

Robert WIERZBICKI¹

ZASTOSOWANIE MODELOWANIA MATEMATYCZNEGO W PROJEKTOWANIU MODERNIZACJI SYSTEMÓW ZAOPATRZENIA W WODĘ NA PRZYKŁADZIE SYSTEMU WODOCIĄGOWEGO GMINY ZATOR (część I)

Artykuł przedstawia praktyczne zastosowanie metod modelowania matematycznego z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania inżynierskiego w procesie projektowania modernizacji istniejących systemów wodociągowych na etapie projektu koncepcyjnego. Prezentowane analizy numeryczne dotyczą systemu zaopatrzenia w wodę gminy Zator. Planowana modernizacja systemu związana jest z powstaniem na terenie Zatora Strefy Aktywności Gospodarczej Małopolski Zachodniej (SAG). Znaczący wzrost przewidywanego zapotrzebowania na wodę oraz wynikająca stąd potrzeba powstania dodatkowych ujęć wody w sposób zasadniczy wpłynie na pracę poszczególnych obiektów wodociągowych oraz samej sieci wodociągowej. Lokalizacja nowego ujęcia w stosunku do ujęć będących obecnie w eksploatacji spowoduje zmianę dotychczasowych kierunków i natężenia przepływu wody w poszczególnych odcinkach sieci, wpłynie na zmianę sposobu pracy zbiorników zapasowo-wyównawczych, a także wymagane wydajności pompowni wodociągowych. Celem przeprowadzonych analiz numerycznych jest zbadanie jak będzie pracował system w nowych warunkach eksploatacyjnych, określenie niezbędnych parametrów technicznych poszczególnych obiektów i urządzeń oraz znalezienie optymalnego rozwiązania docelowego zapewniającego sprawne funkcjonowanie całego systemu w nowych warunkach eksploatacyjnych zarówno pod względem technicznym jak i kosztów jego eksploatacji. Wnioski wynikające z tego typu analiz są zbiorem wytycznych dla opracowania projektu budowlano-wykonawczego.

Słowa kluczowe: modelowanie sieci wodociągowych, projektowanie sieci wodociągowych, analizy numeryczne, zapotrzebowanie na wodę

¹ Robert Wierzbicki, Instytut Inżynierii Środowiska, Państwowa Wyższa Szkoła Wschodnioeuropejska, ul. Żołnierzy I Armii Wojska Polskiego 1E, 37-700 Przemyśl, tel. 16-7355252, e-mail: r.wierzbicki.12@gmail.com

1. Wprowadzenie

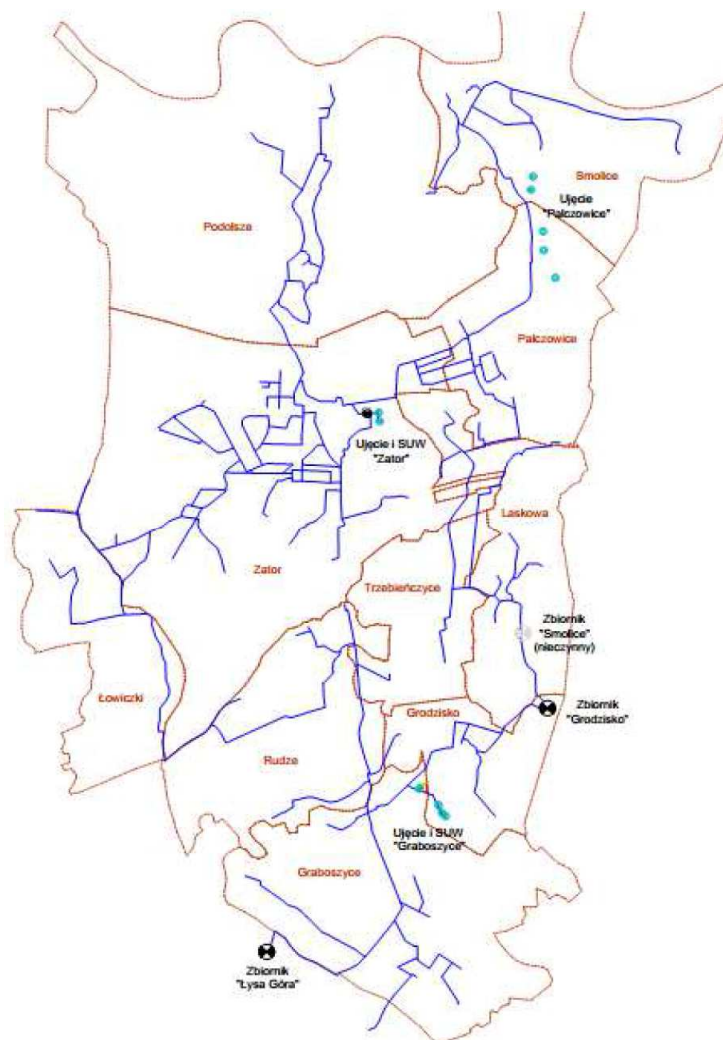
Rozwój technik komputerowych przyczynił się do powstania szeregu narzędzi obliczeniowych, pozwalających na efektywne wspomaganie prac projektowych oraz dogłębną analizę funkcjonowania skomplikowanych systemów technicznych, w tym również systemów zaopatrzenia w wodę (SZW) [1]. Badania tego rodzaju wykonywane z wykorzystaniem metod komputerowych pozwalają na objęcie szerszego spektrum analizowanych zagadnień i uzyskanie większej ilości alternatywnych rozwiązań, z których na drodze racjonalnej selekcji można wyodrębnić te, które najlepiej spełniają założone kryteria techniczne, ekonomiczne, czy też niezawodnościowe.

