

Bogusław BIELEC
Maciej MIECZNIK
Pracownia Odnawialnych Źródeł Energii
Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN
31-261 Kraków, ul. Wybickiego 7
e-mail: bielec@min-pan.krakow.pl
miecznik@min-pan.krakow.pl

Technika Poszukiwań Geologicznych
Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 2/2012

EFEKT TERMICZNY W OBLICZENIACH PRZEWODNOŚCI HYDRAULICZNEJ W OTWORACH UJMUJĄCYCH WODĘ TERMALNĄ

STRESZCZENIE

Jednym z podstawowych celów testów hydrodynamicznych jest określenie parametrów filtracyjnych warstwy wodonośnej. Wyniki testów są jednak najczęściej obciążone błędem polegającym na nieuwzględnieniu efektu termicznego wygrzewania się otworu geotermalnego podczas pompowania, co prowadzi do zaburzonych odczytów poziomu zwierciadła wody lub ciśnienia głowicowego. Efektem tego jest wyznaczenie wyższego współczynnika filtracji niż jest w rzeczywistości, co może prowadzić do niewłaściwego oszacowania wielkości zasobów eksploatacyjnych otworu. Efekt termicznego wygrzewania otworu, zwany również efektem termodźwigu (ang. *thermal lift*) jest tym bardziej istotny im większa jest głębokość otworu oraz większa różnica temperatur w jego profilu. W artykule przedstawiono równania pozwalające obliczyć powyższy efekt wraz z zastosowaniem w analizie danych z testu hydrodynamicznego dla otworu geotermalnego o głębokości 2000 m. W powyższym przypadku, maksymalna różnica pomiędzy zaobserwowanym ciśnieniem głowicowym a ciśnieniem głowicowym zredukowanym, obliczonym z uwzględnieniem opisywanego efektu wynosi 0,172 MPa, co odpowiada około 17,3 m wysokości słupa wody. Różnica obliczonego w obu przypadkach wartości współczynnika filtracji wynosi od 216,7% (II i III stopień pompowania) do 319,4% (I stopień pompowania).

SŁOWA KLUCZOWE

Efekt termodźwigu, efekt termicznego wygrzewania się otworu, korekta efektu termicznego, współczynnik filtracji

* * *

WPROWADZENIE

W dokumentowaniu zasobów wód termalnych istotne znaczenie ma właściwe określenie parametrów filtracyjnych, w tym głównie przewodności hydraulicznej. Jej obliczenie odbywa się na podstawie wyników pompowań pomiarowych (próbna eksploatacja lub krótkie

pompowania testowe). Jest to jak dotychczas najbardziej wiarygodna metoda określania właściwości filtracyjnych warstwy wodonośnej. Wody termalne występują przeważnie na dużych głębokościach, gdzie panuje wysoka temperatura i znaczne ciśnienie. Czynniki te powodują szereg trudności interpretacyjnych. Związane są one m.in. z nieizotermicznym charakterem przepływu wody w otworze, wydzielaniem się gazów rozpuszczonych w wodzie na skutek spadku ciśnienia poniżej ciśnienia nasycenia itp.

W niniejszym artykule autorzy zajęli się zagadnieniem wpływu wygrzewania się otworu w trakcie pompowania pomiarowego na wielkość rejestrowanych parametrów. Analizie poddano wyniki obserwacji ciśnienia w trakcie testów hydrodynamicznych otworu termalnego przeprowadzonych w warunkach samoczynnej eksploatacji.

