

Janusz R. RAK¹
Łukasz SYPIEŃ²

ANALIZA STRAT WODY W WODOCIĄGU MIASTA JASŁA

Analiza strat wody powinna być podstawą do podejmowania działań modernizacyjnych w celu ograniczenia kosztów związanych z produkcją wody i jej dystrybucją. W pracy przedstawiono analizę zużycia i strat wody w wodociągu w mieście Jasło wykonaną na podstawie danych uzyskanych z Głównego Urzędu Statystycznego oraz Jasielskiego Związku Komunalnego Sp. z o.o. W wyniku badań stwierdzono trend prawie 15 procentowego spadku zużycia wody przez mieszkańców i podmioty gospodarcze. Podczas normalnej eksploatacji sieci wodociągowej w latach 2008-2012 dokonano bilansu produkcji i sprzedaży wody wodociągowej. Ustalono podstawowe wskaźniki strat wody oraz odniesiono je do zaproponowanych wskaźników przez The International Water Association. (IWA). Wyznaczono następujące wskaźniki strat wody: procentowy (WS), jednostkowy strat rzeczywistych (RLB), objętości wody niedochodowej (MRWB), strat nieuniknionych (UARL), infrastrukturalny indeks wycieków (ILD). Przeanalizowane wskaźniki są porównywalne do wartości, które zostały uzyskane w innych systemach zbiorowego zaopatrzenia w wodę w Polsce. Dokonano analizy awaryjności sieci wodociągowej pod kątem wpływu na straty wody. Uzyskane wartości jednostkowych intensywności uszkodzeń na poszczególnych rodzajach sieci wodociągowej wskazują na mało znaczący wpływ awarii na straty wody.

Słowa kluczowe: system zaopatrzenia w wodę, straty wody, awarie wodociągowe

1. Wstęp

Jasło - miasto położone w południowo-wschodniej części Polski w województwie podkarpackim, 50 km od granicy ze Słowacją, w dolinie rzek: Wisłoki, Ropy i Jasiołki. Znajduje się na wysokości od 225 do 380 m. n. p. m na obszarze dołów jasielsko-sanockich w rejonie występowania złóż ropy naftowej

¹ Autor do korespondencji: Janusz Rak, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, tel.: 17 865 14 49, rakjan@prz.edu.pl.

² Łukasz Sypień, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów.

i gazu ziemnego. Miasto zajmuje powierzchnię 36,52 km² o liczbie mieszkańców 37071 (dane z 2012 r.) [10].

W województwie podkarpackim Jasło jest jednym ze znaczących ośrodków przemysłowych i gospodarczych. W gminie funkcjonuje kilka dużych przedsiębiorstw m.in. Rafineria „Jasło” S.A., Zakłady Tworzyw Sztucznych „Gamrat” S.A., PNIG Jasło Sp.z.o.o, Huta Szkła Sp.z.o.o w Jasle. Miasto cechuje dobrze rozwinięta sieć handlowa i usługowa w liczbie ponad 3,2 tysięcy podmiotów gospodarczych.

W 1956 roku na rzece Wisłoce rozpoczęto budowę ujęcia wody zlokalizowanego w miejscowości Żółków. Wodę pobierano w istniejącym żwirowisku za pomocą sączków ułożonych równolegle do brzegów rzeki, skąd kierowano ją do studni zbiorczej, a następnie na filtry pośpieszne. Obecnie uzdatnianie wody oparte jest o wysokoefektywny proces koagulacji oparty o technologię ACTIFLO i filtry pospieszne dwuwarstwowe. Wydajność nominalna ZUzW wynosi 17280 m³/d. W sytuacjach kryzysowych można wykorzystywać ujęcie wód podziemnych o wydajności 350 m³/d. Sieć wodociągowa liczy 198 km, a dystrybucję wody zapewnia 5 pompowni strefowych.

Celem pracy jest ocena start wody w sieci wodociągowej miasta Jasła. Porównano obliczone wartości wskaźników charakteryzujących starty wody z danymi IWA, AWWA oraz WBI. Wykonana analiza awaryjności sieci wodociągowej ma pokazać jej wpływ na straty wody.

2. Analiza zużycia wody w Jasle

W tab. 1 przedstawiono ilość wody wtłoczonej do sieci, wodę sprzedaną dla gospodarstw domowych, dla jednostek produkcyjnych oraz dla pozostałych jednostek, zużycie wody na cele własne oraz straty.

