

**Mariusz NOWAK**

INSTYTUT INFORMATYKI  
POLITECHNIKA POZNAŃSKA

# **INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA INFORMATYCZNE WSPOMAGAJĄCE SYSTEMY STEROWANIA, MONITOROWANIA I WIZUALIZACJI W INŻYNIERII ŚRODOWISKA**

## **INNOVATIVE IT SOLUTION SUPPORTING OF CONTROL, MONITORING AND VISUALIZATION SYSTEMS IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

*This article presented the existing solutions in the field of computer science and automation in the water and sewage industry and indicates the development directions of these systems. An industrial internet of things (IIoT) has been described. The issues of Big Data and Cloud Computing are described. The possibilities of using the LPWAN network are presented. Problems emerging in advanced IT systems dedicated to applications in environmental engineering were also characterized. Finally, the concept of a universal IT platform for the management of water and sewage systems was presented.*

### **1. Wprowadzenie**

W dniu 22 marca corocznie obchodzony jest Światowy Dzień Wody. W 2018 roku organizacja UN-Water [14], koordynująca prace Organizacji Narodów Zjednoczonych dotyczące wody i warunków sanitarnych, zaproponowała, aby hasło przewodnie brzmiało: „natura dla wody”, a głównym celem Dnia było zwrócenie uwagi na wpływ gwałtownego wzrostu populacji ludzi, postępującej industrializacji, zmian klimatycznych oraz klęsk żywiołowych, na systemy wodne na świecie [7]. Najistotniejsze fakty przedstawiane w Dniu Wody mówią o 2,1 miliarda ludzi bez dostępu do bezpiecznych źródeł wody pitnej oraz o tym, że 80% ścieków generowanych na świecie przez społeczeństwa przepływa z powrotem do środowiska bez ich przetwarzania lub ponownego wykorzystania [7, 14].

W ramach tegorocznych obchodów Dnia Wody podkreślono także, że dwiema największymi przyczynami problemów związanych z niedoborem wody na ziemi jest degradacja środowiska i zmiany klimatyczne. Oprócz problemów związanych ze zmniejszającymi się zasobami dostępnej wody słodkiej, współczesny świat boryka się również ze zjawiskiem pogarszającej się jakości wód do tego stopnia, że procesy samooczyszczania są niewystarczające. Postępujące zanieczyszczanie wód spowodowane wprowadzaniem nadmiernych ilości substancji organicznych i nieorganicznych, które uniemożliwiają wykorzystanie wód do picia i celów gospodarczych ciągle się pogłębia.

W celu przeciwdziałania degradacji wód Unia Europejska wydała szereg przepisów, tzw. dyrektyw wodnych. Obecnie obowiązująca, od 2015 roku, Ramowa Dyrektywa Wodna ustala ramy prawne służące ochronie wszystkich wód powierzchniowych i wód podziemnych [11]. Główne cele ochrony wód skupiają się wokół zapobieganiu pogarszania się stanu ekosystemów wodnych, promowaniu zrównoważonego korzystania z wód, ochronie wód przed zanieczyszczeniami, zapewnieniu odpowiedniego zaopatrzenia w dobrej jakości wodę oraz zmniejszaniu skutków powodzi i suszy. Na poprawę stanu środowiska naturalnego i zasobów wodnych wpływ ma realizowany aktualnie Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko (2014-2020), który jest największym programem operacyjnym w Unii Europejskiej pod względem dostępnych środków finansowych [11]. Spośród dziesięciu osi, oś priorytetowa II „Ochrona środowiska, w tym adaptacja do zmian klimatu”, w działaniu „Gospodarka wodno-ściekowa w aglomeracjach”, traktuje między innymi o kontynuacji prac rozpoczętych w ramach priorytetów proekologicznych realizowanych w latach 2007-2013. W obecnie realizowanych programach i w tych już zakończonych, dzięki środkom finansowym wybudowano, rozbudowano oraz zmodernizowano wiele sieci wodno-kanalizacyjnych wraz z otaczającą infrastrukturą pomocniczą.

Nadrzędnym celem opracowanych kilkanaście lat temu, w strukturach europejskich, dyrektyw jest zobowiązanie państw członkowskich Unii Europejskiej do racjonalnego wykorzystania i ochrony zasobów wodnych w myśl zasady zrównoważonego rozwoju oraz osiągnięcie tzw. dobrego stanu wód. Realizacja zdefiniowanego w dyrektywach celu stanie się możliwa pod warunkiem budowy oraz rozbudowy sieci kanalizacyjnych, oczyszczalni ścieków, ujęć wody, stacji uzdatniania wody, sieci wodociągowych oraz modernizacji już istniejących obiektów wodno-ściekowych oraz wyposażanie tych obiektów w zaawansowane komputerowe systemy sterowania, monitorowania i wizualizacji wykorzystujące innowacyjne rozwiązania informatyczne [5].

