

Jak opomiarować kolektor grawitacyjny?

Nie wszystkie gminy wykonujące zadania w zakresie zbiorowego zaopatrzenia w wodę i zbiorowego odprowadzania ścieków posiadają własne oczyszczalnie. Rozwiązaniem jest wówczas tranzyt ścieków do innej oczyszczalni, ale w takim przypadku pojawia się problem prawidłowego pomiaru ich ilości.

Różnorakie uwarunkowania techniczne i historyczne sprawiają, że gminy wykonujące zadania zbiorowego zaopatrzenia w wodę i zbiorowego odprowadzania ścieków, które nie mają własnej oczyszczalni, dokonują tranzytu ścieków, korzystając z usług oczyszczalni na terenie innej gminy. Rozwiązaniem w takich sytuacjach może być utworzenie związku międzygminnego, zajmującego się oczyszczaniem ścieków komunalnych kilku jednostek. Jeśli jednak okaże się to niemożliwe, to należy nawiązać stosunki cywilnoprawne regulujące kwestie dostawy i odbioru ścieków. Dochodzi wówczas do tzw. hurtowego odprowadzania ścieków, które na mocy wyraźnej dyspozycji art. 6 ust. 1a Ustawy z 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym

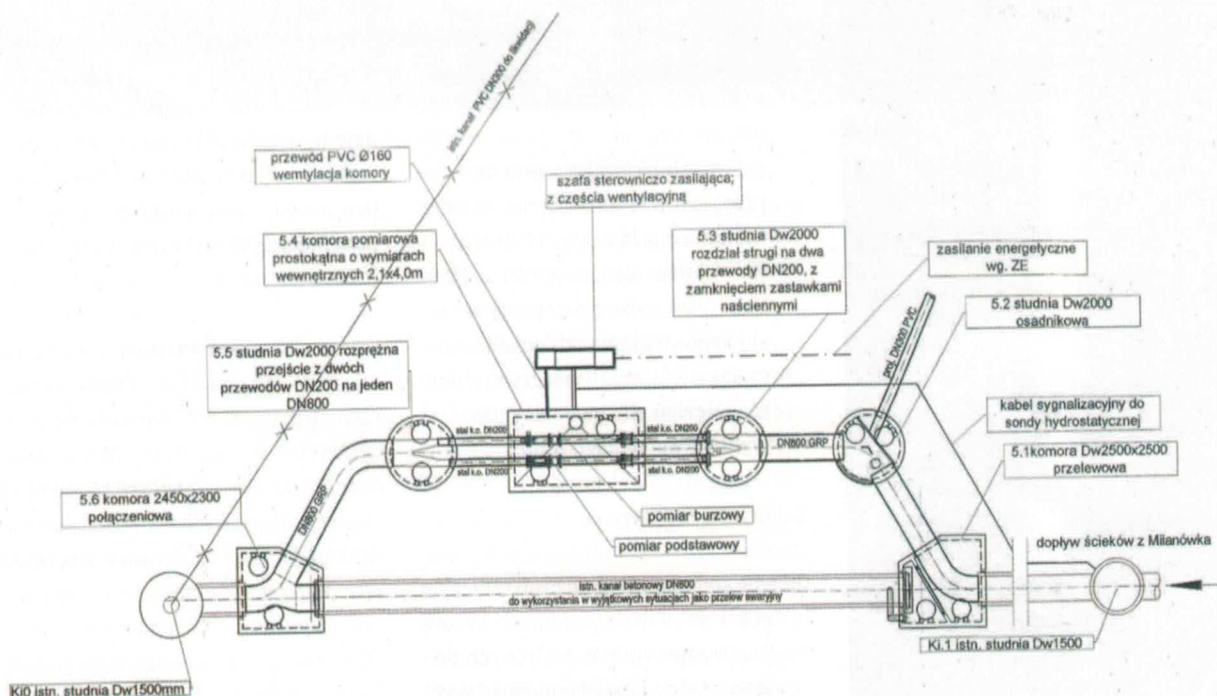
odprowadzaniu ścieków nie podlega regulacjom. Ze względu na wyłączenie tych kwestii spod regulacji tego aktu prawnego, wszystkie aspekty dotyczące hurtowego odprowadzania ścieków muszą zostać ujęte w treści umowy. Mamy wówczas do czynienia z kontraktem będącym typem tzw. umowy nienazwanej – o cechach zobowiązania do świadczenia usług oczyszczania. Strony w granicach zasady swobody umów muszą same uregulować kwestie wynagrodzenia, odpowiedzialności za sprawność urządzeń oraz podstawy i zakres odpowiedzialności itp.

