

Janusz R. RAK

*Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Katedra Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków
Politechnika Rzeszowska*

STAN OBECNY I PERSPEKTYWY ROZWOJU NAUKI O RYZYKU W ZAOPATRZENIU W WODĘ

THE PRESENT STATE AND FUTURE PERSPECTIVES OF SCIENCE DEVELOPMENT IN THE FIELD OF WATER SUPPLY RISK

Water Supply System (WSS) belongs to the critical infrastructure of urban area functioning. For this reason analysis and risk assessments are recognized to constitute the base for taking effective preventive measures assuring the protection and drinking water consumers' safety. The work presents a summary of current academic achievements in Poland to the point of risk in water supply. In this work the review of analysis methods and risk assessment were given. Also their short characteristics were introduced. It was referred to directions of development science of risk in cognitive sphere and practical implementations. Possibilities of new way of modeling the risk management in the development of methodologies were shown.

1. Wprowadzenie

Ryzyko od pradziejów jest jednym z fundamentalnych zjawisk, jakie nurtowało elity naukowe związane z postępowaniem cywilizacyjnym. Istota tego pojęcia do dzisiaj jest tak złożona i niejednoznaczna, że nie doczekała jednoznacznej, obiektywnej definicji. Najbardziej zaawansowane badania nad istotą ryzyka prowadzą badacze i praktycy życia gospodarczego społeczeństw. W naukach technicznych w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku pojawił się wyraźny nurt związany z mierzaniem, kontrolą i zarządzaniem ryzykiem [4] [6] [11] [16] [17] [19] [21] [27] [31] [35] [36] [37] [38] [51] [57] [62] [69]. W wielu publikacjach podejmuje się tematykę technik podejmowania decyzji w warunkach ryzyka. Wielkie katastrofy cywilizacyjne i środowiskowe spowodowały zainteresowanie ryzykiem w obszarze inżynierii i ochronie środowiska. Szczególnie dużo doniesień literaturowych podejmujących problematykę ryzyka dotyczy systemów zaopatrzenia w wodę (SZW), które należą do tzw. infrastruktury

krytycznej funkcjonowania aglomeracji miejskich [1] [2] [5] [7] [8] [9] [15] [20] [24] [25] [26] [52].

Obecnie uznaje się ocenę ryzyka za podstawę podejmowania skutecznych środków prewencyjnych zapewniających zwiększenie poziomu bezpieczeństwa konsumentów wody. Szczególnie akceptuje się konieczność minimalizowania prawdopodobieństwa zaistnienia zagrożenia dla życia lub zdrowia [10] [33] [41] [59] [63] [66] [76].

Wyniki dokonanej oceny ryzyka stanowią podstawę do podejmowania działań korygujących i zapobiegawczych, mających charakter zarządzania ryzykiem. Środki ochrony to:

- techniczne, zmniejszające zagrożenie u źródła,
- organizacyjne i prawne,
- organizacyjne i indywidualne.

Obserwując trend zmian w zarządzaniu bezpieczeństwem systemów komunalnych można stwierdzić rozwój w następujących kierunkach:

- integracji zarządzania bezpieczeństwem SZW z systemami zarządzania jakością, zgodnie z normami ISO 9000 i systemami zarządzania środowiskiem, zgodnie z normami ISO 14000,
- doskonalenie zarządzania bezpieczeństwem z zastosowaniem kompleksowego zarządzania jakością (TQM-Total Quality Management),
- zwrócenie uwagi na problematykę bezpieczeństwa informatycznego.

W tab. 1 pokazano tendencję liczbową publikacji krajowych przedstawiających tematykę ryzyka w SZW.

Tab. 1. Zestawienie liczbowe publikacji podejmujących tematykę ryzyka SZW.

Tab. 1. Numerical order of publication taking subject matter of WSS risk.

Rok	do 2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Liczba publikacji	8	4	3	8	7	14	15	18

W zakresie szerokokorozumianej gospodarki wodnej ukazało się 6 monografii podejmujące problematykę ryzyka [12] [13] [23] [48] [58] [67] i zakończony został pierwszy doktorat z tej tematyki [14].

Współczesny stan wiedzy pozwala na skwantyfikowanie ryzyka, co z kolei pozwala na mniej lub bardziej doskonale zarządzanie nim.

Ryzyko (r) to uporządkowany czteroelementowy zbiór:

$$r = (S_i, P_{S_i}, C_{S_i}, O_{S_i}) \quad (1)$$

Formuła służąca do wyznaczania miary ryzyka przedstawia się następująco:

$$r = \frac{P_{Si} \cdot C_{Si}}{O_{Si}} \quad (2)$$

- gdzie: S_i – i-ty reprezentatywny scenariusz awaryjny opisany jako ciąg następujących po sobie zdarzeń niepożądanych,
 P_{Si} – waga punktowa związana z prawdopodobieństwem wystąpienia i-tego reprezentatywnego scenariusza awaryjnego S_i ,
 C_{Si} – waga punktowa związana z wielkością strat wywołanych przez i-ty reprezentatywny scenariusz awaryjny S_i ,
 O_{Si} – waga punktowa związana z ochroną SZW przed i-tym reprezentatywnym scenariuszem awaryjnym S_i (bariery ochronne: zbiorniki wody czystej, system monitoringu itp.).

2. Metody identyfikacji zagrożeń

2.1. Metoda listy kontrolnej (ang. Check List-CHL)

Metoda listy kontrolnej polega na sporządzeniu odpowiedniego zestawu pytań umożliwiających spowodowanie stanu bezpieczeństwa obiektów i procesów związanych z funkcjonowaniem SK. Podstawowe pytania służą do zbadania zgodności sytuacji występujących w rzeczywistości z istniejącymi standardami. Pozostałe pytania listy kontrolnej mają zidentyfikować i oszacować potencjalne zagrożenia i możliwe negatywne skutki. Lista kontrolna zawiera odpowiedzi „tak” lub „nie”.

2.2. Metoda „Co – Gdy” (ang. „What-If”)

Metoda „Co – Gdy” jest to technika identyfikacji zagrożeń polegająca na analizie możliwych zdarzeń niepożądanych. Wykorzystuje się w niej wiedzę i doświadczenie ekspertów, którzy mają do dyspozycji plany, schematy i procedury związane z funkcjonowaniem SK. Końcowym efektem metody są zidentyfikowane zagrożenia, możliwe sytuacje awaryjne, ich konsekwencje oraz istniejące środki przeciwdziałania (bariery ochronne).

2.3. Metoda analizy odchyłeń

Metoda polega na identyfikacji i analizie odchyłeń od normalnych warunków eksploatacji w odniesieniu do techniki, człowieka, organizacji i środowiska. Zakłada się, że odchylenie jest zdarzeniem, cechą lub warunkiem odbiegającym od konwencjonalnych parametrów funkcjonowania SK. Przyjmuje się zasadę, że rozpatrywany jest planowy proces, którego parametry są zdefiniowane, a odchylenia od normy mogą spowodować uaktywnienie się zagrożenia.

