

Tomasz CICHON¹, Jadwiga KRÓLIKOWSKA²

MIEJSKIE PRZEDSIĘBIORSTWO WODOCIĄGÓW I KANALIZACJI S.A.
KRAKÓW¹

KATEDRA WODOCIĄGÓW, KANALIZACJI I MONITORING ŚRODOWISKA,
POLITECHNIKA KRAKOWSKA²

ZASTOSOWANIE METODY REENGINEERUNGU DO PODNIESIENIA EFEKTYWNOŚCI PROCESU ODCZYTU WODOMIERZY W MIEJSKIM PRZEDSIĘBIORSTWIE WODOCIĄGÓW I KANALIZACJI W KRAKOWIE

THE METHOD OF REENGINEERING USED TO ENCREASE THE
EFFICIENCY OF WATER METERS READING PROCESS IN
WATER COMPANY IN KRAKÓW

Implementation of automatic stationary water meters readings system in future ensure collection of water meters indication data in daily periods. This data basis will be useful not only for invoicing of customers, but also for water loss analysis in water mains and apparent water loss caused on water meters installed in customers connections.

The water company must have the application which supports successive analysis of collected data in terms of non-revenue water. The application should have interfaces to GIS and billing system.

There's possible further analysis of collected indications of water meters which aims to find the leakages according to the diagram developed on basis of water loss investigations available in specific zones of water mains.

Implementation of high technologies do read the indications of water meters gives important chance to reduce the effects of faults of water meters and failures of water mains. Helps to improve the accuracy of analysis of used water meters in terms of diameter and metrological category.

1. Wprowadzenie

Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Krakowie (MPWiK) jest jedną z najlepiej funkcjonujących firm wodociągowo-kanalizacyjnych w Polsce. Prowadzi działalność polegającą na ujmowaniu, uzdatnianiu i dostarczaniu wody oraz na odprowadzaniu i oczyszczaniu ścieków, w oparciu o zezwolenie na prowadzenie zbiorowego zaopatrzenia w wodę i zbiorowego odprowadzania ścieków wydane decyzją Prezydenta Miasta Krakowa z dnia 23 maja 2003 r. z późn. zm., począwszy od dnia 1 czerwca 2003 r.

Za główne cele Przedsiębiorstwo stawia sobie:

- zapewnienie wysokiej jakości świadczonych usług, niezawodności zbiorowego zaopatrzenia w wodę i zbiorowego odprowadzania ścieków, przestrzegania wymagań ograniczenia szkodliwego oddziaływania na środowisko,
- zapewnienie zdolności posiadanych urządzeń do realizacji dostaw wody do odbiorców w wymaganych ilościach i pod odpowiednim ciśnieniem oraz dostaw wody i odprowadzania ścieków w sposób ciągły i niezawodny, a także zapewnienie należytej jakości dostarczanej wody i odprowadzanych ścieków,
- prowadzenie systematycznej kontroli jakości dostarczanej wody,
- prowadzenie dokumentacji jakości świadczonych usług,
- opracowanie i wdrożenie programu dostaw wody w przypadku niedoboru wody, uwzględniającego rotacyjne ograniczenia lub przerwy w dostawach wody dla poszczególnych rejonów miasta, jak również poprzez ograniczenie zużycia wody na cele inne niż zaopatrzenie ludności,
- prowadzenie działalności w zakresie zbiorowego zaopatrzenia w wodę i zbiorowego odprowadzania ścieków w sposób zapewniający optymalizację kosztów oraz opłat za świadczone usługi.

Ciągły rozwój Przedsiębiorstwa gwarantuje stosowanie najlepszych praktyk biznesowych i technologicznych w każdym z obszarów działania.

W referacie przedstawiona zostanie metoda zarządzania strategicznego gospodarką wodomierzową tj. metoda reengineeringu.

Zgodnie z zapisem ustawy o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowego odprowadzania ścieków (j. t. Dz. U. 2015 poz. 139) ilość wody dostarczonej do nieruchomości ustala się na podstawie wskazań wodomierza głównego. Także ilość odprowadzonych ścieków ustala się jako równą ilości wody pobranej czyli także na podstawie wskazań wodomierza głównego [1].

Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji prowadzi proces odczytów wodomierzy zainstalowanych u odbiorców usług na terenie całego Miasta Krakowa. Polega on na cyklicznym gromadzeniu informacji o aktualnych wskazaniach liczników będących zgodnie z zapisami Kodeksu Cywilnego miejscami wydania sprzedawanej wody. Celem procesu odczytu wodomierzy jest zgromadzenie danych niezbędnych do zafakturowania usług zrealizowanych na rzecz klientów. Cykl procesu odczytów jest zapisany w umowach na dostawę wody i wynosi zwykle jeden dwa lub trzy miesiące. Podstawowy system odczytów wodomierzy w Wodociągach krakowskich realizowany jest w cyklach 60 dniowych. W ten sposób rozlicza się blisko 50 tysięcy odbiorców wody. Odbiorcy przemysłowi oraz spółdzielnie mieszkaniowe, a także część odbiorców instytucjonalnych jest obsługiwanych w systemie odczytów 30 dniowych.

Coraz rzadziej natomiast stosuje się systemy prognozowania odczytów wodomierzy czyli wykonywania odczytów co kilka okresów obrachunkowych. Takie systemy w wielu przypadkach były przyczyną sporów spowodowanych zbyt późnym reagowaniem na stany awaryjne w instalacjach odbiorców [2, 3].

Opisane tu czynności są realizowane przez pracowników i od początku zorganizowania Wodociągów polegają na cyklicznym obchodzeniu całego terytorium działania przedsiębiorstwa. Praca ta jest wykonywana bezpośrednio u klientów, a ciągłość pozyskiwania danych odczytowych jest krytycznie ważna dla zapewnienia ciągłości fakturowania usług, a przez to do działania całego przedsiębiorstwa.

Oprócz procesu odczytu wodomierzy Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji prowadzi także gospodarkę licznikową. Gospodarka ta ma na celu zapewnienie prawidłowego opomiarowania zużycia wody u odbiorców.

Poprawne opomiarowanie w rozumieniu przepisów prawa wymaga dochowania ważności cechy legalizacyjnej każdego licznika. Skutkiem tego Przedsiębiorstwo wymienia sukcesywnie wszystkie wodomierze przed upływem ważności legalizacji [4].

Dodatkowo wodomierze zainstalowane u odbiorców mogą być źródłem innych informacji pomocnych zarówno jako wartość dodana do obsługi klientów, jak również do optymalnego zarządzania siecią wodociągową. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu nowoczesnych technologii do monitorowania liczników i przekazu danych.

2. Podstawy teoretyczne zastosowania przekształcenia procesu metodą reengineeringu

Reengineering określany jako BPR (Business Proces Reengineering) można z pewnym uproszczeniem zdefiniować jako metodę gruntownego przekształcenia całościowych procesów w przedsiębiorstwie [5].

Celem reengineeringu jest optymalizacja trzech podstawowych wyznaczników efektywności procesu: jakości, kosztu i terminu realizacji. Zasadniczą rolę w reengineeringu (zorganizowaniu procesu na nowo) odgrywają metody inwencyjne. Punktem wyjścia działań według reengineeringu jest pogłębiona aktualizacja potrzeb klientów. Ogólne zasady reengineeringu to:

1. Wychodzić od potrzeb klienta co oznacza ponowne, fundamentalne przeanalizowanie potrzeb klienta i sformułowanie wynikających z nich funkcji zewnętrznych.
2. Analizować procesy w przedsiębiorstwie, w pierwszym rzędzie procesy korespondujące bezpośrednio ze spełnieniem potrzeb klientów.
3. Uwzględnić istniejące ograniczenia, co wymaga sporządzenia listy ograniczeń, które mogą mieć charakter zewnętrzny (np. uregulowania prawne) lub wewnętrzny (np. utrzymanie dotychczasowego zatrudnienia).
4. Myśleć inaczej co oznacza forsowanie kreatywności przez stosowanie metod inwencyjnych.

Zasady szczegółowe reengineeringu określono następująco:

1. Działanie organizuj wokół wyników a nie zadań.
2. Użytkownicy rezultatu procesu powinni być jego organizatorami.
3. Rozproszone przestrzennie zasoby należy traktować tak, jakby znajdowały się w jednym miejscu.
4. Równoległe procesy należy koordynować w czasie ich wykonywania.
5. Decyzje powinny być podejmowane w miejscu realizacji procesu, a oddalone przestrzennie kierownictwo zachowuje wyłącznie prawo kontroli decyzji.
6. Informacje gromadzone powinny spływać do jednego ogólnie dostępnego banku danych.