W niniejszym opracowaniu przedstawione zostaną nowe rozwiązania z zakresu informatyki i automatyki wspomagające funkcjonowanie zaawansowanych systemów sterowania, monitorowania i wizualizacji procesów uzdatniania i dystrybucji wody oraz nadzoru sieci kanalizacyjnych. Szczegółowo zostaną scharakteryzowane możliwości zastosowania rozbudowanych sieci bezprzewodowych do komunikacji niskoenergetycznej, łączących specjalizowane, inteligentne sensory z centrami danych procesowych. Przedstawiona zostanie koncepcja uniwersalnej i elastycznej platformy informatycznej do zarządzania systemami dystrybucji wody i systemami kanalizacyjnymi. Platforma oparta o najnowsze rozwiązania informatyczne ukierunkowana jest na obniżenie kosztów projektowania, wdrożenia i funkcjonowania w zastosowaniach w inżynierii środowiska.

## 2. Funkcjonujące rozwiązania z zakresu automatyki i IT w branży wodno-kanalizacyjnej

W gospodarce wodno-kanalizacyjnej standardem jest funkcjonowanie systemu automatyki procesowej oraz oferowanie możliwości dostępu do informacji o przebiegu procesu [6]. W stacji uzdatniania wody sterowaniu poddawane są procesy pompowania, filtrowania i przesyłu wody. Monitorowaniu poddawane są najczęściej: ciśnienie wody w rurociągach, poziom wody w zbiornikach, wartości chwilowe przepływu wody, mętność wody i zawartość chloru oraz praca/postój urządzeń wykonawczych. Wykrywane są awarie urządzeń oraz stany pracy zasuw.

W typowym systemie monitorowania i sterowania funkcjonują stacje operatorskie zainstalowane w miejscach, gdzie realizowana jest całodobowa obsługa, oraz sterowniki obiektowe bezobsługowe lub z okresową obsługą. Stacja dyspozytorska to najczęściej komputer klasy PC z zainstalowanym oprogramowaniem typu SCADA (ang. *Supervisory Control And Data Acquisition*) [5]. Do stacji dyspozytorskiej podłączone są sterowniki obiektowe, najczęściej za pomocą radiomodemów, linii telefonicznej, GSM lub coraz częściej sieci światłowodowej. Sterowniki obiektowe to najczęściej klasyczne programowalne sterowniki logiczne typu PLC (ang. *Programmable Logic Controller*) wyposażone w specjalizowane moduły sprzęgu obiektowego (moduły wejść analogowych, wejść cyfrowych, wyjść cyfrowych) oraz panele operatorskie pozwalające na wizualizację wartości parametrów nadzorowanego procesu. Zaletą typowego rozwiązania systemu SCADA jest przesyłanie do centralnej lokalizacji i oferowanie w jednym miejscu dostępu do najważniejszych parametrów technologicznych procesu oraz zdalny wgląd w stan pracy urządzeń. System SCADA zbiera w sposób automatyczny aktualne pomiary parametrów istotnych dla pracy systemu uzdatniania i dystrybucji wody lub oczyszczalni ścieków. Dyspozytor ma pełen obraz stanu pracy instalacji i może natychmiast reagować na stany awaryjne urządzeń, zmieniające się rozbiory wody oraz zapasy wody. Dzięki wglądowi on-line w przebieg procesu możliwa jest poprawa eksploatacji systemu, zmniejszenie strat wody oraz zmniejszenie uciążliwości dla odbiorcy końcowego wynikających z awarii urządzeń. Systemy wodociągowe i kanalizacyjne są systemami rozproszonymi, stąd tak istotna jest możliwość dostępu do danych procesowych on-line. Typowe rozwiązania systemów monitoringu on-line oraz zdalnego sterowania urządzeniami zwiększają stabilność pracy systemów wodno-kanalizacyjnych, podnoszą jakość efektów pracy systemów oraz przyczyniają się do optymalizacji zatrudnienia personelu.

## 3. Kierunki rozwoju systemów automatyki i IT w zastosowaniach w inżynierii środowiska

W inżynierii środowiska, w zakresie zaopatrzenia w wodę oraz unieszkodliwiania ścieków, tak jak w typowych dziedzinach przemysłu, dąży się do uzyskania wysokiej efektywności wytwarzania, niskich kosztów realizacji procesów i zapewnienia odpowiedniej jakości produktu końcowego. Uzyskanie odpowiednich wyników w wymienionych obszarach inżynierii środowiska jest możliwe dzięki zastosowaniu innowacyjnych rozwiązań technicznych w zakresie systemów automatyki i IT.

