

Beata KĘPIŃSKA\*

## Energia geotermalna — wykorzystanie na świecie i w Europie

**STRESZCZENIE.** Artykuł omawia aktualny stan wykorzystania energii geotermalnej na świecie i w Europie. Zawiera dane dotyczące zainstalowanej mocy i produkcji energii w elektrowniach geotermicznych oraz do zastosowań bezpośrednich. Przedstawia także wykorzystanie wymienionej energii w Polsce.

Energia geotermalna stanowi w wielu krajach jedno z najbardziej perspektywicznych odnawialnych źródeł energii. Odnotowuje się stały wzrost instalowanej mocy i produkcji energii. Udoskonalane są istniejące i rozwijane nowe technologie, jak pompy ciepła, układy binarne, wspomagane systemy geotermalne. Prognozy rozwoju wykorzystania w skali świata i wielu krajów są pomyślne, gdyż geotermia przyczynia się m.in. do osiągnięcia znaczących efektów ekologicznych, realizacji koncepcji zrównoważonych strategii energetycznych. Ogranicza także uzależnienie od importowanych paliw, zwiększając zatem bezpieczeństwo energetyczne.

**SŁOWA KLUCZOWE:** energia geotermalna, wykorzystanie, świat, Europa, Polska

---

\* Dr inż. — Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, PAN, Kraków;  
e-mail: labgeo1@tatry.net.pl

Recenzent: prof. dr hab. inż. Roman NEY

## Sposoby wykorzystywania i eksploatacji złóż energii geotermalnej

Energia zawarta w wodach i parach geotermalnych posiada bardzo wiele zastosowań. Dzieli się je na dwie zasadnicze grupy [6]:

- ✧ wytwarzanie prądu elektrycznego przy wykorzystaniu par geotermalnych,
- ✧ zastosowania bezpośrednio obejmujące szeroki zakres temperatur i różnorodne cele. Najbardziej powszechne jest stosowanie wód i energii geotermalnej w ciepłownictwie, w rolnictwie, w rekreacji i balneologii, a także w hodowlach wodnych, do suszenia produktów rolnych i przemysłowych, w procesach przemysłowych, itd.

Sposób eksploatacji złóż wód i energii geotermalnej zależy przede wszystkim od głębokości ich zalegania. Podstawowym czynnikiem brany pod uwagę jest również zachowanie cech odnawialności złoża czy też prowadzenie eksploatacji w sposób zrównoważony.

Do zasadniczych sposobów eksploatacji złóż geotermalnych należą:

1. Eksploatacja głęboko zalegających złóż wód i par geotermalnych za pomocą otworów wiertniczych. Dotyczy ona złóż wód położonych na głębokościach rzędu 1—3 km. Wody są wydobywane z odwiertów przy pomocy pomp, niekiedy wypływ ma charakter artezyjski. Eksploatacja może być prowadzona w:

- ✧ zamkniętym układzie otworów produkcyjnych i chłonnych: schłodzona woda geotermalna po odzysku części zawartego w niej ciepła (w wymiennikach lub pompach ciepła) jest zatłaczana z powrotem do złoża;
- ✧ otwartym układzie otworów: schłodzona woda geotermalna po odzysku części zawartego w niej ciepła nie jest zatłaczana do złoża, a odprowadzana do odbiornika powierzchniowego lub stosowana do innych celów, np. jako woda pitna (jeśli spełnia odpowiednie normy), czy też woda do napełniania basenów kąpielowych.

2. Eksploatacja wód geotermalnych wypływających z naturalnych źródeł. Ten sposób funkcjonuje niekiedy w przypadku stosowania wód dla celów leczniczych i kąpieliskowych.

3. Eksploatacja ciepła geotermicznego z przypowierzchniowych partii skorupy ziemskiej. Ciepło zawarte w gruncie, wodzie i płytko położonych partiach górotworu (kilka m — 100 m) jest odzyskiwane za pomocą pomp ciepła skonfigurowanych z płytkimi otworami, czy też kolektorami pionowymi lub poziomymi odbierającymi ciepło z wymienionych źródeł.

