

Πλατφόρμα SmartWater2020 Research Infrastructure

Παραδοτέο 6.3

30/11/2020



Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων.....	2
1 Εισαγωγή.....	3
2 Ερευνητική Υποδομή.....	3
2.1 L-Town Benchmark Network.....	3
2.2 SCADA Benchmark Dataset.....	4
2.3 Reproducible Software.....	6
2.4 Αποτελέσματα παγκόσμιου διαγωνισμού BattleDIM	6
3 Σύνοψη	8

1 Εισαγωγή

Πέραν του 20% του πόσιμου νερού χάνεται μέσα στα δίκτυα διανομής νερού των Ευρωπαϊκών πόλεων, εξαιτίας διαρροών και άλλων σφαλμάτων τα οποία μπορεί να διαρκέσουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα, μέχρι και μήνες, προκαλώντας ζημιές στις κρίσιμες υποδομές, σπατάλη νερού και ενέργειας, καθώς και οικονομικό κόστος. Ως αποτέλεσμα, είναι σημαντική η ανάπτυξη ευφύων τεχνολογιών οι οποίες να μπορούν να μειώσουν τις απώλειες νερού εξ' αιτίας αυτών των διαρροών.

Το παραδοτέο αυτό έχει ως σκοπό την δημιουργία πλατφόρμας υποδομής έρευνας στο πλαίσιο των θεμάτων του SmartWater2020, η οποία να προσφέρει τη δυνατότητα προσομοίωσης και δοκιμής νέων αλγορίθμων από ερευνητές και τελικούς χρήστες, σε περιβάλλον προσομοίωσης πραγματικού δικτύου.

Η υποδομή βασίστηκε πάνω στην πιλοτική περιοχή του SmartWater2020, και πάνω στην τεχνική ανίχνευσης διαρροών με τη χρήση αισθητήρων πίεσης τοποθετημένους σε στρατηγικά σημεία στο δίκτυο.

2 Ερευνητική Υποδομή

2.1 L-Town Benchmark Network

Το L-Town (βλέπε Εικ. 1) είναι μια μικρή υποθετική πόλη με πληθυσμό περίπου 10.000 ατόμων. Η υπηρεσία ύδρευσης της L-Town είναι υπεύθυνη για την παροχή πόσιμου νερού στους καταναλωτές μέσω ενός δικτύου σωλήνων συνολικού μήκους 42,6 χλμ. Τα προηγούμενα χρόνια, η υδατοπρομήθεια αντιμετώπιζε μεγάλο αριθμό διακοπών σωλήνων και απώλειας νερού, επηρεάζοντας την ποιότητα των υπηρεσιών του. Το δίκτυο διανομής νερού της L-Town δέχεται νερό από δύο (2) δεξαμενές και η υδατοπρομήθεια στοχεύει στην παροχή νερού με κεφαλή πίεσης τουλάχιστον 20m σε όλους τους καταναλωτές της. Μια βαλβίδα μείωσης πίεσης (PRV) είναι εγκατεστημένη στο κάτω μέρος της πόλης ("Περιοχή Β"), για να βοηθήσει στη μείωση των διαρροών στο παρασκήνιο. Τα PRV εγκαθίστανται απέναντι των δύο κύριων δεξαμενών, για να βοηθήσουν στη ρύθμιση της πίεσης. Μια αντλία και μια δεξαμενή νερού έχουν εγκατασταθεί στο υψηλότερο τμήμα της πόλης («Περιοχή Γ»), για να παρέχουν επαρκή πίεση στους καταναλωτές αυτής της περιοχής. Η δεξαμενή έχει διάμετρο 16 μέτρα με κυλινδρικό σχήμα. Η αντλία έχει προγραμματιστεί έτσι ώστε η δεξαμενή να ξαναγεμίζει κατά τη διάρκεια της νύχτας και να αδειάζεται στην περιοχή «C» κατά τη διάρκεια της ημέρας. Υπάρχουν τρεις τύποι καταναλωτών στο L-Town: οικιακοί, εμπορικοί και βιομηχανικοί. Κατά τη διάρκεια των εργάσιμων ημερών (Δευτέρα έως Παρασκευή), η κατανάλωση νερού ακολουθεί παρόμοιο μοτίβο, ενώ κατά τη διάρκεια του Σαββατοκύριακου (Σάββατο και Κυριακή), υπάρχει υψηλότερη κατανάλωση κατά τις καθυστερημένες ώρες ως αποτέλεσμα της νυχτερινής ζωής. Οι περιοχές με βιομηχανικούς χρήστες δεν ακολουθούν το ίδιο πρότυπο κατανάλωσης. Το L-Town βρίσκεται στο βόρειο ημισφαίριο, επομένως αναμένεται υψηλότερη χρήση νερού γύρω στον Ιούλιο / Αύγουστο και χαμηλότερο τον Δεκέμβριο / Ιανουάριο. Για τους σκοπούς αυτής της πρόκλησης, δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην κατανάλωση νερού κατά τη διάρκεια διακοπών ή άλλων ειδικών ημερών.