Na innowacyjne rozwiązania techniczne składają się przede wszystkim Internet Rzeczy – IoT (ang. *Internet of Things*) a dokładniej jego przemysłowa odmiana, czyli Przemysłowy Internet Rzeczy – IIoT (ang. *Industrial Internet of Things*), techniki analizy dużych zbiorów danych (Big Data) oraz chmury obliczeniowe (Cloud Computing). Dużym wyzwaniem jest łączenie dwóch różnych technik inżynierskich: IT z systemem automatyki. Różnice polegają na odmiennym oprogramowaniu, różnych wymaganiach stawianych tym systemom, różnych standardach implementowanych w tych systemach i protokołach komunikacyjnych. Bardzo duże znaczenie ma zastosowanie w zakresie systemów automatyki inteligentnych algorytmów sterowania, w szczególności algorytmów rozmytych, genetycznych, neuronowych i predykcyjnych [4]. Założenie jest takie, aby elementy sztucznej inteligencji pojawiały się już w czujnikach pomiarowych i urządzeniach wykonawczych. Wdrożenie wymienionych, nowych rozwiązań, wraz z komunikacją bezprzewodową wymaga również zapewnienia odpowiedniego poziomu cyberbezpieczeństwa, kwestii bardzo istotnej w czasach wszechobecnego Internetu, wkraczającego do zastosowań przemysłowych.

### 3.1 Systemy automatyki

Zaawansowane systemy automatyki są niezbędne do optymalizacji zarządzania systemami dystrybucji wody i odbioru ścieków. W systemie takim muszą funkcjonować zaawansowane systemy pomiarowe i wykonawcze współpracujące z rozbudowanymi komputerowymi systemami sterowania. Jeden, spójny komputerowy system sterowania powinien zapewniać możliwość optymalnego zarządzania rozproszonymi instalacjami, charakterystycznymi dla inżynierii wodno-kanalizacyjnej. W zaawansowanym systemie automatyki sterowanie realizowane jest z wykorzystaniem inteligentnych algorytmów [6]. Algorytmy takie bazują na logice rozmytej oraz sieciach neuronowych. Coraz większą popularność zdobywają algorytmy predykcyjne. Wynika to między innymi z dostępności coraz większych mocy obliczeniowych oraz dokładnym pomiarem parametrów obiektów dostępnych on-line. Algorytmy predykcyjne na bazie dostępności informacji o aktualnym zachowaniu się systemu i zachowaniu w czasie przeszłym są w stanie optymalnie zaplanować sterowanie w czasie przyszłym, zapewniając przy tym odpowiednią jakość sterowania i minimalne koszty realizacji tego sterowania.

### 3.2 Przemysłowy Internet Rzeczy - IIoT

Aktualnie jesteśmy świadkami masowego wdrażania IoT oraz jego odmiany w postaci IIoT. Według wiodącej, światowej firmy badawczo-doradczej Gartner, w 2017 roku na świecie w sieciach Internetu Rzeczy działało ponad 8 mld węzłów [13]. Rok 2018 będzie przełomowy we wdrożeniach IIoT, co spowoduje jeszcze gwałtowniejszy wzrost liczby węzłów, do ok. 20 mld podłączonych urządzeń do Internetu w roku 2020 [12, 13]. Firma analityczna IDS szacuje, że w Polsce największy rynek IoT wraz z IIoT to zastosowania w monitoringu pojazdów oraz w branży energetycznej (smart grid) [12]. Czy idea IIoT znalazła już zastosowanie w dziedzinie inżynierii środowiska? Systemy wodno-kanalizacyjne to skomplikowane instalacje rozproszone, zarządzane najczęściej przez jeden spójny system sterowania.

System ten musi posiadać możliwość komunikacji on-line z czujnikami pomiarowymi i urządzeniami wykonawczymi. Wdrażając ideę IIoT możemy zapewnić zdalną parametryzację systemu sterowania, zdalne uruchamianie urządzeń, diagnostykę i zarządzanie serwisowaniem urządzeń obiektowych. Dodatkowo, zgodnie z ideą M2M (ang. *Machine to Machine*) możemy zagwarantować wymianę danych na dużą skalę pomiędzy różnymi urządzeniami obiektowymi bez udziału człowieka. IIoT może wspomagać zdalny monitoring, przyczyniając się do inteligentnego zarządzania procesami konserwacji maszyn i urządzeń wykonawczych (ang. *smart maintenance*). Klasyczne czujniki ultradźwiękowe lub termiczne, wyposażone w układ mikrokontrolera i odpowiednie oprogramowanie zarządzające, połączone do Internetu, pozwalają na budowę zaawansowanych systemów monitorowania stanu pracy maszyn i urządzeń w sieci wodno-kanalizacyjnej. Analiza danych realizowana już na poziomie urządzeń końcowych IIoT pozwala na natychmiastowe wykrycie symptomów usterki, co może przyczynić się do szybkiej reakcji osób odpowiedzialnych za utrzymanie ruchu i w konsekwencji obniżenie kosztów utrzymania danej instalacji w ciągłej sprawności. Natomiast globalna analiza danych na poziomie serwerów bazodanowych pozwala na wykrywanie obszarów sieci wymagających rozbudowy bądź modernizacji oraz strategicznego rozwoju.

