

Ewelina KILIAN, Wojciech KORAL

*Institut Inżynierii Wody i Ścieków
Politechnika Śląska*

PROBLEMY EKSPLOATACYJNE SIECI WODOCIĄGOWEJ MAŁYCH WODOCIĄGÓW GMINNYCH WOJEWÓDZTWA ŚLĄSKIEGO

THE OPERATION PROBLEMS OF SMALL WATER UTILITY IN SILESIA
REGION (POLAND)

Małe wodociągi gminne stanowią większość, z przedsiębiorstw odpowiadających za dostawę wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi w Polsce. Przedsiębiorstwa te prowadzą eksploatację tych samych urządzeń wodnych oraz spotykają się z podobnymi problemami jak duże wodociągi miejskie. Różnica w funkcjonowaniu tych dwóch rodzajów przedsiębiorstw wynika z porównania ich wskaźników eksploatacyjnych.

W referacie przedstawiono napotkane w trakcie badań terenowych problemy hydrauliki sieci, powodujące nieciągłą dostawę wody do odbiorców. Dodatkowo przedstawiono analizę strat wody oraz awaryjności sieci, wskazując jednocześnie na możliwości wdrożenia prostych i tanich działań naprawczych.

Small water network systems are the majority of the water companies responsible for supplying water for human consumption in Poland. These companies operate water facilities and face problems similar to larger water companies. The difference in functioning of these two types of companies results from the size of utilities.

The paper shows an analysis of the operating parameters of the chosen water supply system. It also emphasises the hydraulic problems with reliable water supply to consumers and analyses the water losses and the pipe failures. The results of the analysis allowed to suggest simple solutions to improve efficiency of water network.

1. Wprowadzenie

Istnieje wiele możliwości przeprowadzenia klasyfikacji przedsiębiorstw wodociągowych pod względem ich wielkości biorąc pod uwagę m. in.:

- podstawowe jednostki samorządu terytorialnego: czy zakres działalności przedsiębiorstwa związany jest z gminą miejską, miejsko-wiejską czy wiejską [1]
- aspekty społeczne jako liczba zaopatrywanych odbiorców lub mieszkańców gmin [1]

- klasa przedsiębiorstwa (małe, średnie, duże przedsiębiorstwo): liczba zatrudnionych osób, roczny obrót lub całkowity bilans finansowy roczny
- parametry techniczne tj. długość sieci, obciążenie sieci (woda wtłoczona, woda sprzedana), gęstość przyłączy

Najczęściej stosowanym kryterium z wyżej wymienionych jest kryterium liczby zaopatranych mieszkańców, jednak ze względów przedstawionych w dalszej części artykułu autorzy zakwalifikowali badane przedsiębiorstwo do grupy „małych wodociągów” na podstawie kryterium technicznego – intensywności obciążenia sieci wodociągowej.

W małych przedsiębiorstwach poszczególne działy skupione są najczęściej wokół kilku wielozadaniowych, wszechstronnych osób. Korzyścią takiego stanu rzeczy jest np. możliwość kontroli nad inwestycją przez jedną osobę: od wydania warunków technicznych po odbiór końcowy robót i eksploatację a przez to np. zapewnienie większej płynności procesu inwestycyjnego. Z drugiej strony wymaga to od takiej osoby wszechstronnej wiedzy i umiejętności, nie tylko technicznych.

