

Problemy eksploatacji wodomierzy w aspekcie ich niezawodności

Operational problems of water meters in terms of their reliability

TOMASZ CICHONÍ, JADWIGA KRÓLIKOWSKA

DOI 10.36119/15.2022.12.7

Obok podstawowych wymagań stawianych wodomierzom jakim są jakość użytkowa zarówno na etapie doboru wodomierza jak i zachowanie określonej charakterystyki metrologicznej w całym okresie eksploatacji duże znaczenie ma wiarygodny i dokładny odczyt wodomierza. Powszechny i bardzo dynamiczny rozwój elektroniki umożliwił w ostatnich latach wdrożenie zdalnych odczytów liczników mediów. Spowodował też rewolucję w technologiach pomiarów i zupełnie zmienił sposób myślenia o konstrukcji liczników. Odejście od mechanicznych urządzeń pomiarowych i zliczających wymusza zmianę podejścia do oceny dokładności pomiarów. Nowe technologie stanowią ogromne wyzwanie dla formalnej oceny sprawności liczników czyli dla procedur prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych. W artykule przedstawiono badania dokładności wskazań wodomierzy po pięcioletnim okresie eksploatacyjnym oraz po ponownej legalizacji i kolejnym okresie pięcioletniej eksploatacji jak również opisano doświadczenia dwunastoletniej eksploatacji nakładek do zdalnego odczytu.

Słowa kluczowe: wodomierz, zdalny odczyt, nakładka radiowa

In addition to the basic requirements for water meters, which are operational quality, both at the stage of selecting a water meter and maintaining a specific metrological characteristic throughout the entire period of operation, a reliable and accurate reading of the water meter is of great importance. Common and very dynamic development of electronic equipment allowed for remote readings of all types of utility meters. It has also revolutionized the readings technology and changed the way of thinking about construction of meters. Stepping away from traditional, mechanical meters forces to change the way we evaluate measurement accuracy. New technologies pose a great challenge for the formal evaluation of efficiency of meters (legal metrological audit). The article presents the research on the accuracy of indications of water meters after a five-year operational period and after re-verification and another five-year period of operation, as well as the experience of twelve-year operation of remote reading attachments.

Keywords: water meter, remote reading of the water meter, radio overlays of the water meters

Wstęp

Strona przychodowa działalności przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjnego, jako podmiotu gospodarczego świadczącego usługi dostawy wody i odprowadzenia ścieków, jest oparta na opomiarowaniu dostaw wody.

Zasady prawidłowej gospodarki wodomierzowej są regulowane przepisami prawa dotyczącymi między innymi prawnej kontroli metrologicznej [9]. Te zasady stanowią warunki brzegowe, będące podstawą do podnoszenia niezawodności wodomierzy, którą można zdefiniować jako spełnienie warunku błędów wskazań mniejszych od błędów granicznych dopuszczalnych (MPE) oraz dostępu zdalnego do danych pomiarowych. Zastosowane

urządzenia do zdalnego odczytu wnoszą do systemu opomiarowania dodatkowy wymiar, którego zadaniem oprócz poprawy efektywności procesu odczytu wskazań jest także zwiększenie niezawodności. Wdrożenie nowoczesnych technologii w zakresie analizy odczytów wskazań wodomierzy oraz ich rozliczania jest bardzo dużym krokiem w celu zmniejszenia skutków zarówno uszkodzeń wodomierzy jak również innych awarii.

Zasadniczo na niezawodność funkcjonowania samych wodomierzy ma wpływ typ i technologia wodomierza, warunki eksploatacji, awaryjność. W artykule opisano badania dokładności wskazań wodomierzy po pięcioletnim okresie eksploatacyjnym oraz po ponownej legalizacji i kolejnym okresie pięcioletniej eksploatacji

oraz doświadczenia dwunastoletniej eksploatacji nakładek do zdalnego odczytu. Prowadzenie badań błędów wskazań wodomierzy w trakcie eksploatacji i po jej zakończeniu jest bardzo ważnym narzędziem przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjnego do wyboru takich wodomierzy, które będą się charakteryzowały największą niezawodnością w danym systemie zaopatrzenia w wodę przez cały okres ich eksploatacji.

