

Beata Lorenc • Anatoli Hurynovich

# ANALIZA EFEKTYWNOŚCI EKSPLOATACJI UJĘĆ WÓD PODZIEMNYCH

---

Beata Lorenc, mgr inż. – Politechnika Białostocka

Anatoli Hurynovich, prof. dr hab. inż. – Politechnika Białostocka

adres korespondencyjny:

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

Katedra Systemów Inżynierii Środowiska

ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok

e-mail: beata-lorenc@wp.pl

## ANALYSIS OF THE OPERATING EFFICIENCY OF UNDERGROUND WATER INTAKES

**SUMMARY:** Each groundwater intake should strive to ensure proper working conditions for all wells used. Among the normal rules of operation, pay special attention to compliance with the conditions set granted permits in water law for water abstraction and analysis of the current operating parameters – performance, the level of the water, energy, and the evaluation of devices installed in wells – efficiency submersible pumps.

**KEY WORDS:** groundwater, productivity of wells, water level, the efficiency of submersible pumps

---

## Wstęp

Dążeniem każdego eksploatatora systemu zaopatrzenia w wodę – opartego na ujęciu głębinowym – jest zapewnienie dużego stopnia niezawodności funkcjonowania studni oraz utrzymanie optymalnych kosztów użytkowania. Niezawodność ujęć wód podziemnych i energooszczędnej eksploatacji studni są zagadnieniami priorytetowymi. Podczas eksploatacji studni głębinowych przebiegają procesy, których skutkiem jest stopniowe zmniejszenie sprawności ujęć otworów studziennych i zainstalowanych w nich urządzeń.<sup>1</sup>

W pracy przeanalizowano efektywność eksploatacji ujęć wód podziemnych w miejscowości Hajnówka i Sokółka. Analiza dotyczyła określenia obecnego stanu ujęcia wody podziemnej, a przede wszystkim położenia poziomu wody w studniach i możliwości jej degradacji ilościowej, oraz ekonomicznej optymalizacji zagospodarowania wody podziemnej poprzez zmniejszenie zużycia energii elektrycznej przez pompy głębinowe. Zebrane informacje zostały oparte na doświadczeniach zgromadzonych podczas wieloletniej eksploatacji ujęć studziennych zaopatrujących miasta Hajnówka i Sokółka.

## Gospodarowanie zasobami eksploatacyjnymi wód podziemnych w Polsce

Gospodarowanie wodami prowadzone jest zgodnie ze zrównoważonym rozwojem, oznaczającym jednocześnie kształtowanie, ochronę oraz zarządzanie zasobami wodnymi. Zasoby wód podziemnych, aczkolwiek odnawialne, nie mogą być wykorzystywane w sposób niekontrolowany z uwagi na ograniczoną ich ilość, zmienną jakość oraz skutki dla środowiska, jakie może przynieść ich nadmierna eksploatacja. Niezbędne jest prowadzenie racjonalnej gospodarki wodnej, realizowanej za pomocą ustalania zasobów dyspozycyjnych w skali hydrogeologicznych jednostek bilansowych i zasobów eksploatacyjnych określanych dla poszczególnych ujęć lub grup ujęć. Zasoby eksploatacyjne stanowią część naturalnych zasobów odnawialnych możliwą do wydobycia w określonych warunkach środowiska oraz warunkach hydrogeologicznych i technicznych (tabela 1).<sup>2</sup>

Zasoby wód podziemnych na terenie województwa podlaskiego są rozmieszczone dość nierównomiernie. Na obszarze województwa znajdują się trzy zbiorniki wód podziemnych (GZWP Nr 216 – „Sandr Kurpie”, nr 217 – „Pradolina rzeki Biebrzy” i nr 218 – „Pradolina rzeki Supraśl”). W województwie podlaskim w 2005 roku zużycie wody na potrzeby gospodarki narodowej i ludności wynio-

<sup>1</sup> G. Houben, Ch. Treskatis, *Regeneracja studni*, Projprzem-EKO, Bydgoszcz 2004.

<sup>2</sup> S. Pergół, J. Sokołowski, *Wody podziemne. Bilans zasobów eksploatacyjnych i dyspozycyjnych wód podziemnych Polski wg stanu na dzień 31.12.2011r.*, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2012.

Tabela 1  
Zestawienie ustalonych zasobów eksploatacyjnych zwykłych wód podziemnych w Polsce w 2011 roku

Lp.	Województwo	Powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	Zasoby eksploatacyjne				
			Ogółem [m <sup>3</sup> /h]		Stan zasobów eksploatacyjnych [m <sup>3</sup> /h z poziomów]		
			Stan na 2011.12.31	Czwartorzędowych	Trzeciorzędowych	Kredowych	Starszych
1	Dolnośląskie	19 948	89 892	60828	20 549	3 266	5 246
2	Kujawsko-pomorskie	17 970	165 342	129 289	27 199	7 164	1 689
3	Lubelskie	25 114	135 942	22 094	12 682	100 354	811
4	Lubuskie	13 984	93 539	86 971	6 554	14	0
5	Łódzkie	18 219	163 983	64 064	7 955	60 631	31 332
6	Małopolskie	15 144	71 323	39 203	8 869	12 805	10 444
7	Mazowieckie	35 598	243 602	190 868	17 622	25 081	10 029
8	Opolskie	9 412	55 908	24 350	15 085	1 916	14 557
9	Podkarpackie	17 926	57 779	51 702	4 557	1 484	35
10	Podlaskie	20 180	76 793	74 700	2 047	34	12
11	Pomorskie	18 293	163 441	135 295	16 038	12 063	44
12	Śląskie	12 294	105 779	23 244	2 389	4 510	75 635
33	Świętokrzyskie	11 672	59 951	6 962	4 407	14 221	34 360
14	Warmińsko-mazurskie	24 203	130 809	123 693	6 968	148	0
15	Wielkopolskie	29 826	185 324	112 672	45 381	24 364	2 902
16	Zachodniopomorskie	22 902	173 343	159 595	7 402	1 488	4 685
	Razem	312 685	1 972 757	1 305 710	205 710	269 550	191 786

Źródło: S. Pergół, J. Sokołowski, *Wody podziemne. Bilans zasobów eksploatacyjnych i dyspozycyjnych wód podziemnych Polski wg stanu na dzień 31.12.2011 r.*, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2012.

sło 80 605 600 m<sup>3</sup>/rok, a zasoby eksploatacyjne wód podziemnych wynosiły 658 700 000 m<sup>3</sup>/rok.<sup>3</sup>

Z analizy porównawczej aktualnego zużycia wód podziemnych na potrzeby ludności i gospodarki komunalnej oraz zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych wynika, iż zużycie w 2005 roku było przeszło 8 razy mniejsze od zasobów eksploatacyjnych, co oznacza, że w skali województwa zasoby eksploatacyjne wód podziemnych są wystarczające.

<sup>3</sup> C. Madejski i in., *Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych regionu białostockiego*, Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL, Warszawa 1994.

## Studnie głębinowe w systemie zaopatrzenia w wodę

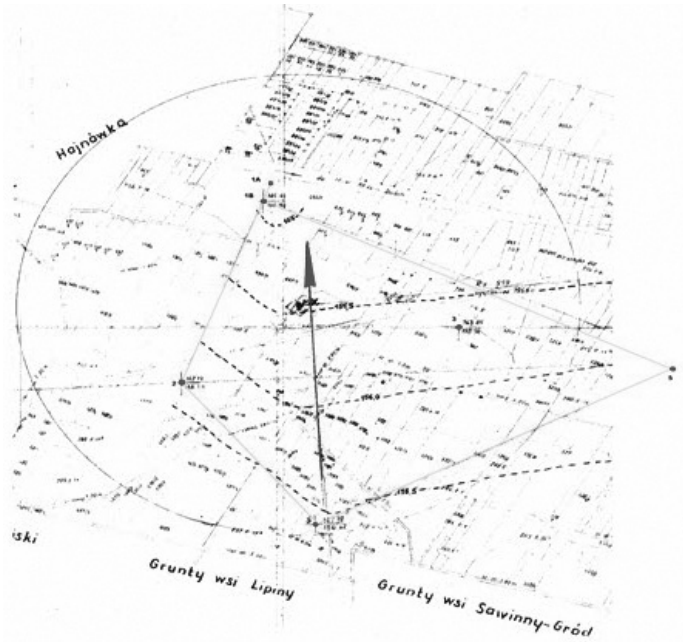
### System zaopatrzenia w wodę w mieście Hajnówka

Wodociągowe ujęcie wód podziemnych w Hajnówce składa się z 6 otworów studziennych, usytuowanych w północnej części miasta, na obszarze pól i łąk. Wszystkie studnie ujmują do eksploatacji trzeciorzędowy poziom wodonośny (wodonośne piaski diagoceńskie). Czwartorzędowe piętro wodonośne zalega w granicach 80-95 m, reprezentowane jest przez niewielkiej miąższości (rzędu od 1 do kilku metrów) zawadnione przewarstwienia piaszczyste występujące w obrębie kompleksu gliniasto-pylastego. Woda zalegająca w obrębie tych przewarstwień znajduje się pod ciśnieniem subartezyjskim i stabilizuje się na głębokości około 4,0-9,0 m ppt. Ze względu na małą miąższość (na terenie ujęcia wodociągowego w Hajnówce) poziomy te nie mają żadnego znaczenia użytkowego i nie były badane na terenie ujęcia. Trzeciorzędowy poziom wodonośny w rejonie ujęcia waha się w granicach około 60-75 m, stanowią je dwie warstwy wodonośne - mioceńska i oligoceńska. Mioceńską warstwę wodonośną tworzą piaski formacji burowęglowej, które pomimo dobrej granulacji i znacznej miąższości (nawet do 30 m) nie są ujmowane do eksploatacji (na terenie ujęcia) ze względu na zanieczyszczenie pyłem węglowym oraz niebezpieczeństwo silnego, trudnego do uzdatnienia zabarwienia wody. Mioceńska warstwa wodonośna charakteryzuje się napiętym zwierciadłem wody, stabilizującym się na głębokościach około 4,0-10,0 m ppt. Oligoceńską warstwę wodonośną tworzą piaski drobnoziarniste i pylaste barwy szarej, zielonej, miejscami brązowej. Współczynniki filtracji wahają się w granicach 0,000242-0,0000433 m/s. Wydajności jednostkowe studzien ujmujących oligoceńską warstwę wodonośną wynoszą 2-3 m<sup>3</sup>/hm. Miąższość oligoceńskiej warstwy wodonośnej waha się w granicach 15,0-29,0 m. Jest ona oddzielona od warstwy mioceńskiej zielonymi mułkami i mułowcami o miąższości od jednego do kilku metrów. Lokalnie mułki wyklinowują się, a obie trzeciorzędowe warstwy wodonośne łączą się, tworząc jeden kompleks wodonośny (studnia nr 4). Zwierciadło wody ma charakter subartezyjski – stabilizuje się podobnie jak zwierciadło wody warstwy mioceńskiej.

### System zaopatrzenia w wodę w mieście Sokółka

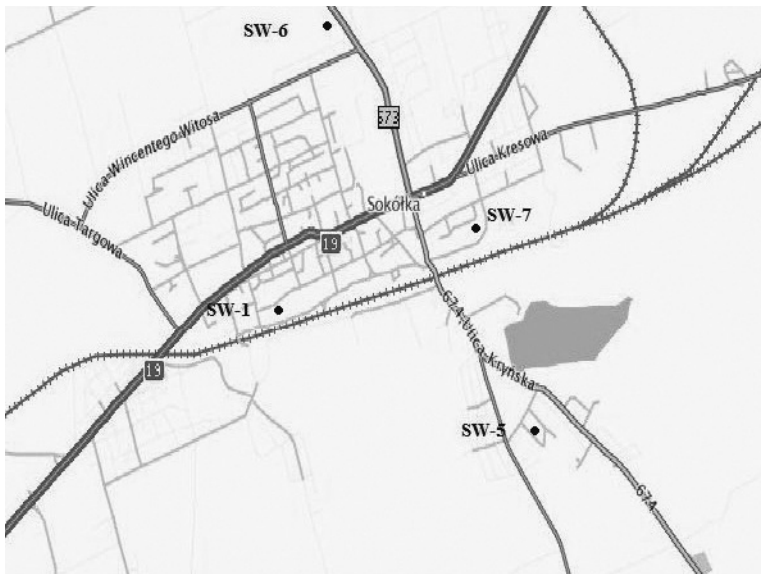
Wodociągowe ujęcie wód podziemnych w Sokółce składa się z 4 otworów studziennych. Na terenie miasta wykorzystywane są do celów eksploatacyjnych dwa poziomy wodonośne wieku czwartorzędowego – poziom pierwszy, przypowierzchniowy, oraz poziom drugi, główny użytkowy. Poziom przypowierzchniowy charakteryzuje się dosyć dużymi wahaniami poziomu miąższości i głębokości występowania. Szacuje się, że zalega on na głębokościach od 0 do 40 m pod powierzchnią terenu. Miąższość tej warstwy wynosi najczęściej od kilku do kilkunastu metrów, sporadycznie zaś do nawet kilkudziesięciu. Biorąc pod uwagę te warunki, poziom ten jest praktycznie nie wykorzystywany jako ujęcie dla studni

Rysunek 1.  
Plan sytuacyjny terenu ujęcia wód podziemnych w Hajnówce



Źródło: dane projektowe studni na ujęciu wód podziemnych w Hajnówce.

Rysunek 2  
Plan sytuacyjny terenu ujęcia wód podziemnych w Sokółce



Źródło: dane projektowe studni na ujęciu wód podziemnych w Sokółce.

głębinowych. Jakość, skład chemiczny i parametry wód poziomu powierzchniowego są prawie identyczne, jak te panujące w głównym poziomie użytkowym. Warstwa wodonośna występuje na głębokościach od 60 do 90 metrów pod powierzchnią terenu, jest przykryta kompleksami utworów o właściwościach przepuszczalnych oraz nieprzepuszczalnych, co daje praktycznie pewną eliminację możliwych zanieczyszczeń wód podziemnych składnikami dostającymi się z powierzchni terenu. Uzyskiwane wydatki jednostkowe oscylują wokół granicy od 6 do 30 m<sup>3</sup>/h/1 ms i pozwalają warstwie traktować ją jako zasobną w wodę. Zwierciadło swobodne wody stabilizację uzyskuje na głębokościach od 2,6 metra do 9,15 metra pod powierzchnią terenu. Oznacza to, że ciśnienie w warstwie osiąga wartości rzędu od 50 do 60 atmosfer. Warstwa należy do dobrze przepuszczalnych, ponieważ współczynniki filtracji mieszczą się w rzędzie 0,000568 – 0,000127 m/s. Pod względem składu chemicznego wody z tej warstwy są zaliczane do wód słodkich o mineralizacji sięgającej 250 mg/dm<sup>3</sup> oraz niskiej zawartości poszczególnych elementów mineralnych. Wartości te mieszczą się w normach wód pitnych nadających się do spożycia przez ludność bez uprzedniego uzdatniania.

## Warunki eksploatacji studni głębinowych

Każdy zakład ujęcia wód podziemnych powinien dążyć do zapewnienia prawidłowych warunków pracy wszystkich użytkowanych studni głębinowych. Wśród prawidłowych zasad eksploatacji należy zwrócić szczególną uwagę na przestrzeganie warunków określonych w udzielanych pozwoleniach wodnoprawnych na pobór wody – w odniesieniu do wydajności, depresji i czasu eksploatacji. Istotny jest także dobór pomp głębinowych, zapewniający optymalne zużycie energii elektrycznej oraz wysoki standard urządzeń pompowych, instalacji elektrycznych i armatury oraz umożliwiający bezawaryjną pracę i ograniczanie ujemnego wpływu na jakość ujmowanej wody. Dużą wagę przywiązuje się także do bieżącej analizy parametrów pracy – wydajności, poziomu lustra wody, energochłonności i do oceny pracy zainstalowanych w studniach urządzeń – sprawności pomp głębinowych.<sup>4</sup>

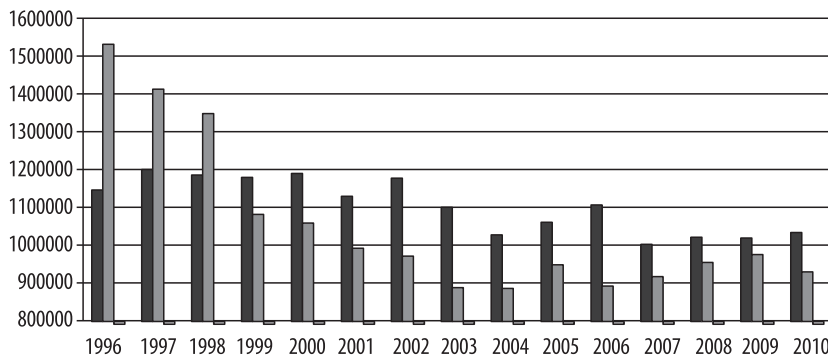
Ujęcie wody w Hajnówce posiada zatwierdzone w kat. „B” zasoby eksploatacyjne w wysokości:  $Q_e = 200 \text{ m}^3/\text{h}$  przy depresji  $Se = 20,0\text{-}28,6 \text{ m}$ .<sup>5</sup> Ujęcie wody podziemnej w Sokółce posiada zatwierdzone zasoby eksploatacyjne dla I poziomu wodonośnego w kat. C w wysokości:  $Q_e = 558 \text{ m}^3/\text{h}$  przy depresji  $Se = 4,8 \text{ m}$  oraz w kat. B:  $Q_e = 135 \text{ m}^3/\text{h}$  przy depresji  $Se = 2,9 \text{ m}$ , zaś dla II poziomu wodonośnego zasoby eksploatacyjne zatwierdzone są w kat. B przy parametrach:  $Q_e = 37 \text{ m}^3/\text{h}$  i depresji  $Se = 9,2 \text{ m}$ .<sup>6</sup> Zasoby te zostały ustalone na podstawie

<sup>4</sup> T. Gabryszewski, A. Wieczysty, *Ujęcia wód podziemnych*, Arkady, Warszawa 1985.

<sup>5</sup> Dane projektowe studni na ujęciu wód podziemnych w Hajnówce i dane dotyczące aktualnej eksploatacji wody na ujęciu PWiK w Hajnówce.

<sup>6</sup> Dane projektowe studni na ujęciu wód podziemnych w Sokółce; dane dotyczące aktualnej eksploatacji wody na ujęciu PWiK w Sokółce.

Rysunek 3  
Porównanie produkcji wody w miejscowościach Hajnówka i Sokółka [m<sup>3</sup>/rok]



Źródło: dane dotyczące aktualnej eksploatacji wody na ujęciu PWiK w Hajnówce i Sokółce.

prostych obliczeń zasobów dynamicznych i porównanie ich z możliwościami eksploatacyjnymi studzien wierconych oraz krótkotrwałego pompowania zespołowego. Średnia godzinowa eksploatacja ujęcia wody podziemnej w miejscowościach Hajnówka i Sokółka nie może przekraczać zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych. Wielkość eksploatacji w danych miejscowościach zależna była od zapotrzebowania, które do 2002 roku utrzymywało się na wysokim poziomie, po czym od roku 2003 zaczęło spadać. Przyczyną spadku zużycia wody był montaż wodomierzy w mieszkaniach u odbiorców indywidualnych w budownictwie wielorodzinnym (rysunek 3).

Każda studnia powinna być traktowana indywidualnie. Należy co jakiś czas wykonać badania i pomiary, aby ocenić jej aktualny stan. Najważniejszymi parametrami pozwalającymi zweryfikować pracę studni są wykonywane w regularnych odstępach czasu pomiary: wydajności, poziomu zwierciadła statycznego i dynamicznego oraz wielkości depresji. Wyniki badań należy później porównać z danymi ujętymi w dokumentacji projektowej studni. W celach porównawczych metoda pomiarów powinna być zawsze taka sama. Na podstawie takich danych można obliczyć procentowy spadek wydajności studni. Celem stwierdzenia aktualnej sprawności studni należy przeprowadzić próbne pompowanie pomiarowe, a jego wyniki porównać z rezultatem z okresu budowy studni, przyjmując, że wtedy miała 100% sprawności. Wskaźnikiem sprawności studni jest jej aktualna wydajność jednostkowa „q”, która określa wydajność studni w litrach z 1 m depresji w ciągu 1 godziny ( $q = Q/s$ ). Czas pompowania pomiarowego powinien trwać minimum 1 godzinę – do ustabilizowania się zwierciadła dynamicznego wody. W czasie wykonywania pomiarów należy uwzględnić pracujące w pobliżu inne studnie, których praca może mieć wpływ na wyniki.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> G. Houben, Ch. Treskatis, *Regeneracja studni*, Projprzem-EKO, Bydgoszcz 2004.

Tabela 2

Zestawienie projektowanych parametrów poszczególnych studni na ujęciu w Hajnówce i Sokółce

Numer otworu	Zasoby eksploatacyjne (maksymalna wydajność eksploatacyjna) $Q_e$ [m <sup>3</sup> /h]	Depresja eksploatacyjna $S_e$ [m]	Wydatek jednostkowy przy wydajności eksploatacyjnej $q$ [m <sup>3</sup> /h <sup>2</sup> m]	Współczynnik filtracji $k$ [m/s]
<b>HAJNÓWKA</b>				
S-1A	43,0	17,0	2,53	0,10
S-1B	66,0	23,7	2,78	0,10
S-2A	60,0	27,3	2,20	0,12
S-3	52,5	20,2	2,59	0,09
S-4	52,0	20,0	2,60	0,13
S-5	66,0	23,4	2,82	0,16
$\Sigma$	339,5			
<b>SOKÓŁKA</b>				
S-1	116,0	2,0	58,0	0,0001-0,0005
S-5	150,0	7,3	20,54	0,0001-0,0005
S-6	42,8	8,5	5,03	0,0001-0,0005
S-7	88,0	6,4	13,75	0,0001-0,0005
$\Sigma$	369,8			

Źródło: dane projektowe studni na ujęciu wód podziemnych w Hajnówce i Sokółce.

Tabela 3

Zestawienie eksploatacyjnych parametrów poszczególnych studni na ujęciu w Hajnówce i Sokółce

Numer otworu	Zasoby eksploatacyjne (maksymalna wydajność eksploatacyjna) $Q_e$ [m <sup>3</sup> /h]	Depresja eksploatacyjna $S_e$ [m]	Wydatek jednostkowy przy wydajności eksploatacyjnej $q$ [m <sup>3</sup> /h <sup>2</sup> m]	Współczynnik filtracji $k$ [m/s]
<b>HAJNÓWKA</b>				
S-1A	43,0	26,3	1,63	0,10
S-1B	66,0	26,3	2,50	0,10
S-2A	60,0	27,6	2,17	0,12
S-3	51,6	19,7	2,62	0,09
S-4	51,6	20,1	2,56	0,13
S-5	64,0	23,6	2,71	0,16
$\Sigma$	336,2			
<b>SOKÓŁKA</b>				
S-1	40,0	2,3	17,4	0,0001-0,0005
S-5	65,0	7,5	8,6	0,0001-0,0005
S-6	40,0	8,8	4,4	0,0001-0,0005
S-7	66,9	6,6	10,1	0,0001-0,0005
$\Sigma$	211,9			

Źródło: Dane dotyczące aktualnej eksploatacji wody na ujęciu PWiK w Hajnówce i Sokółce.



Tabela 4

Dane techniczne pracy pomp głębinowych eksploatowanych na ujęciu wody podziemnej w Hajnówce

Numer studni	Wydajność studni Q [m <sup>3</sup> /h]	Zapotrzebowanie na moc silnika N [kW]	Wysokość podnoszenia pompy [m]	$G = N/Q$ G [kWh/m <sup>3</sup> ]
HAJNÓWKA				
1A	43	15	57	0,35
1B	66	18	58	0,27
2	60	18	59	0,30
3	52,5	22	59	0,41
4	52	22	57	0,42
5	66	22	58	0,33
SOKÓŁKA				
1	73	26	73	0,37
5	116	41,5	80	0,36
6	45	15	70	0,33
7	90	28,5	80	0,32

Źródło: dane dotyczące aktualnej eksploatacji wody na ujęciu PWiK w Hajnówce i Sokółce.

Parametry projektowane oraz eksploatacyjne studni na poszczególnych ujęciach zestawiono w tabeli 2 i 3. Analiza wskazała, że najgorzej pracującą studnią na ujęciu w Hajnówce jest studnia S-1A, a w Sokółce S-1 oraz S-5.

## Optymalizacja pracy pomp

Wśród prawidłowych zasad eksploatacji istotny jest dobór pomp głębinowych, zapewniający optymalne zużycie energii elektrycznej. Pompy głębinowe pracujące w ujęciach wód podziemnych ze studniami wierconymi zużywają na ogół zbyt dużo energii elektrycznej.<sup>8</sup>

Parametry pracy pomp zainstalowanych w odpowiednich studniach przedstawiono w tabeli 4.

Analizując aspekty techniczne, stwierdzono, że istniejące układy pompowe ujęć wód podziemnych ze studniami wierconymi w mieście Hajnówka wymagają pilnej modernizacji. Zapotrzebowanie na moc silnika w chwili obecnej jest znacznie niższe niż dobrana w istniejącym układzie pompowym. Zmniejszenie kosztów eksploatacji jest możliwe poprzez optymalizację doboru pomp, co powinno przynieść wymierne korzyści eksploatacyjne. Do wybrania najbardziej efektywnej pompy można zastosować program Grundfos WinCAPS (tabela 5).

<sup>8</sup> M. Strączyński i in., *Podręcznik eksploatacji pomp w wodociągach i kanalizacji*, Wyd. Seidel – Przywecki, Józefosław 2012.

Tabela 5  
Dobre pompy głębinowe

Numer studni	Wydajność studni [m <sup>3</sup> /h]	Typ pompy	Zapotrzebowanie na moc silnika N [kW]	Wysokość podnoszenia pompy [m]	G = N/Q [kWh/ m <sup>3</sup> ]
HAJNÓWKA					
1A	43	SP 46-7	11,9	57	0,28
1B	66	SP 95-4	18,1	58	0,27
2	60	SP 60-8	15,9	59	0,27
3	52,5	SP 60-7	13,8	59	0,26
4	52	SP 60-7	13,8	57	0,26
5	66	SP 95-4	18,1	58	0,27

Źródło: Program komputerowy: „WinCAPS7.80” firmy Grundfos, www.grundfos.com [15-02-2013].

Wprowadzając parametry pompy o wymaganych wartościach na poszczególnych studniach, można uzyskać urządzenie o najbardziej efektywnych parametrach pracy.

Na podstawie współczynnika G stwierdzono, że najbardziej efektywną studnią w miejscowości Hajnówka jest studnia nr 1B, gdyż stosunek zapotrzebowania na moc silnika N do wydajności Q jest najmniejszy i wynosi 0,27 kWh/m<sup>3</sup>. Najgorzej pracuje studnia nr 4, dla której współczynnik G wynosi 0,42. Efektywność pracy studni w Sokółce jest na dobrym poziomie.

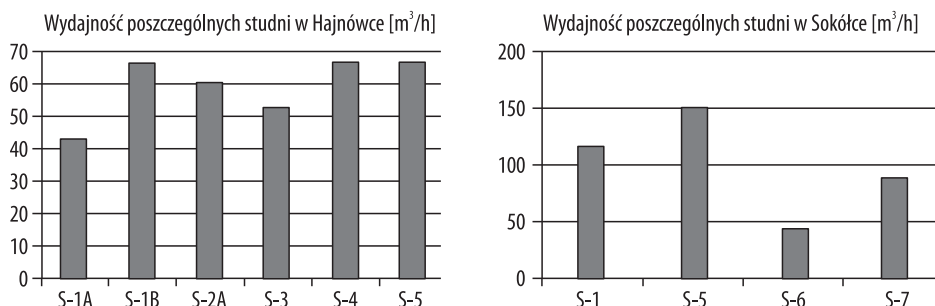
W przypadku wysoce zmiennego modelu zużycia wody o dużych wartościach szczytowych, które powodują bądź głębokie obniżenia dynamicznego poziomu wody gruntowej, bądź wysokie przeciwciśnienie spowodowane stratą ciśnienia na tarcie lub zatkanie się filtra ciśnieniowego, należy zastosować kilka mniejszych pomp w układzie kaskadowym lub sterować częstotliwościami pompy poprzez przetwornik ciśnienia.

W studni narażonej na działanie głębokich, krótkotrwałych obniżen poziomu wody bardziej prawdopodobne jest powstanie osadów w otworach filtra i złożu żwirowym niż w studni, która jest równomiernie obciążona przez długie okresy. Osady na filtrze zmniejszają jednostkową wydajność studni i przyspieszają porę regeneracji.

Podczas pompowania z dużej studni można znacznie zmniejszyć częstość głębokich obniżen poziomu wody, jeśli zastosuje się jedną pompę obciążenia podstawowego i jedną pompę obciążenia szczytowego tego samego rodzaju i w tej samej studni, o ile pozwala na to jej średnica. Jeśli pompuje się z kilku studni, pompy powinny zostać połączone w taki sposób, by podstawowe zapotrzebowanie zostało pokryte przy minimalnym obniżeniu poziomu wody, minimalnej stracie na tarcie w systemie rurociągowym i minimalnym spadku ciśnienia na filtrze. W przypadku kaskadowego sterowania pomp pracujących równolegle lub sterowania częstotliwościowego poprzez przetwornik ciśnienia istnieje możliwość przedłużenia okresów czasu pomiędzy regeneracjami studni i popra-

Rysunek 4

Porównanie wydajności studni na ujęciu wody podziemnej w Hajnówce i Sokółce



Źródło: dane dotyczące aktualnej eksploatacji wody na ujęciu PWiK w Hajnówce i Sokółce.

wy jakości wody uzdatnionej. Do wyboru właściwej pompy konieczna jest znajomość charakterystyki studni z protokołu studni bądź z pompowania próbnego. Z pomiarów lub obliczeń eksploatacyjnych winny wynikać co najmniej dwa zestawy wartości oporów tarcia przy danej wydajności surowej wody: wartości przy czystym filtrze studni i wartości przy zatkany filtrze. Konieczna jest również znajomość zapotrzebowania przy szczytowym obciążeniu i podstawowym obciążeniu.<sup>9</sup>

Dodatkowo należy zwrócić uwagę, by przy doborze pomp wody surowej nie opierać się jedynie na aspektach technicznych, lecz uwzględniać także inne czynniki mające wpływ na koszty energii. Jeśli istnieje możliwość otrzymywania energii elektrycznej według zredukowanej taryfy nocnej, to należy tak zaprojektować wydajność pompowania wody, by główne operacje pompowania wody odbywały w okresach obowiązywania tańszej taryfy. Jeśli oszczędności energii w okresach obowiązywania tańszej taryfy są marginalne, to pracę całego systemu pomp należy zoptymalizować tak, aby rozłożyć ją na możliwie długi okres czasu. Należy również zwrócić uwagę na wydajność, która powinna być rozdzielona na kilka pomp w celu uzyskania optymalnej ekonomiki i niezawodności.<sup>10</sup>

## Podsumowanie

W Hajnówce i Sokółce aktualny pobór wody z ujęcia wody podziemnej jest mniejszy niż możliwości eksploatacji, ale produkcja pokrywa zapotrzebowanie miasta. Jednak nie stanowi zagrożenia dla zasobów. Według prognoz zapotrzebowanie miasta na wodę, ilość zużywanej wody ma obecnie tendencję spadkową.

<sup>9</sup> M. Strączyński i in., *Podręcznik eksploatacji pomp...*, op. cit.; Poradnik techniczny firmy GRUNFOS „Systemy pomp głębinowych GRUNFOS”.

<sup>10</sup> Ibidem.

Pracujące ujęcia w pełni pokrywają zapotrzebowanie na wodę. Aby właściwie gospodarować zasobami wód, należy niezwłocznie przeprowadzić optymalizację monitoringu. Prawidłowo działający system monitoringu stanów i jakości jest podstawą określenia tendencji zmian. Wymiana pomp głębinowych w miejscowości Hajnówka zmniejszy zużycie energii elektrycznej. Należy w dalszym ciągu starać się o zminimalizowanie strat ponoszonych przez wodociągi.