Metodyka reengineeringu w ujęciu J. Champy'ego zakłada następujące etapy przekształcenia procesu [6]:

1. Wybór procesu do rekonstrukcji.
2. Utworzenie zespołu roboczego.
3. Zrozumienie procesu.
4. Rekonstrukcja procesu.
5. Wdrożenie rekonstrukcji w życie.

Punktem wyjścia do zorganizowania procesu według metody reengineeringu jest karta procesów. W ogólnym ujęciu karta taka zawiera kilka do kilkunastu procesów nawet bardzo dużego przedsiębiorstwa. Przykładowe procesy w przedsiębiorstwie ujęte w karcie to: opracowanie strategii firmy, proces realizacji zamówień czy komunikacja z klientami. Każdy z procesów zawarty w ogólnej karcie procesów może być podzielony na kilka procesów cząstkowych. Karta ogólna i karty procesów cząstkowych tworzą ramowy obraz funkcjonowania przedsiębiorstwa, pozwalający na selekcję procesów poddawanych reengineeringowi. Wybór procesów do badań uwzględnia:

1. Mankamenty realizowanych procesów.
2. Znaczenie procesów dla klientów.
3. Prawdopodobieństwo uzyskania istotnych efektów w przypadku zastosowania reengineeringu.

Zespół roboczy tworzy się do rekonstrukcji tylko jednego procesu. Jego liczebność waha się od 5 do 10 osób. W przeważającej części powinny to być osoby zatrudnione w procesie reorganizowanym, a w części (1/3 lub 1/4) pochodzące z zewnątrz procesu, a nawet z zewnątrz przedsiębiorstwa. Pierwsi ułatwiają całemu zespołowi zrozumienie przyczyn dysfunkcji występujących w rozpatrywanym procesie, ale nie są zdolni do jego radykalnej rekonstrukcji, gdyż często myślą to co jest, z tym co powinno być. Drudzy wnoszą nowe spojrzenie, nie obciążone rutyną, czyniąc tym samym zespół zdolnym do kreowania radykalnych rozwiązań nieszablonowych. Pracą zespołu kieruje lider i kierownik zespołu, mianowany przez lidera.

W reengineeringu celem nie jest ulepszenie istniejącego procesu, nie ma więc potrzeby opisywania go i analizowania w najdrobniejszych szczegółach. W reengineeringu nie chodzi bowiem o zmniejszenie zatrudnienia rządu 15 - 20 %, ale o 80 - 90%, nie chodzi o skrócenie czasu wprowadzenia na rynek nowego produktu z 6 miesięcy do 5 miesięcy, ale z 6 miesięcy do 3 tygodni. Aby zrozumieć proces, trzeba postawić się w roli klienta i określić, jakie są wymagania i rzeczywiste potrzeby klientów. W tym celu nie wystarczy sondaż wśród klientów, gdyż ich odpowiedzi są na ogół banalne: chcą żeby było szybciej, lepiej i taniej. Najczęściej dopiero bezpośrednia obserwacja klienta podczas pracy lub nawet współuczestnictwo w niej pozwala poznać, co w istocie powinno się dla klienta wykonywać i dlaczego właśnie to.

Rozpoznanie potrzeb i wymagań klientów oraz wynikających z nich funkcji pozwala na modelowanie nowego procesu w całkowitym oderwaniu od procesu istniejącego (rekonstrukcja procesu). Natomiast bardzo dobre rezultaty daje zastosowanie jako metody pomocniczej benchmarkingu, polegającego na zbadaniu jak podobne funkcje realizują inni i dlaczego robią to lepiej. Rekonstrukcja procesu, w której mogą znaleźć zastosowanie różnorodne metody inwentyczne, opiera się więc - zdaniem pionierów tej metody - na trzech technikach właściwych dla reengineeringu: odrzuceniu utartych zasad i sposobów postępowania, stosowania zasad reengineeringu (wyżej przytoczonych) oraz wykorzystaniu nowych technologii informatycznych.

Etap wdrożenia w życie zaprojektowanej rekonstrukcji procesu może przebiegać bądź całościowo, bądź poprzez wprowadzenie szeregu pilotażowych przypadków. W obydwu wariantach konieczne jest monitorowanie wdrożenia. Poza tym w odniesieniu do personelu objętego reorganizacją powinno się stosować zasady postępowania właściwe dla zarządzania zmianami w ogóle. Chodzi tu w szczególności o zapobieżenie powstaniu oporów wobec zamierzonych i dokonywanych zmian.

Pod wpływem reengineeringu można wyszczególnić następujące zmiany w organizacji i zarządzaniu.

1. Tradycyjne komórki funkcjonalne są zastępowane przez zespoły odpowiedzialne za dany proces.
2. Proste zadania zastępowane są złożoną pracą wielowymiarową.
3. Stanowiska kontrolowane zastępowane są stanowiskami z odpowiedzialnością i autonomią.
4. Kryteria wynagradzania odnoszą się w większym stopniu do rezultatów niż do aktywności.
5. Przygotowanie do wykonywania zawodu ewoluuje: miejsce szkolenia zajmuje edukacja.
6. Zmieniają się kryteria awansowania: decyduje przydatność, a nie osiągnięte wyniki.
7. Ulegają zmianie wartości: otwarcie na klienta zastępuje protekcyjność.
8. Szefowie przekształcają się z nadzorców w animatorów.
9. Struktury hierarchiczne ulegają spłaszczeniu.
10. Kierownicy z arbitrow przeksztalcają się w liderów.

3. Zastosowanie metody reengineeringu do przekształcania procesów w MPWiK S.A. w Krakowie

Przekształcenie procesu odczytu wodomierzy w oparciu o nowoczesne urządzenia do przekazu danych ma na celu nie tylko zwiększenie częstotliwości odczytów ale przede wszystkim stworzenie narzędzia do sukcesywnego prowadzenia aktywnej kontroli strat wody w opomiarowanych strefach sieci wodociągowej. Zatem odczyty nie są gromadzone wyłącznie w celu fakturowania dostawy wody do odbiorców, a jako narzędzie kontroli pracy sieci i wodomierzy w strefie.

W przekształceniu procesu odczytu wodomierzy proponuje się uwzględnienie następujących etapów:

1. Określenie wymagań klientów.
2. Ocena stanu istniejącego.
3. Analiza i modyfikacja stanu istniejącego.
4. Projektowanie nowego procesu.
5. Wdrożenie udoskonalonego procesu.

W przypadku klientów zewnętrznych główne oczekiwanie polega na możliwości odczytu zdalnego czyli takiego, który nie wymaga obecności klienta i angażowania go w odczyt licznika. Odczyt bowiem optyczny wymagał wpuszczenia odczytywacza do domu, a często także przejścia do piwnicy lub studzienki. Dla realizacji zdalnego odczytu wystarczy zainstalować wodomierze wyposażone w nakładki do zdalnych odczytów, a odczytywaczy w urządzenia mobilne.

W takim przypadku odczyt jest realizowany drogą radiową jako proces obchodzony. Jest on wygodniejszy od odczytu tradycyjnego i efektywniejszy. Jednak z punktu widzenia klienta wewnętrznego jakim jest ogólnie przedsiębiorstwo wodociągowe pożądane jest wykorzystanie procesu odczytu wodomierzy do sukcesywnej kontroli strat wody oraz do skrócenia okresu obrachunkowego do 1 miesiąca.

Obecnie Wodociągi Krakowskie posiadają ponad 56 tysięcy wodomierzy głównych zainstalowanych u klientów na terenie całego miasta. Blisko 30 tysięcy liczników jest wyposażonych w nakładki radiowe do zdalnych odczytów. Montaż wodomierzy z nakładkami jest realizowany w ramach projektu wdrożenia zdalnych odczytów, który trwa od 2009 roku. Tradycyjne wodomierze są wycofywane z eksploatacji z upływem ważności ich cech legalizacyjnych. W to miejsce są montowane nowe wodomierze przystosowane do współpracy z nakładkami radiowymi. Zatem pozostałe ponad 26 tysięcy wodomierzy zostanie wycofane z eksploatacji z końcem okresu legalizacyjnego i zastąpione wodomierzami z nakładkami. Dla zminimalizowania dodatkowych kosztów wdrożenia w zakresie wodomierzy i odczytów ewentualne zmiany należy wprowadzać z uwzględnieniem sukcesywnych wymian wodomierzy do legalizacji. Gdyby podjęto decyzję o wdrożeniu nowego systemu odczytów to w ramach wymian do legalizacji można wdrożyć nowy system w całym obszarze działania w przeciągu 5 lat zakładając, że każdy wymieniany wodomierz zostałby zastąpiony nowym urządzeniem. Takie wdrożenie nie wprowadziło by dodatkowych kosztów poza samymi tylko kosztami zakupów nowych urządzeń oraz ich pierwotnej konfiguracji i zostały rozłożone w czasie.

Osiągnięcie możliwości sukcesywnej kontroli strat wody na podstawie odczytu wodomierzy wymaga pozyskiwanie danych odczytowych raz na dobę lub przynajmniej co kilka dni. Ten wymóg determinuje konieczność odejścia od systemu obchodzonego lub objeżdżanego poprzez zbudowanie automatycznego odczytu stacjonarnego czyli procesu, który polega na transmisji danych z każdego wodomierza do centralnej bazy danych. Proces ten powinien odbywać się bez udziału ludzi w pozyskiwanie bieżących wskazań liczników. Zatem proces odczytu wodomierzy nie będzie służył już tylko w celu akwizycji danych do procesu fakturowania odbiorców ale będzie narzędziem wspomagającym zarządzanie służb eksploatacyjnych sieci wodociągowej. Dane o wskazaniach dobowych winny być gromadzone w specjalnie do tego celu przygotowanej bazie danych. Ta baza danych będzie stanowiła źródło informacji do analizy przez specjalną aplikację, w której wodomierze będą zorganizowane w strukturę zasilania. Z tej bazy danych będzie realizowany eksport danych do systemu bilingowego w celu zafakturowania zużycia wody. Eksport w celach bilingowych winien być realizowany raz na okresy obrachunkowy zgodnie z zapisami umowy, żeby nie pogarszać czytelności procesu fakturowania klientów.

W praktyce dużych przedsiębiorstw wodociągowych dotąd nie zastosowano w całości odczytu stacjonarnego wszystkich wodomierzy to też nie jest możliwe porównanie efektów do innego podobnego rozwiązania. Można zatem porównać dotychczasowy system pod kątem efektywności i kosztów. Jeśli chodzi o efektywność to obecnie w miesiącu wykonuje się 24 600 odczytów wodomierzy. Daje to liczbę 1230 odczytów średnio każdego dnia roboczego. Po zmianie procesu będzie docelowo codziennie uzyskiwany odczyt z 56 tysięcy wodomierzy. Porównania kosztów należy dokonać w sferze inwestycji w nowy system oraz w zakresie jego eksploatacji. Porównanie kosztów inwestycji wynika z różnicy ceny stosowanej obecnie nakładki radiowej i nowej nakładki do odczytu automatycznego. Porównanie zaś kosztów eksploatacyjnych to suma kosztów pracy odczytywaczy i urządzeń odczytowych z jednej strony oraz kosztów eksploatacyjnych operatora telekomunikacyjnego z drugiej strony. Obecne koszty eksploatacyjne procesu odczytów to jako koszt abonamentu wskazany w bieżącej taryfie. Koszt zaś operatora telekomunikacyjnego w różnych ofertach wahają się w zakresie od 2,50 do 3,50 zł czyli są niższe od kosztów odczytów opartych o pracę odczytywaczy.

Nowy proces odczytu z założenia będzie procesem samoczynnym, zatem projektowanie jego przebiegu wymaga skonfigurowania ścieżki transmisji danych oraz skonfigurowania samych urządzeń. Dodatkowymi warunkami brzegowymi będzie brak zasilania zewnętrznego czyli konieczność zasilania bateryjnego urządzeń oraz konieczna żywotność baterii nie mniejsza niż okres legalizacyjny wodomierza. Te warunki pozwolą na wymianę urządzeń do transmisji danych wraz z wymianą wodomierzy. Ważniejszą jednak kwestią jest właściwe zaprojektowanie interfejsów z systemami GIS oraz bilingowym. Sam bowiem system przekazu danych zawierał będzie wyłącznie dane natywne (rodzime – tzn. pochodzące wyłącznie z wodomierzy) tego systemu. Zatem w bazie danych systemu odczytowego będą zapisane tylko numery liczników, ich wskazania ze stemplami czasowymi oraz ewentualne stany alarmowe liczników.

Do analizy tych danych będzie potrzebna struktura stref zasilania sieci, którą można odczytać z sytemu informacji przestrzennej GIS. Będzie także potrzebna bieżąca informacja o tym który licznik jest w danej chwili powiązany z danym punktem poboru. Te zaś informacje są dostępne w systemie bilingowym, w którym prowadzona jest bieżąca ewidencja wodomierzy. Poprawne działanie funkcjonalności bilansowania w strefach wymagają ciągłej wymiany danych pomiędzy trzema wymienionymi aplikacjami informatycznymi tj. GIS-em, bilingiem oraz systemem odczytowym.

Wdrożenie udoskonalonego procesu będzie polegało za zamontowaniu u każdego odbiorcy wodomierza z nową nakładką lub nowej nakładki. Od chwili zamontowania nowej nakładki punkt poboru będzie wycofywane z obchodzonego procesu odczytu. Przekształcenie należy przeprowadzić z uwzględnieniem dwóch części. W pierwszej wszędzie tam gdzie dotychczas pracuje wodomierz nieprzystosowany do współpracy z nakładką konieczna jest przy najbliższej wymianie do legalizacji wymiana na wodomierz z zamontowaną nakładką nowego systemu. W drugiej części konieczna jest wymiana pracujących już nakładek radiowych na nakładki do transmisji danych. Taką wymianę można zrealizować bez wymiany wodomierza zmieniając u klienta samą tylko nakładkę i konfigurując nową. W przypadku jednak każdej konieczności wymiany wodomierza najlepiej wymienić cały komplet tj. wodomierz z nakładką [7].

4. Podsumowanie

Wdrożenie systemu automatycznych odczytów stacjonarnych w przyszłości zapewni gromadzenie bazy danych o wskazaniach wodomierzy co najmniej raz na dobę. Taka baza będzie służyć nie tylko do cyklicznego rozliczania odbiorców, ale także do analizy strat wody w sieci rozdzielczej oraz strat pozornych na wodomierzach zainstalowanych u odbiorców.

Niezbędny będzie także system informatyczny wspierający sukcesywne analizy gromadzonych danych odczytowych pod tym kątem oraz interfejsy z systemami GIS i bilingowymi.

Możliwa jest także dalsza analiza zebranych danych odczytowych prowadząca do postawienia wniosków dotyczących miejsc powstawania strat zgodnie z algorytmem opracowanym na podstawie badań strat wody w wybranych strefach [1].

Wdrożenie nowoczesnych technologii w zakresie odczytów wskazań wodomierzy oraz ich rozliczania jest bardzo dużym krokiem w celu zmniejszenia skutków zarówno uszkodzeń wodomierzy jak również innych awarii. W systemie opomiarowania gdzie głównie obowiązuje 60 dniowy okres obrachunkowy daje to zupełnie inną jakość gromadzonych danych z odczytów. Pozwoli to także na dokładną analizę zastosowanych wodomierzy pod kątem optymalizacji średnicy nominalnej czy klasy dokładności.

Bibliografia:

- 1) Cichoń T. Ocena wieloaspektowa niezawodności systemu opomiarowania poboru i strat wody na podstawie doświadczeń eksploatacyjnych, Rozprawa Doktorska, Politechnika Krakowska 2015 r.
- 2) Cichoń T, Królikowska J, Królikowski A.: Doświadczenia eksploatacyjne w gospodarce wodomierzowej w wybranym przedsiębiorstwie wodociągów i kanalizacji. Ogólnopolska Konferencja Naukowo Techniczna „Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody”. Szczyrk, 2013 pp 324-326
- 3) Cichoń T.: Analiza eksploatacji wodomierzy z uwzględnieniem aspektu niezawodnościowego Instal, Nr 12/2013 pp 74
- 4) Cichoń T, Królikowska J: „Ocena awaryjności wodomierzy i jej wpływ na stan niezawodności gospodarki wodomierzowej” Gaz Woda i Technika Sanitarna 2/2015
- 5) Martyniak Z. , *Nowe metody i koncepcje zarządzania*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków 2002.
- 6) Zimmewicz K., *Współczesne koncepcje i metody zarządzania*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2000.
- 7) Cichoń T. Królikowska J. Zdalne odczyty wodomierzy – praktyka wodociągów krakowskich Międzynarodowa Konferencja Naukowo Techniczna „Zaopatrzenie w wodę jakość i ochrona wód” PZITS Oddział Wielkopolski, Toruń, 2014

