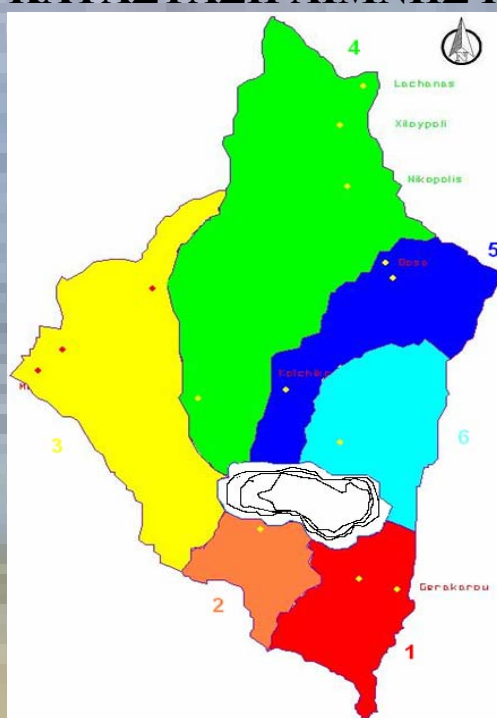


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΛΕΜΑΧΟΥ ΚΟΛΙΟΠΟΥΛΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ : ΚΑΤΣΙΡΗ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Ε.Μ.Π

ΑΘΗΝΑ 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1.ΓΕΝΙΚΑ.....	1
1.2.ΡΥΠΑΝΣΗ ΝΕΡΟΥ.....	1
1.3.ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΜΙΑΣ ΛΙΜΝΗΣ.....	3
1.4.ΑΡΧΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ.....	12
1.5.ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΝΕΡΩΝ – ΛΙΜΝΩΝ.....	15
1.6.ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ.....	18
2. Η ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ-ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ.....	21
2.1.ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ.....	21
2.2.ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ- ΤΑΠΕΙΝΩΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ.....	28
2.3.ΡΥΠΑΝΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΣΤΑ ΝΕΡΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ.....	33
2.4.ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ.....	34
2.5.ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ.....	40
3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΥΓΕΙΑΣ.....	43
3.1. ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΣΙΤΟΚΤΟΝΑ.....	45
3.2. ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ.....	45
3.3. ΕΙΣΟΔΟΣ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΣΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ.....	50
3.4. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ.....	60

3.5. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	64
3.6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΑΓΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ.....	66
3.7. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗΣ.....	76
3.8. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ.....	79
4. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ.....	96
4.1. ΥΔΑΤΙΝΗ ΣΤΗΛΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΙΖΗΜΑΤΩΝ.....	103
4.2. ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ ΣΤΕΡΕΩΝ.....	104
4.3. ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ.....	107
4.4. ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑΤΩΝ.....	109
4.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΣΤΑ ΙΖΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ.....	113
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	118
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	122
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ. (ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ , ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ, ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ, κ.α. Παρουσίαση λίστας βοηθητικού λογισμικού για τον υπολογισμό υδατικών όγκων ενός ταμιευτήρια και χρήση του σε συνεργασία με τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, για την εξαγωγή χρήσιμων αποτελεσμάτων από το αναπτυχθέν λογισμικό Visual Basic σε περιβάλλον του Microsoft Office Excel).	

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει τίτλο «Ποιοτική Κατάσταση Λίμνης Κορώνειας». Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια κ. Αλεξάνδρα Κατσίρη για την πολύτιμη καθοδήγησή της και την αμέριστη συμπαράστασή της κατά την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας αυτής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της προσομοίωσης του ισοζυγίου συγκεντρώσεων ρυπασμένων ιζημάτων από φυτοφάρμακα στην λίμνη Κορώνεια. Η εξεταζόμενη αριθμητική προσομοίωση λαμβάνει υπόψη τις αλληλεπιδράσεις των συγκεντρώσεων συγκεκριμένων φυτοφαρμάκων μεταξύ της υδατικής στήλης του υδάτινου ταμιευτήρα και του επιφανειακού στρώματος των ιζημάτων στον πυθμένα της λίμνης. Επίσης εκτιμάται η επικινδυνότητα της κατάστασης των επιφανειακών νερών της λίμνης Κορώνειας για χαρακτηριστικά φυτοφάρμακα.

Στο τέλος της παρούσας εργασίας αναπτύσσεται ένα χρήσιμο βοηθητικό λογισμικό ηλεκτρονικού υπολογιστή σε Visual Basic για περιβάλλον Microsoft Office Excel, το οποίο παρουσιάζεται ως βοηθητικό εργαλείο. Σκοπός του λογισμικού αυτού είναι να υπολογίζεται ο συνολικός όγκος της λίμνης, όταν έχουμε τα απαραίτητα τοπογραφικά στοιχεία της υδάτινης επιφάνειας της λίμνης Κορώνειας διαθέσιμα και μπορεί να συνεργαστεί με τα γεωγραφικά συστήματα πληροφορικής και τα συστήματα σημείων ελέγχου ποιότητας νερών HACCP, ώστε να ληφθούν έγκαιρα μέτρα αντιμετώπισης του κινδύνου της ποιότητας των νερών της λίμνης. Χρήσιμα αποτελέσματα της χρήσης όλων των παραπάνω για τα δεδομένα της λίμνης παρουσιάζονται στην εργασία αυτή.

Όλα τα στοιχεία και συμπεράσματα της εργασίας αυτής είναι χρήσιμα για την ομαλή διαχείριση των υδραυλικών και περιβαλλοντικών έργων και την εκτίμηση της ποιοτικής κατάστασης επιφανειακών νερών ταμιευτήρων. Στο τέλος της εργασίας αυτής γίνονται προτάσεις για την προστασία του υδατικού περιβάλλοντος της λίμνης Κορώνειας.

ABSTRACT

This thesis studies a simulation of the mass concentration balance of polluted sediments at Lake Koronia. The examining numerical simulation considers the reactions between characteristic pesticides in the water column and sediments on the bottom of the lake. In addition, the simulation studies the risk to surface waters at Lake Koronia and their quality from the characteristic pesticides that are applied on the agricultural areas surrounding the lake.

Useful software for a personal computer in the programming language Visual Basic for Microsoft Office Excel is given at the end of this thesis. Based on available topographic data for measured water surfaces, this software can be used for the calculation of the water volume in Lake Koronia. The software also provides assistance to associated data processing applications using geographic information systems and HACCP control systems and representation of the results through useful maps. A relative presentation of the above elements is made in this thesis.

All the elements and conclusions of this thesis are useful for proper project management of hydraulic and environmental engineering works, as well as for quality assessment of surface waters in lake water reservoirs. The conclusions make useful recommendations for the protection of Lake Koronia.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η παρούσα εργασία μελετά την προσομοίωση του ισοζυγίου συγκεντρώσεων μολυσμένων ιζημάτων από φυτοφάρμακα στην λίμνη Κορώνεια. Η εξεταζόμενη προσομοίωση λαμβάνει υπόψη τις αλληλεπιδράσεις των συγκεντρώσεων συγκεκριμένων φυτοφαρμάκων μεταξύ της υδατικής στήλης και των ιζημάτων στον πυθμένα της λίμνης. Επίσης εκτιμάται η επικινδυνότητα της ποιοτικής κατάστασης των επιφανειακών νερών της λίμνης Κορώνειας. Στο τέλος της παρούσας εργασίας αναπτύσσεται ένα χρήσιμο λογισμικό ηλεκτρονικού υπολογιστή το οποίο παρουσιάζεται ως βοηθητικό εργαλείο για τους απαιτούμενους υπολογισμούς διαχείρισης υδραυλικών έργων και εκτίμησης ποιότητας επιφανειακών νερών.

Κατά την μελέτη των αλληλεπιδράσεων των συγκεντρώσεων φυτοφαρμάκων μεταξύ της υδατικής στήλης και των ιζημάτων στον πυθμένα της λίμνης, θεωρούμε ότι έχουμε φαινόμενο πλήρους μίξης. Οι διαδικασίες, που μελετώνται και παρουσιάζονται αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια είναι η ανόργανη προσρόφηση, η καθίζηση, ο ενταφιασμός, η επαναιώρηση και η διασπορά. Η μελέτη του ισοζυγίου των συγκεντρώσεων ρυπασμένων ιζημάτων από φυτοφάρμακα γίνεται σε κατάσταση ισορροπίας και σε δυναμικές συνθήκες. Στις επόμενες ενότητες του πρώτου κεφαλαίου παρουσιάζονται διάφορα χαρακτηριστικά ρύπανσης των νερών καθώς επίσης παρουσιάζονται και διάφορες μέθοδοι δειγματοληψίας.

1.2. ΡΥΠΑΝΣΗ ΝΕΡΟΥ

Τα χαρακτηριστικά του νερού είναι φυσικά, βιολογικά, μικροβιολογικά, χημικά και ραδιενεργά. Στα φυσικά χαρακτηριστικά του αναφέρονται οι παράγοντες, που χαρακτηρίζουν την εμφάνιση του νερού. Τα κυριότερα από τα φυσικά χαρακτηριστικά του νερού είναι η θερμοκρασία, η γεύση και η οσμή, το χρώμα και η θολρότητά του. Για να έχει ευχάριστη γεύση το νερό πρέπει να έχει μια θερμοκρασία 5- 15° C. Ο έλεγχος της ποιότητας του νερού και της ρύπανσής του γίνεται είτε με την εγκατάσταση έργων επεξεργασίας του φυσικού νερού, που παίρνει ο άνθρωπος από

μονάδες υδροληψίας από το φυσικό περιβάλλον είτε με την εγκατάσταση έργων επεξεργασίας και διαθέσεως λυμάτων στο περιβάλλον.

Η περιεκτικότητα στο νερό, χλωρίου, φαινολών και των χλωριωμένων παραγώγων τους σε ποσότητες σε μέρη στο δισεκατομμύριο, μπορεί να καταστήσουν το νερό ακατάλληλο προς πόση και χρήση. Άλλος παράγοντας μόλυνσης του νερού είναι οι υψηλές συγκεντρώσεις φωσφόρου και αζώτου από λιπάσματα ή απορρυπαντικά. Επιπλέον, διάφορα αέρια όπως υδρόθειο (H_2S) και η αμμωνία NH_3 προκαλούν δυσάρεστες οσμές στο νερό. Μέθοδοι αντιμετώπισης της δυσοσμίας αποτελούν ο αερισμός του νερού, η χλωρίωση ή η διήθηση μέσα από ενεργό άνθρακα.

Οι ενώσεις φυσικής ή τεχνητής προέλευσης μπορούν να δώσουν χρώμα στο νερό. Η απομάκρυνση του χρώματος επιτυγχάνεται με διύλιση, χλωρίωση ή με διήθηση μέσα από ενεργό άνθρακα. Μικροοργανισμοί ή αδιάλυτες ουσίες που αιωρούνται μέσα στο νερό, είναι η αιτία θολερότητας του νερού. Η απομάκρυνση της θολερότητας αντιμετωπίζεται με απλή διύλιση ή με την προσθήκη κροκκιδωτικών.

Στα βιολογικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά του νερού γίνεται προσδιορισμός των μικροβίων του νερού, άλλα από αυτά είναι παθογόνα και άλλα δεν είναι. Σε ειδικές περιπτώσεις γίνονται εξετάσεις για προσδιορισμό εντεροκόκκων, ψευδομονάδων, σαλμονελών κ.λπ. Ο πιθανός αριθμός κολοβακτηριοειδών για πόσιμο χλωριωμένο νερό, πρέπει να 'ναι σε όλα τα δείγματα μικρότερο του 1 ανά 100 ml του δείγματος.

Τα χημικά χαρακτηριστικά του νερού διαχωρίζονται σε ομάδες και είναι: οι τοξικές ουσίες, οι ανεπιθύμητες ενώσεις και οι περιοριστικοί παράγοντες. Στις τοξικές ουσίες περιλαμβάνονται μεταλλικά ιόντα (βαρέα μέταλλα) όπως Hg, Cr, Ni, Pb, As, παρασιτοκτόνα, κυάνιο κ.λπ. Ενοχλούν σε περιεκτικότητα σε μέρη στο εκατομμύριο (ppm). Στις ανεπιθύμητες ενώσεις ανήκουν ο Fe, Cu, Mn, Zn, οι αζωτούχες ενώσεις προερχόμενες από λιπάσματα ή από την γεωλογική σύσταση του υπεδάφους, τα απορρυπαντικά, η αμμωνία, οι υδρογονάνθρακες, οι φαινόλες κ.λπ. Στους περιοριστικούς παράγοντες περιλαμβάνονται στοιχεία και ιόντα όπως Ca, Mg, Na, K, Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , SiO_2 , τα οποία ενοχλούν σε περιεκτικότητες μεγαλύτερες από 100 ppm. Η χλωρίωση ή η οζόνωση χρησιμοποιούνται ως μέθοδοι απολύμανσης του νερού, λόγω της μικροβιοκτόνου δράσης τους. Οι βασικές αρχές επεξεργασίας πόσιμου νερού περιλαμβάνουν τα εξής στάδια: το στάδιο της χλωρίωσης, της γρήγορης ανάμιξης, της κροκίδωσης, της δεξαμενής καθίζησης, του γρήγορου

αμμοδιυλιστηρίου, της αποθήκευσης του νερού και της συμπληρωματικής χλωρίωσης.

Άλλος παράγοντας ελέγχου της ποιότητας του πόσιμου νερού είναι η σκληρότητα του νερού και αφορά το σύνολο των δισθενών μεταλλικών ιόντων που υπάρχουν στο νερό. Τέτοια συνήθως είναι το Ca και το Mg. Η σκληρότητα χωρίζεται στην παροδική και τη μόνιμη. Παροδική σκληρότητα του νερού είναι αυτή που οφείλεται στα όξινα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου. Απομακρύνεται εύκολα με τον βρασμό του νερού. Μόνιμη σκληρότητα είναι αυτή που οφείλεται στα θειικά, χλωριούχα και νιτρικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου. Ο βρασμός δεν την ελαττώνει την μόνιμη σκληρότητα και δεν απομακρύνεται εύκολα. Η απομάκρυνση των διαλυμένων αλάτων από το νερό είναι δυνατή ουσιαστικά με την εφαρμογή μεθόδων αφαλάτωσης. Η ολική σκληρότητα είναι το άθροισμα της παροδικής και της μόνιμης σκληρότητας. Οι αποθέσεις αλάτων στις σωληνώσεις των δικτύων παροχής νερού οφείλονται στην σκληρότητα του νερού. Η δράση των σαπουνιών εμποδίζεται από την παρουσία σκληρού νερού. Άλλοι παράγοντες με τους οποίους μπορεί να ελεγχθεί η ποιότητα του νερού είναι το B.O.D, C.O.D, και T.O.C.

Η ρύπανση ενός υδατικού αποδέκτη μπορεί να αντιμετωπιστεί από τα πιο κάτω στάδια

- Ταξινόμηση των χρήσεων των επιφανειακών νερών
- Ποιοτικά κριτήρια να καθοριστούν για τις διάφορες χρήσεις
- Προδιαγραφές ποιότητας με βάση τους πιο πάνω δείκτες για τον εξεταζόμενο αποδέκτη
- Μελέτη της αφομοιωτικής ικανότητας του υδατικού αποδέκτη
- Υπολογισμός των όρων διάθεσης των ρύπων
- Σχεδιασμός, εκτέλεση και κατάλληλη λειτουργία των αναγκαίων έργων

1.3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΜΙΑΣ ΛΙΜΝΗΣ

Η ποιότητα του νερού μιας λίμνης είναι σημαντική τόσο για την χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής όσο για την ποιότητα του νερού αφού η λίμνη μπορεί να χρησιμοποιείται για έργα υδροληψίας και υδραυλικά έργα παροχής νερού για αρδεύσεις. Η τροφική αλυσίδα (αυτότροφοι και ετερότροφοι οργανισμοί, αποσυνθέτες) ρυθμίζεται σε μεγάλο ποσοστό από την προσφορά θρεπτικών

συστατικών, δηλαδή των ενώσεων C, N, P, S, και Si, οι οποίες συμμετέχουν στις λειτουργικές διεργασίες των ζώντων οργανισμών. Τα στοιχεία αυτά και ιδιαίτερα ο φωσφόρος και το άζωτο καθορίζουν την πληθυσμιακή αύξηση των αλγών (φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί). Εκτός από τους παραπάνω παράγοντες, καθοριστικό ρόλο στις λειτουργικές διεργασίες της χλωρίδας και της πανίδας μιας λίμνης παίζει και το ισοζύγιο των συγκεντρώσεων των ιζημάτων της λίμνης, που παράγεται από τα χρησιμοποιούμενα φυτοφάρμακα της γύρω περιοχής. Το ισοζύγιο των συγκεντρώσεων των παραγόμενων ιζημάτων μιας λίμνης αναλύεται στα επόμενα κεφάλαια.

Ο εμπλουτισμός των επιφανειακών νερών των λιμνών ή λιμνοθαλασσών με θρεπτικά συστατικά αζώτου και φωσφόρου ανατρέπει την φυσιολογική ροή της αλυσίδας και προκαλεί εκρηκτική αύξηση των αλγών. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως ευτροφισμός και δημιουργεί προβλήματα ρύπανσης και κατ' επέκταση υποβάθμισης των νερών, όπως δυσοσμίες, χρωματισμός του νερού και ανοξικές συνθήκες.

Ο εμπλουτισμός ενός υδάτινου αποδέκτη με θρεπτικά στοιχεία, που συνεπάγεται υπερβολική ανάπτυξη φυκών, αποδίδεται με τον όρο ευτροφισμός. Ο ευτροφισμός είναι σχεδόν μόνιμο φαινόμενο στις λίμνες ή κόλπους θαλασσών, οι οποίες χρησιμοποιούνται ως υδάτινοι αποδέκτες βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων. Το φαινόμενο επιτείνεται και από τα αζωτούχα και φωσφορικά λιπάσματα, όπου από τις λεκάνες απορροής καταλήγουν στους υδάτινους αποδέκτες. Καθώς τα φύκη χρησιμοποιούν τα διαλυμένα στο νερό θρεπτικά στοιχεία και την ηλιακή ενέργεια, αυξάνονται σε πληθυσμό, που στη συνέχεια αποτελούν διαθέσιμη τροφή για καταναλωτικούς οργανισμούς. Η τυπική αναλογία, που τα φύκη χρησιμοποιούν τα βασικά στοιχεία για την ανάπτυξη τους είναι C:N:P = 41:7:1.

Η λήψη μέτρων για τον περιορισμό και την αντιμετώπιση του ευτροφισμού προϋποθέτει την πλήρη μελέτη του φαινομένου αυτού και την γνώση της οικολογικής δομής των υδάτινων αποδεκτών. Η μελέτη γίνεται με την βοήθεια διαφόρων φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων. Όταν ολοκληρωθεί η μελέτη αυτή με βάση τις διάφορες βιολογικές παραμέτρους, μας δίνει στοιχεία για την σωστή διαχείριση των αποδεκτών. Από τις φυσικοχημικές παραμέτρους οι κυριότερες είναι θερμοκρασία, αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο, pH, θολρότητα-διαφάνεια, θρεπτικά συστατικά. Από τις βιολογικές παράμετροι οι κυριότερες είναι χλωροφύλλη-α,

ποιοτική και ποσοτική σύσταση του φυτοπλαγκτού, περίφυτο-μακρόφυτο, ποικιλότητα, βένθος-ιχθείς.

Η εκτίμηση του βαθμού του ευτροφισμού των νερών γίνεται με διάφορες μεθόδους, βασικό χαρακτηριστικό των οποίων είναι η χρήση κάποιου δείκτη ευτροφισμού. Οι δείκτες αυτοί διαμορφώνονται με βάση χημικές ή βιολογικές παραμέτρους, με τις οποίες προσδιορίζεται η τροφική κατάσταση των οικοσυστημάτων. Οι κυριότεροι δείκτες ευτροφισμού είναι

- Διαλυμένο οξυγόνο
- Άλατα αζώτου-φωσφόρου (λόγος N/P)
- Χλωροφύλλη-α
- Διαφάνεια
- Ποιοτική-ποσοτική σύσταση φυτοπλαγκτού
- Βιοποικιλότητα ειδών

Οι παραπάνω δείκτες μεμονωμένοι ή σε συνδυασμό μπορούν να δώσουν αξιόλογα αποτελέσματα στην εκτίμηση της κατάστασης του ευτροφισμού ενός υδάτινου αποδέκτη. Το διαλυμένο οξυγόνο είναι μια σημαντική παράμετρος ελέγχου της ποιότητας των νερών, του βαθμού οργανικής ρύπανσης των αποβλήτων και της λειτουργίας των μονάδων επεξεργασίας αυτών. Χαμηλές τιμές του διαλυμένου οξυγόνου δείχνουν ρύπανση των νερών με βιοαποικοδομήσιμες οργανικές ενώσεις. Όταν η συγκέντρωση του διαλυμένου γίνει μικρότερη από 4 ppm (4 mg/L) τότε αρχίζουν ανοξικές συνθήκες για τους υδρόβιους οργανισμούς με κατώτατο όριο τα 2 ppm (2 mg/L). Επίσης η χλωροφύλλη α είναι ένας από τους πιο διαδεδομένους δείκτες για τον καθορισμό της τροφικής κατάστασης ενός υδάτινου αποδέκτη της φυτοπλακτονικής βιομάζας.

Το άζωτο και ο φωσφόρος είναι περιοριστικοί παράγοντες, οι οποίοι καθορίζουν την πληθυσμιακή αύξηση της βιομάζας των φυκών (φυτοπλακτονικοί οργανισμοί). Κατά κανόνα στα επιφανειακά και υπόγεια νερά περιοριστικός παράγοντας είναι ο φωσφόρος ενώ στη θάλασσα είναι περισσότερο το άζωτο. Οι υδάτινοι αποδέκτες χαρακτηρίζονται από άποψη ευτροφισμού σαν oligotroφικοί, mesotroφικοί, eutroφικοί και hypertroφικοί. Οι κάθε είδους επιφανειακές απορροές μεταφέρουν στους υδάτινους αποδέκτες και θρεπτικά στοιχεία (N, P) και έτσι έχουμε

μα βαθμιαία μετάπτωση από την ολιγοτροφική στην ευτροφική ή υπερτροφική κατάσταση.

Οι ενώσεις του αζώτου παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην αξιολόγηση της ρύπανσης των νερών. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το άζωτο συντελεί στην δημιουργία του ευτροφισμού, όπου κατά κανόνα η διαθέσιμη ποσότητά του εμφανίζεται ως περιοριστικός παράγοντας. Το άζωτο απαντά με διάφορες βαθμίδες οξειδωσης από +5 μέχρι -3. Οι κυριότερες μορφές του αζώτου που εμφανίζονται στα νερά είναι:

- i) Νιτρικά ιόντα (NO_3^-) αριθμός οξειδωσης N +5
- ii) Νιτρώδη ιόντα (NO_2^-) αριθμός οξειδωσης N +3
- iii) Αμμωνιακά ιόντα (NH_4^+) αριθμός οξειδωσης N -3
- iv) Οργανικό άζωτο

όλες αυτές οι ενώσεις, ακόμη και το διαλυμένο αέριο άζωτο, είναι αφομοιώσιμες από τους μικροοργανισμούς που συμμετέχουν στην διαμόρφωση του κύκλου του αζώτου.

Η αμμωνία με την μορφή NH_4^+ ή NH_4OH ή NH_3 βρίσκεται σ' όλα τα επιφανειακά νερά και σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στα αστικά λύματα και βιομηχανικά απόβλητα. Η συγκέντρωσή της στα υπόγεια νερά είναι πολύ μικρή ή μηδενική. Η αμμωνία προέρχεται κυρίως από την υδρόλυση της ουρίας και την αποικοδόμηση οργανικών αζωτούχων ενώσεων. Επειδή είναι και προϊόν μικροβιακών δράσεων, η παρουσία της αμμωνίας αποτελεί ένδειξη ρύπανσης των νερών από οργανικές ενώσεις και παρουσίας μικροοργανισμών. Για αυτό, τα πόσιμα νερά που περιέχουν ίχνη αμμωνίας κρίνονται ακατάλληλα. Η αναλογία $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ καθορίζεται κατά κύριο λόγο από το pH του νερού. Η ελεύθερη αμμωνία είναι τοξική για τα ψάρια, με όριο ανοχής την συγκέντρωση των 0.2 ppm NH_3 . Κατά την χλωρίωση των επεξεργασμένων λυμάτων παρατηρείται σχηματισμός μονό και διχλωραμινών.

Τα επιφανειακά νερά (λίμνες, θάλασσες) περιέχουν μικρές ποσότητες αζωτούχων ενώσεων, που προέρχονται από τον κύκλο της φωτοσύνθεσης. Έτσι, το ανόργανο άζωτο μετατρέπεται σε αμίνες και αμινοξέα, τα οποία αποτελούν τα δομικά συστατικά των πρωτεϊνών και των νουκλεϊκών οξέων. Μετά τον θάνατο των οργανισμών, το άζωτο απελευθερώνεται από τα κύτταρα με την μορφή διαλυτών, κολλοειδών και αδιάλυτων αζωτούχων οργανικών ενώσεων. Κατόπιν διάφοροι μικροοργανισμοί μετατρέπουν το άζωτο των οργανικών ενώσεων σε NO_2^- και NO_3^- (νιτροποίηση). Αυξημένες συγκεντρώσεις οργανικού αζώτου στο νερό αποτελούν ένδειξη ότι το νερό έχει ρυπανθεί από αστικά λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα. Για

αυτό το λόγο το οργανικό άζωτο στο νερό αποτελούν ένδειξη ότι το νερό έχει ρυπανθεί από αστικά λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα.

Τα νιτρώδη ιόντα είναι μια ενδιάμεση βαθμίδα της κλίμακας σθένους του αζώτου. Προέρχονται τόσο από την οξείδωση της αμμωνίας όσο και από την αναγωγή των νιτρικών ιόντων. Η συγκέντρωση των νιτροδών στα φυσικά νερά είναι πολύ μικρή, συνήθως κάτω του 0.1 ppm $\text{NO}_2\text{-N}$. Η συγκέντρωσή τους ελατώνεται και επειδή οξειδώνονται προς νιτρικά ιόντα. Η παρουσία τους στο πόσιμο νερό το καθιστά ακατάλληλο για πόση, επειδή αποτελεί ένδειξη πρωτεϊνούχων ενώσεων και δράσης ορισμένων οργανισμών. Τα νιτρώδη συναντούνται στα νερά ψύξης των βιομηχανιών όπου προστίθενται ως αντιβακτηριδιακό, σε διάφορα βιομηχανικά απόβλητα και στα απόβλητα που έχουν υποστεί βιολογικό καθαρισμό.

Τα νιτρώδη ιόντα στα νερά είναι δείκτης ρύπανσης των νερών. Τα ανώτατα επιτρεπτά όρια στα νερά καθορίζουν την ένδειξη ρύπανσης των νερών. Τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για τα νιτρώδη στο πόσιμο νερό είναι 0.1 ppm και στα υγρά απόβλητα 3 ppm, που είναι πολύ χαμηλά σε σχέση με τα όρια για τα νιτρικά, που σημαίνει ότι έχουν υψηλό βαθμό επικινδυνότητας. Τα νιτρώδη αξιολογούνται ως θρεπτικά συστατικά.

Τα νιτρικά ιόντα (NO_3^-) αντιστοιχούν στην ανώτατη οξειδωτική κατάσταση του αζώτου. Οι μεταβολές της συγκέντρωσής τους στα νερά, οφείλονται σε διάφορες βιολογικές δράσεις. Η συγκέντρωσή τους στα φυσικά νερά είναι πολύ μικρή, ενώ ορισμένα υπόγεια νερά, εμφανίζουν αυξημένες συγκεντρώσεις. Η ανώτατη επιτρεπτή τιμή των νιτρικών στο πόσιμο νερό είναι 50 ppm, δηλαδή 500 φορές μεγαλύτερη των νιτροδών. Τα νιτρικά είναι ουσιώδες θρεπτικό συστατικό πολλών φωτοσυνθετικών αυτότροφων οργανισμών και σε ορισμένες περιπτώσεις είναι περιοριστικός παράγοντας ανάπτυξης.

Ο φώσφορος είναι ένα απαραίτητο στοιχείο των ζώντων οργανισμών. Ανήκει στα θρεπτικά συστατικά, όπου συντελεί στον ευτροφισμό των νερών. Αποτελεί τον περιοριστικό παράγοντα στον ευτροφισμό των λιμνών. Ο φώσφορος δεν βρίσκεται ελεύθερος στο περιβάλλον. Στα νερά βρίσκεται σε διάφορες μορφές φωσφορικών ενώσεων. Οι μορφές αυτές διαιρούνται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: i) Ορθοφωσφορικά ιόντα PO_4^{-3} , ii) Πολυφωσφορικά ιόντα $\text{P}_2\text{O}_7^{-4}$, $\text{P}_3\text{O}_{10}^{-5}$, $\text{P}_3\text{O}_9^{-3}$ iii) Οργανικός φωσφόρος. Ο κύκλος του φωσφόρου στα νερά παρουσιάζει ενδιαφέρον και από το γεγονός ότι τα φωσφορικά άλατα συμμετέχουν σημαντικά

στους διάφορους μηχανισμούς διασποράς και κατανομής των μεταλλικών ιόντων στους υδάτινους αποδέκτες.

Αυξημένες συγκεντρώσεις αμμωνιακών, νιτρικών και φωσφορικών αλάτων στα νερά, συντελούν στην αύξηση του φαινομένου του ευτροφισμού. Η παρουσία των αλάτων αζώτου-φωσφόρου στα νερά αποτελεί ένδειξη ευτροφικής κατάστασης. Για καλύτερη αξιολόγηση του ευτροφισμού, χρησιμοποιούνται οι απόλυτες συγκεντρώσεις των ανόργανων ενώσεων αζώτου-φωσφόρου και ο λόγος N/P. Ο λόγος N/P χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί ποιο θρεπτικό στοιχείο (N ή P) αποτελεί περιοριστικό παράγοντα και προκαλεί τον ευτροφισμό. Όταν ο λόγος N/P παίρνει τιμές μεγαλύτερες από 16/1 τότε περιοριστικός παράγοντας του ευτροφισμού είναι ο φωσφόρος. Αντίθετα, όταν ο λόγος N/P είναι μικρότερος του 16/1, περιοριστικός παράγων είναι το άζωτο. Όταν οι συγκεντρώσεις των αλάτων αζώτου και φωσφόρου είναι μεγάλες, τότε ούτε το άζωτο, ούτε ο φωσφόρος αποτελούν περιοριστικούς παράγοντες.

Ο εμπλουτισμός των νερών (λίμνες, λιμνοθάλασσες κ.α.) με θρεπτικά συστατικά αζώτου και φωσφόρου ανατρέπει την φυσιολογική ροή της τροφικής αλυσίδας και προκαλεί εκρηκτική αύξηση των αλγών και ιδιαίτερα των χλωροφυκών και κυανοφυκών. Ο ευτροφισμός δημιουργεί προβλήματα ρύπανσης και κατ' επέκταση υποβάθμισης των νερών, όπως ανοξικές συνθήκες, δυσοσμίες και χρωματισμός του νερού. Αν ο ευτροφισμός δεν περιοριστεί, τότε τα νερά υποβαθμίζονται συνεχώς και στο τέλος επικρατούν πλήρως οι αναερόβιες συνθήκες και νεκρώνονται οι υδρόβιοι οργανισμοί (Ανδρεαδάκης, 1986, Κουιμτζη κ.α, 1994, 1998, Μαρκαντωνάτος, 1984, Χριστούλας, 1996, Στάμου, 2004).

Η έντονη ανάπτυξη των φυκών στον υδάτινο αποδέκτη λόγω ευτροφικών ή υπερτροφικών καταστάσεων έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση αντιαισθητικών καταστάσεων, που υποβαθμίζει τον αποδέκτη σαν χώρο αναψυχής, μειώνει το διαλυμένο οξυγόνο και προσδίδει στο πόσιμο νερό δυσάρεστες οσμές.

Ο σύγχρονος άνθρωπος επιτάχυνε την εξέλιξη των καταστάσεων ευτροφισμού δραματικά, με αποτέλεσμα μέσα σε λίγες δεκαετίες οι ολιγοτροφικοί αποδέκτες εξελίχθηκαν σε ευτροφικούς και υπερτροφικούς κυρίως λόγω των αυξημένων διαθέσεων λυμάτων σε θρεπτικά στοιχεία, υγρών αποβλήτων και νερών απορροής από γεωργικές και αστικές περιοχές. Άλλο πρόβλημα ρύπανσης των λιμνών μπορεί να δημιουργηθεί από την διάθεση βαρέων μετάλλων από διάφορες βιομηχανικές μονάδες ή από την χρήση φυτοφαρμάκων, που χρησιμοποιούνται στις αγροτικές

καλλιέργειες των εγγειοβελτιωτικών έργων. Μεγάλες συγκεντρώσεις σε βαρέα μέταλλα μπορεί να είναι τοξικές και να υποβαθμίσουν το υδατικό οικοσύστημα μιας λίμνης.

Πέρα από τις χημικές και τοξικολογικές παραμέτρους – δείκτες, που πρέπει να ελέγχονται για την ποιότητα του νερού από μια λίμνη θα πρέπει να μελετούνται και οι μικροβιολογικοί παράγοντες για την έγκαιρη διάγνωση και πρόληψη από παθογόνους οργανισμούς. Τα σημεία υδροληψίας δε πρέπει να βρίσκονται σχετικά κοντά σε εκβολές ποταμών για την αποφυγή συχνών αποκαταστάσεων βλαβών υδραυλικών κατασκευών από την ορμή τοπικών χειμάρρων (Κατσίρη, 1992, Αρβανιτίδου, 2009, Παπαπετροπούλου, κ.α., 2010, Αραβώσης, 2002, Μαμάσης, 2009).

Επιπλέον καλό είναι να γίνεται υδροληψία σε σημεία όπου υπάρχει σχεδόν συνεχής ροή υδάτων και να αποφεύγεται σε λιμνάζοντα νερά για την αποφυγή κρουσμάτων επιδημιών από παθογόνους οργανισμούς. Συστήματα σημείων ελέγχου ποιότητας νερών HACCP, Hazard Analysis Control Check Points σε συνεργασία με σύγχρονες οικονομικές τεχνολογίες πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών πρέπει να εφαρμόζονται για την καταγραφή των δεικτών ποιότητας του νερού των δειγματοληψιών σε διάφορα γεωγραφικά σημεία των υδρολογικών λεκανών απορροής που μελετούνται. Μια βάση γεωγραφικών δεδομένων πληροφοριακών συστημάτων πρέπει να υπάρχει για την χωροχρονική καταγραφή μέσω GPS & GSM συστημάτων των μετρήσεων και την λήψη έγκαιρων μέτρων διαχείρισης έργων αυτοματισμών υδραυλικών κατασκευών αντιμετώπισης πιθανών κινδύνων μη λειτουργίας των έργων υδροληψίας ή κρουσμάτων επιδημιών (Πολύζος, 2006, Φωτίου κ.α., 2006, Κωστόπουλος, 2010, Γιακουμάκης, 1994, Βσιλακόπουλος κ.α. 1990, Τσάκωνας, 2008, Περδικάρης, 2003, Τσαγατάκης, 2003, Τσακίρης, 2008, Πετρίδης, 2003, Kerkinghan, 1988, Δερμάνης, 1999, Συρμακέζης κ.α. 1991).

Η ηλεκτροδότηση και ομαλή λειτουργία της συνεργασίας των παραπάνω πληροφοριακών και τηλεπικοινωνιακών συστημάτων πρέπει να είναι διασφαλισμένη σε όλη την διάρκεια του έτους ακόμη και σε περιπτώσεις μεγάλου φόρτου του ηλεκτρικού δικτύου ή άλλων αιτίων ή πιθανών βλαβών του λόγω θεομηνιών. Έτσι σε μια καταιγίδα, όπου έχουμε μεγάλη απορροή υδάτων, εάν δεν λειτουργήσει ένα σύγχρονο πληροφοριακό σύστημα παρακολούθησης εκπομπών ρύπων λόγω ηλεκτρικής βλάβης τότε δε θα μπορούσαμε να μετρήσουμε πιθανές αυξημένες μικροβιολογικές ή επικίνδυνες τοξικές χημικές συγκεντρώσεις σε επιλεγμένα σημεία

στις εκβολές ποταμών μιας εξεταζόμενης λεκάνης απορροής, ώστε να πάρουμε έγκαιρα μέτρα αντιμετώπισης της ρύπανσης.

Κατά συνέπεια στις περιπτώσεις βλαβών ή υπερφόρτωσης του ηλεκτρικού δικτύου απαραίτητη είναι η λειτουργία των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ενέργεια από φωτοβολταϊκές συστοιχίες ή ανεμογεννήτριες ή άλλες μορφές ενέργειας, που μπορούν να χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών σε χρήση ηλεκτρισμού των GPS, GSM κ.α τεχνολογιών καταγραφής υδρολογικών, χημικών και μικροβιολογικών μετρήσεων. Έτσι η λήψη των μετρήσεων θα πρέπει να γίνεται άμεσα σε ένα κέντρο ελέγχου πληροφοριακών συστημάτων διαχείρισης υδραυλικών έργων. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να ελέγχεται η ομαλή λειτουργία του υδραυλικού δικτύου μιας περιοχής μέσω κατάλληλων τεχνολογιών συστημάτων αυτομάτου ελέγχου, ώστε να λαμβάνονται έγκαιρα μέτρα αντιμετώπισης πιθανών βλαβών υδραυλικών έργων μετά από θεομηνίες ή άλλα τυχαία περιστατικά.

Επιπλέον στις μέρες μας η άντληση νερού είτε με σκοπό την άρδευση είτε με σκοπό την αποθήκευση και την τροφοδοσία νερού σε αγροτικές περιοχές αποτελεί μια από τις κυριότερες εφαρμογές υδραυλικών έργων και ενεργειακής τεχνολογίας έργων της ηλιακής φωτοβολταϊκής ενέργειας καθώς μπορεί να ανταγωνιστεί σε οικονομικό όφελος άλλες ενεργειακές πηγές μη ανανεώσιμης προέλευσης. Στη χώρα μας δίνονται ευκαιρίες σε ιδιώτες να μπορούν να πωλούν ρεύμα στην Δ.Ε.Η από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις ή ανεμογεννήτριες βάσει σχετικής νομοθεσίας που υπάρχει.

Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ολοένα και πιο αναγκαία είτε λόγω οικονομίας πόρων είτε λόγω προστασίας του περιβάλλοντος κυρίως από τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα από την καύση ορυκτών πόρων προς παραγωγή ενέργειας. Οι ανεμογεννήτριες αποτελούν το στοίχημα για ένα κόσμο χωρίς ρύπανση και εξαρτήσεις από αναλώσιμες ορυκτές πηγές. Ο τομέας της αιολικής ενέργειας και των φωτοβολταϊκών αναπτύσσεται με γιγαντιαία βήματα ενώ οι εφαρμογές του είναι ολοένα ευρύτερες και παραγωγικότερες. Η σωστή διαχείριση των κατασκευών και η εφαρμογή βέλτιστων τεχνικοοικονομικών σχεδιασμών στην άντληση και χρήση νερού είναι αναγκαία για την εξοικονόμηση υδατικών, ενεργειακών πόρων και την μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Κούγκολος, 2001, Κατσίρη, Α, 2010, Παντουβάκης, 2003, Εφραιμίδη, 2002, Εμίρης, 2006, Κηρυττόπουλος, 2006,

Κατσιφάρακης, 2006, Καλιαμπάλος, 2008, Γιαννόπουλος κ.α 2005, Παππής, 2008, Ψιλοβίκος κ.α, 2002, Πολυράκης, 2003).

Ένα σύστημα άντλησης, που βασίζεται στην ηλιακή φωτοβολταϊκή ενεργεία μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια που μας παρέχει η φωτοβολταϊκή γεννήτρια σε υδραυλική επιτυγχάνοντας έτσι να ανυψωθεί συγκεκριμένος όγκος νερού μέχρι να φτάσει σε προκαθορισμένο ύψος. Οι δυο σημαντικότερες εφαρμογές φωτοβολταϊκής άντλησης είναι η άρδευση και η κάλυψη της αποθήκευσης - ζήτησης νερού για την τροφοδοσία με νερό αγροτικών περιοχών. Τα κυριότερα στοιχεία, που την καθιστούν εφικτή είναι το υποσύστημα παραγωγής ενέργειας, το υποσύστημα κινητήρα αντλίας, το υποσύστημα διαμόρφωσης η μετασχηματισμού της ισχύος και το υποσύστημα συσσώρευσης και διανομής.

Ένα άλλο στοιχείο που πρέπει να υπάρχει στα σύγχρονα υδραυλικά έργα είναι οι αισθητήρες ένδειξης στάθμης οι οποίοι καθιστούν δυνατή την ορθή και ασφαλή λειτουργία της εγκατάστασης καθώς και όλων των στοιχείων που την αποτελούν. Οι ανάγκες σε νερό από το πότισμα χαρακτηρίζονται από μεγάλη μεταβλητότητα ανάλογα με τις εποχές του χρόνου καθώς εξαρτώνται από το είδος της καλλιέργειας που επιθυμούμε να αρδεύουμε.

Αντίθετα η τροφοδοσία σε νερό αγροτικών περιοχών παρουσιάζει διαρκής ζήτηση καθόλη τη διάρκεια του έτους. Οι φυγοκεντρικές αντλίες χρησιμοποιούνται κυρίως στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις άντλησης νερού. Οι φυγοκεντρικές αντλίες σχεδιάζονται για ένα σχεδόν σταθερό μανομετρικό ύψος και αποδίδουν μεγαλύτερη παροχή από τις αντίστοιχες περιστροφικές αντλίες. Η απόδοση τους είναι σημαντική για ύψη μικρότερα των εικοσιπέντε μέτρων. Οι περιστροφικές αντλίες είναι κατάλληλες για τις μεγάλες αυξήσεις της πίεσης ή υψηλές στάθμες και χαμηλή παροχή. Οι αντλίες κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την θέση τους στην εγκατάσταση και διαχωρίζονται σε τρεις τύπους σε πλωτές, επιφανειακές και υποβρύχιες. Ο ρόλος του υποσυστήματος διαμόρφωσης της ισχύος είναι να παρέχει στο υποσύστημα κινητήρα αντλίας τον πλέον κατάλληλο σχεδιασμό τάσης ρεύματος. Διασφαλίζοντας ότι η γεννήτρια θα δουλεύει στη μέγιστη δυνατή της ισχύ. Άλλα συστήματα που χρησιμοποιούνται στη φωτοβολταϊκή άντληση είναι οι αισθητήριες μέτρησης επιπέδου στάθμης όπου χρησιμεύουν στη χρησιμοποίησή τους για την αποφυγή της υπερχειλίσης των δεξαμενών νερού (Μουτάφης, Στεφανάκος, 2003, Στεφανάκος, 2003, Παναγούλια, 2003).

Η σωστή διαχείριση έργων και ο προγραμματισμός έργων επίβλεψης ομαλής λειτουργίας υδραυλικών έργων με χρήσεις νέων τεχνολογιών διοίκησης έργων είναι απαραίτητα στη σύγχρονη εποχή μας. Έτσι θα μπορέσει να επιτευχθεί από κατάσταση πιθανών βλαβών ή βελτίωση υπαρχόντων πεπαλαιωμένων αντιοικονομικών χαράξεων υδραυλικών δικτύων οι οποίες δε μπορούν να ανταπεξέλθουν στις σύγχρονες απαιτήσεις και ανάγκες χρήσης νερού σε αγροτικές περιοχές, όπως αυτή της λίμνης Κορώνειας που παρουσιάζεται σε αυτή την εργασία. Έργα ροής με ελεύθερη επιφάνεια απαιτούνται σε χείμαρρους, που έχει αυξηθεί η υδραυλική τους κλίση λόγω φαινόμενων διάβρωσης, είναι απαραίτητα για τη μείωση των φερτών υλών και του νεκρού όγκου της λίμνης Κορώνειας. Επιπλέον τα υδραυλικά έργα ροής με ελεύθερη επιφάνεια είναι καλό να υπάρχουν και στο οδικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής και να οδηγούνται μέσω κατάλληλων υδραυλικών αποχετευτικών έργων προς συλλογή τους σε δεξαμενές για την εκμετάλλευσή τους (Νουτσόπουλος, 1976, Κουτσογιάννης, 1999, Κοφίτσας, 2001).

Η συλλογή των απαραίτητων τοπογραφικών, γεωτεχνικών στοιχείων, η αξιοποίηση αυτών μέσω των γεωγραφικών συστημάτων πληροφορικής Γ.Σ.Π και η εφαρμογή των αρχών της τεχνικής υδρολογίας όταν υπάρχουν ολοκληρωμένα αρκετά διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία μας βοηθούν να προσομοιώσουμε το υδρολογικό πρόβλημα όσο το δυνατόν γίνεται καλύτερα προκειμένου να προχωρήσουμε στο σχεδιασμό των απαραίτητων υδραυλικών έργων και την συνεχή διαχείριση και βελτίωσή τους (Μιμίκου, 1999, 2002, Κουτσογιάννης, Ξανθόπουλος, 1999, Κοφίτσας, 2009, Μέρτικας, 1999, Σύρκος, 2007, Κουτσόπουλος, 2010, Ζήσου, 2007, Καββαδάς, 2002).

