

Janusz RAK¹

METODA PLANOWANIA REMONTÓW SIECI WODOCIĄGOWEJ NA PRZYKŁADZIE MIASTA KROSNA

Eksploatacja sieci wodociągowej wymaga nie tylko utrzymania jej funkcjonowania i prawidłowego nią zarządzania, ale także przywracania zdolności technicznych i użytkowych. W pracy przedstawiono propozycję strategii remontowej sieci wodociągowej miasta Krosna. Zaprezentowano prostą metodę planowania remontów sieci wodociągowej opartą na czasie trwałości rur wykonanych z danego rodzaju materiału. W tym celu przeanalizowano w okresach dziesięcioletnich budowę sieci wodociągowej w Krośnie. Na tej podstawie określono czas trwałości, co z kolei umożliwiło wyznaczenie daty przystąpienia do procesów odnowy sieci wodociągowej. Przedstawiono podstawowe dane mające związek z trwałością i awaryjnością sieci wodociągowej w tym mieście. Dodatkowo analizie niezawodnościowej poddano rurociąg tranzytowy łączący ujęcie wody w Sieniawie z Krosnem. Wykazano konieczność przeprowadzenia odnowy jego funkcji eksploatacyjnych. Okres trwałości technicznej przewodów sieci wodociągowej jest ograniczony. Prawidłowo wykonane remonty mogą się przyczynić do wydłużenia okresu eksploatacji danego odcinka sieci nawet o kilka dziesięcioleci. Należy uwzględnić, że rzeczywista trwałość techniczna przewodów może albo znacznie przekroczyć czasokres amortyzacji, albo znacznie go skrócić. Zależności mają charakter wieloprzyczynowy i tylko monitorowanie awaryjności sieci pozwoli na wyciąganie prawidłowych wniosków. Remonty sieci wodociągowej powinny być wykonywane według długofalowej strategii, bez ograniczenia się wyłącznie do usuwania losowo występujących awarii.

Słowa kluczowe: zaopatrzenie w wodę, sieć wodociągowa, renowacja

1. Wprowadzenie

Eksploatacja sieci wodociągowej wymaga nie tylko utrzymania jej funkcjonowania i prawidłowego zarządzania, ale także przywracania jej zdolności technicznych i użytkowych [1]. Strategia eksploatacyjna odnowy technicznej przewodów wodociągowych powinna zakładać w sposób udokumentowany potrzebę

¹ Janusz Rak, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, tel. 17 8651408, e-mail: rakjan@prz.edu.pl

remontów. Decyzje o remontach sieci wodociągowej muszą być podejmowane na podstawie systematycznie prowadzonych badań uszkodzalności, rachunku ekonomicznego i wariantowych rozwiązań technologicznych renowacji rurociągów, a nie intuicji czy doświadczenia [2].

W literaturze często wykazuje się, że awarie występujące na sieci wodociągowej mają charakter losowy [3-6]. Stan taki jest uzasadniony podczas normalnej eksploatacji sieci wodociągowej w czasie tzw. trwałości przewodów wodociągowych. Po upływie kilkudziesięciu lat obserwuje się wzrost intensywności uszkodzeń przewodów wodociągowych związany z procesami starzenia. W takich przypadkach alternatywą jest usunięcie zwiększonej liczby awarii albo przeprowadzenie odnowy technicznej rurociągów poprzez kapitalne remonty [7, 8].

System zaopatrzenia w wodę aglomeracji krośnieńskiej obejmuje jedenaście gmin powiatu krośnieńskiego i sanockiego. Ogółem system zaopatruje w wodę do spożycia ok. 100 tysięcy mieszkańców miasta Krosna oraz sąsiednich gmin. Wodociąg jest zaopatrywany w wodę z trzech zakładów uzdatniania wody (ZUzW), pobierających wodę surową z trzech niezależnych ujęć wody powierzchniowej usytuowanych na rzece Jasionka w miejscowości Szczepańcowa (ZUzW Szczepańcowa – 3500 m³/d) oraz na rzece Wisłok w miejscowościach Sieniawa (ZUzW Sieniawa – 8500 m³/d) i Iskrzynia (ZUzW Iskrzynia – 6000 m³/d) [9].

W niniejszej pracy przedstawiono prostą analityczną metodę przewidywania odnowy technicznej rurociągów wodociągowych na przykładzie miasta Krosna w województwie podkarpackim.

2. Krótka charakterystyka sieci wodociągowej

Sieć wodociągowa ma łączną długość 341,6 km (2012 r.) i jest wykonana z następujących materiałów:

- rury stalowe ocynkowane – 1,9 km,
- rury PCV – 179,9 km,
- rury z żeliwa szarego – 48,1 km,
- rury z PE – 111,7 km.

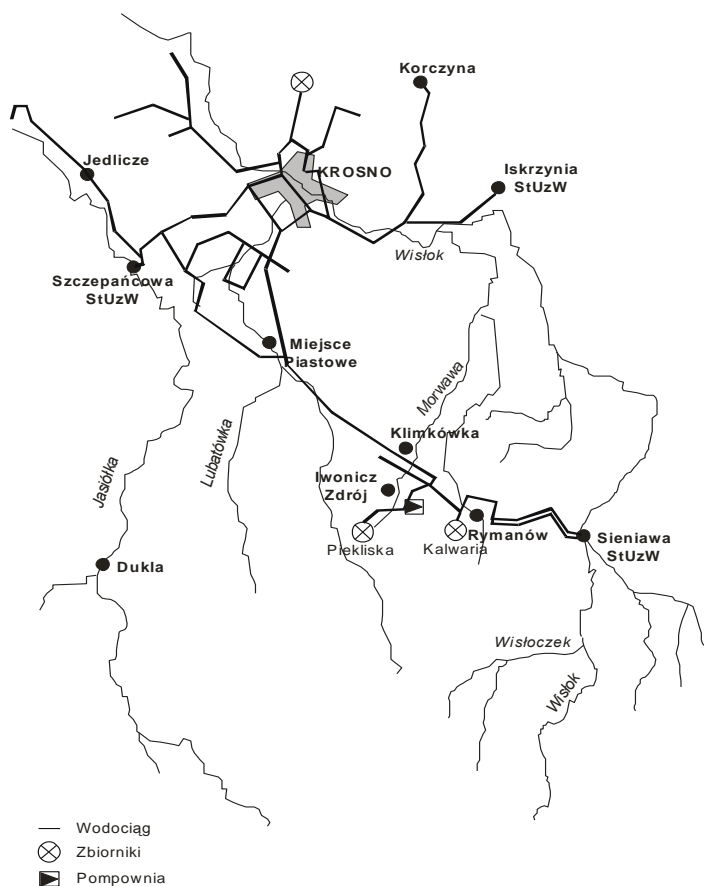
Struktura wiekowa sieci wodociągowej przedstawia się następująco:

- sieć do 20 lat – 61,5 km,
- sieć od 20 do 30 lat – 95,7 km,
- sieć od 30 do 40 lat – 71,8 km,
- sieć od 40 do 50 lat – 77,6 km,
- sieć od 50 do 60 lat – 28,3 km,
- sieć od 60 do 70 lat – 3,2 km,
- sieć od 70 do 80 lat – 3,5 km.

Struktura funkcjonalna przewodów sieci wodociągowej obejmuje:

- przewody magistralne – 22,6 km,
- przewody rozdzielcze – 137,9 km,
- podłączenia wodociągowe – 181,1 km.

Na rysunku 1. pokazano uproszczony schemat wodociągu grupowego aglomeracji krośnieńskiej.



Rys. 1. Mapka poglądowa sieci wodociągowej aglomeracji krośnieńskiej

Fig. 1. The water supply system map of the Krosno agglomeration

Przewody sieci wodociągowej są wyposażone w sposób trwały w uzbrojenie typu: zasowy, zawory redukcyjne, hydranty, odpowietrzniki, opaski do nawiercania, studzienki i komory wodociągowe. Odcinki uliczne sieci rozdzielczej są funkcjonalnie związane z podłączeniami wodociągowymi do poszczególnych nieruchomości. W 2012 roku w Krośnie było 5518 podłączeń wodociągowych. Średnią długość podłączenia wodociągowego wylicza się ze wzoru:

$$L_{p.w.} = \frac{\text{długość podłączeń}}{\text{liczba podłączeń}} = \frac{181\,100}{5\,518} = 32,82 \text{ m} \quad (1)$$

Z kolei liczbę podłączeń przypadającą na 1 km sieci rozdzielczej oblicza się ze wzoru:

$$l = \frac{\text{liczba podłączeń}}{\text{długość sieci rozdzielczej}} = \frac{5518}{137,9} = 40 \text{ szt./km} \quad (2)$$

natomiast współczynnik obciążenia sieci wodociągowej q z równania:

$$q = \frac{Q_d}{L} = \frac{18000}{341,6} = 52,7 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{km} \quad (3)$$

gdzie: $Q_d = 18\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ – średnia produkcja dobową wody do spożycia w 2012 r.,

$L = 341,6 \text{ km}$ – długość sieci wodociągowej.

Wskaźniki obliczone ze wzorów (1)-(3) bardzo dobrze charakteryzują sieć wodociągową i powinny być znane eksploatorom [2, 8].

3. Zakres ilościowy remontów

Awaryjność sieci wodociągowej miasta Krosna opracowana na podstawie danych eksploatacyjnych z podziałem na przewody magistralne, rozdzielcze i podłączenia domowe przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Liczba uszkodzeń przewodów sieci wodociągowej i przynależna jej jednostkowa intensywność uszkodzeń λ

Table 1. The number of failures of water pipes and the associated unit intensity failure λ

Rok	Liczba uszkodzeń				Sumaryczna długość sieci wodociągowej [km]	Intensywność uszkodzeń λ [awarii/km · rok]
	przewody magistralne	przewody rozdzielcze	podłączenia wodociągowe	suma		
2008	79	112	257	448	323,1	1,39
2009	68	97	199	364	330,2	1,10
2010	95	158	258	511	333,1	1,53
2011	81	71	180	332	341,6	0,97

Kryteria europejskie zalecają zakwalifikowanie danego odcinka sieci wodociągowej do remontu, jeżeli wskaźnik intensywności uszkodzeń przekracza $\lambda = 2,0 \div 5,0 \text{ uszk./km} \cdot \text{rok}$ [2].

Średnie roczne tempo budowy sieci wodociągowej wynosiło:

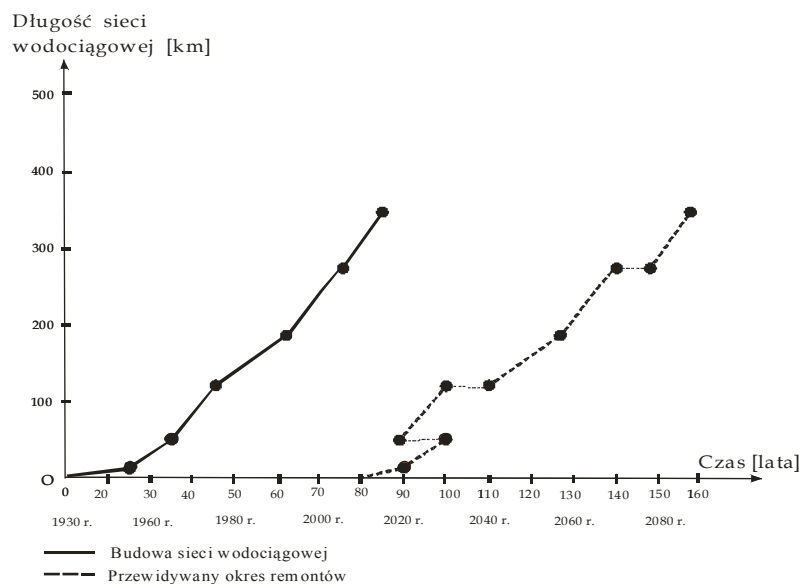
$$L_r = \frac{\text{długość sieci}}{\text{lata eksploatacji}} = \frac{341,6}{80} = 4,27 \text{ km/rok} \quad (4)$$

Znając lata budowy poszczególnych fragmentów sieci wodociągowej i materiał, z jakiego została wykonana, na podstawie danych zawartych w tab. 2. można określić przypuszczalny czas renowacji przewodów wodociągowych w przyszłości. Na rysunku 2. zilustrowano strategię remontowej sieci wodociągowej. Dane dotyczące trwałości rur z różnych materiałów przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Trwałość rur wodociągowych, na podstawie [2]

Table 2. Durability of water pipes, based on [2]

Material	Trwałość rur [lata]
Żeliwo szare	60÷120
Stal	60÷100
PE, PCV	40÷80
Żeliwo sferoidalne	40÷100
Żeliwo sferoidalne z ochroną przeciwkorozyjną	100÷140



Rys. 2. Ilustracja remontów sieci wodociągowej miasta Krosna

Fig. 2. Illustration of the water supply system repair of the Krosno city

Wyznaczając linie przewidywanych okresów remontów, wzięto pod uwagę realia gospodarki nakazowo-rozdzielczej panujące w kraju do końca lat 80. XX w. i dane trwałości rur wodociągowych zaprezentowane w tab. 3. Występujące dwie nieciągłości „wstecz” wynikają ze złej jakości przewodów wodociągowych budowanych w latach powojennych i 70. XX w. Trzecia nieciągłość ma charakter pozytywny co do jakości i trwałości materiałowej rur wodociągowych w postaci wydłużenia czasu do remontów sieci wodociągowej (poprawa jakości materiałów jest związana z gospodarką rynkową).

4. Awaryjność magistrali wodociągowej z Sieniawy do Klimkówki

Magistrala wodociągowa z Sieniawy do Klimkówki jest podzielona na następujące odcinki:

- 1) ZUZW Sieniawa – odgałęzienie do Rymanowa jest wykonane z dwóch nitek rur stalowych czarnych, izolowanych o długości $l = 3850$ m, 3840 m,
- 2) odgałęzienie do Rymanowa – odgałęzienie do zbiorników wyrównawczych „Kalwaria” jest wykonane z rur stalowych czarnych, izolowanych o długości $l = 1792$ m, 560 m,
- 3) odgałęzienie do zbiorników „Kalwaria” – przepompownia wody „Klimkówka” jest wykonana z rur stalowych czarnych, izolowanych o długości $l = 5013$ m,
- 4) przepompownia „Klimkówka” – zbiorniki „Piekliska” są wykonane z rur stalowych czarnych, izolowanych o długości $l = 1229$ m.

Sumaryczna długość magistrali wodociągowej z Sieniawy do Klimkówki wynosi $16,3$ km. Intensywności uszkodzeń tego fragmentu sieci wodociągowej obliczono, korzystając ze wzoru:

$$\text{Intensywność uszkodzeń } \lambda = \frac{\text{liczba uszkodzeń}}{\text{długość sieci magistralnej}} \quad (5)$$

W tabeli 3. przedstawiono intensywności uszkodzeń sieci wodociągowej w latach 2007-2011.

Na przewodzie tranzytowym Klimkówka–Krosno ($6,3$ km) nie zanotowano awarii w rozpatrywanym okresie obserwacji.

Tabela 3. Liczba i intensywność uszkodzeń sieci magistralnej wodociągowej Sieniawa–Klimkówka w latach 2000-2004

Table 3. The number and failure intensity of the water main network Sieniawa–Klimkowka in 2000-2004 years

Lata	Liczba uszkodzeń	Intensywność uszkodzeń λ [awarii /km · rok]
2007	21	1,29
2008	14	0,86
2009	15	0,92
2010	20	1,23
2011	17	1,04

5. Podsumowanie

1. W wyznaczeniu linii przewidywanych okresów remontów wzięto pod uwagę realia gospodarki nakazowo-rozdzielczej panujące w kraju do końca lat 80. XX w. i dane trwałości rur wodociągowych zaprezentowane w tab. 2. Występujące duże nieciągłości „wstecz” wynikają ze złej jakości przewodów wodociągowych budowanych w latach powojennych i 70. XX w. Trzecia nieciągłość linii ma charakter pozytywny co do jakości i trwałości materiałowej rur wodociągowych w postaci wydłużenia czasu do remontów sieci wodociągowej.
2. Analizując trwałość techniczną sieci wodociągowej, można stwierdzić, że sieć miasta Krosna wybudowana na przełomie lat 30. i 40. XX w. ulega zużyciu. Roczny wskaźnik remontów rzędu 0,5÷1,0% długości sieci wydaje się wystarczający na pierwsze dziesięciolecie XXI w. Po 2020 roku należy przyjąć strategię 2% remontu sieci wodociągowej.
3. Graniczny okres eksploatacji sieci wodociągowej powinien być planowany na podstawie danych literaturowych i eksploatacyjnych, według kryterium narastającej intensywności uszkodzeń i kryterium utraty funkcjonalności (zmniejszenie przepustowości w wyniku inkrustacji i zużycia korozyjnego przewodu).
4. Długość sieci tranzytowej ZUzW Sieniawa–Krosno wynosi $L_t = 24$ km. Należy się liczyć z tym, że eksploatowane rurociągi tranzytowe za ok. 40 lat osiągną wiek „śmierci technicznej”. Trzeba zatem na bieżąco przeprowadzać procesy renowacyjne, kierując się intensywnością uszkodzeń λ na danych odcinkach. Intensywności uszkodzeń powyżej 2 uszk/km-rok powinny stać się sygnałem do rozpatrzenia możliwości tzw. rehabilitacji rurociągu metodami bezwykopowymi.

Literatura

- [1] Kuliczkowski A. i in.: Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska. Wydaw. Seidel-Przywecki, 2010.

- [2] Dohnalik P.: Planowanie remontów sieci wodociągowej. Woda i My, Czasopismo MPWiK w Krakowie, nr 22 i 23, 2002.
- [3] Rak J.: Awaryjność sieci wodociągowych w miastach polskich. Biuletyn Informacyjny Izby Gospodarczej „Wodociągi Polskie”, nr 3/27, 2003, s. 11-14.
- [4] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Intensywność uszkodzeń sieci wodociągowych w miastach województwa podkarpackiego. Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, Inżynieria Środowiska, nr 16, 2003, s. 123-129.
- [5] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Metoda zintegrowanej oceny ryzyka awarii w podsystemie dystrybucji wody. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, z. 1, 2006, s. 11-15.
- [6] Tchórzewska-Cieślak B.: Ryzyko awarii sieci wodociągowej. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 3, 2010, s. 38-41.
- [7] Rak J.: O potrzebie remontów sieci wodociągowej Rzeszowa. Kwartalnik Techniczny Armatura i Rurociągi, z. 3., Warszawa 2003, s. 106-108.
- [8] Rak J., Tunia A.: Awaryjność sieci wodociągowej. Mat. konf. „Bezpieczeństwo i niezawodność działania systemów gazowych, wodociągowych, kanalizacyjnych i grzewczych”. Wydaw. PZITS O/Kraków, Zakopane 1997, s. 219-228.
- [9] Pietrucha-Urbanik K., Studziński A.: Analiza strat wody wodociągu krośnieńskiego. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 10/2012, s. 452-454.

THE METHOD OF THE WATER SUPPLY NETWORK PLANNING REPAIR ON THE EXAMPLE OF THE KROSNO CITY

Summary

Operation of water supply network requires not only maintain its functioning and proper management, but also to restore the technical capacity and performance. In the work a proposal of a repair strategy for the water supply of the Krosno city was given. Simple method for planning water supply network based on the life time of pipes made of the particular type of material was presented. For this purpose ten-year periods were analyzed based on the construction of water supply system in Krosno, for determining the life-time of pipes. This in turn became the basis for determining the date of beginning the water mains renewal processes. The basic data in connection with the sustainability of the water supply system and the failure rate in this city was presented. In addition, the reliability of transit pipeline connecting the water intake in Sieniawa with Krosno was analyzed. The need for a renewal of its operational functions was shown. The period of technical water pipes durability is not unlimited. Properly done repairs, may contribute to extend the section life of the network even for a few decades. It should be taken into account that the actual technical durability of pipes can significantly exceed the duration of amortization, but it can also be much shorter. In this regard, according to the multi-causal nature of the failure, only network monitoring will draw correct conclusions. Renovations of water supply network should be carried out according to the long-term strategy, without limitation only to the removal of randomly occurring failures.

Keywords: water supply, water network, renovation

Przesłano do redakcji: 13.01.2014 r.

Przyjęto do druku: 02.06.2014 r.

DOI:10.7862/rb.2014.15