Charakterystyka obszaru badań

Obszarem badań był krakowski system zaopatrzenia w wodę, który jest jednym z największych w Polsce. Składa się z ponad 2166 km sieci wodociągowej. Opomiarowanie dostawy wody jest realizowane przez

dr inż. Tomasz Cichoní <https://orcid.org/0000-0002-4114-6220> – Wodociągi Miasta Krakowa S.A., Kraków, e-mail: Tomasz.Cichon@wodociagi.krakow.pl

dr hab. inż. Jadwiga Królikowska prof. PK, <https://orcid.org/0000-0003-1043-7807> – Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechnika Krakowska, Kraków, e-mail: j.kapcia@upcpoczta.pl

ponad 57 tysięcy wodomierzy głównych. Odczyt wodomierzy zainstalowanych u odbiorców jest wykonywany w cyklach 30 i 60-cio dniowych [2]. Opomiarowanie ilości wody przepływającej w systemie zaopatrzenia wykonywane jest zarówno na wyściach z zakładów uzdatniania wody jak również w licznych punktach pomiarowych zainstalowanych w sieci miejskiej.

Na podstawie testów różnych systemów odczytowych zakłada się, że docelowa częstotliwość pozyskiwania wszystkich danych odczytowych powinna wynosić jedną dobę. Skutkiem tego założenia jest m. in. konieczność posiadania wskazań wszystkich wodomierzy odbiorców raz na dobę.

Czynniki wpływające na dokładność wskazań wodomierza

Zapewnienie rzetelnego pomiaru zużytej wody wymaga doboru odpowiedniej konstrukcji, rozmiaru i klasy urządzenia pomiarowego. Dobór wodomierza powinien być dokonywany dla konkretnych punktów pomiarowych z uwzględnieniem ich charakterystyki, w oparciu o przepływy rzeczywiste metodami przeliczeniowymi lub statystycznymi. Właściwie dobrany wodomierz powinien zapewnić prawidłowe korelacje krzywej rozbiór wody w danym obiekcie do charakterystyki błędów tego urządzenia. Istotą doboru wodomierza do instalacji jest zasada dostosowania wodomierza pod względem natężenia przepływu (dobór średnicy). Stąd celem doboru średnicy wodomierza jest zastosowanie takiego wodomierza, dla którego występujące w instalacji strumienie objętości będą się mieścić w zakresie od minimalnego Q_1 do ciągłego strumienia objętości Q_3 . Q_1 – to minimalny strumień objętości, powyżej którego wskazania wodomierza nie powinny przekraczać błędów granicznych dopuszczalnych. Q_3 – to natomiast ciągły strumień objętości, czyli największy strumień objętości w warunkach znamionowych użytkowania. Należy zatem określić jakie strumienie objętości będą występowały w instalacji, a następnie wybrać wodomierz, dla którego strumienie występujące w instalacji będą się mieścić w zakresie pomiędzy Q_1 , a Q_3 . W przypadku wodomierzy przewymiarowanych pobór wody w mniejszych ilościach nie jest rejestrowany przez wodomierz, co może przekładać się na brak zapłaty za świadczone usługi. W razie doboru za małych wodomierzy klienci odczuwają braki w dostawie wody. Może to wynikać ze zbyt małego natężenia przepływu ciągłego danej średnicy wodomierza [2, 10].

Brak pomiaru lub błędny pomiar są częstym efektem uszkodzenia wodomierza. Istnieje szereg czynników mających wpływ na uszkodzenie wodomierza np.: przyjęte rozwiązanie konstrukcyjne, materiał, z którego wykonany jest wodomierz, wielkości przepływów chwilowych, sposób montażu, jakość wody w instalacji i sieci wodociągowej. Uszkodzenia wodomierzy zdarzają się bardzo rzadko i nie powodują zawyżania wskazań. Część uszkodzeń to zablokowanie liczników, opisywane jako „zarzucone” co oznacza, że zatrzymanie mechanizmu nastąpiło w części mokrej wodomierza z powodu nagromadzenia się drobinek osadu w okolicach łożyskowania wirnika. Część mokra to określenie tych elementów licznika, które pracują w świetle przewodu. Inne przypadki to wodomierze z zalany liczydłem, usterka może się zdarzyć wśród niektórych typów wodomierzy, w przypadku wodomierza umieszczonego w studzienice. Konsekwencją tego zjawiska jest korozja stalowych osi liczydła i zablokowania przekładni. Notowane były także zniszczenia wodomierzy, od rozbitego liczydła po rozerwanie obudowy lub innych elementów na skutek np. rozmrażania wodomierzy. W niektórych konstrukcjach wodomierzy jednostrumieniowych następuje ścieranie końcówki osi wirnika na styku łożyska. Powoduje to zwiększenie powierzchni styku elementów łożyskujących wirnik, a skutkiem tego jest zwiększenie tarcia, które z kolei powoduje zwiększenie wartości bezwzględnej błędów pomiarowych o ujemnym znaku tzn. zaniżanie wskazań. W przypadku wodomierzy przemysłowych zdarzają się też uszkodzenia polegające na wyłamaniu łopatek wirnika, albo ukreślenie jego przekładni na skutek np. dynamicznego uderzenia ciśnienia w sieci lub innych stanów nieustalonych.

