

Mieczysław Mysiak

POMIAR NATĘŻENIA PRZEPŁYWU ŚCIEKÓW W KANAŁACH

W praktyce inżynierskiej często istnieje konieczność ustalania natężenia przepływu ścieków w różnych miejscach sieci kanalizacyjnej, przed i za oczyszczalnią ścieków oraz na wylotach kanałów do odbiorników. Dotyczy to przede wszystkim kanałów krytych o różnych przekrojach, lecz również w niektórych przypadkach także kanałów otwartych. Zazwyczaj przed oczyszczalnią ścieków (lub po nich) umieszczone są urządzenia pomiarowe rejestrujące w sposób ciągły natężenie przepływu ścieków. Są to najczęściej koryta pomiarowe, działające na zasadzie związku Venturiego, które rejestrują przepływ w granicach $50 \div 3000 \text{ dm}^3/\text{s}$ (ze względu na wielkości są one podzielone na koryta od nr 1 do 10, produkcji „PoWoGazu”). Natomiast w przypadku konieczności dokonania pomiarów natężenia przepływu ścieków w różnych miejscach sieci kanalizacyjnej oraz z przeważających przypadkach na wylotach kanałów do odbiorników, brak jest jakiegokolwiek urządzeń umożliwiających tego rodzaju pomiary w sposób ciągły lub nawet chwilowy. Te dwa przypadki są tematem niniejszego opracowania.

Pomiary chwilowego natężenia przepływu ścieków lub natężenia przepływu w pewnym przedziale czasu (np. w ciągu charakterystycznej doby, w pewnych ustalonych godzinach) wykonuje się w celu:

- stwierdzenia zgodności odpływu ścieków w różnych miejscach sieci kanalizacyjnej z wielkościami wcześniej obliczonymi,
- określenia w określonym miejscu sieci (lub na wylocie do odbiornika) ilości odprowadzanych wód opadowych z określonej powierzchni (np. dla stwierdzenia poprawności obliczeń hydraulicznych względnie dla zaprojektowania urządzeń do wstępnego oczyszczania tych wód),
- określenia ilości ścieków odprowadzanych od większych użytkowników (dla kontroli, w tym właściwego gospodarowania wodą),
- określenia ilości odprowadzanych wód przypadkowych (przede wszystkim infiltracyjnych), co pozwala na stwierdzenie szczelności kanałów i połączeń przewodów kanałowych,
- określenia ilości odprowadzanych wód drenazowych z odwad-

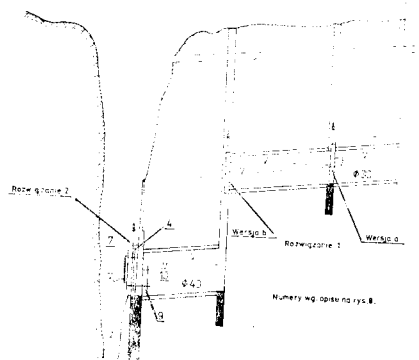
nianego terenu, o określonej powierzchni,

- określenia ładunków zanieczyszczeń zawartych w ściekach w różnych punktach sieci kanalizacyjnej lub na wylotach kanałów, dla określenia ich wpływu na odbiornik.

