

Kamila Kreis-Tomczak
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
Oddział w Poznaniu

SYSTEM POZYSKIWANIA ENERGII CIEPLNEJ Z SOND GEOTERMALNYCH

Streszczenie

Z prac różnych badaczy dotyczących pozyskiwania energii z sond geotermalnych wynika, że temperatura gruntu z sondą geotermalną spada pod koniec okresu grzewczego, a w pobliżu sondy grunt ochładza się przez pierwsze 2-3 lata. Po tym okresie proces się stabilizuje, ale temperatura gruntu pozostaje niższa o 1-2 K w porównaniu z gruntem bez sondy. Symulacja tego procesu w okresie 25-letniej eksploatacji pokazała, że po tym okresie deficyt temperatury pozostaje na poziomie 0,1 K. Ponieważ odzysk ciepła z sondy geotermalnej może powodować zachwiania we właściwościach cieplnych gruntu, w IBMER podjęto prace nad przywróceniem tej równowagi. W pierwszym etapie badano system oparty na wymiennikach gruntowych bez podłączenia dachu energetycznego. Badania prowadzono w okresie od 26.01.07 do 16.03.07. Dokonywano odczytów energii cieplnej uzyskanej z sond geotermalnych oraz energii, która została przesłana do obiegu górnego źródła (c.o.). Uzyskano 5,834 GJ energii cieplnej (1620,56 kWh), a dostarczono 447,1 kWh energii elektrycznej. Z obliczeń energii dostarczonej do uzyskania wynika, że współczynnik COP wynosi 3,9. W tym okresie dostarczono do obiegu c.o. 5,836 GJ energii cieplnej.

Słowa kluczowe: pompa ciepła, sondy geotermalne, odzysk ciepła, energia słoneczna

Wstęp

Aktualna sytuacja na rynku produktów rolnych powoduje, iż możliwości podnoszenia opłacalności produkcji należy upatrywać głównie w obniżaniu i optymalizowaniu nakładów na nią. Dlatego między innymi również w budownictwie inwentarskim coraz szerzej stosuje się rozwiązania wpływające na poprawę bilansu energetycznego budynków. Możliwości takie dają między innymi dachy energetyczne (kolektory słoneczne) i pompa ciepła, mogąca pozyskiwać energię z takich źródeł, jak głęboka ściółka czy wymienniki gruntowe. Możliwości pozyskiwania ciepła z głębokiej ściółki zostały już określone przez Nawrockiego [2003]. Na poziomie europejskim różne scenariusze

pokazują, że realnym celem jest udział 15% energii z tych źródeł do 2010 r. (Madrid Conference 1994). Szacuje się, że aktualnie wykorzystywane odnawialne źródła energii w rolnictwie to mniej niż 5% [Dreszer i in. 2003], dlatego tak ważne jest uświadamianie potencjalnych inwestorów z branży rolniczej, że istnieją sprawdzone rozwiązania systemów pozyskiwania energii, którą dzięki zastosowaniu pomp ciepła można wykorzystać w efektywny i racjonalny sposób.

W latach 2000-2004 w IBMER prowadzono badania mające na celu opracowanie efektywnego wymiennika ciepła, zintegrowanego z pokryciem dachowym i umożliwiającym odbiór energii słonecznej. Energia ta może zostać zmagazynowana w specjalnych sondach geotermalnych, albo np. pod podłogą budynku. W ten sposób ciepło może być gromadzone latem, a odzyskane zimą, za pomocą pompy ciepła. Ciepło pozyskane przez „dach energetyczny” może zostać także od razu wykorzystane np. do suszenia ziarna lub innych płodów rolnych.

Również skorupa ziemska jest dobrym i wydajnym źródłem ciepła. Jednym ze sposobów eksploatacji energii w niej zawartej jest zastosowanie otworowego wymiennika ciepła (sondy geotermalnej). W przeważającej liczbie przypadków opisanych w literaturze, energia jest jedynie pobierana z sondy geotermalnej, a nie dostarczana do niej w celu zmagazynowania. Układy sond geotermalnych można podzielić na otwarte lub zamknięte oraz pionowe lub poziome.

Wybór danego układu zależy od warunków lokalnych. Wymiennik ciepła (przeważnie podwójna plastikowa U-rurka, umocowana w umocnionym otworze w gruncie) pracuje efektywnie w prawie każdym rodzaju gruntu (oprócz gruntów o małej przewodności cieplnej takich jak np. suche piaski).

Prace eksperymentalne i teoretyczne prowadzone przez wiele lat doprowadziły do opracowania podstaw do projektowania takich systemów [Knoblich i in. 1993; Rybach, Hopkirk 1995; Rybach, Eugster 1997]. W latach 80. opracowano teoretyczną analizę systemów geotermalnych [Claesson, Eskilson 1998; Eskilson, Claesson 1998] prowadzono monitoring i symulacje [Gilby, Hopkirk 1995], a także prace eksperymentalne nad transportem ciepła w gruncie [Sauner 1999]. Pozwoliło to na wyciągnięcie kilku ważnych wniosków:

- temperatura gruntu z sondą geotermalną spada pod koniec okresu grzewczego, a w pobliżu sondy grunt ochładza się przez pierwsze 2-3 lata, po tym okresie proces się stabilizuje, ale temperatura gruntu pozostaje niższa o 1-2 K w porównaniu do gruntu bez sondy,
- sonda geotermalna zapewnia pozyskanie ok. 70 W z 1 m długości,
- symulacja tego procesu w okresie 25-letniej eksploatacji pokazała, że po 25 latach deficyt temperatury pozostaje na poziomie 0,1 K.

Zgodnie z zaleceniami i uwarunkowaniami stosowania technologii odzysku ciepła z głębokiej ściółki, zawartymi w pracy habilitacyjnej Nawrockiego [2003], w której stwierdzono, że „przy dużej skali produkcji celowe jest rozważenie inwestycji innych źródeł odnawialnych, które mogłyby pracować z instalacją pompy ciepła w systemie zintegrowanym”, w IBMER podjęto próbę włączenia systemu sond geotermalnych do tej instalacji.

Adamovski i Kara [2001] są zdania, że dzięki takiemu systemowi można uzyskać redukcję zużycia energii i uniezależnić fermę od paliw stałych. Barrotti [1986] podaje, że połączenie dwóch źródeł energii znacząco poprawia zużycie energii, a koszty początkowe tego złożonego systemu nie są wyższe, niż w przypadku systemu z jednym tylko medium. Ponieważ odzysk ciepła z sondy geotermalnej może powodować zachwiania we właściwościach cieplnych gruntu, celowe wydaje się prowadzenie prac nad przywróceniem tej równowagi.

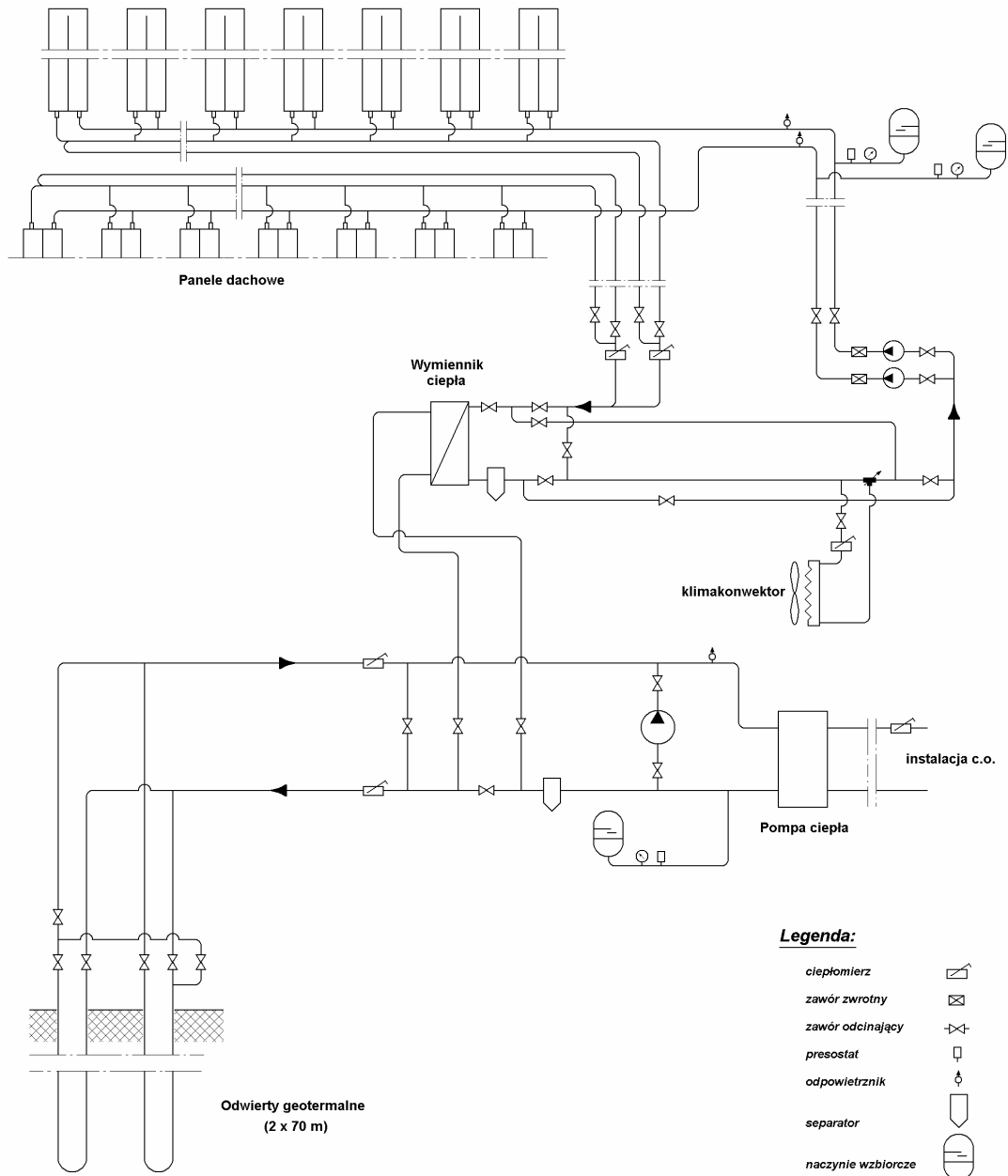
Celem pierwszego etapu badań układu energetycznego składającego się z dachu energetycznego i sond geotermalnych jest określenie efektywności pozyskiwania ciepła z sond geotermalnych bez wspierania tego procesu ciepłem pozyskiwanym z dachu energetycznego.

Metodyka badań, metody obliczeń, analizy wyników i szacunku błędów

Pomiaru ilości ciepła dokonywano za pomocą liczników energii cieplnej, umieszczonych na obiegach dolnego i górnego źródła. Pozostałe liczniki energii cieplnej umieszczone są w układzie kolektora słonecznego (dach) oraz na tzw. powrocie z gruntu (rys. 1). W badaniach wstępnych nie były one wykorzystywane. Docelowo rejestracja wszystkich mierzonych parametrów dokonywana będzie w sposób ciągły, z próbkowaniem co 1 minutę.

Pomiaru ilości ciepła wyekstrahowanego z gruntu (2 sondy geotermalne o długości 70 m każda) dokonywano raz na tydzień. Sumaryczną ilość pozyskanego ciepła w pierwszym etapie badań obliczono na podstawie różnicy wskazań ciepłomierza w pierwszym i ostatnim dniu pomiarów. Zastosowano pompę ciepła firmy Wiessmann o mocy 9,5 kW. W celu obliczenia wskaźnika COP dokonywano także pomiaru ilości zużytej energii elektrycznej przez cały układ.

Do oceny wpływu badanych parametrów technicznych instalacji na temperaturę gruntu wokół sondy geotermalnej planuje się zastosowanie wieloczynnikowej analizy wariacji bez powtórzeń, która pozwoli zweryfikować hipotezę zakładającą, że między średnimi z grup nie ma istotnych różnic (na zakładanym poziomie istotności $\alpha = 0,05$). Po przeprowadzeniu analizy wariacji i wykazaniu ewentualnych istotnych różnic w temperaturze gruntu wokół sondy w różnych wariantach doświadczenia, będzie obliczony wielokrotny test rozstępu w celu określenia, między którymi grupami te różnice są istotne.



Rys.1. Schemat układu pompy ciepła
Fig.1. Scheme of the heat pump system

Dotychczas wykonano jedynie badania wstępne, w których wartości badanego czynnika (temperatura cieczy roboczej na wejściu do układu c.o.) były ustawiane na różnych poziomach, tak aby wykalibrować cały system pompy ciepła i dobrać jego odpowiednie parametry pracy. Wyniki tych badań nie

będą brane pod uwagę w analizie statystycznej, a posłużyły jedynie do prawidłowego ustawienia poszczególnych parametrów pracy systemu w badaniach zasadniczych. Wyniki tych badań pozwoliły również na wstępne oszacowanie współczynnika COP i określają zasadność dalszych prowadzonych prac.

Wykonano badania wstępne etapu I. Stanowisko badawcze znajduje się jeszcze na etapie rozruchu, więc wykonanie wszystkich zaplanowanych pomiarów nie było jak dotąd w pełni możliwe. W realizacji badań wstępnych w etapie I dokonywano pomiarów bez automatycznej ciągłej rejestracji wyników. Badania prowadzono od 26.01.07 do 02.03.07.

Wstępne wyniki badań

Badano system oparty na wymiennikach gruntowych bez podłączenia dachu energetycznego. Wyniki badań zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Ilość energii uzyskanej z sond geotermalnych oraz dostarczonej do obiegu c.o.

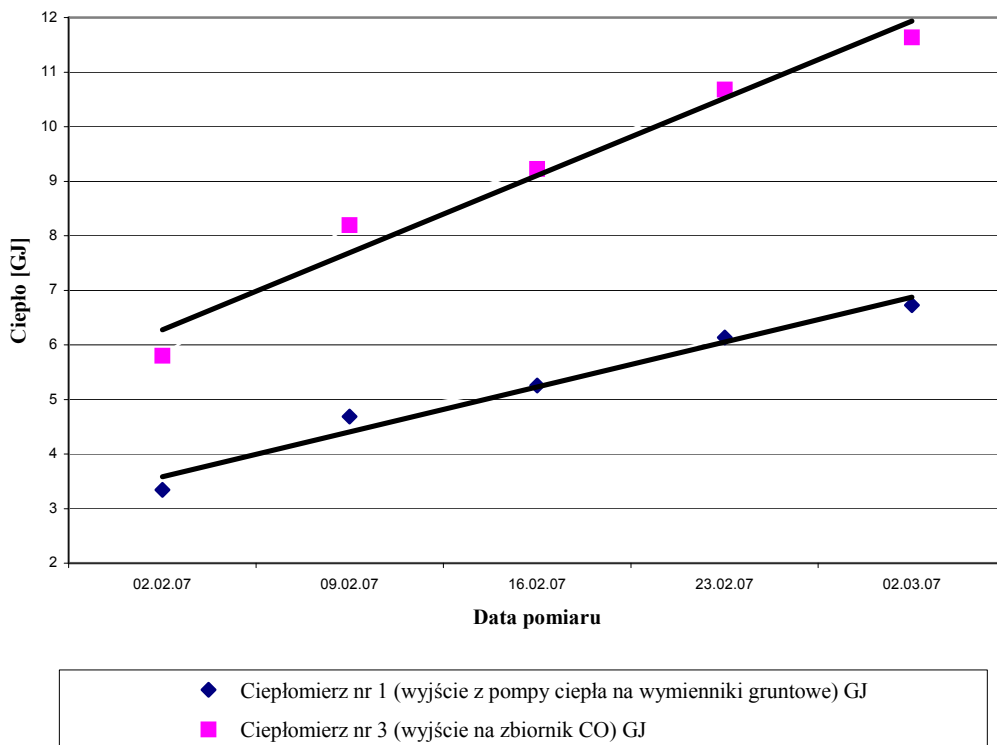
Table 1. Amount of energy gained from boreholes and supplied to the central heating system

Data	Ciepłomierz nr 1 (powrót z wymienników gruntowych) GJ	Ciepłomierz nr 3 (wyjście na zbiornik c.o.) GJ
26.01.07	0,882	kalibracja
02.02.07	3,337	5,801
09.02.07	4,674	8,192
16.02.07	5,241	9,225
23.02.07	6,121	10,679
02.03.07	6,713	11,635

Dyskusja wyników i wnioski z badań wstępnych

Z różnicy między początkowym stanem licznika energii cieplnej a stanem końcowym, wynika, że w okresie, w którym prowadzono badania uzyskano 5,834 GJ energii cieplnej, a nakłady poniesionej energii elektrycznej wyniosły 447,1 kWh. W tym okresie dostarczono do obiegu c.o. 5,836 GJ energii cieplnej. Różnica między ilością energii pozyskanej z wymienników gruntowych a ilością ciepła dostarczoną do c.o. (rys. 2) może wynikać z nagrzewania się płynu roboczego na odcinku za licznikiem ciepła, zanim dotrze on do pompy ciepła.

W okresie od 26.01.07 do 02.03.07 uzyskano 5,834 GJ energii cieplnej (1620,56 kWh), a dostarczono 447,1 kWh energii elektrycznej. Z obliczeń stosunku energii dostarczonej do uzyskanej wynika, że współczynnik COP wynosi 3,9. W okresie pracy systemu zużyto na działanie instalacji pompy ciepła zasilanej przez sondy geotermalne 768,6 kWh energii elektrycznej.



Rys. 2. Stosunek ilości ciepła pozyskanego z gruntowych wymienników (dolne źródło) do ciepła dostarczonego do górnego źródła (obieg c.o.)

Fig. 2. The ratio of heat from boreholes (lower source) to heat supplied to the central heating system (upper source)

Bibliografia

Adamovski R., Kara J. 2001. Energy and Economic Aspects of Energy Integrated System of Farm for Pigs Breeding. Konferencja Naukowa pt. Techniczne, ekologiczne i ekonomiczne aspekty energetyki odnawialnej. SGGW, Warszawa, ss. 49-55

Barotti I. 1986. Coupled Energetic Analysis of Air Ventilation Heat Exchangers. CNRE Bulletin, 11: 40-41

Claesson J., Eskilson P. 1998. Conductive Heat Extraction to a Deep Borehole. Thermal Analysis and Dimensioning Rules. Energy, 13/6

- Dreszer K., Michałek R., Roszkowski A. 2003. Energia odnawialna – możliwości jej pozyskiwania i wykorzystania w rolnictwie. PTIR, Warszawa
- Eskilson P., Claesson J. 1998. Simulation Model for Thermally Interacting Heat Extraction Boreholes. Numerical Heat Transfer, 13: 149-165
- Gilby D. J., Hopkirk R. J. 1995. The Coaxial Vertical Heat Probe with Solar Recharge, Numerical Simulation and Performance Evaluation. Proc. 2nd WS on SAHPGCS, Vienna
- Knoblich K., Sanner B., Klugescheid M. 1993. Energetische, Hydrologische and Geologische Untersuchungen Zum Entzug Von Wärme Aus Den Er-deich. Giessner Geologische Schriften, 49, p. 192, Giessen
- Lund J., Sanner B., Rybach., Curtis R., Hellstrom G. 2004. Geothermal (Ground-Source) Heat Pumps A world Overview. GHC Bulletin
- Nawrocki L. 2003. Wpływ Odzyskiwania Energii Ciepłej z Głębokiej Ściółki na Kształtowanie Mikroklimatu w Chlewni. Inżynieria Rolnicza, 6(48):188
- Rybach, L., Eugster W. J. 1997. Borehole Heat Exchangers to Tap Shallow Geothermal Resources: The Swiss Success Story. In: S. F. Simmons, O. E. Morgan & M.G. Dunstall (eds.): Proc 19th Auckland: 63-69. New Zealand Geothermal Workshop
- Rybach L., Hopkirk R. 1995. Shallow and Deep Borehole Heat Exchanger – Achievements and Prospects. Pro. World Geothermal Congress
- Sanner B. 1999. Prospect for Ground-Source Heat Pumps in Europe. Newsletter IEA Heat Pump Centre, 17/1: 19-20