4. Wspomagane systemy geotermalne (ang. *Enhanced Geothermal Systems*, starsza nazwa: *górące suche skały* — ang. *Hot Dry Rock*). Technologia ta dotyczy odzysku ciepła z gorących masywów skalnych, które są pozbawione odpowiednich właściwości zbiornikowych i nie zawierają wód, a zatem są „suche” [1]. Zalegają one zwykle na głębokościach poniżej 3—5 km. W ich obrębie panują stosunkowo wysokie temperatury ( $\geq 150^{\circ}\text{C}$ ) z racji głębokości i wysokiej generacji ciepła przez pierwiastki promieniotwórcze obecne w składzie niektórych minerałów. Masywy takie mogą być sztucznie szczelinowane, a do powstałych szczelin za pomocą odwiertów pompowana może być woda, która po ogrzaniu do

temperatur rzędu 100°C i wyższych będzie wydobywana na powierzchnię i zagospodarowywana. Zamiast włączanej wody, do odzysku ciepła można stosować otworowe wymienniki ciepła. Metoda jest jednak skomplikowana technologicznie i na razie kosztowna.

## Wykorzystanie energii geotermalnej na świecie

### Wykorzystanie bezpośrednie

Zgodnie z danymi prezentowanymi podczas Światowego Kongresu Geotermalnego Turcja 2005, energię geotermalną wykorzystuje się w sposób bezpośredni w 72 krajach [7], natomiast produkcja prądu elektrycznego ma miejsce w 24 krajach [2]. Odnotowuje się stały wzrost wykorzystania energii geotermalnej na świecie, w czym istotną rolę — oprócz względów ekologicznych i ekonomicznych — odgrywa rozwój i efektywność nowych technologii, m.in. pomp ciepła.

W 2004 r. całkowita moc zainstalowana dla potrzeb bezpośredniego wykorzystania wynosiła 27 825 MW<sub>t</sub>, a zużycie ciepła wyniosło 261 418 TJ (72 622 GW·h). W porównaniu do sytuacji w 2000 r., kiedy odbył się poprzedni Światowy Kongres, liczby te wzrosły odpowiednio o 50 i 40% (w dekadzie lat 1995—2004 było to średnio około 11% rocznie). Znaczący udział w tym wzroście miały pompy ciepła [7]. Ich dynamiczny rozwój rozpoczął się w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku w Kanadzie, USA, Japonii, kilku krajach europejskich. Otworzyło to nowe perspektywy dla geotermii z uwagi na fakt, że urządzenia te można instalować niemal wszędzie i są one zwykle bardzo opłacalne ekonomicznie.

Największy udział w skali świata pod względem zainstalowanej mocy i zużycia ciepła w zastosowaniach bezpośrednich ma ogrzewanie pomieszczeń (przy użyciu pomp ciepła oraz ciepła wód wydobywanych z głębokich otworów), a na drugim miejscu znajdują się kąpieliska i balneoterapia. Pozostałe zastosowania to ogrzewanie szklarni, upraw pod osłonami i podgrzewanie gleby, hodowle wodne (ryb, skorupiaków, żółwi, a nawet aligatorów), suszenie produktów rolnych, zastosowania przemysłowe, topienie śniegu oraz odładzanie jezdní i chodników, chłodzenie, inne zastosowania, m.in. odzysk dwutlenku węgla i soli mineralnych [7] — tabela 1.

Biorąc pod uwagę zainstalowaną moc i roczne zużycie ciepła, w pierwszej dziesiątce krajów stosujących energię geotermalną w sposób bezpośredni znajdują się Chiny, Szwecja, USA, Islandia, Turcja, Węgry, Włochy, Nowa Zelandia, Brazylia i Gruzja, przy czym na pierwszą piątkę przypada łącznie 66% zainstalowanej mocy i 60% całkowitego rocznego zużycia ciepła geotermalnego na świecie [7].

