

Elektrownie geotermalne

Szansa rozwoju energetyki Europy i Polski

Autor: prof. Jacek Zimny - Akademia Górniczo – Hutnicza, Przewodniczący Polskiej Geotermalnej Asocjacji

(„Energetyka Ciepła i Zawodowa” – nr 4/2010)

W połowie XXI wieku wyczerpią się istotnie dostępne zasoby ropy, gazu ziemnego oraz rud uranowych, a w Unii Europejskiej i Polsce nie podejmuje się strategicznych decyzji i działań na rzecz alternatywnej, przemysłowej produkcji prądu i ciepła z innych źródeł. O ile w obszarze wykorzystania energii z zasobów odnawialnych: wiatru, słońca, wody czy biomasy konieczne badania i wdrożenia prowadzone są od wielu lat, o tyle problemowi wytwarzania energii elektrycznej i ciepła z zasobów geotermicznych nie poświęca się należytej uwagi.

Niewyczerpywalne, gigantyczne zasoby energii wnętrza Ziemi wiążą się z procesem jej powstawania przeszło 4,5 mld lat temu, oraz procesami cieplnymi radioaktywnego rozpadu uranu, toru i innych pierwiastków, które nieustannie w nich zachodzą. Wybuchy istniejących wulkanów, wpływy przegrzanej pary (fumarole), czy gorącej wody (gejzery), niezmiennie potwierdzają i przypominają ludziom ogromny potencjał energii zawartej we wnętrzu Ziemi.

Wykorzystanie geotermii w energetyce.

W 1850 roku we Włoszech w miejscowości Lardarello (Toskania), uruchomiono pierwszą ciepłownię geotermalną. Gorącą wodą ogrzewano pobliskie osiedla mieszkalne. W tym samym mieście w 1904 roku uruchomiono pierwszą w świecie elektrownię geotermalną; dziś w tym miejscu pracuje geoelektrownia o mocy elektrycznej przeszło 400MW. Jak łatwo sobie wyobrazić, 4 takie elektrownie geotermalne wybudowane w Polsce, mogą wytworzyć tę samą ilość energii elektrycznej co planowana moc 1600 MW z nowej elektrowni atomowej w Żarnowcu lub Kłempiczu

Na podstawie doświadczeń włoskich, inne państwa uruchomiły u siebie wiele ciepłowni, elektrowni oraz elektrociepłowni geotermalnych.

W 2009 roku łączna moc elektrowni geotermalnych na świecie przekroczyła 16 000 MW; jest to prawie połowa mocy energetyki zawodowej Polski. Są one zlokalizowane w przeszło 40 krajach świata, przy czym największy ich udział ma miejsce w USA, blisko 5 500 MW; Filipiny 3 000 MW; Włochy 1 200 MW; Indonezja 2 000 MW; Meksyk 1 000 MW. Na przestrzeni lat 2000 - 2009 do krajów o największym wzroście zainstalowanych mocy elektrowni geotermalnych należą: Turcja przyrost 14 –krotny; Rosja przyrost 7-krotny; Francja 6-krotny; Kenia 5- krotny; Indonezja 5-krotny; Portugalia 4-krotny i Nikaragua 4-krotny.

Przy aktualnym trendzie rozwojowym, szacowany wzrost mocy elektrowni geotermalnych na świecie, wyniesie w roku 2010 około 25 tys. MW; w roku 2015 blisko 50 tys. MW, zaś do roku 2025 osiągnie 100 tys. MW.

Jak jest zbudowana i jak działa elektrownia geotermalna?

Elektrownie lub elektrociepłownie geotermalne pracują podobnie jak klasyczne elektrownie parowe, gdy temperatura wnętrza Ziemi przekracza 200-300°C; lub z dodatkowym, drugim obiegiem specjalnego czynnika w obiegu roboczym elektrowni, tzw. elektrownie binarne, dla niższych temperatur wnętrza Ziemi rzędu 80-150°C.