Tabela 1. Zestawienie bilansu produkcji wody w latach 2008-2012

Table 1. Summary of the water balance production in years 2008-2012

Rok	Woda wtłoczona do sieci Vwtł [m ³ /rok]	Woda sprzedana Vsp [m ³ /rok]	Woda sprzedana gospod. domowym Vspgd	Zużycie wody na cele własne Vwtł [m ³ /rok]	Straty wody Vstr [m ³ /rok]
2008	2 374 673,10	1 919 308,90	1 020 776,20	20 365,00	434 999,20
2009	2 338 145,20	1 899 697,18	1 039 756,80	28 087,00	410 361,02
2010	2 213 624,00	1 736 447,86	1 024 289,80	51 773,00	425 403,14
2011	2 106 264,00	1 671 865,56	1 014 632,20	71 563,00	362 835,44
2012	2 058 472,00	1 622 534,16	1 011 415,50	69 755,00	366 182,84

Analizując tabelę 1 można jednoznacznie stwierdzić, że podobnie tak jak w innych miastach Polski zużycie wody przez mieszkańców Jasła systematycznie spada. Na przestrzeni 5 lat ilość wody wtłoczonej do sieci zmalała o 13,32%. Od 2008 roku z ponad 2374,67 tys m³ zapotrzebowanie na wodę spadło do nieco ponad 2058, 47 tys m³ w 2012 roku.

W tab. 2 zestawiono ilość wody sprzedanej z podziałem na wodę sprzedaną gospodarstwom domowym, na cele produkcyjne oraz na pozostałe cele.

Tabela 2. Zestawienie bilansu wody sprzedanej w latach 2008-2012

Table 2. Summary of water sold in years 2008-2012

Rok	Razem [m ³ /rok]	Woda sprzedana gospodarstwom domowym	Na cele produkcyjne [m ³ /rok]	Pozostałe cele [m ³ /rok]
2008	1 919 308,90	1 020 776,20	561 894,00	336 638,70
2009	1 899 697,18	1 039 756,80	521 600,00	338 340,38
2010	1 736 447,86	1 024 289,80	381 434,00	330 724,06
2011	1 671 865,56	1 014 632,20	324 542,80	332 690,56
2012	1 622 534,16	1 011 415,50	305 825,30	305 293,36

Z analizy tab. 2 wynika również, że systematycznie od 2008 roku maleje ilość wody sprzedanej na cele produkcyjne, a od 2009 roku nieznacznie dla gospodarstw domowych.

3. Ogólna charakterystyka strat wody

Obecnie na całym świecie jednym z podstawowych problemów eksploatacyjnych wodociągów są straty wody [1]. Faktem jest, że niekiedy stanowią one bardzo wysoki procent wody wtłaczanej do sieci. Analiza strat wody powinna być podstawą do podejmowania działań modernizacyjnych i naprawczych w celu ograniczenia kosztów związanych z produkcją wody i jej dystrybucją [5]. Wycieki niezmiennie towarzyszą eksploatacji systemów zaopatrzenia w wodę.

Całkowite straty wody stanowią sumę strat rzeczywistych i pozornych oraz wody zużywanej na własne potrzeby systemu wodociągowo-kanalizacyjnego [2]. Jedną z przyczyn powstania rzeczywistych strat wody są przecieki zarówno z sieci przewodów i armatury jak i z nieszczelnych instalacji wewnętrznych (poniżej progu rozruchu wodomierzy), oraz przelewy wody ze zbiorników wyrównawczych, a także nasilające się w ostatnim czasie jej kradzieże. Przecieki powstają na skutek uszkodzeń złączy, rurociągów i kształtek. Według niemieckich badań stanowią one od 80 -100 % rzeczywistych strat wody z zewnętrznej sieci wodociągowej [1]. Pozorne straty wody nie stanowią natomiast faktycz-

nego jej wycieku z systemu. Wynikają one jedynie z niedokładności i niejednoczesności dostawy i zużycia wody [7].

