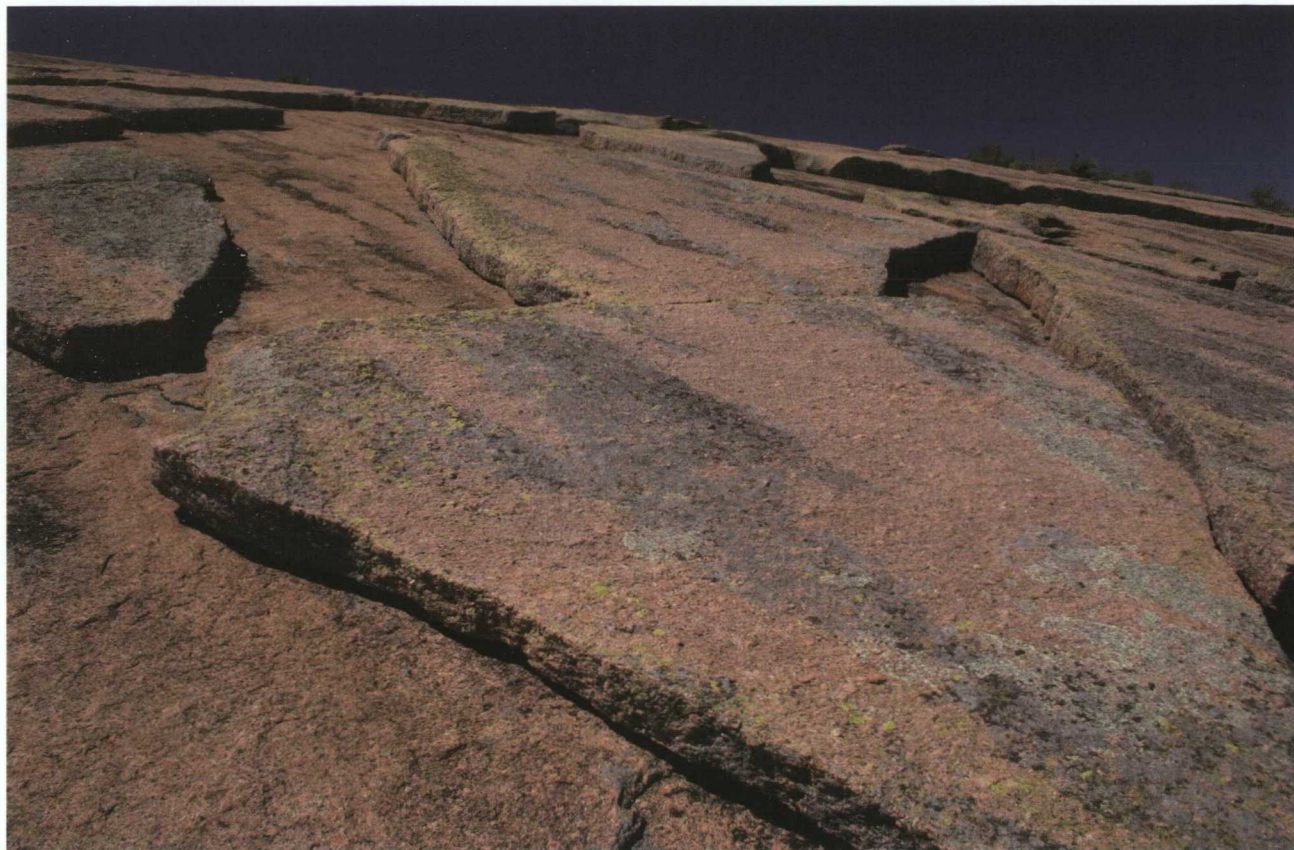


Ogrzewanie z głębi Ziemi



Wing-Chi Poon/Wikimedia Commons



ADAM WÓJCICKI

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa
awojci@pgi.gov.pl

Dr inż. Adam Wójcicki jest geofizykiem, zajmuje się geoenergią, tzn. problematyką geologicznego składowania CO₂, szacowaniem potencjału dla wykorzystania ciepła skał (HDR/EGS) i zagadnieniami dotyczącymi szacowania zasobów złóż węglowodorów.

Ciepło gorących skał jest już na świecie wykorzystywane od dziesiątków lat w instalacjach eksperymentalnych i niekomercyjnych. Zasoby energii zamknięte w skałach wewnątrz Ziemi mają większy potencjał niż modne obecnie wody termalne. Wyniki najnowszych badań nad gorącymi skałami w Polsce są bardzo obiecujące: produkcja stosunkowo taniej energii cieplnej i elektrycznej w najbliższych latach przestanie być fikcją!

Hot Dry Rocks (HDR) to technologia pozyskiwania energii cieplnej wnętrza Ziemi z suchych gorących skał w naturalnych warunkach praktycznie niezawierających wody i nieprzepuszczających jej. Enhanced Geothermal Systems (EGS) to zaś technologia pozyskiwania energii z podobnych systemów geotermicznych z niewielkim dopływem wód (występujących w skałach w nieznacznym ilościach). W obu technologiach (terminy HDR i EGS stosuje się czasami zamiennie), aby można było uzyskać energię z gorących skał, należy wykonać szczelinowanie hydrauliczne górotworu i zatłoczyć do niego wodę, która przepływając przez szczeliny skalne, przejmie ciepło tych skał, po czym – po wypompowaniu na powierzchnię Ziemi – może być wykorzystywana do pozyskiwania energii elektrycznej lub ciepła. Istotne są przy tym dwa elementy. Pierwszy to odpowiednio wysoka temperatura – najlepiej ponad 160°C, jeśli chodzi o bezpośrednią produkcję energii elektrycznej, lub ponad 100°C, w przypadku produkcji energii elektrycznej i ciepła z wykorzystaniem czynnika roboczego, w tzw. układach binarnych. Drugim jest występowanie skał, które dobrze się szczelinują i charakteryzują się dobrą przewodnością

ciepła, co zapewnia stabilną produkcję energii w założonym okresie funkcjonowania instalacji.

Pierwszą próbą wykorzystania energii gorących suchych skał (HDR) był projekt Fenton Hill, prowadzony w USA w latach 1974-1992 w sąsiedztwie wygasłego wulkanu. Podobne prace prowadzono później w Wielkiej Brytanii (Rosemanowes Quarry, 1977-1991) i Japonii (Hijori, 1981-1986). Od 1990 w Soultz we Francji działa doświadczalna instalacja HDR, są i inne na świecie. Jednak dopiero w ciągu ostatniej dekady wybudowano instalacje HDR/EGS o charakterze przedkomercyjnym (np. Cooper Basin, Australia i Landau, Niemcy), tzn. takie, które powinny zarobić na sobie, a przynajmniej nie wymagać dotacji.

Generalnie uważa się, że najbardziej odpowiednie na systemy HDR/EGS są skały magmowe, zwłaszcza gębinowe (np. granity – większość instalacji wykorzystuje właśnie te skały), z tym że np. w doświadczalnej instalacji

Gross Schoenebeck w Niemczech wykorzystano skały wulkaniczne i osadowe, we wspomnianej zaś wyżej instalacji przedkomercyjnej Landau granity i skały osadowe.

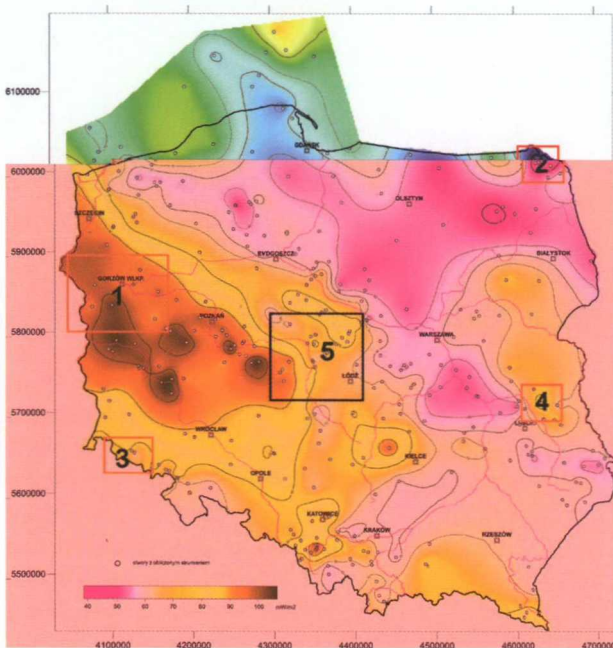
Z systemu geotermicznego obejmującego jedną parę odwiertów najczęściej o głębokości od 3 do 5 km można zwykle otrzymać 1-3 MWe energii elektrycznej netto (co odpowiada mocy pojedynczej elektrowni wiatrowej, która jednak w przeciwieństwie do instalacji geotermalnej może produkować energię tylko przy odpowiedniej prędkości wiatru; natomiast elektrownie węglowe charakteryzują się mocą rzędu setek i tysięcy MW) lub o rząd wielkości większą ilość energii cieplnej.

Perspektywy dla HDR w Polsce

Nasz kraj charakteryzuje się w skali kontynentu przeciętnymi warunkami geotermicznymi. Oznacza to, że np. na głębokości 3 km występują temperatury niższe niż w Niemczech, we Francji, a w szczególności w krajach Europy Południowej, są one jednak wyższe niż w Skandynawii czy Rosji. Najwyższe temperatury górotworu występują w zachodniej i północno-zachodniej części Polski. Występowanie skał najprawdopodobniej podatnych na szczelinowanie nie do końca jednak pokrywa się z obszarami o najwyższych temperaturach. W rezultacie najnowszych badań wyznaczono u nas trzy rejony, w obrębie których zaproponowano wstępne lokalizacje instalacji geotermicznych do produkcji ciepła i energii elektrycznej (patrz mapka i objaśnienia do niej). Dokonano tego w oparciu o wyniki polowych badań geofizycznych i geologicznych, analiz laboratoryjnych dostępnych próbek rdzeni skał i danych archiwalnych, m.in. parametrów petrograficznych, termicznych i geomechanicznych skał. Dla wytypowanych lokalizacji wykonano wielowariantowe modelowanie systemów geotermicznych, w tym możliwości produkcji energii elektrycznej i cieplnej – dzięki czemu otrzymano wiele scenariuszy eksploatacji rozpatrywanych instalacji geotermicznych.

Rozpatrywane systemy geotermiczne, występujące w przedziale głębokości 4,5-5,5 km, charakteryzują się wysoką – jak na warunki naszego kraju – temperaturą (150-180°C). Prawdopodobnie są one także podatne na procesy szczelinowania umożliwiające stabilne funkcjonowanie systemu geotermicznego. Chodzi o zapewnienie odpowiednio wysokiej przepuszczalności i kubatury strefy szczelinowania oraz optymalnego strumienia, minimalizującego wychłodzenie górotworu i w konsekwencji nieuchronny spadek mocy układu.

Najbardziej prawdopodobne i optymalne scenariusze eksploatacji rozpatrywanych instalacji geotermicznych dla wytypowanych lokalizacji obejmują budowę instalacji o mocy elektrycznej netto rzędu 1-2 MWe, funkcjonujących nawet przez 50 lat (maksymalny okres, na jaki pozwalają możliwości techniczne instalacji), lub zamiennie instalacji do produkcji ciepła o mocy rzędu 8-16 MWt.



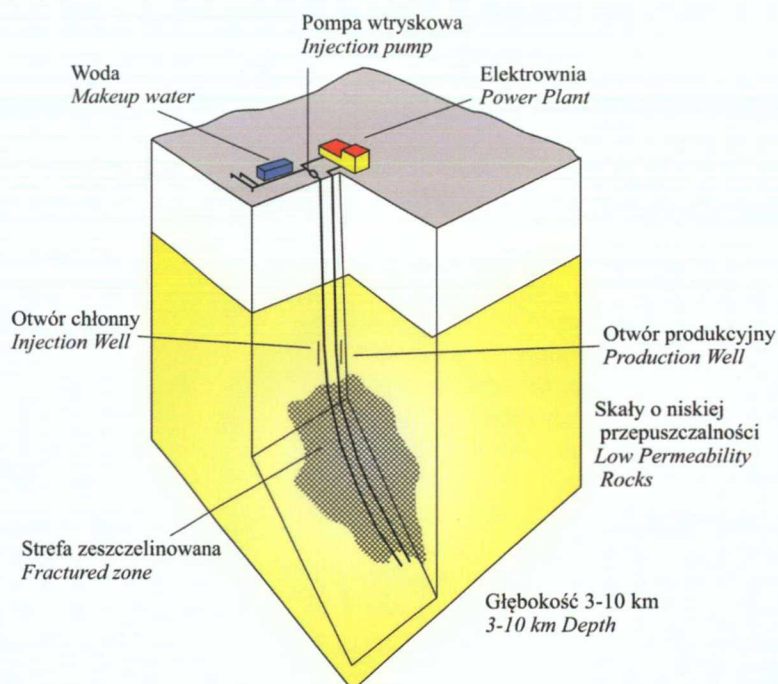
Obszary badań systemów geotermicznych w Polsce (na tle mapy strumienia ciepłego – Szewczyk & Gientka, 2009; rozkład temperatur w górotworze, np. na głębokości 3 km, jest podobny jakościowo). W ramach projektu badawczego realizowanego na zlecenie Ministerstwa Środowiska (finansowanego przez NFOŚiGW) przez PIG-PIB jako lidera projektu oraz AGH, IGSMiE PAN i PBG, wyznaczono wstępnie na terenie naszego kraju kilka lokalizacji o parametrach wskazujących na opłacalność wykorzystania zamkniętych systemów geotermicznych (HDR/EGS) do produkcji ciepła i energii elektrycznej (Wójcicki A., Sowizdał A., Bujakowski W., 2013). Są to – w kolejności odpowiadającej ich rankingowi: rejon Karkonoszy (granity – rejon 3), rejon Gorzoła Wlkp. (kopalne skały wulkaniczne – rejon 1) i lokalizacja Krosniewice, gdzie występują na znacznej głębokości skały osadowe, w których znajdują się niewielkie ilości wód złożowych (rejon 5).

Czy tania energia z HDR jest możliwa?

Wyniki badań stanowią przesłanki do zaprojektowania pilotażowych instalacji geotermicznych. Z uwagi na niewystarczającą wiedzę o zachowaniu się rozpatrywanych ośrodków skalnych w procesie szczelinowania i transportu zatłaczanych płynów konieczne jest szczegółowe rozpoznanie wytypowanych lokalizacji przed podjęciem decyzji inwestycyjnej. Rozpoznanie to powinno objąć szczegółowe powierzchniowe badania geofizyczne, wykonanie otworów wiertniczych (lub adaptację i pogłębienie istniejących) oraz analizę próbek rdzeni pobranych z przedziałów głębokości, na których występują docelowe systemy geotermiczne. Istotne jest również przeprowadzenie symulacji procesów szczelinowania i transportu zatłaczanej wody do szczelin (w warunkach złożowych), prowadzenie równoległych symulacji komputerowych tych procesów oraz przeprowadzenie testów w otworach weryfikujących założenia przyjęte w trakcie modelowań, potwierdzające oszacowane wydajności instalacji geotermicznych.

Dopiero po pomyślnym zakończeniu tego etapu (trwającego minimum 3-5 lat, zależnie od lokalizacji) można będzie przystąpić do budowy właściwej instalacji geotermicznej.

Podobnie jak w przypadku klasycznej geotermii (instalacji hydrogeotermalnych) dużym problemem jest tu wysoki koszt wykonania głębokich odwiertów, a ponadto dochodzą niemałe koszty szczelinowania. Wydatki związane z wierceniami oraz szczelinowaniem, stanowiące najbardziej istotne pozycje nakładów inwestycyjnych i eksploatacji, oraz inne koszty instalacji geotermicznych w naszych warunkach geologiczno-złożowych można oszacować na podstawie dostępnej literatury zagranicznej i doświadczeń krajowych. Biorąc pod uwagę najbardziej prawdopodobne i optymalne scenariusze eksploatacji rozpatrywanych instalacji geotermicznych i aktualne ceny energii elektrycznej lub ciepła, otrzymujemy całkiem obiecujące wyniki, nie gorsze niż w przypadku istniejących zakładów geotermalnych (instalacji hydrogeotermalnych), z których wiele powstało przecież tylko dzięki znacznym dotacjom ze środków publicznych. W szczególności obiecujące wydaje się wykorzystanie technologii HDR do produkcji ciepła, gdzie przy założeniu stabilnej produkcji energii systemu geotermicznego i ewentualnym wykorzystaniu istniejących odwiertów inwestycja może zwrócić się już po 25-30 latach, okres funkcjonowania instalacji (o mocy rzędu 8-16 MWt) jest zaś planowany na maksymalnie 50 lat. Natomiast instalacja do produkcji tylko energii elektrycznej (o mocy rzędu 1-2 MWt) zwróciłaby się po 40-50 latach, czyli jest to przypadek graniczny. Jednakże wiarygodne określenie ceny cie-



Schemat wykorzystania energii gorących suchych skał - zamknięty system geotermiczny (za: Wójcicki A., Sowiżdżał A., Bujakowski W., 2013; na podstawie Tester i in., 2006).

Woda jest w tym przypadku zatłaczana otworem chłonnym, z użyciem pompy, następnie dostaje się do skał strefy produkcyjnej (poddanej uprzednio procesowi szczelinowania hydraulicznego - podobnie jak w przypadku produkcji gazu z łupków zabieg ten jest powtarzany gdy spada wydajność produkcji, czyli przepuszczalność skały, przy czym w szczelinowaniu hydraulicznym dla HDR nie dodaje się do wody tyłu chemikaliów, co przy eksploatacji gazu z łupków), gdzie jest ogrzewana do temperatury otoczenia i potem wydostaje się otworem produkcyjnym na powierzchnię gdzie jest wykorzystana w specjalnej instalacji (obejmującej wymiennik i/lub turbine) służącej do produkcji energii elektrycznej lub ciepła.

pla i energii uzyskiwanych z tych źródeł w naszym kraju będzie możliwe dopiero po uruchomieniu kilku projektów pilotażowych. Teoretycznie potencjał produkcji energii elektrycznej z systemów HDR/EGS w Polsce jest rzędu 2-4 GWe (co odpowiada mocy jednej dużej elektrowni węglowej lub jednej planowanej elektrowni atomowej), a ciepłej ośmiokrotnie wyższy (a więc większy niż moc wszystkich elektrociepłowni węglowych w Polsce). ■

Chcesz wiedzieć więcej?

- Huenges E. (Ed.) (2010). *Geothermal Energy Systems: Exploration, Development, and Utilization*. Wiley-VCH Verlag GmbH. ISBN: 978-3-527-40831-3.
- Szewczyk J., Gientka D. (2009). *Mapa gęstości ziemskiego strumienia ciepłego Polski*. PIG Warszawa. www.pig.gov.pl.
- Tester J.W., Anderson B.J., Batchelor A.S., Blackwell D.D., DiPippo R., Drake E.M., Garnish J., Livesay B., Moore M.C., Nichols K., Petty S., Toksöz M.N., Shrock R.R., Veatch R.W. Jr., Baria R., Augustine C., Murphy E., Negraru P., Richards M. (2006). *The Future of Geothermal Energy - Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century*. ©Massachusetts Institute of Technology. Idaho Falls: Idaho National Laboratory.
- Wójcicki A., Sowiżdżał A., Bujakowski W. (2013) (Red.). *Ocena potencjału, bilansu cieplnego i perspektywicznych struktur geologicznych dla potrzeb zamkniętych systemów geotermicznych (Hot Dry Rocks) w Polsce*. PIG-PIB. ISBN 978-83-7863-263-4 (dostępne też w formie elektronicznej, na stronie projektu: <http://www.pgi.gov.pl/pl/cel-i-zadania-projektu-hdr-mw.html>).