



ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΤΕ

Πτυχιακή εργασία

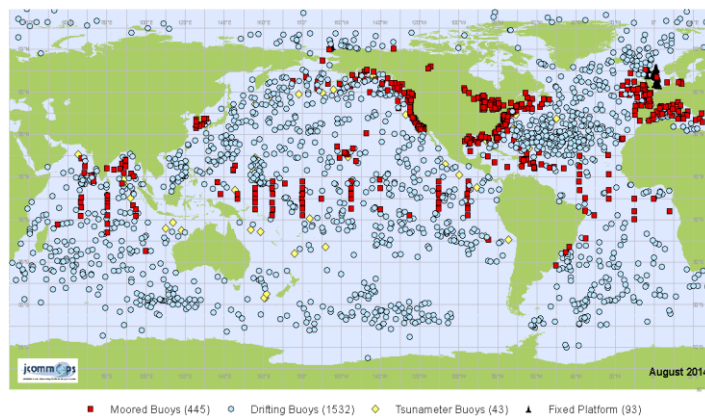
*«Σχεδίαση Συστήματος Ασύρματης Μετάδοσης  
Δεδομένων Ποιότητας Υδάτων»*

**Μούλας Νικόλαος**

A.M.: 10105

Επιβλέπων καθηγητής:

**Αγγέλης Κων/νος**



ΑΡΤΑ 2015

## Πίνακας Περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1 Παρακολούθηση ποιότητας υδάτων – Δειγματοληψία .....	9
1.2 Δείκτες ποιότητας πόσιμου νερού .....	10
1.2.1 Φυσικοί δείκτες.....	10
1.2.2 Χημικοί δείκτες.....	11
1.2.3 Βιολογικοί δείκτες .....	11
1.3 Προτυποποίηση της ποιότητας των υδάτων .....	12
1.4 Συνεχή παρακολούθηση ποιότητας σε πραγματικό χρόνο .....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ .....	15
2.1 Βασικοί τύποι σταθμών.....	15
2.1.1 Μετακινούμενοι σταθμοί.....	16
2.1.2 Σταθμοί σταθερής θέσης.....	17
2.1.3 Σταθμοί στις παγωμένες θάλασσες .....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ &ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ .....	20
3.1 Αρχική υπόθεση .....	20
3.2 Υλισμικό (Hardware) Συστήματος.....	21
3.3 Χαρακτηριστικά συστήματος .....	22
3.4 Χαρακτηριστικά κεντρικής πλακέτας .....	23
3.5 Αισθητήρες συστήματος .....	24
3.5.1 Αισθητήρας θερμοκρασίας .....	24
3.5.2 Αισθητήρας αγωγιμότητας.....	26
Τεχνικές προδιαγραφές.....	26
Διαδικασία μετρήσεων .....	26
3.6 Αισθητήρας μέτρησης οξυγόνωσης νερού .....	28
3.7 Αισθητήρας μέτρησης pH.....	30
3.8 Αισθητήρας μέτρησης Δυναμικού οξειδοαναγωγής .....	32
3.9 Αισθητήρας μέτρησης διαλυμένων ιόντων .....	34
3.10 Αισθητήρας θολότητας .....	36
3.11 Αισθητήρας μετεωρολογικών μετρήσεων .....	38
3.12 Αισθητήρας μετατόπισης .....	39
3.13 Γενικές αρχές τοποθέτησης των αισθητήρων.....	39
3.14 Θωράκιση κεντρικής μονάδας υποσταθμού .....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ .....	44

4.1	Μέθοδοι ασύρματης μετάδοσης .....	44
4.2	Συμπεράσματα .....	46
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – Απόδοση Μεθόδων ανίχνευσης βλαβερών ουσιών και καθαρισμού υδάτων .....		47
1.2	Βιβλιογραφία.....	65

## Ευχαριστίες

- Τους Γονείς μου για την υποστήριξη όλα αυτά τα χρόνια
- Τους καθηγητές μου
- Τον Σύλλογο Προστασίας Βεγορίτιδας και το Δ.Σ.

## Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1 - Επί τόπου παρακολούθηση ποιότητας υδάτων .....	9
Εικόνα 2 - Επιτρεπτές τιμές στο pH οικοσυστημάτων.....	11
Εικόνα 3 - Λήψη δείγματος από την ανοιχτή θάλασσα .....	13
Εικόνα 4 - Παρασυρόμενος σταθμός - σημαδούρα.....	16
Εικόνα 5 - Σύστημα αγκυροβολημένου σταθμού μετάδοσης ωκεανογραφικών δεδομένων	17
Εικόνα 6 - Εγκατάσταση σταθμού.....	18
Εικόνα 7 – Σημαδούρα πάγου .....	19
Εικόνα 8 – Εγκατεστημένοι σταθμοί σε θάλασσες και λίμνες ασύρματης μετάδοσης δεδομένων καιρού και ποιότητας υδάτων παγκοσμίως.....	19
Εικόνα 9 – Σύστημα Smart Water από την εταιρεία Libelium .....	21
Εικόνα 10 - Σύστημα Smart Water από την εταιρεία Libelium με ενσωματωμένο ηλιακό συλλέκτη και μπαταρία .....	22
Εικόνα 11 – Θύρες σύνδεσης αισθητήρων .....	23
Εικόνα 12 – Κεντρική πλακέτα συστήματος.....	24
Εικόνα 13 – Αισθητήρας θερμοκρασίας ΠΤ-1000.....	25
Εικόνα 14 – Socket σύνδεσης του αισθητήρα θερμοκρασίας στην κεντρική πλακέτα .....	26
Εικόνα 15 – Αισθητήρας αγωγιμότητας .....	27
Εικόνα 16 - Socket σύνδεσης του αισθητήρα αγωγιμότητας στην κεντρική πλακέτα .....	28
Εικόνα 17 - Αισθητήρας μέτρησης οξυγόνωσης νερού .....	28
Εικόνα 18 - Socket σύνδεσης του αισθητήρα μέτρησης οξυγόνωσης στην κεντρική πλακέτα .....	30
Εικόνα 19 - Αισθητήρας μέτρησης pH .....	30

Εικόνα 20 - Sockets σύνδεσης του αισθητήρα μέτρησης pH στην κεντρική πλακέτα.....	32
Εικόνα 21 - Αισθητήρας μέτρησης Δυναμικού οξειδοαναγωγής .....	32
Εικόνα 22 - Sockets σύνδεσης του αισθητήρα μέτρησης δυναμικού οξειδοαναγωγής στην κεντρική πλακέτα .....	33
Εικόνα 23 - Αισθητήρας μέτρησης διαλυμένων ιόντων .....	34
Εικόνα 24 - Sockets σύνδεσης του αισθητήρα μέτρησης διαλυμένων ιόντων στην κεντρική πλακέτα .....	35
Εικόνα 25 – Αισθητήρας μέτρησης της θολότητας των υδάτων .....	36
Εικόνα 26 – Επιπλέον υπομονάδες σύνδεσης του αισθητήρα μέτρησης θολότητας με την κεντρική πλακέτα .....	37
Εικόνα 27 – Λανθασμένη και σωστή τοποθέτηση του αισθητήρα μέτρησης θολότητας.....	38
Εικόνα 28 – Σύστημα αισθητήρων μετεωρολογικών φαινομένων.....	38
Εικόνα 29 – Αισθητήρας μετατόπισης.....	39
Εικόνα 30 – Λανθασμένη και ορθή τοποθέτηση αισθητήρων .....	40
Εικόνα 31 - Λανθασμένη και ορθή τοποθέτηση αισθητήρων.....	40
Εικόνα 32 – Παράδειγμα εγκατάστασης σταθμού ασύρματης μετάδοσης δεδομένων ποιότητας υδάτων .....	41
Εικόνα 33 – Το σύστημα είναι μονωμένο και αδιαβροχοποιημένο .....	41
Εικόνα 34 – Εξωτερικές διαστάσεις συστήματος .....	42
Εικόνα 35 – Αποσυναρμολογημένο σύστημα .....	43
Εικόνα 36 – Δορυφορικό σύστημα μετάδοσης δεδομένων ποιότητας υδάτων .....	44

## **Λίστα Πινάκων**

Πίνακας 1 – Αισθητήρες που μπορούν να συνδεθούν ανά socket .....23

Πίνακας 2 Πρωτόκολλα ραδιοπομπών που δύναται να χρησιμοποιηθούν .....45

## Περίληψη

Η ποιότητα των υδάτων είναι ένα μέτρο ζωτικής σημασίας για όλους τους έμβιους οργανισμούς του πλανήτη. Ενώ όμως το νερό γενικά αφθονεί, λιγότερο από το 1% της συνολικής υδάτινης μάζας της Γης είναι πόσιμο. Το ποσοστό αυτό συρρικνώνεται διαρκώς, κυρίως λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας, μέσω της ρύπανσης και της διαταραχής των οικοσυστημάτων.

Έτσι λοιπόν, η παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων είναι μια διεργασία απαραίτητη για τη διατήρηση της ζωής και την ισορροπία των βιότοπων. Η ποιότητα καθορίζεται μέσω της αναλύσεως δειγμάτων νερού με ειδικά όργανα και με βάση κάποιες θεσμοθετημένες μετρικές.

Ενώ η συνήθης πρακτική είναι η λήψη ενός δείγματος, η αποθήκευση του σε ειδικά δοχεία και η ανάλυση του αργότερα σε ειδικά εργαστήρια, έχει αποδειχθεί πως η πρακτική αυτή αλλοιώνει τη σύσταση των δειγμάτων. Επίσης η πρακτική αυτή δεν επιτρέπει την μόνιμη παρακολούθηση της ποιότητάς των υδάτων, παρά μόνο για τις στιγμές της δειγματοληψίας, όπως επίσης και μόνο από σημεία που είναι προσβάσιμα από άνθρωπο.

Σκοπός της εργασίας είναι η περιγραφή ενός δικτύου πειραματικών αυτόνομων υποσταθμών ασύρματης μετάδοσης δεδομένων ποιότητας υδάτων, με τη μορφή σημαδούρας και εξοπλισμένων με τα κατάλληλα μετρητικά όργανα, με έμφαση στον εξοπλισμό του κάθε υποσταθμού και στη δομή ολόκληρης της πλατφόρμας συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων. Το σύστημα είναι θεωρητικό μεν, αλλά όλες οι υπομονάδες που θα περιγραφούν υπάρχουν αυτή τη στιγμή στην αγορά, οπότε δυνητικά θα μπορούσε να κατασκευαστεί και να χρησιμοποιηθεί.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Με τον όρο «ποιότητα υδάτων» εννοείται η φυσική, χημική, βιολογική και ραδιολογική σύσταση του νερού [1]. Είναι ένα μέτρο της κατάστασης του νερού σε σχέση με τις βιοτικές απαιτήσεις φυτών και ζώων ή σε οποιαδήποτε ανθρώπινη ανάγκη ή σκοπό [2], δηλαδή κατά πόσο είναι μολυσμένο για τους οργανισμούς και αν είναι πόσιμο.

Για τον καθορισμό προτύπων, οι αρμόδιες (συνήθως κρατικές) υπηρεσίες υιοθετούν πολιτικές συνυφασμένες με ένα σύνολο επιστημονικών μεθόδων, μέσω των οποίων καθορίζονται οι αντίστοιχες σταθερές ανάλογα με την προορισμένη χρήση του νερού [3]. Επίσης ανάλογα με τον όγκο της μάζας του νερού, π.χ. για μεγάλες φυσικές υδάτινες μάζες (λίμνες, ωκεανοί κλπ), γίνονται και λογικές εκτιμήσεις. Για κάθε χρήση υπάρχουν άλλες απαιτήσεις και συνεπώς άλλα standards. Οι φυσικές υδάτινες μάζες διαφοροποιούνται σε σχέση με το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται. Σκοπός είναι να υπάρξει αρχικά γνώση για το πως λειτουργεί σε ισορροπία ένα οικοσύστημα και εν συνεχεία να ταυτοποιηθούν ποιες ουσίες λειτουργούν ως ρυπαντές και σε ποιες συγκεντρώσεις. Παράλληλα με τον καθορισμό σταθερών για την ποιότητα των υδάτων, καθιερώνονται και ειδικές νομοθεσίες με σκοπό τη διατήρηση της υγιούς ποιότητας των υδάτων.

Η ανθρώπινη δραστηριότητα των τελευταίων δεκαετιών έχει αυξήσει το φαινόμενο της μείωσης της ποιότητας των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων παγκοσμίως, μέσω της συστηματικής ρύπανσης. Αυτό γίνεται είτε έμμεσα, μέσω της επιφανειακής αστικής και αγροτικής απορροής των υδάτων, είτε άμεσα με την απορροή βιομηχανικών ή αστικών λυμάτων σε μεγάλους υδάτινους όγκους (θάλασσες, λίμνες, ποτάμια κλπ.).

## 1.1 Παρακολούθηση ποιότητας υδάτων – Δειγματοληψία

Για την ανάλυση της ποιότητας ενός δείγματος νερού απαιτείται εργαστηριακός εξοπλισμός. Κατά κανόνα, οι λεπτομερείς - σύνθετες αναλύσεις γίνονται σε κάποιο ειδικά εξοπλισμένο εργαστήριο. Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν και οι παράγοντες που ορίζουν μια σωστή δειγματοληψία, σχετικά με τη συλλογή, τη διατήρηση, τη μεταφορά και την ανάλυση των δειγμάτων του νερού από το σημείο της δειγματοληψίας στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου. Λιγότερο σύνθετες αναλύσεις, που συνήθως αφορούν την ανίχνευση λίγων παραμέτρων μπορούν να γίνουν και επί τόπου (εικόνα 1), στο σημείο της δειγματοληψίας με φορητά συστήματα αναλύσεων (π.χ. Lab on a chip κλπ.).



*Εικόνα 1 - Επί τόπου παρακολούθηση ποιότητας υδάτων*

Επίσης, στη διαδικασία της δειγματοληψίας, λαμβάνονται υπ' όψιν και σειρά άλλων παραμέτρων. Για παράδειγμα, όταν ληφθεί το δείγμα από την πηγή του, τότε

ξεκινά να δημιουργεί μια νέα χημική ισορροπία τόσο με το περιβάλλον του, όσο και με τους περιέκτες του δείγματος. Γι' αυτό θεωρείται πολλές φορές πιο αξιόπιστη η άμεση εξέταση των δειγμάτων. Ακόμα, η αναλυτική μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να μην αντιδράσει καθόλου (εάν αυτό είναι δυνατόν) με το δείγμα.

Ένα ακόμα σημαντικό θέμα κατά τη δειγματοληψία είναι η ποσότητα, η τοποθεσία του νερού και η χρονική στιγμή που θα ληφθεί ως (αντιπροσωπευτικό) δείγμα. Για παράδειγμα, σε μία λίμνη θα πρέπει να γίνουν δειγματοληψίες από διάφορα σημεία και από διάφορα βάθη για να υπάρχει μια αντικειμενική εικόνα των υδάτων. Αλλά και ανάλογα με την ώρα της ημέρας ή την εποχή θα παρατηρήσουμε βιοχημικές εναλλαγές στη σύσταση του νερού. Οπότε όλοι αυτοί οι παράγοντες πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στα μοντέλα εξαγωγής ποιοτικών και ποσοτικών σταθερών [4].

## 1.2 Δείκτες ποιότητας πόσιμου νερού

Οι πιο συχνά μετρούμενοι δείκτες για την ποιότητα του νερού και ειδικότερα του πόσιμου νερού εμφανίζονται περιληπτικά παρακάτω. Στο παράρτημα Α της παρούσας εργασίας υπάρχουν αναλυτικοί πίνακες με τα επιτρεπτά όρια στις συγκεντρώσεις διαφόρων ουσιών.

### 1.2.1 Φυσικοί δείκτες

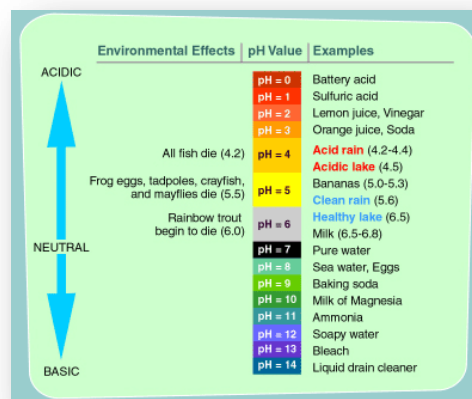
- Θερμοκρασία νερού
- Ειδική αγωγιμότητα ή ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS)
- Διαφάνεια ή θόλωμα
- Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)
- Οσμή του νερού
- Χρώμα του νερού
- Γεύση του νερού

### 1.2.2 Χημικοί δείκτες

- pH
- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)
- Διαλυμένο οξυγόνο (DO)
- Ολική σκληρότητα (TH)
- Βαριά μέταλλα
- Νιτρικά
- Ορθοφωσφορικά
- Παρασιτοκτόνα
- Επιφανειοδραστικά

### 1.2.3 Βιολογικοί δείκτες

- Εφημερόπτερα
- Πλεκτόπτερα
- Μαλάκια
- Τριχόπτερα
- Εσερίχια κόλι (*E. coli*)
- Κολοβακτηρίδια



Εικόνα 2 - Επιτρεπτές τιμές στο pH οικοσυστημάτων

### 1.3 Προτυποποίηση της ποιότητας των υδάτων

Ο Διεθνής Οργανισμός Πιστοποίησης (International Standard Organization – ISO) καθορίζει όλους τους δείκτες στο πρότυπο ICS 13.060 [5]. Το εν λόγω πρότυπο αναφέρεται στους δείκτες του πόσιμου νερού, του βιομηχανικού και αυτού των υπονόμων και στις μεθόδους που θα χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση των φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών του.

Επίσης ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Association - WHO) έχει επίσης εκδώσει οδηγό για τα πρότυπα του πόσιμου νερού [6].

Η πολιτική για το νερό στην Ευρωπαϊκή Ένωση κωδικοποιείται κυρίως από τρεις οδηγίες:

- Οδηγία για την επεξεργασία αστικών υδάτινων αποβλήτων (91/271/EEC) της 21 Μαΐου 1991 που αφορά την αποβολή δημοτικών και κάποιων βιομηχανικών υδάτινων αποβλήτων·
- Παροχή νερού και υγιεινή στην Ευρωπαϊκή Ένωση (98/83/EC) της 3 Νοεμβρίου 1998 που αφορά την ποιότητα του πόσιμου νερού·
- Πλαίσιο οδηγίας για το νερό (2000/60/EC) της 23 Οκτωβρίου 2000 που αφορά τη διαχείριση των υδάτινων πόρων.

### 1.4 Συνεχή παρακολούθηση ποιότητας σε πραγματικό χρόνο

Ιδανικά, το δείγμα νερού πρέπει να εξετάζεται σε πραγματικό χρόνο, δηλαδή την ώρα που λαμβάνεται – στο σημείο που λαμβάνεται (real time on site measurements). Αυτό ισχύει επειδή από τη στιγμή που ένα δείγμα αφαιρείται από το αρχικό του περιβάλλον, ξεκινά μια σειρά από φυσικά και χημικά φαινόμενα, με σκοπό την επίτευξη μιας νέας χημικής ισορροπίας, τα οποία οδηγούν αναπόφευκτα στην αλλοίωση του.

Επίσης, οι μικροοργανισμοί που περιέχονται στο δείγμα, συνεχίζοντας τη λειτουργία τους μετά τη λήψη, μπορούν να μεταβάλλουν τις συγκεντρώσεις οργανικών και ανόργανων ενώσεων, του οξυγόνου, κλπ. Οι αλλοιώσεις αυτές με τη

σειρά τους μπορούν να μεταβάλλουν το pH του δείγματος ή τη διαλυτότητα των προς εξέταση ουσιών.

Μία μέθοδος που χρησιμοποιείται συχνά στις περιπτώσεις όπου το δείγμα μεταφέρεται και εξετάζεται σε κάποιο απομακρυσμένο εργαστήριο είναι η ψύξη του δείγματος και η διατήρηση μιας χαμηλής θερμοκρασίας. Αλλά αυτή η μέθοδος έχει αποδειχθεί ότι απλά καθυστερεί την αλλοίωση του δείγματος, δεν την αποτρέπει [7].

Από την άλλη πλευρά, η παρακολούθηση της ποιότητας του νερού σε πραγματικό χρόνο προϋποθέτει την ύπαρξη φορητών εργαστηρίων και εργαστηριακών σταθμών, γεγονός το οποίο αυξάνει κατά πολύ το κόστος του εξοπλισμού από τη μία και μειώνει τον αριθμό των πιθανών αναλύσεων που μπορούν να γίνουν, αφού μέσα στις εγκαταστάσεις ενός εργαστηρίου μπορούν να τοποθετηθούν πληθώρα οργάνων και πειραματικών διατάξεων, σε αντίθεση π.χ. με τις όχθες ενός ποταμού ή μεσοπέλαγα (εικόνα 3).



*Εικόνα 3 - Λήψη δείγματος από την ανοιχτή θάλασσα*

Η κατεύθυνση της τεχνολογίας σήμερα είναι προς τη δημιουργία ανεξάρτητων και αυτόνομων σταθμών μέτρησης της ποιότητας των υδάτων, οι οποίοι ενσωματώνουν εξειδικευμένα εργαστηριακά μηχανήματα για τη μέτρηση των κατάλληλων δεικτών, χωρίς την παρουσία ανθρώπου / χειριστή. Οι σταθμοί αυτοί μεταδίδουν ασύρματα τα δεδομένα από τις μετρήσεις που έλαβαν προς έναν κεντρικό

κόμβο. Εκεί η πληροφορία μπορεί να επεξεργαστεί περαιτέρω και να διαμοιραστεί οπουδήποτε.

Έτσι επιτυγχάνεται η ταυτόχρονη λήψη μετρήσεων από πολλές, δυσπρόσιτες ή μη, περιοχές όπου μπορεί να ήταν δύσκολο ή αδύνατον να υπάρχει παρουσία ειδικευμένου επιστημονικού προσωπικού. Οι μετρήσεις επεξεργάζονται και διανέμονται σε πραγματικό χρόνο κι έτσι επιτυγχάνεται συνεχής παρακολούθηση οικοσυστημάτων.

Για το σκοπό αυτό κατασκευάζονται ειδικοί σταθμοί με τη μορφή σημαδούρας ή αυτόνομων ρομποτικών πλοιαρίων, οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι τόσο με τα κατάλληλα μετρητικά και αναλυτικά όργανα, όσο και με συστήματα ενεργειακής αυτονομίας και ασύρματης μετάδοσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

---

Αυτόνομοι πλωτοί σταθμοί μετάδοσης δεδομένων καιρού με τη μορφή σηματοδούρας ή πλοιαρίου ξεκίνησαν την εμφάνιση τους μετά το 2ο παγκόσμιο πόλεμο, τη δεκαετία του 1950, ενώ αυτόνομοι σταθμοί ανοιχτής θαλάσσης άρχισαν να χρησιμοποιούνται τη δεκαετία του 1970. Με την σταδιακή πρόοδο της τεχνολογίας, οι αντίστοιχοι σταθμοί εξελίχθηκαν και δικτυώθηκαν σε μεγαλύτερη κλίμακα και έγινε εφικτή όχι μόνο η παρατήρηση καιρικών φαινομένων, αλλά και η βαθύτερη παρακολούθηση κλιματικών αλλαγών. Στη δεκαετία του 1980 και 1990 οι αυτόνομοι πλωτοί σταθμοί στον κεντρικό και ανατολικό Ειρηνικό Ωκεανό μετέδιδαν πληροφορίες για την εξέλιξη του φαινομένου El Nino.

Επίσης πλέον είναι εξοπλισμένοι με ειδικά όργανα χημικών αναλύσεων και μεταδίδουν διαρκώς πληροφορίες για την ποιότητα των υδάτων και ειδοποιούν άμεσα σε έκτακτες περιπτώσεις, π.χ. διαρροή πετρελαίου ή καυσίμων.

Όσον αφορά τα καιρικά φαινόμενα, οι αυτόνομοι πλωτοί σταθμοί μετρούν κυρίως τη θερμοκρασία του αέρα, την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου, τη βαρομετρική πίεση, τη θερμοκρασία του νερού, το ύψος των και την περίοδο των κυμάτων [8]. Τα δεδομένα μεταδίδονται ασύρματα με τους εξής τρόπους: Ραδιοφωνικά κύματα, δορυφορικά ή μέσω των δικτύων κινητής τηλεφωνίας και συλλέγονται από ειδικούς σταθμούς λήψης.

### 2.1 Βασικοί τύποι σταθμών

Οι αυτόνομοι πλωτοί σταθμοί έχουν χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα και κατά τη διάρκεια της νύχτας έχουν ενσωματωμένο φάρο, όπου αναβοσβήνει κίτρινο φως. Η διάμετρος τους κυμαίνεται από 1.5 μέτρο έως 12 μέτρα. Το ύψος των σταθμών ποικίλει ανάλογα με τα μετρούμενα μεγέθη και μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 12 μέτρα. Όσοι είναι τοποθετημένοι σε ρηγά νερά έχουν συνήθως μικρό μέγεθος και είναι αγκυροβολημένοι με μεταλλική άγκυρα και αλυσίδες, ενώ όσοι είναι



τοποθετημένοι σε σημεία με μεγάλα βάθη χρησιμοποιούν συνδυασμό αλυσίδων, ειδικού νάυλον και πολυπροπυλαίνιου. Γενικά η κατασκευή αυτού του τύπου σταθμών είναι αρκετά στιβαρή, ώστε να εξασφαλιστεί η μακροζωία του συστήματος (20 χρόνων περίπου), ειδικότερα αυτών που προορίζονται για ακραίες καιρικές συνθήκες, όπου οι άνεμοι φτάνουν ταχύτητες 140 χμ/ώρα και τα κύματα ύψος 20 μέτρων [9].

Οι παρασυρόμενοι σταθμοί με τη μορφή πλοιαρίων έχουν αρκετά μικρότερες διαστάσεις σε σχέση με τους σταθερούς σταθμούς με τη μορφή σημαδούρας, καθώς επίσης μετρούν και αρκετά λιγότερα μεγέθη. Η διάμετρος τους είναι περίπου 30-40 εκατοστά και είναι κατασκευασμένα από ειδικό πλαστικό ή υαλοβάμβακα και συνήθως είναι χρωματισμένα κίτρινα ή λευκό-μπλε [10].

### ***2.1.1 Μετακινούμενοι σταθμοί***

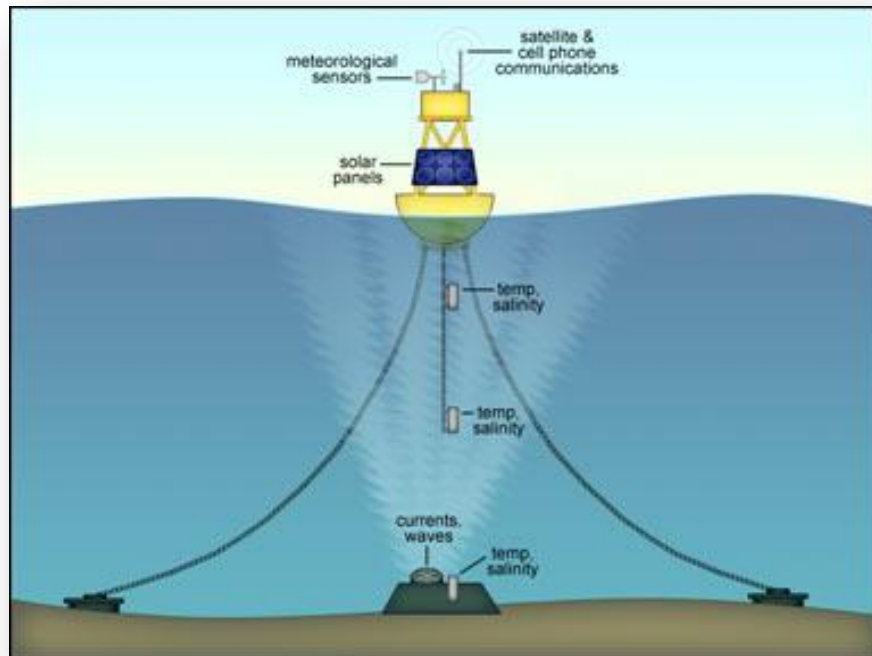
Οι κινούμενοι - παρασυρόμενοι σταθμοί διαθέτουν συνήθως κάποιας μορφής πλοήγηση, είναι αρκετά εύκολο να τοποθετηθούν, οικονομικές στην κατασκευή και τη λειτουργία και μετρούν με αξιοπιστία ατμοσφαιρικές και επιφανειακές καταστάσεις, με μέσο όρο ζωής περίπου 18 μήνες. Αυτού του τύπου οι σταθμοί - σημαδούρες έχουν μακρά ιστορία χρήσης στην ωκεανογραφία, κυρίως για τη μέτρηση των ρευμάτων. Η DBCP (Data Buoy Cooperation Panel) προσπαθεί εδώ και δεκαετίες να σχεδιάσει τυποποιημένους σημαντήρες που να ταιριάζουν με τις μετεωρολογικές και ωκεανογραφικές εφαρμογές.



*Εικόνα 4 - Παρασυρόμενος σταθμός - σημαδούρα*

### 2.1.2 Σταθμοί σταθερής θέσης

Οι σταθμοί σταθερής θέσης είναι αγκυροβολημένες πλατφόρμες σε σταθερές θέσεις, όπου συλλέγουν και μεταδίδουν τακτικά παρατηρήσεις από διάφορους ατμοσφαιρικούς και ωκεανογραφικούς αισθητήρες. Συνήθως χρησιμοποιούνται για να εξυπηρετήσουν εθνικές ανάγκες πρόβλεψης, ανάγκες ασφάλειας στη θάλασσα και να παρατηρούν τα κλιματολογικά πρότυπα.



*Εικόνα 5 - Σύστημα αγκυροβολημένου σταθμού μετάδοσης ωκεανογραφικών δεδομένων*

Πρόκειται για μεγάλου μεγέθους κατασκευές (οι διαστάσεις ποικίλουν όπως ειπώθηκε και νωρίτερα) και ιδιαίτερα ακριβές. Προσφέρουν πληροφορίες για την κατάσταση της ατμόσφαιρας, της επιφάνειας του νερού ή του βυθού. Μπορούν να δώσουν πληροφορίες για βάθη μέχρι και 500 μέτρων. Συνήθως τα δεδομένα συλλέγονται από δορυφόρους του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού.

Πέραν της στιβαρής τους κατασκευής, ο σχεδιασμός πρέπει επίσης να αντιμετωπίσει εκ προθέσεως βανδαλισμό ή τυχαία βλάβη. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά σχέδια για αγκυροβολημένο σημαδούρες ανάλογα με την περιοχή των ωκεανών.

Εάν ένας αγκυροβολημένος σημαντήρας περιφέρεται άσκοπα αντιπροσωπεύει μια πιθανή απώλεια του ακριβού εξοπλισμού και μπορεί να δημιουργήσει επικίνδυνες για τη ναυσιπλοΐα καταστάσεις. Για το λόγο αυτό, ένα εφεδρικό σύστημα εντοπισμού χρησιμοποιείται για να εξασφαλίσει ότι ένα σήμα θα στέλνεται εάν η σημαδούρα αφήνει μια συγκεκριμένη περιοχή.



*Εικόνα 6 - Εγκατάσταση σταθμού*

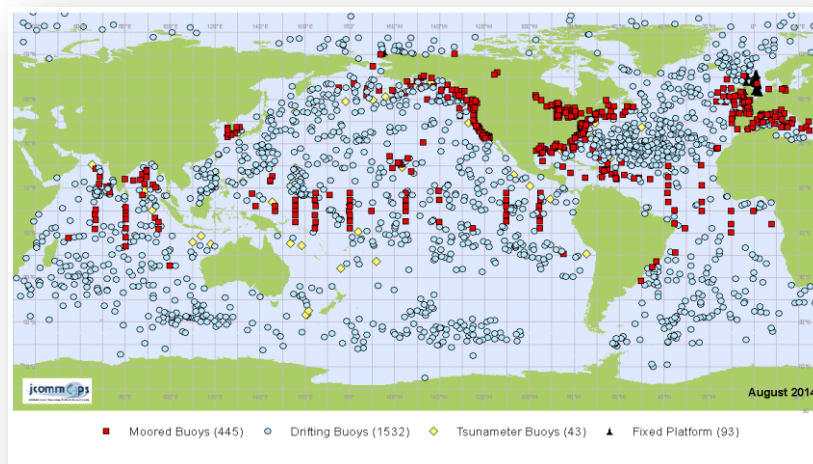
### **2.1.3 Σταθμοί στις παγωμένες θάλασσες**

Οι σημαδούρες πάγου έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς στην Αρκτική και την Ανταρκτική για να παρακολουθούν την κίνηση των πάγων και διατίθενται στο

εμπόριο για την εναπόθεση από πλοία ή αεροσκάφη. Τέτοια σημαντήρες είναι εξοπλισμένοι με ειδικά ηλεκτρονικά για λειτουργία σε χαμηλή θερμοκρασία και μπαταρίες λιθίου, ενώ μπορούν να λειτουργήσουν σε θερμοκρασίες έως  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Επίσης οι σημαντήρες πάγος μπορεί να εξοπλιστούν με δέκτες δορυφορικής πλοήγησης (π.χ. GPS), για ακόμα πιο ακριβή υπολογισμό θέσης κατά την μετακίνηση μαζί με τις μεγάλες μάζες παγωμένων υδάτων.



*Εικόνα 7 – Σηματοδούρα πάγου*



*Εικόνα 8 – Εγκατεστημένοι σταθμοί σε θάλασσες και λίμνες ασύρματης μετάδοσης δεδομένων καιρού και ποιότητας υδάτων παγκοσμίως*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ & ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ

---

### 3.1 Αρχική υπόθεση

Για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας σχεδιάστηκε ένα σύστημα ασύρματης μετάδοσης δεδομένων ποιότητας υδάτων, προορισμένο για τοποθέτηση σε μία λίμνη. Οι υπομονάδες του συστήματος είναι οι εξής:

- 6 πλωτοί σταθμοί λήψης δεδομένων ποιότητας υδάτων
- Ασύρματη μετάδοση δεδομένων σε κέντρο λήψης σε κοντινό οικισμό
- Ενεργειακή αυτονομία πλωτών υποσταθμών
- Ειδοποίηση διαχειριστή συστήματος σε έκτακτες περιπτώσεις

Τα μετρούμενα μεγέθη θα είναι τα εξής:

#### *Μετεωρολογικά*

- Θερμοκρασία αέρα
- Ταχύτητα ανέμου
- Ατμοσφαιρική πίεση
- Υγρασία ανέμου
- Κυματισμός

#### *Ποιότητα υδάτων*

- pH
- Επιφανειακή θερμοκρασία
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα

- Περιεκτικότητα οξυγόνου
- Δυναμικό οξειδοαναγωγής
- Περιεκτικότητα διαλυμένων ιόντων
- Θολότητα

### 3.2 Υλισμικό (Hardware) Συστήματος

Για την υλοποίηση του παραπάνω συστήματος υπάρχει πληθώρα επιλογών από αισθητήρες, κεραίες κλπ. Η σωστή προσέγγιση όμως προϋποθέτει την επιλογή αδιάβροχου υλικού, ανθεκτικού σε ακραίες καιρικές συνθήκες, αξιόπιστους αισθητήρες με ακρίβεια στις μετρήσεις και εγγυημένη μακροζωία. Επίσης το κόστος, η διαθεσιμότητα των υλικών και η παροχή τεχνικής υποστήριξης είναι παράμετροι οι οποίοι πρέπει οπωσδήποτε να ληφθούν υπ' όψιν.

Γι' αυτό το λόγο, έπειτα από εκτενή βιβλιογραφική μελέτη του διαθέσιμου ωκεανογραφικού εξοπλισμού ανά τον κόσμο, επιλέχθηκε η λύση ενός εξειδικευμένου συστήματος αισθητήρων, του “Smart Water”, από την εταιρεία Libelium.



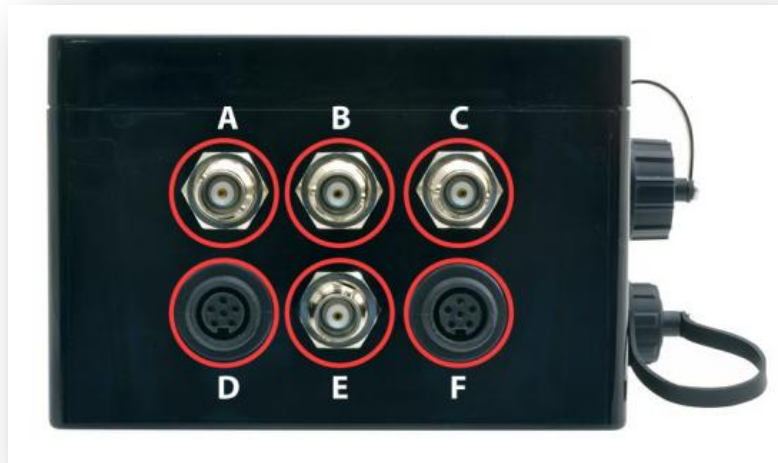
*Εικόνα 9 – Σύστημα Smart Water από την εταιρεία Libelium*



*Εικόνα 10 - Σύστημα Smart Water από την εταιρεία Libelium με ενσωματωμένο ηλιακό συλλέκτη και μπαταρία*

### **3.3 Χαρακτηριστικά συστήματος**

Η κεντρική πλακέτα του Smart Water έχει σχεδιαστεί για να διευκολύνει τη μέτρηση των πιο σημαντικών χημικών παραμέτρων και επιτρέπει την εξ αποστάσεως παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων σε διαφορετικά σενάρια, η οποία περιλαμβάνει την επιτήρηση της μόλυνση στο φυσικό περιβάλλον (π.χ. λόγω βιομηχανικών / αγροτικών / αστικών αποβλήτων), όπως τα ποτάμια και τις λίμνες, και τον έλεγχο των κατάλληλων συνθηκών του νερού για την επιβίωση των υδροβιότοπων. Μεταξύ των μετρούμενων παραμέτρων περιλαμβάνονται η θερμοκρασία του νερού, η αγωγιμότητα, το pH, το διαλυμένο οξυγόνο, το δυναμικό οξειδωσης-αναγωγής (ORP), διάφορα διαλυμένα ιόντα και η θολότητα. Τα αισθητήρια συνδέονται με την κεντρική μονάδα επεξεργασίας, συλλογής και αποστολής μέσω ειδικών θυρών, όπως φαίνεται στην εικόνα 10.



Εικόνα 11 – Θύρες σύνδεσης αισθητήρων

Πίνακας 1 – Αισθητήρες που μπορούν να συνδεθούν ανά socket

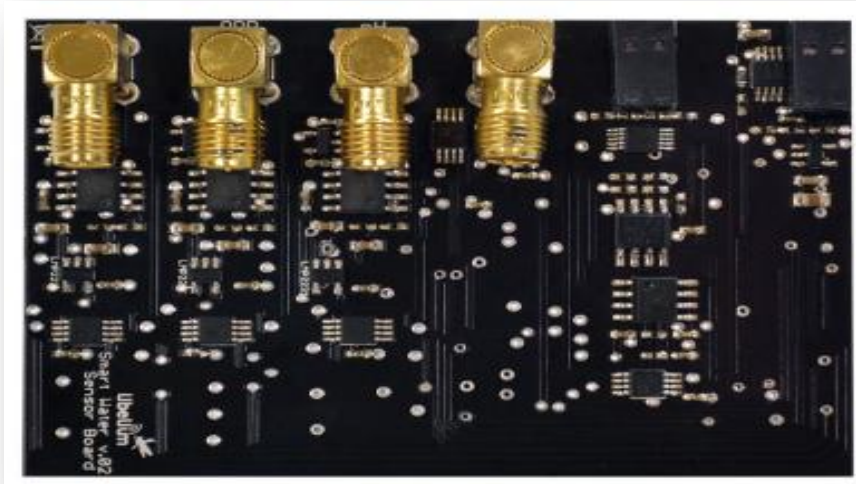
Socket	Parameter
A	pH
	Oxidation-Reduction Potential (ORP)
	Dissolved Ions
B	pH
	Oxidation-Reduction Potential (ORP)
	Dissolved Ions
C	pH
	Oxidation-Reduction Potential (ORP)
	Dissolved Ions
D	Soil/Water Temperature
E	Dissolved Oxygen sensor (DO)
F	Conductivity
	Turbidity

### 3.4 Χαρακτηριστικά κεντρικής πλακέτας

- Βάρος: 20gr
- Διαστάσεις: 73.5 x 51 x 1.3 mm
- Θερμοκρασία λειτουργίας: [-20°C, 65°C]
- Board Power Voltages: 3.3V and 5V



- Sensor Power Voltages: 3.3V and 5V
- Maximum admitted current (continuous): 200mA
- Maximum admitted current (peak): 400mA



*Εικόνα 12 – Κεντρική πλακέτα συστήματος*

### **3.5 Αισθητήρες συστήματος**

#### **3.5.1 Αισθητήρας θερμοκρασίας**

##### ***Τεχνικές προδιαγραφές***

- Εύρος μετρήσεων: 0 ~ 100°C
- Ακρίβεια: DIN EN 60751
- Αντίσταση (0°C): 1000Ω
- Διάμετρος (εξωτερική): 6mm
- Μήκος: 40mm
- Διάμετρος καλωδίου (εσωτερική): 2mm



*Εικόνα 13 – Αισθητήρας θερμοκρασίας PT-1000*

### *Διαδικασία μετρήσεων*

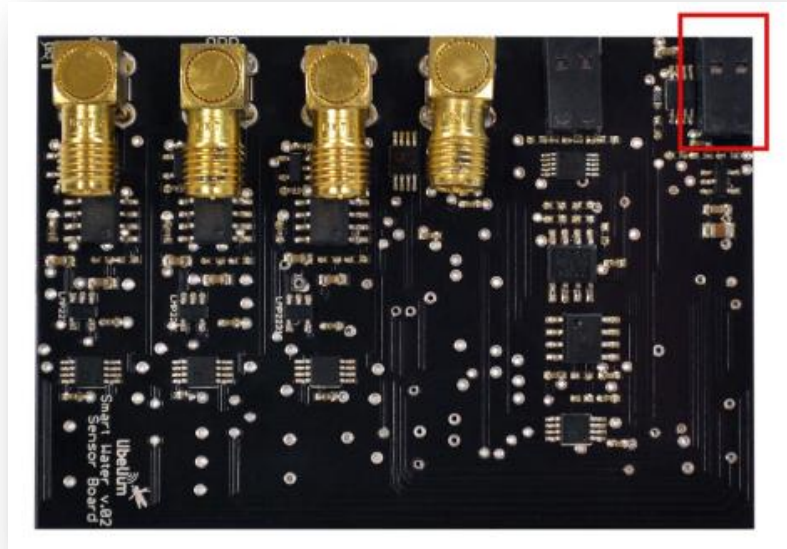
Ο PT1000 είναι ένας αισθητήρας του οποίου η αγωγιμότητα μεταβάλλεται σε συνάρτηση της θερμοκρασίας. Η κεντρική πλακέτα έχει ενσωματωμένο ενισχυτή που επιτρέπει την ανάγνωση αισθητήρων που τοποθετούνται σε μια διαμόρφωση διαιρέτη τάσης κατά μήκος με μια ακρίβεια  $1k\Omega$  αντίστασης, η οποία οδηγεί σε ένα εύρος μεταξύ  $0^{\circ}C$  και  $100^{\circ}C$  περίπου. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας τροφοδοτείται άμεσα με τάση  $5V$ . Η όλη διαδικασία ανάγνωσης, από την απόκτηση τάσης στον μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό για τη μετατροπή των βολτ σε βαθμούς Κελσίου, εκτελείται από τη συνάρτηση

```
readTemperature ().
{ float      valuePT1000  =      0.0;
  SensorSW.ON ();
  //  A      few      milliseconds for      power      supply      stabilization
  delay(10);
  //  Reading      of      the      ORP      sensor
  value_temperature =      TemperatureSensor.readTemperature ();
  //  Print      of      the      results
  USB.print(F("Temperature      (celsius      degrees):      "));
  USB.println(value_temperature);
  //  Delay      to      not      heat      the      PT1000
  delay(1000); }
```

Περισσότερες πληροφορίες και παραδείγματα υπάρχουν στο ακόλουθο link:

[www.libelium.com/development/waspmote/examples/sw-06-temperature-sensor-reading](http://www.libelium.com/development/waspmote/examples/sw-06-temperature-sensor-reading)

Ο αισθητήρας συνδέεται με την κεντρική πλακέτα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 14 – Socket σύνδεσης του αισθητήρα θερμοκρασίας στην κεντρική πλακέτα

### 3.5.2 Αισθητήρας αγωγιμότητας

#### *Τεχνικές προδιαγραφές*

- Τύπος αισθητήρα: Two electrodes sensor
- Υλικό: Platinum
- Σταθερά αγωγιμότητας:  $1 \pm 0.2 \text{ cm}^{-1}$

#### *Διαδικασία μετρήσεων*

Ο αισθητήρας αγωγιμότητας είναι ένα κύτταρο δύο πόλων του οποίου η αντίσταση μεταβάλλεται σε συνάρτηση με την αγωγιμότητα του υγρού που είναι βυθισμένος μέσα. Η αγωγιμότητα είναι ανάλογη με την αγωγιμότητα του αισθητήρα (το αντίστροφο της αντίστασης του). Για την τροφοδοσία του αισθητήρα αγωγιμότητας χρησιμοποιείται εναλλασσόμενου ρεύματος από ενσωματωμένο κύκλωμα, προκειμένου να αποφευχθεί η πόλωση των ηλεκτροδίων λευκόχρυσου.

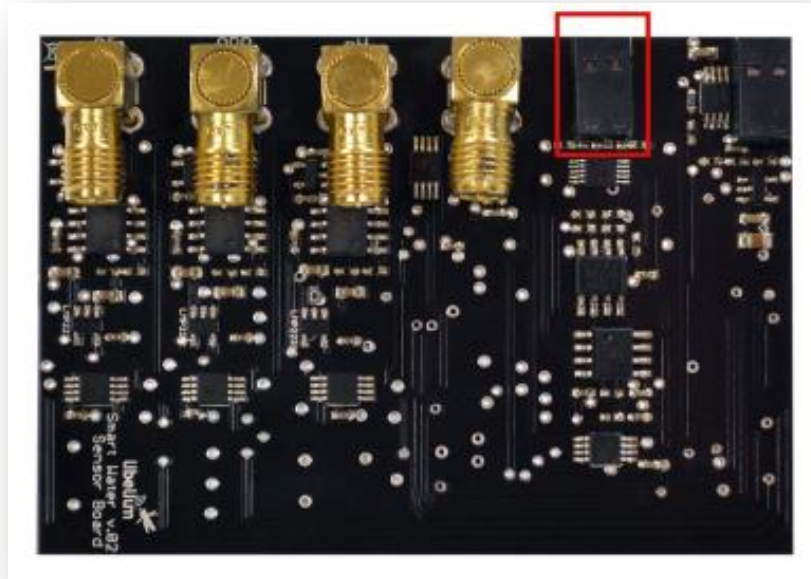


*Εικόνα 15 – Αισθητήρας αγωγιμότητας*

Σύμφωνα με το API του συστήματος, ο αισθητήρας προγραμματίζεται από τη συνάρτηση `readConductivity()`, όπως φαίνεται στο ακόλουθο παράδειγμα:

```
{  
    // Reading of the Conductivity sensor  
    cond = ConductivitySensor.readConductivity();  
    // Print of the results  
    USB.print(F("Conductivity Output Resistance: "));  
    USB.print(cond);  
    // Conversion from resistance into ms/cm  
    calculated =  
    ConductivitySensor.conductivityConversion(value_cond);  
    // Print of the results  
    USB.print(F("    Conductivity of the solution (mS/cm):  
    "));  
    USB.println(value_calculated);  
}
```

Ο αισθητήρας συνδέεται με την κεντρική πλακέτα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



*Εικόνα 16 - Socket σύνδεσης του αισθητήρα αγωγιμότητας στην κεντρική πλακέτα*

### **3.6 Αισθητήρας μέτρησης οξυγόνωσης νερού**



*Εικόνα 17 - Αισθητήρας μέτρησης οξυγόνωσης νερού*

**Τεχνικές προδιαγραφές**

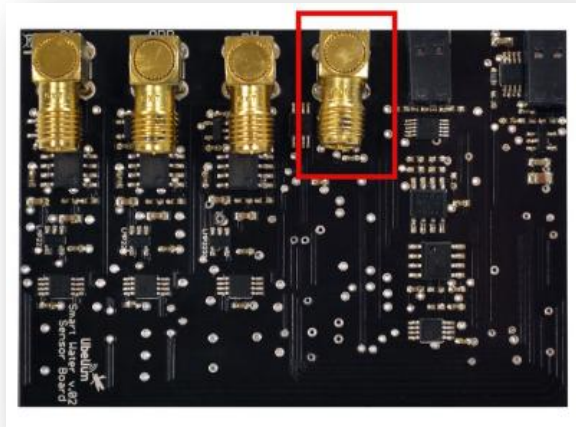
- Sensor type: Galvanic cell
- Range: 0~20mg/L
- Accuracy:  $\pm 2\%$
- Maximum operation temperature: 50°C
- Saturation output: 33mV  $\pm 9$ mV
- Pressure: 0~100psig (7.5Bar)
- Calibration: Single point in air
- Response Time: After equilibration, 2 minutes for 2mV

### *Διαδικασία μετρήσεων*

Ο γαλβανικός αισθητήρας παρέχει μία τάση εξόδου ανάλογη προς τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο διάλυμα υπό μέτρηση χωρίς την ανάγκη μιας τάσης τροφοδοσίας. Η τιμή αυτή ενισχύεται για να αποκτήσει καλύτερη ανάλυση και μετριέται με τον ενσωματωμένο αναλογικό σε ψηφιακό μετατροπέα της κεντρικής πλακέτας Smart Water. Παρακάτω φαίνεται ένα δείγμα του κώδικα για την ανάγνωση τιμών από τον αισθητήρα.

```
{
//      Reading of      the      ORP      sensor
value_do=      DOSensor.readDO();
//      Print      of      the      results
USB.print(F("DO Output Voltage: "));
USB.print(value_do);
//      Conversion      from      volts      into      dissolved oxygen      percentage
value_calculated =      DOSensor.DOConversion(value_do);
//      Print      of      the      results
USB.print(F(" DO Percentage: "));
USB.println(value_calculated);
}
```

Ο αισθητήρας συνδέεται με την κεντρική πλακέτα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



*Εικόνα 18 - Socket σύνδεσης του αισθητήρα μέτρησης οξυγόνωσης στην κεντρική πλακέτα*

### **3.7 Αισθητήρας μέτρησης pH**



*Εικόνα 19 - Αισθητήρας μέτρησης pH*

#### ***Τεχνικές προδιαγραφές***

- Sensor type: Combination electrode
- Measurement range: 0~14pH
- Temperature of operation: 0~80°C
- Zero electric potential:  $7 \pm 0.25p$
- Response time: <1min
- Internal resistance:  $\leq 250M\Omega$
- Repeatability: 0.017

- PTS (percentage of slope): >98.5
- Noise: <0.5mV
- Alkali error: 15mV
- Reader accuracy: up to 0.01 (in function of calibration)

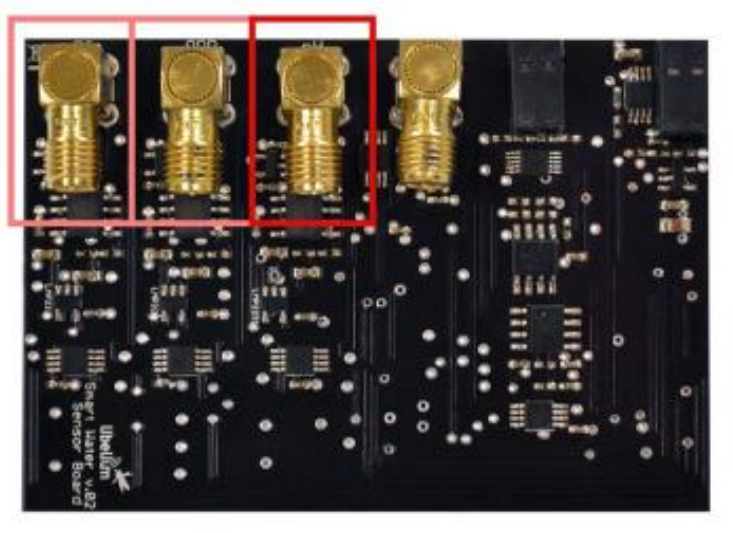
### *Διαδικασία μετρήσεων*

Ο αισθητήρας μέτρησης του pH αποτελείται από ένα συνδυασμό ηλεκτροδίων και παρέχει τάση ανάλογη της τιμής του pH του διαλύματος. Η τιμή pH 7 αντιστοιχεί με την τάση αναφοράς του 2.048V του κυκλώματος, με αβεβαιότητα  $\pm 0.25$ pH. Για τον συγκεκριμένο αισθητήρα, όπως και για τους προηγούμενους, είναι απαραίτητη η βαθμονόμηση τους. Οι μετρήσεις γίνονται από τη συνάρτηση pHConversion () του API. Ακολουθεί προγραμματιστικό παράδειγμα:

```
{
    // Read the pH sensor
    value_pH = pHSensor.readpH();
    // Read the temperature sensor
    value_temp = temperatureSensor.readTemperature();
    // Print the output values
    USB.print(F("pH value: "));
    USB.print(value_pH);
    USB.print(F("volts | "));
    USB.print(F(" temperature: "));
    USB.print(value_temp);
    USB.print(F("degrees | "));
    // Convert the value read with the information
    obtained in calibration
    value_pH_calculated =
    pHSensor.pHConversion(value_pH,value_temp);
    USB.print(F(" pH Estimated: "));
    USB.println(value_pH_calculated); }
```

Ο αισθητήρας συνδέεται με την κεντρική πλακέτα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:





*Εικόνα 20 - Sockets σύνδεσης του αισθητήρα μέτρησης pH στην κεντρική πλακέτα*

### **3.8 Αισθητήρας μέτρησης Δυναμικού οξειδοαναγωγής**



*Εικόνα 21 - Αισθητήρας μέτρησης Δυναμικού οξειδοαναγωγής*

#### ***Τεχνικές προδιαγραφές***

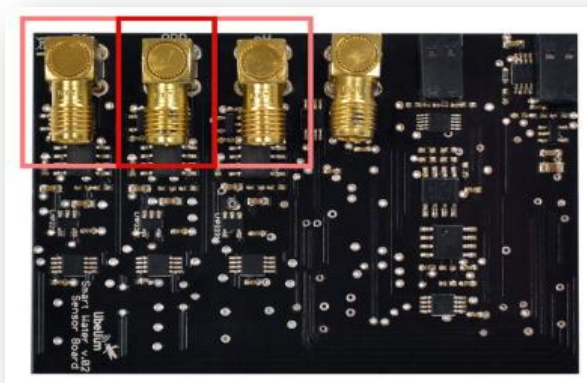
- Sensor type: Combination electrode
- Electric Potential: 245~270mV
- Reference impedance: 10k $\Omega$
- Stability:  $\pm 8\text{mV}/24\text{h}$

### *Διαδικασία μετρήσεων*

Σαν τον αισθητήρα μέτρησης του pH, ο ανιχνευτής ORP (Oxidation Reduction Potential) είναι ένας συνδυασμός ηλεκτροδίων, του οποίου η τάση εξόδου είναι ισοδύναμη με το δυναμικό του διαλύματος. Η έξοδος του κυκλώματος, η οποία συνδέεται απευθείας με τον μετατροπέα A/D της πλακέτας και έχει τάση αναφοράς 2.048V. Ακολουθεί παράδειγμα από το API της συσκευής:

```
{  
    //      Reading of      the      ORP      sensor  
    value_orp      =      ORPSensor.readORP();  
    //      Apply      the      calibration      offset  
    value_calculated      =      value_orp-      calibration_offset;  
    //      Print      of      the      results  
    USB.print(F("      ORP      Estimated:      "));  
    USB.print(value_calculated);  
    USB.println(F("      volts"));  
}
```

Ο αισθητήρας συνδέεται με την κεντρική πλακέτα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



*Εικόνα 22 - Sockets σύνδεσης του αισθητήρα μέτρησης δυναμικού οξειδοαναγωγής στην κεντρική πλακέτα*

### 3.9 Αισθητήρας μέτρησης διαλυμένων ιόντων



*Εικόνα 23 - Αισθητήρας μέτρησης διαλυμένων ιόντων*

#### **Τεχνικές προδιαγραφές**

- Τύπος αισθητήρα: Combination electrode
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 5~60 °C
- Ions available:
  - Na<sup>+</sup> ( $10^{-1} \sim 10^{-7}$  mol/L)
  - Ca<sup>+</sup> ( $10^{-1} \sim 10^{-5}$  mol/L)
  - F<sup>-</sup> ( $10^{-1} \sim 10^{-6}$  mol/L)
  - Cl<sup>-</sup> ( $10^{-1} \sim 5 \cdot 10^{-5}$  mol/L)
  - Br<sup>-</sup> ( $10^{-1} \sim 5 \cdot 10^{-6}$  mol/L)
  - ( $10^{-1} \sim 5 \cdot 10^{-7}$  mol/L)
  - Cu<sup>2+</sup> ( $10^{-1} \sim 5 \cdot 10^{-7}$  mol/L)
  - K<sup>+</sup> ( $10^{-1} \sim 10^{-5}$  mol/L)
  - Mg<sup>2+</sup> ( $10^{-1} \sim 10^{-5}$  mol/L)
  - NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ( $10^{-1} \sim 10^{-5}$  mol/L)

## Διαδικασία μετρήσεων

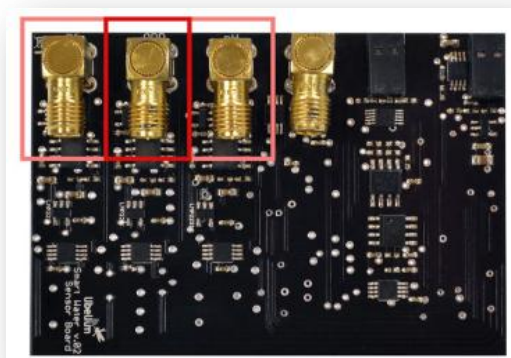
Υπάρχουν διάφοροι ανιχνευτές που διατίθενται για την ανίχνευση διαλυμένων ιόντων, εκ των οποίων μέχρι και τρεις μπορούν να συνδεθούν με το Smart Water. Η απόκριση αυτών των αισθητήρων, όπως και στην περίπτωση των pH και ORP ανιχνευτών, είναι μια συνεχής τάση ανάλογη προς τη συγκέντρωση του ιόντος, η οποία μπορεί να μετριέται με τον μετατροπέα αναλογικού προς ψηφιακού.

Αυτοί οι αισθητήρες λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο με τα ηλεκτρόδια pH, αλλά η αντίδραση στο βολβό ανίχνευσης εξαρτάται από τη δοθείσα συγκέντρωση ιόντων αντί για τη συγκέντρωση  $H^+$  ιόντων, όπως στην πρώτη περίπτωση. Με αυτό τον τρόπο, η έξοδος του αισθητήρα θα είναι μία τάση (δίνεται σε volts από την readDI() συνάρτηση) και εξαρτάται γραμμικά από τη συγκέντρωση των ιόντων στο περιβάλλον.

Παρακάτω ακολουθεί ένα παράδειγμα από το API του συστήματος:

```
{  
    // Reading of the ORP sensor  
    value_di = DISensor.readDI();  
    // Print of the results  
    USB.print(F(" DI Output Voltage: "));  
    USB.println(value_di);  
}
```

Ο αισθητήρας συνδέεται με την κεντρική πλακέτα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 24 - Sockets σύνδεσης του αισθητήρα μέτρησης διαλυμένων ιόντων στην κεντρική πλακέτα

### 3.10 Αισθητήρας θολότητας



*Εικόνα 25 – Αισθητήρας μέτρησης της θολότητας των υδάτων*

#### ***Τεχνικές προδιαγραφές***

- Sensor type: IR optical sensor with optical fiber
- Measurement range: 0-4000 NTU
- Accuracy: 5% (around 1 NTU in the lower scale)
- Robust and waterproof : IP68
- Digital output: Modbus RS-485
- Power consumption : 820  $\mu$ A
- Power supply: 5 V
- Stocking temperature: -10 to +60 °C
- Material: PVC, Quartz, PMMA, Nickel-plated brass

### *Διαδικασία μετρήσεων*

Η θολότητα είναι η αδιαφάνεια του ρευστού που προκαλείται από μεμονωμένα στερεά σωματίδια που είναι γενικά αόρατα με γυμνό μάτι. Η μέτρηση της θολότητας είναι μια σημαντική διαδικασία για την ποιότητα του νερού. Νεφελόμετρα, ή νεφελομετρικά θολόμετρα, μετρούν το διάσπαρτο φως σε μια γωνία 90° από έναν ανιχνευτή προς την προσπίπτουσα δέσμη φωτός που παράγεται από μια λάμπα πυρακτώσεως. Οι αναγνώσεις μετρούνται σε Νεφελομετρικές μονάδες θολερότητας, ή NTUs. NTU και είναι "καθολική" μονάδα μέτρησης, ανεξάρτητα από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται.

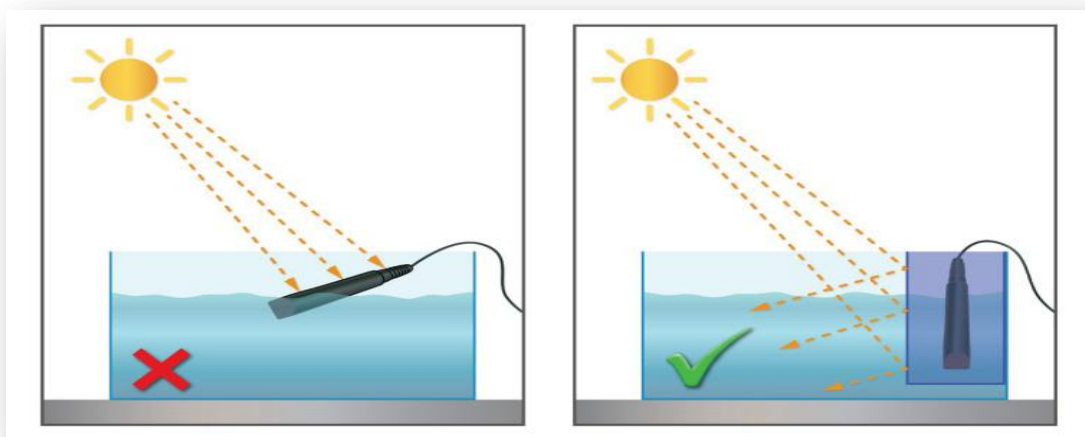
Για τη σύνδεση του αισθητήρα με την κεντρική πλακέτα απαιτούνται επιπλέον υπομονάδες, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



*Εικόνα 26 – Επιπλέον υπομονάδες σύνδεσης του αισθητήρα μέτρησης θολότητας με την κεντρική πλακέτα*

Για τη λήψη μιας σωστής μέτρησης είναι σημαντικό ο αισθητήρας να είναι τοποθετημένος με τη σωστή κλίση σε μια σταθερή θέση. Το φως δεν μπορεί να παρεμβαίνει με το οπτικό μέρος του αισθητήρα. Σε αντίθετη περίπτωση, ο ήλιος ή το φως μπορεί να επηρεάσει τις τιμές. Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ του αισθητήρα και

του πυθμένα πρέπει να είναι περίπου 3-4 εκατοστά. Η ορθή τοποθέτηση του αισθητήρα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 27 – Λανθασμένη και σωστή τοποθέτηση του αισθητήρα μέτρησης θολότητας

### 3.11 Αισθητήρας μετεωρολογικών μετρήσεων

Για την μέτρηση μετεωρολογικών φαινομένων, όπως κατεύθυνση ανέμου, ταχύτητα ανέμου, βροχόπτωση και ατμοσφαιρική πίεση, δύναται να χρησιμοποιηθεί ο ακόλουθος αισθητήρας:



Εικόνα 28 – Σύστημα αισθητήρων μετεωρολογικών φαινομένων

### 3.12 Αισθητήρας μετατόπισης

Ο έλεγχος του κυματισμού μπορεί να γίνει με αισθητήρες μετατόπισης. Οι συγκεκριμένου τύπου αισθητήρες ενημερώνουν επίσης για περιπτώσεις όπου μπορεί να κοπεί η άγκυρα του συστήματος ή να αναποδογυρίσει ο υποσταθμός.

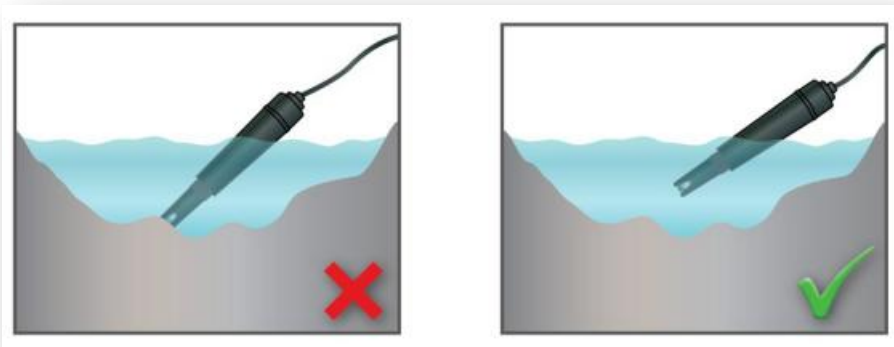


*Εικόνα 29 – Αισθητήρας μετατόπισης*

### 3.13 Γενικές αρχές τοποθέτησης των αισθητήρων

Τα κύρια προβλήματα που αφορούν τη ρύθμιση των αισθητήρων αφορούν τόσο τον τρόπο και τον τόπο που έχουν τοποθετηθεί. Πρώτα απ' όλα, πρέπει να εγκατασταθούν με ένα τρόπο με τον οποίο δεν υπάρχει παρεμβολή μεταξύ των αισθητήρων και κοντινών αντικειμένων, φροντίζοντας ότι τα αισθητήρια μέρη (ο βολβός των διαλυμένων ιόντων, οι pH και ORP αισθητήρες, η μεμβράνη του διαλυμένου οξυγόνου και του ανιχνευτή με ηλεκτρόδια του αισθητήρα αγωγιμότητας) δεν είναι σε επαφή με τα αντικείμενα γύρω από αυτό. Στην περίπτωση του αισθητήρα αγωγιμότητας, όπως αναφέρεται στην ενότητα για αυτόν τον αισθητήρα, λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι θα πρέπει να τοποθετείται σε κάποια απόσταση από άλλα αντικείμενα ώστε να μην υπάρχουν παρεμβολές στο μαγνητικό πεδίο του αισθητήρα.



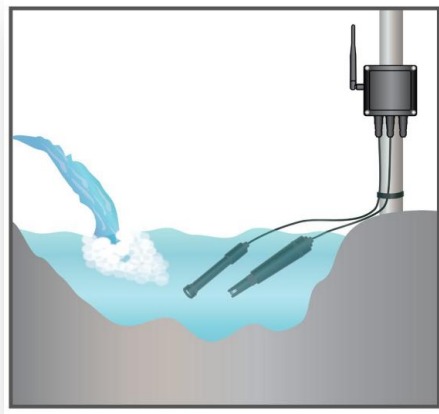


*Εικόνα 30 – Λανθασμένη και ορθή τοποθέτηση αισθητήρων*



*Εικόνα 31 - Λανθασμένη και ορθή τοποθέτηση αισθητήρων*

Δεύτερον, πρέπει να εξασφαλιστεί ότι οι αισθητήρες είναι πλήρως βυθισμένοι στο υγρό όλη την ώρα, διαφορετικά οι αισθητήρες μπορεί να δώσουν μια λάθος έξοδο. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να εμφανιστεί κυρίως σε περιοχές όπου ο όγκος του ύδατος είναι μεταβλητός, λόγω των μεταβολών στην η ροή σε ποτάμια ή κανάλια ή στη δράση της παλίρροιας στις θάλασσες. Μια άλλη παραλλαγή αυτού του προβλήματος δίδεται σε τοποθεσίες όπου υπάρχει συνεχής είσοδος του αέρα στο νερό, λόγω των κυμάτων που σχηματίζονται στην επιφάνεια, άλματα της ροής νερού, κλπ, μπορεί να δημιουργήσουν φυσαλίδες που, σε επαφή με το τμήμα ανίχνευσης του αισθητήρα, διαστρεβλώνουν το σήμα εξόδου.



*Εικόνα 32 – Παράδειγμα εγκατάστασης σταθμού ασύρματης μετάδοσης δεδομένων ποιότητας υδάτων*

### **3.14 Θωράκιση κεντρικής μονάδας υποσταθμού**

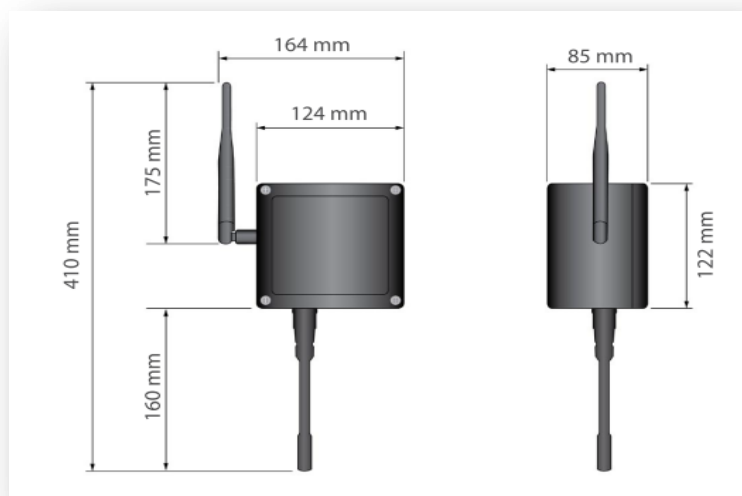


*Εικόνα 33 – Το σύστημα είναι μονωμένο και αδιαβροχοποιημένο*

Το σύστημα μετρήσεων του υποσταθμού είναι θωρακισμένο και μονωμένο, ούτως ώστε να μπορεί να λειτουργήσει κάτω από αντίξοες καιρικές συνθήκες, όπως επίσης και πλήρως αδιαβροχοποιημένο, αφού βρίσκεται σε συνεχή επαφή με το νερό.

### *Τεχνικές προδιαγραφές εξωτερικού κουτιού*

- Material: polycarbonate
- Sealing: polyurethane
- Cover screws: stainless steel
- Ingress protection: IP65
- Impact resistance: IK08
- Rated insulation voltage AC: 690 V
- Rated insulation voltage DC: 1000 V
- Heavy metals-free: Yes
- Weatherproof: true - nach UL 746 C
- Ambient temperature (min.): -10 °C
- Ambient temperature (max.): 50 °C
- Approximated weight: 800 g



*Εικόνα 34 – Εξωτερικές διαστάσεις συστήματος*



*Εικόνα 35 – Αποσυναρμολογημένο σύστημα.*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

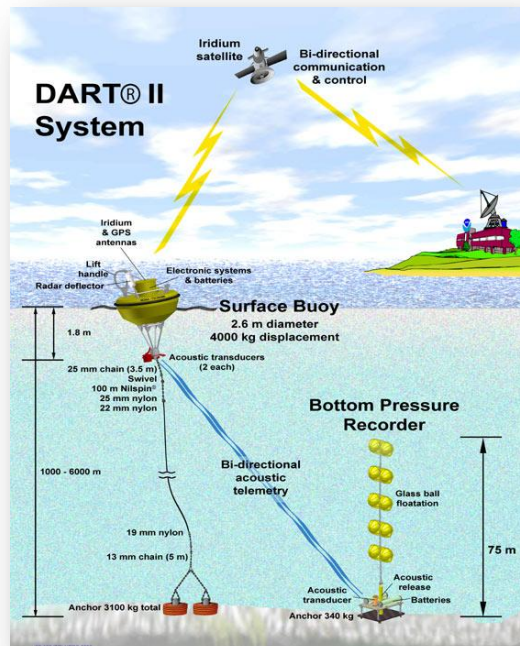
### 4.1 Μέθοδοι ασύρματης μετάδοσης

Για την ασύρματη μετάδοση των δεδομένων που λήφθηκαν από τον εκάστοτε υποσταθμό μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εξής μέθοδοι:

- Δορυφορική επικοινωνία
- Ραδιοσυχνότητες
- Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας

Κάθε μέθοδος απαιτεί διαφορετικό εξοπλισμό και ανάλογα με την απόσταση μετάδοσης των δεδομένων αυξάνεται η πολυπλοκότητα και το κόστος του συστήματος μετάδοσης.

Η δορυφορική ζεύξη χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου οι υποσταθμοί είναι εγκατεστημένοι σε πολύ δυσπρόσιτα και απομακρυσμένα σημεία, όπως σε ανοικτές θάλασσες ή ωκεανούς. Ο εξοπλισμός που απαιτείται είναι ιδιαίτερα εξειδικευμένος και ακριβός εξοπλισμός, όπως επίσης και ειδικές διεθνείς άδειες για τη χρήση δορυφόρων.



Εικόνα 36 – Δορυφορικό σύστημα μετάδοσης δεδομένων ποιότητας υδάτων

Η μετάδοση δεδομένων μέσω των δικτύων κινητής τηλεφωνίας έχει το πλεονέκτημα ότι οι υποσταθμοί δε χρειάζεται να είναι κοντά ο ένας με τον άλλον, επιτρέποντας έτσι να καλυφθεί μεγάλο εύρος περιοχών, αλλά ο όγκος των δεδομένων που μπορεί να μεταδοθεί από τα συγκεκριμένα δίκτυα είναι πολύ μικρός και συνήθως περιορίζεται στη χρήση του πρωτοκόλλου σύντομων γραπτών μηνυμάτων (SMS – Short Messaging System). Ο εξοπλισμός είναι ιδιαίτερα οικονομικός.

Η χρήση συστημάτων με πομποδέκτες RF εγγυάται την μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων αλλά η απόσταση των υποσταθμών / κεντρικών σταθμών μπορεί να είναι από μερικά μέτρα μέχρι περίπου 20 χιλιόμετρα (εάν υπάρχει οπτική επαφή μεταξύ των πομποδεκτών).

Στην περίπτωση που εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική, η δορυφορική ζεύξη των υποσταθμών θεωρείται υπερβολή, καθώς το σύστημα θα εγκατασταθεί σε λίμνη. Οπότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι λύσεις των ραδιοσυχνοτήτων είτε με RF είτε μέσω των δικτύων κινητής τηλεφωνίας. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι βασικές παράμετροι της κάθε λύσης καθώς και η εμβέλεια τους.

*Πίνακας 2 Πρωτόκολλα ραδιοπομπών που δύναται να χρησιμοποιηθούν*

Model	Protocol	Frequency	txPower	Sensitivity	Range *
XBee-802.15.4-Pro	802.15.4	2.4GHz	100mW	-100dBm	7000m
XBee-ZB-Pro	ZigBee-Pro	2.4GHz	50mW	-102dBm	7000m
XBee-868	RF	868MHz	315mW	-112dBm	12km
XBee-900	RF	900MHz	50mW	-100dBm	10Km
LoRa	RF	868 and 915 MHz	14 dBm	-137 dBm	21+ km
WiFi	802.11b/g	2.4GHz	0dBm - 12dBm	-83dBm	50m-500m
GPRS_Pro and GPRS+GPS	-	850MHz/900MHz/1800MHz/1900MHz	2W(Class4) 850MHz/900MHz, 1W(Class1) 1800MHz/1900MHz	-109dBm	- Km - Typical carrier range
3G/GPRS	-	Tri-Band UMTS 2100/1900/900MHz Quad-Band GSM/EDGE, 850/900/1800/1900 MHz	UMTS 900/1900/2100 0,25W GSM 850MHz/900MHz 2W DCS1800MHz/PCS1900MHz 1W	-106dBm	- Km - Typical carrier range
Bluetooth Low Energy	Bluetooth v.4.0 / Bluetooth Smart	2.4GHz	3dBm	-103dBm	100m

## 4.2 Συμπεράσματα

Η ποιότητα των υδάτων είναι ένα μέτρο ζωτικής σημασίας για όλους τους έμβιους οργανισμούς του πλανήτη. Η παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων είναι μια διεργασία απαραίτητη για τη διατήρηση της ζωής και την ισορροπία των βιότοπων.

Για την υλοποίηση του συστήματος υπάρχει πληθώρα επιλογών από αισθητήρες, κεραίες κλπ. Η σωστή προσέγγιση όμως προϋποθέτει την επιλογή αδιάβροχου υλικού, ανθεκτικού σε ακραίες καιρικές συνθήκες, αξιόπιστους αισθητήρες με ακρίβεια στις μετρήσεις και εγγυημένη μακροζωία. Επίσης το κόστος, η διαθεσιμότητα των υλικών και η παροχή τεχνικής υποστήριξης είναι παράμετροι οι οποίοι πρέπει οπωσδήποτε να ληφθούν υπ' όψιν.

Επίσης όσον αφορά την ασύρματη μετάδοση των δεδομένων από τους υποσταθμούς προς τους κεντρικούς πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν οι ανάγκες του εκάστοτε συστήματος και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες πρέπει να λειτουργήσει. Οι επιλογές περιεγράφηκαν αναλυτικά. Αν και δεν αναφέρθηκε διεξοδικά, άλλη μια παράμετρος που χρειάζεται να μελετηθεί είναι η κρυπτογράφηση των δεδομένων, ούτως ώστε να μην υπάρχουν υποκλοπές / παρεμβολές

Συμπερασματικά λοιπόν, ο σχεδιαστής ενός συστήματος ασύρματης μετάδοσης δεδομένων ποιότητας υδάτων οφείλει να μελετήσει διεξοδικά τις ανάγκες του συστήματος που θα αναπτυχθεί και να επιλέξει την καταλληλότερη λύση με βάση την ποιότητα, την ακρίβεια, την ποιότητα, την αυτονομία, την τεχνική υποστήριξη και φυσικά το κόστος.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – Απόδοση Μεθόδων ανίχνευσης βλαβερών ουσιών και καθαρισμού υδάτων

### Notes to Tables A4.1–A4.6

---

- + The detection limit is between the guideline value and 1/10th of its value.
- ++ The detection limit is between 1/10th and 1/50th of the guideline value.
- +++ The detection limit is less than 1/100th of the guideline value.
- # The analytical method is available for detection of the guideline value concentration, but it is difficult to detect the concentration of 1/10 of the guideline value.
- (H) This method is applicable to the determination by conversion to their hydrides by hydride generator.



## A4.2 Analytical achievability for chemicals for which guideline values have been established

Analytical achievability for chemicals for which guideline values have been established is given in Tables A4.1–A4.6.

**Table A4.1 Analytical achievability for inorganic chemicals for which guideline values have been established, by source category<sup>a</sup>**

	Field methods		Laboratory methods				ICP-MS Naturally occurring
	Col	Absor	IC	FAAS	EAAS	ICP	
<b>chemicals</b>							
Arsenic	+++	#	++(H	+	++(H	+++	
Barium			+	+++	+++	+++	
Boron		+			+++	+++	
Chromium		#		+	+	+++	

Fluoride	#	+	+++				
Selenium		#		++(H	+	++(H	+++
Uranium							+++

**Chemicals from industrial sources and human dwellings**

Cadmium			#			++	++	+++ Mercury
								+++

**Chemicals from agricultural activities**

Nitrate/nitrite		+++	+++	+++			
-----------------	--	-----	-----	-----	--	--	--

**Chemicals used in water treatment or materials in contact with drinking-water**

Antimony				+++ (H		++ (H	+++
Copper	#	+++		+++	+++	+++	+++
Lead		#			+	+	+++
Nickel		+		+	+	+	+++

<sup>a</sup> For definitions and notes to Table A4.1, see below [Table A4.6](#).

**Table A4.2 Analytical achievability for organic chemicals from industrial sources and human dwellings for which guideline values have been established<sup>a</sup>**

480	Col	GC	GC- PD	(PT	(PT-)	GC-ECD HPLC-UVPAD	GC-FID EAAS	GC-FPD IC-FD	GC-TID	GC-MS	PT-GC-MS	HPLC	HPLC-FD
Benzene						+++							
+++ Carbon tetrachloride								+++					
+++													
1,2-Dichlorobenzene						+++	+++				+++	+++	

1,4-Dichlorobenzene	+++	+++	+++	+++
1,2-Dichloroethane		+++		+++
1,2-Dichloroethene			+++	+++
+++ Dichloromethane				+++
+++			Di(2-ethylhexyl)phthalate	
++				
1,4-Dioxane				
+++ Edetic acid				
+++ Ethylbenzene		+++		
+++ Hexachlorobutadiene		++	++	
++ Nitrilotriacetic acid	+++			
+++				
Pentachlorophenol			+++	
+	+ Styrene			+++

+++ Tetrachloroethene	+++	+++	
+++	+++		
Toluene			+++
+++ Trichloroethene		+++	+++
+++	+++ Xylenes		+++
+++			

<sup>a</sup> For definitions and notes to Table A4.2, see below [Table A4.6](#).

**Table A4.3 Analytical achievability for organic chemicals from agricultural activities for which guideline values have been established<sup>a,b</sup>**

	(PT	(PT-)		HPL
Alachlor		+++	+++	
Aldicarb				+++
Aldrin and		+	+	
Atrazine and its		+++	+++	+++
Carbofuran	+			
Chlordane		+++	+++	
Chlorotoluron			+++	+++
Cyanazine		+++	+++	+
2,4-D		+++	+++	+
2,4-DB		+++	+	+
1,2-Dibromo-3-		+++	+++	++
1,2-		+	+	++
1,2-		+++		++
1,3-		+++		++
Dichlorprop		+++	+++	
Dimethoate			+++	
Endrin		+++	+++	
Fenoprop		+++		+

Hydroxyatrazine		+++		+++
Isoproturon			+++	+++
Lindane	+++		+++	+++
MCPA	+++		+++	+





2,4,5-T		+++	
+ Terbutylazine			+++
<hr/>			
++ Trifluralin	+++	+++	+++

a For definitions and notes to Table A4.3, see below [Table A4.6](#).

b LC-MS is also applicable for many of these agricultural chemicals.

**Table A4.4 Analytical achievability for chemicals used in water treatment or from materials in contact with water for which guideline values have been established<sup>a</sup>**

		(PT	(PT-)								
	Col	-)	GC-ECD	GC-FID	GC-FPD	GC-TID	GC-MS	PT-GC-MS	HPLC	HPLC-FID	
	GC	GC-	HPLC-UVPAD	EAAS	IC						
<b>Disinfectants</b>	GC	PD									
<sup>482</sup> Monochloramine	+++										
Chlorine	+++										
Sodium											
dichloroisocyanurate							+++		+++		
+++											
<b>Disinfection by-products</b>											

Bromate

++ Bromodichloromethane

+++

+++

+++

Bromoform

+++

+++

+++

Chlorate

+++

**Table A4.4 (continued)**

	Col	GC	GC- GC- PD	(PT	(PT-)							
				GC-ECD HPLC-UVPAD	GC-FID EAAS	GC-FPD IC	GC-TID	GC-MS	PT-GC-MS	HPLC	HPLC-FID	
Chlorite												
+++ Chloroform						+++					+++	+++
Dibromoacetonitrile						+++						
+++ Dibromochloromethane						+++						
+++        +++ Dichloroacetic acid									+++			
+++ Dichloroacetonitrile						+++						

+++ Monochloroacetic acid

+++

++

*N*-Nitrosodimethylamine

+++ Trichloroacetic acid

+++

+++

2,4,6-Trichlorophenol

+++

+++

Trihalomethanes<sup>b</sup>

+++

+++

+++

**Organic contaminants from**

**treatment chemicals**

**Organic contaminants from**

**pipes and fittings**

<sup>a</sup> For definitions and notes to Table A4.4, see below Table A4.6.

b See also individual trihalomethanes.

**Table A4.5 Analytical achievability for pesticides used in water for public health purposes for which guideline values have been established<sup>a</sup>**

	Col	GC	GC-PD	GC-EC	GC-FID	GC-FPD	GC-TID	GC-MS	PT-GC-MS	HPLC	HPLC-FD
	HPLC-UVPAD	EAAS	IC/FD								
Chlorpyrifos					+++		++	++		+++	
DDT (and metabolites)					++					++	

<sup>a</sup> For definitions and notes to Table A4.5, see below [Table A4.6](#).

**Table A4.6 Analytical achievability for cyanobacterial toxins for which guideline values have been established**

		<b>PPA</b>	<b>ELIS</b>	<b>GC-MS</b>	<b>HPLC-</b>	<b>LC-MS</b>
Microcystin-LR		+	+	+	+	+
Absor <sub>484</sub>	Absorptiometry			HPLC	High-performance liquid chromatography	
Col fluorescence detector	Colorimetry			HPLC-FD	High-performance liquid chromatography	
EAAS ultraviolet photodiode array detector	Electrothermal atomic absorption spectrometry			HPLC-UVPAD	High-performance liquid chromatography	
ELISA	Enzyme-linked immunosorbent assay			IC	Ion chromatography	

FAAS	Flame atomic absorption spectrometry spectrometry	IC-FAAS	Ion chromatography–flame atomic absorption
GC	Gas chromatography	IC-FD	Ion chromatography–fluorescence detector
GC-ECD	Gas chromatography–electron capture detector	ICP	Inductively coupled plasma
GC-FID	Gas chromatography–flame ionization detector	ICP-MS	Inductively coupled plasma mass spectrometry
GC-FPD	Gas chromatography–flame photodiode detector	LC-MS	Liquid chromatography–mass spectrometry
GC-MS	Gas chromatography–mass spectrometry	PPA	Protein phosphatase assay
GC-PD	Gas chromatography–photoionization detector spectrometry	PT-GC-MS	Purge-and-trap gas chromatography–mass
GC-TID	Gas chromatography–thermal ionization detector		



## Notes to Tables A4.1–A4.6

---

- + The detection limit is between the guideline value and 1/10th of its value.
- ++ The detection limit is between 1/10th and 1/50th of the guideline value.
- +++ The detection limit is less than 1/100th of the guideline value.
- # The analytical method is available for detection of the guideline value concentration, but it is difficult to detect the concentration of 1/10 of the guideline value.
- (H) This method is applicable to the determination by conversion to their hydrides by hydride generator.

## 1.1 Βιβλιογραφία

- [1] Diersing, Nancy (2009). "Water Quality: Frequently Asked Questions." Florida Brooks National Marine Sanctuary, Key West, FL.
- [2] Johnson, D.L., S.H. Ambrose, T.J. Bassett, M.L. Bowen, D.E. Crummey, J.S. Isaacson, D.N. Johnson, P. Lamb, M. Saul, and A.E. Winter-Nelson (1997). "Meanings of environmental terms." *Journal of Environmental Quality*. 26: 581-589. doi:10.2134/jeq1997.00472425002600030002x
- [3] United States Environmental Protection Agency (EPA). Washington, DC. "Water Quality Standards Review and Revision." 2006.
- [4] EPA (1973). *Handbook for Monitoring Industrial Wastewater*. Chapter 8
- [5] International Organization for Standardization (ISO). «13.060: Water quality». Geneva, Switzerland. Ανακτήθηκε στις 2011-07-04.
- [6] «Guidelines for drinking-water quality, fourth edition». World Health Organization.
- [7] Franson, Mary Ann (1975). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 14th ed. Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association & Water Pollution Control Federation. ISBN 0-87553-078-8
- [8] National Data Buoy Center (2008-02-04). "Moored Buoy Program". National Oceanic and Atmospheric Administration.

[9] Jeff Markell (2003). *The Sailor's Weather Guide*. Sheridan House, Inc. p. 13. ISBN 978-1-57409-158-8.

[10] R. Lumpkin and M. Pazos (2010-06-08). "What's a Drifter?". The Global Drifter Program.