

## POMIARY NA CZYNNYCH SIECIACH KANALIZACJI DESZCZOWEJ I OGÓLNOSPŁAWNEJ

Justyna Synowiecka<sup>1</sup>, Ewa Burszta-Adamiak<sup>1</sup>, Tomasz Konieczny<sup>2</sup>, Paweł Malinowski<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, e-mail: justyna.synowiecka@up.wroc.pl

<sup>2</sup> Centrum Nowych Technologii, MPWiK S.A. we Wrocławiu, ul. Na Grobli 14/16, 50-421 Wrocław, e-mail: tomasz.konieczny@mpwik.wroc.pl

### STRESZCZENIE

Monitoring sieci kanalizacyjnej jest niezwykle istotnym narzędziem do poznania zjawisk w niej zachodzących. W dobie urbanizacji i zwiększenia spływów powierzchniowych, kosztem naturalnej retencji w glebie, pomaga zminimalizować ryzyko wystąpienia lokalnych podtopień i zanieczyszczenia środowiska. Podstawowy zakres monitoringu obejmuje kontrolę wysokości opadów atmosferycznych za pomocą deszczomierzy oraz mających odzwierciedlenie w kanale, przepływów i napełnień przez przepływomierze ściekowe. Nieodzowną czynnością jest ich kalibracja. Poza bieżącym monitoringiem sieci kanalizacyjnej znaczenie mają także okresowe inspekcje kanałów przez pracowników przedsiębiorstw wod.-kan. W artykule dokonano przeglądu urządzeń pomiarowych, metod ich kalibracji oraz zjawisk zachodzących w czasie ich eksploatacji w sieci kanalizacyjnej. Na podstawie doświadczeń Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji we Wrocławiu przedstawiono rozwiązanie systemu monitorowania sieci kanalizacyjnej w mieście. Opisano spotykane problemy eksploatacyjne, przyczyny ich powstawania, sposoby przeciwdziałania oraz potrzebne kierunki zmian w celu usprawnienia pracy sieci oraz poprawy wskaźników efektywności KPI (*Key Performance Indicators*) wg EBC (*European Benchmarking Co-operation*).

**Słowa kluczowe:** monitoring sieci kanalizacyjnej, kalibracja, zatory, EBC (*European Benchmarking Co-operation*).

### COMBINED AND STORM SEWER NETWORK MONITORING

#### ABSTRACT

Monitoring of the drainage networks is an extremely important tool used to understand the phenomena occurring in them. In an era of urbanization and increased run-off, at the expense of natural retention in the catchment, it helps to minimize the risk of local flooding and pollution. In its scope includes measurement of the amount of rainfall, with the use of rain gauges, and their measure in the sewer network, in matter of flows and channel filling, with the help of flow meters. An indispensable part in this step is their proper calibration. In addition to ongoing monitoring of the sewer system, periodic inspections by the qualified employees of Water and Sewage Company should be done. The following article reviews measurement devices, their calibration methods, as well as the phenomena that occur during operation in the sewer network. It provides a solution for monitoring and

control based on the experience of the Municipal Water and Sewage Company in Wrocław, describing common operational problems, their causes, prevention methods and a network operation walkthrough with the improve of performance indicators KPI (Key Performance Indicators) according the ECB (European Benchmarking Co-operation).

**Keywords:** drainage network monitoring, storm sewer, calibration, obstructions, EBC (European Benchmarking Co-operation).

## WPROWADZENIE

Nieustanny rozwój zabudowy terenów zurbanizowanych prowadzi do uszczelnienia coraz większej powierzchni. W konsekwencji zachwiany zostaje naturalny bilans wodny tych obszarów, ponieważ dochodzi do wzrostu odpływu powierzchniowego wód opadowych oraz zmniejszenia infiltracji i retencji wody w glebie. Potrzeba zagospodarowania ogromnych objętości wód, niosących duży ładunek zanieczyszczeń [Królikowska, 2011; Koc-Jurczyk, 2013], doprowadziła do konieczności ich odprowadzenia systemami kanalizacyjnymi, a następnie podczyszczania na oczyszczalniach ścieków.

