

*Mariusz Grabda, Czesława Rosik-Dulewska  
Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze*

## **Energetyka geotermalna na świecie i w Polsce — stan obecny i możliwości rozwoju**

### **Wstęp**

Przez energię geotermalną rozumie się naturalne ciepło Ziemi zakumulowane w skałach i wodach wypełniających skały i szczeliny skalne uszczelnione od góry skałami o mniejszej przepuszczalności, porowatości i przewodności cieplnej. Energia ta jest praktycznie niewyczerpalna i przenoszona jest z wnętrza Ziemi (gdzie występują temperatury ponad 500°C) na powierzchnię skorupy ziemskiej. Najnowsze badania dokonują szacunku wielkości tych zasobów ciepła zawartego w interwale do głębokości 10 km, uznając je za ogromne, odpowiadające wielkości  $3 \cdot 10^{23}$  Mg węgla kamiennego. Obszary predysponowane do występowania energii geotermalnej związane są z obszarami współczesnej aktywności sejsmicznej i wulkanicznej najmłodszych faz orogenicznych, chociaż nie wyklucza się lokalnego występowania takich stref w obrębie starych płyt kontynentalnych [20].

Podstawowym nośnikiem energii cieplnej Ziemi są wody geotermalne. Stanowią one w większości solanki o różnym stopniu mineralizacji (od 2% do 30% soli), rzadziej wody słodkie, lub o niewielkiej mineralizacji.

Obecnie w świecie wykorzystuje się dwa rodzaje energii geotermalnej:

- a) energię zawartą w przegrzanej parze wodnej o temperaturze większej od 130°C, znajduje zastosowanie głównie do napędu turbin w elektrowniach geotermalnych, do produkcji energii elektrycznej;
- b) energię zawartą w wodach geotermalnych niskotemperaturowych (20°–35°C), średniotemperaturowych (35°–80°C), wysokotemperaturowych (80°–100°C) i bardzo wysokotemperaturowych (100°–150°C). Wody te wykorzystuje się jako bezpośrednie nośniki energii dla różnych celów [20].

Zasoby i rezerwy wód geotermalnych o temp. większej od 150°C skoncentrowane są jedynie w kilku częściach globu. Są to:

- tzw. pas ognia, strefy przybrzeżne i wyspy otaczające Ocean Spokojny;
- południkowy pas podmorski ("grzbiet środkowoatlantycki"), który dzieli dno Oceanu Atlantyckiego na 2 sektory,
- łańcuch alpejsko-himalajski,

- prawie cała Afryka Wschodnia i zachodnia część Półwyspu Arabskiego,
- środkowa część kontynentu Azji,
- kilka grup wysp na środkowym i południowym Pacyfiku (Hawaje, Samoa Zachodnia, Fidzi itd.).

Zasoby wód geotermalnych o niższej entalpii występują w różnym nasileniu na całym świecie. W Europie potencjał wód geotermalnych jest rzędu  $55 \cdot 10^{19}$  J, jeśli chodzi o zasoby, i  $6 \cdot 10^{19}$  J — w przypadku rezerw [4].

Umiejętność wykorzystywania wód geotermalnych sięga czasów antycznych. Narody basenu Morza Śródziemnego: Kreteńczycy, Fenicjanie, a w szczególności Etruskowie, już na kilka wieków przed powstaniem Państwa Rzymskiego używali ciepłych wód geotermalnych do przygotowywania posiłków, kąpieli (w tym kąpieli leczniczych). Z wód tych pozyskiwano również pierwiastki i związki chemiczne (Na, S, B, FeO, kaolin) używane w dalszym etapie do wytwarzania leków, kosmetyków, w produkcji i barwieniu szkła, rozjaśnianiu i barwieniu wełny, przy produkcji barwników, emalii, wyrobów garncarskich. Umiejętności te przejęli z czasem Rzymianie [3].

Za kolebkę geotermii uznane jest jednak miasto Lardello, w Toskanii, gdzie w 1904 roku książę Piero Ginori Conti przeprowadził pierwszy w świecie eksperyment uzyskania energii elektrycznej z płynów geotermalnych dla zapalenia 5 żarówek [21].

## **Kierunki i możliwości wykorzystania wód geotermalnych**

Możliwości wykorzystania wód geotermalnych są bardzo szerokie. Produkcja elektryczności jest ograniczona do względnie małych obszarów, głównie w terenach wulkanicznych, gdzie możliwe jest pozyskiwanie cieczy o temp. powyżej  $130^{\circ}\text{C}$ . W 1992 roku zainstalowana moc na świecie wynosiła  $6300 \text{ MW}_e$  (elektrycznych) i przypadała na 21 państw [9]. Najwięksi producenci (dane z 1995 r.) energii elektrycznej z wód geotermalnych to: Stany Zjednoczone AP ( $2816,7 \text{ MW}_e$  zainstalowanej mocy), Filipiny ( $1227 \text{ MW}_e$ ), Meksyk ( $753 \text{ MW}_e$ ), Włochy ( $631,7 \text{ MW}_e$ ), Japonia ( $413,705 \text{ MW}_e$ ), Indonezja ( $309,75 \text{ MW}_e$ ), Nowa Zelandia ( $286 \text{ MW}_e$ ) i Salwador ( $105 \text{ MW}_e$ ) [13].

