

# Zużycie wody w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych

Water consumption in residential multifamily buildings

WŁADYSŁAW SZAFLIK

DOI 10.36119/15.2020.10.2

W artykule przedstawiono wyniki badań rocznego zużycia wody ogółem (cieplej i zimnej) oraz ciepłej wody w roku 2019 przez mieszkańców sześćdziesięciu pięciu budynków mieszkalnych zlokalizowanych na kilku osiedlach mieszkaniowych w Szczecinie. Określono wartość średniego rocznego zużycia oraz odchylenia standardowego wody ogółem i ciepłej wody przypadającą na jednego mieszkańca dla badanego budynku. Przyjmując na tej podstawie, że rozkład wartości poboru jest normalny, określono wartości średniego dobowego poboru wody ogółem i ciepłej przez jednego mieszkańca o prawdopodobieństwie występowania wraz z niższymi wartościami 90%, 95% i 99%.

*Słowa kluczowe: instalacje wodociągowe, zużycie wody, zużycie ciepłej wody*

The article presents the results of research on annual consumption of total water (hot and cold) and hot water in 2019 by residents of sixty-five residential buildings located in several housing estates housing in Szczecin. The value of average annual consumption and standard deviation were determined in terms of total water and hot water per one inhabitant of a tested building. Assuming on the basis that the distribution of the consumption values is normal, the total values and hot water values of the average daily water consumption have been determined, that accounted for each inhabitant, while the likelihood of occurrence with lower values 90%, 95% and 99%.

*Keywords: water supply installations, water consumption, hot water consumption*

## Oznaczenia:

- $q_i$  – średni dobowy pobór wody przez jednego mieszkańca, [ $\text{dm}^3/(\text{osobę} \times \text{dobę})$ ],  
 $n$  – liczba budynków,  
 $m_k$  – całkowita liczba lokatorów w badanych mieszkaniach w budynku „k”, [–],  
 $m$  – całkowita liczba lokatorów w badanych budynkach, [–],  
 $S_{q_i}$  – odchylenie standardowe dobowego poboru wody przez jednego mieszkańca, [ $\text{dm}^3/(\text{osobę} \times \text{dobę})$ ].

## Wprowadzenie

Wiadomo, że każda rodzina i każdy jej członek korzystają z instalacji ciepłej i zimnej wody w swój indywidualny, właściwy dla siebie sposób. Ilość zużytej w ciągu doby przez każdego lokatora wody zimnej i ciepłej oraz ogółem jest rzeczą indywidualną – losową. Na zużycie wody zarówno ciepłej jak i zimnej w budynku przez jednego mieszkańca wpływa wiele czynników. Można je podzielić na dwie grupy, pierwsza związana jest z charakterystyką instalacji

wodociągowej budynku, druga natomiast zależy od osób zamieszkujących budynek. Do czynników związanych z instalacją można zaliczyć:

- istnienie w budynku instalacji ciepłej wody,
- wyposażenie mieszkań w urządzenia pobierające wodę,
- sposób rozliczania mieszkańców za zużytą wodę,
- ciśnienie wody przed punktami czerpalnymi,
- schemat instalacji, zwłaszcza ciepłej wody.

Do czynników związanych z osobami zamieszkującymi budynek zaliczyć można:

- liczbę lokatorów w poszczególnych mieszkaniach,
- przyzwyczajenia i czynności poszczególnych mieszkańców związane z korzystaniem z instalacji wodociągowej,
- rodzaj dnia (dzień roboczy, wolny od pracy, świąteczny),
- strukturę demograficzną mieszkańców,
- strukturę społeczną mieszkańców,
- czas przebywania w lokalu mieszkalnym (praca i zajęcia pozadomowe mieszkańców),

- stopę życiową mieszkańców,
- nawyki higieniczne mieszkańców,
- zachowania mieszkańców związane z porą dnia, roku i warunkami meteorologicznymi,
- atrakcyjność programów telewizyjnych.