2.4. Metoda HAZOP (ang. Hazard and Operability Studies)

Metoda studium analizy zagrożeń i skutków operacyjnych jest to technika służąca do identyfikacji zagrożeń i określenia ich skutków. Wymaga szczegółowej wiedzy teoretycznej i eksploatacyjnej związanej z funkcjonowaniem SK. Jest szczególnie przydatna na etapie projektowania. Badany obiekt analizuje się ze względu na parametry fizyczne i chemiczne (np. natężenie przepływu, temperatura, ciśnienie, skład chemiczny) z wykorzystaniem haseł, z których wynikają odchylenia od założeń projektowych. W tab. 2 przedstawiono znaczenie haseł w metodzie HAZOP.

Tab. 2. Znaczenie haseł w metodzie HAZOP

Tab. 2. Meaning of orders in the HAZOP method

Hasło	Znaczenie
Nie (brak)	Negacja założenia projektowego
Mniej	Ubytek ilościowy
Więcej	Wzrost ilościowy
Gorzej	Ubytek jakościowy
Lepiej	Wzrost jakościowy
Odrotnie	Logiczne przeciwieństwo
Inne niż	Całkowite zastąpienie

Obowiązuje zasada: Odchylenie = Parametr + Hasło

2.5. Metoda FMEA (ang. Failure Modes and Effects Analysis)

Metoda analizy rodzajów awarii i skutków ich oddziaływania polega na określeniu uszkodzeń elementów technicznych SK i badaniu negatywnych skutków dla całego systemu. Błędy operatora SK nie są analizowane w metodzie FMEA.

Metodę można stosować na trzech poziomach:

- analizuje się awarie całego systemu,
- analizuje się awarie poszczególnych podsystemów,
- analizuje się awarie danych obiektów.

3. Metody analizy ryzyka

3.1. Metoda wstępnej analizy zagrożeń PHA (ang. Preliminary Hazard Analysis)

Ma charakter wstępnej analizy i stanowi przygotowanie do późniejszych szczegółowych ocen ryzyka. Pozwala na gradację ryzyka w trzech kategoriach: tolerowane, kontrolowane i nieakceptowane. Dla ustalenia stopnia szkód i prawdopodobieństwa ich wystąpienia stosuje się macierz dwuparametryczną. Ryzyko jest obliczone jako iloczyn prawdopodobieństwa powstania szkody i ciężkości tejże szkody.

3.2. Metoda wskaźnika poziomu ryzyka

Zakłada się, że wskaźnik poziomu ryzyka (WPr) jest iloczynem czterech wielkości:

A – prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia niepożądanego,
(waga punktowa od 0 do 15)

B – częstotliwość ekspozycji na zagrożenie,
(wagi punktowe od 0,1 do 5)

C – oczekiwana szkoda,
(wagi punktowe od 0,1 do 15)

D – liczba osób narażonych na zagrożenie
(wagi punktowe od 1 do 12)

W/w wielkościom przypisuje się wagi punktowe i w ten sposób WPr przyjmuje wartości od 0 do 13 500, przy czym: $0 \leq WPr < 5$ – ryzyko tolerowane, $5 \leq WPr < 100$ – ryzyko kontrolowane, $100 \leq WPr \leq 13\,500$ – ryzyko nieakceptowane [2].

3.3. Metoda analizy drzewa uszkodzeń FTA (ang. Fault Tree Analysis)

Jest to metoda dedukcyjna podająca zależności pomiędzy poszczególnymi zdarzeniami. drzewo uszkodzeń w sposób graficzny przedstawia kombinacje i wzajemne uzależnienie między uszkodzeniami technicznymi lub błędami operatora, które prowadzą do zdarzenia szczytowego będącego sytuacją awaryjną. Sporządzając drzewo, wykorzystuje się bramki logiczne (funktory). najczęściej wykorzystuje się bramki logiczne iloczynu (I) i sumy (LUB). Bramka „I” w schemacie drzewa uszkodzeń oznacza, że zdarzenie powyżej bramki może wystąpić wtedy, gdy wystąpią wszystkie zdarzenia poniżej tej bramki. Bramka „LUB” w schemacie drzewa uszkodzeń oznacza, że zdarzenie powyżej bramki może wystąpić pod warunkiem wystąpienia co najmniej jednego ze zdarzeń umieszczonych poniżej tej bramki. Dysponując prawdopodobieństwami zdarzeń elementarnych można obliczyć prawdopodobieństwo zdarzenia szczytowego. W tym sensie metoda drzewa uszkodzeń ma charakter analizy jakościowo-ilościowej. metoda ta jest efektem „myślenia wstecz”, co pozwala na określenie zdarzeń niepożądanych, które prowadzą do powstania reprezentatywnego zdarzenia szczytowego.

3.4. Metoda analizy drzewa zdarzeń ETA (ang. Event Tree Analysis)

Technika ta należy do analiz prospektywnych i polega na „myśleniu do przodu” względem rozwoju danego reprezentatywnego zdarzenia awaryjnego. Jest to metoda graficzna przedstawiająca sekwencje zdarzeń będących skutkiem wystąpienia niepożądanego zdarzenia inicjującego.

Procedura postępowania polega na analizie rozwoju sytuacji po wystąpieniu awaryjnego zdarzenia inicjującego. Następnie określa się bariery bezpieczeństwa mające na celu ograniczenie negatywnych skutków. Rozwój sekwencji zdarzeń rozpatruje się kolejno uwzględniając te bariery. Na każdym poziomie drzewa zdarzeń rozpatruje się dwa stany logiczne: sukcesu (Tak) i niepowodzenia (Nie), w zależności od tego, czy dana bariera bezpieczeństwa spełnia swoje zadanie, czy też nie. Metoda drzewa zdarzeń ma charakter analizy jakościowo-ilościowej.

3.5. Metoda analizy przyczyn i skutków CCA (ang. Causa – Consequence Analysis)

Analiza przyczyn i skutków łączy w sobie metodę drzewa zdarzeń (myślenie do przodu) oraz metodę drzewa niezdatności (myślenie wstecz). Wynikiem tego jest metoda opisująca przyczyny zdarzeń awaryjnych i ich możliwe skutki. Metoda CCA może mieć charakter jakościowy lub jakościowo-ilościowy. Polega na budowaniu diagramu pokazującego jednocześnie rozwój zdarzenia awaryjnego, jego przyczyny i skutki oraz wzajemne zależności między nimi. CCA przeprowadza się z wykorzystaniem diagramu, który przedstawia sekwencję zdarzeń następujących przed i po zdarzeniu awaryjnym. Reprezentatywnym zdarzeniem inicjującym może być awaria techniczna lub błąd człowieka. Metody analizy niezawodności człowieka HRA (ang. Human Reliability Analysis)

4. Kierunki systemowych zintegrowanych analiz i ocen ryzyka

Dotychczasowe rozpoznanie metodyk analiz i ocen ryzyka (AiOr) i wykorzystanie praktyczne uzyskanych wyników w zarządzaniu bezpieczeństwem SZW upoważnia do stwierdzenia, że nie są one jeszcze w pełni domknięte i wymagają doskonalenia z uwzględnieniem specyfiki SZW. Z przeglądu doniesień literaturowych metod i technik oszacowania ryzyka związanego z funkcjonowaniem SZW brak jednoznacznych wartości i funkcji kryterialnych.

