



# **Analiza wybranych czynników kształtujących zużycie wody w budynkach wielorodzinnych**

*Rafał Pasela, Marcin Gorączko*

*Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz*

## **1. Wstęp**

Zużycie wody w mieszkalnych budynkach wielorodzinnych charakteryzuje się zmiennością w czasie. Wykazuje ono wahania roczne, sezonowe, miesięczne, tygodniowe, dobowe oraz godzinowe. Roczne zmiany zużycia wody wynikają przede wszystkim z: rozwoju jednostek osadniczych, wyrażającego się przede wszystkim wzrostem liczby odbiorców wody oraz podnoszeniem standardu wyposażenia sanitarnego mieszkań [5]. Nierównomierność sezonowej i miesięcznej konsumpcji wody jest spowodowana głównie migracją ludności w okresach urlopowych, czynnikami meteorologicznymi (temperatura powietrza, wysokość opadu atmosferycznego) [10]. Z kolei zmiany poboru wody w cyklu tygodniowym, dobowym i godzinowym zależą od przyzwyczajzeń i trybu życia ludności oraz organizacji czasu pracy [3, 9]. Na wielkość rzeczywistego zużycia wody w budynkach i osiedlach mieszkaniowych istotny wpływ ma również wielkość strat wody powodowanych nieszczelną lub niesprawną armaturą sanitarną [1]. Istotnym czynnikiem, który wpływa na zużycie wody jest świadomość mieszkańców oraz wzrost opłat za wodę [4].

Wymienione czynniki są zmiennymi, którymi można opisać zjawisko poboru wody na potrzeby bytowo gospodarcze. Na etapie projektowania budynków mieszkalnych wielorodzinnych projektanci w celu ustalenia zapotrzebowania na wodę sięgają do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie określania przeciętnych norm zużycia wody [7], w którym w tabeli 1 określono przeciętne

normy zużycia wody na jednego mieszkańca w gospodarstwach domowych. Według Rozporządzenia jedynym kryterium przyjęcia projektowanej wartości wskaźnika zużycia wody jest standard wyposażenia mieszkań w instalacje sanitarne, co w konfrontacji z faktycznym zużyciem wody ustalonym na podstawie odczytów z wodomierzy, wydaje się założeniem zbyt powierzchownie opisującym rzeczywistość. W efekcie w ostatnich latach w literaturze krajowej pojawiło się szereg opracowań, w których oprócz samego zakwestionowania przyjętych w Rozporządzeniu wytycznych, podejmowano próby ich udoskonalenia np. [2, 6, 8, 11, 12, 13].

Prezentowane w niniejszej pracy badania, wpisując się w przywołany wyżej nurt rozważań, miały na celu ustalenie zależności pomiędzy rzeczywistymi wartościami wskaźników zużycia wody a liczbą osób zamieszkujących lokal mieszkalny, typem i powierzchnią mieszkania – parametrami znanymi na etapie sporządzania dokumentacji projektowej.

## 2. Metodyka badawcza

W celu przeprowadzenia prac badawczych wytypowano ogółem 15 obiektów (budynków mieszkalnych wielorodzinnych) na terenie miasta Torunia. Charakterystykę obiektów objętych badaniami zużycia wody zestawiono w tabeli 1.

Informacje o poborze zimnej i ciepłej wody użytkowej w gospodarstwach domowych uzyskano w oparciu o dane zebrane przez Spółdzielnię Mieszkaniową dokonującą rozliczeń odczytów stanów wodomierzy mieszkaniowych w cyklu kwartalnym lub półrocznym z mieszkańcami. Badaniami objęto okres sześciu lat tj. od 1 stycznia 2000 roku do 31 grudnia 2005 roku. Liczbę lokali mieszkalnych (**m**) oraz mieszkańców normatywnych (**Mn**) ustalono w oparciu o dokumentację techniczną budynków. Natomiast liczbę mieszkańców zameldowanych (**Mz**) na podstawie danych gromadzonych przez administrację uaktualnianych zwykle co miesiąc. Średni wskaźnik zasiedlenia budynków wyniósł 0,82. Ogólna liczba mieszkań poddana analizie wynosiła 503, w których średnia liczba osób zameldowanych w mieszkaniu w badanym okresie była równa 2,90.

Wyposażenie sanitarne mieszkań odpowiadało obecnym standardom i obejmowało w pomieszczeniu łazienki wannę i umywalkę, w pomieszczeniu wc miskę ustępową i umywalkę oraz w kuchni zlewozmywak. Mieszkania o mniejszej powierzchni posiadające wspólne pomieszczenie łazienki i wc, wyposażone były w wannę bądź natrysk, miskę ustępową i umywalkę. Dostawa ciepłej wody użytkowej realizowana była przez kotłownie osiedlowe. Wszystkie instalacje posiadały wodomierze mieszkaniowe zimnej i ciepłej wody użytkowej umożliwiające przeprowadzenie badań.

