

EWA OGIOŁDA*, MACIEJ KOZACZEK**

**CHARAKTERYSTYKA ZUŻYCIA WODY W SYSTEMACH
WODOCIĄGOWYCH „WILKÓW” I „BOREK”
W GMINIE GŁOGÓW**

Streszczenie

Zużycie wody jest istotnym parametrem charakteryzującym system zaopatrzenia w wodę. Analiza wartości z 16 lat eksploatacji dwóch systemów pozwoliła na obliczenie wartości wskaźników jednostkowego średniego zużycia, współczynników nierównomierności godzinowej i dobowej oraz sformułowanie wniosków dotyczących czynników warunkujących nierównomierność w czasie doby, tygodnia i roku.

Słowa kluczowe: system zaopatrzenia w wodę, zapotrzebowanie na wodę, zużycie wody

WSTĘP

Podstawą projektowania poszczególnych elementów systemów zaopatrzenia w wodę jest wielkość zapotrzebowania na wodę obliczana w okresie perspektywnym, uwzględniająca potrzeby wszystkich odbiorców, a analiza zużycia wody umożliwia porównanie wartości prognostycznych ze stanem rzeczywistym oraz przeprowadzenie analizy przyczyn i skutków ewentualnych rozbieżności. Istotnym parametrem jest także nierównomierność poboru wody z uwzględnieniem jej zmienności w cyklu rocznym, tygodniowym czy dobowym. Na wielkość zużycia wody wpływ mają różnorodne czynniki – powszechną tendencją jest jego zmniejszanie, które może wynikać ze wzrostu świadomości potrzeby oszczędzania zasobów wodnych, ale również ze wzrostu cen wody [Bergel et al., 2007; Żuchowicki, Kuczyński 2009].

Analiza zużycia wody oraz czynników warunkujących jego zmienność pozwala na prowadzenie prawidłowej eksploatacji sieci wodociągowej oraz racjo-

* Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska,
Instytut Inżynierii Środowiska

** Absolwent kierunku Inżynieria Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego

nalizację kosztów jej utrzymania, a także na prognozowanie zużycia wody w przyszłości. Pozwoli to na prawidłowe działania eksploatacyjne dotyczące systemu zaopatrzenia w wodę oraz odprowadzenia i oczyszczania ścieków.

CHARAKTERYSTYKA SYSTEMÓW WODOCIĄGOWYCH „BOREK” I „WILKÓW”

Systemy wodociągowe, będące obiektem badań, należą do gminy Głogów, która leży w północnej części województwa dolnośląskiego. Wszystkie miejscowości w tej gminie podłączone są do sieci wodociągowych, a woda czerpana jest z poziomów czwartorzędowego i trzeciorzędowego. Na terenie gminy istnieją 4 systemy wodociągowe: „Borek”, „Wilków”, „Turów” i „Serby”.

System wodociągowy „Borek” obejmuje cztery miejscowości położone w południowej części gminy Głogów: Borek, Bytnik, Przedmoście i Zabornia. Większość odbiorców wody na tym obszarze prowadzi małe i średnie gospodarstwa rolne, zajmujące się głównie uprawą roślin. Od 2003 roku nastąpił znaczny rozwój budownictwa jednorodzinnego, który spowodował rozbudowę infrastruktury technicznej oraz wzrost zapotrzebowania na wodę.

System wodociągowy „Wilków” położony w północnej części gminy Głogów swoim zasięgiem obejmuje miejscowości: Wilków, Klucze, Krzekotów i Serby Stare. Głównymi odbiorcami wody są gospodarstwa domowe. Większość mieszkańców zaopatrywanych przez ten system prowadzi gospodarstwa rolne, z przewagą upraw rolniczych.

Woda dla obu systemów ujmowana jest z dwóch studni głębinowych i podlega procesom uzdatniania w technologii filtrów pospiesznych. Zostaje natleniona w aeratorach, podlega odmanganieniu i odżelazieniu na filtrach, a następnie poprzez zestawy hydroforowe podawana jest do sieci (2 filtry pospieszne – odżelaziacze, 3 filtry pospieszne – odmanganiacze, zestaw hydroforowy – 2 zbiorniki po 100 m³).

Sieci wodociągowe zbudowane w latach 1983-1985 z rur PVC o średnicach 80-160 mm tworzą układy otwarte rozgałęzieniowe, przyłącza wodociągowe wykonane są z rur stalowych ocynkowanych oraz rur PEHD.

