



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Προσδιορισμός των φυσικοχημικών παραμέτρων που επηρεάζουν
την ποιότητα νερού του χειμάρρου Κραυσίδωνα»**

Κωνσταντίνος Μπαμπανίκος

ΒΟΛΟΣ 2013

«Προσδιορισμός των φυσικοχημικών παραμέτρων που επηρεάζουν την ποιότητα νερού του χειμάρρου Κραυσίδωνα»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

1) Άρης Ψιλοβίκος, Επίκουρος Καθηγητής, Αειφορική Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπων***,

2) Κωνσταντίνος Σκόρδας, Λέκτορας, Περιβαλλοντική Γεωχημεία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***,

3) Ιφιγένεια Κάγκαλου, Καθηγήτρια, Οικολογία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, ***Μέλος***.

Αφιερωμένη στους γονείς μου

Νίκο, Ευαγγελία

και αδερφή μου Σοφία

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όσους συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα προπτυχιακή διπλωματική εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέπων αυτής της εργασίας, κ. Άρη Ψιλοβίκο για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή των εργασιών πεδίου, όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τους 1)κ. Κωνσταντίνο Σκόρδα και 2)κα. Ιφιγένεια Κάγκαλου, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Παντελή Σιδηρόπουλο, υποψήφιο διδάκτορα στον Τμήμα των Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την πολύτιμη βοήθειά του και την καθοδήγησή του κατά την επεξεργασία των στοιχείων στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου και τους φίλους μου για την συμπαράσταση, βοήθεια και κατανόηση καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση και η αξιολόγηση της ποιότητας του νερού του χειμάρρου Κραυσίδα, με βάση των φυσικοχημικών παραμέτρων του διαλυμένου οξυγόνου, του pH, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της θερμοκρασίας του νερού. Επιλέχθηκαν 3 σημεία (σταθμοί) στα οποία έλαβαν μέρος οι μετρήσεις των παραμέτρων. Τα σημεία αυτά επιλέχθηκαν με βάση την ικανοποιητική απόσταση μεταξύ τους, τη διαφορά στα υψόμετρα που παρουσιάζουν, τις αποστάσεις από κατοικημένες περιοχές και τη γειτνίασή τους με πιθανές σημειακές πηγές ρύπανσης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο διάστημα από τον Ιανουάριο μέχρι και τον Ιούνιο του 2011.

Οι παράμετροι αυτοί μετρήθηκαν με ειδικά όργανα του εργαστηρίου Ιχθυολογίας και Υδροβιολογίας. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε συγκρίνοντας τις τιμές των παραπάνω παραμέτρων με τις αντίστοιχες παραμέτρους άλλων βιβλιογραφικών αναφορών και ερευνών.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψε ότι οι τιμές και των τεσσάρων παραμέτρων κυμάνθηκαν σε σχετικά ικανοποιητικά επίπεδα. Συγκεκριμένα, η παράμετρος του διαλυμένου οξυγόνου είχε συγκεντρώσεις μεταξύ 6,1 έως 14,2 mg/l και στους 3 σταθμούς. Με δεδομένο ότι το διαλυμένο οξυγόνο κορεσμού κυμαίνεται από 9 έως 12 mg/l και ότι τα πόσιμα νερά πρέπει να έχουν διαλυμένο οξυγόνο με τιμή 75% τουλάχιστον της τιμής κορεσμού, οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου είναι σε επιτρεπτά όρια. Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κυμάνθηκαν μεταξύ 200 και 425 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και στους 3 σταθμούς, τιμές οι οποίες με βάση βιβλιογραφικές αναφορές είναι σε αρκετά ικανοποιητικά επίπεδα. Το pH κυμάνθηκε επίσης σε επιτρεπόμενες τιμές με βάση την Κοινοτική Οδηγία 76/160/ΕΟΚ (προβλέπει τιμές

μεταξύ 6 και 9), αφού υπολογίστηκε και στους 3 σταθμούς μεταξύ 6,9 και 8,7. Τέλος, η θερμοκρασία του νερού κυμάνθηκε από 7,3 έως 19,7 °C, θερμοκρασίες οι οποίες επιτρέπουν τη διαβίωση αρκετών ειδών οργανισμών, σύμφωνα με την ΚΥΑ 46399/1352/1986.

Ο Κραυσίδωνας αποτελεί ένα από τα χαρακτηριστικά «στοιχεία» της πόλης του Βόλου και της ευρύτερης περιοχής. Για το λόγο αυτό, είναι επιτακτική η ανάγκη της προστασίας της ποιότητας των νερών του, αλλά και της σωστής διαχείρισης αυτών. Στα πλαίσια της εργασίας προτείνονται διαχειριστικά μέτρα που οφείλει να λάβει υπόψη της η πολιτεία, προκειμένου να αναβαθμίσει τον φυσικό αυτό αποδέκτη.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
1.1 Η σημασία του νερού.....	11
1.2 Το νερό στη Γη.....	12
1.3 Υδρολογικός κύκλος.....	13
1.4 Ρύπανση επιφανειακών υδάτων.....	14
1.4.1 Πηγές ρύπανσης επιφανειακών υδάτων.....	15
1.5 Σκοπός της εργασίας.....	17
2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	18
2.1 Ποιότητα νερού.....	18
2.1.1 Φυσικοχημικοί παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα νερού.....	28
2.2 Οδηγία 2000/60.....	22
2.2.1 Εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60 στη Θεσσαλία.....	23
2.3 Η περιοχή μελέτης.....	28
2.3.1 Γεωγραφικά και χωροταξικά στοιχεία.....	28
2.3.2 Γεωλογικά και εδαφολογικά στοιχεία.....	29
2.3.3 Κλιματολογικά στοιχεία.....	31

2.3.4 Χειμαρρικό περιβάλλον.....	32
2.3.5 Χλωρίδα – Πανίδα.....	34
2.4 Συχνότητα και σταθμοί μετρήσεων.....	37
2.5 Η αναγκαιότητα της παρακολούθησης (monitoring).....	41
2.6 Γενικά για τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (G.I.S.).....	44
2.6.1 Χρήση του λογισμικού ArcGIS 9.....	46
3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	47
3.1 Αποτελέσματα.....	47
3.1.1 Χρονική κατανομή των παραμέτρων.....	49
3.2 Διερεύνηση της τάσης των παραμέτρων.....	54
3.2.1 Διαλυμένο Οξυγόνο.....	55
3.2.2 Αγωγιμότητα.....	57
3.2.3 pH.....	59
3.2.4 Θερμοκρασία.....	61
3.3 Συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων ανά σταθμό.....	63
3.3.1 Σταθμός 1 (St1).....	63
3.3.2 Σταθμός 2 (St2).....	71
3.3.3 Σταθμός 3 (St3).....	78
4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	86

5.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....91

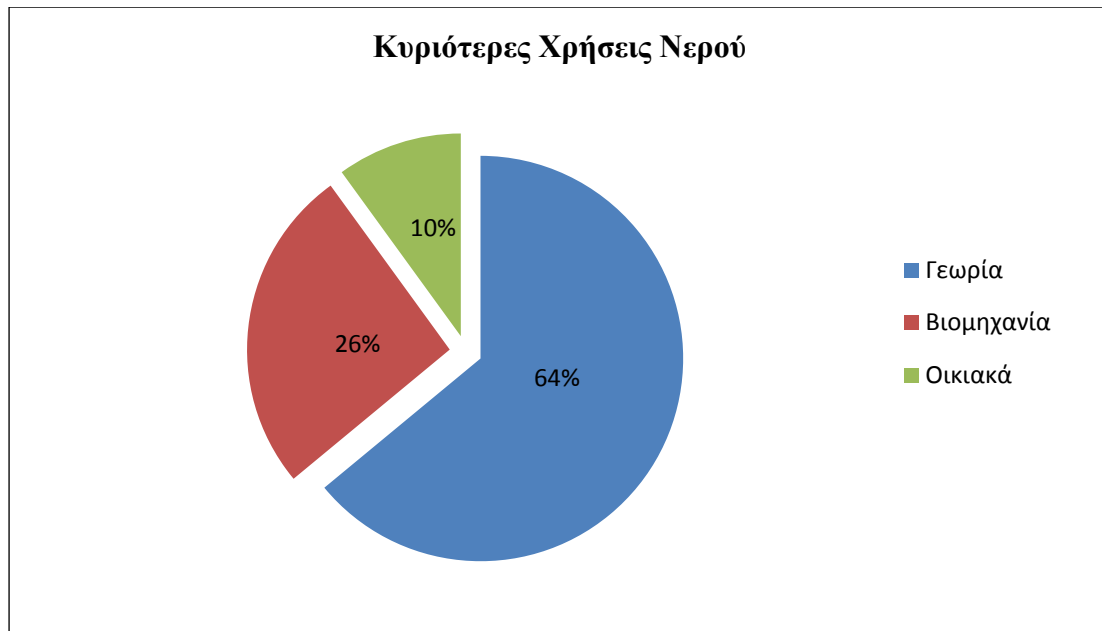
6.ΑΒΣΤΡΑΚΤ.....98

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η σημασία του νερού

Το νερό είναι μοναδικός φυσικός πόρος, απαραίτητος για την επιβίωση του ανθρώπου και είναι βασικός παράγοντας επιβίωσης όλων των οικοσυστημάτων στο οποίο διαβιούν όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί. Επιπλέον, το νερό είναι απαραίτητο τόσο για την ανάπτυξη της βιομηχανίας των τροφίμων, όσο και για την οικονομική ανάπτυξη μίας χώρας γενικότερα (Falkenmark & Rockstrom, 2004). Είναι ένας πόρος φυσικά ανανεώσιμος, που παρόλα αυτά κινδυνεύει τόσο από άποψη ποιότητας, όσο και από άποψη ποσότητας. Το πρόβλημα αυτό έχει προέλθει από την κακή διαχείρισή του από τον άνθρωπο, καθώς και από την αλλαγή της τεχνολογίας και την αύξηση του πληθυσμού της Γης. Η αύξηση για παράδειγμα του πληθυσμού, σε συνδυασμό με λανθασμένη διαχείριση του νερού, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ζήτησης του, που με τη σειρά του θα συντελέσει στη μείωση της διαθεσιμότητάς του. Η αξία και η σημασία του νερού χάνονται, όταν οι «υπηρεσίες» που αυτό προσφέρει μειώνονται. Το πλάνο διαχείρισης του νερού καθώς και η χρήση του θα πρέπει να είναι ελεγχόμενη και δίκαιη προς όλους (Gleick, 1998).

Μεγάλο ποσοστό του νερού βρίσκει εφαρμογή στον κλάδο της Γεωργίας, ενώ σημαντικές ποσότητες αυτού χρησιμοποιούνται τόσο στη Βιομηχανία για παραγωγή προϊόντων, όσο και σε οικιακές χρήσεις από τον άνθρωπο (Βίγκλας κ.α., 2007). Σε κάθε περίπτωση όμως, είναι αναγκαίο να καθορίζονται οι ανάγκες σε νερό, η απαιτούμενη ποσότητα για ορθολογική χρήση και οι τοπικές συνθήκες που επιβάλουν αυτές τις ανάγκες (Ψιλοβίκος, 2005). Στην Εικόνα 1 απεικονίζονται τα ποσοστά χρήσης του νερού.



Εικόνα 1: Κυριότερες χρήσεις του νερού από τον άνθρωπο (προσαρμοσμένη από Βίγκλας 2007)

1.2 Το νερό στη Γη

Το νερό πάνω στη γη βρίσκεται παντού και η ποσότητά του δεν είναι επακριβώς προσδιορισμένη και δεν μπορεί να εκτιμηθεί, διότι συνεχώς βρίσκεται σε κίνηση, συμμετέχοντας έτσι στον υδρολογικό κύκλο (Εικόνα 2). Έχει διαπιστωθεί ότι περίπου το 95% του νερού «ανήκει» στους ωκεανούς και στις θάλασσες, το 4% είναι συσσωρευμένο σε πάγους, ενώ το υπόλοιπο 1% βρίσκεται στα γλυκά νερά.

Γενικότερα, οι κατηγορίες του νερού στη φύση είναι (Στουρνάρας, 2007):

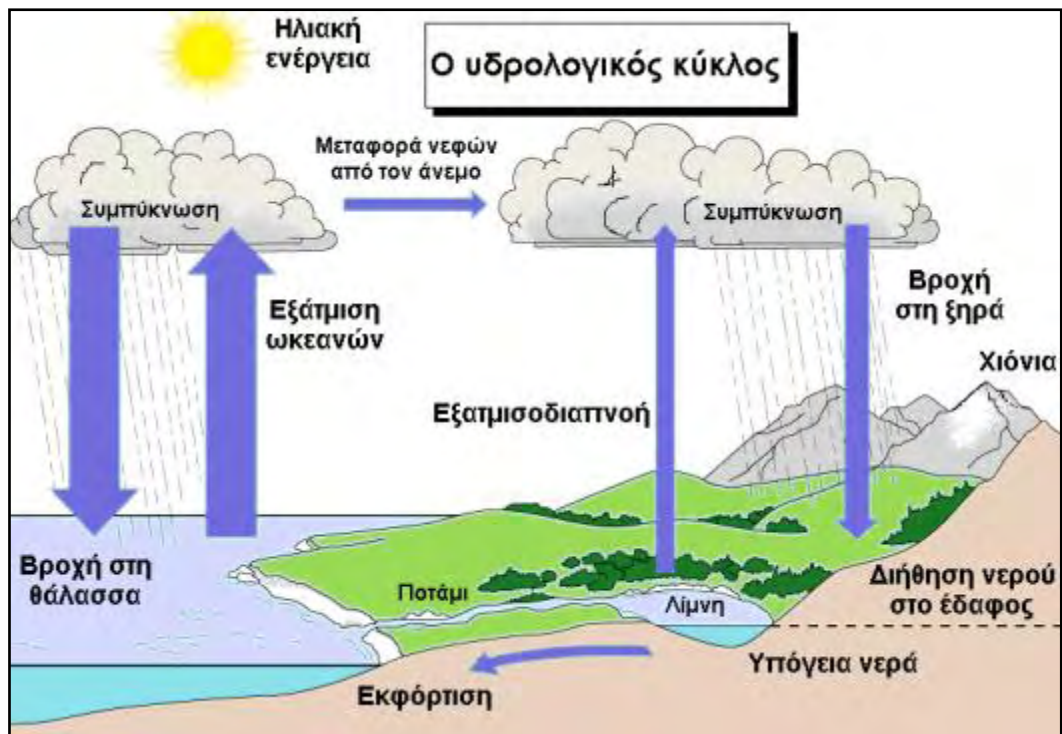
- Το ατμοσφαιρικό ή μετεωρικό νερό, το οποίο προέρχεται από κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι, υγρασία, χαλάζι)
- Το επιφανειακό νερό που αντιπροσωπεύει ένα μέρος του νερού των υδρογραφικών δικτύων και ένα μέρος του νερού των λιμνών και θαλασσών
- Το υπόγειο νερό

Πίνακας 1: Τα Ύδατα στη Βιόσφαιρα (προσαρμοσμένο από Wetzel, 2006)

	Όγκος (χιλιάρδες km ³)	Ποσοστό % του συνόλου	Χρόνος ανανέωσης
Ωκεανοί	1.370.000	97,61	3.100 έτη
Πολικός πάγος, παγετόνες	29.000	2,08	16.000 έτη
Υπόγεια ύδατα	4067	0,295	300 έτη
Λίμνες γλυκών υδάτων	126	0,009	1-100 έτη
Λίμνες αλμυρών υδάτων	104	0,008	10-1.000 έτη
Εδαφική και υπεδαφική υγρασία	67	0,005	280 ημέρες
Ποταμοί	1,2	0,00009	12-20 ημέρες
Ατμοσφαιρικοί υδρατμοί	14	0,0009	9 ημέρες

1.3 Υδρολογικός κύκλος

Το ποσό του νερού που διακινείται ετησίως στην ατμόσφαιρα, μέσω της εξατμησης και της διαπνοής είναι περίπου 500.000 km³. Ο υδρολογικός κύκλος περιγράφει τη συνεχή κίνηση του νερού μεταξύ των ωκεανών, της ατμόσφαιρας και της ξηράς, η οποία συνοδεύεται από αλλαγές στη φάση του νερού (υγρή, στερεά, αέρια) (Μιμίκου & Μπαλτάς, 2006). Σε μια σύντομη περιγραφή, το νερό που περιλαμβάνουν οι ωκεανοί και τα εσωτερικά ύδατα εξατμίζεται προς την ατμόσφαιρα. Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες προκαλούν συμπύκνωση στους υδρατμούς, μετατρέποντάς τους σε υγρή ή στερεά κατάσταση και επιστρέφουν στη Γη με τη μορφή κατακρημνισμάτων (βροχή, χιόνι, χαλάζι). Το νερό των κατακρημνισμάτων θα επιστρέψει στους τελικούς αποδέκτες δηλαδή τους ωκεανούς, τα εσωτερικά και τα υπόγεια νερά.



Εικόνα 2: Απεικόνιση Υδρολογικού Κύκλου (Νταρακάς, 2010)

1.4 Ρύπανση Επιφανειακών Υδάτων

Τις τελευταίες δεκαετίες τα υδατικά συστήματα παρουσιάζουν μεταβολή στην φυσικοχημική τους ποιότητα, λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης και της βιομηχανικής ανάπτυξης. Η χρήση της Γης από τον άνθρωπο, καθώς επίσης και οι αλλαγές στη χρήση της Γης από τον ίδιο, σε συνδυασμό με την αστικοποίηση και της ανάπτυξη του κλάδου της Γεωργίας και της Κτηνοτροφίας, έχουν ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας και της ποσότητας της απορροής ενός υδατικού συστήματος (Ngoye & Machiwa, 2004). Οι επιφανειακοί υδατικοί πόροι δέχονται μεγάλες ποσότητες ρύπων από τον άνθρωπο, γεγονός που έχει οδηγήσει στην ποιοτική τους υποβάθμιση. Το νερό των ποτάμιων οικοσυστημάτων αποτελεί τη βασική πηγή άρδευσης μιας περιοχής και είναι σημαντικό να διατηρείται σε καλή κατάσταση η ποιότητα των υδάτων τους. Τα βιομηχανικά απόβλητα και τα αστικά

λύματα τα οποία πολλές φορές διοχετεύονται στα νερά αυτά έχουν καταστήσει τα ποτάμια οικοσυστήματα «ευαίσθητα» στη ρύπανση (Singh et al. 2005).

Για τον έλεγχο της ρύπανσης των ποτάμιων οικοσυστημάτων, οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για να οριστεί η ποσοτική κατάσταση των λυμάτων είναι (Σέντας, 2007):

- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

1.4.1 Πηγές Ρύπανσης Υδάτων

Οι πηγές ρύπανσης των υδατικών συστημάτων ανάλογα με τον τρόπο που παροχετεύουν τα απόβλητά τους στους αποδέκτες διακρίνονται σε (Αντωνόπουλος, 2003) :

- Σημειακές Πηγές, όπου τα απόβλητα παροχετεύονται στον αποδέκτη από τις εξόδους των υπονόμων και γενικά συγκεντρώνονται σε ένα σημείο,
- Μη Σημειακές Πηγές, όπου οι ρύποι είναι διάσπαρτοι πάνω στη Γη και μεταφέρονται με την επιφανειακή απορροή, καθώς επίσης και με την κίνηση του υπόγειου νερού.

Στις Σημειακές Πηγές ρύπανσης περιλαμβάνονται τα βιομηχανικά λύματα και τα απόβλητα από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, ενώ στις Μη Σημειακές Πηγές ρύπανσης περιλαμβάνονται τα λύματα από γεωργικές δραστηριότητες και από γεωχημικούς παράγοντες (Rao & Mamatha, 2004).

Μία άλλη διάκριση των πηγών ρύπανσης είναι αυτή που πραγματοποιείται ανάλογα με την προέλευσή τους. Έτσι διαχωρίζονται σε (Αντωνόπουλος, 2003):

- **Αστικές Πηγές:** Αποτελούν τις κυριότερες πηγές ρύπανσης των υδατικών οικοσυστημάτων και περιλαμβάνουν αστικά λύματα που φτάνουν στα οικοσυστήματα αυτά μέσω των υπονόμων και μέσω της επιφανειακής απορροής. Τα αστικά λύματα αποτελούνται από 99,9 % νερό και 0,1% στερεά.
- **Βιομηχανικές Πηγές:** Οι βιομηχανίες, με τις διάφορες δραστηριότητες τους, διοχετεύουν απόβλητα προς τα επιφανειακά νερά, τα οποία προέρχονται από λύματα της υγιεινής από τις δραστηριότητες υγιεινής των εργαζομένων (πχ: πλύσιμο, πόση), από λύματα του νερού ψύξης, το οποίο συνήθως είναι ρυπασμένο με άλατα. Επιπλέον, προέρχονται από λύματα της παραγωγικής διαδικασίας και λύματα της επιφανειακής απορροής των χώρων της βιομηχανίας. Ωστόσο, τα απόβλητα των βιομηχανιών είναι εύκολο να ελεγχθούν και να υποστούν επεξεργασία καθαρισμού.
- **Γεωργικές Πηγές:** Τα φυτοφάρμακα και τα χημικά λιπάσματα αποτελούν τις κυριότερες πηγές ρύπανσης που προέρχονται από τον κλάδο της Γεωργίας. Είναι εύκολο να καταλήξουν σε υδατικά οικοσυστήματα, διότι παρασύρονται από τα απορρέοντα νερά, ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις κατά τις οποίες η διάβρωση του εδάφους διευκολύνει την είσοδό τους στα οικοσυστήματα αυτά.
- **Φυσικές Πηγές:** Η ρύπανση από φυσικές πηγές προκαλείται από τα απορρέοντα νερά των βροχών, τη διαρροή του υπόγειου νερού, καθώς επίσης και από την υδρόβια ζωή των ποταμών. Επιπλέον, τα διάφορα φερτά υλικά τα οποία μεταφέρονται στα υδατικά οικοσυστήματα μέσω των απορροών αποτελούν μία ακόμη φυσική πηγή ρύπανσης.

1.5 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση της ποιότητας των υδάτων του χειμάρρου Κραυσίδωνα με μέτρηση ορισμένων φυσικοχημικών παραμέτρων. Οι παράμετροι αυτοί είναι: α) διαλυμένο οξυγόνο, β) αγωγιμότητα, γ) pH, δ) θερμοκρασία νερού.

Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια του εξαμήνου από τέλη Ιανουαρίου μέχρι αρχές Ιουνίου του έτους 2011, έτσι ώστε στα πλαίσια της διατριβής να υπάρχει καταγεγραμμένη η διακύμανση των παραμέτρων για μισό περίπου έτος. Η καταγραφή έγινε σε τρεις θέσεις. Οι δύο στην ημιορεινή περιοχή και η μία στα όρια της ημιορεινής και πεδινής περιοχής, πριν τα όρια της αστικής λεκάνης απορροής. Έτσι, εξασφαλίστηκε στα πλαίσια των δυνατοτήτων της διατριβής, η παρατήρηση και ο έλεγχος των πηγών ρύπανσης και η ερμηνεία τους στα τρία αυτά σημεία.

Ανάμεσα στα προσδοκώμενα αποτελέσματα της εργασίας είναι και η ανάδειξη και θέσπιση ορισμένων διαχειριστικών μέτρων και προτάσεων για την επίτευξη όσο το δυνατόν καλύτερης ποιότητας υδάτων.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Ποιότητα νερού

Υπάρχει ορισμός για τον προσδιορισμό της Ποιότητας του νερού;

“Ο όρος ποιότητα νερού δεν συνιστά από μόνος του μια συγκεκριμένη αξία διότι υπόκειται εννοιολογικά και πρακτικά σε συνεχείς μεταβολές και συνεπώς πρέπει να θεωρείται και να μελετάται σε σχέση με τα οικολογικά συστήματα και τις διαφορετικές χρήσεις νερού” (Αντωνόπουλος, 2003). Η ποιότητα του νερού αποτελεί μία «αυθαίρετη» έννοια και δεν υπάρχει συγκεκριμένος ορισμός για τον προσδιορισμό της. Είναι μία έννοια η οποία εξαρτάται από την υποκειμενική ανάλυση των απαιτήσεων των διαφορετικών χρήσεων του νερού (Σέντας, 2007).

Οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις και τα διάφορα φυσικά φαινόμενα, όπως η διάβρωση του εδάφους και η αποσάθρωση, είναι μεταξύ των παραγόντων που υποβαθμίζουν την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων. Επιπλέον, η αστικοποίηση συντέλεσε στην αλλαγή των υδρολογικών συνθηκών των υδατικών οικοσυστημάτων με αποτέλεσμα την ποιοτική αλλοίωση των επιφανειακών υδάτων (Davis et al., 2003). Για την διασφάλιση της ποιότητας είναι αναγκαίο να πραγματοποιείται συχνή λήψη δειγμάτων νερού και εξέταση αυτών, καθώς επίσης και συχνές μετρήσεις των φυσικοχημικών του παραμέτρων, διαδικασία με την οποία θα ελέγχεται συστηματικά η ποιότητα του νερού (monitoring) (Simeonov et al., 2003).

2.1.1 Φυσικοχημικοί παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα νερού

Η ποιότητα του νερού περιγράφεται και αξιολογείται από μία σειρά φυσικών και χημικών παραμέτρων. Ο αριθμός των παραμέτρων δεν είναι σταθερός, αλλά εξαρτάται από τη χρήση του νερού και μεταβάλλεται με το χρόνο. Από τη χρήση του

νερού επίσης εξαρτώνται και οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων. Ανάμεσα στις φυσικές παραμέτρους συμπεριλαμβάνονται το χρώμα, η οσμή, η γεύση και η θερμοκρασία, ενώ στις χημικές το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα και το διαλυμένο οξυγόνο.

Χρώμα

Τα χρώμα του νερού δεν συνδέεται αποκλειστικά με την τοξικότητα ή την παθογόνο μόλυνση των νερών. Κύριοι παράγοντες στους οποίους οφείλεται το «έντονο χρώμα» του νερού ενός υδατικού οικοσυστήματος είναι μέταλλα τα οποία μπορεί να υπάρχουν στο νερό, όπως το σίδηρο, το μαγγάνιο, ενώ επίσης σημαντικό ρόλο στο χρώμα διαδραματίζει η ύπαρξη τύρφης, πλαγκτόν, χωματιδίων, τα οποία μεταφέρονται με τη ροή του νερού και αιωρούμενων σωματιδίων τα οποία συντελούν στην αύξηση της θολότητας του νερού (De Zuane, 1997).

Γεύση και οσμή

Τα διαλυμένα άλατα που βρίσκονται στο νερό (TDS), καθώς και η παρουσία συγκεκριμένων μετάλλων όπως ο σίδηρος, ο χαλκός, το μαγγάνιο και ο ψευδάργυρος προκαλούν προβλήματα γεύσης. Το χλωριούχο μαγνήσιο είναι ένα από τα άλατα το οποίο προκαλεί μεγαλύτερα προβλήματα στη γεύση. Από την άλλη πλευρά, η αποικοδόμηση φυτικών υλικών και τα προϊόντα μεταβολισμού των μικροοργανισμών, όπως τα νηματοειδή βακτήρια και οι ακτινομύκητες προκαλούν δυσάρεστες οσμές στα επιφανειακά νερά. Επιπλέον, αρκετά δύσοσμα συστατικά τα οποία βρίσκονται στο νερό είναι η γεωσμίνη και η μεθυλοϊσοβορνεόλη (MIB), τα οποία είναι υπεύθυνα για την οσμή μούχλας (Μήτρακας, 2001).

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι μια σημαντική παράμετρος η οποία επηρεάζει τη ζωή των υδρόβιων οργανισμών και αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για τον προσδιορισμό της ποιότητας του νερού. Επηρεάζεται ιδιαίτερα από την αστικοποίηση και από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και τη χρήση της Γης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας των επιφανειακών νερών την περίοδο του καλοκαιριού κατά 5 έως 8 °C (Le Blanc et al., 1996). Η διακύμανση της θερμοκρασίας των φυσικών νερών βρίσκεται μεταξύ 4 έως 5 °C, ενώ σπάνια η θερμοκρασία πέφτει κάτω των 4 °C.

pH

Το pH είναι ένας επίσης σημαντικός παράγοντας κατά την διερεύνηση των υδάτων. Εκφράζει την συγκέντρωση κατιόντων υδρογόνου ενός δείγματος και φανερώνει 'πόσο' όξινο ή αλκαλικό είναι ένα διάλυμα ή τον βαθμό του ιονισμού του διαλύματος (Πανταζής, 2011). Η τιμή του σε επιφανειακά νερά τα οποία δεν είναι ρυπασμένα είναι συνήθως κοντά στο 7, δηλαδή παρουσιάζουν ουδέτερο pH. Σε αρκετές αντίστοιχες περιπτώσεις, το pH ξεπερνάει ελαφρώς την τιμή αυτή και χαρακτηρίζεται αλκαλικό (Jonnalagadda & Mhere, 2001). Το εύρος των επιθυμητών τιμών του pH είναι 6,5 – 8,5 (Sudhakar & Mamatha, 2004).

Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα εκφράζει τον αριθμό των ηλεκτρικών φορτίων ενός υδατικού διαλύματος (Ζαννάκη, 2001). Με άλλα λόγια είναι η ικανότητα του υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Σύμφωνα με τον J. De Zuane (1997), τιμές μεταξύ 50 και 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ παρατηρούνται συνήθως στο πόσιμο νερό.

Γενικότερα, οι υψηλές τιμές αγωγιμότητας σε ένα ποτάμιο οικοσύστημα φανερώνουν την ύπαρξη ρύπανσης στα νερά του (Suthar et al., 2010), ενώ τιμές οι οποίες ξεπερνούν τα 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ είναι ικανές να προκαλέσουν προβλήματα αλατότητας στο έδαφος και τιμές άνω των 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ καταστύβουν το νερό ακατάλληλο για άρδευση (Σέντας, 2007).

Διαλυμένο Οξυγόνο

Το διαλυμένο οξυγόνο είναι μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους και αποτελεί δείκτη της κατάστασης και της βιωσιμότητας ενός υδάτινου οικοσυστήματος (Νταράκας, 2010). Η ποσότητά του στο νερό οφείλεται κυρίως στη θερμοκρασία και στην πίεση (De Zuane, 1997). Η ηλιοφάνεια, ο κυματισμός, τα ρεύματα, η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα και οργανικές ουσίες καθώς και η παρουσία μικροοργανισμών στο νερό αποτελούν επιπλέον παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητά του (Πανταζής, 2011). Χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου ευνοούν τις διεργασίες αναερόβιας αποσύνθεσης και ευνοείται η απελευθέρωση επικίνδυνων αερίων, όπως μεθάνιο (CH_4) και υδρόθειο (H_2S) (Psilonikos & Sentas, 2009), ενώ παράλληλα ενισχύουν τη δράση παραγόντων οι οποίοι συμβάλουν στην κακή ποιότητα του νερού. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν οργανικές ενώσεις, οι οποίες αποσυντίθενται σε τοξικές, όπως είναι η αμμωνία και τα νιτρώδη (Margoni & Psilonikos, 2010).

Οξυγόνο Κορεσμού

Κάθε υδάτινος αποδέκτης μπορεί να διατηρεί μια μέγιστη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου η οποία καλείται συγκέντρωση κορεσμού. Η τιμή κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την αλατότητα κ.α. Αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί μείωση στη συγκέντρωση του οξυγόνου

κορεσμού, ενώ σε θαλάσσια οικοσυστήματα, στα οποία η αλατότητα είναι μεγαλύτερη σε σχέση με οικοσυστήματα γλυκών νερών, οι συγκεντρώσεις κορεσμού είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις των γλυκών νερών. Ενδεικτικά, για θερμοκρασία νερού κοντά στους 20°C, η τιμή του οξυγόνου κορεσμού είναι περίπου 9 mg/l (Νταράκας, 2010).

2.2 Οδηγία 2000/60

Η Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου αποτελεί σημαντικό θεσμικό πλαίσιο για την προστασία και διαχείριση των υδάτων (Αγγελάκης, 2003). Η κακή διαχείριση των υδάτων, η οποία συντελεί σε προβλήματα έλλειψης επάρκειας νερού, καθώς και η περιβαλλοντική υποβάθμιση, ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες βρίσκει τρόπο αντιμετώπισης μέσω της Οδηγίας - Πλαισίου. Αποτελεί ολοκληρωμένη επιστημονική προσέγγιση στην προστασία των υδατικών πόρων και βασίζεται σε τρεις βασικούς άξονες (Ψιλοβίκος, 2002):

- 1) Διαχείριση ανά λεκάνη ή ομάδα λεκανών απορροής
- 2) Ενιαία θεώρηση όλων των τύπων υδατικών συστημάτων
- 3) Σχεδιασμός και υλοποίηση προγραμμάτων διαχείρισης

Η Οδηγία 2000/60 που αποτελεί πλαίσιο κοινοτικής δράσης στην πολιτική των υδάτων, αφορά όλους τους υδατικούς πόρους, επιφανειακούς, υπόγειους, παράκτιους, μεταβατικούς. Οι αντικειμενικοί στόχοι που θέτει η Οδηγία είναι (Γιαννόπουλος & Γιαννοπούλου, 2011):

- Η ενίσχυση της προστασίας και η βελτίωση του υδατικού περιβάλλοντος

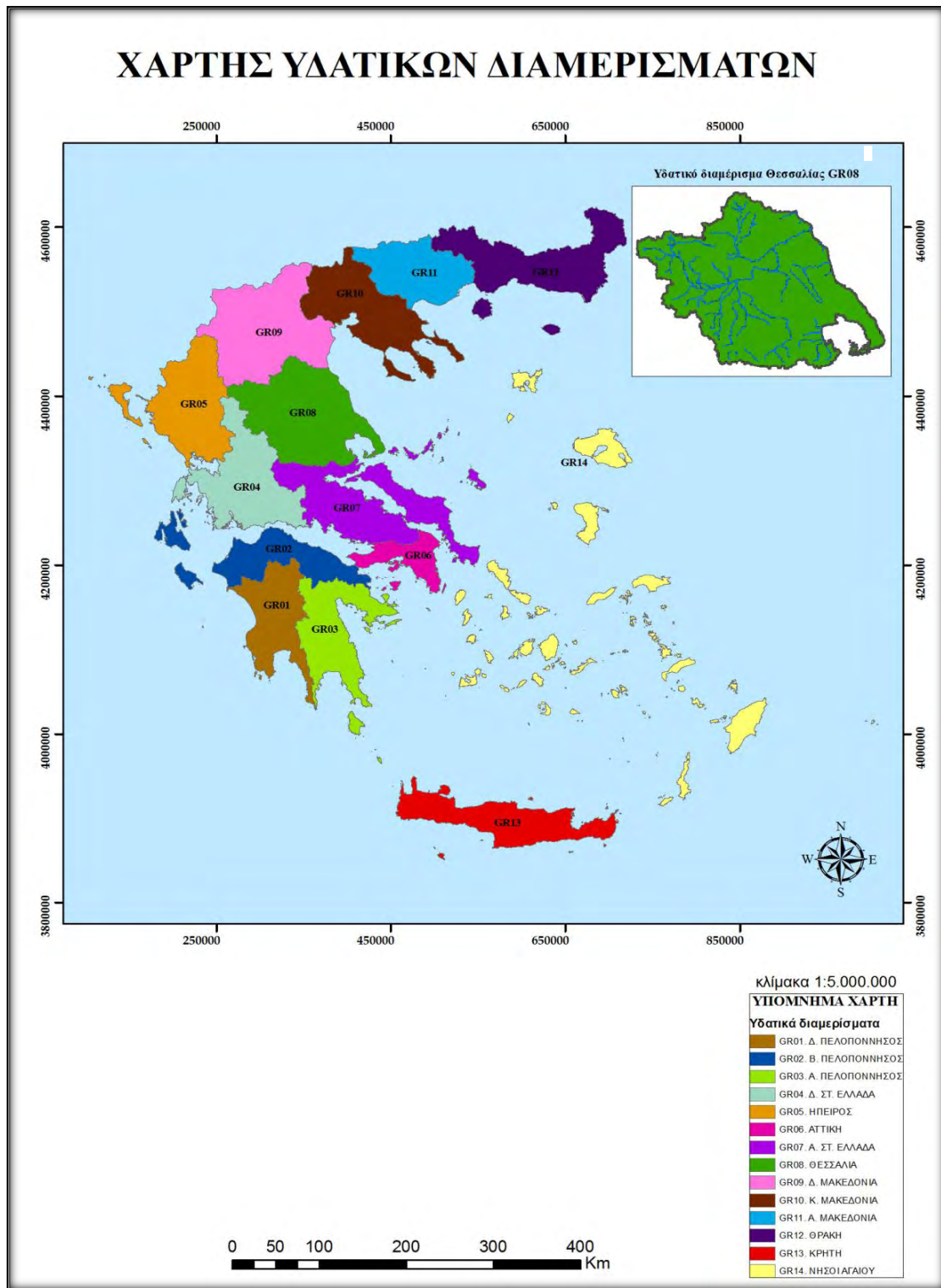
- Η εξασφάλιση επαρκούς παροχής με νερό καλής ποιότητας για τη βιώσιμη, ισόρροπη και δίκαιη χρήση αυτού
- Ο μετριασμός των επιπτώσεων από τις πλημμύρες και τις ξηρασίες
- Η συμβολή στον έλεγχο των διασυνοριακών προβλημάτων νερού

Απώτερος σκοπός της Οδηγίας Πλαισίου είναι να αποτραπεί η περαιτέρω επιδείνωση, να προστατευτεί και να βελτιωθεί η κατάσταση των υδατικών οικοσυστημάτων καθώς και των άμεσα εξαρτημένων από αυτά χερσαίων οικοσυστημάτων και υγροτόπων. Επιπλέον, να προωθηθεί η βιώσιμη χρήση των υδατικών πόρων σε μια βάση μακροπρόθεσμης προστασίας τους και η εκπλήρωση των υποχρεώσεων της Κοινότητας που απορρέουν από Διεθνείς Συμβάσεις για την προστασία και τη διαχείριση των χερσαίων και των παράκτιων οικοσυστημάτων και υγροτόπων.

2.2.1 Εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60 στη Θεσσαλία (ΥΠΕΚΑ, 2009)

Η Οδηγία 2000/60 αποτελεί μια πολύπλοκη και απαιτητική διαδικασία πολλών σταδίων, η οποία με την οργανωμένη συμμετοχή και δράση όλων των εμπλεκόμενων φορέων μέσα από ένα μακροχρόνιο σχεδιασμό, αποσκοπεί στην ποιοτική βελτίωση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Ο σχεδιασμός αυτός *προσδιορίζεται χωρικά από την Οδηγία/Πλαίσιο με βάση τα υδρολογικά χαρακτηριστικά των επιφανειακών νερών που οριοθετούν την Περιοχή Λεκανών Απορροής Ποταμού.*

Στην Ελλάδα έχουν καθοριστεί 14 υδατικά διαμερίσματα, καθένα από τα οποία αποτελεί μια Περιοχή Λεκανών Απορροής Ποταμού για τους σκοπούς της Οδηγίας, ενώ κάθε υδατικό διαμέρισμα αποτελείται από επιμέρους λεκάνες απορροές, οι οποίες ανέρχονται περίπου σε 46 στο σύνολο της χώρας.



Εικόνα 3: Υδατικά διαμερίσματα Ελλάδας

Η Θεσσαλία, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3, είναι το 8^ο υδατικό διαμέρισμα (GR08).

Η κύρια υδρολογική λεκάνη της Θεσσαλίας είναι η λεκάνη του Πηνειού, έκτασης περίπου 9500 km². Οι ποταμοί Ενιπέας, Φαρσαλιώτης, Σοφαδίτης και Καλέτζης αποτελούν σημαντικούς παραποτάμους του Πηνειού προς τα Νότια, ενώ προς τα Βόρεια οι ποταμοί Λιθαίος, Νεοχωρίτης και Τιταρήσιος. Στην Περιφέρεια της Θεσσαλίας βρίσκεται και η κλειστή λεκάνη της λίμνης Κάρλας.

Στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας έχουν διακριθεί συνολικά 82 επιφανειακά υδατικά σώματα από τα οποία:

- 72 Ποτάμια Υδατικά Σώματα με το συνολικό τους μήκος να ανέρχεται στα 1.388 km, εκ των οποίων 4 έχουν προσδιοριστεί ως *Ιδιαίτερα Τροποποιημένα υδατικά σώματα* και 4 ως *Τεχνητά υδατικά σώματα*,
- 3 λιμναία Υδατικά Σώματα με συνολική επιφάνεια 45,3 km², εκ των οποίων και τα 3 έχουν προσδιοριστεί ως *Ιδιαίτερα Τροποποιημένα υδατικά σώματα*,
- 7 παράκτια Υδατικά Σώματα με συνολική επιφάνεια 938,8 km², εκ των οποίων 1 έχει προσδιοριστεί ως *Ιδιαίτερα Τροποποιημένο υδατικό σώμα* και
- κανένα μεταβατικό Υδατικό Σώμα.

Έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχουν μία σειρά από επιφανειακά ύδατα τα οποία δεν θα καταφέρουν να ικανοποιήσουν τους στόχους της Οδηγίας 2000/60, η οποία, μεταξύ άλλων, προβλέπει την βελτιστοποίηση της ποιοτικής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων. Αυτό συμβαίνει διότι τόσο η οικολογική, όσο και η χημική τους κατάσταση είναι κατώτερη της καλής και δεν είναι βέβαιο ότι τα μέτρα που σκοπεύουν να εφαρμοστούν μπορούν να δώσουν αποτέλεσμα σε διάστημα 3 ετών, μέχρι δηλαδή το 2015. Πρόκειται για 53 υδατικά σώματα (περίπου 64% των συνολικών επιφανειακών

υδάτων του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας). Επιπλέον, για ορισμένα υδατικά σώματα δεν έχει προσδιοριστεί η οικολογική και η χημική τους κατάσταση. Για αυτό το λόγο, η Οδηγία προβλέπει την παράταση της προθεσμίας, ώστε η οικολογική και η χημική κατάσταση των υδατικών συστημάτων να είναι καλή.

Παρόλα αυτά μακροπρόθεσμα μπορεί να επιτευχθεί ο στόχος της καλής ποιότητας επιφανειακών (και υπόγειων) υδατικών συστημάτων/σωμάτων, ενώ παράλληλα, παρά την προσωρινή υποβάθμιση των υδατικών οικοσυστημάτων, δεν προτείνονται εξαιρέσεις από τους περιβαλλοντικούς στόχους της Οδηγίας.

Η υλοποίηση του Σχεδίου Διαχείρισης του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας σχετίζεται και με πολλούς άλλους στόχους Ευρωπαϊκών και Εθνικών Στρατηγικών, όπως Στρατηγικές για το περιβάλλον και την αειφόρο ανάπτυξη, την απερίμωση, την προστασία του εδάφους, το περιβάλλον και την υγεία, το θαλάσσιο περιβάλλον, καθώς και με πλήθος άλλων Οδηγιών άμεσα σχετιζόμενων με το Σχέδιο.

Πιο συγκεκριμένα, στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας υπάρχουν προβλήματα τόσο όσον αφορά την ποιότητα των υδάτων και του πόσιμου νερού γενικότερα, όσο και την επάρκεια αυτού. Τα βασικά προβλήματα εντοπίζονται σε: α) τεχνητά, οργανωτικά και οικονομικά προβλήματα, β) προβλήματα επάρκειας των υδατικών πόρων, γ) ποιοτικά προβλήματα λόγω χημικής επιβάρυνσης των υπόγειων υδροφορέων, δ) ποιοτική περιστασιακή επιβάρυνση των υπόγειων υδροφορέων λόγω ρύπανσης.

Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της έλλειψης κυρίως νερού, εδώ και αρκετά χρόνια έχει τεθεί υπό συζήτηση η μεταφορά νερού από τον ποταμό Αχελώο προς της Θεσσαλία.

Σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην προστασία των υδροτοπικών οικοσυστημάτων μέσω του προγράμματος μέτρων ειδικά όταν αυτά εντάσσονται χωρικά ή λειτουργικά σε προστατευόμενη περιοχή που έχει ενταχθεί στο σχετικό μητρώο της Οδηγίας. Στα πλαίσια του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας, παράδειγμα αποτελεί η τεχνητή λίμνη της Κάρλας, η οποία είναι προστατευόμενη περιοχή του δικτύου NATURA.

Ένα ακόμη σημαντικό θέμα που θέτει η Οδηγία 2000/60 είναι η κοστολόγηση των υπηρεσιών ύδατος. Το άρθρο 9.1 της Οδηγίας αναφέρεται στην ανάκτηση του κόστους των υπηρεσιών νερού και διευκρινίζει τις συνιστώσες του κόστους που θα πρέπει να συνυπολογίζονται στο συνολικό κόστος. Στην κοστολόγηση λοιπόν, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη 3 είδη κόστους: α) χρηματοοικονομικό κόστος, β) κόστος πόρου και γ) περιβαλλοντικό κόστος. Στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας το συνολικό κόστος για το διυλισμένο νερό ύδρευσης ανέρχεται στα 1,753 €/m³. Η μέση ανάκτηση αυτού του κόστους ανέρχεται σε 88,5%.

Μεγάλο μέρος των επιφανειακών αλλά και υπόγειων υδατικών σωμάτων βρίσκονται σε «καθεστώς υπερεκμετάλλευσης». Όσον αφορά τα επιφανειακά ύδατα, η πλειοψηφία αυτών βρίσκεται στη δυτική πεδιάδα της Θεσσαλίας. Έχει διαπιστωθεί ότι περισσότερα από τα μισά επιφανειακά υδατικά σώματα εμφανίζουν ποσοτικό πρόβλημα στη διαθεσιμότητα του νερού, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούνιο – Σεπτέμβριο). Επιπλέον, συνεχώς παρατηρείται έντονη εκμετάλλευση των επιφανειακών υδάτων, με αποτέλεσμα τη μη κάλυψη των απαιτήσεων για τη διατήρηση και τη βελτίωση του περιβάλλοντος. Τέλος, η ρύπανση των επιφανειακών υδάτων στη Θεσσαλία που προέρχεται από τις δραστηριότητες που αναπτύσσονται στους νομούς Τρικάλων, Καρδίτσας και Λάρισας, επιβαρύνει όλα τα υδατικά σώματα της λεκάνης απορροής του Πηνειού.

Τέλος, όσον αφορά την αντιμετώπιση αρκετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων η Οδηγία και το σχέδιο διαχείρισης προβλέπει:

- Κατασκευή υδραυλικών έργων
- Μέτρα αποτελεσματικότητας και επαναχρησιμοποίησης
- Θέσπιση ειδικής ομάδας μέτρων για επίτευξη των στόχων της Οδηγίας στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα της λεκάνης απορροής του Πηνειού

2.3 Η περιοχή μελέτης

2.3.1 Γεωγραφικά και χωροταξικά στοιχεία

Ο χείμαρρος Κραυσίδωνας τροφοδοτείται από μια μικρή λεκάνη της ευρύτερης περιοχής του Πηλίου, και διερχόμενος μέσα από το πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου εκβάλλει στον Παγασητικό Κόλπο. Η λεκάνη αυτή οριοθετείται δυτικά από το Σαρακηνό και τη ρεματιά που τον χωρίζει από τη Μακρυνίτσα και ανατολικά από τη ρεματιά που χωρίζει την Πορταριά από το Κατηχώρι. Στο ενδιάμεσο μπορεί να συναντήσει κανείς τις ρεματιές της Μπράνης, το Μέγα Ρέμα και της Μάνας. Οι πηγές της Μάνας, των Σταγιατών, της Μπράνης, της Γερακιάς και της Κουκουράβας είναι μεταξύ αυτών που τροφοδοτούν τον Κραυσίδα (Pischools, 2000).

Η λεκάνη απορροής του Κραυσίδα χωρίζεται σε επτά επιμέρους μικρότερες λεκάνες, οι οποίες εκτείνονται στην πόλη του Βόλου, στη Νέα Ιωνία, στη Μακρυνίτσα, στην Πορταριά και στον Ιωλκό. Στην αστική ζώνη κατάντη της περιφερειακής οδού διαμορφώνονται δύο ακόμη υπολεκάνες, τα νερά των οποίων όμως δεν τροφοδοτούν τον χείμαρρο και καταλήγουν στη θάλασσα (Πανταζής, 2011).

Η περιοχή μελέτης περιβάλλεται στο βόρειο τμήμα από την ευρύτερη περιοχή του Πηλίου και στα νότια από τον Παγασητικό κόλπο. Εκτός του Κραυσίδωνα, τα ρέματα του Ξηριά και του Αναύρου διέρχονται κοντά στην περιοχή όπου πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες (Antoniou & Tsiambaos, 2010).

2.3.2 Γεωλογικά και εδαφολογικά στοιχεία

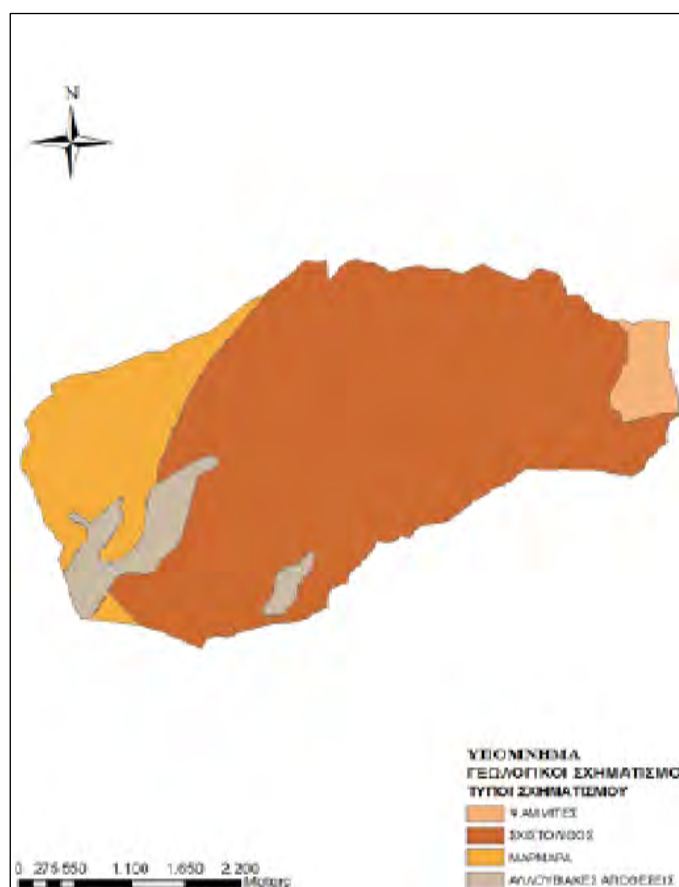
Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής μελέτης ανήκει στην Πελαγονική Γεωτεκτονική Ζώνη. Οι πετρολογικοί σχηματισμοί από τους οποίους αποτελείται είναι κυρίως (Antoniou & Tsiambaos, 2010):

- Σχιστολιθικός σχηματισμός (G): περιλαμβάνει τους σχιστόλιθους
- Ασβεστολιθικός σχηματισμός (K): περιλαμβάνει τους ασβεστόλιθους τα μάρμαρα και τους κερατόλιθους
- Νεογενής σχηματισμός (S): περιλαμβάνει άμμους, αργίλους, ψαμμίτες κτλ.
- Προσχωσιγενής σχηματισμός (A): περιλαμβάνει τα καλλιεργούμενα εδάφη τα οποία εμφανίζουν ήπιας μορφής χειμαρρικά φαινόμενα
- Φλυσχικός σχηματισμός (F): περιλαμβάνει τον φλύσχη και εμφανίζει διαβρώσεις και ολισθήσεις

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται αναλυτικά οι γεωλογικοί σχηματισμοί του χειμάρρου Κραυσίδωνα.

Πίνακας 2: Παρουσίαση γεωλογικών σχηματισμών του χειμάρρου Κραυσίδανα (προσαρμοσμένο από Καραδήμος, 2010)

Α/Α	ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (Κm ²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ
1	ΨΑΜΜΙΤΕΣ	0,54	3,74%
2	ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ	12,73	88,53%
3	ΜΑΡΜΑΡΑ	0,08	0,55%
4	ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ	1,03	7,19%



Εικόνα 4: Χάρτης γεωλογικών σχηματισμών του χειμάρρου Κραυσίδανα (Καραδήμος, 2010)

Όσον αφορά το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης, χαρακτηρίζεται έντονο, γεγονός που ευνοεί την ταχύτατη επιφανειακή απορροή των υδάτων και τη δημιουργία έντονων πλημμυρικών φαινομένων, με εντονότερα αυτά του Οκτωβρίου 2006 (Φασούλα, 2007) και του Δεκεμβρίου 2009 (Καραδήμος, 2010).

2.3.3 Κλιματολογικά στοιχεία

Το κλίμα της περιοχής μελέτης και γενικότερα της πόλης του Βόλου και της ευρύτερης περιοχής χαρακτηρίζεται ως εύκρατο. Ο χειμώνας μπορεί να χαρακτηριστεί ψυχρός και βροχερός και το καλοκαίρι θερμό και με υψηλές τιμές υγρασίας, ενώ το φθινόπωρο ήπιο και βροχερό και η άνοιξη ψυχρή τους πρώτους μήνες. Οι μεταβολές και οι διακυμάνσεις των θερμοκρασιών μεταξύ των εποχών (κυρίως μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού) και μεταξύ της ημέρας και της νύχτας, επηρεάζονται από την θάλασσα. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι περίπου 16,2°C. Ψυχρότερος μήνας μπορεί να θεωρηθεί ο Ιανουάριος με μέση θερμοκρασία 6,6°C και θερμότερος ο Ιούλιος με μέση θερμοκρασία τους 31°C (Πανταζής, 2011).

Όσον αφορά τις ορεινές περιοχές και συγκεκριμένα τις περιοχές κοντά στη Μακρυνίτσα και την Πορταριά κατά τη διάρκεια του χειμώνα επικρατούν έντονες βροχοπτώσεις αλλά και χιονοπτώσεις. Υπολογίζεται ότι το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ανέρχεται στα 600 – 1200 mm. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται το ύψος βροχόπτωσης (mm) από το 1999 – 2009, σύμφωνα με τους μετεωρολογικούς σταθμούς της πόλης του Βόλου.

Πίνακας 3: Ύψος βροχόπτωσης (mm) κατά τη δεκαετία 1999-2009 από το μετεωρολογικό σταθμό του Βόλου (προσαρμοσμένο από Πανταζής, 2011)

ΜΗΝΑΣ	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Μ.Ο.
ΙΑΝ.	24,1	31,5	81,1	18,5	120	72,6	105	133	7,3	5,6	81,3	61,818
ΦΕΒ.	43,5	32,3	16,3	10,6	74,3	30,2	59	27,1	31,2	42	30,6	36,1
ΜΑΡΤ.	64,2	30,9	11,1	106	33,2	29,8	24,2	63	23,6	18,2	37,2	40,127
ΑΠΡ.	17,2	5,2	95,6	58,4	31,7	33,7	54,3	28,9	6,6	48,6	15,2	35,945
ΜΑΙ.	4,6	24,4	59,1	9,7	36,9	39,8	31,5	31	50,5	10,2	19,7	28,855
ΙΟΥΝ.	3,4	2,9	1,5	16	14,6	62	10,2	58,4	28,2	14,1	15,5	20,618
ΙΟΥΛ.	17,5	4,2	29,6	56,4	29,3	0,8	0,4	29,7	0	25,4	11	18,573
ΑΥΓ.	6,4	0	23,7	19,6	4,4	5	12,2	0,9	8,2	78,4	10	15,345
ΣΕΠΤ.	42,6	35,5	3,7	96,3	22,6	24,7	44,4	48,1	38	77,1	61,7	44,973
ΟΚΤ.	73,4	47,4	15,3	29	60,8	18,8	42,4	352	41,8	43,3	92,4	74,236
ΝΟΕ.	125	56	120	53,3	20,3	16,6	74,9	37,2	114	38,1	30,8	62,382
ΔΕΚ.	72,6	10,2	269	114	136	48,3	37,1	13,1	33,7	157	19,7	82,791
ΣΥΝΟΛΟ	494,5	280,5	726	587,8	584,1	382,3	495,6	822,4	383,1	558	425,1	521,76

Σύμφωνα με τον πίνακα 3, κατά τη δεκαετία από το 1999 – 2009 η μεγαλύτερη βροχόπτωση παρατηρήθηκε το 2006 με το συνολικό ύψος βροχής να ανέρχεται στα 822,4 mm, ενώ η μικρότερη το 2000 με το συνολικό ύψος βροχής κοντά στα 280 mm. Επιπλέον, ο μήνας Δεκέμβριος είναι αυτός στον οποίο παρατηρείται κατά μέσο όρο μεγαλύτερο ύψος βροχόπτωσης, ενώ αντίθετα ο μήνας Αύγουστος αυτός με το μικρότερο μέσο ύψος βροχόπτωσης την τελευταία δεκαετία.

2.3.4 Χειμαρρικό περιβάλλον

Ως χείμαρρος ορίζεται ένα ποτάμι που τους καλοκαιρινούς μήνες είναι στεγνό. Το χειμαρρικό περιβάλλον μιας λεκάνης απορροής (δυναμική της λεκάνης) καθορίζεται από τη δράση τεσσάρων φυσικών παραγόντων (Κρητικού, 2005):

- Κλίμα

- Γεωλογικό υπόθεμα
- Ανάγλυφο
- Βλάστηση

Το χειμαρρικό περιβάλλον που διαμορφώνεται στη λεκάνη απορροής κάθε χειμαρρικού ρεύματος καθορίζεται από τον συνδυασμό αυτών των παραγόντων. Ανάλογα με το είδος και την ένταση του χειμαρρικού περιβάλλοντος επιταχύνεται ή επιβραδύνεται η εξέλιξη των μορφογενετικών μηχανισμών στις λεκάνες, ενώ καθορίζεται και το είδος, η ένταση και η έκταση των χειμαρρικών φαινομένων. Έτσι, διαμορφώνονται και τα μορφομετρικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά των λεκανών (Φασούλα, 2007).

Τα χειμαρρικά περιβάλλοντα μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορα χωροδιαστήματα, ανάλογα με το απόλυτο υψόμετρο των λεκανών απορροής. Έτσι, προκύπτει (Πανταζής, 2011):

- Χειμαρρικό περιβάλλον I: από 0 έως 1000 μέτρα (ολική επίδραση δάσους)
- Χειμαρρικό περιβάλλον II: από 1001 έως 2000 μέτρα (μερική επίδραση δάσους)
- Χειμαρρικό περιβάλλον III: από 2001 έως 3000 μέτρα (αλπική ζώνη)
- Χειμαρρικό περιβάλλον IV: από 3001 μέτρα και πάνω (μόνιμο χιόνι)

Το απόλυτο υψόμετρο της λεκάνης απορροής του Κραυσίδωνα βρίσκεται μεταξύ 1001 έως 2000 μέτρων, οπότε το χειμαρρικό περιβάλλον του ανήκει στο χωροδιάστημα II.

2.3.5 Χλωρίδα - Πανίδα

Χλωρίδα

Οι διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή μελέτης, συμβάλλουν στην βιοποικιλότητα της χλωρίδας (Λημναίος, 2010). Σύμφωνα με τον Πανταζή (2011), ύστερα από καταγραφή χλωρίδας που πραγματοποιήθηκε στο χειμάρρο Κραυσίδωνα, από την εκβολή του ως τους πρόποδες του Πηλίου καταγράφηκαν 416 αυτοφυή taxa του αθροίσματος των Σπερματόφυτων. Τα μεσογειακά αυτόχθονα taxa κυριαρχούν στη συνολική χλωρίδα.

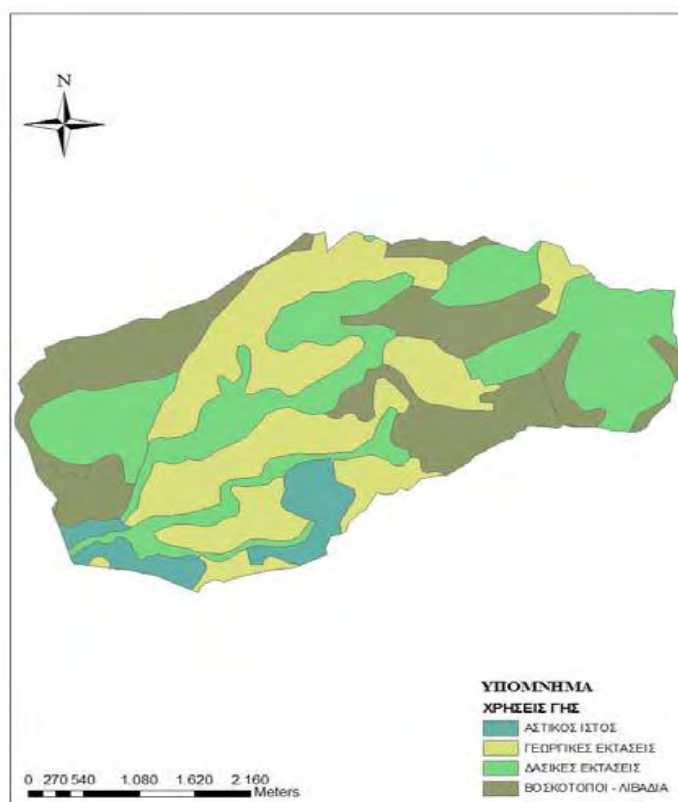
Επιπλέον, στον ορεινό όγκο της λεκάνης επεκτείνεται σε μεγάλη επιφάνεια πυκνό δάσος οξιάς, ενώ επίσης συναντώνται δάση από βελανιδιές καθώς και δέντρα όπως μηλιές, αγλαδιές, καρυδιές, κερασίες κ.α. (Πανταζής, 2011).

Η ευρύτερη περιοχή του Πηλίου στην οποία ανήκει μεγάλο μέρος της περιοχής μελέτης είναι ευρέως διαδεδομένη για την τεράστια ποικιλία σε βότανα που φυτρώνουν. Ορισμένα από αυτά είναι τα είδη κενταύριο, στραμώνιο, κώνειο, μέντα, τίλιο, θυμάρι, ρίγανη, φασκόμηλο, λεβάντα κ.α. (Πανταζής, 2011).

Όσον αφορά την κατανομή των μορφών χρήσεων γης της υδρολογικής λεκάνης του χειμάρρου Κραυσίδωνα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Παρουσίαση έκτασης και κατανομής των μορφών χρήσης γης της υδρολογικής λεκάνης του χειμάρρου Κραυσίδωνα (προσαρμοσμένο από Φασούλα, 2007)

A/A	ΜΟΡΦΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΓΗΣ	ΕΚΤΑΣΗ (Km²)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ
1	ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	5,425	31,84%
2	ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	0	0,00%
3	ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ - ΛΙΒΑΔΙΑ	4,578	26,87%
4	ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	5,991	35,16%
5	ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	1,043	6,12%
6	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ - ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ	0	0%
	ΣΥΝΟΛΟ	17,037	100%



Εικόνα 5: Κατανομές χρήσεις γης της υδρολογικής λεκάνης του Κραυσίδωνα (Καραδήμος, 2010)

Πανίδα

Όσον αφορά την πανίδα της περιοχής μελέτης, υπάρχει μεγάλη ποικιλία πουλιών (ημερόβια και νυχτόβια αρπακτικά) καθώς και θηλαστικών (φυτοφάγα, τρωκτικά και μικρά σαρκοφάγα).

Ανάμεσα στα θηλαστικά που συναντώνται είναι το αγριογούρουνο (*Sus scrofa*), η αλεπού (*Vulpes vulpes*), ο λύκος (*Canis lupus*), το τσακάλι, το κουνάβι, ο σκατζόχοιρος (*Erinaceus concolor*), ο λαγός (*Lepus europeus*), το πετροκουνάβι (*Martes foina*), ο ασβός (*Meles meles*), η νυφίτσα (*Mustela nivalis*), το ζαρκάδι (*Capreolus capreolus*), η νυχτερίδα, ο σκίουρος (*Sciurus vulgaris*) κ.α.

Στο έδαφος συναντώνται φίδια, σαύρες, χελώνες, ενώ επίσης υπάρχουν προστατευόμενα και σπάνια είδη ερπετών, όπως τρία είδη Φρύνου (Κοινός Φρύνος, Χωματόφρυνος, Πρασινόφρυνος), Γραιοχελώνα, Βατράχια, Σαύρες και Φίδια (Οχιά, Δενδρογαλιά, Νερόφυδα) κ.α.

Επιπλέον μπορεί κανείς να συναντήσει αρκετά μεταναστευτικά είδη, ασπόνδυλα και γενικότερα ζώα όπως Άλογο (*Equus caballus*), Πεταλούδα (*Vanessa atalanta*, *Iphiclides podalirius*, *Polygonia progne*, *Lasiommata maera*), Χελώνα (*Testudo graeca*) κ.α.

Τέλος, όσον αφορά την ορνιθοπανίδα, υπάρχει επίσης μεγάλη ποικιλία. Συναντώνται αετομάχος (*Lanius collurio*), αηδόνη (*Luscinia megarhynchos*), δρυοκολάπτης (*Denndrocopos sp.*), κίσσα (*Garrulus gladius*), κότσυφας (*Turdus merula*), σπίνος (*Fringilla coelebs*), τσαλαπετινός (*Urupa erops*), ορτύκι (*Coturnix coturnix*) και πολλά άλλα.

2.4 Συχνότητα και σταθμοί μετρήσεων

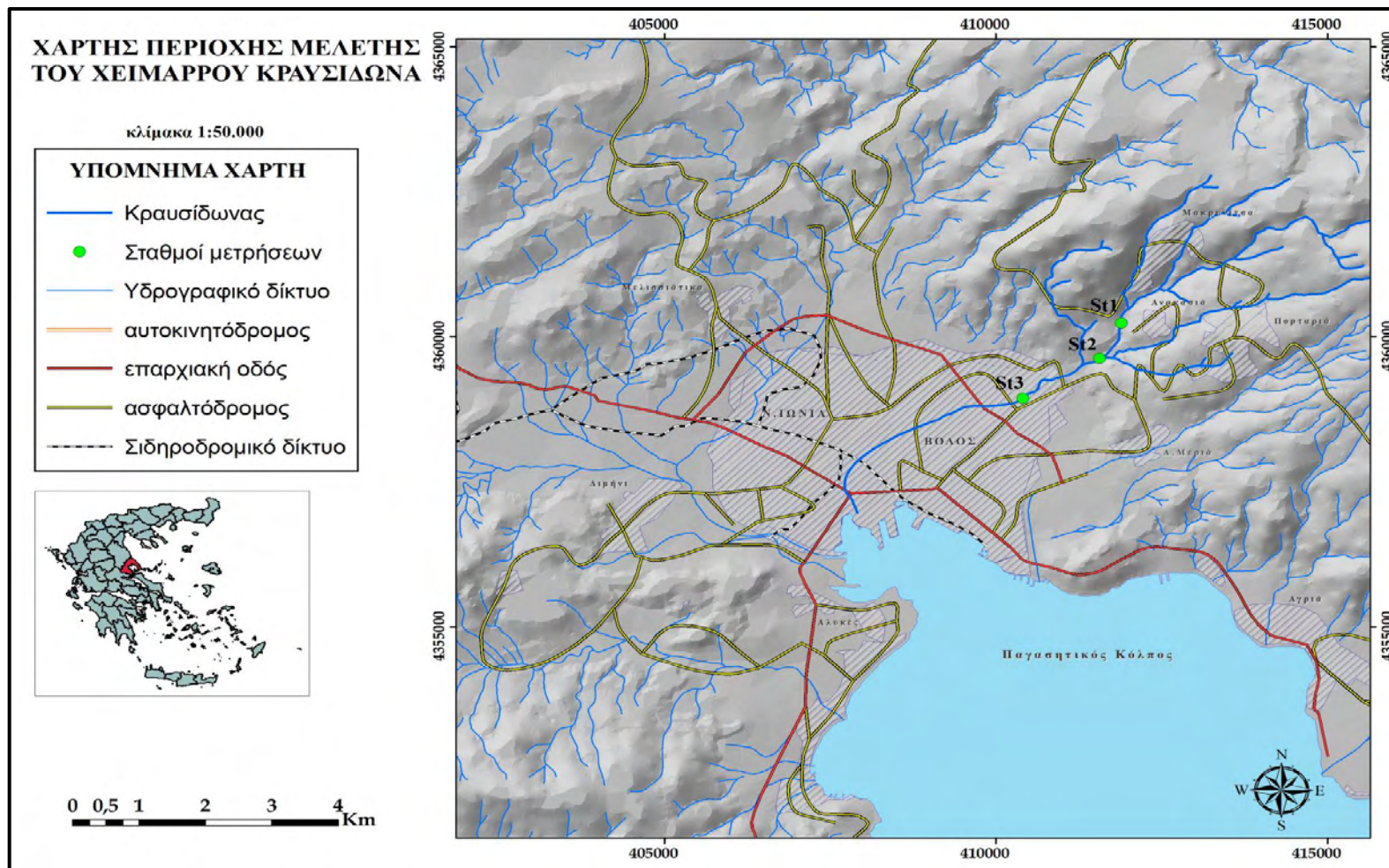
Η πειραματική διαδικασία διήρκεσε 6 μήνες, από τον Ιανουάριο του 2011 μέχρι και τον Ιούνιο του ίδιου έτους, διάστημα στο οποίο ο χείμαρρος διέθετε ικανοποιητική παροχή νερού. Στα πλαίσια αυτής πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ανά δύο εβδομάδες. Στο διάστημα στο οποίο έλαβαν χώρα οι μετρήσεις παρατηρήθηκαν τόσο το φαινόμενο της έντονης βροχόπτωσης, όσο και της χιονόπτωσης (Ιανουάριο – Φεβρουάριο). Στις περιπτώσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν επιπλέον μετρήσεις, λόγω της έντονης μεταβλητότητας που επρόκειτο να παρουσιάσουν οι φυσικοχημικές παράμετροι.

Επιλέχθηκαν 3 σταθμοί μετρήσεων, με κριτήριο:

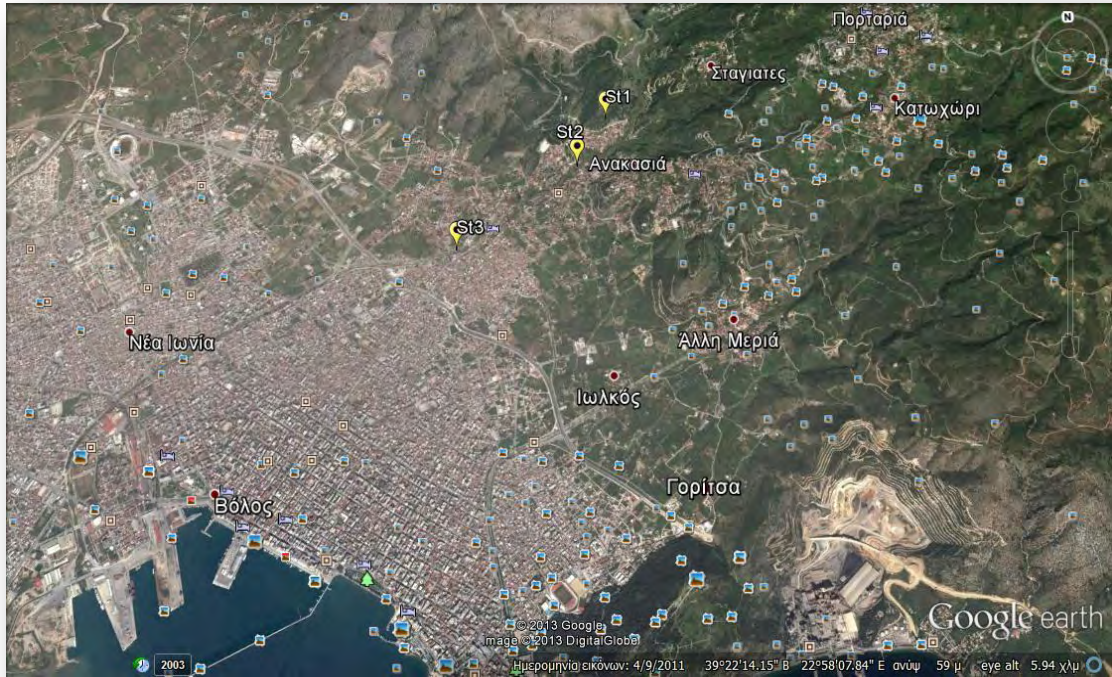
- α) την ικανοποιητική απόσταση μεταξύ τους,
- β) τη διαφορά στα υψόμετρα που παρουσίαζαν,
- γ) τις αποστάσεις τους από κατοικημένες περιοχές και
- δ) τη γειτνίαση των σταθμών με πιθανές σημειακές πηγές ρύπανσης.

Έτσι οι σταθμοί μετρήσεων, με βάση τα κριτήρια αυτά, και κατατάσσοντας τα από αυτό με το μεγαλύτερο προς το μικρότερο υψόμετρο είναι:

- St1: $X = 411.909,950$ $Y = 4.360.228,458$, σε υψόμετρο περίπου 232 μέτρων
- St2: $X = 411.609,410$ $Y = 4.359.627,378$, σε υψόμετρο περίπου 150 μέτρων
- St3: $X = 410.407,249$ $Y = 4.358.959,511$, σε υψόμετρο περίπου 70 μέτρων



Εικόνα 6: Χάρτης περιοχής μελέτης



Εικόνα 7: Σταθμοί μετρήσεων

Ο σταθμός 1 (St1) βρίσκεται στην ημιορεινή περιοχή, κάτω από το χωριό Κουκουράβα Πηλίου και απέχει αρκετά μέτρα (περίπου 2000 μέτρα) από πιθανές σημειακές πηγές ρύπανσης, όπως αποχετεύσεις των κατοικημένων περιοχών που βρίσκονται ανάντη του σημείου, δηλαδή της Πορταριάς και της Μακρυνίτσας. Ο σταθμός 2 (St2) βρίσκεται επίσης στην ημιορεινή περιοχή, κάτω από το χωριό Άγιος Ονούφριος, κοντά στο πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου και κατάντη ενός ποιμνιοστασίου και σε μικρή απόσταση από αυτό (περίπου 200 μέτρα). Τέλος ο σταθμός 3 (St3) βρίσκεται στα όρια της ημιορεινής και πεδινής περιοχής, μέσα στην πόλη του Βόλου, λίγα μέτρα πάνω από την περιφερειακή οδό.

Για να εξασφαλιστεί η αντιπροσωπευτικότητα των μετρήσεων, αυτές πραγματοποιήθηκαν σε σημεία στα οποία το νερό αναμιγνύονταν σε ικανοποιητικά επίπεδα. Ιδιαίτερη επίσης προσοχή δόθηκε ώστε να μην υπάρχουν αποκλίσεις από τις

προγραμματισμένες θέσεις των σταθμών, όπου έλαβαν μέρος οι μετρήσεις, με τη βοήθεια φορητού οργάνου εντοπισμού θέσης GPS. Σε κάθε σταθμό οι μετρήσεις των παραμέτρων λήφθηκαν από το κέντρο της διατομής (όπου ήταν εφικτό), ώστε να είναι πιο αντικειμενικές, αφού στα σημεία αυτά παρατηρείται η μέση τιμή της ταχύτητας ροής, η οποία υπολογίστηκε με χρονομέτρηση.

Σε κάθε σταθμό της περιοχής μελέτης μετρήθηκαν οι τιμές του διαλυμένου στο νερό οξυγόνο, της αγωγιμότητας του νερού, του pH και της θερμοκρασίας του νερού, ενώ υπολογίστηκε η στάθμη του νερού και η παροχή και στους τρεις σταθμούς, κατά προσέγγιση. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν in situ με φορητά όργανα μέτρησης. Για τη συγκέντρωση του διαλυμένου στο νερό οξυγόνο και τη θερμοκρασία του νερού χρησιμοποιήθηκε το όργανο WTW Oxi330i, ενώ για το pH και την αγωγιμότητα χρησιμοποιήθηκε το όργανο CONSORT C531.

Παράλληλα, υπολογίστηκε και η παροχή του νερού και στα τρία σημεία της περιοχής μελέτης. Για τον υπολογισμό της, απαραίτητη ήταν η μέτρηση του βάθους ροής. Ο υπολογισμός της παροχής πραγματοποιήθηκε με βάση τις παρακάτω προϋποθέσεις:

A) Η διατομή είναι ορθογωνική, επομένως το εμβαδόν της υγρής διατομής υπολογίζεται από τον τύπο:

$$A = b * y, \text{ όπου}$$

A: υγρή διατομή (m²)

b: πλάτος του πυθμένα (m)

y: βάθος ροής (m)

B) Θεωρούμε ότι υπάρχει σταθερή κατάσταση ροής και επομένως η εξίσωση συνέχειας είναι της μορφής:

$$Q = A * u, \text{ όπου}$$

Q: παροχή (m³/sec)

A: εμβαδόν υγρής διατομής (m²)

u: ταχύτητα ροής (m/sec)

2.5 Η αναγκαιότητα της παρακολούθησης – monitoring

Η παρακολούθηση – monitoring είναι μια σημαντική διαδικασία για την απόκτηση ποσοτικών πληροφοριών των φυσικοχημικών, αλλά και βιολογικών παραμέτρων ενός υδατικού οικοσυστήματος, που πραγματοποιείται μέσω των συνεχών δειγματοληψιών σε συγκεκριμένους σταθμούς παρακολούθησης και στατιστικών αναλύσεων των αποτελεσμάτων (Sanders et al, 1983).

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO), το «monitoring» ορίζεται ως *“η προγραμματισμένη διαδικασία της δειγματοληψίας και των μετρήσεων και στη συνέχεια της καταγραφής ή τηλεμετάδοσης ή και των δύο, διαφόρων χαρακτηριστικών του νερού με στόχο την αποτίμηση της κατάστασης και της συμμόρφωσης σε συγκεκριμένους μακροπρόθεσμους αντικειμενικούς στόχους”* (Ψιλοβίκος, 2002).

Η παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων, στην Ευρωπαϊκή Ένωση συμπεριλαμβάνεται και καθορίζεται από την Οδηγία 2000/60. Έτσι σύμφωνα με την

Οδηγία Πλαίσιο η παρακολούθηση της ποιότητας του υδατικών οικοσυστημάτων χωρίζεται σε 3 τύπους (Samborska et al, 2012):

- Εποπτική παρακολούθηση, κατά την οποία καθορίζεται η αρχική κατάσταση της ποιότητας και αξιολογούνται οι μακροπρόθεσμες αλλαγές.
- Επιχειρησιακή παρακολούθηση, κατά την οποία δίνονται επιπλέον στοιχεία για τα υδατικά οικοσυστήματα τα οποία βρίσκονται σε «κίνδυνο».
- Διερευνητική παρακολούθηση, κατά την οποία πραγματοποιείται έρευνα και αξιολόγηση των αιτιών της κακής ποιότητας των υδάτων.

Η συχνότητα με την οποία πραγματοποιούνται οι δειγματοληψίες και οι μετρήσεις στα πλαίσια του monitoring είναι σημαντικός παράγοντας αυτής της διαδικασίας. Επιπλέον, η επιλογή των καταλληλότερων χρονικών περιόδων που θα πραγματοποιηθούν είναι ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει το monitoring. Για παράδειγμα, σε περίπτωση καταιγίδας οι χρονικές στιγμές στις οποίες θα ήταν ιδανικότερο να πραγματοποιηθούν δειγματοληψίες και μετρήσεις, είναι πριν, κατά τη διάρκεια και μετά το πέρας του φαινομένου. Με άλλα λόγια, θα πρέπει να πραγματοποιούνται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και για πολλά έτη, έτσι ώστε να είναι φανερή η μεταβλητότητα μεταξύ των ετών (Tate et al, 1999).

Το monitoring, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί σημαντική και επιτακτική διαδικασία και αποσκοπεί κυρίως (Taiwo et al, 2012):

- Στον χαρακτηρισμό των υδάτων και στον εντοπισμό των αλλαγών ή των τάσεων της ποιότητάς τους με την πάροδο του χρόνου.
- Στον προσδιορισμό των προβλημάτων και των παραγόντων που καταστρέφουν τα νερά ενός υδατικού οικοσυστήματος κακής ποιότητας.

- Στη συγκέντρωση πληροφοριών για τη θέσπιση προγραμμάτων με στόχο την πρόληψη της ρύπανσης και την αποκατάσταση των υδάτων.
- Στον καθορισμό των στόχων των προγραμμάτων και αν αυτοί εκπληρώνονται
- Στην ανταπόκριση έκτακτων αναγκών, όπως διαρροών και πλημμυρών.

Η κακή διαχείριση του νερού έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση όχι μόνο οικολογικής κρίσης, αλλά και κρίσης της ανθρωπότητας. Επιπλέον, φυσικοί (πχ: κλιματικές αλλαγές) και ανθρωπογενείς παράγοντες (πχ: αύξηση πληθυσμού) είναι αυτοί οι οποίοι καθορίζουν τόσο τη διαθεσιμότητα του νερού, όσο και την ποιότητα του (Gleick, 1998). Καθώς λοιπόν η διαθεσιμότητα σε καλής ποιότητας νερό είναι περιορισμένη, θα ήταν απαραίτητο να διατηρηθεί ακέραια η ποιότητα του. Έτσι, θα πρέπει να προσδιοριστούν ποσοτικά ορισμένα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, όσον αφορά την ποιότητα του νερού, γεγονός που θα προκύψει από την θέσπιση προγραμμάτων παρακολούθησης – monitoring (Postolache et al, 2012).

Στα πλαίσια της παρακολούθησης των υδάτων, πραγματοποιήθηκε τριετής έρευνα παρακολούθησης στους ποταμούς Αλιάκμονα, Αξιό, Λουδία, Στρυμόνα και Γαλλικό, το 2003. Κατά την έρευνα αυτή, μετρήσεις και δειγματοληψίες λήφθηκαν με σκοπό την ενημέρωση της κατάστασης των υδατικών οικοσυστημάτων και της ποιότητας του νερού. Έτσι από τις πληροφορίες που προέκυψαν, φάνηκαν οι ομοιότητες και οι διαφορές των δειγματοληψιών και των μετρήσεων στα διάφορα σημεία μεταξύ των ποταμών, την επίδραση που έχουν οι φυσικές και ανθρωπογενείς «πηγές» πάνω στους φυσικοχημικούς παράγοντες της ποιότητας των ποταμών, αλλά τέλος και την εκτίμηση της συμβολής των πηγών αυτών στις φυσικοχημικές παραμέτρους (Simeonov et al, 2003).

2.6 Γενικά για τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) αποτελούν συστήματα με αναπτυγμένες δυνατότητες γεωμοντελοποίησης. Χρησιμοποιούνται για την ανάλυση μεγάλων βάσεων δεδομένων και τον εντοπισμό των χωρικών τους σχέσεων (Tong & Chen, 2002). Επιπλέον, επιτρέπουν τη δημιουργία και παρουσίαση χαρτών, ενώ η χρήση τους για την ανάλυση ψηφιακών δεδομένων και τη μοντελοποίηση και αξιολόγηση της ρύπανσης έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια (Wang & Yin, 1997). Ο χρήστης μπορεί να απεικονίσει τις πραγματικές – γεωγραφικές οντότητες χρησιμοποιώντας τα τρία βασικά γεωμετρικά στοιχεία (σημείο, γραμμή, πολύγωνο). Σκοπός από τη χρήση των GIS είναι η όσο το δυνατόν ακριβέστερη απεικόνιση της πραγματικότητας στις ψηφιακές βάσεις δεδομένων (Καραδήμος, 2010). Παράλληλα, η χρήση τους αποσκοπεί στην επίλυση προβλημάτων και στην υποστήριξη αποφάσεων σε περιβαλλοντικά, και όχι μόνο, θέματα.

Προκειμένου να δημιουργηθεί μια εφαρμογή GIS, είναι απαραίτητη η συλλογή δεδομένων, η κωδικοποίηση και η εισαγωγή, η αποθήκευση, η ανάκτηση και η διαχείριση, η επεξεργασία και η ανάλυση αυτών και τέλος η απεικόνισή τους. Βάσει του τρόπου καταχώρησης και επεξεργασίας των χαρτογραφικών στοιχείων, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών χωρίζονται σε Raster (εικονοκυτταρικά) και Vector (διανυσματικά). Τα δύο αυτά είδη απεικόνισης έχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους τόσο σε ότι αφορά στην αρχή λειτουργίας τους, όσο και στις ιδιότητές τους. Παρόλα αυτά αρκετά σύγχρονα GIS έχουν αλγόριθμους μετατροπής από τον έναν τύπο στον άλλο, ενώ υπάρχουν και λογισμικά μετατροπής από Raster σε Vector και αντιστρόφως (Βαϊόπουλος κ.α, 2008).

Τα δεδομένα στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών οργανώνονται σε επίπεδα πληροφορίας ή αλλιώς *layers*. Κάθε layer αποτελεί μια λογική οντότητα ενώ κάθε γεωγραφική – λογική οντότητα συνδέεται με ένα πίνακα βάσης δεδομένων (Attribute table), στο οποίο αποθηκεύονται τα περιγραφικά δεδομένα (Καραδήμος, 2010). Σε κάθε επίπεδο είναι δυνατόν να απεικονιστούν όλα τα είδη των δεδομένων (σημεία, γραμμές, πολύγωνα, εικόνες, κείμενο). Για την τοποθέτηση ενός στοιχείο στο layer δηλώνονται οι γεωγραφικές συντεταγμένες του, το είδος του συμβολισμού καθώς και οι πληροφορίες που συνοδεύουν την καταχώριση (Βαϊόπουλος κ.α, 2008).

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών βρίσκουν εφαρμογές σε αρκετούς τομείς και επιστήμες. Ανάμεσα σε αυτές είναι:

- Πολεοδομία
- Χωροταξία
- Κτηματολόγιο
- Χρήσεις Γης
- Γεωλογία
- Διαχείριση υδάτων
- Περιβάλλον – Κλίμα

Ανάμεσα στις πηγές των δεδομένων των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι:

- Επίγειες μετρήσεις
- Ψηφιοποίηση υπαρχόντων χαρτών
- Σάρωση υπαρχόντων χαρτών (Scanning)
- Raster δεδομένα εικόνας

2.6.1 Χρήση του λογισμικού ArcGIS 9.3

Με την βοήθεια του λογισμικού ArcGIS 9.3 ψηφιοποιήθηκε η περιοχή μελέτης και αποτυπώθηκε το υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής του Βόλου. Τα θεματικά επίπεδα (layers) που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Υδρογραφικό δίκτυο
- Οδικό δίκτυο
- Σιδηροδρομικό δίκτυο
- Όρια δήμων
- Υδατικά διαμερίσματα

Με αυτά τα θεματικά επίπεδα δημιουργήθηκε ο χάρτης της περιοχής μελέτης, ο οποίος απεικονίζει το χείμαρρο Κραυσίδαωνα και τα σημεία (σταθμούς) στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων, αλλά και ο χάρτης, ο οποίος απεικονίζει τα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας.

3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Αποτελέσματα

Στον Πίνακα 5 παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές των παραμέτρων που μετρήθηκαν ανάλογα με το σταθμό και τη χρονική περίοδο.

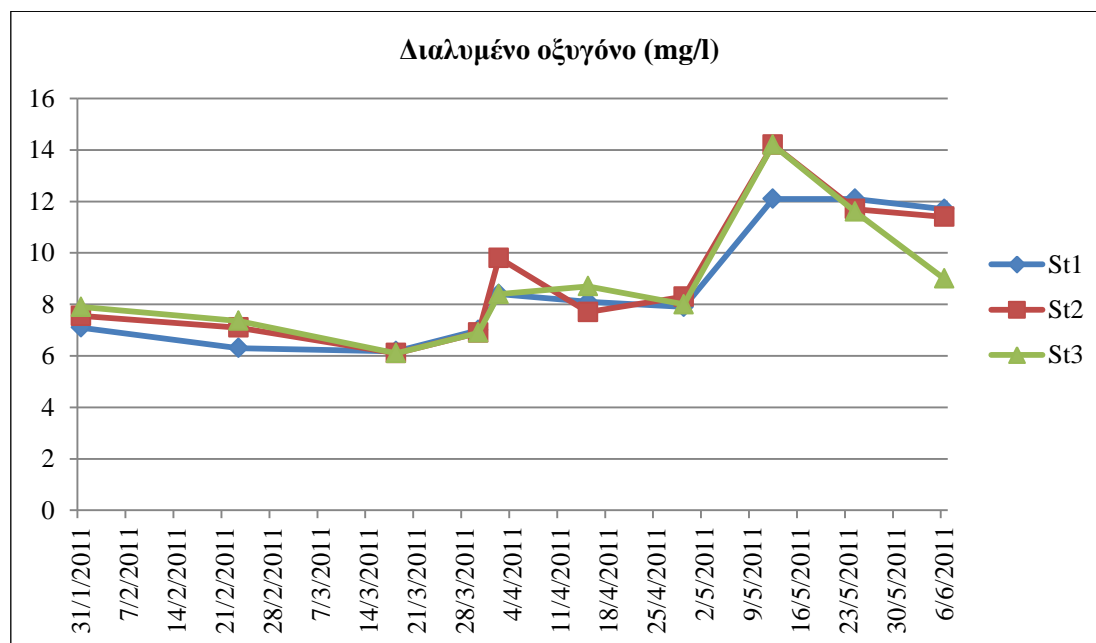
Πίνακας 5: Φυσικοχημικές παράμετροι του νερού του Κρασιδάωνα κατά τη διεξαγωγή της έρευνας από τον Ιανουάριο έως τον Ιούνιο του 2011

ΔΕΙΓΜ./ΣΤΑΘΜΟΣ		St1	St2	St3
	pH	8,2	8,3	8,2
	Αγωγιμότητα (μS/cm)	285	265	293
	Διαλ. οξυγόνο (mg/l)	7,1	7,55	7,9
31/1/2011	Θερμοκρ. νερού (C°)	11,1	11,4	11,9
	Ταχύτητα ροής (m/sec)	0,83	0,83	0,83
	Στάθμη νερού (m)	1,2	0,8	0,6
	Παροχή (m³/sec)	1,1748	0,83	0,624
	pH	8,3	8,4	8,4
	Αγωγιμότητα (μS/cm)	296	278	295
	Διαλ. οξυγόνο (mg/l)	6,3	7,1	7,36
	Θερμοκρ. νερού (C°)	7,3	7,3	7,8
23/2/2011	Ταχύτητα ροής (m/sec)	0,9	0,9	0,9
	Στάθμη νερού (m)	1,2	0,8	0,6
	Παροχή (m³/sec)	1,188	0,9	0,729
	pH	8,2	8,4	8,2
	Αγωγιμότητα (μS/cm)	286	295	261
	Διαλ. οξυγόνο (mg/l)	6,18	6,1	6,1
	Θερμοκρ. νερού (C°)	11,8	12	12,9
18/3/2011	Ταχύτητα ροής (m/sec)	1	1	1
	Στάθμη νερού (m)	1,2	0,8	0,6
	Παροχή (m³/sec)	1,8	1,12	0,9
	pH	8,3	8,1	8,3
	Αγωγιμότητα (μS/cm)	277	299	261
	Διαλ. οξυγόνο (mg/l)	7	6,9	6,9
	Θερμοκρ. νερού (C°)	9,4	10	14,1
30/3/2011	Ταχύτητα ροής (m/sec)	1	1	1
	Στάθμη νερού (m)	1,2	0,8	0,6
	Παροχή (m³/sec)	1,2	0,96	0,84
	pH	8	8,2	8,3
	Αγωγιμότητα (μS/cm)	203	247	262
	Διαλ. οξυγόνο (mg/l)	8,4	9,8	8,4
	Θερμοκρ. νερού (C°)	11	11,6	12,5
2/4/2011	Ταχύτητα ροής (m/sec)	1,43	1,43	1,43
	Στάθμη νερού (m)	1	0,7	0,5

	Παροχή (m³/sec)	1,43	1,176	0,845
	pH	8,4	8,4	8,7
	Αγωγιμότητα (μS/cm)	269	287	281
	Διαλ. οξυγόνο (mg/l)	8,1	7,7	8,7
15/4/2011	Θερμοκρ. νερού (C°)	11,3	11,5	12,7
	Ταχύτητα ροής (m/sec)	1	1	1
	Στάθμη νερού (m)	1	0,6	0,5
	Παροχή (m³/sec)	0,9	0,75	0,585
	pH	8,6	8,4	8,7
	Αγωγιμότητα (μS/cm)	287	253	261
	Διαλ. οξυγόνο (mg/l)	7,9	8,3	8
29/4/2011	Θερμοκρ. νερού (C°)	12,3	12,7	14,4
	Ταχύτητα ροής (m/sec)	0,83	0,83	0,83
	Στάθμη νερού (m)	1	0,6	0,5
	Παροχή (m³/sec)	0,855	0,5976	0,5
	pH	6,9	8,6	7,4
	Αγωγιμότητα (μS/cm)	415	425	390
	Διαλ. οξυγόνο (mg/l)	12,1	14,2	14,2
12/5/2011	Θερμοκρ. νερού (C°)	12,2	12,4	13
	Ταχύτητα ροής (m/sec)	0,63	0,63	0,63
	Στάθμη νερού (m)	0,7	0,4	0,3
	Παροχή (m³/sec)	0,4655	0,2772	0,216
	pH	8,2	8,1	7,4
	Αγωγιμότητα (μS/cm)	390	395	400
	Διαλ. οξυγόνο (mg/l)	12,1	11,7	11,6
24/5/2011	Θερμοκρ. νερού (C°)	14,4	15,7	17,7
	Ταχύτητα ροής (m/sec)	0,5	0,5	0,5
	Στάθμη νερού (m)	0,5	0,5	0,2
	Παροχή (m³/sec)	0,1875	0,315	0,11
	pH	8	8,1	7,9
	Αγωγιμότητα (μS/cm)	400	331	400
	Διαλ. οξυγόνο (mg/l)	11,7	11,4	9
6/6/2011	Θερμοκρ. νερού (C°)	15,3	17	19,7
	Ταχύτητα ροής (m/sec)	0,5	0,5	0,5
	Στάθμη νερού (m)	0,5	0,4	0,2
	Παροχή (m³/sec)	0,15	0,22	0,1

3.1.1 Χρονική κατανομή

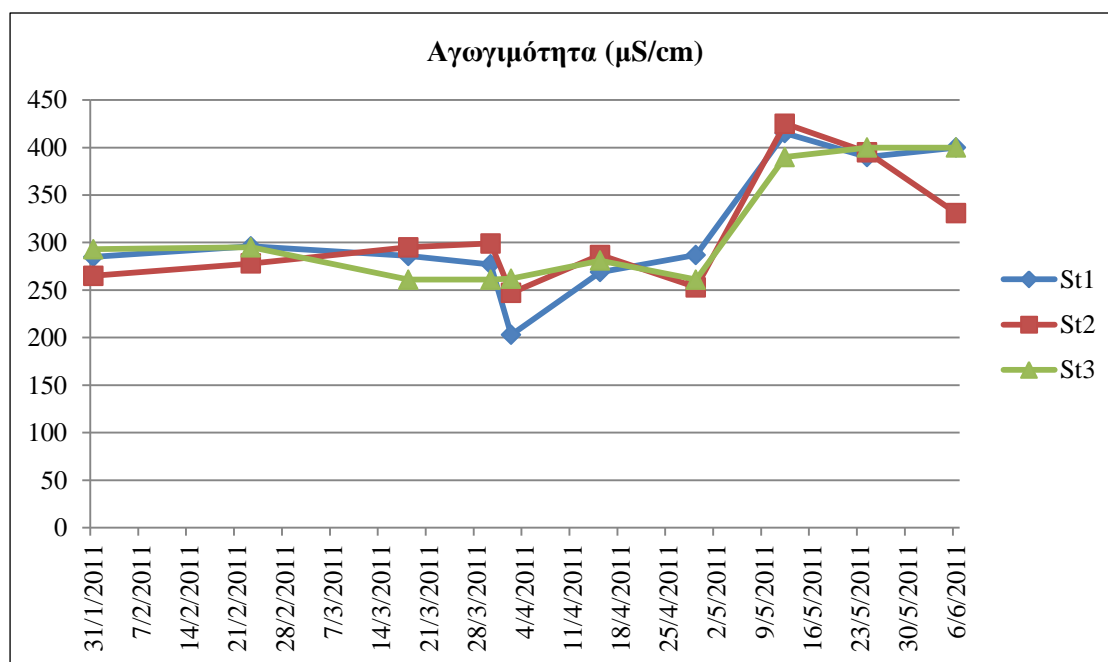
Στο Γράφημα 1 αποτυπώνεται η μεταβολή της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου για κάθε σταθμό.



Γράφημα 1: Απεικόνιση του διαλυμένου οξυγόνου και στους 3 σταθμούς μετρήσεων

Όσον αφορά το διαλυμένο οξυγόνο, η χαμηλότερη τιμή του υπολογίστηκε 6,1 στο σταθμό 1 (St1) και στο σταθμό 2 (St2) το μήνα Μάρτιο, ενώ η υψηλότερη τιμή του 14,2 στους ίδιους σταθμούς το μήνα Μάιο. Κατά τους πρώτους 3 μήνες των μετρήσεων οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 6,1 και 7,9 mg/l. Έπειτα, και συγκεκριμένα από τον Απρίλιο μέχρι και τον Μάιο παρατηρείται έντονη αύξηση της συγκέντρωσης της παραμέτρου, ενώ από το μήνα Μάιο μέχρι και τον Ιούνιο υπάρχει μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου και στους 3 σταθμούς μετρήσεων, εκτός από την τιμή 6,9 που παρατηρήθηκε στον 1^ο σταθμό στις 12/5.

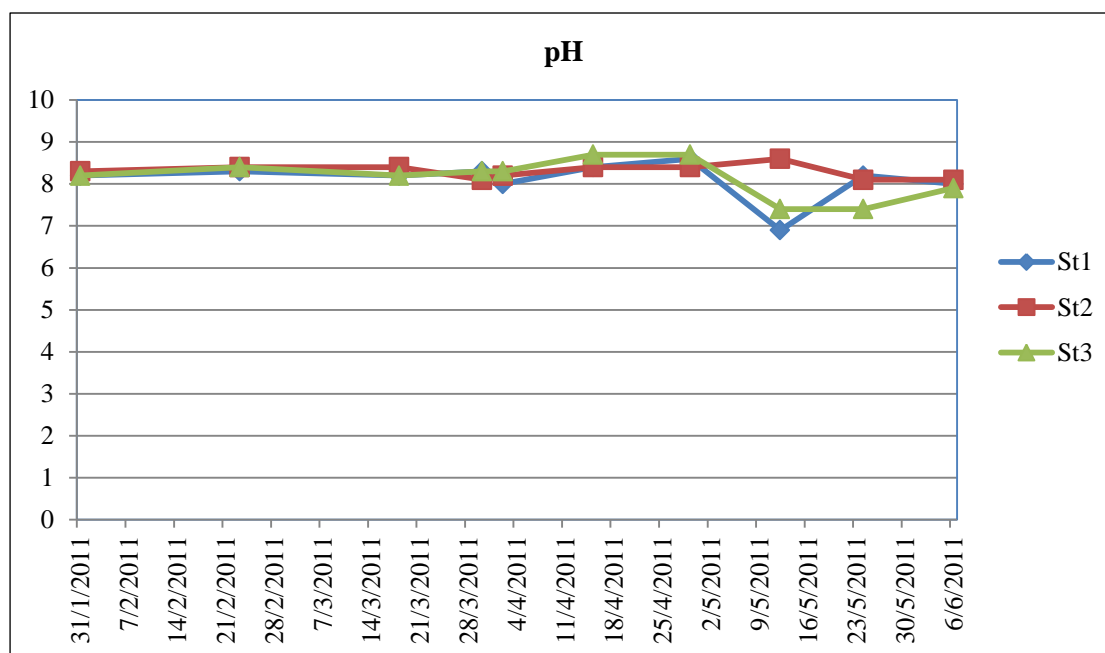
Στο Γράφημα 2 παρουσιάζεται η μεταβολή της τιμής της αγωγιμότητας για κάθε σταθμό.



Γράφημα 2: Απεικόνιση της αγωγιμότητας και στους 3 σταθμούς μετρήσεων

Παρατηρήθηκε ότι οι τιμές της αγωγιμότητας κυμάνθηκαν από 200 έως 425 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Από τον Ιανουάριο μέχρι και τον Μάρτιο οι τιμές της παραμέτρου και στους 3 σταθμούς κυμαίνονται από 260 έως περίπου 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Από τον Απρίλιο και μέχρι τον Ιούνιο παρατηρείται αύξηση. Η αγωγιμότητα τους θερμούς μήνες κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα, από 300 έως 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, υπήρξαν και περιπτώσεις τους μήνες Μάιο και Ιούνιο που ξεπέρασαν τα 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

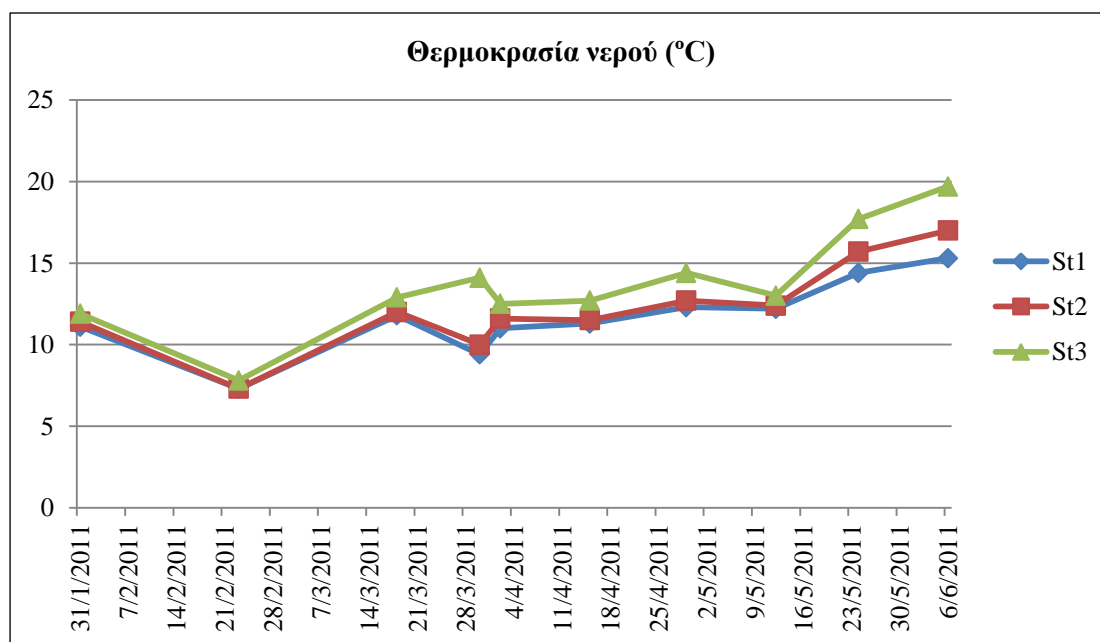
Στο Γράφημα 3 αποτυπώνεται η μεταβολή της τιμής του pH και στους 3 σταθμούς μετρήσεων.



Γράφημα 3: Απεικόνιση του pH και στους 3 σταθμούς μετρήσεων

Σύμφωνα και με το Γράφημα 2, μπορεί να διαπιστωθεί ότι οι τιμές του pH του νερού από τον Ιανουάριο, την αρχή των μετρήσεων, μέχρι και τα τέλη Απριλίου κυμαίνονταν από 8 έως 8,5. Το μήνα Μάιο παρατηρήθηκε διακύμανση των τιμών. Συγκεκριμένα στις 12/5 η τιμή του pH για τον πρώτο σταθμό υπολογίστηκε 6,9, στο δεύτερο 7,4, ενώ στον τρίτο σταθμό 8,6. Η υψηλότερη τιμή υπήρξε στις 15/4, όπου το pH υπολογίστηκε 8,7. Αντίθετα, η χαμηλότερη τιμή 6,9 στις 12/5. Σε κάθε περίπτωση το pH και για τους τρεις σταθμούς ήταν ελαφρώς αλκαλικό, καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.

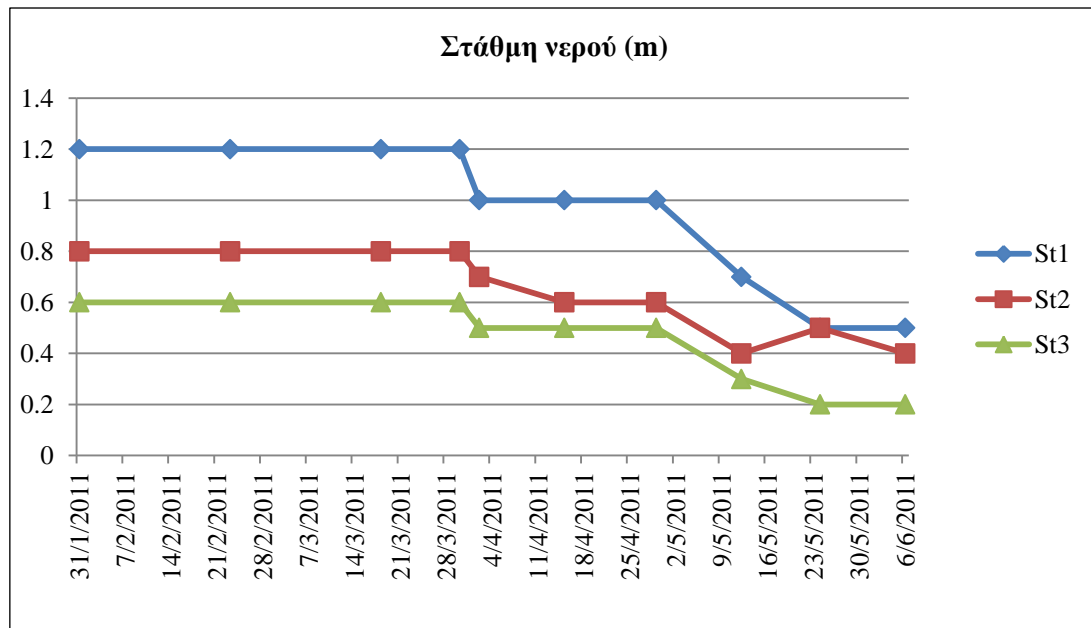
Στο Γράφημα 4 παρουσιάζεται η χρονική κατανομή της θερμοκρασίας του νερού σε κάθε σταθμό ξεχωριστά.



Γράφημα 4: Απεικόνιση της θερμοκρασίας του νερού και στους 3 σταθμούς μετρήσεων

Παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στις τιμές της θερμοκρασίας τόσο χρονικά μεταξύ των μηνών, όσο και χωρικά μεταξύ των τριών σταθμών. Σύμφωνα λοιπόν και με το Γράφημα 4, παρατηρήθηκε θερμοκρασία νερού κοντά στους 7 °C και για τους τρεις σταθμούς το μήνα Φεβρουάριο. Αντίστοιχα για τον Απρίλιο οι τιμές των θερμοκρασιών των σταθμών υπολογίστηκαν κοντά στους 10 °C. Επιπλέον, τιμές κοντά στους 12 °C παρατηρήθηκαν κατά τα μέσα Μαΐου στους σταθμούς. Αντίθετα τους καλοκαιρινούς μήνες και συγκεκριμένα τον Ιούνιο υπήρξαν σημαντικές διαφορές στις τιμές της παραμέτρου. Συγκεκριμένα για τον πρώτο σταθμό η θερμοκρασία υπολογίστηκε στους 10 °C, για το δεύτερο σταθμό 12 °C και για τον τρίτο σταθμό 15 °C.

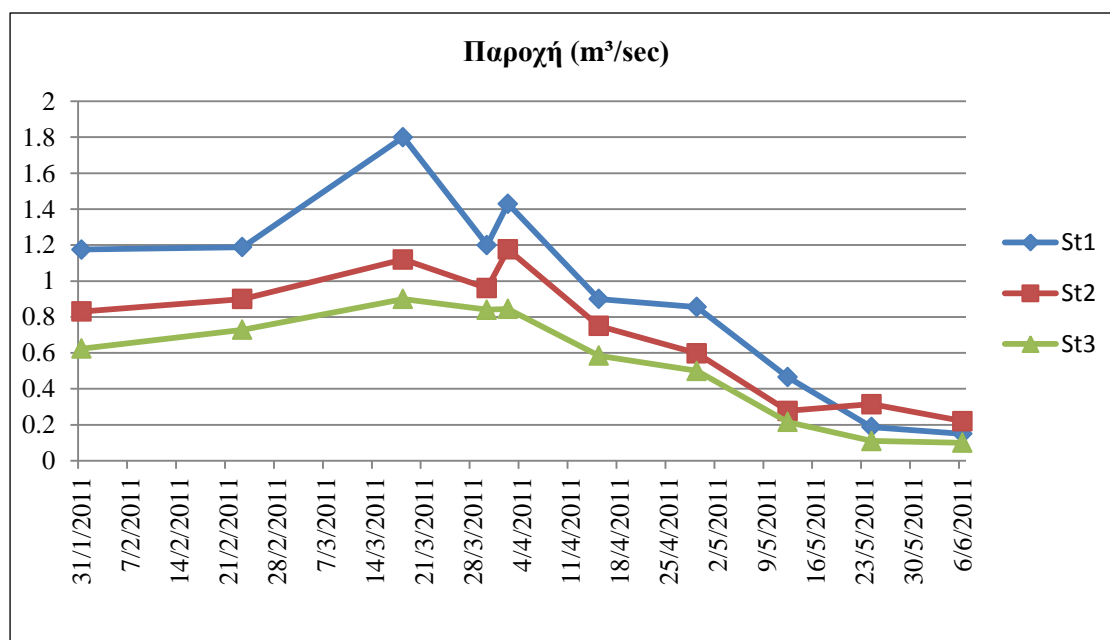
Στο Γράφημα 5 αποτυπώνεται η μεταβολή της στάθμης του νερού και στους 3 σταθμούς μετρήσεων.



Γράφημα 5: Απεικόνιση της στάθμης νερού και στους 3 σταθμούς μετρήσεων

Η στάθμη του νερού, σύμφωνα με το Γράφημα 5, μειώνεται με την πάροδο του χρόνου και στους 3 σταθμούς μετρήσεων. Υψηλότερη στάθμη νερού παρουσιάστηκε στο σταθμό 1 (St1) τη χειμερινή περίοδο, με τιμή 1,2 m, ενώ χαμηλότερη υπήρξε στο σταθμό 3 (St3), με τιμή 0,2 m.

Στο Γράφημα 6 αποτυπώνεται η μεταβολή της τιμής της παροχής και στους 3 σταθμούς μετρήσεων.



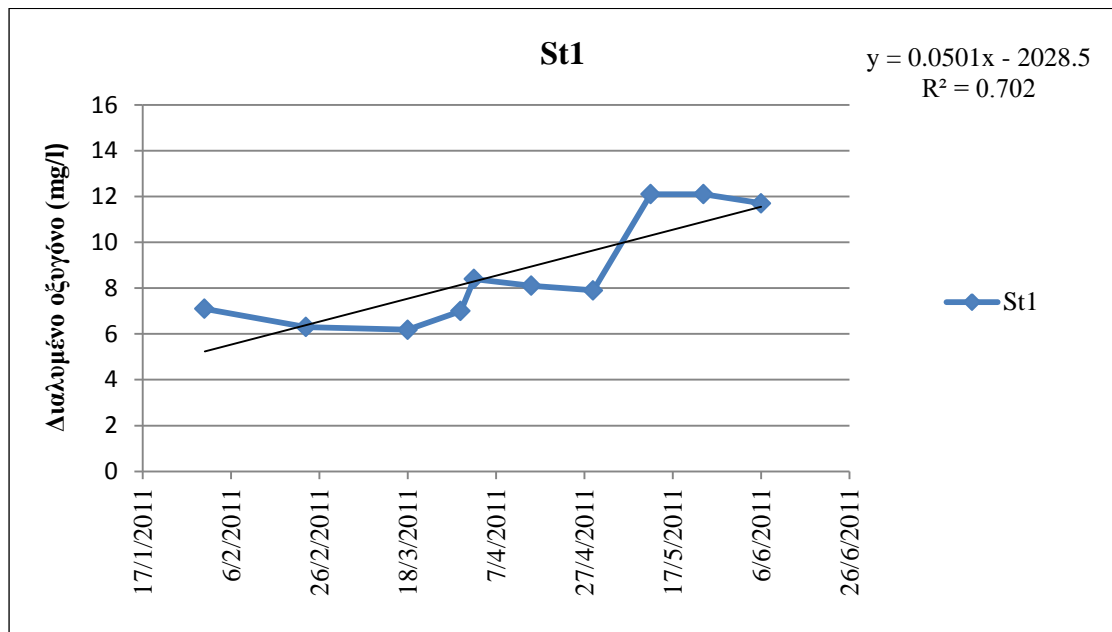
Γράφημα 6: Απεικόνιση της παροχής και στους 3 σταθμούς μετρήσεων

Σύμφωνα με το Γράφημα 6, η παροχή του νερού στους 3 σταθμούς μετρήσεων μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Υψηλότερη τιμή παροχής παρατηρήθηκε το Μάρτιο στο σταθμό 1 (St1), ενώ χαμηλότερη τιμή παρατηρήθηκε τον Ιούνιο στο σταθμό 3 (St3). Η υψηλή αύξηση της παροχής από το Φεβρουάριο μέχρι και το Μάρτιο οφείλεται τόσο στις έντονες βροχοπτώσεις, όσο και στη χιονόπτωση που παρατηρήθηκαν τους δύο αυτούς μήνες.

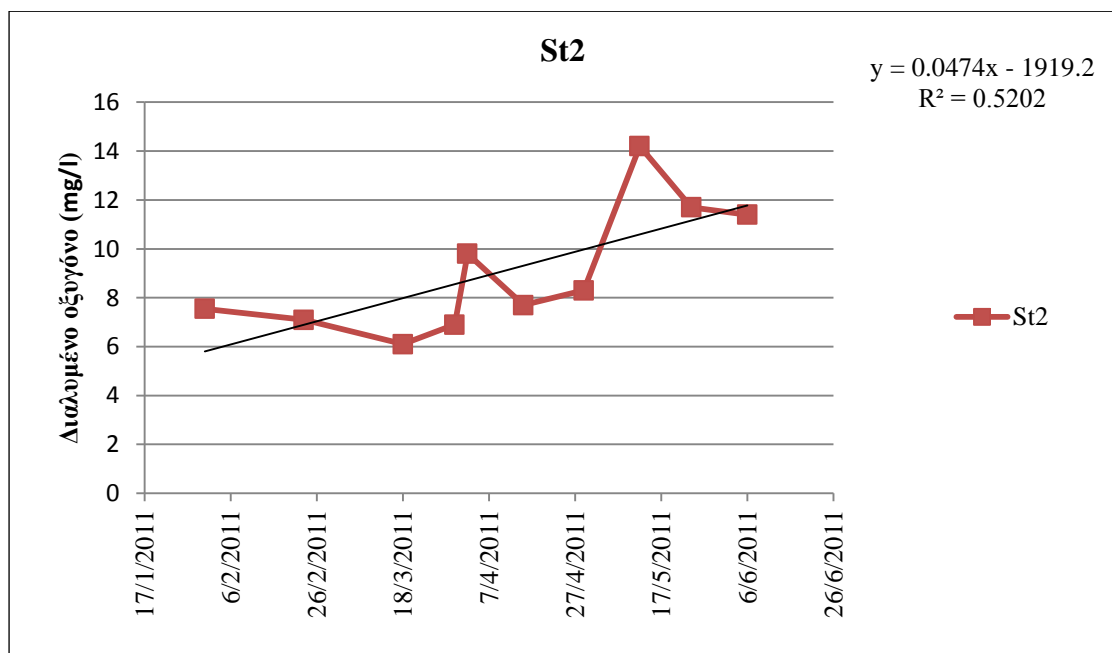
3.2 Διερεύνηση της τάσης των παραμέτρων

Στο κεφάλαιο αυτό ακολουθεί η διερεύνηση των τάσεων για κάθε μία από τις παραμέτρους (διαλυμένο οξυγόνο, ηλεκτρική αγωγιμότητα, pH και θερμοκρασία) σε κάθε έναν από τους 3 σταθμούς. Ακολουθούν συνολικά 12 διαγράμματα και 4 παράμετροι για τους 3 σταθμούς μετρήσεων.

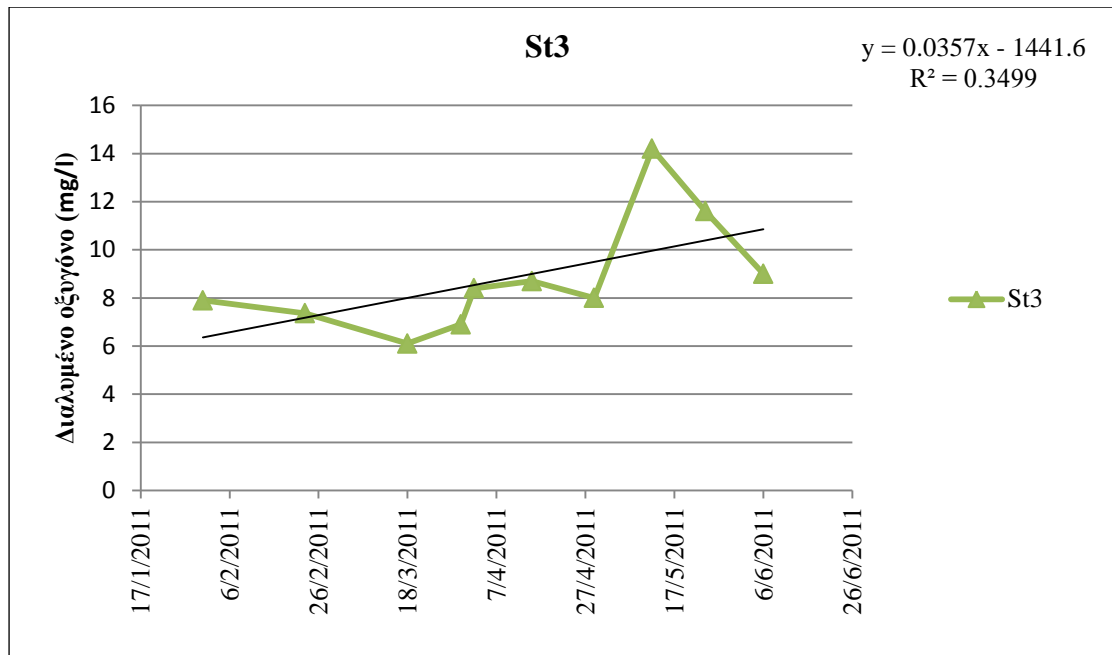
3.2.1 Διαλυμένου οξυγόνου



Γράφημα 7: Απεικόνιση τάσης του διαλυμένου οξυγόνου στο σταθμό 1 (St1)



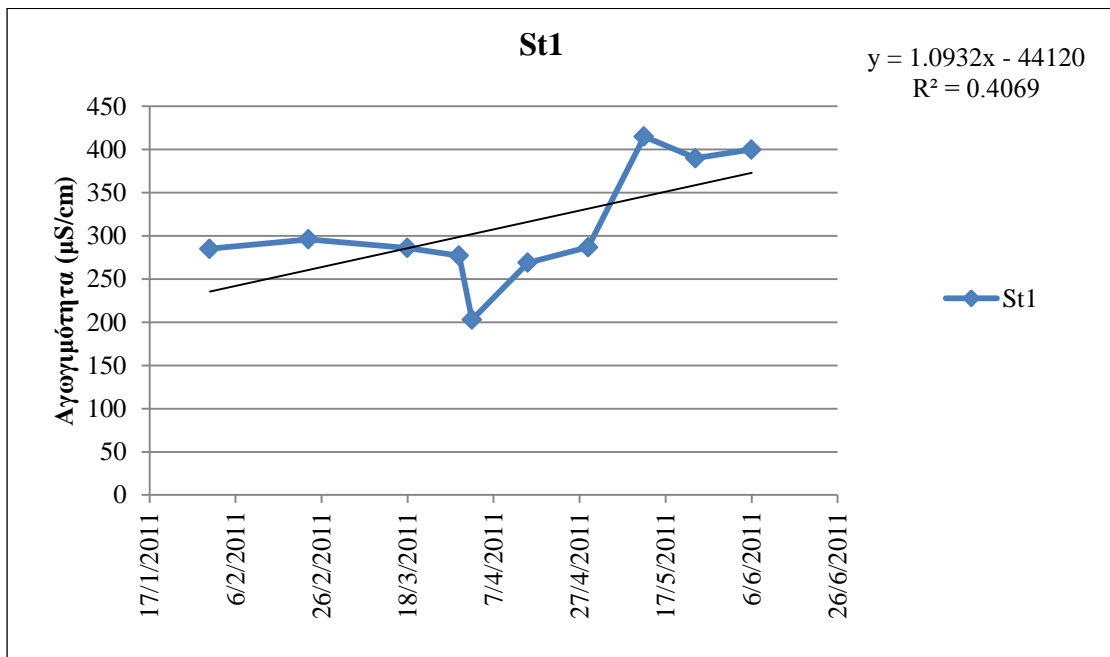
Γράφημα 8: Απεικόνιση τάσης του διαλυμένου οξυγόνου στο σταθμό 2 (St2)



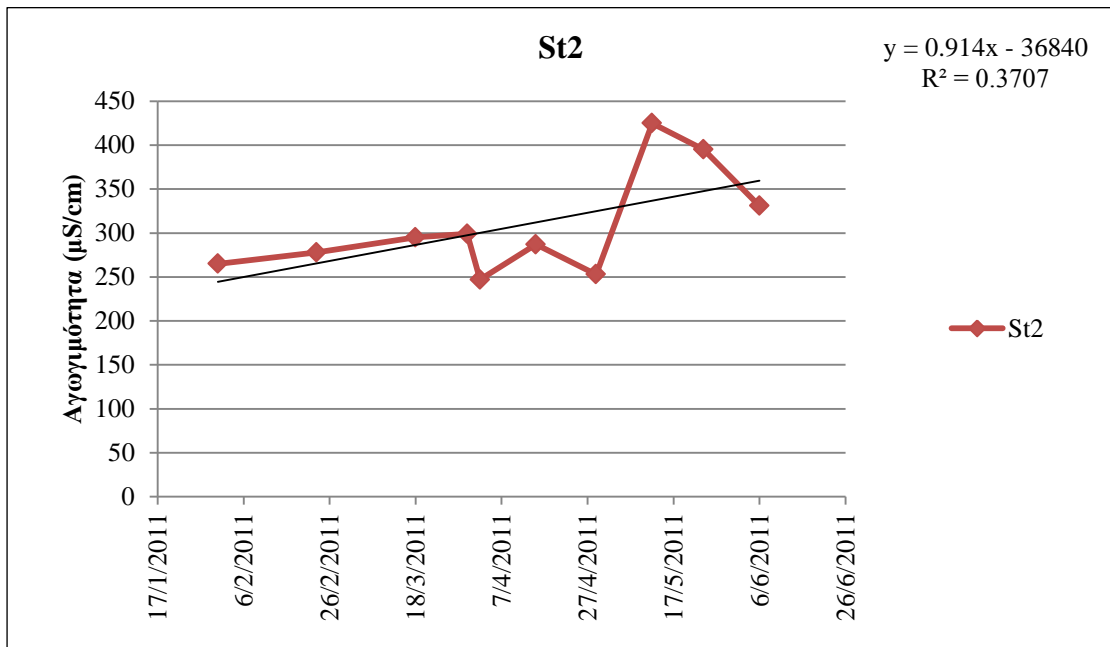
Γράφημα 9: Απεικόνιση τάσης του διαλυμένου οξυγόνου στο σταθμό 3 (St3)

Στα Γραφήματα 7, 8, 9 παρουσιάζεται η διακύμανση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου κατά τη διάρκεια των μετρήσεων στα 3 σημεία. Το διαλυμένο οξυγόνο αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους όσον αφορά την ποιότητα του νερού. Και στους 3 σταθμούς παρουσιάζει τάση αύξησης. Σε γενικές γραμμές το διαλυμένο οξυγόνο και στους 3 σταθμούς μετρήσεων κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα, ενώ παρά τη μείωση της στάθμης του νερού κατά τους θερινούς μήνες, οι συγκεντρώσεις της παραμέτρου παραμένουν επίσης σε αρκετά ικανοποιητικά επίπεδα.

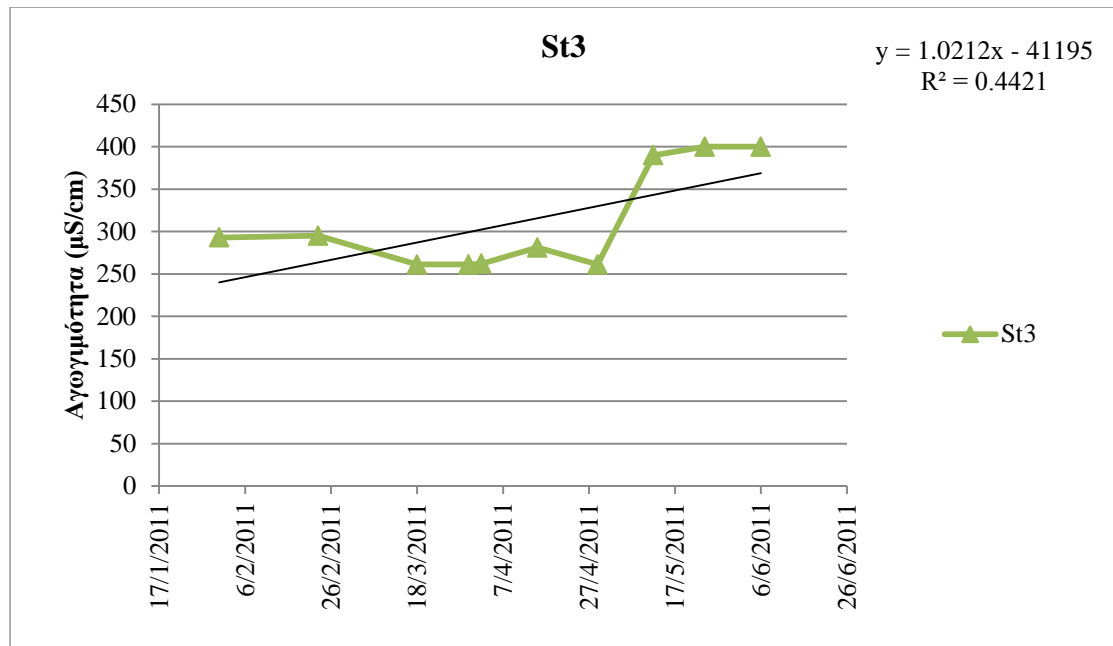
3.2.2 Αγωγιμότητα



Γράφημα 10: Απεικόνιση τάσης της αγωγιμότητας στο σταθμό 1 (St1)



Γράφημα 11: Απεικόνιση τάσης της αγωγιμότητας στο σταθμό 2 (St2)

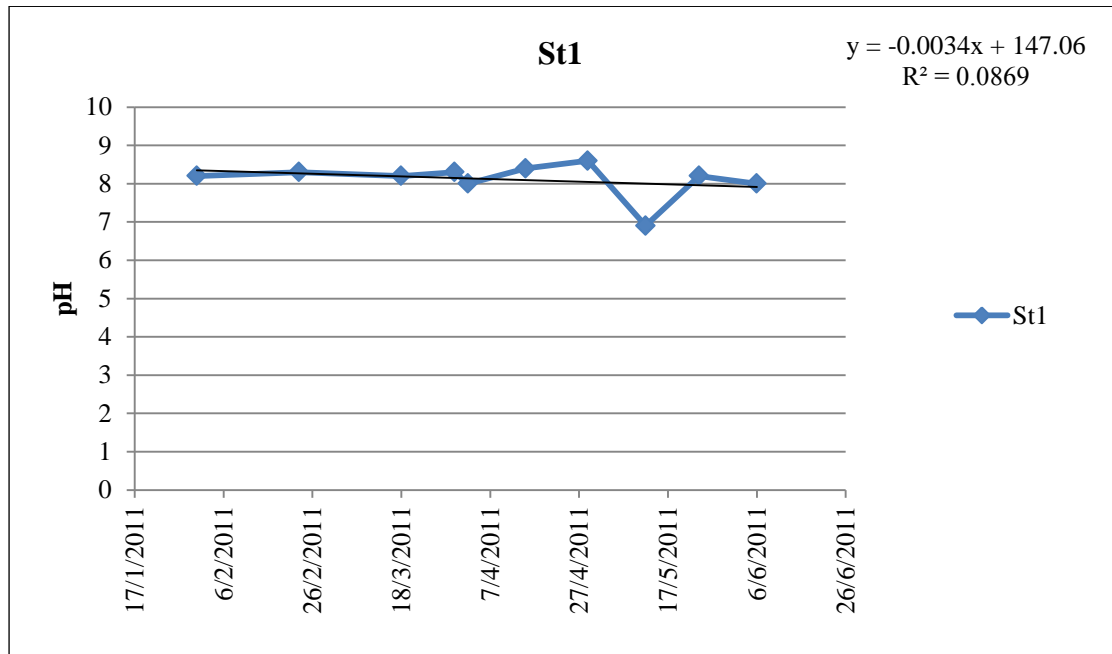


Γράφημα 12: Απεικόνιση τάσης της αγωγιμότητας στο σταθμό 3 (St3)

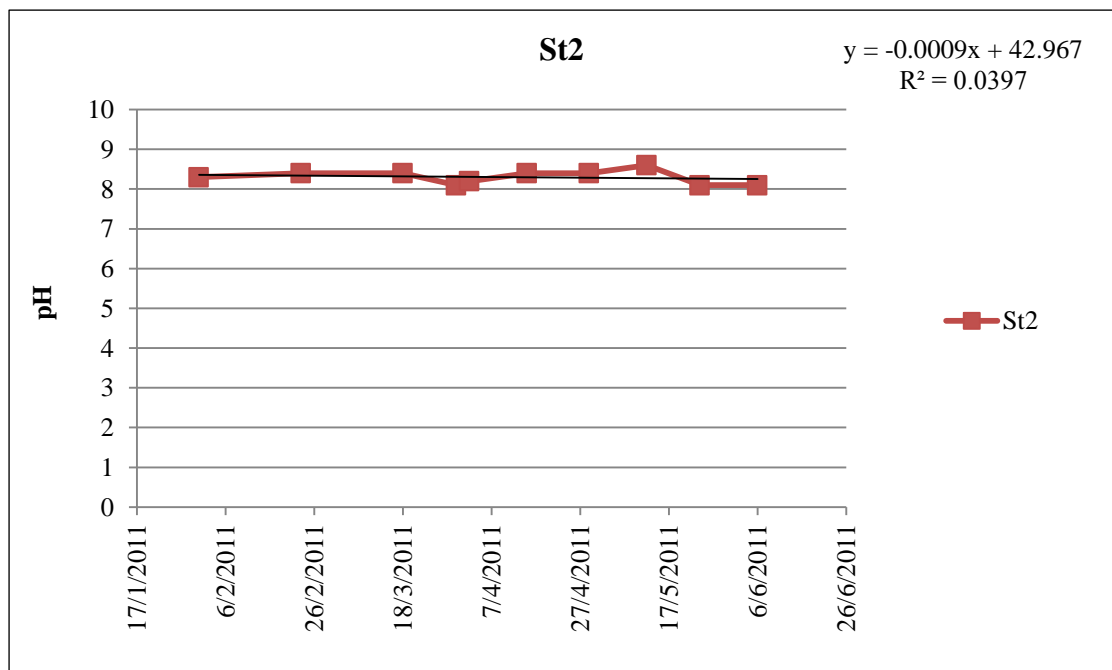
Σύμφωνα με τα Γραφήματα 10, 11, 12 παρατηρείται τάσης αύξησης της αγωγιμότητας και στα 3 σημεία των μετρήσεων. Οι χαμηλές τιμές αγωγιμότητας που παρατηρήθηκαν στην έναρξη των μετρήσεων τους χειμερινούς κυρίως μήνες οφείλεται πέραν των άλλων και στην στάθμη του νερού, η οποία ήταν η μέγιστη που παρατηρήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια των μηνών (Psilovikos et al, 2006). Οι αυξημένες τιμές αγωγιμότητας σε ένα υδατικό σύστημα γενικότερα αποτελούν σημάδι ρύπανσης (Sfikas et al, 2013). Στο σταθμό 1 (St1), ο οποίος βρίσκεται αρκετά μακριά από το πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου, λόγω της έλλειψης των αστικών, αλλά και των βιομηχανικών απορροών οι τιμές της αγωγιμότητας είναι χαμηλότερες από αυτές στα σημεία 2 και 3, τα οποία είναι πλησιέστερα στην πόλη του Βόλου και των γύρω κατοικημένων περιοχών (Suthar, 2010). Και στους 3 σταθμούς οι τιμές της αγωγιμότητας μέχρι και το μήνα Απρίλιο κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα (μεταξύ 200 – 300 μS/cm), ενώ μετά τον Απρίλιο οι τιμές της παραμέτρου αυξάνονται σημαντικά φτάνοντας τα 415 μS/cm (St1), 425 μS/cm (St2)

και 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (St3). Ας ληφθεί υπόψη ότι το εμφιαλωμένο νερό εμφανίζει τιμές αγωγιμότητας ίσες με 475 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

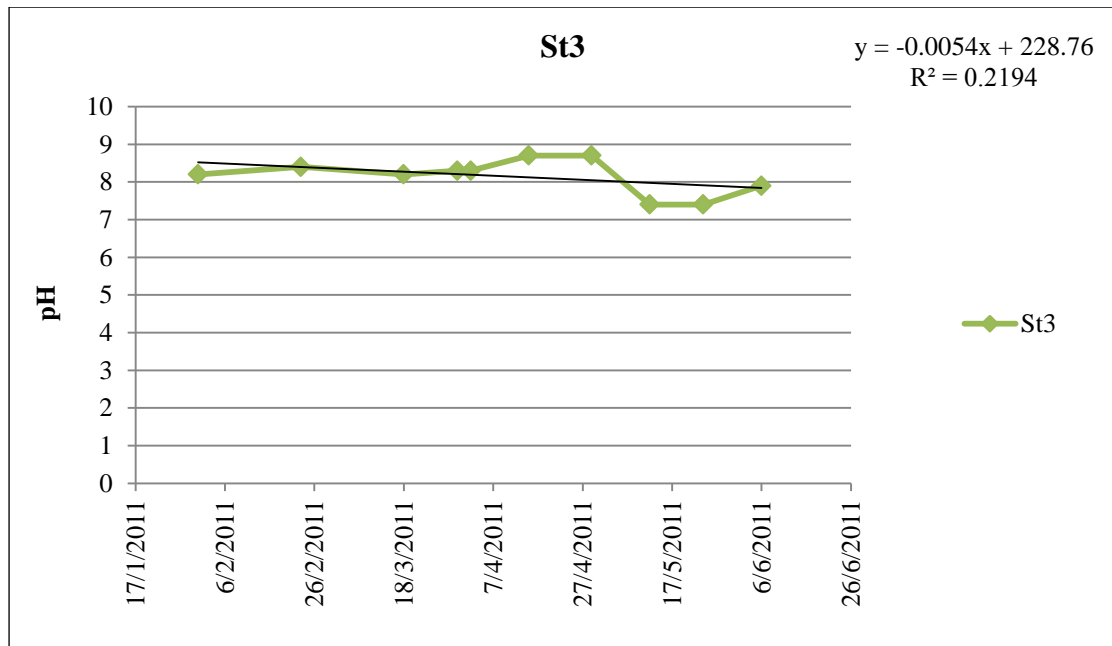
3.2.3 pH



Γράφημα 13: Απεικόνιση τάσης του pH στο σταθμό 1 (St1)



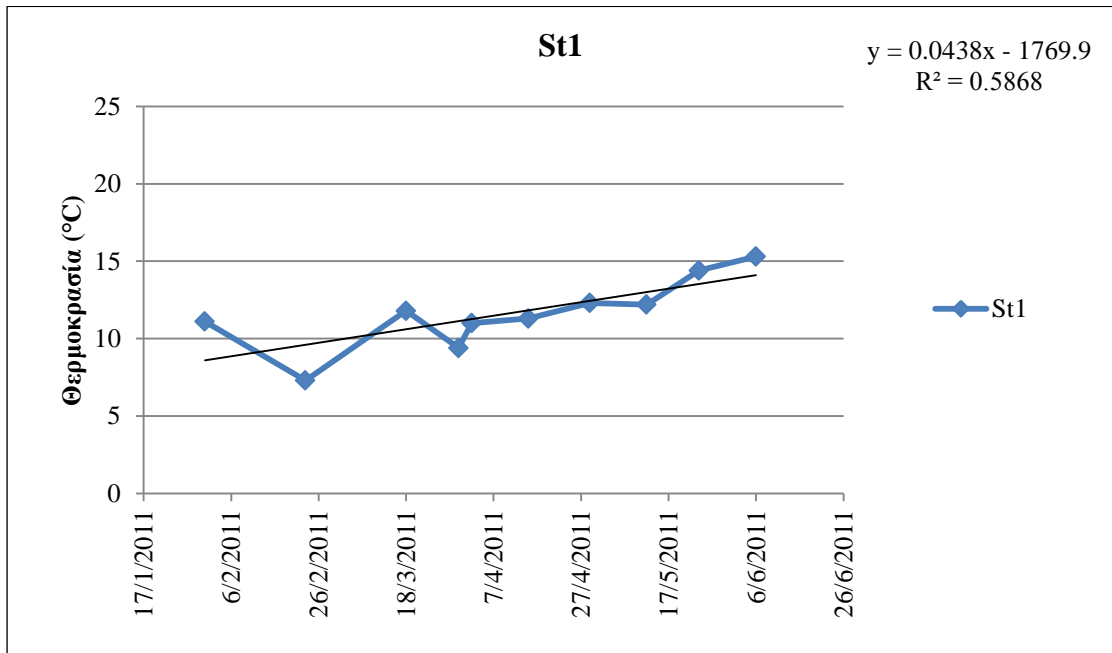
Γράφημα 14: Απεικόνιση τάσης του pH στο σταθμό 2 (St2)



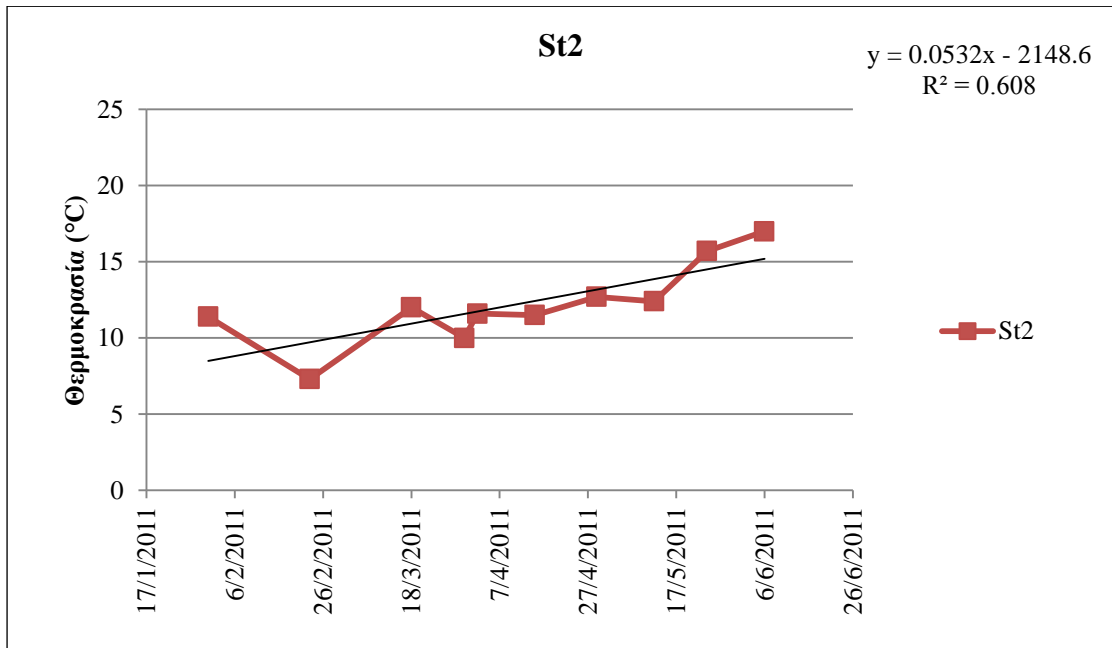
Γράφημα 15: Απεικόνιση τάσης του pH στο σταθμό 3 (St3)

Όσον αφορά την παράμετρο του pH, μπορεί να διαπιστωθεί από τα Γραφήματα 13, 14, 15 ότι και στους 3 σταθμούς μετρήσεων παρατηρείται ελάχιστη τάση μείωσης με το πέρασμα των μηνών από Ιανουάριο μέχρι και Ιούνιο. Μόνο στο σταθμό 1 (St1) το pH το μήνα Μάιο βρέθηκε περίπου ουδέτερο (6,9). Παρά τη μείωση των τιμών της παραμέτρου στους σταθμούς μετρήσεων, το pH στις υπόλοιπες μετρήσεις και στους 3 σταθμούς παραμένει ελαφρώς αλκαλικό καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι υψηλές τιμές pH παρατηρούνται γενικότερα κυρίως σε ευτροφικά νερά, ενώ χαμηλές τιμές σε νερά με συγκεντρώσεις οργανικών (Παπανίκος, 2008), χωρίς να μπορούμε να διαπιστώσουμε κάτι τέτοιο για τον Κραυσίδα, λόγω έλλειψης αντίστοιχων μετρήσεων (πχ: οργανικών).

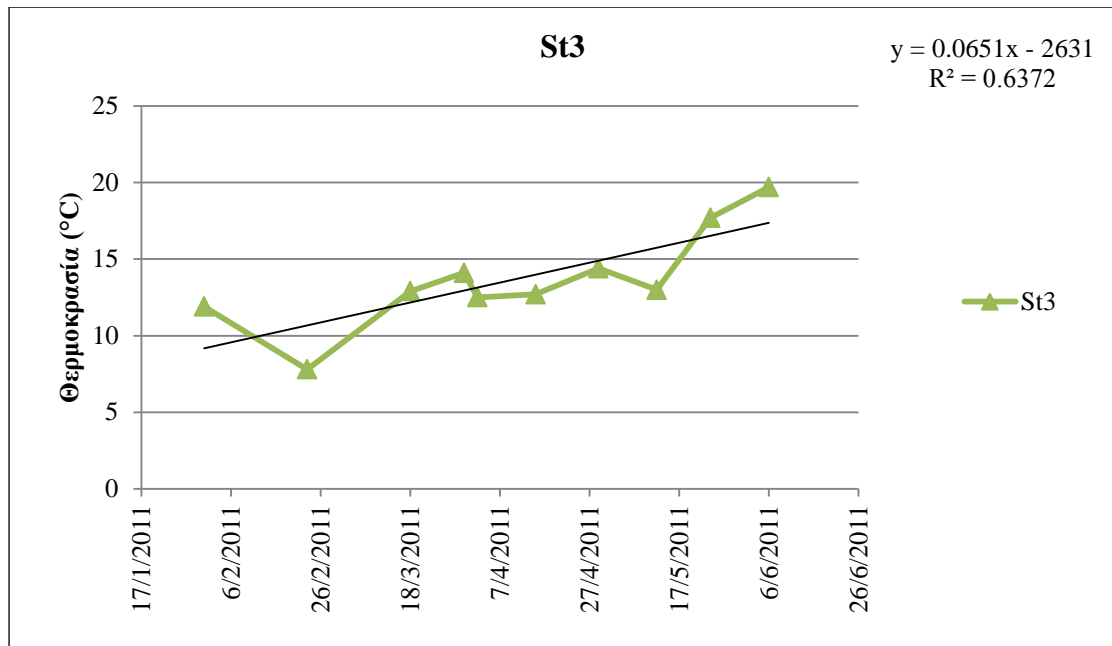
3.2.4 Θερμοκρασία



Γράφημα 16: Απεικόνιση τάσης της θερμοκρασίας του νερού στο σταθμό 1 (St1)



Γράφημα 17: Απεικόνιση τάσης της θερμοκρασίας του νερού στο σταθμό 2 (St2)

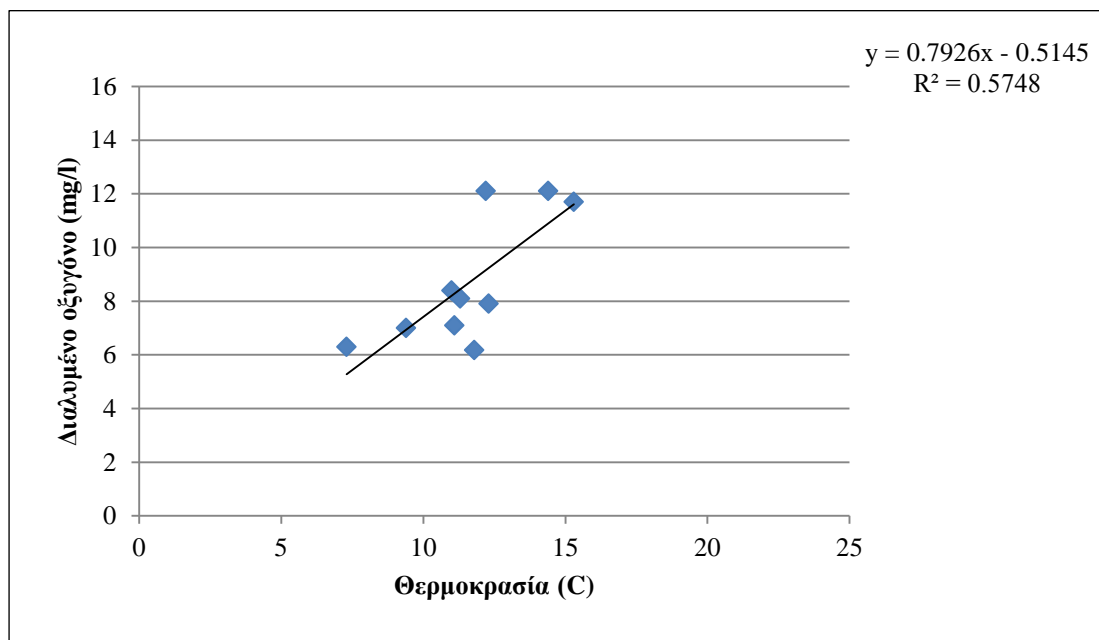


Γράφημα 18: Απεικόνιση τάσης της θερμοκρασίας του νερού στο σταθμό 3 (St3)

Σύμφωνα με τα Γραφήματα 16, 17, 18 παρατηρείται τάσης αύξησης της θερμοκρασίας και στα 3 σημεία, από τον Ιανουάριο μέχρι και τον Ιούνιο, κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο λόγω των μηνών παρακολούθησης (Ιανουάριο – Ιούνιο). Οι θερμοκρασίες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες ξεπέρασαν τους 15 °C. Σε γενικές γραμμές οι τιμές των θερμοκρασιών του νερού συμβάδιζαν σε μεγάλο βαθμό με τις τιμές των θερμοκρασιών του αέρα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το εύρος θερμοκρασιών και στους 3 σταθμούς μετρήσεων κυμαίνεται σε «επιτρεπόμενα» όρια για τη διαβίωση αρκετών ειδών οργανισμών, σύμφωνα με την ΚΥΑ 46399/1352 (ΦΕΚ 438 Β', 3-7-1986), η οποία καθορίζει τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια που πρέπει να διαθέτουν τα ύδατα ανάλογα με τη χρήση τους (κολύμβηση, διαβίωση οργανισμών, γλυκά νερά κτλ.).

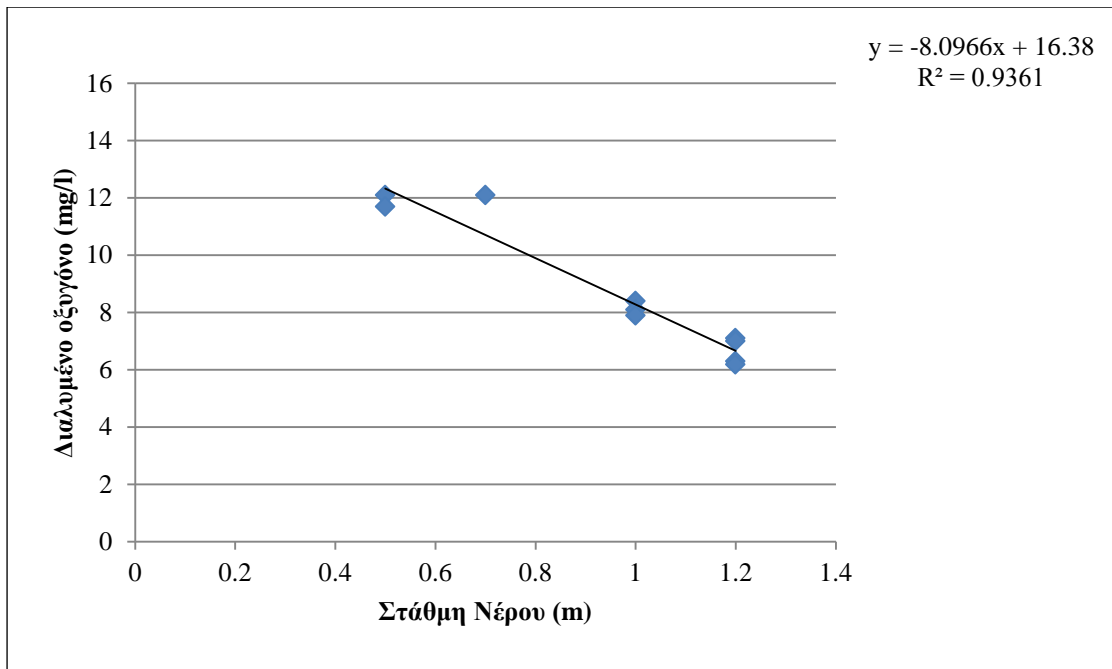
3.3 Συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων ανά σταθμό

3.3.1 Σταθμός 1 (St1)



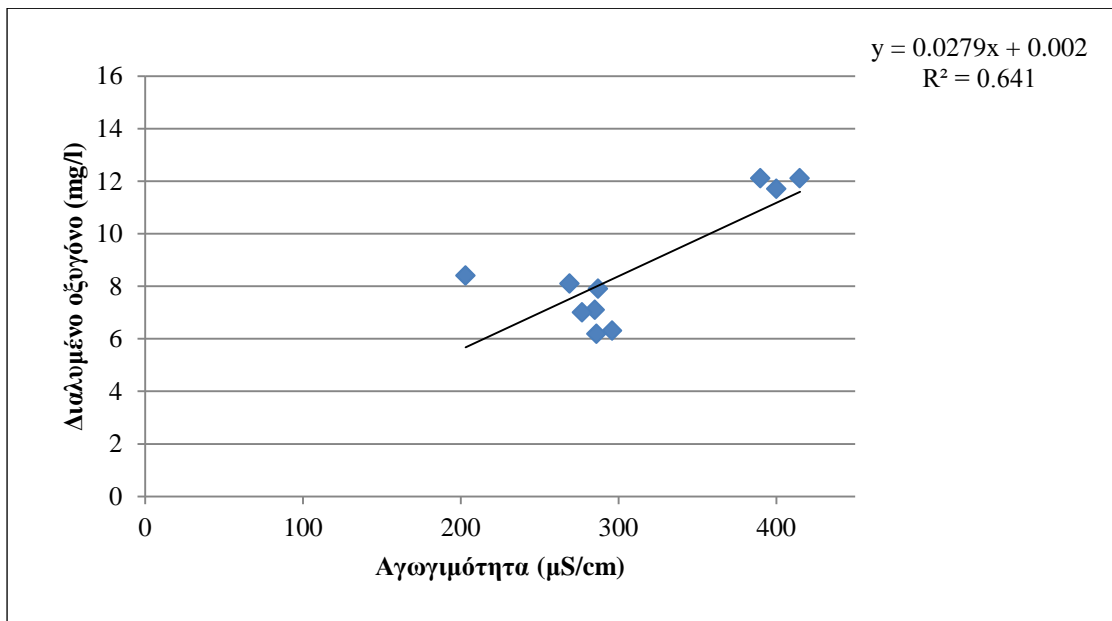
Γράφημα 19: Συσχέτιση διαλυμένου οξυγόνου με θερμοκρασία

Στο Γράφημα 19 απεικονίζεται η διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου σε σχέση με τη θερμοκρασία. Σύμφωνα αυτό, παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, αυξάνεται και το διαλυμένο οξυγόνο. Το διαλυμένο οξυγόνο παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένο τις καλοκαιρινές περιόδους προσεγγίζοντας τα επίπεδα κορεσμού (Matzafleri et al, 2009). Αυτό συμβαίνει διότι την άνοιξη λαμβάνει χώρα τήξη χιονιού στις ορεινές περιοχές και το νερό αυτό (νερό χαμηλής θερμοκρασίας) εμπλουτίζεται σε διαλυμένο οξυγόνο και έχει επίσης μεγάλες τιμές οξυγόνου κορεσμού. Αυτό, το παρατηρούμε στις θέσεις μέτρησης με τιμές του διαλυμένου οξυγόνου είναι μεγαλύτερες από αυτές που θα περίμενε κανείς.



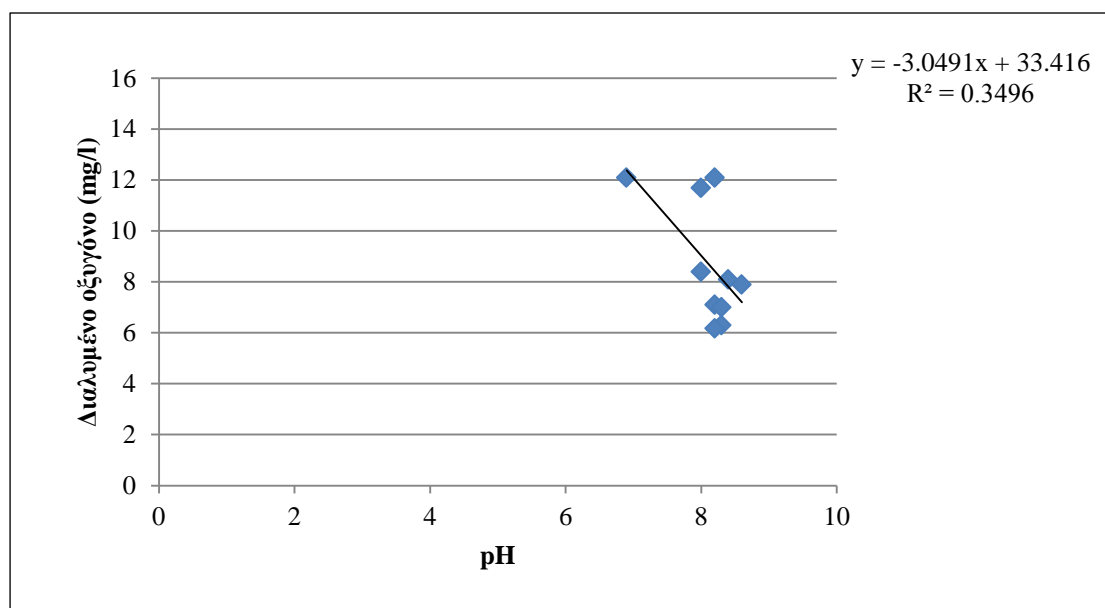
Γράφημα 20: Συσχέτιση διαλυμένου οξυγόνου με στάθμη νερού

Στο Γράφημα 20 απεικονίζεται η διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου σε σχέση με τη στάθμη του νερού. Σύμφωνα με αυτό, όταν η στάθμη του νερού είναι αυξημένη, κυρίως τους χειμερινούς μήνες, παρουσιάζεται μείωση του διαλυμένου οξυγόνου, αν και συνήθως παρατηρείται το αντίθετο.



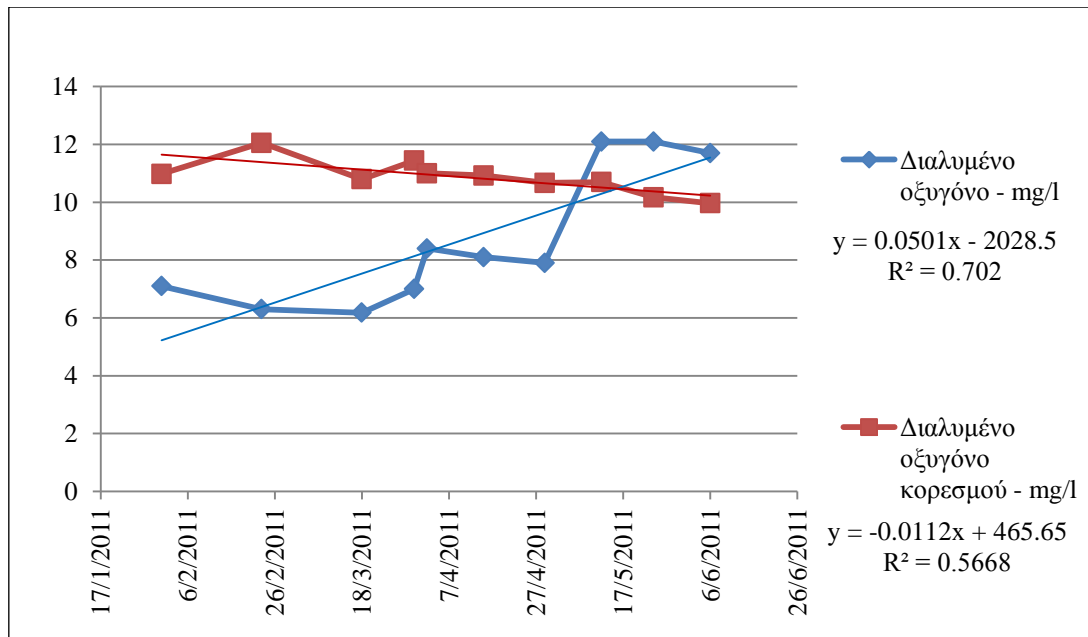
Γράφημα 21: Συσχέτιση Διαλυμένου οξυγόνου με αγωγιμότητα

Στο Γράφημα 21 απεικονίζεται η διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου σε σχέση με την αγωγιμότητα.



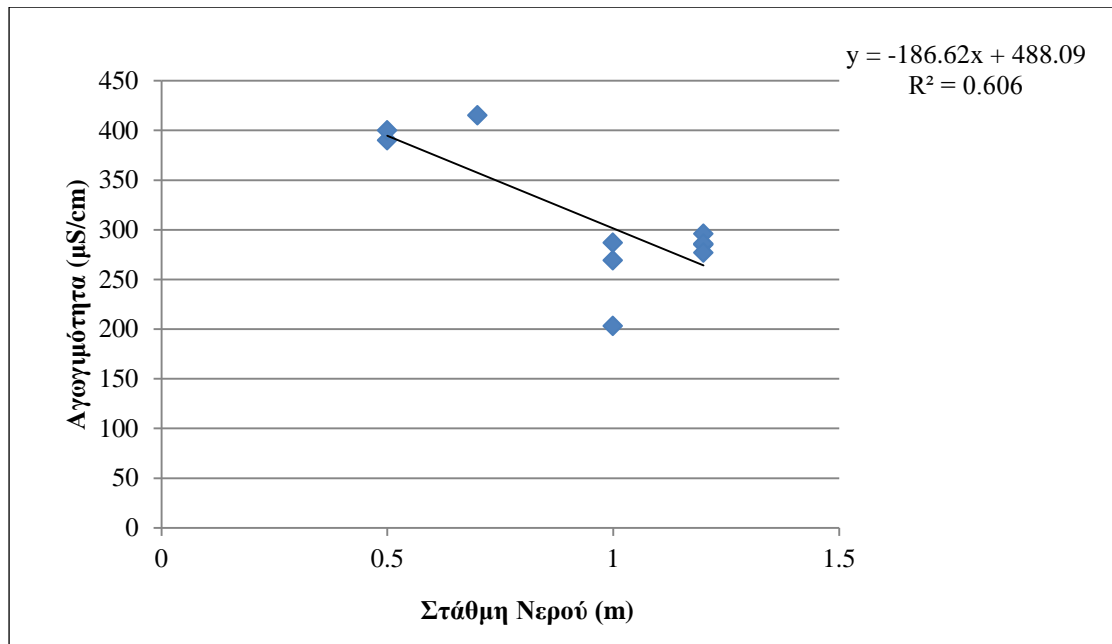
Γράφημα 22: Συσχέτιση διαλυμένου οξυγόνου με pH

Στο Γράφημα 22 απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου σε σχέση με το pH. Παρατηρείται ότι όσο το pH αυξάνεται οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου μειώνονται.



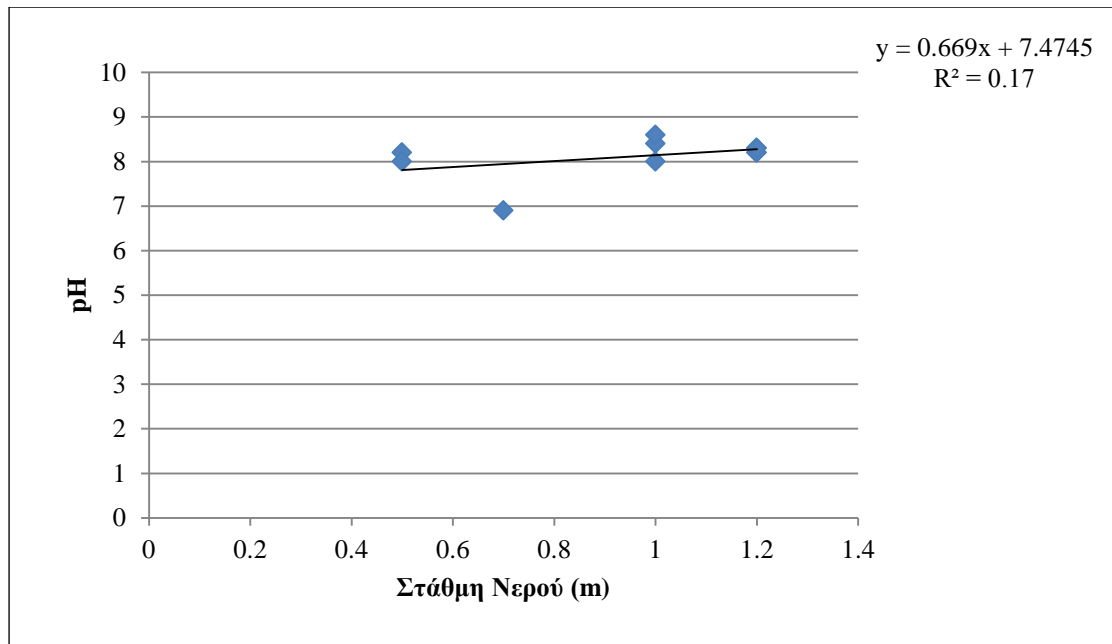
Γράφημα 23: Απεικόνιση διαλυμένου οξυγόνου και οξυγόνου κορεσμού

Στο Γράφημα 23 απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου και του οξυγόνου κορεσμού. Παρατηρούμε ότι οι συγκεντρώσεις του πρώτου είναι μικρότερες από το δεύτερο μέχρι και το μήνα Απρίλιο, ενώ από το Μάιο μέχρι και Ιούνιο οι συγκεντρώσεις του πρώτου είναι μεγαλύτερες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός της έντονης ανάδευσης του νερού κατά τη ροή του στο βασικό κλάδο του Κραυσίδωνα και στον έντονο επαναερισμό του. Έχει παρατηρηθεί και σε λίμνες το φαινόμενο αυτό (Matzafleri et al., 2009).



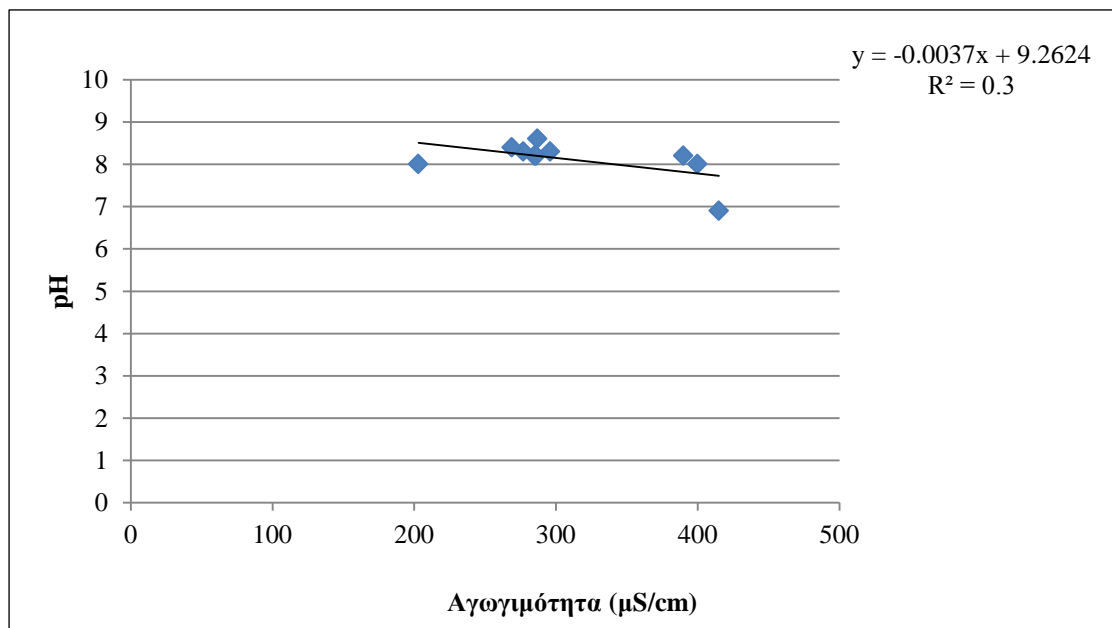
Γράφημα 24: Συσχέτιση αγωγιμότητας με στάθμη νερού

Στο Γράφημα 24 απεικονίζεται η διακύμανση των τιμών της αγωγιμότητας σε σχέση με τη στάθμη του νερού. Μπορεί να διαπιστωθεί μια δικαιολογημένη πτώση της αγωγιμότητας, όσο αυξάνεται η στάθμη, γεγονός που έχει αποδειχθεί και σε παλαιότερη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στον ποταμό Νέστο (Psilonikos et al, 2006)(Psilonikos & Sentas, 2009). Αυτό ερμηνεύεται ως εξής: Η αύξηση της στάθμης σημαίνει αυξημένες παροχές λόγω βροχοπτώσεων ή τήξης χιονιού. Όταν αυξάνεται η παροχή, μειώνεται η συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων (Πανταζής, 2011) και κατ' επέκταση η τιμή της Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας.



Γράφημα 25: Συσχέτιση pH με στάθμη νερού

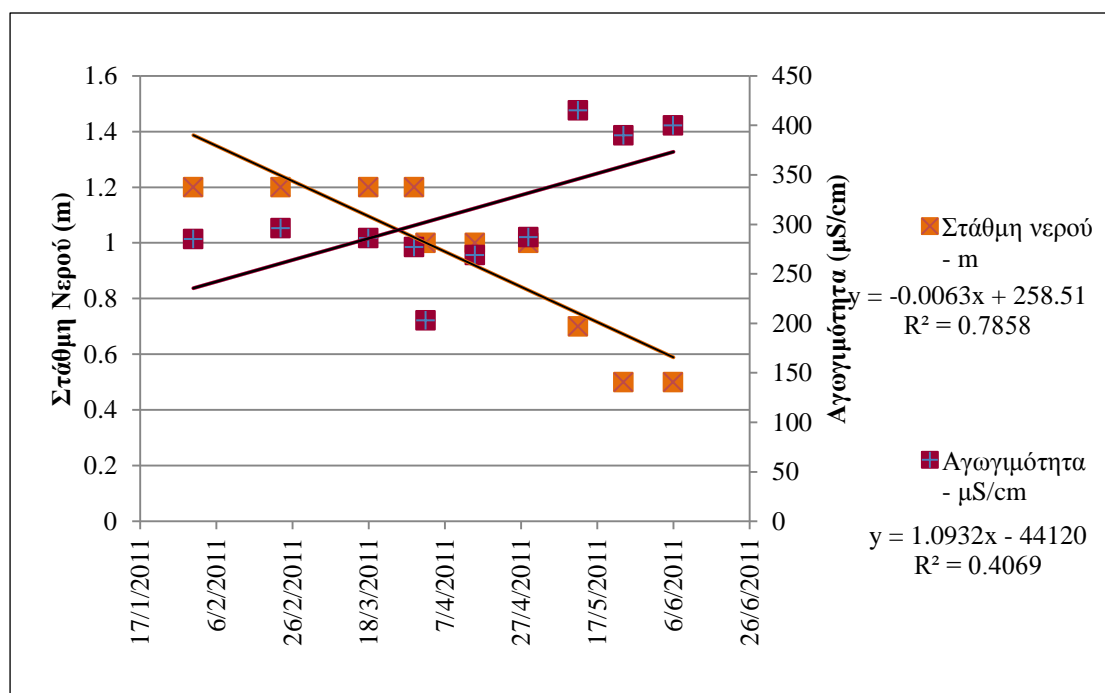
Στο Γράφημα 25 απεικονίζεται το pH σε σχέση με τη στάθμη του νερού. Λόγω μικρού συντελεστή συσχέτισης δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.



Γράφημα 26: Συσχέτιση pH με αγωγιμότητα

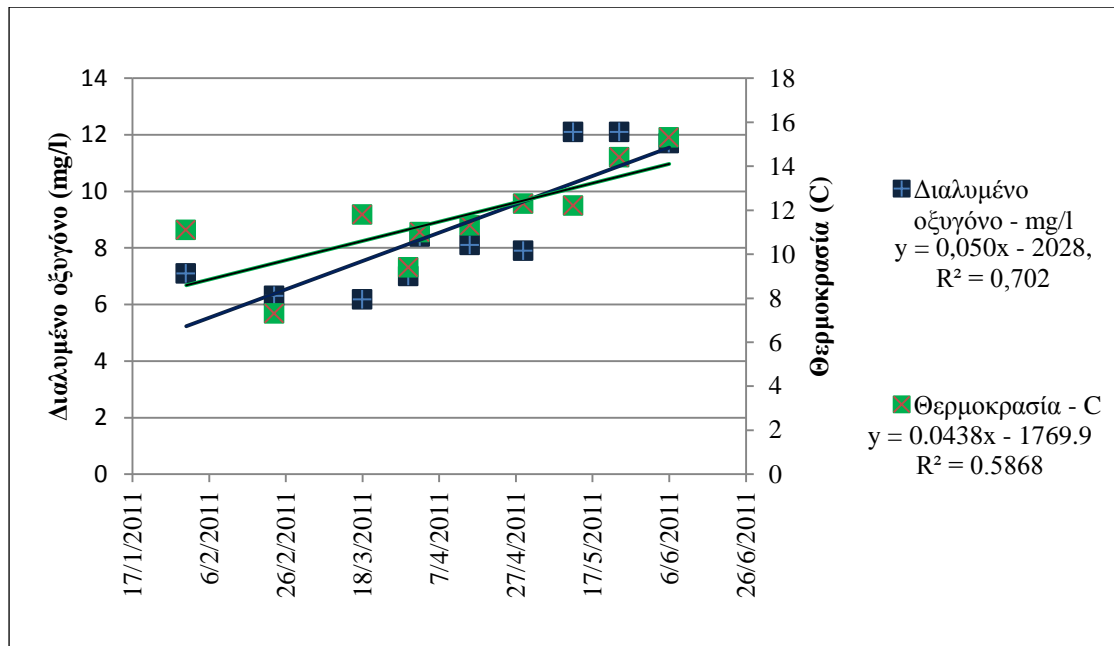
Στο Γράφημα 26 απεικονίζεται το pH σε σχέση με τις τιμές της αγωγιμότητας. Και σε αυτή την περίπτωση όμως δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

Η περίοδος μέτρησης αφορά δύο εποχές του χρόνου και ο αριθμός των μετρήσεων είναι μικρός.



Γράφημα 27: Απεικόνιση στάθμης νερού και αγωγιμότητας σε σχέση με το χρόνο

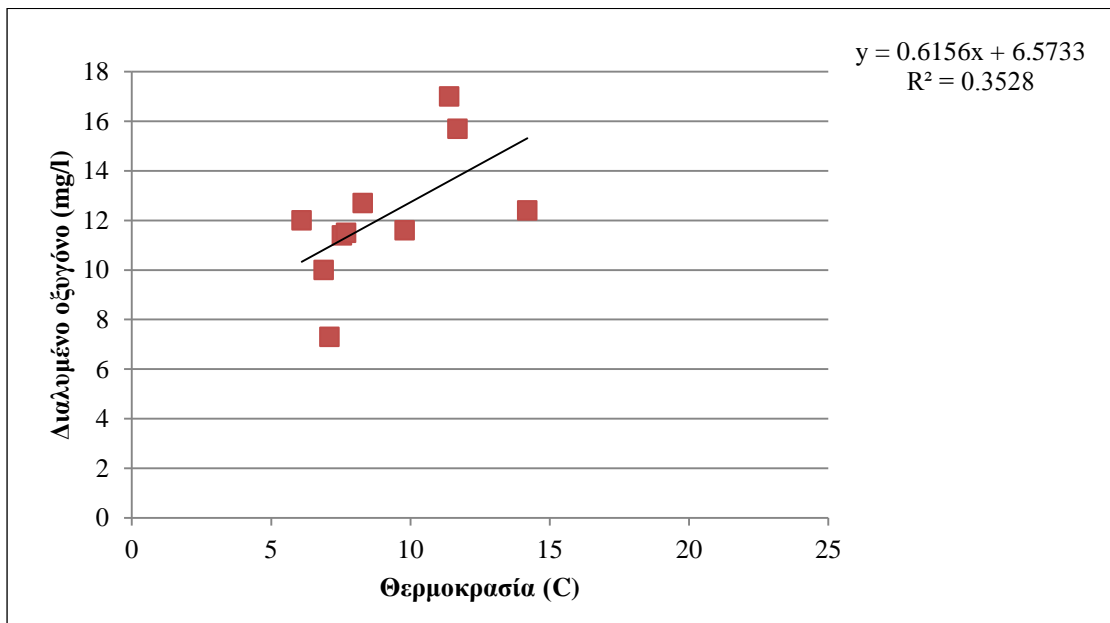
Στο Γράφημα 27 απεικονίζεται η στάθμη του νερού και η αγωγιμότητα σε σχέση με το χρόνο. Μπορεί να διαπιστωθεί ότι όσο η στάθμη του νερού αυξάνεται, η αγωγιμότητα μειώνεται. Αυτό επιβεβαιώνεται και αιτιολογείται στο Γράφημα 21 και έχει αποδειχθεί και σε προηγούμενες έρευνες (Psilonikos & Sentas, 2009)



Γράφημα 28: Απεικόνιση διαλυμένου οξυγόνου και θερμοκρασίας νερού σε σχέση με το χρόνο

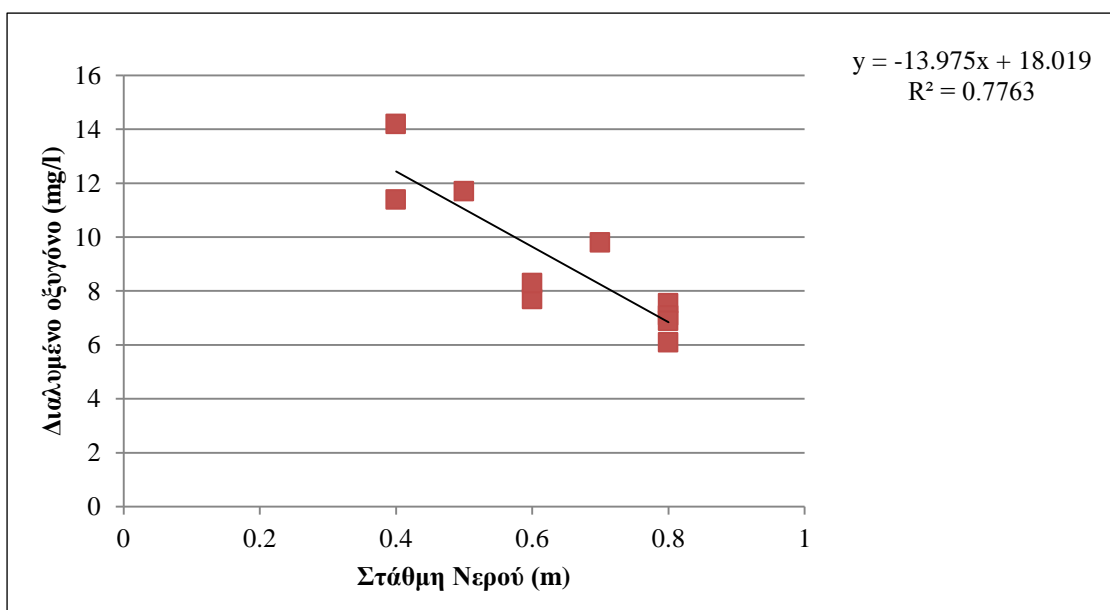
Στο Γράφημα 28 απεικονίζεται η διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου και της θερμοκρασίας του νερού σε σχέση με το χρόνο. Σύμφωνα με αυτό, τόσο το διαλυμένο οξυγόνο όσο και η θερμοκρασία του νερού αυξάνονται κατά τους θερινούς μήνες, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται και αιτιολογείται στο Γράφημα 19.

3.3.2 Σταθμός 2 (St2)



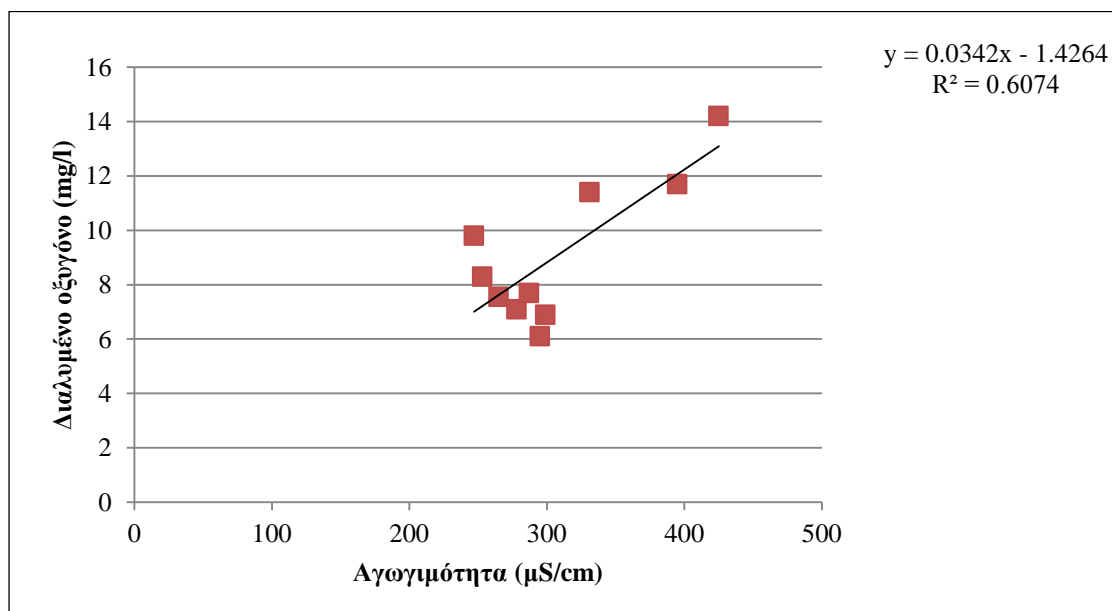
Γράφημα 29: Συσχέτιση διαλυμένου οξυγόνου με θερμοκρασία

Στο Γράφημα 29 απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου σε σχέση με τη θερμοκρασία του νερού. Σύμφωνα με αυτό, αύξηση της θερμοκρασία επιφέρει και αύξηση στο διαλυμένο οξυγόνο, γεγονός που παρατηρείται και στο σταθμό 1 (St1), για τους ίδιους λόγους που περιγράφηκαν και στην περίπτωση του σταθμού 1 προηγουμένως.



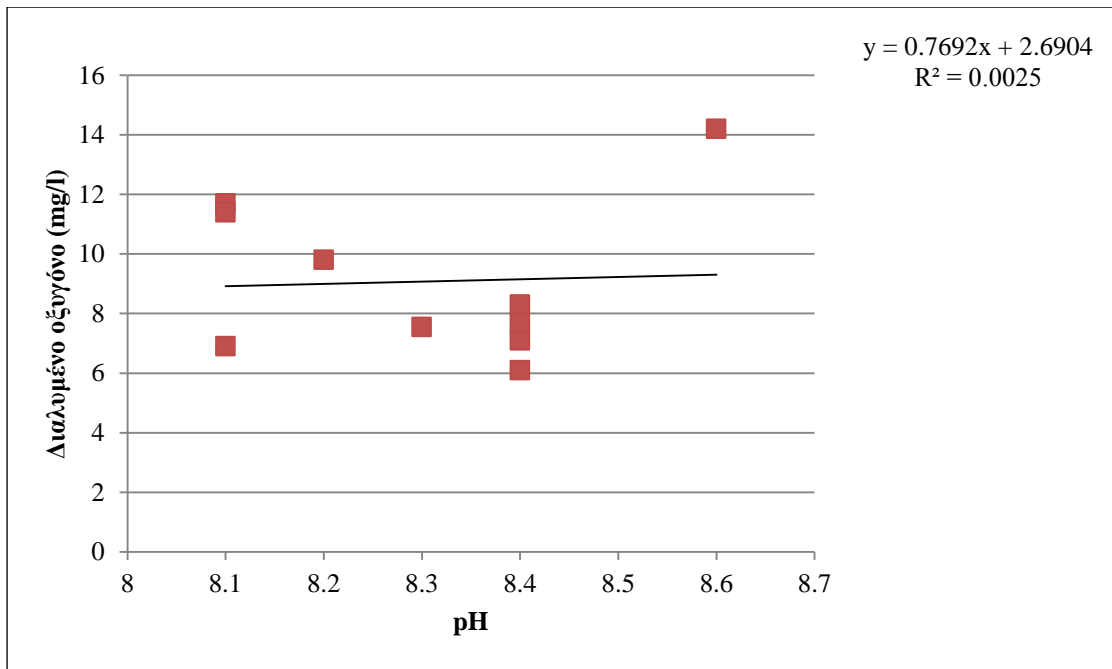
Γράφημα 30: Συσχέτιση διαλυμένου οξυγόνου με στάθμη νερού

Σύμφωνα με το Γράφημα 30, στο οποίο απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου, συγκριτικά με τη διακύμανση της στάθμης του νερού, παρατηρείται, ότι άνοδος της στάθμης του νερού του χειμάρρου έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου, γεγονός που συμβαίνει τους χειμερινούς κυρίως μήνες, αφού τότε η στάθμη του νερού παρουσιάζεται αυξημένη. Το ίδιο «φαινόμενο» παρατηρείται και στο σταθμό 1 (St1).



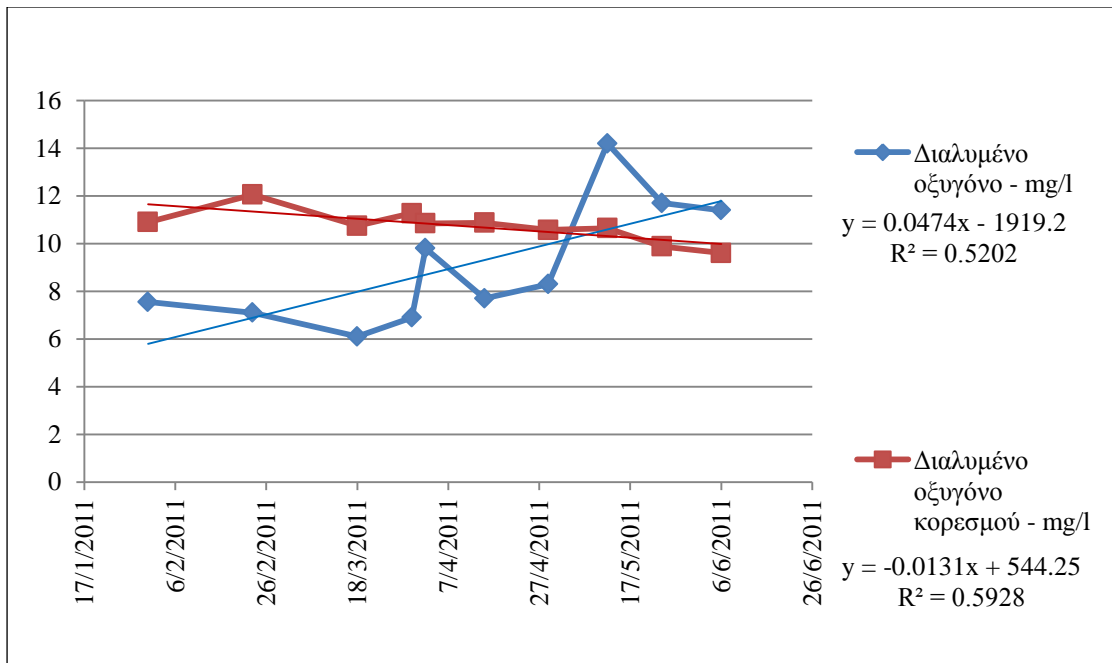
Γράφημα 31: Συσχέτιση διαλυμένου οξυγόνου με αγωγιμότητα

Στο Γράφημα 31 απεικονίζεται η συσχέτιση του διαλυμένου οξυγόνου με την αγωγιμότητα.



Γράφημα 32: Συσχέτιση διαλυμένου οξυγόνου με pH

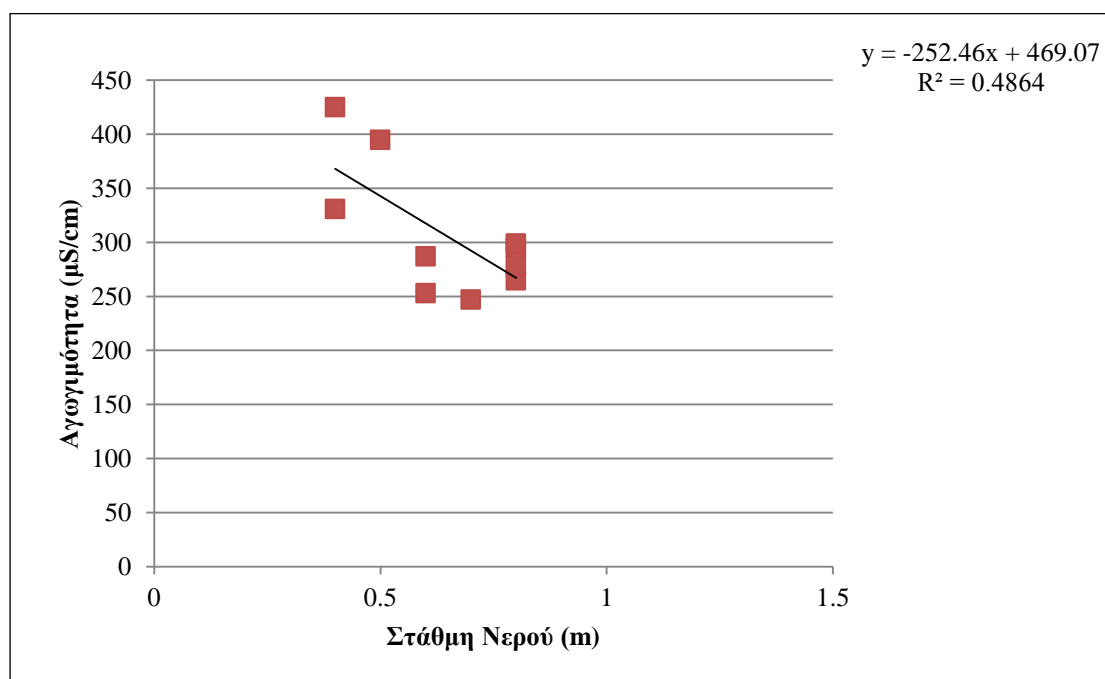
Στο Γράφημα 32 απεικονίζεται η διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου σε σχέση με το pH.



Γράφημα 33: Απεικόνιση διαλυμένου οξυγόνου και οξυγόνου κορεσμού

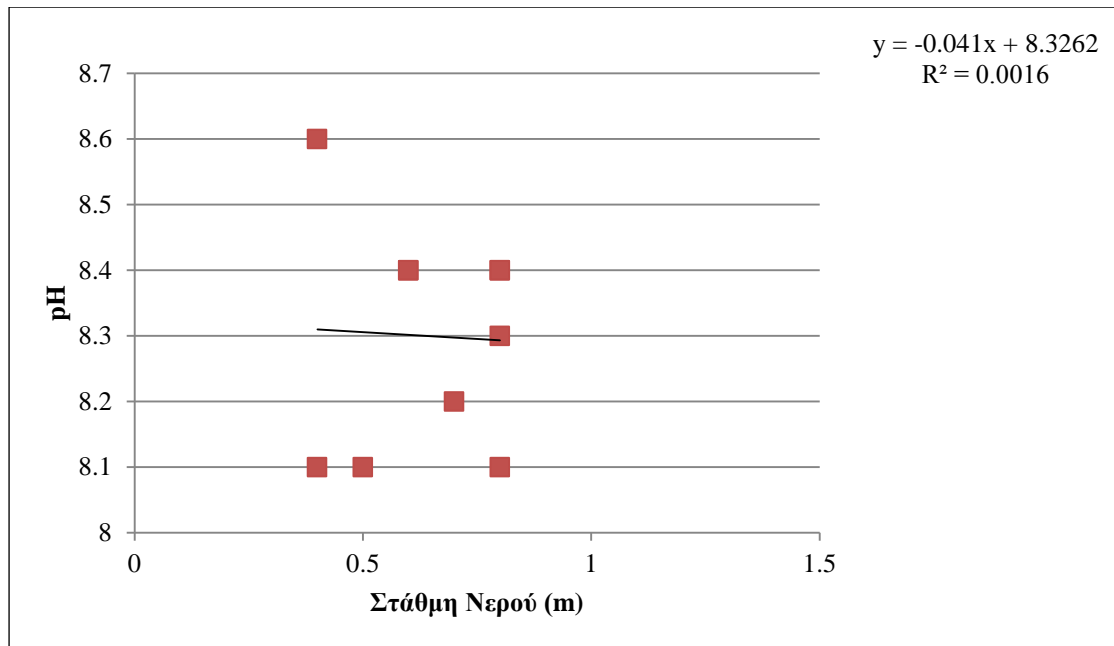
Στο Γράφημα 33 απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου και του οξυγόνου κορεσμού. Παρατηρούμε ότι οι

συγκεντρώσεις του πρώτου είναι μικρότερες από το δεύτερο μέχρι και το μήνα Απρίλιο, ενώ από το Μάιο μέχρι και Ιούνιο, ισχύει το αντίστροφο με την ίδια φιλοσοφία που περιγράφηκε προηγουμένως για τον σταθμό 1.



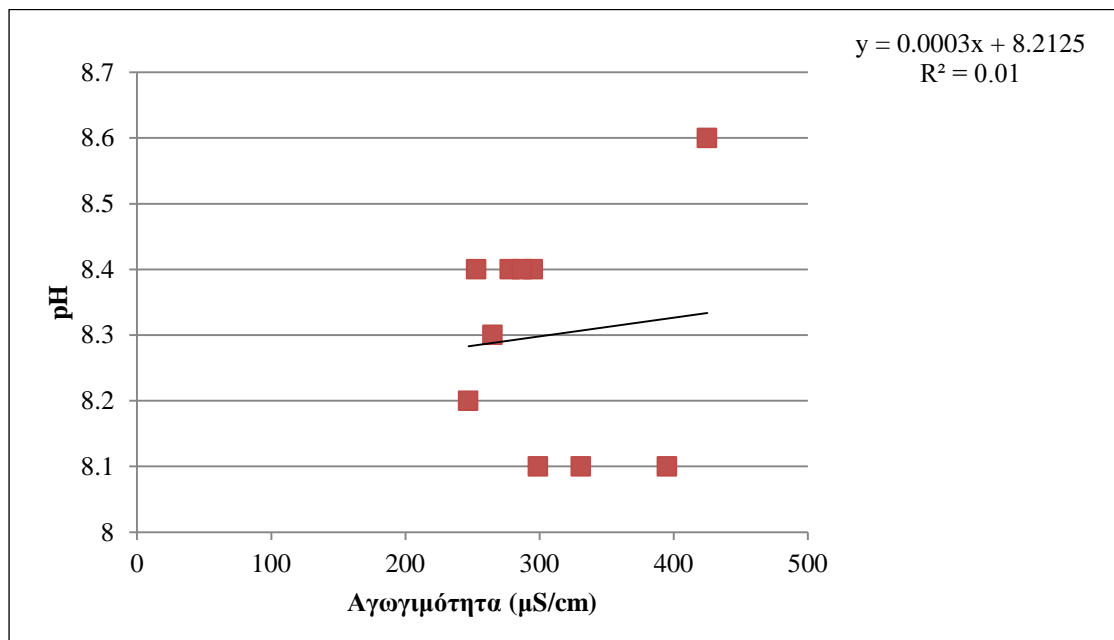
Γράφημα 34: Συσχέτιση αγωγιμότητας με στάθμη νερού

Στο Γράφημα 34 απεικονίζεται κατά πόσο η μεταβολή της στάθμης του νερού του Κραυσίδωνα επηρεάζει την αγωγιμότητα. Σύμφωνα με αυτό συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τους χειμερινούς μήνες η αγωγιμότητα του χειμάρρου μειώνεται, καθώς η στάθμη του νερού αυξάνεται, γεγονός που παρατηρείται και στο σταθμό 1 (St1) και αναφέρεται και από τους Psilovikos et al, 2006.



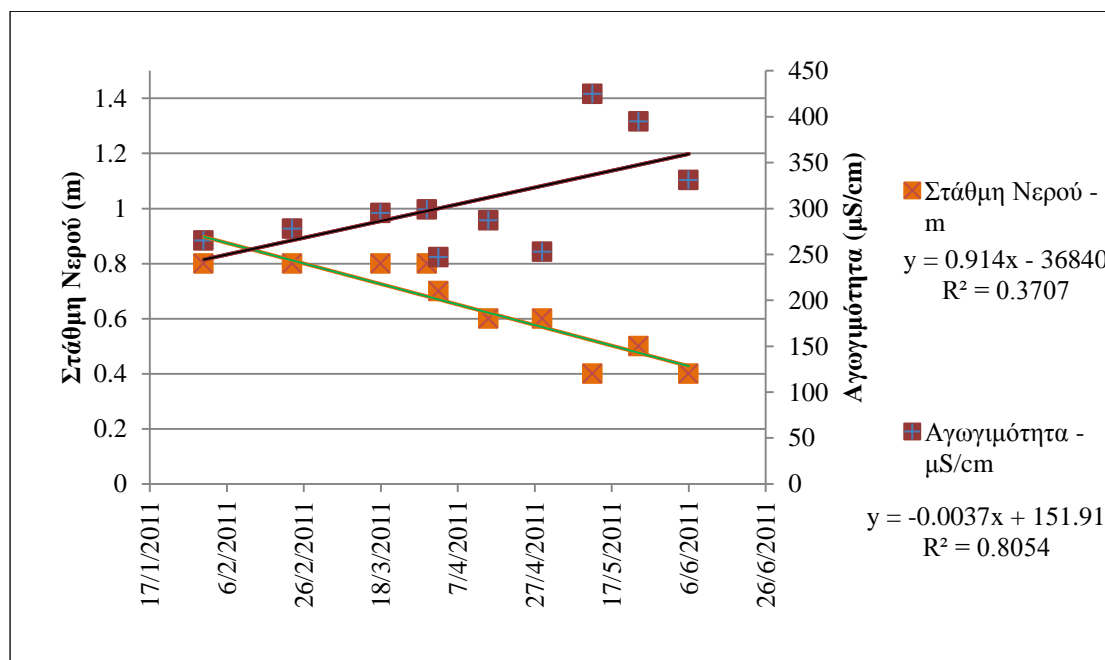
Γράφημα 35: Συσχέτιση pH με στάθμη νερού

Στο Γράφημα 35 απεικονίζεται η συγκέντρωση του pH καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων σε σχέση με τη στάθμη του νερού. Όπως και στο σταθμό 1 (St1) δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα λόγω του μικρού συντελεστή συσχέτισης.



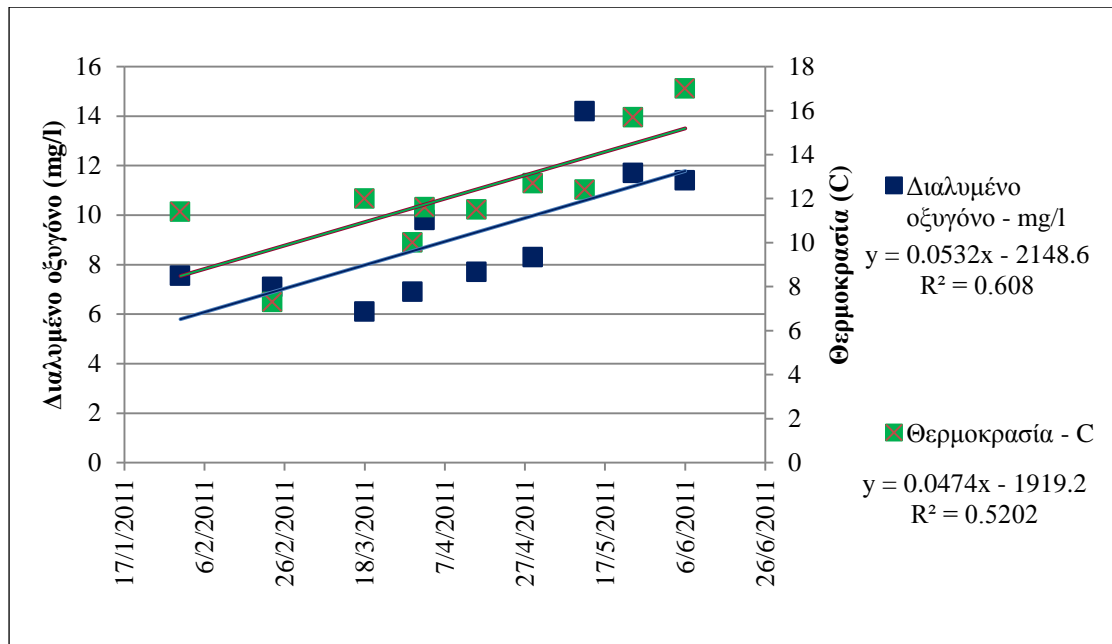
Γράφημα 36: Συσχέτιση pH με αγωγιμότητα

Σύμφωνα με το Γράφημα 36 στο οποίο απεικονίζεται η μεταβολή της αγωγιμότητας σε σχέση με τη μεταβολή του pH, δεν μπορούν να εξαχθούν επίσης ασφαλή συμπεράσματα διότι οι μετρήσεις αφορούν μόνο 2 εποχές του χρόνου, όπως και στο σταθμό 1 (St1).



Γράφημα 37: Απεικόνιση στάθμης νερού και αγωγιμότητας σε σχέση με το χρόνο

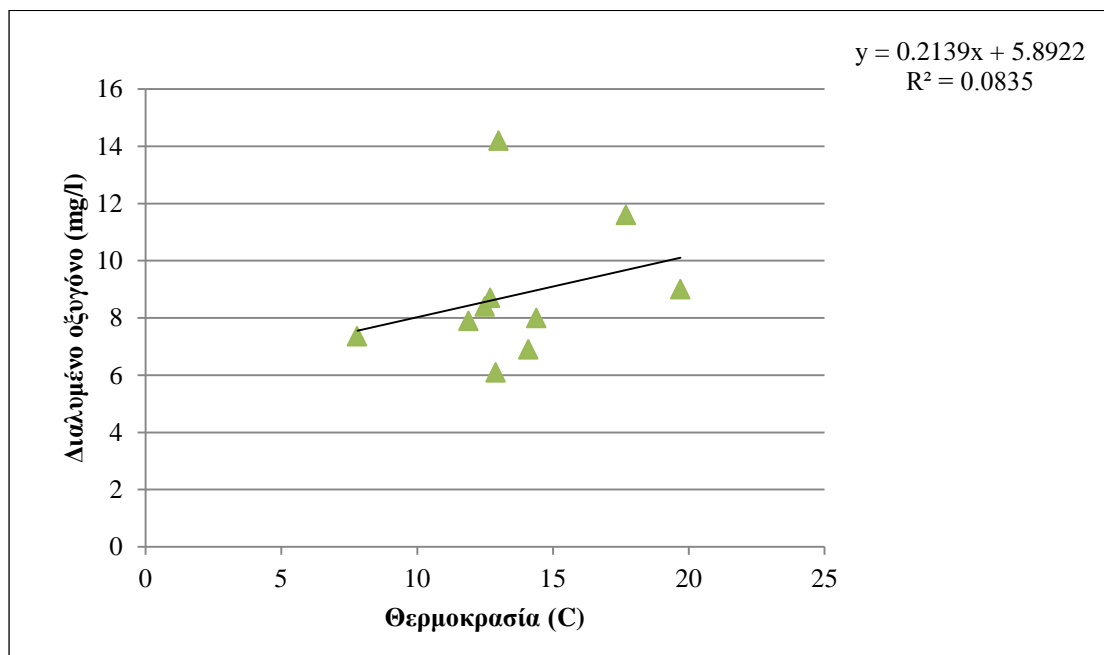
Σύμφωνα με το Γράφημα 37, το οποίο απεικονίζει τη στάθμη και την αγωγιμότητα σε σχέση με το χρόνο, μπορεί να διαπιστωθεί ότι η τάση της στάθμης με την αγωγιμότητα είναι αντιστρόφως ανάλογες, γεγονός που συμβαίνει και στο σταθμό 1 (St1) και έχει επιβεβαιωθεί και σε προηγούμενες έρευνες (Psilonikos & Sentas, 2009).



Γράφημα 38: Απεικόνιση διαλυμένου οξυγόνου και θερμοκρασίας σε σχέση με το χρόνο

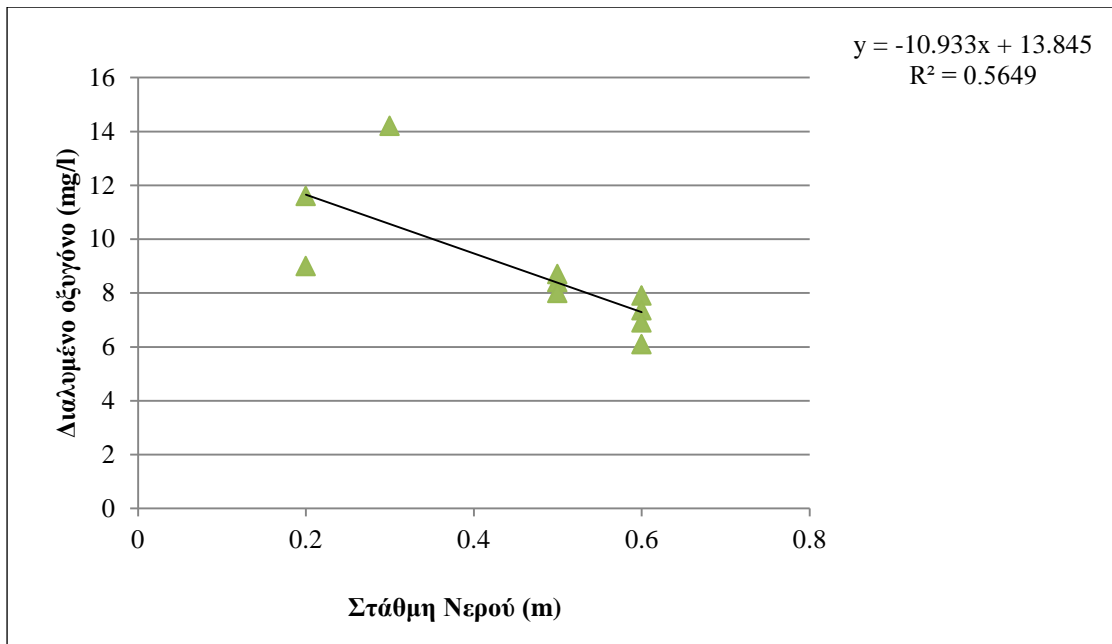
Στο Γράφημα 38 απεικονίζεται η τάση του διαλυμένου οξυγόνου σε σχέση με την τάση της θερμοκρασίας. Σύμφωνα με αυτό, οι 2 τάσεις είναι ανάλογες, δηλαδή όσο αυξάνεται η θερμοκρασία με το πέρασμα των μηνών, τόσο αυξάνεται και η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στον Κραυσίδαωνα, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από το Γράφημα 29.

3.3.3 Σταθμός 3 (St3)



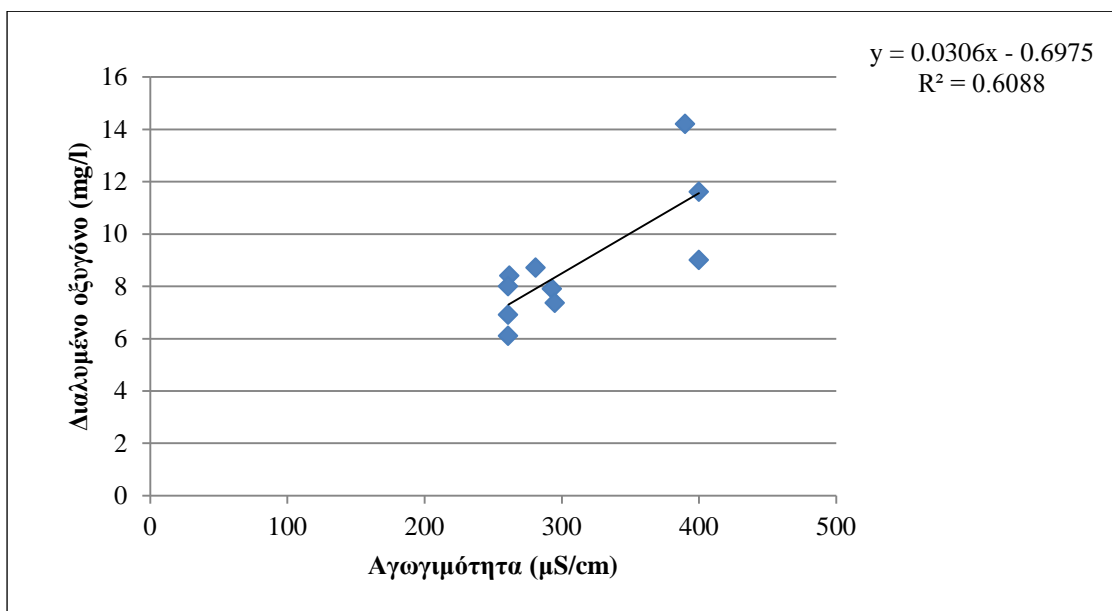
Γράφημα 39: Συσχέτιση διαλυμένου οξυγόνου με θερμοκρασία

Σύμφωνα με το Γράφημα 39, στο οποίο παρουσιάζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου σε σχέση με αυτή της θερμοκρασίας, γίνεται αντιληπτό ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία (δηλαδή όσο πλησιάζουν οι θερινοί μήνες), τόσο αυξάνεται η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου του χειμάρρου, γεγονός που συμβαίνει και αιτιολογείται και στους σταθμούς 1 (St1) και 2 (St2).



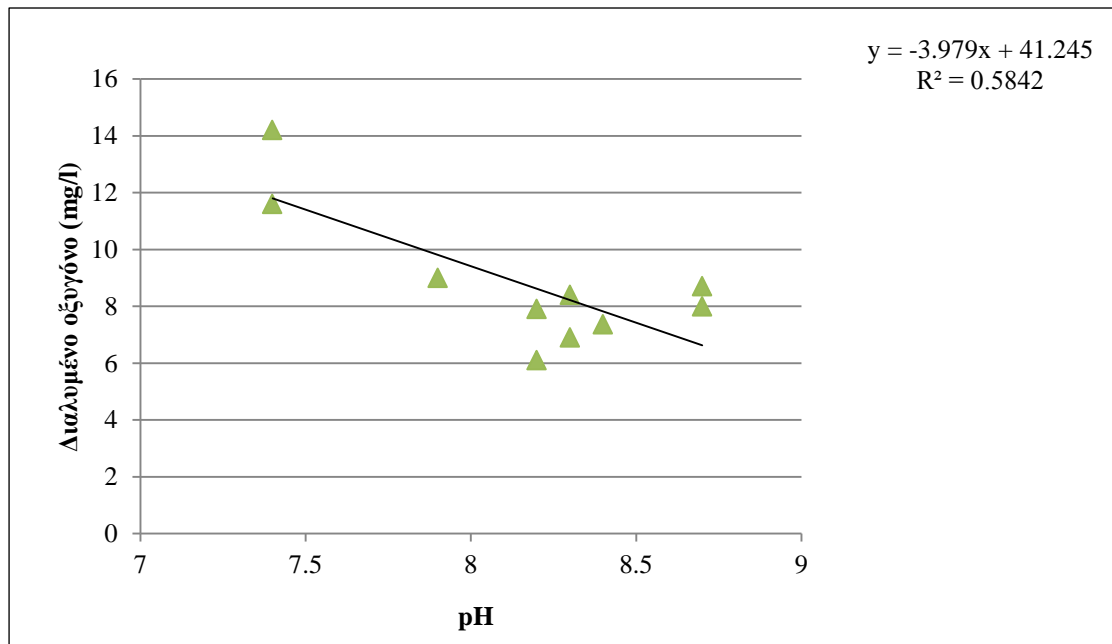
Γράφημα 40: Συσχέτιση διαλυμένου οξυγόνου με στάθμη νερού

Στο Γράφημα 40 απεικονίζεται κατά πόσο η μεταβολή της στάθμης του νερού επηρεάζει τη διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου. Έτσι, προκύπτει ότι όσο η στάθμη του νερού μειώνεται τόσο μειώνεται και το διαλυμένο οξυγόνο του χειμάρρου, αν και συνήθως συμβαίνει το αντίθετο.



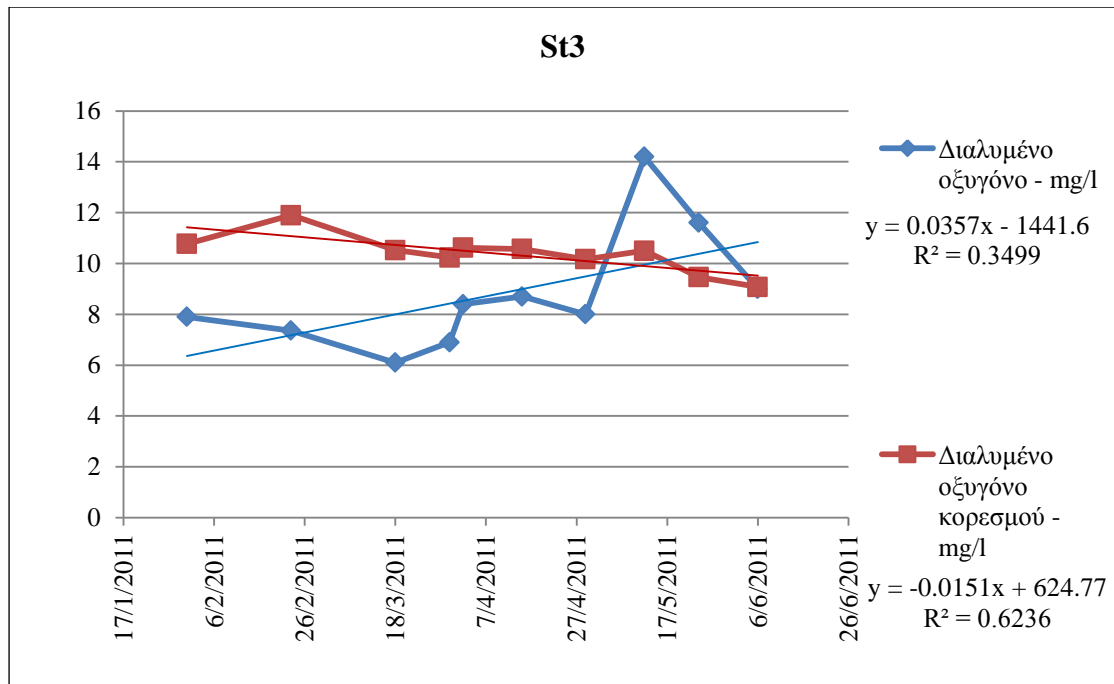
Γράφημα 41: Συσχέτιση διαλυμένου οξυγόνου και αγωγιμότητας

Στο Γράφημα 41 απεικονίζεται η διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου με το pH, καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.



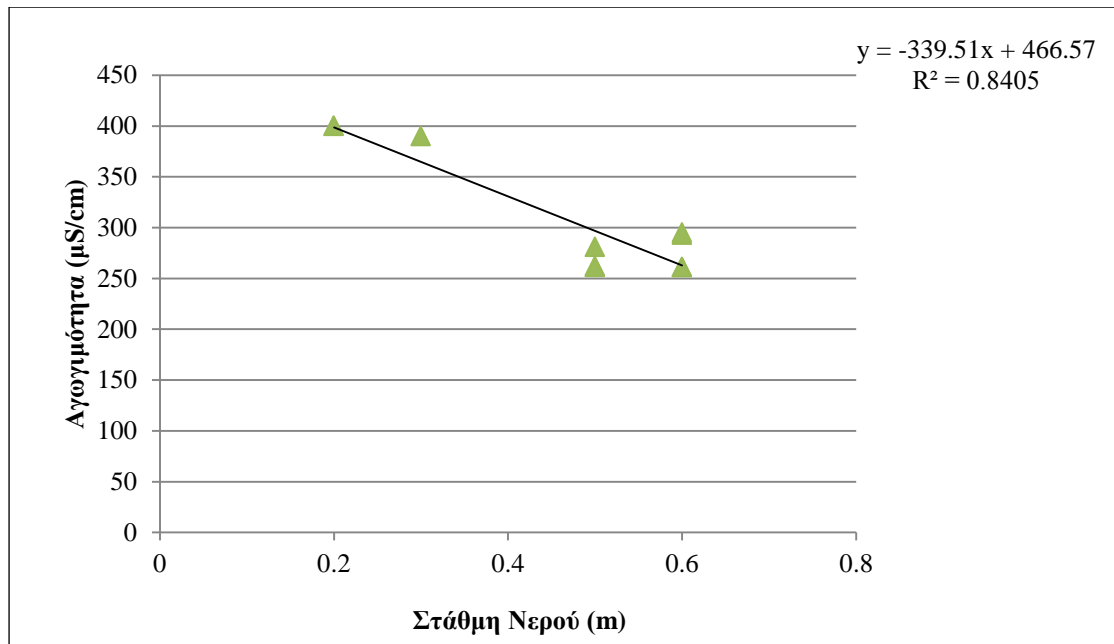
Γράφημα 42: Συσχέτιση διαλυμένου οξυγόνου και pH

Στο Γράφημα 42 απεικονίζεται η διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου σε σχέση με τη διακύμανση του pH.



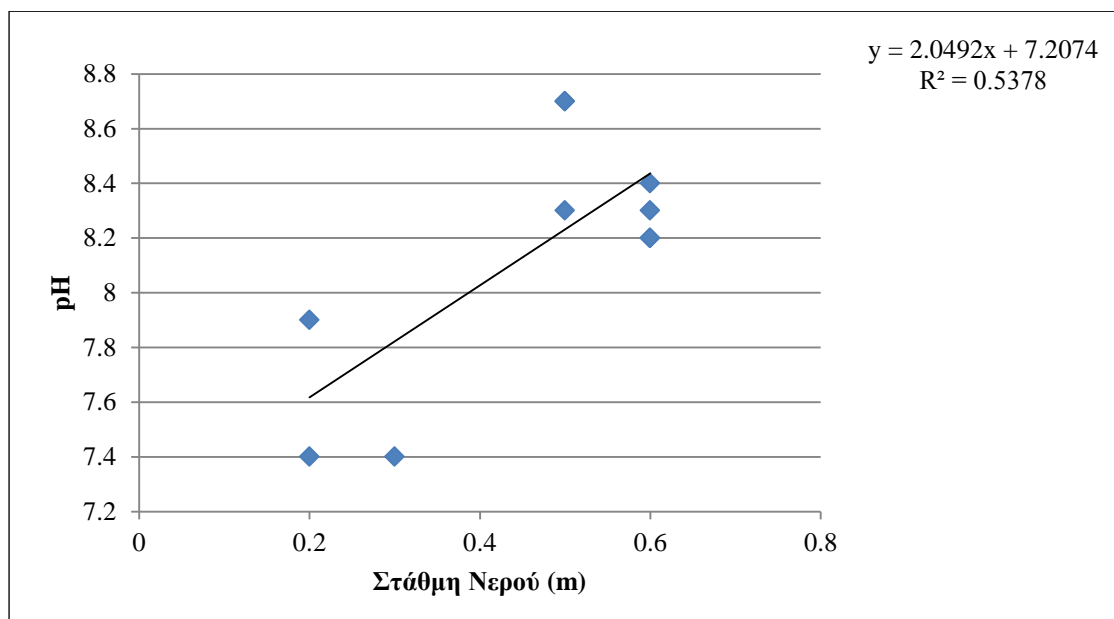
Γράφημα 43: Απεικόνιση διαλυμένου οξυγόνου και οξυγόνου κορεσμού

Στο Γράφημα 43 απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου και του οξυγόνου κορεσμού. Παρατηρούμε ότι οι συγκεντρώσεις του πρώτου είναι μικρότερες από το δεύτερο μέχρι και το μήνα Απρίλιο, ενώ από το Μάιο μέχρι και Ιούνιο, ισχύει το αντίστροφο, ακριβώς όπως περιγράφηκε στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις.



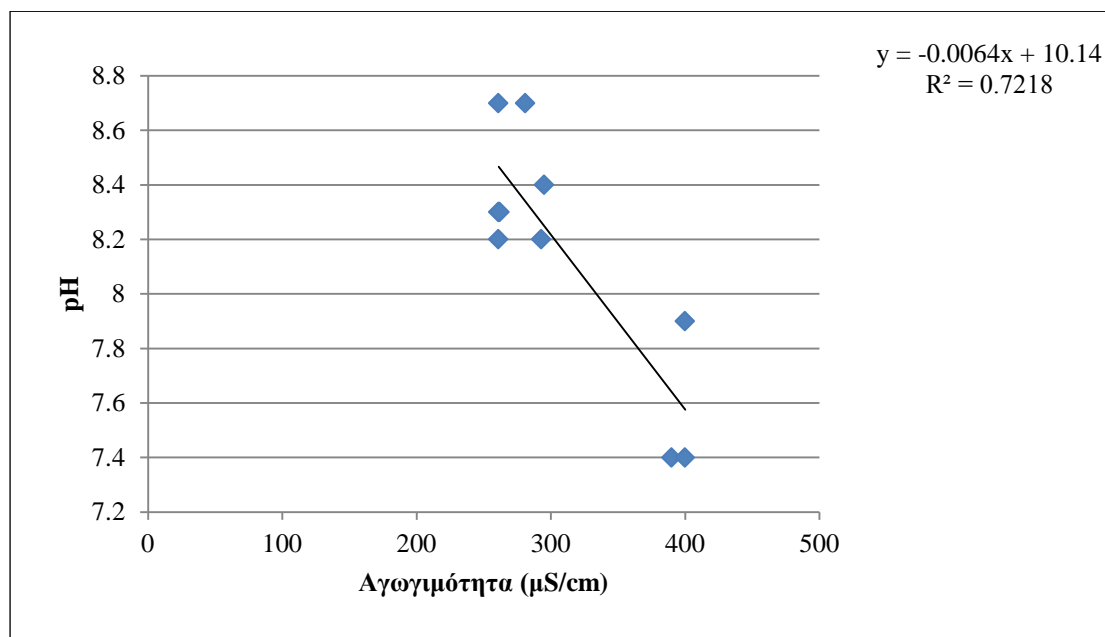
Γράφημα 44: Συσχέτιση αγωγιμότητας και στάθμης νερού

Στο Γράφημα 44 απεικονίζεται η διακύμανση των τιμών της αγωγιμότητας σε σχέση με τη στάθμη του νερού. Μπορεί να διαπιστωθεί μια δικαιολογημένη πτώση της αγωγιμότητας, όσο αυξάνεται η στάθμη, γεγονός που συμβαίνει και ερμηνεύεται και στο σταθμό 1 (St1).



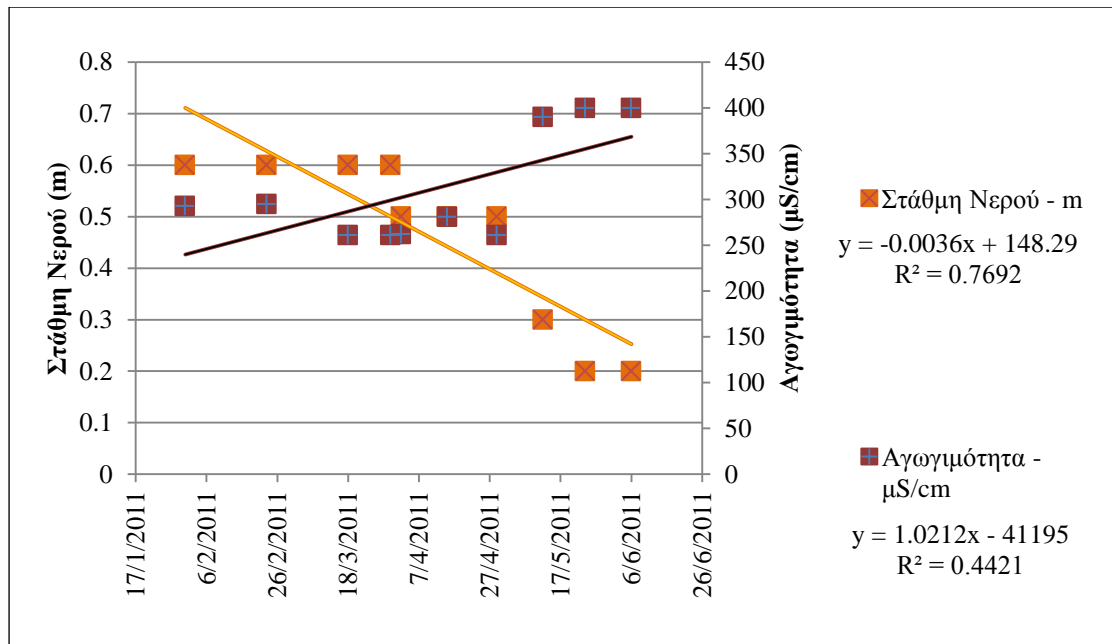
Γράφημα 45: Συσχέτιση pH και στάθμης νερού

Στο Γράφημα 45 απεικονίζεται κατά πόσο επηρεάζεται η τιμή του pH του χειμάρρου, όταν η στάθμη του νερού μεταβάλλεται. Όπως συμβαίνει και στο σταθμό 1 (St1), έτσι και στον 3 (St3) δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα λόγω μικρού συντελεστή συσχέτισης.



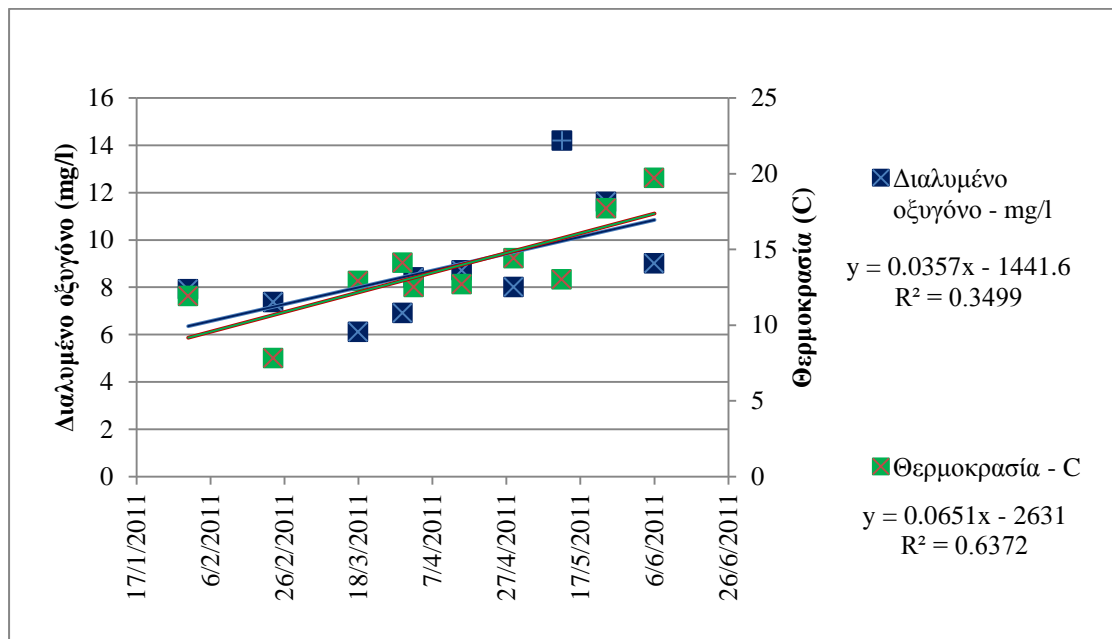
Γράφημα 46: Συσχέτιση pH και αγωγιμότητας

Όπως συμβαίνει και στο σταθμό 1 (St1), έτσι και στο σταθμό 3 (St3) η αύξηση της αγωγιμότητας επιφέρει μείωση στο pH των νερών του χειμάρρου, όπως φαίνεται και από το Γράφημα 46. Και σε αυτή την περίπτωση δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα διότι η περίοδος μετρήσεων αφορά 2 εποχές του χρόνου.



Γράφημα 47: Απεικόνιση στάθμη νερού και αγωγιμότητας

Στο Γράφημα 47 απεικονίζονται οι τάσεις στις στάθμης νερού και της αγωγιμότητας και όπως φαίνεται οι 2 τάσεις είναι αντιστρόφως ανάλογες, γεγονός που συμβαίνει τόσο στο σταθμό 1 (St1), όσο και στο σταθμό 2 (St2), και έχει επιβεβαιωθεί και βιβλιογραφικά από προηγούμενες έρευνες (Psilovikos et al, 2006), (Psilovikos and Sentas, 2009).



Γράφημα 48: Απεικόνιση διαλυμένου οξυγόνου και θερμοκρασίας

Σύμφωνα με το Γράφημα 48, παρατηρούμε ότι οι τάσεις του διαλυμένου οξυγόνου και της θερμοκρασίας σε σχέση με το χρόνο είναι ανάλογες, γεγονός που συμβαίνει και στους άλλους 2 σταθμούς μετρήσεων.

4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία, έγινε προσπάθεια μελέτης και προσδιορισμού της ποιότητας νερού του χειμάρρου Κραυσίδα, ο οποίος διασχίζει το πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου και εκβάλλει στον Παγασητικό Κόλπο. Επιλέχθηκαν 3 σταθμοί μετρήσεων στους οποίους πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ορισμένων φυσικοχημικών παραμέτρων. Οι παράμετροι που μετρήθηκαν ήταν το pH, η αγωγιμότητα, το διαλυμένο οξυγόνο και η θερμοκρασία του νερού. Οι 3 σταθμοί επιλέχθηκαν με κριτήριο την ικανοποιητική απόσταση μεταξύ τους, τα υψόμετρα που βρισκόταν ο καθένας, την απόσταση του κάθε σταθμού από κατοικημένες περιοχές και τη γειτνίασή τους από πιθανές πηγές ρύπανσης.

Πιο συγκεκριμένα ο πρώτος σταθμός βρίσκεται αρκετά μακριά από την πόλη του Βόλου, κοντά στο χωριό Κουκουράβα Πηλίου, ο δεύτερος σταθμός βρίσκεται κάτω από το χωριό Άγιος Ονούφριος κοντά σε κατοικημένες περιοχές και ο τρίτος σταθμός βρίσκεται λίγο πάνω από την περιφερειακή οδό της πόλης του Βόλου. Σύμφωνα με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν περίπου κάθε δύο εβδομάδες προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα:

- Το pH και για τους 3 σταθμούς κυμάνθηκε από 6,9 έως 8,7, τιμές οι οποίες είναι επιτρεπόμενες σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 76/160/ΕΟΚ και τη ΚΥΑ 46399/1352 (ΦΕΚ 438 Β', 3-7-1986) για τη διαβίωση των υδρόβιων οργανισμών (Πανταζής, 2011).
- Η αγωγιμότητα κυμάνθηκε μεταξύ 200 και 425 $\mu\text{S}/\text{cm}$, επίπεδα αρκετά ικανοποιητικά, τόσο για άρδευση, όσο και για διαβίωση υδρόβιων οργανισμών, με βάση την ΚΥΑ 46399/1352 (ΦΕΚ 438 Β', 3-7-1986).

- Το διαλυμένο οξυγόνο έχει συγκεντρώσεις μεταξύ 6,1 έως 14,2 mg/l ή (ppm). Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία στη χώρα μας (ΚΥΑ 46399/1352 (ΦΕΚ 438 Β', 3-7-1986)) τα πόσιμα νερά πρέπει να έχουν διαλυμένο οξυγόνο με τιμή 75 % τουλάχιστον της τιμής κορεσμού. Έτσι, οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου είναι στα όρια που επιτρέπονται αφού το διαλυμένο οξυγόνο κορεσμού κυμαίνεται περίπου μεταξύ 9 και 12 mg/l και στους 3 σταθμούς.
- Η θερμοκρασία του νερού και στους 3 σταθμούς μετρήσεως κυμάνθηκε από 7,3 έως 19,7 °C. Οι θερμοκρασίες αυτές επιτρέπουν την διαβίωση αρκετών ειδών οργανισμών μιας και το εύρος διακύμανσης ανά σταθμό για όλες τις εποχές κυμαίνεται εντός φυσιολογικών ορίων, με βάση την ΚΥΑ 46399/1352/1986. Σύμφωνα με τη ΚΥΑ, το ανώτατο όριο θερμοκρασίας όσον αφορά την «ποιότητα γλυκών νερών για υδροληψία πόσιμου νερού» είναι 30 °C και όσον αφορά την «ποιότητα γλυκών επιφανειακών νερών για τη διαβίωση ψαριών» είναι 25 °C.
- Η στάθμη του νερού μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, γεγονός που είναι αναμενόμενο γιατί οι μετρήσεις διεξάγονται από τον χειμώνα μέχρι και τις αρχές καλοκαιριού του ίδιου έτους.
- Η παροχή που υπολογίστηκε προσεγγιστικά, μειώνεται τόσο χρονικά, λόγω της μείωσης της στάθμης, όσο και χωρικά, αφού πραγματοποιείται απόληψη νερού για άρδευση (Πανταζής, 2011).
- Η διαύγεια του νερού παρότι δεν υπολογίστηκε, φάνηκε να είναι αρκετά ικανοποιητική, κυρίως στους 2 πρώτους σταθμούς.

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκαν ορισμένες συσχετίσεις μεταξύ των παραμέτρων ανά σταθμό. Έτσι προέκυψε:

- Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού, αυξάνεται και το διαλυμένο οξυγόνο. Αυτό συμβαίνει διότι την άνοιξη λαμβάνει χώρα η τήξη του χιονιού στις ορεινές περιοχές και το νερό αυτό εμπλουτίζεται σε διαλυμένο οξυγόνο και έχει μεγάλες τιμές οξυγόνου κορεσμού.
- Όσο η στάθμη του νερού αυξάνεται, το διαλυμένο οξυγόνο μειώνεται. Αν και συνήθως συμβαίνει το αντίθετο, οι μεταβολές είναι μικρές και η χρονική διάρκεια παρατήρησης μικρή για να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα.
- Όσο η αγωγιμότητα αυξάνεται, το διαλυμένο οξυγόνο αυξάνεται.
- Στους σταθμούς 1,3 όσο το pH αυξάνεται, το διαλυμένο οξυγόνο μειώνεται, ενώ δεν συμβαίνει το ίδιο για το σταθμό 2.
- Όσο αυξάνεται η στάθμη του νερού, η αγωγιμότητα μειώνεται, γεγονός που έχει επιβεβαιωθεί και ισχύει τόσο σε ποταμούς και υδατορεύματα (Psilovikos et al, 2006), (Psilovikos & Sentas, 2009), όσο και σε λίμνες και λιμνοθάλασσες (Margoni & Psilovikos, 2010)
- Στους σταθμούς 1,3 όσο η στάθμη αυξάνεται, το pH αυξάνεται, σε αντίθεση με το σταθμό 2, στον οποίο το pH μειώνεται.
- Στους σταθμούς 1,3 το pH μειώνεται, όσο αυξάνεται η αγωγιμότητα. Αντίθετα στο σταθμό 2, το pH αυξάνεται όσο αυξάνεται κ η παράμετρος της αγωγιμότητας αυξάνεται.

Διαχειριστικά μέτρα – Προτάσεις

Στην παρούσα εργασία πέραν της προσπάθειας προσδιορισμού της ποιότητας του Κραυσίδωνα με βάση τις φυσικοχημικές του παραμέτρους, στόχο αποτελεί και η

τεκμηρίωση ορισμένων διαχειριστικών μέτρων και προτάσεων οι οποίοι θα μπορούσαν να εφαρμοστούν από τους αρμόδιους φορείς της Πολιτείας.

Όπως έχει προαναφερθεί, τις τελευταίες δεκαετίες η απουσία ορθολογικής διαχείρισης του νερού, καθώς και η κακή χρήση του από τον άνθρωπο έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση του νερού τόσο από άποψη ποιότητας όσο και από άποψη ποσότητας. Αρκετοί επιστήμονες και ερευνητές είναι αυτοί που κάνουν προσπάθειες για τη μελέτη της ποιότητας των ποτάμιων και χειμαρρικών συστημάτων. Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει σημαντική πρόοδος για την μείωση της ρύπανσης από σημειακές πηγές, σε αντίθεση με τις μη σημειακές.

Για την εξασφάλιση καλής ποιότητας νερού και της σωστής διαχείρισής του, είναι αναγκαίο η χρήση του νερού να είναι ελεγχόμενη (Gleick, 1998), καθώς ο Κραυσίδωνας αποτελεί κυρίως χώρο αναψυχής. Επίσης, χαρακτηρίζεται από σχεδόν μόνιμη παρουσία νερού ακόμη και τις θερινές περιόδους στα μεγαλύτερα υψόμετρα (κοντά στο σταθμό 1), ενώ ακόμη και στα χαμηλότερα (σταθμός 2 και σταθμός 3), η παρουσία του νερού είναι σχετικά ικανοποιητική μέχρι και την καλοκαιρινή περίοδο, γεγονός που θα μπορούσε να αποτελέσει τη βάση για την ψυχαγωγική χρήση του χειμάρρου. Παράλληλα, θα ήταν σκόπιμο να υπάρχει μόνιμος έλεγχος όσον αφορά τη χρήση του νερού στη γεωργία στην κτηνοτροφία (που εντοπίζονται περισσότερο στα υψηλότερα σημεία του χειμάρρου, κοντά στους δύο πρώτους σταθμούς), αλλά και στις οικιακές χρήσεις.

Επιπλέον, προγράμματα ελέγχου με συχνές δειγματοληψίες και μετρήσεις σε πολλά σημεία του χειμάρρου (monitoring) καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου θα ήταν απαραίτητα για να υπάρχει μεγάλο δείγμα μετρήσεων και πιο εμπειριστατωμένη τεκμηρίωση. Η εξέταση και αποτίμηση των αποτελεσμάτων θα μπορεί να ενημερώσει

και να δώσει στοιχεία για την κατάσταση του χειμαρρικού συστήματος, καθώς και της ποιότητάς του νερού του. Αυτή η διαδικασία, θα δώσει τη δυνατότητα να γίνει προσδιορισμός και αναγνώριση των παραγόντων εκείνων που επηρεάζουν την ποιότητα των υδάτων του Κραυσίδωνα, ενώ παράλληλα θα βοηθήσουν στη διαχείριση του οικοσυστήματος και των πηγών που συμβάλλουν στη ρύπανση του χειμάρρου (Simeonov et al, 2003).

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι είναι επιτακτική η ανάγκη της εφαρμογής ενός μακροχρόνιου σχεδίου διαχείρισης για τον χείμαρρο Κραυσίδωνα.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αγγελάκης, Α.Ν. (2003), Η οδηγία πλαίσιο 2000/60/ΕC για την πολιτική των υδατικών πόρων και η εναρμόνιση της με την Ελληνική Νομοθεσία. Ενημερωτικό δελτίο ΤΕΕ, 2251 σελ 82-83

Αντωνόπουλος Ζ.Β. (2003), Υδραυλική περιβάλλοντος και ποιότητα επιφανειακών υδάτων, Εκδόσεις Γιαχούδη

Βαϊόπουλος Δ., Βασιλόπουλος Α. Ευελπίδου Ν. (2008), Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Από τη θεωρία στην πράξη, Εκδόσεις Συμμετρία

Βίγκλας Π., Γκράσος Γ., Καπλάνης Ξ. (2007), Το Νερό, Οι κρήνες της Μακρυνίτσας

Γιαννόπουλος Στ., Γιαννοπούλου Ίω (2011), Η διαχείριση των λεκανών απορροής και η Οδηγία 2000/60/ΕΚ. - Προβλήματα και προοπτικές

Ζανάκη Κ. (2001) Έλεγχος ποιότητας νερού, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Ιων

Καραδήμος Ο. (2010), Προσομοίωση του κινδύνου πλημμύρας σε μικρές λεκάνες απορροής με χρήση GIS, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Βόλος

Κρητικού Α.Ζ. (2005), Τα αίτια της λειψυδρίας και της πλημμυρογένεσης στα νησιά του Βορειοανατολικού Αιγαίου (Ν. Λέσβου, Ν. Χίου, Ν. Σάμου), Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Τομέας Δασοτεχνικών και Υδρονομικών Έργων, Εργαστήριο Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων, Θεσσαλονίκη

- Λημναίος Σ. (2010) Μελέτη επειγόντων αντιπλημμυρικών έργων χειμάρρου Κραυσίδα. Νομαρχία Μαγνησίας.
- Μήτρακας Μ. (2001), Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού, Εκδόσεις Τζιόλα
- Μιμίκου Μ.Α. και Μπαλτάς Ε.Α.(2006), Τεχνική υδρολογία, 4^η Έκδοση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- Νταρακάς Ε. (2010), Ποιοτικά χαρακτηριστικά και διεργασίες επεξεργασίας νερού, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη
- Πανταζής Β. (2011), Μελέτη της ποιότητας του νερού του χειμάρρου Κραυσίδα (Μαγνησία) υπό το πρίσμα της δημόσιας υγείας, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Βόλος
- Παπανίκος Ν. (2008), Ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων στην υπό επανασύσταση λίμνη Κάρλα Θεσσαλίας, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Βόλος
- Σέντας Γ.Α. (2007), Ανάλυση χρονοσειρών των ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων των υδάτων ποταμών και υδατορευμάτων με τη χρήση μοντέλων ARIMA, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Βόλος
- Στουρνάρας Κ.Γ. (2007), ΝΕΡΟ, Περιβαλλοντική διάσταση και διαδρομή, Εκδόσεις Τζιόλα

Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 3^ο Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Περιβάλλον και Αειφορική Ανάπτυξη», Ολοκλήρωση του Σχεδιασμού των Υπολειπόμενων Έργων ΔΑ και ΕΕΛ Οικισμών Γ' Προτεραιότητας με Πληθυσμό Αιχμής>2.000 Μ.Ι.Π., Ωρίμανση Έργων ΔΑ και ΕΕΛ Οικισμών Γ' Προτεραιότητας με χαμηλή ή καμία Ωριμότητα και Πρόγραμμα Αποκατάστασης Λειτουργικότητας ΕΕΛ σε Αδράνεια

Φασούλα Α. (2007), Διερεύνηση της σχέσης βροχής-απορροής στο χειμαρρικό ρεύμα «Κραυσίδωνα», μετά από τη βροχόπτωση της 9^{ης} Οκτωβρίου 2006. Προπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Βόλος

Ψιλοβίκος Α. (2005), Πανεπιστημιακές Παραδόσεις του Μαθήματος Αειφορική Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Βόλος

Ψιλοβίκος Α. (2005), Η συμβολή της παρακολούθησης (monitoring) στην ορθολογική διαχείριση και την πρόληψη περιβαλλοντικών κινδύνων στο διασυνοριακό ποταμό Νέστο. Η προοπτική για την εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Antoniou A.A. and Tsiambaos G. (2010), Engineering geological aspects for the microzonation of the city of Volos, Greece, *Proceedings of the 12th International Congress, May (2010), Patra*

- Davis N.M., Weaver V., Parks K., Lydy M.J. (2003), An assessment of water quality, physical habitat and biological integrity of an urban stream in Wichita stream, prior to restoration improvements (Phase I), *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol.44, pp.351-359
- De Zuane J. (1997), *Drinking water quality*, Second Edition
- Falkenmark M. and Rockstrom J. (2004), Balancing water for humans and nature: The new approach in Ecohydrology
- Gleick P.H. (1998), Water in crisis: Paths to sustainable water use, *Ecological Applications*, Vol.8, Issue 3, pp.571-579
- Kagalou I., Kosiori A., Leonardos I.D. (2010), Assessing the zooplankton community and environmental factors in a Mediterranean wetland, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol.170, pp.445-455
- Jonnalagadda S.B. and Mhere G. (2001), Water Quality of the Odzi river in the Eastern Highlands of Zimbabwe, *Water Research*, Vol.35, No.10, pp.2371-2376
- Le Blanc R.T., Brown R.D., FitzGibbon J.E. (1997), Modeling the effects of land use change on the water temperature in unregulated urban streams, *Journal of Environmental Management*, Vol.49, pp.445-469
- Loukas A. (2010), Surface water quantity and quality assessment in Pinios river, Thessaly, Greece, *Desalination*, Vol.250, pp.266-273
- Margoni S., Psilovikos A. (2010), Sustainable management of Agiasma lagoon – river Nestos delta, using REMOS daily monitoring data of water quality and

- quantity parameters. Trends, assessments and natural hazards for the year 2000-2002, *Desalination*, Vol.250, pp.287-296
- Ngoye E. and Machiwa J.F. (2004), The influence of land use patterns in the Ruvu river watershed on water quality in the river system, *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, Vol.29, Issue 15-18, pp.1161-1166
- Postolache O., Girao P.S., Pereira J.M.D. (2012), Water quality monitoring and associated distributed measurement systems: An Interview, *Water Quality Monitoring and Assessment*, pp.25-64
- Psilovikos A., Margoni S., Psilovikos An. (2006), Simulation and trend analysis of water quality monitoring daily data in Nestor river delta. Contribution to the sustainable management and results for the years 2000-2002, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol.116: pp.543-562
- Psilovikos A. and Sentas A. (2009), Comparison and assessment of the monitoring data of two REMOS stations in Nestos and Pagoneri for the year 2004. The base for an integrated water management, *Desalination*, Vol.248, pp.1016-1028
- Rao S.M. and Mamatha P. (2004), Water quality in sustainable water management, *Current Science*, Vol.87, No.7, pp.942-947
- Samborska K., Ulanczyk R., Korszun K. (2012), Monitoring and modeling of water quality, *Water Quality Monitoring and Assessment*, pp.189-226
- Sanders T.G., Ward R.C., Loftis J.C., Steele T.D., Adrian D., Yevjevich V. (1983), Design of networks for monitoring water quality

- Sfikas A., Zoras S., Evagelopoulos V., Angelidis P., Samaras P. (2013), Utilization of a multi-parameter sensor network for online monitoring of the water quality in the lignite mining area of Kozani, Greece, *Desalination and Water Treatment*, Vol.51, Issue 11-13, pp.2977-2986
- Simeonov V., Stratis J.A., Samara C., Zachariadis G., Voutsas D., Anthemidis A., Sofoniou M., Kouimtzis Th. (2003), Assessment of surface water quality in Northern Greece, *Water Research*, Vol.37, pp.4119-4124
- Singh K.P., Malik A., Sinha S. (2005), Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques-a case study, *Analytica Chimica Acta*, Vol.538, Issue 1-2, pp.355-374
- Suthar S., Sharma J., Chabukdhara M., Nema A.K. (2010), Water quality assessment of river Hindon at Ghaziabad, India: impact of industrial and urban wastewater, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol.165, pp.103-112
- Taiwo A.M., Olujimi O.O., Bamgbose O., Arowolo T.A. (2012), Surface water quality monitoring in Nigeria: Situational analysis and future management strategy, *Water Quality Monitoring and Assessment*, pp.301-320
- Tate K., Dahlgren R.A., Singer M.J., Allen-Diaz B., Atwill E.R. (1999), Timing, frequency of sampling affect accuracy of water quality monitoring, *California Agriculture*, Vol.53, No.6, pp.44-48
- Tong T.Y. Sussana and Chen W. (2002), Modeling the relationship between land use and surface water quality, *Journal of Environmental Management*, Vol.66, pp.377-393

Wang X. and Yin Zhi-Yong (1997), Using GIS to assess the relationship between land use and water quality at watershed level, *Environment International*, Vol.23, No.1, pp.103-114

Wetzel R.G. (2006), *Limnology-lake and river ecosystems*

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Pischools,(2000),http://www.pischools.gr/download/programs/Oloimero/oloimero_01_03/portaria/krafsidonas%20.pdf

6. ABSTRACT

6. ABSTRACT

The main purpose of the study was to investigate and evaluate water quality of Krafsidonas stream, based on some of the physicochemical parameters of water, such as dissolved oxygen, pH, electrical conductivity and water temperature and water level. Three stations were selected throughout the stream, where measurements of these parameters took place. The stations were chosen based on some criteria: a)satisfactory distance among them, b)difference of their altitudes, c)distances from residential areas and d)distances from pollution point sources. The measurements took place from January 2011, until June 2011.

The measurements were held using certified electroprobes by the Department of Ichthyology and Aquatic Environment. The results were combined with previous research in the area, so as to evaluate them.

The parameter levels were satisfactory in all of the three stations according to the results. Specifically, dissolved oxygen was measured between 6,1 and 14,2 mg/l. Knowing that the saturated dissolved oxygen levels fluctuate between 9 and 12 mg/l and the dissolved oxygen of the drinking water levels need to be 75% of the saturated dissolved oxygen, the parameter is at permitted levels in all of the three stations. The electrical conductivity was measured between 200 and 425 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Regarding to other researches the levels of the conductivity are also quite satisfactory. PH parameter levels was permitted (6,9-8,7 in all of the three stations), based on the EU Directive 76/160/ECC (according to which 6-9 is permitted). Finally, the water temperature was measured between 7,3 and 19,7°C. Many microorganisms can adapt and live in such temperatures.

Krafsidonas stream is a vital part of the city of Volos. Everyone needs to protect and to care about the environment, both the stream and the surrounding area, water quality and the sustainable water management of the stream. Apart from the physicochemical parameters levels and the water quality, some management methods are suggested in order to protect Krafsidonas stream.

Keywords: Water quality, monitoring, GIS, physical and chemical characteristic of water, streams and river systems, sustainable water management.