

Piotr Bugajski, Grzegorz Kaczor

STRUKTURA ZUŻYCIA ZIMNEJ I CIEPŁEJ WODY W GOSPODARSTWIE JEDNORODZINNYM

Streszczenie

W artykule przedstawiono strukturę zużycia zimnej i ciepłej wody w lokalu zamieszkanym przez 3-osobową rodzinę. W omawianym mieszkaniu zainstalowano 2 wodomierze wody zimnej i ciepłej w łazience oraz 2 wodomierze wody zimnej i ciepłej w kuchni. Zimna i ciepła woda w kuchni używana jest w trakcie przygotowywania posiłków oraz zmywania naczyń, natomiast w łazience woda zimna używana jest w celu splukiwania miski ustępowej oraz na pranie, natomiast woda ciepła używana jest w celu utrzymania higieny osobistej mieszkańców. W kuchni występuje jeden punkt czerpalny wody zimnej i ciepłej (bateria nad zlewozmywakiem), natomiast w łazience cztery punkty czerpalne wody zimnej oraz dwa punkty czerpalne wody ciepłej.

Celem pracy jest określenie struktury zużycia wody zimnej i ciepłej w wybranym gospodarstwie domowym. Szczegółowe cele to określenie faktycznej objętości wody zimnej, a także ciepłej używanej w łazience oraz w kuchni w badanym okresie.

Woda zimna dostarczana jest z sieci wodociągowej, natomiast woda ciepła z elektrociepłowni MPEC S.A. w Krakowie. W roku badawczym 2004 mieszkańcy zużyli łącznie 96,08 m³ wody. Średnie zużycie jednostkowe wyniosło 101,0 dm³·M⁻¹·d⁻¹. Analiza zużycia wody w poszczególnych miesiącach roku 2004 wykazała, że najwyższe pobory wody wystąpiły w sierpniu, natomiast najniższe w kwietniu. Największa nierównomierność dobową zużycia wody wystąpiła w maju ($N_{d_{max}} = 2,4$), a najmniejsza we wrześniu i grudniu ($N_{d_{max}} = 1,4$). W badanym okresie zużycie wody ciepłej stanowiło 38% całości używanej wody. Średnio w badanym okresie zużycie wody ciepłej wyniosło 38,6 dm³·M⁻¹·d⁻¹, natomiast wody zimnej 62,4 dm³·M⁻¹·d⁻¹.

Przeprowadzone badania i wynikające z nich wnioski mogą posłużyć do nowelizacji obowiązujących wytycznych w zakresie zużycia wody

oraz objętości wytwarzanych ścieków, które w świetle najnowszych doniesień literaturowych są zdecydowanie zawyżone.

Słowa kluczowe: zużycie wody, rozbiór wody, nierównomierność zużycia wody

WSTĘP

Objętość wody zużywanej przez mieszkańców w Polsce w ostatnich latach wyraźnie się obniża. Przedsiębiorstwa wodociągowe w dużych miastach, jak i mniejszych aglomeracjach odnotowują regres sprzedaży wody dla odbiorców indywidualnych oraz dla przemysłu [Klugiewicz, Pasela 2005; Satora, Bugajski 2000]. Przyczyn tego stanu jest kilka, a do najważniejszych należą: wzrost ceny wody, instalacja wodomierzy przez mieszkańców, stosowanie nowych wodooszczędnych rozwiązań technologicznych w przemyśle, a także wzrost świadomości konsumentów co do potrzeby oszczędzania zasobów wodnych. Aktualnie przy ustalaniu zapotrzebowania na wodę dla mieszkańców wsi posługujemy się wytycznymi, które podają normatywne jednostkowe zapotrzebowanie na wodę oraz współczynniki nierównomierności rozbioru wody dla poszczególnych celów, natomiast dla miast innymi wytycznymi. W wielu publikacjach autorzy podają, iż objętości wody zużywanej przez mieszkańców są dużo niższe niż przedstawione w wytycznych [Błażejowski, Waack 1996; Pawełek, Długosz 1998; Borowa 2003]. Faktyczne jednostkowe zużycie wody jest często na poziomie 50% wartości z wytycznych. Obniżenie zużycia wody w Polsce można uważać za aspekt pozytywny, jednak czynnik ten ma bardzo istotny wpływ na gospodarkę ściekową. Na podstawie objętości zużywanej wody określa się objętość powstających ścieków, a w następnej kolejności średnicę kanalizacji i przepustowość oczyszczalni, do której te ścieki będą dostarczane. Obecnie, w związku z obniżeniem się zużycia wody i tym samym objętości ścieków, wiele oczyszczalni jest niedociążonych hydraulicznie, co jest często przyczyną ich nieprawidłowego funkcjonowania [Łomotowski, Szpindor 1999]. Dlatego zasadne wydają się systematyczne badania rzeczywistej objętości zużywanej wody, zarówno przez mieszkańców wsi, jak i miast. Przeprowadzone badania i wynikające z nich wnioski mogą posłużyć do nowelizacji obowiązujących wytycznych w zakresie zużycia wody oraz objętości wytwarzanych ścieków, które w świetle najnowszych doniesień literaturowych są zdecydowanie zawyżone.