METODYKA BADAŃ

Analiza miała na celu wyznaczenie, w oparciu o zarejestrowane w ciągu 16 lat wielkości zużycia wody w miejscowościach dwóch systemów wodociągowych, wartości jednostkowych średnich wskaźników zużycia wody oraz określenie czynników wpływających na zmienność jej zużycia. Podzielono ją na etapy dotyczące:

- ustalenia liczby mieszkańców,

- określenia wielkości zużycia wody,
- obliczenia jednostkowych wskaźników zużycia wody,
- określenia współczynników nierównomierności,
- wskazania czynników wpływających na nierównomierność zużycia w ciągu roku, tygodnia i doby.

Jednostkowe wskaźniki zużycia wody obliczono korzystając ze wzoru [Szpindor 1992]:

$$q_j = \frac{Q_{d\ sr}}{M} \quad (1)$$

Obliczenia współczynników nierównomierności dobowej i godzinowej wykonano przy pomocy następujących formuł:

$$N_d = \frac{Q_{d\ max}}{Q_{d\ sr}} \quad (2)$$

$$N_h = \frac{Q_{h\ max}}{Q_{h\ sr}} \quad (3)$$

gdzie:

q_j – jednostkowy wskaźnik zapotrzebowania na wodę, $\text{dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \text{d}^{-1}$,

M – liczba mieszkańców,

$Q_{d\ \text{sr}}$ – średnie dobowe zapotrzebowanie na wodę, $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$,

$Q_{d\ \text{max}}$ – maksymalne dobowe zapotrzebowanie na wodę, $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$,

$Q_{h\ \text{sr}}$ – średnie godzinowe zapotrzebowanie na wodę, $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$,

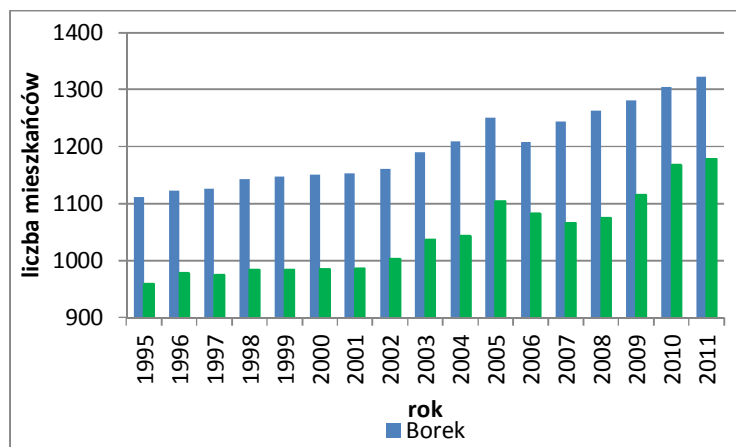
$Q_{h\ \text{max}}$ – maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę, $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$,

N_d – współczynnik nierównomierności dobowej,

N_h – współczynnik nierównomierności godzinowej.

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Obliczenia i analizę zużycia wody na potrzeby mieszkańców w gminach „Borek” i „Wilków” przeprowadzono dla danych z lat 1995 – 2011 udostępnionych przez Referat Obsługi Wodno-Kanalizacyjnej Urzędu Gminy w Głogowie. Na wstępie określono zmienność liczby odbiorców – uwzględniono mieszkańców zameldowanych na pobyt stały, których gospodarstwa domowe podłączone są do systemu wodociągowego, nie zostały ujęte gospodarstwa korzystające z własnych ujęć wody. Dane przedstawiają stan z dnia 31 grudnia poszczególnych lat. Zestawienie liczby mieszkańców w obu systemach przedstawiono na rys. 1.

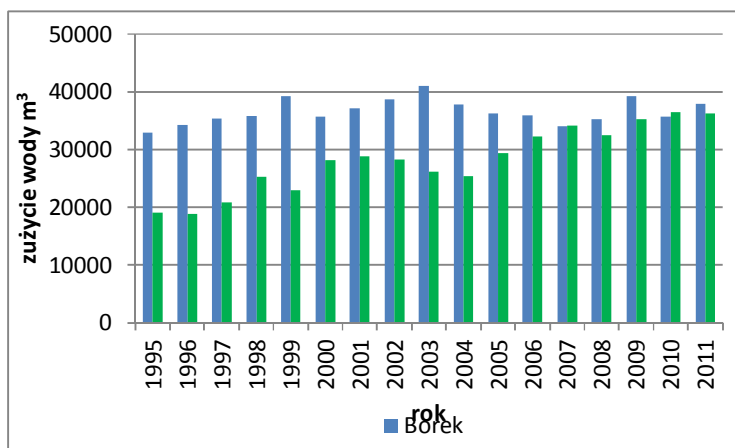


Rys. 1. Zmienność liczby mieszkańców w systemach wodociągowych „Borek” i „Wilków”

Fig. 1 Number of inhabitants in water supply systems „Borek” and „Wilków”

Analiza liczby mieszkańców w badanym okresie wykazuje jednostajny wzrost zaludnienia. Średnia liczba mieszkańców w jednym gospodarstwie domowym w obu systemach wodociągowych w badanym okresie kształtowała się na poziomie 3,9-4,0.

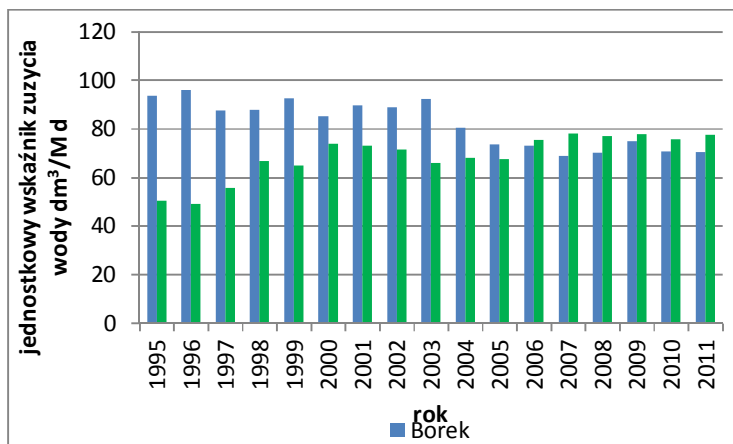
Na podstawie danych z poszczególnych gospodarstw domowych opracowano zestawienie wielkości rocznego zużycia wody w każdym z systemów (rys.2).



Rys. 2. Roczne zużycie wody w systemach „Borek” i „Wilków”

Fig.2. Annual water consumption in systems „Borek” and „Wilków”

Kolejnym etapem analizy były obliczenia jednostkowych wskaźników zużycia wody w obu systemach wodociągowych w poszczególnych latach, które wykonano przy pomocy wzoru (1), a ich wyniki przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Zmienność jednostkowego wskaźnika zużycia wody w systemach wodociągowych „Wilków” i „Borek”

Fig. 3. Unit water consumption coefficients in systems „Borek” and „Wilków”

Na podstawie przedstawionych powyżej danych dotyczących zużycia wody i liczby mieszkańców z lat 1995 - 2011 obliczono średnie wartości jednostkowego wskaźnika zapotrzebowania na wodę w analizowanym okresie. Dla systemu wodociągowego „Borek” jego wartość wynosi $q = 82,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, a dla systemu wodociągowego „Wilków” $q = 68,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$.

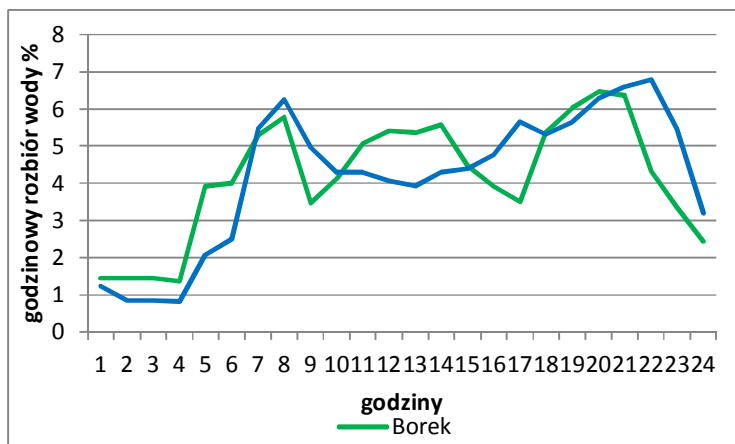
Wartości zapotrzebowania godzinowego i dobowego były podstawą obliczenia współczynników nierównomierności godzinowej i dobowej, do którego użyto wzorów (2) i (3), a wyniki zamieszczono w tab. 1.

Tab. 1. Godzinowe i dobowe zużycie wody oraz współczynniki nierównomierności w poszczególnych systemach

Tab. 2. Hourly and daily water consumption and irregularity coefficients in both systems

System wodociągowy	Q_{hmax}	$Q_{h\acute{s}r}$	N_h	Q_{dmax}	$Q_{d\acute{s}r}$	N_d
	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$		$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	
„Borek”	21,20	13,64	1,55	368,78	198,56	1,3
„Wilków”	10,74	63,59	1,62	283,67	116,89	1,7

Przeprowadzono także analizę nierównomierności zużycia wody w różnych przedziałach czasu – w pierwszej kolejności w czasie doby. Wartości procentowe zużycia wody w kolejnych godzinach zamieszczono na rys. 4.

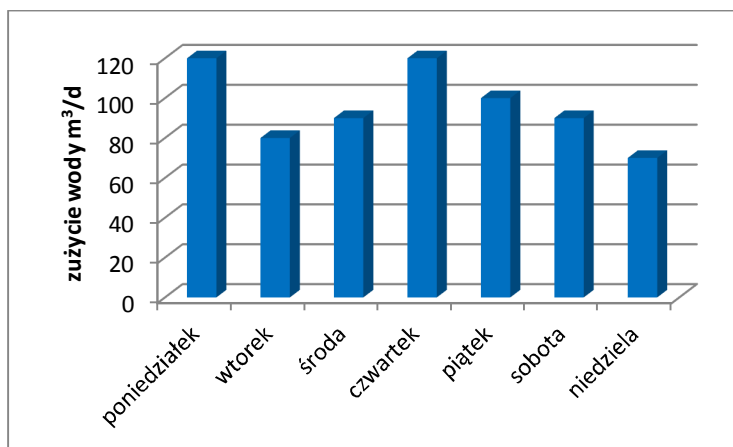


Rys. 4. Rozkład godzinowy zużycia wody w systemach „Wilków” i „Borek”
 Fig. 4. Hourly timetable of water consumption in systems „Borek” and „Wilków”

Z analizy nierównomierności zużycia wody w ciągu doby wynika, że rozkład godzinowy w obu systemach jest nieco odmienny – dla systemu „Wilków” widoczne są 2 szczyty poboru wody: poranny i wieczorny, a w przypadku systemu „Borek” zauważalny jest dodatkowo szczyt w godzinach południowych. Zmniejszony rozbiór w godzinach nocnych występuje między 23 a 4. Widoczne są charakterystyczne dla zużycia wody w gospodarstwach wiejskich godziny ze zwiększonym rozbiorem, co związane jest z porą pojenia zwierząt, czynnościami sanitarnymi oraz pracami związanymi z przygotowaniem pasz.

Zróznicowanie zużycia wody w obu systemach w obrębie kolejnych dni tygodnia i w poszczególnych kwartałach roku poddano analizie opartej na wynikach pomiarów wydajności stacji uzdatniania (rys. 5).

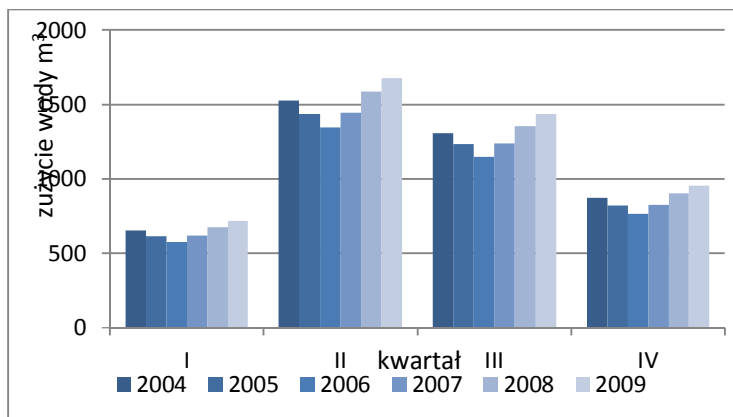
Zmienność zużycia tygodniowego charakteryzuje wzrost rozbioru wody w poniedziałki i czwartki, który może być związany z przygotowaniem płodów rolnych na sprzedaż w dniu następnym – targ warzywno-owocowy odbywa się we wtorek i piątek. Zmniejszone zużycie w niedziele wynika zaś ze mniejszej ilości prac wykonywanych w obrębie gospodarstwa domowego.



Rys. 5. Zużycie wody w poszczególnych dniach tygodnia
 Fig. 5. Water consumption in days of the week

Zróżnicowanie zużycia wody w ciągu roku przedstawiono na wykresie 6.

Z analizy nierównomierności zużycia wody w ciągu roku wynika, że największe zużycie wody następowo w miesiącach letnich, co spowodowane było zwiększeniem ilości wody do pojenia zwierząt gospodarskich, dokonywaniem oprysków środkami ochrony roślin oraz podlewaniem upraw. Najmniejsze zużycie wody zaobserwowano w okresie zimy, kiedy woda jest używana głównie do celów bytowo – gospodarczych.



Rys. 6. Struktura zużycia wody w kwartałach w latach 2004-2009
 Fig. 6. Water consumption in 2004-2009

WNIOSKI

Analiza wielkości zużycia wody w systemach wodociągowych „Borek” i „Wilków” przeprowadzona została na podstawie danych z lat 1995-2011. Jej wyniki potwierdziły, że na zmienność zużycia wody wpływają różne czynniki.

Obliczono wartości jednostkowych średnich wskaźników zużycia wody dla obu systemów – w przypadku systemu wodociągowego „Borek” jego wartość wynosi $q = 82,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, a w systemie „Wilków” $q = 68,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. Są one znacznie niższe niż podawane w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury, bliskie wartościom uważanym za graniczne do utrzymania odpowiedniego poziomu życia mieszkańców, ale nie osiągają tak niskiego poziomu, jak w innych analizowanych wodociągach wiejskich [Bugajski, Kaczor 2007].

Przeprowadzona analiza pozwoliła na potwierdzenie występowania cyklu tygodniowego zużycia wody, w przebiegu którego najwyższe wartości zużycia występują w poniedziałki i czwartki, a najniższe w niedziele.

Dla każdego z systemów określono charakterystykę zmienności zużycia w ciągu doby – dla systemu „Wilków” widoczne są 2 szczyty poboru wody: poranny i wieczorny, w systemie „Borek” zauważalny jest dodatkowo wzrost w godzinach południowych.

Obliczone wartości współczynników nierównomierności zużycia wody godzinowe i dobowe mieszczą się w zakresach podawanych przez Wytyczne z 1991 r.

Sezonowe wahania, zróżnicowanie w czasie tygodnia czy doby potwierdzają, że istotny wpływ na nierównomierność zużycia wody mają czynniki związane z pracami prowadzonymi w gospodarstwach rolnych.

Zdecydowanie mniejsze od założeń projektowych zużycie wody w systemach wodociągowych powoduje wzrost kosztów stałych utrzymania urządzeń wodociągowych. Następuje także zmniejszenie stopnia wykorzystania przewodów wodociągowych, co powoduje zwiększenie czasu przepływu wody oraz niekorzystnie wpływa na jakość wody znajdującej się w systemach dystrybucji. Analiza faktycznych ilości zużywanego wody pozwala na dokonywanie korekt w infrastrukturze technicznej oraz na właściwy dobór średnic rurociągów przy inwestycjach nowoprojektowanych, pozwoli także na lepsze planowanie rozbudowy i eksploatacji systemów wodociągowych, a co za tym idzie racjonalizację kosztów.

LITERATURA

1. BERGEL, T.; KACZOR G.; 2007. Wielkość i nierównomierność poboru wody przez pojedyncze gospodarstwa wiejskie. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich nr 1, s. 125-136.

2. BUGAJSKI P.; KACZOR G.; 2007. Struktura zużycia wody przez użytkowników wodociągu w gminie Drwinia. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich nr 2, s. 81-88.
3. SZPINDOR A.; 1992. Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi. Arkady, Warszawa.
4. ŻUCHOWICKI, A.; KUCZYŃSKI, W.; 2009. Analiza porównawcza zmian w rozbiórach wody z uwzględnieniem sposobu jej dostarczania do odbiorców. Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska. Tom 11, s. 781-786.
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 14.01.2002r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody (Dz. U. z dn. 31.01.2002 r.)
6. Wytyczne do programowania zapotrzebowania wody i ilości ścieków w miejskich jednostkach osadniczych. Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej. Warszawa 1991.

CHARACTERISTICS OF WATER CONSUMPTION IN WATER SUPPLY SYSTEMS “WILKÓW” AND “BOREK” IN GŁOGÓW COMMUNE

S u m m a r y

Water consumption is an important parameter of water supply system. Analysis of values measured during 16 years exploitation in 2 systems gave possibility to calculate coefficients of unit demand and water consumption irregularity during one day, week and year.

Key words: water supply system, water demand, water consumption