Energia geotermalna w bilansie całkowitej światowej produkcji energii spełniać może tylko rolę źródła uzupełniającego. Niemniej jednak w specyficznych przypadkach, szczególnie w małych państwach (Salwador, Nikaragua) i niektórych krajach rozwijających się (Filipiny, Indonezja, Kenia, Meksyk), energia elektryczna uzyskana z generowanych wód geotermalnych może osiągnąć duże znaczenie w bilansach energetycznych tych krajów [20].

Bezpośrednie zastosowanie energii geotermalnej jest możliwe w większej liczbie rejonów, w większości miejsc na świecie, ponieważ występują w nich cieczy geotermalne w zakresie temperatur od kilku stopni powyżej temperatury otoczenia aż do

najgorętszych (ponad 300°C). Bezpośrednie zastosowanie jest obecnie praktykowane przemysłowo, włączając wszystkie rodzaje płukania i suszenia organicznych i nieorganicznych surowców, procesy odparowywania w przemyśle chemicznym, przetwórstwo rolno-spożywcze, w hodowli ryb, w uprawach szklarniowych, do podgrzewania gleby, topnienia śniegu, w ogrzewaniu i napełnianiu basenów kąpielowych, w balneologii i nie mniej ważne — w ogrzewaniu budynków. Geotermia może być także wykorzystana do ochładzania domów i klimatyzacji [9].

Wszędzie, gdzie gorący lub ciepły nośnik grzewczy jest potrzebny, wody lub pary geotermalne mogą być użyte. Sposób wykorzystania wód geotermalnych zależy od ich temperatury. Wody o temperaturze 10–15°C mogą posłużyć do nawadniania (nie w przypadku wód o wysokiej mineralizacji), nawadniania ciepłą wodą (ok. 20°C, w przypadku upraw warzyw i kwiatów pod osłonami) [26], hodowli ryb (powyżej 20°C), dostarczanie ciepłej wody dla górnictwa w klimacie chłodnym (30°C), ogrzewania basenów kąpielowych, procesów fermentacji, biodegradacji (30–40°C), balneologii (kąpiele lecznicze, 40–50°C), uprawy grzybów (50°C), hodowli zwierząt, upraw roślin w szklarniach (60°C), ogrzewania pomieszczeń mieszkalnych (35–80°C), suszenia ryb i płodów rolnych (90–110°C), do konserwacji żywności (140°C) [20] oraz ogrzewania gleby w uprawach otwartych, czy termicznej dezynfekcji gleb i podłoży ogrodniczych [26].

Najbardziej ekonomicznym i ekologicznym rozwiązaniem jest kaskadowe pozyskiwanie ciepła z wód geotermalnych w kilku etapach, poczynając od tych, które wymagają wyższych temperatur (np. ogrzewanie domów), poprzez ogrzewanie basenów hodowlanych dla ryb, ogrzewanie upraw warzywnych pod osłonami, a kończąc na wykorzystaniu jej do celów rekreacyjnych (baseny kąpielowe) i nawadnianiu.

Obecnie bezpośrednio wykorzystanie energii geotermalnej jest znane w ok. 40 krajach, z czego w 14 z mocą zainstalowaną większą niż 100 MW<sub>t</sub> (termicznych). Japonia, Węgry, Islandia, Rosja — to kraje tradycyjnie już wykorzystujące ciepło geotermalne. Francuzi przewidują znaczny wzrost pokrycia zapotrzebowania energetycznego kraju poprzez wykorzystanie wód geotermalnych. Również Chiny i Turcja koncentrują znaczne środki finansowe na rozwój bezpośredniego wykorzystania energii geotermalnej [20].

## **Kierunki i wykorzystanie energii geotermalnej w Europie Zachodniej**

---

Unia Europejska wspiera finansowo program Thermie, obejmujący m.in. rozwój energetyki geotermalnej w krajach członkowskich Unii. Program powstał w 1990 r. W ciągu czterech lat zaakceptowano 123 projekty instalacji geotermalnych. Największa ich liczba przypada na Francję (38 projektów), Włochy (28), Niemcy (18), Hiszpanię (10). Wsparcie Unii dotyczy projektów, w których energia geotermalna

będzie pozyskiwana do ogrzewania budynków przemysłowych i publicznych, przygotowania ciepłej wody użytkowej (42 projekty), ogrzewania szklarni (16) i terenów rolniczych (upraw w gruncie), hodowli ryb (6), produkcji elektryczności (13) oraz mających zastosowanie w procesach przemysłowych (20). 26 projektów obejmuje połączone użytkowanie wód geotermalnych, np. dla celów grzewczych i przemysłowych [43].

