

Automatyczne odczyty wodomierzy jako narzędzie sukcesywnej kontroli strat wody



Technologie zdalnego odczytu liczników wody umożliwiają wykonywanie zaawansowanych analiz podnoszących efektywność zarządzania siecią wodociągową. Wodociągi Krakowskie testowo wdrożyły takie systemy. Dane z opomiarowanych stref sieci służą do bilansowania rozptyłów wody z rurociągów magistralnych, w tym wykrywania jej strat.

Zamiast inkasenta pukającego do drzwi lub telefonicznego przekazywania wskazań wodomierza, znacznie wygodniejszy jest odczyt zdalny. Rozwiązanie to staje się powoli standardem w przedsiębiorstwach wodociągowo-kanalizacyjnych.

Technologie zdalnego odczytu liczników wody umożliwiają szybki i dokładny odczyt w dowolnym czasie bez potrzeby angażowania użytkowników i konieczności wchodzenia na ich teren (studzienki) lub do pomieszczeń (piwnice, mieszkania). Niektóre rozwiązania techniczne pozwalają na pełny monitoring urządzeń pomiarowych. Zebrane dane z dowolnie wybranych okresów rozliczeniowych mogą być przetwarzane i analizowane zarówno na poziomie administratora budynku, jak i dostawcy mediów.

Zastosowanie systemu zdalnego odczytu służy przede wszystkim do podniesienia efektywności procesu odczytów, ale przynosi też wiele innych korzyści, m.in. nie zakłóca prywatności domowników, pozwala na dokonanie odczytu nawet podczas nieobecności mieszkańców, obniża koszty związane z pomiarem zużycia mediów, ułatwia odczyt wodomierzy zlokalizowanych w trudno dostępnych miejscach, eliminuje ryzyko pomyłki odczytu związane z czynnikiem ludzkim, umożliwia monitorowanie różnych parametrów systemu, a także prób ingerencji zewnętrznym polem magnetycznym w wodomierz, umożliwia rozliczenie lokatorów za użytą wodę w jednym czasie, pozwala na skrócenie okresu obrachunkowego.

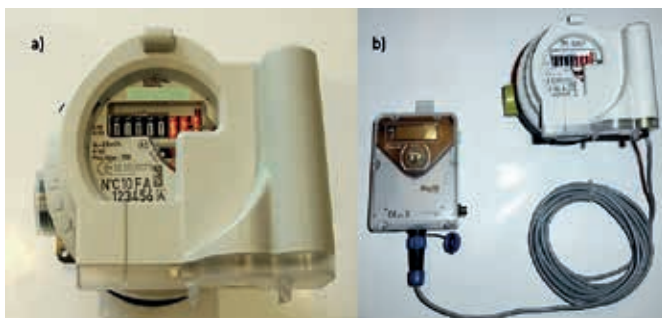
Radiowy lub cyfrowy odczyt wodomierza

Wodociągi Krakowskie wykorzystują dane gromadzone za pomocą systemu zdalnego odczytu wodomierzy do wykrywania awarii sieci wodociągowej i wodomierzy oraz związanych z nimi strat wody. Dotyczy to zarówno systemów opartych na działaniu koncentratorów stacjonarnych wyposażonych w nakładki radiowe, jak i bramek GPRS, podłączonych do wodomierza bądź do kilku wodomierzy (ryc. 1).

Przed przystąpieniem do prowadzenia zdalnego odczytu tworzy się strefy DMA (*district metered area*) – wydzielone fragmenty sieci zasilającej w wodę kilkudziesięciu lub kilkuset odbiorców. Warunkiem koniecznym jest opomiarowanie wszystkich dopływów i odpływów wody do i ze stref. Tak zdefiniowana strefa pozwala na bilansowanie przepływu wody przy każdym odczycie wszystkich zainstalowanych tam liczników. Im bardziej jednocześnie realizuje się odczyty wszystkich liczników, tym dokładniej można wnioskować o stanie sieci w strefie oraz o zainstalowanych w niej licznikach. Z kolei im częściej przeprowadzane są odczyty wodomierzy, tym bardziej efektywnym narzędziem sukcesywnej redukcji strat wody staje się strefa DMA. Docelowo odczyt liczników w strefie powinien być realizowany raz na dobę, co umożliwi pełną kontrolę strat w okresach dobowych.