### 3.3 Big Data i Cloud Computing

Wdrażaniu IIoT towarzyszy problem zagospodarowania ogromnych ilości danych, które będą spływały do centralnego systemu zarządzania z czujników i różnych urządzeń wykonawczych, rozmieszczonych na instalacjach technicznych. Dane te będą wartościowe, gdy poddane zostaną odpowiedniemu przetworzeniu, gdzie z szumu informacyjnego wyciągnięte zostaną dane istotne [4]. Z ogromem danych związane są również problemy transmisji dwukierunkowej oraz odpowiedniej filtracji różnorodnych danych (video, obraz, tekst, wartości numeryczne). Implementacja zaawansowanych technik przetwarzania dużych zbiorów danych pozwala na wykrywanie wzorców, kształtowanie trendów oraz generowanie korelacji. Dane najbezpieczniej jest gromadzić w chmurze obliczeniowej. Zaletami chmury obliczeniowej są: gotowa skonfigurowana infrastruktura sieciowa, gotowe specjalistyczne platformy systemowe i odpowiednie oprogramowanie. Cenną zaletą jest niższy koszt usług sieciowych, natychmiastowa dostępność najnowszych rozwiązań zarówno sprzętowych jak i programowych, skalowalność i możliwość wykorzystania zasobów w wielkości aktualnie potrzebnej. Bardzo istotne w komunikacji jest zachowanie bezpieczeństwa i prywatności danych. Ataki hackerskie w Internecie to niestety nadal zjawisko dość powszechne. Odpowiedzią jest rozbudowany system cyber-bezpieczeństwa, bazujący na najnowszych rozwiązaniach z dziedziny kryptografii i zaawansowanych rozwiązań programowo-sprzętowych. Standardowe podejście dotyczące gwarancji bezpieczeństwa w postaci stosowania firewallo, szyfrowania danych, stosowania programów antywirusowych i niepodłączania systemów automatyki do sieci Internet przeczy jednak idei IIoT. W zakresie Big Data i Cloud Computing standardem jest gwarantowanie jak najlepszego zabezpieczenia komunikacji i łączności, ciągły monitoring i analiza poziomów bezpieczeństwa oraz odpowiednia konfiguracja sprzętowa i aktualizacja oprogramowania oraz zarządzanie dostępem z uniemożliwianiem fizycznej ingerencji w sprzęt i jego modyfikację lub rekonfigurację miejscową lub zdalną.

Przewiduje się, że za kilka lat rozwiązania chmurowe przejmą większość procesów, które aktualnie realizowane są na stacjach roboczych i lokalnych serwerach. Docelowo, w miejsce zawodnych, energochłonnych, kłopotliwych w serwisowaniu komputerów, powszechne w użyciu staną się terminale operatorskie, które będą oferowały dostęp do aplikacji i usług w chmurze oraz do wszystkich urządzeń pracujących w systemie automatyki. Operator procesu będzie mógł w pełni zarządzać procesami z poziomu terminali operatorskich.

### 3.4 Sieci LPWAN

Sieci typu LPWAN (ang. *Low Power Wide Area Networks*) to kategorią sieci bezprzewodowych zoptymalizowanych na niski pobór mocy, duży zasięg, małe szybkości transferu danych, odporne na zakłócenia i zaniki sygnału, dedykowane do zastosowań w aplikacjach IoT i M2M. Do sieci LPWAN zalicza się głównie dwie technologie: Sigfox i LoRa, pracujące w oparciu o nielicencjonowane pasmo 868 MHz. Sigfox to sieć publiczna wymagające wykupienia abonamentu, natomiast LoRaWAN to sieć bezpłatna, która znajduje coraz szersze zastosowanie również w inżynierii środowiska [3].

LoRaWAN to protokół sterowania dostępem do medium transmisyjnego opracowany i zarządzany przez LoRa Alliance, stowarzyszenie powołane przez producentów branży IoT [2, 10]. W warstwie fizycznej implementuje standard LoRa oparty na technologii rozpraszania widma CSS (ang. Chirp Spread Spectrum). Transmisja radiowa odbywa się w nielicencjonowanym paśmie 868 MHz. LoRaWAN to sieć oparta na architekturze gwiazdy. Podstawowym elementem infrastruktury tej sieci jest bramka (gateway). Bramka bezprzewodowo komunikuje się z węzłami końcowymi sieci – tzw. modułami IoT. Z drugiej strony za pomocą standardowych protokołów (Ethernet, WiFi lub 3G) łączy się z serwerami sieciowymi (chmurami) – np. The Things Network [8]. Bramka jest urządzeniem jedynie przekazującym dane pomiędzy urządzeniem końcowym a serwerami. Komunikacja pomiędzy węzłami a serwerami jest dwukierunkowa. Możliwa jest komunikacja typu multicast – do wielu odbiorców jednocześnie. Bezpieczeństwo transmisji danych gwarantowane jest za pomocą szyfrowania 128-bitowym kluczem AES128. Zaletą LoRaWAN jest duży zasięg stacji bazowej – do ok. 15 km w terenie niezabudowanym i 2-5 km w terenie silnie zurbanizowanym. Jedna stacja bazowa jest w stanie obsłużyć do 20 tysięcy urządzeń końcowych. Prędkość transmisji może być regulowana w zakresie od 0,3 do 50 kbps [2].

