

Analiza objętości wody nie sprzedanej na skutek awarii przewodów wodociągowych

Analysis of water volume not sold due to failure of water pipelines

ANDRZEJ STUDZIŃSKI

DOI 10.36119/15.2019.9.8

Awarie przewodów wodociągowych powodują szereg strat, zarówno dla dostawcy jak również dla odbiorców wody. Dla producenta wody najbardziej kosztowne są naprawy uszkodzonych rurociągów. Wśród pozostałych szkód można wymienić straty wynikające z objętości wody nie sprzedanej konsumentom, których analiza jest przedmiotem niniejszej pracy. W opracowaniu przedstawiono analizę objętości wody nie sprzedanej odbiorcom. Podstawą opracowania są dane eksploatacyjne zebrane podczas 298 awarii w średniej wielkości mieście położonym w południowej Polsce. W niespełna 9% przypadków naprawa nie była przeprowadzona na pracującym pod ciśnieniem przewodzie, w pozostałych przypadkach wiązała się z przerwaniem dostawy wody do odbiorców. Przedstawione awarie dotyczą zakresu średnic nominalnych przewodów DN25-DN800. Średnia liczba odbiorców (podłączeń wodociągowych) dotkniętych skutkami awarii wyniosła 19,5 a średnia liczba mieszkańców 117,1. Określono średnią objętość wody nie sprzedanej na skutek awarii dla 259 zdarzeń, uzyskano średnią objętość wody nie sprzedanej 6,4 m³ na awarię. Łączna zanotowana objętość wody nie sprzedanej wynosiła zaledwie około 6% przeciętnej dobowej produkcji wody, można zatem określić powstałe straty jako znikome.

Słowa kluczowe: awaria, strata, objętość wody nie sprzedanej

Failures of water pipes cause a number of losses, both for the supplier and for water consumers. For the water producer repairs of damaged pipelines are the most expensive. Other losses include losses resulting from the volume of water not sold to consumers. The study presents an analysis of the volume of these losses. The basis of the study are operational data taken for 298 failures in a medium-sized city located in southern Poland. In less than 9% of cases the repair was not carried out on the pipe under pressure, in other cases it was related to interruption of water supply to recipients. The failures presented concern the range of nominal diameters of 25-800 mm wires. The average number of recipients (water supply connections) affected by failure amounted to 19.5 and the average number of residents 117.1. The average volume of water not sold as a result of failure for 259 events was determined, 6.4 m³ for failure was obtained. The total volume of water not sold was only about 6% of average daily water production, so the losses can be determined as negligible.

Keywords: failure, loss, volume of water not sold

Wprowadzenie

W systemach zaopatrzenia w wodę należy wyróżnić ryzyko producenta wody oraz ryzyko jej konsumentów [10]. Z punktu widzenia producenta wody polega ono na możliwym zakłóceniu, bądź przerwaniu procesu produkcji i dystrybucji wody, co w konsekwencji wpływa na efekt finansowy przedsiębiorstwa. Istnieje zatem możliwość strat przedsiębiorstwa związanych z awariami urządzeń i obiektów, zmniejszeniem wpływów za niesprzedaną wodę, kar umownych i odszkodowań wypłacanych odbiorcom wody.

Awarie przewodów wodociągowych powodują szereg strat, zarówno dla dostawcy jak również dla odbiorców wody. Dla producenta wody najbardziej kosztowne są naprawy uszkodzonych

rurociągów [7, 13, 15, 16]. Kolejną grupę stanowią straty wody, szeroko omawiane w literaturze krajowej [1, 3, 4, 9, 11]. Wśród pozostałych strat można wymienić straty wynikające z objętości wody nie sprzedanej konsumentom, które są przedmiotem niniejszej pracy. W opracowaniu przedstawiono analizę objętości wody nie sprzedanej odbiorcom, podstawą opracowania są dane eksploatacyjne zebrane podczas 298 awarii w średniej wielkości mieście położonym w południowej Polsce. W niespełna 9% przypadków naprawa była przeprowadzona na pracującym pod ciśnieniem przewodzie, w pozostałych przypadkach wiązała się z przerwaniem dostawy wody do odbiorców.

Celem niniejszej pracy jest oszacowanie objętości wody, której zakład wodociągowy nie może sprzedać na skutek awarii

przewodów wodociągowych zaopatrujących konsumentów wody.

