

Urszula KĘPA, Ewa STAŃCZYK-MAZANEK *
Marcin SZULC **

*INSTYTUT INŻYNIERII ŚRODOWISKA
POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA

**BYTOMSKIE PRZEDSIĘBIORSTWO KOMUNALNE SP. Z O.O

ANALIZA PRACY SIECI WODOCIĄGOWEJ NA PRZYKŁADZIE OSIEDLA IM. GENERAŁA ZIĘTKA W BYTOMIU

THE ANALYSIS OF WATER SUPPLY SYSTEM ON THE ESTATE OF GENERAL ZIĘTEK IN BYTOM - CASE STUDY

Water supply network is usually the most expensive part of the water supply system. Its task is to provide water in the required quantity, the right quality, at the right pressure and at a convenient time for each user. The condition for the proper performance of these tasks is an appropriate design, construction and operation of the existing network. Proper operation is particularly important for oversized systems, which we often have to deal with in Poland. This situation is due to a large decrease in water consumption over the last 30 years.

The article presents an analysis of water supply network on the Estate of General Ziętek in Bytom. The article has been written on the basis of operational data, which were obtained from Bytom Municipal Enterprise Sp. o.o. in Bytom. In particular the data on the technical reconstruction of the water supply system in the estates, which took place in the years 2008-2009 were used. For the purposes of this study the operating data from the period of 2005-2015 were analyzed, too.

The paper presents the characteristic of the water supply network, taking into account the structure of the material, range of diameters, required pressures and way of power the network. The water consumption was analyzed and the balance of purchasing and selling water was made. The operational problems were discussed and the methods used for the location of water leaks were presented. Then the reconstruction of the water supply network was described and conclusion from achieved results were shown.

1. Wprowadzenie

Sieć wodociągowa, ze względu na swoją rozległość, to zazwyczaj jeden z najdroższych elementów całego systemu wodociągowego. Warunkiem niezbędnym dla dostawy wody dla odbiorców jest jej prawidłowe działanie, przy czym musi ona pracować niezawodnie, zarówno przy minimalnych rozbiorach wody, na przykład w godzinach nocnych, jak i w okresach wzmożonego zapotrzebowania, w czasie coraz częściej pojawiających się suchych i gorących dni lata.

Sieć wodociągową projektuje się na określoną perspektywę czasową. W zależności od danych literaturowych ten okres powinien wynosić od 30 do 50 lat [5]. Aby w postulowanym okresie nastąpiła pełna odnowa sieci konieczna jest wymiana już istniejących odcinków na poziomie ok. 3-2% w skali roku. Ponieważ odpowiednie parametry sieci powinny być zachowane przez cały czas jej eksploatacji, przy budowie nowych lub przebudowie istniejących odcinków należy zachować szczególną staranność. Należy również pamiętać, że z efektów naszej pracy korzystać będziemy zarówno my jak i następne już pokolenie.

Istotnym problemem w sieciach wodociągowych na obszarze Polski są stosunkowo wysokie straty wody w porównaniu do innych państw Unii Europejskiej. Są one najczęściej wynikiem złego stanu przewodów, wykonanych ze stali i żeliwa, układanych na przestrzeni lat 1950-1980 [6, 7]. Rurociągi te, charakteryzujące się dużą awaryjnością, powinny być w pierwszej kolejności poddawane renowacji lub przebudowie.

2. Cel i zakres pracy

Celem artykułu było przeanalizowanie pracy sieci wodociągowej na przykładzie Osiedla im. Gen. Jerzego Ziętka w Bytomiu. Dokonano porównania warunków pracy sieci przed i po przeprowadzonej przebudowie.

W ramach artykułu przeanalizowano wielkość zapotrzebowania na wodę dla całej strefy zasilania oraz wykonano bilans wody zakupionej i sprzedanej. Omówiono problemy eksploatacyjne występujące na sieci wodociągowej oraz opisano stosowane metody lokalizacji wycieków wody. Dokonano również oceny awaryjności sieci. Przedstawiono zakres przeprowadzonej przebudowy sieci i warunki pracy w chwili obecnej.

Wykorzystano materiały Bytomskiego Przedsiębiorstwa Komunalnego Sp. z o.o. w Bytomiu, a w szczególności dane dotyczące rozwiązań technicznych przebudowy sieci wodociągowej na terenie Osiedla im. Gen. Ziętka, która miała miejsce w latach 2008 – 2009.

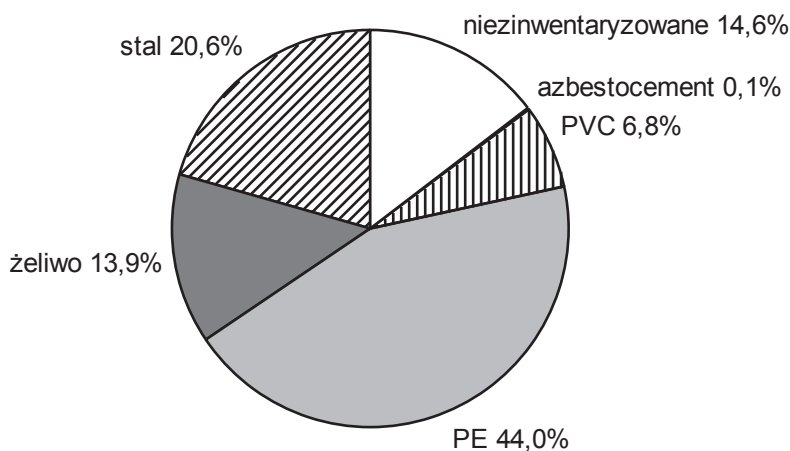
3. Cel i zakres pracy

Analizowana sieć wodociągowa jest eksploatowana przez Bytomskie Przedsiębiorstwo Komunalne Spółka z o.o. Zakres działalności przedsiębiorstwa obejmuje: zaopatrzenie i sprzedaż wody odbiorcom indywidualnym i zbiorowym, odbiór i oczyszczanie ścieków, eksploatację infrastruktury wodociągowo-kanalizacyjnej oraz oczyszczalni ścieków, prowadzenie prac remontowych sieci i obiektów infrastruktury wodno-kanalizacyjnej, modernizację sieci i prowadzenie inwestycji w zakresie gospodarki wodno-ściekowej a także eksploatację składowiska odpadów komunalnych. Spółka realizuje wiele przedsięwzięć inwestycyjnych i skutecznie pozyskuje na nie środki zarówno z programów Unii Europejskiej, jak i z funduszy krajowych [2].

Łączna długość sieci eksploatowanej wynosi prawie 490 km, w tym:

- sieć magistralna	11,14 km,
- sieć rozdzielcza	337,20 km,
- przyłącza wodociągowe	141,57 km.

Przedsiębiorstwo nie posiada własnych ujęć wody, jest ona dostarczana z sieci Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągowego S.A. z trzech ujęć wód powierzchniowych (Goczalkowice, Czaniec, Kozłowa Góra) oraz dwóch ujęć wykorzystujących wody głębinowe (Bibiela, Miedary). Jakość wody dostarczanej dla Bytomia z GPW w Katowicach spełnia normy Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 13.11.2005r. Dz.U. 2015, poz. 1989. Bytomskie Przedsiębiorstwo Komunalne Sp. z o.o. zaopatruje w wodę ok. 162 tys. odbiorców. Średnia miesięczna sprzedaż wody na cele bytowo-gospodarcze wynosi ok. 420 tys.m³/m-c, na cele przemysłowe ok. 53 tys. m³/m-c. Z przeprowadzanych analiz wynika, że średnie zapotrzebowanie na wodę kształtuje się na poziomie ok. 2,5 m³ na jednego mieszkańca na miesiąc, czyli ok. 83 dm³/M*d.



Rys 1. Struktura materiałowa sieci wodociągowej eksploatowanej przez BPK

Fig. 1. Composition of materials on water network operated by the BPK

4. Strefa zasilania osiedla gen. Jerzego Ziętka w Bytomiu przed przebudową

Osiedla Gen. Jerzego Ziętka powstało w latach 80-tych. i obecnie liczy ok. 8850 mieszkańców. W jego centrum znajdują się wieżowce ośmio- i jedenastopiętrowe, otoczone przez 4-piętrowe bloki mieszkalne. Osiedle ma zabudowę w zdecydowanej części mieszkalną, wielorodzinną. Pozostałą część stanowią obiekty handlowo-usługowe, szkoła, przedszkola, przychodnia lekarska, kościół oraz targowisko. Na osiedlu znajdują się również cztery stacje wymienników ciepła należące do Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Bytom, z których dostarczane jest ciepło do budynków zlokalizowanych na osiedlu, nie posiadających indywidualnych węzłów ciepłowniczych [2].

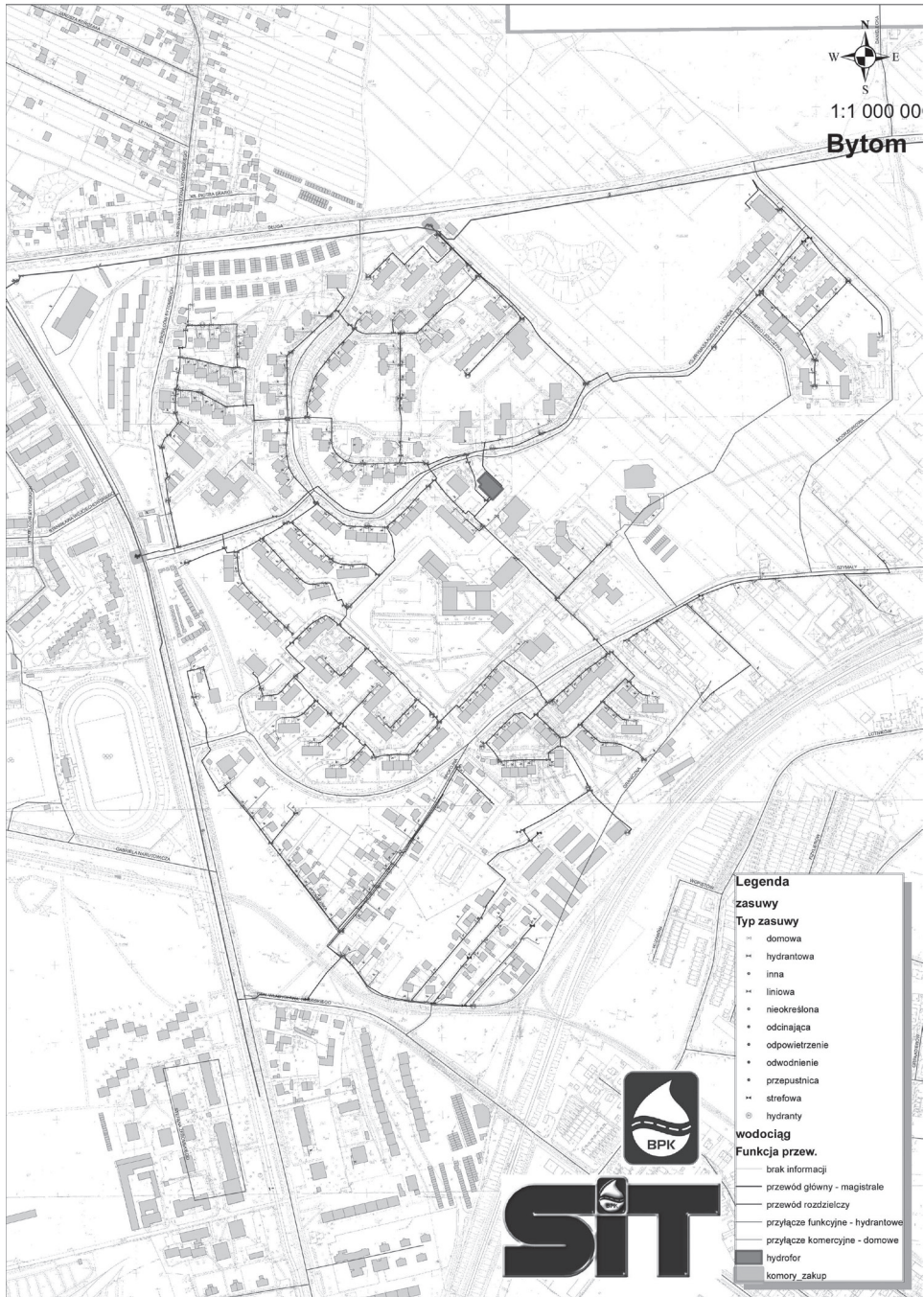
Dostawa wody realizowana jest z dwóch sieci magistralnych eksploatowanych przez oddzielną jednostkę - Górnośląskie Przedsiębiorstwo Wodociągowe (Rys nr 2). Są to wodociąg żeliwny DN500 przebiegającego w ulicy Strzelców Bytomskich (doprowadza wodę z ujęcia wód głębinowych - Miedary) oraz z magistrali żeliwnej DN600 przebiegającej w ulicy Długiej (doprowadza wodę z ujęcia wód głębinowych Bibliela). Zakup wody od GPW dokonywany jest w trzech studniach wodomierzowych S1, S2 i S3. Studnie S1 i S2 zasilane są z magistrali DN 600. Studnia S2 z wodociągu DN 500.

Omawiany teren jest zróżnicowany pod względem wysokościowym. Różnice między rzędnymi dochodzą do 25 m, co w efekcie wymusiło zaprojektowanie sieci wodociągowej z zastosowaniem urządzeń hydroforowych. Pierwotnie na sieci zaprojektowano dwie hydrofarmie. Pierwsza H1 zlokalizowana jest w okolicy trzech wieżowców przy ulicy Hlonda nr 48-52. Zasilana była poprzez studnię S1 wodociągiem stalowym DN300, jako rezerwowe zasilanie przewidziano studnię S2. W budynku hydrofarmi znajdowały się dwa układy hydroforowe:

- mniejszy zasilający trzy położone w najwyższym punkcie terenu wieżowce jedena-stokondygnacyjne przy ulicy Hlonda nr 99 – 103,
- większy (główny) zasilający pozostałą część budynków czteropiętrowych.

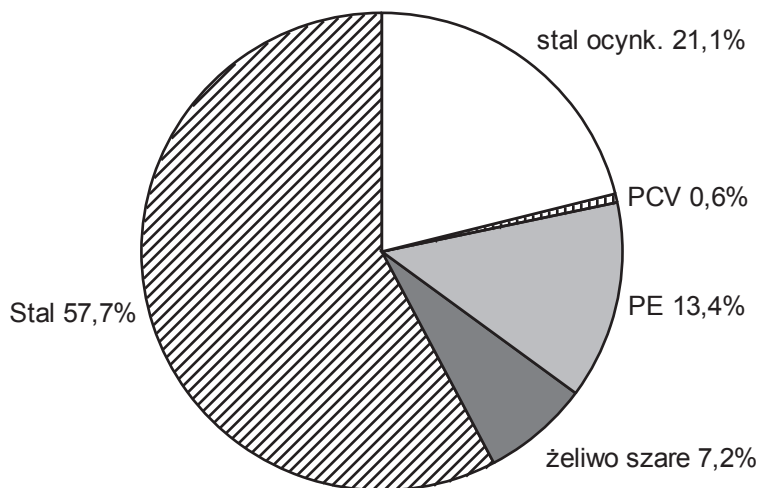
Hydrofarmię H2 wykonano w celu zapewnienia odpowiedniego ciśnienia wody w blokach przy ul. Modrzewiowej, a także w celu pełnienia funkcji rezerwowego hydroforu na całe osiedle. Główny punkt zasilania stanowiła studnia S3. Hydrofarmia była też połączona wodociągiem DN200 z rurociągiem DN300 na wysokości wieżowców przy ul. Hlonda co stanowiło zasilanie rezerwowe i równocześnie umożliwiało dostawę wody również w przeciwnym kierunku.

Pod koniec lat 90-tych BPK Sp. z o.o. rozpoczęło wdrażanie programu opomiarowania wszystkich punktów odbioru, co spowodowało znaczny spadek zużycia wody. W bardzo krótkim czasie, po przeanalizowaniu zapotrzebowania na wodę na powyższym obszarze stwierdzono, iż hydrofarmię H2 można wyłączyć z eksploatacji, gdyż ciśnienie z obiektu H1 w zupełności zaspokaja potrzeby odbiorców. W roku 2001 hydrofarmię H2 wyłączono całkowicie z eksploatacji.



Rys 2. Plan sieci wodociągowej na Osiedlu „Ziętka”
Fig. 2. Water supply network plan

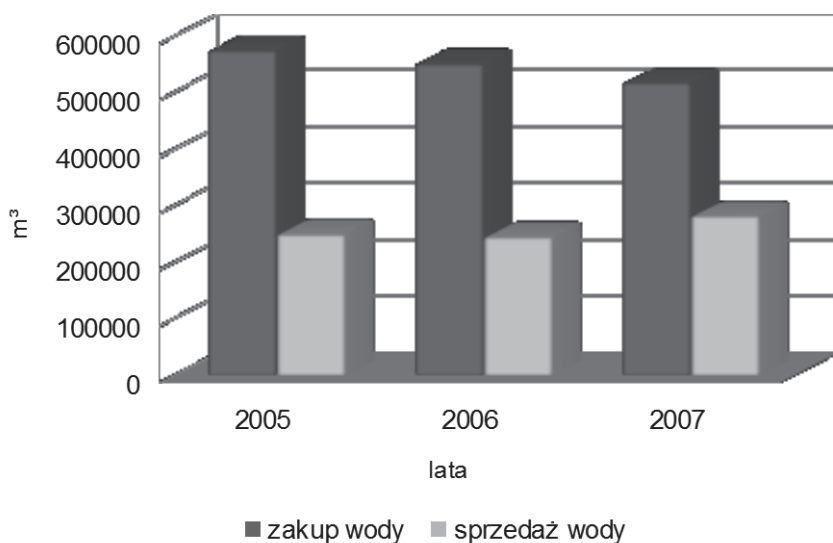
Sieć na analizowanym osiedlu prowadzona jest w układzie pierścieniowym, z odgałęzieniami do obiektów znacznie oddalonych od zasadniczej części układu wodociągowego. Na analizowanym terenie przed przebudową sieć wodociągowa wykonana była przede wszystkim z rur stalowych, stalowych cienkościennych w otulinie z tworzywa sztucznego oraz w niewielkiej części z polietylenu (odcinki dla których przeprowadzono przebudowę wodociągu, Rys. 3). Rury stalowe charakteryzuje wysoka awaryjność ($0,2 - 1,0 \text{ uszk.} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) spowodowana wieloletnią eksploatacją, ograniczeniami technologicznymi, wadami materiału, a także złą jakością przewodów wbudowanych w latach 70-tych i 80-tych XX wieku [4].



Rys 3. Struktura materiałowa sieci wodociągowej na Osiedlu Ziętka
Fig. 3. Composition of material on water supply network on the estate "Ziętka"

4.1 Zapotrzebowanie na wodę na analizowanym terenie

Niezależnie od położenia i wysokości budynku wykonana sieć zapewniała ciągłość dostawy wody dla wszystkich odbiorców. Dokonując obliczeń zapotrzebowania ilości wody dla odbiorców osiedla, wzięto pod uwagę zużycia wody przez mieszkańców, zakłady użyteczności publicznej, takie jak: szkoły, przedszkola, punkty handlowe i gastronomiczne itp. Zaznaczyć należy, że w początkowym okresie nie wszystkie mieszkania wyposażone były w punkty pomiaru ilości wody tj. wodomierze i rozliczane były w systemie ryczałtowym (5 m^3 na jednego mieszkańca miesięcznie), dlatego też średnia zużycia wody na mieszkańca była większa od obserwowanej obecnie. Z upływem czasu, gdy w poszczególnych mieszkaniach i innych punktach odbioru wody zainstalowano wodomierze ilość zużywanej wody znacznie spadła. Na przestrzeni lat 2005 – 2007 zakup wody od GPW w celu jej zapewnienia dla wszystkich obiektów znajdujących się na obszarze osiedla Ziętka kształtował się na poziomie ok. $550 \text{ tys. m}^3/\text{rok}$ [2]. Jednocześnie sprzedaż wody była znacznie niższa tj. ok. $250 \text{ tys. m}^3/\text{rok}$. Straty wody dla omawianego obszaru były więc wysokie i dochodziły nawet do 56% rocznie (Rys.4, Tab. 1).



Rys 4. Zakup i sprzedaż wody w latach 2005 -2007

Fig. 4. The purchasing and selling of water in the years 2005 -2007

Tabela 1. Zestawienie zakupu i sprzedaży wody za okres VI – IX 2007roku

Table. 1. Summary of purchasing and selling of water for a period of VI - IX in 2007 year

Miesiąc	Zakup wody [m3]	Sprzedaż wody [m3]	Straty
Czerwiec 2007	45 145,00	21 012,04	53,46%
Lipiec 2007	44 325,00	20 331,00	54,13%
Sierpień 2007	40 690,00	19 403,00	52,32%
Wrzesień 2007	41 078,00	17 354,99	57,75%
RAZEM	171 238,00	78 101,03	54,39%

Stale zmniejszające się zużycie wody przez odbiorców wpłynęło na pogarszanie się parametrów pracy sieci wodociągowej. Prędkości przepływu wody były niewielkie, co powodowało odkładanie się osadów i wtórne zanieczyszczenie wody. Aby zapobiegać tym procesom konieczne stało się zwiększenie częstotliwości płukania sieci wodociągowej. Ilość wody zużytej na cele związane z eksploatacją sieci wodociągowej w BPK szacuje się na około 6% ilości wody wtłoczonej do sieci. Rzeczywiste straty wody dla analizowanego obszaru wynosiły więc w granicach 40-50% i wynikały przede wszystkim z kilkudziesięcioletnich zaniedbań i braku odpowiednich nakładów na remonty i wymianę sieci. Obliczone średnie zużycie wody na jednego mieszkańca wynosiło ok. 2,3 m³/Mk*miesiąc tj. 77dm³/Mk*d.

4.2 Jakość wody dostarczanej odbiorcom

Jedną z najważniejszych kwestii dla BPK Sp. z o.o., jak również dla innych zakładów wodociągowych, jest utrzymanie stałej jakości wody w całej sieci dystrybucyjnej i niedopuszczanie do jej pogorszenia. Zmiany jakości wody w trakcie jej przechowywania i transportu, zwane wtórnym zanieczyszczeniem, mogą być powodowane przez szereg czynników. Wśród nich można wyróżnić: wiek sieci, materiał z którego jest zbudowana, parametry pracy (prędkość przepływu wody, ciśnienie). Największe zmiany jakości wody stwierdzić można w tych punktach sieci, gdzie występuje niewielki pobór wody, po okresie stagnacji, jak również na końcówkach sieci, tzn. wtedy gdy czas kontaktu wody z materiałem instalacyjnym jest stosunkowo długi.

Eksploatator sieci wodociągowej zgodnie z obowiązującymi przepisami zobowiązany jest do stałej kontroli jakości wody dostarczanej dla odbiorców zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 27 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. 2015, poz. 1989) [8]. W tym celu na terenie osiedla wyznaczono 5 punktów poboru wody dla celów przeprowadzenia badań przez stację sanitarno-epidemiologiczną w Bytomiu. Woda każdorazowo w określonych odstępach czasowych tj. co dwa tygodnie, poddawana była badaniom fizyko-chemicznym i bakteriologicznym. Zgodnie z Rozporządzeniem, w szczególnych przypadkach, np. prowadzenia prac eksploatacyjnych na sieci, usuwania awarii czy skarg odbiorców na jakość wody, analizy były wykonywane częściej.

Przed przebudową sieć wodociągową na Osiedlu Ziętka można było zaliczyć do sieci potencjalnie niekorzystnie wpływających na jakość wody. Większość przewodów wykonana była ze stali i charakteryzowała się dużym wiekiem i wysoką awaryjnością. Równocześnie przewymiarowane były średnice przewodów głównych, gdyż projektowane one były wówczas, gdy cena wody była niska, zapotrzebowanie wysokie, a plany perspektywiczne zakładały znacznie wyższe zapotrzebowanie na wodę niż mamy w chwili obecnej. Skutkowało to dłuższym czasem zatrzymania wody w sieci i możliwością wtórnego zanieczyszczenia. Równocześnie zbyt małe średnice przyłączy wodociągowych powodowały lokalne wzrosty prędkości w godzinach maksymalnego zapotrzebowania na wodę oraz wmywanie osadów i produktów korozji.

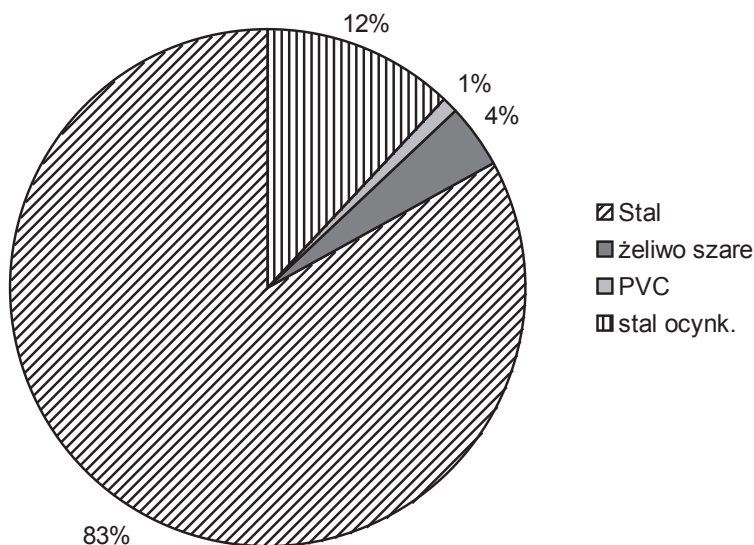
Badana woda nie wykazywała zanieczyszczeń bakteriologicznych. Inne zanieczyszczenia, pojawiały się w wodzie w następstwie takich zdarzeń jak:

- usuwania awarii na sieciach o średnicy min. DN80, gdy następowało przecinanie wodociągu w celu wymiany odcinka rury, zabudowy kompensatora lub armatury wodociągowej,
- prace remontowe,
- duże i nagłe pobory wody np. do gaszenia pożaru,
- zmiany kierunku przepływu wody w wyniku zmiany układu ciśnienia w sieci.

Ze względu na dużą częstotliwość awarii jakość wody w sieci również często ulegała pogorszeniu. Równocześnie następowały liczne przerwy w jej dostawie do odbiorców.

4.3 Problemy eksploatacyjne i awaryjności sieci wodociągowej przed przebudową

Na rysunku 5 przedstawiono awaryjność poszczególnych materiałów zastosowanych przy budowie sieci wodociągowej na osiedlu Ziętka. Z wykresu wynika, że najbardziej awaryjnym materiałem była stal i odpowiadała za ponad 95% wszystkich uszkodzeń. Nie odnotowywano natomiast żadnych awarii na przewodach z polietylenu.



Rys 5. Procentowy rozkład awarii w zależności od materiału przewodu.

Fig. 5. Percentage number of damages in the water supply network depending on the material

Przyłącza wodociągowe wykonane z rur stalowych ocynkowanych o średnicach DN50 niejednokrotnie zasilają kilka klatek budynków 5-cio kondygnacyjnych, dlatego też w godzinach maksymalnych rozbiorów notowano braki w dostawie wody do mieszkań najbardziej oddalonych od miejsca zasilania. Wynikało to ze zbyt dużych spadków ciśnienia na przyłączy i instalacji wewnętrznej budynku. Często również były instalowane wodomierze o takiej samej średnicy jak przyłącze, co skutkowało błędnymi wskazaniami pomiarowymi i przyczyniało się do zwiększania strat wody. Z kolei próba zmniejszenia średnicy wodomierza w celu dokładniejszego pomiaru, powodowała powstawanie zbyt wysokich straty wody w czasie największych rozbiorów wody i związany z tym brak jej dostawy wody dla odbiorców najbardziej oddalonych od węzła wodomierzowego. Równie często montowane były wodomierze o zbyt dużej średnicy, których próg rozruchowy był wysoki. Nie wykazywały one zużycia wody przy minimalnym rozbiorze, bądź podawały wartości o bardzo dużym błędem pomiarowym. Dostawca wody na skutek powyższego ponosił duże straty finansowe.

Również głębokość posadowienie sieci była bardzo zróżnicowana, często dochodziła do 3m ppt, równocześnie występowały odcinki ułożone znacznie płycej, powyżej strefy zamarzania tj. 1,0m. Zarówno sieć położona zbyt głęboko jak i zbyt płytko sprawiała poważne problemy eksploatacyjne. W okresach zimowych, gdy występowały długotrwałe temperatury ujemne, płytkie przewody ulegały zamarzaniu, co skutkowało brakiem dostawy wody do odbiorców. Proces odmrażania prowadzono najczęściej poprzez podpinanie do przewodów stalowych grzewczych urządzeń elektrycznych. Działanie było skuteczne, jeżeli cały odcinek wykonany był z metalu, jednakże często na fragmencie, który uległ wcześniej awarii, przewód był wymieniony na tworzywo sztuczne (PE) i wówczas rozmrożenie nie było możliwe. Zachodziła wówczas konieczność wymiany całości podłączenia w wykopie otwartym i ułożenie go na odpowiedniej głębokości, co wiązało się z długim czasem usuwania awarii oraz dużymi kosztami. Z kolei przewody ułożone na dużych głębokościach powodowały utrudnienia w lokalizacji wycieków wody. Nieszczelność przewodu ujawniała się na powierzchni terenu dopiero po długim czasie, w postaci tzw. zapadliska, i doprowadzała do uszkodzeń chodników, dróg oraz terenów zielonych. Koszt usuwania awarii w takich miejscach był wówczas znacznie wyższy.

Dodatkowo w przypadku rur stalowych, izolowanych, korozja powstająca pod otuliną powodowała wycieki wody w miejscach oddalonych o kilka, a nawet kilkanaście metrów od powstałego uszkodzenia na wodociągu. Powstałe nieszczelności pod otuliną trudno też było zlokalizować przy pomocy specjalistycznego sprzętu, służącego do wykrywania wycieków nie wydostających się na powierzchnię terenu.

Bieżąca eksploatacja sieci wodociągowej pozwalająca na zachowanie ciągłości dostawy wody o odpowiednich parametrach, wymaga podejmowania różnych działań. Bytomskie Przedsiębiorstwo Komunalne w Bytomiu w tym celu utworzyło Zespół Diagnostyczny do monitorowania sieci wodociągowej oraz lokalizowania wycieków nie ujawniających się na powierzchni terenu. Przeszkolono pracowników do ww. prac i zatrudniono ich w systemie trzymianowym.

Zakupiono nowoczesny sprzęt pomiarowy, taki jak:

1. korelator lokalizacji wycieków,
2. traser do trasowania przebiegu sieci wodociągowej,
3. permalogi czyli czujniki rejestrujące szумы powstające podczas wypływu wody przez nieszczelności sieci,
4. rejestratory ciśnień,
5. geofon.

Wykorzystywane do pomiarów urządzenia dają najlepsze wyniki przy pomiarach wykonywanych nocą tzn. przy minimalnych rozbiorach wody. Dodatkowo pomiarów nie zakłócają wówczas hałasy powstające przy ruchu kołowym. Dla prawidłowego monitoringu sieci wodociągowej wykorzystuje się urządzenia do rejestracji ciśnień i przepływu wody w sieciach wodociągowych.

Aby uzyskać najbardziej dokładne pomiary i zlokalizować miejsca awarii niezbędne są informacje dotyczące materiału z jakiego wykonana jest sieć, jej średnicy oraz długość mierzonego odcinka. Bardzo dużym problemem w przypadku Osiedla Ziętka był brak dokładnej inwentaryzacji sieci, dlatego też często koniecznym było wykonywanie wykopów kontrolnych w miejscach wskazanych przez korelator jako prawdopodobna awaria. Po wykonaniu wykopów montowano dodatkowe punkty pomiarowe w celu zmniejszenia długości odcinków podawanej badaniom sieci i umożliwienia dokładnego wskazania miejsca nieszczelności. Punkty pomiarowe stanowiły pręty metalowe przyspawane do opaski założonej na wodociąg i wyprowadzone na powierzchnię terenu. Pręt taki połączony z metalowym rurociągiem przenosi sygnał akustyczny i elektryczny. Niejednokrotnie po wykonaniu wykopów w miejscach jw. zlokalizowano dodatkowo niesprawną zasawę, hydrant bądź nie odcięte stare podłączenie (np. do punktu czerpalnego wody na placu budowy, rys nr 6).



Rys 6. Odkopany, nie zinwentaryzowany węzeł zasaw oraz przyłącze

Fig. 6. Valves and connection discovered during ground works

W celu wytypowania obszarów występowania ewentualnych awarii, nieujawniających się na powierzchni terenu, obserwowano nietypowe zmiany w ilości wody dostarczanej dla osiedla. Przykładowo w jednym z miesięcy roku 2005 zaobserwowano zwiększony poziomem zakupu wody z GPW. Na podstawie analizy ilości wody dostarczanej poprzez poszczególne studnie ustalono rejony, w których mogły wystąpić wycieki. Pracownicy Zespołu Diagnostyki metodą nasłuchową wstępnie ustalali miejsca, gdzie należało wykonać szczegółowe pomiary przy użyciu korelatora. Na Osiedlu Ziętka bardzo często sieć wodociągowa przebiega w pobliżu sieci kanalizacyjnych i w przypadku awarii wypływająca woda z wodociągu dostaje się do kanalizacji poprzez nieszczelne kręgi studni betonowych. Kontrola studzienek i stwierdzenie napływu czystej wody, również umożliwiała wstępne zlokalizowanie i określenie awaryjnych odcinków. Po wykonaniu pomiarów w sieci, zlokalizowano trzy wycieki powodujące dużą ucieczkę wody z sieci. Osiągnano następujące efekty:

- w wyniku usunięcia powyższych awarii poziom zakupu od GPW zmniejszono z 1890 m³/d do 1540 m³/d, czyli o 350 m³/d,
- efekt finansowy w skali jednego tylko miesiąca wyniósł
350 m³/d x 30 dni x 1,47 zł/m³ = 15.435 zł/m-c.

Poważnym problemem występującym na sieci była również niewystarczająca ilość hydrantów nadziemnych zabezpieczających pod względem ppoż. instytucje publiczne. Na terenie całej dzielnicy znajdowały się tylko 3 hydranty: w pobliżu szkoły, przedszkola oraz w okolicy punktów handlowych i usługowych. Dodatkowo hydranty podziemne znajdowały się w takich miejscach, że nie zawsze można było dojechać do nich specjalistycznym sprzętem gaśniczym np. hydrant znajdował się na końcu wąskiej drogi osiedlowej, która służyła jednocześnie jako parking dla właścicieli samochodów. Zdarzały się przypadki zbyt małej wydajności na istniejących hydrantach tj. poniżej min. 10dm³/s. Jednym z powodów takich sytuacji było montowanie podczas usuwania awarii odcinków rur o mniejszych średnicach niż wymieniany wodociąg, co powodowało znaczne straty ciśnienia przy zwiększonym przepływie wody. Z kolei z uwagi na brak dokładnej geodezyjnej inwentaryzacji sieci wodociągowej nie można było określić miejsc przypuszczalnych przewężeń.

Kolejnym problemem był brak właściwego oznakowania zabudowanej armatury przy pomocy tabliczek znamionowych. Szczególnie kłopotliwe okazywało się to w okresie zimowym, przy zalegającym śniegu, gdy należało dokonywać systematycznej kontroli widoczności zabudowanych hydrantów podziemnych. Zlokalizowanie hydrantu czy zasuw było wówczas znacznie utrudnione. Brak oznakowania hydrantów oraz zasuw wpływał znacząco na długość czasu związanego m. in. z odcięciem przepływu wody w czasie awarii, a co za tym idzie zwiększonymi stratami wody na sieci oraz wydłużał inne czynności eksploatacyjne.

Duża awaryjność sieci nie tylko wpływała na ograniczenia w dostawie wody dla odbiorców, ale powodowała również zanieczyszczanie sitek wodomierzy, konieczność płukania podłączeń, wypłacanie odszkodowań za uszkodzone sprzęty AGD czy przestoje w działalności usługowej lub przemysłowej np. piekarni, pralni itp.

Duża ilość awarii, pogorszenie jakości wody i częste przerwy w dostawie wody dla odbiorców oraz konieczność stosowania częstych plukań sieci, spowodowało podjęcie decyzji o dostarczaniu wody podczas ww. prac. Wodę dla mieszkańców oraz placówek oświatowych dostarczano w 5-litrowych butelkach lub w większych zbiornikach w przypadku zakładów usługowych czy produkcyjnych (Rys. 7). Główną przyczyną powstających awarii na istniejącej sieci rozdzielczej oraz podłączeniach była bardzo zła jakość materiału z jakiego wykonane były rury. Stal podlegała silnej korozji i ulegała uszkodzeniom. Kolejnym problemem, jaki miał wpływ na powstawanie awarii, to brak kontroli ciśnienia wody w sieci. Brak reduktorów ciśnienia na studniach zakupowych powodował bardzo duże jego wahania i w konsekwencji powstawanie uderzeń hydraulicznych, co również doprowadzało do uszkodzenia rur wodociągowych. Wiele awarii notowano również na zabudowanej armaturze wodociągowej tj. zasuwach i hydrantach.



Rys 7. Zastępczy zbiornik na wodę pitną

Fig. 7. Portable drinking water tank

Prace przy usuwaniu licznych awarii, wymianie oraz zabudowie niezbędnej armatury generowały bardzo duże koszty a oprócz tego doprowadzały do dewastacji terenu niszczenia zieleni, powodowały konieczność odbudowy chodników i dróg. W ich wyniku występowały utrudnienia w ruchu kołowym i pieszym, niszczone środowisko naturalne oraz marnotrawiono bardzo duże ilości wody. Biorąc pod uwagę powyższe argumenty tj. ciągle rosnące straty wody, a co za tym idzie rosnące koszty eksploatacji sieci, zlecono opracowanie dokumentacji technicznej przebudowy sieci wodociągowej na całym osiedlu, zalecając zastosowanie najnowszych rozwiązań technicznych. Zadanie to włączono do programu „Poprawa gospodarki wodnościekowej na terenie Gminy Bytom” dofinansowanej ze środków Unijnych.

5. Strefa zasilania osiedla gen. Jerzego Ziętka w Bytomiu po przebudowie

5.1 Zakres wykonanej przebudowy sieci

Układ nowej sieci wodociągowej pozostał bez zmian w swojej zasadniczej formie, zmianie lokalizacji podlegały pojedyncze odcinki sieci w celu usprawnienia zasilania poszczególnych budynków. Zachowanie istniejącego układu dla prowadzenia sieci było konieczne, ze względu na licznie występujące uzbrojenie nad i podziemne: gazociągi, linie wysokiego napięcia i niskiego napięcia, linie telefoniczne, światłowody, kanały ciepłownicze, istniejąca magistrała wodociągowa GPW, kanały sanitarne, kanały deszczowe oraz kable elektryczne [11]. Z tego względu trudne byłoby wytyczenie nowej trasy sieci wodociągowej z zachowaniem wymaganych odległości pomiędzy występującym uzbrojeniem nad- i podziemnym. Zachowano istniejący główny układ pierścieniowy z odgałęzzeniami i strefowym układem ciśnieniowym. Główne trasy wodociągów zasilających osiedle w wodę nie uległy zmianie, jednak w miarę możliwości wyprowadzono wodociągi z obszaru jezdni, aby wyeliminować niekorzystny wpływ obciążeń powstających w wyniku ruchu samochodowego. Inwestor, tj. BPK Sp. z o.o. utrzymywał stały kontakt z projektantem uzgadniając wspólnie trasy przebiegu sieci wodociągowej, wykonanie połączeń do każdego segmentu wieloklatkowych budynków, dostosowania średnic wodomierzy do aktualnej ilości pobieranej wody. Ustalano lokalizację hydrantów w miejscach dogodnych dla dojazdu wozów specjalistycznych oraz zachowanie uzgodnionych wcześniej ze strażą pożarną miejsc instalacji hydrantów nadziemnych. Ścisła współpraca z projektantem zaowocowała wykonaniem dokumentacji zgodnej z wytycznymi i zaleceniami eksploatatora oraz przy dostosowaniu do obowiązujących norm i przepisów.

Sieć wodociągową wykonano z rur PE100 SDR 11 PN16 o średnicach DN225, DN160, DN110, DN90 oraz dla przyłączy wodociągowych o średnicach DN63, DN40. Rurociągi z polietylenu odznaczają się wysoką niezawodnością eksploatacji oraz niską awaryjnością. Z powyższego powodu w dniu dzisiejszym większość rurociągów wodociągowych wykonywana jest z polietylenu [7]. Jako armaturę odcinającą w zastosowano wysokosprawne kołnierzowe zasady, hydranty oraz odpowietrzniki producentów: Hawle, Akwa i Jafar.

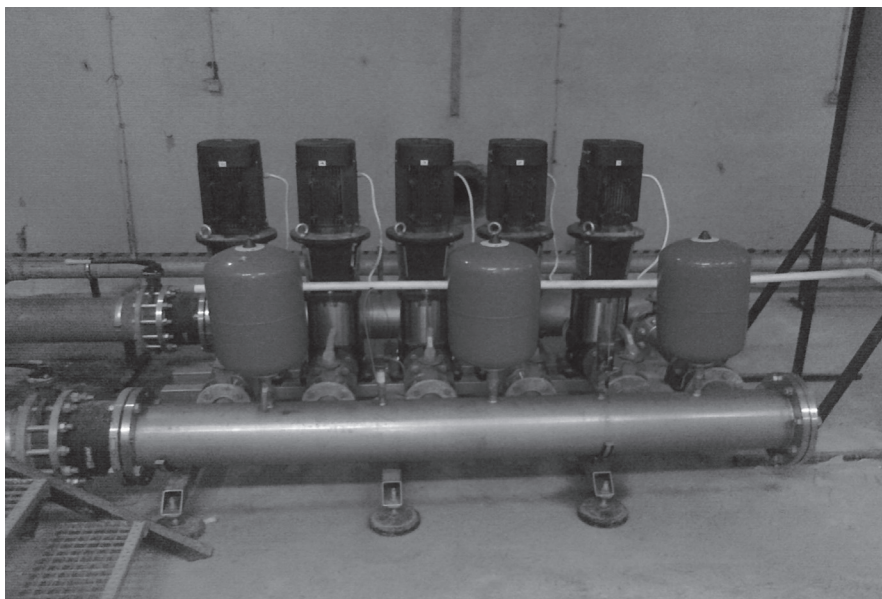
Analizując aktualne zapotrzebowanie wody dla osiedla zredukowano średnicę głównego rurociągu tj. wodociągu DN300, projektując nowy o średnicy zewnętrznej DN225. Jest to odcinek sieci od studni zakupowej S1 do obiektu hydroforni H1. W dniu dzisiejszym można stwierdzić, że rozwiązanie takie było zasadne. Przy projektowaniu nowej sieci należało uwzględnić aktualne miejsca zakupu oraz główne obszary zasilania. Dla przebudowywanej sieci został utrzymany istniejący układ z trzema studniami zasilającymi (wodomierzowymi) tj.:

- studnia S1 zlokalizowana przy ul. Hłonda/Długa
- studnia S2 zlokalizowana przy ul. Strzelców Bytomskich
- studnia S3 zlokalizowana przy ul. Modrzewiowa/Długa

Główną zmianą w zakresie zasilania sieci było wyłączenie z eksploatacji układu hydroforowego w budynku hydroforowni H1, w miejsce którego zabudowano dwa zestawy pomp podnoszących ciśnienie wraz z membranowymi zbiornikami ciśnieniowymi tłumiącymi uderzenia hydrauliczne w sieci (Rys. 8). Utrzymano istniejący stan odnośnie podziału na dwa niezależne strefy sieci.

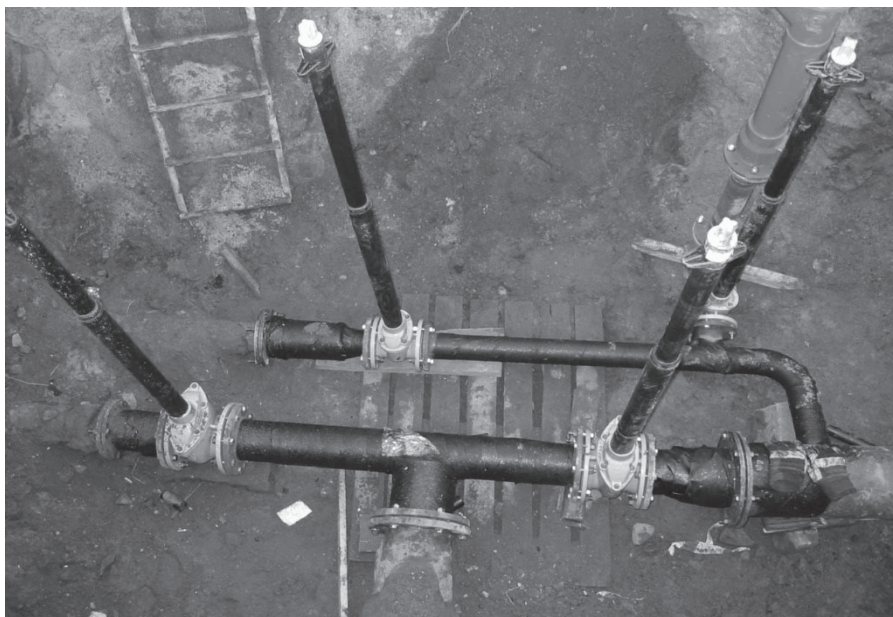
Pierwszy układ pomp zapewnia utrzymanie wymaganego ciśnienia gospodarczego dla większości budynków osiedla, czyli bloków pięciokondygnacyjnych, natomiast zestaw drugi zasila trzy wieżowce jedenastokondygnacyjne usytuowane w najwyższym punkcie osiedla mieszkaniowego przy ulicy Hlonda nr 99 – 103.

Zaprojektowany układ pompowy zapewnia utrzymanie ciśnienia dla najbardziej niekorzystnie położonych hydrantów w wysokości 0,2 MPa i minimalną wydajność 10 l/s dla każdego z nich. W przypadku przerwy w dostawie energii elektrycznej, układ pompowni posiada by-pass umożliwiający zasilanie bezpośrednio z sieci dostawcy wody tj. Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągowego w Katowicach, z pominięciem pompowni.



*Rys 8. Zestaw pomp w obiekcie H1 po przebudowie
Fig. 8. The pump unit in the H1 facility after reconstruction*

Zgodnie z Rozporządzeniami Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 czerwca 2003, Dz.U. 2003 nr 121 poz. 1137 oraz z dnia 24 lipca 2009 r., Dz.U. 2009 nr 124 poz. 1030 [9, 10], w celu zabezpieczenia przeciwpożarowego na trasie wodociągu wzdłuż dróg oraz przy budynkach zabudowano hydranty p.poż. DN80, podziemne w odległościach nie przekraczających 150 metrów, przy zachowaniu odstepu od zewnętrznej krawędzi jezdni drogi lub ulicy do 15m i co najmniej 5m od ściany budynku (Rys. 9). Dodatkowo, zgodnie z wytycznymi p.poż., zabudowywano wysokosprawne hydranty nadziemne, DN100 firmy Hawle.



*Rys 9. Węzeł zasuw liniowych oraz hydrant podziemny
Fig. 9. The new valves node and underground hydrant*

5.2 Charakterystyka nowej sieci wodociągowej

Nowa sieć wodociągowa została wybudowana zgodnie z opracowaną i uzgodnioną w Bytomskim Przedsiębiorstwie Komunalnym Sp. z o.o. dokumentacją techniczną. Główna sieć wodociągowa oraz podłączenia zostały wykonane z materiału PE-100. W stosunku do metalu, żeliwa i betonu polietylen charakteryzuje się licznymi zaletami: elastycznością, brakiem korozji, małym ciężarem, bezpieczną i szczelną technologią wykonywania połączeń (zgrzewanie), mniejszą ilością połączeń, niskimi kosztami robocizny oraz utrzymania i eksploatacji.

Elastyczność polietylenu powoduje, że ewentualne przesunięcia gruntu nie wywołują pęknięć i uszkodzeń rurociągu, prowadzących do awarii systemu. PE nie podlega korozji, której produkty wpływają na jakość wody. Eksploatacyjne pogorszenie się właściwości hydraulicznych wskutek osadów nie ma miejsca w przypadku systemów PE dzięki gładkiej, nieadhezyjnej wewnętrznej powierzchni rury. Dzięki wytrzymałości na niskie temperatury rury pozostają szczelne, są bezpieczne w eksploatacji oraz odporne na zmiany ciśnienia [1]. Rurociągi z PE charakteryzują się największą, wśród materiałów stosowanych do budowy sieci, zdolnością do tłumienia uderzeń hydraulicznych.

Nową sieć wodociągową ułożono na stałej głębokości, około 1,5m. Rurociągi układano na podsypce piaskowej o wysokości 20cm, a następnie obsypano min. 20cm warstwą piasku ponad wierzch rury. Prace budowlane wykonywane były pod stałym nadzorem inwestora, aby zachowana została odpowiednia staranność. Odpowiednie posadowienie nowej sieci, poniżej strefy przemarzania, która głębokość dla Bytomia wynosi 1,0 m, zapobiega zamrażaniu przewodów w okresie zimowym. Następnie sieć wodociągową zasypano gruntem I-II kategorii. Na wysokości ok. 1,0 m poniżej poziomu terenu ułożono wzdłuż przebiegu wodociągu taśmę ostrzegawczą koloru niebieskiego z wkładką metalową umożliwiającą lokalizację przebiegu sieci sprzętem specjalistycznym oraz sygnalizującą obecność wodociągu przy prowadzonych pracach ziemnych. Następnie dokonano zasypu zgodnie z obowiązującymi normami poszczególnych ciągów komunikacyjnych. Sieć została wyposażona w niezbędną armaturę tj. zasuwę liniowe w każdym z węzłów, zasuwę podłączeniowe na każdym podłączeniu, zasuwę przy odgałęzieniach do hydrantów.

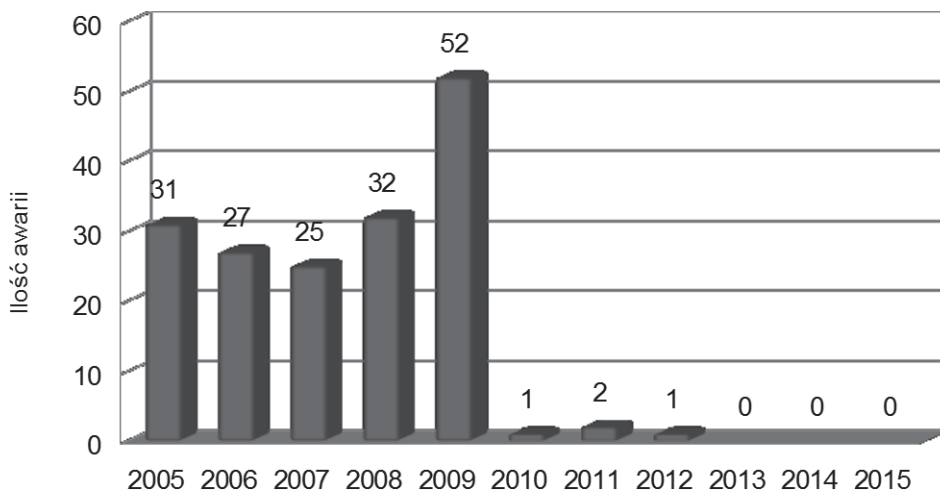
Przy przebudowie sieci zachowano istniejący sposób podłączenia obiektów do sieci, przy uwzględnieniu ewentualnych korekt, w przypadku gdy istniejące przyłącze było wykonane w sposób nieprawidłowy. Na odgałęzieniu od sieci do przyłącza każdorazowo zabudowano zasuwę o minimalnej średnicy DN50. Podłączenia wodociągowe wykonano w technologii rurociągów PE100 o średnicach DN40-63. Wymieniono zestawy wodomierzowe, dobierając odpowiednie średnice wodomierzy, dostosowane do aktualnych poborów wody przez odbiorców w poszczególnych budynkach mieszkalnych, placówkach oświatowych oraz obiektach handlowo-usługowych. Zabudowana armatura została oznakowana przy pomocy tabliczek znamionowych zgodnie z Polską Normą, umieszczonych na trwałych elementach nadziemnych infrastruktury budowlanej (słupy, ogrodzenia, ściany budynków itp.). Umożliwia to szybką lokalizację danego urządzenia, zwłaszcza zimą, gdy teren pokryty jest warstwą śniegu.

Zastosowanie w pompowni nowoczesnych, energooszczędnych pomp wpłynęło na zmniejszenie poboru energii elektrycznej, a co za tym idzie zmniejszenie nakładów finansowych związanych z eksploatacją tych obiektów. Zastosowane urządzenia, tzw. falowniki, dostosowują wydajność pomp do chwilowego zapotrzebowania.

5.3 Eksploatacja sieci po przebudowie

Eksploatacja nowo wybudowanej sieci wodociągowej nie stwarza większych problemów gdyż:

- sieć została wykonana z wysokiej jakości materiału jakim jest PE100,
- zabudowano nowoczesną armaturę zapewniającą bezproblemową eksploatację,
- ułożenie sieci na odpowiedniej głębokości zapewnia ochronę przed zamarzaniem,
- nową sieć ułożono poza ciągami ruchu kołowego, niwelując tym samym powstawanie uszkodzeń na skutek oddziaływań obciążeń spowodowanych ruchem kołowym,
- lokalizacja hydrantów w miejscach dogodnego dojazdu wozów specjalistycznych p.poż. wpłynęło na ograniczenie dewastacji terenów zielonych oraz chodników,
- modernizacja pompowni umożliwia utrzymywanie ciśnienia wody w sieci na stałym poziomie około 0,45MPa, zapewniającego ciągłość dostawy wody dla odbiorców oraz zabezpieczenia p.poż. i minimalizuje ryzyko wystąpienia uderzeń hydraulicznych.



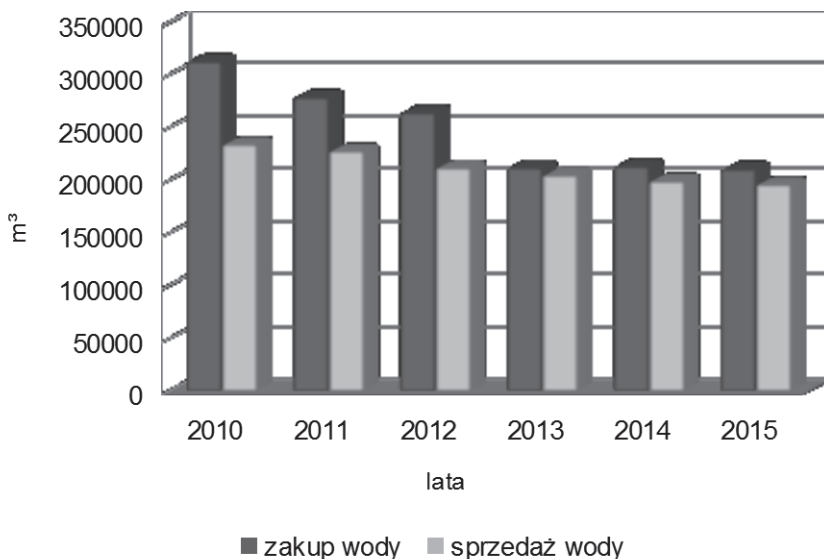
Rys 10. Ilość awarii na sieci wodociągowej w latach 2005-2012
 Fig. 10. The number of failures on the water supply system in 2005-2012

Na rysunku 10 przedstawiono ilość awarii na sieci przed i po przebudowie. Zauważyć można, że w ostatnich pięciu latach wystąpiły tylko cztery awarie wodociągowe, w porównaniu do 109 w trzech latach poprzedzających przebudowę sieci. Przy czym istotna jest nie tylko ilość awarii, ale również ich ranga. W latach 2010-2012 trzy uszkodzenia wystąpiły na podłączeniach wodociągowych o średnicy DN63 w piwnicach budynków. Wycieki powstały na śrubunkach (uszkodzona uszczelka), przed zestawami wodomierzowymi, w wyniku uszkodzenia uszczelki i nie spowodowały dużych strat wody. Natomiast jedna awaria została zlokalizowana na zasuwie podłączeniowej DN50 gdzie również wymieniono uszczelnienie kołnierzone. Awary te były wynikiem błędów popełnionych przy przebudowie sieci, przy czym należy zauważyć, że biorąc pod uwagę skalę modernizacji, liczba niedociągnięć jest bardzo mała. Analizując awaryjność sieci wodociągowej na przestrzeni ośmiu lat można zauważyć, że w latach 2005 – 2009 ilość awarii ulegała stopniowemu wzrostowi, co powodowało stale zwiększające się koszty eksploatacji. Słusznym więc było podjęcie decyzji o całkowitej przebudowie sieci wodociągowej. Po przebudowie awarie na sieci praktycznie nie występują.

Modernizacja sieci wodociągowej na analizowanym osiedlu przyniosła liczne korzyści, wśród których można wymienić następujące :

- praca sieci nie wymaga stałej kontroli pracowników zajmujących się eksploatacją i diagnostyką sieci,
- zastosowanie najnowszych rozwiązań technicznych w hydroforowni tj. pełnej automatyzacji pozwoliło na zrezygnowanie z całodobowej obsługi, wszelkie informacje o awariach i usterkach przesyłane są drogą radiową do dyspozytora BPK,
- zastosowanie wysokosprawnych hydrantów minimalizuje konieczność stałego dozoru, przegląd techniczny, zgodnie z zaleceniem straży pożarnej, dokonywany jest raz w roku, w okresie pracy nowej sieci nie odnotowano żadnej awarii na hydrantach,
- odpowiedni dobór średnicy wodomierzy oraz zastosowanie tych samych typów urządzeń, wpłynęło na dokładność odczytów i niewielkie błędy pomiarowe, co ma przełożenie na zmniejszenie strat wody,
- dokładna inwentaryzacja sieci pozwala na wydawanie prawidłowych warunków technicznych dla nowych połączeń do sieci wodociągowej.

Przedstawione powyżej efekty przebudowy sieci znacząco wpłynęły na obniżenie kosztów jej eksploatacji i umożliwiły inwestowanie zaoszczędzonych środków finansowych w innych rejonach miasta. Obecnie straty wody na omawianym osiedlu wynoszą ok 6-7%. W okresie bezpośrednio po przebudowie sieci straty były wyższe i wahały się w granicach 18% - 25%, jednak wynikało to z prowadzonej przebudowy sieci kanalizacji sanitarnej. Duże ilości wody nieopomiarowanej pobierane były do wozów ciśnieniowych w celu płukania sieci kanalizacyjnych. Jednocześnie część wody niesprzedanej stanowi również woda zużyta na cele technologiczne. Uzyskane obecnie w wyniku przeprowadzonych zabiegów obniżenie strat jest więc bardzo wysokie.



Rys 11. Zakup i sprzedaż wody po modernizacji sieci wodociągowej
Fig. 11. The purchasing and selling of water after rebuilding network

6. Podsumowanie

Analizując pracę sieci wodociągowej przed przebudową stwierdzono liczne nieprawidłowości, które powodowały zwiększoną awaryjność i długie przerwy w dostawie wody do odbiorców. Do głównych problemów można było zaliczyć:

1. materiał sieci wodociągowej o złej jakości - stalowe rury cienkościenne, nieprawidłowo zaizolowane, szybko ulegające korozji,
2. z jednej strony przewymiarowanie a z drugiej zbyt małe średnice części przewodów,
3. brak odpowiedniej technologii robót w trakcie budowy sieci - nie zastosowano odpowiedniej grubości podsypki i obsypki piaskowej,
4. położenie sieci na nienormatywnych głębokościach,
5. niedostateczna ilość zasuw liniowych, hydrantów przeciwpożarowych i wadliwe oznaczenie istniejącego uzbrojenia,
6. niedostateczna wydajność części istniejących hydrantów przeciwpożarowych,
7. brak dokładnej geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej sieci wodociągowej.

Występujące awarie powodowały konieczność wyłączania z eksploatacji dużej części osiedla i brak dostaw dla konsumentów. Wszystko to w efekcie niekorzystnie wpływało na wizerunek firmy, koszty usuwania awarii były zwiększane poprzez konieczność dostarczania wody beczkowozami oraz zużywanie dużej ilości wody na płukanie sieci po zakończonych pracach awaryjnych.

Modernizacja sieci wodociągowej znacznie poprawiła pracę i ułatwiła eksploatację. Zaobserwowano bardzo wyraźny spadek ilości awarii, z poziomu średnio 33 awarii rocznie do w zasadzie bezawaryjnej pracy po modernizacji. Pełna kontrola przepływu oraz ciśnienia wody w studniach zakupowych umożliwia efektywną eksploatację sieci i ciągłą dostawę wody dla odbiorców. Straty wody obniżone zostały z poziomu ok. 50% przed przebudową do około 6-7% po jej przeprowadzeniu.

Montaż wysokosprawnej armatury wodociągowej tj. zasuw na poszczególnych węzłach oraz podłączeniach umożliwia zamykanie pojedynczych odcinków sieci oraz przyłączy, np. na czas płukania sieci i znacznie ułatwia eksploatację sieci. Hydranty zostały rozmieszczone zgodnie z obowiązującymi normami tj. w odległości nie większej niż 150m a dojazd do nich jest swobodny.

Należy również zwrócić uwagę na to, że przebudowa sieci pozytywnie wpłynęła na wizerunek firmy, ocenę pracy jej pracowników przez mieszkańców osiedla. Nie dochodzi do przerw w dostawie wody, dewastacji infrastruktury oraz niszczenia środowiska naturalnego. Poniesione koszty na realizację zadania przebudowy sieci wodociągowej były celowe i dobrze wykorzystane.

Praca zrealizowana w ramach BS-PB-401/301/12

Bibliografia

- 1) Bergman N.: Zalety polietylenowych systemów rurowych, Materiały konferencyjne, Katowice, Gdańsk, listopad 1998, str. 1-11
- 2) Dane Bytomskiego Przedsiębiorstwa Komunalnego Sp. z. o.o.
- 3) Heidrich Z., Wodociągi, WsiP S.A., 2008
- 4) Hotłoś H.: Analiza strat wody w systemach wodociągowych, Ochrona Środowiska, 1/2003, 17-24
- 5) Mielcarzewicz E., Obliczanie systemów zaopatrzenia w wodę, Arkady, 2000
- 6) Ociepa E., Kędzia W., „Analiza strat wody w wybranych wodociągach województwa śląskiego”, Inżynieria i Ochrona Środowiska, 18 (3), 2015, s.277-288
- 7) Ociepa E., Lach J., Nowoczesne techniki w eksploatacji sieci wodociągowej i kanalizacyjnej, Ecological Chemistry and Engineering S, t.14, 2001, str. 567-574
- 8) Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 27 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, Dz. U. 2015, poz. 1989
- 9) Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych Administracji z dnia 24.07.2009 w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych
- 10) Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 czerwca 2003 r. w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej
- 11) Zespół Projektowo-Realizacyjny „PRO-SAN” projekt budowlany dla zadania:

