

OCENA STOSOWANYCH METOD DOBORU ŚREDNIC WODOMIERZY ORAZ PRZYŁĄCZY WODOCIĄGOWYCH W BUDOWNICTWIE WIELORODZINNYM

Błażej Stęplewski¹, Grzegorz Kaczor¹

¹ Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Aleja Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, e-mail: stepleski@op.pl, rmkaczor@cyf-kr.edu.pl

STRESZCZENIE

Celem artykułu jest ocena aktualnie stosowanych w projektowaniu metod doboru wodomierzy oraz średnic przyłączy wodociągowych w świetle pomiarów rzeczywistego zużycia wody w instalacji wodociągowej w wybranym budynku. Obiektem badań jest wielorodzinny budynek mieszkalny, zlokalizowany w północnej części miasta Krakowa. Zakres pracy obejmuje analizę godzinowego i sekundowego zużycia wody przez mieszkańców budynku oraz weryfikację poprawności doboru aktualnie funkcjonującego wodomierza, a także średnicy przyłącza wodociągowego. Ocenie poddano trzy stosowane w Krakowie metody doboru tych dwóch elementów instalacji wodociągowej na podstawie rzeczywistych pomiarów zużycia wody. Przeprowadzone badania wykazały, iż żadna z analizowanych metod doboru średnicy wodomierza, jak również przyłącza wodociągowego, nie pozwala na uzyskanie wyników w pełni zgodnych z rzeczywistymi przepływami zużywanej wody. Zaobserwowane i zarejestrowane rzeczywiste przepływy wody w budynku były nawet 15-krotnie niższe, niż niektóre przepływy ustalone obliczeniowo. W przypadku każdej z analizowanych metod obliczeniowych stwierdzono przewymiarowanie zarówno średnicy wodomierza, jak również średnicy przyłącza wodociągowego. Istotna rozbieżność pomiędzy parametrami obliczonymi, a empirycznymi, wskazuje na konieczność udoskonalenia metod obliczeniowych doboru wodomierzy oraz średnic przyłączy wodociągowych.

Słowa kluczowe: zużycie wody, wodomierz, instalacja wodociągowa, przyłącze

THE EVALUATION OF METHODS USED TO SELECT DIAMETERS OF WATER METERS AND SEWER CONNECTIONS IN MULTI-FAMILY HOUSING

ABSTRACT

The aim of the following paper is to evaluate methods of water meter selection and diameters of sewer connections currently used in designing in the light of measurements of water actual consumption in water supply system in selected building. The object of the research is multi-family residential building situated in northern Krakow. The scope of work includes the analysis of water consumption per hour and per second by residents of the building and verification of the correct selection of currently functioning water meter and diameter of sewer connection. Three methods used for the selection of these two elements of water supply system in Krakow based on the actual measurements of water consumption have been evaluated. The research has shown that none of the analysed methods of water meter diameter selection as well as sewer connection allow to achieve results completely consistent with the actual flow rate of water consumption. Observed and registered actual water flows in the building have been up to 15 times lower than some design flows. Oversizing of both water meter diameter and sewer connection diameter has been found for each of the analysed measurement methods. A significant discrepancy between measured and empirical parameters indicates the need to improve measurement methods for the selection of water meters and diameters of sewer connections.

Keywords: water consumption, water meter, water supply system, sewer connection

WPROWADZENIE

W latach 90. XX wieku zaobserwowano postępujący spadek zużycia wody na cele bytowe ludności w gospodarstwach domowych. Przeliczeniowe zużycie wody, w odniesieniu na przeliczeniowego mieszkańca [Rozporządzenie 2002], zmalało o ok. 40% w stosunku do zużycia występującego w latach 80. ubiegłego wieku [Heidrich i Jędrzejkiwicz 2007]. Średnie jednostkowe zużycie wody w gospodarstwie domowym w roku 2014 wynosiło tylko $85 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ [Bergel i in. 2016b]. Do najważniejszych czynników, które miały na to wpływ, można zaliczyć: wzrost ceny wody, wprowadzenie do sprzedaży wodooszczędnych pralek, zmywarek oraz baterii czerpialnych, opomiarowanie poszczególnych mieszkań w budynkach wielorodzinnych, stosowanie dokładniejszych i bardziej odpornych na przypadkowe lub umyślnie generowane zakłócenia wodomierzy, a także rosnącą świadomość proekologiczną użytkowników wodociągów [Bugajski i Kaczor 2005, Pawełek i Kaczor 2005, Pawełek i Kaczor 2008, Bugajski i Kaczor 2007, Lewandowski i Walkowski 2017, Cichoń i Królikowska 2016]. Wymienione czynniki wpłynęły także na charakterystykę dobowych oraz godzinowych rozbiórów wody w mieszkalnictwie jedno- i wielorodzinnym, co w konsekwencji wywołało określone problemy występujące przy projektowaniu i eksploatacji systemów wodociągowych [Bergel i in. 2016a]. W wielu przypadkach wydajność funkcjonujących urządzeń wodociągowych okazała się zbyt duża w stosunku do rzeczywistego zapotrzebowania na wodę [Kłoss-Trębaczkiwicz i Osuch-Pajdzińska 2005]. W konsekwencji ujawniły się trudności w aspekcie poprawnego doboru średnic przewodów wewnętrznej instalacji wodociągowej, przyłączy, jak również urządzeń do pomiaru zużywanej wody [Bergel 2012].

Podstawą dla wymiarowania urządzeń wodociągowych, jak również kanalizacyjnych, są poprawnie wykonywane pomiary objętości zużywanej wody [Bergel i Wałęga 2009]. W ostatnich latach wciąż toczą się dyskusje i spory, co do zasad optymalnego doboru wodomierzy dla mieszkań indywidualnych oraz budynków wielorodzinnych. Według producentów wodomierzy, projektantów oraz wodociągowych służb technicznych najlepsze efekty przy doborze wodomierzy uzyskuje się, wykorzystując połączenie metod matematycznych i statystycznych z danymi empirycznymi. Niezbędną bazą dla tych obliczeń powinny być jednak pomiary rzeczywistych strumieni objętości przepływu wody [Gwoździej-Mazur

2013, Gwoździej-Mazur i Tuz 2016]. Przy doborze średnic przewodów instalacji wodociągowej, łącznie ze średnicą przyłącza, niezwykle istotne jest przyjęcie poprawnej wartości nominalnego strumienia natężenia przepływu wody użytkowej.

W budynkach wielorodzinnych prawidłowy dobór wodomierza wraz z odpowiednią średnicą przyłącza wodociągowego jest zagadnieniem niezmiernie trudnym [Pawełek i Bergel 2011]. Aktualnie, mimo pojawiania się propozycji wysuwanych przez producentów wodomierzy oraz osób zajmujących się tą problematyką, nie przyjęto jednolitej i powszechnie uznanej metody obliczeniowej, która może być z powodzeniem wykorzystana w praktyce projektowej [Gwoździej-Mazur 2013]. W niniejszej pracy podjęto próbę oceny aktualnych metod doboru wodomierzy oraz średnic przyłączy wodociągowych na tle przeprowadzonych rzeczywistych pomiarów godzinowego i sekundowego zużycia wody w wybranym budynku wielorodzinnym.

CEL I ZAKRES PRACY

Celem pracy jest ocena aktualnie stosowanych w projektowaniu metod doboru wodomierzy oraz średnic przyłączy wodociągowych w świetle pomiarów rzeczywistego zużycia wody w instalacji wodociągowej w wybranym budynku wielorodzinnym.

Zakres pracy, w pierwszym etapie badań, obejmuje analizę godzinowego oraz sekundowego zużycia wody w wybranym budynku wielorodzinnym, a następnie ocenę poprawności doboru i działania aktualnie funkcjonującego wodomierza oraz średnicy przyłącza wodociągowego w tym budynku. W etapie drugim, dla analizowanego obiektu badań dobrany będzie wodomierz oraz średnica przyłącza wodociągowego na podstawie aktualnie stosowanych wytycznych i norm. W etapie trzecim przeprowadzony będzie ponowny dobór średnicy wodomierza oraz średnicy przyłącza wodociągowego dla analizowanego obiektu badań na podstawie wytycznych opracowanych przez zespół pod redakcją Dyrektora Biura Strategii i Rozwoju MPWiK w Krakowie. W etapie czwartym kolejny dobór średnicy wodomierza oraz średnicy przyłącza wodociągowego będzie wykonany na podstawie rzeczywistych pomiarów zużycia wody w analizowanym obiekcie badań. Efektem końcowym przeprowadzonych badań będzie ocena, która z analizowanych metod pozwala na uzyskanie wyników najbliższych wartościom rzeczywistym.

OPIS OBIEKTU BADAŃ

Obiektem badań, w niniejszej pracy, jest wielorodzinny budynek mieszkalny zlokalizowany w północnej części miasta Krakowa, przy ulicy ks. Mikołaja Kuczkowskiego. Analizowany budynek składa się z czterech pięter mieszkalnych, podpiwniczenia oraz poddasza użytkowego. W obiekcie zlokalizowanych jest łącznie 13 mieszkań prywatnych, a w podpiwniczeniu lokal użyteczności publicznej w formie prywatnego przedszkola oraz pomieszczenia gospodarcze. Aktualnie w analizowanym bloku zamieszkuje 38 osób. W lokalu użyteczności publicznej, czynnym w godzinach od 07:00 do 17:00 od poniedziałku do piątku, zatrudnione są 3 osoby personelu. W godzinach otwarcia w przedszkolu przebywa dziennie przeciętnie 15 dzieci. Woda w tym pomieszczeniu zużywana jest wyłącznie na cele bytowe jego użytkowników. Posiłki dostarczane są przez zewnętrzny catering.