Στα επόμενα κεφάλαια αναλύεται το πρόβλημα ρύπανσης ενός υδατικού αποδέκτη από την απορροή φυτοφαρμάκων στη λίμνη Κορώνεια, της περιοχής Λαγκαδά του νομού Θεσσαλονίκης. Συγκεκριμένα η παρούσα διπλωματική εργασία μελετάει τα υδατικά ισοζύγια της λίμνης Κορώνειας και την ποιότητα των επιφανειακών, υπο-επιφανειακών νερών και ιζημάτων για δεδομένες συγκεντρώσεις δραστικών φυτοφαρμάκων που απορρέουν στη λίμνη, πριν και μετά την λήψη μέτρων αποκατάστασης της ρύπανσης της λίμνης.

1.4. ΑΡΧΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Εκτός από την προσομοίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών μιας λίμνης κρίνεται απαραίτητη και αναγκαία η δειγματοληψία των επιφανειακών νερών καθώς και των ιζημάτων της λίμνης μέσα στον χρόνο για τον έλεγχο και την εκτίμηση της ποιότητας μιας λίμνης.

Πραγματοποιώντας μια εκτεταμένη και αξιόπιστη δειγματοληψία των επιφανειακών νερών και των ιζημάτων μιας λίμνης ανά τακτά χρονικά διαστήματα μπορούμε να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα ως προς τον βαθμό της ρύπανσης μιας λίμνης και τον ρυθμό εξυγίανσης της μέσα στην πορεία του χρόνου. Οι διάφοροι τύποι ελέγχου της ποιότητας των νερών και του βαθμού της αποκατάστασης ρύπανσης των νερών και των ιζημάτων περιλαμβάνουν ορισμένες παραμέτρους, οι κυριότερες από τις οποίες αναφέρονται παρακάτω (Κουιμτζής κ.α. 1994).

A. Παράμετροι οργανοληπτικού ελέγχου

1. Οσμή
2. Γεύση
3. Χρώμα
4. Θολερότητα
5. Αιωρούμενα στερεά
6. Αφροί, κηλίδες

B. Παράμετροι Γενικού Φυσικοχημικού Ελέγχου

1. Αγωγιμότητα
2. Σκληρότητα
3. Ολικά διαλυμένα στερεά
4. Αλκαλικότητα
5. Χλωριότητα
6. Δυναμικό οξειδοαναγωγής
7. Νάτριο, κάλιο κ.α.
8. Διαλυμένο οξυγόνο

Γ. Παράμετροι Ελέγχου της Ρύπανσης των Νερών

1. Οξειδωσιμότητα (KMnO_4)
2. Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)
3. Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)
4. Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)
5. Ενώσεις του αζώτου (αμμωνία, νιτρικά, νιτρώδη)
6. Ενώσεις φωσφόρου (φωσφορικά, πολυφωσφορικά)
7. Θειϊκά, θειούχα κ.α.
8. Απορρυπαντικά
9. Βαρέα μέταλλα, τοξικά στοιχεία
10. Λιπαρές ουσίες, πετρελαιοειδή
11. Άλλες τοξικές ουσίες (φυτοφάρμακα, οργανοχλωριωμένες ενώσεις, κυανούχα)

Δ. Βιολογικές Παράμετροι

1. Χλωροφύλλη-α
2. Φυτοπλαγκτό
3. Βιοποικιλότητα

Ε. Μικροβιολογικές Παράμετροι

1. Κολοβακτηρίδια – Κολοβακτηριοειδή
2. Παθογόνα μικρόβια

ΣΤ. Ραδιολογικές Παράμετροι

1. α και β ακτινοβολία
2. Ραδιοϊσότοπα

Ζ. Ειδικοί Έλεγχοι

1. Βιολογικοί
2. Τοξικολογικοί
3. Έλεγχοι ιζημάτων (κοκομετρικοί, μαγνητικοί, ορυκτολογικοί)

Ο τύπος του περιβαλλοντικού ελέγχου και κατ' επέκταση οι παράμετροι ελέγχου επιλέγονται με βάση τους ειδικούς στόχους και λόγους για τους οποίους γίνεται ο συγκεκριμένος έλεγχος. Ανάλογα επιλέγονται οι τεχνικές δειγματοληψίας.

Η σημασία της δειγματοληψίας στον έλεγχο των νερών και των ιζημάτων είναι μεγάλη. Γενικά πρέπει να προβλεφθούν τα παρακάτω

- Επιλογή των παραμέτρων που θα μετρηθούν επί τόπου
- Επιλογή των κατάλληλων δοχείων για μεταφορά των δειγμάτων
- Προκατεργασία και συντήρηση των δειγμάτων
- Καταγραφή των απαραίτητων περιβαλλοντικών παραμέτρων τη στιγμή της δειγματοληψίας

Η διαδικασία της δειγματοληψίας διαφέρει ανάλογα με τους στόχους και τους λόγους για τους οποίους γίνεται. Το ίδιο ισχύει και για τους περιβαλλοντικούς παράγοντες που καταγράφονται. Υπάρχουν διάφοροι όροι, που αναφέρονται τόσο στα σημεία δειγματοληψίας όσο και στα ίδια τα δείγματα, για τους οποίους κρίνεται σκόπιμο να αποσαφηνισθούν παρακάτω.

Περιοχή δειγματοληψίας είναι μια έκταση στην οποία βρίσκονται τα σημεία δειγματοληψίας όπως μια λίμνη, ένα τμήμα ενός ποταμού, μια θαλάσσια έκταση, μια εδαφική έκταση.

Σημείο δειγματοληψίας είναι ένα καθορισμένο σημείο με ακρίβεια, από το οποίο συλλέγεται το δείγμα και το οποίο ορίζεται από τις συντεταγμένες.

Πηγή είναι η έξοδος αποβλήτων ενός εργοστασίου, η έξοδος τοξικών συγκεντρώσεων φυτοφαρμάκων από μια αγροτική καλλιέργεια, έξοδος λυμάτων ενός αποχετευτικού αγωγού κ.α.

Στιγμιαίο δείγμα είναι ένα δείγμα που συλλέγεται από ένα καθορισμένο σημείο δειγματοληψίας και αντιπροσωπεύει την σύσταση του νερού στο σημείο εκείνο για το συγκεκριμένο χρόνο.

Σύνθετο είναι το δείγμα που προκύπτει από την ανάμειξη πολλών απλών δειγμάτων, τα οποία ελήφθησαν από το ίδιο σημείο δειγματοληψίας αλλά σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

Ολοκληρωμένο είναι το δείγμα που προκύπτει από την ανάμειξη πολλών απλών δειγμάτων, τα οποία ελήφθησαν ταυτόχρονα από διαφορετικά σημεία δειγματοληψίας.

Τα σύνθετα και τα ολοκληρωμένα δείγματα χρησιμοποιούνται κυρίως για να περιοριστεί ο αριθμός των αναλύσεων, ενώ παράλληλα το δείγμα μπορεί να ανταποκρίνεται περισσότερο στην πραγματική κατάσταση.

Η δειγματοληψία των νερών γίνεται με διάφορους τρόπους ανάλογα με την κατηγορία τους και την φύση των παραμέτρων που πρόκειται να προσδιοριστούν. Έτσι έχουν κατασκευασθεί δειγματολήπτες που καλύπτουν όλες τις περιπτώσεις τόσο για απλά μεμονωμένα δείγματα όσο και για αυτόματη συνεχή λήψη δειγμάτων. Επίσης έχουν αναπτυχθεί και τεχνικές για δειγματοληψία ιζημάτων και βιολογικών δειγμάτων από ορισμένες κατηγορίες νερών.

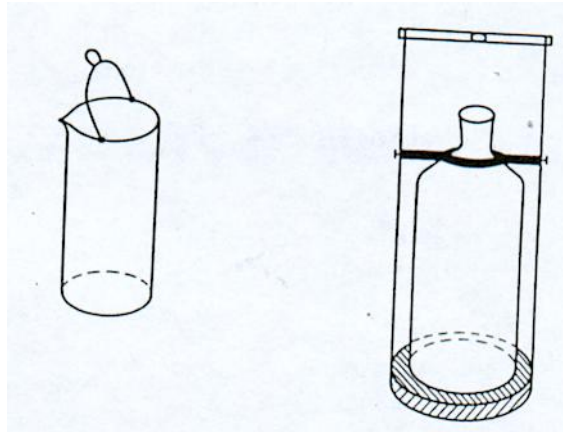
1.5. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΝΕΡΩΝ-ΛΙΜΝΩΝ

Η ανάλυση δειγμάτων επιφανειακών νερών μας δίνει σημαντικές πληροφορίες για όλα τα συστατικά των οικοσυστημάτων, όπως για τα ίδια τα νερά, τους ζώντες οργανισμούς και για τα ιζήματα που σχηματίζονται από ανόργανα συστατικά ή από οργανισμούς ζώντες ή νεκρούς. Ως επιφανειακά νερά θεωρούμε, τις λίμνες, τα ποτάμια, τα έλη, τις θάλασσες, κ.λπ.

Η διαδικασία της δειγματοληψίας στα νερά μιας λίμνης, φυσικής ή τεχνητής, προκαθορίζεται από τα μεγέθη της και από τους στόχους που έχουν τεθεί. Κατά κανόνα καταστρώνεται ένα πρόγραμμα δειγματοληψίας στο οποίο αναφέρονται: τα σημεία δειγματοληψίας, τα βάθη απ' όπου θα ληφθούν δείγματα, η συχνότητα της δειγματοληψίας, οι παράμετροι που θα προσδιορισθούν και οι περιβαλλοντικές παράμετροι που θα καταγραφούν την στιγμή της δειγματοληψίας.

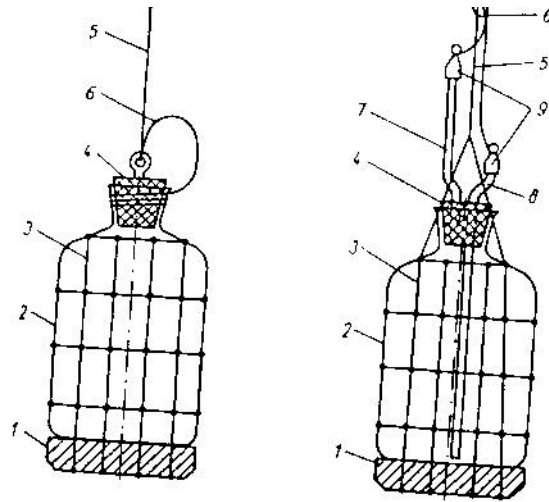
Στις περισσότερες περιπτώσεις κατασκευάζεται και ο βαθομετρικός χάρτης της λίμνης, ο οποίος μας βοηθά να παρακολουθούμε την ποσότητα του νερού που υπάρχει στην λίμνη. Παράλληλα οι χάρτες αυτοί είναι χρήσιμοι για το σωστότερο σχεδιασμό της δειγματοληψίας.

Η δειγματοληψία γίνεται συνήθως με την βοήθεια πλωτού μέσου, το οποίο κινείται αντίθετα προς την διεύθυνση του ανέμου και την διεύθυνση των ρευμάτων. Τα δείγματα λαμβάνονται μέσα σε δοχεία. Στο σχήμα 1.1. παρουσιάζονται δύο τύποι δοχείων που χρησιμοποιούνται για την λήψη μεμονωμένων επιφανειακών δειγμάτων (Κουιμτζή κ.α. , 1994).



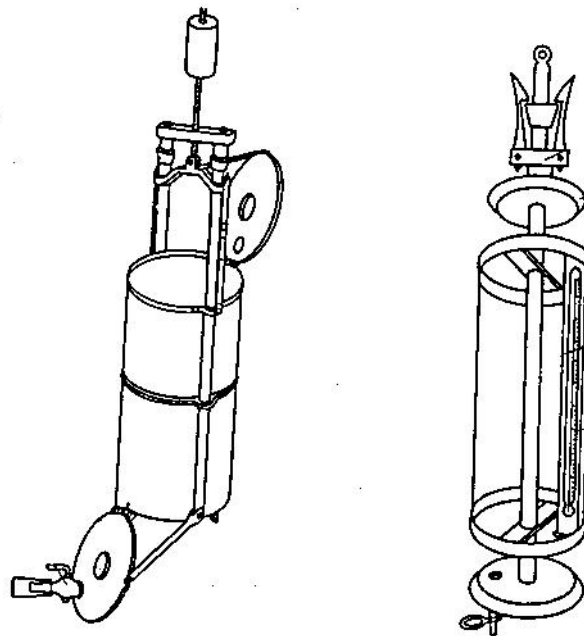
Σχήμα 1.1. Δοχεία συλλογής επιφανειακών δειγμάτων νερού.

Η λήψη μεμονωμένων δειγμάτων υπο-επιφανειακών νερών από διάφορα βάθη γίνεται με ειδικά δοχεία ή δειγματολήπτες. Στο σχήμα 1.2. απεικονίζονται δύο τύποι δοχείων που χρησιμοποιούνται για την λήψη δειγμάτων κάτω από την επιφάνεια του νερού (Κουιμτζή κ.α. , 1994). Στα δοχεία δειγματοληψίας υπο-επιφανειακών νερών στον πυθμένα τους τοποθετείται βαρίδιο, όπου με την βοήθεια σχοινιού, βυθίζεται στο νερό μέχρι το επιθυμητό βάθος. Στη συνέχεια, με ένα άλλο ειδικό σχοινί ανοίγει το στόμιο του δοχείου και εισέρχεται το νερό. Όταν το δοχείο γεμίσει με νερό ανυψώνεται, πωματίζεται και μεταφέρεται στο εργαστήριο, μετά την κατάλληλη προκατεργασία.



Σχήμα 1.2. Δοχεία δειγματοληψίας για υπο-επιφανειακά δείγματα νερού. 1. Βαρίδιο, 2. Δοχείο, 3. Πλέγμα στήριξης, 4. Πώμα, 5. Σχοινί, 6. Μηχανισμός ρύθμισης εισαγωγής του νερού.

Για την δειγματοληψία υπο-επιφανειακών νερών χρησιμοποιούνται και οι δειγματολήπτες του σχήματος 1.3. (Κουιμτζή κ.α. , 1994). Οι συσκευές αυτές βυθίζονται στο επιθυμητό βάθος με ανοικτά τα δύο άκρα. Στη συνέχεια, με ειδικό σχοινί κλείνονται τα άκρα εγκλωβίζοντας το δείγμα του νερού. Οι δειγματολήπτες αυτού του τύπου έχουν συνήθως και ενσωματωμένο θερμόμετρο.

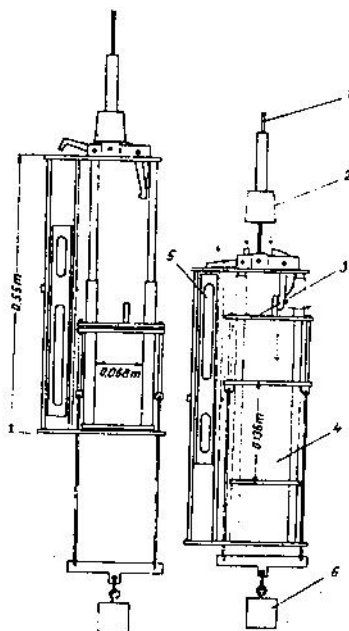


Σχήμα 1.3. Δειγματολήπτες υπο-επιφανειακών δειγμάτων νερού.

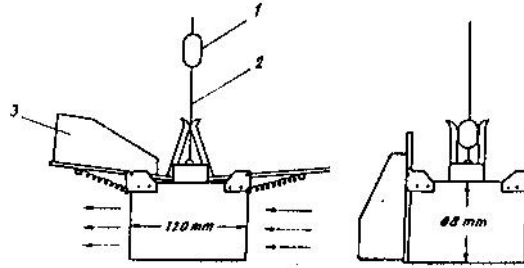
1.6. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

Στην διάρκεια της δειγματοληψίας εκτός από τα δείγματα των επιφανειακών ή υποεπιφανειακών νερών λαμβάνονται και δείγματα ιζημάτων ή ακόμα και βιολογικά δείγματα (πλαγκτόν, υδρόβιοι οργανισμοί κ.α.). Στον βυθό των λιμνών, θαλασσών, ωκεανών ή και ποταμών έχουν αποτεθεί διάφορα υλικά που σχηματίζουν τα ιζήματα. Τα υλικά αυτά προέρχονται από φερτές ύλες, από ιζηματοποίηση από νεκρούς οργανισμούς κ.α. Η σύσταση των ιζημάτων ποικίλει. Κατά κανόνα, είναι ανόργανης προέλευσης, αλλά μεγάλος αριθμός οργανικών ενώσεων και χημικών ενώσεων είναι προσροφημένος στη στερεή φάση.

Η ανάλυση των ιζημάτων έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον επειδή τα αποτελέσματά μας δίνουν χρήσιμες πληροφορίες για την ποιότητα και τον βαθμό ρύπανσης της υπερκείμενης υδάτινης μάζας. Τα δείγματα των ιζημάτων λαμβάνονται από τα ανώτερα στρώματα με τη βοήθεια ειδικών δειγματοληπτών. Στα σχήματα 1.4. και 1.5. δυο διαφορετικοί δειγματολήπτες ιζημάτων.



Σχήμα 1.4. Κάθετος δειγματολήπτης ιζημάτων. 1. Σχοινί στήριξης, 2. Μηχανισμός μετακίνησης θυρίδας, 3. Θυρίδα, 4. Κύλινδρος υποδοχής δείγματος, 5. Θερμόμετρο, 6. Βαρίδιο.



Σχήμα 1.5. Οριζόντιος δειγματολήπτης ιζημάτων. 1, 3. Μηχανισμός ανοίγματος-κλεισίματος του δειγματολήπτη 2. Σχοινί στήριξης.

Ο δειγματολήπτης με τη βοήθεια σχοινού βυθίζεται μέχρι το βυθό, όπου λόγω του βαριδίου, εισέρχεται στην υδαρή μάζα του ιζήματος. Στη συνέχεια με τον ειδικό μηχανισμό κλείνονται τα δύο άκρα του δειγματολήπτη, εγκλωβίζοντας στεγανά το δείγμα, έτσι ώστε ανερχόμενο να μην παρατηρούνται απώλειες. Συνήθως, λαμβάνονται δείγματα από 3-4 σημεία που απέχουν, αναμειγνύονται καλά, έτσι ώστε το δείγμα μας να είναι αντιπροσωπευτικό.

Όταν ο βυθός είναι περισσότερο σκληρός, τα δείγματα λαμβάνονται με ειδικούς σωλήνες. Αυτοί βυθίζονται στο βυθό και λαμβάνονται τα δείγματα με τη μορφή καρότου. Τα δείγματα ιζημάτων τοποθετούνται σε κατάλληλα κλειστά πλαστικά κυτία και στη συνέχεια μεταφέρονται στο εργαστήριο για ανάλυση. Το εργαστήριο πρέπει να είναι διαπιστευμένο, ώστε οι μετρήσεις του να είναι αξιόπιστες (Μαυρίδου, 2010)..

Τα σημεία δειγματοληψίας καλό είναι να βρίσκονται κοντά στις εκβολές των ποταμών, που παρουσιάζουν υδρολογικά μεγάλες παροχές, έτσι ώστε να μετρούνται πιθανές υψηλές συγκεντρώσεις σε μικροβιολογικές, χημικές συγκεντρώσεις και γενικότερα για τον έλεγχο της απορροής ποιοτικών χαρακτηριστικών φυτοφαρμάκων αγροτικών καλλιεργειών. Συστήματα σημείων ελέγχου ποιότητας νερών HACCP πρέπει να εφαρμόζονται καθώς επίσης να τηρούνται βιβλία αρχείων καταγραφής των μετρήσεων και των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους.

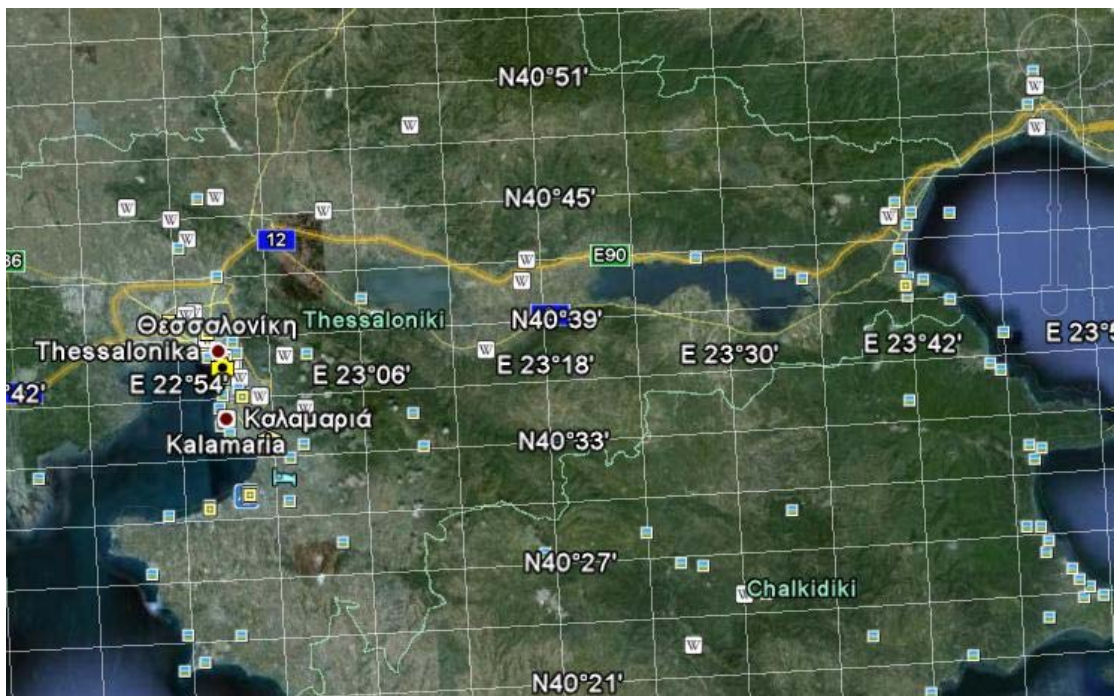
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ - ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

2.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

Από την αρχαιότητα οι κοινωνίες των ανθρώπων, ξεκινούσαν να αναπτύσσονται δίπλα στο νερό, σε υγροτόπους. Οι άνθρωποι κατανοούσαν ότι είχαν την ευκαιρία να αξιοποιούν τις διάφορες λειτουργίες των υγροτόπων, όπως: άφθονο φθινό νερό, ήπιο κλίμα, αυξημένη παραγωγικότητα, εύκολη πρόσβαση τροφής. Επιπλέον αξίες των υγροτόπων αφορούν τη βιολογική αξία των υγροτόπων, που σχετίζεται με τη διατήρηση του πλούτου, των φυτικών και ζωικών οργανισμών τους και η απορρόφηση μεγάλη απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα. Η λίμνη Κορώνεια είναι ένας πολύτιμος φυσικός πόρος και συνεισφέρει:

- στον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων
- στον φυσικό καθαρισμό των νερών από τους καλαμιώνες
- στη ρύθμιση του κλίματος της περιοχής
- στην ανάπτυξη της γεωργίας στα εύφορα εδάφη
- στην ανάπτυξη της αλιείας
- στην άσκηση της κτηνοτροφίας στα υγρά λιβάδια
- στη διαβίωση πολλών ειδών πουλιών



Εικόνα 2.1. Χάρτες των λιμνών Κορώνειας και Βόλβης, γεωφυσικός και δορυφορικός από το google-earth λογισμικό.

Οι λίμνες Κορώνεια και Βόλβη καταλαμβάνουν τα πιο βαθιά σημεία στη λεκάνη της Μυγδονίας. Βρίσκονται λίγα χιλιόμετρα βορειοανατολικά της Θεσσαλονίκης, δίπλα στην εθνική οδό Θεσσαλονίκης-Καβάλας. Η περιοχή των λιμνών προσδιορίζεται από την πόλη του Λαγκαδά στο δυτικό άκρο και τα στενά της Ρεντίνας, γνωστά και ως Μακεδονικά Τέμπη, στο ανατολικό άκρο. Στο μέσο αυτής

της περιοχής βρίσκονται οι δύο λίμνες και γύρω τους οι ορεινοί όγκοι της Βόλβης, του Βερτίσκου, των Κερδυλλίων, του Χορτιάτη, του Χολομώντα και του Στρατωνικού. Ανάμεσα στις δύο λίμνες υπάρχει ένα στενό κομμάτι γης το οποίο συνεχώς μεγαλώνει με την πάροδο του χρόνου. Οι λίμνες συνδέονται μεταξύ τους με μια τάφρο, ενώ η Βόλβη συνδέεται με το Στρυμονικό κόλπο μέσω του Ρήχιου ποταμού. Εκατομμύρια χρόνια πριν ολόκληρη η λεκάνη καλυπτόταν από το νερό μιας λίμνης, απομεινάρια της οποίας είναι η Κορώνεια και η Βόλβη. Η Βόλβη είναι η 2^η μεγαλύτερη λίμνη της Ελλάδας με συνολική έκταση περίπου 68 τετραγωνικά χιλιόμετρα και μέγιστο βάθος 20 μέτρα. Η Κορώνεια στη δεκαετία του 50 ήταν μια από τις πιο παραγωγικές λίμνες της χώρας σε ότι αφορά τα αλιεύματα. Έκτοτε συνεχώς συρρικνώνεται (Φορέας Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας – Βόλβης, 2011, Σχέδιο Διαχείρισης της Λίμνης Κορώνειας, 1998).

Η εύφορη περιοχή των λιμνών, υπήρξε κίνητρο και παράγοντας ανάπτυξης οργανωμένης κοινωνικής ζωής από τους προϊστορικούς ακόμα χρόνους. Γύρω από τις λίμνες έχουν ανακαλυφθεί μια σειρά οικισμοί της Νεολιθικής Εποχής, της Εποχής του Χαλκού και του Σιδήρου. Στα ιστορικά χρόνια, η ανάπτυξη των οδών διακίνησης ανθρώπων και αγαθών, οι οποίες περνούσαν από την περιοχή ενώνοντας μέσω των στενών της Ρεντίνας τη Θεσσαλονίκη με την Ανατολική Μακεδονία και τη Θράκη, οδήγησαν στην ανάπτυξη σημαντικών οικισμών, όπως η Απολλωνία. Η Ρωμαϊκή Εγνατία οδός ακολουθούσε περίπου τη χάραξη της σημερινής εθνικής οδού και μία από τις στάσεις της σώζεται ακόμα στη Ν. Απολλωνία. Η Απολλωνία ήταν σπουδαίο εμπορικό κέντρο της αρχαιότητας και υποχρεωτικός σταθμός για τους ταξιδιώτες και τα καραβάνια. Εκεί σταμάτησε και δίδαξε ο Απόστολος Παύλος, το 50μχ, προερχόμενος από τους Φιλίππους. Πλούσια ήταν η χλωρίδα και πανίδα της περιοχής. Ο υγρότοπος των λιμνών Κορώνειας και Βόλβης αποτελείται κυρίως από πλευστόφυτα (πλέον στην επιφάνεια του νερού), βενθόφυτα (ριζωμένα στον πυθμένα), καλάμια και βούρλα. Περιμετρικά των λιμνών αναπτύσσονται πλατάνια, ιτιές, λεύκες, σκλήθρα, λεύκες και αναρριχώμενα φυτά (ΕΡΤ 3, 2007, Σαδάνα, 2011, Φορέας Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας – Βόλβης, 2011, Σχέδιο Διαχείρισης της Λίμνης Κορώνειας, 1998).

Δύο αξιόλογα δάση υπάρχουν στην περιοχή: το δάσος της Ρεντίνας (δεξιά και αριστερά από τον ποταμό Ρήχιο και το δάσος της Απολλωνίας δίπλα από τη λίμνη Βόλβη. Συνολικά από άποψη χλωρίδας στην ευρύτερη περιοχή έχουν καταγραφεί 336

είδη φυτών, ενώ 13 από αυτά θεωρούνται εξαιρετικά σπάνια. Μεταξύ των δύο λιμνών βρίσκονται δύο τεράστια υπεραιωνόβια πλατάνια τα οποία έχουν κηρυχθεί φυσικά μνημεία και φιλοξενούν πλήθος φωλιών από πουλιά της περιοχής. Στις δύο λίμνες ζουν 24 είδη ψαριών, ενώ έχουν καταγραφεί 19 είδη αμφιβίων και ερπετών και 34 είδη θηλαστικών. Από πλευράς ορνιθοπανίδας, έχουν καταγραφεί πάνω από 200 είδη πουλιών (EPT 3, 2007, Σχέδιο Διαχείρισης της Λίμνης Κορώνειας, 1998). Η περιοχή αποτελεί στάση στο μεταναστευτικό ταξίδι πολλών πουλιών αλλά και σημείο διαχείμασης και αναπαραγωγής για άλλα. Τα στενά της Ρεντίνας συγκεκριμένα, είναι σημαντικό πέρασμα για αρπακτικά όπως ο φιδαιτός, ο χρυσαετός και ο σταυραετός.

Η περιοχή είναι κυρίως αγροτική, ενώ η αλιεία ασκείται σχεδόν ολόκληρο το χρόνο εκτός από μια μικρή περίοδο την άνοιξη. Ενδιαφέρον είναι επίσης το γεγονός ότι η περιοχή της Βόλβης είναι μια από τις λίγες περιοχές που έχουν μείνει στην Ελλάδα και στην οποία εκτρέφονται ακόμη βουβάλια.

Οι λίμνες και ιδιαίτερα η Βόλβη, αποτελούσαν κάποτε πλούσιους ιχθυότοπους. Σήμερα, τα ψάρια έχουν εξαφανιστεί εντελώς από την Κορώνεια, ενώ η Βόλβη καταφέρνει να διατηρεί ικανοποιητικούς, αν και συνεχώς μειούμενους πληθυσμούς. Η ουσιαστική διακοπή της σύνδεσης της Βόλβης με το Στρυμονικό μέσω του Ρήχιου ποταμού έχει οδηγήσει στη σχεδόν ολοκληρωτική εξαφάνιση του πληθυσμού των χελιών που παλιότερα ήταν άφθονα. Η μεγαλύτερη απειλή για το σημαντικό αυτό υγρότοπο των δύο μεγάλων λιμνών είναι η συνεχής μείωση της στάθμης τους, η οποία οφείλεται είτε στην παρατεταμένη ανομβρία, είτε στην ανεξέλεγκτη άντληση νερών από τις λίμνες για άρδευση της γύρω περιοχής (EPT 3, 2007, Σαδάνα, 2011, Σχέδιο Διαχείρισης της Λίμνης Κορώνειας, 1998)..

Στην αρχαιότητα ο άνθρωπος κατοίκησε στην ευρύτερη εύφορη περιοχή των λιμνών Κορώνειας και Βόλβης. Οι σημερινοί οικισμοί της περιοχής έχουν αναπτυχθεί πάνω στις βάσεις των παλιών. Η Νέα Απολλωνία βρίσκεται στη θέση της ομώνυμης αρχαίας μακεδονικής πόλης. Ο φιλόσοφος Αριστοτέλης έχτισε τη φιλοσοφική σχολή του στις όχθες του Ρήχιου ποταμού, ενώ στην περιοχή της Ρεντίνας επίσης φέρεται να έχει σκοτωθεί και ταφεί ο μεγάλος τραγικός Ευριπίδης. Οι Βυζαντινοί την εποχή του Ιουστινιανού έκαναν κάστρο πάνω στο λόφο για να αγναντεύουν και να ελέγχουν το δρόμο Θεσσαλονίκης - Αμφίπολης. Από τα βυζαντινά χρόνια είναι γνωστά τα ιαματικά λουτρά του Λαγκαδά (λειτουργούν ακόμα και σήμερα) και της Ν.

Απολλωνίας. Οι πολιτισμικές ρίζες έχουν τη συνέχειά τους πίσω στους αιώνες. Στα αξιοθέατα της ευρύτερης περιοχής της λίμνης Κορώνειας συμπεριλαμβάνονται, εκτός από τους υγροβιότοπους, ο λίθινος βυζαντινός ναός της Αγίας Μαρίνας στη Ρεντίνα, ο πέτρινος βυζαντινός πύργος του Αγίου Βασιλείου, το παλιό (1325) ελαιουργικό συγκρότημα στη Βόλβη, το μοναστήρι της Αγίας Τριάδος στο Λαγκαδά. Επιπλέον πολιτιστικά μνημεία είναι, η μονή του Αγίου Γαβρά στο χωριό Πέντε Βρύσες, εκκλησιές βυζαντινές - μεταβυζαντινές στο Βερτίσκο, γεφύρια και οικισμοί (ΕΡΤ 3, 2007, Σαδάνα, 2011, Σχέδιο Διαχείρισης της Λίμνης Κορώνειας, 1998).

Η λίμνη Κορώνεια ανήκει στην προστατευόμενη περιοχή των λιμνών Βόλβης και Κορώνειας και βρίσκεται στο Νομό Θεσσαλονίκης, στην επαρχία Λαγκαδά. Αποτελείται από τον υγροβιότοπο των λιμνών Κορώνεια (Λαγκαδά ή Αγίου Βασιλείου) και Βόλβη, που αποτελούν μέρος της προστατευόμενης περιοχής με το όνομα: "Λίμνες Κορώνεια και Βόλβη, Μακεδονικά Τέμπη και η ευρύτερη περιοχή τους", όπως ορίζεται από τα όρια της Μυγδονίας Λεκάνης. Οι λίμνες Κορώνεια και Βόλβη, βρίσκονται στο κέντρο της Μυγδονίας λεκάνης, με την πρώτη να εκφορτίζεται στη δεύτερη διαμέσου της ενωτικής τάφρου και του ρέματος Δερβένι σε περιόδους υψηλής στάθμης (στο παρελθόν) και τη δεύτερη να εκφορτίζεται στο Στρυμωνικό Κόλπο διαμέσου του Ρήχιου ποταμού, που ρέει στην κοιλάδα της Ρεντίνας (Μακεδονικά Τέμπη). Το υγροτοπικό σύστημα της περιοχής είναι υψηλής αξίας με μεγάλη βιοποικιλότητα και περιλαμβάνει τα ρηγά νερά των λιμνών με υδρόβια βλάστηση και μια χερσαία περιμετρική ζώνη γύρω από αυτές, πλάτους 500 μ περίπου με ελόβια (καλαμιώνες) και ημιυδροβια (βούρλα) είδη βλάστησης. Ο υγροβιότοπος των λιμνών προστατεύεται από μια σειρά διεθνείς συνθήκες και ρυθμιστικές πράξεις, που προσδιορίζουν το καθεστώς ανάπτυξης και διαχείρισης της περιοχής, οι οποίες είναι (Φορέας Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας – Βόλβης, 2011, Σχέδιο Διαχείρισης της Λίμνης Κορώνειας, 1998)..

- Υγροβιότοπος των Λιμνών Κορώνεια - Βόλβη (Σύμβαση Ramsar 1971)
- "Ειδικά Προστατευόμενη Περιοχή" (SPA, Οδηγία 79/409 ΕΕ)
- "Περιοχή Κοινοτικού Ενδιαφέροντος" (Οδηγία 92/43 ΕΕ, Φύση 2000- GR 1220001, GR-1220003)
- "Προστασία της Μεσογείου από τη Ρύπανση" (Σύμβαση Βαρκελώνης)

- "Διατήρηση της Ευρωπαϊκής Άγριας Ζωής και των Φυσικών Βιοτόπων" (Σύμβαση της Βέρνης 1983)
- "Διατήρηση Μεταναστευτικών Ειδών Αγρίων Ζώων" (Σύμβαση της Βόννης)
- Είναι προστατευμένη περιοχή NATURA.

Η λίμνη Κορώνεια βρίσκεται στην βόρεια Ελλάδα, στο ανάντη τμήμα της λεκάνης της Μυγδονίας, στην περιοχή του Λαγκαδά. Η λίμνη Κορώνεια αποτελεί μέρος υδροβιότοπου, προστατευόμενου από την συνθήκη Ramsar, περί προστασίας υδροβιότοπων. Η λίμνη Κορώνεια υπήρξε από τις πιο παραγωγικές λίμνες της Ελλάδας. Οι γνωστές ψαρόβαρκες με τις στενές άκρες, γνωστές με την επωνομασία "πλάβες", ειδικά κατασκευασμένες για ρηγά νερά, χρησιμοποιούνταν για αλίευση στην λίμνη όλο τον χρόνο εκτός της περιόδου ωοτοκίας, μεταξύ Απριλίου και μέσα Μαΐου. Ένας αλιευτικός συνεταιρισμός με το όνομα "Άγιος Ιωάννης Πρόδρομος" διαχειρίζονταν τους αλιευτικούς πόρους της λίμνης. Τα μέλη του αλιευτικού συνεταιρισμού ήταν κάτοικοι των γύρω χωριών. Περισσότερες από 250 βάρκες ψάρευαν στα 1960 στην λίμνη, με 500 ψαράδες. Σήμερα αυτός ο αριθμός έχει δραματικά μειωθεί (Ε.Ρ.Τ 3, 2007, Σαδάνα, 2011, Σχέδιο Διαχείρισης της Λίμνης Κορώνειας, 1998).

Σύμφωνα με το Τμήμα Αλιείας του Επαρχείου Λαγκαδά, η παραγωγή ψαριών της λίμνης Κορώνειας ανά έτος ήταν 1000 τόνοι στην δεκαετία του 1950, το οποίο σημαίνει παραγωγή ψαριών σε 213 κιλά/εκτάριο/έτος. Μεταξύ των ετών 1970 και 1975, η παραγωγή έπεσε σε 250 τόννους και στα τέλη της δεκαετίας του 1980, αρχές της δεκαετίας 1990 άρχισε η σταδιακή υποβάθμιση του οικοσυστήματος, όπου η παραγωγή έπεσε κάτω από 200 τόννους και μερικά είδη ψαριών έχουν ήδη εξαφανισθεί (Ε.Ρ.Τ 3, 2007, Σαδάνα, 2011).



Εικόνα 2.2. Τοπογραφικό από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού της λίμνης Κορώνειας, Αγίου Βασιλείου Λαγκαδά.

Κατά την περίοδο 1988-1993 στο μεγαλύτερο μέρος της Ελλάδας επικράτησαν συνθήκες ξηρασίας. Εκείνη την περίοδο (1988-1993) η λίμνη Κορώνεια είχε βροχοπτώσεις κάτω του μέσου όρου, το οποίο είχε ως αποτέλεσμα την επιδείνωση της αρνητικής ισορροπίας της λεκάνης της. Ο φυσικός εμπλουτισμός των υδροφορέων μειώθηκε, ενώ η ζήτηση παροχής του νερού συνέχισε αμείωτη. Η λίμνη έγινε πηγή εμπλουτισμού του υδροφορέα, γεγονός το οποίο οδήγησε σε παρατεινόμενη μείωση της στάθμης της λίμνης, και η επιφανειακή εκροή προς τη Λίμνη Βόλβη μειώθηκε σταδιακά, μέχρι που σταμάτησε εντελώς πριν μερικά χρόνια.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση και το Ευρωπαϊκό Ταμείο Συνοχής ανέθεσαν σε κοινοπραξία εταιριών την εκπόνηση μελέτης επονομαζόμενη ως Σχέδιο Διαχείρισης της Λίμνης Κορώνειας, ή Master Plan τον Δεκέμβριο του 1997, με στόχο να αναπτυχθεί μια στρατηγική αποκατάστασης της λίμνης στα επίπεδα της δεκαετίας του 1970 ως αναφορά την ποιότητα και ποσότητα του νερού (Σχέδιο Διαχείρισης της Λίμνης Κορώνειας, Master Plan, 1998).

2.2. ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ

Ως υγροβιότοποι, σύμφωνα με τη Σύμβαση Ramsar, χαρακτηρίζονται οι περιοχές που αποτελούνται από έλη ή βάλτους, συγκεντρώσεις νερού φυσικές ή τεχνητές, πρόσκαιρες ή μόνιμες, με νερό στάσιμο ή τρεχούμενο, γλυκό ή υφάλμυρο ή αλμυρό, συμπεριλαμβάνοντας και τις θαλάσσιες περιοχές που το βάθος τους κατά την άμπωτη δεν ξεπερνά τα έξι μέτρα.

Στους υγρότοπους συναντάμε μεγάλη ποικιλία ειδών: φυτά που ζουν μέσα ή κοντά στο νερό, έντομα, ψάρια, αμφίβια, ερπετά, πουλιά και θηλαστικά. Όλα αυτά τα είδη ζωής βρίσκονται σε μια αλληλεξάρτηση, τόσο μεταξύ τους όσο και με το ανόργανο περιβάλλον τους. Κάθε άνθρωπος πρέπει να γνωρίζει τις λειτουργίες των υγροτόπων, τις αξίες τους, τους κινδύνους που τους απειλούν και τους τρόπους με τους οποίους πρέπει να τους προστατεύσει.

Τα περιβαλλοντικά κέρδη από τους υγροτόπους είναι ποικίλα. Οι υγρότοποι αποθηκεύουν το νερό, που στη συνέχεια εμείς χρησιμοποιούμε για ύδρευση ή για άρδευση. Από το νερό αυτό εμπλουτίζονται και τα υπόγεια νερά. Επίσης η βλάστηση των υγροτόπων, λειτουργεί σαν ένα φίλτρο που καθαρίζει το νερό από ρύπους και ιζήματα. Επιπλέον οι υγρότοποι συγκρατούν και αποθηκεύουν το νερό, μετριάζοντας έτσι τις καταστροφές που προκαλούν οι πλημμύρες.

Άλλα κέρδη από τους υγροτόπους είναι η βελτίωση του κλίματος μιας περιοχής, η συντήρηση της βιοποικιλότητας και η συμβολή τους στον κύκλο του διοξειδίου του άνθρακα. Οι υγρότοποι αποθηκεύουν ή ελευθερώνουν θερμότητα ρυθμίζοντας έτσι το μικροκλίμα της περιοχής. Οι υγρότοποι διακρίνονται για τον μεγάλο τους πλούτο σε φυτά και ζώα. Τα φυτά των υγροτόπων δεσμεύουν ηλιακή ενέργεια και μαζί με το CO₂ και το νερό, συνθέτουν οργανικές ενώσεις, που αποτελούν τη βάση της τροφικής αλυσίδας. Τέλος οι υγρότοποι έχουν αξία στην περιφερειακή ανάπτυξη των χρήσεων γης μιας αγροτικής περιοχής για έργα αναψυχής και ανάπτυξη του αγροτουρισμού.

Οι άνθρωποι που έζησαν κοντά στο νερό, ανέπτυξαν τους πολιτισμούς τους. Έτσι άρχισαν οι μεταφορές, το εμπόριο, η επικοινωνία με άλλους λαούς. Οι άνθρωποι όμως, στον αγώνα τους για την καλύτερευση των συνθηκών της διαβίωσής τους,

επενέβησαν στο περιβάλλον πολλές φορές με απαράδεκτες ενέργειες, με σκοπό να το προσαρμόσουν στις άμεσες ανάγκες τους και να μην διασφαλίζεται μια βιώσιμη ανάπτυξη.

Κύριοι κίνδυνοι για τους υγρότοπους είναι το παράνομο κυνήγι και η χρήση εντομοκτόνων, παρασιτοκτόνων και τα ζιζανιοκτόνων που προέρχονται από εκτεταμένη γεωργική χρήση. Τα πιο επιβλαβή είναι τα οργανοχλωριωμένα προϊόντα, που παρουσιάζουν τοξικότητα, μεγάλη σταθερότητα και αθροιστικότητα στους ζωικούς ιστούς.

Άλλος κίνδυνος για τους υγροτόπους είναι οι αποξηράνσεις για την απόκτηση καινούργιων εδαφών. Επίσης η εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων στις αγροτικές καλλιέργειες παράγει συγκεντρώσεις νιτρικών και φωσφορικών αλάτων στο νερό είκοσι φορές μεγαλύτερες από τις κανονικές, προκαλώντας το φαινόμενο του ευτροφισμού. Η επιφάνεια του νερού είναι υπερκορεσμένη σε συγκεντρώσεις οξυγόνου, ενώ στα πιο κάτω στρώματα το οξυγόνο είναι ελαττωμένο έως ανύπαρκτο διότι: α) Το ηλιακό φως δεν μπορεί να περάσει για να γίνει η φωτοσύνθεση και β) Η σήψη του μεγάλου αριθμού των φυκιών καταναλώνει μεγάλα ποσά οξυγόνου. Αυτή η έλλειψη οξυγόνου οδηγεί σε ασφυξία των ψαριών της λίμνης και καταστροφή της πανίδας του οικοσυστήματος. Επιπλέον όταν οι υγρότοποι βρίσκονται σε παράκτιες περιοχές δίπλα σε θάλασσα, η υπεράντληση του νερού για άρδευση, διαταράσσει την υδροδυναμική ισορροπία, η θάλασσα εισχωρεί στον υγρότοπο και κάνει υφάλμυρα τα νερά.

