

**IRENEUSZ NOWOGOŃSKI\***

**ANALIZA DZIAŁANIA SYSTEMU MONITORINGU SIECI KANALIZACYJNEJ MIASTA GŁOGOWA – WSTĘPNE WYNIKI**

*Streszczenie*

*W pracy przedstawiono analizę działania systemu monitoringu sieci kanalizacji ogólnospławnej oraz opadów zlewni deszczowej. Wykazano wpływ planowania pomiarów na uzyskiwane rezultaty. Wskazano błędy popełnione na etapie montażu oraz konfiguracji urządzeń pomiarowych.*

Słowa kluczowe: kanalizacja ogólnospławna, monitoring strumieni ścieków, monitoring opadów

**WSTĘP**

System monitoringu wybranych parametrów hydraulicznych w kanalizacji oraz warunków meteorologicznych oparty jest na jednostkowych urządzeniach pomiarowych. Dobór urządzeń pomiarowych, niezależnie od rosnącej podaży, obciążony jest zawsze ryzykiem związanym z utrzymaniem deklarowanych przez producenta odporności na czynniki zewnętrzne czy zapewnienia dokładności pomiaru. Znaczenie ma tu wybór typu urządzenia. Odchylenia sum miesięcznych, między odczytami uzyskanymi deszczomierzem Hellmanna a pluwiografem pływakowym czy korytkowym mogą przekraczać 2,5% [Kotowski i in. 2010].

Niezależnie od wymiany informacji między firmami zarządzającymi systemami kanalizacyjnymi ostateczna ocena zastosowanego sprzętu odbywa się zwykle dopiero po wdrożeniu systemu pomiarowego i wykonaniu wstępnych pomiarów.

---

\* Uniwersytet Zielonogórski w Zielonej Górze, Instytut Inżynierii Środowiska

### BŁĘDY POMIARÓW SPOWODOWANE WADLIWYM MONTAŻEM I KONFIGURACJĄ

Analizowany system monitoringu sieci kanalizacyjnej wdrożony został w Głogowie. W mieście przeważa kanalizacja ogólnospławna. Główny system kolektorów pochodzi z okresu przedwojennego i charakteryzuje się zbyt małą przepustowością w czasie opadów o znacznym jednostkowym natężeniu oraz występowaniem małych prędkości przepływu w okresach pogody bezdeszczowej, co skutkuje szybko rosnącą warstwą osadów. Zastosowano pomiar strumienia objętości w oparciu o urządzenia ultradźwiękowe [Michalski 2004].

*Tab. 1. Kompletność odczytów - przepływomierze przy ul. P. Skargi [Nowogoński i Kaczmarek 2012]*

*Tab. 1. Completeness of readings – flowmeters near P. Skargi street [Nowogoński and Kaczmarek 2012]*

Miesiąc	ul. P. Skargi		
	kanał dopływowy	kanał odpływowy	kanał odciążający
01.2012	Brak odczytów od 1.01 11:25 do 10.01 7:50	Odczyty kompletne	Odczyty kompletne
02.2012	Brak odczytów od 17.02 12:55	Odczyty kompletne	Odczyty kompletne
03.2012	Brak odczytów do 30.03 9:25	Odczyty kompletne	Brak odczytów od 23.03 9:35 do 29.03 10:50
04.2012	Brak odczytów od 27.04 7:00	Odczyty kompletne	Brak odczytów od 30.04 8:35
05.2012	Brak odczytów od 1.05 do 31.05	Brak odczytów od 29.05 12:50 do 30.05 9:25	Brak odczytów od 1.05 do 31.05
06.2012	Brak odczytów od 14.06 6:50	Brak odczytów od 14.06 11:17	Brak odczytów do 14.06 10:45
07.2012	Brak odczytów do 13.07 9:25	Brak odczytów do 12.07 13:30	Brak odczytów od 13.07 8:15 do 16.07 14:40
08.2012	Odczyty kompletne	Odczyty kompletne	Odczyty kompletne
09.2012	Kompletne odczyty do 21.09 11:30	Odczyty kompletne	Odczyty do 5.09 12:10

Deklarowana dokładność pomiaru średniej prędkości przepływu wynosi 0,5% odczytu, podobnie dokładność pomiaru napełnienia zadeklarowano na poziomie 0,5% odczytu. W przypadku deszczomierzy producent podaje deklarowaną rozdzielczość równą 0,001 mm.