Obiekt i metodyka badań

Badania prowadzono w latach 2014 – 2015 na systemie zaopatrzenia w wodę jednego z miast południowo – wschodniej Polski. Wodociąg zaopatruje w wodę ponad 100 tys. mieszkańców, sieć wodociągowa ma długość przekraczającą 1000 km, 5,9% długości stanowiły przewody magistralne, 53,3% przewody rozdzielcze, natomiast 40,8% długości miały podłączenia wodociągowe (stan na koniec 2015 roku). W strukturze materiałowej dominowały przewody polietylenowe 57,4% oraz przewody wykonane z żeliwa szarego – 22,5%, pozostałe materiały miały następujący udział w długości sieci:

Dr inż. Andrzej Studziński (<https://orcid.org/0000-0002-6551-9490>) – Katedra Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, email: astud@prz.edu.pl

stal 8,6%, PCV 7,9%, azbestocement AC 3,3% oraz żeliwo sferoidalne 0,3%. Wiek najstarszych eksploatowanych przewodów wodociągowych przekraczał 100 lat [15]. Niezawodność przewodów wodociągowych mierzona wskaźnikiem intensywności uszkodzeń wykazywała wartości niższe niż $0,10 \text{ km}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ [6, 8], można zatem stwierdzić, że awaryjność sieci jest na bardzo niskim poziomie, co pośrednio świadczy o wysokim poziomie działań eksploatacyjnych.

Objętość wody „nie sprzedanej” rozumiana jest jako objętość wody, która nie została dostarczona odbiorcom na skutek awarii przewodów koniecznych do dostarczenia im wody. Rurociągi te, to zarówno podłączenia wodociągowe zaopatrujące poszczególne budynki lub ich grupy, przewody rozdzielcze, które dostarczają wodę do odbiorców podłączonych do odcinka zamkniętego zasuwami podczas awarii lub przewody magistralne. W przypadku krajowych miejskich sieci wodociągowych, które zazwyczaj cechuje znaczne przewymiarowanie, awarie przewodów magistralnych zwykle dotyczą tylko odbiorców, do których woda dopływa przez zasilane jednokierunkowo przewody rozdzielcze – wyłącznie z magistrali zamkniętej na czas awarii, a nie spięte w pierścieniu i zasilane z wielu kierunków.

Czas braku dostawy wody rozumiany jest jako czas pomiędzy zamknięciem zasuw odcinkowych przed przystąpieniem do naprawy, a ich ponownym otwarciem po zakończeniu prac związanych z usuwaniem awarii, w tym płukania przewodu, czy jego dezynfekcji, został określony z dokładnością do 0,5 h.

Wyznaczając objętość wody nie sprzedanej przyjęto następujące założenia:

- odbiorcy pozbawieni wody używają ją w ilości takiej, jak wszyscy odbiorcy – ich zużycie jest tożsame z obserwowanych w mieście rozkładem zużycia wody,
- po zakończeniu awarii nie następuje u tych odbiorców wzrost zużycia wywołany odłożonymi w czasie potrzebami (np. uruchomienie pralki, zmywarki) oraz nieautoryzowany pobór wody rejestrowany przez wodomierze (przypadkowo pozostawione otwarte zawory czterpalne),
- analiza dotyczy wyłącznie mieszkańców pomijając zakłady usługowe i produkcyjne.

Pierwsze z przedstawionych założeń wynika z faktu, że we wszystkich obserwowanych przypadkach udział mieszkańców pozbawionych wody jest znikomy w stosunku do liczby mieszkańców obsługiwanych przez wodociąg. Oznacza to, że obserwowana zmienność rozbioru nie jest zaburzona znaczącą liczbą odbiorców pozbawionych wody. Mediana liczby mieszkańców wynosi 4, a wartość średnia 117. Maksymalnie wody pozbawiono 7612 ludzi w przypadku awarii magistrali trwającej 7 h.

Drugie z założeń wynika z braku „typowego” rozkładu rozbioru, co w połączeniu ze znikomą liczbą mieszkańców dotkniętych skutkami awarii nie pozwala na uwzględnienie zwiększonych poborów po naprawie.

Trzecie z założeń wynika z braku danych dla innych niż mieszkalnictwo grup odbiorców wody. Analizując otrzymane dane w 18 przypadkach, co stanowiło 6% awarii, skutki awarii dotknęły odbiorców o charakterze usługowym, a w dwóch przypadkach można mówić o odbiorcach większych ilości wody (myjnia samochodowa, zakład opieki zdrowotnej). W pozostałych przypadkach dominowały pojedyncze placówki handlowe.