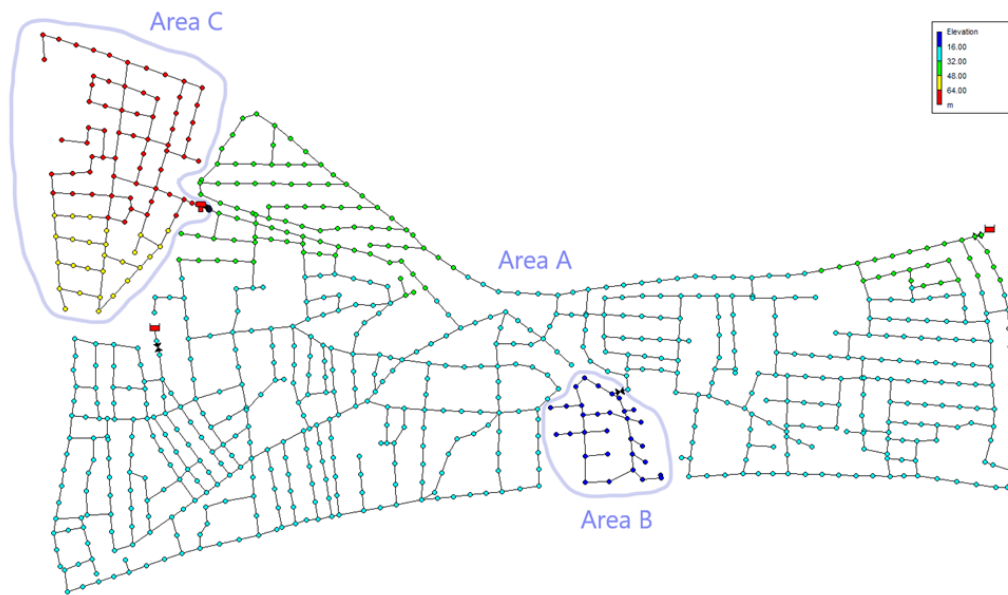
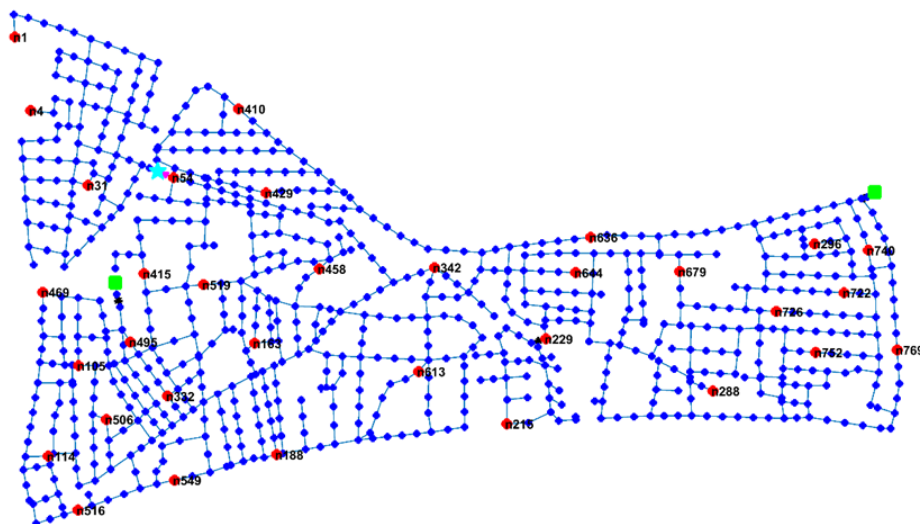


Fig.1: The L-Town Benchmark Network

2.2 SCADA Benchmark Dataset

Για να ενισχύσει την ικανότητά του να παρακολουθεί τις απώλειες νερού, η υδατοπρομήθεια της L-Town αποφάσισε να εγκαταστήσει έναν (1) αισθητήρα στάθμης νερού δεξαμενής, τρεις (3) αισθητήρες ροής και 33 αισθητήρες πίεσης (βλ. Εικ. 2), όλοι μεταδίδουν τις μετρήσεις τους κάθε 5 λεπτά στο Σύστημα Ελέγχου και Ανάκτησης Δεδομένων (SCADA) της υδατοπρομήθειας. Οι αισθητήρες πίεσης δίνουν μια μέση τιμή των τελευταίων 5 λεπτών, η οποία μετριάζει την αβεβαιότητα λόγω των μεταβατικών πιέσεων στο σύστημα. Επιπλέον, 82 αυτόματες μετρήσεις μετρήσεων (AMR) έχουν εγκατασταθεί στην περιοχή «C», για την παράδοση δεδομένων κατανάλωσης νερού απευθείας στο σύστημα SCADA (βλ. Εικ. 3). Κάθε AMR παρέχει τη συνολική κατανάλωση πολλών χρηστών στην περιοχή AMR.



Κατά τη διάρκεια του 2018, σημειώθηκαν διάφορα γεγονότα διαρροής, τα οποία εντοπίστηκαν και διορθώθηκαν από το υδραυλικό δίκτυο. Ωστόσο, πιστεύεται ότι σημειώθηκαν ορισμένες μικρότερες διαρροές, αλλά δεν αποκαλύφθηκαν. Υποτίθεται επίσης ότι ορισμένες διαρροές σημειώθηκαν απότομα, ενώ άλλες εξελίχθηκαν σταδιακά, ως αρχικά γεγονότα, από διαρροές στο παρασκήνιο σε ριπές σωλήνων.

Για να βοηθήσει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων της L-Town, η υδατοπρομήθεια ανέπτυξε ένα ονομαστικό μοντέλο του δικτύου διανομής που βασίζεται στο EPANET, στο οποίο ανατέθηκαν βασικές

απαιτήσεις σε κόμβους, μετά από ιστορικά δεδομένα των καταναλωτών εγγύτητας. Επιπλέον, εντοπίστηκαν δύο πρότυπα ζήτησης για οικιακούς και εμπορικούς τύπους καταναλωτών (με ορισμένες αποκλίσεις). Η υδατοπρομήθεια πιστεύει ότι ενδέχεται να υπάρχουν κάποιες ανακρίβειες στο μοντέλο, π.χ. σε σχέση με την τραχύτητα του σωλήνα και τις διαμέτρους του σωλήνα. Επιπλέον, η υδατοπρομήθεια δεν μπόρεσε να επιβεβαιώσει την κατάσταση όλων των βαλβίδων στο δίκτυο (δηλαδή, εάν είναι ανοιχτές ή κλειστές).

Τα δεδομένα του benchmark περιλαμβάνουν:

- Σύνολο δεδομένων SCADA 2018 (επίσης σε CSV): Τα δεδομένα ιστορικού έχουν συλλεχθεί για την περίοδο 2018-01-01 00:00 έως 2018-12-31 23:55, σε χρονικά βήματα 5 λεπτών. Το σύνολο δεδομένων SCADA είναι αποτελείται από τη στάθμη της δεξαμενής νερού, τους αισθητήρες ροής, τις μετρήσεις AMR και τους αισθητήρες πίεσης.
- "2018 Leak Report.txt" (TXT): Παρέχονται οι χρόνοι επισκευής των ριπών σωλήνων που έχουν διορθωθεί.
- "L-Town.inp" EPANET Model (INP): Ένα μοντέλο του δικτύου παρέχεται με ονομαστικές παραμέτρους για όλα τα στοιχεία του συστήματος. Οι ονομαστικές απαιτήσεις για κάθε κόμβο βασίζονται στη μέση ιστορική μετρημένη κατανάλωση. Γενικά, η διαφορά μεταξύ των πραγματικών και των ονομαστικών τιμών για κάθε τύπο καταναλωτή (οικιακή και εμπορική) είναι μικρότερη από 10%. Παρέχονται επίσης εβδομαδιαία προφίλ ζήτησης για δύο τύπους καταναλωτών (οικιακά και εμπορικά), ωστόσο δεν καταγράφουν την ετήσια εποχικότητα. Επιπλέον, οι παράμετροι του μοντέλου EPANET μπορεί να διαφέρουν από τις πραγματικές παραμέτρους δικτύου (π.χ., διαμέτρους, συντελεστές τραχύτητας) και υποτίθεται ότι από γενικά αυτή η διαφορά δεν είναι μεγαλύτερη από το 10% των ονομαστικών τιμών.
- Σύνολο δεδομένων αξιολόγησης "2019 SCADA.xlsx" (επίσης σε CSV): Τα δεδομένα αξιολόγησης έχουν συλλεχθεί για την περίοδο 2019-01-01 00:00 έως 2019-12-31 23:55, σε χρονικά βήματα 5 λεπτών. Το σύνολο δεδομένων SCADA αποτελείται από τη στάθμη της δεξαμενής νερού, τους αισθητήρες ροής, τις μετρήσεις AMR και τους αισθητήρες πίεσης. Αυτό το σύνολο δεδομένων θα χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των ανταγωνιστικών μεθοδολογιών ανίχνευσης διαρροών και θα αποκαλυφθεί εντός του Ιανουαρίου 2020.

Λεπτομέρειες αισθητήρων:

- Υπάρχουν τρεις (3) αισθητήρες ροής στο σύστημα, δύο στις εισροές DMA και ένας στην αντλία. Μονάδες μέτρησης: κυβικά μέτρα ανά ώρα (CMH).
- Υπάρχουν 33 αισθητήρες πίεσης στο σύστημα που δίνουν τη μέση πίεση των τελευταίων 5 λεπτών στη θέση του αισθητήρα. Οι αισθητήρες πίεσης τοποθετήθηκαν χρησιμοποιώντας μια μεθοδολογία που μεγιστοποιεί τη συλλογική ευαισθησία των αισθητήρων σε οποιαδήποτε πιθανή διαρροή. Μονάδες μέτρησης: μέτρα (m).
- Στη δεξαμενή έχει εγκατασταθεί ένας (1) αισθητήρας στάθμης νερού. Μονάδες μέτρησης: μέτρα (m)
- 82 AMR εγκατεστημένα στην περιοχή "C" που δίνουν τη συνολική κατανάλωση από έναν αριθμό καταναλωτών στην περιοχή AMR Μονάδες μέτρησης: Λίτρα ανά ώρα (L / h).

