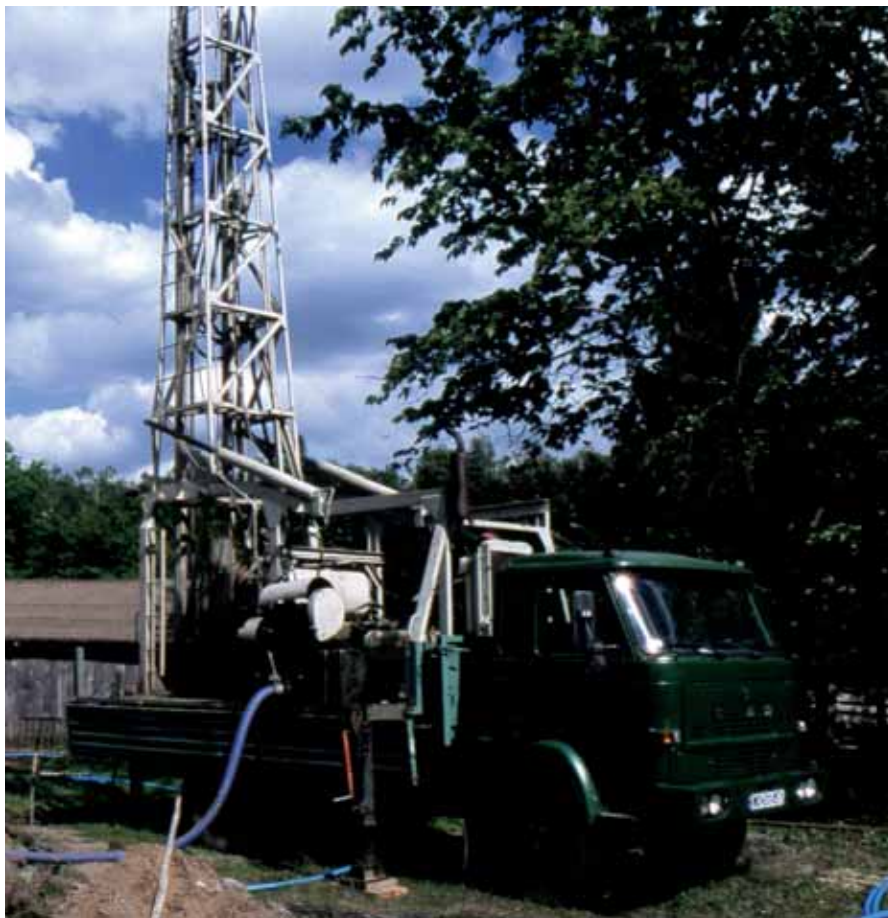


Prace geoinżynierskie w pozyskiwaniu i magazynowaniu ciepła

Otworowe wymienniki ciepła

Tomasz Śliwa, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH



Fot. 1. Samojezdne urządzenie wykonuje otwory wiertnicze do pozyskiwania ciepła z górotworu

Górotwór jest kolektorem ciepła. Jego źródłem może być energia słoneczna, geotermiczna lub może mieć pochodzenie antropogeniczne.

Energia słoneczna gromadzi się w gruncie, jako wierzchniej części górotworu, na skutek bezpośredniego oddziaływania promieniowania słonecznego. Im głębiej dociera to promieniowanie, tym w bilansie energii, ze względu na jej pochodzenie, jest więcej energii geoter-

micznej. Energia słoneczna wnika na głębokość nie większą niż ok. 30 m (w Polsce). Głębiej występuje już tylko energia geotermiczna. W polskich warunkach, energia słoneczna gromadzi się w gruncie w ciągu lata w wyniku ruchu ciepła na drodze konwekcji, promieniowania, a także przewodzenia. Zimą natomiast przepływ tego ciepła ma kierunek przeciwny. Najwięcej ciepła słonecznego zmagazynowane jest w gruncie wczesną jesienią,

najmniej natomiast wczesną wiosną. Objawia się to zmiennością temperatury gruntu w ciągu roku. Zmienność ta zmniejsza się ze wzrostem głębokości, co jest związane - jak wcześniej wspomniano - ze wzrostem udziału energii geotermalnej, która charakteryzuje się stabilnością przepływu, niezależną od pory roku.

Trzecim źródłem pochodzenia ciepła zawartego w gruncie jest działalność człowieka. Ruch ciepła do/lub z gruntu odbywa się m.in. w otoczeniu sieci kanalizacyjnych i wodociągowych, poprzez fundamenty obiektów budowlanych, w wyniku działalności górniczej (np. wentylacji wyrobisk górniczych), składowania odpadów itd. Przepływ ciepła może w tego typu przypadkach mieć charakter ciągły, cykliczny lub jednorazowy.



