

Obliczanie pojemności użytkowej sieciowych zbiorników wyrównawczych w świetle aktualnego stanu wiedzy

Calculation of usable volume of the network equalizing tanks in view of the current state of knowledge

OLGA WOYCIECHOWSKA, TOMASZ BERGEL, BARTOSZ SZELĄG

DOI 10.36119/15.2023.5.6

Zadaniem przedsiębiorstw wodociągowych jest zapewnienie ciągłych dostaw wody o odpowiedniej ilości, jakości oraz ciśnieniu z uwzględnieniem ekonomicznego aspektu eksploatacji. Zdając sobie sprawę z odpowiedzialności jaka na nich ciąży, przedsiębiorstwa te starają się zapewnić dostawę wody między innymi poprzez gromadzenie jej zapasu w zbiornikach sieciowych. Jednak projektanci tego typu zbiorników, bazując na nieaktualnych wzorcach godzinowego poboru wody opracowanych w drugiej połowie ubiegłego wieku, nieprecyzyjnych wytycznych lub projektując zbiorniki zgodnie z wolą inwestora w myśl zasady – „im większy, tym lepszy”. Dlatego często zdarza się, że zbiorniki te są przewymiarowane, a co za tym idzie – trudne w eksploatacji. Pojawia się zatem pytanie – czy projektanci systemów wodociągowych, szczególnie zlokalizowanych na terenach wiejskich, dysponują obecnie możliwościami optymalnego obliczenia pojemności użytkowej sieciowych zbiorników wyrównawczych? Celem niniejszego artykułu jest dokonanie przeglądu aktualnego stanu wiedzy na temat analizowanego problemu. Wzięto zatem pod uwagę zapisy aktów prawnych i wytycznych, a także wyniki badań i zalecenia różnych autorów/badaczy zajmujących się tą tematyką.

Słowa kluczowe: małe wodociągi, sieciowy zbiornik wyrównawczy, pojemność użytkowa zbiornika

The role of water companies is to ensure a continuous supply of water of adequate quantity, quality, and pressure, taking into account the economic aspect of the operation. Being aware of the responsibility they have, these companies are working to ensure certainty of water supply, among other things, by storing water in network tanks. However, designers of such tanks rely on outdated patterns of hourly water distribution developed in the second half of the last century, imprecise guidelines or design tanks meeting the investor's wish according to the principle – “the bigger, the better”. Thus, it is often the case that these tanks are oversized and therefore difficult to operate. This leads to the question – do designers of water supply systems, especially those located in rural areas, currently, have the ability to calculate the optimal usable volume of network equalizing tanks? This article aims to review the current knowledge of the problem under analysis. Thus, the legal provisions and guidelines were taken into account, as well as the results of studies and recommendations of various authors/researchers dealing with this subject.

Keywords: small waterworks, network equalizing tank, usable volume of the tank

Wstęp

Zadanie dostarczenia wody o odpowiedniej ilości, jakości i ciśnieniu, które spoczywa na przedsiębiorstwach wodociągowych jest trudne do osiągnięcia, gdy nie ma możliwości magazynowania wody. Jednak przez długi okres negowano całkowicie rolę magazynowania wody, które ma znaczący wpływ na niezawodność całego systemu wodociągowego i traktowano zbiorniki jako jego drugorzędny element [1, 2]. Rezygnowano przy tym z budowy tych obiektów,

a zdolności retencyjne systemów nie przekraczały kilkunastu procent dobowego zapotrzebowania [3].

Aktualnie inwestorzy dostrzegają korzyści płynące z magazynowania wody. Zanim jednak wprowadzono oprogramowanie komputerowe pozwalające na zautomatyzowanie obliczeń projektowych poszczególnych elementów systemów wodociągowych, uciekano się do metod analitycznych, bazujących na dobowym i godzinowym zużyciu wody. Obliczenia już w ubiegłym wieku ograniczane były przez

ogólne założenia, czy błędnie przyjmowane rozkłady poborów wody. Powodowało to projektowanie zbiorników, których objętość znacznie przewyższała faktyczne potrzeby danej miejscowości [3].

Warto zatem zadać pytanie: czy w obecnych warunkach projektanci systemów wodociągowych, szczególnie na terenach wiejskich, dysponują możliwościami ustalenia poprawnych rozkładów godzinowych poborów wody, a zaprojektowane na ich podstawie zbiorniki sieciowe będą spełniały postawione im cele?

dr inż. Olga Woyciechowska: o.woyciechowska@gmail.com doktorant, dr hab. inż. Tomasz Bergel, prof. URK: tomasz.bergel@urk.edu.pl
ORCID: 0000-0003-0475-112X Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie
dr hab. inż. Bartosz Szelaĝ, prof. PŚk: bartoszszelag@op.pl ORCID: 0000-0002-0559-5475 – Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

Celem niniejszego artykułu, jako pierwszego z cyklu poświęconego problematyce obliczania pojemności użytkowej takich zbiorników, jest dokonanie przeglądu aktualnego stanu wiedzy na temat analizowanego problemu, w którym uwzględniono zapisy aktów prawnych i wytycznych, a także wyniki badań i zalecenia różnych autorów/badaczy zajmujących się tą tematyką.

Rola i zadania zbiorników sieciowych

Już w latach 90-tych ubiegłego wieku eksploatacyjni wodociągów wykorzystywali zbiorniki retencyjne w przypadkach, gdy źródłem była woda powierzchniowa, której przepływ nie zapewniał poboru odpowiadającego potrzebom mieszkańców [4]. Zbiornik jest w uproszczeniu urządzeniem do gromadzenia wody [20] stanowiącym element podsystemu jej przesyłu [5]. Jednak w przypadku awarii, gdy zgromadzona objętość wody jest wystarczająco duża, może być traktowany również jako element podsystemu dostawy [6, 7]. Jest on kluczowym elementem systemu wodociągowego, a jego obecność, lokalizacja, czy pojemność wpływają na pracę pozostałych obiektów w sieci [8]. Magazynuje on wodę na potrzeby wyrównania sezonowych i chwilowych wahań poboru w stosunku do możliwości jej pobrania ze źródła – zbiornik retencyjny, jak również na potrzeby zmienności konsumpcji – zbiornik wyrównawczy [3] oraz zapasowo-wyrównawczy, którego dodatkowym zadaniem jest utrzymanie zapasu na wypadek pożaru czy awarii [9]. Pojemność zbiornika, który stanowi część infrastruktury komunalnej, zależy od wielu czynników, w szczególności od zawartości zabudowy, gęstości zaludnienia, czy wielkości i struktury potrzeb odbiorców [10].

Do głównych zadań zbiorników wodociągowych sieciowych należą [4, 8, 11, 12 za: 13, 14, 15, 16, 17]:

- wyrównanie nierównomierności między dostawą a poborem wody,
- pokrywanie zapotrzebowania szczytowego,
- utrzymanie zapasu wody na wypadek pożaru lub awarii urządzeń dostarczających wodę,
- utrzymywanie w sieci dystrybucyjnej odpowiedniego ciśnienia,
- regulacja ciśnienia w sieci połączeń lokalnych (np. na wlocie do danej strefy zasilania),
- podniesienie niezawodności funkcjonowania całego systemu wodociągowego.

Pojemność zbiorników wodociągowych

Zaprojektowanie odpowiedniej pojemności zbiornika jest bardzo ważnym zadaniem. Pojemność całkowita zbiornika stanowi sumę pojemności przeznaczonych do realizacji konkretnych celów. Składają się na nią: objętość użytkowa (odpowiadająca zapotrzebowaniu) zwana również użyteczną lub wyrównawczą; zapasowa – inaczej zwana rezerwami bezpieczeństwa, np. awaryjna oraz przeciwpożarowa oraz pojemność martwa zależna od konstrukcji zbiornika [18]. W zależności od pełnionych funkcji, a także lokalizacji w sieci wodociągowej, zbiorniki mogą posiadać wszystkie objętości lub tylko wybrane [17]. Pojemność zbiornika powinna być tak dobrana, aby uniknąć problemów związanych ze stagnacją wody [2 za: 19, 20]. Wytyczne Environmental Protection Agency [15] wskazują, że dłuższy czas zatrzymania wody powoduje przekroczenie okresu jej zdatności do spożycia, a co za tym idzie – problemy z jej jakością. Przechowywanie wody przez dłuższy czas w zbiorniku wodociągowym wiąże się z namnażaniem mikroorganizmów, których liczba przekracza dozwolone normy. Dodatkowo brak odpowiedniej cyrkulacji prowadzi do stagnacji wody w niektórych częściach zbiornika i pogorszenia jej jakości, co nazywane jest zagniwaniem wody. Skutkuje to potrzebą stosowania większej ilości dezynfektantów w związku ze wzrostem liczby mikroorganizmów, czy występowaniem nitryfikacji. American Water Works Association [21] zaleca sprawdzanie zbiorników raz na trzy lata w celu uniknięcia opisanych problemów. Jednak większość przedsiębiorstw wodociągowych w Polsce przeprowadza tą czynność raz w roku, zgodnie z indywidualną książką przeglądów.

Całkowita pojemność zbiornika wodociągowego przedstawiona została wzorem (1) [14], przy czym należy pamiętać, że pojemność zapasowa stanowi większą spośród pojemności przeciwpożarowej i awaryjnej (wzór 2) [8 za: 18].

$$V_{cz} = V_u + V_z \text{ [m}^3\text{]} \quad (1)$$

gdzie:

V_{cz} – całkowita objętość zbiornika wodociągowego [m³],

V_u – użyteczna objętość zbiornika wodociągowego [m³],

V_z – zapasowa objętość zbiornika wodociągowego [m³].

$$V_z = \max(V_{pp}, V_{aw}) \text{ [m}^3\text{]} \quad (2)$$

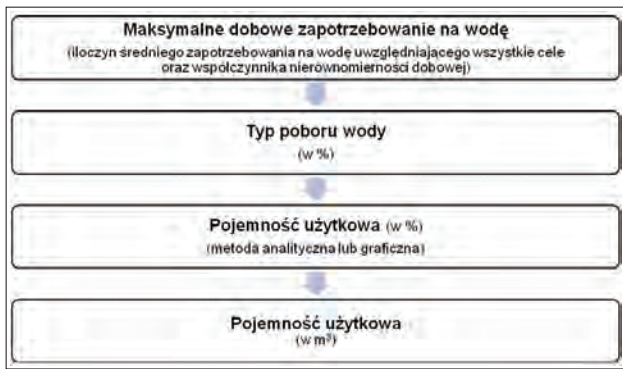
gdzie:

V_{pp} – objętość przeciwpożarowa zbiornika wodociągowego [m³],

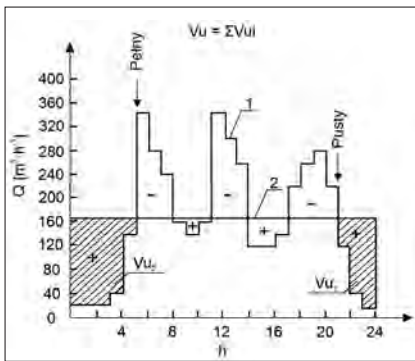
V_{aw} – objętość awaryjna zbiornika wodociągowego [m³].

W celu wyznaczenia objętości użytkowej zbiornika V_u należy znać przebieg dostarczania oraz poboru wody w całym systemie wodociągowym. Pobór wody zależy od wielu losowych czynników [4], a jego określenie jest bardzo trudnym wyzwaniem. Zbiornik ma za zadanie wyrównać zmienność poboru wody w ciągu doby, a więc jego pojemność użytkowa powinna być dostosowana do nierównomierności poborów godzinowych w dobie największego zapotrzebowania [14]. Wielu autorów podziela tę opinię i wskazuje maksymalne dobowe zapotrzebowanie Q_{dmax} jako to, na które projektuje się zbiorniki [22]. Już na początku XX w. Ciechanowski i in. [23] stwierdzili jednak, że obliczenie zbiornika na dobę najwyższego poboru prowadzi do jego przewymiarowania przez większość czasu eksploatacji. Jedyne kilka dni w ciągu całego roku powoduje, że należy przyjąć pojemność o 1,5 razy większą niż w przypadku uwzględnienia średniego dobowego zapotrzebowania. Zalecają tym samym projektowanie na średni dobowy pobór, a w dni największego zużycia tłoczenie wody przez dłuższy czas w celu pokrycia powstałego niedoboru. Mimo niezgodności autorów w tym temacie, powszechnie stosowana metoda uwzględnia dobę o maksymalnym zapotrzebowaniu. Należy dodatkowo pamiętać, że w przypadku dostarczenia wody ze źródła, zmienność poboru wody jest kontrolowana przez eksploatatora i wydajność urządzeń pompowych.

Istnieją dwie metody wyznaczenia pojemności użytkowej: analityczna oraz wykresowa (zwana również graficzną, sumową lub całkową), zaadoptowane z metod projektowania zbiorników retencyjnych wody surowej [1, 2]. Polegają one na zbilansowaniu wielkości dostaw i poboru wody ze zbiornika w ciągu doby [9, 17, 24]. Do obu metod niezbędne jest określenie zmienności poboru wody dla doby o maksymalnym zapotrzebowaniu i godzinowego harmonogramu dostawy wody do systemu [17]. Schemat wyznaczania pojemności użytkowej zbiornika wodociągowego zaprezentowano na ryc. 1. Godzinowe rozkłady poborów w ciągu doby uzyskuje się na podstawie danych statystycznych z analogicznych jednostek, gdzie system wodociągowy jest już eksploatowany, a w przypadku braku danych, należy wykorzystywać przybliżone charakterystyczne pobory [9].



Ryc. 1. Schemat wyznaczania pojemności użytkowej zbiornika wodociągowego (opracowanie własne)
 Figure 1. Scheme for determining the usable capacity of a water tank (own elaboration)



Ryc. 2. Wykresne wyznaczenie objętości użytkowej zbiornika metodą wykresu słupkowego przy 24-godzinnym pompowaniu wody [4]: 1 – krzywa godzinowych poborów wody, 2 – wielkość dostawy wody, V_u – objętość użytkowa zbiornika, V_{ui} – zapas wody w zbiorniku
 Fig. 2. Graphical method for determining the usable volume of a tank using the bar chart method with 24-hour pumping [4]: 1 – curve of hourly water intake, 2 – the volume of water supply, V_u – usable tank volume, V_{ui} – tank water supply

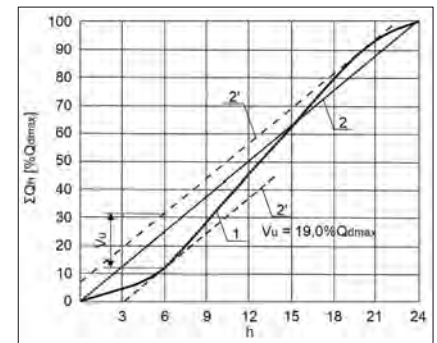
Metoda wykresna może zostać przedstawiona w postaci wykresu słupkowego lub krzywych sumowych dostarczenia i rozbioru wody [4].

Metoda z wykorzystaniem wykresu słupkowego (ryc. 2) polega na przedsta-

wieniu poborów oraz dostaw wody w postaci wykresu jednodniowego rozbioru z uwzględnieniem wszystkich godzin w dobie. Na osi odciętych zaznaczona jest objętość poborów/dostarczenia wody, a na osi rzędnych – godziny. Obszar mię-

dzy krzywą dostawy a poboru wody (poniżej linii dostawy), oznacza zapas wody „ V_{ui} ” w zbiorniku i oznaczany jest jako „+”. Z kolei obszar między krzywą dostawy a poboru wody (powyżej linii dostawy) przedstawia pobór wody z rezerw zbiornika (podpisany jest jako „-”). Obszary te powinny się równoważyć.

Na ryc. 3 przedstawiono natomiast przykład metody krzywych sumowych dla



Ryc. 3. Wykresne wyznaczenie objętości użytkowej metodą krzywych sumowych przy 24-godzinnym pompowaniu wody [17]: 1 – krzywa sumowa poborów wody, 2 – krzywa sumowa dostawy wody, V_u – objętość użytkowa zbiornika
 Fig. 3. Graphical method for determining the usable volume using the flow mass curve with 24-hour water pumping [17]: 1 – the mass curve of water intake, 2 – the mass curve of water delivery, V_u – the usable volume of the tank

Tabela 1. Wyznaczenie pojemności użytkowej V_u (% Q_{dmax}) zbiornika wyrównawczego dla wodociągu wiejskiego typu 1 [25] metodą analityczną
 Determination of the usable capacity V_u (% Q_{dmax}) of the equalization tank for the type 1 of rural water supply system [25] by the analytical method

Godziny	Pobór wody [%]	Czas dopływu wody															
		24 godziny				20 godzin				16 godzin							
		Dopływ wody [%]	Zbiornik			Dopływ wody [%]	Zbiornik			Dopływ wody [%]	Zbiornik						
	Przybywanie wody w zbiorniku	Ubywanie wody w zbiorniku	Ilość wody w zbiorniku	Pozostałość wody w zbiorniku		Przybywanie wody w zbiorniku	Ubywanie wody w zbiorniku	Ilość wody w zbiorniku	Pozostałość wody w zbiorniku		Przybywanie wody w zbiorniku	Ubywanie wody w zbiorniku	Ilość wody w zbiorniku	Pozostałość wody w zbiorniku			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1-2	0,5	4,17	3,67		3,67	11,73	0,00		-0,50	-0,50	15,90	0,00		-0,50	0,50	20,05	
1-2	0,0	4,17	4,17		7,84	15,90	0,00		0,00	-0,50	15,90	0,00		0,00	0,50	20,05	
2-3	0,0	4,16	4,16		12,00	20,06	0,00		0,00	-0,50	15,90	0,00		0,00	0,50	20,05	
3-4	1,0	4,17	3,17		15,17	23,23	0,00		-1,00	-1,50	14,90	0,00		-1,00	-0,50	19,05	
4-5	1,0	4,17	3,17		18,34	26,40	5,00	4,00		2,50	18,90	0,00		-1,00	-1,50	18,05	
5-6	13,0	4,16		-8,84	9,50	17,56	5,00		-8,00	-5,50	10,90	0,00		-13,00	-14,50	5,05	
6-7	11,3	4,17		-7,13	2,37	10,43	5,00		-6,30	-11,80	4,60	6,25		-5,05	-19,55	0,00	
7-8	4,8	4,17		-0,63	1,74	9,80	5,00	0,20		-11,60	4,80	6,25	1,45		-18,10	1,45	
8-9	3,0	4,16	1,16		2,90	10,96	5,00	2,00		-9,60	6,80	6,25	3,25		-14,85	4,70	
9-10	3,0	4,17	1,17		4,07	12,13	5,00	2,00		-7,60	8,80	6,25	3,25		-11,60	7,95	
10-11	3,0	4,17	1,17		5,24	13,30	5,00	2,00		-5,60	10,80	6,25	3,25		-8,35	11,20	
11-12	6,0	4,16		-1,84	3,40	11,46	5,00		-1,00	-6,60	9,80	6,25	0,25		-8,10	11,45	
12-13	12,8	4,17		-8,63	-5,23	2,83	5,00		-7,80	-14,40	2,00	6,25		-6,55	-14,65	4,90	
13-14	7,0	4,17		-2,83	-8,06	0,00	5,00		-2,00	-16,40	0,00	6,25		-0,75	-15,40	4,15	
14-15	2,5	4,16	1,66		-6,40	1,66	5,00	2,50		-13,90	2,50	6,25	3,75		-11,65	7,90	
15-16	1,5	4,17	2,67		-3,73	4,33	5,00	3,50		-10,40	6,00	6,25	4,75		-6,90	12,65	
16-17	1,5	4,17	2,67		-1,06	7,00	5,00	3,50		-6,90	9,50	6,25	4,75		-2,15	17,40	
17-18	2,0	4,16	2,16		1,10	9,16	5,00	3,00		-3,90	12,50	6,25	4,25		2,10	21,65	
18-19	4,0	4,17	0,17		1,27	9,33	5,00	1,00		-2,90	13,50	6,25	2,25		4,35	23,90	
19-20	3,3	4,17	0,87		2,14	10,20	5,00	1,70		-1,20	15,20	6,25	2,95		7,30	26,85	
20-21	10,5	4,16		-6,34	-4,20	3,86	5,00		-5,50	-6,70	9,70	6,25		-4,25	3,05	22,60	
21-22	5,8	4,17		-1,63	-5,83	2,23	5,00		-0,80	-7,50	8,90	6,25	0,45		3,50	23,05	
22-23	1,0	4,17	3,17		-2,66	5,40	5,00	4,00		-3,50	12,90	0,00		-1,00	2,50	22,05	
23-24	1,5	4,16	2,66		0,00	8,06	5,00	3,50		0,00	16,40	0,00		-1,50	1,00	20,55	
SUMA	100,0	100,0	37,87	-37,87			100,00	32,90	-32,90			100,00	34,60	-34,60			

24-godzinny czas pompowania. Krzywa sumowa dostawy wody zależna od pracy pomp o stałej wydajności jest prostą rozpoczynającą się w punkcie (0h; 0%) i kończącą się w punkcie (24h; 100%). W przypadku pompowania krótszego niż 24 godziny, krzywa jest odpowiednio krótsza. Krzywa sumowa poboru wody, o tych samych współrzędnych początku i końca co poprzednia krzywa, rysowana jest jako suma poborów wody w danej godzinie i godzinach wcześniejszych. Następnie wrysowywane są dwie proste równoległe do krzywej sumowej dostawy wody, styczne do najbardziej odchylonych punktów na tej krzywej. Największa w pionie odległość między nimi, stanowi pozostałość wody w zbiorniku ($\%Q_{dmax}$). W celu obliczenia pojemności użytkowej wartość tę należy podstawić do wzoru (3).

Na pozostałość wody w zbiorniku ma wpływ przede wszystkim wielkość jednostki osadniczej oraz harmonogram pracy pomp. Przy całodobowej pracy pomp jej wielkość zawiera się w przedziale 15-20% Q_{dmax} [11].

Pojemność użytkową oblicza się ze wzoru (3):

$$V_u = Q_{dmax} \cdot \%Q_{dmax} \text{ [m}^3\text{]} \quad (3)$$

gdzie:

V_u – użyteczna objętość zbiornika wodociągowego [m³],

Q_{dmax} – maksymalne dobowe zapotrzebowanie na wodę [m³·d⁻¹],

$\%Q_{dmax}$ – pozostałość wody w zbiorniku wodociągowym (wartość bezwzględna) [-].

W tabeli 1 przedstawiono natomiast wyznaczenie objętości użytkowej zbiornika metodą analityczną dla trzech różnych czasów dopływu wody z ujęcia. Metoda ta określa pojemność na podstawie bilansowania dla każdej godziny dopływu, na podstawie czasu pracy pomp i poboru wody oraz sumowania uzyskanego wyniku z wartością poprzedniej godziny w ciągu doby.

Pojemność można wyznaczyć na podstawie poborów wyrażonych w m³, ze wzoru (4) [17]:

$$V_u = V_{max} + |V_{min}| \text{ [m}^3\text{]} \quad (4)$$

gdzie:

V_{max} – maksymalna wartość z obliczanych sum [m³],

V_{mic} – minimalna wartość z obliczanych sum [m³].

W kolumnie 1 wpisano godziny w ciągu doby, a w kolumnie 2 pobory wody dla danej jednostki osadniczej. Uzupełniając pobór wody w % lub m³, kolumny zawierające dopływ wody, czy jej przybywanie lub

ubywanie w zbiorniku, również należy uzupełnić w przyjętej jednostce.

Aby podać wydajność pomp w % należy podzielić 100% przez liczbę godzin ich pracy (wzór 5).

Przykład dla 16 godzinowego czasu pracy pomp/dopływu wody:

$$D_w = \frac{100\%}{16h} = 6,25\% \cdot h^{-1} \quad (5)$$

Pozyskanie odpowiedniej jakości danych do obliczeń stanowi podstawę prawidłowego zaprojektowania pojemności zbiornika wodociągowego. Dane takie pozwalają na symulacje i prognozy, dlatego powinny bazować na statystycznych szeregach czasowych [26].

W przypadku braku możliwości wykonania pomiarów godzinowych poborów wody w danym systemie wodociągowym, można wykorzystać gotowe typy podane przez wytyczne [25, 27], lub skorzystać z wzorców podawanych przez innych autorów pod warunkiem, że badane przez nich systemy wodociągowe miały zbliżony charakter do analizowanego.

Inną możliwością jest bezpośredni dobór pojemności użytkowej zbiornika na podstawie wytycznych i badań innych autorów. Niestety nie są oni zgodni co do procentowej pojemności. Ponadto część z nich wskazuje na wykorzystanie średniego dobowego zapotrzebowania na wodę, inni zaś na maksymalną dobową jego wartość.

W wytycznych niemieckich przedstawionych w tabeli 2 zaprezentowano pojemność użytkową z uwzględnieniem maksymalnych poborów dobowych [16]. Autorzy tych wytycznych zwracają również uwagę, że przy zaopatrzeniu grupowym lub zakupie wody z innych źródeł, pojemność zbiornika powinna być dobierana w oparciu o przewidywane maksymalne wartości poborów dobowych.

Tabela 2. Zalecana pojemność użytkowa zbiorników (wg wytycznych DVGW W 315) [16]
The recommended usable capacity of the tanks (according to the Manual DVGW W 315) [16]

Spodziewana wartość maksymalnych poborów dobowych	Pojemność użytkowa
Zbiorniki magazynowania wody do spożycia	
< 2000 m ³	1,0·Q _{dmax}
2000 do 4000 m ³	0,8·Q _{dmax}
> 4000 m ³	0,3 do 0,8·Q _{dmax}
Zbiorniki wieżowe	
< 1000 m ³	0,35·Q _{dmax}
1000 do 4000 m ³	0,25·Q _{dmax}
> 4000 m ³	0,2·Q _{dmax}

Długosz [12] w swojej pracy doktorskiej zacytował literaturę, z której wynika, że pojemność użytkowa zbiornika może wahać

się od 20% zapotrzebowania dobowego maksymalnego [28, 29] poprzez 50% [30], aż do 80% [31], a nawet 100% [32].

Według normy [20] użytkowa pojemność zbiornika jest określana zwykle na podstawie przeciętnego zużycia w ciągu 24-godzin, jednak może zająć potrzeba przyjęcia dłuższego okresu.

Wielu autorów analizuje zbiornik całościowo, bez wydzielenia poszczególnych pojemności. Powyżej przedstawione wartości pojemności użytkowej nie korespondują z wynikami przedstawionymi przez Płoskonkę [8], który w swojej pracy doktorskiej cytuje Łypa [11], podając dla pojemności całkowitej zakres na poziomie 48-53% Q_{dmax}. Wytyczne [33] podają pełne zaspokojenie potrzeb odbiorców w maksymalnej dobie, jednak zwracają uwagę, że maksymalne potrzeby odbiorców występują w różnych porach doby. Zalecają określenie ogólnego współczynnika nierównomierności godzinowej na podstawie jednoczesności występowania potrzeb w ciągu doby maksymalnej, co pozwoli uniknąć przewymiarowania urządzeń.

Wytyczne z lat 80. XX w. [2 za: 34] przyjmują kierunek zapewnienia całkowitej pojemności na poziomie 50% maksymalnego dobowego zapotrzebowania. Suligowski [3] podaje z kolei, że w Stanach Zjednoczonych w związku z problemami wtórnego skażenia wody, wprowadzono ograniczenia do 50-100% Q_{dmax}, a w mniejszych jednostkach do 150%Q_{dmax}. Ten sam autor w kolejnej publikacji proponuje, aby pojemność całkowita wynosiła 30-35% Q_{dmax} [8 za: 18]. Knapik [35] stwierdza, że łączna pojemność wody w zbiornikach powinna wynosić 30-35% Q_{dmax}, a Płoskonka [8] dodaje, że praktycy dążą do gromadzenia większych rezerw wody, na poziomie około 100% Q_{dmax}, czego przykładem może być miasto Kraków czy Tarnów. Rak [6] postuluje z kolei przyjmowanie całkowitej pojemności na poziomie 50% Q_{dmax}, a także pojemności asekuracyjnej, która powinna wynosić 25-33% Q_{dmax}.

Suligowski [2] na podstawie normy [20] opracował symulację pojemności całkowitej zbiornika z uwzględnieniem 150% średniego dobowego zużycia wody (tab. 3). Wykazał on, że przyjęcie takiej rezerwy oznacza, że pojemność zbiornika sieciowego będzie zbliżona do maksymalnego dobowego zużycia wody Q_{dmax}.

Wytyczne branżowe innych krajów również wskazują na pojemność całkowitą, która powinna zaspokoić przynajmniej 24-godzinne zapotrzebowanie [36].

Wartości przytoczone w tabeli 3 wahać się w granicach 20-100% maksymalnego dobowego zapotrzebowania na

Tabela 3. Oszacowanie pojemności zbiornika sieciowego zgodnie z zaleceniami normy PN-EN1508 [2]
Estimation of the capacity of the network tank in accordance with the recommendations of PN-EN1508 [2]

Wielkość miejscowości [M]	$Q_{d\dot{s}r}$ [$m^3 \cdot d^{-1}$]	Pojemność zbiornika [m^3] odpowiadająca		Woda pożarowa (Rozporządzenie..., 2009) [m^3]
		$1,5 \cdot Q_{d\dot{s}r}$	$2,0 \cdot Q_{d\dot{s}r}$	
1 000	100-120	150-180	200-240	50
10 000	1 200-1 500	1 800-2 250	2 400-3 000	150/200
100 000	12 000-20 000	18 000-30 000	24 000-40 000	600

wodę dla pojemności użytkowej oraz 30-150% dla pojemności całkowitej. Wartości te są tak rozbieżne, że aktualnie projektanci mają wielką trudność w prawidłowym zaprojektowaniu zbiornika wyrównawczego. Równocześnie Suligowski [2] stwierdza, że w wielu krajach projektowanie zbiorników odbywa się poprzez narzucenie z góry pojemności bez przeprowadzenia obliczeń, co może prowadzić do późniejszych problemów eksploatacyjnych. Taką sytuację obserwuje się także na terenie naszego kraju.

Podsumowanie

Na pytanie „czy w obecnych warunkach projektanci systemów wodociągowych, szczególnie na terenach wiejskich, dysponują możliwościami do ustalenia poprawnych rozkładów godzinowych poborów wody, a zaprojektowane na ich podstawie zbiorniki będą spełniały postawione im cele?” odpowiedź w dużej części przypadków jest negatywna. Mimo, że w dzisiejszych czasach istnieje wiele zaawansowanych metod określania zapotrzebowania na wodę w okresie perspektywnym (metody statystyczne, analizy szeregów czasowych, metody korelacyjne, sztuczne sieci neuronowe), to w praktyce wykorzystywane są one bardzo rzadko ze względu nie tylko na skomplikowane obliczenia, ale również na brak danych wejściowych. W przypadku braku danych z konkretnego systemu wodociągowego, projektanci w dalszym ciągu odwołują się do błędnych założeń i przestarzałych rozkładów poboru wody, co jest związane z brakiem aktualnych i szczegółowych wytycznych lub projektują zbiorniki zgodnie z wolą inwestora w myśl zasady – „im większy, tym lepszy”.

Warto jeszcze raz podkreślić, że zbiorniki oprócz pełnienia podstawowych zadań związanych z gromadzeniem wody mają również wpływ na niezawodność i bezpieczeństwo całego systemu zaopatrzenia w wodę, a ich budowa wpływa na stabilizację parametrów sieci dystrybucji. Dlatego tak ważną jest nie tylko ich eksploatacja, ale również prawidłowe zaprojektowanie, a następnie wybudowanie zgodnie z projektem.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Suligowski Z. 2013. Większa pojemność, ta sama jakość. BMP Ochrona Środowiska, nr 4, s. 59-63.
- [2] Suligowski Z. 2014. Zbiornik sieciowy, konsekwencje projektowania w aspekcie wymagań normowych. Instal, nr 5, s. 48-50.
- [3] Suligowski Z. 1999. Zaopatrzenie w wodę. Wyd. ART Olsztyn.
- [4] Szpindor A. 1992. Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi. Wyd. Arkady. ISBN 83-213-3968-9.
- [5] Wieczysty A. 1990. Niezawodność systemów wodociągowych i kanalizacyjnych. Tom I Teoria niezawodności i jej zastosowania. Część I i II, Politechnika Krakowska, Kraków.
- [6] Rak J. 2014. Problematyka dywersyfikacji dostawy wody. Technologia Wody, nr 1(33), s. 14-16.
- [7] Rak J. 2015. Zapomniane koncepcje zaopatrzenia Rzeszowa w wodę. Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury, t. XXXII, z. 62 (3/1/15), lipiec-wrzesień 2015, s. 357-364. DOI: 10.7862/rb.2015.120
- [8] Płoskonka R. 2008. Metoda optymalnej lokalizacji rezerw zbiornikowych w systemie dystrybucji wody. Rozprawa doktorska. Politechnika Krakowska, Kraków.
- [9] Kalenik M. 2009. Zaopatrzenie w wodę i odprowadzanie ścieków. Wyd. SGGW, Warszawa, ISBN: 978-83-7583-951-7
- [10] Sierak R. 2017. Rozwój i przestrzenne zróżnicowanie upowszechnienia infrastruktury wodociągowo-kanalizacyjnej w Polsce w latach 1995–2014. Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy, nr 49, s. 302-321, DOI 10.15584/nsawg.2017.1.23
- [11] Țyp B. 1970. Problemy rezerwy wyrównawczej i asekuracyjnej w zbiornikach wodociągów komunalnych.
- [12] Długosz M. 1980. Gospodarcze podstawy optymalnego wykorzystania rezerw zbiorników wyrównawczych dla wodociągów wiejskich. Praca doktorska, Wyd. AR Kraków.
- [13] Zarządzenie nr 15 Ministra Gospodarki Komunalnej z dnia 01.06.1966 w sprawie ustanowienia normatywu technicznego projektowania zbiorników wodociągowych wody dla celów pitnych, Dz. Bud. 1966 nr 14 poz. 62.
- [14] Gabryszewski T. 1983. Wodociągi. Wyd. Arkady, Warszawa.
- [15] Guidelines for Ensuring and Maximizing the Quality, Objectivity, Utility, and Integrity, of Information Disseminated by the Environmental Protection Agency. U.S. Environmental Protection Agency. 2002
- [16] Bauer A., Dietze G., Müller W., Soine K. J., Weideling D. 2005. Poradnik eksploatatora systemów zaopatrzenia w wodę. Wyd. „Seidel-Przywecki” Sp. z o.o., Warszawa.
- [17] Knapik K., Bajaj J. 2010. Wodociągi. Podręcznik dla studentów wyższych szkół technicznych. Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków. ISBN: 9788372425201
- [18] Suligowski Z. 2007. Warunki techniczne wykonania i odbioru sieci i instalacji wod.-kan. Poradnik kierownika budowy i inspektora nadzoru. Verlag Dashofer. ISBN: 978-83-88285-19-6
- [19] PN-EN805: Zaopatrzenie w wodę. Wymagania dotyczące systemów zewnętrznych i ich części składowych. (2002).
- [20] PN-EN1508: Zaopatrzenie w wodę. Wymagania dotyczące systemów i ich części składowych przeznaczonych do magazynowania wody. (2002).
- [21] AWWA (American Water Works Association). 1998. AWWA Manual M42, Steel Water Storage Tanks.
- [22] Siwiec T., Kalenik M. 2015. Programowanie budowy i rozbudowy systemów wodociągowych i kanalizacyjnych w gminach. Technologia Wody, zeszyt 6(44), s. 68-72.
- [23] Ciechanowski Z., Matakiewicz M., Pomianowski K. 1914. Zasady budowy wodociągów. Podręcznik do użytku inżynierów i słuchaczy Inżynierii Lądowej i Wodnej Politechniki Lwowskiej. Wyd. Lwów Czcionkami Drukarni Udziałowej, Lwów.
- [24] Kuś K. (red). 1998. Podstawy projektowania układów i obiektów wodociągowych. Wybrane zagadnienia. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- [25] Zarządzenie nr 1 Ministra Rolnictwa z dnia 05.01.1966 w sprawie wytycznych do obliczenia zapotrzebowania wody w wiejskich jednostkach osadniczych, Dz. Bud. 1967 nr 3 poz. 13.
- [26] Cieżak W., Siwoń Z., Cieżak J. 2008. Modelowanie poboru wody w osiedlach mieszkaniowych. Ochrona Środowiska, vol 30, nr 2, s. 23-28.
- [27] Branżowy Biuletyn Informacyjny Zaopatrzenia Rolnictwa i Wsi w Wodę nr 1/1975 [w:] Szpindor A. 1992. Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi. Wyd. Arkady. ISBN 83-213-3968-9.
- [28] Pieńkowski H.K., Braun A. Unifikacja stacji wodociągowych dla wód wód wód. Biuletyn Techniczny CTK, nr 3/78.
- [29] Saliński J. 1977. Podstawy teoretyczne typizacji konstrukcji zbiorników wodociągowych. Praca doktorska, Wyd. Politechniki Krakowskiej.
- [30] Gabryszewski T. 1973. Wodociągi. Wyd. PWN, Wrocław.
- [31] Gałuszka Z. 1980. Optymalizacja podziału pokrywania zapotrzebowania miasta na wodę między instalacje podstawowe i szczytowe. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 2, s. 136-139.
- [32] Janczewski H. 1977. Projektowanie, budowa i eksploatacja zbiorników wodociągowych. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 6, s. 110-113.
- [33] Wytyczne do programowania zapotrzebowania na wodę i ilości ścieków w miejskich jednostkach osadniczych. Ministerstwo Administracji, Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska, Warszawa. 1978.
- [34] Tymczasowe zalecane zasady określania rezerw wody w zbiornikach wyrównawczych wodociągów komunalnych. Ministerstwo Administracji, Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska i Instytut Kształtowania Środowiska, Warszawa. (1982) (maszyn. powiel.).
- [35] Knapik K. 2004. Lokalizacja zbiornikowych rezerw awaryjnych w systemie dystrybucji wody. Czasopismo Techniczne, Wydaw. Politechniki Krakowskiej, Kraków.
- [36] Guidelines for new development projects. 2015. Dubai Electricity And Water Authority.