

Janusz R. RAK
Politechnika Rzeszowska

ROZWAŻANIA NA TEMAT RYZYKA POZNAWALNEGO I LOSOWEGO

To co się wydaje często nieprzewidywalnym i niekontrolowanym zdarzeniem, w rzeczywistości okazuje się logicznym, możliwym do opanowania i wyjaśnienia. Celem pracy jest analiza ryzyka związanego z funkcjonowaniem systemu zaopatrzenia w wodę (SZW), ze szczególnym rozróżnieniem ryzyka czysto losowego i ryzyka poznawalnego. Dokonano charakterystyki obu rodzajów ryzyka. W warunkach gospodarki rynkowej decyzje podejmowane przez operatora SZW obciążone są ryzykiem. Zaproponowano matematyczny zapis formuły Bayesa uwzględniający czynnik zaskoczenia i istotności zdarzenia awaryjnego. W wypadku braku rozpoznania ryzyka możliwa jest jego dywersyfikacja. Rozpoznanie ryzyka pozwala na jego retencję w ramach firmy wodociągowej. Istnieje wtedy możliwość zarządzania poznawalnym ryzykiem i sprowadzenie jego wielkości do poziomu akceptowalnego.

1. Wstęp

Współczesne życie jest pełne niebezpieczeństwa, które przy bliższym poznaniu zamiast się zmniejszać, staje się jeszcze większe [4]. To, co wydaje się często niezwykłym zdarzeniem losu, nieprzewidywanym i niekontrolowanym, w rzeczywistości okazuje się logiczne, możliwe do opanowania i wyjaśnienia. Przywódcy przodujących społeczeństw: prezydenci, premierzy, a także najtęższe umysły świata, laureaci Nagrody Nobla, wciąż apelują o normalny tryb życia codziennego, a jednocześnie o postępowanie bardzo ostrożnie we wszystkich sferach życia w obliczu ryzyka. Niekiedy wielkie szanse przemieniają się w jeszcze większe porażki i nie wynika to z faktu ignorowania ryzyka. Bardzo często nie wystarcza ani wyjątkowa ostrożność, ani nadmierna odwaga. Bez względu na przyjętą strategię, niespodziewany splot okoliczności i zwroty sytuacji sprawiają, że podejmowane decyzje przypominają grę w ruletkę. Im bardziej poznaje się naturę i skalę ryzyka, tym mniejsze pozornie wydają się możliwości na sukces. Tym bardziej, że niejednokrotnie podejmowane ryzyko w rzeczywistym czasie ulega zwielokrotnieniu. Istnieje nurt badawczy, który postuluje określanie różnic pomiędzy ryzykiem spodziewanym, związanym z danym przedsięwzięciem, a rzeczywistym ryzykiem, z którym następuje konfrontacja.

Można dokonać stosunkowo prostej oceny uzyskanych rezultatów: lepsze – gorsze od spodziewanych. Jednak trudno jest oszacować, czy spodziewane ryzyko było większe, czy mniejsze od rzeczywistego [2]. Drugi nurt bazuje na różnicach w stopniu zrozumienia ryzyka. Być może istotne są różnice rozumienia ryzyka przez różne podmioty, co skutkuje określonymi efektami – być może z jakichś powodów inni lepiej rozumieją ryzyko. Efektywniejsza technologia oceny (pomiaru) ryzyka przysparza korzyści tym, którzy szybciej potrafią trafnie zrozumieć ryzyko, w porównaniu do strat ponoszonych przez tych, którzy tego nie rozumieją lub uczą się zbyt wolno [3]. Prowadzi to do tezy, że różnice w stopniu, w jakim ludzie potrafią zrozumieć i ocenić ryzyko wyjaśniają powody, dla których tak niewielu osobom udaje się odnieść sukces w ryzykownych przedsięwzięciach [2].

W wielu dziedzinach życia ryzyko związane jest z możliwością poniesienia szkód lub też uzyskania korzyści. W technice korzyści utożsamiane są z osiągnięciami celów projektowych w praktyce eksploatacyjnej, a szkody powiązane są ze stratami finansowymi na skutek zdarzeń niepożądanych [5].

Celem pracy jest analiza ryzyka związanego z funkcjonowaniem systemu zaopatrzenia w wodę (SZW), ze szczególnym rozróżnieniem ryzyka czysto losowego i ryzyka poznawalnego. W odniesieniu do ryzyka należy poszukać strategii w zakresie jego poznania lub dywersyfikacji.

2. Charakterystyka ryzyka poznawalnego

Poznanie ryzyka wymaga [1]:

- określenia możliwych scenariuszy odpowiadających danemu typowi zagrożenia i ustalenia czynników, które je warunkują,
- doświadczenia i umiejętności w rozpoznawaniu, które ze scenariuszy są prawdziwe (a przyjęte metody ochrony skuteczne), a które są błędne. Rola doświadczenia wynika z faktu, że ludzka wyobraźnia stanowi ograniczenie w przypuszczeniach, założeniach czy domysłach, na których człowiek się opiera, próbując poznać ryzyko. Dotychczasowe i przyszłe doświadczenia niewątpliwie rzutują na jakość zrozumienia ryzyka, co z kolei implikuje możliwość efektywnego zarządzania ryzykiem,
- przyjęcia tezy, że każde ryzyko losowe jest błędem. Niepewność zdarzeń obarczonych ryzykiem wynika z nieznaności czynników, które je warunkują. Ryzyko losowe jest często nieokreślone, ale z taką klasą zdarzeń potrafimy sobie stosunkowo dobrze radzić poprzez modelowanie matematyczne tego ryzyka. W wypadku ryzyka nielosowego trudność w zarządzaniu nim wynika z faktu, że każdy może dysponować różnymi danymi determinującymi jego poznanie i zrozumienie. Istnieje zatem możliwość zmniejszenia niepewności przez dany podmiot w stosunku do innych,

- uznania za uprawnioną tezę, że ryzyko wymaga dystrybucji. Nie można uniknąć ryzyka, przerzucając zagrożenia na konsumentów wody wodociągowej. Można jednak tak rozłożyć ryzyko na zaangażowane strony, żeby zgodnie z ich predyspozycjami ponosili ryzyko, z którym sobie najlepiej poradzą,
- świadomości, że rozpoznawalność ryzyka nie jest wrodzonym talentem, zdolnością intelektualną itp., nie jest także domeną jednostki. Często informacje uzyskane od postronnych ludzi pozwalają pomóc w zrozumieniu ryzyka.

Poznawalność ryzyka wynika ze zbioru zróżnicowanych doświadczeń zbieranych w obliczu coraz to nowszych zagrożeń. W miarę zdobywania informacji o ryzyku, zagrożenia z nim związane się mnożą. To z kolei pozwala zdobywać nowe doświadczenia, które wykorzystuje się w radzeniu sobie z nowymi zagrożeniami. Analizy zmagania z zagrożeniami wskazują, że ich koniec jest zawsze mniej dramatyczny niż ich początek [6].

3. Ryzyko czysto losowe a ryzyko poznawalne

Często ryzyko poznawalne przy braku pełnej informacji uważa się za ryzyko losowe. Przy zdarzeniach losowych nie można przewidzieć biegu wydarzeń, a przy ryzyku poznawalnym trzeba umieć je przewidzieć [7]. O ryzyku losowym nie można się zbyt wiele dowiedzieć, gdyż nie da się rozpoznać jego przyczyn ani czynników, które je determinują. W przypadku ryzyka poznawalnego trzeba umieć zmniejszyć niepewność poprzez zdobywanie informacji i odpowiednią ich interpretację. Podstawowym źródłem niepewności jest ograniczenie wiedzy człowieka na temat zdarzeń niepożądanych. Szczegółowe analizy ryzyka wystąpienia naturalnych katastrof czy anomalii pogodowych okazują się przy bliższym poznaniu nie całkiem losowe. Trudno było jednoznacznie przewidzieć tsunami w 2004 r., które pochłonęło ok. 250 000 ofiar. Naukowcy połączyli wybuch podwodnego wulkanu na Hawajach ze zniszczeniami wybrzeży Sumatry i przewidywali, że fale tsunami uderzą w Sri Lankę i Indie. Brak komunikacji i brak przygotowania na taką okoliczność doprowadziły do dramatu. Przykład też ilustruje, że niepewność związana z katastrofami naturalnymi odzwierciedla poniekąd ograniczenie na tym etapie rozwoju wiedzy niż ich całkowitą losowość. Oddzielenie ryzyka losowego od ryzyka poznawalnego polega na znalezieniu opłacalnej ekonomicznie metody zbierania informacji o przyczynach zdarzeń niepożądanych [1]. Ryzyko poznawalne co najmniej w założeniach można zredukować. Paradoxem natomiast jest, że w wypadku ryzyka losowego nie można rozpoznać decydujących o nim czynników, lecz jednocześnie nie zmniejsza to, czy nie uniemożliwia efektywnego nim zarządzania. Metody zarządzania ryzykiem losowym przez różne podmioty są do siebie zbliżone, natomiast metody oceny i zarządzania ryzykiem poznawalnym mogą się od siebie

zdecydowanie różnić. W obu wypadkach można efektywnie zarządzać ryzykiem. Kontrolowanie tych dwóch rodzajów ryzyka jest możliwe, ale najpierw trzeba rozgraniczyć dwa typy zagrożeń. W wypadku ryzyka poznawalnego można określić jego przyczyny i stopień niepewności, a w wypadku ryzyka losowego – nie. Ocena ryzyka jest podstawą decyzji „czy warto je podjąć”? Wynika z tego umiejętność określenia strat, które można ponieść. W wypadku ryzyka poznawalnego decydują różnice w umiejętnościach jego pomiaru, a to z kolei zależy od możliwości wykorzystania wiedzy w tym zakresie. Biorąc pod uwagę konkurencyjność, można stwierdzić, że w ocenie ryzyka poznawalnego niektórzy ludzie i firmy mogą mieć przewagę, natomiast dla ryzyka losowego nie można zyskać takiej przewagi. Jeżeli się to komuś uda, oznacza to, że miał do czynienia z ryzykiem poznawalnym, a nie losowym. Przykładowo można rozpatrywać ryzyko związane z zakupem segmentu ryzyka handlu wodami mineralnymi. W pierwszym kroku należy ocenić czynnik determinującego ryzyka. W tym celu wylicza się korzyści i straty, które mogą wystąpić przy różnych wartościach czynnika ryzyka. W drugim kroku ocenia się zmienność samego czynnika ryzyka. To pozwala oszacować ryzyko związane z zakupem segmentu handlu wodami mineralnymi. Czynnikiem ryzyka w tym przykładzie wynika z możliwości zmiany cen. Przeprowadzono następującą analizę:

- segment rynku wodami mineralnymi zakupiono za 100 000 zł,
- wartość sektora handlu wodami mineralnymi w bieżącym roku spadła o 2%,
- powstaje pytanie o poziom narażenia na ryzyko,
- z informacji wynika, że ceny na rynku wód mineralnych rosły ostatnio średnio 3% rocznie,
- 2% spadek oznacza więc 5% ($3\% + 2\%$) stratę w stosunku do oczekiwań, co daje kwotę spadku wartości segmentu o 5 000 zł.

Takie obliczenia można przeprowadzić dla różnych scenariuszy cenowych, oceniając ich efektywność w kategoriach korzyści i strat. Następnie można przeanalizować zmienność czynnika ryzyka, czyli cen na rynku wód mineralnych, z danych historycznych:

- stwierdzono, że roczna zmiana cen była przez 40% czasu mniejsza o 5% od średniej rocznej, a przez pozostałe 60% czasu była większa o 5% od średniej rocznej zmiany cen,
- należy więc być przygotowanym na straty rzędu 5%,
- można oszacować, że przez 20% przedziału czasowego cena segmentu była niższa o co najwyżej 5% w stosunku do średniej rocznej (czyli niższa o nie więcej niż 5%),
- przez 20% tego okresu wartość była niższa o co najmniej 5% od oczekiwań (czyli niższa o ponad 5%),
- przez 80% ($60\% + 20\%$) czasu w ciągu roku wartość segmentu nie spadała poniżej 5% od oczekiwań,

- górna granica oczekiwanych strat z 80% poziomem ufności wynosi $100\,000 \cdot 0,05 = 5\,000$ zł.

Takie rozumowanie można prowadzić dla dowolnego poziomu ufności.

Selekcja czynników ryzyka i ich wpływów na oszacowanie zagrożenia pozwala na określenie hipotez w odniesieniu do ryzyka. Powstaje pytanie, w jaki sposób konkretna informacja wpływa na prawdopodobieństwo, że dana hipoteza jest prawdziwa. Problem ten można rozwiązać za pomocą wzoru Thomasa Bayesa z 1764 r. Określa on sposób odniesienia prawdopodobieństwa prawdziwości konkurencyjnych hipotez, pod warunkiem uzyskania nowej informacji, do prawdopodobieństwa prawdziwości tych hipotez dostępu do informacji [4].

Matematyczny zapis formuły Bayesa z uwzględnieniem czynnika zaskoczenia i istotności to:

$$P(H \text{ z uwzględnieniem } E) = P(H) \cdot P(E \text{ w odniesieniu do } H)/P(E)$$

gdzie: H – hipoteza, że przypuszczenie jest trafne,

P(H) – prawdopodobieństwo, że hipoteza o przypuszczeniu jest prawdziwa,

P(E w odniesieniu do H) – prawdopodobieństwo, że wyniki testu są prawdziwe dla danej hipotezy,

P(E) – prawdopodobieństwo, że wyniki testu są prawdziwe dla każdej hipotezy.

Jeżeli przewidywania się sprawdzą, to straty spowodowane zdarzeniem niepożądanym wyniosą 100 000 zł.

Operator nie wie, czy przypuszczenia się sprawdzą i po analizie scenariuszy awaryjnych jest skłonny zarezerwować na straty 5 000 zł. Oznacza to, że operator ocenia prawdopodobieństwo, że straty będą tak wysokie, jak wskazują przewidywania – na poziomie 0,05. Operator decyduje się na konsultacje z ekspertami, którzy szacują kwoty strat, opierając się na swojej wiedzy specjalistycznej w zakresie zagrożeń i formule Bayesa.

Operator otrzymuje następujące odpowiedzi co do szacowania strat:

- strata 25 000 zł – ekspert zaakceptował 20% z wszystkich scenariuszy awaryjnych i wskazał, że 100% z nich się sprawdzi,
- strata 25 000 zł – ekspert zaakceptował 10% z wszystkich scenariuszy awaryjnych i wskazał, że 50% z nich się sprawdzi,
- strata 50 000 zł – ekspert zaakceptował 10% z wszystkich scenariuszy awaryjnych i wskazał, że 100% z nich się sprawdzi.

Zastosowanie formuły Bayesa przez ekspertów przebiegało następująco:
Ocena operatora $P(H) = 0,05$

1 ekspert	2 ekspert	3 ekspert
$P(E \text{ w odniesieniu do } H) = 1,0$	0,5	1,0
$P(E) = 0,2$	0,1	0,1
$P(H \text{ uwzględnia-}$ $\text{jące } E) = \frac{0,05 \cdot 1,0}{0,2} = 0,25$	$\frac{0,05 \cdot 0,5}{0,1} = 0,25$	$\frac{0,05 \cdot 1,0}{0,1} = 0,5$
$0,25 \cdot 100\,000 = 25\,000$	$0,25 \cdot 100\,000 = 25\,000$	$0,5 \cdot 100\,000 = 50\,000$

Przyjęcie przez drugiego i trzeciego eksperta zaskakująco niskiej 10% akceptacji scenariuszy awaryjnych stanowi znaczącą informację, gdyż mówi, że powody odrzucenia 90% scenariuszy nie dotyczą 10% zaakceptowanych scenariuszy i w ten sposób można wyeliminować czynniki niemające związku z danym zagrożeniem.

W analizach Bayesa należy odpowiednio interpretować dwa podstawowe czynniki: wyjątkowości (zaskoczenia) i istotności. Opinia trzeciego eksperta mówi znacznie więcej niż opinia pierwszego eksperta, ze względu na czynnik wyjątkowości. Aprobata 10% scenariuszy pozwala odrzucić więcej czynników ryzyka (90%) w porównaniu do aprobaty 20%, co skutkuje odrzuceniem 80% czynników ryzyka. Opinia trzeciego eksperta jest też bardziej istotna (efektywna) od opinii drugiego eksperta, bo skutkuje zerowym (0%) błędem zaaprobowanych scenariuszy w porównaniu do 50% oceny w tym zakresie drugiego eksperta.

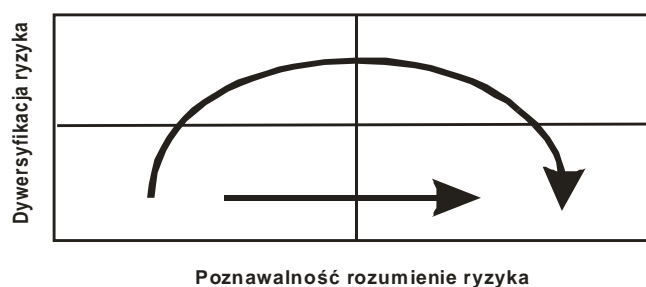
Wyjątkowe informacje niekiedy mogą nie mieć należytego znaczenia dla oceny danego zagrożenia, jeżeli wskazują na dużą liczbę hipotez prawdziwych [6].

4. Dywersyfikacja a poznawalność ryzyka

Między strategiami ryzyka zawsze trzeba poszukiwać kompromisu. Poszukiwać należy takiej strategii ryzyka, która umożliwi najbardziej efektywny podział pomiędzy dywersyfikację i poznawalność ryzyka [1]. Kluczowe wydaje się pytanie: w jakim stopniu należy zrezygnować z dywersyfikacji ryzyka na rzecz wykorzystania możliwości jego poznania?

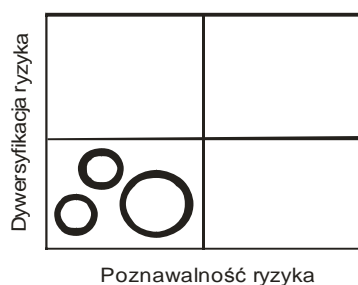
Macierz strategii ryzyka

Podstawową macierz strategii ryzyka stanowią cztery pola pokazane na rys. 1.



Rys. 1. Idea macierzy strategii ryzyka

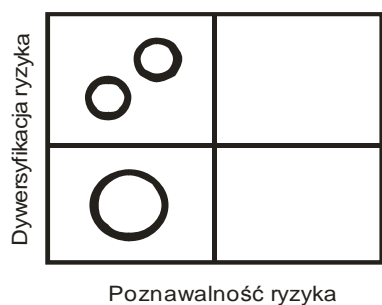
a) Strategia 0



Małe rozpoznanie ryzyka podstawowego i ryzyka towarzyszącego; mała dywersyfikacja ryzyka podstawowego i ryzyka towarzyszącego



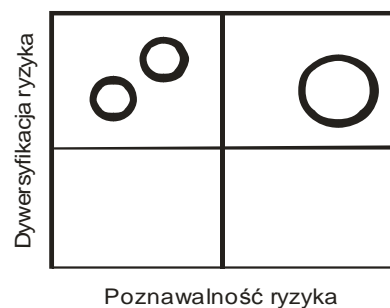
b) Strategia 1.



Małe rozpoznanie ryzyka podstawowego i ryzyka towarzyszącego; mała dywersyfikacja ryzyka podstawowego; znacząca dywersyfikacja ryzyka towarzyszącego

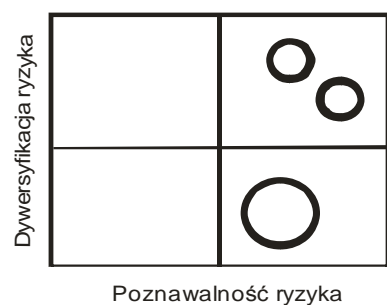
Rys. 2. Strategie postępowania związane z poznawalnością i dywersyfikacją ryzyka

c) Strategia 2.



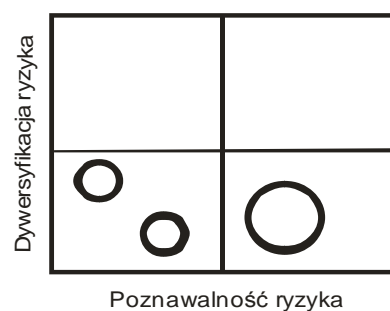
Znaczące rozpoznanie ryzyka podstawowego; małe rozpoznanie ryzyka towarzyszącego; znacząca dywersyfikacja ryzyka podstawowego i towarzyszącego

d) Strategia 3.



Znaczące rozpoznanie ryzyka podstawowego i towarzyszącego; mała dywersyfikacja ryzyka podstawowego; znacząca dywersyfikacja ryzyka towarzyszącego

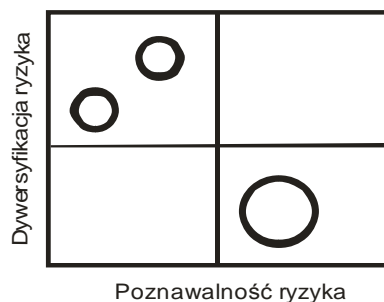
e) Strategia 4.



Znaczące rozpoznanie ryzyka podstawowego; małe rozpoznanie ryzyka towarzyszącego; mała dywersyfikacja ryzyka podstawowego i towarzyszącego

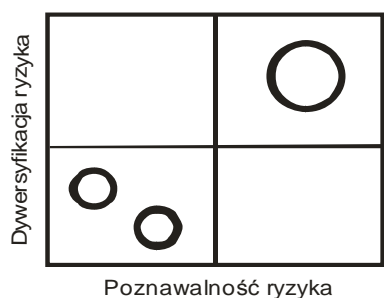
Rys. 2. (cd.)

f) Strategia 5.



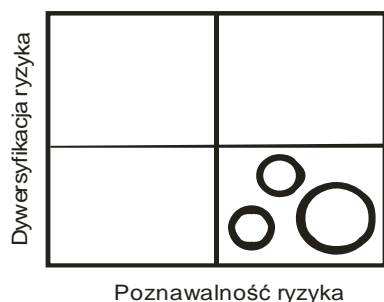
Znaczące rozpoznanie ryzyka podstawowego; małe rozpoznanie ryzyka towarzyszącego; mała dywersyfikacja ryzyka podstawowego; znacząca dywersyfikacja ryzyka towarzyszącego

g) Strategia 6.



Znaczące rozpoznanie ryzyka podstawowego; małe rozpoznanie ryzyka towarzyszącego; znacząca dywersyfikacja ryzyka podstawowego; mała dywersyfikacja ryzyka towarzyszącego

h) Strategia 7.



Znaczące rozpoznanie ryzyka podstawowego i towarzyszącego; mała dywersyfikacja ryzyka podstawowego i towarzyszącego

Rys. 2. (cd.)

W przedstawionych strategiach przyjęto nadrzędność poznania ryzyka podstawowego nad ryzykiem towarzyszącym (rys. 2.).

5. Podsumowanie

- Jednym z podstawowych warunków funkcjonowania aglomeracji miejskiej jest zapewnienie bezpieczeństwa dostawy wody do spożycia przez

wodociąg publiczny. Definiowane jest jako stan umożliwiający pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na wodę w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony, z poszanowaniem ochrony naturalnych zasobów wód.

- Bezpieczeństwo zaopatrzenia w wodę uzależnione jest od wielu czynników, m. in. technicznych, społecznych, ekonomicznych, politycznych i ekologicznych. Spośród czynników technicznych decydujące znaczenie ma niezawodność systemu zaopatrzenia w wodę. Bezpieczeństwo rozumiane jest jako zdolność systemu do ochrony wewnętrznych wartości przed zewnętrznymi zagrożeniami.
- W warunkach gospodarki rynkowej decyzje podejmowane na różnych poziomach SZW obarczone są ryzykiem. Sprawą zasadniczą staje się umiejętność szacowania ryzyka w celu zarządzania nim (ang. Measuring Risk to Manage it).
- Ryzyko czysto losowe nie daje szansy uzyskania przewagi poprzez jego rozpoznanie. Ryzyko poznawalne daje taką szansę. Istnieje możliwość popełnienia w tym zakresie błędu I i II rodzaju. Błąd określenia charakteru ryzyka I rodzaju polega na odrzuceniu hipotezy o poznawalności ryzyka, mimo że w rzeczywistości ma ono charakter poznawalny. Błąd określenia charakteru ryzyka II rodzaju polega na przyjęciu hipotezy o losowości ryzyka, chociaż w rzeczywistości jest ona fałszywa. Skutki przyjęcia fałszywej hipotezy o losowości ryzyka (błąd II rodzaju) są takie, że nie prowadzi się analiz jego rozpoznania i w ten sposób traci szansę uzyskania przewagi nad konkurencją.
- Wzrost sprzedaży wody, poprawa jej jakości przez firmę wodociągową wiąże się z ryzykiem, ale z kolei ryzyko można zredukować jedynie poprzez poprawę jakości usługi świadczonej na rzecz konsumenta przez firmę wodociągową.
- W wypadku słabego rozpoznania ryzyka ważna staje się jego dywersyfikacja, z którą związane są koszty. Właściwe rozpoznanie ryzyka pozwala na jego retencję we własnym zakresie i ograniczenie kosztów związanych z dywersyfikacją. Istnieje wtedy możliwość zarządzania i sterowania poznawalnym ryzykiem oraz sprowadzenia jego wielkości do poziomu akceptowalnego.

Literatura

1. Agar D.: *Inteligencja ryzyka – jak nauczyć się zarządzania niewiadomym*. Wydawn. Helion, Gliwice 2008.
2. Modarres M., Kaminsky M., Krivisor V.: *Reliability engineering and risk analysis*. Marcel Dekker, New York 1999.
3. Porter M.E.: *Przewaga konkurencyjna – osiągnięcie i utrzymywanie lepszych wyników*. Wydawn. Helion, Gliwice 2006.

4. Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: *Czynniki ryzyka w eksploatacji systemów zaopatrzenia w wodę*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2007.
5. Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.: *Metody analizy i oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2005.
6. Stewart M., Melchers R.: *Probabilistic risk assessment of engineering systems*. Chapman and Hall, London 1997.
7. Tham H. (ed.): *Handbook of reliability engineering*. Springer, London 2003.

CONSIDERATIONS ON THE SUBJECT OF COGNISABLE AND RANDOM RISK

Summary

This what often seems to be an unforeseeable and uncontrolled event, in reality appears to be logical, possible to being controlled and explained. The purpose of the work is to analyse risk connected with water supply system (WSS) operation, especially distinguishing between purely random risk and cognisable risk. Both types of risk have been analysed. In conditions of market economy decisions made by the WSS operator are burdened by risk. The mathematical Bayes' formula, taking into account a factor of surprise and importance of failure, has been proposed. When the risk is not recognised there is a possibility to diversify it. The recognition of risk allows its retention within the frames of waterworks. Then there is a possibility to manage cognisable risk and to reduce it to the acceptable level.

Złożono w Oficynie Wydawniczej w maju 2009 r.