Obliczona objętość nie sprzedanej wody jest iloczynem liczby mieszkańców pozbawionych wody, i jednostkowego zużycia wody jakie wystąpiło w czasie pomiędzy zamknięciem i otwarciem zasuw na naprawianym odcinku. Jak wcześniej wspomniano jednostkowe zużycie wody zostało obliczone dla miasta jako objętość zużytej wody w czasie awarii przez liczbę mieszkańców miejscowości. Całkowite zużycie wody zostało określone jako różnica odczytu wodomierzy na zasilaniu systemu zaopatrzenia w wodę skorygowane o odczyty zmian pojemności wody w zbiornikach sieciowych. Pominięto dokładność zastosowanych urządzeń pomiarowych. W przypadku niesprawno-

ści tych urządzeń dane z awarii odrzucono – dotyczy to aż 43 przypadków (14,4%). W tych przypadkach określono wszystkie inne dane dotyczące awarii – np. liczbę odbiorców pozbawionych wody.

Sposób przeprowadzenia badań przedstawiono w [15], prowadzono je notując dane na opracowanych kartach awarii wypełnianych przez pracowników przedsiębiorstwa wodociągowego. Zawierały one informacje dotyczące awarii (czas, miejsce, dane dotyczące przewodu jak wiek, materiał czy średnica, skutki awarii, zakres działań niezbędnych do naprawy, użyty sprzęt oraz wyszczególnione materiały).

Metodą regresji określono zależności pomiędzy czynnikami, które są statystycznie istotne dla objętości wody nie sprzedanej, do wyznaczenia zmiennych objaśniających powyższą objętość wykorzystano metodę wskaźnika pojemności informacyjnej Hellwiga.

Wyniki

Zebrane dane eksploatacyjne z awarii przewodów zawarto w tabeli 1. Łącznie odnotowano 302 awarie, z czego 298 przedstawionych poniżej dotyczyło przewodów wodociągowych, zaledwie w 4 przypadkach naprawiano armaturę. Procentowy udział awarii poszczególnych rodzajów przewodów wodociągowych był następujący: na przewodach magistralnych odnotowano 7,4% awarii, na przewodach rozdzielczych 31,7%, na przyłączach wodociągowych 59,6%, pozostałe 1,3% stanowiły awarie armatury.

Przewody pogrupowano według ich średnic nominalnych (DN) w odniesieniu do średnicy wewnętrznej. Zaobserwowano

Tabela 1. Zestawienie awarii [15]
Table 1. Failure list [15]

DN [mm]	Liczba awarii [-]	Liczba awarii dla poszczególnych materiałów					
		PE	PCV	Stal	Żel. sz.	Żel. sf.	AC
25	143	132	-	11	-	-	-
32	22	19	-	3	-	-	-
40	2	-	-	2	-	-	-
50	8	5	-	2	1	-	-
65	3	2	-	1	-	-	-
80	47	2	5	3	33	-	4
100	28	3	6	1	13	-	5
125	1	-	-	-	1	-	-
150	16	3	6	-	6	1	-
200	5	-	5	1	-	-	-
250	3	3	-	-	-	-	-
300	4	-	1	-	2	-	1
400	7	2	-	1	4	-	-
450	3	2	-	-	-	1	-
500	2	-	-	-	2	-	-
600	3	-	-	3	-	-	-
800	1	-	-	-	1	-	-

typową dla krajowych warunków zwiększoną liczbę awarii – dla przyłączy wodociągowych DN25 i DN32 jak dla pojedynczych budynków jednorodzinnych, dla przewodów rozdzielczych DN80 i DN100 wynikających z przepisów przeciwpożarowych [8], oraz DN150. Typowy jest również udział poszczególnych materiałów, z których wykonano sieć wodociągową – PE i stal w przypadku podłączeń wodociągowych, wszystkie materiały dla przewodów rozdzielczych i magistral mniejszych średnic oraz stal i żeliwo szare dla magistral największych średnic – co w ostatnim przypadku wynika z ich wieku.

W tabeli 2 pokazano uzyskany zakres objętości wody obliczonej dla poszczególnych awarii V_{ns} [m³] oraz ich medianę dla poszczególnych średnic nominalnych oraz zakres i medianę czasu usuwania awarii T_n [h]. Dla wspomnianych powyżej, typowych średnic przewodów rozkłady objętości wody nie sprzedanej są prawostronnie skośne, dlatego zdecydowano o przedstawieniu mediany. Dotyczy to również innych wielkości – czasu naprawy czy kosztów naprawy [15].