Elementem istotnym takiej umowy jest ustalenie zasad rozliczenia za odbiór i oczyszczanie ścieków w ramach hurtowej dostawy. Powszechną metodą jest rozliczanie według ilości dostarczanych ścieków. To sprawia, że

od rozważań teoretyczno-prawnych konieczne jest przejście do aspektów praktycznych, dotyczących dokładności i prawidłowości pomiaru, a także praw i obowiązków stron z tym związanym. Okazuje się, że kluczową kwestią staje się rozstrzygnięcie między stronami wielu problematycznych zagadnień, dotyczących urządzenia pomiarowego, stanowiącego podstawę rozliczeń między stronami, możliwości kwestionowania jego prawidłowości oraz uregulowania podstaw rozliczeń w okresie stwierdzonej nieprawidłowości działania.

Rodzaje urządzeń pomiarowych

Urządzenia pomiarowe stosowane do opomiarowania grawitacyjnych i ciśnieniowych przepływów ścieków



Rys. 1. Schemat węzła pomiarowego

muszą bazować na metodach metrologicznych, gwarantujących dokładny i stabilny przebieg procesu pomiarowego. Ponadto w celu zapewnienia długoczasowej dokładności wskazań, niezależnej od typowych zmian struktury ścieków, specjalistyczne przepływomierze muszą być tak skonstruowane, aby wyniki pomiarów nie były zależne od typowych czynników błędotwórczych, np. piany zalegającej na powierzchni mierzonego medium czy osadów pojawiających się w obszarze czujnika. Zgodnie z teorią pozwalającą określić błąd pomiaru przepływu, należy wziąć także pod uwagę kwestie tzw. pomiarów wieloparametrowych.

Pomiar dodatkowego parametru (takiego jak wypełnienie kolektora czy też określenie prędkości średniej w przekroju) jest powodem generowania kolejnych błędów, bardzo często wpływających na końcową wartość pomiarową. Dlatego wskazane jest dążenie do upraszczania metodyki pomiaru (konstrukcji stanowiska pomiarowego oraz doboru odpowiednich urządzeń) w celu minimalizacji wartości całkowitego błędu pomiaru. W związku z tym na rynku dostępne są trzy kategorie urządzeń pomiarowych:

- przepływomierze bazujące na pomiarze tylko jednej składowej, czyli wypełnieniu czujnika, najczęściej metodą ultradźwiękową,

- przepływomierze hybrydy, mierzące dwie składowe, tj. prędkość medium w jednym punkcie kanału/koryta/zwężki pomiarowej metodą Dopplera oraz wypełnienia metodą ultradźwiękową,

- przepływomierze specjalistyczne/elektromagnetyczne, konstrukcyjnie przystosowane do grawitacyjnego i ciśnieniowego przepływu ścieków (dwie funkcje w jednym urządzeniu). Tłem niniejszego opracowania są długotrwałe spory, jakie toczą się w sprawie dostarczania ścieków z Milanówka do oczyszczalni ścieków w Grodzisku Mazowieckim. Gmina Milanówek jest gminą tranzytową, przez którą przepływają ścieki „własne” oraz tłoczone kolektorem z gmin Brwinów i Podkowa Leśna. Zsumowane w kolektorze DN800 ścieki przepływają grawitacyjnie do oczyszczalni ścieków w Grodzisku Mazowieckim.