TABELA 1. Bezpośrednie wykorzystanie energii geotermalnej na świecie, 2004 [7]

TABLE 1. Direct geothermal energy uses worldwide, 2004 [7]

Rodzaj zastosowania	Zainstalowana moc [MW <sub>e</sub> ]	[%]	Zużycie ciepła [TJ/r]	[%]	Współczynnik wykorzystania
Pompy ciepła <sup>1</sup>	15 723	56,5	86 673	33,2	0,17
Ogrzewanie pomieszczeń <sup>2</sup>	4 158	14,9	52 868	20,2	0,40
Ogrzewanie szklarni, upraw pod osłonami, podgrzewanie podłoża	1 348	4,8	19 607	7,5	0,46
Akwakultury	616	2,2	10 969	4,2	0,56
Suszenie produktów rolnych	157	0,6	2 013	0,8	0,41
Zastosowania przemysłowe	489	1,8	11 069	4,2	0,72
Kąpieliska i balneoterapia	4 911	17,7	75 289	28,8	0,49
Topienie śniegu/odładzanie/chłodzenie	338	1,2	1 885	0,7	0,18
Inne	86	0,3	1 045	0,4	0,39
RAZEM	27 825	100	261 418	100	śr. 0,30

<sup>1</sup> Ogrzewanie pomieszczeń przy zastosowaniu pomp ciepła.

<sup>2</sup> Ogrzewanie pomieszczeń ciepłem wód i par wydobywanych otworami wiertniczymi.

## Generacja prądu elektrycznego

Generacja prądu elektrycznego w elektrowniach geotermicznych odbywa się w 24 krajach. W 2004 r. ich całkowita moc zainstalowana osiągnęła 8900 MW<sub>e</sub>, natomiast produkcja prądu wyniosła 57 000 GW·h (tab. 2). Było to odpowiednio 12 i 15% więcej w porównaniu z 2000 r., natomiast w dekadzie lat 1995—2004 wzrost zainstalowanej mocy i generacji elektryczności wynosił około 6,5% rocznie [2].

Do krajów generujących w elektrowniach geotermicznych powyżej 15% całkowitej ilości energii elektrycznej należą Filipiny (19,1%), Islandia (16,6%), Kenia (19,2%), Kostaryka (15%), Salwador (24%), a także Tybet (30%).

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie instalacjami binarnymi, w których do generacji elektryczności można wykorzystywać nie tylko mieszaniny wód i par o temperaturach rzędu 140—200°C, ale także jako płyn roboczy wody o znacznie niższych temperaturach. Instalacje binarne stosujące wody o temperaturach rzędu 100°C pracują od niedawna w Austrii i Niemczech (rozdz. 3). W niektórych krajach trwają badania i prace zmierzające do uruchomienia następnych instalacji binarnych stosujących wody geotermalne (jakkolwiek ich sprawność i efektywność jest na razie niska).

TABELA 2. Produkcja geotermalnej energii elektrycznej na świecie, 2004 [2]

TABLE 2. Geothermal electricity generation worldwide, 2004 [2]

Kraj	Moc zainstalowana [MW <sub>t</sub> ]	Produkcja [GW·h/r]	Udział w całkowitej krajowej mocy [%]	Udział w całkowitej krajowej produkcji [%]
Australia	0,2	0,5	n	n
Austria	1	3,2	n	n
Chiny	28	95,7	30 (Tybet)	30 (Tybet)
Etiopia	7	bd	1	bd
Filipiny	1 913	9 419	12,7	19,1
Francja	15	102	9(Gwadelupa)	9
Gwatemala	33	212	1,7	3
Indonezja	797	6 085	2,2	6,7
Islandia	202	1 406	13,7	16,6
Japonia	535	3 467	0,2	0,3
Kenia	127	1 088	11,2	19,2
Kostaryka	163	1 145	8,4	15
Meksyk	953	6 282	2,2	3,1
Niemcy	2	1,5	n	n
Nikaragua	77	270,7	11,2	9,8
Nowa Zelandia	435	2 774	5,5	7,1
Papua Nowa Gwinea	6	17	10,9 (wyspa Litir)	bd
Portugalia	16	90	25 (wyspa San Miguel)	bd
Rosja	79	85	n	n
Salwador	151	967	14	24
Tajlandia	0,3	1,8	n	n
Turcja	20	105	n	n
USA	2 544	17 840	0,3	0,5
Włochy	790	5 340	1,0	1,9
Razem	8 912	56 798		

bd — brak danych, n — udział nieistotny

## Wykorzystanie energii geotermalnej w Europie

### Warunki geotermalne

Europę charakteryzują generalnie niskie i średnie wartości gęstości strumienia ciepłego Ziemi. Parametr ten waha się w zakresie od 30—40 mW/m<sup>2</sup> w obrębie platformy prekambryjskiej do 60—80 mW/m<sup>2</sup> w obszarze orogenu alpejskiego. Stosunkowo wysokie wartości — 80 do 100 mW/m<sup>2</sup> cechują aktywne tektonicznie obszary południowej Europy, rów górnego Renu i niektóre inne rejony, m.in. basen panoński. Najwyższe wartości gęstości strumienia ciepłego Ziemi — 150 do 200 mW/m<sup>2</sup> stwierdzono na Islandii, położonej w obszarze aktywnego ryftu śródkowo-atlantyckiego [4].