Tabela 2. Objętość nie dostarczonej odbiorcom wody oraz czas awarii

Table 1. Water volume water not delivered to recipients and time of failure

DN [mm]	Zakres V_{ns} [zł]	Mediana V_{ns} [zł]	Zakres T_n [h]	Mediana T_n [h]
25	0,035-35,79	0,238	1-225	4
32	0,061-2,84	0,3	0,5-52	3,25
40	0,14-0,31	0,225	1-4	2,5
50	0-6,994	3,51	1-15	5
65	2,64-3,14	2,89	2-4	3
80	0-35,05	2,3	1-22	4
100	0-19,832	3,49	1,5-16	5
125	2,13	2,13	2	2
150	0-60,61	3,04	1-12	4
200	0-67,21	4,42	1-10	2
250	84,209-117	84,7	4-10	6
300	0,529-8	0	7-18	8
400	0	0	4-182	7
450	0	0	2-119	32
500	7,75-21,61	18,83	2-3	2,5
600	0	0	4-11	8
800	0,035-35,79	0,238	21	21

Przedstawione w tabeli dane wskazują na wzrost wartości V_{ns} towarzyszący wzrostowi średnicy naprawianego przewodu dla średnic do DN250. W przypadku magistral tylko w 7 z 25 awarii nastąpiło odłączenie konsumentów od dostawy wody – w pozostałych wypadkach zasilane z zamkniętych przewodów magistralnych rurociągi rozdzielcze były zaopatrywane w wodę ponieważ stanowiły część pierścieni zasilanych z innych czynnych przewodów [14, 17].

Lepiej widać przedstawione tendencje grupując przewody wg pełnionej przez nie funkcji: przyłącza wodociągowe, przewody rozdzielcze i magistralne. Odpowiadają im średnice DN25 – DN65, DN80 – DN200 oraz DN150 – DN800. Roczna objętość wody nie sprzedanej z powodu awarii, mediana i udział procentowy przedstawia tabela 3.

W tabeli 3 pokazano sumę V_{ns} w podziale na funkcję przewodu oraz ich udziały. Zwraca uwagę rosnąca wielkość objętości wody dla poszczególnych rodzajów przewodów korespondujących

Tabela 3. łączna objętość V_{ns} w podziale na funkcję przewodu
Table 3. Total volume of V_{ns} with a breakdown per pipe function

Rodzaj przewodu	$\sum V_{ns}$ [m ³]	Udział [%]	Mediana V_{ns} [m ³]	Średnia V_{ns} [m ³]
Przewody magistralne	168	10,3%	0,26	1,12
Przewody rozdzielcze	606	37,0%	2,73	7,21
Przyłącza wodociągowe	864	52,7%	0	34,56

ze wzrostem ich średnic. wartości największe dotyczą magistral o zakresie średnic nominalnych DN 150 – 800, niższe dla rurociągów rozdzielczych o średnicach DN80 – DN200, a najniższe dla przyłączy wodociągowych. Przedstawioną relację można by tłumaczyć właśnie średnicami przewodów odpowiadających liczbie obsługiwanych odbiorców.

Do analiz zależności V_{ns} od zmiennych wykorzystano metodę Hellwiga [12]. Rozpatrywano zależność zmiennej objaśnianej objętości wody nie dostarczonej V_{ns} [m³] w oparciu o potencjalne zmienne objaśniające (predyktanty):

- X1 – średnica [mm],
- X2 – liczba przyłączy [-],
- X3 – liczba mieszkańców [-],
- X4 – czas awarii [h].

Metoda wskaźników pojemności informacji [5] polega na wyznaczeniu wskaźników indywidualnych oraz integralnych dla poszczególnych nośników informacji.

Liczba wszystkich kombinacji L, które mogą wejść do modelu w analizowanym przypadku jest równa:

$$L = 2^m - 1 \quad (1)$$

gdzie m jest liczbą zmiennych objaśniających – dla m=4 L= 15.