METODYKA BADAŃ I CEL PRACY

Analizę zużycia wody w ciągu roku badawczego 2004 przeprowadzono w prywatnym mieszkaniu w bloku mieszkalnym. Budynek mieszkalny usytuowany jest na terenie dzielnicy Podgórze w Krakowie. Mieszkanie o powierzchni 60 m² zamieszkują na stałe 2 osoby dorosłe wraz z 5-letnim dzieckiem. Wyposażenie wodociągowo-kanalizacyjne przedmiotowego mieszkania stanowią: zlew kuchenny, spłukiwana miska ustępowa, pełnowymiarowa wanna, umywalka oraz pralka automatyczna. Woda zużywana jest wyłącznie na cele bytowe mieszkańców. Woda zimna dostarczana jest z sieci wodociągowej, natomiast woda ciepła z elektrociepłowni MPEC S.A. w Krakowie. Koszt wody zimnej w roku badawczym wynosił 4,86 zł za 1m³, natomiast wody ciepłej 12,48 zł za 1m³. Cena wody ciepłej wynika z kosztu wody zimnej (4,86 zł za 1m³) oraz ceny podgrzania tej objętości (7,62 zł). Temperatura wody ciepłej dopływającej do mieszkania wynosiła średnio 50°C w okresie letnim i około 60°C w okresie zimowym. W analizowanym mieszkaniu zainstalowano 2 wodomierze firmy Metron do pomiaru zużycia wody zimnej i 2 do wody ciepłej. Błąd pomiaru wodomierzy wynosi ±2%. Wykonywanie pomiarów za pomocą 4 odrębnych wodomierzy pozwoliło na bardzo dokładną analizę struktury zużycia wody.

W okresie badawczym od 01.01.2004 r. do 31.12.2004 r. codziennie, między godziną 6⁰⁰ a 7⁰⁰, dokonywano odczytu stanu wodomierzy i wynik pomiaru zapisywano w dzienniku pomiarowym.

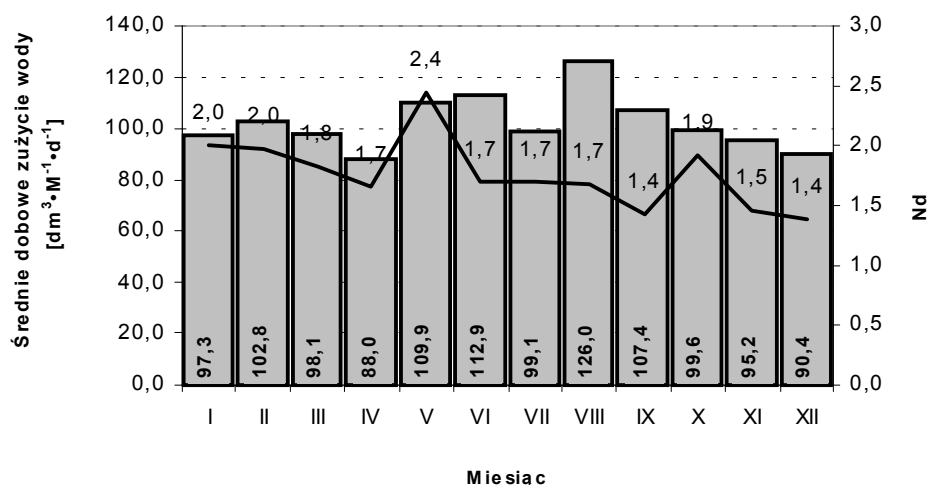
Celem pracy jest określenie struktury zużycia wody zimnej i ciepłej w wybranym gospodarstwie domowym. Szczegółowe cele to określenie faktycznej objętości wody zimnej, a także ciepłej zużywanej w łazience oraz w kuchni w badanym okresie.

