

Marzena Boroń, Rafał Brodziak, Jędrzej Bylka, Marek M. Sozański, Andrzej Urbaniak

Koncepcja metodyczna sterowania eksploatacją infiltracyjnych ujęć wody

Wysokie wymagania dotyczące jakości wody przeznaczonej do spożycia oraz ograniczone zasoby wodne powodują, że systemy zaopatrzenia w wodę mają coraz bardziej złożoną strukturę. Wynika to z malejących zasobów wód podziemnych o dobrej jakości oraz konieczności wykorzystywania zasobów wód powierzchniowych o gorszej jakości, co skutkuje trudnościami w jej oczyszczaniu. Zapewnienie odpowiedniej jakości wody kierowanej do sieci wodociągowej często wymaga wykorzystania wielu jednostkowych procesów oczyszczania, których optymalna eksploatacja wymaga stosowania zaawansowanych układów automatycznej regulacji i sterowania. Zintegrowane podejście do problemu sterowania umożliwia optymalizację procesów oczyszczania wody oraz zapewnienie jej wymaganej jakości, a także spełnienie kryteriów techniczno-ekonomicznych. Sterowanie złożonymi procesami technologicznymi wymaga wprowadzenia hierarchicznych – wielopoziomowych – algorytmów sterowania [1, 2]. Algorytmy sterowania urządzeniami w systemach wodociągowych są tematem wielu prac naukowych, lecz w większości dotyczą sterowania pojedynczymi procesami, np. pompowaniem wody ze studni, napełnianiem zbiorników czy przepływem wody przez filtr. W przypadku procesów tego typu możliwe jest sterowanie w warunkach pełnej informacji o obiekcie. Takie sterowanie umożliwia optymalizację danego procesu po wyznaczeniu jednoznacznych kryteriów. Bardziej złożonym problemem jest opracowanie algorytmów sterowania nie tylko pojedynczymi procesami, ale całą eksploatacją danego obiektu. Problem ten wynika z trudnych do rozpoznania interakcji między procesami występującymi w naturze a realizowanymi w ramach technologii oczyszczania wody, takich jak kolmatacja złożeń, przepływ i zmiana jakości wody w warstwie wodonośnej [3]. Procesy te wymagają wprowadzenia algorytmów sterowania realizujących funkcje w warunkach niepełnej informacji o obiekcie sterowanym. Podstawą do realizacji

automatycznego sterowania są dane uzyskane z monitoringu technologicznego oraz modele komputerowe [4, 5]. Analiza tych danych umożliwia prowadzenie optymalizacji procesów na każdym poziomie sterowania.

Celem prezentowanych badań była koncepcja metodyczna sterowania infiltracyjnym ujęciem wody. Zakres pracy obejmował opracowanie wielopoziomowej struktury sterowania z przedstawieniem przepływu danych pozyskiwanych z monitoringu technologicznego w procesie eksploatacji ujęcia wody. W pracy przedstawiono sposób wykorzystania danych pozyskiwanych z monitoringu do celów wspierania procesu podejmowania decyzji na wszystkich poziomach zarządzania ujęciem wody ze sztuczną infiltracją. W artykule zaprezentowano przykład takiego systemu oraz scharakteryzowano zadania sterowania na każdym poziomie obiektu infiltracyjnego ujęcia wody.

Materiały i metody

Badania prowadzono na ujęciu wody ze sztuczną infiltracją „Czyżkówko” w Bydgoszczy. Ujęcie to zostało wybudowane w 2010 r. na wydajność 75 tys. m^3/d i jest obecnie podstawowym źródłem zaopatrzenia Bydgoszczy w wodę [6]. Składa się ono z systemu zasilania (stawy, rowy i kwatery o łącznej powierzchni czynnej 20,62 ha) oraz odbioru (106 studni z pompami głębinowymi, 67 studni lewarowych, drenaże zbiorcze o długości 480 m). Łączna powierzchnia terenu ujęcia sztucznej infiltracji wynosi około 140 ha. Grupy od kilku do kilkudziesięciu studni tworzą bariery studzienne, przyległe do poszczególnych stawów i rowów. Teren sztucznej infiltracji położony jest na dwóch tarasach zalewowych Brdy, naturalnie odwadniających tę część zlewni rzeki. Tarasy rzeczne zbudowane są z bardzo dobrze przepuszczalnych piasków i żwirów o łącznej miąższości do 25 m, z trudno przepuszczalnymi ilami występującymi w podłożu całego obszaru inwestycji. Woda podziemna zalega na głębokości od 7 m w części zachodniej do 5 m w części wschodniej. Na wyższym (zachodnim) tarasie, gdzie naturalny poziom wody występuje najniżej, zlokalizowane są rowy, które umożliwiają wprowadzenie i retencjonowanie większej ilości wody, natomiast niższy (wschodni) taras jest zajęty pod stawy, kwatery metody powierzchniowej i studnie. Zrealizowany obiekt powstał na podstawie prac pilotowych prowadzonych przez geologów MWiK w Bydgoszczy na dwóch stawach badawczych z siecią piezometrów. Konstrukcja obiektu jest nieco odmienna od innych ujęć infiltracyjnych – woda z Brdy jest

Mgr M. Boroń: Miejskie Wodociągi i Kanalizacja w Bydgoszczy, Dział Głównego Geologa, ul. Toruńska 10, 85-817 Bydgoszcz
geolog@mwik.bydgoszcz.pl

Mgr inż. R. Brodziak, mgr inż. J. Bylka: Politechnika Poznańska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska, ul. Berdychowo 4, 61-131 Poznań
rafal.brodziak@put.poznan.pl, jedrzej.bylka@put.poznan.pl

Prof. dr hab. inż. M.M. Sozański: Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Hipolita Cegielskiego w Gnieźnie, Instytut Inżynierii Środowiska, ul. księdza kardynała Stefana Wyszyńskiego 38, 62-200 Gniezno
marek.sozanski@put.poznan.pl

Dr hab. inż. A. Urbaniak: Politechnika Poznańska, Wydział Informatyki, Zakład Badań Operacyjnych i Sztucznej Inteligencji, ul. Piotrowo 2, 60-965 Poznań, andrzej.urbaniak@put.poznan.pl

rozprowadzana na dnie stawów nowoczesnym systemem perforowanych przewodów eliminujących parowanie, powstawanie osadu i umożliwiających kontrolę zasilania każdej powierzchni infiltracji.

Monitoring poziomu wody oraz jej jakości na terenie sztucznej infiltracji zapewnia 60 piezometrów. Przemieszczenie się masy wody obserwowane jest na podstawie zmian temperatury wody. Z codziennych odczytów tworzone są mapy hydroizohips (izolinie o jednakowej rzędnej zwierciadła wody) i hydroizoterm (izolinie o jednakowej temperaturze) oraz wykresy sytuacji na poszczególnych barierach. W codziennej eksploatacji i sterowaniu urządzeniami ujęcia wody „Czyżkówko” korzysta się z systemu SCADA (odpowiedzialnego za sterowanie urządzeniami wykonawczymi oraz zbieranie i gromadzenie danych z monitoringu), a także programów, które analizują bieżące dane z eksploatacji. W bazie gromadzącej dane z systemu aparatury kontrolno-pomiarowej przechowywane są informacje o wartościach przepływów w pompowniach, regulatorach oraz studniach (łącznie z ponad 200 przepływomierzy) oraz dane o wysokości zwierciadła wody w studniach i na terenie ujęcia. Średnia łączna liczba danych zapisywanych w bazie wynosi przeszło 10 tys. rekordów dziennie.

W celu zarządzania ujęciem wody w dłuższych przedziałach czasu opracowano hydrauliczne i hydrogeologiczne modele komputerowe, przy czym w modelach hydraulicznych oblicza się ciśnienia i przepływy w układach transportujących wodę. Na potrzeby ujęcia wody opracowano dwa modele komputerowe:

- model układu zasilającego stawy wodą rzeczną (9 stawów, 4 kwatery infiltracyjne, 16 rowów, ponad 13 km sieci oraz pompownie wody rzecznej i 2 pompownie pośrednie; łącznie ponad 1000 elementów),

- model układu odbiorczego (106 studni z pompami, 67 studni lewarowych, 6 studni zbiorczych lewarowych, 2 studnie drenażowe oraz ponad 8 km przewodów łączących poszczególne urządzenia; łącznie ponad 2000 elementów).

W modelach hydrogeologicznych oblicza się wysokość położenia zwierciadła wodonośnego przy znanych warunkach pracy ujęcia. Na potrzeby modelowania hydrogeologicznego terenu infiltracji (model obejmuje powierzchnię 7,18 km²) pokryto dyskretną siatką kwadratową o wymiarach 10 m × 10 m, złożoną z 71862 bloków (około 80% bloków jest aktywnych) [7]. W modelu oblicza się wartości wysokości zwierciadła wody przy znanych warunkach brzegowych (I, II lub III rodzaju, z uwzględnieniem wartości poboru ze studni, wartości zasilania, wysokości zwierciadła wody w rzece oraz wartości średniego opadu atmosferycznego) oraz parametrach modelu (wartości współczynnika filtracji i bezwymiarowego współczynnika pojemności).

Opracowany model hydrauliczny oraz model hydrogeologiczny zostały zintegrowane ze środowiskiem GIS. Rozwiązanie takie umożliwia budowę systemów informatycznych zarządzania przedsiębiorstwem wodociągowo-kanalizacyjnym [8, 9]. Zastosowanie technologii GIS daje możliwość przepływu danych między modelami hydraulicznymi, hydrogeologicznymi, systemami SCADA oraz programami do przetwarzania (griddingu) danych. Zastosowanie GIS może być też podstawą do budowy nowoczesnych systemów zarządzania eksploatacją ujęcia wody – tzw. systemów wspomagania decyzji (decision support system), w których dane pozyskane z monitoringu wraz z opracowanymi modelami pozwalają na symulację zmian

algorytmów sterowania ujęciem, wspierając w ten sposób pracę operatora systemu. Analiza danych z monitoringu i wiedza uzyskana z modeli hydraulicznych oraz od operatora są podstawowymi materiałami umożliwiającymi budowę koncepcji metodycznej sterowania ujęciem wody.

Omówienie wyników badań

Złożoność procesu eksploatacji infiltracyjnych ujęć wody wymaga przedstawienia procesów obiektu w wielowarstwowej strukturze sterowania. W tym celu wyróżniono trzy warstwy sterowania – zarządzanie ujęciem, planowanie produkcji oraz sterowanie urządzeniami [10]. Warstwy planowania produkcji oraz sterowania urządzeniami są ze sobą ściśle powiązane i dotyczą codziennych prac wykonywanych na obiekcie. Warstwa zarządzania dotyczy długiego horyzontu czasowego, a podejmowane w jej ramach decyzje warunkują zasady eksploatacji na niższych poziomach sterowania. W celu wypracowania najlepszych metod eksploatacji należy określić zadania realizowane na poszczególnych warstwach oraz ścieżkę przepływu danych pozyskiwanych z monitoringu technologicznego.

Koncepcja struktury sterowania ujęciem infiltracyjnym

Zarządzanie strategiczne polega na przeprowadzaniu czynności związanych z oceną pracy urządzeń oraz całego systemu. Na podstawie okresowo wykonywanych ocen można określić ogólne założenia co do algorytmów sterowania (np. wskazać, które stawy infiltracyjne powinny być zasilane większą ilością wody, a które mniejszą, czy też odpowiedzieć na pytanie, z jaką optymalną wydajnością powinny pracować bariery studzienne). Na tym poziomie sterowania podejmuje się decyzje dotyczące wyboru urządzeń do renowacji lub wymiany. Narzędziami pomocnymi do analizy danych do celów zarządzania ujęciem są przede wszystkim historyczne bazy danych. Można je wykorzystać do wyznaczenia wskaźników pomocnych do oceny poziomu utrzymania urządzeń. Na podstawie tych wskaźników można wybierać pompy do wymiany lub studnie do renowacji. Pomocnymi do oceny poziomu utrzymania mogą być też komputerowe modele hydrauliczne oraz hydrogeologiczne, wykonane do celów związanych z eksploatacją ujęcia. Wynikiem prac na tym poziomie sterowania będą założenia ogólne, które następnie można wykorzystać do budowy scenariuszy eksploatacji w przypadku poszczególnych sytuacji decyzyjnych.

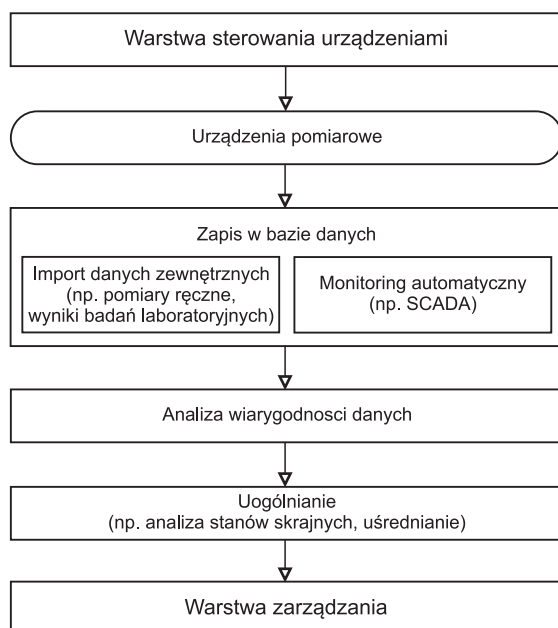
Planowanie produkcji odbywa się w krótszym horyzoncie czasowym niż zarządzanie ujęciem, lecz w dłuższym niż sterowanie urządzeniami. Na tym poziomie sterowania dokonuje się wyboru studni oraz stawów, które będą pracować w danym przedziale czasu (tydzień, doba), uwzględniając wszystkie ograniczenia wynikające z bieżącej eksploatacji (awarie pomp, czyszczenie studni itp.). W tej warstwie uwzględnia się zapotrzebowanie na wodę, rozkład hydroizohips (prezentujący potencjalne możliwości wtłoczenia i odbioru wody) oraz potrzeby związane z retencją. Potrzeba retencji wody może wynikać z przyczyn występujących w konkretnych – wyznaczanych przez operatora – terminach (planowanych) oraz takich, które wynikają z okoliczności przyrodniczych i zdarzeń losowych (nieplanowanych). Zwiększenie retencji ze względu np. na czyszczenie stawów lub potrzeby pompy ciepła można zaplanować z dużą dokładnością i przewidzieć w długim

horyzoncie czasu, natomiast retencję związaną ze zjawiskami przyrodniczymi (np. zakwittem) można przewidzieć z dokładnością jedynie co do pory roku.

Sterowanie urządzeniami polega na bezpośrednim ustaleniu zasady pracy poszczególnych urządzeń w czasie rzeczywistym (status pomp i zasuw oraz nastawy regulatorów) przez operatora z wykorzystaniem systemu SCADA. Możliwości sterownia w tej warstwie wynikają z wartości parametrów urządzeń (np. maksymalnej wydajności pomp i przepustowości rurociągów). W realizacji sterowania uwzględnia się ograniczenia związane z zabezpieczeniami ustalonymi przez operatora w systemie nadrzędnym (np. minimalna wydajność pompy) oraz wynikające z cech i wymogów urządzeń (np. zabezpieczenia termiczne).

Przepływ danych i informacji w systemach wspomaganie decyzji operatorskich

Liczba procesów zachodzących na całym obiekcie infiltracyjnego ujęcia wody jest bardzo duża, stąd istotną rolę odgrywa system monitoringu oraz sposób przechowywania i wykorzystywania danych o eksploatacji obecnej oraz historycznej. Ze względu na mnogość informacji przechowywanych w bazach nie ma możliwości ich analizowania bez użycia komputerowych narzędzi analitycznych. Narzędzia do eksploracji oraz przetwarzania danych umożliwiają uogólnianie danych, np. przez ich uśrednianie czy też analizę wartości skrajnych. Zadaniem narzędzi analitycznych jest przede wszystkim ewolucja danych do wiedzy. Ewolucja taka odbywa się na trzech etapach [11], przy czym w pierwszym przekształca się czyste dane (pozbawione kontekstu wartości liczbowe) na informację (wartości mające kontekst oraz znaczenie). Informacja może być przekształcana na wiedzę uchwytującą relację między danymi, ich powtarzalność oraz znaczenie. Do budowy narzędzi analitycznych należy wypracować odpowiednie mechanizmy poboru, weryfikacji oraz uogólniania danych. Mechanizmy zostały uszeregowane w postaci ogólnego schematu przepływu danych w systemach służących do wspomaganie podejmowania decyzji operatorskich (rys. 1).



Rys. 1. Ogólny schemat przepływu danych i informacji w systemach wspomaganie decyzji operatorskich
Fig. 1. General data flow diagram in systems supporting operational decisions

Najlepszym rozwiązaniem jest automatyczne pobieranie danych do analiz ze wszystkich źródeł. W praktyce niewiele przedsiębiorstw dysponuje wdrożonymi zintegrowanymi bazami zbierającymi dane z eksploatacji. W warunkach eksploatacyjnych często konieczne jest uzupełnianie komputerowej bazy danych o wartości przechowywane w zewnętrznych systemach komputerowych lub pozyskiwane z innych zasobów, np. z ręcznych odczytów dokonywanych przez pracowników. Ze względu na różne źródła pochodzenia danych oraz częste błędy w zapisie z urządzeń kontrolno-pomiarowych, do prawidłowego działania systemu wspomaganie podejmowania decyzji niezbędny jest etap weryfikacji danych. Kontrola taka może być prowadzona przez pracowników, którzy przeglądają i zatwierdzają raporty lub też automatycznie przez system informatyczny. Automatyczna kontrola danych jest możliwa np. poprzez sprawdzenie, czy dane mieszczą się we wcześniej określonych racjonalnych zakresach lub też poprzez dublowanie pomiaru, które nie zawsze musi wiązać się z koniecznością dublowania urządzeń kontrolno-pomiarowych. Dobrym rozwiązaniem pozwalającym na analizę wiarygodności danych jest sumowanie i porównywanie odczytów pochodzących z różnych urządzeń kontrolno-pomiarowych. Kontrola taka nie wiąże się z koniecznością zakupu nowych urządzeń, a może umożliwić szybkie wykrycie niesprawności urządzeń. Przykładem tego rodzaju kontroli na ujęciu wody jest np. porównywanie sumy wskazań przepływomierzy zainstalowanych w studniach ze wskazaniem przepływomierza zbiorczego w stacji oczyszczania wody. Kolejnym etapem umożliwiającym analizę danych przez eksploatatora jest ich uogólnianie. Dane z aparatury kontrolno-pomiarowej mogą być mierzone i zapisywane z bardzo dużą częstotliwością (nawet kilka tysięcy odczytów na minutę). Aby zapewnić możliwość analizy danych należy opracować metody, które pozwalają na ich uogólnianie, np. przez:

- obliczanie wartości przepływów średnich dobowych, średnich z całego czasu eksploatacji, maksymalnych i minimalnych w zadanym czasie oraz najczęściej występujących; dane te pozwalają na sprawdzenie, na ile wydajność urządzeń odbiega od wartości projektowych oraz optymalnych z punktu widzenia jakości procesu oczyszczania wody oraz energochłonności,

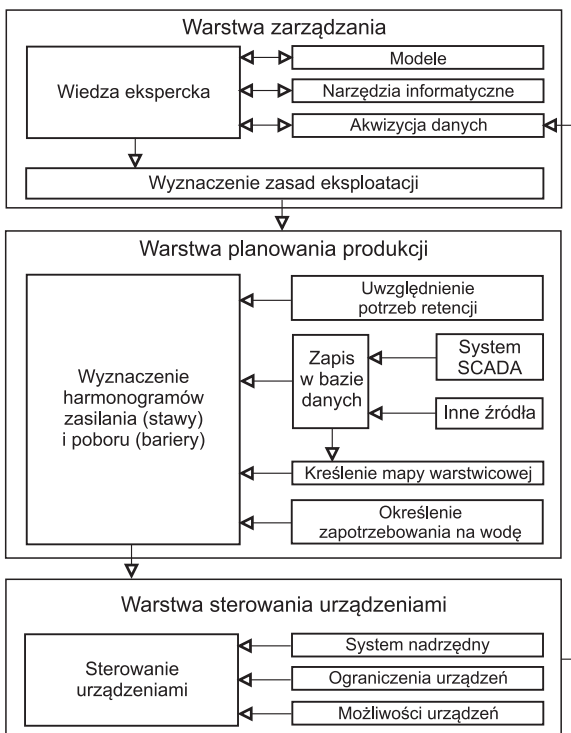
- obliczanie wartości wysokości zwierciadła wody w studniach oraz warstwie wodonośnej (minimalnej, maksymalnej i średniej wysokości zwierciadła wody oraz trendu zmian); analiza taka umożliwia sprawdzenie, na ile postępuje kolmatacja warstwy wodonośnej oraz jak postępuje proces starzenia się poszczególnych studni, a także pozwala na obserwację reakcji warstwy wodonośnej na ustalone przez operatora warunki eksploatacji i ewentualną konieczność korekcji warunków pracy; umożliwia także identyfikację rejonów ujęcia przygotowanych do przyjęcia ewentualnej nadwyżki retencji wody lub identyfikację miejsc, w których można zwiększyć pobór w czasie ewentualnych zakwitów.

Należy w taki sposób zaprojektować architekturę systemów analizujących dane, aby umożliwiły one bezpośredni import i eksport danych do innych programów. Możliwa jest wówczas integracja istniejących narzędzi informatycznych bez potrzeby tworzenia nowych programów. Rozwiązaniem, które umożliwia najbardziej efektywną wymianę danych jest korzystanie z architektury bazodanowej. Korzystając z takiego rozwiązania, możliwa jest integracja danych z wielu różnych źródeł, zarówno w codziennej

eksploatacji (np. do tworzenia raportów), jak i w zarządzaniu procesem (np. analizy danych w programach do modelowania hydraulicznego i hydrogeologicznego, przeglądania i wizualizacji wyników, analiz w systemach GIS, do korzystania z danych w programach służących do obliczeń numerycznych, takich jak Excel czy Matlab) [12]. Rozwiązanie takie umożliwia budowę zintegrowanych systemów informatycznych zarządzania całym przedsiębiorstwem wodociągowo-kanalizacyjnym.

Akwizycja danych do celów zarządzania infiltracyjnym ujęciem wody

Na każdej z warstw systemu sterowania rola danych pomiarowych oraz sposób ich obróbki bądź pozyskiwania są zróżnicowane (rys. 2).



Rys. 2. Schemat przepływu danych w różnych warstwach sterowania infiltracyjnym ujęciem wody

Fig. 2. Data flow diagram at different layers of operation control of the infiltration water intake

W warstwie zarządzania, gdzie podejmuje się strategiczne decyzje eksploatacyjne, największe znaczenie odgrywa wiedza ekspercka, którą dysponuje decydent. Istotnymi narzędziami występującymi w tej warstwie są narzędzia informatyczne, modele komputerowe oraz bazy danych pomiarów historycznych. Przepływ danych pomiędzy tymi elementami pozwala na ewolucję surowych danych do wiedzy oraz formułowanie zasad eksploatacji ujęcia infiltracyjnego. Wśród nich znajdują się m.in. ogólne wytyczne, w jaki sposób minimalizować straty wody do rzeki, w jakim czasie bilansować wartości poboru i zasilania, w jaki sposób równomiernie zasilać stawy i pobierać wodę z barier oraz jak minimalizować energochłonność całego ujęcia. W warstwie planowania produkcji zasady eksploatacji – wyznaczone w warstwie zarządzania i określające cele sterowania ujęciem – stanowią podstawę do ustalenia harmonogramów zasilania stawów i rowów w wodę powierzchniową oraz poboru wody infiltracyjnej z barier. Na tym etapie niezbędne są dodatkowe dane, wśród nich informacje dotyczące:

- wydajności i gotowości urządzeń do pracy, w celu określenia aktualnych możliwości poboru i odbioru wody,
- wielkości zapotrzebowania na wodę tłoczoną do sieci wodociągowej,
- konieczności zwiększonego zasilania obiektu infiltracji na potrzeby retencji (pompa ciepła, planowane czyszczenie stawów i rowów, przewidywane problemy z jakością wody powierzchniowej),
- położenia zwierciadła wody w piezometrach, na podstawie których kreśli się mapy z warstwicami przedstawiającymi poziom wody na ujęciu w celu określenia miejsc, w których należy pobrać wodę, bądź w których można zwiększyć zasilanie.

Wszystkie te dane mogą pochodzić z różnych podsystemów i układów monitorujących wykorzystujących różne technologie komunikacji. Należy mieć na uwadze, że w celu umożliwienia ich syntezy na potrzeby określania harmonogramów pracy urządzeń powinny być one dostępne w uporządkowany sposób w jednym systemie bazodanowym. Możliwe staje się wtedy wykorzystanie systemów wspomagania decyzji, w których dane pozyskane z monitoringu, wraz z opracowanymi modelami, pozwalają na wykonywanie symulacji zmiany algorytmów sterowania ujęciem, wspierając w ten sposób pracę operatora.

Wyznaczony harmonogram pracy ujęcia realizowany jest przez dyspozytora ujęcia, który zadania sformułowane w warstwie planowania produkcji wykonuje bezpośrednio w warstwie sterowania urządzeniami. Dyspozytor załącza/wyłącza pompy, ustawia status zasuw, ustawia zadane wartości regulatorów oraz na bieżąco je koryguje w celu realizacji harmonogramów zasilania i poboru. Sterowanie urządzeniami podlega ograniczeniom, które można podzielić na trzy grupy. Pierwsza określa możliwości urządzeń wykonawczych, wynikające z ich budowy i specyfikacji, np. wysokość podnoszenia pomp czy przepustowość rurociągów. Druga grupa jest związana z zabezpieczeniami wbudowanymi w urządzenia wykonawcze, mającymi na celu uniknięcie pracy w warunkach mogących powodować uszkodzenie, np. zabezpieczenie termiczne pompy w przypadku suchobiegu. Trzecia natomiast wynika z decyzji podjętych w warstwie zarządzania bądź planowania produkcji, aby pewnych wartości progowych nie przekraczać. Ograniczenia te najczęściej są elementem systemu nadrzędnego, będącym w dyspozycji operatora (np. minimalny poziom zwierciadła wody w studni lewarowej zbiorczej). Dane pozyskiwane w warstwie sterowania dotyczące eksploatacji urządzeń wykonawczych, np. o bieżącej wydajności pomp, z urządzeń pomiarowych oraz raporty z realizacji przekazywane przez operatora stanowią podstawę do podejmowania decyzji we wszystkich warstwach sterowania.

Podsumowanie

Ujęcie wody stanowi krytyczny element infrastruktury wodociągowej, przy czym zapewnienie bezpieczeństwa i pewności jego działania jest jednym z najważniejszych zadań eksploatatora całego systemu wodociągowego. W przypadku obiektów złożonych, takich jak ujęcia wody, opracowanie systemu zarządzania eksploatacją wymaga wprowadzenia struktury hierarchicznej – dopiero po jej określeniu możliwy jest dokładny opis wszystkich procesów związanych z eksploatacją ujęcia wody oraz opracowanie algorytmów sterowania w każdej warstwie. Wykorzystanie narzędzi informatycznych do eksploracji danych umożliwia szybkie przetwarzanie dużych zbiorów danych.

Proces przetwarzania danych może być realizowany automatycznie po określeniu sposobu przepływu danych. Analiza danych z monitoringu jest podstawą umożliwiającą realizację algorytmów eksploatacji obiektu. Wdrożenie złożonego systemu zarządzania eksploatacją wymaga algorytmicznego opisu procesu technologicznego, przy czym sterowanie powinno odbywać się w oparciu o dane historyczne i wiedzę operatorską [13–15]. Dużą rolę w gromadzeniu danych odgrywa system monitoringu, z którego dane stanowią podstawę do oceny poziomu utrzymania ujęcia wody oraz wyznaczania zasad związanych ze sterowaniem ujęciem, dlatego powinny być w jak najwyższym stopniu wiarygodne. Przetwarzanie danych polega na ich uogólnianiu, np. przez wyznaczanie stanów średnich bądź skrajnych, co stanowi podstawę zarządzania i planowania produkcji. Wiedza operatorów oraz wyniki analizy mogą służyć do budowy systemów informatycznych, które umożliwiają szybsze podejmowanie decyzji oraz wsparcie w sytuacjach zmiennych warunków pracy ujęcia (np. zmiana wielkości poboru bądź awaria urządzeń). Liczba monitorowanych oraz sterowanych procesów zachodzących na tak złożonym ujęciu infiltracyjnym jest bardzo duża, stąd też istotną rolę odgrywa sposób przechowywania i wykorzystywania danych z obecnej oraz historycznej eksploatacji. Systemy SCADA są coraz bardziej rozległe i zbierają coraz więcej danych. Nowoczesne systemy informatyczne powinny umożliwiać automatyczne przetwarzanie danych – przekształcanie surowych danych na wiedzę, która powinna stanowić narzędzie wspomagające pracę operatora, poprawiające wydajność pracy i bezpieczeństwo podejmowanych decyzji.

Autorzy składają podziękowania przedsiębiorstwu Miejskie Wodociągi i Kanalizacja w Bydgoszczy sp. z o.o. za udostępnienie danych dotyczących ujęcia wody ze sztuczną infiltracją „Czyżkówko”.

LITERATURA

1. K. DUZINKIEWICZ: Zintegrowane sterowanie systemami zaopatrzenia w wodę pitną. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2005.
2. M. ŁAWRYŃCZUK, P. MARUSAK, P. TATJEWSKI: Struktury i algorytmy współdziałania regulacji predykcyjnej i bieżącej optymalizacji ekonomicznej. *Pomiary Automatyka Kontrola* 2007, vol. 53, nr 10, ss. 55–61.
3. W. DĄBROWSKI: Infiltracja. Część II. Budowa i odbiór ujęć. *Gospodarka Wodna* 2013, nr 4, ss. 149–151.
4. M. KWIETNIEWSKI: Monitorowanie i Geograficzne Systemy Informacji w procesie współczesnej eksploatacji systemów dystrybucji wody i odprowadzania ścieków. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2005, nr 4, ss. 9–14.
5. P. TATJEWSKI: Sterowanie zaawansowane obiektów przemysłowych: Struktury i algorytmy. Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, Warszawa 2002.
6. M. BOROŃ, I. CHOMICKI, J. GÓRSKI, M.M. SOZAŃSKI: Technologiczne, hydrogeologiczne i techniczne podstawy projektu i budowy ujęcia infiltracyjnego i SUW „Czyżkówko” w Bydgoszczy. *Technologia Wody* 2011, nr 3, ss. 34–45.
7. J. GURWIN: Numeryczny model pracy ujęcia „Czyżkówko” w warunkach nieustalanej filtracji. Etap I. Raport wewnętrzny. Pracownia Modelowania Procesów Hydrogeologicznych, Miasto 2012 (praca niepublikowana).
8. M. TREPANIER, V. GAUTHIER, M.C. BESNER, M. PREVOST: A GIS-based tool for distribution system data integration and analysis. *Journal of Hydroinformatics* 2006, Vol. 9, No. 1, pp. 13–24.
9. J. STUDZIŃSKI, P. WÓJTOWICZ, I. ZIMOCH: Concept of an integrated ICT system for the management of the large-scale water distribution network of the Upper Silesian Waterworks in Poland. Proceedings of the 'IWA 6th Eastern European Young Water Professionals Conference', IWA, Istanbul 2014.
10. R. BRODZIAK, J. BYLKA, A. URBANIAK, M.M. SOZAŃSKI: Analiza i ocena metod sterowania infiltracyjnym ujęciem „Czyżkówko” dla celów związanych z opracowaniem scenariuszy i algorytmów sterowania. Raport wewnętrzny. Instytut Inżynierii Środowiska Politechniki Poznańskiej, Poznań 2014 (praca niepublikowana).
11. A. AHLEMEYER-STUBBE, S. COLEMAN: A Practical Guide to Data Mining for Business and Industry. Wiley, Chichester 2014.
12. R. BRODZIAK, J. BYLKA, A. URBANIAK: System wspomagania decyzji dla ujęcia wody ze sztuczną infiltracją. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2015, nr 6, ss. 202–205.
13. C. GUNHUI: Water supply system management design and optimization under uncertainty. The University of Arizona, Arizona 2007.
14. N. HYDE [Ed.]: Computer Modeling of Water Distribution Systems. American Water Works Association, Denver 2005.
15. M.S. MORLEY, J.BICIK, L.S. VAMVAKERIDOU-LYROUDIA, Z. KAPELAN, D.A. SAVIC: Neptune DSS: A decision support system for near-real time operations management of water distribution systems. In: J. BOXALL and C. MAKSIMOVIC [Eds.]: Integrating Water Systems – Proceedings of the 10th International Conference 'Computing and Control for the Water Industry', CRC Press, Sheffield 2009.

Boron, M., Brodzia, R., Bylka, J., Sozanski, M.M., Urbaniak, A. The Methodical Concept for Operation Control of Infiltration Water Intake. *Ochrona Srodowiska* 2015, Vol. 37, No. 3, pp. 29–33.

Abstract: Optimal implementation of technological processes related to water intake requires application of advanced control systems and modern computer tools. Previously developed control algorithms for water intakes were limited to selected devices (e.g. pumps, valves). Therefore, description of the control algorithms of the entire system that would take into account changes in the hydrogeological conditions in the long term was missing. The paper presents a methodical concept

of infiltration water intake control that takes into account processes at all operational levels. For this purpose, an analysis was conducted assuming a hierarchical structure of the intake operational process, singling out and describing the three layers: device control, production planning and intake management. Description of the multilayer structure was supplemented with the data flow diagram required for determining the intake operation control. Also, it was indicated how to employ modern tools for practical implementation of the developed concept.

Keywords: Water supply system, artificial infiltration, data acquisition, operation control of an object with complex structure.