Ogromne możliwości eksploataowania wód geotermalnych znajdują się we Francji, w rejonie Paryża, gdzie obecnie uruchomionych jest już 50 dubletów geotermalnych (moc zainstalowana ok. 300 MW<sub>t</sub>) [43]. Dwa sąsiadujące podparyskie miasta: Chevilly-Larue i L'Hayles-Roses ogrzewane są energią geotermalną (13 tys. ekwiwalentnych jednostek mieszkalnych) [14]. Korzystając z wód geotermalnych, Francja oszczędza 240 000 Mg o.e. rocznie (ekwiwalent w Mg ropy naftowej) [43].

We Włoszech, w miejscowości Rodigo (prowincja Mantova), istnieje instalacja geotermalna obejmująca 21 tys. km<sup>2</sup>. W jej skład wchodzi suszarnie pasz i zbóż, szklarnie, baseny do hodowli ryb, magazyny oraz pomieszczenia obsługi i administracji. Woda geotermalna bezpośrednio z otworu doprowadzana jest dla odpowiedniego wykorzystania zależnie od pory roku — w okresie zimowym do szklarni, pomieszczeń obsługi, biur i magazynów oraz sukcesywnie do rybnych basenów hodowlanych, natomiast w okresie letnim do suszarni i hodowli ryb.

W szklarniach odpowiednią temperaturę wnętrza osiąga się przez:

- ogrzewanie powietrza pod okapem dachu za pomocą rur grzewczych (przeciwdziała to również gromadzeniu się śniegu, lodu na dachu szklarni),
- okresowe wdmuchiwanie gorącego powietrza z baterii wymiennika ciepła woda–powietrze,
- ogrzewanie podłoża za pomocą plastikowych rur perforowanych umieszczonych w podłożu.

Suszarnie wyposażone są w wymiennik ciepła woda–powietrze i system rurociągów kierujących strumień gorącego powietrza w żądane miejsce. Suszenie zbóż odbywa się w cylindrycznym silosie wyposażonym w system mieszania. Ogrzane powietrze wdmuchiwane jest od spodu. Wydajność tego typu suszarni pozwala osuszyć 40 tys. kg zbóż oraz 43 tys. kg pasz dziennie [21].

Do nietypowych form użycia ciepła wód geotermalnych może posłużyć przykład Mediolanu, gdzie próbuje się je wykorzystać do ogrzewania budynków i płyty miejscowego portu lotniczego. Ogrzanie pasa startowego i parkingu dla samolotów ma zlikwidować problem śniegu, lodu i mgieł na terenie lotniska [43].

Wykorzystanie wód geotermalnych pozwala zaoszczędzić państwu włoskiemu 90 000 Mg o.e. rocznie, poza tym dzięki pozyskiwaniu wód o wysokiej entalpii produkuje się energię elektryczną (520 MW<sub>e</sub> całkowita moc zainstalowana). Do 2010 roku zakłada się zwiększenie tej wielkości do 1500 MW<sub>e</sub>.

Na należących do Portugalii Azorach 60% zużywanej na wyspie energii pochodzi z wód geotermalnych [43].

Bardzo zasobne źródła posiada Islandia. W 1995 r. całkowita moc zainstalowana wynosiła 1443 MW<sub>t</sub>, co pozwala na zabezpieczenie w 44% potrzeb energetycznych kraju. Energię geotermalną wykorzystuje się tam do ogrzewania budynków (86% wszystkich mieszkań w Islandii jest ogrzewanych energią wód geotermalnych). Największy rejon takiego wykorzystania ciepła geotermalnego istnieje w Reykjavíku. Instalacja o mocy 640 MW<sub>t</sub> ogrzewa 806 tys. m<sup>3</sup> mieszkań dla 145 tys. ludzi (99,7% mieszkańców stolicy), 120 krytych i odkrytych basenów kąpielowych (o łącznej powierzchni ok. 28 tys. m<sup>2</sup>), 175 tys. m<sup>2</sup> upraw warzyw i kwiatów w szklarniach (pozwala to wydłużyć okres wegetacji do 9 miesięcy), służy także do ogrzewania gleby w uprawach gruntowych (105 tys. m<sup>2</sup>), hodowli ryb w ogrzewanych basenach (75 basenów), topienia lodu na chodnikach i ulicach (350 tys. m<sup>2</sup>), produkcji energii elektrycznej służącej m.in. do oświetlenia miast [8, 9, 28].

## **Kierunki i wykorzystanie energii geotermalnej w Europie Środkowej i Wschodniej**

---

W Europie Środkowej i Wschodniej wykorzystanie energii geotermalnej rozpoczęło się przed wiekami, głównie w celu dostarczenia gorącej wody z naturalnych gorących źródeł dla celów rekreacji i balneologii. Dopiero jednak w ostatnich kilku dekadach zasoby geotermalne są eksploatowane na zasadach komercyjnych, ale w dalszym ciągu na bardzo ograniczoną skalę w porównaniu z potencjałem geotermalnym obszaru [15].

Niektóre kraje dokonują dopiero wstępnego rozpoznania lub rozpoczęły projekty wykorzystania tych zasobów [9]. Na koniec 1992 roku największe wykorzystanie ciepła (wyłączając balneologię) pochodzącego z wód geotermalnych w tej części Europy prowadziły Węgry — 1000 MW<sub>t</sub>, Rumunia — 350 MW<sub>t</sub> i 1,5 MW<sub>e</sub>, Bułgaria — 98 MW<sub>t</sub> i Słowacja — 90 MW<sub>t</sub> zainstalowanych mocy. Dla Polski ta wartość wynosiła 0,5 MW<sub>t</sub> [4], a w 1995 roku już 63 MW<sub>t</sub> [8].

Na terytorium Bułgarii znajduje się ok. 150 zbiorników termalnych oraz ponad 1000 źródeł i otworów eksploatacyjnych wód geotermalnych. Podstawowe zastosowanie związane jest z kąpieliskami i uzdrowiskami. Wody geotermalne posłużyły również do ogrzewania 20 ha szklarni, a CO<sub>2</sub> w nich zawarty wykorzystano do dokarmiania upraw pod osłonami na obszarze 1 ha. Wody termomineralne są wykorzystywane również przy rozlewaniu wód pitnych i produkcji napojów [24].

W Rumunii energia geotermalna posłużyła do ogrzewania ponad 3 tys. konwencjonalnych mieszkań, upraw szklarniowych na terenie 45 ha oraz wielu terenów handlowych i budynków administracji. Jako ciepła woda użytkowa dostarczana jest do ok. 15 tys. mieszkań. Instytut Balneologii w Bukareszcie opracował właściwe formy wykorzystania wód termomineralnych do celów terapeutycznych w schorzeniach reumaty-

cznych, ginekologicznych, nerwowych i innych. Powiększa to skalę możliwości bezpośredniego wykorzystania wód geotermalnych o wyższym zasoleniu [29].

W wysoko zmineralizowanych (300–450 mg/l) solankach geotermalnych Białorusi występuje szerokie spektrum rozpuszczonych związków chemicznych w tym B, I, Mg, Na, K, Ca. Stwarza to dobre warunki dla ich pozyskiwania wraz z energią geotermalną [23].

Obecnie w Macedonii działa lub jest w trakcie rozwoju ok. 15 zakładów geotermalnych. Istnieje projekt centralnego ogrzewania w miejscowości Koczany, gdzie dotychczas pozyskiwano ciepło z wód geotermalnych w przemyśle papierniczym, do produkcji ciepłej wody użytkowej i ogrzewania szklarni [27].

W wielu rejonach Ukrainy (głównie Krym) i Litwy (44,5 tys. km<sup>2</sup> zachodniej i środkowej części kraju) geotermalne ciepło może być brane pod uwagę jako potencjalne źródło energii [30, 42].

Rząd Słowacji podjął decyzję o zapewnieniu możliwości rozwoju energetyki geotermalnej. Do 2005 roku zakłada się wykorzystanie ok. 800 MW całkowitego potencjału. Najbardziej perspektywicznymi obszarami są: basen Koszyc, gdzie temperatura wód geotermalnych wynosi 150°C i gdzie istnieją możliwości wyprodukowania 25–30 MW mocy elektrycznej i 150 MW mocy cieplnej, oraz region Tatr Wysokich, gdzie już dziś wiele miejscowości wypoczynkowych (Liptovsky Mikulas, Orawice, Besenowa, okolice Popradu) wykorzystuje energię geotermalną głównie dla celów rekreacyjnych (łaźnie termalne, baseny kąpielowe), ale także hodowli ryb (we Vrbowie), ogrzewania szklarni, hoteli i domów mieszkalnych [6, 7, 12].

W Rosji 6 miast i 8 dużych osiedli (220 tys. ludzi) oraz 340 tys. m<sup>2</sup> powierzchni szklarni jest ogrzewanych energią wód geotermalnych [16].

## **Zasoby wód geotermalnych i możliwości ich wykorzystania w Polsce**

---

Polska jest stosunkowo bogata w zasoby wód geotermalnych o niskiej entalpii [10, 35], a historia wykorzystywania naturalnych gorących źródeł w regionie Sudetów (Cieplice, Łądek-Zdrój) sięga ponad tysiąca lat [31]. Ponad 80% z 312 683 km<sup>2</sup> powierzchni kraju zajmują baseny geostrukturalne, zawierające liczne zbiorniki wód geotermalnych [40]. Na podstawie szczegółowej analizy map oszacowano, że:

- a) w basenach Niziu Polskiego znajduje się ok. 6225 km<sup>3</sup> wód geotermalnych o temperaturze od 20° do 120°C, zawierających energię cieplną rzędu 32,4 mld Mg paliwa umownego (1 kg p.u. jest równoważny 7 Mcal = 29,3 MJ),
- b) w basenach zapadliska przedkarpackiego znajduje się ok. 362 km<sup>3</sup> wód geotermalnych o temp. od 30° do 120°C, zawierających energię cieplną rzędu 1,5 mld Mg p.u.,

c) w basenach Karpat Polskich znajduje się ok.  $100 \text{ km}^3$  wód geotermalnych, zawierających energię cieplną równoważną 714 mln Mg p.u.

W sumie całkowite zasoby potencjalne energii geotermalnej Polski wynoszą ponad 34,6 mld Mg p.u. [10]. Wielkości te są wystarczająco duże dla wykorzystania wód geotermalnych jako alternatywnego nośnika energii. Największe zasoby występują w utworach liasowych subbasenów: szczecińsko-łódzkiego i grudziądzko-warszawskiego. Najkorzystniejszy dla eksploatacji jest jednak subbasen podhalański. Woda geotermalna występuje tam w warunkach artezyjskich (ok. 25 atm. na wypływie). Jej temperatura wynosi od  $35^\circ$  do  $120^\circ\text{C}$ , a całkowite zasolenie nie przekracza  $3\text{g/l}$  [10].

Budowę pierwszego w Polsce Doświadczalnego Zakładu Geotermalnego Bańska-Biały Dunajec ukończono w 1992 r. Spośród wielu możliwych miejsc budowy pilotażowego zakładu region ten został wybrany z następujących powodów:

- Woda geotermalna ma temperaturę  $86^\circ\text{C}$  oraz niską mineralizację ( $0,5\text{--}3,0 \text{ g/l}$ ).
- Średnia wydajność pojedynczych odwiertów wynosi ok.  $10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{bar}$ , co — biorąc pod uwagę statyczne ciśnienie głowicowe — daje produkcję do  $260 \text{ m}^3/\text{h}$ , bez wykorzystania pompy, oraz  $500 \text{ m}^3/\text{h}$ , kiedy zainstalowana jest pompa głębinowa.
- Zasoby wód geotermalnych szacuje się na  $10 \text{ km}^3$ , a energii cieplnej w nich zawartej na równoważne ponad 60 mln Mg p.u. [34].
- Wielkości oszacowanych zasobów wskazują na możliwość równoczesnego wprowadzenia do eksploatacji od 10 do 100 otworów, co umożliwiłoby uzyskanie energii cieplnej w ciągu roku równoważnej ok. 50 do 500 tys. Mg węgla. Przy tak intensywnej eksploatacji zasoby te starczyłyby na kilkaset lat [33].
- Region Podhala posiada najdłuższy sezon grzewczy w Polsce, który trwa ok. 300 dni w roku.
- Od ostatnich 50 lat Zakopane, Nowy Targ i inne małe miejscowości są ogrzewane indywidualnymi piecami lub centralnym ogrzewaniem i na bardzo ograniczoną skalę lokalnymi ciepłowniami. Wszystkie z nich spalają węgiel kamienny lub koks (ok. 400 tys. Mg/rok). Taka struktura wytwarzania ciepła powoduje ogromne zanieczyszczenia powietrza i wody, a także jest niebezpieczna dla ludzi i kilku parków narodowych: Tatrzańskiego, Pienińskiego, Gorczańskiego i Babiogórskiego. Zanieczyszczenie atmosfery podczas sezonu grzewczego kilkakrotnie przewyższa dopuszczalne normy [35, 36].

Wyniki badań pokazały, że ilość ciepła zawartego w wodach geotermalnych jest wystarczająca, aby pokryć potrzeby cieplne Zakopanego, Nowego Targu, Szaflar oraz innych miejscowości znajdujących się w regionie Podhala, na obszarze  $475 \text{ km}^2$  [35]. Dla zrealizowania tego zadania powstała spółka akcyjna Geotermia Podhalańska SA.

W programie uciepłownienia regionu energią wód geotermalnych zakłada się redukcję odprowadzanego do atmosfery  $\text{CO}_2$  o 94%,  $\text{SO}_2$  o 100%,  $\text{NO}_x$  o 93%. Będzie to miało niebagatelny wpływ na poprawę stanu środowiska podtatrzańskich gmin [35].

Przeprowadzone doświadczenia sugerują możliwość wykorzystania wód geotermalnych w sposób kompleksowy: do ogrzewania pomieszczeń, suszarni, szklarni, basenów rybnych, a także dla celów rekreacyjnych i balneologicznych [34].

Drugi zakład geotermalny ma być zbudowany w subbasenie szczecińsko-łódzkim. W rejonie tym wody o wysokich temperaturach występują w centralnej części, położonej na terenie województw: bydgoskiego, toruńskiego, włocławskiego, płockiego, ciechanowskiego, skierniewickiego i warszawskiego [38]. W 1989 roku dokonano analizy wyników badań geofizycznych, geologicznych i wiertniczych tego obszaru i wskazano na możliwość budowy Eksperymentalnego Zakładu Doświadczalnego w Stargardzie Szczecińskim. W przypadku uzyskania korzystnych parametrów technicznych i ekonomicznych istnieją możliwości całkowitego zaspokojenia zapotrzebowania ludności tego miasta (ok. 60 tys. mieszkańców) na ciepło typu komunalnego [37].

Również na całym obszarze Szczecina istnieją realne szanse wykorzystania na dużą skalę liasowych wód geotermalnych w ciepłownictwie [40]. W Pyrzycach (woj. szczecińskie) trwa budowa pierwszej w Polsce miejskiej ciepłowni geotermalnej o szczytowej mocy cieplnej ok. 500 MW. Nowa ciepłownia ma zastąpić 68 istniejących dotychczas, rozproszonych kotłowni węglowych o niskiej sprawności, emitujących do atmosfery znaczne ilości szkodliwych produktów spalania. Można przypuszczać, że ciepło odebrane wodom geotermalnym pokryje w 58,6% roczne zapotrzebowanie na ciepło 16-tysięcznego miasta Pyrzyce [2]. Zakłada się, że instalacja ta stanowić będzie wzorzec dla kolejnych ciepłowni geotermalnych na Pomorzu Zachodnim [19].

Trzeci zakład geotermalny postanowiono zbudować w subbasenie grudziądzko-warszawskim. Za najbardziej optymalny obszar uznano rejon miasta Skierniewice. Można oczekiwać tam występowania poziomów wodonośnych zawierających wody geotermalne nisko-, średnio- i wysokotemperaturowe. Uzyskaną energię proponuje się wykorzystać do podgrzewania wody do takich celów, jak:

- a) ogrzewanie pomieszczeń przemysłowych, socjalnych i mieszkalnych (w Instytucie Warzywnictwa, przetwórnii owoców i warzyw, następnie mleczarni, proshkowni mleka, zakładach odzieżowych, browarze, zakładach urządzeń odpylających oraz mieszkalnictwie komunalnym i indywidualnym),
- b) ogrzewanie upraw szklarniowych i pod folią,
- c) rekreacyjne i hodowlane, a także do podgrzewania gruntów otwartych lub zraszania pól [32].

W 1994 roku powstała w Żyrardowie spółka akcyjna Geotermia Żyrardowska SA. Zadaniem jej jest odwiercenie dwóch pierwszych otworów w mieście i zbudowanie zakładu geotermalnego pozwalającego ograniczyć ilość spalanego węgla w istniejących kotłowniach, a następnie dalsza rozbudowa zakładu [39].

Wraz z odkryciem liasowych wód geotermalnych w rejonie Poznania (Września, Środa, Czeszewo) zostały opracowane projekty wykorzystania tych niskotemperaturowych wód do celów rekreacyjnych. Dostateczne zaplecze geotermalne dla rozwoju

wielu ośrodków rekreacyjnych i balneologicznych istnieje w województwach: gdańskim, olsztyńskim, suwalskim, białostockim, radomskim, kieleckim, częstochowskim i koszalińskim, o łącznej powierzchni 48 tys. km<sup>2</sup> [11, 38].

Wody geotermalne Niżu Polskiego charakteryzują się dość wysokim stężeniem rozpuszczonych w nich soli i minerałów. Istnieją szanse nowoczesnego wykorzystania ich jako źródła surowców mineralnych. Odzysk minerałów zawartych w wodach jest możliwy poprzez ich odparowanie. Energia potrzebna do odparowania uzyskiwana mogłaby być również z wód geotermalnych [41].

Potencjalnymi użytkownikami energii geotermalnej pozyskiwanej z wód liasowych Niżu Polskiego mogą być większe zakłady przemysłowe, kopalnie węgla brunatnego, kopalnie soli, zakłady transportu samochodowego i kolejowego oraz aglomeracje miejskie i ośrodki wiejskie. Energia cieplna wód termalnych może być wykorzystana także do odparowywania solanek, uzyskiwanych np. przy ługowaniu komór solnych, przy otworowej eksploatacji złóż soli, jak też przy tworzeniu komór solnych z przeznaczeniem ich na magazyny podziemne [41]. Wody o temperaturze do 20°C mogą być bezpośrednio wykorzystywane w uprawie roślin, np. do podlewania, gdyż na ogół są to wody słabo mineralizowane [1].

Główną zaletą wykorzystania energii zawartej w wodach geotermalnych jest jej "czystość", gdyż zastępując tradycyjne nośniki energii (węgiel, koks, drewno itp.) energią gorącej wody — eliminuje się emisję gazów i pyłów, co ma niebagatelne znaczenie dla środowiska [20]. Nowoczesne zakłady geotermalne w porównaniu z zakładami spalającymi paliwa kopalne emitują poniżej 1% CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> (gazy odpowiedzialne za "efekt cieplarniany" i kwaśne deszcze) [15].

Ucieplnienie Polski za pomocą energii geotermalnej i gazu ziemnego, realizowane w ciągu 10–15 lat, pozwoliłoby na zmniejszenie dostaw do atmosfery szkodliwych produktów spalania o ok. 25–35% w stosunku do stanu obecnego, a więc tyle, ile wynoszą zobowiązania rządu polskiego w tym zakresie [34].

## Literatura

- [1] Basaj A., Nowicki J., Sokołowski J., Szewczyk B. 1986. Wstępna ocena możliwości wykorzystania energii cieplnej zawartej w liasowych wodach geotermalnych. *Konf. Nauk. nt. Możliwości wykorzystania liasowych wód termalnych w Wielkopolsce*, Poznań.
- [2] Biernat H. 1993. Wykorzystanie wód geotermalnych w ciepłowni w Pyrzycach. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geosynoptyka i Geotermia* 5–6.
- [3] Cataldi R. 1994. Ancient developments of geothermal energy in the mediterranean area: from the Etruscan times to the end of Lower middle ages. *Konf. Nauk. AGH*, Kraków.
- [4] Cataldi R. 1994. Outline of general problems and costs of geothermal development, with particular reference to Europe. *Konf. Nauk. AGH*.
- [5] Cohul I. 1993. Charakter płynów geotermalnych w Rumunii i środki do ograniczania niepożądanych efektów. *TPGGiG* 5–6.

- [6] Franko J. 1993. Perspektywiczne wykorzystanie energii geotermalnej w regionie Tatr Wysokich. *TPGGiG* 5–6.
- [7] Franko O., Fendek M., Remsik A. 1993. Potencjał geotermalny słowackich niecek otaczających Tatry. *TPGGiG* 5–6.
- [8] Freeston D.H. 1995. Direct uses of geothermal energy, 1995. World Geothermal Congress, Florencja.
- [9] Fridleifsson I.B. 1993. Rola energii geotermalnej w ochronie środowiska. *TPGGiG* 5–6.
- [10] Gładysz M., Sokołowska J., Sokołowski J. 1993. Geothermal plant in Poland. *TPGGiG* 5–6.
- [11] Górecki W., Myśko A., Ney R., Sokołowski J., Strzetelski W. 1986. Możliwości wykorzystania energii wód geotermalnych w Polsce na tle rozwoju światowej energetyki geotermalnej. *Konf. nt. Możliwości wykorzystania liasowych wód termalnych w Wielkopolsce, Poznań.*
- [12] Halas O. 1993. Wykorzystanie energii geotermalnej na Słowacji. *TPGGiG* 5–6.
- [13] Hutterer G.W. 1995. The status of world geothermal power production 1990–1994. World Geothermal Congress, Florencja.
- [14] Jaudin F. 1993. Aspekty ekonomiczne i środowiskowe miejskiego geotermalnego systemu ciepłowniczego. *TPGGiG* 5–6.
- [15] Jonatansson S. 1993. Perspektywy wykorzystania energii geotermalnej w Europie Środkowej i Wschodniej. *TPGGiG* 5–6.
- [16] Kononov V., Kozlov B., Diadkin Y. 1995. The present state of geothermal energy utilization in Russia. World Geothermal Congress, Florencja.
- [17] Madeyski A. 1988. Użytkowanie wód geotermalnych dla celów kąpieliskowych. *Seminarium nt. Koncepcja budowy zakładu geotermalnego i ochrony środowiska naturalnego na Podhalu, Ludźmierz.*
- [18] Merlo C., Crema G.C. 1993. Rola energii geotermalnej w ograniczaniu zanieczyszczeń atmosfery. *TPGGiG* 5–6.
- [19] Meyer Z. 1993. Pierwszy w Polsce Ciepłowniczy Zakład Geotermalny w Pyrzycach. *TPGGiG* 5–6.
- [20] Myśko A. 1989. Perspektywy rozwoju energii geotermalnej w świecie z uwzględnieniem ekonomicznych aspektów jej wykorzystania. *TPGGiG* 5.
- [21] Myśko A. 1993. Wybrane przykłady wykorzystania energii płynów geotermalnych we Włoszech. *TPGGiG* 2.
- [22] Ney R. 1994. Rola energii geotermalnej w zrównoważonym rozwoju. *TPGGiG* 1.
- [23] Pashkevich V.I., Zui V.I. 1993. Ziemskie pole temperaturowe i możliwości wykorzystania energii geotermalnej na Białorusi. *TPGGiG* 5–6.
- [24] Petrov P. 1993. Zasoby hydrotermalne i ich wykorzystanie w Bułgarii. *TPGGiG* 5–6.
- [25] Płochiewicz Z. 1986. Rozpoznanie i możliwości wykorzystania wód termalnych w Wielkopolsce. *Konf. nt. Możliwości wykorzystania liasowych wód termalnych w Wielkopolsce, Poznań.*
- [26] Popovski K. 1991. Application of geothermal energy in agriculture, aquaculture and food processing industry. *Therme, Formation a la geothermie appliquee du 3 au 12 decembre 1991 a Meaux.*
- [27] Popovski K., Stefanovska C., Popovska S. 1993. Bezpośrednie zastosowanie energii geotermalnej w Republice Macedonii. *TPGGiG* 5–6.
- [28] Ragnarsson A. 1995. Iceland country update. World Geothermal Congress, Florencja.
- [29] Sarbulescu M., Panu D. 1991. The present state of the survey, evaluation and exploitation of geothermal resources in Romania – with emphasis on use of geothermal waters in balneology and recreation. *Therme, Formation a la geothermie appliquee du 3 au 12 decembre 1991 a Meaux.*
- [30] Shpak P.F., Beloded V.D., Krupski B.L. 1993. Perspektywy wykorzystania energii geotermalnej na Ukrainie. *TPGGiG* 5–6.
- [31] Sigurdsson J. 1995. Geothermal development in Central and Eastern Europe. World Geothermal Congress, Florencja 18–31 maja 1995 r.
- [32] Sokołowski J. 1989. Koncepcja budowy zakładu geotermalnego GT-III w Skierniewicach. *TPGGiG* 3.

