

**JANINA KANIUCZAK, MAŁGORZATA NAZARKIEWICZ
EDMUND HAJDUK, JAN GAŚSIOR, STANISŁAW WŁAŚNIEWSKI**

Katedra Gleboznawstwa, Chemii Środowiska i Hydrologii, Wydział Biologiczno-Rolniczy Uniwersytet Rzeszowski
e-mail: jkaniucz@ur.edu.pl; nazarm@ur.edu.pl; ehajduk@ur.edu.pl; jgasior@ur.edu.pl; swlasnie@ur.edu.pl

GEOTERMIA A OCHRONA ZASOBÓW ŚRODOWISKA

Energia geotermalna przeżywa w ostatnich latach znaczącą dynamikę rozwoju. Wykorzystywana jest w układach centralnego ogrzewania (bezpośrednie zastosowanie) oraz do produkcji energii elektrycznej. Dynamiczny rozwój energii geotermalnej związany jest zarówno ze wzrastającym zanieczyszczeniem środowiska, jak również poszukiwaniem alternatywnych rozwiązań mogących zastąpić konwencjonalne źródła energii takie jak węgiel, ropa czy gaz ziemny. Jest to ważne między innymi w Polsce, gdzie dominuje przemysł energetyczny oparty na węglu, który jest źródłem znacznej emisji dwutlenku węgla.

Słowa kluczowe: energia geotermalna, emisja dwutlenku węgla, zasoby geotermalne w Polsce, retardacja przekształcania zasobów

I. WSTĘP

Energia geotermalna polegająca na wykorzystaniu energii cieplnej wnętrza Ziemi do produkcji ciepła i energii elektrycznej przeżywa w ostatnich latach znaczącą dynamikę rozwoju [Fridleifsson 1998, Jiang i in. 2016, Mertoglu i in. 2015]. Zgodnie z kryteriami przyjętymi przez Unię Europejską zaliczana jest do kategorii energii odnawialnej, bo jej źródło – gorące wnętrze kuli ziemskiej – jest praktycznie niewyczerpalne. Woda podziemna w kontakcie z aktywnymi ogniskami magmy podgrzewa się do znacznych temperatur, następnie wędruje do powierzchni ziemi jako gorąca woda lub para wodna. Energia geotermalna jest również skumulowana w postaci gorących skał [Michałowski 2011, Polak i in. 2014].

Energię geotermalną wykorzystuje się w układach centralnego ogrzewania, jako podstawowe źródło energii cieplnej. Drugim zastosowaniem jest produkcja energii elektrycznej (jest to opłacalne jedynie w przypadku źródeł szczególnie gorących)[Fridleifsson 1998]. Wynika to z faktu, że energię geotermalną można podzielić na 2 rodzaje: wysokotemperaturową (geotermia wysokiej entalpii – GWE) oraz niskotemperaturową (geotermia niskiej entalpii – GNE). Geotermia wysokotemperaturowa pozwala wykorzystać ciepło Ziemi bezpośrednio do zastosowań grzewczych, ale również dla celów rekreacyjnych (balneologia, kąpieliska), suszenia produktów rolnych czy w szklarniach. Ten rodzaj geotermii może być też zastosowany do produkcji energii elektrycznej, chociaż nie dotyczy to Polski. Bezpośrednie wykorzystanie ciepła Ziemi nie jest możliwe w przypadku geotermii niskotemperaturowej; tutaj trzeba zastosować pompy ciepła (GPC) [Kapuściński i Rodzoch 2010]. Energia geotermalna, chociaż tania w eksploatacji (darmowe paliwo), wiąże się z bardzo dużym nakładem inwestycyjnym. Najpierw trzeba ustalić, jakie parametry mają występujące w określonym miejscu wody

