

Rozważania na temat ryzyka w systemach zaopatrzenia w wodę

Considerations on risk in water supply systems

JANUSZ R. RAK, MAGDALENA STRĘK, IZABELA PIEGDOŃ, BARBARA TCHÓRZEWSKA-CIEŚLAK

DOI 10.36119/15.2025.7-8.8

Metody zarządzania ryzykiem ewoluują od metod pasywnych do metod aktywnych. Odbyna się to poprzez stosowanie redukcji, retencji lub unikania ryzyka. Głównym celem pracy jest analiza wybranych aspektów ryzyka związanego z funkcjonowaniem systemów zaopatrzenia w wodę. Przedstawiono przykłady wartościowania ryzyka. Odniesiono się do zagrożeń endogenicznych i egzogenicznych. Bezpieczeństwo należy do priorytetowych obszarów wiedzy. Szczególnie dotyczy to infrastruktury krytycznej funkcjonowania aglomeracji miejskich, do której zaliczają się systemy zaopatrzenia w wodę.

Słowa kluczowe: system zaopatrzenia w wodę, analiza i ocena ryzyka

Risk management methods are evolving from passive approaches to active ones. This occurs through the application of risk reduction, retention, or avoidance strategies. The main aim of this paper is to analyze selected aspects of risk related to the functioning of water supply systems. Examples of risk assessment and evaluation are presented. Both endogenous and exogenous threats are addressed. Safety is considered one of the key areas of knowledge, particularly in relation to the critical infrastructure of urban agglomerations, which includes water supply systems.

Keywords: water supply system, risk analysis and assessment

Wstęp

Rozwój metod zarządzania ryzykiem kształtował się już od zamierzczłych czasów. Ludy prehistoryczne praktykowały zarządzanie ryzykiem w sposób nieformalny. Przykładowo grupowanie się w plemiona miało na celu między innymi przechowywanie różnego rodzaju zasobów, dzielenie odpowiedzialności, a także ochronę przed niepewnością życia dnia codziennego.

Początki nowoczesnego zarządzania ryzykiem na gruncie akademickim (naukowym), jak i praktycznym (zawodowym) przypadają na drugą połowę lat pięćdziesiątych i pierwszą połowę lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku [3]. Nie oznacza to, że formalnie zarządzanie ryzykiem wcześniej nie istniało. Jakkolwiek nie używano tego określenia i nie było zgodności wśród teoretyków i praktyków, co do jego znaczenia, to rozwijało się ono w sektorze ubezpieczeniowym. Analizując prace naukowe z tego okresu można stwierdzić ewolucję w pojęciu zarządzania ryzykiem. Początkowo dotyczyło za-

ządzania zasobami finansowymi, następnie objęło strefę zaopatrzenia materiałowego. Mimo, że ubezpieczenia nadal były powszechnie stosowane, to zaczęły pojawiać się inne sposoby zabezpieczenia się przed ryzykiem. Stwierdzono, że nie każde ryzyko można ubezpieczyć, a niektóre specyficzne straty można lepiej przewidzieć działając wewnątrz organizacji aniżeli towarzystwa ubezpieczeniowe. Pojawiły się działania związane z bezpieczeństwem i higieną pracy, które włączono w proces zarządzania ryzykiem. Specjaliści ds. BHP ujawnili techniczną problematykę ryzyka. Na przełomie lat 70-tych i 80-tych XX wieku nastąpiła faza globalizacji międzynarodowych kontaktów związanych z zarządzaniem ryzykiem. Powstały różnego rodzaju towarzystwa i stowarzyszenia, które preferowały coraz bardziej wyszukane metody. Zaczęły one zyskiwać coraz szersze uznanie, ponieważ podejmowały zagadnienia finansowania ryzyka poprzez refinansowanie strat. Dalsza ewolucja metod zarządzania ryzykiem ma miejsce w ostatniej dekadzie XX wieku. Ma miej-

sce uwzględnianie specyfiki ryzyka w różnych dziedzinach techniki. Pojawia się problematyka odpowiedzialności cywilnej inżyniera za swoje dokonania zawodowe i doskonalenie w tym celu przepisów prawa. Początkowe lata XXI wieku ujawniają pierwszorzędną rolę zarządzania ryzykiem systemów informacyjnych. Uznany staje się trend kompleksowego i interdyscyplinarnego zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwach. Objawia się to poprzez objęcie zarządzaniem ryzyka czterech podstawowych niedoskonałości systemowych, a są nimi niedoskonałości:

- ludzi,
- sprzętu,
- oprogramowania,
- organizacji.

Nowoczesne zarządzanie ryzykiem w dużym stopniu odbywa się poprzez pryzmat finansów. Obowiązuje zasada, że decyzje dotyczące zarządzania ryzykiem są natury finansowej i powinny być oceniane poprzez wpływ na szeroko rozumianą wartość firmy.

Ten krótki rys kierunków rozwoju współczesnych metod zarządzania ryzykiem

Prof. dr hab. inż. Janusz R. Rak <https://orcid.org/0000-0001-7713-5841>; rakjan@prz.edu.pl,
mgr inż. Magdalena Stręk <https://orcid.org/0009-0008-5262-4575>, dr inż. Izabela Piegdoń <https://orcid.org/0000-0003-1094-4569>,
prof. dr hab. inż. Barbara Tchórzewska-Cieślak <https://orcid.org/0000-0002-7622-6749>; cbarbara@prz.edu.pl – Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, Katedra Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków

pokazuje, jak od postaw pasywnych związanych z biernym ponoszeniem ryzyka nastąpił rozwój w kierunku aktywnych postaw związanych z podejmowaniem działań, które ograniczają ryzyko i minimalizują straty. Odbywa się to poprzez fizyczne metody redukcji lub unikanie ryzyka oraz metody finansowe poprzez retencję ryzyka wewnątrz przedsiębiorstwa lub jego transfer na zewnątrz za pomocą ubezpieczeń.

W krajach wysoko rozwiniętych ryzyko nie jest traktowane jako pewnego rodzaju dolegliwość (utrapienie) w procesach decyzyjnych, ale jako czynnik pobudzający do przedsiębiorczości. W rozwiązaniach modelowych zarządzania ryzykiem funkcjonują dwa terminy:

- risk management – w odniesieniu do już klasycznego zarządzania ryzykiem,
- venture management – w odniesieniu do zarządzania przedsięwzięciami o zwiększonym ryzyku.

Drinking Water Directive 2020/2184 [2] wprowadza zalecenia maksymalnej ochrony zdrowia konsumentów wody wodociągowej. Analiza i ocena ryzyka prowadzona powinna być na wszystkich etapach produkcji i dystrybucji wody – od ujęcia wody do zaworu czerpalnego u jej użytkownika.

Ciekawym przypadkiem jest ryzyko utraty wiedzy. Okazuje się, że wiedza także narażona jest na ryzyko, jest bowiem związana z konkretnymi osobami. W polskich wodociągach pracują niejednokrotnie całe rody, a wiedza przechodzi z ojca na syna. Wieloletnia praca np. w dziale sieci skutkuje nabywaniem określonych kompetencji, zdolności i rozwijania różnorodnych talentów. Odchodząc z firmy ludzie tacy zabierają ze sobą określoną wiedzę. Przykładem może być ród Dohnalików w krakowskich wodociągach.

Woda do spożycia to podstawowy artykuł spożywczy i środek higieny. Niezawodny i bezpieczny system zbiorowego zaopatrzenia w wodę (SZZW) decyduje w znacznym stopniu o zdrowiu i dobrobycie społeczeństwa. Osiągnięcie tak sformułowanego celu wymaga zintegrowanych analiz i kontroli ryzyka. Obowiązujący staje się paradygmat, że to przedsiębiorstwo wodociągowe musi zapewnić i udowodnić, że jakość oferowanej przez nie wody wodociągowej w dowolnej chwili nie stanowi zagrożenia zdrowotnego dla ludzi. Przedsiębiorstwo wodociągowe powinno zorganizować system własnej kontroli od momentu pozyskiwania wody surowej, poprzez jej uzdatnianie, transport, przechowywanie, dystrybucję

aż do dostawy produktu końcowego klientowi [11]. Odbiorcy okresowo powinni być informowani o jakości i ewentualnych zagrożeniach związanych z konsumpcją wody wodociągowej. System zapewnienia jakości wody opiera się o procedury stosowane w produkcji artykułów spożywczych HACCP (ang. Hazard Analysis and Critical Control Points) poprzez wyznaczenie miejsc lub punktów, które stanowią zwiększone zagrożenie dla jakości wody do spożycia. Wdrożenie systemu odbywa się w następujących krokach:

- organizacja, odpowiedzialność i kompetencje,
- aktualizacja lub opracowanie inwentaryzacji SZZW,
- określenie i ocena możliwych zagrożeń i wytypowanie punktów krytycznych,
- określenie środków w celu wyeliminowania zagrożeń,
- w przypadku braku możliwości wyeliminowania zagrożeń, określenie środków ich znaczącej redukcji,
- opracowanie procedur kontroli punktów krytycznych,
- wdrożenie procedur do produkcji eksploatacyjnej,
- roczna ocena efektów wdrożenia systemu wraz ze wskazaniem proponowanych poprawek,
- specjalistyczna ocena zewnętrzna mechanizmów kontroli własnej.

Głównym celem pracy jest pokazanie nowych aspektów ryzyka związanego z funkcjonowaniem SZZW.

Elementy związane z definicją ryzyka

Z wieloaspektowej natury ryzyka wynikają różne akcenty pojawiające się w jego definicjach [12]. Studia literaturowe pozwoliły na wyodrębnienie następujących pozycji:

- utożsamiające ryzyko z miarami probabilistycznymi (rozkłady prawdopodobieństw),
- utożsamiające ryzyko z miarami statystycznymi (wartość oczekiwana, miary dyspersji – wariancja, semiwariancja, odchylenie standardowe),
- akcentujące zmienność wartości docelowej w stosunku do wartości oczekiwanej,
- podkreślające brak pewności co do zaistnienia zdarzenia, którego prawdopodobieństwo realizacji jest znane,
- eksponujące przyczyny ryzyka,
- konkretyzujące ryzyko jako niebezpieczeństwo niezrealizowania celu założonego podczas podejmowania decyzji,

- wskazujące na negatywne wahania pomiędzy ryzykiem a wiedzą z zakresu generowania zdarzeń niepożądanych.

W definicjach ryzyka kładzie się nacisk na:

- prawdopodobieństwo, które niektórzy autorzy utożsamiają z ryzykiem poprzez:
 - prawdopodobieństwo zdarzenia niepożądanego,
 - prawdopodobieństwo poniesienia straty,
 - prawdopodobieństwo niezrealizowania wyznaczonego celu
- skalkulowaną niepewność,
- niebezpieczeństwo wystąpienia zdarzenia niepożądanego i strat z tym związanych,
- niebezpieczeństwo negatywnych odchyleń od celu,
- niebezpieczeństwo błędnych decyzji,
- możliwość wystąpienia zagrożenia.

Ryzyko, a niepewność

Wyróżnia się następujące relacje między ryzykiem, a niepewnością:

- ryzyko jest rezultatem, skutkiem, konsekwencją, funkcją niepewności,
- ryzyko jest składową niepewności,
- ryzyko dotyczy decyzji, a niepewność jest cechą rzeczywistości,
- oszacowanie ryzyka jest efektem analizy niepewności,
- ryzyko jest mierzalne, a niepewność niewymierna.

Ogólnie uważa się, że termin „ryzyko” stanowi w swojej treści zawężenie w stosunku do terminu „niepewność”. Te dwa pojęcia niewątpliwie są ze sobą związane, ale nie tożsame. Uważa się, że ryzyko jest rezultatem niepewności lub niepewność jest źródłem ryzyka [1].

Niepewność wynika z nieprzewidywalności działań człowieka lub naturalnych sił przyrody i wynika przede wszystkim z braku szczególnie przyszłych czynników i okoliczności.

Ryzyko w funkcjonowaniu systemów technicznych odnosi się do możliwych strat, które można skwantyfikować. Określenie potencjalnej straty wymaga określenia prawdopodobieństwa jej wystąpienia.

Decyzje podejmowane w ramach pewności charakteryzują się działaniami prowadzącymi niezmiennie do tego samego rezultatu.

Decyzje podejmowane w warunkach ryzyka charakteryzują się działaniami, których rezultaty mogą być skwantyfikowane z wykorzystaniem rachunku prawdopodobieństwa.

Decyzje podejmowane w warunkach niepewności charakteryzują się tym, że nie jest znany rozkład prawdopodobieństwa realizacji celu.

Ryzyko według K.J. Arrow'a, a także E. Kulwickiego jest funkcją niepewności – im mniejszy zakres niepewności, to tym mniejsze ryzyko i odwrotnie – im większy zakres niepewności, to tym większe ryzyko, przy czym niepewność jest źródłem ryzyka. Z kolei G. Hofstede twierdzi, że niepewność ma się tak do ryzyka, jak niepokój do strachu. Strach ukierunkowany jest na konkretny podmiot, ryzyko na jakieś wydarzenie. Natomiast niepokój i niepewność są kategoriami trudnymi do sprecyzowania.

Wiedza jest najwyższą formą porządkowania i weryfikowania informacji. Przyjmuje się, że ryzyko w ocenie danego zdarzenia powiązane jest z poziomem wiedzy. W przekonaniu człowieka im więcej wie on o scenariuszu rozwoju zdarzenia niepożądanego, tym mniej jest ono obciążone ryzykiem. Najbardziej ryzykowne jest to o czym nic nie wiemy. Potwierdzają to badania o postrzeganiu ryzyka przez ekspertów i laików. Tak więc brak fachowej wiedzy powoduje niewspółmierną ocenę ryzyka, jednak niekiedy specjalistyczna wiedza ekspercka także prowadzi do nieadekwatnych ocen ryzyka.

W tym drugim przypadku osoby posiadające wiedzę mają poczucie panowania nad sytuacją, co w konsekwencji może prowadzić do przecenienia swoich możliwości. Operator przekonany o swojej kontroli nad zdarzeniem uważa, że ma możliwość w każdej chwili powstrzymać niekorzystny rozwój sytuacji poprzez uruchomienie zabezpieczeń lub korektę procesu. Prowadzić to może do niedoceny czynników losowych o trudnym do przewidzenia charakterze, a w konsekwencji do ignorowania scenariuszy mało prawdopodobnych.

Niski poziom wiedzy i działanie w warunkach przymusu korelują w kierunku związanym z ryzykiem subiektywnym. Wysoki poziom wiedzy i działanie w warunkach bez wymuszeń pozwalają na zobiektywizowane postrzeganie ryzyka. Ze względu na wieloaspektową istotę ryzyka w obu przypadkach istnieje możliwość nieadekwatności jego oceny. Czy sobie z tego zdajemy sprawę, czy nie, ryzyko jest wszechobecne. Fascynacja ryzykiem może prowadzić do hazardu, czyli liczenia na przysłowiowy łut szczęścia. Awersja do ryzyka utrwala zachowania asekuracyjne. Między tymi skrajnościami istnieje możliwość kontroli i zarządzania ryzykiem [10].

Wartościowanie ryzyka

Obecnie światowym trendem staje się maksymalne akceptowane ryzyko indywidualne nie większe niż 10^{-6} na rok, natomiast ryzyko grupowe 10^{-5} na rok.

Zakłada się, że poziom ryzyka indywidualnego pomiędzy 10^{-4} a 10^{-6} na rok wymaga przeprowadzenia analizy zysków i strat (ang. RCBA – risk cost, benefits analysis) zgodnie z zasadą ryzyka tak niskiego, jak to praktycznie jest uzasadnione (ALARP).

Brytyjskie przepisy HSE (ang. Health and Safety Executive) przyjmują maksymalne akceptowalne ryzyko dobrowolne na poziomie 10^{-3} na rok, natomiast narzucone ryzyko grupowe odnoszone do zagrożeń przemysłowych na poziomie 10^{-4} na rok, przez co najmniej 10 lat.

Zasada ALARP stosowana jest w wielu różnych dziedzinach analizy ryzyka związanego z działalnością przemysłową [8]. Przyjmuje się:

- górną granicę obszaru ALARP, – dla pracowników 10^{-3} zgonów/rok a dla ludności 10^{-4} zgonów/rok
- dolną granicę obszaru ALARP, – dla pracowników 10^{-5} a dla ludności 10^{-6} zgonów/rok

Obowiązuje przy tym pojęcie ekwiwalentu nieszczęśliwego wypadku (ang. equivalent fatality):

$$1 \text{ zgon} = 10 \text{ poważnym obrażeniem} = 200 \text{ lekkim obrażeniem.}$$

Akceptacja ryzyka według odczucia społecznego przedstawia się następująco:

- 10^{-8} (jeden zgon w skali roku na każde 100 milionów osób) – zagrożenie jest odczuwalne w sposób incydentalny,

- 10^{-6} (jeden zgon rocznie na każdy milion osób) – wypadki takie są odnotowywane, ale nie podejmuje się specjalnych procedur aktywnego przeciwdziałania tego rodzaju zagrożeniom,
- 10^{-4} (jeden zgon rocznie na 100 tysięcy osób) – obywatele żądają zorganizowanych działań osłonowych,
- 10^{-2} (jeden zgon rocznie na 100 osób) – ryzyko tego rodzaju powinno być redukowane indywidualnie.

Analizy historyczne zdarzeń niepożądanych typu katastroficznego w systemach technicznych wskazują, że wywołują je od 3 do 5 zdarzeń awaryjnych występujących w tym samym czasie – jednocześnie lub w małym jego interwale [5].

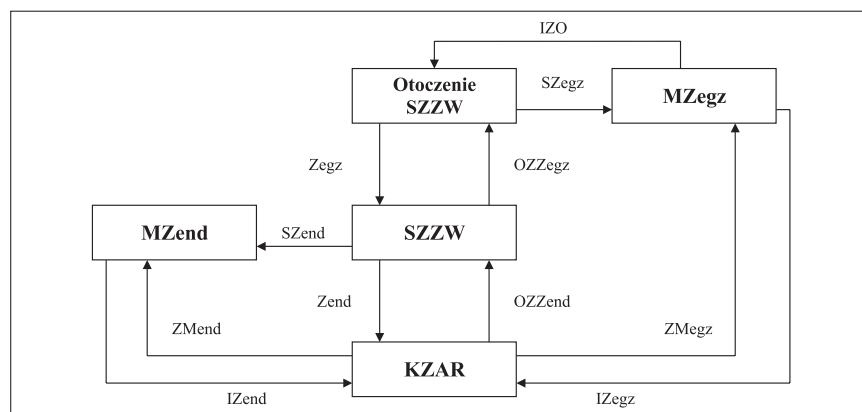
Zagrożenia endogeniczne i egzogeniczne SZZW

Wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje ryzyka i zagrożeń z nim związanych [9]:

- endogeniczne, gdzie źródła ryzyka usytuowane są wewnątrz systemu i można nad nim sprawować kontrolę,
- egzogeniczne, gdzie źródła ryzyka są poza systemem, a co za tym idzie są poza możliwościami kontroli przez operatora systemu.

W latach 80-tych XX wieku w Wielkiej Brytanii i USA zostały wdrożone w systemach technicznych systemy antyryzyka [7]. W głównej mierze opierają się one o podsystemy monitoringu powiązanego z oprogramowaniem komputerowym. Na rys. 1 pokazano schemat ideowy systemu antyryzyka.

Antyryzyko polega na skompensowaniu zagrożeń przez stosowne układy



Rys. 1.

Schemat działania systemu antyryzyka. IZend – informacja o zagrożeniu endogenicznym, IZegz – informacja o zagrożeniu egzogenicznym, Zend – zagrożenia endogeniczne, SZend – sygnał zagrożeń endogenicznych, Zegz – zagrożenia egzogeniczne, SZegz – sygnał zagrożeń egzogenicznych, OZZegz – oddziaływanie zwrotne na zagrożenia egzogeniczne, MZOg – monitoring zagrożeń pochodzących z otoczenia SZZW, ZMend – zarządzanie monitoringiem endogenicznym, ZMegz – zarządzanie monitoringiem egzogenicznym, KZAR – kokpit zarządzania antyryzykiem, IZO – informacja zwrotna do otoczenia

zabezpieczeń opisane szczegółowo w PN-EN 61508 cz. 1÷7 z 2010 roku – Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych (elektronicznych) programowalnych systemów związanych z bezpieczeństwem [4,6].

Układy zabezpieczeń mogą być skonfigurowane w następujący sposób:

- typ 1001 – zadziałanie układu zabezpieczenia powoduje wyłączenie awaryjne (brak rezerwowania),
- typ 1002 – zadziałanie jednego z dwóch układów zabezpieczeń powoduje wyłączenie awaryjne (rezerwowanie polega na zadziałaniu 1 z 2 układów),
- typ 1002D – j.w., ale zadziałanie 1 z 2 układów lub zadziałanie diagnostyki powoduje wyłączenie awaryjne (rezerwowanie polega na zadziałaniu 1 z 2 lub diagnostyki),
- typ 2002 – dla wyłączenia awaryjnego wymagane jest jednoczesne zadziałanie obu układów zabezpieczenia,
- typ 2003 – zadziałanie 2 z 3 układów zabezpieczeń powoduje wyłączenie awaryjne,
- typ NOOMD – zadziałanie N z M układów zabezpieczeń powoduje wyłączenie awaryjne lub odbywa się to w wyniku głosowania na podstawie badań diagnostycznych.

Podsumowanie

- Analiza i ocena ryzyka polega na identyfikacji potencjalnych zagrożeń na każdym etapie produkcji i dystrybucji wody wodociągowej. Prowadzi to do oszacowania prawdopodobieństwa wystąpienia zidentyfikowanego zagrożenia, jego wpływu i skutków na

cały SZZW (oszacowanie szkód) oraz wybór środków ochrony i kontroli dla każdego czynnika ryzyka.

- Fizyczna kontrola ryzyka polega na jego redukcji w odniesieniu do zdarzeń niepożądanych. Finansowa kontrola ryzyka polega na jego retencji wewnątrz firmy lub przeniesienia go na inny podmiot. Transfer ryzyka może być dwójakiego rodzaju:
 - przeniesienie zadań narażonych na ryzyko na inny podmiot,
 - przeniesienie odpowiedzialności za pokrycie strat na ubezpieczyciela.
- Bezpieczeństwo należy obecnie do priorytetowych obszarów nauki na świecie. W wielu dziedzinach działalności i życia społeczeństw osiągnięcia nauki z tego zakresu są z powodzeniem wprowadzane do praktyki dnia codziennego. Szczególnie dotyczy to infrastruktury krytycznej funkcjonowania aglomeracji miejskich (SZZW należą do tej infrastruktury).
- Przemiany w sektorze zaopatrzenia w wodę do spożycia przewartościowały zagadnienia niezawodności i bezpieczeństwa. Rośnie świadomość zapewnienia odpowiedniego poziomu w tym zakresie zarówno po stronie producentów, jak i odbiorców wody wodociągowej.
- Zapobieganie poważnym awariom systemowym powinno opierać się o analizy niezawodnościowe wykonywane dla określenia warunków bezpiecznego funkcjonowania SZZW. Pierwszoplanowym problemem analitycznym jest wdrożenie do praktyki eksploatacyjnej analiz i ocen ryzyka.
- Liberalizacja wolnorynkowa tworzy presję na funkcjonowanie przedsię-

biorstw wodociągowych i na nowo otwiera pytanie o poziom niezawodności i bezpieczeństwa SZZW.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Boryczko K, Rak J.R.: Bezpieczeństwo systemów wodociągowych. Dywersyfikacja zasobów wody. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2017.
- [2] DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2020/2184 z dnia 16 grudnia 2020 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi
- [3] Łunarski J.: Inżynieria systemów i analiza systemowa. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2010.
- [4] PN-EN 61508 cz. 1÷7 z 2010 roku – Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych (elektronicznych) programowalnych systemów związanych z bezpieczeństwem
- [5] Rak J.R.: Bezpieczeństwo systemów zaopatrzenia w wodę. Wydawnictwo Instytutu Badań Systemowych PAN, Warszawa 2009.
- [6] Rak J.R.: Bezpieczna woda wodociągowa. Zarządzanie ryzykiem w systemie zaopatrzenia w wodę. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2009.
- [7] Rak J.R.: Problematyka ryzyka w wodociągach. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2014.
- [8] Rak J.R.: Wybrane aspekty związane z ryzykiem w systemach komunalnych. Instal, z. 9, 2016, s. 55-58.
- [9] Rak J.R.: Zagrożenia i ryzyko w funkcjonowaniu współczesnych wodociągów i kanalizacji Instal, z. 2, 2010, s. 15-19.
- [10] Rak J.R., Tchórzewska-Cieślak B.: Ryzyko w eksploatacji systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., 2013.
- [11] Stręk M., Rak J.R., Piegoń I.: Metoda wyznaczania pojemności awaryjnej sieciowego zbiornika wodociągowego, INSTAL, z. 2, 2025, s. 41-46, DOI: 10.36119/15.2025.2.6
- [12] Tchórzewska – Cieślak B.: Metody analizy i oceny ryzyka awarii podsystemu dystrybucji wody. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2011.