność opisywanych parametrów w skali poszczególnych gmin. Dla uproszczenia analizy za perspektywiczne zostały uznane gminy, w których przewidywaną moc geotermalną ujęcia (ciepłowni geotermalnej), przy założonym schłodzeniu wód geotermalnych do 25°C, oszacowano na co najmniej 5 MW.

Moc cieplną instalacji geotermalnych określono wg następującego wzoru (Górecki, Hajto red. i in. 2006):

$$P = Q \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (T - T_z) \text{ [W]}$$

gdzie:

P – moc cieplna [MW],

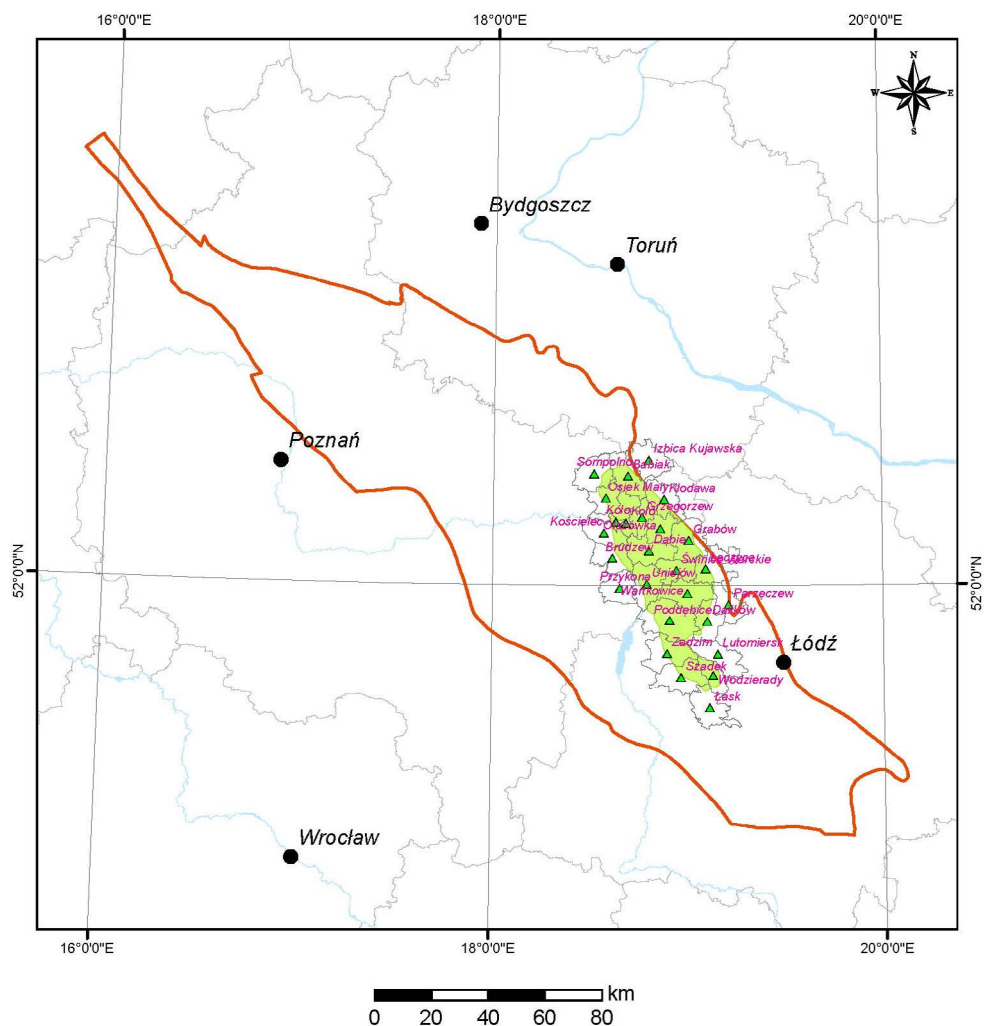
Q – nominalna wydajność eksploatacyjna wody geotermalnej [m³/s];