Woda do budynku doprowadzona jest z miejskiej sieci wodociągowej o średnicy 100 mm przyłączem polietylenowym średnicy 50 mm. W podpiwniczeniu, w pomieszczeniu gospodarczym, zamontowany jest wodomierz główny zimnej wody użytkowej o średnicy 32 mm. Instalacja wodociągowa za wodomierzem doprowadzona jest do mieszkań oraz lokalu usługowego jednym wspólnym pionem wodociągowym o średnicy 40 mm. Liczbę oraz rodzaj punktów czerpalnych, do których doprowadzona jest zimna woda użytkowa z instalacji wodociągowej, zestawiono w tabeli 1.

METODYKA BADAŃ

Pomiary godzinowego oraz sekundowego zużycia wody w analizowanym budynku prowadzono przez 14 dni w terminie od 20.03.2017 do 02.03.2017 roku. Wykonano je za pomocą wielostrumieniowego wodomierza skrzydełkowego firmy Apator o średnicy DN 32 mm i ciągłym strumieniu objętości równym $10 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Wskazania wodomierza archiwizowano w sposób ciągły za pomocą cyfrowego rejestratora wideo umieszczonego na czas badań bezpośrednio nad licznikiem wodomierza. Na podstawie zarejestrowanych wskazań określono wartości godzinowego zużycia wody. Dla godziny o maksymalnym, w całym okresie badań, zużyciu wody odczytano maksymalny sekundowy pobór wody w $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Wartość ta przyjęta została jako miarodajna dla

dalszego etapu badań. Dla przyjętego przepływu miarodajnego (maksymalnego sekundowego), za pomocą programu komputerowego „Wavin – Dobór rurociągów wersja v1.3”, obliczono parametry hydrauliczne istniejącego przyłącza wody Ø50 PE.

Ocenę poprawności doboru i działania aktualnie funkcjonującego wodomierza określono w oparciu o zaobserwowany maksymalny przepływ godzinowy. Wartości rzeczywiste tego przepływu wody odniesiono do zaleceń producenta wodomierza firmy Apator, zawartych w karcie katalogowej tego urządzenia [Apator. Instrukcja... 2017].

Przepływ obliczeniowy wody dla budynku, niezbędny w drugim etapie badań, określono na podstawie polskiej normy PN-92 B-01706 „Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu” według wzoru (1).

$$q = 0,682 \cdot \left(\sum q_n \right)^{0,45} - 0,14 \quad (1)$$

gdzie: q – przepływ obliczeniowy wody dla budynku [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],

q_n – sumaryczny normatywny wypływ wody zimnej z punktów czerpalnych [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$].

Tabela 1. Zestawienie punktów czerpalnych, do których doprowadzona jest zimna woda użytkowa z instalacji wodociągowej w badanym obiekcie

Table 1. Summary of water outlets to which cold tap water is supplied from water supply system in the building under research

Rodzaj punktu czerpalnego	Liczba punktów czerpalnych [szt.]
Bateria umywalkowa	24
Bateria wannowa	13
Bateria zlewozmywakowa	14
Zawór czerpalny przy spluczce miski ustępowej	15
Zawór czerpalny dla pralki	13
Zawór czerpalny dla zmywarki	9

DN	Q_n [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]
20	2,5
25	3,5
32	6,0
40	10,0
50	15,0
80	30,0
100	50,0

Umowny przepływ obliczeniowy wody dla wodomierza, zgodnie z normą PN-92 B-01706, obliczono za pomocą wzoru (2).

$$q_w = 2q \quad (2)$$

gdzie: q_w – umowny przepływ obliczeniowy wody dla wodomierza [$m^3 \cdot h^{-1}$],
 q – przepływ obliczeniowy wody dla budynku [$m^3 \cdot h^{-1}$].

Zgodnie z normą PN-92 B-01706 na podstawie przepływu obliczeniowego q oraz umownego przepływu obliczeniowego q_w dobrano wodomierz skrzydełkowy Apator, porównując umowny przepływ obliczeniowy q_w z maksymalnym strumieniem objętości q_{max} podanym przez producenta wodomierza w karcie katalogowej urządzenia. Dobór wodomierza należy uznać za poprawny, jeżeli spełniony jest warunek $q \leq q_{max}/2$ oraz średnica nominalna wodomierza jest mniejsza bądź równa średnicy przewodu, na którym wodomierz ma być zainstalowany.

Dla przepływu obliczeniowego, ustalonego na podstawie wzoru (1), za pomocą programu komputerowego „Wavin – Dobór rurociągów wersja v1.3” dobrano średnicę przyłącza wodociągowego przy założonej maksymalnej prędkości wody wynoszącej $1,0 m \cdot s^{-1}$.

W trzecim etapie badań średnicę wodomierza oraz przyłącza wodociągowego obliczono na podstawie wytycznych MPWiK w Krakowie [Duma-Michalik i in. 2012]. Metoda ta może być stosowana dla budynków wielorodzinnych mających więcej niż 10 lokali mieszkalnych. Zgodnie z tą metodą w pierwszej kolejności należy ustalić przeliczeniową liczbę lokali w budynku zgodnie ze wzorami (3) i (4).

$$LL_o = L_L + L_{LP} \quad (3)$$

gdzie: LL_o – przeliczeniowa liczba lokali w budynku zaopatrywanych w wodę [-],

L_L – rzeczywista liczba lokali zaopatrywanych w zimną i ciepłą wodę użytkową [-],

L_{LP} – przeliczona liczba lokali zasilanych tylko w ciepłą wodę użytkową [-].

$$L_{LP} = 0,4 \cdot L_{Lc.w.u.} \quad (4)$$

gdzie: L_{LP} – przeliczona liczba lokali zasilanych tylko w ciepłą wodę użytkową [-],

$L_{Lc.w.u.}$ – rzeczywista liczba lokali zaopatrywana tylko w ciepłą wodę użytkową [-].

Maksymalny strumień objętości wody Q_{max} dla przyjmowanego wodomierza należy obliczyć za pomocą wzoru (5).

$$Q_{max} = 2,3188 + 0,03780 \cdot LL_o \quad (5)$$

gdzie: Q_{max} – maksymalny strumień objętości wody dla wodomierza [$dm^3 \cdot s^{-1}$],

LL_o – przeliczeniowa liczba lokali w budynku zaopatrywanym w wodę [-].

Zgodnie z tą metodą wodomierz należy dobrać porównując jego przepływ nominalny z obliczonym maksymalnym strumieniem objętości zgodnie z zależnością (6) i wartościami w tabeli 2.

$$Q_n \geq Q_{max} \quad (6)$$

gdzie: Q_n – nominalny strumień objętości wodomierza [$m^3 \cdot h^{-1}$], przyjęty na podstawie tabeli 2,

Q_{max} – maksymalny strumień objętości dla przyjmowanego wodomierza [$m^3 \cdot h^{-1}$].

Średnicę przyłącza w tej metodzie ustala się w oparciu o zapisy normy PN-92/B-01706 „Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu”.

W czwartym etapie badań średnicę wodomierza i przyłącza dobrano na podstawie rzeczywistego maksymalnego przepływu godzinowego oraz przepływu maksymalnego sekundowego ustalonych na podstawie pomiarów rzeczywistego zużycia wody. Wodomierz firmy Apator dobrano zgodnie z zaleceniami producenta, zawartymi w karcie katalogowej urządzenia. Średnicę przyłącza wodociągowego dobrano na podstawie przepływu maksymalnego sekundowego przy założonej prędkości granicznej przepływu wody wynoszącej $1,0 m \cdot s^{-1}$ za pomocą programu „Wavin – Dobór rurociągów wersja v1.3”.

Tabela 2. Zestawienie nominalnych strumieni objętości Q_n dla poszczególnych średnic wodomierzy wg normy PN-EN 14154

Table 2. Summary of nominal volume flow rate Q_n for individual water meter diameters according to PN-EN 14154 standard

DN	Q_n [$m^3 \cdot h^{-1}$]
20	2,5
25	3,5
32	6,0
40	10,0
50	15,0
80	30,0
100	50,0

