

Karol Kuś, Barbara Gamrot, Krystyna Malicka, Grzegorz Ścieranka

## Wpływ eksploatacji i stanu technicznego sieci na jakość wody wodociągowej

Podstawę zaopatrzenia ludności, przemysłu i rolnictwa Górnego Śląska w wodę stanowi wodociąg grupowy Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów w Katowicach (GPW), który jest największym tego rodzaju wodociągiem w kraju. Sprzedaż wody z tego systemu następuje w ponad 800 oddzielnych punktach, w większości dla rejonowych przedsiębiorstw wodociągowych, zaopatrujących w wodę poszczególne miasta aglomeracji śląskiej.

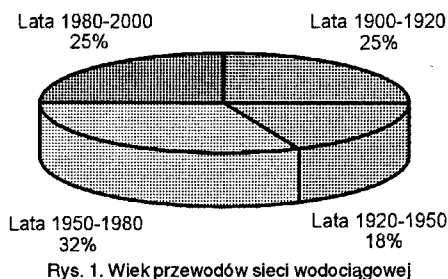
### Charakterystyka problemu

Zadaniem przedsiębiorstwa wodociągowego jest zapewnienie możliwości komfortowego korzystania z wody przez odbiorców, przez co należy rozumieć dostarczanie wody o wymaganej jakości, w odpowiedniej ilości i pod odpowiednim ciśnieniem. W niniejszej pracy omówiono problematykę eksploatacyjną jednego z takich rejonowych przedsiębiorstw wodociągów i kanalizacji, które zaopatruje w wodę typowe śląskie miasto, liczące ponad 120 tys. mieszkańców. W roku 1999 przedsiębiorstwo to dostarczyło ogółem około 5,9 mln m<sup>3</sup> wody do miasta, z czego 85% trafiło do gospodarstw domowych. Tak znaczny udział odbiorców indywidualnych wynika z kupowania wody przez duże zakłady pracy bezpośrednio z sieci GPW. Sieć wodociągowa rejonowego przedsiębiorstwa wodociągowego, o długości 195,5 km, tworzy charakterystyczny dla dużych aglomeracji układ pierścieniowy z odgałęzieniami zasilającymi obszary przyległe. Woda dostarczana jest do odbiorców przez blisko 4,5 tys. przyłączy o łącznej długości 54 km. Sieć wodociągowa podzielona na 23 niezależne strefy. Każda ze stref zasilana jest z pojedynczego punktu zakupu wody. Rozliczenie ilości kupowanej wody odbywa się w oparciu o odczyty z wodomierzy w punktach zakupu.

Podstawą do ustalania przepisów dotyczących jakości wody do picia w wielu krajach są wytyczne Światowej Organizacji Zdrowia, których ostatnia wersja została wydana w 1993 r. Na tych wytycznych oparto dyrektywę Unii Europejskiej nr 98/93/EC z 25 grudnia 1998 r. [1,2], której celem jest, obok ochrony konsumentów przed szkodliwymi substancjami zawartymi w wodzie do picia, także ogólna profilaktyka zdrowotna. W prawodawstwie polskim 4 września 2000 r. nastąpiła zmiana wymogów stawianych wodzie do picia [3]. W odniesieniu do poprzednio obowiązujących przepisów, nowe rozporządzenie Ministra Zdrowia zawiera szerszy zakres parametrów jakości wody i zaostrza wymagania w stosunku do

niektórych z nich. Porównując wymagania jakości wody do picia obowiązujące w UE i w Polsce można stwierdzić, że nowe rozporządzenie znacznie przyspiesza dostosowanie naszych przepisów w tym zakresie do przepisów unijnych.

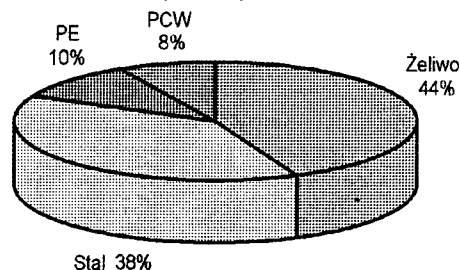
Na skutek bardziej racjonalnego użytkowania wody (w wyniku m. in. wzrostu cen i opomiarowania poboru wody, a także stosowania szczelnej i wodooszczędnej armatury) minęły czasy jej niedoborów, lecz na pierwszy plan zdecydowanie wysnął się problem jakości wody. Paradoksalnie, tak niegdyś pożądane zmniejszenie zużycia wody, które w latach 1990–1999 w analizowanym przedsiębiorstwie wodociągowym osiągnęło ok. 50%, wraz z poprawą stanu zaopatrzenia w wodę wpłynęło na pogorszenie jej jakości. Zjawisko to jest związane z wydłużeniem czasu kontaktu wody z często starą i silnie skorodowaną siecią wodociągową. Najstarsze przewody sieci rozdzielczej przedsiębiorstwa pamiętają koniec XIX wieku i łącznie z przewodami z pierwszej połowy XX wieku stanowią blisko 50% jej długości (rys.1).



Rys. 1. Wiek przewodów sieci wodociągowej

Sieć wodociągowa w tym czasie wykonywano głównie z rur żeliwnych, a tylko w niewielkim zakresie z rur stalowych. Od połowy lat 40. obserwuje się stopniowy wzrost zastosowania rur stalowych. W minionym dziesięcioleciu konsekwentnie odchodzono od tradycyjnych technologii na rzecz tworzyw sztucznych, początkowo PCW, a ostatnio głównie PE. Na razie jednak ich udział w ogólnej długości sieci jest niewielki i wynosi około 18% (rys.2).

Woda dostarczana do analizowanej sieci wodociągowej w przeważającej mierze jest wodą powierzchniową, uzdatnioną w Zakładzie Produkcji Wody „Goczałkowice”. Podlega



Rys. 2. Materiał przewodów sieci wodociągowej

ona stałej rutynowej kontroli w zakresie podstawowych parametrów organoleptycznych, fizyczno-chemicznych i bakteriologicznych. Obecnie badania jakości wody przeprowadzane są niezależnie przez dwie uprawnione do tego jednostki, tj. Śląską Wojewódzką Stację Sanitarno-Epidemiologiczną w Katowicach oraz Rejonowe Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji miasta – dystrybutora wody i właściciela sieci rozdzielczej.

W celu oceny jakości wody w sieci wodociągowej przeanalizowano wyniki badań prowadzonych przez obie instytucje. Zakres badań przeprowadzonych przez ŚWSSE w okresie od stycznia 1998 r. do końca I kwartału 1999 r. obejmował analizę rozszerzoną, tj. 19 wskaźników fizyczno-chemicznych i 4 wskaźniki bakteriologiczne (mętność, barwa, zapach, pH, twardość ogólna, utlenialność, azot amonowy, azot azotynowy, azot azotanowy, chlorki, żelazo, mangan, chlor wolny, fluorki, magnez, siarczany, wapń, zasadowość, sucha pozostałość oraz *Escherichia coli* i bakterie grupy *coli* typu kałowego, ogólna liczba bakterii w temp. 37 °C po 24 godz. i ogólna liczba kolonii bakterii w temp. 20 °C po 72 godz.). Ogółem analizie poddano 105 wyników oznaczeń. Porównując je z obowiązującym wówczas rozporządzeniem z 4 maja 1990 r. należy stwierdzić, iż woda w 34 przypadkach wykazała niedobór chloru pozostałego, a w 7 jego nadmiar. W okresie tym wystąpiło też w pięciu przypadkach przekroczenie wskaźników bakteriologicznych. Pozostałe wskaźniki pozostawały na ogół w normie, poza jednym sporadycznym zwiększeniem ilości manganu do 0,14 gMn/m<sup>3</sup>. Wyniki tych samych oznaczeń w świetle nowych przepisów przedstawiają się znacznie mniej korzystnie, zwłaszcza pod względem zawartości związków żelaza i manganu. I tak na 105 oznaczeń tych wskaźników każdy z nich został przekroczony w dziewięciu przypadkach, a w konsekwencji podwyższeniu uległa też mętność i barwa (pozorna) wody.

Rejonowe Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w okresie od stycznia 1999 r. do lutego 2000 r. przebadano 85 próbek wody pobranych z różną częstością, często interwencyjnie lub poawaryjnie. Wykonane badania, ze względu na ograniczone możliwości laboratorium, dotyczyły tylko podstawowych wskaźników organoleptycznych, takich jak wygląd wody, zawartość zawiesin, mętność, barwa, zapach na zimno i gorąco, a także wskaźników fizyczno-chemicznych, jak pH, przewodność, chlor wolny, żelazo (nie zawsze), mangan, twardość ogólna oraz sporadycznie chlorki, siarczany, ChZT i utlenialność. W kilku wypadkach podzlecono do ŚWSSE przebadanie wskaźników bakteriologicznych. Analiza wyników oznaczeń pod kątem nowych przepisów wskazuje, że utrzymanie wskaźników jakościowych wody rozprowadzanej w sieci miejskiej na wymaganym poziomie jest zadaniem bardzo trudnym. Dotyczy to głównie zawartości związków żelaza, manganu oraz mętności i barwy wody. W badanych próbkach żelazo zostało przekroczone w 30 przypadkach, a w 4 stwierdzono wyraźne przekroczenie dopuszczalnej zawartości manganu. W rejonach występowania podwyższonej ilości związków żelaza i manganu pojawiały się często – odpowiednio do stężenia tych wskaźników – zawiesiny, mętność >1,0 g/m<sup>3</sup> i barwa >15 gPt/m<sup>3</sup>.

Przeprowadzone zarówno przez ŚWSSE jak i RPWiK analizy dają jedynie ogólny pogląd na jakość wody w sieci rozdzielczej, natomiast niewiele mówią o wpływie sieci na jakość wody, w stosunku do jakości wody kupowanej z wodociągu grupowego GPW. W celu uchwycenia tej zależności

przeprowadzono dodatkowe badania pobierając jednocześnie próbki wody w punktach zakupu i na końcówkach sieci. Analizie porównawczej poddano 16 z 23 stref zasilania. Analizy powtórzono 3-krotnie dla każdego punktu. Badaniem objęto podstawowe parametry fizyczno-chemiczne jakości wody, tj. mętność, barwę, żelazo, mangan, chlor wolny, przewodność, pH, twardość ogólna, siarczany i chlorki. Większość z badanych wskaźników mieściła się poniżej wartości dopuszczalnych określonych nowymi przepisami. Regularne przekroczenia zanotowano tylko w wypadku związków żelaza i mętności wody. Również dla tych dwóch wskaźników odnotowano wyraźne pogorszenie jakości wody na końcówkach sieci, w stosunku do jakości wody w punktach zakupu (tab.1). Należy również nadmienić, że o ile stężenia związków żelaza i mętność wody w punktach zakupu oscylowały wokół wartości dopuszczalnych, to na końcówkach sieci nierzadko dochodziło do ich wielokrotnego przekroczenia.

Tabela 1. Zależność liczby przypadków zmian stężeń związków żelaza i mętności wody na końcówkach sieci wodociągowej względem punktów zakupu wody

Zależność	Żelazo ogólne	Mętność
Wzrost na końcówkach sieci, %	78	44
Spadek na końcówkach sieci, %	2	12
Brak wyraźnej różnicy w stosunku do punktu zakupu, %	20	33

Wobec takich efektów przeprowadzonych analiz przedsiębiorstwo wodociągowe stanęło przed koniecznością podjęcia kroków zaradczych w celu zmniejszenia szkodliwego wpływu sieci rozdzielczej na jakość wody. Wzięto pod uwagę dwie metody, a mianowicie dawkowanie fosforanów do wody albo wymianę sieci wodociągowej. W literaturze technicznej [4–6] coraz częściej pojawiają się informacje o pozytywnym działaniu fosforanów dawkowanych do wody wodociągowej polegającym na:

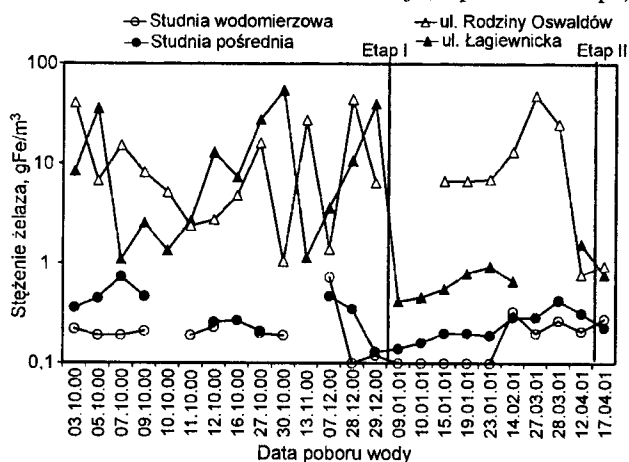
- obniżeniu barwy i mętności wody zawierającej jony żelaza i manganu,
- zapobieganiu wytrącania się osadów węglanowych w rurociągach poprzez stabilizację jonów wapna,
- zapobieganiu korozji wżerowej rurociągów i przechodzeniu do wody jonów żelaza, miedzi, cynku i ołowiu poprzez tworzenie warstewki ochronnej w rurociągach.

Zaletą tej metody jest niski koszt inwestycyjny w stosunku do wymiany sieci wodociągowej. Jej zastosowanie wiąże się jednak z ponoszeniem stałych kosztów eksploatacyjnych i ma uzasadnienie tylko dla sieci wodociągowej będącej w dość dobrym stanie technicznym. Przy stratach wody wynoszących w 1999 r. około 23% i wysokim wskaźniku awaryjności na poziomie 2,73 awarii na 1 km rocznie, bardziej uzasadnione wydaje się systematyczne odnawianie sieci wodociągowej. Taką decyzję podjęto dla jednego z osiedli, w którym od dłuższego czasu obserwowano znaczne pogorszenie jakości wody w sieci w stosunku do jakości w punkcie zakupu wody z GPW.

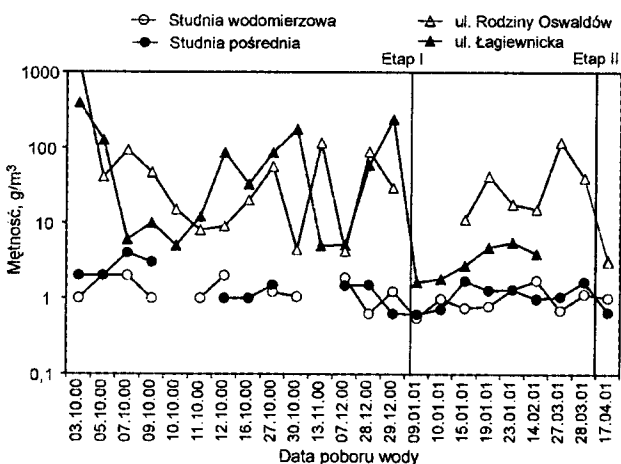
Przy wymiarowaniu średnic osiedlowej sieci wodociągowej, wybudowanej w latach 1985–1986 w całości z przewodów stalowych, uwzględniono planowaną rozbudowę osiedla. Do rozbudowy jednak nie doszło, a skutki pierwotnego przewymiarowania przewodów dodatkowo spotęgował spadek zużycia wody. W konsekwencji prędkości przepływu wody na większości odcinków, przy minimalnych rozbiorach wody,

były bliskie zeru, zaś maksymalne nie przekraczały 0,3 m/s. W takich warunkach w rurociągach odkładały się osady, które unoszone w okresie maksymalnych rozbiorów skutecznie pogarszały jakość wody u odbiorców. W skrajnych wypadkach stężenie żelaza w pobieranych próbkach wody dochodziło do 50 gFe/m<sup>3</sup> (dop. 0,2 gFe/m<sup>3</sup>), przy czym stężenia żelaza na poziomie 10 gFe/m<sup>3</sup> były na porządku dziennym. Równocześnie znacznie wzrastała mętność wody, często przekraczając 100 g/m<sup>3</sup> (dop. 1 g/m<sup>3</sup>) i barwa (pozorna) nierzadko powyżej 500 gPt/m<sup>3</sup> (dop. 15 gPt/m<sup>3</sup>). Stąd też woda o takim składzie nie nadawała się do jakichkolwiek celów, nie wspominając o przeznaczeniu do konsumpcji.

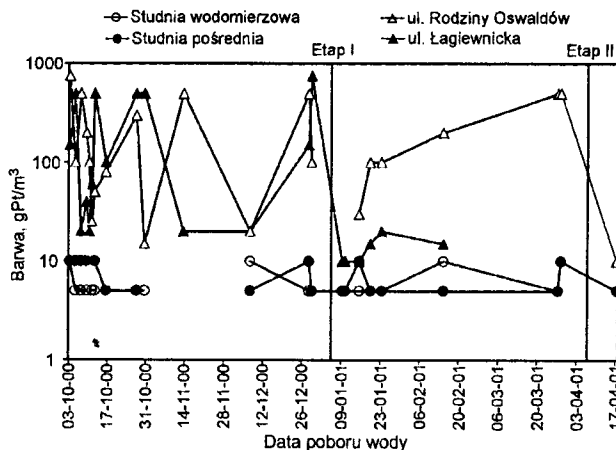
Wymianę sieci wodociągowej przeprowadzono w dwóch etapach. W pierwszym etapie, zakończonym w styczniu 2001 r., wymieniono sieć zasilającą budynki przy ul. Łągiewnickiej, a w drugim, zakończonym w kwietniu 2001 r., budynki przy ul. Rodziny Oswaldów. Nową sieć wykonano z rur polietylenowych, a przy projektowaniu uwzględniono zmniejszenie średnic przewodów. W obu wypadkach uzyskano natychmiastową poprawę jakości wody (rys.3–5). Przerwy w ciągłości wykresów wynikają z niepełnych analiz przeprowadzonych w poszczególnych dniach. Na rysunkach przedstawiono wartości maksymalne stężeń związków żelaza, mętności i barwy dla próbek wody pobranych w danym dniu w różnych punktach osiedla oraz dla porównania – wartości tych wskaźników w studni wodomierzowej (w punkcie zakupu)



Rys. 3. Zmiany stężeń związków żelaza w wodzie po poszczególnych etapach wymiany sieci wodociągowej



Rys. 4. Zmiany mętności wody po poszczególnych etapach wymiany sieci wodociągowej



Rys. 5. Zmiany barwy wody po poszczególnych etapach wymiany sieci wodociągowej

i w studni pośredniej na przewodzie tranzytowym doprowadzającym wodę do sieci osiedlowej.

Stężenia związków żelaza po pierwszym etapie modernizacji w okresie od stycznia do kwietnia 2001 r. w wodzie z sieci zasilającej budynki przy ul. Łągiewnickiej mieściło się w zakresie 0,36+1,56 gFe/m<sup>3</sup>, mętność wynosiła 1,3+5,5 g/m<sup>3</sup>, a barwa 5+50 gPt/m<sup>3</sup>. Z kolei wartości tych wskaźników w wodzie z sieci zasilającej budynki przy ul. Rodziny Oswaldów po drugim etapie wymiany sieci wynosiła odpowiednio: stężenie związków żelaza 0,52+0,95 gFe/m<sup>3</sup>, mętność 2,14+3,04 g/m<sup>3</sup>, barwa 10 gPt/m<sup>3</sup>, przy czym w tym wypadku analizie poddano tylko po trzy próbki wody pobrane w różnych punktach sieci, po jednej i po pięciu dobach od zakończenia drugiego etapu wymiany sieci. Jakość wody nie odpowiadała co prawda wymaganiom stawianych wodzie do picia, w świetle obowiązujących przepisów, jednakże odbiegała od nich nieznacznie. Jednakże w odniesieniu do stanu sprzed wymiany sieci wodociągowej uzyskano wyraźną poprawę jakości wody. Następnym krokiem w tym kierunku powinien być remont rurociągu tranzytowego doprowadzającego wodę z miejsca zakupu do sieci osiedlowej, poprzedzony analizą możliwości zmniejszenia jego średnicy.

## Wnioski

◆ Zachowanie zgodnie z nowym rozporządzeniem Ministra Zdrowia dopuszczalnej zawartości związków żelaza, mętności i barwy wody w sieci wodociągowej jest zadaniem niezwykle trudnym w wypadku eksploatacji rurociągów silnie skorodowanych.

◆ Przewymiarowanie sieci na skutek zmniejszenia poboru wody o około 50% spowodowało wielokrotny wzrost wartości powyższych wskaźników jakości wody w końcówkach sieci, w stosunku do punktów zakupu wody z systemu sieci magistralnej. Stan techniczny sieci wodociągowej, a przede wszystkim obecność osadów jako produktów korozji, wysoki wskaźnik awaryjności, nasilające się rdzawe zabarwienie wody pomimo częstych płukań sieci itp., spowodował konieczność jej wymiany.

◆ Realność respektowania rozporządzenia Ministra Zdrowia z 4 września 2000 r., bez wprowadzenia odpowiedniego okresu dostosowawczego, jest dla wielu przedsiębiorstw wodociągowych w kraju bardzo problematyczna.

## LITERATURA

1. L. ZIĘBA: Wpływ nowej dyrektywy Unii Europejskiej w sprawie jakości wody do picia na działalność przedsiębiorstw wodociągowych w Polsce. *Ochrona Środowiska*, 1999, nr 4(75), ss. 3–8.
2. M. ROMAN: Dyrektywy Wodne Unii Europejskiej i ich implikacje dla Polski. *GWITS*, 1997, nr 11, ss. 409–414.
3. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 4 września 2000 r. Dz. U. nr 82, poz. 937.
4. E. HERRE: Ochrona przed korozją instalacji sanitarnych. Arkady, Warszawa 1972.
5. A. L. KOWAL: Oczyszczanie wody a korozja sieci. Mat. konf. „Rola GPW w systemie zaopatrzenia w wodę dziś i jutro”, Ustroń 1997, ss. 159–167.
6. H. NÄGERL, M. HOFFMANN, W. SUCHAŃSKI: Teoria i praktyka fosforanowej ochrony sieci wodociągowej. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę miast i wsi”, PZITS, Poznań–Kraków 2000, ss. 647–660.

### Influence of Technical and Operating Conditions of the Water Distribution System on Water Quality

*The combined water supply system being under responsibility of the Upper Silesian Water Board (USWB) basically supplies water to the industry, agriculture and population of Upper Silesia. This is the largest system of that kind operated in Poland and is rather unique in Europe. Water is sold at more than 800 points to water companies, which deliver water to the users in different cities. The ever decreasing water consumption by individual households and industry observed in recent years has brought about a considerable extension of the hydraulic residence time and a deterioration of water quality. The technical condition of the water-pipe network, the hydraulic parameters and water quality variations were analyzed on the example of*

*a water distribution network operated by a local water company that purchases water from the USWB. The objective of the study was to assess the material and age of the pipes, residence time, flow velocity, pressure, as well as the physicochemical and bacteriological parameters at the points of purchase and other characteristic points along the network. Consideration was also given to the frequency of pipe failure and the resulting water loss. A clear definition of the factors that contribute to episodic or long-term deterioration of water quality made it possible to suggest some preventive measures (which had partly been implemented) to maintain or re-establish the desired quality of the water.*