W Krakowie do testowania systemu wybrano osiedle mieszkaniowe w Nowej Hucie, pomiędzy ulicami Padniewskiego i Tomickiego, którego zasilanie w wodę odbywa się przez jedno odgałęzienie z magistrali wodociągowej. Przy odgałęzieniu znajduje się komora podziemna, przeznaczona do zamontowania reduktorów ciśnienia oraz opomiarowania dopływu wody do tej strefy. Osiedle zamieszkuje ok. 2 tysiące osób. Widok mapki GIS osiedla z zaznaczonym przebiegiem sieci wodociągowej przedstawiono na rycinie 2.

Opomiarowanie zasilania osiedla w wodę realizowane jest za pomocą wodomierza jednostrumieniowego o średnicy nominalnej 100 mm oraz klasie metrologicznej R315 i wyposażonego w nakładkę do odczytu radiowego. W strefie badanego osiedla znajduje się 16 wodomierzy zamontowanych na przyłączach do bloków mieszkalnych (wodomierze główne). Wszystkie liczniki



Ryc. 1. Widok wodomierzy z urządzeniami do zdalnego odczytu: a) z nakładką radiową, b) z nadajnikiem GPRS

wody w strefie zasilania sieci osiedlowej zostały wymienione na nowe, przystosowane do współpracy z nakładkami radiowymi do zdalnego odczytu. Zastosowano wodomierze o wysokich parametrach metrologicznych – o klasie R160 oraz R315 w przypadku wodomierzy przemysłowych. Pod względem średnic sześć miało średnicę 20 mm, cztery – średnicę 40 mm, sześć – średnicę 50 mm. Nakładki radiowe działają w trybie jednokierunkowej komunikacji, co umożliwia ich szybki odczyt bez względu na kolejność transmisji z danego licznika. Taki sposób opomiarowania przygotował strefę osiedla do niemal jednoczesnego odczytu wszystkich wodomierzy.

Analiza danych odczytowych pozwala na zidentyfikowanie wystąpienia awarii oraz potencjalnej jej przyczyny. Rejestrację natężenia przepływu na rurociągu zasilającym osiedle w wodę przedstawiono na ryc. 3.

Wykrycie awarii dzięki wynikom pomiarów

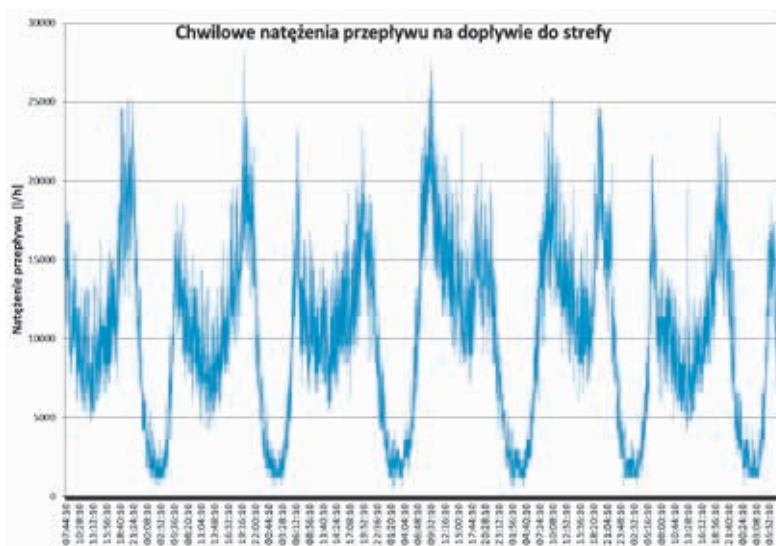
Szczytowe natężenia przepływów dochodziły do wartości 25 m³/h. W ciągu nocy natężenie przepływu spadało do wartości ok. 1 m³/h, co stanowiło ok. 4% wartości szczytowej. Taki układ natężenia przepływów występujących w strefowej sieci wodociągowej wskazywał, że analizowana sieć jest sprawna i szczelna. Równoległe rozpoczęto regularne odczyty wszystkich wodomierzy w całej strefie. Odczyt w czasie trwania badań realizowano przez bramkę GPRS. Cały pojedynczy odczyt wodomierzy w strefie trwał nie więcej niż trzy minuty, co pozwalało uznać otrzymane wskazania jako jednoczesne. Przyjęto realizację odczytów systemem automatycznym dla umożliwienia obserwacji trendów zmian wskazań poszczególnych wodomierzy i całej strefy.