Tab. 2. *Kompletność odczytów - przepływomierze przy ul. Nadbrzeżnej [Nowogoński i Kaczmarek 2012]*

Tab. 2. *Completeness of readings – flowmeters near Nadbrzeżna street [Nowogoński i Kaczmarek 2012]*

Miesiąc	ul. Nadbrzeżna		
	kanał dopływowy 1	kanał dopływowy 2	kanał odpływowy
01.2012	Odczyty kompletne	Odczyty kompletne	Odczyty kompletne
02.2012	Odczyty kompletne	Brak odczytów od 13.02 14:30 do 17.02 12:40	Odczyty kompletne
03.2012	Odczyty kompletne	Odczyty kompletne	Brak odczytów od 16.03 14:55 do 23.03 13:20
04.2012	Brak odczytów od 5.04 20:20	Brak odczytów od 25.04 7:50 do 26.04 9:00	Brak odczytów od 17.04 13:35 do 25.04 10:30
05.2012	Brak odczytów do 31.05 9:55	Brak odczytów od 27.05 15:00 do 30.05 13:00	Brak odczytów od 09.05 10:45 do 29.05 10:00
06.2012	Brak odczytów od 29.06 10:30	Brak odczytów od 28.06 3:50	Brak odczytów od 11.06 0:22
07.2012	Brak odczytów od 24.06 10:45	Brak odczytów do 25.07.2012 13:10; od 25.07.2012 13:10 błędne odczyty – awaria sprzętu	Brak odczytów od 1.07 do 31.07
08.2012	Brak odczytów do 14.08 12:15; od 14.08 12:20 do 20.08 21:30 błędne odczyty – awaria sprzętu	Brak odczytów od 13.08 8:00 do 20.08 9:20; do 13.08 7:55 – błędne odczyty – awaria sprzętu	Brak odczytów do 1.08 12:35; brak odczytów od 29.08 8:10
09.2012	Kompletne odczyty - błędne wyniki – awaria sprzętu	Kompletne odczyty do 24.09 11:40	Brak odczytów do 6.09 14:00

Uzyskane w okresie pomiarowym styczeń-wrzesień 2012 odczyty pomiarów strumienia objętości wskazują na niską jakość stosowanego w urządzeniu rejestratora wyników (tabele 1, 2 i 3). Niezależnie od jakości i możliwości czujnika pomiarowego większość odczytów tracona jest z powodu:

- braku kontaktu między sondą pomiarową a rejestratorem spowodowanego uszkodzeniem, korozją oraz w jednym przypadku fabryczną wadą gniazda

- przełączeniowego, deklarowanego przez producenta, jako wykonanego przy zachowaniu odpowiedniego stopnia ochrony (IP68);
- błędów w oprogramowaniu rejestratora, powodujących brak zapisu wyników po nieudanym restarcie urządzenia, czyli finalnej operacji obsługi i transmisji danych do urządzenia zewnętrznego.

*Tab. 3. Kompletność odczytów - przepływomierze przy ul. Poczdamskiej i na terenie Oczyszczalni Ścieków [Nowogoński i Kaczmarek 2012]*

*Tab. 3. Completeness of readings – flowmeters near Poczdamska street and in Sewage Treatment Plant [Nowogoński i Kaczmarek 2012]*

