

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 69, 2015: 236–248
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 69, 2015)
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 69, 2015: 236–248
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 69, 2015)

Piotr WICHOWSKI, Daniel KADZIŃSKI, Dariusz MORAWSKI

Katedra Inżynierii Budowlanej SGGW w Warszawie
Department of Civil Engineering WULS – SGGW

Analiza wielkości i zmienności zużycia wody w kampusie Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie Analysis of water consumption and variability of demands in the campus of Warsaw University of Life Sciences (SGGW)

Słowa kluczowe: woda, zapotrzebowanie, zużycie

Key words: water, requirements, demands

Wprowadzenie

Projektując zbiorcze systemy wodociągowe, należy określać zapotrzebowanie na wodę użytkowników objętych analizowanym systemem. Do prognozowania zużycia wody stosowanych jest szereg metod (Mielcarzewicz, 2000):

- statystycznej ekstrapolacji trendu czasowego wielkości zużycia wody (tzw. analiza szeregów czasowych),
- korelacji między zużyciem wody a czynnikami kształtującymi jego wielkość,
- jednostkowych wskaźników zużycia wody (metody wskaźnikowe).

Zastosowanie dwóch pierwszych metod wymaga posiadania dużej liczby

danych z okresu wielu lat, które mogą być poddane analizie statystycznej przy wykorzystaniu technik komputerowych. Stosowanie w coraz szerszym zakresie monitoringu sieci wodociągowych (Kwietniewski i in., 2005) przyczyni się do powstania baz danych empirycznych, które poddane obróbce numerycznej (np. przy wykorzystaniu sieci neuronowych) pozwolą na modelowanie m.in. przepływów wody.

Prostsza w stosowaniu jest metoda wskaźnikowa, gdzie wykorzystuje się przeciętne normy zużycia wody dla poszczególnych grup odbiorców. Zużycie wody w obiektach użyteczności publicznej podawane jest dla tzw. jednostki odniesienia. Wskaźniki jednostkowe dla wybranych obiektów związanych z działalnością dydaktyczną i naukowo-badawczą przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1. Wybrane jednostkowe wskaźniki zużycia wody (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody (Dz.U. 2002, nr 8, poz. 70)

TABLE 1. Selected coefficients of specific water consumption

Rodzaj obiektu Type of object	Jednostka odniesienia [j.o.] Reference unit [r.u.]	Przeciętne normy zużycia wody Average standards of water consumption	
		$\text{dm}^3 \cdot (\text{j.o.} \cdot \text{doba})^{-1}$ $\text{dm}^3 \cdot (\text{r.u.} \cdot \text{day})^{-1}$	$\text{m}^3 \cdot (\text{j.o.} \cdot \text{miesiąc})^{-1}$ $\text{m}^3 \cdot (\text{r.u.} \cdot \text{month})^{-1}$
Szkoły zawodowe i szkoły wyższe Vocational schools and higher education institutions			
a) bez laboratoriów without laboratories	1 student	15,0	0,45
b) z laboratoriami with laboratories	1 student j.w. as above	25,0	0,80
Internaty i domy studenckie Dormitories and student hostels	j.w. as above	100	2,4
Instituty i placówki naukowo-badawcze Scientific research institutes and institutions			
a) bez laboratoriów without laboratories	1 zatrudniony j.w.	15,0	0,45
b) z laboratoriami with laboratories	1 employee as above	25,0	0,80

Zmienność poboru wody w ciągu roku charakteryzuje współczynnik nierównomierności dobowej wyrażany wzorem:

$$N_d = \frac{Q_{d \max}}{Q_{d \text{sr}}} \quad (1)$$

gdzie: $Q_{d \max}$, $Q_{d \text{sr}}$ – maksymalne i średnie dobowe zużycie wody w analizowanym okresie [$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$].

Zmienność poboru wody w ciągu doby charakteryzuje współczynnik nierównomierności godzinowej. Określany jest on dla doby o największym zapotrzebowaniu dobowym i definiowany jest wzorem:

$$N_h = \frac{Q_{h \max} \cdot 24}{Q_{d \max}} \quad (2)$$

gdzie: $Q_{h \max}$ – maksymalne godzinowe zużycie wody dla doby o maksymalnym zapotrzebowaniu dobowym [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$].