Rozwój sieci typu LPWAN zaowocował ogłoszeniem, w październiku 2017, nowej specyfikacji LoRaWAN w wersji 1.1, gdzie wprowadzono wsparcie dla przełączania połączeń pomiędzy sieciami, możliwość geolokalizacji modułów oraz nową klasę węzłów końcowych – klasę B, dzięki której można uzyskiwać wysoką energooszczędność modułów. Standard LoRaWAN jest sukcesywnie rozwijany [10]. Popularność sieci ciągle rośnie, ze względu na duże zapotrzebowanie na urządzenia IoT oraz IIoT. Aktualnie, w zastosowaniach w inżynierii środowiska, standard LoRaWAN wykorzystywany jest między innymi do komunikacji pomiędzy stacją bazową a licznikami wody, energii elektrycznej i gazu. Przykład rozwiązania wodomierza z wbudowaną komunikacją LoRa przedstawiono na rysunku 1 [1].



Rys. 1. Wodomierz z wbudowanym modulem komunikacji LoRaWAN [1]

Fig. 1. Water meter with built-in LoRaWAN communication module [1]

Odpowiednio zabezpieczone rozwiązania komunikacji bezprzewodowej mogą zarządzać odczytami wielkości przepływów, zużycia mediów oraz wspomagać budowę tzw. profili użytkownika.

### 3.5 Problemy związane z wdrażaniem nowoczesnych systemów automatyki i IT w inżynierii środowiska

Sieci komputerowe operacyjne OT (ang. *Operation Technology*), zarówno przewodowe jak i bezprzewodowe funkcjonujące w przemyśle, często nie są wyposażane w zaawansowane wbudowane systemy ochrony, które spotyka się w tradycyjnych sieciach IT (ang. *Information Technology*). Ochrona sieci OT traktowana jest powierzchownie, ponieważ zakłada się, że to sieci IT są najbardziej narażone na ataki hackerskie i na tych sieciach skupia się ochrona. Podatność na ataki hackerskie sieci OT wynika z faktu coraz powszechniejszego podłączania sieci wewnętrznych do Internetu, wdrażania rozwiązań z zakresu IIoT, zaniedbywania aktualizacji oprogramowania oraz braku wdrażania kilkustopniowych mechanizmów uwierzytelniania. Problemem jest zapewnienie jednolitego, wysokiego poziomu bezpieczeństwa w warstwie aplikacyjnej, sprzętowej, sieciowej, komunikacyjnej i analitycznej. Problem dotyczy szczególnie systemów składających się z urządzeń pochodzących od różnych producentów preferujących różne standardy w zakresie bezpieczeństwa. Organizacja IIC (Industrial Internet Consortium) w dokumencie Industrial Internet Security Framework, opracowała praktyki pozwalające oceniać, zarówno producentom jak i użytkownikom, ocenę ryzyka związanego z wdrożeniem i użytkowaniem systemów IIoT [9]. Konsorcjum zakłada, że przy zastosowaniu dobrych praktyk i wykorzystywaniu urządzeń spełniających wymagania użytkownika, wdrożenie systemu IIoT nie stwarza większych zagrożeń niż te, istniejące w standardowych systemach IT.

Kolejnym problemem pojawiającym się w trakcie wdrażania i użytkowania rozwiązań IIoT jest brak standaryzacji. Rozwiązania IIoT często są projektowane i budowane z założeniem wykorzystywania różnych formatów danych i protokołów transmisji tych danych. Spowodowane jest to często koniecznością dopasowania rozwiązania do wymagań użytkownika, jednak utrudnia to integrację z systemami innych dostawców. Obecnie na rynku funkcjonuje ponad 20 różnych protokołów transmisji danych, które są równoległe wykorzystywane w zastosowaniach w IoT. Konsekwencją takiego stanu jest utrudniona integracja rozwiązań różnych producentów, utrudnione serwisowanie tych rozwiązań i późniejsza rozbudowa.

Urządzenia IIoT często są wdrażane w procesach, gdzie już funkcjonują systemy sterowania, monitorowania i wizualizacji. Problemem może okazać się integracja nowych urządzeń IIoT, zwiększających funkcjonalność systemu sterowania i monitorowania z urządzeniami już funkcjonującymi (tradycyjnymi czujnikami i urządzeniami wykonawczymi), wykorzystującymi stare rozwiązania z dziedziny automatyki i informatyki. Bardzo często wymiana starych urządzeń na nowe, z dziedziny IIoT, jest nieuzasadniona ekonomicznie. Bardziej opłacalna wydaje się gruntowna modernizacja obejmująca budowę nowej infrastruktury wraz z wdrożeniem nowoczesnych urządzeń IIoT, finalnie zwiększająca efektywność, wydajność i niezawodność systemu sterowania, monitorowania i wizualizacji.

