



Fot. 123rf

TECHNIKA CYFROWA W ENERGOOSZCZĘDNEJ EKSPLOATACJI POMP I UJĘĆ GŁĘBINOWYCH

cz. 2 Systemowa obserwacja zmian jakości technicznej studni i wpływ tych zmian na zużycie energii na ujęciu

dr Marian Strączyński
niezależny ekspert

Większość eksploatowanych w naszym kraju studni [6] wykonywana była w II połowie XX wieku. Studnie te, po już kilkudziesięcioletniej ich eksploatacji, ulegają naturalnemu starzeniu, zmieniając swoje zdolności w ujmowaniu wód. Powszechnie znane zjawisko kolmatacji filtrów studziennych i innych uszkodzeń bezpośrednio zależy od czasu eksploatacji oraz od wydajności, z jaką pobieramy wodę z ujęcia.

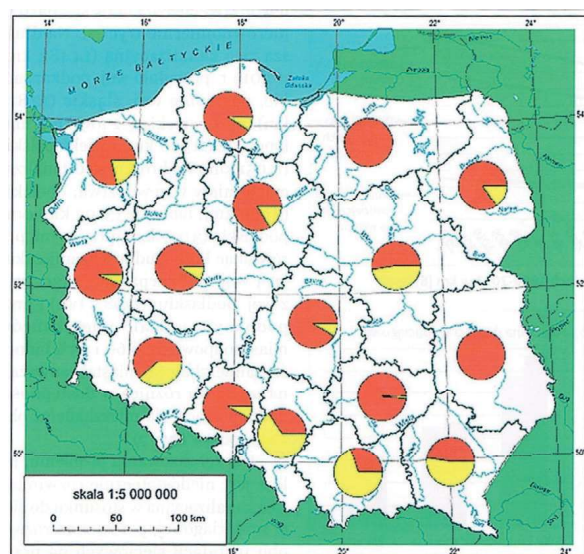
Jak widać na rys. 1, znaczna liczba przedsiębiorstw wodociągowych w Polsce [5] opiera swoją produkcję na eksploatacji wód podziemnych.

Ostatnie 3 lata wskazują, że w miesiącach letnich zapotrzebowanie na wodę wyraźnie rośnie, natomiast ilościowy przyrost nowych, kosztownych studni jest ograniczony. Sytuacja ta stwarza realne zagrożenia w eksploatacji ujęć i kumuluje nowe problemy, szczególnie w oszczędności coraz droższej energii. Artykuł poprzedni naszego cyklu [7] podkreślił znaczenie wpływu wyników pracy modeli matematycznych na decyzje eksploatacyjne, ten artykuł poświęcony jest tematyce komputerowej obserwacji wzajemnego oddziaływania charakterystyk: pompy, studni i sumarycznie układu pompowego. Pokażemy też sposób wyliczenia strat energii w wyniku np. kolmatacji filtrów studni czy innych ich uszkodzeń.

Dla ilustracji zależności przeprowadzono symulację tych zmian w modelach matematycznych znanego już SPM_{SYSTEM} [4.5] i pokazano jej wyniki wraz z określeniem strat energii. Systemowe wspomaganie [3] na styku techniki pompowej i hydrogeologii stwarza zupełnie nową jakość w zarządzaniu eksploatacją ujęć wód podziemnych.

Współpraca charakterystyk – pompy głębinowej i charakterystyki układu pompowego studni