- [33] Sokołowski J. 1988. Koncepcja budowy zakładu geotermalnego i ochrony środowiska naturalnego na Podhalu. Materiały na seminarium, Ludźmierz.
- [34] Sokołowski J. 1993. Zasoby geotermalne Polski i możliwości ich wykorzystania w ochronie środowiska przyrodniczego. *TPGGiG* 5–6.
- [35] Sokołowski J., Długosz P., Bujakowski W. 1993. Stan obecny i projekty wykorzystania energii geotermalnej na Podhalu. *TPGGiG* 5–6.
- [36] Sokołowski J., Długosz P., Bujakowski W. 1992. The first geothermal plant in Poland. *TPGGiG* 6.
- [37] Sokołowski J., Sokołowska J. 1990. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w Stargardzie Szczecińskim. *TPGGiG* 6.
- [38] Sokołowski J., Sokołowska J. 1992. Ocena zasobów energii cieplnej możliwej do wydobycia odwiertem Skierniewice GT-I. *TPGGiG* 5.
- [39] Sokołowski J., Sokołowska J. 1995. Prace geotermalne w Polsce. *TPGGiG* 1.
- [40] Sokołowski J., Sokołowska J., Gładysz M. 1993. Koncepcja wykorzystania energii geotermalnej w Szczecinie. *TPGGiG* 2.
- [41] Sokołowski J., Sokołowska J., Myśko A., Górecki W. 1986. Liasowe wody geotermalne Polski i możliwości ich wykorzystania. Konf nt. Możliwości wykorzystania liasowych wód termalnych w Wielkopolsce, Poznań.
- [42] Suveizolis P. 1993. Stan badań określających możliwości wykorzystania energii geotermalnej na Litwie. *TPGGiG* 5–6.
- [43] Thermie, Geothermal energy technology projects. March 1995. European Commission-Directorate-General for Energy.

## **Geothermal energy in the world and in Poland — present situation and development possibility**

---

### **Summary**

Geothermal utilization in world started centuries ago, mainly for providing geothermal hot water from natural hot springs and other geothermal surface manifestations for recreation and bathing purposes.

It is only in the past few decades that geothermal resources have been exploited on a commercial basis, and exploitation is still on a very limited scale compared with the geothermal potential.

Interest in geothermal utilization has definitely increased in recent times due to a considerable cost escalation of conventional energy sources.

This paper deals briefly with the overall potential of the geothermal resources, the environmental aspects and ability of geothermal utilization.