

# Nowe spojrzenie na zaopatrzenie w wodę w sytuacji kryzysowej

A new look at water supply in crisis situations

ANDRZEJ STUDZIŃSKI

DOI 10.36119/15.2024.12.10

W chwili obecnej prawo polskie nie zawiera precyzyjnych wymogów dotyczących zaopatrzenia w wodę w sytuacji kryzysowej, należy się spodziewać, że wymagania takie wrócą w najbliższej przyszłości. Technicznie dostawa wody w sytuacji, gdy nie jest możliwe zaopatrzenie w wodę z sieci wodociągowej realizowana jest poprzez źródła awaryjne – głównie studnie, dowóz wody beczkowozami czy dostarczanie wody konfekcjonowanej. Takie działania wymagają utrzymania ujęć awaryjnych w ciągłym stanie sprawności, tak by możliwa była dostawa wody w każdej chwili w jakości odpowiadającej wodzie do spożycia lub posiadania i utrzymania w ciągłej sprawności beczkowozów czy urządzeń do produkcji wody konfekcjonowanej. Proponuje się alternatywę – system niewielkich zbiorników o pojemności i lokalizacji wynikającej z lokalnych potrzeb, które będą w sposób ciągły przetrzymywać wodę o jakości wody do spożycia, tak by możliwe było ich wykorzystanie w dowolnej chwili. Takie zbiorniki powinny cechować się następującymi właściwościami: można z nich korzystać w każdym przypadku braku dostawy wody wodociągowej, nie powinny pogarszać jakości wody, nie powinny wymagać zasilania w energię elektryczną, czerpanie wody nie powinno wymagać żadnych dodatkowych urządzeń, powinny mieć możliwość uzupełnienia wody po ich wyczerpaniu. Przedstawione w artykule rozwiązania obejmują zgłoszenia patentowe nr P. 441503 i P.441505.

*Słowa kluczowe: zbiornik, sytuacja kryzysowa, zapotrzebowanie wody, alternatywne źródło wody*

Currently, Polish law does not contain precise requirements regarding water supply in a crisis situation, it is expected that such requirements will return in the near future. Technically, water supply in a situation where it is not possible to supply water from the water supply network is carried out through emergency sources – mainly wells, water delivery by tankers or the supply of packaged water. Such activities require maintaining emergency intakes in a constant state of operation, so that water can be supplied at any time in a quality corresponding to drinking water, or having and maintaining continuous operation of tankers or devices for the production of packaged water. An alternative is proposed – a system of small reservoirs with a capacity and location resulting from local needs, which will continuously collect water of drinking water quality, so that they can be used at any time. Such tanks should have the following features: they can be used in any case of lack of tap water supply, they should not deteriorate the water quality, they should not require electricity, drawing water should not require any additional devices, they should be able to refill water after exhaustion. The solutions presented in the article include patent applications no. P. 441503 and P.441505.

*Keywords: tank, crisis situation, water demand, alternative water source*

## Wprowadzenie

Ustawa [18] definiuje sytuację kryzysową jako „sytuację wpływającą negatywnie na poziom bezpieczeństwa ludzi, mienia w znacznych rozmiarach lub środowiska, ...”. Sytuacją kryzysową jest długotrwały brak zapewnienia wody dla licznych jej konsumentów. Ustawa [19] wymaga: „przedsiębiorstwo wodociągo-kanalizacyjne ma obowiązek zapewnić zdolność posiadanych urządzeń wodociągowych ... do realizacji dostaw wody w wymaganej ilości i pod odpowiednim ciśnieniem oraz dostaw wody ... w sposób ciągły i niezawodny, a także zapewnić należytą jakość dostarczanej

wody ...”. Wg raportów Najwyższej Izby Kontroli [8, 9] nie ma precyzyjnych regulacji prawnych w zakresie zaopatrzenia w wodę w sytuacjach kryzysowych, zarówno z zakresie wymaganej ilości wody jak również sposobu jej dostawy, ale raporty wskazują na nieprzygotowanie komunalnych dostawców wody na sytuacje awaryjne. Rozporządzenie [14] nakłada na dostawcę wody obowiązek zgłaszania awarii, w wyniku której iloczyn liczby osób pozbawionych dostawy wody oraz czasu tego pozbawienia wyrażonego w godzinach przekracza 1000.

Wytyczne niemieckie [5] wskazują na minimalne wymagania dotyczące dobowej ilości wody do picia:

- 15 litrów na osobę,
- 75 litrów na łóżko w szpitalach i zakładach opiekuńczych,
- 150 litrów na łóżko w oddziałach intensywnej terapii,
- 40 litrów na jednostkę inwentarza oraz wymagają zapewnienia wody przez co najmniej 14 dób. W sytuacjach szczególnych, przez 5 dób, aż do przejęcia dostawy wody przez służby państwowe, społeczeństwo powinno zapewnić sobie wodę w ilości 2 dm<sup>3</sup>/d na osobę. Wytyczne amerykańskie [4] wskazują na zapotrzebowanie 1 galonu (3,8 dm<sup>3</sup>/d) powyżej trzeciej doby braku dostawy wody, do tego czasu władze oczekują samodzielnego zaopatrzenia w wodę przez mieszkańców.