Podstawowym elementem oceny efektywności pracy, oraz stanu technicznego systemu wodociągu w aspekcie zużycia i strat wody jest jej prawidłowe zbilansowanie. Niejednokrotnie przedsiębiorstwa wodociągowe nie dokonują takiego bilansu, a wielkość strat jest nie raz świadomie ukrywana lub zaniżana. Zdarza się, że całkowita objętość wody nie jest dokładnie mierzona przez przedsiębiorstwo, aby nie wykazywać rzeczywistych strat występujących w sieci. Ponadto zawyżane są wartości wody zużywanej na potrzeby własne w celu zaniżenia wykazywanego procentowego wskaźnika strat wody. Skala tego problemu uwidoczniła się w Polsce dopiero w okresie gospodarki rynkowej. Przemiany społeczno-gospodarcze, jakie miały miejsce na początku lat 90-tych spowodowały, że przedsiębiorstwa zaczęły dostrzegać powagę problemu strat wody. Transformacja ta była przyczyną urynkwienia cen wody, a zagadnienia związane z jej stratami stały się głównym problemem kadry zarządzającej przedsiębiorstwami wodociągowymi. Przełom XX i XXI wieku przyniósł znaczący spadek zużycia wody wodociągowej [4].

4. Analiza strat wody w wodociągu Jasła

Zestawienie podstawowych danych dotyczących obliczeń strat wody wg International Water Association (IWA) obejmuje następujące parametry [9]:

- Woda wtłoczona do sieci – $V_{wtł}$
- Zużycie własne wody – V_{wl}
- Woda sprzedana – V_{sp}
- Straty wody – V_{str}
- Długość sieci magistralnej - M (w Jasle nie występuje – gdyż do rurociągu magistralnego nie mogą być bezpośrednio podłączeni odbiorcy wody)
- Długość sieci rozdzielczej – R
- Całkowita długość sieci wodociągowej – $M+R$
- Długość połączeń wodociągowych – PW
- Liczba połączeń wodociągowych – L_{pw}

W tab. 3. zestawiono długości poszczególnych rodzajów sieci wodociągowej, oraz liczbę przyłączy.

Do wskaźników pozwalających na wyznaczenie prawidłowej i wiarygodnej oceny strat wody należą:

- Procentowy wskaźnik strat wody

Wskaźnik ten pozwala na określenie udziału strat wody (V_{str}) w stosunku do objętości wody wtłoczonej ($V_{wtł}$) do sieci wodociągowej. Wyznaczany z zależności:

$$WS = \frac{V_{str}}{V_{wtł}} \cdot 100\% \quad (1)$$

- Wskaźnik jednostkowy strat rzeczywistych – RLB

Inaczej zwany indeksem strat rzeczywistych, zakwalifikowany do wskaźników operacyjnych przez International Water Association (IWA) [6]. Opisuje on ilość rzeczywistych strat wody w zależności od liczby przyłączy wodociągowych, co zwiększa dokładność oceny efektywnej pracy wodociągu. Faktem jest, że awaryjność sieci wzrasta wraz z liczbą obecnej na sieci armatury, która z pewnością występuje najobficiej na przyłączach wodociągowych. Możliwe są dwie wersje tego wskaźnika:

$$RLB_1 = \frac{V_{str}}{(M + R) \cdot 365} \text{ m}^3/(\text{km} \cdot \text{d}) \quad (2)$$

Stosowanie tego wskaźnika zaleca się, gdy liczba podłączeń wodociągowych przypadających na kilometr sieci wodociągowej (M+R) jest mniejsza od 20.

$$RLB_2 = \frac{V_{str} \cdot 1000}{L_{pw} \cdot 365} [\text{dm}^3/(\text{dpodłączenie wodociągowe})] \quad (3)$$

Stosowanie tego wskaźnika zaleca się, gdy liczba podłączeń wodociągowych przypadających na kilometr sieci wodociągowej (M+R) wynosi, co najmniej 20.

- Wskaźnik objętości wody niedochodowej – NRWB

Wskaźnik ten określa objętość wody niesprzedanej, wyznaczonej z różnicy pomiędzy objętością wody wyprodukowanej a objętością wody sprzedanej. Pozwala on na uniknięcie przekłamań podczas analiz porównawczych powstałych na skutek zawyżania objętości wody zużywanej na potrzeby własne, przez przedsiębiorstwa wodociągowe w celu zniżenia procentowego wskaźnika strat wody. Wyznaczany z zależności:

$$NRWB = \frac{V_{wtł} - V_{sp}}{V_{wtł}} \cdot 100 [\%] \quad (4)$$

- Wskaźnik strat nieuniknionych – UARL

Biorąc pod uwagę skomplikowany system dystrybucji wody, wynikający z mnogości elementów tworzących jego strukturę, należy zdawać sobie sprawę z tego, że w każdym wodociągu będą występować pewne nieuniknione straty

wody. Ich wielkość wyznaczana jest właśnie przez wskaźnik UARL. Straty nieuniknione tolerowane są przez przedsiębiorstwa wodociągowe, gdyż wycieki o wielkości poniżej $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ są bardzo trudne do wykrycia i zlokalizowania. Do obliczenia tego wskaźnika potrzebna jest znajomość średniego ciśnienia wody panującego w sieci, długości zarówno przewodów rozdzielczych jak i magistralnych, oraz długość i liczba przyłączy. Objętość roczna wody wodociągowej w formie strat nieuniknionych określana jest na podstawie składników [6]:

- wycieki nieuniknione na przewodach sieci magistralnej i rozdzielczej, przyjmuje się $18 \text{ dm}^3/\text{km} \cdot \text{d} \cdot 1 \text{ m H}_2\text{O}$ ciśnienia,

- wycieki nieuniknione na przewodach podłączeń wodociągowych, przyjmuje się $25 \text{ dm}^3/1 \text{ m podłączeń} \cdot \text{d} \cdot 1 \text{ m H}_2\text{O}$ ciśnienia,

- wycieki nieuniknione związane z liczbą podłączeń wodociągowych, przyjmuje się $0,8 \text{ dm}^3/1 \text{ podłączenie} \cdot \text{d} \cdot 1 \text{ m H}_2\text{O}$ ciśnienia,

Zależność ta jest wyrażona wzorem:

$$\text{UARL} = [18 \cdot (M + R) + 25 \cdot \text{PW} + 0,8 \cdot \text{Lpw}] \cdot 0,365 \cdot p \quad [\text{m}^3/\text{rok}] \quad (5)$$

gdzie: M – długość sieci magistralnej, [km]

R – długość sieci rozdzielczej, [km]

PW – długość podłączeń wodociągowych, [km]

Lpw – liczba podłączeń wodociągowych,

p – średnie ciśnienie w rozpatrywanej strefie pomiarowej, [mH_2O]

p = 35 m H_2O

0,365 – współczynnik przeliczeniowy na rok i m^3

- Infrastrukturalny indeks wycieków – ILI

Jest to wielkość bezwymiarowa zdefiniowana, jako stosunek objętości rzeczywistych strat wody do strat nieuniknionych. Indeks ten pozwala zobrazować krotność rzeczywistych strat wody w stosunku do minimalnego poziomu wycieków, jaki może być osiągnięty przy dobrze działającym i utrzymywanym w dobrej kondycji systemie. Współczynnik ten uwzględnia aktualny stan sieci wodociągowej oraz opisuje straty w sieci w bardziej wymierny sposób niż dotychczas stosowany wskaźnik procentowy [6]. Pozwala on pośrednio ocenić stan techniczny sieci wodociągowej, wyznaczany z zależności:

$$\text{ILI} = \frac{V_{\text{str}}}{\text{UARL}} [-] \quad (6)$$

gdzie: V_{str} – roczna objętość wody niesprzedanej, m^3/rok

UARL – wskaźnik strat nieuniknionych

Tabela 3. Zestawienie długości sieci wodociągowej w Jasle

Table 3. Summary of the water supply system length in Jasło

Rok	Długość sieci rozdzielczej R [km]	Długość podłączeń wodociągowych PW [km]	Razem L [km]	Lpw
2008	116,9	60,0	176,9	2840
2009	127,8	60,2	188,0	2890
2010	132,4	60,5	193,1	3120
2011	133,9	60,8	194,7	3330
2012	138,4	60,9	199,3	3395

W tab. 4 zestawiono obliczenia wskaźników strat wody dla analizowanego systemu.

Tabela 4. Zestawienie wskaźników strat wody w latach 2008-2012

Table 4. The list of water loss indicators in years 2008-2012

Rok	WSW [%]	NRWB [%]	RLB ₁ [m ³ /(km·d)]	RLB ₂ [dm ³ /(dPW)]	UARL [m ³ /rok]	ILI
2008	18,3	19,2	10,2	419,6	75068,5	5,8
2009	17,6	18,8	8,8	389,0	78085,9	5,3
2010	19,2	21,6	8,8	373,6	81494,3	5,2
2011	17,2	20,6	7,4	298,5	83985,4	4,3
2012	17,8	21,2	7,2	334,0	81688,5	4,5

W tab. 5 zestawiono kategorie wartości wskaźnika ILI [6].

Infrastrukturalny wskaźnik wycieków ILI, który przyjmuje wartości od 5,8- 4,3 wg WBI Banding System dla krajów rozwiniętych oceniany jest jako słaby, natomiast dla krajów rozwijających się jako dobry. Według Amerykańskiego Stowarzyszenia Wodnego (AWWA) stan sieci wodociągowej oceniany jest jako dobry dla wartości niższych niż 5,0 lub słaby dla wartości większych niż 5,0. Bardzo rygorystyczne kryteria Międzynarodowego Stowarzyszenia Wodnego (IWA) odnoszące się do krajów wysokorozwiniętych wskazują na stan niedopuszczalny sieci. Przeciętne wartości infrastrukturalnego indeksu wycieków ILI w miastach Polski wynoszą od 3,16 do 16,62 [4], z czego można wywnioskować, że Jasło jest na dość zadowalającej pozycji. Spadek w ostatnich latach wartości wskaźnika ILI, świadczy o skuteczności przyjętej strategii ograniczania przecieków wody w wodociągu Jasło.

Tabela 5. Kategorie wartości współczynnika ILI

Table 5. Coefficient values of ILI

Zakres oraz kategorie ILI wg IWA	Kategorie ILI	Zakres ILI wg WBI Banding System		Zakres ILI wg AWWA
		Kraje rozwijające się	Kraje rozwinięte	
ILI ≤ 1,5 - stan bardzo dobry	stan bardzo dobry	ILI ≤ 4,0	ILI ≤ 2,0	ILI ≤ 3,0
1,5 < ILI ≤ 2 - stan dobry				
1,5 < ILI ≤ 2 - stan średni	stan dobry	4,0 < ILI ≤ 8	2,0 < ILI ≤ 4,0	3,0 < ILI ≤ 5,0
2,5 < ILI ≤ 3,0 - stan słaby	stan słaby	8,0 < ILI ≤ 16,0	4,0 < ILI ≤ 8,0	5,0 < ILI ≤ 8,0
3,0 < ILI ≤ 3,5 - stan bardzo słaby				
ILI > 3,5 – stan niedopuszczalny	stan niedopuszczalny	ILI > 16,0	ILI > 8,0	ILI > 8,0

5. Obliczenie jednostkowych wskaźników strat wody w analizowanym systemie

Dobłą charakterystyką eksploatacyjną analizy strat wody są jednostkowe wskaźniki [9]:

- Jednostkowa ilość wody wtłoczonej do sieci

$$q_{wtł} = \frac{V_{wtł} \cdot 1000}{LM \cdot 365} \quad [dm^3 / (\cdot d)] \quad (7)$$

- Jednostkowa ilość wody sprzedanej ogółem

$$q_{sp} = \frac{V_{sp} \cdot 1000}{LM \cdot 365} \quad [dm^3 / (\cdot d)] \quad (8)$$

- Jednostkowa ilość wody sprzedanej gospodarstwom domowym

$$q_{\text{spgd}} = \frac{V_{\text{spgd}} \cdot 1000}{LM \cdot 365} \quad [\text{dm}^3/(\cdot \text{d})] \quad (9)$$

- Jednostkowa ilość strat wody

$$q_{\text{str}} = \frac{V_{\text{str}} \cdot 1000}{LM \cdot 365} \quad [\text{dm}^3/(\cdot \text{d})] \quad (10)$$

- Jednostkowa ilość wody zużytej na potrzeby własne

$$q_{\text{wt}} = \frac{V_{\text{wt}} \cdot 1000}{LM \cdot 365} \quad [\text{dm}^3/(\cdot \text{d})] \quad (11)$$

- Jednostkowa ilość wody niedochodowej

$$q_{\text{nd}} = \frac{(V_{\text{wt}} - V_{\text{sp}}) \cdot 1000}{LM \cdot 365} \quad [\text{dm}^3/(\cdot \text{d})] \quad (12)$$

W tab. 6 zestawiono jednostkowe wskaźniki związane ze stratami wody.

Tabela 6. Jednostkowe wskaźniki ilości wody w latach 2008-2012

Table 6. Specific indicators of the water amount in 2008-2012

Jednostkowy wskaźnik ilości wody	Rok				
	2008	2009	2010	2011	2012
qwł	182,42	178,83	169,06	161,04	163,43
qsp	147,44	145,29	132,61	127,82	128,82
qspgd	78,41	79,52	78,23	77,57	80,30
qstr	33,42	31,39	32,49	27,74	29,07
qwt	1,56	2,15	3,95	5,47	5,54
qnd	34,98	33,53	36,44	33,21	34,61
Liczba mieszkańców korzystających z wodociągu	35665	35822	35874	35834	34507

Z danych zamieszczonych w tabeli 6 wynika, że jednostkowy wskaźnik wody włoczonej do sieci wynosi od 182,42 $\text{dm}^3/(\text{Mk}\cdot\text{d})$ w 2008 roku do 161,04 $\text{dm}^3/(\text{Mk}\cdot\text{d})$ w 2011 roku. Natomiast jednostkowa ilość wody sprzedanej ogółem wynosi od 147,44 $\text{dm}^3/(\text{Mk}\cdot\text{d})$ w 2008 roku do 127,82 $\text{dm}^3/(\text{Mk}\cdot\text{d})$ w 2011

roku, co odpowiada średnim wartością sprzedaży wody w Polsce [9]. Dla gospodarstw domowych jednostkowy wskaźnik wynosi ok. $80 \text{ dm}^3/(\text{Mk}\cdot\text{d})$, co jest wartością nieco niższą niż przeciętne w Polsce. Nieznacznie wyższe wartości w 2012 roku mogą być spowodowane mniejszą liczbą odbiorców wody. Jednostkowy wskaźnik strat wody w badanym okresie wyniósł około $30 \text{ dm}^3/(\text{Mk}\cdot\text{d})$.

Wyznaczenie jednostkowego wskaźnika obciążenia hydraulicznego sieci wodociągowej M+R

$$q_0 = \frac{V_{wtł}}{L_{M+R} \cdot 365} \quad [\text{m}^3/(\text{k} \cdot \text{d})] \quad (13)$$

Wyznaczenie jednostkowego wskaźnika strat wody w odniesieniu do całej długości sieci wodociągowej

$$q_{strL} = \frac{V_{wtł}}{L \cdot 365} \quad [\text{m}^3/(\text{k} \cdot \text{d})] \quad (14)$$

$$V'_{str} = V_{str} - UARL \quad [\text{m}^3/\text{rok}] \quad (15)$$

$$q'_{str.L} = \frac{V'_{str}}{L \cdot 365} \quad [\text{m}^3/(\text{k} \cdot \text{d})] \quad (16)$$

W tab. 7 zestawiono wartości jednostkowych wskaźników obciążeń hydraulicznych sieci wodociągowej.

Tabela 7. Zestawienie wskaźników jednostkowych obciążeń hydraulicznych sieci wodociągowej w Jasle

Table 7. The list of individual indicators hydraulic loads of water in Jasło

Rok	q [$\text{m}^3/(\text{km}\cdot\text{d})$]	$q_{str.L}$ [$\text{m}^3/(\text{km}\cdot\text{d})$]	V'_{str} [m^3/rok]	$q'_{str.L}$
2008	55,7	6,74	359 930,7	5,57
2009	50,1	5,99	332 275,1	4,85
2010	45,8	6,06	343 908,9	4,90
2011	43,1	5,13	278 850,0	3,94
2012	40,7	5,06	284 494,4	3,93

Wartości jednostkowych wskaźników strat wody mieszczą się w przedziale wartości podanych w pracy [3] dotyczących wodociągów krajowych.

6. Awaryjność wodociągu Jasło

Awaryjność sieci wodociągowej można zdefiniować, jako uszkodzenia lub niesprawności przewodów wodociągowych wraz z uzbrojeniem powodujące częściową lub całkowitą utratę wymaganych własności funkcjonalnych. Zazwyczaj są to brak szczelności i przepustowości oraz uszkodzenia uzbrojenia, uniemożliwiające jego pracę i wymagające naprawy z odcięciem dopływu wody.

Jednym z najistotniejszych wskaźników oceny stanu technicznego sieci i sytuacji eksploatacyjnej danego wodociągu jest awaryjność przewodów. Literatura techniczna określa ten wskaźnik mianem „intensywności uszkodzeń rurociągów” (λ) [3]. Intensywność uszkodzeń sieci wodociągowej oblicza się w odniesieniu do jednego km jej długości, oraz jednostki czasu równej jeden rok. Zależność tą wyznacza się ze wzoru:

$$\lambda = \frac{k}{L \cdot \Delta t} \left[\frac{1}{(km \cdot rok)} \right] \quad (17)$$

gdzie: k – liczba awarii poszczególnych sieci wodociągowych,

L – długość sieci wodociągowej,

Δt – przyrost czasu, w którym dana liczba awarii miała miejsce równy 1 rok.

W tab. 8 zestawiono liczbę awarii i wskaźniki intensywności uszkodzeń poszczególnych sieci wodociągowych (sieć rozdzielcza oraz podłączenia wodociągowe).

Tabela 8. Zestawienie intensywności uszkodzeń sieci wodociągowej λ [1/(km·rok)]

Table 8. Summary of the water supply system failure rate λ [1/(km · year)]

Oznaczenia	Rok				
	2008	2009	2010	2011	2012
Liczba awarii sieci rozdzielczej	63	34	37	27	38
Intensywność uszkodzeń λ_R	0,54	0,27	0,28	0,20	0,27
Liczba awarii podłączeń wodociągowych	21	20	14	28	18
Intensywność uszkodzeń podłączeń wodociągowych λ_{PW}	0,35	0,33	0,23	0,47	0,30
Całkowita liczba awarii sieci wodociągowej	84	54	51	55	56
Intensywność uszkodzeń λ_C	0,47	0,29	0,27	0,28	0,28

Przeciętna wartość wskaźnika intensywności uszkodzeń λ dla przewodów rozdzielczych w analizowanym okresie pięciu lat (2008 - 2012) wynosi mniej niż 0,3 uszk/(km·rok). Jedynie w 2008 wskaźnik ten wyniósł 0,54 uszk/(km·rok) i jest nieco wyższy od wartości uznawanej za kryterialną wynoszącą 0,5 uszk/(km·rok) dla tego rodzaju sieci [8]. W przypadku podłączeń wodociągowych średnia wartość tego wskaźnika wyniosła nieco ponad 0,3 uszk/(km·rok), ale i tak jest zdecydowanie niższa od wartości kryterialnych wynoszących 1 uszk/(km·rok) dla tego rodzaju sieci. Udokumentowana awaryjność sieci wodociągowej nie ma znaczącego wpływu na straty wody [8].

7. Podsumowanie

- W przeciągu ostatnich pięciu lat w Jaśle obserwujemy systematyczny spadek zapotrzebowania na wodę. Od 2008 roku z ponad 2374,67 tys m³ zużycie wody zmalało do nieco ponad 2058, 47 tys m³ w 2012 roku, co stanowi spadek zapotrzebowania na wodę o 13,32%. Systematycznie od 2008 roku maleje ilość wody sprzedanej na cele produkcyjne, od 2008 roku dla gospodarstw domowych i od 2011 na pozostałe cele.
- Obecnie na całym świecie jednym z podstawowych problemów eksploatacyjnych wodociągów są straty wody. Faktem jest, że niekiedy stanowią one bardzo wysoki procent wody wtłaczanej do sieci. Analiza strat wody powinna być podstawą do podejmowania działań modernizacyjnych i naprawczych w celu ograniczenia kosztów związanych z produkcją wody i jej dystrybucją. Wycieki niezmiennie towarzyszą eksploatacji systemów zaopatrzenia w wodę. Podstawowym elementem oceny efektywności pracy, oraz stanu technicznego systemu wodociągu w aspekcie zużycia i strat wody jest jej prawidłowe zbilansowanie. Przeciwdziałanie wyciekom jest nieodzownym elementem każdego przedsiębiorstwa wodociągowego. Obecnie istnieje szereg metod pozwalających w skuteczny i efektywny sposób wykrycia przecieków m.in.: metody związane z obserwacją tras przebiegu wodociągów, pomiarami ciśnienia, pomiarami przepływów, metody akustyczne i metoda rezystorowa.
- Jednostkowy wskaźnik strat wody w badanym okresie wyniósł około 30 dm³/Mk·d. Średni jednostkowy wskaźnik wody wtłoczonej do sieci wynosi od 182,42 dm³/Mk·d w 2008 roku do 161,04 dm³/Mk·d w 2011 roku. Natomiast jednostkowa ilość wody sprzedanej dla gospodarstw domowych wynosi ok. 80 dm³/Mk·d.
- Infrastrukturalny wskaźnik wycieków ILI, który przyjmuje wartości od 5,8-4,3 wg WBI Banding System dla krajów rozwiniętych oceniany jest, jako słaby, natomiast dla krajów rozwijających się, jako dobry. Według Amerykańskiego Stowarzyszenia Wodnego (AWWA) stan sieci wodociągowej oceniany jest, jako dobry dla wartości mniejszych dla 5,0 lub słaby dla wartości większych od

5,0. Bardzo rygorystyczne kryteria Międzynarodowego Stowarzyszenia Wodnego (IWA) odnoszące się do krajów wysokorozwiniętych wskazują na stan niedopuszczalnej sieci. Przeciętne wartości infrastrukturalnego indeksu wycieków ILI w miastach Polski wynoszą od 3,16 do 16,62, z czego można wywnioskować, że Jasło jest na dość zadowalającej pozycji. Spadek wartości wskaźnika ILI, świadczy o skuteczności przyjętej strategii ograniczania przecieków wodociągowych w wodociągu Jasło.

- Intensywność uszkodzeń sieci wodociągowej Jasła mieści się w kryteriach europejskich i nie ma istotnego wpływu na starty wody. Analizy tej dokonano w oparciu o stwierdzone awarie na sieci wodociągowej (możliwe są nie ujawnione awarie).

Literatura

- [1] Bergel T., Pawełek J.: Straty wody w systemach wodociągowych- charakterystyka, wielkość, wykrywanie i ograniczanie. III Konferencja Naukowo- Techniczna Błękitny San - Dubiecko, 21-22 kwiecień 2006.
- [2] Berger M., Ways M.: Poszukiwania przecieków sieci wodociągowych, Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Warszawa 2003.
- [3] Dohnalik P.: Straty wody w miejskich sieciach wodociągowych, Wydawnictwo Polskiej Fundacji Ochrony Zasobów Wodnych, Bydgoszcz 2000.
- [4] Dohnalik P., Jędrzejewski Z.: Efektywna eksploatacja wodociągów, Wydawnictwo LEMTECH Konsulting sp. z o.o., Kraków 2004.
- [5] Hotłoś H.: Analiza strat wody w systemach wodociągowych, Ochrona Środowiska, nr 1, 2003, s. 17-24.
- [6] Lambert A.; Hibner W.: Losses from Water Supply Systems: Standard terminology and recommended performance measures; The BluePages, Copyright by IWA, no. 10/2000.
- [7] Pietrucha-Urbanik K., Studziński A.: Analiza strat wody wodociągu krośnieńskiego, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 10, 2012, s. 452-454.
- [8] Rak J.R.: Zarządzanie ryzykiem w systemie zaopatrzenia w wodę, Oficyna Wyd. Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2009.
- [9] Speruda S., Radecki R.: Ekonomiczny poziom wycieków, Wydawnictwo Translator s.c., Warszawa 2003.
- [10] Sypień Ł.: Analiza zużycia i strat wody w wodociągu Jasła. Praca inżynierska PRZ. Promotor J.R. Rak, Rzeszów 2012.

ANALYSIS OF THE WATER LOSSES IN THE JASŁO CITY

Summary

Analysis of water losses should be the basis for the modernization act-ing in order to reduce the costs associated with the production of water and its distribution-tribution. The paper presents an analysis of water usage and losses in the waterworks in the Jasło city. The analysis was made on the basis of the data obtained from the Central Statistical Office and the Municipal Association

of Jasło. The results showed a trend of almost 15 percent reduction of water consumption by residents and business entities. During normal operation the balance of production and sales of tap water in 2008-2012. The basic indicators of water loss were established and referenced to the proposed indicators by the International Water Association. (IWA), as: percentage (WS), Infrastructure Leakage Index (RLB), the water volume-profit (MRWB), Unavoidable Annual Real Losses (UARL), infrastructure leakage index (ILI). Analyzed indicators are comparable to the values that have been obtained in other public water supply system in Poland. The obtained water failure indicators for each type of water supply point have negligible impact on water loss.

Keywords: water supply system, losses in water, water pipe failure

DOI: 10.7862/rb.2013.33

Przesłano do redakcji w lipcu 2013 r.

Przyjęto do druku we wrześniu 2013 r.