Pierwsze odczyty wykazały, że średniobowo dopływ wody do całej strefy wynosi 240 m³, natomiast po zbilansowaniu wodomierzy głównych różnica w odniesieniu do wodomierza na zasilaniu wynosi 3,68%. Taka różnica była wynikiem normalnych uchybów pomiarowych wszystkich wodomierzy biorących udział w opomiarowaniu strefy. Ta wielkość różnicy bilansowej mieści się w granicach błędów granicznych dopuszczalnych. Kolejne pomiary potwierdziły przywołane wielkości zarówno w zakresie przepływów dobowych, jak i różnicy bilansowej dla strefy. Po kilku cyklach odczytowych zaobserwowano wzrost wielkości różnicy bilansowej. Początkowo wzrost następował o niewielką wartość w każdym cyklu. Różnica wzrastała dalej sukcesywnie i po kilku następnych cyklach przekroczyła 10% ilości wody dostarczonej do strefy, a po kolejnym cyklu pomiarowym wyniosła już blisko 40 m³ na dobę. Wykres wartości różnicy bilansowej wody w strefie przedstawiono na rycinie 4.

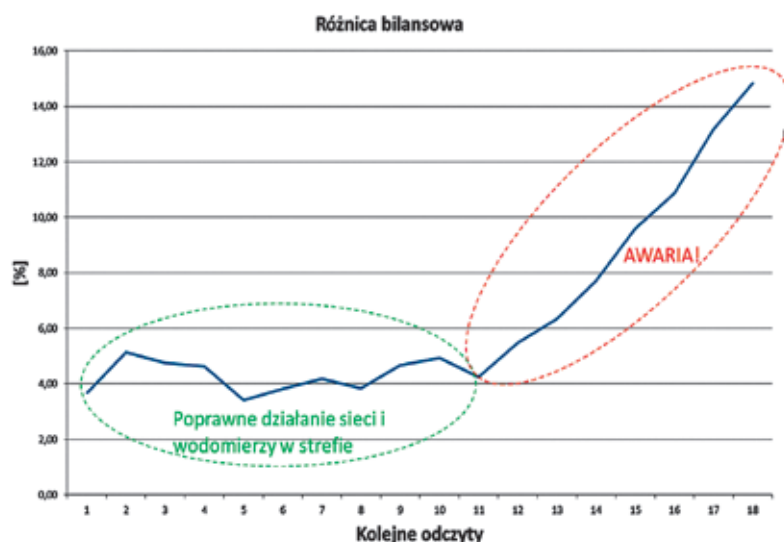
Takie wyniki pomiarów przepływu skłoniły do analizy materiału badawczego, mającej na celu wskazanie przyczyn różnicy bilansowej, a także



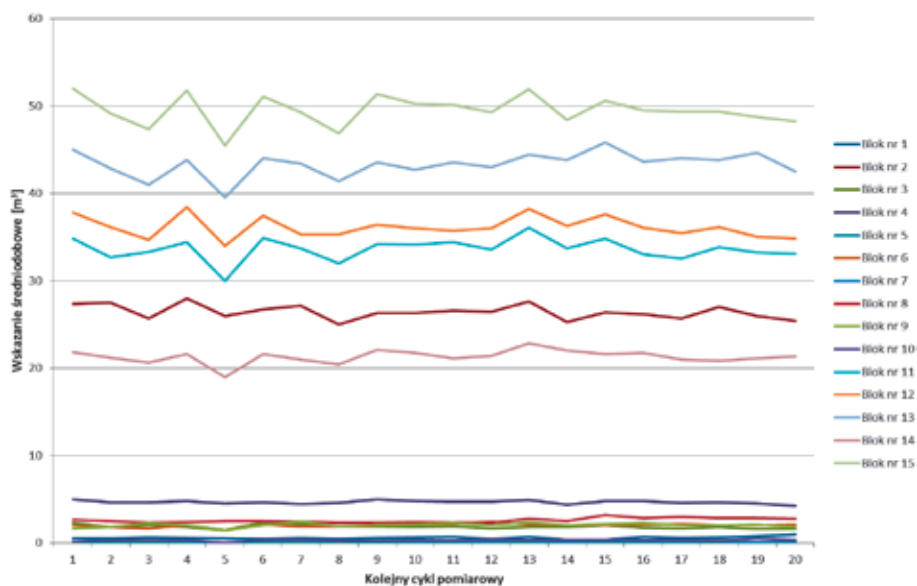
Ryc. 2. Widok mapy GIS badanego osiedla z zaznaczonym przebiegiem sieci wodociągowej i miejscem odgażnienia z rurociągu magistralnego, kolorem czerwonym wyróżniono odgażnienie z magistrali wodociągowej wraz z komorą redukcyjno-pomiarową



