

**Zeszyty  
Naukowe**  
Akademii  
Rolniczej  
im. Hugona  
Kołłątaja  
w Krakowie

zeszyt 24

**inżynieria  
środowiska**

---

WYDAWNICTWO  
AKADEMII  
ROLNICZEJ  
W KRAKOWIE

**Jerzy Bykowski, Krzysztof Przybyłowski**

Akademia Rolnicza w Poznaniu, Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska

## **Stan techniczny i awaryjność sieci wodociągowej w Bydgoszczy**

*Praca została wykonana na podstawie danych statystycznych, dotyczących stanu technicznego oraz awarii wodociągowej sieci magistralnej i rozdzielczej (bez przyłączy), uzyskanych z Miejskich Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Bydgoszczy, z lat 1998–2002. Przeanalizowano stan ilościowy sieci wodociągowej w Bydgoszczy z podziałem na strukturę wiekową, materiałową oraz średnice przewodów. Przeprowadzono też analizę awaryjności sieci wraz ze wskazaniem głównych przyczyn utraty sprawności jej funkcjonowania.*

### **1. Wstęp**

Dla potencjalnych odbiorców wody, do których niewątpliwie zalicza się każdy z nas, niezawodna praca systemów wodociągowych jest gwarancją dostawy wody w wystarczającej ilości, o wymaganej jakości i odpowiednim ciśnieniu. Dla spełnienia tych potrzeb niezbędne jest utrzymanie przewodów i armatury w dobrym stanie technicznym oraz właściwy dobór i regulacja parametrów hydraulicznych [Jurczyk i in. 2000, Kwietniewski 1998, Labijak 2000]. O ważności tego problemu świadczy fakt, że zajmują się nim zarówno ośrodki naukowe, jak i odpowiedzialne za bezawaryjną pracę wodociągów właściwe służby eksploatacyjne. Głównym celem ich poczynań jest wyodrębnienie dominujących przyczyn awarii i odpowiednich sposobów zapobiegania im, co w konsekwencji może wpłynąć na zwiększenie efektywności i niezawodności funkcjonowania systemów zaopatrzenia w wodę [Denczew 2001, Holtoś i Mielcarzewicz 1996, Kwietniewski i in. 1993, Żuchowicki i in. 1999].

## 2. Materiał i metody

Celem pracy jest ocena stanu technicznego oraz awaryjności zewnętrznej sieci wodociągowej w Bydgoszczy. Praca została wykonana na podstawie danych statystycznych dotyczących sieci magistralnej i rozdzielczej (bez przyłączy wodociągowych), uzyskanych z Miejskich Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Bydgoszczy, z lat 1998–2002.

W badaniach awaryjności sieci wodociągowej Bydgoszczy, z braku wystarczającej ilości danych, pominięto ocenę parametrów hydraulicznych przewodów takich jak: ciśnienie, natężenie oraz prędkość przepływu wody w rurociągach. Nie oceniano również awaryjności przyłączy wodociągowych, ponieważ nie wszystkie tego typu usterki odnotowywane są w „Wykazie awarii na sieci wodociągowej” oraz armatury (zaledwie kilka awarii).

## 3. Wyniki i dyskusja

Według danych inwentaryzacyjnych z końca 2002 r., w eksploatacji Miejskich Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Bydgoszczy znajdowało się łącznie 631,2 km sieci wodociągowej, z czego 65,5% długości stanowiła sieć magistralna i tranzytowa, a 34,5% sieć rozdzielcza.

Jednym z istotnych kryteriów oceny stanu technicznego sieci wodociągowej jest jej wiek. Jak wynika z analiz, dominującym okresem eksploatacji urządzeń w Bydgoszczy jest przedział wiekowy od 21 do 30 lat, do którego zakwalifikowano 28% długości sieci. Należy też podkreślić, że 38% analizowanej długości sieci ma okres eksploatacji dłuższy niż 30 lat, a 16% ponad 50 lat. Na istotną dynamikę inwestycji w Bydgoszczy w ostatnich latach w dziedzinie wodociągów wskazuje natomiast fakt, że około 9% sumarycznej długości sieci ma wiek poniżej 5 lat.

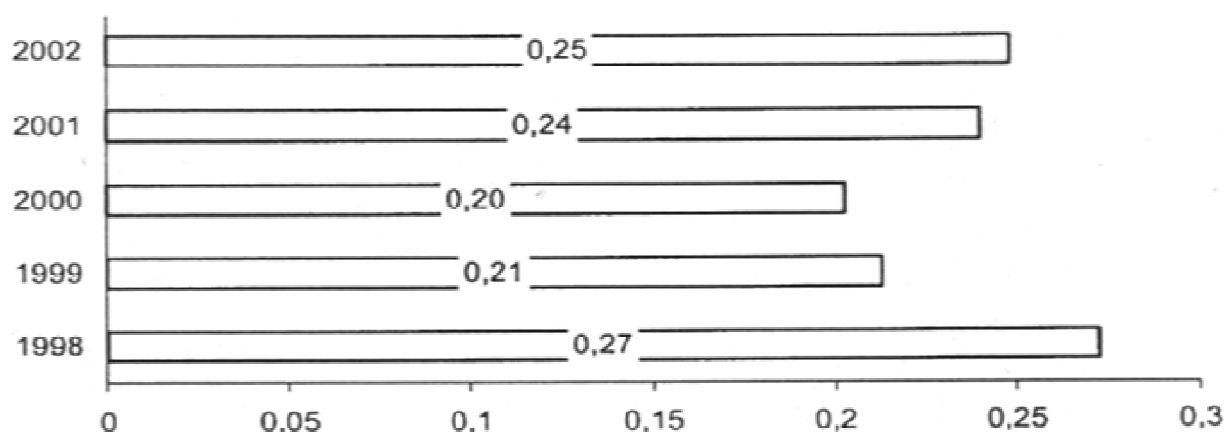
Drugim istotnym kryterium w ocenie stanu sieci wodociągowej jest struktura materiałowa przewodów. Analizy wykazały, że dominującymi materiałami stosowanymi dotąd w budowie przewodów magistralnych i tranzytowych były: żeliwo szare (49,6% długości przewodów) i azbestocement (36,4%). W niewielkim stopniu stosowano natomiast beton i polichlorek winylu (PVC). W przypadku sieci rozdzielczej, zdecydowanie dominującym materiałem stosowanym do wykonania przewodów było natomiast żeliwo szare, które stanowiło materiał przy budowie aż 60% długości rurociągów. Zauważyć też należy znaczny udział przewodów wykonanych z tworzyw sztucznych (19%). Tak PVC jak i PE mają bardzo dobre właściwości wytrzymałościowe oraz fizykochemiczne, co pozwala stosować je do budowy sieci również o większych średnicach.

Biorąc pod uwagę dane o wieku sieci, widać też ścisłą zależność między rodzajem materiału a jej wiekiem. Jedynie 15% długości sieci wodociągowej jest wykonana w ostatnich dziesięciu latach, a ten właśnie okres charakteryzował się zmianą preferencji w wyborze materiałów do budowy przewodów wodociągowych. W okresie tym zdecydowano się głównie na odejście od żeliwa

i azbestocementu na rzecz przewodów z tworzyw sztucznych – przede wszystkim z PVC i PE. Miejskie Wodociągi i Kanalizacja Sp. z o.o. w Bydgoszczy rozwijają sieć wodociągową, czego przykładem jest jej wymiana, zawsze towarzysząca nowym inwestycjom drogowym. Niestety, 85% sieci wodociągowej jest eksploatowane w Bydgoszczy dłużej niż 15 lat, co może mieć znaczący wpływ na jej awaryjność. Awarie sieci wodociągowej bywają przypadkowe i trudne do przewidzenia. Jednak analiza ilości, miejsc, rodzaju i przyczyn awarii pozwoli w przyszłości na ich prognozowanie oraz wskazanie kierunków oraz metod poprawy funkcjonowania sieci, minimalizujące prawdopodobieństwo wystąpienia zakłóceń w dostawie wody.

Jak wynika z analiz, w kolejnych latach badanego pięciolecia 1998–2002 odnotowano w Bydgoszczy od 126 do 163 awarii zewnętrznej sieci wodociągowej rocznie, przy czym względna średnia różnica liczby awarii, w stosunku do najmniejszej liczby awarii (126) stwierdzonych w roku 2000, była niewielka i wyniosła około 3%.

Z punktu oceny stanu technicznego sieci wodociągowej, istotniejszym wskaźnikiem jest odniesienie liczby awarii do sumarycznej długości przewodów (ryc. 1).



Ryc. 1. Liczba awarii przypadająca na 1 kilometr sieci wodociągowej w Bydgoszczy w latach 1998–2002 (wg danych MWiK Sp. z o.o.)

Jak wynika z powyższego wykresu, liczba awarii przypadająca na 1 km sieci w ostatnich pięciu latach była wyrównana i wynosiła od 0,20 w 2000 r. do 0,27 w 1998 r., przy wartości średniej 0,23. Daje to w przybliżeniu jedną awarię na rok, na każde 4 km sieci, niezależnie od materiału oraz średnicy przewodów.

Dalsza analiza danych statystycznych pozwala na stwierdzenie, że materiałem o dominującej liczbie awarii w latach 1998–2002 było żeliwo. Łączna suma awarii odnotowanych w analizowanym pięcioleciu wynosiła dla tego materiału aż 579, wobec 82 dla azbestocementu, 39 dla stali, 23 dla polichlorku winylu (PVC) i 4 dla polietylenu (PE).

Znacznie bardziej miarodajnym wskaźnikiem oceny niezawodności funkcjonowania przewodów, jest jednak odniesienie liczby odnotowanych awarii do długości rurociągów wykonanych z danego rodzaju materiału. I ten wskaźnik wykazał, że materiałem o największej liczbie awarii przypadającej na jeden kilometr sieci jest również żeliwo. W poszczególnych latach pięciolecia 1998–2002 wyniósł on od 0,25 do 0,46, co stanowi średnio 1 awarię na 3 kilometry przewodów. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że procentowy stosunek liczby awarii sieci przewodów wykonanych z żeliwa do ogólnej częstości uszkodzeń jest znaczny i wynosił: w 1998 r. – 79%, w 1999 – 76%, w 2000 – 73%, w 2001 – 78% i w 2002 – 88%, przy wartości średniej 79%.

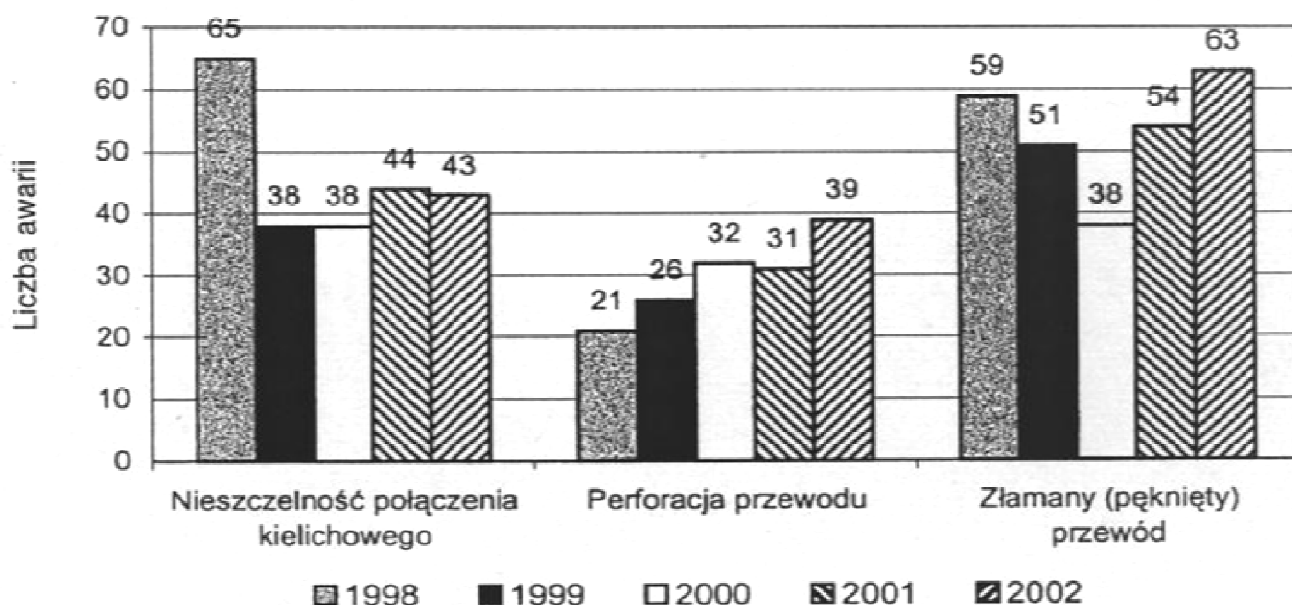
Może też zastanawiać stosunkowo duża awaryjność sieci wykonanej z polietylenu (PE), charakteryzowana tym wskaźnikiem. Należy mieć jednak na uwadze, że długość sieci wykonanej z tego materiału jest niewielka (w 1998 r. wynosiła 4 kilometry) i wystarczy zaledwie jedna lub dwie awarie w roku, by obliczony wskaźnik osiągnął wartość zbliżoną do żeliwa. Zauważyć też można ogólną tendencję polegającą na tym, że przy malejącej długości sieci wykonanej z żeliwa jej awaryjność rośnie, natomiast przy wzroście długości przewodów wykonanych z polietylenu (PE) ich awaryjność maleje.

W pracy przeprowadzono również analizę rozkładu awaryjności sieci wodociągowej, w zależności od średnicy przewodów. Stwierdzono, że do przewodów o największej bezwzględnej liczbie awarii można zaliczyć rurociągi o średnicach 100 i 150 mm. Chociaż bezwzględna liczba awarii na przewodach o średnicach 100 i 150 mm była największa, w ocenie względnej, uwzględniającej długość przewodów o określonej średnicy, nie jest to tak jednoznaczne. W analizowanym okresie zdecydowanie większą awaryjnością cechowały się bowiem przewody o średnicach 80, 400 i 450 mm, na których w 1998 r. odnotowano odpowiednio 1,74; 0,85 oraz 0,60 awarii, przypadających na kilometr rurociągu. Szczególną uwagę zwraca wysoka awaryjność przewodów o średnicy 125 mm. Jednakże przewody o tej średnicy są stosunkowo krótkie. Przykładowo, w 2002 r. odnotowano 4 awarie przewodów o tej średnicy, co przy długości przewodów wynoszącej zaledwie 2,06 kilometra, dało wynik bliiski 2 awariom na każdy kilometr sieci. Z kolei wzrost w ostatnich latach liczby awarii przewodów o średnicy 450 mm, wykonanych głównie z żeliwa i stali może świadczyć o ich starzeniu się.

Przeprowadzone analizy pozwoliły na wydzielenie następujących przyczyn niesprawności funkcjonowania sieci wodociągowej w Bydgoszczy, w latach 1998–2002: perforacja lub pęknięcie przewodu; nieszczelność na połączeniu kielichowym, syfonie lub nasuwce; nieszczelność na złączu „Simplex”, „Gibaut” lub opasce „KO”; nieszczelność na odpowietrzniku; nieszczelność na kołnierzu, trójniku lub dławiku; wypchnięcie korka lub zaślepienia przewodu; korozja kielichów, kołnierzy, połączeń śrubowych lub opasek naprawczych.

Decydujący wpływ na liczbę odnotowanych awarii mają jednak perforacja lub pęknięcie przewodu oraz brak szczelności na połączeniu kielichowym rur, będące głównie efektem starzenia sieci. W latach 1998–2002, pęknięcie przewodu było przyczyną łącznie aż 265 awarii, nieszczelność na połączeniu kielichowym 228,

a perforacja przewodu 149 awarii (ryc. 2). Stanowi to odpowiednio 36, 30 oraz 20% wszystkich odnotowanych awarii. Awarie związane z perforacją oraz pęknięciem przewodu dotyczą głównie rurociągów żeliwnych oraz stalowych o długim okresie eksploatacji, a także znacznie młodszych, wykonanych z azbestocementu.



Ryc. 2. Główne przyczyny utraty sprawności funkcjonowania sieci wodociągowej w Bydgoszczy w latach 1998–2002

Uszkodzenia rur żeliwnych i stalowych są głównie wynikiem starzenia się sieci i najczęściej występują na przewodach, układanych w latach trzydziestych i czterdziestych. W przypadku przewodów o krótszym okresie eksploatacji (szczególnie układanych w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych) awarie są często związane z jakością stosowanych wówczas materiałów jak i jakością wykonywanych robót. Oddzielny problem stanowią rurociągi wykonane z azbestocementu. Jest to bowiem wyjątkowo kruchy materiał. Jak wynika z analiz, przewody z azbestocementu bardzo często ulegają awarii, gdy w pobliżu nich wykonywane są prace budowlane. Niewielkie przemieszczenia gruntu w pobliżu przewodu wykonanego z azbestocementu mogą skutkować wystąpieniem awarii, nawet po zakończeniu prac i przywróceniu miejsca budowy do stanu pierwotnego. Istotnym problemem w przypadku przewodów wykonanych z żeliwa jest utrata szczelności połączenia kielichowego. Tylko w 1998 r. odnotowano aż 65 awarii i związane jest to również przede wszystkim z efektami starzenia się sieci wodociągowej.

#### 4. Wnioski

Na podstawie analizy danych statystycznych dotyczących stanu oraz awaryjności zewnętrznej sieci wodociągowej (bez przyłączy), uzyskanych w Miejskich Wodociągach i Kanalizacji Sp. z o.o. w Bydgoszczy z lat 1998–2002, sformułowano następujące wnioski:

1. W końcu 2002 r. eksploatowano w Bydgoszczy łącznie 631 km sieci wodociągowej, z czego 65,5% długości sieci stanowiły rurociągi magistralne i tranzytowe, a 34,5% sieci rozdzielczej. Co trzeci kilometr sieci (38%) ma okres eksploatacji dłuższy niż 30 lat, a 16% długości rurociągów liczy ponad 50 lat, co ma istotny wpływ na jej stan techniczny.

2. Dominującymi materiałami stosowanymi dotąd w budowie przewodów magistralnych i tranzytowych były: żeliwo szare (49,6% długości przewodów) i azbestocement (36,4%). W niewielkim stopniu stosowano natomiast beton i polichlorek winylu (PVC). W przypadku sieci rozdzielczej zdecydowanie dominuje żeliwo szare, stanowiące materiał w aż 60% długości rurociągów. 19% długości tych przewodów jest wykonanych z tworzyw sztucznych. Tak PVC, jak i PE mają bardzo dobre właściwości fizykochemiczne, co pozwala stosować je do budowy sieci również o większych średnicach.

3. W kolejnych latach analizowanego pięciolecia 1998–2002 odnotowano łącznie od 126 do 163 awarii rocznie. Stanowi to od 0,20 do 0,27 awarii przypadających na kilometr sieci, co daje to w przybliżeniu jedną awarię na rok, na każde 4 km sieci, niezależnie od materiału, z której jest wykonana sieć, oraz średnicy przewodów.

4. Materiałem ulegającym najczęściej awarii było żeliwo. Suma awarii odnotowanych w tym okresie wynosiła dla tego materiału 579, wobec 82 dla azbestocementu, 39 dla stali, 23 dla polichloroku winylu (PVC) i 4 dla polietylenu (PE). W przypadku żeliwa stanowi to od 0,25 do 0,46 awarii przypadających rocznie na kilometr sieci wykonanej z tego materiału, co stanowi średnio 1 awarię na 3 kilometry przewodów.

5. Główne przyczyny utraty sprawności funkcjonowania sieci wodociągowej to: perforacja lub pęknięcie przewodu oraz braku szczelności na połączeniu kielichowym rur. Awarie związane z perforacją oraz pęknięciem przewodu dotyczą głównie rurociągów żeliwnych oraz stalowych o długim okresie eksploatacji, a także znacznie młodszych, wykonanych z azbestocementu.

6. Uszkodzenia rur żeliwnych i stalowych są głównie wynikiem efektów starzeniowych sieci i najczęściej występują na starych przewodach, układanych w latach trzydziestych i czterdziestych. W przypadku przewodów o krótszym okresie eksploatacji (szczególnie układanych w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych) awarie są często związane z jakością stosowanych wówczas materiałów i wykonywanych robót.

## Literatura

- Denczew S.** 2001. Niebezpieczeństwo powstawania uszkodzeń starzeniowych elementów układów dystrybucji wody ze względu na ich wiek. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 5.
- Hotłoś H., Mielcarzewicz E.** 1996. Intensywność uszkodzeń i koszty napraw przewodów sieci wodociągowej. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 1, 25–28.
- Jurczyk B., Kuś K., Piechurski F.** 2000. Materiał sieci wodociągowej. Jego wpływ na awaryjność. *Rynek Instalacyjny*, 9, 35–41.
- Kwietniewski M.** 1998. Problemy i zadania wynikające z badań niezawodności sieci wodociągowych. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Zaopatrzenie w wodę miast i wsi”, Poznań, 301–309.
- Kwietniewski M., Roman M., Kłoss., Trębaczewicz H.** 1993. *Niezawodność wodociągów i kanalizacji*. Wyd. I. Arkady, Warszawa.
- Labijak H.** 2000. The technical condition of rural water system for a medium sized city, financial estimate of it's modernization and the prospects for development. IVth International Conference „Water Supply and Water Quality”, Kraków – Poznań, 1173–1191.
- Żuchowicki W., Twardowska W., Kuczyński W.** 1999. Analiza awaryjności sieci wodociągowej, a jej stan techniczny na przykładzie Słupska i Koszalina. *Zesz. Nauk. Wydz. Bud. i Inż. Środ.*, Politechnika Koszalińska, 15, 249–262.

## Technical state and defectiveness of water-pipe network in Bydgoszcz

### Summary

The paper based on the statistical data of technical state and damage of main and distributive network, obtained from Municipal Water-supplies in Bydgoszcz from 1998–2002.

Together 631.2 km of water mains was found in the end of 2002 year in Bydgoszcz, from which 65.5% determined main and transit pipelines and 34.5% distributive nets. Prevailing period of exploitation of devices is section from 21 to 30 years, to which one classified 28% of lengths of net, 38% of analysed lengths of net has period of exploitation longer than 30 of years, and 16% beyond 50 years. Most widely real materials in build of main and transit lines – was cast iron and asbestos-cement white of distributive lines – iron and plastics.

Analysis showed, that number of damage per 1 km of the network happening in years 1998–2002 were from 0.20 in year 2000 to 0.27 in year 1998, what gives approximately one damage on every 4 kilometres of network



per year. The material with greatest number of damage happening per 1 km of network is cast iron. Basic reasons of damage, determining near a half of all damages, are mostly effect of network ageing.

*Agricultural University of Poznań*

*Department of Land Improvement and Environmental Development*

**Adres / Address:**

Akademia Rolnicza, Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, ul. Piątkowska 94,  
61-693 Poznań