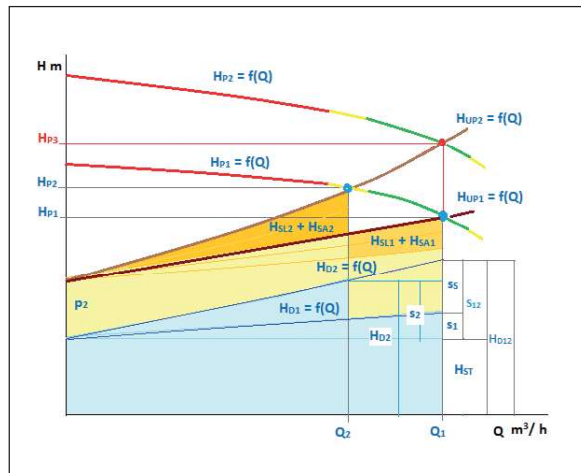
Powszechnie wiadomo [4], że punkt pracy pompy (po jej uruchomieniu) samoczynnie ustawia się w miejscu przecięcia się charakterystyk – pompy $H_p = f(Q)$ oraz układu $H_{up} = f(Q)$. Składową charakterystyki układu pompowego jest charakterystyka zmiany depresji w studni [1], a ściślej, zmiana położenia zwierciadła dynamicznego wody w funkcji



Objaśnienia:

 - udział wód podziemnych w zaopatrzeniu ludności w wodę do picia
 - udział wód powierzchniowych w zaopatrzeniu ludności w wodę do picia

RYS. 1
 Poglądowa mapa udziału wód podziemnych w zaopatrzeniu w wodę

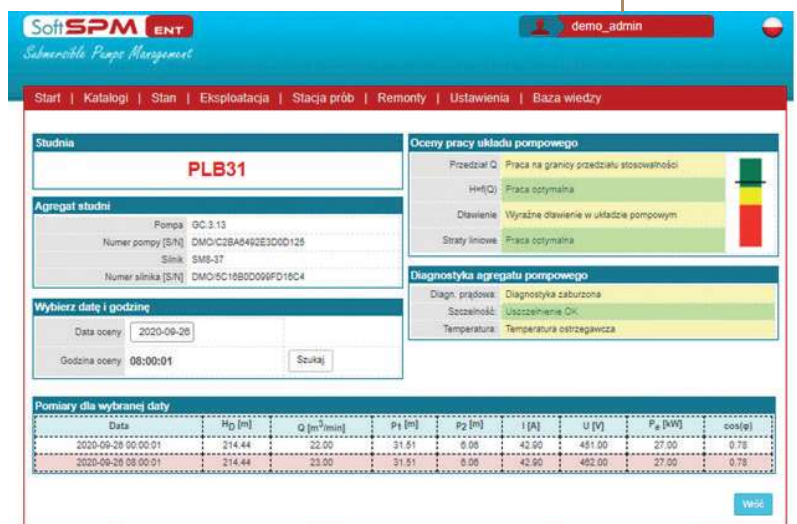


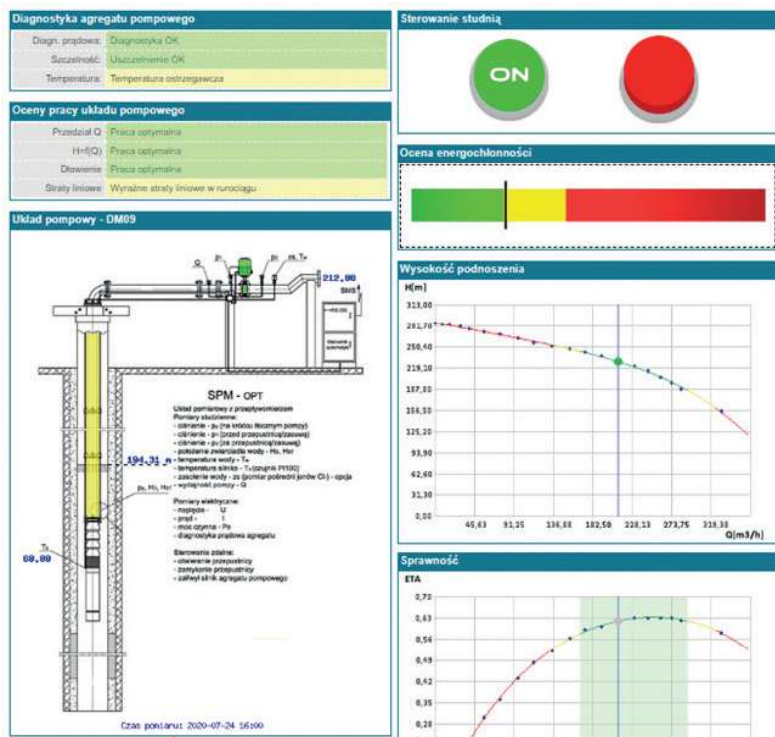
RYS. 2
 Współpraca charakterystyk: pompy i układu pompowego studni