DOI: 10.15584/pjsd.2016.20.9

geotermalne. Konieczne są do tego celu bardzo drogie odwierty, które nie gwarantują zwrotu kosztów; może się okazać, że w danym miejscu ze względu na nie najlepsze parametry znajdujących się tam wód, nie opłaca się budować instalacji. Projektując instalację geotermalną należy także ocenić wydajność cieplną złoża oraz realne zapotrzebowanie na ciepło przez potencjalnych odbiorców [Jarczewski i in. 2015]. Natomiast gdy już zostanie dokonany wybór miejsca, to zainstalowanie i utrzymanie geotermicznych systemów ogrzewania jest stosunkowo proste i może zabezpieczyć dostarczenie energii na długi okres czasu [Van Nguyen i in. 2015].

Wzrost udziału źródeł odnawialnych (w tym energii geotermalnej) w strukturze wykorzystania paliw wpływa bezpośrednio na oszczędność zasobów energetycznych ze źródeł konwencjonalnych [Kozłowski i Tallat 2006], ale także pozwala na poprawę stanu środowiska ze względu na ograniczenie emisji zanieczyszczeń do powietrza i wód oraz redukcję ilości produkowanych odpadów [Fridleifsson 1998]. Sprzyja to tak niezbędnemu obecnie spowalnianiu przekształcania ekosystemów [Kostecka 2010, 2013].

II. SUROWCE NIEODNAWIALNE W POLSKIEJ ENERGETYCE

Węgiel jest głównym źródłem energii pierwotnej w Polsce, a przemysł energetyczny oparty na węglu jest największym źródłem emisji CO₂ w kraju (tab. 1).

Tabela 1 – Table 1

Poziom emisji CO₂ w zależności od rodzaju paliwa / Carbon dioxide emission depending on the kind of fuel

Emisja dwutlenku węgla / Carbon dioxide emission		
Rodzaj paliwa / Kind of fuel	Jednostka energii / Energy unit	Emisja CO ₂ / Emission CO ₂
Węgiel kamienny / Bituminous coal	1 MWh	0,76 t
Węgiel brunatny / Brown coal	1 MWh	0,87 t
Gaz ziemny / Natural gas	1 MWh	0,35 t

[Taras, Turowski 2011]

Wykorzystanie węgla w gospodarstwach domowych powoduje problem niskiej emisji na obszarach miejskich. Ponad 93% energii elektrycznej jest produkowana z węgla kamiennego i brunatnego (odpowiednio 60 i 33%), gdyż wykorzystanie tego surowca wpływa na uniezależnienie Polski od importu innych nośników energii [Taras i Turowski 2011]. W ostatnich latach średnioroczne zużycie węgla kamiennego ogółem wyniosło ponad 78 mln ton (w tym w elektroenergetyce około 44 mln ton) [GUS 2015]. Spalanie paliw kopalnych wiąże się nieodłącznie z emisją do środowiska pokaźnych ilości gazów cieplarnianych również innych niż CO₂ - (N₂O, metan), a także innych zanieczyszczeń (w tym SO₂, NO_x, pyły zawierające m. in. metale ciężkie) oraz w przypadku paliw stałych pozostawia duże ilości odpadów (popioły) [Bednorz 2011, Kruk 2012]. W 2013 r. w Polsce wyemitowano łącznie 323 mln t CO₂, 847 tys. t SO₂, 798 tys. t NO_x, 246 tys. t pyłu PM₁₀ i wiele innych związków [GUS 2015]. Stanowi to znaczące zagrożenie dla środowiska naturalnego. Oparcie energetyki w większości na spalaniu węgla kamiennego i brunatnego powoduje zaliczenie Polski do grupy krajów z największą w Europie emisją zanieczyszczeń [Dakowski i Wiąckowski 2005]. Biorąc pod uwagę tylko zużycie węgla kamiennego w Polsce (około 79 mln t w 2011 r.) i zastępując energię wytworzoną w wyniku jego spalania (około 1682 PJ) energią geotermalną, z dokonanych przeliczeń własnych wynika, że można by uniknąć emisji około 158 mln t CO₂ rocznie, 630 tys. t SO₂ (przy średniej zawartości siarki w spalonym węglu 0,5% i braku instalacji odsiarczających) i 79 tys. t NO_x.