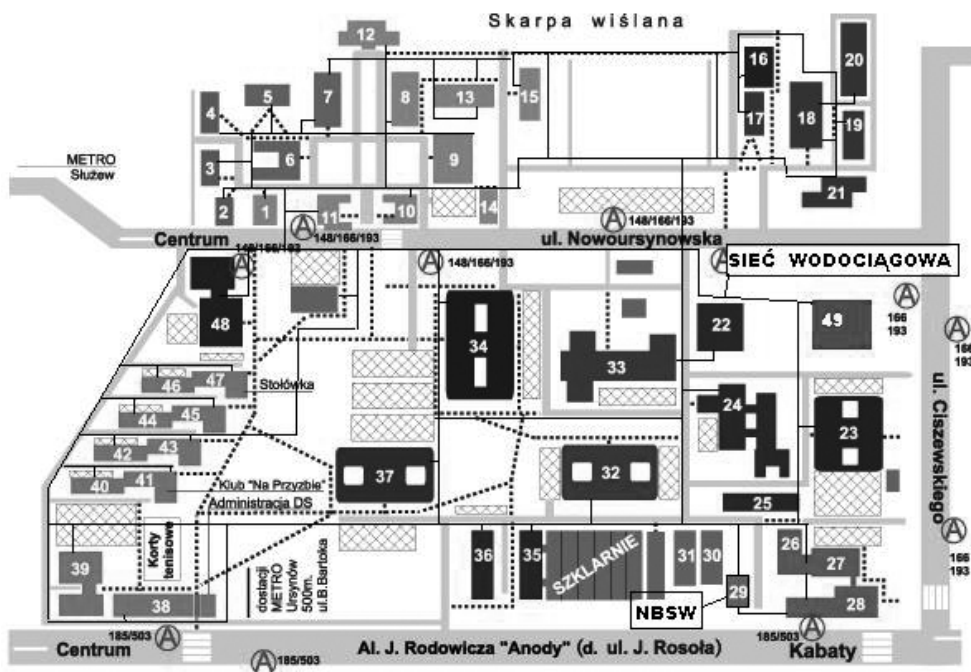
W literaturze na podstawie danych empirycznych podawane są informacje dotyczące zużycia wody zarówno na potrzeby bytowe mieszkańców (Pawełek i Kaczor, 2008; Bugajski, 2009; Podwójci, 2011), jak i dla obiektów użyteczności publicznej oraz prowadzonej działalności produkcyjnej (Wichowski, 2005; Studziński i in., 2012; Steinhoff-Wrześniewska i in., 2013). Można znaleźć także wartości współczynników nierównomierności poboru dla poszczególnych odbiorców wody (Bergel i Kaczor, 2007; Kępa i in., 2013). W niniejszym artykule przedstawiono wielkość i zmienność zużycia wody na przykładzie kampusu Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Material i metoda badań

Plan kampusu SGGW przedstawiono na rysunku 1. W kampusie znajduje się 49 budynków, w tym 10 budynków mieszkalnych, wykorzystywanych na akademiki oraz hotel asystencki. W budynkach mieszkalnych znajduje się 3460 miejsc noclegowych (SGGW, 2014a). W pozostałych budynkach prowadzona jest działalność naukowo-dydaktyczna, usługowa oraz mieści się administracja uczelni.

Kampus jest zaopatrywany w wodę poprzez wewnętrzną pierścieniową sieć wodociągową zasilaną z własnych ujęć głębinowych zlokalizowanych na terenie Naukowo-Badawczej Stacji Wodociągowej (NBSW). W sytuacjach awaryjnych istnieje możliwość zasilania sieci wodociągowej kampusu wraz z przyłączami wynosi około 8800 m (Kalenik i Morawski, 2008).

Zastosowana aparatura pomiarowa pozwala na rejestrowanie ilości wody,



RYSUNEK 1. Plan kampusu Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego (SGGW, 2014b): 1–3, 8–12, 14–16, 20, 22, 25–27, 29–31, 48 – budynki usługowe i administracji uczelni, 4–7, 13, 17–19, 21, 23–24, 28, 32–37, 49 – budynki, w których prowadzona jest działalność naukowo-dydaktyczna, 38–47 – budynki mieszkalne

FIGURE 1. Plan of the campus of Warsaw University of Life Sciences (SGGW): 1–3, 8–12, 14–16, 20, 22, 25–27, 29–31, 48 – service buildings and the university administration, 4–7, 13, 17–19, 21, 23–24, 28, 32–37, 49 – buildings in which realize research and teaching activities, 38–47 – residential buildings

jaką NBSW wtłacza do wewnętrznej sieci wodociągowej kampusu. Przepływomierz w postaci wodomierza śrubowego POWOGAZ typ MWN 150 NO z przetwornikiem przepływu typ PA-5 odczytuje przepływ chwilowy, po czym informacja ta zostaje zapisana z częstotliwością co 1 sekundę na dysku twardym komputera. Na podstawie przepływów chwilowych obliczono zużycie wody godzinowe, dobowe, miesięczne oraz roczne. Dla dobowego zużycia wody w poszczególnych miesiącach obliczono odchylenie standardowe i medianę.

Analizę zużycia wody przeprowadzono dla danych z roku akademickiego 2012/13. Według Biuletynu Informacji Publicznej Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (BIP SGGW, 2014) w danym roku akademickim w SGGW kształciło się 14 052 studentów studiów stacjonarnych oraz 9195 studentów studiów niestacjonarnych. Dodatkowo zarejestrowano 2101 słuchaczy studiów podyplomowych, którzy z reguły kształcą się w trybie studiów niestacjo-

narnych. Łącznie na uczelnię uczęszczało 25 348 osób. Zatrudnionych na pełnym etacie było 2591 pracowników, z czego 1291 stanowili nauczyciele akademicy.

Wyniki badań i dyskusja wyników

Na podstawie zgromadzonych danych wyznaczono charakterystyczne przepływy oraz współczynniki nierównomierności rozbioru wody (tab. 2).

Zmienność godzinowego i dobowego zużycia wody w poszczególnych miesiącach w kampusie SGGW przedstawiono w tabeli 3 (szarym kolorem oznaczono miesiące wakacyjne).

