

Florian G. PIECHURSKI

*Institut Inżynierii Wody i Ścieków
Politechnika Śląska Gliwice*

WPŁYW WPROWADZENIA MONITORINGU W SIECI DYSTRYBUCJI NA WYKRYWANIE AWARII I OBNIŻENIA STRAT WODY

IMPACT OF THE INTRODUCTION OF WATER MONITORING SYSTEM ON FAILURE DETECTION AND WATER LOSSES REDUCTION

The failures are unexpected but normal aspect of each water supply network. The main causes of failure is the poor condition of the pipes and fittings. Water leaks are visible on surface only in case of large leakages. Very large number of failures is not visible and not even felt by consumers. Leakages of this type last a long time and generate a larger or smaller water losses.

Implementation of flow and pressure monitoring with division to areas allows easier water leakage detection.

Sudden increase of flow is an information about the occurrence of uncontrolled leakage or unregistered water outlet – stealing.

Time of leak location is important. The volume of wasted water and ground flush possibility can lead to disaster.

Examples of implementation of water monitoring system confirm large effects achieved. Number of detected failures and reduced the level of water losses in the water distribution network.

1. Analiza systemu monitoringu systemie dystrybucji

Historia ograniczania strat wody i systemu monitoringu sieci wodociągowej w PWiK sięga roku 1992. Wtedy jako jedne z pierwszych przedsiębiorstw w kraju zastosowało przetwornicę częstotliwości do sterowania pompowniami wody. W 1994 roku wdrożono monitoring pompowni wody. Kolejnym ważnym wydarzeniem było wprowadzenie ciągłego monitoringu w stacji uzdatniania wody i studniach głębinowych w roku 1997. W 2000 roku w komorach zakupowych z GPW zastosowano reduktory ciśnienia, co pozwoliło na obniżenie ciśnienia w całej sieci wodociągowej o 0,1MPa oraz ustabilizowało pracę sieci. W tym samym roku rozpoczęto optymalizację gospodarki wodomierzowej.

W latach 2009 – 2010 powstaje plan montażu punktów pomiarowych:

- założenie 55 punktów pomiarowych w sieci wodociągowej;
- punkty mają być zamontowane na średnicach od DN100 do DN600;

- zaprojektowano montaż przepływomierzy kołnierzowych i sztycowych;
- lokalizacja punktów miała być przeprowadzona w taki sposób, aby wydzielone zostały odpowiednie strefy- obszary pomiarowe; [1]

1.1. Długość i materiał analizowanych sieci

Analizowane PWiK eksploatuje sieć wodociągową o długości 785,2 km, z czego sieć magistralną stanowi 96,5 km, sieć rozdzielczą 455,2 km, natomiast 233,5 km to przyłącza do budynków. Średnice rurociągów występujących w sieci są w zakresie od Ø15 do 600 mm.

Pod względem materiałów, z których zostały wykonane rurociągi sieć prezentuje się następująco:

- rurociągi ze stali – 348,58 km (44,39%)
- przewody żeliwne – 316,75 km (40,34%)
- przewody z tworzyw sztucznych – PE lub PVC – 119,87 km (15,27%) [1]

1.2. Punkty strategiczne w analizowanym systemie wodociągowym

1.2.1. Pompownie

PWiK eksploatuje 18 pompowni wody drugiego stopnia. Ich zadaniem jest utrzymanie odpowiedniego ciśnienia w danej strefie sieci wodociągowej. Na przestrzeni kilkunastu ostatnich lat wprowadzono nowoczesne rozwiązanie, które polegało na likwidacji hydroforów (zbiorników wodno – powietrznych) i wprowadzeniu układów automatycznej regulacji ciśnienia z przemiennikami częstotliwości (falownikami). Przepompownie wyposażono w telemetryczny przekaz informacji o bieżących wartościach natężenia przepływu i ciśnienia oraz awaryjności pomp i stanie bezpieczeństwa obiektu. Umożliwiono również zdalne sterowanie pracą pompowni. Każdy tego typu obiekt został wyposażony w następujące urządzenia:

- przepływomierz elektryczny;
- przetworniki ciśnienia;
- mętnościomierz.

Dane uzyskiwane z tych urządzeń są przesyłane do dyspozytorni, a następnie archiwizowane w pamięci komputera oraz stale wizualizowane przy pomocy specjalnego programu.

1.2.2. Ujęcia wód podziemnych i stacje uzdatniania wody

W analizowanym systemie wodociągowym znajdują się trzy zespoły ujęć wody podziemnej. Pierwszy zespół składa się z czternastu studni – jedenastu stale czynnych, jednej rezerwowej oraz dwóch czasowo wyłączonych z użytkowania. W skład drugiego zespołu wchodzi pięć stale czynnych studni.

Natomiast trzeci zespół ujęcia to dwie czynne studnie.

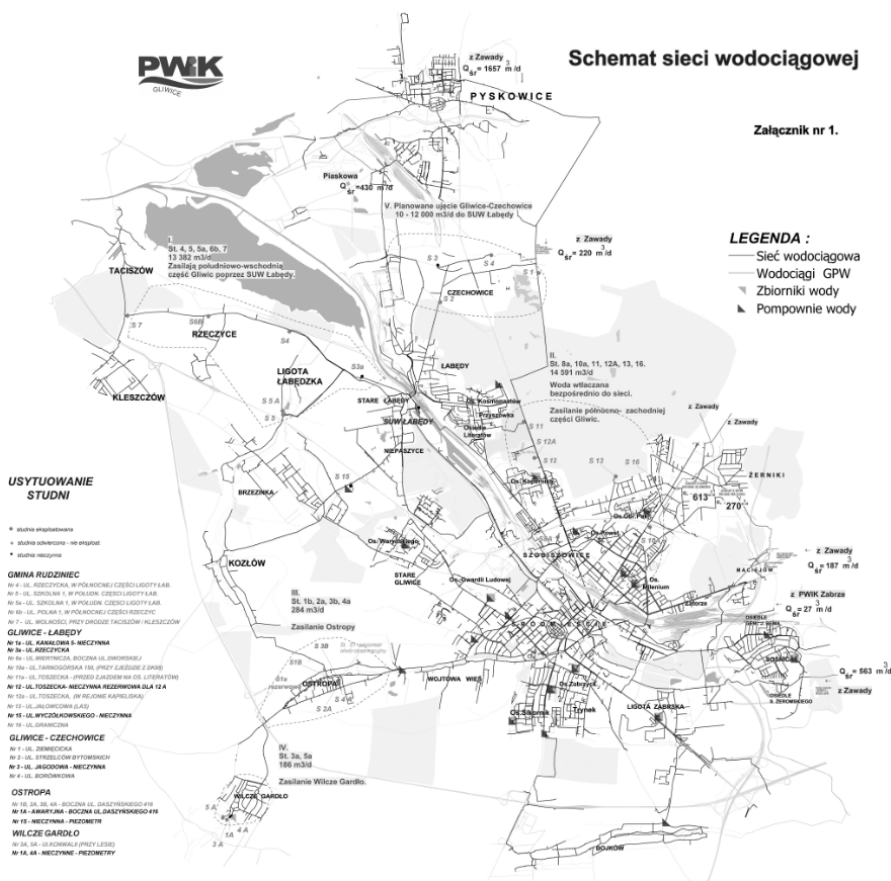
Ponadto w systemie wodociągowym znajduje się stacja uzdatniania wody - SUW, w której oczyszczana jest woda z trzech studni, nadmiar wody z dwóch studni i awaryjnie z jednej studni.