Ryc. 3. Wykres natężenia przepływu w rurociągu zasilającym strefę osiedla



Ryc. 4. Wykres różnicy bilansowej dostawy wody w strefie zasilania

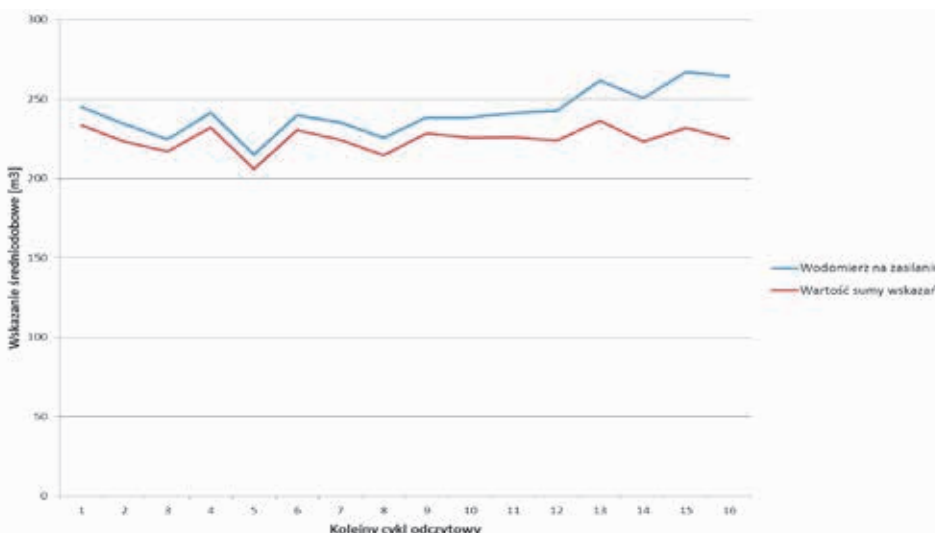


Ryc. 5. Wykres wskaźników średniodobowych wodomierzy odbiorców w badanej strefie

wyciągnięcie wniosków dotyczących przyszłych algorytmów postępowania w podobnych sytuacjach. Przeanalizowano wartości średniodobowych wskaźników poszczególnych wodomierzy głównych u odbiorców i stwierdzono, że żaden z nich nie wykazuje znacznych odchyień od poprzednich wskazań, co mogłoby świadczyć o awarii któregoś z wodomierzy. Wykres wskaźników średniodobowych wodomierzy głównych odbiorców w badanej strefie przedstawia rycina 5. Wykres wskazuje na niewielki spadek wszystkich wskazań, który mógł być spowodowany np. jesienną porą roku.

Na rycinie 6 pokazano wskazania średniodobowe wodomierza zasilającego i sumy wskazań wodomierzy odbiorców.

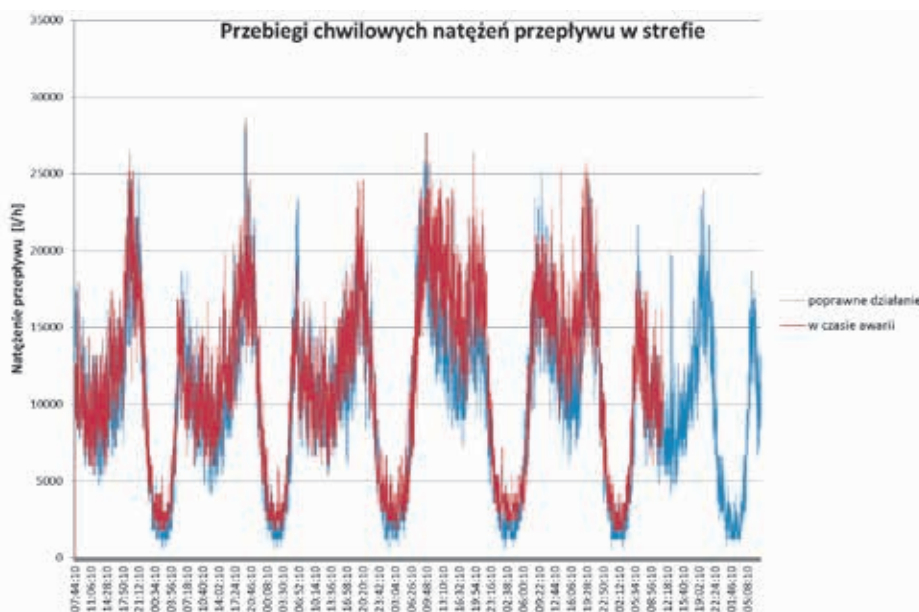
Wyliczono odchylenie standardowe wskaźników wodomierza zasilającego całą strefę, które wyniosło 13,76, podczas gdy odchylenie zsumowanych wskazań wodomierzy u odbiorców 7,48. Takie wartości odchylenia standardowego oraz wykres wskaźników średniodobowych wodomierza zasilającego i sumy wskazań wodomierzy odbiorców zasugerowały, że różnica w bilansie wody badanego osiedla może być wynikiem strat rzeczywistych powstałych wskutek wycieku wody z sieci wodociągowej.



Ryc. 6. Wykres wskaźników średniodobowych wodomierza zasilającego i sumy wodomierzy odbiorców

Przeprowadzono ponowną rejestrację przepływów na wodomierzu zasilającym całą strefę osiedla w wodę. Dla porównania wyniki rejestracji przedstawiono na wspólnym wykresie z przebiegiem sprzed stanu awaryjnego. Wyniki rejestracji przedstawiono na wykresie (ryc. 7).

Wykres rejestracji profilu przepływu z początku badań (przebieg niebieski) z nałożonym przebiegiem z okresu występowania dużej różnicy bilansowej (przebieg czerwony) pokazał, że wartości natężenia przepływu na zasilaniu strefy zwiększyły się. Było to bardziej widoczne w okresie występowania małych przepływów, a najbardziej w godzinach nocnych. Taki przebieg występującego natężenia przepływu wskazywał na



Ryc. 7. Zarejestrowane natężenie przepływu na wodomierzu zasilającym strefę osiedla przed awarią i w czasie jej trwania

duże prawdopodobieństwo występowania awarii sieci wodociągowej w obrębie badanego osiedla.

Po tym etapie analizy wysłano w rejon badań ekipę diagnostyki sieci wodociągowej w celu przeprowadzenia szczegółowych poszukiwań awarii i wycieków wody. Wykryto przeciek z sieci wodociągowej, z którego woda przedostawała się do sieci kanalizacyjnej. Przeciek ten nie był widoczny na powierzchni i przez to mógł pozostać niewykryty przez długi okres. Wielkość przecieku na podstawie pomiarów określono na ponad 1,5 m³/h. Po wykryciu miejsca przecieku awarię niezwłocznie usunięto.

Po zlikwidowaniu awarii wartość różnicy bilansowej w opomiarowaniu strefy wróciła do wartości z początku prowadzenia badań. Wykres wartości różnicy bilansowej przedstawiono na rycinie 8.

Wnioski

Wdrożenie systemu automatycznych odczytów stacjonarnych pozwala na gromadzenie bazy danych o wskazaniach wodomierzy w okresach dobowych. Taka baza może służyć nie tylko do cyklicznego rozliczania odbiorców, ale także do analizy strat wody w sieci rozdzielczej oraz strat pozornych na wodomierzach zainstalowanych u odbiorców.