ρ_w – gęstość wody geotermalnej [kg/m³];

c_w – ciepło właściwe wody geotermalnej [J/kg°C];

T – temperatura eksploatowanej wody geotermalnej [°C];

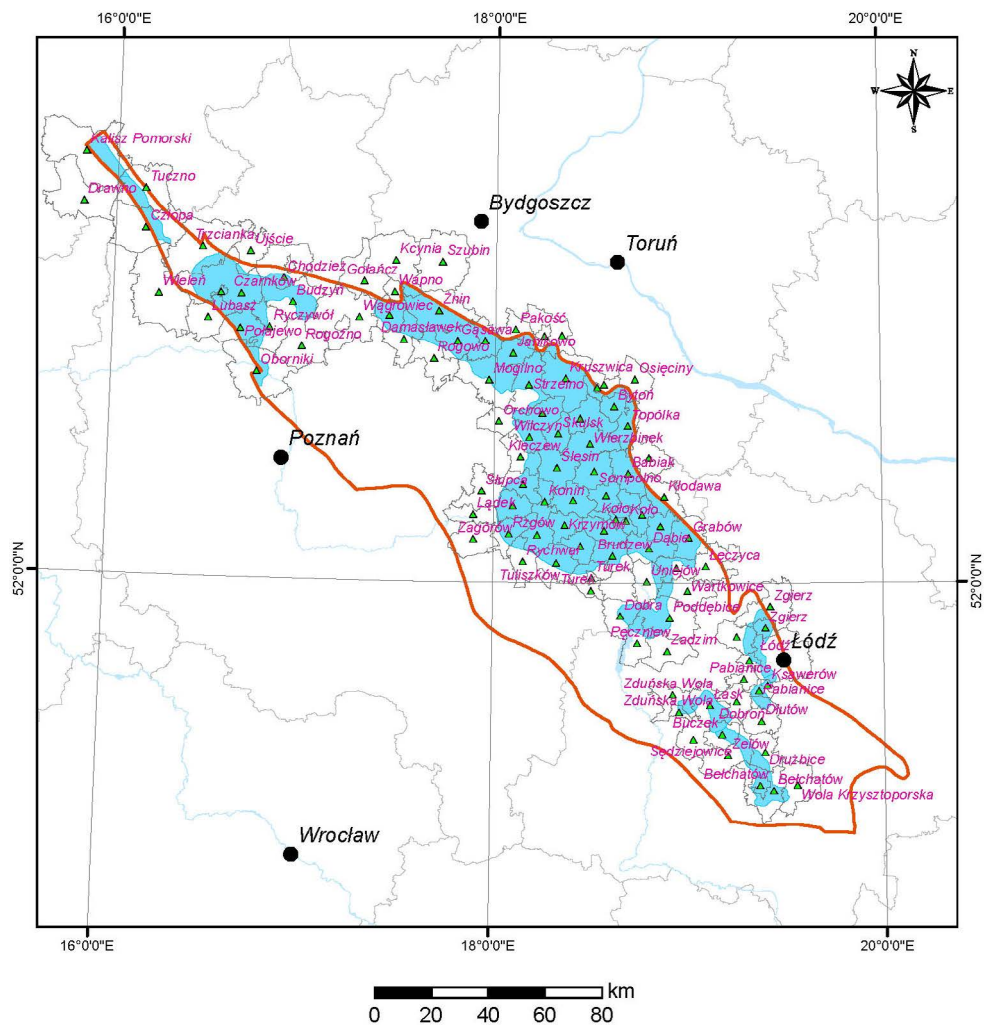
T_z – temperatura wody geotermalnej po odebraniu jej ciepła [°C] (przyjęto $T_z = 25^\circ\text{C}$).