III. ENERGIA GEOTERMALNA NA ŚWIECIE

Na świecie ok. 40 krajów zużywa energię geotermalną na potrzeby inne niż produkcja energii elektrycznej, co daje sumaryczną wartość 11 400 MW. Największymi odbiorcami ciepła

z energii geotermalnej są Japonia, Chiny, Węgry, USA. W Stanach Zjednoczonych bardzo szerokie wykorzystanie geotermicznych pomp ciepła odnotowuje się do ogrzewania i schładzania budynków [Fridleifsson 1998]. USA przodują także w wykorzystaniu energii geotermalnej do generacji prądu elektrycznego i w dużym stopniu realizują tę działalność w oparciu o systemy binarne czyli takie, które wytwarzają energię elektryczną stosując dwa różne płyny robocze oddzielone od siebie hydraulicznie (nie mieszające się) [Pająk i Bujakowski 2013]. Dzięki temu można wykorzystać złoża geotermalne o temperaturze poniżej 100°C. Instalacje oparte na systemach binarnych funkcjonują również w Islandii, w Niemczech, Austrii i we Francji [Polak i in. 2014]. W Europie w wykorzystaniu energii geotermalnej przoduje Islandia. Ponad 80% tamtejszego zapotrzebowania na ciepło pokrywają wody geotermalne. Charakterystycznym elementem krajobrazu Islandii są gorące źródła (gejzery), wykorzystywane jako źródło ogrzewania i ciepłej wody. Nie wpływa to ujemnie na środowisko naturalne. W Islandii bogato obdarzonej geotermicznymi zasobami energia geotermalna stanowi więc główny element odnawialnych źródeł energii [Kępińska 2008]. Przykładem szybkiego tempa wzrostu w bezpośrednim użyciu energii geotermalnej jest Tunezja [Fridleifsson 1998], której zasoby zlokalizowane głównie w południowej części kraju są wykorzystywane przeważnie do celów rolniczych i do ogrzewania szklarni w trudnych warunkach pustynnych [Mohamed 2015]. Podczas ostatniego pięcioletnia (2010-2015) znaczny rozwój pod względem wykorzystania geotermii do produkcji energii cieplnej i elektrycznej został osiągnięty w Turcji [Mertoglu i in. 2015]. W tym kraju energia geotermalna i inne odnawialne źródła energii stają się atrakcyjnym rozwiązaniem dla zwiększenia czystości środowiska, co wiąże się z możliwością znacznego ograniczenia importu konwencjonalnych źródeł energii [Kaygusuz i Kaygusuz 2004]. Rosnące ceny ropy naftowej i niestabilne warunki pogodowe w Afryce zapoczątkowały rozwój geotermii zwłaszcza we wschodniej części kontynentu, to jest w Etiopii i głównie Kenii, która ma największą liczbę wykwalifikowanych pracowników i jest pierwszym afrykańskim krajem wykorzystującym energię geotermalną [Mariita 2015]. Wykorzystanie energii geotermalnej na świecie i w Europie na tle świata przedstawiono w tabelach 2 i 3.

Tabela 2 – Table 2

Sposoby wykorzystania energii geotermalnej na świecie (2005) / *Geothermal energy use in the world (2005)*