Woda ujmowana z pozostałych studni spełnia wymagania jakości wody przeznaczonej do spożycia i może być wtłaczana bezpośrednio do sieci.

Wszystkie studnie są wyposażone w instalację monitorującą parametry pracy, instalację zdalnego sterowania oraz zabezpieczenia antywłamaniowe.

W każdej studni znajduje się sonda hydrostatyczna, która dostarcza informacji o poziomie zwierciadła – statycznego i dynamicznego. Sonda zabezpiecza przed zbyt dużym obniżeniem zwierciadła wody, co spowodowałoby uszkodzenie pompy głębinowej poprzez brak chłodzenia wodą. Ponadto każda pompa ma zabudowany system ochrony przed suchobiegiem. Monitorowane są również parametry pracy pompy, takie jak:

- natężenie prądu zasilania;
- napięcie zasilania z sieci;
- napięcie na akumulatorach awaryjnych;
- moc pompy.



Rys. 1. Schemat systemu monitoringu analizowanym systemie dystrybucji wody [1]

Fig. 1. Scheme of the analyzed water monitoring system in distribution network.

W czasie normalnej pracy pompy zasilanie pochodzi z sieci elektrycznej poprzez zabudowaną w obiekcie stację TRAFO. W momencie wystąpienia awarii i wiążącej się z tym przerwy w dostawie energii elektrycznej, pompa jest zasilana z akumulatorów awaryjnych. W studniach monitorowane są również hydrauliczne parametry pracy układu. Wykonywane są pomiary ciśnienia i natężenia przepływu wody, objętości wody wypompowywanej ze studni i temperatury powietrza. Wyniki pomiarów są przesyłane do dyspozytorni z wykorzystaniem radiomodemów. Informacje są zbierane, opracowywane i prezentowane w postaci wizualizacji za pomocą komputerów operacyjnych znajdujących się w dyspozytorni, wyposażonych w komputerowe systemy nadzoru typu SCADA. Systemy wizualizacji dostarczają wielu informacji niezbędnych dla operatora do prawidłowego sterowania pracą obiektu. Najważniejszym zadaniem jest sygnalizowanie dyspozytorowi sytuacji alarmowych oraz wszelkich niepokojących zdarzeń, które mają miejsce w studni. Te komunikaty są specjalnie wyeksponowane, tak aby obserwujący nie przeoczył ich podczas obserwacji całego napływu danych. Stosowane są również wykresy, które systematyzują i ułatwiają późniejszą analizę danych.

Oprócz wymienionych wcześniej parametrów, monitorowany jest również stan jakości wody. Na chwilę obecną pomiary są wykonywane i monitorowane w sposób tradycyjny, czyli w laboratorium.

1.2.3. Komory zakupu

Przedsiębiorstwo produkuje wodę, która zapewnia ok. 80% zapotrzebowania obsługiwanego obszaru. Natomiast pozostałe 20% jest kupowane przez Przedsiębiorstwo od Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągowego - GPW. W miejscach, w których woda zakupiona jest tłoczona do miejskiej sieci wodociągowej znajdują się komory zakupu. Miejsca te są również objęte monitoringiem – w komorze zainstalowane są następujące urządzenia:

- przetworniki ciśnienia;
- wodomierz;
- mętnościomierz.

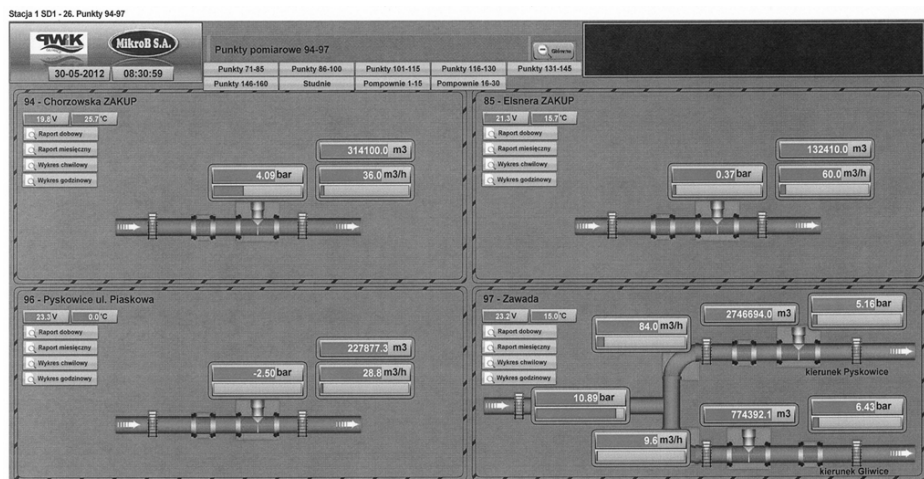
Oprócz ww. urządzeń, zamontowanych na rurociągu, w komorze znajdują się również:

- czujniki temperatury otoczenia;
- czujnik otwarcia komory.

Dane uzyskane z urządzeń są przesyłane przy pomocy radiomodemów do dyspozytorni, gdzie gromadzi się je w pamięci komputera. Proces sterowania monitoringiem i wizualizacji danych jest realizowany z wykorzystaniem programu „TelWin”.

1.3. Bezpośredni monitoring sieci

Efektom bezpośrednim monitoringiem pracy sieci w połączeniu z programem komputerowym jest możliwość bieżącej obserwacji i wizualizacji pracy sieci w 55 punktach pomiarowych znajdujących się w sieci wodociągowej na terenie miasta. Jako przykład wizualizacji, na rys.2 pokazano zrzuty ekranowe z pracy programu Pro2000.



Rys.2. Zrzut ekranu z programu Pro2000 – aktualne parametry pracy 4 wybranych punktów pomiarowych. [1]

Fig.2. Screenshot from Pro2000 software - current parameters of the 4 selected control points.

Dane z monitoringu są wykorzystywane w działalności dyspozytorni i pogotowia wodociągowego. Podczas pracy (dyżuru) dyspozytora, w pomieszczeniu znajdują się ekrany monitorów, na których na bieżąco znajdują się dane z monitoringu sieci, przedstawione za pomocą programu Pro2000. Umiejętne korzystanie z programu pozwala na szybkie rozpoznanie i lokalizację awarii. Dokładna lokalizacja nie jest możliwa, można natomiast z dużym prawdopodobieństwem określić rejon i rurociąg, na którym prawdopodobnie nastąpiła awaria.

2. Analiza możliwości wykrywania awarii

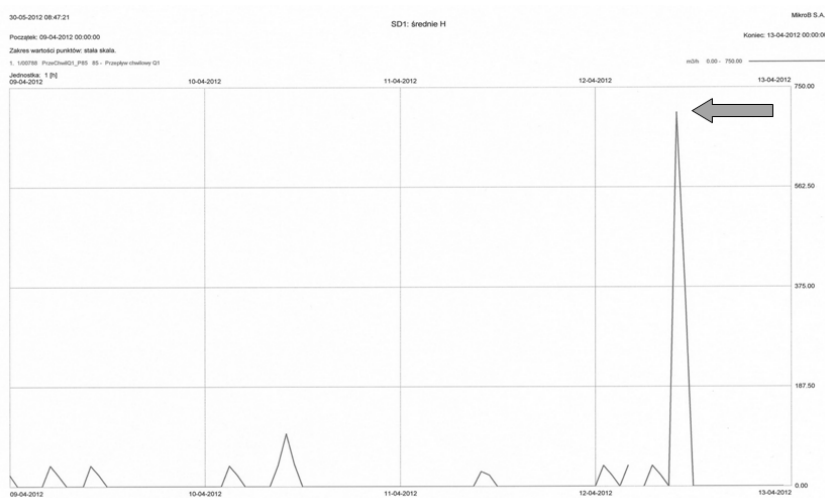
PWiK udostępniło informacje i dane z niektórych awarii, które wystąpiły na początku 2012 roku na terenie miasta. Warto dodać, że wszystkie dane pochodzą z monitoringu i uzyskanie tak szczegółowych i drobiazgowych informacji byłoby niemożliwe bez istnienia tak zaawansowanego systemu monitoringu sieci wodociągowej.

2.1. Awaria 1

Pierwsza awaria, której będą dotyczyły rozważania, miała miejsce 12.04.2012 roku. Awaria wystąpiła na magistrali Ø600, wykonanej z żeliwa. Lokalizacja awarii to pobliże szlaku kolejowego na osiedlu K. Należy zwrócić uwagę, iż była to awaria dosyć

powszechnie opisywana w mediach, gdyż spowodowała liczne przerwy i opóźnienia w dostawie wody do mieszkańców miasta. Jest to jedna z głównych magistrali zasilających miasto. Na rys.3. przedstawiono reakcję komory zakupu umieszczonej na magistrali Ø1000 w okolicach ul. E - punkt pomiarowy 85. Rurociąg ten dostarcza wodę do miasta z sieci GPW, a punkt 85 jest miejscem zakupu wody.

Do analizowanej awarii doszło dnia 12.04.2012 roku w godzinach przedpołudniowych. Na podstawie rys.3. można stwierdzić istnienie awarii ze względu na bardzo wysoki, odbiegający od normy pobór wody w komorze zakupu w chwili wystąpienia awarii. Analizując pobór wody w dniach wcześniejszych można zauważyć, że maksymalne wartości poboru nie przekraczały 150 m³/h, natomiast w chwili wystąpienia awarii przepływ wzrósł do ok. 650 m³/h. Tak wysoki pobór utrzymywał się przez krótki czas, do momentu zlokalizowania awarii i odcięcia dopływu wody do rurociągu, na którym doszło do wycieku. Nastąpiło to poprzez zamknięcie zasuw znajdujących się na końcach odcinka. Pobór wody powrócił na stały poziom. Powyższy wykres jest przykładem możliwości zdiagnozowania awarii na podstawie danych z monitoringu sieci. Na podstawie wykresu nie można stwierdzić, w którym miejscu doszło do awarii, gdyż pobierana w nadmiarze woda trafiała do całej sieci wodociągowej. Jednak jest to sygnał dla ekipy pogotowia wodociągowego, aby szybko zlokalizować wyciek i zapobiec dalszemu, nadmiernemu poborowi wody, a co za tym idzie straty wody.



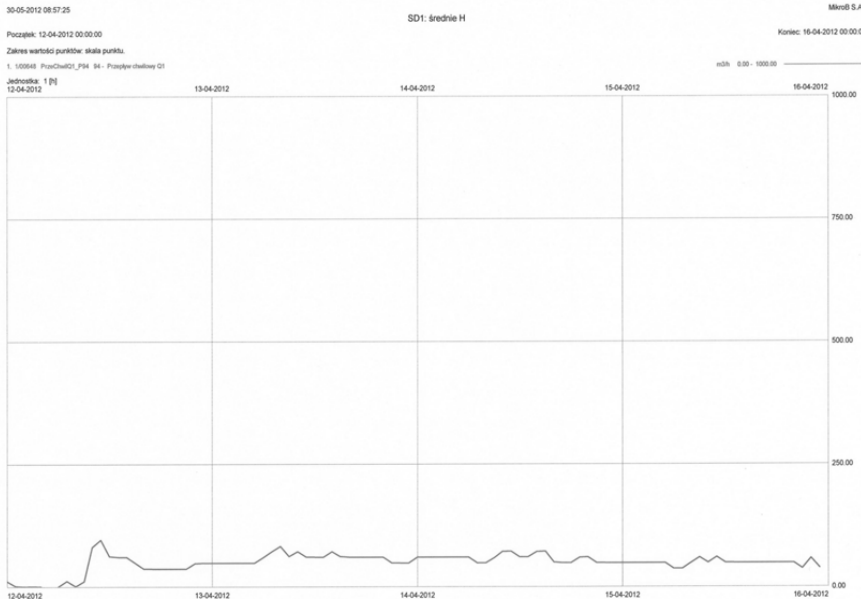
Rys. 3. Wykres objętości wody zakupionej w komorze zakupu przy ulicy E punkt pomiarowy 85 w dniach 9 – 13. 04. 2012 r. [1]

Fig. 3 Amount of purchased water in the purchase chamber at the E street measuring point 85 on 9 - 13 04 2012

Jednak nie wszystkie komory zakupu zachowały się podobnie jak komora przy ul. E. Na rys. 4. przedstawiono analogiczny wykres do wykresu z rys.3., ale pochodzący z komory zakupu przy ul. Ch punkt pomiarowy nr 94. Na wykresie wyraźnie można

zauważyć, iż podczas awarii komora zakupu nie zareagowała w żaden nienaturalny sposób. Pobór utrzymywał się na stałym poziomie ok. 50 m³/h przez cały okres od momentu wystąpienia awarii na osiedlu K aż przez kilka następujących dni.

Z przedstawionych wykresów można wysunąć wnioski, iż sam monitoring nie zapewnia szybkiego wykrycia awarii i ograniczenia strat wody, bez względu jak duże nakłady inwestycyjne pochłoniął. Niezastąpiony jest doświadczony i wyedukowany pracownik, który zauważy anomalie w działaniu np. komór zakupu i będzie potrafił wysnuć wnioski i szybko zadziałać alarmując odpowiednie służby.



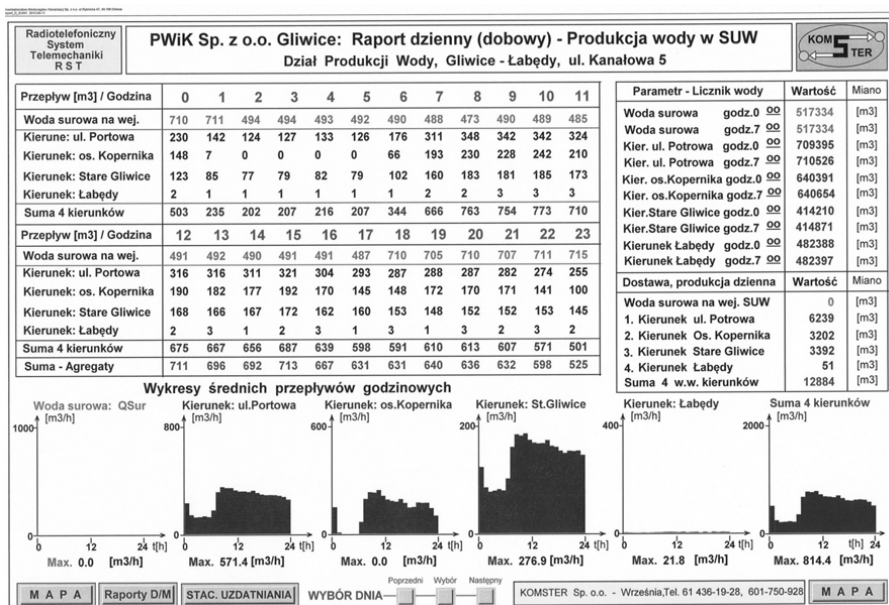
Rys. 4. Wykres objętości wody zakupionej w komorze zakupu przy ul. Ch. punkt pomiarowy 94 w dniach 12 – 16. 04. 2012 r. [1]

Fig. 4. Amount of purchased water in the purchase chamber at the Ch. street measuring point 94 on 12 - 16 04 2012

Kontynuując analizę awarii sieci wodociągowej w dniu 12.04.2012 roku na rurociągu Ø600 w okolicach osiedla K, należy zwrócić uwagę na pracę kolejnego ważnego ogniwa infrastruktury wodociągowej – SUW. PWiK udostępniło raporty dobowe produkcji wody w SUW z dnia 11.04.2012 roku oraz 12.04.2012 roku – odpowiednio rys.5 oraz rys.6. Dane są przedstawione w postaci raportów zawierających tabelaryczne zestawienie objętości wyprodukowanej wody wraz ze wskazaniem kierunku miasta, w którym woda została wyprowadzona. Raporty zawierają również wykresy średnich przepływów godzinowych, ze wskazaniem na każdy z czterech kierunków. W dniu 11.04.2012 r. stacja pracowała w normalny sposób. Należy zwrócić uwagę na średni godzinowy przepływ w kierunku osiedla K (miejsce awarii) – nie przekroczył poziomu 242 m³/h. Natomiast dzień później, w godzinie wystąpienia awarii, w kierunku osiedla

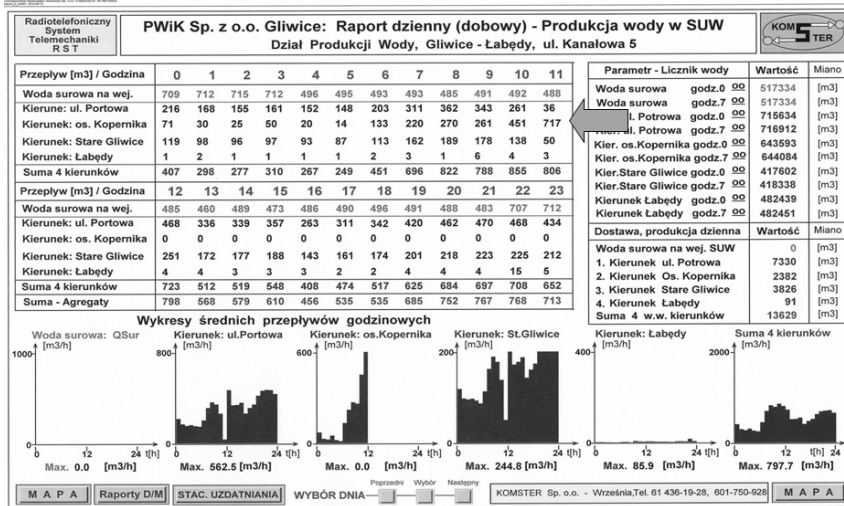
K była tłoczona nienaturalnie duża objętość wody – najwyższy średni przepływ godzinowy wystąpił pomiędzy godziną 9 a 10 i wyniósł aż 717 m³/h. W kolejnych godzinach przepływ w tym kierunku drastycznie zmalał, do wartości 0 m³/h. Powodem aż tak dużej nierównomierności była awaria, która wystąpiła pomiędzy godz. 9 a 10, a za brak przepływu w godzinach późniejszych odpowiedzialna jest decyzja o wyłączeniu dopływu przez uszkodzony rurociąg w kierunku osiedla K. Jest to kolejny przykład możliwości ograniczenia strat wody w systemie poprzez sprawnie działający monitoring sieci, w tej sytuacji SUW.

W przypadku braku systemu monitoringu dopływ wody w kierunku osiedla K zostały zamknięte po paru godzinach. Jak widać na wykresie wiązałyby się to z ogromnymi stratami wody, która zamiast do odbiorców zostałaby stracona podczas niekontrolowanego wypływu przez uszkodzenie. Jednak aby zauważyć anomalię w pracy SUW również potrzebny jest wykwalifikowany pracownik, który rozumie informacje pokazujące się na ekranie komputera. Np. gdyby interpretowano tylko wyniki zbiorcze z całego dnia, prawdopodobieństwo wykrycia awarii byłoby niewielkie – suma wypływów w czterech kierunkach w dniu 11.04. i 12.04. nie różni się o wartość odbiegającą od warunków normalnych. Dopiero szczegółowa analiza godzinnych przepływów pozwala zauważyć nienaturalny wypływ w kierunku osiedla K pomiędzy godz. 10 a 11. W tym miejscu również warto wspomnieć o brakującym ogniwiu w systemie monitoringu – informowania o stanach alarmowych w sieci w postaci wyświetlania się ostrzeżenia napisanego np. czerwoną czcionką. Taki raport ostrzeżeń o zagrożeniach pozwala przede wszystkim na zmniejszenie ryzyka przeoczenia awarii.



Rys. 5. Raport dzienny (dobowy) z dnia 11.04.2012 r. produkcji wody w SUW 5.[1]

Fig. 5 Daily Report from 11.04.2012, water production in the SUW 5



Rys. 6. Raport dzienny (dobowy) z dnia 12.04.2012 r. produkcji wody w SUW. [1]

Fig. 6 Daily Report from 12.04.2012, water production in the SUW.

Podsumowując analizę jednej z największych awarii w tej sieci w ostatnich latach należy zwrócić szczególną uwagę na rolę, jaką odegrał system monitoringu sieci. Systematycznie wdrażany odegrał decydującą rolę w szybkim wykryciu awarii i ograniczeniu strat wody w analizowanej sieci wodociągowej. Uszkodzenie rurociągu Ø600, stanowiącego jedną z najważniejszych arterii wodociągowych w mieście, spowodowało spore zaburzenie normalnej pracy sieci w komorze zakupu przy ul. E oraz w SUW. Co ciekawe, nie zauważono wahań w pracy komory zakupu przy ul. Ch. Sama awaria nie zostaje szybko usunięta, jednak strat wody z tego powodu nie odnotowuje się, ze względu na wyłączenie uszkodzonego rurociągu z eksploatacji. Woda w stronę osiedla K była tłoczona innymi rurociągami. Na wykresach przedstawiających pracę komory zakupu przy ul. E można zauważyć ogromny pobór wody w chwili wystąpienia awarii, sięgający ok. 650 m³/h. Po wyłączeniu uszkodzonego odcinka pobór wody w komorze powrócił do standardowych wartości. Podobnie zareagowała SUW – w godzinie, w której wystąpiła awaria odnotowano ogromny pobór wody w kierunku osiedla K.

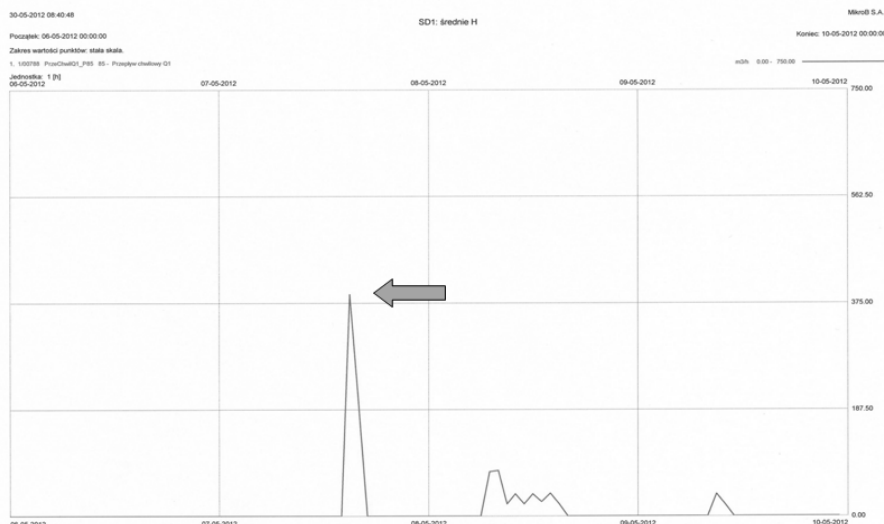
2.2. Awaria 2

Drugą awarią w analizowanej sieci wodociągowej, jest uszkodzenie rurociągu Ø250, wykonanego z żeliwa, ułożonego w ul. T. W przypadku tej awarii również kluczową rolę w wykryciu, szybkiej lokalizacji i ograniczeniu strat wody odegrał system monitoringu sieci wodociągowej wdrożony w Przedsiębiorstwie. Uszkodzenie rurociągu żeliwnego Ø250 w ulicy T nastąpiło dwukrotnie, dokładnie w tym samym miejscu. Ten wodociąg

stanowi zaopatrzenie dla paru tysięcy mieszkańców miasta i jest ważnym elementem podziemnej infrastruktury. Jego lokalizacja jest szczególnie niekorzystna ze względu na liczne uzbrojenia terenu, które towarzyszą uszkodzonemu rurociągowi. Po dwóch awariach podjęto decyzję o całkowitej wymianie odcinka i od tamtego czasu nie zanotowano żadnych zakłóceń w pracy sieci na danym obszarze.

Do przywołanych awarii doszło w dniach 07.05.2012 r. oraz 26.05.2012 r. W dniu 7.05 awaria miała miejsce w godzinach popołudniowych, ok. godz. 15. Druga awaria w dniu 26.05.2012 nastąpiła później, trwała od godz. 18 do 21.

W analizie poszczególnych awarii, ponownie przytacza się wykresy z komory zakupu wody na rurociągu $\varnothing 1000$ zlokalizowanego przy ul. E punkt pomiarowy 85. PWiK udostępniło wykres poboru wody w okresach poprzedzających awarię, podczas trwania awarii i dni po awarii. Reakcję monitoringu z komory zakupu w dniu wystąpienia pierwszej awarii 7.05.2012 r. pokazuje rys.7. Natomiast reakcję z tej samej komory na zdarzenia na sieci w dniu 26.05 pokazuje rys.8. Należy zwrócić uwagę na przepływy, które występowały w komorze w okresie poprzedzających awarie i po awariach. Wartości natężenia przepływu nie przekraczają $100 \text{ m}^3/\text{h}$. Przy tych wartościach od razu uwagę zwracają wyniki, które znacznie odbiegają od normalnych. Na rys.7., czyli w czasie, kiedy miała miejsce pierwsza awaria w rurociągu w ul. T, wyróżnia się „pik”, który wystąpił w okolicach godziny 18 – 20 dnia 07.05. Przepływ wtedy osiągnął wartość ponad $375 \text{ m}^3/\text{h}$, a następnie komora powróciła do normalnej pracy

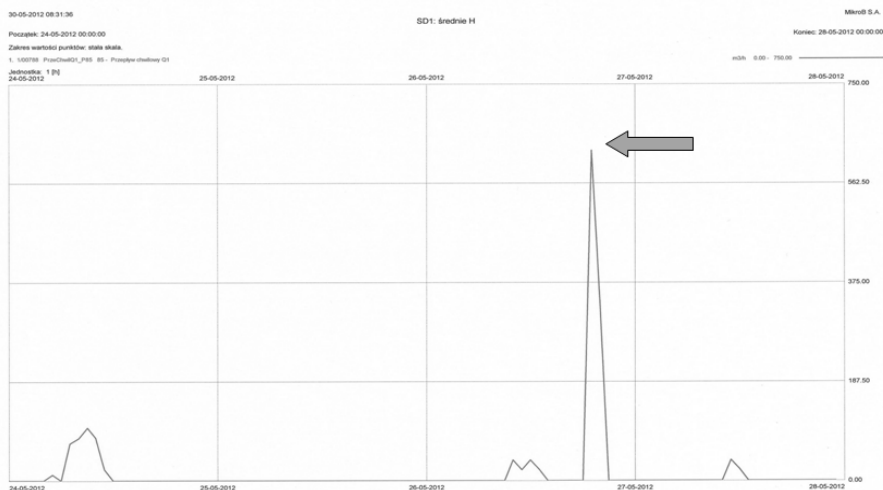


Rys. 7. Wykres objętości wody zakupionej w komorze zakupu E punkt pomiarowy 85 w dniach 6 – 10. 05. 2012 r. [1]

Fig. 7 Amount of purchased water in the purchase chamber at the E street measuring point 85 from 6 - 10 05 2012

Analogicznie, na rys.8., kiedy „pik” związany z awarią w dokładnie tym samym miejscu przy ul. T. awaria ta nastąpiła w godzinach wieczornych, około godz. 21. Reakcja monitoringu z komory zakupu była jeszcze bardziej gwałtowna niż w dniu 7.05. Wtedy niekontrolowany zakup wody wywołany przez awarię wyniósł ponad 375 m³/h, zaś druga awaria spowodowała zakup wody aż 600 m³/h. Później przepływ powrócił do warunków normalnych gdyż rurociąg został wyłączony z eksploatacji i był naprawiany. Jak widać na wykresie, naprawa w dniu 07.05. nie była skuteczna, gdyż 19 dni później w tym samym miejscu (informacja z PWiK) doszło do wycieku, który jeszcze bardziej zakłócił normalne funkcjonowanie sieci. Obydwie awarie skutkowały bezpośrednimi stratami wody, która dostała się do gruntu oraz stratą wody poprzez chwilowy zakup ogromnej, ponadnormowej objętości wody z GPW.

Wykresy z pracy monitoringu sieci umieszczone na rys.7 i 8 pozwalają na wyciągnięcie wniosków z analizy pracy sieci w czasie normalnej pracy i pracy w trybie awaryjnym, w tym przypadku wystąpienia nagłego niekontrolowanego wycieku. Podobnie jak w przypadku opisywanej wcześniej awarii 1, która miała miejsce na rurociągu Ø600 w okolicach osiedla K, komora zakupu przy ulicy E zareagowała szybko i gwałtownie. Nastąpiły zakupy ogromnej objętości wody i Przedsiębiorstwo nie miało kontroli nad tym ani nie mogło temu zapobiec. Ponownie uwidacznia się brak systemu alarmowania i ostrzegania o zagrożeniach pojawiających się na sieci.

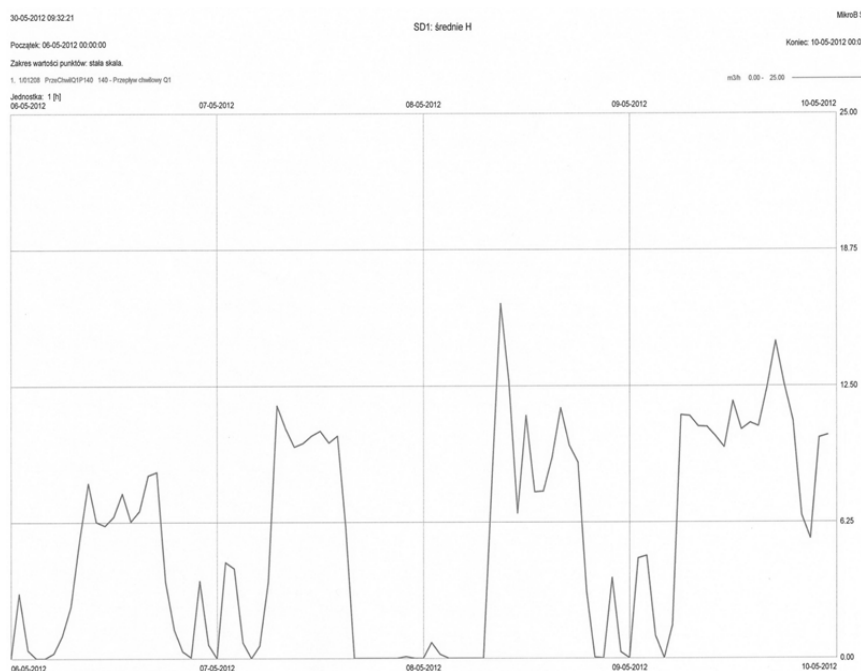


Rys. 8. Wykres objętości wody zakupionej w komorze zakupu E punkt pomiarowy 85 w dniach 24 – 28. 05. 2012 r. [1]

Fig. 8 Amount of purchased water in the purchase chamber at the E street measuring point 85 on 24 - 28 05 2012 [1]

Dane, które zostały udostępnione przez PWiK, pozwalają na analizę i obserwację nietypowych zjawisk, do których dochodzi w sieci w trakcie awarii. Jest to udokumentowane na kolejnych wykresach, znajdujących się na rys.9 i 10. Wykresy przedstawiają pracę elementów sieci przed awarią, w czasie awarii oraz po niej.

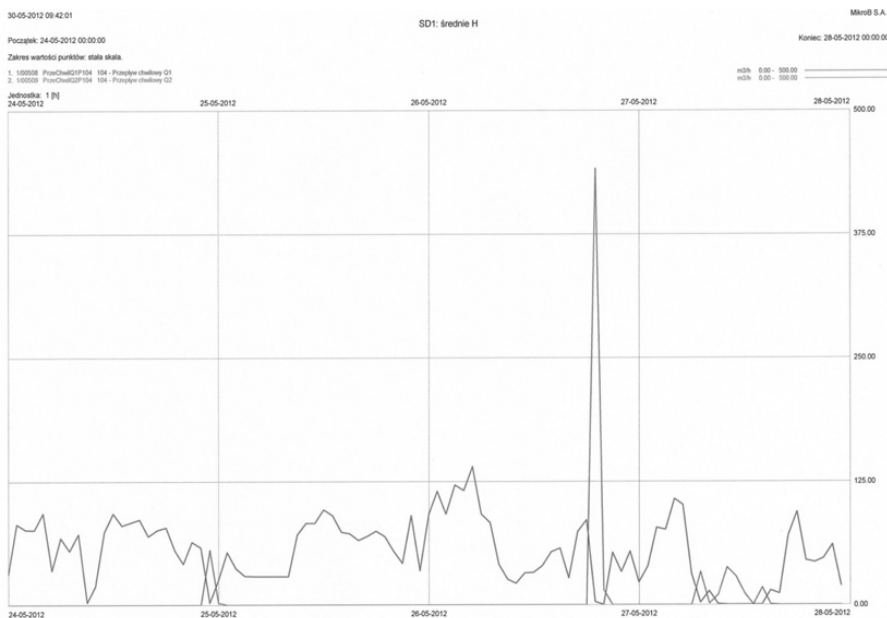
W dniu 07.05., kiedy wystąpiła pierwsza awaria na rurociągu żeliwnym Ø250 przebiegającym w ul. T, podjęto decyzję o całkowitym wyłączeniu z użytku studni głębinowej nr 11, zlokalizowanej również przy ul. T. Krok ten był podyktowany był ryzykiem ogromnych strat wody, a co za tym idzie zaburzeniem gospodarki wód podziemnych w okolicy studni nr 11. Studnia głębinowa jest jednym z najwrażliwszych obiektów sieci wodociągowej i bardzo czule reaguje na wszelkie bodźce pochodzące z pracy sieci. Na wykresie widać bardzo wyraźnie, w którym momencie studnia została wyłączona, a w którym uruchomiona ponownie. Przerwa w poborze wody nastąpiła od godzin wieczornych w dniu 7.05 (wyłączenie nastąpiło ok. godz. 18) do godzin przedpołudniowych dnia następnego (ponowny rozruch miał miejsce ok. godz. 10). W czasie tej przerwy pobór wody spadł oczywiście do 0 m³/h z krótkim poborem nie przekraczającym 1 m³/h w okolicach godziny 00:00. Ten niewielki pobór wody został wykonany na cele własne ujęcia. Natomiast ponowny, całkowity rozruch studni nastąpił parę godzin później.



Rys. 9. Wykres przepływów pochodzi ze studni nr 11 przy ul. T (punkt pomiarowy nr 140) z dnia 07.05. 2012 r., po awarii na ul. T została podjęta decyzja o wyłączeniu studni nr 11. [1]

Fig. 9 Flow chart from well No. 11 at T street (measuring point No. 140) from 07.05. 2012, after the failure at T street there was a decision taken to turn off the well No. 11

Natomiast na rys. 10. świetnie widać pewne zjawisko, które wystąpiło w sieci na skutek awarii. Należy dodać, iż bez systemu monitoringu niemożliwe byłoby wychwycenie takich reakcji sieci na uszkodzenia. Kolor czerwony na wykresie oznacza wartości natężenia przepływu we „właściwym” kierunku w danym punkcie pomiarowym, a kolor zielony natężenie przepływu w kierunku odwrotnym. W rozmowie z pracownikami PWiK sytuacja, gdy zmienia się kierunek przepływu w punkcie pomiarowym należy do niezwykle rzadkich. Jest to również zjawisko bardzo niebezpieczne i szkodliwe dla funkcjonowania systemu wodociągowego, gdyż może doprowadzić do uderzenia hydraulicznego i zniszczenia kolejnych fragmentów sieci wodociągowej. W momencie wystąpienia jednej awarii, pojawienie się kolejnej awarii mogłoby skutkować katastrofą, gdyż ogromna liczba mieszkańców zostałaby pozbawiona wody na wiele godzin lub nawet parę dni. W chwili wystąpienia drugiej awarii w wodociągu w ul. T można zauważyć „pik”, który świadczy o ogromnej objętości wody, która zmieniła kierunek przepływu. Wartość natężenia przepływu wody, która popłynęła w kierunku miejsca awarii oscyluje w granicach ok. 400 m³/h. Świadczy to o tym, jak duże objętości wody są tracone bezpowrotnie w trakcie awarii, gdyż ta woda wydostaje się przez rurociąg w miejscu awarii.



Rys. 10. Wykres przepływów w komorze pomiarowej przy ul. N.T. - punkt pomiarowy 104 w dniach 24 – 28. 05. 2012 r. - kolorem czerwonym oznaczony przepływ normalny, kolorem zielonym przepływ w drugą stronę. [1]

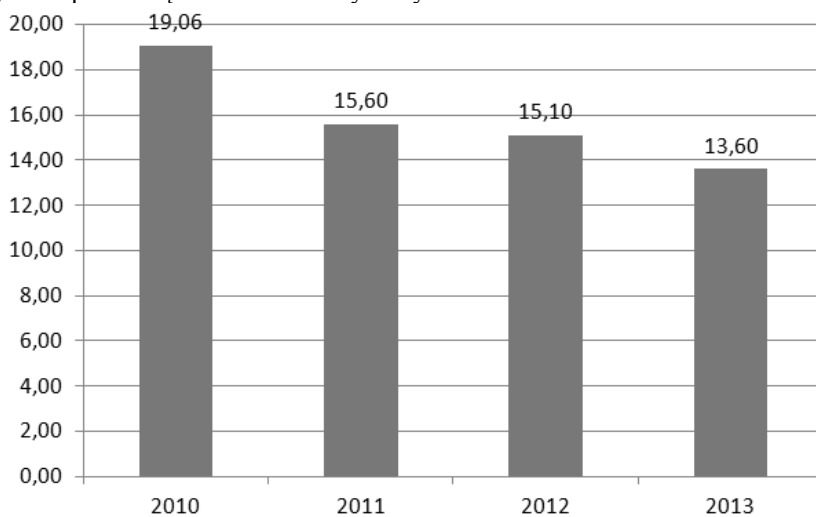
Fig. 10 Chart flow in the measuring chamber at N.T. street - measuring point 104 from 24 - 28 05 2012 - normal flow is red labeled, green color represents backward flow.

Podsumowując analizę przytoczonych awarii i wpływ monitoringu na ograniczanie strat wody podczas nich, należy zwrócić uwagę na szczegółowość i dokładność z jaką można przeanalizować każdą awarię przy pomocy danych z monitoringu.

Monitoring służy przede wszystkim ograniczaniu strat wody poprzez odpowiednie sterowanie pracą sieci. W momencie wystąpienia odbiegających od normy dużych przepływów lub poborów wody z komór zakupu lub ujęć dyspozytor podejmuje decyzje o wyłączeniu wybranych obiektów sieci lub takie sterowanie pracą sieci, aby woda nie była tracona. Pamiętać należy jednak o tym, że system monitoringu sieci wodociągowej w analizowanym mieście nie był wyposażony w sygnalizację stanów alarmowych. Dlatego konieczny jest doświadczony i rzetelny pracownik, który w porę wychwyci błędne warunki pracy w sieci i powiadomi odpowiednie służby. System informowania o stanach alarmowych z pewnością ograniczyłby jeszcze straty wody w trakcie wystąpienia awarii praktycznie do minimum.

3. Ocena strat wody przed i po wprowadzeniu systemu monitoringu sieci wodociągowej

Wprowadzenie systemu monitoringu sieci wodociągowej miało niewątpliwy wpływ na zmianę poziomu strat wody, które występowały w sieci. Na rys.11 przedstawiono wykres strat wody, jakie kształtowały się w ostatnich latach w analizowanej sieci. Dane do wykresu pochodzą z materiałów uzyskanych z PWiK.



Rys. 11. Straty wody w ostatnich latach w analizowanej sieci wodociągowej w %. [1]

Fig. 11. Water losses in past years in analyzed water network in%.

Na podstawie wykresu rys.11 można zauważyć, że straty wody w analizowanym mieście ulegają w ostatnich latach zmniejszeniu. Straty wody są przedstawione w formie procentowej i wykazują jaki procent wody wprowadzonej do systemu został odnotowany jako woda niesprzedana. Liczby te pokazują na jakiej części wody PWiK nie zarobiło bezpośrednio żadnych pieniędzy. Straty wody na poziomie 0 % są niemożliwe do osiągnięcia, a gdy jakieś przedsiębiorstwo chwali się takim wynikiem to może oznaczać tylko jedno – że wyniki zostały zafałszowane lub jakaś część wody nie sprzedażowej została zaliczona do innej grupy. Oczywiście, jeśli straty rozpatrywać jedynie jako wodę bezpośrednio straconą poprzez wycieki, awarie czy kradzieże to wtedy osiągnięcie poziomu 0 % jest hipotetycznie możliwe. Działania w drugą stronę, czyli wyniki strat wody na poziomie kilkudziesięciu procent (czasem nawet 50) również świadczą bądź o bardzo zaburzonej pracy sieci bądź o błędzie w wynikach. Oznaczałoby to, że zaledwie połowa wody wyprodukowanej lub kupionej przez przedsiębiorstwo trafia do użytkowników.

Analizując wykres rys. 11 należy zwrócić uwagę na spore zmniejszenie strat wody na przestrzeni ostatnich 3 lat. Różnica w poziomie strat wody pomiędzy rokiem 2010 a 2011 wynosi prawie 3,5%, podczas gdy we wcześniejszych latach różnice te wynosiły zaledwie parę dziesiątych punktu procentowego. Dobry wynik został osiągnięty w okresie 2012- 13 bo ok. 1,5% co dowodzi że wdrażany system monitoringu jest efektywny. Nie można natomiast określić jakim objętościom wody odpowiadają te dane procentowe. Jest to niemożliwe ze względu na brak takich informacji ze strony Przedsiębiorstwa – dane na temat objętości zakupionej i wyprodukowanej wody są objęte tajemnicą handlową i nie mogły być ujawnione na potrzeby niniejszej pracy. Jednak nawet bez tych objętości łatwo stwierdzić, że wdrażanie systemu monitoringu miało wpływ na zmianę poziomu strat wody w analizowanym systemie wodociągowym.

Dane przedstawione na wykresie odnoszą się do ostatnich 4 lat, gdyż jest to okres w którym działa monitoring sieci, który przez kilka wcześniejszych lat był wdrażany. Przed wprowadzeniem monitoringu dane na temat strat wody nie były usystematyzowane i jednoznaczne, a straty określano jedynie na podstawie różnicy pomiędzy wodą, która została wprowadzona do sieci a objętością wody wynikającą z opłat wniesionych przez użytkowników. Po opomiarowaniu każdego użytkownika zakupującego wodę PWiK jest w posiadaniu dokładnych informacji na temat zużytej wody przez poszczególnych użytkowników.

4. Podsumowanie

Przykład monitoringu sieci wodociągowej w analizowanym mieście jest dowodem na to, iż do problemu obniżania strat wody w systemie należy podejść kompleksowo i systemowo. W pierwszej kolejności należy dokonać obliczeń wskaźników technicznych oraz ustalić poziom wycieków. Dopiero po uzyskaniu niezbędnych wartości można przystąpić do działań inwestycyjnych.

Działanie monitoringu sieci wodociągowej ma niewątpliwy wpływ na kształtowanie się poziomu strat wody w rozważanym systemie wodociągowym. Zaprezentowano bezpośredni wpływ, który spowodował zmniejszenie się strat wody w analizowanej sieci na przestrzeni ostatnich kilku lat jak również wpływ pośredni, poprzez możliwość ciągłej kontroli pracy sieci. Odpowiednio skoordynowany system monitoringu pozwala na obserwację reakcji sieci podczas awarii, jak również umożliwia szybką jej lokalizację.

Na przykładzie analizowanego miasta można wysunąć wniosek, że monitoring sieci wodociągowej powoduje obniżenie strat wody w systemie. Jednak aby tak było w przypadku każdego systemu monitoringu, musi zostać spełnionych kilka warunków. Przede wszystkim, system monitoringu powinien być kompletny, zaawansowany technicznie oraz powinien swym działaniem obejmować wszystkie obiekty systemu wodociągowego. Oczywiście powinien być cały czas sprawny, na bieżąco serwisowany, a jakiegokolwiek usterki błyskawicznie diagnozowane i usuwane. Przedsiębiorstwo musi reagować na zmiany w sieci wodociągowej, aby monitoring nie stał się przestarzały a w konsekwencji bezużyteczny.

Monitoring sieci wodociągowej jest w końcu systemem inżynierskim, jedynie wspomaganym przez współczesną technologię informatyczną.

Opiera się na obliczeniach i pomiarach inżynierskich, których zadaniem jest wskazanie miejsc i sposobów na ograniczenie strat wody w systemie wodociągowym.

W przypadku analizowanego systemu monitoringu efekty są widocznie szczególnie w zestawieniach rocznych – wpływ monitoringu na ograniczanie strat wody jest znaczący.

Samo obniżenie poziomu strat wody jest osiągnięte dzięki monitoringowi na kilka sposobów. Pierwszym sposobem jest ograniczenie kradzieży wody. Odbyna się to poprzez montaż wodomierzy, których nie da się oszukać lub wodomierzy ze zdalnym odczytem. Kradzieże wody można zauważyć podczas obserwacji minimalnych nocnych przepływów, czyli przepływów w poszczególnych punktach pomiarowych w godzinach 02:00 – 04:00. Monitoring minimalnych nocnych przepływów pozwala również na zauważenie awarii i wszelkich ponadnormowych przepływów i poborów, które w tych godzinach powinny mieć o wiele mniejszą wartość.

Skuteczną metodą na obniżenie strat wody w przypadku awarii sieci wodociągowej jest stały i wnikliwy monitoring parametrów sieci. Przykład tego typu zastosowania monitoringu został przedstawiony na przykładzie dwóch dużych awarii wodociągu, które miały miejsce w ostatnim czasie na terenie miasta. Awarie zostały wykryte dzięki szybkiej reakcji dyspozytora, który zauważył anomalie w pracy sieci.

Wszystkie dane z 55 punktów pomiarowych w analizowanej sieci wodociągowej są wyświetlane na ekranie w pomieszczeniu dyspozytora. Jedynym mankamentem tego rozwiązania w trakcie badań jest brak systemu alarmowego, który zniwelowałby ryzyko przeoczenia awarii oraz maksymalnie przyspieszyłby jej wykrycie.

Prowadzone działania w analizowanym PWiK doprowadziły do zamierzonego efektu, czyli ograniczenia strat wody. Jednak osiągnięcie takich wyników wymaga czasu i przede wszystkim nakładów inwestycyjnych. Należy zauważyć, że na skuteczność procesu obniżania strat wody ma wpływ wiele czynników. To zagadnienie jest jednym z najnowszych obszarów działań przedsiębiorstw w Polsce.

Wiele lat zaniedbań, nieodpowiedniej eksploatacji sieci doprowadziło do sytuacji, w których straty wody stały się sporym problemem nie tylko dla samych przedsiębiorstw, ale również miast, na terenie których dane przedsiębiorstwa działają. W analizowanym mieście obrona strategia okazała się skuteczna, gdyż obserwowany jest stały spadek strat wody. Nie znaczy to jednak, iż należy zaprzestać dalszych działań i inwestycji – wręcz przeciwnie, należy w dalszym ciągu rozwijać i udoskonalać istniejący system monitoringu sieci wodociągowej.

Bibliografia

[1] Dane z monitoringu sieci wodociągowej udostępnione przez PWiK G. sp. z o.o.