



## ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ (ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4.1)

---

**Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**31 Ιουλίου, 2018**



Συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΤΠΑ) και από Εθνικούς Πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου

**Πληροφορίες Αρχείου:**

<b>Εκδότης :</b>	Παναγιώτης Χριστοδούλου (ΤΕΠΑΚ), Ανδρέας Ανδρέου (ΤΕΠΑΚ), Χριστόδουλος Χριστοδούλου (ΤΕΠΑΚ)
<b>Συνεισφορές :</b>	Σάββας Χ΄Χριστοφής (ΤΕΠΑΚ), Αντρέας Χριστοφόρου (ΤΕΠΑΚ), Παναγιώτης Χριστοδούλου (ΤΕΠΑΚ), Λάμπρος Οδυσσέως (ΤΕΠΑΚ), Χριστόδουλος Χριστοδούλου (ΤΕΠΑΚ), Σπύρος Λοίζου (ΤΕΠΑΚ), Μιχάλης Πίγγος (ΤΕΠΑΚ), Ευαγόρας Ευαγόρου (ΤΕΠΑΚ), Ανδρέας Ανδρέου (ΤΕΠΑΚ), Παναγιώτης Γιαννακού (ΤΕΠΑΚ), Σολωμός Χαραλάμπους (ΣΥΛ), Μανόλης Διαμαντάκης (ΙΤΕ), Πουλίκος Πραστάκος (ΙΤΕ), Γιάννης Δαφέρμος (ΙΤΕ), Γιάννης Καμαριανάκης (ΙΤΕ), Γιάννης Πανταζής (ΙΤΕ), Μανόλης Κοσμαδάκης (ΔΕΥΑΧ), Γιώργο Μακράκη (ΙΤΕ)
<b>Ημερομηνία:</b>	31 Ιουλίου 2018
<b>Έκδοση:</b>	5.0

**Ιστορικό Αρχείου:**

Έκδοση	Ημερομηνία	Συγγραφείς	Σχόλια
1.0	18/01/18	ΤΕΠΑΚ	Αρχική έκδοση
2.0	22/02/18	ΤΕΠΑΚ	Διορθώσεις και επεκτάσεις
3.0	10/05/18	ΤΕΠΑΚ	Επισκόπηση – Σχόλια για διορθώσεις/επεκτάσεις
4.0	29/06/18	ΤΕΠΑΚ	Τελικές διορθώσεις
5.0	31/07/18	ΤΕΠΑΚ	Τελική Επισκόπηση – Έγκριση από Δικαιούχους

**Ακρωνύμια:**

ΤΕΠΑΚ: Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

ΣΥΛ: Συμβούλιο Υδατοπρομήθειας Λεμεσού

ΔΕΥΑΧ: Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Χερσονήσου (Κρήτης)

ΙΤΕ: Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ-----	5
2. ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ-----	7
3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ-----	9
4. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ-----	11
5. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ-----	21
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-----	25

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πράξη «ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΡΡΟΩΝ» του Προγράμματος Συνεργασίας Interreg V-A «Ελλάδα-Κύπρος 2014-2020» συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων που καθορίζονται στο Πρόγραμμα Συνεργασίας με την υλοποίηση ενός συστήματος ανίχνευσης διαρροών σε δίκτυα ύδρευσης και την υποστήριξη των συνεργείων αποκατάστασης.

Συνοπτικά, οι στόχοι της πράξης είναι οι ακόλουθοι:

- *Βελτίωση της αποδοτικότητας χρήσης νερού και μείωση των απωλειών.* Η πράξη εκσυγχρονίζει τον εξοπλισμό και την τεχνογνωσία των υπηρεσιών ύδρευσης παρέχοντας τους έργα υποδομής, αναγκαία για την εύρυθμη λειτουργία τους. Οι μειωμένες απώλειες συνεπάγονται εξοικονόμηση οικονομικών πόρων και συνδράμουν στην προστασία του περιβάλλοντος.
- *Μεταφορά τεχνογνωσίας από τους ερευνητικούς φορείς στις υπηρεσίες ύδρευσης,* χρήσιμη για τη βελτίωση της παροχής υπηρεσιών μέσω της μείωσης των απωλειών. Οι υπηρεσίες ύδρευσης εμπλουτίζουν τη φαρέτρα τους με σύγχρονους αισθητήρες και με την τεχνογνωσία αξιοποίησής τους.
- *Ενσωμάτωση αποτελεσμάτων εφαρμοσμένης έρευνας σε εξειδικευμένο λογισμικό* που αξιοποιούν οι υπηρεσίες ύδρευσης, το οποίο τους δίνει τη δυνατότητα να εποπτεύουν καλύτερα το δίκτυό τους. Το λογισμικό αυτό τους προσφέρει περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας που θα τους επιτρέψει να εντοπίζουν την ακριβή θέση των αγωγών τους, μειώνοντας το χρόνο απόκρισης σε περίπτωση βλάβης και περιορίζοντας τις ζημιές σε άλλα δίκτυα.
- *Συλλογή και αξιοποίηση πραγματικών δεδομένων από τους ερευνητικούς φορείς* για την παραγωγή χρήσιμων εργαλείων τα οποία αποσκοπούν στο να αποτελέσουν τη βάση για την εισήγηση μεθοδολογίας ικανής να υιοθετηθεί από κάθε υπηρεσία ύδρευσης.

Αρχικά μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν οι υφιστάμενες τεχνολογίες και στην συνέχεια, λαμβάνοντας υπόψη τον υπάρχοντα εξοπλισμό, το είδος του δικτύου και την ηλικία του, αποφάνθηκαν για τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων που απαιτούνται και προχώρησαν στην προκήρυξη προσφορών προκειμένου να προμηθευτούν τον απαραίτητο εξοπλισμό. Στον παρόν έγγραφο περιγράφονται οι υφιστάμενες τεχνολογίες και το προτεινόμενο σύστημα αισθητήρων με βάση τις λειτουργικές ανάγκες των υπηρεσιών ύδρευσης και τα επιθυμητά τεχνολογικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την αξιολόγηση των λειτουργικών αναγκών του ΣΥΛ και της ΔΕΥΑΧ ήταν μέσω προσωπικών συνεντεύξεων. Στα πλαίσια της διαδικασίας αυτής έγιναν συναντήσεις τόσο με τις διευθύνσεις και τους υπεύθυνους μηχανικούς του ΣΥΛ και της ΔΕΥΑΧ, όσο και με το προσωπικό το οποίο θα κληθεί να χειριστεί το προτεινόμενο σύστημα αισθητήρων.