Sposób wykorzystania <i>Manner of using</i>	Zainstalowana moc (MW) <i>Installed power (MW)</i>	Produkcja ciepła (TJ/r) <i>Warm output (TJ/of the year)</i>
Pompy ciepła / <i>Pumps of the warmth</i>	15 723	86 673
Centralne ogrzewanie / <i>Central heating</i>	4 158	52 868
Ogrzewanie szklarni <i>Heating of greenhouse</i>	1 348	19 607
Ogrzewanie stawów hodowlanych <i>Heating of fish breeding ponds</i>	616	10 969
Suszenie produktów rolnych <i>Drying of agricultural products</i>	157	2 013
Zastosowania przemysłowe <i>Industrial applications</i>	489	11 068
Pływalnie, balneoterapia <i>Swimming pools, balneotherapy</i>	4 911	75 289
Chłodzenie, topienie śniegu, lodu <i>Cooling, melting snow and ice</i>	338	1 885
Inne / <i>Other</i>	86	1 045
Razem / <i>Total</i>	27 825	261 418

[Lund et al. 2005]

Tabela 3 – Table 3Wykorzystanie energii geotermalnej w Europie na tle świata (2004) / *Geothermal energy use in Europe relating to world (2004)*

Kontynent <i>Continent</i>	Zastosowania bezpośrednie <i>Direct applications</i>			Generacja prądu elektrycznego <i>Generation of the electric current</i>		
	Wprowadzona moc MW _t <i>Installed power MW_t</i>	Produkcja całkowita <i>Total production</i>		Wprowadzona moc MW _e <i>Installed power MW_e</i>	Produkcja całkowita <i>Total production</i>	
		GWh/a	%		GWh/a	%
Afryka <i>Africa</i>	190	763	1	136	1088	2
Ameryki <i>North and South America</i>	8988	12119	16	3941	26794	48
Azja / <i>Asia</i>	5044	17352	23	3290	18903	34
Europa <i>Europe</i>	13628	42916	56	1124	5745	11
Oceania <i>Oceania</i>	418	2793	4	441	2791	5
Razem <i>Total</i>	28268	75943	100	8932	56786	100

[Bertani 2005, Lund i in. 2005]

IV. PERSPEKTYWY ROZWOJU ENERGII GEOTERMALNEJ W POLSCE

Energia geotermalna staje się coraz bardziej popularna w Polsce, zwłaszcza w Zakopanem i na Podhalu. Ogrzewanie energią jest tam już o 40% tańsze niż ogrzewanie gazem i 90% zakopiańskich hoteli oraz około 250 tys. tamtejszych prywatnych gospodarstw domowych korzysta z tego rodzaju energii. Spowodowało to między innymi redukcję emisji dwutlenku węgla, więc dąży się także do rozwinięcia sieci geotermalnej na całym Podhalu, w tym w Kotlinie Nowotarskiej, gdyż emisja zanieczyszczeń powietrza jest w tych rejonach wysoka – szczególnie w sezonie grzewczym [Nowobilska i in. 2011]. Geotermalne kąpieliska i ośrodki rekreacyjne uruchomione na Podhalu w latach 2006-2008 to Aqua Park Zakopane, Termy Podhalańskie w Bańskiej Niżnej, Terma Bukowina Tatrzńska i Kąpielisko Geotermalne Szymbarkowa w Zakopanem, a w 2011 roku oddano do użytku kompleks rekreacyjny Terma Bania w Białce Tatrzańskiej [Kubski 2012]. Poza tym pokaźne zasoby wód geotermalnych w Polsce istnieją głównie w okręgach: szczecińsko-lódzkim i grudziądzko-warszawskim. Przykładem nowo powstających inwestycji jest Toruń, gdzie udokumentowano zasoby wód termalnych o temperaturze przekraczającej 60°C i dużej wydajności. Natomiast do celów energetycznych najkorzystniejsze warunki eksploatacji wód geotermalnych istnieją w karpackim Subbasenie Podhalańskim. Występują tu wody geotermalne o temperaturze 35-120°C o niskiej mineralizacji, których objętość szacuje się na ponad 10 km³. Z kolei w basenach Zapadliska Przedkarpacciego objętość wód ocenia się na 362 km³. Obszar Podkarpacia charakteryzuje się znacznym zróżnicowaniem pod względem budowy geologicznej, zagospodarowania terenu oraz środowiska przyrodniczo-kulturowego, dlatego poszczególne jego powiaty stwarzają różnorodne możliwości dla pełnienia funkcji leczniczo-uzdrowiskowej i rehabilitacyjno-rekreacyjnej [Chowaniec i Górka 2009]. Najwyższy potencjał energetyki geotermalnej, wynoszący powyżej 10 MW występuje w powiatach przeworskim i strzyżowskim, natomiast najniższy potencjał, poniżej 1 MW występuje w powiatach nizańskim, leżajskim, lubaczowskim, sanockim oraz leskim [Wojewódzki program rozwoju...2013].

