

Monitoring krakowskiej sieci wodociągowej

tekst: ANNA BIEDRZYCKA, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

zdjęcia: MIEJSKIE PRZEDSIĘBIORSTWO WODOCIĄGÓW I KANALIZACJI SA w KRAKOWIE

Stale rozwijającym elementem działalności Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji SA w Krakowie jest monitoring obiektów technologicznych. System inteligentnego opomiarowania sieci wodociągowej umożliwi lepsze zarządzanie dystrybucją wody, co przekłada się m.in. na minimalizację strat i większą niezawodność dostaw wody w wymaganej jakości.

„Monitoring krakowskiej sieci wodociągowej to obszerny, rozległy, inteligentny system. Rozległy, ponieważ poszczególne obiekty sieci są od siebie oddalone. Inteligentny, gdyż dzięki monitoringowi pomimo odległości elementy składowe sieci mogą działać bez ciągłego nadzoru pracowników. Praca tych urządzeń jest nadzorowana automatycznie, a dane pomiarowe są przesyłane zdalnie i rejestrowane na serwerach. Informacje te, archiwizowane i przetwarzane, służą do podejmowania różnego rodzaju decyzji związanych z rozbudową i modernizacją systemu dystrybucji wody” – mówi Tadeusz Żaba, dyrektor ds. produkcji MPWiK SA w Krakowie.

Uzyskiwane wyniki z punktów monitoringu umożliwiają określenie wartości podstawowych parametrów pracy sieci wodociągowej, a także wyznaczenie obszaru występowania nieprawidłowości pracy systemu. Wszystkie te działania pozwalają na określenie sprawności systemu wodociągowego oraz bieżącą ocenę jakości wody w systemie dystrybucji. W aparaturę kontrolno-pomiarową do sterowania i nadzoru technologicznego wyposażone są przede wszystkim zakłady uzdatniania wody. Monitoruje ona przebieg procesu technologicznego, a na podstawie danych z monitoringu ustalane są dawki koagulantów oraz wypracowywane nastawy dla urządzeń technologicznych pracujących w układzie automatyki.

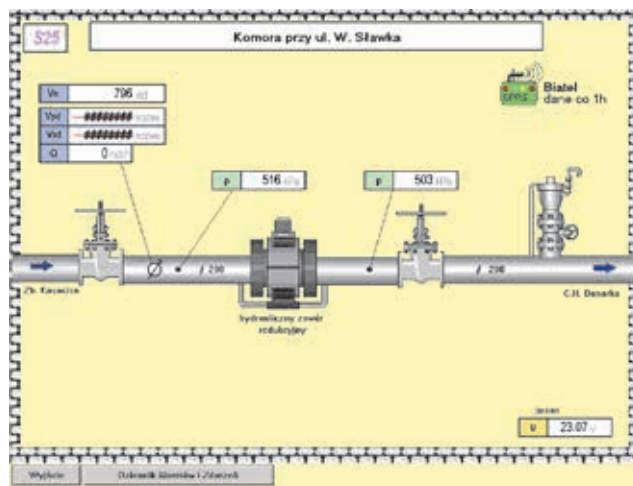
Po opuszczeniu zakładu uzdatniania woda kierowana jest za pośrednictwem rurociągów tranzytowych i magistralnych do systemu dystrybucji. Tam w kluczowych punktach, takich jak komory zasuw czy też komory regulacyjne, montowane są urządzenia do pomiaru głównych parametrów pracy sieci oraz ich przesyłu do systemu dyspozytorskiego. Wyniki pomiarów pozwalają na sterowanie i kontrolę dosyłu wody do krakowskiego systemu dystrybucji. Monitoring tranzytu wody do Krakowa z największego Zakładu Uzdatniania Wody zlokalizowanego w Dobczycach obejmuje rurociągi DN 1000 i 1400 mm oraz zbiorniki retencyjne w Gorzkowie i Sierczy. Monitoring niezależnie od dostarczania informacji dotyczących pracy rurociągów tranzytowych pozwala na sterowanie napływem wody do zbiorników wody uzdatnionej oraz sterowanie odpływem wody ze zbiorników w kierunku Nastawni Piaski Wielkie, która jest głównym punktem rozdziału wody na poszczególne rejony Krakowa.

