
Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych

ENERGIA Z GŁĘBOKICH POKŁADÓW GORĄCYCH SUCHYCH SKAŁ (HDR) DO POPRAWY BEZPIECZEŃSTWA INFRASTRUKTURY KRYTYCZNEJ POLSKI

Tadeusz NIEZGODA, Danuta MIEDZIŃSKA, Grzegorz SŁAWIŃSKI
Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

Streszczenie

W artykule przedstawiono zarys technologii wydobycia ciepła z głębokich pokładów gorących suchych skał (HDR – hot dry rocks), możliwości jej implementacji na terenie Polski oraz jej zalety w aspekcie zastosowania do poprawy bezpieczeństwa infrastruktury krytycznej, jak również poprawy bezpieczeństwa energetycznego Polski.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo energetyczne, energia, wydobycie ciepła, skały, infrastruktura krytyczna

Abstract

In the paper the scheme of technology of heat recovery from deep beds of hot dry rocks (HDR) and the possibilities of its applications in Poland were presented. Also the advantages of the HDR technology implementation in accordance to critical infrastructure safety improvement as well as for Poland energetic safety increase were shown.

Key words: energy security, energy, heat extraction, rocks, critical infrastructure.

1. WPROWADZENIE

W artykule przedstawiono zarys technologii wydobycia ciepła z głębokich pokładów gorących suchych skał (HDR – hot dry rocks), możliwości jej implementacji na terenie Polski oraz jej zalety w aspekcie zastosowania do poprawy bezpieczeństwa infrastruktury krytycznej, jak również poprawy bezpieczeństwa energetycznego Polski.

Idea HDR zakłada wykorzystanie energii nagromadzonej w twardych, bezwodnych skałach zalegających pod ziemią. Aby wykorzystać pokłady znajdującej się pod powierzchnią energii należy wywiercić otwory w skałach o temperaturze powyżej 120 stopni Celsjusza i wtłoczyć do nich wodę pod bardzo wysokim ciśnieniem odzyskać ogrzaną we wnętrzu Ziemi parę wodną. Złoża odpowiednio gorących do tego celu skał, występują na świecie zazwyczaj na głębokości 3-4 km (z wyjątkiem stref wulkanicznych), przez co proces wydobycia jest drogi. Koszt wywiercenia jednego otworu o szerokości 10 cm i głębokości 3-4 km w Stanach Zjednoczonych wynosi około 5 mln dolarów. W Europie taka operacja jest jeszcze bardziej kosztowna. Na skutek tego przez wiele lat HDR było dostępne jedynie dla najbogatszych krajów, i

choć amerykańscy naukowcy pracowali nad udoskonaleniem tej techniki już ponad 40 lat temu, metoda ta stała się bardziej powszechna dopiero niedawno [1,2].

2. ENERGIA HDR

2.1. Metody uzyskiwania

Energia geotermiczna (HDR) jest rozwinięciem koncepcji energii geotermalnej. Energia geotermalna jest pozyskiwana głównie ze źródeł gorącej wody oraz nagranych skał znajdujących się nie głębiej jak 4000m. Energia HDR (zwana również energią geotermalną głęboka) uzyskiwana jest poprzez odwierty do naturalnie gorących skał położonych 6000-10000m pod ziemią.

W najprostszym rozumieniu energia geotermalna odnosi się do pokładów ciepła wewnątrz Ziemi. Skorupa, czyli zewnętrzna warstwa o grubości pomiędzy 20 a 65 kilometrów w obszarach kontynentalnych zawiera około 19% całkowitego przepływu ciepła z Ziemi. Spowodowane jest to obecnością dużej ilości radioaktywnych izotopów. W kontynentalnej Europie, skały o temperaturze około 200°C znajdują się na głębokości od 4000 do 6000m.