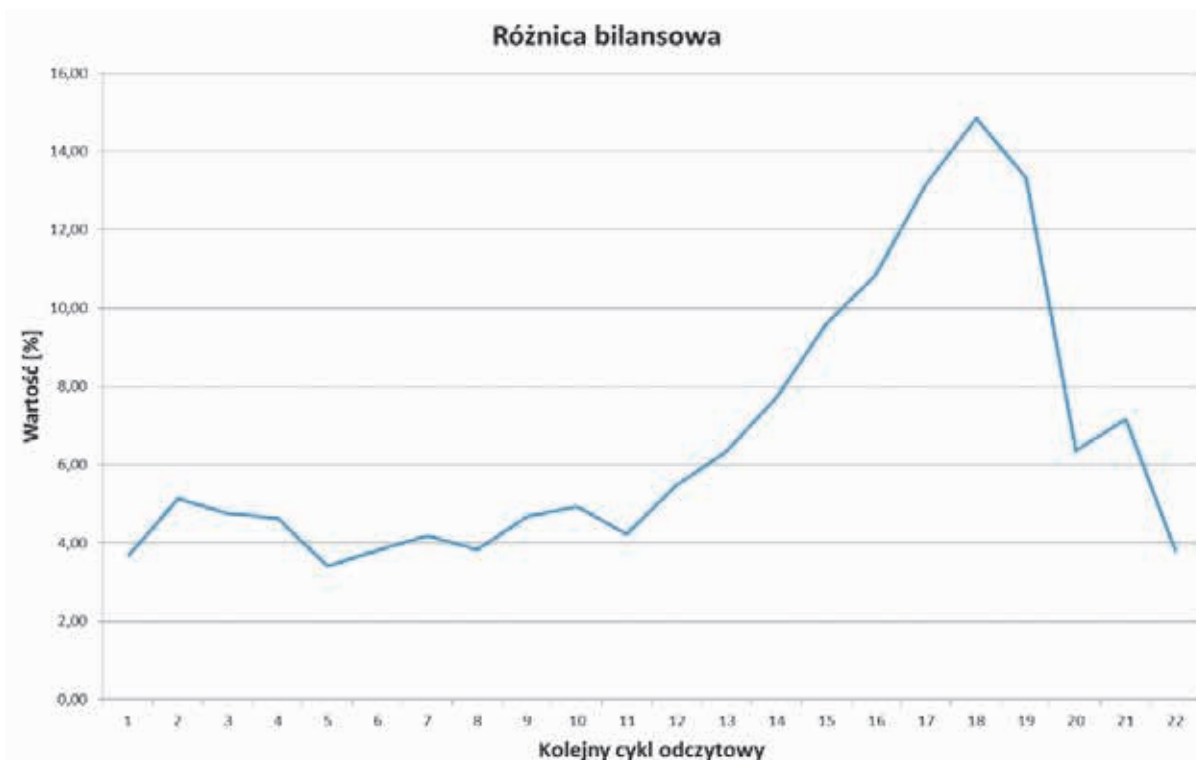
Do bieżącej analizy danych odczytowych niezbędne jest wdrożenie odpowiedniego narzędzia informatycznego, które umożliwi utworzenie struktur punktów poboru i pogrupowanie ich na strefy DMA. Wówczas dla każdej strefy system informatyczny może prowadzić sukcesywne analizy bilansu wody oraz trendów poszczególnych zużyć. Dodatkowo wartość każdego przychodzącego odczytu może być porównywana z wartością prognozowaną.

Na przykładzie badań opomiarowanej strefy zasilania DMA na jednym z krakowskich osiedli przedstawiono sposoby wy-

krywania awarii sieci wodociągowej oraz wodomierzy przez analizę danych z systemu automatycznych odczytów. Odczyty wodomierzy realizowano za pomocą urządzeń umożliwiających pozyskiwanie danych odczytowych w okresach jednodobowych. Przedstawiono wskazania w czasie normalnej pracy sieci i wodomierzy w strefie oraz w czasie awarii sieci. Prowadzone badania umożliwiły stworzenie algorytmu pozwalającego na sukcesywne prowadzenie kontroli strat wody.

Wykonane przez Wodociągi Krakowskie badania potwierdziły skuteczność automatycznego prowadzenia sukcesywnej kontroli strat wody za pomocą systemu zdalnych odczytów wodomierzy i podziału sieci na strefy DMA. Dotyczy to zarówno strat pozornych, jak i rzeczywistego wskazywania możliwości wystąpienia wycieków z sieci wodociągowej. Wdrożenie nowoczesnych technologii odczytów wskazań wodomierzy i ich rozliczania jest skuteczną metodą zmniejszenia skutków uszkodzeń wodomierzy, a przede wszystkim awarii sieci wodociągowej. Pozwala to także na dokładną analizę zastosowanych wodomierzy pod kątem optymalizacji średnicy nominalnej czy klasy dokładności. Może być również ważnym narzędziem do wyznaczania kierunków modernizacji i rozwoju nie tylko w sferze opomiarowania dostawy, ale także wykorzystania zasobów i potrzeb modernizacji. Wprowadza nową jakość w zakresie parametryzowania modelu matematycznego sieci wodociągowej.

Opracowano na podstawie fragmentu pracy doktorskiej Tomasza Cichonia *Ocena wieloaspektowa niezawodności systemu opomiarowania poboru i strat wody na podstawie doświadczeń eksploatacyjnych*, obronionej na Politechnice Krakowskiej w 2015 r. Zdjęcia i wykresy: MPWiK SA w Krakowie



Ryc. 8. Wykres wartości różnicy bilansowej w opomiarowaniu dostawy wody w strefie osiedla