Fot. 2. Przygotowanie U-rurki z tworzywa sztucznego (najczęściej PE) zapuszczanej do odwiertu



Fot. 3. Wyprowadzenie U-rurki wymiennika ciepła z odwiertu

Techniczne metody wymiany ciepła z górotworem

Najbardziej efektywnym sposobem pozyskiwania ciepła z i/lub przekazywania go do górotworu jest wykorzystanie w tym celu wód głębokich. Woda taka eksploatowana jest z warstwy wodonośnej i przepływając przez wymiennik ciepła oddaje lub pobiera ciepło. Następnie może być z powrotem wprowadzona do tej samej lub innej warstwy wodonośnej albo wykorzystana do innych celów (np. jako woda wodociągowa).

W bardzo wielu przypadkach

brak jest odpowiednich warunków geologicznych, aby możliwe było wykorzystanie wody zawartej w górotworze jako medium pośredniczącego w wymianie ciepła. W takich przypadkach konieczny jest specjalny układ wymienników ciepła, zainstalowany w górotworze.

Wymienniki ciepła służące pobieraniu lub oddawaniu ciepła do górotworu wykonuje się poziomo w gruncie lub w pionowych otworach wiertniczych. Wykonanie wymiennika będącego w istocie układem ułożonych w górotworze rurek wymaga realizacji prac ziemnych. W przypadku wymienników piono-

wych także prac wiertniczych (wiercenie lub adaptacja odwiertów).

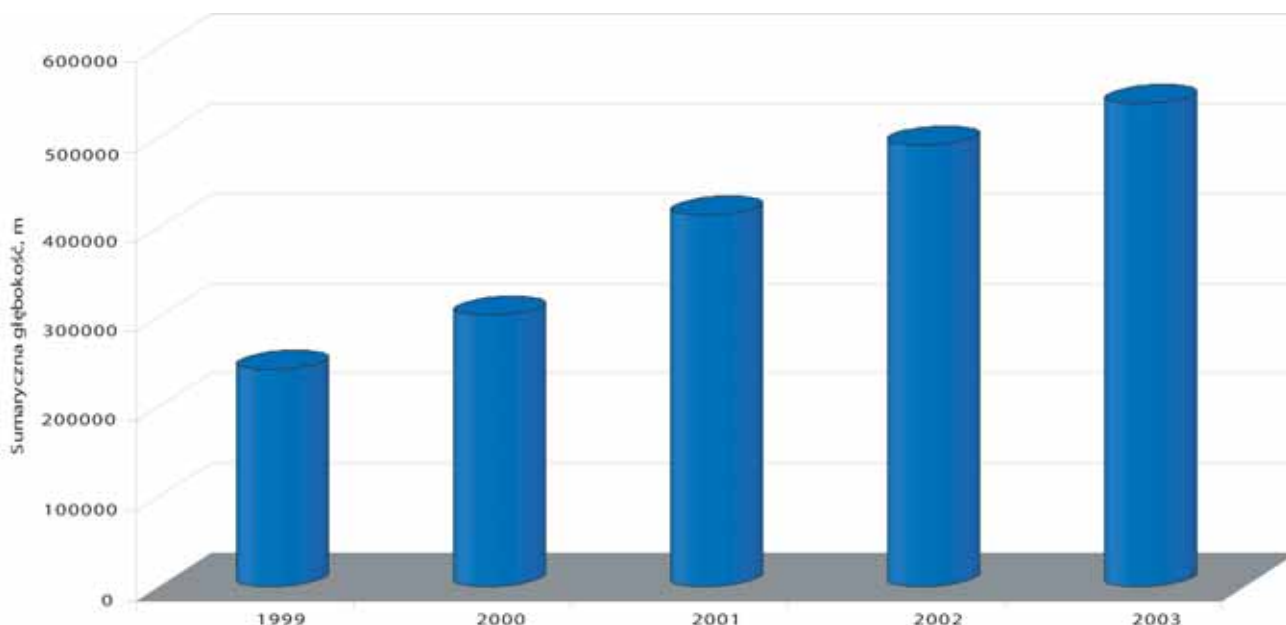
W celu wykonania poziomych wymienników konieczne są prace ziemne, umożliwiające ułożenie rurek, w których krążył będzie nośnik ciepła, na głębokości najczęściej 1,2-1,5 m pod powierzchnią terenu. Nośnik ciepła, ciecz o obniżonej temperaturze zamrażania (najczęściej roztwór glikolu), odbiera z gruntu zakumulowane ciepło słoneczne. W celu ułożenia rurek wymiennika można również zastosować metody bezwykopowe (np. w obszarze zurbanizowanym). Najkorzystniej jednak taką instalację zrealizować przy okazji prac ziemnych lub wierceń geoinżynierskich wykonywanych do innych celów. Ograniczy to koszty związane z realizacją wymiennika gruntowego, które stanowią istotną część całkowitych kosztów instalacji pozyskiwania lub oddawania ciepła niskotemperaturowego. Przykładem może być wykonywanie lub renowacja wodociągów, kanalizacji itp.