**Tabela 1.** Charakterystyka analizowanych obiektów  
**Table 1.** Parameters of investigated objects

Budynek	Liczba mieszkań m	Liczba mieszkańców normatywnych $M_n$	Liczba mieszkańców zameldowanych $M_z$	Liczba osób zameldowanych w mieszkaniu $M_z/m$	Wskaźnik zasiedlenia budynku $M_z/M_n$
A	40	140	126	3,15	0,90
B	20	40	36	1,80	0,90
C	30	65	54	1,80	0,83
D	40	155	127	3,18	0,82
E	40	145	129	3,23	0,89
F	16	56	29	1,81	0,52
G	17	58	42	2,47	0,72
H	40	145	112	2,80	0,77
I	20	70	51	2,55	0,73
J	60	225	209	3,48	0,93
K	30	105	99	3,30	0,94
L	25	86	65	2,60	0,76
M	30	140	105	3,50	0,81
N	30	115	92	3,07	0,80
O	65	194	185	2,85	0,95
<b>Ogółem</b>	<b>503</b>	<b>1729</b>	<b>1461</b>	<b>2,90</b>	<b>0,82</b>

### 3. Wyniki badań

W przyjętym okresie badawczym wskaźniki jednostkowego zużycia wody w poszczególnych latach utrzymywały się na zbliżonym poziomie  $\pm 3\%$ . Średnia wartość zużycia wody wyniosła: zimnej  $58,91 \text{ dm}^3/\text{Md}$ , ciepłej  $39,11 \text{ dm}^3/\text{Md}$  oraz ogólnej  $98,02 \text{ dm}^3/\text{Md}$ . Użyte wskaźniki poboru wody poddano analizie statystycznej, której wyniki zestawiono w tabeli 2.

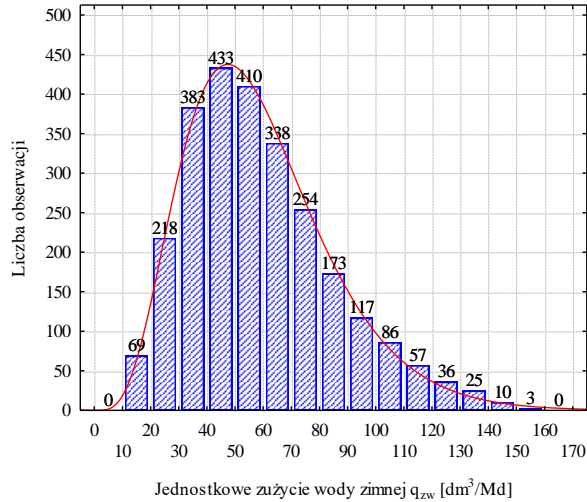
**Tabela 2.** Podstawowe elementy statystyczne opisujące wskaźniki zużycia wody  $\text{dm}^3/\text{Md}$

**Table 2.** Basic statistical parameters concerned the water consumption  $\text{dm}^3/\text{Md}$

Zużycie wody		Średnia	Przedział ufności średniej		Mediana	Wariancja	Odchylenie Standardowe	Przedział ufności odchylenia standardowego		Współczynnik zmienności	Błąd standardowy średniej
			-95%	+95%				-95%	+95%		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
zimnej	$q_{zw}$	58,91	57,92	59,92	54,79	682,22	26,12	25,43	26,85	44,33	0,51
ciepłej	$q_{cw}$	39,11	38,53	39,69	36,99	226,98	15,07	14,67	15,49	38,52	0,29
ogólnej	$q_{wo}$	98,02	97,81	98,64	94,91	1369,69	37,01	36,03	38,04	37,17	0,72

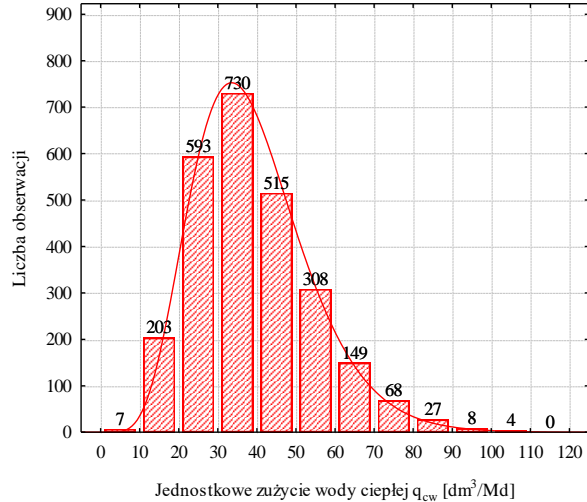
Otrzymane wartości odchyłeń standardowych w zestawieniu do wartości średnich poborów potwierdzają znaczącą nierównomierność dobowych poborów wody a zaniżone w stosunku do nich mediany wskazują na asymetrię rozkładu. Jednak relatywnie mała wartość błędu standardowego średniej wskazuje, że otrzymane wartości średniodobowego zużycia wody stanowią precyzyjną miarę jej zapotrzebowania w badanym okresie w odniesieniu do 15 budynków mieszkalnych wielorodzinnych wyposażonych w wodomierze. Przedstawiona wartość wskaźnika zapotrzebowania na wodę zimną świadczy o tym, że jej zużycie w znacznym stopniu przekracza konsumpcję ciepłej wody użytkowej (stanowi około 66% zużycia wody ogólnej).