1. WPROWADZENIE W METODYKĘ TESTÓW HYDRODYNAMICZNYCH

Testy hydrodynamiczne są jedną z odmian próbnego pompowania. Klasyczne pompowanie wykonywane jest w warunkach ustalonych lub *quasi*-ustalonych i trwa zazwyczaj kilka lub kilkanaście dni. Testy hydrodynamiczne (wykonywane głównie w otworach termalnych) przeprowadza się w dużo krótszym czasie (zwykle kilka, kilkanaście godzin) i wykonuje w warunkach dopływu nieustalonego (Bielec, Hołojuch 2011a; Przybyłek i in. 1971). Zazwyczaj jest to pompowanie jednostopniowe lub wielostopniowe, zakończone obserwacją wzniosu zwierciadła wody (lub odbudowy ciśnienia). Podstawowym założeniem przy tego typu testach w warunkach dopływu nieustalonego jest zachowanie stałej wartości wydatku. Zmiennymi – najczęściej obserwowanymi w trakcie pompowania – są obniżenie zwierciadła lub ciśnienia wody termalnej (depresja) oraz temperatura wody termalnej. Depresja może być mierzona zarówno w otworze, w którym przeprowadzane jest pompowanie testowe, jak również w otworach sąsiednich (obserwacyjnych) o ile takie istnieją. Interpretacja wyników pomiarów depresji przekazuje, w pierwszym przypadku, informację o cechach hydraulicznych samego ujęcia oraz o parametrach hydrogeologicznych warstwy wodonośnej w bezpośrednim otoczeniu badanego otworu, w drugim przypadku pozwala na określenie typu hydrodynamicznego warstwy wodonośnej, jej parametrów filtracyjnych i często także na określenie granic badanej struktury.

Próbnego pompowanie, w tym również pompowanie testowe, dostarcza nam informacji o zachowaniu się złoży wód termalnych w sytuacji zaburzenia naturalnych warunków hydrodynamicznych. Kluczowym elementem pompowania testowego jest obserwacja zmian ciśnienia (Δp) wywołanych bodźcem zewnętrznym, w postaci zmiany wydajności (Q). W przypadku głębokich otworów ujmujących wody termalne głównym czynnikiem zaburzającym rzeczywisty wynik obserwacji położenia zwierciadła wody lub ciśnienia na głowicy otworu, jest temperatura wypływającej wody i związany z tym efekt wygrzewania otworu. Zagadnienie to zostało omówione szerzej w kolejnym rozdziale. Wzrost ciśnienia (wysokości położenia zwierciadła wody) określane jest mianem „termodźwigu” (ang. *thermal lift effect*). Aby wyeliminować jego wpływ obserwacje zmian depresji powinno się prze-

prowadzać w otworze(ach) obserwacyjnym. Innym sposobem jest stosowanie manometrów wgłębnych w badanym otworze (Bielec, Hołojuch 2011b; Bixley 1988). Jednakże wymienione sposoby zapobiegania wpływom efektu „termodźwigu” nie zawsze są możliwe do zastosowania ze względów technicznych (brak otworu obserwacyjnego) bądź ekonomicznych (duży koszt pomiarów manometrem wgłębny). W takim przypadku pozostaje zastosowanie metod analitycznych.