Ale także warunki geologiczne (zbyt niska temperatura wody, duża mineralizacja – zasolenie, problemy ze spadkiem wydajności źródeł) sprawiają, że szersze wykorzystanie energii geotermalnej do celów grzewczych jest trudne [Czyżewski 2009]. Badania przeprowadzane na przestrzeni kilku ostatnich lat wskazują na to, że najlepszym miejscem dla rozwoju inwestycji geotermalnych jest (poza Podhalem) obszar Niziny Polskiej. Świadczą o tym ciepłownie geotermalne funkcjonujące w miejscowościach: Pyrzyce, Stargard Szczeciński, Mszczonów, Uniejów, Poddębice [Wachowicz-Pyzik i in. 2015].

Pomimo tych problemów wykorzystanie złóż geotermalnych powinno być zwiększone, gdyż są one stabilnym źródłem energii nie przyczyniającym się do powstawania efektu cieplarnianego [Kruk 2012]. O atutach energetyki geotermalnej w Polsce decydują względy ekonomiczne, ekologiczne, społeczne i wysoki poziom bezpieczeństwa dostaw energii cieplnej. Z szacunkowych porównań wynika, że koszty inwestycji geotermalnych są co najmniej dwukrotnie niższe od wiatrowych i kilkakrotnie niższe od wodnych [Bociek 2009]. Przykłady wykorzystania energii geotermalnej w Polsce przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4 – Table 4

Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce (2004) / *Geothermal energy use in Poland (2004)* [Kępińska 2005]

Sposób wykorzystania <i>Manner of using</i>	Zainstalowana moc (MW _t) <i>Installed power (MW_t)</i>	Produkcja ciepła (TJ/r) <i>Warm output (TJ/of the year)</i>
Centralne ogrzewanie <i>Central heating</i>	82,8	306,5
Balneoterapia / <i>Balneotherapy</i>	6,8	26,9
Ogrzewanie szklarni itp. <i>Heating of greenhouse</i>	1	4,0
Inne – ekstrakcja soli mineralnych <i>Other - extraction of mineral salts</i>	0,3	1
Pompy ciepła / <i>Pumps of the warmth</i>	80	500
Razem / <i>Total</i>	170,9	838,4

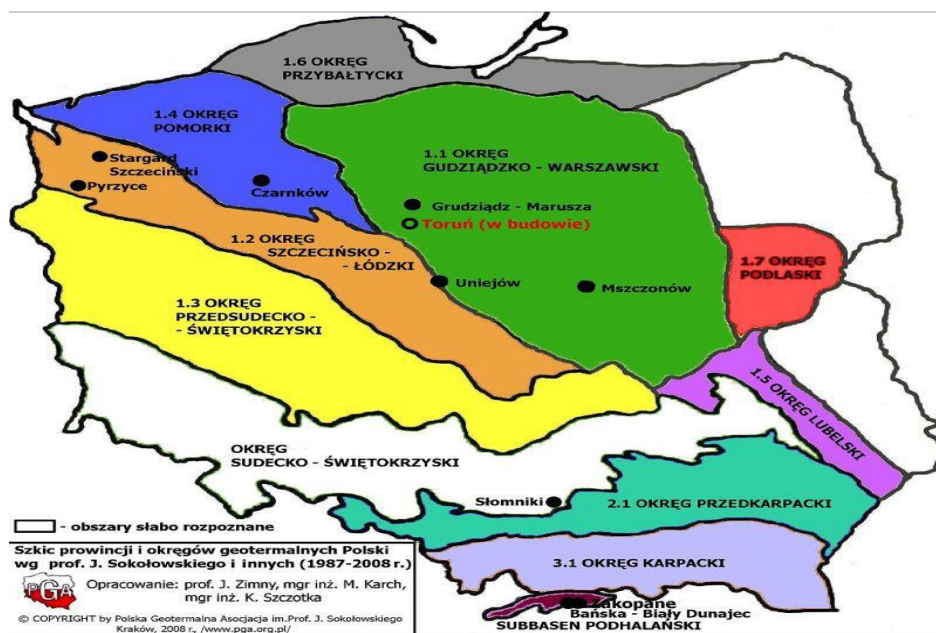
[Kępińska 2005]

