

EWA OGIOŁDA¹, MARTA GAJDA^{**}

SYSTEM ZAOPATRZENIA W WODĘ MIASTA NOWA SÓL

Streszczenie

W artykule przedstawiono charakterystykę systemu zaopatrzenia w wodę w mieście Nowa Sól z uwzględnieniem poszczególnych jego elementów oraz wielkości i struktury zużycia wody. Przeprowadzone obliczenia pozwoliły na porównanie ich wyników ze stanem istniejącego, przebudowywanego obecnie systemu, a stworzony do tego celu model hydrauliczny umożliwi wykonywanie obliczeń symulacyjnych.

Słowa kluczowe: zużycie wody, obliczenia hydrauliczne, system zaopatrzenia w wodę

WSTĘP

Zaopatrzenie w wodę ma za zadanie ujmowanie, uzdatnianie oraz dostarczanie wody o odpowiedniej jakości, pod odpowiednim ciśnieniem i o dogodnej dla odbiorców porze. Działalność ta jest zadaniem własnym danej gminy, co reguluje Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (Dz.U. 2001 nr 72 poz. 747 z p.zm.). W Nowej Soli podmiotem odpowiedzialnym za zaopatrzenie w wodę mieszkańców jest Miejski Zakład Gospodarki Komunalnej sp. z o.o.

Istniejący system zaopatrzenia w wodę w Nowej Soli jest obecnie przebudowywany, podjęto zatem próbę oceny parametrów jego pracy, porównania wyników obliczeń hydraulicznych ze stanem faktycznym i stworzenia narzędzia umożliwiającego w przyszłości wykonanie obliczeń symulacyjnych dla kolejnych planowanych w systemie zmian.

* Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska, Zakład Sieci i Instalacji Sanitarnych

** studentka inżynierii środowiska WILiŚ UZ

LOKALIZACJA SYSTEMU I CHARAKTERYSTYKA ZUŻYCIA WODY W NOWEJ SOLI

Nowa Sól jest położona w południowo-wschodniej części województwa lubuskiego, nad rzeką Odram. Ma status gminy miejskiej i jest stolicą powiatu nowosolskiego. Miasto należy do mezoregionu Pradoliny Głogowskiej. Najwyżej usytuowanym punktem w mieście jest wzniesienie (69,5 m n.p.m.) zlokalizowane w jego południowej części, zaś najniżej położony jest obszar wzdłuż koryta rzeki – Odry (61,0 m n.p.m.). Powierzchnia miasta wynosi 2156 ha, co stanowi 2,80% powierzchni powiatu nowosolskiego i 0,15% powierzchni województwa lubuskiego [Wróbel 2007].



Rys.1. Lokalizacja Nowej Soli [Wikipedia]
Fig. 1. Localisation of Nowa Sol [Wikipedia]

Nowosolski system wodociągowy zaopatruje w wodę mieszkańców miasta Nowa Sól, a także miejscowości w gminie wiejskiej Nowa Sól: Lubieszów, Wrociszów, Rudno, Kiełcz oraz Starą Wieś. W tabeli 1 przedstawione zostały: liczba ludności w Nowej Soli oraz w poszczególnych wsiach, odsetek ludności korzystającej z sieci wodociągowej oraz zużycie wody przez gospodarstwa domowe w 2010 r.

W 2010 r. Miejski Zakład Gospodarki Komunalnej w Nowej Soli zaopatrywał w wodę ogółem ok. 40 tys. mieszkańców, a średnia produkcja wody wynosiła ok. 5500 m³/d. Największy udział w zużyciu wody w Nowej Soli w 2010 r. przypadła na potrzeby gospodarstw domowych - 97,6%, zużycie wody przez przemysł to 1,3%, zaś pozostałe cele (przeciwpożarowe, utrzymanie zieleni i fontann, zużycie do podlewania ogródków) stanowiły 1,1%.

Tabela 1. Zestawienie liczby ludności, odsetka osób korzystających z sieci wodociągowej oraz zużycia wody w 2010 r. w gospodarstwach domowych [Gajda, 2011]

Jednostka osadnicza	Liczba mieszkańców	Odsetek ludności korzystającej z sieci wodociągowej [%]	Zużycie wody w 2010 r. [m ³ /a]
Nowa Sól	39 945	97,2	1 388 712
Lubieszów	666	74,3	77 086
Wrociszów	229		26 867
Rudno	450		30 878
Stara Wieś	152		
Kielcz	786		
Łącznie	42 228	-	1 523 543

Dobowe zużycie wody na jednego mieszkańca w latach 2005-2010 przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Dobowe zużycie wody na jednego mieszkańca w latach 2005-2010 [Bobowska 2010]

Średnie dobowe zużycie wody na mieszkańca	Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	[dm ³ /M·d]		98,9	87,8	100,0	96,0	100,2

Według Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody (Dz.U. 2002 nr 8 poz. 70), dla gospodarstw domowych z wyposażeniem standardowym, zużycie wody na jednego mieszkańca wynosi 80-100 dm³/M·d. W latach 2005-2008 ta wartość mieściła się w granicach podanych w rozporządzeniu, zaś w 2009 i 2010 r. była nieznacznie wyższa.