Για την ανίχνευση και προσδιορισμό του διαθέσιμου σχετικού με τους στόχους της Πράξης εξοπλισμού στην αγορά σήμερα, χρησιμοποιήθηκαν πηγές στο διαδίκτυο, εντοπίζοντας και μελετώντας πληροφορίες για τα διάφορα συστήματα αισθητήρων μέσω των ιστοσελίδων των διαφόρων κατασκευαστών. Ετοιμάστηκε επίσης μια ταξινόμηση των διαθέσιμων αισθητήρων βάσει των τεχνικών χαρακτηριστικών τους.

## 2. ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Κατά τις αρχικές συναντήσεις μεταξύ ΤΕΠΑΚ, ΣΥΛ και ΔΕΥΑ Χερσονήσου διαπιστώθηκαν τα εξής για τους δύο οργανισμούς:

### 1.1 ΣΥΛ

- Υπάρχει εμπειρία αρκετών χρόνων στον εντοπισμό αφανών διαρροών. Διαθέτει σύγχρονο εξοπλισμό με συσχετιστή, γαιώφωνο, απλούς αισθητήρες τους οποίους χρησιμοποιούν με συνδυασμό των μεθόδων Λήψη & Μετακίνηση και Οδήγηση Πέριξ (Drive by) και διαθέτει επίσης εκπαιδευμένο προσωπικό.
- Το εσωτερικό δίκτυο του ΣΥΛ λειτουργεί με βαρύτητα, αλλά λόγω της μεγάλης διαφοράς υψομέτρου το εσωτερικό δίκτυο είναι χωρισμένο σε ζώνες πίεσεως και οι ζώνες πίεσεως είναι χωρισμένες σε υποπεριοχές (DMAs) για την πιο εύκολη διαχείριση και εντοπισμό διαρροών.
- Το εσωτερικό δίκτυο του ΣΥΛ, αποτελείται κυρίως από αμιαντο-τσιμεντοσωλήνες και αγωγούς UPVC.
- Η περιοχή ευθύνης αποτελείται από διαφορετικούς δήμους εντούτοις αποτελεί ένα συμπαγή αστικό χώρο.
- Ο μόνιμος πληθυσμός που εξυπηρετείται από το ΣΥΛ είναι 180000 κάτοικοι και λόγω του μεγέθους δεν επηρεάζεται υπερβολικά από το τουριστικό ρεύμα
- Το ΣΥΛ χρησιμοποιεί επεξεργασμένο νερό ή/και αφαλατωμένο νερό από τα κυβερνητικά σχέδια.
- Τα τελευταία χρόνια το ΣΥΛ αντιμετωπίζει προβλήματα με τη μείωση του αριθμού του εργατοτεχνικού προσωπικού.

### 1.2 ΔΕΥΑ Χερσονήσου

- Δεν έχουν εξοπλισμό εντοπισμού διαρροών, ούτε και εκπαιδευμένο προσωπικό.

- Η περιοχή ευθύνης της ΔΕΥΑΧ αποτελείται από παραθαλάσσιες τουριστικές περιοχές και μικρούς οικισμούς στην ενδοχώρα.
- Το εσωτερικό δίκτυο της ΔΕΥΑΧ λειτουργεί με βαρύτητα αλλά δεν υπάρχει κάποιας μορφής δομή στο εσωτερικό δίκτυο ύδρευσης όπως για παράδειγμα ζώνες πίεσης και DMAs.
- Το εσωτερικό δίκτυο της ΔΕΥΑΧ αποτελείται κυρίως από αγωγούς PE και UPVC.
- Ο μόνιμος πληθυσμός που εξυπηρετείται από τη ΔΕΥΑΧ είναι μικρός (28000 κάτοικοί) και τριπλασιάζεται στην τουριστική περίοδο.
- Η ΔΕΥΑΧ χρησιμοποιεί νερό που προέρχεται κυρίως από γεωτρήσεις.
- Και η ΔΕΥΑΧ αντιμετωπίζει πρόβλημα με τη μείωση του αριθμού του εργατοτεχνικού προσωπικού.

### 1.3 Συμπεράσματα

Και οι δύο οργανισμοί χρειάζονται ένα σύστημα εντοπισμού διαρροών το οποίο:

- Να είναι αξιόπιστο, εύχρηστο και να είναι εύκολη η εγκατάσταση των αισθητήρων.
- Να είναι υψηλής ακρίβειας.
- Να μπορεί να παραμένει μόνιμα σε μια περιοχή αλλά ταυτόχρονα οι αισθητήρες να μπορούν να μετακινηθούν εύκολα.
- Να μεταδίδει αυτόματα δεδομένα σε καθημερινή βάση.
- Να είναι αποδοτικό τόσο σε μεταλλικούς αγωγούς και αγωγούς αμιάντου, όσο και σε πλαστικούς αγωγούς (PE, UPVC).
- Και οι δύο οργανισμοί σκοπεύουν να χρησιμοποιήσουν τους αισθητήρες για μόνιμη εγκατάσταση σε προβληματικές περιοχές και θα τους μετακινούν μόνον εφόσον περιοριστούν οι απώλειες και μειωθεί ο ρυθμός δημιουργίας νέων διαρροών.



### 3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Μια από τις κύριες παραμέτρους είναι η όσο το δυνατόν πιο αποδοτική λειτουργία του συστήματος σε συνδυασμό με την όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματική χρήση του χρόνου του προσωπικού.

Για παράδειγμα, και οι δύο οργανισμοί ύδρευσης δεν έχουν τους απαιτούμενους πόρους για Ανάληψη & Μετακίνηση (Lift & Shift) ή για Οδήγηση Πέριξ (Drive by), οπότε η μόνη λύση είναι η μόνιμη εγκατάσταση αισθητήρων. Με τη μόνιμη εγκατάσταση θα έχουν τη δυνατότητα να αφήνουν τους αισθητήρες εγκατεστημένους σε μια περιοχή για όσο χρόνο χρειάζεται και μετά να τους μετακινούν σε νέα περιοχή.

