

Analiza przebiegu próbných pompowań na przykładzie studni badawczej AGH-1

Interpretation of pumping tests results on the basis of examination of AGH-1 well



Dr inż. Krzysztof Polak^{)}*



Mgr inż. Karolina Kaznowska-Opala^{)}*



Mgr inż. Katarzyna Pawlecka^{)}*



Dr hab. inż. Jerzy Klich, prof. nadzw. ^{)}*

Treść: Próbne pompowania pozwalają na zbadanie zależności pomiędzy wydajnością a wywołaną przez nią depresją, na zdjęcie charakterystyki pompy oraz określenie jej współpracy z rurociągiem. Ocena układu hydraulicznego studnia – obsybka – warstwa wodonośna i układu pompowego zaproponowana w niniejszym artykule pozwoli na podjęcie próby zmniejszenia kosztów pompowania studni w niekorzystnych warunkach hydrogeologicznych oraz zwiększenia efektywności systemu odwodnienia. W pracy przedstawiono interpretację wyników próbnego pompowania na przykładzie studni AGH-1.

Abstract: In order to study the relation between the pumping rate and depression level in a well, it is necessary to make a pumping test. Results from such a test allow also to draw a curve of pump characteristics and examine cooperation of the pump with the pipeline system. The suggested assessment of the hydraulic system including: well – gravel pack – aquifer and pumping system allow to attempt to reduce the costs of well pumping in unfavorable hydrogeological conditions and increase the efficiency of dewatering systems. This paper presents an interpretation of the pumping test results from AGH-1 well.

Słowa kluczowe:

próbné pompowanie, metoda interpretacji próbnego pompowania

Key words:

pumping test, method of pumping test interpretation

^{*)} AGH w Krakowie

1. Wprowadzenie

Sprawność układu studnia – agregat pompowy zależy w istotny sposób od sprawności studni. Warunek optymalnej wydajności spełniony jest wówczas, gdy studnia pracuje z maksymalną możliwą depresją, przy czym depresja taka nie powinna powodować nadmiernego hydraulicznego zeskoku zwierciadła wody w studni, który w konsekwencji prowadzi do wzrostu energochłonności odwodnienia. Zeskok hydrauliczny powstaje m.in. w wyniku zmniejszenia przepuszczalności strefy przyotworowej, związanej z procesem „starzenia się” otworów hydrogeologicznych.

Układ przesyłowy powinien pracować w stabilnych warunkach pracy. W najczęściej spotykanych rozwiązaniach, tj. gdy mamy do czynienia z przepompowaniem cieczy ze zbiornika dolnego do górnego, straty ciśnienia w układzie tłocznym równoważone są przez ciśnienie wytwarzane przez agregat pompowy. W przypadku studni zbiornik dolny posiada oporność hydrauliczną wynikającą z parametrów hydrogeologicznych ośrodka wodonośnego oraz stanu technicznego strefy przyotworowej. Układ taki znajdował się będzie w równowadze wtedy, gdy suma oporów filtracyjnych wraz ze stratami ciśnienia powstającymi na rurociągu tłocznym równoważona będzie przez ciśnienie wytwarzane przez agregat pompowy. W optymalnych warunkach pracy wydajność agregatu powinna odpowiadać wydajności optymalnej określonej przez producenta sprzętu oraz nie powinna przekraczać wydajności dopuszczalnej dla danej studni. Jednocześnie agregat pompowy powinien zapewnić niezbędną wysokość podnoszenia odpowiadającą depresji wywołanej w studni.

W związku z powyższym, stwierdzić można, że układ studni-pompowy składa się z dwóch podstawowych elementów:

- agregatu pompowego, charakteryzującego się sprawnością energetyczną,
- układu studziennego, składającego się z konstrukcji studziennej oraz rurociągu, układ ten jest z natury rzeczy układem opornościowym.

W związku z powyższym można zapisać

$$\eta_u = \eta_{st} \cdot \eta_{ap} \quad (1)$$

gdzie:

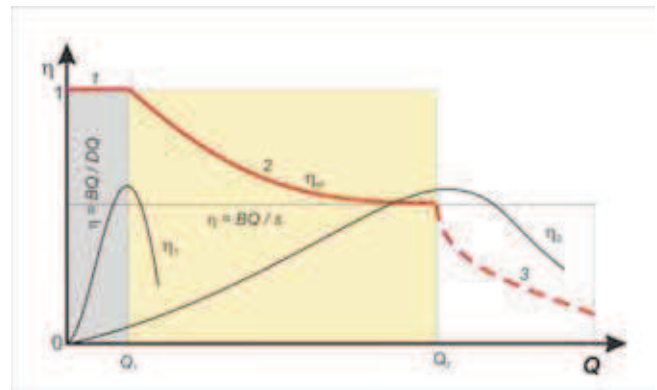
- η_{st} sprawność studni
- η_{ap} sprawność agregatu pompowego

Dla powyższego układu maksymalną depresję zwierciadła wody da taki agregat, którego sprawność będzie bliską optymalnej, a pole jego pracy będzie nakładało się na pole pracy studni. Pod pojęciem „stabilna praca” w przypadku studni rozumieć należy zachowanie przepływu wody przez filtry w granicach ciągłości funkcji $S=BQ+CQ^2$. Porównanie sprawności studni ujęciowej i depresyjnej pokazano na rysunku 1.

Pole wykresu zaznaczone kolorem szarym odpowiada laminarnemu charakterowi przepływu przez strefę otworową, w tym też przez filtr studzienny. Taki charakter przepływu występuje w ujęciowych studniach bezfiltrowych lub filtrowych o dobrej przepuszczalności. Parametr D opisuje oporność hydrauliczną przy przepływie laminarnym.

W strefie oznaczonej kolorem żółtym przepływ przez strefę przyotworową odbywa się w warunkach ruchu turbulentnego. Taki charakter pracy jest normalny i pożądany w warunkach odwodnieniowych i gwarantuje stosunkowo mały zeskok hydrauliczny oraz gwarantuje stosunkowo małe tempo starzenia strefy filtrowej.

Przesunięcie charakterystyki sprawności agregatu poza pole pracy (w prawo, tj. powyżej Q_c) zmniejsza sprawność



Rys. 1. Przebieg charakterystyk sprawności agregatów η_1 i η_2 oraz charakterystyka sprawności studni η_{st} przy różnicowanym charakterze przepływu wody przez filtr: 1 – laminarny przez filtr, 2 – turbulentny przez filtr, 3 – turbulentny w warstwie wodonośnej

Objaśnienia: η_1 – sprawność agregatu pompowego dobranej dla studni ujęciowej, η_2 – sprawność agregatu pompowego dobranej dla studni górniczej

Fig. 1. Efficiency characteristics of the pumping engines (η_1 – for water intake well; η_2 – for mining well) and well (η_{st}) depending on different kind of water flow: 1 – laminar flow through the filter, 2 – turbulent flow through the filter, 3 – turbulent flow in an aquifer

Explanations: η_1 – efficiency of the pumping engine selected for the intake well, η_2 – efficiency of the pumping engine selected for the mining well

ogólną układu studni-pompowego, jakkolwiek w początkowym okresie takiej pracy zwiększa się wydajność pompowania. W dłuższej perspektywie czasowej natomiast, niestabilna praca otworu hydrogeologicznego prowadzi do jego przyspieszonej degradacji.

Na skutek zwiększania depresji oraz zmniejszania wydajności studni przesuwają się w czasie pole pracy (oznaczone kolorem żółtym). Agregat pompowy, którego pole pracy jest w przybliżeniu stałe w czasie, pracuje więc poza optymalnymi parametrami Q i H_p . Stan współpracy studni z agregatem jest więc stanem przejściowym. Zwiększająca się depresja i malejący wydatek powodują konieczność wymiany agregatów, na dopasowane do bieżących warunków pracy otworu studziennego.

Jak już wspomniano na procesy starzeniowe ma wpływ nadmierny zeskok zwierciadła wody. Zeskok ten może zostać wzbudzony poprzez niedopasowanie parametrów pracy układu pompowego do przesuwającego się w czasie pola pracy studni.

Stabilne warunki pracy agregatu nie oznaczają jednak stabilnych warunków pracy otworu studziennego. Niedostateczny napływ wody do studni skutkuje pojawieniem się zeskoku hydraulicznego, co nie jest korzystne z punktu widzenia pracy otworu studziennego. Zwiększony zeskok sprzyja kolmatacji chemicznej, ale także jest niekorzystny ze względu na mechanizmy mechaniczne dla strefy filtrowej. Duża różnica ciśnienia na filtrze studziennym może prowadzić do dezintegracji okładziny, a w efekcie końcowym do „piaszczenia” studni. Ustabilizowanie warunków pracy otworu możliwe jest np. poprzez zdławienie agregatu pompowego.

Przy nadmiernym obniżeniu zwierciadła wody agregat pompowy może pracować w niestabilnych warunkach wywołując kawitację w części ssącej agregatu pompowego. Proces ten jest szkodliwy dla samego agregatu, ale również konstruk-

cji studni, zwłaszcza, jeśli agregat znajdzie się w pobliżu filtra. Wyjściem z sytuacji może być jedynie zdławienie agregatu. W praktyce zdławienie to najczęściej podyktowane jest koniecznością jego ochrony przed odsłonięciem. W rzeczywistości, mając na uwadze naturalną oporność hydrauliczną ośrodka wodonośnego, konieczny jest dobór jego wydajności do prędkości krytycznych występujących na filtrze.

W celu wykluczenia możliwości powstawania nadmiernych zeskoków na studni koniecznym może być przeprowadzenie próbnego pompowania badawczego, umożliwiającego wyznaczenie charakterystyki studni $S=f(Q)$.

2. Metodyka pomiaru

W celu wydłużenia czasu „życia” studni przy zachowaniu jak najlepszej skuteczności działania oraz dla zmniejszenia energochłonności pompowania, studnie nie powinny pracować w warunkach przepływu turbulentnego w warstwie wodonośnej. Przepływ taki powoduje bowiem unoszenie cząstek skalnych i ich osadzanie się na filtrze studziennym, co skutkuje zmniejszoną przepuszczalnością filtrów studziennych.

W związku z powyższym dla potrzeb ustalenia warunków pracy studni proponuje się zastosowanie założenia upraszczającego, polegającego na zastosowaniu równania Jacoba (2) jako identyfikującego graniczne warunki pracy, w tym dopuszczalną wydajność. Zachowanie ciągłości funkcji $S=f(Q)$ oznacza więc zachowanie stabilnych warunków pracy otworu studziennego w całym przedziale wydajności. Zerwanie ciągłości funkcji oznacza przejście ruchu turbulentnego do warstwy wodonośnej, co jest dopuszczalne tylko w szczególnych warunkach hydrogeologicznych pracy studni [1]. W celu określenia stabilnych warunków pracy studni konieczne jest zatem zdjęcie charakterystyki studni (2).

$$S = BQ + CQ^2 \quad (2)$$

Charakterystyka taka powinna zostać zdjęta poprzez wykonanie pompowania w ramach tzw. „soft-startu” studni. Przebieg charakterystyki jest informacją pozwalającą na określenie:

- 1) parametrów równania Jacoba, w tym:
 - parametru B i określenie depresji rzeczywistej BQ ,
 - parametru C i określenie zeskoku hydraulicznego CQ^2 ,
 - granicy ciągłości funkcji $S=f(Q)$,
 - sprawności studni η_{sp}
- 2) wydajności granicznej Q_E dla utrzymania przepływu turbulentnego jedynie w strefie otworowej.

Metoda oceny zastosowana do przeprowadzenia i interpretacji wyników próbnego pompowania zaproponowana została przez Klicha [4]. Podobnie, jak w klasycznych metodach oceny, mierzonymi wartościami są wydajność i depresja (pozorna) zwierciadła wody w studni. Metoda wymaga precyzyjnego pomiaru wydajności i depresji w czasie trwania testu pompowania wielostopniowego dla warunków ustalonych, tzn. przy ustabilizowanej depresji oraz wydajności. W odróżnieniu od klasycznych metod bazuje jednak ona na wartościach pomiarowych chwilowych. W celu oznaczenia parametrów równania Jacoba (2) nie wykorzystuje się żadnych danych tablicowych czy innych wartości np. uśrednionych. Estymacja parametrów funkcji $S=f(Q)$ odbywa się przy wykorzystaniu metod matematyki statystycznej. Dzięki temu określić można błędy pomiarowe, odchylenia standardowe od wartości średnich modelu funkcji oraz istotność wyników obliczeń, czy też stopień dopasowania funkcji do danych pomiarowych (współczynnik korelacji lub determinacji).

Wielostopniowe pompowania badawcze pozwalają na zdjęcie pełnej charakterystyki pracy studni. Na jej podstawie określa się nie tylko sprawność studni, ale możliwe jest także:

- 1) Ustalenie racjonalnej wydajności, pozwalającej na wydłużenie żywotności studni.
- 2) Określenie przybliżonego rozdziału dopływów wody w profilu pionowym studni.
- 3) Ustalenie wydajności pozwalającej na zmniejszenie strat energetycznych (zwiększenie efektywności).
- 4) Wspomaganie podejmowania decyzji w zakresie doboru agregatów pompowych o charakterystykach odpowiadających charakterystyce hydraulicznej studni,
- 5) Dokonanie oceny stanu hydraulicznego studni w celu:
 - ustalenia parametrów ewentualnej regulacji,
 - decyzji o renowacji.

W trakcie próbnego pompowania wielostopniowego zmienia się równowaga ciśnień w układzie ośrodek wodonośny – otwór studzienny – agregat pompowy. Regulacja układu pompowego pozwala na:

- zdjęcie charakterystyki studni $S=f(Q)$,
- ocenę stanu technicznego układu pompowego względem charakterystyk wzorcowych.

Zmiany układu ciśnień w otworze studziennym w trakcie trójstopniowego pompowania próbnego przedstawiono ideowo na rysunku 2.

W trakcie badania mogą być więc wykonywane pomiary ciśnień w układzie pompowym, co umożliwi nie tylko ocenę stanu współpracy agregatu z rurociągiem tłocznym, ale przede wszystkim warunków współpracy agregatu pompowego ze studnią.

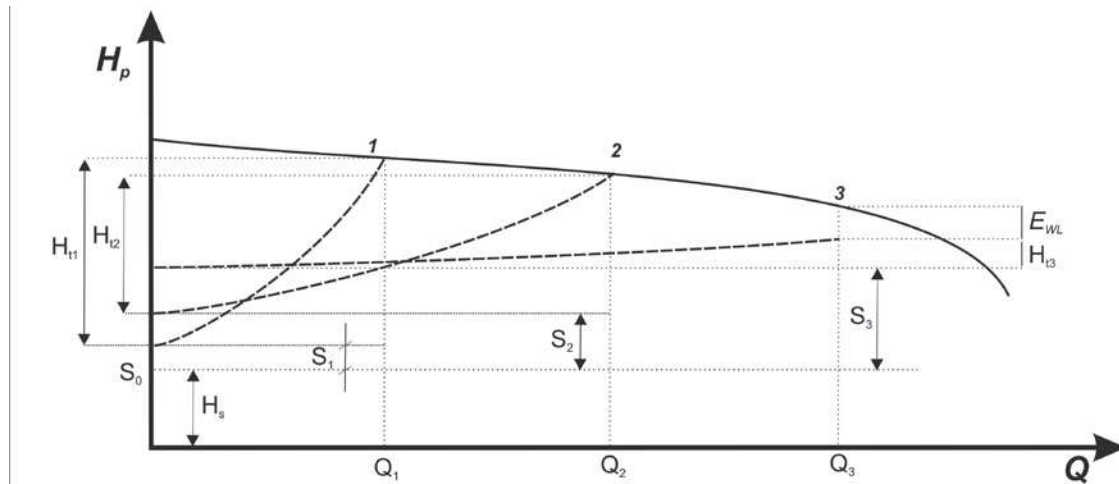
Charakterystyka układu opornościowego (studnia + rurociąg), po uwzględnieniu geometrycznej wysokości podnoszenia, powinna spotykać się z charakterystyką agregatu pompowego w jednym punkcie.