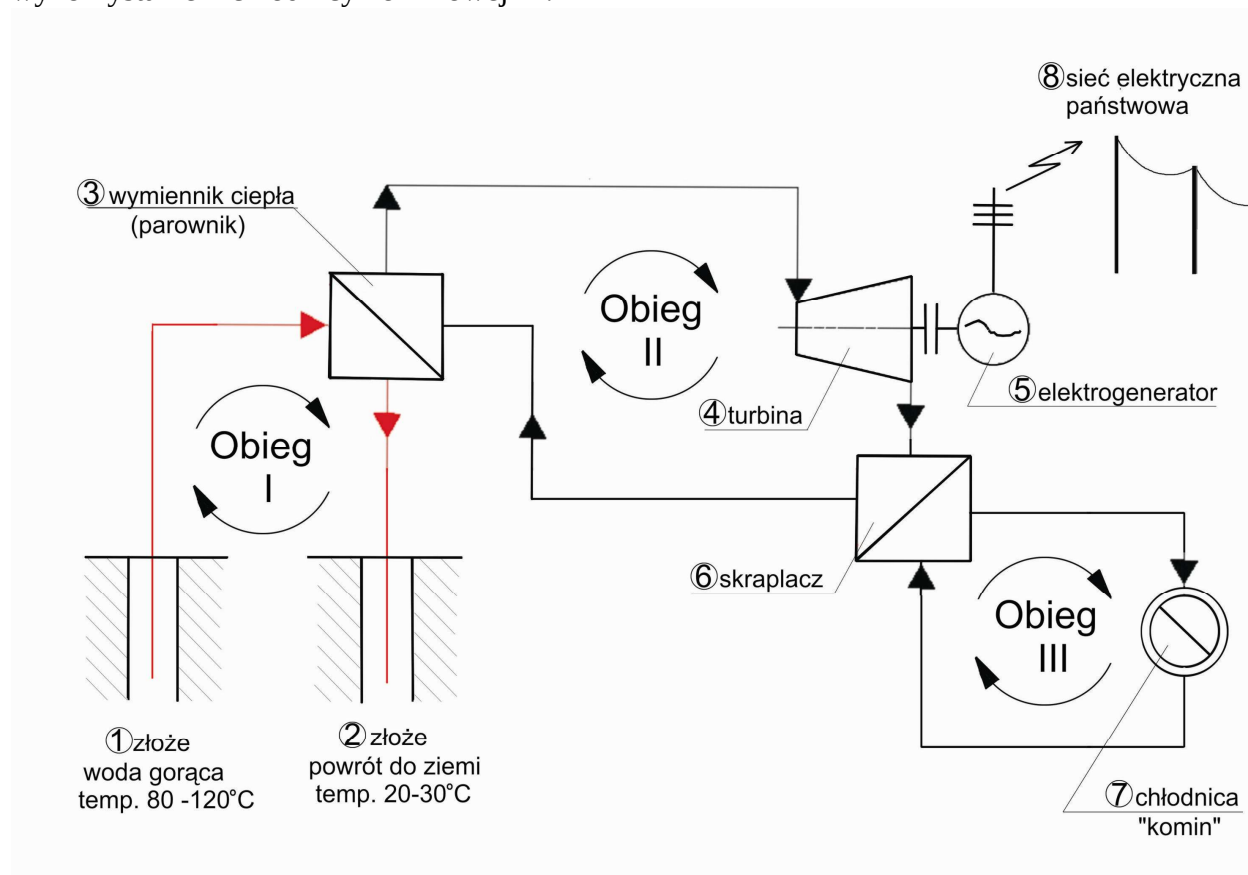
Te drugie, znane w świecie pod określeniem elektrownie geotermalne ORC (Organic Rankine Cycle), wykorzystują w cyklu pracy nie klasyczny układ wodno-parowy, a inne nośniki energii jak np. lekkie węglowodory.

Ich ciepło parowania wynosi 15-17% ciepła parowania wody i dlatego można je stosować przy niskich temperaturach płynu geotermalnego, wydobywanego odwiertami z wnętrza Ziemi.

Schemat elektrowni geotermalnej typu ORC przedstawia rysunek. Są w niej trzy podstawowe obiegi: pierwszy, tzw. geotermalny (I) obejmuje obieg gorącej wody ① wypływającej odwiertem ze złoża na powierzchnię Ziemi, do rurowych lub płytowych wymienników ciepła ③, skąd oziębiona woda geotermalna wraca drugim odwiertem geotermalnym ② do złoża geotermalnego w Ziemi. W drugim obiegu cieplnym, tzw. termodynamicznym (II) krąży niskowrzący nośnik energii. Jest to substancja chemiczna, która ze względu na swoje właściwości, stosowana jest powszechnie w chłodnictwie.

W elektrowniach geotermalnych najczęściej stosuje się czynniki robocze pochodzenia organicznego jak dwutlenek węgla, izobutan, izopentan, amoniak.

