

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
Τομέας Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑΣ
Μεταπτυχιακή Ειδίκευση: Εδαφολογίας και Διαχείρισης Εδαφικών
Πόρων

ΤΙΤΛΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

*«Αξιολόγηση Επιπτώσεων Ανθρωπογενών Δραστηριοτήτων στη Λίμνη
Κορώνεια»*



Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια : Μπάκα Στεργιανή, Δασολόγος Α.Π.Θ

Επιβλέπων Καθηγητής : Ζαλίδης Γεώργιος, Καθ. Σχολής Γεωπονίας

(ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2011)

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ζαλίδης Γεώργιος, Καθηγητής Σχολής Γεωπονίας

Κωτσόπουλος Θωμάς, Λέκτορας της Σχολής Γεωπονίας

Μισοπολινός Νικόλαος, Καθηγητής Σχολής Γεωπονίας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω από τα βάθη της καρδιάς μου τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ζαλίδη Γεώργιο για την πολύτιμη καθοδήγηση και στήριξη του καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου σ' αυτό το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα, καθώς και για τις υποδείξεις και διορθώσεις που έκανε στην παρούσα.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Διευθυντή του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Εδαφολογία κ.Μισοπολινό Νικόλαο καθώς και τον Λέκτορα του τμήματος της Γεωπονίας κ.Κωτσόπουλο Θωμά, οι οποίοι μαζί με τον κ.Ζαλίδη Γεώργιο, απαρτίζουν την τριμελή εξεταστική επιτροπή της διατριβής μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους του διδάσκοντες και συνεργάτες του Μεταπτυχιακού αυτού προγράμματος, για όλα όσα αποκόμισα από αυτούς κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Ιδιαίτερως ευχαριστώ την Μηχανικό Περιβάλλοντος και υποψήφια Διδάκτωρ κα. Ντόνου Ελευθερία για την καταλυτική συνδρομή της στην ολοκλήρωση της παρούσας καθώς και τον Δρ. Αντωνιάδη Αποστόλη για την συνεργασία του και την βοήθειά του κατά την διεξαγωγή των αναλύσεων στο εργαστήριο του Διαβαλκανικού Κέντρου Περιβάλλοντος.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Δρ. Τακαβάκογλου Βασίλειο για την πολύ σημαντική βοήθεια και υποστήριξη του όλα αυτά τα χρόνια, καθώς και για την ιδιαίτερη συμβολή του στην ολοκλήρωση της παρούσας.

Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλο το προσωπικό και σε όλους τους συνεργάτες του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας για την πολύτιμη βοήθειά τους, οποιαδήποτε στιγμή την χρειάστηκα, καθώς και σε όλο το προσωπικό του Διαβαλκανικού Κέντρου Περιβάλλοντος στον Λαγκαδά για την άψογη συνεργασία τους.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Δασολόγο κ. Διαμαντόπουλο Στέργιο για τις πολύτιμες συμβουλές του σε μια πολύ σημαντική χρονική στιγμή όπου έπρεπε να πάρω σημαντικές αποφάσεις για την μετέπειτα πορεία μου.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους τους φίλους, τους συγγενείς και στα μικρότερα αδέρφια μου, Ευαγγελία και Θανάση, που με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια και ένα μεγάλο ευχαριστώ στον αρραβωνιαστικό μου Νίκο για την ψυχολογική υποστήριξη του καθώς και για την μεγάλη υπομονή του να ανέχεται τις αγωνίες και τους φόβους μου μέχρι την ολοκλήρωση της διατριβής αυτής .

Η εργασία αυτή είναι αφιερωμένη στους γονείς μου Δημήτρη και Χρύσα. Όλα τα χρόνια της ζωής μου με στήριζαν με όλες τους τις ψυχολογικές και υλικές δυνάμεις και προσπαθούσαν να μου μεταλαμπαδεύσουν τα χρηστά ήθη ώστε να γίνομαι μέρα με τη μέρα καλύτερος άνθρωπος. Τους ευχαριστώ από τα βάθη της καρδιάς μου, γιατί χωρίς αυτούς δεν θα είχα φτάσει στο σημείο που βρίσκομαι σήμερα.

*Στους γονείς μου
Δημήτρη και Χρύσα*

Πίνακας περιεχομένων

| | |
|---|----|
| Περίληψη..... | 8 |
| ABSTARCT | 10 |
| 1. Εισαγωγή..... | 11 |
| 1.1 Διαχείριση και αποκατάσταση υγροτόπων | 11 |
| 1.1.1 Ολοκληρωμένη Κάθετη και Οριζόντια Διαχείριση Ρηχών Λιμνών και Υγροτόπων 12 | |
| 1.1.1.1 Κάθετη διαχείριση του συστήματος λίμνης-υγροτόπου. | 13 |
| 1.1.1.2 Οριζόντια διαχείριση του συστήματος λίμνης-υγροτόπου. | 16 |
| 1.2 Η Σημασία της Εκτίμησης Πιέσεων και Επιπτώσεων στην Αποκατάσταση Υγροτοπικών Οικοσυστημάτων : Ειδική Περίπτωση Μελέτης Υγροτόπου Κορώνειας | 19 |
| 1.2.1 Περιγραφή των Κύριων Κατηγοριών Λειτουργιών Υγροτόπων | 21 |
| 1.2.2 Περιγραφή των Κύριων Κατηγοριών Πιέσεων..... | 22 |
| 1.2.2.1 Χαρακτηριστικά Δεικτών Πιέσεων και Επιπτώσεων | 24 |
| 1.2.2.2 Ανάλυση Πιέσεων Επιπτώσεων | 24 |
| 1.2.3 Μέτρα-Δράσεις Αντιμετώπισης των Πιέσεων-Επιπτώσεων στην Κορώνεια..... | 28 |
| 1.3 Σκοπός Εργασίας | 32 |
| 2. Υλικά και Μέθοδοι | 34 |
| 2.1 Περιγραφή της Περιοχής..... | 34 |
| 2.2 Μέτρα-Δράσεις που Υλοποιήθηκαν στο Πλαίσιο της Περιβαλλοντικής Προστασίας του Υγροτοπικού Συστήματος της Κορώνειας, | 35 |
| 2.3 Μέθοδοι Προσδιορισμού Δεικτών Πιέσεων και Επιπτώσεων..... | 37 |
| 2.3.1 Μέθοδος Προσδιορισμού Αριθμού Γεωτρήσεων | 37 |
| 2.3.2 Μέθοδος Προσδιορισμού Αρδευόμενων Εκτάσεων | 37 |
| 2.3.3 Μέθοδος Προσδιορισμού Αριθμού Βιομηχανιών | 38 |
| 2.3.4 Μέθοδος Προσδιορισμού Όγκου Ανεπεξέργαστων Αστικών Λυμάτων. | 39 |
| 2.3.5 Μέθοδος Προσδιορισμού Υδρομορφολογικών Χαρακτηριστικών..... | 39 |
| 2.3.6 Μέθοδος Προσδιορισμού Φυσικοχημικών χαρακτηριστικών και Βαρέων Μετάλλων..... | 41 |
| 3. Αποτελέσματα και Συζήτηση | 44 |
| 3.1 Προσδιορισμός Πιέσεων και Δείκτες Πιέσεων | 48 |
| 3.1.1 Δείκτες Γεωργικών Πιέσεων | 48 |
| 3.1.2 Δείκτες Βιομηχανικών Πιέσεων | 49 |
| 3.1.3 Δείκτες Αστικών Πιέσεων | 50 |
| 3.2 Προσδιορισμός Επιπτώσεων και Δεικτών Επιπτώσεων | 51 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.3 | Αξιολόγηση Αποτελεσματικότητας των Διαχειριστικών Παρεμβάσεων με την χρήση των Δεικτών Επιπτώσεων..... | 53 |
| 3.3.1 | Υδρομορφολογικά Χαρακτηριστικά..... | 53 |
| 3.3.2 | Φυσικοχημικές Παράμετροι..... | 56 |
| 4. | Συμπεράσματα – Προτάσεις..... | 67 |
| | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α' | 70 |
| | Βιβλιογραφία..... | 73 |

Περίληψη

Ο υγρότοπος της Κορώνειας δέχεται εδώ και δεκαετίες τις έντονες πιέσεις των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, με αποτέλεσμα την δραματική υποβάθμισή του. Η υποβάθμιση αυτή εκφράστηκε όχι μόνο με την μεταβολή των φυσικοχημικών και βιολογικών συνθηκών του, αλλά και με την αλλαγή των υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών του (στάθμη επιφάνειας νερού, στάθμη υπόγειων υδροφορέων), συνθήκες που οδήγησαν στην δραματική πτώση της στάθμης του νερού (μηδενική στάθμη νερού) τον Αύγουστο του 2009.

Στο Αναθεωρημένο Σχέδιο Αποκατάστασης της λίμνης Κορώνειας προτάθηκαν 17 έργα και δράσεις για την αποκατάσταση του υποβαθμισμένου οικοσυστήματος. Τα έργα που ολοκληρώθηκαν και δόθηκαν σε λειτουργία κατά τη διάρκεια του έτους 2009 ήταν η Ενωτική Τάφρος (Νοέμβριος 2009), η Απομάκρυνση των Βιομηχανιών και των Βιομηχανικών Γεωτρήσεων περιμετρικά του υγροτόπου, το σχέδιο δράσης της Δ/σης Υδάτων της ΠΚΜ για την επιβολή περιοριστικών μέτρων στις γεωτρήσεις, καθώς και η εφαρμογή του Αγροπεριβαλλοντικού προγράμματος.

Η ολοκλήρωση των έργων αυτών είχε ορατά αποτελέσματα στην γενικότερη κατάσταση του συστήματος. Έτσι, σκοπός της εργασίας αυτής είναι η αξιολόγηση των πιέσεων και επιπτώσεων στο υγροτοπικό οικοσύστημα της Κορώνειας, για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των εγκεκριμένων διαχειριστικών παρεμβάσεων. Για την αξιολόγηση αυτή επιλέχθηκαν δείκτες καταγραφής γεωργικών, βιομηχανικών και αστικών πιέσεων καθώς και δείκτες αξιολόγησης επιπτώσεων όσον αφορά στα υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά και τις φυσικοχημικές παραμέτρους ποιότητας του υδάτινου σώματος της λίμνης Κορώνειας. Οι δείκτες επιπτώσεων περιλαμβάνουν υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά (στάθμη επιφάνειας νερού, στάθμη υπόγειων υδροφορέων), φυσικοχημικές παραμέτρους (pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), Ιόντα Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , F^- , Cl^- , Br^- , Νιτρώδη NO_2^- , Νιτρικά Ιόντα NO_3^- , Φωσφορικά Ιόντα PO_4^{3-} , Θειικά Ιόντα SO_4^{2-} , Οργανικό φορτίο εκφραζόμενο ως Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC), Ολικό Άζωτο, Ολικός Φώσφορος) καθώς και την παρουσία κάποιων Βαρέων Μετάλλων (Μόλυβδος και Μαγγάνιο).

Από την παρακολούθηση αυτή, η οποία για τις ανάγκες της παρούσας διήρκησε από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010, παρατηρήθηκε ότι μετά την έναρξη της λειτουργίας των έργων, η επιφάνεια της στάθμης της λίμνης και των υπόγειων παρουσιάζουν ανοδική πορεία και οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων όπως και οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων παρουσιάζουν ενδείξεις μείωσης. Τέλος, από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αυτών συμπεραίνεται ότι η εφαρμογή μιας ολοκληρωμένης

οριζόντιας και κάθετης διαχείρισης (δράσεις αναίρεσης πιέσεων και επιπτώσεων αντίστοιχα), αποτελούν τον πιο αποτελεσματικό τρόπο αποκατάστασης υποβαθμισμένων συστημάτων, όπως αυτό της Κορώνειας.

ABSTARCT

Throughout the last decades the wetland of Koronia has been receiving intense pressures caused by human activities, leading to the dramatic degradation of the wetland. This degradation has been expressed not only by the change of physicochemical and biological conditions, but also by the change of hydro-morphological characteristics (level of surface water and underground water level). These conditions led to the drastic water level reduction of Koronia in August of 2009.

In the Revised Draft for the rehabilitation of the lake Koronia 17 projects and actions were proposed for the rehabilitation of this degraded ecosystem. The projects that were completed and placed into operation during the year 2009 were the connecting ditch between the lakes Koronia and Volvi, the removal of some industries and their drills, the action plan of the Water Directorate of the Region of the Central Macedonia for the imposition of restrictive measures in drilling and finally the application of the agri-environmental program.

The completion of these projects had visible effects on the overall status of the ecosystem. Thus, the purpose of this project is the assessment of the pressures and their impacts on the wetland ecosystem of Koronia in order to assess the effectiveness of the approved management interventions. For this assessment some recording indicators for agricultural, industrial and urban pressures were selected, as well as some impact assessment indicators for the hydromorphological characteristics and physicochemical parameters that show the water quality of Lake Koronia. These impact indicators include hydromorphological characteristics (level of surface water and underground water), physicochemical parameters (pH, EC, concentrations of ions, Nitrite NO_2^- , Nitrate NO_3^- , Phosphate PO_4^{-3} , Sulphate SO_4^{-3} , Organic load expressed as Total organic Carbon (TOC), Total nitrogen, Total phosphorus) and finally the presence of some heavy metals (Lead and Manganese).

The monitoring of these impact indicators lasted from July 2009 until July 2010. During this monitoring a rise in the level of the surface water and groundwater level was observed. The levels of physicochemical parameters such as the concentrations of heavy metals showed signs of reduction. Finally, the evaluation of these results concluded that the implementation of an integrated vertical and horizontal management is the most effective way of restoring degraded systems such as the Koronia case.

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια και ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία έχει αναπτυχθεί η επιβεβλημένη ανάγκη αντιμετώπισης των επιπτώσεων από τις ανθρωπογενείς πιέσεις και φυσικά η αναίρεση των πιέσεων αυτών. Οι πιέσεις προέρχονται είτε από την αλόγιστη χρήση των φυσικών πόρων είτε από την απόθεση στο περιβάλλον των υπολειμμάτων και των παραπροϊόντων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η αντιμετώπιση των επιπτώσεων αυτών και επομένως και η διατήρηση των υδροτοπικών λειτουργιών και αξιών, βασίζεται στην ορθή διαχείριση και στην αποκατάσταση των υδροτοπικών οικοσυστημάτων.

1.1 Διαχείριση και αποκατάσταση υδροτόπων

Η αλληλεπίδραση μεταξύ των εδαφοϋδατικών πόρων μιας λεκάνης απορροής και των υδροτοπικών της οικοσυστημάτων επιβάλλει να αποτελεί η διαχείριση και η αποκατάσταση των υδροτοπικών λειτουργιών μια από τις βάσεις για την αειφορική διαχείριση των εδαφοϋδατικών πόρων κάθε λεκάνης απορροής. Αρχική ενέργεια για την αειφορική διαχείριση των υδροτοπικών συστημάτων είναι η προσπάθεια ποσοτικοποίησης της αλληλεπίδρασης των πόρων αυτών με το γειτνιάζον υδροτοπικό σύστημα. Τα εργαλεία που συμβάλλουν στην προσπάθεια αυτή πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίζουν ολοκληρωμένα τη διαχείριση των υδατικών και εδαφικών πόρων αξιοποιώντας τεχνογνωσία από όλους τους σχετικούς επιστημονικούς κλάδους. Αναγκαία είναι η ικανότητα περιγραφής της κατάστασης του εδάφους, των διάφορων φάσεων του υδρολογικού κύκλου, της ποιότητας του νερού, της ποσότητας του νερού, αλλά και των βιολογικών γνωρισμάτων αυτού και τελικώς να παρέχουν πληροφορίες κατάλληλα επεξεργασμένες, σε πολλαπλά επίπεδα: υδρολογικό, οικολογικό, οικονομικό και διοικητικό, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Ξανθούλη,2006).

Βασικός παράγοντας για την διαχείριση ενός συστήματος είναι ο προσδιορισμός του συνόλου των αποφάσεων για τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν, ώστε με την εφαρμογή τους να επιτευχθούν οι συγκεκριμένοι και καθορισμένοι σκοποί. Μια απόφαση είναι σωστή και οδηγεί στην επίτευξη του σκοπού ή των σκοπών της διαχείρισης, όταν στηρίζεται σε ακριβείς και ορθές πληροφορίες. Ιδιαίτερα δε όταν ένα σύστημα έχει την πολυπλοκότητα που έχει η υδρολογία μιας λεκάνης απορροής τότε η διαθεσιμότητα και η αξιοπιστία των πληροφοριών καθώς και η επεξεργασία τους αποτελεί βασικό παράγοντα

για την αποτελεσματικότητα των αποφάσεων που θα ληφθούν (Ξανθούλη,2006).

Μέσα σε μια λεκάνη απορροής υπάρχουν κάποιες αλληλεπιδράσεις οι οποίες συνδέουν το υδροτοπικό σύστημα με τους υπόλοιπους εδαφοϋδατικούς πόρους και τις γεινιάζουσες περιοχές. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις θα πρέπει να εντοπισθούν και να κατανοηθούν πλήρως από τους επικείμενους διαχειριστές διότι η αποκατάσταση των υδροτοπικών οικοσυστημάτων απαιτεί ολοκληρωμένη γνώση και προσέγγιση σε επίπεδο λεκάνης απορροής, με σκοπό να εξαλειφθούν ή έστω να ελαχιστοποιηθούν τα αίτια υποβάθμισης και να εγκατασταθούν οι επιθυμητές υδροτοπικές λειτουργίες (Wise et al., 2002).

1.1.1 Ολοκληρωμένη Κάθετη και Οριζόντια Διαχείριση Ρηχών Λιμνών και Υγροτόπων

Μέσα στην γενικότερη παγκόσμια κρίση μείωσης των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων, λόγω της αύξησης των αναγκών του πληθυσμού σε καθαρό νερό, ήταν αναμενόμενη και η μείωση της ποσότητας αλλά και της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων στις ρηχές λίμνες και τους υγροτόπους των ημιάνυδρων μεσογειακών περιοχών, στις οποίες ανήκει και η Ελλάδα. Πολλές από αυτές τις περιοχές, αποτελούν θέσεις εξαιρετικής σημασίας για πολλά είδη μεταναστευτικών πουλιών και γι'αυτό έχουν οριστεί ως υγρότοποι διεθνούς σημασίας.

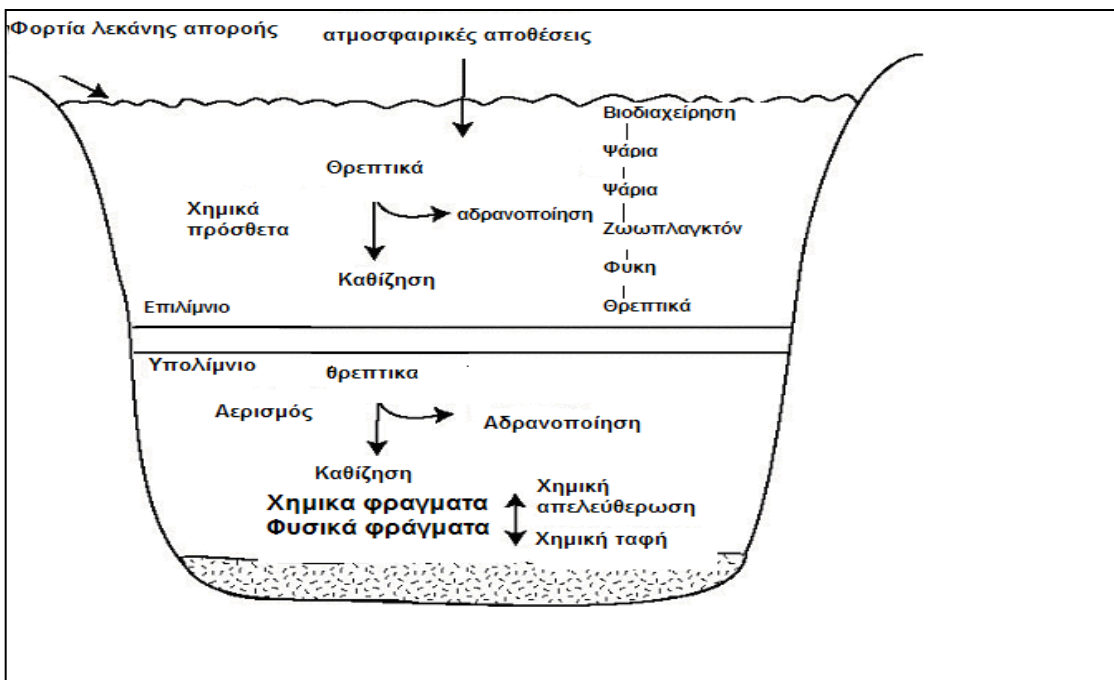
Οι Crisman et al.(2005) αναφέρουν ότι οι περιβαλλοντικές διαταραχές που συμβαίνουν στις λίμνες και στους υγροτόπους, οι οποίες είναι σημαντικές τόσο για τον αριθμό τους όσο και για την σπουδαιότητά τους, έχουν αυξηθεί δραματικά την τελευταία δεκαετία. Πολλά από τα συστήματα αυτά (λίμνης-υγροτόπου) έχουν παρουσιάσει εμφανώς σταδιακή μείωση στην επιφανειακή στάθμη του νερού λόγω της υπεράντλησης υπόγειων υδάτων για οικιακές, βιομηχανικές και αγροτικές χρήσεις, λόγω της αλλοίωσης του τοπίου κυρίως από τις αγροτικές πρακτικές και τέλος λόγω της αλλαγής του κλίματος. Κάθε αλλαγή στην στάθμη της επιφάνειας της λίμνης, είναι γνωστό πως μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στη δομή και στις λειτουργίες τόσο της λίμνης όσο και του υδροτοπικού συστήματος που την περιβάλλει. Οι επιπτώσεις που προκαλούνται είναι σύνθετες και εξαρτώνται κυρίως από την μορφολογία της λεκάνης απορροής, το τροφικό καθεστώς που επικρατούσε στη λίμνη πριν την μείωση της στάθμης, καθώς και από την ισορροπία μεταξύ φυτοπλαγκτού και της βιομάζας των μακροφύτων.

Στις λίμνες με χαμηλή έως μέτρια παραγωγικότητα (low to moderately productive lakes), όπου πριν την μείωση της στάθμης των υδάτων έχει εγκατασταθεί μια καλώς διαμορφωμένη κοινότητα μακροφύτων στις παράκτιες ζώνες, υπάρχει η περίπτωση στις περιοχές αυτές να επικρατήσει ένα σύστημα αυτοτροφικής παραγωγής (expand to dominate autotrophic production), σαν αποτέλεσμα της αύξησης της διαθεσιμότητας του φωτός. Συγχρόνως, στις λίμνες με μέτρια παραγωγικότητα οι οποίες χαρακτηρίζονται από την συγκυριαρχία φυτοπλαγκτού και μακροφύτων, η μείωση της επιφανειακής στάθμης των υδάτων μπορεί να οδηγήσει σε πλήρη κυριαρχία του φυτοπλαγκτού. Αυτό συμβαίνει λόγω της συνεχής κίνησης των θρεπτικών διαμέσω της αιώρησης των ιζημάτων μέσα στην υδατική κολώνα, κάτι που οδηγεί σε μείωση της ικανότητας διείσδυσης του ηλιακού φωτός μέσα στο υδάτινο σώμα καθώς και της συνεχούς αυξανόμενης συγκέντρωσης και καθίζησης των ιζημάτων. Έτσι, γίνεται αντιληπτό πως η μείωση στην στάθμη των υδάτων σε συστήματα στα οποία επικρατεί το φυτοπλαγκτό, μπορεί να μετατρέψει τον μεταβολισμό του συστήματος από αυτότροφο σε ετερότροφο.

Είναι φανερό από τα προηγούμενα ότι τα δύο υποσύνολα του συστήματος λίμνης-υγροτόπου (λίμνη και υγρότοπος) εξαρτώνται έντονα το ένα από το άλλο. Καταυτόν τον τρόπο μπορεί μια δραστηριότητα που συμβαίνει στην λίμνη να έχει επιπτώσεις όχι μόνο ποιότητα των υδάτων της λίμνης αλλά και στον γύρω υγρότοπο και το αντίθετο. Για όλους αυτούς τους λόγους θα πρέπει σε τέτοιου είδους συστήματα η διαχείριση να είναι ολοκληρωμένη τόσο «κάθετα» (ίζημα/υδατική κολώνα) όσο και «οριζόντια» (από τις παρυφές του υγροτόπου έως την λίμνη). Η ολοκληρωμένη αυτή κάθετη και οριζόντια διαχείριση είναι αυτή που περιγράφεται από τους Crisman et al.(2005).

1.1.1.1 Κάθετη διαχείριση του συστήματος λίμνης-υγροτόπου.

Σύμφωνα με τους Crisman et al.(2005), μέχρι την πρόσφατη εμφάνιση των μεθόδων διαχείρισης που χρησιμοποιούν την διαχείριση της βιομάζας από την επιφάνεια της λίμνης προς τον πυθμένα (top-down perspectives) με σκοπό την άμεση αλλαγή των τροφικών πλεγμάτων, οι περισσότερες έρευνες οι οποίες είχαν διεξαχθεί παλαιότερα χρησιμοποιούσαν μεθόδους οι οποίες εστίαζαν στην διαχείριση της λίμνης με ανάποδη φορά, από τον πυθμένα προς την επιφάνεια (bottom-up perspectives). Και οι δυο παραπάνω μέθοδοι, δίνουν έμφαση στις συγκεντρώσεις των θρεπτικών καθώς και στον έλεγχο της πρωτογενούς παραγωγής και επομένως στον έλεγχο των καταναλωτών της τροφικής αλυσίδα του υδάτινου σώματος (Εικόνα 1.1)



Εικόνα 1.1 . Διαχείριση της λίμνης χρησιμοποιώντας την κάθετη προσέγγιση που εστιάζει στη στήλη ύδατος (επιλίμνιο ή/και υπολίμνιο) και τη διεπιφάνεια ιζήματος-νερού (Crisman et al. 2005)

Οι προσεγγίσεις που έχουν φορά από τον πυθμένα προς την επιφάνεια (bottom-up approaches). Αναγνωρίζουν την σημασία των οριζόντιων εισροών με φορτία θρεπτικών και ιζημάτων από τον υγρότοπο προς το υδατικό οικοσύστημα ως τον βασικό παράγοντα της πολύ μεγάλης παραγωγικότητας της λίμνης. Παρά το γεγονός αυτό, μόνο τα τελευταία χρόνια εξετάσθηκε σε κάποιες μελέτες η σημασία των περιοχών εκείνων περιμετρικά της λίμνης που καλύπτονται από ρηχά νερά καθώς και από βλάστηση (swallow water vegetated areas), ως προς την ικανότητά τους να μετατρέπουν τέτοιου είδους φορτία σε βιομάζα και να τα αποθηκεύουν πριν αυτά καταλήξουν στο υδατικό σώμα και το επιβαρύνουν.

Εκτός όμως από τις οριζόντιες, υπάρχουν και άλλες πηγές εισροών χημικών και θρεπτικών στοιχείων στο υδατικό οικοσύστημα, όπως είναι η αλληλεπίδραση της επιφάνειας της λίμνης με την ατμόσφαιρα. Ανεξαρτήτως όμως από την πηγή την οποία προέρχονται τα φορτία των θρεπτικών, οι διαχειριστικές προσεγγίσεις έχουν εστιάσει σε μέτρα τα οποία είτε μειώνουν τα θρεπτικά στην πηγή τους είτε διακόπτουν την πορεία τους πριν εισέρθουν στο υδατικό οικοσύστημα.

Οι διαχειριστικές πρακτικές που ακολουθούνται για μια λίμνη όσον αφορά το εσωτερικό κομμάτι της (υδατική κολώνα, πυθμένας κ.τ.λ) υπάγονται κυρίως σε δυο κατηγορίες προσέγγισης. Η πρώτη είναι αυτή που εστιάζει στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ της στήλης ύδατος και των ιζημάτων και η δεύτερη είναι αυτή που εστιάζει στις αλληλεπιδράσεις μέσα στο υδατικό σώμα. Οι διαχειριστικές πρακτικές που ανήκουν στην κατηγορία «υδατική κολώνα-

ίζημα», έχουν σκοπό την μείωση της απελευθέρωσης θρεπτικών έτσι ώστε να αυξηθεί η μόνιμη αποθηκευμένη διαθέσιμη ποσότητα και έτσι να υπάρχει η ικανότητα παραγωγής από τους βιοτικούς οργανισμούς μέσα στην υδατική κολώνα. Καταυτόν τον τρόπο βελτιώνεται η γενικότερη κατάσταση του συστήματος και επομένως μειώνεται και ο χρόνος που μεσολαβεί από την εφαρμογή μιας τέτοιας διαχειριστικής μέχρι την πρώτη θετική απόκριση του οικοσυστήματος. Αντιθέτως, οι διαχειριστικές πρακτικές που ανήκουν στην κατηγορία που αναφέρεται μόνο στην υδατική κολώνα, περιλαμβάνουν κατά κύριο λόγο δράσεις που αποσκοπούν στην βελτίωση των διεργασιών αερισμού και οξυγόνωσης του υδάτινου σώματος και επομένως και της επιφάνειας των ιζημάτων. Οι διεργασίες αυτές είναι πολύ σημαντικές στις περιπτώσεις εκείνες όπου έχουμε ρηχές λίμνες οι οποίες χαρακτηρίζονται από έντονη συγκέντρωση ιζημάτων και θρεπτικών κάτι το οποίο συμβαίνει λόγω της έντονης παραγωγικότητας του φυτοπλαγκτού. Έτσι η οξυγόνωση βοηθάει στην μείωση των θρεπτικών σε κανονικά επίπεδα. Από την άλλη πλευρά, στις περιπτώσεις όπου έχουμε αρκετά βαθιές λίμνες, ικανές να διατηρούν ένα σταθερό υπολίμνιο, η οξυγόνωση σ' αυτό το σημείο είναι προτιμότερη και αρκετά αποτελεσματική στην μείωση της απελευθέρωσης θρεπτικών από τα ιζήματα, έτσι ώστε να παρέχεται ένα επαρκώς οξυγονωμένο καταφύγιο σε ικανοποιητικό βάθος για ψάρια και μακροασπόνδυλα.

Η διαχειριστική πρακτική της «βιοδιαχείρισης», η οποία αποσκοπεί στην αλλαγή της δομής και της βιομάζας των λιμναίων τροφικών αλυσίδων (top-down perspective), αποτελεί μια σχετικώς πρόσφατα χρησιμοποιούμενη εναλλακτική μέθοδο της παραδοσιακής «bottom-up» προσέγγισης, η οποία εστιάζει στην μείωση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στην βάση του οικοσυστήματος που είναι η πρωτογενής παραγωγή. Τα περισσότερα διαχειριστικά σχέδια της «top-down» μεθόδου με βάση την βιοδιαχείριση, αποσκοπούν στην ανακατασκευή της δομής των ιχθυοκοινωνιών και στην προώθηση διαδοχικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των διαφόρων τροφικών επιπέδων μέσα στο τροφικό πλέγμα. Αυτό θα οδηγήσει σε αλλαγή της ταξινομικής σύνθεσης των κοινωνιών καθώς και στην μείωση της συγκέντρωσης μεγάλων ποσοτήτων φυτοπλαγκτού μέσω της προώθησης πληθυσμών αρπακτικών ψαριών, μέσω της άμεσης βόσκησης του φυτοπλαγκτού από φυτοφάγα ψάρια είτε τέλος μέσω της μείωσης του κύκλου των θρεπτικών από τον περιορισμό της αναμόχλευσης των ιζημάτων από βενθικά ψάρια.

Συμπερασματικά, οι παραδοσιακές πρακτικές διαχείρισης των υδάτινων οικοσυστημάτων παίρνουν μια αυστηρώς κάθετη προοπτική, ενσωματώνοντας τις διεργασίες μεταξύ ατμοσφαιρικού αέρα-επιφάνειας λίμνης, ιζήματος-υδάτινου σώματος και τέλος τις διεργασίες που συμβαίνουν μέσα στην

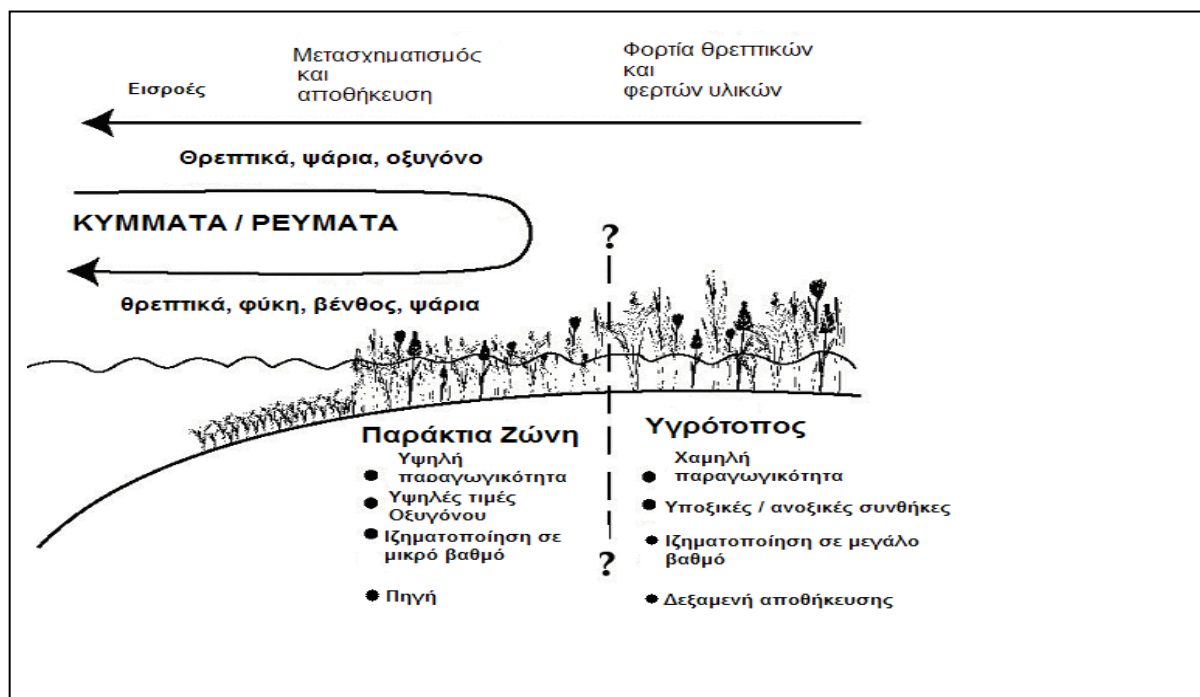
υδατική κολώνα. Τέτοιου είδους προοπτικές αναγνωρίζουν την σημασία των οριζόντιων εισροών από τον υγρότοπο αλλά γενικότερα αγνοούν τον σημαντικό ρόλο που παίζουν οι περιοχές με ρηχά νερά και μικρή κάλυψη με βλάστηση στην μετατροπή και συγκράτηση των φορτίων πριν εισέρθουν στο κυρίως υδάτινο σώμα. Έτσι λοιπόν μια λύση για την διαχείριση των ρηχών λιμνών με έντονο το πρόβλημα της μείωσης της στάθμης τους αποτελεί μια κάθετη πρακτική η οποία αποσκοπεί στην αύξηση της στάθμης της λίμνης, στην μείωση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ ιζημάτων και υδάτινου σώματος και τέλος στην δημιουργία ενός επαρκώς οξυγονωμένου περιβάλλοντος έτσι ώστε να είναι δυνατή η εγκατάσταση επιλεγμένων οικογενειών ψαριών.

1.1.1.2 Οριζόντια διαχείριση του συστήματος λίμνης-υγροτόπου.

Οι ρηχές λίμνες διέπονται κυρίως από μηχανισμούς μνήμης των ιζημάτων και από τις αλληλεπιδράσεις με την υδατική κολώνα σε αντίθεση με τις βαθιές λίμνες, λόγω της έλλειψης της θερμικής διαστρωμάτωσης καθώς και της μεγάλης αναμόχλευσης των ιζημάτων από την επίδραση των κυμάτων και των ρευμάτων. Έτσι, οι Crisman et al.(2005) αναφέρουν ότι οι διαχειριστικές πρακτικές σε τέτοιου είδους λίμνες εστιάζουν αρχικά στην κάθετη προσέγγιση, ώστε να αυξηθεί το βάθος και έτσι να μειωθεί η κίνηση των ιζημάτων μέσα στην υδατική κολώνα, δεδομένου ότι όσο πιο ρηχή είναι μια λίμνη τόσο πιο μεγάλες θα είναι οι αλληλεπιδράσεις του υδάτινου σώματος με τα ιζήματα. Όσο πιο σταθερή είναι η διεπιφάνεια ιζήματος-νερού τόσο πιο πολύ ευνοείται η μόνιμη ταφή των θρεπτικών και με τον τρόπο αυτό μειώνεται ο χρόνος που μεσολαβεί από την εφαρμογή ενός σχεδίου διαχείρισης έως την στιγμή που θα έχουμε την πρώτη θετική απόκριση του υδατικού συστήματος.

Οι παράκτιες περιοχές και υγρότοποι, οι οποίοι εκτείνονται γύρω από τις ρηχές λίμνες, επηρεάζουν το κυρίως υδάτινο σώμα με τις οριζόντιες διεργασίες και τις αλληλεπιδράσεις που συμβαίνουν στο εσωτερικό τους (Εικόνα 1.2). Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, οι παράκτιες ζώνες που καλύπτονται από βλάστηση καθώς και οι υγρότοποι που βρίσκονται περιφερειακά, είναι αυτοί που δέχονται τα φορτία χημικών και φερτών υλικών που προέρχονται από τα ψηλότερα σημεία της λεκάνης και μέσω των διεργασιών μετασχηματισμού και αποθήκευσης καθορίζουν την τελική μορφή αλλά και τον ρυθμό εξόδου των φορτίων αυτών προς το υδάτινο σώμα, μέσω του φιλτραρίσματος το οποίο υφίστανται τα εισερχόμενα φορτία. Ο λειτουργικός αυτός ρόλος του υγροτόπου ελέγχεται έντονα όχι μόνο από το εύρος του, την πυκνότητα της φυτοκάλυψης και την παραγωγικότητα, αλλά και από τις άμεσες αλληλεπιδράσεις που συμβαίνουν στα όρια των δυο

οικοτόνων υγροτόπου (χερσαίο οικοσύστημα/υγρότοπος και υγρότοπος/λίμνη). Το μέγεθος αυτής της ζώνης αλληλεπίδρασης επηρεάζεται από την ισορροπία μεταξύ των υδρολογικών εκροών του υγροτόπου και της αντισταθμιστικής δύναμης των κυμάτων και των ρευμάτων τα οποία εισέρχονται στον υγρότοπο δια μέσου της βλάστησης η οποία λειτουργεί σαν φυσικό εμπόδιο.



Εικόνα 1.2 Διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στη διεπιφάνεια μεταξύ του χερσαίου και υγροτοπικού οικοσυστήματος καθώς και του υγροτοπικού οικοσυστήματος και του υδατικού σώματος, σε ρηχές λίμνες (Crisman et al. 2005)

Απόδειξη των διεργασιών που συμβαίνουν μέσα στους υγροτόπους που περιβάλλουν τις λίμνες, είναι η ύπαρξη κάποιων τμημάτων στα οποία τα θρεπτικά παρουσιάζουν σημαντική μείωση (nutrient sinks), λόγω της μετατροπής τους από τα φυτά, της συγκράτησής τους από τα ιζήματα, της απονιτροποίησης κ.τ.λ. Η επίδραση των κυμάτων και των ρευμάτων στις περιοχές αυτές τις διατηρεί καλά οξυγονωμένες και η παραγωγικότητα των μακροφύκων αναμένεται να είναι μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή των περιοχών εσωτερικά του υγροτόπου, που δεν επηρεάζονται από τα κύματα και τα ρεύματα. Αλληλεπιδράσεις υπάρχουν όμως και προς την αντίθετη κατεύθυνση, από το υδάτινο σώμα δηλαδή προς τον υγρότοπο. Πολλά είδη ψαριών χρησιμοποιούν τις ζώνες εκείνες με ρηχά νερά και βλάστηση για την αναπαραγωγή τους και παρουσιάζουν επίσης μετακινήσεις από και προς τις περιοχές αυτές σε διάφορες φάσεις της ωρίμανσής τους, ανάλογα με τις

διατροφικές τους απαιτήσεις καθώς και με βάση τις εκάστοτε ανάγκες τους σε καταφύγιο.

Ο ορισμός των παράκτιων αυτών ζωνών (littoral zones) μέχρι σήμερα γινόταν με βάση τα δομικά χαρακτηριστικά τους, κάτι το οποίο έχει προταθεί να μετατραπεί έτσι ώστε να περιλαμβάνει και ένα λειτουργικό όριο προς την ξηρά. Με τον τρόπο αυτό θα απεικονίζονται τα όρια της ζώνης αλληλεπίδρασης του υγροτόπου με το υδάτινο σώμα, αναγνωρίζοντας έτσι την μεγάλη σημασία της ζώνης αυτής στον μεταβολισμό του υδάτινου σώματος. Τα υπολείμματα των περιοχών με ανερχόμενη βλάστηση και ρηχά νερά, πρόκειται να αποτελέσουν τον πυρήνα του υγροτόπου ο οποίος θα αλληλεπιδρά με το υδάτινο σώμα μόνο κατά την διάρκεια θυελλωδών ανέμων όπου θα δημιουργούνται μεγάλα κύματα, καθώς και κατά την διάρκεια μεγάλων βροχοπτώσεων οπότε και θα δημιουργηθεί υγροτοπική απορροή προς το υδάτινο σώμα.

Το κλειδί για τον προσδιορισμό της παράκτιας ζώνης είναι η ικανότητα να καθοριστεί με ακρίβεια το οριζόντιο όριο της ζώνης αυτής με των εσωτερικό υγρότοπο. Ο διαχωρισμός αυτός μπορεί να γίνει αν ληφθούν υπόψιν τα χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής. Έτσι, τα χαρακτηριστικά του πυρήνα του υγροτόπου είναι η χαμηλή παραγωγικότητα σε φύκια, οι υποξικές έως ανοξικές συνθήκες που παρουσιάζονται και η μεσοπρόθεσμη έως μακροπρόθεσμη συγκέντρωση των ιζημάτων, ενώ τα χαρακτηριστικά της παράκτιας ζώνης που είναι και η ζώνη αλληλεπίδρασης του υδάτινου σώματος με τον υγρότοπο είναι η υψηλή παραγωγικότητα σε φύκια, οι υψηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου οι οποίες οφείλονται στον κυματισμό και στα ρεύματα του υδάτινου σώματος και τέλος η χαμηλή συσσώρευση ιζημάτων λόγω της δράσης των κυμάτων δια μέσω των οποίων τα ιζήματα μεταφέρονται και διασκορπίζονται στο υδάτινο σώμα. Τέλος, εκτός από τα παραπάνω χαρακτηριστικά θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν το γεγονός ότι στο εσωτερικό του υγροτόπου παρουσιάζονται μικρές συγκεντρώσεις θρεπτικών σε αντίθεση με την παράκτια ζώνη στην οποία έχουμε υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών και άνθρακα τα οποία και διοχετεύονται στην πελαγική ζώνη.

Εν κατακλείδι, οι Crisman et al. (2005) πρότειναν την ολοκληρωμένη προσέγγιση οριζόντιας και κάθετης διαχείρισης σε οποιοδήποτε σχέδιο αποκατάστασης ή ανόρθωσης ρηχών λιμνών ή υγροτόπων τόσο σε επίπεδο καθορισμού του ιδεοτύπου όσο και προσδιορισμού των απαραίτητων μέτρων αποκατάστασης. Η σχετική σημασία της κάθετης σε αντίθεση με την οριζόντια διαχείριση της λίμνης στα συνολικά σχέδια αποκατάστασης των λιμνών, καθορίζεται από έναν αριθμό παραγόντων περιλαμβάνοντας τη μορφή του πυθμένα σε συνδυασμό με το παρόν και το σχεδιαζόμενο βάθος της λίμνης και

τις δομικές / λειτουργικές διαστάσεις των μακρόφυτων σε σχέση με τις φυτοπλαγκτονικές κοινωνίες. Πάνω από όλα, είναι σημαντικό να αναπτυχθούν ισορροπημένοι ειδικοί σκοποί δομικής και λειτουργικής αποκατάστασης της λίμνης που θα λαμβάνουν υπόψη τα υδροτοπικά υποστρώματα σε σχέση με το υδατικό δυναμικό και τις ανοικτές εκτάσεις νερού της λίμνης.

1.2 Η Σημασία της Εκτίμησης Πιέσεων και Επιπτώσεων στην Αποκατάσταση Υδροτοπικών Οικοσυστημάτων : Ειδική Περίπτωση Μελέτης Υδροτόπου Κορώνειας

Η εκτίμηση των επιπτώσεων από ανθρωπογενείς πιέσεις σε επίπεδο λεκάνης απορροής βασίζεται στην κατανόηση εκείνων των διαδικασιών, των αιτιών και των παραγόντων που συμβαίνουν μέσα στην εκάστοτε περιοχή ενδιαφέροντος και οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την υποβάθμιση των εδαφών και των υδάτινων σωμάτων. Για να γίνει λοιπόν μια ορθή και αξιόπιστη εκτίμηση της κατάστασης, θα πρέπει να γίνουν πλήρως κατανοητοί όλοι εκείνοι οι λόγοι οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την υποβάθμιση και οι οποίοι είναι απόρροια ισχυρών αλληλεπιδράσεων μεταξύ βιολογικών, φυσικών, χημικών, κοινωνικοοικονομικών και πολιτικών παραγόντων.

Κάθε υδροτοπικό οικοσύστημα εκτελεί κάποιες λειτουργίες, οι οποίες δημιουργούν κάποιες υδροτοπικές αξίες που διατηρούν τον υγρότοπο καθώς και την ευρύτερη περιοχή σε ισορροπία. Η ισορροπία αυτή αφορά τόσο τον κύκλο της ζωής των ζωικών και φυτικών οργανισμών που είναι εγκατεστημένοι στην περιοχή, όσο και τις συνθήκες ζωής των ανθρώπων που ζουν γύρω από υδροτοπικά οικοσυστήματα. Ο παράγοντας που άμεσα ή έμμεσα καθορίζει τις αξίες αυτές είναι οι λειτουργίες που αυτός επιτελεί. Οι λειτουργίες μπορούν να ορισθούν ως σύνολα φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών που συμβαίνουν μέσα στον υγρότοπο. Οι διεργασίες αυτές είναι αποτέλεσμα συνδυασμού πολυάριθμων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των δομικών στοιχείων του υδροτόπου και του ευρύτερου περιβάλλοντός του, ιδίως δε της λεκάνης απορροής του (Ζαλίδης κ.α., 2002).

Οι υγρότοποι στηρίζουν πολυάριθμες και ποικίλες ανθρώπινες δραστηριότητες και ταυτόχρονα λειτουργούν ως ενδιάμεσοι ή τελικοί αποδέκτες, της επιφανειακής απορροής και των υπόγειων ροών ολόκληρης της υδρολογικής τους λεκάνης. Ως εκ τούτου, ο βαθμός στον οποίο επιτελούνται οι λειτουργίες των υδροτόπων δεν επηρεάζεται μόνο από τις ανθρώπινες δραστηριότητες που αναπτύσσονται μέσα στα στενά όριά τους, αλλά κυρίως από αυτές που αναπτύσσονται στα ανάντη τους, εντός της υδρολογικής τους λεκάνης. Ωστόσο, ο βαθμός στον οποίο επιτελούνται οι λειτουργίες ενός

υγροτόπου επηρεάζει την ποιότητα των υδατικών και εδαφικών πόρων στα κατάντη του. Φαινόμενα όπως εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων, ευτροφισμός και ρύπανση των ακτών, υποβάθμιση γεωργικών γαιών λόγω χαμηλής ποιότητας αρδευτικού νερού είναι μερικές από τις δυσμενείς συνέπειες που δημιουργούνται από την υποβάθμιση ή την απώλεια λειτουργιών των υγροτοπικών συστημάτων (Ζαλίδης κ.α., 2002).

Η δυνατότητα αποκατάστασης ενός υποβαθμισμένου υγροτόπου εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες στους οποίους συγκαταλέγονται ο τύπος του υγροτόπου, οι οικολογικές λειτουργίες που παρουσιάζουν ενδιαφέρον, ο τύπος και ο βαθμός της υποβάθμισης, οι χρήσεις γης σε ολόκληρη τη λεκάνη απορροής και η ικανότητα δημιουργίας και διατήρησης κατάλληλων υδρολογικών συνθηκών (Kusler και Kentula 1990, Kentula 2000). Μολονότι πολλοί αποκατεστημένοι υγρότοποι επιτυγχάνουν τα επιθυμητά αποτελέσματα, υπήρξαν και ορισμένες αποτυχίες, οι οποίες σε γενικές γραμμές οφείλονται στην έλλειψη του ενδεδειγμένου υδρολογικού καθεστώτος (Mitsch και Gosselink 1993).

Η διατήρηση των λειτουργιών ενός υγροτόπου παίζει πολύ σημαντικό ρόλο όχι μόνο για τους οργανισμούς που υπάρχουν μέσα στα στενά όρια του υγροτόπου, αλλά και για όλες τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής και ιδιαίτερα για τις συνθήκες ζωής του ανθρώπου. Η διατήρηση λοιπόν της κάθε λειτουργίας ξεχωριστά ενός υγροτοπικού οικοσυστήματος είναι υψίστης προτεραιότητας και σε περίπτωση υποβάθμισής της η αποκατάσταση είναι κρίσιμης σημασίας διότι στις περισσότερες περιπτώσεις οι υγροτοπικές λειτουργίες παρουσιάζουν στενή αλληλοσύνδεση και – κατά συνέπεια – η υποβάθμιση ή αποκατάσταση μιας λειτουργίας ενδέχεται να έχει άμεσα ή έμμεσα θετικές ή αρνητικές συνέπειες στις υπόλοιπες λειτουργίες (Ζαλίδης κ.α., 2002).

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η αποκατάσταση δεν σημαίνει μόνιμη επαναφορά του υγροτόπου στις ίδιες ακριβώς συνθήκες που επικρατούσαν πριν από την υποβάθμιση. Ο πρωταρχικός σκοπός των έργων αποκατάστασης θα πρέπει να είναι η επίτευξη αυτοδιατηρούμενων οικοσυστημάτων με ικανότητα αυτοανόρθωσης, σε συνάρτηση με τις τρέχουσες συνθήκες και τα γνωρίσματα ολόκληρης της λεκάνης απορροής. Τα μέτρα αποκατάστασης σημαίνουν την επαναφορά υγροτοπικών λειτουργιών ικανών να ανταποκριθούν στις υφιστάμενες οικολογικές και κοινωνικοοικονομικές συνθήκες της συγκεκριμένης περιοχής (Zalidis κ.ά. 1999b).

Συμπερασματικά, ο σκοπός ενός έργου αποκατάστασης δεν είναι απλώς να αποκαταστήσει, ή ακόμη και να βελτιώσει, τις υποβαθμισμένες υγροτοπικές λειτουργίες, αλλά και να εξαλείψει ή να μειώσει τα αίτια της υποβάθμισης που

επιδρούν άμεσα ή έμμεσα στον υγρότοπο (άντληση υδάτων, απόθεση ανεπεξέργαστων λυμάτων, εντατική γεωργία κλπ.). Για τον λόγο αυτό και υπό το πρίσμα της ανάγκης να εφαρμοσθεί επιτυχώς ένα ολοκληρωμένο σχέδιο αποκατάστασης που θα εξασφαλίζει τη δημιουργία αυτοδιατηρούμενων υγροτόπων, δύο σημεία πρέπει πάντα να τυγχάνουν ιδιαίτερης προσοχής στην αρχή της φάσης του σχεδιασμού: 1) Η περιγραφή γενικά των υγροτοπικών λειτουργιών καθώς και ο εντοπισμός των λειτουργιών εκείνων που πρέπει να αποκατασταθούν (και σε πιο βαθμό) και 2) Η περιγραφή, ο εντοπισμός και η εξάλειψη των αιτίων της υποβάθμισης/πιέσεων που ασκούνται τόσο στον υγρότοπο όσο και στη λεκάνη απορροής στην οποία αυτός ανήκει, καθώς και των επιπτώσεων που προκαλούνται από τις πιέσεις αυτές. (Wise et al., 2002).

1.2.1 Περιγραφή των Κύριων Κατηγοριών Λειτουργιών Υγροτόπων

Από τα προηγούμενα, γίνεται αντιληπτό πόσο σημαντική είναι διατήρηση της ομαλής έκβασης των υγροτοπικών λειτουργιών μέσω της διατήρησης του υγροτοπικού συστήματος καθώς και η σημασία της αποκατάστασης του υγροτόπου σε περίπτωση υποβάθμισής του από διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Για την πλήρη κατανόηση της σημασίας της διατήρησης της ισορροπίας του υγροτόπου, κρίνεται σκόπιμο να γίνει αναφορά των κυριότερων κατηγοριών λειτουργιών που εκτελεί ένα υγροτοπικό οικοσύστημα καθώς και των αξιών που απορρέουν από τις λειτουργίες αυτές.

Ένας υγρότοπος μπορεί να διαθέτει αρκετές από τις ακόλουθες 20 χαρακτηριστικές υγροτοπικές αξίες (Ζαλίδης κ.α., 2002): βιολογική (βιοποικιλότητα), υδρευτική, αρδευτική, υδροηλεκτρική, αλιευτική, κτηνοτροφική, θηραματική, υλοτομική, αλατοληπτική, αμμοληπτική, επιστημονική, εκπαιδευτική, πολιτισμική, αναψυχική, αντιπλημμυρική, αντιδιαβρωτική, βελτιωτική της ποιότητας του νερού, τοποκλιματική, μεταφορική, ιαματική. Οι λειτουργίες αυτές κατατάσσονται αδρομερώς σε τέσσερις κατηγορίες οι οποίες είναι α) υδρολογία, β) βιοχημικός κύκλος, γ) ενδιαίτημα/ φυσικό περιβάλλον και δ) κλίμα. Μερικά παραδείγματα λειτουργιών που περιλαμβάνει η κάθε κατηγορία καθώς και οι υγροτοπικές αξίες των λειτουργιών, σύμφωνα με τους Hanson et al (2008) έχουν ως εξής :

- *Υδρολογία*: Μερικές από τις λειτουργίες που περιλαμβάνονται στην κατηγορία αυτή είναι ο εμπλουτισμός του υδροφορέα, επιφανειακή αποθήκευση νερού, καθώς και η συγκράτηση της ροής. Οι λειτουργίες αυτές έχουν σαν αποτέλεσμα κάποιες σημαντικές αξίες του υγροτόπου, όπως η αναπλήρωση των υπόγειων υδάτων, η συγκράτηση των

πλημμυρικών παροχών, η διατήρηση του κλίματος σε κανονικά επίπεδα, η διατήρηση της ροής του νερού σε περιόδους ξηρασίας και η μείωση της ταχύτητας του νερού όταν αυτό εισέρχεται στην λίμνη με αποτέλεσμα την μείωση της αιώρησης των ιζημάτων.

- *Βιοχημικός κύκλος:* Παραδείγματα λειτουργιών που περιλαμβάνονται στην κατηγορία αυτή είναι οι μετασχηματισμοί των θρεπτικών σε μορφές αφομοιώσιμες και η παραγωγή βιομάζας. Οι σημαντικές διεργασίες που προκύπτουν από τις λειτουργίες αυτές είναι δέσμευση ατμοσφαιρικού άνθρακα, φυσική βελτίωση της ποιότητας του νερού και μείωση των πλεονάζων θρεπτικών.
- *Ενδιαίτημα/φυσικό περιβάλλον:* Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει λειτουργίες διατήρησης της βιολογικής παραγωγικότητας ζωικών και φυτικών οργανισμών και γενικά βιολογικής ποικιλότητας. Κάποιες από τις υδροτοπικές αξίες που προκύπτουν από τις λειτουργίες αυτές είναι η παραγωγή των ειδών εκείνων που καταναλώνονται περισσότερο από άλλα, η παροχή κατάλληλου περιβάλλοντος για την βιοποικιλότητα και άρα διατήρηση των πηγών γονιδίων, παροχή ενδιαίτηματος για είδη υπό εξαφάνιση και τέλος έλεγχος της διάβρωσης καθώς και σταθεροποίηση της ακτογραμμής.
- *Κλίμα:* Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται λειτουργίες όπως αυτή της σταθεροποίησης του άνθρακα στην ατμόσφαιρα καθώς και του ισοζυγίου του διοξειδίου του άνθρακα, της σταθεροποίησης του ισοζυγίου του μεθανίου, της αύξησης των βροχοπτώσεων και της υγρασίας και τέλος της επιρροής στο μικροκλίμα της περιοχής. Οι λειτουργίες αυτές οδηγούν στην διατήρηση των συνθηκών του κλίματος σε σταθερά επίπεδα κάτι που ευνοεί τις ανθρώπινες δραστηριότητες και την κοινωνία γενικώς.

1.2.2 Περιγραφή των Κύριων Κατηγοριών Πιέσεων

Η εκτίμηση των επιπτώσεων που προκαλούνται από ανθρωπογενείς πιέσεις απαιτεί την πλήρη κατανόηση των πιέσεων αυτών, ανεξαρτήτως με την μεθοδολογία η οποία θα χρησιμοποιηθεί. Έτσι, σύμφωνα με τους Loague, K. and Corwin, D. L. (2006), οι πιέσεις ανάλογα με το είδος τους και την πηγή προέλευσής τους χωρίζονται σε τρεις κύριες κατηγορίες οι οποίες είναι :

- Πιέσεις από σημειακές πηγές ρύπανσης
- Πιέσεις από διάχυτες πηγές ρύπανσης

➤ Πιέσεις από μορφολογικές αλλοιώσεις

Οι **σημειακές πηγές ρύπανσης** είναι αυτές οι οποίες προέρχονται από συγκεκριμένη πηγή, όπως αναφέρεται χαρακτηριστικά και στο όνομά τους. Αποτελούνται από τις εκροές βιομηχανικών μονάδων, από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ή αγωγούς με ανεπεξέργαστα λύματα και παρακολουθούνται χρόνια από τα κρατικά προγράμματα. Τα χαρακτηριστικά που τις διαφοροποιούν από τις μη σημειακές πηγές ρύπανσης είναι α) ο εύκολος έλεγχός τους και β) η εύκολη αναγνώριση και μέτρησή τους .

Οι **διάχυτες πηγές ρύπανσης** αποτελούν το αποτέλεσμα της συσσώρευσης των επιπτώσεων από τις καθημερινές δραστηριότητες των κατοίκων μιας ευρύτερης περιοχής. Τέτοιες πηγές είναι οι γεωργικές δραστηριότητες (εκτεταμένη λίπανση ή/και χρήση φυτοφαρμάκων, άρδευση με αποτέλεσμα τα αποστραγγιστικά προϊόντα κ.τ.λ), οι αστικές και βιομηχανικές απορροές (αστικά λύματα), εξορυκτικές και υλοτομικές δραστηριότητες κ.τ.λ. Οι διάχυτες πηγές ρύπανσης αποτελούν το μεγαλύτερο πρόβλημα λόγω της διασποράς τους σε μεγάλη έκταση. Έτσι γίνεται δυσκολότερη η παρακολούθησή τους καθώς και η εφαρμογή μέτρων αντιμετώπισης λόγω της μεγάλης ετερογένειας των εδαφών και των υδάτινων οικοσυστημάτων σε τόσο εκτεταμένες περιοχές.

Συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των διάχυτων πηγών ρύπανσης είναι τα εξής: α) είναι πολύ δύσκολο έως και αδύνατο να ανιχνευτεί μια συγκεκριμένη πηγή, β) εισέρχονται στο περιβάλλον από μια εκτεταμένη περιοχή και με σποραδικό χρονοδιάγραμμα, γ) σχετίζονται, τουλάχιστον εν μέρει, με συγκεκριμένα ανεξέλεγκτα μετεωρολογικά γεγονότα και με υπάρχουσες γεωλογικές/γεωμορφολογικές συνθήκες, δ) διαθέτουν τις προϋποθέσεις εκείνες για μια σχετικά μεγάλη ενεργό παρουσία στο παγκόσμιο οικοσύστημα και ε) μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα σε βάθος χρόνου, χρόνιες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία καθώς επίσης και στην υποβάθμιση του εδάφους και των υδάτινων οικοσυστημάτων που επηρεάζουν.

Η τελευταία κατηγορία που είναι οι **πιέσεις από μορφολογικές αλλοιώσεις**, αποτελούν τις πιέσεις εκείνες οι οποίες προέρχονται από τις διάφορες τροποποιήσεις που γίνονται στα υδάτινα σώματα, όπως είναι η δημιουργία φραγμάτων, εκτροπές ποταμών και μετατροπές στις φυσικές κοίτες, δημιουργία αρδευτικών καναλιών με αποτέλεσμα την μείωση της στάθμης του υδάτινου σώματος το οποίο με τη σειρά του θα έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή της μορφής των παράχθιων περιοχών και τέλος η υπεράντληση υπόγειων νερών για διάφορους σκοπούς κάτι που επίσης οδηγεί σε μείωση της στάθμης του υδάτινου σώματος με τα επακόλουθα αποτελέσματα.

1.2.2.1 Χαρακτηριστικά Δεικτών Πιέσεων και Επιπτώσεων

Ο προσδιορισμός αρχικά των πιέσεων και μετέπειτα των επιπτώσεων που αυτές προκαλούν, απαιτεί τον ορισμό κάποιων δεικτών οι οποίοι μπορεί να είναι φυσικές, βιολογικές, χημικές παράμετροι, παράγοντες τοπογραφίας καθώς και στατιστικά στοιχεία (π.χ αύξηση του πληθυσμού σε μια περιοχή). Οι δείκτες αυτοί, είτε είναι δείκτες πιέσεων είτε δείκτες επιπτώσεων, σύμφωνα με τους Zalidis et al (2002), θα πρέπει να έχουν κάποια χαρακτηριστικά και να πληρούν κάποιες προϋποθέσεις, οι οποίες είναι οι εξής:

- ✓ να υπάρχει καλός συσχετισμός των δεικτών αυτών με τις διεργασίες των οικοσυστημάτων
- ✓ να ενσωματώνουν τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες και διεργασίες των εδαφοϋδατικών οικοσυστημάτων σε ένα ενιαίο σύστημα και να αποτελούν πρωταρχικούς παράγοντες εκτίμησης εκείνων των λειτουργιών που είναι δύσκολο να μετρηθούν άμεσα.
- ✓ να είναι σχετικά εύκολη η χρήση τους σε συνθήκες πεδίου και να μπορούν να εκτιμηθούν και να αξιολογηθούν τόσο από τους ειδικούς επιστήμονες, όσο και από τους διαχειριστές (π.χ κάποια δημόσια υπηρεσία).
- ✓ να είναι ευαίσθητοι σε τυχόν αλλαγές στην διαχείριση καθώς και στις αλλαγές των κλιματικών συνθηκών και τέλος
- ✓ να αποτελούν παράγοντες οι οποίοι έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί και σε προϋπάρχουσες βάσεις δεδομένων, όπου αυτό είναι δυνατό.

1.2.2.2 Ανάλυση Πιέσεων Επιπτώσεων

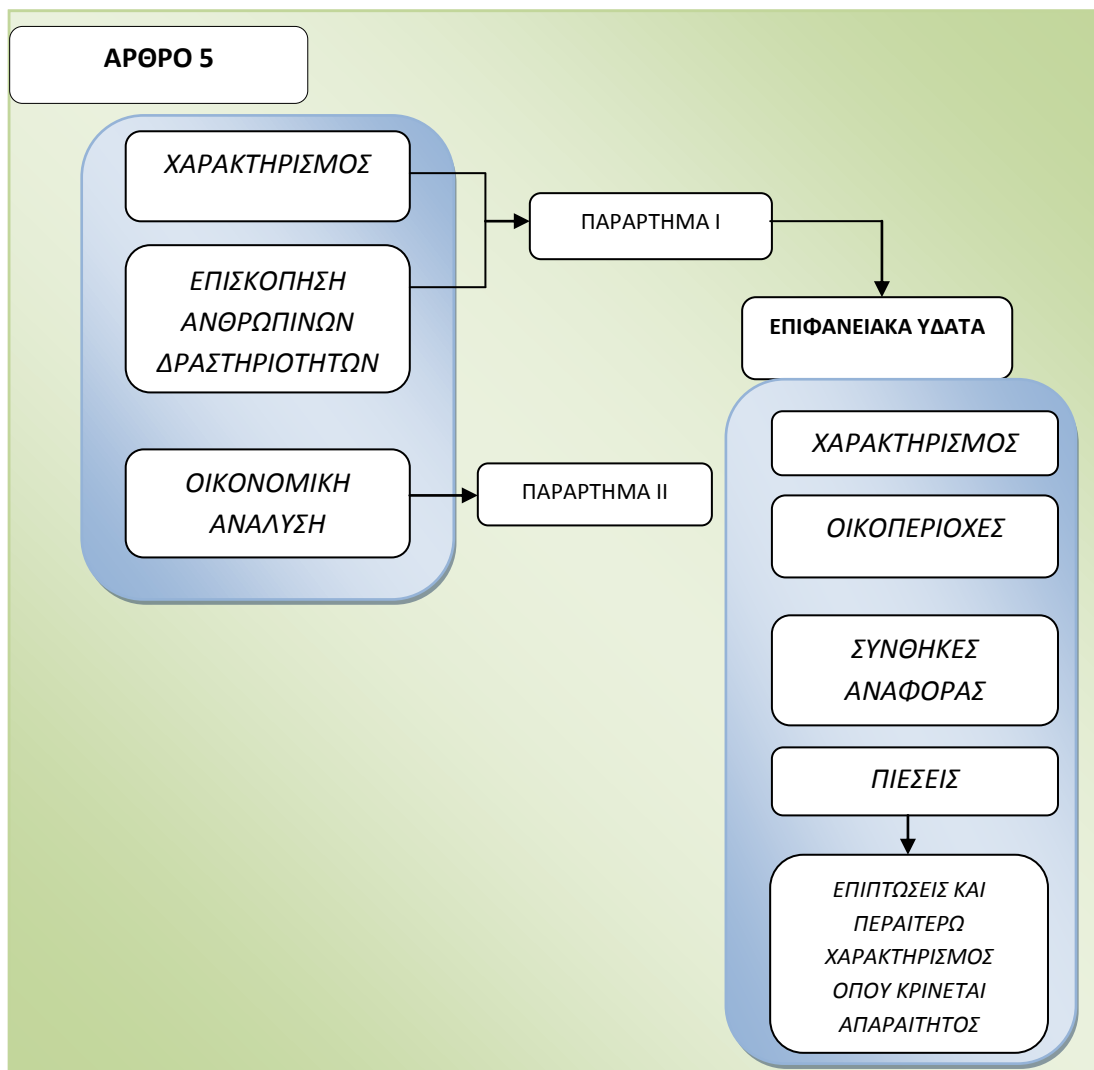
Η Ανάλυση Πιέσεων – Επιπτώσεων (IMPRESS ANALYSIS) αποτελεί ένα από τα βασικά κομμάτια της Ευρωπαϊκής Οδηγίας (2000/60/ΕΚ). Σύμφωνα με το Άρθρο 5 της οδηγίας «Κάθε κράτος μέλος εξασφαλίζει ότι για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού αναλαμβάνεται επισκόπηση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην κατάσταση των επιφανειακών υδάτων».

Στόχος της IMPRESS ανάλυσης είναι να αναγνωριστούν εκείνα τα υδάτινα σώματα, που κινδυνεύουν να μην επιτύχουν τους προδιαγεγραμμένους περιβαλλοντικούς στόχους οι οποίοι είναι:

- ✓ Καλή οικολογική και καλή χημική κατάσταση μέχρι το 2015,
- ✓ Αποφυγή επιδείνωσης της κατάστασης,
- ✓ Παύση των εκπομπών επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας,
- ✓ Επίτευξη των στόχων των προστατευόμενων περιοχών

Στο Παράρτημα II της Οδηγίας δίνονται τα 5 διακριτά μέρη που προβλέπει η IMPRESS ανάλυση (Εικόνα 1.3), τα οποία αποτελούν την επισκόπηση της ανθρώπινης δραστηριότητας και τα οποία είναι:

- ✓ Χαρακτηρισμός των τύπων συστημάτων των επιφανειακών υδάτων,
- ✓ Οικοπεριοχές και τύποι συστημάτων επιφανειακών υδάτων,
- ✓ Καθορισμός τυποχαρακτηριστικών συνθηκών αναφοράς για τους διάφορους τύπους συστημάτων επιφανειακών υδάτων,
- ✓ **Προσδιορισμός των πιέσεων,**
- ✓ **Εκτίμηση των επιπτώσεων**

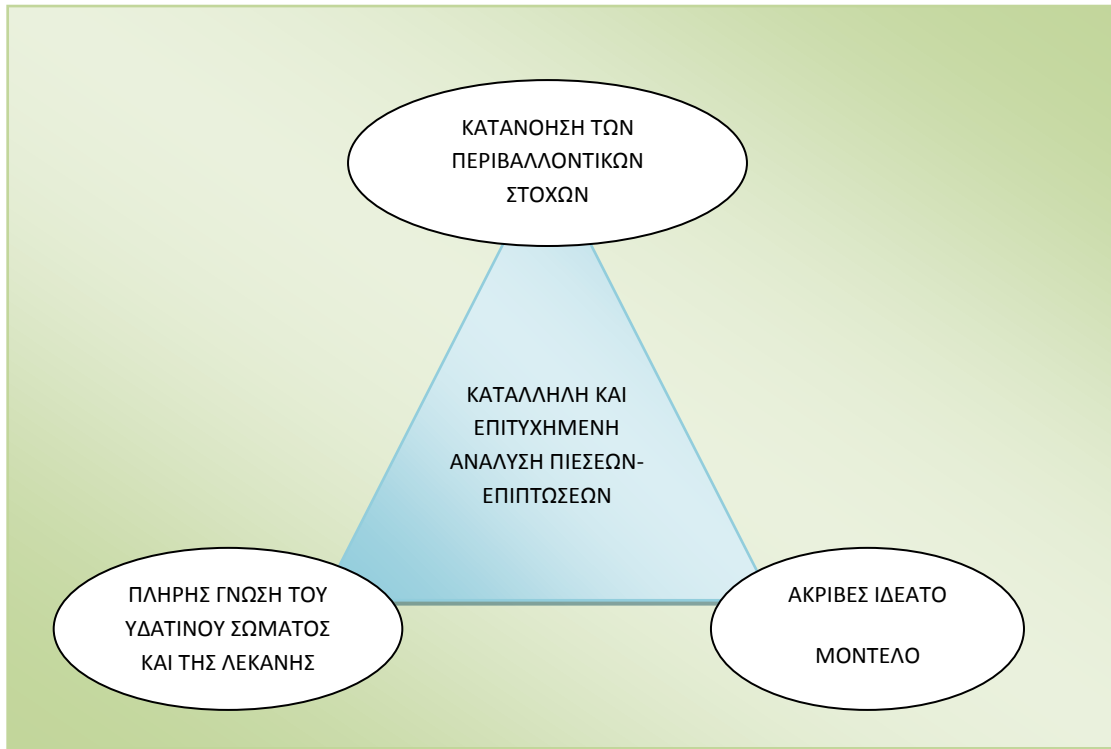


Εικόνα 1.3: Η Οδηγία 2000/60 θέτει προαπαιτήσεις για την ανάλυση IMPRESS (Working Group 2.1, 2003)

Όπως γίνεται κατανοητό από τα παραπάνω η ουσία της IMPRESS συγκεντρώνεται στα δυο τελευταία μέρη, τον Προσδιορισμό των πιέσεων και την Αξιολόγηση των επιπτώσεων, τα οποία θα πρέπει να διεκπεραιώνονται με ιδιαίτερη προσοχή, έτσι ώστε να θεωρηθεί η ανάλυση των πιέσεων εύστοχη και επιτυχημένη. Για να επιτευχθεί όμως μια επιτυχημένη ανάλυση των πιέσεων, εκτός από την πλήρη κατανόηση των πιέσεων, είναι απαραίτητη και η χρήση ενός κοινά αποδεκτού μοντέλου εργασίας, το οποίο θα αποτελεί την πιο αποτελεσματική προσέγγιση από όλους τους εμπλεκομένους. Έτσι το μοντέλο εργασίας το οποίο χρησιμοποιείται και από την Οδηγία 2000/60 είναι το DPSIR (Driver Pressure State Impact Response) το οποίο ερμηνεύετε ως εξής:

- *Driver*: Κινητήρια δύναμη (ανθρωπογενής δραστηριότητα που μπορεί να έχει περιβαλλοντικές επιδράσεις, π.χ. γεωργία, βιομηχανία)
- *Pressure*: Πίεση (η άμεση επίδραση της γενεσιουργού αιτίας π.χ. επίδραση που προκαλεί αλλαγή στη ροή ή στη χημεία του νερού)
- *State* : Κατάσταση (η κατάσταση του υδάτινου σώματος που προκύπτει από φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες, π.χ. φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά)
- *Impact* : Επίπτωση (η περιβαλλοντική επίπτωση της πίεσης, π.χ. θάνατος ψαριών, τροποποίηση περιβάλλοντος)
- *Response* : Ανάδραση (τα μέτρα που λαμβάνονται για τη βελτίωση της υφιστάμενης κατάστασης του υδάτινου σώματος, π.χ. περιορισμός αποβλήτων σημειακών πηγών, ανάπτυξη καλύτερων οδηγιών χρήσης για τη γεωργία).

Εκτός όμως από την κατανόηση των πιέσεων και την χρήση ενός αποτελεσματικού πλαισίου εργασίας, για να θεωρηθεί η ανάλυση των πιέσεων επιτυχημένη είναι απαραίτητες και κάποιες άλλες προϋποθέσεις οι οποίες είναι η πλήρης και σωστή κατανόηση των στόχων, ο σωστός χαρακτηρισμός του υδάτινου σώματος και η ακριβής περιγραφή της λεκάνης απορροής του, καθώς και γνώση του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί το ολοκληρωμένο σύστημα της λεκάνης απορροής (Εικόνα 1.4)



Εικόνα 1.4 Οι τρεις προϋποθέσεις για μια πετυχημένη IMPRESS ανάλυση (Working Group 2.1, 2003).

1.2.3 Μέτρα-Δράσεις Αντιμετώπισης των Πιέσεων-Επιπτώσεων στην Κορώνεια

Το υδροτοπικό σύστημα της Κορώνειας έχει υποστεί την τελευταία δεκαετία μια δραματική υποβάθμιση λόγω της αλόγιστης χρήσης των φυσικών πόρων καθώς και της άσκησης των οικονομικών δραστηριοτήτων στην ευρύτερη περιοχή (γεωργία, βιομηχανία), ενέργειες οι οποίες αποτελούν τις βασικές κατηγορίες πιέσεων και οι οποίες αναλύονται σε επόμενο κεφάλαιο. Η υποβάθμιση αυτή και οι επιπτώσεις της τόσο στον υγρότοπο όσο και στις περιοχές γύρω από αυτόν, οδήγησαν στην επιτακτική ανάγκη της αναίρεσης αρχικά των πηγών των πιέσεων και επιπτώσεων και φυσικά στην αποκατάσταση του υδροτοπικού οικοσυστήματος.

Όπως αναφέρεται από τους Ζαλίδης κ.α (2004), στο πλαίσιο της αναγκαιότητας αποκατάστασης της λίμνης Κορώνειας, το 1997 ανατέθηκε από τη Γενική Διεύθυνση XVI της ΕΕ, Τμήμα Περιφερειακής Πολιτικής και Συνοχής η εκπόνηση ενός Master Plan για την περιβαλλοντική αποκατάσταση της λίμνης Κορώνειας. Σε συνέχεια του Master Plan, το Ταμείο Συνοχής της Ε.Ε ενέκρινε, με την 99.09.61.008/13-12-99 απόφαση, τη χρηματοδότηση της Α' Φάσης του πιλοτικού έργου 'Περιβαλλοντική Αποκατάσταση της λίμνης Κορώνειας με φορέα υλοποίησης τη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσσαλονίκης. Από το Ταμείο

Συνοχής, κατά την Α΄ Φάση (Στάδιο Ι) εφαρμογής του Master Plan, χρηματοδοτήθηκαν 12 μελέτες και έργα. Συνοπτικά οι μελέτες και τα έργα, τα οποία χρηματοδοτήθηκαν από το Ταμείο Συνοχής κατά την Α΄ Φάση (Στάδιο Ι) εφαρμογής του Master Plan είναι τα ακόλουθα:

1. Τεχνική Υποστήριξη στη Νομαρχία της Θεσσαλονίκης (Φάση Ι)
2. Μελέτη Επεξεργασίας και Διάθεσης των βιομηχανικών και κτηνοτροφικών αποβλήτων
3. Προμήθεια & Εγκατάσταση Εξοπλισμού Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης
4. Έλεγχος και Διαχείριση Απολήψεων υδάτων
5. Εκστρατεία Ενημέρωσης του Κοινού
6. Έλεγχος και Διαχείριση Απολήψεων υδάτων (Φάση Ι)
7. Αποκατάσταση και Διαχείριση Παρόχθιας βλάστησης (Φάση Ι)
8. Μελέτες (Προκαταρκτική, Προέγκριση Χωροθέτησης, Προμελέτη, Κτηματογράφηση, Τοπογραφική Αποτύπωση, ΜΠΕ & Κόστους – Ωφέλειας) για τη μεταφορά νερού από τον ποταμό Αλιάκμονα
9. Διερεύνηση δυνατοτήτων εκμετάλλευσης βαθύτερου υδροφόρου
10. Μελέτη Οικοτουρισμού
11. Μελέτες Σχεδιασμού & ΜΠΕ ελεγχόμενης εκτροπής χειμάρρων Λαγκαδικίων και Σχολαρίου
12. Μελέτες Σχεδιασμού & ΜΠΕ Λιμνοδεξαμενής Ωρίμανσης Ακαθάρτων (lagoon)

Η Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσσαλονίκης σε συνέχεια του Σταδίου Ι – Εφαρμογής του Master Plan για την Περιβαλλοντική Προστασία της λίμνης Κορώνειας προχώρησε στην αναθεώρηση του Master Plan. Η αναθεώρηση έγινε στο πλαίσιο υποβολής της Νέας Αίτησης Συνδρομής στο Ταμείο Συνοχής, για την ολοκληρωμένη αποκατάσταση του προστατευόμενου υγροτοπικού /λιμναίου οικοσυστήματος, βάσει των νέων διεθνών επιστημονικών προσεγγίσεων, αλλά και λαμβάνοντας υπόψη:

α) την απόφαση της 8ης συνάντησης των κρατών μελών της Σύμβασης Ραμσάρ, σχετικά με την αποκατάσταση της λίμνης Κορώνειας, όπου έπρεπε να τροποποιηθεί η φιλοσοφία αποκατάστασης

β) τις Οδηγίες 2000/60, 92/43, 79/409

γ) τη μη έγκριση των ΜΠΕ δύο βασικών έργων του Master Plan (μεταφορά νερού από Αλιάκμονα και άντληση από βαθείς υδροφορείς)

δ) την ΚΥΑ 6919 (ΦΕΚ 248/5.3.2004) «Χαρακτηρισμός των λιμναίων χερσαίων και υδάτινων περιοχών του υγροτοπικού συστήματος των λιμνών Βόλβης-Κορώνειας και Μακεδονικών Τεμπών ως “Εθνικό Πάρκο Υγροτόπων των λιμνών Κορώνειας-Βόλβης και των Μακεδονικών Τεμπών”».

Το αναθεωρημένο σχέδιο αποκατάστασης της λίμνης Κορώνειας (Ζαλίδης Γ.Χ., 2004) είχε ως κύριους στόχους:

- Να προσδιορίσει το βέλτιστο σενάριο, που με βάση την υδατική δίαιτα της λεκάνης, δύναται να παρέχει τις καλύτερες συνθήκες για: α) τη μακροπρόθεσμη λειτουργική και δομική αποκατάσταση του υγροτοπικού/λιμναίου οικοσυστήματος και β) τη μέγιστη ποικιλότητα ενδιαιτημάτων και τη διατήρηση των πληθυσμών της πανίδας ιδιαίτερα δε της ορνιθοπανίδας και της ιχθυοπανίδας.
- Να προσδιοριστούν τα έργα – μέτρα που συνεισφέρουν : α) στην αποκατάσταση των λειτουργιών της Κορώνειας και β) στην αναίρεση των αιτίων υποβάθμισης.

Στα πλαίσια της αναθεώρησης του επιχειρησιακού σχεδίου, αναθεωρήθηκαν οι ειδικοί σκοποί της αποκατάστασης ώστε το ενιαίο σύστημα της λεκάνης της Μυγδονίας να είναι αυτοσυντηρούμενο (self sustainable). Έτσι κρίθηκε ότι έπρεπε να στοχευθεί υδρολογικώς μεν στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης των υδατικών πόρων της λεκάνης, συνολικά δε στη βελτιστοποίηση όλων των φυσικών πόρων της λεκάνης (εδαφικών και γενετικών) χρησιμοποιώντας όλες τις δυνατές διεργασίες επεξεργασίας και επαναχρησιμοποίησης των προϊόντων που προκύπτουν από ανθρωπογενείς διεργασίες στη λεκάνη απορροής και επιβαρύνουν τον υγρότοπο. Επιπλέον θεωρήθηκε πρωταρχικής σημασίας ο ορισμός του επιπέδου αναφοράς του υγροτόπου σε σχέση με το τι υγρότοπο δύναται αυτοσυντηρούμενα να αποκατασταθεί. Κρίθηκε λοιπόν ότι ήταν αδύνατο να αποκατασταθεί ο υγρότοπος στην προ του '70 λειτουργική και δομική κατάστασή του. Για το λόγο αυτό η αναθεώρηση αυτή, με βάση και τις αρχές αποκατάστασης της σύμβασης Ραμσάρ, προσπάθησε να προσδιορίσει τα λειτουργικά και δομικά χαρακτηριστικά του υγροτόπου τα οποία θα μπορούν να είναι αυτοσυντηρούμενα ακόμη και σε δύσκολα υδρολογικά έτη, έτσι όπως ταιριάζει στα Μεσογειακά οικοσυστήματα.

Η προσέγγιση βασίστηκε στην αρχή ότι το σύστημα της λεκάνης της Μυγδονίας είναι ενιαίο λειτουργικά τόσο μεταξύ των λιμνών όσο και μεταξύ λεκάνης και λιμνών. Είναι φανερό ότι η διατήρηση της Κορώνειας είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της Βόλβης. Επίσης, όσο αειφορικότερες οι εφαρμοζόμενες πρακτικές σε επίπεδο λεκάνης τόσο ευκολότερη η διατήρηση του υγροτοπικού οικοσυστήματος το οποίο πρέπει να επιτελεί μετά την αποκατάσταση τις υγροτοπικές λειτουργίες στο μέγιστο δυνατό βαθμό.

Στο αναθεωρημένο σχέδιο προτείνεται μία σειρά μέτρων και έργων, τόσο σε επίπεδο του συστήματος λίμνης / υγροτόπου όσο και σε επίπεδο λεκάνης απορροής, για την άρση των αιτιών της υποβάθμισης, την επίτευξη των ειδικών σκοπών της αποκατάστασης, τη στήριξη των τροφικών πλεγμάτων και ενίσχυση της βιοποικιλότητας, την υδρολογική αποκατάσταση της λίμνης και τη βελτίωση της ποιότητας του νερού της. Η ανωτέρω προσέγγιση είναι ολοκληρωμένη και οι προτεινόμενες παρεμβάσεις είναι σύμφωνες με το ψήφισμα VIII.10 της Σύμβασης Ραμσάρ και τις απαιτήσεις της Κοινοτικής Νομοθεσίας, όπως αναφέρεται στο σχετικό έγγραφο της Δ/σης Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού με αρ. πρωτ. 168024/3395/1-10-2004.

Τα μέτρα τα οποία προτείνονται στο αναθεωρημένο σχέδιο αποκατάστασης στοχεύουν συνδυασμένα στη στήριξη των τροφικών πλεγμάτων και ενίσχυση της βιοποικιλότητας, στην υδρολογική αποκατάσταση της λίμνης. Τα προτεινόμενα μέτρα είναι τα εξής: 1) Δημιουργία και διαμόρφωση υγροτόπου και βαθέων ενδαιτημάτων, 2) Βελτίωση υδραυλικών χαρακτηριστικών και αμφίδρομης λειτουργίας ενωτικής τάφρου, 3) Έργα αποχέτευσης και επεξεργασίας αστικών και βιομηχανικών λυμάτων, 4) Μέτρα οριζόντιας υποστήριξης του σχεδίου αποκατάστασης, 5) Εφαρμογή αειφόρων γεωργικών πρακτικών, 6) Μέτρα ενίσχυσης και διαχείρισης του φρεατίου υδροφορέα, 7) Μέτρα ορεινής υδρονομίας και 8) Στήριξη και ενίσχυση ιδιωτικών περιβαλλοντικών επενδύσεων.

Για την υλοποίηση των παραπάνω μέτρων προτείνονται και τα αντίστοιχα έργα τα οποία παρατίθενται στον Πίνακα 1.1 που ακολουθεί.

Πίνακας 1.1 Προτεινόμενα μέτρα και έργα για την αποκατάσταση της λίμνης Κορώνειας (Ζαλίδης Γ.Χ., κ.α 2004) .

| Μέτρα | Έργα |
|---|--|
| 1. Δημιουργία και διαμόρφωση υγροτόπου και βαθέων ενδαιτημάτων. | 1.1 Έργα δημιουργίας και διαμόρφωσης υγροτόπου και βαθέων ενδαιτημάτων. |
| 2. Βελτίωση υδραυλικών χαρακτηριστικών και αμφίδρομης λειτουργίας ενωτικής τάφρου | 2.1 Βελτίωση υδραυλικών χαρακτηριστικών και αμφίδρομης λειτουργίας ενωτικής τάφρου |
| 3. Έργα αποχέτευσης και επεξεργασίας αστικών και βιομηχανικών λυμάτων | 3.1 Έργα μονάδων υποδοχής αστικών και βιοτεχνικών βοθρολυμάτων 3.2 Έργα λίμνοδεξαμενών ωρίμανσης 3.3 Έργο αποχέτευσης ακαθάρτων όμβριων και αντλιοστασίου Λαγκαδά 3.4 Έργα επεξεργασίας και απομάκρυνσης αλατούχων αποβλήτων 3.5 Κατασκευή δικτύου αποχέτευσης και |

| | |
|--|--|
| | εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων Κολχικού - Δρακοντίου –Λαγυνών-Καβαλαρίου |
| 4. Μέτρα οριζόντιας υποστήριξης του σχεδίου αποκατάστασης | 4.1 Παρακολούθηση διαχειριστικών παρεμβάσεων και δημιουργία Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων 4.2 Ενέργειες ενημέρωσης- ευαισθητοποίησης και ενίσχυσης εθελοντισμού 4.3 Σύμβουλος διαχείρισης έργου |
| 5. Εφαρμογή αειφόρων γεωργικών πρακτικών | 5.1 Αγροπεριβαλλοντικό Πρόγραμμα ΕΠΑΑ 5.2 Ρυθμίσεις για τη βελτίωση των γεωργικών πρακτικών 5.3 Ενέργειες υποστήριξης αγροτικού πληθυσμού (Αγροπεριβαλλοντικό Κέντρο Ενημέρωσης και Ανάπτυξης με Γραφείο Ενημέρωσης Αγροτών) |
| 6. Μέτρα ενίσχυσης και διαχείρισης του φρεατίου υδροφορέα | 6.1 Έργα συλλογικών αρδευτικών δικτύων και εμπλουτισμού υπόγειου υδροφορέα |
| 7. Μέτρα ορεινής υδρονομίας | 7.1 Έργα ορεινής υδρονομίας χειμάρρων Μπογδάνα - Καβαλαρίου – Κολχικού |
| 8. Στήριξη και ενίσχυση ιδιωτικών περιβαλλοντικών επενδύσεων | 8.1 Ιδιωτικές επενδύσεις ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης αλατούχων αποβλήτων στις βιομηχανίες βαφείων 8.2 Ιδιωτικές επενδύσεις αύξησης της αποδοτικότητας αρδεύσεων |

1.3 Σκοπός Εργασίας

Στη λεκάνη απορροής του υγροτόπου της Κορώνειας, όπως είναι γνωστό, η χρόνια μη ορθολογική άσκηση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και ιδιαίτερα της γεωργίας και της βιομηχανίας, οδήγησαν σταδιακά στην μεγάλη υποβάθμιση των υγροτοπικών λειτουργιών. Η υποβάθμιση αυτή, εκφράστηκε με τη σημαντική πτώση της στάθμης του νερού, την απώλεια ενδιαιτημάτων και ιχθυοπληθυσμών, τις υπερτροφικές συνθήκες, την αύξηση της αλατότητας, καθώς και με τις αντίστοιχες επιπτώσεις στις υγροτοπικές λειτουργίες (αρδευτική, μείωση βιοποικιλότητας, αλιευτική, κ.ά.).

Για την αντιμετώπιση των αιτιών της υποβάθμισης αυτής και επομένως την σταδιακή βελτίωση της κατάστασης του υγροτοπικού οικοσυστήματος καθώς και της λεκάνης απορροής αυτού, προτάθηκαν τα μέτρα/ δράσεις καθώς και τα έργα υλοποίησης αυτών τα οποία αναφέρονται στον Πίνακα 1.1. Μέχρι σήμερα, η πορεία των έργων προχωρά με ιδιαίτερα αργούς ρυθμούς καθώς

πολλά από τα έργα αυτά βρίσκονται σε σημείο ολοκλήρωσης ενώ άλλα δεν έχουν ξεκινήσει ακόμη.

Έτσι, σκοπός της εργασίας αυτής είναι η αξιολόγηση των πιέσεων και επιπτώσεων στον υγρότοπο της Κορώνειας, για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των εγκεκριμένων και υλοποιημένων διαχειριστικών παρεμβάσεων μέχρι σήμερα.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Περιγραφή της Περιοχής

Η περιοχή μελέτης η οποία είναι το υδροτοπικό σύστημα της Κορώνειας και κατ'επέκταση και η λεκάνη απορροής του, βρίσκεται σε μικρή απόσταση (μόλις 12 χιλιόμετρα) από την πόλη της Θεσσαλονίκης. Το οικοσύστημα αυτό, μαζί με την λίμνη Βόλβη βρίσκονται σε ένα επίμηκες τεκτονικό βύθισμα, διαχωρίζοντας την χερσόνησο της Χαλκιδικής από τον κορμό της Μακεδονίας . Είναι λίμνες- υπολείμματα της παλιάς λίμνης Μυγδονίας και η ευρύτερη περιοχή στην οποία βρίσκονται ονομάζεται λεκάνη της Μυγδονίας (Εικόνα 2.1). Η λεκάνη ορίζεται από τις κορυφογραμμές των βουνών Κερδύλια, Βερτίσκοι, Χορτιάτης και Χολομώντας. Από Βορρά και Νότο τα βουνά έχουν ύψος μεταξύ 600 και 1200 μέτρων επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και από την δύση περίπου 550 μέτρα επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Τα επιφανειακά νερά της λεκάνης αυτής στραγγίζουν σε χείμαρρους, οι οποίοι με τη σειρά τους εκβάλλουν στις λίμνες. Η περιοχή αποτελεί ένα σπάνιο σύμπλεγμα οικοσυστημάτων με λίμνες (Βόλβη), υδροτοπικά οικοσυστήματα (Κορώνεια) ποτάμια, παρόχθια δάση (παραλίμνιο δάσος Απολλωνίας, δάσος Ρεντίνας, Μακεδονικά Τέμπη), καλαμώνες, υγρολίβαδα και θαμνώνες που συγκροτούν έναν σημαντικό υγρότοπο διεθνούς σημασίας σύμφωνα με τη σύμβαση 'Ραμόν' (Ζαλίδης Γ.Χ., κ.α 2004) .

Οι δήμοι οι οποίοι συνορεύουν με τον υγρότοπο της Κορώνειας είναι ο Δ. Λαγκαδά και ο Δ. Βόλβης. Οι παραδοσιακές οικονομικές δραστηριότητες των κατοίκων των Δήμων αυτών βασίζονται στους υγροτόπους και στις λεκάνες απορροής τους. Οι αξίες των υγροτόπων περιλαμβάνουν όλα τα αγαθά και τις υπηρεσίες που παρέχουν οι υγρότοποι στην ανθρωπότητα. Οι αξίες αυτές μπορεί να είναι άμεσα εκμεταλλεύσιμες όπως η υδρευτική, η αρδευτική, η κτηνοτροφική και η αλιευτική ή έμμεσα επωφελείς όπως η βιολογική (βιοποικιλότητα), η αναψυχική, η επιστημονική και η εκπαιδευτική (Ζαλίδης Γ.Χ., κ.α.2002).



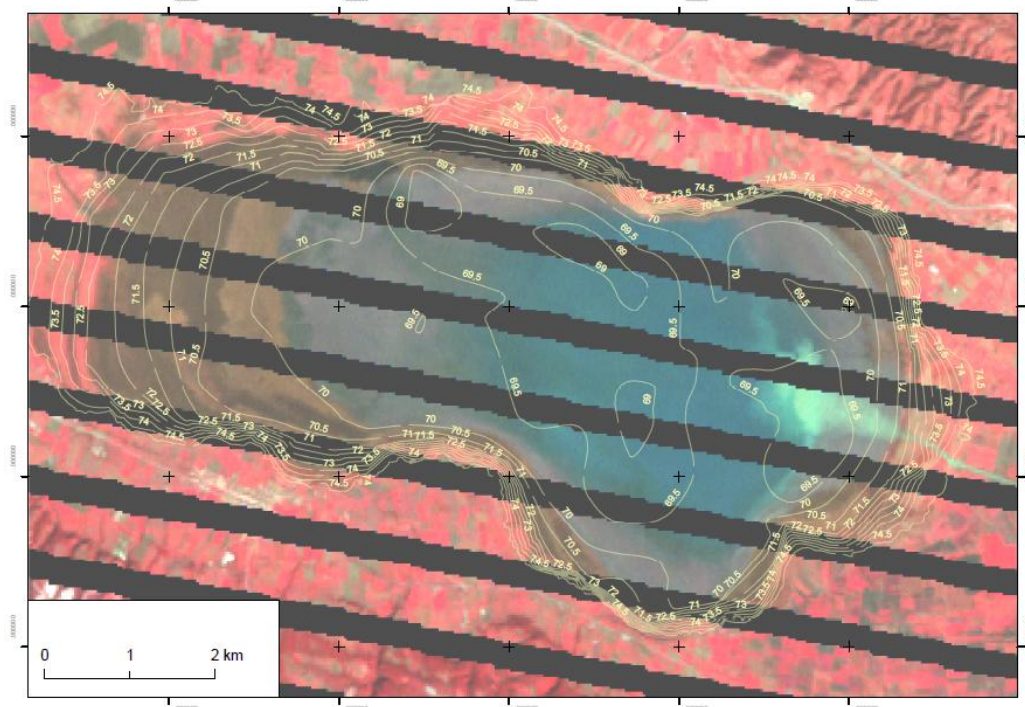
Εικόνα2.1 Δορυφορική εικόνα της λεκάνης της Μυγδονίας (λήψη 2003) (ΑΠΘ 2010)

2.2 Μέτρα-Δράσεις που Υλοποιήθηκαν στο Πλαίσιο της Περιβαλλοντικής Προστασίας του Υδροτοπικού Συστήματος της Κορώνειας.

Στα πλαίσια του Προγράμματος Περιβαλλοντικής Προστασίας του υδροτοπικού οικοσυστήματος και συγκεκριμένα στο Αναθεωρημένο Σχέδιο Αποκατάστασης (Ζαλίδης Γ.Χ.,κ.α.2004) προτείνονται κάποια μέτρα-έργα (Πίνακας 1.1) για την μείωση των πιέσεων και επιπτώσεων που ασκούνται στη λεκάνη απορροής του υδροτόπου της Κορώνειας. Μέχρι σήμερα τα έργα τα οποία έχουν υλοποιηθεί είναι τα εξής (Α.Π.Θ,2010):

- Η βελτίωση των υδραυλικών χαρακτηριστικών και αμφίδρομης λειτουργίας της ενωτικής τάφρου. Έχει ολοκληρωθεί το 95% του έργου, έχει καταστεί λειτουργικό και έχει συμβάλει σημαντικά στην άνοδο της στάθμης όπως φαίνεται και στα αποτελέσματα, αλλά και στη δορυφορική εικόνα(Εικόνα 2.2).
- Η ολοκλήρωση του συστήματος παρακολούθησης των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών της λίμνης με την εγκατάσταση ολοκληρωμένου δικτύου τηλεμετρικών σταθμών σε επιλεγμένες θέσεις επιφανειακών και υπογείων υδάτων έδωσε και συνεχίζει αδιάλειπτα να τροφοδοτεί την ενιαία βάση δεδομένων, με αποτέλεσμα για πρώτη φορά να δημιουργούνται χρονοσειρές ώστε η λίμνη να παρακολουθείται συστηματικά, και να είναι δυνατή η διαχειριστική ανάδραση στα προτεινόμενα μέτρα.

- Η απομάκρυνση από τα πέριξ της λίμνης των βιομηχανιών που δημιουργούσαν το πρόβλημα της υποβάθμισης της ποιότητας του νερού με ταυτόχρονη παύση της λειτουργίας των γεωτρήσεων του, που και αυτή συνέβαλλε στην εξοικονόμηση 7.500 κ.μ. νερού/ημέρα και τη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της λίμνης.
- Η εφαρμογή ειδικού σχεδίου δράσης από τη Δ/νση Υδάτων της ΠΚΜ για τη μείωση της κατανάλωσης αρδευτικού νερού με διπλό στόχο αφενός την εφαρμογή των περιοριστικών μέτρων στην άρδευση με στοχευόμενη καμπάνια προς τους παραγωγούς και αφετέρου την παύση λειτουργίας αρκετών γεωτρήσεων αλλά και την επιβολή συγκεκριμένων περιβαλλοντικών όρων στις υπόλοιπες.
- Η εφαρμογή του αγροπεριβαλλοντικού με την είσοδο σε αυτό 90 αγροτών με 10.000 στρέμματα αλλά και τα 71 σχέδια βελτίωσης, που υλοποιήθηκαν κατά την 3η προγραμματική περίοδο και άλλαξαν το σύστημα άρδευσης από καρούλι και κανόνι σε άρδευση με σταγόνες συνέβαλλε σημαντικά στη μείωση της κατανάλωσης του αρδευτικού νερού.



Εικόνα2.2 Δορυφορική εικόνα λίμνης Κορώνειας όπου διακρίνεται η ενίσχυση του υδατικού δυναμικού της λίμνης από την ενωτική τάφρο (Φεβρουάριος 2010) (ΑΠΘ 2010)

2.3 Μέθοδοι Προσδιορισμού Δεικτών Πιέσεων και Επιπτώσεων

Για την αξιολόγηση των πιέσεων και των επιπτώσεων στην λεκάνη απορροής του υγροτόπου της Κορώνειας, καθώς και για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των εγκεκριμένων και υλοποιημένων διαχειριστικών παρεμβάσεις επιλέχθηκαν δείκτες καταγραφής γεωργικών, βιομηχανικών και αστικών πιέσεων καθώς και δείκτες αξιολόγησης επιπτώσεων. Οι παράμετροι οι οποίοι αποτελούν τους δείκτες πιέσεων είναι ο αριθμός των γεωτρήσεων, οι αρδευόμενες εκτάσεις, ο αριθμός των βιομηχανιών και ο όγκος των ανεπεξέργαστων αστικών λυμάτων, ενώ οι δείκτες επιπτώσεων είναι τα υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά (στάθμη νερού, στάθμη υπόγειων υδροφορέων), τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά (π.χ pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα κ.τ.λ) και τέλος η παρουσία βαρέων μετάλλων (Μολύβδου και Μαγγανίου).

2.3.1 Μέθοδος Προσδιορισμού Αριθμού Γεωτρήσεων

Σύμφωνα με τους Ζαλίδης Γ.Χ, κ.α (2009), ο συνολικός αριθμός των γεωτρήσεων, που υπολογίστηκε με την απογραφή που έγινε το 2001, η οποία διενεργήθηκε από την Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσσαλονίκης (ΝΑΘ), ήταν 1891. Η απογραφή αυτή, κατά την οποία καλύφθηκε το σύνολο της υπολεκάνης της Κορώνειας (283.557 στρέμματα), πραγματοποιήθηκε με επισκέψεις πεδίου και με την χρήση κατάλληλου εξοπλισμού (GPS, σταθμήμετρα κτλ) για την εξακρίβωση των γεωγραφικών και τεχνικών χαρακτηριστικών των γεωτρήσεων. Το σύνολο των τελικών δεδομένων που αφορούν ένα πλήθος χαρακτηριστικών των γεωτρήσεων όπως συντεταγμένες, όνομα ιδιοκτήτη, βάθος, διατομή κτλ συγκεντρώθηκε σε μια ενιαία βάση δεδομένων.

Για τις ανάγκες της επικαιροποίησης των γεωτρήσεων (Ζαλίδης Γ.Χ, κ.α. 2009) διενεργήθηκε εργασία πεδίου για την απογραφή των υφιστάμενων γεωτρήσεων και των χαρακτηριστικών τους. Για την δειγματοληπτική απογραφή ορίστηκε τυχαίο δείγμα 175 σημείων-γεωτρήσεων (βάση της απογραφής 2001), τα οποία κατανεμήθηκαν με διαφορετική πυκνότητα στις περιοχές της υπολεκάνης ανάλογα με την βαρύτητα που τους έχει δοθεί σε σχέση με το πρόβλημα που προκαλούν στην τροφοδοσία του υγροτόπου της Κορώνειας.

2.3.2 Μέθοδος Προσδιορισμού Αρδευόμενων Εκτάσεων

Οι Alexandridis et al., (2008) αναφέρουν την μέθοδο καταγραφής της αρδευόμενης έκτασης χρησιμοποιώντας δορυφορικές εικόνες υψηλής

ανάλυσης, καθώς και τα αποτελέσματα για την περιοχή της λεκάνης Μυγδονίας για την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2003 (49.071 στρέμματα).

Η χαρτογράφηση της αρδευόμενης έκτασης έγινε με δύο τρόπους:

- Με δεδομένα τηλεπισκόπησης (Ζαλίδης Γ.Χ, κ.α.2009) Σύμφωνα με τους Alexandridis et al., (2008), αρχικά έγινε η φασματική βελτίωση των εικόνων υψηλής διακριτικής ικανότητας για την παραγωγή του δείκτη βλάστησης NDVI (normalized difference vegetation index), ο οποίος αναδεικνύει την υγιή φωτοσυνθέτουσα χλωροφύλλη. Η χαρτογράφηση στηρίχθηκε στην υπόθεση ότι κατά τη διάρκεια του σχεδόν άνυδρου καλοκαιριού στις αγροτικές περιοχές μόνο οι αρδευόμενες καλλιέργειες θα έχουν υψηλή συγκέντρωση υγιούς χλωροφύλλης και επομένως υψηλή τιμή του δείκτη NDVI. Εφαρμόζοντας την τεχνική διαχωρισμού κατηγοριών με τιμή κατωφλίου (thresholding) χαρτογραφήθηκαν οι περιοχές με υψηλή τιμή NDVI και ορίστηκαν ως αρδευόμενες καλλιέργειες. Ωστόσο, υψηλή τιμή NDVI είχε επίσης και η υγροτοπική βλάστηση γύρω από τη λίμνη ή στα ρέματα που διασχίζουν την αγροτική περιοχή. Για να αφαιρεθούν αυτές οι περιοχές από την αρδευόμενη έκταση χρησιμοποιήθηκαν οι αγροτικές ενότητες (στις οποίες είναι καταγεγραμμένη η κύρια κάλυψη γης, π.χ. φυσική βλάστηση, ρέματα, δρόμοι, κλπ), και εφαρμόστηκε κατάλληλη γεωγραφική ανάλυση υπέρθεσης. Τέλος, σε κάθε αγροτική ενότητα εκτιμήθηκε το ποσοστό αρδευόμενης έκτασης ως προς το σύνολο της έκτασης που καλύπτει, ούτως ώστε να είναι πιο εύκολα συγκρίσιμα τα αποτελέσματα σε κατάλληλο θεματικό χάρτη.
- Με τα δεδομένα ΟΣΔΕ(Ζαλίδης Γ.Χ, κ.α. 2009) . Χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων ΟΣΔΕ 2006, από την οποία χρησιμοποιήθηκε η πληροφορία της καλλιέργειας που είχαν δηλώσει οι αγρότες της περιοχής μελέτης. Το αποτέλεσμα ήταν ένα θεματικό επίπεδο πληροφοριών διανυσματικής μορφής, με επίπεδο αναφοράς το αγροτεμάχιο. Για λόγους ομοιομορφίας με τα υπόλοιπα δεδομένα της μελέτης, εκτιμήθηκε η αρδευόμενη έκταση σε επίπεδο αγροτικής ενότητας, με κατάλληλη γεωγραφική ανάλυση υπέρθεσης.

2.3.3 Μέθοδος Προσδιορισμού Αριθμού Βιομηχανιών

Η απογραφή του αριθμού των βιομηχανιών και των βιοτεχνιών, καθώς και του συνόλου των παραγόμενων αποβλήτων έγινε κατά το έτος 2000, η οποία έγινε στα πλαίσια του Αναθεωρημένου Σχεδίου Αποκατάστασης της λίμνης Κορώνειας (Ζαλίδης Γ.Χ.,κ.α.2004).

2.3.4 Μέθοδος Προσδιορισμού Όγκου Ανεπεξέργαστων Αστικών Λυμάτων.

Τον πιο αντικειμενικό δείκτη για την αξιολόγηση της αστικής πίεσης, είναι ο αριθμός των ανεπεξέργαστων αστικών λυμάτων που φτάνουν στον υγρότοπο. Αν όμως δεν υπάρχουν διαθέσιμα έργα επεξεργασίας λυμάτων, τότε σαν δείκτη της αστικής πίεσης λαμβάνεται ο συνολικός όγκος των λυμάτων, ο οποίος προκύπτει από τον αριθμό των κατοίκων, ο οποίος παρατίθεται στο Αναθεωρημένο Σχεδίο Αποκατάστασης της λίμνης Κορώνειας (Ζαλίδης κ.α .2004) με βάση τα δεδομένα της τελευταίας απογραφής της οποίας τα στοιχεία είναι διαθέσιμα (απογραφή 2001) και με την χρήση ενός συντελεστή που αναγάγει τον αριθμό των κατοίκων σε όγκο λυμάτων. Οι κάτοικοι της περιοχής μελέτης απασχολούνται κατά κύριο λόγο με τον αγροτικό τομέα, και συγκεκριμένα περίπου 5.000 άτομα σε σύνολο 12.500 απασχολούμενων εργάζονται στον πρωτογενή τομέα. Η γεωργία έγινε τα τελευταία χρόνια περισσότερο εντατική και εξαρτώμενη από το νερό για άρδευση. Στο Δήμο Λαγκαδά έχουμε τα μεγαλύτερα ποσοστά απασχόλησης σε άλλους τομείς, και κυρίως στον τριτογενή τομέα. Πολύ μικρό ποσοστό των κατοίκων της περιοχής ασχολείται με τον δευτερογενή τομέα, και κυρίως σε μεταποιητικές εγκαταστάσεις.

2.3.5 Μέθοδος Προσδιορισμού Υδρομορφολογικών Χαρακτηριστικών

Οι μετρήσεις των υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών γίνονται τηλεμετρικά, από ειδικούς τηλεμετρικούς σταθμούς οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι στην υπολεκάνη της Κορώνειας. Από τους τηλεμετρικούς αυτούς σταθμούς ένας είναι εγκατεστημένος στο υγροτοπικό οικοσύστημα της Κορώνειας και παίρνει δεδομένα της στάθμης της επιφάνειας του νερού, ενώ για την μέτρηση της στάθμης των υπόγειων υδροφορέων υπάρχουν δεκαοχτώ τηλεμετρικοί σταθμοί εγκατεστημένοι σε διάφορα σημεία. Για την διεξαγωγή της παρούσας έχουν επιλεγεί τρεις τηλεμετρικοί υπόγειοι σταθμοί (Μελισσοχωρίου, Ηρακλείου-Ασσήρου και Κολχικού-Λαγκαδά), οι οποίοι είχαν τις πιο ολοκληρωμένες χρονοσειρές δεδομένων. Οι σταθμοί αυτοί φαίνονται στον Χάρτη 2.1 που ακολουθεί.



Χάρτης 3.1. Σταθμοί παρακολούθησης υπόγειων υδάτων και ποιότητας υδάτων στη λεκάνη απορροής του υγροτόπου Κορώνειας

Οι μετρήσεις που διενεργούν οι αισθητήρες των τηλεμετρικών σταθμών είναι ωριαίες, αποθηκεύονται προσωρινά σε φορητό καταγραφέα δεδομένων και μεταδίδονται ημερησίως και κάθε δεκάλεπτο, στο κέντρο λήψης δεδομένων, όπου επεξεργάζονται κατάλληλα. Η αποθήκευση και μετάδοση των τηλεμετρικών δεδομένων υλοποιείται από σύστημα το οποίο αποτελείται από Data logger, modem, φορτιστή συσσωρευτή, συσσωρευτή, Φ/Β πάνελ, GSM ασύρματη μετάδοση σήματος (συχνότητες 900/1800 MHz) ή GPRS συστήματα. Οι σταθμοί του δικτύου είναι εντελώς αυτόματοι και αυτόνομοι σχετικά με την ενέργεια και την τηλεπικοινωνία με το κέντρο. Η τηλεμετρική μεταφορά των μετρήσεων βασίζεται σε δίκτυα non transparent data GSM κινητής τηλεφωνίας ή GPRS τεχνολογία. Η μεταφορά και επεξεργασία των μετρήσεων πραγματοποιείται σε ημερήσια βάση, μέσω dialup κλήσης των σταθμών από συμβατική τηλεφωνική γραμμή ΟΤΕ. Η βάση δεδομένων βρίσκεται στο Διαβαλκανικό Κέντρο Περιβάλλοντος στον Λαγκαδά, όπου και γίνεται και η παραλαβή, επεξεργασία και απασφαλμάτωση των δεδομένων.

2.3.6 Μέθοδος Προσδιορισμού Φυσικοχημικών χαρακτηριστικών και Βαρέων Μετάλλων

Η παρακολούθηση των φυσικοχημικών παραμέτρων και των βαρέων μετάλλων, πραγματοποιήθηκε είτε τηλεμετρικά (pH, αγωγιμότητα), είτε in situ με τη χρήση καταδυόμενων αισθητήρων όπου αυτό ήταν εφικτό και με τη λήψη δειγμάτων και την επακόλουθη εργαστηριακή επεξεργασία, όπου χρειαζόταν (π.χ συγκεντρώσεις ιόντων και TOC). Οι δειγματοληψίες, η ανάλυση και η επεξεργασία των δεδομένων διεξάχθηκαν σε συνεργασία με το διαπιστευμένο από τον ΕΣΥΔ κατά ISO 17025 εργαστήριο του Διαβαλκανικού Κέντρου Περιβάλλοντος.

Προσδιορισμός pH, Αγωγιμότητας τηλεμετρικά με τη χρήση πολύ-παραμετρικού οργάνου προσδιορισμού ποιότητας υδάτων

Ο προσδιορισμός των παραπάνω παραμέτρων έγινε τηλεμετρικά με τη χρήση πολύ-παραμετρικού οργάνου (MP TROLL 9500), το οποίο είναι συνδεδεμένο με το σύστημα τηλεμετρίας. Το συγκεκριμένο όργανο προσαρμόζεται ειδικά για την μέτρηση του pH και αποτελείται από ηλεκτρόδιο pH, ηλεκτρόδιο αναφοράς και θερμομέτρο, καθώς και αισθητήρα ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Έτσι με ρύθμιση του συγκεκριμένου αισθητήρα να εμβαπτίζεται στο υδατικό διάλυμα, διαβάζεται το σήμα στο ηλεκτρόδιο του pH, το οποίο σε συνδυασμό με το ηλεκτρόδιο αναφοράς και τη θερμοκρασία του υδατικού διαλύματος, μετατρέπεται σε τιμή pH για θερμοκρασία αναφοράς 25°C, σύμφωνα με την εξίσωση του Nernst (EPA, 1983, APHA- AWWA-WEF, 2005). Τέλος, οι τιμές αυτές στέλνονται στο κέντρο λήψης δεδομένων (όπως περιγράφεται και στο κεφάλαιο 2.3.5) όπου και αποθηκεύονται ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία.

Οι τιμές pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας που παρουσιάζονται στα αποτελέσματα της εργασίας αφορούν μέσες ημερήσιες τιμές κατά τις ημέρες που πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες υδάτων για τις μετρήσεις των κατιόντων, ανιόντων και οργανικού φορτίου.

Προσδιορισμός της συγκέντρωσης διαλυτών θρεπτικών ιόντων σε ύδατα με τη μέθοδο της Ιοντικής Χρωματογραφίας

Χρησιμοποιήθηκε όργανο Ιοντικής Χρωματογραφίας LC 20 AD της εταιρείας Shimadzu για την ανίχνευση και τον ποσοτικό προσδιορισμό ανιόντων (φθόριο, χλώριο, βρώμιο, νιτρωδών, νιτρικών, θειικών και φωσφορικών ιόντων) και κατιόντων (νάτριο, κάλιο, ασβέστιο, μαγνήσιο). Υδατικό δείγμα εγχέεται στο όργανο ιοντικής χρωματογραφίας, αφού έχει διηθηθεί από φίλτρο πορώδους 0,45 μm, για την απομάκρυνση αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών. Το όργανο αποτελείται από αναλυτική στήλη, αντλία, φούρνο ρύθμισης θερμοκρασίας και ανιχνευτή αγωγιμότητας. Το δείγμα εγχύεται στην

κατάλληλη κινητή φάση ανιόντων ή κατιόντων, και μέσω αντλίας οδηγείται στην κατάλληλη αναλυτική στήλη, ανιόντων ή κατιόντων, αντίστοιχα. Σε αυτή, τα προς ανάλυση ιόντα διαχωρίζονται μέσω της προσρόφησης σε κατάλληλο υλικό της στήλης, και εκροφούνται σταδιακά μέσω της κινητής φάσης. Χρησιμοποιείται ανιχνευτής αγωγιμότητας για το ποσοτικό προσδιορισμό των ιόντων, ενώ ο ποιοτικός προσδιορισμός τους επιτυγχάνεται μέσω του χρόνου έκλουσης, ο οποίος ποικίλει ανάλογα με το ιόν (APHA- AWWA-WEF, 2005). Οι συνθήκες λειτουργίας και οι χρησιμοποιούμενες στήλες και αντιδραστήρια φαίνονται στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1. Συνθήκες προσδιορισμού των ιόντων με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας .

| Είδος Ανάλυσης | Στήλη | Κινητή Φάση | Παροχή Κινητής Φάσης | Θερμοκρασία Στήλης | Πίεση Στήλης |
|----------------|-------------|--|----------------------|--------------------|--------------|
| Κατιόντα | IC YK-421 | 5mM Tartaric Acid + 1mM dipicolinic acid + 24 mM Boric Acid | 1 ml/min | 25 °C | 4.8 MPa |
| Ανιόντα | IC SI-90 4E | 1.8 mM Na ₂ CO ₃ + 1.7 mM NaHCO ₃ | 1 ml/min | 40 °C | 5.3 MPa |

Προσδιορισμός ολικού διαλυμένου οργανικού άνθρακα TOC

Ο προσδιορισμός του ολικού διαλυμένου οργανικού άνθρακα (TOC) πραγματοποιείται σε όργανο TOC Analyzer 5000A της εταιρείας Shimadzu, εξοπλισμένο με αυτόματο δειγματολήπτη. Το δείγμα, μετά από διήθηση, οξινίζεται με αραιό υδροχλωρικό οξύ και διαβιβάζεται σε αυτό ρεύμα αέρος, από το όργανο, με σκοπό την απαγωγή όλων των ανόργανων μορφών άνθρακα. Στη συνέχεια, συγκεκριμένη ποσότητα δείγματος, διαβιβάζεται σε καταλύτη λευκόχρυσου στους 680 οC, όπου ο οργανικός άνθρακας καίγεται προς παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, ο οποίος ανιχνεύεται σε ανιχνευτή υπερύθρου. Με τη χρήση προτύπων καμπύλων αναφοράς, υπολογίζεται η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα στο δείγμα (APHA- AWWA-WEF, 2005). Οι παράμετροι αυτοί τείνουν να αντικαταστήσουν πλέον στην διεθνή βιβλιογραφία το προσδιορισμό του Βιολογικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (BOD5) και του Χημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (COD), αφού προσδιορίζεται άμεσα το οργανικό φορτίο των υδάτων και όχι έμμεσα, μέσω της κατανάλωσης οξυγόνου. Επιπλέον αντιμετωπίζεται το ζήτημα των παρεμποδίσεων στις περιπτώσεις των BOD5 και COD, οι οποίες συχνά οδηγούν σε εσφαλμένα αποτελέσματα και επαναληπτικές αναλύσεις.

Προσδιορισμός ολικού αζώτου και ολικού φωσφόρου

Ο προσδιορισμός των ολικών συγκεντρώσεων φωσφόρου και αζώτου διεξήχθη με τη χρήση του φασματοφωτομέτρου SpectroFlex 6100 της εταιρείας WTW. Το εν λόγω όργανο έχει δυνατότητα μέτρησης της απορρόφησης υδατικών διαλυμάτων σε μήκη κύματος από 190 – 1100 nm. Για τον προσδιορισμό του ολικού φωσφόρου χρησιμοποιήθηκαν test kit με κωδικό 1.14729.0001, ενώ για τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου τα αντίστοιχα test kit με κωδικό 1.14537.0001. Η πέψη των δειγμάτων πριν το φασματοφωτομετρικό τους προσδιορισμό πραγματοποιήθηκε στον θερμοαντιδραστήρα CR 4200 της ίδιας εταιρείας (APHA- AWWA-WEF, 2005).

Μεθοδολογία Μέτρησης Βαρέων Μετάλλων

Η Φασματομετρία ατομικής απορρόφησης αποτελεί τη μέθοδο με την οποία προσδιορίζονται ποιοτικά και ποσοτικά τα βαρέα μέταλλα σε υδατικούς και εδαφικούς πόρους (APHA- AWWA-WEF, 2005). Συγκαταλέγεται στις οπτικές μεθόδους ανάλυσης. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε είναι Perkin Elmer A Analyst 800.

Η αρχή της μεθόδου περιλαμβάνει τη μέτρηση της απορροφημένης ακτινοβολίας από άτομα στη θεμελιώδη κατάσταση για το στοιχείο που εξετάζουμε. Η διάταξη της μεθόδου περιλαμβάνει μία πηγή ακτινοβολίας, ένα κελί ατομοποίησης του δείγματος και έναν ανιχνευτή μονοχρωμάτορα.

Η πηγή της ακτινοβολίας αποτελείται συνήθως από μία κυλινδρική καθοδική λυχνία. Το εσωτερικό του κυλίνδρου αποτελείται από το προς ανίχνευση στοιχείο. Εφαρμόζοντας τάση στη λυχνία ιονίζουμε το αέριο που υπάρχει στο εσωτερικό της. Τα κατιόντα του αερίου κατευθύνονται προς την κάθοδο της λυχνίας, όπου συγκρούονται με τα άτομα του προς ανίχνευση στοιχείου. Τα παραπάνω έχουν σαν αποτέλεσμα τα άτομα από την κάθοδο να απομακρύνονται ιονισμένα και τελικά να εκπέμπουν ακτινοβολία (μήκους κύματος από ορατό έως υπεριώδες), η οποία είναι χαρακτηριστική για το στοιχείο που ανιχνεύουμε. Η απορρόφηση είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ατόμων του προς ανίχνευση στοιχείου και ακολουθεί το νόμο του Lambert-Beer.

Τα όρια ανίχνευσης της μεθόδου για τα βαρέα μέταλλα που μετρήθηκαν σύμφωνα με τα στοιχεία επικύρωσης που πραγματοποιήθηκε ακολουθώντας το πρότυπο ISO 17025, είναι τα εξής:

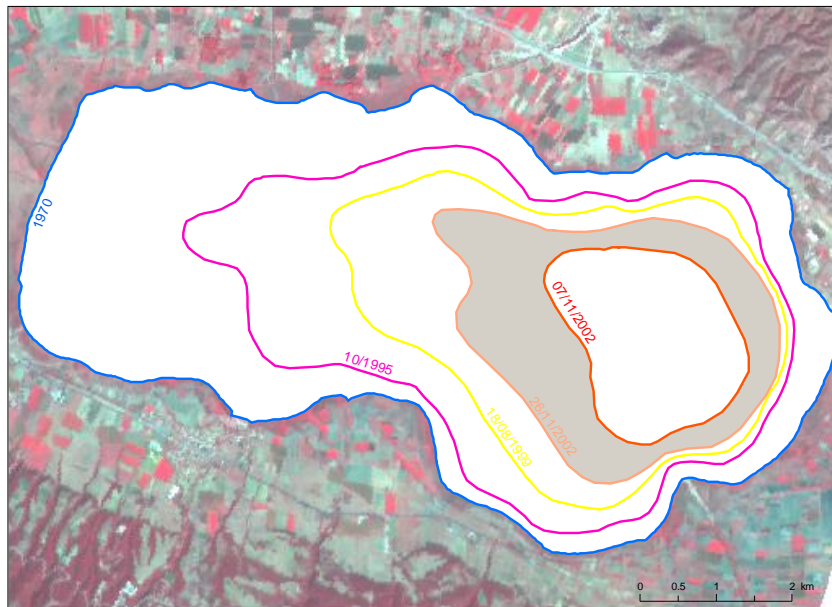
Pb: 0,27mg/L και Mn: 0,18 mg/L

3. Αποτελέσματα και Συζήτηση

Η λεκάνη απορροής του υγροτόπου της Κορώνειας δέχεται επί χρόνια πιέσεις από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Το γεγονός αυτό οδήγησε στη σταδιακή υποβάθμιση του υγροτόπου με αποτέλεσμα τη δραματική μείωση της στάθμης του νερού, καθώς και στην υποβάθμιση της ευρύτερης περιοχής. Ενδεικτικό της υποβάθμισης αυτής είναι το γεγονός ότι ενώ η λίμνη Κορώνεια στο παρελθόν ήταν η τετάρτη μεγαλύτερη λίμνη στην Ελλάδα με έκταση 47 Km² και το μέγιστο βάθος της να ξεπερνά τα 5m κατά το 1970, το βάθος της μειώθηκε περίπου στα 3,8m κατά το 1980, έφτασε το 2001 να είναι λιγότερο από 1m και το 2009 δεν είχε καθόλου νερό.

Η μη ορθολογική άσκηση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στη λεκάνη απορροής του υγροτόπου της Κορώνειας οδήγησε σταδιακά στη μεγάλη υποβάθμιση των υγροτοπικών λειτουργιών. Η υποβάθμιση αυτή, εκφράστηκε με τη σημαντική πτώση της στάθμης της επιφάνειας του νερού όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως (Εικόνα 3.1), την απώλεια ενδιαιτημάτων και ιχθυοπληθυσμών, τις υπερτροφικές συνθήκες, και με αντίστοιχες επιπτώσεις στις αξίες που απορρέουν για τον άνθρωπο από τις υγροτοπικές λειτουργίες (αρδευτική, μείωση βιοποικιλότητας, αλιευτική, κ.ά.). Από ένα πλήθος μελετών που έχουν εκπονηθεί για την Κορώνεια έχει επιβεβαιωθεί ότι, τα αίτια της υποβάθμισής της οφείλονται σχεδόν αποκλειστικά στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα τις τελευταίες δεκαετίες στη λεκάνη απορροής της. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες, σε συνδυασμό με τις μειωμένες βροχοπτώσεις έχουν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία αρνητικού υδρολογικού ισοζυγίου και την περιορισμένη τροφοδοσία του υγροτόπου με νερό.

Για όλους τους παραπάνω λόγους, εδώ και μια δεκαετία περίπου έχει αναπτυχθεί μια σειρά δράσεων/έργων για την αποκατάσταση του υποβαθμισμένου αυτού συστήματος. Από 2009, οπότε ξεκίνησε η λειτουργία κάποιων από τα έργα αυτά (π.χ Λειτουργία Ενωτικής Τάφρου τον Νοέμβριο του 2009), έχει παρατηρηθεί βελτίωση των συνθηκών του συστήματος, η οποία και παρουσιάζεται στην παρούσα.



Εικόνα 3.1. Μεταβολή της έκτασης της λίμνης Κορώνειας μεταξύ 1977 – 2003 (ΑΠΘ, 2010).

Οι γεωργικές και βιομηχανικές δραστηριότητες στη λεκάνη απορροής αποτελούν το σπουδαιότερο παράγοντα ρύπανσης των υδάτων και κατά συνέπεια την αιτία υποβάθμισης του υγροτόπου. Οι γεωργικές δραστηριότητες ρυπαίνουν τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα με φυτοφάρμακα και θρεπτικά όπως άζωτο, φώσφορο και κάλιο, ενώ οι βιομηχανικές δραστηριότητες είναι υπεύθυνες για τη ρύπανση των επιφανειακών κυρίως υδάτων με άλατα, οργανικό φορτίο, βαρέα μέταλλα και τοξικές ουσίες.

Συμπερασματικά οι κύριες οικονομικές δραστηριότητες της περιοχής αποτελούν και τις πιέσεις οι οποίες ασκούνται στην λεκάνη απορροής και οι οποίες είναι

- Γεωργία
- Βιομηχανία και
- Αστικά

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, μέχρι σήμερα έχουν υλοποιηθεί κάποια από τα μέτρα τα οποία προτάθηκαν στο αναθεωρημένο σχέδιο αποκατάστασης του υγροτοπικού οικοσυστήματος της Κορώνειας (Ζαλίδης κ.α .2004). Κάθε ένα από τα υλοποιημένα έργα αποσκοπούσε στην αναίρεση κάποιων εκ των πιέσεων που αναφέρθηκαν και η ολοκλήρωσή τους είχε εμφανή αποτελέσματα στην μείωση της έκτασης των επιπτώσεων. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι οι πιέσεις μέσω των δεικτών πίεσης, οι επιπτώσεις μέσω των δεικτών επιπτώσεων και οι δράσεις που υλοποιήθηκαν αλληλοσυσχετίζονται πλήρως.

Ο συσχετισμός αυτός φαίνεται πλήρως στον Πίνακα 3.1 όπου βλέπουμε τους δείκτες πίεσης, τα μέτρα που εφαρμόστηκαν για την αναίρεση κάθε έναν από

αυτούς, τους δείκτες επιπτώσεων, καθώς και τα έργα που επηρέασαν τους δείκτες επιπτώσεων.

Πίνακας3 .1 : Συσχετισμός των Δεικτών Πίεσης , των Δράσεων και των Δεικτών Επιπτώσεων στον υγρότοπο Κορώνεια

| ΠΙΕΣΕΙΣ | ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΙΕΣΕΩΝ | ΜΕΤΡΑ/ ΔΡΑΣΕΙΣ ΑΝΑΙΡΕΣΗΣ ΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ (ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ) | ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ | ΜΕΤΡΑ ΑΝΑΙΡΕΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ (ΚΑΘΕΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ) |
|-------------|---|---|--------------------------------------|---|
| ΓΕΩΡΓΙΚΗ | ΑΡΙΘΜΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ | ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ Δ/ΝΣΗΣ ΠΚΜ (ΠΑΥΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΥΠΟΛΟΙΠΕΣ) | ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΥΓΡΟΤΟΠΟΥ | ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΜΦΙΔΡΟΜΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΩΤΙΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ |
| | | | ΣΤΑΘΜΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ | |
| | ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ | ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ (ΑΛΛΑΓΗ ΤΡΟΠΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΤΟ 20% ΤΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΚΑΝΟΝΙ/ΚΑΡΟΥΛΙ ΣΕ ΣΤΑΓΔΗΝ) | ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΥΓΡΟΤΟΠΟΥ | |
| | | | ΣΤΑΘΜΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ | |
| ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ | ΑΡΙΘΜΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ(ΟΓΚΟΣ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ)& ΑΡΙΘΜΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ | ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ & ΠΑΥΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ | ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΥΓΡΟΤΟΠΟΥ | ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΜΦΙΔΡΟΜΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΩΤΙΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ |
| | | | ΣΤΑΘΜΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ | |
| | | | ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ | |
| | | | ΣΥΓΚΕΝΤΩΣΕΙΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ | |
| ΑΣΤΙΚΗ | ΟΓΚΟΣ ΑΝΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ | - | ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ | - |

3.1 Προσδιορισμός Πιέσεων και Δείκτες Πιέσεων

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι κύριες κατηγορίες πιέσεων οι οποίες εφαρμόζονται στην περιοχή είναι η Γεωργία με την κατανάλωση νερού για αρδευτικούς σκοπούς, η Βιομηχανία με την κατανάλωση νερού από τις βιομηχανικές γεωτρήσεις και την ρήψη των βιομηχανικών λυμάτων στους χειμάρρους ή και απ'ευθείας στον υγρότοπο και τέλος τα ανεπεξέργαστα λύματα των οικισμών που σαν τελικό αποδέκτη έχουν επίσης των υγρότοπο. Για να ποσοτικοποιηθούν οι πιέσεις αυτές ορίστηκαν κάποιοι δείκτες οι οποίοι μπορούν να μετρηθούν και έτσι να έχουμε ποσοτικά δεδομένα για το μέγεθος της κάθε πίεσης.

3.1.1 Δείκτες Γεωργικών Πιέσεων

Οι δείκτες οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την ποσοτικοποίηση της γεωργίας σαν πίεση είναι αρχικά ο αριθμός των γεωτρήσεων έτσι ώστε να έχουμε προσεγγιστικά μια εικόνα της κατάστασης. Ο δείκτης αυτός του αριθμού των γεωτρήσεων σε συνδυασμό με τον δείκτη των αρδευόμενων εκτάσεων δίνει μια πιο ολοκληρωμένη αξιολόγηση για το ποσοστό κατανάλωσης νερού στην λεκάνη απορροής του υγροτόπου.

Αριθμός Γεωτρήσεων

Από την σύγκριση των αποτελεσμάτων της εργασίας πεδίου με τα δεδομένα της απογραφής του 2001 προκύπτει ότι ο αριθμός των γεωτρήσεων μειώθηκε από το 2001 στο σύνολο της περιοχής μελέτης (Ζαλίδης κ.α. 2009). Η συνολική μείωση είναι σημαντική της τάξεως του 18% περίπου, κατανεμημένη σχετικά ομοιόμορφα σε όλη την υπολεκάνη. Συγκεκριμένα από τις 1891 σε συνολική έκταση 283.557 στρ. το 2001, μειώθηκαν στις 1441 στην ίδια έκταση.

Το απογεγραμμένο δείγμα του 2009, σε σχέση και με το δείγμα του 2001, αναλύεται περαιτέρω ως εξής:

- Απογράφησαν συνολικά 180 γεωτρήσεις από τις οποίες 143 ενεργές και 37 ανενεργές.
- 110 από τις γεωτρήσεις του δείγματος απογραφής του 2001 εντοπίστηκαν και διαπιστώθηκαν ενεργές.
- 30 από τις γεωτρήσεις του δείγματος απογραφής του 2001 εντοπίστηκαν και διαπιστώθηκαν ανενεργές. Εντοπίστηκαν άλλες 7 ανενεργές γεωτρήσεις εκτός δείγματος 2001.
- Οι υπόλοιπες 35 γεωτρήσεις του δείγματος απογραφής του 2001 δεν εντοπίστηκαν με βεβαιότητα.

- Εντοπίστηκαν 33 ενεργές γεωτρήσεις εκτός δείγματος 2001, οι οποίες μπορεί να θεωρηθεί είτε ότι είναι μεταγενέστερες του 2001 είτε ότι ταυτίζονται με κάποιες από τις ανεπιβεβαίωτες και μη εντοπισθείσες γεωτρήσεις του δείγματος του 2001 και για τις οποίες η γεωγραφική πληροφορία πρέπει να θεωρηθεί εσφαλμένη.

Αρδευόμενες Εκτάσεις

Από τα αποτελέσματα της χαρτογράφησης και σε σύγκριση με αποτελέσματα του 2003 βλέπουμε ότι στην υπολεκάνη απορροής της Κορώνειας οι αρδευόμενες εκτάσεις αυξήθηκαν κατά 4%. Έτσι οι αρδευόμενες εκτάσεις από 49.071 στρ. το 2003 ανήλθαν στις 51.346 στρ. το 2009(Ζαλίδης κ.α. 2009)

3.1.2 Δείκτες Βιομηχανικών Πιέσεων

Για την αξιολόγηση των βιομηχανικών πιέσεων, ένας δείκτης που δίνει σαφή εικόνα της κατάστασης είναι ο αριθμός των βιομηχανιών που υπάρχουν στην λεκάνη απορροής, καθώς και των βιομηχανικών γεωτρήσεων. Επίσης, το είδος και το αντικείμενο της κάθε βιομηχανίας αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση του είδους των λυμάτων που παράγει η κάθε βιομηχανία.

Σύμφωνα με τους Ζαλίδης Γ.Χ., κ.α.(2004), ο αριθμός των βιομηχανιών είναι συνολικά 16 (10 βαφεία και 6 άλλες βιομηχανίες) και το σύνολο των παραγόμενων αποβλήτων ανέρχεται σε 17.380 κ.μ/ημέρα (14.820 από τα βαφεία και 2.560 από τις λοιπές βιομηχανίες). Τα παραπάνω δεδομένα φαίνονται στον Πίνακα 3.2 που ακολουθεί.

Πίνακας 3.2 Ποσότητες παραγόμενων αποβλήτων από βιοτεχνίες και βιομηχανίες στην υπολεκάνη του υγροτόπου της Κορώνειας κατά το έτος 2000 (Ζαλίδης Γ.Χ.,κ.α.2004)

| α/α | Επωνυμία | Τοποθεσία | ποσότητα αποβλήτων (κ.μ./ημέρα) |
|-----|------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 1 | MAXIM | Δρυμός | 2.400 |
| 2 | Αστήρ | >> | 70 |
| 3 | Βουλινός | Αγ. Βασίλειος | 3.000 |
| 4 | Protex | Λαγκαδάς | 2.000 |
| 5 | Κύκνος | >> | 2.000 |
| 6 | Novaknik | >> | 750 |
| 7 | Ευρωβαφή | Άσσηρος | 300 |
| 8 | Έκτωρ | Κολχικό | 1.500 |
| 9 | Ουράνιο τόξο | >> | 1.500 |
| 10 | Αποστόλου | Περιβολάκι | 1.300 |
| | | Σύνολο βαφεία | 14.820 |
| | | | |
| 11 | ΑΓΝΟ | Καβαλλάρι | 1.800 |
| 12 | Ένωση Γεωργικών Συνετ. | Λαγκαδάς | 9.000κμ/χρόνο ή 750 κμ/ώρα |
| 13 | ΕΤΕΝΑ ΕΛΛΑΣ | >> | 300 |
| 14 | Πεσεξίδης | >> | 120 |
| 15 | Πυραμίσ | Δρυμός | 300 |
| 16 | Νικολαΐδη | >> | 40 |
| | | Σύνολο (16) | 2.560 |

3.1.3 Δείκτες Αστικών Πίεσεων

Όπως αναφέρθηκε στα Υλικά και Μέθοδοι, σαν δείκτης της αστικής πίεσης θα ληφθεί ο συνολικός όγκος των παραγόμενων λυμάτων με βάση τον αριθμό των κατοίκων των τότε Καποδιστριακών Δήμων σύμφωνα με τα στοιχεία της απογραφής του 2001. Τα δημογραφικά στοιχεία της περιοχής δίνονται στον Πίνακα 3.3 που ακολουθεί

Πίνακας 3.3 : Δημογραφικά στοιχεία περιοχής μελέτης (Ζαλίδης κ.α.2004)

| Δήμος | 1991 | % | 2001 | % | Μεταβολή 1991 - 2001 |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
| Λαγκαδά | 14.723 | 67,39 | 16.836 | 69,41 | + 2.113 |
| Κορώνειας | 4.423 | 20,25 | 4.286 | 17,67 | - 137 |
| Εγνατίας | 2.700 | 12,36 | 3.134 | 12,92 | + 434 |
| Σύνολο | 21.846 | 100,00 | 24.256 | 100,00 | + 2.410 |

Ο όγκος των παραγόμενων λυμάτων σύμφωνα με τους Manios and Tsamis, (2006) ανέρχεται σε 150 L/κάτοικο /ημέρα και με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 3.2 δημιουργείται ο Πίνακας 3.4 που ακολουθεί.

| Δήμος | Αριθμός κατοίκων (2001) | Όγκος παραγόμενων λυμάτων (L/κάτοικο/ημέρα) | Συνολικός όγκος παραγόμενων λυμάτων ανά Δήμο |
|---------------|-------------------------|---|--|
| Λαγκαδά | 16.836 | 150 | 2.525.400 L/ημέρα |
| Κορώνειας | 4.286 | 150 | 642.900 L/ημέρα |
| Εγνατίας | 3.134 | 150 | 470.100 L/ημέρα |
| Σύνολο | 24.256 | | 3.638.400 L/ημέρα |

Πίνακας 3.4 : Συνολικός όγκος παραγόμενων αστικών λυμάτων στους πρώην Καποδιστριακούς Δήμους που βρίσκονται στην λεκάνη απορροής του υγροτόπου της Κορώνειας.

3.2 Προσδιορισμός Επιπτώσεων και Δεικτών Επιπτώσεων

Οι επιπτώσεις οι οποίες προκαλούνται στον υγρότοπο και στην λεκάνη απορροής του από τις πιέσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω, μπορούν να διαχωριστούν σε δυο άξονες. Ο πρώτος άξονας επιπτώσεων είναι αυτός που περιλαμβάνει τις αλλαγές των υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών και ο δεύτερος άξονας είναι αυτός που περιλαμβάνει τις αλλαγές/υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων.

Τα υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά που εμφανίζουν αλλαγές λόγω των πιέσεων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν δείκτες εκτίμησης και αξιολόγησης των επιπτώσεων των πιέσεων. Τα υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα είναι η στάθμη της επιφάνειας του νερού του υγροτοπικού οικοσυστήματος, καθώς και η στάθμη των υπόγειων υδάτων των οποίων οι αυξομειώσεις αντιπροσωπεύουν αύξηση ή μείωση της έντασης της πίεσης.

Η υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων μπορεί να αξιολογηθεί δια μέσου των αλλαγών των φυσικοχημικών παραμέτρων καθώς και από τις αυξομειώσεις της περιεκτικότητας των βαρέων μετάλλων. Οι παράμετροι

αυτοί χρησιμοποιήθηκαν σαν δείκτες εκτίμησης και αξιολόγησης των επιπτώσεων των πιέσεων.

Στην παρούσα, οι φυσικοχημικές παράμετροι των οποίων οι αυξομειώσεις υποδηλώνουν υποβάθμιση ή βελτίωση της ποιότητας των υδάτων είναι το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), τα Ιόντα Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , F^- , Cl^- , Br^- , τα Νιτρώδη Ιόντα NO_2^- , τα Νιτρικά Ιόντα NO_3^- , τα Φωσφορικά Ιόντα PO_4^{-3} , τα Θειικά Ιόντα SO_4^{-3} , το Οργανικό φορτίο εκφραζόμενο ως Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC), το Ολικό Άζωτο, ο Ολικός Φώσφορος και τέλος τα Βαρέα μέταλλα Μόλυβδος και Μαγγάνιο.

3.3 Αξιολόγηση Αποτελεσματικότητας των Διαχειριστικών Παρεμβάσεων με την χρήση των Δεικτών Επιπτώσεων

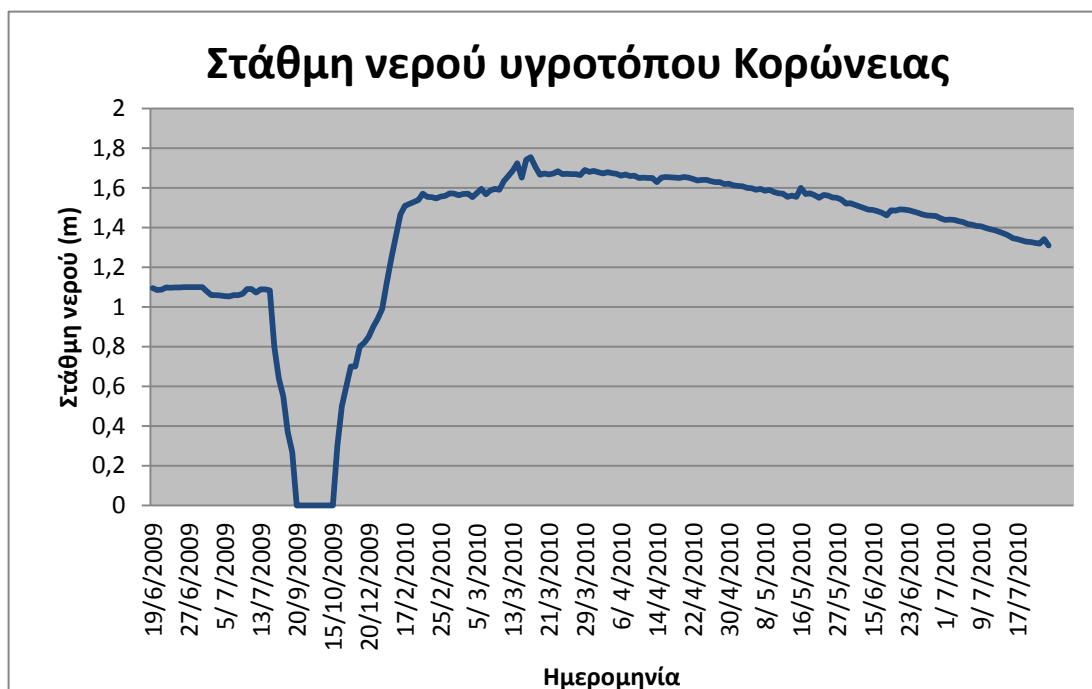
Στο σύστημα υγρότοπος-λίμνη Κορώνεια εφαρμόστηκε πρόγραμμα παρακολούθησης των υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών καθώς και των φυσικοχημικών παραμέτρων και τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παρούσα είναι διάρκειας ενός έτους (Ιούλιος 2009 έως Ιούλιο 2010).

3.3.1 Υδρομορφολογικά Χαρακτηριστικά

Τα υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά τα οποία παρακολουθήθηκαν είναι η στάθμη της επιφάνειας του νερού στον υγρότοπο της Κορώνειας καθώς και η στάθμη των υπόγειων υδροφορέων.

Στάθμη της επιφάνειας του νερού του υγροτόπου της Κορώνειας

Για την παρακολούθηση της στάθμης της επιφάνειας του νερού στον υγρότοπο της Κορώνειας στήθηκε τηλεμετρικός σταθμός, με αποτέλεσμα να λαμβάνουμε τιμές ανά ώρα. Η παρακολούθηση της στάθμης πραγματοποιήθηκε το διάστημα Ιουνίου του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010. Η διακύμανση των τιμών φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 3.1. Διασπορά δεδομένων στάθμης νερού (m) για τον υγρότοπο της Κορώνειας για την περίοδο Ιουνίου 2009 έως Ιουλίου 2010

Από τα αποτελέσματα της παρακολούθησης της στάθμης παρατηρούμε ότι το καλοκαίρι του 2009 κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα. Αυτό είναι αναμενόμενο, καθώς το καλοκαίρι έχουμε λιγότερες βροχοπτώσεις, υψηλότερες θερμοκρασίες και χαμηλή σχετική υγρασία, με αποτέλεσμα το νερό να εξατμίζεται με μεγαλύτερο ρυθμό και ταυτόχρονα να μην εμπλουτίζεται εκ νέου. Η μείωση αυτή της στάθμης συνεχίζεται μέχρι τον Αύγουστο όπου το νερό φτάνει σε μηδενικό επίπεδο (πλήρης ξήρανση). Η κατάσταση αυτή συνεχίζεται μέχρι το Νοέμβριο, όπου παρατηρείται άνοδος της στάθμης. Αυτό οφείλεται αφενός στην αύξηση των βροχοπτώσεων όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε και στο διάγραμμα της βροχόπτωσης από τον σταθμό του Καβαλαρίου (Παράρτημα Α, Διάγραμμα Α.1) και αφετέρου στην έναρξη της λειτουργίας της ενωτικής τάφρου. Το μήνα Μάρτιο έχουμε αύξηση των τιμών της στάθμης του νερού και στη συνέχεια η στάθμη έχει μια μικρή πτωτική τάση παραμένοντας όμως σε αρκετά υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με τους αντίστοιχους μήνες της προηγούμενης χρονιάς.

Στάθμη των Υπόγειων Υδάτων

Η στάθμη της επιφάνειας του νερού επηρεάζεται άμεσα από τους υπόγειους υδροφορείς, καθώς η μείωση της στάθμης των υπόγειων υδάτων επιδρά αρνητικά στην ποσοτική κατάσταση του υγροτόπου. Επομένως, θεωρήθηκε σκόπιμη η παρακολούθηση της στάθμης των υπόγειων υδάτων που βρίσκονται στη λεκάνη απορροής. Η παρακολούθηση πραγματοποιήθηκε σε τρεις επιλεγμένους τηλεμετρικούς σταθμούς από τους συνολικά δεκαοχτώ που υπάρχουν στην περιοχή, Μελισσοχωρίου, Ηρακλείου-Ασήρου και Κολχικού-Λαγκαδά. Η επιλογή των σταθμών αυτών οφείλεται στο ότι οι είχαν τις πιο ολοκληρωμένες χρονοσειρές δεδομένων. Τα δεδομένα συλλέγονταν ωριαίως και αφορούσαν στη σχετική στάθμη των υπόγειων υδάτων. Η παρακολούθηση ξεκίνησε τον Ιούλιο του 2009 και συνεχίστηκε μέχρι τον Ιούλιο του 2010. Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζεται ενδεικτικά η μεταβολή των υπόγειων υδάτων όπως αυτή καταγράφηκε στους σταθμούς αυτούς.



Διάγραμμα 3.2 Διακύμανση στάθμης νερού στον υπόγειο σταθμό στο Μελισσοχώρι από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010



Διάγραμμα 3.3 Διακύμανση στάθμης νερού στον υπόγειο σταθμό στο Ηράκλειο-Άσηρο από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010



Διάγραμμα 3.4 Διακύμανση στάθμης νερού στον υπόγειο σταθμό στο Κολχικό-Λαγκαδά από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010

Από τα δεδομένα παρακολούθησης παρατηρούμε ότι η στάθμη των υδάτων στους περισσότερους σταθμούς παρουσιάζει μια μείωση το φθινόπωρο, γεγονός που οφείλεται στη λειτουργία των γεωτρήσεων για άρδευση την περίοδο αυτή. Στη συνέχεια παρατηρείται αύξηση των τιμών κατά τη διάρκεια του χειμώνα, εξαιτίας των συχνότερων βροχοπτώσεων (Παράρτημα Α, Διάγραμμα Α.1). Τέλος, στους περισσότερους σταθμούς η στάθμη είναι αυξημένη το καλοκαίρι του 2010 σε σχέση με το καλοκαίρι του προηγούμενου έτους ενώ σε άλλους έχει παραμείνει στα ίδια επίπεδα. Η κατάσταση αυτή οφείλεται κυρίως στην εφαρμογή των αγροπεριβαλλοντικών μέτρων καθώς επίσης και στο γεγονός ότι με σχετικές αποφάσεις της Διεύθυνσης Υδάτων έπαυσε η χρήση νερού από 42 βιομηχανικές γεωτρήσεις συνολικά σε όλη την λεκάνη της Μυγδονίας. Συνολικά η εξοικονόμηση νερού από την παύση λειτουργίας των γεωτρήσεων αυτών ανέρχεται σε περίπου 5.7 εκ m³ ανά έτος.

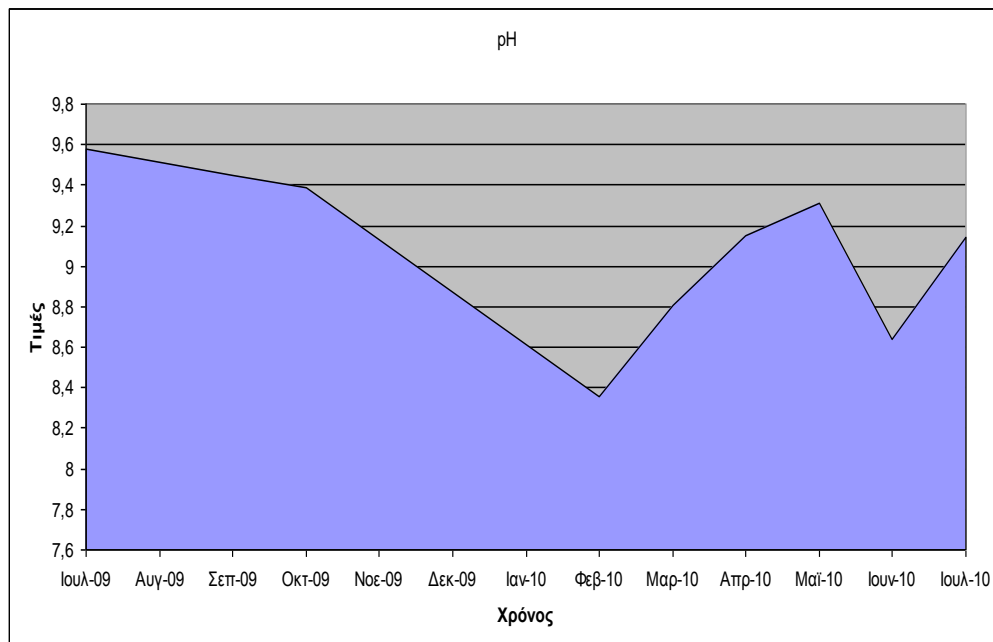
3.3.2 Φυσικοχημικές Παράμετροι

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής παρακολουθήθηκαν, σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα, μία σειρά αβιοτικών παραμέτρων. Αναλυτικά, παρακολουθήθηκαν οι παράμετροι: το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), τα Ιόντα Νατρίου Na⁺, Καλίου K⁺, Ασβεστίου Ca²⁺, Μαγνησίου Mg²⁺, Φθωρίου F⁻, Χλωρίου Cl⁻, Βρωμίου Br⁻, οι συγκεντρώσεις θρεπτικών ιόντων (φωσφορικά PO₄⁻³, νιτρικά

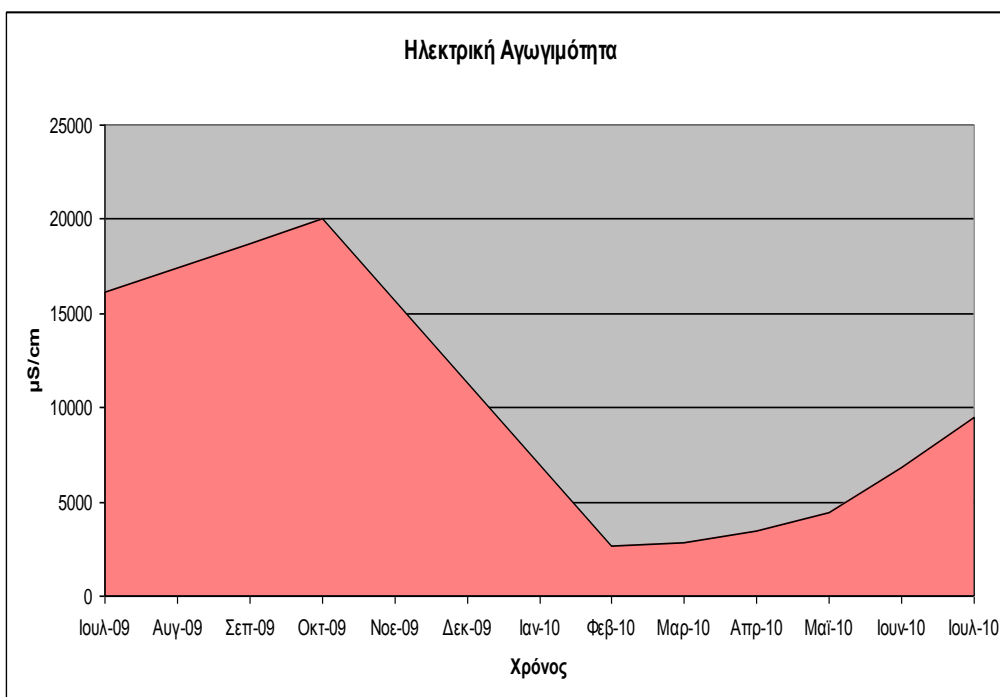
NO_3^- , νιτρώδη NO_2^-), θειικών ιόντων SO_4^{2-} , το Ολικό Άζωτο, ο Ολικός Φώσφορος, το Οργανικό φορτίο εκφραζόμενο ως Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC) και τέλος τα Βαρέα μέταλλα (Μόλυβδος Pb και Μαγγάνιο Mn) .

Η παρακολούθηση που αφορά στους τακτικούς σταθμούς του πεδίου πραγματοποιήθηκε είτε τηλεμετρικά (pH, αγωγιμότητα), είτε in situ με τη χρήση καταδύομενων αισθητήρων όπου αυτό ήταν εφικτό και με τη λήψη δειγμάτων και την επακόλουθη εργαστηριακή επεξεργασία, όπου χρειαζόταν (συγκεντρώσεις ιόντων, TOC και Βαρέων Μετάλλων) και τα αποτελέσματα της παρακολούθησης παρατίθενται αναλυτικά στο Παράρτημα Α'.

Παρακάτω ακολουθούν τα διαγράμματα μεταβολής των φυσικοχημικών παραμέτρων και των βαρέων μετάλλων (Διαγράμματα 3.5 έως 3.20)

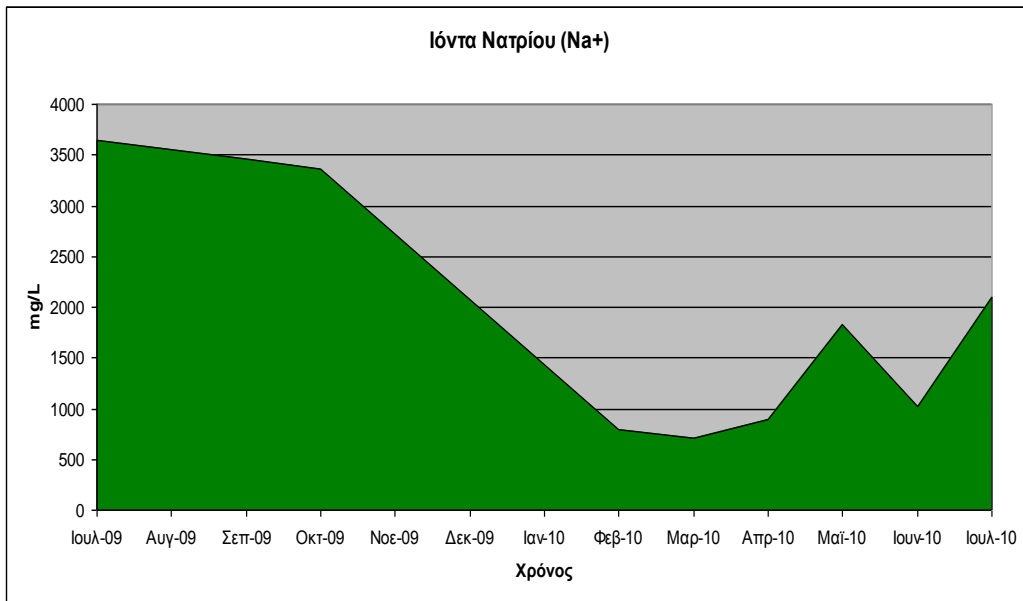


Διάγραμμα 3.5 Μεταβολή της τιμής του pH στον υγρότοπο Κορώνεια από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010

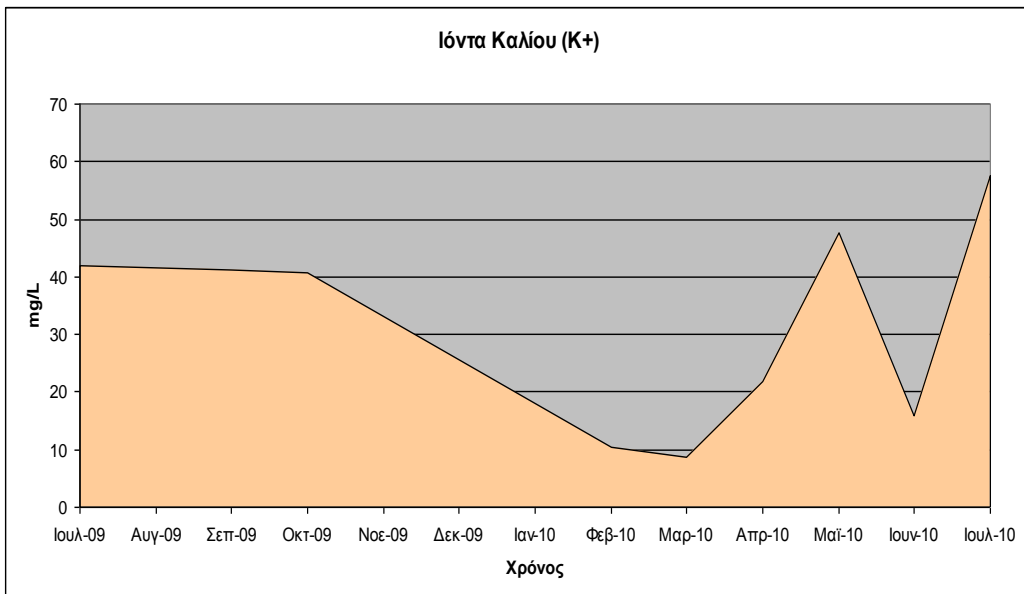


Διάγραμμα 3.6 Μεταβολή της τιμής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στον υγρότοπο Κορώνεια από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010

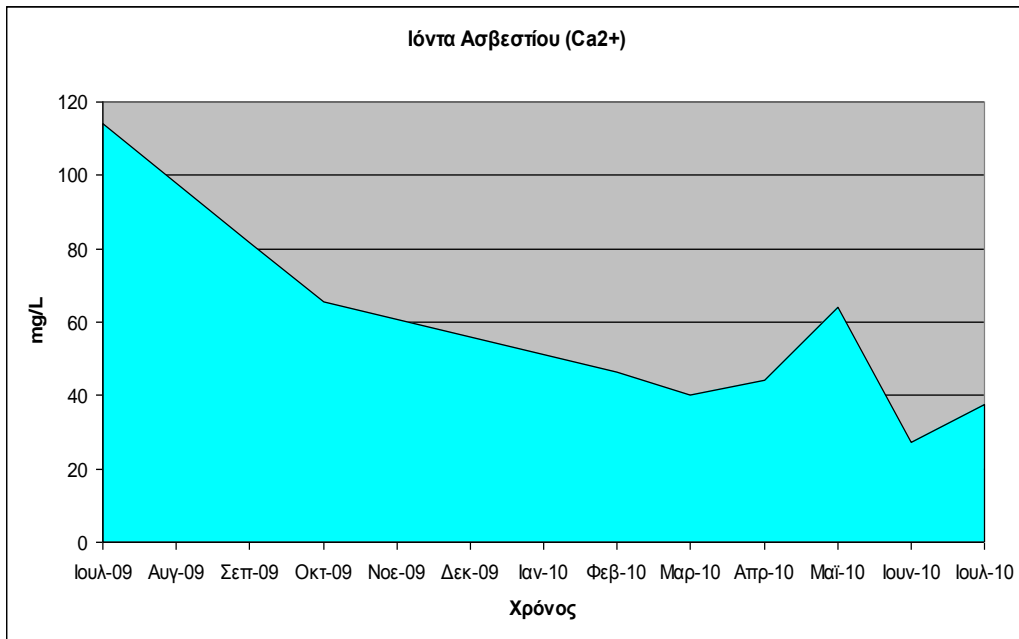
Από την παρατήρηση των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στα διαγράμματα βλέπουμε ότι το pH παρουσιάζει μείωση ανάμεσα στις δύο περιόδους, από το 9,6 που ήταν τον Ιούλιο του 2009, μετά από μία ετήσια μεταβολή παίρνει την τιμή 9,2 για τον Ιούλιο του 2010, με σημαντικά χαμηλότερες τιμές κατά τη διάρκεια του έτους. Κατά αντίστοιχο τρόπο, η ηλεκτρική αγωγιμότητα ξεκινάει από τιμές στα 15000μS/cm και αφού αυξάνεται λίγο (κατά την περίοδο που πλημμυρίζει η λίμνη) μειώνεται σημαντικά κατά τη διάρκεια του έτους και καταλήγει σε τιμή 9000μS/cm.



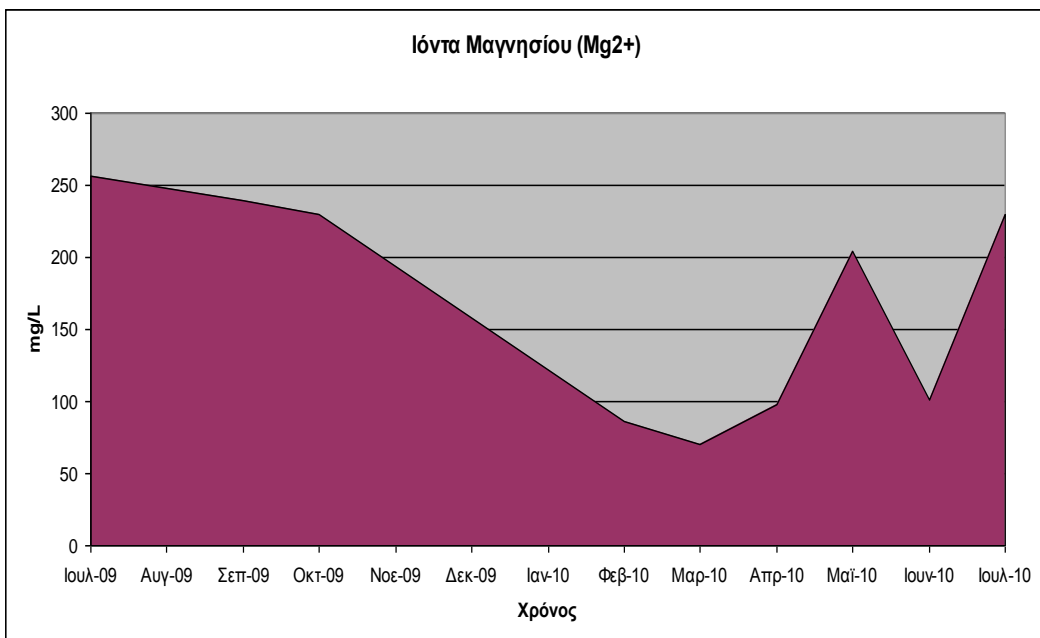
Διάγραμμα 3.7 Μεταβολή των τιμών συγκέντρωσης των Ιόντων Νατρίου στον υγρότοπο Κορώνεια από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010



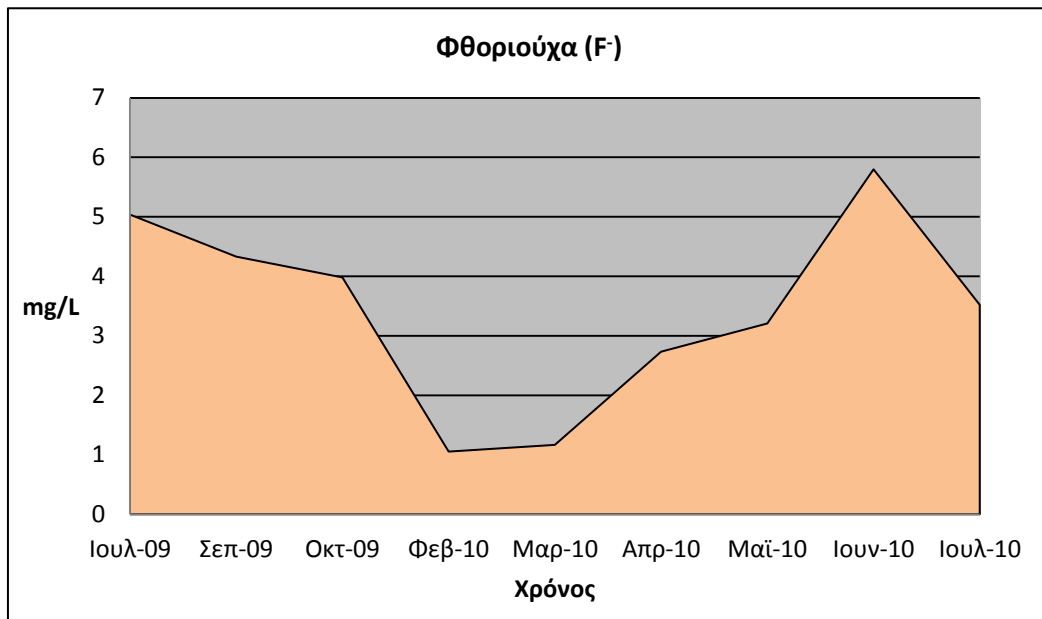
Διάγραμμα 3.8 Μεταβολή των τιμών συγκέντρωσης των Ιόντων Καλίου στον υγρότοπο Κορώνεια από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010



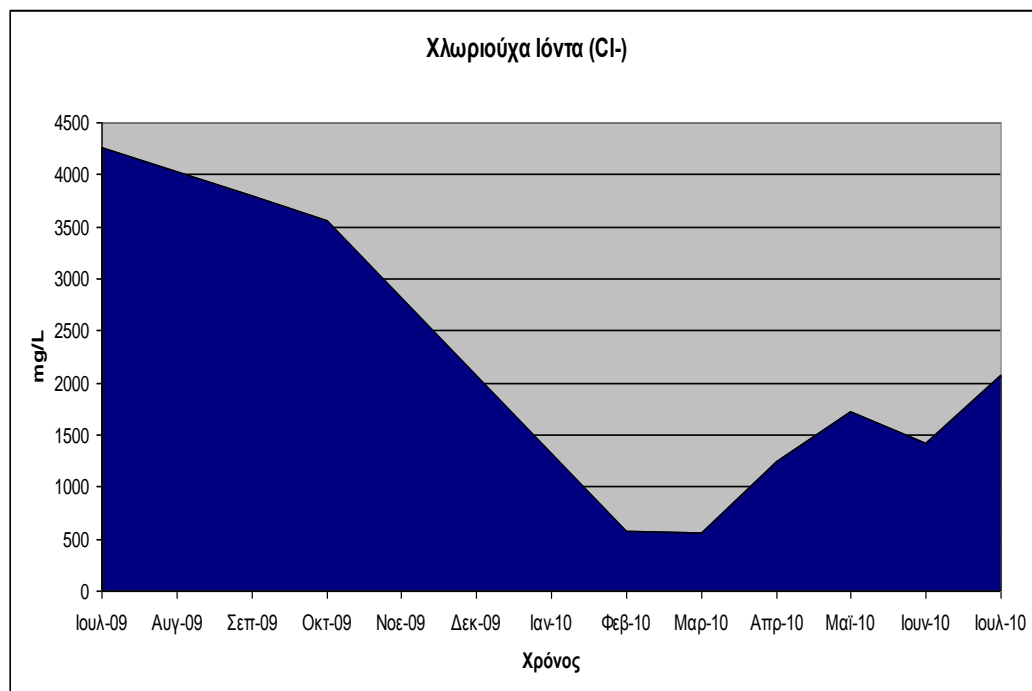
Διάγραμμα 3.9 Μεταβολή των τιμών συγκέντρωσης των Ιόντων Ασβεστίου στον υγρότοπο Κορώνεια από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010



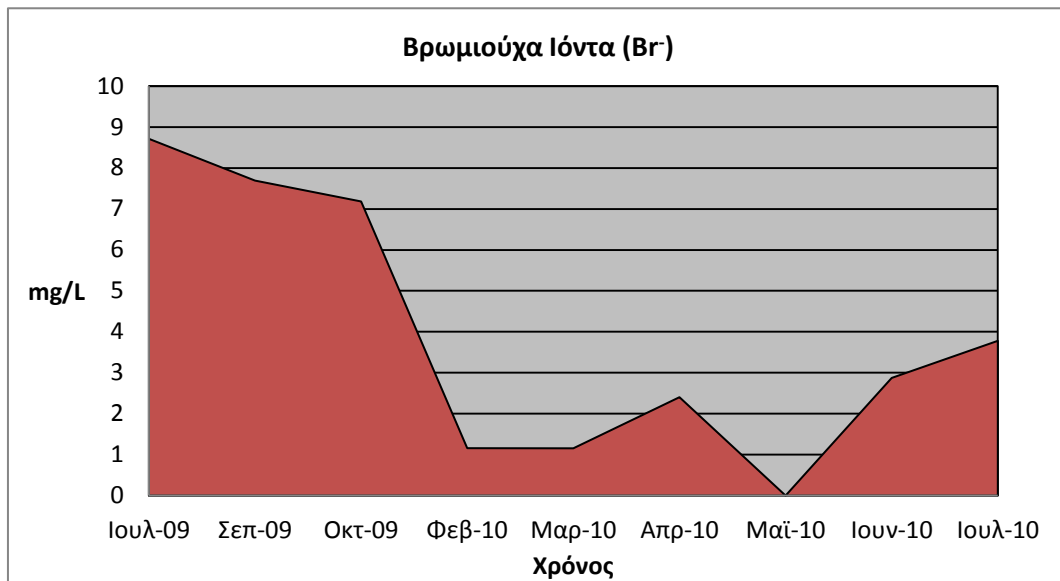
Διάγραμμα 3.10 Μεταβολή των τιμών συγκέντρωσης των Ιόντων Μαγνησίου στον υγρότοπο Κορώνεια από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010



Διάγραμμα 3.11 Μεταβολή των τιμών συγκέντρωσης των Ιόντων Φθορίου στον υγρότοπο Κορώνεια από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010

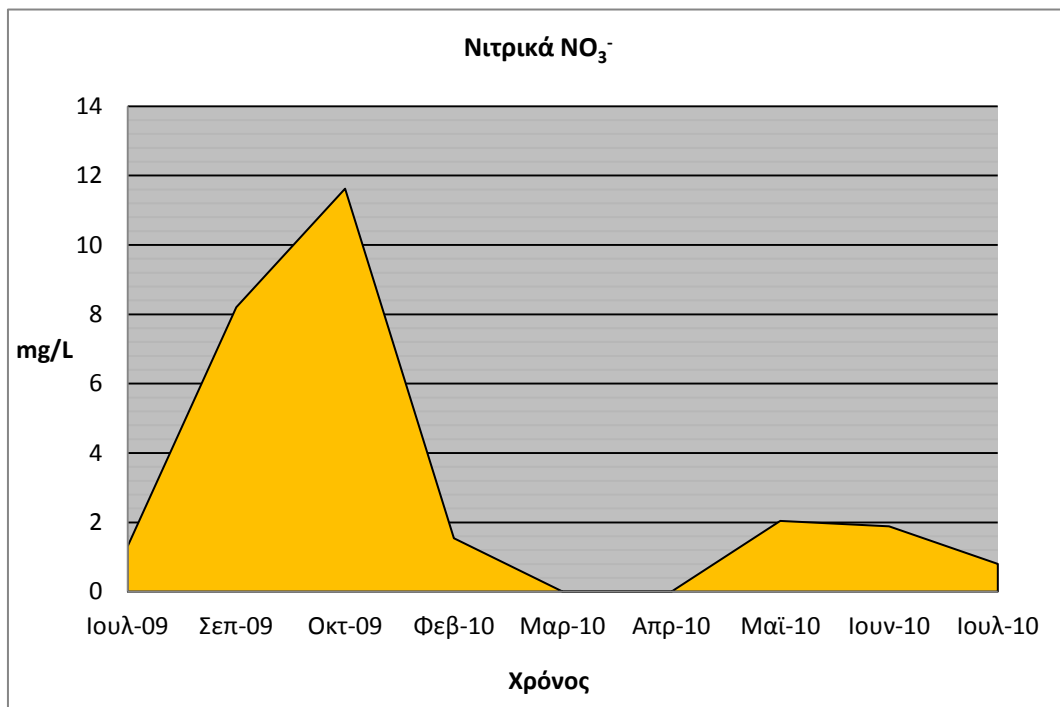


Διάγραμμα 3.12 Μεταβολή των τιμών συγκέντρωσης των Ιόντων Χλωρίου στον υγρότοπο Κορώνεια από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010

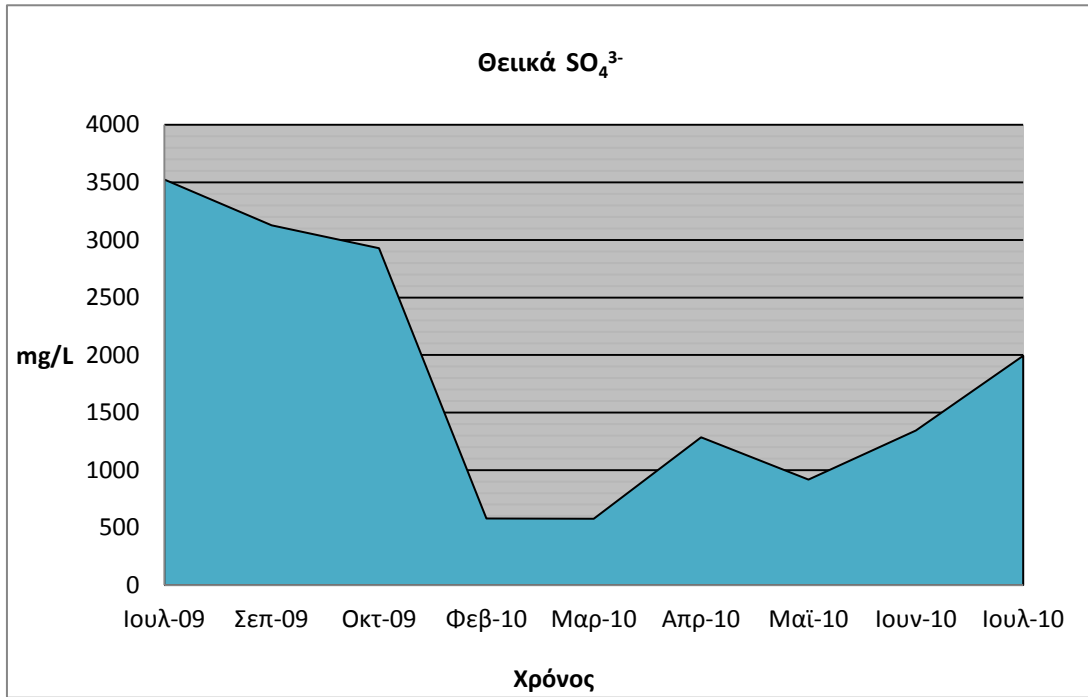


Διάγραμμα 3.13 Μεταβολή των τιμών συγκέντρωσης των Ιόντων Βρωμίου στον υγρότοπο Κορώνεια από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010

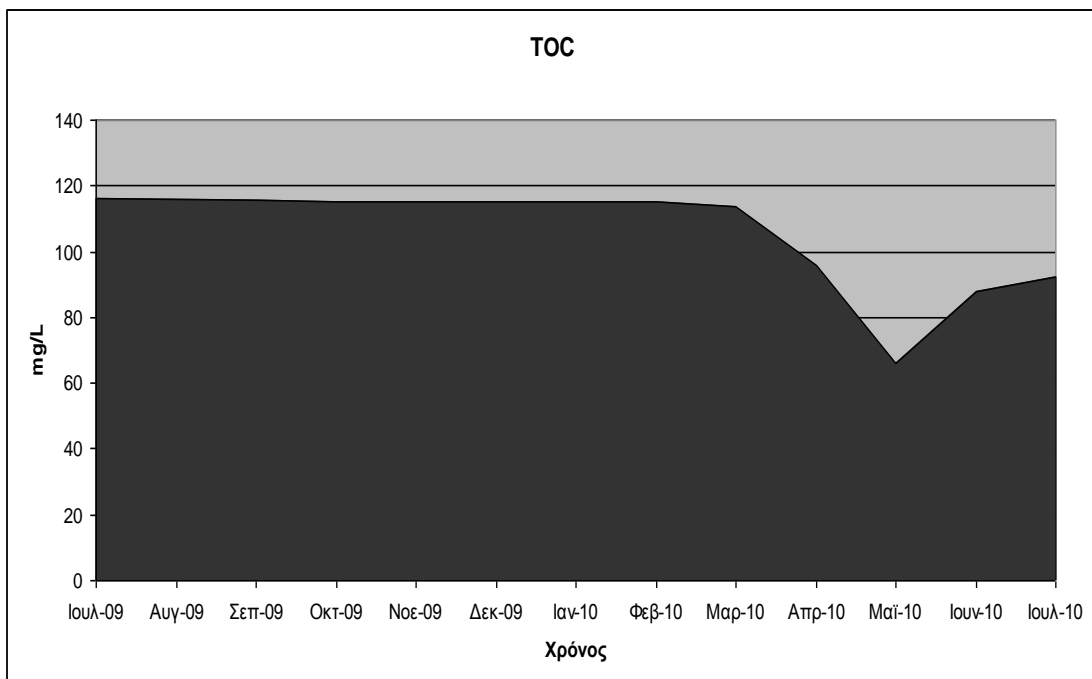
Σε ότι αφορά στα μετρούμενα ιόντα (ιόντα Νατρίου, Καλίου, Ασβεστίου, Μαγνησίου, Φθορίου, Χλωρίου και Βρωμίου), στο πλείστο των περιπτώσεων όπως παρατηρούμε από τα διαγράμματα καταγράφεται μείωση των συγκεντρώσεων σε σχέση με την περίοδο πριν την έναρξη των έργων.



Διάγραμμα 3.14 Μεταβολή των τιμών συγκέντρωσης των Νιτρικών Ιόντων στον υγρότοπο Κορώνεια από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010

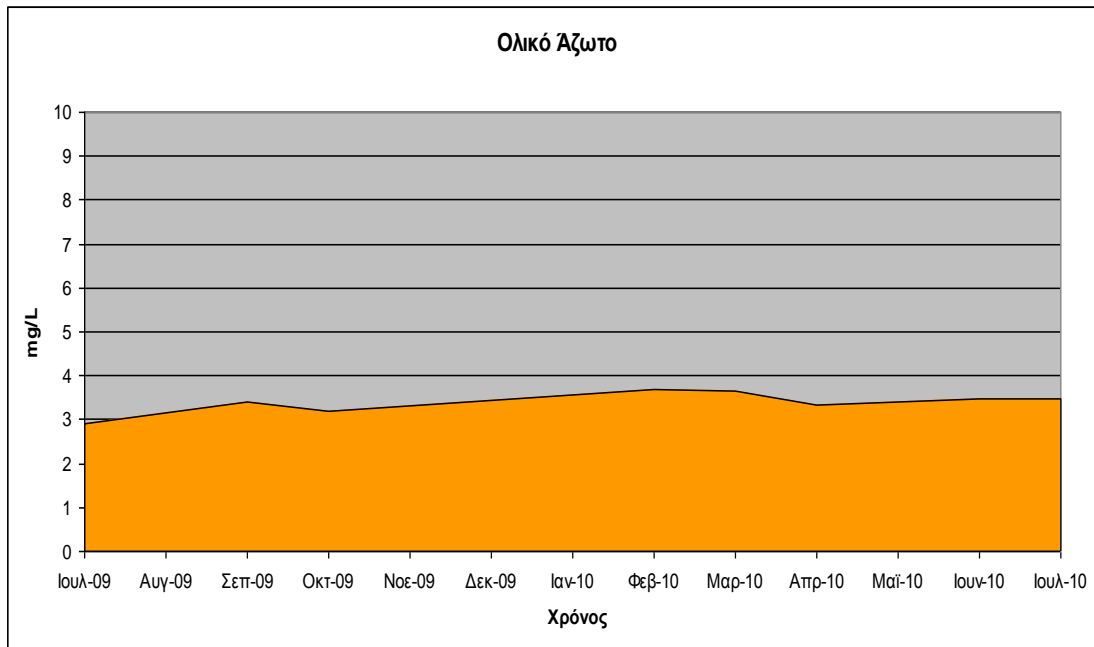


Διάγραμμα 3.15 Μεταβολή των τιμών συγκέντρωσης των Θειικών Ιόντων στον υγρότοπο Κορώνεια από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010

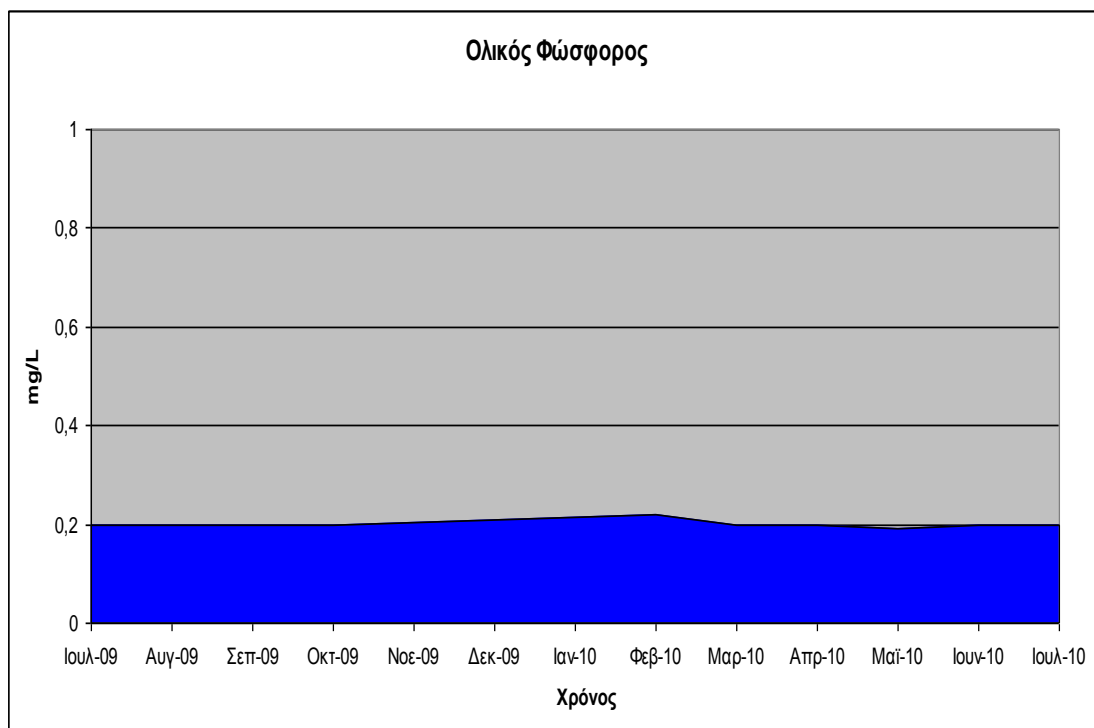


Διάγραμμα 3.16 Μεταβολή των τιμών συγκέντρωσης του Οργανικού Φορτίου στον υγρότοπο Κορώνεια από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010

Σύμφωνα με τα διαγράμματα, το οργανικό φορτίο της λίμνης την θερινή περίοδο του 2010 εκφρασμένο ως TOC , παρουσιάζει πτώση της τάξης του 20% σε σχέση με το 2009, που οφείλεται εν μέρει στον περιορισμό του ρυπαντικού φορτίου βιομηχανικής προέλευσης.

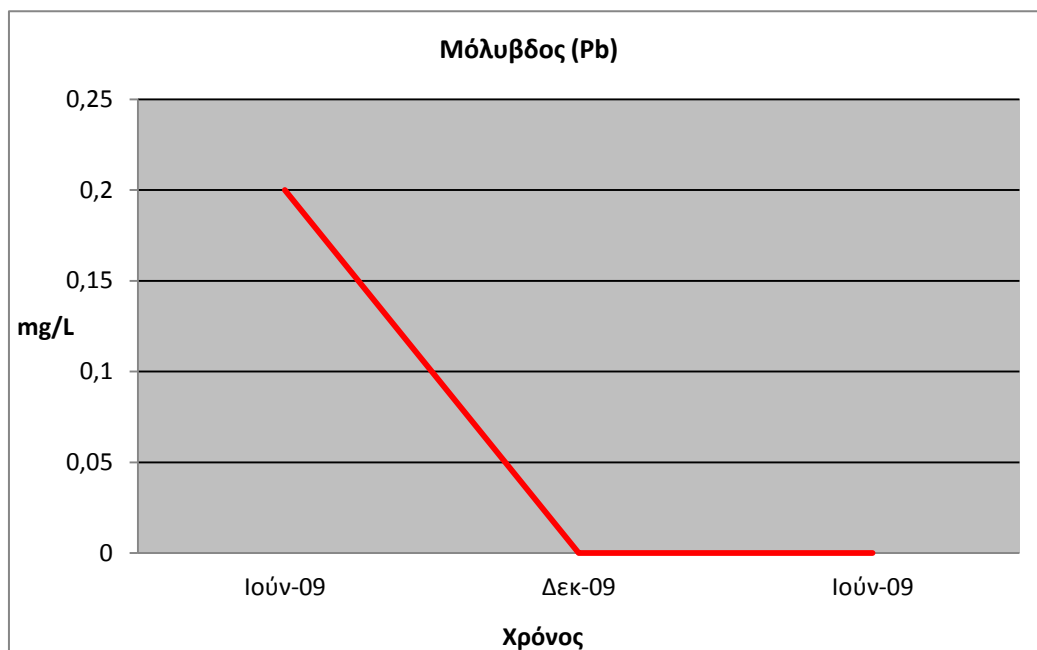


Διάγραμμα 3.17 Μεταβολή των τιμών συγκέντρωσης του Ολικού Αζώτου στον υγρότοπο Κορώνεια από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010

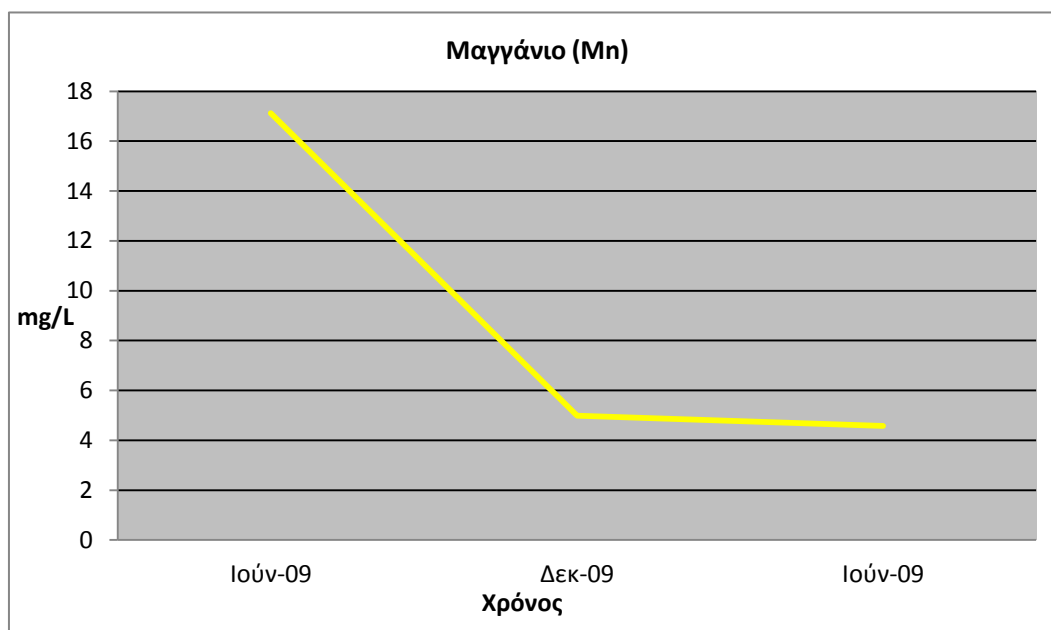


Διάγραμμα 3.18 Μεταβολή των τιμών συγκέντρωσης του Ολικού Φωσφόρου στον υγρότοπο Κορώνεια από τον Ιούλιο του 2009 έως τον Ιούλιο του 2010

Όπως φαίνεται στα προηγούμενα διαγράμματα, σταθερές παραμένουν οι παράμετροι του ολικού Αζώτου και του ολικού Φωσφόρου ανάμεσα στις δύο περιόδους (πρίν και μετά την υλοποίηση των έργων) γεγονός που αποδίδεται σε εισροές γεωργικής προέλευσης καθώς και στην μη ολοκλήρωση των έργων διαχείρισης αστικών λυμάτων.



Διάγραμμα 3.19 Μεταβολή των τιμών συγκέντρωσης του Μολύβδου στον υγρότοπο Κορώνεια από τον Ιούνιο του 2009 έως τον Ιούνιο του 2010



Διάγραμμα 3.20 Μεταβολή των τιμών συγκέντρωσης του Μαγγανίου στον υγρότοπο Κορώνεια από τον Ιούνιο του 2009 έως τον Ιούνιο του 2010

Τέλος τα βαρέα μέταλλα Μαγγάνιο και Μόλυβδος παρουσιάζουν μια ενδεικτική μείωση. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι τα βαρέα μέταλλα που εισέρχονται στον υγρότοπο, συμπλοκοποιούνται με την οργανική ουσία και στην μορφή αυτή των συμπλόκων καθιζάνουν στο ίζημα, ως οργανομεταλλικά σύμπλοκα. Επίσης, την περίοδο Αύγουστος 2009 έως Νοέμβριος 2009 όπου λίμνη δεν είχε καθόλου νερού, τα βαρέα μέταλλα συμπλοκοποιήθηκαν στο ίζημα όπου και παραμένουν. Τέλος, το γεγονός ότι δεν αυξήθηκαν οι τιμές τους την περίοδο που σταδιακά αυξάνεται το βάθος της λίμνης, αποδίδεται στον περιορισμό της ρύπανσης από βιομηχανικές πηγές.

Εν κατακλείδι, οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ Ιουλίου 2009 και Ιουλίου 2010 είναι ενδεικτικές για τη βελτίωση της χημικής κατάστασης των υδάτων της λίμνης. Το ρυπαντικό φορτίο παρουσιάζει σταδιακή μείωση ως αποτέλεσμα των έργων που υφίστανται στην περιοχή, των μέτρων που έχουν ληφθεί για τον περιορισμό των βιομηχανικών γεωτρήσεων, της μετατροπής του τρόπου άρδευσης σε στάγδιν (για το 20% περίπου των αρδευόμενων εκτάσεων της περιοχής), καθώς και του γεγονότος ότι η λίμνη είχε ξεραθεί κατά τον Αύγουστο του 2009 και ξεκίνησε να γεμίζει μετά σταδιακά.

4. Συμπεράσματα - Προτάσεις

Ο υγρότοπος της Κορώνειας έχει δεχτεί την άσκηση υψηλών γεωργικών, βιομηχανικών και αστικών πιέσεων και έχει υποστεί δραματική υποβάθμιση. Για τον λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί αρκετές μελέτες στις οποίες έχουν προταθεί διάφορα μέτρα/δράσεις αποκατάστασης, από τα οποία κάποια έχουν ολοκληρωθεί και τεθεί σε λειτουργία. Τα έργα αυτά είναι τα οποία τέθηκαν σε λειτουργία μέχρι σήμερα, είναι τα εξής:

- Περιορισμός βιομηχανικών αποβλήτων με το κλείσιμο 18 βιομηχανικών γεωτρήσεων
- Βελτίωση υδραυλικών χαρακτηριστικών και αμφίδρομης λειτουργίας ενωτικής τάφρου
- Εφαρμογή περιοριστικών μέτρων στην άρδευση με απόφαση Γ.Γ. ΠΚΜ και
- Εφαρμογή Αγροπεριβαλλοντικού Προγράμματος με την αλλαγή του τρόπου άρδευσης από καρούλι και κανόνι σε στάγδην στο 20% περίπου της συνολικά αρδευόμενης έκτασης.

Κάποιες από τις διαχειριστικές αυτές παρεμβάσεις αποσκοπούσαν στην αναίρεση των πιέσεων και κάποιες στην αναίρεση των επιπτώσεων. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε την εφαρμογή της οριζόντιας διαχείρισης, κατά την οποία δίνεται έμφαση στην αντιμετώπιση των πιέσεων που ασκούνται στην λεκάνη απορροής του υγροτόπου. Σε τόσο ασταθή συστήματα όμως, όπως είναι ο υγρότοπος της Κορώνειας η αντιμετώπιση μόνο των πιέσεων, ενώ είναι απαραίτητη, δεν μπορεί να αποδώσει τα ζητούμενα αποτελέσματα. Έτσι, έχουμε την δεύτερη κατηγορία διαχειριστικών παρεμβάσεων που ανήκουν στην κάθετη διαχείριση και η οποία περιλαμβάνει τα μέτρα αναίρεσης των επιπτώσεων και ειδικότερα τα μέτρα βελτίωσης των ποιοτικών και υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών της υδατικής κολώνας. Έτσι, με τα μέτρα των δυο αυτών κατηγοριών εφαρμόζεται η ολοκληρωμένη κάθετη και οριζόντια διαχείριση.

Στην παρούσα γίνεται η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των εγκεκριμένων και υλοποιημένων διαχειριστικών παρεμβάσεων, μέσω της αξιολόγησης των πιέσεων και των επιπτώσεων στο οικοσύστημα της Κορώνειας. Η αξιολόγηση αυτή γίνεται με τη χρήση δεικτών πιέσεων και δεικτών επιπτώσεων. Δείκτες πιέσεων ορίστηκαν ο αριθμός των γεωτρήσεων, οι αρδευόμενες εκτάσεις, ο αριθμός των βιομηχανιών/ βιομηχανικών γεωτρήσεων, ο όγκος των βιομηχανικών λυμάτων και ο όγκος των ανεπεξέργαστων αστικών λυμάτων. Δείκτες επιπτώσεων ορίστηκαν τα υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά του υγροτόπου (στάθμη επιφάνειας νερού και στάθμη υπόγειων υδροφορέων), οι

φυσικοχημικές παράμετροι (pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), Ιόντα Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , F^- , Cl^- , Br^- , Νιτρώδη Ιόντα NO_2^- , Νιτρικά Ιόντα NO_3^- , Φωσφορικά Ιόντα PO_4^{3-} , Θειικά Ιόντα SO_4^{3-} , Οργανικό φορτίο εκφραζόμενο ως Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC), Ολικό Άζωτο, Ολικός Φώσφορος καθώς και η παρουσία κάποιων βαρέων μετάλλων (Μόλυβδος και Μαγγάνιο). Τα αποτελέσματα της παρακολούθησης αυτής αφορούν την χρονική περίοδο Ιούλιος του 2009 έως Ιούλιο 2010 όπου και μεσολαβεί η έναρξη λειτουργίας των έργων (Νοέμβριος του 2009).

Από τα αποτελέσματα του προσδιορισμού των δεικτών πίεσης, παρατηρήθηκαν οι εξής μεταβολές:

- Ο αριθμός των γεωτρήσεων μειώθηκε κατά 18% (από 1891 το 2001 σε 1441 το 2009)
- Οι αρδευόμενες εκτάσεις αυξήθηκαν κατά 4% σε όλη την λεκάνη της Κορώνειας (από 49.071 στρ. το 2003 ανήλθαν στις 51.346 στρ. το 2009)
- Έκλεισαν 18 βιομηχανίες και οι γεωτρήσεις τους.

Όσον αφορά τους δείκτες επιπτώσεων, από τα αποτελέσματα της παρακολούθησης με βάση την συγκριτική αξιολόγηση της θερινής περιόδου του 2010 (μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω παρεμβάσεων) με την αντίστοιχη περίοδο του 2009 (πριν την υλοποίηση των έργων) παρατηρήθηκαν:

- Βελτίωση των φυσικοχημικών δεικτών ποιοτικής κατάστασης των υδάτων της λίμνης που ως επί το πλείστον οφείλεται στον περιορισμό των βιομηχανικών ρύπων.
- Βελτίωση των υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών της λίμνης όπως αυτή εκφράζεται από: (α) εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφορέα και αύξηση της υπόγειας στάθμης και (β) αύξηση του όγκου και της στάθμης των υδάτων στον υγρότοπο της Κορώνειας σε σχέση με το προηγούμενο έτος και (γ) άνοδο της υπόγειας στάθμης δυτικά του υγροτόπου και οφείλεται στη λειτουργία του υποέργου της ενωτικής και τον περιορισμό κατανάλωσης αρδευτικού νερού.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα, τα οποία αποτελούν θετικές ενδείξεις για την βελτίωση των υδρομορφολογικών και ποιοτικών συνθηκών του υγροτόπου, γίνεται αντιληπτό ότι το είδος αυτό της ολοκληρωμένης διαχείρισης αποτελεί την πλέον ενδεδειγμένη για τέτοιου είδους υγροτοπικά συστήματα, όπως αυτό της Κορώνειας. Σε τέτοιου είδους οικοσυστήματα, τα οποία είναι συγχρόνως και κατά τον ορισμό της Οδηγίας Πλαίσιο 2000/60 υδρογεωμορφολογικά στοιχεία, η ποιότητα επηρεάζει πρωτίστως τα γειτνιάζοντα με αυτά υδάτινα σώματα. Στις περιπτώσεις αυτές, εξετάζεται πρωτίστως η υδρομορφολογική κατάσταση κι όταν αυτή είναι ενδεδειγμένη μπορεί κανείς να προχωρήσει στην αξιολόγηση των άλλων δεικτών της Οδηγίας 2000/60. Πιο συγκεκριμένα, σε τέτοιου είδους

δυναμικά συστήματα που επαναδημιουργούνται, μετά από φάσεις πλήρους έλλειψης νερού, η αναστολή μόνο των πιέσεων, χωρίς ταυτόχρονη αντιμετώπιση των σοβαρών και δύσκολα αναστρέψιμων με φυσικές διαδικασίες επιπτώσεων, θα ήταν αναποτελεσματική.

Εν κατακλείδι, για την ανάλυση της λειτουργίας του οικοσυστήματος της Κορώνειας και της αποτελεσματικότερης διαχείρισης τόσο σε οριζόντιο όσο και σε κάθετο επίπεδο κρίνεται σκόπιμη η διερεύνηση και ποσοτικοποίηση των μηχανισμών μεταφοράς ρύπων στο σύστημα και την αλληλεπίδραση μεταξύ της λεκάνης απορροής, της υδατικής κολώνας και του υγροτοπικού υποστρώματος. Στο πλαίσιο αυτό απαιτείται η διερεύνηση των μηχανισμών όχι μόνο από τη λεκάνη απορροής προς τον υγρότοπο αλλά και από το υπόστρωμα στην υδατική κολώνα καθώς αποτελούν συμπληρωματικούς μηχανισμούς που σχετίζονται με τη λειτουργική κατάσταση και το οικολογικό δυναμικό της Κορώνειας στο πλαίσιο της Οδηγίας Πλαίσιο για τα νερά (2000/60/ΕΚ)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄

Πίνακας Α.1 Αποτελέσματα παρακολούθησης των φυσικοχημικών παραμέτρων στον υγρότοπο Κορώνεια την περίοδο Ιούλιος 2009- Μάρτιος 2010

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ | Μονάδα Μέτρησης | Ιουλ- 09 | Σεπ-09 | Οκτ- 09 | Φεβ- 10 | Μαρ- 10 |
|---|----------------------------|-------------|---------|------------|------------|------------|
| ρΗ | | 9,58 | 9,45 | 9,39 | 8,36 | 8,81 |
| Ηλεκτρική αγωγιμότητα | μS/cm | 16154 | 18718 | 20000 | 2618 | 2836 |
| Ιόντα Νατρίου Na ⁺ | mg/L | 3643,3 | 3458,4 | 3366 | 798,5 | 715 |
| Ιόντα Καλίου K ⁺ | mg/L | 42,05 | 41,16 | 40,71 | 10,34 | 8,66 |
| Ιόντα Ασβεστίου Ca ²⁺ | mg/L | 114,2 | 81,79 | 65,6 | 46,32 | 40,17 |
| Ιόντα Μαγνησίου Mg ²⁺ | mg/L | 256,86 | 239,01 | 230,09 | 85,99 | 69,8 |
| Φθοριούχα Ιόντα F ⁻ | mg/L | 5,036 | 4,33 | 3,98 | 1,053 | 1,166 |
| Χλωριούχα Ιόντα Cl ⁻ | mg/L | 4254,2 | 3794,4 | 3564,5 | 580,9 | 558,9 |
| Βρωμιούχα Ιόντα Br ⁻ | mg/L | 8,71 | 7,69 | 7,18 | 1,157 | 1,154 |
| Νιτρώδη Ιόντα NO ₂ ⁻ | mg/L | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| Νιτρικά Ιόντα NO ₃ ⁻ | mg/L | 1,3 | 8,2 | 11,620 | 1,539 | n.d. |
| Φωσφορικά Ιόντα PO ₄ ⁻³ | mg/L | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| Θειικά Ιόντα SO ₄ ⁻³ | mg/L | 3524,4 | 3126,45 | 2927,5 | 578,45 | 576,03 |
| Ολικό Άζωτο | mg/L | 2,9 | 3,4 | 3,2 | 3,7 | 3,65 |
| Ολικός Φώσφορος | mg/L | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,22 | 0,2 |
| ΤΟC | mg/L | 116,3 | 115,7 | 115,4 | 115,4 | 113,6 |

Πίνακας Α.2 Αποτελέσματα παρακολούθησης των φυσικοχημικών παραμέτρων στον υγρότοπο Κορώνεια την περίοδο Απρίλιος 2010- Ιούλιος 2010.

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ | Μονάδα Μέτρησης | Απρ-10 | Μαΐ- 10 | Ιουν- 10 | Ιουλ- 10 |
|---|----------------------------|---------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| ρΗ | | 9,15 | 9,31 | 8,64 | 9,14 |
| Ηλεκτρική αγωγιμότητα | μS/cm | 3420 | 4446 | 6836 | 9500 |
| Ιόντα Νατρίου Na ⁺ | mg/L | 896,5 | 1824,2 | 1023,2 | 2099,3 |
| Ιόντα Καλίου K ⁺ | mg/L | 21,92 | 47,78 | 16 | 57,49 |
| Ιόντα Ασβεστίου Ca ²⁺ | mg/L | 44,03 | 63,95 | 27,36 | 37,44 |
| Ιόντα Μαγνησίου Mg ²⁺ | mg/L | 97,64 | 203,98 | 101,39 | 229,4 |
| Φθοριούχα Ιόντα F ⁻ | mg/L | 2,732 | 3,206 | 5,797 | 3,519 |
| Χλωριούχα Ιόντα Cl ⁻ | mg/L | 1249,3 | 1719,7 | 1426,6 | 2078,7 |
| Βρωμιούχα Ιόντα Br ⁻ | mg/L | 2,402 | n.d. | 2,872 | 3,778 |
| Νιτρώδη Ιόντα NO ₂ ⁻ | mg/L | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| Νιτρικά Ιόντα NO ₃ ⁻ | mg/L | n.d. | 2,038 | 1,882 | 0,798 |
| Φωσφορικά Ιόντα PO ₄ ⁻³ | mg/L | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| Θειικά Ιόντα SO ₄ ⁻³ | mg/L | 1283,85 | 916,43 | 1342,75 | 1992,5 |
| Ολικό Άζωτο | mg/L | 3,35 | 3,4 | 3,47 | 3,49 |
| Ολικός Φώσφορος | mg/L | 0,2 | 0,19 | 0,2 | 0,2 |
| TOC | mg/L | 95,8 | 65,8 | 87,9 | 92,4 |

Πίνακας Α.3 Αποτελέσματα παρακολούθησης των βαρέων μετάλλων(Μόλυβδος και Μαγγάνιο) στον υγρότοπο Κορώνεια την περίοδο Ιούνιος 2009-Ιούνιος 2010.

| ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ | Μονάδα μέτρησης | ΧΡΟΝΟΣ | | |
|---------------|-----------------|---------|--------|---------|
| | | Ιούν-09 | Δεκ-09 | Ιουν-10 |
| Μόλυβδος (Pb) | mg/L | 0,2 | n.d. | n.d. |
| Μαγγάνιο (Mn) | mg/L | 17,12 | 4,987 | 4,581 |

Διάγραμμα Α.1 Διάγραμμα βροχοπτώσεων την περίοδο Ιούλιος 2009 έως Ιούλιος 2010 από της μετρήσεις του σταθμού του Καβαλαρίου.



Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. 2010. "Υπηρεσίες δημιουργίας βάσης δεδομένων παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων και συστήματος λήψης αποφάσεων στη λίμνη Κορώνεια". Τελική έκθεση έργου. Φορέας ανάθεσης: Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσσαλονίκης. Σελ.496 + Παραρτήματα

Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Οδηγία 2000/60/ΕΚ «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων". Επίσημη Εφημερίδα ΕΚ αριθ. L327 22/10/2000.

Ζαλίδης Γ.Χ., Τακαβάκογλου Β. και Αλεξανδρίδης Θ. 2004. Αναθεωρημένο σχέδιο αποκατάστασης της Λίμνης Κορώνειας του Νομού Θεσσαλονίκης. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας.

Ζαλίδης Γ.Χ, Θ. Αλεξανδρίδης, Β. Τακαβάκογλου, Α. Ανδριανόπουλος, Ι. Cherif, Γ. Τσακούμης. 2009. Τελική έκθεση επικαιροποίησης καταγραφής υφιστάμενων γεωτρήσεων και αξιολόγησης σε σχέση με τη γεωργική παραγωγή και τη λίμνη Κορώνεια και έκθεση με τα προτεινόμενα προς λήψη μέτρα και τα συμπεράσματα-προτάσεις. Διαβαλκανικό Κέντρο Περιβάλλοντος, Λαγκαδάς Σελ.46

Ζαλίδης Γ.Χ., Τ.Λ. Crisman και Π.Α. Γεράκης, συντονιστές έκδοσης. 2002. Αποκατάσταση Μεσογειακών υγροτόπων. ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα και ΕΚΒΥ, Θέρμη. 2826 σελ.

Ξανθούλη Στεργιανή, 2006. Διαχείριση Εδαφοϋδατικών πόρων λεκάνης Κορώνειας στο πλαίσιο αποκατάστασης της λίμνης. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Γεωπονική Σχολή ΑΠΘ.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Alexandridis, T.K., George C.Zalidis, Nikolaos G. Silleos .2008. Mapping irrigated area in Mediterranean basins using low cost satellite Earth Observation . Computers and Electronics in Agriculture, Volume 64, Issue 2, Pages 93-103

APHA/AWWA/WEF, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (21st ed.), American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington, DC (2005)

- Crisman T. L., Mitraki, C., Zalidis G. 2005. Integrating vertical and horizontal approaches for management of shallow lakes and wetlands. Elsevier, *Ecological Engineering*, Issue 4, Volume 24, pp. 379-389.
- Hanson, A. , L. Swanson, D. Ewing, G. Grabas, S. Meyer, L. Ross, M. Watmough and J. Kirkby. 2008. *Wetland Ecological Functions Assessment: An Overview of Approaches*. Canadian Wildlife Service Technical Report Series No. 497. Atlantic Region. 59 pp.
- Kentula, E. Mary. 2000. Perspectives on setting success criteria for wetland restoration. *Ecological Engineering* 15: 199 – 209.
- Kusler, J. A., and Kentula, M. E., editors. 1990. *Wetland creation and restoration: the status of the science*. Island Press, Washington DC, USA.
- Loague, K. and Corwin, D. L. 2006. Point and NonPoint Source Pollution. *Encyclopedia of Hydrological Sciences* 94 : 1427-1440
- Manios T. and I. Tsamis. Evaluating 2006. Evaluating water resources availability and waste water reuse importance in the water resources management of small Mediterranean municipal districts. *Resources, Conservation and Recycling* 47 : 245-259
- Mitch, W. J. and J. G. Gosselink. 1993. *Wetlands*. Second edition. Van Nostrand Reinhold. New York, New York, USA.
- U.S. EPA, 1983. *Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes*. EPA-600/4-79-020.
- Wise W. R., M. D. Annable, G.X. Zalidis, E.T. Anastasiadis, D. Papadimos. 2002. Οικοϋδρολογία και Αποκατάσταση Υγροτόπων. Αποκατάσταση Μεσογειακών Υγροτόπων, σελ. 25 – 37.
- Working Group 2.1, 2003. *Guidance for the analysis of pressures and impacts in accordance with the Water Framework Directive*. Common Implementation Strategy, Water Framework Directive.
- Zalidis, G. C., V. Takavakoglou, and A. Gerakis. 1999. Wetland restoration in the Meditaranian Basin. Pages 55-68 in W. Steever, editor. *An international perspective on wetland rehabilitation*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands.
- Zalidis, G., S. Stamatiadis , V. Takavakoglou , K. Eskridge , N. Misopolinos. 2002. Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. Elsevier, *Agriculture, Ecosystem and Environment* 88 : 137-146.