Τα δεδομένα μπορούν να ληφθούν στην εξής διεύθυνση: <https://zenodo.org/record/4017659#.X7T9X1DRY2w>

September 7, 2020
Dataset
Open Access

Dataset of BattLeDIM: Battle of the Leakage Detection and Isolation Methods

Stelios G. Vrachimis, Demetrios G. Eliades, Riccardo Taormina, Avi Ostfeld, Zoran Kapelan, Shuming Liu, Marios S. Kyriakou, Pavlos Pavlou, Mengning Qiu, Marios Polycarpou

Drinking Water Distribution Networks (DWDN) are susceptible to infrastructure failures, which may lead to water losses. Typically, these water losses are due to background leakages and pipe bursts which may occur anywhere within the distribution network. Background leakages are normally difficult to detect due to their small size, whereas pipe bursts are easier to locate as they are of larger size and may appear on the surface. The early detection and localization of some leakage event is extremely important, as this would reduce the time required for accommodating the event and therefore reducing the risk of further infrastructure degradation, contamination events and consumer complaints.

In previous years, a number of methodologies have been proposed to detect and isolate the location of leakage events using various types of sensor measurements. These methods were commonly evaluated on private commercial datasets, and as a result, it is not possible to objectively compare these methods in their ability to detect and isolate leaks. In the past year, a leakage detection dataset has been proposed, LeakDB, based on benchmark networks and created using the WNTR tool, using pressure-driven demands and realistic leakage modelling. Inspired by the "BATTLE of the Attack Detection Algorithms" (BATADAL), which focused on the detection of cyber-physical attacks, our team decided to organize a similar "battle" focusing on leakage events.

The Battle of the Leakage Detection and Isolation Methods (BattLeDIM), aims at objectively comparing the performance of methods for the detection and localization of leakage events, relying on SCADA measurements of flow and pressure sensors installed within water distribution networks. Participants may use different types of tools and methods, including (but not limited to) engineering judgement, machine learning, statistical methods, signal processing, and model-based fault diagnosis approaches.

Communities
Battle of the Leakage Detection and Isolation Methods 2020
Remove

157 views
454 downloads
See more details...

	All versions	This version
Views	157	157
Downloads	454	454
Data volume	13.8 GB	13.8 GB
Unique views	122	122
Unique downloads	112	112

More info on how stats are collected.

2.3 Reproducible Software

Το λογισμικό το οποίο δημιουργήθηκε στο πλαίσιο για την δημιουργία των δεδομένων και την επαλήθευση των αποτελεσμάτων βρίσκεται στις εξής διευθύνσεις:

- Dataset Generator: <https://github.com/KIOS-Research/BattLeDIM>
- Evaluation Code: <https://codeocean.com/capsule/2366240/tree/v1>

Published
Battle of the Leakage Detection and Isolation Methods (BattLeDIM 2020)
(Stelios G. Vrachimis, Demetrios G. Eliades & Mario...)
Edit Capsule

Files
Core Files
metadata 1.04 KB
environment 617 B
code 879.41 KB
functions 18.4 KB
libraries 442.63 KB
L-TOWN.inp 397 KB
LICENSE 13.46 KB
README 2 KB
run.sh 212 B
Scoring_Algorithm.m 5.69 KB
data Manage Datasets 37.18 MB
competition_data 3.12 MB
competition_leakages 34.02 MB
example_data_results_m... 1.94 KB
example_data_results_txt 11.36 KB
SUBMITTED_files 1.36 KB
LICENSE 18.21 KB
results_data.txt 595 B
.gitignore 7 B
results
Your files will appear in the timeline.

README
BattLeDIM
The Battle of the Leakage Detection and Isolation Methods (BattLeDIM)
Website
http://battledim.ucy.ac.cy/
Organizing committee/Contributors
Stelios G. Vrachimis, KIOS Center of Excellence, University of Cyprus
Demetrios G. Eliades, KIOS Center of Excellence, University of Cyprus
Riccardo Taormina, Technical University Delft, the Netherlands
Avi Ostfeld, Technion - Israel Institute of Technology, Israel
Zoran Kapelan, Technical University Delft, the Netherlands

Run 5697936... X
< M A T H W O R K S (R) >
Copyright 1984-2019 The MathWorks, Inc.
R2019a (9.6.0.1072779) 64-bit (glnxa64)
March 8, 2019
To get started, type doc.
For product information, visit www.mathworks.com.
Constructing leakage information struct...
1 Leak: p257
2 Leak: p427
3 Leak: p810

Running...
or launch a cloud workstation
lab studio jupyter
Timeline
Demetrios Eliades ran Nov 18, 2020
Run 5697936 running... stop run
Sep 13, 2020 Published Version 1.0 Currently viewing
Author ran Sep 13, 2020 00:01:19
Published Result output 4.8 KB
Marios Kyriakou committed Sep 13, 2020
Version 1.0
Sep 13, 2020

3 Παγκόσμιος Διαγωνισμός BattleDIM

3.1 Περιγραφή διαγωνισμού

Δημιουργήσαμε μια ανοιχτή πρόσκληση για ομάδες να αποδείξουν την ικανότητά τους να εντοπίζουν και να εντοπίζουν διαρροές. Στις ομάδες θα δοθεί ένα ιστορικό σύνολο δεδομένων SCADA μαζί με πληροφορίες που σχετίζονται με τις διαρροές που εντοπίστηκαν και διορθώθηκαν από την υδατοπρομήθεια καθ' όλη τη διάρκεια του 2018, για χρήση για εκπαιδευτικούς σκοπούς και για βαθμονόμηση των μοντέλων

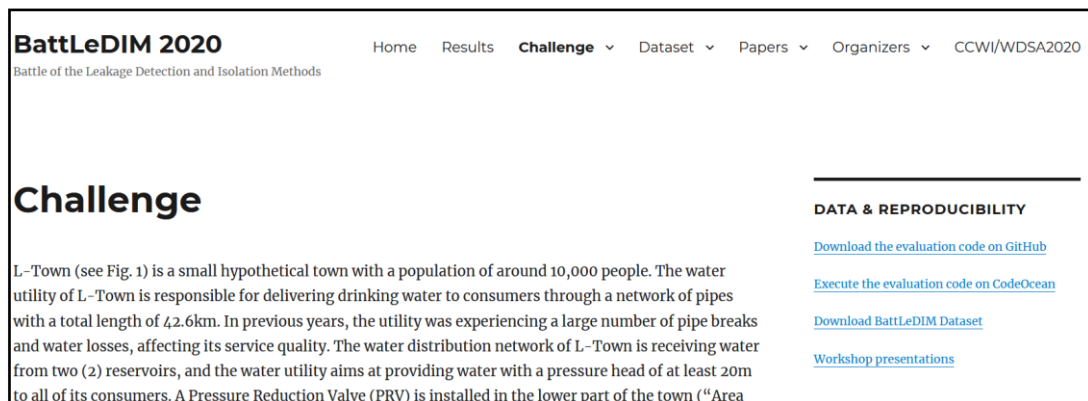
τους. Είναι πιθανό ότι σημειώθηκαν περισσότερα συμβάντα διαρροής κατά τη διάρκεια του 2018, ωστόσο η υδατοπρομήθεια δεν μπόρεσε να τα εντοπίσει και να τα εντοπίσει.

Καθ' όλη τη διάρκεια του 2019, η υδατοπρομήθεια διεξήγαγε περιοδικές έρευνες χρησιμοποιώντας πρόσθετο εξοπλισμό ανίχνευσης, επιθεωρήσεις σωλήνων και άλλες μεθόδους και μπόρεσε να εντοπίσει και να απομονώσει όλα τα συμβάντα διαρροής που συνέβησαν εντός αυτής της περιόδου. Τα πιο κρίσιμα από αυτά τα γεγονότα επισκευάστηκαν, ωστόσο δεν ήταν δυνατόν να επιδιορθωθούν ορισμένες από αυτές τις διαρροές για οικονομικούς λόγους.

Ο γενικός στόχος αυτού του διαγωνισμού είναι να εντοπίσει μεθόδους που είναι σε θέση να εντοπίσουν και να εντοπίσουν τα γεγονότα διαρροής που συνέβησαν στο L-Town το 2019, το συντομότερο δυνατό (σε σχέση με το χρόνο) και όσο το δυνατόν ακριβέστερα (σε σχέση με τους τοποθεσίες), προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν τα συνολικά οικονομικά κόστη τους, τόσο στις απώλειες νερού, όσο και λόγω των ωρών που αφιερώθηκαν στην απομόνωση της διαρροής από το προσωπικό κοινής ωφέλειας. Η υδατοπρομήθεια L-Town θα συγκρίνει τις διάφορες λύσεις και θα επιλέξει την καλύτερη βάσει αυτού του στόχου. Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τη διαδικασία αξιολόγησης θα δημοσιευθούν τον Ιανουάριο του 2020.

3.2 Αποτελέσματα παγκόσμιου διαγωνισμού BattleDIM

Το Κέντρο Αριστείας για Έρευνα και Καινοτομία «ΚΟΙΟΣ» του Πανεπιστημίου Κύπρου, σε συνεργασία με κορυφαία Πανεπιστήμια της Ολλανδίας (TU Delft), Ισραήλ (Technion) και Κίνας (Tsinghua University), διοργάνωσε παγκόσμιο διαγωνισμό με τίτλο «Battle of the Leakage Detection and Isolation Methods» (battledim.ucy.ac.cy). Ο διαγωνισμός ολοκληρώθηκε στις 3 Σεπτεμβρίου 2020, όπου έγινε και η ανακοίνωση των αποτελεσμάτων.



Ο διαγωνισμός αφορούσε την ανάπτυξη, δοκιμή και σύγκριση καινοτόμων μεθόδων για την έγκαιρη ανίχνευση διαρροών στα δίκτυα διανομής νερού, καθώς και στον ακριβή εντοπισμό της θέσης της διαρροής. Στο διαγωνισμό συμμετείχαν 18 ομάδες με συνολικά 100 άτομα από όλο τον κόσμο. Στις ομάδες δόθηκε ένα καινούργιο ερευνητικό μοντέλο δικτύου νερού το οποίο σχεδιάστηκε από το ΚΟΙΟΣ ως μία «Εικονική Πόλη» (Virtual City), την L-TOWN, και δεδομένα τα οποία εξάχθηκαν από ρεαλιστική προσομοίωση της λειτουργίας του δικτύου διανομής νερού για 2 χρόνια. Οι ερευνητικές ομάδες, που αποτελούνταν από πανεπιστήμια, ερευνητικά κέντρα και εταιρείες, μπορούσαν να μελετήσουν τα δεδομένα χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές από τη στατιστική μέχρι τη τεχνητή νοημοσύνη, και να εντοπίσουν που και πότε συνέβησαν οι διαρροές στην L-TOWN. Με κάθε σωστή ανίχνευση, οι ομάδες λάμβαναν «αμοιβή» σε ευρώ, ενώ υπήρχε «πρόστιμο» για κάθε λανθασμένη ανίχνευση.

Οι νικήτριες ομάδες ήταν η **Tongji** από το Πανεπιστήμιο Tongji στην Κίνα, και οι **Under Pressure** από τη συνεργασία του Τεχνικού Πανεπιστημίου Delft στην Ολλανδία, την εταιρεία 3S Consult στη Γερμανία και το Ερευνητικό Κέντρο INRAE στην Γαλλία. Και οι δύο ομάδες κατάφεραν να εντοπίσουν πέραν των μισών διαρροών με πολύ μικρό αριθμό λανθασμένων αναφορών. Τα αποτελέσματα του διαγωνισμού

BattLeDIM αναμένεται ότι θα αποτελέσουν εφαλτήριο για καινοτόμο έρευνα σε παγκόσμιο επίπεδο πάνω στα έξυπνα δίκτυα διανομής νερού, θέτοντας την Κύπρο στο επίκεντρο αυτής της προσπάθειας.

4 Σύνοψη

Η Research Infrastructure πλατφόρμα έχει δοκιμαστεί σε διεθνές επίπεδο και αναμένεται ότι θα έχει σημαντική επίδραση στη βελτίωση της έρευνας που γίνεται στα θέματα μείωσης απωλειών νερού ανά το παγκόσμιο.