

Wybrane aspekty modelowania systemu zaopatrzenia w wodę na przykładzie miasta Łapy

*Wojciech Kruszyński, Lech Dzienis
Politechnika Białostocka*

1. Wprowadzenie

Celem pracy jest modelowanie wybranych parametrów sieci wodociągowej miasta Łapy oraz symulacja zamiaru podłączenia nowych ujęć dla różnych wariantów lokalizacyjnych.

Jako obiekt badań wybrano sieć wodociągową miasta Łapy o liczbie mieszkańców 2300, zasilaną z trzech ujęć. Średnie dobowe zużycie wody wynosi 1383 m³/d. Większość wody zużywana jest przez mieszkalnictwo oraz tereny przemysłowo-składowe.

2. Procedury badawcze

W pierwszej fazie budowy modelu wykorzystano cyfrową mapę Łap w skali 1:500 wydzielając warstwy: sieci przewodów wodociągowych, granice działek oraz budynki. Na podstawie sporządzonej mapy uzyskano dokładne wartości długości i średnic odcinków wodociągu oraz rządne poszczególnych elementów sieci wodociągowej.

W celu określenia rozbiórów wody pobrano bazę odczytów (lata 2006 i 2007) z wszystkich znajdujących się na sieci wodomierzy – łącznie 2056 obiektów. Bazę przetworzono do formatu arkusza kalkulacyjnego MS Excel, w którym stworzono ostateczną tabelę z wynikami.

W celu zweryfikowania wartości ciśnienia budowanego modelu sieci wodociągowej [1] w wybranych podziemnych hydrantach sytuowano rejestrator ciśnienia i temperatury Cellbox-H. Zebrane w ten sposób pomiary posłużyły do porównania i kalibracji ciśnienia w danych punktach sieci uzyskiwanych za pomocą modelu oraz za pomocą rzeczywistych wartości z rejestratora.

Na podstawie powyższych danych w programie Epanet utworzono cyfrowy model obecnie istniejącej sieci wodociągowej w Łapach. Model zawiera następujące elementy:

1. Przewody (83 odcinki) – usytuowanie w terenie, długości, średnice,
2. Węzły (61 punktów) – usytuowanie w terenie, rzędne, rozbiór wody,
3. Ujęcia wody wraz z pompowniami (3 obiekty) – usytuowanie w terenie, rzędne, wydajność, ciśnienie utrzymywane na wyjściu z pompowni

Wszystkie symulacje przeprowadzono w warunkach pracy bez awarii sieci wodociągowej, przy założeniu wyjściowych ciśnień z pompowni w zakresie od 3,8 do 4,5 atmosfery (38-45 m).

3. Wyniki i dyskusja

Za pomocą modelu wykonano symulację pracy sieci [3] w następujących warunkach:

1. Wariant 1 – odwzorowanie stanu istniejącego
2. Wariant 2 – usunięto trzy obecnie pracujące ujęcia, dodano jedno nowe ujęcie w węźle Nr 61 (połączenie ulic Nadnarwiańskiej i Nowowiejskiej). Wszystkie istniejące średnice przewodów pozostawiono bez zmian.
3. Wariant 3 - usunięto trzy obecnie pracujące ujęcia, dodano jedno nowe ujęcie w węźle 61 (połączenie ulic Nadnarwiańskiej i Nowowiejskiej) oraz zwiększono średnicę przewodów Nr nr 82, 57, 1 a także dodano nowe przewody – Nr 87 łączący węzeł 61 z 42 oraz Nr 84 łączący węzeł 36 z 29, tworzący dodatkowe połączenie z pierścieniem wodociągowym znajdującym się po drugiej stronie torów.
4. Wariant 4 - usunięto trzy obecnie pracujące ujęcia, dodano dwa nowe ujęcia wiejskie zlokalizowane w rejonie Łap – ze strony wschodniej oddalone o 4 km i połączone do węzła 2 przy oczyszczalni ścieków na ul. Płonkowskiej i ze strony zachodniej, oddalone o 5 km, podłączone do węzła 61 – połączenia ulic Nadnarwiańskiej i Nowowiejskiej. Istniejące wymiary przewodów pozostawiono bez zmian.
5. Wariant 5 - usunięto trzy obecnie pracujące ujęcia, dodano dwa nowe ujęcia wiejskie zlokalizowane w rejonie Łap – ze strony wschodniej oddalone o 4 km, połączone do węzła 2 przy oczyszczalni ścieków na ul. Płonkowskiej i ze strony zachodniej, oddalone o 5 km, podłączone do węzła 61 – połączenia ulic Nadnarwiańskiej i Nowowiejskiej. Ponadto zwiększono średnicę przewodów Nr Nr 82, 57, 1 oraz dodano nowe przewody – Nr 87 łączący węzeł 61 z 42 oraz Nr 84 łączący węzeł 36 z 29, tworzący dodatkowe połączenie pierścienia wodociągowego znajdującego się po drugiej stronie torów.