Na rysunku 2 depresje S_1 , S_2 , S_3 odpowiadają depresjom na kolejnych stopniach pompowania, a krzywe zaznaczone linią przerywaną odpowiadają stratom hydraulicznym na instalacji przesyłowej. Straty ciśnienia na początkowych stopniach pompowania powstają głównie na zaworze regulacyjnym. Na ostatnim stopniu pompowania, tj. przy otwartej przepustnicy straty w instalacji wodociągowej wynikają już głównie z strat liniowych oraz miejscowych na poszczególnych elementach instalacji tłocznej i odpowiadają startom dynamicznym na przepływie (dh). W takich warunkach układ studziennie-pompowy powinien pracować w równowadze, a agregat pompowy powinien posiadać odpowiednią nadwyżkę ciśnienia na ssaniu, odpowiadającą charakterystyce NSPH (Net Positive Suction Head).

W przypadku, gdy dochodzi do odsłonięcia agregatu pompowego oznacza to przewymiarowanie agregatu pompowego bądź, poprzez zbyt dużą wysokość podnoszenia H bądź też zbyt dużą wydajność Q , bądź też na oba parametry równocześnie. W takim przypadku nie należy dopuścić odsłonięcia agregatu, co jest realizowane poprzez zdławienie instalacji przesyłowej przepustnicą. Oznacza to straty energetyczne, dlatego rozważyć należy wymianę agregatu na mniejszy, tj. odpowiadający charakterystyce studni. Nadrzędnym celem jest ograniczenie strat energetycznych związanych z nadmiernym poborem energii oraz zmniejszenie tempa zużycia sprzętu pompowego oraz zmniejszenie kosztów remontu sprzętu i renowacji studni.

3. Opracowanie wyników

Pompowanie przeprowadzone zostało w studni badawczej AGH-1 zlokalizowanej na terenie Międzywydziałowej Stacji



Rys. 2. Schemat układu ciśnień w studni podczas pompowania 3-stopniowego

Objaśnienia: S_0 – depresja statyczna, H_s – głębokość do zwierciadła wody, S_1, S_2, S_3 – depresje na kolejnych stopniach pompowania, $H_{1,2,3}$ – ciśnienie w układzie pompowym, dh – straty dynamiczne, $Q_{1,2,3}$ – wydajności na kolejnych stopniach pompowania

Fig. 2. Diagram of pressure distribution in the well during a 3-stage pumping test.

Explanations. S_0 – static depression, H_s – depth to the water table, S_1, S_2, S_3 – depression on the next stage of pumping, $H_{1,2,3}$ – pressure in the pumping system, dh – dynamic head losses, Q_1, Q_2, Q_3 – yield of a well on the next stage of pumping

Badań Środowiskowych. Ośrodek wodonośny budują głównie utwory czwartorzędowe tj. piaski i żwiry, glina pylasta, namuły, torfy, pyły, pyły piaszczyste oraz utwory neogenu – ilaste utwory mioceńskie. Obszar posiada stosunkowo prostą budowę geologiczną, a w konsekwencji czytelny układ hydrogeologiczny. Warstwa wodonośna obejmuje warstwy akumulacji rzecznej, których zasilanie odbywa się poprzez bezpośrednią infiltrację wód opadowych i kontakty hydrauliczne z niższymi poziomami. Granicę zasilania stanowią naturalne brzozy dolin rzecznych Wisły i Rudawy. Zwierciadło wody ma charakter swobodny.

Studnia wyposażona jest w sondę hydrostatyczną, która rejestruje poziom zwierciadła wody, ciśnienie, temperaturę, wydajność oraz czas. Pomiary prowadzone są z częstotliwością 5 s i zapisywane na komputerowym stanowisku kontrolno-pomiarowym.

