



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ

ΠΟΡΩΝ

Παρακολούθηση και αξιολόγηση της ποιότητας νερού στο υδατόρευμα της Ραφήνας (Ανατολική Αττική)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τσέρμος Δημήτριος

Επιβλέπων καθηγητής: Τσιχριντζής Βασίλειος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας σηματοδοτεί την ολοκλήρωση μιας μακροχρόνιας διαδικασίας μάθησης πέντε ετών με επιτυχημένο τέλος. Έτσι θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους τους ανθρώπους που με βοήθησαν όλα αυτά τα χρόνια, έτσι ώστε να βρίσκομαι αυτή τη στιγμή στο τέλος.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Β. Τσιχριντζή, καθηγητή του Τομέα Έργων Υποδομής και Αγροτικής Ανάπτυξης για την εμπιστοσύνη που έδειξε στην υλοποίηση μιας απαιτητικής εργασίας. Τον ευχαριστώ επίσης γιατί παρά το γεγονός ότι είχε αναλάβει μεγάλο αριθμό εργασιών, δεν δίστασε να αναλάβει άλλη μία εργασία και να με βοηθήσει για την υλοποίησή της.

Στη συνέχεια θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Δρ. Αλεξάκη μέλος ΕΔΙΠ του Εργαστηρίου Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Σ.Α.Τ.Μ, καθώς ήταν εκείνος που με βοήθησε σε όλα τα στάδια της διπλωματικής μου εργασίας από την ύπαιθρο μέχρι τις εργαστηριακές αναλύσεις. Ακόμα αφιέρωσε πολύ από τον ελεύθερό του χρόνο για να βρίσκεται μαζί μου στην ύπαιθρο αλλά και στο εργαστήριο, δίνοντάς μου πολλές από τις γνώσεις στους στα δύο αυτά κομμάτια. Θα ήθελα να τονίσω πως είχαμε μια πολύ καλή και άμεση επικοινωνία, λύνοντας μου έτσι τις οποιεσδήποτε απορίες είχα κατά τη διάρκεια της υλοποίησης της εργασίας μου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω άτομα από το κοντινό μου περιβάλλον, οικογένεια και φίλους, που ήταν κοντά μου σε όλη τη διάρκεια της υλοποίησης της εργασίας και με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια της πορείας μου στη Σχολή των Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, γεμίζοντάς με ενέργεια και δύναμη για να συνεχίζω και να είμαι στο στόχο μου.

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	III
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ABSTRACT.....	3
1 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	5
1.1 Γενικά – Εισαγωγή.....	5
1.2 Στόχοι – Επιμέρους στόχοι	5
2 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΥΔΑΤΟΡΕΥΜΑΤΟΣ.....	7
2.1 Εισαγωγή.....	7
2.2 Κύκλος νερού.....	7
2.3 Παράμετροι ποιότητας νερού.....	8
2.3.1 Φυσικοχημικές παράμετροι.....	8
2.3.1.1 Θερμοκρασία (Temperature).....	8
2.3.1.2 Ενεργός οξύτητα (pH).....	9
2.3.1.3 Αγωγιμότητα (C).....	9
2.3.1.4 Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC).....	9
2.3.1.5 Ολικά στερεά (ES).....	10
2.3.1.6 Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS).....	10
2.3.1.7 Διαλυμένο οξυγόνο (DO).....	11
2.3.1.8 Σκληρότητα.....	12

2.3.1.9 Όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-).....	13
2.3.2 Ανόργανες παράμετροι.....	13
2.3.2.1 Ιόντα χλωρίου (Cl^-).....	13
2.3.2.2 Θεϊκά (SO_4^{2-}).....	14
2.3.2.3 Νιτρικά ιόντα (NO_3^-).....	14
2.3.2.4 Φώσφορος (P).....	15
2.3.3 Φυσικοχημικές παράμετροι – Άλλα στοιχεία.....	15
2.3.3.1 Ασβέστιο (Ca^{2+}).....	15
2.3.3.2 Μαγνήσιο (Mg^{2+}).....	16
2.3.3.3 Κάλιο (K^+).....	16
2.3.3.4 Νάτριο (Na^+).....	16
2.3.3.5 Σίδηρος (Fe).....	17
2.3.3.6 Χαλκός (Cu).....	17
2.4 Κριτήρια ποιότητας αρδευτικού νερού.....	17
2.4.1 Αλατότητα.....	19
2.4.2 Περιεκτικότητα σε νάτριο.....	20
2.5 Νομοθεσία.....	20
2.5.1 Προστασία υδατορευμάτων από τη δόμηση.....	20
2.5.2 Πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος.....	22
2.5.2.1 Οδηγία πλαισίου 2000/60/ΕΚ.....	23

2.5.2.2 Οδηγία πλαισίου 2008/105/ΕΚ – ΚΥΑ 51354/2641/Ε103.....	24
2.5.2.3 Νόμος 3010/2002.....	26
3 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ.....	29
3.1 Παρατήρηση στην περιοχή έρευνας– Προετοιμασία για τη συλλογή δεδομένων.....	29
3.2 Συλλογή δεδομένων και μετρήσεις στην ύπαιθρο.....	31
3.3 Μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων με τη βοήθεια πολύμετρου.....	34
3.4 Μετρήσεις για τον προσδιορισμό ταχύτητας και παροχής.....	35
3.5 Αποθήκευση και συντήρηση δειγμάτων νερού.....	35
3.5.1 Διήθηση και διαχωρισμός σε υποδείγματα.....	36
3.6 Προετοιμασία δειγμάτων νερού για εργαστηριακές αναλύσεις.....	39
3.7 Εργαστηριακές αναλύσεις.....	40
3.7.1 Ιοντική χρωματογραφία.....	40
3.7.2 Φασματομετρική ανάλυση.....	42
3.7.3 Τιτλοδότηση.....	43
4 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	45
4.1 Εισαγωγή.....	45
4.2 Μέγεθος λεκάνης απορροής.....	45
4.3 Χρήσεις Γης.....	45

4.4 Λιθοστρωματογραφία.....	46
4.5 Δραστηριότητες πρωτογενή τομέα.....	47
4.5.1 Αμπελουργικός τομέας.....	47
4.5.2 Ελαιοκομικός τομέας.....	48
4.5.3 Λοιπές καλλιέργειες.....	48
4.5.4 Μελισσοκομία.....	49
4.5.5 Κτηνοτροφία.....	50
4.6 Δραστηριότητες δευτερογενή τομέα.....	50
5 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ:ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ.....	53
5.1 Προσδιορισμός παροχής υδατορεύματος.....	53
5.2 Υπολογισμός περιγραφικών μέτρων στατιστικών των συγκεντρώσεων των φυσικοχημικών παραμέτρων και των κύριων ιόντων.....	55
5.2.1 Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (SPC).....	55
5.2.2 Συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS).....	57
5.2.3 Αλατότητα (SAL).....	58
5.2.4 Ενεργός οξύτητα (pH).....	59
5.2.5 Χλώριο (Cl ⁻).....	60
5.2.6 Νιτρικά (NO ⁻ ₃).....	60
5.2.7 Θειικά (SO ²⁻ ₄).....	61

5.2.8 Όξινα ανθρακικά (HCO_3^-).....	61
5.2.9 Νάτριο (Na^+).....	62
5.2.10 Μαγνήσιο (Mg^{2+}).....	62
5.2.11 Ασβέστιο (Ca^{2+}).....	62
5.2.12 Κάλιο (K^+).....	63
5.3 Καταλληλότητα νερού για αρδευτική χρήση.....	64
5.3.1 Ποιοτική κατάταξη σύμφωνα με το Εργαστήριο Αλατότητας της Αμερικής (U.S.L.L.).....	65
5.3.2 Κατάταξη δειγμάτων νερού ως προς την ποιότητά τους και ως προς τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων κατά Ayers και Westcot (1985).....	67
5.4 Σύγκριση καταλληλότητας των δειγμάτων διαφορετικών ετών κατά Ayers και Westcot (1985).....	77
6 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	81
Βιβλιογραφία.....	83
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ : ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ.....	87
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	
Εικόνα 2.1 Ο υδρολογικός κύκλος.....	8
Εικόνα 3.1 Χάρτης Google Earth των σημείων δειγματοληψίας στην περιοχή έρευνας.....	33
Εικόνα 3.2 Αντλία κενού για τη διήθηση των δειγμάτων και τον προσδιορισμό των αιωρούμενων στερεών – Διαδικασία διήθησης.....	38

Εικόνα 3.3 Ηθμοί μετά το τέλος της διαδικασίας της διήθησης.....	39
Εικόνα 3.4 Όργανο ιοντικής χρωματογραφίας DIONEX ICS – 3000.....	41
Εικόνα 3.5 Όργανο ιοντικής χρωματογραφίας DIONEX ICS – 3000.....	41
Εικόνα 3.6 Χρωματογράφημα δείγματος.....	42
Εικόνα 3.7 Απεικόνιση αλλαγής χρώματος δείκτη.....	44
Εικόνα 4.1 Μελίσσια στην περιοχή της Ραφήνας.....	49
Εικόνα 4.2 Ποσοστό παραγωγής μελιού σε Ελλάδα και Αν. Αττική.....	49
Εικόνα 5.1 Χάρτης τιμών της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	56
Εικόνα 5.2 Χάρτης απεικόνισης τιμών των συνολικών διαλυμένων στερεών για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	57
Εικόνα 5.3 Χάρτης απεικόνισης των τιμών αλατότητας για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.....	59
Εικόνα 5.4 Ποσοστιαία αποτελέσματα κατάταξης νερού σε κατηγορίες κατά U.S.L.L.....	67
Εικόνα 5.5 Ποσοστιαία αναλογία των δειγμάτων νερού στις κατηγορίες καταλληλότητας.....	76
Εικόνα 5.6 Χάρτης απεικόνισης κατηγοριών καταλληλότητας για κάθε δείγμα στην περιοχή έρευνας.....	77
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	
Πίνακας 3.1 Συντεταγμένες θέσεων δειγματοληψίας.....	30
Πίνακας 3.2 Συντεταγμένες τελικών θέσεων δειγματοληψίας.....	32
Πίνακας 3.3 Φυσικοχημικές παράμετροι για κάθε θέση δειγματοληψίας...	34

Πίνακας 3.4 Στερεά υπολείμματα κάθε δείγματος έρευνας.....	37
Πίνακας 4.1 Εκτάσεις λοιπών καλλιεργειών στην περιοχή της Ανατολικής Αττικής.....	48
Πίνακας 5.1 Τιμές ταχύτητας ροής για κάθε σημείο δειγματοληψίας.....	53
Πίνακας 5.2 Τιμές παροχών υδατορεύματος για κάθε σημείο δειγματοληψίας.....	55
Πίνακας 5.3 Ποσοστιαία μεταβολή μέσω των τιμών των συγκεντρώσεων των φυσικοχημικών παραμέτρων και των κύριων ιόντων.....	64
Πίνακας 5.4 Ποιοτική κατάταξη δειγμάτων νερού κατά U.S.L.L.....	66
Πίνακας 5.5 Κατηγορίες δειγμάτων ως προς την ποιότητα νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων αλατότητας.....	69
Πίνακας 5.6 Κατηγορίες δειγμάτων ως προς την ποιότητα νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων διηθητικότητας.....	70
Πίνακας 5.7 Κατηγορίες δειγμάτων ως προς την ποιότητα νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας από το νάτριο και το χλώριο.....	72
Πίνακας 5.8 Κατηγορίες δειγμάτων ως προς την ποιότητα νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας ειδικών προβλημάτων σε ευαίσθητες καλλιέργειες απ' τις συγκεντρώσεις των νιτρικών και των όξινων ανθρακικών.....	74
Πίνακας 5.9 Κατηγορίες καταλληλότητας δειγμάτων νερού της παρούσας διπλωματικής εργασίας.....	75
Πίνακας 5.10 Σύγκριση κατάταξης των δειγμάτων νερού διαφορετικών ετών κατά Ayers και Westcot (1985).....	78

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διπλωματική εργασία έχει σα στόχο την παρακολούθηση και την αξιολόγηση της ποιότητας νερού του υδατορεύματος της Ραφήνας, το οποίο βρίσκεται στην περιοχή της Ανατολικής Αττικής και ανήκει στην υδρολογική λεκάνη της Ραφήνας. Αρχικά έγινε αναγνώριση της περιοχής με στόχο τη συλλογή δειγμάτων από συγκεκριμένες θέσεις του ρέματος. Συνολικά συλλέχθηκαν δείγματα νερού από δεκατρείς θέσεις σε όλο το υδατόρευμα και ακόμα πραγματοποιήθηκαν απαραίτητες μετρήσεις, με σκοπό τον προσδιορισμό των φυσικοχημικών παραμέτρων και της παροχής του. Στη συνέχεια τα δείγματα που συλλέχθηκαν αποθηκεύτηκαν σε ειδικές θέσεις στο Εργαστήριο Εγγειοβελτιωτικών Έργων της Σ.Α.Τ.Μ. και προετοιμάστηκαν για τις εργαστηριακές αναλύσεις. Η πρώτη εργαστηριακή ανάλυση έγινε με τη μέθοδο της διήθησης με τη βοήθεια ηθμού, με στόχο την καταγραφή της συγκέντρωσης των ολικών αιωρούμενων στερεών για κάθε δείγμα. Οι επόμενοι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν είναι η φασματομετρική ανάλυση και η τιτλοδότηση για τον προσδιορισμό των ιχνοστοιχείων και της αλκαλικότητας αντίστοιχα. Μια άλλη μέθοδος που πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο είναι η μέθοδος της ιοντικής χρωματογραφίας, τα αποτελέσματα της οποίας μας δείχνουν τις συγκεντρώσεις των κύριων ιόντων για κάθε δείγμα. Στη συνέχεια της έγινε κατηγοριοποίηση καταλληλότητας του υδατορεύματος για αρδευτική χρήση σύμφωνα με: (α) το σύστημα κατάταξης των νερών του εργαστηρίου αλατότητας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (U.S.S.L) και (β) το σύστημα ποιοτικής κατάταξης των νερών που δημιουργήθηκε από τους Ayers και Westcot (1985) στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του οργανισμού τροφίμων. Τέλος, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων με προηγούμενες διπλωματικές εργασίες που είχαν πραγματοποιηθεί στο ίδιο υδατόρευμα τα προηγούμενα χρόνια.

ABSTRACT

The diploma thesis aims at the monitoring and evaluation of the water quality of the watercourse of Rafina, which is located in the area of Eastern Attica and belongs to the water catchment area of Rafina. Initially, the site was identified to collect samples from specific locations in the stream. In all, water samples were collected from thirteen sites throughout the watercourse and still necessary measurements were made to determine the physicochemical parameters and its supply. The collected samples were then stored in special locations at the Land Reclamation Workshop of SRSE and prepared for laboratory analyzes. The first laboratory analysis was performed by means of filtering with the help of a filter, aiming to record the concentration of total suspended solids for each sample. The next methods used are spectrometric analysis and titration for the determination of trace elements and alkalinity, respectively. Another method performed in the laboratory is the ionic chromatography method, the results of which show the concentrations of the main ions for each sample. It was subsequently categorized as a watercourse suitability for irrigation use according to: (a) the USSL Saltwater Classification System (1954) and (b) the Water Quality Classification System created by Ayers and Westcot (1985) within the framework of the Food Agency's activities. Finally, the results were compared with previous diplomatic work carried out in the same watercourse in the previous years.

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1 Γενικά- Εισαγωγή

Το νερό είναι η περισσότερο διαδεδομένη ανόργανη χημική ένωση στην επιφάνεια της Γης, αφού καλύπτει το 70,9% του πλανήτη μας. Το 96,5% του νερού της Γης βρίσκεται στους ωκεανούς (και τις θάλασσες) , 1,7% στα υπόλοιπα επιφανειακά νερά (λίμνες, ποτάμια, έλη, κ.λπ.), 1,7% στα παγοκαλύμματα και στις παγωμένες σπηλιές της Ανταρκτικής και της Γροιλανδίας και το 0,001% ως υγρασία της ατμόσφαιρας και σε σύννεφα. Μόνο το 2,5% του νερού της Γης είναι "γλυκό" και το 98,8% του πόσιμου νερού βρίσκεται στα παγοκαλύμματα και στα υπόγεια ύδατα. Το νερό συναντάται και στις τρεις κανονικές καταστάσεις της ύλης, στερεή (οπότε ονομάζεται πάγος), υγρή και αέρια (οπότε ονομάζεται υδρατμός). Εξαιτίας της τεράστιας ικανότητας διάλυσης που διαθέτει, επονομάστηκε "παγκόσμιος διαλύτης". Εξαιτίας της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού της Γης, της μαζικής κατανάλωσης, της κατάχρησης των φυσικών πόρων, της ρύπανσης και μόλυνσης του νερού, η διαθεσιμότητα του πόσιμου νερού δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες της σύγχρονης εποχής. Για αυτό το λόγο το νερό αποτελεί αιτία μελέτης και έρευνας καθώς υπολογίζεται ότι στα επόμενα είκοσι χρόνια η ποσότητα του νερού που αναλογεί στον καθένα θα μειωθεί κατά 30%. (Gleick 1993)

1.2 Στόχος – Επιμέρους στόχοι

Η προστασία και η διαχείριση των υδατικών πόρων αποτελεί και θα αποτελέσει στα επόμενα χρόνια αντικείμενο απασχόλησης για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Κοινότητας και κατ' επέκταση και για τη χώρα μας. Ο λόγος είναι πως πλέον η πρόσβαση σε υδατικούς πόρους καλής ποιότητας έχει ιδιαίτερη σημασία τόσο για την Ελλάδα αλλά και για χώρες του υπόλοιπου κόσμου.

Ο κύριος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας που προκύπτει από τα προαναφερθέντα είναι: η αξιολόγηση της σημερινής ποιοτικής κατάστασης του υδατορεύματος της Ανατολικής Αττικής. Ο στόχος αναλύεται στους εξής παρακάτω επιμέρους στόχους:

A. Καταγραφή και αξιολόγηση της ποιότητας του νερού για αρδευτική χρήση με βάση:

1. Το ευρέως αποδεκτό σύστημα κατάταξης των νερών, που βασίζεται στην περιεκτικότητά τους σε άλατα και νάτριο και αναπτύχθηκε από το εργαστήριο αλατότητας των ΗΠΑ (U.S.D.A., 1954).
2. Το σύστημα ποιοτικής κατάταξης στα όπως αναπτύχθηκε από τους Ayers και Westcot (1985) στα πλαίσια του παγκόσμιου οργανισμού τροφίμων (FAO).

B. Η αξιολόγηση και ο έλεγχος της ποιότητας του νερού ανατολικής Αττικής με βάση τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος τα οποία ενσωματώθηκαν στην ελληνική νομοθεσία (ΦΕΚ 1909/08-12-2010) από την αντίστοιχη ευρωπαϊκή (οδηγίες 2000/60/EK και 2008/105/EK).

Επιπλέον, για να εξαχθούν ασφαλή και σωστά συμπεράσματα για την ποιότητα του υδατορεύματος ανατολικής Αττικής, απαιτούνται πολλές μετρήσεις και συλλογή στοιχείων σε βάθος χρόνου. Συνεπώς προκύπτει ως δεύτερος κύριος στόχος η σύγκριση της σημερινής ποιοτικής κατάστασης (έτος 2016) με αυτή των ερευνών των προηγούμενων ετών που είναι διαθέσιμες (Κουρής 2010, Πανώριος 2011). Ο στόχος αυτός είναι απαραίτητος για μελλοντική μελέτη της ποιότητας του νερού στο υδατόρευμα της ανατολικής Αττικής.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΥΔΑΤΟΡΕΥΜΑΤΩΝ

2.1 Εισαγωγή

Το νερό αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για την επιβίωση του ανθρώπου και το καθιστά μοναδικό ως φυσικό πόρο καθώς μπορεί και διατηρεί σταθερή την ποσότητά του σταθερή ανά περιοχή σε βάθος χρόνου.

Η έννοια της ποιότητας του νερού δεν είναι από μόνης της σταθερή καθώς υπόκειται σε συνεχείς μεταβολές, επομένως η μελέτη της θα πρέπει να είναι συνεχής και σχετική με τα οικολογικά συστήματα και τις διαφορετικές χρήσεις του νερού (ανθρώπινη κατανάλωση, οικιακή και βιομηχανική χρήση κ.λπ.).

2.2 Κύκλος νερού

Ο κύκλος του νερού είναι η συνεχής κίνηση του νερού της Γης μέσα στην υδρόσφαιρα, στην ατμόσφαιρα και στη λιθόσφαιρα(έδαφος – υπέδαφος).

Πιο συγκεκριμένα, το νερό εξατμίζεται και μαζεύεται ως υδρατμός δημιουργώντας τα σύννεφα. Ύστερα οι υδρατμοί αυτοί συμπυκνώνονται και πέφτουν με τη μορφή βροχής ή με άλλες μορφές υετού, εμπλουτίζοντας έτσι τις αποθήκες νερού της Γης, είτε αυτές είναι επιφανειακές, όπως θάλασσες και λίμνες, είτε είναι υπόγειες.

Ο υδρολογικός κύκλος αποτελεί σπουδαίο καιρικό φαινόμενο ως σύνολο επιμέρους φαινομένων και ρυθμίζει την υγρασία του εδάφους, τη λαμπρότητα της ημέρας, τη συχνότητα και ένταση των υδρομετεώρων και συμβάλει στην μεταφορά της ενέργειας.



Εικόνα 2.1: Ο υδρολογικός κύκλος.

(U.S.G.S, 2010)

2.3 Παράμετροι ποιότητας νερού

2.3.1 Φυσικοχημικές παράμετροι

2.3.1.1 Θερμοκρασία (Temperature)

Η θερμοκρασία είναι καθοριστικός παράγοντας στη λειτουργία του οικοσυστήματος. Για παράδειγμα σε μία λίμνη επηρεάζει τη διαλυτότητα του οξυγόνου και άλλων συστατικών, το μεταβολισμό των υδρόβιων οργανισμών αλλά και τη διαδικασία διάσπασης των οργανικών ουσιών που υπάρχουν. Η θερμοκρασία του πόσιμου νερού κυμαίνεται από 12°C και φτάνει τους 25°C που είναι και η ανώτατη αποδεκτή (Χαραλάμπους 2004).

Η αύξηση της θερμοκρασίας των επιφανειακών νερών από την αποχέτευση θερμού νερού που χρησιμοποιείται ως νερό ψύξης εγκαταστάσεων αποτελεί

τη θερμική ρύπανση. Οι επιπτώσεις της θερμικής ρύπανσης είναι οι ακόλουθοι (Χαραλάμπους 2004):

1. Μειώνει το διαλυμένο οξυγόνο λόγω της επιτάχυνσης της βιοαποδόμησης οργανικής ύλης
2. Μειώνει τη διαλυτότητα του οξυγόνου
3. Μειώνει την ικανότητα διάχυσης του οξυγόνου στα κατώτερα στρώματα του νερού.

2.3.1.2 Ενεργός οξύτητα (pH)

Το pH συνδέεται άμεσα με τη χημική μορφή των ενώσεων στο νερό. Η οξύτητα ή η αλκαλικότητα του νερού εκφράζεται από την τιμή του pH. Όσο πιο μικρή είναι αυτή η τιμή τόσο πιο όξινο είναι το νερό. Η κλίμακα μέτρησης του pH είναι από 0 έως 14. Το νερό χαρακτηρίζεται ως ουδέτερο όταν το pH σε θερμοκρασία 25°C έχει τιμή pH=7.0. Όταν η τιμή του pH είναι μικρότερη από 7.0 το νερό χαρακτηρίζεται ως όξινο, ενώ όταν η τιμή είναι μεγαλύτερη από 7.0 το νερό χαρακτηρίζεται ως αλκαλικό. Για παράδειγμα η τιμή του pH στο νερό βρύσης κυμαίνεται από 7,5 έως 8,5 (ελαφρά αλκαλικό) και αυτό αλλάζει κάθε φορά ανάλογα την εταιρία που ετοιμάζει το πόσιμο νερό (Τσακίρης 2010)

2.3.1.3 Αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα εκφράζει τον αριθμό ηλεκτρικών φορτιών που φέρει ένα διάλυμα. Η τιμή της σχετίζεται με τη συνολική συγκέντρωση των ουσιών που είναι διαλυμένες στο νερό και με τη θερμοκρασία του νερού που έγινε η μέτρηση. Η αγωγιμότητα σε ένα υδατικό διάλυμα προσδιορίζει την ικανότητα των ιόντων του διαλύματος να μεταφέρουν ηλεκτρικό ρεύμα. Η αγωγιμότητα μας δίνει πληροφορίες σχετικά με το πόσο καθαρό είναι το νερό, την διακύμανση των ιόντων και την ποσότητα των ολικών διαλυτών

στερεών στο νερό. Αξίζει να σημειωθεί πως το “καθαρό” νερό δεν είναι καλός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος (Χαραλάμπους 2004).

2.3.1.4 Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)

Η ικανότητα ενός υλικού να είναι αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος, ονομάζεται ηλεκτρική αγωγιμότητα. Είναι το αντίστροφο της ηλεκτρικής αντίστασης και μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι το microSiemens ανά cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Η αγωγιμότητα όγκου νερού ίσου με 1 cm^3 , στην θερμοκρασία των $25\text{ }^\circ\text{C}$, ονομάζεται ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Ένας άλλος παράγοντας ο οποίος επηρεάζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η θερμοκρασία. Σημειώνεται ότι αύξηση της θερμοκρασίας κατά $1\text{ }^\circ\text{C}$ προκαλεί αύξηση της αγωγιμότητας κατά 2% περίπου (Τσακίρης 2010).

2.3.1.5 Ολικά στερεά (TS)

Μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους του νερού και των υγρών αποβλήτων είναι η συγκέντρωση των ολικών στερεών σωματιδίων που συνιστάται από αιωρούμενη, καθιζάνουσα, κολλοειδή και διαλυμένη μάζα. Τα ολικά στερεά είναι το σύνολο των στερεών σε ένα δείγμα, τα οποία προσδιορίζονται με τη ζύγιση του υπολείμματος ορισμένου όγκου δείγματος μετά από ξήρανση στους $105\text{ }^\circ\text{C}$ σε mg/L . Ο προσδιορισμός των ολικών στερεών σε ένα δείγμα νερού πραγματοποιείται για να μας δώσει πληροφορίες για το επίπεδο επιβάρυνσης του αποδέκτη. Μια απότομη αύξηση παρουσιάζει εκροή αστικών λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων η οποία μπορεί να αποδειχτεί και παράνομη (Χαραλάμπους 2004).

2.3.1.6 Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)

Τα ολικά διαλυμένα στερεά εκφράζουν την συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων χλωριούχων, θεικών, νιτρικών, νιτρωδών και αμμωνιακών αλάτων. Είναι όλα τα σωματίδια τα οποία διέρχονται από ηθμό που αποτελείται από γυάλινες ίνες οπής διαμέτρου 1 μm και παραμένουν μετά από ξήρανση του ηθμού σε θερμοκρασία 180 °C (Τσακίρης 2010).

2.3.1.7 Διαλυμένο οξυγόνο (DO)

Το διαλυμένο οξυγόνο είναι απαραίτητο για την καλή ισορροπία ενός υδάτινου αποδέκτη και η συγκέντρωσή του μετριέται σε mg/L. Αποτελεί μία τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για να χαρακτηριστεί αν η ποιότητα του νερού είναι καλή ή όχι. Το διαλυμένο οξυγόνο είναι ένα ευαίσθητο συστατικό, καθώς η παρουσία χημικών ουσιών και φυσικών παραγόντων όπως θερμοκρασία και η διαύγεια του νερού μπορούν να επηρεάσουν τη διαθεσιμότητά του καθ' όλη την διάρκεια του έτους.

Οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου σε γενικές γραμμές είναι μεγαλύτερες το χειμώνα από ότι το καλοκαίρι. Αυτό οφείλεται στη διάρκεια των υψηλών βροχών, που συνήθως εμφανίζονται κατά τους χειμερινούς μήνες, επειδή η βροχή αλληλεπιδρά με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο. Ένας άλλος παράγοντας που επιβεβαιώνει το παραπάνω είναι η θερμοκρασία. Το καλοκαίρι οι τιμές της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερες σε σχέση με το χειμώνα και όπως είναι γνωστό η διαλυτότητα του οξυγόνου μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Νερό το οποίο έχει μεγάλη τιμή DO που φθάνει την τιμή κορεσμού (95-100%) δείχνει νερό το οποίο δεν είναι σε επαφή με οργανική ύλη. Νερό το οποίο έχει μικρή τιμή DO (<70%) δείχνει ότι το νερό δεν ανανεώνεται ή ότι το νερό βρίσκεται σε επαφή με οργανική ύλη βιολογικής προέλευσης, η οξείδωση της οποίας καταναλώνει το οξυγόνο. Τέλος, η μικρή τιμή διαλυμένου οξυγόνου σε αναερόβια νερά

μπορεί να οφείλεται σε παρουσία υδρόθειου (H₂S), μεθανίου (CH₄) ή αμμωνίας (NH₃) (Hounslow 2000)

2.3.1.8 Σκληρότητα

Η σκληρότητα αποτελεί μία φυσικοχημική παράμετρο που προσδιορίζει τη χρήση του νερού. Οφείλεται στα δισθενή κατιόντα ασβεστίου (Ca²⁺), μαγνησίου (Mg²⁺), σιδήρου (Fe²⁺) και μαγγανίου (Mn²⁺). Η σκληρότητα του νερού προσδιορίζεται από το σύνολο των συγκεντρώσεων του ασβεστίου και του μαγνησίου και εκφράζεται σε ποσότητα CaCO₃, δηλαδή σε mg CaCO₃/L νερού.

Η σκληρότητα διακρίνεται σε μόνιμη και παροδική. Η μόνιμη ή "ανθρακική σκληρότητα" οφείλεται στα ευδιάλυτα όξινα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου, ενώ η παροδική ή "μη ανθρακική σκληρότητα" οφείλεται στα χλωριούχα και θειικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου. Το σύνολο της παροδικής και της μόνιμης σκληρότητας αποτελεί την ολική σκληρότητα. Ο προσδιορισμός της σκληρότητας μπορεί να γίνει με συμπλοκομετρική ογκομέτρηση των κατιόντων με διάλυμα EDTA παρουσία δείκτη EBT (μέλαν εριόχρωμα T). Αν όμως είναι γνωστές οι συγκεντρώσεις των κατιόντων στα οποία οφείλεται η σκληρότητα μπορεί επίσης να υπολογισθεί. Η ολική σκληρότητα (H_T) εκφράζεται σε mg/L CaCO₃ και υπολογίζεται με βάση τις συγκεντρώσεις, οι οποίες εκφράζονται σε mg/L των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου σύμφωνα με τη σχέση (Τσακίρης 2010)

$$H_T = 2.5Ca + 4.1Mg$$

Το νερό ανάλογα με την τιμή της ολικής σκληρότητας (H_T), σύμφωνα με τους Sawyer et.al. (1994) χαρακτηρίζεται ως μαλακό (H_T 0-75 mg/L CaCO₃), μέτρια σκληρό (H_T 76-150 mg/L CaCO₃), σκληρό (H_T 150-300 mg/L CaCO₃), ή πολύ σκληρό (H_T>300 mg/L CaCO₃).

2.3.1.9 Όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-)

Τα όξινα ανθρακικά ιόντα στα υπόγεια νερά προέρχονται από τη διάλυση ανθρακικών πετρωμάτων (CaCO_3 , MgCO_3), τους ασβεστόλιθους και τους δολομίτες. Γενικά επικρατεί στα υπόγεια νερά η οξυανθρακική ρίζα, ως το επικρατέστερο ανιόν.

2.3.2 Ανόργανες παράμετροι

2.3.2.1 Ιόντα Χλωρίου (Cl^-)

Τα ιόντα χλωρίου είναι η κύρια κατηγορία ανόργανων συστατικών των φυσικών υδάτων και η συγκέντρωσή τους εξαρτάται από την προέλευση και την κατηγορία του νερού. Τα ιόντα χλωρίου αποτελούν ένα συντηρητικό δείκτη, ο οποίος και δε μεταβάλλεται χημικά. Η απομάκρυνσή τους από ένα διάλυμα μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο με καθίζηση.

Η παρουσία των ιόντων χλωρίου καθορίζει τη χρήση των υδάτων (πόσιμο, άρδευσης, νερό για βιομηχανική χρήση). Η συγκέντρωσή τους στα αστικά λύματα και τα στραγγίσματα στερεών απορριμμάτων είναι σχετικά μεγάλη. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις στα υπόγεια ύδατα μας δείχνει ότι υπάρχει ρύπανση εξαιτίας εισροής θαλάσσιου νερού ή διοχέτευσης αστικών λυμάτων. Νερό με συγκέντρωση ιόντων χλωρίου μεγαλύτερη από 250 mg/L αποκτά αλμυρή γεύση (θαλασσινό νερό). Τέλος συγκεντρώσεις σε πόσιμο νερό πάνω από 200 mg/L προκαλούν δυσμενείς επιπτώσεις.

Οι κυριότερες πηγές ιόντων χλωρίου είναι:

- τα προϊόντα της διάλυσης των εβαπορίτων (NaCl)
- η απόπλυση αλμυρών νερών εγκλωβισμένων σε λεπτόκοκκες ιζηματογενείς αποθέσεις
- η θαλάσσια διείσδυση

2.3.2.2 Θεϊκά (SO_4^{2-})

Τα θεϊκά είναι ευρέως διαδεδομένα στα φυσικά νερά και είναι υπαίτια για την δυσάρεστη οσμή και γεύση του νερού. Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια στη βιομηχανία είναι το θεϊκό οξύ, ο θειούχος σίδηρος και άλλα θειούχα και θεϊκά άλατα. Τα θεϊκά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου έχουν υπακτική δράση. Η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση θεϊκών στο πόσιμο νερό είναι 250 mg/L.

2.3.2.3 Νιτρικά ιόντα (NO_3^-)

Τα νιτρικά ιόντα συγκαταλέγονται και αυτά στα στοιχεία των φυσικών νερών, αφού αποτελούν τμήμα του κύκλου του αζώτου στη φύση. Συνήθως η συγκέντρωση των νιτρικών στα φυσικά νερά είναι χαμηλή, εκτός από περιπτώσεις που καταγράφονται υψηλές τιμές εξαιτίας λιπασμάτων και ζωικών ή ανθρώπινων αποβλήτων. Ένας άλλος τρόπος να εισέλθουν στα φυσικά νερά, είναι το γεγονός πως τα νιτρικά βρίσκονται ακόμα και στον αέρα, λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με αποτέλεσμα να παρασύρονται από τη βροχή ή να αποτίθενται στο έδαφος.

2.3.2.4 Φώσφορος (P)

Ο φώσφορος όπως και το άζωτο είναι βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των αλγών και η περιεκτικότητά του στο νερό βοηθά στον ευτροφισμό των επιφανειακών νερών.

Η προέλευση της μεγαλύτερης ποσότητας φωσφόρου προέρχεται από τα ανθρώπινα λύματα και από τη διάσπαση πρωτεϊνών κατά το μεταβολισμό. Μέχρι τώρα δεν υπάρχουν αναφορές για επιπτώσεις στην υγεία από την παρουσία ποσοτήτων φωσφόρου στο νερό.

2.3.3 Φυσικοχημικές παράμετροι – Άλλα στοιχεία

Τα στοιχεία (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe, Cu κ.λπ.) σε ίχνη είναι απαραίτητα για τα περισσότερα έμβια όντα, αλλά σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι τοξικά. Πολλά από αυτά χαρακτηρίζονται ως ρύποι προτεραιότητας. Κύρια πηγή προέλευσης των μετάλλων αυτών είναι οι εκροές των εγκαταστάσεων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, ιδιαίτερα αν προορίζονται για άρδευση και για αυτό το λόγο θα πρέπει να ελέγχονται για τυχόν ύπαρξη μετάλλων.

2.3.3.1 Ασβέστιο (Ca^{2+})

Το ασβέστιο υπάρχει σε όλα τα φυσικά νερά καθώς προέρχεται από τα πετρώματα (ασβεστόλιθος, δολομίτης, γύψος) από τα οποία διέρχεται το νερό (Τσακίρης 2010). Ανάλογα με την προέλευση του νερού η συγκέντρωση του ασβεστίου κυμαίνεται από μηδέν μέχρι εκατοντάδες mg/L και συμβάλλει στην ολική σκληρότητα του νερού. Το πόσιμο νερό έχει συγκέντρωση ασβεστίου από 10 έως 100 mg/L, ενώ το νερό που περιέχει 40-100 mg/L, θεωρείται σκληρό έως πολύ σκληρό. Το ασβέστιο ως συστατικό δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία και αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για τη διατροφή των ζώντων οργανισμών (ανθρώπου - ζώων, φυτών).

2.3.3.2 Μαγνήσιο (Mg^{2+})

Το μαγνήσιο είναι από τα συνηθισμένα συστατικά των φυσικών νερών καθώς είναι από τα πιο διαδεδομένα στοιχεία στον στερεό φλοιό της γης, αποτελεί το 2,1% του φλοιού. Τα περισσότερα από τα άλατα του μαγνησίου είναι υδατο-διαλυτά και τα άλατά του μαζί με τα άλατα του ασβεστίου, αποτελούν την ολική σκληρότητα του νερού. (Τσακίρης 2010)

Η συγκέντρωση του μαγνησίου στο πόσιμο νερό κυμαίνεται από 4 έως 40 mg/L.

Νερά με συγκεντρώσεις μαγνησίου μεγαλύτερες από 125 mg/L μπορεί να θεωρηθούν ότι έχουν καθαρτικές και διουρητικές ιδιότητες για τον άνθρωπο. Η παρουσία του είναι επιθυμητή σε νερά άρδευσης καθώς αποτελεί απαραίτητο θρεπτικό συστατικό των φυτών και λειτουργεί επίσης ως εδαφοβελτιωτικό.

Το νερό εμπλουτίζεται σε μαγνήσιο όταν συναντά δολομιτικά, πυριτικά και αργιλοπυριτικά πετρώματα τα οποία έχουν υψηλή συγκέντρωση (CaCO_3 και MgCO_3).

2.3.3.3 Κάλιο (K^+)

Το κάλιο βρίσκεται σε όλα τα φυσικά νερά και οι συγκεντρώσεις καλίου που συναντώνται στη φύση και σπάνια υπερβαίνουν τα 20 mg/L. Η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση του καλίου στο πόσιμο νερό είναι 12 mg/L. Το κάλιο είναι και αυτό σημαντικό θρεπτικό συστατικό των φυτικών οργανισμών λόγω του ότι αυξάνει την ικανότητα αφομοίωσης διοξειδίου του άνθρακα (W. Fresenius 1988).

2.3.3.4 Νάτριο (Na^+)

Το νάτριο αποτελεί βασικό στοιχείο για τον άνθρωπο, τα άλατα του οποίου βρίσκονται σε όλες τις τροφές και το πόσιμο νερό. Περιέχεται σε όλα τα φυσικά νερά σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 1-500 mg/L, λόγω της αφθονίας του στη φύση (έκτο κατά σειρά). Στο νερό εισέρχεται φυσικά καθώς το νάτριο υπάρχει σε διάφορα πετρώματα όπως ορυκτό χλωριούχο νάτριο, αργιλοπυριτικά ορυκτά νατρίου (NaAlSiO_4 , $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$). Ακόμα το νάτριο ελέγχεται στα επεξεργασμένα αστικά λύματα για την αξιολόγηση της καταλληλότητας των λυμάτων για άρδευση εδαφών και έχει δυσμενή

επίδραση στα εδάφη και στις καλλιέργειες σε μεγάλη αναλογία του στο νερό. Η παραμετρική τιμή σύμφωνα με την Οδηγία 90/83/EK στο πόσιμο νερό είναι 200 mg/L (W. Fresenius 1988).

2.3.3.5 Σίδηρος (Fe)

Ο σίδηρος υπάρχει κυρίως σε υπόγεια νερά, τα οποία διέρχονται από πετρώματα πλούσια σε άλατα σιδήρου. Είναι ένα από τα στοιχεία που δίνει γεύση στο νερό και ανιχνεύσιμο σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Τα προβλήματα που δημιουργεί ο σίδηρος κυρίως είναι σε πλυντήρια και υφαντήρια (δημιουργεί λεκέδες σε υφάσματα) αλλά και στους αγωγούς διανομής νερού. Στην υγεία των ανθρώπων και κυρίως στα παιδιά ο σίδηρος όταν βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις, μπορεί να προκαλέσει βλάβες στους ιστούς (αιμοχρωμάτωση) (Sawyer & McCarty 1978).

2.3.3.6 Χαλκός (Cu)

Ο χαλκός αποτελεί βασικό στοιχείο στον ανθρώπινο μεταβολισμό. Τα άλατα του χαλκού είναι τοξικά για τα υδρόβια φυτά και χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για την αναστολή της ανάπτυξης των φυκιών. Στο πόσιμο νερό βρίσκονται ποσότητες χαλκού εξαιτίας της διάβρωσης των χάλκινων σωληνώσεων. Ο χαλκός προσδίδει χρώμα και στυπτική γεύση στο πόσιμο νερό αλλά δεν προκαλεί προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου (Sawyer & McCarty 1978).

2.4 Κριτήρια ποιότητας αρδευτικού νερού

Ανεξάρτητα από την πηγή προέλευσης, το αρδευτικό νερό περιέχει διαλυμένα ιόντα και ουσίες και αιωρούμενα στερεά. Με τη διαδικασία της άρδευσης ένα μέρος αυτών συσσωρεύεται στο έδαφος. Η ποσότητα των ουσιών που περιέχονται στο αρδευτικό νερό με δεδομένες περιβαλλοντικές,

κλιματικές συνθήκες και δεδομένες καλλιέργειες καθορίζουν την ποιότητα και τελικά τη χρησιμότητα του νερού (Τσακίρης 2006).

Αποδεκτοί επαρκείς δείκτες που χρησιμοποιούνται για το χαρακτηρισμό της ποιότητας του νερού είναι η ολική περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα, η περιεκτικότητα σε ορισμένα συστατικά, η ποσότητα των αιωρούμενων στερεών και η ποσότητα των ρύπων από πηγές ανθρώπινης δραστηριότητας. Η ολική περιεκτικότητα του νερού σε διαλυτά άλατα εξαρτάται από την περιεκτικότητα των εδαφών – πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό, αλλά και τις κλιματικές και υδρολογικές συνθήκες. Τα αιωρούμενα υλικά που βρίσκονται στο νερό προέρχονται από τη διάβρωση των εδαφών από τη βροχή ή τη ροή των υδατορευμάτων και επομένως βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα των υλικών αυτών είναι η σύνθεση των υλικών (πετρώματα – εδάφους) και η αιτία της διάβρωσης (π.χ. ραγδιότητα της βροχής). Τέλος οι ρύποι που περιέχονται στο αρδευτικό νερό προέρχονται από τα υπολείμματα των αγροχημικών ουσιών, όπως τα ανόργανα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα και από ουσίες των λυμάτων των βιομηχανικών και αστικών περιοχών που διατίθενται στα υδατικά συστήματα (Τσακίρης 2006).

Η ποσότητα και η φύση των υλικών που μεταφέρονται με το αρδευτικό νερό δεν μπορούν από μόνα τους να καθορίσουν απόλυτα την ποιότητα και την καταλληλότητά του. Βασικοί παράγοντες για τέτοιους χαρακτηρισμούς είναι εκτός των παραπάνω και η αντοχή των φυτών, οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, η βιολογική ισορροπία στο έδαφος, η υπάρχουσα τεχνολογία των αρδεύσεων (μέθοδος εφαρμογής) και η δυνατότητα για στράγγιση (Τσακίρης 2006).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ποιότητα του αρδευτικού νερού για πολλά χρόνια εξεταζόταν σε σχέση με τα άλατα που περιέχει. Έτσι σε πολλά συγγράμματα

μέχρι τη δεκαετία του 80 η ποιότητα του νερού ήταν μονοσήμαντα συνδεδεμένη με την αλατότητα και την περιεκτικότητα σε νάτριο (Τσακίρης 2006).

2.4.1 Αλατότητα

Η καταγραφή της αλατότητας μπορεί να γίνει με ένα από τα παρακάτω μεγέθη:

- i. τα ολικά διαλυμένα στερεά (total dissolved solids, TDS) που εκφράζονται σε mg/L ή ppm,
- ii. την ολική αλατότητα (total salinity) που εκφράζεται σε meq/L,
- iii. ενεργό αλατότητα (effective or potential salinity, ES) εκφρασμένη σε me/L και υπολογισμένη από τη σχέση:

$$ES = Cl^- + \frac{1}{2} SO_4^{2-}.$$

- iv. την ηλεκτρική αγωγιμότητα (electrical conductivity, EC) που εκφράζεται σε mmhos/cm ή dS/m στους 25°C.

Για να εκτιμηθεί η επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη των φυτών πρέπει να υπολογιστεί η αλατότητα του εδαφικού διαλύματος. Αυτή εκφράζεται από την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού (EC_e). Η EC_e χρησιμοποιείται γιατί είναι μία εύκολη, ταχεία και αντιπροσωπευτική μέτρηση γιατί στα περισσότερα εδάφη η περιεχόμενη υγρασία στην κορεσμένη εδαφική πάστα (θ_s) είναι μια σταθερά ανάλογη της περιεχόμενης υγρασίας στην υδατοϊκανότητα (θ_{FC}), π.χ. $\theta_s = 2\theta_{FC}$. Μια αντιπροσωπευτική εμπειρική σχέση μεταξύ της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του αρδευτικού νερού (EC_w) και του εδαφικού διαλύματος (EC_e) είναι η εξής (Τσακίρης 2006):

$$EC_e = 1.5EC_w .$$

2.4.2 Περιεκτικότητα σε νάτριο

Το νάτριο επιδρά σε διάφορες φυσικές ιδιότητες του εδάφους όπως η διαπερατότητα και η διηθητικότητα και λόγω αυτού η περιεκτικότητα σε νάτριο αποτελεί δείκτης της ποιότητας του αρδευτικού κυρίως νερού.

Η περιεκτικότητα του νατρίου εκφράζεται με την αναλογία του προσροφημένου νατρίου (sodium adsorption ratio, SAR) που δίνεται από τη σχέση (Τσακίρης 2006):

$$SAR\left(\frac{\text{meq}}{\text{L}}\right) = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/2}}.$$

Ένας άλλος τρόπος έκφρασης της περιεκτικότητας του νατρίου είναι ως το ποσοστό επί τοις εκατό ολικών κατιόντων και ο υπολογισμός του προκύπτει από την παρακάτω σχέση (Τσακίρης 2006):

$$PS(\%) = \frac{\text{Na}^+}{\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}} \times 100.$$

2.5 Νομοθεσία

2.5.1 Προστασία υδατορευμάτων από τη δόμηση

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία για την προστασία των ρεμάτων και της παραρεμάτιας ζώνης, απαγορεύεται η δόμηση εντός της όχθης των ρεμάτων ενώ οι περιορισμοί ισχύουν κατά περίπτωση και για τη δόμηση εκτός οριογραμμής. Ο καθορισμός της όχθης (οριογραμμής) των ρεμάτων, χειμάρρων ή ρυακίων υπάγεται στις αρμοδιότητες του ΥΠΕΧΩΔΕ ή κατά τόπους Περιφερειών. Σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν.3010/2002, «η οριοθέτηση συνιστάται στον καθορισμό και επικύρωση των πολυγωνικών γραμμών εκατέρωθεν της βαθιάς γραμμής του υδατορεύματος, οι οποίες περιβάλλουν τις γραμμές πλημμύρας, τις όχθες, καθώς και τα τυχόν φυσικά ή τεχνητά στοιχεία, που αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του υδατορεύματος».

Ειδικά για την Αττική, βάσει του ΦΕΚ 281Δ/93 ορίσθηκαν 55 ρέματα ως διατηρητέου περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος χωρίς όμως να δίνονται κατευθύνσεις και προδιαγραφές για την αντιμετώπιση, προστασία και αξιοποίηση των ρεμάτων εν γένει κατά τον πολεοδομικό σχεδιασμό. Οι μόνες προδιαγραφές πέραν του Ν.3010 που υπάρχουν μέχρι και σήμερα είναι αυτές του κτιριοδομικού κανονισμού. Ο κτιριοδομικός κανονισμός διακρίνει τα ρέματα σε οριοθετημένα και προσωρινώς οριοθετημένα. Για τα οριοθετημένα απαγορεύεται η δόμηση εντός των οριογραμμών και επιτρέπεται σε απόσταση 10 μέτρων από αυτές ή επί αυτών αν έχουν γίνει τα έργα διευθέτησης. Για τα μη οριοθετημένα, επιτρέπεται η δόμηση σε απόσταση 20 μέτρων ή 10 μέτρων αν έχουν γίνει τα απαραίτητα τεχνικά έργα οριοθέτησης τα οποία αφορούν ιδιοκτησία ξεχωριστά.

Ο καθαρισμός από απορρίμματα και μάζα, η συντήρηση του χώρου των ρεμάτων και των ποταμών και η κατασκευή έργων αντιπλημμυρικής προστασίας εντάσσονται στις αρμοδιότητες των Δήμων και των Νομαρχιών. Σε ό,τι αφορά την Αθήνα, η ΕΥΔΑΠ είναι υπεύθυνη για τον καθαρισμό των ρεμάτων από φερτές ύλες, κάτι που πραγματοποιείται σε ετήσια βάση για τα μεγαλύτερα ρέματα (Ποδονίφτης, Πικροδάφνης, Χαλανδρίου, Σαπφούς), ενώ στα μικρότερα ρέματα γίνονται παρεμβάσεις ανάλογα με τις ανάγκες που προκύπτουν.

Συνήθη είναι τα φαινόμενα καταπατήσεων και αυθαίρετης δόμησης στα ρέματα. Η διαδικασία που πρέπει να κινηθεί για την κατεδάφιση αυθαιρέτων κατασκευών εξαρτάται από την ύπαρξη αγωγών όμβριων. Στην περίπτωση που έχουν κατασκευαστεί αγωγοί όμβριων, επεμβαίνει το Τμήμα Ακίνητης Περιουσίας της ΕΥΔΑΠ. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να πραγματοποιηθεί αποτύπωση από την Τοπογραφική Υπηρεσία της ΕΥΔΑΠ, η οποία αποστέλλεται στο Πολεοδομικό Γραφείο του Δήμου ή της Νομαρχίας, μετά

τις ενέργειες του οποίου προχωράει η κατεδάφιση των κατασκευών και η αποκατάσταση του ρέματος.

2.5.2 Πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος

Τα τελευταία χρόνια όλο και πιο έντονες είναι οι συζητήσεις και ο προβληματισμός για τη σωστή διαχείριση των υδατικών πόρων και την προστασία της ποιότητάς τους τόσο στην επιστημονική κοινότητα όσο και στην πολιτεία. Η ποιότητα του νερού, οι πολλαπλές χρήσεις του, η οικιστική χρήση και οι αυξανόμενες πιέσεις από τη γεωργία και τη βιομηχανία αποτελούν τους βασικούς λόγους για την ανάγκη ολοκληρωμένης διαχείρισής του.

Για τους παραπάνω λόγους κρίθηκε αναγκαίο σε ευρωπαϊκό κατ' αρχήν επίπεδο να οριστεί ένα σαφές θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης και προστασίας της ποιότητας των υδάτων βάσει του οποίου τα Κράτη Μέλη θα πρέπει να λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα ακολουθώντας ποιοτικούς, οικολογικούς και ποσοτικούς στόχους για την προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων και την καλή κατάσταση όλων των υδατικών πόρων.

Το 2000 εκδόθηκε η Οδηγία-Πλαίσιο 2000/06/EK για τα ύδατα, με στόχο να δώσει ένα τέλος στην υποβάθμιση των υδάτων. Επιπροσθέτως, σημαντική για ο ζήτημα που εξετάζουμε είναι η έκδοση της Οδηγίας 2008/105/EK σχετικά με τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων και στη συνέχεια η Κοινή Υπουργική Απόφαση το Δεκέμβριο του 2010 με την οποία καθορίστηκαν τα Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος και στην Ελλάδα (ΚΥΑ 5134/2641/E103). Τέλος, εκδόθηκε ο Ν.3010/2002 που ρύθμιζε τη διαδικασία οριοθέτησης και άλλων θεμάτων σχετικών με τα υδατορεύματα.

2.5.2.1 Οδηγία πλαίσιο 2000/60/EK

Εκδόθηκε στις 23 Οκτωβρίου του 2000 με σκοπό την αντιμετώπιση προβλημάτων που προκύπτουν από την υποβάθμιση της ποιότητας των νερών. Είχε ως αποτέλεσμα τη θέσπιση ενός πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, και δημοσιεύθηκε στην επίσημη εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων στις 22 Δεκεμβρίου του 2000. Σύμφωνα με αυτή, το νερό δεν αποτελεί εμπορικό προϊόν όπως όλα τα άλλα, αλλά πρόκειται για μία κληρονομιά που πρέπει να προστατεύεται και να τυγχάνει κατάλληλης μεταχείρισης.

Γι αυτό το λόγο η Οδηγία θέτει ποιοτικούς, οικολογικούς και ποσοτικούς στόχους για την προστασία υδατικών οικοσυστημάτων και την καλή κατάσταση όλων των υδατικών πόρων με κεντρική ιδέα την ολοκληρωμένη διαχείρισή τους στη γεωγραφική κλίμακα των Λεκανών Απορροής Ποταμών. Επίσης, επαναπροσδιορίζει την έννοια της Λεκάνης Απορροής, η οποία περιλαμβάνει τα υπόγεια ύδατα, τα εσωτερικά επιφανειακά (ποταμοί, λίμνες), τα μεταβατικά (δέλτα, εκβολές ποταμών) και τα παράκτια οικοσυστήματα. Επιπλέον, αναδεικνύεται ως σημαντικός στόχος η προοδευτική μείωση της ρύπανσης του υδάτινου περιβάλλοντος, καθώς επίσης και των υπογείων υδάτων. Η εξάλειψη της απόρριψης ρυπαντικών ουσιών αποτελεί τον απώτερο σκοπό που οφείλει κάθε κράτος να επιτύχει. Ακόμα, αντιμετωπίζονται όλες οι χρήσεις και υπηρεσίες νερού συνυπολογίζοντας την αξία του νερού για το περιβάλλον, την υγεία, την ανθρώπινη κατανάλωση και την κατανάλωση σε παραγωγικούς τομείς. Πρέπει να επισημανθεί ότι αυτή η οδηγία εκτός των άλλων δημιουργεί και εισάγει νέες προσεγγίσεις στην αντιμετώπιση των κινδύνων από τις πλημμύρες και την ξηρασία. Τέλος, τίθεται ως στόχος για τα επόμενα δεκαπέντε χρόνια η επίτευξη «Καλής Οικολογικής Ποιότητας» για όλα τα ύδατα.

Το πρώτο βήμα για την εφαρμογή της Οδηγίας από κάθε κράτος μέλος είναι η ομαλή ένταξή της στο εθνικό δίκαιο, μια διαδικασία που διαφέρει σημαντικά για κάθε κράτος. Ποικίλοι παράγοντες όπως η ωριμότητα των θεσμικών υποδομών κάθε κράτους διαμορφώνουν ένα συγκεκριμένο υπόβαθρο και καθορίζουν τις συνθήκες ενσωμάτωσής τους στην εθνική νομοθεσία. Σημειώνεται δε πως όταν η Οδηγία τεθεί σε πλήρη εφαρμογή, θα αντικαταστήσει όλες τις προηγούμενες Οδηγίες που σχετίζονται με τη διαχείριση των υδάτων.

2.5.2.2 Οδηγία πλαίσιο 2008/105/EK – ΚΥΑ 51354/2641/E103

Σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/EK, εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της 16^{ης} Δεκεμβρίου η Οδηγία 2008/105/EK. η συγκεκριμένη οδηγία δημοσιεύθηκε στην Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης στις 24 Δεκεμβρίου 2008. Όπως ορίζεται στο πρώτο άρθρο της καθορίζει τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για ουσίες προτεραιότητας και ορισμένους άλλους ρύπους όπως προβλέπεται στο άρθρο 16 της οδηγίας 2000/60/EK, με στόχο την επίτευξη καλής χημικής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων και σύμφωνα με τις διατάξεις και τους στόχους του άρθρου 4 της εν λόγω οδηγίας(2000/60/EK).

Με κοινή Υπουργική απόφαση των Υπουργών Εσωτερικών, Αποκέντρωσης και Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης-Οικονομίας, Ανταγωνιστικότητας και Ναυτιλίας-Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής η οδηγία 2000/60/EK εντάχθηκε στην Ελληνική Νομοθεσία στις 8 Δεκεμβρίου 2010 (Αριθμός Η.Π 51354/2641/E103).

Η εν λόγω κοινή υπουργική απόφαση καθορίζει τα Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα. Εξαιρετικής σημασίας είναι τα τρία

μέρη του παραρτήματος I του άρθρου 8 που αφορούν τις: α. τις ουσίες προτεραιότητας και ορισμένους άλλους ρύπους και β. ειδικούς ρύπους και απαιτούνται για την υποβοήθηση του προσδιορισμού της οικολογικής κατάστασης των συστημάτων των εσωτερικών επιφανειακών υδάτων. Επιπλέον, στο Γ μέρος του παραρτήματος I του άρθρου 8 αναφέρονται οι απαιτήσεις σύμφωνα με τις οποίες εφαρμόζονται τα ΠΠΠ στα συστήματα επιφανειακών υδάτων. Επισημαίνεται ακόμη, ότι μπορεί σε ορισμένες κατηγορίες επιφανειακών υδάτων να απαιτείται για τα ιζήματα ή/και τους ζώντες οργανισμούς η εφαρμογή ΠΠΠ συμπληρωματικών ή διαφορετικών από τα ΠΠΠ που ορίζονται στο μέρος Α του παραρτήματος I. Επίσης, η Ειδική Γραμματεία Υδάτων του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, κοινοποιεί στην Επιτροπή και τα άλλα κράτη μέλη, μέσω της επιτροπής του άρθρου 21 της οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατάλογο των ουσιών για τις οποίες ορίστηκαν ΠΠΠ, του λόγους για τη χρήση προσέγγισης αυτής, τα εναλλακτικά ΠΠΠ που έχουν ορισθεί, συμπεριλαμβανομένων των δεδομένων και τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, τις κατηγορίες των επιφανειακών υδάτων στα οποία θα εφαρμόζονται καθώς και την προγραμματιζόμενη συχνότητα παρακολούθησης. Επιπροσθέτως, η Ειδική Γραμματεία Υδάτων ανέλυσε τις μακροπρόθεσμες τάσεις των συγκεντρώσεων των ουσιών προτεραιότητας που παρουσιάζονται στο Α μέρος του παραρτήματος I και οι οποίες τείνουν να συγκεντρώνονται σε ιζήματα ή/και ζώντες οργανισμούς. Τέλος, καθόρισε τη συχνότητα παρακολούθησής τους, ώστε να υπάρχουν αξιόπιστα δεδομένα για ανάλυση.

Στην Κοινή Υπουργική Απόφαση, περιλαμβάνονται σημαντικές παράμετροι που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την εφαρμογή των ΠΠΠ που ορίζονται στα μέρη Α και Β μέρη του Παραρτήματος I.

1. Για κάθε δεδομένη επιφάνεια υδάτινης μάζας, η εφαρμογή του ΕΜΣ-ΠΠΠ σημαίνει ότι, για οτιδήποτε αντιπροσωπευτικό σημείο παρακολούθησης εντός της υδάτινης μάζας, ο αριθμητικός μέσος των μετρούμενων συγκεντρώσεων σε διάφορους χρόνους κατά τη διάρκεια του έτους δεν υπερβαίνει το πρότυπο.
2. Για κάθε δεδομένη επιφάνεια υδάτινης μάζας, η εφαρμογή του ΕΜΣ-ΠΠΠ σημαίνει ότι η μετρούμενη συγκέντρωση σε οποιοδήποτε αντιπροσωπευτικό σημείο παρακολούθησης εντός της υδάτινης μάζας δεν υπερβαίνει το πρότυπο του μέρους Α του παρόντος παραρτήματος.
3. Με εξαίρεση το κάδμιο, το μόλυβδο, τον υδράργυρο και το νικέλιο, τα ΠΠΠ που ορίζονται στο παρόν παράρτημα εκφράζονται ως ολικές συγκεντρώσεις στο συνολικό δείγμα ύδατος. Στην περίπτωση του καδμίου, του μολύβδου, του υδραργύρου και του νικελίου, το ΠΠΠ αναφέρεται στην εν διαλύσει συγκέντρωση, δηλαδή την εν διαλύσει φάση δείγματος ύδατος που λαμβάνεται με διήθηση μέσω ηθμού 0,45 μm ή κάθε ισοδύναμη προεπεξεργασία.
4. Κατά την εκτίμηση των αποτελεσμάτων της παρακολούθησης σε σχέση με τα ΠΠΠ θα λαμβάνονται υπόψη πρώτον οι φυσικές συγκεντρώσεις μετάλλων σε αδιατάρακτο περιβάλλον και οι ενώσεις τους, εάν εμποδίζουν με τα σχετικά ΠΠ και δεύτερον η σκληρότητα, το pH ή άλλες παράμετροι ποιότητας ύδατος που επηρεάζουν τη βιοδιαθεσιμότητα των μετάλλων.

2.5.2.3 Νόμος 3010/2002

Το 2002 εκδόθηκε ο Ν.3010/2002 «Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις οδηγίες 97/11 ΕΕ και 96/61 ΕΕ, διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορεύματα και άλλες διατάξεις» που δημοσιεύτηκε στο τεύχος Α ΦΕΚ91 στις 25 Απριλίου 2002. Ο συγκεκριμένος νόμος αποτελεί το βασικό θεσμικό πλαίσιο για τη διαδικασία οριοθέτησης των

υδατορευμάτων, δηλαδή τον καθορισμό των οριογραμμών τους, διότι το άρθρο 5 αυτού αντικαθιστά τις παραγράφους 1,2,3 του άρθρου 6 του Ν. 880/79. Συγκεκριμένα τα υδατορεύματα οριοθετούνται με βάση τις διατάξεις του άρθρου 5 του Ν. 3010/2002, στον οποίο η οριοθέτηση συνιστάται στον καθορισμό και στην επικύρωση των πολυγωνικών γραμμών εκατέρωθεν της βαθιάς γραμμής του ρέματος, οι οποίες περιβάλλουν α. τις γραμμές πλημμύρας, β. τις όχθες του υδατορεύματος όπου είναι διακριτές και γ. οποιοδήποτε εδαφικό, φυσικό ή τεχνητό στοιχείο που αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του ρέματος και σημαντικό για την ομαλή λειτουργία του. Επισημαίνεται ακόμη ότι, ο κατά τα ανωτέρω καθορισμός μπορεί να γίνεται και σε τμήματα μόνο των υδατορευμάτων. Επιπλέον, ο καθορισμός της οριογραμμής γίνεται από τις αρμόδιες υπηρεσίες που μπορεί να είναι το ΥΠΕΧΩΔΕ ή η Περιφέρεια και η επικύρωσή του γίνεται με απόφαση του Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας ή του Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ. Ο έλεγχος τήρησης των κείμενων διατάξεων για τα ρέματα στα διοικητικά όρια του κάθε νομού ασκείται από τις αρμόδιες τεχνικές υπηρεσίες της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

3.1 Παρατήρηση στην περιοχής έρευνας – Προετοιμασία για τη συλλογή δεδομένων

Από προηγούμενες διπλωματικές εργασίες που είχαν διεξαχθεί στην ίδια περιοχή που είχαν γίνει προηγούμενα έτη, είχαν καθοριστεί οι θέσεις δειγματοληψίας στο υδατόρευμα της Ανατολικής Αττικής. Οι θέσεις αυτές ήταν δοσμένες σε γεωγραφικό πλάτος και μήκος – φ και λ αντίστοιχα – και έτσι σε πρώτη φάση έγινε αναγνώριση της περιοχής μελέτης. Αρχικά οι συντεταγμένες των θέσεων τοποθετήθηκαν σε ένα πρόγραμμα πλοήγησης κινητού τηλεφώνου για να εντοπιστούν με ευκολία τα σημεία δειγματοληψίας. Στη συνέχεια έγινε αναγνώριση της κάθε περιοχής στις υποψήφιες θέσεις και ελέγχθηκε αρχικά η δυνατότητα πρόσβασης στο κάθε σημείο και στη συνέχεια η ύπαρξη κατάλληλης στάθμης νερού ώστε να γίνει η απαραίτητη λήψη δείγματος νερού. Τα σημεία με τις θέσεις που μας δόθηκαν από τις προηγούμενες διπλωματικές απεικονίζονται στον Πίνακα 3.1:

Πίνακας 3.1: Συντεταγμένες θέσεων δειγματοληψίας.

Κωδικός Θέσης	Γεωγραφικό Πλάτος φ	Γεωγραφικό Μήκος λ
RS1	38,020361	23,927472
RS2	38,025528	23,911139
RS3	38,018028	24,012500
RS4	38,017889	24,003889
RS5	38,018139	23,988056
RS6	38,029472	23,976972
RS7	38,024472	23,974194
RS8	37,991333	23,936417
RS9	37,986750	23,940111
RS10	38,006417	23,956944
RS11	38,045111	23,910806
RS12	38,046167	23,908472
RS13	38,016000	23,881000
RS14	37,989861	23,900611
RS15	37,989083	23,907750
RS16	37,994194	23,930111
RS17	37,991250	23,920000
RS18	37,996361	23,857000
RS19	37,996389	23,856833
RS20	37,996000	23,859917

Αφού καθορίστηκε ποια σημεία θα χρησιμοποιηθούν για δειγματοληψία, συγκεντρώσαμε τα απαραίτητα υλικά και εργαλεία, τα οποία ήταν και τα απαραίτητα για να πραγματοποιήσουμε τη δειγματοληψία αλλά και τις απαραίτητες μετρήσεις στο κάθε σημείο (μετρήσεις ύψους στάθμης νερού, πλάτους κάλυψης νερού κοίτης, παροχής νερού). Ο συγκεκριμένος εξοπλισμός αποτελείται από τα εξής:

- Μετροταινία 5 μ.
- Μεταλλική μετροταινία 30 μ.
- Μαρκαδόροι
- Έντυπα μετρήσεων
- Πλαστικά δοχεία δειγματοληψίας 1L και 0,75L
- Κινητό τηλέφωνο (ένδειξη συν/νων με χρήση GPS, ένδειξη θερμοκρασίας περιβάλλοντος)
- Ψηφιακός μυλίσκος Valeport
- Πολύμετρο YSI Professional Plus
- Ψηφιακή φωτογραφική μηχανή

3.2 Συλλογή δεδομένων και μετρήσεις στην ύπαιθρο

Για τη συλλογή δεδομένων καθορίστηκαν τα σημεία στα οποία αρχικά ήταν δυνατή η πρόσβαση στο ρέμα, και απαραίτητη δυνατή στάθμη νερού για τη λήψη δειγμάτων νερού. Ακόμα για τον προσδιορισμό των θέσεων δειγματοληψίας χρησιμοποιήθηκαν τα εξής κριτήρια:

1. Τα δείγματα να είναι αντιπροσωπευτικά της πραγματικής σύστασης του νερού.
2. Τα δείγματα θα πρέπει να καλύπτουν όλη την περιοχή έρευνας όσο το δυνατόν περισσότερο, έτσι ώστε να είναι αντιπροσωπευτικά της πραγματικής κατάστασης του υδατορεύματος.
3. Να τηρούνται τα απαραίτητα μέτρα αποθήκευσης των δειγμάτων στα δοχεία αλλά και σωστής αποθήκευσης των δοχείων στις κατάλληλες θερμοκρασίες, ώστε να παραμείνουν αναλλοίωτα τουλάχιστον μέχρι το πέρας των χημικών αναλύσεων στο εργαστήριο.

Τα σημεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν - με συντεταγμένες φ και λ καθώς και X και Y στο ΕΓΣΑ 87' - για τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2:

Πίνακας 3.2: Συντεταγμένες τελικών θέσεων δειγματοληψίας.

Κωδικός Θέσης	Ημερομηνία	Γεωγραφικό Πλάτος φ	Γεωγραφικό Μήκος λ	X	Y
S01	20/4/2016	38,020104	23,927773	493511,56	4207760,53
S02	20/4/2016	38,037093	23,905813	491585,95	4209647,24
S03	20/4/2016	38,045496	23,910185	491970,51	4210579,20
S04	20/4/2016	38,017835	24,003546	500162,45	4207506,33
S05	22/4/2016	37,989443	23,90809	491780,50	4204360,13
S06	22/4/2016	37,993574	23,933945	494051,21	4204816,55
S07	22/4/2016	37,991333	23,936417	494268,09	4204567,76
S08	22/4/2016	37,986933	23,940134	494594,16	4204079,35
S09	22/4/2016	38,006048	23,963888	496680,90	4206199,13
S10	25/4/2016	38,007786	23,973843	497554,51	4206391,68
S11	25/4/2016	38,012806	23,976972	497829,74	4206948,59
S12	25/4/2016	38,018437	24,012908	500984,21	4207573,19
S13	25/4/2016	38,011434	23,975013	497657,73	4206796,40

Στη συγκεκριμένη διπλωματική οι θέσεις που τελικά έγινε δειγματοληψία είναι λιγότερες από την προηγούμενη. Συγκεκριμένα σε κάποια από τα σημεία ήταν δύσκολη η πρόσβαση λόγω περιφραξής του ρέματος ή αλλαγής του περιβάλλοντος (παρουσία υψηλής βλάστησης) και σε κάποια άλλα σημεία δεν υπήρχε καθόλου νερό.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.2, η δειγματοληψία έγινε σε τρεις μέρες. Σε κάθε σημείο η λήψη των δειγμάτων νερού γινόταν με τη βοήθεια δοχείων 1L ή 0,75L αφού πρώτα αυτά ξεπλένονται με το νερό του υδατορεύματος, έτσι ώστε να είναι αντιπροσωπευτικό το δείγμα. Ακόμα η λήψη γινόταν με προσοχή ώστε στα σημεία με χαμηλή στάθμη να μην εισχωρήσει υλικό από τον πυθμένα το οποία θα επηρέαζε άμεσα τις αναλύσεις.

Στα σημεία έγιναν και οι απαραίτητες μετρήσεις υπαίθρου, όπως μέτρηση στάθμης νερού. Στα περισσότερα σημεία η στάθμη νερού ήταν χαμηλή και αυτό εξηγείται λόγω της περιόδου δειγματοληψίας (Απρίλιος). Η χαμηλότερη στάθμη νερού μετρήθηκε στο σημείο S012 με βάθος νερού ίσο με 7,5 cm, ενώ η μεγαλύτερη στάθμη νερού ήταν στο σημείο S010 με βάθος νερού ίσο με 71 cm.

Ακόμα στα διάφορα σημεία μετρήθηκε το πλάτος της κοίτης το οποίο διέφερε αρκετά από σημείο σε σημείο. Το μικρότερο πλάτος κοίτης μετρήθηκε στο σημείο S03 (1,95 m) και το μεγαλύτερο στο σημείο S012 (25,5 m) το οποίο βρίσκεται και στην εκβολή του υδατορεύματος.

Τέλος για το συγκεκριμένο βήμα τοποθετήθηκαν οι συντεταγμένες των σημείων δειγματοληψίας στο Google Earth ώστε να γίνει απεικόνιση των σημείων πάνω στην περιοχή μελέτης και να υπάρχει μια γενική εικόνα της κατανομής τους σε αυτή.



Εικόνα 3.1: Χάρτης Google Earth των σημείων δειγματοληψίας στην περιοχή έρευνας.

3.3 Μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων με τη βοήθεια πολύμετρου

Σε αυτό το στάδιο της μελέτης πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού του υδατορεύματος με τη βοήθεια πολύμετρου. Συγκεκριμένα προσδιορίστηκαν οι εξής παράμετροι:

- Θερμοκρασία
- Ειδική Αγωγιμότητα (S.P.C.)
- Αγωγιμότητα (Cond)
- Συνολικά Διαλυμένα Στερεά (TDS)
- Αλατότητα (SAL)
- pH

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αποτυπώνονται συγκεντρωμένα για κάθε σημείο στον Πίνακα 3.3:

Πίνακας 3.3: Φυσικοχημικές παράμετροι για κάθε θέση δειγματοληψίας.

Κωδικός Θέσης	SPC($\mu\text{S}/\text{cm}$)	C($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS(mg/L)	SAL(ppt)	pH	T(C)
S01	785	682	514	0.39	7.83	18.1
S02	694	663	449	0.34	8.36	22.6
S03	648	626	323	0.31	8.35	23.3
S04	1213	1016	786	0.61	8.08	20.8
S05	993	830	644	0.49	8.37	16.4
S06	1208	977	787	0.61	8.26	14.9
S07	1191	994	773	0.6	8.21	16.8
S08	1153	949	748	0.58	8.16	15.7
S09	554	460	360	0.27	8.07	16.1
S10	1251	1030	813	0.63	7.99	15.7
S11	1210	983	787	0.61	7.96	15.2
S12	11456	9649	7449	6.56	7.68	16.7
S13	616	518	403	0.3	7.96	16.6

3.4 Μετρήσεις για τον προσδιορισμό ταχύτητας και παροχής

Η μέτρηση της παροχής είναι απαραίτητη εκτός των άλλων για τον προσδιορισμό των ποιοτικών παραμέτρων του νερού. Ο υπολογισμός της παροχής γίνεται από τον τύπο $Q = \bar{V} \times A$, όπου \bar{V} είναι η μέση ταχύτητα ροής του υδατορεύματος και A είναι το εμβαδόν της βρεχόμενης επιφάνειας σε κάθε θέση μέτρησης.

Επομένως, για τον προσδιορισμό της παροχής είναι απαραίτητη η γνώση της γεωμετρίας της υγρής διατομής σε κάθε θέση, αλλά και η μέση ταχύτητα ροής σε κάθε σημείο δειγματοληψίας.

Ο προσδιορισμός του εμβαδού της κάθε βρεχόμενης επιφάνειας στα σημεία μελέτης, έγινε μέσω των μετρήσεων του πλάτους της διατομής και του βάθους νερού σε διάφορα σημεία της κοίτης και στη συνέχεια σχεδιάστηκε σε σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD και τέλος υπολογίστηκε το εμβαδόν.

Για τον υπολογισμό των ταχυτήτων ροής χρησιμοποιήθηκε ένας ψηφιακός μυλίσκος Valeport. Ο αισθητήρας του μυλίσκου τοποθετήθηκε σε κατάλληλο βάθος σε κάθε θέση, περίπου στο 60% του βάθους από την επιφάνεια του υδατορεύματος, καθώς όπως προκύπτει από συστηματικές παρατηρήσεις στο βάθος αυτό προσδιορίζεται απευθείας η μέση ταχύτητα ροής. Στη συγκεκριμένη μελέτη έγιναν στα περισσότερα σημεία παραπάνω από μία μετρήσεις σε χρονική διάρκεια ενός λεπτού. Στη συνέχεια για τον προσδιορισμό της τελικής ταχύτητας ροής κάθε θέσης που χρησιμοποιήθηκε στην εξίσωση για τον υπολογισμό της παροχής, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των ταχυτήτων που είχαν μετρηθεί για κάθε σημείο.

3.5 Αποθήκευση και συντήρηση δειγμάτων νερού

Μετά το πέρας των δειγματοληψιών τα δείγματα που συγκεντρώσαμε στα δοχεία τους, τα πήγαμε στο εργαστήριο Εγγειοβελτιωτικών Έργων και

Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ. Για να διατηρηθούν τα δείγματα αναλλοίωτα ώστε να πραγματοποιηθούν οι αναλύσεις τους έγκυρα, τα αποθηκεύσαμε σε ειδικό ψυγείο του εργαστηρίου σε συνθήκες ψύξης.

3.5.1 Διήθηση και διαχωρισμός σε υποδείγματα

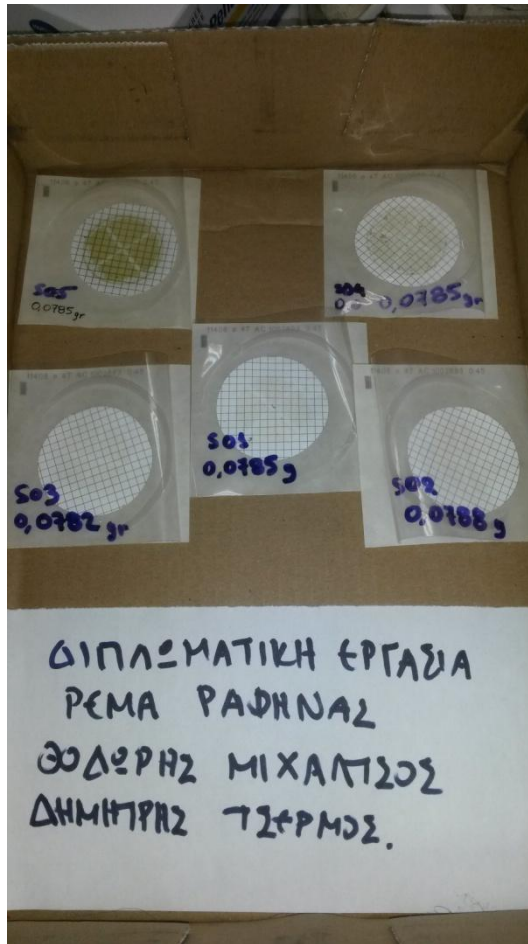
Για να προχωρήσουμε στις αναλύσεις των δειγμάτων αυτά θα πρέπει να περάσουν το στάδιο της διήθησης. Σε αυτό το στάδιο γίνεται απομόνωση των στερεών υπολειμμάτων που περιέχονται στα δείγματα με τη χρήση φίλτρου. Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν ηθμοί με διάμετρο πόρων 0,45 μm και 47 mm διάμετρο επιφάνειας. Με τη παραπάνω διαδικασία όλα τα δείγματα πέρασαν από τα συγκεκριμένα φίλτρα (ηθμοί) τα οποία συγκράτησαν τα στερεά υπολείμματα του κάθε δείγματος. Στη συνέχεια μετρήσαμε τη διαφορά βάρους των ηθμών πριν και μετά τη διήθηση και το αποτέλεσμα που μας δόθηκε ήταν το βάρος των στερεών υπολειμμάτων των δειγμάτων. Το βάρος των στερεών υπολειμμάτων σε συνδυασμό με τον όγκο του κάθε δείγματος (στην προκειμένη περίπτωση είναι 1L) επιτρέπει τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των στερεών υπολειμμάτων στο κάθε δείγμα. Τα τελικά αποτελέσματα από τη διαδικασία της διήθησης δίνονται στον Πίνακα 3.4:

Πίνακας 3.4: Στερεά υπολείμματα κάθε δείγματος έρευνας.

Κωδικός Θέσης	Βάρος ηθμού Πριν (gr)	Βάρος ηθμού Μετά (gr)	Όγκος Δειγμάτων (mL)	Συγκέντρωση Αιωρούμενων Στερεών (mg/L)
S01	0,0785	0,079	1120	0,446428571
S02	0,0788	0,0791	1120	0,267857143
S03	0,0782	0,0785	1120	0,267857143
S04	0,0785	0,0816	1120	2,767857143
S05	0,0785	0,0797	1120	1,071428571
S06	0,0777	0,0784	1120	0,625000000
S07	0,0777	0,0783	1120	0,535714286
S08	0,0779	0,0785	1120	0,535714286
S09	0,0777	0,0787	1120	0,892857143
S10	0,078	0,0816	1120	3,214285714
S11	0,0779	0,079	1120	0,982142857
S12	0,0775	0,0898	1120	10,982142857
S13	0,0782	0,0785	1120	0,267857143



Εικόνα 3.2: Αντλία κενού για τη διήθηση των δειγμάτων νερού και τον προσδιορισμό των αιωρούμενων στερεών – Διαδικασία διήθησης.



Εικόνα 3.3: Ηθμοί μετά το τέλος της διαδικασίας της διήθησης.

3.6 Προετοιμασία δειγμάτων νερού για εργαστηριακές αναλύσεις

Μετά το τέλος της διαδικασίας της διήθησης τα δείγματα πλέον είναι έτοιμα για τις εργαστηριακές αναλύσεις, καθώς πλέον είναι καθαρά από στερεά υπολείμματα. Για να πραγματοποιηθούν οι εργαστηριακές αναλύσεις θα πρέπει να γίνει μία ακόμα διαδικασία προετοιμασίας τους. Για την ιοντική χρωματογραφία τα δείγματα τοποθετούνται σε ειδικά φιαλίδια των 50 ml και στη συνέχεια σε κάθε φιαλίδιο αναγράφεται ο κωδικός θέσης του κάθε δείγματος με ειδικό μαρκαδόρο. Τέλος, τοποθετούνται στο ειδικό ψυγείο πάλι σε συνθήκες ψύξης μέχρι να μπουν στην ειδική συσκευή ιοντικής χρωματογραφίας της DIONEX ICS – 3000 για τον προσδιορισμό των κύριων ιόντων.

Τα εναπομείναντα δείγματα που βρίσκονται στα δοχεία ενός λίτρου θα αποθηκευτούν στο ψυγείο, μέχρι να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των όξινων ανθρακικών με τη διαδικασία της τιτλοδότησης.

3.7 Εργαστηριακές αναλύσεις

3.7.1 Ιοντική χρωματογραφία

Η χρωματογραφία γενικά είναι μέθοδος διαχωρισμού χημικών ουσιών, η οποία στηρίζεται στην διαφορετική κατανομή των συστατικών ενός μίγματος μεταξύ μιας κινούμενης και μιας στατικής φάσης. Ανάλογα με την αρχή της φάσης, η χρωματογραφία χαρακτηρίζεται ως αέριος ή υγρή. Τέλος ανάλογα με την τεχνική συγκράτησης της στατικής φάσης, έχουμε χρωματογραφία στήλης, λεπτής στιβάδας και χαρτοχρωματογραφία.

Στην παρούσα διπλωματική ακολουθήθηκε η διαδικασία της ιοντικής χρωματογραφίας. Με τον όρο ιοντική χρωματογραφία εννοούμε την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση μίγματος ανόργανων και οργανικών ιόντων, που προήλθε από τον επιτυχή συνδυασμό της ιονανταλλαγής με την υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης και την αγωγιμομετρία.

Πιο αναλυτικά στη συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιείται εναλλάκτης ιόντων χαμηλής ικανότητας ως στατική φάση και συνήθως υδατικά διαλύματα αλάτων ασθενών μονοβασικών και διβασικών οξέων ως κινητές φάσεις και αποτελούν το διάλυμα έκλουσης. Το διάλυμα έκλουσης που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνά μας έχει σύσταση 4.5 mM Na_2CO_3 και 0.8 mM NaHCO_3 . Στην διαδικασία της ιοντικής χρωματογραφίας χρησιμοποιείται ένας ανιχνευτής με μία διάταξη καταστολής αγωγιμότητας, όπου επιτυγχάνουν μείωση της αγωγιμότητας του διαλύματος έκλουσης και καταφέρνουν να μετατρέψουν τα ανιόντα που διαχωρίζονται στα αντίστοιχά τους οξέα. Ο παραπάνω συνδυασμός που περιγράφηκε παραπάνω υπάρχει

στο όργανο ιοντικής χρωματογραφίας DIONEX ICS – 3000 (Εικόνες 3.4, 3.5), που χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη διαδικασία.

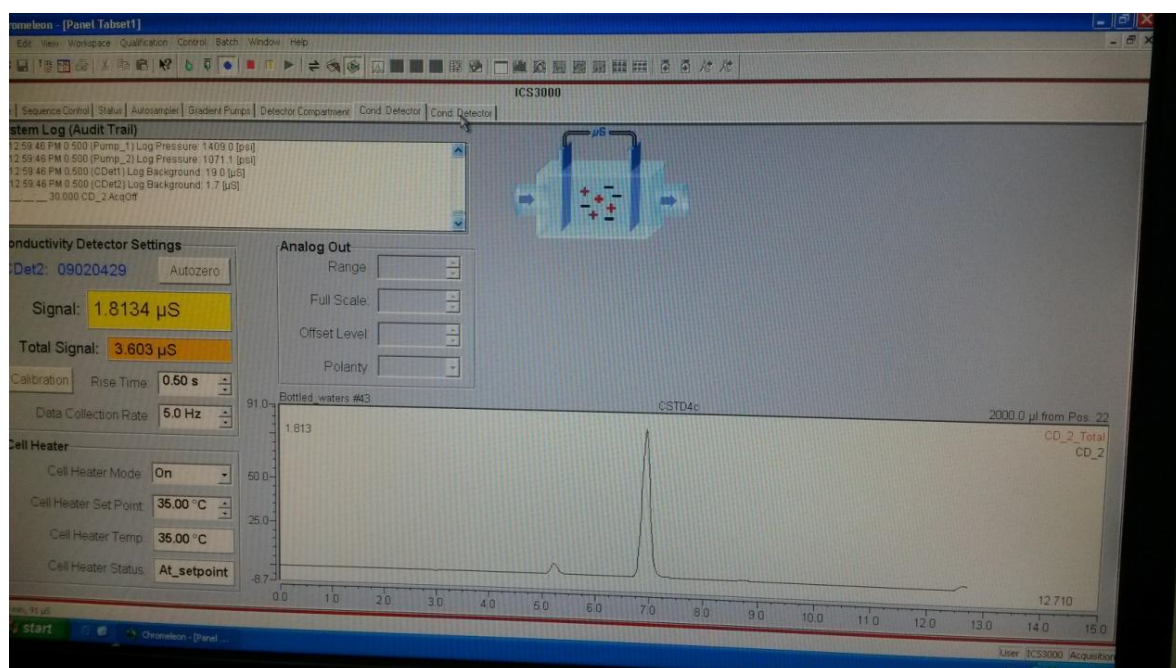


Εικόνα 3.4: Όργανο ιοντικής χρωματογραφίας DIONEX ICS – 3000.



Εικόνα 3.5: Όργανο ιοντικής χρωματογραφίας DIONEX ICS – 3000.

Στη συνέχεια για να γίνει αναγνώριση και προσδιορισμός των ιόντων δημιουργείται μια καμπύλη βαθμονόμησης μέσω σύγκρισης των χρόνων κατακράτησης με τους χρόνους που γνωρίζουμε για τα μεικτά πρότυπα διαλύματα (ποιοτικός προσδιορισμός). Στην διαδικασία της ανάλυσης των δειγμάτων της συγκεκριμένης έρευνας, η απόκλιση των χρόνων κατακράτησης που παρατηρούνται για το κάθε ένα από τα ιόντα δεν θα έπρεπε να ξεπερνά το 10%. Οι χρόνοι αυτοί που εξετάζονται μπορεί να εξαρτώνται από τη συγκέντρωση και τη σύσταση του δείγματος. Πιο συγκεκριμένα το εμβαδόν της κορυφής που λαμβάνεται από τα χρωματογραφήματα είναι ανάλογο της συγκέντρωσης του ανιόντος (ποσοτικός προσδιορισμός).



Εικόνα 3.6: Χρωματογράφημα δείγματος.

3.7.2 Φασματομετρική ανάλυση

Η φασματομετρική ανάλυση είναι διαδικασία φασματομετρίας της μάζας, η οποία πραγματοποιείται με ιονισμό ενός επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος και ανιχνεύει μέταλλα και μη μέταλλα σε πάρα πολύ μικρές συγκεντρώσεις.

Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιεί ένα φασματομέτρο μάζας το οποίο διαχωρίζει αυτά τα ιόντα και προσδιορίζει την ποσότητά τους.

Στην παρούσα έρευνα, ο προσδιορισμός των ιχνοστοιχείων έγινε με τη φασματομετρία ατομικών μαζών σε επαγωγικά συζευγμένο πλάσμα.

Για την υλοποίηση της παραπάνω διαδικασίας αρχικά έγινε εισαγωγή υγρού δείγματος στο συζευγμένο πλάσμα για τον ιοντισμό και παράλληλα χρησιμοποιήθηκε ρεύμα αερίου αργού για τη μεταφορά. Στη συνέχεια, έγινε ο διαχωρισμός των παραγόμενων ιόντων με βάση το λόγο μάζα/φορτίο. Τέλος, υπολογίστηκε η ένταση ιόντος για κάθε λόγο μάζας/φορτίου με βοήθεια ηλεκτρονικού πολλαπλασιαστή-ανιχνευτή.

3.7.3 Τιτλοδότηση

Ο συσχετισμός μεταξύ του διαλύματος αγνώστου συγκεντρώσεως και ενός πρότυπου διαλύματος γίνεται με χημικές αντιδράσεις, την πληρότητα των οποίων μπορούμε να ελέγχουμε με την τεχνική της τιτλοδότησης. Σε κάθε τιτλοδότηση, πρέπει να μπορούμε να διαπιστώνουμε άμεσα το τέλος της αντίδρασης. Το τέλος της αντίδρασης σε πειράματα τιτλοδότησης μπορούμε να το αντιληφθούμε είτε με αλλαγή του pH, είτε χρησιμοποιώντας δείκτες, οπότε με την αλλαγή του χρώματος του δείκτη καταλαβαίνουμε έμμεσα την αλλαγή του pH και κατά συνέπεια το τέλος της αντίδρασης.

Τιτλοδότηση είναι μια πειραματική διαδικασία με την οποία εξουδετερώνεται ένα οξύ από μία βάση ή αντίστροφα. Έτσι, εάν η ποσότητα και η κανονικότητα ενός διαλύματος οξέος ή βάσεως είναι γνωστή μπορούμε να υπολογίσουμε την κανονικότητα δεδομένου όγκου της βάσεως ή του οξέος για το άγνωστο διάλυμα, αντίστοιχα.

Υπάρχουν τρία είδη τιτλοδότησης, η τιτλοδότηση οξέος – βάσεως, οι οξειδοαναγωγικές τιτλοδοτήσεις και οι τιτλοδοτήσεις συμπλοκοποίησης. Για

παράδειγμα για να μπορούμε να προσδιορίσουμε την αλκαλικότητα του δείγματος, δηλαδή της ικανότητάς του να εξουδετερώνει οξέα υλοποιήθηκε η μέθοδος τιτλοδότησης HACH – Method 8203, που εφαρμόζεται για εύρος συγκεντρώσεων 10-4000 mg.L ως CaCO_3 .

Σε ένα κωνικό δοχείο προσθέτουμε το δείγμα μετρημένο με ογκομετρικό κύλινδρο, και τοποθετούμε 100 ml δείγματος. Στη συνέχεια προσθέτουμε τον δείκτη bromocresol και παρατηρούμε το χρώμα του μίγματος αυτού να γίνεται πετρόλ. Αφού γίνει σταθεροποίηση αυτού του χρώματος, προχωράμε στην τιτλοδότηση με θειικό οξύ για την αποχρωμάτιση του διαλύματος και σημειώνουμε τον απαιτούμενο όγκο θειικού οξέος που χρειάστηκε για να μετατραπεί το χρώμα σε ένα ανοιχτό μωβ-ροζ. Όταν τελικά το δείγμα πάρει το επιθυμητό χρώμα γνωρίζουμε ότι το pH του είναι γύρω στο 4,7. Τέλος σημειώνουμε τον συνολικό όγκο του θειικού οξέος που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της τιτλοδότησης, με τον οποίο προσδιορίζεται και η αλκαλικότητα.



Εικόνα 3.7: Απεικόνιση αλλαγής χρώματος δείγματος.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιοχή έρευνας τοποθετείται γεωγραφικά από 37° 55' έως 38° 06' γεωγραφικό πλάτος και από 23° 48' έως 24° 02' γεωγραφικό μήκος. Βρίσκεται στην νοτιανατολική περιοχή της Αττικής και σε αυτή την περιοχή υπάγονται οι δήμοι : Ραφήνας – Πικερμίου, Παλλήνης και Πεντέλης. Πιο συγκεκριμένα η λεκάνη απορροής της περιοχής έρευνας βρίσκεται νοτιοανατολικά της Πεντέλης, βόρεια του δήμου Σπάτων – Αρτέμιδος και ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος και συγκεκριμένα από τον κόλπο Πεταλιών. Η συνολική έκταση της λεκάνης απορροής είναι περίπου 89 km² και η οποία καταλήγει στην θάλασσα και πιο συγκεκριμένα στην πλαζ της Ραφήνας.

4.2 Μέγεθος λεκάνης απορροής

Για τον υπολογισμό του μεγέθους της λεκάνης απορροής έγινε ψηφιοποίηση των ρεμάτων της περιοχής έρευνας και στη συνέχεια έγινε η ψηφιοποίηση του υδροκρίτη με βάση τα ρέματα. Για την ψηφιοποίηση αυτή χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Qgis και στη συνέχεια με τη βοήθεια του προγράμματος AutoCAD έγινε ο υπολογισμός του εμβαδού της υδρολογικής λεκάνης. Το μέγεθος της λεκάνης απορροής υπολογίστηκε περίπου στα 89 km². Ο υπολογισμός αυτός είναι προσεγγιστικός καθώς και η ψηφιοποίηση του υδροκρίτη έγινε εμπειρικά με τη βοήθεια των ρεμάτων που απαρτίζουν τη λεκάνη.

4.3 Χρήσεις Γης

Το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης καλύπτεται από καλλιέργειες (αγροτική χρήση) και δάση, ωστόσο στο ανατολικό τμήμα της περιοχής διακρίνεται έντονη ανάπτυξη του αστικού χώρου. Στο αστικό τμήμα της

περιοχής μελέτης παρατηρούμε την ύπαρξη μικτών χρήσεων γης. Εκτός από τις κατοικίες διακρίνονται οικονομικές δραστηριότητες του πρωτογενούς, του δευτερογενούς και τριτογενούς τομέα. Πιο συγκεκριμένα στο αστικό τμήμα υπάρχουν στοιχεία της άτυπης οικονομίας όπως περίπτερα, μικρά μαγαζιά, υπεργολαβίες τα οποία έρχονται να συμπληρώσουν την σύσταση του αστικοποιημένου τοπίου, στην επέκταση του οποίου χωροθετείται η γεωργική και κτηνοτροφική δραστηριότητα. Ακόμα παρατηρείται η ύπαρξη βιομηχανικής – εμπορικής ζώνης στην περιοχή του Πικερμίου, όπου υπάρχει το εργοστάσιο “Elbisco” και το εμπορικό κέντρο “MacArthurGlen Athens”.

4.4 Λιθοστρωματογραφία

Στην περιοχή της Βορειοανατολικής Αττικής από τα βαθύτερα προς τα ανώτερα μέλη διακρίνονται οι παρακάτω λιθοστρωματογραφικοί ορίζοντες:

- Μάρμαρα Πεντέλης
- Σχιστόλιθοι Διονύσου
- Μάρμαρα Γραμματικού
- Σχιστόλιθοι Μαραθώνα
- Σχιστόλιθοι Ραμνούνας
- Μάρμαρα Αγίας Μαρίνας

Στη νότια πλευρά της Πεντέλης επικρατούν τα κροκαλοπαγή, που έχουν αρκετά μεγάλο πάχος και μεταβαίνουν πλευρικά και προς τα πάνω στα καστανόχρωμα υλικά, μέσα στα οποία βρέθηκε η πικερμική πανίδα. Τα καστανόχρωμα αυτά υλικά μεταβαίνουν προς τα πάνω σε υπόλευκες – υποκίτρινες μάργες, που εναλλάσσονται με πλακώδεις μαργαϊκούς ασβεστόλιθους. Μέσα σε αυτά τα ιζήματα αποτέθηκαν κοιτάσματα λιγνιτών (Ραφήνα), που στο παρελθόν έχουν υποστεί εκμετάλλευση (Μέττος 1992).

Τα ιζήματα των μαργών, μαργαϊκών ασβεστόλιθων και τραβερτινών έχουν αποτεθεί κυρίως στο κέντρο της λεκάνης των Μεσογείων. Τα υλικά αυτά αποτίθονταν σε μικρές λεκάνες, όπως διαπιστώνεται από τη μορφολογία της περιοχής. Η λιγνιτοφόρος περιοχή της Ραφήνας ανήκε στην κατηγορία αυτή των λεκανών, ενώ στην ευρεία περιοχή αναπτύχθηκαν μεγαλύτερες λεκάνες με ευνοϊκότερες συνθήκες ανάπτυξης λιγνιτικών κοιτασμάτων. Σε ολόκληρη την περιοχή των Μεσογείων, εκτός από τη Ραφήνα, καταγράφονται μόνο λιγνιτικά στρώματα πάχους μερικών εκατοστών (Μέττος 1992).

4.5 Δραστηριότητες πρωτογενή τομέα

Ο πρωτογενής τομέας είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες οικονομίας και της ανάπτυξης όσο και της κοινωνικής συνοχής σε εθνικό και πολύ περισσότερο περιφερειακό επίπεδο. Με βάση τα στοιχεία της Eurostat, ο πρωτογενής τομέας συμβάλλει στο Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ) κατά 2,9%, ενώ ταυτόχρονα καλύπτει το 14% της απασχόλησης. Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης τα αντίστοιχα ποσοστά είναι 1,2% και 5%. (Τσαντήλας 2017)

Στη συγκεκριμένη έρευνα η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην ανατολική Αττική, στην οποία σημαντικό κομμάτι της πρωτογενούς παραγωγής αποτελούν η αμπελουργία, η ελαιοκομία, η μελισσοκομία και η κτηνοτροφία, τομείς οι οποίοι αναπτύσσονται παρακάτω.

4.5.1 Αμπελουργικός τομέας

Σύμφωνα με τα τελευταία δεδομένα η ανατολική Αττική καλύπτεται από οινοποιήσιμες ποικιλίες αμπέλου με έκταση που φτάνει τα 49.000 στρέμματα. Από όλες τις ποικιλίες επικρατέστερη είναι το Σαββατιανό που παραδοσιακά καλλιεργείται στην περιοχή της ανατολικής Αττικής, ενώ σε μικρότερες εκτάσεις καλλιεργούνται οι ποικιλίες Cabernet, Sauvignon, Αγιωργίτικο, Ροδίτης, Ασύρτικο κ.α.

4.5.2 Ελαιοκομικός τομέας

Το κυριότερο σε αυτόν το τομέα είναι η τήρηση και επικαιροποίηση του ελαιοκομικού μητρώου, καθώς έτσι γίνεται κατοχύρωση της ιδιότητας του ελαιοπαραγωγού. Στην περιοχή της ανατολικής Αττικής σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία η συνολική έκταση των ελαιώνων αγγίζει τα 133.000 στρέμματα, με αριθμό δένδρων περί τα 1.370.000 . Τα παραπάνω στοιχεία προκύπτουν από το Ελαιοκομικό Μητρώο και εκτιμάται ότι τα πραγματικά στοιχεία παραγωγών και αγροτεμαχίων είναι κατά 15-20% παραπάνω από αυτά του μητρώου λόγω του ότι μεγάλος αριθμός παραγωγών είναι ερασιτέχνες και όχι κατά κύριο επάγγελμα αγρότες.

4.5.3 Λοιπές καλλιέργειες

Έκτος από τις δύο σημαντικές καλλιέργειες πρωτογενούς παραγωγής, στην ανατολική Αττική σημαντική θέση κατέχουν και οι καλλιέργειες που καταγράφονται στον Πίνακα 4.1 με σειρά φθίνουσας έκτασης:

Πίνακας 4.1: Εκτάσεις λοιπών καλλιεργειών στην περιοχή της ανατολικής Αττικής.

A/A	ΕΙΔΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	ΕΚΤΑΣΗ
1	Κηπευτικά Υπαίθρου	29.474 στρ.
2	Σίτος σκληρός	17.524 στρ.
3	Φιστικιές	6.444 στρ.
4	Κριθάρι	2.287 στρ.
5	Θερμοκήπια για κηπευτικά	1.623 στρ.
6	Θερμοκήπια για άνθη	918 στρ.
7	Συκιές Νωπών	515 στρ.
8	Λοιπές Δενδροκαλλιέργειες	500ρ.

4.5.4 Μελισσοκομία

Στην ανατολική Αττική είναι καταγεγραμμένοι 673 μελισσοκόμοι, με συνολικό αριθμό κυψελών 27.000. Η μέση παραγωγή μελιού για τη νομαδική μελισσοκομία ανέρχεται στα 20-25 κιλά ανά κυψέλη και για τη σταθερή μελισσοκομία στα 10 κιλά ανά κυψέλη. Η μέση συνολική ετήσια παραγωγή μελιού για την ανατολική Αττική είναι περίπου 502.630 κιλά μέλι.



Εικόνα 4.1: Μελίσσια στην περιοχή της Ραφήνας.



Εικόνα 4.2: Ποσοστό παραγωγής μελιού σε Ελλάδα και ανατολική Αττική.

(ΔΑΟΚ ΠΕ Αν. Αττικής, 2014)

4.5.5 Κτηνοτροφία

Το σύνολο του ζωικού κεφαλαίου για αιγοπρόβατα, χοίρους και βοοειδή στην ανατολική Αττική ανέρχεται στις 88.252 ζωικές μονάδες (ΖΜ) για το 2013 και κατανέμεται ως εξής:

- 586 ΖΜ αντιστοιχούν στα βοοειδή,
- 11.803 ΖΜ στους χοίρους,
- 70.868 ΖΜ στα πρόβατα,
- 16.798 ΖΜ στις αίγες.

Επιπλέον, στην ανατολική Αττική η δυναμικότητα των θαλάμων εκτροφής ορνίθων κρεοπαραγωγής και ωοπαραγωγής ανέρχεται στις 1.149.833 θέσεις και κατανέμεται ως εξής:

- 1.063.200 αντιστοιχούν σε κρεοπαραγωγές όρνιθες
- 86.633 σε ωοπαραγωγές όρνιθες.

Στους δήμους που βρίσκονται στην περιοχή μελέτης μας όπως ο δήμος Ραφήνας – Πικερμίου, Παλλήνης, Γλυκών Νερών, Αρτέμιδος – Σπάτων, κυρίαρχα είναι τα βοοειδή και οι αίγες με 11.596 και 2.650 ζωικές μονάδες, αντίστοιχα.

4.6 Δραστηριότητες δευτερογενή τομέα

Ο δευτερογενής τομέας περιλαμβάνει τις δραστηριότητες επεξεργασίας και μεταποίησης των προϊόντων του πρωτογενή τομέα. Ανάλογα με τα μέσα και τον τρόπο που χρησιμοποιείται για τη μεταποίηση των αγαθών, έχουμε τους κλάδους:

- Χειροτεχνία
- Βιοτεχνία (τα ανθρώπινα χέρια βοηθούνται από μηχανές)

- Βιομηχανία (τα αγαθά παράγονται κυρίως με σύγχρονα μηχανήματα, η παραγωγή είναι μαζική και εφαρμόζονται διαρκώς νέα συστήματα παραγωγής).

Στην περιφέρεια της ανατολικής Αττικής δραστηριοποιούνται επιχειρήσεις μεταποίησης αγροτικών προϊόντων φυτικής προέλευσης, όπως ελαιοτριβεία, οινοποιεία, βιοτεχνίες επεξεργασίας ξηρών καρπών και κονσερβοποιία οπωρολαχανικών (κομπόστες, τουρσιά κ.λπ.). Ακόμα υπάρχουν εργαστήρια παραγωγής παραδοσιακών προϊόντων, με μία μονάδα παραγωγής χειροποίητων ζυμαρικών και δύο μονάδες παραγωγής γλυκών κουταλιού – μαρμελάδων. Μία άλλη κατηγορία μεταποιητικών επιχειρήσεων είναι μονάδες παραγωγής αναψυκτικών, φρυγανιών, επεξεργασίας καφέ, επεξεργασίας πατάτας για παραγωγή τσιπς κ.α.

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

5.1 Προσδιορισμός παροχής υδατορεύματος

Σε κάθε θέση δειγματοληψίας έγιναν μετρήσεις για τον υπολογισμό της ταχύτητας ροής με τη βοήθεια ψηφιακού μιλίσκου και μετρήσεις για τον προσδιορισμό της γεωμετρίας της κοίτης. Στα περισσότερα από τα δεκατρία σημεία δειγματοληψίας της συγκεκριμένης μελέτης πραγματοποιήθηκαν παραπάνω από μία μέτρηση για τον υπολογισμό της ταχύτητας ροής. Σε δύο σημεία που ο μιλίσκος δεν μπορούσε να πάρει μέτρηση θεωρήθηκε ότι το υδατόρευμα σε αυτά τα σημεία έχει την ελάχιστη ταχύτητα ροής που θα μπορούσε να καταγράψει ο μιλίσκος. Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται οι ταχύτητες ροής στα διάφορα σημεία δειγματοληψίας:

Πίνακας 5.1: Τιμές ταχύτητας ροής για κάθε σημείο δειγματοληψίας.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΘΕΣΗΣ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)
S01	0,245
S02	0,148
S03	0,007
S04	0,230
S05	0,076
S06	0,192
S07	0,230
S08	0,279
S09	0,228
S010	0,007
S011	0,180
S012	0,197
S013	0,201

Στη συνέχεια για να υπολογιστεί η παροχή σε κάθε σημείο, έγινε ο σχεδιασμός της κοίτης στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD, σύμφωνα με τις μετρήσεις υπαίθρου που είχαν πραγματοποιηθεί σε κάθε σημείο. Αφού λοιπόν έγινε αυτό το βήμα, υπολογίστηκε το εμβαδόν της βρεχόμενης επιφάνειας με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος. Από την εξίσωση $Q = \bar{V} \times A$, υπολογίστηκαν τελικά οι παροχές σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας. Η μεγαλύτερη παροχή υπολογίστηκε στο σημείο S012 με τιμή 0,349 m³/s, ενώ η μικρότερη τιμή παροχής υπολογίστηκε στο σημείο S03, ίση με 0,002 m³/s. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι στο σημείο S011 η παροχή είναι αρκετά μεγαλύτερη από τις τιμές των σημείων S09, S010 και S013 διότι βρίσκονται σε κλάδους που καταλήγουν στο τμήμα του υδατορεύματος που βρίσκεται το σημείο S011 και επομένως η αύξηση της παροχής σε εκείνο το σημείο είναι φυσιολογική. Από το σημείο S011 προς το σημείο S04, τα οποία είναι διαδοχικά προς την εκβολή, παρατηρείται μείωση της παροχής κυρίως λόγω άρδευσης των καλλιεργήσιμων εκτάσεων που βρίσκονται ενδιάμεσα και πλησίον των σημείων αλλά και σε απώλειες ποσοτήτων νερού που καταλήγουν στον υπόγειο υδροφόρα. Στον Πίνακα 5.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των παροχών για κάθε σημείο δειγματοληψίας.

Πίνακας 5.2: Τιμές παροχών υδατορεύματος για κάθε σημείο δειγματοληψίας.

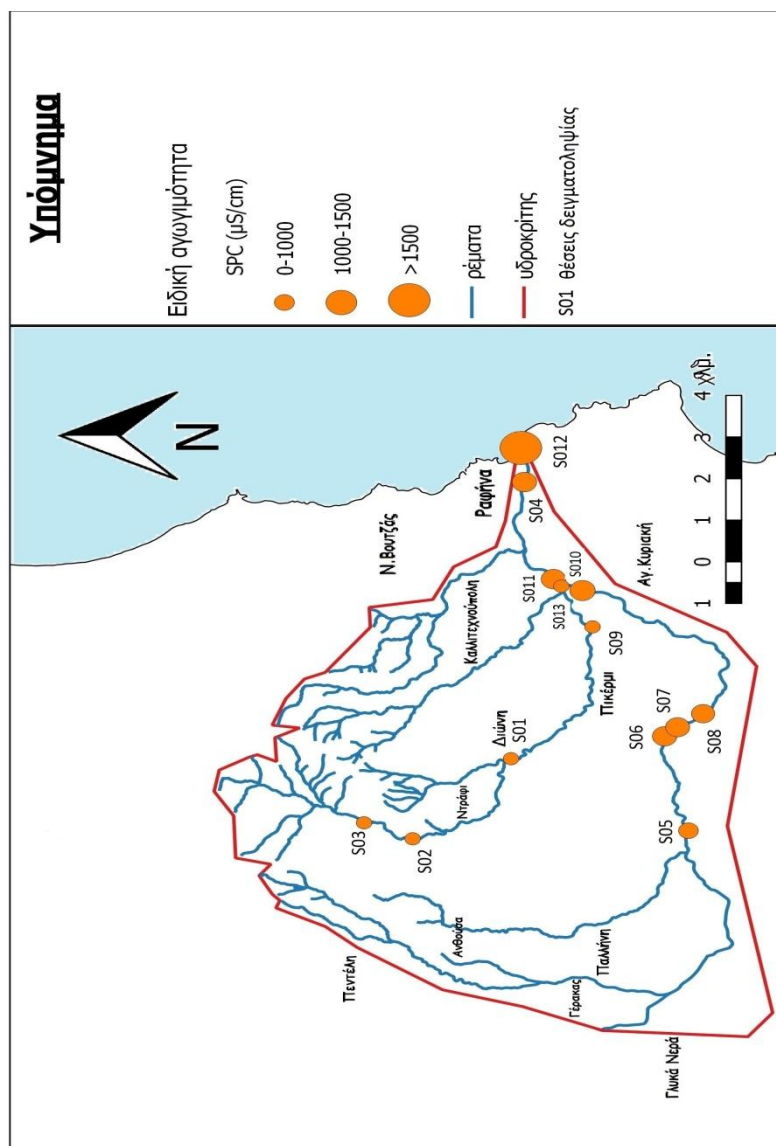
ΚΩΔΙΚΟΣ ΘΕΣΗΣ	ΠΑΡΟΧΗ (m³/s)
S01	0,031
S02	0,042
S03	0,002
S04	0,098
S05	0,126
S06	0,121
S07	0,131
S08	0,149
S09	0,079
S010	0,013
S011	0,140
S012	0,349
S013	0,028

5.2 Υπολογισμός περιγραφικών μέτρων στατιστικών των συγκεντρώσεων των φυσικοχημικών παραμέτρων και των κύριων ιόντων

5.2.1 Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (SPC)

Η μεγαλύτερη τιμή της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι στο σημείο S010 ίση με 1251 $\mu\text{S}/\text{cm}$, η μικρότερη τιμή είναι στο σημείο S09 και είναι ίση με 554 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και η μέση τιμή των συγκεντρώσεων της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των δειγμάτων υπολογίστηκε ίση με 959,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

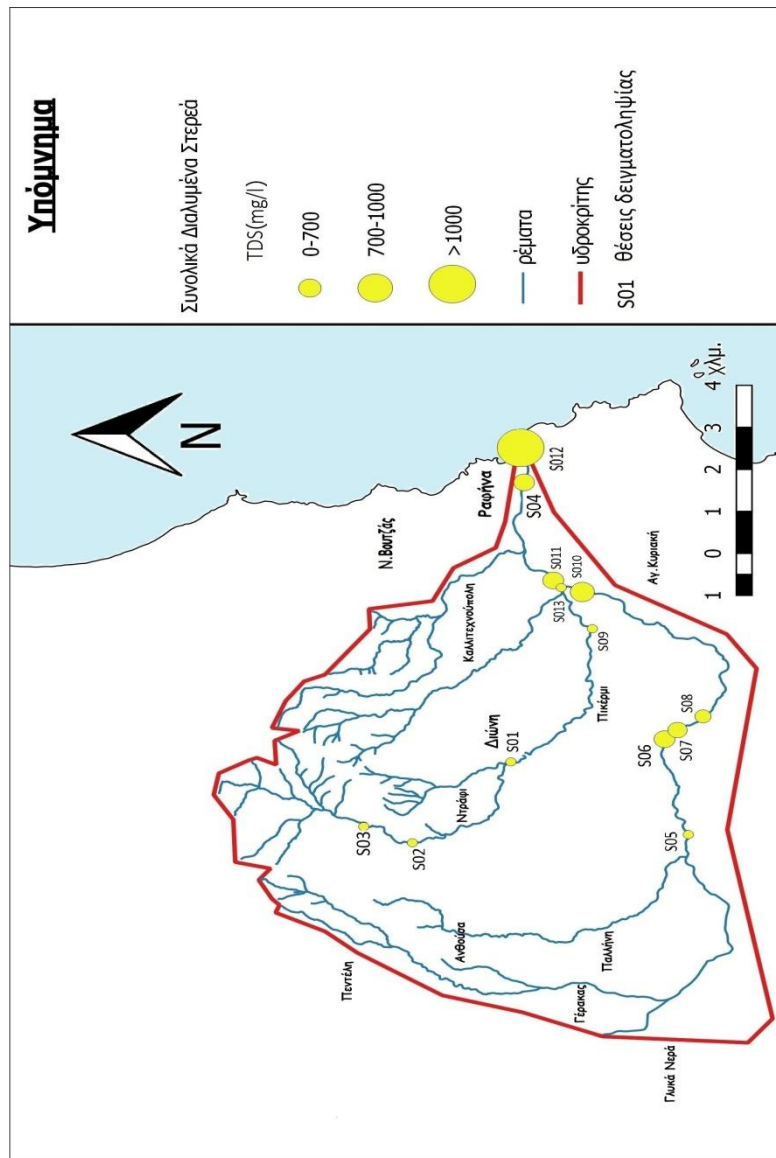
Τέλος τα αποτελέσματα των τιμών της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας για κάθε δείγμα έτσι όπως προέκυψαν από τις εργαστηριακές αναλύσεις παρουσιάζονται στην Εικόνα 5.1.



Εικόνα 5.1: Χάρτης τιμών της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.

5.2.2 Συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS)

Η μεγαλύτερη τιμή των συνολικών διαλυμένων στερεών βρέθηκε στο σημείο S010 με τιμή 813 mg/L ενώ η μικρότερη τιμή είναι στο σημείο S03 με τιμή 323 mg/L, η μέση τιμή είναι ίση με 615,58 mg/L. Ακόμα δημιουργήθηκε χάρτης (Εικόνα 5.2) που παρουσιάζει τις τιμές των συνολικών διαλυμένων στερεών για κάθε δείγμα στην περιοχή μελέτης της συγκεκριμένης έρευνας.

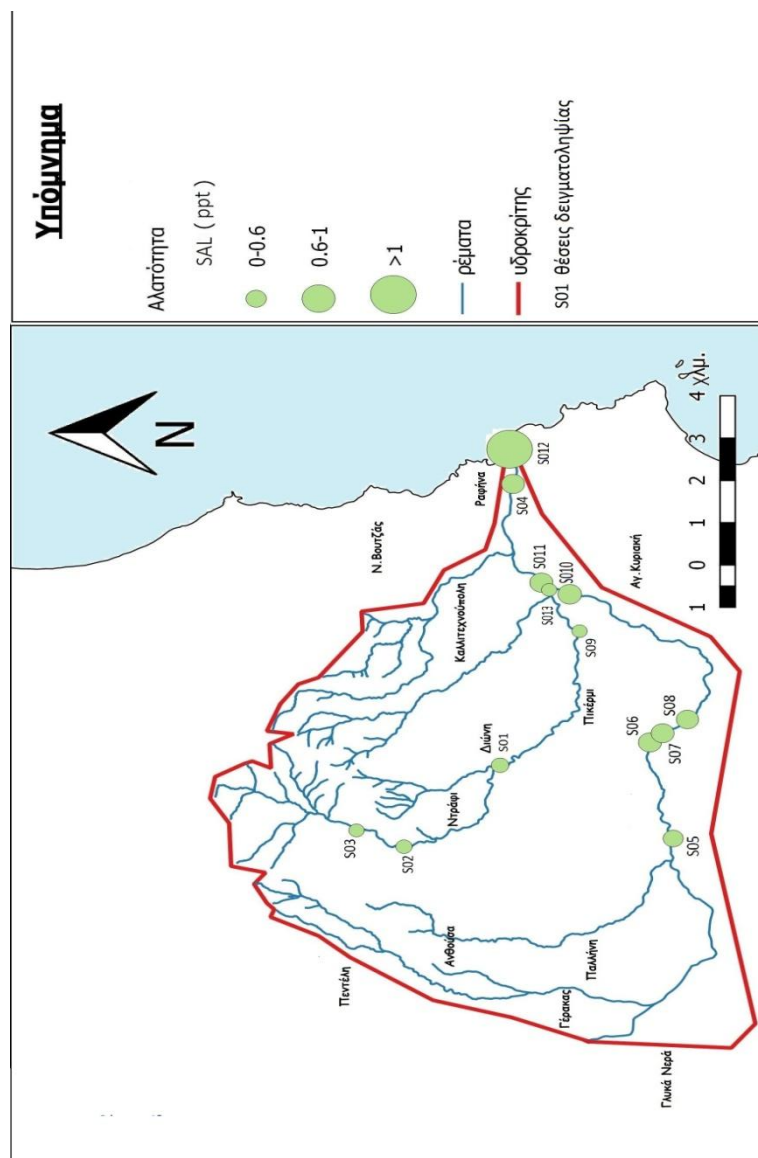


Εικόνα 5.2: Χάρτης απεικόνισης των τιμών των συνολικών διαλυμένων στερεών για κάθε θέση στην περιοχή μελέτης.

Σε σύγκριση με τις προηγούμενες μελέτες η μέση τιμή 615,58 mg/Lτης συγκεκριμένης μελέτης διαφέρει καθώς η αντίστοιχη του Κουρή (2010) έχει τιμή 717 mg/L και του Πανώριου (2011) έχει τιμή 743,6 mg/L. Η διαφορά αυτή οφείλεται στην περιεκτικότητα του νερού σε ιόντα ασβεστίου ή και μαγνησίου.

5.2.3 Αλατότητα (SAL)

Μετά από τις εργαστηριακές αναλύσεις η μεγαλύτερη τιμή αλατότητας βρέθηκε στο σημείο S010 με τιμή 0,63 ppt και η μικρότερη βρίσκεται στο σημείο S09 με τιμή 0,27 ppt και η μέση τιμή υπολογίστηκε ίση με 0,48 ppt. Σε σύγκριση με τις προηγούμενες μελέτες η μέση τιμή 0,48 διαφέρει πολύ λίγο σε σχέση με την αντίστοιχη μέση τιμή του Κουρή 0,55 ppt (2010) και εκείνη του Πανώριου 0.57 ppt (2011). Τέλος, δημιουργήθηκε χάρτης που παρουσιάζει τις τιμές της αλατότητας σε κάθε θέση δείγματος σε όλη την περιοχή μελέτης.



Εικόνα 5.3: Χάρτης απεικόνισης των τιμών αλατότητας για κάθε θέση στην περιοχή έρευνας.

5.2.4 Ενεργός οξύτητα (pH)

Η μέση τιμή της ενεργού οξύτητας είναι ίση με 8,10. Η μεγαλύτερη τιμή της ενεργούς οξύτητας είναι στο σημείο S05 με τιμή 8,37, ενώ η μικρότερη είναι στο σημείο S012 με τιμή 7,68. Η μέση τιμή της συγκεκριμένης έρευνας 8,10 δε διαφέρει με τις αντίστοιχες του Κουρή (2010) 8,81 και του Πανώριου (2011) 8,94. Έτσι δεν παρατηρείται ουσιαστική μεταβολή όσο αφορά για τις τιμές της ενεργούς οξύτητας.

5.2.5 Χλώριο (Cl⁻)

Η μεγαλύτερη τιμή του χλωρίου από όλα τα δείγματα ήταν στη θέση S012, στο σημείο δηλαδή που βρίσκεται κοντά στην εκβολή του ποταμού και συναντά τη θάλασσα στην περιοχή της Ραφήνας με τιμή 3863,5 mg/L. Η μεγάλη αυτή τιμή παρουσιάζεται εξαιτίας του γεγονότος ότι στο συγκεκριμένο σημείο τα ύδατα του ρέματος έρχονται σε επαφή με αυτά της θάλασσας λόγω ανέμων, βροχών και έτσι σε αυτό το σημείο σε όλα τα στοιχεία παρουσιάζονται μεγάλες τιμές. Για αυτό το λόγο δεν συμπεριλήφθηκε στους υπολογισμούς καθώς επιφέρει σφάλμα στα αποτελέσματα. Η μικρότερη τιμή παρουσιάστηκε στο σημείο S09 με τιμή 45,8 mg/L. Η μέση τιμή της συγκέντρωσης του χλωρίου στα δεκατρία δείγματα ύστερα από τις εργαστηριακές αναλύσεις υπολογίστηκε 107,2 mg/L. Συγκρίνοντας τη μέση τιμή 107,2 mg/L με τη μέση τιμή της εργασίας του Κουρή (2010) 116 mg/L και την αντίστοιχη μέση τιμή 110,5 mg/L της εργασίας του Πανώριου (2011), παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει ουσιαστική μεταβολή.

5.2.6 Νιτρικά (NO_3^-)

Η μικρότερη συγκέντρωση νιτρικών υπολογίστηκε στο σημείο S09, ίση με 6,7 mg/L. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση νιτρικών υπολογίστηκε στη θέση S06 με τιμή 32,5 mg/L. Η μέση τιμή των συγκεντρώσεων των νιτρικών υπολογίστηκε ίση με 22,1 mg/L. Η μέση τιμή της συγκεκριμένης μελέτης (22,1 mg/L) δε διαφέρει πολύ από τις αντίστοιχες προηγούμενες, του Κουρή (2010) που ήταν ίση με 18,5 mg/ και του Πανώριου (2011) που ήταν ίση με 21,9 mg/L. Αυτή η σύγκριση τιμών οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει ουσιαστική μεταβολή στις συγκεντρώσεις των νιτρικών.

5.2.7 Θειικά (SO_4^{2-})

Η μικρότερη συγκέντρωση θειικών υπολογίστηκε στη θέση S09 με τιμή 31,9 mg/L ενώ η μεγαλύτερη συγκέντρωση υπολογίστηκε στη θέση S04 με τιμή

105 mg/L. Και σε αυτή την ανάλυση εξαιρείται η θέση S012 με τιμή συγκέντρωσης θεικών 595,7 mg/L, καθώς όπως είχαμε αναφέρει παραπάνω σε εκείνο το σημείο συναντώνται τα ύδατα του ρέματος με αυτά της θάλασσας και έτσι αυτό επηρεάζει τα αποτελέσματά μας και επιφέρει σφάλματα στους υπολογισμούς των περιγραφικών στοιχείων. Η μέση τιμή των συγκεντρώσεων των θεικών είναι ίση με 65,2 mg/L. Τέλος, σε σύγκριση με τις προηγούμενες μελέτες η μέση τιμή 65,2 mg/L δε διαφέρει με τη μέση τιμή 67,6 mg/L της μελέτης του Πανώριου (2011), ενώ παρατηρούμε μια μικρή μεταβολή σε σχέση με τη μέση τιμή της μελέτης του Κουρή 77 mg/L (2010), η οποία μπορεί να οφείλεται στη χρήση εδαφοβελτιωτικών (CaSO_4) και λιπασμάτων.

5.2.8 Όξινα ανθρακικά (HCO_3^-)

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση όξινων ανθρακικών είναι στο δείγμα της θέσης S010 με τιμή 279 mg/L και η μικρότερη συγκέντρωση είναι στο δείγμα της θέσης S09 με τιμή 151 mg/L. Η μέση τιμή των συγκεντρώσεων των όξινων ανθρακικών υπολογίστηκε ίση με 216,77 mg/L. Η μέση τιμή 216,77 mg/L της παρούσας διπλωματικής διαφέρει από την μέση τιμή 290 mg/L της εργασίας του Κουρή (2010) και από την αντίστοιχη 303,2 mg/L της εργασίας του Πανώριου (2011).

5.2.9 Νάτριο (Na^+)

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση νατρίου υπολογίστηκε σε δύο σημεία S010 και S04 με τιμή 91,5 mg/L, εξαιρώντας τη θέση S012 με τιμή 1711,7 mg/L για τους λόγους που περιγράψαμε παραπάνω. Η μικρότερη τιμή υπολογίστηκε στο σημείο S09 ίση με 26,6 mg/L. Η μέση τιμή υπολογίστηκε ίση με 63,3

mg/L. Η μέση τιμή αυτής της μελέτης 63,3 mg/L σε σχέση με τις αντίστοιχες του Κουρή (2010) 76,4 mg/L και του Πανώριου (2011) 84,4 mg/L παρουσιάζει μικρές μεταβολές και αυτό μπορεί να οφείλεται κυρίως σε λιπάσματα.

5.2.10 Μαγνήσιο (Mg^{2+})

Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων για τις συγκεντρώσεις του μαγνησίου στα διάφορα σημεία η μεγαλύτερη συγκέντρωση βρέθηκε στο σημείο S012 με τιμή 169,4 mg/L ενώ η μικρότερη είναι στο σημείο S03 με τιμή 3,9 mg/L. Στις συγκεντρώσεις μαγνησίου παρατηρούμε στο σημείο S012 αυτή τη τεράστια διαφορά στις συγκεντρώσεις, όπως γινόταν με τα παραπάνω στοιχεία και επομένως δε θα συμπεριληφθεί στους υπολογισμούς των περιγραφικών στοιχείων. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση είναι ίση με 57,8 mg/L. Η μέση τιμή είναι ίση με 29,9 mg/L. Σε σύγκριση με τις προηγούμενες μελέτες η μέση τιμή 29,9 mg/L με τις αντίστοιχες του Κουρή (2010) 33,7 mg/L και του Πανώριου (2011) 32,3 mg/L δε σημειώνεται κάποια μεγάλη μεταβολή.

5.2.11 Ασβέστιο (Ca^{2+})

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση ασβεστίου από τα δείγματα που συγκεντρώσαμε βρέθηκε στο σημείο S01 με τιμή 80 mg/L, με εξαιρούμενη πάλι την τιμή στη θέση S012 η οποία παρουσιάζει αρκετή διαφορά με τις υπόλοιπες τιμές. Η μικρότερη συγκέντρωση είναι στο σημείο S08 με τιμή 44,6 mg/L και η μέση τιμή ίση με 61,8 mg/L. Η μέση τιμή που υπολογίστηκε στη συγκεκριμένη μελέτη 61,8 mg/L, διαφέρει λίγο από τις αντίστοιχες τιμές των προηγούμενων μελετών του Κουρή (2010) που είναι ίση με 80,2 mg/L και του Πανώριου (2011) που είναι ίση με 73,7 mg/L. Αυτή η διαφορά οφείλεται σε ασβεστολιθικά πετρώματα ή άλλα ορυκτά από τα οποία το νερό διέρχεται.

5.2.12 Κάλιο (K^+)

Για τις συγκεντρώσεις του καλίου σύμφωνα με τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων η μεγαλύτερη συγκέντρωση βρέθηκε στο σημείο S08 με τιμή 2 mg/L, ενώ η μικρότερη στο σημείο S013 με τιμή 0,4 mg/L. Και σε αυτή την περίπτωση δεν συμπεριλήφθηκε η τιμή στο σημείο S012 γιατί παρουσιάζει μεγάλη διαφορά με όλα τα υπόλοιπα. Η μέση τιμή υπολογίστηκε ίση με 1,02 mg/L. Η μέση τιμή 1,02 mg/L δε διαφέρει πολύ από τις αντίστοιχες του Κουρή (2010) 1,91 mg/L και του Πανώριου (2011) 2,05 mg/L, έτσι δεν παρατηρείται ουσιαστική μεταβολή όσον αναφορά τις συγκεντρώσεις καλίου.

Στον Πίνακα 5.3 παρουσιάζεται η ποσοστιαία μεταβολή των μέσων τιμών των συγκεντρώσεων των φυσικοχημικών παραμέτρων αλλά και των κύριων ιόντων έτσι όπως προέκυψαν από τις αναλύσεις των τριών ετών (2010,2011 και 2016).

Πίνακας 5.3: Ποσοστιαία μεταβολή μέσων τιμών των συγκεντρώσεων των φυσικοχημικών παραμέτρων και των κύριων ιόντων.

A/A	Μετρημένο στοιχείο	Μέση τιμή το έτος 2010	Μέση τιμή το έτος 2011	Μέση τιμή το έτος 2016	Διαφορά μεταξύ 2010-2016	Διαφορά μεταξύ 2011-2016
1	Χλώριο (Cl) (mg/l)	116	110	107,2	-7,6	-2,5
2	Νιτρικά (NO) mg/l)	20,3	20,4	22,1	8,9	8,3
3	Θειικά (SO) (mg/l)	77	67,6	65,2	-15,3	-3,6
4	Όξινα ανθρακικά (HCO) (mg/l)	294	303	216,77	-26,3	-28,5
5	Νάτριο (Na) (mg/l)	76,4	84,4	63,3	-17,1	-25,0
6	Κάλιο (K) (mg/l)	1,91	2,05	1,02	-46,6	-50,2
7	Μαγνήσιο (Mg) (mg/l)	33,7	32,3	29,9	-11,3	-7,4
8	Ασβέστιο (Ca) (mg/l)	80,2	73,7	61,8	-22,9	-16,1
9	Ειδική Αγωγιμότητα (SPC) (μS/cm)	1100	1139	959,67	-12,8	-15,7
10	Συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS) (mg/l)	717	744	615,58	-14,1	-17,3
11	Αλατότητα (SAL) (mg/l)	0,55	0,57	0,48	-12,7	-15,8
12	Ενεργός οξύτητα (pH)	8,81	8,94	8,1	-8,1	-9,4

5.3 Καταλληλότητα του νερού για αρδευτική χρήση

Η ποιοτική κατάταξη των δειγμάτων του νερού που συγκεντρώσαμε για την παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το ευρύτατα αποδεκτό σύστημα κατάταξης νερών με βάση την περιεκτικότητά τους σε άλατα και χλωρίου και νατρίου του Εργαστηρίου Αλατότητας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (U.S.D.A., 1954) και το σύστημα ποιοτικής κατάταξης του αρδευτικού νερού, που έχει αναπτυχθεί από τους Ayers και Westcot (1985), στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων (FAO) και βασίζεται στον έλεγχο της ποιότητας του νερού και του κινδύνου εμφάνισης προβλημάτων σε σχέση με: 1) αλατότητα, 2) διηθητικότητα, 3) τοξικότητα και 4) ειδικά προβλήματα σε ευαίσθητες καλλιέργειες.

5.3.1 Ποιοτική κατάταξη του νερού σύμφωνα με το Εργαστήριο Αλατότητας της Αμερικής (U.S.S.L.)

Για να γίνει ποιοτική κατάταξη των δειγμάτων του νερού της παρούσας μελέτης, σύμφωνα με το σύστημα κατάταξης νερών για αρδευτική χρήση του Εργαστηρίου Αλατότητας της Αμερικής (U.S.S.L), χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και ακόμα προσδιορίστηκε ο δείκτης προσροφημένου νατρίου (SAR) από τον τύπο (Τσακίρης 2006):

$$SAR\left(\frac{\text{meq}}{\text{L}}\right) = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/2}}$$

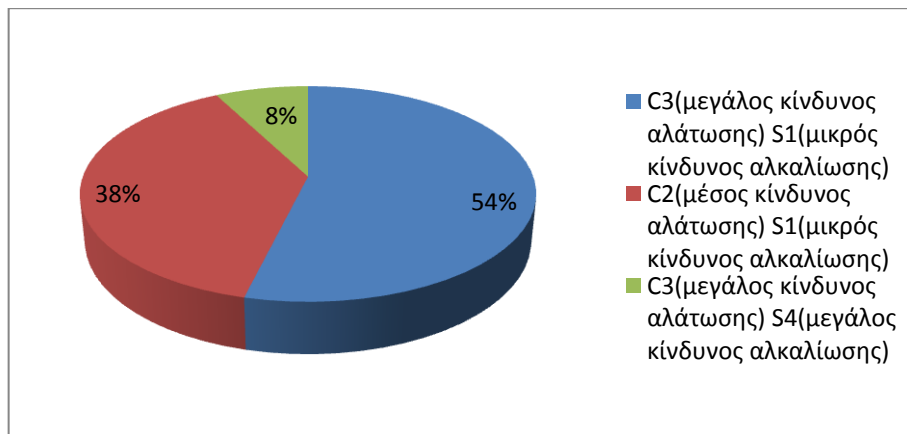
και ύστερα από εργαστηριακές αναλύσεις των δειγμάτων του νερού, οι οποίες έδωσαν σαν αποτέλεσμα και τις συγκεντρώσεις του νατρίου, του μαγνησίου και του ασβεστίου. Στον Πίνακα 5.4 παρουσιάζεται η ποιοτική κατάταξη των δειγμάτων νερού που συγκεντρώθηκαν στην παρούσα διπλωματική κατά U.S.S.L.

Πίνακας 5.4.: Ποιοτική κατάταξη δειγμάτων νερού κατά U.S.S.L.

Κωδικός Θέσης	Na ⁺ (meq/L)	Mg ²⁺ (meq/L)	Ca ²⁺ (meq/L)	EC (μS/cm)	SAR	Κατηγορία κινδύνου αλάτωσης	Κατηγορία κινδύνου αλκαλίωσης
S01	1,81	0,76	4,00	682	1,173	C2	S1
S02	1,35	0,50	3,69	663	0,933	C2	S1
S03	1,33	0,32	3,25	626	0,995	C2	S1
S04	3,98	3,09	3,85	1016	2,137	C3	S1
S05	2,80	2,82	2,92	830	1,653	C3	S1
S06	3,77	4,00	2,81	977	2,043	C3	S1
S07	3,76	4,07	2,68	994	2,047	C3	S1
S08	3,75	4,00	2,23	949	2,125	C3	S1
S09	1,16	0,60	2,76	460	0,895	C2	S1
S10	3,98	4,76	3,00	1030	2,021	C3	S1
S11	3,86	4,07	3,13	983	2,034	C3	S1
S12	74,42	10,51	8,47	9649	24,157	C3	S4
S13	1,48	0,55	2,77	518	1,149	C2	S1

Από τον Πίνακα 5.4 διακρίνουμε δύο κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται τα δείγματα. Η πρώτη κατηγορία καταλληλότητας είναι η C2S1 και σε αυτή ανήκουν τα δείγματα S01, S02, S03, S09, S013. Αυτή η κατηγορία όσο αναφορά τον κίνδυνο αλάτωσης περιλαμβάνει νερά μέσης αλατότητας με μέσο κίνδυνο αλάτωσης. Όσον αφορά στον κίνδυνο αλκαλίωσης, η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει νερά χαμηλής περιεκτικότητας σε νάτριο με μικρό κίνδυνο αλκαλίωσης (SAR<10). Η δεύτερη κατηγορία καταλληλότητας είναι η C3S1 και σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα υπόλοιπα δείγματα δηλαδή τα S04, S05, S06, S07, S08, S10, S11. Η κατηγορία αυτή όσο αναφορά τον κίνδυνο αλάτωσης περιλαμβάνει δείγματα νερών υψηλής αλατότητας με μεγάλο κίνδυνο αλάτωσης. Ακόμα όσο αναφορά των κίνδυνο αλκαλίωσης σε αυτή την κατηγορία τα νερά είναι

χαμηλής περιεκτικότητας σε νάτριο με μικρό κίνδυνο αλκαλίωσης (SAR<10). Το δείγμα S012 ανήκει σε μία κατηγορία μόνο του, που είναι η C3S4 και αυτή η κατηγορία όσο αναφορά τον κίνδυνο αλάτωσης, το δείγμα αυτό είναι υψηλής αλατότητας με μεγάλο κίνδυνο αλάτωσης και όσο αναφορά την αλκαλίωση αυτό το δείγμα έχει υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο και μεγάλο κίνδυνο αλκαλίωσης. Τα νερά και των δύο κατηγοριών όσο αναφορά των κίνδυνο αλάτωσης (C2 και C3) μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς δυσμενείς επιπτώσεις στα φυτά, με την προϋπόθεση της εφαρμογής εκπλύσεων που είναι μεγαλύτερη σε πιο αλατούχα νερά, την καλή στράγγιση των εδαφών και τη χρησιμοποίηση φυτών μέτριας ανθεκτικότητας μέχρι και ανθεκτικών σε άλατα (Τσακίρης 2006). Στην Εικόνα 5.4 παρουσιάζονται τα ποσοστιαία αποτελέσματα για την κατάταξη των δειγμάτων νερού της παρούσας έρευνας σε κατηγορίες κατά U.S.S.L.



Εικόνα 5.4: Ποσοστιαία αποτελέσματα κατάταξης δειγμάτων νερού σε κατηγορίες κατά U.S.S.L.

5.3.2 Κατάταξη δειγμάτων νερού ως προς την ποιότητά τους και ως προς τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων κατά Ayers και Westcot (1985)

Για την κατάταξη των δειγμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας σύμφωνα με το σύστημα ποιοτικής κατάταξης αρδευτικού νερού των Ayers και Westcot (1985), συγκρίθηκαν οι τιμές των συγκεντρώσεων και των

παραμέτρων των δειγμάτων. Η κατάταξη των δειγμάτων αφορά τέσσερις ομάδες, οι οποίες προκύπτουν σύμφωνα με τον κίνδυνο εμφάνισης προβλημάτων που αφορούν την αλατότητα, την διηθητικότητα, την τοξικότητα και άλλα ειδικά προβλήματα. Η κάθε ομάδα προβλημάτων διαβαθμίζεται σε τρεις κατηγορίες κινδύνου: 1) καλή ποιότητα – χωρίς προβλήματα, 2) αύξηση του κινδύνου προβλημάτων από τη συνεχή χρήση του νερού, 3) ακατάλληλη ποιότητα – σοβαρά προβλήματα.

Η πρώτη ομάδα αναφέρεται στη δημιουργία προβλημάτων αλατότητας. Η κατηγοριοποίηση των δειγμάτων γίνεται σύμφωνα με τις τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού (EC) του καθενός από αυτά. Στον Πίνακα 5.5 παρουσιάζονται οι κατηγορίες των δειγμάτων ως προς την ποιότητα και τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων αλατότητας, όπως αυτές προέκυψαν από τις τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) των δειγμάτων.

Πίνακας 5.5: Κατηγορίες δειγμάτων ως προς την ποιότητα νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων αλατότητας.

Κωδικός Θέσης	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Κατηγορία ποιότητας νερού και κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων αλατότητας
S01	682	1
S02	663	1
S03	626	1
S04	1016	2
S05	830	2
S06	977	2
S07	994	2
S08	949	2
S09	460	1
S10	1030	2
S11	983	2
S12	9649	3
S13	518	1

Από τον Πίνακα 5.5 διαπιστώνεται ότι τα δείγματα που βρίσκονται στις θέσεις S01, S02, S03, S09 και S013, ανήκουν στην πρώτη κατηγορία που αφορά νερά καλής ποιότητας – χωρίς προβλήματα, η χρήση των οποίων δεν βλάπτει τα φυτά και τα εδάφη. Τα δείγματα που βρίσκονται στις θέσεις S04, S05, S06, S07, S08, S010 και S011 ανήκουν στην κατηγορία που αφορά νερά που η συνεχής χρήση τους θα αυξήσει τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων αλατότητας. Τέλος το δείγμα της θέσης S012 ανήκει στην τρίτη κατηγορία που αφορά νερά ακατάλληλης ποιότητας, η συνεχής χρήση των οποίων δημιουργεί σοβαρά προβλήματα. Η θέση του δείγματος αυτού δεν επηρεάζει τα εδάφη της περιοχής μελέτης καθώς βρίσκεται κοντά στις εκβολές του υδατορεύματος. Ακόμα η υψηλή τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε αυτή τη θέση και επομένως η κατηγορία αυτού του

δείγματος, οφείλεται στην κοντινή θέση του δείγματος στην θάλασσα, όπου τα νερά του υδατορεύματος έρχονται σε επαφή με αυτά της θάλασσας.

Η δεύτερη ομάδα αναφέρεται στον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων διηθητικότητας. Σε αυτήν την ομάδα, η κατηγοριοποίηση των δειγμάτων γίνεται σύμφωνα με τις τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του καθενός από αυτά σε συνδυασμό με τις τιμές του δείκτη προσροφημένου νατρίου (SAR). Ο Πίνακας 5.6 παρουσιάζει τις κατηγορίες των δειγμάτων ως προς την ποιότητα του νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων διηθητικότητας.

Πίνακας 5.6: Κατηγορίες δειγμάτων ως προς την ποιότητα νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων διηθητικότητας.

Κωδικός Θέσης	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	SAR	Κατηγορία ποιότητας νερού και κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων διηθητικότητας
S01	682	1,173	2
S02	663	0,933	2
S03	626	0,995	2
S04	1016	2,137	1
S05	830	1,653	1
S06	977	2,043	1
S07	994	2,047	1
S08	949	2,125	1
S09	460	0,895	2
S10	1030	2,021	1
S11	983	2,034	1
S12	9649	24,157	1
S13	518	1,149	2

Από τον Πίνακα 5.6 διαπιστώνεται ότι τα δείγματα που βρίσκονται στις θέσεις S04, S05, S06, S07, S08, S010, S011, S012, ανήκουν στην πρώτη κατηγορία και αφορούν νερά καλής ποιότητας – χωρίς προβλήματα. Τα δείγματα στις θέσεις S01, S02, S03, S09 και S013 ανήκουν στην δεύτερη κατηγορία και αφορούν στα νερά που η συνεχής χρήση τους θα επιφέρει προβλήματα στα φυτά και στο έδαφος.

Η τρίτη ομάδα αναφέρεται στον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας. Η κατηγοριοποίηση των δειγμάτων νερού αυτής της ομάδας, γίνεται σύμφωνα με τις συγκεντρώσεις νατρίου και χλωρίου και τα δείγματα κατηγοριοποιούνται έτσι σε δύο επιμέρους ομάδες, σε αυτή του κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας από το νάτριο και αυτή του κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας από το χλώριο. Στον Πίνακα 5.7 παρουσιάζονται οι κατηγορίες στις οποίες ανήκουν τα δείγματα ως προς την τοξικότητα εξαιτίας του νατρίου και του χλωρίου αντίστοιχα.

Πίνακας 5.7: Κατηγορίες δειγμάτων ως προς την ποιότητα νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας από το νάτριο και το χλώριο.

Κωδικός Θέσης	Na ⁺ (meq/L)	Κατηγορία ποιότητας νερού και κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας από το νάτριο	Cl ⁻ (mg/L)	Κατηγορία ποιότητας νερού και κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας από το χλώριο
S01	1,81	1	80,1	1
S02	1,35	1	61,4	1
S03	1,33	1	63,6	1
S04	3,98	2	146,4	2
S05	2,80	1	92,2	1
S06	3,77	2	149,3	2
S07	3,76	2	147,9	2
S08	3,75	2	149,2	2
S09	1,16	1	45,8	1
S10	3,98	2	149,5	2
S11	3,86	2	141,1	1
S12	74,42	3	3863,5	3
S13	1,48	1	59,7	1

Σύμφωνα με τον Πίνακα 5.7 παρατηρούμε ότι τα δείγματα ανήκουν στις ίδιες κατηγορίες και ως προς τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας από το νάτριο και ως προς τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων τοξικότητας από το χλώριο, εκτός του δείγματος S011. Ακόμα από τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται ότι τα δείγματα στις θέσεις S01, S02, S03, S05, S09 και S013 ανήκουν στην πρώτη κατηγορία που αφορούν νερά καλής ποιότητας – χωρίς προβλήματα, που δεν περιέχουν τοξικές συγκεντρώσεις νατρίου και χλωρίου. Τα δείγματα στις θέσεις S04, S06, S07, S08 και S010 ανήκουν στην δεύτερη κατηγορία που αφορούν νερά που

περιέχουν τοξικές συγκεντρώσεις νατρίου και χλωρίου και η συνεχής χρήση τους θα δημιουργήσει προβλήματα στα φυτά και στο έδαφος. Το δείγμα της θέσης S013 ανήκει στην τρίτη κατηγορία που αφορά νερά ακατάλληλης ποιότητας, με υψηλές τοξικές συγκεντρώσεις σε νάτριο και χλώριο και η χρήση τους θα δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα. Για παράδειγμα το νάτριο σε τόσο υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προσροφηθεί από τις ρίζες των φυτών ή από τα φύλλα κατά τον ψεκάσμο και να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα. Τέλος το δείγμα της θέσης S011 ανήκει στην δεύτερη κατηγορία που αφορούν νερά που περιέχουν τοξικές συγκεντρώσεις νατρίου και στην πρώτη κατηγορία που αφορούν νερά καλής ποιότητας – χωρίς προβλήματα που δεν περιέχουν τοξικές συγκεντρώσεις χλωρίου.

Η τέταρτη ομάδα κινδύνων αφορά στη δημιουργία ειδικών προβλημάτων σε ευαίσθητες καλλιέργειες. Η κατάταξη των δειγμάτων της παρούσας διπλωματικής έγινε σύμφωνα με τις συγκεντρώσεις των όξινων ανθρακικών, των νιτρικών και της αμμωνίας καθενός από αυτά, όπως προέκυψαν από τις εργαστηριακές αναλύσεις. Στην παρούσα μελέτη οι συγκεντρώσεις της αμμωνίας σε όλα τα δείγματα ήταν πολύ χαμηλές έτσι τα δείγματα κατευθείαν ταξινομούνται στην πρώτη κατηγορία που αφορά νερά καλής ποιότητας – χωρίς προβλήματα. Στον Πίνακα 5.8 τα δείγματα ταξινομούνται σε σχέση με τις συγκεντρώσεις των όξινων ανθρακικών και των νιτρικών.

Πίνακας 5.8 : Κατηγορίες δειγμάτων ως προς την ποιότητα νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας ειδικών προβλημάτων σε ευαίσθητες καλλιέργειες από τις συγκεντρώσεις των νιτρικών και των όξινων ανθρακικών.

Κωδικός Θέσης	NO ₃ ⁻ (mg/L)	Κατηγορία ποιότητας νερού και δημιουργίας ειδικών προβλημάτων από τα νιτρικά	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	Κατηγορία ποιότητας νερού και δημιουργίας ειδικών προβλημάτων από τα όξινα ανθρακικά
S01	n.a.	1	201	2
S02	n.a.	1	175	2
S03	n.a.	1	162	2
S04	15,1	2	252	2
S05	30,7	3	234	2
S06	32,5	3	243	2
S07	32,4	3	233	2
S08	32,3	3	212	2
S09	6,7	2	151	2
S10	14,6	2	279	2
S11	12,6	2	269	2
S12	n.a.	1	250	2
S13	n.a.	1	157	2

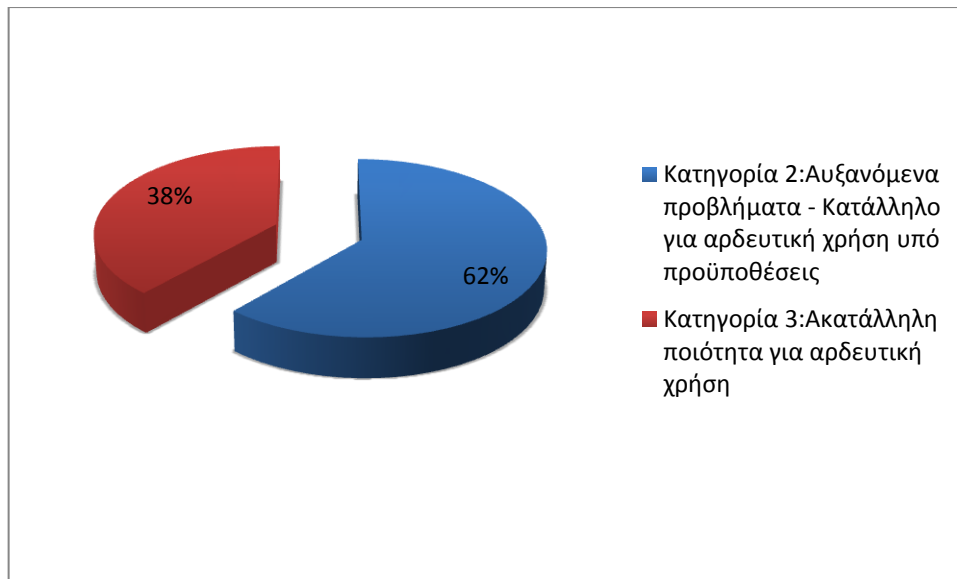
Από τον Πίνακα 5.8 παρατηρούμε ότι όλα τα δείγματα ανήκουν σε μία κατηγορία ως προς την ποιότητα του νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας ειδικών προβλημάτων σε ευαίσθητες καλλιέργειες από την παρουσία των όξινων ανθρακικών. Η κατηγορία αυτή είναι η δεύτερη που αφορά νερά που η αδιάκοπη χρήση τους μπορεί να προκαλέσει προβλήματα σε ευαίσθητες καλλιέργειες. Ακόμα τα δείγματα σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες ως προς την ποιότητα του νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας ειδικών προβλημάτων σε ευαίσθητες καλλιέργειες από την παρουσία νιτρικών. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα δείγματα των θέσεων S01, S02, S03, S012 και S013, που αφορά νερά καλής ποιότητας –

χωρίς κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα δείγματα των θέσεων S04, S09, S010 και S011, που αφορά νερά με συγκεντρώσεις νιτρικών που η αδιάκοπη χρήση τους θα δημιουργήσει προβλήματα σε ευαίσθητες καλλιέργειες. Τέλος στην τρίτη κατηγορία ανήκουν τα δείγματα των θέσεων S05, S06, S07, S08 και αφορά νερά ακατάλληλης ποιότητας που η χρήση τους μπορεί να προκαλέσει σοβαρά και μόνιμα προβλήματα σε ευαίσθητες καλλιέργειες, αφού η συγκέντρωση νιτρικών σε αυτά είναι πάνω από τα όρια.

Από τα παραπάνω κριτήρια τα δείγματα των νερών της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, ταξινομούνται σε κατηγορίες καταλληλότητας και παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.9. Τέλος δημιουργήθηκε η Εικόνα 5.5 με την ποσοστιαία αναλογία των δειγμάτων στις κατηγορίες καταλληλότητας.

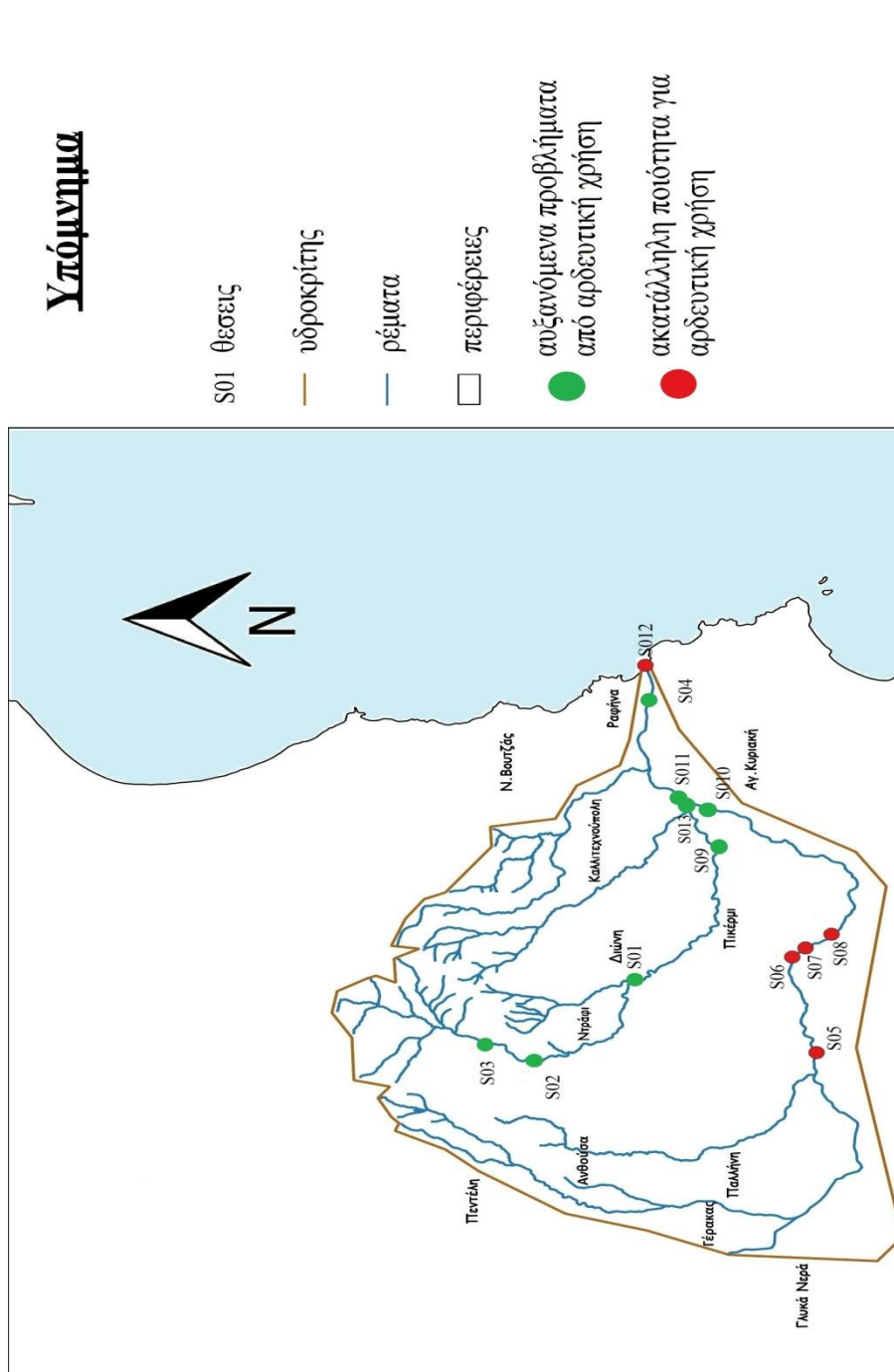
Πίνακας 5.9: Κατηγορίες καταλληλότητας δειγμάτων νερού της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Κωδικός Θέσης	Κατάταξη αρδευτικού νερού 2016
S01	2
S02	2
S03	2
S04	2
S05	3
S06	3
S07	3
S08	3
S09	2
S10	2
S11	2
S12	3
S13	2



Εικόνα 5.5: Ποσοστιαία αναλογία των δειγμάτων νερού στις κατηγορίες καταλληλότητας.

Ακόμα δημιουργήθηκε και χάρτης (Εικόνα 5.6) ώστε να γίνει απεικόνιση των σημείων που ανήκουν στην κάθε κατηγορία καταλληλότητας για να υπάρχει μια πλήρη εικόνα των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 5.6: Χάρτης απεικόνισης κατηγοριών καταλληλότητας για κάθε δείγμα στην περιοχή έρευνας.

5.4 Σύγκριση της καταλληλότητας των δειγμάτων νερού διαφορετικών ετών κατά Ayers και Westcot (1985)

Για τη σύγκριση αυτή των δειγμάτων δημιουργήθηκε ο Πίνακας 5.10 με τις κατηγορίες καταλληλότητας των δειγμάτων της παρούσας έρευνας, τις κατηγορίες καταλληλότητας των δειγμάτων που συλλέχθηκαν το 2010

(Κουρής, 2011) και τις κατηγορίες των δειγμάτων που συλλέχθηκαν το έτος 2011 (Πανώριος, 2013), όπως αυτές προέκυψαν από την κατάταξη του νερού του υδατορεύματος ως προς την ποιότητα του νερού και τον κίνδυνο δημιουργίας προβλημάτων (Ayers και Westcot 1985).

Πίνακας 5.10: Σύγκριση κατάταξης των δειγμάτων νερού διαφορετικών ετών κατά Ayers και Westcot (1985).

Κωδικός Θέσης	Κατάταξη αρδευτικού νερού 2016	Κωδικός Θέσης	Κατάταξη αρδευτικού νερού 2011	Κωδικός Θέσης	Κατάταξη αρδευτικού νερού 2010
S01	2	RS1	2	S15	2
S02	2	RS2	2	S14	2
S03	2	RS11	2	S13	2
S04	2	RS4	2	S19	2
S05	3	RS15	3	S6	2
S06	3	RS16	3	S8	3
S07	3	RS8	3	S9	3
S08	3	RS9	3	S10	3
S09	2	RS10	2	S16	2
S10	2	RS7	2	S11	2
S11	2	RS6	2	S17	2
S12	3	RS3	3	S20	3

Από τον Πίνακα 5.1 παρατηρούμε ότι η μοναδική αλλαγή σε κατηγορία καταλληλότητας για αρδευτική χρήση είναι στο σημείο S05. Συγκεκριμένα το αντίστοιχο σημείο του έτους 2010 S6 (Κουρής 2011), η κατηγορία καταλληλότητας ήταν η δεύτερη, όπου το νερό ήταν κατάλληλο για αρδευτική χρήση με κάποιες προϋποθέσεις. Το έτος 2011 στο αντίστοιχο σημείο RS15 (Πανώριος 2013) η κατηγορία καταλληλότητας ήταν η τρίτη, που η ποιότητα του νερού ήταν ακατάλληλο για αρδευτική χρήση, κάτι που παρατηρείται και στην παρούσα διπλωματική εργασία με το νερό του

δείγματος στο σημείο S05 να είναι και αυτό ακατάλληλο για αρδευτική χρήση. Στη συγκεκριμένη θέση η αλλαγή αυτή οφείλεται στην αύξηση της συγκέντρωσης νιτρικών από 29,8 mg/L (έτος 2010) στην τιμή 30,79 mg/L (έτος 2011) και η μείωση της στην τιμή 30,7 mg/L (έτος 2016), δε διαφοροποίησε το αποτέλεσμα για την παρούσα διπλωματική εργασία.

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων που αφορούν τις συγκεντρώσεις των κύριων ιόντων μετά από σύγκριση των τριών διαφορετικών ετών (2010, 2011 και 2016), παρατηρήθηκαν κάποιες σημαντικές μεταβολές σε διάφορα μεγέθη. Κάποιες από αυτές είναι εκείνη του νατρίου, του ασβεστίου και των όξινων ανθρακικών όπου με βάση τις μέσες τιμές των συγκεντρώσεων από τα τρία έτη, υπήρξε πτώση 25% και 23% και 28,5% αντίστοιχα.

Η μεγαλύτερη μεταβολή με βάση τις μέσες τιμές των συγκεντρώσεων των κύριων ιόντων τα τρία αυτά έτη παρουσιάζεται στη συγκέντρωση του καλίου, όπου παρατηρείται μεταβολή της τάξεως του 50%.

Από την κατάταξη των δειγμάτων νερού του υδατορεύματος της Ραφήνας για αρδευτική χρήση ως προς την ποιότητα σύμφωνα με το εργαστήριο αλατότητας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (U.S.S.L) το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι τα δείγματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία καταλληλότητας (C2S1) περιλαμβάνει το 38% των δειγμάτων και αφορά δείγματα νερού με μέσο κίνδυνο αλάτωσης με μικρή περιεκτικότητα σε νάτριο και μικρό κίνδυνο αλκαλίωσης ($SAR < 10$). Η δεύτερη κατηγορία καταλληλότητας (C3S1) περιλαμβάνει το 54% των δειγμάτων και αφορά δείγματα νερού υψηλής αλατότητας με μεγάλο κίνδυνο αλάτωσης και μικρής περιεκτικότητας σε νάτριο με μικρό κίνδυνο αλκαλίωσης ($SAR < 10$). Η τρίτη και τελευταία κατηγορία καταλληλότητας (C3S4) περιλαμβάνει μόνο το 8% των δειγμάτων και αφορά δείγματα νερού υψηλής αλατότητας με μεγάλο κίνδυνο αλάτωσης και μεγάλης περιεκτικότητας σε νάτριο με μεγάλο κίνδυνο αλκαλίωσης. Η συγκεκριμένη κατηγορία περιλαμβάνει μόνο ένα δείγμα (S012) το οποίο βρίσκεται στις εκβολές του υδατορεύματος και επηρεάζει το νερό του υδατορεύματος στο σύνολό του. Επομένως το νερό του υδατορεύματος

κατά U.S.S.L μπορεί στο σύνολό του να χρησιμοποιηθεί χωρίς δυσμενείς επιπτώσεις στα φυτά με την προϋπόθεση της εφαρμογής εκπλύσεων, που είναι μεγαλύτερη σε πιο αλατούχα νερά, την καλή στράγγιση των εδαφών και τη χρησιμοποίηση φυτών από μέτριας ανθεκτικότητας μέχρι πλήρης ανθεκτικότητας στα άλατα.

Από την κατάταξη των δειγμάτων νερού του υδατορεύματος της Ραφήνας για αρδευτική χρήση ως προς την ποιότητα τους και τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων, όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, προκύπτει ότι το 38% των δειγμάτων μελέτης ανήκει στην κατηγορία τρία (3), δηλαδή νερό το οποίο είναι ακατάλληλο για αρδευτική χρήση, ενώ το υπόλοιπο 62% ανήκει στην κατηγορία δύο (2), δηλαδή νερό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αρδευτική χρήση υπό προϋποθέσεις.

Από τις συγκρίσεις των δειγμάτων νερού του υδατορεύματος της Ραφήνας για τα τρία έτη (2010,2011 και 2016) προκύπτει ότι μόνο στη θέση S05, RS15 και S6, υπάρχει διαφοροποίηση στην κατηγορία κατάταξης του νερού του υδατορεύματος για αρδευτική χρήση ως προς την ποιότητα του και τους κινδύνους δημιουργίας προβλημάτων κατά Ayers και Westcot (1985). Στη θέση S05 και RS15 η ποιότητα του νερού χειροτέρευσε και δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση, ενώ στη θέση S6 (2010) η ποιότητα του νερού ήταν κατάλληλη για αρδευτική χρήση υπό προϋποθέσεις. Σε όλες τις υπόλοιπες θέσεις η ποιότητα νερού και ο κίνδυνος δημιουργίας προβλημάτων διατηρήθηκαν σταθερά στα τρία έτη στα οποία έγινε η σύγκριση.

Βιβλιογραφία

Στην ελληνική γλώσσα

Αντωνόπουλος Β. (2008), Ποιότητα Νερού και Ρύπανση Υδατικών Πόρων, Τομέας Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής, Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Κουρής, Ν. (2011), Καταγραφή και Αξιολόγηση ποιότητας νερού υδατορευμάτων: Η περίπτωση του ρέματος Ραφήνας, Αττικής, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα.

Μέττος Α. (1992), Γεωλογική και Παλαιογραφική Μελέτη των Ηπειρωτικών Νεογενών και Τεταρτογενών Σχηματισμών ΒΑ/κης Αττικής ΝΑ/κης Βοιωτίας, Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ).

Νόμος 3010/02 «Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις Οδηγίες 97/11 Ε.Ε και 96/61 Ε.Ε, διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορευμάτα και άλλες διατάξεις», ΦΕΚ 91/Α/25-04-02, Αθήνα.

Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000 «Για τη Θέσπιση Πλαισίου Κοινοτικής Δράσης στον Τομέα της Πολιτικής των Υδάτων».

Οδηγία 2008/105/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16^{ης} Δεκεμβρίου 2008 «Σχετικά με τα Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος στον Τομέα της Πολιτικής των Υδάτων καθώς και σχετικά με την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών του Συμβουλίου 82/176/ΕΟΚ, 83/513/ΕΟΚ, 84/156/ΕΟΚ και 86/280/ΕΟΚ και την τροποποίηση της οδηγίας 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου».

Πανώριος, Σ., Α. (2013), Παρακολούθηση και Αξιολόγηση ποιότητας νερού του ρέματος Ραφήνας στην ανατολική Αττική, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα.

Τσακίρης Γ. (2006), Υδραυλικά Έργα – Σχεδιασμός και Διαχείριση (Τόμος ΙΙ): Εγγειοβελτιωτικά Έργα. Κεφ. 5: Ποιότητα Αρδευτικού Νερού (Αντωνόπουλου, Β., Τσακίρη Γ.), 187 – 217. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

Τσακίρης Γ. (2010), Υδραυλικά Έργα – Σχεδιασμός και Διαχείριση (Τόμος Ι): Αστικά Υδραυλικά Έργα. Κεφ. 5: Ποιότητα Νερού για Ανθρώπινη Κατανάλωση (Τσακίρη Γ., Αλεξιάκη, Δ.), 175 – 244. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

Φουσκάκης Δ. (2005), Σημειώσεις Περιγραφικής Στατιστικής, Τομέας Μαθηματικών, Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών – ΕΜΠ, Αθήνα.

Χαραλάμπους Α. (2004) Παράμετροι ποιότητας νερού, Ρύπανση και Ποιότητα Περιβάλλοντος, ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα.

Χρύσα Καπετανοπούλου (2014), Γη: “Τροφός της Γεωργίας και των Αγαθών της”, Περιφέρεια Αττικής, Περιφερειακή Ενότητα ανατολικής Αττικής, Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας και Κτηνιατρικής.

Ξενόγλωσσες

Alexakis D. (2011) Diagnosis of stream sediment quality and assessment of toxic element contamination sources in East Attica, Greece. Environ Earth Sci. doi: 10.1007/s12665-010-0807-9.

Ayers, R.S and Westcot, D.W., 1985 Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage paper, FAO, Rome.

Degremont, “Water Treatment Handbook” Fifth Edition, 1979, John Wiley & Sons.

W. Fresenius, K.E. Quentin, W. Schneider (Eds), “Water Analysis” Springer – Verlag, 1988.

Gleick, P.H., (1993). Water in Crisis: A Guide to the World’s Freshwater Resources. Oxford University Press, page 13, Table 2.1 “Water reserves on the earth”.

Hounslow, A. W., 2010 «Water Quality Data Analysis and Interpretation», Lewis Publishers. A CRC Press Company, Florida, pp. 397.

U.S.D.A, (1954) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Handbook No 60, U.S Salinity Laboratory Staff, U.S Department of Agriculture, Washington, D.C.

U.S.G.S., <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>

World Health Organization, “Guidelines for Drinking Water Quality” Volume 1,2,3 Second Edition, 1993.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Π 1.1: Σημείο Δειγματοληψίας S01

Το πρώτο σημείο της δειγματοληψίας βρίσκεται πολύ κοντά στον οικισμό της Διώνης. Είναι για την ακρίβεια 12 μέτρα βόρεια από τον υδρολογικό σταθμό του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου που βρίσκεται στο συγκεκριμένο ρέμα (ρέμα Βαλανάρη). Πλησίον του σημείου αυτού και προς τα βορειοδυτικά βρίσκεται ο οικισμός Ντράφι και απέχει από το Πικέρμι περίπου 2,5 χιλιόμετρα. Στο σημείο S01 παρατηρείται ανθρακικό υλικό (μάρμαρα Πεντέλης), η κοίτη είναι διαβρωμένη από την δυτική πλευρά, υπάρχει έντονη βλάστηση και παρουσία άλγης. Τέλος το σημείο βρίσκεται πολύ κοντά σε αυτοκινητόδρομο.



Εικόνα Π1.1: Απεικόνιση του σημείου S01 και του υδρολογικού σταθμού του ΕΜΠ.

Π1.2: Σημείο Δειγματοληψίας S02

Το σημείο S02 βρίσκεται εντός του οικισμού Ντράφι και πολύ κοντά στον καταρράκτη Πεντέλης-Ντράφι. Σε αυτό το σημείο είμαστε πάνω στο ανθρακικό υπόβαθρο (μάρμαρα Πεντέλης) καθώς στην κοίτη υπάρχουν μάρμαρα και σχιστόλιθοι με παρουσία οξειδίων του σιδήρου. Από την ανατολική πλευρά έχουμε ακαλλιέργητη χέρσα γη. Άξιο παρατήρησης είναι ο μεγάλος αριθμός γυρίνων (50-60 ανά m²).



Εικόνα Π1.2: Απεικόνιση των υλικών της κοίτης (μάρμαρα, σχιστόλιθοι).



Εικόνα Π1.3: Απεικόνιση της δειγματοληψίας στο σημείο S02.

Π1.3: Σημείο Δειγματοληψίας S03

Το σημείο δειγματοληψίας S03 βρίσκεται βόρεια του οικισμού Ντράφι και είναι στο σημείο όπου υπάρχει και το φράγμα του υδατορεύματος της Ανατολικής Αττικής. Στο συγκεκριμένο σημείο δεν υπήρχε αρκετό νερό στην κοίτη και έτσι στο βάθος που βυθίστηκε ο μωλίσκος δεν ήταν δυνατή η μέτρηση παροχής. Στο σημείο παρουσιάζονται μάρμαρα και μοσχοβιτικοί σχιστόλιθοι και υπερβασικά πετρώματα πλούσια σε χρώμιο, νικέλιο και μαγγάνιο. Τέλος παρατηρείται έντονη βλάστηση δεξιά και αριστερά.



Εικόνα Π1.4: Απεικόνιση της έλλειψης ικανοποιητικού βάθους νερού στο σημείο S03.

Π1.4: Σημείο Δειγματοληψίας S04

Το σημείο S04 βρίσκεται στη Ραφήνα σε απόσταση περίπου ενός χιλιομέτρου από την ακτή. Η μία πλευρά της κοίτης είναι διευθετημένη με παρουσία ψηλού τείχους ενώ η άλλη πλευρά είναι μη διευθετημένη και υπάρχει άγρια βλάστηση. Το νερό δεν έχει κατά μήκος του ρέματος το ίδιο πλάτος με αποτέλεσμα να υπάρχει διαφορετικό πλάτος κοίτης σε πολλά σημεία.



Εικόνα Π1.5 Φωτογραφική απεικόνιση του σημείου S04 στην περιοχή της Ραφήνας.

Π1.5: Σημείο Δειγματοληψίας S05

Το συγκεκριμένο σημείο βρίσκεται στην περιοχή Πικέρμι και πολύ κοντά στον αυτοκινητόδρομο "Αττική Οδός". Σε αυτό το σημείο παρατηρήθηκε μεγάλη ποσότητα άλγης. Ακόμα υπήρχαν κάποια μπάζα δεξιά και αριστερά της κοίτης και υπήρχε έντονη βλάστηση και στις δύο πλευρές.



Εικόνα Π1.6: Απεικόνιση της κατάστασης που επικρατεί εντός της κοίτης στο σημείο S05.

Π1.6: Σημείο Δειγματοληψίας S06

Στο σημείο αυτό υπάρχει έντονη βλάστηση δεξιά και αριστερά της κοίτης με καλάμια και παρουσία άλγης. Αριστερά της κοίτης υπάρχει αγροτική περιοχή (αμπέλια) ενώ η απόσταση από πιθανές πηγές ρύπανσης είναι σχετική μικρή (150-200 μ.). Τέλος το πλάτος νερού δεν είναι ίδιο σε όλο το μήκος δηλαδή δεν καλύπτει όλη την κοίτη του ρέματος.



Εικόνα Π1.7: Φωτογραφική απεικόνιση του σημείου S06 και της κατάστασης κοντά σε αυτό.

Π1.7: Σημείο Δειγματοληψίας S07

Το σημείο βρίσκεται στον οικισμό Φοίνικας, ανάμεσα στις περιοχές Πικέρμι και Σπάτα. Όπως και στα σημεία S05 και S06 έτσι και σε αυτό το σημείο το ρέμα δεν είναι διευθετημένο από καμία πλευρά του και έχουμε άγρια βλάστηση στα δεξιά, καλάμια ενώ στην αριστερή πλευρά και ανάντη υπάρχει χωματόδρομος. Παρουσία άλγης και ανομοιομορφία πλάτους.



Εικόνα Π1.8: Απεικόνιση του σημείου S07 από το ύψος του χωματόδρομου.

Π1.8: Σημείο Δειγματοληψίας S08

Το σημείο S08 βρίσκεται κοντά στον οικισμό Πετρέζα. Σε αυτό το σημείο πάλι το ρέμα δεν είναι διευθετημένο ούτε από δεξιά ούτε από αριστερά. Έχουμε πυκνή βλάστηση με καλάμια δεξιά και αριστερά. Άξιο παρατήρησης ήταν η παρουσία φυσαλίδων στο συγκεκριμένο σημείο. Τέλος υπάρχει παρουσία άλγης και το νερό δεν καλύπτει όλο το πλάτος της κοίτης.



Εικόνα Π1.9: Απεικόνιση της περιοχής δειγματοληψίας του σημείου S08.

Π1.9: Σημείο Δειγματοληψίας S09

Το σημείο αυτό βρίσκεται λίγο έξω από την περιοχή Πικέρμι και δυτικά του οικισμού Βουνόπολη. Είναι αρκετά κοντά σε πηγές ρύπανσης καθώς περνάει δρόμος αρκετά κοντά από το σημείο αλλά και 50 μέτρα από αυτό βρίσκεται ο αυτοκινητόδρομος "Λεωφόρος Μαραθώνος". Σε αυτό το σημείο υπάρχει άγρια βλάστηση και αριστερά και δεξιά του ρέματος. Ακόμα παρατηρήθηκε μεγάλος αριθμός πετρών στην κοίτη του ρέματος και μικρό βάθος ροής. Τέλος παρατηρήθηκε παρουσία γυρίνων με αριθμό που φτάνει τους 20-25 ανά τ.μ.



Εικόνα Π1.10: Απεικόνιση του ρέματος στο σημείο S09.



Εικόνα Π1.11: Απεικόνιση της χαμηλής στάθμης νερού στο σημείο S09.

Π1.10: Σημείο Δειγματοληψίας S010

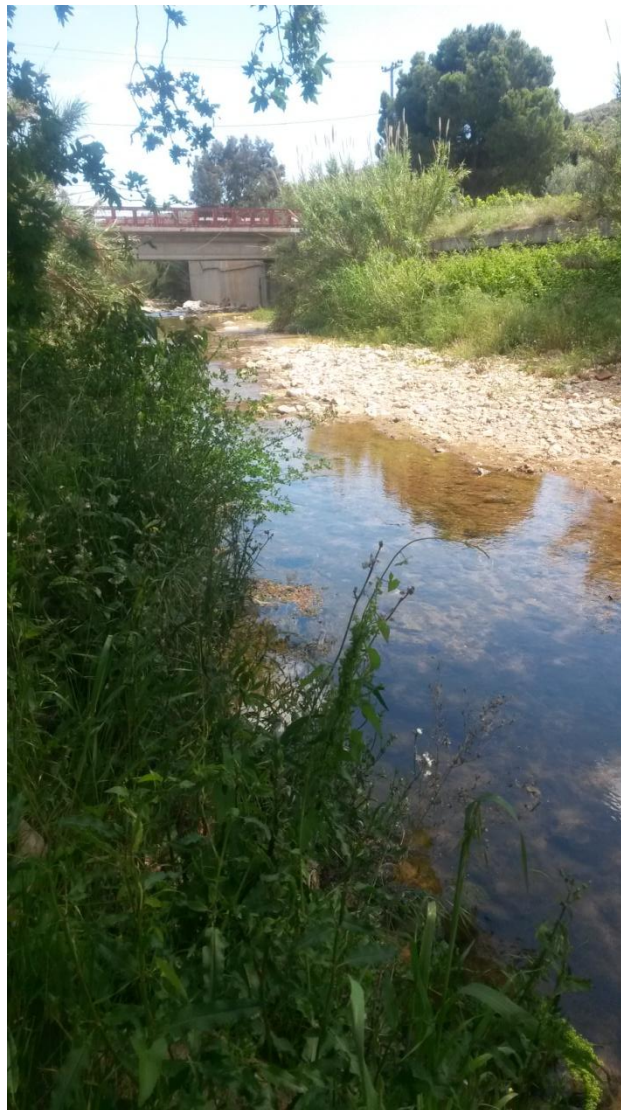
Το σημείο S010 βρίσκεται κοντά στους οικισμούς Αγ. Τριάδα και Βουνόπολη. Είναι πολύ κοντά σε δρόμο καθώς είναι κάτω από μία μεταλλική γέφυρα επί της "Αρίωνος". Στο συγκεκριμένο σημείο στο βάθος που τοποθετήθηκε ο μύλινος δεν έδωσε μέτρηση καθώς η παροχή ήταν μικρότερη από αυτή που μπορεί να καταγράψει το όργανο. Παρατηρήθηκε μεγάλη παρουσία άλγης εντός της κοίτης και έντονη βλάστηση δεξιά και αριστερά ενός πάλι μη διευθετημένου ρέματος. Τέλος στο σημείο παρατηρήθηκε αρκετός αριθμός βατράχων.



Εικόνα Π1.12: Φωτογραφική απεικόνιση του σημείου S010.

Π1.11: Σημείο Δειγματοληψίας S011

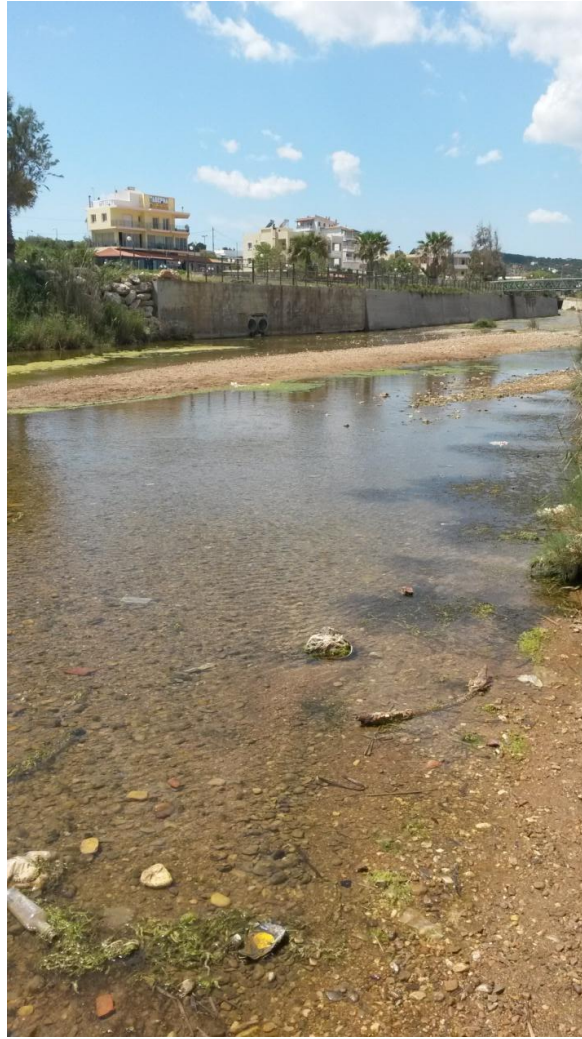
Στο συγκεκριμένο σημείο το ρέμα είναι διευθετημένο μόνο από την μία πλευρά με ψηλό τοίχο ενώ από την άλλη πλευρά είναι διαβρωμένο και έτσι υπάρχει πρόσβαση. Άγρια βλάστηση από την πλευρά που δεν είναι διευθετημένο και παρουσία άλγης στην κοίτη. Στον πυθμένα υπάρχει λάσπη ενώ κατά μήκος του ρέματος έχουν πεταχτεί διάφορα μπάζα. Τέλος και σε αυτό το σημείο το νερό δεν καλύπτει όλο το πλάτος του ρέματος.



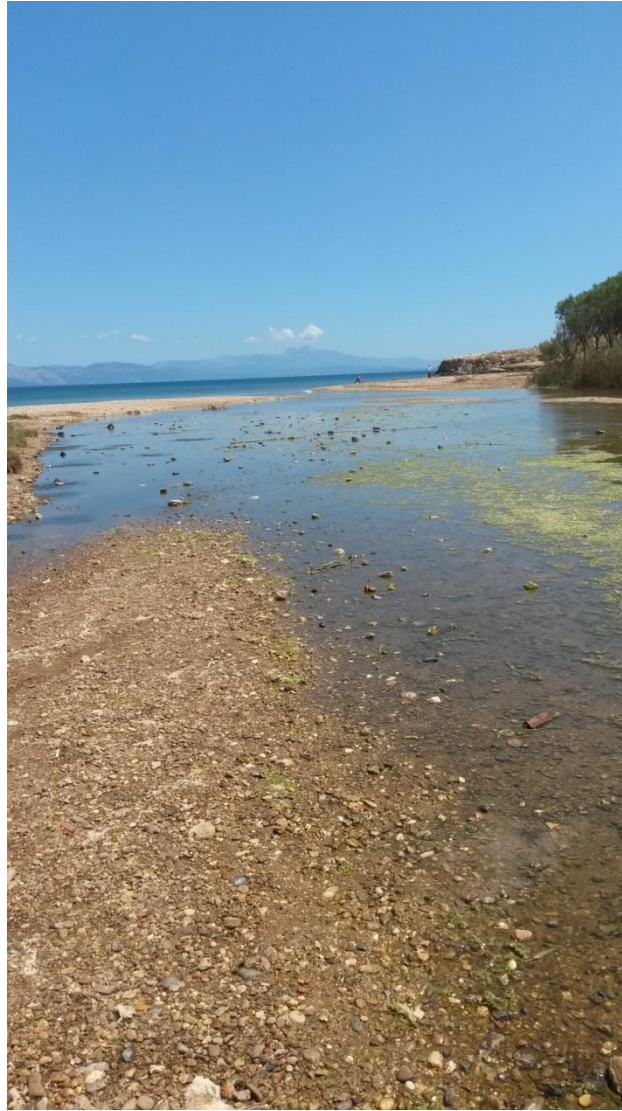
Εικόνα Π1.13: Φωτογραφική απεικόνιση του ρέματος στο σημείο S011.

Π1.12: Σημείο Δειγματοληψίας S012

Το σημείο S012 βρίσκεται στις εκβολές του υδατορεύματος ανατολικής Αττικής στην περιοχή της Ραφήνας. Το ρέμα σε εκείνο το σημείο είναι διευθετημένο και από τις δύο πλευρές του. Από τη μία πλευρά υπάρχει ένα πάρκο (πάρκο Καραμανλή) ενώ από την άλλη πλευρά βρίσκεται ένα parking αυτοκινήτων. Το ρέμα έχει άμμο και λάσπη στον πυθμένα επειδή το σημείο δειγματοληψίας είναι πολύ κοντά στην ακτή. Ακόμα στο ρέμα έχει άλγη και υπάρχουν μικρά ψάρια. Το βάθος ροής είναι αρκετά μικρό αλλά ικανοποιητικό σε διάφορα σημεία όπου και έγιναν μετρήσεις με μολίσκο για την καταγραφή της ταχύτητας ροής του ρέματος. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, πως υπάρχουν αρκετά σκουπίδια και εντός αλλά και γύρω από την κοίτη. Τέλος τα ύδατα είναι μεταβατικά καθώς μπλέκονται με αυτά τις θάλασσας γεγονός που προκάλεσε αλλοιώσεις στις μετρήσεις μας.



Εικόνα Π1.14: Φωτογραφική απεικόνιση του σημείου S012.



Εικόνα Π1.15: Φωτογραφία που δείχνει την κατάληξη του υδατορεύματος στην ακτή στην περιοχή της Ραφήνας.

Π1.13: Σημείο Δειγματοληψίας S013

Το σημείο αυτό βρίσκεται λίγο έξω από τον οικισμό Αγ. Τριάδα κοντά στον αυτοκινητόδρομο "Λεωφόρος Μαραθώνος". Δεξιά και αριστερά του ρέματος υπάρχει άγρια βλάστηση και καλάμια. Στον πυθμένα του υπάρχουν αρκετές πέτρες. Μικρός αριθμός βατράχων σε αυτό το σημείο και το βάθος ροής αρκετά μικρό αλλά αρκετό για μετρήσεις. Τέλος το πλάτος είναι ανομοιόμορφο κατά μήκος της κοίτης.



Εικόνα Π1.16: Φωτογραφική απεικόνιση της κατάστασης του ρέματος στο σημείο δειγματοληψίας S013.

