

Zmienność jednostkowego średniego rocznego zużycia ciepłej i zimnej wody w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych

Variability of average consumption of cold and hot water per resident in a multi-apartment residential buildings

WŁADYSŁAW SZAFLIK

DOI 10.36119/15.2021.3.3

W artykule przedstawiono sposób wyznaczania jednostkowego średniego dobowego poboru zimnej i ciepłej wody o określonym prawdopodobieństwie występowania wraz z niższymi z uwzględnieniem liczby mieszkańców, w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. Przyjęto, że średni dobowy pobór wody przez pojedynczego mieszkańca budynku jest zmienną losową o rozkładzie normalnym o wartości oczekiwanej \bar{q}_i i odchyleniu standardowym S_{q_i} . Następnie przyjmując podane w artykule założenia określono parametry rozkładu jednostkowego sumarycznego średniego dobowego poboru wody ciepłej i zimnej. W tym celu wykorzystano wyniki pomiarów średniego rocznego zużycia wody w roku 2019, przez mieszkańców sześćdziesięciu pięciu budynków zlokalizowanych na kilku osiedlach mieszkaniowych w Szczecinie. Znajomość parametrów rozkładu umożliwia określenie zmienności wartości jednostkowego zużycia w zależności od prawdopodobieństwa. Znając je obliczono średni jednostkowy pobór wody o 90%, 95% i 99% prawdopodobieństwie występowania wraz z niższymi wartościami w zależności od liczby mieszkańców budynku. Otrzymane wyniki przedstawiono na wykresach.

Słowa kluczowe: instalacje wodociągowe, zużycie wody, jednostkowy pobór wody ciepłej i zimnej

The article presents the method of determining the probability of the average daily total and hot water consumption based on the number of residents in multi-apartment buildings. It has been assumed that the average daily water consumption by a single resident of a building is a random variable with a normal distribution of the expected value \bar{q}_i and standard deviation S_{q_i} . Using these assumptions the distribution parameters were determined. For the purpose of the study, the results of measurements of the average annual water consumption in 2019 from sixty-five buildings located in Szczecin were obtained. Knowledge of the distribution parameters makes it possible to determine the variation of unit consumption values according to probability. The average water consumption per resident was calculated for probability levels of 90%, 95% and 99% in relation to the number of residents. The obtained results were compared on graphs.

Keywords: water supply systems, water consumption, unit hot and cold water intake

Oznaczenia:

| | | | |
|-------------|--|--------------------|--|
| f | – funkcja gęstości prawdopodobieństwa, | S_{q_i} | – odchylenie standardowe średniego dobowego poboru wody przez jednego mieszkańca, [$\text{dm}^3/(\text{osobę} \times \text{dobę})$], |
| F | – dystrybuanta, | $\bar{S}_{q_{ik}}$ | – średni błąd średniej dla budynku „k”, |
| i | – liczba naturalna, | z_α | – wartość określona z tablic zestandaryzowanego rozkładu normalnego dla wartości dystrybuanty α , |
| m | – liczba lokatorów, | α | – prawdopodobieństwa występowania wraz z niższymi, |
| n | – liczba budynków, | π | – stała matematyczna. |
| Q_k | – pobór roczny wody w budynku „k” [m^3/rok], | INDEKSY: | |
| q_{ik} | – średni dobowy pobór wody przez jednego mieszkańca budynku „k”, [$\text{dm}^3/(\text{osobę} \times \text{dobę})$], | cw | – dotyczy ciepłej wody, |
| q_i | – wartość średnia ze średnich dobowych poborów wody na jednego mieszkańca ze wszystkich budynków, [$\text{dm}^3/(\text{osobę} \times \text{dobę})$], | k | – dotyczący budynku „k”, |
| \bar{q}_i | – wartość średnia ważona (oczekiwana) średnich dobowych poborów wody na jednego mieszkańca | w | – dotyczy wody zimnej i ciepłej ogółem. |

Wprowadzenie

Każda rodzina i każdy mieszkaniec budynku korzystają z instalacji wody w swój indywidualny właściwy dla siebie sposób. Ilość zużytej w ciągu doby przez każdego lokatora wody jest rzeczą indywidualną – losową. Na zużycie wody w budynku przez jednego mieszkańca wpływa wiele czynników [4, 8, 16]. 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 budynkiem i instalacją można zaliczyć:

- istnienie w budynku instalacji ciepłej wody,
- zmiany klimatu i strefę klimatyczną, w której znajduje się budynek [7],

- wyposażenie mieszkań w urządzenia pobierające wodę,
- sposób rozliczania mieszkańców za zużyty wodę,
- ciśnienie przed punktami czerpalnymi,
- rozwiązanie i wyposażenie instalacji [1, 5, 8].

Do czynników związanych z osobami zamieszkującymi budynek zaliczyć można:

- liczbę lokatorów w poszczególnych mieszkaniach,
- przyzwyczajenia i czynności poszczególnych mieszkańców związane z korzystaniem z instalacji wodnej,
- 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 i sytuację zdrowotną [10],
- zachowania mieszkańców związane z porą dnia, roku i warunkami meteorologicznymi,
- atrakcyjność programów telewizyjnych.

Istotny wpływ na pobór wody ma cena wody [5, 15]. Średnie zużycie wody zmienia się też na przestrzeni lat [3, 4, 9, 10, 16].

Wymienione powyżej czynniki wpływają w sposób losowy na średnią ilość zużytej w ciągu doby wody przez każdego indywidualnego lokatora w dłuższym okresie. Można przyjąć, że średnie zużycie wody przez jednego mieszkańca jest zmienną losową.

Analizując wyniki pomiarów można zauważyć, że średnie zużycie wody w poszczególnych budynkach o niższej liczbie mieszkańców jest bardziej zmienne niż o większej liczbie [17].

Literatura na temat zużycia wody w budynkach mieszkalnych i jego modelowania jest bogata. Niestety pozycji dotyczących przedstawionego zagadnienia jest niewiele. Poniżej przedstawiono wybrane artykuły najbliższe analizowanej tematyki. Interesująca jest pozycja [14], przedstawiono w niej analizę ponad 20 artykułów z ostatnich lat dotyczących badania zachowań związanych z konsumpcją wody w społeczeństwie. W artykule [15] dotyczącym szacowania zużycia wody w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych przedstawiono wyniki zużycia wody w 30 budynkach o różnej specyfice. W latach dziewięćdziesiątych prowadzono szerokie badania zużycia wody

w budynkach mieszkalnych w Wielkiej Brytanii. W pracy [6] przedstawiono wyniki z pierwszego roku tych badań.

W pracy [3] zaproponowano symulację stochastyczną do modelowania zapotrzebowania na wodę w budynkach mieszkalnych. W pozycji [13] przedstawiono zastosowanie metody Monte-Carlo do symulacji poboru. Przedstawiony w niej model został zweryfikowany przy wykorzystaniu przeprowadzonych badań zużycia wody przez użytkowników 60 lokali mieszkalnych. W artykule [17] przedstawiono sposób wyznaczania jednostkowego średniego dobowego poboru wody o określonym prawdopodobieństwie występowania wraz z niższymi w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. Nie uwzględniono w nim wpływu liczby mieszkańców na wielkość poboru o określonym prawdopodobieństwie. W pracy [12] przedstawiono analizę zapotrzebowania na wodę w budynku mieszkalnym, biorąc pod uwagę normy zużycia wody w Polsce, Czechach, Rumunii, Słowacji i Ukrainie.

Autor przeglądając literaturę nie spotkał się z uwzględnianiem wpływu liczby osób korzystających z instalacji i losowości procesu poboru wody na wartość jednostkowego średniego rocznego poboru wody. W niniejszym artykule, przedstawiono probabilistyczną metodę umożliwiającą określanie, na podstawie wyników pomiarów zużycia wody w budynkach, parametrów rozkładu opisującego zmienność jednostkowego rocznego średniego zużycia wody, uwzględniającą liczbę lokatorów budynku.