Τα δίκτυα ραδιοσυχνότητας θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη αν οι οργανισμοί είχαν τους οικονομικούς πόρους για μόνιμη εγκατάσταση αισθητήρων χωρίς τη μετακίνησή τους. Όμως επειδή οι αισθητήρες θα μετακινούνται σποραδικά τότε τα ασύρματα δίκτυα δεν θα είναι πρακτικά απλά γιατί θα πρέπει να μετακινούνται και οι αναμεταδότες.

Η τοποθέτηση των αναμεταδοτών δεν είναι απλή υπόθεση και δεν γίνεται για παράδειγμα ανά τόσα μέτρα. Θα πρέπει κάθε φορά να γίνει μελέτη της περιοχής, να ληφθούν άδειες για τα σημεία εγκατάστασης κλπ. Επίσης, έστω και μικρής κλίμακας οικοδομική ανάπτυξη σε μια περιοχή αλλάζει τα δεδομένα, οπότε θα πρέπει να γίνει νέα μελέτη.

Με βάση τα αποτελέσματα των συναντήσεων μεταξύ ΤΕΠΑΚ, ΣΥΛ και ΔΕΥΑ Χερσονήσου που καταγράφηκαν στο κεφάλαιο 2, οι λειτουργικές απαιτήσεις για το προτεινόμενο σύστημα αισθητήρων έχουν κατηγοριοποιηθεί ως εξής:

#### 3.1 Για την αποδοτική λειτουργία του συστήματος

- Να μπορούν να τοποθετηθούν μόνιμα.
- Να είναι εύκολη η τοποθέτηση και η μετακίνηση τους όταν χρειαστεί.
- Να λειτουργούν αξιόπιστα χωρίς παρεμβολές.
- Αυτόματη μετάδοση των μετρήσεων κάθε πρωί.
- Επικοινωνίες GSM/GPRS.

### 3.2 Για την αποτελεσματική χρήση του χρόνου του προσωπικού

- Οι αισθητήρες πρέπει να είναι συσχετιζόμενοι, με δυνατότητα συσχετισμού από το λογισμικό λήψης των μετρήσεων και οπτικοποίησής τους.
- Η δυνατότητα συσχετισμού να επιτρέπει την εκτέλεση διαφορετικών σεναρίων συσχετισμού ώστε ειδικά σε δύσκολες περιπτώσεις να γίνεται όσο το δυνατό πιο ακριβής εντοπισμός της διαρροής από το γραφείο, προτού σταλεί προσωπικό για την επιτόπου επιβεβαίωση. Η δυνατότητα συσχετισμού θα επιτρέψει την πολύ πιο αποδοτική εργασία του εξειδικευμένου προσωπικού, με μικρότερο κόστος εντοπισμού, εφόσον θα καθοδηγείται στο σημείο της διαρροής για επιβεβαίωση σε αντίθεση με τη εξαρχής διερεύνηση.

### 3.3 Γενικά

- Σχεδόν άμεσος εντοπισμός μιας διαρροής. Όσο πιο νωρίς εντοπίζεται μια διαρροή τόσο μικρότερη είναι η απώλεια νερού και το κόστους αυτού.
- Απλή επικοινωνία: Οι οργανισμοί δεν θέλουν να επενδύσουν σε δίκτυα επικοινωνιών, αποφεύγοντας τα κόστη δημιουργίας και συντήρησης.
- Αν για κάποιο λόγο είναι επιτακτική ανάγκη για μια γρήγορη διερεύνηση μιας περιοχής, τότε να είναι δυνατό να μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι αισθητήρες με τη μέθοδο Ανάλυση & Μετακίνηση.
- Να είναι αποδοτικό τόσο σε μεταλλικούς αγωγούς και αγωγούς αμιάντου, όσο και σε πλαστικούς αγωγούς (PE, UPVC).
- Να υποδεικνύει τη θέση της διαρροής με υψηλό επίπεδο ακρίβειας.

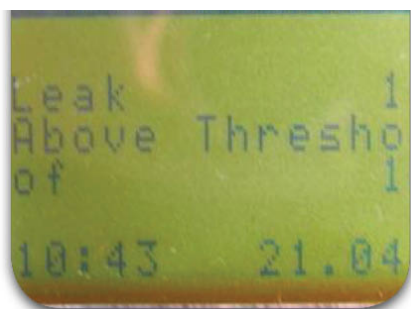
## 4. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Οι αισθητήρες μπορούν να ταξινομηθούν σε 3 βασικές κατηγορίες όπως περιγράφεται πιο κάτω.

### 4.1 Βάσει των δεδομένων που παράγουν

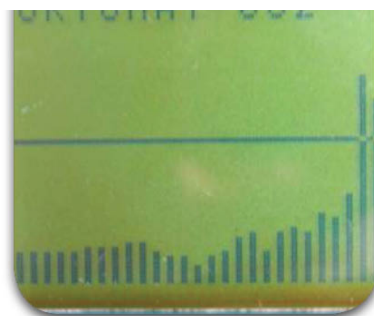
Οι αισθητήρες με βάση τα δεδομένα που παράγουν κατηγοριοποιούνται σε δυο κατηγορίες.

Τους απλούς αισθητήρες οι οποίοι απλώς καταγράφουν τα επίπεδα θορύβου και χρησιμοποιώντας έναν εσωτερικό αλγόριθμο δίνουν ένδειξη διαρροής ή μη.



