

ANETA SAPIŃSKA-ŚLIWA

## **Efektywność pozyskiwania ciepła z górotworu w aspekcie sposobu udostępniania otworami wiertniczymi**

### **Streszczenie**

W niniejszej monografii przedstawiono zagadnienia poprawy efektywności energetycznej w geotermii związanej z projektowaniem konstrukcji i wyposażenia otworów wiertniczych. Praca jest wynikiem analizy danych z istniejących otworów wiertniczych w Polsce oraz szczegółowej analizy dotyczącej poszerzonych interpretacji testów reakcji termicznej (TRT) otworowych wymienników ciepła wykonanych w Polsce w latach 2009–2018.

W pracy zdefiniowano i opisano sposoby udostępniania ciepła z górotworu. Zaproponowano nowy podział w geoenergetyce ze względu na sposób pozyskiwania ciepła na systemy otwarte i zamknięte. Systemy otwarte to takie, w których istnieje łączność hydrauliczna między otworem a górotworem, umożliwiającą przepływy mediów unoszących ciepło, np. wody, pary wodnej czy CO<sub>2</sub> jako nośników ciepła. Natomiast systemy zamknięte to takie, w których nie ma kontaktu hydraulicznego między otworem a górotworem. W takich systemach nośnik ciepła cyrkuluje w sposób zamknięty, wymieniając jedynie ciepło bez przepływu masy. Zaproponowano również podział wynikający ze sposobu zastosowania modyfikowanych czynników uszczelniających (wypełniających) w otworach.

W monografii przedstawiono zebrane dane dotyczące otworów geotermalnych w Polsce i policzono ich efektywność (moc grzewczą) przy schłodzeniu wody do zadanych temperatur (0°C, 5°C i 20°C). Wskazano ilościowe straty ciepła z otworów geotermalnych do górotworu i na tej podstawie zaproponowano modyfikacje czynników uszczelniających do projektowanych otworów naftowych, aby w przyszłości wykorzystać je w geotermii w efektywniejszy sposób, po zmianie ich przeznaczenia – z naftowych na geotermalne. Zaproponowano, aby uszczelniać nowe otwory poszukiwawcze, ropne i gazowe, modyfikowanymi czynnikami uszczelniającymi. Modyfikacja polegać ma na regulacji przewodnictwa cieplnego takich czynników po ich stwardnieniu. W otworach, w przypadku których w przyszłości możliwa byłaby eksploatacja wód geotermalnych, powinno się stosować czynniki o obniżonym przewodnictwie w celu redukcji strat ciepła z takich wód do górotworu – aby zwiększyć temperaturę wody na

głowicy, redukując straty. W otworach, gdzie brak warstw wodonośnych, możliwe są dwa rozwiązania. W pierwszym zastosowane powinny być materiały o podwyższonym przewodnictwie cieplnym, aby zwiększyć wymienianą moc grzewczą między nośnikiem ciepła cyrkulującym w otworze a górotworem. Drugie rozwiązanie dotyczy potencjalnych głębokich wymienników otworowych, w których w górnej części powinien być zaczyn o obniżonym przewodnictwie, a w części dolnej zaczyn o podwyższonym przewodnictwie. Dotyczy to sytuacji, gdy nośnik ciepła, mający wyższą temperaturę niż górotwór, w górnej części mógłby tracić ciepło. Następnie przedstawiono rozszerzone interpretacje 23 rozszerzonych testów reakcji termicznej TRT wykonanych na obszarze Polski. Obliczono wartości efektywnej przewodności cieplnej  $\lambda_{ef}$  w otworowych wymiennikach ciepła i rezystancji termicznej otworów  $R_b$ . Następnie zestawiono wartości liczone różnymi metodami. Na koniec na podstawie obliczeń statystycznych wyznaczono metodę korzystniejszą.

Szerokie spektrum danych z otworowych wymienników ciepła zrealizowanych w Polsce w latach od 2009 do 2018 może stanowić materiał do dalszych badań dotyczących szeroko pojętej geotermii.

ANETA SAPIŃSKA-ŚLIWA

## **Effectiveness of heat recovery from rock mass in the context of the production method by means of boreholes**

### **Summary**

This monograph presents issues relating to energy performance improvement in the geothermal sector with regard to designing constructions and equipping boreholes. The work is the result of the analysis of data collected from the existing boreholes in Poland and detailed analysis concerning broadened interpretations of thermal response tests (TRT) for borehole heat exchangers conducted in Poland in years 2009–2018.

This study defines methods of providing heat from rock mass. A new division in the geoenergetics sector has been suggested with regard to the way in which heat is acquired, namely open and closed systems. In open systems there is a hydraulic connection between a borehole and rock mass, enabling flows of heat carrying mediums, e.g. water, steam, CO<sub>2</sub>, as heat carriers. In closed systems, on the other hand, there is no hydraulic connection between a borehole and rock mass. In such systems, heat carrier circulates in a closed way, exchanging only heat, without mass flow. A division has been also proposed, which results from the way of using modified sealing slurries in boreholes.

The monograph presents data collected from geothermal boreholes in Poland. Their efficiency (heat capacity) was calculated when water was cooled down to target temperatures (0°C, 5°C and 20°C). Quantitative heat losses from geothermal boreholes to rock mass were indicated and, on that basis, modifications of sealing slurries for oil wells being designed were proposed, in such a way that they could be used for geothermal purposes more effectively in the future, after the purpose they are used for changes from oil to geothermal. It has been proposed to seal new exploratory boreholes, both oil and gas, with modified sealing slurries. Such modification would consist in adjusting thermal conductivity of such slurries after they harden. In the boreholes, where it will be potentially possible in the future to exploit geothermal waters, slurries with lower conductivity should be applied in order to reduce heat losses from such waters to rock mass (in order to increase water temperature at the head, thus reducing losses). In boreholes, where there are no aquifers, two solutions are possible. The first

one is to apply materials with higher thermal conductivity to increase heating power being exchanged between a heat carrier circulating in the borehole and the rock mass. The other one concerns potential deep borehole exchangers, where slurry with lower conductivity should be placed in the upper part, whereas in the bottom part, there should be slurry with higher conductivity. It regards situations, when a heat carrier in the upper part could lose heat having a higher temperature than the rock mass.

Next, extended interpretations of 23 extended thermal response tests (TRT) performed on the territory of Poland were provided. Values of effective thermal conductivity,  $\lambda_{ef}$  were calculated in borehole heat exchangers, together with thermal borehole resistance,  $R_b$ . Afterwards, values calculated by means of different methods were compiled. Finally, a method more favourable according to statistical calculations was determined.

A wide range of data from borehole heat exchangers performed in Poland in years 2009–2018 may constitute material for further studies concerning a widely understood geothermal sector.