Dr inż. Andrzej Studziński, <https://orcid.org/0000-0002-6551-9490> – Politechnika Rzeszowska, Katedra Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, Rzeszów.  
Adres do korespondencji/Corresponding author: astud@prz.edu.pl

Z kolei wytyczne Światowej Organizacji Zdrowia WHO [20] zalecają ilość 2,5-3 dm<sup>3</sup>/d na osobę dla przeżycia, dalsze 3-6 dm<sup>3</sup>/d dla przygotowania żywności i kolejne 3-6 dm<sup>3</sup>/d na cele higieniczne. Daje to łącznie średnio 7,5-15 dm<sup>3</sup>/d. Zalecają równocześnie 5 dm<sup>3</sup>/d przy czasie sytuacji awaryjnej od 2 tygodni do 1 miesiąca (zalecając odległość od źródła wody do 1 km), powyżej miesiąca 10 dm<sup>3</sup>/d i co najmniej 15 dm<sup>3</sup>/d dla czasu powyżej trzech miesięcy.

Jak widać wymagania w poszczególnych krajach są zbliżone, w literaturze [11, 12, 17] określone są trzy poziomy zapotrzebowania wody na statystycznego mieszkańca w sytuacjach kryzysowych:

- zapotrzebowanie fizjologiczne – 2,5 dm<sup>3</sup>/d,
- zapotrzebowanie minimalne – 7,5 dm<sup>3</sup>/d,
- zapotrzebowanie niezbędne – 15 dm<sup>3</sup>/d.

Podobnie wskazują wytyczne austriackie [1] oraz norma [6]. Powyższe wielkości mają charakter wartości eksperckich, ale nie są w Polsce sankcjonowane na drodze prawnej.

Najwyższa Izba Kontroli w swoim raporcie [8] sporządzonym na podstawie kontroli czterech zakładów zaopatrzenia w wodę ocenia, że w zakresie możliwości technicznych zakłady te nie są w stanie zapewnić wody w sytuacji awaryjnej. Zakłady te dysponowały środkami umożliwiającymi zapewnienie od 3,47 do 56% wody uznawanej za zapotrzebowanie minimalne. Raport [8] wskazuje na zaniedbanie w bilansowaniu wody objętości niezbędnej dla konsumentów wody innych niż mieszkańcy jednostki osadniczej dotkniętej sytuacją kryzysową – zakładów przemysłowych niezbędnych do funkcjonowania społeczności – np. zakładów branży spożywczej, zakładów opieki zdrowotnej, placówek oświatowo – wychowawczych i opiekuńczych czy zapotrzebowania wody dla zwierząt hodowlanych, mimo, że brak jakichkolwiek przepisów w tym zakresie.

Zapewnienie wody nadającej się do spożycia w sytuacji kryzysowej [2, 3, 7, 10, 11, 12, 17] przewiduje się ze źródeł awaryjnych (zwykle studni, jako alternatywy dla ujęć komunalnych), dowozu wody konfekcjonowanej (worki, butelki) lub dowozu wody beczkowaniami. W [17] przedstawiono alternatywne rozwiązanie wykorzystujące wodę z przewodów wodociągowych. W przypadku studni awaryjnych istnieje konieczność ciągłej eksploatacji studni oraz kontroli jakości wody, utrzymywanie studni jako awaryjnej, ale nie eksploatowanej, nie daje gwarancji wystarczającej jakości wody zgodnej z [15] w przypadku nagłej konieczności jej użytkowania. Z kolei dostarczanie wody konfekcjonowanej wymaga posiadania urządzeń do jej produkcji oraz środków transportu niezbędnych do dystrybucji wody. Zapewnienie wody dostarczanej beczkowaniami oznacza ich zakup i utrzymanie, jako ciekawostkę można podać, że wpisanie do wyszukiwarki internetowej słów „beczkowóz, woda, cena” wskazało głównie wyniki dotyczące oferty przedsiębiorstw wod-

ociągowych w zakresie dostawy wody (nawadnianie, napełnianie basenów itp.), co oznacza, że sprzęt ten pozostaje w zasadzie nieużywany i przedsiębiorstwa poszukują możliwych jego zastosowań tak, by nakłady inwestycyjne mogły choć w części się zwrócić.

Wszystkie, z powyższych metod, cechują się ograniczeniami, które powodują, że zapewnienie wystarczającej objętości wody jest trudne, a przede wszystkim bardzo kosztowne, przy czym koszty te muszą być ponoszone niezależnie od tego, czy sytuacja kryzysowa nastąpi, czy nie, co oznacza, że w konsekwencji podnoszą koszt jednostkowy wody. Alternatywą jest zbudowanie stacjonarnego systemu dostawy wody w sytuacji awaryjnej, który cechowałby się następującymi właściwościami:

- jest dostępny w dowolnej chwili czasu, zwłaszcza, gdy sieć wodociągowa nie pracuje (niskie ciśnienie),
- nie powoduje pogorszenia jakości wody,
- jest relatywnie tani zarówno w zakresie nakładów inwestycyjnych jak również kosztów eksploatacyjnych,
- źródła wody są dostępne dla jej konsumentów, znajdując się blisko i w znanej im lokalizacji.

### Założenia systemu awaryjnego dostarczania wody

Obecnie, w przypadku awarii sieci wodociągowej oraz braku dostaw wody do odbiorców indywidualnych, podstawiane są cysterny lub dostarczana jest woda konfekcjonowana. Takie działania wymagają dostępności taboru lub konfekcjonowanego zapasu wody, konieczny jest czas na organizację dostawy wody oraz konieczność rozpowszechnienia informacji o miejscu i czasie zaopatrzenia w wodę.

Alternatywą jest system stacjonarny – udostępnienie wody w dowolnej chwili, w lokalizacji znanej konsumentom wody, w jakości wody do spożycia. Proponuje się realizację dostawy wody w sytuacji kryzysowej poprzez sieć relatywnie niewielkich zbiorników wodociągowych, których przeznaczeniem jest tylko zapewnienie wody dla celów awaryjnych, zbiorniki takie mogą zaopatrywać w wodę zarówno mieszkańców, jak również zakłady przemysłowe i innych odbiorców. Ich wspólnymi cechami powinny być:

- ciągłe istnienie odpowiedniej objętości zgromadzonej wody,
- ciągła jakość wody odpowiadająca jakości wody do spożycia zgodnej z obowiązującymi przepisami,
- możliwość uzupełnienia objętości wody w przypadku ich wyczerpania,
- zabezpieczenie wody przed incydentalnym/celowym skażeniem wody,
- ujmowanie wody w sytuacji awaryjnej nie powinno wymagać dodatkowych środków technicznych (np. zasilania w energię elektryczną),

- możliwie niskie nakłady inwestycyjne a zwłaszcza koszty eksploatacyjne,
- wysoka niezawodność rozwiązań.

Realizacja zapotrzebowania wody w sytuacji kryzysowej zdaniem autora powinna dotyczyć wyłącznie wody dla celów mieszkalnictwa, pozostałe podmioty (przemysł, hodowla) mogą zastosować stosowane dotychczas lub zaprezentowane poniżej rozwiązania indywidualnie. Powyższe wytyczne można osiągnąć poprzez budowę systemu stacjonarnych zbiorników przepływowych, w których zlokalizowana jest w sposób ciągły objętość wody wodociągowej, dla zachowania jej wysokiej jakości powinna być w sposób ciągły lub dostatecznie często wymieniana. Konieczne jest zachowanie następujących cech systemu:

- zbiorniki nie powinny powodować pogorszenia jakości wody poniżej parametrów określonych wg [15],
- zbiorniki powinny być rozlokowane w miejscach znanych konsumentom wody, np. szkołach czy siedzibach obwodowych komisji wyborczych, równomiernie w obszarze zasilania sieci wodociągowej,
- zbiorniki do czerpania z nich wody nie powinny wymagać zasilania w energię elektryczną,
- zbiorniki muszą mieć możliwość uzupełniania wody,
- zbiorniki muszą być zabezpieczone przed możliwymi scenariuszami, które mogą mieć negatywny wpływ na ich działanie (np. rozszerzalność termiczna wody, uderzenia hydrauliczne, zamarzanie itp.),
- zbiorniki powinny być monitorowane i zabezpieczone przed dostępem osób niepożądanych.

Proponuje się system zbiorników rozmieszczonych równomiernie (w odniesieniu do liczby mieszkańców) w obszarze zasilania, które w codziennej eksploatacji będą zbiornikami przepływowymi, co umożliwi zachowanie jakości wody zgodnej z [15]. Możliwe są dwa rozwiązania – zbiornik przepływowy zasilany jest z sieci wodociągowej i odprowadza do niej wodę lub zbiornik odprowadza wodę do instalacji wewnętrznej budynku. Pierwsza z możliwości wymaga różnicy ciśnień między punktem zasilania i odbioru ze zbiornika, w tym przypadku możliwe są następujące rozwiązania:

- zbiornik zasilany jest i odprowadza wodę do jednego przewodu rozdzielczego – w różnych jego punktach, pomiędzy którymi występuje spadek ciśnienia (np. za pomocą przymkniętej zasuw sieciowej),
- zbiornik działa jako przepływowy pomiędzy różnymi przewodami – co ważne, jest zasilany z przewodu, w którym stale panuje wyższe ciśnienie i odprowadza wodę do przewodu o niższym ciśnieniu,
- podłączenie zbiornika zawiera pompę obiegową wymuszającą wymianę wody w zbiorniku.

Z uwagi na ograniczenie kosztów oraz umożliwienie niezależności od zasilania elektrycznego najkorzystniejsze (najbardziej niezawodne) wydają się 2 pierwsze przypadki.

Drugie rozwiązanie to zbiornik, który jest zbiornikiem przepływowym na zasilaniu instalacji wodociągowej budynku, wymiana wody jest realizowana poprzez zużycie wody w budynku. Wymagane są wówczas następujące cechy układu:

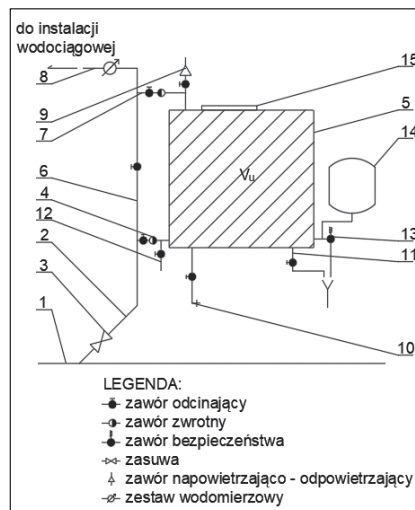
- zbiornik posiada obejście z armaturą pozwalającą na skierowanie wody do instalacji wewnętrznej z pominięciem zbiornika,
- zużycie wody w instalacji wewnętrznej jest ciągłe (nie dotyczy np. budynków użytkowanych czasowo), pozwala na częstą wymianę wody w zbiorniku, np. co najmniej raz na dobę,
- usytuowanie wysokościowe zbiornika lub odpowiednia armatura uniemożliwiają dopływ wody do instalacji wewnętrznej w przypadku braku dostawy wody z sieci wodociągowej.

## Budowa i działanie zbiorników

### Zbiornik wykorzystujący wymianę wody do instalacji wewnętrznej budynku

Rozwiązaniem może być przedstawiony poniżej (rys. 1) zbiornik przepływowy, dzięki temu jakość wody nie będzie odbiegać od jakości wody w sieci wodociągowej, unika się tym samym pogorszenia jakości wody wynikającej z jej przetrzymania w zbiorniku. Zbiornik ciśnieniowy całkowicie wypełniony wodą ogranicza kontakt z powietrzem atmosferycznym, co zabezpiecza przed potencjalnym wprowadzeniem zanieczyszczeń do wody z powietrza. Wykorzystanie ciśnienia w sieci wodociągowej powoduje, że stosowanie urządzeń (pomp) do napełniania zbiornika jest zbędne, a układ pozbawiony urządzeń mechanicznych jest wystarczająco niezawodny. Zaproponowane rozwiązanie sprowadza się do zastosowania prostego układu nie wymagającego zasilania elektrycznego. Schemat rozwiązania przedstawiono na rys. 1.

Proponowane rozwiązanie jest zbiornikiem znajdującym się w budynku na wysokości nie mniejszej niż około 1 m nad terenem, tak by można było czerpać z niego wodę z powierzchni terenu pod ciśnieniem wynikającym z umiejscowienia zbiornika. Zasada działania zbiornika polega na tym, że jest on stale napełniony wodą wodociągową, poprzez zbiornik zasilana jest instalacja wewnętrzna o ciągłym zapotrzebowaniu wody w ilości nie mniejszej niż 0,5 pojemności zbiornika  $V_u$  na dobę. Dopuszczalne są pojedyncze okresy zmniejszonego zapotrzebowania trwające do kilku dób (np. galeria handlowa), rozwiązanie nie powinno być stosowane np. w szkołach – z uwagi na ograniczenie zużycia wody w okresie wakacji/ferii i w konsekwencji pogorszenie



Rys. 1.

Schemat zbiornika na cele awaryjne z wymianą wody do instalacji wewnętrznej, oznaczenia: 1 – sieciowy przewód wodociągowy, 2 – przyłącze zbiornika na cele awaryjne i budynku, 3 – zasuwę na przyłączy, 4 – przewód zasilający zbiornik, 5 – zbiornik na cele awaryjne, 6 – obejście zbiornika z zaworem (zamkniętym), 7 – przewód łączący zbiornik z instalacją wewnętrzną, 8 – instalacja wodociągowa z zestawem wodomierza głównego, 9 – zawór napowietrzająco – odpowietrzający, 10 – przewód z zaworem czerpalnym do poboru wody w czasie awarii wyposażony w zawór z zabezpieczeniem przed przypadkowym otwarciem, 11 – spust, 12 – króciec z zaworem do napełniania zbiornika, 13 – zawór bezpieczeństwa, 14 – naczynie zabezpieczające wodno – powietrzne (wzbiorcze), 15 – właz

Fig. 1. Diagram of a tank for emergency purposes with water replacement for the internal installation, symbols: 1 – water conduit, 2 – tank and building service line, 3 – valve, 4 – tank service line, 5 – tank, 6 – tank bypass with a valve (closed), 7 – pipe connecting the tank with the plumbing, 8 – plumbing with the main water meter set, 9 – aeration and venting valve, 10 – pipe with a valve for water intake in the event of a failure, equipped with a valve with protection against accidental opening, 11 – drain, 12 – stub with a valve for filling the tank, 13 – safety valve, 14 – water and air safety vessel (expansion), 15 – manhole

jakości wody w zbiorniku. Zastosowany układ przewodów i armatura zatrzymują wodę w zbiorniku w przypadku przerwania zasilania i obniżenia ciśnienia w sieci zewnętrznej.

Działanie zbiornika jest następujące: woda z sieci wodociągowej zewnętrznej (przewód 1) poprzez przyłącze wodociągowe (2) napełnia zbiornik przez przewód (4), przepływająca woda utrzymuje zawór zwrotny antyskażeniowy na tym przewodzie w położeniu otwartym, zasuwę (3) jest otwarta (służy do eksploatacyjnego odcięcia zbiornika i budynku). Podczas napełniania powietrze ze zbiornika odprowadzane jest do atmosfery poprzez zawór napowietrzająco – odpowietrzający (9), który otwiera się samoczynnie również podczas opróżniania zbiornika. Woda z napełnionego zbiornika odpływa przez przewód odprowadzający (7) do wewnętrznej instalacji

wodociągowej (8) utrzymując zawór zwrotny na przewodzie w położeniu otwartym. Zawór ten zapobiega przepływowi zrotnemu. Umieszczenie wlotów przewodów zasilającego (4) i odprowadzającego wodę ze zbiornika (7) powinno wymuszać ruch wody w całej objętości zbiornika, może to być zrealizowane poprzez przeciwstawne umiejscowienie ich lub poprzez podział wewnętrzny zbiornika ukierunkowujący ruch wody.

W przypadku wykorzystania zbiornika na cele awaryjne (w przypadku obniżenia ciśnienia w sieci wodociągowej) zawór zwrotny na przewodzie zasilającym (4) uniemożliwi odpływ wody do sieci wodociągowej ze zbiornika. Czerpanie wody może odbywać się przez przewód (10) wyposażony w zawór odcinający z zabezpieczeniem przed przypadkowym otwarciem i zawór czerpalny. Aby umożliwić grawitacyjne opróżnienie zbiornika zbiornik ten powinien być zlokalizowany nad terenem.

Zabezpieczenie zbiornika powinny stanowić: ciśnieniowe naczynie wodno – powietrzne (wzbiorcze) przeponowe (14) i zawór bezpieczeństwa (13) zabezpieczające przed skutkami uderzeń hydraulicznych w sieci wodociągowej oraz potencjalnym wzrostem ciśnienia wynikającym z rozszerzalności termicznej wody.

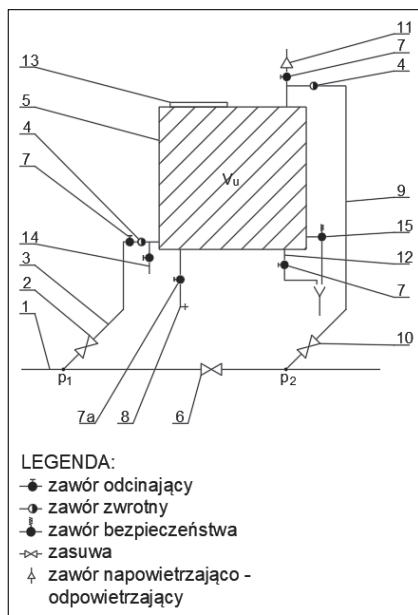
Wyposażenie zbiornika stanowią również: przewód spustowy (11) służący do opróżniania zbiornika w razie takiej konieczności (czyszczenie i dezynfekcja, usuwanie wycieku), króciec (12) do napełniania zbiornika z samochodu – cysterny, w przypadku długotrwałej przerwy w dostawie wody, ze złączem, jakim dysponuje ten samochód, szczelny właz (15) umożliwiający inspekcję wnętrza zbiornika.

Zbiornik powinien być izolowany termicznie (również armatura zabezpieczająca), lub umieszczony w pomieszczeniu ogrzewanym, wyposażonym w szczelną podłogę ze spadkiem w kierunku wpustu podłogowego o przepustowości nie mniejszej niż wydajność przewodu zasilającego (4) zaprojektowane tak, by potencjalna awaria nie powodowała zalania budynku, pożądane jest zainstalowanie czujnika obecności wody. Konieczna jest wentylacja grawitacyjna oraz wodoszczelna instalacja elektryczna oświetleniowa. Konieczne jest zabezpieczenie zbiornika przed dostępem osób niepowołanych z odpowiednim monitoringiem. Monitoring techniczny zbiornika powinien umożliwiać pomiar ciśnienia lub poziomu wody, celowe jest skomunikowanie danych z operatorem systemu wodociągowego.

Proponowana pojemność zbiornika powinna wynosić 2,5 dm<sup>3</sup> na każdego mieszkańca części miejscowości, dla której przewiduje się awaryjne zaopatrzenie w wodę, lub część tej wielkości, przy założeniu uzupełniania tej pojemności dokończoną wodą. Pojemność zbiornika oraz założony czas wymiany wody są podstawą wyliczenia poszczególnych elementów instalacji.

## Zbiornik wykorzystujący wymianę wody do sieci wodociągowej

Proponowane rozwiązanie jest zbiornikiem znajdującym się w budynku (lub wolnostojącym) na wysokości około 1 m nad terenem. Zasada działania zbiornika polega na tym, że jest on stale napełniony wodą wodociągową, poprzez układ przewodów łączących zbiornik z siecią wodociągową woda przepływa w sposób ciągły przez zbiornik tak, by przetrzymanie wody w zbiorniku nie pogarszało jej jakości. Zastosowany układ przewodów i armatura zatrzymują wodę w zbiorniku w przypadku przerwania zasilania i obniżenia ciśnienia w sieci zewnętrznej. Usytuowanie zbiornika powyżej terenu pozwala na czerpanie z niego wody pod ciśnieniem hydrostatycznym. Schemat zaproponowanego rozwiązania przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2.

Schemat zbiornika na cele awaryjne z wymianą wody do sieci wodociągowej, oznaczenia: 1 – sieciowy przewód wodociągowy, 2 – zasawa na przyłączy zbiornika, 3 – przyłączy zbiornika na cele awaryjne, 4 – zawór zwrotny antyskażeniowy, 5 – zbiornik na cele awaryjne, 6 – zasawa, 7 – zawór odcinający, 7a – zawór odcinający z zabezpieczeniem przed przypadkowym otwarciem, 8 – przewód z zaworem czerpalnym do poboru wody, 9 – przewód cyrkulacyjny, 10 – zasawa na przewodzie cyrkulacyjnym, 11 – zawór napowietrzająco – odpowietrzający, 12 – spust, 13 – właz, 14 – króciec z zaworem do napełniania zbiornika, 15 – zawór bezpieczeństwa

Fig. 2. Diagram of the emergency tank with water exchange to the water supply network, symbols: 1 – water conduit, 2 – valve, 3 – tank service line, 4 – anti-contamination check valve, 5 – tank, 6 – valve, 7 – valve, 7a – valve with protection against accidental opening, 8 – pipe with tap valve, 9 – circulation pipe, 10 – valve, 11 – aeration and venting valve, 12 – drain, 13 – manhole, 14 – connector with a valve for filling the tank, 15 – safety valve

Działanie zbiornika jest następujące: woda z sieci wodociągowej zewnętrznej (przewód 1) poprzez przewód zasilający (3) napełnia zbior-

nik, przepływająca woda utrzymuje zawór zwrotny antyskażeniowy (4) w położeniu otwartym, zasawa (2) jest otwarta (służy do eksploatacyjnego odcięcia zbiornika na wypadek inspekcji lub czyszczenia). Podczas napełniania powietrze ze zbiornika odprowadzane jest do atmosfery poprzez zawór napowietrzająco – odpowietrzający (11), który otwiera się samoczynnie również podczas opróżniania zbiornika. Woda z napełnionego zbiornika odpływa przez przewód odprowadzający do sieci wodociągowej (9) utrzymując zawór zwrotny antyskażeniowy (4) na tym przewodzie w położeniu otwartym. Umieszczenie wlotów przewodów zasilającego i odprowadzającego wodę do sieci wodociągowej powinno wymuszać ruch wody w całej objętości zbiornika, może to być zrealizowane poprzez przeciwstawne umiejscowienie ich (jak na rys. 2) lub poprzez podział wewnętrzny zbiornika ukierunkowujący ruch wody wewnątrz. Wymuszenie przepływu można uzyskać poprzez obniżenie ciśnienia w przewodzie wodociągowym z wartości  $p_1$  do  $p_2 < p_1$  poprzez przymknięcie zasawy (6) tak, by uzyskać różnicę ciśnień  $p_1 - p_2$  w wielkości pozwalającej na założony czas wymiany wody w zbiorniku (1-2 doby). Można wymianę wody w zbiorniku uzyskać również poprzez zastosowanie pomp cyrkulacyjnych, takie rozwiązanie wymaga jednak zasilania elektrycznego, a umieszczenie pompy zmniejsza niezawodność układu.

W przypadku wykorzystania zbiornika na cele awaryjne (w przypadku obniżenia ciśnienia w sieci wodociągowej) zawór zwrotny (4) na przewodzie zasilającym (3) uniemożliwi odpływ wody do sieci wodociągowej ze zbiornika. Czerpanie wody może odbywać się przez przewód (8) wyposażony w zawór odcinający z zabezpieczeniem przed przypadkowym otwarciem (7a) i zawór czerpalny. Aby umożliwić grawitacyjne opróżnianie zbiornika, powinien on być zlokalizowany nad terenem (wysoki parter, pierwsze piętro, lub konstrukcja wolnostojąca poza budynkiem).

Zabezpieczenie zbiornika powinien stanowić zawór bezpieczeństwa (15) zabezpieczający przed skutkami uderzeń hydraulicznych w sieci wodociągowej oraz potencjalnego wzrostu ciśnienia na skutek rozszerzalności termicznej wody w przypadku przypadkowego zamknięcia zasawy (10) lub zamknięcia przewodu (1) wynikającego np. z konieczności usunięcia awarii w sieci wodociągowej.

Wyposażenie zbiornika stanowią również: przewód spustowy (12) służący do opróżniania zbiornika w razie takiej konieczności (czyszczenie i dezynfekcja, usuwanie wycieku), króciec (14) do napełniania zbiornika z samochodu – cysterny, w przypadku długotrwałej przerwy w dostawie wody, szczelny właz (13) umożliwiający inspekcję wnętrza zbiornika.

Konieczne jest zabezpieczenie zbiornika przed dostępem osób niepowołanych, wpływami termicznymi oraz monitoring ilościowy, jak w przypadku poprzedniego rozwiązania.

Istotnym i bardzo trudnym zagadnieniem jest kwestia własności zbiorników. W przypadku zbiorników usytuowanych w sieci wodociągowej właścicielem terenu i instalacji powinien być dostawca wody. W takim przypadku konieczny jest dostęp do nich dla pracowników przedsiębiorstwa zaopatrującego w wodę, którzy posiadają odpowiednie kwalifikacje do obsługi zbiorników. Natomiast w przypadku zbiorników zlokalizowanych w obiektach budowlanych pojawia się problem własności zbiornika, wykorzystania przestrzeni oraz dostępu osób eksploatacyjnych, kompetencji oraz odpowiedzialności właściciela i dostawcy wody. Rodzi to konieczność wprowadzenia rozwiązań prawnych w tym zakresie, równoległe z ustanowieniem odpowiednich przepisów dotyczących samych wymagań dla zaopatrzenia w wodę w sytuacji kryzysowej. Konieczne byłoby zatem wprowadzenie zmian również w prawie budowlanym, ale także wskazanie środków na zainstalowanie i eksploatację zbiorników. Trzeba pamiętać, że każde działanie z zakresu podniesienia poziomu bezpieczeństwa systemów technicznych wymaga nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacyjnych, zatem systemowe rozwiązanie kryzysowego zaopatrzenia w wodę wymaga również systemowego podejścia obejmującego zagadnienia prawne, logistyczne i ekonomiczne, poprzedzonego starannym rozpoznaniem tematu.

## Wymiarowanie zbiornika

Zgodnie z obowiązującymi przepisami [16] zbiorniki ciśnieniowe wymagają decyzji Urzędu Dozoru Technicznego zezwalającej na eksploatację, jeżeli nadciśnienie wynosi co najmniej 0,5 bara, a iloczyn ich pojemności oraz nadciśnienia spełniają warunek:

$$VP > 50 \text{ barów} \cdot \text{dm}^3 \quad (1)$$

gdzie:

V – pojemność zbiornika, [dm<sup>3</sup>];  
p – nadciśnienie [bar].

Zbiorniki powinny być badane i eksploatowane zgodnie z [13].

Ponieważ brak jest obowiązujących przepisów dotyczących ilości wody do celów awaryjnych sugeruje się wyznaczenie pojemności zbiornika dla zapotrzebowania fizjologicznego ludzi, tj.  $q_f = 2,5 \text{ dm}^3/\text{Md}$ , zatem pojemność zbiornika wyniesie:

$$V = LM \cdot q_f \quad (2)$$

gdzie:

LM – liczba mieszkańców przyporządkowana do zbiornika, [-];  
 $q_f$  – zapotrzebowanie wody na cele fizjologiczne, [dm<sup>3</sup>/Md].

Przyjęty sposób wymiarowania pojemności tylko na cele fizjologiczne wynika z założenia, że im mniejsza będzie ta pojemność, tym szybsza będzie wymiana wody w zbiorniku,

a w konsekwencji łatwiej będzie zachować wodę o jakości odpowiedniej do spożycia w sieci wodociągowej lub w zasilanym budynku. W przypadku długotrwałego (np. kilka dób i więcej) niedoboru wody i tak istnieje konieczność uzupełnienia wody, zatem konieczne jest umożliwienie dowozu wody beczkowozem, ale jeden beczkowiec może napełnić kolejne zbiorniki a nie jest wykorzystywany do czasochłonnego zaopatrywania w wodę ludności. Budowa systemu zbiorników na cele awaryjne wymaga eksploatacji beczkowni, jednak znacząco zmniejsza liczbę beczkowni.

Zabezpieczeniem zbiornika jest zawór bezpieczeństwa, który powinien otworzyć się w przypadku przekroczenia nastawionej wielkości ciśnienia, odprowadzić nadmiar wody w przypadku, gdy utrzymuje się ciśnienie powyżej wartości otwarcia oraz zamknąć się, gdy wartość ciśnienia spadnie poniżej wartości nastawy. Należy zastosować zawór, dla którego ciśnienie otwarcia  $p_0$  wynosi 1,1 maksymalnego ciśnienia w sieci wodociągowej, a wydajność odpowiada maksymalnemu dopływowi z sieci wodociągowej. Konieczne jest zabezpieczenie zaworu przed możliwością zamazania.

W przypadku zbiornika przepływowego do instalacji wewnętrznej budynku (rys. 1) istnieje możliwość przerwania pracy instalacji wynikająca zarówno z charakteru jej działania jak również możliwych przerw w dostawie wody, np. awarii sieci wodociągowej czy przyląca. Pozostająca w zbiorniku woda może zatem zmieniać swoją temperaturę (ogrzewać się), a w konsekwencji na skutek rozszerzalności termicznej wody zwiększać swoją objętość. Znikoma ścisłość wody powoduje, że towarzyszy temu przyrost ciśnienia mogący znacznie przekroczyć ciśnienie robocze instalacji. W takim przypadku celowe jest zastosowanie zbiornika wodno – powietrznego, którego zadaniem będzie przejęcie przyrostu objętości wody wynikającego ze wzrostu temperatury. Zakładając możliwą zmianę temperatury wody z  $t_0 = 5^\circ\text{C}$  do  $t_{\text{max}} = 25^\circ\text{C}$ , odpowiadające tym temperaturom gęstości wody wynoszą  $\rho_0 = 1000,0 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_{25} = 997,1 \text{ kg/m}^3$ . Objętość wody po podgrzaniu jest równa:

$$V_{25} = \frac{m}{\rho_{25}} = \frac{V_0 \cdot \rho_0}{\rho_{25}} \quad (3)$$

gdzie:

$V_{25}$  – objętość wody w  $25^\circ\text{C}$ , [ $\text{m}^3$ ];

$m$  – masa wody w zbiorniku, [ $\text{kg}$ ];

$\rho_0$  – gęstość wody w temperaturze  $5^\circ\text{C}$ , [ $\text{kg/m}^3$ ];

$\rho_{25}$  – gęstość wody w temperaturze  $25^\circ\text{C}$ , [ $\text{kg/m}^3$ ].

Przyrost objętości wody wyniesie:

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_{25} - V_0 = V_0 \left( \frac{\rho_0}{\rho_{25}} - 1 \right) = \\ &= 2,9 \cdot 10^{-3} V_0 \end{aligned} \quad (4)$$

gdzie:

$\Delta V$  – przyrost objętości wody, [ $\text{m}^3$ ];

$V_0$  – objętość wody w temperaturze  $5^\circ\text{C}$  równa pojemności zbiornika  $V$  wg wzoru (2), [ $\text{m}^3$ ].

Pojemność zbiornika wodno – powietrznego  $V_{\text{wp}}$  można wyznaczyć z zależności:

$$V_{\text{wp}} = \Delta V \cdot \frac{\rho_{\text{max}} + 1}{\rho_{\text{max}} - \rho_{\text{ws}}} \quad (5)$$

gdzie:

$V_{\text{wp}}$  – pojemność zbiornika wodno – powietrznego, [ $\text{m}^3$ ];

$\rho_{\text{max}}$  – maksymalne ciśnienie w zbiorniku wodno – powietrznym, [bar];

$\rho_{\text{ws}}$  – wstępne ciśnienie w zbiorniku wodno – powietrznym (powietrza) równe maksymalnemu ciśnieniu w sieci wodociągowej powiększonemu o 0,2 bara, [bar].

## Podsumowanie

Obecnie dostawę wody przeprowadza się za pomocą samochodów – cystern lub dostawy wody konfekcjonowanej. Wadą tego rozwiązania jest zarówno dostępność taboru lub konfekcjonowanego zapasu wody, ale również czas reakcji dostawcy wody na zaistniałe zdarzenie niepożądane oraz konieczność rozpowszechnienia informacji o miejscu i czasie zaopatrzenia w wodę w sytuacji nadzwyczajnej. Możliwym rozwiązaniem tego problemu jest stworzenie sieci ogólnodostępnych, napełnionych zbiorników, które mogłyby od razu zostać wykorzystane do zaopatrzenia ludności w wodę o jakości wody do spożycia, a których lokalizacja (budynki użyteczności publicznej, galerie handlowe itp.) byłaby powszechnie znana.

Rozwiązanie skierowane jest do przedsiębiorstw zaopatrujących w wodę oraz jednostek samorządu terytorialnego odpowiedzialnych za dostawę wody w sytuacji awaryjnej. Jego zalety to: możliwość wykorzystania wody w dowolnej chwili, lokalizacja znana konsumentom wody, niezawodność wynikająca z prostoty konstrukcji i braku konieczności zasilania elektrycznego, znikome koszty eksploatacyjne. Wady – nakłady inwestycyjne, zabezpieczenie przed dostępem osób niepowołanych i monitoring obiektu. Konieczne jest również umożliwienie uzupełniania wody w zbiornikach, zatem nie można zrezygnować z eksploatacji beczkowni, jednak ich liczba może być znacząco ograniczona.

Przedstawione w artykule rozwiązania chronione są prawem autorskim – zgłoszenia patentowe nr P. 441503 i P.441505.

## LITERATURA

[1] Austrian Association for Gas and Water (ÖVGW). Trinkwassernotversorgung, Krisen- und Notvorsorgeplanung in der Trinkwasserversorgung: 2017. W 74; Österreichische Vereinigung für das Gas – und Wasserfach: Vienna, Austria

[2] Bross L., Krause S., Wannewitz M., Stock E., Sandholz S., Wienand I. Insecure Security: Emergency Water Supply and Minimum Standards in Countries with a High Supply Reliability. Water 2019, 11, 732. <https://doi.org/10.3390/w11040732>

[3] Burn S. Alternate Water Supplies in Emergencies. Water Supply in Emergency Situations. Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Supply of Water to Cities in Emergency Situations, Tel-Aviv, Israel 7 June 2007. p. 29-34. DOI <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6305-3>

[4] EPA United States Environmental Protection Agency. Planning for Emergency Drinking Water Supply. 2011. EPA 600/R-11/054

[5] Federal Ministry of the Interior (BMI). Konzeption Zivilverteidigung (KZV). Conception Civil Defense. 2016. Bundesministerium des Innern: Berlin, Germany

[6] ISO 24518:2015 Activities relating to drinking water and wastewater services – Crisis management of water utilities

[7] Majchrzak D., Michalski K., Reginia-Zacharski J. Readiness of the Polish Crisis Management System to Respond to Long-Term, Large-Scale Power Shortages and Failures (Blackouts). Energies 2021, 14, 8286. <https://doi.org/10.3390/en14248286>

[8] Najwyższa Izba Kontroli. 2017. Zapewnienie bezpieczeństwa zaopatrzenia w wodę dużych aglomeracji miejskich na wypadek wystąpienia sytuacji kryzysowych. Informacja o wynikach kontroli.

[9] Najwyższa Izba Kontroli. 2024. Zapewnienie bezpieczeństwa zaopatrzenia w wodę wybranych jednostek. Informacja o wynikach kontroli.

[10] Piegdoń I. A New Concept of Crisis Water Management in Urban Areas Based on the Risk Maps of Lack of Water Supply in Response to European Law. Resources 2022, 11, 17. <https://doi.org/10.3390/resources11020017>

[11] Pietrucha-Urbanik K.; Rak J. Consumers' Perceptions of the Supply of Tap Water in Crisis Situations. Energies 2020, 13, 3617. <https://doi.org/10.3390/en13143617>

[12] Rak J. R. Zaopatrzenie w wodę w sytuacjach kryzysowych w ujęciu ilościowym. Instal 1/2014 s. 65-69

[13] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 17 grudnia 2021 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego dla niektórych urządzeń ciśnieniowych podlegających dozorowi technicznemu, Dz. U. z 2022 r. poz. 68

[14] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 grudnia 2002 r. w sprawie poważnych awarii objętych obowiązkiem zgłoszenia do Głównego Inspektora Ochrony Środowiska, Dz.U. z 2003 r. nr 5, poz. 58

[15] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, Dz.U. z 2017 r. poz. 2294

[16] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 7 grudnia 2012 r. w sprawie rodzajów urządzeń technicznych podlegających dozorowi technicznemu, Dz. U. z 2012 r. poz. 1468

[17] Szpak D., Szczepanek A. A New Method of Water Supply in Crisis Situation. Water 2023, 15(17), 3160; <https://doi.org/10.3390/w15173160>

[18] Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym, Dz.U. z 2007 r. nr 89, poz. 599 z późn. zmianami

[19] Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków, tekst jednolity Dz.U. z 2001, nr 72 poz. 747 z późn. Zmianami

[20] WHO Technical Notes on Drinking-Water, Sanitation and Hygiene in Emergencies. 2013. 9.1 Technical Notes on Drinking-Water, Sanitation and Hygiene