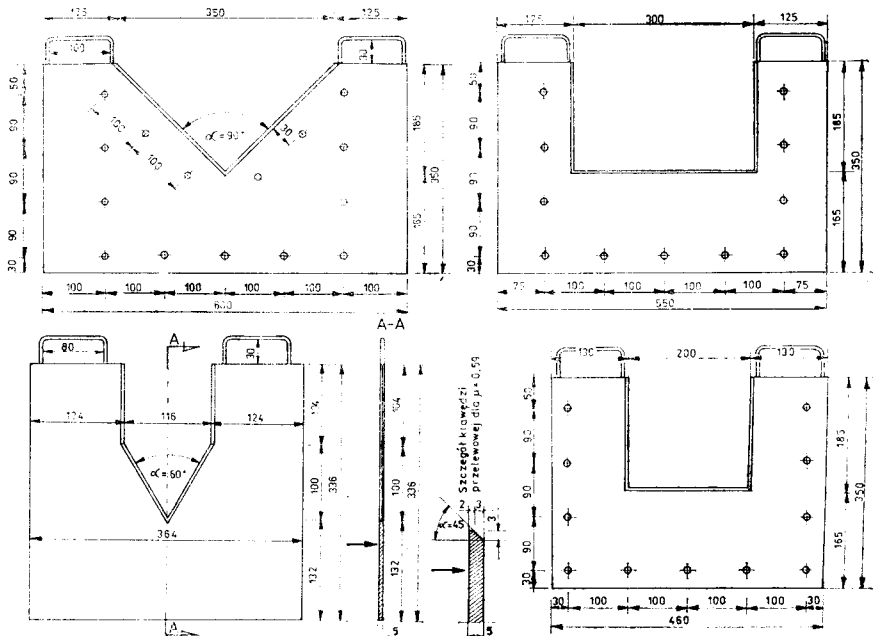
Pomiary natężenia przepływu ścieków przed i za oczyszczalnią prowadzone są najczęściej w sposób ciągły (rejestrujący). Można więc podczas poboru prób ścieków każdorazowo odczytać wartość natężenia przepływu. Jednakże w większości przypadków, szczególnie w małych obiektach, urządzenia pomiarowe są często niesprawne. W przypadku odprowadzenia ścieków przez wyloty kanałów, dla niewielkich ilości ścieków i sprzyjających warunków usytuowania wylotów, pomiarów tych dokonuje się metodą podstawionego naczynia. Można także w różnych punktach sieci kanalizacyjnej obliczać przepływy ścieków z wartości pomierzonych napełnień w kanałach. Do dyspozycji należy mieć pomiary napełnień w kanale w trzech sąsiadujących ze sobą studzienkach oraz zaniwelowany spadek dna kanału na tym odcinku. Znając dodatkowo przekrój kanału, z nomogramów do wzorów Manninga lub Colebrooka White'a oraz krzywych sprawności przepływu i prędkości, oblicza się chwilowe natężenie przepływu. Są to jednak zabiegi czasochłonne i kłopotliwe.

Proponowana metodyka pomiarów

Pomiaru natężenia przepływu ścieków w sieci kanalizacyjnej i na jej wylotach można dokonać stosując tarcze przelewowe, na ogół o kształtach prostokątnych lub trójkątnych (równoramiennych). Tarcze te mają ostre, odpowiednio wyprofilowane krawędzie. Schemat rozmieszczenia tarcz w studzienkach na sieci kanalizacyjnej w dwóch wersjach (rozwiązanie 1a i 1b) oraz na wylotach kanałów (rozwiązanie 2) podano na rysunku 1. Rodzaje kształtu tarcz przelewowych przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia urządzeń do pomiaru natężenia przepływu ścieków.



Rys. 2. Rodzaje tarcz przelewowych.

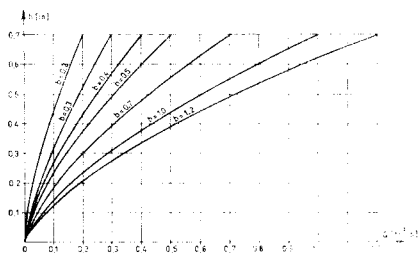
Wydatek tarcz przelewowych

Rozważaniami objęto tarcze przelewowe o kształtach prostokątnych i trójkątnych, z krawędziami ostrymi, bocznym ciśnieniem (kontrakcja boczna) i o przelewie niezatopionym [1–3]. Tarcza przelewowa powinna być wykonana z blachy stalowej nierdzewnej lub mosiężnej, o grubości 5 mm. Podstawowym zadaniem było określenie wydatku proponowanej tarczy o odpowiednich kształtach krawędzi przelewowej. Kształt oraz dokładność wykonania krawędzi ma decydujący wpływ na wydatek przelewu, co określa współczynnik wydatku μ , którego wartość wahała się od 0,59 do 0,75. Dla proponowanej krawędzi (rys. 2) współczynnik $\mu=0,59$. Teoretycznie wydatek przelewu niezatopionego o przekroju prostokątnym oblicza się ze wzoru Ponceleta:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2gh} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (1)$$

gdzie:

μ — współczynnik wydatku krawędzi przelewu,
 b — szerokość otworu prostokątnego,
 h — wysokość warstwy przelewowej,
 g — przyspieszenie ziemskie.



Rys. 3. Wykresy do obliczeń wydatku tarcz przelewowych o przekroju prostokątnym ($\mu=0,59$).