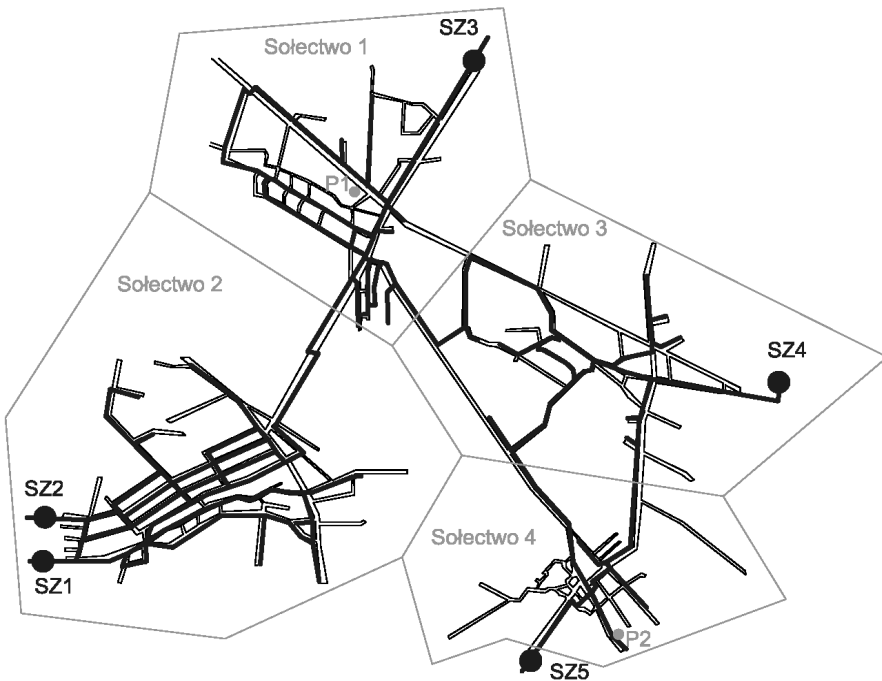
W badanym przedsiębiorstwie wodociągowym podstawowym problemem okazał się brak odpowiedniej wiedzy technicznej na temat hydrauliki sieci. Za techniczną stronę przedsiębiorstwa rozpoczynając od wydawania warunków technicznych, uzgadniania projektów, odbiorów technicznych poprzez pełnienie funkcji dyspozytora, prowadzenia gospodarki wodomierzowej, nadzorów nad usuwaniem awarii, analizą ekranów telemetrii oraz przeprowadzaniem regulacji sieci wodociągowej odpowiadało trzech pracowników. Osoby te nie posiadały kierunkowego wykształcenia ani wyrobionych prawidłowych procedur postępowania, czy to przy prowadzeniu procesu inwestycyjnego czy przy przeprowadzaniu regulacji sieci wodociągowej. Niedociągnięcia te, pomimo bardzo aktywnego zaangażowania pracowników, doprowadziły do błędów, których skutkami były np. braki wody u odbiorców w godzinach szczytowych rozbiórów czy uzgadnianie projektów w których źle obliczono np. straty hydrauliczne.

Poniżej scharakteryzowano badany system wodociągowy oraz przedstawiono napotkane problemy eksploatacyjne sieci wodociągowej.

2. Charakterystyka obiektów badań

Przedmiotem badań była sieć wodociągowa, będąca w posiadaniu gminy Górnego Śląska zlokalizowana w obrębie wpływów eksploatacji górniczej. Gminne przedsiębiorstwo wodociągowe obsługuje cztery sołectwa i odpowiada za dostawę wody do 11 155 mieszkańców, co z godnie z danymi GUS z 2011 r. stanowi 94,8% ludności korzystającej z wodociągu.

Zaopatrzenie gminy w wodę odbywa się z czterech gmin ościennych za pośrednictwem pięciu studni zakupowych: SZ1, SZ2, SZ3, SZ4, SZ5 (Rys. 1).



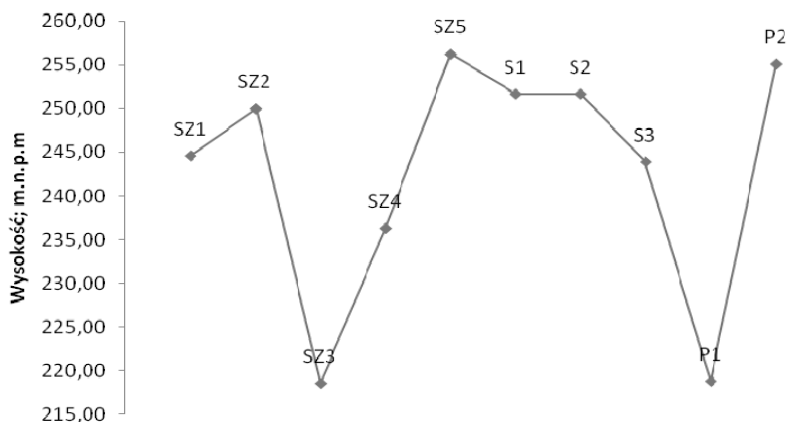
Rys. 1. Schemat zaopatrzenia w wodę gminy

Fig. 1. Water supply network

Zaopatrzenie w wodę od kilku dostawców skutkuje zarówno różnymi wartościami i zmiennością ciśnienia zasilania, jak również różnymi cenami za 1 m^3 zakupionej od poszczególnych dostawców wody.

Deniwelacja rozpatrywanego terenu gminy wynosi ponad 40 m (Rys. 2), co przekłada się (po uwzględnieniu wypadkowego ciśnienia zasilania) na przekroczenia dopuszczalnej wartości ciśnienia w sołectwach 1 i 3. Studnie zakupowe: SZ3, SZ4 i SZ5 wyposażone są w hydrauliczne reduktory ciśnienia (utrzymujące stałą wartość ciśnienia zasilania), a pozostałe (SZ1 i SZ2) pracują pod zmiennym ciśnieniem dostarczanym bezpośrednio przez dostawcę. Regulacja ciśnienia pomiędzy studniami SZ1+SZ2 a pozostałą częścią sieci prowadzona jest poprzez dławienie zasuwą (otwartą na ok. 3 obroty), co skutkuje praktycznym brakiem regulacji, szczególnie w godzinach nocnych.

