Barbara TCHÓRZEWSKA-CIEŚLAK¹
Dawid SZPAK²

NIEPEWNOŚĆ W ANALIZIE RYZYKA ZWIĄZANEGO Z FUNKCJONOWANIEM SYSTEMU ZBIOROWEGO ZAOPATRZENIA W WODĘ

Analiza ryzyka związana z funkcjonowaniem systemu zbiorowego zaopatrzenia w wodę (SZZW) często jest prowadzona w tzw. „warunkach niepewnej informacji”, która jest związana z niepewnymi (niepełnymi, nieprecyzyjnymi lub niewiarygodnymi) danymi dotyczącymi eksploatacji systemu. Miarą niedokładności danych może być tzw. niepewność ilościowa. Pojęcie to zostało wprowadzone przez dokument „*Guide to the expression of uncertainty in measurement*” wydany w 1993 r. przez Międzynarodową Organizację Normalizacyjną ISO. Celem pracy jest przedstawienie zagadnienia niepewności danych potrzebnych w analizie i ocenie ryzyka w SZZW. W pracy zwrócono szczególną uwagę na źródła niepewności w analizie ryzyka oraz ograniczenia w zastosowaniu tradycyjnych metod w przypadku wystąpienia czynnika niepewności. Praca zawiera podstawowe informacje oraz definicje pojęć dotyczących niepewności w analizie danych oraz propozycję wykorzystania tzw. współczynnika pewności CF w analizie ryzyka funkcjonowania SZZW w przypadku występowania danych o charakterze niepewnym. Współczynnik CF jest parametrem określającym jednocześnie stopień wiedzy oraz niewiedzy odnośnie danego zjawiska. W zaproponowanej metodzie zastosowano dwie miary: miarę wiarygodności SW oraz miarę niewiarygodności SN. Zaprezentowano sposób interpretacji miar SW oraz SN w odniesieniu do prawdopodobieństwa oraz sposób interpretacji wartości współczynnika pewności CF. Założone wartości współczynnika CF uwzględniają stopień niepewności formowanych hipotez odnośnie przyjmowanych wartości parametrów ryzyka, co sprawia, że otrzymany wynik staje się bardziej wiarygodny.

Słowa kluczowe: system zbiorowego zaopatrzenia w wodę, niepewność, współczynnik pewności, CF

¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Barbara Tchórzewska-Cieślak, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów, tel. +48 17 8651435, cbarbara@prz.edu.pl

² Dawid Szpak, Politechnika Rzeszowska

1. Wprowadzenie

Pojęcia niepewności i ryzyka zasadniczo wiążą się ze sobą, ale ich definicje w zależności od prezentowanego podejścia mają różny charakter [2]. Pojęcie ryzyka, choć towarzyszy życiu ludzkości od zawsze, w rozważaniach teoretycznych najbardziej rozwinęło się w naukach ekonomicznych. W 1901 roku A.H. Willet opublikował pierwszą uznaną koncepcję tzw. ekonomicznej teorii ryzyka [18]. Willet założył, że ryzyko należy odnosić do stopnia niepewności co do podejmowanych działań. Na takim założeniu opierają się analizy tzw. ryzyka giełdowego. W 1921 roku F.H. Knight opublikowała pracę „*Risk, uncertainty and profit*”, w której zdefiniował ryzyko jako tzw. niepewność mierzalną. Niepewność niemierzalna została natomiast nazwana niepewnością sensu stricto [8]. W naukach technicznych przyjęto, że ryzyko jest miarą bezpieczeństwa systemów technicznych, tak więc jest wielkością, którą chcemy zmierzyć.

W SZZW paradygmatem stało się wykorzystanie pojęcia ryzyka jako miary utraty bezpieczeństwa tego systemu. W tym kontekście ryzyko jest analizowane jako funkcja parametrów określających prawdopodobieństwo zajścia tzw. zdarzeń niepożądanych, ich konsekwencji oraz podatności systemu na zaistniałą sytuację awaryjną. Parametry te mogą być w różny sposób interpretowane oraz szacowane [1, 3, 4, 6, 10, 12, 17, 19]. Zależy to od specyfiki obszaru zasilania w wodę (np. liczby konsumentów wody), stopnia złożoności systemu oraz celu, jakiemu ma służyć analiza ryzyka. Do oszacowania poszczególnych parametrów są stosowane różne miary i metody, do których należą m.in.: prawdopodobieństwo zajścia awarii, wskaźnik intensywności uszkodzeń, drzewo uszkodzeń, drzewo zdarzeń oraz różnego typu analizy przyczynowo-skutkowe [5, 7, 9, 11, 13, 15].