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

W analizowanym okresie badań, rodzina zamieszkująca przedmiotowe gospodarstwo, zużyła łącznie 96,08 m³ wody. Średnie zużycie jednostkowe wyniosło 101,0 dm³·M⁻¹·d⁻¹. Największe zużycie wody (0,806 m³·d⁻¹, tj. 168,7 dm³·M⁻¹·d⁻¹) zanotowano w dniu 16.05.2004 r. w niedzielę. Najniższa wartość zużycia wody (0,054 m³·d⁻¹, tj. 18,0 dm³·M⁻¹·d⁻¹) wystąpiła w dniu 21.07.2004 r. w środę. Współczynnik nierównomierności maksymalnego dobowego zużycia wody (Nd_{max}) w analizowanym okresie wyniósł 1,9, natomiast minimalnego dobowego zużycia wody (Nd_{min}) – 0,2. Odchylenie standardowe w badanym okresie wynosiło 0,102 m³·d⁻¹ (34 dm³·M⁻¹·d⁻¹), z czego wynika,

iz najczęściej występujące dobowe zużycia wody kształtowały się w przedziale od 67,0 do 135 $\text{dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. Wartość odchylenia standardowego wskazuje na dużą nierównomierność dobowego zużycia wody, mogącego się zmieniać aż o 33,7% w stosunku do wartości średniej. Wynika to z częstego przebywania mieszkańców poza domem, wykonywania prania raz w tygodniu, a także sobotnio-niedzielnym wizyt gości.

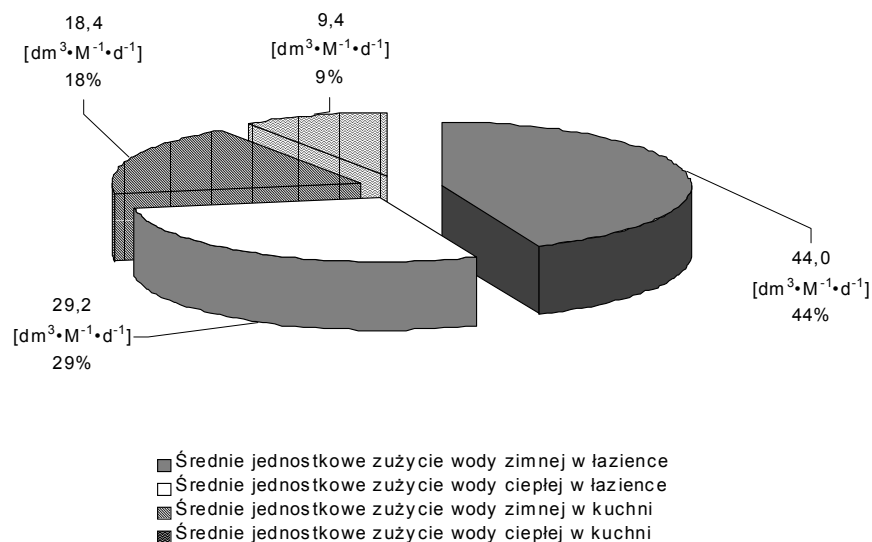
Analiza zużycia wody w poszczególnych miesiącach roku 2004 wykazała, że najwyższe pobory wody wystąpiły w sierpniu, natomiast najniższe w kwietniu (rys. 1). Natomiast największa nierównomierność dobowego zużycia wody występuje w maju ($N_{d_{\max}} = 2,4$), a najmniejsza we wrześniu i grudniu ($N_{d_{\max}} = 1,4$). Ogólnie, większą nierównomiernością charakteryzują się miesiące letnie, natomiast niższą miesiące jesienne i zimowe.