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

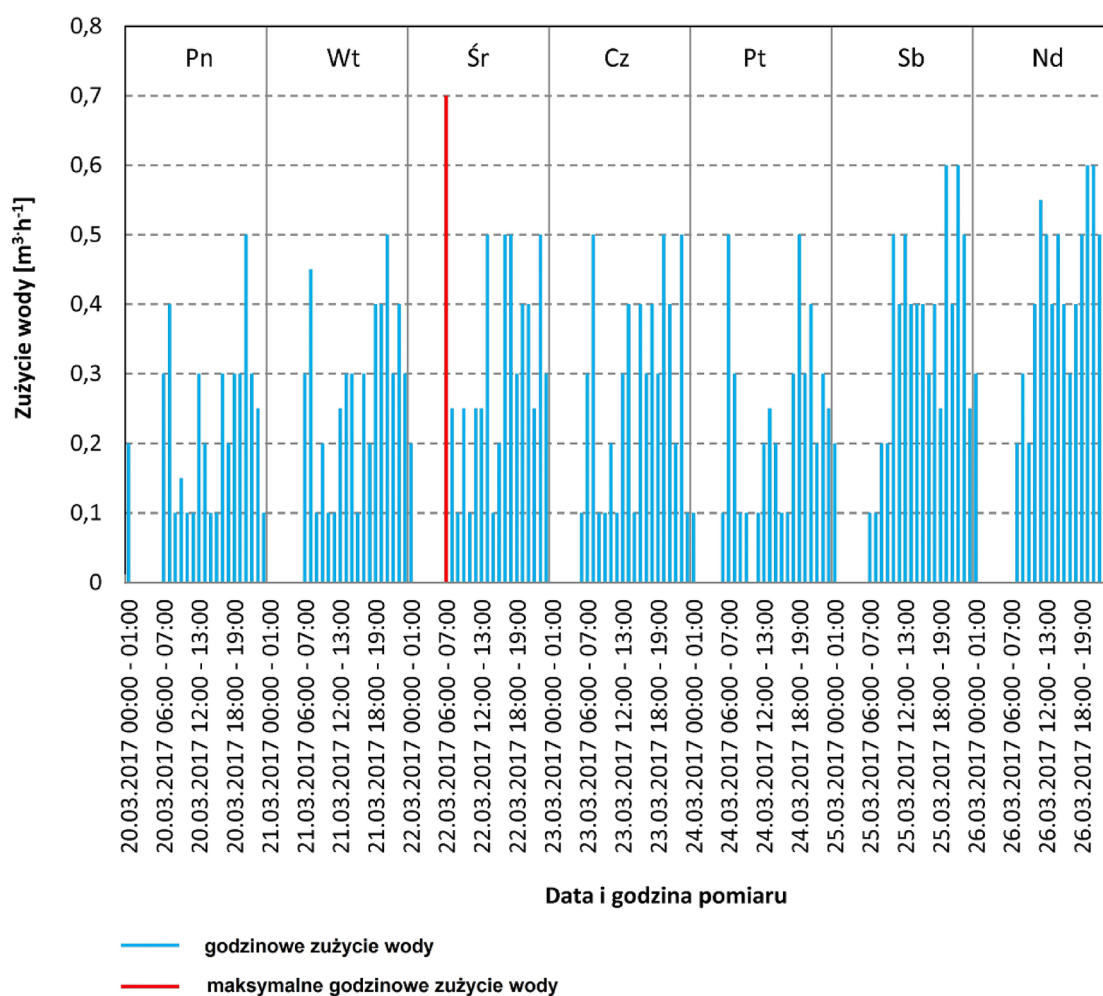
Jak wykazano we wprowadzeniu, przy doborze średnic wodomierza i przyłącza wodociągowego najistotniejsze jest właściwe oszacowanie miarodajnych przepływów wody występujących w instalacji wodociągowej w budynku. Na rysunku 1 przedstawiono wyniki pomiarów rzeczywistego dobowego zużycia wody odczytane na podstawie wskazań wodomierza głównego o średnicy 32 mm, zainstalowanego na przyłączy do budynku. Przedstawione wyniki pomiarów dotyczą tygodnia, w którym zaobserwowano maksymalne godzinowe zużycie wody. Wystąpiło ono w dniu 22.03.2017, w środę, w godzinach od 6:00 do 7:00 i wyniosło $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Maksymalny sekundowy przepływ wody w tej godzinie q_{max} wyniósł $0,48 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Dla rzeczywistego przepływu maksymalnego godzinowego przeprowadzono ocenę poprawności doboru aktualnie funkcjonującego w budynku

wodomierza głównego firmy Apator o średnicy DN 32 mm. Katalogowe parametry tego wodomierza zestawiono w tabeli 3.

Zgodnie z zaleceniami producenta wodomierz należy uznać za poprawnie dobrany, jeżeli przepływ maksymalny godzinowy w budynku stanowi od 0,45 do 0,60 wartości ciągłego strumienia objętości wody Q_3 . Ponieważ rzeczywiste maksymalne godzinowe zużycie wody w analizowanym budynku, wynoszące $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, jest o 84,5% mniejsze od wartości $4,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (ustalone jako $0,45 \cdot Q_3$), funkcjonujący obecnie w budynku wodomierz jest w znacznym zakresie przewymiarowany, czyli mający zbyt dużą średnicę w stosunku do rzeczywistych potrzeb. Może się to przekładać na wzrost błędów pomiarowych.

Średnica polietylenowego przyłącza wodociągowego, funkcjonującego obecnie w analizowanym obiekcie badań, wynosi 50 mm. Dla zaobserwowanego przepływu sekundowego $q_{so} = 0,48 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ przeprowadzono analizę para-



Rys. 1. Wartości godzinowego zużycia wody w analizowanym budynku w okresie od 20.03 do 26.03.2017r
 Fig. 1. Hourly values of water consumption in the analysed building in the period from 20.03 to 26.03.2017

Tabela 3. Wybrane katalogowe dane techniczne wodomierza Apator DN32 WS-10**Table 3.** Selected technical data of water meter Apator DN32 WS-10

Parametr	Oznaczenie	Jednostka	Wartość parametru
Średnica nominalna	DN	mm	32
Ciągły strumień objętości	Q_3	$m^3 \cdot h^{-1}$	10
Maksymalny strumień objętości	Q_4	$m^3 \cdot h^{-1}$	12,5

metrów hydraulicznych przyłącza przy pomocy programu „Wavin – Dobór rurociągów, wersja v1.3”. Dla istniejącej średnicy przyłącza DN 50 mm w programie uzyskano prędkość przepływu równą $0,37 m \cdot s^{-1}$ oraz stratę ciśnienia równą 0,03 m. Jak można zauważyć, średnica istniejącego przyłącza jest zdecydowanie za duża, co skutkuje bardzo małą prędkością przepływu, sprzyjającą osadzeniu się zawiesin i tworzeniu dobrych warunków dla rozwoju bakterii.

W drugim etapie badań średnicę przyłącza zweryfikowano na podstawie wytycznych polskiej normy PN-92 B-01706 „Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu”, opierając się na wyliczonym przepływie obliczeniowym q (tabela 4).

Dla wyliczonego przepływu obliczeniowego q , wynoszącego $2,2 dm^3 \cdot s^{-1}$, średnica przyłącza z PE powinna wynosić 75 mm ($\emptyset 75 \times 6,8$ z rur

PE 100 SDR11). Doboru średnicy przyłącza wodociągowego dla wyliczonego przepływu obliczeniowego dokonano ponownie za pomocą aplikacji „Wavin – Dobór rurociągów, wersja v1.3”. Prędkość wody w takim przyłączu będzie wynosiła $0,74 m \cdot s^{-1}$, a strata ciśnienia 0,07 m. Średnica przyłącza ustalona na podstawie wytycznych normy PN-92/B-01706 okazała się o dwie dymensje większa niż istniejąca.

Na podstawie parametrów zestawionych w karcie katalogowej producenta wodomierzy Apator i wytycznych normy PN-92/B-01706 z 1992 r. „Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu” ustalono średnicę wodomierza głównego jako DN 40 (tabela 5).

W etapie trzecim badań średnicę wodomierza określono na podstawie metody opracowanej przez MPWiK w Krakowie. Obliczone parametry niezbędne do doboru wodomierza zestawiono w tabeli 6.

Średnicę przyłącza wodociągowego, zgodnie z wytycznymi MPWiK, analogicznie jak w drugim etapie obliczeń, określono na podstawie normy PN-92 B-01706 „Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu” na podstawie wyliczonego przepływu obliczeniowego (tabela 4) oraz przy użyciu programu „Wavin – Dobór rurociągów, wersja v1.3” otrzymując dobór średnicy przyłącza o parametrach $\emptyset 75 \times 6,8$ z rur PE 100 SDR11.

Tabela 4. Zestawienie parametrów dla potrzeb wyznaczenia przepływu obliczeniowego oraz jego wartości**Table 4.** Summary of parameters required for the calculation of design flow and its value

Rodzaj punktu czerpalnego	Liczba punktów czerpalnych	Wypływ normatywny z punktów czerpalnych $q_n [dm^3 \cdot s^{-1}]$	$\Sigma q_n [dm^3 \cdot s^{-1}]$
Bateria wannowa	13	0,30	3,90
Bateria umywalkowa	24	0,14	3,36
Bateria zlewozmywakowa	14	0,14	1,96
Zawór czerpalny przy spluczce miski ustępowej	15	0,13	1,95
Zawór czerpalny dla pralki	13	0,25	3,25
Zawór czerpalny dla zmywarki	9	0,15	1,35
$\Sigma q_n [dm^3 \cdot s^{-1}]$		15,77	
$q [dm^3 \cdot s^{-1}]$		2,2	

Tabela 5. Parametry wstępne i dobór wodomierza w oparciu o wytyczne normy PN-92/B-01706**Table 5.** Preliminary parameters and water meter selection based on the guidelines of PN-92/B-01706 standard

Przepływ obliczeniowy $q [dm^3 \cdot s^{-1}]$	Przepływ obliczeniowy $q [m^3 \cdot h^{-1}]$	Przepływ obliczeniowy umowny $q_w [m^3 \cdot h^{-1}]$	Średnica wodomierza DN [mm]	Maksymalny strumień objętości wodomierza $Q_{max} [m^3 \cdot h^{-1}]$
2,2	7,92	15,84	40	20

Tabela 6. Parametry niezbędne do doboru średnicy wodomierza głównego w oparciu o wytyczne MPWiK w Krakowie

Table 6. Parameters required to select diameter of the main water meter based on the guidelines of Municipal Water and Sewerage Company in Krakow

Wyszczególnienie parametru	Jednostka	Wartość
Liczba lokali zaopatrywanych w ciepłą i zimną wodę L_L	–	14
Liczba lokali zaopatrywanych tylko w ciepłą wodę użytkową $L_{Lc.w.u}$	–	0
Obliczony maksymalny strumień objętości Q_{max}	$m^3 \cdot h^{-1}$	2,85
Średnica wodomierza głównego dla celów mieszkaniowych DN	mm	25
Nominalny strumień objętości wodomierza Q_n	$m^3 \cdot h^{-1}$	6,00

W ostatnim etapie obliczeń średnicę wodomierza i przyłącza wodociągowego określono na podstawie rzeczywistych przepływów godzinowych oraz sekundowych zarejestrowanych w analizowanym budynku w okresie badań. Dobór wodomierza przeprowadzono opierając się na maksymalnym przepływie godzinowym zaobserwowanym w trakcie prowadzonych badań oraz wytycznych producenta urządzenia. Tą procedurę wykonano analogicznie jak w pierwszym etapie prowadzonych badań. Ostatecznie dobrano wodomierz DN 20 WS-2,5-G1 o parametrach zestawionych w tabeli 7.

Średnicę przyłącza wodociągowego, przy założonej maksymalnej prędkości przepływu wody wynoszącej $1,0 m \cdot s^{-1}$, obliczono dla zmierzonego rzeczywistego maksymalnego sekundowego zużycia wody wynoszącego $q_{so} = 0,48 dm^3 \cdot s^{-1}$ za pomocą programu „Wavin – Dobór rurociągów, wersja v1.3”. Na podstawie tych obliczeń przyjęto przyłącze wykonane z rur PE 100 SDR11 o średnicy $\varnothing 40 \times 3,7$. Dla dobranej średnicy przyłącza w programie komputerowym uzyskano optymalną prędkość przepływu równą $0,6 m \cdot s^{-1}$ oraz stratę ciśnienia równą 0,1 m. W tabeli 8 porównano wszystkie wyniki uzyskane w ramach przeprowadzonych w niniejszej pracy badań i obliczeń.

Na podstawie zestawienia uzyskanych wyników stwierdzono, iż stosując trzy różne me-

tody doboru wodomierza, uzyskano trzy różne jego średnice. Porównując obliczone przepływy miarodajne, niezbędne dla potrzeb doboru wodomierza stwierdzono, że metodyka przedstawiona w normie PN-92/B-01706 z 1992 roku jest całkowicie nieadekwatna do aktualnego zużycia wody w budynkach wielorodzinnych i nie powinna być stosowana w praktyce projektowej do doboru zestawów wodomierzowych. Jednocześnie wyniki uzyskane przy wykorzystaniu rzeczywistych pomiarów zużycia wody były najbliższe wytycznym ustalonym przez MPWiK w Krakowie. W tej metodzie różnica pomiędzy wartością przepływu obliczeniowego wynoszącego $2,85 m^3 \cdot h^{-1}$ i rzeczywistego maksymalnego godzinowego przepływu wody wynoszącego $0,70 m^3 \cdot h^{-1}$ wyniosła $2,15 m^3 \cdot h^{-1}$, czyli różniła się o 75,5%.

W odniesieniu do przyłącza wodociągowego można stwierdzić, iż jego średnica ustalona na podstawie normy PN-92/B-01706 z 1992 roku oraz wytycznych MPWiK w Krakowie była o trzy dymensje większa niż średnica przyłącza obliczona na podstawie rzeczywistego maksymalnego sekundowego przepływu wody w budynku. Ustalony na podstawie pomiarów przepływ sekundowy, wynoszący $0,48 dm^3 \cdot s^{-1}$, był o $1,72 dm^3 \cdot s^{-1}$ tj. o 78,2% niższy, niż przepływ sekundowy obliczeniowy ustalony wg wytycznych tej normy wynoszący $2,20 dm^3 \cdot s^{-1}$.

W nawiązaniu do metody opracowanej przez MPWiK oraz rzeczywistych pomiarów zużycia wody stwierdzono, iż określenie przepływu sekundowego za pomocą normy PN-92/B-01706 dla potrzeb ustalania średnicy przyłącza wodociągowego może prowadzić do znacznego przewymiarowania tego przewodu. W niniejszej pracy wykazano, iż zgodnie z tą metodą dla wodomierza DN25 średnica przyłącza wodociągowego wynosiłaby DN 65 mm (75x6,8) i byłaby tym samym o 4 dymensje większa niż wynikająca z rzeczywistych przepływów.

Tabela 7. Wybrane katalogowe parametry techniczne wodomierza Apator DN 20 WS-2,5-G1

Table 7. Selected technical specification of water meter Apator DN 20 WS-2,5-G1

Parametr	Jednostka	Wartość
Średnica nominalna DN	mm	20
Ciągły strumień objętości Q_3	$m^3 \cdot h^{-1}$	2,5
Maksymalny strumień objętości Q_4	$m^3 \cdot h^{-1}$	3,125

Tabela 8. Porównanie wyników uzyskanych w drugim, trzecim i czwartym etapie badań**Table 8.** Summary of the results achieved in the second, third and fourth stage of conducted research

Metoda obliczeń lub doboru	Wodomierz		Przyłącze wodociągowe	
	Średnica dobranego wodomierza [mm]	Przepływ określony dla doboru średnicy wodomierza [m ³ ·h ⁻¹]	Średnica dobranego przyłącza wody [mm]	Przepływ określony dla doboru średnicy przyłącza [dm ³ ·s ⁻¹]
Polska Norma PN-92/B-01706	40	15,84	75×6,8	2,20
Dobór średnicy wodomierza wg wytycznych MPWiK	25	2,85	75×6,8	2,20
Rzeczywiste pomiary zużycia wody	20	0,70	40×3,7	0,48

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania wykazały, iż żadna ze stosowanych obecnie w projektowaniu metod doboru średnicy wodomierza, jak również przyłącza wodociągowego, nie pozwala na uzyskanie wyników zgodnych z rzeczywistymi przepływami zużywanej wody. Zarejestrowane rzeczywiste przepływy wody w budynku były nawet 15-krotnie niższe niż przepływy obliczeniowe. W przypadku każdej z analizowanych metod stwierdzono przewymiarowanie zarówno średnicy wodomierza, jak również średnicy przyłącza wodociągowego. Uzyskane wyniki obliczeń i pomiarów rzeczywistych wykazały jednoznacznie, że stosowanie w praktyce projektowej zaleceń normy PN-92/B-01706 z 1992 r. powoduje nieuzasadnione hydraulicznie i ekonomicznie przewymiarowanie średnic wodomierzy i przyłączy wodociągowych. Może to w przypadku wodomierzy wpływać na wzrost błędów pomiaru zużycia wody, a w przypadku przyłączy na stworzenie warunków sprzyjających sedymentacji zawieszin oraz rozwojowi bakterii lub innych drobnoustrojów.

LITERATURA

1. Apator. Instrukcja eksploatacji [dostęp: 20.03.2017], Wodomierze skrzydełkowe, jednostrumieniowe, suchobieżne JS i mokrobieżne JM, <http://www.apator.com>.
2. Bergel T. 2012. Poprawność doboru i montażu wodomierzy mieszkaniowych w budynkach wielorodzinnych. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2, 46–48., Lublin.
3. Bergel T., Kaczor G., Bugajski P. 2016a. Analysis of the structure of water consumption in rural households in terms of design guidelines water and sewage systems. *Infrastruktura i Ekologia Terenów*

Wiejskich, nr 4, PAN oddział w Krakowie, Kraków, 1899–1910.

4. Bergel T., Kotowski T., Wojciechowska O. 2016b. Daily water consumption for household purposes and its variability in a rural household. *Journal of Ecological Engineering*, 17, 47–52.
5. Bergel T., Wałęga A. 2009. Zastosowanie metod data mining w prognozowaniu zużycia wody na cele bytowe w gospodarstwach wiejskich. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 05, 183–195, Kraków.
6. Bugajski P., Kaczor G. 2005. Struktura zużycia zimnej i ciepłej wody w gospodarstwie jednorodzinnym. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, nr 2, Kraków, 17–26.
7. Bugajski P., Kaczor G. 2007. Struktura zużycia wody przez użytkowników wodociągu w gminie Drwina. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, nr 1, Kraków, 81–88.
8. Cichoń T., Królikowska J. 2016. Problematyka opomiarowania dostawy wody w budynkach wielorodzinnych na tle przyczyn rozbieżności bilansu zużyciu wody. *Inżynieria Ekologiczna*, vol. 48, 28–34.
9. Duma-Michalik M. i in. (red.). 2012. Dobór średnicy wodomierza – wytyczne, Kraków.
10. Gwoździej-Mazur J. 2013. Metoda weryfikacji doboru wodomierzy na przykładzie obiektów użyteczności publicznej Rozprawa doktorska, promotor: prof. dr hab. inż. S. Denczew, Politechnika Białostocka, Białystok.
11. Gwoździej-Mazur J., Tuz P. 2016. Określenie przepływów wody ogólnej na przyłączy wodociągowym w budynkach użyteczności publicznej. Problematyka opomiarowania dostawy wody w budynkach wielorodzinnych na tle przyczyn rozbieżności bilansu zużyciu wody. *Inżynieria Ekologiczna*, vol. 48, 74–77.
12. Heidrich Z., Jędrzejkiwicz J. 2007. Analiza zużycia wody w miastach polskich w latach 1995–2005. *Ochrona Środowiska*, 29 (4), 29–34.

13. Kłoss-Trębaczekiewicz H., Osuch-Pajdzińska E. 2005. Analiza tendencji zmian zużycia wody w miastach polskich. *Ochrona Środowiska*, 27 (4), 63–67, Warszawa.
14. Lewandowski P., Walkowski C. [dostęp: 20.03.2017], Optymalizacja doboru wodomierzy – ukryte możliwości, <http://www.vapro.pl>.
15. Norma PN-92/B-01706, Instalacje wodociągowe – Wymagania w projektowaniu.
16. Pawełek J., Bergel T. 2011. Zaopatrzenie w wodę budynków wielorodzinnych a straty wody, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 10, 389–391.
17. Pawełek J., Kaczor G. 2005. Analiza dobowego zużycia wody w wieloleciu w wybranym gospodarstwie. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie*, 420, *Inżynieria Środowiska* z. 26, Kraków, 253–263.
18. Pawełek J., Kaczor G. 2008. Charakterystyka zużycia wody w domu jednorodzinnym w dziesięcioletnim okresie badań. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* nr 09, Wydawnictwo Sigma NOT, Warszawa, 22–24.
19. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody [Dz. U. Nr 8, poz. 70].