Ryzyko można podzielić na:

- ryzyko systematyczne (zewnętrzne) – determinowane przez siły zewnętrzne, związane z siłami przyrody, funkcjonowaniem innych systemów, a także aktami wandalizmu, terroryzmu i coraz częściej cyberterrorizmu,
- ryzyko specyficzne (niesystematyczne, wewnętrzne) – obejmuje obszar funkcjonowania systemu i może być przez ten system kontrolowane.

Analiza i ocena ryzyka wymaga bazy danych eksploatacyjnych, a także wiedzy i doświadczenia ekspertów. Niejednokrotnie niektóre parametry nie mogą być wyznaczone, ale są szacowane, a nawet przyjmowane. W takim przypadku ma się do czynienia z niepewnością związaną z analizą i oceną ryzyka w SZZW. Niepewność ta ma charakter wielowymiarowy. Może ona wynikać z braku danych, ich niedokładności oraz zbyt małej, ale również zbyt dużej liczebności zbioru danych (braku metod prawidłowego ich przetwarzania). Miarą niedokładności danych może być tzw. niepewność ilościowa. Pojęcie to zostało wprowadzone przez dokument „*Guide to the expression of uncertainty in mea-*

surement” wydany w 1993 r. przez Międzynarodową Organizację Normalizacyjną ISO, który stał się normą międzynarodową.

Celem pracy jest omówienie zagadnienia niepewności danych potrzebnych w analizie i ocenie ryzyka w SZZW. Praca zawiera podstawowe informacje dotyczące niepewności w analizie danych oraz propozycję wykorzystania współczynnika pewności CF.

2. Pojęcie niepewności w analizie ryzyka awarii systemów wodociągowych

Obiektywną rzeczywistością w eksploatacji SZZW jest występowanie różnego rodzaju zdarzeń niepożądanych (awarii), które mają bezpośredni wpływ na jego bezpieczeństwo. Zdarzenia awaryjne nie pojawiają się bez przyczyny, ale są często wynikiem łańcucha zdarzeń (scenariusza awaryjnego), tzw. efektu domina [12]. Występują także w wyniku podejmowania błędnych decyzji, które wywołują negatywne skutki w trakcie eksploatacji systemu. Do prawidłowej analizy ryzyka związanego z funkcjonowaniem SZZW jest potrzebna odpowiednia liczba różnych informacji, archiwizacja danych oraz możliwość ich przetwarzania, co w praktyce nie jest zadaniem prostym.

W wyniku zaistnienia w SZZW tzw. reprezentatywnego scenariusza awaryjnego (RSA) oznaczonego jako S_i ma się do czynienia z możliwością utraty bezpieczeństwa systemu. Przyjmuje się, że miarą ryzyka jest funkcja trzech parametrów: prawdopodobieństwa P_{Si} wystąpienia i -tego reprezentatywnego scenariusza awaryjnego S_i , wielkości strat C_{Si} wywołanych przez i -ty reprezentatywny scenariusz awaryjny S_i oraz podatności na zagrożenie V_{Si} związane z i -tym reprezentatywnym scenariuszem awaryjnym S_i : $r = f(P_{Si}, C_{Si}, V_{Si})$. Formułę służącą do wyznaczania wielkości ryzyka r związanego z funkcjonowaniem PsDyW można przedstawić następująco [14, 16]:

$$r_{RSA} = \bigcup_{i=1}^N P_{Si} \cdot C_{Si} \cdot V_{Si} \quad (1)$$

gdzie: S_i – i -ty RSA opisany jako ciąg następujących po sobie zdarzeń niepożądanych (awarii), P_{Si} – prawdopodobieństwo wystąpienia i -tego RSA, C_{Si} – wartość strat wywołanych przez i -ty RSA, V_{Si} – wartość związana z parametrem podatności na zagrożenie związane z i -tym RSA, N – liczba RSA, które mogą wystąpić w SZZW.

W metodzie matrycowej dla każdego parametru można przyjąć skalę punktową zależną od wielkości przyjętego parametru, np. skalę trójstopniową czy pięciostopniową [14]. Macierz ryzyka można przedstawić następująco:

$$M_R = |r_{jkl}| \quad (2)$$

Ocena ryzyka polega na porównaniu obliczonej wartości ryzyka z przyjętą skalą oceny dla ryzyka tolerowanego, kontrolowanego i nieakceptowalnego [14-16]. W przypadku wystąpienia kilku RSA jako wartość ryzyka należy przyjąć wielkość największą.

Z pojęciem niepewności oraz błędów w analizie ryzyka są związane następujące podstawowe definicje:

- błąd pomiaru – odstępstwo wyniku jednostkowego pomiaru od wartości prawdziwej, której na ogół nie znamy,
- błąd statystyczny – błąd pomiaru wynikający z ogółu wpływów środowiska, których często nie można zidentyfikować czy wyeliminować, właściwości zastosowanego przyrządu pomiarowego i innych przyczyn,
- błąd systematyczny – błąd wynikający z zastosowanej metody pomiaru lub innych przyczyn, np. niedających się wykluczyć, ale znanych zjawisk mających wpływ na pomiar,
- odchylenie standardowe – estymator przybliżający wartość błędu statystycznego adekwatny w przypadku odpowiedniej liczności próby pomiarowej,
- błąd grubo, pomyłka – gdy jeden z wyników pomiaru odbiega znacznie od pozostałych, można przypuszczać, że zaszło jakieś zdarzenie, które spowodowało duże odchylenie badanej wartości, wyniki takie często są odrzucane podczas analizy statystycznej,
- niepewność systematyczna – spowodowana nieuwzględnieniem istotnego czynnika wpływającego na wartość wielkości analizowanej lub mierzonej, wynikająca z braku wiarygodnego źródła informacji,
- niepewność przypadkowa (statystyczna) – nieunikniony wpływ różnych czynników zewnętrznych lub wewnętrznych (błędy ludzkie) oraz metody badawczej na wynik prowadzonej analizy, wynikająca z losowego charakteru danego zjawiska,
- niepewność rozszerzona (niepewność całkowita) – wielkość definiująca przedział wokół wyniku analizy, zgodnie z oczekiwaniami może on obejmować dużą część rozkładu wartości, które w uzasadniony sposób można przypisać wielkości badanej.

3. Przyczyny niepewności w analizie ryzyka

Zazwyczaj do analizy niepewności są stosowane metody probabilistyczne, które wymagają dużej liczby danych [16]. W wielu przypadkach dane dotyczące opisu zdarzeń, np. awaryjności sieci wodociągowej, są otrzymywane na podstawie informacji ekspertów (eksploatatorów SZZW, inżynierów praktyków lub naukowców). Największa trudność wiąże się z wyborem rozkładu prawdopodobieństwa. W praktyce dane dotyczące analizy ryzyka w SZZW są nie tylko losowe, ale i niepewne (niepełne). Niepewność tego typu danych składa się z wielu składników. Niektóre z nich wyznacza się na podstawie rozkładu statystycz-

nego zbioru danych charakteryzowanego odchyleniem standardowym. Pozostałe składniki szacuje się na podstawie zakładanych rozkładów prawdopodobieństwa, znanych z doświadczenia lub innych informacji [16]. Najczęstszym przypadkiem w analizie ryzyka w SZZW jest występowanie niepewności statystycznej spowodowanej losową naturą badanego zjawiska, wpływem czynników zewnętrznych, a także czynnikiem czasu, który warunkuje zmianę badanego zdarzenia niepożądanego (awaryjnego) [2, 13, 16].

Do niezbędnych danych w celu przeprowadzenia analiz ryzyka w SZZW zalicza się [16]:

- dane identyfikujące badany obiekt (nazwa i typ obiektu oraz podstawowe parametry techniczne) – dane tego typu dotyczą badań z dużym stopniem szczegółowości,
- dane o awariach (zdarzeniach niepożądanych), remontach i innych przerwach w pracy SZZW – informacje o dacie, godzinie, czasie trwania oraz opis zdarzenia,
- dane dotyczące przyczyn powstawania zdarzeń niepożądanych,
- dane dotyczące skutków tych zdarzeń.

Źródłem niezbędnych danych do analizy ryzyka są [16]:

- dane pochodzące z eksploatacji SZZW z przedsiębiorstw wodociągowych,
- dane pomiarowe,
- dane zebrane od ekspertów.

Niepewność w analizie ryzyka w systemach wodociągowych wynika najczęściej z [16]:

- niekompletności ilościowej i jakościowej bazy danych,
- niepełnej bądź nieprecyzyjnej definicji wielkości badanej, np. nieprecyzyjnej definicji awarii na sieci wodociągowej,
- nieprecyzyjnych i niepełnych informacji dotyczących lokalizacji i identyfikacji zdarzenia,
- niepełnej (niekompletnej) znajomości wpływu otoczenia na analizowane zjawisko, np. wpływu warunków gruntowo-wodnych na awaryjność sieci wodociągowej,
- oceny przyczynowo-skutkowej awarii,
- ocen i ekspertyz ekspertów (błędów ludzkich w ocenie sytuacji),
- braku niezbędnego oprogramowania dla gromadzenia, przetwarzania oraz archiwizacji danych,
- błędów w odczycie oraz klasie dokładności wskazań przyrządów,
- niedoskonałości przyjętej metody badawczej.

4. Współczynnik pewności jako miara niepewności w analizach ryzyka w SZZW

Jedną z miar, jaką można zastosować w celu oceny niepewności w analizie i ocenie ryzyka, jest tzw. współczynnik pewności CF (ang. *Certainty Factor*), który jest powszechnie stosowany do wyrażenia niedoskonałości w systemach ekspertowych. Metoda oceny niepewności z wykorzystaniem CF opiera się na klasycznych regułach typu „jeżeli..., to...”.

Zmienne występujące w regule mają przyporządkowany odpowiedni współczynnik CF, który przyjmuje wartość z zakresu $[-1;1]$. Współczynnika CF nie można interpretować jako prawdopodobieństwa. Jest on parametrem określającym jednocześnie stopień wiedzy oraz niewiedzy odnośnie danego zjawiska. W metodzie stosuje się:

- miarę wiarygodności – SW (stopień wiedzy).
- miarę niewiarygodności – SN (stopień niewiedzy).

Zakłada się regułę R postaci:

$$\text{Jeżeli } P_i \wedge C_j \Rightarrow r = r_{ij},$$

gdzie: P – prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia awaryjnego, i – stopień przyjętej skali ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), C – straty wywołane zajściem zdarzenia awaryjnego, j – stopień przyjętej skali ($j = 1, 2, 3, \dots, m$), r_{ij} – wartość ryzyka.

$$E = P_i \wedge C_j \quad (3)$$

$$H = r_{ij} \quad (4)$$

gdzie: E – przesłanka reguły R, H – konkluzja reguły R.

Współczynnik pewności wyznacza się ze wzoru:

$$CF(H_R, E_R) = SW(H_R, E_R) - SN(H_R, E_R) \quad (5)$$

gdzie: $SW(H_R, E_R)$ – wiarygodność reguły R, $SN(H_R, E_R)$ – niewiarygodność reguły R, $CF(H_R, E_R)$ – współczynnik pewności reguły R.

Interpretacja miar $SW(H_R, E_R)$ oraz $SN(H_R, E_R)$ w odniesieniu do prawdopodobieństwa:

- jeżeli $P(H_R | E_R) = 1$, to H_R jest prawdziwe, $SW(H_R, E_R) = 1$, $SN(H_R, E_R) = 0$ oraz $CF(H_R, E_R) = 1$,
- jeżeli $P(H_R | E_R) = 0$ to H_R jest fałszywe, $SW(H_R, E_R) = 0$, $SN(H_R, E_R) = 1$ oraz $CF(H_R, E_R) = -1$,
- jeżeli $P(H_R | E_R) = P(H_R)$, to oznacza, że przesłanka i konkluzja są niezależne, $SW(H_R, E_R) = 0$, $SN(H_R, E_R) = 0$ oraz $CF(H_R, E_R) = 0$.

Interpretacja współczynnika CF:

- $CF = -1$ – przyjęte założenie jest fałszem,
- $CF = -0,5$ – przyjęte założenie jest raczej fałszem,
- $CF = 0$ – przyjęte założenie jest niepewne,
- $CF = 0,5$ – przyjęte założenie jest raczej prawdą,
- $CF = 1$ – przyjęte założenie jest na pewno prawdą.

5. Przykład aplikacyjny

Według przyjętej skali ekspert oszacował prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia awaryjnego na poziomie $P = 2$, natomiast wartość strat wywołanych zajściem zdarzenia awaryjnego na poziomie $C = 3$. Korzystając z zależności (3) i (4), wyznaczono:

- przesłankę reguły R: $P = 2 \wedge C = 3$,
- konkluzję reguły R: $r = 6$.

Ekspert przyjął wartość miary wiarygodności reguły R na poziomie $SW(H_R, E_R) = 0,5$ oraz wartość miary niewiarygodności reguły R na poziomie $SN(H_R, E_R) = 0$. Z zależności (5) wyznaczono wartość współczynnika pewności:

$$CF(H_R, E_R) = 0,5 - 0 = 0,5.$$

Otrzymany wynik $CF = 0,5$ oznacza, że przyjęte założenie jest raczej prawdą. Ze względu na złożoność i rozległość SZZW ekspert często nie posiada pełnej wiedzy na temat funkcjonowania systemu, dlatego zastosowanie zaproponowanej metody stanowi ocenę pewności przyjmowanych reguł i założeń.

6. Podsumowanie

Prawidłowa ocena niezawodności i bezpieczeństwa SZZW powinna być gwarantem podejmowania właściwych decyzji dotyczących wyboru najlepszych rozwiązań pod względem technicznym, ekonomicznym oraz eksploatacyjnym. Rozwijane od lat metody analizy oraz oceny niezawodności i bezpieczeństwa systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę w znacznym stopniu przyczyniły się do doskonalenia funkcjonowania tych systemów, poprawiając tym samym komfort korzystania z wodociągów publicznych [16].

Stosowane metody analizy i oceny ryzyka w większości opierają się na danych eksploatacyjnych uzyskiwanych od przedsiębiorstw wodociągowych. Trudności pojawiają się wtedy, gdy danych brakuje, są niekompletne lub niepewne. Problemem są przede wszystkim małe wodociągi, na co zwraca uwagę WHO, a w Polsce Państwowy Zakład Higieny [16]. W takim przypadku znane metody analizy oraz oceny ryzyka mają ograniczone zastosowanie. Wybór metody analizy i oceny ryzyka każdorazowo powinien być dostosowany do anali-

zowanego systemu, posiadanej bazy danych oraz wiedzy i doświadczenia ekspertów przeprowadzających analizę.

Współczynnik pewności jest subiektywną oceną pewności przyjmowanych reguł i założeń w trakcie opracowywania przez eksperta tzw. bazy wiedzy. Założone wartości współczynnika CF uwzględniają stopień niepewności formowanych hipotez odnośnie przyjmowanych wartości parametrów ryzyka w przypadku braku wiarygodnej bazy danych. Zaproponowane wykorzystanie współczynnika pewności CF do analizy i oceny ryzyka w SZZW ma zastosowanie w przypadku baz danych o charakterze niepewnym. W ten sposób wynik staje się bardziej wiarygodny.

Literatura

- [1] Apostolakis G., Kaplan S.: Pitfalls in risk calculations. *Reliability Engineering and System Safety*, no. 2, 1981, pp. 135-145.
- [2] Arrow K.J.: Esej z teorii ryzyka. PWN, Warszawa 1979.
- [3] Aven T.: Conceptual framework for risk assessment and risk management. Summer Safety & Reliability Seminars. *Journal of Polish Safety and Reliability Association*, no. 1, 2010, pp. 15-27.
- [4] Brandowski A.: Koncepcja nauki o bezpieczeństwie. *Zagadnienia Eksploatacji Maszyn*, nr 3(95), 1993, s. 261-279.
- [5] Haimes Y.Y., Moser D., Stakhin E.: Risk based decision making in water resources. *Journal of Infrastructure Systems*, ASCE, no. 12, 2006, pp. 401-415.
- [6] Hotłoś H.: Ilościowa ocena wpływu wybranych czynników na parametry i koszty eksploatacyjne sieci wodociągowych. *Prace Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej*, 84, seria: Monografie, nr 49, Wrocław 2007.
- [7] Iwanejko R.: O praktycznym stosowaniu jakościowych metod szacowania ryzyka w systemach zaopatrzenia w wodę. *Czasopismo Techniczne*, nr 9, 2005.
- [8] Knight F.H.: Risk, uncertainty and profit. University of Boston Press, Boston 1921.
- [9] Królikowski A., Królikowska J.: Analiza porównawcza wskaźników niezawodności wiejskich i komunalnych systemów zaopatrzenia w wodę. *Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”*. Wydawn. PZiTS O/Wielkopolski, Kołobrzeg-Poznań 2010.
- [10] Kwietniewski M.: Information systems for distribution water management. National Report in the 7 International Report. International Water Supply Association (IWSA). World Congress, Madrid 1997, pp. 30-31.
- [11] Lubowiecka T., Wieczysty A.: Ryzyko w systemach zaopatrzenia w wodę, [w:] *Ryzyko w gospodarce wodnej*, M. Maciejewski (red.). Monografia Komitetu Gospodarki Wodnej PAN, z. 17. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000, s. 113-143.
- [12] Rak J.: Bezpieczeństwo systemów zaopatrzenia w wodę. Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 2009.
- [13] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Czynniki ryzyka w eksploatacji systemów zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2007.
- [14] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Review of matrix methods for risk assessment in water supply system. *Journal of Konbin*, no. 1(1), 2006, pp. 67-76.

- [15] Tchórzewska-Cieślak B.: Method of assessing of risk of failure in water supply system. European safety and reliability conference (ESREL). Risk, reliability and societal safety, t. 2. Taylor & Francis, 2007, pp. 1535-1539.
- [16] Tchórzewska-Cieślak B.: Metody analizy i ryzyka awarii podsystemu dystrybucji wody. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2011.
- [17] Wieczysty A., Lubowiecka T., Rak J.: Stan aktualny i kierunki rozwoju w zakresie teorii i metod oceny niezawodności systemów wodociągowych w Polsce. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę i jakość wód”, Poznań 2002, s. 143-172.
- [18] Willett A.H.: The economic theory of risk and insurance. University of Pennsylvania Press, Philadelphia 1951.
- [19] Zimoch I.: Niezawodność bezpieczeństwa jako priorytet współczesnego zarządzania eksploatacją sieci wodociągowej. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjne w dobie współczesnych problemów”. AQUA, Szczyrk 2009, s. 97-104.

UNCERTAINTY IN RISK ANALYSIS ASSOCIATED WITH THE OPERATION OF COLLECTIVE WATER SUPPLY SYSTEM

Summary

The risk analysis associated with the operation of collective water supply system (CWSS) is often carried out in the so-called „uncertain information conditions”, which is associated with uncertain (incomplete, imprecise or unreliable) data on the system operation. The data inaccuracy measure can be so-called quantitative uncertainty. The concept was introduced by the document „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement” published in 1993 by the International Organization for Standardization ISO. The aim of the study is to present the problem of data uncertainty, which is needed in the risk analysis and assessment in CWSS. The special attention was drawn to characterization of the uncertainty sources in the risk analysis and restrictions connected with the use of traditional methods in case of an uncertainty factor. The paper includes basic information and definitions relating to the uncertainty in the data analysis and proposal to use certainty factor CF in the CWSS functioning risk analysis, in the case of uncertain data. Certainty factor CF is a parameter simultaneously indicating the level of knowledge and the level of ignorance relating to a given phenomenon. In the proposed method, two measures were used: measure of reliability SW and measure of unreliability SN. The interpretation of measures SW and SN in relation to the probability and interpretation the certainty factor CF were presented. Founded certainty factor CF values take into account formed hypotheses uncertainty level regarding taking the risk parameters. It makes that the result becomes more credible.

Keywords: collective water supply system, uncertainty, certainty factor, CF

Przesłano do redakcji: 19.01.2015 r.

Przyjęto do druku: 28.03.2015 r.

DOI: 10.7862/rb.2015.27