Otwór badawczy AGH-1 jest studnią dogłębną o głębokości 16 m. Otwór zarurowany został rurami PCV z filtrem

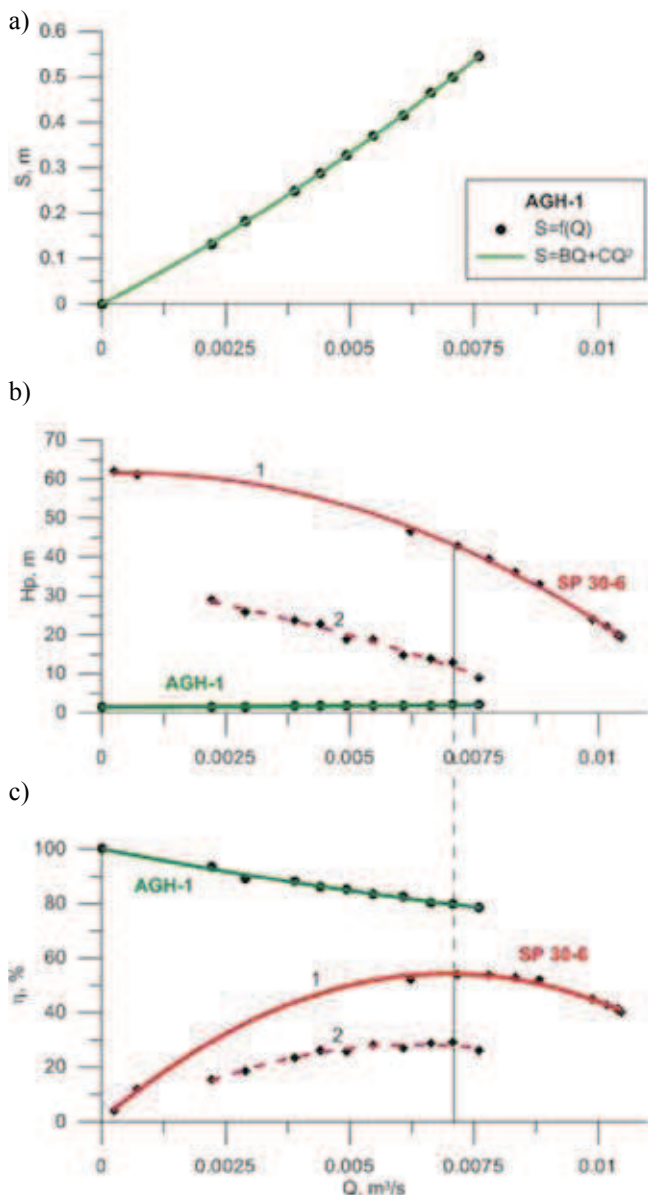
o średnicy $\Phi=225$ mm. Część czynna filtra ma długość 5 m i znajduje się na głębokości 10–15 m p.p.t. [2, 6].

Próbné pompowanie na studni wykonano w kwietniu 2014 roku. Zgodnie z opisaną wcześniej metodyką przeprowadzono pompowanie wielostopniowe. Wyniki badania oraz charakterystykę agregatu pompowego zestawiono w tablicy, następnie przedstawiono graficznie na rysunku 3.

Charakterystykę studni zinterpretowano zgodnie z metodą Klicha [4]. Krzywa wykresu $S=f(Q)$ (rys. 3a) jest ciągła w całym zakresie wydajności, co sugeruje, że przepływ wody w warstwie wodonośnej odbywa się w reżimie laminarnym, natomiast w studni – w reżimie turbulentnym. Obliczona wartość parametru B , charakteryzującego hydrauliczną oporność ośrodka wyniosła $B=56,41$ s/m². Wskazuje to na drenaż ośrodka wodonośnego o bardzo korzystnych parametrach hydraulicznych, dużej przewodności i odsączalności ośrodka, co przekłada się na małą depresję w pionie oraz płaski kształt krzywej depresji. Stan techniczny studni wg klasyfikacji

Tablica 1. Zestawienie wyników próbnego pompowania studni AGH-1 oraz charakterystyki agregatu pompowego SP 30-6
Table 1. Summary of the pumping test results of the AGH-1 well and pumping engine SP 30-6 characteristics

Lp.	Charakterystyka studni AGH-1				Charakterystyka agregatu pompowego SP 30-6 $n=100\%$			Charakterystyka agregatu pompowego SP 30-6 $n=80\%$		
	S m	Q m ³ /s	Hstr m	η_{st} %	Q m ³ /s	Hp m	η_{ap} %	Q m ³ /s	Hp m	η_{ap} %
1	0	0	1,50	100	0,00025	62,0	4	0		
2	0,13	0,002209	1,63	93,69	0,000722	61,2	12	0,002209	28,86	15,38
3	0,18	0,002892	1,68	89,14	0,006222	46,5	52	0,002892	25,85	18,58
4	0,25	0,003885	1,75	88,37	0,007167	43,0	54	0,003885	23,88	23,60
5	0,29	0,004403	1,79	86,23	0,007806	39,4	54	0,004403	22,90	25,98
6	0,33	0,004941	1,83	84,97	0,008333	36,0	53	0,004941	18,86	25,60
7	0,37	0,005479	1,87	83,53	0,008806	32,9	52	0,005479	18,90	28,42
8	0,42	0,006079	1,92	82,62	0,009889	24,2	45	0,006079	14,87	27,16
9	0,47	0,006638	1,97	80,35	0,010167	22,1	43	0,006638	13,90	28,51
10	0,50	0,007072	2,00	79,79	0,010389	20,1	41	0,007072	12,91	29,13
11	0,55	0,00761	2,05	78,62	0,010417	19,6	41	0,00761	8,88	25,88
12					0,010472	19,5	40			
13					0,010417	19,8	41			



Rys. 3. Studnia AGH-1 a) Charakterystyka zmian depresji w studni w zależności od wydajności $S=f(Q)$ b) Charakterystyka podnoszenia agregatu pompowego oraz strat ciśnienia w studni $H_p=f(Q)$, 1 – charakterystyka znamionowa przy obrotach $n=100\%$, 2 – charakterystyka przy obrotach $n=80\%$ c) Charakterystyka sprawności studni oraz agregatów pompowych $\eta=f(Q)$, 1 – charakterystyka znamionowa przy obrotach $n=100\%$, 2 – charakterystyka przy obrotach $n=80\%$

Fig. 3. AGH-1 well a) Characteristics of changes in well depression depending on the capacity $S=f(Q)$ b) Characteristics of pumping engine lifting and pressure losses in the well $H_p=f(Q)$, 1 – nominal characteristics by rotation $n=100\%$, 2 – characteristics by rotation $n=80\%$ c) Characteristics of well and pumping engine efficiencies $\eta=f(Q)$ 1 – nominal characteristics by rotation $n=100\%$, 2 – characteristics by rotation $n=80\%$

Waltona [3] dla studni ujęciowych wyrażony za pomocą parametru $C=2021,836 \text{ s}^2/\text{m}^5$ klasyfikuje studnię jako mało zanieczyszczoną.

Sprawność studni jest bardzo wysoka w całym zakresie wydajności pompowania i mieści się w granicach $100 \div 78\%$.

Charakterystyki studni oraz agregatu pompowego nie przecinają się (rys. 3b), co sugeruje przewymiarowanie agregatu pompowego lub też duże straty ciśnienia na instalacji wodociągowej. Straty ciśnienia na zasuwie regulacyjnej zainstalowanej na instalacji są różnicą pomiędzy charakterystyką agregatu pompowego a charakterystyką studni. Maksymalną sprawność agregat pompowy osiąga dla wydajności od $7,0 \cdot 10^{-3} - 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (ok. $26 \div 28 \text{ m}^3/\text{h}$) przy obrotach wirnika równych 100% oraz $5,0 \cdot 10^{-3} - 7,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (ok. $22 \div 24 \text{ m}^3/\text{h}$) przy obrotach równych 80% prędkości nominalnej wirnika (rys. 3c).

Przewymiarowanie agregatu pompowego wymaga dławienia bądź zmniejszenia prędkości obrotowej wirnika silnika napędowego. W przypadku studni AGH-1 tak zadane warunki współpracy otworu studziennego i agregatu pompowego były celowe, ze względu na badawczy charakter studni.

4. Podsumowanie i wnioski

W pracy zaprezentowano sposób oceny stanu hydraulicznego studni w oparciu o próbne pompowanie badawcze. Sposób podejścia opiera się na przeprowadzeniu próbnego pompowania, mającego na celu obserwacje kształtowania się depresji pozornej w studni oraz zmiany układu ciśnienia w instalacji tłocznej.

Przykładowe badania wykonane na studni badawczej wykazały, że studnia wyposażona jest w przewymiarowany agregat pompowy. Zbyt duża wydajność oraz wysokość podnoszenia powoduje przyspieszone starzenie studni oraz zużycie agregatu pompowego. Ma to wpływ na sprawność działania układu studziennopompowego. W związku z tym agregat pompowy wymaga dławienia lub zredukowania parametrów poprzez regulację częstotliwości prądu. W praktyce, w instalacji laboratoryjnej, realizowane jest przez falownik.

Zaproponowany sposób oceny może być wykorzystany dla studni ujęciowych i odwadniających w celu weryfikacji parametrów pracy oraz ewentualnych korekt systemowych. Celem zaproponowanego podejścia jest redukcja strat energetycznych oraz poprawa efektywności studziennych systemów ujmujących wodę.

Praca stanowi część badań statutowych Katedry Górnictwa Odkrywkowego opracowanych w ramach prac statutowych na Wydziale Górnictwa i Geoinżynierii AGH nr 11.11.100.597.

Literatura

1. Atkinson L.C., Gale J.E., Dudgeon C.R.: New Insight into the Step-Drawdown Test in Fractured-Rock Aquifers. Applied Hydrogeology, Vol. 2, No. 1, pp. 9÷18, 1994
2. Bezkorowajny A., Stochel B.: Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne dla studni wierconej wykonanej w utworach neogenu na terenie działek nr 19/25 i 19/26 położonych w Krakowie na terenie Akademii Górniczo-Hutniczej przy Alejach Mickiewicza. A&B Flint, Brzesko, 2005, [niepublikowane]
3. Dąbrowski S., Przybyłek J.: Metodyka próbnych pompowań w dokumentowaniu zasobów wód podziemnych. Poradnik metodyczny, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 2005
4. Klich J., Motyka J., Hajdo S., Marek A., Sobczyński E.: Metoda oceny i doboru parametrów technologicznych studni odwadniających i ujęć wodnych, Załącznik do raportu końcowego z realizacji projektu badawczego KBN – Nr 9S 601 021 06, Poltegor-Instytut Wrocław / AGH Kraków, 1997, [niepublikowane]
5. Polak K., Klich J., Hajdo S., Kustra A., Kaznowska-Opala K., Pawlecka K.: Pole Bełchatów. Wykorzystanie parametrycznej oceny oporności

hydraulicznej strefy przystudziennej do planowania eksploatacji studni odwodnienia wglębnego, AGH w Krakowie, 2013, niepublikowane

6. *Żurek A.*: Możliwości interpretacji naturalnych wahań zwierciadła wód

gruntowych na podstawie pomiarów ze stanowiska badawczego na terenie AGH w Krakowie. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, Warszawa, 2011

NACZELNY REDAKTOR

w zeszycie 1-2/2010 Przeglądu Górniczego, zwrócił się do kadr górniczych z zachętą do publikowania artykułów ukierunkowanych na wywołanie

POLEMIKI – DYSKUSJI.

Trudnych problemów, które czekają na rzetelną, merytoryczną wymianę poglądów – jest wiele! Od niej – w znaczącej mierze – zależy skuteczność praktyki i nauki górniczej w działaniach na rzecz bezpieczeństwa górniczego oraz postępu technicznego i ekonomicznej efektywności eksploatacji złóż.

**Od naszego wysiłku w poszukiwaniu najlepszych rozwiązań
– zależy przyszłość polskiego górnictwa!!!**