Gorące źródła, jako źródła ogrzewania były używane już od stuleci. Jednakże pierwsza udana próba uzyskania prądu elektrycznego dzięki energii geotermalnej miała miejsce dopiero w 1904 r w Larderello we Włoszech. Od tamtej pory następuje stopniowy wzrost wykorzystania tego rodzaju energii odnawialnej.

Wedle danych amerykańskiej agencji Geothermal Energy Association konwencjonalne elektrownie geotermalne w 2012 roku na świecie posiadały potencjał mocy 11 224 MW. W corocznym raporcie „Annual US Geothermal Power Production and Development Report” z 2012 roku, Agencja – z zastrzeżeniem, że raport bazuje na informacjach zebranych od developerów oraz publicznie dostępnych, nie weryfikowanych osobiście przez niezależnych ekspertów - podaje, że w 2010 roku energia geotermalna w USA stanowiła 3 procent „renewable energy-based capacity” Stanów Zjednoczonych, z największym natężeniem w Kalifornii i Nevadzie. Agencja pisze następnie, że „jednym z pól technologicznej innowacji, na którym widzimy postęp, jest technologia EGS, z którą amerykański Departament Energetyki wiąże nadzieje na redukcję cen energii do 2030 roku”. Według Geothermal Energy Association w 2010 r nastąpił 20% wzrost produkcji energii geotermalnej w porównaniu do roku 2005.

W przeciwieństwie do konwencjonalnych metod pozyskiwania energii geotermalnej w naturalnych lokalizacjach jej występowania (m.in. 25 proc. potrzeb energetycznych Islandii zasilana jest energią geotermalną, kolejnym obszarem jest tzw. Ring of Fire, region wokół Pacyfiku - kompleks ponad 20. elektrowni The Geysers w Północnej Kalifornii to największe na świecie pole geotermalne), technologia EGS/HDR (rozwinięcie terminologii poniżej) umożliwia pozyskanie energii geotermalnej na całym świecie, bez względu na warunki geologiczne. Polega ona na odwiertach w głąb powierzchni Ziemi do głębokości 3-10 kilometrów do złóż nagrzewających się skał: stąd wymienna nazwa Hot Dry Rock.

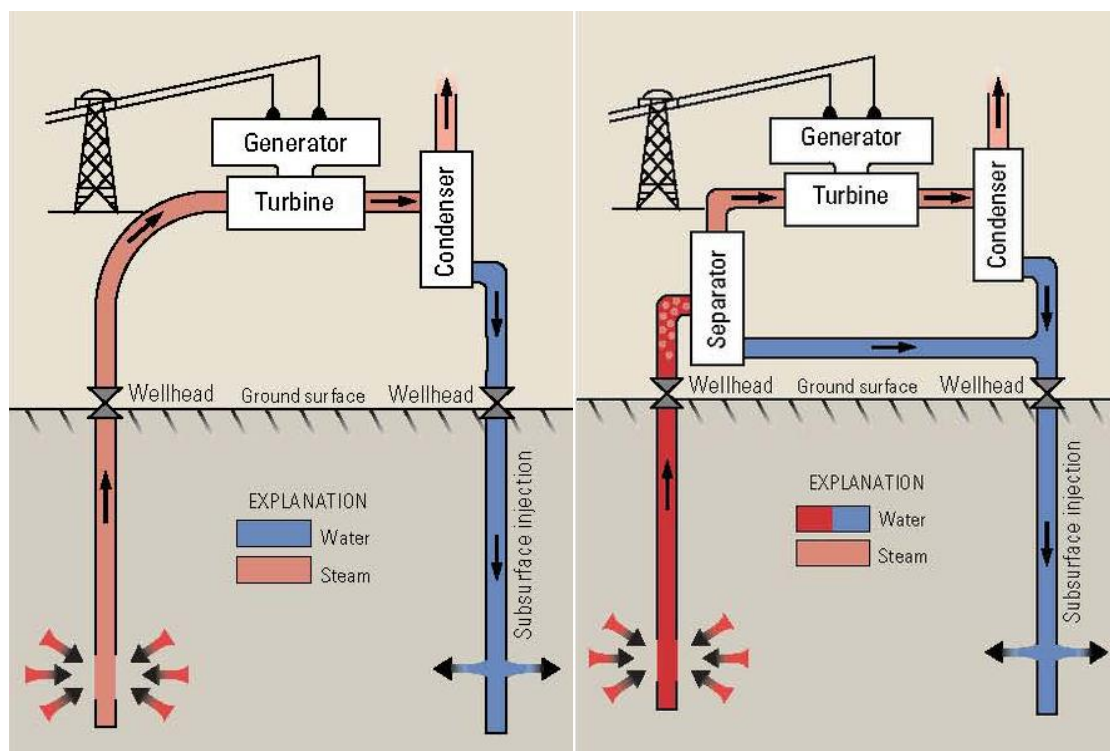
Wykorzystanie energii geotermalnej jest podstawą wielu publikacji naukowych. Ponadto z każdym rokiem przybywa coraz więcej elektrowni korzystających z pokładów ciepła zgromadzonych w wnętrzu Ziemi. Jednakże dotychczasowe rozwiązania zakładają wykorzystanie ciepła zgromadzonego na głębokości do 4000 m. Projekt ten zakłada wykorzystanie technologii, która korzystała by z pokładów geotermicznych, tj. zgromadzonych na głębokości od 6000 do 10000 m. Temperatura skał na tej głębokości jest znacznie większa, co umożliwi lepsze działanie elektrowni.