Rys. 4. Obszary perspektywiczne (zaznaczone na zielono) dla zagospodarowania wód geotermalnych w rejonie niecki mogileńsko-łódzkiej w obrębie zbiornika kredy dolnej
 zielony trójkąt – środki geometryczne gmin, czerwona linie – granica niecki mogileńsko-łódzkiej

Fig. 4. Prospective areas (marked in green) for managing geothermal waters in the area of Mogilno-Lódź Trough within the Lower Cretaceous reservoir
 green triangle – geometric centres of the municipalities, red line – boundary of the Mogilno-Lódź Trough

Omówiony powyżej rozkład parametrów hydrogeotermalnych zbiornika dolnojurajskiego znajduje odzwierciedlenie w rozkładzie przewidywanych mocy cieplnych dla instalacji geotermalnych w regionie analiz. Na uwagę zasługuje zwłaszcza wschodnia część niecki mogileńsko-łódzkiej, gdzie podobnie jak dla zbiornika dolnokredowego, przewiduje się możliwość budowy instalacji geotermalnych o mocach powyżej 5 MW. Lokalnie takie strefy



Rys. 5. Obszary perspektywiczne (zaznaczone na niebiesko) dla zagospodarowania wód geotermalnych w rejonie niecki mogileńsko-lódzkiej w obrębie zbiornika dolnojurajskiego
 zielony trójkąt – środki geometryczne gmin, czerwona linie – granica niecki mogileńsko-lódzkiej

Fig. 5. Prospective areas (marked in blue) for managing geothermal waters in the area of Mogilno-Lódź Trough within the Lower Jurassic reservoir
 green triangle – geometric centres of the municipalities, red line – boundary of the Mogilno-Lódź Trough

zaznaczają się także w północnej oraz południowej części niecki, jakkolwiek ich zasięg jest zdecydowanie mniejszy niż w części wschodniej, a przewidywane moce nie przekraczają 15 MW. W najbardziej perspektywicznym regionie wschodnim można spodziewać się instalacji geotermalnych o mocach rzędu 10–30 MW, a lokalnie ponad 40 MW.

Tabela 2

Parametry hydrogeotermalne zbiornika kredy dolnej w lokalizacjach perspektywicznych

Table 2

Hydrogeothermal parameters of the Lower Cretaceous reservoir in prospective locations

Lp.	Nazwa gminy	Głębokość zalegania stropu	Miąższość warstw wodonośnych	Mineralizacja wód	Temperatura w stropie zbiornika	Wydajność	Moc cieplna ujęcia
		m n.p.m.	m	g/L	°C	m ³ /h	MW
1	Grzegorzew	-2 174	367	38	66	422	21
2	Olszówka	-2 100	274	18	62	446	21
3	Poddębice	-1 935	101	<1	73	181	10
4	Koło	-2 030	282	61	66	297	14
5	Dąbie	-1 669	208	13	57	362	12
6	Świnice Warckie	-1 533	174	10	54	345	10
7	Koło – miasto	-2 391	333	72	73	148	9
8	Grabów	-1 439	232	19	50	332	9
9	Wartkowice	-1 353	137	8	52	448	12
10	Babiak	-2 016	113	69	64	166	8
11	Osiek Mały	-2 287	273	78	73	116	7
12	Uniejów	-1 987	123	6	71	160	9
13	Łęczycza	-1 324	276	14	43	250	6
14	Zadzim	-2 163	122	<1	77	90	5
15	Dalików	-1 377	378	<1	51	168	5
16	Wodzierady	-1 947	143	<1	60	105	5

Tabela 3

Parametry hydrogeotermalne zbiornika dolnojurajskiego w lokalizacjach perspektywicznych

Table 3

Hydrogeothermal parameters of the Lower Jurassic reservoir in prospective locations

Lp.	Nazwa gminy	Głębokość zalegania stropu	Miąższość warstw wodonośnych	Mineralizacja wód	Temperatura w stropie zbiornika	Wydajność	Moc cieplna ujęcia
		m n.p.m.	m	g/L	°C	m ³ /h	MW
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Grzegorzew	-3271	231	238	94	540	50
2	Babiak	-2742	443	179	82	550	38
3	Olszówka	-3110	248	215	90	331	27
4	Skulsk	-3157	177	190	92	278	25
5	Osiek Mały	-2913	299	172	88	307	23

Tab. 3 cd.

Tab. 3 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Koło	-3 269	269	220	99	245	22
7	Sompolno	-3 493	274	172	101	230	21
8	Topólka	-1 717	758	133	59	508	21
9	Wierzbinek	-2 517	536	183	78	308	21
10	Ślesin	-2 928	293	186	97	220	19
11	Bytoń	-1 638	772	137	58	494	19
12	Kościelec	-2 975	177	198	98	203	18
13	Piotrków Kujawski	-2 229	503	193	70	264	17
14	Kramsk	-2 863	101	148	97	163	14
15	Konin	-2 704	86	157	99	142	12
16	Grabów	-2 894	717	123	85	153	11
17	Czarnków	-2 103	309	227	73	189	11
18	Kruszwica	-1 689	634	191	56	242	10
19	Połajewo	-1 924	220	185	71	185	10
20	Władysławów	-2 515	85	159	94	118	10
21	Golina	-2 042	121	151	83	132	9
22	Czarnków	-1 815	477	235	67	167	9
23	Kazimierz Biskupi	-2 059	79	170	84	113	8
24	Dąbie	-2 736	169	246	83	105	8
25	Wilczyn	-2 398	246	224	87	96	7
26	Brudzew	-2 524	126	215	89	87	7
27	Damasławek	-2 231	506	238	75	113	7
28	Bełchatów	-1 702	118	<1	64	155	7
29	Rzgów	-2 149	56	141	85	95	7
30	Stare Miasto	-2 536	53	146	95	111	7
31	Strzelno	-2 373	85	258	72	118	7
32	Krzymów	-2 688	33	146	98	73	6
33	Zgierz	-2 027	327	49	69	113	6
34	Tuliszków	-2 279	216	149	89	75	6
35	Chodzież	-1 543	362	182	58	139	6
36	Gąsawa	-2 979	89	225	90	66	5
37	Pabianice	-2 151	305	41	70	100	5
38	Budzyń	-2 143	319	221	74	86	5
39	Zduńska Wola	-1 618	102	128	64	108	5
40	Dobra	-2 697	105	165	92	63	5

WNIOSKI

1. W rejonie niecki mogileńsko-łódzkiej istnieje znaczący, niewykorzystany obecnie potencjał geotermalny.

2. Perspektywy budowy nowych instalacji ciepłowniczych związane są ze zbiornikami wód geotermalnych w utworach dolnej kredy i dolnej jury.

3. Analiza parametrów hydrogeotermalnych zbiornika dolnokredowego wskazała, że istnieją perspektywy budowy nowych instalacji geotermalnych o mocy powyżej 5 MW bazujących na wodach tego zbiornika na obszarze 16 gmin.

4. Analiza parametrów hydrogeotermalnych zbiornika dolnojurajskiego wykonana z wykorzystaniem programu Petrel wskazała, że istnieją perspektywy budowy nowych instalacji geotermalnych o mocy powyżej 5 MW bazujących na wodach tego zbiornika na obszarze 40 gmin.

5. Najbardziej korzystne warunki dla zagospodarowania wód geotermalnych zbiornika kredy dolnej w rejonie niecki mogileńsko-łódzkiej występują w obrębie gmin: Grzegorzew, Olszówka, Poddębice, Koło, Dąbie, Świnice Warckie, miasto Koło, Grabów, Wartkowice, Babiak, Osiek Mały, Uniejów, Łęczycza, Zadzim, Dalików, Wodzierady. Dla pierwszych sześciu gmin przewiduje się możliwość budowy instalacji geotermalnych o mocach przekraczających 10 MW (w tej grupie znajduje się także gmina Poddębice, gdzie obecnie funkcjonuje ciepłownia geotermalna o mocy 10 MW), dalsze 10 gmin posiada zasoby geotermalne dla budowy instalacji o mocach rzędu 5–10 MW.

6. Najbardziej korzystne warunki dla zagospodarowania wód geotermalnych zbiornika jury dolnej w rejonie niecki mogileńsko-łódzkiej występują w obrębie gmin: Grzegorzew, Babiak, Olszówka, Skulsk, Osiek Mały, Koło, Sompolno, Topólka, Wierzbinek, Ślesin, Bytów, Kościelec, Piotrków Kujawski, Kramsk, Konin, Grabów, Czarnków, Kruszwica, Połajewo. Dla wymienionych 19 gmin istnieje możliwość budowy instalacji geotermalnych o mocach powyżej 10 MW. Kolejne 21 gmin dysponuje potencjałem do budowy instalacji geotermalnych rzędu 5–10 MW.

7. Większy potencjał energetyczny związany jest z wodami geotermalnymi zbiornika dolnojurajskiego, jednak w przypadku ich wykorzystania należy mieć na uwadze wysoką mineralizację wód, który to parametr przekłada się na konieczność zastosowania dwuotworowych systemów eksploatacji wód, na które składa się otwór wydobywczy i zatłaczający.


Iceland
Liechtenstein
Norway grants

Artykuł opracowano i opublikowano w ramach Projektu EOG „Energia geotermalna – podstawa niskoemisyjnego ciepłownictwa, poprawy warunków życia i zrównoważonego rozwoju – wstępne studia dla wybranych obszarów w Polsce” dofinansowanego ze środków Mechanizmu Finansowego EOG 2009–2014 w ramach Funduszu

Współpracy Dwustronnej na poziomie Programu PL04 „Oszczędzanie energii i promowanie odnawialnych źródeł energii” (Umowa nr 173/2017/Wn50/OA-XN-05/D). Realizatorzy Projektu: Konsorcjum Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN (beneficjent), AGH Akademii Górniczo-Hutniczej im. S. Staszica w Krakowie i Politechniki Wrocławskiej we współpracy z partnerami z krajów Darczyńców: National Energy Authority (Islandia) oraz Christian Michelsen Research AS (Norwegia), a także z zespołem Europejskiej Rady Energii Geotermalnej, ekspertami i przedstawicielami wybranych miast: Konstancyna Łódzkiego, Poddębice, Sochaczewa, Łąka-Zdroju.

LITERATURA

- Bujakowski, W., Tomaszewska, B. (eds.) et al. 2014. *Atlas of the possible use of geothermal waters for combined production of electricity and heat using binary system in Poland* Kraków: MEERI PAS, 305 s.
- Górecki i in. 2015 – Górecki, W., Sowizdzał, A., Hajto, M. i Wachowicz-Pyzik, A. 2015. Atlases of geothermal waters and energy resources in Poland. *Environmental Earth Sciences* 74 (12), s. 7487–7495.
- Górecki, W., Hajto, M. red. i in. 2006a. *Atlas zasobów geotermalnych na Niżu Polskim – formacje mezozoiku*. Kraków.
- Górecki, W., Hajto, M. red. i in. 2006b. *Atlas zasobów geotermalnych na Niżu Polskim – formacje paleozoiku*. Kraków.
- Kępińska, B. 2016. Przegląd stanu wykorzystania energii geotermalnej na świecie i w Europie w latach 2013–2015. *Technika Poszukiwań Geologicznych Geotermia, Zrównoważony Rozwój* R. 55, z. 1.
- Kępińska i in. 2017 – Kępińska, B., Pająk, L., Bujakowski, W., Kasztelewicz, A., Hajto, M., Sowizdzał, A., Pétursson, B., Tulinius, H., Thorgilsson, G., Einarsson, Ó.P, Karska, A. i Peraj, A. 2017. Geothermal utilization potential in Poland – the town of Poddębice. *Technika Poszukiwań Geologicznych Geotermia, Zrównoważony Rozwój* R. 56, z. 1, s. 3–21.
- Paczyński i in. 1996 – Paczyński, B., Macioszczyk, T., Kazimierski, B. i Mitręga, D. 1996. *Ustalenie dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych – poradnik metodyczny*. Warszawa: Wyd. TRIO.
- Pazdro, Z. i Kozerski B. 1990. *Hydrogeologia ogólna*. Warszawa: Wyd. Geol.
- Sapińska-Śliwa, A. 2011. Wody termalne Uniejowa w świetle interpretacji wskaźników hydrochemicznych. *Wiertnictwo Nafta Gaz* t. 28, z 1–2, s. 359–369.
- Wójcicki, A., Sowizdzał, A., Bujakowski, W. red. i in. 2013. *Ocena potencjału, bilansu cieplnego i perspektywicznych struktur geologicznych dla potrzeb zamkniętych systemów geotermicznych (Hot Dry Rocks) w Polsce*. Warszawa: Ministerstwo Środowiska, 246 s.