Aparaturę pomiarową montuje się zarówno w istniejących komorach technologicznych, jak i bezpośrednio w ziemi. Przy typowaniu punktów pomiarowych istotne są następujące cele: nadzór nad poprawnym współdziałaniem rozproszonych obiektów w sieci

wodociągowej, utrzymanie zadanych zakresów pracy parametrów obiektów sieci i magistral, skrócenie czasu reakcji służb na sytuacje awaryjne oraz bieżąca kontrola jakości wody w wybranych punktach sieci. W praktyce punkty pomiarowe lokalizuje się na podstawie wstępnych analiz hydrauliki sieci, analiz jej awaryjności, a także uwzględniając reprezentatywne punkty, w których należy kontrolować jakość wody. Do niedawna istotnym ograniczeniem w montażu urządzeń pomiarowych była dostępność zasilania energetycznego w wyznaczonym rejonie. Dzisiaj nie stanowi to już problemu, gdyż na rynku dostępne są urządzenia z zasilaniem bateryjnym, gdzie bateria zasilająca urządzenie pomiarowe wystarcza na kilka lat pracy. W Krakowie chętnie stosowane są tego typu urządzenia. Obecnie eksploatowanych jest ok. 23 zestawów pomiarowych pracujących bez zasilania sieciowego, zlokalizowanych w niewralgicznych punktach sieci. Z punktów pomiarowych dane przekazywane są do serwera głównego z wykorzystaniem technologii GPRS. W serwerze następuje analiza i przetworzenie danych oraz dystrybucja do systemu wizualizacji i zarządzania procesem technologicznym. Na rycinie 1 przedstawiono jedną z komór zlokalizowanych na systemie dystrybucyjnym, w której zastosowano bateryjny układ pomiaru przepływu wody.

1. Pomiary parametrów pracy sieci wodociągowej

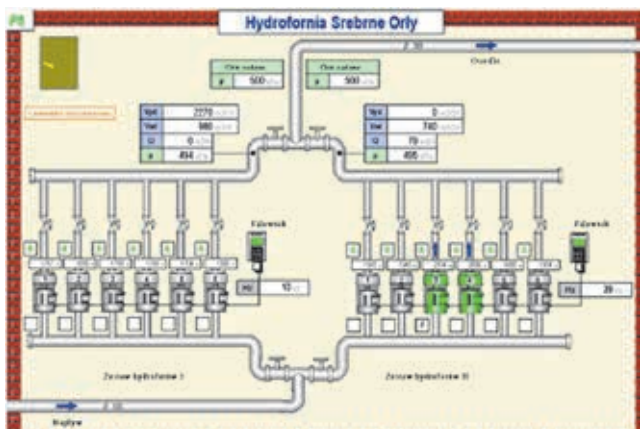
Pomiary parametrów sieci można podzielić na hydrauliczne oraz jakościowe. Do najważniejszych pomiarów realizowanych



Ryc. 1. Jedna z komór zlokalizowanych na systemie dystrybucyjnym, w której zastosowano bateryjny układ pomiaru przepływu wody

na systemie dystrybucji należą: pomiar przepływu oraz pomiar ciśnienia. Pomiary pozwalają na bieżący zdalny nadzór nad pracą systemu dystrybucji oraz umożliwiają sterowanie głównymi elementami armatury zainstalowanej na sieci wodociągowej.