Proces wdrażania innowacyjnego systemu IIoT wymaga instalacji nowego oprogramowania i nowego sprzętu, co generuje wysokie koszty początkowe inwestycji. Często konieczne jest przekwalifikowanie kadry. Pracownicy obsługi systemu muszą sprawnie poruszać się w dziedzinach Big Data (analiza danych w czasie rzeczywistym), komunikacji bezprzewodowej, inteligentnych algorytmów sterowania. Koszty przekwalifikowania lub zatrudnienia nowej kadry mogą być wysokie.

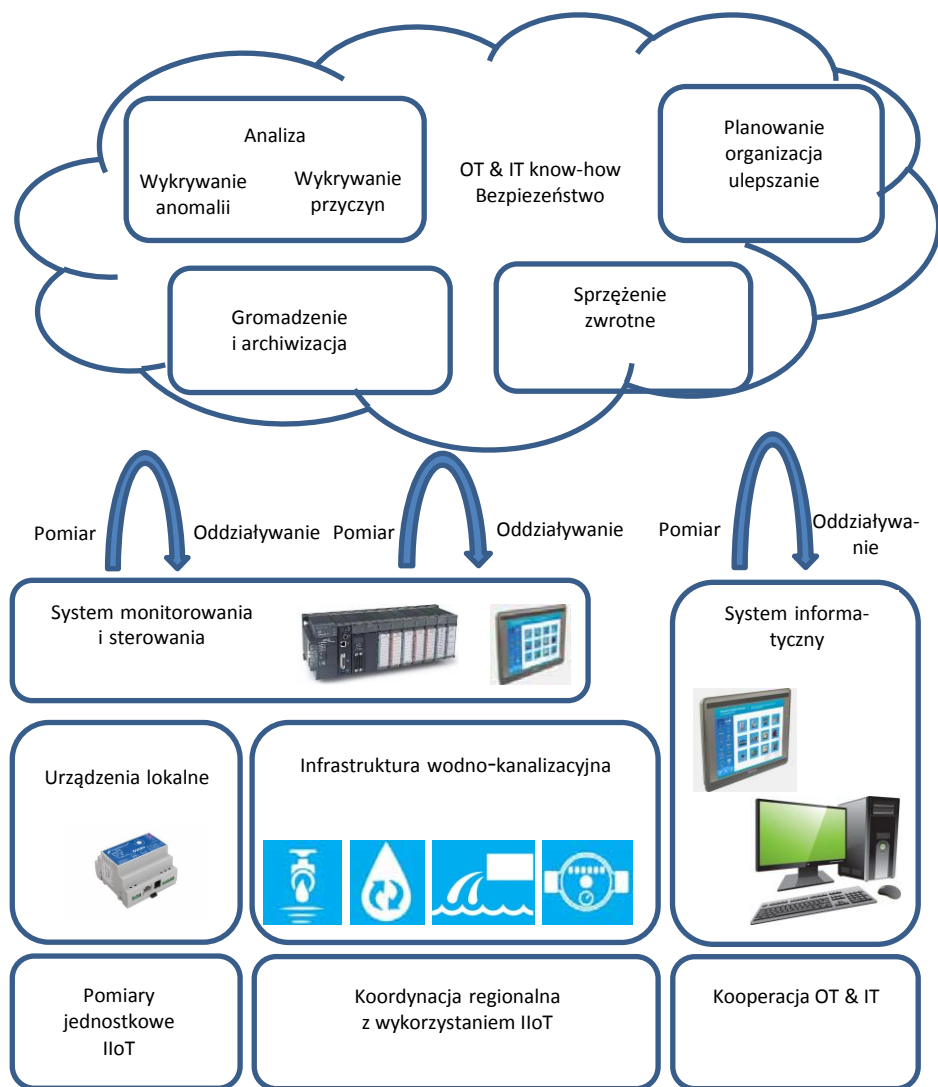
Pomimo wymienionych problemów i konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów, wdrażanie rozwiązań w dziedzinie IIoT wydaje się nieuchronne z perspektywy konieczności podnoszenia jakości zarządzania procesami i w dłuższej perspektywie obniżania kosztów realizacji procesów w inżynierii środowiska, szczególnie w systemach wodno-kanalizacyjnych.

#### **4. Koncepcja uniwersalnej i elastycznej platformy informatycznej do zarządzania systemami wodno-kanalizacyjnymi**

W systemach sterowania, monitorowania i wizualizacji, w warstwie sterowania bezpośredniego algorytmy sterowania realizowane są najczęściej w sterownikach PLC. Sterowniki te instalowane są najczęściej w pobliżu urządzeń wykonawczych – pomp, filtrów, sprężarek. Podłączenie sterowników do sieci lokalnej umożliwia zbieranie danych i gromadzenie ich w jednej, centralnej lokalizacji. Podłączenie urządzeń monitorujących oraz sterowników do sieci Internet pozwala integrować poszczególne obiekty, takie jak stacje uzdatniania wody, oczyszczalnie ścieków i przepompownie w jeden spójny system wodno-kanalizacyjny, zarządzany z centralnej lokalizacji. Nacisk kładziony na niezawodność i wysoką wydajność w czasie rzeczywistym spowodował, że elementy składowe systemu wodno-kanalizacyjnego tworzą najczęściej tzw. system zamknięty.