wydajności pompy – $H_D = f(Q)$. Jeżeli charakterystyka studni $H_D = f(Q)$ ulegnie zmianie, automatycznie punkt pracy pompy przesunie się w inne miejsce i tym samym ulegnie zmniejszeniu lub zwiększeniu wydajność pompy, a ta z kolei wpłynie na nowe położenie zwierciadła wody w studni. Z reguły charakterystyka studni ma tendencję „ostrzenia” swojego przebiegu, a więc wydajność pompy maleje.

Praktycznie użytkownik początkowo nie wie, czy pompa uległa uszkodzeniu, czy też zmieniła się charakterystyka studni [6] – jednak finalnie wydajność „spadła”. Na rys. 2 pokazano dwa przebiegi charakterystyk układu pompowego H_{UP1} i $H_{UP2} = f(Q)$ oraz dwie charakterystyki pomp H_{P1} oraz $H_{P2} = f(Q)$. Pokazano też przebieg pierwotnej charakterystyki zmian położenia zwierciadła wody w studni oraz charakterystyki po zmianie jej stanu technicznego (np. kolmatacja filtra) – H_{D1} i $H_{D2} = f(Q)$. Wyraźnie widać, że pierwotny punkt pracy pompy (Q_1, H_{P1}) przesunął się do położenia (Q_2, H_{P2}), tym samym wydajność spadła. Wartością niezmienną jest położenie zwierciadła statycznego H_{ST} , które odpowiada wydajności $Q = 0$, a więc w okresie postoju, w pracy studni. Pierwotne położenie zwierciadła dynamicznego (H_{D1}) wody w studni jest sumą: $H_{ST} + s_1$ i odpowiada wydajności pompy Q_1 . Wtórne po-

RYS. 3
 Przegląd ocen przypisanych do daty i godziny



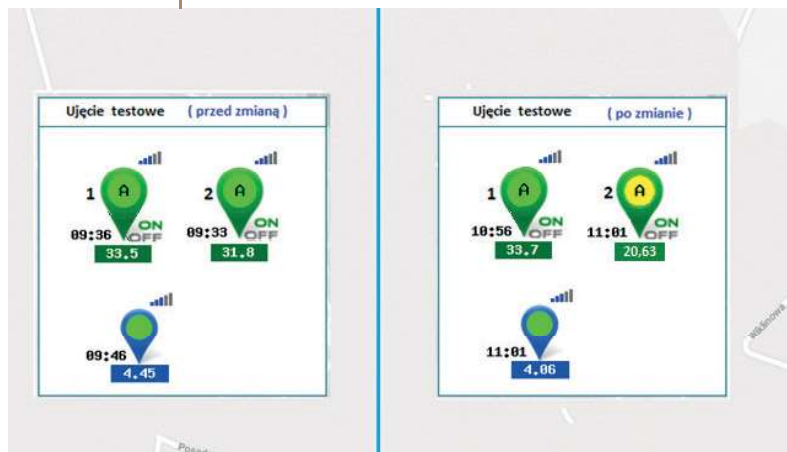


RYS. 4
Przykładowy widok ekranu ocen

łożenie $H_{D2} = f(Q)$ – już po zmianie charakterystyki jest równe: $H_{ST} + s_2$.