Rysunki 1–3 przedstawiają histogramy częstości obserwacji wskaźników jednostkowych zużycia wody zimnej, ciepłej i ogólnej oraz wykresy funkcji gęstości dobrane dla nich rozkładu gamma. Wartości wyestymowanych parametrów wraz z oceną istotności hipotezy o zgodności rozkładów teoretycznego i empirycznego zestawiono w tabeli 3. Najlepsze rezultaty oceny jakości dopasowania rozkładu przy pomocy testu  $\chi^2$  uzyskano dla poboru wody ogólnej  $p = 0,279$ .



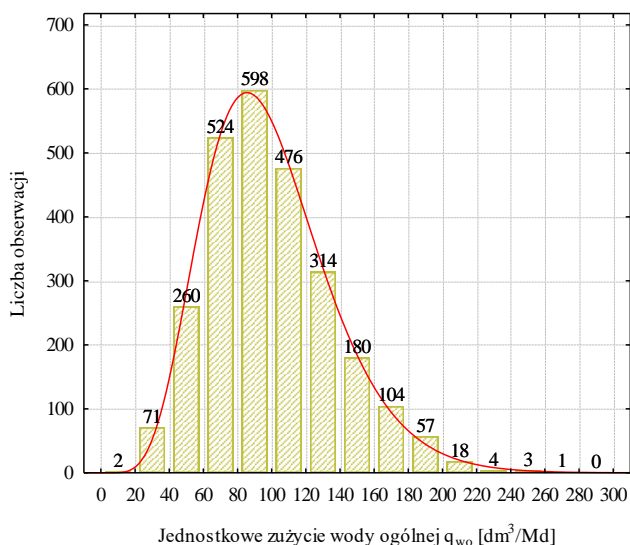
**Rys. 1.** Histogram jednostkowego zużycia wody zimnej oraz wykres funkcji gęstości rozkładu gamma

**Fig. 1.** Histograms of the cold water specific consumption correlated by gamma distribution density



**Rys. 2.** Histogram jednostkowego zużycia ciepłej wody użytkowej oraz wykres funkcji gęstości rozkładu gamma

**Fig. 2.** Histograms of the hot water specific consumption correlated by gamma distribution density



**Rys. 3.** Histogram jednostkowego zużycia wody ogólnej oraz wykres funkcji gęstości rozkładu gamma

**Fig. 3.** Histograms of the global water specific consumption correlated by gamma distribution density

**Tabela 3.** Wyniki estymacji parametrów rozkładu gamma wskaźników dobowego zapotrzebowania na wodę

**Table 3.** Parameters of the gamma distribution function proper to the daily required water

Zmienna	Wartości parametrów rozkładu		$X^2$	Poziom istotności testu $X^2$	Wariancja
	$\alpha$	$\lambda$			
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
$q_{zw}$	11.489	5.128	19.03	p = 0.122	682.22
$q_{cw}$	7.035	5.559	12.30	p = 0.090	226.98
$q_{wo}$	13.992	7.115	10.94	p = 0.279	1369.69

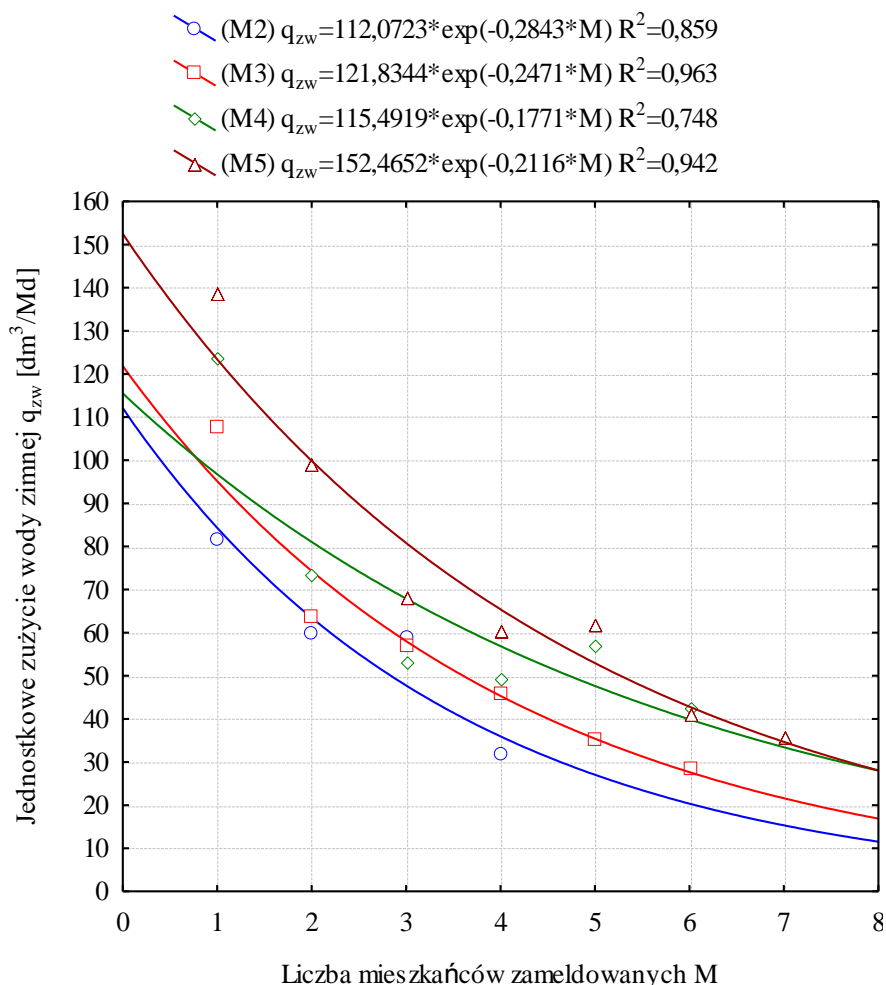
Wyniki badań wpływu stopnia zasiedlenia mieszkań na jednostkowe zużycie wody w poszczególnych typach mieszkań zostały zesta-

wione w tabeli 4 oraz przedstawione graficznie na rysunkach 4–6. Zależność między zużyciem wody a liczbą osób zamieszkujących lokal mieszkalny najlepiej opisują modele wykładnicze. Wysokie współczynniki determinacji świadczą o dobrym dopasowaniu funkcji wykładniczej do zebranych danych empirycznych. Wyjaśniają od 75% do 96% liczby obserwacji. Na podstawie uzyskanych modeli wyznaczono wartości teoretyczne zmiennej objaśnianej i zestawiono w tabeli 4.

**Tabela 4.** Wpływ stopnia zasiedlenia mieszkania na jednostkowe zużycie wody  
**Table 4.** Flat occupation level versus the water specific consumption in selected flats

Typ mieszkania	Liczba obserwacji	Liczba osób	Jednostkowe zużycie wody zimnej $dm^3/Md$ Dane empiryczne			Jednostkowe zużycie wody zimnej $dm^3/Md$ Wartości teoretyczne		
			$q_{zw}$	$q_{cw}$	$q_{wo}$	$q_{zw}$	$q_{cw}$	$q_{wo}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
M2	114	1	81,50	52,70	134,20	84,28	56,88	140,99
	120	2	60,00	38,50	98,50	63,43	39,54	103,07
	64	3	59,22	36,48	95,70	47,73	27,49	75,35
	34	4	31,73	15,97	47,69	35,92	19,11	55,08
	średnia		<b>64,34</b>	<b>40,68</b>	<b>105,02</b>	<b>57,84</b>	<b>35,76</b>	<b>93,62</b>
M3	205	1	108,00	64,20	172,10	95,16	55,77	150,87
	290	2	63,90	34,00	98,00	74,33	42,14	116,48
	327	3	57,20	32,30	89,50	58,05	31,84	89,93
	226	4	45,71	25,13	70,84	45,34	24,06	69,43
	74	5	35,39	18,64	54,03	35,42	18,18	53,60
	4	6	28,55	13,61	42,16	27,66	13,73	41,38
	średnia		<b>64,33</b>	<b>36,14</b>	<b>100,48</b>	<b>55,99</b>	<b>30,95</b>	<b>86,95</b>
M4	63	1	123,80	65,60	189,40	96,75	57,09	153,71
	171	2	73,30	44,10	117,30	81,04	46,96	127,97
	306	3	53,40	32,20	85,60	67,89	38,62	106,53
	338	4	49,20	29,50	78,60	56,87	31,77	88,69
	1072	5	56,95	33,51	90,47	47,64	26,13	73,84
	43	6	42,38	20,04	62,42	39,91	21,49	61,47
	średnia		<b>58,29</b>	<b>34,26</b>	<b>92,53</b>	<b>65,02</b>	<b>37,01</b>	<b>102,03</b>
M5	20	1	138,80	89,21	228,01	123,39	78,34	202,04
	23	2	98,87	51,73	150,60	99,86	61,88	162,01
	89	3	68,12	49,20	117,32	80,81	48,88	129,92
	123	4	60,31	38,34	98,65	65,40	38,61	104,18
	85	5	61,88	33,31	95,20	52,93	30,49	83,54
	32	6	41,13	22,61	63,74	42,83	24,09	66,99
	4	7	35,70	19,52	55,23	34,67	19,02	53,71
	średnia		<b>67,15</b>	<b>41,76</b>	<b>108,91</b>	<b>71,41</b>	<b>43,04</b>	<b>114,63</b>

Analiza rysunków 4–6 pozwala wysunąć wniosek, iż wielkość jednostkowej konsumpcji wody maleje wraz ze wzrostem liczebności gospodarstwa domowego. Najwyższy wskaźnik zużycia wody ogólnej zanotowano w lokalach typu M5 zasiedlonych przez jedną osobę 202,04 dm<sup>3</sup>/Md, najniższy w mieszkaniach typu M3 zamieszkałych przez cztery osoby 41,38 dm<sup>3</sup>/Md.

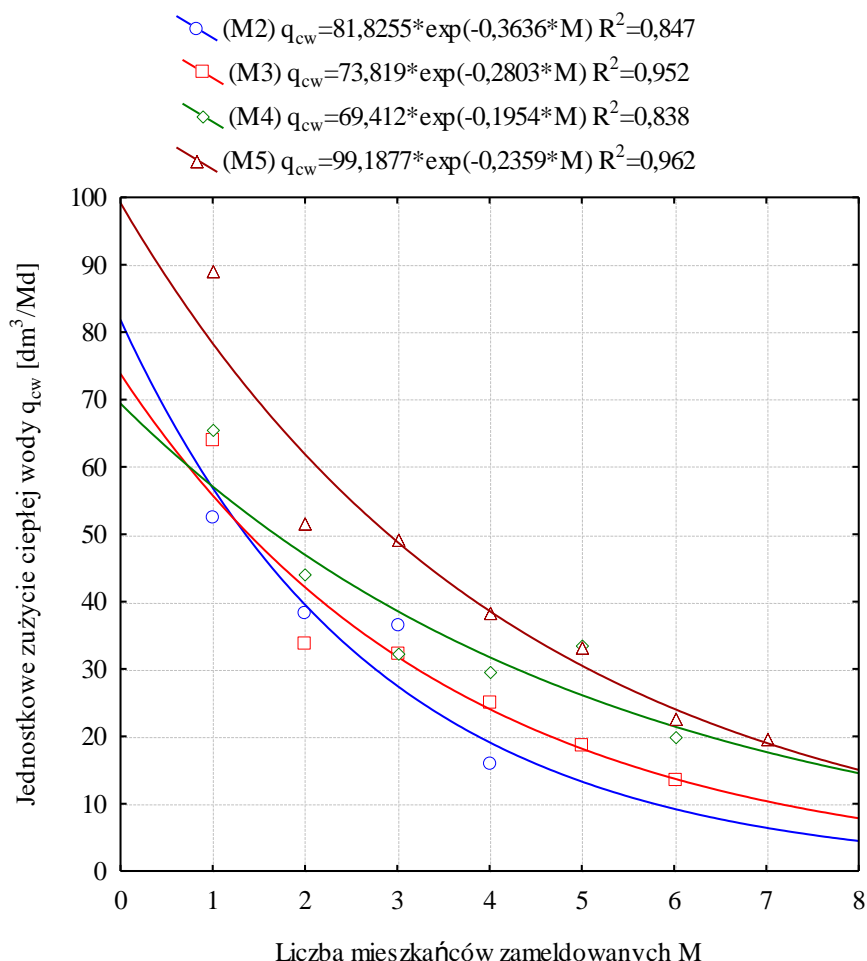


**Rys. 4.** Kształtowanie się zużycia wody zimnej w lokalach mieszkalnych o zmiennym stopniu zasiedlenia

**Fig. 4.** Cold water consumption in flats of variable occupation

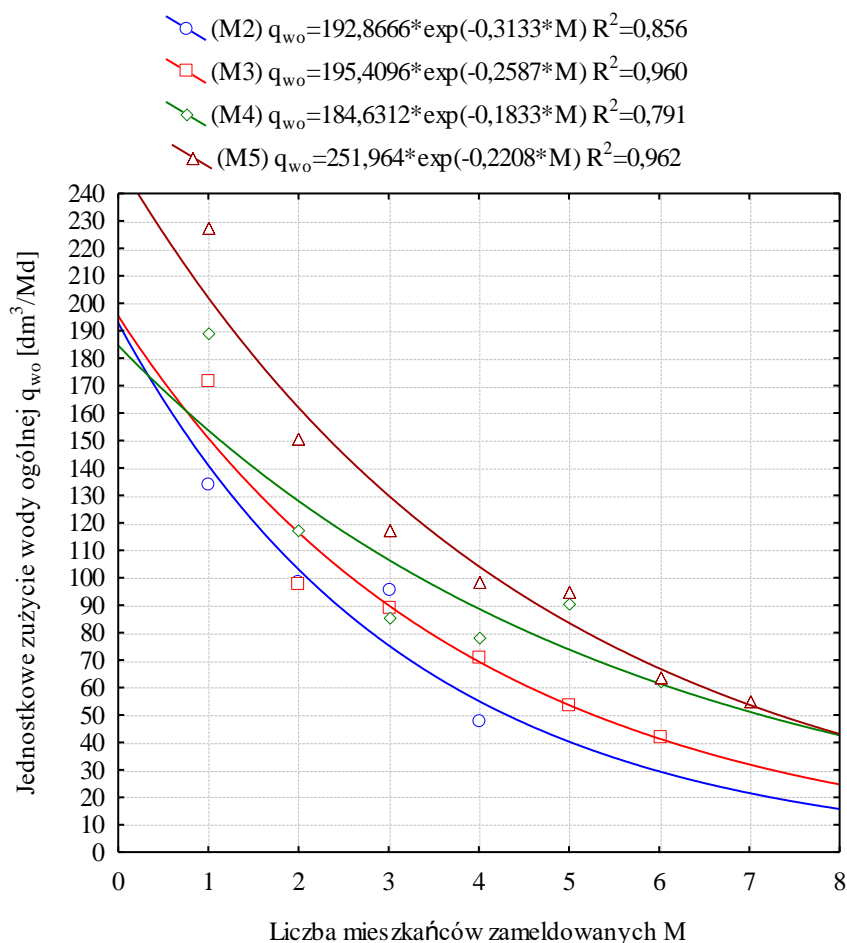


Biorąc pod uwagę normatywną liczbę osób w danym lokalu mieszkalnym należałoby przyjąć na etapie projektowania do obliczeń zapotrzebowania na wodę następujące wartości: M2 – 103,07 dm<sup>3</sup>/Md, M3 – 89,93 dm<sup>3</sup>/Md, M4 – 88,69 dm<sup>3</sup>/Md, M5 – 83,54 dm<sup>3</sup>/Md. Przy dużej rozbieżności w stopniu zasiedlenia mieszkań bezpieczniej jest przyjąć wartość średnią poboru wody. Dotyczy to w szczególności lokali typu M4 i M5.



**Rys. 5.** Kształtowanie się zużycia wody ciepłej w lokalach mieszkalnych o zmiennym stopniu zasiedlenia

**Fig. 5.** Hot water consumption in flats of variable occupation



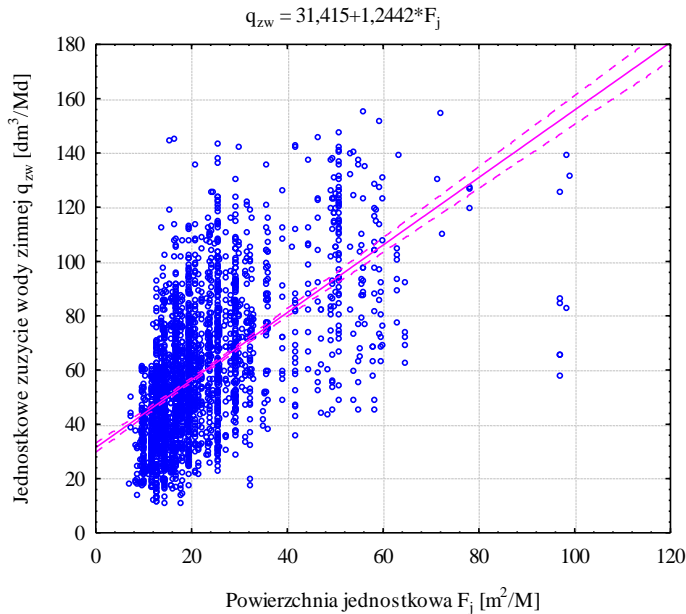
**Rys. 6.** Kształtowanie się zużycia wody ogólnej w lokalach mieszkalnych o zmiennym stopniu zasiedlenia

**Fig. 6.** Global water consumption in flats of variable occupation

Otrzymane wskaźniki zużycia wody są znacznie niższe od przeciętnej normy zużycia wody zawartej w RMI [7], która nakazuje przyjmować dla piątej klasy wyposażenia mieszkań budynków podłączonych do kanalizacji sanitarnej  $160,0 \text{ dm}^3/\text{Md}$ .

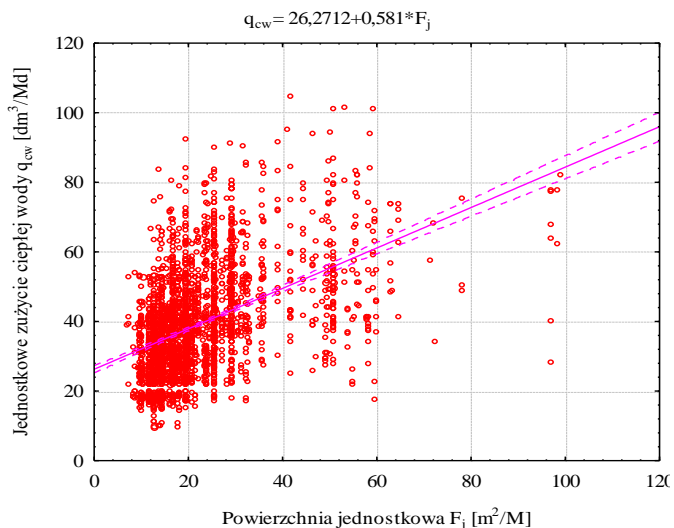
W celu oszacowania zależności między powierzchnią jednostkową mieszkania przypadającą na jednego mieszkańca a wskaźnikami zużycia wody wykonano wykresy rozrzutu (rys. 7–9) oraz przedstawiono

związek statystyczny liniowy między badanymi zmiennymi. Dodatnie wartości korelacji wskazują, że wraz ze wzrostem powierzchni jednostkowej mieszkania przypadającej na jednego mieszkańca, następuje wzrost poboru wody z instalacji budynku. Tendencja wzrostowa obserwowana jest zarówno dla ogólnego wskaźnika konsumpcji jak również dla konsumpcji zimnej i ciepłej wody użytkowej. Wzrost poboru wody wiążący się z jednostkową powierzchnią przypadającą na mieszkańca wynika z faktu, że ilość wody niezbędnej do utrzymania czystości mieszkania jest wielkością zależną od wielkości lokalu mieszkalnego, a nie ilości osób go użytkujących.



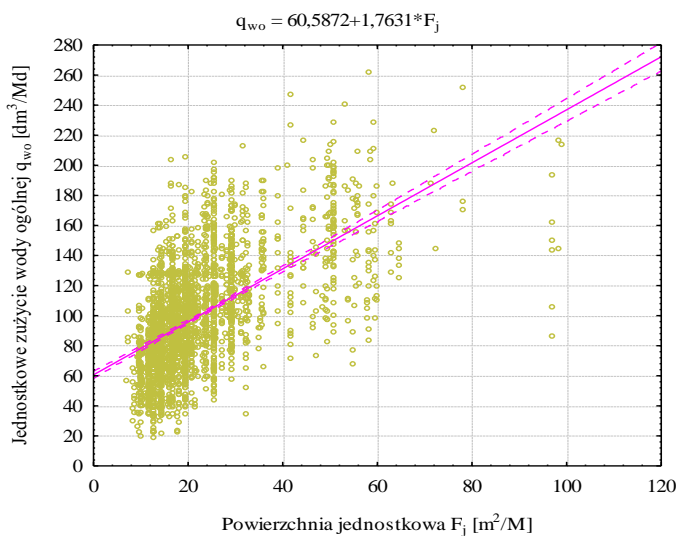
**Rys. 7.** Rozrzut jednostkowego zużycia wody zimnej względem powierzchni jednostkowej

**Fig. 7.** Cold water consumption differentiation versus flats specific habitable area



**Rys. 8.** Rozrzut jednostkowego zużycia wody ciepłej względem powierzchni jednostkowej

**Fig. 8.** Hot water consumption differentiation versus flats specific habitable area



**Rys. 9.** Rozrzut jednostkowego zużycia wody ogólnej

**Fig. 9.** Global water consumption differentiation

## 4. Wnioski

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. W przyjętym okresie badawczym, 6 lat, stwierdzono stabilizację jednostkowego wskaźnika zużycia wody. W analizowanym obszarze miasta Torunia wartość jego wyniosła  $98,02 \text{ dm}^3/\text{Md}$ .
2. Rozkład gamma właściwie obrazuje zmienności poboru ciepłej wody użytkowej, zimnej i ogólnej w analizowanych budynkach mieszkalnych.
3. Modele wykładnicze odzwierciedlają zależność między stopniem zasiedlenia mieszkania a wartością wskaźnika jednostkowego zużycia wody. Wielkość konsumpcji wody maleje wraz ze wzrostem liczebności gospodarstwa domowego.
4. Wraz ze wzrostem powierzchni jednostkowej mieszkania przypadającej na jednego mieszkańca następuje wzrost zużycia wody. Zależność tą potwierdzają wysokie wartości współczynników determinacji.
5. Przeprowadzone badania wyjaśniają jedną z przyczyn, dla której spadkowi populacji mieszkańców nie towarzyszy odpowiedni spadek konsumpcji wody.
6. Przeprowadzone badania potwierdzają celowość poszukiwania modeli opisujących proces poboru wody w gospodarstwach domowych, które mogą być istotną pomocą dla projektantów w prognozowaniu wartości zapotrzebowania na wodę.