Wśród algorytmów numerycznych pozwalających na obliczenia lub modelowanie pracy systemów wodociągowych na szczególną uwagę zasługują te, które posiadają zdolność odwzorowania zmiennych warunków pracy systemu. W odróżnieniu od klasycznych metod obliczeniowych, które dają możliwość obliczenia charakterystycznych parametrów pracy systemu wyłącznie dla ściśle określonych warunków zasilania oraz poboru wody, metody symulacyjne, uwzględniające m.in. dynamikę zmian wielkości dostawy wody z ujęć oraz jej poboru przez odbiorców, dostarczają o wiele więcej informacji o sposobie jego funkcjonowania w różnych warunkach eksploatacyjnych. Zastosowanie metod symulacyjnych opartych na modelach matematycznych poszczególnych składowych systemu wodociągowego wymaga jednak zgromadzenia znacznie większej ilości danych wejściowych, a jakość uzyskiwanych wyników jest w tym wypadku ściśle związana ze stopniem dokładności odwzorowania badanego systemu wodociągowego.

W dalszej części artykułu zaprezentowano przykład praktycznego wykorzystania modelowania matematycznego dla znalezienia optymalnego rozwiązania sposobu niezbędnej modernizacji systemu wodociągowego gminy Zator, związanej z powstaniem oraz przewidywanym dalszym rozwojem Strefy Aktywności Gospodarczej Małopolski Zachodniej.

2. Ogólna charakterystyka systemu zaopatrzenia w wodę gminy Zator oraz założeń jego modernizacji

System wodociągowy na terenie gminy Zator obejmuje swym zasięgiem miasto Zator oraz sołectwa: Graboszyce, Grodzisko, Laskowa, Łowiczki, Palczowice, Podolsze, Rudze, Smolice oraz Trzebieńczyce (rys. 1). Z wodociągu korzysta obecnie ok. 7350 osób, co stanowi ok. 80% ogólnej liczby mieszkańców gminy. Łączne zapotrzebowanie na wodę kształtuje się średnio na poziomie ok. 1200 m³/d.



Rys. 1. Ogólny plan sieci wodociągowej na terenie gminy Zator z zaznaczeniem lokalizacji istniejących obiektów wodociągowych oraz podziału administracyjnego gminy

Fig. 1. General plan of the water supply system in Zator municipality including location of existing water supply facilities and administrative division of the municipality

Głównym źródłem zaopatrzenia wodociągu jest ujęcie wody podziemnej zlokalizowane na terenie sołectwa Grodzisko wraz ze stacją uzdatniania wody „Graboszyce”. Zgodnie z warunkami pozwolenia wodnoprawnego ujęcie wykonane w postaci studzien szybowych jest w stanie dostarczyć maksymalnie $1440 \text{ m}^3/\text{d}$ z wydajnością eksploatacyjną nie większą niż $60 \text{ m}^3/\text{h}$ [2, 4]. Uzdatniona woda gromadzona jest na terenie SUW w zbiorniku wody czystej o pojemności 50 m^3 , skąd tłoczona jest do zbiorników zapasowo-wyrównawczych

„Łysa Góra” i „Grodzisko” za pomocą zespołu pomp typu PJM o następujących wydajnościach: pompa P1 – 35 m³/h, pompa P2 – 59 m³/h, pompa P3 – 61 m³/h. Pompownia zlokalizowana jest na rzędnej 237,2 m n.p.m., a ciśnienie wyjściowe wynosi ok. 6,0 barów.