Po dodaniu do H_{D2} wartości p_2 oraz odpowiadającym nowej wydajności Q_2 , wartością strat liniowych H_{SL2} oraz strat armatury H_{SA2} mamy finalną wartość punktu pracy pompy na jej charakterystyce $H_{p1} = f(Q)$. Jest to właśnie punkt przecięcia się z nową charakterystyką układu $H_{UP2} = f(Q) : (Q_2, H_{p2})$. Gdybyśmy tę charakterystykę ($H_{UP2} = f(Q)$) przedłużyli aż do wartości Q_1 , otrzymalibyśmy nowy, prognozowany punkt pracy dla innej już pompy, której charakterystyka $H_{p2} = f(Q)$ dla Q_1 musiałaby mieć podnoszenie H_{p3} . Różnica $H_{p3} - H_{p1}$ jest dokładnie stratą wysokości podnoszenia pompy dla zmienionej charakterystyki depresji studni $H_{D2} = f(Q)$. Dalej, po odpowiednich przeliczeniach dla nowej, większej pompy, otrzymamy stratę mocy (netto), którą musimy „dołożyć” do układu, by skompensować zmianę charakterystyki

RYS. 5
Widok pracy ujęcia przed i po wprowadzeniu zmian



styki $H_{D2} = f(Q)$ – np. po kolmatacji studni oraz aby utrzymać dalej jej wydajność na poziomie wartości początkowej Q_1 . Trzeba podkreślić, że w tym postępowaniu wykluczamy wzajemne oddziaływanie studni dla ujęcia wielostudziennego, lecz i w tym przypadku tok postępowania jest możliwy – podobny, lecz nieco skorygowany.

Wzajemne „współregulowanie” się charakterystyk studni – pompy – układu jest skomplikowanym i na pewno dynamicznym procesem, który często jest niezauważalny i błędnie interpretowany. Ważnym jest dokładne opomiarowanie układu (w tym zainstalowanie zintegrowanej sondy pomiarów dolnych ciśnień [2]) oraz właściwa interpretacja wyników). Wyniki pomiarów z dolnej sondy są tu podstawą tworzenia później bilansu ocen. Samo zagadnienie ma charakter wielodyscyplinarny (technika pompowa, hydrogeologia, itd.), stąd współcześnie [4,6] zaangażowano technikę systemów – SPM_{SYSTEM}, którą uzbrojono we właściwe modele matematyczne tych procesów eksploatacji. Systemowe opomiarowanie studni oraz oprogramowania zlokalizowane np. na serwerze w chmurze SPM wspomagają użytkownika w podejmowaniu optymalnych decyzji eksploatacyjnych: wymiana pompy, regeneracja studni, zmiana budowy układu pompowego, itp. Na rys. 3, rys. 4 pokazano widoki ekranów ocen pracy studni.

Wykonanie bilansu strat energii umożliwia nam działanie dolnej sondy pomiarów ciśnień [2]. Trzeba tu podkreślić [1] konieczność prowadzenia okresowych pomiarów próbnych studni diagnozujących ich stan techniczny.

I. Symulacja komputerowa w SPM_{SYSTEM}

Dla zobrazowania pracy modeli matematycznych zasymulowano [5] pracę ujęcia z dwoma studniami, pracującymi na zbiornik, który na zasadzie różnicy swojego geometrycznego położenia zasilałby miejscowość o liczbie ca 800 mieszkańców. Do symulacji przyjęto średniej wielkości wydajności 2 studni, ca 31,0 do 33,0 m³/h., przy położeniu zw. dynamicznego wody $H_D = 70,0$ m.

Ciśnienie na odpływie studni p_2 – rzędu 10 m, straty liniowe H_{SL} i armatury H_{SA} – mieszczące się w kilku metrach – praktycznie minimalne.

Na rys. 5 pokazano reakcję modeli, przy czym po wprowadzeniu zmiany w charakterystyce jednej studni – nr 2, ocena nowych parametrów ($Q_2 = 20,63$ m³/h, $H_{D2} = 82,5$ m, $H_{p2} = 92,0$ m) – rys. 6, rys.7, rys.8 pokazała już wzrost energochłonności układu – na graniczną, a więc żółtą.