Για την προστασία των υγροτόπων κρίνεται αναγκαία η διατήρηση και προάσπιση των βασικών οικολογικών λειτουργιών και διεργασιών, καθώς και των συστημάτων, που υποστηρίζουν τη ζωή των οργανισμών. Επίσης για την βιωσιμότητα των υγροτόπων πρέπει να προστατευθεί και να διατηρηθεί η βιοποικιλότητα των οικοσυστημάτων. Απαραίτητος κρίνεται ο έλεγχος των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην περιοχή της λίμνης, οι κύριες ανθρωπογενείς δραστηριότητες που επιβαρύνουν την ποιότητα της λίμνης είναι η αλόγιστη χρήση γεωτρήσεων άντλησης νερού και τα βαφεία της περιοχής.

Άλλα μέτρα για την προάσπιση της φυσικής και πολιτιστικής κληρονομιάς είναι η απογραφή και χαρτογράφηση του επιπέδου της μόλυνσης της λίμνης για την έγκυρη λήψη μέτρων αποκατάστασης. Η λειτουργία των βιολογικών καθαρισμών

πρέπει να πληρεί τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές ώστε να μην μολύνει τα επιφανειακά νερά της λίμνης. Αναγκαία κρίνεται η ανάπτυξη και προώθηση βιολογικών καλλιεργειών και ο περιορισμός της χρήσης φυτοφαρμάκων για την προστασία της λίμνης. Επίσης πρέπει να πραγματοποιηθούν δραστηριότητες ενημέρωσης των πολιτών, ώστε να κατανοήσουν τα περιβαλλοντικές απειλές στις λίμνες και συνειδητοποιήσουν την λήψη έγκαιρων μέτρων για την προστασία των λειτουργιών της φύσης.

Με την πραγματοποίηση των παραπάνω δραστηριοτήτων θα επιτευχθεί μια αειφόρος ανάπτυξη του οικοσυστήματος της λίμνης, η οποία επιδιώκει τη διαχείριση, που καλύπτει τις ανάγκες του παρόντος, χωρίς να διακυβεύεται η ικανότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες και να επιβιώσουν έχοντας οικονομική και κοινωνική ευημερία καθώς και δημόσια υγεία.

Ο χώρος των λιμνών Κορώνειας και Βόλβης αποτελεί περιοχή ανάπτυξης 1000 περίπου ποικιλιών φυτών και 248 ειδών πτηνών (Ε.Ρ.Τ 3, 2007, Σχέδιο Διαχείρισης της Λίμνης Κορώνειας, Master Plan, 1998).. Η συνολική σημασία των λιμνών για την ορνιθοπανίδα σε σχέση με τους ελληνικούς και τους ευρωπαϊκούς πληθυσμούς έχει ανατραπεί πολλές φορές τα τελευταία χρόνια λόγω των μεταβολών και καταστροφών που συνέβησαν, στη λίμνη Κορώνεια. Τα έργα που εκτελούνται στην περιοχή είναι: συγκοινωνιακά (οδοποιία και λιμενικά), εγγειοβελτιωτικά (αρδευτικά, έργα αναδασμού, έργα αρδευτικών γεωτρήσεων), έργα ύδρευσης - αποχέτευσης, δασικά έργα (πρόκληση - καταστολή πυρκαγιών, αναδασώσεις), έργα προστασίας περιβάλλοντος (μελέτες - έργα, προμήθεια μηχανημάτων αποκομιδής απορριμμάτων) και άλλα ειδικά έργα, όπως υδροθεραπευτήριο Ν. Απολλωνίας, και εκσυγχρονισμός, βελτίωση των σφαγείων της περιοχής.



Εικόνα 2.3. Πανοραμική άποψη της λίμνης Κορώνειας.

Τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η προστατευόμενη περιοχή της λίμνης Κορώνειας είναι:

- Η πτώση της στάθμης και η ρύπανση της
- Η αλλαγή της χρήσης των αποκαλυπτόμενων εδαφών (καταπατήσεις για καλλιέργεια)
- Εκχερσώσεις παραλίμιων και παραποτάμιων δασών για καλλιέργεια.

Σύμφωνα με το σχέδιο διαχείρισης της λίμνης Κορώνειας, μελέτη Master Plan, η λίμνη Κορώνεια πριν την δεκαετία του εβδομήντα (1970-1980), είχε ένα εμβαδόν υδάτινης επιφάνειας ίσο με 47 τετραγωνικά χιλιόμετρα, ένα μέσο βάθος νερού 3 μέτρων και όγκο νερού μεγαλύτερο από 150 Μμ³. Σήμερα η λίμνη καλύπτει έκταση μικρότερη από 30 Κμ² και έχει όγκο νερού μικρότερο από 70 Μμ³, εικόνα 2.3.

Από το 1977 παρατηρείται σταδιακή πτώση της στάθμης, ώσπου το 1995 άρχισαν να εμφανίζονται τραγικά περιβαλλοντικά αποτελέσματα, με αποτέλεσμα να εξαφανισθούν όλα τα είδη φυτών και ζώων που εξαρτιόταν από τη λίμνη. Το καλοκαίρι του 2002 η λίμνη εμφανίστηκε σχεδόν εντελώς αποξηραμένη (ΕΡΤ3, 2007, Σαδάνα, 2011).

Στην εξεταζόμενη λίμνη πάνω από είκοσι και πλέον έτη παρατηρείται μια μείωση της στάθμης των νερών και ταυτόχρονη αύξηση ρυπαντικών φορτίων. Η κατάσταση αυτή είχε ως αποτέλεσμα τις σημερινές υπερτροφικές συνθήκες, οι οποίες δεν επιτρέπουν να συντηρήσουν ζώντες οργανισμούς. Η υποβάθμιση της λίμνης επιταχύνθηκε από τα ξηρά έτη από το 1988 έως το 1993.

Το υδάτινο ισοζύγιο της ίδιας της λίμνης, στα προ ανθρώπινης επέμβασης χρόνια, φαίνεται ότι ήταν κατά μέσο όρο θετικό. Η περίσσεια των υδάτων αφήνει τη λίμνη ως υπερχειλίση και ροή υπογείων υδάτων προς την Βόλβη, και προς βαθύτερους υδροφορείς μέσω της διήθησης. Την δεκαετία του '50, πριν την διάνοιξη του καναλιού υπερχειλίσης προς την Βόλβη, η στάθμη της λίμνης είχε αρκετές φορές την πιθανότητα να ανέβαινε σε υψηλότερα επίπεδα, με αποτέλεσμα να πραγματοποιούνται χειμερινές πλημμύρες.

Το έλλειμμα εξάτμισης σε σχέση με τις βροχοπτώσεις (480 mm) για μια έκταση της λίμνης της τάξης των 50 km², θα ήταν 24 Μμ³/έτος. Η εισροή προς την λίμνη από την περιβάλλουσα λεκάνη απορροής θα ήταν περίπου 33 Μμ³/έτος, αφήνοντας μια ποσότητα 9 Μμ³/έτος προς διάθεση, κυρίως προς τη Βόλβη. Η πιο πάνω ανάλυση χρησιμοποιεί ένα μέσο ισοζύγιο νερού για την λίμνη βασιζόμενο σε διαθέσιμα στοιχεία και δεν υποδεικνύει τις πραγματικές ποσότητες νερού.

Η εκμετάλλευση των υδάτινων πόρων της λεκάνης από τους ανθρώπους κυρίως για άρδευση, είχε ως κύριο αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου νερού που χάνεται στη ατμόσφαιρα ως διαπνοή των καλλιεργειών και ως εξάτμιση του υγρού εδάφους, της λάσπης και των ψεκαστών. Οι μεταβαλλόμενες πρακτικές καλλιέργειας και άρδευσης στην λεκάνη τα τελευταία χρόνια, είχε ως αποτέλεσμα μια μέση καθαρή απώλεια λόγω άρδευσης, της τάξης των 42 Μμ³/έτος. Τα τελευταία χρόνια, συμπεριλαμβάνοντας τις δραστηριότητες της τοπικής βιομηχανίας η απώλεια νερού ανέβηκε στα 52 Μμ³/έτος (Σχέδιο διαχείρισης λίμνης Κορώνειας, Master Plan, 1998).

Αυτή η υποχώρηση των αποθεμάτων νερού εξισορροπήθηκε, από την μειωμένη επιφάνεια και τις εκροές υπογείων υδάτων από την λεκάνη, και εν μέρει από μια μείωση στην αποθήκευση. Η γνώση της αναλογίας καθ' ενός από αυτούς τους πόρους είναι ζωτική για την αξιολόγηση της αποδεκτής παροχής της λεκάνης για εκμετάλλευση. Ωστόσο σύμφωνα με πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν κατά την διάρκεια κατάρτισης της Σχεδίου διαχείρισης της λίμνης Κορώνειας, μελέτη Master Plan, η μείωση του όγκου της λίμνης τα τελευταία 20 και πλέον χρόνια είναι

τουλάχιστον 75 Μμ³ νερού. Η μείωση της αποθήκευσης υπογείων υδάτων εκτιμάται να ξεπερνά κατά πολύ τον παραπάνω όγκο μείωσης της λίμνης. Τελικά έχουμε μια μείωση έως τελική παύση των υπερχειλίσεων προς την Βόλβη και μια μείωση των εκροών υπογείων υδάτων καθώς η εναποθήκευση στην λίμνη και τους υδροφορείς μειώνεται.

Μια συντηρητική υπόθεση είναι να θεωρήσει κανείς, μια ελάχιστη ετήσια μείωση εκροών ίση με τα 12 Μμ³ που χάνονται από την λίμνη. Αυτό σημαίνει ότι αντί της υπερχειλίσης και της υπόγειας ροής εκτός λεκάνης, αυτά τα 12 Μμ³ αναπληρώνουν την υπέρμετρη εκμετάλλευση των υπογείων υδάτων της λεκάνης. Σύμφωνα με μια τέτοια υπόθεση, αν η μέση εκροή από την λεκάνη ήταν στα 30 θα μειωθεί στα 18 Μμ³/έτος. Σύμφωνα με το σχέδιο διαχείρισης της λίμνης Κορώνειας, μελέτη Master Plan, το υδάτινο ισοζύγιο της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας εκτιμάται σήμερα ότι είναι το ακόλουθο:

Μέση ετήσια βροχόπτωση	440 Μμ ³
Μέση ετήσια εξατμισοδιαπνοή	400 Μμ ³
Μέση ετήσια εκροή από τη λεκάνη	18 Μμ ³
Καθαρές ετήσιες απώλειες λόγω κυρίως άρδευσης	52 Μμ ³

Έτσι από μια πρώτη προσέγγιση του υδατικού ισοζυγίου, για την προσομοίωση του κύκλου του νερού και των μεταβολών της στάθμης της λίμνης παρατηρείται ένα έλλειμμα όγκου του νερού σύμφωνα με τα παραπάνω. Η μελέτη του σχεδίου διαχείρισης της λίμνης Κορώνειας, Master Plan, για την αποκατάσταση της λίμνης κατέληξε στο συμπέρασμα ότι απαιτείται μια θετική μέση ετήσια μεταβολή στο υδατικό ισοζύγιο του εξεταζόμενου συστήματος ίση με 45 Μμ³ για την άνοδο της στάθμης στον επιθυμητό στόχο.

2.3. ΡΥΠΑΝΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΣΤΑ ΝΕΡΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

Σήμερα η λίμνη Κορώνεια παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα ρύπανσης εξαιτίας των έντονων περιβαλλοντικών πιέσεων που δέχεται. Η υπερβόσκηση στις θαμνώδεις και λιβαδικές εκτάσεις έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της στερεοπαροχής προς τις λίμνες και την πρόσχωσή τους κατά συνέπεια. Οι

εφαρμοζόμενες στην περιοχή αγροτικές καλλιέργειες (π.χ. καλαμπόκι) απαιτούν ευρεία χρήση γεωργικών μηχανημάτων και αυξημένες ποσότητες γεωργικών εισροών (αρδευτικό νερό, χημικά εδαφοβελτιωτικά, φυτοφάρμακα, λιπάσματα), που εμποδίζουν την ομαλή ανάπτυξη της υπάρχουσας πανίδας και δυσμενείς επιπτώσεις στο οικοσυστήμα της λίμνης. Άλλες σημαντικές πηγές ρύπανσης της περιοχής της λίμνης είναι: οι υπάρχοντες 104 οικισμοί που αναπτύσσονται περιμετρικά των λιμνών και απορρίπτουν ανεπεξέργαστα κατά το πλείστον αστικά λύματα, βιομηχανικές - βιοτεχνικές μονάδες, καθώς και τουριστικές εγκαταστάσεις. Το χρώμα του νερού της λίμνης είναι κίτρινο-πρασινωπό. Η διαφάνεια της λίμνης είναι μικρή λόγω των αιωρούμενων οργανικών και ανόργανων ουσιών (EPT3, 2007, Σαδάνα, 2011). Στην παρούσα εργασία εκτιμάται η επικινδυνότητα των ρυπαντικών φορτίων, που καταλήγουν στην λίμνη Κορώνεια, από τα φυτοφάρμακα των αγροτικών καλλιεργειών, που χρησιμοποιούνται περισσότερο στην ευρύτερη περιοχή.

Οι ρυπαντικές ουσίες, που έχουν διατεθεί στη λίμνη Κορώνεια τα τελευταία χρόνια από υγρά λύματα ή στερεά απορρίμματα είναι ικανές να δημιουργήσουν τοξικούς ρύπους σε υψηλές συγκεντρώσεις στα νερά της λίμνης και να έχουν επιπτώσεις στην χλωρίδα και την πανίδα της λίμνης. Τέτοιες πηγές, είναι υπεύθυνες να δημιουργήσουν τοξικούς ρύπους σε υψηλές συγκεντρώσεις στα παραγόμενα ιζήματα της λίμνης, που προέρχονται εκτός από τα λύματα των γύρω βιομηχανιών και από τα φυτοφάρμακα των εντομοκτόνων, παρασιτοκτόνων και ζιζανιοκτόνων για την προστασία των αγροτικών καλλιεργειών της ευρύτερης περιοχής γύρω από την λίμνη Κορώνεια. Η λίμνη Κορώνεια είναι τελείως υποβαθμισμένη και ασφαλώς νεκρή. Είναι αμφίβολο αν η λίμνη αυτή έχει πλέον ζωή ή αν υπάρχει δυνατότητα αναγέννησής της. Οποσδήποτε το νερό της λίμνης δεν είναι κατάλληλο για οποιαδήποτε χρήση αφού η πανίδα της λίμνης έχει καταστραφεί. Η κοινωνικοοικονομική αξιοποίηση της λίμνης θα πρέπει πλέον να στραφεί σε άλλες δράσεις όπως η δημιουργία ενός σύγχρονου κολυμβητοδρομίου ή σε άλλες ψυχαγωγικές δραστηριότητες.

Η ανίχνευση των ζιζανιοκτόνων εξαρτάται από την χρησιμοποιούμενη ποσότητα, την πιθανότητα διήθησης και την διάρκεια παραμονής. Πρέπει να σημειωθεί, ότι οι κλιματολογικές συνθήκες (θερμοκρασία και βροχοπτώσεις), που επικρατούν στην Ελλάδα, δεν είναι ευμενείς για την διήθηση των χημικών καλλιέργειας και επιταχύνουν τον ρυθμό της διάσπασής τους. Αποτέλεσμα της χρήσης των φυτοφαρμάκων είναι να δημιουργούνται τοξικές συγκεντρώσεις στα

ιζήματα. Η μελέτη προσομοίωσης του υδατικού ισοζυγίου και των μηχανισμών αλληλεπίδρασης μεταξύ του ρυπαντικού φορτίου της υδατικής στήλης και των ιζημάτων για διάφορα σενάρια της στάθμης της λίμνης και του όγκου της είναι σημαντικά για την αποκατάσταση της λίμνης.

2.4. ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

Τα διαθέσιμα δεδομένα που παρουσιάζονται παρακάτω ταξινομούν την λίμνη Κορώνεια σαν υπερτροφική με γοργό ρυθμό ενηλικίωσης (Σχέδιο διαχείρισης λίμνης Κορώνειας, Master Plan, 1998).

Θερμοκρασία νερού	6.5 - 27.5° C
Διαλυμένο Οξυγόνο	2.5 - 14.5 mg O ₂ /l
Αγωγιμότητα	έχει αυξηθεί μεταξύ 1992 και 1995 από 2600 σε 5930 μmhos/cm
pH	αύξηση μεταξύ 1992 και 1995 από 8.9 σε 10.6 mg/l
NH ₄	αύξηση μεταξύ 1992 και 1995 από 0 σε 2.1 mg/l
NO ₃	αύξηση μεταξύ 1992 και 1995 από 3.7 σε 11.9 mg/l

Οι αυξημένες τιμές του pH, δημιουργούν αλκαλικό περιβάλλον και οι αντίστοιχες υψηλές τιμές αγωγιμότητας υποδεικνύουν συνθήκες αλατότητας. Η αύξηση συγκέντρωσης NO₃ οφείλεται στην αύξηση χρήσης των λιπασμάτων στην γεωργία, τα οποία διοχετεύονται στην λίμνη μετά από έκπλυση, κατά την περίοδο βροχοπτώσεων μεταξύ Ιανουαρίου και Μαρτίου. Η ικανότητα διείσδυσης του φωτός κατά το καλοκαίρι αλλά και το χειμώνα είναι πολύ χαμηλή εξαιτίας της υψηλής παραγωγής φυτοπλαγκτόν που οδηγεί στην αυξημένη απορρόφηση οξυγόνου.

Η έλλειψη οξυγόνου στα μεγαλύτερα βάθη της λίμνης, αποτελεί πρόσφατο φαινόμενο που παρατηρήθηκε κατά την διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, όταν η συγκέντρωση οξυγόνου μειώθηκε σε λιγότερο από 1 ppm. Η συγκέντρωση οξυγόνου στα μεσαία και βαθύτερα μέρη της λίμνης είναι χαμηλότερη από τα κατώτερα όρια επιβίωσης των κυπρινοειδών, τα οποία είναι τα πιο ανθεκτικά είδη του γλυκού νερού και τα πιο προσαρμόσιμα σε μεγάλες μεταβολές περιβαλλοντικών συνθηκών. Την καλοκαιρινή περίοδο ένα μεγάλο τμήμα της λίμνης αναφέρεται σαν πλήρως ανοξικό και τα βαθύτερα μέρη παρουσιάζουν χαμηλά επίπεδα συγκέντρωσης του οξυγόνου.

Οι εκτιμήσεις της ρύπανσης που εισρέει στην λίμνη ανά έτος περιελάμβαναν 2930 τόνους οργανικών, 950 τόνους αζώτου και 90 τόνους φωσφόρου. Ως κύρια πηγή της οργανικής ρύπανσης ήταν οι κτηνοτροφικές μονάδες καθώς και η βιομηχανία της γύρω περιοχής. Κύρια πηγή θρεπτικών φορτίων στην εξεταζόμενη περιοχή ήταν τα αζωτούχα και φωσφορούχα λιπάσματα για την γεωργία και τα λύματα των κτηνοτροφικών μονάδων. Επίσης υψηλές συγκεντρώσεις Καδμίου, Αρσενικού, Βορίου, Φθορίου και Αμμωνίου στα ιζήματα της λίμνης δεν ευνοούν την επιβίωση της υδρόβιας πανίδας και χλωρίδας (Σχέδιο διαχείρισης λίμνης Κορώνειας, Master Plan, 1998).

Σε λίμνες που έχουν υποστεί την επίδραση τέτοιων ρυπαντών για μακρό χρονικό διάστημα, οι ιχθυοπληθυσμοί, στο φυσικό οικοσύστημά τους, έχουν προσβληθεί από σοβαρές ασθένειες όπως Erythrodermatitis, Icthiophthirius multifilllis, Dactylogyus vastater, Trichodina Mixosporidae, Trimatodoes bloodparasite. Ο πληθυσμός της λίμνης Κορώνειας αποτελείται κυρίως από R.Rutilus, Alburnus alburnus και άλλα είδη μικρής εμπορικής αξίας. Είδη όπως Cyprinus caprio, Esoxclusious, Silurus glanis και τα χέλια έχουν ήδη εξαφανισθεί. Παρόλο που τα είδη που υπάρχουν στην λίμνη είναι ανθεκτικά σε υποβαθμισμένες περιβαλλοντικές συνθήκες, δεν είναι ασφαλής η κατανάλωσή τους από τον άνθρωπο εξαιτίας σοβαρών νοσημάτων (Σχέδιο διαχείρισης λίμνης Κορώνειας, Master Plan, 1998).

Ωστόσο για την χλωρίδα της λίμνης τα πιο κοινά είδη φυτοπλαγκτόν, από την κατηγορία των κυανοφυκών, είναι τα ακόλουθα (Σχέδιο διαχείρισης λίμνης Κορώνειας, Master Plan, 1998):

Κυανοφύκη

Anabanea sp.

Aphanobanea sp.

Chroococcus sp.

Coleoshaerium sp.

Microcystis sp.

Επιπλέον, για την χλωρίδα της λίμνης άλλα είδη φυτοπλαγκτόν που συναντιούνται, από την κατηγορία των χλωροφυκών είναι (Σχέδιο διαχείρισης λίμνης Κορώνειας, Master Plan, 1998):

Χλωροφύκη

Chlorella sp.

Closterium sp.

Eudorina sp.

Pediastrum sp.

Scenedesmus sp.

Ακόμη, για την χλωρίδα της λίμνης άλλα είδη φυτοπλαγκτόν που συναντιούνται, από την κατηγορία των διατόμων είναι τα ακόλουθα (Σχέδιο διαχείρισης λίμνης Κορώνειας, Master Plan, 1998):

Διάτομα

Amphora ovalis

Asterionella sp.

Melosira sp.

Navicula sp.

Nitzschia sp.

Stephanodiscus sp.

Dinoflagellatea

Ceratium sp.

Phytodinium sp.

Τέλος, για την χλωρίδα της λίμνης άλλα είδη φυτοπλαγκτόν που συναντιούνται, είναι από την κατηγορία των χρυσοφυκών, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω (Σχέδιο διαχείρισης λίμνης Κορώνειας, Master Plan, 1998):

Χρυσοφύκη

Dynoloryon divergens

Chryptophyceae

Cryptomonas sp.

Rhodomonas sp.

Οι εκθέσεις του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ("Χαρακτηρισμός των λιμνών Κορώνειας και Βόλβης σαν υδροβιοτόπων προστατευμένων από την Συνθήκη Ramsar") προσδιορίζουν στην λίμνη Κορώνεια, λίμνη Βόλβη και τους γύρω ποταμούς και χείμαρρους της περιοχής 23 είδη ιχθύων, 5 είδη αμφιβίων, 14 είδη ερπετών, 34 είδη θηλαστικών και περισσότερα από 200 είδη πουλιών (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 1996). Ειδικότερα στο οικοσύστημα της λίμνης συναντιούνται τα παρακάτω είδη ζωοπλαγκτόν και πανίδας (Σχέδιο διαχείρισης λίμνης Κορώνειας, Master Plan, 1998):

Corepodes

Aretodiaptomas sp.

Cyclops vicinis

Mesocyclops sp.

Thermocyclops sp.

Άλλα είδη ζωοπλαγκτόν, που συναντιούνται στην λίμνη είναι τα ακόλουθα

Cladocera

Bosmina longirostris

Daphnia hyalina

Diaphanosoma brachyurum

Trochozoe

Anuraeopsis fissa

Asphanehnopus sp.

Brachionus sp.

Filinia longiseta

Keratella sp.

Polyarthra sp.

Trichorea sp.

Protozoa

Tintinopsis sp.

Πανίδα - Ψάρια

Τα ψάρια της λίμνης Κορώνειας, που διαβίωναν σε αυτή, ήταν παρόμοια με αυτά που συναντώνται στην Βόλβη και προέρχονται από τους ποταμούς της περιοχής, ενώ στην περίπτωση των χελιών από τον κόλπο του Ορφανού. Επίσης μετά το 1984, και ειδικότερα τις χρονιές 1992, 1994, 1995, ο πληθυσμός του κοινού κυπρίνου και του *Cyprinus carpio* ανανεώθηκε με τεχνητό εμπλουτισμό.

Τα παρακάτω είδη υπήρξαν σε αφθονία στην λίμνη Κορώνεια στο παρελθόν (Σχέδιο διαχείρισης λίμνης Κορώνειας, Master Plan, 1998):

I. APODES

Anguilla anguilla (χέλι)

II. CYPRINIDAE

Scardinius erythrophthalmus, (κοκκινόφτερα)

Barbus cyclolepis, (μπράνα)

Blennius fluvetialis, (ποταμοσαλιάρα)

Cyprinus carpio, (κοινός κυπρίνος)

Rutilus rutilus, (τσιρόνι)

Carassius carassius (Πεταλούδα)

Carassius auratus (Χρυσόψαρο)

Alburnus alburnus, (Σίρκο)

Rodeus cericus, (Φλασκούνι)

Gobio gobio, (Μουστάκας)

Tinca tinca, (Γλίνη)

Vimba melanops (Μαλαμίδα)

III. SOCIDAE

Esox lusius, (tourna)

IV. GOBITIDAE

Gobitis strumicae, (Βελονίτσα)

V. PERCIDAE

Perca fluviatilis, (Πέρκα)

Lucioperca lucioperca, (Fassi)

VI. SILURIDAE

Silurus glanis, (γουλιανός)

VII. ΑΛΛΑ ΕΙΣΑΓΩΜΕΝΑ ΕΙΔΗ

Gabbusia affinis O

Kriporwitschia caucasica (ποντογοβιός)

Τα νεαρά χέλια που κατευθύνονται προς τα ανάντη του δέλτα από την θάλασσα, κάθε έτος από τον Δεκέμβριο μέχρι τον Φεβρουάριο, δεν μπορούν πλέον να φθάσουν στην λίμνη Κορώνεια εξαιτίας της έλλειψης ροής στο τεχνητό κανάλι που συνδέει τις λίμνες Κορώνεια και Βόλβη.

Τα τοπικά είδη, που είναι σπάνια ή απειλούνται υπό εξαφάνιση είναι τα ακόλουθα

I. APODES

Anguilla anguilla (χέλι)

II. CYPRINIDAE

Cyprinus carpio, (κοινός κυπρίνος)

Tinca tinca, (γλίνη)

Από τις αρχές τις δεκαετίας του 1980 τα παρακάτω είδη δεν έχουν πλέον αλιευθεί(Σχέδιο διαχείρισης λίμνης Κορώνειας, Master Plan, 1998):

Perca fluviatilis (πέρκα)

Silurus glanis (γουλιανός)

Esox lusius (tourna)

Κατά τις δεκαετίες 1980 και 1990, παρουσίασε υπερπληθυσμό στα παρακάτω είδη

Rutilus rutilus, (τσιρόνι)

Alburnus alburnus, (Sirco)

και πιο πιθανά στα είδη

Carassius carassius, (πεταλούδα)

Scardinius erythrophthalmus, (κοκκινόφτερα)

Τα παρακάτω είδη, διαβίωναν πιθανότητα στον ποταμό Ρήχιο μέχρι πρόσφατα

Anguilla anguilla, (χέλι)

Leuciscus cephalus, (Tilinar)

Gobio gobio, (ποταμόψαρο)

Barbus cyclolepis, (Μπριάνα)

Scardinius erythrophthalmus, (κοκκινόφτερα)

2.5. ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

Όπως παρουσιάστηκε παραπάνω το υδατικό ισοζύγιο της λίμνης είναι ελλειμματικό, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ποικίλων περιβαλλοντικών προβλημάτων ως προς την χλωρίδα, την πανίδα, την ποιοτική κατάσταση των νερών και την περιβαλλοντική κατάσταση της λίμνης Κορώνειας. Βασική λύση για την αποκατάσταση όλων των περιβαλλοντικών προβλημάτων είναι να παρθούν μέτρα για την αύξηση των υδατικών αποθεμάτων της λίμνης, τα οποία θα επαναφέρουν την στάθμη της λίμνης στα επίπεδα της δεκαετίας του 1970, περίοδος όπου η λίμνη δεν είχε περιβαλλοντικά προβλήματα.

Τέτοια μέτρα αύξησης των υδατικών αποθεμάτων της λίμνης με τελικό στόχο την περιβαλλοντική αποκατάσταση της λίμνης έχουν εκτιμηθεί σύμφωνα με τα υδατικά ισοζύγια της λίμνης Κορώνειας. Έτσι αρχικά θα πρέπει να διατεθούν κονδύλια για έργα μεταφοράς νερού από γειτονικές λεκάνες απορροής κατά τους χειμερινούς μήνες όταν υπάρχει αρκετό υδατικό πλεόνασμα των λεκανών αυτών με στόχο την επίτευξη εξοικονόμησης 20% της αρδευτικής κατανάλωσης που ισοδυναμούν με πάνω από 10 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού ετησίως (Σχέδιο διαχείρισης λίμνης Κορώνειας, Master Plan, 1998).

Τα κυριότερα προγραμματιζόμενα έργα για τη συγκεκριμένη περιοχή της λίμνης Κορώνειας αποσκοπούν στη βελτίωση του φυσικού περιβάλλοντος της λίμνης

και της ευρύτερης περιοχής. Το Master Plan εκπονήθηκε για την ολοκληρωμένη προστασία - αποκατάσταση της Κορώνειας. Τα απαιτούμενα υδραυλικά και περιβαλλοντικά έργα για την αποκατάσταση της ποιοτικής κατάστασης της λίμνης Κορώνειας διοικητικά συντονίζονται από την Περιφέρεια Θεσσαλονίκης και για την υλοποίηση των σχετικών έργων που προτείνονται από το σχέδιο διαχείρισης λίμνης Κορώνειας, Master Plan, θα πρέπει να εξασφαλιστεί η χρηματοδότηση των έργων. Τα έργα αποκατάστασης της λίμνης Κορώνειας περιλαμβάνουν τις παρακάτω δραστηριότητες.

1. **Αποκατάσταση του υδατικού δυναμικού της λίμνης.** Η επίδραση στο υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης της λίμνης, ώστε να επιτευχθεί μια θετική μέση ετήσια εισροή και να πραγματοποιηθεί αποκατάσταση του ελλειμματικού ισοζυγίου νερού, στα υπόγεια ύδατα και στη λίμνη, τόσο ώστε να επαναφέρει τον όγκο της λίμνης σε μια τάξη μεγέθους των 70 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων νερού για την ποιοτική αποκατάσταση της λίμνης Κορώνειας. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να επιτευχθεί με την υλοποίηση κατάλληλων υδραυλικών έργων μεταφοράς νερού από τον Αλιάκμονα, εκτροπή των χειμάρρων Λαγκαδικίων και Σχολαρίου, εκμετάλλευση του πιο βαθύτερου υδροφορέα της εξεταζόμενης περιοχής (Σχέδιο διαχείρισης λίμνης Κορώνειας, Master Plan, 1998). Επιπλέον άλλα αναγκαία υδραυλικά έργα για την επίτευξη της ποιοτικής αποκατάστασης της λίμνης Κορώνειας είναι η ολοκληρωμένη οικονομοτεχνική αναμόρφωση των αρδευτικών δικτύων για τις ανάγκες των αγροτικών καλλιεργειών της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας, συντήρηση αρδευτικών δικτύων και μείωση απωλειών νερού από τις αρδεύσεις, αντικατάσταση μεθόδων άρδευσης υψηλής κατανάλωσης νερού από άλλες οικονομικότερες μεθόδους χρήσης νερού στις αγροτικές καλλιέργειες, διακοπή των παράνομων γεωτρήσεων και αδειοδότηση νέων γεωτρήσεων εάν υπάρχουν υδατικά αποθέματα στην εξεταζόμενη περιοχή.
2. **Αποκατάσταση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού της λίμνης.** Αναγκαία είναι η βελτίωση της ποιότητας του νερού σε ικανοποιητικό επίπεδο ώστε να αποκατασταθεί η υπάρχουσα οικολογική κατάσταση της λίμνης Κορώνειας. Κάτι τέτοιο θα μπορέσει να επιτευχθεί με την επεξεργασία των λυμάτων Λαγκαδά, συνεχή συντήρηση των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και την επέκταση του συστήματος συλλογής λυμάτων Λαγκαδά και για τις Βιομηχανίες της γύρω περιοχής και την συνεχή βελτίωση των εγκαταστάσεων

επεξεργασίας λυμάτων των Βιομηχανιών με σύγχρονες οικονομικές τεχνολογίες. Τα επεξεργασμένα λύματα από τους βιολογικούς καθαρισμούς μπορούν να διατίθενται στη λίμνη μέσω κατάλληλου σχεδιασμού διάταξης διαχυτήρα ανάλογα με την διεύθυνση της ταχύτητας της ροής των νερών στην περιοχή της εγκατάστασης του διαχυτήρα, έτσι ώστε το πεδίο των αποβλήτων να μην συσσωρεύεται στην ακτογραμμή της λίμνης αλλά να απομακρύνεται από αυτή και να αραιώνεται στον υδάτινο όγκο της λίμνης (Παπανικολάου, 2011). Άλλα αναγκαία υδραυλικά και περιβαλλοντικά έργα είναι η επεξεργασία των ακαθάρτων της περιοχής Λαγκαδά σε λίμνη ωρίμανσης, η επεξεργασία των κτηνοτροφικών αποβλήτων, και η πραγματοποίηση μελέτης σχεδιασμού για την επεξεργασία βιομηχανικών - κτηνοτροφικών λυμάτων.

3. **Κοινωνικές και διοικητικές προτάσεις.** Η ανάπτυξη έργων αειφορικού περιβάλλοντος είναι απαραίτητη για τις λίμνες Κορώνεια και Βόλβη και για την ευρύτερη λεκάνη απορροής και τις κοινότητες της κατά την διάρκεια των έργων της αποκατάστασης. Έτσι επιπλέον πόροι και έσοδα θα εξοικονομηθούν για την εξεταζόμενη περιοχή μέσα από δραστηριότητες οικοτουρισμού, ενημέρωση – περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση του κοινού, και την υλοποίηση ενός αγροτουριστικού προγράμματος υποστήριξης των βιολογικών καλλιεργειών.
4. **Σύστημα ελέγχου ποιοτικής κατάστασης νερών.** Επιπλέον η υλοποίηση ενός συστήματος HACCP σημείων ελέγχου της ποιότητας νερών στα κατάντη των ποταμών που εκβάλουν στη λίμνη Κορώνεια είναι αναγκαίο για την έγκαιρη λήψη μέτρων και τον προσδιορισμό των πηγών ρύπανσης και των ρυπαντικών ουσιών. Οι δειγματοληψίες των νερών πρέπει να γίνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, να ακολουθείται σχετικό πρόγραμμα παρακολούθησης εκπομπών συγκεκριμένων φυτοφαρμάκων στα νερά και να συγκρίνονται τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών με τα επιτρεπόμενα όρια ποιότητας νερών που ορίζονται από την νομοθεσία (Κ.Υ.Α 4/11/2010 για την συμμόρφωση προς την Οδηγία 2008/105/EK, 2010).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

3.1. ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΣΙΤΟΚΤΟΝΑ

Σαν φυτοφάρμακα ορίζονται όλες εκείνες οι χημικές ουσίες, που έχουν σχέση με τη γεωργική παραγωγή. Μια ειδικότερη κατηγορία φυτοφαρμάκων είναι τα παρασιτοκτόνα. Τα παράσιτα που σχετίζονται με τις γεωργικές καλλιέργειες είναι: (1) έντομα που τρέφονται κυρίως από μέρη των φυτών, (2) βακτήρια και ιοί που μεταφέρουν αρρώστιες, (3) ζιζάνια που αναπτύσσονται στον ίδιο χώρο με τα ωφέλιμα φυτά και καταναλώνουν τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους, το νερό και το φως, (4) νηματώδεις σκώληκες που ζουν κυρίως στο έδαφος και τρέφονται από τις ρίζες, (5) σπονδυλωτά ζώα, κυρίως τρωκτικά και πουλιά που τρέφονται με τους σπόρους ή τους καρπούς που παράγονται, (6) μύκητες. Με βάση την κατάταξη αυτή, μπορούμε να διακρίνουμε εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, τρωκτικτόνα, μυκητοκτόνα κ.λπ. σαν διαφορετικές κατηγορίες παρασιτοκτόνων.

Ο ορισμός του παρασιτοκτόνου σύμφωνα με τη FIFRA (U.S. Federal Insecticide Fungicide and Rodenticide Act) είναι κάθε ουσία ή μείγμα ουσιών που χρησιμοποιείται για να εμποδίσει, να καταστρέψει ή να απωθήσει έντομα, τρωκτικά, νηματόζωα, μύκητες, ζιζάνια, ή άλλες μορφές ζωής, που δηλώνονται ως παράσιτα και κάθε ουσία ή μείγμα ουσιών που χρησιμοποιείται σαν ρυθμιστής ανάπτυξης του φυτού ή σαν αποφυλλωτικό. Τα παρασιτοκτόνα έχουν χρησιμοποιηθεί για αιώνες για τον έλεγχο οποιουδήποτε εντόμου, μύκητα, φυτού, τρωκτικού ή ασθένειας, που προσβάλλουν καλλιέργειες, ζώα, ανθρώπους ή υλικά και θέτουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον.

Ο «όρος χημικά για την προστασία καλλιεργειών» (crop protection chemicals), εφαρμόζεται σε προϊόντα χρησιμοποιούμενα για την προστασία καλλιεργειών. Ο όρος «αγροχημικά» περιλαμβάνει όχι μόνο τα χημικά προϊόντα, που χρησιμοποιούνται για την προστασία των καλλιεργειών, αλλά επίσης λιπάσματα και

άλλες θρεπτικές ουσίες των φυτών. Ο όρος «χημικά προϊόντα για τον έλεγχο των παρασίτων» αφορά συνήθως αποκλειστικά προϊόντα, που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο παρασίτων ζώων (όπως τσιμπούρια), παράσιτα αποθηκευμένων προϊόντων (όπως ποντίκια και αρουραίοι) και παράσιτα, που αφορούν την δημόσια υγεία (όπως κατσαρίδες, κοριοί και κουνούπια).

Ο όρος «οικονομικό δηλητήριο» χρησιμοποιείται μόνο για εντομοκτόνα. Ο όρος «βιομηχανικό βιοκτόνο» (industrial biocide) χρησιμοποιείται για προϊόντα προς έλεγχο οργανισμών, που προσβάλλουν υλικά (όπως τερμίτες). Ο όρος «φυτοφάρμακο» (phytopharmaceutical) χρησιμοποιείται περισσότερο σε προϊόντα για τον έλεγχο ασθενειών σε φυτά, παρά παρασίτων στα φυτά. Με την οδηγία 93/414 ΕΕ καθιερώθηκε ο όρος «Φυτοπροστατευτικές Ουσίες» (crop protection chemicals), όπου αποκλείονται τα προϊόντα, που χρησιμοποιούνται για την προστασία της υγείας (από κουνούπια, κατσαρίδες, ποντικούς κ.λπ) όπως και εκείνα, που χρησιμοποιούνται για τα παράσιτα των ζώων.

3.2. ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ

Μέσα στο πέρασμα του χρόνου πολλοί διαφορετικοί τύποι παρασιτοκτόνων αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν με ποικίλους βαθμούς επιτυχίας. Τα πρώτα χημικά εντομοκτόνα περιλάμβαναν ανόργανα στοιχεία, όπως το θείο, το αρσενικό και τον υδράργυρο. Ακολούθησαν αρκετά, φυτικής προέλευσης υλικά, όπως τα πυρεθρινοειδή (χρυσάνθεμα), η νικοτίνη και το ροτενόν. Επίσης, διάφοροι τύποι ασβεστόνερου με θειάφι και άλατα του χαλκού και του ψευδάργυρου χρησιμοποιούνταν για την καταπολέμηση των ασθενειών από μύκητες, ενώ ο έλεγχος των ζιζανίων επιτυγχανόταν μέσω της χειρωνακτικής εργασίας. Αυτά τα υλικά μαζί με πίσσες και λάδια και μερικά συνθετικά οργανικά (θειοκυανικοί εστέρες ή άλατα), που χρησιμοποιούνταν για τον έλεγχο των εντόμων, κυριαρχούσαν στο αγροχημικό οπλοστάσιο μέχρι το Β' παγκόσμιο πόλεμο.

Οι κυριότερες επιδράσεις των φυτοφαρμάκων και παρασιτοκτόνων στην υγεία έχουν ως εξής (Κουιμτζής κ.α., 1998):

1. Βλάβη του κεντρικού νευρικού συστήματος.
2. Δερματίτιδες, εγκαύματα και άλλες δερματικές ασθένειες.

3. Στομαχικές διαταραχές και ελαφρές δηλητηριάσεις.
4. Αδυναμία, ζαλάδες, παράλυση των κάτω άκρων.
5. Βλάβες στο αναπνευστικό σύστημα, ερεθισμός βρόγχων και πνευμόνων
6. Αλλαγή λειτουργίας του συκωτιού και των νεφρών.
7. Συσσώρευση στο αίμα πολλών τοξικών μεταβολιτών.
8. Μεταλλαξιόγonos και καρκινογόνος δράση.
9. Καρκίνοι (προστάτη, στομάχου, οισοφάγου, πνευμόνων, στόματος, δέρματος, αναπνευστικού συστήματος και λέμφων).
10. Αναστολή πολλών βιολογικών λειτουργιών του ανθρωπίνου σώματος.
11. Συνεργική δράση πολλών εξ αυτών με το κάπνισμα και τα οινόπνευματώδη.

Τα φυτοφάρμακα και τα παρασιτοκτόνα με την έκπλυση των γεωργικών εδαφών και την μεταφορά τους από τους ποταμούς μέχρι τις λίμνες και τις θάλασσες έχουν διασπαρεί σε όλη την υδρόγειο. Επίσης τα παρασιτοκτόνα και τα φυτοφάρμακα χαρακτηρίζονται από την πολύ δύσκολη βιοαποικοδομητότητά τους, κυρίως οι χλωριωμένες ενώσεις, η οποία τους εξασφαλίζει μακρότατη παραμονή στα φυσικά οικοσυστήματα, αλλά και από την ικανότητα βιομεγένθυσης χάρις στην οποία ανεβαίνοντας την τροφική πυραμίδα, οι τελικές συγκεντρώσεις φυτοφαρμάκων στο σώμα των πουλιών ή θηλαστικών που βρίσκονται στην κορυφή της, μπορεί να είναι έως και μερικά εκατομμύρια φορές υψηλότερες από τις αρχικές συγκεντρώσεις τους στη βάση της (νερό, φυτοπλαγκτόν, φυτά).

Η πιο τραγική κατάδειξη αυτής της αυξητικής πορείας των παρασιτοκτόνων είναι η μέσω των φυτικών ζωοτροφών και του ζωικού λίπους ψαριών, πουλερικών, βοοειδών, κατάληξη των ουσιών αυτών στο ανθρώπινο σώμα και από αυτό μέσω του γάλακτος στα μωρά (τα φυτοφάρμακα είναι λιποδιαλυτά, επομένως συσσωρεύονται στους λιπαρούς ιστούς των ζώων). Υψηλές συγκεντρώσεις έχουν μετρηθεί στα είδη διατροφής του Τρίτου Κόσμου όπου οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες όπως το DDT κ.λπ. δεν έχουν απαγορευτεί ακόμα. Κατά συνέπεια τρόφιμα που εισάγονται από την Σρι Λάνκα, την Κολομβία ή την Ινδία είναι φορείς φυτοφαρμάκων, είτε απαγορευμένων στις ανεπτυγμένες χώρες, είτε σε συγκεντρώσεις πολλαπλάσιες των ορίων που ισχύουν σε Ε.Ε. και Η.Π.Α. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας υπολογίζεται ότι δηλητηριάζονται από φυτοφάρμακα περί το 1-1.5 εκατομμύρια ανθρώπων κάθε χρόνο και από αυτούς περί τους 20000 πεθαίνουν. Το μεγαλύτερο μέρος του αριθμού αυτού αφορά χώρες του Τρίτου Κόσμου όπου είναι

αυξημένα κρούσματα στειρότητας και καρκίνου. Αλλά και στη χώρα μας φτάνουν κάθε χρόνο στο Κέντρο Δηλητηριάσεων των Αθηνών περί τα 1500 περιστατικά οξέων δηλητηριάσεων με φυτοφάρμακα, από τα οποία περί τα 30 καταλήγουν σε θάνατο.

Στην Ελλάδα από το 1972 έχουν απαγορευτεί το DDT, τα Drins (Dieldrin, Aldrin, Endrin), το 2,3,5-Τα, το heptachlor, το camprechlor, αλλά ακόμη επιτρέπεται η χρήση του λινδανίου, του paraquat, του pentachlorofenol, του παραθείου. Όλα τα παραπάνω μαζί με μερικά ακόμη θεωρούνται σαν ιδιαίτερα επικίνδυνα και τα τελευταία χρόνια ένα ευρύ δίκτυο οικολογικών και επιστημονικών οργανώσεων διεξάγει εκστρατεία για την παντελή απαγόρευση της παραγωγής και χρήσης των παραπάνω ουσιών (Greenpeace, 2002, Γιαννοπούλου, 2003).