Zbiornik wyrównawczy „Łysa Góra” zlokalizowany jest na terenie przysiółka Ochoc, na zachód od Graboszyc. Pojemność zbiornika wynosi 2×300 m³ przy maksymalnej wysokości napełnienia równej 3,65 m sł.w. Dno zbiornika znajduje się na rzędnej 289,13 m n.p.m.

Zbiornik „Grodzisko” zlokalizowany jest w północno-wschodniej części sołectwa Grodzisko na rzędnej 289,30 m n.p.m. (rz. dna). Pojemność zbiornika wynosi 2×125 m³ przy maksymalnej wysokości napełnienia równej 2,5 m sł.w.

Oba wymienione zbiorniki zlokalizowane są w południowej, wyżej położonej części gminy.

Na terenie gminy istnieje również „stare” ujęcie wody podziemnej w Zatorze, położone na lewym brzegu Skawy, na wschód od centrum miasta. Obecnie jest ono wyłączane z eksploatacji, a w najbliższej przyszłości nie planuje się jego rozbudowy lub modernizacji. W pobliżu ujęcia zlokalizowana jest nieczynna SUW wraz ze zbiornikiem kontaktowym o pojemności 100 m³ i pompownią wody czystej wyposażonej w dwie pompy PJM o mocy 15 kW.

Uzdatniona woda dostarczania jest do odbiorców za pomocą sieci wodociągowej powstałej na przestrzeni ostatnich 40 lat, wykonanej w przeważającej większości z PCV ze stosunkowo niewielkim udziałem przewodów stalowych i żeliwnych. Łączna długości przewodów magistralnych i rozdzielczych o średnicach 90 mm i większych wynosi ok. 80 km. Największą średnicą (200 mm) cechują się przewody na odcinku pomiędzy SUW „Graboszyce” i zbiornikiem „Łysa Góra” oraz SUW „Graboszyce” – wieś Rudze.

Zróżnicowanie wysokościowe obszaru zasilania jest stosunkowo niewielkie i wynosi ok. 70 m. Najniżej położona, północna część wodociągu znajduje się na rzędnych ok. 220,00-225,00 m n.p.m., natomiast wyżej położona, południowa sięga wysokości ok. 290,00 m n.p.m.

Istotny wpływ na przyszłą pracę systemu wodociągowego będzie miał rozwój Stref Aktywności Gospodarczej i związany z tym wzrost zapotrzebowania na wodę. Zgodnie z prognozami zawartymi w opracowaniu pt.: Wskaźnik Produktu Nr 1 w Projekcie „Przygotowanie dokumentacji dla powstającej w Zatorze Strefy Aktywności Gospodarczej Małopolski Zachodniej” [5] w 2030 r. łączne średniodobowe zapotrzebowanie na wodę dla gminy Zator może wynieść netto około 3150 m³/d. Uwzględniając zużycie własne wodociągu oraz straty wody w trakcie jej dystrybucji, wartość ta może osiągnąć blisko 3620 m³/d (tj. ok. 150,8 m³/h). W celu pokrycia zwiększonego zapotrzebowania na wodę planowane jest uruchomienie nowego ujęcia wody podziemnej w rejonie miejscowości Rabusiowice. Wyniki dotychczas przeprowadzonych badań hydrogeologicznych wskazują, że jego wydajność pozwoli na pełne pokrycie przewidywanego zapotrzebowania na wodę do 2030 r.

Zmiana głównego kierunku zasilania oraz wzrost ilości transportowanej siecią wody zmieni jednak dotychczasowy sposób pracy całego systemu wodociągowego. Przynajmniej w części sieci ulegną zmianie kierunki oraz natężenia przepływu wody, a rozpoznanie rodzaju i skali tych zmian wymaga przeprowadzenia odpowiednich analiz numerycznych. Podstawowym celem badań modelowych jest określenie optymalnego pod względem funkcjonalnym, niezawodnościowym i ekonomicznym sposobu modernizacji systemu zaopatrzenia w wodę gminy Zator w perspektywie najbliższych 15 lat, uwzględniającego przewidywany rozwój mieszkalnictwa, usług i przemysłu na tym obszarze ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb Stref Aktywności Gospodarczej.