Dla zabudowanej pompy głębinowej typu GCA.3.A5, zmniejszenie wydajności do wartości 20,63 m³/godz. spowodowało pracę na skraju przedziału stosowności i spadek jej sprawności o ca 10 %. Pompa dodatkowo zmuszona została do zwiększenia swojej wysokości podnoszenia H_p o ca 10 m.

Gdybyśmy chcieli utrzymać dla tych warunków pracy dalej wydajność studni na poziomie 30 m³/godz., musielibyśmy pompę wymienić na większą, a więc o wyższej, znamionowej mocy o ca 5 kW. Tak więc stałą stratą dla tego przypadku można ocenić na poziomie 4,0 kW – ca 22% więcej zużycia energii. Systemowy kreator doboru pompy do studni uwzględni fakt zmiany charakterystyki i gdy wprowadzimy wydajność początkową, dobierze agregat pompowy o większej, wyliczonej wysokości podnoszenia, a tym samym również mocy.

Związek między stanem technicznym studni a energochłonnością ujęcia jest oczywisty, choć użytkownik często może mieć problemy w wylczeniu rzeczywistych wartości strat energii np. w pracy zakolmatowanych już studni. Wzajemne oddziaływanie – studnia oraz pompa głębinowa, wymaga prowadzenia dokładnych analiz, w tym zmian ich indywidualnych charakterystyk. Ważnym jest prowadzenie diagnostyki parametrów eksploatacyjnych, właściwe opomiarowanie i interpretacja wyników. Jakiegokolwiek uproszczenia w tym zakresie zawsze spowodują zagrożenia w pewności dostawy wody, jak i wzrostu energochłonności eksploatacji. Utrzymywanie wydajności studni ograniczonej już w możliwości ujęcia wody jest wysoce energochłonne, awaryjne i tym samym kosztowne.

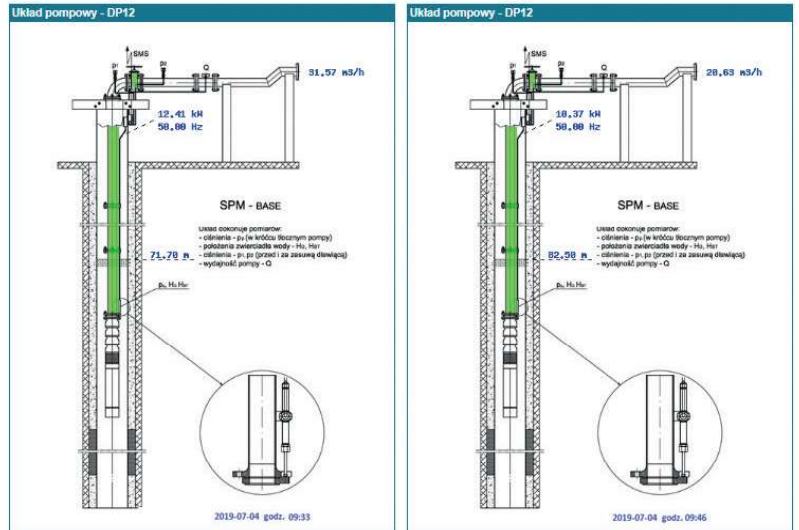
Planowanie wszelkich inwestycji wymagających dostaw wody z istniejących już ujęć, powinno być wcześniej poprzedzone badaniami jakości technicznej i wydajności studni, które później mają zagwarantować pokrycie potrzeb.