Μετά την επιτυχία του DDT η χημική βιομηχανία ξεκίνησε εντατικά προγράμματα έρευνας και ανάπτυξης για άλλα συνθετικά οργανικά παρασιτοκτόνα, οπότε άρχισαν άλλα συνθετικά οργανικά παρασιτοκτόνα με αποτέλεσμα να εμφανίζεται ένας σημαντικός αριθμός εντομοκτόνων, ζιζανιοκτόνων και μυκητοκτόνων στην αγορά παγκοσμίως. Η παραγωγή ανόργανων υλικών, όπως αυτά με βάση το αρσενικό, παρήκμασε, καθώς αναπτύχθηκε η παραγωγή των οργανικών. Το 1950 τα συνθετικά οργανικά χημικά αποτελούσαν περίπου το 60% της συνολικής αγοράς φυτοφαρμάκων, ενώ η χρήση τους αυξήθηκε στο 90% μέχρι το 1955 (Πολυράκης, 2003). Τα χρησιμοποιούμενα φυτοφάρμακα ανήκουν σε τρεις κατηγορίες: ζιζανιοκτόνα, μυκητοκτόνα και εντομοκτόνα, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1. Κατηγορίες παρασιτοκτόνων, που χρησιμοποιούνται περισσότερο στις καλλιέργειες.

Τύποι παρασιτοκτόνων	Στόχος ελέγχου ή τρόπος δράσης
Εντομοκτόνα (Insecticides)	Εξοντώνουν έντομα σε καλλιέργειες και σε ζώα και χρησιμοποιούνται στη δημόσια υγεία. Είναι δυνατόν να δρουν εξ επαφής, εξοντώνοντας κατευθείαν το έντομο, ή διασυστηματικά, καθιστώντας το φυτό δηλητηριώδες για το έντομο.
Προνυμφοκτόνα (Larvicides)	Εξοντώνουν τις προνύμφες των εντόμων
Ωοκτόνα (Ovicides)	Εξοντώνουν τα αυγά των εντόμων
Εκτοπαρασιτοκτόνα (Tickicides, Ixodicides)	Εξοντώνουν τα παράσιτα των ζώων (τσιμπούρια κ.λπ.)

Τετρανυχοκτόνα (Miticides)	Τετράνυχοι (διαφέρουν από τα έντομα π.χ. διαθέτουν οκτώ πόδια και σώμα μη διαχωρισμένο σε τμήματα)
Ακαρεοκτόνα (Acaricides)	Εξοντώνουν τα ακάρεα γενικά, που προσβάλλουν κυρίως τα οπωροφόρα δέντρα
Νηματωδοκτόνα (Nematicides)	Ελέγχουν τους νηματοειδείς, μικροσκοπικά σκουλήκια, που ζουν στο έδαφος και αρκετά από αυτά προσβάλλουν τις ρίζες των φυτών
Μυκητοκτόνα (Fungicides)	Ελέγχουν τους μύκητες, που προσβάλλουν τα φυτά και περιλαμβάνουν περονόσπορους, βερτισίλλια, φυτόφθορες κ.λπ. Είναι δυνατόν να είναι προστατευτικά, εξοντώνοντας τα σπόρια των μυκήτων, που βρίσκονται πάνω στα φυτά ή διασυστηματικά, καθιστώντας το φυτό δηλητηριώδες για τους μύκητες. Μερικά μυκητοκτόνα δρουν αναχαιτίζοντας τις μεταβολικές διαδικασίες των μυκητιακών οργανισμών και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε φυτά που έχουν ήδη μολυνθεί και καταστραφεί από τον οργανισμό. Άλλα μυκητοκτόνα προστατεύουν τα φυτά από μυκητιακές μολύνσεις και επιβραδύνουν την ανάπτυξη των μυκήτων πριν προκύψει η καταστροφή στα φυτά. Τα μυκητοκτόνα συχνά παρέχουν ευθέως οφέλη στους ανθρώπους επιβραδύνοντας ή εξαλείφοντας τις μυκητιακές μολύνσεις που μπορούν να παράγουν τοξικά όπως η αφλατοξίνη (aflatoxin).
Βακτηριοκτόνα (Bactericides)	Καταπολεμούν τους ιούς, που είναι οι μικρότεροι γνωστοί μικροοργανισμοί, υπεύθυνοι για ένα μεγάλο αριθμό θανατηφόρων και υποθανάτιων ασθενειών σε φυτά, ζώα και ανθρώπους
Ιοκτόνα (Antivirals)	Καταπολεμούν τους ιούς, που είναι οι μικρότεροι γνωστοί μικροοργανισμοί, υπεύθυνοι για ένα μεγάλο αριθμό θανατηφόρων και υποθανάτιων ασθενειών σε φυτά, ζώα και ανθρώπους
Θαμνοκτόνα (Sylvanicides)	Ζιζανιοκτόνα για την εξόντωση δέντρων και θάμνων
Ζιζανιοκτόνα (Herbicides)	Γνωστά ως καταστροφείς ζιζανίων χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο ανεπιθύμητων φυτών, είτε σε καλλιέργειες, είτε σε βιομηχανικούς χώρους και χώρους αναψυχής. Είναι δυνατόν να είναι εκλεκτικά, εξοντώνοντας τα ζιζάνια και όχι την καλλιέργεια ή γενικά, εξοντώνοντας οποιαδήποτε βλάστηση. Ένα προϊόν, που εξοντώνει ένα φυτό καλείται φυτοτοξικό. Χρησιμοποιούνται για να ελέγξουν τα ζιζάνια, που ανταγωνίζονται με τα φυτά των καλλιεργειών για νερό, θρεπτικά συστατικά, χώρο και ηλιακό φως. Τα ζιζανιοκτόνα ενεργούν μέσω μιας πληθώρας τρόπων δράσης, περιλαμβάνοντας την καταστροφή των κυττάρων των φύλλων και ξήρανση των φυτών, αλλαγή της φωτοσύνθεσης και της λήψης θρεπτικών, αναστολή του φυτρώματος ή της ανάπτυξης σπόρων και καταστροφή των φύλλων και των ιστών των κοτσανιών.

	Τα ζιζανιοκτόνα σήμερα αναλογούν στο 66% όλων των αγροτικών παρασιτοκτόνων και διεισδύουν σε μικρότερο βαθμό στην τροφική αλυσίδα απ' ό τι τα μυκητοκτόνα και τα εντομοκτόνα. Περισσότερο από το 90% όλων των ζιζανιοκτόνων χρησιμοποιούνται μόνο σε τέσσερις καλλιέργειες: καλαμπόκι, σόγια, βαμβάκι και σιτάρι.
Ποντικοκτόνα Rodenticides)	Τρωκτικά (αρουραίοι και ποντικοί)
Ιχθυοκτόνα (Piscicides)	Ψάρια
Μαλακιοκτόνα (Molluscicides)	Μαλάκια (γαστερόποδα και σαλιγκάρια)
Συνεργιογόνα (Synergists)	Επαυξάνουν τις συνέπειες άλλου παρασιτοκτόνου
Ρυθμιστές ανάπτυξης (Growth regulators)	Αλλάζουν τις φυσιολογικές διαδικασίες ανάπτυξης
Αποφυλλωτικά (Defoliant)	Απομακρύνουν τα φύλλα των φυτών
Αποξηραντικά (Dessiccants)	Ξηραίνουν ζωντανούς οργανισμούς
Εντομοκτόνα	Τα εντομοκτόνα παρέχουν προστασία στις καλλιέργειες και ελέγχουν τα επιβλαβή έντομα μέσω ποικίλων τρόπων δράσης. Αυτοί οι τρόποι δράσης περιλαμβάνουν νευροτοξικότητα, μυϊκές επιπτώσεις, στείριση, ορμονική διακοπή και φυσικούς μηχανισμούς

Πηγή: ACSH, 1989, NRC, 1993.

Το 1993, 20 νέες παρασιτοκτόνες ενεργές ουσίες καταχωρήθηκαν στην EPA σε σύγκριση με 11 το 1992 (EPA, 1994). Κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 1990 περίπου 20 νέα φυτοφάρμακα ετησίως εισάγονταν στην αγορά κάθε χρόνο. Κατά μέσο όρο μόνο 1 στα 20000 χημικά καταφέρνει να περάσει από την εργαστηριακή ανάπτυξη στην πραγματική αγροτική, καταναλωτική χρήση (NACA, 1994). Η ανάπτυξη φυτοφαρμάκων, συμπεριλαμβανομένων του ελέγχου και της έγκρισης από την EPA, παίρνει περίπου 8-10 χρόνια και κοστίζει στη χημική βιομηχανία 35-60 εκατομμύρια δολάρια για κάθε προϊόν.

Τα νέα φυτοφάρμακα, που χρησιμοποιούνται είναι εξελιγμένα προϊόντα, τα οποία είναι αποτέλεσμα καινοτομικής βασικής έρευνας χρόνων, προκειμένου να ενταθεί η αποδοτικότητά τους, έναντι ανεπιθύμητων παρασίτων. Η καινοτομία τους βασίζεται στην ανάπτυξη και την χρήση των δραστικών ουσιών με χαμηλότερους ρυθμούς εφαρμογής και με πιο γρήγορη βιοαποικοδόμηση, καθώς και η χρήση αποδοτικών

τεχνολογιών εφαρμογής, τα οποία είχαν ως συνέπεια την μείωση των πιθανοτήτων ύπαρξης υπολλειμμάτων στις τροφές και στο νερό και δηλητηριάσεων από ατύχημα.

Στην Ελλάδα οι κυριότερες κατηγορίες των φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιούνται είναι τα εντομοκτόνα (3520 τόνοι / έτος), τα ζιζανιοκτόνα (3440 τόνοι / έτος), τα μυκητοκτόνα (2800 τόνοι / έτος). Οι τριαζίνες (27% των συνολικά χρησιμοποιούμενων ζιζανιοκτόνων) και οι οργανοφωσφορικές ενώσεις (23% των συνολικών χρησιμοποιούμενων εντομοκτόνων) είναι οι κύριες χημικές κατηγορίες που χρησιμοποιούνται. Τα φυτοφάρμακα μετά από την εφαρμογή τους στα φυτά ή στο έδαφος υφίστανται μια σειρά φυσικο-χημικο-βιολογικών διεργασιών, όπως υδρόλυση, οξειδωση, διάσπαση, πρόσληψη από τις ρίζες των φυτών, εξάτμιση κ.λπ. Έχει βρεθεί ότι τα μόρια πολλών φυτοφαρμάκων και κυρίως τα χλωριωμένα εντομοκτόνα διατηρούνται στο έδαφος και στο νερό για χρόνια ή και δεκαετίες.

Απαραίτητη κρίνεται η γνώση των φυσικοχημικών διεργασιών, που επηρεάζουν την κινητικότητα των φυτοφαρμάκων στο περιβάλλον. Επίσης απαραίτητη κρίνεται και η μελέτη της οξείας και χρόνιας τοξικότητάς των φυτοφαρμάκων στους οργανισμούς, για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της χρήσης των φυτοφαρμάκων. Στόχος είναι η έγκαιρη πρόβλεψη και αποφυγή περιστατικών ρύπανσης καθώς και η σύνθεση χημικών ουσιών περισσότερο αβλαβών για το περιβάλλον. Η αντικατάσταση των ιδιαίτερα σταθερών οργανοχλωριωμένων εντομοκτόνων από τα οργανοφωσφορικά και καρβαδιμικά, που είναι ουσίες γενικά πολύ τοξικές αλλά μικρότερης υπολειμματικής δράσης (εμφανίζουν άμεση τοξικότητα αλλά είναι ασταθή και συνεπώς δεν έχουν καταρχήν την τάση να συγκεντρώνονται στις τροφικές αλυσίδες και να προκαλούν μακροπρόθεσμες βλάβες στους οργανισμούς) αλλά και η χρήση των βιοκαλλιεργειών απαλλαγμένες από τοξικά αγροχημικά είναι παράδειγμα προς την κατεύθυνση της αειφόρου ανάπτυξης (Πολυράκης, 2003).

3.3. ΕΙΣΟΔΟΣ ΤΩΝ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΣΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ

Για την κατανόηση της κατάληξης των φυτοφαρμάκων είναι απαραίτητη η γνώση των διαδικασιών, όπως ο μετασχηματισμός, ο διαχωρισμός και η μεταφορά. Με τον όρο μετασχηματισμός αναφέρονται οι βιολογικές και οι χημικές διαδικασίες, που αλλάζουν τη δομή ενός φυτοφάρμακου ή που το αλλοιώνουν εντελώς. Ο

διαχωρισμός σημαίνει τον τρόπο με τον οποίο ένα φυτοφάρμακο διανέμεται μεταξύ στερεάς και υγρής φάσης (μεταξύ του εδάφους και του νερού του εδάφους), ή μεταξύ της στερεάς και της αέριας φάσης (μεταξύ του εδάφους και του αέρα που περιέχεται σ' αυτό). Μεταφορά είναι η κίνηση από το ένα περιβαλλοντικό μέσο σε ένα άλλο, όπως η διήθηση των φυτοφαρμάκων μέσω του εδάφους, μέσω εξαέρωσης στον αέρα και μέσω της ροής στα επιφανειακά νερά.

Ένα φυτοφάρμακο, από την στιγμή που εφαρμόζεται σε κάποια καλλιέργεια, αυτό υπόκειται σε διεργασίες διαχωρισμού και μεταφοράς, που καθορίζουν την κατάληξή του στο περιβάλλον. Ευρισκόμενο στο έδαφος είναι δυνατό να μεταφερθεί με τη βοήθεια του νερού κατακόρυφα στην εδαφική στήλη ή οριζόντια με την επιφανειακή απορροή και τη διάβρωση. Επίσης, είναι δυνατόν να εξατμιστεί ή να προσληφθεί από το ριζικό σύστημα των φυτών. Μια διεργασία επιβράδυνσης του φυτοφαρμάκου είναι η προσρόφηση στο έδαφος. Οι διαδικασίες μετασχηματισμού μπορεί να είναι χημικές (οξειδωση, υδρόλυση κ.λπ.) ή βιολογικές. Η προσρόφηση είναι μια αντιστρεπτή φυσικοχημική διεργασία, κατά την οποία η χημική ουσία προσκολλάται στην επιφάνεια του στερεού σώματος. Τα φυτοφάρμακα έλκονται και συγκρατούνται από τα οργανικά και ανόργανα κolloειδή του εδάφους. Η προσρόφηση θεωρείται ως μια από τις σημαντικότερες διεργασίες φυσικής απομάκρυνσης των φυτοφαρμάκων από το έδαφος, επειδή επηρεάζει τη συγκέντρωσή τους στο εδαφικό διάλυμα και κατ' επέκταση τη μετακίνησή τους στο έδαφος, την εξάτμιση ή την εξάχνωσή τους, καθώς και την διάσπασή τους. Τα προσροφημένα μόρια ή ιόντα των φυτοφαρμάκων είναι ουσιαστικά ανενεργά και γίνονται ενεργά μόνο όταν αποδεσμευτούν από τα κolloειδή.

Η αποικοδόμηση των φυτοφαρμάκων προκύπτει όταν αποσυντίθενται σε μικρότερα χημικά συστατικά από το φως του ήλιου, το νερό ή τα μικρόβια. Επίσης η διήθηση των φυτοφαρμάκων εμφανίζεται όταν αυτά κινούνται μέσω των εδαφικών στρωμάτων. Η διήθηση μπορεί να επιτρέψει στους μολυσματικούς παράγοντες να φθάσουν στα υπόγεια νερά, τις πηγές ή τα πηγάδια. Η εξαέρωση είναι η διαδικασία με την οποία ένα στερεό ή υγρό εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα

Σε αυτή την πτυχιακή εργασία μελετάμε την επιφανειακή απορροή των φυτοφαρμάκων, η οποία είναι περισσότερο υπεύθυνη για την μόλυνση των λιμνών. Η επιφανειακή απορροή είναι το πλεονάζον νερό και κάθε διαλυμένο υλικό σ' αυτό, που ρέει στην επιφάνεια του εδάφους, όταν ο ρυθμός βροχόπτωσης ξεπερνά το ρυθμό κατείδυσης του νερού στο έδαφος. Στην επιφανειακή απορροή, επίσης

περιλαμβάνεται το νερό της αποστράγγισης των εδαφών, που τελικά μεταφέρεται στην επιφάνεια σε χειμάρρους και ποτάμια. Με την απορροή, πραγματοποιείται η μεταφορά των διαλυμένων στο νερό ή των υπό διάλυση μολυσματικών παραγόντων.

Τα φυτοφάρμακα εισέρχονται στα επιφανειακά νερά, κατά κύριο λόγο, μέσω της επιφανειακής απορροής. Η συγκέντρωση των φυτοφαρμάκων στο νερό απορροής φτάνει μερικά ppb, ενώ η συγκέντρωση στα αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να είναι μερικές χιλιάδες φορές μεγαλύτερη. Τα αιωρούμενα στερεά αποτελούν ένα μικρό ποσοστό του συνολικού όγκου απορροής. Οι παραπάνω διεργασίες, που οδηγούν σε μεταφορά των φυτοφαρμάκων στα επιφανειακά νερά, λαμβάνουν χώρα σε μια ζώνη εδάφους, βάθους έως και 1 m, η οποία ονομάζεται ενεργό βάθος ή ζώνη απορροής. Η συγκέντρωση ενός φυτοφάρμακου στην επιφανειακή απορροή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συγκέντρωσή του στη ζώνη απορροής.

Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταφορά των φυτοφαρμάκων και την τελική συγκέντρωσή τους στους επιφανειακούς αποδέκτες είναι: κλιματικοί, εδαφολογικοί και παράγοντες που αφορούν το φυτοφάρμακο (διαλυτότητα στο νερό, προσροφητικότητα). Τα φυτοφάρμακα είναι τοξικές ενώσεις, αλλά η επικινδυνότητά τους ποικίλει κατά πολύ. Κάποια φυτοφάρμακα είναι πολύ περισσότερο τοξικά από κάποια άλλα και μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ασθένειες μετά την απορρόφησή τους από τον ανθρώπινο οργανισμό, ενώ άλλα μπορεί να μην προκαλέσουν σοβαρές επιπτώσεις, ακόμη και αν απορροφηθούν σε μεγάλες συγκεντρώσεις.

Οι δηλητηριάσεις από τα φυτοφάρμακα συμβαίνουν με διάφορους τρόπους, από τους οποίους τρεις είναι οι κυριότεροι και είναι οι ακόλουθοι (EPA, 1990):

1. Δηλητηριάσεις επαγγελματικής φύσης, που αφορούν κυρίως τους εργαζόμενους στη γεωργία ή τους εργάτες στη βιομηχανία παραγωγής και συσκευασίας παρασιτοκτόνων, λόγω της έλλειψης μέτρων προστασίας ή λόγω ατυχημάτων.
2. Η λήψη κατά λάθος από παιδιά και η χρήση των άδειων συσκευασιών για αποθήκευση ή μεταφορά τροφής.
3. Η κατανάλωση προϊόντων, που έχουν πρόσφατα ραντιστεί και διοχετεύονται στην αγορά.

Κάθε φυτοφάρμακο συνοδεύεται από μια ετικέτα με οδηγίες χρήσης. Η ετικέτα περιέχει αυστηρά προληπτικά μέτρα σχετικά με την προστασία της ανθρώπινης

υγείας, της άγριας ζωής και του φυσικού περιβάλλοντος και τις πηγές νερού. Τα προληπτικά μέτρα έχουν κύριο στόχο την προστασία της ποιότητας των επιφανειακών νερών για τους υδρόβιους οργανισμούς και τα άγρια ζώα που χρησιμοποιούν υδρόβια συστήματα, και να αποφευχθεί η μόλυνση των νερών εδάφους.

Οι οδηγίες και τα προληπτικά μέτρα της U.S.E.P.A. υποστηρίζονται από ένα πλήθος τοξικολογικών και περιβαλλοντικών δοκιμασιών, που απαιτούνται για την καταχώρηση του φυτοφαρμάκου. Τα παρασιτοκτόνα, που προορίζονται για υπαίθριες χρήσεις (εκτός υδρόβιων χρήσεων) περιέχουν πάντα γενικά προληπτικά μέτρα. Οι ετικέτες των παριστοκτόνων, που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των ζιζανίων σε υδρόβια περιβάλλοντα περιέχουν προληπτικά μέτρα επίσης (EPA, 2000).

Τα φυτοφάρμακα δημιουργούνται, καταχωρούνται στην EPA και πωλούνται στο κοινό με την υπόθεση ότι οι χρήστες διαβάζουν, καταλαβαίνουν και ακολουθούν τις οδηγίες που βρίσκονται στην ετικέτα προϊόντων. Οι ετικέτες των φυτοφαρμάκων παρέχουν τις σαφείς κατευθύνσεις, για να επιτρέψουν τα μέγιστα οφέλη των προϊόντων, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Κάθε παράνομη χρήση φυτοφαρμάκων με παρέκκλιση από τις απαιτήσεις των ετικετών θα έχει δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία.

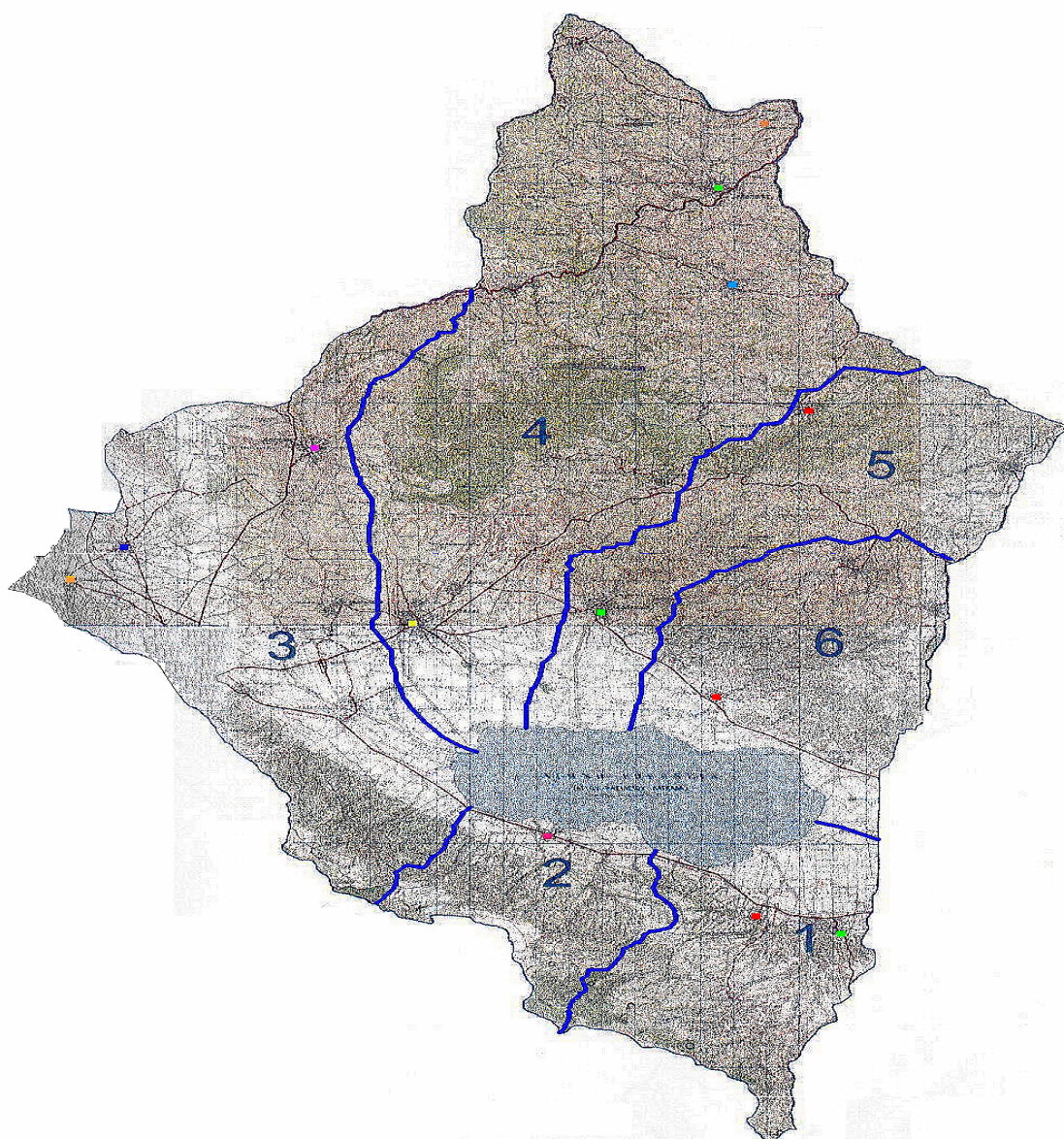
Ένα μαθηματικό μοντέλο, το οποίο λαμβάνει υπόψη του την βροχόπτωση απορροής και υπολογίζει τις συγκεντρώσεις των συμπαρασυρόμενων ρύπων από τα φυτοφάρμακα στην απορροή, δηλαδή το φορτίο απορροής των αγροχημικών δραστικών τοξικών ουσιών, παρουσιάζεται στην επόμενη ενότητα.

3.4. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Για τον υπολογισμό του φορτίου απορροής των αγροχημικών στη λίμνη Κορώνεια, πρέπει να μελετήσουμε κάποια μορφολογικά, υδρολογικά, εδαφολογικά δεδομένα της εξεταζόμενης περιοχής καθώς και τις κυριότερες καλλιέργειές που χρησιμοποιούνται και την έκτασή τους στην εξεταζόμενη περιοχή. Αυτά τα δεδομένα παρουσιάζονται παρακάτω.

3.4.1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ

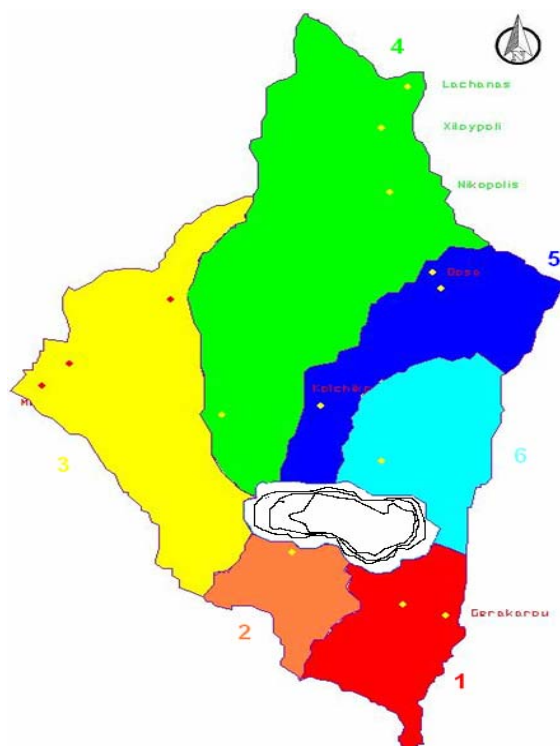
Στην λεκάνη απορροής, που μελετάμε υπάρχει η λίμνη Κορώνεια, που βρίσκεται από κοινού στις εξόδους έξι υπολεκανών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.1.



Εικόνα 3.1. Γεωγραφική απεικόνιση των έξι υπολεκανών της εξεταζόμενης περιοχής. (χαρακτηριστικά σημεία της εξεταζόμενης περιοχής εντοπίζονται με χρωματιστές κουκκίδες προκειμένου να τους δοθούν συντεταγμένες σε γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων WGS 84 ή άλλο και να γίνει γεωαναφορά του χάρτη για την επεξεργασία των γεωγραφικών στοιχείων του).

Για να υπολογίσουμε την διακινδύνευση των κυριότερων και πιο δραστικών φυτοφαρμάκων της περιοχής, η λίμνη θεωρείται ως το άθροισμα έξι χωριστών λιμνών από τις οποίες η κάθε μια αντιστοιχεί στην έξοδο μιας υπολεκάνης κάθε φορά. Από το άθροισμα της απορροής των φυτοφαρμάκων στην κάθε υπολεκάνη, βρίσκουμε την συνολική απορροή των φυτοφαρμάκων στη λίμνη Κορώνεια.

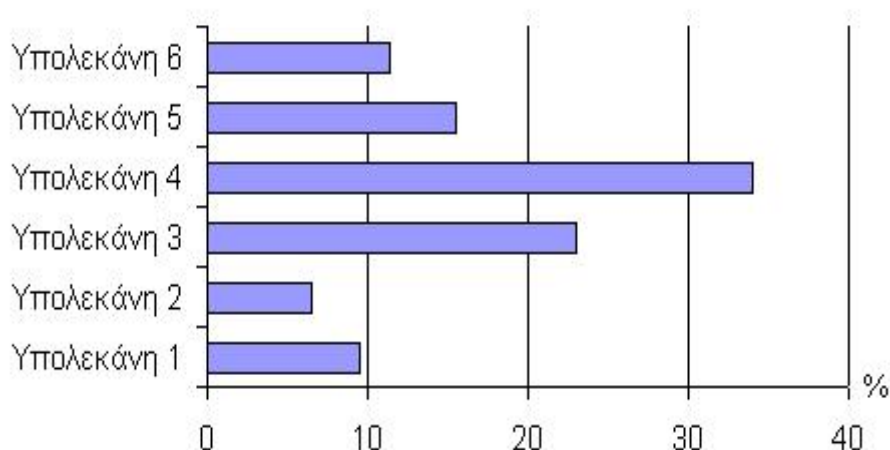
Εισάγοντας στο λογισμικό Auto Cad Map 3D G.I.S της Autodesk δεδομένα ισοϋψών υδάτινων επιφανειών είτε από τοπογραφικές μετρήσεις που έγιναν στη μελέτη του σχεδίου διαχείρισης της λίμνης Κορώνειας, Master Plan ή από χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού ή από το Google Earth ή από επεξεργασία επιτόπιων μετρήσεων G.P.S στην ακτογραμμή της λίμνης ή από κατάλληλη επεξεργασία επιτόπιων μετρήσεων χρήσης βυθόμετρου στην επιφάνεια της λίμνης μπορούμε να προβάλουμε τις υδάτινες επιφάνειες της λίμνης Κορώνειας για διαφορετικά υψόμετρα. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούμε να τα εισάγουμε στο λογισμικό Arc Gis της ESRI για τον σχεδιασμό σε πολύγωνα με διαφορετικό χρώμα των υπολεκανών της εξεταζόμενης περιοχής, όπως φαίνεται στο τελικό χάρτη της εικόνας 3.2.



Εικόνα 3.2. Γεωγραφική απεικόνιση σε πολύγωνα των έξι υπολεκανών της εξεταζόμενης περιοχής με διαφορετικό χρώμα καθώς και των ισοϋψών υδάτινων επιφανειών για διαφορετικά υψόμετρα της λίμνης Κορώνειας.

Έτσι μπορούμε να εξάγουμε χρήσιμα υπολογιστικά αποτελέσματα, όπως τα ποσοστά των εκτάσεων που καταλαμβάνει η κάθε υπολεκάνη στην περιοχή μελέτης. Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών μπορούν να χρησιμεύσουν στον υπολογισμό των επιφανειών των υδάτινων επιφανειών της λίμνης για διαφορετικά υψόμετρα και στη συνέχεια με χρήση κατάλληλου λογισμικού σε Visual Basic, που αναπτύσσεται στο παράρτημα, μπορεί να υπολογιστεί ο όγκος της λίμνης. Κατά συνέπεια κατά την εφαρμογή ενός συστήματος σημείων ελέγχου ποιότητας νερών HACCP στην περίπτωση που μετρηθούν σε μια δειγματοληψία υψηλές συγκεντρώσεις ενός φυτοφάρμακου και έχει εκτιμηθεί ο συνολικός όγκος της λίμνης με την χρήση των παραπάνω συνεργαζόμενων τεχνολογιών μπορούμε να προτείνουμε μέτρα υλοποίησης υδραυλικών έργων για την αποκατάσταση της ποιοτικής κατάστασης της λίμνης.

Το ποσοστό της επιφάνειας της λίμνης, που αντιστοιχεί σε κάθε υπολεκάνη θεωρήθηκε ότι έπρεπε να ισούται με το ποσοστό έκτασης που καταλαμβάνει η κάθε υπολεκάνη στην περιοχή μελέτης. Τα ποσοστά αυτά είναι 9,5% για την πρώτη υπολεκάνη, 6,47% για την δεύτερη υπολεκάνη, 23% για την τρίτη υπολεκάνη, 34,19% για την τέταρτη υπολεκάνη, 15,5% για την πέμπτη υπολεκάνη και 11,34% για την έκτη υπολεκάνη. Στην εικόνα 3.3. φαίνονται σε ραβδογράμματα τα ποσοστά των υπολεκανών που αντιστοιχούν στην επιφάνεια της εξεταζόμενης περιοχής.



Εικόνα 3.3. Ποσοστά των έξι υπολεκανών της εξεταζόμενης περιοχής.

Από τον τοπογραφικό χάρτη της περιοχής και τη μεταφορά των δεδομένων στα γεωγραφικά συστήματα πληροφορικής υπολογίζονται οι μέσες κλίσεις των κύριων υδατορευμάτων κάθε υπολεκάνης. Η ζητούμενη κλίση υπολογίζεται κάθε φορά διαιρώντας την υψομετρική διαφορά, μεταξύ των ακραίων σημείων του υδατορεύματος, με το μήκος του κάθε υδατορεύματος.

Έτσι η πρώτη υπολεκάνη έχει μέση κλίση 6.1%, και κύριο υδατόρευμα της είναι ο Πλατανιάρης. Η δεύτερη υπολεκάνη έχει μέση κλίση 6.4% με κύριο υδατόρευμα τον Μηλού Λάκος. Η τρίτη υπολεκάνη έχει μέση κλίση 0.9%, με κύριο υδατόρευμα την Τάφρο Καβαλαρίου. Η τέταρτη υπολεκάνη έχει μέση κλίση 1.4%, με κύριο υδατόρευμα τον Μπογδανά. Η πέμπτη υπολεκάνη έχει μέση κλίση 1.8% με κύριο υδατόρευμα το Μεγάλο Ρέμα. Η έκτη υπολεκάνη έχει μέση κλίση 3.6% με κύριο υδατορεύμα το Ρέμα της Νύμφης.

Η μελέτη των υδρολογικών στοιχείων της περιοχής είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της μέγιστης βροχόπτωσης της λεκάνης, η οποία λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό του φορτίου απορροής των φυτοφαρμάκων που καταλήγει στη λίμνη σύμφωνα με τη μεθοδολογία του Lutz, που περιγράφεται παρακάτω. Για τον υπολογισμό της μέγιστης μηνιαίας βροχόπτωσης της λίμνης Κορώνειας, λήφθηκαν υπόψη από τα υδρολογικά δεδομένα των μηνιαίων υψών βροχής (mm) από τον μετεωρολογικό σταθμό του αεροδρομίου Μακεδονία της περιοχής Μίκρας Θεσσαλονίκης, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω. Γενικά τα διαθέσιμα υδρολογικά στοιχεία της εξεταζόμενης περιοχής καλύπτουν ένα μικρό χρονικό διάστημα και δεν επαρκούν για να γίνει εκτεταμένη εφαρμογή των αρχών της τεχνικής υδρολογίας ώστε να εκτιμηθούν και να εξαχθούν χρήσιμα υδρολογικά στατιστικά στοιχεία όπως μηνιαία ύψη βροχής για μεγάλες χρονοσειρές κ.α.

Πίνακας 3.1. Μηνιαία Υψη Βροχών (mm).

	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
I	0	-	57	60	36	8	16	46	12	76	50	22	2	45	17	132	37	12
Φ	-	90	46	45	35	29	16	49	58	11	11	56	14	63	7	0	56	55
M	38	20	61	64	21	36	21	34	24	68	17	68	34	54.2	78	42	71	126
A	61	122.5	43	59	11	34	15	89	109	49	37.5	143	15	86	9	30	63	46
M	63	22	10	46	83	80	69	98	65	110	41	40	29	4	45	104	23	35
I	38	42	67	47	58	78	96	22	12	38	11	28	180	22	17	110	37	19
I	95	118	46	0	38	22	24	0	6.3	37	33	36	52	4	1	29	27	0
A	60	26	29	6	50	71	10	38	28	44.5	37	96	46	22	14	20	67	3
Σ	47	36	78	48	2	0	15	84	51	0	0	30	14	2	13	11	0	3
O	20	134	56	28	27	154	0	84	126	126	25	49	19	1	5	21	29	7
N	5	14	62	44.5	38	112	69	23	92	47	74	160	71	48	153	42	126	123
Δ	-	-	48	63	26	20	21	82	66	81	78	36	106	52	7	6	61	62

3.4.2. ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΣΕΙΡΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Κρίνεται απαραίτητος, για τον υπολογισμό της απορροής των φυτοφαρμάκων στην λίμνη, ο καθορισμός των εδαφικών παραμέτρων, που συναντούμε στην περιοχή και στην κάθε λεκάνη ξεχωριστά. Για τον καθορισμό του τύπου του εδάφους σε κάθε υπολεκάνη, όσον αφορά την σύσταση και την μορφολογία του, συμβουλευτήκαμε τις εδαφοτομές, που προέκυψαν από τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων που έγιναν σε διάφορα σημεία της περιοχής από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών και τον εδαφολογικό χάρτη του Υπουργείου Γεωργίας της περιοχής.

Σε προηγούμενη πτυχιακή εργασία (Βαγενάς και Ευαγγέλου, 1999) πραγματοποιήθηκε επικοινωνία με τον Καθηγητή της Εδαφολογίας στη Σχολή Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Αθηνών Κ. Κοσμά και βρέθηκαν οι εδαφικές σειρές, που είναι παρόμοιες με τα χαρακτηριστικά των εδαφικών τομών της εξεταζόμενης περιοχής και έγινε η κατάλληλη αντιστοίχιση σε κάθε υπολεκάνη. Στις υπολεκάνες 1, 2 αντιστοιχήθηκε η εδαφική σειρά Springwater, στις υπολεκάνες 3, 4 η εδαφική σειρά Sesame και στις υπολεκάνες 5, 6 η εδαφική σειρά Hoffmanville.

Έτσι στις υπολεκάνες 1 και 2 έγινε αντιστοίχιση της εδαφοτομής 92-1732, που προέκυψε από γεωτρήσεις στην περιοχή του Αγίου Βασιλείου. Στις υπολεκάνες 3 και 4 αντιστοιχήθηκε η εδαφοτομή 92-1778, που προέκυψε από γεωτρήσεις στην περιοχή του Λαχανά. Στην υπολεκάνη 5 αντιστοιχήθηκε η εδαφοτομή 92-1783, που προέκυψε από γεωτρήσεις στην περιοχή Πέντε Βρύσες Θεσσαλονίκης και στην υπολεκάνη 6 αντιστοιχήθηκε η εδαφοτομή 92-1783, που προέκυψε από γεωτρήσεις στην περιοχή Λοφίσκος Θεσσαλονίκης, στο παράρτημα παρουσιάζεται ο σχετικός εδαφολογικός χάρτης της εξεταζόμενης περιοχής.

Η εδαφική σειρά Springwater όσον αφορά την κοκκομετρία της, το 62% περνά από κόσκινο των 200 mm και 0% από κόσκινο των 50 mm. Το βάθος μέχρι το οποίο φτάνει είναι 939.8 mm. Αποτελείται από τρία στρώματα τα οποία φτάνουν σε βάθος 10, 177.8 και 939.8 mm αντίστοιχα. Τα τρία στρώματα παρουσιάζουν (αντίστοιχα από την επιφάνεια προς τα κάτω) υδατοϊκανότητα 0.16, 0.16, 0.17 mm, αγωγιμότητα κορεσμού 101.6, 101.6, 101.6 mm/hr, περιεκτικότητα σε πηλό 23, 23, 31 (%) και περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα 2.91, 2.91, 2.91 (%). Ως

υδατοϊκανότητα ορίζεται η διαθέσιμη ποσότητα του νερού, που μπορεί να αποθηκευτεί στο έδαφος και να είναι διαθέσιμη για την ανάπτυξη των καλλιεργειών (wikipedia, available water capacity, 2011).

Η εδαφική σειρά Sesame, όσον αφορά την κοκκομετρία της, το 48% περνά από κόσκινο των 200 mm και 0% από κόσκινο των 50 mm. Το βάθος μέχρι το οποίο φτάνει είναι 762 mm. Αποτελείται από τέσσερα στρώματα τα οποία φτάνουν σε βάθος 10, 203.2, 685.8 και 762 mm αντίστοιχα. Τα τέσσερα στρώματα παρουσιάζουν (αντίστοιχα από την επιφάνεια προς τα κάτω) υδατοϊκανότητα 0.11, 0.11, 0.16, 0.11 mm, αγωγιμότητα κορεσμού 101.6, 101.6, 33.02, 101.6 mm/hr, περιεκτικότητα σε πηλό 15, 15, 22, 15 (%) και περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα 2.91, 2.91, 2.91(%).

Η εδαφική σειρά Hoffmanville, όσον αφορά την κοκκομετρία της, το 90% διαπερνά από κόσκινο των 200 mm και 0% από κόσκινο των 50 mm. Το βάθος μέχρι το οποίο φτάνει είναι 1524 mm. Αποτελείται από τέσσερα στρώματα τα οποία φτάνουν σε βάθος 10, 228.6, 711.2 και 1524 mm αντίστοιχα. Τα τέσσερα στρώματα παρουσιάζουν (αντίστοιχα από την επιφάνεια προς τα κάτω) υδατοϊκανότητα 0.16, 0.16, 0.15, 0.07 mm, αγωγιμότητα κορεσμού 3.3, 3.3, 3.3, 330.2 mm/hr, περιεκτικότητα σε πηλό 15, 15, 22, 15 (%) και περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα 0.87, 0.87, 0, 0 (%).

3.4.3. ΔΕΛΟΜΕΝΑ ΟΓΚΟΥ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Για τον υπολογισμό του όγκου απορροής της λεκάνης μια βασική παράμετρος, που πρέπει να ληφθεί, είναι το δυναμικό απορροής CN (curve number). Ο όγκος της επιφανειακής απορροής προβλέπεται χρησιμοποιώντας την μέθοδο των CN της Soil Conservation Service (USDA, 1972) ως συνάρτηση της καθημερινής περιεκτικότητας του εδάφους σε υγρασία. Η τιμή CN μιας περιοχής δείχνει το δυναμικό της απορροής για την περιοχή αυτή. Οι τιμές CN μπορεί να είναι διαθέσιμες στον μελετητή από διάφορες πηγές. Αρχικά οι curve numbers προσδιορίζονταν από τις γραφικές παραστάσεις παρατηρούμενων απορροών με τα αντίστοιχα μετρημένα ύψη βροχών που προέκυψαν από μετρήσεις σε όλη την Αμερικανική Επικράτεια. Έπειτα οι τιμές συσχετίστηκαν με τις χρήσεις γαιών. Μια περιοχή που χαρακτηρίζεται σε «καλή κατάσταση» εμφανίζει μεγαλύτερο βαθμό διηθητικότητας σε σχέση με μια περιοχή που χαρακτηρίζεται σε «όχι καλή κατάσταση». Ο πίνακας

3.3. παρουσιάζει την κατάταξη των τεσσάρων υδρογεωλογικών ομάδων εδαφών (HSG) με βάση τον ελάχιστο βαθμό διήθησης τον οποίο αποκτά το εδαφικό δείγμα ύστερα από παρατεταμένη διαβροχή. Ο παρακάτω πίνακας 3.2. περιέχει αντιπροσωπευτικές τιμές ανάλογα με τις χρήσεις γης της περιοχής. Αδιαπέρατες επιφάνειες που καλύπτονται από νερό παρουσιάζουν τιμές που κυμαίνονται από 98 έως 100.

Πίνακας 3.2. Κατάταξη υδρογεωλογικής ομάδας εδαφών.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΕΔΑΦΩΝ	
ΟΜΑΔΑ Α	Εδάφη που έχουν μικρό δυναμικό απορροής και μεγάλο βαθμό διήθησης ακόμα και όταν είναι εκτενώς βρεγμένα. Αποτελούνται κυρίως από άμμο και χαλίκια που εκτείνονται σε μεγάλο βάθος και παρουσιάζουν καλή έως υπερβολική ικανότητα στράγγισης. Παρουσιάζουν μεγάλη ταχύτητα μεταφοράς του νερού στο εσωτερικό τους (μεγαλύτερη από 0,30 in/hr).
ΟΜΑΔΑ Β	Εδάφη με μέτριους βαθμούς διήθησης όταν είναι εκτενώς βρεγμένα. Πρόκειται συνήθως για εδάφη των οποίων η δομή μεταβάλλεται από μετρίως λεπτόκοκκη κοντά στην επιφάνεια έως μετρίως χονδρόκοκκη στο βάθος. Η ικανότητα στράγγισης του νερού κυμαίνεται από μετρίως καλή έως καλή. Παρουσιάζουν μέτρια ταχύτητα μεταφοράς του νερού στο εσωτερικό τους (0,015-0,30 in/hr).
ΟΜΑΔΑ C	Εδάφη με χαμηλούς βαθμούς διήθησης όταν είναι εκτενώς βρεγμένα. Πρόκειται συνήθως για εδάφη τα οποία διαθέτουν ένα στρώμα που εμποδίζει την κατακόρυφη κίνηση του νερού προς τα κάτω καθώς και για εδάφη των οποίων η δομή κυμαίνεται από μετρίως χονδρόκοκκη έως χονδρόκοκκη. Παρουσιάζουν μικρή ταχύτητα μεταφοράς του νερού στο εσωτερικό τους (0,05-0,15 in/hr).
ΟΜΑΔΑ D	Εδάφη με μεγάλο δυναμικό απορροής και μικρό βαθμό διήθησης όταν είναι εκτενώς βρεγμένο. Πρόκειται συνήθως για πηλώδη εδάφη με μεγάλη δυνατότητα διόγκωσης, εδάφη με ένα μόνιμο <i>high water table</i> και εδάφη που περιέχουν στρώμα από ξηρό αδιαπέρατο χώμα ή πηλό κοντά στην επιφάνεια ή πάνω σε αυτή. Παρουσιάζουν πολύ χαμηλή ταχύτητα μεταφοράς του νερού στο εσωτερικό τους (0-0,05 in/hr)

Πηγή: Chow, 1988

Πίνακας 3.3. Επιφανειακή δομή ομάδας εδαφών.