Warunki termiczne i geologiczne powodują, że w Europie dominują złoża energii geotermalnej o niskiej entalpii, czyli złoża wód o temperaturach nieprzekraczających 150°C. Są one związane głównie ze skałami osadowymi — wapieniami, dolomitami, piaskowcami, a ponadto z magmowymi (krystalicznymi, wulkanicznymi).

Największe złoża wód geotermalnych, które są eksploatowane na kontynencie europejskim, znajdują się w basenie paryskim (Francja), w basenie panońskim (położonym na terenie kilku państw — Węgier, Serbii, Słowacji, Słowenii, Rumunii), w obszarze Niżu Europejskiego (m.in. w Niemczech, Danii, Polsce), w paleogeńskich basenach Karpat wewnętrznych (Polska, Słowacja), a także w alpejskich i starszych strukturach Europy południowej (Bułgaria, Rumunia, Grecja, Turcja). W niektórych obszarach znajdują się złoża przegrzanych wód i par (o wysokiej entalpii) — we Włoszech, w Turcji, Grecji, na kilku wyspach (wyspy greckie, Azory, Wyspy Kanaryjskie), a przede wszystkim na Islandii.

### Stan wykorzystania energii geotermalnej

Spośród wszystkich kontynentów, Europa znajduje się na drugim miejscu pod względem bezpośredniego wykorzystania energii geotermalnej: po Azji, a przed Ameryką Północną i Południową, Afryką i Oceanią. Stosowana jest ona w 32 krajach europejskich, na różną skalę i do różnych celów. W 2004 r. całkowita moc zainstalowana dla wykorzystania bezpośredniego wynosiła 13 644 MW<sub>e</sub>, a zużycie ciepła 140 398,9 TJ (39 278 GW·h) [7] — tabela 2, co stanowiło odpowiednio 49 i 53,7% udziału w świecie. Bezpośrednie wykorzystanie energii geotermalnej na przemysłową skalę ma miejsce przede wszystkim w Europie: w pierwszej piątce krajów o największej zainstalowanej mocy i zużyciu ciepła geotermalnego są, obok Chin i USA, trzy kraje tego kontynentu: Szwecja, Islandia i Turcja. Łącznie przypada na nie 66% zainstalowanej mocy i 60% całkowitego rocznego zużycia ciepła geotermalnego na świecie [7]. W czołówce światowej znajduje się także kilka innych państw europejskich. Wzrost wykorzystania energii geotermalnej w Europie w latach 2000—2004 związany był przede wszystkim z rozwojem instalowania pomp ciepła.

Generacja prądu elektrycznego przy zastosowaniu par geotermalnych prowadzona jest w sześciu krajach europejskich (tab. 2, tab. 3): na Islandii, we Włoszech, w Turcji, a także w Rosji (na Kamczatce), Portugalii (na Azorach) oraz we Francji (na Gwadelupie — terytorium zamorskim tego kraju).

Od niedawna pracują także trzy instalacje binarne stosujące wody geotermalne o temperaturach 97—110°C: w Altheim (od 2001 r.) i w Bad Blumau (od 2003 r.) w Austrii oraz w Neustadt-Glewe w Niemczech (od 2003 r.). Mają one niewielką moc: 180—500 kW<sub>e</sub>, niezbyt wysoką sprawność i pracują w skojarzeniu z instalacjami stosującymi na dużą skalę ciepło geotermalne (centralne ogrzewanie i przygotowanie ciepłej wody użytkowej, kąpieliska, balneoterapia). W niektórych krajach trwają badania i prace zmierzające do uruchomienia następnych instalacji binarnych.

