

## APLICAREA TEHNOLOGIEI IOT ÎN INDUSTRIA APEI

George Alexandru SMEU, Constantin GHIȚĂ, Aurel Ionuț CHIRILĂ, Dragoș Ioan DEACONU, Valentin NĂVRĂPESCU  
Universitatea Politehnica București

**Summary.** Technological developments in the field of sensors, transducers and data transmission lead to the development of industrial automation. In the field of drinking water distribution networks, this evolution brings a significant value contribution, in the form of saving and solving the problem of water loss. IoT (Internet of Things) technology allows the development of underground monitoring networks, which allow real-time visualization of data collected from the drinking water distribution network. This paper presents examples of possible applications due to the implementation of IoT technology in the water industry.

### 1. INTRODUCERE

În vederea actualizării informațiilor din teren în timp real, se poate implementa tehnologia IoT în industria echipamentelor de pompare. În acest sens, grupurile de pompare nu vor mai funcționa doar bazându-se pe curbele de pompare sau pe intervalele orare de pompare. Bineînțeles, o asemenea automatizare a procesului de pompare implică costuri mari de implementare deoarece fiecare DMA (District Metered Area – zonă monitorizată și contorizată) are nevoie de senzori de presiune instalați în zonele problematice, debitmetre pentru controlul furnizării de apă, echipamente de tip microfon pentru detecția acustică a pierderilor de apă și vane de control a debitelor/presiunilor [1].

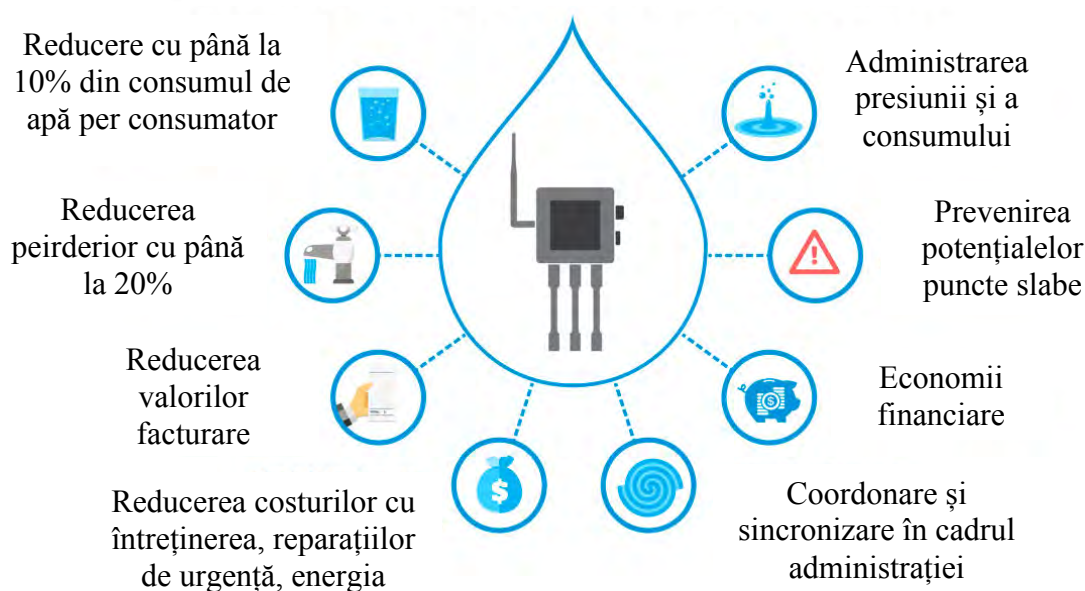


Figura 1. Beneficiile tehnologiei IoT în industria apei potabile

Având în vedere necesarul de control al unei zone monitorizate, implementarea tehnologiilor cât mai rapide aduc de la sine posibilitatea controlului în timp real. Arhitectura de transmisie date și de logică decizională poate fi cu mult îmbunătățită utilizând tehnologia IoT / 5G. Viteza cu care sunt colectate datele unui anumit eveniment optimizează firul decizional,

---

deoarece informațiile mai multor echipamente, recepționate simultan, simplifică procesul decizional.

## 2. CARACTERISTICILE TEHNOLOGIEI IOT

Deși ideea de IoT există de ceva vreme, mai multe evoluții tehnologice au făcut ideea mai practică și mai puțin costisitoare. Astfel se pot enumera o serie de caracteristici cheie fără de care implementarea nu ar avea succes:

### 2.1 Accesul la senzori mai ieftini, cu un consum mai redus de energie electrică

Fie că discutăm despre un electrod de pH, un traductor de presiune sau un senzor de măsurare Clor, consumul energetic a fost întotdeauna o mare problemă. Un echipament instalat sub terasament pe o conductă de apă potabilă nu are acces la rețeaua de energie electrică sau la posibilitatea utilizării energiei solare. Tehnologia bateriilor a evoluat astfel încât un traductor de presiune poate funcționa fără alimentare electrică chiar și 5 ani. În același timp evoluția materialelor a permis fabricarea senzorilor mai ieftini și se poate mări numărul de instalări, cu același buget, acoperind o suprafață mai mare.

### 2.2 Conectivitatea

Inițial sistemele pentru monitorizarea acustică a pierderilor de apă acumula date iar operatorul trebuia să le viziteze săptămânal pentru a culege acele date. Același principiu se aplică și apometrelor casnice. Utilizând tehnologia IoT, echipamentele au posibilitatea de a transmite informațiile acumulate în timp real, de la un aparat la altul, până când datele ajung la un nod de rețea unde sunt încărcate în cloud-server. O astfel de rețea de transfer date aduce avantaje precum economia în fabricarea echipamentelor (nu sunt necesare modem-uri costisitoare), durată de viață prelungită a bateriilor (consum redus în transmisia de date), costuri mici de exploatare (fără cartele SIM și contracte de date), redundanță (dacă un echipament nu poate prelua datele altui echipament, cel din urmă caută un alt receptor în zonă) etc.

### 2.3 Platforme Cloud computing (interpretarea datelor)

Disponibilitatea platformelor de tip cloud fac posibilă accesarea și interpretarea cu ușurință a datelor prin intermediul oricărui dispozitiv, fără nevoia de a administra fluxul de date. De la o simplă configurare a setărilor la momentul instalării, orice echipament IoT este gata să furnizeze date. Algoritmi AI (Inteligență Artificială) permit filtrarea și interpretarea datelor la momentul recepționării acestora.

### 2.4 Învățare și analiză automată

Evoluția sistemelor care învață automat joacă un rol important în calitatea interpretării datelor. Pentru un fir decizional cât mai corect, volumul de date ce intră în calculele statistice nu mai este suficient. Sistemele automate de calcul și analiză, controlate prin inteligență artificială autodidactă, oferă datele adaptate studiului și interpretării umane câștigând astfel timp prețios de reacție.

### 2.5 Inteligența artificială

Evoluția sistemelor de calcul a permis implementarea algoritmilor de decizie ce se bazează pe statistica datelor acumulate. Acești algoritmi au evoluat în așa manieră încât pot reacționa cu viteză în condiții de avarie, sau pot decide modificarea parametrilor unei zone

monitorizate pentru a furniza un serviciu optim. Toate aceste influențe ale AI economisesc timp critic de reacție, la o fracție din costurile cu personalul uman instruit [2].

### 3. FORMA APLICATĂ A TEHNOLOGIEI IOT

Orașele inteligente fac parte din grupul Industrial Internet of Things (IIoT). Acest grup se referă la aplicarea tehnologiei IoT în mediul industrial, în special atunci când vine vorba despre instrumentație de control, senzori de proces și echipamente ce utilizează date din cloud. IIoT este definit și ca al patrulea val al evoluției industriale deoarece permite formarea unui alt nivel de comunicare M2M (machine to machine). Noul nivel permite trecerea datelor și implicit a deciziilor prin filtrele AI ale cloud server-ului, rezultând un proces tehnologic mai bine adaptat și optimizat. O ramură a orașelor inteligente o descrie monitorizarea sistematică a rețelelor subterane. Fie ca este vorba despre rețeaua de distribuție a apei potabile sau despre rețeaua de transport a apelor uzate, acestea sunt situate în subteran, adesea în zone problematice precum sub clădiri sau sub intersecții rutiere aglomerate. Pentru a avea o mai bună vedere asupra a ce se întâmplă în interiorul rețelelor și al nodurilor de distribuție se instalează echipamentele IoT de monitorizare și control, ce nu necesită revizii periodice sau colectare de date. Natura aplicației face ca intervenția la nivelul echipamentelor să fie greoaie și costisitoare. Pentru asemenea instalări a fost concepută rețeaua de senzori inteligenți [3].

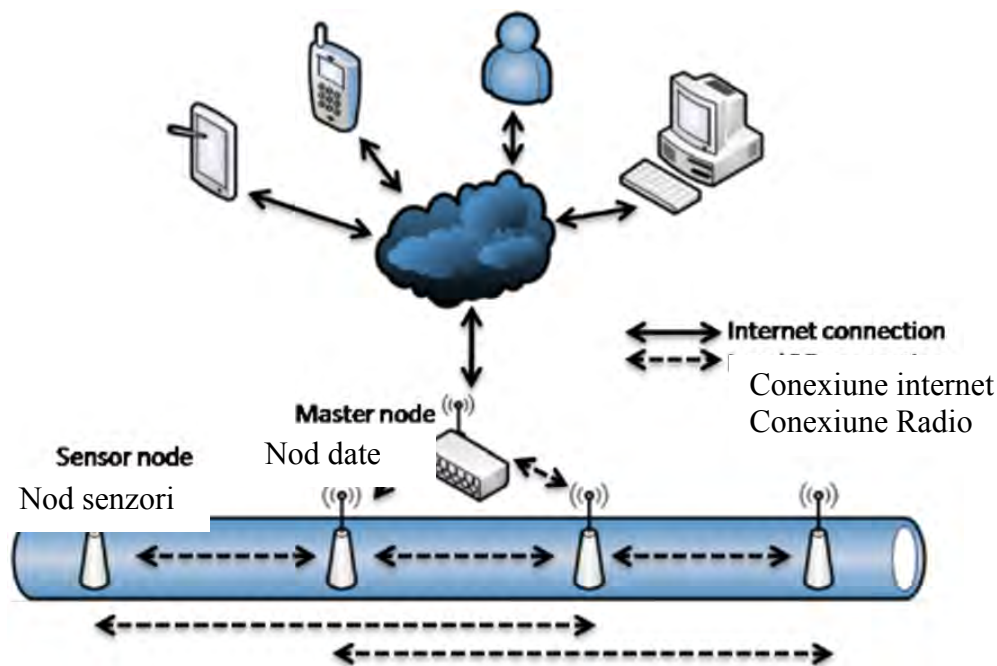


Figura 2. Schema generală a unei rețele de wireless în subteran pentru monitorizarea unei magistrale de apă

### 4. EXEMPLE DE APLICAȚII IOT ÎN REȚEAUA DE DISTRIBUȚIE A APEI POTABILE

Spre exemplu într-o situație de avarie la nivelul unei magistrale de distribuție apă potabilă, operatorul primește informația sub formă de deducție din bilanțul debitelor înregistrate de către apometrul general al DMA-ului, raportat la bilanțul consumatorilor de apă facturați din acel DMA (apometrele consumatorilor). În funcție de frecvența cu care se fac aceste citiri și bilanțuri, constatarea unui asemenea defect se poate face într-o perioadă de 1 zi (cazul ideal) și

1 lună (cazul cel mai probabil). Într-o astfel de aplicație, constatarea diferențelor în bilanțurile de apă atrage după sine declanșarea procedurii de monitorizare a zonei problematice, culminând cu activități de detecție pierderi de apă și într-un final reabilitarea tronsonului problematic. Valoarea pierderilor de apă pierdută și nefacturată este deloc de neglijat și total suportată de către compania de apă. [4]

Citirea presiunii în timp real, combinată cu o metodă rapidă de transmisie date, reprezintă cel mai mare avantaj în monitorizarea unei zone. Instalația hidraulică ideală nu admite pierderi de presiune de-a lungul fluxului de distribuție, bineînțeles cu excepția sectoarelor ce prezintă diferențe de nivel. Totodată, căderea de presiune pe fiecare consumator în parte se poate estima, în funcție de tipul consumatorului, de dimensiunea bransamentului, de debitul lunar de apă consumat etc. Cunoscând aceste date, este posibilă modelarea hidraulică a unei zone monitorizate. O astfel de modelare ne permite să stabilim cu exactitate punctele de real interes în ceea ce privește monitorizarea presiunii. Aceste puncte strategice sunt zonele etalon în funcție de care se poate realiza reglajul precis al vanelor de distribuție a presiunii.

Alt exemplu, un cartier este compus din locuințe tip casă și din ansambluri rezidențiale de tip apartament. Acest cartier are o singură linie de alimentare cu apă potabilă pe terenul cartierului ceea ce îl face un DMA natural ideal. Utilizând aceste date, se poate realiza o modelare hidraulică precisă, ținând cont de tipul locuințelor, de diferențele de altitudine prezente la nivelul terenului, de norma de înălțime a ansamblurilor de locuințe, și de consumul normat la graficul zilnic de consum (consum de apă potabilă în funcție de oră). În urma modelării hidraulice, se ajunge la concluzia că presiunea necesară locuințelor de tip casă este cu mult mai mică față de presiunea necesară ansamblurilor rezidențiale, în condiții de utilizare la ora de vârf. Pe de altă parte în condiții de secetă sau seri călduroase necesarul de debit crește din partea locuințelor de tip casă pe terenul cărora se regăsesc grădini ce trebuie irigate. În această situație, presiunea furnizată constant de către rețea nu este suficientă pentru a satisface consumul caselor și pentru a furniza o presiune constantă la etajele superioare a ansamblurilor de locuințe. Într-o asemenea structură, compania de apă ar fi monitorizat aceste căderi de presiune, și ar fi reglat corespunzător graficul de pompare în funcție de ora de consum. [5][6]

Orice procedură care necesită atenția unui operator, sau prelucrarea suplimentară a datelor, întârzie factorul decizional și implicit, duce la creșterea pierderilor nefacturate de apă, dar și la creșterea deranjului resimțit de către consumatori. Echipamentele casnice și industriale ce utilizează apa în mod curent, sunt construite și proiectate să funcționeze la un anumit randament, dat de anumite condiții oferite de către rețeaua de distribuție a apei potabile. Aceste echipamente pot suferi defecțiuni în condițiile în care rețeaua de apă nu este stabilă, ducând astfel la pierderi materiale.

## 5. APLICAȚII ÎN DOMENIUL SIGURANȚEI ALIMENTARE – APĂ POTABILĂ

Un set de echipamente având conexiune la internet, printre care un debitmetru, un senzor de presiune a apei, un senzor de pH sau clor, pot colabora pentru a monitoriza în continuu calitatea apei din rețeaua de transport. Sistemele disponibile pe piață permit implementarea acestor puncte de control cu ușurință, la costuri reduse. Interfețele de achiziție și prelucrare date sunt din ce în ce mai simplificate, nefiind necesare cunoștințe avansate sau instruiți specializate pentru a le putea opera. Scopul acestor simplificări este întocmai acela de a ușura volumul de lucru la care este predispus operatorul, iar sistemele expert au tendința de a prelua sarcinile și responsabilitățile operatorilor.

În mod indirect, contorizarea surselor de apă potabilă generează un efect de conștientizare asupra conservării resurselor de apă, întârzie extinderea costisitoare a sistemelor de pompare și distribuție, economisește energie și reactivi chimici, le permit furnizorilor să taxeze utilizarea apei în funcție de consum, și reprezintă cel mai corect mod de a aloca aceste

costuri utilizatorilor. Însă majoritatea orașelor încă folosesc contoare mecanice prin care urmăresc consumul casnic cât și cel industrial. Acest tip de contoare nu pot transmite datele operatorilor de apă sau consumatorilor, deoarece le lipsește conectivitatea. Atunci când se dorește verificarea consumului, un operator trebuie să meargă la locație și să citească index-ul actualizat. [7]

Țările afectate de consumul de apă sunt fruntașe în domeniul inovației contoarelor. Echipamentele conectate prin intermediul IoT, împreună cu senzori, aplicații mobile, permit utilizatorului să vizualizeze consumul de apă și să primească alerte în condițiile în care consumul crește peste o limită pre-stabilită. Prin această tehnologie, contoarele inteligente îmbunătățesc încasările aferente consumului, generează estimări de consum și previziuni și îmbunătățesc eficiența facturării. [8]

## 6. EXEMPLE DE APLICAȚII ALE TEHNOLOGIEI IOT ÎN DOMENIUL APEI POTABILE

### 6.1 Monitorizarea acustică a pierderilor de apă din rețea

Un exemplu de aplicație ce beneficiază de tehnologia IoT în domeniul distribuției de apă potabilă este monitorizarea acustică a rețelelor hidraulice pentru a preveni sau pentru a detecta în timp real pierderile de apă prin fisuri, spărturi sau chiar și branșamente ilegale. Un exemplu de senzor acustic cu prindere magnetică este PermaNET SU (figura 3) de la producătorul britanic HWM. Acesta este echipat cu baterie ce îi asigură funcționarea pentru o perioadă minimă de 5 ani, și are în componență modul de telemetrie NB-IoT pentru a transmite datele în timp real atât către serverul Cloud cât și către senzorii aflați în imediata sa apropiere. Senzorul se fixează magnetic pe suprafața curățată a conductei metalice, pe marginea unei flanșe metalice sau cu o bandă metalică de strângere pentru cazurile în care conducta este din material plastic.

La apariția unei fisuri sau spărturi pe suprafața conductei, sunetul provocat de pierderea de apă prin fisură este captat de către minimum doi senzori acustici. Momentul exact al captării sunetului reprezintă cheia corelării pierderii pe traseul conductei. Cunoscând viteza de propagare sunetului prin materialul conductei și luând în considerare faptul că sunetul ajunge cel mai probabil întâi la un senzor iar apoi la celălalt, diferența de timp permite poziționarea pierderii pe lungimea traseului de conductă. Corelarea pierderilor se face în timp scurt, iar pentru a elimina pozitivele false, senzorii fac o nouă citire în timpul nopții când se consideră consum zero din partea populației.

Aceiași senzori pot fi utilizați pentru a identifica consumatori de apă branșați ilegal. Spre exemplu, anumite branșamente pot funcționa doar noaptea pentru a nu atrage atenția pe timpul zilei. Sunetul tuturor branșamentelor este captat atunci când branșamentul se află în exploatare, dar sunetele branșamentelor cunoscute pot fi excluse din algoritmul de detecție. Prin această tehnică se identifică branșamentele ilegale.



Figura 3. Senzor acustic detecție pierderi HWM PermaNET SU

## 6.2 Monitorizarea turbidității în sistemul de distribuție a apei potabile

În acest exemplu se consideră situația în care distribuția apei potabile este reluată după o oprire scurtă pentru reparația sau înlocuirea unui tronson de conductă. Într-o astfel de procedură, pornirea apei se face lent astfel încât sedimentul de oxid din interiorul conductelor să nu fie ridicat de trecerea bruscă a apei și să fie transportat către consumator. Efectul de pornire lentă nu se mai sesizează totuși la distanțe mari față de punctul de pompare.

Astfel se instalează senzori de turbiditate în interiorul conductei pentru monitorizarea în timp real a nivelului de turbiditate. Aceștia sunt echipați cu module de transmisie date adaptate IoT, și discută împreună pentru a stabili turbiditatea zonală a unui cartier. Acești senzori sunt în directă legătură cu vanele automate de reglaj poziționare în noduri strategice ale rețelei cartierului.

Atunci când un senzor aflat în amonte identifică valori crescute ale turbidității, acesta comandă închiderea parțială sau „gâtuirea” vanei de comandă aflată în aval, astfel încât apa ce trece prin acel tronson să fie încetinită. Același lucru se întâmplă cu senzorii din aval, pentru a minimiza pe cât posibil influența turbidității la nivelul apei, în procesul de pornire. Un exemplu de senzor este VisoTurb 700 IQ de la producătorul german WTW (figura 4).