Takie rozwiązania gospodarowania wodą deszczową, pomimo tego, że są proste pod względem konstrukcyjnym, rodzą wiele problemów, których być może na początku nie byli świadomi eksploataccyści sieci kanalizacyjnych. Systemy kanalizacyjne wymagają stałej kontroli parametrów hydraulicznych w celu zapewnienia jak najmniejszej ich awaryjności oraz rozpoznania warunków hydraulicznych powstających w zmiennych stanach pracy. W ostatnich latach zwraca się uwagę na określenie wartości wskaźników efektywności KPI (*Key Performance Indicators*) wg EBC (*European Benchmarking Co-operation*) [Matos i in., 2006]. Poznanie osiąganych wartości przepływów, prędkości oraz napełnień pozwala na efektywniejsze sterowanie pracą sieci podczas awarii, która nie zawsze musi kończyć się, tzw. „wybiciem studzienek” i zalaniem terenów przyległych lub zanieczyszczeniem cieków zrzutami burzowymi [Błaszczak, 2010].

Monitoring sieci kanalizacyjnej polega na systematycznym gromadzeniu i weryfikacji danych dotyczących parametrów ilościowych ścieków [Mazurkiewicz, 2008]. Bieżące pomiary mogą posłużyć także do kalibracji modeli symulacyjnych [Choi i in., 2006]. Są to narzędzia ułatwiające proces predykcji stanu sieci w oparciu o warunki bezopadowe, deszczowe, awaryjne lub inne możliwe do wystąpienia (np. uszczelnienie kolejnej powierzchni zlewni) [Nowogoński, 2012]. Pozwalają one na wykrycie zjawisk niepożądanych, oszacowanie obciążenia systemu oraz wspomagają proces podejmowania decyzji. W praktyce oznacza to monitoring występowania cofek i spiężeń w kanale, napełnień maksymalnych, wykrywanie miejsc nadmiernego odkładania się osadów a także określenie objętości ścieków, które nie mogą być odebrane przez kanalizację [Adamowski, Leśniewski, 2010]. Bardzo ważną zaletą posiadania systemu monitoringu sieci kanalizacyjnej jest możliwość stworzenia systemów wczesnego

ostrzegania przed potencjalnym zagrożeniem. Jest to opcja wykorzystywana w wielu dziedzinach, a w przypadku sieci kanalizacyjnych pozwala na zminimalizowanie skutków powodzi miejskich, umożliwia podwyższenie bezpieczeństwa wodnego a także ułatwia proces zarządzania ryzykiem [Rak, 2010; Łomotowski i in., 2009].

Wszystkie urządzenia, zainstalowane w ramach monitoringu, powinny być usytuowane według określonych zasad i rejestrować dane z wymaganym krokiem czasowym. Nieodzowną czynnością jest kalibracja urządzeń pomiarowych. Poza bieżącym monitoringiem sieci kanalizacyjnej znaczenie mają także okresowe inspekcje kanałów przez pracowników przedsiębiorstwa eksploatującego sieć kanalizacyjną. Pozwalają one na znalezienie przyczyny zmian zdiagnozowanych przez służby eksploatacyjne, zlokalizowanie miejsc nieszczelności, skontrolowanie jakości połączeń przewodów oraz spękań [Mazurkiewicz, 2008].

Celem artykułu było przedstawienie istoty (potrzeby) prowadzenia monitoringu na czynnych sieciach kanalizacyjnych, analiza występujących problemów eksploatacyjnych, przyczyn ich powstawania oraz sposobów przeciwdziałania, a także kierunków zmian w celu usprawnienia pracy sieci oraz poprawy wskaźników efektywności KPI wg EBC. Zagadnienia te omówiono, w głównej mierze, w oparciu o doświadczenia Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji S.A. we Wrocławiu (MPWiK S.A. we Wrocławiu).

Ze względu na obszerność podjętej tematyki, w niniejszym artykule, przedstawiono kwestie monitoringu sieci kanalizacyjnych w aspekcie ilościowych pomiarów ścieków.

## PODSTAWY METODYCZNE PROWADZENIA POMIARÓW

Głównymi urządzeniami pomiarowymi, niezbędnymi do podstawowej oceny funkcjonowania systemu kanalizacyjnego są deszczomierze oraz przepływomierze ściekowe. Nie da się nadać im rangi ważności oraz jednoznacznie określić, które z nich są istotniejsze. Podstawą interpretacji danych o przepływach w kanale jest znajomość wielkości, intensywności, czasu trwania i rozkładu przestrzennego opadu atmosferycznego.