Zgodnie z danymi dotyczącymi 2004 r., całkowita moc zainstalowana wszystkich elektrowni geotermicznych w Europie wynosiła 1125 MW<sub>e</sub>, a produkcja 7132,7 GW·h, co stanowiło odpowiednio 12,6 i 12,5% udziału w skali świata [2].

TABELA 3. Europa — wykorzystanie energii geotermalnej, 2004 r. [7, 2]

TABLE 3. Europe — geothermal energy uses, 2004 [7, 2]

Kraj	Bezpośrednie wykorzystanie			Produkcja prądu elektrycznego	
	moc zainstalowana [MW <sub>e</sub> ]	produkcja ciepła		moc zainstalowana [MW <sub>e</sub> ]	całkowita produkcja [GW·h/r]
		[ TJ/r]	[GW·h/r]		
Albania	9,6	8,5	2,4		
Austria	352,0	2 229,9	619,4	1 <sup>1</sup>	3,2
Belgia	63,9	431,2	119,8	-	-
Białoruś	1,0	13,3	3,7	-	-
Bułgaria	109,6	1 671,5	464,3	-	-
Chorwacja	114,0	681,7	189,4	-	-
Czechy	204,5	1 220,0	338,9	-	-
Dania	821,2	4 360,0	1 211,2	-	-
Finlandia	260,0	1 950,0	541,7	-	-
Francja	308,0	5 195,7	1 443,4	15,0	102,0
Grecja	74,8	567,2	157,6	-	-
Hiszpania	22,3	347,2	96,5	-	-
Holandia	253,5	685,0	190,3	-	-
Irlandia	20,0	104,1	28,9	-	-
Islandia	1 791,0	23 813,0	6 615,3	202	1 406,0
Litwa	21,3	458,0	127,2	-	-
Macedonia	62,3	598,6	166,3	-	-
Niemcy	504,6	2 909,8	808,3	2,011	1,5
Norwegia	450,0	2 314,0	642,8	-	-
Polska	170,9	838,3	232,9	-	-
Portugalia	30,6	385,3	107,0	16	90
Rosja	308,2	6 143,5	1 706,7	79	85
Rumunia	145,1	2 841,0	787,2	-	-
Serbia i Czarnogóra	88,8	2 375,0	659,8	-	-
Słowacja	187,7	3 034,0	842,8	-	-
Słowenia	48,6	712,5	197,9	-	-
Szwajcaria	581,6	4 229,3	1 174,9	-	-
Szwecja	3 840,0	36 000,0	10 000,8	-	-
Turcja	1 177,0	19 623,1	5 451,3	20,0	105,0
Ukraina	10,9	118,8	33,0	-	-
Węgry	694,2	7 939,8	2 205,7	-	-
Wlk. Brytania	10,2	45,6	12,7	-	-
Włochy	606,6	7 554,0	2 098,5	790	5 340,0
Razem	13 644,0	140 398,9	39 278,0	1 125	7 132,7

1 — pilotowe instalacje binarne stosujące wody geotermalne o temperaturach 97—110°C jako płyn roboczy

## Główne dziedziny wykorzystania energii geotermalnej

Wody i energia geotermalna są w Europie stosowane przede wszystkim w ciepłownictwie — w systemach centralnego ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz w instalacjach indywidualnych, w rekreacji i balneoterapii, w rolnictwie (do ogrzewania szklarni, upraw pod osłonami foliowymi i do podgrzewania glebowego), w mniejszym udziale także w hodowlach wodnych — głównie ryb, niekiedy także glonów, w procesach przemysłowych — m.in. do suszenia i pasteryzacji, a niekiedy do topienia śniegu i lodu z chodników i jezdnii, podgrzewania pasów startowych lotnisk. Z wód geotermalnych odzyskuje się dwutlenek węgla, sól jadalną i inne związki chemiczne. Stosuje się je do produkcji kosmetyków, czy też butelkuje jako wody lecznicze i mineralne.

Oprócz ciepła wód wydobywanych z głębokich (1—3 km) odwiertów, coraz częściej dostarczane jest ono przez pompy ciepła bazujące na odzysku ciepła płytkich partii skorupy ziemskiej. W niektórych krajach – Szwecji, Austrii, Szwajcarii, Norwegii, Niemczech — zdominowały one ogrzewanie geotermalne, a niekiedy są stosowane także do chłodzenia pomieszczeń, co wydłuża okres ich pracy i zwiększa efektywność ekonomiczną.

