

Halina Hotłoś, Justyna Głowacka, Agnieszka Kołodziej

Zmienność poboru wody w systemie wodociągowym Wrocławia

Podstawową trudność w projektowaniu i eksploatacji systemów wodociągowych sprawia określenie zapotrzebowania na wodę, czego powodem jest zmienność poboru wody, występująca w czasie i przestrzeni. Zmienność przestrzenna poboru wody występuje m.in. w wodociągach grupowych i centralnych oraz w aglomeracjach miejsko-przemysłowych o zróżnicowanym sposobie zagospodarowania przestrzennego, natomiast zmienność czasowa poboru wody przez poszczególnych użytkowników powodowana jest czynnikami środowiskowymi, społecznymi, technicznymi oraz klimatycznymi. Zmiany poboru wody występują w kolejnych latach w okresach wieloletnich, a także cyklicznie w roku, tygodniu i dobie. Wynika stąd konieczność ciągłego i systematycznego badania i analizy trendów zmian poboru wody w każdym systemie wodociągowym. Dysponując bowiem odpowiednią bazą danych wyjściowych, których źródłem mogą być dane eksploatacyjne i/lub wyniki odpowiednio zaprogramowanych i prowadzonych badań w systemie wodociągowym, możliwe jest prognozowanie poboru wody, a także weryfikacja prognoz wcześniejszych. Dane o poborze wody oraz zmianach jej jakości w sieci są także niezbędne w modelowaniu przepływu wody w systemach dystrybucji na potrzeby ich bieżącej eksploatacji, a także w projektowaniu ich rozbudowy i modernizacji [1–7].

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki analizy zmian poboru wody we Wrocławiu w latach 1990–2011, a także w cyklu rocznym i tygodniowym w 2011 r. w oparciu o materiały eksploatacyjne uzyskane z MPWiK SA we Wrocławiu [8, 9].

Charakterystyka systemu zaopatrzenia Wrocławia w wodę

System wodociągowy Wrocławia jest jednym z najstarszych w Polsce. Początek zasilania miasta w wodę datuje się na XIII w. (1272 r.), natomiast za początek powstania współczesnego systemu przyjmuje się 1871 r., w którym oddano do eksploatacji zakład wodociągowy „Na Grobli” [10]. Obecnie wrocławski system wodociągowy ujmuje wodę powierzchniową z Oławy, która jest oczyszczana w zakładzie „Mokry Dwór”, wodę infiltracyjną oczyszczaną

w zakładzie „Na Grobli” oraz w nieznacznym stopniu wodę podziemną oczyszczaną w stacji „Leśnica”. Zasoby wody w Oławie, z której ujmowana jest także woda do nawadniania stawów infiltracyjnych, uzupełniane są wodą z Nisy Kłodzkiej za pośrednictwem wybudowanego w latach 70. XX w. systemu przerzutowego. Wodociąg zaopatruje mieszkańców Wrocławia oraz odbiorców w kilku sąsiednich miejscowościach (Długołęka, Kobierzyce, Oława, Święta Katarzyna). W 2011 r. do sieci wodociągowej aglomeracji wrocławskiej tłoczono wodę w ilości średnio 122 340 m³/d. Głównym źródłem zasilania aglomeracji wrocławskiej w wodę są dwie pompownie II^o zlokalizowane w zakładach „Na Grobli” i „Mokry Dwór”. Współpracującą z wieżowym zbiornikiem zapasowo-wyrównawczym pompownia w stacji „Leśnica” zaopatruje w wodę wyłącznie wrocławskie osiedle Leśnica. Woda tłoczona z zakładu „Na Grobli” dopływa w rejon Śródmieścia, Starego Miasta i w okolice tych dzielnic (wschodnia, północno-wschodnia część miasta). Największy obszar miasta zasilany jest przez pompownię znajdującą się w zakładzie „Mokry Dwór”, która tłoczy wodę do południowej, południowo-zachodniej i zachodniej części Wrocławia. Granice obszarów zasilania Wrocławia w wodę z zakładów „Mokry Dwór” i „Na Grobli” ulegają zmianie w zależności od parametrów pracy pompowni, poboru wody, a także zakresu prac wykonywanych na sieci wodociągowej. Na obszarach o wysokiej budowie ciśnienie w sieci wodociągowej podwyższone jest przez pompownię strefową przy ul. Bystrzyckiej (strefa wysokiego ciśnienia obejmuje osiedla Kozanów, Pileczyce, Gądów Mały, Nowy Dwór, część Muchoboru Małego) oraz hydroformie przy ul. Krynickiej i Orzechowej (osiedle Gaj). Każda z pompowni głównych wyposażona jest w sześć połączonych równolegle pomp wirowych o wale poziomym, z których część współpracuje z falownikami. Całkowita wydajność nominalna pomp zainstalowanych w pompowni w zakładzie „Na Grobli” wynosi 9 tys. m³/h, a w zakładzie „Mokry Dwór” 12 tys. m³/h. Wydajności te są znacznie większe od obecnych potrzeb systemu. W 2011 r. godzinowa ilość wody tłoczona do Wrocławia z pompowni zakładu „Na Grobli” wynosiła 485–5193 m³/h (śr. 2740 m³/h), natomiast z pompowni „Mokry Dwór” 400–4300 m³/h (śr. 2310 m³/h) [9]. Dzięki zainstalowaniu falowników i odpowiedniemu sterowaniu pracą pomp utrzymywane jest prawie stałe ciśnienie w króćcach tłocznych pomp. W 2011 r. ciśnienie to wynosiło 38–42 mH₂O w pompowni „Na Grobli” oraz 40–44 mH₂O w pompowni „Mokry Dwór”, a więc jego zmiany w ciągu doby były minimalne. Woda do odbiorców

Dr hab. inż. H. Hotłoś, mgr inż. J. Głowacka: Politechnika Wroclawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Zakład Zaopatrzenia w Wodę, Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, halina.hotlos@pwr.wroc.pl
Mgr inż. A. Kołodziej: Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji SA, ul. Na Grobli 14/16, 50-421 Wrocław
agnieszka.kolodziej@mpwik.wroc.pl

we Wrocławiu doprowadzana jest przez bardzo rozległą sieć przewodów w układzie otwarto-zamkniętym. Całkowita długość rurociągów pod koniec 2011 r. wynosiła 1905,2 km, z czego 78% stanowiły rurociągi magistralne i rozdzielcze (śr. 80÷1400 mm), a 22% przyłącza wodociągowe (śr. 25÷250 mm) [8].

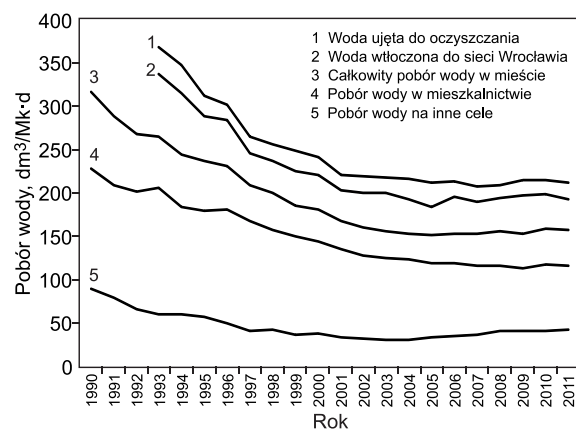
Zmienność poboru wody we Wrocławiu w latach 1990–2011

Na zmiany rocznego poboru wody w wieloletnim okresie w miastach wpływa wiele czynników, w tym m.in. zmiana liczby ludności, jej nawyków i warunków życia, poprawa standardu wyposażenia sanitarnego mieszkań, rozwój gospodarczy i przemysłowy oraz wysokość opłat za usługi wodociągowo-kanalizacyjne. Bardzo duże zmiany w ilości wody pobieranej do celów komunalnych w Polsce wystąpiły w okresie transformacji ustrojowej po 1989 r. We Wrocławiu, podobnie jak w innych miastach [11, 12], nastąpiło zmniejszenie poboru wody spowodowane m.in. wzrostem opłat za wodę i ścieki, masową instalacją wodomierzy i ograniczeniem marnotrawstwa wody. Spadek poboru wody przez odbiorców przekładał się na zmniejszenie ilości wody ujmowanej i oczyszczanej na potrzeby aglomeracji wrocławskiej. W 2011 r. ilość wody oczyszczanej była dwukrotnie mniejsza niż w 1990 r., przy czym najbardziej dynamiczny spadek miał miejsce w początkowych latach transformacji (do 2000 r.), natomiast później zmiany ilości wody oczyszczanej były już nieznaczne (tab. 1). Część z ogólnej ilości wody ujmowanej kierowana jest do nawadniania stawów infiltracyjnych. Udział ten wyniósł od 15% w latach 1995–1999 do 25% w latach 2000–2011.

Wraz ze zmniejszeniem poboru wody zmieniła się także struktura źródeł wody ujmowanej i oczyszczanej na potrzeby aglomeracji wrocławskiej. Do 1999 r. 60÷64% ogólnego poboru stanowiła woda powierzchniowa, zaś pozostała ilość pochodziła głównie z infiltracji. Od 2000 r. udział wody powierzchniowej („Mokry Dwór”) zmniejszono do około 50% na korzyść zwiększenia poboru wody infiltracyjnej, ze względu na jej niewątpliwe zalety. Znaczenie ujęć wody podziemnej w zaopatrzeniu Wrocławia było w analizowanym czasie marginalne (tab. 1).

W latach objętych analizą, 70÷80% wody pobranej we Wrocławiu trafiło do gospodarstw domowych. W ciągu ostatnich dwudziestu dwóch lat jednostkowy pobór wody w tym sektorze zmniejszył się praktycznie dwukrotnie, tj. z 227 dm³/Mk·d do 115 dm³/Mk·d. Największe zmiany

miały miejsce w początkowych latach gospodarki wolnorynkowej (1990–1995), a od 2005 r. pobór wody przez gospodarstwa domowe ustabilizował się na poziomie 113÷118 dm³/Mk·d (rys. 1). Pozostała ilość wody została pobrana na cele produkcyjne, usługowe i inne. Jednostkowy pobór wody zmniejszył się z 90 dm³/Mk·d w 1990 r. do 30 dm³/Mk·d w 2004 r., przy czym w ostatnich latach nieco wzrósł do 40÷42 dm³/Mk·d. Jednostkowy pobór wody przez wszystkich odbiorców we Wrocławiu zmniejszył się dwukrotnie z 316 dm³/Mk·d w 1990 r. do 152÷158 dm³/Mk·d w latach 2005–2011. Można stwierdzić, że jednostkowy pobór wody przez odbiorców we Wrocławiu ustabilizował się na realnym poziomie i w ostatnich latach ulegał jedynie niewielkim wahaniom, podobnie jak w wielu miastach Polski i krajów europejskich [11, 13, 14].



Rys. 1. Charakterystyka poboru wody we Wrocławiu w latach 1990–2011

Fig. 1. Characteristics of water demand in Wrocław in the time span of 1990–2011

Stwierdzono pewne możliwości zmniejszenia ilości wody ujmowanej oraz włączanej do systemu dystrybucji wody przez ograniczenie strat wody i jej zużycia na potrzeby własne systemu wodno-ściekowego. Od 2006 r. ilość wody tłoczona do sieci wodociągowej Wrocławia zawiera się w przedziale 190÷200 dm³/Mk·d. Wskutek spadku poboru wody przez odbiorców oraz wzrostu (o prawie 20%) długości sieci magistralnej i rozdzielczej w latach 1993–2011, ponaddwukrotnie zmniejszyło się obciążenie sieci wodociągowej ze 172 m³/d·km w 1993 r. do 82 m³/d·km w 2011 r. Spowodowało to znaczne wydłużenie czasu przepływu wody w rurociągach, a w konsekwencji możliwość jej wtórnego zanieczyszczenia w sieci.

Tabela 1. Pobór wody we Wrocławiu w latach 1990–2011
Table 1. Water demand for the city of Wrocław in the time span of 1990–2011

Woda		Ilość wody, tys. m ³ /a						
		1990	1993	1995	1997	1999	2001	2011
Ujęta	ogółem	–	–	86 242	70 930	67 522	68 641	66 006
	do nawadniania stawów infiltracyjnych	–	–	13 354	9 253	9 822	17 438	17 320
	do oczyszczania	–	86 050	72 888	61 677	57 700	51 203	48 686
Oczyszczona		89 964	80 810	69 884	59 377	54 297	47 957	45 436
Włączona do sieci Wrocławia		–	78 655	67 465	57 318	52 315	46 747	44 343
Struktura źródeł wody oczyszczanej, %								
Powierzchniowa		–	–	60,2	63,9	60,5	50,1	47,0
Infiltracyjna		–	–	37,6	34,9	38,6	49,0	52,8
Podziemna		–	–	2,2	1,2	0,9	0,9	0,2

Zmienność poboru wody we Wrocławiu w 2011 r.

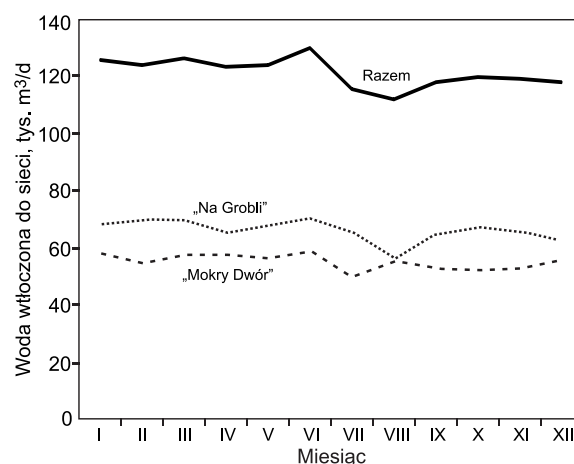
Zmiany poboru wody w ciągu roku zależą przede wszystkim od charakteru i funkcji miasta, jego uprzemysłowienia, liczby ludności itp. Sezonowe i miesięczne wahania poboru wody występują w miastach uzdrowiskowych, letniskowych i zabytkowych, także w miastach, w których występuje przemysł kampanijny. Na zmienność sezonową poboru wody wpływają także wyjazdy mieszkańców w miesiącach urlopowych, czynniki meteorologiczne, sezonowość zużycia wody do podlewania zieleni, mycia ulic i placów. Zmienność poboru wody w cyklu tygodniowym i dobowym zależy między innymi od struktury demograficznej, trybu życia i pracy ludności, od organizacji czasu pracy w zakładach pracy (zmianowość) i instytucjach usługowych, od liczby i rozkładu w czasie dni wolnych od pracy, sposobu organizacji wypoczynku itp. Na zmiany poboru wody, w tym straty wody w instalacjach wewnętrznych i sieciach zewnętrznych, mają także wpływ wysokość i zmiany ciśnienia wody w systemie wodociągowym.

Do sieci wodociągowej Wrocławia w 2011 r. wtłoczono 44,343 mln m³ wody, czyli średnio 121 488 m³ w ciągu doby [8, 9]. Na tę wartość składała się woda dostarczona wszystkim odbiorcom oraz woda stanowiąca straty i zużyta na potrzeby własne systemu wodno-ściekowego. Analizie poddano zmienność poboru wody w oparciu o ilość wody wtłoczonej do miasta przez dwie główne pompownie, zlokalizowane w zakładach „Na Grobli” i „Mokry Dwór”. Ze względu na brak danych nie uwzględniono wody wtłoczonej do sieci ze stacji „Leśnica” (0,23% całkowitej ilości wody wtłoczonej do sieci miejskiej). Z 44,239 mln m³ (śr. 121 203 m³/d) wody dostarczonej do miasta przez pompownie główne 54,2% stanowiła woda z zakładu „Na Grobli”. Sezonowe zmiany poboru wody analizuje się zazwyczaj w poszczególnych porach roku lub w sezonie wiosenno-letnim o większym poborze wody i jesienno-zimowym o poborze mniejszym [1, 4, 13].

Tabela 2. Temperatura i wysokość opadów deszczu we Wrocławiu (2011 r.) [15]

Table 2. Temperature and precipitation height in Wrocław (in 2011) [15]

Miesiąc	Temperatura powietrza, °C			Wysokość opadów deszczu mm
	maks. dobową	średnia z maks. dobowej	średnia dobową	
I	-2÷11	3,2	0,5	31
II	-7÷11	1,8	-1,6	11
III	4÷19	10,2	4,5	28
IV	8 ÷24,1	17,5	11,7	23
V	13÷30	21,2	14,6	55
VI	20÷30	25,1	18,9	44
VII	15÷29,5	23,0	18,0	161
VIII	19÷31	24,8	19,2	60
IX	16÷28	21,9	15,8	32
X	9÷26	14,6	9,5	45
XI	2÷16	9,0	3,8	0
XII	2÷11,3	6,7	3,7	32



Rys. 2. Średnia dobowo-watłoczona woda do sieci w poszczególnych miesiącach (2011 r.)

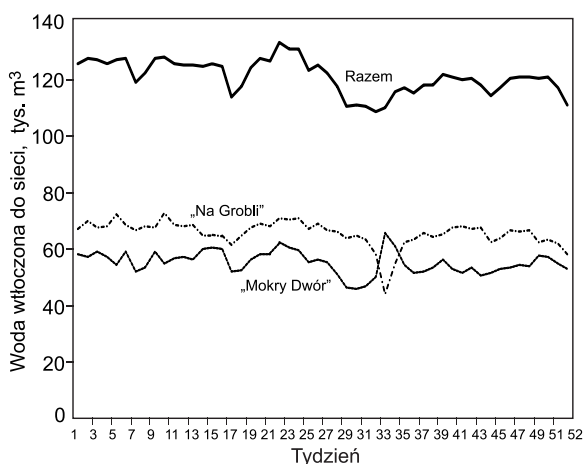
Fig. 2. Average daily amount of water pumped into the pipeline in particular months (in 2011)

W wypadku miast o specyficznych funkcjach i charakterze rozkład zużycia wody może mieć nieco odmienny charakter [12]. Sytuacja taka miała miejsce we Wrocławiu w analizowanym roku, w którym na podstawie średnich dobowych zmian poboru wody w poszczególnych miesiącach (rys. 2) wyróżniono cztery charakterystyczne przedziały:

- pierwszy: od stycznia do maja włącznie, kiedy zmiany średniej dobowej ilości wody wtłoczonej do sieci w poszczególnych miesiącach były niewielkie (maks. 1,06), a średni pobór wody w tym czasie wynosił 124 709 m³/d,
- drugi: w czerwcu, kiedy pobór wody był największy i wynosił średnio 129 569 m³/d,
- trzeci: w lipcu i sierpniu, kiedy nastąpił znaczny spadek poboru wody odpowiednio do 115 580 m³/d i 111 816 m³/d,
- czwarty: od września do grudnia, kiedy zmiany poboru dobowego były minimalne (1,01), a średnia wartość w tym czasie wynosiła 118 620 m³/d i była o prawie 5% mniejsza niż w pięciu pierwszych miesiącach roku.

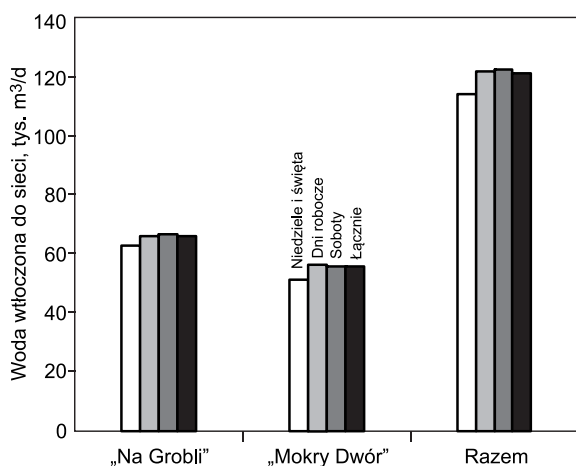
Znaczny wzrost poboru wody w czerwcu wynikał ze zwiększonego zużycia wody w mieszkalnictwie (głównie jednorodzinny) i usługach oraz do podlewania zieleni, mycia ulic i placów. Spowodowane to było utrzymującą się wysoką temperaturą powietrza, której maksymalna dobową wartość wynosiła 20÷30 °C, a średnia nie spadała poniżej 16 °C, przy jednocześnie bardzo małej wysokości opadów deszczu w czerwcu (44 mm) (tab. 2). Z badań [1, 4, 13] wynika, że jednym z istotniejszych czynników wpływających na wzrost zużycia wody jest wzrost temperatury powietrza, zwłaszcza powyżej granicznej temperatury maksymalnej, co zaobserwowano także we Wrocławiu.

Wrocław jest jednym z największych ośrodków akademickich w Polsce, w 2011 r. liczba studentów wynosiła prawie 150 tys. Ta funkcja miasta ujawniła się w lipcu i sierpniu, kiedy pomimo utrzymującej się nadal bardzo wysokiej temperatury powietrza (odpowiednio 15÷29,5 °C i 19÷31 °C) pobór wody znacznie się zmniejszył, zwłaszcza w sierpniu. Spowodowane to było wyjazdem z Wrocławia studentów i mieszkańców w okresie wakacyjnym i urlopowym. Według [16] w miastach o charakterze wielofunkcyjnym wahania całkowitego miesięcznego poboru wody nie są zbyt duże, ok. 1,06÷1,08. We Wrocławiu wskaźnik ten w przypadku skrajnych poborów w czerwcu i sierpniu wynosił 1,12, a biorąc pod uwagę wartości średniego dobowego poboru wody w tych miesiącach – 1,16.



Rys. 3. Średnia dobowa ilość wody wtłoczonej do sieci w poszczególnych tygodniach (2011 r.)

Fig. 3. Average daily amount of water pumped into the pipeline in particular weeks (in 2011)



Rys. 4. Średnia dobowa ilość wody wtłoczonej do sieci w cyklu tygodniowym (2011 r.)

Fig. 4. Average daily amount of water pumped into the pipeline in the weekly cycle (in 2011)

Większą zmiennością charakteryzował się tygodniowy pobór wody, co zilustrowano na rysunku 3 w postaci zmian średniego dobowego poboru w każdym tygodniu. W 2011 r. do sieci wodociągowej we Wrocławiu z pompowni głównych wtłoczono średnio $848\,420\text{ m}^3$ wody tygodniowo. Największy pobór wystąpił w 22 tygodniu na przełomie maja i czerwca (od 30 V do 5 VI), a najmniejszy w 32 tygodniu, w sierpniu (od 8 do 14 VIII). Wartości te wynosiły odpowiednio $932\,830\text{ m}^3$ (śr. $133\,261\text{ m}^3/\text{d}$) i $759\,305\text{ m}^3$ (śr. $108\,472\text{ m}^3/\text{d}$). Maksymalne wahania poboru tygodniowego wynosiły zatem 1,23.

We Wrocławiu, podobnie jak w innych miastach [4, 5, 13], występuje charakterystyczny zmienny pobór wody w cyklu tygodniowym, z w miarę wyrównanym poborem w dniach roboczych, często wzrostem zużycia w soboty i jego spadkiem w niedziele i święta. Z analizy ilości wody wtłoczonej w ciągu całego roku wynika, że średni pobór wody w soboty ($122\,795\text{ m}^3/\text{d}$) był tylko nieznacznie większy niż w dni robocze ($122\,579\text{ m}^3/\text{d}$), a najmniejszy był w niedziele i święta ($114\,429\text{ m}^3/\text{d}$), co stanowiło 93,2% poboru wody w soboty (rys. 4).

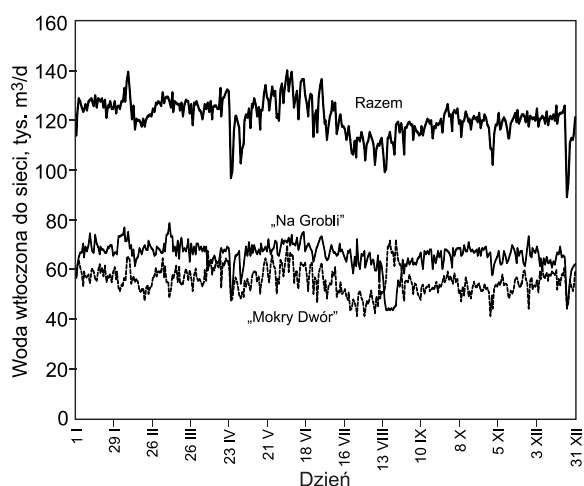
Największy dobowy pobór wody ($140\,203\text{ m}^3/\text{d}$) stwierdzono w sobotę 4 czerwca, w tygodniu o największym poborze w roku, a także o najwyższej temperaturze powietrza i braku opadów deszczu (tab. 3), natomiast najmniejszy pobór wody ($89\,227\text{ m}^3/\text{d}$) wystąpił w niedzielę świąteczną 25 grudnia. Maksymalne wahania poboru dobowego były więc duże i wynosiły 1,57.

W zależności od pory roku, warunków meteorologicznych (głównie temperatury powietrza) i innych czynników sezonowych zarówno wartość, jak i rozkład dobowego poboru wody w tygodniu były zróżnicowane. Ilustrują to dane zamieszczone w tabeli 3 dotyczące poszczególnych dni tygodnia w 2011 r. ogółem i w wybranych (bez dni świątecznych) charakterystycznych tygodniach. Najmniejszy pobór dobowy wody był zawsze w niedziele, natomiast największy występował nie tylko w soboty, ale także we wtorki, środy i piątki. Różny był ponadto zakres zmian dobowego poboru wody wyrażony stosunkiem maksymalnego w tygodniu dobowego poboru do jego wartości w poszczególnych

Tabela 3. Wartość i rozkład dobowej ilości wody wtłoczonej do sieci w cyklu tygodniowym (2011 r.)

Table 3. Value and distribution of daily water amount pumped into the pipeline in the weekly cycle (in 2011)

Czas badań	Parametr	Pn.	Wt.	Śr.	Czw.	Pt.	Sob.	Ndz.	Razem
2011 r. ogółem	Q, m^3/d	120 872	122 694	123 267	122 544	120 956	122 434	115 627	848 394
	α	1,025	1,005	1,00	1,006	1,019	1,007	1,066	–
30 V – 5 VI 2011 r. $Q_{\text{tyg maks}}$ ($t_{\text{maks}}=24,2\pm 30^\circ\text{C}$)	Q, m^3/d	132 220	134 757	127 135	131 054	135 662	140 203	131 799	932 830
	α	1,060	1,040	1,103	1,070	1,033	1,00	1,064	–
6 – 12 VI 2011 r. ($t_{\text{maks}}=22,1\pm 30^\circ\text{C}$)	Q, m^3/d	136 081	139 487	135 440	125 183	128 909	131 396	120 542	917 038
	α	1,025	1,00	1,030	1,114	1,082	1,062	1,157	–
8 – 14 VIII 2011 r. $Q_{\text{tyg min}}$ ($t_{\text{maks}}=24,2\pm 30^\circ\text{C}$)	Q, m^3/d	108 874	110 339	109 630	111 571	112 696	106 765	99 430	759 305
	α	1,035	1,021	1,028	1,010	1,00	1,055	1,133	–
10 – 31 I 2011 r. (3 tygodnie)	Q, m^3/d	127 447	127 246	127 932	126 836	125 329	128 513	123 267	886 570
	α	1,008	1,010	1,004	1,013	1,025	1,00	1,042	–
3 – 30 X 2011 r. (4 tygodnie)	Q, m^3/d	120 596	121 407	122 242	122 117	118 844	120 052	113 629	838 887
	α	1,014	1,007	1,00	1,001	1,028	1,018	1,076	–



Rys. 5. Dobowa ilość wody wtloczonej do sieci (2011 r.)
Fig. 5. Daily amount of water pumped into the pipeline (2011)

dniach tygodnia (współczynnik α). Zmiany te wynosiły $1,001 \div 1,103$ w dniach roboczych oraz $1,042 \div 1,157$ w niedziele. Największą zmienność poboru wody w dniach roboczych zaobserwowano w czerwcu, tj. w tygodniach o dużym poborze wody, wysokiej temperaturze powietrza i niewielkiej ilości opadów (tab. 2).

Zapotrzebowanie na wodę miarodajne do projektowania i eksploatacji elementów systemów wodociągowych odnosi się do ekstremalnych (maksymalnych i minimalnych) wartości dobowego, godzinowego i chwilowego poboru wody. Można je określić różnymi metodami [1–5, 16], w tym także wykorzystując tzw. współczynniki nierównomierności czasowej poboru wody. Ponieważ na ogół nie ma szczegółowych danych o faktycznym poborze wody przez poszczególnych jej użytkowników, dlatego często analizuje się jedynie nierównomierność całkowitego poboru wody w oparciu o ilość wody wtloczonej do sieci wodociągowej. W ten sposób określono zmiany dobowego poboru wody w 2011 r. we Wrocławiu, które zilustrowano na rysunku 5. Określone na ich podstawie wartości współczynnika nierównomierności dobowej poboru wody wynosiły 1,16 i 0,74, obliczone odpowiednio jako stosunek maksymalnego ($140\,203\text{ m}^3/\text{d}$) do średniego poboru dobowego ($121\,203\text{ m}^3/\text{d}$) oraz minimalnego ($89\,227\text{ m}^3/\text{d}$) do średniego poboru dobowego.

Zmianom ulegał także pobór wody w cyklu dobowym, z dwoma szczytami w godzinach przed- i popołudniowych, co będzie przedmiotem kolejnych analiz. Warto jedynie nadmienić, iż w analizowanym roku wartość współczynnika nierównomierności godzinowej poboru wody we Wrocławiu wynosiła 1,39, a maksymalna godzinowa ilość wody została wtloczona do sieci w innej dobie niż ta, w czasie której pobór był największy w roku.

Podsumowanie

Bardzo duże zmiany poboru wody we Wrocławiu w latach 1990–2011 spowodowane były działaniem różnych czynników związanych z nową sytuacją społeczno-gospodarczą w Polsce po 1989 r. Zmniejszenie poboru wody charakteryzowało się podobną dynamiką jak w innych systemach wodociągowych w kraju. Od 2005 r. jednostkowy pobór wody przez poszczególnych użytkowników we Wrocławiu utrzymuje się już na prawie stałym i realnym poziomie.

Analiza ilości wody wtloczonej do sieci wodociągowej Wrocławia w 2011 r. wykazała i potwierdziła zmienność poboru wody w cyklach rocznym, tygodniowym i dobowym. Im krótszy był analizowany przedział czasu, tym zmienność poboru wody była większa. Wartość, rozkład i nierównomierność poboru wody w miastach są różne w przypadku różnych odbiorców wody i mogą ulegać zmianie w czasie, m.in. wskutek zmian koncepcji rozwoju gospodarczego, zmian demograficznych i innych czynników wpływających na pobór wody. Dlatego parametry te powinny być określone i weryfikowane w oparciu o wyniki pomiarów poboru wody prowadzonych w odpowiednio długim czasie w każdym systemie wodociągowym, ze względu na różną wielkość miast, ich charakter i podstawowe funkcje, czy też specyficzne warunki lokalne.

LITERATURA

1. E. MIELCARZEWICZ: Obliczanie systemów zaopatrzenia w wodę. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 2000.
2. Z. SIWOŃ, J. ŁOMOTOWSKI, W. CIEŻAK, P. LICZJAR, J. CIEŻAK: Analiza i prognozowanie rozbiórów wody w systemach wodociągowych. Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, Warszawa 2008.
3. W. CIEŻAK, Z. SIWOŃ, J. CIEŻAK: Modelowanie poboru wody w osiedlach mieszkaniowych. *Ochrona Środowiska* 2008, vol. 30, nr 2, ss. 23–28.
4. Z. SIWOŃ: Stochastyczne modelowanie procesu zużycia wody i prognozowanie zapotrzebowania na wodę w miastach. Prace Naukowe Inst. Inż. Ochr. Środ. PWr, Seria: Monografie nr 25, Oficyna Wydawnicza PWr, Wrocław 1986.
5. P. LICZJAR, J. ŁOMOTOWSKI: Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych Kohonena do prognozowania dobowego poboru wody. *Ochrona Środowiska* 2006, vol. 28, nr 1, ss. 45–48.
6. J. NAWROCKI, J. ŚWIETLIK: Analiza zjawiska korozji w sieciach wodociągowych. *Ochrona Środowiska* 2011, vol. 33, nr 4, ss. 27–40.
7. B. KOŁWZAN: Analiza zjawiska biofilmu – warunki jego powstawania i funkcjonowania. *Ochrona Środowiska* 2011, vol. 33, nr 4, ss. 3–14.
8. Zestawienie dostawy i zużycia wody we Wrocławiu w latach 1990–2011. MPWiK SA we Wrocławiu (praca niepublikowana).
9. Raporty dobowe produkcji wody we Wrocławiu w 2011 r. MPWiK SA we Wrocławiu (praca niepublikowana).
10. J. GŁOWACKA, H. HOTŁOŚ: Zasilanie Wrocławia w wodę – historia i współczesność. W: Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska [red. T.M. TRACZEWSKA], Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2012, t. 2, ss. 189–195.
11. Z. HEIDRICH, J. JĘDRZEJKIEWICZ: Analiza zużycia wody w miastach polskich w latach 1995–2005. *Ochrona Środowiska* 2007, vol. 29, nr 4, ss. 29–34.
12. D. USIDUS, A. FILON: Analiza zmienności rozbiórów wody w miejscowości wypoczynkowej pasa nadmorskiego. *Rocznik Ochrony Środowiska* 2011, t. 13, ss. 903–920.
13. R. NEUNTEUFEL [Ed.]: Wasserverbrauch und Wasserbedarf. Auswertung empirischer Daten zum Wasserverbrauch. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion Wasser, Wien 2012 (http://www.lebensministerium.at/publikationen/wasser/wasserverbrauch_stud.html).
14. Water Resources in England and Wales – Current State and Future Pressures. Environment Agency, 2008 (<http://cdn.environment-agency.gov.uk/geho1208bpas-e-e.pdf>).
15. <http://www.ogimet.com/gsohc.phtml.en>.
16. Wytyczne do programowania zapotrzebowania wody i ilości ścieków w miejskich jednostkach osadniczych. Instytut Kształtowania Środowiska, Warszawa 1978.

Hotłoś, H., Głowacka, J., Kołodziej, A. Water Demand Variations in the Water Distribution System of Wrocław. *Ochrona Środowiska* 2012, Vol. 34, No. 4, pp. 23–28.

Abstract: Analysis was carried out to examine variations in water demand for the city of Wrocław, observed over the period of 1990–2011. For the year 2011, changes in water demand were also analyzed in the annual cycle and in weekly cycles. Since the beginnings of the 1990, Wrocław has experienced a decline in the quantity of water withdrawn for municipal purposes, and so have some other municipalities in Poland. Nowadays water demand is half that in 1990. The largest decline was noted in the first years of market economy implementation. Since 2005, unit demand has been nearly constant, ranging from 113

to 118 dm³/capita/day for households and from 40 to 42 dm³/capita/day for production, services and other uses. Analysis of change in the quantity of water pumped into the distribution system of Wrocław in 2011 revealed and substantiated cyclical variations in water demand for municipal uses, namely yearly, weekly and daily cycles. The shorter was the time interval, the greater were the variations in water demand. Maximal variations observed in the monthly, weekly and daily cycles were 1.16, 1.23 and 1.57, respectively. Water demand in the weekly cycle was characterized by insignificant changes on workdays and a decline on Sundays.

Keywords: Water supply system, water-pipe network, water demand, irregularity.