

Ocena skutków wyłączenia strategicznej magistrali wodociągowej

Impact assessment of strategic water main exclusion

KRZYSZTOF BORYCZKO

DOI 10.36119/15.2020.3.6

Głównym celem pracy jest analiza skutków awarii strategicznego przewodu wodociągowego magistralnego w wybranym mieście. Wysoka ranga przewodu wynika z faktu, że doprowadza on wodę wodociągową do specjalnej strefy ekonomicznej, na terenie której znajduje się kilkadziesiąt firm, biur i hal produkcyjnych. Ocenę skutków awarii przeprowadzono z wykorzystaniem modelu hydraulicznego sieci wodociągowej. Na podstawie wyników symulujących awarię analizowanego przewodu magistralnego, określono skutki związane z brakiem dostawy wody na obszarze strefy ekonomicznej.

Słowa kluczowe: awaria, wodociąg, model hydrauliczny

The main aim of this work is to analyze the consequences of strategic water main failure in a city. The high rank of the pipe due to the fact that it transports tap water into a special economic zone, which houses dozens of businesses, offices and production halls. Assessment of the effects of the water main failure was carried out using a hydraulic model of the water supply network. Based on the results of failures analyzed, the implications of the lack of water supply in the economic zone were identified.

Keywords: failure, water supply, hydraulic model

Wstęp

Pszczególnie elementy systemu zbiorowego zaopatrzenia w wodę (SZZW) stanowią integralną całość, a ich zadaniem jest dostarczenie wody do odbiorców w odpowiedniej jakości i ilości oraz pod wymaganym ciśnieniem.

Zarządzanie złożonymi systemami, do których zalicza się także SZZW, w aspekcie niezawodności ma na celu odpowiednią, bezawaryjną eksploatację, a także szybką identyfikację i likwidację awarii [1, 2, 4, 9]. Awaryjne uszkodzenia lub zniszczenia elementów infrastruktury technicznej, obiektów budowlanych lub całego systemu powodujące utratę właściwości lub uniemożliwiające jego funkcjonowanie [5, 6, 7]. Awaryjne wystąpienie w systemach wodociągowych to głównie:

- awarie przewodów,
- awarie armatury wodociągowej,
- awarie agregatów pompowych.

Awaryjne uszkodzenia przewodów wodociągowych postrzegane są jako duża uciążliwość dla odbiorców wody. Zdarzenia, w wyniku których dochodzi do wyłączenia z eksplo-

atacji rurociągów magistralnych są szczególnie istotne. Zdarzenia takie mają długi czas naprawy, ze względu na duże średnice lub braki armatury na stanie magazynowym przedsiębiorstwa wodociągowego.

Wystąpienie awarii jest zdarzeniem niepożądanym, mogącym powodować zagrożenie dla zdrowia i życia ludzkiego, a także znaczne straty gospodarcze oraz degradację środowiska naturalnego [3, 8]. Wykorzystywane w SZZW programy informatyczne pozwalają na symulację zajścia zdarzeń niepożądanych oraz określenie ich skutków.

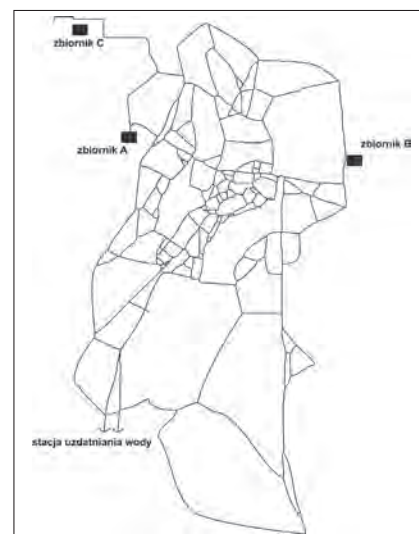
Celem artykułu jest analiza skutków awarii strategicznego przewodu magistralnego doprowadzającego wodę do specjalnej strefy ekonomicznej z wykorzystaniem modelu hydraulicznego sieci wodociągowej.

Charakterystyka analizowanego systemu zbiorowego zaopatrzenia w wodę

Wodociąg jest zasilany z ujęcia wody powierzchniowej przy pomocy ujęcia brzegowo – komorowego o wydajności

84 tys. m³/d. Z wodociągu korzysta obecnie ok. 190 tys. mieszkańców. Średniobowa produkcja uzdatnionej wody wynosi ok. 37,86 tys. m³/d.

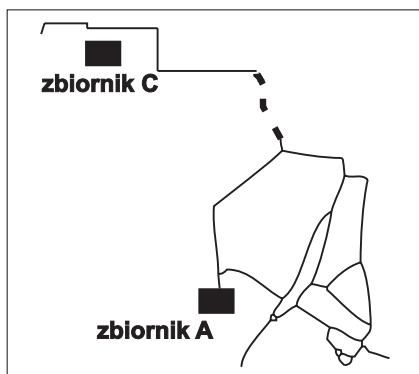
Na rys. 1. przedstawiono schemat analizowanego systemu zbiorowego zaopatrzenia w wodę.



Rys 1.
Schemat analizowanego SZZW
Fig 1. Diagram of the analyzed CWSS

Analiza skutków awarii strategicznego odcinka sieci wodociągowej

Symulacja awarii odcinka znajdującego się w północno-zachodniej części miasta o średnicy nominalnej DN 400 i długości $L = 270$ m powoduje odcięcie dostawy wody na obszarze specjalnej strefy ekonomicznej (SSE). Łącznie powierzchnia SSE wynosi ok. 25 ha, gdzie siedzibę ma kilkanaście firm, w perspektywie ponad 60. Na obszarze strefy znajduje się zespół czterech zbiorników o łącznej objętości 3200 m^3 oraz hydrofornia, która doprowadza wodę do zakładów i lokalnych mieszkańców. Lokalizacja odcinka została oznaczona na rys. 2 pogrubioną przerywaną linią.



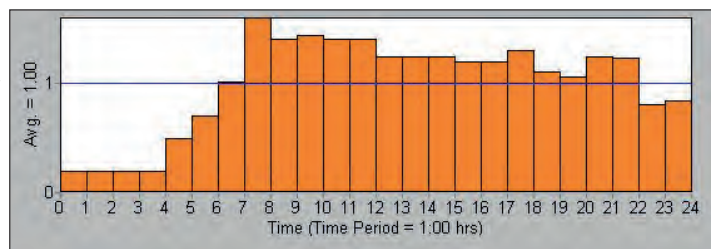
Rys. 2. Fragment analizowanego SZZW z zaznaczonym odcinkiem, dla którego przeprowadzono symulację awarii
Fig. 2. A fragment of the analyzed CWSS with a water main marked for which a failure simulation was carried out

Na przygotowanym w oprogramowaniu EPANET modelu hydraulicznym sieci wodociągowej wykonano symulację awarii rurociągu doprowadzającego wodę do SSE zakładając, że:

- godzina rozpoczęcia awarii to 8:00,
- stan awaryjny rurociągu skutkował wyłączeniem odcinka z eksploatacji na okres 10 h, (średni czas usuwania awarii na rurociągu o średnicy 400mm wg informacji uzyskanych od eksploatatora sieci wynosi ok 10h),
- napełnienie zbiorników C zlokalizowanych na terenie SSE wynosiło w kolejnych symulacjach: 100%, 75%, 50%, 25% całkowitej objętości zbiorników.

Wybór godziny wyłączenia odcinka z eksploatacji wynikał z założenia, że w czasie standardowych godzin pracy (8-16) zapotrzebowanie na wodę w SSE będzie maksymalne, a co za tym idzie skutki awarii będą największe. W wyniku spadku ciśnienia w SSE założono, że pobór wody w czasie wyłączenia odcinka będzie mniejszy o 25%. Ułożenie wysoko-

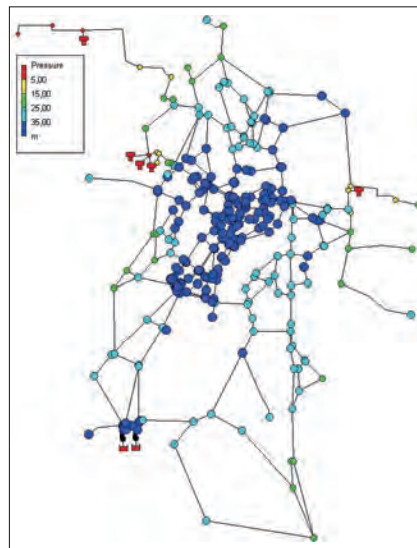
Rys. 3. Wzorzec rozbioru wody
Fig. 3. Pattern of water consumption



ściowe zbiornika w stosunku do punktów poboru w SEE pozwala na grawitacyjny przepływ od zbiornika do odbiorców. Na rys. 3 przedstawiono wzorzec rozbioru wody w SEE.

Na rys. 4 przedstawiono wyniki symulacji sieci w dziewiątej godzinie od czasu awarii odcinka, przy założeniu pełnego napełnienia zbiornika.

Na podstawie rys. 4 stwierdzono brak dostawy wody do SSE i co za tym idzie



Rys. 4. Rozkład ciśnienia w sieci wodociągowej podczas awarii analizowanego odcinka
Fig. 4. Pressure distribution in the water supply network during the failure of the analyzed water main

całkowite opróżnianie się zbiornika C (także z objętości p.poz). Poziom wody w zbiorniku C w czasie awarii zmienia się w sposób zaprezentowany w tab. 1.

Tabela 1. Poziom wody w zbiorniku przy 100% napełnienia
Table 1. Water level in the tank at 100% filling

Czas trwania awarii [h]	Poziom wody w zbiorniku [m]
1	3,64
2	3,08
3	2,65
4	2,14
5	1,65
6	1,20
7	0,76
8	0,39
9	0,00

Zbiornik opróżnia się po dziewięciu godzinach od momentu wystąpienia awarii, po tym czasie następuje całkowita przerwa w dostawie wody.

Następnie założono napełnienie zbiornika C w 75% – poziom początkowy wody w zbiorniku 3m (tab. 2).

Tabela 2. Poziom wody w zbiorniku przy 75% napełnienia
Table 2. Water level in the tank at 75% filling

Czas trwania awarii [h]	Poziom wody w zbiorniku [m]
1	2,64
2	2,08
3	1,65
4	1,14
5	0,65
6	0,20
7	0,00

Zbiornik opróżnia się po siedmiu godzinach od momentu wystąpienia awarii.

Następnie założono napełnienie zbiornika C w 50% – poziom początkowy wody w zbiorniku 2 m (tab. 3).

Tabela 3. Poziom wody w zbiorniku przy 50% napełnienia
Table 3. Water level in the tank at 50% filling

Czas trwania awarii [h]	Poziom wody w zbiorniku [m]
1	1,64
2	1,08
3	0,65
4	0,14
5	0,00

Zbiornik opróżnia się po pięciu godzinach od momentu wystąpienia awarii, po tym czasie mieszkańcy zostają pozbawieni dostawy wody.

Następnie założono napełnienie zbiornika C w 25% – poziom początkowy wody w zbiorniku 1 m (tab. 4).

Zbiornik opróżnia się po trzech godzinach od momentu wystąpienia awarii.

Tabela 4. Poziom wody w zbiorniku przy 25% napełnienia
Table 4. Water level in the tank at 25% filling

Czas trwania awarii [h]	Poziom wody w zbiorniku [m]
1	0,64
2	0,08
3	0,00

W związku z tym czas, w którym SSE pozbawiona jest dostaw wody wynosi:

- dla wypełnienia zbiorników 100% – 2h,
- dla wypełnienia zbiorników 75% – 4h,
- dla wypełnienia zbiorników 50% – 6h,
- dla wypełnienia zbiorników 25% – 8h.

Brak dostawy wody do SSE może wiązać się ze stratami finansowymi przedsiębiorstwa wodociągowego związanymi z niesprzedaną wodą. Cena wody w 2019 roku dla odbiorców przemysłowych wynosi 4,35 zł netto. W tab. 5 przedstawiono koszty związane tylko z niesprzedaną wodą przez przedsiębiorstwo wodociągowe.

Tabela 5. Koszty niesprzedanej wody
Table 5. Costs of unsold water

% wypełnienia zbiornika C	koszty niesprzedanej wody, PLN
100%	2809
75%	5618
50%	8427
25%	11237

Średnia cena naprawy w analizowanym SZZW oscyluje w okolicach 1200÷1500 zł, lecz jest to wartość średnia dla wszystkich awarii (magistrale, sieć rozdzielcza, przyłącza domowe). Koszt pojedynczej naprawy może znacznie odbiegać od wartości średniej, głównie w zależności od średnicy rurociągu. Przykładowo koszt zakupu nowej zasowy wodzącego producenta DN 90 wynosi 2920 zł, natomiast zasowy DN 250 18343 zł.

Dodatkowo przedsiębiorstwo musi się liczyć z koniecznością wypłat odszkodowa-

nia na podstawie umów gwarantujących firmom ciągłość dostaw wody. Warunki tych umów nie zostały udostępnione.

Łącznie koszty związane z 10 godzinną awarią odcinka doprowadzającego wodę do SSE mogą sięgać kilkudziesięciu tysięcy złotych.

Podsumowanie

Proces zarządzania przedsiębiorstwem wodociągowym nie może opierać się wyłącznie na doświadczeniu operatora, powinien on być wspierany przez narzędzia informatyczne. Nowoczesne programy informatyczne dają możliwość prowadzenia efektywnej eksploatacji, a także pozwalają na szybką reakcję w momencie wystąpienia zdarzenia nietypowego. W pracy skupiono się na analizie skutków awarii strategicznego odcinka sieci magistralnej i za pomocą modelu hydraulicznego określono czas przerwy w dostawie wody do SSE. Analiza kosztów skutków takiej awarii wskazuje na, potencjalnie bardzo wysokie straty finansowe dla przedsiębiorstwa wodociągowego.

Wykorzystanie modelu hydraulicznego podnosi świadomość osób odpowiedzialnych za prawidłowe funkcjonowanie SZZW i daje obraz możliwych strat na jakie musi być przygotowane przedsiębiorstwo wodociągowe. Analiza potencjalnych strat może wpływać na kształt planów budżetowych, w tym na kwoty przeznaczone na zapobieganie awariom, inwestycje, rezerwę na wypadek roszczeń w przypadku poważnych awarii.

LITERATURA

- [1] Bajer J.: *Economical and reliability criterion for the optimization of the water supply pumping stations designs*, *Environmental Engineering IV*, Dudzińska M. R. Pawłowski L., Pawłowski A., Editor. 2013, Taylor & Francis Group, London. p. 21-28.
- [2] Bajer J. Iwanęko R.: Eksploatacyjne badania niezawodności podstawowych elementów uzbrojenia pompowni wodociągowych, *INSTAL, Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”*, 10/2008, s. 81-84.
- [3] Bartoszek L. Czech D.: Podatność na degradację zbiornika zaporowego Solina, *Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 61/2014, s. 35-53.
- [4] Boryczko K. Rak J.: Oceny dywersyfikacji zaopatrzenia w wybranych miastach w wodę metodą dwuparametryczną z wykorzystaniem wskaźnika Pielou, *INSTAL*, 6/2016, s. 60-63.
- [5] Kutylowska M.: Modelling of Failure Rate of Water-pipe Networks, *Periodica Polytechnica-Civil Engineering*, 59/2015, s. 37-43.
- [6] Pietruha-Urbanik K. Studziński A.: Case study of failure simulation of pipelines conducted in chosen water supply system, *EKSPLOATACJA I NIEZAWODNOSC-MAINTENANCE AND RELIABILITY* 19/2017, s. 317-323.
- [7] Pilch R. Szybka J., Tuszyńska A.: Application of factoring and time-space simulation methods for assessment of the reliability of water-pipe networks, *Eksploatacja i Reliability*, 16/2014, s. 253-258.
- [8] Rak J. Tchórzewska – Cieślak B., Szpak D.: Paradygmaty analizy i oceny ryzyka w systemach wodociągowych, *INSTAL*, 10/2019, s. 47-51. DOI 10.36119/15.2019.10.8
- [9] Studziński A.: *Amount of labour of water conduit repair, Safety, Reliability and Risk Analysis: Beyond the Horizon*, Van Gelder P.H.A.-J.M. Steenberg R.D.J.M., Miraglia S., Vro-uwenvelde A.C.W.M., Editor. 2014, Taylor & Francis Group, London. p. 2081-2084.

Mechanika płynów

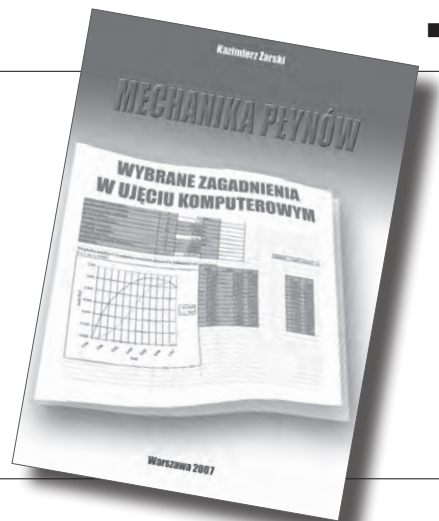
Wybrane zagadnienia w ujęciu komputerowym

Kazimierz Żarski

Warszawa 2007

Sprzedaż prowadzi:

Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”
02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14, tel./fax: (22) 843-77-71
e-mail: redakcja@informacjainstal.com.pl
wydawnictwo@informacjainstal.com.pl



BUDOWNICTWO
iPRAWO
ISSN 1401-0099

Kwartalnik „Budownictwo i Prawo” ukazuje się piętnasty rok i ma już usiałoną grupę odbiorców wśród: firm budowlanych, wydziałów budownictwa urzędów miejskich i starostw, biur projektowych, firm kosztorysowych i innych. Obecnie nakład czasopisma wynosi ok. 2000 egz. (w zależności od uczestnictwa w targach lub sympozjach i konferencjach, podczas których prowadzone są akcje promocyjne).

Współpracujemy z Ministerstwem Infrastruktury i Budownictwa, Ministerstwem Energetyki, Ministerstwem Środowiska, Głównym Urzędem Nadzoru Budowlanego, Urzędem Zamówień Publicznych, Instytutem Techniki Budowlanej, uczelniami oraz licznymi stowarzyszeniami z sektora budownictwa.

Autorzy z tytułu publikacji w „Budownictwo i Prawo” otrzymują 5 pkt w klasyfikacji MNISW. Czasopismo jest wydawane przez Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie” oraz Oficynę Wydawniczą POLCEN i rozpowszechniane na terenie całego kraju w prenumeracie oraz w sieci sprzedaży ww. wydawców.

Zamówienia na prenumeratę w 2020 roku w wysokości 80 zł przyjmuje:

Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”

02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14, tel./fax: 22/843-77-71

redakcja@informacjainstal.com.pl, wydawnictwo@informacjainstal.com.pl