Dla różnych wartości parametru b wydatek dla przekroju prostokątnego można odczytać z wykresów podanych na rysunku 3. Dla przelewu o przekroju trójkątnym równoramiennym (Thomsona) stosuje się wzór:

$$Q = \frac{8}{15} \mu \sqrt{2g} h^{2,5} \tan \frac{\alpha}{2} \quad (2)$$

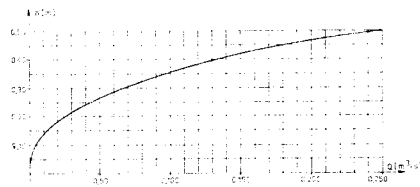
Kąt rozwarcia α w trójkącie równoramiennym może przyjmować wartości 30° , 60° (na ogół dla małych natężeń przepływu) oraz 90° . Dla $\alpha=90^\circ$ oraz krawędzi przelewowej, dla której $\mu=0,59$ (rys. 2) można przyjąć, że $(8/15)\mu(2g)^{1/2}=1,4$. Wobec tego wzór (2) przyjmuje postać:

$$Q = 1,4h^{2,5} \quad (3)$$

Wartość Q można odczytać z wykresów podanych na rysunku 4. W przedziale wartości h od 0,05 do 0,55 m wydatek przelewu trójkątnego można obliczać ze wzoru:

$$Q = 1,343h^{2,47} \quad (4)$$

Bardzo istotne jest przyjęcie właściwego współczynnika wydatku μ , w zależności od dokładności wyko-



Rys. 4. Wykresy do obliczeń wydatku tarcz przelewowych o przekroju trójkątnym ($\alpha=90^\circ$; $\mu=0,59$).

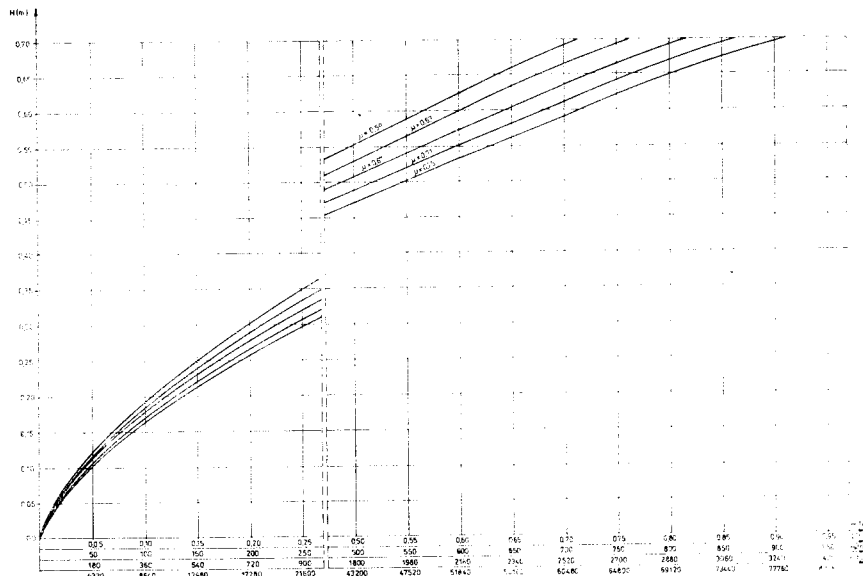
nania krawędzi przelewowej. Na rysunkach 5 i 6 zilustrowano różnice, jakie otrzymuje się na wydatek Q w zależności od wartości współczynnika μ . Różnice te są znaczące, tym większe, im większa jest wartość h . Dokładność pomiarów dla małych wartości h maleje m. in. ze względu na wpływ lepkości cieczy. Bardzo istotne jest także miejsce dokonywania pomiaru wysokości warstwy przelewowej. Dokonuje się go w odległości przynajmniej

$L=3 \cdot h$ od krawędzi tarczy przelewowej w kierunku dopływu ścieków.

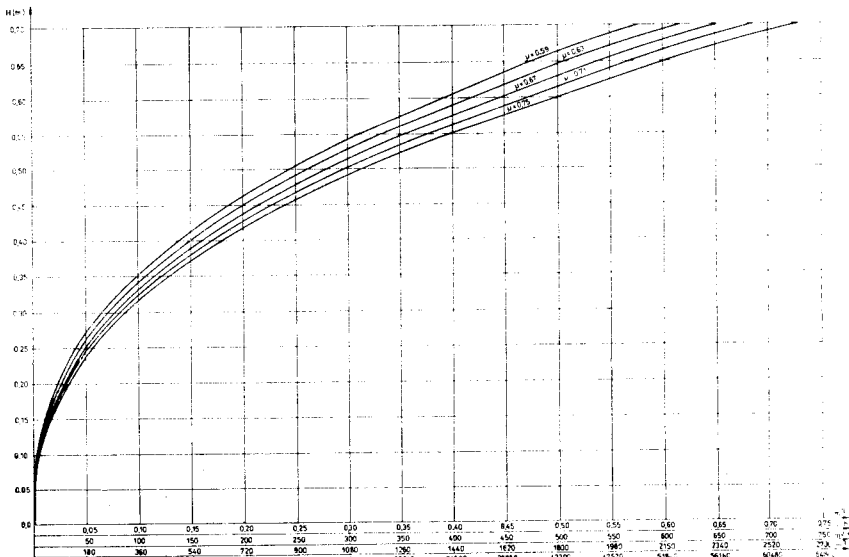
Praktyka wykazała, że nawet dla tarcz przelewowych o odpowiednich krawędziach współczynnik wydatku μ miał różne wartości, dla poszczególnych wysokości warstwy przelewowej. Wobec powyższego, przed zastosowaniem przelewu w praktyce należy określić wartości μ , a tym samym wyznaczyć wydatki metodą tarowania w laboratorium. Dla przykładu, podczas tarowania tarczy przelewowej trójkątnej otrzymano następujące średnie wyniki dla odpowiednich przedziałów h :

$$\begin{aligned} h \leq 0,018 \text{ m}; & \mu_{sr} = 1,2057 \\ 0,018 \text{ m} < h \leq 0,054 \text{ m}; & \mu_{sr} = 0,8581 \\ 0,054 \text{ m} < h \leq 0,071 \text{ m}; & \mu_{sr} = 0,7260 \end{aligned}$$

Trzecim rodzajem analizowanych tarcz przelewowych były tarcze o



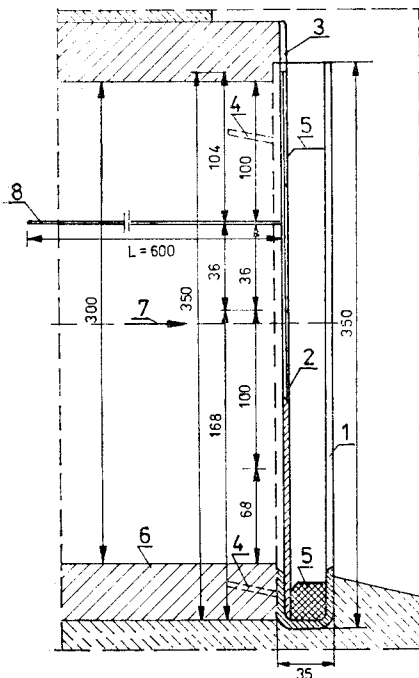
Rys. 5. Wykresy do obliczeń wydatku tarcz przelewowych o przekroju prostokątnym ($b=0,60 \text{ m}$).



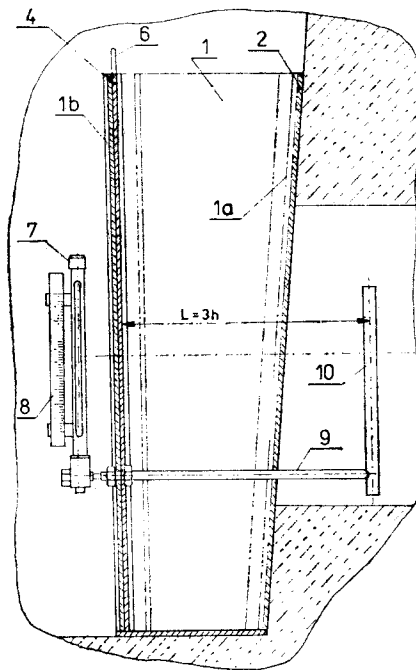
kształcie złożonym — dolna część trójkątna, a górna prostokątna (rys. 2). Takie tarcze mogą być najczęściej stosowane do pomiarów przepływów w sieci kanalizacyjnej oraz na wylotach kanałów. Obliczenia wydatków tarcz złożonych w oparciu o wzory są kłopotliwe. Obliczenia hydrauliczne są trudne zwłaszcza dla tej części tarczy, gdzie znajduje się przejście z przekroju trójkątnego w prostokątny. Należy więc bezwzględnie przeprowadzać tarowanie tarcz w laboratorium, stosując ciecz o lepkości zbliżonej do lepkości ścieków.

Przykłady rozwiązań technicznych

Na rysunku 1 podano schemat lokalizacji dwóch zasadniczych rozwiązań urządzeń do pomiaru natężenia przepływu ścieków w kanałach. Rozwiązanie 1 (na sieci kanalizacyjnej) przedstawiono w dwóch wersjach. Wersja (a) zakłada umieszczenie urządzenia pomiarowego w studzienice kanalizacyjnej nie posiadającej spadku, zaś wersja (b) zakłada umieszczenie urządzenia w studzienice kaskadowej. Takie rozwiązanie jest najkorzystniejsze zarówno teoretycznie (przelew nie zatopiony), jak i praktycznie (dogodniejszy sposób odczytywania wysokości napelnienia przekroju tarczy). Przykłady rozwiązań technicznych służących do pomiaru natężeń przepływu ścieków w kanałach podano na rysunkach 7 i 8.



Rys. 7. Przekrój urządzenia pomiarowego z tarczą przelewową o kształcie złożonym (1 — rama z ceownika $35 \times 35 \times 5$, 2 — tarcza przelewowa, 3 — uchwyty tarczy (pręt stalowy $\Phi 5$ mm), 4 — kotwy (pręt stalowy $\Phi 10$ mm), 5 — guma uszczelniająca 20×20 mm, 6 — kanał $\Phi 0,30$ m, 7 — kierunek dopływu, 8 — ramka z płaskownika 20×2 mm do pomiaru wysokości warstwy przelewowej h).



Rys. 8. Przekrój urządzenia pomiarowego z tarczą przelewową o kształcie prostokątnym zamontowanego na wylocie kanału $\Phi 1,00$ m (1 — rama urządzenia pomiarowego, 1a — j.w. część pochyła zabetonowana, 1b — część pionowa ramy służąca do umieszczenia tarczy, przykręcona do części 1b, 2 — warstwa gumy uszczelniającej, 4 — tarcza przelewowa prostokątna, 6 — uchwyty tarczy, 7 — piezometr pomiarowy, 8 — podziałka do odczytywania grubości warstwy przelewowej h, 9 — rura pozioma połączona z piezometrem pomiarowym, 10 — pionowa rura perforowana połączona z rurą poziomą).

W urządzeniu pomiarowym na wylotach kanałów (rys. 8) zastosowano piezometr z podziałką wmontowany (rozbieralnie) w otwór tarczy pomiarowej, umieszczony przed tarczą, z przedłużoną rurą poziomą skierowaną do środka kanału w niewielkim odstępnie od jego dna, do której w odległości $L=3h$ przymocowana jest pionowa rura perforowana. Piezometr oraz rura pionowa mogą być nieco dłuższe, aby obejmowały również większe napelnienia.

Warunki wykonywania pomiarów

Dla właściwego przeprowadzania pomiarów należy przestrzegać następujących zasad:

— Każda tarcza powinna być przetestowana w laboratorium dla wyznaczenia zależności $Q=f(h)$, a więc posiadać swoją charakterystykę, a wartości wydatków dla dowolnych wysokości h należy zestawić w postaci tabel lub wykresów (kształt krawędzi przelewowej należy przyjmować wg rys. 2, jak dla $\mu=0,59$). Ponieważ wyniki tarowania dla róż-

nych wartości h dają nieco zróżnicowane wartości Q, proponuje się dla każdego zbioru danych przeprowadzić aproksymację funkcji $Q=f(h)$.

— Tarcza powinna być wykonana z materiału odpornego na korozję (stal, duraluminium, mosiądz), a jej krawędź należy wykonać przynajmniej z trzecią klasą dokładności.

— Tarcza musi być bardzo dokładnie wypionowana, a jej krawędź wypoziomowana.

Wnioski

1. Określenie ładunków zanieczyszczeń podczas kontroli zanieczyszczeń odprowadzanych w ściekach bez pomiaru chwilowego natężenia przepływu jest przeważnie niewłaściwe.

2. Należy przystąpić, w przypadkach możliwych technicznie, do zamontowania w istniejących obiektach zaproponowanych urządzeń pomiarowych.

3. Należałoby wprowadzić zasadę, aby w projektach sieci kanalizacyjnej przewidzieć takie urządzenia pomiarowe w wytypowanych miejscach w studzienkach kanalizacyjnych oraz na wylotach kanałów do odbiorników.

LITERATURA

1. E. CZETWERTYŃSKI: *Hydraulika i hydromechanika*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1958.
2. A. T. TROSKOLAŃSKI: *Hydromechanika techniczna*. Tom II *Hydraulika*. Państwowe Wydawnictwo Techniczne, Warszawa 1954.
3. Z. PASLAWSKI: *Metody hydrometrii rzecznej*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1973.

MEASUREMENT OF WASTEWATER FLOW RATE IN SEWERS

Problems dealt with when measuring the wastewater flow rate in the sewer network (specifically before and after passage through the sewage treatment plant), as well as in covered and open channels are discussed. A method and a device for measuring the wastewater flow rate in channels and at the outfall to the recipient have been developed. The method makes use of differently shaped disk weirs. The measuring method is shown on a number of examples.