Analizy ryzyka w odniesieniu do SZW przeprowadza się już ponad 15 lat. Obecnie stosuje się już w praktyce kilka uznanych metod. Wyraźnie wykrystalizował się pogląd na temat istoty i natury ryzyka, identyfikacji i klasyfikacji potencjalnych zdarzeń awaryjnych. Istnieje już możliwość oceny porównawczej oszacowania ryzyka. Wypracowane zostały kierunki zarządzania bezpieczeństwem SZW z możliwością racjonalnego redukcjonowania ryzyka. Rozpoznawane są relacje człowiek-technika-środowisko w aspekcie występujących poważnych zdarzeń awaryjnych.

Zdecydowanie formułowany jest trend ilościowych kryteriów analizy i oceny ryzyka. Pojawiające się raporty bezpieczeństwa stanowią dla zarządów firm wodociągowych podstawę opracowania długookresowej strategii zarządzania bezpieczeństwem SZW.

Nowe perspektywy rozważań na temat ryzyka idą w kierunku systemów informowania o ryzyku (ang. risk – informed system) i systemów podejmowania decyzji opartych na ryzyku (ang. risk – based system). Ten kierunek badań wymaga nowych założeń co do zakresu przeprowadzanych analiz i ocen ryzyka. Pojawia się problematyka adekwatności, a w zasadzie niepewności w oszacowaniu ryzyka. Rodzi to pewne implikacje o podejściu do informacji o ryzyku, a także w opracowaniu ewentualnych regulacji prawnych. Ma to szczególne znaczenie w przypadku oszacowania ryzyka związanego z potencjalnymi zdarzeniami stosunkowo rzadko występującymi typu poważna awaria czy katastrofa. Do oszacowania częstości tego typu zdarzeń niepożądanych problematyczne staje się wyznaczenie wartości oczekiwanych (ang. expected values), a sensownym jest ograniczenie się tylko do wartości przeciętnych (ang. mean values). Panuje jednak pogląd, że nawet informacja obarczona niepewnością jest przydatna w podejmowaniu decyzji na rzecz bezpieczeństwa SZW – bariery ochronne, monitoring i diagnostyka, które wspomagają pracę operatora SZW.

W doniesieniach literaturowych dotyczących podejmowania ryzyka wyróżnia się następujące postawy:

- unikanie ryzyka – strategia zarządzania nie przewiduje podejmowania ryzyka z poza obszaru ryzyka tolerowanego,
- transfer ryzyka – przeniesienie skutków wystąpienia straty na inny wyspecjalizowany podmiot. Podstawową formą transferu ryzyka jest ubezpieczenie,
- redukcja ryzyka - wprowadzenie procedur zabezpieczeń, które zmniejszają potencjalne prawdopodobieństwo/częstość wystąpienia straty,
- retencja ryzyka; pasywna – polega na pokryciu planowanych małych strat z własnych środków finansowych firmy wodociągowej (np. finansowanie brygad remontowo-naprawczych); aktywna – stworzenie specjalnego funduszu na pokrycie ewentualnych strat który może charakter gwarancji na zasadzie zewnętrznych porozumień finansowych,
- ignorowanie ryzyka – związane z postawą nieodpowiedzialną i arogancją w podejmowaniu decyzji.

5. Zadania w sferze poznawczej

Stan nauki o ryzyku ulega ustawicznym zmianom zarówno w zakresie teorii jak i technicznego wykorzystania wyników badań naukowych [3] [18] [22] [28] [29] [30] [40] [53].

Do najważniejszych zadań w temacie ryzyka niezależnie od źródła zagrożenia należą:

- podstawy filozofii ryzyka,
- określenie miar ryzyka, adekwatnych do danego rodzaju zagrożeń,
- sporządzenie katalogu zdarzeń niepożądanych w funkcjonowaniu systemów komunalnych,
- opracowanie metod rozpoznania, oceny i prognozowania zagrożeń,
- opracowanie zasad funkcjonowania systemów wczesnego ostrzegania,
- określenie metodyk planowania systemów ochronnych,

- opracowanie metod analizy, modelowania i oceny ryzyka (jakościowo-ilościowe i ilościowe),
- wypracowanie metod analizy efektywności ekonomicznej optymalizujące działania ograniczające ryzyko,
- określenie standardów kształcenia w zakresie niezawodności i bezpieczeństwa,
- wprowadzenie systemów komputerowego monitorowania ryzyka docelowo realizowane za pośrednictwem GSI (Geograficzny System Informacji),
- opracowanie metod modelowania rozkładu terytorialnego ryzyka (mapy ryzyka).

6. Zadania w sferze wdrożeń praktycznych

Kształceniem w zakresie zarządzania ryzykiem powinna być objęta przede wszystkim kadra kierownicza, a następnie kadra inżynieryjno-techniczna. Do najważniejszych zadań wdrożeniowych należą [31] [32] [34] [43] [42] [44] [46] [49] [50]:

- wdrożenie systemów reagowania kryzysowego w odniesieniu do zdrowia i życia ludzi, środowiska naturalnego, dóbr materialnych indywidualnych i zbiorowych,
- zinventaryzowanie możliwych źródeł zagrożeń w danym rejonie terytorialnym,
- opracowanie scenariuszy zdarzeń byłych i prawdopodobnych,
- doskonalenie współpracy systemu radarowego osłony meteorologicznej kraju,
- wprowadzenie metod zarządzania ryzykiem, do praktyki dnia codziennego firm komunalnych,
- instalowanie tzw. inteligentnych systemów alarmowych,
- przygotowanie alternatywnych źródeł zaopatrzenia w wodę do spożycia i nośników energii,
- doskonalenie systemów ratowniczych w zakresie organizacji i nowoczesnego sprzętu,
- opracowanie strategii przeciwdziałania i zwalczania skutków zdarzeń niepożądanych, w tym systemu informowania społeczeństwa o zagrożeniu,
- stworzenie bazy umożliwiającej likwidację skutków awarii i katastrof,
- wdrożenie programów dydaktycznych na różnych poziomach nauczania, upowszechniających problematykę ryzyka.

7. Problematyka niepewności w oszacowaniach ryzyka

W procesach modelowania związanych z oszacowaniem ryzyka wyróżnia się dwa podstawowe zadania [73] [74] [75] [77]:

- oszacowanie częstości/prawdopodobieństwa scenariuszy awaryjnych,
- oszacowanie różnego rodzaju skutków po wystąpieniu scenariuszy awaryjnych.

Podstawowe źródła niepewności związane z w/w zadaniami wynikają z następujących parametrów modelu:

- kompletność – modele zwykle buduje się przy pewnych założeniach, które nie pozwalają zidentyfikować wszystkich możliwych scenariuszy awaryjnych. W oszacowaniach ryzyka występuje pojęcie tzw. ryzyka resztkowego, które wynika z niedo-

szacowania miar ryzyka między innymi z powodu nieuwzględnienia zależności zdarzeń niepożądanych,