Rysunek 1. Charakterystyka jednostkowego dobowego zużycia wody w poszczególnych miesiącach roku 2004 na tle maksymalnych dobowych współczynników nierównomierności

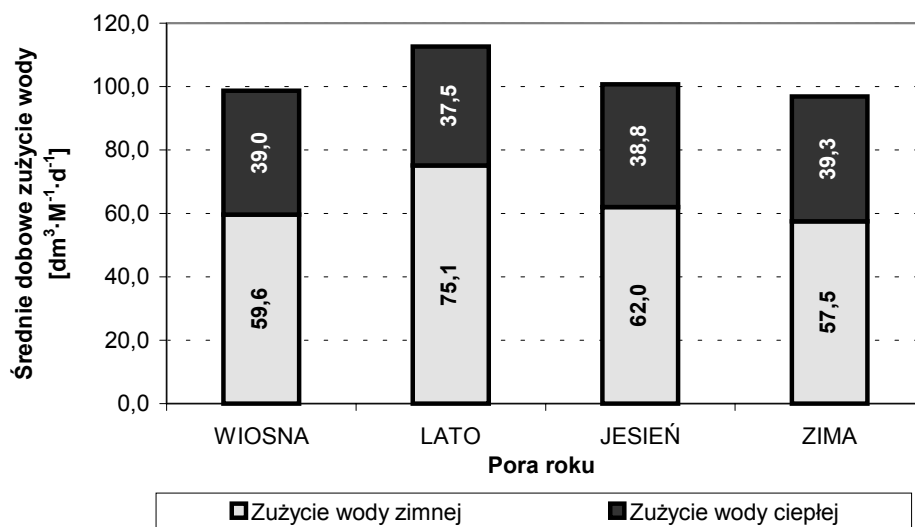
Figure 1. Characteristic of personality of daily water consumption on months 2004 year and maximum daily irregular coefficients

Dalszy etap badań obejmował analizę struktury zużycia wody ciepłej i zimnej. W ciągu badanego roku zużycie wody ciepłej stanowiło zaledwie 38% całości zużywanej wody. Średnio w badanym okresie zużycie wody ciepłej wyniosło $38,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, natomiast wody zimnej $62,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (rys. 3).



Rysunek 2. Struktura zużycia wody ciepłej i zimnej w całym mieszkaniu z podziałem na kuchnię i łazienkę

Figure 2. Structure of consumption hot and cold water in apartment with division on kitchen and bathroom



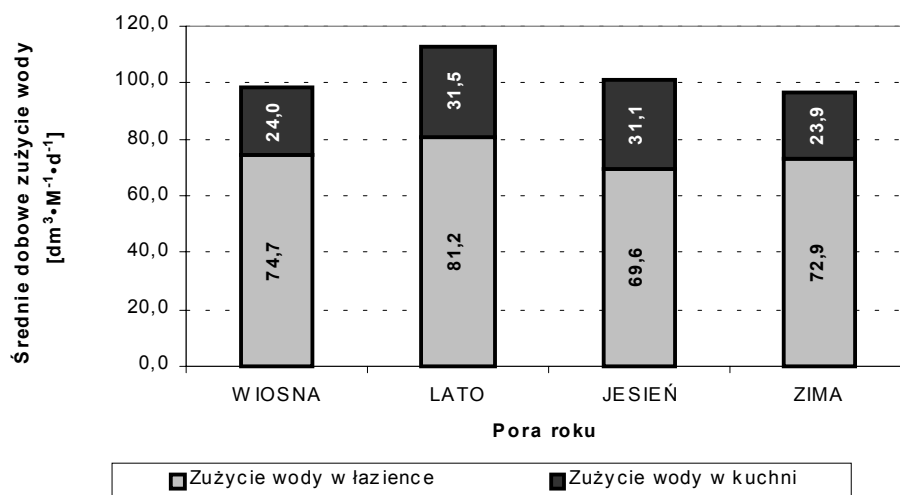
Rysunek 3. Średnie jednostkowe zużycie wody w poszczególnych porach roku z uwzględnieniem udziału wody zimnej i ciepłej

Figure 3. Average of personality of water consumption on season of year with hot and cold water

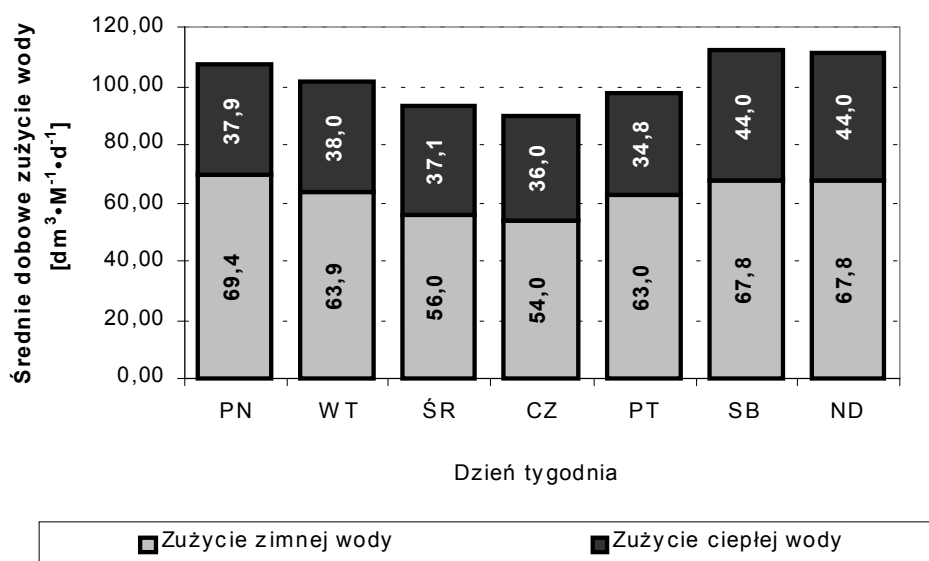
Na rysunku 3 przedstawiono ponadto średnie jednostkowe zużycie wody w kuchni i łazience. W ciągu roku, średnio 73% wody zużywane jest w łazience i wc (kąpiel, pranie, mycie rąk, splukiwanie miski), natomiast tylko 27% w kuchni (przyrządzanie posiłków, mycie naczyń). Zużycie wody zimnej jest ponad dwukrotnie niższe w kuchni niż w łazience, natomiast zużycie wody ciepłej w kuchni jest ponad trzykrotnie niższe niż w łazience.

Interesująca wydaje się struktura zużycia wody ciepłej i zimnej w poszczególnych porach roku (rys. 4). Największe zużycie wody występuje latem (średnio $112,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), natomiast najniższe zimą ($96,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$). Przy czym latem zużycie wody zimnej stanowi 66,7%, natomiast zimą 59,4% całości zużywanej wody. Średnie jednostkowe zużycia wody wiosną, jesienią i zimą różnią się między sobą zaledwie o $3,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, czyli zaledwie o 3,8%, natomiast latem średnie jednostkowe zużycie wody wzrasta o $13,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, czyli ponad 12%. Należy zaznaczyć, że w zużyciu wody w okresie letnim nie występują cele dodatkowe, takie jak podlewanie kwiatów, trawnika, napełnianie brodzików lub mycie samochodów. Może to wskazywać na wyraźny wzrost potrzeb wodnych ludności w okresie wysokich temperatur. Jednak analiza zużycia wody w poszczególnych porach roku z podziałem na kuchnię i łazienkę (rys. 4) wykazuje, że w okresie letnim w kuchni zużywa się prawie tyle samo wody co jesienią, ale widoczny jest wyraźny wzrost zużycia wody w łazience. Wynika z tego, że w okresie letnim wzrost zużycia wody może być związany z częstszymi kąpielami lub praniem. Analizując wykres przedstawiony na rysunku 4, można dodatkowo zauważyć, że średnie jednostkowe zużycie wody w kuchni jest bardzo podobne latem i jesienią (odpowiednio $31,5$ i $31,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) oraz zimą i wiosną ($23,9$ i $24,9 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), między zużyciami wody w łazience w poszczególnych porach roku występują już wyraźne różnice przekraczające $11,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$.

Wyniki pomiarów z 4 wodomierzy posłużyły także do analizy zużycia wody w poszczególnych dniach tygodnia. Na rysunku 5 przedstawiono rozkład tygodniowy zużycia wody w analizowanym mieszkaniu. Analiza danych wykazała zaskakujący wynik, a mianowicie w sobotę i w niedzielę występuje takie samo zużycie wody ($111,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$). Identyczne w obu dniach są także jednostkowe zużycia wody ciepłej oraz zimnej. Również wysokie pobory wody występują w poniedziałek ($107,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$).



Rysunek 4. Średnie jednostkowe zużycie wody w poszczególnych porach roku w kuchni i łazience
Figure 4. Average of personality of water consumption on season of year in kitchen and bathroom



Rysunek 5. Średnie jednostkowe zużycie wody w poszczególnych dniach tygodnia z podziałem na wodę zimną i ciepłą
Figure 5. Average of personality of water consumption on week days with division on hot and cold water

Wysokie zużycie wody w niedzielę można tłumaczyć przebywaniem w mieszkaniu dodatkowych osób. Natomiast w poniedziałek najczęściej wykonywane jest kompleksowe pranie odzieży. Najniższe zużycie wody w ciągu tygodnia występowało w czwartek ($90,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), w tym dniu najmniejszy był pobór wody zimnej. W ciągu tygodnia pobór wody zimnej zmieniał się od $54,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ w czwartek do $69,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ w poniedziałek, największe zużycie wody ciepłej występowało w sobotę i niedzielę ($44,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), a najmniejsze w piątek ($34,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$). Największą nierównomiernością dobową zużycia wody charakteryzują się wtorki ($N_{d_{\max}} = 2,5$), a najmniejszą środy ($N_{d_{\max}} = 1,6$).

Z przedstawionego na rysunku 5 wykresu wynika, że rozkład tygodniowy zużycia wody może w dużej mierze odbiegać od typowych rozkładów przedstawianych w literaturze.

WNIOSKI I STWIERDZENIA

Analiza codziennego zużycia wody w przedmiotowym gospodarstwie domowym w okresie badawczym od 01.01.2004 do 31.12.2004 r. pozwoliła sformułować następujące wnioski i stwierdzenia:

1. Średnie jednostkowe zużycie wody w gospodarstwie domowym zamieszkanym przez 2 osoby dorosłe oraz 5-letnie dziecko wyniosło $101,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. W ciągu całego roku 2004 zużyto łącznie $96,08 \text{ m}^3$ wody.

2. Nierównomierność dobową zużycia wody charakteryzowana współczynnikiem $N_{d_{\max}}$ wyniosła 1,9. Odchylenie standardowe w badanym okresie wynosiło $0,102 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ($34 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), z czego wynika, iż najczęściej występujące dobowe zużycia wody kształtowały się w przedziale od $67,0$ do $135 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$.

3. Najwyższe zużycie wody w badanym okresie wyniosło $0,806 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, tj. $168,7 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ w niedzielę.

4. Analiza zużycia wody w poszczególnych miesiącach roku 1994 wykazała, że najwyższe pobory wody wystąpiły w sierpniu, natomiast najniższe w kwietniu.

5. Największe zużycie wody występuje latem (średnio $112,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), natomiast najniższe zimą ($96,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$). Przy czym latem zużycie wody zimnej stanowi 66,7%, natomiast zimą 59,4% całości zużywanej wody.

6. Średnie jednostkowe zużycia wody wiosną, jesienią i zimą różnią się między sobą zaledwie o $3,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, czyli o 3,8%, natomiast latem średnie jednostkowe zużycie wody wzrasta o $13,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, czyli ponad 12%.

7. Średnio w badanym okresie zużycie wody ciepłej wyniosło $38,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, natomiast wody zimnej $62,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$.

8. W ciągu roku średnio 73% wody zużywane jest w łazience i wc, natomiast tylko 27% w kuchni.

9. W poszczególnych dniach tygodnia pobór wody zimnej zmienił się od $54,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ w czwartek do $69,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ w poniedziałek, największe zużycie wody ciepłej występowało w sobotę i niedzielę ($44,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), a najmniejsze w piątek ($34,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$).

10. Przeprowadzone badania wykazały, że jednostkowe zużycie wody w mieszkaniu w pełni i komfortowo wyposażonym w urządzenia wodociągowo-kanalizacyjne oraz zamieszkanym przez przeciętnie sytuowaną finansowo rodzinę, kształtuje się na poziomie $101,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, czyli o 67% niższym od wartości $150\text{--}160 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ przyjmowanej dla takich samych warunków w wytycznych. Wskazuje to na konieczność zachowania dużej ostrożności przy przyjmowaniu jednostkowego zapotrzebowania na wodę na cele bytowe ludności. W konsekwencji wpłynie to na późniejsze poprawne prognozowanie ilości ścieków, a następnie wymiarów kanalizacji i przepustowości oczyszczalni ścieków.

BIBLIOGRAFIA

- Błażejowski R., Waack A. *Zużycie wody wodociągowej w wybranych wsiach woj. poznańskiego*. Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Zaopatrzenie w wodę miast i wsi. Tom III, Poznań 1996.
- Borowa M. *Rzeczywista i prognozowana wielkość zapotrzebowania na wodę w latach 1996–2030 w Warszawie*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 4/2003.
- Klugiewicz J., Pasela R. *Badania wpływu wodomierzy mieszkaniowych na zużycie wody w budynkach wielorodzinnych na osiedlu Wyżyny w Bydgoszczy*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 1/2005.
- Łomotowski J., Szpindor A. *Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków*. Wydanie I. Arkady, Warszawa 1999.
- Pawełek J., Długosz M. *Wytyczne do obliczania zapotrzebowania na wodę w osiedlach wiejskich w świetle potrzeby ich nowelizacji*. Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Zaopatrzenie w wodę miast i wsi. Poznań, 1998, tom I.
- Satora S., Bugajski P. *Struktura zużycia wody przez użytkowników wodociągu wiejskiego w Mszanie Górnej*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie nr 365. Sesja Naukowa, z. 72, 2000.

mgr inż. Piotr Bugajski, dr inż. Grzegorz Kaczor
Katedra Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji
Akademia Rolnicza w Krakowie
Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków
tel. (012) 632 57 88
e-mail:pbugajsk@ar.krakow.pl
e-mail:rmkaczor@cyf-kr.edu.pl

Recenzent: *prof. dr inż. Krzysztof Wierzbicki*

Piotr Bugajski, Grzegorz Kaczor

STRUCTURE OF EXPENDITURE OF COLD AND HOT WATER IN ONE-FAMILY APARTMENT

SUMMARY

The article presents a structure consumption cold and hot water in apartment with family with 3 people. In analyze apartment install 2 water meters cold and hot water in bathroom and 2 water meters cold and hot water in kitchen. Cold and hot water in kitchen consumption is to prepare meal and to wash dishes. Cold water in bathroom consumption is to rinse off toilet bowl and laundry. Hot water in bathroom consumption is for people in target to keep personal hygiene. In kitchen is one point to draw cold and hot water (sink). In bathroom are for points to draw cold water and two points to draw hot water.

The aim of this paper is to describe structure of consumption cold and hot water in to discuss apartment. The detail aims is describe actual parts cold water consumption in bathroom and kitchen and actual parts hot water consumption in bathroom and kitchen.

Cold water is deliver with water supply, however hot water with heat and power plant MPEC S.A. in Krakow. In 2004 persons consumed 96,08 m³ water. Medium consumption on one person was 101,0 dm³·M⁻¹·d⁻¹. Analysis consumption in months in 2004 year showed the highest consumption was in august, but the slowest in april. The highest irregular day consumption water was in may ($N_{d_{max}} = 2,4$), the slowest in september and december ($N_{d_{max}} = 1,4$). In analysis period consumption hot water was 38% all water. In analysis period medium of consumption hot water was 38,6 dm³·M⁻¹·d⁻¹, however cold water 62,4 dm³·M⁻¹·d⁻¹.

In consequently to study and them interpretation can to expect to update current regulation in extent of consumption of water and capacity of production sewage.

Key words: consumption water, parsing water, irregular consumption water.