POSSIBILITIES OF GEOTHERMAL SECTOR DEVELOPMENT IN CENTRAL POLAND IN REFERENCE TO EXTENDED STRUCTURAL AND PARAMETRICAL ANALYSIS OF MOGILNO-ŁÓDŹ TROUGH

ABSTRACT

The area of Mogilno-Łódź Trough is, next to Podhale, one of the most prospective areas in Poland for effective management of geothermal resources. The use of geothermal energy in this region should be, first of all, related to Lower Jurassic and Lower Cretaceous reservoirs. At present, the reservoir waters are exploited successfully – in Poddębice and Uniejów – Lower Cretaceous. Projects of using the energy potential of waters from the Lower Jurassic reservoir (Koło, Sochaczew, Sieradz, Aleksandrów Łódzki, Konstantynów Łódzki, Łódź) are at different stages of development. In order to identify the possibilities of setting up new geothermal installations in the area of the Mogilno-Łódź Trough, the analysis of geological and hydrogeothermal parameters for a Lower Cretaceous and Lower Jurassic geothermal reservoir was conducted on the basis of the analysis of archival materials, research works, geological designs and an inventory of operational parameters of already existing geothermal installations. Hydrogeological and geothermal parameters were evaluated, including an estimation of water temperatures and mineralisation, as well as probable discharge of geothermal wells. The construction of a 3D geological-parametric model of the study area, made using Petrel software, enabled the spatial distribution of parameters being analysed, and next, the evaluation of geothermal resources in the Lower Cretaceous and Lower Jurassic reservoirs. As a result of those activities, the thermal power of the geothermal installations was calculated and prospective locations for further utilization (usage) of the geothermal resources were indicated. Considerable energy potential relates to geothermal waters of the Lower Jurassic reservoir, however, if they are used, high TDS should be taken into consideration. Thus a two wells (doublet) system will be advisable. Locations prospective for the use of geothermal waters from the Lower Cretaceous aquifer occur at limited area unlike the Lower Jurassic reservoir. Waters of that reservoir are characterised by a lower mineralisation, but also a lower temperature.

KEYWORDS

Geothermal energy, Mogilno-Łódź Trough, Lower Cretaceous, Lower Jurassic, structural-parametric analysis



The paper was prepared and published as part of the EEA Project on “Geothermal energy – a basis for low-emission heating, improving living conditions and sustainable development – preliminary studies for selected areas in Poland,” co-funded by the Financial Mechanism of the European Economic Area (EEA) 2009–2014, as part of the Bilateral Co-operation Fund, at the Level of PL04 Programme “Energy Saving and the Promotion of Renewable Energy Sources” (Agreement No. 173/2017/Wn50/OA-XN-05/D). Project performers: The Consortium

of The Mineral and Energy Economy Research Institute of the Polish Academy of Sciences (Beneficiary), The AGH University of Science and Technology in Kraków, and The Wrocław University of Science and Technology, in co-operation with the Partners from the Donor countries: The National Energy Authority (Iceland) and the Christian Michelsen Research AS (Norway). The Project performers were also European Geothermal Energy Council, experts and representatives of selected towns: Konstantynów Łódzki, Poddębice, Sochaczew, Łądek-Zdrój.