HSG	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΔΟΜΗ
A	Άμμος, αργιλώδης άμμος ή αμμώδης άργιλος
B	Ιλυώδης άργιλος ή άργιλος
C	Αμμούχα πηλώδης άργιλος
D	Πηλώδης άργιλος, Ιλυώδης πηλώδης άργιλος, Αμμώδης πηλός, Ιλυώδης πηλός ή πηλός

Πηγή: Chow, 1988

Πίνακας 3.4. Κατάταξη χρήσεων γης και υδρογεωλογικών ομάδων εδαφών, CN.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ		ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΟΜΑΔΑ			
		A	B	C	D
Καλλιεργούμενη γη	Χωρίς φροντίδα συντήρησης	72	81	88	91
	Με φροντίδα συντήρησης	62	71	78	81
Βοσκότοποι	Κακή κατάσταση	68	79	86	89
	Καλή κατάσταση	39	61	74	80
Λειβάδια		30	58	71	78
Δάση	Μικρή κάλυψη	45	66	77	83
	Μεγάλη κάλυψη	25	55	70	77

Πηγή: Chow, 1988

Γνωρίζοντας ότι η απορροή μετά από μια βροχή εξαρτάται και από τα αν έχει προηγηθεί άλλη βροχή έχουν καθοριστεί οι τιμές CN (I) και CN (II). Οι τιμές CN που δίνονται στον παραπάνω πίνακα είναι οι τιμές CN (II) και αναφέρονται σε μέσες τιμές που έχουν ληφθεί από παρατηρούμενες βροχές και δεδομένα απορροών. Οι τιμές CN(I) χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της απορροής λόγω μιας καταιγίδας όταν έχει προηγηθεί μια μικρή βροχή και οι τιμές CN(III) για τον υπολογισμό της απορροής λόγω μιας καταιγίδας όταν έχει προηγηθεί μια αξιοσημείωτη βροχή. Οι τιμές των δυναμικών απορροής CN(I) και CN(III) υπολογίζονται από τις ακόλουθες σχέσεις (Chow 1988):

$$CN(I) = \frac{4.2 * CN(II)}{10 - 0.058 * CN(II)} \quad (3.1)$$

$$CN(III) = \frac{23 * CN(II)}{10 + 0.13 * CN(II)} \quad (3.2)$$

Για την εξεταζόμενη περιοχή πρέπει να κατατάξουμε το έδαφος της κάθε υπολεκάνης σε μια από τις τέσσερις υδρολογικές ομάδες του πίνακα 3.3. Η κατάταξη είναι συνάρτηση του δυναμικού απορροής του εδάφους, της διηθητικότητας αυτού και των διαφυγών που παρουσιάζει.

Η πρώτη και η δεύτερη υπολεκάνη καλύπτονται κυρίως από μαρμαργυριακούς σχιστόλιθους. Πρόκειται για έδαφος ασβεστόχο ελαφρώς πετρώδες και ελαφρώς βραχώδες με τυχαίες αβαθείς χαραδρώσεις. Ο βαθμός διήθησης που παρουσιάζει είναι μέτριος καθώς μέτριες είναι τόσο η απορροή όσο και οι απώλειες. Επομένως κατατάξαμε το έδαφος των υπολεκανών αυτών (1,2) στην υδρογεωλογική ομάδα Β.

Οι υπόλοιπες υπολεκάνες καλύπτονται κυρίως από γνεύσιους τεμαχισμένους με ελαφρά διάβρωση και αβαθείς τυχαίες χαραδρώσεις. Πρόκειται για έδαφος ελαφρός πετρώδες έως μετρίως πετρώδες και όχι βραχώδες. Η ύπαρξη στρωμάτων κοντά στην επιφάνεια που εμποδίζουν την κατακόρυφη κίνηση του νερού έχει σαν αποτέλεσμα μικρούς βαθμούς απορροής και διαφυγών. Συνεπώς κατατάξαμε το έδαφος των 3, 4, 5 και 6 στην υδρογεωλογική ομάδα C.

Έπειτα μελετήθηκε η κάλυψη του εδάφους σε κάθε υπολεκάνη και οι καλλιέργειες καθώς και σε τι βαθμό συμμετέχει το κάθε είδος στην κάλυψη της κάθε

υπολεκάνης. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ο χάρτης χρήσεων γης (παράρτημα). Όλη η λεκάνη καλύπτεται κατά κύριο λόγο από δάση, βοσκότοπους και κύριες καλλιέργειες σιταριού και καλαμποκιού.

Τελικά με βάση την υδρογεωλογική ομάδα στην οποία κατατάχθηκε κάθε υπολεκάνη και τις χρήσεις γης που εφαρμόζονται, επιλέχθηκαν οι κατάλληλες τιμές που αντιστοιχούν στην καμπύλη απορροής CN, της κάθε υπολεκάνης. Έτσι για την πρώτη υπολεκάνη επιλέχθηκε η τιμή CN=71, για την δεύτερη υπολεκάνη η τιμή 77, για την Τρίτη υπολεκάνη η τιμή 85, για την τέταρτη υπολεκάνη η τιμή 79, για την πέμπτη υπολεκάνη η τιμή 81 και για την έκτη υπολεκάνη η τιμή 85.

3.5. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Η υδρογεωλογική λεκάνη της Μυγδονίας, στο κέντρο της Μακεδονίας, βορειοανατολικά της Θεσσαλονίκης, αποτελεί τη λεκάνη απορροής της αρχέγονης λίμνης της Μυγδονίας, υπολείμματα της οποίας είναι οι λίμνες Κορώνεια στο δυτικό τμήμα της λεκάνης και η λίμνη Βόλβη στο ανατολικό της τμήμα. Τη λεκάνη αποστραγγίζουν χείμαρροι, που, άμεσα ή έμμεσα, εκβάλλουν στις λίμνες, στις οποίες εισρέουν και τα νερά από τις θερμές πηγές του Λαγκαδά και της Ν. Απολλωνίας.

Όπως παρουσιάστηκε και παραπάνω η λίμνη Κορώνεια, έκτασης 46,2 km², είναι αβαθής και χαρακτηρίζεται ως ευτροφική λόγω των λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων, που απορρέουν από τις αγροτικές καλλιέργειες της περιοχής. Το οικοσύστημα της λίμνης είναι ιδιαίτερης οικολογικής σπουδαιότητας γι' αυτό και περιλαμβάνεται μεταξύ των υγροτόπων διεθνούς σημασίας της σύμβασης RAMSAR και προστατεύεται από την οδηγία 409/79 της Ε.Ο.Κ. και από τη Σύμβαση της Βαρκελώνης.

Η λίμνη ρυπαίνεται από τους χείμαρρους που αποστραγγίζουν τη λεκάνη, όταν αυτοί μεταφέρουν υπολείμματα αγροχημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται στη γεωργία, όπως και λύματα εργοστασίων, οικισμών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων. Η έκταση της ρύπανσης που οφείλεται στη γεωργία που ασκείται στην περιοχή που περιβάλλει την λίμνη δεν έχει προσδιοριστεί. Είναι όμως εύλογο η

γεωργία να θεωρείται ως μη σημειακή πηγή ρύπανσης, η οποία απαιτείται να περιορισθεί για την προστασία της λίμνης.

Η συνολική έκταση της λεκάνης Μυγδονίας είναι 2060 km², ενώ η καλλιεργούμενη έκταση που περιβάλλει τις λίμνες Κορώνεια και Βόλβη ανέρχεται σε 32100 εκτάρια, τα οποία ανήκουν σε 24 κοινότητες της περιοχής. Οι κύριες καλλιέργειες της περιοχής είναι τα χειμερινά σιτηρά και ο αραβόσιτος. Η άρδευση, όσων εκτάσεων αρδεύονται, γίνεται από γεωτρήσεις, ενώ τα αρδευτικά δίκτυα, που υπάρχουν στην περιοχή, έχουν περιορισθεί στην χρήση τους. Οι γεωργικές πρακτικές στην περιοχή είναι παρόμοιες με αυτές των γειτνιαζουσών περιοχών.

Η μείωση των χρησιμοποιούμενων αγροχημικών στα καλλιεργούμενα εδάφη που περιβάλλουν τις λίμνες θεωρείται, όχι αβάσιμα, ότι συνεπάγεται μείωση της μεταφοράς υπολειμμάτων στις λίμνες και, επομένως, μείωση της ρύπανσής τους. Η μείωση αυτή μπορεί να επιτευχθεί με αγρανάπαυση, με αλλαγή των μεθόδων γεωργικής πρακτικής ή ακόμη και με την αναδιάρθρωση των καλλιεργειών.

Τα απαιτούμενα δεδομένα των καλλιεργειών για την χρονιά του 1987, αντλήθηκαν από την μελέτη της νομαρχιακής επιτροπής υποδομών δικτύων και περιβάλλοντος Θεσσαλονίκης. Οι καλλιεργούμενες συνολικές εκτάσεις της εξεταζόμενης λεκάνης απορροής φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 3.5. Αγροτικές καλλιέργειες και εκτάσεις τους
στην λεκάνη απορροής της λίμνης Κορώνειας.**

Καλλιέργεια	Μαλακό σιτάρι	Σκληρό σιτάρι	Άλλα Καλαμπόκι	Καπνός	Ηλιοτρόπιο	Τριφύλλι	Σανός	Βαμβάκι	Ντομάτα	Άλλα λαχανικά	Οπωροφόρα	Σταφύλια	
(%) ποσοστό του συνόλου	42	23	5	5	2	1	9	6	1	1	3	1.5	0. 5
Σύνολο (στρέμμα τα)	90613	50683	11315	11464	3556	1300	20383	1189	1401	5602	3251	3 3 6	

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα οι κυριότερες καλλιέργειες, που έχουν υψηλές ποσότητες φυτοφαρμάκων ανά ψεκασμό και καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις στις υπολεκάνες, της εξεταζόμενης λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας παρουσιάζονται παρακάτω.

Για την πρώτη υπολεκάνη υπάρχουν οι ακόλουθες κυριότερες καλλιέργειες και οι εκτάσεις τους:

- Μαλακό Σιτάρι 7978 στρέμματα,
- Σκληρό Σιτάρι 5208 στρέμματα,
- Καλαμπόκι 5053 στρέμματα.

Για την δεύτερη υπολεκάνη υπάρχουν οι ακόλουθες κυριότερες καλλιέργειες και οι εκτάσεις τους:

- Μαλακό Σιτάρι 7465 στρέμματα,
- Καλαμπόκι 2061 στρέμματα.

Για την τρίτη υπολεκάνη υπάρχουν οι ακόλουθες κυριότερες καλλιέργειες και οι εκτάσεις τους:

- Μαλακό Σιτάρι 31770 στρέμματα,
- Σκληρό Σιτάρι 24940 στρέμματα.

Για την τέταρτη υπολεκάνη υπάρχουν οι ακόλουθες κυριότερες καλλιέργειες και οι εκτάσεις τους:

- Μαλακό Σιτάρι 33543 στρέμματα,
- Σκληρό Σιτάρι 15480 στρέμματα.

Για την πέμπτη υπολεκάνη υπάρχουν οι ακόλουθες κυριότερες καλλιέργειες και οι εκτάσεις τους:

- Μαλακό Σιτάρι 6238 στρέμματα,
- Σκληρό Σιτάρι 3715 στρέμματα,
- Καλαμπόκι 4350 στρέμματα.

Για την έκτη υπολεκάνη υπάρχουν οι ακόλουθες κυριότερες καλλιέργειες και οι εκτάσεις τους:

- Μαλακό σιτάρι 3619 στρέμματα,
- Σκληρό σιτάρι 1340 στρέμματα.

Τα αγροχημικά, που χρησιμοποιούνται για τις καλλιέργειες των σιτηρών, είναι το 2-4 D με ποσότητα δραστικής ουσίας ανά ψεκασμό 140 gr/στρ και το MCPA με ποσότητα δραστικής ουσίας ανά ψεκασμό 150 gr/στρ. Τα φυτοφάρμακα, που χρησιμοποιούνται για τις καλλιέργειες του καλαμποκιού, είναι το 2-4 D με ποσότητα δραστικής ουσίας ανά ψεκασμό 140 gr/στρ και το Atrazine με ποσότητα δραστικής ουσίας ανά ψεκασμό 100 gr/στρ. Για τα φυτοφάρμακα της εξεταζόμενης λεκάνης, που χρησιμοποιούνται στις παραπάνω κυριότερες καλλιέργειες και εκτάσεις, υπολογίζουμε τις ποσότητες των φυτοφαρμάκων λόγω απορροής, που καταλήγουν στην λίμνη. Τα στοιχεία, που μελετούνται ως περιπτωσιολογική μελέτη για την λίμνη Κορώνεια, μπορούν να δοθούν σαν δεδομένα στο σχετικό λογισμικό ηλεκτρονικού υπολογιστή, που αναπτύσσεται σε γλώσσα προγραμματισμού visual basic, το οποίο αποτελεί ένα χρήσιμο βοηθητικό υπολογιστικό εργαλείο για την διαχείριση υδατικών πόρων και την εκτίμηση της ποιότητας των επιφανειακών νερών ταμιευτήρων, και παρουσιάζεται στο τέλος της διπλωματικής εργασίας.

3.6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΑΓΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ

Η ρύπανση των επιφανειακών υδάτων από αγροτικά χημικά εξαρτάται από δυο κύριες διαδικασίες, το άμεσο φορτίο από ψεκασμό (spraydrift) και το έμμεσο φορτίο από την επιφανειακή απορροή (runoff). Η ρύπανση των υδάτων από ψεκασμό είναι άμεση συνέπεια της δράσης των φυτοφαρμάκων μετά τον ψεκασμό, ενώ όσο αφορά την ρύπανση από την απορροή εμφανίζεται μετά από μια μικρή χρονική περίοδο.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση το άμεσο φορτίο ψεκασμού μπορεί να θεωρηθεί αμελητέο, διότι οι αποστάσεις των καλλιεργειών από την επιφάνεια της λίμνης είναι πολύ μεγαλύτερες από τα 50 μέτρα, οπότε το φορτίο ψεκασμού θα είναι πολύ μικρότερο από το 0.1 της εφαρμοζόμενης δόσης του φυτοφαρμάκου που εφαρμόζεται στις καλλιέργειες.

Για τον υπολογισμό του έμμεσου φορτίου εισόδου ρυπαντών στη λίμνη μέσω της διαδρομής της επιφανειακής απορροής επιλέχθηκε ως καταλληλότερη μέθοδος

αυτή που έχει αναπτυχθεί από τον Lutz και παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω (OECD, 2000, Gutsche V. κ.α. 1999).

3.6.1. ΜΕΛΟΛΟΓΙΑ LUTZ

Το ποσοστό του φυτοφαρμάκου, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$L_{\%runoff} = \frac{Q}{P} * f * \exp\left(-d * \frac{\ln 2}{DT_{50,soil}}\right) * \frac{100}{1 + K_d} \quad (3.3)$$

όπου,

L%runoff	το ποσοστό της εφαρμοζόμενης δόσης
Q	η επιφανειακή απορροή, λόγω περίσσειας βροχής (mm)
P	η ποσότητα βροχόπτωσης (mm)
d	το χρονικό διάστημα μεταξύ της εφαρμογής του φυτοφάρμακου και της εκδήλωσης της βροχής (3 days)
DT 50,soil	χρόνος ημιζωής της δραστικής ένωσης στο έδαφος (days)
f	διορθωτικός συντελεστής, $f = f1 * f2 * f3$
f1	αν η κλίση s της υπολεκάνης $s > 20\%$ τότε $f1 = 1$ αν η κλίση s της υπολεκάνης $s < 20\%$ τότε $f1 = 0.02153 * s + 0.001423 * s^2$
f2	διορθωτικός συντελεστής για την επίπτωση της απορρόφησης (PI) μέρους της δραστικής ένωσης από φυτά $f2 = 1 - (PI/100)$, PI=από 1% έως 10%, λαμβάνεται μια μέση τιμή 5%, οπότε $f2 = 0.95$
f3	διορθωτικός συντελεστής για την απορρόφηση μέρους της δραστικής ένωσης από την ύπαρξη ουδέτερων εδαφικών ζωνών μεταξύ της περιοχής εφαρμογής και του ρεύματος απορροής $f3 = 0.83^{WBZ}$, αν δεν υπάρχουν τέτοιες ζώνες τότε $f3 = 1$. Στην εξεταζόμενη περιοχή οι περισσότερες καλλιέργειες βρίσκονται κοντά σε αποστραγγιστικά αυλάκια οπότε λαμβάνεται $WBZ = 0$, και $f3 = 1$
Kd	συντελεστής διαχωρισμού ίσος με $Koc * \%OC/100$, όπου Koc ο συντελεστής προσρόφησης της δραστικής ένωσης σε οργανικό άνθρακα, και $\%OC$ το ποσοστό του οργανικού άνθρακα στο έδαφος

Η επιφανειακή απορροή υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$Q = \frac{(P - 0.2 * S)^2}{P + 0.8 * S} \quad (3.4)$$

πρέπει $P > 2S$, πριν λάβει χώρα οποιαδήποτε απορροή

όπου,

S η αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους (mm)

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3.5)$$

όπου,

CN είναι ο απορροϊκός συντελεστής (curve number)

Από τις σχέσεις (3.1) και (3.2) υπολογίζουμε τους συντελεστές CN(I) και CN(III) για την κάθε υπολεκάνη της εξεταζόμενης περιοχής, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.6. Τιμές απορροϊκών συντελεστών για τις υπολεκάνες της περιοχής

	CN(I)	CN(II)	CN(III)
ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ 1	50.7	71	84.9
ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ 2	58.4	77	88.5
ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ 3	70.4	85	92.9
ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ 4	61.2	79	89.6
ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ 5	64.2	81	90.7
ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ 6	70.4	85	92.9

Από τον πίνακα 3.4 παρατηρούμε ότι μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζουν οι απορροϊκοί συντελεστές CN(III) τους οποίους και θα χρησιμοποιήσουμε. Η επιλογή των CN(III) αποτελεί την δυσμενέστερη περίπτωση φορτίου απορροής φυτοφαρμάκων στην λίμνη, αφού οι τιμές των CN(III) δίνουν τις αντίστοιχες μικρότερες τιμές αποθηκευτικής ικανότητας, σύμφωνα με την σχέση (3.5), τις μεγαλύτερες αντίστοιχες τιμές επιφανειακής απορροής σύμφωνα με την σχέση (3.4) και το μεγαλύτερο ποσοστό φυτοφαρμάκου, που μεταφέρεται στη λίμνη μέσω της επιφανειακής απορροής, σύμφωνα με την σχέση (3.3).

Με βάση τα μορφολογικά στοιχεία, εδαφολογικά δεδομένα, τις κυριότερες εφαρμοζόμενες αγροτικές καλλιέργειες και τα υδρολογικά στοιχεία της εξεταζόμενης περιοχής, που παρουσιάστηκαν παραπάνω, υπολογίζουμε την επιφανειακή απορροή των επιμέρους περιοχών, όπως φαίνεται στους παρακάτω πίνακες. Από τις πραγματικές χρονοσειρές μηνιαίων υψών βροχών, από το 1971 έως 1988, λαμβάνεται υπόψη στους παρακάτω υπολογισμούς, η μέγιστη βροχόπτωση των 180 (mm).

Πίνακας 3.7. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 180 mm, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 1 με f1=0.18, για εδαφική σειρά Springwater με OC%=2.91%.

	CN(III)	S (mm)	Q (mm)	DT50 Soil (days)	Koc	Kd	L%
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	84.9	45.2	116.2	10	20	0.6	5.57
Μαλακό Σιτάρι χρήση MCPA	84.9	45.2	116.2	25	1000	29.1	0.34
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	84.9	45.2	116.2	10	20	0.6	5.57
Σκληρό Σιτάρι χρήση MCPA	84.9	45.2	116.2	25	1000	29.1	0.34
Καλαμπόκι χρήση Atrazine	84.9	45.2	116.2	60	100	2.91	2.71
Καλαμπόκι χρήση 2-4 D	84.9	45.2	116.2	10	20	0.6	5.57

Πίνακας 3.8. Ποσότητες φυτοφαρμάκων στην απορροή, από την υπολεκάνη 1

	Ποσότητα δραστικής ουσίας ανά ψεκασμό (gr/στρ)	Έκταση καλλιέργειας (στρέμματα)	Ποσοστό δραστικής ουσίας στην απορροή L%	Ποσότητα φυτοφάρμακου στην απορροή (gr)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	140	7978	5.57	62212
Μαλακό Σιτάρι χρήση MCPA	150	7978	0.34	4069
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	140	5208	5.57	40612
Σκληρό Σιτάρι χρήση MCPA	150	5208	0.34	2656
Καλαμπόκι χρήση Atrazine	100	5053	2.71	13694
Καλαμπόκι χρήση 2-4 D	140	5053	5.57	39403

Πίνακας 3.9. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφάρμακου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 180 mm, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 2 με f1=0.196, για εδαφική σειρά Springwater με OC%=2.91%.

	CN(III)	S (mm)	Q (mm)	DT50 Soil (days)	Koc	Kd	L%
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	84.9	45.2	116.2	10	20	0.6	6.43
Μαλακό Σιτάρι χρήση MCPA	84.9	45.2	116.2	25	1000	29.1	0.39
Καλαμπόκι χρήση Atrazine	84.9	45.2	116.2	60	100	2.91	3.13
Καλαμπόκι χρήση 2-4 D	84.9	45.2	116.2	10	20	0.6	6.43

Πίνακας 3.10. Ποσότητες φυτοφαρμάκων στην απορροή, από την υπολεκάνη 2

	Ποσότητα δραστικής ουσίας ανά ψεκασμό (gr/στρ)	Έκταση καλλιέργειας (στρέμματα)	Ποσοστό δραστικής ουσίας στην απορροή L%	Ποσότητα φυτοφάρμακου στην απορροή (gr)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	140	7465	6.43	67200
Μαλακό Σιτάρι χρήση MCPA	150	7465	0.39	4367
Καλαμπόκι χρήση Atrazine	100	2061	3.13	6451
Καλαμπόκι χρήση 2-4 D	140	2061	6.43	18553

Πίνακας 3.11. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφάρμακου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 180 mm, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 3 με f1=0.02, για εδαφική σειρά Sesame με OC%=2.91%.

	CN(III)	S (mm)	Q (mm)	DT50 Soil (days)	Koc	Kd	L%
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	84.9	45.2	116.2	10	20	0,58	0.67
Μαλακό Σιτάρι χρήση MCPA	84.9	45.2	116.2	25	1000	29.1	0.04
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	84.9	45.2	116.2	10	20	0,58	0.67
Σκληρό Σιτάρι χρήση MCPA	84.9	45.2	116.2	25	1000	29.1	0.04

Πίνακας 3.12. Ποσότητες φυτοφαρμάκων στην απορροή, από την υπολεκάνη 3

	Ποσότητα δραστικής ουσίας ανά ψεκάσμο (gr/στρ)	Έκταση καλλιέργειας (στρέμματα)	Ποσοστό δραστικής ουσίας στην απορροή L%	Ποσότητα φυτοφάρμακου στην απορροή (gr)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	140	31770	0.67	29800
Μαλακό Σιτάρι χρήση MCPA	150	31770	0.04	1906
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	140	24940	0.67	23394
Σκληρό Σιτάρι χρήση MCPA	150	24940	0.04	1496

Πίνακας 3.13. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφάρμακου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 180 mm, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 4 με f1=0.03, για εδαφική σειρά Sesame με OC%=2.91%.

	CN(III)	S (mm)	Q (mm)	DT50 Soil (days)	Koc	Kd	L%
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	84.9	45.2	116.2	10	20	0,58	0.4
Μαλακό Σιτάρι χρήση MCPA	84.9	45.2	116.2	25	1000	29.1	0.02
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	84.9	45.2	116.2	10	20	0,58	0.4
Σκληρό Σιτάρι χρήση MCPA	84.9	45.2	116.2	25	1000	29.1	0.02

Πίνακας 3.14. Ποσότητες φυτοφαρμάκων στην απορροή, από την υπολεκάνη 4

	Ποσότητα δραστικής ουσίας ανά ψεκασμό (gr/στρ)	Έκταση καλλιέργειας (στρέμματα)	Ποσοστό δραστικής ουσίας στην απορροή L%	Ποσότητα φυτοφάρμακου στην απορροή (gr)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	140	33543	0.4	18784
Μαλακό Σιτάρι χρήση MCPA	150	33543	0.02	1006
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	140	15480	0.4	8669
Σκληρό Σιτάρι χρήση MCPA	150	15480	0.02	464

Πίνακας 3.15. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφάρμακου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 180 mm, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 5 με f1=0.04, για εδαφική σειρά Hoffmanville με OC%=0.87%.

	CN(III)	S (mm)	Q (mm)	DT50 Soil (days)	Koc	Kd	L%
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	84.9	45.2	116.2	10	20	0.174	1.78
Μαλακό Σιτάρι χρήση MCPA	84.9	45.2	116.2	25	1000	8.7	0.25
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	84.9	45.2	116.2	10	20	0.174	1.78
Σκληρό Σιτάρι χρήση MCPA	84.9	45.2	116.2	25	1000	8.7	0.25
Καλαμπόκι χρήση Atrazine	84.9	45.2	116.2	60	100	0.87	1.5
Καλαμπόκι χρήση 2-4 D	84.9	45.2	116.2	10	20	0.174	1.78

Πίνακας 3.16. Ποσότητες φυτοφαρμάκων στην απορροή, από την υπολεκάνη 5

	Ποσότητα δραστικής ουσίας ανά ψεκασμό (gr/στρ)	Έκταση καλλιέργειας (στρέμματα)	Ποσοστό δραστικής ουσίας στην απορροή L%	Ποσότητα φυτοφάρμακου στην απορροή (gr)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	140	6238	1.78	15545
Μαλακό Σιτάρι χρήση MCPA	150	6238	0.25	2339
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	140	3715	1.78	9258
Σκληρό Σιτάρι χρήση MCPA	150	3715	0.25	1393
Καλαμπόκι χρήση Atrazine	100	4350	1.5	6525
Καλαμπόκι χρήση 2-4 D	140	4350	1.78	10840

Πίνακας 3.17. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφάρμακου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 180 mm, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 6 με f1=0.1, για εδαφική σειρά Hoffmanville με OC%=0.87%.

	CN(III)	S (mm)	Q (mm)	DT50 Soil (days)	Koc	Kd	L%
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	84.9	45.2	116.2	10	20	0.174	4.46
Μαλακό Σιτάρι χρήση MCPA	84.9	45.2	116.2	25	1000	8.7	0.61
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	84.9	45.2	116.2	10	20	0.174	4.46
Σκληρό Σιτάρι χρήση MCPA	84.9	45.2	116.2	25	1000	8.7	0.61

Πίνακας 3.18. Ποσότητες φυτοφαρμάκων στην απορροή, από την υπολεκάνη 6

	Ποσότητα δραστικής ουσίας ανά ψεκασμό (gr/στρ)	Έκταση καλλιέργειας (στρέμματα)	Ποσοστό δραστικής ουσίας στην απορροή L%	Ποσότητα φυτοφάρμακου στην απορροή (gr)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	140	3619	4.46	22597
Μαλακό Σιτάρι χρήση MCPA	150	3619	0.61	3311
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	140	1340	4.46	8367
Σκληρό Σιτάρι χρήση MCPA	150	1340	0.61	1226

Οπότε τελικά, μετά από τους σχετικούς υπολογισμούς και την χρήση του Microsoft Office Excel, η μέγιστη συγκέντρωση των εξεταζόμενων αγροχημικών δραστικών ουσιών στη λίμνη Κορώνεια για όγκο λίμνης 70 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, όπως είναι στην τωρινή κατάσταση και για όγκο λίμνης 150 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, όπως θα είναι μετά τα έργα αποκατάστασης της λίμνης Κορώνειας, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.19. Μέγιστη συγκέντρωση κάθε δραστικής ουσίας στη λίμνη Κορώνεια

Δραστική ένωση	Ποσότητα αγροχημικού στην απορροή (gr)	Συγκέντρωση Co δραστικής ένωσης σε όγκο 70,000,000κ.μ. mg/l (gr/m ³)	Συγκέντρωση δραστικής ένωσης σε όγκο 150,000,000κ.μ. mg/l (gr/m ³)
2-4 D	374943	$5.35 \cdot 10^{-3}$	$2.5 \cdot 10^{-3}$
Atrazine	25946	$3.71 \cdot 10^{-4}$	$1.73 \cdot 10^{-4}$
MCPA	23668	$3.34 \cdot 10^{-4}$	$1.58 \cdot 10^{-4}$

Για τον προσδιορισμό των μέγιστων συγκεντρώσεων των αγροχημικών, που είναι δυνατόν να δημιουργήσουν περιπτώσεις επεισοδίων ρύπανσης με κίνδυνο να χαθούν ανθρώπινες ζωές, θα πρέπει οι ποσότητες των δραστικών ουσιών στην απορροή να διαιρεθούν με τον εκτιμώμενο όγκο του αποθηκευμένου νερού στη λίμνη, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.21. Παρατηρούμε ότι μεγαλύτερη συγκέντρωση στη λίμνη έχει το αγροχημικό 2-4 D (Dichlorophenoxyacetic acid) και ακολουθούν τα Atrazine, και MCPA.

Στην παραπάνω ανάλυση θεωρήσαμε ότι ο απομειωτής k της συγκέντρωσης των φυτοφαρμάκων στο νερό έχει την τιμή μηδέν γιατί μελετάμε ένα γεγονός στιγμιαίο για να βρούμε την μέγιστη πιθανή συγκέντρωση φυτοφαρμάκων στην λίμνη, με την παραδοχή ότι η βροχή συμπίπτει με την εφαρμογή των φυτοφαρμάκων. Οι τιμές που βρήκαμε μπορούν να συγκριθούν με τα όρια ποιότητας επιφανειακών νερών. Στη συνέχεια γίνεται εκτίμηση της διακινδύνευσης για την ανθρώπινη υγεία, των εξεταζόμενων φυτοφαρμάκων στη λίμνη Κορώνεια.

3.7. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗΣ

Αφού υπολογιστούν οι συγκεντρώσεις των φυτοφαρμάκων στα επιφανειακά νερά της λίμνης, αναγκαία είναι και η εκτίμηση της διακινδύνευσης των τοξικών συγκεντρώσεων των φυτοφαρμάκων στο περιβάλλον και στην δημόσια υγεία. Σε αυτή την ενότητα αναλύονται βασικές έννοιες και ορισμοί της εκτίμησης διακινδύνευσης.

Ο κίνδυνος (hazard) ορίζεται σαν ένας χημικός, φυσικός ή βιολογικός παράγοντας ή σύνολο παραγόντων, που έχουν την δυνατότητα να προκαλέσουν βλάβη. Ο κίνδυνος είναι η πηγή της διακινδύνευσης, αλλά όχι η διακινδύνευση αυτή καθαυτή, δηλαδή η παρουσία του είναι αναγκαία, αλλά όχι ικανή συνθήκη για διακινδύνευση.

Η διακινδύνευση (risk) ορίζεται σαν πιθανότητα βλάβης ή απώλειας. Όταν η επακόλουθη βλάβη είναι μετρήσιμη (π.χ. χαμένες ανθρωποημέρες από ατυχήματα), η διακινδύνευση μπορεί να υπολογιστεί σαν γινόμενο της πιθανότητας εμφάνισης μιας ενέργειας επί την σοβαρότητα της βλάβης, εάν η ενέργεια αυτή εμφανιστεί (EPA, 1990).

$$\text{Διακινδύνευση} = \text{Πιθανότητα} * \text{Σοβαρότητα της συνέπειας}$$

Η διακινδύνευση είναι μια συνάρτηση της φύσης του κινδύνου, της πρόσβασης ή των οδών έκθεσης (δυνατότητα έκθεσης) σε αυτόν, των χαρακτηριστικών των εκτιθέμενων πληθυσμών (αποδέκτες), της πιθανότητας εμφάνισης των εκθέσεων και του μεγέθους των εκθέσεων και των συνεπειών τους. Οξείες συνέπειες προκύπτουν από μεμονωμένη έκθεση, γενικά σε υψηλές συγκεντρώσεις για μικρό χρονικό διάστημα και το αποτέλεσμα είναι ορατό εντός μικρού χρονικού διαστήματος.

Συχνά, η ανεπιθύμητη συνέπεια δεν είναι ένα μετρήσιμο μέγεθος. Ένα παράδειγμα τέτοιας συνέπειας είναι ο θάνατος. Άλλο παράδειγμα είναι η έναρξη καρκίνου. Για τέτοιες επιπτώσεις, η διακινδύνευση απλά ορίζεται σαν η πιθανότητα να συμβεί η βλάβη. Μια σημαντική διάκριση μεταξύ των διακινδυνεύσεων είναι σε βασική διακινδύνευση (background risk), σε διακινδύνευση πρόσθετων περιστατικών (incremental risk) και σε συνολική διακινδύνευση (total risk).

Βασική διακινδύνευση είναι η πιθανότητα βλάβης από την έκθεση των ανθρώπων απουσία της συγκεκριμένης υπό μελέτη πηγής διακινδύνευσης. Διακινδύνευση πρόσθετων περιστατικών είναι η πιθανότητα βλάβης, που προκαλείται από την μελετώμενη πηγή διακινδύνευσης. Συνολική διακινδύνευση είναι το άθροισμα της βασικής και των πρόσθετων περιστατικών. Επειδή περίπου το 25% του πληθυσμού των Η.Π.Α. θα βιώσει τον καρκίνο κατά την διάρκεια της ζωής του, η εφόρου ζωής διακινδύνευση για τον καρκίνο είναι περίπου 0,25 και αντιπροσωπεύει την βασική διακινδύνευση. Επίσης ο στόχος της $1 \cdot 10^{-6}$ πρόσθετης διακινδύνευσης καρκίνου καθόλη την διάρκεια ζωής σε περιοχές επικίνδυνων αποβλήτων, που τίθεται από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (E.P.A), αντιπροσωπεύει διακινδύνευση πρόσθετων περιστατικών. Αυτή η πρόσθετη διακινδύνευση σημαίνει ότι η πιθανότητα ένα άτομο να αναπτύξει καρκίνο από την έκθεση του σε ρυπαντές από μια περιοχή αποβλήτων είναι μια περίπτωση σε πληθυσμό ενός εκατομμυρίου (1.000.000) επιπλέον της διακινδύνευσης καρκίνου αυτού του ατόμου από όλες τις άλλες συνδυαζόμενες πηγές κινδύνου. Κατά συνέπεια αν ο εκτιθέμενος πληθυσμός σε μια περιοχή είναι 10000, τότε αυτός ο αριθμός μπορεί να ερμηνευθεί σαν 0.01 επιπλέον εμφανίσεις καρκίνου (EPA, 1990).

Ως εκτίμηση διακινδύνευσης ορίζουμε την διαδικασία εκτίμησης της πιθανότητας εμφάνισης ενός ανεπιθύμητου γεγονότος και το μέγεθος των συνεπειών του σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, π.χ. η πιθανότητα αστοχίας ενός φράγματος και η απώλεια ζώων και περιουσιών, η διακινδύνευση ανάπτυξης

καρκίνου ζώντας σε μια περιοχή επικίνδυνων αποβλήτων κ.ο.κ. Οι πιθανότητες χρησιμοποιούνται καθημερινά στις εκτιμήσεις επικινδυνότητας, που αφορούν την ασφάλεια και την διακινδύνευση στην υγεία.

Οι συνέπειες διαφορετικών τύπων διακινδύνευσης εκφράζονται γενικά σε όρους: ασφάλειας (π.χ. θανατηφόρα ατυχήματα, τραυματισμοί), υγείας (π.χ. καρκινικές και μη καρκινικές συνέπειες), δημόσιας ευημερίας (π.χ. αισθητική, καταστάσεις όχλησης), οικολογικούς (π.χ. βιοποικιλότητα, απώλεια ενδιαιτημάτων), οικονομικών θεμάτων (π.χ. απώλεια ιδιοκτησιών, αξιοπιστία), ή ενός συνδυασμού αυτών.

Η διαχείριση διακινδύνευσης είναι η διαδικασία της εκτίμησης και του ελέγχου των πηγών της έκθεσης και της διακινδύνευσης. Η διαχείριση της διακινδύνευσης είναι συνυφασμένη με την στάθμιση των διαφόρων χαρακτηριστικών μιας απόφασης και την ανάπτυξη εναλλακτικών προτάσεων. Παράμετροι σημαντικές της διαδικασίας ανάπτυξης, ανάλυσης και σύγκρισης των εναλλακτικών προτάσεων είναι οι επιστημονικές πληροφορίες, που παρέχονται από την εκτίμηση της διακινδύνευσης, τα οικονομικά κριτήρια (οφέλη – κόστη), τα πολιτικά κριτήρια, οι κοινωνικές αξίες (δικαιοσύνη), οι ανταγωνιστικές διακινδυνεύσεις και οι τρέχουσες τεχνολογικές μέθοδοι υλοποίησης των εναλλακτικών λύσεων.

Όλοι οι τύποι διακινδυνεύσεων έχουν οικονομικές επιπτώσεις. Παρόλο που η εκτίμηση της διακινδύνευσης έχει τις ρίζες της στην επιστήμη, η χρησιμότητα των αποτελεσμάτων της στην διαχείριση της διακινδύνευσης εξαρτάται από τα ερωτήματα, για τα οποία είναι σχεδιασμένη να απαντήσει, τον τρόπο διεξαγωγής της και τον τρόπο δόμησης της. Παρακάτω παρουσιάζεται η εκτίμηση των συγκεντρώσεων και η αξιολόγηση της διακινδύνευσης, από ρυπαντικές δραστητικές ουσίες αγροχημικών, που απορρέουν στα επιφανειακά νερά της λίμνης, στις οποίες εκτίθεται ο άνθρωπος και το περιβάλλον.

3.8. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ

Με βάση τις μέγιστες ετήσιες συγκεντρώσεις, που μπορεί να προκύψουν στη λίμνη μέσω της επιφανειακής απορροής, όπως υπολογίστηκαν και παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο ακολουθεί η εκτίμηση της διακινδύνευσης του κάθε εξεταζόμενου χημικού και η κατάταξή τους. Τα φυτοφάρμακα, που μελετάμε ανήκουν στην κατηγορία των μη καρκινογόνων ουσιών.

Από το ηλεκτρονικό διαδίκτυο από τη βάση δεδομένων IRIS της USEPA, μπορούν να βρεθούν οι δόσεις αναφοράς (RfD) για τις εξεταζόμενες χημικές ενώσεις και την ποσοτική εκτίμηση της διακινδύνευσης της ανθρώπινης δημόσιας υγείας. Για της μη καρκινογόνες ουσίες ο παράγοντας διακινδύνευσης είναι $R=C_{max}/RfD$. Στον πίνακα 3.23. παρουσιάζεται ο υπολογισμός του σχετικού παράγοντα διακινδύνευσης κάθε χημικού προς τον παράγοντα της συνολικής διακινδύνευσης.

Πίνακας 3.20. Κατάταξη των κυριότερων μη καρκινογόνων ουσιών στη Λίμνη Κορώνεια.

Δραστική ένωση	Δόση αναφοράς RfD (mg/kg/day)	Μέγιστη συγκέντρωση δραστικής ένωσης C_{max} (mg/l)	Παράγοντας διακινδύνευσης $R_i = C_{max}/RfD$	Σχετικός παράγοντας διακινδύνευσης
2-4 D	$1 \cdot 10^{-2}$	$5.35 \cdot 10^{-3}$	0.535	$4.4 \cdot 10^{-1}$
Atrazine	$3.5 \cdot 10^{-2}$	$3.71 \cdot 10^{-4}$	$1.06 \cdot 10^{-2}$	$8.7 \cdot 10^{-3}$
MCPA	$5 \cdot 10^{-4}$	$3.34 \cdot 10^{-4}$	$6.68 \cdot 10^{-1}$	$5.5 \cdot 10^{-1}$
ΣR_i	-	-	1.2136	-

Από την ταξινόμηση των αγροχημικών της λίμνης Κορώνειας, σύμφωνα με τον πίνακα 3.23., προκύπτουν τα στοιχεία, που θέτουν το μεγαλύτερο κίνδυνο στην ανθρώπινη δημόσια υγεία με βάση τη δική τους μέγιστη συγκέντρωση και τοξικότητα. Παρατηρείται ότι μεγαλύτερο σχετικό παράγοντα διακινδύνευσης παρουσιάζει το MCPA και ακολουθούν τα 2-4 D και Atrazine. Η περαιτέρω επιλογή των χημικών πραγματοποιείται με βάση τα παρακάτω στοιχεία:

- τα χαρακτηριστικά της κινητικότητάς τους στο έδαφος και στο νερό, δηλαδή τους συντελεστές ημιζωής στο έδαφος (DT50soil) και στο νερό (DT50water) και τους συντελεστές προσρόφησης στο έδαφος (Koc) σε συνδυασμό με τον αριθμό των εφαρμογών τους στις καλλιέργειες

- τη συγκέντρωσή τους σε σχέση με τα ισχύοντα πρότυπα σύμφωνα με την Οδηγία 2008/105/EK και την Κ.Υ.Α 4-11-2010 «σχετικά με Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής υδάτων».

Η Κοινή Υπουργική Απόφαση της 4-11-2010 για τον «Καθορισμό Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2008/105/EK» παρουσιάζει την ατραζίνη ως ουσία προτεραιότητας και θέτει όριο για την ατραζίνη (atrazine) την τιμή 0,6 µg/l ή $0,6 \cdot 10^{-3}$ mg/l ως ετήσια μέση συγκέντρωση και την τιμή 2 µg/l ή $2 \cdot 10^{-3}$ mg/l ως ετήσια μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση στα επιφανειακά ύδατα.

Επιπλέον η Κοινή Υπουργική Απόφαση της 4-11-2010 για τον «Καθορισμό Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2008/105/EK» παρουσιάζει τις χημικές παραμέτρους των αγροχημικών 2,4 – D (2,4 – διχλωροφαινοξυοξικό οξύ) και MCPA ως ειδικούς ρύπους για την υποβοήθηση του προσδιορισμού της οικολογικής κατάστασης συστημάτων εσωτερικών επιφανειακών υδάτων. Η Κοινή Υπουργική Απόφαση της 4-11-2010 θέτει όριο για το αγροχημικό 2,4 – D (2,4 – διχλωροφαινοξυοξικό οξύ) την τιμή 0,1 µg/l ή $0,1 \cdot 10^{-3}$ mg/l ως ετήσια μέση συγκέντρωση και για το αγροχημικό MCPA θέτει όριο την τιμή 0,1 µg/l ή $0,6 \cdot 10^{-3}$ mg/l. ως ετήσια μέση συγκέντρωση

Οπότε σύμφωνα με τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια συγκεντρώσεων αγροχημικών στα επιφανειακά ύδατα, που ορίζει η Κ.Υ.Α της 4-11-2010, παρατηρούμε ότι οι τιμές των μέγιστων συγκεντρώσεων δραστικής ένωσης, που υπολογίστηκαν παραπάνω, για τα αγροχημικά 2,4 – D (2,4 – διχλωροφαινοξυοξικό οξύ) και MCPA ξεπερνούν τα όρια που ορίζει η Κ.Υ.Α της 4-11-2010. Οπότε για την εξεταζόμενη λίμνη αφού βρισκόμαστε πάνω από τα επιτρεπτά όρια για τα αγροχημικά 2,4 – D (2,4 – διχλωροφαινοξυοξικό οξύ) και MCPA θα πρέπει να αυξηθεί ο όγκος ύδατος της λίμνης έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί καλύτερη αραίωση των συγκεντρώσεων αυτών στη λίμνη και να βρίσκονται οι συγκεντρώσεις των αγροχημικών αυτών εντός των επιτρεπόμενων ορίων που ορίζει η σχετική Κ.Υ.Α.

Όσον αφορά την κινητικότητα των χημικών στο περιβάλλον, επισημαίνεται ότι οι συντελεστές ημιζωής στο έδαφος και οι συντελεστές προσρόφησης στο έδαφος (DT50soil και Koc αντίστοιχα) έχουν ήδη ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό της

μέγιστης συγκέντρωσης στο επιφανειακό νερό της λίμνης, όπως παρουσιάστηκε παραπάνω σε προηγούμενη ενότητα.

Στη συνέχεια ελέγχεται ο χρόνος ημιζωής των αγροχημικών στο νερό. Για το MCPA, ο χρόνος ημιζωής, DT50water, είναι 14 ημέρες. Για το 2-4 D ο χρόνος ημιζωής, DT50water, είναι 7 ημέρες και για το Atrazine είναι 742 ημέρες. Επιπλέον στόχος της εργασίας είναι να μελετήσει και να αναλύσει τις συγκεντρώσεις των αγροχημικών στο ίζημα της λίμνης για φυτοφάρμακα με μικρό και μεγάλο χρόνο ημιζωής αντίστοιχα. Στη συνέχεια, επιλέχθηκε να αναλυθεί περαιτέρω η ρύπανση της λίμνης από τα αγροχημικά 2-4D και Atrazine επειδή έχουν πολύ διαφορετικούς χρόνους ημιζωής και μεγαλύτερες μέγιστες συγκεντρώσεις στη λίμνη, από ότι το MCPA. Στη συνέχεια υπολογίζονται οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των δύο αυτών εξεταζόμενων φυτοφαρμάκων στη λίμνη μετά από κάθε εφαρμογή του εξεταζόμενου φυτοφαρμάκου στις αντίστοιχες καλλιέργειες, διότι αυτές είναι που σχετίζονται με μακροχρόνιες εκθέσεις και αντίστοιχους κινδύνους.

