

Joanna GWOŹDZIEJ-MAZUR¹

ANALIZA PRZEPŁYWÓW WODY W BUDYNKACH WIELOLOKALOWYCH PRZY WYKORZYSTANIU WODOMIERZY STATYCZNYCH

Wszelkie zmiany, wprowadzane w praktycznie każdej sferze związanej z działalnością człowieka, bardzo często wiążą się z różnego rodzaju problemami i pytaniami dotyczącymi tego zagadnienia. Okazuje się, że rozliczanie zużycia wody w budynkach wielolokalowych niesie za sobą szereg komplikacji, m.in. rozbieżność bilansu zużycia wody, a także problemy związane z niedoborami w kwestii rozliczania się z dostawcami wody przez zarządców nieruchomości.

W artykule zostały zaprezentowane wielkości przepływów rzeczywistych w ujęciu dobowym na przyłączy wodociągowym określone przy wykorzystaniu wodomierzy statycznych.

Słowa kluczowe: przyłącze wodociągowe, przepływ obliczeniowy, wodomierz, natężenie przepływu, wodomierz statyczny

1. Wprowadzenie

Wielkość zużycia wody zależna jest od przyzwyczajień, wieku oraz charakteru pracy wykonywanej przez człowieka w domu, a także poza nim. Ilość wody, która jest zużywana w gospodarstwie domowym wykazuje nierównomierność w ciągu doby.

W 2002 roku w związku z ustawą z 7 czerwca 2001 roku (o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków) zostało wydane rozporządzenie, w którym określono średnie wielkości zużycia wody dla poszczególnych grup odbiorców. Przyjęte normy mogą być traktowane, jako podstawa do określenia ilości wody pobranej z wodociągu w przypadku, gdy nie istnieje wodomierz główny. Rozporządzenie to zawiera także dane dotyczące średnich wielkości zużycia wody dla obsługi pojazdów mechanicznych, prac budowlanych, zakładów zajmujących się przetwórstwem rolno-spożywczym, chemicznej ochrony roślin, a także obiektów wojskowych[1,2].

¹ Joanna Gwoździej-Mazur, Politechnika Białostocka, Katedra Technologii i Systemów Inżynierii Środowiska, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok, j.mazur@pb.edu.pl

Realne zużycie wody w budynkach wielolokalowych ma swoje podłoże także w wielkościach strat wody, których przyczyną jest m.in. niesprawna lub nieszczelna armatura sanitarna, bądź też nieprawidłowo dobrany wodomierz na przyłączy wodociągowym (strata pozorna). Dostrzega się również, że na poziom zużycia wody wpływ ma także świadomość lokatorów na ten temat oraz coraz wyższe opłaty za wodę.

Powyższe czynniki określić można, jako zmienne nakreślające zjawisko poboru wody wykorzystywane w celach bytowo gospodarczych.

2. Czynniki mające wpływ na wielkość zużycia wody w budynkach wielolokalowych

Na poprawność działania systemu wodociągowego ma wpływ właściwy dobór wodomierza do przewidywanego zużycia wody w budynku. Według polskiego prawa błędy graniczne dopuszczalne przy prawnej legalizacji wodomierzy wynoszą odpowiednio [3]:

± 2% w przedziale górnym zakresu obciążeń ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$), dla wodomierzy do wody o temperaturze od 0,1 °C do 30 °C;

± 2% w przedziale dolnym zakresu obciążeń ($Q_1 \leq Q \leq Q_2$), niezależnie od temperatury wody.

W sytuacji kwestionowania wskazań wodomierza przez odbiorcę, nie jest możliwe dokonanie ekspertyzy na miejscu wbudowania wodomierza, jako urządzenia pomiarowego objętego prawną kontrolą. Odbiorca powinien wystąpić do przedsiębiorstwa z pisemnym wnioskiem o ekspertyzę. Niezbędne jest wymontowanie takiego wodomierza i zabezpieczenie go zgodnie z wytycznymi i wysłanie do ekspertyzy na normatywnym stanowisku pomiarowym. W przypadku stwierdzenia odstępstw od dopuszczalnych błędów granicznych wodomierz nie może być w dalszej eksploatacji, a zakład wodociągowy pokrywa opłaty związane z wykonaniem ekspertyzy oraz nalicza opłatę za zużytą wodę ze średniej zużycia z trzech miesięcy przed stwierdzeniem niesprawności działania wodomierza, a gdy jest to niemożliwe to na podstawie średniego zużycia w analogicznym okresie roku ubiegłego lub iloczynu średniomiesięcznego zużycia wody w roku ubiegłym i liczby miesięcy nieprawidłowego działania wodomierza [3]. W sytuacji „odwrotnej” użytkownik pokrywa wszystkie koszty związane z ekspertyzą oraz naliczana jest opłata za zużytą wodę zgodnie ze stanem na licydle z dnia wymontowania wodomierza z przyłącza.

3. Podział, przyczyny strat wody

Problem strat wody w sieciach wodociągowych jest dylematem wszystkich wodociągów. Stratą nazywamy różnicę między wodą wtłoczoną do sieci wodociągowej i wodą sprzedaną odbiorcom wraz z wodą na potrzeby wodociągu. Wielkość strat wskazuje na niezawodność działania systemu wodociągowego.

Bilans wody w sieci wskazuje na poprawność działania całego układu wodociągowego w aspekcie jego zużycia. Analizowanie strat wody powinno być podstawą do działań naprawczych i modernizacyjnych, a jednocześnie powinna mieć wpływ na zmniejszanie kosztów z produkcją i dystrybucją wody [4, 5, 6]:

Głównymi czynnikami występowania strat w wewnętrznych instalacjach wodociągowych są:

- kradzieże i nielegalny pobór wody,
- wewnętrzne wycieki spowodowane nieszczelnościami instalacji lub niesprawnością armatury wodociągowej,
- ryczałtowe rozliczanie zużycia wody na osobę,
- nieterminowa wymiana wodomierzy przed upływem legalizacji,
- nieprawidłowy dobór wodomierza ze względu na przepływ.

W dotychczasowym prawie jak i w normatywach brak jest określenia dopuszczalnych wielkości strat występujących w instalacjach wodociągowych. Odwiecznym problemem jest konflikt między dystrybutorem wody, jakimi są zakłady wodociągowe, a zarządcami budynków o pokrycie strat w wewnętrznych instalacjach. Ponadto zakłady wodociągowe odpowiadają za dostarczoną wodę do budynku oraz za przyłącze wodociągowe do budynku. Przyłącze wodociągowe, czyli odcinek przewodu łączącego sieć wodociągową z wewnętrzną instalacją wodociągową w nieruchomości odbiorcy usług wraz z zaworem za wodomierzem głównym.

Temat monitoringu przyłączy wodociągowych pojawia się od czasów, gdy w Polsce zaczęto opomiarowywać zużycie wody w budynkach. Odbiorcy od tego czasu zaczęli mieć wątpliwości co do zarejestrowanego zużycia wody. Wraz z rozwojem techniki nastąpił rozwój monitoringu. Pierwszym monitoringiem przyłącza wodociągowego było pozostawienie montera, który obserwował przez kilka godzin ruch i zachowanie wodomierza. Należy w tym miejscu wspomnieć, że wodomierze miały bardzo prostą konstrukcję. Nie były odporne na działanie pola magnetycznego oraz na działanie zanieczyszczeń występujących w mierzonej wodzie. W dobie rozwoju techniki na świecie zaczęto myśleć nad rozwojem monitoringu liczników. Kolejnym etapem monitoringu był zdalny odczyt, czyli technologia polegająca na automatycznym pobieraniu danych m.in. z wodomierzy i przesyłaniu ich do głównej bazy danych w celu analizy i dokonania rozliczeń. Zaletą jest to, że rachunki opierają się na rzeczywistym zużyciu, nie na obliczeniach szacunkowych na podstawie prognoz. Dostęp do aktualnych informacji połączone z analizą mogą pomóc zarówno zarządcy budynku, jak i lokatorom w utrzymaniu kontroli nad zużyciem wody. Na technologię zdalnego odczytu składają się rozwiązania (w tym systemy przenośne, obwoźne oraz sieci stacjonarne) oparte na platformach telefonicznych (zarówno przewodowych jak i bezprzewodowych), transmisji radiowej (RF) lub transmisji PLC [4] Priorytetowym powodem wprowadzenia automatycznego odczytu liczników nie była minimalizacja kosztów związana z odczytem, lecz uzyskanie możliwości dostępu do danych z pracy licznika, których nie dałoby się uzyskać w inny spo-

sób. Wiele wodomierzy jest montowanych w trudnodostępnych miejscach, czy też mało komfortowych do odczytu studniach wodomierzowych, a zarazem możliwych do kontroli tylko przy spotkaniu z właścicielem nieruchomości, do której jest dostarczana woda spowodowało rozwój inwestowania zakładów wodomierzowych w systemy zdalnego odczytu. Rozwój zdalnych odczytów wprowadził monitoring na przyłączach wodociągowych nie tylko danych zużycia wody. Wraz z postępem techniki możliwa była rejestracja dodatkowych danych z wodomierza oraz ich archiwizacja oraz transmisja do komputera zakładu wodociągowego. Dodatkowo wprowadzenie wodomierzy z modułami zdalnego odczytu popularnie zwane nakładką wodomierzową, dało możliwość zdalnej kontroli nad wodomierzem. Nakładka wodomierzowa może być zaprogramowana, aby alarmować o manipulacji przy wodomierzu, nieszczelnościach, wstecznych przepływach, zużyciu baterii. Zarejestrowane sygnały mogą służyć do sporządzania profili zużycia wody, rozliczania w oparciu o częstotliwość użytkowania, monitorowania przepływu czy też egzekucji opłat za wodę, a nawet zdalnego odcinania dostarczanej wody.

Rozwój zaawansowanej struktury pomiarowej zdalnego odczytu wypiera szeroko stosowane nakładki wodomierzowe przez wprowadzenie nowego typu wodomierzy ultradźwiękowych oraz elektromagnetycznych. Połączenie tradycyjnego wodomierza oraz modułu odczytów danych, spowodowało do powstania jednego nowoczesnego urządzenia pomiarowego, stając się narzędziem do zdalnego sterowania i monitorowania zużycia wody. Ciągły rozwój nad strukturą pomiarową doprowadził do ewoluowania definicji zdalnego odczytu w zaawansowaną infrastrukturę pomiarową

Zaawansowana infrastruktura pomiarowa - to zintegrowany zbiór elementów: inteligentnych liczników modułów i systemów komunikacyjnych, koncentratorów i rejestratorów, umożliwiających dwukierunkową komunikację, za pośrednictwem różnych mediów i różnych technologii, pomiędzy systemem centralnym a wybranymi licznikami. Sieć taka umożliwia gromadzenie danych o zużyciu określonych odbiorców, wysyłanie sygnałów sterujących do urządzeń oraz zdalne ich konfigurowanie. Różni się od tradycyjnych tym, że [4]:

- umożliwia komunikację dwukierunkową z wodomierzem,
- jest przygotowany do współpracy z siecią inteligentnego domu,
- charakteryzuje się większą złożonością sieci,
- może współpracować z siecią inteligentną.

Wodomierze w zaawansowanej infrastrukturze pomiarowej określane są jako inteligentne liczniki, ponieważ przetwarzają one zebrane dane. Opomiarowanie tego typu wodomierzami przyłączy wodociągowych tworzy całą sieć metrologiczną ułatwiającą zarządzaniem zużyciem wody. Funkcjonowanie takiej sieci monitoringu pozwala na oszczędności dzięki szybkości odczytu stanu wodomierza.

Korzyści wynikające z systemu zaawansowanego monitoringu przyłączy to:

- dokładny odczyt wodomierzy,
- usprawnienie rozliczeń zużycia,

- wykrywalność wycieków w instalacji,
- wykrywalność kradzieży wody przez nieuczciwych kontrahentów,
- jednoczesny odczyt wielu wodomierzy w budynku, co pozwala na zbilansowanie zużycia wody w budynku,
- wyeliminowanie konieczności wchodzenia do nieruchomości w celu odczytu,
- brak możliwości odczytu spowodowanego brakiem dostępu do wodomierza.

4. Metodyka badań

Celem badań było określenie rozkładu przepływów charakterystycznych w postaci minimalnego oraz maksymalnego strumienia objętości wody na przyłączy wodociągowym w okresie doby oraz próba wyznaczenia wielkości strat pozornych, wynikających z niewłaściwego doboru urządzenia pomiarowego.

Do wykonania badań został użyty wodomierz statyczny, elektromagnetyczny iPERL firmy Sensus. Urządzenie charakteryzuje się dużą dokładnością pomiaru bez względu na pozycję jego pracy oraz konieczności zapewnienia odcinków prostych rurociągu przed i za nim.

Wodomierz iPERL składa się z trwałych elementów i nie zawiera mechanicznych części kontaktujących się z wodą, ani też elementów wykończonych z metalu. Urządzenie to jest kompatybilne z zabudowami wewnętrznymi i zewnętrznymi. Posiada zabezpieczenie przed zalaniem wodą, zaparowaniem i spełnia wymagania klasy temperaturowej T50.

Zakres pomiarowy iPERL wynosi R800 dla całego typoszeregu urządzeń dla Q_3 od 2,5 do 16 m³/h, a zarazem jego parametry użytkowe nie są zależne od warunków panujących w sieci. Pozwala na dokonywanie pomiarów w instalacjach z trudnym do uchwycenia przepływem. Zapewnia pełen dostęp do powiadomień na temat zużycia wody, które są konieczne przy inicjowaniu odpowiednich decyzji w kwestii eksploatacji sieci wodociągowej (wyszukiwanie nieszczelności, ingerencji zewnętrznych, przepływów wstecznych itp.), gdyż wyposażony jest w niskiej mocy zintegrowany moduł radiowy o częstotliwości 868 MHz lub 433 MHz. W odróżnieniu od tradycyjnych wodomierzy iPERL wykorzystuje technologię szczątkowego pola magnetycznego, która umożliwia liniowy zakres pomiarowy nawet w przypadku najmniejszych wartości przepływu.

Komunikację zapewnia innowacyjna technologia odczytów inkasenckich „walk-by”/„drive-by” oraz możliwość odpytywania urządzenia w celu pozyskania aż do 2880 punktów z danymi z rejestracji oraz alarmów. Dzięki tym wodomierzom uzyskano informacje na temat zarówno przepływów minimalnych, maksymalnych oraz zużycia w badanych obiektach [7].

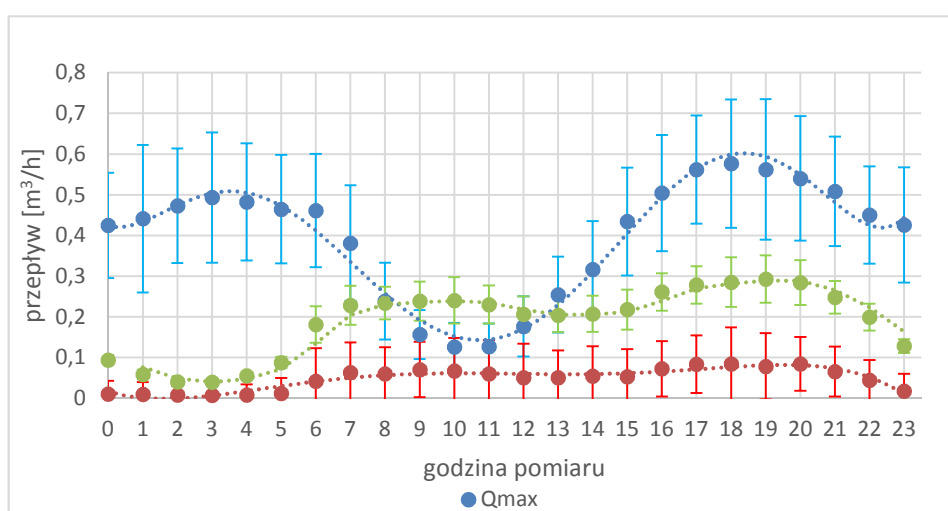
Do badań wytypowano dwa budynki wielolokalowe o zbliżonej wielkości (ilość lokali oraz punktów czerpalnych).

Pomiarów dokonano w czasie:

- 21 X 2015÷14 III 2016 dla Budynku A (liczba lokali 30),
- 31 III 2016÷29 V 2016 dla Budynku B (liczba lokali 35).

5. Analiza wyników badań

Dla wszystkich przeprowadzonych pomiarów w Budynku A wyznaczono średnie dzienne zużycie wody, które kształtowało się na poziomie $4,54 \pm 0,37 \text{ m}^3$. Niepewność oszacowania jest na poziomie 8,1%. Dodatkowo oszacowano średnią ilość wody zużywaną w weekend i dnia roboczym. Wynosiły one odpowiednio dla weekendu – $0,1947 \text{ m}^3/\text{h}$, a dla dnia roboczego – $0,1871 \text{ m}^3/\text{h}$. Różnica jest na poziomie 3,9%. Szczegółowy rozkład przepływów charakterystycznych w ciągu doby przedstawia rysunek 1.



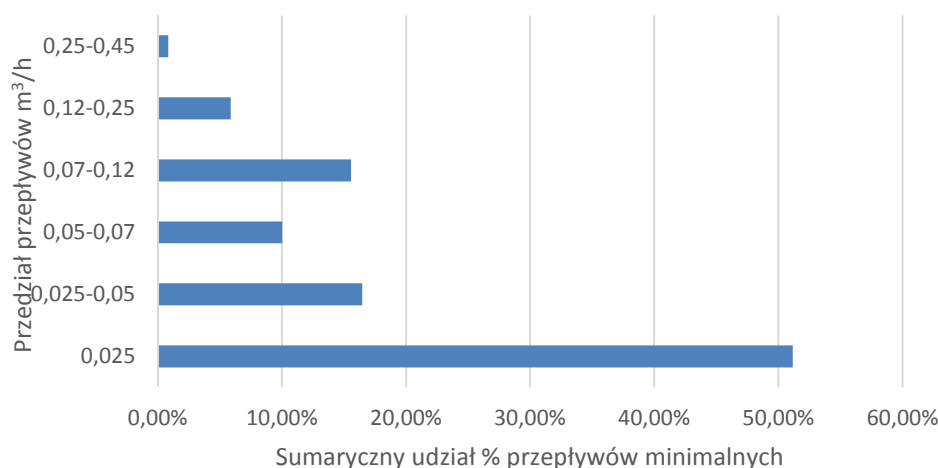
Rys. 1. Rozkład przepływów charakterystycznych na przyłączy wodociągowym w poszczególnych godzinach doby

Fig. 1. Distribution of characteristic flows at the water supply connection in each hours of the day

Z wykresu widać, że wzrost poboru wody przypada na godzinę 4:00 – 5:00 rano i osiąga swoje maksimum o godzinie 19:00. Można to wytłumaczyć dzienną rutyną statystycznego mieszkańca bloku. Istotnie różnica jest widoczna w przypadku weekendów, gdzie zauważalny wzrost poboru wody rozpoczyna się o godzinie 6:00, a swoje maksimum osiąga o godzinie 22:00.

Dodatkowo dokonano analizę minimalnych przepływów na przyłączy wodociągowy ze względu na przedziały opisujące klasę urządzeń pomiarowych instalowanych na przyłączy wodociągowym. Wyniki w oparciu o monitoring przepływu przedstawiono na rysunku 2.

Całkowity sumaryczny udział przepływów minimalnych w ogólnym zużyciu wody jest w tym wypadku duży i stanowi ponad 50%. Zatem wydaje się słuszne montowanie na przyłączy wodomierza o wysokiej klasie metrologicznej, który będzie w stanie zarejestrować występujące minimalne przepływy.



Rys. 2. Procentowe zużycie godzinowe wody w wybranych przedziałach przepływu

Fig. 2. Percentage of hourly water consumption in selected flow rates

Na podstawie procentowego zużycia godzinowego wody dokonano próby oszacowania strat pozornych wynikających z precyzji rejestracji przepływów w budynku wielolokalowym, biorąc pod uwagę głównie przepływy, które nie są rejestrowane przez wodomierze o niskim współczynniku R, opisujący klasę wodomierzy. Szczegółowe zestawienie przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Średnie wartości przepływów minimalnych oraz ich koszt miesięczny

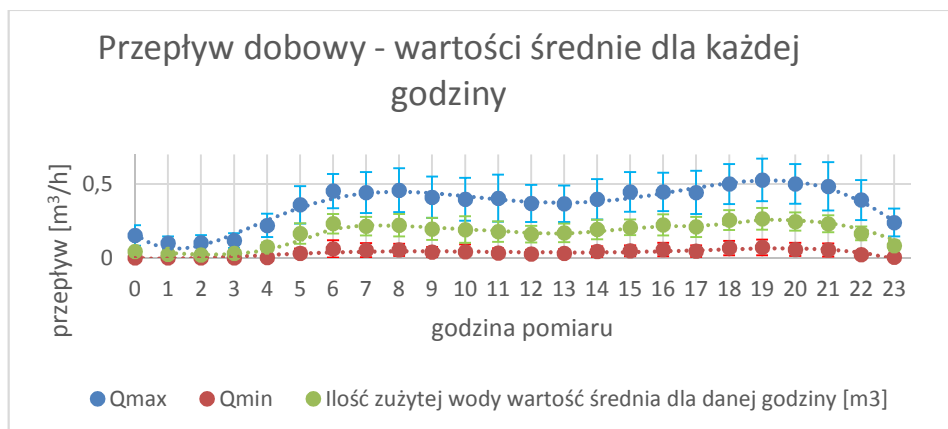
Table 1. Average values of minimum flows and their monthly cost

Średnia wartość przepływów minimalnych	0,034 m³/h
Średnia wartość przepływów minimalnych z przedziału <0,025 m³/h	0,017 m³/h
Miesięczna wartość przepływów minimalnych wody z przedziału <0,025 m³/h	12,24 m³
Miesięczny koszt wody z przedziału <0,025 m³/h, przy obowiązującej cenie za 1 m³ (woda + ścieki) – 6,60zł netto (dla miasta Białego-stoku)	82,70 zł netto / miesiąc

W budynku B średnie dzienne zużycie wody kształtowało się na poziomie $4,02 \pm 0,35\text{m}^3$. Niepewność oszacowania jest na poziomie 8,76%. Średnia ilość wody zużywana w weekend i dni robocze wynosiły odpowiednio:

- weekendu – 0,1766 m³/h,
- dzień roboczy - 0,1627 m³/h.

Różnica jest na poziomie 7,85%. Szczegółowy rozkład przepływów w ciągu doby przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3 Rozkład przepływów charakterystycznych na przyłączy wodociągowym w poszczególnych godzinach doby

Fig. 3. Distribution of characteristic flows at the water supply connection in particular hours of the day

Z wykresu widać, że wzrost poboru wody przypada na godzinę 4:00 – 5:00 rano i osiąga swoje maksimum o godzinie 6:00. W przypadku weekendów, gdzie zauważalny wzrost poboru wody rozpoczyna się o godzinie 5:00 a swoje maksimum osiąga o godzinie 20:00.

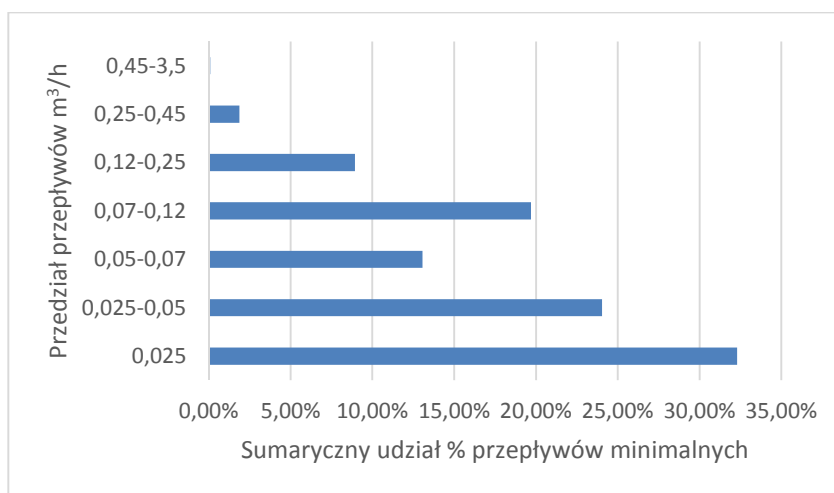
Również w tym budynku wyznaczono procentowy udział przepływów minimalnych ze względu na przedziały opisujące klasę wodomierzy (rysunek 4).