Literatura

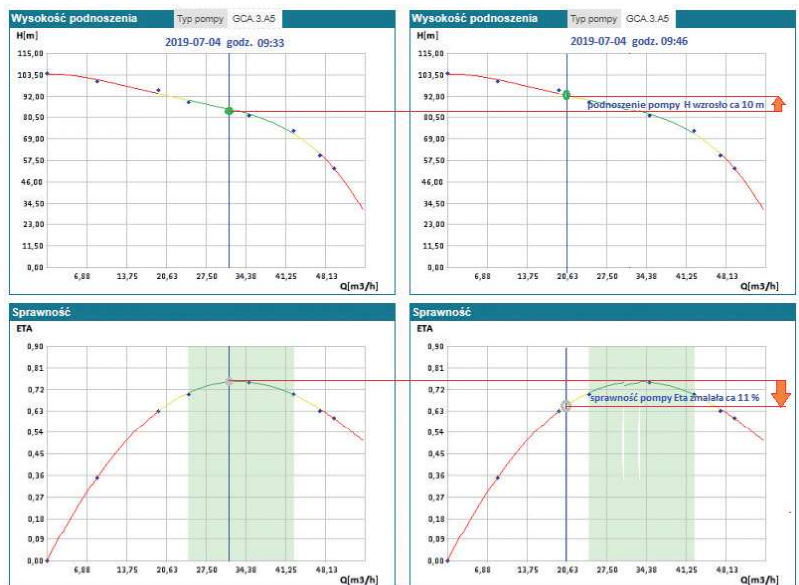
1. Materiały konferencyjne, Seminarium Szkoleniowo-Promocyjne, Energooszczędna, systemowa eksploatacja ujęć i pomp głębinowych, „Orle Gniazdo Hucisko”, 16-17 listopada 2017 r.
2. Opis patentu EP3271546 B1 – czerwiec, Bruksela 2019.
3. Strączyński M., Chorek S., Modele matematyczne, wspomagające prowadzenie eksploatacji pomp głębinowych w ujęciach wód, Forum Eksploatatora, 3/2010, Warszawa 2010.
4. Strączyński M., Urbański P., Solecki J. Pompy głębinowe, Wydawnictwo Seidel – Przywecki, Wydanie I, Warszawa, 2019.
5. Strączyński M., Wąsowski J., Zatorski P., SPMsystem – zarządzanie, monitoring i sterowanie w energooszczędnej eksploatacji pomp i ujęć głębinowych, Forum Eksploatatora, styczeń-luty, Warszawa 2016.
6. Strączyński M., Oszczędność energii w eksploatacji pomp i ujęć głębinowych – cz.4: Wpływ zmiany stanu technicznego studni na zużycie energii w eksploatacji ujęcia, Forum Eksploatatora 3/2019, maj-czerwiec, Warszawa 2019.
7. Strączyński M., Technika cyfrowa w energooszczędnej eksploatacji pomp i ujęć głębinowych – cz.1: Modele matematyczne wspomagające podejmowanie decyzji eksploatacyjnych, Pompy Pompownie, październik, Racibórz 2020.



RYS. 6 Systemowa ocena energochłonności dla studni nr 2 (DP12)



RYS. 7 Widok zmian parametrów



RYS. 8 Zmiana położenia punktu pracy na charakterystyce pompy

SPM SYSTEM

System zarządzania, monitoringu i sterowania eksploatacją ujęć i pomp głębinowych

- Pewność, niezawodność w dostawie wody z ujęcia
- Interaktywny, cyfrowy monitoring pracy ujęć przez internet – abonament w wykorzystaniu Chmury SPM
- Leasing zestawów opomiarowania i oprzyrządowania studni – SPMbase
- Diagnostyka studni i pomp głębinowych – zmniejszenie energochłonności eksploatacji ujęć
- Szkolenia, konsulting – ekspertyzy, analizy funkcji ryzyka w dostawach wody z ujęć

ENERGY SAVING SYSTEM

SPM SYSTEM

A B C D E F G

MAST Dr Marian Strączyński, Zawady 20P, 97-400 Bełchatów
tel. 601 292 632, e-mail: mast@mast.com.pl
www.softspm.com