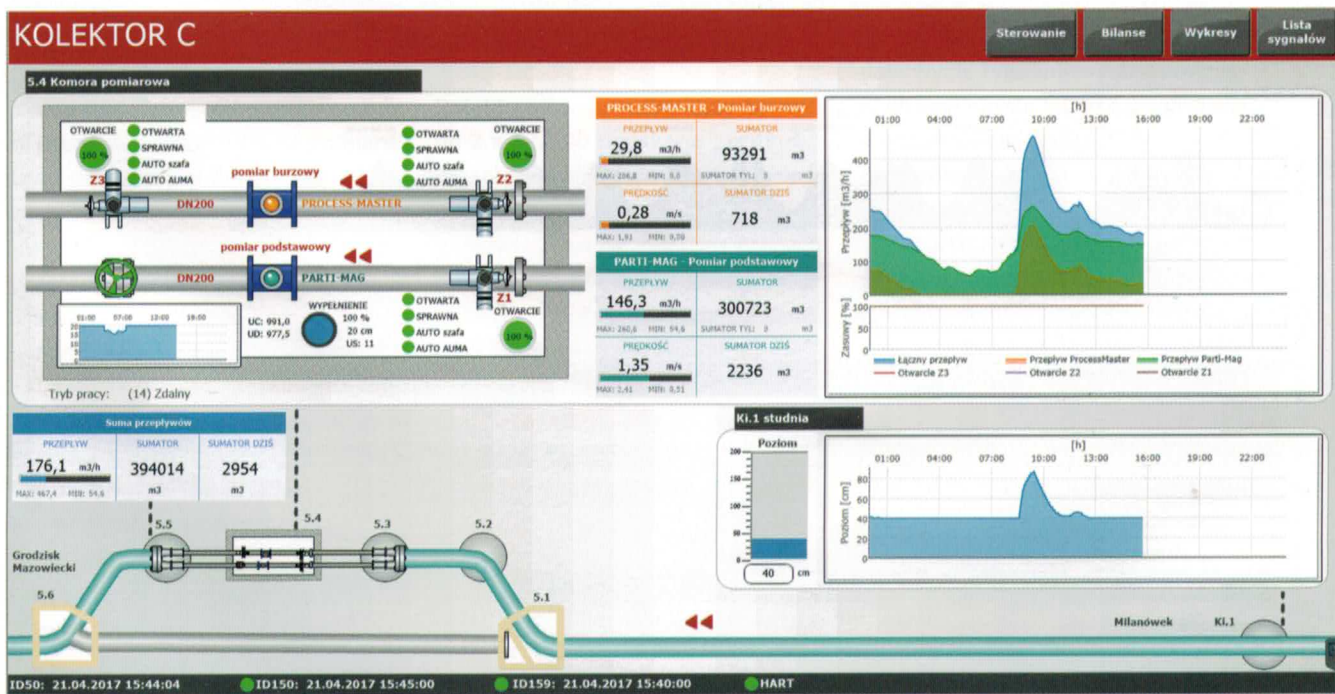
Opisana wcześniej struktura systemu intuicyjnie wymusza dokonanie wzajemnych rozliczeń pomiędzy trzema podmiotami. W celu uporządkowania zagadnienia wiarygodnego opomiarowania ilości ścieków dopływających do gm. Milanówek oraz odprowadzonych do oczyszczalni ścieków w Grodzisku Mazowieckim Zarząd Milanowskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji (MPWiK) podjął decyzję o wybudowaniu na granicy



Fot. 1. Teren budowy – komory pomiarowe

Milanówka i Grodziska Mazowieckiego dedykowanej komory pomiarowej, wyposażonej w nowoczesne i bardzo dokładne przepływomierze elektromagnetyczne, przeznaczone konstrukcyjnie do opomiarowania przepływu ścieków.

W artykule omówiono wykorzystanie przepływomierzy specjalistycznych/elektromagnetycznych do profesjonalnego opomiarowania przepływu ścieków na przykładzie systemu wdrożonego przez MPWiK w Milanówku.



Rys. 2. Wykresy obrazujące pracę przepływomierzy



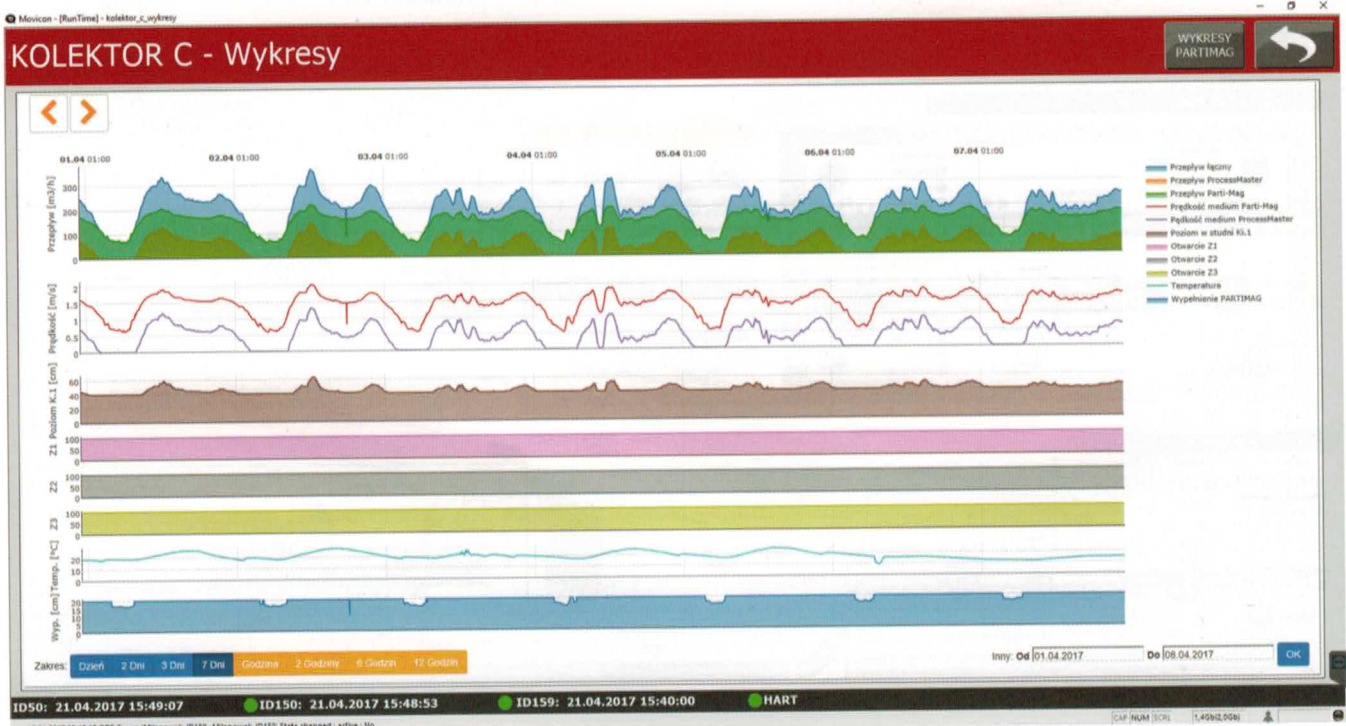
Fot. 2. Komora pomiarowa

Dwie nitki pomiarowe

Zastosowanie przepływomierzy elektromagnetycznych w ich optymalnych zakresach pomiarowych wymaga przewężenia przekroju istniejącego kolektora. Dlatego dobór średnic przepływomierzy został dokonany w oparciu o przygotowany model hydrauliczny. Za pomocą tego modelu przeanalizowano pracę kolektora w warunkach wykonanego montażu przepływomierzy przewężających przekrój czynnika kolektora,

wykorzystując wyniki prowadzonych pomiarów ilości ścieków, zarejestrowanych uproszczonymi metodami na przestrzeni kilku lat. Z uwagi na dynamikę zmian przepływów (pora nocna i dzienna oraz okresowe zrzuty nawalne), a także w celu minimalizacji błęd pomiaru wieloparametrowego (minimalizacja okresów pracy przepływomierza w warunkach ze swobodną powierzchnią), w komorze pomiarowej zastosowano dwie nitki pomiarowe o średnicach DN200 każda.

Nitka zwana umownie nr 1 obsługuje tzw. przepływ podstawowy, czyli przepływy nocne oraz dzienne do wartości natężenia przepływu $120 \text{ m}^3/\text{h}$. Pomiar na tej nitce zapewniany jest przez przepływomierz specjalistyczny firmy ABB model PARTI-MAG, którego wieloelektrodowa konstrukcja czujnika gwarantuje dokładny i stabilny pomiar natężenia przepływu w trybie zarówno grawitacyjnym (przepływy nocne), jak i ciśnieniowym. By zagwarantować najwyższą dokładność pomiarową, zainstalowany w komorze na nitce nr 1 przepływomierz PARTI-MAG został specjalnie skalibrowany oraz sprawdzony na mokro w sześciu punktach. W efekcie uzyskano zadowalające dla Zarządu MPWiK wyniki testów – błąd wskazań tego przepływomierza dla trybu grawitacyjnego oraz wypełnienia czujnika $> 60\%$ średnicy nie przekracza 1% wartości wskazanej, a dla trybu ciśnieniowego $0,1\%$ wartości wskazanej. Tak wysoka dokładność wskazań jest nieosiągalna dla pozostałych dwóch rodzajów metod pomiarowych. Potwierdzenie dokładności każdego egzemplarza przepływomierza stanowi imienny certyfikat sprawdzenia na stanowisku testowym w fabryce ABB, zawierający numer urządzenia, informacje o testowych natężeniach przepływu oraz uzyskane wyniki z da-



Rys. 3. Wykres obrazujący pracę przepływomierzy przez okres siedmiu dni

nymi o błędach dla trybu zarówno grawitacyjnego, jak i ciśnieniowego.

Należy również zwrócić uwagę na fakt, iż konstrukcja czujnika PARTI-MAG jest w istocie podobna do konstrukcji czujników klasycznych ciśnieniowych przepływomierzy elektromagnetycznych, co z metrologicznego punktu widzenia oznacza, że przyrząd ten spełnia kryterium możliwości weryfikacji metrologicznej w dowolnym momencie eksploatacji na stanowisku wzorcowym producenta. Ponadto oprogramowanie przetwornika przepływomierza PARTI-MAG obejmuje rozbudowane procedury autodiagnostyczne, które w sposób ciągły weryfikują poprawność przebiegu procesu pomiarowego. W przypadku wystąpienia jakiegokolwiek krytycznego zdarzenia (nieprzewodzące osady lub ścieki o przewodności mogącej doprowadzić do zwarcia elektrod pomiarowych), potencjalnie zdolnego do zakłócenia dokładności pomiarów, informacja o wystąpieniu takiego zjawiska jest przekazywana w trybie on-line do systemu wizualizacji, zainstalowanego w siedzibie MPWiK w Milanówku.

Druga nitka pomiarowa, oznaczona jako przepływ burzowy/nadmiarowy, zawiera czujnik przepływomierza PROCESS MASTER firmy ABB o średnicy DN200. Ten nowoczesny model przepływomierza przeznaczony jest do opomiarowania ciśnieniowego przepływu ścieków komunalnych, a także trudnych mediów stosowanych w przemyśle. Częstotliwość pomiaru wynosząca 25 Hz, specjalna konstrukcja czujnika oraz przetwornik wyposażony w nowoczesny układ cyfrowego przetwarzania sygnału mierzonego (DSP) gwarantują wysoką dokładność pomiaru (błąd przy prędkości medium > 0,5 m/s nie przekracza 0,1% wartości aktualnie zmierzonej). Ponadto w celu dopasowania do zmieniającej się struktury ścieków przetwornik przepływomierza wykonuje cyklicznie, co 60 sekund, autokalibrację całego toru pomiarowego, gwarantując tym samym niezwykle wysoką stabilność przebiegu procesu pomiarowego.

Konstrukcja układu hydraulicznego zabudowanego w komorze pomiarowej



Fot. 3. Komora pomiarowa

zapewnia automatyczne dołączanie nitki pomiarowej nr 2 w momencie, gdy przepływ w nitce nr 1 przekroczy wartość 120 m³/h.

W efekcie dla przepływów w zakresie od 120 do 550 m³/h pomiar jest realizowany przez dwa przepływomierze elektromagnetyczne, pracujące w trybie ciśnieniowym. Cały system pracuje zatem w sposób autonomiczny, płynnie przechodząc od trybu grawitacyjnego w tryb ciśnieniowy oraz w porze nocnej ponownie do trybu grawitacyjnego.

Aby proces przebiegał sprawnie

Dzięki redukcji ze średnicy DN800 do 2 x DN200 uzyskano prędkości przepływu osiągające przy większych przepływach wartości 2 m/s. Nawet przepływy nocne, podczas których przepływomierz PARTI-MAG pracuje w trybie grawitacyjnym, charakteryzują się prędkościami przepływu ścieków przez czujnik na poziomie 0,5 m/s, co gwarantuje skuteczne zapobieganie zjawisku sedymentacji w obszarze pomiarowym czujnika. A zatem właściwy dobór typów specjalistycznych przepływomierzy elektromagnetycznych oraz średnic czujników gwarantuje, iż pomiar przebiega poprawnie w ciągu całej doby.

Ponadto proces jest nieustannie nadzorowany w trybie on-line przez

dedykowane oprogramowanie do wizualizacji, które w czytelny sposób prezentuje wartości mierzone, natężenie przepływów chwilowych, prędkości liniowe ścieków w czujnikach, a także stany sumatorów oraz rejestrów autodiagnostycznych przetworników przepływomierzy. Szczegółowe wykresy prezentujące natężenie przepływu w każdej z nitek pomiarowych, wysokość wypełnienia czujnika przepływomierza PARTI-MAG dla trybu grawitacyjnego oraz wypełnienie kolektora grawitacyjnego DN800 zapewniają możliwość generowania bilansów godzinowych, dobowych, tygodniowych, miesięcznych i rocznych, a także gwarantują użytkownikowi dostęp do wszystkich niezbędnych danych, zarówno bieżących, jak i archiwalnych.

W przypadku zaistnienia wątpliwości dotyczących dokładności wskazań przepływomierzy istnieje możliwość ich demontażu oraz wykonania testów weryfikacyjnych na stanowisku kalibracyjnym producenta.

dr hab. inż. prof. nadzw. Piotr Zima

Politechnika Gdańska

Sebastian Budziszewski

prezes Zarządu MPWiK

Elżbieta Mission

dyrektor techniczny MPWiK

Grzegorz Zarychta

radca prawny