Pojemności indywidualne poszczególnych nośników informacji występujących w wyszczególnionych kombinacjach obliczono zgodnie ze wzorem:

$$h_{ij} = \frac{r_i^2}{1 + \sum_{i=1}^n |r_{ij}|} \quad (2)$$

gdzie:

- r_i – współczynnik korelacji parametru i względem cechy objaśnianej y
- r_{ij} – współczynnik korelacji zmiennych objaśniających i oraz j

Kolejnym krokiem było wyznaczenie maksymalnej pojemności integralnej według poniższej formuły:

$$H_j = \sum_{i,j=1}^n h_{ij} \quad (3)$$

Zestawienie wartości maksymalnej pojemności integralnej dla możliwych

kombinacji zmiennych X1, X2, X3 i X4 obliczono za pomocą wzorów (1-3) i zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Wartości maksymalnej pojemności integralnej

Table 4. Values of the maximum integral capacity

Kombinacja zmiennych objaśniających	H_j
{X1}	0,0319
{X2}	0,9476
{X3}	0,9489
{X4}	0,0009
{X1, X2}	0,8416
{X1, X3}	0,8248
{X1, X4}	0,0267
{X2, X3}	0,9640
{X2, X4}	0,9182
{X3, X4}	0,8217
{X1, X2, X3}	0,9082
{X1, X2, X4}	0,8153
{X1, X3, X4}	0,7286
{X2, X3, X4}	0,9214
{X1, X2, X3, X4}	0,8690

Zawarte w tabeli powyżej wartości maksymalnej pojemności integralnej wskazują, że najlepszą predykcją jest kombinacja zmiennych X2 liczby przyłączy i X3 liczby mieszkańców, które również samodzielnie najlepiej objaśniają zmienną losową V_{ns} . Zarówno zmienne X1 – średnica oraz X4 nie są skorelowane ze zmienną objaśnianą. Oznacza to, że zmienne X2 i X3 (średnica, czas awarii oraz rodzaj sieci), powinny wejść do modelu oceny czynników determinujących V_{ns} . Uzyskano model postaci:

$$V_{ns} = -0,540 + 0,129 \cdot X2 + 0,033 \cdot X3 \quad (4)$$

Wartość współczynnika determinacji R – kwadrat wyniosła 0,964, co oznacza, że model wyjaśnia zmienność kosztów w 96%. Jednocześnie wartość istotności F jest znacznie mniejsza od 0,05, a więc test F potwierdza istotność zależności pomiędzy zmienną V_{ns} a zmiennymi $X2$ oraz $X3$. Parametry modelu są istotne statystycznie na poziomie istotności 0,05. Można stwierdzić, że oszacowany model jest bardzo dobrym narzędziem wnioskowania i prognozowania.

Z porównywalną precyzją zmienną objętości wody nie sprzedanej V_{ns} opisują pojedynczo zmienne $X2$ (R-kwadrat 0,948, istotność $F < 0,05$) i $X3$ (R-kwadrat 0,949, istotność $F < 0,05$) zgodnie z równaniami:

$$V_{ns} = 0,877 + 0,259 \cdot X2 \quad (5)$$

$$V_{ns} = -1,682 + 0,063 \cdot X3 \quad (6)$$

Podsumowanie

Przedstawione awarie dotyczą zakresu średnic nominalnych przewodów DN25 – DN800. Średnia liczba odbiorców (podłączy wodociągowych) dotkniętych skutkami awarii wyniosła 19,5 a średnia liczba mieszkańców 117,1. Określono średnią objętość wody nie sprzedanej na skutek awarii dla 259 zdarzeń, jej wartość wyniosła 6,4 m³ dla awarii. Wielkość przeciętnych strat wody wyraźnie rośnie wraz ze wzrostem średnicy przewodu. Obliczenia według metody Hellwiga wska-

zują na to, że głównymi zmiennymi są liczba pozbawionych wody odbiorców (przyłączy) oraz liczba mieszkańców, średnica uszkodzonego przewodu oraz czas trwania awarii powodują zmniejszenie wartości wskaźnika pojemności integralnej.

Do analiz predykcji strat wynikających z niedostarczonej wody proponuje się zależność (5) o porównywalnej dokładności z (4), ale znacząco prostszej w przypadkach praktycznych zastosowań.

Łączna, obliczona w ciągu roku objętość wody nie sprzedanej wynosiła zaledwie około 6% przeciętnej dobowej produkcji wody. Przyjmując stratę finansową wynikającą z V_{ns} , nawet przy założeniu, że pomijamy koszty produkcji wody a cenę jednostkową przyjmujemy 5 zł/m³, w przeciętnych warunkach otrzymamy 32 zł/awarię. Odnosząc tę wartość do przeciętnego kosztu naprawy określonej w rozpatrywanym wodociągu na około 3500 zł [15] powstałe straty wyniosą niespełna 1%, można zatem określić powstałe w ten sposób straty jako znikome.