3.8.1. ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΚΑΘΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΑΓΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΣΤΙΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Η εκτίμηση των οδών της έκθεσης των αγροχημικών ρύπων στο περιβάλλον, είναι αρχικά η αγροτική καλλιέργεια και η απορροή βρόχινου νερού δια μέσου της καλλιέργειας στο επιφανειακό νερό (πρωτεύουσα πηγή το νερό της βροχής και μηχανισμός απελευθέρωσης η απορροή), στη συνέχεια είναι το επιφανειακό νερό της λίμνης (περιβαλλοντικό μέσο, δίοδος) και τελικά η χρήση του νερού ως πόσιμου (διαδρομή έκθεσης) και ο κάτοικος της περιοχής (αποδέκτης).

Για την ποσοτική εκτίμηση της έκθεσης του ανθρώπου στα επιλεγμένα εξεταζόμενα φυτοφάρμακα θα πρέπει να προσδιοριστούν οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των εξεταζόμενων φυτοφαρμάκων στη λίμνη, μετά από κάθε εφαρμογή του εξεταζόμενου φυτοφαρμάκου στις αντίστοιχες καλλιέργειες, διότι αυτές είναι που σχετίζονται με μακροχρόνιες εκθέσεις και αντίστοιχους κινδύνους. Για το σκοπό θα προσδιοριστούν πρώτα οι συγκεντρώσεις των εξεταζόμενων φυτοφαρμάκων στη λίμνη από την απορροή μετά από ένα γεγονός βροχόπτωσης.

Για τον υπολογισμό των αρχικών συγκεντρώσεων C_0 των εξεταζόμενων χημικών στη λίμνη Κορώνεια, ακολουθείται η παρακάτω μεθοδολογία

- Οι συγκεντρώσεις των φυτοφαρμάκων, που καταλήγουν στη λίμνη μετά από κάθε εφαρμογή του εξεταζόμενου φυτοφάρμακου στις αντίστοιχες καλλιέργειες, υπολογίζονται από την εξίσωση του Lutz του έμμεσου απορροϊκού φορτίου.
- Θεωρείται ότι συμβαίνει ένα γεγονός μέγιστης βροχόπτωσης τρεις ημέρες μετά την εφαρμογή του κάθε φυτοφάρμακου στην καλλιέργεια.
- Το πιθανό ύψος βροχόπτωσης, που χρησιμοποιείται στην εξίσωση του Lutz, είναι το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης δεδομένων χρονοσειρών, που παρατηρείται το μήνα εφαρμογής του κάθε φυτοφάρμακου στην αντίστοιχη καλλιέργεια.
- Σαν τύπος προηγούμενης υγρασιακής κατάστασης εδάφους λαμβάνεται ο τύπος III.

Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνονται οι ποσότητες των φυτοφαρμάκων, που απορρέουν στη λίμνη σύμφωνα με τις παραπάνω παραδοχές και οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις στη λίμνη. Η αρχική συγκέντρωση C_0 κάθε χημικού στη λίμνη υπολογίζεται με αναγωγή της ποσότητας της δραστικής ουσίας, που προκύπτει ως ποσοστό της εφαρμοζόμενης δόσης, στον όγκο της λίμνης. Η εφαρμογή φυτοφαρμάκων στις εξεταζόμενες καλλιέργειες γίνονται σε διαφορετικές ημερήσιες δόσεις για κάθε έτος, όπως φαίνεται στους παρακάτω πίνακες. Οι υπολογισμοί της διακινδύνευσης γίνονται για ένα έτος.

Πίνακας 3.21. Δόσεις φυτοφαρμάκων στις καλλιέργειες σιταριού

Καλλιέργεια Μαλακό & Σκληρό Σιτάρι	Ημερομηνία
1 ^η δόση	20 Φεβρουαρίου
2 ^η δόση	25 Μαρτίου
3 ^η δόση	5 Οκτωβρίου

Πίνακας 3.22. Δόσεις φυτοφαρμάκων στις καλλιέργειες καλαμποκιού

Καλλιέργεια Καλαμπόκι	Ημερομηνία
1 ^η δόση	5 Μαρτίου
2 ^η δόση	5 Ιουνίου

Πίνακας 3.23. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 154 mm - Οκτώβριος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου ΠΙ, από την υπολεκάνη 1 με f1=0.18, για εδαφική σειρά Springwater με OC%=2.91%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφαρμάκου	Έκταση Καλλιεργειών (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 70,000,000 κ.μ. mg/l (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 150,000,000 κ.μ. mg/l (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	7978	45.2	116.2	0.6	6.76	75504	1.78*10 ⁻³	8.32*10 ⁻⁴
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	5208	45.2	116.2	0.6	6.76	49288		

Πίνακας 3.24. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 90 mm - Φεβρουάριος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου ΠΙ, από την υπολεκάνη 1 με f1=0.18, για εδαφική σειρά Springwater με OC%=2.91%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφαρμάκου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 70,000,000 κ.μ. mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 150,000,000 κ.μ. mg/lt (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	7978	45.2	116.2	0.6	19.8	221150	5.22*10 ⁻³	2.44*10 ⁻³
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	5208	45.2	116.2	0.6	19.8	144366		

Πίνακας 3.25. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 126 mm - Μάρτιος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 1 με f1=0.18, για εδαφική σειρά Springwater με OC%=2.91%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφαρμάκου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	7978	45.2	116.2	0.6	10.11	112921	2.67*10 ⁻³	1.24*10 ⁻³
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	5208	45.2	116.2	0.6	10.11	73714		
Καλαμπόκι χρήση Atrazine	5053	45.2	116.2	2.91	4.91	24810	3.54*10 ⁻⁴	1.65*10 ⁻⁴
Καλαμπόκι χρήση 2-4 D	5053	45.2	116.2	0.6	10.11	71520	1.02*10 ⁻³	4.77*10 ⁻⁴

Πίνακας 3.26. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 180 mm - Ιούνιος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 1 με f1=0.18, για εδαφική σειρά Springwater με OC%=2.91%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφάρμακων	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Καλαμπόκι χρήση Atrazine	5053	45.2	116.2	2.91	2.41	12178	6.74*10 ⁻⁴	3.15*10 ⁻⁴
Καλαμπόκι χρήση 2-4 D	5053	45.2	116.2	0.6	4.95	35017		

Πίνακας 3.27. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 154 mm – Οκτώβριος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 2 με f1=0.196, για εδαφική σειρά Springwater με OC%=2.91%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφάρμακων	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L %	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	7465	45.2	116.2	0.6	7.51	78487	1.12* E-3	5.23* E-4

Πίνακας 3.28. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 90 mm - Φεβρουάριος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 2 με f1=0.196, για εδαφική σειρά Springwater με OC%=2.91%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφαρμάκου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	7465	45.2	116.2	0.6	12.85	134295	1.9* E-3	8.95* E-4

Πίνακας 3.29. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 126 mm - Μάρτιος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 2 με f1=0.196, για εδαφική σειρά Springwater με OC%=2.91%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφαρμάκου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	7465	45.2	116.2	0.6	9.18	95940	1.37* E-3	6.4* E-4
Καλαμπόκι χρήση 2-4 D	2061	45.2	116.2	0.6	9.18	26487	3.78* E-4	1.77* E-4
Καλαμπόκι χρήση Atrazine	2061	45.2	116.2	2.91	4.47	9213	1.32* E-4	6.14* E-4

Πίνακας 3.30. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 180 mm - Ιούνιος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 2 με f1=0.196, για εδαφική σειρά Springwater με OC%=2.91%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφάρμακου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού ύσε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού ύσε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Καλαμπόκι χρήση Atrazine	2061	45.2	116.2	2.91	3.13	6451	9.21* E-5	4.3* E-5
Καλαμπόκι χρήση 2-4 D	2061	45.2	116.2	0.6	6.42	18524	2.65* E-4	1.23* E-4

Πίνακας 3.31. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 154 mm - Οκτώβριος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 3 με f1=0.02, για εδαφική σειρά Sesame με OC%=2.91%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφάρμακου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού ύσε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού ύσε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	31770	45.2	116.2	0,58	0.78	34693	8.85* E-4	4.12* E-4
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	24940	45.2	116.2	0,58	0.78	27234		

Πίνακας 3.32. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 90 mm - Φεβρουάριος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου ΠΙ, από την υπολεκάνη 3 με f1=0.02, για εδαφική σειρά Sesame με OC%=2.91%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφαρμάκου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/l (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/l (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	31770	45.2	116.2	0,58	1.33	59156	1.51* E-3	7.04* E-4
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	24940	45.2	116.2	0,58	1.33	46438		

Πίνακας 3.33. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 126 mm - Μάρτιος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 3 με f1=0.02, για εδαφική σειρά Sesame με OC%=2.91%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφαρμάκου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού ύσε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού ύσε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	31770	45.2	116.2	0,58	0.9	40030	1.02* E-3	4.76* E-4
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	24940	45.2	116.2	0,58	0.9	31424		

Πίνακας 3.34. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 154 mm - Οκτώβριος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 4 με f1=0.03, για εδαφική σειρά Sesame με OC%=2.91%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφαρμάκου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	33543	45.2	116.2	0,58	0.49	23010	4.8* E-4	2.24* E-4
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	15480	45.2	116.2	0.58	0.49	10619		

Πίνακας 3.35. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 90 mm - Φεβρουάριος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 4 με f1=0.03, για εδαφική σειρά Sesame με OC%=2.91%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφαρμάκου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού ύσε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού ύσε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	33543	45.2	116.2	0,58	0.8	37568	7.84* E-4	3.66* E-4
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	15480	45.2	116.2	0,58	0.8	17338		

Πίνακας 3.36. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 126 mm - Μάρτιος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 4 με f1=0.03, για εδαφική σειρά Sesame με OC%=2.91%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφαρμάκου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/l (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/l (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	33543	45.2	116.2	0,58	0.57	26834	5.6* E-4	2.61* E-4
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	15480	45.2	116.2	0,58	0.57	12384		

Πίνακας 3.37. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 154 Οκτώβριος mm, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 5 με f1=0.04, για εδαφική σειρά Hoffmanville με OC%=0.87%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφαρμάκου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	6238	45.2	116.2	0.174	2.08	18165	4.14* E-4	1.93* E-4
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	3715	45.2	116.2	0.174	2.08	10818		

Πίνακας 3.38. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 90 Φεβρουάριος mm, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 5 με f1=0.04, για εδαφική σειρά Hoffmanville με OC%=0.87%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφαρμάκου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	6238	45.2	116.2	0.174	3.56	31051	7.7* E-4	3.3* E-4
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	3715	45.2	116.2	0.174	3.56	18492		

Πίνακας 3.39. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 126 mm - Μάρτιος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 5 με f1=0.04, για εδαφική σειρά Hoffmanville με OC%=0.87%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφάρμακου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	6238	45.2	116.2	0.174	2.54	22182	5.06* E-4	2.36* E-4
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	3715	45.2	116.2	0.174	2.54	13210		
Καλαμπόκι χρήση Atrazine	4350	45.2	116.2	0.87	1.9	8265	1.18* E-4	5.51* E-5
Καλαμπόκι χρήση 2-4 D	4350	45.2	116.2	0.174	2.54	15469	2.21* E-4	1.03* E-4

Πίνακας 3.40. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 180 mm - Ιούνιος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 5 με f1=0.04, για εδαφική σειρά Hoffmanville με OC%=0.87%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφαρμάκου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Καλαμπόκι χρήση Atrazine	4350	45.2	116.2	0.87	1.33	5786	8.2* E-5	3.85* E-5
Καλαμπόκι χρήση 2-4 D	4350	45.2	116.2	0.174	1.78	10840	1.55* E-4	7.23* E-5

Πίνακας 3.41. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 154 mm Οκτώβριος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 6 με f1=0.1, για εδαφική σειρά Hoffmanville με OC%=0.87%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφαρμάκου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	3619	45.2	116.2	0.174	5.22	26448	5.18* E-4	2.42* E-4
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	1340	45.2	116.2	0.174	5.22	9793		

Πίνακας 3.42. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 90 mm Φεβρουάριος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 6 με f1=0.1, για εδαφική σειρά Hoffmanville με OC%=0.87%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφαρμάκου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	3619	45.2	116.2	0.174	5.02	25434	4.94* E-4	2.32* E-4
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	1340	45.2	116.2	0.174	5.02	9417		

Πίνακας 3.43. Υπολογισμός ποσοστού φυτοφαρμάκου L%, που μεταφέρεται με την επιφανειακή απορροή, για P = 126 mm Μάρτιος, υγρασιακή κατάσταση εδάφους τύπου III, από την υπολεκάνη 6 με f1=0.1, για εδαφική σειρά Hoffmanville με OC%=0.87%.

Καλλιέργεια και χρήση φυτοφαρμάκου	Έκταση Καλλιέργειας (στρέμματα)	S (mm)	Q (mm)	Kd	L%	ποσότητα απορροής (gr)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/lt (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγροχημικού σε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/lt (gr/m ³)
Μαλακό Σιτάρι χρήση 2-4 D	3619	45.2	116.2	0.174	6.37	23053	4.51* E-4	2.11* E-4
Σκληρό Σιτάρι χρήση 2-4 D	1340	45.2	116.2	0.174	6.37	8536		

Οπότε τελικά υπολογίζουμε την συγκέντρωση των εξεταζόμενων αγροχημικών δραστικών ουσιών στη λίμνη Κορώνεια, από τις έξι υπολεκάνες, για όγκο λίμνης 70 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, όπως είναι στην τωρινή κατάσταση και για όγκο λίμνης 150 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, όπως θα είναι μετά τα έργα αποκατάστασης της λίμνης Κορώνειας. Οι συγκεντρώσεις των εξεταζόμενων αγροχημικών φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 3.46.

Για τον υπολογισμό της μέσης συγκέντρωσης θεωρείται ότι η συγκέντρωση κάθε φυτοφάρμακου στο νερό απομειώνεται ακολουθώντας μια κινητική πρώτης τάξης της μορφής

$$C=C_0 * e^{-kt} \quad (3.6)$$

όπου,

C η συγκέντρωση μετά από χρόνο t (mg/l),

C₀ η συγκέντρωση του φυτοφάρμακου στην λίμνη αμέσως μετά την εισροή του στη λίμνη από την απορροή, όπως υπολογίστηκε στους παραπάνω πίνακες (mg/l),

K σταθερά (ημέρες⁻¹),

t χρόνος (ημέρες).

Πίνακας 3.44. Συγκεντρώσεις κάθε δραστικής ουσίας στη λίμνη Κορώνεια

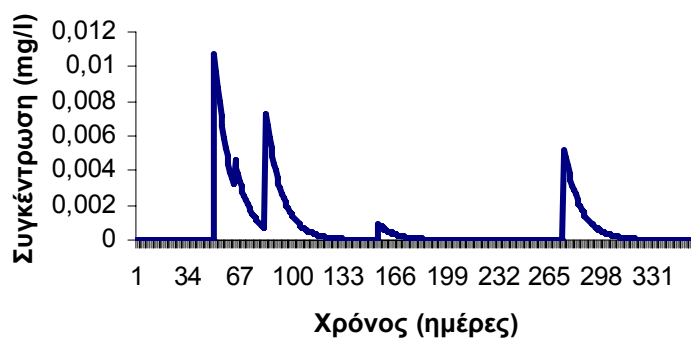
Χρήση φυτοφάρμακου	Καλλιέργεια	Μήνας εφαρμογής – Σειρά εφαρμογών	DT50 Water (ημέρες)	Συντελεστής k	Συγκέντρωση αγρο-χημικού σε όγκο 7 E+7 m ³ , mg/l (gr/m ³)	Συγκέντρωση αγρο-χημικού σε όγκο 1.5 E+8 m ³ , mg/l (gr/m ³)
2-4 D	Σιτάρι	5 Οκτωβρίου	7	0.099	$5.2 * 10^{-3} * e^{-0.099 * t}$	$2.43 * 10^{-3} * e^{-0.099 * t}$
		20 Φεβρουαρίου			$1.07 * 10^{-2} * e^{-0.099 * t}$	$4.97 * 10^{-3} * e^{-0.099 * t}$
		25 Μαρτίου			$6.58 * 10^{-3} * e^{-0.099 * t}$	$3.06 * 10^{-3} * e^{-0.099 * t}$
Atrazine	Καλαμπόκι	5 Μαρτίου	742	0.00093	$6.04 * 10^{-4} * e^{-0.00093 * t}$	$2.82 * 10^{-4} * e^{-0.00093 * t}$
		5 Ιουνίου			$3.47 * 10^{-4} * e^{-0.00093 * t}$	$1.63 * 10^{-4} * e^{-0.00093 * t}$
2-4 D	Καλαμπόκι	5 Μαρτίου	7	0.099	$1.62 * 10^{-3} * e^{-0.099 * t}$	$7.09 * 10^{-4} * e^{-0.099 * t}$
		5 Ιουνίου			$9.2 * 10^{-4} * e^{-0.099 * t}$	$4.28 * 10^{-4} * e^{-0.099 * t}$

Για τον υπολογισμό του k χρησιμοποιείται ο χρόνος ημιζωής του κάθε χημικού στο νερό ($DT50_{water}$), οπότε η σχέση (3.6) γίνεται:

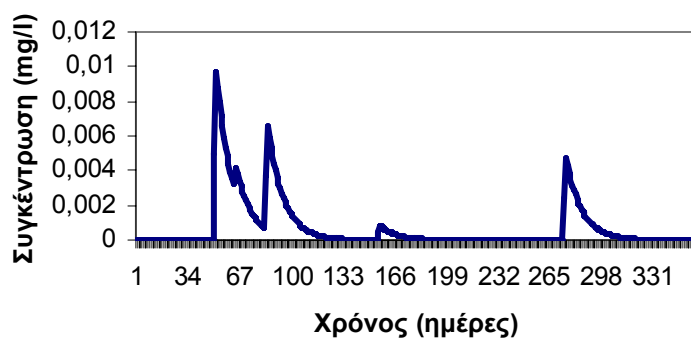
$$0.5 * C_0 = C_0 * \exp(-k * t)$$

ή τελικά

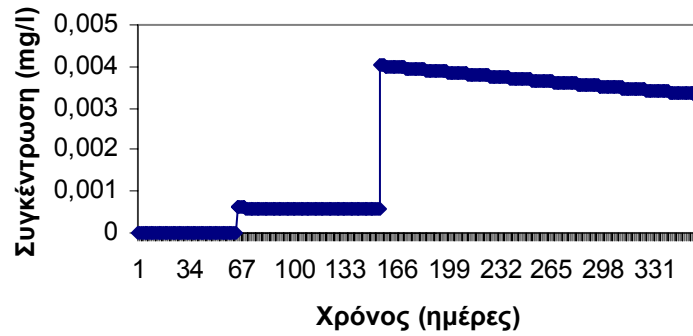
$$k = \frac{0.693}{DT50_{water}} \quad (3.7)$$



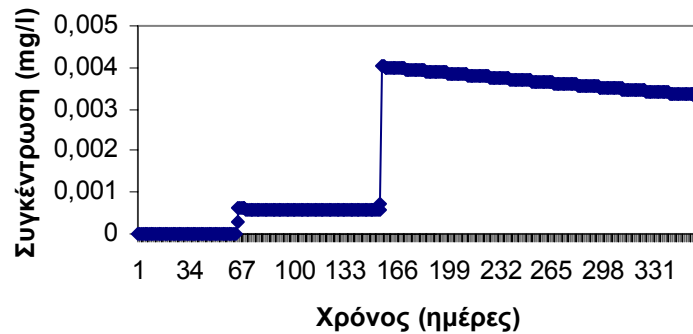
Εικόνα 3.4. Συγκεντρώσεις του 2-4 D σε ένα έτος σε όγκο λίμνης 70,000,000 κυβικά μέτρα



Εικόνα 3.5. Συγκεντρώσεις του 2-4 D σε ένα έτος σε όγκο λίμνης 150,000,000 κυβικά μέτρα



Εικόνα 3.6. Συγκεντρώσεις του Atrazine σε ένα έτος σε όγκο λίμνης 70,000,000 κυβικά μέτρα



Εικόνα 3.7. Συγκεντρώσεις του Atrazine σε ένα έτος σε όγκο λίμνης 150,000,000 κυβικά μέτρα

Οπότε για το φυτοφάρμακο 2-4 D θα έχουμε για την τιμή του k , $k=0.099$, ενώ για το φυτοφάρμακο Atrazine, θα έχουμε για την τιμή του k , $k=0.00093$, και υπολογίζουμε τις συγκεντρώσεις των αγροχημικών μέσα στο χρόνο, για ένα έτος, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.44. Οι γραφικές παραστάσεις των ετήσιων συγκεντρώσεων των εξεταζόμενων αγροχημικών, σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα 3.44, φαίνονται στα παραπάνω διαγράμματα.

Πίνακας 3.45. Ετήσιες μέσες συγκεντρώσεις κάθε δραστικής ουσίας στη λίμνη Κορώνεια

Δραστική ένωση	Μέση συγκέντρωση δραστικής ένωσης σε όγκο 70,000,000 κ.μ. mg/l (gr/m ³)	Όρια της Κ.Υ.Α. της 4-11-2010. για μέση συγκέντρωση δραστικής ένωσης σε επιφανειακά ύδατα
2-4 D	$7.37 \cdot 10^{-4}$	$0.1 \cdot 10^{-3}$
Atrazine	$2.235 \cdot 10^{-3}$	$0.6 \cdot 10^{-3}$

Πίνακας 3.46. Ετήσιες μέσες συγκεντρώσεις κάθε δραστικής ουσίας στη λίμνη Κορώνεια

Δραστική ένωση	Μέση συγκέντρωση δραστικής ένωσης σε όγκο 150,000,000κ.μ. mg/l (gr/m ³)	Όρια της Κ.Υ.Α. της 4-11-2010. για μέση συγκέντρωση δραστικής ένωσης σε επιφανειακά ύδατα
2-4 D	$7 \cdot 10^{-4}$	$0.1 \cdot 10^{-3}$
Atrazine	$2.225 \cdot 10^{-3}$	$0.6 \cdot 10^{-3}$

Βάσει των παραπάνω συγκεντρώσεων των φυτοφαρμάκων, υπολογίζονται στους πίνακες 3.45 και 3.46, οι μέσες συγκεντρώσεις, μέσα σε ένα έτος, των εξεταζόμενων αγροχημικών δραστικών ουσιών στη λίμνη Κορώνεια για όγκο ύδατος λίμνης 70 και 150 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, αντίστοιχα. Παρατηρούμε ότι το Atrazine παρουσιάζει μεγαλύτερη μέση συγκέντρωση από ότι το 2-4 D, λόγω του ότι έχει μεγάλο χρόνο ημίσειας ζωής. Για αυτό το λόγο και στις δειγματοληψίες επιφανειακών νερών το Atrazine παρουσιάζει μεγάλες συγκεντρώσεις μέσα στο

χρόνο σε σχέση με άλλα φυτοφάρμακα. Γενικά παρατηρούμε ότι το Atrazine αυξάνεται με τον χρόνο.

Οπότε συγκρίνοντας τις παραπάνω τιμές των πινάκων 3.45 και 3.46 με τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια συγκεντρώσεων αγροχημικών στα επιφανειακά ύδατα, που ορίζει η Κ.Υ.Α της 4-11-2010, παρατηρούμε ότι οι τιμές των μέγιστων συγκεντρώσεων δραστικής ένωσης για τα αγροχημικά 2,4 – D (2,4 – διχλωροφαινοξυοξικό οξύ) και atrazine ξεπερνούν τα όρια που ορίζει η Κ.Υ.Α της 4-11-2010. Οπότε για την εφαρμογή των παραπάνω σεναρίων απορροής στη λίμνη Κορώνεια καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι βρισκόμαστε πάνω από τα επιτρεπτά όρια για τα αγροχημικά 2,4 – D (2,4 – διχλωροφαινοξυοξικό οξύ) και atrazine. Κατά συνέπεια θα πρέπει να αυξηθεί ο όγκος ύδατος της λίμνης έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί καλύτερη αραίωση των συγκεντρώσεων αυτών των αγροχημικών στη λίμνη Κορώνεια και να βρίσκονται οι συγκεντρώσεις των αγροχημικών αυτών εντός των επιτρεπόμενων ορίων που ορίζει η σχετική Κ.Υ.Α. της 4-11-2010.

Ένα βοηθητικό λογισμικό παρουσιάζεται στο παράρτημα σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic for Microsoft Office Excel για τον υπολογισμό του υδατικού όγκου του ταμιευτήρα βάσει υδατικής επιφάνειας του ταμιευτήρα, που συλλέγεται μέσω του Google earth ή/και επιτόπιων μετρήσεων βυθομέτρησης στη λίμνη και χρήση των G.P.S και τα δεδομένα του μπορούν να συνεργαστούν με λογισμικά γεωγραφικών συστημάτων πληροφορικής όπως G.I.S, Acad Map 3D g.i.s, Arc gis, grass – qgis, map server κ.α. συστήματα γεωπληροφορικής. Επιλέχθηκε η Visual Basic επειδή είναι μια σύγχρονη γλώσσα προγραμματισμού με πολλές χρήσιμες εφαρμογές σε περιβάλλον Microsoft windows. Έτσι μπορούν να υπολογιστούν διάφορα σενάρια της υδατικής επιφάνειας της λίμνης και του όγκου της σε κάποια χρονική στιγμή μετρήσεων τοπογραφικών και να μπορέσουν να συνεργαστούν συστήματα HACCP σημείων ελέγχου αποτελεσμάτων δειγματοληψιών ποιότητας επιφανειακών υδάτων με κατάλληλα λογισμικά, ώστε να υλοποιηθούν έγκαιρα υδραυλικά έργα μεταφοράς απαιτούμενης ποσότητας όγκου νερού για την αποκατάσταση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων (Acad 3DMap G.I.S, 2011, Arc GIS, 2011, Comer, 2004, Dorf, 2011, google earth, 2010, Ross, 2008, Stephens, 2008, Madani, 2001, Map server, 2010, Microsoft office, 2011).

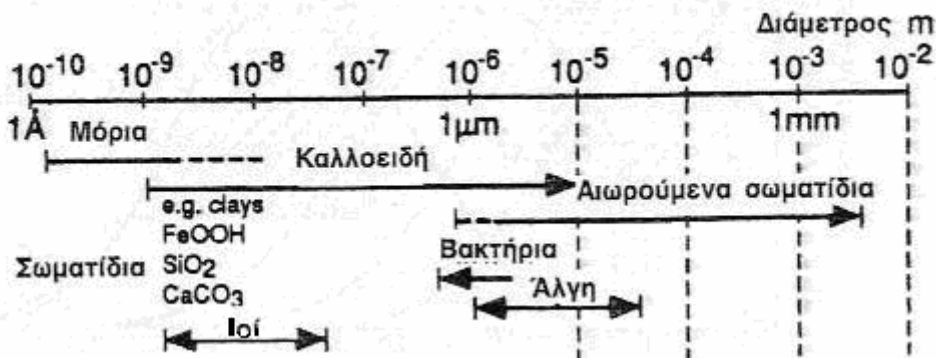
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

4.1. ΥΔΑΤΙΝΗ ΣΤΗΛΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

Ένα από τα κύρια συστατικά του πλανήτη μας είναι το νερό και έχει ιδιαίτερη σημασία για το σύνολο των ζώντων οργανισμών. Η ύπαρξη του νερού είναι μια αποφασιστική παράμετρος για την ανάπτυξη των ανθρώπινων κοινωνιών. Τα φυσικά νερά περιέχουν διάφορες ουσίες, είτε διαλυμένες είτε αιωρούμενες. Οι ουσίες αυτές προέρχονται από τα υλικά με τα οποία τα νερά έρχονται σε επαφή.

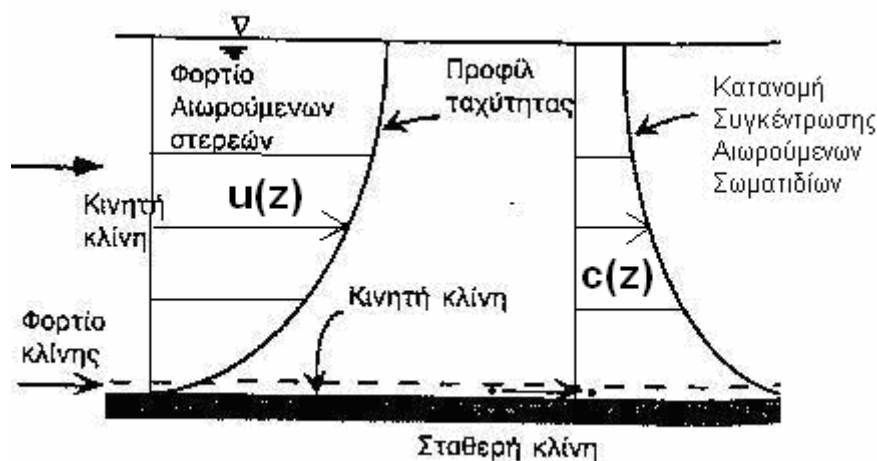
Τα σωματίδια στα φυσικά νερά είναι πολλά και ποικίλουν, συμπεριλαμβανομένου των ένυδρων οξειδίων, των σωματιδίων αργίλου, τα οργανικά κατάλοιπα αποσάθρωσης και τους μικροοργανισμούς. Τα σωματίδια αυτά ποικίλουν και ως προς το μέγεθος, διαθέτοντας μεγάλη κλίμακα όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1.



Εικόνα 4.1. Φάσμα μεγέθους των σωματιδίων στα φυσικά νερά.

Οι εξισώσεις που έχουν αναπτυχθεί για τον υπολογισμό της ταχύτητας της κίνησης του ιζήματος, που σχηματίζεται από τα αιωρούμενα στερεά πολύ κοντά στον πυθμένα, χρησιμοποιούνται για ποτάμια και μη συνεκτικά ιζήματα, δηλαδή για λεπτόκοκκους έως χονδρόκοκκους άμμους και χαλίκια. Επίσης, από τα αιωρούμενα στερεά, που σχηματίζουν τα ιζήματα, κυρίως η λάσπη και η άργιλος απορροφούν περισσότερο τις χημικές ουσίες που βρίσκονται στο νερό και όχι η άμμος.

Εκτός από την υδατική στήλη και το στρώμα του ιζήματος υπάρχει και μια ενδιάμεση περιοχή αιώρησης του φορτίου των ιζημάτων. Η μεταφορά του φορτίου του πυθμένα είναι ένα μικρό κομμάτι της μεταφοράς του συνολικού ιζήματος (αιωρούμενο φορτίο και φορτίο πυθμένα). Στην εικόνα 4.2. φαίνονται το φορτίο πυθμένα, το αιωρούμενο φορτίο, το προφίλ της ταχύτητας και η κατανομή της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων.



Εικόνα 4.2. Αιωρούμενο φορτίο υδάτινης στήλης και φορτίο κλίσης.

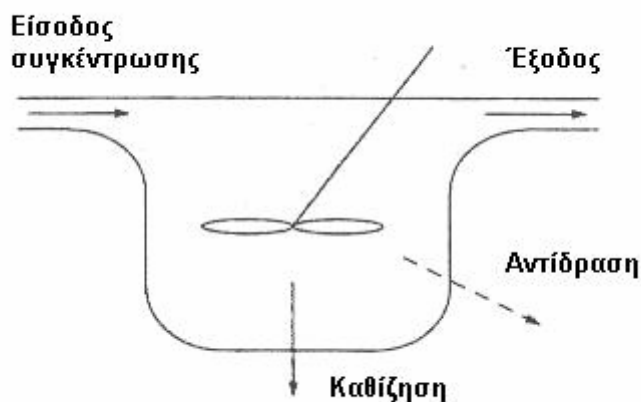
Στο παραγόμενο ίζημα μπορούν να μεταφερθούν οι ρυπαντικές συγκεντρώσεις φυτοφαρμάκων από την απορροή αγροτικών υδρολογικών λεκανών. Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζεται ένα αριθμητικό μοντέλο, με το οποίο μπορεί να υπολογιστεί η ποσότητα και η ποιότητα της απορροής αγροτικών υδρολογικών λεκανών. Το μοντέλο αυτό κρίνεται απαραίτητο στην παρούσα πτυχιακή εργασία για τον υπολογισμό των συγκεντρώσεων των φυτοφαρμάκων που εισρέουν στην λίμνη Κορώνεια. Ο υπολογισμός των συγκεντρώσεων των φυτοφαρμάκων, που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφαλαίο, χρησιμοποιείται στην προσομοίωση του ισοζυγίου μάζας των φυτοφαρμάκων στη λίμνη και στην ποιότητα των παραγόμενων ιζημάτων μέσα στον χρόνο, τα οποία αναλύονται παρακάτω.

4.2. ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ ΣΤΕΡΕΩΝ

Για την μοντελοποίηση του ισοζυγίου της μάζας των στερεών, θεωρούμε ότι η λίμνη είναι πλήρους μίξης. Για μια πεπερασμένη χρονική διάρκεια το ισοζύγιο της μάζας του οικοσυστήματος περιγράφεται από την πιο κάτω σχέση

$$\text{Συσσώρευση μάζας στερεών} = \text{εισερχόμενο φορτίο} - \text{εξερχόμενο φορτίο} - \text{αντιδράσεις} - \text{καθίζηση} \quad (4.1)$$

Σύμφωνα με την σχέση (4.1) έχουμε μια μόνο πηγή (source), το εισερχόμενο φορτίο των ρύπων (inflow loading) και τρεις καταβόθρες-καταβυθίσεις (sinks) τα εξερχόμενα φορτία (out flow), τις αντιδράσεις (reactions) και την καθίζηση (settling). Και άλλες μορφές καταβυθίσεων θα μπορούσαν να υπάρξουν όπως η πτητικοποίηση των ρύπων και μεταφορά τους από την υδατική φάση σε αέρια φάση, και τελική κατάληξη, εκπομπή τους στην ατμόσφαιρα. Για λόγους απλότητας χρησιμοποιείται η σχέση (4.1). Η εξίσωση (4.1) παρότι δίνει μια περιγραφική τιμή σε έναν εξεταζόμενο ρύπο, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την ποιότητα του νερού. Για αυτό τον λόγο κάθε όρος πρέπει να εκφρασθεί ως συνάρτηση μετρούμενων μεταβλητών και παραμέτρων μέσα στον χρόνο. Η περιγραφή των παραπάνω παραμέτρων στην μελέτη προσομοίωσης του ισοζυγίου μάζας μιας λίμνης φαίνονται στην εικόνα 4.3.



Εικόνα 4.3. Ισοζύγιο μάζας στερεών σε μια λίμνη.

Για ένα σταθερό όγκο V (m^3) της λίμνης η συσσώρευση της μάζας των στερεών ενός ρύπου δίνεται από την ακόλουθη σχέση

$$\text{Συσώρευση μάζας στερεών} = V \frac{dC}{dt} \quad (4.2)$$

όπου,

V όγκος της λίμνης (m³)

C η συγκέντρωση του ρύπου (mg/l)

Για το εισερχόμενο φορτίο (inflow loading) ενός ρύπου, ο ρυθμός αύξησης ή ελάττωσης της μάζας του φορτίου του ρύπου σε δεδομένη χρονική στιγμή W(t), θα περιγράφεται, από την ακόλουθη σχέση

$$W(t) = Q * C_{in}(t) \quad (4.3)$$

όπου,

Q δεδομένη παροχή (m³/sec)

C(t) η συγκέντρωση του ρύπου σε δεδομένη χρονική στιγμή (mg/l)

Για το εξερχόμενο φορτίο του ρύπου (outflow) θα ισχύει,

$$\text{εξερχόμενο φορτίο} = Q * C \quad (4.4)$$

όπου,

Q δεδομένη παροχή (m³/sec)

C η συγκέντρωση του ρύπου στην έξοδο της λίμνης (mg/l)

Επίσης για τις αντιδράσεις απόπλυσης των ρύπων από τα φυσικά νερά, θα ισχύει μιας πρώτης τάξεως σχέση

$$\text{αντιδράσεις} = k V C \quad (4.5)$$

όπου,

k πρώτης τάξης ρυθμός αντίδρασης του ρύπου (έτος⁻¹)

V όγκος της λίμνης (m³)

C συγκέντρωση του ρύπου (mg/l)

Τέλος για τις καθιζήσεις (settling) θα ισχύει

$$\text{καθιζήσεις} = v A_s C = K_s V C \quad (4.6)$$

όπου,

v	ταχύτητα καθίζησης (m/sec)
A_s	επιφάνεια του επιφανειακού στρώματος των ιζημάτων (m^2)
C	συγκέντρωση του ρύπου στα αιωρούμενα στερεά των ιζημάτων (mg/l)
K_s	σταθερά ρυθμού καθίζησης πρώτης τάξης (= v/H), (sec^{-1})
V	όγκος του επιφανειακού στρώματος των ιζημάτων (m^3)
H	μέσο βάθος του επιφανειακού στρώματος των ιζημάτων (m)

Οπότε τελικά σύμφωνα με τις παραπάνω σχέσεις η γενική εξίσωση του ισοζυγίου της μάζας στην γενική του μορφή θα δίνεται από την ακόλουθη σχέση

$$V \frac{dc}{dt} = Q_{in} C - Q_{out} C - kVC - vA_s C \quad (4.7)$$

όπου,

V	όγκος της λίμνης (m^3)
Q	δεδομένη παροχή εισροής ή εκροής (m^3/sec)
C	η συγκέντρωση του ρύπου (mg/l)
k	πρώτης τάξης ρυθμός αντίδρασης του ρύπου (sec^{-1})
A_s	επιφάνεια των ιζημάτων (m^2)

4.3. ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ

Επειδή η ταχύτητα καθίζησης παίρνει πάρα πολύ μικρές τιμές μπορούμε να θεωρήσουμε την τιμή της μηδενική στην εξίσωση (4.7), οπότε ο σχηματισμός του ιζήματος γίνεται κυρίως λόγω του φαινομένου της διάχυσης, δηλαδή λόγω μεταβολής της συγκέντρωσης μιας ουσίας (π.χ. φυτοφάρμακο) στο ίζημα. Έτσι σε ένα μοντέλο προσομοίωσης ενός υδατικού συστήματος πλήρους μίξης, δηλαδή ενός απόλυτα αναμειγμένου συστήματος, για την συγκέντρωση των χημικών στη λίμνη θεωρούμε ότι η λίμνη έχει συγκέντρωση C στην έξοδό της, η οποία είναι η ίδια παντού μέσα στην λίμνη. Ένα ιδανικά αναμειγμένου σύστημα περιγράφεται για μια λίμνη όπως φαίνεται στην εικόνα 4.4. Έτσι το ισοζύγιο μάζας θα είναι όπως φαίνεται παρακάτω:

$$\text{Μεταβολή μάζας μέσα στην λίμνη} = \text{Μάζα εισροών} - \text{Μάζα εκροών} \\ \pm \text{Μάζα που αντιδρά μέσα στην λίμνη} \quad (4.8)$$

Η σχέση (4.8) μπορεί να εκφραστεί μαθηματικά όπως παρουσιάζεται παρακάτω

$$\frac{\Delta(VC)}{\Delta t} = Q_{in} C_{in} - Q_{out} C \pm rV \quad (4.9)$$

όπου,

C_{in} συγκέντρωση χημικών στην εισροή (mg/l)

C συγκέντρωση χημικών στη λίμνη (mg/l)

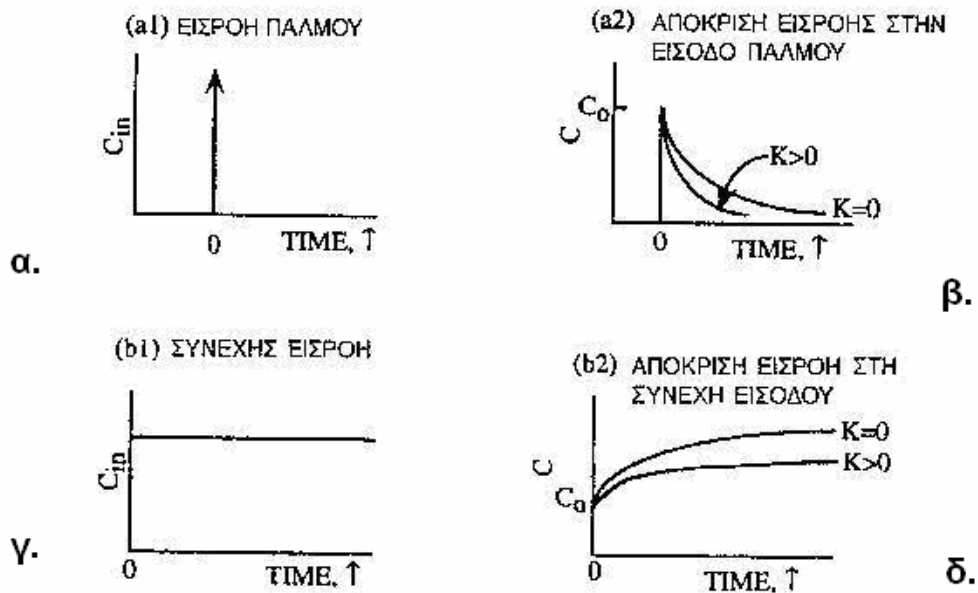
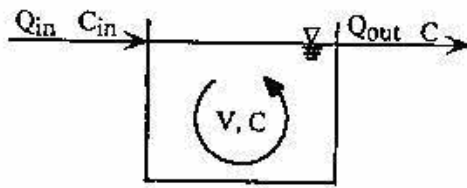
Q_{in} ογκομετρικός ρυθμός εισροής (m^3/sec)

Q_{out} ογκομετρικός ρυθμός εκροής (m^3/sec)

V όγκος λίμνης (m^3)

r ρυθμός αντίδρασης

t χρόνος (sec)



Εικόνα 4.4. Σχηματική παράσταση μιας απόλυτα αναμειγμένης λίμνης με εισροές και εκροές

Για απειροελάχιστο χρόνο Δt προκύπτει η αντίστοιχη διαφορική εξίσωση.

$$\frac{d(VC)}{dt} = Q_{in} C_{in} - Q_{out} C \pm rV \quad (4.10)$$

Ο όγκος της λίμνης, οι παροχές εισροών και εκροών μπορούν να είναι μεταβλητές στο χρόνο. Για να απλοποιηθεί η εξίσωση πρέπει να γίνουν οι παρακάτω παραδοχές

1. Η συγκέντρωση που εισέρχεται στο σύστημα C_{in} παραμένει σταθερή.

2. Ο ογκομετρικός ρυθμός ροής που εισέρχεται και εξέρχεται από την λίμνη είναι σταθερός, όπως επίσης παραμένει σταθερός και ο όγκος της λίμνης.
3. Ο ρυθμός μεταβολής της συγκέντρωσης που λαμβάνει χώρα μέσα στην λίμνη εκφράζεται με μια αντίδραση πρώτης τάξης (το αρνητικό αναφέρεται σε αντίδραση αποσάθρωσης).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω η εξίσωση (4.10) μπορεί να γραφεί

$$V \frac{dC}{dt} = QC_{in} - QC - kCV \quad (4.11)$$

Η εξίσωση (4.11) είναι μια πρώτου βαθμού εξίσωση, γραμμική για απόλυτα αναμειγμένα συστήματα.

Εφαρμόζοντας την εξίσωση (4.11) για την έκχυση χημικών μέσα στη λίμνη, στην περίπτωση όπου ένας ιχνηθέτης εκχύνεται ακαριαία μέσα στη λίμνη, θα έχει την παρακάτω μορφή

$$V \frac{dC}{dt} = -QC \quad (4.12)$$

ή

$$\frac{dC}{dt} = -\frac{C}{\tau} \quad (4.13)$$

ή

$$C = C_o \exp(-t/\tau) \quad (4.14)$$

όπου,

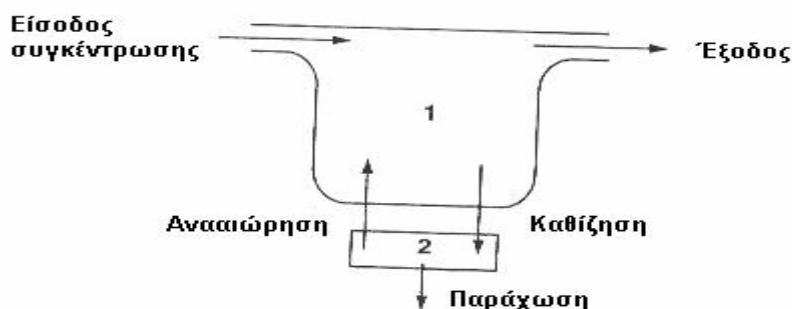
C_o	αρχική συγκέντρωση χημικών στην εισροή (mg/l)
C	συγκέντρωση χημικών στη λίμνη (mg/l)
Q	ογκομετρικός ρυθμός (m^3/sec)
V	όγκος λίμνης (m^3)
t	χρόνος (sec)
τ	μέσος υδραυλικός χρόνος κράτησης = V/Q , (sec)

Η εξίσωση (4.14) αποτελεί την αναλυτική λύση για την περίπτωση της στιγμιαίας έκχυσης για έναν ιχνηθέτη.

4.4. ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

Το πιο δραστικό φυτοφάρμακο από τα εξεταζόμενα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα στα προηγούμενα κεφάλαια της διπλωματικής αυτής εργασίας, για την ρύπανση του νερού της λίμνης Κορώνειας, θεωρείται το atrazine, το οποίο και θα μελετήσουμε στην παρούσα προσομοίωση, λόγω του ότι έχει μεγάλο χρόνο ημίσειας ζωής κατά την διάλυσή του στο νερό. Πέρα από τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του atrazine φυτοφάρμακου, που εισρέει στη λίμνη, και αναπτύχθηκε παραπάνω,

πρέπει να λάβουμε υπόψη μας και την αλληλεπίδραση μεταξύ ιζήματος και υδατινής στήλης. Στην ουσία έχουμε ένα σύστημα δυο αντιδραστήρων με αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Για μια υδατική στήλη πλήρους μίξης, το ισοζύγιο μάζας για τα φυτοφάρμακα στο σύστημα δυο αντιδραστήρων, πρέπει να λάβει υπόψη του τις διεργασίες αλληλεπίδρασης, που φαίνονται στην εικόνα 4.5.



Εικόνα 4.5. Σύστημα αλληλεπίδρασης μεταξύ υδατικής στήλης και ιζήματος.

Όπως φαίνεται στην εικόνα 4.5. σε μία λίμνη, στον αντιδραστήρα (1), στο νερό έχουμε το εισερχόμενο φορτίο (inflow) των συγκεντρώσεων από τα αγροχημικά, το εξερχόμενο φορτίο (outflow) στην έξοδο, και τις αντιδράσεις μείωσης των συγκεντρώσεων των φυτοφαρμάκων. Στον αντιδραστήρα (2) έχουμε το επιφανειακό στρώμα των αιωρούμενων στερεών του ιζήματος της λίμνης, δηλαδή των σωματιδίων του ιζήματος, που μπορεί ξανά να βρεθούν στην υδατική στήλη ως αιωρούμενα στερεά και να μην ενταφιαστούν στο μόνιμο τμήμα του ιζήματος. Τα βαθύτερα τμήματα του ιζήματος, δημιουργούνται μέσα στο χρόνο, από την συσσώρευση χονδρόκοκκων σωματιδίων με μεγάλο βάρος, των φερτών υλών. Ο όγκος των φερτών υλών, που καταλήγουν στον υδατικό ταμιευτήρα, αποτελεί το νεκρό όγκο της λίμνης.

Στον αντιδραστήρα (2) έχουμε την αλληλεπίδραση μεταξύ της υδατικής στήλης και του ιζήματος, δηλαδή πραγματοποιείται η ανααιώρηση των σωματιδίων του επιφανειακού στρώματος του ιζήματος στην υδατική στήλη. Η αιώρηση των στερεών του επιφανειακού στρώματος του ιζήματος στην υδατική στήλη, εξαρτάται από την τιμή της ταχύτητας ανααιώρησης των σωματιδίων (resuspension) και από την τιμή της ταχύτητας ενταφιασμού των στερεών, της παράχωσης τους στον πυθμένα της λίμνης (burial). Η ταχύτητα ενταφιασμού όταν έχει πολύ μεγαλύτερες τιμές από την ταχύτητα επανααιώρησης, συντελεί στην τελική εναπόθεση των σωματιδίων στο μόνιμο μέρος του ιζήματος, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει επιφανειακό στρώμα αιωρούμενων στερεών ιζήματος και τελικά να έχουμε μια υδατική στήλη πλήρους μίξης χωρίς αιωρούμενα σωματίδια ιζήματος. Στο στρώμα των αιωρούμενων στερεών του ιζήματος, μπορούν να ληφθούν υπόψη αντιδράσεις μείωσης των συγκεντρώσεων των φυτοφαρμάκων.

Καθοριστικός παράγοντας για την ύπαρξη του στρώματος των αιωρούμενων στερεών του ιζήματος αποτελεί η αδιάστατη παράμετρος F_r , ονομαζόμενη παράγοντας επανααιώρησης, η οποία περιγράφεται από την παρακάτω σχέση.

$$F_r = \frac{v_r}{v_r + v_b} \quad (4.15)$$

όπου,

F_r παράγοντας επανααιώρησης

v_r ταχύτητα επανααιώρησης των σωματιδίων του ιζήματος (m/sec)

v_b ταχύτητα ενταφιασμού των σωματιδίων του ιζήματος (m/sec)

Η παράμετρος F_r , καθορίζει την ισορροπία μεταξύ της επανααιώρησης των σωματιδίων του επιφανειακού στρώματος του ιζήματος στην υδατική στήλη και της ενταφίασης των σωματιδίων αυτών στο μόνιμο τμήμα του ιζήματος. Οπότε αν η τιμή της ταχύτητας επανααιώρησης v_r είναι πολύ μεγαλύτερη, από την τιμή της ταχύτητας ενταφιασμού v_b , τότε $F_r=1$, στην αντίθετη περίπτωση θα ισχύει $F_r=0$.

Οι αντιδράσεις μείωσης του φυτοφάρμακου atrazine, που λαμβάνουν χώρα για τον αντιδραστήρα (1), είναι λόγω βιομετασχηματισμού, φωτόλυσης και υδρόλυσης. Το atrazine θεωρείται μη πτητική ένωση, οπότε δεν έχουμε μείωσή του λόγω πτητικότητας. Στον αντιδραστήρα (2) οι αντιδράσεις μείωσης των συγκεντρώσεων του φυτοφάρμακου atrazine θα είναι μόνο λόγω υδρόλυσης αφού ο βιομετασχηματισμός και η φωτόλυση θεωρούνται μηδενικές κάτω από την επιφάνεια του νερού.

Έτσι θα έχουμε για τον ρυθμό αντίδρασης του ρύπου για τον αντιδραστήρα(1)

$$k_1 = \kappa(\text{βιομετασχηματισμού}) + \kappa(\text{φωτόλυσης}) + \kappa(\text{υδρόλυσης}) \quad (4.16)$$

από την βιβλιογραφία (Charpa, 1997, Schnoor, 1996) έχει βρεθεί για το atrazine ότι $\kappa(\text{βιομετασχηματισμού}) = 8.33 \cdot 10^{-5}/\text{έτος}$, $\kappa(\text{φωτόλυσης}) = 2.32 \cdot 10^{-8} /\text{έτος}$, και $\kappa(\text{υδρόλυσης}) = 2.44 \cdot 10^{-12}/\text{έτος}$, οπότε τελικά $k_1 = 8.34 \cdot 10^{-5}/\text{έτος}$.

Επίσης για τον ρυθμό αντίδρασης του ρύπου για τον αντιδραστήρα (2) θα έχουμε

$$k_2 = \kappa(\text{υδρόλυσης}) = 2.44 \cdot 10^{-12}/\text{έτος}$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω οι διεργασίες, που λαμβάνουν χώρα στον αντιδραστήρα (1) και στον αντιδραστήρα (2) μεταξύ υδατικής στήλης και ιζήματος, περιγράφονται από τις ακόλουθες σχέσεις.

$$V_1 \frac{dC_1}{dt} = QC_{in} - QC_1 - v_s A_s C_1 + v_r A_s C_2 - k_1 V_1 C_1 \quad (4.17)$$

και

$$V_2 \frac{dC_2}{dt} = v_s A_s C_1 - v_r A_s C_2 - v_b A_s C_2 - k_2 V_2 C_2 \quad (4.18)$$

όπου,

$k_{1,2}$ = ρυθμός αντίδρασης του ρύπου (έτος⁻¹)

Οπότε οι (4.25) και (4.26) μπορούν να γραφτούν με την πιο κάτω μορφή αντίστοιχα

$$a_{11}c_1 + a_{12}c_2 = W_{in} \quad (4.19)$$

$$a_{21}c_1 + a_{22}c_2 = 0 \quad (4.20)$$

όπου,

$$a_{11} = Q + v_s A_s - k_1 V_1$$

$$a_{12} = -v_r A_s$$

$$a_{21} = -v_s A_s$$

$$a_{22} = v_r A_s + v_b A_s + k_2 V_2$$

Ένα σύστημα που δεν έχει σταθερές συνθήκες, αλλά είναι μεταβλητό στον χρόνο και δεν έχει φορτία περιγράφεται από τις εξισώσεις, που φαίνονται παρακάτω

$$\frac{dc_1}{dt} = -a_{11}c_1 + a_{12}c_2 \quad (4.21)$$

$$\frac{dc_2}{dt} = a_{21}c_1 - a_{22}c_2 \quad (4.22)$$

όπου

$$a_{11} = (Q + v_s A_s) / V_1 - k_1$$

$$a_{12} = v_r A_s / V_1$$

$$a_{21} = v_s A_s / V_2$$

$$a_{22} = (v_r A_s + v_b A_s) / V_2 + k_2$$

Αν οι συγκεντρώσεις που βρέθηκαν από την κατάσταση ισορροπίας είναι $c_1 = c_{10}$ και $c_2 = c_{20}$, τότε η γενική αναλυτική λύση μπορεί να αναπτυχθεί, όπως φαίνεται παρακάτω

$$c_1 = c_{1f} e^{-\lambda_f t} + c_{1s} e^{-\lambda_s t} \quad (4.23)$$

$$c_2 = c_{2f} e^{-\lambda_f t} + c_{2s} e^{-\lambda_s t} \quad (4.24)$$

Όπου λ_s είναι οι ιδιοτιμές (eigenvalues) οι οποίες ορίζονται από την παρακάτω σχέση

$$\lambda_{f,s} = \frac{(a_{11} + a_{22}) \pm \sqrt{(a_{11} + a_{22})^2 - 4(a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21})}}{2} \quad (4.25)$$

και οι συντελεστές είναι

$$c_{1f} = \frac{(\lambda_f - a_{22})c_{10} - a_{12}c_{20}}{\lambda_f - \lambda_s} \quad (4.26)$$

$$c_{1s} = \frac{a_{12}c_{20} - (\lambda_s - a_{22})c_{10}}{\lambda_f - \lambda_s} \quad (4.27)$$

$$c_{2f} = \frac{-a_{21}c_{10} - (\lambda_f - a_{11})c_{20}}{\lambda_f - \lambda_s} \quad (4.28)$$

$$c_{2s} = \frac{-(\lambda_s - a_{11})c_{20} - a_{21}c_{10}}{\lambda_f - \lambda_s} \quad (4.29)$$

Με βάση τα παραπάνω βλέπουμε ότι ένα σύστημα που δεν έχει σταθερές συνθήκες, αλλά είναι μεταβλητό στον χρόνο είναι πολύπλοκο. Η ανάκαμψη και εξυγίανση ενός υδατικού συστήματος εξαρτάται από τις τιμές και τα μεγέθη των ιδιοτιμών (eigenvalues) λ . Ισχύει πάντα $\lambda_f > \lambda_s > 0$. Η λ_f ονομάζεται γρήγορη ιδιοτιμή (fast eigenvalue) και η λ_s γρήγορη ιδιοτιμή (slow eigenvalue).

4.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΣΤΑ ΙΖΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω στο προηγούμενο κεφάλαιο επιλέχθηκαν τα δραστικά φυτοφάρμακα, που χρησιμοποιούνται στις κυριότερες καλλιέργειες της εξεταζόμενης περιοχής της λίμνης Κορώνειας (Atrazine, 2-4 D, Dichlorophenoxyacetic Acid, MCPA). Με βάση τα υδρολογικά και τοπογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής υπολογίστηκαν οι παραγόμενες ποσότητες αυτών των φυτοφαρμάκων σε κάθε μήνα μετά την εφαρμογή τους στις καλλιέργειες και συνολικά η μέση συγκέντρωσή τους στο τέλος ενός έτους.

Σε αυτό το κεφάλαιο για την υπολογισμένη μέση ετήσια ποσότητα του φυτοφαρμάκου Atrazine μέσα σε ένα έτος, που παρουσιάστηκε στο πίνακα 3.47, υπολογίζουμε την μεταβολή της συγκέντρωσης του φυτοφαρμάκου μέσα στο χρόνο, σε μη κατάσταση ισορροπίας, στο νερό της λίμνης και στα αιωρούμενα σωματίδια των ιζημάτων της λίμνης. Σε αυτό το κεφάλαιο μελετάται το σενάριο της

συγκέντρωσης του αγροχημικού Atrazine στο νερό και στα αιωρούμενα σωματίδια του ιζήματος, για την τωρινή κατάσταση, δηλαδή για όγκο νερού λίμνης 70 εκατομμύρια κυβικά μέτρα.

Στην εξεταζόμενη προσομοίωση κάνουμε την παραδοχή ότι τα αιωρούμενα σωματίδια των ιζημάτων στην περιοχή του αντιδραστήρα (2), όπου έχουμε αλληλεπίδραση μεταξύ ιζήματος και υδάτινης στήλης, έχουν ταχύτητα καθίζησης 365 m/yr, πυκνότητα 2.5 gr/cm³, πορώδες φ=0.9, ταχύτητα ενταφιασμού 0.000756 m/yr, ταχύτητα επαναιώρησης 0.0175 m/yr, βάθος στρώματος μίξης αιωρούμενων στερεών ιζήματος 0,1 m (Chapra, 1997).

Από το σύστημα των (4.17) και (4.18) θεωρώντας όγκο λίμνης ίσο με τάξη μεγέθους 70*10⁶ κ.μ. νερού, και με Q = 44.35*10⁶ κ.μ./έτος, που υπολογίζεται με βάση το υδατικού ισοζυγίου της λίμνης Κορώνειας που έχει προσομοιωθεί με το μοντέλο SWRRBWQ από προηγούμενη διπλωματική εργασία (Βαγενάς, Ευαγγέλου, 1999) και θεωρώντας επιπλέον ποσότητα εκταμίευσης ελάχιστου όγκου νερού τάξης μεγέθους 10*10⁶ κ.μ./έτος, που μπορεί να εισρέει στη λίμνη με εξοικονόμηση της χρήσης αρδευτικού νερού σύμφωνα με το σχέδιο διαχείρισης της λίμνης Κορώνειας, (Master Plan, 1998). και λαμβάνοντας επιπλέον δεδομένα:

$$A_s = 30 \cdot 10^6 \text{ m}^3,$$

$$V_2 = 3 \cdot 10^6 \text{ m}^3,$$

συγκέντρωση εισροής atrazine $C_{in} = 1.2705 \text{ mg/l}$

όπου,

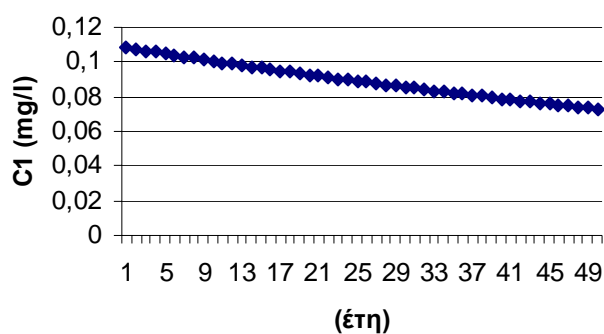
$$C_{in} = C_0 e^{-\sum_{i=1}^n k_i t}$$

και k_1, k_2 οι τιμές που υπολογίστηκαν παραπάνω βάσει της βιβλιογραφίας (Chapra, 1997, Schnoor, 1996), τελικά με εφαρμογή των παραπάνω για σταθερές συνθήκες, θα έχουμε:

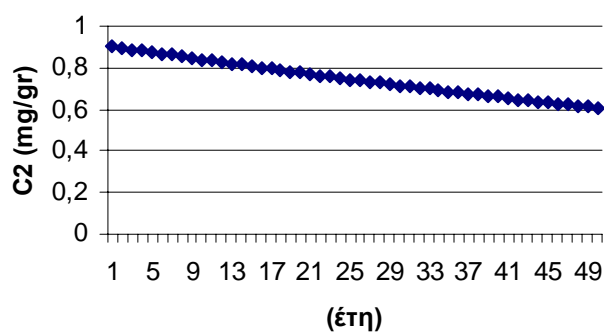
$$C_1 = 0.114189 \text{ mg/l} = 114.189 \text{ } \mu\text{g/l}$$

και

$$C_2 = 0.9132 \text{ mg/gr} = 913.2 \text{ } \mu\text{g/gr}$$



Εικόνα 4.6. Συγκέντρωση Atrazine στην υδατική στήλη της λίμνης Κορώνειας.



Εικόνα 4.7. Συγκέντρωση Atrazine στο επιφανειακό στρώμα ιζήματος της λίμνης Κορώνειας.

Με βάση τις παραπάνω υπολογισμένες τιμές και σύμφωνα με τις παραπάνω σχέσεις για μη σταθερές συνθήκες, οι συγκεντρώσεις του atrazine C_1 και C_2 στους δύο αντιδραστήρες φαίνονται στα παραπάνω διαγράμματα, μελετώντας μεμονωμένα την αραίωσή των συγκεντρώσεων του atrazine C_1 και C_2 μέσα στο χρόνο χωρίς να λαμβάνουμε επιπλέον εισροή συγκέντρωσης αγροχημικών σε κάθε έτος, Εικ. 4.6 και

Εικ. 4.7. Η υπολογισμένη συγκέντρωση του αγροχημικού στα επιφανειακά νερά και τα αιωρούμενα σωματίδια της λίμνης, σύμφωνα με τα εξεταζόμενα σενάρια αυτού του κεφαλαίου είναι πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια. Κατά συνέπεια πρέπει να αυξηθεί ο υδάτινος όγκος της λίμνης, ώστε οι συγκεντρώσεις της ατραζίνης στα νερά της λίμνης Κορώνειας να βρίσκονται εντός των ορίων, που ορίζονται από την σχετική Κ.Υ.Α της 4-11-2010 και να μπορέσει να επιτευχθεί αραίωση των συγκεντρώσεων των αγροχημικών στη λίμνη Κορώνεια σε συντομότερο χρονικό διάστημα από αυτό που εκτιμήθηκε στις παραπάνω εικόνες 4.6 και 4.7 .

Στις παραπάνω περιπτώσεις δε λάβαμε υπόψη και το νεκρό όγκο της λίμνης από φερτές ύλες. Ο όγκος αυτός συσσωρεύεται κάθε έτος στον πυθμένα της λίμνης. Λόγω της μη ύπαρξης έργων συντήρησης και αποκατάστασης της κοίτης των παρακείμενων ποταμών που εκρέουν στη λίμνη, η διάβρωση των ποταμών μεγαλώνει δισχαιραίνοντας το πρόβλημα ακόμη αφού μεγαλώνει η υδραυλική κλίση των ποταμών αυτών με συνέπεια την αύξηση του όγκου των φερτών υλών που καταλήγουν στη λίμνη. Σύμφωνα με διάφορες αναφορές από τον τύπο και άλλα μέσα μαζικής ενημέρωσης η παροχέτευση των φερτών υλών στο δυτικό τμήμα της λίμνης Κορώνειας αρχίζει να αυξάνει δυσανάλογα σε σχέση με την υπόλοιπη γεωγραφική της έκταση, κάτι το οποίο κάνει πιο πολύπλοκο το πρόβλημα εκτίμησης των υδάτινων επιφανειών και των αντίστοιχων υδάτινων όγκων της λίμνης μέσα στο χρόνο.

Ο όγκος αυτός αναφέρεται ως «Στερεοπαροχή» και είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την σωστή μελέτη οποιουδήποτε συσχετιζόμενου υδραυλικού τεχνικού έργου τελείται στον ταμιευτήρα και στις κοίτες των ποταμών που εκβάλουν σε αυτόν. Η ακριβέστερη μέθοδος για την εκτίμηση του παραπάνω όγκου, είναι φυσικά οι μετρήσεις με την βοήθεια ειδικών διατάξεων. Συνηθέστερη είναι ένα συρμάτινο κιβώτιο, το οποίο και αφήνεται στην κοίτη του ποταμού, ώστε να συσσωρευτεί και να παγιδευτεί σε αυτό ποσότητα φερτών υλών.

Η στερεοπαροχή ανά μονάδα πλάτους του ποταμού υπολογίζεται στη συνέχεια από την διαίρεση του βάρους των υλικών που εγκλωβίστηκαν δια του χρόνου της μέτρησης και του πλάτους του ανοίγματος του κιβωτίου. Επίσης γίνονται δειγματοληψίες σε σημεία του ποταμού ώστε να προσδιοριστεί η συγκέντρωση των αιωρούμενων υλικών στο νερό.

Στην περίπτωση των ποταμών της λίμνης Κορώνειας δεν είναι διαθέσιμες μετρήσεις τέτοιου είδους, οπότε αυτή θα μπορούσε να εκτιμηθεί με την βοήθεια μιας εμπειρικής σχέσης που έχει αναπτυχθεί για τα ελληνικά ποτάμια και βασίζεται στους

γεωλογικούς συντελεστές με βάση τους γεωλογικούς χάρτες, το ετήσιο ύψος βροχής, και την ετήσια ετήσια στερεοαπορροή σε αιώρηση έπειτα από έρευνες στο σύνολο σχεδόν των διαθέσιμων δεδομένων στερεοπαροχής σε ελληνικά ποτάμια (Κουτσόγιαννης, Ταρλά, 1987). Ωστόσο λόγω της έλλειψης ολοκληρωμένων υδρολογικών δεδομένων για μεγάλο χρονικό διάστημα δεν μπορούν να γίνουν εκτιμήσεις του ετήσιου ύψους βροχής για μια μεγάλη μελλοντική χρονοσειρά στη λίμνη Κορώνεια, οπότε δεν έχει νόημα η εφαρμογή των τύπων αυτών μεμονωμένα αφού δε μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα αποτελέσματα, που να μπορέσουν να συσχετισθούν με τα αποτελέσματα των εικόνων 4.6 και 4.7 για σαράντα και πλέον έτη σε μελλοντικό βάθος χρόνου. Στο παράρτημα απλά παραθέτονται οι σχετικοί γεωλογικοί πίνακες, που μπορεί να χρησιμοποιηθούν μελλοντικά στην περίπτωση, που υπάρχουν περισσότερα υδρολογικά δεδομένα για τον υπολογισμό της στερεοπαροχής. Στους γεωλογικούς αυτούς χάρτες έχουν εντοπιστεί πετρώματα και για τις τρεις κατηγορίες του σχετικού εμπειρικού μοντέλου στερεοπαροχής με τις αντίστοιχες ομάδες διαβρωσιμότητας $K1$, $K2$, $K3$. όπου έχουμε:

1. Ομάδα υψηλής διαβρωσιμότητας (Αλλούβια, Φλύσχης) $K1=1$
2. Ομάδα μέτριας διαβρωσιμότητας (Μάργες, Ψαμμίτες, σχιστόλιθοι) $K2=0.5$
3. Ομάδα χαμηλής διαβρωσιμότητας (Ασβεστόλιθοι, δολομίτες, μεταμορφωμένα εκρηξιγενή) $K3=0.1$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η συνεχιζόμενη υποβάθμιση του οικοσυστήματος της λίμνης Κορώνεια και η όξυνση των επί σειρά ετών παρατηρούμενων προβλημάτων σε βαθμό που να βρισκόμαστε πλέον σε κρίσιμο σημείο αντιμέτωποι με μια μη αναστρέψιμη καταστροφή οδηγούν στην ανάγκη για λήψη δραστηριοτήτων από τους εμπλεκόμενους φορείς με βάση την πραγματοποίηση άμεσων μέτρων ώστε να διασωθεί η λίμνη.

Λόγω της συνεχιζόμενης υποβάθμισης του οικοσυστήματος της λίμνης Κορώνειας, πρέπει να εγκριθούν και να υλοποιηθούν όλες οι φάσεις του σχεδίου διαχείρισης της λίμνης Κορώνειας, Master Plan για την αποκατάστασή της ποιοτικής κατάστασης της λίμνης. Η αιτία της καταστροφικής υποβάθμισης είναι προφανής: το αναπτυξιακό - οικονομικό μοντέλο που ακολουθήθηκε στην περιοχή εξάντλησε τους φυσικούς πόρους και τις δυνατότητες αυτοσυντήρησης του οικοσυστήματος, οδηγώντας το σε πλήρη υποβάθμιση. Το μοντέλο αυτό συνεχίζει να συντηρείται - ενίοτε και να ενισχύεται - με τις επιλογές ή την ανοχή της κεντρικής διοίκησης, της αυτοδιοίκησης και των εμπλεκόμενων φορέων. Ο καταγιγισμός εξαγγελιών για την προστασία της λίμνης τα τελευταία χρόνια δεν έχει φέρει κάποια λύση στο πρόβλημα. Συχνά οι εξαγγελίες αυτές και τα σχέδια δράσης που τις συνοδεύουν, έθεταν υπεραισιόδοξους στόχους χωρίς καμία ουσιαστική λύση.

Στην διπλωματική αυτή εργασία, πέρα από την παρουσίαση του γενικότερου πολυσύνθετου περιβαλλοντικού προβλήματος της λίμνης Κορώνειας, μελετήθηκαν διάφορα σενάρια για την εκτίμηση της απορροής των αγροχημικών στη λίμνη Κορώνεια. Στο τρίτο κεφάλαιο μελετήθηκαν οι μέγιστες συγκεντρώσεις της απορροής των αγροχημικών 2-4 D, Atrazine και MCPA στη λίμνη Κορώνεια, οι οποίες βρέθηκαν ότι είναι πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια της Κοινής Υπουργικής Απόφασης που δημοσιοποιήθηκε στις 4-11-2010. Επιπλέον έγινε μια εκτίμηση επικινδυνότητας για την ανθρώπινη υγεία, των αγροχημικών 2-4 D, Atrazine και MCPA στη λίμνη Κορώνεια, η οποία αναλύεται στο σχετικό κεφάλαιο. Στο τέταρτο κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε υπολογισμός των συγκεντρώσεων του φυτοφάρμακου atrazine στα επιφανειακά νερά της λίμνης και στο επιφανειακό στρώμα ιζήματος της

λίμνης Κορώνειας. Η υπολογισμένη συγκέντρωση του αγροχημικού στα επιφανειακά νερά και τα αιωρούμενα σωματίδια της λίμνης, για μη σταθερές συνθήκες, θεωρώντας όγκο λίμνης 70 εκατομμύρια κ.μ νερού, είναι πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια που ορίζει η Κ.Υ.Α που δημοσιεύτηκε στις 4-11-2010 για τον καθορισμό προτύπων ποιότητας περιβάλλοντος για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα. Κατά συνέπεια πρέπει να αυξηθεί ο υδάτινος όγκος της λίμνης, ώστε οι συγκεντρώσεις τόσο της ατραζίνης όσο και των MCPA, 2,4 D στα νερά της λίμνης Κορώνειας να βρίσκονται εντός των ορίων, που ορίζονται από την σχετική Κ.Υ.Α της 4-11-2010 και επιπλέον να μπορέσει να επιτευχθεί αραίωση των συγκεντρώσεων των αγροχημικών στη λίμνη Κορώνεια σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Επιπλέον σύμφωνα με την παρουσίαση του προβλήματος από το σχέδιο διαχείρισης της λίμνης Κορώνειας, Master Plan, προτείνονται τα εξής άμεσα μέτρα παρεμβάσεων για τη σωτηρία της λίμνης Κορώνειας και την αξιοποίηση του έργου του Master Plan:

1. Να σταματήσουν οι επιδοτήσεις και ενισχύσεις υδροβόρων αρδευτικών συστημάτων και καλλιεργειών (όπως το καλαμπόκι, που η καλλιέργεια του αυξήθηκε κατά 113% μετά το 1995) με αποτέλεσμα τη συνολική αύξηση των αρδευτικών καταναλώσεων στην ευρύτερη λεκάνη κατά 18%. Να γίνει εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου προγράμματος εξοικονόμησης νερού στον γεωργικό τομέα, πριν την εκκίνηση οποιουδήποτε υδραυλικού έργου ενίσχυσης της λεκάνης απορροής με
α) Άμεση εφαρμογή αγρο-περιβαλλοντικού προγράμματος από το Υπουργείο Γεωργίας και την Διεύθυνση Αγροτικής Ανάπτυξης, για εξοικονόμηση νερού από τις αρδεύσεις και εξισορρόπηση της απώλειας γεωργικού εισοδήματος με επιδότηση.
β) Προώθηση από την Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας δυναμικών αλλαγών στις καλλιέργειες, με βασικό χαρακτηριστικό την χρηματοδότηση για την χρήση υδατικών πόρων για άρδευση, τον εκσυγχρονισμό και την χρήση βιοκαλλιεργειών, με στόχο τη βιωσιμότητα της περιοχής.
2. Να σταματήσουν, έστω και σε περιορισμένο βαθμό, οι αδειοδοτήσεις γεωτρήσεων στην λεκάνη από τις περιφερειακές υπηρεσίες. Να εκδοθεί Π.Δ. για τις προστατευόμενες περιοχές της λεκάνης, με συγκεκριμένες επιτρεπόμενες χρήσεις στον πρωτογενή και δευτερογενή τομέα, με ταυτόχρονη ανάληψη πρωτοβουλίας από την Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας για την κάλυψη των αναγκών σε επενδύσεις

έργων προστασίας περιβάλλοντος της λίμνης Κορώνειας και την συλλογή, επεξεργασία του ιζήματος της λίμνης.

3. Απαραίτητη είναι η λειτουργία φορέα διαχείρισης της υδρολογικής λεκάνης σε συνεργασία την Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας ο οποίος θα διαχειρίζεται και θα ελέγχει

α) Διακοπή όλων των αντλήσεων χωρίς άδεια.

β) Εφαρμογή περιοριστικών απαγορευτικών μέτρων για νέες γεωτρήσεις της λεκάνης.

γ) Άμεση τοποθέτηση υδρομέτρων στο σύνολο των νόμιμων γεωτρήσεων της λεκάνης με ευθύνη των μεγάλων παραγωγών.

δ) Έκδοση αδειών μόνο για έργα συλλογικών υδρευτικών δικτύων.

ε) Έλεγχος και επιβολή μέτρων για την απόρριψη μη επεξεργασμένων αστικών και βιομηχανικών λυμάτων στη λεκάνη απορροής της λίμνης Κορώνειας .

4. Αξιοποίηση του μέτρου της μετεγκατάστασης επιχειρήσεων με στόχο τον έλεγχο αλλά και την προσφορά κοινόχρηστων υπηρεσιών (π.χ. τα κοινά δίκτυα αποβλήτων). Αξιοποίηση του υφιστάμενου χωροταξικού σχεδιασμού στην περιοχή του Λαγκαδά.

5. Υποστήριξη και προώθηση των υδραυλικών έργων του Σχεδίου διαχείρισης της λίμνης Κορώνειας, Master Plan, για την μεταφορά υδατικών όγκων στη λίμνη Κορώνεια από άλλες λεκάνες απορροής όταν υπάρχει αρκετό υδατικό πλεόνασμα σε αυτούς κατά τους χειμερινούς μήνες. Έτσι θα έχουμε μια αποκατάσταση του ελλειμματικού ισοζυγίου νερού, στα υπόγεια ύδατα και στη λίμνη με κύριο στόχο να φτάσουμε στα επίπεδα της δεκαετίας του 1970 και επιπλέον θα έχουμε βελτίωση της ποιοτικής κατάστασης της λίμνης Κορώνειας σε ικανοποιητικό επίπεδο ώστε να αποκατασταθεί η οικολογία της λίμνης και το αειφορικό περιβάλλον της.

6. Ουσιαστική παρακολούθηση με χρήση κατάλληλων συστημάτων τεχνολογιών της διαχείρισης υλοποίησης των συχετιζόμενων υδραυλικών έργων και των υδρολογικών παραμέτρων του οικοσυστήματος. Πραγματοποίηση υδραυλικών έργων διευθέτησης των υδραυλικών κλίσεων της κοίτης των ποταμών που καταλήγουν στη λίμνη Κορώνεια για την μείωση των φερτών υλών.

Προφανώς τα προτεινόμενα μέτρα αποτελούν ένα πλαίσιο παρεμβάσεων και η αποσπασματική προώθηση κάποιων από αυτά δεν θα οδηγήσει στο επιθυμητό αποτέλεσμα που είναι η καθολική προστασία της λίμνης. Η υλοποίησή τους μπορεί να γίνει στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης διαχείρισης υδατικών πόρων όπως αυτή προβλέπεται από την οδηγία πλαίσιο της ΕΕ για το νερό (60/2000). Πρέπει να γίνει επιλογή σε τι χρήσεις νερού μπορεί να αξιοποιηθεί τελικά η λίμνη Κορώνεια ανάλογα

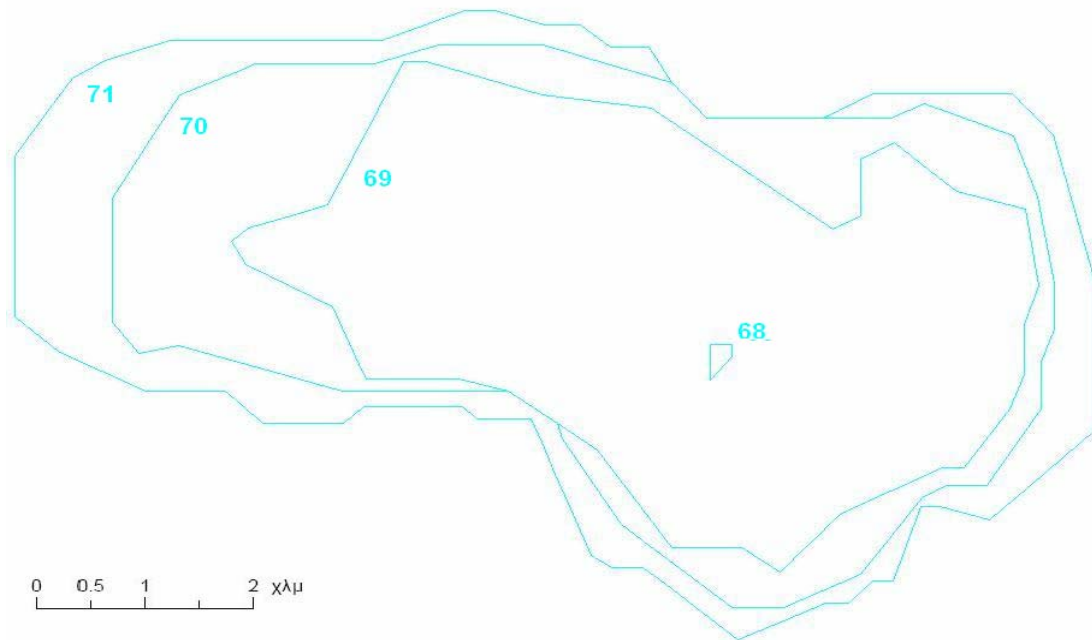
με τα υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρια και τις περιοδικές μετρήσεις ελέγχου ποιότητας νερών. Απαραίτητα πρέπει να διακοπούν οι παράνομες γεωτρήσεις της λεκάνης και να διακοπεί η διάθεση λυμάτων και απορριμμάτων στον ταμιευτήρα Κορώνειας τα οποία υποβαθμίζουν το περιβάλλον.

Σύμφωνα με το Σχέδιο διαχείρισης της λίμνης Κορώνειας, Master Plan, τρεις βασικές δραστηριότητες τελικά πρέπει να πραγματοποιηθούν για την εκπλήρωση των ποσοτικών και ποιοτικών απαιτήσεων νερού. Αρχικά πρέπει να επιλεγεί η μερική εκτροπή των χειμάρρων Λαγκαδακίων και Σχολαρίου για την επίτευξη της εισροής του νερού στη λεκάνη της λίμνης Κορώνειας. Δεύτερον οι αγρότες πρέπει να μειώσουν τις ετήσιες απώλειες νερού, λόγω των αρδεύσεων. Τρίτον πρέπει να εισαχθούν περίπου 15 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού ετησίως από πηγή εκτός λεκάνης.

Επιπλέον τα μέτρα συνεχούς δειγματοληψίας, επεξεργασίας και προστασίας της ποιότητας του νερού της λίμνης (διαχείριση αστικών και βιομηχανικών λυμάτων) είναι πολύ αναγκαία και αναπόσπαστα τμήματα μιας ολοκληρωμένης προστασίας της λίμνης. Το ίδιο ισχύει και για τα μέτρα παρακολούθησης του υδατικού και περιβαλλοντικού αποθέματος της λεκάνης απορροής της λίμνης. Τα αγροχημικά που περιλαμβάνουν τοξικές ουσίες πρέπει να αντικατασταθούν, στο μέτρο του εφικτού, από βιοκαλλιέργειες απαλλαγμένες από τοξικά. Σημαντική δραστηριότητα είναι η πραγματοποίηση έργου μεταφοράς νερού από τον Αλιάκμονα ποταμό. Τα τεχνικά έργα που αφορούν στη μεταφορά και αξιοποίηση υδατικών ποσοτήτων θα ενισχύσουν βραχυπρόθεσμα το υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης, αλλά δεν θα λύσουν το πρόβλημα εάν δεν προηγηθεί ορθολογική διαχείριση και μείωση της ανεξέλεγκτης κατανάλωσης νερού στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνεια.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΟΓΚΩΝ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ ΜΕ V BASIC ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΙΣΟΥΨΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ Γ.Σ.Π.



Παρακάτω παρουσιάζεται η λίστα ενός βοηθητικού λογισμικού που αναπτύχθηκε σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic for Microsoft Office Excel για τον υπολογισμό του υδατικού όγκου ταμιευτήρια της λίμνης Κορώνεια βάσει ισοψών καμπύλων, χαμηλότερου υψομέτρου πυθμένα της λίμνης και ισοδιαστάσεων των υδάτινων επιφανειών που μπορούν να εισάγονται δεδομένα με βάση το Google earth, είτε από τοπογραφικούς χάρτες, ή από G.P.S ή και επιτόπου μετρήσεις με συσκευές βυθομέτρησης σε μια βάρκα πάνω στην επιφάνεια της λίμνης για την προβολή των δεδομένων σε συνεργασία με τα γεωγραφικά συστήματα πληροφορικής ή άλλων συνεργαζόμενων λογισμικών και τεχνολογιών για την λήψη αποφάσεων στη διαχείριση υδατικών έργων και κατασκευών προστασίας του περιβάλλοντος. Η εκτέλεσή του γίνεται μέσα από το macros περιβάλλον του Microsoft Office Excel με Visual Basic programming.

Επιπλέον έγινε σχεδίαση των ισοψών υδατινών επιφανειών με χρήση του ACAD 3D Map G.I.S, όπως φαίνεται παραπάνω ακολουθώντας όλα τα σχετικά βήματα γεωναφαράς γεωγραφικών στοιχείων. Στα ίδια αποτελέσματα καταλήγουμε και με την συνεργασία των παραγόμενων σχεδίων και με άλλα σχετικά λογισμικά, που παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία. Ενδεικτικά βρέθηκε για στάθμη της λίμνης στα 69 m πάνω από το επίπεδο της θάλασσας ο αντίστοιχος όγκος της λίμνης Κορώνειας είναι $9,9 \text{ Mm}^3$, εφαρμόζοντας το λογισμικό αυτό για άλλα επιπλέον δεδομένα υπολογίζουμε τους αντίστοιχους όγκους νερού της λίμνης.

Sub wv()

```
'Boithikoo programma ypologismou ydatikoy ogkoy tamieythra Koroneias me bash  
ths isoyipseis kampules των υδατινων επιφανειων  
'sth Diplomatikh Ergasia Tilemaxou Koliopoulou
```

Dim bh, E, h, h1, V, Vr As Double

Dim i, ir, ns As Integer

Dim Er(50) As Double

```
V = 0  
ir = 0  
ns = 0
```

```
bh = InputBox("Dwste ypsometrikh timh xamhloteroy shmeioy pythmena limnhs  
(m)")
```

```
ns = InputBox("Dwste arithmo plththoys isoypsvn ydatikvn epifaneivn ")
```

```
h = InputBox("Dwste isodiastash isoypswn kampylwn (m)")
```

```
h1 = InputBox("Dwste ypsometro ths prwths isoypsoys kampylhs ydatinhs epifaneias  
(m)")
```

```
For i = 1 To ns
```

```
    E = InputBox("Dwste timh ektashs diadoxikhs ydatikhs epifaneias apo th  
    xamhloterh eos thn psiloterh")
```

```
    'iad = iad + 1
```

```
    Cells(i + 1, 1).Value = E
```

```
    Next i
```

```
'ypologismos ydatikoy ogkoy limnhs
```

```

V = 0
For ir = 1 To ns + 1

    Er(ir) = Cells(ir, 1).Value

    If ir = 1 Then Vr = (h1 - bh) * 0.5 * Er(1)
    If ir > 1 Then Vr = h * 0.5 * (Er(ir) + Er(ir - 1))

    V = V + Vr

    Cells(2, 3).Value = V

Next ir

MsgBox ("Program's calculations finished ")

End Sub

```

Γενικά πριν από την ανάπτυξη της ψηφιακής τεχνολογίας οι χάρτινοι χάρτες ήταν σημαντικοί πολύ καθώς ήταν το μοναδικό μέσο της αναπαράστασης της Γεωγραφικής Πληροφορίας. Λόγω αυτής της σημαντικότητας, ιδέες αρκετές των ΓΣΠ έχουν κληρονομηθεί από τους παραδοσιακούς χάρτες. Για παράδειγμα, η κλίμακα υπάρχει πάντοτε σαν ιδιότητα σε μία ψηφιακή βάση δεδομένων, παρόλο που ο ορισμός της κλίμακας δεν έχει νόημα στα ψηφιακά δεδομένα. Έτσι, όταν λέμε ότι μία βάση γεωπληροφοριών είναι σε μία κλίμακα 1:50000, ο καθένας μας μπορεί να συμπεράνει με ασφάλεια ότι η βάση αυτή δημιουργήθηκε από παραδοσιακούς χάρτες στην κλίμακα αυτή.

Η ψηφιδωτή μορφή (raster) προκύπτει από την σάρωση του χάρτινου χάρτη με την οποία δημιουργείται μία εικόνα, την οποία εν συνεχεία εντάσσουμε στον σύστημα αναφοράς των υπολοίπων χαρτογραφικών δεδομένων (γεωαναφορά εικόνας). Επειδή ο χάρτης σαρώνεται σε υψηλή ανάλυση, δημιουργούνται πολύ μικρά φατνία με το αντίστοιχο χρώμα του αρχικού χάρτη και έτσι ο σαρωμένος χάρτης μοιάζει πολύ με τον αρχικό. Μαζί με τα χρώματα, όλη η άλλη πληροφορία που είναι γύρω από τον χάρτη σαρώνεται και αυτή και αποθηκεύεται σε αντίστοιχα φατνία(κελιά) μαζί με τον αρχικό χάρτη. Καλό είναι να χρησιμοποιούνται ειδικά φίλτρα επεξεργασίας εικόνας για την μείωση του θορύβου από το σκανάρισμα ή την λήψη ψηφιακής φωτογραφίας και την δημιουργία ψηφιακών στοιχείων στη συνέχεια από αυτή. Ένα καλό φίλτρο είναι αυτό

της υψηλής συχνότητας 3χ3 προκειμένου να γίνουν πιο διακριτά τα επιμέρους χρώματα ενός χάρτη και την πιο αποτελεσματική εξαγωγή των χαρακτηριστικών που επιθυμούμε από τον χάρτη αυτό, κάτι τέτοιο μπορεί να γίνει στους γεωλογικούς χάρτες για την χαρτογράφηση των γεωλογικών στρωμάτων.

Η εφαρμογή αυτή εφαρμόστηκε στην εργασία αυτή για τα φύλλα των γεωλογικών χαρτών του ΓΜΕ Λαχανά, Θέρμης και των γειτονικών τους περιοχών τα οποία παρουσιάζονται στο παράρτημα όπου εμφανίζονται πιο καθαρά οι διαφορετικές γεωλογικές ζώνες για την μετατροπή της ψηφιοδότης μορφής σε διανυσματική. Προφανώς το όνομα Λαχανάς στο σχετικό φύλλο του ΓΜΕ τοποθετήθηκε λόγω της ένδοξης ιστορικής **Μάχης Κιλκίς-Λαχανά** (19-21 Ιουνίου 1913) που διεξήχθη μεταξύ ελληνικών και βουλγαρικών δυνάμεων κατά τη διάρκεια του Β' Βαλκανικού Πολέμου. και επικράτησε ο Ελληνικός Στρατός, <http://www.dlahana.gr/> .. Στη διανυσματική μορφή, κάθε γεωγραφικό χαρακτηριστικό που εμφανίζεται στον χάρτη αναπαριστάται στον υπολογιστή σαν σημείο, γραμμή ή πολύγωνο. Για παράδειγμα τα σύμβολα τα οποία χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν σημεία στον παραδοσιακό χάρτη, αναπαριστώνται στον υπολογιστή σαν σημεία τα οποία περιέχουν κάποια περιγραφικά χαρακτηριστικά. Οι ισοϋψείς καμπύλες επίσης, αναπαριστώνται στον υπολογιστή σαν γραμμές με ορισμένο πάχος και σαν περιγραφικό χαρακτηριστικό τους έχουν το υψόμετρο της ισοϋψούς.

Μεταξύ του παραδοσιακού και του ηλεκτρονικού χάρτη και ιδιαίτερα με την διανυσματική μορφή του, υπάρχουν σημαντικές διαφορές. Ένας ηλεκτρονικός χάρτης θεωρείται και σαν διαδραστικός χάρτης (interactive map), γιατί δίνει την δυνατότητα στον χρήστη του χάρτη αυτού, εκτός από την παραδοσιακή εκτύπωση ενός ελκυστικού χάρτη, να θέσει ερωτήματα και να πάρει απαντήσεις, κάτι που είναι σχεδόν αδύνατο να το κάνει με τον παραδοσιακό χάρτη.

Οι ηλεκτρονικοί χάρτες έρχονται να δώσουν μία λύση αξιόπιστη στην κοινή χρήση των χαρτών. Η λύση αυτή μπορεί παρέχεται με δύο τρόπους.

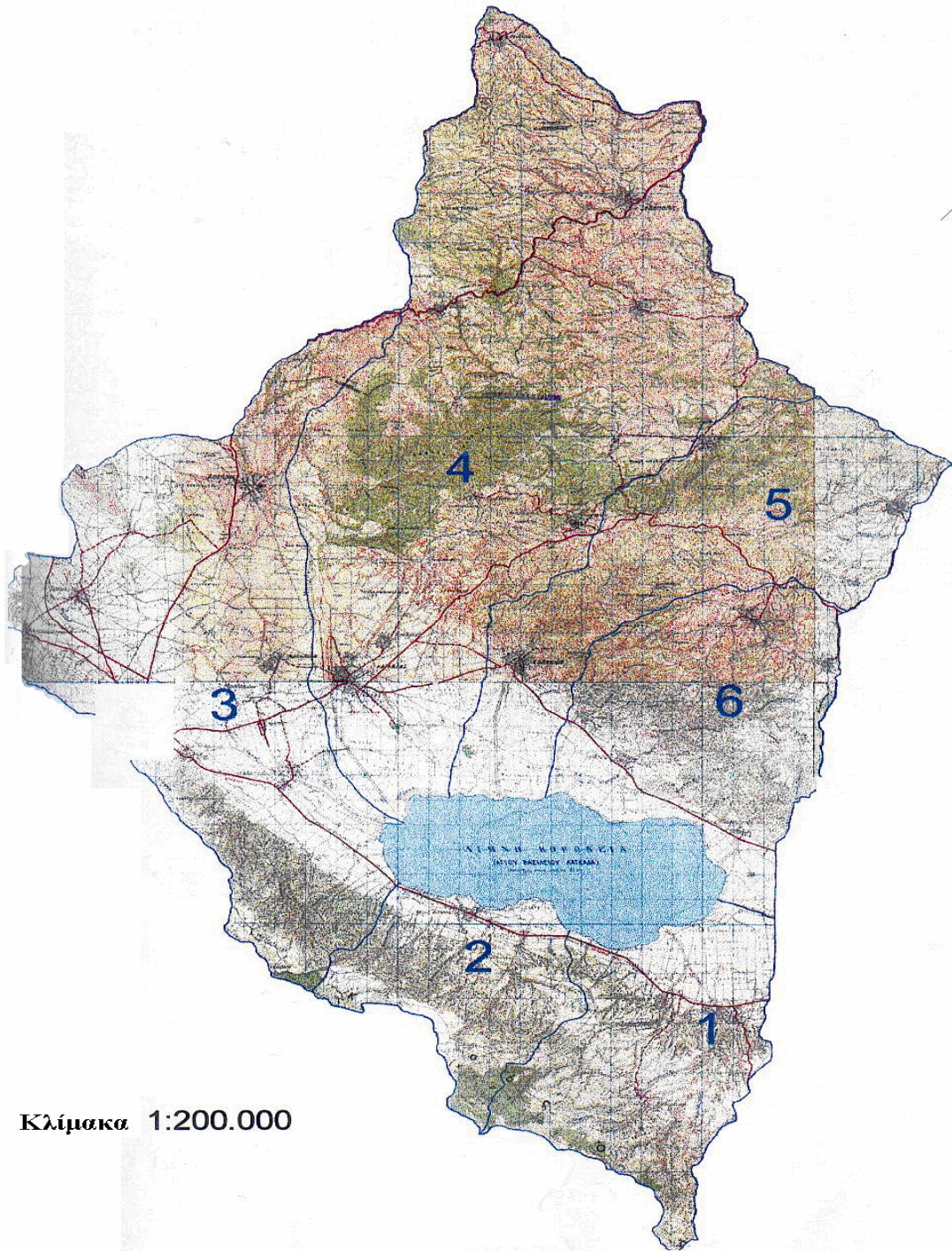
1. Με την χρήση ενός παραθυρικού προγράμματος, το οποίο θα είναι απλό, χωρίς την παρουσία πολλών μενού επιλογών και πολλών εργαλείων, τα οποία προκαλούν αμηχανία και σύγχυση στον αρχάριο χρήστη. Το πρόγραμμα αυτό θα υποστηρίζει τα γεωγραφικά δεδομένα προς

επεξεργασία. Έτσι οι χρήστες θα μπορούν πολύ εύκολα, χωρίς να είναι εξοικειωμένοι με τα ΓΣΠ να εκμεταλλεύονται παραγωγικά, τις δυνατότητες που τους παρέχει ο ηλεκτρονικός χάρτης, δηλαδή εκτύπωση ενός χάρτη, ή εμφάνιση διαφόρων πληροφοριών μετά από αναζήτηση μεγάλου όγκου δεδομένων του κάτι το οποίο θα ήταν χρονοβόρο να επιτευχθεί από τη χρήση ενός αναλογικού χάρτη.

2. Με τη χρήση του διαδικτύου και την χρησιμοποίηση ενός προγράμματος πλοήγησης (Internet Explorer, Netscape Navigator). Σε αυτήν βέβαια την περίπτωση στην εφαρμογή ενός ΓΣΠ, θα πρέπει να έχει εγκατασταθεί μία εφαρμογή εξυπηρέτησης χαρτών μέσω του διαδικτύου. Ο χρήστης θα μπορεί να κάνει αναζητήσεις στην χωρική βάση, να εκτυπώνει ένα χάρτη και να παίρνει τα αποτελέσματα στον υπολογιστή του είτε σε μορφή εικόνας (image service), είτε σε διανυσματική μορφή (feature service) σε client-server εφαρμογές μέσω κατάλληλων διακομιστών όπως mapserver, geoserver κ.α. (quantum g.i.s, grass g.i.s, map server, 2010).

Χρησιμοποιώντας μία από τις δύο παραπάνω εφαρμογές λογισμικού, τα ΓΣΠ μπορούν να παρέχουν στις διάφορες Υπηρεσιακές Μονάδες υποστήριξης σε διαδραστικούς χάρτες, και εξαγωγής χρήσιμων υπολογιστικών δεδομένων για περαιτέρω επεξεργασία. Οι χάρτες αυτοί έχουν πρόσβαση στις χωρικές πληροφορίες εύκολα, οικονομικά και παραγωγικά για την διοίκηση υδραυλικών τεχνικών έργων και την άμεση αντιμετώπιση προβλημάτων υδατικών πόρων και περιβάλλοντος παίρνοντας έγκαιρες αποφάσεις πραγματοποίησης των αναγκαίων έργων που απαιτούνται να υλοποιηθούν άμεσα.

**ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ
ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ
(Γ.Υ.Σ.1970)**



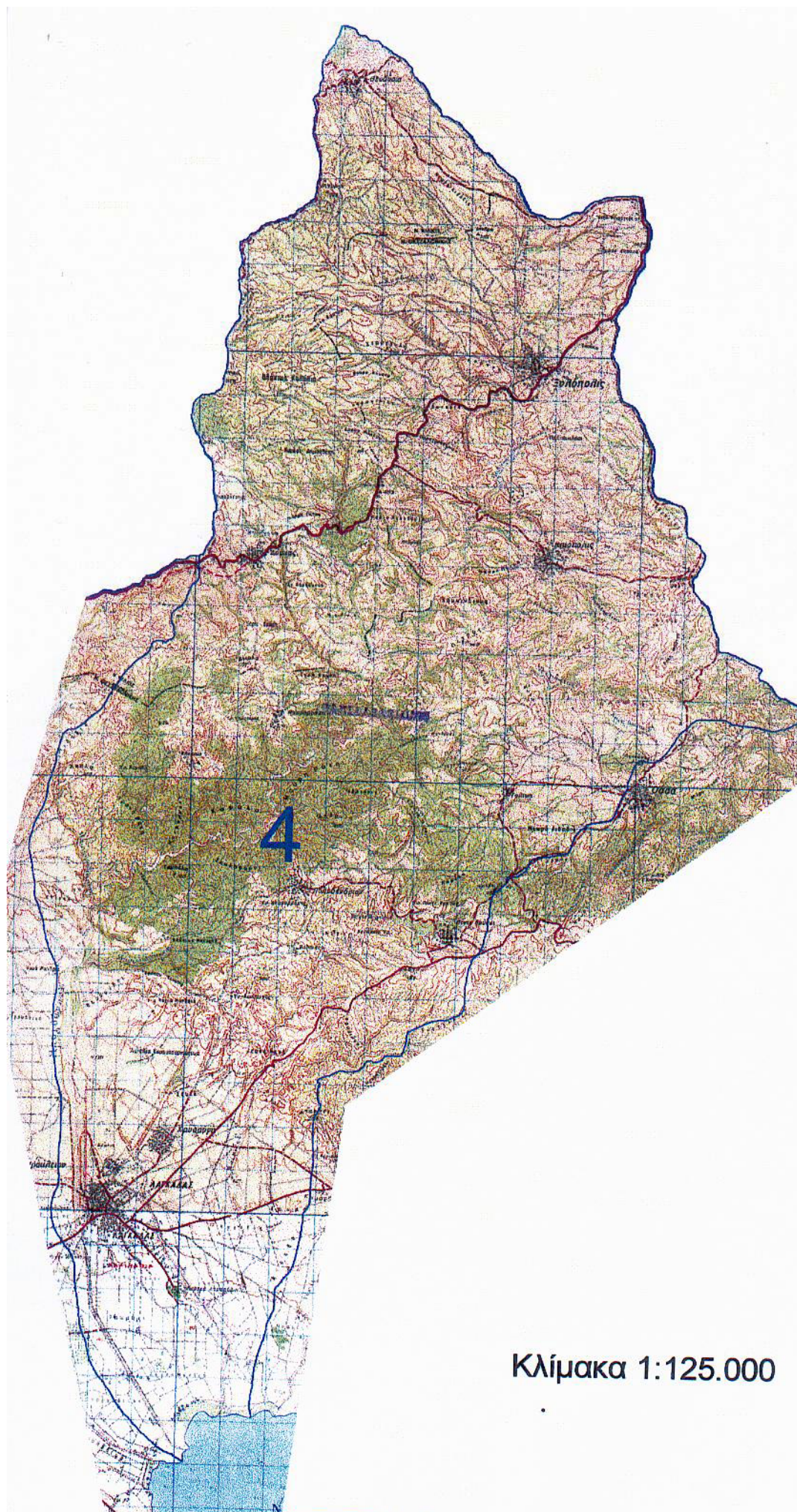
Κλίμακα 1:200.000



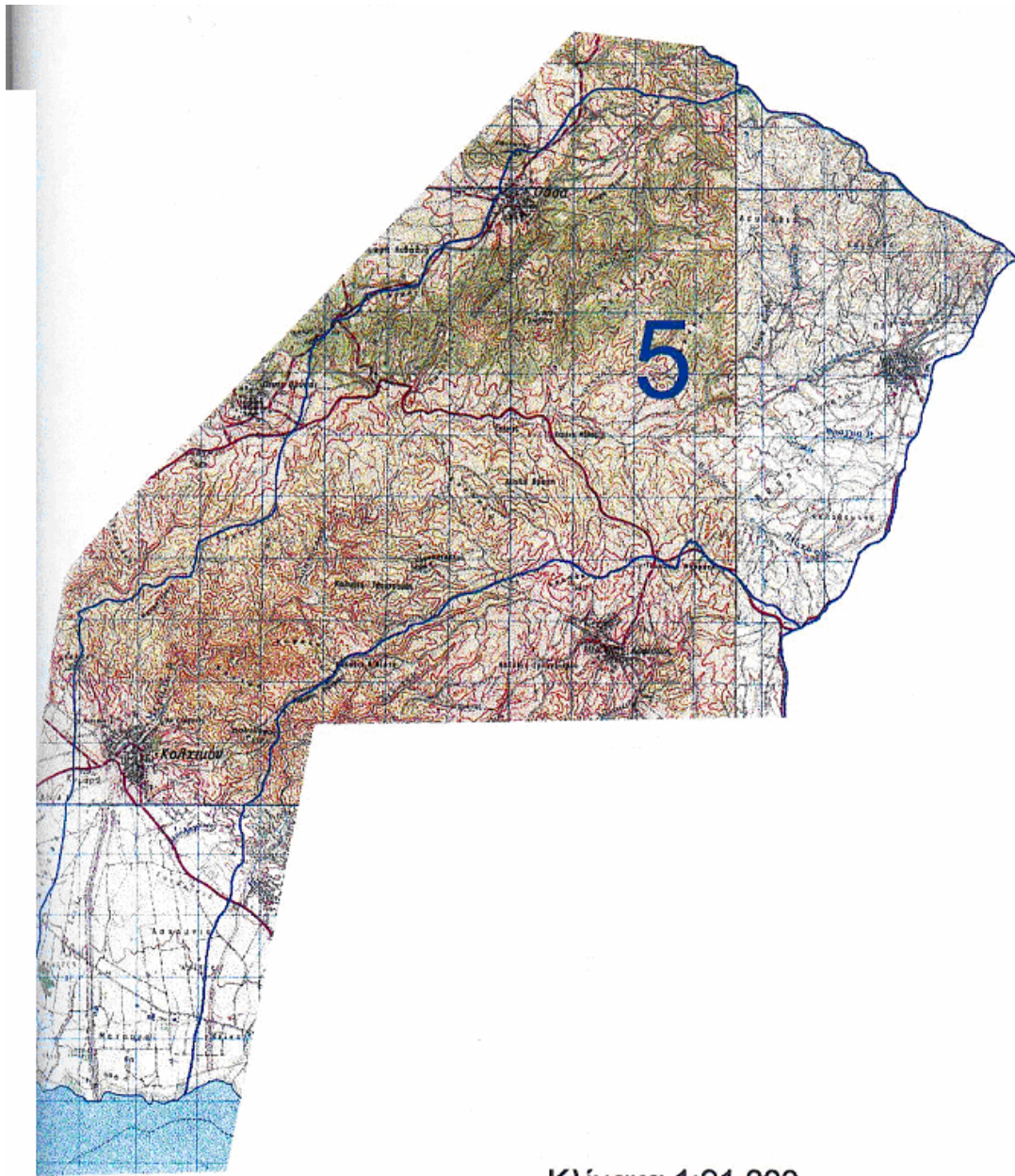
Κλίμακα 1:50.000



Κλίμακα 1:50.000



Κλίμακα 1:125.000

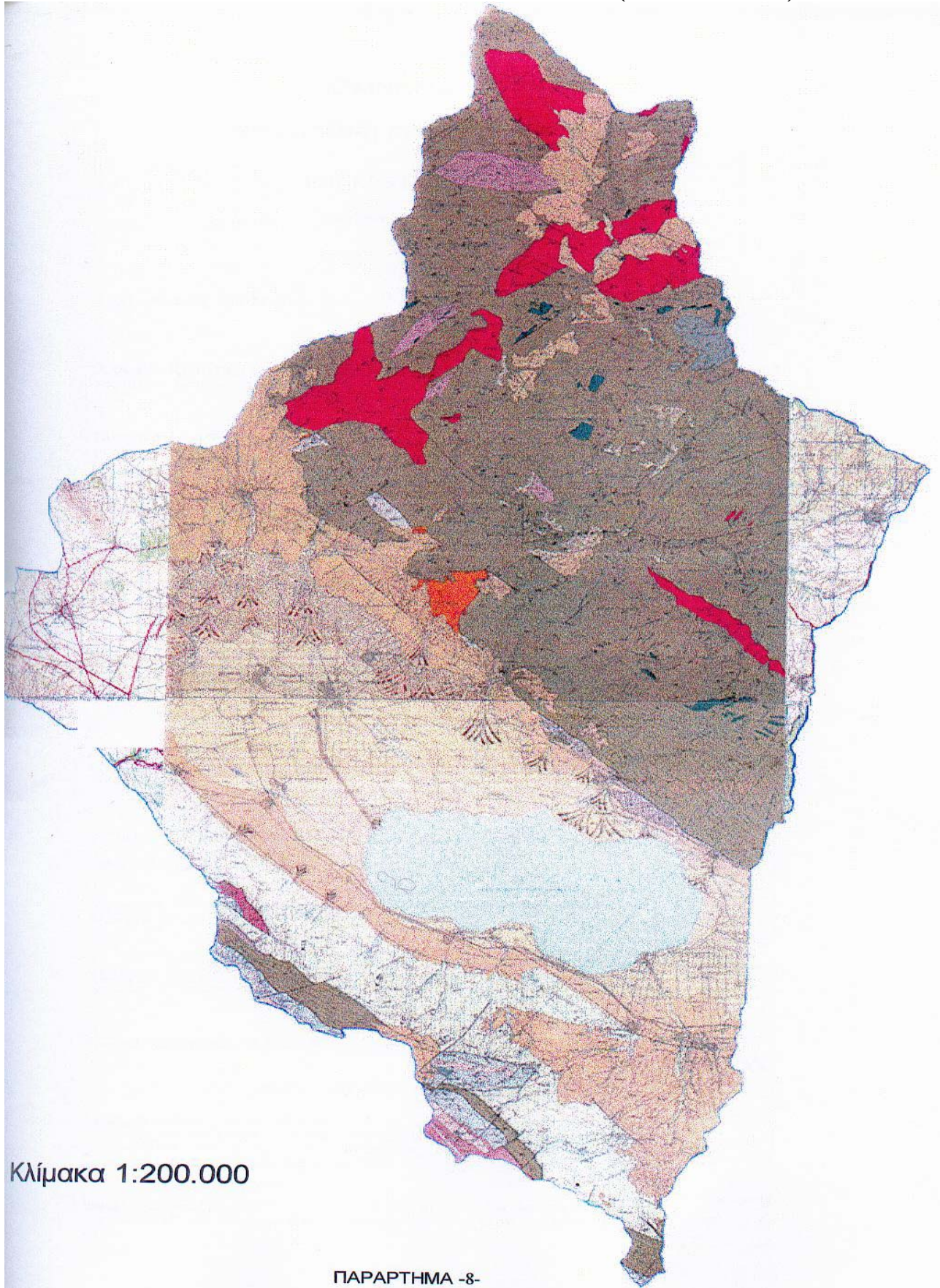


Κλίμακα 1:91.000



Κλίμακα 1:50.1

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ (Ι.Γ.Μ.Ε. 1978)



Κλίμακα 1:200.000

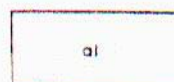
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

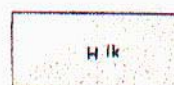
ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ

ΟΛΟΚΑΙΝΟ

Άλλουβιακές αποθέσεις.



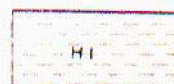
Λιμναία ιζήματα (λίμνης Λαγκαδά): άμμοχες άργιλοι και λεπτόκοκκες άμμοι, πλούσιες σε μαρμαρυγία.



Αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων: άμμοχες άργιλοι, άμμοι και ψηφίδες.



Προσχώσεις κοιλάδων: άμμοχες άργιλοι.



Κατώτερη βαθμίδα του κατώτερου συστήματος αναβαθμίδων: χαλίκια.



Όλοκαινικές αποθέσεις άδιαίρετες: παράκτιες αποθέσεις (άμμοι, σύναγμα), προσχώσεις πεδιάδων, έρυθρές άργιλοι με άσβεστιτικά συγκρίματα. Στη βάση επικρατούν κροκαλοπαγή.



ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ

Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων: χαλίκια και άμμοι κάτω από άργιλόδες κάλυμμα.



Μεσαίο σύστημα αναβαθμίδων: πηλός, άμμοχες άργιλοι και άμμοι (Pl, s, l) ή κυρίως χαλίκια (Pl, c). Πιθανόν αντιπροσωπεύουν παλαιότερα ιζήματα λιμνών.



Άνωτερο σύστημα αναβαθμίδων: ψηφίδες και κροκάλες με πηλό ή άμμοχρα άργιλο.



Έρυθρές άργιλοι με άσβεστιτικά συγκρίματα: στη βάση τους επικρατούν κροκαλοπαγή.



Ριπίδια προσχώσεων: διαφορετικής ηλικίας.



ΑΝΩΤ. ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ - ΚΑΤ. ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ

Άσβεστόλιθοι γλυκών υδάτων: λευκοί έως καστανοί, που περιέχουν κροκάλες και άλλα υλικά τοπικής προελεύσεως. ΝΔ του χωριού Βασιλούδι συναντιούνται σαν υπολείμματα διαβρώσεως, καθισμένα πάνω σε ένα χαρακτηριστικό ανάγλυφο του υποβάθρου.



Ψαμμιτομαργακική σειρά: άμμοι και κίτρινες μάργες έναλλασσόμενες με κροκαλοπαγή και άμμοχες μάργες. Διασταυρωμένες στρώσεις μέσα στην άμμο.



ΜΕΤΑΪΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

ΕΝΟΤΗΤΑ ΑΣΠΡΗΣ ΒΡΥΣΗΣ - ΧΟΡΤΙΑΤΗ

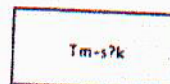
ΚΑΤΩΤΕΡΟ - ΜΕΣΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ (:))

Αργιλικόι σχιστόλιθοι: πρασινωποί, άμμοχοι, και πρασινότεφροι, ιδιαίβημητοι ψαμμίτες, που μεταβαίνουν σε πράσινους άμμοχοις φυλλίτες και άνοιχτοκάστανους έως μαύρους, λεπτόκοκκους φυλλίτες με γραφίτη. Παρεμβάλλονται μαύροι, λεπτοστρωματώδεις, παχείς όριζόντες κερατολίτων και φακοί και στρώματα σερικιτιωμένου, χλωριτιωμένου, σωσσυριτιωμένου μαύρου δολερίτη.



ΜΕΣΟ ΚΑΙ ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ (:))

Άσβεστόλιθοι άνακρυσταλλωμένοι: τεφρογάλανοι ή λευκοί, σιμαίτες ή σε παχείς στρώματα, σχηματίζουν τεκτονικούς φακούς ή ένστρώσεις μέσα στη μαγματική σειρά Χορτιάτη και στους φυλλιτικούς άργιλικούς σχιστόλιθους.



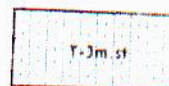
Ηλικία: Άνώτερο Τριαδικό (χρονολογημένο από το φύλλο «Κιλκίς»).

ΕΝΟΤΗΤΑ ΜΕΛΙΣΣΟΧΩΡΙΟΥ - ΧΟΛΟΜΩΝΤΑ

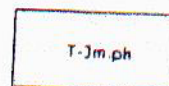
(ΤΡΙΑΔΙΚΟ - ΜΕΣΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ)

Ομάδα Σβούλας

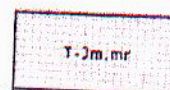
Γαλαζίτες: κοκκινωκάστανοι, λεπτο- έως μεσόκοκκοι, λεπτοστρωματώδεις, σιδηρούχοι, και σκοτεινότεφροι, άσβεστικοί, χαλαζιτικοί ψαμμίτες με ένστρώσεις από σκοτεινότεφρους φυλλίτες, τοπικά γραφιτικούς ιστόλιθους και σκοτεινότεφρες ταινίες από ψαμμίτικους άσβεστόλιθους.



Άλίτες: σκοτεινότεφροι έως μαύροι, μερικώς γκρανατούχοι, γραφίτη, με μικρές ένστρώσεις χαλαζιτών.



Άσβεστόλιθοι άνακρυσταλλωμένοι: λευκοί ή γαλαζωποί, παχυστρωματώδεις έως λεπτοστρωματώδεις, χαλαζιτικοί - σερικιτικοί μάρμαρα και άσβεστικοί σχιστόλιθοι με ένστρώσεις μαύρων φυλλιτών.



ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗ ΜΑΖΑ

PERMIO (:) — ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ

Μαγματισμός Έξαμίλι

Άζιτες: σκοτεινότεφροι έως πρασινωποί, λεπτόκοκκοι, λεπτοστρωματώδεις, έναλλασσόμενοι με τεφρούς, χονδρόκοκκους, χαλαζιτικούς, σχισίτες ψαμμίτες και ύπόλευκα, λεπτοστρωματώδη κροκαλοπαγή και μικροκαλοπαγή με φυλλοδομή πλούσια σε άστρίους, που μεταπίπτουν άλαζιτικούς - σερικιτικούς σχιστόλιθους και χαλαζίτες με όφθαλμοειδή



ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ (ή παλαιότερο)

Μαγματισμός Βερτίσκου

Οφθαλμοειδή γνεύσια: σκοτεινότεφροι ή καστανοί, λεπτόκοκκοι έως μέσοκοκκοι, μονότονοι με μεταβάσεις προς όφθαλμογενέσιους (πλαγιόκλαστα με άνορθιτη 25 - 30 %, χαλαζίας, μοσχοβίτης, βιοτίτης, περθητικοί άστριοι, επίδοτο και έπουσιώδη όρυκτά). Συχνά έμφανίζονται τοιειδείς φλέβες και παρείσακτες κοίτες με έλαφρη φυλλοδομή και κοκκούς, σχιστώδεις, άπλιτικές, γρανιτικές παρείσακτες κοίτες. Νότια μνης του Λαγκαδά παρατηρείται πλήρης άπομεταμόρφωση σε χλωριτιώδη σχιστόλιθους με ύπολειμματα άστρίων. Δευτερογενής φυλλοδομή κροπυχώσεις πολύ έξαπλωμένες.



ή χαλαζιτίωση: τών μεταίζημάτων και πολυάριθμες χαλαζιακές στρώσεις παράλληλες προς το έπίπεδο s



ΕΚΡΗΞΙΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

ΧΩΡΙΣ ΣΧΙΣΙΤΟΤΗΤΑ

ΑΝΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ

Άσβεστόλιθος: χονδρόκοκκος τελείως ούραλιτιωμένος και σωσσυριτιωμένος πυρόξενος έξαλλοιωμένος σε βιοτίτη και άκτινολίθο, κεκλιμένα, πλαγιόκλαστα, επίδοτο και έπουσιώδη όρυκτά). Χωρίς όρατη δομή.



Ηλικία: παλαιότερη από το έπικλυσιγενές Τιθάνιο και νεώτερη από τους άσβεστόλιθους του Μέσου Ιουρασικού.

ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΑ ΚΑΙ ΣΧΙΣΤΩΔΗ
ΜΕΣΟΖΩΙΚΟ

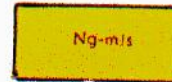
Μαγματική σειρά Χορτιάτη

Λευκοκρατικός άλβιτικός - σερικιτικός - μικροκλινικός γνεύσιος:
(άλβιτης, μικροκλινής, μοσχοβίτης και έπουσιώδη όρυκτά), με γνευσιακό ή
όφθαλμοειδή ιστό, παράλληλα προς το επίπεδο s, στρωμένος μέσα στα
μεταίζηματα.



ΝΕΟΓΕΝΕΣ ; (χερσαίο)

Μολάσσα του Λαγκαδά : άδιαβάθμητα κροκαλοπαγή, έρυθροπράσινοι-
ύπόλευκοι ψαμίτες με φακούς μαργαϊκών άσβεστολίθων και άργιλικόι
σχιστόλιθοι με βολβούς μαργαϊκών άσβεστολίθων (λιμναία φάση).



ΜΕΤΑΪΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ
ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗ ΜΑΖΑ

ΠΕΡΜΙΟ (:) - ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ

Σχηματισμός Έξαμιλίου

Χαλαζίτες : σκοτεινότεφροι έως πρασινωποί, λεπτόκοκκοι, λεπτοστρω-
ματώδεις, έναλλασσόμενοι με τεφρους, χονδροκόκκους, σχιστώδεις, χαλα-
ζιακούς ψαμίτες, ύπόλευκα, λεπτοστρωματοδή κροκαλοπαγή και μικρο-
κροκαλοπαγή με φυλλοδομή πλούσια σε άστρίους, που μεταβίνουν σε
χαλαζιακούς-σερικιτικούς σχιστόλιθους και χαλαζίτες με όφθαλμοειδή
ιστό.



Επιφανειακός οφθαλμοειδής

Διαμαρμαρυγιακοί γενεύσιοι: σκοτεινότεφροι ή καστανοί, λεπτό- έως μεσοκοκκοί, με γενευσιακό ή σχιστώδη ιστό (πλαγιόκλαστα με άνορθιτη 25-30%, χαλαζίας, μοσχοβίτης, βιοτίτης, περθητικός καλιοϋχος άστριος, επίδοτο, άπατίτης, ζirkόνιο, τιτανίτης ± άλμανδίνη). Στο νότιο τμήμα του φύλλου επικρατούν οφθαλμογενεύσιοι, γενεύσιοι με οφθαλμοειδή ιστό και μετατηζίτες. Ένστροφείς διαμαρμαρυγιακών σχιστολίθων με άλμανδίνη και σκοτεινότεφροι, λεπτόκοκκοί, πλακώδεις θιοιτιτικοί γενεύσιοι (πλαγιόκλαστα με άνορθιτη 40%, χαλαζίας, βιοτίτης, τιτανίτης, άπατίτης, επίδοτο) και μερικές φορές άμφιβολιτικά στρώματα. Συχνά εμφανίζονται πηματοειδείς φλέβες και σχιστώδεις, άπλιτικές, λεπτόκοκκες γρανιτικές παρείσακτες κοίτες σε λεπτά φύλλα, που είναι παράλληλα στο επίπεδο s.



ΕΚΡΗΞΙΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΑ ΚΑΙ ΣΧΙΣΤΩΔΗ

ΜΕΣΟΖΩΙΚΟ

Διαμαρμαρυγιακός και θιοιτιτικός γρανίτης (τύπου 'Αρναίας): κοκκίωτος, σχιστώδης, μεσοκοκκος έως πηγματιτικός (πλαγιόκλαστα με άνορθιτη 18-32%, περθητικοί καλιοϋχοί άστριοι, μικροκλινής, χαλαζίας, μοσχοβίτης, βιοτίτης, άπατίτης, μεταλλεύματα και ζirkόνιο). Ανατολικά του Λαχανά επικρατεί γενευσιακός ιστός.



Διαμαρμαρυγιακός και μοσχοβιτικός πλαγιόκλαστικός-μικροκλινικός γενεύσιος: άνοιχτόχρωμος, λεπτοστρωματώδης, με οφθαλμοειδή ιστό, άνω όμοιογενής, χωρίς σημαντικές παρεμβολές μεταιζήματων (πλαγιόκλαστα με άνορθιτη 8-18%, μικροπερθητικοί καλιοϋχοί άστριοι, μικροκλινής, άλαζίας, μοσχοβίτης, βιοτίτης και έπουσιώδη όρυκτά). Στις έπαφές, λεπτά φύλλα διεισδύουν στα μεταιζήματα· δεν υπάρχει μεταμόρφωση έπαφής, ή πηγματιτική ή άπλιτική σειρά.



ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ (ή παλαιότερο)

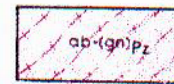
Διαμαρμαρυγιακός και μοσχοβιτικός - πλαγιόκλαστικός - μικροκλινικός γενεύσιος gn (ρ2) έναλλασόμενος με μεταιζήματα του σχηματισμού Βερτίσκου (gn2), σε λεπτά φύλλα παράλληλα με το επίπεδο s (< 50% γρανιτικό ύλικό).



Άμφιβολίτες: σκοτεινοπράσινοι έως μαύροι, με καλή στρώση, λεπτό- μεσοκοκκοί, πολύ σκληροί (κεροστιλβή μερικά ποικιλιτική, πλαγιόκλαστα με άνορθιτη 23-32%, επίδοτο, χαλαζίας, τιτανίτης και έπουσιώδη όρυκτά) μερικές φορές βλαστοφειτικός ιστός με υπολείμματα σωσπιτιωμένων πλαγιόκλαστων· παρατηρούνται μεταβάσεις προς μεταγáβως. Συχνά υπάρχουν λευκκρατικά πετρώματα από άνάτηξη. Ένστροφείς άκτινολιθικών πετρωμάτων και μικρών φακών πυροξενίτη.



Άμφιβολίτες (ab) έναλλασόμενοι με διαμαρμαρυγιακό και μοσχοβιτικό πλαγιόκλαστικό-μικροκλινικό γενεύσιο (gn)ρ2.



Διαμαρμαρυγιακός γενεύσιος και θιοιτιτικός γενεύσιος του σχηματισμού Βερτίσκου (gn2), με ένστροφείς άμφιβολιτών (ab) σκοτεινοπρασινων έως άσπρων, στρωμένων, λεπτό- έως μεσοκοκκων (κεροστιλβή, πλαγιόκλαστα με άνορθιτη 20-35%, χαλαζίας, τιτανίτης, επίδοτο και άπατίτης) (< 75%) έλληλες με το επίπεδο s και με κεροστιλβικό γενεύσιο (πλαγιόκλαστα με άνορθιτη 18-20%, χαλαζίας, κυρίως περθητικοί καλιοϋχοί άστριοι, ποικιλή κεροστιλβή πλούσια σε τιτανιο και σίδηρο, βιοτίτης, επίδοτο, τιτανίτης και άπατίτης).



Άμφιβολίτες (ab), έναλλασόμενοι με Διαμαρμαρυγιακούς γενεύσιους του σχηματισμού Βερτίσκου (gn2) και Διαμαρμαρυγιακό και μοσχοβιτικό-πλαγιόκλαστικό-μικροκλινικό γενεύσιο (gn).

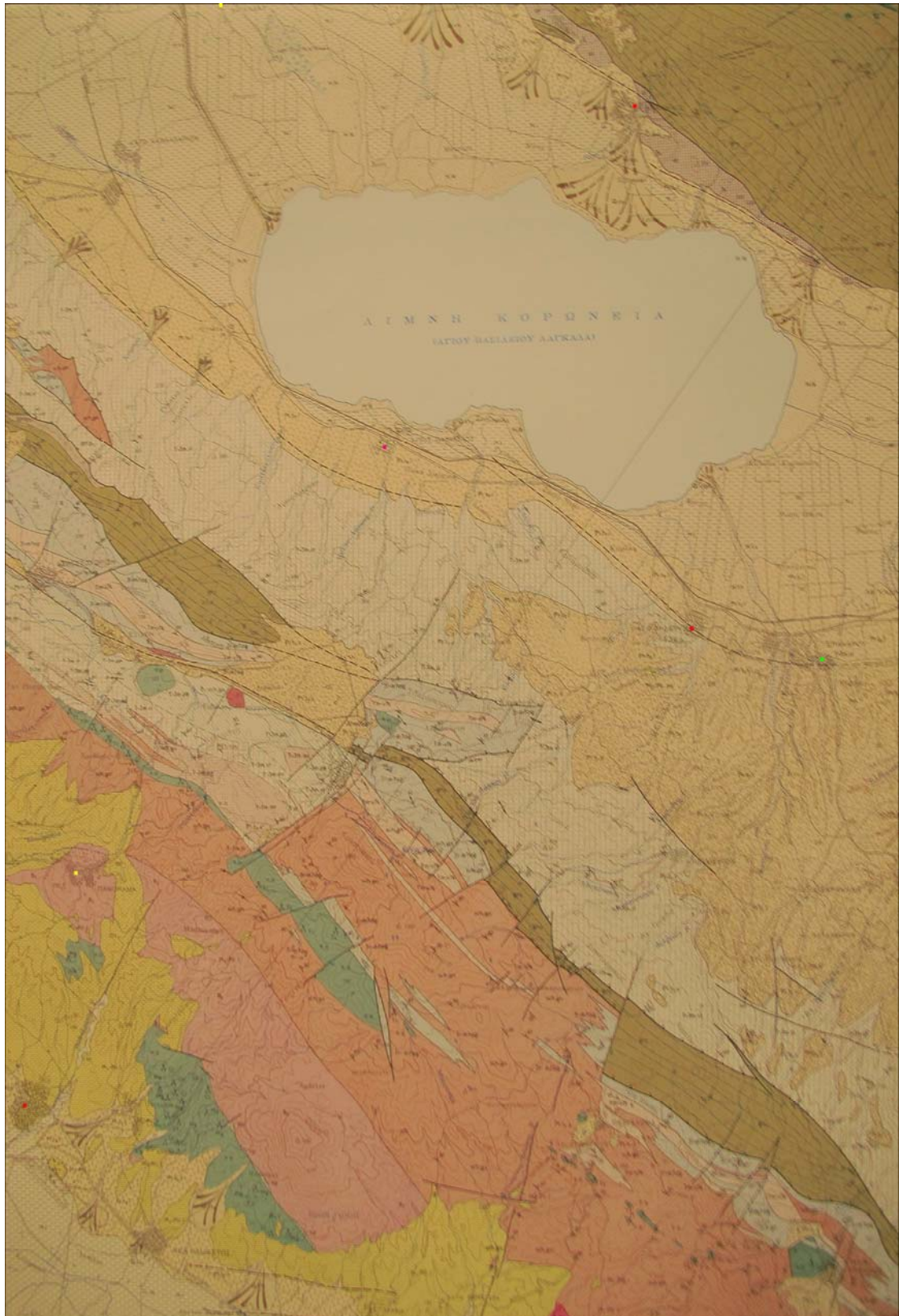


Βασικά πετρώματα: γενικά σερπεντινωμένα σε αντιγοριτικούς αντιπυριτικούς με ταλκικούς-γραμματιτικούς σχιστολίθους, αντιγοριτικούς-γραμματιτικούς σχιστολίθους, φλέβες ταλκη κ.λπ. τοπικά υπολείμματα ξένων, περιδοιτών και δουνιτών με φυλλόδομη παράλληλη στο επίπεδο s της περιοχής, τοποθετημένα κεραμιτώτα μέσα στα μεταιζήματα.





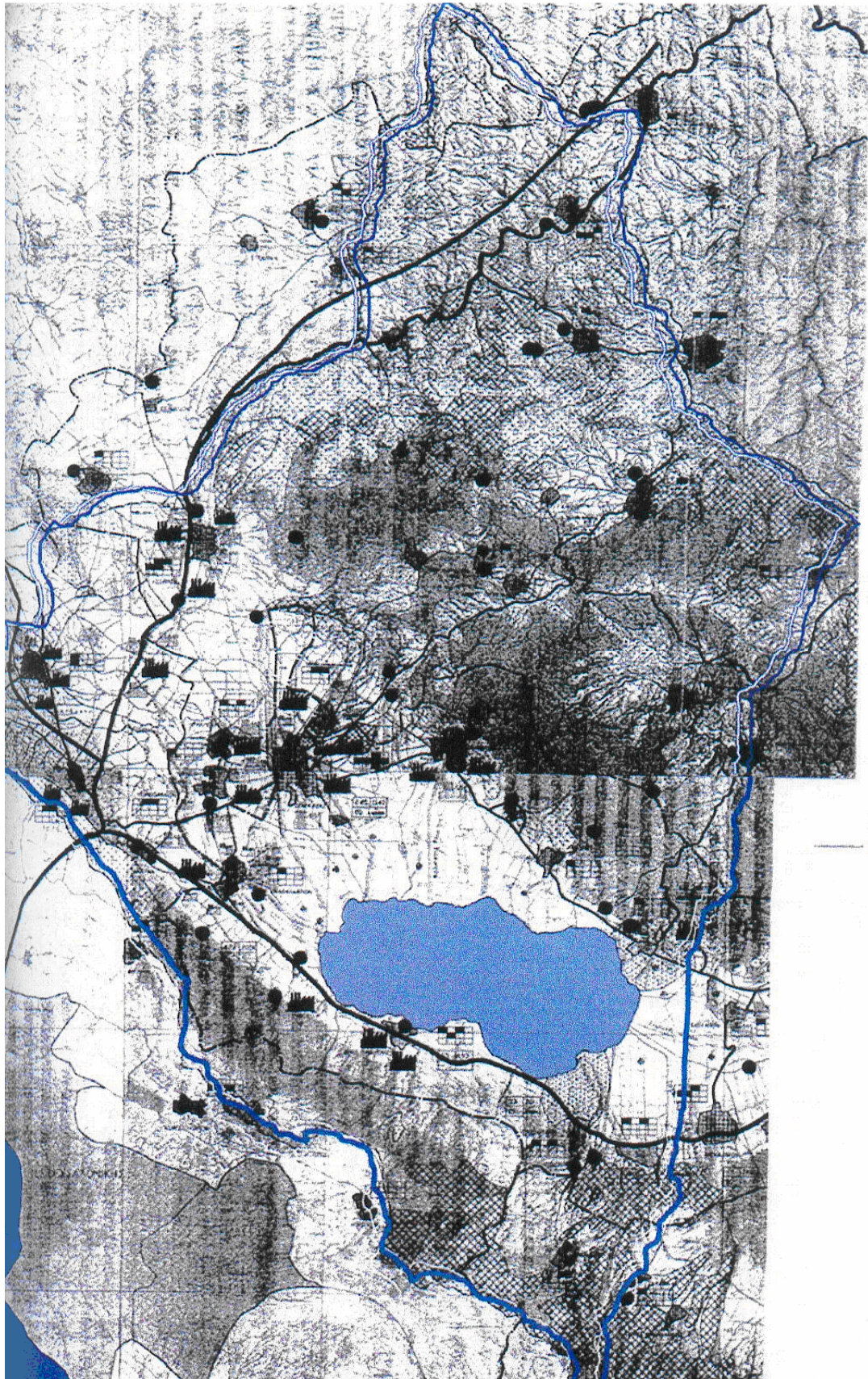
Κύριο φύλλο Λαχανά γεωλογικού χάρτη Ι.Γ.Μ.Ε για την εξεταζόμενη περιοχή, το οποίο παρουσιάζεται στην εργασία αυτή μετά από ψηφιακή επεξεργασία με φίλτρο υψηλής συχνότητας 3x3, ώστε να είναι πιο ευδιάκριτοι οι γεωλογικοί σχηματισμοί για την μετατροπή τους σε διανυσματική μορφή από ψηφιδωτή με χρήση των Γ.Σ.Π.



Κύριο φύλλο Θέρμης γεωλογικού χάρτη Ι.Γ.Μ.Ε για την εξεταζόμενη περιοχή, το οποίο παρουσιάζεται στην εργασία αυτή μετά από ψηφιακή επεξεργασία με φίλτρο υψηλής συχνότητας 3χ3, ώστε να είναι πιο ευδιάκριτοι οι γεωλογικοί σχηματισμοί για την μετατροπή τους σε διανυσματική μορφή από ψηφιδωτή με χρήση των Γ.Σ.Π.



ΧΑΡΤΗΣ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.)

1





Υ Π Ο Μ Ν Η Μ Α

ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΑ ΟΡΙΑ

-  Οριο νομού
-  Οριο επαρχίας
-  Οριο Ο.Τ.Α.

ΟΡΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

-  Οριο ευρύτερης περιοχής
-  Οριο περιοχής μελέτης

ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

-  Εθνική οδός
-  Επαρχιακή οδός
-  Κοινοτική οδός

ΚΥΡΙΕΣ ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ

-  Λίμνες-Ρέματα

ΘΕΣΜΟΘΕΤΗΜΕΝΕΣ ΖΩΝΕΣ



Οριο Ζ.Ο.Ε.



Οριο Γ.Π.Σ.



Οριο Πολεοδομικής μελέτης



Οριο οικισμού (πληθ. <2000)



Θεσμοθετημένος αρχαιολογικός χώρος



Υπό θεσμοθέτηση αρχαιολογικός χώρος



Βιοτεχνικό πάρκο



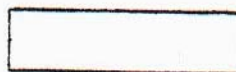
Εκπαίδευση



Τουρισμός-Αναψυχή-Αθλητισμός

ΤΟΜΕΙΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

Πρωτογενής Τομέας



Γεωργική γή



Συλλογικά αρδευτικά



5. Μεταλλουργία—Γαλβανιστήρια



6. Λατομείο



7. Λοιπές Βιομηχανίες

ΕΝΗΣ ΤΟΜΕΑΣ

Υπηρεσίες—
Κινητικές δραστηριότητες

A	B	Γ	Δ
1	2	3	4
I	II	III	IV

- A. Οικισμός Στάσιμος
- B. Οικισμός Δυναμικός
- Γ. Υπαρξη μνημείων εντός του οικισμού
- Δ. Οικισμός χαρακτηρισμένος αξιόλογος
- 1. Λειτουργία Γυμνασίου
- 2. Αστυνομικό Τμήμα
- 3. Λειτουργία Λυκείου
- 4. Λειτουργία Κέντρου Υγείας
- I. Ενοικιαζόμενα δωμάτια
- II. Camping
- III. Ξενοδοχεία άνω των 10 κλινών
- IV. Ιαματικά λουτρά



MotoCross

**ΕΛΔΦΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ
(ΥΠ.ΓΕΩΡΓΙΑΣ, ΔΑΣΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ 1992)**