V. WALORY ZASOBÓW GEOTERMALNYCH

Najważniejsze walory energii geotermalnej to: 1) praktyczna nieograniczoność i odnawialność, 2) powszechność występowania ciepła w pobliżu użytkownika, 3) niezależność od zmiennych warunków klimatycznych i pogodowych, czyli stabilna podaż, 4) możliwość użytkowania bez powodowania zakłóceń w środowisku naturalnym, 5) możliwość wykorzystania zasobów wody i energii geotermalnej dla innych niż ciepłowniczych celów: rolniczych, ogrodniczych, technologicznych, balneologicznych i rekreacyjnych, 6) pozyskiwanie ciepła geotermalnego cechuje się bardzo niską wrażliwością na wzrost cen nośników energii, 7) produkcja ciepła geotermalnego spełnia z powodzeniem rygorystyczne normy w zakresie ochrony środowiska [Górecki i Kępińska 2009].

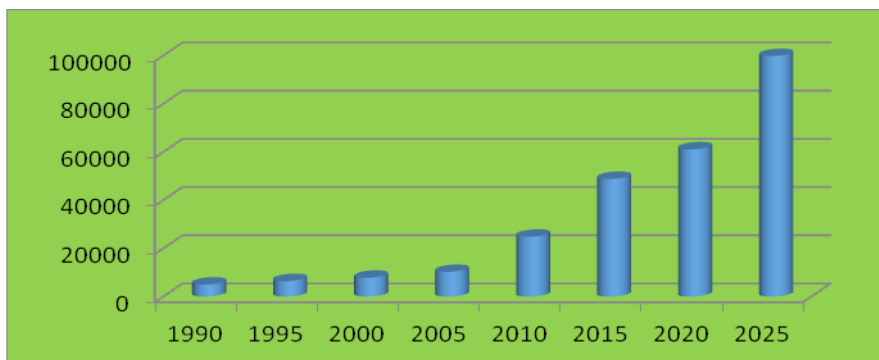
Przy uruchomieniu przemysłu geoenergetycznego Polska mogłaby w niedalekiej przyszłości produkować czystą energię cieplną po cenach zdecydowanie konkurencyjnych w stosunku do cen importowanego gazu ziemnego, ropy naftowej czy energii elektrycznej. Zasoby wód geotermalnych pod obszarem Polski występują w ilości ponad 6 tysięcy km³, co odpowiada dwukrotnej objętości wody zawartej Morzu Bałtyckim. W wodach tych o temperaturach od

50 do 120°C zawarta jest energia cieplna równoważna spalaniu około 24 mld ton ropy naftowej [Dakowski i Wiąckowski 2005]. Wody te zgromadzone są w dziesięciu wielkich zbiornikach (basenach) posiadających różne temperatury w zależności od głębokości (ryc. 1).



Ryc. 1. Okręgi geotermalne Polski [Zimny i in. 2008]
 Fig. 1. Geothermal districts in Poland [Zimny et al. 2008]

Elektrownie lub elektrociepłownie geotermalne mogą pracować tak jak klasyczne elektrownie parowe, gdy temperatura wnętrza ziemi przekracza 200-300°C lub jako tzw. elektrownie binarne (80-150°C), czyli z dodatkowym obiegiem specjalnego czynnika w roboczym obiegu elektrowni. Przy aktualnej tendencji rozwoju, szacowany wzrost mocy elektrowni geotermalnych na świecie wyniesie w 2025 roku około 100 tys. MW (ryc. 2) [Zimny 2010].



Ryc. 2. Szacowany wzrost mocy elektrowni geotermalnych na świecie (MW) [Zimny 2010]
 Fig. 2. Estimated increase of the power in geothermal power stations (MW) [Zimny 2010]

BIBLIOGRAFIA

1. Bednorz J. 2011. Społeczno-ekologiczne skutki eksploatacji węgla kamiennego w Polsce. *Górnictwo i Geologia*. 4 (6). 5-17.
2. Bertani R. 2005. World geothermal generation 2001-2005. *Proceedings World Geothermal Congress 2005*. ss 19.
3. Bociek Z. 2009. Koncepcja rozwoju ciepłowni geotermalnych wspomagających miejskie systemy ciepłownicze. *Przegląd Geologiczny*. 57 (8). 648.
4. Chowaniec J., Górka A. 2009. Ocena możliwości rozwoju geotermii na Podkarpaciu. Konferencja Naukowo-Techniczna: Wiercenia geotermalne – nowe technologie wiercenia i udostępniania wód geotermalnych oraz perspektywy wykorzystania energii geotermalnej w świetle polityki energetycznej kraju. 33-42.
5. Czyżewski P. 2009. Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce dziś i w niedalekiej przyszłości. *Nowa Energia*. 1 (7). 65-66.
6. Dakowski M., Wiąkowski S. 2005. O energetyce dla użytkowników i sceptyków. Fundacja Odysseum Warszawa. ss 236.
7. Fridleifsson I.B. 1998. Direct use of geothermal energy around the world. *GHC Bull.* 19 (2). 4-9.
8. Górecki W., Kępińska B. 2009. Analiza możliwości wykorzystania wód i energii geotermalnej w Polsce. Konferencja Naukowo-Techniczna: Wiercenia geotermalne – nowe technologie wiercenia i udostępniania wód geotermalnych oraz perspektywy wykorzystania energii geotermalnej w świetle polityki energetycznej kraju. 7-19.
9. GUS 2015. Ochrona Środowiska, *Environment 2015*. Warszawa.
10. Jarczewski W., Huculak M., Dej M. 2015. Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce. *Prace geograficzne*. 141. 87-104.
11. Jiang Y., Lei Y., Li L., Ge J. 2016. Mechanism of Fiscal and Taxation Policies in the Geothermal Industry in China. *Energies*. 9 (709). 1-20.
12. Kapuściński J., Rodzoch A. 2010. Geotermia niskotemperaturowa w Polsce i na świecie. Stan aktualny i perspektywy rozwoju. Uwarunkowania techniczne, środowiskowe i ekonomiczne. ss 140.
13. Kaygusuz K., Kaygusuz A. 2004. Geothermal energy in Turkey: the sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 8. 545-563.
14. Kępińska B. 2005. Geothermal energy country report from Poland, 2000-2004. *Proceedings World Geothermal Congress 2005*. 1-10.
15. Kępińska B. 2008. Geothermal energy use in Europe. *Geothermal Training Programme. 30th Anniversary Workshop*. 1-14.
16. Kostecka J. 2010. Retardacja przekształcania zasobów przyrodniczych jako element zrównoważonego rozwoju. *Biuletyn KPZK PAN*. 242. 27-49.
17. Kostecka J. 2013. Retardacja tempa życia i przekształcania zasobów przyrody – wybrane implikacje obywatelskie. *Inżynieria Ekologiczna*. 34. 38-52.
18. Kozłowski R.H., Tallat J. 2006. Strategia restrukturyzacji energetyki polskiej. Raport IAE-123/A. Badania materiałowe na potrzeby elektrowni i przemysłu energetycznego. XIII. Seminarium Naukowo-Techniczne, Zakopane 2006. 1-11.
19. Kruk H. 2012. Wykorzystanie źródeł energii a bezpieczeństwo energetyczne i ekologiczne Polski. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*. 72. 23-30.
20. Kubski P. 2012. Przegląd zasobów i wykorzystania energii geotermalnej w Polsce. *Instal.* 2. 14-16.
21. Lund J.W., Freeston D.H., Boyd T.L. 2005. World-wide direct uses geothermal energy 2005. *Proceedings World Geothermal Congress 2005*. 1-20.

22. Mariita N. O. 2015. Status and challenges in training on geothermal energy in Africa. Proceedings World Geothermal Congress 2015. 1-3.
23. Mertoglu O., Simsek S., Basarir N. 2015. Geothermal country update report of Turkey (2010-2015). Proceedings World Geothermal Congress 2015. 1-9.
24. Michałowski M. 2011. Proekologiczne wykorzystanie energii geotermalnej Polski. Inżynieria Mineralna. 2 (28). 1-9.
25. Mohamed M.B. 2015. Geothermal energy development: the Tunisian experience. Proceedings World Geothermal Congress 2015. 1-8.
26. Nowobilska E., Nowobilska-Luberda A., Ziernicka-Wojtaszek A., Zawora T. 2011. Możliwości wykorzystania zasobów wód termalnych w rejonie Podhala. Inż. Ekol. 27. 136-143.
27. Pająk L., Bujakowski W. 2013. Energia geotermalna w systemach binarnych. Przegląd Geologiczny. 6 (11/2). 699-705.
28. Polak R., Dziki D., Krzykowski A., Rudy S., Różyło R. 2014. Elektrownie geotermalne oparte na systemach binarnych. Motrol. 16 (1). 101-104.
29. Taras A., Turowski P. 2011. Nowe szanse dla polskiej energetyki: od węgla ku gazowi z łupków i atomowi. Bezpieczeństwo Narodowe II. 18. 161-177.
30. Van Nguyen M., Arason S., Gissurarson M., Pálsson P.G. 2015. Uses of geothermal energy in food and agriculture. Opportunities for developing countries. Food and Agriculture Organization of the United Nations. ss 62.
31. Wachowicz-Pyzik A., Mazurkiewicz J., Królikowski M. 2015. Główne bariery wykorzystania energii geotermalnej w Polsce na przykładzie wybranych ciepłowni. JCEEA. T. XXXII. 62 (2). 565-576.
32. Wojewódzki program rozwoju odnawialnych źródeł energii dla województwa podkarpackiego. 2013. Case-Doradcy Sp. z o.o. ss 86.
33. Zimny J. 2010. Elektrownie geotermalne. Szansa rozwoju energetyki Europy i Polski. 2010. Energetyka Ciepła i Zawodowa. 4. 35-39.
34. Zimny J., Karch M., Szczotka K. 2008. Szkic prowincji i okręgów geotermalnych Polski wg prof. Sokolowskiego i innych (1987-2008).

GEO THERMICS AND RESOURCES PROTECTION

Summary

Geothermal energy has been developing rapidly lately. It is used in central heating systems (direct application) and for the production of electricity. The dynamic development of geothermal energy is associated with both the increasing environmental pollution and the search for alternative solutions which can replace conventional energy sources such as coal, oil or natural gas. It is especially important for countries like Poland, where the power industry is mainly based on coal, which is the source of significant carbon dioxide emissions.

Keywords: geothermal energy, carbon dioxide emission, geothermal resources in Poland, retardation of resources transformation