Najwięcej energii geotermalnej zużywa się od kilku lat w Szwecji (tab. 3), dzięki dynamicznemu rozwojowi stosowania pomp ciepła. Kraj ten po 2000 r. wyprzedził pod względem ilości wykorzystywanego ciepła geotermalnego Islandię.

W najbardziej wszechstronny i znaczący ilościowo sposób z wód i energii geotermalnej korzysta Islandia: w ciepłownictwie — zaopatrującym ponad 98% populacji, do ogrzewania szklarni — dzięki czemu kraj położony pod kołem podbiegunowym jest niemal samowystarczalny w zakresie zaopatrzenia w podstawowe warzywa, w kąpieliskach i balneoterapii, w hodowli ryb (łososi, pstrągów), do suszenia glonów, wełny, ziemi okrzemkowej, ryb, w procesach technologicznych przemysłu spożywczego, do odzysku dwutlenku węgla, do odzysku z wody morskiej soli kuchennej (chlorku sodu) używanej do celów spożywczych oraz do konserwacji ryb, produkcji kosmetyków, itd.

Do innych krajów przodujących w Europie pod względem stosowania energii i wód geotermalnych należą: w ciepłownictwie — Turcja, Francja i Rosja; w rolnictwie (ogrzewanie szklarni i upraw pod osłonami) — Rosja, Turcja, Węgry, Włochy; Grecja; w rekreacji i balneoterapii — Węgry, Turcja, Słowacja, Włochy, Austria (ten sposób wykorzystania ma miejsce w wielu innych krajach Europy, także w Polsce). W niektórych krajach ciepło geotermalne stosuje się do suszenia produktów rolnych, drewna, materiałów budowlanych (Serbia, Grecja, Rumunia, Słowenia). Z wód geotermalnych odzyskiwane są sole mineralne, inne związki chemiczne (Bułgaria, Włochy, Polska, Rosja) i dwutlenek węgla (Bułgaria, Polska, Turcja). Wody są butelkowane (Bułgaria, Francja, Węgry), są też podstawą produkcji wysokiej jakości kosmetyków (Francja, Bułgaria, Rumunia, Polska). Ciepłem geotermalnym podgrzewane są pasy startowe kilku lotnisk (Niemcy, Szwajcaria).

W kilku krajach prowadzone są badania dotyczące odzysku ciepła z gorących suchych skał. Znane są one m.in. z podłoża rowu Górnego Renu i platformy wschodnioeuropejskiej, gdzie zalegają na głębokościach poniżej 3—5 km. Międzynarodowy projekt badawczo-eksperymentalny prowadzony jest od kilkunastu lat w miejscowości Soultz-sous-Forêts we



Francji, a od niedawna również w Niemczech. Koncentrują się one na możliwości produkcji prądu elektrycznego.

## Polska

Polska posiada znaczący potencjał i zasoby energii geotermalnej. Związane są one głównie z wodami podziemnymi o temperaturach 20–130°C, występującymi na głębokościach do 3–4 km. Perspektywiczne zasoby wód geotermalnych znajdują się głównie w obszarze Niżu Polski, Sudetów i Karpat — przede wszystkim Podhala.

Wody geotermalne wykorzystywane są w naszym kraju od stuleci w lecznictwie w kilku uzdrowiskach. W ostatniej dekadzie XX w. rozpoczęto natomiast wykorzystywanie energii geotermalnej w ciepłownictwie, a na niewielką skalę także w rolnictwie i hodowli ryb. Obecnie (2006 r.) działa sześć zakładów geotermalnych: na Podhalu (od 1993 r.) — jest to największy geotermalny system ciepłowniczy na kontynencie europejskim pod względem docelowej mocy i produkcji ciepła, w Pyrzycach (od 1996 r.), w Mszczonowie (od 1999 r.), w Słomnikach (od 2002 r.), w Uniejowie (od 2001 r.) i w Stargardzie Szczecińskim (od 2004 r.). Według danych z 2004 r. całkowita moc zainstalowana dla wykorzystania bezpośredniego wynosiła 170,8 MW<sub>t</sub>, (w tym 162,6 MW<sub>t</sub> dla celów centralnego ogrzewania), a zużycie ciepła wynosiło 838,8 GJ (w tym 806,4 GJ dla celów centralnego ogrzewania).

Ciepłownie geotermalne pracują w różnych warunkach złożowych i eksploatacyjnych, stosując wody o temperaturach z szerokiego przedziału 87–17°C, mineralizacji ogólnej 0,4–120 g/dm<sup>3</sup>, maksymalnym natężeniu wypływu wód 60–550 m<sup>3</sup>/h, posiadają różną moc (geotermalną i całkowitą), produkując rocznie różne ilości ciepła (tab. 4).

Projektowane i planowane są następne geotermalne instalacje ciepłownicze, a także obiekty rekreacyjne. Geotermia posiada duże szanse na rozwój w wielu miejscowościach kraju. Szczególnie ważną dziedziną jest ciepłownictwo, co przyczyniłoby się do znaczącej redukcji ilości spalanych tradycyjnych paliw i generowanych emisji zanieczyszczeń oraz istotnego udziału w lokalnym rynku energii. Obiecującą gałąź wykorzystania stanowią także rekreacja i lecznictwo stosujące zarówno ciepło jak i wody geotermalne. Podobnie jak w innych krajach, wzrasta też zainteresowanie układami binarnymi, w których do generacji elektryczności można wykorzystywać jako płyn roboczy wody o temperaturach rzędu 100°C.

Dużą szansą na rozwój stosowania energii geotermalnej jest adaptacja już istniejących odwiertów w celu eksploatacji wód i ciepła geotermalnego; systemy kaskadowe i skojarzone; odzysk ciepła nie tylko z wód wydobywanych z dużych głębokości, ale także z płytkich poziomów i gruntu (o temperaturach kilku — kilkunastu stopni Celsjusza) przy zastosowaniu pomp ciepła. Takie rozwiązania znacznie obniżą koszty inwestycji i podniosą ich efektywność, poszerzając rynek odbiorców i czyniąc energię geotermalną bardziej konkurencyjną zarówno w stosunku do tradycyjnych, jak i innych odnawialnych źródeł energii.

TABELA 4. Główne dane dotyczące ciepłowni geotermalnych w Polsce

TABLE 4. Main data on geothermal space heating plants in Poland

Miejscowość rok otwarcia	Skały zbiornikowe $T_{\text{wypływu}}, M_o$ maks. natężenie wypływu	Moc zainstalowana [MW <sub>t</sub> ]		Schemat układu	Uwagi
		geotermalna	całkowita		
Podhale 1992/93	wapienie, dolomity trias / eocen 82—87°C, <3 g/dm <sup>3</sup> 120—550 m <sup>3</sup> /h	38	42	geotermia, szczytowe kotły gazowe	w budowie docelowo 80 MW <sub>t</sub> , 600 TJ 2 odwierty produkcyjne i 2 odwierty chłonne
Pyrzyce 1996	piaskowce, jura	13	48	geotermia + pompy ciepła + kotły gazowe	2 odwierty produkcyjne i 2 odwierty chłonne
Mszczonów 1999	piaskowce, kreda 40°C, 0,5 g/dm <sup>3</sup> 60 m <sup>3</sup> /h	3,8	10,2	geotermalna pompa ciepła + kotły gazowe	odwiert zrekonstruowany i przystosowany do wydobycia wody system 1-otworowy (bez zatłaczania; schłodzona woda do celów pitnych)
Uniejów 2001	piaskowce, kreda 60°C, 8 g/dm <sup>3</sup>	3,2	5,6	geotermia + kotły gazowe	1 odwiert produkcyjny 1 odwiert chłonny
Słomniki 2002	piaskowce, kreda 17°C, 0,4 g/dm <sup>3</sup> 50 m <sup>3</sup> /h	0,3	2,3	geotermalna pompa ciepła /kotły gazowe	płytki poziom wodoonośny system 1-otworowy (bez zatłaczania; schłodzona woda do celów pitnych)
Stargard Szczeciński 2004	piaskowce, kreda 87°C, 300 m <sup>3</sup> /h	14		geotermia	1 odwiert produkcyjny 1 odwiert chłonny

Pomimo zobowiązań międzynarodowych w zakresie wzrostu udziału OZE w polityce energetycznej i powtarzanych wielokrotnie deklaracji, geotermia napotyka jednakże w Polsce na istotne przeszkody dalszego rozwoju. Należą do nich — podobnie jak w przypadku innych OZE — brak spójnej polityki państwa w tym zakresie, niesprzyjające i niewystarczające regulacje prawne, a przede wszystkim — nadmierna ilość i wysokość opłat i podatków nałożonych na geotermię, w tym m.in. opłata za informację geologiczną i wprowadzona przez Sejm RP w 2005 r. opłata eksploatacyjna za wydobywanie wód geotermalnych. Te

bariery powinny zostać jak najszybciej usunięte. Można będzie wtedy oczekiwać szybszego i szerszego rozwoju wykorzystania energii geotermalnej w Polsce oraz znaczącego jej udziału w obrębie całego sektora OZE w Polsce, z korzyścią dla środowiska naturalnego i bezpieczeństwa energetycznego kraju.

## Zakończenie

Energia geotermalna stanowi w wielu krajach jedno z najbardziej perspektywicznych odnawialnych źródeł energii. Udoskonalane są istniejące i rozwijane nowe technologie, jak pompy ciepła, systemy binarne, wspomagane systemy geotermalne.

Doświadczenia wskazują, że stosowanie energii geotermalnej przynosi jedne z najbardziej znaczących w obszarze wszystkich OZE efekty ekologiczne, łączy się z komfortem użytkowania, nowoczesną infrastrukturą i powinno — jako wykorzystujące lokalne źródło energii — być konkurencyjne cenowo i mało wrażliwe na zmiany cen tradycyjnych nośników energii na rynkach światowych.

Geotermia przyczynia się także do realizacji koncepcji zrównoważonych strategii energetycznych, zmniejsza uzależnienie od importowanych surowców energetycznych, zwiększając zatem bezpieczeństwo energetyczne. Celom tym powinien służyć prognozowany wzrost wykorzystywania energii geotermalnej w skali świata i wielu krajów.

## Literatura

- [1] ABE H., DUCHANE D., PARKER R.H., KURIYAGAWA M., 1999 — Present status and remaining problems of HDR/HDR system design. *Geothermics* 28. Elsevier.
- [2] BERTANI R., 2005 — World geothermal generation 2001—2005: State of the art. *Proceedings of the World Geothermal Congress, Turkey, 2005. Paper No. 0008 (CD)*.
- [3] FRIDLEIFSSON I.B., 2002 — Geothermal energy — present status, future prospects and place among the renewables. *Plenary papers of the 9<sup>th</sup> International Energy Conference and Exhibition. Cracow, Poland. May, 19—24, 2002, Cracow*.
- [4] HURTER S., HAENEL R. (eds.), 2002 — *Atlas of geothermal resources in Europe*. Office for the Official Publications of the European Communities, Luxemburg.
- [5] KĘPIŃSKA B., 2005 — Geothermal energy country update report from Poland, 2000—2004. *Proceedings of the World Geothermal Congress, Turkey, 2005. Paper No. 0035 (CD)*.
- [6] LINDAL B., 1973 — Industrial and other applications of geothermal energy, except power production and district heating. [In:] *Geothermal energy, Earth Sciences* (ed. by H.C.H. Amstead). Vol. 12, UNESCO.
- [7] LUND J., FREESTON D. H., BOYD T., 2005 — World — wide direct uses of geothermal energy 2005. *Proceedings of the World Geothermal Congress, Turkey, 2005. Paper No. 0007 (CD)*.

Beata KĘPIŃSKA

## Geothermal energy — the state of use worldwide and in Europe

### Abstract

The paper introduces the current state of geothermal energy use worldwide and in Europe. Data concerning installed capacity and energy generation in geothermal power plants as well as for direct uses are presented. Geothermal energy implementation in Poland is also mentioned.

In many countries geothermal is among the most prospective renewable energy sources. The records show a constant increase of installed capacity and energy generation. The existing and new technologies are the subjects of improvements and development, e.g heat pumps, binary schemes, enhanced geothermal systems. The prognoses of further development both on the global level and in many countries are promising since geothermics contributes, among others, to significant ecological effects, to the realization the ideas of sustainable energy strategies. It also limits the reliance on imported fuels thus increasing the energy safety.

KEY WORDS: geothermal energy, uses, world, Europe, Poland