W światowej literaturze naukowej brakuje jednak opracowań poruszających temat pokładów HDR i ich praktycznego zastosowania.

Unia Europejska postawiła sobie za cel, by do roku 2020 obniżyć emisję gazów cieplarnianych o przynajmniej 20% we wszystkich państwach członkowskich. Polska jest jednym z największych emiterów gazów cieplarnianych w UE. Rocznie Polska emituje około 386 milionów ton dwutlenku węgla pochodzącego w głównej mierze ze spalania węgla w elektrowniach. Szacuje się, że zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o 30% będzie kosztowało Polskę około 90 miliardów Euro.

Obecnie coraz częściej postuluje się konieczność wybudowania elektrowni atomowych. Jednakże okazuje się, że światowe zasoby uranu niezbędnego do działania tego typu elektrownie ulegną wyczerpaniu w drugiej połowie obecnego stulecia. Niektóre prognozy zakładają, że stanie się to najpóźniej do roku 2070. Należy także pamiętać o fakcie, że coroczne światowe zapotrzebowanie na uran wynosi 67 kiloton, kopalnie zaś są dostarczyć jedynie 42 kilotony uranu rocznie. Elektrownie atomowe generują także problemy związane z ochroną środowiska. Co prawda ten rodzaj elektrowni emituje do atmosfery jedynie skondensowaną parę wodną, lecz w procesie produkcji energii atomowej powstają odpady, które z powodu swojej radioaktywności są trudne w składowaniu. Ponadto uszkodzenie elektrowni, czy to w wyniku awarii czy działania czynników atmosferycznych (trzęsienia ziemi, huragany, tsunami) może doprowadzić do znacznego skażenia terenu (słynna awaria elektrowni w Czarnobylu czy Fukushima). Fakty ten sprawiają, że coraz więcej państw rezygnuje z tworzenia nowych elektrowni atomowych.

Inne rodzaje elektrowni opartych na niekonwencjonalne źródła energii są zależne w głównej mierze od warunków atmosferycznych (elektrownie wiatrowe lub wodne). Jedynie energia geotermalna i HDR są w pełni niezależne od warunków atmosferycznych, zmiany pór roku oraz zmian klimatycznych. Sprawia to, że mogą być budowane w praktycznie dowolnym miejscu na świecie.



