

Ryszarda IWANEJKO¹
Tomasz LEŃ²

ANALIZA USZKADZALNOŚCI SIECI WODOCIĄGOWEJ EKSPLOATOWANEJ PRZEZ SPGK W SANOKU

Sanockie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o. w Sanoku obecnie zaopatruje w wodę ok. 43 tys. mieszkańców miasta Sanok oraz części gmin Sanok i Zagórz. Głównym źródłem zaopatrzenia w wodę jest rzeka San. Woda jest ujmowana za pomocą dwóch ujęć brzegowych. Od 2006 roku wielkość produkcji wody praktycznie się nie zmienia, jednak obserwuje się zmniejszenie zużycia wody i wzrost strat wody w sieci. Długość sieci wodociągowej wynosi ok. 219,6 km. Przewody magistralne stanowią ok. 5% całej długości sieci wodociągowej, rozdzielcze ok. 56,5%, a przyłącza ok. 38,5%. Duża część sieci jest zbudowana z żeliwa szarego (ok. 43%) i stali (ok. 29%). Liczby uszkodzeń sieci wodociągowej w kolejnych latach wykazują pewne wahania, jednak można stwierdzić ich słaby rosnący trend. Liczba awarii wykazuje również wyraźną zależność od pory roku. Najczęstszą przyczyną awarii była korozja (ok. 40% wszystkich awarii). Przekroczenia wartości dopuszczalnych wykazują wyznaczone wartości uszkodzalności dla przewodów magistralnych i rozdzielczych. Najwyższą wartość uszkodzalności stwierdzono dla przewodów stalowych. Około 82% wszystkich awarii zostało usuniętych w czasie nieprzekraczającym 8 godzin. Podstawą przeprowadzonych analiz i ocen były informacje uzyskane od Sanockiego Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o. z lat 2002-2012 (w odniesieniu do produkcji wody) i 1994-2012 (w odniesieniu do awarii). Eksploatująca sieć wodociągową SPGK od pewnego czasu przeprowadza wymianę magistralnych i rozdzielczych przewodów, a w planach przewiduje budowę zbiornika i rozbudowę sieci mające na celu stabilizację pracy sieci. W rezultacie należy spodziewać się zmniejszenia awaryjności sieci.

Słowa kluczowe: sieć dystrybucji wody, awarie sieci wodociągowej, niezawodność, intensywność uszkodzeń

¹ Autor do korespondencji/corresponding autor: Ryszarda Iwanejko, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, tel. 12 6282552, riw@vistula.wis.pk.edu.pl

² Tomasz Leń, Politechnika Krakowska

1. Krótka charakterystyka obszaru badań

Sanok jest miastem powiatowym położonym w południowo-wschodniej części województwa podkarpackiego. Według danych GUS na koniec 2012 r. miasto liczyło ok. 40 tys. mieszkańców, gminę Sanok z wyłączeniem miasta zamieszkiwało prawie 18 tys. osób. Gmina ma charakter typowo rolniczy (ok. 49% powierzchni terenu gminy stanowią użytki rolne, a ok. 38% lasy). W mieście znajdują się ważne zakłady przemysłowe, m.in.: Fabryka Autobusów „Autosan” S.A., STOMIL S.A. czy Zakład Górnictwa Nafty i Gazu. Działalność związaną ze zbiorowym zaopatrzeniem w wodę na obszarach miasta i gminy Sanok (pięć gminnych miejscowości Bykowce, Czerteż, Sanoczek, Trepcza, Zablotce) oraz części miasta i gminy Zagórz (wieś Zahutyń i część Zagórze) realizuje Sanockie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Spółka z o.o. w Sanoku. Głównym źródłem zaopatrzenia w wodę jest rzeka San. Woda jest pozyskiwana z dwóch ujęć powierzchniowych brzegowych: w Zasławiu i Trepczy. Ujęcie w Zasławiu budowano w latach 1971-1974, a po około 10 latach przeszło modernizację. Woda spiętrzona za pomocą jazu jest kierowana do ujęcia poprzez okratowane okna wlotowe. Obecnie maksymalna wydajność wynosi około $Q_{\max} = 250 \text{ m}^3/\text{h}$, a średnia $Q_{\text{sr}} = 164 \text{ m}^3/\text{h}$. Obniżenie stężenia zawiesin następuje w osadnikach wstępnych poziomych, a w przypadku dużej ich zawartości woda jest poddawana procesowi koagulacji. Z osadnika woda przepływa na filtry pośpieszne kontaktowe i jest kierowana do zbiornika wody czystej. Po drodze jest poddawana dwuetapowemu procesowi dezynfekcji (promieniami UV i dezynfekcji chlorem gazowym). Następnie ze zbiornika wody uzdatnionej poprzez pompownię wysokiego ciśnienia jest przekazywana do sieci miejskiej.

Ujęcie oraz Stacja Uzdatniania Wody w Trepczy powstały w 1934 r. Po wielu modernizacjach obecnie wydajność maksymalna stacji wynosi $Q_{\max} = 460 \text{ m}^3/\text{h}$, a średnia $Q_{\text{sr}} = 204 \text{ m}^3/\text{h}$. Woda jest ujmowana i sprowadzana do studni zbiorczej za pomocą stalowej rury o średnicy 600 mm wprowadzonej w nurt rzeki na odległość 8 m. W studni jest dozowany koagulant mieszany mechanicznie. Stąd woda przepływa do dwóch zbiorników brzegowych zlokalizowanych przy Sanie, które pełnią rolę osadników wstępnych. Po procesie sedymentacji części zawieszonych woda jest tłoczona na filtr pośpieszny piaskowy, z którego spływa grawitacyjnie do zbiorników wody czystej. Po drodze jest poddawana także dwuetapowemu procesowi dezynfekcji (jak w Zasławiu), a następnie za pomocą pomp tłoczona do sieci.

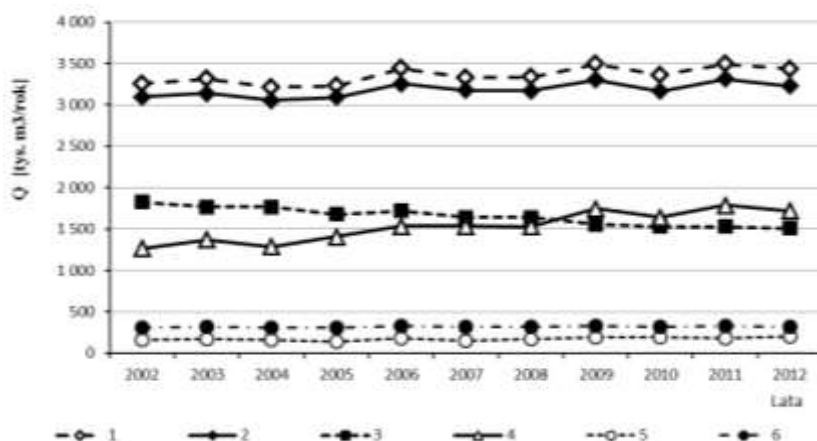
2. Rys gospodarki wodno-ściekowej

W analizowanym okresie (2002-2012) wielkość produkcji wody praktycznie nie ulegała zmianie (tab. 1., rys. 1.), choć obserwuje się spadkową tendencję sprzedaży wody [3, 4]. Zużycie wody na cele uzdatniania przed wtłó-

Tabela 1. Bilans wodny na obszarze działania SPGK Sp. z o.o. w Sanoku w latach 2002-2012 [tys. m³], na podstawie [4]
 Table 1. Water balance of the area operated by the Sanok MMW, in the years 2002-2012 [thousand m³], based on [4]

Woda	Lata										
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Pobrana	3253,7	3314,5	3211,1	3231,6	3438,8	3330,2	3335,8	3494,0	3363,1	3495,6	3434,1
Wtłoczona do sieci	3096,3	3140,8	3053,9	3089,7	3257,4	3177,6	3170,1	3303,2	3166,9	3314,9	3229,0
Sprzedana	1827,8	1769,0	1766,0	1679,7	1721,1	1641,8	1639,4	1554,8	1528,2	1528,2	1508,0
- gospodarstwa domowe	1325,1	1301,9	1291,9	1265,0	1263,8	1249,6	1237,9	1211,3	1202,8	1207,0	1193,0
- przemysł	166,7	195,8	212,0	113,1	159,9	93,7	105,0	75,3	64,6	63,2	59,6
- inni	336,0	271,3	262,1	301,6	297,4	298,4	296,5	268,2	260,8	258,0	255,3
Zużycie własne przed wtłoczeniem do sieci	157,3	173,7	157,2	141,9	181,4	152,6	165,8	190,9	196,1	180,7	205,1
Woda nieochodowa	1268,6	1371,8	1287,9	1410,1	1536,3	1535,8	1530,7	1748,4	1638,7	1786,7	1721,0
Zużycie własne po wtłoczeniu do sieci	309,6	314,1	305,4	309,0	325,7	317,8	317,0	330,3	316,7	331,5	322,9
Straty wody w sieci	958,9	1057,7	982,5	1101,1	1210,6	1218,0	1213,7	1418,0	1322,0	1455,3	1398,1
Procentowe straty wody w sieci	31,0%	33,7%	32,2%	35,6%	37,2%	38,3%	38,3%	42,9%	41,7%	43,9%	43,3%

zeniem nie jest duże i sięga około 5-6% wody pobranej. Natomiast zużycie wody na potrzeby własne po wtłoczeniu jest dwukrotnie wyższe i sięga około 10%. Obserwuje się również powolny wzrost wielkości strat wody w sieci.



Rys. 1. Graficzny obraz bilansu wodnego na obszarze działania SPGK Sp. z o.o. w Sanoku w latach 2002-2012; 1 – woda pobrana, 2 – woda wtłoczona do sieci, 3 – woda sprzedana, 4 – straty wody w sieci, 5 – zużycie własne przed wtłoczeniem do sieci, 6 – zużycie własne po wtłoczeniu do sieci

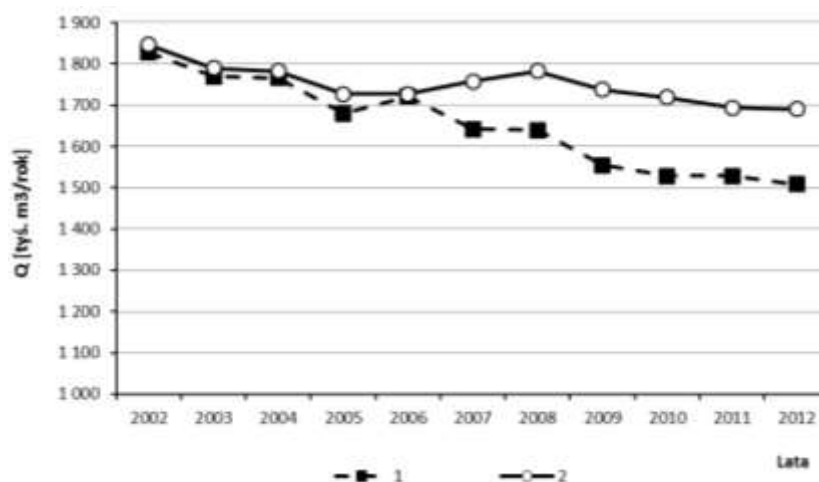
Fig. 1. Graphic image of the water balance within the area of the MMW administration in Sanok, in the years 2002-2012; 1 – water collected, 2 – water supplied to the water system, 3 – water sold, 4 – water losses in the system, 5 – consumption of water before it enters the water system, 6 – consumption of water once it has been pumped to a system

W badanym okresie największy procent sprzedanej wody przypada na gospodarstwa domowe (w 2012 r. ok. 79%). Resztę wody zużywają tzw. pozostali odbiorcy (np. szkoły, urzędy, w 2012 r. ok. 17%) i przemysł (w 2012 r. ok. 4%). W analizowanym okresie odnotowano znaczne obniżenie sprzedaży wody dla przemysłu (w 2012 r. spadek w stosunku do 2002 wyniósł ok. 64%). Jest to spowodowane: recesją gospodarki, „wyhamowaniem” działania przemysłu, zamykaniem nierentownych, często wodochłonnych zakładów przemysłowych (np. zamknięcie zakładów mięsnych „Beef-San”), zaostrzającymi się normami dotyczącymi ochrony środowiska (co wymusza stosowanie nowych technologii bezpiecznych dla środowiska), szukaniem oszczędności poprzez własne ujęcia wody do celów produkcyjnych (np. zakłady „Stomil” posiadają na rzece San ujęcie o wydajności 73 m³/d) oraz oszczędną gospodarką wodno-ściekową w zakładach przemysłowych (m.in. wprowadzanie zamkniętych obiegów wodnych).

Na podstawie przytoczonych danych można zauważyć (tab. 1., rys. 1.), że straty wody od 2002 r. stopniowo rosły – w 2012 r. wskaźnik procentowych strat

wody osiągnął poziom 43%. Wartość jednostkowego wskaźnika strat wody odniesionych do długości sieci wahała się od 15,08 do 20,12 m³/km-d, a wartość średnia wynosiła 17,10 m³/km-d. Średnia wartość wskaźnika hydraulicznego obciążenia sieci wynosiła 45,22 m³/km-d.

W końcowych latach obserwuje się rosnącą różnicę między sprzedażą wody a odbiorem ścieków (rys. 2.). W 2012 roku SPGK Sp. z o.o odebrało prawie o 182,5 tys. m³ więcej ścieków niż sprzedało wody [3]. Wynikało to ze zwiększającego się stopnia skanalizowania obszarów gminnych i wykorzystywania przez odbiorców własnych ujęć wody. Na terenach wiejskich około 85% mieszkańców korzysta z własnych źródeł zaopatrzenia w wodę (studnie kopane, wiercone, ujęcia zbiorowe itp.). Również część zakładów przemysłowych korzysta z własnych ujęć wody.



Rys. 2. Sprzedaż wody i odbiór ścieków przez SPGK Sp. z o.o. w Sanoku w latach 2002-2012; 1 – sprzedaż wody, 2 – odbiór ścieków

Fig. 2. Water sale and sewage discharge by the MMW in Sanok, in the years 2002-2012; 1 – sale, 2 – sewage discharge

3. Sieć wodociągowa

Sieć wodociągowa obsługiwana przez Sanockie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o. w Sanoku ma strukturę pierścieniowo-promienistą. Jest to układ trzystrefowy, a w centralnej strefie jest zlokalizowany zbiornik wyrównawczy. Długość sieci eksploatowanej w 2012 r. przez SPGK Sp. z o.o. Sanok wynosiła 219,6 km (tab. 2.).

Najwięcej jest przewodów rozdzielczych (ok. 124 km), co stanowi prawie 56,5% całej sieci. Przyłącza wodociągowe stanowią 38,5%, a sieć magistralna

5% całości sieci. Od 2002 roku długość przewodów sieci magistralnej oraz przyłączy wodociągowych nie uległy żadnej zmianie. Znaczny wzrost długości (o około 58%) wystąpił na sieci rozdzielczej. Do 2012 roku przyrost sieci był w miarę równomierny z zauważalnym skokiem w 2010 r., spowodowanym dodaniem dzierżawy wodociągu.

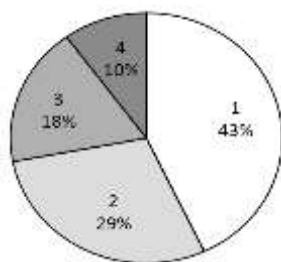
Tabela 2. Długość sieci wodociągowych SPGK sp. z o.o. Sanok w latach 2002-2012, na podstawie [4]

Table 2. Length of water lines in the Sanok MMW in the years 2002-2012, based on [4]

Sieć	Długość sieci [km] w poszczególnych latach										
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
M	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
R	78,6	84,1	85,1	88	89,9	94,4	97,1	97,5	120,2	120,2	124
P	84,4	84,4	84,4	84,4	84,4	84,4	84,4	84,4	84,4	84,4	84,4
Ogółem	174,2	179,8	180,7	183,6	185,5	190	192,7	193,1	215,8	215,8	219,6

M – przewody magistralne, R – przewody rozdzielcze, P – przyłącza wodociągowe (M – mains, R – distribution lines, P – connections)

Sieć wodociągowa w większości jest zbudowana z żeliwa (43%) oraz stali (29%). Pozostałą część stanowią przewody wykonane z tworzyw sztucznych PCW i PE, które łącznie stanowią około 28% długości całej sieci (rys. 3.). Przewody magistralne żeliwne były wykonane w latach 1972-1987. Średnio przewody magistralne mają powyżej 25 lat. Brak jest dokładnych informacji co do struktury wiekowej pozostałych przewodów sieci wodociągowej. Szacunkowo ich wiek ocenia się średnio na 10-25 lat [4].

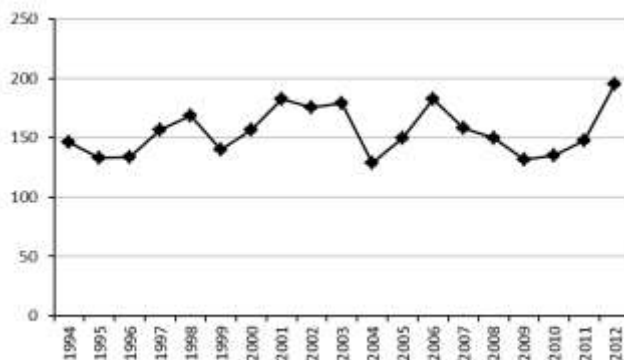


Rys. 3. Procentowa struktura materiałowa całej sieci wodociągowej; 1 – żeliwo, 2 – stal, 3 – PCW, 4 – PE

Fig. 3. Water supply system construction materials; as percentage 1 – cast iron, 2 – steel, 3 – PCV, 4 – PE

4. Awarie sieci wodociągowej

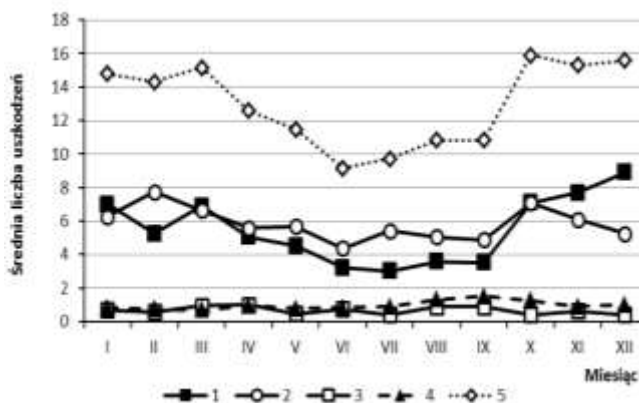
W latach 1994-2012 łącznie odnotowano 2954 awarii sieci wodociągowej [4]. Można zauważyć, że liczby awarii w kolejnych latach, pomijając pewne wahania, przejawiają niewielki rosnący trend (rys. 4.) [3].



Rys. 4. Roczne liczby awarii w badanym okresie (1994-2012)

Fig. 4. Annual number of failures in the analyzed time period (1994-2012)

Liczba awarii sieci jest zależna od pory roku i materiału przewodu (rys. 5.). Największa średnia liczba uszkodzeń przypadała na miesiące jesienne, zimowe i wczesną wiosnę (od 14 do 16 uszk./mies.), przy czym były to zazwyczaj awarie na przewodach stalowych i żeliwnych, a najmniejsza na czerwiec (średnio 9,2 uszk./mies.). W odniesieniu do całego roku najwięcej awarii miało miejsce na przewodach stalowych (ok. 45% wszystkich awarii) i żeliwnych (ok. 42%), znacznie mniej na przewodach wykonanych z PE i PCW (odpowiednio ok. 8% i 5%).

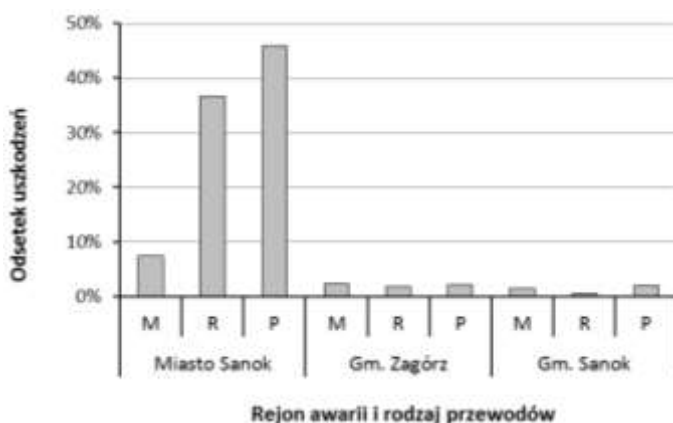


Rys. 5. Średnia liczba awarii na przewodach wykonanych z różnych materiałów w poszczególnych miesiącach lat 1994-2012; 1 – stal, 2 – żeliwo, 3 – PCW, 4 – PE, 5 – razem

Fig. 5. The average number of failures of pipes constructed of different materials, by months of the years 1994-2012; 1 – steel, 2 – cast iron, 3 – PE, 4 – PCV, 5 – together

Najczęstszą przyczyną występowania awarii była korozja (ok. 40,12% wszystkich awarii), nieszczelności sieci (34,1%) oraz pęknięcia (13,5%). Resztę stanowiły uszkodzenia inne (np. uszkodzenia mechaniczne, uszkodzenia zasuw czy hydrantów). Korozja i nieszczelności przeważały głównie w okresie jesienno-winterowym. W lecie częściej prowadzono zaplanowane prace modernizacyjne.

Na terenie miasta Sanok wystąpiło najwięcej awarii – około 90%, z czego ok. 46% na przyłączach, prawie 37% na przewodach rozdzielczych, a 7,4% na przewodach magistralnych (rys. 6.). Na terenie miasta znajduje się prawie 71% długości sieci i jest to najstarsza część sieci. Pozostałe 10% awarii wystąpiło w obsługiwanych gminach. Na terenach wiejskich gminy Sanok znajduje się około 19,4% długości całej sieci wodociągowej, lecz na ten fragment sieci przypada ok. 4,8% wszystkich awarii sieci. Natomiast na terenie gminy Zagórz, gdzie znajduje się około 9,8% całej sieci wodociągowej, zarejestrowano około 5,6% wszystkich awarii.

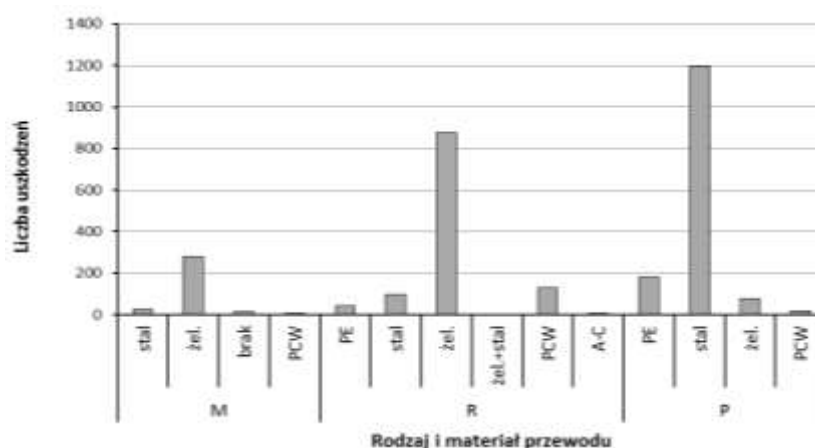


Rys. 6. Rozkład liczby awarii w latach 1994-2012 w zależności od rejonu i rodzaju przewodu; M – przewody magistralne, R – przewody rozdzielcze, P – przyłącza

Fig. 6. Failures distribution in the years 1994-2012, by and type of pipe; M – mains, R – distribution lines, P – connections

Dominującym miejscem występowania niesprawności sieci wodociągowej były przyłącza. Odnotowano na nich ok. 50% wszystkich awarii. Na kolejnym miejscu pod względem awaryjności znajdowała się sieć rozdzielcza (39% awarii). Najmniej awarii wystąpiło na przewodach magistralnych (11%). Największy stopień awarii na przyłączach wykazują przewody wykonane ze stali (rys. 7.). W przewodach magistralnych i rozdzielczych uszkodzeniom podlegało głównie żeliwo (w 80%). Tak duża i ciągle wzrastająca liczba awarii przewodów

przyłączeniowych wykonanych ze stali wskazuje na potrzebę gruntownej ich wymiany, np. na przewody PE+PEHD.



Rys. 7. Rozkład liczby awarii w latach 1994-2012 w zależności od rodzaju materiału i przewodu; M – przewody magistralne, R – przewody rozdzielcze, P – przyłącza

Fig. 7. Failures distribution in the years 1994-2012, for different pipes and pipe materials; M – mains, R – distribution lines, P – connections

5. Uszkodzalność przewodów wodociągowych

Wskaźnik jednostkowej intensywności uszkodzeń λ_0 , nazywany najczęściej uszkodzalnością lub awaryjnością sieci, jest jednym z podstawowych wskaźników służących do oceny stanu technicznego sieci wodociągowej. Jego znajomość ułatwia podejmowanie decyzji dotyczących konieczności podjęcia planowych prac modernizacyjnych przewodów. W pracy wyznaczono wartości λ_0 dla całej sieci, w podziale na przewody magistralne, rozdzielcze, przyłącza oraz w odniesieniu do rodzaju materiału, z jakiego wykonano przewody. Do wyznaczenia wskaźnika powszechnie stosuje się wzór:

$$\lambda_0 = \frac{u}{L \cdot t} \left[\frac{\text{uszk.}}{\text{km} \cdot \text{rok}} \right],$$

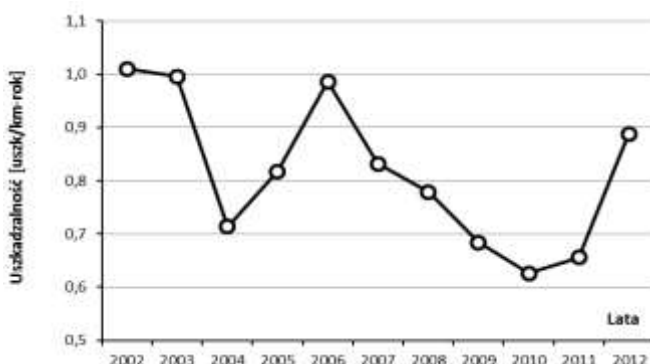
gdzie: λ_0 – jednostkowa intensywność uszkodzeń, u – liczba uszkodzeń, L – sumaryczna długość przewodów [km], t – czas, dla którego ustalono liczbę uszkodzeń [rok].

W krajach zachodnioeuropejskich najczęściej przyjmuje się, że przekroczenie wartości $\lambda_0 = 1$ uszk./km-rok kwalifikuje przewód do odnowy, zwolennicy ostrzejszego kryterium przyjmują $\lambda_0 = 0,5$ uszk./km-rok [2]. W Polsce eks-

placatorom proponuje się przyjęcie wartości granicznych zależnych od rodzaju przewodu [5]:

- dla przewodów magistralnych $\lambda_0 \leq 0,3$ uszk./km-rok,
- dla przewodów rozdzielczych $\lambda_0 \leq 0,5$ uszk./km-rok,
- dla połączeń domowych $\lambda_0 \leq 1,0$ uszk./km-rok.

Średnia intensywność uszkodzeń całej sieci w latach 2002-2012 kształtowała się na poziomie 0,82 uszk./km-rok, przy czym wartość λ_0 wahała się w zakresie 0,6-1,1 uszk./km-rok. Po wcześniejszym spadku w ostatnich latach można zaobserwować jej wzrost (rys. 8.).



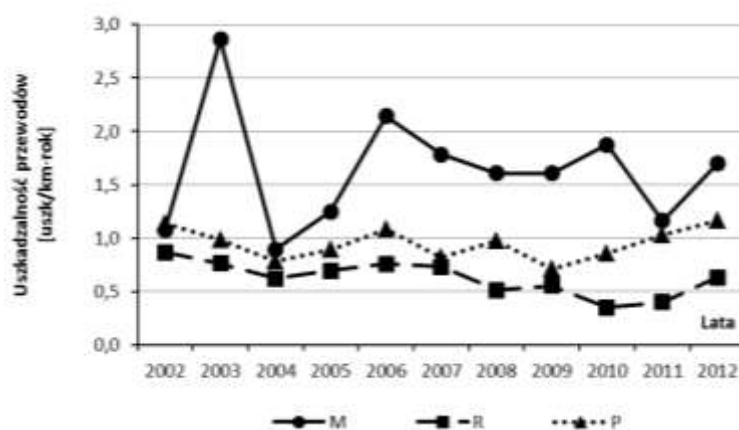
Rys. 8. Jednostkowa intensywność uszkodzeń całej sieci dla poszczególnych lat [uszk./km-rok]

Fig. 8. Failure rates in the whole system vs. time [failures/km x year]

Średnia jednostkowa intensywność wynosiła dla przewodów [3] magistralnych 1,63 uszk./km-rok, rozdzielczych 0,63 uszk./km-rok, przyłączy wodociągowych 0,95 uszk./km-rok. Jak widać na rys. 9., średnia uszkodzalność λ_0 zarówno przewodów magistralnych, jak i rozdzielczych wykazuje przekroczenia (ponadpięciokrotnie dla przewodów magistralnych [5]), natomiast średnia uszkodzalność przyłączy zbliża się do wartości granicznej. Wartości λ_0 w 2012 r. dla wszystkich rodzajów przewodów przekroczyły wartości graniczne.

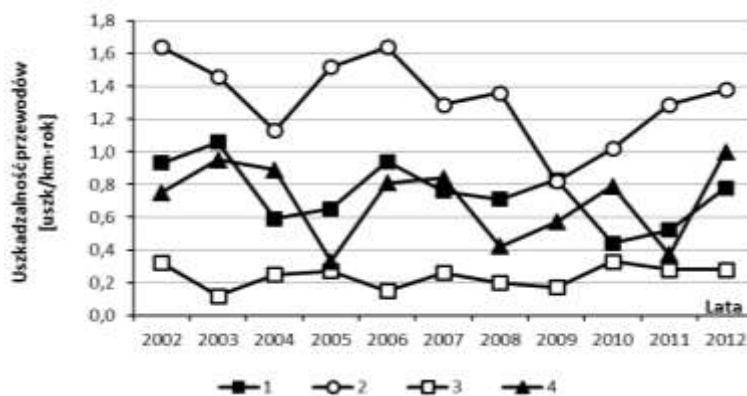
Najwyższą średnią jednostkową intensywnością uszkodzeń charakteryzują się przewody stalowe: średnio 1,32 uszk./km-rok, a najniższą przewody PCW – średnio 0,24 uszk./km-rok (rys. 10.). Dla przewodów żeliwnych średni wskaźnik kształtował się na poziomie 0,747, a dla przewodów wykonanych z PE na poziomie 0,70 uszk./km-rok. Zatem wynika, że modernizacji w pierwszej kolejności należałoby poddać przewody wykonane ze stali. Przewody żeliwne również wymagają uwagi, gdyż wykazują wysoki stopień uszkodzalności. Ich awa-

ryjność uwiadcza się przede wszystkim na sieci rozdzielczej i magistralnej. Fakt ten może skutkować dotkliwymi awariami.



Rys. 9. Jednostkowa intensywność uszkodzeń [uszk/km-rok] dla lat 2002-2012 w zależności od rodzaju przewodu; M – przewód magistralny, R – przewód rozdzielczy, P – przyłącza

Fig. 9. Failure rates [failures/km x year] for the years 2002-2012 for different of pipes; M – mains, R – distribution lines, P – connections

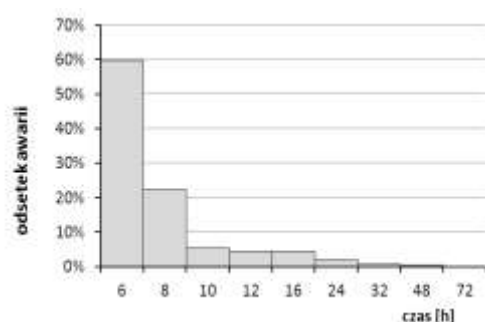


Rys. 10. Jednostkowa intensywność uszkodzeń dla całej sieci w latach 2002-2012 z podziałem na rodzaj materiału, z jakiego wykonano przewód; 1 – żeliwo, 2 – stal, 3 – PCW, 4 – PE

Fig. 10. Failure rates in the whole system in the years 2002-2012 for different pipe materials; 1 – cast iron, 2 – steel, 3 – PCV, 4 – PE

6. Czas usuwania awarii

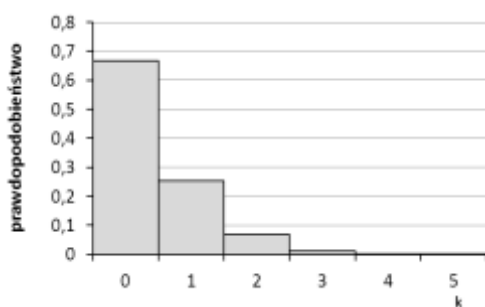
Czas, w jakim są usuwane awarie, jest zależny m.in. od: średnicy przewodów, usytuowania i rozległości awarii, sprzętu, jaki jest w posiadaniu eksploatatora, liczby brygad remontowych, warunków atmosferycznych oraz dostępności do miejsca awarii. Prawie 60% awarii zaistniałych na terenie obsługiwanym przez SPGK było usuniętych w ciągu do 6 godzin (rys. 11.), około 22,3% awarii – w ciągu 6-8 godzin, a dla zaledwie 1,9% awarii czas naprawy przewyższał 24 godziny.



Rys. 11. Rozkład czasu usuwania awarii

Fig. 11. Time distribution for failure repairs

Duża szybkość napraw wiąże się z występowaniem awarii głównie w mieście Sanoku (ok. 90% wszystkich awarii), a więc szybkim dojazdem na miejsce awarii. Należy jeszcze zwrócić uwagę, że przez większą część roku (średnio przez 244 doby) nie usuwano żadnych awarii. Można więc oczekiwać, że w najbliższym czasie prawdopodobieństwo wystąpienia doby bezuszkodzeniowej wyniesie ok. 0,67 (rys. 12.). Jako maksymalną liczbę uszkodzeń w dobie odnotowano $k = 5$ (1 przypadek w ciągu 19 lat).



Rys. 12. Rozkład dób w roku, w których wystąpiło k awarii sieci wodociągowej; k – liczba awarii w ciągu doby

Fig. 12. Annual distribution of days with k failures in the water supply system

7. Uwagi końcowe

W ciągu ostatnich 20 lat wchodzący w skład SPGK Sp. z o.o. Zakład Wodociągów i Kanalizacji został wyposażony nie tylko w sprzęt potrzebny do realizacji podstawowych działań (m.in. koparki czy samochody), lecz także w sprzęt diagnostyczny służący do lokalizacji urządzeń podziemnych, wykrywania nieszczelności sieci, sprawdzania sieci kanalizacyjnej, wykrywania zasuw i studzienek. Został również wprowadzony monitoring najważniejszych obiektów (np. SUW Zaslów, SUW Trepcza, hydrofornie, większe przepompownie, zbiornik wody czystej znajdujący się w parku). ZWiK dysponuje również własnymi laboratoriami, w których wykonuje się badania jakości wody surowej i uzdatnionej. Laboratoria te znajdują się na terenie SUW Trepcza oraz SUW Zaslów i są prowadzone według zasad zezwolenia Stacji Sanitarno-Epidemio-logicznej oraz wdrożonego w Państwie systemu ISO.

Według informacji SPGK Sp. z o.o. w Sanoku od pewnego czasu przewody magistralne oraz rozdzielcze są systematycznie poddawane częściowej wymianie. Opracowany jest plan budowy 3 km nowej sieci wodociągowej, łączącej dwa systemy zasilania miasta w wodę z ujęć w Trepczy i Zaslówiu. Powstanie również zbiornik wyrównawczy o objętości 2000 m³ wraz z kilometrową magistralą zasilającą. Zbiornik ten wraz z infrastrukturą będzie miał na celu stabilizację pracy sieci, umożliwienie zmniejszenia różnic między ekstremalnymi wartościami ciśnienia, szczególnie w magistralach doprowadzających wodę od strony Trepczy. Ponadto zbiornik pozwoli na wyrównanie dotychczasowych nierównomierności pracy sieci wodociągowej, co w znacznym stopniu ma się przyczynić do zmniejszenia awaryjności sieci.

Wyniki analiz uszkodzalności sieci obsługiwanej przez SPGK Sp. z o.o. w Sanoku do 2012 r. są niekorzystne. Jednak ze względu na potencjał eksploatatora (m.in. posiadany sprzęt, laboratoria, monitoring, plany modernizacji, stosowanie systemów ISO 9001 i 14001, liczne certyfikaty [1]) oraz rozpoczęcie wymiany przewodów wydaje się, że już niedługo poprawa stanu technicznego sieci będzie zauważalna i odczuwalna.

Literatura

- [1] <http://www.spgk.com.pl/> (dostęp: 10.06.2014).
- [2] Kwietniewski M., Rak J.: Niezawodność infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej w Polsce. Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, Warszawa 2010, s. 41-59.
- [3] Leń T.: Analiza pracy i uszkodzalności sieci wodociągowej miasta i gminy Sanok. Praca dyplomowa wykonana pod kierownictwem dr R. Iwanejko, Kraków 2014.
- [4] Materiały z Sanockiego Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o. w Sanoku dla lat 2002-2012.
- [5] Rak J.: Podstawy bezpieczeństwa systemów zaopatrzenia w wodę. Wydaw. Komitet Inżynierii Środowiska PAN, Lublin 2005, s.113-119.

ANALYSIS OF A FAILURE RATE IN THE WATER SUPPLY SYSTEM OPERATED BY THE SANOK PUBLIC UTILITIES

Summary

Municipal Management Works (MMW) at Sanok supply currently water to approx. 43 thousand residents of the city as well as to some parts of the Sanok and Zagorz municipalities. The San river constitutes the main source of water. Water is collected by two boundary water intakes. Since 2006, the water production has not practically changed, however, a lower water consumption and higher water losses have been observed in the network. The length of the water supply system is approx. 219.6 km. The mains comprise approx. 5% of the total length of water lines while distribution pipes account for approx. 56.5%; the remaining approx. 38.5% are individual connections. Most of the water system is made of gray cast iron (approx. 43%) and steel (approx. 29%). The number of failures, observed in the water supply system, varied in subsequent years though a slight upward trend could be observed. Each year, most failures occurred in the winter and corrosion turned out to be the most frequent cause of failure (approx. 40%). The determined failures values for mains and distribution lines exceed the recommended limiting values; the highest failure value was found for steel pipes. Approximately 82% of all failures were removed in less than 8 hours. The analyzes and evaluations were performed on the basis of information obtained from the Sanok MMW for the years 2002-2012 (water production) and the years 1994-2012 (failures). The Sanok MMW, which operates the water supply system, have been for some time replacing the mains and distribution lines with new ones. The unit has also plans to further develop the water system and carry out the construction of a water reservoir in order to stabilize the system operation. The actions are expected to reduce the system failure rate.

Keywords: water distribution system, water supply system failures, reliability, failure rate, repair of failures

Przesłano do redakcji: 7.01.2015 r.

Przyjęto do druku: 28.03.2015 r.

DOI: 10.7862/rb.2015.11