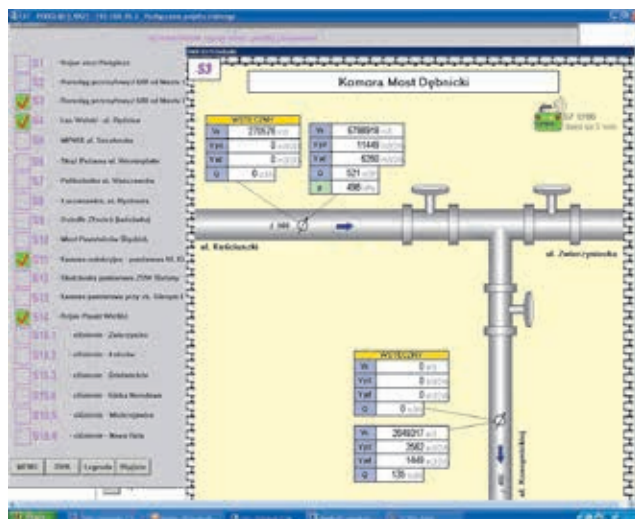
Dane uzyskiwane w kontrolnych punktach pomiarowych służą do nadzoru i sterowania pracą systemu dystrybucji. Na ich podstawie dyspozytor podejmuje decyzje dotyczące bieżącej pracy poszczególnych obiektów technologicznych. Pomiary ciśnienia w różnych rejonach miasta wykorzystywane są do sterowania i optymalizacji pracy hydroforni lokalnych oraz nadzoru nad właściwą pracą systemu dystrybucji. Utrzymanie właściwego ciśnienia w poszczególnych obszarach zasilanych przez hydrofornie jest bardzo ważnym elementem racjonalnej polityki sterowania systemem dostawy wody. Z jednej strony bowiem należy zapewnić ciśnienie wymagane przez odbiorców i zapewniające komfort poboru wody, a z drugiej eliminować jego nadwyżki. Właściwe zarządzanie ciśnieniem pracy hydroforni pozwala na osiągnięcie wymiernych korzyści wynikających z oszczędności energii elektrycznej. Ponadto analizując wartości ciśnienia w wyznaczonych rejonach, można wstępnie zlokalizować rejon, w którym mogło dojść do awarii lub wycieku wody. Umożliwia to szybkie podejmowanie decyzji dotyczących działań kontrolnych realizowanych przez ekipy pogotowia wodociągowego. Na rycinie 2 przedstawiono jeden z ekranów nadzoru monitorujący pracę hydroforni zlokalizowanej na os. Srebrne Orły.



Ryc. 2. Jeden z ekranów nadzoru monitorujący pracę hydroforni zlokalizowanej na os. Srebrne Orły w Krakowie

Pomiary umożliwiają również wykonywanie bilansu objętości wody rozprowadzanej przez sieć oraz bieżącego określania strat wody. Zestawiając dane na temat ilości wody dostarczonej przez ZUW z danymi zawierającymi informacje o objętości wody przepływającej w konkretnym punkcie pomiarowym, zarejestrowanej za pomocą przepływomierza, można stwierdzić ewentualne różnice.

Na rycinie 3 przedstawiono ekran monitoringu jednej z komór zlokalizowanej na sieci wodociągowej. W komorze tej zabudowano dwa przepływomierze z dwukierunkowym pomiarem przepływu. Dzięki takiemu rozwiązaniu otrzymuje się dane nie tylko dotyczące objętości wody przepływającej w rurociągach, ale również informujące o dobowym rozkładzie kierunku przepływów.



Ryc. 3. Ekran monitoringu jednej z komór zlokalizowanej na sieci wodociągowej, w której zabudowano dwa przepływomierze z dwukierunkowym pomiarem przepływu

2. Pomiary parametrów jakościowych wody

Krakowski system wodociągowy jest również monitorowany pod względem jakości wody dostarczanej odbiorcom. Na system monitoringu jakościowego składa się monitoring prowadzony na bazie wyznaczonych, stałych punktów sieci, gdzie po poborze próbek posiadające akredytację Centralne Laboratorium Wodociągów Krakowskich dokonuje analiz jakości wody w rozszerzonym zakresie. Ponadto system dystrybucyjny monitorowany jest w trybie online przez urządzenia automatyczne, które dokonują kontroli w podstawowym zakresie, a wyniki analiz przesyłane są na bieżąco do punktu nadzoru. Taki stan pozwala na bieżącą ocenę jakości wody w poszczególnych rejonach sieci wodociągowej. Wykres z monitoringu online realizowanego w jednym z takich punktów obrazujący zmiany mętności wody w czasie przedstawia rycina 4. Z kolei na rycinie 5 przedstawiono wykres pomiarów pH w tym samym punkcie pomiarowym.

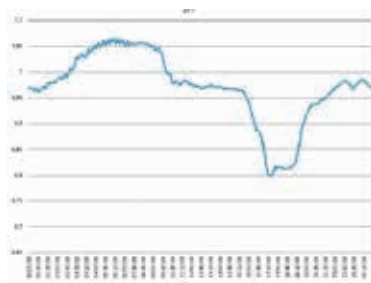
Rycina 6 przedstawia wykres absorpcji UV, która jest proporcjonalna do zawartości substancji organicznej w wodzie (ogólnego węgla organicznego). Wszystkie pomiary wykonywane metodą online charakteryzują się dużą prostotą i niezawodnością pomiarów oraz dają bardzo duże możliwości interpretacji wyników pomiarów w kontekście zmian jakości wody w sieci. Pozwala to na szybkie podejmowanie działań zapobiegawczych w przypadku stwierdzenia pogorszenia się parametrów jakościowych.

Dodatkowo wyniki te tworzą dużą bazę danych, w której uwzględnione są wszelkie zjawiska występujące na sieci. Na podstawie wyników tworzony jest model zmian jakości wody. Model ten służy do stworzenia katalogu działań technologicznych i eksploatacyjnych, których podjęcie ma doprowadzić sieć wodociągową do dobrego stanu. Dane z pomiarów wykorzystywane są również do tworzenia planu remontów i renowacji poszczególnych odcinków sieci wodociągowej.

Dane z monitoringu sieci wodociągowej wprowadzane są do systemu GIS, gdzie istnieje oddzielna warstwa pozwalająca na pogłębioną analizę wszystkich informacji dotyczących jakości wody w sieci w układzie przestrzennym.



Ryc. 4. Wykres z monitoringu online realizowanego w jednym ze stałych punktów sieci obrazujący zmiany mętności wody w czasie



Ryc. 5. Wykres pomiarów pH w tym samym punkcie pomiarowym



Ryc. 6. Wykres absorpcji UV

3. Automatyzacja

Ocena pracy systemu wodociągowego byłaby trudna bez transmisji danych pomiarowych oraz specjalnego oprogramowania, które umożliwi ich gromadzenie oraz interpretację. Na podstawie danych pomiarowych wypracowywane są również odpowiednie sygnały sterujące, które następnie kierowane są do urządzeń wykonawczych. Urządzeniami tymi są zwykle zasuw, przepustnice lub falowniki. Niezależnie od wypracowywania sygnałów sterujących oprogramowanie to umożliwia również rejestrację, archiwizację, a także analizę danych pomiarowych. Całość danych trafia do Centralnej Dyspozytorni Wodociągów Krakowskich zlokalizowanej w siedzibie MPWiK SA w Krakowie przy ul. Senatorskiej.

Transmisja danych pomiędzy punktami pomiarowymi a stacją dyspozytorską odbywa się za pomocą łączy przewodowych lub bezprzewodowych. Transmisja przewodowa korzysta z sieci telefonii stacjonarnej, linii dzierżawionych, własnych linii kablowych lub zainstalowanych światłowodów. Natomiast transmisja bezprzewodowa wykorzystuje sieć telefonii GSM, drogę radiową. Najczęściej wykorzystywaną obecnie metodą jest transmisja bezprzewodowa ze względu na niskie koszty początkowe, krótki czas wdrożenia, znaczne odległości pomiędzy obiektami i brak wrażliwości na ukształtowanie terenu, a także automatyczne nawiązywanie połączenia z punktami pomiarowymi.

Istniejący w Krakowie system transmisji danych zapewnia ich transmisję od sterowników obiektowych zlokalizowanych

w poszczególnych punktach sieci wodociągowej do centrum dyspozytorskiego. Dane pomiarowe prezentowane są w formie ekranów wraz z elementami animacji, zawierających również sygnalizację stanów awaryjnych. Na rycinie 7 przedstawiono strukturę zbierania i transmisji danych z poszczególnych obiektów do Głównej Dyspozytorni. Zebrane dane mogą następnie być udostępniane w różnej formie poszczególnym zainteresowanym jednostkom przedsiębiorstwa. Służby technologiczne otrzymują dane w postaci ekranów przedstawiających poszczególne fragmenty systemu. Natomiast inne jednostki mogą otrzymywać dane zagregowane do tabel w arkuszu kalkulacyjnym, co znacznie ułatwia ich późniejszą obróbkę i dokonywanie różnego rodzaju analiz. Oprogramowanie to umożliwia również odpowiednią selekcję danych pomiarowych, tak aby poszczególne informacje otrzymywały osoby, którym są one niezbędne, a dla pozostałych nie stanowiły zbędnego obciążenia.

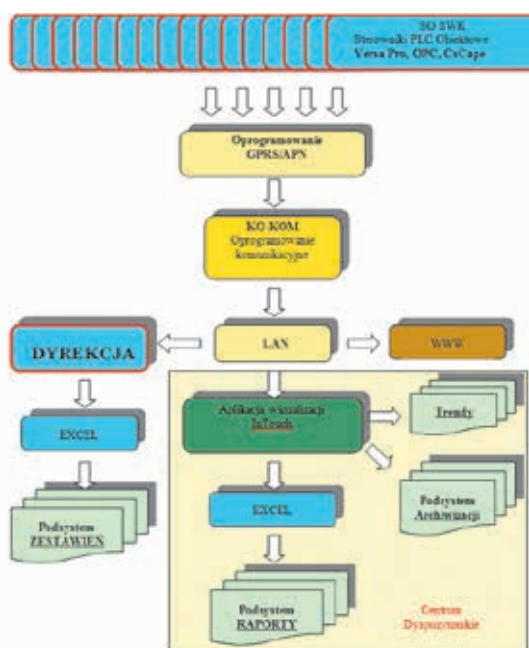
4. Monitoring strat wody

Krakowska sieć dystrybucji wody należy do jednych z największych w Polsce, przez co jej utrzymanie ma swój wymiar finansowy. Dlatego w MPWiK SA w Krakowie jako jedno z głównych zadań przyjęto stworzenie i ciągłą optymalizację systemu monitoringu dystrybucji. W tym celu obszar miasta podzielono na opomiarowane obszary, co pozwoliło na bilansowanie wody w poszczególnych rejonach. Dodatkowo dzięki systematycznej rozbudowie systemu zdalnego odczytu wodomierzy uzyskano możliwość bieżącego porównywania objętości wody włóczzonej z wodą sprzedaną.

Dzięki systemowi monitoringu sieci wodociągowej oraz jej systematycznej modernizacji w Krakowie udaje się obniżyć poziom strat oraz ograniczyć wtórne zanieczyszczenie wody w sieci, co bezpośrednio przekłada się na obniżenie kosztów prowadzonej działalności oraz pozytywną ocenę jakości usług dokonywaną przez mieszkańców.

„Obserwujemy systematyczny spadek zapotrzebowania na wodę, który utrzymuje się pomimo intensywnie prowadzonej rozbudowy systemu dystrybucji, związanej z ciągłym rozwojem aglomeracji krakowskiej. Przy takich tendencjach spadkowych znaczącą rolę odgrywa możliwość systematycznej i bieżącej kontroli zjawisk zachodzących w systemie wodociągowym. Tym bardziej, że przy spadającej objętości wody włóczanej do systemu pojawiają się problemy z właściwą regulacją sieci” – podkreśla dyr. Tadeusz Żaba.

Na rycinie 8 przedstawiono strukturę sieci wodociągowej z podziałem na wydzielone, opomiarowane obszary. Na podstawie danych uzyskanych z poszczególnych opomiarowanych rejonów można wstępnie wytypować obszary, w których mogą występować zwiększone straty wody. W rejony te kierowane są służby zajmujące się diagnostyką sieci. Jednym z zadań realizowanych przez służby diagnostyczne jest aktywna kontrola wycieków.



Ryc. 7. Struktura oprogramowania i przesyłu danych w systemie monitoringu Wodociągów Krakowskich



Ryc. 8. Struktura sieci wodociągowej Krakowa z podziałem na opomiarowane obszary

Polega ona na ciągłej lub okresowej, systematycznej analizie strat wody oraz lokalizacji przecieków. Aktywna kontrola wycieków jest jednym z elementów obniżania rzeczywistych strat wody w sieci wodociągowej do ich ekonomicznego poziomu. Aby ocenić wielkość przecieków i strat wody, przeprowadza się badania przepływów nocnych, badania rozkładów rozborów wody oraz badania bilansowe dostaw i sprzedaży wody.

4.1. Metodyka poszukiwania przecieków

Wykrywanie przecieków można prowadzić różnymi metodami. Należą do nich:

- metody monitoringu obserwacyjnego tras przebiegu wodociągu;
- badanie poziomu wody gruntowej wzdłuż tras wodociągu przez sondowanie gruntu;
- monitorowanie ciśnienia w sieci
 - pomiar gwałtownych spadków ciśnienia,
 - badanie szczelności poszczególnych odcinków przewodów,
 - analiza spadku linii ciśnienia;
- metody związane z pomiarem natężenia przepływu
 - pomiary gwałtownych wzrostów poboru wody,
 - bilansowanie wody wtłoczonej do sieci i poboru z niej,
 - analiza maksymalnego współczynnika nierównomierności godzinowej rozboru wody,
 - badanie minimalnego godzinowego rozboru wody,
 - testowanie poszczególnych fragmentów sieci wodociągowej;
- metody akustyczne
 - badanie natężenia szumów rozchodzących się w sieci wodociągowej za pomocą przyrządów rejestrujących,
 - osłuchiwanie sieci wodociągowej za pomocą stetofonu wyposażonego w mikrofon prętowy i geofon,
 - analiza korelacji szmeru przecieku za pomocą korelatora.

Do wstępnej kontroli szczelności rurociągu wykorzystywane są rejestratory szumów i ciśnienia oraz przenośne przepływomierze.

Zastosowanie rejestratorów szumów jest skutecznym i tanim rozwiązaniem, które eliminuje konieczność nocnej pracy pracowników. Rejestracja szumów odbywa się pomiędzy godzinami 1 a 3 w nocy, co w znacznym stopniu eliminuje zewnętrzne zakłócenia przy minimalnym rozborze wody przez mieszkańców. Urządzenia te montuje się na armaturze wodociągowej w skrzynkach ulicznych zasuw lub hydrantów, a pomiar odbywa się bez konieczności kontaktu z wodą.

4.2. Wykrywanie przecieków

Przecieki są niekorzystnym zjawiskiem związanym z pracą systemu dystrybucji. Charakterystyczny dla wycieku wody szum można wykryć detektorami akustycznymi przez bezpośredni kontakt z rurociągiem lub przez warstwę gruntu.

Urządzenia stosowane przy lokalizacji przecieków:

- Drażek pomiarowy wykorzystywany jest do wstępnej lokalizacji przecieku, zwłaszcza przy rurociągach metalowych, przez dostawienie go do istniejącej armatury (zasuw, hydrantów).
- Mikrofon gruntowy stosuje się przede wszystkim przy niemetalicznych rurociągach, które źle przenoszą dźwięk materiałowy. Za pomocą tego urządzenia osłuchuje się wcześniej wytyczoną trasę wodociągu w małych odstępach odległościowych, co umożliwia dokładną lokalizację wycieku.
- Korelator jest najdokładniejszym urządzeniem do wykrywania i lokalizacji przecieków wody. Szum wywołany przez przeciek rozprzestrzenia się w obydwu kierunkach przewodu z określoną prędkością. Mikrofony postawione na armaturze odbierają szum przecieku i drogą radiową przekazują go do korelatora. Na podstawie odległości przecieku od punktów pomiarowych korelator mierzy różnicę czasu przejścia do dwóch punktów pomiarowych i na tej podstawie ustalane jest miejsce przecieku.

- Hydrofony to urządzenia do lokalizacji wycieku, które nie pobierają dźwięku materiałowego (szumów i sygnałów) z rury, lecz bezpośrednio ze słupa wody. Urządzenia te stosuje się szczególnie na rurociągach z tworzyw sztucznych.

Różnica pomiędzy metodą korelacji a metodą elektroakustycznego osłuchu polega na tym, że korelator działa niezależnie od zakłóceń zewnętrznych. Korelację można stosować w ciągu dnia przy dużym natężeniu ruchu ulicznego, gdzie stosowanie metody elektroakustycznej jest utrudnione lub wręcz niemożliwe.

5. Korzyści z monitoringu

Zastosowanie kompleksowego systemu monitoringu pozwoliło na uzyskanie szeregu wymiernych korzyści. Należą do nich m.in.: rejestracja danych dotyczących przebiegu procesu technologicznego, archiwizacja zarejestrowanych danych, sygnalizacja możliwych stanów awaryjnych, wizualizacja i animacja schematów technologicznych, zdalne sterowanie ważnymi elementami sieci wodociągowej, ograniczenie liczby obsługuje na obiektach technologicznych, tworzenie raportów okresowych oraz bieżących, obserwacja trendów wybranych parametrów systemu, ułatwienie pracy dyspozytora dzięki możliwym podpowiedziom dla działań dyspozytora w sytuacjach awaryjnych, zdalny wgląd w parametry pracy danego obiektu, analiza i kontrola strat wody z uwagi na możliwość bilansowania sieci wodociągowej.

Monitoring umożliwia archiwizację i analizę manewrów wykonanych na sieci wodociągowej oraz występujących stanów awaryjnych. Ponadto pozwala na ochronę rozproszonych obiektów technologicznych. Utworzona baza danych produkcyjnych jest dostępna dla wszystkich zainteresowanych komórek w postaci pozwalającej na dalszą obróbkę. Daje to również możliwość ograniczenia liczby osób zatrudnionych bezpośrednio przy eksploatacji. Wszystkie te działania służą ograniczeniu kosztów działalności Wodociągów Krakowskich i poprawie poziomu usług świadczonych przez przedsiębiorstwo.