LITERATURA

- [1] Dohnalik P. 2000. Straty wody w miejskich sieciach wodociągowych. Wyd. PFOZW, Bydgoszcz.
- [2] Dziechciarz J. 2002. Ekonometria. Metody, przykłady, zadania. Wrocław, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu.
- [3] Głód K., Bajer J. 2000. Nowoczesne metody wykrywania nieszczelności sieci wodociągowych rozwijane w Wielkiej Brytanii. GWITS 6, s. 224 – 228.
- [4] Hołłoś H. 2003. Analiza strat wody w systemach wodociągowych. Ochrona Środowiska 1. Wrocław, s. 17 – 23
- [5] Hellwig Z. 1968. Toward a system of quantitative

indicators of components of human resources development, UNESCO (1968).

- [6] Herbert H. 1994. Technical and economic criteria determining the rehabilitation and for renewal of drinking water pipelines. Proceedings of IWSA Regional Conference, Zurich, Switzerland.
- [7] Hołłoś H. 2007. Ilościowa ocena wpływu wybranych czynników na parametry i koszty eksploatacyjne sieci wodociągowych. Wrocław, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
- [8] Kwietniewski M., Rak J. 2010. Niezawodność infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej w Polsce. Warszawa, Polska Akademia Nauk.
- [9] Pawełek J., Bergel T. 2001. Ograniczenie strat wody w większych systemach wodociągowych jako istotny czynnik racjonalnego gospodarowania wodą. Inżynieria Rolnicza 8, PAN, s. 181 – 190.
- [10] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B. 2013. Ryzyko w eksploatacji systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę. Wydawnictwo Seidel-Przywecki.
- [11] Siwoń J., Cieżak J., Cieżak W. 2004. Praktyczne aspekty badań strat wody w sieciach wodociągowych. Ochrona Środowiska 4, Wrocław, s. 25 – 30.
- [12] Skrzypczak I., Kokoszka W., Buda-Ozóg L., Kogut J., Słowik M., 2018. Environmental aspects and renewable energy sources in the production of construction aggregate, International Conference on Advances in Energy Systems and Environmental Engineering, (ASEE), Wrocław, Poland.
- [13] Studziński A.: 2014. Amount of labour of water conduit repair. Safety, Reliability and Risk Analysis: Beyond the Horizon. London, England.
- [14] Studziński A. 2008. Analiza hydrauliczna skutków awarii przewodów wodociągowych Rzeszowa. Instal. z.10, s.109-112.
- [15] Studziński A., Pietrucha-Urbanik K. 2017. Analiza kosztów robocizny usuwania awarii sieci wodociągowych. Technologia Wody, 1, s. 24-28.
- [16] Studziński A., Pietrucha-Urbanik K. 2018. Analiza kosztów materiałów użytych do usuwania awarii przewodów wodociągowych. Rocznik Ochrona Środowiska, 20, s. 1453-1464.
- [17] Studziński A. 2011. Ryzyko awarii magistrali wodociągowej "Szczepańcowa" w Krośnie. Instal. z.11/2011, s.58-62

Legionella w instalacjach budynków

Autorzy: Andrzej Wolski, Krzysztof Kaiser

Spis treści

1. Wstęp
2. Legionelloza – przyczyny i konsekwencje zakażenia. Ryzyko infekcji
3. Środowiskowe czynniki rozwoju bakterii Legionella
4. Wpływ temperatury wody w instalacji ciepłej wody na rozwój bakterii Legionella
5. Wymagania aktów prawnych dotyczące występowania bakterii Legionella w instalacjach ciepłej wody
6. Węzły zasilające instalacje ciepłej wody – ograniczanie ryzyka rozwoju bakterii Legionella
7. Minimalizacja ryzyka rozwoju bakterii Legionella w instalacjach wodociągowych ciepłej wody
8. Dezynfekcja instalacji ciepłej wody
9. Legionella w instalacjach klimatyzacji – wentylacji
10. Bezpieczeństwo i higiena pracy podczas eksploatacji instalacji skażonych bakterią Legionella
11. Zalecenia dla szpitali
12. Literatura

Sprzedaż prowadzi:

Osrodek Informacji

„Technika instalacyjna w budownictwie”

02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14

tel./fax: (22) 843-77-71

e-mail:

redakcja@informacjainstal.com.pl

www.informacjainstal.com.pl

Cena 45zł