Miesiąc	ul. Poczdamska		Oczyszczalnia ścieków
	stanowisko PKS	stanowisko Topolowa	
01.2012	Odczyty kompletne	Odczyty kompletne	Brak odczytów
02.2012	Brak odczytów od 26.02 15:05	Odczyty kompletne	Brak odczytów
03.2012	Brak odczytów do 22.03 12:50; brak odczytów od 26.03 5:35	Brak odczytów od 22.03 9:55	Brak danych od początku miesiąca do 14.03 11:00
04.2012	Brak odczytów	Brak odczytów do 19.04 9:45	Odczyty kompletne
05.2012	Brak odczytów	Brak odczytów od 28.05 12:25 do 30.05 7:30	Odczyty kompletne
06.2012	Brak odczytów do 12.06 9:15	Brak odczytów od 27.06 6:55	Odczyty kompletne
07.2012	Odczyty kompletne	Od 9.07 do 25.07 błędne odczyty – awaria	Brak odczytów od 17.07 14:25 do 18.07 8:15
08.2012	Odczyty kompletne	Brak odczytów od 17.08 12:40	Brak odczytów od 16.08 7:35
09.2012	Odczyty kompletne	Brak odczytów do 7.09 9:10; błędne odczyty – awaria	Brak odczytów do 7.09 13:00

Paradoksalnie, najmniej kompletne rezultaty uzyskano na stanowisku zlokalizowanym na terenie oczyszczalni ścieków, jako jedynym zasilanym z sieci energetycznej oczyszczalni, a co za tym idzie, niezależnym od potencjalnie zawodnego zasilania akumulatorowego. Najprawdopodobniej przyczyną było właśnie zbytne zaufanie do urządzenia, co w przypadku wystąpienia błędu restartu urządzenia, powoduje utratę dłuższego okresu pomiarowego.

Większość wyników pomiarów niezależnie od lokalizacji obarczona jest błędami wynikającymi z:

- możliwości sprzętu (oprogramowania wewnętrznego) umożliwiające wprowadzenie tylko dziesięciu punktów charakterystycznych analizowanego przekroju;
- wadliwej konfiguracji urządzenia, polegającej na mało racjonalnym wyborze lokalizacji wybranych punktów charakteryzujących kształt przekroju, co w efekcie prowadzi do zbytniego uproszczenia kształtu przekroju i występowania błędu oszacowania powierzchni czynnej strugi ścieków a w konsekwencji natężenia przepływu [Nowogoński 2012];
- wykorzystania mało wiarygodnego algorytmu oceny strumienia przepływu przy małych napełnieniach [Nowogoński 2012].

Tab. 4. Kompletność odczytów – deszczomierze [Nowogoński i Kaczmarek 2012]

Tab. 4. Completeness of readings – rain gauges [Nowogoński i Kaczmarek 2012]

Miesiąc	Suma czasów okresów bez zarejestrowanych odczytów						Max. czas przerwy w odczytach
	Łąko wa	NTI	Oczysz czalnia	Perseus za	Ruszo wice	Targow isko	
	[godziny]						[min]
09.2011	115	105	106	97	76	77	177
10.2011	136	136	130	109	116	108	176
11.2011	203	205	189	165	143	140	222
12.2011	189	189	176	409	172	166	1192
01.2012	172	171	166	740	151	131	680
02.2012	92	89	90	344	80	82	552
03.2012	92	89	97	95	87	79	196
04.2012	95	90	84	93	86	54	178
05.2012	60	76	73	69	64	60	198
06.2012	49	48	42	53	63	36	172
07.2012	52	50	58	49	52	35	177
08.2012	139	133	218	118	119	101	206
09.2012	114	123	awaria	112	93	230	151

Zastosowany przepływomierz profilujący przy wystąpieniu większych napełnień spowodowanych przepływami w okresach pogody deszczowej posługuje się awaryjnym czujnikiem pomiaru napełnienia zamiast podstawowego, co może powodować błędy w szacowaniu napełnienia kanału ściekami a w konsekwencji strumienia przepływu.

W przypadku pomiarów opadów deszczowych braki odczytów okazały się tak duże, że postawione zadania badawcze nie zostały praktycznie zrealizowane na żadnym stanowisku pomiarowym (tabela 4). Maksymalne długości przerw

w odczytach sięgają 222 minut i występowały zarówno w okresie pogody bezdeszczowej, jak i w czasie występowania opadów atmosferycznych. Sumaryczne miesięczne sumy okresów pozbawionych odczytów wahały się w zakresie od 42 do 230 godzin (bez uwzględnienia okresów awarii stanowiska przy ul. Perseusza).

Pracownicy serwisu gwarancyjnego z uporem twierdzili, że problemy związane z transferem danych związane są z warunkami lokalnymi i spowodowane są przez niską jakość istniejącej infrastruktury teleinformatycznej lub przerwy w zasilaniu w energię elektryczną. Proponowanymi rozwiązaniami były:

- zmiana dostawcy usług transmisji danych;
- zmiana sposobu transferu danych z bezprzewodowego na przewodowy.

W przypadku pierwszego rozwiązania PWiK zmuszone byłoby do podpisania dodatkowej umowy na usługi teleinformatyczne, co wiązałoby się z zerwaniem dotychczasowej umowy a w konsekwencji dodatkowymi kosztami bez gwarancji na realną poprawę uzyskiwanych wyników. W drugim przypadku przy rozmiarze zainstalowanej pamięci konieczne byłoby odczytywanie wyników pomiarów co kilka dni, co wymusiłoby konieczność stworzenia dodatkowego etatu dla pracownika zajmującego się tylko obsługą deszczomierzy.

Tab. 5. Kompletność odczytów – deszczomierze – po aktualizacji oprogramowania

Tab. 5. Completeness of readings – rain gauges – after software update

Miesiąc	Suma czasów okresów bez zarejestrowanych odczytów						Max. czas przerwy w odczytach
	Łąko wa	NTI	Oczysz czalnia	Perseus za	Ruszo wice	Targow isko	
	[godziny]						[min]
12.2011	8,1	9,3	6,1	6,3	5,9	9,1	61
01.2012	9,5	5,7	3,6	5,5	4,6	5,2	46

Rozwiązanie problemu okazało się stosunkowo proste w realizacji i nie wymagało nakładów finansowych. Okazało się, że urządzenia rejestrujące są fabrycznie skonfigurowane z uwzględnieniem maksymalnej oszczędności energii i ilości transmitowanych danych. Algorytm oprogramowania w przypadku błędu transferu podejmował kolejną próbę przesłania danych do serwera danych teoretycznie tylko w przypadku wystąpienia opadu. W przypadku pogody bezdeszczowej transmisja nie była wznawiana, a dane podlegały nadpisaniu. W rzeczywistości, w przypadku zerwania transmisji danych, moduł rejestrujący dane nie podejmował kolejnej próby przesyłu danych niezależnie od warunków atmosferycznych. Po skorygowaniu konfiguracji urządzeń oraz wymianie oprogramowania stacji roboczej, jakość wyników zdecydowania poprawiła się,

a pojedyncze braki wyników mogą być wytłumaczone okresowym brakiem zasilania w energię elektryczną (tabela 5).

Pomiary spiętrzenia na krawędziach przelewowych są najmniej awaryjnym elementem systemu monitoringu. Na stanowisku przy P. Skargi stwierdzono występowanie błędnych pomiarów w sierpniu 2011 oraz w okresie 04.11-11.11.2011. Na stanowisku przy Zamku stwierdzono występowanie błędnych pomiarów w okresie 05.09-8.09.2011. Na stanowisku przy PKS stwierdzono błędne pomiary w okresie grudzień 2011 – marzec 2012, najmniej istotnym dla zadania badawczego. W okresie kwiecień-czerwiec 2012 stwierdzono przemieszczenie punktu odniesienia używanego do określenia napełnienia, brak pomiarów stwierdzono w okresie 11-12.08.2012.

### **BŁĘDY POMIARÓW SPOWODOWANE NIEWŁAŚCIWĄ EKSPLOATACJĄ**

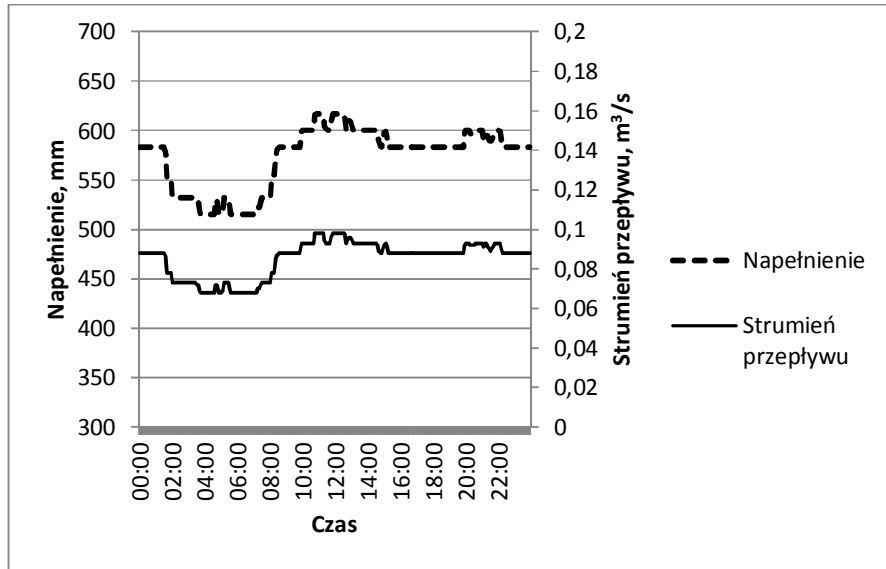
Okresy, w których zarejestrowano wyniki pomiarów strumieni objętości obciążone są błędami, które dyskwalifikują część zgromadzonych danych.

W przypadku pomiarów strumienia przepływu główne problemy są związane z:

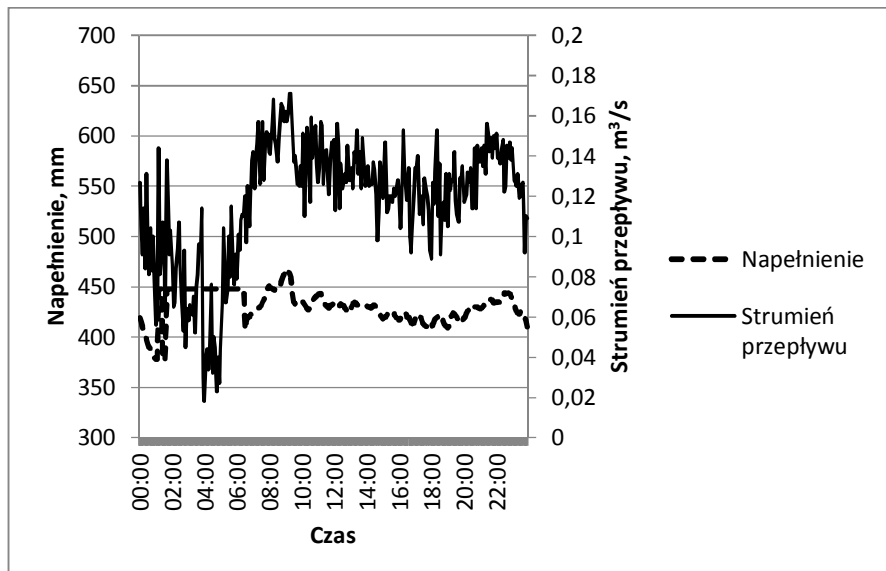
- gromadzeniem osadu na dnie kanału powodującym po pewnym czasie przykrycie czujnika i w konsekwencji deaktywację pomiaru ultradźwiękowego oraz zaburzenia w pracy hydrostatycznego pomiaru napełnienia (rysunki 1 i 2);
- zbyt niską częstotliwością przeglądów połączonych z transferem wyników, skutkując utratą dużych porcji danych, w przypadku wystąpienia błędu oprogramowania wewnętrznego (brak restartu).

W przypadku wydzielonych punktów pomiaru napełnienia, zaniedbania eksploatatora powodują wystąpienie błędu polegającego na „przesunięciu” punktu odniesienia.

Zastosowany czujnik wymaga okresowej weryfikacji położenia punktu przyjętego na poziomie reprezentującym napełnienie zerowe. W przypadku braku weryfikacji przez eksploatatora, możliwe jest wystąpienie przesunięcia odczytów o wartość stosunkowo stałą w czasie. Błąd jest dość prosty w niwelacji, o ile nie występuje w zbyt długim okresie czasu. W okresie pomiarowym zarejestrowano na jednym ze stanowisk przesunięcie punktu odniesienia o prawie 5 cm.



Rys. 1. Wyniki uzyskane przy występowaniu osadów w kanale - 2011-10-16  
 Fig. 1. Results obtained during sludge occurrence in channel - 2011-10-16



Rys. 2. Wyniki uzyskane bez występowania osadów - 2012-07-25  
 Fig. 2. Results obtained without sludge occurrence - 2012-07-25



## PODSUMOWANIE

Biorąc pod uwagę uzyskane rezultaty, należy stwierdzić, że zarówno niska jakość urządzeń pomiarowych, brak staranności w czasie montażu i konfiguracji oraz błędy w czasie eksploatacji są powodem dość niskiej jakości wyników pomiarów w sezonie pomiarowym październik 2011 – wrzesień 2012. Podjęte działania naprawcze dały już zadowalające rezultaty w przypadku pomiarów opadów, gdzie uzyskano skuteczność przesyłu danych na poziomie akceptowalnym dla założonych celów badawczych. W przypadku pomiarów strumienia przepływu rezultaty działań zostaną ocenione w miesiącach letnich. Wskazano następujące działania umożliwiające poprawę jakości uzyskiwanych wyników pomiarów:

- zaplanowano przeniesienie jednego ze stanowisk pomiarowych, ze studzienki kanalizacyjnej sąsiadującej z komorą rozprężną przepompowni ścieków do studzienki poprzedzającej zlokalizowanej w odległości 75 m (na odcinku nie stwierdzono występowania kanałów dopływowych);
- zobligowano dostawcę przepływomierzy do wykonania powtórnej inwentaryzacji kształtu kanałów nietypowych i regulacji parametrów konfiguracyjnych urządzeń;
- zalecono wykonywanie częstych operacji czyszczenia kolektora głównego ze szczególnym uwzględnieniem odcinków pomiarowych celem eliminacji wpływu osadów;
- zalecono wykonanie powtórnej inwentaryzacji geodezyjnej kolektora głównego w zakresie objętym monitoringiem.

W przypadku pomiarów napełnienia, uzyskiwane wyniki są akceptowalne. Jedynym zaleceniem było zobligowanie eksploatatora do regularnej kontroli punktu odniesienia.

## LITERATURA

1. KOTOWSKI A., KAŹMIERCZAK B., DANCEWICZ A.; 2010. Modelowanie opadów do wymiarowania kanalizacji, Wydawnictwo Polska Akademia Nauk, Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej, Instytut Podstawowych Problemów Techniki, Studia z zakresu inżynierii, nr 68; Warszawa.
2. MICHAŁSKI A.; 2004. Pomiary przepływu wody w kanałach otwartych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej; Warszawa.
3. NOWOGOŃSKI I., KACZMAREK J.; 2012. Badanie zmienności przepływu w sieci kanalizacyjnej m. Głogowa – zadanie 2 – okres pomiarowy 10.2011-09.2012; Zielona Góra

4. NOWOGOŃSKI I.; 2012. Wpływ inwentaryzacji kształtu przekrojów kanałów na dokładność przepływomierza profilującego. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego. Inżynieria Środowiska, nr 145 (25), 16-25.

## **ANALYSIS OF MONITORING SYSTEM ACTIVITY IN SEWERAGE NETWORK OF CITY GŁOGÓW - PRELIMINARY RESULTS**

### *S u m m a r y*

*The paper presents an analysis of measurement system activity located in combined sewerage system and attached catchments. The influence of measurement planning on the obtained results has been shown. Errors made during assembly and configuration of measurement equipment has been shown.*

Key words: combined sewer systems, flowrate monitoring, rainfall monitoring