Omówienie symulacji:

Wariant 1. Wskazywane ciśnienia w poszczególnych węzłach są w normie i nie odbiegają od warunków rzeczywistych (co wskazuje na poprawną pracę programu symulującego – Epanet). Dodatkowo symulacja pokazuje zbyt małe prędkości przepływu wody w przewodach wodociągowych (tab. 1, rys. 2).

Wariant 2. Występuje brak możliwości utrzymania ciśnienia wymaganego w węzłach, przy wyjściowym ciśnieniu ok. 4 atm. System, w niektórych przypadkach pokazuje ujemne wartości ciśnień w wybranych węzłach. Zwiększenie ciśnienia nie poprawia sytuacji. Sieć zachowuje się niestabilnie (tab. 1, rys. 1, rys. 2).

Wariant 3. Symulacja przeprowadzona dla wyjściowego ciśnienia, identycznego z obecnie utrzymywanym – 38 m wskazuje na poprawne działanie sieci, pod względem utrzymania wymaganej wartości ciśnienia w całej sieci (tab. 1, rys. 1).

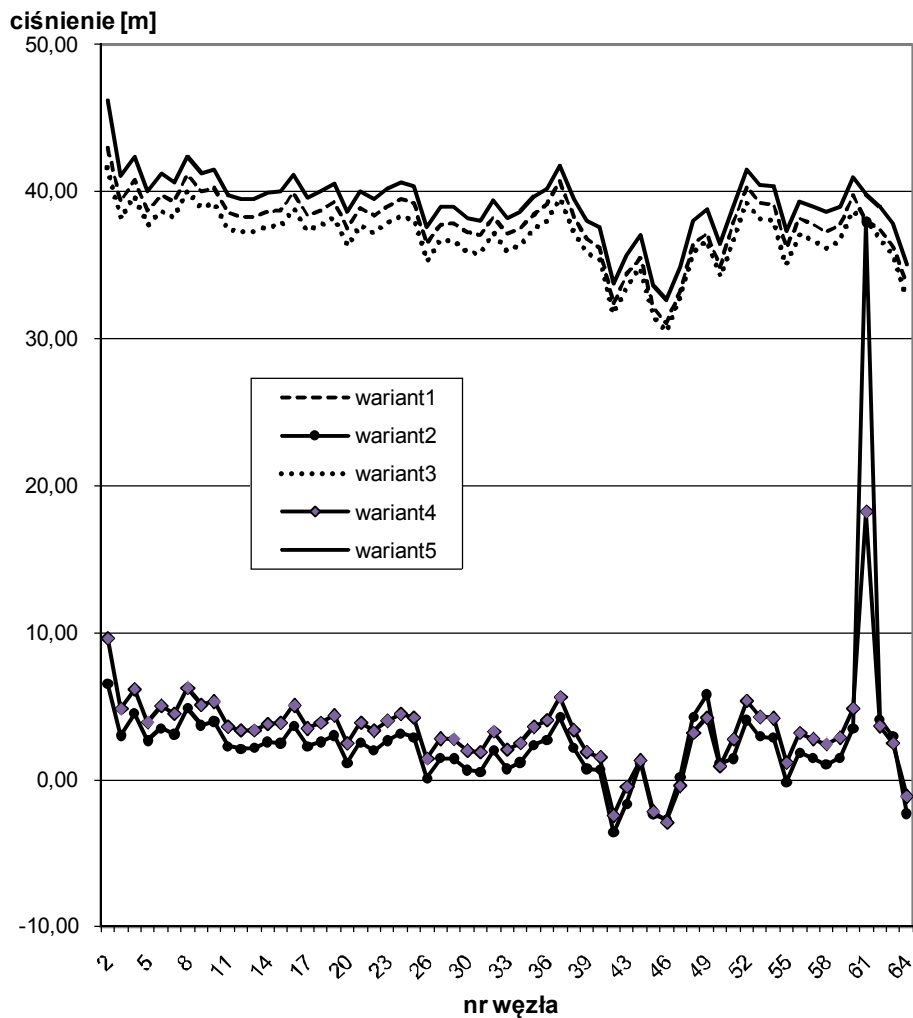
Wariant 4. Symulacja warunków pracy sieci przy ciśnieniu rzędu 4,5 atm (45 m) wskazuje na brak możliwości uzyskania ciśnienia wymaganego. Zwiększenie ciśnienia nic nie daje, sieć nadal pracuje nieprawidłowo. (tab. 1, rys. 1, rys. 2).

Wariant 5. Symulacja przy ciśnieniu rzędu 4,5 atm (45 m) wskazuje na poprawne działanie sieci. Dodatkowo przeprowadzono symulację tego układu polegającą na podłączeniu do węzła nr 42, znajdującego się na wylocie drogi do Suraza. Podłączenie do węzła nr 42 spowodowało zmniejszenie uzyskiwanych wartości ciśnienia o ok. 15% w porównaniu z symulowanym podłączeniem do węzła 61 (tab. 1, rys. 1, rys. 2).

Optymalnym rozwiązaniem wydaje się być wariant 3. Wymaga ono zastosowania tylko jednego ujęcia w węźle nr 61, po wyłączeniu trzech obecnie istniejących. Konieczne jest zwiększenie średnicy przewodów Nr 82, 57 i 1 oraz dodanie nowych przewodów: Nr 87 łączącego węzeł 61 z 42 oraz Nr 84 łączącego węzeł 36 z 29, stanowiącego dodatkowe połączenie z pierścieniem wodociągowym znajdującym się po drugiej stronie torów.