Εικόνα 1: Ένδειξη διαρροής

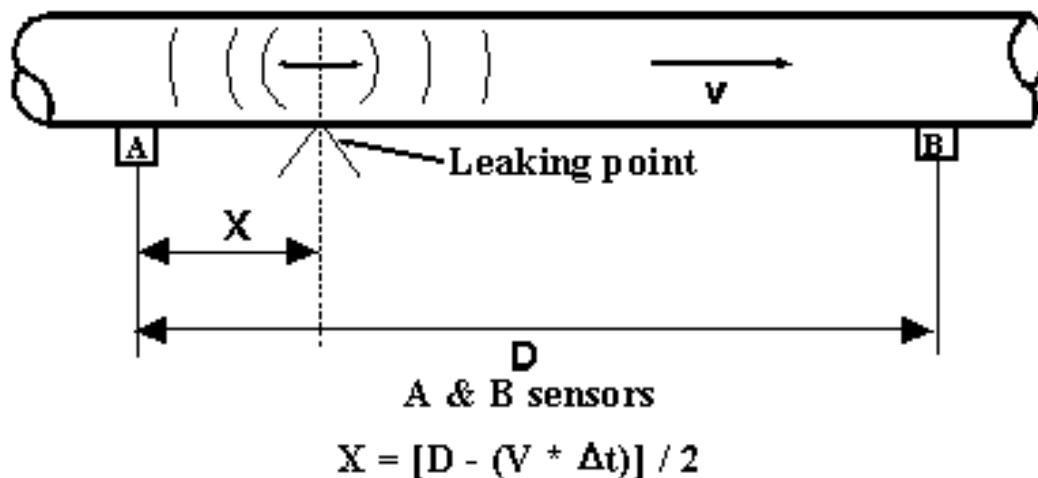
Παράδειγμα ενδείξεων από την οθόνη συσκευής επικοινωνίας με απλούς αισθητήρες



Εικόνα 2: Γραφική απεικόνιση ενδείξεων

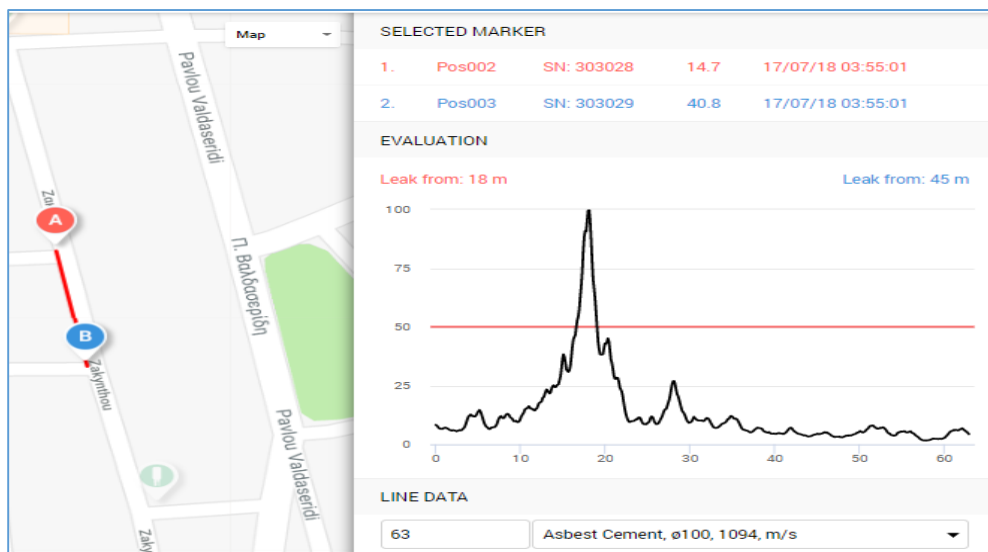
Τους συσχετιζόμενους αισθητήρες, οι οποίοι πέραν της απλής καταγραφής του θορύβου καταγράφουν και χρονοσυγχρονισμένα τα επίπεδα θορύβου, ώστε αργότερα να μπορεί να πραγματοποιηθεί, μέσα από το λογισμικό διαχείρισής τους, συσχετισμός είτε αυτόματα είτε κατόπιν εντολής του χρήστη.

Η Εικόνα 3 εξηγεί γιατί χρειάζονται χρονοσυγχρονισμένα δεδομένα για την εκτέλεση συσχετισμού. Από την εξίσωση φαίνεται ότι το αποτέλεσμα εξαρτάται από τη ταχύτητα  $V$ , πολλαπλασιαζόμενη με τη διαφορά του χρόνου  $\Delta t$ . Η ταχύτητα αναφέρεται στη ταχύτητα μετάδοσης του ήχου από το υλικό του αγωγού και η διαφορά του χρόνου είναι η διαφορά σε χρόνο που ο ήχος της διαρροής φτάνει στον κάθε αισθητήρα.



Εικόνα 3: Η εξίσωση συσχετισμού.

Άρα οι συσχετιζόμενοι αισθητήρες για να μας δώσουν σωστό αποτέλεσμα και να κάνουν σωστές συγκρίσεις πρέπει τα δεδομένα που καταγράφουν να είναι συγχρονισμένα ώστε τη στιγμή που θα γίνει ο συσχετισμός να συγκρίνεται η ίδια χρονική στιγμή και από τους δύο αισθητήρες. Για να είναι δυνατό αυτό, πρέπει να είναι σε θέση να καταγράψουν τον ίδιο θόρυβο και οι δύο αισθητήρες έστω και αν βρίσκονται σε μια απόσταση 200m για παράδειγμα. Οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν διάφορες μεθόδους συγχρονισμού της καταγραφής των αισθητήρων, όπως συγχρονισμός με βάση το σήμα του δικτύου GSM, ή του GPS ή ακόμα και με χρήση ραδιοφωνικών σταθμών στα FM.



Εικόνα 4: Οθόνη συσχετισμού από λογισμικό συσχετιζόμενου αισθητήρα.

#### 4.2 Βάσει της μεθόδου επικοινωνιών που χρησιμοποιούν

Και για τις δύο πιο πάνω κατηγορίες υπάρχουν αισθητήρες που χρησιμοποιούν είτε Ραδιοσυχνότητες είτε δίκτυα GSM/GPRS για μετάδοση των μετρήσεων. Τα δίκτυα ραδιοσυχνότητων χρησιμοποιούνται με δύο τρόπους.

- *Ραδιοσυχνότητες Μικρής Εμβέλειας*, όπου οι μετρήσεις λαμβάνονται μέσω ειδικής συσκευής επικοινωνίας η οποία επικοινωνεί από μια απόσταση από 5 μέχρι 50 μέτρα με τους αισθητήρες και λαμβάνει τις μετρήσεις. Η διαδικασία γίνεται συνήθως με χρήση οχήματος εν κινήσει.



Εικόνα 5: Σχηματική παράσταση επικοινωνίας ραδιοσυχνότητων μικρής εμβέλειας

- *Μόνιμο Δίκτυο Ραδιοσυχνότητων* το οποίο λαμβάνει τις μετρήσεις από τους αισθητήρες σε συγκεκριμένη ώρα κάθε μέρα. Συνήθως οι μετρήσεις αξιοποιούνται από ένα λογισμικό απεικόνισης των δεδομένων. Η επικοινωνία μπορεί να είναι αμφίδρομη, επιτρέποντας την αλλαγή των παραμέτρων λειτουργίας των αισθητήρων.

Στα δίκτυα GSM/GPRS, οι μετρήσεις λαμβάνονται μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Συνήθως οι μετρήσεις αξιοποιούνται από ένα λογισμικό απεικόνισης των δεδομένων. Η επικοινωνία είναι αμφίδρομη, επιτρέποντας την αλλαγή των παραμέτρων λειτουργίας των αισθητήρων.



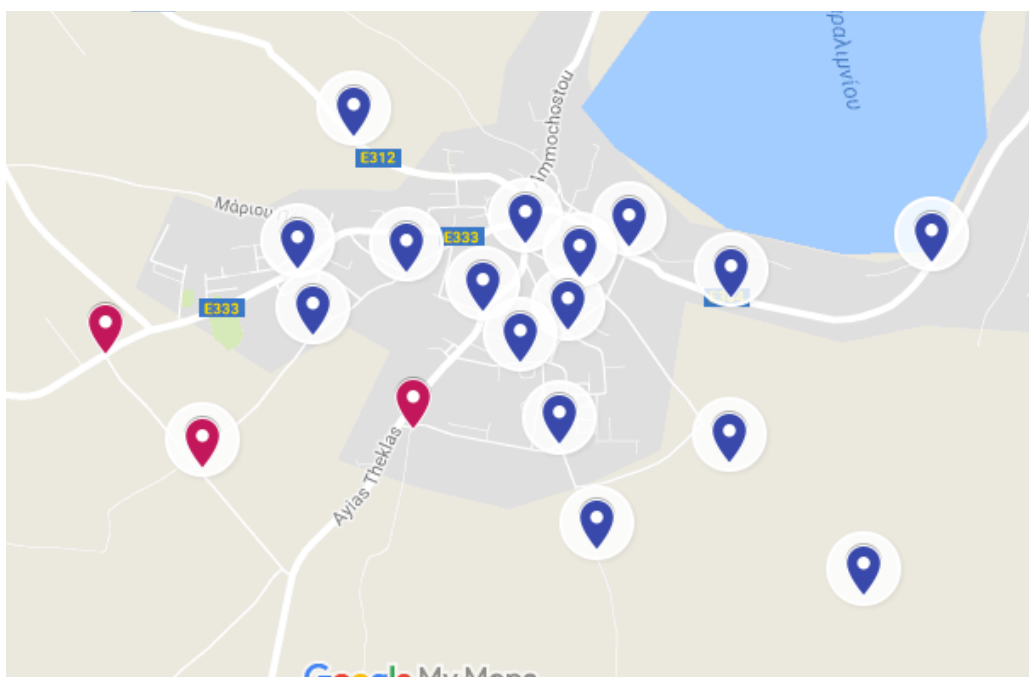
Εικόνα 6: Σχηματική παράσταση επικοινωνίας μέσω GSM/GPRS

### 4.3 Βάσει της μεθόδου εργασίας

Οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν βάσει των ακόλουθων τριών βασικών μεθόδων εργασίας [7]:

- Drive by ή Οδήγηση περίξ – είναι η διαδικασία όπου ένα όχημα στο οποίο υπάρχει μια συσκευή επικοινωνίας με τους αισθητήρες, κινείται στο δρόμο περνώντας σε κοντινή απόσταση από τους αισθητήρες, συνήθως δεν υπερβαίνει τα 50 μέτρα και λαμβάνει τις μετρήσεις.
- Lift & Shift ή Ανάληψη & Μετακίνηση, είναι η διαδικασία όπου οι αισθητήρες είτε καθημερινά είτε κάθε μερικές μέρες μετακινούνται σε νέα σημεία. Για αυτή τη μέθοδο χρειάζονται αισθητήρες με ευκολία στη λήψη των μετρήσεων. Γι αυτό και αρκετοί αισθητήρες πέραν της δυνατότητας λήψης των δεδομένων όπως πιο πάνω, προσφέρουν και οπτική ένδειξη μέσω LED κόκκινου ή πράσινου χρώματος ανάλογα με την ένδειξη.

- Μόνιμη εγκατάσταση, είναι φυσικά η διαδικασία όπου οι αισθητήρες τοποθετούνται μόνιμα ή για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα (μήνες) σε συγκεκριμένα σημεία. Συνήθως προτιμώνται αισθητήρες με επικοινωνίες τύπου Μόνιμο Δίκτυο Ραδιοσυχνότητων ή GSM/GPRS.



Εικόνα 7: Αισθητήρες εγκατεστημένοι σε δίκτυο ύδρευσης. Με κόκκινο οι αισθητήρες σε κατάσταση διαρροής.

Πίνακας 1 – Χαρακτηριστικά απλών και συσχετιζόμενων αισθητήρων

	Απλοί	Συσχετιζόμενοι
Κατηγοριοποίηση βάσει του συστήματος επικοινωνιών		
Δίκτυο Ραδιοσυχνοτήτων	✓	✓
Ραδιοσυχνότητες μικρής Εμβέλειας	✓	✓
Δίκτυο GSM/GPRS	✓	✓
Κατηγοριοποίηση βάσει της μεθόδου εργασίας		
Οδήγηση Πέριξ (Drive by)	✓	✓
Ανάληψη & Μετακίνηση (Lift & Shift)	✓	✓
Μόνιμη εγκατάσταση	✓	✓
<i>(Βιβλιογραφικές αναφορές - Ιστοσελίδες: Halma Water Management [3], F.A.S.T. [1], Guterman [2], Primeyer [4], SebaKMT [5], SEWERIN [6], vonRoll-hydro [8])</i>		

#### 4.4 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

Οι αισθητήρες είναι ένα πολύ σημαντικό εργαλείο στην εργαλειοθήκη των οργανισμών ύδρευσης για αντιμετώπιση των απωλειών νερού στα δίκτυα ύδρευσης. Όλοι οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με τις τρεις μεθόδους εργασίας που αναφέρονται πιο πάνω. Υπάρχουν όμως κάποιοι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Πιο κάτω αναλύονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε κατηγορίας αισθητήρων βάση της κατηγοριοποίησης.



Πίνακας 2 – Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα απλών και συσχετιζόμενων αισθητήρων

	<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>
<b>Απλοί</b>	Χαμηλό κόστος αγοράς και συντήρησης.	Δίνουν απλά μια ένδειξη ύπαρξης διαρροής ή όχι
	Υπάρχουν διαθέσιμοι αισθητήρες κατάλληλοι για λειτουργία είτε με Ραδιοσυχνότητες είτε GSM/GPRS επικοινωνίες.	Για εντοπισμό μιας διαρροής χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση όλων των ενδείξεων επί τόπου. Εξειδικευμένο προσωπικό θα πάει επί τόπου για διερεύνηση με χρήση συσχετιστή και γαιώφωνου.
	Μπορούν να είναι μέρος ενός μόνιμου δικτύου Ραδιοσυχνοτήτων ή GSM/GPRS.	
	Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με τις τρεις μεθόδους εργασίας (Λήψη & Μετακίνηση, Οδήγηση Πέριξ , μόνιμη εγκατάσταση)	
<b>Συσχετιζόμενοι</b>	Τα αποτελέσματα της χρήσης της δυνατότητας συσχετισμού, καθοδηγούν το προσωπικό στο σημείο που υπάρχει διαρροή για εξακρίβωση και επιβεβαίωση του ακριβούς σημείου, εξοικονομώντας πολύτιμο χρόνο διερεύνησης	Ψηλότερο κόστος αγοράς

	Ο συσχετισμός μπορεί να γίνει από την άνεση ενός γραφείου και να επαναληφθεί με διαφορετικούς συνδυασμούς, ώστε ακόμα και σε δύσκολες περιπτώσεις να υπάρχει ισχυρή ένδειξη για τη θέση της διαρροής	Ψηλότερο κόστος λειτουργίας, λόγω τελών χρήσης των δικτύων GSM/GPRS
<b>Ραδιοσυχνότητες μικρής εμβέλειας</b>	Χαμηλό κόστος αγοράς και συντήρησης	Ψηλό κόστος λήψης μετρήσεων, απαιτεί 2 άτομα και ένα όχημα αφιερωμένα στη διαδικασία της λήψης των μετρήσεων.
	Εύκολη εγκατάσταση	Επηρεάζεται η επικοινωνία μαζί τους από παρεμβολές, π.χ. ένα αυτοκίνητο σταθμευμένο από πάνω από τη βαλβίδα μπορεί να εμποδίζει τη λήψη των μετρήσεων.
	Εύκολη μετακίνηση	
<b>Μόνιμο Δίκτυο Ραδιοσυχνότητων</b>	Μπορούν να διασυνδεθούν υφιστάμενοι αισθητήρες.	Δεν επιτρέπει την εύκολη μετακίνηση των αισθητήρων. Για τη μετακίνηση τους πρέπει να μετακινηθούν και οι αναμεταδότες.
	Χαμηλό κόστος αγοράς και συντήρησης ( αν λειτουργεί σε ελεύθερες συχνότητες)	Επιπρόσθετο κόστος δημιουργίας υποδομής και συντήρησης της. (αναμεταδότες, άδειες εγκατάστασης αναμεταδοτών)
	Μπορεί να είναι αμφίδρομη η επικοινωνία.	Επηρεάζεται από παρεμβολές, π.χ. ένα αυτοκίνητο σταθμευμένο από πάνω από τη βαλβίδα μπορεί να εμποδίζει τη λήψη των μετρήσεων.

	Αυτόματη μετάδοση μετρήσεων	Αν λειτουργεί με αδειοδοτούμενες συχνότητες έχει επιπρόσθετο κόστος για άδειες χρήσης
<b>Δίκτυα GSM/GPRS</b>	Αξιοποιείται υφιστάμενη υποδομή, ο οργανισμός δεν ξοδεύει για την δημιουργία υποδομής ούτε για τη συντήρηση της.	Ψηλότερο κόστος λειτουργίας, λόγω τελών χρήσης των δικτύων GSM/GPRS
	Δεν επηρεάζεται εύκολα από παρεμβολές.	Ακριβότεροι αισθητήρες
	Η επικοινωνία είναι αμφίδρομη, επιτρέποντας την αλλαγή των παραμέτρων λειτουργίας των αισθητήρων και κατέβασμα των δεδομένων αν και όταν χρειάζεται.	
	Εύκολη εγκατάσταση	
	Εύκολη μετακίνηση	
	Αυτόματη μετάδοση μετρήσεων	
<b>Οδήγηση Πέριξ (Drive by)</b>	Χαμηλό κόστος αγοράς και συντήρησης.	Υψηλό κόστος εφαρμογής, Απαιτεί 2 άτομα και ένα όχημα αφιερωμένα στη διαδικασία της λήψης των μετρήσεων.
	Διερεύνηση μεγάλων περιοχών σε μικρό χρονικό διάστημα, με γρήγορη ανάληψη μετρήσεων από μεγάλο αριθμό αισθητήρων.	Επειδή εφαρμόζεται σε συστήματα με ραδιοσυχνότητες είναι ευαίσθητο σε παρεμβολές.

<b>Ανάληψη &amp; Μετακίνηση</b>	Χαμηλό κόστος αγοράς και συντήρησης.	Υψηλό κόστος εφαρμογής, Απαιτεί 2 άτομα και ένα όχημα αφιερωμένα στη διαδικασία της λήψης των μετρήσεων και μετακίνησης των αισθητήρων.
	Διερεύνηση μεγάλων περιοχών σε μικρό χρονικό διάστημα, γρήγορη ανάληψη μετρήσεων από μεγάλο αριθμό αισθητήρων.	Όταν εφαρμόζεται σε συστήματα με ραδιοσυχνότητες είναι ευαίσθητο σε παρεμβολές.
		Όταν εφαρμόζεται σε περιοχές με υψηλό ρυθμό δημιουργίας διαρροών και οι αισθητήρες μετακινούνται με γοργό ρυθμό, μετά τη διερεύνηση οι περιοχές αυτές επανέρχονται εύκολα στα προηγούμενα επίπεδα διαρροών.
<b>Μόνιμη εγκατάσταση</b>	Σχεδόν άμεσος εντοπισμός ύπαρξης διαρροής	Ψηλότερο κόστος αγοράς
	Σε περιοχές με υψηλό ρυθμό δημιουργίας διαρροών κρατούν τις απώλειες χαμηλά.	Αν χρησιμοποιούν δίκτυο ραδιοσυχνοτήτων δεν μπορούν να μετακινηθούν οι αισθητήρες αν δεν μετακινηθούν και οι αναμεταδότες.
	Για αισθητήρες με επικοινωνία GSM/GPRS είναι πολύ εύκολη η μετακίνηση τους.	
<i>(Ιστοσελίδες: Halma Water Management [3], F.A.S.T. [1], Guterman [2], Primeyer [4], SebaKMT [5], SEWERIN [6], vonRoll-hydro [8])</i>		

## 5. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

### 5.1 Εισαγωγή

Οι αισθητήρες θορύβου που αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν στην πράξη τοποθετούνται, μέσω ενός ισχυρού μαγνήτη, στις βαλβίδες και στους κρουπούς πυρόσβεσης των δικτύων ύδρευσης και καταγράφουν το θόρυβο που παράγει μια διαρροή σε αγωγό ύδρευσης.

Συγκεκριμένα, οι αισθητήρες θορύβου που αναπτύσσονται στο δίκτυο τοποθετούνται κυρίως σε βάνες και κρουπούς πυρόσβεσης ή άλλα μεταλλικά εξαρτήματα στα οποία στερεώνονται μέσω του ισχυρού μαγνήτη που διαθέτουν στο κάτω μέρος τους. Ο μαγνήτης είναι συνδεδεμένος με έναν ειδικό αισθητήρα, ο οποίος καταγράφει τις δονήσεις που παράγονται στα τοιχώματα του αγωγού από κάποια διαρροή. Η απόσταση τοποθέτησης ανάμεσα στους αισθητήρες ποικίλει ανάλογα με το υλικό κατασκευής των αγωγών. Σε προκαθορισμένο χρόνο, συνήθως τις πρωινές ώρες που η κατανάλωση ελαχιστοποιείται και η πίεση μεγιστοποιείται, καταγράφουν το θόρυβο του περιβάλλοντός τους, συμπεριλαμβανομένου και του θορύβου που παράγεται από κάποια διαρροή. Το ενσωματωμένο λογισμικό των αισθητήρων αξιολογεί τις μετρήσεις που καταγράφει, με κύριες παραμέτρους τη συνέπεια στην καταγραφή του θορύβου, το επίπεδο και το εύρος του θορύβου που καταγράφηκε. Συνέπεια στην καταγραφή θορύβου αναφέρεται στην καταγραφή, για όλη την περίοδο καταγραφής, του θορύβου χωρίς διακοπές ή απότομες αλλαγές στη συχνότητα. Το επίπεδο αναφέρεται στο επίπεδο του θορύβου σε Decibel - db και το εύρος αναφέρεται στη διαφορά ανάμεσα στο ελάχιστο και μέγιστο επίπεδο θορύβου που καταγράφεται. Όσο πιο μικρό το εύρος τόσο πιο πιθανό η πηγή να είναι μια, ενώ αντίθετα όσο πιο πλατύ τόσο περισσότερες παρεμβολές υπάρχουν. Με βάση την πιο πάνω επεξεργασία οι αισθητήρες μπαίνουν σε μια από τις δυο καταστάσεις που εξηγούνται πιο κάτω.



Εικόνα 8: Τομή αισθητήρα.

Κάθε αισθητήρας μπορεί να τεθεί σε μια από τις εξής δύο πιθανές καταστάσεις:

#### Κατάσταση Διαρροής (L)

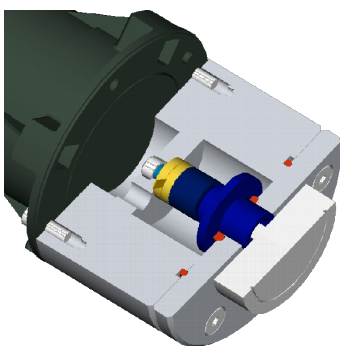
Η κατάσταση αυτή σημαίνει ότι με βάση την επεξεργασία των δεδομένων από τον εσωτερικό του αλγόριθμο υπάρχει πιθανή διαρροή κοντά στο σημείο που βρίσκεται ο αισθητήρας.

### Κατάσταση Όχι Διαρροής (N).

Η κατάσταση αυτή σημαίνει ότι με βάση την επεξεργασία των δεδομένων από τον εσωτερικό του αλγόριθμο δεν υπάρχει πιθανή διαρροή κοντά στο σημείο που βρίσκεται το αισθητήρας.

Η κατάσταση του κάθε αισθητήρα μεταδίδεται σε έναν υπολογιστή μέσω ασύρματων συνδέσεων όπου αποθηκεύονται και προβάλλονται μέσω ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών - ΓΠΣ. Κάποιοι αισθητήρες μπορούν να μεταδώσουν και τις μετρήσεις ή ακόμα και το θόρυβο που καταγράφηκε για πιο λεπτομερή αξιολόγηση.

Αυτού του τύπου αισθητήρες, είναι μια τεχνολογία που βρίσκεται στο προσκήνιο για πάνω από είκοσι χρόνια και συνεχώς βελτιώνεται. Η βασική αποστολή τους είναι η έρευνα και διάγνωση της ύπαρξης διαρροών σε ένα μήκος αγωγού.



Εικόνα 9: Τομή αισθητήρα

Η αρχική ιδέα για τη χρήση των αισθητήρων, ήταν η μόνιμη εγκατάστασή τους στις βαλβίδες και στους κρουνοί πυρόσβεσης. Το κόστος ανά αισθητήρα όμως δεν επέτρεπε κάτι τέτοιο. Ήταν πολύ πιο αποδοτικό οικονομικά να μετακινούνται οι αισθητήρες από περιοχή σε περιοχή. (Χριστοδούλου [9] Σελ. 25)

Σήμερα, με αυξημένη την ευαισθησία στο πρόβλημα των συνεχιζόμενων και διογκούμενων διαρροών, τη σχετική μείωση του κόστους των αισθητήρων, τις αυξημένες δυνατότητες των αισθητήρων και των λογισμικών ελέγχου, μαζί και με τις αυξημένες δυνατότητες και το μειωμένο κόστος δικτύωσης, και σε συνδυασμό με το αυξημένο κόστος του προσωπικού, δημιουργήθηκε η τάση για μόνιμη τοποθέτηση των αισθητήρων ή τουλάχιστον τη σχεδόν μόνιμη εγκατάστασή τους.

Συγκριτικά αναφέρουμε ότι οι πρώτοι αισθητήρες που εμφανίστηκαν έπρεπε να προγραμματιστούν ο κάθε ένας ξεχωριστά και μετά από κάθε χρήση να επαναφορτιστούν οι μπαταρίες τους, κάτι που σήμαινε ότι κάθε μέρα έπρεπε να μεταφερθούν πίσω στο γραφείο για λήψη των αποτελεσμάτων και επαναφόρτιση. Η επικοινωνία με τους αισθητήρες γινόταν μέσω υπολογιστή και σύνδεση με κάθε αισθητήρα ξεχωριστά.



Εικόνα 10: Αισθητήρες

Σήμερα, οι αισθητήρες τελευταίας γενιάς μπορούν να είναι σε αδιάλειπτη λειτουργία μέχρι και 10 χρόνια και η λήψη των μετρήσεων όπως και ο επαναπρογραμματισμός τους (εάν και όταν χρειαστεί) γίνεται με χρήση ασύρματων επικοινωνιών. Επίσης, υπάρχουν σήμερα αισθητήρες που συνδυάζουν τη λειτουργία του απλού αισθητήρα θορύβου και του συσχετιστή με τη δυνατότητα εκτέλεσης συσχετισμών πάνω στα δεδομένα που καταγράφουν, μειώνοντας κατά πολύ το χρόνο εντοπισμού μιας διαρροής.

## 5.2 Προτεινόμενο σύστημα αισθητήρων

Το προτεινόμενο σύστημα ικανοποιεί τις λειτουργικές απαιτήσεις του κεφαλαίου 3 πιο πάνω, κυριότερη των οποίων είναι η όσο το δυνατόν πιο αποδοτική λειτουργία του συστήματος σε συνδυασμό με την όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματική χρήση του χρόνου του προσωπικού.

Με βάση τις συνεντεύξεις με το προσωπικό του ΣΥΛ και της ΔΕΥΑΧ, τις πληροφορίες που συλλέξαμε μέσω του διαδικτύου και μελετήσαμε και την ταξινόμηση των αισθητήρων που έχουμε κάνει, η πιο πρακτική και μακροπρόθεσμα οικονομική λύση για τις ειδικές συνθήκες των δύο οργανισμών είναι η μόνιμη τοποθέτηση συσχετιζόμενων αισθητήρων που θα χρησιμοποιούν δίκτυα επικοινωνιών GSM/GPRS.

Οι κυριότεροι λόγοι περιγράφονται πιο κάτω:

- Εύκολη τοποθέτηση
- Εύκολη μετακίνηση
- Αξιόπιστη λειτουργία χωρίς παρεμβολές.
- Αυτόματη λήψη μετρήσεων κάθε πρωί.
- Σχεδόν άμεσος εντοπισμός μιας νέας διαρροής.
- Οι οργανισμοί δεν θα επενδύσουν στη δημιουργία, λειτουργία και συντήρηση υποδομής επικοινωνιακού δικτύου, αλλά θα χρησιμοποιήσουν τα υφιστάμενα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας.
- Το κόστος λειτουργίας των δικτύων GSM/GPRS μειώνεται.
- Αν για κάποιο λόγο είναι επιτακτική ανάγκη για μια γρήγορη διερεύνηση μιας περιοχής, τότε οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τη μέθοδο Ανάλυση & Μετακίνηση.

- Δυνατότητα συσχετισμού: Θα πρέπει να επιτρέπει την εκτέλεση διαφορετικών σεναρίων συσχετισμού, ώστε ειδικά σε δύσκολες περιπτώσεις να έχουμε όσο το δυνατό πιο ακριβή εντοπισμό της διαρροής από το γραφείο, προτού σταλεί προσωπικό για την ακριβή επιβεβαίωση. Με αυτή τη δυνατότητα το προσωπικό του ΣΥΛ και της ΔΕΥΑΧ θα καθοδηγείται στο σημείο της διαρροής για επιβεβαίωση σε αντίθεση με τη εξαρχής διερεύνηση. Έτσι θα μπορούν να εργαστούν πολύ πιο αποδοτικά, εντοπίζοντας τη διαρροή σε μικρότερο χρόνο και με μικρότερο κόστος εντοπισμού.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ιστοσελίδα F.A.S.T. <https://www.fastgmbh.de/index.php/en/menu-products-en/menu-products-datalogger-en/menu-products-az100-en>
2. Ιστοσελίδα Guterman, <https://en.gutermann-water.com/products/correlating-radio-loggers/>
3. Ιστοσελίδα Halma Water Management, <https://www.hwmglobal.com/products/water-networks/leak-detection/>
4. Ιστοσελίδα Primayer, <https://www.primayer.com/leak-detection/>
5. Ιστοσελίδα SebaKMT, <https://www.sebakmt.com/de/>
6. Ιστοσελίδα SEWERIN, <https://www.sewerin.com/cms/en/start.html>
7. Stuart Hamilton and Bambos Charalambous. (2013) «Leak Detection Technology and Implementation»: IWA Publishing ISBN 9781780404714
8. Ιστοσελίδα vonRoll-hydro, <https://www.vonroll-hydro.com/en/industrial-sensors.html>
9. Χριστόδουλος Χριστοδούλου (2008), «Σύστημα καταγραφής, ανάλυσης και οπτικοποίησης δεδομένων καταγραφικών θορύβου με χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών»: Διπλωματική εργασία HOU-UGP-2008-24.