Opis przyjętego modelu

Dobowy pobór wody przez pojedynczego mieszkańca budynku zależy od wielu czynników, najważniejsze z nich wymieniono we wstępie. W artykule przyjęto, że średni dobowy pobór wody przez pojedynczego mieszkańca budynku jest zmienną losową o rozkładzie normalnym o wartości oczekiwanej \bar{q}_i i odchyleniu standardowym $S_{\bar{q}_i}$. Gęstość tego rozkładu jest określona zależnością (1) a dystrybuenta równaniem (2) [2]:

$$f(q_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(q_i - \bar{q}_i)^2}{S_{\bar{q}_i}^2}\right) \quad (1)$$

$$F(q_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{q_i} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(q_i - \bar{q}_i)^2}{S_{\bar{q}_i}^2}\right) dq_i \quad (2)$$

Rozkład normalny ma tę właściwość, że zmienna będąca sumą zmiennych o rozkładzie normalnym ma również roz-

kład normalny [2]. Przy znajomości parametrów rozkładu na podstawie przedstawionej powyżej właściwości rozkładu normalnego, można określić parametry rozkładu opisującego zmienność sumy m pojedynczych poborów wody, wynoszą one odpowiednio:

$$\bar{q}_m = m\bar{q}_i \quad (3)$$

$$S_{\bar{q}_m}^2 = mS_{\bar{q}_i}^2 \quad (4)$$

$$S_{\bar{q}_m} = \sqrt{m}S_{\bar{q}_i} \quad (4a)$$

Na podstawie poniższych zależności określono parametry rozkładu opisującego zmienność średniego jednostkowego poboru wody dla budynku zasiedlonego przez m mieszkańców:

$$\bar{q}_i(m) = \frac{mq_i}{m} = \bar{q}_i \quad (5)$$

$$S_{\bar{q}_i}(m) = \frac{\sqrt{m}S_{\bar{q}_i}}{m} = \frac{S_{\bar{q}_i}}{\sqrt{m}} \quad (6)$$

Jest to bardzo prosty model, istotnym elementem, opisanym w dalszej części artykułu, jest metodyka określenia odchylenia standardowego dla pojedynczego jednostkowego średniego poboru wody na podstawie wyników pomiarów zużycia wody w budynkach mieszkalnych.

Zaletą proponowanego modelu w stosunku do dotychczas stosowanego – opartego na stałej wartości średniej wartości poboru jednostkowego jest możliwość określenia wartości poboru w zależności od prawdopodobieństwa i liczby lokatorów budynku. Umożliwia to dalsze analizy z uwzględnieniem ryzyka związanego z wielkością poboru.

Charakterystyka badanych obiektów i 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 okresu 1931 – 2018 wynosi 12,0°C, natomiast roczna suma opadów atmosferycznych 542 mm [19]. Podstawową substancję mieszkaniową osiedli stanowiły budynki zbudowane w technologii wielkopłytowej. 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 oraz liczby mieszkańców zamieszkujących badane budynki na osiedlach w roku 2019. Odczyty z wodomierzy w budynkach przeprowadzono 31 grudnia 2018 r., 30 kwietnia 2019 r., 31 sierpnia 2019 r. i 31 grudnia 2019 r. Wodomierze posiadały aktualne cechy legalizacyjne. Przeprowadzono analizę poboru dla 65 budynków mieszkalnych, średnia liczba mieszkańców w tym roku, w badanych budynkach wynosiła 5874 osób, natomiast liczba lokali mieszkalnych była równa 3778. Dokładną charakterystykę badanych budynków przedstawiono w pozycji [17].

Metodyka opracowania wyników pomiarów

Wartości zużycia wody w budynkach określono na podstawie objętości wody rozliczanej według wskazań zamontowanych w nich wodomierzy. Korzystając z podanej przez administrację Spółdzielni liczby mieszkańców w analizowanych budynkach obliczono średnie zużycie wody w ciągu doby przez jedną osobę dla każdego budynku „k”.

$$q_{ik} = \frac{Q_k}{365 \cdot m_k} \quad (7)$$

Średnią ważoną wartość jednostkowego dobowego poboru wody na jednego mieszkańca ze wszystkich budynków obliczono ze wzoru:

$$\bar{q}_i = \frac{\sum_{k=1}^{k=n} m_k \cdot q_{ik}}{\sum_{i=1}^n m_k} \quad (8)$$

Średnie zużycie wody na osobę określono na podstawie bardzo licznej próby (liczebność populacji zamieszkałej w badanych budynkach wynosiła 5874 osób). Założono, że obliczona średnia wartość ważona praktycznie odpowiada wartości oczekiwanej [18]. Ze względu na dużą liczbę budynków przyjęto, że różnica pomiędzy wartością średnią określoną dla budynku „k”, a wartością średnią ważoną dla wszystkich budynków odpowiada wartości średniego błędów kwadratowego wartości średniej zużycia wody dla tego budynku $S_{\bar{q}_{ik}}$ [18]:

$$\bar{S}_{\bar{q}_{ik}} = q_{ik} - \bar{q}_{ik} \quad (9)$$

Dla budynku „k” średni błąd wynosi:

$$\bar{S}_{\bar{q}_{ik}} = \frac{S_{\bar{q}_{ik}}}{\sqrt{m_k}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=m_k} (q_{ik} - \bar{q}_{ik})^2}{m_k(m_k - 1)}} \quad (10)$$

Przekształcając równanie (10) określono sumę kwadratów odchyłań jednostko-

wego poboru ciepłej wody przez wszystkich mieszkańców budynku „k”:

$$\sum_{i=1}^{i=m_k} (q_{ik} - \bar{q}_{ik})^2 = m_k(m_k - 1) \bar{S}_{\bar{q}_{ik}}^2 \quad (11)$$

W ten sposób można określić sumę kwadratów odchyłań jednostkowego poboru ciepłej wody dla mieszkańców każdego budynku. Korzystając z równania definiującego odchylenie standardowe, uwzględniając wszystkie budynki, otrzymano zależność (12) na średnią wartość odchylenia standardowego poboru jednostkowego wody [dm³/(osobę × dobę)]:

$$S_{\bar{q}_i} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{k=n} m_k(m_k - 1) \bar{S}_{\bar{q}_{ik}}^2}{\left(\sum_{k=1}^{k=n} m_k\right) - 1}} \quad (12)$$

Znajomość odchylenia standardowego średniej wartości wariancji poboru jednostkowego wody $S_{\bar{q}_i}$ pozwala z przedstawionej zależności (6) na określenie wartości średniej jednostkowego odchylenia standardowego dla populacji o dowolnej liczebności osób $S_{\bar{q}_i}(m)$ i umożliwia obliczenie średniorocznej ilości pobieranej wody o dowolnym prawdopodobieństwie zużycia wraz z mniejszymi przez jedną osobę z tej populacji.

W celu obliczenia wartości jednostkowej średniego zużycia wody o określonym prawdopodobieństwie wraz z niższymi, w zależności od liczby mieszkańców budynku wykorzystano zależność doty-

czącą standaryzowania rozkładu normalnego:

$$q_{i_\alpha}(m) = \bar{q}_i + z_\alpha S_{\bar{q}_i}(m) \quad (13)$$

Wyniki badań

W tabeli 1 przedstawiono wartość średnią jednostkowego zużycia wody w budynkach i odchylenie standardowe dla średniej z budynków oraz wartość współczynnika kierunkowego linii trendu w zależności od zaludnienia budynków [17].

Dla każdego badanego budynku, określone na podstawie wyników pomiarów, w funkcji liczby mieszkańców w budynku, przedstawiono na rysunku 1 wartości jednostkowego zużycia ciepłej i zimnej wody ogółem, zaś na rysunku 2 dla ciepłej wody. Na rysunkach tych przedstawiono również linię trendu.

Można zauważyć na nich, że wpływ liczby osób zamieszkałych w budynku na wartość jednostkowego zużycia wody jest niewielki, praktycznie nieistotny. Współczynnik kierunkowy linii trendu dla każdego rodzaju poboru wody ma bardzo niewielką wartość ujemną. Wartość ujemna współczynnika kierunkowego linii trendu świadczy o tym, że im w budynku mieszka więcej osób tym teoretycznie zużycie wody przez jedną osobę jest mniejsze.

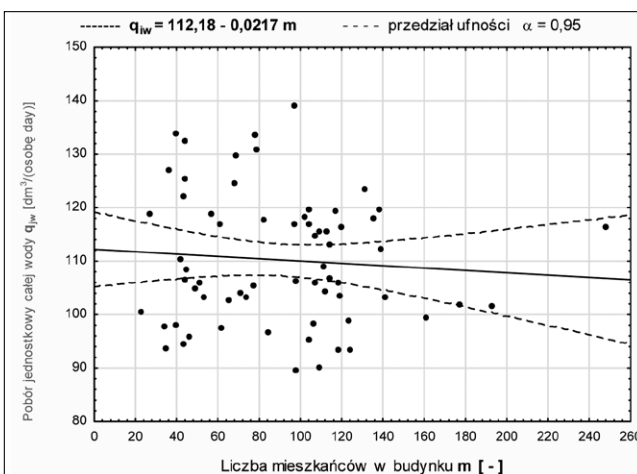
Na rys. 3 i 4 przedstawiono histogramy jednostkowego zużycia wody ciepłej oraz ogółem (zimnej i ciepłej) [17]. Rozkłady poborów wody przedstawione na tych

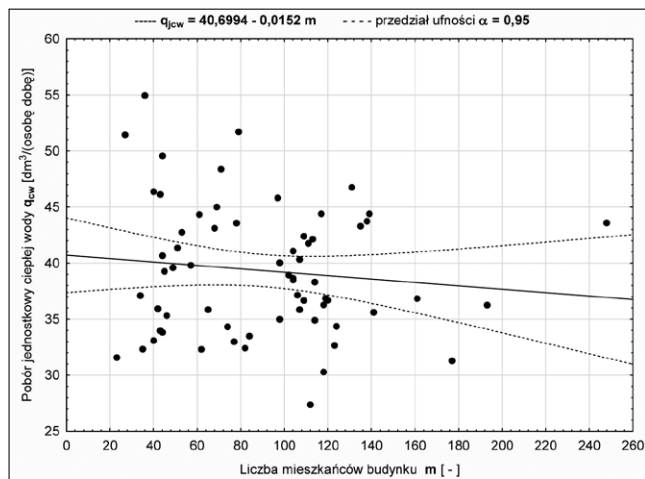
Tabela 1. Wartości średnia i odchylenie standardowe jednostkowego zużycia ciepłej i zimnej wody ogółem w poszczególnych budynkach oraz wartość współczynnika kierunkowego linii trendu wartości średniej w funkcji zaludnienia budynków

Table 1. Average value of annual total and hot water consumption per resident, standard deviation and the value of the trend line slope

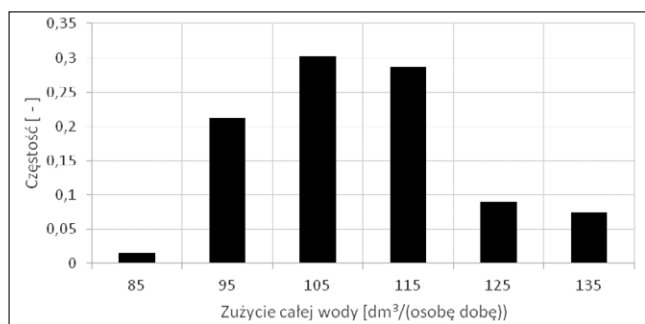
| Lp. | | Średnia wartość jednostkowego zużycia wody [dm ³ /osobę dzień] | Odchylenie standardowe jednostkowego zużycia wody [dm ³ /osobę dzień] | Współczynnik kierunkowy linii trendu [-] |
|-----|------------------------------|--|---|---|
| 1 | Zimna i ciepła woda q_{fw} | 110,22 | 12,02 | -0,02172 |
| 2 | Ciepła woda q_{cww} | 39,33 | 5,77 | -0,00152 |

Rys. 1. Wartości jednostkowego zużycia ciepłej i zimnej wody ogółem określone z pomiarów w funkcji liczby mieszkańców dla każdego badanego budynku Fig. 1. Value of the average water consumption per resident in correlation to the number of residents

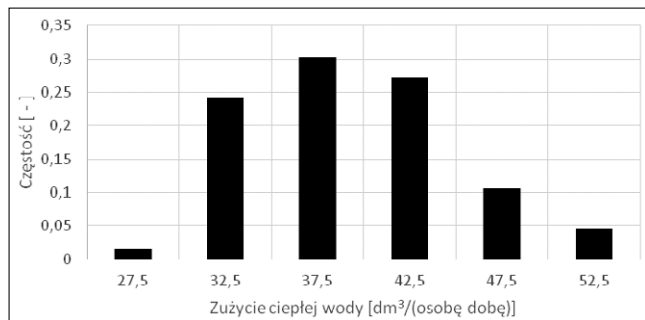




Rys. 2. Wartości jednostkowe zużycia ciepłej wody określone z pomiarów w funkcji liczby mieszkańców dla każdego badanego budynku Fig. 2. Value of the average hot water consumption per resident in correlation to the number of residents



Rys. 3. Histogramm jednostkowego zużycia ciepłej i zimnej wody ogółem Fig. 3. Histogram of average water consumption per resident



Rys. 4. Histogramm jednostkowego zużycia ciepłej wody Fig. 4. Histogram of average hot water consumption per resident

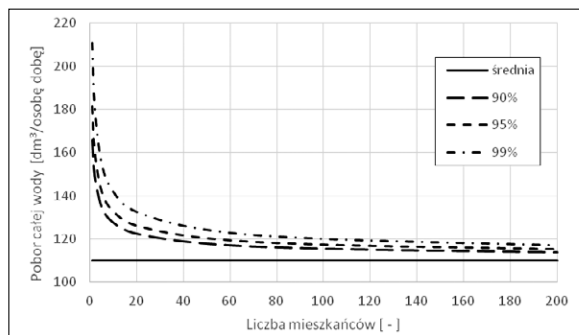
rysunkach są jednomodalne o rozkładzie wartości podobnym do rozkładu normalnego. Wartości jednostkowego zużycia wody ogółem najbardziej skoncentrowane są przy wartości średniej (110,22 [dm³/osobę dobę]), zaś ciepłej wody przy wartości średniej (39,33 [dm³/osobę dobę]).

Na podstawie przedstawionej wcześniej w tym artykule metodyki, określono wartość i odchylenie standardowe średniego rocznego zużycia wody przez jednego mieszkańca badanej populacji, co przedstawiono w tabeli 2.

Określone na podstawie pomiarów wartości średnie oraz o prawdopodobieństwie występowania wraz z niższymi 90%, 95% i 99% w funkcji liczby mieszkańców korzystających z wody przedstawiono na wykresach dla wody ogółem na rys. 5, a na rys. 6 dla ciepłej wody.

Patrząc na otrzymane wykresy można zauważyć pewne, zgodne z oczekiwaniami prawidłowości: im wyższe prawdopodobieństwo tym wartości zużycia są więk-

Rys. 5. Pobory jednostkowe ciepłej i zimnej wody ogółem \bar{q}_{iw} [dm³/osobę dobę], wartość średnia i o prawdopodobieństwie występowania wraz z niższymi 90%, 95%, 99%, w funkcji liczby mieszkańców budynku Fig. 5. Water consumption \bar{q}_{iw} [dm³/resident/day], average value and probability (90%, 95%, 99%) in relation to number of residents



Rys. 6. Pobory jednostkowe ciepłej wody \bar{q}_{icw} [dm³/osobę dobę], wartość średnia ważona i o prawdopodobieństwie występowania wraz z niższymi 90%, 95%, 99%, w funkcji liczby mieszkańców budynku Fig. 6. Hot water consumption \bar{q}_{icw} [dm³/resident/day], average value and probability (90%, 95%, 99%) in relation to number of residents

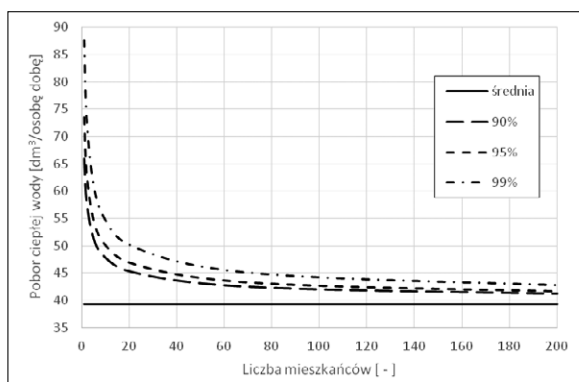


Tabela 2. Średnia ważona wartość jednostkowa i odchylenie standardowe zużytej zimnej wody przez jedną osobę badanej populacji Table 2. Weighted average of water consumption per resident and standards deviation for the sample size

| Lp. | | Średnia ważona wartość jednostkowego zużycia wody [dm ³ /osobę dzień] | Wartość odchylenia standardowego jednostkowego zużycia wody [dm ³ /osobę dzień] ² |
|-----|-----------------------------|--|---|
| 1 | Cała woda \bar{q}_{iw} | 109,72 | 43,28 |
| 2 | Ciepła woda \bar{q}_{icw} | 39,02 | 20,77 |

sze, w miarę wzrostu liczby mieszkańców wartości średniego zużycia wody o określonym prawdopodobieństwie 90 %, 95% i 99% monotonicznie maleją. Świadczy to o tym, że dla budynków o mniejszej liczbie mieszkańców częściej będą występowały średnie roczne pobory wody wyższe od wartości średniej średniego poboru niż dla budynków o wyższej liczbie mieszkańców.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono probabilistyczny model średniego jednostkowego dobowego poboru wody. Założono, że pobór wody jest zmienną losową o rozkładzie normalnym o wartości oczekiwanej \bar{q}_i i odchyleniu standardowym S_{q_i} oraz przyjęto metodkę umożliwiającą określenie odchylenia standardowego S_{q_i} na podstawie wyników pomiarów zużycia wody przez mieszkańców dużej liczby budynków.

Znajomość parametrów rozkładu umożliwia obliczenie wartości jednostkowego poboru o określonym prawdopodobieństwie występowania wraz z niższymi.

Zaletą zaproponowanego modelu w stosunku do dotychczas stosowanego, opartego na stałej wartości średniej wartości poboru jednostkowego, jest możliwość określenia wartości poboru w zależności od prawdopodobieństwa i liczby lokatorów budynku. Pozwoli to na dalsze analizy uwzględniające wielkość poboru o określonym prawdopodobieństwie.

Zaproponowany probabilistyczny model jednostkowego poboru wody uwzględnia zmienność średniego jednostkowego poboru i umożliwia obliczenie dla budynków o różnej liczbie mieszkańców średniego poboru wody o określonym prawdopodobieństwie.

W artykule pokazano obliczone parametry tego rozkładu dla wyników pomiarów zużycia wody w roku 2019, przez mieszkańców sześćdziesięciu pięciu budynków zlokalizowanych na kilku osiedlach mieszkaniowych w Szczecinie, zamieszkałych przez 5874 osoby. Wyniki przedstawiono na wykresach na rys. 4.

Biorąc pod uwagę otrzymane wyniki można stwierdzić:

- średnioroczne ważone jednostkowe zużycie wody zimnej i ciepłej ogółem wynosiło dla badanych budynków 109,77 [dm³/osobę rok],
- średnioroczne ważone jednostkowe zużycie ciepłej wody wynosiło dla badanych budynków 39,02 [dm³/osobę rok],
- odchylenie standardowe średniorocznego jednostkowego zużycia ciepłej i zimnej wody ogółem wynosiło dla badanych budynków 43,28 [dm³/osobę rok],
- odchylenie standardowe średniorocznego jednostkowego zużycia ciepłej wody wynosiło dla badanych budynków 20,77 [dm³/osobę rok],

- jednostkowe średnioroczne zużycie wody [dm³/(osobę dobę)] praktycznie nie zależy od liczby mieszkańców, współczynnik nachylenia linii trendu ma niewielką wartość ujemną co znaczy, że wraz z większą liczbą mieszkańców w budynku maleje, ale w niewielkim stopniu,
- dla danej liczby mieszkańców wartości poboru o wyższym prawdopodobieństwie występowania wraz z niższymi są większe niż o niższym prawdopodobieństwie występowania,
- im większa liczba mieszkańców budynku tym dla danego prawdopodobieństwa występowania wartości poboru są mniejsze.

LITERATURA

- [1] Behling P. J., Bartilucci N. J.: Potential Impact of Water Efficient Plumbing Fixtures on Office Water Consumption. Journal – American Water Works Association. Vol. 84, 01 October 1992
- [2] Benjamin J. R., Cornell C. A.: Probability, Statistics and Decision for Civil Engineers. Mc Graw-Hill, 1970
- [3] Ferreira T. D. V. G., Goncalves. O. M. Stochastic simulation model of water demand in residential buildings. Building Services Engineering Research and Technology Volume 41, 2020, Pages 544-560
- [4] Ghavidelfar S., Shamseldin A. Y., Melville B. W.: A Multi Scale Analysis of Low Rise Apartment Water Demand through Integration of Water Consumption, Land Use, and Demographic Data. Journal of the American Water Resources Association. Vol. 52, 15 July, 2016.
- [5] Grafton R. Q., Ward M. B., Hang T., Kompas T.: Determinants of residential water consumption: Evidence and analysis from a 10 country household survey. Water Resources Research. Volume 47, Issue 8, August 2011.
- [6] Edwards A., Martin L.: A Methodology for Surveying Domestic Water Consumption. Water and Environment Journal Volume 9, Issue 5, 1995
- [7] House Peters L., Pratt B., Chang H.: Effects of Urban Spatial Structure, Sociodemographics, and Climate on Residential Water Consumption in Hillsboro, Oregon. Journal of the American Water Resources Association. Vol 46, 07 June, 2010.

- [8] Englart S., Jedlikowski A.: the influence of different water efficiency ratings of taps and mixers on energy and water consumption in buildings. SN Applied Sciences. 1(6); Springer International Publishing, 2019.
- [9] 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
- [10] Kalbusch A., Henning E., Brikalski M. P., de Luca F. V. (Konrath A. C.): Impact of coronavirus (COVID-19) spread-prevention actions on urban water consumption. Resources Conservation and Recycling. Volume: 163, 2020.
- [11] 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
- [12] Matsiyevska O., Kapalo P., Vrana J., Jacob C.: Analysis of the Water Consumption in the Apartment House – Case Study. International Scientific Conference EcoComfort and Current Issues of Civil Engineering EcoComfort 2020: Proceedings of EcoComfort 2020 pp 294-302.
- [13] Mui K. W., Wong L. T., Law L. Y.: Domestic water consumption benchmark development for Hong Kong. Building Serv. Eng. Res. Technol. 28,4 (2007) pp. 329–335
- [14] Shamim M. A., Cheema F. A., Omer M.: The Study of Water Consumption Behavior Under the Societal, Industrial and Environmental Dynamics: A Confirmatory Analysis from the Metropolitan City of Karachi. South Asian Journal of Management Sciences Vol: 14(2)/2020: 159-186.
- [15] de Souza C. Kalbusch A Estimation of water consumption in multi.family residential buildings. Acta Scientiarum Technology. vol 39/2017 str. 161.168.
- [16] Stec A.: Demand for Water in the Building. Sustainable Water Management in Buildings. Water Science and Technology Library, volume 90, 2019, pp 21-32.
- [17] Szafflik W.: Zużycie wody w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. INSTAL 10/2020. DOI 10.36119/15.2020.10.2
- [18] Szafflik W.: Variability of Average Consumption of Water per Resident in a Multi-Apartment Residential Buildings. Advanced Environmental Engineering Research in Poland, tom 1. Taylor and Francis, 2021.
- [19] strona internetowa <http://hikersbay.com/climate-conditions/poland/szczecin/warunki-klimatyczne-w-szczecinie.html?lang=pl#weather-temperature-months> z dnia 16.06.2020