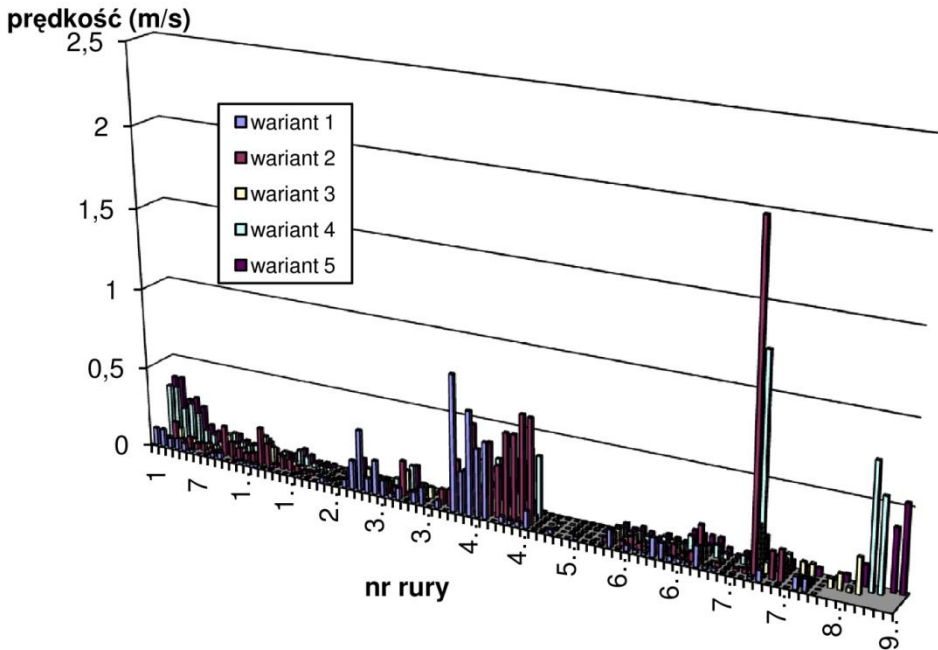
Tabela 1. Zestawienie parametrów węzłów w modelowanych rozwiązaniach
Table 1. List of nodes parameters in modelled solutions

Węzeł	Wariant 1		Wariant 2		Wariant 3		Wariant 4		Wariant 5	
	Rozbój	Cisnienie	Rozbój	Cisnienie	Rozbój	Cisnienie	Rozbój	Cisnienie	Rozbój	Cisnienie
ID	m/d	m	m/d	m	m/d	m	m/d	m	m/d	m
2	9,47	42,97	9,47	6,52	9,47	41,68	9,47	9,59	9,47	46,17
3	2,87	39,31	2,87	3,02	2,87	38,18	2,87	4,82	2,87	41,07
4	5,31	40,79	5,31	4,52	5,31	39,69	5,31	6,16	5,31	42,36
5	33,72	38,76	33,72	2,67	33,72	37,74	33,72	3,92	33,72	40,01
6	8,74	39,78	8,74	3,51	8,74	38,68	8,74	5,04	8,74	41,21
7	22,97	39,37	22,97	3,09	22,97	38,28	22,97	4,5	22,97	40,65
8	3,18	41,16	3,18	4,88	3,18	40,06	3,18	6,26	3,18	42,41
9	17,48	40,02	17,48	3,72	17,48	38,92	17,48	5,08	17,48	41,22
10	7,51	40,26	7,51	3,97	7,51	39,16	7,51	5,32	7,51	41,47
11	4,28	38,57	4,28	2,27	4,28	37,47	4,28	3,61	4,28	39,76
12	22,79	38,26	22,79	2,10	22,79	37,24	22,79	3,36	22,79	39,49
13	1,37	38,26	1,37	2,16	1,37	37,27	1,37	3,38	1,37	39,5
14	15,97	38,66	15,97	2,57	15,97	37,67	15,97	3,79	15,97	39,91
15	31,16	38,76	31,16	2,50	31,16	37,68	31,16	3,87	31,16	40,01
16	12,66	39,97	12,66	3,69	12,66	38,87	12,66	5,06	12,66	41,2
17	1,79	38,37	1,79	2,28	1,79	37,38	1,79	3,5	1,79	39,62
18	14,84	38,76	14,84	2,56	14,84	37,71	14,84	3,89	14,84	40,01
19	11,42	39,35	11,42	3,02	11,42	38,24	11,42	4,37	11,42	40,52
20	35,14	37,47	35,14	1,14	35,14	36,36	35,14	2,48	35,14	38,63
21	34,09	38,87	34,09	2,54	34,09	37,76	34,09	3,88	34,09	40,04
22	10,49	38,33	10,49	2,00	10,49	37,22	10,49	3,34	10,49	39,49
23	6,53	39,00	6,53	2,67	6,53	37,89	6,53	4,01	6,53	40,16
24	9,91	39,47	9,91	3,14	9,91	38,36	9,91	4,48	9,91	40,63
25	17,66	39,22	17,66	2,89	17,66	38,11	17,66	4,23	17,66	40,38
26	11,99	36,43	11,99	0,10	11,99	35,32	11,99	1,44	11,99	37,59
27	4,28	37,77	4,28	1,46	4,28	36,67	4,28	2,8	4,28	38,95
28	18,11	37,81	18,11	1,45	18,11	36,67	18,11	2,79	18,11	38,94
30	13,27	37,26	13,27	0,66	13,27	35,9	122,78	2	13,27	38,16
31	15,97	37,03	15,97	0,54	15,97	35,79	122,78	1,88	15,97	38,04
32	21,36	38,29	21,36	1,99	21,36	37,19	122,8	3,3	21,36	39,45
33	13,55	37,15	13,55	0,73	13,55	35,97	122,78	2,06	13,55	38,22
34	21,08	37,46	21,08	1,19	21,08	36,38	122,81	2,49	21,08	38,63
35	15,97	38,48	15,97	2,38	15,97	37,49	122,88	3,6	15,97	39,72
36	20,03	39,19	20,03	2,71	20,03	37,99	122,78	4,05	20,03	40,21
37	5,07	40,74	5,07	4,26	5,07	39,54	122,78	5,6	5,07	41,76
38	4,74	38,26	4,74	2,18	4,74	37,28	122,89	3,39	4,74	39,51
39	12,05	36,79	12,05	0,74	12,05	35,78	122,9	1,9	12,05	38
41	149,82	36,17	149,82	0,70	149,82	35,38	122,96	1,56	149,82	37,56
42	131,93	32,37	131,93	-3,57	131,93	31,7	122,89	-2,41	131,93	33,75
43	8,78	34,39	8,78	-1,64	8,78	33,51	122,89	-0,45	8,78	35,68
44	51,53	35,51	51,53	1,16	51,53	34,86	123,23	1,33	51,53	37,04
45	264,40	32,09	264,4	-2,35	264,4	31,43	123,05	-2,15	264,4	33,61
46	23,91	31,07	23,91	-2,69	12	30,45	123,43	-2,87	12	32,63
47	6,88	33,27	6,88	0,18	6,88	32,71	123,7	-0,4	6,88	34,86
48	0,67	36,48	0,67	4,28	0,67	35,91	124,08	3,18	0,67	38,06
49	9,70	37,18	9,7	5,80	9,7	36,67	124,42	4,22	9,7	38,78
50	18,55	34,89	18,55	1,11	18,55	34,27	123,43	0,93	18,55	36,44
51	3,09	37,77	3,09	1,44	3,09	36,66	122,78	2,78	3,09	38,93
52	10,08	40,37	10,08	4,04	10,08	39,26	122,78	5,38	10,08	41,53
53	15,62	39,27	15,62	2,94	15,62	38,16	122,78	4,28	15,62	40,43
54	4,50	39,18	4,5	2,85	4,5	38,07	122,78	4,19	4,5	40,34
55	87,43	36,18	87,43	-0,16	87,43	35,06	122,77	1,18	87,43	37,33
56	18,61	38,17	18,61	1,85	18,61	37,07	122,79	3,19	18,61	39,34
57	4,28	37,79	4,28	1,46	4,28	36,67	122,79	2,79	4,28	38,94
58	12,18	37,27	12,18	1,03	12,18	36,19	122,94	2,44	12,18	38,59
59	9,65	37,77	9,65	1,49	9,65	36,68	122,88	2,88	9,65	39,02
60	7,26	39,77	7,26	3,49	7,26	38,67	122,87	4,87	7,26	41,02
61	12,86	38,02	12,86	37,94	12,86	38	137,56	18,2	12,86	39,82
62	1,07	37,43	1,07	4,10	1,07	36,81	123,6	3,66	1,07	39
63	9,88	36,27	9,88	2,94	9,88	35,65	123,6	2,5	9,88	37,84
64	1,88	33,73	1,88	-2,30	1,88	32,85	122,89	-1,11	1,88	35,02
29					12	37,72			12	39,94
1							171,78	51,78		
40							159,34	36,34	0	39,92
66									0	49,43



Rys. 1. Przykład symulacji ciśnienia w węzłach sieci wodociągowej miasta Łapy w rozpatrywanych rozwiązaniach

Fig. 1. Example of simulation of pressure in nodes of water supply system in Łapy city in examined solutions



Rys. 2. Przykład symulacji prędkości przepływu wody w sieci wodociągowej miasta Łapy w rozpatrywanych rozwiązaniach

Fig. 2. Example of simulation of water flow velocity in nodes of water supply system in Łapy city in examined solutions

4. Podsumowanie i wnioski

Wykorzystanie pomiarów zużycia wody na przestrzeni roku w badanym przedsiębiorstwie komunalnym pozwala na modelowanie średniego dobowego zapotrzebowania na wodę na sieci wodociągowej [2].

Dzięki odpowiedniemu wprowadzeniu danych o badanej sieci do programu wykonującego symulację hydrauliczną na bazie cyfrowej mapy miejscowości możliwe jest modelowanie ciśnienia wody na poszczególnych odcinkach wodociągu.

W celu uzyskania wiarygodnych wyników niezbędne jest uruchomienie modelu na podstawie wartości średnich rozborów dobowych oraz weryfikacja otrzymanych w wyniku modelu ciśnień z pomiarami z rejestratora. Następnie należy przeprowadzić kalibrację modelu na podstawie wykonanych pomiarów, a dalej dokonać symulacji pracy w różnych warunkach.

Literatura

1. **Denczew S.:** *Pomiar ciśnienia wody w sieciach wodociągowych jako istotny warunek ich prawidłowego funkcjonowania*. Ref. Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody. III Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna. 57-65, 2005.
2. **Studziński J.:** *Zastosowanie systemów monitoringu w systemach wspomagania decyzji* Raporty Badawcze IBS PAN, 2003.
3. **Denczew S.:** *Podstawy modelowania systemów eksploatacji wodociągów i kanalizacji: teoria i praktyka*. Monografia. Polska Akademia Nauk. Komitet Inżynierii Środowiska. 2006.

Selected Aspects of Modelling in Water Supply System on the Example of Łapy City

Abstract

The aim of the work was modeling of selected parameters of the water supply system of Łapy city and simulation of intention of connecting new intakes for various location variants.

Water supply system of Łapy city with 2300 inhabitants supplied from three intakes was the object of investigations. Average day usage of water is 1 383 m³/d. Majority of water is used by housing and industry and storage terrains.

In the first phase of creating the model digital map of Łapy in the scale 1:500 was used and following layers were marked off: net of water supply conductors, borders of plots and buildings. On the base of created map exact values of length and diameters of sections of water supply system and ordinates of individual elements of water supply system were obtained.

In order to assess water usage records of readings (years 2006 and 2007) from all water meters located on the water supply system, of total 2056 objects, were taken.

In order to verify values pressure in created model of water supply system [1] data loggers of pressure and temperature Cellbox-H were located on selected underground hydrants. Measurements gathered this way were used for comparison and calibration of pressure in given points of net obtained using the model and using real values from data logger.

Utilization of measurements of water usage within one year in studied municipal enterprise allows to model average day water demand on the water supply system [2].

Modelling water pressure on the individual sections of water supply system is possible thanks to suitable introduction of data about studied system to programme executing the hydraulic simulation on the base of digital map of the city.

In order to obtain credible results it is indispensable to start model on the basis of values of average day water usage and verification of obtained thanks to model pressures with measurements from data logger. Than calibration of model on the basis of executed measurements should be conducted, and next simulation of work in various conditions should be made.