Wymienione powyżej czynniki wpływają również na średnią ilość zużytej w ciągu doby wody przez każdego lokatora w dłuższym okresie. Można przyjąć, że średnie zużycie wody przez jednego mieszkańca jest zmienną losową. Celem artykułu jest określenie wartości średniego dobowego poboru wody ogółem (zimnej i ciepłej) oraz ciepłej przez jednego mieszkańca o określonym prawdopodobieństwie występowania.

Wartości te zmieniają się w czasie [2, 3, 4]. W okresie międzywojennym ustalono, że zużycie wody w małych miastach wynosi średnio 80 [ $\text{dm}^3/(\text{osobę} \times \text{dobę})$ ], a w większych 100 – 120 [ $\text{dm}^3/(\text{osobę} \times \text{dobę})$ ] [5]. Po II Wojnie Światowej w polskich przepisach pojawiły się wyższe wartości. W rozporządzeniu [8] z 1996 roku w sprawie ustalania opłat za zużytą wodę, przeciętne normy zużycia wody dla odbiorców z grupy budownictwa mieszkaniowego

podzielono ze względu na stopień wyposażenia mieszkań w przybory i urządzenia sanitarne podłączone do instalacji wodociągowej. Dla mieszkań zasilanych z wodociągu wyposażonych w ubikację, łazienkę, gdzie dostawa ciepłej wody do mieszkania odbywa się z węzła ciepłowniczego zasilanego z elektrociepłowni, kotłowni osiedlowej lub blokowej zapotrzebowanie wynosiło 200 [dm<sup>3</sup>/(osobę x dobę)]. Wprowadzone w 2002 roku rozporządzenie w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody [7] podawało, że średnie zużycie wody przez jednego mieszkańca w gospodarstwie domowym wyposażonym w instalację wodociągową, WC, łazienkę oraz dostawę ciepłej wody do mieszkania z elektrociepłowni, kotłowni osiedlowej lub blokowej w przypadku braku wodomierza głównego na poziomie 140 – 160 [dm<sup>3</sup>/(osobę x dobę)], przy czym dla budynków podłączonych do sieci kanalizacyjnej zalecane były wartości wyższe z podanego zakresu (wartości niższe odnosiły się do budynków podłączonych do zbiorników bezodpływowych na terenach nieskanalizowanych). Wg badań statystycznych [1] pobór wody z wodociągów w gospodarstwach domowych w Szczecinie w latach 1960, 1965, 1966 wynosił odpowiednio 111,5, 118,6 i 133,4 [dm<sup>3</sup>/(osobę x dobę)]. W pracy [3] podano wyniki badań zużycia wody w gospodarstwach domowych w Szczecinie w latach 2006 – 2019. Zużycie wody ogółem od roku 2006 rosło od wartości 97,9 [dm<sup>3</sup>/(osobę x dobę)] do 109,3 [dm<sup>3</sup>/(osobę x dobę)]. Wytyczne [6, 7] z 1996 oraz z 2002 roku znacznie przewyższają te wartości. Inne źródło [1] wprowadza tzw. niezbędne zużycie wody, które wynosi 100-150 [dm<sup>3</sup>/(osobę x dobę)], w Niemczech do projektowania przyjmuje się ogółem 127 [dm<sup>3</sup>/(osobę x dobę)] (VDI 6024:2003). Natomiast zmiany wielkości zużycia wody w wybranych krajach europejskich, w latach 1990-2016 przedstawiono w pozycji [4].

W niniejszym artykule, na podstawie wyników otrzymanych z pomiarów, określono wartość średnią oraz odchylenie standardowe średniego dobowego zużycia wody ogółem oraz ciepłej wody. Określono stosunek zużycia ciepłej wody do wody ogółem. Na tej podstawie obliczono jednostkowe średnie dobowe zużycie wody (ciepłej i ogółem) o określonym prawdopodobieństwie występowania.

### Charakterystyka badanych obiektów i wyniki pomiarów

Obiektami, w których przeprowadzono pomiary zużycia wody, były budynki na

osiedlach mieszkaniowych zlokalizowanych w Szczecinie w województwie zachodniopomorskim, gdzie średnia roczna temperatura na podstawie danych z lat 1931 – 2018 wynosi 12,0°C, natomiast roczna suma opadów atmosferycznych 542 mm [8]. Badane budynki są zaopatrywane w wodę przez Zakład Wodociągów i Kanalizacji w Szczecinie, ciepła woda jest przygotowywana w węzłach ciepłowniczych. Analiza została przeprowadzona na podstawie danych udostępnionych przez jedną ze Spółdzielni Mieszkaniowych w Szczecinie. Dotyczyły one zużycia wody w roku 2019 oraz liczby mieszkańców zamieszkujących badane budynki na osiedlach. Podstawową substancję mieszkaniową osiedli stanowiły budynki zbudowane w technologii wielopłytowej. Przeanalizowano zużycie w 65 budynkach mieszkalnych, średnia liczba mieszkańców w tym roku w badanych budynkach wynosiła 5874 osób, natomiast liczba lokali mieszkalnych była równa 3778.

Mieszkania były wyposażone w łazienki, w których znajdują się wanny lub natryski, umywalki i pralki (najczęściej automatyczne). Natomiast wszystkie kuchnie wyposażono w zlewy kuchenne, w części kuchni zainstalowano zmywarki.

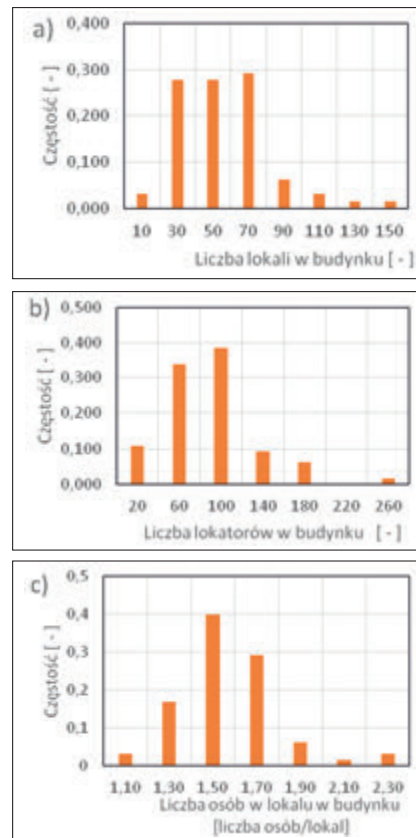
Średnia liczba lokali mieszkalnych w budynku wynosiła 58,12 [lokali/budynek], średnia liczba lokatorów w budynku 90,37 [lokatorów/budynek], średnie zaludnienie jednego lokalu mieszkalnego było dosyć niskie, w roku prowadzonych badań (2019r.) jeden lokal zamieszkiwało średnio 1,56 osoby.

Liczba mieszkańców określona została przez Spółdzielnię na podstawie liczby osób zgłoszonych przez lokatorów administracji danej nieruchomości i zmieniała się w przedziale od 23 do 249 osób. Rzeczywista liczba osób w poszczególnych budynkach korzystających z wody jest praktycznie niemożliwa do ustalenia.

Na rys. 1. przedstawiono histogramy charakteryzujące badane obiekty: histogramy liczby lokali w budynkach, liczby lokatorów w budynkach oraz średniej liczby osób w lokalu.

### Metodyka opracowania wyników pomiarów

Wartości zużycia ogółem, zimnej i ciepłej wody w kolejnych latach określono na podstawie objętości wody rozliczanej według wskazań wodomierzy zamontowanych w budynkach. Ilość zużytej wody zimnej obliczono jako różnicę wskazań wodomierzy wody ogółem i ciepłej. Korzystając z podanej przez administrację Spół-



Rys. 1. Charakterystyka budynku: a) histogram liczby lokali w budynkach [-], b) histogram liczby lokatorów w budynkach [-], c) histogram zasiedlenia lokali [liczba osób/lokal]

dzielni liczby mieszkańców w analizowanych budynkach obliczono średnie zużycie wody w ciągu doby przez jedną osobę dla każdego budynku „k”.

$$q_{ik} = \frac{Q_k}{365 \cdot m_k} \quad (1)$$

Następnie obliczono wartość średnią:

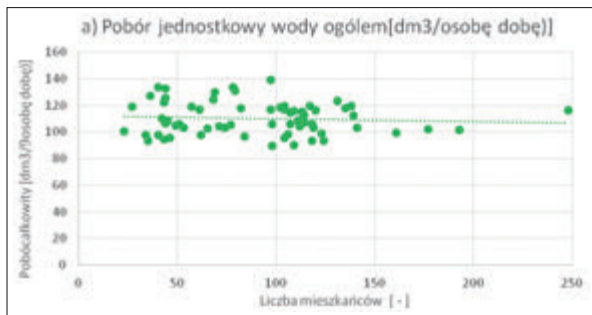
$$\bar{q}_j = \frac{\sum_{k=1}^n q_{ik}}{n} \quad (2)$$

Do obliczenia odchylenia standardowego, charakteryzującego zmienność jednostkowego średniego zużycia wody pomiędzy tymi budynkami, skorzystano z podstawowego wzoru:

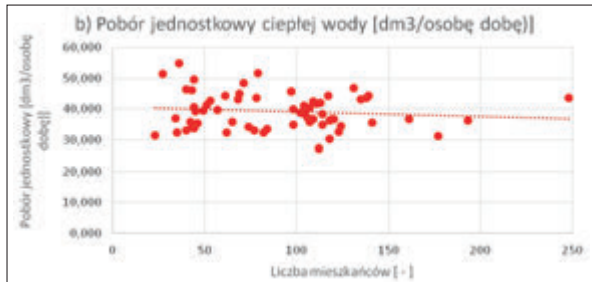
$$s_{ik} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (q_{ik} - \bar{q}_j)^2}{(n-1)}} \quad (3)$$

### Wyniki pomiarów i ich analiza

Poniżej przedstawiono wyniki pomiarów i ich analizę. Na rys. 2. pokazano wartości jednostkowego średniego poboru wody w zależności od liczby lokatorów zamieszkałych w budynku, na rys. a) przedstawiono te wartości dla wody ogółem, na rys. b) dla ciepłej wody.



Rys. 2. Jednostkowy średni pobór wody [ $\text{dm}^3/(\text{osobę} \times \text{dobę})$ ] wraz z linią trendu w funkcji liczby lokatorów w budynku: a) wody ogółem, b) ciepłej wody

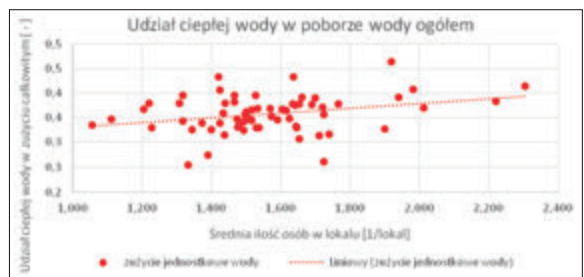


zaś dla ciepłej – 1,49. Wartość tego współczynnika dla zimnej wody jest znaczna, zaś dla ciepłej wody zależy w mniejszym stopniu. Można przyjąć, że praktycznie zużycie ciepłej wody nie zależy od liczby lokatorów w mieszkaniu. Można więc stwierdzić, że liczba lokatorów zamieszkałych w lokalu w dużym stopniu wpływa szczególnie na wartość jednostkowego średniego poboru wody ogółem. Jest to oczywiste, woda jest zużywana przez poszczególne osoby i pobierana do celów gospodarstwa domowego. Można przyjąć, że ilość ciepłej wody pobierana przez lokatorów jest proporcjonalna do ich liczby, natomiast zużywana do celów gospodarstwa domowego, praktycznie w niewielkim stopniu zależy od liczby osób zamieszkujących lokal, jej ilość dzielona jest na wszystkie zamieszkałe

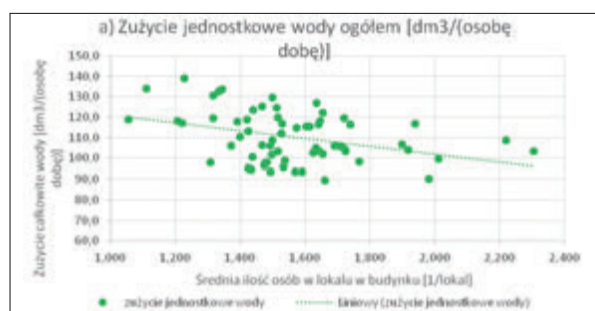
Dla każdego budynku otrzymano praktycznie inną wartość jednostkowego średniego poboru. Współczynnik kierunkowy linii trendu pokazany na rysunkach dla zużycia wody ogółem ma wartość – 0,02172, zaś dla ciepłej – 0,00655, są to bardzo niewielkie wartości. Można stwierdzić, że liczba lokatorów zamieszkałych w budynku w niewielkim stopniu wpływa na wartość jednostkowego średniego poboru wody, zarówno dla wody ogółem jak i ciepłej. Biorąc pod uwagę wartość błędu można stwierdzić, że jednostkowe zużycie wody nie zależy od liczby mieszkańców budynku.

Na rysunku 3 pokazano jednostkowe dobowe zużycie wody w zależności od średniej liczby lokatorów przypadających na mieszkanie w budynku.

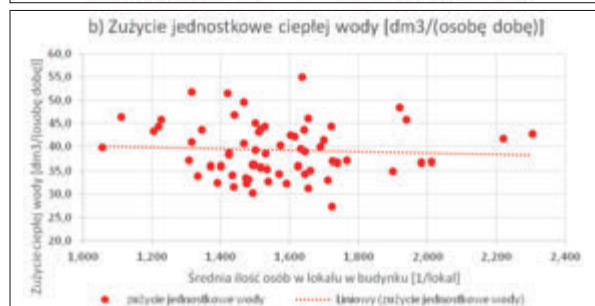
Rys. 4. Udział zużycia ciepłej wody w pobieranej wodzie w badanych budynkach wraz z linią trendu w zależności od średniej liczby osób w lokalu w budynku



Rys. 5. Średnie dobowe zużycie ciepłej wody przez jednego lokatora w danym budynku w zależności od średniego dobowego zużycia wody ogółem przez lokatora tego budynku



Rys. 3. Jednostkowy średni dobowy pobór wody [ $\text{dm}^3/(\text{osobę} \times \text{dobę})$ ] wraz z linią trendu w zależności od średniej liczby lokatorów przypadających na mieszkanie w budynku: a) wody ogółem, b) ciepłej wody



w lokalu osoby, w związku z tym średnie zużycie wody przez osobę jest niższe w lokalach o większej liczbie lokatorów.

Na rysunku 4 pokazano wskaźnik zużycia ciepłej wody w pobieranej wodzie ogółem w poszczególnych budynkach wraz z linią trendu w zależności od średniej liczby osób w lokalu w budynku. Zdefiniowano go jako udział średniego dobowego zużycia ciepłej wody przez jednego mieszkańca w średnim dobowym zużyciu wody ogółem przez tegoż mieszkańca.

Na rysunku 5 pokazano średnie dobowe zużycie ciepłej wody przez jednego mieszkańca danego budynku w zależności od jednostkowego średniego dobowego zużycia wody ogółem przez tegoż mieszkańca.

Na przedstawionym rysunku można zauważyć, że wraz ze wzrostem średniego dobowego zużycia ilości wody ogółem rośnie również zużycie ciepłej wody. Współczynnik kierunkowy linii trendu pokazanej na rysunku dla wody ogółem ma wartość 0,326, zaś wartość odciętej wynosi 3,394,

Widać wyraźny wpływ średniej liczby osób zamieszkałych w lokalu w budynku na pobór wody przez osobę, wraz ze wzrostem liczby osób pobór maleje.

Szczególnie jest to widoczne dla wody pobieranej ogółem. Współczynnik kierunkowy linii trendu pokazany na rysunkach dla wody ogółem ma wartość – 19,07,



Rys. 6. Histogramy częstości jednostkowego średniego dobowego zużycia wody w poszczególnych przedziałach zużycia: a) wody ogółem, b) ciepłej wody [dm³/osobę x dobę]

można więc z pewnym przybliżeniem stwierdzić, że udział ciepłej wody w pobieranej wodzie zmienia się w sposób stochastyczny, średnio stanowi około 33%.

Na rysunku 6 pokazano histogramy częstości jednostkowego średniego dobowego zużycia wody w poszczególnych przedziałach zużycia, na rys. 6a) wody ogółem, a na rys. 6b) ciepłej wody.

Analizując histogramy według ich kształtu można przyjąć, że rozkład zużycia wody ciepłej i wody ogółem można opisać rozkładem normalnym. W tabeli 1 pokazano wartości średnie oraz odchylenia standardowe jednostkowego zużycia wody ogółem i wody ciepłej w poszczególnych budynkach oraz wartość współczynnika kierunkowego linii trendu w zależności od zaludnienia budynków.

Tabela 1. Wartości średnie oraz odchylenia standardowe jednostkowego zużycia wody ogółem i ciepłej w poszczególnych budynkach oraz wartość współczynnika kierunkowego linii trendu w zależności od zaludnienia budynków

Lp.	Zużycie wody	Średnia wartość jednostkowego zużycia wody	Odchylenie standardowe jednostkowego zużycia wody	Współczynnik kierunkowy linii trendu
		[dm³/osobę rok]	[dm³/osobę rok]	[-]
1	Ogółem	110,22	12,02	-0,0217178
2	Ciepłej	39,33	5,77	-0,00655

Znajomość wartości średniego zużycia wody oraz odchylenia standardowego pozwala na określenie średnich jednostkowych poborów wody ciepłej i ogółem o określonym prawdopodobieństwie występowania wraz z niższymi wartościami w zależności od liczby mieszkańców budynku. Wykorzystano w tym celu zależność dotyczącą standaryzowania rozkładu normalnego:

$$q_{ix} = q_i + z_{\alpha} S_{q_i} \quad (4)$$

Obliczone ze wzoru (4) wartości średniego dobowego poboru wody przez jednego mieszkańca o prawdopodobieństwie występowania wraz z wartościami niższymi 90%, 95% i 99% przedstawiono w tabeli 2.

Porównując otrzymane wartości z danymi przedstawionymi na wykresach można zauważyć, że wartości i prawdopodobieństwo danych z pomiarów odpowiadają przedstawionym w tabeli 2 – wynikającym z przyjętego do opisu zmienności rozkładu normalnego. W dalszych pracach przewi-

Tabela 2. Wartości średniego dobowego poboru wody ciepłej i ogółem przez jednego mieszkańca o prawdopodobieństwie występowania wraz z wartościami niższymi 90%, 95% i 99%

Lp.	Pobór wody	Średni dobowy pobór wody przez jednego mieszkańca o prawdopodobieństwie występowania wraz z wartościami niższymi		
		90 %	95 %	99 %
		[dm³/osobę rok]	[dm³/osobę rok]	[dm³/osobę rok]
1	Ogółem	125,65	129,99	138,19
2	Ciepłej	46,74	48,82	52,76

dywane jest przeanalizowanie innych rozkładów i ewentualnie dobranie takiego, który najlepiej będzie odwzorowywał zmienność średniego poboru.

## Podsumowanie

W artykule przedstawiono wyniki badań rocznego zużycia wody ogółem (zimnej i ciepłej) oraz ciepłej w roku 2019, przez mieszkańców sześćdziesięciu pięciu budynków mieszkalnych zlokalizowanych na kilku osiedlach mieszkaniowych w Szczecinie. Określono wartość średniego rocznego zużycia oraz odchylenia standardowego wody ciepłej i wody ogółem na jednego mieszkańca dla badanych budynków. Przyjmując na tej podstawie, że rozkład wartości

poboru jest normalny, określono wartości średniego dobowego poboru wody ciepłej i ogółem przez jednego mieszkańca o prawdopodobieństwie występowania wraz z wartościami niższymi 90%, 95% i 99%. Biorąc pod uwagę otrzymane wyniki można stwierdzić, że:

- liczba lokatorów zamieszkujących w budynku w niewielkim stopniu wpływa na wartość jednostkowego średniego poboru wody zarówno dla wody ogółem jak i ciepłej. Biorąc pod uwagę wartość błędu można stwierdzić, że jednostkowe zużycie wody nie zależy od liczby mieszkańców budynku,
- liczba lokatorów zamieszkujących w lokalu w widoczny sposób wpływa na wartość jednostkowego średniego poboru wody ogółem,
- praktycznie zużycie ciepłej wody nie zależy od liczby lokatorów w mieszkaniu,
- wraz ze wzrostem średniego dobowego zużycia wody ogółem rośnie również zużycie ciepłej wody,
- udział ciepłej wody w pobieranej wodzie zmienia się w sposób stochastyczny, średnio stanowi około 33%,
- na podstawie analizy kształtu histogramów można przyjąć, że rozkład średniego dobowego poboru ciepłej i wody ogółem przez jednego mieszkańca można opisać rozkładem normalnym. Pozwala to na wyznaczenie jednostkowych średnich poborów wody o określonym prawdopodobieństwie występowania wraz z wartościami niższymi.

## LITERATURA

- [1] Chudzicki J., Sosnowski S.: Instalacje wodociągowe projektowanie, wykonanie, eksploatacja. Wydawnictwa „Seidel-Przywecki” Sp. z o. o. Warszawa 2011.
- [2] Jaszewska M.: Zmiany jednostkowego zużycia wody na cele socjalno-bytowe w ostatnich latach na przykładzie Szczecina. INSTAL 11/2015, str. 44-47.
- [3] Jaszewska M., Szafflik W.: Zużycie ciepłej i zimnej wody w gospodarstwach domowych w Szczecinie w latach 2006 – 2019. INSTAL 4/2020, str. 22-25. DOI 10.36119/15.2020.4.4.
- [4] Kowalski D., Kowalska B., Skwarek M., Czuryło D.: Zmiany wielkości zużycia wody w wybranych krajach europejskich, w latach 1990-2016. INSTAL 6/2019 str. 42-44.
- [5] Petrozolin W.: Projektowanie sieci wodociągowych. Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1967.
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 roku w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody. Dz. U. nr 8/2002, poz. 70.
- [7] Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 18 grudnia 1996 roku „w sprawie urzędzeń zaopatrzenia w wodę i urzędzeń kanalizacyjnych oraz zasad ustalania opłat za wodę i wprowadzenie ścieków”. Dz. U. poz. 716.
- [8] strona internetowa <http://hikersbay.com/climate-conditions/poland/szczecin/warunki-klimatyczne-w-szczecinie.html?lang=pl#weather-temperature-months> z dnia 10.09.2020