## Literatura

1. **Koral W.:** *Wpływ metod regulacji ciśnienia w sieciach wodociągowych na straty wody*. Rozprawa doktorska, Gliwice, 2005.
2. **Orłowska-Szostak M.:** *Wyznaczanie przepływów obliczeniowych dla instalacji wodociągowych w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych*. Rozprawa doktorska, Politechnika Gdańska, 2010.
3. **Orłowska-Szostak M.:** *Wyznaczanie przepływów obliczeniowych przy doborze wodomierzy głównych i projektowaniu średnic instalacji wodociągowych w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych*. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, Nr 6, 27–33 (2006).
4. **Pasela R.:** *Kształtowanie się opłat za wodę i odprowadzanie ścieków w gospodarstwach domowych*, *Instal*, Nr 12, 57–60 (2006).
5. **Pasela R., Klugiewicz J.:** *Struktura zużycia wody w największych miastach woj. kujawsko-pomorskiego*, *Instal*, Nr 1, 49–52 (2006).

6. **Podwójci P. i in.:** *Jednostkowe zużycie wody oraz straty pozorne w budownictwie wielorodzinnym na przykładzie Mazowieckiej Spółdzielni Mieszkaniowej w Płocku*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 11, 1143–1153 (2009).
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002r. w sprawie określania przeciętnych norm zużycia wody (Dz. U. Nr 8, poz. 70)
8. **Tuz P.K.:** *Analiza metod określania natężenia przepływów maksymalnych w budynkach wielorodzinnych*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 7, 279–293 (2005).
9. **Tuz P.K., Królikowski A.:** *Wskazania wodomierzy domowych i mieszkaniowych – przyczyny rozbieżności i metody ich bilansowania*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, Nr 2, 9–17 (2005).
10. **Usidus D., Żuchowicki A.W.:** *Rozbiory wody w nadmorskiej gminie Mielno*. I Konferencja Naukowo-Techniczna Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne – projektowanie, wykonawstwo, eksploatacja, Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Budownictwa Wodnego Politechniki Warszawskiej, Warszawa-Dębe, 2004.
11. **Żuchowicki A.W., Gawin R.:** *Pobory wody przez mieszkańców budynku wielorodzinnego*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 12, 479–488 (2010).
12. **Żuchowicki A.W., Kuczyński W.:** *Analiza porównawcza zmian w rozbiorach wody z uwzględnieniem sposobu jej dostarczenia do odbiorców*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 11, 781–786 (2009).
13. **Żuchowicki A.W. Majczyna R.:** *Analiza zużycia wody w budynkach wielorodzinnych zlokalizowanych na terenie Koszalińskiej Spółdzielni Mieszkaniowej „Nasz Dom”*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 11, 663–674 (2009).

## **Analysis of Selected Factors Characterizing Water Consumption in Multi-family Buildings**

### **Abstract**

In the paper the water consumption level is correlated with some flats conditions. The study based on the 6 years data of more 500 comfortable flats located in multi-familiar buildings in Torun. The water consumption is hardly predicted, because belongs on many parameter, e.g. time, actual population and his periodical fluctuations, technical equipment, weather conditions meteorolog-

ical. The individual habits, the organization of the day and the work mode are some important fast variable parameters too.

The individual average factors for cold, hot and integral water consumption were estimated. The highest observed value was 228 dm<sup>3</sup>/Md (1 person in M-5 flat) and the minimal one 42 dm<sup>3</sup>/Md (6 person in M-3 flat). The average water consumption level recommended for projects are: 103 dm<sup>3</sup>/Md for M-5 flat, 90 dm<sup>3</sup>/Md for M-4, 89 dm<sup>3</sup>/Md for M-2 and at last 83,5 dm<sup>3</sup>/Md for M-2. The propositions are obviously less than the officially recommended (160 dm<sup>3</sup>/Md).

The described time 6 years the water consumption in investigated urban area of Torun goes to stabilization on level 98 dm<sup>3</sup>/Md. The value was calculated on more 3500 observations. The gamma distribution can be applied for studies of the water consumption (cold, hot or global). The exponential model appears to be good for correlations of the flats occupations and water consumption level. The parameter values decreases to the flat occupation enhancement.

The relations of water usage and a flat occupational level, it's inside area and standard were estimated too. The increasing of the average individual flat area effects the water consumption too. The feature is confirmed by high values of correlation factors. Perhaps the flat existence needs some water volume, independently on flat occupation level. Presented investigations explain because the decreasing of flat occupation not effects by proper downing of the water consumption.

The modeling of water consumption processes investigations appears to be suitable in urban projects, separately for the water requirement predictions.