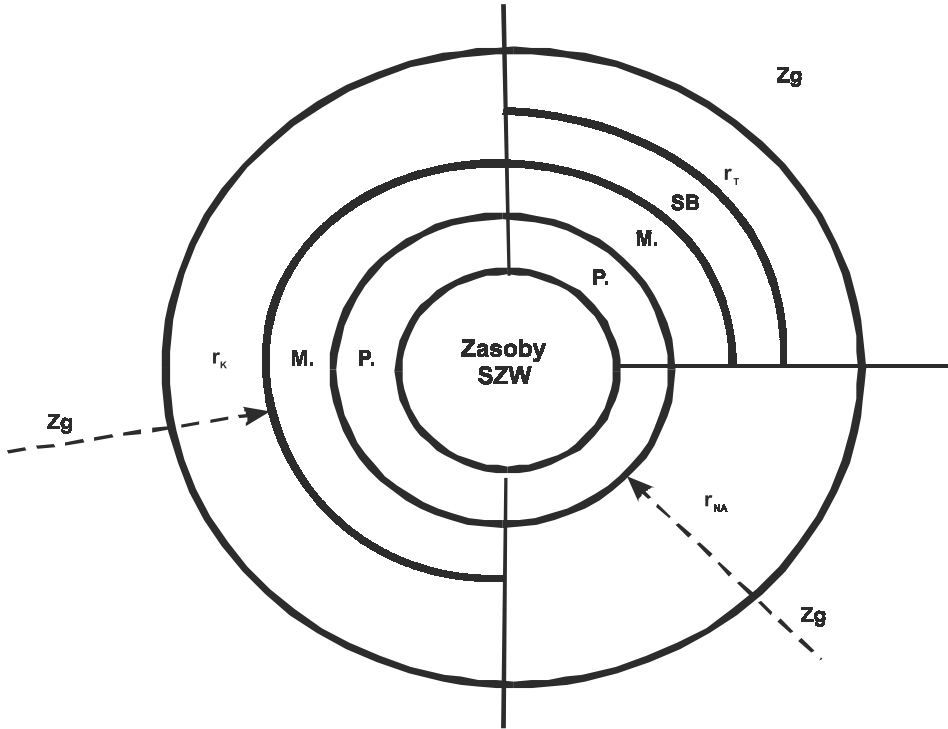
- adekwatności – budowa modeli ma charakter subiektywny z powodu ich eksperckiego charakteru i nie są one w pełni zweryfikowane. Eksperti obliczenia przeprowadzają dla ograniczonej i wyróżnionej kategorii scenariuszy awaryjnych. We współczesnych modelach często rezygnuje się z probabilistycznych miar ryzyka, a czynniki organizacyjne i środowiskowe nie są rozpatrywane z tego punktu widzenia. Dokonywane interpolacje i ekstrapolacje na zdarzenia niepożądane o podobnym charakterze odbywa się także na bazie wiedzy ekspertów,
- niepewność parametrów – modele w odniesieniu do zdarzeń rzadkich napotykają na trudności w definiowaniu rozkładów probabilistycznych i symulacyjnym wyznaczeniu miar poprzez agregowanie i formacji niepewnej. W wyniku symulacji metodą Monte Carlo uzyskuje się rozkłady dyskretne częstości zdarzeń i strat wywołanych przez zdarzenia awaryjne. W tym zakresie wskazane jest badanie wrażliwości modelu i dysponowania wiarygodnymi danymi statystycznymi zebranymi w warunkach rzeczywistej eksploatacji.

W modelowaniu systemów o złożonych uwarunkowaniach zewnętrznych i interakcjach wewnętrznych obserwuje się zdecydowany trend w oszacowaniach ryzyka z wykorzystaniem teorii niepewnej informacji i stosowanie do reprezentacji niepewności przedziałów rozmytych. Prowadzi to w warunkach niepewności do stosowania prawdopodobieństw rozmytych. To z kolei wymaga transformacji z rozkładów probabilistycznych na rozkłady posybilistyczne. teoria posybilistyczna wywodzi się z teorii zbiorów rozmytych.

Niepewność w analizach i ocenach ryzyka wynika z potrzeby wyróżnienia i klasyfikacji stanów SZW i scenariuszy awaryjnych. Do modelowania niepewności stosuje się następujące metody:

- obróbki statystycznej dostępnych danych i wyznaczenia parametrów rozkładów probabilistycznych,
- definiowana na bazie opinii ekspertów rozkładów probabilistycznych,
- heurystyczne, bazujące na wiedzy i doświadczeniu ekspertów,
- oszacowań przedziałowych lub wyznaczenia rozkładów posybilistycznych na podstawie opinii formułowanych przez ekspertów,
- agregowania informacji i transformacji rozkładów probabilistycznych na rozkłady posybilistyczne.

Na rys. 1. przedstawiono w jaki sposób zasoby SZW są potencjalnie narażone na zagrożenia w zależności od stosowanych zabezpieczeń.



Rys. 1. Zależności pomiędzy elementami bezpieczeństwa SZW

Fig. 1. Dependences among elements of the WSS safety

P – podatność,
 M – monitoring,
 SB – system bezpieczeństwa multibariera,
 Zg – zagrożenia,
 r_T – ryzyko tolerowane,
 r_K – ryzyko kontrolowane,
 r_{NA} – ryzyko nieakceptowalne.

8. Użyteczność wiedzy o ryzyku

Wiedza o ryzyku pozwala na jego identyfikację, ocenę, wprowadzać procedury kontroli i redukcji oraz chroni przed negatywnymi skutkami [32] [39] [45] [47] [54] [55] [56]. Świadomość istnienia ryzyka umożliwia wprowadzenie stosownych zabezpieczeń, które pozwalają na realizację zadania, mimo że ryzyko jako takie nie uległo zmianie. Znajomość wiedzy o ryzyku w działalności człowieka przyczynia się do zdobywania nowych doświadczeń, które generują nowe informacje rozszerzające posiadaną już

wiedzę. Zakres informacji o zagrożeniach i ryzyku można usystematyzować w następujący sposób:

- system informacji naukowej,
- system obowiązujących przepisów prawnych,
- wytyczne regulaminu i instrukcje postępowania w sytuacjach niebezpiecznych,
- programy edukacyjne,
- nieformalne sądy i przekonania zdobyte na drodze empirycznej.

Bezpośredni kontakt człowieka ze zdarzeniem, którego efektem jest realizacja ryzyka wpływa na przyszłą ocenę jego wielkości. Wystąpienie w jakimś mieście skażenia wody do spożycia powoduje, że uczestnicy takiego zdarzenia będą uważać jego za bardziej prawdopodobne w przyszłości, w porównaniu z ludźmi, którzy nie doznali realizacji takiego ryzyka z autopsji. Z drugiej strony zdobyte doświadczenia i nabyta umiejętność radzenia sobie z takim zagrożeniem powoduje, że skutki ocenione są jako mniej groźne.

Reakcje przystosowawcze w warunkach zagrożenia mogą być dwójakiego rodzaju:

- zmiana sytuacji niebezpiecznej na bezpieczną, co osiąga się poprzez obniżenie zagrożenia (wprowadzenie scenariuszy redukujących możliwości eskalacji zagrożenia, zmniejszenie negatywnych skutków w następstwie zwiększenia umiejętności radzenia sobie ludności z zagrożeniem). Efektem końcowym jest utrzymanie ryzyka na poziomie kontrolowanym,
- nie ma możliwości lub chęci do zmniejszenia zagrożenia.

Przebywanie długotrwale człowieka w sytuacji niebezpiecznej powoduje, że obniża się poziom lęku i subiektywnie zagrożenie staje się mniejsze. Niedoścadowanie ryzyka powoduje, że nie są podejmowane czynności związane z ograniczeniem niebezpieczeństwa. W konsekwencji dochodzi do paradoksalnej sytuacji – ludzie objęci zagrożeniem postępują tak, aby nie odczuwali niebezpieczeństwa.