METODYKA BADAŃ

Model symulacyjny systemu zaopatrzenia w wodę miasta Nowa Sól został wykonany przy pomocy programu EPANET, który został opracowany przez Agencję Ochrony Środowiska USA w celu przeprowadzania komputerowych

symulacji hydraulicznych oraz badania w sieciach ciśnieniowych przepływów wody. Program pojawił się po raz pierwszy w 1993 roku i został udostępniony na zasadzie Public Domain (licencji publicznej) dającej możliwość wykorzystania go do dowolnego użytku, także do celów komercyjnych [Rossman 2000].

EPANET posiada szerokie zastosowanie przy analizie systemu rozprowadzania wody. Program wykorzystuje znane algorytmy przy analizie hydraulicznej, które umożliwiają analizowanie dowolnie dużej i skomplikowanej sieci, wykonują obliczenia spadku ciśnienia spowodowanego tarcieniem z wykorzystaniem równań Hazena-Williamsa, Chezy-Manninga, Darcy-Weisbacha, uwzględniają miejscowe straty ciśnienia, a także różne kategorie rozbiorów wody w węzłach [Rossman 2000].

Do wykonania obliczeń hydraulicznych w programie EPANET potrzebne są następujące dane:

- układ sieci wodociągowej przedstawiony jako schemat w postaci grafu,
- długości, średnice oraz chropowatości poszczególnych odcinków sieci,
- wielkości rozbioru wody oraz rzędne terenu poszczególnych węzłów,
- liczba pomp oraz ich charakterystyki,
- rzędne zwierciadła wody zbiorników.

Program EPANET daje możliwość przeprowadzenia obliczeń hydraulicznych sieci wodociągowej przy zmiennym rozbiorze wody, czego rezultatem są: natężenie i prędkość przepływu oraz straty ciśnienia na poszczególnych odcinkach oraz wartości ciśnienia w węzłach sieci.

SYSTEM ZAOPATRZENIA W WODĘ W NOWEJ SOLI

Nowosolski system wodociągowy jest zaopatrywany z dwóch ujęć wody: Ujęcia Wody Podziemnej nr 1 zlokalizowanego przy ul. Wojska Polskiego w Nowej Soli i Ujęcia Wody Podziemnej nr 3 zlokalizowanego we wsi Wrociszów.

Ujęcie wody nr 1 położone jest w zachodniej części miasta Nowa Sól, w bezpośrednim sąsiedztwie jego granic administracyjnych. Obszar ujęcia obejmuje powierzchnię 18,9 ha, ujmowanie wody odbywa się przy pomocy 19 studni głębinowych, z czego czynnych i eksploatowanych jest 13. Budowa studni trwała od 1969 do 1998 roku [Gusta i Kochański 2007]. Głębokość odwiertów eksploatowanych studni mieści się w zakresie od 17 do 26 m p.p.t., zaś średnia wydajność tych studni wynosi 50 m³/h [Gusta i Kochański 2005].

Ujęcie wody nr 3 zlokalizowane jest we wsi Wrociszów we wschodniej części gminy Koźuchów, na terenach rolniczo-leśnych. Powierzchnia terenu ujęcia jest płaska, a zakres rzędnych to 73-75 m n.p.m. Ujmowanie wody odbywa się przy pomocy 5 studni głębinowych eksploatowanych naprzemiennie. Studnie były budowane w latach 1984-2000. Głębokość odwiertów eksploatowanych

studni mieści się w zakresie od 54 do 76 m p.p.t., zaś średnia wydajność tych studni wynosi 60 m³/h [Gusta i Kochański 2007].

Woda pobierana przez Miejski Zakład Gospodarki Komunalnej sp. z o.o. z ujęć nie spełnia wymagań Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2007 nr 61 poz. 417 z p.zm.) - ujmowane wody można zaklasyfikować do III i IV klasy jakości wód podziemnych - dlatego też istnieje konieczność jej uzdatniania. Występują wartości ponadnormatywne następujących parametrów fizyko-chemicznych: zawartość żelaza, manganu, barwa, mętność. Uzdatnianie wody odbywa się na SUW zlokalizowanej na terenie ujęcia nr 1 w Nowej Soli i na SUW zlokalizowanej w Zakęciu (ujęcie nr 3) [Gusta i Kochański 2007].

Nowosolska sieć wodociągowa jest siecią jednostrefową mieszaną o układzie obwodowo-końcówkowym, pompowym z dwoma źródłami zasilania.

Łączna długość przewodów wodociągowych w roku 2010 wynosiła 140,2 km, w tym długość rurociągów magistralnych 18,3 km. Długość sieci rozdzielczej wynosi 83,0 km, a przyłączy wodociągowych 39,1 km. Najwięcej przewodów – aż 61% jest z żeliwa, przewody z tworzywa stanowią 33% (16% to PE, zaś 17% to PCV). Najmniejszy udział w strukturze materiałowej mają: azbestocement (5%) oraz stal (1%). Przewody eksploatowane poniżej 25 lat stanowią 50% ogółu, a 40% to przewody mające od 26 do 50 lat. Najmniejszy udział stanowią przewody mające od 51 do 100 lat (8%) oraz mające powyżej 100 lat (2%).

Zakres średnic i materiały przewodów to:

- żeliwo – Ø80, 100, 125, 150, 200, 225, 250, 300,
- stal – Ø80,
- azbestocement – Ø100, 150, 200, 400,
- PE – Ø90, 110, 125, 150,
- PCV – Ø90, 110, 160, 225.

OBLICZENIA HYDRAULICZNE SYSTEMU ZAOPATRZENIA W WODĘ

Model symulacyjny systemu zaopatrzenia w wodę wykonany w programie EPANET składa się z: 342 węzłów i 425 odcinków, 3 zbiorników, 8 pomp (po 4 dla każdego z ujęć) działających w zależności od wielkości rozbioru wody.

- Przy tworzeniu modelu sieci wodociągowej przyjęto następujące wartości chropowatości przewodów:
 - rury żeliwne, skorodowane, będące w eksploatacji $k=3$ mm,
 - rury stalowe, skorodowane, będące w eksploatacji $k=1,5$ mm,
 - rury azbestocementowe $k=0,6$ mm,
 - rury z tworzywa sztucznego (PE i PVC) $k=0,4$ mm.

Podstawą do określenia rozbiórów węzłowych wody, typu zainstalowanych pomp, parametrów zbiorników wodociągowych (rzędnych zwierciadeł i objętości wody) były informacje udzielone przez Miejski Zakład Gospodarki Komunalnej sp. z o.o.

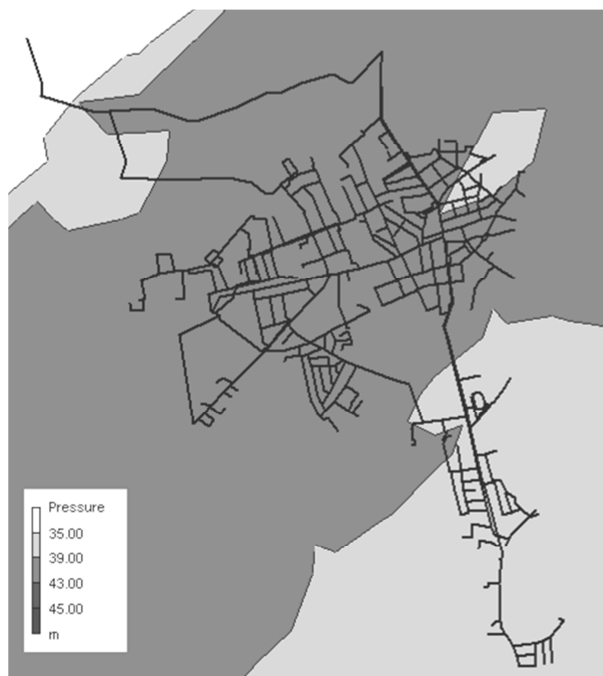
Straty ciśnienia w rurociągach, spowodowane tarciem o ścianki, zostały obliczone przy użyciu metody Darcy-Weisbacha.

Wyniki przeprowadzonych obliczeń hydraulicznych w programie EPANET przedstawiono w postaci zakresów parametrów w tabeli 3.

Tabela 3. Wyniki przeprowadzonych obliczeń hydraulicznych dla poszczególnych wariantów rozbiórów wody

Wariant rozbioru wody	Zakresy ciśnienia [m]	Zakresy prędkości przepływu [m/s]
maksymalny	35,86 ÷ 44,24	do 0,52
minimalny	50,68 ÷ 57,87	do 0,37

Rozkład ciśnienia panującego w sieci podczas rozbioru maksymalnego został przedstawiony na rysunku 2.



Rys. 2. Rozkład ciśnienia panującego w sieci przy rozborze maksymalnym
Fig. 2. Pressure contour plot during maximum demand of water

Rozkład ciśnienia w sieci wodociągowej przy rozbiórce minimalnym został przedstawiony na rysunku 3.



Rys. 3. Rozkład ciśnienia panującego w sieci przy rozbiórce minimalnym
Fig. 3. Pressure contour plot during minimum demand of water

ANALIZA WYNIKÓW

Obliczenia hydrauliczne przeprowadzono na stworzonym w programie EPANET modelu systemu zaopatrzenia w wodę miasta Nowa Sól dla różnych wariantów rozbioru wody.

Obliczenia wykonano dla stanu istniejącego systemu wodociągowego. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że:

- przy rozbiórce maksymalnym dla wszystkich 4 i 5 – kondygnacyjnych budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej zostanie zapewnione w najbardziej niekorzystnie położonych punktach czerpalnych odpowiednie ciśnienie; 11-kondygnacyjne budynki - dwa mieszkalne i jeden użyteczności publicznej, mieszczące się w północnej części miasta, wyposażone są w zestawy hydroforowe o odpowiednich parametrach,

- dla rozbioru minimalnego ciśnienie panujące w sieci nie przekraczało dopuszczalnego (60 m H₂O),
- ze względu na małe różnice wysokości terenu Nowej Soli nie ma konieczności strefowania sieci wodociągowej (deniwelacja obszaru na którym znajdują się źródła zasilania i przebiegają przewody wynosi 4,3 m),
- prędkości przepływu na większości odcinków sieci nie przekraczały 0,5 m/s, co jest wynikiem niekorzystnym, mogącym powodować stagnację wody w przewodach, odkładanie się osadów na ściankach oraz pogorszenie się jakości wody pod względem fizykochemicznym i bakteriologicznym; z tego względu istnieje konieczność płukania sieci,
- pomimo, że ok. 50% eksploatowanych przewodów ma ponad 25 lat, co wiąże się ze zwiększoną chropowatością rurociągów, straty ciśnienia na poszczególnych odcinkach są niewielkie; a wynika to z niskich wartości prędkości przepływu.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przy działających dwóch źródłach zasilania w warunkach rozbioru maksymalnego pracowały jednocześnie dwie pompy (po jednej w każdym źródle zasilania) z ośmiu zainstalowanych. Przy rozbiore minimalnym pracowała tylko jedna pompa (na terenie ZPW-1), co odpowiada rzeczywistej pracy systemu wodociągowego. Przyczyna wykorzystania maksymalnie dwóch z ośmiu dostępnych pomp jest następująca: projektowane one były w latach 80-tych XX wieku, kiedy w Nowej Soli funkcjonowały zakłady przemysłowe o znacznym zużyciu wody, zakładano także, że liczba mieszkańców z roku na rok będzie się zwiększać. Po likwidacji zakładów, zmniejszeniu liczby mieszkańców, wprowadzeniu wodomierzy u poszczególnych odbiorców, wzroście cen wody, wymianie instalacji na szczelne, pierwotna ilość pomp okazała się zbyt duża.

Stworzony model symulacyjny systemu zaopatrzenia w wodę stanowi narzędzie służące analizie funkcjonowania sieci – pozwala na dokonanie oceny istniejącej sieci wodociągowej, a także na podejmowanie uzasadnionych decyzji dotyczących eksploatacji, modernizacji oraz rozbudowy całego systemu zaopatrzenia w wodę. Pozwoli na przeprowadzenie symulacji, których wyniki pozwolą na sprawdzenie proponowanych przedsięwzięć modernizacyjnych z uwzględnieniem rozbudowy systemu i dostawy wody do nowych odbiorców w okolicznych miejscowościach (Nowe Żabno i Ciepiałów) oraz do zakładów przemysłowych powstających na obszarze podstrefy Kostrzyńsko-Słubickiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej.

LITERATURA

1. BOBOWSKA M.: *Sprawozdanie z produkcji i sprzedaży wody za okres 2006-2010 r.*
2. GAJDA M.: *Model symulacyjny systemu zaopatrzenia w wodę na przykładzie miasta Nowa Sól.* Uniwersytet Zielonogórski. Zielona Góra 2011
3. GUSTA D., KOCHAŃSKI T.: *Raport o stanie jakości wody w mieście Nowa Sól, 2007*
4. ROSSMAN L.: *EPANET 2, Users Manual.* National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH 45268, 2000
5. WRÓBEL S.: *Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego Miasta Nowa Sól.* Regioplan sp. z o.o. Wrocław 2007

WATER SUPPLY SYSTEM IN NOWA SOL*S u m m a r y*

Characteristics of water supply system in Nowa Sol including its elements and water consumption have been presented. The results make it possible to compare with exploited system parameters. Hydraulic model could be used to carry out the simulation calculations.

Key words: water consumption, hydraulic calculations, water supply system