3. Modele zapotrzebowania na wodę

3.1. Wprowadzenie

Podstawą do stworzenia numerycznego modelu sieci wodociągowej i dalszych analiz jego funkcjonowania jest zbudowanie odpowiednio dokładnego modelu zapotrzebowania na wodę. Modelem zapotrzebowania na wodę określane jest cyfrowe odwzorowanie lokalizacji przestrzennej, wielkości średniej oraz zmienności w czasie poborów wody z sieci wodociągowej przez poszczególnych odbiorców lub grupy odbiorców (np. mieszkalnictwo, usługi, przemysł itd.). Każdy z takich odbiorców, o określonej wartości średniej ilości wody pobieranej w ciągu doby, opisywany jest właściwym rozkładem godzinowym obrazującym zmienność wielkości tego poboru w poszczególnych godzinach doby oraz przyporządkowywany jest do konkretnej lokalizacji w systemie wodociągowym (punkt podłączenia do sieci wodociągowej). Modele zapotrzebowania na wodę stanowią integralną składową modeli hydraulicznych i poza wskazaniem lokalizacji i wielkości poszczególnych odbiorów obrazują również dynamikę ich zmian w ciągu określonej doby (np. o średnim lub maksymalnym poborze wody) na całym obszarze objętym zasięgiem wodociągu.

Dla potrzeb omawianego zadania zbudowano dwa modele zapotrzebowania na wodę. Opisują one stan istniejący oraz przewidywane zapotrzebowanie na wodę w perspektywie roku 2030. Do ich opracowania, ze względu na rodzaj dostępnych danych, wykorzystano metodę wskaźników scalonych, łączących w sobie jednostkowe wskaźniki zapotrzebowania na wodę dla różnych celów jej użytkowania w przeliczeniu na jednego mieszkańca, uzupełniając je wskaźnikami szczegółowymi dla większych odbiorców o charakterze usługowym lub przemysłowym.

3.2. Model zapotrzebowania na wodę dla stanu istniejącego

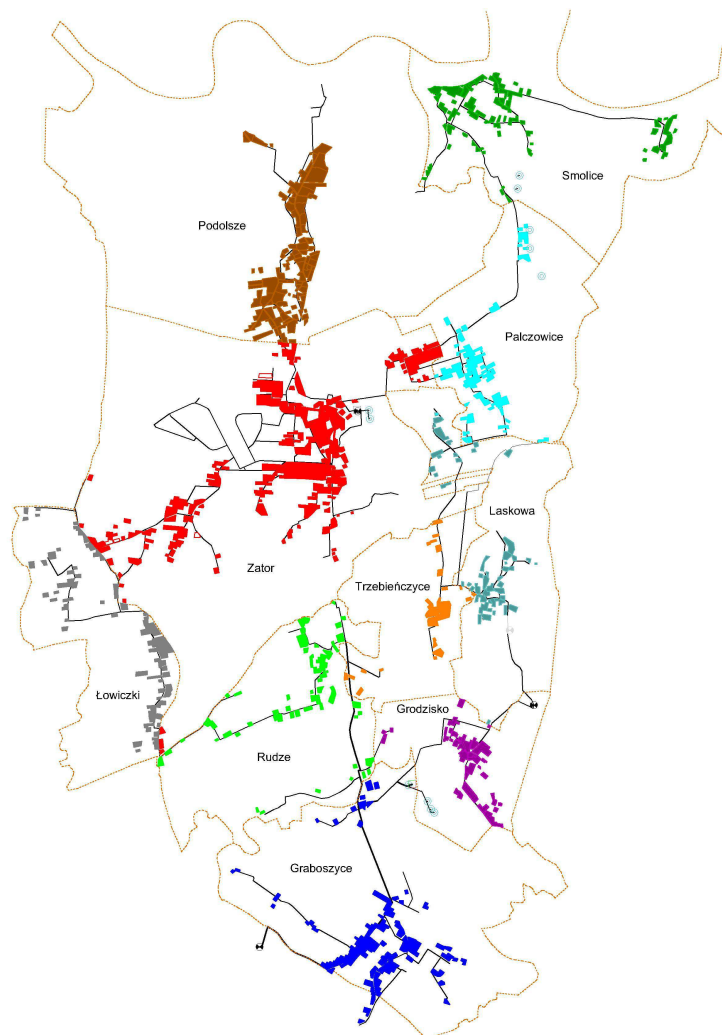
Podstawą opracowania modelu zapotrzebowania na wodę dla gminy Zator dla stanu istniejącego (2014 r.) były dane obejmujące wielkość sprzedaży wody w poszczególnych jednostkach administracyjnych (sołectwach) i mieście Zato-

rze na przestrzeni roku 2013 oraz pierwszych ośmiu miesięcy 2014 r. wraz z danymi o liczbie mieszkańców na terenie sołectw oraz wyszczególnieniem większych odbiorców o charakterze usługowym i przemysłowym.

Każdą jednostkę administracyjną gminy potraktowano jako odrębną jednostkę strukturalną. Na terenie poszczególnych sołectw wydzielono obszary zabudowy i obliczono ich powierzchnię. Obszary zabudowy zostały podzielone na tzw. powierzchnie cząstkowe, które przyporządkowano do odpowiednich węzłów sieci (rys. 2). Każdej jednostce strukturalnej przyporządkowano właściwe wskaźniki gęstości zaludnienia oraz wartości wskaźników jednostkowych dla poszczególnych celów użytkowania wody, dające w efekcie wartość wskaźnika scalonego adekwatnego dla ilości wody dostarczonej odbiorcom na danym terenie oraz przybliżonej liczby osób korzystających z wodociągu. Zmienność poboru wody w ciągu doby dla każdej z grup odbiorców występujących na obszarze danej jednostki strukturalnej opisano odpowiednimi rozkładami godzinowymi zgodnie z „Wytycznymi do programowania zapotrzebowania na wodę i ilości ścieków w miejskich jednostkach osadniczych” [6].

Wartość wskaźnika strat wody i zużycia własnego wodociągu ustalono na podstawie danych o ilości wody wyprodukowanej i dostarczonej odbiorcom (sprzedanej). Dla roku 2013 wartości te wyniosły odpowiednio: $Q_{\text{prod.}} = 1189 \text{ m}^3/\text{d}$, $Q_{\text{zbyt}} = 847,7 \text{ m}^3/\text{d}$. Średnią wartość wskaźnika strat i zużycia własnego dla całego obszaru zasilania przyjęto na poziomie 40,26% ilości wyprodukowanej wody. Wyliczona wartość współczynnika strat i zużycia własnego nie odbiega w sposób drastycznych od przeciętnej dla wielu małych i średnich systemów wodociągowych na terenie Polski, jest jednak bardzo wysoka. Przyczynami takiego stanu rzeczy może być znaczne zużycie wody na cele technologiczne (płukanie filtrów, płukanie przewodów wodociągowych itp.), nieszczelności i wycieki wody lub nieopomiarowany pobór wody.

Według danych z okresu styczeń-sierpień 2014 r. wielkość produkcji wody w tym czasie wyniosła 1121 m^3 , co stanowi istotny wzrost w stosunku do roku 2013. Według szacunkowych obliczeń przeprowadzonych na podstawie powyższych danych, sumaryczna produkcja wody na przestrzeni 2014 r. powinna wynosić ok. $1650\text{-}1680 \text{ m}^3$. Wielkość tę przyjęto jako podstawę do opracowania przestrzennego modelu zapotrzebowania na wodę dla stanu istniejącego.



Rys. 2. Obszary zabudowy (powierzchnie cząstkowe) na terenie poszczególnych sołectw (jednostek strukturalnych) zaopatrywane w wodę z sieci wodociągowej

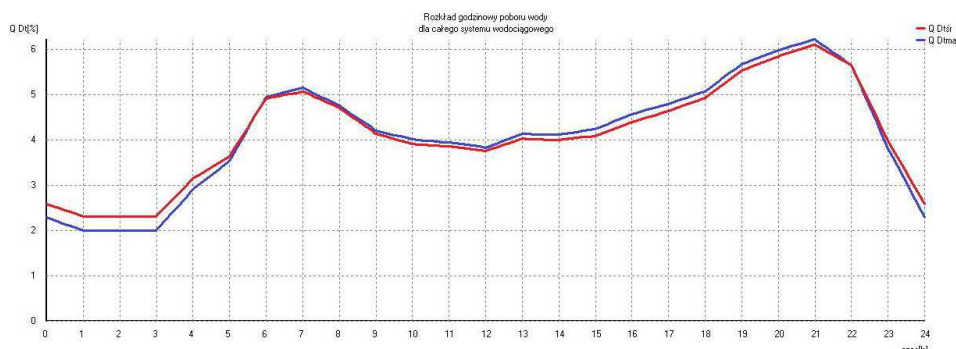
Fig. 2. Areas of development (partial areas) in selected villages (structural units) supplied by waterworks

Wyniki obliczeń bilansu zapotrzebowania na wodę brutto dla stanu istniejącego przedstawiono w tabeli 1. Uzyskane wartości wynikowe są jednocześnie miarą dopasowania modelu zapotrzebowania do rzeczywistych wielkości dostawy i zużycia wody. W wyniku przeprowadzonych obliczeń uzyskano m.in. przebiegi rozkładów godzinowych poboru wody w dobach o średnim i maksymalnym zapotrzebowaniu na wodę (rys. 3).

Tabela 1. Bilans zapotrzebowania na wodę dla gminy Zator dla stanu istniejącego (2014 r.)

Table 1. Water demand in Zator municipality (existing conditions – 2014)

| Wskaźnik | Wartość |
|---|--------------------------|
| Średnie zapotrzebowanie dobowe $Q_{d\bar{s}r}$ | 1 656 m ³ /d |
| Maksymalne zapotrzebowanie dobowe Q_{dmax} | 2 017 m ³ /d |
| Minimalne zapotrzebowanie godzinowe Q_{hmin} | 7,92 dm ³ /s |
| Średnie zapotrzebowanie godzinowe $Q_{h\bar{s}r}$ | 23,35 dm ³ /s |
| Maksymalne zapotrzebowanie godzinowe Q_{hmax} | 30,87 dm ³ /s |
| Straty i zużycie własne wodociągu | 475 m ³ /d |
| Współczynnik nierównomierności godzinowej N_h | 1,32 |
| Współczynnik nierównomierności dobowej N_d | 1,21 |



Rys. 3. Histogramy rozkładów godzinowych zmienności poboru wody dla doby średniej i maksymalnej dla całego systemu wodociągowego (stan istniejący) wyznaczone w wyniku obliczeń

Fig. 3. Histograms of water demand variation in hourly schedules during days of average and maximal demand for the entire water supply system (existing conditions) determined by calculation

3.3. Model zapotrzebowania na wodę dla okresu perspektywicznego

Według analiz prognostycznych przeprowadzonych w oparciu o zapisy planu zagospodarowania przestrzennego gminy Zator [3] ustalono, że w okresie do roku 2030 należy spodziewać się istotnego wzrostu zapotrzebowania na wodę w stosunku do stanu obecnego. Związane to będzie przede wszystkim z rozwojem Strefy Aktywności Gospodarczej Małopolski Zachodniej oraz wzrostem liczby użytkowników indywidualnych korzystających z wodociągu.

W opracowaniu pt.: Wskaźnik Produktu Nr 1 w Projekcie „Przygotowanie dokumentacji dla powstającej w Zatorze Strefy Aktywności Gospodarczej Mało-

polski Zachodniej” [5] przyjęto, że realny przyrost liczby mieszkańców gminy w analizowanym okresie będzie utrzymywał się na poziomie 5‰ rocznie, wliczając w to również procesy migracyjne związane z rozwojem przemysłu i usług na terenie gminy. Jednocześnie założono, że w roku 2030 miarodajna wartość scalonego wskaźnika jednostkowego zapotrzebowania na wodę, uwzględniającego potrzeby mieszkalnictwa, obiektów użyteczności publicznej, drobnych usług i rzemiosła oraz rolnictwa wyniesie ok. 120 dm³/mk*d, a wskaźnik liczby użytkowników korzystających z wodociągu utrzyma się na obecnym poziomie ok. 80% ogólnej liczby mieszkańców.

W obliczeniach uwzględniono również: planowane powstanie na terenie Zatora osiedla mieszkaniowego (7 budynków wielorodzinnych) wraz zapleczem usługowym o łącznej liczbie mieszkańców równej 1235 osób, rozwój zabudowy jednorodzinnej na terenie osiedla Blich o przewidywanej liczbie 580 mieszkańców, dostawę wody na potrzeby CH „Podlipki” i Centrum Aktywizacji Zawodowej, a także dwa obiekty hotelowe o łącznej liczbie 300 miejsc. Dane liczbowe obrazujące powyższe założenia przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie przewidywanej liczby odbiorców oraz łącznej wielkości poboru wody na potrzeby mieszkalnictwa, obiektów użyteczności publicznej, drobnych usług, rzemiosła i rolnictwa na terenie sołectw gminy Zator z wyłączeniem poboru wody na obszarze SAG

Table 2. Expected number of customers and total volume of water demand for housing, public facilities, small services, craft and agriculture in the villages of Zator municipality excluding water demand in SAG area

| Sołectwo | Obecna liczba mieszkańców (2014 r.) [mk] | Przewidywana liczba mieszkańców (2030 r.) [mk] | Przewidywana liczba użytkowników wodociągu (2030 r.) [mk] | Wskaźnik jednostkowy scalony (bez SAG) [dm ³ /mk*d] | Łączne dobowe zapotrzebowanie na wodę (bez SAG) Q _{dśr} [m ³ /d] |
|-------------------|--|--|---|--|--|
| m. Zator | 3681 | 5500 | 4760 | 123,0 | 585,5 |
| Graboszyce | 668 | 810 | 648 | 120,0 | 77,7 |
| Grodzisko | 479 | 519 | 415 | 120,0 | 49,8 |
| Laskowa | 512 | 450 | 360 | 120,0 | 43,2 |
| Łowiczki | 466 | 550 | 440 | 120,0 | 52,8 |
| Palczowice | 317 | 514 | 412 | 120,0 | 49,4 |
| Podolsze | 1419 | 1521 | 1217 | 120,0 | 146,0 |
| Rudze | 483 | 500 | 400 | 120,0 | 48,0 |
| Smolice | 754 | 717 | 574 | 120,0 | 68,9 |
| Trzebieńczyce | 3681 | 340 | 272 | 120,0 | 32,7 |
| suma lub średnia: | 9195 | 11422 | 9500 | 120,3 | 1154,0 |

Odrębną kwestią jest wielkość przewidywanego łącznego zapotrzebowania na wodę przez potencjalnych odbiorców na terenie SAG. Według cytowanego wyżej opracowania w roku 2030 łączne zapotrzebowanie na wodę na terenie SAG może wynieść 1872 m³/d w dobie średniej, a przy uwzględnieniu współ-

czynnika nierównomierności dobowej $N_d=1,15$ wartość zapotrzebowania w dobie o maksymalnym poborze wody może sięgnąć $2153 \text{ m}^3/\text{d}$. Powyższe wartości są wartościami netto bez uwzględnienia strat wody i zużycia własnego wodociągu. W porównaniu z ilością wody pobieranej przez wszystkich pozostałych odbiorców jest to wielkość blisko dwukrotnie większa.

Pomimo uzasadnionych przesłanek, na podstawie których ustalono powyższe wartości, należy traktować je z pewną ostrożnością, gdyż na obecnym etapie nie jest jeszcze znana dokładna liczba oraz rodzaj odbiorców na terenie SAG w okresie perspektywicznym (2030 r.). Prawdopodobnie rzeczywista wartość poboru wody będzie mniejsza, lecz obecnie trudno ocenić w jakim stopniu.

Poza istniejącą zabudową mieszkaniową oraz obiektami usługowymi i przemysłowymi w modelu zapotrzebowania na wodę dla roku 2030 uwzględniono obszary przyszłej zabudowy mieszkaniowej przewidziane w planie zagospodarowania przestrzennego [3] oraz pobór wody na terenie SAG w ilości zgodnej z przyjętymi założeniami. Współczynnik strat i zużycia własnego wodociągu przyjęto na poziomie 28,7% na obszarze istniejącej sieci wodociągowej oraz 15% na terenie SAG i nowych obszarów przewidzianych pod zabudowę.

Zastawienie wyników obliczeń wielkości zapotrzebowania na wodę (brutto) dla 2030 r., będących podsumowaniem liczbowym procesu tworzenia przestrzennego modelu zapotrzebowania przedstawiono w tab. 3, a na rys. 4 pokazano przebiegi rozkładów godzinowych dla całego systemu wodociągowego dla dób o średnim i maksymalnym poborze wody.

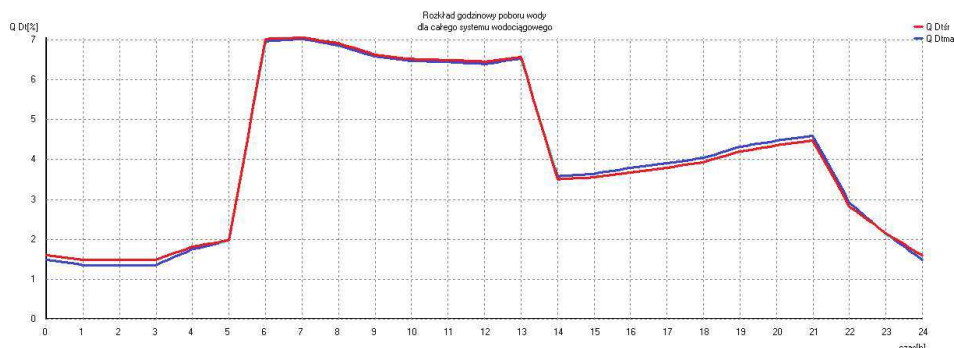
Jak widać na powyższym wykresie rozkład godzinowy poboru wody zdominowany jest przez odbiorców o charakterze przemysłowym z niewielkim tylko wpływem pozostałych użytkowników wodociągu. Rozkład ten jest znacząco różny od rozkładu dla stanu istniejącego (rys. 3) i będzie determinował przyszły sposób pracy całego wodociągu.

Tabela 3. Bilans zapotrzebowania na wodę dla gminy Zator dla perspektywy (2030 r.)

Table 3. Water demand in Zator municipality (2030 perspective)

| Wskaźnik | Wartość |
|--|---------------------------------|
| Średnie zapotrzebowanie dobowe $Q_{d\text{sr}}$ | $3\,662 \text{ m}^3/\text{d}$ |
| Maksymalne zapotrzebowanie dobowe $Q_{d\text{max}}$ | $4\,409 \text{ m}^3/\text{d}^*$ |
| Minimalne zapotrzebowanie godzinowe $Q_{h\text{min}}$ | $11,41 \text{ dm}^3/\text{s}$ |
| Średnie zapotrzebowanie godzinowe $Q_{h\text{sr}}$ | $51,03 \text{ dm}^3/\text{s}$ |
| Maksymalne zapotrzebowanie godzinowe $Q_{h\text{max}}$ | $84,30 \text{ dm}^3/\text{s}$ |
| Straty i zużycie własne wodociągu | $594 \text{ m}^3/\text{d}$ |
| Współczynnik nierównomierności godzinowej N_h | 1,65 |
| Współczynnik nierównomierności dobowej N_d | 1,2 |

* z uwzględnieniem strat na terenie SAG na poziomie 15% $Q_{d\text{sr}}$.



Rys. 4. Histogramy rozkładów godzinowych zmienności poboru wody dla doby średniej i maksymalnej dla całego systemu wodociągowego (perspektywa 2030 r.) uzyskane w wyniku obliczeń

Fig. 4. Histograms of water demand variation in hourly schedules during days of average and maximal demand for the entire water supply system (2030 perspective) determined by calculation

4. Podsumowanie

Proponuje się, aby na etapie projektu budowlanego przewidzieć sposób rozwiązania systemu zdalnego monitoringu technologicznego opartego na łączności bezprzewodowej. System ten powinien obejmować gromadzenie i rejestrację danych m.in. o: wydajności i wysokości ciśnień wyjściowych z SUW, poziomów napełnień zbiorników (technologicznych i sieciowych) oraz wartości ciśnienia w wybranych (newralgicznych) punktach sieci wodociągowej.

Literatura

- [1] Knapik K., Wierzbicki R., Płoskonka R.: Zastosowanie technik komputerowych w analizie funkcjonowania istniejących i projektowanych systemów zaopatrzenia w wodę, Materiały II Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej, Szczyrk 5-6 czerwiec 2003, strony 131 – 139.
- [2] Koncepcja programowa rozbudowy wodociągu: „Ujęcie wody, sieć wodociągowa i zbiorniki we wsi Grodzisko”. Opr.: Pracownia Projektowa Instalacyjno-inżynierska i wodno-melioracyjna, mgr inż. S. Korzuch, 1993.
- [3] Miejskowy Plan Zagospodarowania Przestrzennego dla Gminy Zator. Uchwała Rady Miejskiej w Zatorze nr XVI/96/07 z dnia 27.12.2007 r. wraz z późniejszymi zmianami MPZP w roku 2011.
- [4] Operat wodnoprawny ujęcia wody „Grodzisko”. Opr.: M. Szmyt, 2000.
- [5] Opracowanie pt.: Wskaźnik produktu nr 1 w projekcie „Przygotowanie dokumentacji dla powstającej w Zatorze strefy aktywności gospodarczej Małopolski zachodniej”. Opr.: ConspecT, 2012 r.
- [6] Wytyczne do programowania zapotrzebowania na wodę i ilości ścieków w miejskich jednostkach osadniczych. Ministerstwo Administracji, Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska. Warszawa 30 czerwca 1978 r.

IMPROVEMENTS DESIGNING OF WATER SUPPLY SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF ZATOR MUNICIPALITY WATER SUPPLY SYSTEM

Summary

The article includes practical application of mathematical modeling techniques using specialized engineering software for designing improvements of existing water supply systems on stage of conceptual design. Presented numerical analysis was related to Zator municipality water supply system. The planned modernization of the system is caused by establishing in Zator Economic Activity Zone for Western Malopolska (SAG). A significant increase of predicted water demand and resulting need for additional water intakes fundamentally affects water supply network and related facilities. Localization of new water intake will change current water direction and flow. It will also change the way of exploitation of water tanks and required flow rate for pumping stations. The aim of described numerical analysis is to check how the system will work under new conditions as well as to define required technical parameters of particular objects and devices to find optimal functioning of the system in new conditions. Conclusions from this type of analysis is a set of guidelines for the building-executive project.

Keywords: numerical analysis, modeling of water supply systems, water supply, water system designing

Przesłano do redakcji: 30.05.2015 r.

Przyjęto do druku: 30.10.2015 r.

DOI: 10.7862/rb.2015.134