Rys. 1. Schematy najpopularniejszych typów elektrowni geotermalnych

Obecnie w celu pozyskania energii geotermalnej korzysta się głównie z odwiertów do zbiorników gorących wód geotermalnych. Następnie w pewnej odległości od pierwszego odwiertu tworzy się kolejny, którym wodę geotermalną (po odebraniu od niej całego ciepła) wtłacza się z powrotem pod ziemię. Niestety wody geotermiczne są na ogół mocno zasolone co wpływa na szczególnie trudne warunki pracy wymienników ciepła oraz pozostałych elementów instalacji geotermicznej. Tak uzyskaną energię wykorzystuje się głównie w układach centralnego ogrzewania jako podstawowe źródło energii cieplnej.

Możliwe jest również wykorzystanie energii geotermicznej w celu produkcji prądu elektrycznego. Elektrownia tego typu w znacznym stopniu przypomina tradycyjną elektrownię napędzaną turbiną parową. Ciepło pochodzące z ziemi jest używane w celu podgrzania wody i wytworzenia pary, która następnie napędza turbinę generatora, co skutkuje produkcją energii elektrycznej. Woda jest następnie schładzana, a następnie wtłaczana z powrotem pod ziemię. Można tutaj wyróżnić dwa podstawowe typy elektrowni. W pierwszym (Dry steam power plant) typie używana jest para o temperaturze 150°C bezpośrednio do napędzenia generatora (Rys. 1). W drugim typie (Flash steam power plant) gorąca woda pod bardzo wysokim ciśnieniem jest pompowana na powierzchnię, gdzie ciśnienie jest zmniejszane w rezultacie czego część wody ulega zamianie w parę wodną, która napędza turbinę.

Technologia zakładająca odwierty nawet do 10 km. Głębokości, znajduje się obecnie w fazie intensywnego rozwoju (Australia, USA), wdrażając de facto głębokości do 5 km. (Australia). Elektrownie funkcjonują na etapie prezentacji (USA: Kalifornia Oregon, Nevada).

2.2. Możliwości zastosowania w Polsce

Na średnich szerokościach geograficznych, w środkowej Europie mamy następujące zasoby energii i temperatur:

- Głębokość 10 000 m - 350°C z miejscowymi temperaturami dochodzącymi do 450°C.

W rejonach Europy Środkowej zasoby energii HDR wynoszą:

- 10 PJ/km² w Polsce na obszarze zredukowanym z 313 000 km² do obszaru użytkowego 200 000 km² (zachodnia i centralna Polska)

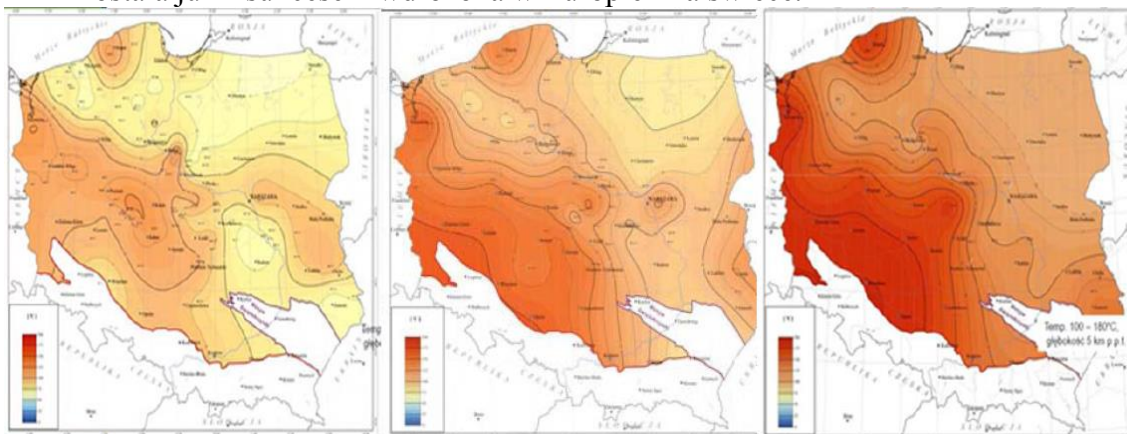
- 8 PJ/km² w Niemczech na podobnym obszarze 200 000 km².

- 2. Głębokość 7 000 m - 250°C -300°C z lokalnymi temperaturami dochodzącymi do 350°C-400°C, zarówno w Polsce jak i w Niemczech.

Czerpanie energii z głębokości 7 000-10 000 m staje się możliwe, gdyż przeżywamy obecnie rewolucję związaną z olbrzymimi postępami w zakresie technologii wiertniczej pozwalającej wiercić otwory na duże głębokości z olbrzymią wydajnością. Wprowadzane są nowe, wysoko wydajne, wielonapędowe maszyny wiertnicze, mogące wykonywać otwór do głębokości 10 000 m w ciągu 30 dni oraz nowe, wysoko wydajne świdry, mogące jednym marszem przewiercać masyw skalny na długości otworu rzędu 7000 m. Koszty przy stosowaniu nowych technologii są znacznie mniejsze aniżeli jakiegokolwiek koszty tradycyjnych wierceń naftowych do dużej głębokości. Pozwala to na wykonywanie wielu otworów geotermalnych, a koszty wierceń nie będą dominujące w całościowych kosztach budowy zakładu energetycznego i kosztach produkcji energii elektrycznej.

Polska posiada bardzo dobre warunki geologiczne pozwalające na wdrażanie technologii HDR do wytwarzania energii elektrycznej na cele trakcyjne. Na rysunku 2 przedstawiono mapy rozkładu temperatur na obszarze Polski w zależności od głębokości.

Zaprezentowana technologia wytwarzania energii elektrycznej w oparciu o energię HDR została już z sukcesem wdrożona w Europie i na świecie.



Rys. 2. Mapa rozkładu temperatur na obszarze Nizy Polskiego na głębokości 3000, 4000 i 5000 m p.p.t. [3]

2.3. Zalety

Potencjał energii geotermalnej jest bardzo duży. International Energy Agency szacuje, że do 2050 roku energia elektryczna pochodząca z elektrowni geotermalnych będzie stanowiła 3.5% całościowej produkcji energii elektrycznej na świecie. Oznacza to zmniejszenie emisji dwutlenku węgla o 800 megaton rocznie. Agencja uważa, że około 50% wzrostu produkcji będzie pochodziła z elektrowni geotermalnych korzystających z pokładów HDR.

3. OCHRONA INFRASTRUKTURY KRYTYCZNEJ

Ciepło z głębokich pokładów gorących suchych skał stanowi w zasadzie niewyczerpywalne, czyste źródło energii, która jest również niezależna od dostawców zewnętrznych (jak np. gaz z Rosji). Dlatego też jej użycie w gospodarce energetycznej kraju, jak i do zasilania infrastruktury krytycznej istotnie zwiększa bezpieczeństwo i niezależność Polski. Dodatkowo są to systemy nie emitujące ciepła, zanieczyszczeń czy promieniowania, tak jak elektrownie konwencjonalne, są więc niewykrywalne, co dodatkowo zwiększa ich zalety bezpieczeństwa.

Zastosowanie technologii HDR do wytwarzania energii elektrycznej nie powoduje emisji zanieczyszczeń do atmosfery ani innych negatywnych skutków dla środowiska naturalnego. Zwiększa również udział energii odnawialnej w całkowitej sumie energii wytwarzanej w Polsce, co jest zgodne z krajowymi programami obniżenia emisyjności gospodarki.

Literatura

1. Renner J.L. Geothermal Technologies Program. U.S. department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, 2013.
2. Cladouhos C.T., Petty S. at al. Microseismic Monitoring of Newberry Volcano EGS Demonstrator. PROCEEDINGS, Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford, California, February 11-13, 2013.
3. Raport PiG 2009-2010.