Wymienniki poziome charakteryzują się gorszymi parametrami cieplnymi. Ciepło słoneczne jest akumulowane w wierzchnich warstwach górotworu sezonowo. W związku z tym mogą pojawić się niedobory ciepła, co pociąga za sobą konieczność obniżenia temperatury nośnika ciepła i spadek efektywności pracy pompy ciepła, która stanowi element systemu grzewczego dopasowujący ciepło niskotemperaturowe do temperatury wymaganej przez odbiorcę. Skutkiem będzie zwiększenie jednostkowego kosztu energii.

Bardziej korzystne pod tym względem są wymienniki ciepła in-



Fot. 4. Teren z otworowymi wymiennikami ciepła. Połączenia rurek wykonuje się szeregowo, równoległe lub mieszanie w zależności od głębokości odwiertów i średnicy rurek



Rys. 1. Sumaryczna głębokość wierceń wykonywanych rocznie w Szwajcarii w celu realizacji otworowych wymienników współpracujących z pompami ciepła w poszczególnych latach (Signorelli i in., 2004)

stalowane w otworach wiertniczych, zwane otworowymi wymiennikami ciepła. Dzięki temu, iż wymiana ciepła następuje na większej głębokości, warunki temperaturowe są bardziej stabilne. Występowanie sezonowości maleje wraz ze wzrostem głębokości otworowych wymienników ciepła. Sezonowość poddyktowana jest ewentualnie tylko zmiennością obciążenia odbiorcy (ogrzewanie/chłodzenie). Proces realizacji otworowych wymienników ciepła można prześledzić na fot. 1-4. Po wykonaniu odpowiedniej ich liczby są łączone tworząc zamknięty układ cyrkulacyjny. Wielkość obciążenia pojedynczego otworowego wymiennika ciepła zależy m.in. od rodzaju skał górotworu, które posiadają różne parametry termiczne (przewodność cieplną, ciepło właściwe). W tab. 1 przedstawiono przykładowe wartości uzyskiwanej energii z otworowego wymiennika ciepła o głębokości 150 m.

Rozwiązania pozyskiwania ciepła lub jego magazynowania oparte o otworowe wymienniki ciepła są korzystne ze względu na małe wymagania odnośnie powierzchni terenu, co jest wadą wymienników poziomych. W wielu krajach następuje duży wzrost zastosowań pomp ciepła. W równie wielu jako element całej instalacji następuje wzrost wykorzystywania odwiertów. Najlepszym przykładem jest Szwajcaria, gdzie rocznie wykonuje się specjalnie do celów współpracy z pompami ciepła wiercenia otworów o sumarycznej głębokości ponad 500 km (rys. 1). W Polsce w tym zakresie istnieje duży potencjał. Ze względów oszczędnościowych i racjonalizatorskich należy szczególnie rozważyć wykorzystanie w realizowanych do innych celów prac ziemnych, przewiertów, odwiertów przeznaczonych do likwidacji, melioracji, likwidowanych kopalń, prac geotechnicznych i innych.

Literatura:

1. Rybach L., *Market Penetration of BHE Coupled Heat Pumps – the Swiss Success Story*, Geothermal Resources Council Trans., t. 22, 1998.
2. Signorelli, S., Andenmaten, N., Kohl, T., Rybach, L., *Projekt Statistik der geothermischen Nutzung der Schweiz für die Jahre 2002 und 2003*, Bericht für das Bundesamt für Energie, Bern 2004.

Artykuł zrealizowano w ramach badań własnych w Zakładzie Wiertnictwa i Geoinżynierii WwNiG AGH.

Zdjęcia: archiwum Autora

Rodzaj skały	Współczynnik przewodzenia ciepła skały	Uzyskiwana moc grzewcza	Roczna produkcja energii
	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	$W \cdot m^{-1}$	$kWh \cdot m^{-1}$
Skały zwięzłe	3,0	do 70	100-120
Skały luźne nasycone	2,0	45-50	90
Skały luźne suche	1,5	do 25	50

Tabela 1. Średnie wartości parametrów eksploatacyjnych otworowych wymienników ciepła w skałach różnego typu wg Rybacha (dla pojedynczego odwiertu o głębokości 150 m).