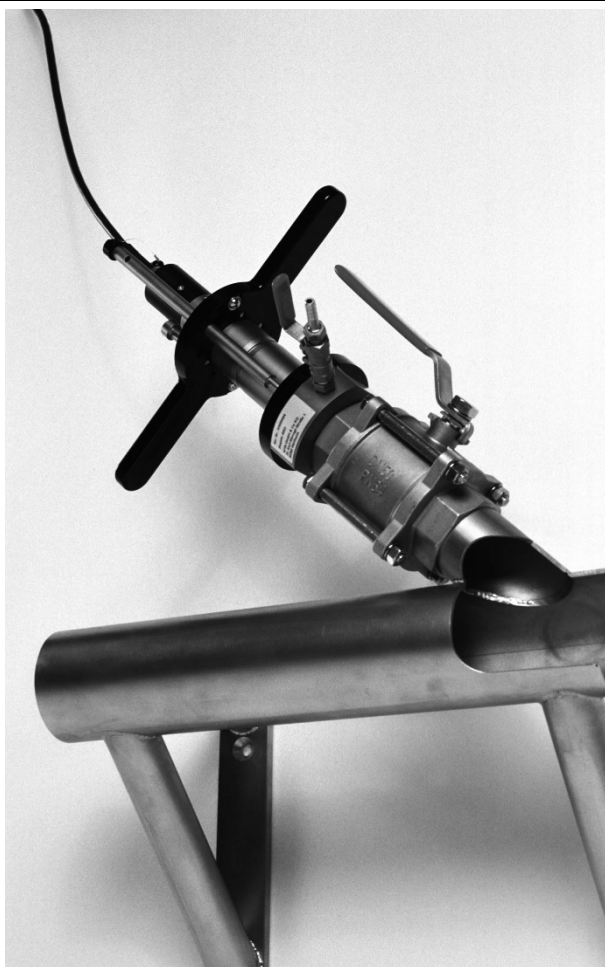


Figura 4. Senzor pentru măsurarea turbidității WTW VisoTurb 700 IQ

### *6.3 Monitorizarea și reglajul concentrației de Clor din rețeaua de distribuție*

În acest exemplu, echipamentele IoT sunt utilizate pentru monitorizarea concentrației de clor din rețeaua de distribuție apă potabilă. Pentru a păstra apa în parametri microbiologici, se injectează clor fie gazos fie sub forma de hidroxid de clor, pentru dezinfecție. Probleme apar atunci când punctul de consum este la mare distanță față de stația de pompare. Clorul nu se poate fixa chimic de apă, așa că se pierde din rețea, în special în punctele de consum mai înalte precum fabrici sau blocuri de locuințe.

Pentru a păstra o dezinfecție corespunzătoare a apei, se implementează puncte de injecție clor în puncte cheie precum intersecții mari de conducte sau cartiere rezidențiale noi sau îndepărtate. Cu ajutorul senzorilor de clor se monitorizează concentrația în timp real și tot aceștia comandă de la distanță, prin rețeaua de date, pompele de injecție a clorului. Monitorizarea se face la ieșirea apei din zona în care se injectează, pe parcursul traseului de distribuție și în mod special la capetele ramurilor de distribuție.

Sub o astfel de arhitectură de monitorizare-control apa potabilă nu va avea riscul de infecție datorită unei concentrații prea mici de clor, și nici nu va prezenta disconfortul sau pericolele unei concentrații exagerate. Pentru o aplicație de acest gen se pot utiliza analizoare de clor precum Chlorine 3000 (figura 5) de la producătorul WTW, sau senzori de clor cu by-pass precum CL2 de la Meinsberg (figura 5).





Figura 5. Analizor pentru măsurarea concentrației de clor (stânga) și senzor pentru măsurarea clorului liber (dreapta)

## 7. CONCLUZII

Deși pare costisitoare la prima vedere, implementarea tehnologiei IoT în domeniul distribuției apei potabile aduce mari beneficii. Efortul de implementare este repede amortizat prin scăderea volumului de apă pierdută și nefacturată și prin optimizarea intervalelor de pompare și implicit a consumurilor energetice. Un alt beneficiu important îl aduce monitorizarea în timp real a calității apei, având certitudinea că apa este furnizată la cel mai înalt standard de calitate și în deplină siguranță.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] S. Alvisi, M. Franchini, “A procedure for the design of district metered areas in water distribution systems”, *Procedia Engineering*, 2014.
- [2] A.M. Sadeghioon, N. Metje, D.N. Chapman, C.J. Anthony, “SmartPipes: Smart Wireless Sensor Networks for Leak Detection in Water Pipelines”, *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 2014.
- [3] M. Aydogdu, M. Firat, “Estimation of failure rate in water distribution network using fuzzy clustering and LS-SVM methods”, *Water Resources Management*, 2015.
- [4] A. Di Nardo, M. Di Natale, C. Giudicianni, R. Greco, G.F. Santonastaso, “Water supply network partitioning based on weighted spectral clustering”, *Studies in Computational Intelligence: Complex Networks & Their Applications*, 2017.
- [5] R. Gomes, A.S. Marques, J. Sousa, “Identification of the optimal entry points at district metered areas and implementation of pressure management”, *Urban Water Journal*, 2012.
- [6] H.E. Mutikanga, S. Sharma, K.S. Vairavamoorthy, “Water loss management in developing countries: challenges and prospects”, *Journal of American Water Works Association*, 2009.
- [7] F. Trojan, D.C. Morais, “Maintenance management decision model for reduction of losses in water distribution networks”, *Water Resources Management*, 2015.
- [8] J. Thornton, “Managing leakage by managing pressure: a practical approach”, *Water21*, 2004.