Obieg trzeci, tzw. chłodniczy (III) ma za zadanie równoważyć cieplnie cały układ z wykorzystaniem chłodnicy kominowej ⑦.



Rys. 1. Schemat elektrowni geotermalnej ORC.

Obieg pierwszy (I) elektrowni stanowi zamknięty, szczelny przepływ wody gorącej z odwiertu geotermalnego ① do wymiennika ciepła ③ odbierającego ciepło gorącej wody geotermalnej ze złoża ① i przekazującego to ciepło przez wymiennik ③ zwany odparowyzwaczem, do obiegu (II). Woda geotermalna po schłodzeniu wraca do złoża ②.

W drugim obiegu cieplnym (II), odebrane ciepło na wymienniku ③ przez organiczny nośnik ciepła (np. izobutan), powoduje parowanie tego czynnika w stosunkowo niskich temperaturach rzędu 60°C-80°C, którego pary doprowadzone zostają do łopatek turbiny ④, wprawiając ją w ruch obrotowy przekazywany dalej do elektrogenatora ⑤ produkującego prąd elektryczny. Prąd elektryczny wytworzony w elektrowni geotermalnej przekazywany jest do sieci elektrycznej państwowej ⑧.

Trzeci obieg (III), ma za zadanie obniżyć, schłodzić temperaturę czynnika roboczego poprzez skraplacz (wymennik ciepła) ⑥. Do tego celu używa się wody, nie ma ona jednak bezpośredniego kontaktu z nośnikiem ciepła pracującym w obiegu (II) elektrowni. Woda chłodząca może być przygotowywana tak jak w klasycznej elektrowni przy pomocy chłodni kominowych ⑦ (wielkie kominy „dymiące” parą wodną).

Temperatura wody geotermalnej, jej ilość w czasie (wydatek w m³/sek) ciśnienie robocze oraz skład chemiczny –wyznaczają podstawowe parametry wyjściowe przy projektowaniu elektrowni geotermalnej (produkcja tylko prądu), lub elektrociepłowni geotermalnej (produkcja ciepła i prądu).

W każdym z tych przypadków korzysta się z wiedzy i doświadczeń projektowych jak dla budowy klasycznych elektrowni węglowych czy gazowych, z typowym obiegiem wodno – parowym.

W obliczeniach projektowych określa się podstawowe wielkości energetyczne i wskaźniki sprawności jak: moc netto i brutto elektrowni geotermalnej; dostarczoną energię geotermalną, sprawność energetyczna elektrowni, sprawność pracy turbiny.

Wykorzystując skomplikowane specjalistyczne programy obliczeniowe dotyczące analizy systemowej i bilansowej wszystkich obiegów i procesów cieplnych w nich zachodzących, określa się podstawowe obliczenia parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych elektrowni lub elektrociepłowni geotermalnej. Celem ich jest w pierwszym rzędzie określenie strumieni masy procesu technologicznego i jej energii, a jednym z najważniejszych z nich jest właściwy dobór czynnika roboczego oraz określenie optymalnych parametrów pracy elektrowni geotermalnej.

Właściwy ich dobór zapewnia inwestorowi najtańszą na świecie energię elektryczną oraz najtańsze ciepło wytwarzane przez cały rok.

Koszty energii elektrycznej i ciepła z elektrowni geotermalnej.

Koszty wytwarzania jednostki energii (kilowatogodzina) z elektrowni geotermalnych są najniższe na świecie. Ilustruje to tabela porównawcza energii produkowanej z różnych źródeł odnawialnych w 2005 roku, na podstawie oficjalnych danych UE (Eurostat).

Tabela 1. Produkcja energii elektrycznej z zasobów odnawialnych Europy.

Energia elektryczna		Produkcja energii el. w 2005r		Moc zainstalowana w 2005r		Wykorzystanie mocy	Aktualny koszt energii elektrycznej	Koszt energii elektrycznej w przyszłości	Koszt inwestycji pod klucz	Przyrost mocy zainstalowanej w ostatnich 5 lat
		TWh	%	GW	%					
1	Wodna	2600	92	663	92	20-70	2-10	2-8	1000-4000	2
2	Biomasa	160	5,7	40	5,5	25-80	5-15	4-10	900-3000	3
3	Geotermia	46	1,6	8	1,1	45-90	2-10	1-8	800-3000	4
4	Wiatr	18	0,7	10	1,3	20-30	5-13	3-10	1100-1700	30
5	Słońce	1,5	0,05	1,0	0,1	8-35	12-125	4-25	3000-10000	35
6	Energia pływów	0,6	0,02	0,3	0	20-30	8-15	8-15	1700-2500	0

Z przedstawionych danych wynika, iż największą aktualnie w 2005 r. ilość energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w świecie uzyskuje się z: elektrowni wodnych (92%), biomasy (5,7%) oraz geotermii (1,6%). Szczególnie promowana przez lobby europejskie energetyka wiatrowa dostarcza tylko 0,7% produkcji prądu zaś energetyka słoneczna zaledwie 0,05% energii elektrycznej. Na tym tle energetyka geotermalna jest przeszło 2-krotnie bardziej efektywna od wiatrowej.

Aktualny koszt energii elektrycznej wytwarzanej ze źródeł odnawialnych także przemawia za geotermią; wynosi on 2 centy amerykańskie za kilowatogodzinę (kWh) podobnie jak z elektrowni wodnych i jest 2 krotnie tańszy jak z biomasy czy wiatru i 6-krotnie tańszy niż ze słońca (fotowoltaika).

Również koszt inwestycyjny „pod klucz” elektrowni geotermalnych jest najtańszy i wynosi 800USD za kilowat mocy zainstalowanej, mniej niż z biomasy (900 USD), energii wodnej (1000USD), wiatrowej (1100USD) i słonecznej (3000 USD).

W zakresie wytwarzania ciepła z zasobów geotermicznych te relacje są analogiczne. Spośród trzech podstawowych technologii: biomasy, energii słonecznej i źródeł geotermalnych, najtańszy koszt wytwarzania gigadżuła ciepła jest z geotermii, 2 krotnie droższa jest energia z biomasy i 4 krotnie droższa z energii słonecznej. Analogicznie przedstawia się koszt instalacji tych źródeł energii tabela 2.

Analiza przedstawionych danych świadczy, iż w Europie ze wszystkich aktualnie stosowanych czystych technologii energetycznych, najkorzystniejsza jest energia geotermiczna.

Norwegia, Islandia, Austria, Watykan –samowystarczalne energetycznie. A Polska?

Energię elektryczną i ciepło użytkowe w Norwegii w 99% dostarczają wyłącznie wodospady. W Islandii zaś, w tym samym procencie energię dostarczają wodospady i geotermia. Technologie wykorzystujące geotermię są tam bardzo intensywnie rozwijane. W tym kraju na

przestrzeni 10 ostatnich lat oddano do użytku 6 elektrowni i elektrociepłowni geotermalnych o łącznej mocy 560 MW, co w pełni pokrywa zapotrzebowanie mieszkańców tej wyspy.

Tabela 2 Produkcja energii cieplnej z głównych zasobów odnawialnych Europy.

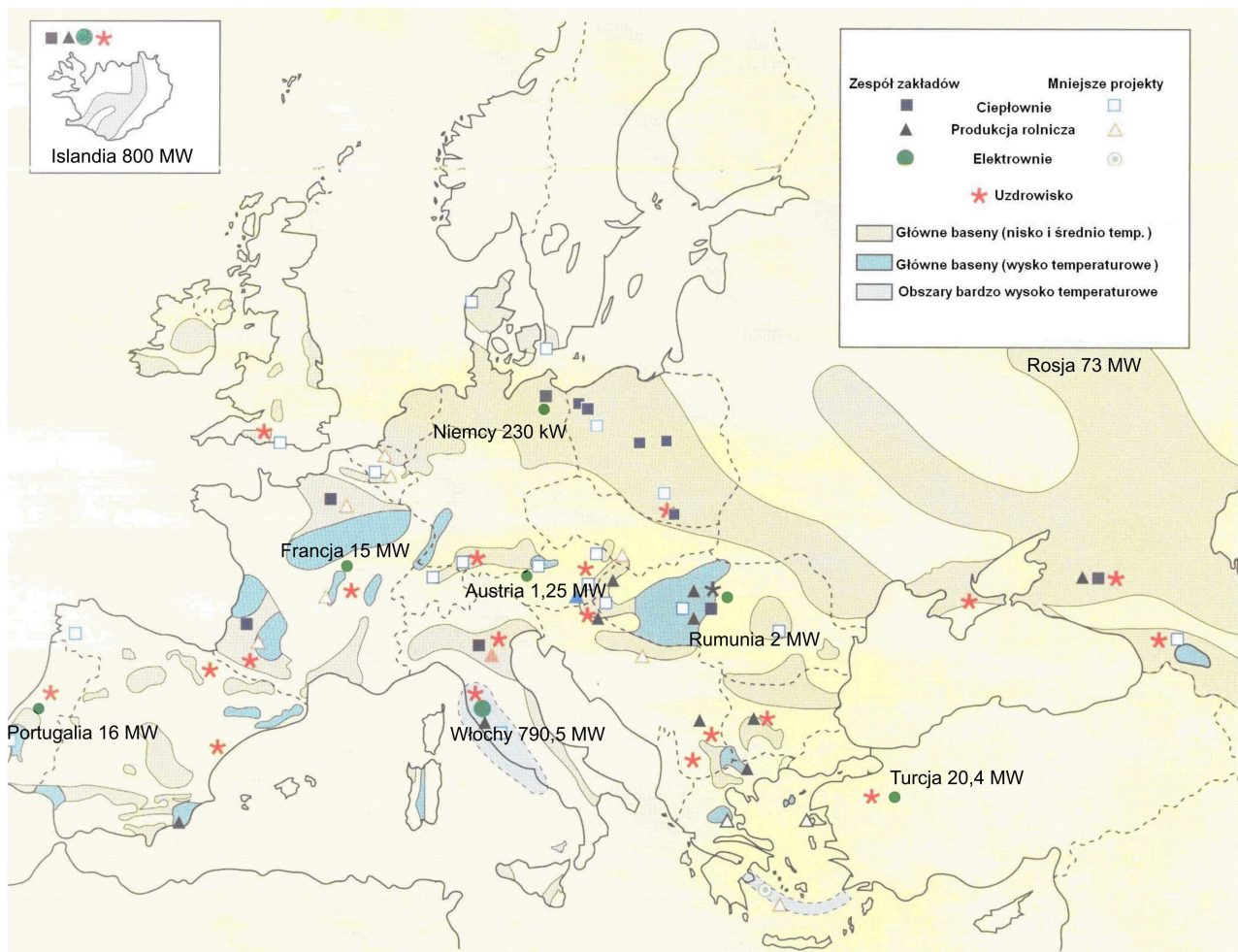
	Produkcja energii w 2005r TWh/rok	Moc zainstalowana w 2005r GW	Wykorzystanie mocy %	Aktualny koszt energii USc/kWh	Koszt energii cieplnej w przyszłości USc/kWh	Koszt inwestycji (pod klucz) USD/kW	Przyrost mocy w 5 ostatnich latach % / rok
Biomasa	700	250	25-80	1-5	1-5	250-750	3
Geotermia	40	11	20-70	0,5-5	0,5-5	200-2000	6
Słońce	14	18	8-20	3-20	2-10	500-1700	8

Islandia, największy lodowiec Europy na Atlantyku, ma przeszło 20 milionów lat. Powstała na styku dwóch wielkich płyt tektonicznych: amerykańskiej i europejskiej, które odsuwają się od siebie 2 cm rocznie. Powoduje to stały wypływ gorącej magmy z wnętrza Ziemi. Elektrownie i elektrociepłownie geotermalne Islandii zasilane są wodą i parą o ciśnieniu rzędu 10 barów i temperaturze rzędu 200°C, z odwiertów o przeciętnej głębokości 2 000m. Na skutek częstych ruchów tektonicznych wyspy, corocznie wiele odwiertów zostaje zniszczonych, ale zaraz powstają obok nowe.

Wody geotermalne Islandii podobnie jak w Polsce zawierają składniki mineralne o leczniczych właściwościach. Większość wody geotermalnej, po odbiorze ciepła wraca do wnętrza Ziemi, a część płynie do basenów kąpielowych wody leczniczej (balneologia, lecznictwo, rekreacja, sport).

Np. w elektrociepłowni Svartsengi w Islandii o mocy elektrycznej 20 MW, oddanej do użytku w 2000 roku, –część wykorzystanej wody geotermalnej o charakterystycznym zabarwieniu niebieskim od składników mineralnych, przepływa stale do ogromnego basenu wielkości jeziora, nazwanego „Niebieska Laguna” jako obiektu leczniczego.

Najniższe na świecie koszty otrzymywania energii elektrycznej w Islandii, przyciągają wielu inwestorów najbardziej energochłonnych gałęzi przemysłu, m.in. produkcji aluminium czy żelazo –krzemu. Aktualnie na tej wyspie budowana jest przez Amerykanów największa na świecie huta aluminium, w której głównymi wykonawcami i zatrudnionymi są... Polacy. Drugim narodowym produktem Islandii będzie wodór. Z uwagi na tani prąd, Islandia chce być głównym producentem dla Europy najbardziej ekologicznego nośnika energii. Produkcja wodoru powstałego w wyniku elektrolizy wody, dla stosowania w ogniwach paliwowych, które w najbliższych latach będą napędzać auta nowej generacji -ma być narodową specjalnością Islandii. Tym czym jest telekomunikacja dla Finlandii. Wodór w postaci skroplonej, drogą morską będzie dostarczany do odbiorców, głównie w Europie.



Rys. 2. Mapa zasobów geotermalnych (szare kolory) oraz istniejących ciepłowni i elektrowni geotermalnych w Europie.

Inny kraj, Austria również należy do wiodących w Europie państw rozwijających energetykę z zasobów odnawialnych. Aktualnie jej udział w bilansie energetycznym państwa wynosi już 68%, do roku 2010 ma wynieść 80%! Państwo Watykan do roku 2013 zamierza osiągnąć 90% udziału potrzebnej energii elektrycznej i ciepłej z własnych źródeł odnawialnych. Pierwszym etapem jest montaż na Auli Pawła VI, fotoogniw i kolektorów słonecznych o łącznej powierzchni 5 000m².

Co winniśmy uczynić w Polsce?

Bezwzględnie zmienić narodową strategię bezpieczeństwa energetycznego. Ponieważ w marcu 2007r. państwa UE zobowiązały się do 2020 roku zwiększyć udział energii „zielonej” w bilansie energetycznym do 20%, oraz ograniczyć emisję dwutlenku węgla do atmosfery również o 20% w porównaniu z 1990 rokiem, Polska winna zasadniczo zmodyfikować dotychczasową politykę energetyczną i zacząć wreszcie budować własne bezpieczeństwo i suwerenność energetyczną, wykorzystując krajowe zasoby energetyczne kopalne i odnawialne. Z nadzieją i poparciem należy więc przyjąć deklarację wicepremiera Waldemara Pawlaka, przedstawioną 22 listopada 2007r. w Brukseli na spotkaniu unijnych ministrów gospodarki –o konieczności intensywnego rozwoju w Polsce energetyki odnawialnej.

Jak podkreślaliśmy wielokrotnie, należy opracować i wdrożyć szybko ponadpartyjny Narodowy Program Bezpieczeństwa i Rozwoju w tym: technologii „czystego” węgla, zwiększenia wydobycia własnego gazu o 100%, budowy biogazowni i biorafinerii w celu istotnego, koniecznego ograniczenia importu gazu i paliw ciekłych o 50% oraz geotermii – największego bogactwa energetycznego kraju.

Do tych zadań, należy koniecznie włączyć plan budowy pierwszych w Polsce elektrowni i elektrociepłowni geotermalnych, w celu definitywnego wykazania możliwości i przydatności masowej produkcji „zielonej” energii elektrycznej z ciepła Ziemi dla potrzeb własnych i docelowo na eksport.

Decyzje Komisji Europejskiej, zmierzające do przyspieszenia nadchodzącej „nowej rewolucji przemysłowej XXI wieku” jaką będzie wykorzystanie odnawialnych źródeł energii a w szczególności geoenergetyki –co podkreślał wielokrotnie Andris Piebalgs, unijny komisarz ds. energii, są dla Polski szansą i nadzieją na dynamiczny rozwój.

Jesteśmy w stanie osiągnąć bezpieczeństwo energetyczne i samowystarczalność energetyczną Polski do 2030 roku. Dla realizacji tego fundamentalnego warunku suwerenności i bezpieczeństwa narodowego Polski, potrzebni są nowi ludzie, oraz nowa wizja rozwoju gospodarczo-społecznego państwa.

Pozytywnym przykładem planowanego rozwoju geoenergetyki w Polsce jest powołanie w Sejmie Grupy Roboczej pod przewodnictwem posła A. Czerwińskiego do spraw rozwoju ciepłownictwa geotermalnego oraz wytwarzania energii elektrycznej z zasobów geotermicznych z udziałem Ministerstwa Gospodarki, Ministerstwa Środowiska, PIG, instytucji finansujących ze środków UE i krajowych, Polskiej Geotermalnej Asocjacji, Polskiego Stowarzyszenia Geotermicznego oraz wyższych uczelni zajmujących się tą tematyką, m. in. AGH, Politechniki Wrocławskiej, WAT, Politechnika Szczecińska.