W pięciu studniach zakupowych (SZ1, SZ2, SZ3, SZ4, SZ5) i trzech pośrednich w 2008 r. zamontowany został monitoring parametrów pracy sieci wodociągowej z wizualizacją za pośrednictwem okna przeglądarki internetowej. Kluczowym, po przeprowadzeniu wstępnej wizji w terenie, okazało się przywrócenie funkcjonalności systemu z powodu wyczerpania baterii w rejestratorach i braku transmisji danych (studnie SZ1+SZ2).

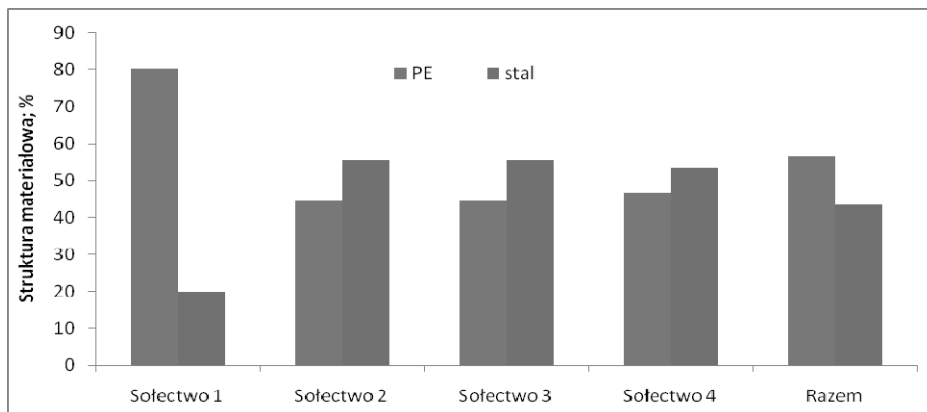


Rys. 2. Wysokościowe ułożenie charakterystycznych punktów sieci

Fig. 2. The height position of the characteristic points of the network

Sieć wodociągowa gminy zbudowana jest z dwóch materiałów: stal i PE (Rys. 3). Obserwowany jest różny stopień wymiany sieci w poszczególnych sołectwach tj. w sołectwie 1 aż 80% sieci wykonanej jest z PE a w pozostałych przeważa sieć stalowa (ok. 60%). Całkowity udział sieci z tworzywa w budowie sieci gminy wynosi 60%. W analizie struktury materiałowej sieci nie uwzględniono przyłączy, ponieważ posiadane przez przedsiębiorstwo na ten temat informacje są szczątkowe. Duże znaczenie w przedmiotowej kwestii ma fakt przejmowania sieci z przyłączami od funkcjonującej na terenie gminy kopalni oraz sieci wykonywanej indywidualnie przez odbiorców (bardzo często z materiałów, które w danej chwili były dostępne, budowanej najtańszym kosztem).

Całkowita długość sieci wynosi 174 km, z tym że nieznaną pozostaje rzeczywista długość przyłączy. Dla celów analizy przyjęto średnią długość przyłączy równą 25 m (podaną/oszacowaną przez pracowników przedsiębiorstwa).



Rys. 3. Struktura materiałowa sieci wodociągowej badanej gminy

Fig. 3. The material composition of water supply systems

3. Analiza parametrów eksploatacyjnych sieci wodociągowej

3.1. Klasyfikacja wielkości badanego przedsiębiorstwa pod kątem parametrów eksploatacyjnych

Obciążenie hydrauliczne/eksploatacyjne sieci wodociągowej jest jednym z ważniejszych parametrów eksploatacyjnych, szczególnie użytecznym w trakcie analizy strat oraz jakości wody. Opierając się na danych przedstawionych przez Dohnalika [2] oraz wynikach badań własnych autorów badane przedsiębiorstwo wodociągowe zaklasyfikowane zostało do grupy przedsiębiorstw małych (wiejskich) ze względu na bardzo niskie obciążenie sieci wyrażone w $\text{m}^3/\text{d}/\text{km}$ (Tab. 1).

Tab. 1. Wskaźniki obciążenia sieci

Tab. 1. Water network efficiency indicators

	Intensywność obciążenia sieci [$\text{m}^3/\text{d}/\text{km}$]
średnia dla miejscowości o liczbie mieszkańców do 90 tys [2]	32,8
badane przedsiębiorstwo – 11,1 tys mieszkańców	9,1

Bardzo niska wartość intensywności obciążenia sieci wskazuje na prawdopodobieństwo wykazywania przez przedsiębiorstwo wysokiego wskaźnika procentowych strat wody przy jednocześnie niskiej wartości Infrastrukturalnego Indeksu Wycieków (ILI) stosowanego do porównań międzynarodowych [3] oraz potencjalne problemy z regulacją ciśnienia sieciowego w cyklu min-max rozbiorów.