2. EFEKT WYGRZEWANIA OTWORU

W płytkich otworach hydrogeologicznych, które eksploatują wody zwykłe (nie termalne), wysokość słupa wody w otworze praktycznie jest niezależna od temperatury ośrodka wodonośnego. Obserwowane wahania zwierciadła wody w otworze w tym przypadku są w głównej mierze funkcją wydajności studni oraz parametrów filtracyjnych warstwy wodonośnej. W głębokich otworach eksploatujących wodę termalną, wpływ temperatury na obserwowany poziom zwierciadła lub mierzone ciśnienie głowicowe może być znaczący i jest tym większy, im wyższa jest temperatura złożowa oraz głębszy jest otwór. W trakcie eksploatacji otworu dochodzi do jego wygrzania. Im dłużej trwa eksploatacja tym bardziej temperatura wewnątrz rur okładzinowych jest zbliżona do temperatury na dnie otworu, przyczyniając się tym samym do mniejszych strat energii cieplnej wody podczas poboru. W trakcie wygrzewania otworu dochodzi do ekspansji objętościowej wody związanej ze zmianą jej gęstości. Generalnie, im temperatura wody jest wyższa, tym mniejszą ma gęstość. Tak więc ta sama masa wody o różnej temperaturze zajmuje różną objętość. W trakcie eksploatacji otworu termalnego efekt ten objawia się podwyższonym poziomem zwierciadła lub podwyższonym ciśnieniem głowicowym w porównaniu do otworu niewygrzanego, pomimo że ciśnienie denne w obu przypadkach jest jednakowe. Ponieważ często nie jest możliwy pomiar ciśnienia dennego w trakcie testu, otrzymane wyniki pomiaru zwierciadła wody lub ciśnienia głowicowego należy skorygować o efekt termiczny, obliczając tzw. ciśnienie zredukowane (Kawecki 1995; Kapuściński i in. 1997), pozwalając tym samym na wyznaczenie bezwzględnych depresji w otworze, niezaburzonych warunkami termicznymi ośrodka. Dzięki korekcie wyników testów hydrodynamicznych o wpływ efektu wygrzewania otworu otrzymuje się dokładniejsze wartości parametrów filtracyjnych warstwy wodonośnej. Zestaw poniższych równań pozwala wyprowadzić rzeczywiste ciśnienie, tzw. ciśnienie zredukowane.

Ciśnienie hydrostatyczne wywierane przez słup wody wynosi:

$$P = \rho Lg \quad (1)$$

gdzie:

- ρ – gęstość płynu,
- L – wysokość słupa cieczy,
- g – przyspieszenie ziemskie (dla szerokości geograficznej $N \approx 50^\circ$, $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$).

Ponieważ ciśnienie na dnie otworu jest niezależne od temperatury cieczy w nim się znajdującej, iloczyn wysokości słupa cieczy oraz jego gęstości będzie taki sam dla otworu niewygrzanego, jak i wygrzanego:

$$H\rho_{sr.} = H_c\rho_c \quad (2)$$

gdzie:

- H – obserwowana w danych warunkach wysokość słupa cieczy,
- $\rho_{sr.}$ – uśredniona gęstość wody dla całego otworu w danej chwili eksploatacji,
- H_c – wartość zredukowana naporu dla gęstości ρ_c ,
- ρ_c – średnia gęstość wody w otworze stojącym (niewygrzanym).

Średnia gęstość wody w otworze jest następująca:

$$\rho_{sr.} = \frac{1}{H} \int_0^H \rho dz \quad (3)$$

gdzie:

- z – poziom odniesienia liczony od dna otworu.

Gęstość wody, choć w ogólności jest funkcją nieliniową temperatury to dla zakresu temperatur, którymi operuje się w geotermii niskotemperaturowej można uznać, że przybliżenie funkcją liniową jest wystarczająco dokładne. Pomijając kilka prostych przekształceń dochodzi się do zależności, która mówi, że średnia gęstość słupa wody:

$$\rho_{sr.} = \rho(T_{sr.}) \quad (4)$$

jest w przybliżeniu gęstością wody wyznaczoną dla średniej temperatury słupa wody. Tak więc, wstawiając wzór (4) do wzoru (2), dochodzi się do zależności:

$$H\rho(T_{sr.}) = H_c\rho(T_{sr.c}) \quad (5)$$

gdzie:

- $T_{sr.c}$ – średnia temperatura słupa wody otworu niewygrzanego.

Jeżeli depresja jest liczona względem obserwowanego poziomu statycznego w otworze po okresie stójki, wtedy ciśnienie denne w otworze jest następujące:

$$P_{a0} = \rho(T_{sr.c})Lg + P_{s0} \quad (6)$$

gdzie:

- P_{s0} – ciśnienie mierzone na głowicy otworu,

L – głębokość otworu od poziomu stropu warstwy wodonośnej do wysokości głowicy.

W trakcie eksploatacji ciśnienie denne w danej chwili P_a jest przedstawione równaniem (7), analogicznie do równania (6):

$$P_a = \rho(T_{sr.})Lg + P_s \quad (7)$$

gdzie:

P_s – mierzone ciśnienie na głowicy w danej chwili.