Ocenę strat pozornych wyznaczoną na podstawie rzeczywistego rozkładu minimalnego strumienia objętości z rejestracji przepływów przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Średnie wartości przepływów minimalnych oraz ich koszt miesięczny

Table 2. Average values of minimum flows and their monthly cost

Średnia wartość przepływów minimalnych	0,057 m ³ /h
Średnia wartość przepływów minimalnych z przedziału <0,025 m ³ /h	0,018 m ³ /h
Miesięczna wartość przepływów minimalnych wody z przedziału <0,025 m ³ /h	13,25 m ³
Miesięczny koszt wody z przedziału <0,025 m ³ /h, przy obowiązującej cenie za 1 m ³ (woda + ścieki) – 6,60zł netto (dla miasta Białego-stoku)	87,45 zł netto / miesiąc



Rys. 4. Procentowe zużycie godzinowe wody w wybranych przedziałach przepływu

Fig. 4. Percentage of hourly water consumption in selected flow rates

6. Podsumowanie

Prawidłowy dobór wodomierza zapewnia rzetelność i sprawiedliwość wskazań, co daje odbiorcy pewność uczciwego traktowania przez przedsiębiorstwo wodociągowo-kanalizacyjne. Ze względu na dokładność pomiaru ilości zużytej wody (w tym również wszystkich przepływów minimalnych) wodomierz powinien być dobierany ze szczególną uwagą, a nie jedynie na podstawie parametrów hydraulicznych panujących w przewodzie, tj. wartości nominalnego i maksymalnego strumienia objętości przepływającej wody. To właśnie wodomierz zapewnia przedsiębiorstwu główne źródło przychodów, i jest podstawowym wyznacznikiem do zafakturowania ilości sprzedanej wody oraz ścieków.

Badania zostały zrealizowane w ramach pracy nr S/WBiŚ/2/2014 i sfinansowane ze środków na naukę MNiSW.

Literatura

- [1] Chudzicki J., Sosnowski S.: Instalacje wodociągowe, projektowanie, wykonanie, eksploatacja, Seidel – Przywecki Sp. z o.o., 2009.
- [2] Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 roku o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzeniu ścieków (Dz.U. 2015 poz. 139).
- [3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 23 października 2007r. W sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać wodomierze, oraz szczegółowego zakresu sprawdeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych. (Dz.U. 2007 poz. 1513).

- [4] Billewicz K.: Smart metering - Inteligentny system pomiarowy, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011.
- [5] Cichoń T, Królikowska J.: Problematyka opomiarowania dostawy wody w budynkach wielorodzinnych na tle przyczyn rozbieżności bilansu zużycia wody, Ecological Engineering Vol. 48, 2016.
- [6] Tuz P., Dobór i eksploatacja wodomierzy. Wybór typu licznika. Część 1, Rynek instalacyjny 9/2009.
- [7] Materiały firmy Sensus.

ANALYSIS OF WATER FLOWS IN MULTIFAMILY BUILDINGS USING STATIC WATER METERS

S u m m a r y

Any changes, introduced in practically every sphere of human activity, very often involves various problems and questions related to this issue. It turns out that accounting for water consumption in multifamily buildings carries a number of complications, such as divergence in water balance, also problems with deficiencies in the settlement of water suppliers by property managers.

The article will show the actual flow rates in daily terms at the water connection determined using static water meters.

Keywords: water supply connection, calculation flow, water meter, flow rate, static water meter

Przesłano do redakcji: 27.12.2017 r.

Przyjęto do druku: 29.12.2017 r.