3.2. Analiza strat wody

Straty wody wykazywane przez przedsiębiorstwo stanowią ok. 25% wody włączanej do sieci. Jednocześnie obliczona na podstawie danych z monitoringu wartość minimalnego nocnego przepływu wynosi ok. 25 m³/h. Informacje na temat relacji pomiędzy wartością minimalnego nocnego przepływu oraz różnicą pomiędzy zakupem a sprzedażą wody wskazują, że najważniejszą częścią strat wody są straty rzeczywiste (wycieki poprzez nieszczelności sieci).

W Tab. 2 przedstawiono wyznaczone wartości wskaźników: Technicznego Indeksu Strat Rzeczywistych oraz Infrastrukturalnego Indeksu Wycieków (ILI) dla lat 2010-2012 [3]. Wyznaczone wartości wskaźników świadczą o dobrym stanie technicznym badanego systemu dystrybucji wody, pomimo wysokiego wskaźnika strat procentowych wody, co jest prawidłowością dla sieci o bardzo niskiej wartości wskaźnika obciążenia (Tab. 1, [2]). Dodatkowo wartość gęstości przyłączy ($g_p=19$ przyłączy/km sieci) wskazuje że wyższy udział w generowaniu strat wody w przedsiębiorstwie ma sieć wodociągowa.

Jednocześnie obserwowane jest stopniowe zmniejszanie wartości poszczególnych wskaźników, czyli poprawa szczelności eksploatowanego systemu, uzyskiwana przede wszystkim przez postępującą wymianę sieci. Najprawdopodobniej usunięcie kilku awarii pozwoli uzyskać zadawalający poziom funkcjonalności przedsiębiorstwa pod kątem ograniczania strat wody, pod warunkiem dodatkowego obniżenia i stabilizacji ciśnienia, szczególnie w sołectwach 1 i 3.

Przedsiębiorstwo w chwili obecnej nie prowadzi aktywnego wyszukiwania wycieków. Spowodowane jest to zarówno koniecznością poniesienia kosztów wynikających z zakupu urządzeń do diagnostyki, jak również koniecznością zatrudnienia osób do obsługi specjalistycznego sprzętu. Biorąc pod uwagę wyznaczone wskaźniki (Tab. 2), inwestycja w stworzenie brygad diagnostycznych w celu wyszukiwania wycieków jest aktualnie ekonomicznie nieuzasadniona.

Tab. 2. Wskaźniki strat wody

Tab. 2. Water losses indicators

Rok	Straty nieuniknione (UARL); m ³ /przyłącze/rok	Techniczny Indeks strat rzeczywistych; m ³ /przyłącze/rok	Infrastrukturalny indeks wycieków (ILI)
2010	35,4	69,4	2,0
2011	35,3	66,0	1,9
2012	35,3	52,2	1,5

3.3. Struktura awaryjności sieci

Intensywność uszkodzeń badanej sieci na przestrzeni lat 2010-2012 wynosi ok. 0,7 awarii/km/rok i jest to stosunkowo niska wartość, biorąc pod uwagę fakt, że pod przedmiotową gminą prowadzą eksploatację dwie kopalnie węgla kamiennego. Ok. 1/3 usuniętych uszkodzeń sieci stanowiły uszkodzenia uznane przez górnictwo (Tab. 3).

Tab. 3. Intensywność uszkodzeń sieci wodociągowej

Tab. 3. The pipe failures of water network

	Liczba awarii; [szt]	Długość sieci; [km]	Intensywność uszkodzeń; [awarie/km]	W tym % awarii uznanych przez górnictwo; [%]
2010	112	168,3	0,7	39
2011	106	171,5	0,6	25
2012	117	174,2	0,7	11

Całkowita liczba uszkodzeń sieci w analizowanym okresie czasu wynosiła ok. 110 uszkodzeń/rok, w tym ponad połowa wszystkich uszkodzeń to uszkodzenia sieci rozdzielczej (Tab. 4). Stwierdzono stosunkowo mały udział uszkodzeń armatury dla analizowanej sieci. Najczęściej odnotowany typ uszkodzenia to wżery korozyjne (Tab. 4).

W latach 2010 i 2011 występuje wiele pustych wpisów o sposobach usuwania awarii. Biorąc pod uwagę fakt, że w przedmiotowych latach ok. 30 % awarii zostało uznanych przez górnictwo, puste zapisy mogą w większości dotyczyć usuwania awarii poprzez montaż kompensatora.