Infrastruktura wodno-kanalizacyjna, jako instalacja krytyczna z punktu widzenia społeczeństwa, działa najczęściej w sieciach komunikacyjnych wydzielonych i zamkniętych. Mamy zatem do czynienia z siecią rzeczy (ang. network of things), jednak nie jest ona częścią Internetu Rzeczy (IIoT) [1]. Aby zlikwidować wymienione ograniczenia należy przejść na otwarte rozwiązania zarówno w zakresie oprogramowania jak i sprzętu. Współpraca pomiędzy systemami OT i IT przynosi korzyści zarówno w czasie eksploatacji jak i później - w trakcie rozbudowy lub modernizacji systemów. Otwarta i elastyczna platforma IT integrująca urządzenia końcowe (IIoT) różnych producentów, współpracująca ze sterownikami przemysłowymi różnych producentów, przesyłająca dane do aplikacji w chmurze z jednoczesnym zapewnieniem wysokiego poziomu bezpieczeństwa, może zagwarantować optymalne zarządzanie systemami wodno-kanalizacyjnymi. Rozbudowany, od strony programowej, monitoring urządzeń realizowany za pomocą IIoT pozwoli wykrywać zbliżające się awarie, optymalnie zarządzać serwisem i przeglądami okresowymi. Szczegółowy monitoring na bazie IIoT pozwoli na wykrywanie wadliwych urządzeń i elementów instalacji, które zostały wyeksploatowane. Łącząc systemy OT z IT należy rozwiązać problemy wynikające z różnorodności sprzętu i oprogramowania dostarczanych przez różnych producentów. Również platformy IIoT mogą różnić się między sobą pod względem wykorzystywanych systemów informatycznych i protokołów komunikacyjnych. Wymiana danych w takich różnorodnych systemach nie jest łatwa. Platforma IIoT pozyskująca dane z OT z różnych systemów musi je poprawnie rozpoznawać. Właściwa identyfikacja danych może odbywać się już na poziomie oprogramowania bramek IIoT. Oprogramowanie takie powinno odpowiadać za komunikację z urządzeniami końcowymi IIoT, za wymianę danych pomiędzy urządzeniami końcowymi w zgodzie z ideą M2M oraz interpretację danych polegającą na sprawdzaniu kontekstu, jednostek, prawidłowości zakresu i czasu ich dotarcia. Przykładową strukturę elastycznej platformy informatycznej do zarządzania systemami wodno-kanalizacyjnymi przedstawiono na rysunku 2.



Rys.2. Uniwersalna i elastyczna platforma informatyczna  
 Fig. 2. Universal and flexible IT platform

## 5. Podsumowanie

Zawansowana, uniwersalna i elastyczna platforma IIoT umożliwia zbieranie wyników pomiarów wszystkich parametrów, istotnych dla pracy systemów dystrybucji wody, przepompowni ścieków i oczyszczalni ścieków, zapewniając optymalny dozór nad pracą urządzeń i obiektów w wymienionych zastosowaniach. Dane zbierane na poziomie obiektowym, przesyłane są do aplikacji chmurowej, gdzie są gromadzone, archiwizowane i poddawane wstępnej analizie. Aplikacja chmurowa zapewnia wysokie bezpieczeństwo przechowywanych i analizowanych danych. Analiza danych ma na celu sprawne i jednoznaczne wykrywanie anomalii, awarii oraz diagnozowanie ich przyczyn. Dane poddane analizie są wykorzystywane do planowania, ulepszania i optymalnej organizacji procesów związanych z obróbką wody i ścieków. Nadzorca systemu sterowania posiada w każdej chwili dostęp do informacji o aktualnym stanie systemu, może szybko reagować na wszelkie zachodzące w nim zmiany dotyczące np. rozbioru wody lub awarii elementów systemu. Takie rozwiązanie techniczne pozwala na poprawną eksploatację systemu, zmniejszenie strat wody oraz zmniejszenie uciążliwości dla końcowego odbiorcy spowodowanych ewentualnymi awariami obiektowymi. Obiekty technologiczne oraz magistrale przesyłowe są obiektami rozproszonymi na znacznym terenie, stąd zapewnienie prawidłowej komunikacji pomiędzy sterownikami obiektowymi a stacją dyspozytorską jest krytycznym zadaniem, które może być wspomagane przez wykorzystanie urządzeń IIoT.

Innowacyjne rozwiązania informatyczne wspomagające budowę uniwersalnych i elastycznych platform IIoT wchodzących w skład systemów sterowania, monitorowania i wizualizacji urządzeń wykonawczych i instalacji technologicznych w stacjach uzdatniania wody i oczyszczalniach ścieków powinny cechować się otwartością i podatnością na przyszłe rozszerzenia i modyfikacje. Cechy te są bardzo istotne w kontekście przyszłej rozbudowy sieci wodociągowych, budowy nowych hydroforni i ujęć wody oraz modernizacji, rozbudowy oraz budowy nowych oczyszczalni ścieków i przepompowni ścieków będących w zarządzaniu zakładu komunalnego lub zakładu przemysłowego. Wdrażanie rozwiązań z dziedziny IIoT wspomaga budowę innowacyjnych rozwiązań dla zastosowań w inżynierii środowiska.

## Bibliografia

- 1) Hatayama, M., Kikuchi, N., Nakamura, N., Nishimura, T., Tadokoro, H., Uemura, K., Monitoring and Control Systems for the IoT in the Water Supply and Sewerage Utilities. *Hitachi Review*, Vol. 66 (2017), pp. 52-59  
[http://www.hitachi.com/rev/archive/2017/r2017\\_07/pdf/p52-59\\_R7A03.pdf](http://www.hitachi.com/rev/archive/2017/r2017_07/pdf/p52-59_R7A03.pdf) (dostęp 30.03.2018)
- 2) Koperski, B., Nowak, M., Szymborska, A., Wykorzystanie standardu LoRaWAN do budowy bezprzewodowych sieci sensorowych w inteligentnych budynkach. Napędy i sterowanie – Miesięcznik naukowo-techniczny, ISSN 1507-7764, Racibórz, 6(206)/2016, (52-55)
- 3) Kubiak, Z., Łukasik, E., Sroczan, M., Urbaniak, A., Zgrzeba, B., Technologia LoRa w kontekście sieci bezprzewodowych oraz Internetu Przedmiotów w systemach pomiarowych przedsiębiorstw wodociągowych i kanalizacyjnych. Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód. Zbysław Dymaczewski, Joanna Jeż-Walkowiak, Andrzej Urbaniak (red.). Wyd. PZiTS O/Wielkopolski, Poznań, 2016, (605-620)
- 4) Łukaszewski, T., Nowak, M. Inteligentne systemy sterowania w inżynierii środowiska wykorzystujące podejście predykcyjne. Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód. Zbysław Dymaczewski, Joanna Jeż-Walkowiak, Mariusz Nowak (red.). Wyd. PZiTS O/Wielkopolski, Poznań, 2014, (1123-1131)
- 5) Nowak, M. Nowe rozwiązania informatyczne wspierające systemy sterowania, monitorowania i wizualizacji w gospodarce wodno-ściekowej. Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód. Zbysław Dymaczewski, Joanna Jeż-Walkowiak, Andrzej Urbaniak (red.). Wyd. PZiTS O/Wielkopolski, Poznań, 2016, (157-173)
- 6) Urbaniak, A. Komputerowe wspomaganie eksploatacji obiektów i procesów w systemach zaopatrzenia w wodę i oczyszczania ścieków. Monografia naukowa. Wyd. Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, Warszawa, Polska, 2016, 195 stron
- 7) Agenda 21 ONZ. <http://worldwaterday.org> (dostęp 30.03.2018)
- 8) Chmura obliczeniowa TTN.  
<http://www.thethingsnetwork.org> (dostęp 30.03.2018)
- 9) Industrial Internet Consortium. Industrial Internet of Things Volume G4: Security Framework. [https://www.iiconsortium.org/pdf/IIC\\_PUB\\_G4\\_V1.00\\_PB-3.pdf](https://www.iiconsortium.org/pdf/IIC_PUB_G4_V1.00_PB-3.pdf) (dostęp 30.03.2018)
- 10) LoRa Alliance. Stowarzyszenie non-profit. <https://lora-alliance.org> (dostęp 30.03.2018)
- 11) Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju. Program operacyjny Infrastruktura i Środowisko na lata 2014-2020. Warszawa, 2014. [https://www.pois.gov.pl/media/54287/PO-IiS\\_2014\\_2020\\_v\\_6.pdf](https://www.pois.gov.pl/media/54287/PO-IiS_2014_2020_v_6.pdf) (dostęp 30.03.2018)
- 12) Raport firmy analitycznej IDC monitorującej rynki technologii informatycznych i telekomunikacyjnych dotyczący rozwoju IoT.  
<https://www.idc.com/infographics/IoT> (dostęp 30.03.2018)
- 13) Raport firmy badawczo-doradczej Gartner dot. ekspansji IoT i przewidywany poziomy wzrostu nasycenia IoT. <https://www.gartner.com/newsroom/id/3598917> (dostęp 30.03.2018)
- 14) UN-Water. Jednostka ONZ obejmująca agendy, departamenty oraz programy związane z kwestią zasobów wodnych. <http://unwater.org> (dostęp 30.03.2018)