

Wojciech KRUSZYŃSKI

ROLA KOMPUTEROWEGO MODELOWANIA WIEKU WODY W POPRAWIE JAKOŚCI WODY W WODOCIĄGACH I ZMNIEJSZANIU KOSZTÓW JEJ UZDATNIANIA

Wojciech Kruszyński, dr inż. – Politechnika Białostocka

adres korespondencyjny:
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
ul. Wiejska 45 a, 15-309 Białystok
email: w.kruszynski@pb.edu.pl

THE ROLE OF COMPUTER MODELING THE AGE OF WATER TO IMPROVE DRINKING WATER QUALITY IN WATERWORKS AND DECREASING COSTS OF ITS PURIFICATION

SUMMARY: The aim of this study was to conduct a computer simulation of the water supply system which can help in finding the methods and means to improve the quality of water supplied by water supply network. As the object of study was chosen the city of Dabrowa Białostocka. Water supply network in Dabrowa Białystok supplies water to approximately 6043 residents of the city and the surrounding village commune. Created in this way, a computer model of water supply network shows its behavior in any simulated conditions, also it allows you to find the weak points. The research models, a series of variants that simulate the operation of the existing distribution systems and conducted the analysis of the age of the water. Analysis of the age of the water in the modeled water supply showed areas where standing water is aging, with no mouth and giving a way to the fresh water. Simulations have shown that it is possible to use computer models of water supply network for finding solutions aimed at improving water quality in distribution systems.

KEYWORDS: water supply, computer model of water-supply net, age of water, economic determinants of computer modeling

Wstęp

Celem niniejszego opracowania było przeprowadzenie komputerowych symulacji sieci wodociągowej mających pomóc w znalezieniu metody i sposobu na poprawienie jakości wody dostarczanej przez sieć wodociągową.

Za pomocą oprogramowania do modelowania można modelować zmiany w wieku wody w całym systemie dystrybucji. Świeża woda wpływa do sieci ze zbiorników lub źródła. Wiek wody w przewodach jest parametrem określającym świeżość wody i wpływającym na jej jakość. Model uwzględnia czas, w jakim woda przebywa w danym odcinku od momentu wpłynięcia z ujęcia i wymieszania ze znajdującą się już wodą w sieci¹.

Obiekt badań

Jako obiekt badań wybrane zostało miasto Dąbrowa Białostocka, położone w północnej części województwa podlaskiego, w powiecie sokólskim nad rzeką Kropiwną (lewy dopływ Biebrzy), w otulinie Biebrzańskiego Parku Narodowego. Sieć wodociągowa w Dąbrowie Białostockiej zaopatruje w wodę około 6043 mieszkańców miasta oraz okoliczne miejscowości gminne.

Do przeprowadzenia komputerowej symulacji sieci wodociągowej miasta Dąbrowa Białostocka wybrano i zastosowano program EPANET 2.0. Aplikacja ta jest dobrze znana i wykorzystywana w środowiskach naukowych. Popularność tego programu wynika w głównej mierze z przyjaznego i dość łatwego dla użytkownika sposobu wprowadzania danych oraz wizualizacji wyników². Program daje możliwości uzyskania o wiele więcej istotnych informacji o sposobie funkcjonowania badanej sieci wodociągowej niż w przypadku przeprowadzania obliczeń analitycznych. Dane na temat budowy badanej sieci wodociągowej, a także dane o produkcji oraz sprzedaży wody otrzymano od kierownictwa Zakładu Wodociągów i Kanalizacji w Dąbrowie Białostockiej.

Istotną częścią całego procesu tworzenia modelu komputerowego były badania terenowe. W celu uzyskania informacji potrzebnych do przeprowadzenia procesu kalibracji modelu sieci na wybranych hydrantach zainstalowano rejestratory ciśnienia Cellbox firmy Aquard.

¹ K. Knapik, *Czasoprzestrzenna symulacja działania systemu dystrybucji wody*, Kraków 1989; M. Kulbik, *Komputerowa symulacja i badania terenowe miejskich systemów wodociągowych*, Gdańsk 2004.

² S. Denczew, *Podstawy modelowania systemów eksploatacji wodociągów i kanalizacji: teoria i praktyka*, Warszawa 2006.

Metodyka

W pierwszym etapie opracowania stworzono mapę w odpowiednim formacie, obejmującej granice zasilania całej sieci, która później została wykorzystana jako podkład do stworzenia modelu komputerowego odwzorowującego obecny stan sieci wodociągowej. Stworzony model składa się z: jednego ujęcia, 1 pomp, jednego rezerwuaru, 133 węzłów oraz 146 przewodów wodociągowych. Dla każdego z tych obiektów wprowadzone zostały określone wartości, które potrzebne były do wyliczeń charakteryzujących wskaźniki sieci. W przypadku przewodów wodociągowych przypisane zostały ich rzeczywiste wartości dotyczące długości i średnicy oraz współczynnik chropowatości dobrany na podstawie materiału z jakiego zostały wykonane przewody, natomiast w przypadku węzłów rozbiór wody i rzedna terenu.

Następnym etapem pracy było przystąpienie do modelowania sieci wodociągowej miasta Dąbrowa Białostocka. W oparciu o wartości ciśnień uzyskanych z modelowania oraz ze zmierzonymi w wybranych punktach sieci za pomocą rejestratorów przeprowadzono kalibrację modelu. W tym celu do programu wprowadzono wcześniej przygotowane pliki kalibracyjne zawierające dane pomiarowe. Po ich załadowaniu została przeprowadzona analiza hydrauliczna sieci.

Stworzony w ten sposób komputerowy model sieci wodociągowej przedstawia jej zachowanie w dowolnych symulowanych warunkach, pozwala również na znalezienie jej słabych punktów³. W wyniku komputerowej symulacji sieci wodociągowej miasta Dąbrowa Białostocka uzyskano informacje dotyczące przepływu, ciśnienia, prędkości, oraz wieku wody.

W badaniach nad modelami wykonano szereg wariantów symulujących działanie istniejących systemów dystrybucji oraz przeprowadzono analizy wieku wody. Analiza wieku wody w modelowanych wodociągach pokazała obszary gdzie stojąca woda starzeje się, nie mając ujścia i nie ustępując miejsca świeżej. Wiek wody w przewodach stanowi ważny wskaźnik jej jakości i przydatności do spożycia. Im woda dłużej stagnuje w wodociągu, tym bardziej prawdopodobne, że rozwiną się w niej niebezpieczne bakterie i wytworzą osady zalegające na ścianach przewodów⁴.

Do przedstawienia wyników badań wybrano trzy warianty działania sieci wodociągowej w Dąbrowie Białostockiej, każdy w dwóch stanach symulacji wieku wody – po 72 i 240 godzinach.

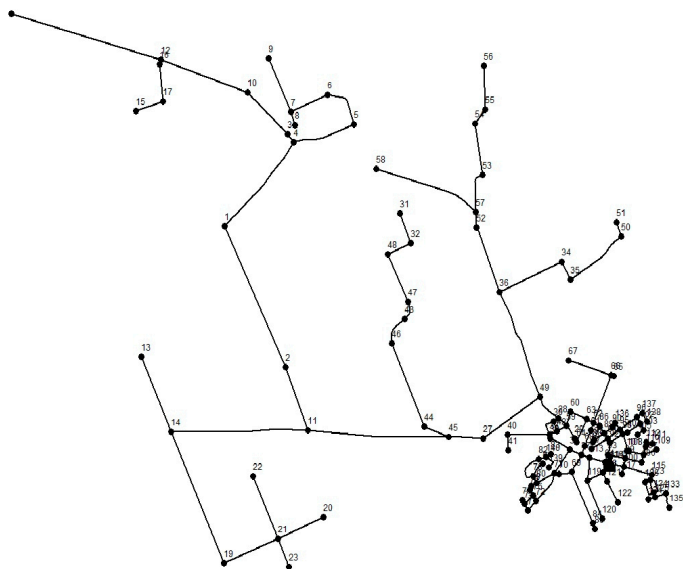
³ M. Kulbik, *Wdrożeniowe przykłady zastosowania modeli symulacyjnych w branży wodociągowej*, „Informacja INSTAL” 1998 t. 178, nr 12.

⁴ E.W. Mielcarzewicz, *Obliczanie systemów zaopatrzenia w wodę*, Warszawa 2000.

Wyniki badań

Pierwszy z wariantów jest odwzorowaniem stanu rzeczywistego. Sieć wodociągowa przedstawiona na rysunku 1 stanowi uproszczony model komputerowy systemu wodociągowego miasta Dąbrowa Białostocka w programie Epanet. W skład modelu komputerowego dla Dąbrowy Białostockiej wchodzi:

- jedno ujęcie wraz z pompownią drugiego stopnia o zadanym ciśnieniu 40 m i przepływie $532,72 \text{ m}^3/\text{d}$, zlokalizowaną w środkowej części miasta Dąbrowa Białostocka,
- węzły – 133 punkty,
- przewody wodociągowe – 146 odcinki.



Rysunek 1. Uproszczony model sieci wodociągowej miasta Dąbrowa Białostocka utworzony za pomocą programu EPANET

W drugim wariantcie dodano dodatkowe ujęcie wody zlokalizowane na północno-zachodnim końcu sieci. Wydajność ujęć z pierwszego wariantu podzielono na dwa symulowane przy zachowaniu tej samej ilości zużywanej wody co w wariantcie nr 1.

W trzecim wariantcie pozostawiono dwa ujęcia wg ustawień z wariantu drugiego. Dodano cztery dodatkowe odcinki w celu zwiększenia upierścienienia sieci.

Następnie dla wszystkich trzech wariantów przeprowadzono symulację wieku wody w czasie 72 i 240 godzin pracy sieci wodociągowej.

W wyniku przeprowadzonej symulacji dla wariantu odwzorowującego stan rzeczywisty (rysunek 2, 5, 6) stwierdzono istnienie wielu obszarów sieci wodociągowej, w której wiek wody osiąga maksymalny czas symulacji 240 godzinnej. Szczególnie na końcówkach sieci, oddalonych od źródła zasilania. Średnia z maksymalnych wartości wieku wody z wszystkich węzłów badanej sieci wyniosła 40,25 h w symulacji 72-godzinnej i 75,65 h w symulacji 240-godzinnej.



Rysunek 2. Wiek wody w badanej sieci wodociągowej w wariantcie 1, symulacja 240 h

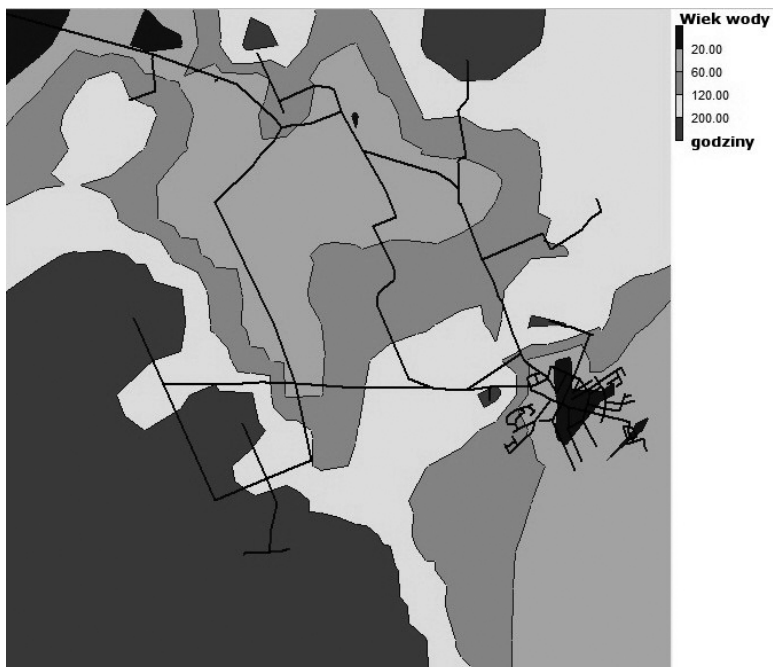
W wariantcie nr 2 (rysunek 3, 5, 6) średnia z maksymalnych wartości wieku wody z wszystkich węzłów badanej sieci wyniosła 39,35 h w symulacji 72-godzinnej i 69,92 h w symulacji 240-godzinnej.

W wariantcie nr 3 (rysunek 4, 5, 6) średnia z maksymalnych wartości wieku wody z wszystkich węzłów badanej sieci wyniosła 38,31 h w symulacji 72-godzinnej i 67,54 h w symulacji 240-godzinnej.

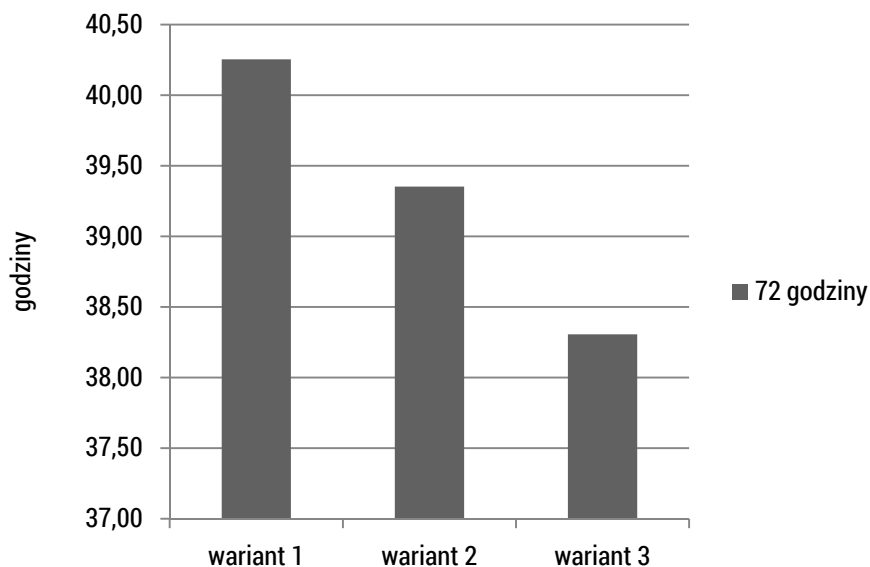
W wyniku przeprowadzonych symulacji stwierdzono że największe procentowe zmniejszenie wieku wody uzyskano w wariantcie 3. W symulacji 72-godzinnej wiek wody spadł o 4,82% w stosunku do stanu istniejącego, a w symulacji 240 godzinnej wiek wody spadł o 10,72% (rysunek 7).



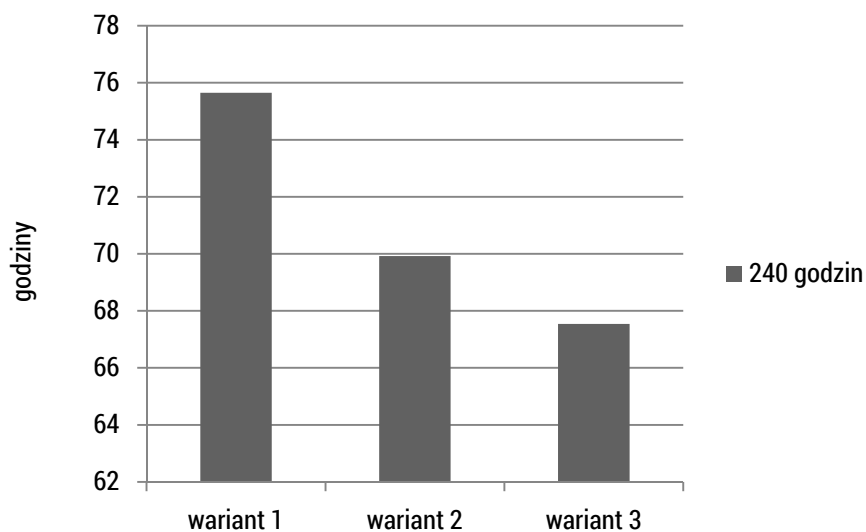
Rysunek 3. Wiek wody w badanej sieci wodociągowej w wariancie 2, symulacja 240 h



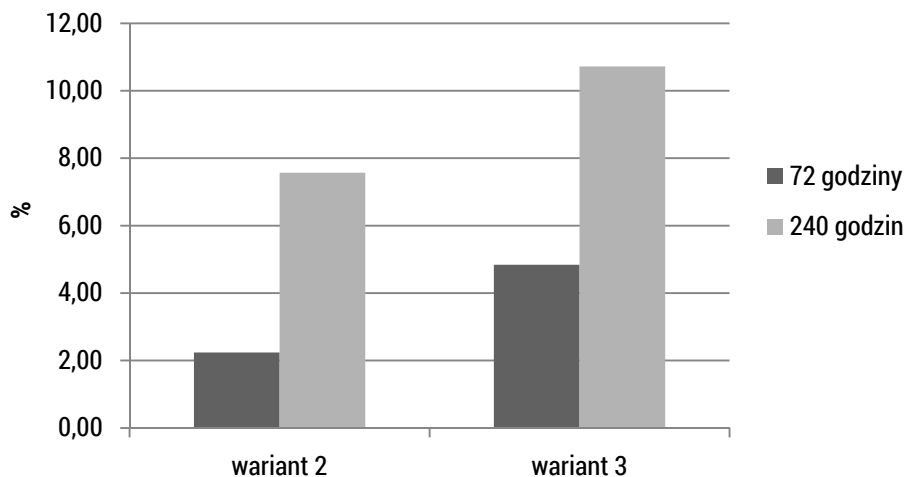
Rysunek 4. Wiek wody w badanej sieci wodociągowej w wariancie 3, symulacja 240 h



Rysunek 5. Średnia z maksymalnego wieku wody w badanej sieci wodociągowej w symulacji 72-godzinnej w zależności od wariantu sterowania siecią



Rysunek 6. Średnia z maksymalnego wieku wody w badanej sieci wodociągowej w symulacji 240-godzinnej w zależności od wariantu sterowania siecią



Rysunek 7. Procent zmniejszenia średniego maksymalnego wieku wody w badanej sieci wodociągowej w wariantach 2 i 3 do wariantu 1 w symulacjach 72- i 240-godzinnych

Podsumowanie

Za pomocą zastosowanego oprogramowania można modelować zmiany w wieku wody w całym systemie dystrybucji. Wiek wody w rurach jest parametrem określającym świeżość wody. Epanet uwzględnia czas, w jakim woda przebywa w danym odcinku od momentu wpłynięcia z ujęcia i wymieszania ze znajdującą się już wodą w sieci.

Komputerowe modelowanie sieci wodociągowych pozwala uzyskać ekonomiczne i technologiczne korzyści⁵:

- oszczędności wynikające z zaniechania niewłaściwych inwestycji – sprawdzenie ich zasadności symulacjami w programie,
- ograniczenie kosztów eksploatacyjnych oraz strat na sieci przez zmniejszanie wydajności źródeł w okresie najmniejszych rozbiorów,
- ograniczenie kosztów eksploatacyjnych przez sterowanie pracą pompowni (sprawdzone symulacjami w modelu) w taki sposób, aby ograniczyć zużycie energii, a jednocześnie utrzymać standardy zaopatrzenia mieszkańców w wodę,

⁵ M. Cygler, R. Miłaszewski, *Materials for studying water supply and water pollution control economics*, Białystok 2008.

- wiedza w czasie rzeczywistym o parametrach, czyli między innymi ilości i jakości dostarczanej wody w dowolnym miejscu sieci wodociągowej.
Przeprowadzone symulacje pokazały, że możliwe jest zastosowanie komputerowych modeli sieci wodociągowych do odnajdywania rozwiązań, mających na celu polepszenie jakości wody w systemach jej dystrybucji.

Literatura

- Cygler M., Miłaszewski R., *Materials for studying water supply and water pollution control economics*, Białystok 2008
- Denczew S., *Podstawy modelowania systemów eksploatacji wodociągów i kanalizacji: teoria i praktyka*, Warszawa 2006
- Knapik K., *Czasoprzestrzenna symulacja działania systemu dystrybucji wody*, Kraków 1989
- Kulbik M., *Komputerowa symulacja i badania terenowe miejskich systemów wodociągowych*, Gdańsk 2004
- Kulbik M., *Wdrożeniowe przykłady zastosowania modeli symulacyjnych w branży wodociągowej*, „Informacja INSTAL” 1998 t. 178, nr 12
- Mielcarzewicz E.W., *Obliczanie systemów zaopatrzenia w wodę*, Warszawa 2000

Badania zostały zrealizowane w ramach pracy nr S/WBiŚ/02/14 i sfinansowane ze środków na naukę MNiSW