Tab. 4. Uszkodzalność różnych rodzajów przewodów

Tab. 4. Damage of different types of pipes and fittings

Rodzaj uszkodzenia	2010	2011	2012
Przyłącze	41	42	39
Przewód rozdzielczy	67	62	70
Zasuwa	4	0	8
Razem	112	104	117

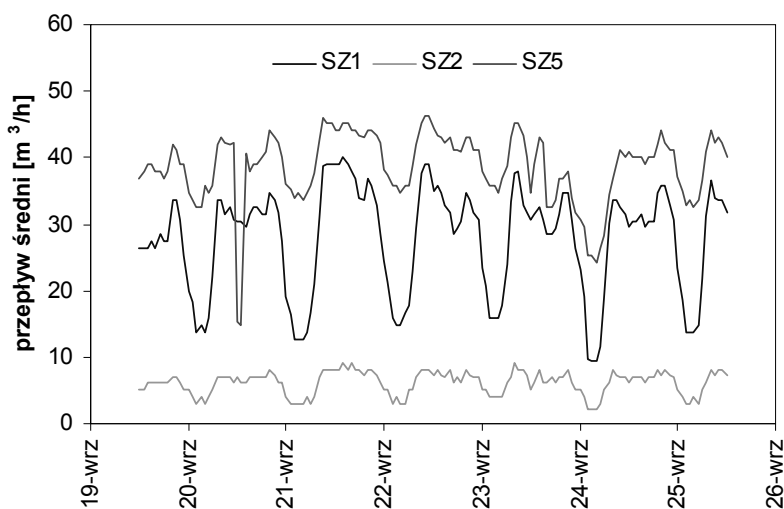
Tab. 5. Rodzaje uszkodzeń i sposobów naprawy sieci wodociągowej

Tab. 5. The type of damage and repair

Typ uszkodzenia/sposób naprawy	2010	2011	2012
kompensator	3	17	28
zasuwa	1	1	2
wżer korozyjny (opaska)	32	28	78
brak informacji	76	58	9

3.4. Struktura zaopatrzenia w wodę

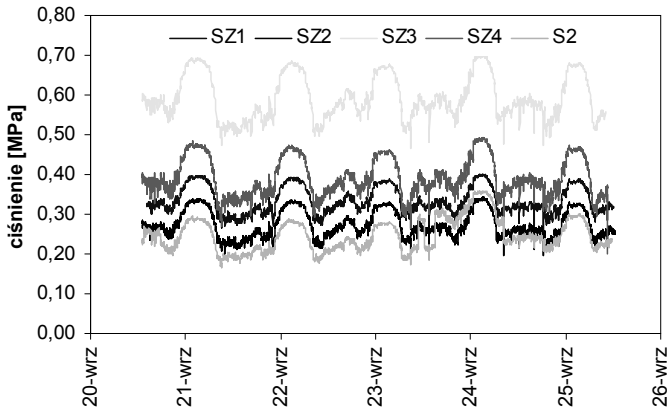
Największy udział w zaopatrzeniu w wodę przedmiotowej gminy mają studnie SZ1 i SZ2 oraz studnia SZ5. Brak wyposażenia studni SZ4 w monitoring, a SZ3 w pomiar przepływu powoduje, że uzyskany obraz pracy sieci jest niekompletny. Analizując jednak wielkości zakupu wody dla gminy oraz chwilowe wartości przepływu uzyskane z pozostałych studni zakupowych można zauważyć że zasilanie od strony SZ4 stanowi stosunkowo mały udział w zasilaniu gminy, a studnia SZ3 praktycznie nie podaje wody do sieci gminy – wynika to z faktu, że ciśnienie zasilania studni SZ3 jest przez większość czasu niższe, niż ciśnienie po stronie zasilanej (sołectwa 1). Rys. 4 przedstawia chwilowe wielkości zużycia wody w poszczególnych studniach zakupowych, uzyskane z systemu monitoringu przedsiębiorstwa.



Rys. 4. Przepływy, studnie zakupowe

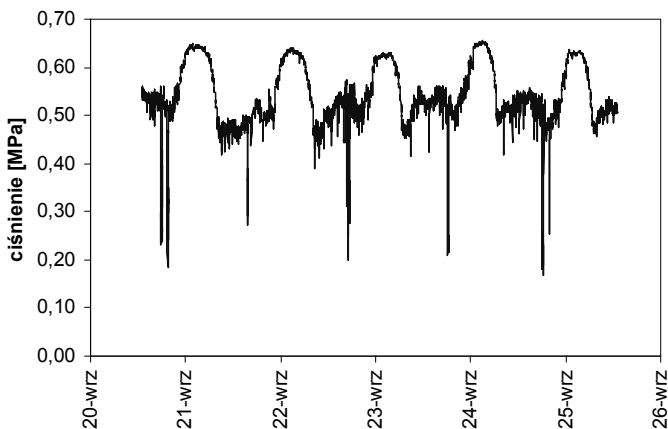
Fig. 4. Flows, supply chambers

Rys. 5 przedstawia przebieg linii ciśnień zasilania w studniach odpowiadających za zaopatrzenie w wodę przedmiotowej gminy. Brak wyposażenia wszystkich studni w zawory redukcyjne powoduje wzrost ciśnienia w godzinach nocnych o ok. 0,20 MPa w porównaniu do godzin dziennych. Ponadto wzrost ciśnienia zasilania po stronie dostawców wody (w studniach które nie są wyposażone w zawory hydrauliczne - SZ1+SZ2), związany jest z automatycznie wyższą wartością ciśnienia w przedmiotowej sieci gminnej, co pokazuje profil ciśnienia w najbardziej niekorzystnym punkcie sieci (punkt P1, Rys. 6).



Rys. 5. Profile ciśnień zasilania sieci przedsiębiorstwa w studniach zakupowych

Fig. 5. The pressure profiles in supply chambers



Rys. 6. Profil ciśnienia w krytycznym (najniżej położonym) punkcie sieci

Fig. 6. The pressure profile in critical point of water network

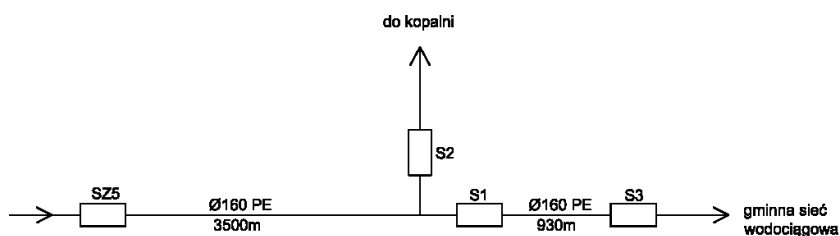
Przeprowadzona analiza parametrów pracy sieci wodociągowej oraz problemów wskazywanych przez pracowników przedsiębiorstwa pozwoliły stworzyć listę koniecznych działań, których realizacja pozwoli na poprawę efektywności pracy sieci przedsiębiorstwa poprzez:

- zapewnienie niezawodnej dostawy wody do każdego z odbiorców (eliminacja spadków ciśnienia w sieci sołectwa 4 w punktach najwyżej położonych)
- eliminację przekroczeń dopuszczalnej wysokości ciśnienia (Sołectwa 1 i 3)
- zmniejszenie ilości zakupywanej wody po najwyższej cenie (od strony komory SZ4)
- konieczność uzupełnienia danych o sieci oraz ich właściwą archiwizację
- lokalizację nieszczelności i zmniejszenie strat wody.

3.5. Problemy zasilania w wodę sołectwa 4 od strony studni SZ5

Sołectwo 4 zlokalizowane jest w najwyżej położonej części Gminy, jednocześnie na jego terenie znajduje się największy odbiorca – jedna z kopalń węgla kamiennego działająca na terenie Gminy. Dodatkowo w trakcie pomiarów terenowych potwierdzono skargi mieszkańców na znaczące spadki wartości ciśnienia wody w sieci wodociągowej. Z tego powodu dla tego sołectwa przeprowadzono rozszerzoną analizę przyczyn występujących problemów eksploatacyjnych.

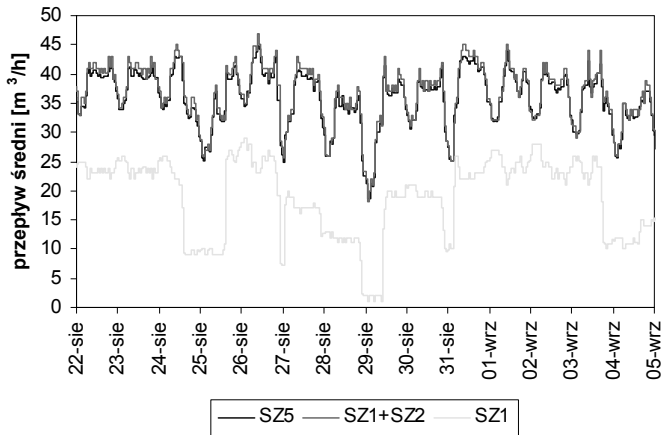
Sołectwo 4 w przeważającej części zasilane jest za pośrednictwem rurociągu DN160 PE ze studni SZ5 wyposażonej w hydrauliczny reduktor ciśnienia DN80 (Rys. 7). Pomędzy studnią zakupową a sołectwem 4 zlokalizowane są jeszcze 3 inne studnie (2 bilansowe i jedna rozliczeniowa kopalni), przy czym dwie z nich wyposażone są w sprężynowe reduktory ciśnienia DN150. Reduktor w studni rozliczeniowej kopalni zamontowany został w celu zdławienia chwilowych maksymalnych rozbiorów, natomiast reduktor w studni S3 miał zabezpieczać dalszą część sieci.



Rys. 7. Zaopatrzenie w wodę sołectwa 4 od strony studni zakupowej SZ5

Fig. 7. The water supply of „sołectwo 4”

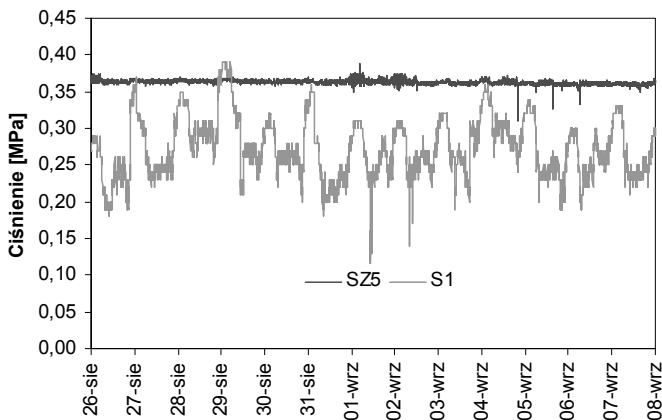
Wartości chwilowych rozbiorów rejestrowanych w studniach SZ5, S1 i S2 przedstawiono na Rys. 8. Suma rozbiorów studni S1 i S2 równa jest rozbiorom w studni SZ5, co świadczy to o szczelności rurociągu DN160 pomiędzy tymi studniami.



Rys. 8. Zależność pomiędzy sumarycznym przepływem studni S1 i S2 oraz przepływem w studni zakupowej SZ5

Fig. 8. The relationship between a total flow of chambers S1 and S2 and flow in chamber SZ5

Jednak pomimo szczelności rurociągu dostarczającego wodę do sołectwa odbiorcy wody skarżyli się na uciążliwe spadki ciśnienia w sieci. Przeprowadzone pomiary potwierdziły ten fakt, wykluczając jednocześnie jako ich przyczynę nieprawidłową pracę reduktora w studni SZ5 (Rys. 9).

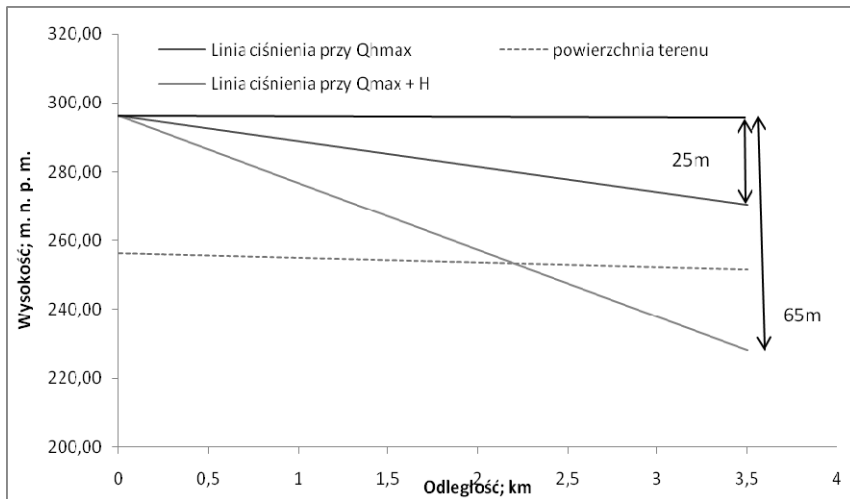


Rys. 9. Wykres linii ciśnień: za studnią zakupową SZ5 i przed studnią S1

Fig. 9. The outlet pressure of SZ5 and S1

Wyznaczona wartość ciśnienia zasilania w studni S1 pokazuje że nieuzasadnionym wydaje się kolejne jego obniżanie przez zlokalizowane na sieci studnie redukcyjne S1 i S3. Współpraca zaworów redukcyjnych: hydraulicznego (DN80) ze sprężynowymi (DN150) dodatkowo przy zbyt dużej stracie ciśnienia na odcinku pomiędzy studniami, powoduje duże chwilowe wahania ciśnienia zasilającego sołectwo (ponad 0,20 MPa, Rys. 9). Opisana sytuacja jest odczuwalna niekorzystnie przez mieszkańców sołectwa w godzinach zwiększonych rozbiorów oraz szczególnie w okresie letnim związanym z podlewaniem ogrodów. Dodatkowym niekorzystnym zjawiskiem, które również znacząco wpływa na pracę sieci w sołectwie 4 jest niezlokalizowane dławienie (przyknięta zasuwa, powietrze, zmniejszenie średnicy itp.), które uniemożliwia podanie wody w wystarczającej ilości i pod odpowiednim ciśnieniem od strony sołectwa 3.

Na Rys. 10 przedstawiono profil linii ciśnienia na odcinku wodociągu DN160 zlokalizowanego pomiędzy studniami SZ5 i S1, wyznaczony na podstawie obliczeń hydraulicznych w godzinach maksymalnych rozbiorów ($Q_{h,max}$) oraz dodatkowo symulując pobór wody przez hydrant dla celu gaszenia pożaru ($Q_{h,max} + \text{pożar}$). W warunkach normalnej eksploatacji w czasie maksymalnych rozbiorów strata wysokości ciśnienia na przedmiotowym odcinku wodociągu (wynikająca tylko ze strat liniowych) wynosi 25 m, potwierdzając wyniki pomiarów terenowych. Oznacza to również, że w wypadku konieczności gaszenia pożaru rurociąg ten nie będzie w stanie dostarczyć wody w wymaganej ilości i pod wymaganym ciśnieniem.



Rys. 10. Profile ciśnienia odcinka wodociągu pomiędzy komorami SZ5 i S1

Fig. 10. The pressure profile SZ5-S1

3.6. Proponowane działania zmierzające do poprawy niezawodności eksploatacyjnej sieci wodociągowej

Wyniki badań terenowych przepustowości rurociągu zasilającego DN160 wykazały, że istotnym zadaniem staje się możliwość dosilenia sołectwa 4 od strony sołectwa 3. Zmniejszenie rozbiorów w studni SZ5 oraz demontaż pośrednich zaworów redukcyjnych sprężynowych pozwoli ustabilizować ciśnienie w sołectwie oraz zapewni odpowiednią niezawodność dostawy wody do kopalni (w chwili obecnej w przypadku zamknięcia dostawy wody od strony SZ5 kopalnia nie ma wody, ponieważ pośrednie zawory redukcyjne działają jak zawory zwrotne). Dodatkowo w celu zmniejszenia wpływu kopalni na sieć wodociągową gminy proponuje się montaż na jej zasilaniu hydraulicznego zaworu pierwszeństwa, dzięki któremu wyeliminowane zostaną spadki ciśnienia w sieci wodociągowej, spowodowane nagłymi zwiększonymi rozbiorami wody (ponad 25 m³/h).

Kolejnym krokiem powinno być sprawdzenie sprawności oraz stopnia otwarcia zasuw liniowych (lokalizacja dławień na sieci) oraz montaż zaworu redukcyjnego na rurociągu łączącym sołectwa 2 i 1 zamiast przydławionej zasuw liniowej. Tak przygotowana sieć stanowi podstawę do przeprowadzenia strefowania, które przy istniejącej różnicy wysokości zapewni zarówno eliminację przekroczeń dopuszczalnej wysokości ciśnienia, jak również pozwoli dopasować jego wysokość do występujących w danym rejonie sieci potrzeb. Ponadto wyposażenie studni pomiędzy sołectwami 2 i 1 w hydrauliczny reduktor ciśnienia pozwoli odpowiednio sterować ciśnieniem a przez to również zakupem wody np. ograniczając zakup wody do minimum w studni z najwyższą ceną wody (SZ4),.

Dodatkowo zalecane jest wyposażenie studni SZ4 w monitoring zużycia wody, co pozwoli śledzić na bieżąco pracę całej sieci oraz skrócić czas reakcji na wystąpienie nowej awarii.

4. Wnioski

Badane przedsiębiorstwo wodociągowe stanowi przykład małego systemu wodociągowego, posiadającego możliwości efektywnej regulacji i nadzoru bez ponoszenia znaczących nakładów pieniężnych. Możliwości te związane są z efektami postępującej wymiany sieci, niskiego technicznie poziomu strat wody oraz możliwościami rozbudowy istniejącego systemem monitoringu sieci.

Jak pokazuje analizowany przykład i doświadczenia autorów z badań terenowych w innych systemach, małe przedsiębiorstwa wodociągowe często posiadają już odpowiednie narzędzia do właściwego nadzoru i zarządzania siecią wodociągową. Problematyczne pozostaje jednak wyciąganie wniosków z posiadanych informacji, wiedza nt. hydrauliki i regulacji systemów wodociągowych oraz podejmowanie odpowiednich działań rozwojowych/modernizacyjnych we właściwej kolejności.

Bibliografia

- [1] Bergel, T., Kaczor, G., Bugajski P. Stan techniczny sieci wodociagowych w malych wodociagach wojewodztwa malopolskiego i podkarpackiego. Infrastruktura i ekologia terenow wiejskich Nr 3/IV/2013 (291-304), Polska Akademia Nauk oddzial w Krakowie
- [2] Dohnalik, P., Jędrzejwski Z., „Efektywna eksploatacja wodociagów. Ograniczanie strat wody, to wcale nie trudne...” Kraków; Wyd. LEMTECH Konsulting, 2004
- [3] A. Lambert, W. Hirner: “Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures”, http://www.iwahq.org/contentsuite/upload/iwa/all/Documents/Utilities/blue_pages_water_losses_2000.pdf, visited August 2013