Miesięczne rozbiory wody, jako procent zużycia rocznego, przedstawiono na rysunku 2. Jak widać, największy miesięczny pobór wody zaobserwowano w czerwcu, a najmniejszy w sierpniu. Najmniejsze miesięczne zużycie wody występuje w miesiącach wolnych od zajęć dydaktycznych, tzn. w miesiącach wakacyjnych oraz w lutym, kiedy są fe-

TABELA 2. Charakterystyczne zużycie wody wraz ze współczynnikami nierównomierności w kampusie SGGW w Warszawie w roku akademickim 2012/13

TABLE 2. Characteristic water demands along with peaking factors for the WULS campus in the academic year of 2012/2013

Charakterystyczne natężenia przepływu Characteristic flow rates	Jednostka Unit	Wartości Values
Natężenie przepływu roczne, Q_r Flow rate per year, Q_{yr}	$m^3 \cdot r^{-1}$ $m^3 \cdot yr^{-1}$	243 782
Natężenie przepływu średnie dobowe, $Q_{d\bar{s}r}$ Average flow rate per day, $Q_{d\bar{s}r}$	$m^3 \cdot d^{-1}$	668
Natężenie przepływu maksymalne dobowe, Q_{dmax} Maximum flow rate per day, Q_{dmax}	$m^3 \cdot d^{-1}$	1029
Natężenie przepływu maksymalne godzinowe, Q_{hmax} Maximum flow rate per hour, Q_{hmax}	$m^3 \cdot d^{-1}$	65,4
Współczynnik nierównomierności dobowej, N_d Daily peaking factor, N_d	[-]	1,54
Współczynnik nierównomierności godzinowej, N_h Hourly peaking factor, N_h	[-]	1,52

TABELA 3. Zmienność godzinowego i dobowego zużycia wody w kampusie SGGW dla poszczególnych miesięcy roku akademickiego 2012/13

TABLE 3. Variability of hourly and daily water demands in the WULS campus for each month in the academic year of 2012/2013

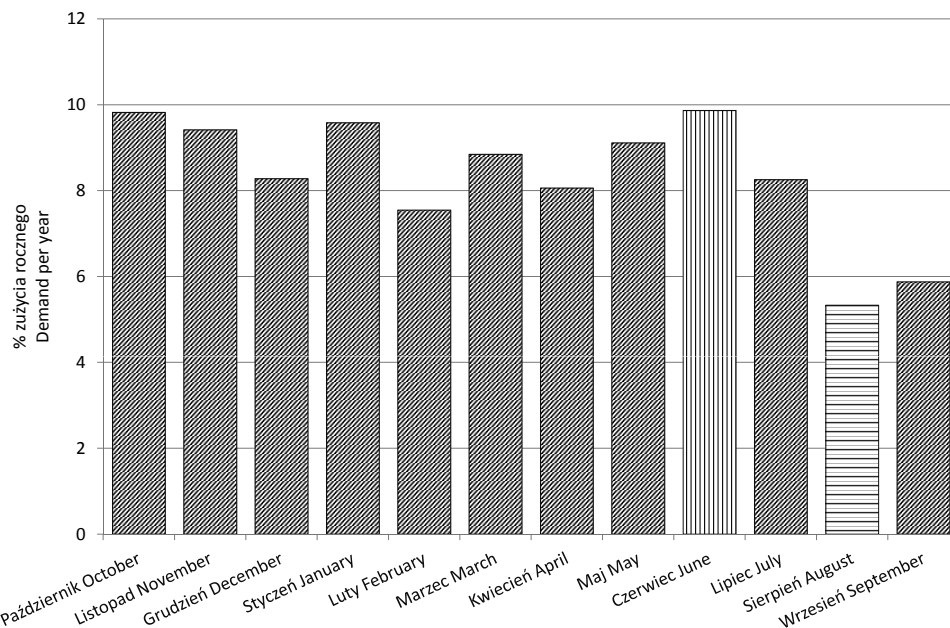
Parametr Parameter	Godzinowe zużycie wody Hourly water demands		Odchylenie standardowe Standard deviation	Mediana Median	Współczynnik, N_h Factor, N_h	Dobowe zużycie wody Daily water demands		Odchylenie standardowe Standard deviation	Mediana Median	Współczynnik, N_d Factor, N_d	
	Zakres Range	Średnia Average				Zakres Range	Średnia Average				
Jednostki/Units	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$		–	–	–	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$		–	–	–	
Miesiąc/Month	Październik October	6,14–65,89	32,79	13,76	34,20	1,45	587,8–992,3	787	132,3	816,1	1,26
	Listopad November	5,67–65,43	31,43	14,78	33,68	1,53	292–1029,4	754,4	184,8	821,7	1,36
	Grudzień December	6,45–64,78	27,63	13,82	25,93	1,42	216,8–943,4	663,2	204,1	668,0	1,42
	Styczeń January	9,34–55,22	31,99	11,36	32,75	1,50	502,4–883,4	767,7	104,6	810,8	1,15
	Luty February	6,65–52,54	25,19	9,88	24,17	1,54	465,6–820,2	604,6	100,3	582,1	1,36
	Marzec March	7,91–56,45	29,53	13,64	33,13	1,60	228,4–848,7	708,7	159,9	781,7	1,2
	Kwiecień April	6,17–69,28	28,83	13,54	28,76	1,73	254,6–962,1	692	162,2	635,4	1,39
	Maj May	7,16–75,26	30,42	13,94	30,35	1,86	307–973,3	730,1	191,2	795,6	1,33
	Czerwiec June	9,01–74,29	32,93	12,22	32,37	1,74	597,6–1026,6	790,5	102,5	815,7	1,3
	Lipiec July	2,32–65,06	27,57	10,70	25,33	1,80	487,1–868,4	661,6	98	667,3	1,31
	Sierpień August	4,33–46,26	17,80	8,38	16,69	2,36	314,6–545,4	427,2	68,8	420,1	1,28
	Wrzesień September	5,11–47,23	19,36	7,36	21,05	1,75	346,5–647,9	470,6	73,7	453,1	1,38

rie zimowe. Największe zużycie wody występuje natomiast w miesiącach, w których są zaliczenia oraz sesje egzaminacyjne, tj. w styczniu i czerwcu, a także na początku roku akademickiego, tj. w październiku.

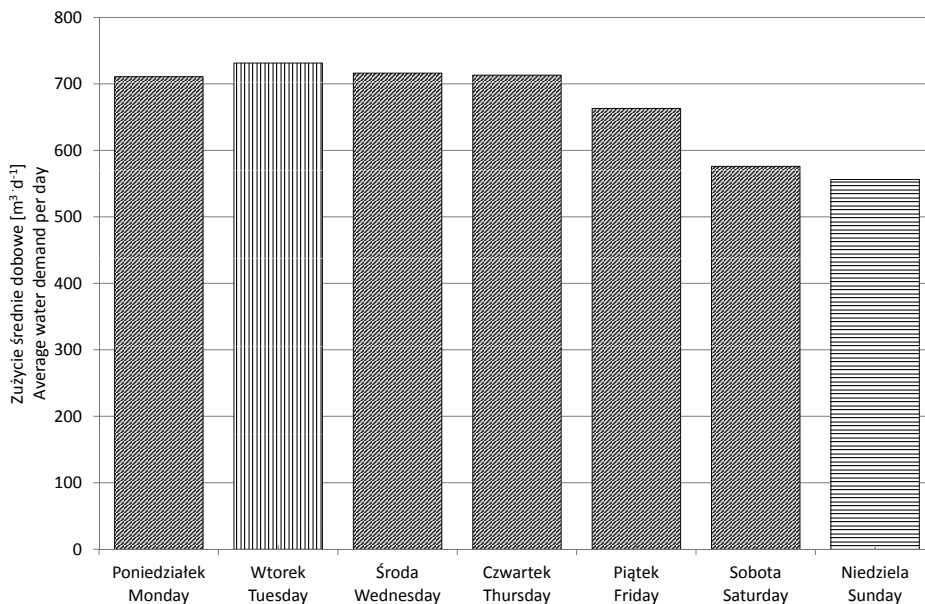
Zaobserwowano również zmienność zużycia wody w cyklu tygodniowym.

Przeciętne dobowe pobory wody w poszczególnych dniach tygodnia, obliczone jako średnie dla całego roku akademickiego, przedstawiono na rysunku 3.

Jak widać, największe dobowe zużycie wody zaobserwowano we wtorki, a najmniejsze w niedziele. Z wykresu widać także zmniejszone zużycie wody



RYSUNEK 2. Miesięczne zużycie wody w kampusie SGGW w roku akademickim 2012/13
 FIGURE 2. Water demands per month in the WULS campus in the academic year of 2012/13



RYSUNEK 3. Średnie dobowe zużycie wody dla poszczególnych dni tygodnia w kampusie SGGW dla roku akademickiego 2012/13
 FIGURE 3. Average water demands per day in the WULS campus for each day of week in the academic year of 2012/13

w weekendy, kiedy wielu studentów opuszcza domy akademickie, a zmniejszonego zużycia wody nie rekompensuje obecność w tym okresie studentów studiów zaocznych.

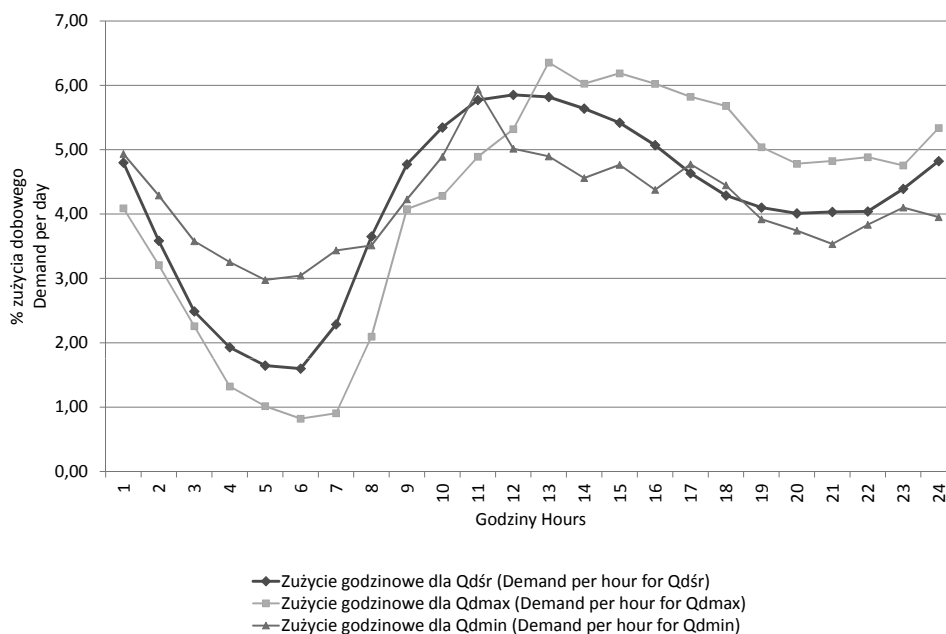
Dla analizowanego okresu największy dobowy pobór wody wystąpił 20 listopada i wyniósł $1029 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, a najmniejszy 24 grudnia – $217 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Widać wyraźną prawidłowość, że największe zużycie wody występuje w okresach świątecznych.

Rozkład przeciętnego godzinowego zużycia wody dla analizowanego okresu, a także dla doby o największym i najmniejszym rozbiórze dobowym przedstawiono na rysunku 4.

Analizując zużycie godzinowe, wyraźnie widać dwa szczyty poboru wody

w dobie: szczyt południowy przypadający na godziny 10–15 oraz szczyt nocny przypadający na godziny 23–01. Od godziny 20 do 8 pobór wody generują przede wszystkim domy studenckie wraz z hotelem asyntenckim. W godzinach tych z reguły nie odbywają się zajęcia dydaktyczne.

Roczny pobór wody w kampusie SGGW w roku akademickim 2012/13 wyniósł $243\,782 \text{ m}^3$, co przy łącznej liczbie studentów i słuchaczy wynoszącej 25 348 daje przeciętne zużycie na poziomie $9,62 \text{ m}^3$ na studenta w roku, czyli $26,35 \text{ dm}^3$ na studenta w ciągu doby. W obiektach naukowo-dydaktycznych w dni powszednie głównymi odbiorcami wody są studenci studiów stacjonarnych, a w weekendy – studenci niestacjonar-



RYSUNEK 4. Godzinowe zużycie wody w SGGW w roku akademickim 2012/13

FIGURE 4. Water demands per hour in WULS for the academic year of 2012/2013

ni, w tym słuchacze studiów podyplomowych. W związku z tym w tabeli 4 przedstawiono dobowe zużycie wody w poszczególnych miesiącach z podziałem na dni powszednie i weekendy.

Szarym tłem wyróżniono zużycie wody w miesiącach wakacyjnych. Część zużycia wody generują jednak akademiki, dla których nie prowadzono odrębnych pomiarów, więc na potrzeby analizy da-

TABELA 4. Zmienność dobowego zużycia wody w kampusie SGGW w dni powszednie i weekendy dla poszczególnych miesięcy roku akademickiego 2012/13

TABLE 4. Variability of daily water demands in the WULS campus in weekdays and weekends for each month in the academic year of 2012/2013

Parametr Parameter	Dobowe zużycie wody Daily water demands				Średnie zużycie wody w akademikach Average water consumption in the dorms	Jednostkowe zużycie wody w pozostałych obiektach Specific water consumption in the other buildings		
	Dni powszednie Weekdays		Weekendy/Weekends			Dni powszednie Weekdays	Weekendy/Weekends	
	Zakres Range	Średnia Average	Zakres Range	Średnia Average				
Jednostki/Units	$m^3 \cdot d^{-1}$		$m^3 \cdot d^{-1}$		$m^3 \cdot d^{-1}$	$dm^3 \cdot (stud. \cdot d)^{-1}$	$dm^3 \cdot (stud. \cdot d)^{-1}$	
Miesiąc/Month	Październik October	598,4–992,3	850,5	587,8–726,9	643,9	346,0	35,9	26,4
	Listopad November	292,0–1029,4	811,0	386,3–719,1	598,8	346,0	33,1	22,4
	Grudzień December	216,8–943,4	717,0	242,8–696,4	540,1	346,0	26,4	17,2
	Styczeń January	502,4–883,4	768,8	582,9–745,5	668,2	346,0	30,1	28,5
	Luty February	531,7–820,2	635,7	465,6–596,1	517,8	346,0	20,6	15,2
	Marzec March	383,8–848,7	741,3	228,4–708,9	565,9	346,0	28,1	19,5
	Kwiecień April	254,6–962,1	726,4	548,0–659,6	605,9	346,0	27,1	23,0
	Maj May	307,0–973,3	724,6	326,3–945,7	655,3	346,0	26,9	27,4
	Czerwiec June	699,8–1026,6	845,8	597,6–789,1	679,9	346,0	35,6	29,6
	Lipiec July	573,7–868,4	700,5	487,1–667,8	549,8	346,0	25,2	18,0
	Sierpień August	302,7–881,3	488,8	314,6–642,7	452,1	346,0	10,2	9,4
Wrzesień September	432,1–647,9	491,0	346,5–551,4	423,0	346,0	10,3	6,8	

nych przyjęto normatywne jednostkowe zużycie wody w tych budynkach równe $100 \text{ dm}^3 \cdot (\text{student} \cdot \text{doba}^{-1})$ (Rozporządzenie... 2002). Przy liczbie miejsc noclegowych w kampusie SGGW równej 3460 daje to przeciętne dobowe zużycie wody na poziomie $346 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Uczelnia gospodaruje w taki sposób, aby miejsca noclegowe były wykorzystywane przez cały rok, także w okresie wakacyjnym. Pomniejszając średnie dobowe zużycie wody w kampusie SGGW o szacowaną wielkość zużycia w akademikach, określono zużycie wody w innych budynkach z podziałem na dni powszednie i weekendy. Odnosząc to zużycie do liczby studentów stacjonarnych i niestacjonarnych, określono wskaźniki jednostkowe zużycia wody. Wskaźniki te dla całego roku akademickiego 2012/13 wynoszą $25,8 \text{ dm}^3 \cdot (\text{student} \cdot \text{d}^{-1})$ dla studenta studiów stacjonarnych oraz $20,3 \text{ dm}^3 / \text{student} \cdot \text{d}^{-1}$ dla studenta studiów niestacjonarnych. Są one porównywalne do wartości jednostkowej podawanej w tabeli 1 dla szkół wyższych z laboratoriami.

Analizując zużycie wody w miesiącach, w których trwają zajęcia dydaktyczne, tzn. od października do czerwca, można stwierdzić, że przeciętne jednostkowe dobowe zużycie wody na studenta studiów stacjonarnych wynosi $29,3 \text{ dm}^3 \cdot (\text{student} \cdot \text{d})^{-1}$, natomiast dla studenta studiów niestacjonarnych jest nieco mniejsze i wynosi $23,2 \text{ dm}^3 \cdot (\text{student} \cdot \text{d})^{-1}$. W okresie wakacyjnym wskaźnik ten jest niższy i wynosi odpowiednio 15,2 oraz $11,4 \text{ dm}^3 \cdot (\text{student} \cdot \text{d})^{-1}$. Rozbiory w lipcu są jednak wyraźnie wyższe od rozbiorów w sierpniu i wrześniu. W lipcu na uczelni przebywa jeszcze dość duża liczba studentów, gdyż w tym okresie często odbywają się obrony

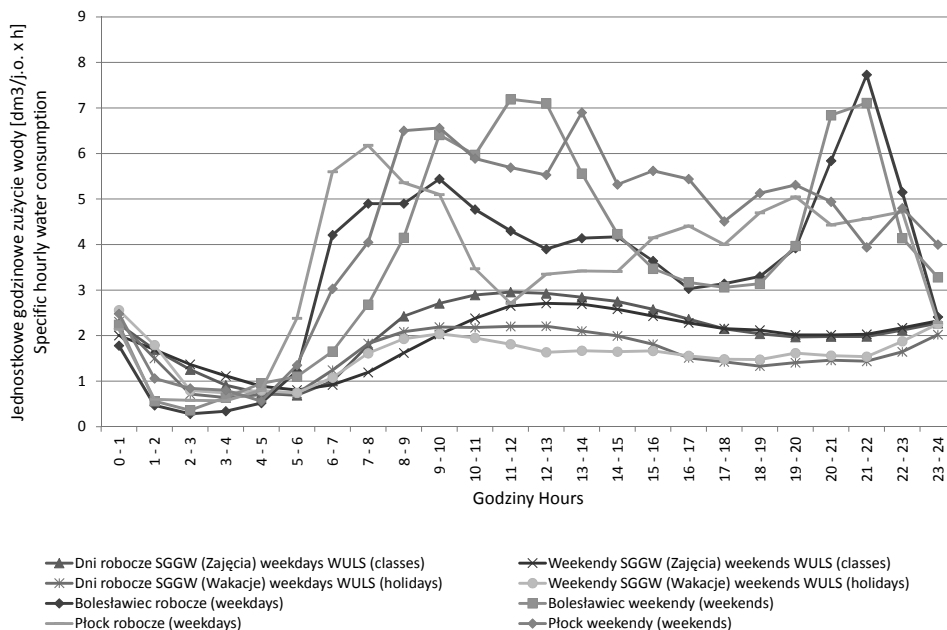
prac dyplomowych, praktyki studenckie, a także zjazdy i sesja zaliczeniowa studentów studiów zaocznych.

Podsumowanie

Specyfika działalności uczelni wyższych powoduje, że rozkład zużycia wody w takich jednostkach może być odmienny w stosunku do innych użytkowników sieci wodociągowych. W literaturze brakuje jednak informacji dotyczących nierównomierności zużycia wody w jednostkach akademickich. Można natomiast znaleźć wiele publikacji analizujących wielkość i rozkład zużycia wody dla pojedynczych budynków lub zespołu budynków mieszkalnych, jedno- lub wielorodzinnych, zlokalizowanych w jednostkach osadniczych o zróżnicowanych wielkościach. Wynika to prawdopodobnie z faktu, że z reguły największą ilość wody z systemów wodociągowych doprowadza się do budynków mieszkalnych.

Na rysunku 5 przedstawiono strukturę zużycia wody w kampusie SGGW na tle podawanej przez Podwójciego (2011) struktury zużycia wody w wielorodzinnych budynkach mieszkalnych zlokalizowanych w miastach średniej wielkości.

Badania prowadzone w ostatnich latach wykazują, że dla budynków mieszkalnych zlokalizowanych zarówno na obszarach wiejskich, jak i miejskich obserwuje się dwa szczyty rozbioru wody. W dni powszednie obserwuje się brak wyraźnego szczytu południowego. Na obszarach miejskich szczyty rozbioru wody występują w godzinach porannych – 7–10 oraz wieczornych – 20–23 (Podwójci, 2011; Kępa i in., 2013), a na



RYSunEK 5. Przebieg zmienności jednostkowego godzinowego zużycia wody w kampusie SGGW oraz w wielorodzinnych budynkach mieszkalnych
 FIGURE 5. Variability of specific water demands per hour in the WULS campus and multi-family residential buildings

obszarach wiejskich szczyty rozborów porannych i wieczornych przypadają nieco wcześniej (Bergel i Kaczor, 2007), co jest prawdopodobnie związane ze specyfiką funkcjonowania gospodarstw wiejskich oraz koniecznością dojazdów mieszkańców wsi do pracy. W weekendy obserwuje się bardziej ustabilizowaną strukturę rozborów wody. Brak jest wyraźnego szczytu porannego, zaczyna się on później i łączy ze szczytem południowym. Podobny trend obserwuje się, analizując rozbiory w kampusie SGGW. Występuje tu łagodny szczyt południowy, przebiegający w godzinach 10–15, oraz szczyt późnowieczorny, przypadający na godziny 23–01. Niewielki szczyt poranny można zaobserwować jedynie w weekendy w miesiącach wakacyjnych.

Struktura rozbioru wody w kampusie SGGW zarówno w dni powszednie, jak i w weekendy jest bardziej zbliżona do weekendowej struktury rozborów wody w budynkach mieszkalnych, z wyjątkiem późniejszego występowania szczytu wieczornego.

Obliczony dla kampusu SGGW współczynnik nierównomierności dobowej (N_d) przyjmuje porównywalne, natomiast współczynnik nierównomierności godzinowej (N_h) mniejsze wartości od podawanych w literaturze dla budynków mieszkalnych. Według badań (Kępa i in., 2013), przeprowadzonych na terenie miasta Częstochowa na obszarze o zabudowie jednorodzinnej, współczynniki te wynosiły $N_d = 3,5$ dla 2010 roku oraz 1,94 dla 2011 roku, natomiast $N_h = 2,69$

i 1,85. Dla zabudowy wielorodzinnej w Bolesławcu $N_d = 1,1$ i $N_h = 2,13$, Paślęku $N_d = 1,06$ i $N_h = 1,70$ oraz Płocku odpowiednio 1,2 i 1,65 (Podwójci, 2011).

Powiązanie w obrębie kampusu budynków naukowo-dydaktycznych, administracyjnych i mieszkalnych powoduje, że rozbiór godzinowy jest stosunkowo stabilny z wyraźnym obniżeniem zużycia wody w okresie od godziny 1 do 7 rano przy minimalnym rozbiórze przypadającym w godzinach 5–6. Należy mieć świadomość, że nierównomierność rozbioru w pojedynczych budynkach jest bardziej zróżnicowana i uzależniona od przeznaczenia danego budynku.

Wnioski

Na podstawie zrealizowanej pracy można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Przeciętne dobowe zużycie wody w kampusie SGGW w roku akademickim 2012/13 wyniosło $668 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, a zużycie maksymalne dobowe – $1029 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. W dobie tej maksymalny rozbiór godzinowy wyniósł $65,4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

2. Bez uwzględnienia zużycia wody w akademikach przeciętne jednostkowe zużycie wody w okresie, kiedy realizowane są zajęcia dydaktyczne, wyniosło $29,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ dla studenta studiów stacjonarnych i $23,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ dla studenta studiów niestacjonarnych. W okresie wakacyjnym wskaźniki te są niższe i wynoszą odpowiednio 15,2 oraz $11,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Wskaźniki te są porównywalne do zalecanego do projektowania wskaźnika wynoszącego $25 \text{ dm}^3 \cdot \text{d}^{-1}$.

3. Najmniejsze dobowe zużycie wody występuje w okresach świątecz-

nych, kiedy nie są prowadzone zajęcia dydaktyczne, a większość studentów opuszcza domy akademickie.

4. Współczynnik nierównomierności dobowej (N_d) wyniósł w analizowanym okresie 1,54 i jest porównywalny do wartości podawanych w literaturze dla zabudowy mieszkalnej.

5. Współczynnik nierównomierności godzinowej (N_h) wyniósł 1,52 i jest mniejszy od wartości podawanych w literaturze dla budynków mieszkalnych.

6. Obserwuje się późniejszy wieczorny szczyt poboru wody, przypadający na godziny 23–01, w odniesieniu do struktury zużycia wody w innych sieciach wodociągowych, szczególnie tych zlokalizowanych na obszarach wiejskich.

7. Największe rozbiory obserwowano we wtorki, najmniejsze zaś w niedziele. Przeciętne rozbiory wtorkowe są większe od rozbiorów niedzielnych o 31,5%.

8. Największe miesięczne zużycie wody wystąpiło w czerwcu i było o 85% większe od najmniejszego zużycia, które wystąpiło w sierpniu.

Literatura

- Bergel, T. i Kaczor, G. (2007). Wielkość i nierównomierność poboru wody przez pojedyncze gospodarstwa wiejskie. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 1, 125–136.
- Biuletyn Informacji Publicznej SGGW [BIP SGGW] (2014). Pobrano z lokalizacji SGGW: <http://www.sggw.pl/dla-mediow/biuro-prasowe/ogolne-informacje-o-uczelnidane-statystyczne>
- Bugajski, P. (2009). Średnie zużycie zimnej i ciepłej wody w budynkach wielorodzinnych. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 9, 105–113.

- Kalenik, M. i Morawski D. (2008). *Analiza warunków technicznych wraz z oceną funkcjonowania sieci wodociągowej kampusu SGGW*. Warszawa: Opracowanie wewnętrzne dla Działu Nadzoru Technicznego SGGW w Warszawie.
- Kępa, U., Stępnik, L. i Stańczyk-Mazanek, E. (2013). Analiza zużycia wody i zmienność rozborów dla obszaru zasilania Kawie Góry na terenie miasta Częstochowy. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 15, 2546–2562.
- Kwietniewski, M., Gębski, W. i Wronowski, N. (2005). *Monitorowanie sieci wodociągowych i kanalizacyjnych*. Monografie, Wodociągi i kanalizacja, 10. Warszawa: Wydawnictwa Zarządu Głównego PZITS.
- Mielcarzewicz, E.W. (2000). *Obliczanie systemów zaopatrzenia w wodę*. Warszawa: Arkady.
- Pawełek, J. i Kaczor, G. (2008). Charakterystyka zużycia wody w domu jednorodzinnym w dziesięcioletnim okresie badań. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 9, 22–24.
- Podwójci, P. (2011). Nierównomierność zużycia oraz rozboru wody w budownictwie wielorodzinnym. *Inżynieria Ekologiczna*, 26, 281–289.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody (Dz.U. z 2002 nr 8, poz. 70).
- Steinhoff-Wrzeźniewska, A., Rajmund, A. i Godzwon, J. (2013). Zużycie wody w wybranych branżach przemysłu spożywczego. *Inżynieria Ekologiczna*, 32, 164–171.
- Studziński, A., Pietrucha-Urbaniak, K., Chmielowski, K. i Kubicka M. (2012). Analiza zużycia wody miasta Kańczugi. *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, 1 (59), 235–246.
- Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego [SGGW] (2014a). Domy studenckie. Pobrano z lokalizacji: <http://adiss.sggw.pl/domy-studenckie/>
- Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego [SGGW]. (2014b). Kampus SGGW. Pobrano z lokalizacji: http://www.sggw.pl/kontakt_/kampus-sggw
- Wichowski, P. (2005). Prognozowanie zapotrzebowania na wodę w gospodarstwach sadowniczych. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 2 (32), 81–89.

Streszczenie

Analiza wielkości i zmienności zużycia wody w kampusie Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. W artykule przedstawiono badania wielkości i zmienności zużycia wody w kampusie SGGW w roku akademickim 2012/13. Przeciętne jednostkowe zużycie wody w okresie, kiedy realizowane są zajęcia dydaktyczne, wyniosło $29,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ dla studenta stacjonarnych i $23,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ dla studenta studiów niestacjonarnych. W okresie wakacyjnym wskaźniki te są niższe i wynoszą odpowiednio $15,2$ oraz $11,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Wskaźniki te wyznaczono bez uwzględnienia zużycia wody w akademikach. Współczynnik nierównomierności dobowej dla całego kampusu wyniósł $1,54$ i był zbliżony do współczynnika nierównomierności godzinowej, wynoszącego $1,52$. Najwyższe miesięczne zużycie wody wystąpiło w czerwcu i było o 85% większe od najniższego, które wystąpiło w sierpniu. W cyklu tygodniowym najwyższe zużycie wody obserwowano we wtorki, a najniższe w niedziele. Przeciętne rozbiory wtorkowe są wyższe od rozborów niedzielnych o $31,5\%$. Szczyty rozborów w ciągu doby przypadały w godzinach 10–15 oraz 23–01.

Summary

Analysis of water consumption and variability of demands in the campus of Warsaw University of Life Sciences (SGGW). The article presents a study on the size and variability of water consumption on the WULS campus in the academic year 2012/2013. The average specific water consumption at a time when classes are implemented amounted to $29.3 \text{ dm}^3/\text{student}$ per day for full-time studies student and $23.2 \text{ dm}^3/\text{student}$ per day for the student part-time studies. During the holiday season the rates are lower at respectively 15.2 and $11.4 \text{ dm}^3/\text{student}$ per day. These ratios were de-

terminated without taking into account water consumption in the dorms. The daily peaking factor for the whole campus amounted 1.54 and was similar to the hourly peaking factor, amounting 1.52. The highest water consumption per month occurred in June and was 85% higher than the lowest which occurred in August. Within the week cycle, the highest water consumption was observed in Tuesdays and the lowest – in Sundays. The average Tuesday demands are 31.5% higher than the Sunday demands. The demand peaks in day felt on the hours between 10 a.m. and 3 p.m. as well as 11 p.m. and 1 a.m.

Authors' addresses:

Piotr Wichowski, Daniel Kadziński, Dariusz Morawski
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Katedra Inżynierii Budowlanej
02-766 Warszawa ul. Nowoursynowska 159,
Poland
e-mail: piotr_wichowski@sggw.pl
kadziński_daniel@sggw.pl
dariusz_morawski@sggw.pl