W dużej mierze o wielkości błędu pomiaru decyduje, obok rozwiązania technicznego urządzenia, lokalizacja na sieci. Badania metrologiczne na blisko 250 wodomierzach, wyłączonej z eksploatacji na skutek uszkodzenia (przed

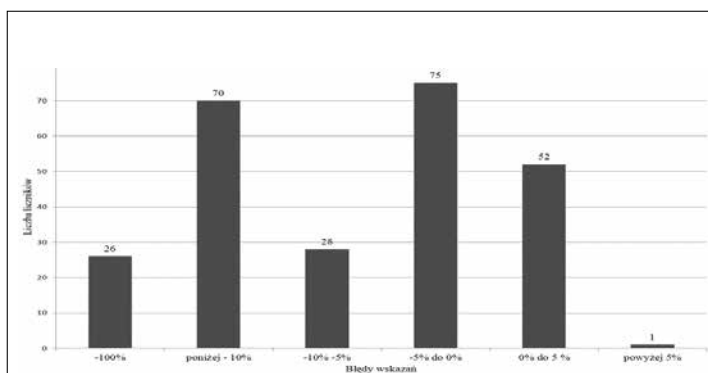
upływem okresu legalizacji) świadczą, że wodomierze, nie wykazują zwiększonych wskazań. Wyniki pomiarów błędów wskazań wodomierzy przy przepływie minimalnym są przedstawione na wykresie (rys.1).

Na zmianę parametrów metrologicznych wodomierzy w trakcie eksploatacji wpływają również parametry jakości wody oraz zastosowane technologie uzdatniania i dezynfekcji wody. Korozyjny charakter wody intensyfikuje: stężenie tlenu rozpuszczonego i innych utleniaczy, poziom mineralizacji (głównie stężenie chlorków i siarczanów), wartość pH i związane z nim stężenie CO_2 agresywnego, niską zasadowość wody oraz niską zasadowość jonów wapnia. W wyniku przeprowadzonych badań i analiz, stwierdzono pewne korelacje pomiędzy ryzykiem uszkodzenia wodomierza a indeksem stabilności (indeksem agresywności korozyjnej wody) oraz rodzajem środka stosowanego do dezynfekcji wody (chlor gazowy lub dwutlenek chloru) [1].

Wyniki z analizy funkcjonowania nakładek radiowych

System zdalnego odczytu wodomierzy ze względu na szereg korzyści wiążących się z jego aplikacją znajduje już coraz więcej zwolenników, zarówno wśród dużych jak i mniejszych przedsiębiorstw wodociągowych. Nakładki radiowe wyposażone w czujniki elektroniczne, umożliwiające przetworzenie częstości obrotów wirnika wodomierza na impulsy elektryczne o proporcjonalnej częstości, do zdalnego odczytu wskazań weszły do powszechnego użytku w pierwszych latach XXI wieku [6, 7, 8]. Wodociągi Miasta Krakowa mają obecnie doświadczenie z eksploatacją tego typu nakładek trwające od 2010 roku [5]. Wraz z montażem pierwszych wodomierzy z nakładkami radiowymi rozpoczęło się zbieranie doświadczeń praktycznych dotyczących zasięgu komunikacji oraz efektywnego zbierania odczytów, a także diagnostyki napotkanych problemów z nakładkami.

Rys. 1.
Wyniki pomiarów błędów wskazań wodomierzy przy minimalnym natężeniu przepływu [2]
Pic. 1. Measurement results of errors in water meters readings at the minimum flow rate [2]



Przeprowadzono badania sprawności ponad 30 tysięcy nakładek radiowych różnych typów, z czego ponad 5 tysięcy po dwóch okresach 5-cio letniej eksploatacji. Nakładki do zdalnego odczytu to urządzenia elektroniczne, których specyficzną cechą jest hermetyczna budowa, wykluczająca możliwość naprawy lub wymiany baterii. Z tej specyfiki wynikają kryteria niezawodności ich obsługi.

Pod względem logistycznym w różnych konfiguracjach obiektu oraz wodomierza używane są różne rodzaje nakładek, różniące się pod względem sposobu połączenia z wodomierzem, a także wyniesienia modułu radiowego powyżej lokalizacji wodomierza. Nakładki typu CP oraz RC są montowane bezpośrednio do zaczepów na liczniku wodomierza. Nakładki typu DP są podłączone przewodowo do wodomierza i pozwalają na wyniesienie modułu radiowego do koła dwóch metrów powyżej wodomierza. Nakładki DP są stosowane w przypadku usytuowania wodomierza w miejscu z utrudnioną propagacją fal radiowych. Wszystkie wymienione nakładki posiadają zasilanie baterijne, a ich wymiana powinna być skorelowana z wymianą wodomierza do legalizacji.

W odniesieniu do nakładek elektronicznych do zdalnego odczytu występują trzy najczęstsze przyczyny niesprawności, z czego dwie są związane z mechaniczną zdolnością do montażu na wodomierzach, a trzecia z żywotnością baterii zasilającej. W niektórych nakładkach stwierdzono zerwane zaczepy mocujące nakładkę do obudowy wodomierza. Jest to związane z nieprawidłowym demontażem nakładki z wodomierza lub z wadą materiałową albo też ze specyfiką „starzenia się” poliwęglanu, z którego jest wykonana nakładka.

Drugą przyczyną uniemożliwiającą dalsze użytkowanie jest niekompatybilność. W ciągu kilkunastu lat użytkowania systemów producent zmienił technologię sprzężenia mechanicznego licznika wodomierza z nakładką elektroniczną. W starszych nakładkach wykorzystywano czujniki hallotronowe jako detektory ruchu licznika wodomierza. Z czasem producent zmienił technologię na zastosowanie czujników indukcyjnych. W nowych wodomierzach nie ma już możliwości zastosowania nakładek starego typu z powodu niezgodności interfejsu. Zatem przy wymianie wodomierza do legalizacji 100% nakładek opisanych jako IZAR RC ver. 3,5 musi zostać wycofanych z eksploatacji, ze względu na brak wodomierzy zgodnych z tymi nakładkami. Te nakładki mają zwykle już ponad 10 lat eksploatacji, zatem kończy się także żywotność ich baterii.

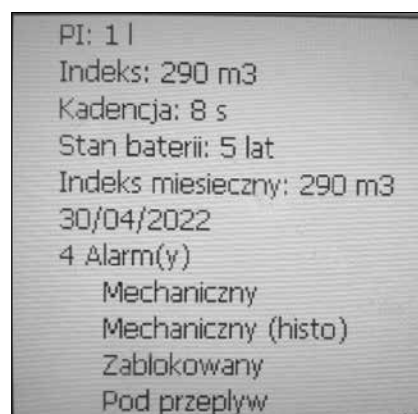
Najważniejszym kryterium niezawodności nakładek do zdalnego odczytu jest jednak prognozowany czas żywotności baterii zasilającej. Przy rozpoczęciu wdrożenia zakładano, że żywotność baterii może wynosić do 15 lat. Jednak wraz z doświadczeniami eksploatacyjnymi stwierdzono, że warunki eksploatacji mogą wpływać niekorzystnie na tę żywotność (czas pracy). W materiałach producenta określono „standardowe” warunki eksploatacji, przy których żywotność baterii zdefiniowano na ponad 10 lat. Jest to przewidywany czas pracy baterii przy założeniu, że pobór prądu jest mniejszy lub równy 2 μ A.

Producent zdefiniował warunki normalnej pracy nakładki w przedziałach temperatury otoczenia, co obrazuje tabela 1. Przy innych warunkach temperaturowych żywotność baterii nakładki może ulegać zmianom.

Pozostała żywotność baterii jest jednym z parametrów, które są przesyłane do komputera odczytowego przy każdej

Tabela 1 Założenia czasokresów eksploatacji w przedziałach temperatury otoczenia (DTR nakładki IZAR CP Diehl)

Zakres temperatury otoczenia	% czasu działania
-15°C/0°C	10%
0°C/30°C	80%
30°C/55°C	10%



a)

Zdjęcie 1.

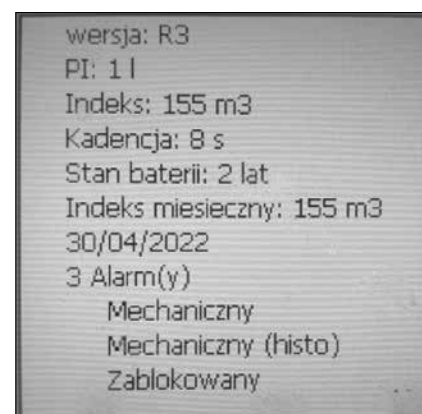
Widok ekranu komputera odczytowego z raportem z nakładki: a) po ośmioletniej eksploatacji, b) po 10 letniej eksploatacji

Fot. 1. View of the reading computer screen with the overlay report: a) after eight years of operation, b) after 10 years of operation

transmisji. Przykładowe zrzuty ekranów komputerów odczytowych przedstawiono na zdjęciu 1.

Z logistycznego punktu widzenia, obsługując bardzo dużą liczbę wodomierzy i nakładek, należy zakładać, że w pięcioletnim okresie użytkowania u klienta nie będzie konieczności dodatkowej obsługi nakładek do zdalnego odczytu. Jest to podyktowane m. in. koniecznością optymalizacji kosztów utrzymania wodomierzy i procesu odczytu. W związku z tym do zamontowania na kolejny okres można przeznaczać tylko te nakładki, które będą sprawne do kolejnej wymiany wodomierza do legalizacji, czyli za następne 5 lat.

Biorąc pod uwagę pięcioletni czas eksploatacji do legalizacji każdego wodomierza zainstalowanego u klienta, na podstawie badań przyjęto kryteria montażu nakładek na kolejny okres. Przyjęto, że wszystkie nakładki nowsze niż 8 latnie zostaną zamontowane na wodomierze na kolejny okres eksploatacji. Nakładki eksploatowane przez 8 do 10 lat muszą zostać sprawdzone pod kątem prognozowanej żywotności baterii. Jeśli wskazanie prognozy żywotności wskazuje 5 lat lub więcej – wówczas nakładka zostanie zainstalowana. Jeśli wskazanie prognozy żywotności jest mniejsze niż 5 lat, to taka nakładka musi zostać wycofana z eksploatacji. Nakładki eksploatowane dotąd przez okres większy niż 10 lat muszą



b)

Tabela 2. Zakładane liczby poszczególnych typów nakładek do wymiany (badania własne)

	2022		2023		2024		2025	
	8 LAT	>10 LAT	8 LAT	>10 LAT	8 LAT	>10 LAT	8 LAT	>10 LAT
IZAR CP 3,5	717	5083	201	1759	2	89	25	623
IZAR RC	395	0	252	1697	17	343	13	2716
IZAR RC R4	2930	0	7141	0	8393	0	3767	0
HRI/IZAR DP	317	0	869	0	844	0	329	24
PULSAR/IZAR DP	3	0	7	0	14	0	7	0

zostać wycofane z eksploatacji bez względu na wskazanie stanu baterii.

Po przyjęciu powyżej wymienionych założeń liczba nakładek wycofywanych z eksploatacji w najbliższych latach wśród poszczególnych typów nakładek została przedstawiona w tabeli 2.

Podsumowanie

Badania wodomierzy przeprowadzone w punkcie legalizacyjnym WMK S.A. w Krakowie, a pochodzących z różnych systemów zaopatrzenia w wodę potwierdzają, że wodomierze z upływem czasu mogą tracić jakość pomiaru (zwiększać błąd pomiarowy). Badania opisane m. in. w tym artykule pozwoliły tak dobrać typy wodomierzy i technologie pomiaru ilości wody, aby utrzymywać poprawne własności metrologiczne w całym okresie eksploatacji.

Wdrożenie nowoczesnych technologii w zakresie odczytów wskazań wodomierzy i pozostałych mediów oraz ich rozliczania jest bardzo dużym krokiem technologicznym w kierunku zmniejszenia skutków uszkodzeń wodomierzy lub błędów pomiarowych. Na uwagę zasługuje również fakt, że nakładki da się **nie tylko zdalnie odczytać, ale też zdalnie programować co wymaga** ochrony przed nieautoryzowaną komunikacją.

Najczęściej użytkowane systemy zdalnego odczytu są realizowane przez nakładki elektroniczne, zabudowane na wodomierzach, które poprzez czujniki „obserwują” ruch wodomierza. Doświad-

czenia z wieloletniej eksploatacji zdalnego odczytu wodomierzy wykazały, że przypadki niesprawności nakładek do zdalnego odczytu wynikały z uszkodzeń mechanicznych albo z wyczerpania baterii zasilającej nakładkę.

Zastosowanie systemu zdalnego odczytu przynosi wiele korzyści, m. in.: poprawia poczucie bezpieczeństwa i prywatności domowników, obniża koszty związane z pomiarem zużycia mediów, eliminuje ryzyko pomyłki odczytu związane z czynnikiem ludzkim oraz pozwala na wykonanie bilansu zużycia wody dla całej strefy (porównanie wskazań z głównym wodomierzem), stając się narzędziem do wczesnego wykrywania awarii zarówno sieci wodociągowej, poszczególnych wodomierzy lub instalacji a tym samym przyczynia się znacznie do ograniczenia zużycia wody, co wpływa korzystnie nie tylko na finanse użytkowników, ale także na stan zasobów wodnych w środowisku [3, 7].

Bez wątpienia za wdrażaniem przez przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjne technik cyfrowych, w tym nowoczesnych technologii opomiarowania rozbioru wody z zdalnym systemem odczytów wodomierzy, przemawiają względy ekonomiczne, organizacyjne oraz socjalne.

Częstą przeszkodą dla wdrożenia systemu zdalnego odczytu są koszty, jakie należy ponieść na samym początku inwestycji. Nie można zanegować faktu, że jest to inwestycja wymagająca pewnego nakładu kapitału. Należy jednak pamiętać, że tak jak większość inwestycji, także i ta z czasem zwróci się i to z nawiązką.

Zdalny odczyt podnosi efektywność procesu odczytu, także poprawia niezawodność całości procesu opomiarowania dostawy wody. Dodatkowo przyczynia się do ochrony zasobów wodnych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bochnia T, Cichoń T, Królikowska J.: Wpływ jakości wody na pracę wodomierzy i dokładność pomiaru na podstawie doświadczeń wodociągów krakowskich. Instal Nr 7/8, 2017
- [2] Cichoń T, Królikowska J, Nachlik E.: Gospodarka wodomierzowa: wyzwania i możliwości, Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej, 2020
- [3] Cichoń T, Królikowska J.: Remote reading of water meters an element of a smart city concept, Rocznik Ochrony Środowiska, Vol 23, 2021
- [4] Cichoń T.: „Analiza eksploatacji wodomierzy z uwzględnieniem aspektu niezawodnościowego”, INSTAL, Nr 12/2013 pp 74
- [5] Cichoń T, Królikowska J. „Zdalne odczyty wodomierzy – praktyka Wodociągów Krakowskich” Międzynarodowa Konferencja Naukowo Techniczna „Zaopatrzenie w wodę jakość i ochrona wód” Toruń, 2014
- [6] Cichoń T, Królikowska J.: „Ewolucja procesu odczytu wodomierzy na podstawie doświadczeń Wodociągów Krakowskich” INSTAL, Nr 12/2016
- [7] Geresz E.: Systemy do zdalnego odczytu wodomierzy – dlaczego warto? Ochrona Środowiska, Nr 2/2011
- [8] Koral W. „Zdalne odczyty wodomierzy – gdzie jesteśmy, dokąd zmierzamy?” Wodociągi i Kanalizacja, Nr 3/2017
- [9] Rozporządzenie Ministra Gospodarki. w sprawie prawnej kontroli metrologicznej przyrządów pomiarowych (Dz. U. 2019.759).
- [10] Tuz P.: Dlaczego monitorowanie podłączy wodociągowych. Instal Nr 4-5/2006.