Tak więc depresja w otworze jest wyznaczana następująco:

$$s(T_{sr.c}) = \frac{P_{a0} - P_a}{\rho(T_{sr.c})g} \quad (8)$$

Wstawiając równania (6) i (7) do równania (8) otrzymuje się wzór, pozwalający obliczyć rzeczywistą depresję z pominięciem wpływu efektu termodżwigu, znając jedynie statyczne ciśnienie głowicowe oraz chwilowe ciśnienie głowicowe i średnią temperaturę słupa wody zmierzoną w danym momencie:

$$s(T_{sr.c}) = \frac{P_{s0} - P_s}{\rho(T_{sr.c})g} + \left[1 - \frac{\rho(T_{sr.})}{\rho(T_{sr.c})} \right] L \quad (9)$$

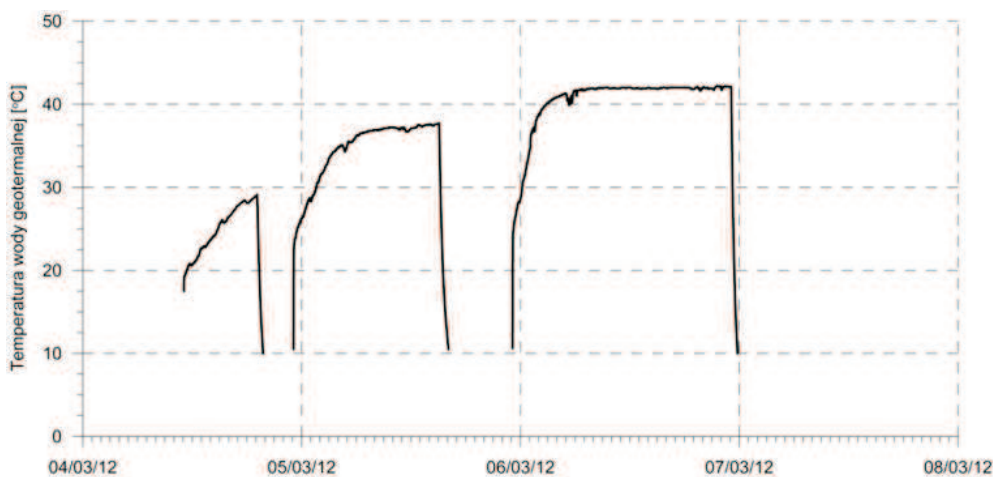
Odejmując od ciśnienia głowicowego zmierzonego w warunkach statycznych rzeczywistą wartość depresji $s(T_{sr.c})$ uwzględniającą wpływ wygrzewania się otworu w trakcie eksploatacji, otrzymuje się zredukowaną wartość ciśnienia głowicowego $P_{s_red.}$:

$$P_{s_red.} = P_{s0} - s(T_{sr.c}) \cdot \rho(T_{sr.c}) \cdot g = P_s - \left[1 - \frac{\rho(T_{sr.})}{\rho(T_{sr.c})} \right] \rho(T_{sr.c})Lg \quad (10)$$

3. PRZEBIEG BADAŃ

W celu określenia wpływu efektu termicznego na wielkość przewodności hydraulicznej (T) warstwy wodonośnej (złożowej) analizie poddano wyniki rzeczywistego pompowania testowego otworu termalnego. Wybrany do analizy otwór posiada głębokość ponad 2000 m, ujmuje wodę termalną w interwale około 1800–1900 m p.p.t. Ujęta strefa złożowa ma charakter szczelinowo-porowy. Eksploatacja otworu odbywa się w warunkach samowypływu wody termalnej. Statyczne ciśnienie na głowicy otworu wynosi ponad 5 MPa.

Test hydrodynamiczny poprzedzony został pompowaniem oczyszczającym, w trakcie którego ustalono maksymalną możliwą wydajność otworu (Q_{max}) w warunkach samowypływu. Test przeprowadzono na trzech ustalonych poziomach dynamicznych odpowiadających $1/3 Q_{max}$, $2/3 Q_{max}$ i Q_{max} w czasie odpowiednio 8, 16 i 24 h. Każdy ze stopni zakończony był stabilizacją ciśnienia. W trakcie testu prowadzono stały automatyczny pomiar temperatury wypływającej wody termalnej oraz ciśnienia na głowicy otworu. Pomiar ten realizowany był za pomocą czujników zamontowanych na głowicy otworu. Pomiar wydajności samowypływu, z uwagi na duże zgazowanie wody, realizowany był metodą objętościową poprzez pomiar czasu napełniania zbiornika o pojemności 1 m^3 . Poszczególne elementy układu pomiarowego połączone zostały do komputerowego systemu rejestrującego na bieżąco parametry testu. Przebieg zmian temperatury i ciśnienia w trakcie testu przedstawiają odpowiednio rysunki 1 i 2. Należy zwrócić uwagę na dość szybką stabilizację ciśnienia po każdym z poszczególnych stopni testu.

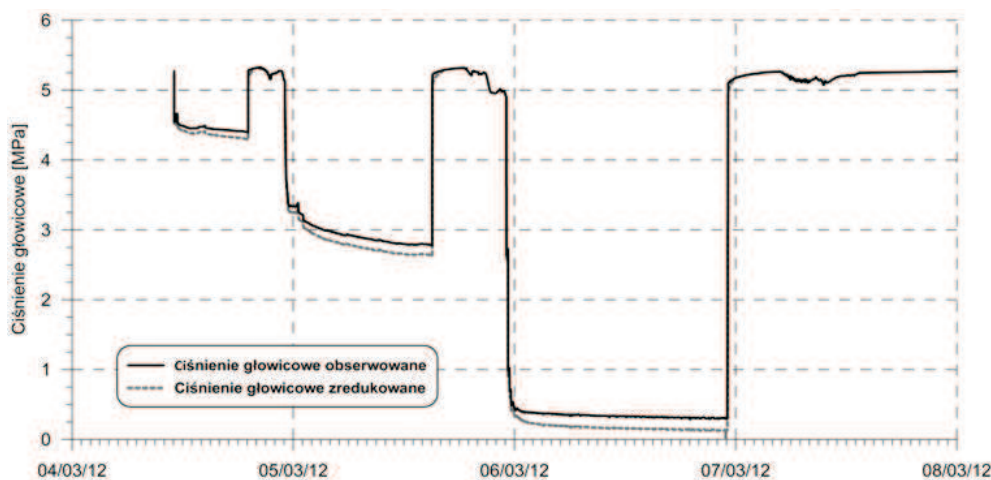


Rys. 1. Wykres zmian temperatury w trakcie testów hydrodynamicznych

Fig. 1. The graph of temperature changes during hydrodynamic tests

Do interpretacji uzyskanych wyników wykorzystano program komputerowy Aquifer^{Win32} 3.0 firmy Environmental Simulations Inc., Reinholds, USA. Przed przystąpieniem do interpretacji wyniki pochodzące z aparatury kontrolno-pomiarowej zapisane w komputerowej bazie danych zostały poddane wstępnej obróbce. Dane z aparatury kontrolno-pomiarowej zapisywane były w pamięci komputera z częstotliwością co 5 s. Z uwagi na dość szybką stabilizację ciśnienia na każdym ze stopni testu zdecydowano się ograniczyć liczbę danych według następującego schematu:

- do 15 minut – co 5 sekund,
- od 15 do 30 minut – co 10 sekund,
- od 30 minut do 1 godziny – co 30 sekund,
- od 1 godziny do końca pompowania – co 1 minutę.



Rys. 2. Wykres zmian ciśnienia głowicowego (obserwowanego i zredukowanego) w trakcie testów hydrodynamicznych

Fig. 2. The graph of wellhead pressure changes (observed and reduced) during hydrodynamic tests

Jak już wspomniano do obliczenia przewodności hydraulicznej wykorzystano program komputerowy Aquifer^{Win32} 3.0 (Environmental Simulations 2003). Aplikacja ta umożliwia analizę różnego rodzaju testów hydrodynamicznych. Interpretację danych można przeprowadzić jedną z wielu metod, m.in.: Theis, Thiem, Cooper and Jacob, Papadopoulos and Cooper, Hantush and Jacob, Hantush, Neuman, Mench, Cooper (Kruseman, de Ridde 1990).

W przypadku badanego otworu zdecydowano o zastosowaniu modelu Theis'a (Theis 1935). Do interpretacji wybrano okres odbudowy ciśnienia po każdym z trzech stopni testu. Obliczeń dokonano, wykorzystując dane pomiarowe ciśnienia głowicowego oraz obliczone wartości ciśnienia zredukowanego (rys. 2). Uzyskane wielkości przewodności hydraulicznej przeliczono następnie na wartość współczynnika filtracji. Do obliczeń przyjęto miąższość efektywną ujętej warstwy złożowej równą 76 m. Wyniki przeprowadzonych obliczeń zestawiono w tabeli 1.

Analizę przeprowadzono przy wykorzystaniu metody Theisa z modyfikacją Agarwala (Theis 1935; Agarwal 1980). Przykładowe wyniki przeprowadzonej interpretacji dla III stopnia testu przedstawiono na rysunku 3. Jest to wykres diagnostyczny w układzie półlogarytmicznym. Czas zdefiniowano tu jako t/t' , gdzie t – całkowity czas trwania testu na danym stopniu (pompowanie + odbudowa ciśnienia), zaś t' – czas odbudowy ciśnienia (czas jaki upłynął od momentu rozpoczęcia odbudowy ciśnienia). Na osi rzędnych zaznaczono natomiast depresję resztkową. Jest to wartość depresji od momentu rozpoczęcia odbudowy ciśnienia.

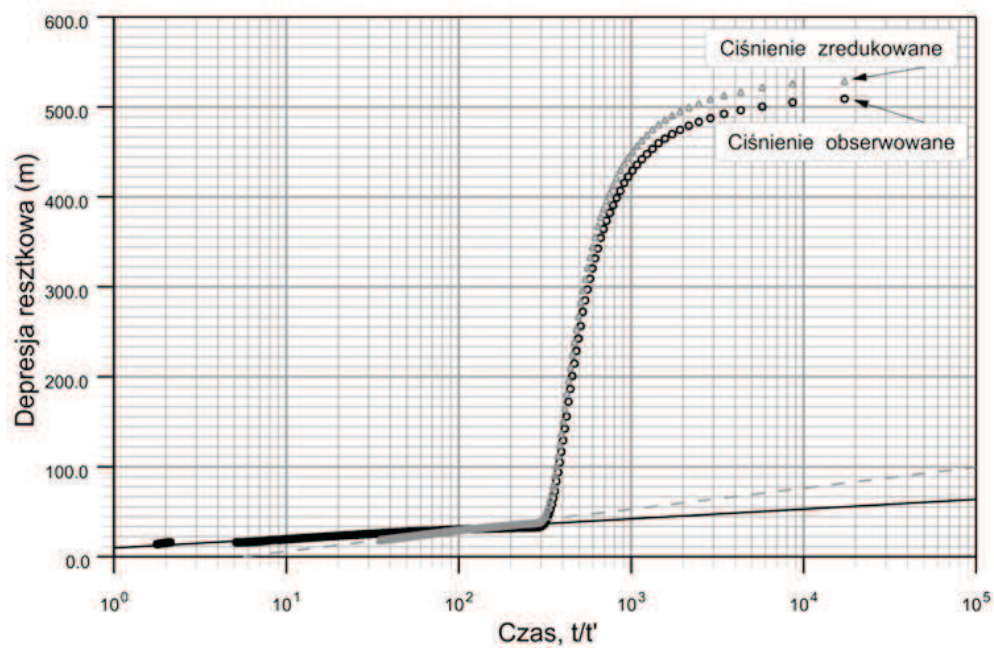
Tabela 1

Zestawienie wyników interpretacji testu hydrodynamicznego

Table 1

Summary of the results obtained in hydrodynamic test

Typ analizy	Poziom dynamiczny	Przewodność [m ² /s]	Współczynnik filtracji [m/s]
Theis 1946 (Recovery) Analiza wzniosu (ciśnienie obserwowane)	I depresja	$2,26 \cdot 10^{-4}$	$2,97 \cdot 10^{-6}$
	II depresja	$8,23 \cdot 10^{-5}$	$1,08 \cdot 10^{-6}$
	III depresja	$7,67 \cdot 10^{-5}$	$1,01 \cdot 10^{-6}$
Theis 1946 (Recovery) Analiza wzniosu (ciśnienie zredukowane)	I depresja	$7,09 \cdot 10^{-5}$	$9,30 \cdot 10^{-7}$
	II depresja	$3,79 \cdot 10^{-5}$	$4,99 \cdot 10^{-7}$
	III depresja	$3,54 \cdot 10^{-5}$	$4,66 \cdot 10^{-7}$



Rys. 3. Półlogarytmiczny wykres diagnostyczny odbudowy ciśnienia po III depresji testu hydrodynamicznego – wydruk programu Aquifer Win32

Fig. 3. Semi logarithmic diagnostic chart of a pressure build up after III step of depression during hydrodynamic test – printout of the Aquifer Win32

4. OMÓWIENIE UZYSKANYCH WYNIKÓW

Analizując uzyskane wielkości przewodności hydraulicznej na poszczególnych poziomach dynamicznych (zarówno dla ciśnienia obserwowanego jak i zredukowanego) można stwierdzić, że największe wartości przewodności uzyskano na I stopniu testu, gdy wydatek samowypływu osiągał wartość $1/3 Q_{\max}$, zaś najmniejsze na III stopniu testu przy wydajności maksymalnej. Należy jednak zaznaczyć, że różnice w przewodności na II i III stopniu w obu przypadkach są już stosunkowo niewielkie. Przewodność obliczona dla ciśnienia zredukowanego (uwzględniającego efekt termiczny) jest ponad dwukrotnie, a w przypadku I depresji nawet trzykrotnie niższa niż obliczona dla ciśnienia obserwowanego. Jest to związane z tym, że ciśnienie zredukowane jest mniejsze od obserwowanego, czyli tę samą wydajność osiągamy przy niższym ciśnieniu głowicowym (większej depresji).

WNIOSKI

W artykule przedstawiono znaczenie efektu termicznego wygrzewania się otworu podczas pompowania w analizie testów hydrodynamicznych. Brak uwzględnienia tego zjawiska może prowadzić do nieprawidłowego określenia parametrów filtracyjnych warstwy wodonośnej, a konkretnie do wyznaczenia podwyższonego współczynnika filtracji względem wartości rzeczywistych. Błąd ten będzie tym większy, im większa jest głębokość otworu oraz większa jest różnica temperatur pomiędzy temperaturą warstwy złożowej oraz warstwy przypowierzchniowej terenu. Istotnym parametrem w obliczeniach jest wyznaczenie średniej gęstości słupa wody w otworze podczas pompowania, przy uwzględnieniu jej mineralizacji. Błędne określenie parametrów filtracyjnych warstwy wodonośnej, a zwłaszcza ich przeszacowanie, może się przyczynić do niewłaściwego oszacowania wielkości zasobów eksploatacyjnych otworu. Dlatego też uwzględnienie efektu wygrzewania się otworu w trakcie pompowań testowych powinno być standardową procedurą obliczeniową w wyznaczaniu parametrów filtracyjnych warstw ujmujących wody termalne. Zdaniem autorów zagadnienie to powinno znaleźć swoje odzwierciedlenie w uwarunkowaniach prawnych zwłaszcza w kontekście nowych regulacji (Tomaszewska, Hołojuch 2012).

LITERATURA

- AGARWAL R.G., 1980 — A new method to account for producing time effects when drawdown type curves are used to analyze pressure buildup and other test data, SPE Paper 9289, 55th SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, TX, Sept. 21–24, pp. 1–20.
- BIELEC B., HOŁOJUCH G., 2011a — Interpretacja wyników pompowań testowych w reżimie niestabilnym w odmiennych warunkach hydrogeologicznych. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego 445, 9–16.

- BIELEC B., HOŁOJUCH G., 2011b — Pompowania testowe w dokumentowaniu zasobów wód termalnych. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia. Zrównoważony Rozwój nr 1–2/2011. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- BIXLEY P.F., 1988 — Downhole measurements in geochemical wells. E. Okandan (ed.) Geothermal Reservoir Engineering. 41–53.
- ENVIRONMENTAL SIMULATIONS, INC., 2003 — Aquifer^{Win32}/WinFlow/ WinTran, Version 3. Guide to Using.
- KAPUŚCIŃSKI J., NAGY S., DŁUGOSZ P., BIERNAT H., BENTKOWSKI A., ZAWISZA L., MACUDA J., BUJAKOWSKA K., 1997 — Zasady i metodyka dokumentowania zasobów wód termalnych i energii geotermalnej oraz sposoby odprowadzania wód zużytych – poradnik metodyczny. MOŚZNiL, Warszawa.
- KAWECKI M.W., 1995 — Correction for temperature effect in the recovery of a pumped well. Ground Water, Vol. 33, Nr. 6, str. 917–926.
- KRUSEMAN G.P., DE RIDDER N.A., 1990 — Analysis and Evaluation of Pumping Test Data, Second Edition, ILRI publication 47, International Institute for Land Reclamation and Improvement, The Netherlands, 377 p.
- PRZYBYŁEK J., BRYLSKA E., DĄBROWSKI S., 1971 — Zasady obliczeń filtracji nieustalanej według wzorów Theisa i Hantusha. Wyd. Geol., Warszawa.
- THEIS C.V., 1935 — The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage, Trans. Amer. Geophys. Union, Vol. 16, pp. 519–524.
- TOMASZEWSKA B., HOŁOJUCH G., 2012 — Pozyskanie energii geotermalnej w świetle nowych uwarunkowań prawnych. Biul. PIG 448 (2), 281–284.

THE THERMAL EFFECT IN THE CALCULATION OF HYDRAULIC CONDUCTIVITY IN WELLS EXPLOITING THERMAL WATER

ABSTRACT

One of the primary purposes of hydrodynamic tests is to determine the hydraulic parameters of the aquifer. The results of the tests are often flawed as a consequence of rejection of thermal heating of a well during pumping which leads to aberrant readings of water level or wellhead pressure. A product of this is higher hydraulic conductivity coefficient than is in fact, which may lead to incorrect assessment of admissible volume of extracted groundwater. Effect of thermal heating of a well, also called thermal lift effect is the more important the greater depth of the well is and the bigger temperature difference is in the well's profile. This paper presents equations that allows to calculate above affect including the sample analysis of the data from hydrodynamic test carried in 2000 m deep geothermal well. In this case, the maximum difference between the observed and reduced wellhead pressure is 0,172 MPa, which is approximately 17,3 m of water column. The difference of hydraulic conductivity coefficient calculated for both cases is from 216,7% (II and III step of pumping) to 319,4% (I step of pumping).

KEY WORDS

Effect of thermal lift, effect of thermal heating of a well, thermal effect correction, hydraulic conductivity