Z perspektywy ochrony terenów zurbanizowanych przed lokalnymi podtopieniami, pierwszorzędne znaczenie ma pomiar ilości ścieków. W dobie rynku konsumenta dostęp do różnorodnych rozwiązań jest nieograniczony, a przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjne mogą wybrać mierniki indywidualnie dopasowane do swoich potrzeb. Do pomiaru objętości ścieków dostających się do kanalizacji grawitacyjnej oraz ciśnieniowej, najczęściej stosuje się przepływomierze ultradźwiękowe działające na zasadzie wykorzystania efektu Dopplera (rys. 1).

W skład takiego miernika wchodzi nieruchomy odbiornik oraz nadajnik (sonda dolna i górna), który wysyła fale ze znaną częstotliwością i kątem w stosunku do przepływającego medium. Jednostka pomiarowa jest instalowana w studni rewizyjnej, natomiast sondy wewnątrz kanału. Sonda dolna rejestruje natężenie przepływu,

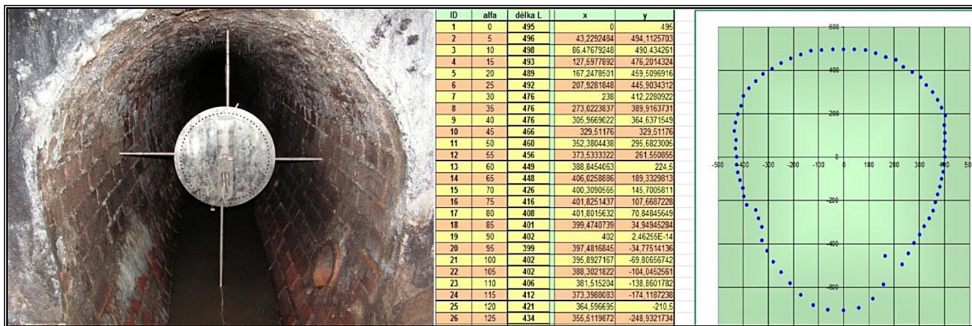


**Rys. 1.** Przepływomierz ultradźwiękowy: jednostka pomiarowa (po lewej), górna i dolna sonda (po prawej) [MPWiK S.A. we Wrocławiu]

wypełnienie, oraz prędkość, natomiast górna zostaje uruchomiona dopiero po przekroczeniu pewnej wysokości medium i dokonuje dodatkowego pomiaru napelnienia oraz temperatury. W przewodach kanalizacji tłocznej stosuje się przepływomierze elektromagnetyczne. Ich zasada działania opiera się na wytworzonym przez cewki czujnika, polu magnetycznym obejmującym swym zasięgiem cały przekrój przewodu (wykorzystane jest prawo Faradaya).

Urządzenia do pomiaru wysokości i intensywności opadu oraz czasu jego trwania pozwalają na określenie wartości progowych opadów, przy których kanalizacja może zostać nadmiernie obciążona. Nowoczesne deszczomierze są połączone z rejestratorem opadu tzw. DataLoggerem zapisującym dane, które następnie są wysyłane do użytkownika. Najczęściej stosowanym urządzeniem wykorzystywanym na potrzeby pomiaru parametrów opadu jest elektroniczny deszczomierz wagowy lub laserowy disdrometr optyczny. Drugie z urządzeń dokonuje pomiaru poprzez wysyłaną wiązkę światła, która w momencie opadu jest przerywana. Dzięki temu urządzenie jest zdolne nie tylko do określenia podstawowych parametrów opadu, ale także jego rodzaju a nawet wielkości kropel (w przypadku deszczu) [Licznar, 2009].

Kalibracja urządzeń pomiarowych polega na ich indywidualnym dopasowaniu do panujących w otoczeniu warunków w celu pozyskania wyników obarczonych jak najmniejszym błędem pomiarowym. W przypadku kanalizacji przeprowadza się kalibrację geometrii kanału i prędkości przepływu. Określenie wymiarów przewodów może odbyć się w dwojaki sposób. Pierwszy z nich polega na wykorzystaniu dwóch skrzyżowanych względem siebie miarek – pionowej oraz poziomej. Jedna z nich jest nieprzesuwna i generuje pomiar stały (wysokości kanału), druga teleskopowa – określa zmienne wartości osiąganych wymiarów poziomych. Druga technika bazuje na zastosowaniu okrągłego dysku z podziałką co 5. Do tarczy zostaje przymocowany obracający się dalmierz laserowy, który poprzez promień lasera dokonuje obmiaru (rys. 2). Wszystkie wartości są wprowadzane do programu, który automatycznie wykreśla profil przekroju poprzecznego kanału.



Rys. 2. Kalibracja geometrii kanału [MPWiK S.A. we Wrocławiu]

Kalibracja prędkości przepływu w przekroju pionowym i poziomym odbywa się z wykorzystaniem rurki Pitota. Główny problem polega na wyznaczeniu prędkości średniej, którą uzyskuje się dopiero po przemnożeniu prędkości lokalnej (wskazywanej przez urządzenie) przez odpowiedni współczynnik skalowania. Współczynnik kalibracji jest zależny od warunków panujących na stanowisku pomiarowym, dlatego też dopasowuje się go do każdego miejsca indywidualnie. Kalibracja urządzeń powinna odbywać się w warunkach pogody bezdeszczowej oraz deszczowej. Właściwe tarowanie prędkości gwarantuje lepszą dokładność wyniku, ponieważ poprzez iloczyn napelnienia oraz prędkości przepływu obliczone zostaje natężenie przepływu ścieków.

Kalibracja deszczomierzy wykonywana jest w warunkach laboratoryjnych za pomocą metody statycznej i dynamicznej. Pierwsza z nich polega na powolnym (kropelkowym z pipety) napelnianiu wodą równoważni, znajdującej się wewnątrz deszczomierza. Dzięki temu możliwe jest określenie objętości opadu, przy której następuje zmiana jej położenia, a tym samym odczytów w trakcie pomiaru przez deszczomierz. Zbiór otrzymanych danych następnie opracowywany jest statystycznie.



Rys. 3. Kalibracja deszczomierza [E. Burszta-Adamiak]

Metoda dynamiczna polega na zastosowaniu różnych intensywności tzw. „sztucznego opadu” i obserwacji zachowania równoważni w deszczomierzu. Do tego celu wykorzystywana jest bardzo precyzyjna pompa medyczna, za pomocą której dawkowana jest objętość wody z wybranym natężeniem, symulująca różne intensywności opadu przez zadany czas. Pozwala to na określenie błędu pomiaru na podstawie wykreślanych w programie komputerowym krzywych kalibracji. Zdjęcie równoważni deszczomierza oraz aparatury kalibrującej przedstawiono na rysunku 3.

## **MONITORING SIECI KANALIZACYJNEJ PROWADZONY PRZEZ MPWiK S.A. WE WROCŁAWIU**

W celu zmniejszenia awaryjności sieci kanalizacyjnych oraz zrozumienia zjawisk w nich panujących, zarządcy sieci starają się pozyskać jak największą liczbę informacji na temat ilości ścieków w różnych warunkach eksploatacyjnych. Przykładem jest Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji S.A. we Wrocławiu, które od 2012 roku realizuje projekt pod tytułem „Monitoring sieci kanalizacyjnej”. Podstawowym jego celem jest zebranie danych na temat przepływów panujących w głównych kolektorach kanalizacyjnych miasta, które stanowią bazę do wdrożenia wielu projektów realizowanych przez Centrum Nowych Technologii wrocławskiego przedsiębiorstwa.

MPWiK S.A. we Wrocławiu swoim zasięgiem działania obejmuje powierzchnię prawie 300 km<sup>2</sup>, która jest zamieszkiwana przez około 633 tys. mieszkańców. Sieć kanalizacyjna (ogólnospławna i sanitarna) liczy ponad 1300 km i jest wykonana z kamionki, cegły, betonu, GRP oraz PCV. Wrocławska infrastruktura ściekowa osiąga różnorodne kształty przekrojów poprzecznych: kołowe, jajowe, gruszkowe oraz niestandardowe [Malinowski i in., 2014]. Pomiary prowadzone są nie tylko na większych obiektach wrocławskiego przedsiębiorstwa, takich jak przepompownie czy oczyszczalnia, ale także wewnątrz kanałów. Sieć monitoringu stanowią deszczomierze wagowe oraz przenośne przepływomierze ultradźwiękowe.

Pomiar wielkości opadu atmosferycznego odbywa się przy użyciu 9 urządzeń zainstalowanych na obiektach przedsiębiorstwa, zlokalizowanych w każdej części miasta Wrocławia, co gwarantuje określenie przestrzennego rozkładu opadów. MPWiK S.A. we Wrocławiu dysponuje także pomiarami ze stacji pogodowej. Zastosowane deszczomierze typu wagowego, umożliwiają pomiar opadu o maksymalnej intensywności dochodzącej do 120 mm/min. Rejestrują dane z 1 minutowym krokiem czasowym, które są następnie przesyłane na infrastrukturę IT za pośrednictwem GPRS. Użytkownik ostatecznie pozyskuje plik stałoprzecinkowy (.csv) z danymi pomiarowymi.

Na sieć przepływomierzy składa się dziewięć przenośnych urządzeń typu ultradźwiękowego. Są one zbudowane z sond ultradźwiękowych oraz jednostki pomiarowej instalowanej w studni rewizyjnej. Sondy zostały zamontowane za pomocą stalowych blach montażowych do ścian kanału. Przeprowadzają one pomiar takich parametrów jak: przepływ, wypełnienie, prędkość przepływu oraz temperaturę ścieków. Rejestra-

cja danych odbywa się w odstępach 5 minutowych, a informacje są przesyłane do użytkownika (podobnie jak w przypadku deszczomierzy) za pośrednictwem GPRS. Z uwagi na niesprzyjające warunki panujące w kanałach, przepływomierze wymagają częściej obsługi eksploatacyjnej (wymiana baterii, czyszczenie sond, mocowanie kabli sygnałowych). Ponadto zdarza się także ich zalanie przez podwyższające się zwierciadło ścieków oraz zabrudzenie osadami. W celu zobrazowania skali zniszczeń wynikającej z zalania urządzeń pomiarowych na rys.4 przedstawiono wyeksploatowane sondy przepływomierza oraz jednostkę. Dodatkowo można zaobserwować zaśniedzenie przewodów.



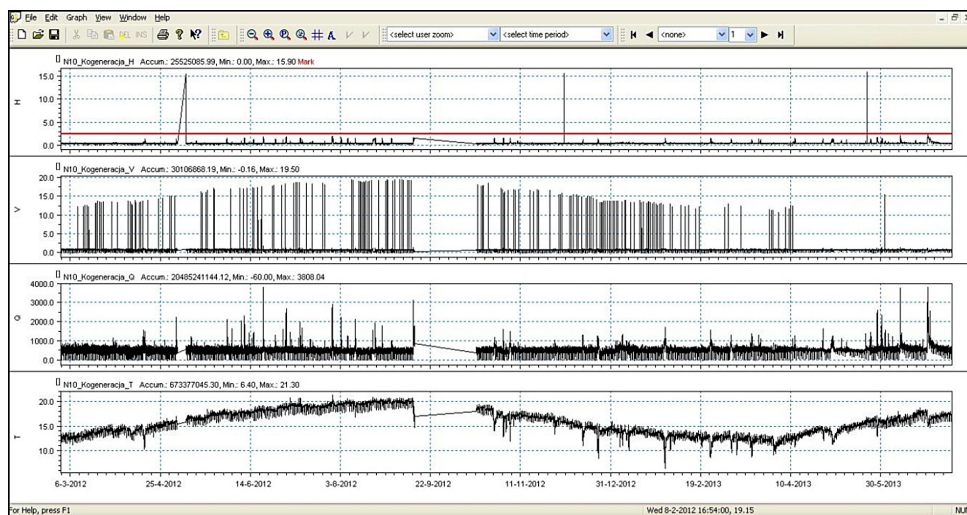
Rys. 4. Wyeksploatowany przepływomierz ultradźwiękowy [MPWiK S.A. we Wrocławiu]

Z uwagi na dużą podatność na uszkodzenia ich stan podlega kontroli co 2 tygodnie oraz po wystąpieniu większych opadów.

Dla danych pochodzących z deszczomierzy i przepływomierzy wymagana jest każdorazowo ich weryfikacja. Proces ten jest wspomagany specjalnie utworzonym do tego celu oprogramowaniem, który pozwala m.in. na tworzenie grupowych wykresów napelnień, prędkości, natężeń przepływu oraz temperatury ścieków w danym czasie dla wybranego punktu pomiarowego (rys. 5). Aplikacja umożliwia także porównanie wybranego parametru dla wszystkich urządzeń pomiarowych jednocześnie. Obróbka danych, doprowadzająca do ostatecznego wniosku i podejmowania decyzji, jest bardzo czasochłonna i wymaga rozpatrzenia wszystkich czynników wpływających na system w sposób kompleksowy.

## CELE I ZASADY PROWADZENIA MONITORINGU

Efekty końcowe rzetelnie prowadzonego monitoringu systemów kanalizacyjnych niosą wiele korzyści dla eksploatorów i są pomocne m.in. przy podejmowaniu kluczowych decyzji w codziennej eksploatacji. Doświadczenia uczą, że nie można zastosować jednakowego schematu wprowadzenia monitoringu dla wszystkich rodzajów sieci kanalizacyjnych w dowolnym miejscu. Nie istnieje uniwersalna procedura postępowania, ponieważ każda sieć posiada swoisty charakter, warunkowany wieloma czynnikami zarówno stałymi jak i losowymi.



Rys. 5. Interfejs użytkownika (od góry: wykres napężeń, prędkości, natężenia przepływu oraz temperatury ścieków w czasie) [MPWiK S.A. we Wrocławiu]

Kwestia wyboru odpowiedniego urządzenia pomiarowego jest już sama w sobie problematyczna. W przypadku przepływomierzy znaczącym aspektem jest określenie wymaganego zakresu pomiarowego, który w wielu miejscach na sieci, przy różnych warunkach pogodowych, powinien generować pomiar ze stałą dokładnością. Z praktyki wynika, iż przy małych wypełnieniach kanałów zaleca się stosowanie przepływomierza ultradźwiękowego z zainstalowanymi sondami od góry, przy średnich i dużych – od dołu. Najbardziej dokładne wyniki gwarantuje pomiar ultradźwiękowy jednocześnie od góry i dołu. Ponadto od przepływomierzy oczekuje się znacznej żywotności baterii. Oczywistym jest, iż częstszy krok pomiarowy wymaga dostarczenia większej ilości energii, jednak eksploatorom zależy na jak najdłuższym czasie pracy pomiędzy jej wymianami. W przypadku deszczomierzy sprawa wydaje się być prostsza, gdyż warunki meteorologiczne są mniej srogie aniżeli te panujące w kanałach. Jedyną niedogodnością jest krótki okres żywotności baterii. Należy jednak podjąć decyzję, czy będzie to deszczomierz wagowy czy disdrometr optyczny.

Kolejnym zadaniem jest wybór właściwego miejsca pomiarowego, ponieważ ma ono szczególne znaczenie dla jakości pomiaru. Sugeruje się, by sondy przepływomierza były instalowane na prostych odcinkach kanalizacji, w których prędkość przepływu nie byłaby zakłócona. Nie zaleca się ich montażu w studniach lub komorach rewizyjnych. Ponadto należy unikać lokalizacji tych urządzeń w miejscach możliwego przepływu wielkogabarytowych zanieczyszczeń. Istotne jest także solidne zabezpieczenie urządzeń pomiarowych przed możliwością wystąpienia burzliwych przepływów w kanałach. Instalacja czujników wymaga posiadania fachowego sprzętu oraz umiejętności. Z uwagi na panujące w tym środowisku warunki, coraz częściej



zleca się wykonanie tej czynności wyspecjalizowanym firmom. Deszczomierze lokuje się w miejscach zabezpieczonych przed kradzieżą lub zniszczeniem, zazwyczaj na własnych obiektach przedsiębiorstwa wod-kan. Ponadto powinny być instalowane na powierzchni nieutwardzonej, z dala od obiektów mogących je osłaniać oraz powodować powstanie lokalnych przeciągów powietrza.

Istotnym aspektem jest wybór kroku czasowego rejestracji pomiarów. Jest on warunkowany informacjami, jakie chcemy wydobyć z zapisanych danych. Powinno unikać się zbyt częstych pomiarów, ponieważ nie tylko przyspieszają proces wyczerpania baterii, ale także powodują nadmierną produkcję informacji zajmujących znaczne ilości pamięci. Bardzo ważną sprawą jest także zgranie czasowe danych z przepływomierzy i deszczomierzy. Przepływomierze są programowane na czas panujący w momencie montażu, dlatego też po zmianie sezonu (letni/zimowy) należy pamiętać o ich ponownej synchronizacji. Sposób transmisji danych powinien być także przemyślany. Technika bezprzewodowa, pomimo tego iż tańsza i łatwiejsza do implementacji, niesie za sobą większe koszty eksploatacji oraz częstszą awaryjność. Sam proces przesyłu danych do użytkownika nie powinien odbywać się na bieżąco aczkolwiek pożądanym jest, by w czasie pracy awaryjnej sieci był wzmocniony.

Codzienna eksploatacja urządzeń tworzących system monitoringu wymaga częstych inspekcji ich stanu. Zgodnie z zaleceniami, przynajmniej raz w miesiącu należy poddać kontroli, m.in. zasilanie energetyczne stanowisk pomiarowych oraz rejestratory. Wskazane jest, by dwa razy w miesiącu sprawdzić stan mocowania czujników, ilości nagromadzonych osadów oraz w razie konieczności oczyścić elementy urządzenia z naniesionych zanieczyszczeń. Raz na pół roku sugeruje się skontrolowanie prawidłowości wskazań deszczomierzy [Adamowski, Leśniewski, 2010].

Podstawowym problemem MPWiK S.A. we Wrocławiu jest częste powstawanie zatorów, dlatego też jednym z głównych priorytetów przedsiębiorstwa jest zmniejszenie ich ilości. Rocznie dyspozytor otrzymuje około 6000 zgłoszeń o tego typu zdarzeniach. Ich przyczyn należy dopatrywać się w złym stanie technicznym sieci (w tym powstawanie przeciwspadków), zbyt małych spadkach niegwarantujących samooczyszczanie się przewodów oraz niskich wpięciach przyłączy do kanałów oraz kanałów do kolektorów. Ponadto bardzo często dochodzi do zanieczyszczenia przewodów w wyniku nieodpowiedniego zabezpieczenia urządzeń rewizyjnych, zrzutów ścieków zawierających dużo substancji tłuszczowych lub prowadzonych prac budowlanych w ich bezpośrednim otoczeniu.

MPWiK S.A. we Wrocławiu prowadzi inwentaryzację wyżej opisanych zdarzeń z wykorzystaniem GIS (Systemów Informacji Geograficznej) oraz dedykowanego modułu. Na mapie numerycznej są one nanoszone dla przyłączy kanalizacyjnych oraz odcinków przelotowych. Zatory najczęściej tworzą się w dzielnicach centralnych miasta, co warunkowane jest znacznym wiekiem infrastruktury kanalizacyjnej (50-91 zatorów/100 km sieci). Najmniej awarii zostało zanotowanych na peryferiach miasta (0-3 zatorów/100 km sieci) z uwagi na stosunkowo nowy system kanalizacyjny. Można zaobserwować widoczną zależność pomiędzy liczbą występujących zatorów a stop-

niową urbanizacją kolejnych terenów miasta. Średnia ilość zatorów na przyłączach, w przypadku przedsiębiorstwa wrocławskiego, wynosi 66,52 zatorów/100 km sieci. Średnie wartości wskaźników są obliczane dla wszystkich przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych, które wdrożyły European Benchmarking Co-operation.

**Tabela 1.** Osiągane wskaźniki efektywności wg EBC (stan na rok 2013) [MPWiK S.A. we Wrocławiu oraz dane EBC 2013]

Wskaźnik	Średnia	Wartość uzyskana w najlepszym przedsiębiorstwie w Europie	Wartość uzyskana w MPWiK S.A. we Wrocławiu
Liczba zatorów na 100 km sieci	52,00	0,57	67,00
Procent sieci poddanej wymianie	0,8	7,0	0,4
Procent sieci poddanej inspekcji	8,0	100,0	5,4

W ramach priorytetu dotyczącego zmniejszenia ilości zatorów w MPWiK S.A. we Wrocławiu dąży się do poprawy wskaźników efektywności wg EBC (*European Benchmarking Co-operation*) rekomendowanej przez stowarzyszenie IWA (*International Water Association*) (tab. 1). Na podstawie wartości wskaźników można zaobserwować, że wrocławskie przedsiębiorstwo plasuje się w granicach średnich wartości wskaźników. Taka pozycja w „rankingach” jest motywacją dla wrocławskiego przedsiębiorstwa do rozszerzania monitoringu i modernizacji sieci kanalizacyjnej w kierunku optymalizacji jej funkcjonowania.

## WNIOSKI

Na podstawie doświadczeń wynikających z praktyki eksploatacyjnej MPWiK S.A. we Wrocławiu można wysunąć następujące wnioski:

1. Monitoring sieci kanalizacyjnej jest niezbędnym narzędziem do poprawy jej funkcjonowania oraz zapobiegania lokalnym wybiciom studzienek i podtopieniom, a co za tym idzie ochrony środowiska przed zanieczyszczeniem. W celu zabezpieczenia urządzeń pomiarowych przed awariami należy prowadzić ich okresowe przeglądy oraz konserwację.
2. W skład systemu pomiarowego wchodzi deszczomierze oraz przepływomierze. Do rejestracji ilości ścieków przepływających przez kanalizację grawitacyjną stosuje się przepływomierze ultradźwiękowe. Sonda dolna i górna umieszczana jest na prostych odcinkach wewnątrz przewodu, natomiast jednostka pomiarowa lokalizowana jest w studni rewizyjnej.
3. Najważniejszym procesem prowadzenia pomiarów na czynnych sieciach kanalizacyjnych jest właściwa kalibracja urządzeń pomiarowych. Przeprowadza się ją w celu zwiększenia dokładności uzyskanych wyników.

## PIŚMIENNICTWO

1. Adamowski W., Leśniewski M. 2010. Utrzymanie systemów modelowania sieci wodociągowych i kanalizacyjnych na podstawie doświadczeń warszawskich, *Instal* 2, 26–31.
2. Błaszczuk P. 2010. Gospodarowanie wodami opadowymi w mieście. Główne problemy i kierunki działań. *Instal* 2, 37–43.
3. Choi S.C., Jung D.I., Won C.H., Rim J.M. 2006. Calculation of Intercepted Volume of Sewer Overflows: a Model for Control of Nonpoint Pollution Sources in Urban Areas. *Journal of Ocean University of China*, Vol. 5, No. 4, 317–321.
4. EBC (European Benchmarking Co-operation). *Methodology Part II: Reference Guide – 4.3.5.*, Den Haag 2013.
5. Koc-Jurczyk J. 2013. Mikrobiologiczne usuwanie metali ciężkich ze ścieków. *Inżynieria Ekologiczna* 34, 166–172.
6. Królikowska J. 2011. Urządzenia inżynierskie z ruchem wirowym stosowane na sieci kanalizacyjnej do zmniejszania ładunku zawiesiny w ściekach deszczowych. *Inżynieria Ekologiczna* 26, 156–170.
7. Licznar P. 2009. Wstępne wyniki porównawczych testów polowych elektronicznego deszczomierza wagowego OTT Pluvio<sup>2</sup> i disdrometru laserowego Parsivel. *Instal* 7-8, 43–50.
8. Łomotowski J., Paluch-Puk M., Sieradzan M. 2009. Wykorzystanie danych pochodzących z monitoringu do prognozowania ilości ścieków dopływających do oczyszczalni. *Instal* 4, 51–56.
9. Malinowski P., Konieczny T., Bober A., Mirowski M. 2014. Przez sieć do decyzji. *BMP Ochrona Środowiska* 1, 30–35.
10. Matos Rafaela et al. 2006. Performance Indicators for Wastewater Services. *Manual of Best Practice*. IWA Publishing, London.
11. Mazurkiewicz K. 2008. Monitoring systemów usuwania i unieszkodliwiania ścieków. *Wodociągi – Kanalizacja* 5(51), 94–98.
12. Nowogoński I. 2012. Monitoring napełnienia i natężenia przepływu. *Wodociągi – Kanalizacja* 4(98), 44–47.
13. Rak J. 2010. Zagrożenia i ryzyko w funkcjonowaniu współczesnych wodociągów i kanalizacji. *Instal* 2, 15–19.