Biorąc pod uwagę indywidualne cechy osobowości człowieka nie wyróżnia się postaw wyraźnie proryzykowych. Przykładowo: zaprzysięgły hazardzista staje się bardzo ostrożny i spożywa wody tylko z wiadomego źródła o gwarantowanej jakości. Poziom aspiracji człowieka wpływa na podejmowanie ryzyka. Jednostki o wysokim poziomie aspiracji wyznaczają sobie trudne do realizacji cele, którym towarzyszy wysoki poziom ryzyka, a jednostki o niskim poziomie aspiracji preferują pewne działania, którym towarzyszy akceptowalny poziom ryzyka.

Z punktu widzenia podejmowanie decyzji istnieje reguła, że człowiek podejmujący ją samodzielnie akceptuje mniejsze ryzyko w porównaniu z decyzjami podejmowanymi zbiorowo, kiedy to procesy interakcyjne sprzyjają przyjęciu większego ryzyka. Ciekawym jest również tzw. syndrom indywidualnego złudzenia polegający na optymistycznej tendencji w ocenie ryzyka. Polega to na zawyżaniu prawdopodobieństwa bezwzględnej realizacji zadania, którego efektem są wymierne korzyści. Lapidarnie mówiąc odczucie człowieka jest następujące, „co wartościowe, to jest bardziej prawdopodobne”.

Wiedza o ryzyku w postępowaniu ludzi jest wypadkową posiadanych przez nich informacji na temat istoty i natury ryzyka [60] [61] [64] [65] [68] [70] [71] [72]. Na decyzję o niepodjęciu ryzyka wpływa ocena wielkości i prawdopodobieństwa strat.

9. Podsumowanie

- Współczesny trend w badaniach naukowych systemów komunalnych, do których należy SZW, to traktowanie ich jako systemów biotechnicznych, w których analizy niezawodności są podstawową jakością związaną z bezpieczeństwem tych systemów. Ważnym elementem analizy funkcjonowania SZW staje się ryzyko związane z wiarygodnością i pewnością przekazywania informacji w sytuacjach ekstremalnych, a także ryzyko związane z prawidłową interpretacją otrzymanych informacji i reakcją na nie przez operatora systemu. Statystyka awarii w SZW, jak i w innych systemach komunalnych, dobitnie dowodzi o konieczności uwzględnienia roli operatora w modelach niezawodności funkcjonowania i niezawodności bezpieczeństwa systemów o reżimie pracy ciągłej. Analiza ryzyka może być też przydatna w planowaniu działań prewencyjnych związanych z zapobieganiem powstawaniu uszkodzeń, jak również w opracowaniu scenariuszy ratowniczych.
- Nowe tendencje i kierunki badań nad ryzykiem to:
 - uwzględnienie nowych technologii i zagrożeń z nimi związanych, gdyż ryzyko ma charakter dynamiczny i pojawiają się coraz to nowsze jego rodzaje, np. ryzyko informatyczne,
 - podjęcie zagadnienia zmian cywilizacyjnych o charakterze globalnym i nowych obszarów ryzyka związanych z nimi,
 - uwzględnienie problematyki ryzyka w funkcjonowaniu systemów komunalnych zaliczanych do infrastruktury krytycznej państwa,
 - podejmowanie przez człowieka (operatora) decyzji obciążonych ryzykiem i sposobów komunikowania się ze społeczeństwem,
 - rozwijanie modeli interdyscyplinarnych badania nad zdywersyfikowanym ryzykiem, uwzględnienie odległych horyzontów czasowych urzeczywistnienia ryzyka zdrowotnego,
 - rozwijanie metod zarządzania ryzykiem i jego redukcji,
 - opracowanie metodologii badań związanych z czysto ilościowymi analizami ryzyka (IAR) opartymi na rozkładach prawdopodobieństwa rozpatrywanych zdarzeń niepożądanych. Krajowa baza danych z zakresu awaryjności sieci wodociągowych pozwala na podjęcie tego rodzaju problematyki.
- Kierunki nowych metodyk modelowania związane z zintegrowanymi analizami ryzyka są następujące:
 - modelowanie stosownych miar probabilistycznych dla binarnych stanów systemu - PROBIST (ang. probability measures and binary state),
 - stosowanie w modelowaniu miar posybilistycznych dla binarnych stanów systemów – POSBIST (ang. possibility measures and binary state),
 - modelowanie stosownych miar probabilistycznych dla rozmytych stanów systemu - PROFUST (ang. probability measures and fuzzy state),
 - stosowanie w modelowaniu miar posybilistycznych dla rozmytych stanów systemu - POSFUST (ang. possibility measures and fuzzy state).

Bibliografia

- [1] Błażejowski M., Dąbrowska A.: Analiza ryzyka incydentalnych zanieczyszczeń miejskich ujęć wody w Polsce. *Człowiek i Środowisko*, 14,1,1990.
- [2] Iwanejko R.: O praktycznym stosowaniu jakościowych metod szacowania ryzyka w systemach zaopatrzenia w wodę. *Czasopismo techniczne*. z. 8. Seria Środowisko. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. Kraków. 2005.
- [3] Iwanejko R., Lubowiecka T., Ryzyko w gospodarce wodno-ściekowej współczesnego zakładu przemysłowego. Konferencja „Strategie zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie”. Tonik, Bydgoszcz 2002, s. 283-293.
- [4] Iwanejko R., Lubowiecka T.: Ryzyko w podejmowaniu decyzji w systemach zaopatrzenia w wodę. *Mat. konf. XVII krajowej konferencji „Zaopatrzenie w wodę i jakość wód”*. Wydaw. PZITS O/Wielkopolski, Gdańsk – Poznań 2002, s. 1043-1054.
- [5] Iwanejko R., Lubowiecka T., Analiza ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę – studium zagrożeń. *Czasopismo Techniczne z.7-Ś/2003*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej.
- [6] Iwanejko R., Lubowiecka T., Analiza ryzyka jako narzędzie planistyczno-decyzyjne w wodociągach. *Materiały VI Międzynarodowej (XVIII Krajowej) Konferencji Naukowo-Technicznej „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”*. Poznań 2004, s. 547-558.
- [7] Iwanejko R., Wieczysty A.: O konieczności i sposobach określania ryzyka producenta i odbiorcy wody w systemie wodociągowym. „Bezpieczeństwo, niezawodność, diagnostyka urządzeń i systemów gazowych, wodociągowych, kanalizacyjnych, grzewczych”. *Mat. konf. II Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej*. Wydaw. PZITS O/Kraków, Zakopane 2001, s. 163-172.
- [8] Kempa E.S.: Analiza ryzyka w systemach oczyszczania wód. *Ochrona Środowiska*, 3(50). Wydaw. PZITS O/Dolnośląski, Wrocław 1993, s. 5-10.
- [9] Kempa E.S.: Ryzyko w procesach i obiektach inżynierii sanitarnej. *Ochrona Środowiska*, 2(57). Wydaw. PZITS O/Dolnośląski, Wrocław 1995, s. 43-48.
- [10] Kozłowski J.: Znaczenie modyfikatora ryzyka zdrowotnego w ocenie wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. *Mat. konf. „Gospodarka wodno-ściekowa w regionach rolniczo-przemysłowych”*. *Zeszyty Naukowe, Inżynieria Środowiska*, z. 16. Wydaw. Politechniki Białostockiej, Białystok 2003, s. 202-207.
- [11] Lubowiecka T., Wieczysty A.: Ryzyko w systemach zaopatrzenia w wodę. *Monoografia Komitetu Gospodarki Wodnej PAN „Ryzyko w gospodarce wodnej”*, z. 17. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000, s. 113-141.
- [12] Łozowicka-Stupnicka T.: Ocena ryzyka i zagrożeń w złożonych systemach człowiek – obiekt techniczny – środowisko. Seria Inżynieria Sanitarna i Wodna, monografia 270. Wydaw. Politechniki Krakowskiej, Kraków 2000.

- [13] Maciejewski M. i inni: Ryzyko w gospodarce wodnej. Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN, z. 17. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
- [14] Mikołajczyk M.: Ocena ryzyka uszkodzeń elementów infrastruktury budowlanej na przykładzie podsystemu dystrybucji wody dla Płocka, Rozprawa doktorska, Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii w Płocku, promotor: prof. nzw. dr hab. inż. Wojciech Feluch, Płock, 2005, s. 243-251.
- [15] Mikołajczyk M.: Metoda oceny ryzyka uszkodzeń elementów infrastruktury budowlanej na przykładzie podsystemu dystrybucji wody w Płocku, Zeszyty Naukowe SGSP nr 34, Warszawa 2006, s. 117-136.
- [16] Mikołajczyk M.: Risk estimation of damages of water distribution subsystem using the matrix method on example of water supply system in Płońsk (Masovia), Polish Journal of Environmental, 2007.
- [17] Mikołajczyk M.: Risk Estimation of Damages of Water Distribution Subsystem Using the Matrix Method on the Example of Water Supply System in Płońsk (Masovia). POLISH Journal of Environmental Studies. HARD Publishing Company, Olsztyn, Poland. vol. 16, No 2A, Part III, 2007, s.811-814.
- [18] Mikołajczyk M., Feluch W.: Możliwość analizowania uszkodzeń przewodów sieci wodociągowych na przykładzie m. Płocka, III Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna – Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody, Szczyrk 2005.
- [19] Rak J.: Wieloaspektowa istota ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę. Politechnika Krakowska. Czasopismo Techniczne Środowisko, z.7, s.243-254, 2003.
- [20] Rak J.: A study of the qualitative methods for risk assessment in water supply systems. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Environment Protection Engineering, t.29, z.3-4, s.123-134, 2003
- [21] Rak J.: Metoda szacowania ryzyka zagrożenia systemu zaopatrzenia w wodę. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych O/Dolnośląski. Ochrona Środowiska, z.2, s.33-36, 2003.
- [22] Rak J.: Ryzyko w funkcjonowaniu operatora SZW - analiza ergonomiczna. Wydawnictwo Sigma-NOT Sp. z o.o.. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, t. LXXVI, z.6, s.211-214, 2003.
- [23] Rak J.: Istota ryzyka w funkcjonowaniu systemu zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej. s.1-113, 2004.
- [24] Rak J.: Metoda analizy barier zabezpieczeń do oceny ryzyka skażenia wody w podsystemie dystrybucji. Bel Studio Sp z o.o., Warszawa. Konferencja: XIII Międzynarodowa Konferencja N-T "Eksploatacja infrastruktury w sytuacjach kryzysowych" Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa - Rynia, 18-20 października 2004 r., t.1, s.279-288, 2004.
- [25] Rak J.: Metoda trójwarstwowej maczyzy ryzyka dla bezpieczeństwa systemu zaopatrzenia w wodę. Wydawnictwo Lektorium Wrocław. Ekotechnika, z.2, s.8-10, 2004.

- [26] Rak J.: Metody matrycowe oceny ryzyka w systemach zaopatrzenia w wodę. Ośrodek Informacji "Technika Instalacyjna w Budownictwie". Instal, z.3, s.42-45, 2004.
- [27] Rak J.: Model oceny ryzyka w funkcjonowaniu SZW. Politechnika Koszalińska. Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej, Konferencja: VII Ogólnopolska Konferencja Naukowa nt. "Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska", Koszalin - Ustronie Morskie 26-29.05.2005 r., z.22, s.695-705, 2005.
- [28] Rak J.: Ocena bezpieczeństwa funkcjonowania SZW metodą grafów ryzyka. Komitet Inżynierii Środowiska PAN. Konferencja: XII Ogólnopolska Konferencja N-T z cyklu "Problemy gospodarki wodno-ściekowej w regionach rolniczoprzemysłowych" Komitet inżynierii Środowiska PAN. Białowieża 06-07.06.2005 r., t.30, s.237-246, 2005.
- [29] Rak J.: Ryzyko w ujęciu Dyrektywy Seveso II. Ośrodek Informacji "Technika Instalacyjna w Budownictwie". Instal, z.2, s.38-41, 2005.
- [30] Rak J.: Przegląd metod oceny ryzyka związanego z funkcjonowaniem systemów komunalnych. Ośrodek Informacji "Technika Instalacyjna w Budownictwie". Instal, z.6, s.54-56, 2006.
- [31] Rak J.: Uwarunkowania społeczne związane z ryzykiem w zaopatrzeniu w wodę. Ekotechnika. Wydawnictwo Lektorium Wrocław. z. 2, s. 10-14. . 2007
- [32] Rak J.: Introduction in the Method of Graphic Risk Distribution. POLISH Journal of Environmental Studies . HARD Publishing Company, Olsztyn, Poland. vol. 16, No 2A, Part III, s.781-783. 2007.
- [33] Rak J.: Metoda szacowania ryzyka globalnego skażenia wody wodociągowej. Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych Sigma. Gaz, Woda, Technika Sanitarna. KONBIT, z.4, s.6-9, 2007.
- [34] Rak J.: Metoda trójwarstwowej matrycy ryzyka. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, z.43, s.77-86, 2007.
- [35] Rak J.: Praktyczne zastosowanie metody analizy i oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę. IV Konferencja N-T „Kierunki rozwoju zaopatrzenia w wodę do picia. Wydawnictwo Seidel Przywecki Sp. z o.o. Łomża s.67-80, 2007.
- [36] Rak J.: Praktyczne zastosowanie metody analizy i oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę. Wydawnictwo Seidel Przywecki. Forum Eksploatatora, z.6/2007(33), s.69-72, 2007.
- [37] Rak J.: Uwarunkowania społeczne związane z ryzykiem w zaopatrzeniu w wodę. Wydawnictwo Lektorium Wrocław Ekotechnika, z.2, s.10-13, 2007.
- [38] Rak J.: Wybrane elementy zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie wodociągowym. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych O/Dolnośląski. Ochrona Środowiska, z.4, s..61-64, 2007.
- [39] Rak J., Babiarz H.: Elementy ryzyka w zarządzaniu kryzysowym. Ośrodek Informacji "Technika Instalacyjna w Budownictwie" INSTAL, z.6, s.54-58, 2007.

- [40] Rak J., Kucharski B.: Metoda analizy przyczyn i skutków szacowania ryzyka. Konferencja: XIX Krajowa Konferencja VII Międzynarodowa Konferencja "Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód". Poznań-Zakopane, t.2, s.585-594, 2006.
- [41] Rak J., Studziński A.: Problematyka ryzyka zdrowotnego z zanieczyszczeniem wody do picia. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej Konferencja: V Konferencja Naukowa Rzeszowsko-Lwowsko-Koszycka, Politechnika Rzeszowska 25-26.09 Rzeszów, t.2, z.32, s.344-351, 2000
- [42] Rak J., Studziński A.: Rizik awarij sistemi wodonostaczannja. Wydawnictwo Ekoinform Lwów. Rinok Instaljacyjnij, z.9, s.13-16, 2006.
- [43] Rak J., Studziński A.: Ryzyko inwestycyjne. Abrys Spółka z o.o., Poznań. Wodociągi-Kanalizacja, z.7, s.29-31, 2006.
- [44] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Riziki pri ekspluataciji sistemi wodopostaczannja. Wydawnictwo Ekoinform Lwów. Rinok Instaljacyjnij, z.05; 06, s.8-9; 14-15, 2003.
- [45] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Metoda oceny ryzyka funkcjonowania systemu zaopatrzenia w wodę. Wydawnictwo Lektorium Wrocław. Ekotechnika, z.4(32), s.8-11, 2004.
- [46] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Czteroparametryczna matryca szacowania ryzyka w funkcjonowaniu systemu zaopatrzenia w wodę. Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych Sigma NOT, Warszawa. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, t. LXXVIII, z.2, s.6-9, 2005.
- [47] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Metoda szacowania ryzyka związanego z uszkodzeniami sieci wodociągowej. Politechnika Śląska. Konferencja: III Ogólnopolska Konferencja N-T nt. "Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody, Politechnika Śląska, Szczyrk 16-17 czerwca 2005 r., s.291-298, 2005.
- [48] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Metody analizy i oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej. s.1-178, 2005.
- [49] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Piatiparametryczna matryca oceny ryzyka funkcjonowania systemu wodopostaczannja. Wydawnictwo Ekoinform Lwów. Rinok Instaljacyjnij, z.3, s.12-14, 2005.
- [50] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Ryzyko awarii systemu zaopatrzenia w wodę. Branżowy Magazyn Przemysłowy (BMP) Sp. z o.o.. Racibórz. Konferencja: VIII Sympozjum N-T WOD-KAN-EKO 2005 Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Kraków, 26-28 października 2005 r., s.71-79, 2005.
- [51] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Zarządzanie ryzykiem w firmie wodociągowej. AQUA S.A. Bielsko Biała. Konferencja: Międzynarodowa Konferencja N-T nt. "Problemy zaopatrzenia w wodę i oczyszczania ścieków w warunkach gospodarki rynkowej i wymogów Unii Europejskiej" AQUA S.A. Bielsko Biała. Szczyrk 5-7 października 2005 r., s.143-154, 2005.

- [52] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Five-parametric matrix to estimate the risk connected with water supply system operation. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. *Environment Protection Engineering*, z.2, s.37-46, 2006.
- [53] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Metoda zintegrowanej oceny ryzyka awarii w podsystemie dystrybucji wody. Wydawnictwo Sigma-NOT Sp. z o.o. *Gaz, Woda, Technika Sanitarna Konbit*, t.LXXIX, z.1, s.11-15, 2006.
- [54] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Review of matrix methods for risk assessment in water supply system. Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych. *Journal of Konbin*, t.1, z.1, s.67-76, 2006.
- [55] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Rozwinięcie metod oceny ryzyka SZW za pomocą grafów. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. *Czasopismo Techniczne*, Seria: Środowisko, z.2, s.179-188, 2006.
- [56] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Uwarunkowania podejmowania ryzyka na przykładzie systemu zaopatrzenia w wodę. *Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych O/Dolnośląski. Ochrona Środowiska*, z.2, s.57-60, 2006.
- [57] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Zintegrowane ryzyko awarii sieci wodociągowej w procesie projektowania wykonawstwa i eksploatacji. Wydawnictwo Lektorium Wrocław, *Ekotechnika*, z.2(34), s.13-16, 2005.
- [58] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: Czynniki ryzyka w eksploatacji systemów zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej s.1-192, 2007
- [59] Rak J., Tchórzewska-Cieslak B., Kalda G.: Metoda analizy ryzyka przyczyn i skutków niedotrzymania jakości wód mineralnych. Wydawnictwo Sigma-NOT. Sp. z o. o.. *Gaz, Woda i technika Sanitarna*. t. LXXVIII, z. 11, s. 46-48, 2005.
- [60] Rak J., Tchórzewska-Cieślak B., Kalda G.: Rysk jak miera bezopasnosti okrużajuszej sredy. *Nikołajewski Narodowy Uniwersytet. Zeszyty Naukowe Kijewo-Mogielanska Akademia*, t.53, z.40, s.8-12, 2006.
- [61] Rak J., Wiczysty A.: Określenie ryzyka oczyszczania wody na przykładzie ZUW Kobiernice – Soła 1. *Ochrona Środowiska*, 4 (51). Wydaw. PZITS O/Dolnośląski, Wrocław 1993, s. 9-10.
- [62] Rybicki S.A.: Bezpieczeństwo i ryzyko zaopatrzenia w wodę w stuleciu wodociągu krakowskiego. *Mat. konf. „Bezpieczeństwo, niezawodność, diagnostyka urządzeń i systemów gazowych wodociągowych, kanalizacyjnych, grzewczych”*. Wydaw. PZITS O/Kraków, nr 797, Zakopane 2001, s. 337-354.
- [63] Rybicki S.A.: System multibariera – sposób zmniejszania ryzyka dostarczania wody o niewłaściwej jakości. *Ochrona Środowiska*, nr 3(82). Wydaw. PZITS O/Dolnośląski, Wrocław 2001.
- [64] Studziński A., Rak J.: Aplikacja metody krytyczności i oddziaływania uszkodzeń do oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę. *Politechnika Koszalińska. Konferencja: Współczesne problemy bezpieczeństwa pożarowego w budownictwie i inżynierii środowiska, Komenda Miejska Państwowej Straży Pożarnej w Koszalinie, WBiIŚ Politechniki Koszalińskiej, Koszalin - Łazy 7-9.06., s.387-394, 2004.*

- [65] Studziński A., Rak J.: Czas dostawy wody nie spełniającej standardu jako wskaźnik ryzyka konsumenta systemu zaopatrzenia w wodę. Wydawnictwo Seidel Przywecki. Forum Eksploatatora, z.4, s.44-46, 2007.
- [66] Szopa T.: Podstawy analizy ryzyka zdrowotnego. Materiały pomocnicze. Wydaw. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.
- [67] Szymczak W., Szeszenia-Dąbrowska N.: Szacowanie ryzyka zdrowotnego związanego z zanieczyszczeniem środowiska. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1995.
- [68] Tchórzewska-Cieślak B.: Ryzyko związane z funkcjonowaniem systemu zaopatrzenia w wodę do spożycia. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji. – PIB Materiały Szkoły Niezawodności PAN, t.1, z.1, s.500-510, 2006.
- [69] Tchórzewska-Cieślak B.: Use of maintenance technique directed to reliability to manage risk connected with water supply system operation. Konferencja: XIX Krajowa Konferencja VII Międzynarodowa Konferencja "Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód". Poznań-Zakopane, t.2, s.631-638, 2006.
- [70] Tchórzewska-Cieślak B.: Method of assessing of risk of failure in water supply system. Taylor & Francis as Risk, Reliability and Societal Safety, t.2, s.1535-1539, 2007
- [71] Tchórzewska-Cieślak B.: Method of the Identification of the Areas of Risk of Failure in Water-Pipe Network. Hard Polish Journal of Environmental Studies, t.16, z.2A, s.774-776, 2007.
- [72] Tchórzewska-Cieślak B.: Szacowanie akceptacji ponoszenia kosztów ryzyka związanego z funkcjonowaniem systemu zaopatrzenia w wodę. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych O/Dolnośląski. Ochrona Środowiska, z.7, s.69-72, 2007.
- [73] Tchórzewska-Cieślak B.: Method for the Identyfication of the Areas of Risk of Failure in Water-Pipe Network. POLISH Journal of Environmental Studies. HARD Publishing Company, Olsztyn, Poland. vol. 16, No 2A, Part III, 2007, s.774-776.
- [74] Tchórzewska-Cieślak B., Rak J.: Analysis of risk connected with water supply system operating by means of the logical trees method. Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych. Journal of Konbin, t.1, z.1, s.315-322, 2006.
- [75] Tchórzewska-Cieślak B., Włoch A.: Method for risk assessment in water supply systems. Konferencja: Międzynarodowe Sympozjum Probabilistyczne w Berlinie, t.1, s.279-288, 2006.
- [76] Wichrowska B., Kozłowski J., Jankowska D.: Ocena ryzyka zdrowotnego w świetle przepisów polskich i Unii Europejskiej dotyczących jakości wody do picia. Ochrona Środowiska, nr 4(83). Wydaw. PZITS O/Dolnośląski, Wrocław 2001, s. 19-22.
- [77] Wiczysty A., Iwanejko R.: A method for evaluating the producer's and customer's risk in water supply systems. Specialised Conference System Approach to Leakage Control and Water Distribution System Management. IWA, Brno 2001.

- [78] PN-EN-1050. Zasady oceny ryzyka, 1999.
- [79] PN-IEC 60300-3-9:1999: Zarządzanie niezawodnością -- Przewodnik zastosowań -- Analiza ryzyka w systemach technicznych
- [80] PN-EN 626-1:2001: Maszyny -- Bezpieczeństwo -- Zmniejszanie ryzyka dla zdrowia powodowanego substancjami niebezpiecznymi emitowanymi przez maszyny -- Zasady i wymagania dla producentów maszyn
- [81] PN-EN 626-2:2001: Maszyny -- Bezpieczeństwo -- Zmniejszanie ryzyka dla zdrowia powodowanego substancjami niebezpiecznymi emitowanymi przez maszyny -- Metodyka określania procedur sprawdzania
- [82] PN-EN 1005-5:2007 (U): Bezpieczeństwo maszyn -- Możliwości fizyczne człowieka -- Część 5: Ocena ryzyka dotycząca czynności wykonywanych z dużą częstotliwością powtórzeń
- [83] PN-EN 12128:2000: Biotechnologia -- Laboratoria badawcze, rozwoju i analizy -- Stopnie hermetyczności laboratoriów mikrobiologicznych, strefy ryzyka i wymagania względem lokalizacji i bezpieczeństwa fizycznego
- [84] PN-EN 12128:2000/Ap1: Biotechnologia -- Laboratoria badawcze, rozwoju i analizy -- Stopnie hermetyczności laboratoriów mikrobiologicznych, strefy ryzyka i wymagania względem lokalizacji i bezpieczeństwa fizycznego
- [85] PN-EN 12198-1:2006: Bezpieczeństwo maszyn -- Ocena i zmniejszanie ryzyka wynikającego z promieniowania emitowanego przez maszyny -- Część 1: Zasady ogólne
- [86] PN-EN 12442-1:2006: Tkanki zwierzęce i ich pochodne wykorzystywane do produkcji wyrobów medycznych -- Część 1: Analiza ryzyka i zarządzanie ryzykiem
- [87] PN-EN 12500:2002: Ochrona materiałów metalowych przed korozją -- Ryzyko korozji w warunkach atmosferycznych -- Klasyfikacja, określanie i ocena korozyjności atmosfery
- [88] PN-EN 12501-1:2005: Ochrona materiałów metalowych przed korozją -- Ryzyko wystąpienia korozji ziemnej -- Część 1: Postanowienia ogólne
- [89] PN-EN 12501-2:2005: Ochrona materiałów metalowych przed korozją -- Ryzyko wystąpienia korozji ziemnej -- Część 2: Materiały ze stali niskostopowych i niestopowych
- [90] PN-EN 12502-1:2006: Ochrona materiałów metalowych przed korozją -- Wytyczne do oceny ryzyka wystąpienia korozji w systemach rozprowadzania i magazynowania wody -- Część 1: Postanowienia ogólne
- [91] PN-EN 12502-2:2006: Ochrona materiałów metalowych przed korozją -- Wytyczne do oceny ryzyka wystąpienia korozji w systemach rozprowadzania i magazynowania wody -- Część 2: Czynniki oddziałujące na miedź i stopy miedzi
- [92] PN-EN 12502-3:2006: Ochrona materiałów metalowych przed korozją -- Wytyczne do oceny ryzyka wystąpienia korozji w systemach rozprowadzania i magazynowania wody -- Część 3: Czynniki oddziałujące na materiały żelazne cynkowane zanurzeniowo

- [93] PN-EN 12502-4:2006: Ochrona materiałów metalowych przed korozją -- Wytyczne do oceny ryzyka wystąpienia korozji w systemach rozprowadzania i magazynowania wody -- Część 4: Czynniki oddziałujące na stale odporne na korozję
- [94] PN-EN 12502-5:2006: Ochrona materiałów metalowych przed korozją -- Wytyczne do oceny ryzyka wystąpienia korozji w systemach rozprowadzania i magazynowania wody -- Część 5: Czynniki oddziałujące na zeliwo oraz stale niestopowe i niskostopowe
- [95] PN-EN 13641:2006: Eliminacja lub zmniejszenie ryzyka zakażenia związanego z odczynnikami do diagnostyki in vitro.
- [96] PN-EN 14868:2006: Ochrona materiałów metalowych przed korozją -- Wytyczne do oceny ryzyka wystąpienia korozji w zamkniętych systemach obiegu wody
- [97] PN-EN 60079-14:2004 (U): Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem -- Część 14: Instalacje elektryczne w obszarach ryzyka (innych niż zakłady górnicze)
- [98] PN-EN 62305-2:2006/AC:2007 (U): Ochrona odgromowa -- Część 2: Zarządzanie ryzykiem
- [99] PN-EN ISO 14971:2007 (U): Wyroby medyczne -- Zastosowanie zarządzania ryzykiem do wyrobów medycznych
- [100] PN-EN ISO 15265:2005 (U): Ergonomia środowiska termicznego -- Strategia oceny ryzyka w celu zapobiegania stresowi lub brakowi komfortu podczas pracy w warunkach cieplnych
- [101] PN-EN ISO 17666:2004 (U): Systemy kosmonautyczne -- Analiza ryzyka
- [102] PN-EN ISO 17776:2005: Przemysł naftowy i gazowniczy -- Morskie instalacje eksploatacyjne -- Wytyczne dotyczące narzędzi i technik identyfikacji zagrożeń i oceny ryzyka
- [103] PN-IEC 62198:2005: Zarządzanie ryzykiem przedsięwzięcia -- Wytyczne stosowania
- [104] PN-N-18002:2000: Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy - Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego.