

**ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ, ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ
ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΝΗΣΙΩΤΙΚΕΣ
ΠΕΡΙΟΧΕΣ**

N. Μαλάμος¹, Γ. Παγανέλης²

¹ Τμήμα Μηχανολογίας & Υδάτινων Πόρων, ΤΕΙ Μεσολογγίου, Νέα Κτίρια,
30200, Μεσολόγγι

² Δ/νση Αγροτικής Οικονομίας & Κτηνιατρικής Κυκλάδων, Ερμούπολη, Σύρος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η παρακολούθηση της μεταβλητότητας φυσικοχημικών παραμέτρων του αρδευτικού νερού, σε φρέατα (πηγάδια) νησιωτικών περιοχών. Η περιοχή μελέτης ήταν η πεδιάδα της Κώμης - Καλλονής στο νησί της Τήνου, που είναι παραθαλάσσια, καλλιεργούμενη κυρίως με οπωροκηπευτικά και εσπεριδοειδή και αρδευόμενη σχεδόν αποκλειστικά από πηγάδια. Εφαρμόστηκε μια μεθοδολογία συλλογής και αποτύπωσης, κατ' αρχήν, των πηγαδιών σε σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών. Οι μετρήσεις έδειξαν την μεταβλητότητα των παραμέτρων και την αναγκαιότητα παρακολούθησής τους, τουλάχιστον δύο φορές τον χρόνο. Με αυτό τον τρόπο, μπορούν να συγκεντρωθούν τα απαραίτητα δεδομένα που απαιτούνται για την ορθή διαχείριση του αρδευτικού νερού ώστε να προστατευθεί η γεωργική γη από την υποβάθμιση.

**FIELD SURVEY OF IRRIGATION WATER
PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS, IN ISLAND REGIONS**

N. Malamos¹, G. Paganelis²

¹ Department of Mechanical & Water Resources Engineering, Technological Educational Institute of Messolonghi, Nea Ktiria, 30200, Messolonghi, Greece

² Direction of Rural Economy and Veterinary Medicine of the Cyclades,
Hermoupolis, Syros

ABSTRACT

The purpose of this study was to monitor the variation of physicochemical parameters of the irrigation water of wells located in islands. The study area was the valley of Komi - Kalloni on the island of Tinos, which is located near the coastline, mainly cultivated with vegetables and citrus and almost exclusively irrigated from wells. A methodology for collecting and recording the wells' locations into a geographic information system was applied. The measurements showed the variability of parameters and the need to monitor them at least twice a year. In this way, the necessary data required for the proper management of irrigation water in order to protect agricultural land from degradation, can be acquired.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό είναι ένας πεπερασμένος πόρος, που είναι απαραίτητος για τη γεωργία, τη βιομηχανία και την ανθρώπινη ύπαρξη. Σε συνθήκες έλλειψης επαρκών ποσοτήτων και υποβάθμισης της ποιότητάς του, η αειφόρος ανάπτυξη δεν μπορεί να είναι δυνατή. Η ρύπανση και η αλόγιστη χρήση των υδάτων απειλούν την ανάπτυξη και κάνουν απαραίτητη την εφαρμογή μέτρων και πολιτικών που αφορούν τόσο την ποιοτική διαχείριση αλλά και τη διαχείριση της ζήτησης.

Η ποιότητα του νερού έχει νόημα και πρακτικά σημασία μόνο όταν αυτή σχετίζεται με κάποια συγκεκριμένη χρήση. Ειδικότερα, η γεωργία μπορεί να προκαλέσει εκτεταμένη υποβάθμιση του συστήματος έδαφος - νερό καθώς και των υποκείμενων υδροφόρων οριζώντων, όταν δεν ακολουθούνται ορθές γεωργικές πρακτικές κυρίως για την χρήση - εφαρμογή των αγροχημικών. Τα κύρια προβλήματα που σχετίζονται με τη γεωργία είναι η αύξηση της συγκέντρωσης των αλάτων, των νιτρικών και η ρύπανση από φυτοφάρμακα. Η ποιότητα του αρδευτικού νερού αξιολογείται με βάση το βαθμό επίδρασής του επί του εδάφους των καλλιεργειών και επί των διαχειριστικών πρακτικών (Μαλάμος & Ναλμπάντης, 2005).

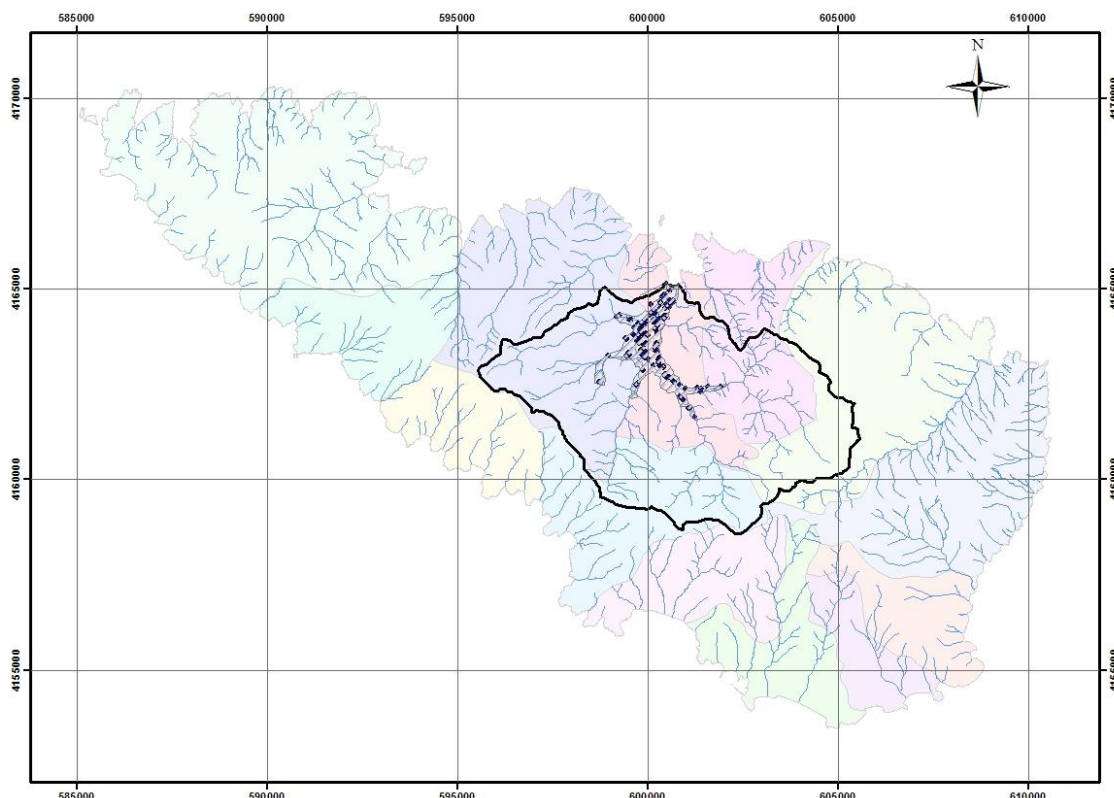
Εντός του ανωτέρω πλαισίου προκύπτει η ανάγκη για την εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων, προκειμένου να υποστηριχθεί με επιστημονικό τρόπο η ανάγκη αντιμετώπισης των συνεπειών της υφιστάμενης αλλά και της μελλοντικής υποβάθμισης της ποιότητας των υδάτων και να αποτελέσει τη βάση για την ανάληψη δράσης σε όλα τα επίπεδα. Απαραίτητη βάση για αυτές τις εκτιμήσεις είναι τα αξιόπιστα δεδομένα ελέγχου των μεταβολών της ποιότητας των υδάτων.

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Προτύπων (International Organization for Standardization - ISO), η διαδικασία της παρακολούθησης (water quality monitoring) είναι η προγραμματισμένη διαδικασία της δειγματοληψίας, μέτρησης και η ακόλουθη καταγραφή ή σήμανση, ή και τα δύο, διάφορων χαρακτηριστικών του νερού, συχνά με σκοπό την αξιολόγηση της επίτευξης προκαθορισμένων στόχων (water quality assessment). Με βάση τον ανωτέρω γενικό ορισμό, μπορούμε να διακρίνουμε τις εργασίες παρακολούθησης σε μακροπρόθεσμες (monitoring), σε βραχυπρόθεσμες (surveys) και σε συνεχείς (surveillance) (Bartram & Ballance, 1996; Chapman, 1996).

Στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκε η εφαρμογή μιας μεθοδολογίας βραχυπρόθεσμης παρακολούθησης της μεταβλητότητας φυσικοχημικών παραμέτρων του αρδευτικού νερού, όπως το διαλυμένο οξυγόνο, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η θερμοκρασία, το pH, το δυναμικό οξειδοαναγωγής και η θολότητα καθώς και η μεταβολή της στάθμης του νερού, σε φρέατα (πηγάδια) νησιωτικής περιοχής με χρήση ενός πολυ-παραμετρικού συστήματος μέτρησης σε συνδυασμό με Η/Υ χειρός. Στα πλαίσια αυτά, εφαρμόστηκε μια μεθοδολογία συλλογής και αποτύπωσης, κατ' αρχήν, των πηγαδιών σε σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών, με συνδυασμό συνεντεύξεων και δεδομένων τηλεπισκόπησης.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης ήταν η πεδιάδα της Κώμης - Καλλονής στο νησί της Τήνου στις Κυκλάδες, που είναι παραθαλάσσια, καλλιεργούμενη κυρίως με οπωροκηπευτικά και εσπεριδοειδή και αρδευόμενη σχεδόν αποκλειστικά από πηγάδια. Τα εδάφη της, όπως στις περισσότερες νησιωτικές αγροτικές εκτάσεις, αντιμετωπίζουν προβλήματα αλατότητας, που οφείλονται στη γειννίαση με τη θάλασσα και στην υπεράντληση.



Σχήμα 1: Άποψη του υδρογραφικού δικτύου της Τήνου και της περιοχής μελέτης

Η πεδιάδα βρίσκεται βορειοανατολικά της πόλης της Τήνου εντός των διοικητικών ορίων των δημοτικών διαμερισμάτων Κώμης και Καλλονής του Δήμου Τήνου. Η έκταση της είναι περίπου 2752 στρέμματα και ανήκει στην μεγαλύτερη λεκάνη απορροής της Τήνου, η οποία έχει έκταση περίπου 38216 στρέμματα και συνολικό μήκος υδατορευμάτων περίπου 90 km. (Σχήμα 1). Το κύριο υδατόρευμα που διασχίζει την πεδιάδα ονομάζεται Μεγάλος Ποταμός.

Από εδαφολογική άποψη, η περιοχή μελέτης αποτελείται από αλλουβιακά εδάφη, πηλοαμμώδους κοκκομετρικής σύστασης (Loam Sand), χωρίς CaCO_3 , ουδέτερης αντίδρασης, ασθενώς έως μετρίως αλατούχα, με σχιστολιθικό υπόβαθρο (Shahabi & Αναγνωστόπουλος, 1973).

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

3.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Λόγω του γεγονότος ότι η άρδευση των καλλιεργειών στην περιοχή γίνεται κατά κύριο λόγο από πηγάδια, τίθεται το εύλογο ερώτημα της εκτίμησης της μεταβολής της ποιότητας του αρδευτικού νερού με το χρόνο. Καθορίστηκε ένα πρωτόκολλο με τα βήματα που θα πρέπει να ακολουθηθούν, ώστε να επιτύχουμε τη βέλτιστη περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης.

Το πρωτόκολλο αποτελείται από τα παρακάτω σημεία:

- Αρχικός εντοπισμός των θέσεων των υδροληψιών με χρήση συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών (G.I.S.) και δεδομένων τηλεπισκόπησης σε συνδυασμό με συνεντεύξεις των αγροτών της περιοχής. Οι αγρότες καλούνται να αναγνωρίσουν τη θέση των πηγαδιών της περιοχής τους σε οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστή, με τη βοήθεια έγχρωμων δορυφορικών φωτογραφιών πολύ υψηλής ανάλυσης (μέγεθος κελιού 1 m × 1 m), και διάφορων

γεωχωρικών πληροφοριών όπως το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM), οι θέσεις των οικισμών, τοπωνύμια, εκκλησίες, υδατορέματα και αγροτικές οδοί. Επίσης, χρησιμοποιούνται οι διαφάνειες, που περιέχουν τις ενότητες και τα διαγράμματα των αγροτεμαχίων, του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών στον Ελαιοκομικό τομέα και του Αμπελουργικού Μητρώου του Νομού Κυκλάδων, της Δ/σης Τοπογραφικής του ΥΠ.Α.Α.Τ. σε κλίμακα 1:5000, με ημερομηνία σύνταξης το Δεκέμβριο 2003, και οι διαφάνειες με τις ενότητες και τα διαγράμματα των υπολοίπων αγροτεμαχίων του Ο.Σ.Δ.Ε. του Νομού Κυκλάδων, της Δ/σης Τοπογραφικής του ΥΠ.Α.Α.Τ. σε κλίμακα 1:5000 με ημερομηνία σύνταξης τον Μάιο 2004. Με βάση όλες αυτές τις πληροφορίες, δημιουργείται θεματικός χάρτης.

- Επιτόπια επίσκεψη με τη συμμετοχή αγροτών-οδηγών για την πραγματοποίηση του πρώτου κύκλου μετρήσεων με ταυτόχρονη επαλήθευση της θέσης των υδροληψιών, με χρήση συστήματος εντοπισμού γεωγραφικής θέσης (G.P.S.).
- Εισαγωγή των πραγματικών θέσεων των υδροληψιών στο σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών και επικαιροποίηση του θεματικού χάρτη όλες με τις απαραίτητες πληροφορίες για τον επόμενο κύκλο μετρήσεων.
- Πραγματοποίηση του δεύτερου κύκλου μετρήσεων, αυτόνομα χωρίς τους οδηγούς, με χρήση του συστήματος εντοπισμού γεωγραφικής θέσης, που περιέχει τις πραγματικές θέσεις των υδροληψιών.

3.2 ΠΟΛΥΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ TROLL 9000E

Για τη λήψη των μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκε το πολυ-παραμετρικό σύστημα μέτρησης TROLL 9000E σε συνδυασμό με Η/Υ χειρός (PDA), το οποίο παραχωρήθηκε από την ερευνητική ομάδα ΙΤΙΑ του εργαστηρίου Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, του Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, ο οποίος ανήκει στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Το συγκεκριμένο όργανο είναι εφοδιασμένο με αισθητήρες μέτρησης Διαλυμένου Οξυγόνου (Dissolved Oxygen), Αγωγιμότητας (Conductivity), Θερμοκρασίας (Temperature), pH, Δυναμικού Οξειδοαναγωγής (ORP), Θολότητας (Turbidity). Η βαθμονόμηση όλων των αισθητήρων εκτός από αυτόν της θολότητας γίνεται με χρήση ενός διαλύματος (Quick Cal). Ο ανωτέρω συνδυασμός αισθητήρων είναι ικανός να δώσει μια βασική εκτίμηση της ποιότητας του νερού (Bartram & Ballance, 1996).

Το όργανο μέτρησης συνδέεται με καλώδιο μήκους 20 m με τον Η/Υ χειρός (PDA), στον οποίο είναι εγκατεστημένο το λογισμικό Pocket-Situ for PDA. Με τον Η/Υ χειρός, γίνεται η επεξεργασία και η αποθήκευση των μετρήσεων καθώς και η βαθμονόμηση του οργάνου. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει την λήψη μετρήσεων για τις ανωτέρω παραμέτρους περίπου κάθε 2 δευτερόλεπτα. Μετά τη λήψη μέτρησης, το όργανο ξεπλένεται με απιονισμένο νερό, με σκοπό την αποφυγή ύπαρξης ακαθαρσιών στους αισθητήρες κατά τη διάρκεια της επόμενης μέτρησης.

3.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΘΕΣΗΣ (G.P.S.)

Το σύστημα εντοπισμού γεωγραφικής θέσης αποτελούνταν από το όργανο G.P.S. eTrex[®] Legend Cx της εταιρίας GARMIN με ακρίβεια από 3 έως 15 μέτρα και χρόνο συντονισμού τουλάχιστον 45 δευτερόλεπτα και από λογισμικό με το οποίο είναι δυνατή η μεταφορά των δεδομένων του οργάνου στον υπολογιστή.



Σχήμα 2: Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός

3.4 ΛΟΙΠΑ ΟΡΓΑΝΑ

Για την μέτρηση του βάθους του πυθμένα των πηγαδιών, της διαμέτρου τους και της στάθμης του νερού, χρησιμοποιείται μετροταινία, ενώ πραγματοποιείται λήψη φωτογραφιών με ψηφιακή φωτογραφική μηχανή. Επίσης, η χρήση φακού είναι απαραίτητη στην περίπτωση ύπαρξης βοηθητικού φρεατίου (παραπήγαδο) για να φτάσουμε με ασφάλεια στην υδροληψία. Απαραίτητα πρέπει να έχουμε μαζί μπαταρίες, αδιάβροχα υποδήματα, δελτίο δειγματοληψίας και πλαστικό δοχείο με σχοινί για λήψη νερού από πηγές (Σχήμα 2).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

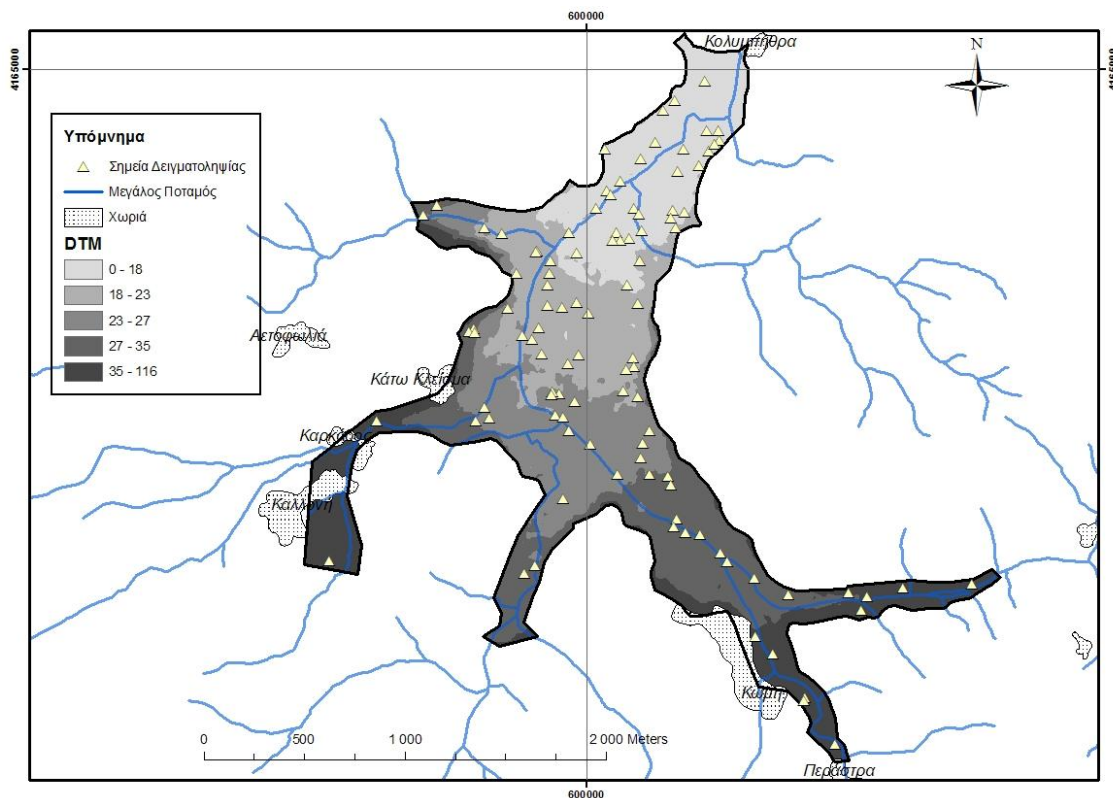
Εφαρμόζοντας το πρωτόκολλο που αναφέρθηκε ανωτέρω, εντοπίστηκαν 104 πηγάδια στην περιοχή μελέτης, με αποτέλεσμα να αντιστοιχεί κατά μέσο όρο μια μέτρηση σε κάθε 26.5 στρέμματα. Πρακτικά όμως, οι γεωργικές εκτάσεις που βρίσκονται σε υψόμετρο μέχρι 35 m είχαν μεγαλύτερη πυκνότητα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.

Πραγματοποιήθηκαν δύο κύκλοι μετρήσεων, ο πρώτος κάλυψε την ξηρή περίοδο του υδρολογικού έτους και είχε διάρκεια από τις 28 - 8 - 2007 έως τις 21 - 9 - 2007, ενώ ο δεύτερος ακολούθησε την υγρή περίοδο του υδρολογικού έτους και είχε διάρκεια από τις 14 - 3 - 2008 έως τις 30 - 3 - 2008. Όλες οι μετρήσεις έγιναν σύμφωνα με τις οδηγίες που αναφέρονταν στο εγχειρίδιο χρήσης του συστήματος μέτρησης TROLL 9000E (In-Situ Inc., 2005). Επίσης, πραγματοποιήθηκαν δύο βαθμονομήσεις κατά τη διάρκεια κάθε κύκλου μετρήσεων, μία στην αρχή και μία στο μέσο του καθενός, με χρήση του πρότυπου διαλύματος Quick Cal.

Με γνώμονα τη διασφάλιση της συστηματικότητας των μετρήσεων αλλά και την δυνατότητα πρακτικής εφαρμογής, επιλέξαμε να πραγματοποιούμε τις μετρήσεις μόλις το κυρίως σώμα του οργάνου βυθιζόταν πλήρως εντός του νερού. Αυτή η επιλογή οδήγησε στη λήψη των μετρήσεων σε βάθος 60 εκατοστών από την επιφάνεια της στάθμης του νερού εντός των πηγαδιών. Η διάρκεια των μετρήσεων καθορίστηκε από το χρόνο που απαιτούνταν για τη σταθεροποίηση των τιμών των αισθητήρων, όπως αυτές εμφανίζονταν στον υπολογιστή χειρός και κυμάνθηκε από 70 δευτερόλεπτα ως 19.5 λεπτά, με μέση διάρκεια τα 7.6 λεπτά. Ο λόγος του πολύ μεγάλου εύρους διάρκειας μέτρησης οφείλονταν στον αισθητήρα διαλυμένου οξυγόνου που σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτήσε μεγάλο χρονικό διάστημα για να σταθεροποιηθεί.

Ως στάθμη του νερού των πηγαδιών ορίσαμε την απόσταση της επιφάνειας του νερού από την επιφάνεια του εδάφους, όπως αυτή μετρήθηκε με την μετροταινία.

Ο πρώτος κύκλος μετρήσεων χρειάστηκε δεκαέξι μέρες για να ολοκληρωθεί ενώ ο δεύτερος χρειάστηκε μόνο δώδεκα μέρες μετρήσεων. Η μεγαλύτερη διάρκεια του πρώτου κύκλου οφείλεται στο γεγονός ότι αρχικά δεν ήταν διαθέσιμες οι πραγματικές θέσεις των υδροληψιών και επίσης δεν είχαν αποτυπωθεί τα δρομολόγια που έπρεπε να ακολουθηθούν ώστε να φτάσουμε στις υδροληψίες. Κατά την διάρκεια του δεύτερου κύκλου, ήταν διαθέσιμα όλα τα απαραίτητα δεδομένα κίνησης μέσα στην πεδιάδα, γεγονός που συνετέλεσε στην μείωση του χρόνου μετακίνησης και αύξησε τον αριθμό μετρήσεων που λαμβάνονταν ανά ημέρα.



Σχήμα 3: Σημεία δειγματοληψίας στην πεδιάδα Κώμης - Καλλονής

Στους πίνακες 1 και 2 παρουσιάζεται η σύνοψη των αποτελεσμάτων των δύο κύκλων μετρήσεων, με τις μέγιστες, τις ελάχιστες και τις μέσες τιμές των παραμέτρων που μετρήθηκαν. Επίσης, παρουσιάζεται και ο αριθμός των μετρήσεων, ως ποσοστό, που οι τιμές των παραμέτρων υπερέβησαν τις αντίστοιχες μέσες τιμές. Οι τιμές των

παραμέτρων κυμαίνονται εντός των ορίων που τίθενται από την βιβλιογραφία (In-Situ Inc., 2005).

Πίνακας 1: Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων ξηρής περιόδου

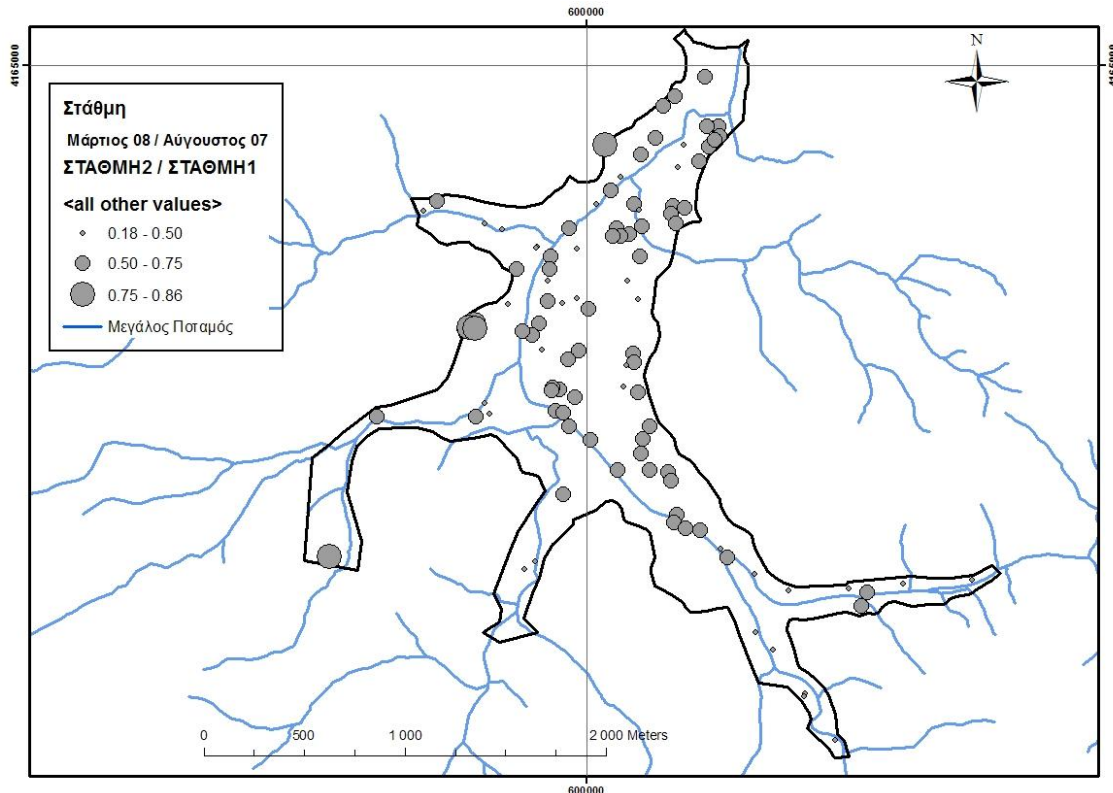
	Αύγουστος 2007			
	Μέγιστη τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέση Τιμή	Ποσοστό μετρήσεων που υπερβαίνουν την μέση τιμή
Στάθμη (m)	13.8	0.7	5.1	38.5%
Ειδική Ηλεκτρική Αγωγιμότητα, 25 °C (μS/cm)	4769.5	1159.3	1757	36.5%
Θερμοκρασία (°C)	22.83	15.19	18.19	47.1%
Θολότητα (NTU)	16.6	0.4	1.0	21.2%
Δυναμικό Οξειδοαναγωγής (mV)	193	-274	70.1	62.5%
pH	8.22	6.78	7.56	63.5%
Διαλυμένο Οξυγόνο (μg/L)	9676	608	3756	48.1%

Πίνακας 2: Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων υγρής περιόδου

	Μάρτιος 2008			
	Μέγιστη τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέση Τιμή	Ποσοστό μετρήσεων που υπερβαίνουν την μέση τιμή
Στάθμη (m)	6.9	0.6	2.7	37.5%
Ειδική Ηλεκτρική Αγωγιμότητα, 25 °C (μS/cm)	7205	851.6	1684.6	32.7%
Θερμοκρασία (°C)	19.19	12.21	15.6	53.8%
Θολότητα (NTU)	2.9	0	0.4	35.6%
Δυναμικό Οξειδοαναγωγής (mV)	228	-159	93.7	57.7%
pH	8.65	5.81	7.45	43.3%
Διαλυμένο Οξυγόνο (μg/L)	10398	569	4296.6	46.2%

Με στόχο την ευκολότερη κατανόηση της μεταβλητότητας των ανωτέρω παραμέτρων, στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται η μεταβολή στάθμης του νερού των πηγαδιών, μεταξύ των δύο περιόδων μετρήσεων μαζί με τα υδατορέματα της περιοχής. Τα μεγέθη προέκυψαν από τη διαίρεση των τιμών στάθμης της υγρής περιόδου, για κάθε πηγάδι χωριστά, με τις αντίστοιχες τιμές της ξηρής περιόδου.

Είναι προφανές ότι υπάρχει σημαντική μεταβλητότητα των τιμών στάθμης μεταξύ των δύο περιόδων, ειδικά κατά μήκος του υδατορέματος. Γενικά, όσο αυξάνεται η απόσταση από το κύριο υδατόρεμα, τόσο μειώνεται και η μεταβολή της στάθμης. Παρόλα αυτά σε όλες τις περιπτώσεις η στάθμη του νερού ανέβηκε σε σχέση με την ξηρή περίοδο, με μέση τιμή μόλις 2.7 m χαμηλότερα από την επιφάνεια του εδάφους.



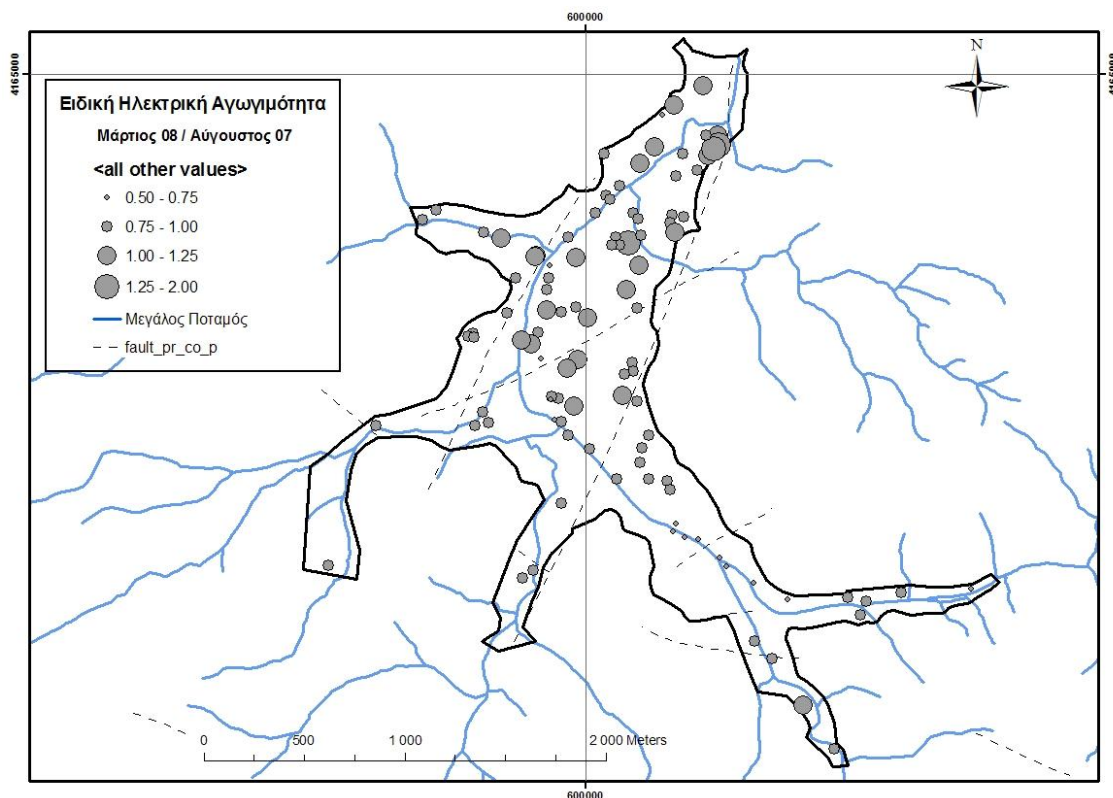
Σχήμα 4: Χάρτης μεταβολής της στάθμης του νερού, μεταξύ των δύο περιόδων μετρήσεων

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται η μεταβολή της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού των πηγαδιών, μεταξύ των δύο περιόδων μετρήσεων, μαζί με τα υδατορέματα και τα γεωλογικά ρήγματα της περιοχής. Τα μεγέθη προέκυψαν από τη διαίρεση των τιμών της υγρής περιόδου, για κάθε πηγάδι χωριστά, με τις αντίστοιχες τιμές της ξηρής περιόδου. Πρέπει να σημειώσουμε ότι έγινε αναγωγή των τιμών μέτρησης ηλεκτρικής αγωγιμότητας (Actual Conductivity - AC) στην ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα στους 25°C (Specific Conductivity - SC), με χρήση της (4.1) (In-Situ Inc., 2005):

$$SC = AC / [1 + 0.0191 \times (Temp - 25.0)] \quad (4.1)$$

όπου Temp είναι η θερμοκρασία σε °C.

Και στην περίπτωση αυτή, είναι προφανές ότι υπάρχει σημαντική μεταβλητότητα των τιμών μεταξύ των δύο περιόδων, ειδικά κατά μήκος του υδατορέματος. Στα σημεία όπου παρουσιάστηκε ιδιαίτερη αύξηση της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και μείωση του pH κατά την υγρή περίοδο, έγινε επιτόπιος έλεγχος όπου διαπιστώθηκε ότι είχαμε εφαρμογή οργανικής λίπανσης (κοπριάς), από τους αγρότες. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι πολύ υψηλές τιμές της αγωγιμότητας (π.χ. 7205 μS/cm) κατά μήκος των γεωλογικών ρηγμάτων κοντά στη θάλασσα (ΙΓΜΕ, 2003), δηλαδή μέχρι την απόσταση των 500 m, μπορούν να εξηγηθούν με την εισροή θαλασσινού νερού.



Σχήμα 5: Χάρτης μεταβολής της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού, μεταξύ των δύο περιόδων μετρήσεων

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας εφαρμόστηκε μια μεθοδολογία εκτίμησης της μεταβολής στο χρόνο φυσικοχημικών παραμέτρων της ποιότητας του νερού άρδευσης, σε μια νησιωτική αγροτική περιοχή μελέτης. Ο αρχικός εντοπισμός των θέσεων των πηγαδιών με χρήση θεματικών χαρτών που προέκυψαν από το συνδυασμό συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών (G.I.S.) και δεδομένων τηλεπισκόπησης σε συνδυασμό με συνεντεύξεις των αγροτών της περιοχής και η επικαιροποίησή τους με τις πραγματικές θέσεις, οδήγησαν στη βέλτιστη κατανομή χρόνου και πόρων και άρα σε μείωση του απαιτούμενου χρόνου για την κάλυψη της περιοχής μελέτης.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι η συνολική εικόνα της ποιότητας του νερού είναι καλύτερη στο τέλος της υγρής περιόδου, παρόλο που η μεταβλητότητα των παραμέτρων είναι αρκετά υψηλή.

Ειδικότερα, οι τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι υψηλές και στις δύο περιόδους, αλλά το γεγονός ότι τα εδάφη της συγκεκριμένης περιοχής είναι ελαφρά, πηλοαμμώδους κοκκομετρικής σύστασης σε συνδυασμό με την γεωργική πρακτική της εφαρμογής κλάσματος έκπλυσης άνω του 20% κατά τη διάρκεια των αρδεύσεων, οδηγεί στον περιορισμό των προβλημάτων αλατότητας και υποβάθμισης της δομής του εδάφους (Saskatchewan Water Corporation, 1987).

Τα ανωτέρω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η παρακολούθηση των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού των πηγαδιών, τουλάχιστον δύο φορές τον χρόνο, μία κατά την ξηρή περίοδο (Αύγουστος - Σεπτέμβριος) και μία κατά την υγρή περίοδο πριν την έναρξη της αρδευτικής περιόδου (Μάρτιος - Απρίλιος), είναι αναγκαία. Με αυτό τον τρόπο, μπορούν να συγκεντρωθούν τα απαραίτητα δεδομένα που απαιτούνται για την

ορθή διαχείριση του αρδευτικού νερού και την εφαρμογή του κλάσματος έκπλυσης, ώστε να προστατευθεί η γεωργική γη από την υποβάθμιση.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μελέτη δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χωρίς την παραχώρηση του συστήματος μέτρησης TROLL 9000E από τον συντονιστή της ερευνητικής ομάδας ΙΤΙΑ, Καθηγητή ΕΜΠ Δημήτρη Κουτσογιάννη. Επίσης, καθοριστική ήταν η συμβολή των αγροτών από τα Κάτω Μέρη της Τήνου: Κώμη, Καλλονή και Κάτω Κλείσμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bartram, J., Ballance, R., 1996. *Water Quality Monitoring; A Practical Guide to the Design and Implementation of Fresh Water Quality Studies and Monitoring Programmes*. UNEP/WHO
- Chapman, D., 1996. *Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. 2nd edition, UNESCO/WHO/UNEP.
- In-Situ Inc., 2005. *Multi-Parameter TROLL 9000, Operator's Manual*. Ft. Collins, USA, 74 pp
- Saskatchewan Water Corporation, 1987. *Irrigation Water Quality - Soil Compatibility: Guidelines for Irrigation in Saskatchewan*. Saskatchewan Water Corporation, 60 pp.
- Shahabi, S., Αναγνωστόπουλος, Κ., 1973. *Εδαφολογικός χάρτης Τήνου*. Ινστιτούτο Χημείας και Γεωργίας "Ν. Κανελλόπουλος"
- ΙΓΜΕ, 2003. *Γεωλογικός Χάρτης Φύλλο Τήνος*, 1:50.000
- Μαλάμος Ν., Ναλμπάντης Ι., 2005. *Ανάλυση των πρακτικών διαχείρισης της ζήτησης νερού, Ολοκληρωμένη διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε Σύζευξη με Εξελεγμένο Υπολογιστικό Σύστημα (ΟΔΥΣΣΕΥΣ)*. Τεύχος 15, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα