



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
75% ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
25% ΕΘΝΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ



ΠΑΙΔΕΙΑ ΜΠΡΟΣΤΑ
2^ο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Εκπαίδευσης και Αρχικής
Επαγγελματικής Κατάρτισης

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων στην υπό
επανασύσταση λίμνη Κάρλα Θεσσαλίας»



ΠΑΠΑΝΙΚΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Βόλος 2008

«Ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων στην υπό επανασύσταση λίμνη

Κάρλα Θεσσαλίας».

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

- 1. Άρης Ψιλοβίκος, Λέκτορας,** Αειφορική Διαχείριση Υδάτινων Πόρων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπων.
- 2. Στεριανή Ματσιώρη, Λέκτορας,** Εκτιμητική Φυσικών Πόρων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.
- 3. Μάριος Σαπουντζής, Λέκτορας,** Διευθέτηση Ορεινών Υδάτων, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ., Μέλος.

Αφιερώνεται
στην Εβελίνα και στον Γιάννη

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών «Αειφορική Διαχείριση Υδατικού Περιβάλλοντος» του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Το θέμα της μεταπτυχιακής διατριβής είναι :

«Ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων στην υπό επανασύσταση λίμνη Κάρλα Θεσσαλίας.».

Η διατριβή αυτή αποτελεί καρπό μιας επίπονης ερευνητικής προσπάθειας, που χρειάστηκε προσωπικό χρόνο και κόπο, χρήσιμες συμβουλές και υποδείξεις, από επιστημονικά καταρτισμένους ανθρώπους στον ευρύτερο χώρο των λεκανών απορροής Πηνειού- Κάρλας. Η προσπάθεια αυτή, που βέβαια δεν ολοκληρώνεται στο σημείο αυτό, είναι ενταγμένη στο πλαίσιο της ερευνητικής δραστηριότητας του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Το θέμα της Μεταπτυχιακής μου Διατριβής, το οποίο προτάθηκε από τον Επιβλέποντα Καθηγητή κ. Άρη Ψιλοβίκο Λέκτορα, είναι ένα θέμα αιχμής στο παγκοσμιοποιημένο πρόβλημα της λειψυδρίας.

Θα ήθελα να του εκφράσω θερμότερες ευχαριστίες, για την αμέριστη συμπαράσταση, καθοδήγηση και υποστήριξη που προσέφερε σε όλα τα στάδια της προσπάθειας αυτής, από την υπόδειξη του θέματος και την ουσιαστική επίβλεψη της διατριβής, μέχρι την τελική διόρθωση του κειμένου.

Τον ευχαριστώ βαθύτατα, όχι μόνο για τις υποδείξεις του σε επιστημονικό επίπεδο που η συμβολή του υπήρξε καθοριστική στη συγκεκριμένη διατριβή, αλλά πολύ περισσότερο για την ευγενική και φιλική διάθεση, στοιχεία που συνθέτουν μια άριστη και αποτελεσματική συνεργασία με γόνιμο και θετικό αποτέλεσμα.

Και επειδή τίποτα δεν είναι τυχαίο στη ζωή, αισθάνομαι ότι η αφετηρία της συνεργασία μας οριοθετείτε σε τυχαίο γεγονός στο ΕΜΠ, συνεχίστηκε στο Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας θα συνεχίζεται και στο μέλλον, πάλι εγκάρδια τον ευχαριστώ που μου ανέθεσε και ολοκλήρωσα αυτή την Μεταπτυχιακή Διατριβή.

Θεωρώ υποχρέωση να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου.

Στα μέλη της Τριμελούς Επιτροπής την κ. Ματσιώρη Στεριανή, Λέκτορα του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών, τον κ. Σαπουντζή Μάριο, Λέκτορα της Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος του Α.Π.Θ, για τις πολύτιμες συμβουλές που προσέφεραν στην εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας.

Στον Διευθυντή του Π.Μ.Σ, Πρόεδρο του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, και Κοσμήτορα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών, κ.Χρήστο Νεοφύτου Καθηγητή, στα Μέλη Δ.Ε.Π και το προσωπικό του Τμήματος.

Στον κ. Κωνσταντίνο Δανιήλ Γεωπόνο, Διευθυντή της Ειδικής Υπηρεσίας Δημοσίων Έργων Κάρλας του ΥΠΕΧΩΔΕ, καθώς και το στέλεχος της υπηρεσίας κ. Γεώργιο Καβούρη Πολιτικό Μηχανικό ΤΕ, για την παροχή υπηρεσιών, και την πολύτιμη βοήθειά του κατά τη διεξαγωγή του πειραματικού μέρους της εργασίας μου.

Στην Διευθύντρια του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής κ Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Καθηγήτρια, την κ. Αγγελάκη Αναστασία, Διδάκτορα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Π.Θ, τον κ. Χριστόνη Κωνσταντίνο, Μέλος Ε.Τ.Ε.Π και τον Μεταπτυχιακό Φοιτητή κ. Δημάκα Δημήτριο, του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, για την βοήθειά τους .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το έργο της επανασύστασης της Λίμνης Κάρλας Θεσσαλίας είναι ένα κατ' εξοχήν περιβαλλοντικό έργο και χωροθετείται στην περιφέρεια Θεσσαλίας στην Κεντρική Ελλάδα. Υπάγεται διοικητικά κατά το μεγαλύτερο μέρος του στο νομό Μαγνησίας και κατά ένα μέρος του στο νομό Λάρισας.

Η αρχαία λίμνη Βοιβής (νεοελληνική ονομασία: Κάρλα) κατελάμβανε το νοτιότερο άκρο της υδρογεωλογικής λεκάνης στο νοτιοανατολικό τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας. Η συνήθης έκταση της λίμνης ανερχόταν μέχρι το πολύ 65.000 Km² ενώ έχουν αναφερθεί και περιπτώσεις που η έκταση της λίμνης ανήλθε σε 180.000 Km² (χειμώνας 1920-21). Η λίμνη ήταν αβαθής (2 έως 6 m) και είχε πλούσια υδρόβια βλάστηση, μεγάλους πληθυσμούς από όλα σχεδόν τα ευρωπαϊκά παρυδάτια είδη πουλιών και ήταν από τις παραγωγικότερες σε αλιεύματα κυπρίνων (γριβάδι) περιοχές της Ελλάδας.

Η ανάγκη για την αντιπλημμυρική προστασία της περιοχής και την απόκτηση γεωργικών εκτάσεων, αποτέλεσαν την αιτία για την εκπόνηση διαφόρων μελετών που πραγματοποιήθηκαν μετά την απελευθέρωση της Θεσσαλίας, το 1881. Σύμφωνα με αυτές τις μελέτες, η αξιοποίηση της περιοχής συνδεόταν με την κατασκευή αντιπλημμυρικών και αποστραγγιστικών έργων, την αποξήρανση της λίμνης μέσω σήραγγας προς τον Παγασητικό κόλπο, και την κατασκευή ενός ταμιευτήρα σε τμήμα της παλιάς λίμνης. Ο ταμιευτήρας αυτός θα χρησίμευε για την ανάσχεση πλημμυρών και την αποταμίευση μέρους της χειμερινής παροχής του Πηνειού για άρδευση.

Η λίμνη αποξηράθηκε το 1962 με την κατασκευή σήραγγας που διοχέτευσε τα νερά της στον Παγασητικό κόλπο.

Στόχοι της διατριβής.

1. Η απογραφή της υπάρχουσας κατάστασης σε ότι αφορά τις αβιοτικές παραμέτρους του φυσικού περιβάλλοντος (ποσοτικές και ποιοτικές) της Κάρλας.

2. Η καταγραφή των ανθρωπογενών επεμβάσεων (υδραυλικά έργα) που έχουν στόχο πολλαπλές χρήσεις του νερού της Κάρλας (περιβαλλοντική, αρδευτική, υδρευτική, ψυχαγωγική).

3. Το υδατικό ισοζύγιο και ο έλεγχος επάρκειας του νερού για τις παραπάνω χρήσεις, με χρονικό ορίζοντα το έτος 2030.

4. Οι παράμετροι της ποιότητας που μετρήθηκαν και η σύγκρισή τους σε επίπεδο δεκαετίας 1997-2007 (ποιοτική διαχείριση).

Η παρούσα Μεταπτυχιακή εργασία είναι μια μελέτη για τη διαχείριση των υδατικών πόρων στην υπό επανασύσταση λίμνη Κάρλας Θεσσαλίας σε ότι αφορά τις ποσοτικές και ποιοτικές παραμέτρους των υδάτων της.

Επίσης, επιχειρείται η διερεύνηση του ρόλου του ταμιευτήρα στη διαχείριση του νερού στην ευρύτερη περιοχή καθώς και της ποιότητάς του.

Η παρούσα εργασία φιλοδοξεί να διερευνήσει κατά πόσο θα επιτευχθούν οι τρεις σημαντικές συνιστώσες της επανασύστασης της λίμνης Κάρλας που είναι :

1. Η καθαρώς περιβαλλοντική, που εξειδικεύεται με την ανάπτυξη του νέου οικολογικού περιβάλλοντος. Τα αναγκαία έργα για την καθαρώς περιβαλλοντική συνιστώσα είναι:

- * Τα έργα διαμόρφωσης και τροφοδοσίας της λίμνης
- * Τα έργα περιβαλλοντικής στήριξης και ανάδειξης
- * Τα έργα αντιπλημμυρικής - αντιδιαβρωτικής προστασίας της λεκάνης Κάρλας
- * Τα έργα μεταφοράς νερού από τη λίμνη σε εκτός αυτής περιοχές

2. Η γεωργική, που είναι παρεπόμενη και συμπληρωματική της καθαρώς περιβαλλοντικής. Τα παρεπόμενα έργα, με τα οποία ο ταμιευτήρας αξιοποιείται για τη γεωργοπεριβαλλοντική συνιστώσα είναι κυρίως:

- * Τα μόνιμα αρδευτικά έργα
- * Τα πρόχειρα έργα άρδευσης

3. Η υδρευτική που θα συμβάλλει στην βελτίωση της ύδρευσης του Βόλου με αναγκαία έργα όπως:

* Τα έργα ενίσχυσης της ύδρευσης της μείζονος περιοχής Βόλου

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, η πιθανότητα αστοχίας της λειτουργίας του Ταμιευτήρα είναι μικρή, και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον ποταμό Πηνειό. Όμως και αυτό το πρόβλημα προβλέπεται να αντιμετωπιστεί με την εκτροπή του Αχελώου, ο οποίος θα συνεισφέρει πρόσθετο υδατικό δυναμικό. Έτσι, οι ανάγκες για τις οποίες έγινε ο σχεδιασμός του Ταμιευτήρα θα καλύπτονται ικανοποιητικά ακόμα και σε ακραίες υδρολογικές περιπτώσεις, με στόχο ότι και σε ενδεχόμενη επέκταση του αρδευτικού δικτύου, να μηδενιστούν οι απολήψεις από τον υπόγειο υδροφόρα, και οι ανάγκες να ικανοποιούνται στο σύνολό τους από επιφανειακά νερά.

Οι μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων που πραγματοποιήσαμε, έδειξαν αυξημένο βαθμό ρύπανσης των υδάτων που λιμνάζουν σήμερα στον ταμιευτήρα. Αντιπροσωπευτικές και αξιόπιστες μετρήσεις θα έχουμε ύστερα από την πλήρωση και λειτουργία του ταμιευτήρα. Για το λόγο αυτό απαιτείται αυτοματοποιημένο σύστημα παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτων.

Λέξεις Κλειδιά: Λίμνη Κάρλα, Υδάτινοι πόροι, Ορθολογική διαχείριση, Φυσικοχημικές παράμετροι, ποιότητα νερού.

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 16 |
| 1.1 | ΓΕΝΙΚΑ | 16 |
| 1.2. | ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ | |
| 1.3 | Ορισμοί και στόχοι της διαχείρισης | 19 |
| 1.3.1 | Η διευθέτηση της φυσικής προσφοράς του νερού σε σχέση με τη ζήτηση | 21 |
| 1.3.2 | Η διευθέτηση της ζήτησης του νερού σε σχέση με τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων | 22 |
| 1.3.3 | Η αντιμετώπιση των ανοιγμάτων ανάμεσα σε προσφορά και ζήτηση του νερού | 22 |
| 1.3.4 | Η εξομάλυνση των συγκρούσεων ανάμεσα στις ανταγωνιστικές χρήσεις | 22 |
| 1.3.5 | Η πρόληψη των απωλειών του νερού και η αξιοποίηση των πλεονασμάτων | 23 |
| 1.3.6 | Η προστασία και διατήρηση της ποιότητας του νερού | 23 |
| 1.3.7 | Ο συντονισμός των δραστηριοτήτων έρευνας, αξιοποίησης, χρήσης και προστασίας των υδατικών πόρων | 24 |
| 1.4 | Αποθέματα νερού στον πλανήτη | 24 |
| 1.5 | Γενικές αρχές διαχείρισης υδατικών πόρων | 27 |
| 1.6 | Κανόνες διαχείρισης υδατικών πόρων | 29 |
| 1.7 | Ομάδες ενδιαφερομένων για τη διαχείριση υδατικών πόρων | 30 |
| 1.8 | Επίπεδα διαχείρισης υδατικών πόρων | 32 |
| 1.9 | Αλληλεπίδραση υδατικών πόρων με άλλα υποσυστήματα | 32 |
| 1.10 | Συστήματα διαχείρισης υδατικών πόρων-Στάδιο μελέτης | 33 |
| 1.10.1 | Συλλογή Επεξεργασία και Αξιολόγηση Πληροφοριών | 34 |
| 1.10.2 | Μοντέλο Βροχόπτωσης – απορροής | 35 |
| 1.10.3 | Οικονομική Ανάλυση | 37 |
| 1.10.4 | Σενάρια ανάπτυξης | 37 |
| 1.10.5 | Δημιουργία Ολοκληρωμένου Συστήματος Διαχείρισης | 38 |
| 1.11 | Τάσεις στην Ευρώπη – Κοινοτικές οδηγίες | 38 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1.12 | Ποιότητα νερού και ρύπανση υδατικών πόρων | 39 |
| 1.12.1 | Γενικά | 39 |
| 2 | ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ | 50 |
| 2.1 | Γενικά – Περιγραφή της περιοχής έρευνας | 50 |
| 2.1.1 | Γεωγραφικά στοιχεία | 50 |
| 2.1.2 | Υδατικοί Πόροι Θεσσαλίας | 52 |
| 2.1.3 | Γενικά – Διαθέσιμοι Υδατικοί Πόροι. | 52 |
| 2.1.4 | Ανάγκες της Θεσσαλίας σε νερό | 55 |
| 2.1.5 | Υδατικό Ισοζύγιο | 56 |
| 2.1.6 | Λεκάνες απορροής Πηνειού και Κάρλας | 58 |
| 2.1.7 | Περιγραφή της μορφολογίας της λεκάνης της Κάρλας | 59 |
| 2.1.8 | Λίμνη Κάρλα. | 61 |
| 2.1.9 | Η διακύμανση της επιφάνειας της λίμνης | 71 |
| 2.1.10 | Ιστορικό περιβάλλον της λίμνης | 72 |
| 2.2 | Αβιοτικό περιβάλλον | 78 |
| 2.2.1 | Γεωλογία | 78 |
| 2.2.2 | Κλίμα-Υδρολογικά στοιχεία | 79 |
| 2.2.3 | Υδρογεωλογικά στοιχεία | 80 |
| 2.2.4 | Έδαφος | 81 |
| 2.2.5 | Παθογενή Εδάφη | 82 |
| 2.3 | Βιοτικό περιβάλλον της λίμνης Κάρλας | 85 |
| 2.3.1 | Γενικά | 85 |
| 2.3.2 | Χλωρίδα | 87 |
| 2.3.3 | Πανίδα | 88 |
| 2.3.3.1 | Πτηνοπανίδα | 88 |
| 2.3.3.2 | Ερπετά – Αμφίβια | 89 |
| 2.3.3.3 | Ιχθυοπανίδα | 89 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 2.3.3.4 | Θηλαστικά | 92 |
| 2.3.3.5 | Οικοσυστήματα | 92 |
| 2.3.3.6 | Ανθρωπογενές περιβάλλον-Δημογραφικά στοιχεία | 94 |
| 2.4 | Χρήσεις γης | 95 |
| 2.4.1 | Ιδιοκτησιακό καθεστώς | 97 |
| 2.5 | Υφιστάμενα έργα | 98 |
| 2.5.1 | Έργα αποχέτευσης και αντιπλημμυρικής προστασίας | 98 |
| 2.5.2 | Αναχώματα Πηνειού από Λάρισα μέχρι Γυρτώνη | 98 |
| 2.5.3 | Συλλεκτήρας Σ1 | 99 |
| 2.5.4 | Τάφος 1Τ | 100 |
| 2.5.5 | Τάφος 2Τ | 100 |
| 2.5.6 | Σήραγγα Κάρλας | 101 |
| 2.5.7 | Αρδευτικά έργα | 103 |
| 2.6 | Υφιστάμενες Μελέτες | 104 |
| 2.6.1 | Γενικά | 104 |
| 2.7 | Η ανασύσταση με την κατασκευή ταμιευτήρα | 107 |
| 2.7.1 | Γενικά στοιχεία | 107 |
| 2.7.2 | Χρηματοοικονομικά Στοιχεία. | 107 |
| 2.7.3 | Χρηματοδοτικό Σχήμα. | 109 |
| 2.7.4 | Συνοπτικά οικονομικά στοιχεία προτεινόμενων έργων στην Α΄ φάση ανάπτυξης | 110 |
| 2.7.5 | Μελέτη Ταμιευτήρα | 111 |
| 2.7.6 | Μετρήσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού, με φορητό όργανο της Horiba (Water quality Checker model U-10) | 116 |
| 2.7.7 | Σταθμοί δειγματοληψίας | 119 |
| 3 | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ | 121 |
| 3.1 | Κατασκευασθέντα έργα ταμιευτήρα | 121 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 3.1.1 | Αναχώματα Ταμιευτήρα Κάρλας | 121 |
| 3.1.2 | Τάφροι και παράπλευροι στα αναχώματα δρόμοι | 125 |
| 3.1.3 | Έργα Κόμβου Πέτρα | 126 |
| 3.1.4 | Έργο Ασφαλείας Ταμιευτήρα | 128 |
| 3.1.5 | Αντλιοστάσιο DP1 | 129 |
| 3.1.6 | Αντλιοστάσιο Αο | 131 |
| 3.1.7 | Έργα Κόμβου Κανάλια | 133 |
| 3.1.8 | Γενικά | 133 |
| 3.2 | Συλλεκτήρες | 134 |
| 3.2.1 | Συλλεκτήρας Σ3 | 134 |
| 3.2.2 | Παροχευτικότητα - Διατομή – Αναχώματα | 136 |
| 3.2.3 | Έργα εκβολής του Σ3 στον Ταμιευτήρα Κάρλας | 137 |
| 3.2.4 | Συλλεκτήρας Σ4 | 138 |
| 3.2.5 | Παροχευτικότητα - Διατομή – Αναχώματα | 139 |
| 3.2.6 | Κύρια Τάφρος 2Τ - Τάφροι χαμηλών περιοχών | 139 |
| 3.2.7 | Έργα εκβολής του Σ4 στον Ταμιευτήρα Κάρλας | 140 |
| 3.2.8 | Συλλεκτήρας Σ6 | 140 |
| 3.2.9 | Παροχευτικότητα - Διατομή - Αναχώματα | 141 |
| 3.2.10 | Τεχνικό εκβολής του Σ6 στον Ταμιευτήρα Κάρλας | 141 |
| 3.2.11 | Γέφυρες επί του Σ6 | 141 |
| 3.2.12 | Συλλεκτήρας Σ7 | 142 |
| 3.2.13 | Παροχευτικότητα - Διατομή - Αναχώματα | 143 |
| 3.2.14 | Τεχνικό έργο εκβολής του Σ7 στον Ταμιευτήρα Κάρλας | 144 |
| 3.3 | Δημιουργία τεχνητών νησίδων. | 144 |
| 3.3.1 | Γενικά | 144 |
| 3.3.2 | Περιγραφή του στόχου των έργων | 146 |
| 3.3.3 | Μορφή και προσανατολισμός | 147 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 3.3.4 | Έργα προστασίας από τη διάβρωση και τον κυματισμό | 148 |
| 3.4 | Έργα τροφοδοσίας ταμιευτήρα από τον ποταμό Πηνειό. | 148 |
| 3.4.1 | Γενικά | 148 |
| 3.4.2 | Υδατικό Ισοζύγιο Ταμιευτήρα Κάρλας. | 154 |
| 3.4.3 | Γενικά | 154 |
| 3.4.4 | Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του Ταμιευτήρα της Κάρλας | 157 |
| 3.4.5 | Ισοζύγιο νερού στη λίμνη | 158 |
| 3.4.6 | Βροχοπτώσεις – απορροές | 161 |
| 3.4.7 | Εξάτμιση | 162 |
| 3.4.8 | Διαφυγές από τον ταμιευτήρα | 162 |
| 3.4.9 | Απολήψεις από τον Ταμιευτήρα για αρδεύσεις | 162 |
| 3.4.10 | Απολήψεις από Πηνειό | 163 |
| 3.4.11 | Ισοζύγιο λειτουργίας ταμιευτήρα Κάρλας (δυσμενής περίπτωση) | 164 |
| 3.4.12 | Ισοζύγιο λειτουργίας ταμιευτήρα Κάρλας (μέση περίπτωση) | 165 |
| 3.4.13 | Ποσότητες νερού που θα διατεθούν για την άρδευση | 166 |
| 3.4.14 | Ενίσχυση της ύδρευσης Π.Σ Βόλου | 170 |
| 3.5 | Μετρήσεις Φυσικοχημικών Παραμέτρων | 174 |
| 3.5.1 | Θερμοκρασία. | 175 |
| 3.5.2 | PH, οξύτητα και αλκαλικότητα | 179 |
| 3.5.3 | Διαλυμένο οξυγόνο (D.O.) | 184 |
| 3.5.4 | Χημικώς απαιτούμενο Οξυγόνο (COD) | 184 |
| 3.5.5 | Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC) | 187 |
| 3.5.6 | Αλατότητα | 191 |
| 3.5.7 | Τιμές SAR | 195 |
| 3.5.8 | Νιτρικά | 198 |
| 3.5.9 | Χλώριο | 199 |
| 3.5.10 | Θολότητα | 200 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 3.5.11 | Φορτία Επιφανειακών Απορροών | 203 |
| 4 | ΣΥΖΗΤΗΣΗ | 208 |
| 4.1 | Γενικά | 208 |
| 4.1.1 | Επιδράσεις στην ποιότητα και την ποσότητα των επιφανειακών υδατικών πόρων | 211 |
| 4.1.2 | Επιδράσεις του έργου στην ποιότητα του Παραγωγικού | 219 |
| 4.1.3 | Επιδράσεις του έργου στην ποιότητα των εδαφικών πόρων | 220 |
| 4.1.4 | Ειδικότεροι στόχοι του έργου | 222 |
| 4.2 | ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ | 224 |
| 4.2.1 | Δημιουργία μικρού Υγροτόπου για αναπαράσταση του παραδοσιακού τρόπου διαβίωσης και αλιείας στην τέως λίμνη Κάρλα. | 226 |
| 4.2.2 | Απαιτούμενα ποιοτικά χαρακτηριστικά | 227 |
| 4.2.3 | Δημιουργία αναθρεπτήρα ψαριών | 228 |
| 4.2.4 | Οικοτουριστική αξιοποίηση και ανάδειξη της περιοχής | 230 |
| 4.2.5 | Φορέας διαχείρισης λίμνης Κάρλας | 235 |
| 5 | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 238 |
| 6 | ABSTRACT | 246 |

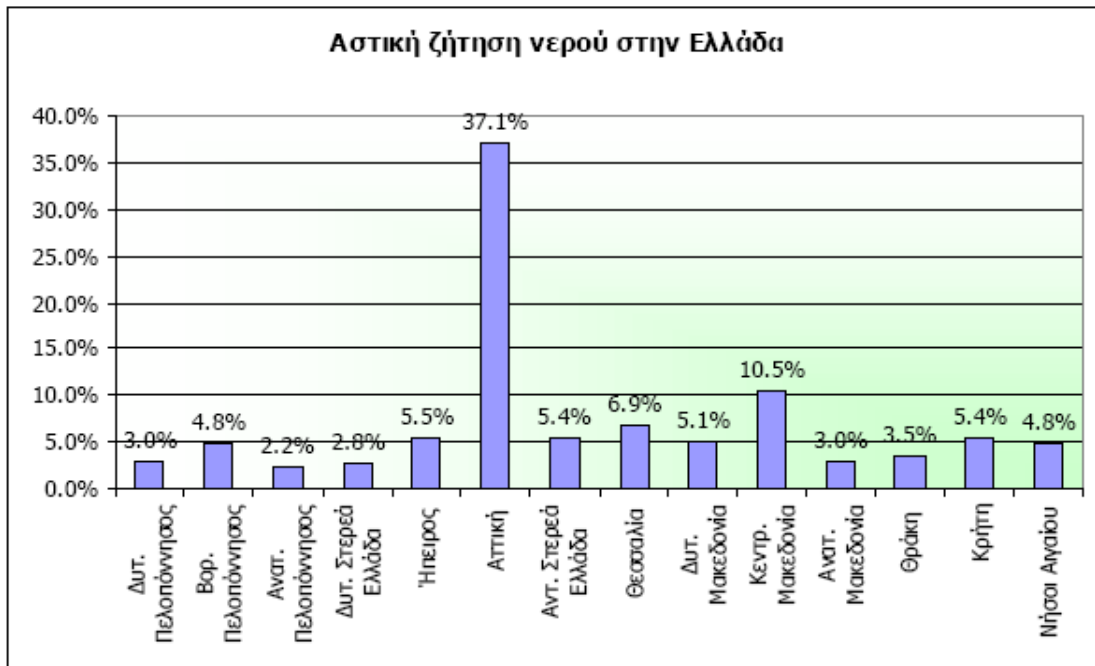
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΓΕΝΙΚΑ

1.2. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Ένα από τα σπουδαιότερα περιβαλλοντικά ζητήματα παγκοσμίως και στην Ελλάδα είναι το ζήτημα του νερού και της ορθής διαχείρισής του. Αποτελεί κοινή πραγματικότητα ότι τα αποθέματα νερού παγκοσμίως διαρκώς ελαττώνονται και σε συνάρτηση με την διαφαινόμενη αλλαγή του κλίματος και την αύξηση του πληθυσμού διαπιστώνεται ότι η επάρκεια σε νερό δεν πρέπει να θεωρείται πλέον δεδομένη. Ιδιαίτερα σε μια μεσογειακή χώρα, όπως η Ελλάδα, η οποία δε διαθέτει πλούσιους υδατικούς πόρους και έντονες βροχοπτώσεις, το πρόβλημα είναι πιο έντονο. Το πρόβλημα εντείνεται λόγω της υπεράντλησης των διαθέσιμων υδατικών πόρων και της ρύπανσης των αξιοποιήσιμων αποθεμάτων, που τα καθιστά ακατάλληλα προς εκμετάλλευση. Ως συνέπεια, ένα αγαθό που έχει ταυτιστεί με την έννοια της ζωής και της ανάπτυξης, τελεί πλέον σε καθεστώς ανεπάρκειας γεγονός που καθιστά ακόμη πιο αναγκαία την εφαρμογή μέτρων για την αντιστροφή της υπάρχουσας κατάστασης.

Μια επιπλέον ιδιαιτερότητα που χαρακτηρίζει την Ελλάδα και μεγεθύνει την κλίμακα του προβλήματος είναι η χωρική και χρονική ανισοκατανομή των υδάτων στο εσωτερικό της. Η γεωμορφολογία και το κλίμα του ελλαδικού χώρου έχουν γίνει η αιτία να συγκεντρώνεται η πλειονότητα του αξιοποιήσιμου νερού στο δυτικό τμήμα της χώρας, το οποίο δεν έχει τις μεγαλύτερες ανάγκες σε νερό, καθώς οι μεγάλες αγροτικές και αστικές περιοχές εκτείνονται στο ανατολικό τμήμα της ενδοχώρας. Συνεπώς, στα ορεινά τμήματα της χώρας παρατηρούνται μεγάλα ύψη των βροχοπτώσεων, ιδίως κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ στα πεδινά, στα οποία είναι συγκεντρωμένος ο πληθυσμός και οι ανθρώπινες δραστηριότητες, παρατηρείται ανομβρία ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες.



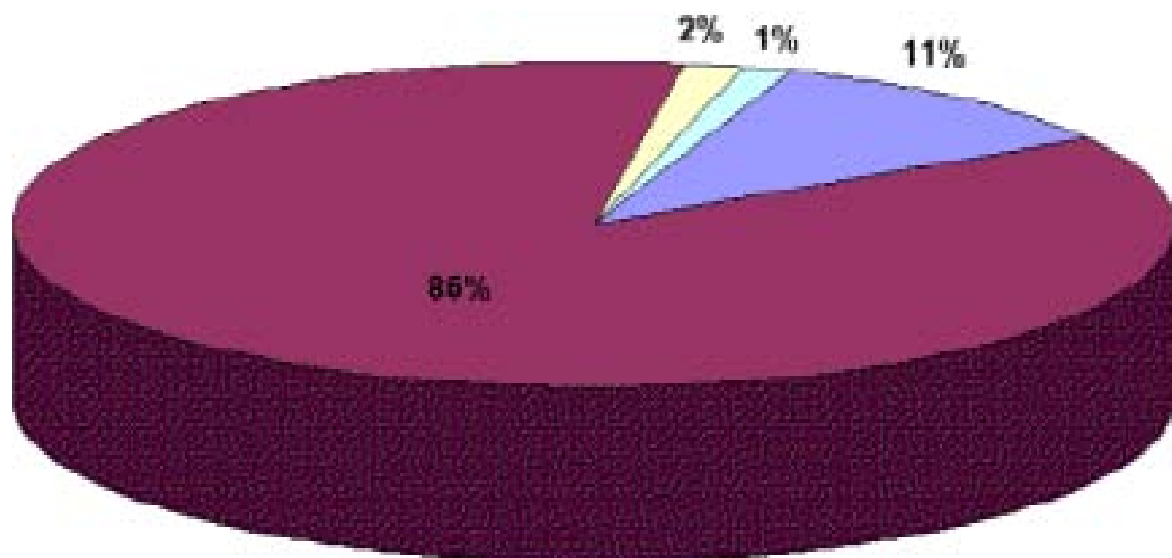
Εικόνα 1. Αστική ζήτηση νερού ανά Υδατικό Διαμέρισμα Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας (ΕΤΥΜΠ, 2000).

Η ορεινή γεωμορφολογία της χώρας ευθύνεται ακόμη και για το γεγονός ότι δεν αναπτύσσονται μεγάλοι ποταμοί στη χώρα και τα περισσότερα ποτάμια συστήματα έχουν εποχιακή απορροή. Μία από τις σημαντικότερες οικονομικές δραστηριότητες της χώρας είναι η γεωργική, η οποία λόγω και της επιλογής συγκεκριμένων υδροβόρων καλλιεργειών (π.χ. βαμβάκι, καλαμπόκι, μηδική) απαιτεί τεράστιες ποσότητες νερού κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Ένας ακόμα παράγοντας που δυσχεραίνει την κατάσταση, είναι το γεγονός ότι ο τουριστικός τομέας, που αποτελεί μια από τις πιο ανεπτυγμένες οικονομικές δραστηριότητες της χώρας, απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Λόγω της έλλειψης επιφανειακών υδατικών πόρων και λόγω της απουσίας οργανωμένου σχεδίου εκμετάλλευσης από την Πολιτεία, οι υδατικές ανάγκες καλύπτονται από τα υπόγεια ύδατα. Ωστόσο, λόγω της έλλειψης θεσμοθετημένης και οργανωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων της, γίνεται υπεράντληση των υπόγειων

υδατικών πόρων. Ως αποτέλεσμα, σε ορισμένες παράκτιες περιοχές πέφτει η στάθμη του υδροφορέα κάτω από το επίπεδο της θάλασσας και παρατηρείται το φαινόμενο της υφαλμύρωσης του υπόγειου δυναμικού, που αποτελεί ειδική περίπτωση ρύπανσης των υπογείων υδατικών αποθεμάτων. Εν γένει, η ποιοτική υποβάθμιση του νερού και η μείωση των αποθεμάτων, σε συνδυασμό με την εντατική αγροτική ανάπτυξη και τη χρήση αγροχημικών ουσιών (π.χ. φυτοφάρμακα, λιπάσματα), έχουν συντελέσει στην επιδείνωση της υδατικής κατάστασης της χώρας.



Εικόνα 2. Συνολική κατανομή της ζήτησης του νερού στην Ελλάδα. ******Αγροτική 86%, ******Αστική ζήτηση 11%, ******Βιομηχανική 2%, ******Ενεργειακή 1% , (ΕΤΥΜΠ, 2000).

Στη περιοχή της Θεσσαλίας το ζήτημα της ορθής διαχείρισης των υδατικών πόρων κρίνεται απαραίτητο λόγω της κρισιμότητας της υδατικής κατάστασης της περιοχής. Η υφιστάμενη κατάσταση υδατικού ισοζυγίου οδηγεί την περιοχή σε οικολογική καταστροφή με δυσμενείς περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες.

Το πρόβλημα στη Θεσσαλία οφείλεται στις μεγάλες αγροτικές εκτάσεις που απαιτούν τεράστιες ποσότητες νερού προς άρδευση. Επιπροσθέτως, τα συστήματα άρδευσης και μεταφοράς του νερού στις αρδευόμενες εκτάσεις δεν είναι επαρκώς συντηρημένα, γεγονός που αυξάνει σημαντικά το ύψος των απωλειών. Το γεγονός ότι στο θεσσαλικό κάμπο καλλιεργούνται προϊόντα που απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού, όπως το βαμβάκι, ο αραβόσιτος, η μηδική, επιβαρύνει σημαντικά το πρόβλημα. Όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με το ότι δεν κατασκευάστηκαν

υδραυλικά έργα που θα μπορούσαν να διαχειριστούν και να διαθέσουν το επιφανειακό νερό στην περιοχή έχουν δημιουργήσει ακραία υδατικά ελλείμματα στην περιοχή.



Εικόνα 3. Αγροτική ζήτηση νερού ανά Υδατικό Διαμέρισμα.(ΕΤΥΜΠΙ, 2000)

Το μόνιμο πλέον αρνητικό υδατικό ισοζύγιο που έχει διαμορφωθεί στην περιοχή και η εξάντληση των ανανεώσιμων υδατικών αποθεμάτων απειλούν να ερημοποιήσουν τη θεσσαλική γη και να διαμορφώσουν μια δυσχερή οικονομική κατάσταση για τους κατοίκους της περιοχής. Κατά συνέπεια, ελλοχεύει ο κίνδυνος εγκατάλειψης της υπαίθρου και της οικολογικής καταστροφής μιας ολόκληρης περιοχής.

1.3 Ορισμοί και στόχοι της διαχείρισης

Ο όρος «Διαχείριση Υδατικών Πόρων» όπως ορίστηκε από την Επιτροπή Προβλημάτων Ύδατος της Οικονομικής Επιτροπής για την Ευρώπη του ΟΗΕ, περιλαμβάνει το σύνολο των μέσων και των μέτρων δια των οποίων επιδιώκονται (Ψιλοβίκος, 2000):

1. Η ικανοποίηση, ποσοτικά και ποιοτικά, των σημερινών αναγκών σε νερό υπό τους καλύτερους δυνατούς οικονομικούς όρους,

2. Η πρόβλεψη εξασφάλισης νερού για τις ανάγκες νερού για τις ανάγκες των μελλοντικών γενεών,
3. Η μέριμνα διατήρησής τους σε επίπεδα που να εξασφαλίζουν την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και
4. Η μέριμνα διατήρησης της ισορροπίας των οικοσυστημάτων.

Κατά τον Τσακίρη (1995), ως Διαχείριση Υδατικών Πόρων νοείται μία δυναμική διαδικασία που αποβλέπει στην πληρέστερη δυνατή κάλυψη των σημερινών και των μελλοντικών αναγκών, για κάθε χρήση με βάση έναν ορθολογικό προγραμματισμό, που στηρίζεται σε αντικειμενικά κριτήρια και διαδικασίες. Η Διαχείριση Υδατικών Πόρων, ετοιμάζει σχέδια σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο που εξασφαλίζουν τη βέλτιστη χρήση του νερού σήμερα αλλά και στο μέλλον. Επίσης, η Διαχείριση Υδατικών Πόρων έχει την ευθύνη της εφαρμογής των σχεδίων με διοικητικά μέτρα και κανονισμούς καθώς και με το συντονισμό της κατασκευής των υδραυλικών έργων όπου αυτά είναι απαραίτητο να κατασκευάζονται.

Η διαχείριση του νερού όπως εφαρμόζεται σήμερα στη χώρα μας, χαρακτηρίζεται από πολυδιάσπαση και αποσπασματικότητα, καθώς οι αρμοδιότητες είναι συνήθως μοιρασμένες σ' ένα πλήθος Φορέων, Υπουργείων, Τομέων, Υπηρεσιών και Οργανισμών, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι διαμάχες και συγκρούσεις ή οι ενδεχόμενες αλληλοσυμπληρώσεις και αλληλοκαλύψεις μεταξύ των κοινωνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών στόχων (Ψιλοβίκος, 2000).

Είναι αναγκαίο να εφαρμοστεί και στην Ελλάδα πολιτική διαχείρισης των υδατικών της πόρων, πέρα από απλή θεσμοθέτηση νόμων και διαταγμάτων που τις περισσότερες φορές δεν εφαρμόζονται ή εφαρμόζονται σπασμωδικά (Νόμος 1739/1987), έτσι ώστε να ικανοποιηθούν οι ανάγκες σε άρδευση, ύδρευση, βιομηχανία και ενέργεια και ταυτόχρονα να διατηρηθεί η ποιότητα και ποσότητα των υδατικών πόρων και του φυσικού περιβάλλοντος σε καλή κατάσταση.

Η πολιτική αυτή θα πρέπει να ασκηθεί σε τρεις βασικούς άξονες οι οποίοι είναι (Ψιλοβίκος 2005):

1. Με μέτρα και ενέργειες εφαρμοσμένου χαρακτήρα (σχεδιασμό και κατασκευή υδραυλικών έργων).
2. Με μέτρα και ενέργειες θεσμικού χαρακτήρα (θέσπιση και εφαρμογή Νόμων & Διαταγμάτων που να μπορούν να εφαρμοστούν στην πράξη και εναρμόνιση με τις Κοινοτικές Οδηγίες). Μετά την έκδοση της Οδηγίας 2000/60 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου του 2000 για την προστασία και διαχείριση των υδατικών πόρων της Ευρώπης, έχει καταρτιστεί ένα σχέδιο Νόμου για τη θέσπιση νέου Νομοθετικού Πλαισίου για τα ελληνικά δεδομένα αφού ο υπάρχων Νόμος 1339/87, δεν εφαρμόστηκε στην πράξη.
3. Με μέτρα και ενέργειες βασισμένες σε μαθηματικές μεθόδους ανάλυσης υδατικών συστημάτων (προσομοίωση και βελτιστοποίηση) βασισμένες στην επιχειρησιακή έρευνα και το μαθηματικό προγραμματισμό με σκοπό την εύρεση της βέλτιστης λύσης από οικονομικής και περιβαλλοντικής πλευράς.

Οι κυριότεροι στόχοι της Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων είναι οι ακόλουθοι:

1.3.1. Η διευθέτηση της φυσικής προσφοράς του νερού σε σχέση με τη ζήτηση.

Πρόκειται για το παραδοσιακό αντικείμενο της Υδρολογίας και των Υδραυλικών Έργων προσανατολισμένο στην προοπτική της ικανοποίησης των αναγκών σε νερό. Η γνώση των φυσικών μηχανισμών της ανανέωσης των υδατικών αποθεμάτων στο πλαίσιο του υδρολογικού κύκλου, η προσομοίωση της λειτουργίας των υδατικών συστημάτων και η πρόγνωση της συμπεριφοράς τους για διάφορα πιθανά σενάρια μετεωρολογικών και υδρολογικών συνθηκών, οδηγεί στον πλήρη και σαφή προσδιορισμό του υπάρχοντος υδατικού δυναμικού και βοηθά στην αντικειμενική εκτίμηση των δυνατοτήτων του. Αποτέλεσμα αυτής της σύνθετης διαδικασίας είναι η καλύτερη αξιοποίηση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού, αλλά και η δυνατότητα αναζήτησης και εντοπισμού νέων πηγών νερού, προκειμένου να καλυφτούν με τον

καλύτερο δυνατό τρόπο οι σημερινές και οι μελλοντικές ανάγκες σε αυτό. Ο σχεδιασμός και η εκτέλεση έργων συλλογής και αποθήκευσης, αναρρύθμισης και διευθέτησης, καθώς και μεταφοράς διανομής και εκμετάλλευσης των υδατικών πόρων, αποτελεί το τελευταίο στάδιο αυτής της διαδικασίας αξιοποίησης και διευθέτησης της φυσικής προσφοράς του νερού σε σχέση με τη ζήτηση.

1.3.2. Η διευθέτηση της ζήτησης του νερού σε σχέση με τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων.

Ο καθορισμός δηλαδή στην πράξη των αναγκών και δραστηριοτήτων που καταναλίσκουν νερό, σύμφωνα με τις υπάρχουσες φυσικές δυνατότητες των υδατικών πόρων. Η καταγραφή των υπάρχουσών χρήσεων του νερού αφενός και η γνώση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού και των δυνατοτήτων του αφετέρου, έχει ως αποτέλεσμα τη δυνατότητα χάραξης πολιτικής νερού, με την έννοια της προσαρμογής των αναπτυξιακών προγραμμάτων και των σχετικών επενδύσεων στις φυσικές δυνατότητες των υπό μελέτη περιοχών.

1.3.3. Η αντιμετώπιση των ανοιγμάτων ανάμεσα σε προσφορά και ζήτηση του νερού.

Η εκπόνηση υδατικών ισοζυγίων και ισοζυγίων προσφοράς και ζήτησης νερού σε επίπεδο υδρολογικής λεκάνης ή και υδατικού διαμερίσματος, αποτελεί την υποδομή που απαιτείται για τον έγκαιρο εντοπισμό και την αποτελεσματική αντιμετώπιση των τυχόν διαφορών ανάμεσα σε προσφορά και ζήτηση του νερού.

1.3.4. Η εξομάλυνση των συγκρούσεων ανάμεσα στις ανταγωνιστικές χρήσεις.

Πρόκειται για ένα σημαντικό ζήτημα που απασχολεί διεθνώς όσους ασχολούνται με τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων. Οι δραστηριότητες που καταναλίσκουν νερό είναι άμεσα ανταγωνιστικές, με την έννοια ότι η ικανοποίηση των αναγκών κάποιας από αυτές συνήθως αποκλείει τη δυνατότητα ικανοποίησης των αναγκών κάποιων άλλων, μια και οι υδατικοί πόροι είναι πεπερασμένοι ποσοτικά και επιπλέον στην ανανέωσή τους δεν υπάρχει δυνατότητα επέμβασης και ελέγχου. Έτσι η διαχείριση

των υδατικών πόρων ισοδυναμεί με μια διαδικασία αξιολόγησης αναγκών, ιεράρχησης προτεραιοτήτων και επίλυσης διαφορών, προκειμένου να ικανοποιούνται οι ανάγκες κατά τρόπο δίκαιο, ωφέλιμο και ορθολογικό.

1.3.5. Η πρόληψη των απωλειών του νερού και η αξιοποίηση των πλεονασμάτων.

Οι απώλειες των τεχνικών έργων και των υδραυλικών δικτύων αποτελούν συχνά περιοριστικό παράγοντα στην πλήρη εκμετάλλευση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού, καθώς συνήθως ανέρχονται σε υψηλά ποσοστά. Από την άλλη πλευρά, συμβαίνει συχνά εξαιτίας κακών υπολογισμών ή μεταβολών σε βασικούς παράγοντες σχεδιασμού, να υπάρχουν πλεονάσματα νερού τα οποία να μην αξιοποιούνται επαρκώς. Η αντιμετώπιση και η εξομάλυνση παρόμοιων εκτροπών ανήκει στις βασικές αρμοδιότητες της διαχείρισης των υδατικών πόρων.

1.3 6. Η προστασία και διατήρηση της ποιότητας του νερού.

Η δραστηριότητα αυτή θεωρείται πρωταρχική για τη διαχείριση των υδατικών πόρων και όχι μόνον για τους προφανείς λόγους της περιβαλλοντικής προστασίας και της διατήρησης της οικολογικής ισορροπίας. Θεωρείται σημαντική διότι η προστασία και διατήρηση της ποιότητας του νερού σε ανεκτά επίπεδα αποτελεί την απαραίτητη προϋπόθεση για την κάλυψη της ζήτησης και την ικανοποίηση των αναγκών. Αυτός είναι και ο λόγος που στη σύγχρονη νομοθεσία η ρύπανση του νερού λογίζεται ως μια ακόμη, ανταγωνιστική με τις υπόλοιπες δραστηριότητες χρήση, μια και πρακτικά έχει τη δυνατότητα να δεσμεύει τους υδατικούς πόρους και να εμποδίζει την περαιτέρω αξιοποίησή τους. Ο σχεδιασμός λοιπόν των έργων προστασίας ή και αποκατάστασης των υδατικών πόρων, καθώς και η εκτίμηση των επιπτώσεων στα υδατικά συστήματα από την εκτέλεση και λειτουργία των υδραυλικών ή και των άλλου είδους τεχνικών έργων, αποτελεί σημαντική προτεραιότητα και πρέπει να εξετάζεται σύμφωνα με το πνεύμα και τις αρχές της Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων.

1.3.7. Ο συντονισμός των δραστηριοτήτων έρευνας, αξιοποίησης, χρήσης και προστασίας των υδατικών πόρων.

Η διαχείριση των υδατικών πόρων, πέρα από την επιδίωξη της αντιμετώπισης καθενός ξεχωριστά από τα προαναφερθέντα προβλήματα, έχει την βασική αρμοδιότητα του συντονισμού όλων των επιμέρους δραστηριοτήτων της έρευνας, της αξιοποίησης, της χρήσης και της προστασίας του νερού, στην κατεύθυνση της ενιαίας και συνολικής αντιμετώπισης του ζητήματος της ορθολογικής ικανοποίηση των υδατικών αναγκών.

1.4. Αποθέματα νερού στον πλανήτη.

Το σύνολο του νερού πάνω στη γη βρίσκεται σε μια κατάσταση δυναμικής ισορροπίας μεταξύ των τριών φάσεων του, (υγρής, στερεάς και αέριας) και συγχρόνως σε μια κατάσταση διαρκούς κυκλοφορίας, περιοδικά μεταβαλλόμενης, που είναι γνωστή ως υδρολογικός κύκλος (εικόνα 4).

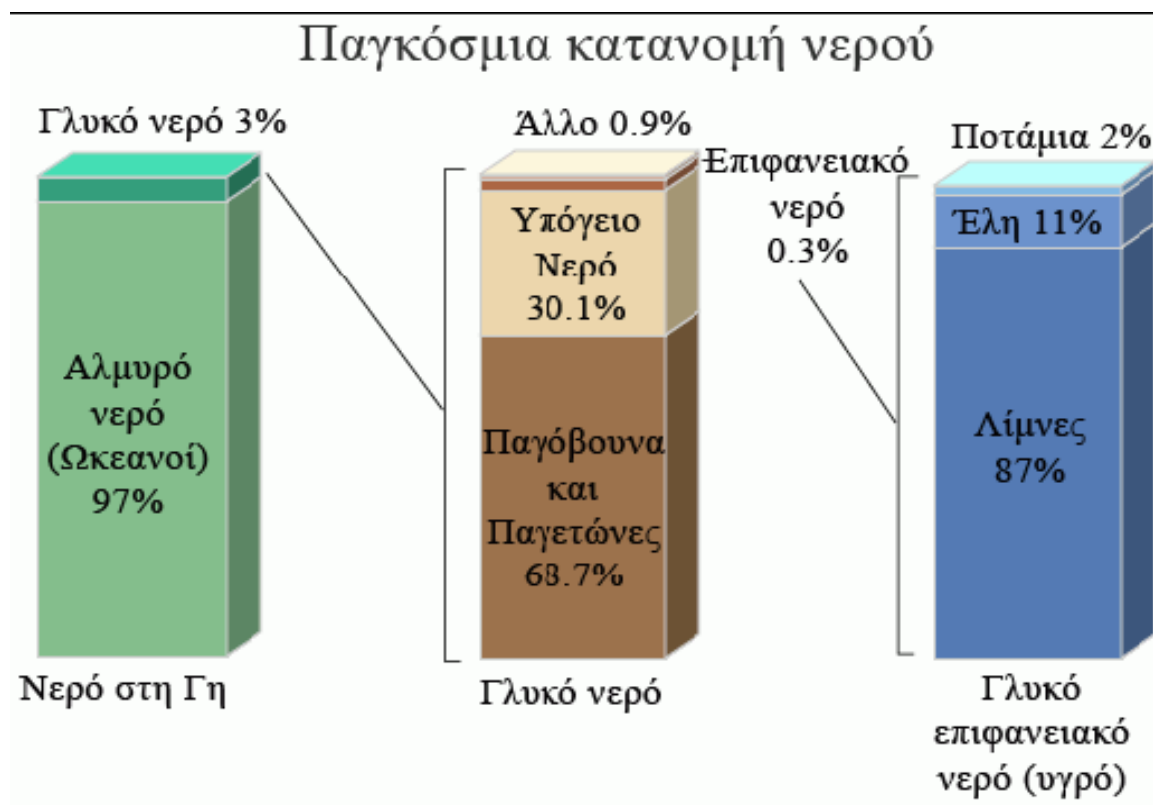


Εικόνα 4. Ο υδρολογικός κύκλος

Η ποσοστιαία κατανομή του συνολικού υδατικού όγκου του πλανήτη είναι ένας καταρχήν δείκτης του μεγέθους και της σοβαρότητας του προβλήματος της

διαχείρισης των υδατικών πόρων, αφού όπως προκύπτει από τις σχετικές εκτιμήσεις το νερό που τελικά μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη των αναγκών, αποτελεί ένα ελάχιστο ποσοστό του συνόλου. Πράγματι, τη μερίδα του λέοντος στην κατανομή του νερού στη γη, σε ποσοστό μάλιστα που φτάνει το 97,2%, την κατέχει το αλμυρό νερό, το οποίο όσο τουλάχιστον η αφαλάτωση παραμένει οικονομικά ασύμφορη λύση, δεν προσφέρεται για αξιοποίηση και εκμετάλλευση.

Στη συνέχεια, δεύτερο σε σειρά έρχεται το νερό με τη μορφή του χιονιού και των πάγων, σε ποσοστό 2,15%, ενώ το γλυκό νερό που υπολείπεται κατανέμεται σε υπόγειο νερό, σε ποσοστό 0,63% και σε επιφανειακό, σε νερό δηλαδή λιμνών, ποταμών, αλλά και υδρατμών, που καταλαμβάνει μόλις το 0,02% του συνολικού όγκου.



Εικόνα 5. Παγκόσμια κατανομή νερού. (Πηγή: Υπουργείο Ανάπτυξης)

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη, ότι η μισή περίπου ποσότητα του υπόγειου νερού βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο των 800 μέτρων, γεγονός που σημαίνει ότι το νερό αυτό παραμένει πρακτικά αναξιοποίητο.

Αν σκεφτούμε το πρόβλημα μακροπρόθεσμα, με τη λογική δηλαδή της «Αειφόρου» ή αλλιώς «Βιώσιμης» Ανάπτυξης για το Περιβάλλον, σύμφωνα με τις αρχές της οποίας το κριτήριο της ανάπτυξης είναι η διατήρηση και συνέχιση της ζωής στον πλανήτη, τότε η συνολική ποσότητα του διαθέσιμου γλυκού νερού γίνεται ακόμη μικρότερη. Το νερό δηλαδή στο οποίο θα πρέπει να προσβλέπει η ανθρωπότητα μακροπρόθεσμα, είναι ένα ακόμη μικρότερο τμήμα του συνόλου, καθώς αποτελεί ένα μικρό μόνο μέρος των συνολικών αποθεμάτων του γλυκού νερού και είναι αυτό που αντιστοιχεί στα ανανεώσιμα αποθέματά του στη γη. Με άλλα λόγια, το νερό για να συνεχίσει και στο μέλλον να συντηρεί τη ζωή, δε θα πρέπει να καταναλώνεται με ρυθμούς ταχύτερους από τους ρυθμούς της ετήσιας ανανέωσης του, στο πλαίσιο του υδρολογικού κύκλου.

Μετρώντας με μονάδες όγκου, ο υδρολογικός κύκλος αποθέτει στη γη κάθε χρόνο $113.000 \times 10^9 \text{ m}^3$ νερό με τη μορφή της βροχής ή του χιονιού που πέφτει στις ηπείρους και τα νησιά, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 0,32% των συνολικών αποθεμάτων του γλυκού νερού της γης. Από αυτά, τα $72.000 \times 10^9 \text{ m}^3$, ποσοστό 63,7%, επιστρέφουν και πάλι στην ατμόσφαιρα μέσω της εξάτμισης και τα $41.000 \times 10^9 \text{ m}^3$ που μένουν είναι το νερό που διηθείται στο έδαφος εμπλουτίζοντας τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες, είτε απορρέει επιφανειακά μέσω των ποταμών στη θάλασσα. Αλλά ούτε αυτή η ποσότητα των $41.000 \times 10^9 \text{ m}^3$ νερό που μένει είναι διαθέσιμη ολόκληρη, αφού περισσότερη από τη μισή απορρέει στη θάλασσα χωρίς να μπορεί να αξιοποιηθεί, ενώ περίπου το 1/8 αυτής βρίσκεται σε περιοχές απροσπέλαστες ή πολύ μακριά από τις κατοικημένες περιοχές της γης. Έτσι, πρακτικά το νερό που τελικά είναι διαθέσιμο για χρήση εκτιμάται ότι κυμαίνεται μεταξύ 9.000 και $14.000 \times 10^9 \text{ m}^3$ κάθε χρόνο. Ταυτόχρονα πρέπει να συνυπολογιστεί ότι ένα σημαντικό τμήμα της πρέπει να συντηρήσει τη ζωή εκατομμυρίων ειδών ζωντανών οργανισμών που συνθέτουν τα φυσικά οικοσυστήματα στις περιοχές των ποταμών, των λιμνών, των υγροτόπων και των παράκτιων υδατικών συστημάτων.

1.5. Γενικές αρχές διαχείρισης υδατικών πόρων.

Η Διαχείριση των Υδατικών Πόρων (ΔΥΠ) είναι μια συνεχή διαδικασία με χρονικό ορίζοντα πολύ μεγαλύτερο από τη μελέτη, την κατασκευή και τη διάρκεια ζωής ενός υδραυλικού έργου. Συνήθως αναφέρεται σε έκταση που καλύπτει περισσότερα του ενός υδραυλικά έργα. Επομένως παρά το γεγονός ότι χρονικά προηγήθηκαν τα διάφορα υδραυλικά έργα, η ΔΥΠ υπερέχει όσον αφορά στο χρόνο και στο χώρο των υδραυλικών έργων και επομένως είναι ιεραρχικά υψηλότερα. Σε πολλές περιπτώσεις και περιοχές του κόσμου δεν γίνεται διαχείριση υδατικών πόρων ή γίνεται υποτυπώδης διαχείριση. Συνήθως, δεν εφαρμόζεται η ΔΥΠ όπου υπάρχει χαμηλή επικινδυνότητα στην έλλειψη νερού και στην ρύπανση των υδατικών πόρων. Αντίθετα, όσο η πίεση για απαιτήσεις μεγαλώνει και η χρήση του νερού δημιουργεί περιβαλλοντικά και άλλα προβλήματα τόσο η ΔΥΠ αποκτά περιεχόμενο και συγκεντρώνει την προσοχή του ευρύτερου κοινού. Επομένως συνοπτικά η διαχείριση υδατικών πόρων έχει ως στόχους να:

- προμηθεύσει νερό επαρκούς ποσότητας και κατάλληλης ποιότητας για την κατά το δυνατόν ικανοποίηση των οικιακών, αγροτικών, βιομηχανικών, ενεργειακών και άλλων αναγκών.
- προστατεύσει τους υδατικούς πόρους από τη ρύπανση,
- παρέχει ικανοποιητική προστασία από τα ακραία υδρολογικά φαινόμενα (πλημμύρες-ξηρασίες).

Η διεθνής βιβλιογραφία έχει πραγματικά να επιδείξει μια μεγάλη ποικιλία βιβλίων και επιστημονικών άρθρων που ασχολούνται με το πρόβλημα της διαχείρισης των υδατικών πόρων (Hall και Dracup, 1970, Biswas, 1976, Haimes ,1977, Wiener, 1972, Loucks κ.α ., Loucks κ.α.,1984 Goodman, 1984). Πολυάριθμες μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανεύρεση «βέλτιστων» λύσεων που αφορούν στη διάθεση των υδατικών πόρων (Haimes κ.α., 1975), αναλύοντας τον περίπλοκο φυσικό χώρο, ως σύστημα σε σειρά υποσυστημάτων με την ανάλυση των οποίων, σε συνδιασμό με

τους υπάρχοντες περιορισμούς και τον μαθηματικό προγραμματισμό επιτυγχάνεται η βέλτιστη αποδεκτή λύση (Shamir, 1983, Maas κ.α., 1962).

Η ανάγκη για την ανεύρεση βέλτιστων λύσεων κατανομής περιορισμένων πόρων, όπως είναι το νερό, με τη χρήση μεθόδων επιχειρησιακής έρευνας και μαθηματικού προγραμματισμού, καθίσταται επιβεβλημένη (Ψιλοβίκος, 1999, Ψιλοβίκος και Τζιμόπουλος, 2003). Όσο περισσότερο κοιτάζει κανείς τις προοπτικές ανάπτυξης των διαφόρων χωρών του κόσμου τόσο περισσότερο αντιλαμβάνεται ότι η μελλοντική ανάπτυξη, σχεδόν παντού, οριοθετείται από την έλλειψη νερού επαρκούς ποσότητας και κατάλληλης ποιότητας, μια έλλειψη η οποία μόνο σε λίγες περιπτώσεις μπορεί να αντιμετωπισθεί με ανεύρεση νέων διαθέσιμων υδατικών πόρων. Συνεπώς προκύπτει η ανάγκη να ανευρεθούν τρόποι για την καλύτερη χρήση του διαθέσιμου νερού καθώς και για την ανεύρεση καλύτερων μεθόδων διατήρησης, διανομής και καθαρισμού του νερού. Η σοβαρότητα των προβλημάτων αυτών έχει σήμερα αναγνωρισθεί από πολλούς διεθνείς και εθνικούς οργανισμούς, οι οποίοι καταβάλλουν προσπάθεια για την κατάρτιση προγραμμάτων διαχείρισης υδατικών πόρων σε εθνικό επίπεδο ή σε επίπεδο αυτόνομων υδατικών διαμερισμάτων. Στο πλαίσιο της προσπάθειας αυτής ψηφίστηκε στην Ελλάδα ο νόμος 1739/87 για τη διαχείριση υδατικών πόρων, ο οποίος όμως συνάντησε δυσκολίες στην εφαρμογή του με αποτέλεσμα να μην εξασφαλίσει την ευρεία αποδοχή από τους ενδιαφερόμενους φορείς και οργανισμούς, ώστε να έχει καθολική εφαρμογή.

Σημαντικό στοιχείο που εμποδίζει την εφαρμογή του νόμου (εκτός των δυσλειτουργιών που παρατηρούνται) είναι η έκδοση των προεδρικών διαταγμάτων που αναφέρονται στην υλοποίηση του. Βέβαια πρέπει να σημειωθεί ότι παρά το γεγονός ότι έχουν εκπονηθεί πολυάριθμα προγράμματα διαχείρισης σε διεθνές επίπεδο, μόνο λίγα από αυτά έχουν εφαρμοσθεί στην πράξη από τα κέντρα λήψης αποφάσεων στα οποία απευθύνονται.

Η Νέα Οδηγία 2000/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτελεί μια ολιστική τομή στη διαχείριση των Υδάτων της Ευρώπης, όλων των κατηγοριών (επιφανειακά, υπόγεια, παράκτια, μεταβατικά, θαλάσσια) με στόχο το 2015, η ποιότητά τους να βρίσκεται σε «καλή» κατάσταση σύμφωνα με κλάσεις ιεραρχίας. Ο Νόμος 3199/2003, έρχεται να εναρμονίσει την Οδηγία αυτή στην Ελληνική πραγματικότητα, με πολλά κενά και παραλείψεις.

Οι κυριότερες δυσκολίες, οι οποίες συναντώνται με την δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης υδατικών πόρων είναι οι ακόλουθες:

1. Τα υδατικά συστήματα έχουν πολλαπλούς στόχους, χρήσεις και λειτουργίες
2. Η θεώρηση των επιστημονικών και τεχνολογικών απόψεων των υδατικών συστημάτων είναι μια αναγκαία συνθήκη για τον επιτυχή σχεδιασμό και διαχείριση των υδατικών πόρων αλλά όχι και ικανή εξ' αιτίας του γεγονότος ότι παρεμβαίνουν θεσμικές και πολιτικές απόψεις.
3. Στοιχεία αβεβαιότητας και επικινδυνότητας χαρακτηρίζουν τα περισσότερα αν όχι όλα τα υδατικά συστήματα.
4. Για την δημιουργία ενός συστήματος διαχείρισης απαιτούνται ειδικοί από πολλές επιστημονικές περιοχές όπως υδρολόγοι, υδρογεωλόγοι, μηχανικοί, οικονομολόγοι και ένας συντονισμός όλων αυτών ώστε να υπάρξουν αποτελέσματα.
5. Για την δημιουργία ενός συστήματος διαχείρισης πρέπει να συμπράξουν πολλές υπηρεσίες και φορείς που συνήθως έχουν διαφορετικούς στόχους η κάθε μία.

1.6. Κανόνες διαχείρισης υδατικών πόρων.

Οι βασικοί κανόνες διαχείρισης των υδατικών πόρων στηρίζονται στη βέλτιστη χρήση του νερού στο παρόν και στο μέλλον με αρχές δικαίου και στόχο την διατήρηση των πόρων. Εντελώς επιγραμματικά οι βασικοί κανόνες διαχείρισης είναι:

- Ισομερής κατανομή μεταξύ των χρηστών με βάση αντικειμενικά κριτήρια.
- Οικονομική βελτιστοποίηση της χρήσης νερού τώρα και στο μέλλον.

- Αποφυγή βλαβών και άλλων αρνητικών συνεπειών (όπως καταστροφή πόρων και περιβάλλοντος).
- Αειφορία –Βιωσιμότητα της ανάπτυξης.

Όπως εύκολα γίνεται κατανοητό τα αντικειμενικά κριτήρια ποικίλουν ανάλογα με τη χώρα, τον πολιτισμό, το σύστημα εξουσίας. Με βάση αυτά τα κριτήρια γίνεται η βελτιστοποίηση που στηρίζεται σε μαθηματικές μεθόδους (αναλυτικές ή προσομοίωσης) σε διάφορες χρονικές στιγμές σήμερα και στο μέλλον. Εδώ αξίζει να τονιστεί το γεγονός ότι το νερό θα πρέπει να εξετάζεται σε συνδυασμό με άλλους τομείς της οικονομίας και της κοινωνίας που επηρεάζουν ή επηρεάζονται από αυτό.

Ιδιαίτερα σημαντικοί είναι επίσης οι κανόνες που αναφέρονται στη διατήρηση των πόρων και του φυσικού περιβάλλοντος που εξασφαλίζουν τη βιώσιμη ανάπτυξη (sustainable development).

Η υπερκατανάλωση ή η κακή χρήση του νερού στο παρελθόν έχει οδηγήσει σε καταστροφές τόσο του περιβάλλοντος όσο και των φυσικών πόρων. Υπάρχουν πολλά τέτοια παραδείγματα με χαρακτηριστικότερο την καταστροφή των υπόγειων υδροφορέων από την είσοδο της αλμυρής σφήνας λόγω υπεράντλησης σε περιοχές που γειτνιάζουν με θάλασσα και εμφανίζουν ευνοϊκές για το φαινόμενο γεωλογικές συνθήκες.

1.7. Ομάδες ενδιαφερομένων για τη διαχείριση υδατικών πόρων.

Η Διαχείριση υδατικών πόρων απευθύνεται σε τρεις ομάδες ενδιαφερομένων:

- Χρήστες του νερού.
- Αυτούς που παίρνουν αποφάσεις (πολιτικούς, κυβέρνηση)
- Μελετητές –Ερευνητές –Τεχνοκράτες.

Είναι γεγονός ότι μεταξύ των τριών αυτών ομάδων, αναπτύσσεται επικοινωνία που οδηγεί στο αλληλοεπηρεασμό με βάση τα επιχειρήματα κάθε ομάδας. Είναι λοιπόν σημαντικό να εξασφαλίζεται η συμμετοχή και η συναίνεση των ομάδων αυτών

για την επιτυχία της ΔΥΠ. Προσπάθειες για διαχείριση του νερού που έγιναν χωρίς να πεισθούν οι χρήστες του νερού οδήγησαν σε αποτυχίες.

Πολύ σημαντικό θέμα στη συμμετοχή και την υλοποίηση ενός προγράμματος ΔΥΠ είναι η διαχείριση της ζήτησης (π.χ μείωση της κατανάλωσης) όπου ουσιαστικά ζητείται από το χρήστη να δεχθεί να συμμετάσχει σε ενέργειες αντίθετες με τα συμφέροντά του. Εδώ η προσπάθεια για την εξασφάλιση αυτής της υποστήριξης επιτυγχάνεται μόνο μετά από συντονισμένη μακροχρόνια σταθερή ενημέρωση μέσω όλων των μέσων μαζικής ενημέρωσης (τηλεόραση, ραδιόφωνο, τύπος).

Όπως έχει τεκμηριωθεί σε άλλες εργασίες για την υλοποίηση των προγραμμάτων ΔΥΠ απαιτείται ένας Φορέας–Οργανισμός αποκεντρωμένος σε υποοργανισμούς, οι οποίοι έξω από τα Υπουργεία και τις επιμέρους χρήσεις να μπορούν να υλοποιήσουν αποδοτικά προγράμματα ΔΥΠ.

Ως οργανισμός η ΔΥΠ πρέπει να έχει τις ακόλουθες αρμοδιότητες:

- Να συγκεντρώνει όλα τα απαραίτητα στοιχεία (μετεωρολογικά, υδρολογικά, πληθυσμιακά).
- Να αναλύει την παρούσα κατάσταση και κάνει προβλέψεις για το μέλλον
- Να διαμορφώνει σενάρια βελτίωσης με βάση τα διοικητικά, τεχνικά και οικονομικά μέσα και περιορισμούς.
- Να παίρνει αποφάσεις σε τακτά χρονικά διαστήματα, διορθώνει και βελτιώνει τις αποφάσεις (Feedback).

Αναλυτικότερα η ΔΥΠ έχει τις ακόλουθες δραστηριότητες.

- Έρευνα και μελέτη των υδατικών πόρων (με οικονομικά και κοινωνικά κριτήρια).
- Συλλογή και ανάλυση ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων για τους υφισταμένους και αναξιποίητους υδατικούς πόρους, καθώς και τη ζήτησή τους σε όλους τους τομείς με βάση τα έργα που έχουν γίνει ή μπορούν να γίνουν.
- Ανάπτυξη στρατηγικής και προετοιμασίας «σχεδίων».

- Απόφαση για σχέδια και εξασφάλιση αποδοχής και συμμετοχής των διαφόρων ενδιαφερομένων ομάδων.
- Εφαρμογή κάθε σχεδίου.

1.8. Επίπεδα διαχείρισης υδατικών πόρων.

Η ΔΥΠ είναι μια συνεχής διαδικασία που ξεκινά από το γενικό επίπεδο (π.χ επίπεδο χώρας) και εξειδικεύεται σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος και υδρολογικής λεκάνης, όπως προβλέπεται και στην οδηγία 2000/60. Η ανάπτυξη μιας στρατηγικής για το νερό σε επίπεδο χώρας, που στηρίζεται σε ένα γενικό σχέδιο – master plan- για τους υδατικούς πόρους και τη χρήση τους, ακολουθείται από ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος και τέλος σε επίπεδο υδρολογικής λεκάνης.

Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι οι τελευταίες εξελίξεις στον τομέα των Η/Υ και του λογισμικού (software) δίνουν τη δυνατότητα προσομοίωσης με κατανεμημένη στο χώρο και στο χρόνο πληροφορία. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται τελευταία στη χρήση προγραμμάτων προσομοίωσης σε περιβάλλον των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS).

1.9. Αλληλεπίδραση υδατικών πόρων με άλλα υποσυστήματα.

Η ΔΥΠ αποτελεί ουσιαστικά ένα τμήμα της διαχείρισης των φυσικών πόρων. Συνεπώς ο ρόλος της, στις περιπτώσεις που τα σχέδια της ΔΥΠ επιδρούν στα άλλα υποσυστήματα των φυσικών πόρων, δεν είναι μόνο να εκτιμήσει τις επιδράσεις αλλά να τις διαχειριστεί. Επίσης όπου υπάρχουν συγκρούσεις (conflicts) να μπορεί να τις διευθετήσει. Συνεπώς προκύπτει η ανάγκη, η ΔΥΠ να αναπτυχθεί σε ένα γενικότερο πλαίσιο από αυτό των υδατικών πόρων. Επίσης, η διαδικασία εκτίμησης των επιπτώσεων στα άλλα υποσυστήματα των φυσικών πόρων αλλά και τους άλλους τομείς της οικονομίας και της κοινωνίας, πρέπει να αντικατασταθεί με πιο περίπλοκες

διαδικασίες που λαμβάνουν υπόψη τους ταυτόχρονα και άλλα συγγενή υποσυστήματα εκτός αυτού των υδατικών πόρων.

Η περιπλοκότητα της ΔΥΠ στη σύγχρονη εποχή, δημιουργεί ανάγκες για έρευνα, τεχνολογική ανάπτυξη και άλλες δραστηριότητες στις κατευθύνσεις που επιγραμματικά αναφέρονται παρακάτω:

- Εκτίμηση των υδατικών πόρων (ανακάλυψη νέων και μη συμβατικών)
- Αύξηση της αποτελεσματικότητας στη χρήση του νερού.
- Μεγαλύτερος έλεγχος της ποιότητας των υδατικών πόρων.
- Συνεχής εγρήγορση για πιθανές αλλαγές στο κλίμα.
- Σύγχρονη νομοθεσία που να λαμβάνει υπόψη τις αλλαγές που έχουν συντελεστεί στον τομέα του νερού.
- Εκπαίδευση και επιμόρφωση
- Ενίσχυση της έρευνας και της τεχνολογίας
- Διαρκής ενημέρωση του κοινού
- Αποκέντρωση υπηρεσιών που ασχολούνται με το νερό.
- Ευρωπαϊκή και διεθνής συνεργασία (που περιλαμβάνει και τις διασυνοριακές υδρολογικές λεκάνες).

1.10 Συστήματα διαχείρισης υδατικών πόρων – Στάδιο μελέτης.

Το κάθε υδατικό διαμέρισμα αποτελεί μια ανεξάρτητη ενότητα (με βάση τον Ν.1839/1987, ο οποίος δεν ισχύει μετά την εφαρμογή της Οδηγίας 60/2000/ΕΕ και την εναρμόνιση της χώρας μας με το Ν.3199/2003) που διαθέτει σημαντικό όγκο μετρημένων υδρολογικών και υδρομετρικών πληροφοριών, αλλά και ένα εκτεταμένο δίκτυο χρήσεων νερού που αφορούν στην ύδρευση οικισμών τουριστικών εγκαταστάσεων, στην υδροδότηση της βιομηχανίας, στην άρδευση των καλλιεργειών καθώς επίσης και στη δημιουργία και διατήρηση χώρων αναψυχής, πάρκων.

Επίσης υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός και εγκαταστάσεων που αφορούν τους υδατικούς πόρους οι οποίοι έχουν προγραμματισθεί και βρίσκονται σήμερα σε στάδιο

μελέτης ή κατασκευής, η δε σημασία των έργων αυτών τόσο σε τοπικό όσο και σε Εθνικό επίπεδο είναι τεράστια. Προκύπτει επομένως η ανάγκη για δημιουργία ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης των υδατικών πόρων, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η κατά το δυνατόν πληρέστερη κάλυψη των αναγκών σε νερό, η πρόνοια για την πρόληψη απωλειών νερού και η βέλτιστη αξιοποίηση των πλεονασμάτων νερού.

1.10.1. Συλλογή Επεξεργασία και Αξιολόγηση Πληροφοριών.

Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τη συλλογή όλων των υδρολογικών και υδρογραφικών δεδομένων καθώς και δεδομένων που αφορούν στις χρήσεις. Τα υδρολογικά δεδομένα, που αφορούν κυρίως δεδομένα βροχοπτώσεων και τα κλιματολογικά δεδομένα, συγκεντρώνονται και με τη βοήθεια κατάλληλων πακέτων λογισμικού (Software) γίνεται ο έλεγχος, η ομογενοποίηση και η συμπλήρωση των αντίστοιχων χρονοσειρών. Αντίστοιχα γίνεται συλλογή και επεξεργασία των υδρομετρικών δεδομένων που αφορά τον έλεγχο και τη συμπλήρωσή τους με την βοήθεια καμπυλών στάθμης-παροχής.

Τα δεδομένα χρήσεων νερού που συλλέγονται, αφορούν τόσο την παρούσα κατάσταση όσο και την προβλεπόμενη μελλοντική ανάπτυξη σε διάφορους χρονικούς ορίζοντες. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν:

- πληροφορίες που σχετίζονται με ανάγκες σε νερό για υδρευτικούς σκοπούς (πληθυσμούς, καταναλώσεις για ύδρευση οικισμών και τουριστικών εγκαταστάσεων)
- πληροφορίες που σχετίζονται με ανάγκες σε νερό για τη λειτουργία αρδευτικών έργων (εκτάσεις, είδη καλλιεργειών, είδη και λειτουργικά στοιχεία αρδευτικών δικτύων)
- πληροφορίες που αφορούν στις ανάγκες σε νερό των βιομηχανικών και βιοτεχνικών μονάδων και μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας.
- οικονομικά στοιχεία που αφορούν στο καθαρό εισόδημα των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με το νερό.

- πληροφορίες που σχετίζονται με τις ανάγκες σε νερό διάφορων έργων και δραστηριοτήτων που αφορούν στη διατήρηση και αποκατάσταση του περιβάλλοντος όπως για παράδειγμα οι χώροι αναψυχής, η ανανέωση λιμνών.
- τα ποιοτικά χαρακτηριστικά στην είσοδο και την έξοδο των συστημάτων κατανάλωσης νερού.

Πέραν της συλλογής των δεδομένων απαιτείται η επεξεργασία και ανάλυση με σκοπό την ομογενοποίηση των δεδομένων, τη στατιστική επεξεργασία για τον εντοπισμό σφαλμάτων, τη συμπλήρωση αλλά και τον έλεγχο δεδομένων της ίδιας μεταβλητής που προέρχονται από διαφορετικούς σταθμούς μέτρησης. Σε περίπτωση που το σύστημα διαχείρισης προβλέπεται να έχει μακροπρόθεσμη χρήση, θα πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη ώστε τα δεδομένα αυτά να εισαχθούν σε τράπεζα δεδομένων, η οποία θα είναι συνδεδεμένη απευθείας με τους χρήστες, οι οποίοι να μπορούν να εισάγουν νέα δεδομένα (σύστημα on-line).

1.10.2. Μοντέλο Βροχόπτωσης – απορροής.

Στη συνέχεια απαιτείται η κατασκευή ενός μαθηματικού μοντέλου βροχής – απορροής, που πρέπει να προσαρμόζεται στις κλιματικές και εδαφολογικές ιδιαιτερότητες της περιοχής της μελέτης.

Το υδρολογικό μοντέλο πρέπει κατά το δυνατόν να ικανοποιεί τις ακόλουθες βασικές προδιαγραφές:

- Να βασίζεται κατά το δυνατόν σε φυσική προσομοίωση των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα κατά την πορεία του νερού από την ατμόσφαιρα στη βλάστηση, στο έδαφος, στα υπόγεια στρώματα και μέχρι τους επιφανειακούς αποδέκτες. Επομένως, το μοντέλο θα πρέπει να είναι φυσικής βάσης.
- Να μπορεί να λειτουργεί σε μικρό σχετικά χρονικό βήμα.
- Ανεξάρτητα από την πολυπλοκότητά του (ένα φυσικό μοντέλο είναι συνήθως πολύπλοκο) να περιλαμβάνει μικρό αριθμό παραμέτρων που χρειάζονται ρύθμιση,

έτσι ώστε να είναι δυνατή η μοναδική ρύθμιση του μοντέλου για κάθε συγκεκριμένη λεκάνη απορροής (unique calibration).

- Να μπορεί να περιλαμβάνει, ως εισόδους διαφορετικά ήδη φυτοκάλυψης στα διάφορα τμήματα της λεκάνης (δασώδης, θαμνώδης, και γυμνό έδαφος)
- Να είναι προσαρμοσμένο στις εδαφικές και κλιματικές ιδιαιτερότητες της συγκεκριμένης περιοχής, δηλαδή για τη χώρα μας:

α. μεγάλες εποχιακές διακυμάνσεις στη βροχόπτωση,

β. μεγάλες και απότομες κλίσεις και

γ. ιδιαίτερα γεωλογικά χαρακτηριστικά.

Σημαντικό στοιχείο στα μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι η φυσική προσομοίωση τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων νερών με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει συνέχεια και συσχέτιση μεταξύ των.

Στο τμήμα που αφορά τη Δημιουργία Μοντέλων Προσομοίωσης της ζήτησης, γίνεται η προσομοίωση των αναγκών σε νερό για κάθε χρήση και κυρίως για ύδρευση, άρδευση και προστασία του περιβάλλοντος. Η προσομοίωση των υδρευτικών αναγκών γίνεται συνήθως σε συνάρτηση με τον πληθυσμό και το ρυθμό μεταβολής του και με βάση συγκεκριμένα κριτήρια προσδιορισμού της ατομικής κατανάλωσης.

Αντίστοιχα η προσομοίωση της ζήτησης για αρδευτικές ανάγκες βασίζεται στο είδος και τις εκτάσεις των καλλιεργειών, στα χαρακτηριστικά του αρδευτικού έργου και στο βαθμό αξιοποίησης του. Ο προσδιορισμός της εξατμισοδιαπνοής ανά είδος καλλιέργειας γίνεται με τη χρήση γνωστών μεθόδων υπολογισμού της. Οι ανάγκες για την προστασία και διατήρηση του περιβάλλοντος προσδιορίζονται με βάση το είδος και τα στοιχεία λειτουργίας του έργου. Τέλος, γίνεται η προσομοίωση της ζήτησης για βιομηχανική χρήση για κάθε κατηγορία βιομηχανικών μονάδων, ανάλογα με το είδος και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της βιομηχανικής δραστηριότητας. Για κάθε

κατηγορία χρήσης νερού πρέπει να γίνεται εκτίμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών στην είσοδο και την έξοδο του συστήματος.

1.10.3. Οικονομική Ανάλυση.

Στο στάδιο αυτό γίνεται ο προσδιορισμός της οικονομικής ζημιάς που προκύπτει από την ενδεχόμενη μείωση της ποσότητας νερού που απαιτείται σε κάθε σύστημα αξιοποίησης υδατικών πόρων. Ο προσδιορισμός αυτός, αν για παράδειγμα πρόκειται για αρδευτικό έργο, θα βασισθεί αφ' ενός στο είδος και την έκταση των καλλιεργειών, την τιμή πώλησης των προϊόντων, την ύπαρξη επιδοτήσεων και τη σπουδαιότητα των καλλιεργειών, για την Εθνική οικονομία και αφετέρου στις γενικές δαπάνες ανά καλλιέργεια (σπόροι, λιπάσματα, εξοπλισμός), την εκμηχάνιση, το απασχολούμενο εργατικό δυναμικό, το κόστος ενέργειας για αντλήσεις. Ο προσδιορισμός αυτός στον οποίο βασίζονται κατά κύριο λόγο οι διαχειριστικές επεμβάσεις και αποφάσεις πρέπει να γίνεται σε συνεργασία με τους τοπικούς φορείς. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο στάδιο αυτό θα πρέπει επίσης να προσδιορισθούν όλα τα σημεία πίεσης προς το φυσικό περιβάλλον και να γίνει προσπάθεια ποσοτικοποίησης της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από κάθε έργο. Θα δημιουργηθεί επομένως ένα σύνολο περιβαλλοντικών κριτηρίων, τα οποία θα συναποτελέσουν μαζί με τα οικονομικά τη βάση των διαχειριστικών αποφάσεων και επεμβάσεων.

Προτάσεις για τη χρήση διάφορων δεικτών αποδοτικότητας (performance indices) που εξειδικεύουν τα παραπάνω κριτήρια, γίνονται από το Εργαστήριο Αγροτικής Τεχνολογίας ΕΜΠ (1994).

1.10.4. Σενάρια ανάπτυξης .

Τα διάφορα σενάρια μελλοντικής ανάπτυξης διακρίνονται σε εφικτά και μη εφικτά, δομικά και μη, σχετιζόμενα με τους υδατικούς πόρους και μη. Έτσι για παράδειγμα ένα σενάριο ανάπτυξης που σήμερα κρίνεται ανέφικτο, μπορεί υπό το φως νέων τεχνολογικών εξελίξεων και πολιτικών αποφάσεων να κριθεί ως εφικτό στο μέλλον. Επίσης πρέπει να εξετάζονται σενάρια ανάπτυξης μη σχετιζόμενα άμεσα με

τους υδατικούς πόρους. Πρώτο στάδιο για την κατάστροση των διαφορετικών σεναρίων ανάπτυξης είναι η μελέτη και αξιολόγηση των υπαρχόντων σχεδίων και μελετών που έχουν εκπονηθεί από διάφορους φορείς για την περιοχή. Στη συνέχεια τα σχέδια αυτά συμπληρώνονται σε συνεργασία με τους τοπικούς φορείς και οργανισμούς.

1.10.5. Δημιουργία Ολοκληρωμένου Συστήματος Διαχείρισης.

Στο στάδιο αυτό με τη διασύνδεση όλων των παραπάνω μοντέλων δημιουργείται ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης που αξιοποιεί όλη την υπάρχουσα πληροφορία και βασιζόμενο στη σχηματική αναπαράσταση των σημείων προσφοράς και ζήτησης του νερού αξιολογεί με βάση μια σειρά από κριτήρια κάθε διαχειριστική επέμβαση είτε αυτή αναφέρεται στα διάφορα σενάρια ανάπτυξης είτε ακόμα και στη διαχείριση σε πραγματικό χρόνο (real time).

1.11. Τάσεις στην Ευρώπη – Κοινοτικές Οδηγίες.

Όπως αναγνωρίζεται από πολλούς κοινοτικούς παράγοντες η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει καθυστερήσει στη δημιουργία και εφαρμογή μιας Ενιαίας Πολιτικής για τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων. Τις προηγούμενες δεκαετίες διαμόρφωσε Οδηγίες (Directives) για μια σειρά επιμέρους θεμάτων που αφορούν στους Υδατικούς Πόρους χωρίς όμως να διαμορφώσει γενικό πλαίσιο και χωρίς να επιβάλει απόλυτα την εφαρμογή αυτών των Οδηγιών.

Μερικές από αυτές τις οδηγίες είναι (Τσακίρης, 2004):

- Fishwater directive, 97/70/EEC (Οδηγία για το θαλάσσιο νερό).
- Shellfish water directive, 79/923/EEC (Οδηγία για τα οστρακοειδή).
- Directive on Water abstracted for drinking water, 98/83/EEC (Οδηγία για το πόσιμο νερό).
- Directive on dangerous substances discharged, 76/464/EEC (Οδηγία για τις επικίνδυνες ουσίες)

- Directive on Nitrates and other nutrients, 91/676/EEC(Οδηγία για τα νιτρικά)
- Directive on Treatment of Urban Waste Water, 91/271/EEC (Οδηγία για τα αστικά απόβλητα)

Από το 1994 διατυπώθηκαν απόψεις για την ενοποίηση και επέκταση των Οδηγιών της Κοινότητας σε μια Οδηγία - Πλαίσιο. Το Φεβρουάριο του 1997 που διατυπώθηκε σε αρχικό κείμενο η οδηγία – πλαίσιο, στη συνέχεια ακολούθησαν συναντήσεις και διαπραγματεύσεις για να ολοκληρωθεί το 2000. Η Οδηγία συμπεριλαμβάνει και τις προηγούμενες πέντε πρώτες οδηγίες (που αναφέρθηκαν πιο πάνω) ενώ οι Οδηγίες για τα Νιτρικά και για την επεξεργασία των αστικών αποβλήτων θα εξακολουθήσουν να ισχύουν.

Βασικοί άξονες της νέας Οδηγίας - πλαίσιο είναι:

- Η Οργάνωση για τη διαχείριση υδατικών πόρων που ξεκινά από τη λεκάνη απορροής.
- Τα αυστηρά περιβαλλοντικά standards.
- Την κοστολόγηση του νερού με βάση το πραγματικό κόστος.
- Την διαμόρφωση αρχών στα διασυνοριακά ποτάμια.
- Την έμφαση στα χερσαία και υδατικά οικοσυστήματα.
- Την βιώσιμη διαχείριση και την προστασία των διαθέσιμων υδατικών πόρων με ενέργειες και δράσεις «μακράς πνοής».
- Τον περιορισμό των επιπτώσεων της ξηρασίας και των πλημμύρων.

1.12. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΡΥΠΑΝΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

1.12.1. Γενικά

Το νερό είναι μοναδικός φυσικός πόρος, τόσο γιατί είναι απαραίτητο για την επιβίωση του ανθρώπου και των άλλων οργανισμών, όσο και γιατί, σε μακροχρόνια κλίμακα, θεωρητικά η συνολική διαθέσιμη ποσότητα νερού σε κάθε περιοχή, είναι περίπου σταθερή (Αντωνόπουλος, 2003).

Το παραδοσιακό μοντέλο διαχείρισης των υδατικών πόρων, όπως και οποιουδήποτε άλλου φυσικού πόρου, στηρίζεται στην τεχνοκρατική αντίληψη, σύμφωνα με την οποία σημασία έχει η οικονομική ανάπτυξη και η τεχνολογική πρόοδος και συνεπώς κάθε φυσικός πόρος αποτελεί μία από τις συνιστώσες της ανάπτυξης αυτής. Το αποτέλεσμα της μακροχρόνιας εφαρμογής του μοντέλου αυτού εκδηλώνεται τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα στις αναπτυγμένες περιοχές, με την ανεπάρκεια νερού, η οποία οφείλεται στην αύξηση των απαιτήσεων σε νερό και την υποβάθμιση της ποιότητάς του.

Ο όρος «ποιότητα του νερού» δεν συνιστά από μόνος του μία συγκεκριμένη αξία διότι υπόκειται εννοιολογικά και πρακτικά σε συνεχείς μεταβολές και συνεπώς πρέπει να θεωρείται και να μελετάται σε σχέση με τα οικολογικά συστήματα και τις διαφορετικές χρήσεις του νερού. Μόνο μία λεπτομερής ανάλυση των ποσοτικών και ποιοτικών απαιτήσεων των διαφορετικών χρήσεων του νερού, μπορεί να οδηγήσει στην εκτίμηση της ποιότητας και της επάρκειας ή της ανεπάρκειας των διαθέσιμων υδατικών πόρων.

Η ποιότητα των υδάτων επιβαρύνεται δυσμενώς από τη διοχέτευση σε αυτά ουσιών ανόργανης και οργανικής προέλευσης. Η διοχέτευση των ουσιών γίνεται είτε μέσω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (ανεξέλεγκτη ή ημι-ελεγχόμενη απόρριψη αποβλήτων) είτε με φυσικές διεργασίες (π.χ. επιφανειακή απορροή υδάτων στα οποία εκχειλίζονται ή διαλύονται ρυπαντικά συστατικά, χημικές αντιδράσεις και έκπλυση νερού σε κατασκευαστικά υλικά με αποτέλεσμα τη διαλυτοποίηση μετάλλων σε αυτό, διαβρωτική δράση του νερού σε μεταλλικές κατασκευές κ.λπ.).

Η επιβάρυνση της ποιότητας των υδάτων εξαρτάται από μια μεγάλη ποικιλία ρύπων και μπορεί να επιφέρει τις εξής κατηγορίες επιπτώσεων (Λοϊζίδου, 2006):

- Οικολογικές: όταν οι ρύποι προκαλούν δυσμενείς διαταραχές στη λειτουργία των υδατικών οικοσυστημάτων

- Αισθητικές: όταν η ρύπανση γίνεται αιτία για την ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών, χρωματισμού και θολότητας του υδάτινου αποδέκτη
- Υγιεινολογικές: όταν το νερό γίνεται φορέας παθογένειας και τοξικότητας για τον άνθρωπο και τα ζώα που χρησιμοποιούν είτε το ίδιο για πόση είτε τους υδρόβιους οργανισμούς για τροφή

Η ποιότητα του νερού έχει καθοριστική επίδραση στη λειτουργία των υδάτινων οικοσυστημάτων και κάθε επιβάρυνσή του με ύλη, ενέργεια ή μικροοργανισμούς οδηγεί στην υποβάθμισή του. Η αξιολόγηση της ποιότητάς του μπορεί να γίνει με τη μελέτη και τη μέτρηση ορισμένων βασικών φυσικών και χημικών παραμέτρων.

Στη συνέχεια, δίδονται οι κύριες παράμετροι που εξετάστηκαν προκειμένου να προσδιορισθεί η ποιότητα και ο βαθμός ρύπανσης των υδάτων της Κάρλας. (PH, Θερμοκρασία, Αγωγιμότητα, Αλατότητα, Θολότητα, Διαλυμένο Οξυγόνο).

- **PH:** Χαμηλές τιμές μπορεί να σημαίνουν την ύπαρξη τοξικών μετάλλων ενώ υψηλά επίπεδα παρατηρούνται στα σκληρά νερά. Η κλίμακα μέτρησης του PH κυμαίνεται από 0 έως 14 (από πολύ όξινο σε πολύ αλκαλικό), με το 7 να αντιπροσωπεύει μια ουδέτερη κατάσταση.

Το PH είναι μια σημαντική μεταβλητή στην εκτίμηση της ποιότητας του νερού καθώς επηρεάζει πολλές βιολογικές και χημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα μέσα στο σώμα του νερού καθώς και όλες τις διεργασίες που σχετίζονται με την επεξεργασία και την προσφορά νερού. Η αύξηση του PH οφείλεται στις ουσίες που καταλήγουν στις στραγγιστικές τάφρους από τις βιομηχανικές δραστηριότητες. «Τα ψάρια και οι άλλοι οργανισμοί δεν αντέχουν αυτές τις απότομες αλλαγές και πεθαίνουν».

Η τιμή PH καθορίζει τον ρυθμό μεταβολισμού, τη δράση των ετερότροφων βακτηρίων και το σύστημα μεταφοράς ιόντων στους υδρόβιους οργανισμούς (Mayo and Noike, 1994). Για να υπάρχει ζωή στα ποτάμια και στις λίμνες πρέπει το PH να κυμαίνεται μεταξύ 6 και 8. Το PH των περισσότερων φυσικών υδάτων κυμαίνεται

μεταξύ των τιμών 4–9 (Mayo and Noike, 1996).

Η σχέση της τιμής PH με την ποσότητα του διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στο νερό είναι η πιο σημαντική παράμετρος από βιολογική σκοπιά σ' όλο το φάσμα των αλληλεπιδράσεων με τους υπόλοιπους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η τιμή του PH είναι καθοριστικής σημασίας για τις φυσιολογικές λειτουργίες των υδρόβιων φυτικών οργανισμών, όπως η πρόσληψη των θρεπτικών αλάτων, ο μεταβολισμός, η δραστηριότητα των ενζύμων. Μεγάλες τιμές PH στο νερό (αλκαλικό) συνοδευόμενες από μεγάλες τιμές οξυγόνου είναι ένδειξη ευτροφισμού (Sawidis,1997).

- **Διαλυμένο οξυγόνο:** Το οξυγόνο εισέρχεται στην υδάτινη μάζα όπου υπάρχει διεπιφάνεια αέρα νερού και απομακρύνεται με βιολογικές αερόβιες διεργασίες. Η μέγιστη συγκέντρωση οξυγόνου στο καθαρό νερό με θερμοκρασίες από 15 έως 25 βαθμούς κελσίου είναι αντίστοιχα οξυγόνο κορεσμού από 10,1 έως 7,8 mg/l.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, στα επιφανειακά στρώματα, εξαιτίας της έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου υπερβαίνει εκείνης του ατμοσφαιρικού αέρα, με αποτέλεσμα να παρατηρείται το φαινόμενο του υπερκορεσμού (Cox, 2003). Αντίθετα, εξάντληση του διαλυμένου οξυγόνου προκαλείται από την οξείδωση του οργανικού φορτίου και από την κατανάλωση του από τους υδρόβιους οργανισμούς κατά την αναπνοή. Χαμηλές τιμές διαλυμένου οξυγόνου και χαμηλό PH στο νερό, σε συνδυασμό με υψηλές τιμές διοξειδίου του άνθρακα και θερμοκρασίας, υποδηλώνουν μικροβιακή δραστηριότητα, που συνοδεύεται από δυσοσμία και αντιαισθητική εικόνα (Tait,1971; Rheinheimer 1975 and Cox, 2003). Το φαινόμενο της «άνθισης» των υδάτων (bloom) ελαττώνει την ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου, υποβαθμίζεται το υδάτινο οικοσύστημα και διαταράσσει την βιοποικιλότητα. Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου αποτελούν δείκτη ρύπανσης του νερού που οδηγεί σε ανατροπή της ισορροπίας μεταξύ των ειδών (Cooper et al., 2002). Η διαλυτότητα του οξυγόνου εξαρτάται από τη

θερμοκρασία, την πίεση και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού. Στα γλυκά νερά (ποτάμια, λίμνες) η ποσότητα του οξυγόνου εκφράζεται σε mg/l. Αν είναι μικρότερη των 3 mg/l σημαίνει ότι έχουμε κατάσταση ανοξίας, που συνεπάγεται μείωση της βιολογικής δραστηριότητας, μετανάστευση ή θάνατο ψαριών και νέκρωση της ζωής (Cox, 2003).

- **Αγωγιμότητα:** Σχετίζεται με τα διαλυμένα στερεά ιόντα. Ορίζεται ως το αντίστροφο της αντίστασης ενός κυβικού εκατοστού της εξεταζόμενης μάζας. Στα πόσιμα ύδατα παίρνει τιμές από 50 έως 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ενώ μια τυπική τιμή εμφιαλωμένου νερού είναι 406 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού εξαρτάται από το ποσό των διαλυμένων αλάτων. Η αλατότητα εξαρτάται από τη διείσδυση θαλασσινού νερού στο γλυκό, αλλά και από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Είναι ευαίσθητη σε διακυμάνσεις των διαλυτών στερεών, κυρίως των ανόργανων αλάτων. Ο βαθμός στον οποίο αυτά διαχωρίζονται σε ιόντα, ο αριθμός του ηλεκτρικού φορτίου σε κάθε ιόν, η κινητικότητα του ιόντος και η θερμοκρασία του διαλύματος έχουν όλα επίδραση στην αγωγιμότητα. Το μέγεθος αυτό εκφράζεται σε microsiemens ανά εκατοστό ($\mu\text{S}/\text{cm}$) και για δεδομένο υδάτινο σώμα, σχετίζεται με τη συγκέντρωση των ολικών διαλυμένων στερεών και κύριων ιόντων. Τα ολικά διαλυτά στερεά (σε mg/l), μπορούν να υπολογιστούν πολλαπλασιάζοντας την αγωγιμότητα με ένα συντελεστή ο οποίος είναι συνήθως μεταξύ 0,55 και 0,75. Αυτός ο παράγοντας πρέπει να προσδιοριστεί για κάθε σώμα νερού. Στα πόσιμα ύδατα παίρνει τιμές από 50 έως 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ενώ μια τυπική τιμή εμφιαλωμένου νερού είναι 406 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού αναφέρεται στην ικανότητά του να μεταφέρει - άγει ηλεκτρικά φορτία. Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, από τη συγκέντρωσή τους, την ευκινησία, το σθένος και τη θερμοκρασία. Οι τιμές της αγωγιμότητας είναι ενδεικτικές για την ποιότητα του νερού της λίμνης Απόβλητα και ρύποι που εισέρχονται στη λίμνη τροποποιούν την αγωγιμότητα,

ειδικότερα αν οι ρύποι περιλαμβάνουν ιόντα όπως ανθρακικά, θειικά, χλωρίου, μαγνησίου, νατρίου, καλίου και φωσφόρου. Για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα, ανεξάρτητα από την εποχή και το βάθος που γίνεται η μέτρηση, είναι καλό η τιμή της αγωγιμότητας να ανάγεται σε θερμοκρασία 25 °C.

$$EC \text{ (σε θερμοκρασία } 25 \text{ }^{\circ}\text{C)} = EC(t) / [1+0,019(t - 25)]$$

- **Θερμοκρασία:** Η θερμοκρασία επηρεάζει τη σύνθεση της βιομάζας, τον μεταβολισμό και τις απαιτήσεις των οργανισμών σε θρεπτικά. Όλες οι βιολογικές διεργασίες περιορίζονται μέσα σε καθορισμένα για κάθε οργανισμό όρια θερμοκρασίας. Ακόμα και μέσα στο εύρος αυτό επηρεάζονται ποιοτικά και ποσοτικά.

Ο προηγούμενος αιώνας χαρακτηρίστηκε από την αύξηση της θερμοκρασίας εδάφους και υδάτων κατά 0,5 °C σε παγκόσμια βάση, γεγονός που αποδόθηκε στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» (NOAA,1994). Η θερμοκρασία επηρεάζει τη σύνθεση της βιομάζας, το μεταβολισμό και τις απαιτήσεις των οργανισμών σε θρεπτικά. Όλες οι βιολογικές διεργασίες περιορίζονται μέσα σε καθορισμένα για κάθε οργανισμό όρια θερμοκρασίας. Ακόμα και μέσα στο εύρος αυτό επηρεάζονται ποιοτικά και ποσοτικά. Ο παράγοντας θερμοκρασία είναι καθοριστικός στη σύνθεση της βενθικής βλάστησης (Mayo and Noike, 1996). Η θερμοκρασία των ποταμών επηρεάζει έμμεσα και τη θερμοκρασία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Η διαβάθμιση της θερμοκρασίας στη στήλη του νερού είναι καθοριστική στη δημιουργία συνθηκών υποξίας ή ανοξίας στα κατώτερα στρώματα (Justic et al., 1996, Justic et al., 1997). Η μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την αξιολόγησή του. Από τις τιμές μπορεί να υπολογισθεί ο κορεσμός του σε ότι αφορά το ανθρακικό ασβέστιο και να βρεθεί η πηγή προέλευσής του. Όσο χαμηλή είναι η θερμοκρασία, τόσο ευκολότερα διαλύεται το οξυγόνο. Οι μικροοργανισμοί δεν έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίζουν την εσωτερική τους θερμοκρασία, οπότε η σύνθεση και ο ρυθμός ανάπτυξής τους εξαρτάται άμεσα από αυτή (Esener et al, 1981). Η θερμοκρασία είναι μία παράμετρος που δείχνει τι είδη υδρόβιων οργανισμών ζουν

στη λίμνη ή στο ποτάμι. Υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν προγεννητική θνησιμότητα σε πολλά είδη ψαριών. Παρόλο που τα όρια θερμοκρασίας για πολλά είδη δεν είναι επακριβώς καθορισμένα, είναι παραδεκτό ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες μειώνουν τον ρυθμό μεταβολισμού, ενώ οι υψηλές τον αυξάνουν καταναλώνοντας έτσι γρήγορα το ενεργειακό τους απόθεμα. Για μεγάλες θερμοκρασίες (μεγαλύτερες των 30 °C) δεν υπάρχει ζωή (Foreman et al, 1997). Η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει ακόμα κατά άμεσο τρόπο τα φαινόμενα της διαλυτότητας των στερεών ουσιών και αερίων. Έτσι, η περιεκτικότητα του νερού σε διαλυμένο οξυγόνο, η τιμή του PH και οι συγκεντρώσεις των διαλυμένων ανόργανων αλάτων μεταβάλλονται ανάλογα με την θερμοκρασία (Friedrich, 1965).

- **Θολότητα:** Σχετίζεται με την ποσότητα των αιωρούμενων στερεών που προκαλούν σκέδαση των ακτίνων μιας διερχόμενης δέσμης φωτός και δίνουν στο νερό νεφελώδη όψη. Η μονάδα μέτρησης της θολότητας είναι το NTU (Nephelometric Turbidity Units) και οι Αμερικάνικοι κανονισμοί θέτουν άνω όριο το 1 NTU.

Ο τύπος και η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων καθορίζει την θολερότητα και τη διαφάνεια του νερού. Η αιωρούμενη ύλη περιλαμβάνει ιλύ, πηλό, λεπτά σωματίδια οργανική και ανόργανης ύλης, διαλυτά οργανικά συστατικά, πλαγκτόν και άλλους μικροσκοπικούς οργανισμούς. Τέτοια σωματίδια ποικίλουν σε μέγεθος και κυμαίνονται από 10 nm σε διάμετρο έως 0,1 mm. Η θολερότητα προέρχεται από το διασκορπισμό και την απορρόφηση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας από τα σωματίδια και η διαφάνεια είναι το όριο της ορατότητας μέσα στο νερό. Τα δύο μεγέθη μπορούν να ποικίλουν από εποχή σε εποχή επηρεαζόμενα από την βιολογική δραστηριότητα στη στήλη του νερού και από την μεταφορά στερεών σωματιδίων από την επιφάνεια του νερού. Η υψηλή βροχόπτωση μπορεί έχει ως αποτέλεσμα ωριαίες μεταβολές της θολερότητας. Καμιά φορά η θολερότητα μπορεί να είναι έμμεση μέτρηση των αιωρούμενων σωματιδίων (TSS).

Η θολερότητα θα έπρεπε να μετράται στο πεδίο ή αν είναι απαραίτητο τα δείγματα να αποθηκεύονται το περισσότερο 24 ώρες σε σκοτάδι. Η θολερότητα μετράται συνήθως σε Nephelometric Turbidity Units (NTU). Κανονικά κυμαίνεται από 1 έως 1.000 NTU.

- **Χημικώς απαιτούμενο Οξυγόνο (COD):** Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται όλο και περισσότερο ηλεκτροχημικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό του COD, όπου η οξείδωση της οργανικής μάζας γίνεται στην επιφάνεια του ηλεκτροδίου. Πρακτικά, το COD δείχνει το οξυγόνο που απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών ενώσεων του ύδατος. Η πηγή του οργανικού φόρτου μπορεί να είναι ανθρωπογενής, όπως τα βιομηχανικά απόβλητα, τα οικιακά λύματα, οι αγροτοκτηνοτροφικές δραστηριότητες (Cox 2003). Σε μικρότερο βαθμό, πηγές οργανικού φόρτου που επιβαρύνουν τα ποτάμια οικοσυστήματα είναι η διάβρωση των πετρωμάτων και η αποικοδόμηση της φυτικής και ζωικής βιομάζας (Apsite and Klavins 1998).

- **Φυτοφάρμακα:** Με τον όρο φυτοφάρμακα εννοούμε όλα τα ζιζανιοκτόνα και εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται στις αγροτικές καλλιέργειες και τα οποία απορρέουν σε ένα ποσοστό μέσα στον ταμιευτήρα. Στο μαθηματικό μοντέλο προσομοίωσης της τροφικής κατάστασης του Ταμιευτήρα της Κάρλας, θεωρήθηκε ότι τα φυτοφάρμακα είναι ένας συντηρητικός ρύπος και επομένως δεν υφίστανται κάποια βιολογική ή χημική διεργασία μέσα στο υδάτινο σώμα του Ταμιευτήρα με συνέπεια να συσσωρεύονται μέσα σ' αυτόν.

Επομένως η συγκέντρωση τους σε κάθε χρονική στιγμή θα είναι

$$FAR(t+\Delta t) = FAR(t) + W_{FAR} / V$$

όπου $FAR(t+\Delta t)$: η συγκέντρωση των φυτοφαρμάκων στην χρονική στιγμή $t+\Delta t$

$FAR(t)$: η συγκέντρωση των φυτοφαρμάκων στην χρονική στιγμή t

$$W_{FAR} = (Q_{\Pi\eta\nu\iota\acute{o}\varsigma} \times FAR_{\Pi\eta\nu\iota\acute{o}\varsigma} + Q_{\text{Απορροές}} \times FAR_{\text{Απορροές}} + Q_{\text{βροχής}} \times FAR_{\text{βροχής}} - Q_{\text{Αρδεύσεων}} \times FAR_{\text{Αρδεύσεων}} - Q_{\text{Εξατμισοδιαπνοής}} \times FAR_{\text{Εξατμισοδιαπνοή}} - Q_{\text{Διαφυγών}} \times FAR_{\text{Διαφυγών}}$$

όπου : $FAR_{\text{Πηνεϊός}}$, $FAR_{\text{Απορροές}}$, $FAR_{\text{βροχής}}$: οι συγκεντρώσεις φυτοφαρμάκων στον Πηνεϊό ποταμό, στις απορροές και στην βροχόπτωση.

$FAR_{\text{Αρδεύσεων}}$, $FAR_{\text{Εξατμισοδιαπνοή}}$, $FAR_{\text{Διαφυγών}}$: οι συγκεντρώσεις φυτοφαρμάκων στο νερό που διατίθεται για άρδευση, και στις απώλειες λόγω εξατμισοδιαπνοής και διαφυγών.

Προφανώς $FAR_{\text{Πηνεϊός}}$, $FAR_{\text{βροχής}}$, $FAR_{\text{Εξατμισοδιαπνοή}} = 0$ $FAR_{\text{Αρδεύσεων}}$, $FAR_{\text{Διαφυγών}}$
 $= FAR$

Στη Θεσσαλία παρατηρείται μεγάλη κατανάλωση πολλών τύπων φυτοφαρμάκων για την κάλυψη της χημικής προστασίας των καλλιεργειών. Τα ποσοτικά στοιχεία κατανάλωσης των φυτοφαρμάκων είναι πολύ δύσκολο να υπολογισθούν, καθ' όσον αυτά διακινούνται κυρίως από το ελεύθερο εμπόριο, ενώ κυκλοφορούν διαφορετικοί εμπορικοί τύποι για κάθε δραστική ουσία. Η χρήση των φυτοφαρμάκων στις γεωργικές καλλιέργειες τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί κατακόρυφα με τον εκσυγχρονισμό των παραγωγικών διαδικασιών στη γεωργία. Το γεγονός αυτό εγκυμονεί κινδύνους για πιθανή ρύπανση του περιβάλλοντος (έδαφος, νερό) και προκαλεί φόβους για επιβαρημένη γεωργική παραγωγή. Η επίδραση των φυτοφαρμάκων στο οικοσύστημα εξαρτάται από τις ιδιότητες του υπολείματος, τη διαλυτότητα των ενώσεων τους, την αντοχή στις διασπάσεις (χημικές, φωτοχημικές, βιολογικές) και την τοξικότητά τους (Κουϊμτζής κ.ά., 1993). Η αντοχή και η παραμονή των υπολειμμάτων των φυτοφαρμάκων (εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, μυκητοκτόνα κ.λ.π.) και η μεταφορά τους από και διαμέσου του εδάφους αποτελεί τον πρώτο παράγοντα της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Οι χημικές αντιδράσεις και η φυσική μεταφορά των μορίων των φυτοφαρμάκων καθορίζουν επίσης τον βαθμό της ρύπανσης. Οι ενώσεις μεγάλης διαλυτότητας στο νερό και αντοχής στις διασπάσεις (χημικές, φωτοχημικές και βιολογικές) είναι αυτές που πολύ γρήγορα φτάνουν στα οικοσυστήματα σε μεγάλες ποσότητες. Αν οι παραπάνω ιδιότητες τους συνδυάζονται με την τοξικότητα και πιθανή καρκινογένεση, τότε συνιστούν ένα μεγάλο κίνδυνο για

το περιβάλλον. Τα στατιστικά από τις χρήσεις των φυτοφαρμάκων στη Ελλάδα τα τελευταία χρόνια (Δ/ση Φυτοπροστασίας του Υπουργείου Γεωργίας) δείχνουν ότι από τις τρεις βασικές κατηγορίες φυτοφαρμάκων, χρησιμοποιούνται σε καθαρή ουσία περίπου 3.250 τόνοι εντομοκτόνων, 3.440 τόνοι ζιζανιοκτόνων και 2.800 τόνοι οργανικών μυκητοκτόνων. Από το σύνολο των φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιούνται στη χώρα μας αυτά που εφαρμόζονται περισσότερο, έχουν ταχύτερη μεταφορά στο οικοσύστημα και συνδυάζουν σοβαρές επιπτώσεις όπως τοξικότητα, καρκινογένεση. (Κουϊμτζής κ.ά., 1993).

- **Εντομοκτόνα:** Η κυριότερη χημική κατηγορία εντομοκτόνων που χρησιμοποιείται σήμερα στην Ελλάδα είναι τα οργανοφωσφορικά (50% του συνόλου των εντομοκτόνων) τα οποία έχουν αντικαταστήσει τη χρήση των οργανοχλωριωμένων (5%). Μια άλλη σημαντική ομάδα εντομοκτόνων είναι τα καρβαμιδικά (7%). Τα περισσότερα εντομοκτόνα είναι νευροτοξικά και χαρακτηρίζονται από μεγάλη τοξικότητα. Έχει αποδειχθεί, ότι τα χλωριωμένα εντομοκτόνα διατηρούνται στο έδαφος δεκαετίες και ότι η συγκέντρωσή τους από τρισεκατομμυριοστά (ppb) στο υδάτινο περιβάλλον, μπορεί να βιομεγεθυνθεί 1.000.000 – 100.000.000 στους ιστούς των ασπόνδυλων, ψαριών, πτηνών και θηλαστικών και να φτάσει σε εκατομμυριοστά (ppm) σε ζωικούς οργανισμούς (Κουϊμτζής κ.ά., 1993).

- **Ζιζανιοκτόνα:** Η κυριότερη κατηγορία των ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα είναι οι τριαζίνες (27% του ολικού ποσού των ζιζανιοκτόνων). Η επόμενη κατηγορία είναι τα υποκατεστημένα παράγωγα της ουσίας (3%) και τα όξινα ζιζανιοκτόνα (8%). Τα περισσότερα ζιζανιοκτόνα θεωρούνται ήπια τοξικά, καθώς το LC50 κυμαίνεται μεταξύ 10 – 100 mg/l. Παρ' όλα αυτά δεν πρέπει να διαφεύγει της προσοχής ότι όλα είναι ειδικά τοξικά για τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, επειδή ακριβώς έχουν σχεδιασθεί ειδικά να καταστρέφουν φυτά και να εμποδίζουν την ανάπτυξή τους. Έτσι, είναι συνήθως πολύ τοξικά στα φυτά και σε όλους τους υπόλοιπους οργανισμούς (Κουϊμτζής και συν., 1993).

- **Μυκητοκτόνα:** Τα οργανικά μυκητοκτόνα από διάφορες χημικές κατηγορίες είναι συνήθως μέτρια τοξικά, εκτός του brenomyl και του captan που παρουσιάζονται άκρως τοξικά. Όλα τα μυκητοκτόνα είναι ειδικά τοξικά και τα κριτήρια της ποιότητας των νερών που έχουν διεθνώς θεσπισθεί τα θεωρούν ως πολύ τοξικά για τους οργανισμούς στα υδάτινα περιβάλλοντα.

Τόσο η ποσοτική όσο και η ποιοτική κατάσταση των υδατικών πόρων απαιτούν τη συστηματική μακροχρόνια παρακολούθηση τους (monitoring). Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες στην Ελλάδα από διάφορους Φορείς, ώστε να δημιουργηθούν βάσεις δεδομένων από μετρήσεις ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων σε επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους. Οι προσπάθειες αυτές όμως, ενώ ξεκινούσαν φιλόδοξα κάθε φορά, για διάφορους λόγους σταματούσαν μετά από μερικά χρόνια χωρίς συνέχεια. Φορείς οι οποίοι ασχολήθηκαν και ασχολούνται με τα θέματα της παρακολούθησης των υδάτων, είναι τα Υπουργεία Ανάπτυξης και Τροφίμων (πρώην Γεωργίας), Ανάπτυξης, Οικονομίας, ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., Υγείας καθώς επίσης και Υπηρεσίες όπως το ΙΓΜΕ, η ΔΕΗ, οι Ο.Τ.Α. και αποσπασματικά ιδιώτες.

Οι παραπάνω προσπάθειες έχουν χαρακτήρα αποσπασματικό με την έννοια ότι δε λαμβάνονται τακτικά, συστηματικά και οργανωμένα μετρήσεις, με αποτέλεσμα η σύγκριση των ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων του νερού να μην είναι εφικτή.

Αυτό που απαιτείται είναι η συνεχής και οργανωμένη παρακολούθηση σε όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Κάτι τέτοιο γίνεται εφικτό μόνο με την αυτοματοποιημένη παρακολούθηση (Monitoring). (Ψιλοβίκος, 2005)

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ-ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1.1. Γεωγραφικά στοιχεία

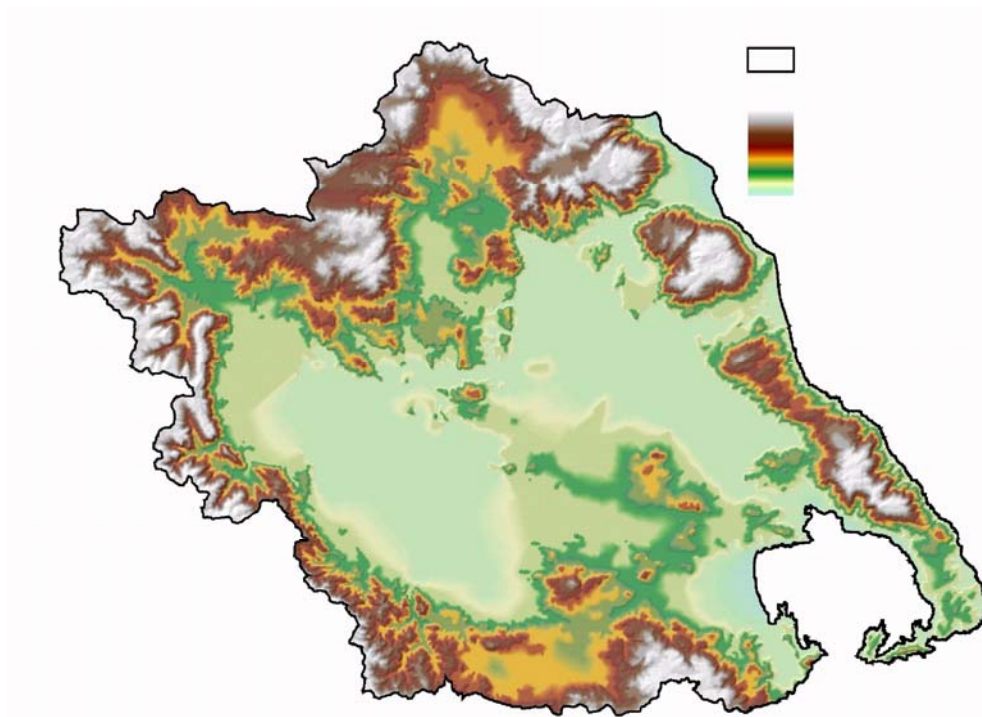
Η Θεσσαλία καταλαμβάνει το κεντρικό τμήμα της ηπειρωτικής Ελλάδας και αποτελεί αυτόνομη διοικητική περιφέρεια, όπου διοικητικά υπάγονται και οι Σποράδες εκτός από τη Σκύρο. Εκτείνεται από τη Στερεά Ελλάδα στα νότια ως την Μακεδονία στα βόρεια και την Ήπειρο στα δυτικά. Ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο πέλαγος. Στο Γεωγραφικό διαμέρισμα ανήκουν οι νομοί Λάρισας, Μαγνησίας, Καρδίτσας, Τρικάλων και αποτελεί τη μεγαλύτερη πεδινή έκταση της χώρας.



Εικόνα 6. Η περιφέρεια της Θεσσαλίας

Η πεδιάδα της Θεσσαλίας αποτελεί μία κλειστή λεκάνη, που περιβάλεται από παντού από ορεινούς όγκους. Βόρεια από τα Αντιχάσια, δυτικά από την οροσειρά της Πίνδου, νότια από το όρος Όθρυς και ανατολικά από τον Όλυμπο και Όσσα διαμέσου των οποίων ο ποταμός Πηνειός βρίσκει διέξοδο προς το Αιγαίο. Στα παλιά χρόνια, ολόκληρη η Θεσσαλία ήταν λίμνη, τριγυρισμένη παντού από βουνά. Η

περιοχή αποστραγγίστηκε από σεισμούς που προκάλεσαν ρήγμα στα σημερινά Τέμπη και χωρίστηκε η Όσσα από τον Όλυμπο, οπότε βρήκε διέξοδο προς την θάλασσα ο Πηνειός.



Εικόνα 7. Η Θεσσαλία τριγυρισμένη από Βουνά (Λιακόπουλος, 2006).

Ολόκληρη η πεδινή Θεσσαλία, πλην της λεκάνης της Κάρλας, αποστραγγίζεται από τον Πηνειό ποταμό, ο οποίος είναι ο αποδέκτης όλων σχεδόν των παραποτάμων και χειμάρρων που έχουν τις πηγές τους στην ορεινή Θεσσαλία.

Οι δευτερεύοντες κλάδοι του Πηνειού κατέρχονται από ολόκληρη την περιφέρεια της λεκάνης απορροής της δυτικής πεδιάδας εντός αυτής. Στην ανατολική λεκάνη, ο μόνος σημαντικός δευτερεύων κλάδος ο οποίος υφίσταται, είναι ο χείμαρρος Τιταρήσιος. Αναλυτικότερα, βόρεια της περιοχή των Αντιχασίων και Χασίων, το κυρίως υδατόρρεμα του Πηνειού, τροφοδοτείται κυρίως από τους ποταμούς Νεοχωρίτη, Ληθαίο και Μουργκάνι, και δυτικότερα προς την Πίνδο, από το χείμαρρο Μαλακασιώτη. Δυτικά από την ορεινή ζώνη της Νότιας Πίνδου, τροφοδοτείται κυρίως από τον Πορταϊκό ποταμό, δυτικά της Πύλης, από τον Πάμισο (ή Πλιούρη), δυτικά του Μουζακίου από το ρέμα Μέγα, και τους ποταμούς Καράμπαλη και

Καλέντζη, νότια της πόλης της Καρδίτσας.



Εικόνα 8. Ο π. Πηνειός αποδέκτης όλων των παραποτάμων (Γκούμας, 1996).

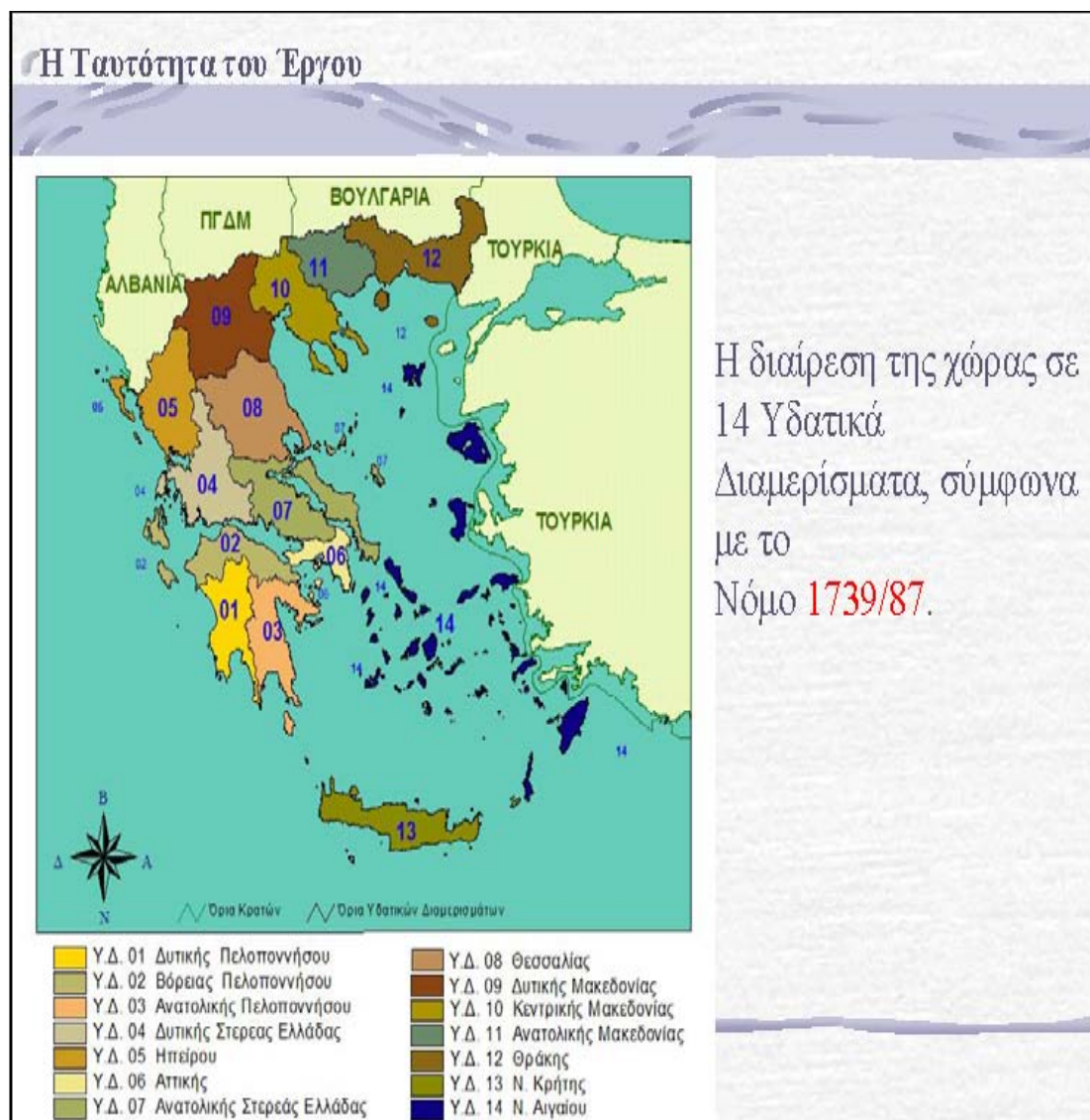
2.1.2. Υδατικοί Πόροι Θεσσαλίας.

2.1.3 Γενικά – Διαθέσιμοι Υδατικοί Πόροι.

Το υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας, συμπίπτει ουσιαστικά με την αντίστοιχη διοικητική περιφέρεια. Περιλαμβάνει βασικά τη λεκάνη απορροής του Πηνειού και την υπολεκάνη της Κάρλας.

Με βάση το Νόμο 1739/87 η Θεσσαλία αποτελεί το 8^ο Υδατικό Διαμέρισμα της Ελλάδας, με έκταση 13.377 km², αποτελείται από τις κύριες υδρολογικές λεκάνες του Πηνειού και της Κάρλας και τις δευτερεύουσες (παράκτιες) λεκάνες. Από υδρογεωλογικής πλευράς, στο υδατικό διαμέρισμα αναπτύσσονται οι προσχωματικοί υδροφορείς (στη δυτική και ανατολική λεκάνη) και οι καρστικές γεωλογικές ενότητες. Οι κύριοι υδατικοί πόροι της Θεσσαλίας είναι ο Πηνειός ποταμός, τα νερά του Ταυρωπού, οι νέοι Ταμιευτήρες Σμοκόβου (Καρδίτσα), Παναγιώτικο (Μαγνησία), πλήθος άλλων Ταμιευτήρων (πίνακας 1.) και οι υπόγειοι υδροφορείς

της. Οι ανάγκες σε νερό για όλες τις χρήσεις, δεν καλύπτονται από τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους και το υδατικό ισοζύγιο είναι ελλειμματικό. Οι συχνές συνθήκες ανομβρίας και η έλλειψη νερού, έχουν σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον, στον Πηγειό και τους υπόγειους υδροφορείς της.



Εικόνα 9. Τα 14 Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας, σύμφωνα με το Ν.1739/87.

Στο μεγαλύτερο μέρος της Θεσσαλίας η νετόπτωση ανέρχεται σε ετήσια βάση σε 500-750 mm, ενώ στην κεντρική Θεσσαλία στην περιοχή γύρω από την Λάρισα και στην λεκάνη της Κάρλας η μέση ετήσια νετόπτωση κυμαίνεται μεταξύ 250 mm και 500 mm, γεγονός που επιδρά καθοριστικά στο μεγάλο έλλειμμα νερού το οποίο επιδεινώνεται κατά την αρδευτική περίοδο.

Σε ότι αφορά τα υπόγεια νερά, η πεδιάδα της Θεσσαλίας διαχωρίζεται σε δύο κύριες αυτοτελείς υδρογεωλογικές λεκάνες (δυτική και ανατολική), με τρεις τύπους υδροφορίας (ελεύθερης πιεζομετρικής επιφάνειας, υπό πίεση & καρστικού) και με πρακτικά εκμεταλλεύσιμο υπόγειο υδατικό δυναμικό $400 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$ ($394 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$).

Πίνακας 1. Δυνατότητες απόληψης επιφανειακών νερών στη Θεσσαλία (10^6 m^3 ετησίως)

| Φράγμα Ταμιευτήρας | Δυνατότητα μέσης απόληψης | Για τροφοδοσία κόνου | Απώλειες | Απόληψη για να μην διαταραχθούν τα υπόγεια νερά |
|-------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------|--|
| Ταυρωπού | 76 | | | 76 |
| Σμόκοβο | 144 | 20 | 10 | 114 |
| Γυρτώνη | 55 | | | 55 |
| Κάρλα | 125 | | | 125 |
| Μουζάκι - Πύλη | 228 | 84 | 22 | 122 |
| Καλούδα | 62 | 30 | 2 | 30 |
| Παλιοδερλί | 63 | 15 | 5 | 43 |
| Νεοχώρι | 24 | 4 | 1 | 19 |
| Παλαιομονάστηρο | 30 | 14 | 1 | 15 |
| Φράγματα Πηνειού | 24 | | | 24 |
| Σύνολο | 831 | 167 | 41 | 623 |

Οι απολήψιμες ποσότητες επιφανειακών νερών που δε θα διαταράξουν τα υπόγεια νερά κατάντη των ταμιευτήρων, εμφανίζονται στον πίνακα 1. Μετά την αφαίρεση των ποσοτήτων για τροφοδοσία και τις απώλειες των ταμιευτήρων, προκύπτουν οι πραγματικές απολήψιμες ποσότητες επιφανειακού νερού, οι οποίες ανέρχονται σε $623 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως.

2.1.4. Ανάγκες της Θεσσαλίας σε νερό.

Εκτιμάται ότι για την ανεπαρκή άρδευση των εκτάσεων της Θεσσαλικής πεδιάδας σήμερα, χρησιμοποιούνται περίπου $750 \times 10^6 \text{ m}^3$ ($200\text{-}250 \times 10^6 \text{ m}^3$ επιφανειακά νερά και $500 - 550 \times 10^6 \text{ m}^3$ υπόγεια νερά).

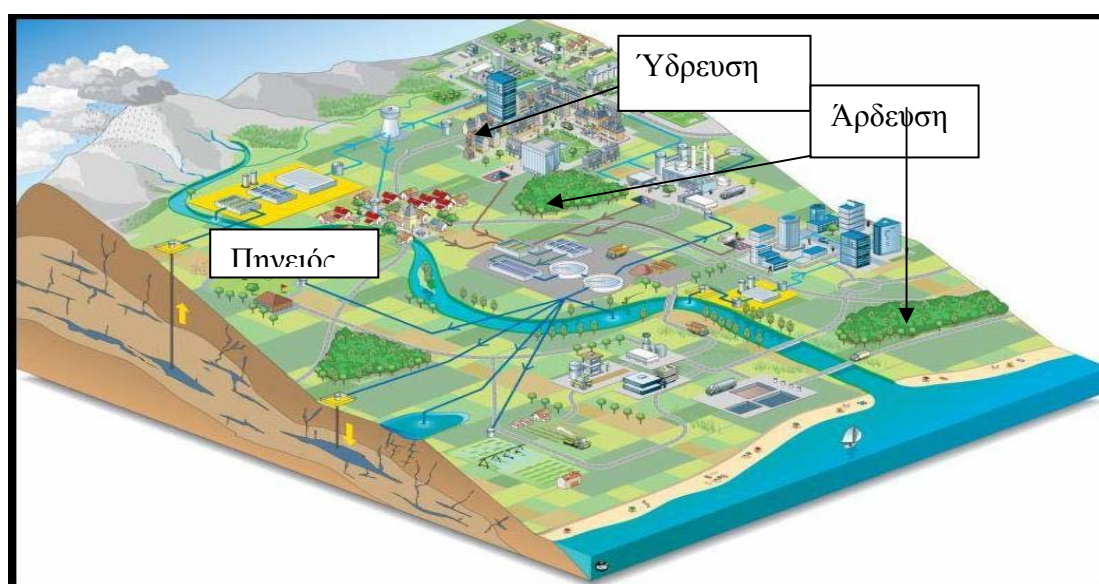
Σύμφωνα με την Μ.Π.Ε του Αχελώου και άλλες πρόσφατες μελέτες, οι ανάγκες σε νερό για όλες τις χρήσεις είναι τουλάχιστον $1.836 \times 10^6 \text{ m}^3$ και αναλύονται ως εξής:

α. Υδρευση: $80 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{y}$ (1995) έως $136 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{y}$ (2035).

β. Άρδευση: $1.600 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{y}$, για τις μελλοντικές ανάγκες της ήδη πλημμελώς αρδευόμενης έκτασης των 2.400.000 στρεμμάτων. Σε πρόσφατη μελέτη της Περιφέρειας Θεσσαλίας (2004), οι αρδευτικές ανάγκες για αρδευόμενη έκταση 2.634.000 στρέμματα υπολογίστηκαν σε $1.618 \times 10^6 \text{ m}^3$

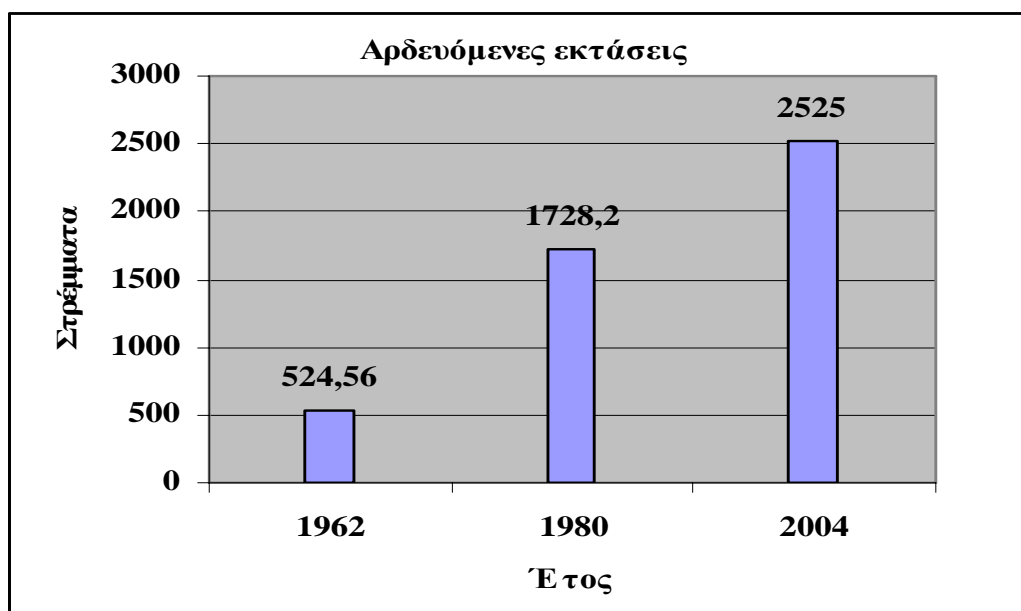
Οι απαιτήσεις εκτιμήθηκαν σε $400 \text{ m}^3 / \text{στρ.}$ με συντελεστές αποδοτικότητας (μεταφοράς και εφαρμογής) 0,48 για άρδευση με αυλάκια, 0,64 για καταιονισμό και 0,76 για στάγδην αντίστοιχα.

γ. Διατήρηση οικοσυστήματος Πηνειού: $100 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{y}$ για την διατήρηση των οικολογικών χαρακτηριστικών του Πηνειού, των εκβολών και των παραποτάμων του.



Εικόνα 10. Ανάγκες σε νερό μιας τυπικής λεκάνης απορροής, στη ζώνη του δέλτα.

Οι μελλοντικές ανάγκες της Θεσσαλίας σε νερό για τις διάφορες χρήσεις, εκτιμάται ότι δε θα μειωθούν. Οι αρδεύσεις στην θεσσαλική πεδιάδα θα συνεχισθούν και στο μέλλον, ανεξάρτητα από τις όποιες πολιτικές επιδοτήσεων ή αναδιαρθρώσεων επιβάλλει η Ε.Ε. (με την νέα Κ.Α.Π.). Η πρόβλεψη είναι ότι η καλλιέργεια του βάμβακος παραμένει ως επικρατέστερη καλλιέργεια στη Θεσσαλία. Αλλά ακόμη και εάν αντικατασταθεί σε ένα βαθμό (είναι πιθανό στο πλαίσιο της νέας ΚΑΠ) με άλλες, όπως τα κτηνοτροφικά φυτά, τα ενεργειακά ή τα κηπευτικά, δε θα είναι εφικτή η εξοικονόμηση σημαντικής ποσότητας νερού, αφού ορισμένες από τις καλλιέργειες αυτές, είναι εξίσου αν όχι περισσότερο υδροβόρες (καλαμπόκι, μηδική).



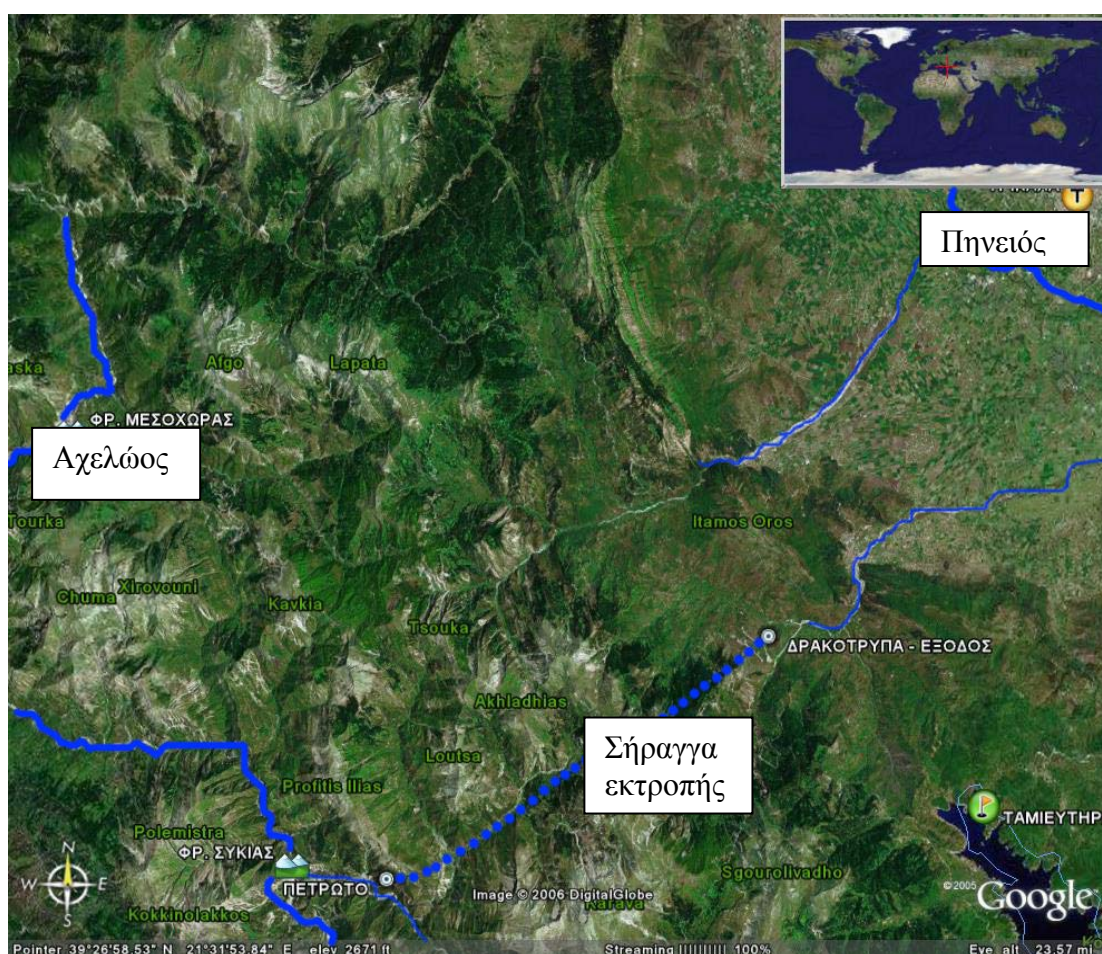
Εικόνα 11. Αρδευόμενες εκτάσεις Θεσσαλίας.

2.1.5. Υδατικό Ισοζύγιο.

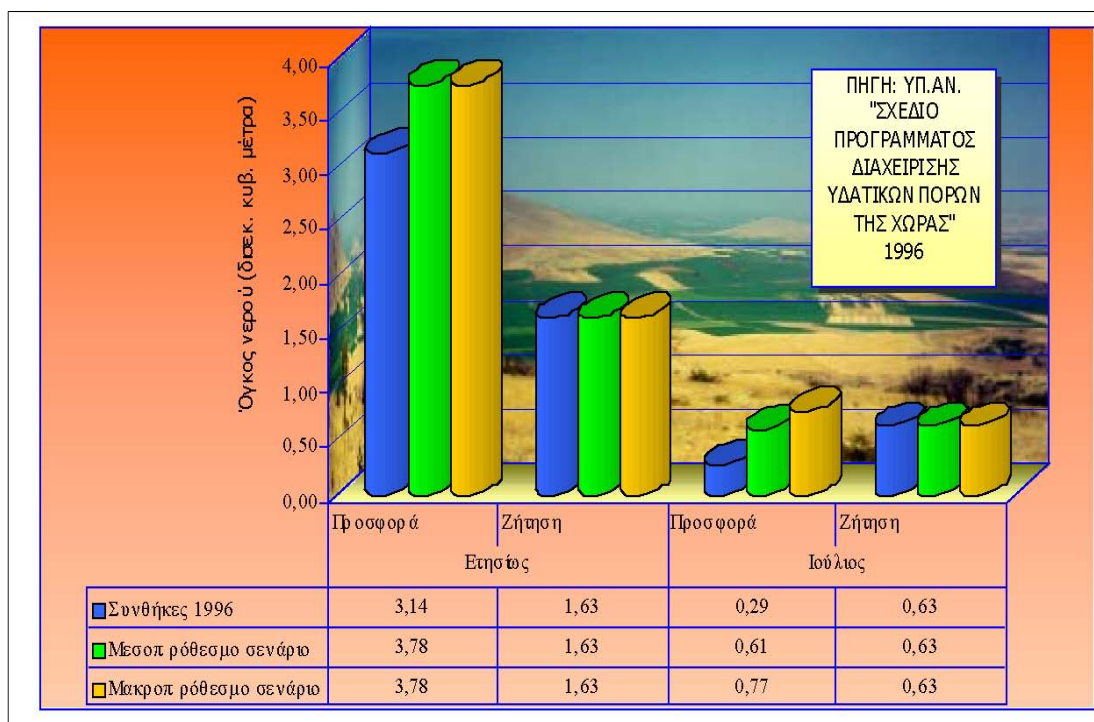
Το πρακτικώς εκμεταλλεύσιμο υδατικό δυναμικό (με την κατασκευή όλων των ταμιευτήρων, που δε θα δημιουργήσουν σοβαρά περιβαλλοντικά ή τεχνικά προβλήματα), είναι της τάξης των $623 \times 10^6 \text{m}^3$ ετησίως για το σύνολο της Θεσσαλίας. Εάν σε αυτά προστεθούν και $400 \times 10^6 \text{m}^3$, που είναι η ποσότητα του υπόγειου νερού που μπορεί να αντληθεί με ασφάλεια ετησίως, τότε διατίθενται συνολικά $1023 \times 10^6 \text{m}^3$. Δεδομένου ότι οι ετήσιες ανάγκες σε νερό υπολογίζονται σε

$1836 \times 10^6 \text{ m}^3$, τότε προκύπτει ένα έλλειμμα της τάξης των $800 \times 10^6 \text{ m}^3$ ($1836 - 1023 = 813 \times 10^6 \text{ m}^3$).

Από τα υδατικά ισοζύγια και άλλων μελετών που έγιναν πρόσφατα (Περιφέρεια Θεσσαλίας - 2005), φαίνεται ότι το έλλειμμα μόνο στη λεκάνη του Πηνειού, με συντηρητικές εκτιμήσεις, κυμαίνεται μεταξύ 750 και $1000 \times 10^6 \text{ m}^3$, ενώ με την προσθήκη και των ελλειμμάτων της λεκάνης της Κάρλας (μέσο έλλειμμα $125 \times 10^6 \text{ m}^3$) και των 4 παράκτιων λεκανών (Λάρισας, Μαγνησίας, Βόλου και Αλμυρού), το συνολικό έλλειμμα του υδατικού διαμερίσματος αυξάνεται κατά $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ περίπου. Αυτό σημαίνει ότι ακόμη και η μεταφορά νερού από άλλο υδατικό διαμέρισμα ($600 \times 10^6 \text{ m}^3$ από τον άνω ρου του Αχελώου), δε θα αντιμετωπίσει το πρόβλημα στο σύνολο του.



Εικόνα 12. Περιοχή εκροπής του Αχελώου.

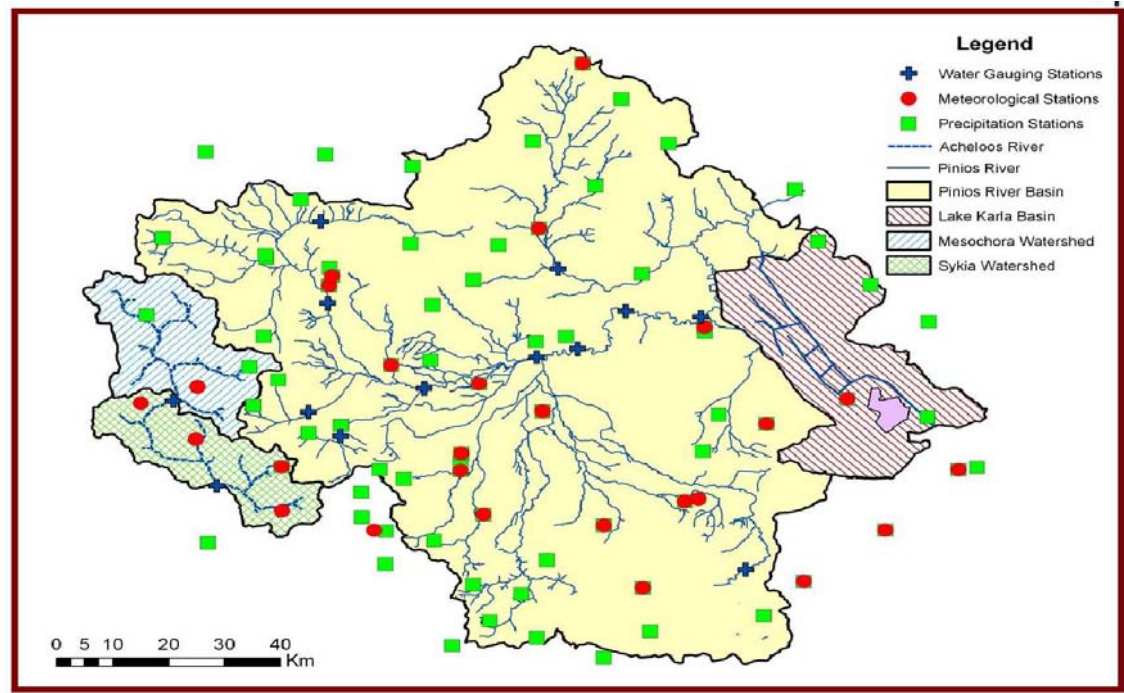


Εικόνα 13. Σενάρια αναγκών σε νερό στη Θεσσαλία (Στοιχεία από: Υπ. Αν., Ε.Μ.Π., Ι.Γ.Μ.Ε., «Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Χώρας» 1996)

2.1.6. Λεκάνες απορροής Πηνειού και Κάρλας.

Η κυριότερη λεκάνη απορροής της Θεσσαλίας είναι αυτή του ποταμού Πηνειού και των παραποτάμων του, με έκταση 9747 km². Οι δύο μεγαλύτερες λεκάνες του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας είναι οι λεκάνες του Πηνειού και της Κάρλας.

Η λεκάνη του Πηνειού οριοθετείται ανατολικά από τον Κίσαβο (Όσσα), βόρεια από τον ορεινό όγκο του Άνω Ολύμπου, βορειοδυτικά από τα διοικητικά όρια της Θεσσαλίας, δυτικά και νοτιοδυτικά από την οροσειρά της Πίνδου ανατολικά από τη λεκάνη της Κάρλας και νοτιοανατολικά από τα διοικητικά όρια του νομού Μαγνησίας.



Εικόνα 14. Η λεκάνη απορροής, του Πηνειού ποταμού, Κάρλας, Μεσοχώρας και Συκιάς (Λουκάς, 2002).

2.1.7 Περιγραφή της μορφολογίας της λεκάνης της Κάρλας.

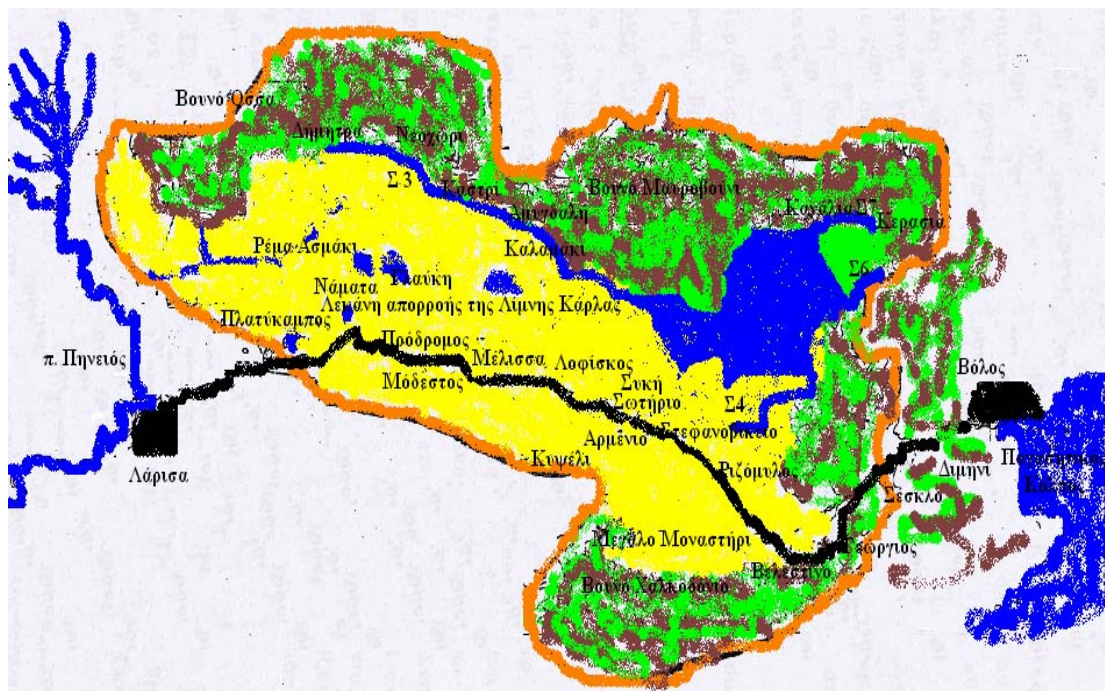
Η μορφολογία της λεκάνης απορροής της Κάρλας μπορεί να περιγραφεί από τα παρακάτω στοιχεία.

- Το έδαφος είναι ομαλό με κλίσεις μικρότερες του 1%, ενώ στα άκρα συναντώνται κλίσεις μέχρι και 5%
- Στην περιοχή της πρώην λίμνης, οι κλίσεις του εδάφους είναι πρακτικά ανύπαρκτες.
- Το χαμηλότερο υψόμετρο της περιοχής της Κάρλας είναι +44 που είναι το ελάχιστο υψόμετρο της Θεσσαλικής πεδιάδας.
- Τα μέγιστα υψόμετρα της περιοχής της Κάρλας φθάνουν στο +52 και κατά τόπους μέχρι +56 και +58.
- Ο πυθμένας της λίμνης παρουσιάζει καλή στεγανότητα, ενώ παρουσιάζονται διαρροές σε τμήματα της φυσικής περιμέτρου της λίμνης.
- Ο ταμιευτήρας των 38Km² χωροθετείται στο χαμηλότερο τμήμα της πρώην λίμνης Κάρλας κοντά στο χωριό Κανάλια.

- Ο ταμιευτήρας καταλαμβάνει σε μέγιστο ποσοστό εκτάσεις του Δημοσίου και έτσι δεν υπάρχει πρόβλημα απαλλοτριώσεων.

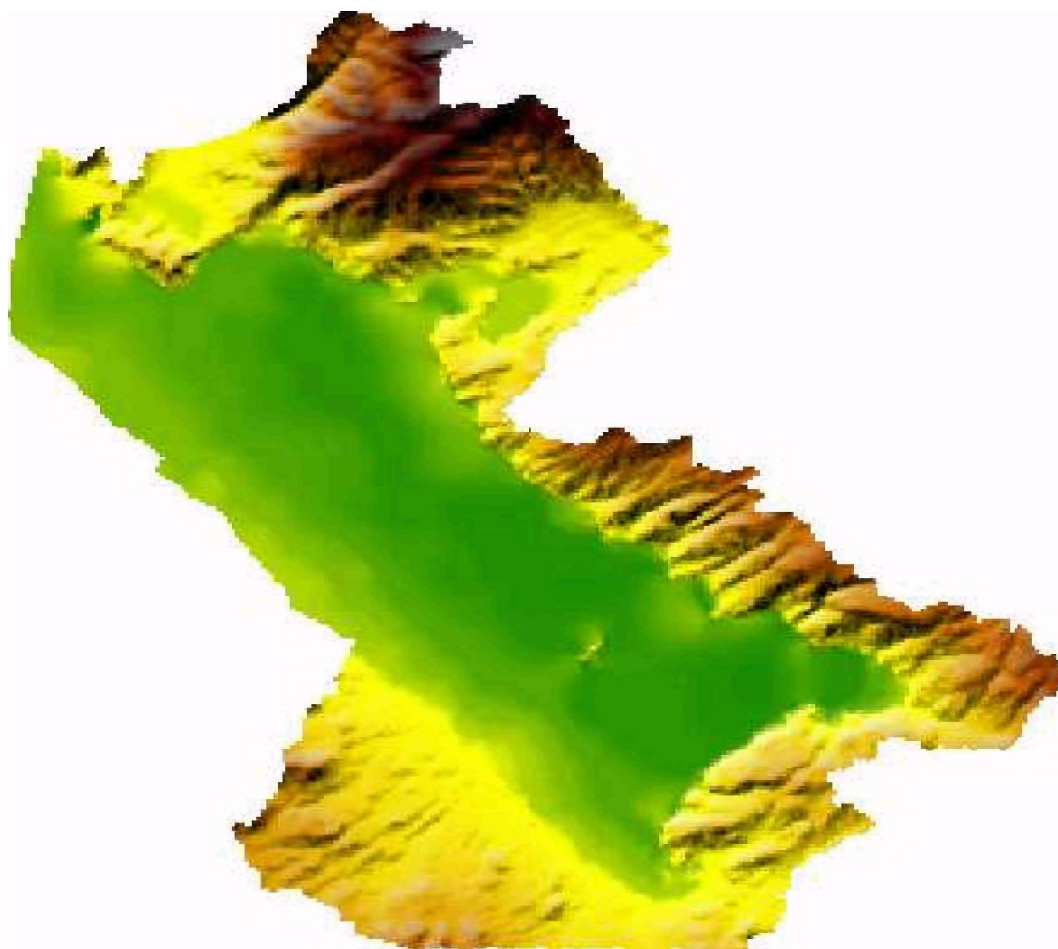
- Τα εδάφη που θα κατακλύσει είναι υποβαθμισμένα και κατώτερης ποιότητας.

Η φυσική λεκάνη απορροής της Κάρλας έχει συνολική έκταση 1663 Km² και βρίσκεται στο ΝΑ άκρο της πεδιάδας της Λάρισας και παρουσιάζει μορφή κλειστής επιμήκους λεκάνης μήκους 35 Km και πλάτους 9-15 Km.



Εικόνα 15. Λεκάνη απορροής της Λίμνης Κάρλας.

Η λεκάνη έχει όρια στο Βορρά τον ποταμό Πηνειό και τον ορεινό όγκο της Όσσας, αν και το βόρειο και βορειοδυτικό όριο της παλαιάς λίμνης δεν ήταν σαφώς ορισμένο, αφενός γιατί η πλευρά αυτή της λίμνης εκτεινόταν εντός καλλιεργήσιμων και πεδινών εκτάσεων και αφετέρου γιατί η στάθμη της, ανάλογα με τις βροχοπτώσεις και τις υπερχειλίσεις του Πηνειού ποταμού, παρουσίαζε μεγάλες ετήσιες διακυμάνσεις που μεταφράζονταν σε πολλά τετραγωνικά χιλιόμετρα, τα οποία την μία χρονιά ήταν καλυμμένα με νερό και την άλλη ήταν στεγνά. Στην Ανατολή τους ορεινούς όγκους του Μαυροβουνίου και του Πηλίου, στο Νότο το Χαλκοδόνιο όρος και το Μεγαβούνι και στη Δύση το Φυλλήιον όρος.



Εικόνα 16. Ψηφιακό μοντέλο εδάφους της λίμνης Κάρλας (Λουκάς, 2002).

2.1.8. Λίμνη Κάρλα.

Η συνήθης έκταση της λίμνης ανερχόταν μέχρι το πολύ 65,0 Km², ενώ έχουν αναφερθεί και περιπτώσεις που η έκταση της λίμνης ανήλθε σε 180,0 Km² (χειμώνας 1920-21). Η λίμνη ήταν αβαθής (2 έως 6m) και είχε πλούσια υδρόβια βλάστηση, μεγάλους πληθυσμούς από όλα σχεδόν τα ευρωπαϊκά παρυδάτια είδη πουλιών και ήταν από τις παραγωγικότερες σε αλιεύματα κυπρίνων (γριβάδι) περιοχές της Ελλάδας. Διοικητικά η περιοχή υπάγεται στους νομούς Λαρίσης και Μαγνησίας.

Η αρχαία λίμνη Βοιβηής (νεοελληνική ονομασία Κάρλα) κατελάμβανε το χαμηλότερο και νοτιότερο άκρο της υδρογεωλογικής λεκάνης στο νοτιοανατολικό τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας.



Εικόνα 17. Η Θέση και η έκταση της λίμνης Κάρλα.

Η λίμνη δεχόταν σημαντικές εισροές γλυκού νερού διότι, πέρα από τα νερά της λεκάνης απορροής της, ήταν αποδέκτης μέρους της πλημμυρικής παροχής του Πηνειού μέσω του ρεύματος Ασμάκι.

Ωστόσο, η ανάγκη για την αντιπλημμυρική προστασία της περιοχής και την απόκτηση γεωργικών εκτάσεων, αποτέλεσαν την αιτία για να εκπονηθούν μελέτες αποστράγγισης της λίμνης και της δημιουργίας ενός μικρότερου ταμιευτήρα σε τμήμα της. Όμως, η παραπάνω διαδικασία δεν είχε τα επιθυμητά αποτελέσματα, καθώς όταν το 1962 ολοκληρώθηκε η αποστράγγιση της λίμνης, όχι μόνο δε λύθηκαν τα προβλήματα της περιοχής, αλλά αντιθέτως, δημιουργήθηκαν πρόσθετα προβλήματα κοινωνικού, περιβαλλοντικού και οικολογικού χαρακτήρα.

Η λίμνη αποξηράνθηκε το 1962 με την κατασκευή σήραγγας που διοχέτευσε τα νερά της στον Παγασητικό κόλπο.

Τα δυσμενή αποτελέσματα της αποξήρανσης ήταν:

1. Εξαιρετικά δυσμενείς επιπτώσεις στη χλωρίδα την πανίδα και τα οικοσυστημικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Με την αποξήρανση της λίμνης χάθηκε και το μεγαλύτερο ποσοστό της υδρόβιας βλάστησης και ορισμένα είδη αυτής έχουν τελείως εξαφανισθεί. Όλες οι φυτοκοινωνίες στην περιοχή της λίμνης έχουν υποβαθμιστεί. Η υποβάθμιση αυτή, σε συνδυασμό με τις ανθρώπινες επιδράσεις, περιέλαβε κυρίως την καταστροφή των δασών. Οι επιπτώσεις όμως στον δασικό πλούτο δεν μπορούν να εκτιμηθούν με ακρίβεια.

Ο υγρότοπος της Κάρλας δεν ρύθμιζε μόνο την ορνιθοπανίδα στη λίμνη και τις όχθες της, αλλά και σε πολύ ευρύτερη περιοχή από το ρόλο που διαδραμάτιζε στους κύκλους των μεταναστευτικών πτηνών. Η ορνιθοπανίδα είναι ο συντελεστής του οικοσυστήματος που δέχθηκε τις μεγαλύτερες επιπτώσεις από την αποξήρανση. Τα μεταναστευτικά πουλιά (450.000 περίπου είδη) έχασαν το σταθμό παραμονής τους κατά τους μεταναστευτικούς κύκλους, γεγονός που σίγουρα προκαλεί πολύ ευρύτερες επιπτώσεις στην οικολογική ισορροπία της χώρας μας.

Εξαφάνισε τον πληθυσμό των ψαριών που ήταν άφθονα σε αριθμό και είδος, σε όλη την έκταση της λίμνης. Μικρός αριθμός αυτών απαντάται σήμερα μόνο σε ορισμένα στραγγιστικά κανάλια και μικροταμιευτήρες, που έχουν στο μεταξύ κατασκευαστεί. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η επιβάρυνση των καναλιών με απόβλητα και γεωργικές εκπλύσεις καθιστά προβληματική την αξιοποίηση των ψαριών που απέμειναν γιατί, σύμφωνα με τις μαρτυρίες των κατοίκων και όταν είναι δυνατή η αλιεία, τα ψάρια έχουν δυσάρεστη οσμή. Η εξαφάνιση της πανίδας της λίμνης έχει ακόμα σαν αποτέλεσμα την απώλεια βιομάζας από την περιοχή, που σε συνδυασμό με τον μικρό χρόνο παραμονής των υδάτων στα κανάλια, δεν επιτρέπει τη βιολογική αποικοδόμηση οργανικών και χημικών φορτίων του εδάφους.

Μειώθηκε σημαντικά ο αριθμός των ζωικών ειδών, ενώ εξαφανίστηκαν ο λύγκας και το μοναδικό υγροτοπικό είδος, η βίδρα. Οι επιπτώσεις από τη μείωση της πανίδας είναι ήδη υπολογίσιμες σε έκταση και αριθμό ειδών.

2. Υποβάθμιση της αισθητικής του τοπίου.
3. Επιπτώσεις στην ποσότητα των υπόγειων υδατικών πόρων (υπεραντλήσεις, εξάντληση του υπόγειου υδροφορέα).

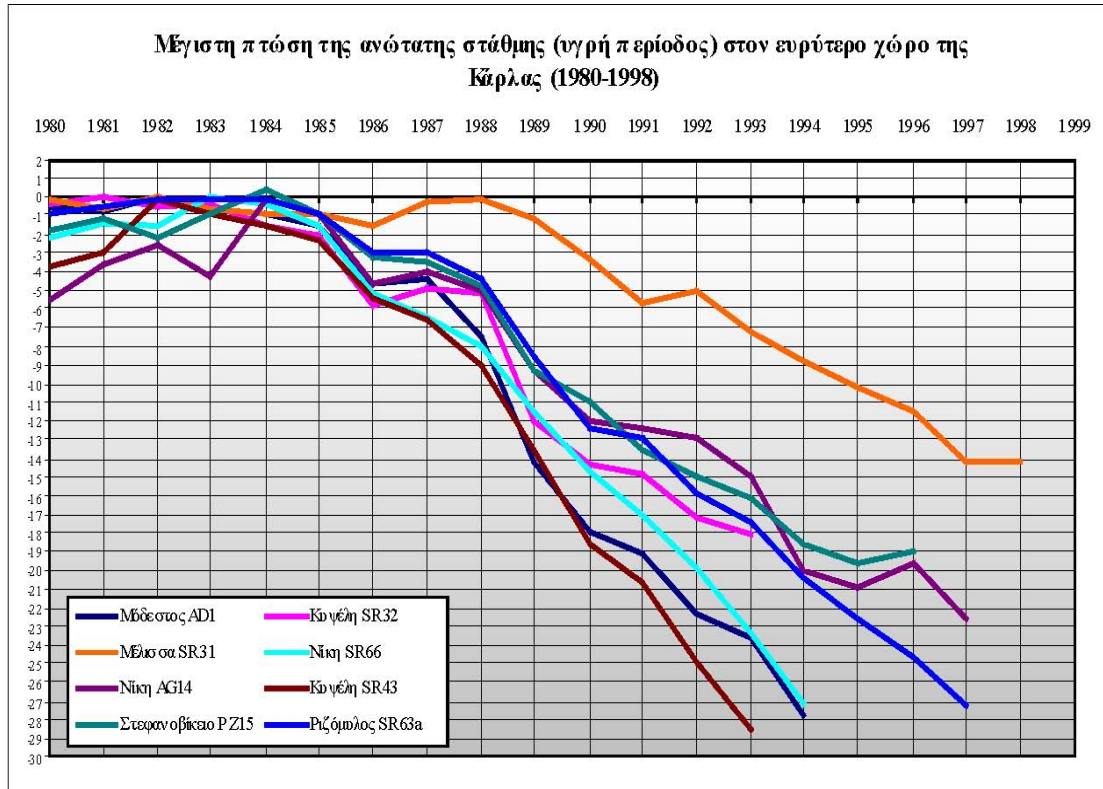
Η εξαφάνιση της λίμνης Κάρλας, που δεχόταν τα νερά της λεκάνης απορροής στο ανατολικό τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας, δημιούργησε προβλήματα στην υπόγεια υδροφορία. Η άμεση παροχέτευση προς τη θάλασσα μεγάλου ποσοστού κατακρημνίσεων είχε σαν επακόλουθο τη σοβαρή υποβάθμιση σε ποσοτικό και ποιοτικό επίπεδο των υδατικών πόρων. Η απομάκρυνση της επιφανειακής απορροής της λεκάνης προς τη θάλασσα έχει εκτιμηθεί ότι οδηγεί σε απώλεια περίπου $63 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού ετησίως. Το αποτέλεσμα του περιορισμού του εμπλουτισμού των υπόγειων νερών είναι η συνεχής πτώση της υπόγειας στάθμης σε μεγαλύτερα βάθη. Η πτώση της στάθμης επιδεινώνεται και λόγω της υπεράντλησης, που είναι αποτέλεσμα της έλλειψης επιφανειακού νερού.

Η ανεξέλεγκτη ανόρυξη γεωτρήσεων για αρδευτική, οικιακή και βιομηχανική χρήση, που ξεπερνούν σήμερα σε βάθος τα 200m, οδήγησε στην υπερεκμετάλλευση του υπόγειου υδροφορέα, η οποία σε συνδυασμό με την παρατεταμένη ξηρασία των τελευταίων ετών, εξάντλησε σε επικίνδυνο βαθμό το υπόγειο υδατικό δυναμικό της περιοχής με άμεσο κίνδυνο την είσοδο θαλασσινού νερού. Το θαλάσσιο μέτωπο έχει εισχωρήσει στον υπόγειο υδροφορέα, με αποτέλεσμα την υφαλμύρωση του νερού, ιδιαίτερα στην περιοχή του Στεφανοβικείου. Επίσης εμφανίστηκαν προβλήματα ρύπανσης των υπόγειων υδάτων από ενστάλαξη λιπασμάτων και γεωργικών φαρμάκων και από διήθηση μέσα σε γεωλογικά στρώματα απ' όπου μεταφέρονται άλατα στο έδαφος, τα οποία λειτουργούν ως ρυπαντές.

Πίνακας 2. Περιοδικές μετρήσεις στάθμης πιεζόμετρων Ευρύτερης περιοχής Κάρλας

| A/A | Πιεζόμετρο | Δήμος κοινότητα | Περίοδος παρατηρήσεων | Συνολική πτώση στάθμης (m) | Παρατηρήσεις |
|-----|------------|-----------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| 1. | E3 | Βελεστίνο | 4/72-8/90 | 19,12 | |
| 2. | AO12 | Γλαυκή | 9/79-12/97 | | APT – χωρίς μετρήσεις 8/85-2/88 |
| 3. | AO12α | Γλαυκή | 9/79-12/97 | 0,31 | Καταστράφηκαν APT |
| 4. | Π6Δ | Ελευθέριο | 6/74-11/98 | -0,42 | Πουώνα |
| 5. | 5K35 | Ελευθέριο | 11/72-11/98 | 0,27 | -II- |
| 6. | 27-9=402 | Καλαμάκι | 5/72-7/94 | 5,4 | 91-92 Χωρίς μέτρηση |
| 7. | PZ64* | Καλαμάκι | 2/80-11/98 | 6,55 | |
| 8. | 3K68* | Καλαμάκι | 9/76-11/98 | 2,23 | Πουώνα |
| 9. | I B202* | Καλαμάκι | 8/79-11/98 | 3,95 | |
| 10. | PZ65* | Καλαμάκι | 11/80-11/98 | 8,32 | |
| 11. | PZ45* | Καστρί | 4/80-11/98 | 7,43 | |
| 12. | 5K32 | Κωυέλη | 12/72-11/98 | 75,13 | Πουώνα |
| 13. | 3K43 | Κωυέλη | 10/73-11/98 | 50,82 | |
| 14. | PZ68 | Μ. Μοναστήρι | 2/80-4/94 | 18,07 | Μετά σταθμ/φος του Πανεπ. Θεσ/νίκης |
| 15. | 5K77 | Μελισοχώρι | 6/74-11/98 | 22,26 | = |
| 16. | 5P31 | Μέλισσα | 5/73-11/98 | 34,94 | APT (-) |
| 17. | PZ67 | Μέλισσα | 3/80-11/98 | 10,58 | |
| 18. | A011 | Μόδεστος | 12/72-11/98 | 37,43 | APT(-) Σταθμ/γράφος |
| 19. | PZ50 | Νάματα | 3/80-11/98 | 0,93 | APT (-) |
| 20. | 5K66 | Νίκη | 10/73-12/97 | 16,51 | |
| 21. | A014 | Νίκη | 12/11/98 | 21 | Σταθ/φος APT (-) |
| 22. | 5P72 | Ομορφ/χώρι | 1/74-11/98 | 27,63 | Βουλωμ. 7/89-10/90 |
| 23. | 5K60 | Ομορφ/χώρι | 5/84-10/97 | 20,73 | |
| 24. | PZ7 | Πλασιά | Σταθμηγράφος | 7,29 | APT (-) |
| 25. | PZ7α | Πλασιά | 3/84-11/98 | 2,97 | APT (-) . |
| 26. | 3K29 | Πλατύκαμπος | 12/72-11/98 | 34,7 | |
| 27. | δK63α | Ριζόμυλος | 0/73-11/98 | 21,68 | Βαθύ - Πομόνα 8μ. |
| 28. | 3K63& | Ριζόμυλος | 10/73-11/98 | 18,65 | Ρηγό - Πομόνα |
| 29. | AΘ17 | Ριζόμυλος | 9/93-11/98 | | ΙΓΜΕ |
| 30. | A<317α | Ριζόμυλος | 12/72-8/96 | 49,69 | |
| 31. | PZ15 | Στεφανοβίκειο | 1/74-11/98 | 44,78 | APT (-) |
| 32. | A015α | Στεφανοβίκειο | 12/72-4/94 | | Βουλωμένο |
| 33. | IB310 | Στεφανοβίκειο | 8/80-12/97 | 31,13 | |
| 34. | A013 | Στεφανοβίκειο | 6/84-8/90 | 18,34 | |
| 35. | A013α | Στεφανοβίκειο | 12/72-11/98 | 6,03 | |
| 36. | AO15 | Στεφανοβίκειο | 6/84-4/90 και | 4,79 | Τέλος μετρήσεων |
| 37. | A016 | Χάλκη | 12/92-11/98 | 18,38 | |
| 38. | A016α | Χάλκη | 12/72-6/89 | | |
| 39. | Π17Α | Χάλκη | 10/73-5/96 | 20,17 | |
| 40. | 3K30 | Χάλκη | 12/72-11/98 | 37,81 | |

Τέλος, η παρατηρούμενη πτώση της στάθμης και η άντληση από μεγαλύτερα βάθη από όσα αρχικά είχαν προβλεφθεί, ξεπέρασαν το όριο της οικονομικής ευστάθειας των γεωτρήσεων.



Εικόνα 18. Μέγιστη πτώση της ανώτατης στάθμης (υγρή περίοδος) στον ευρύτερο χώρο της Κάρλας 1980-1998. Πηγή στοιχείων YEB Λάρισας.

4. Επιβάρυνση της ποιότητας των υπόγειων υδατικών πόρων.
5. Επιπτώσεις στην ποσότητα και την ποιότητα των επιφανειακών υδατικών πόρων
6. Επιπτώσεις στην ποιότητα των νερών του Παγασητικού ο οποίος δέχεται σήμερα το σύνολο του ρυπαντικού φορτίου από την περιοχή της Κάρλας.

Οι επιπτώσεις της αποξήρανσης της Κάρλας επηρεάζουν τον Παγασητικό Κόλπο, όπως φαίνεται από τη μεταβολή της θάλασσας στο σημείο εκβολής του αγωγού της Κάρλας, όπου παρατηρούνται αποθέσεις φερτών υλικών που μεταφέρει ο αγωγός, τα οποία συνδυάζονται με υψηλά ρυπαντικά φορτία. Στη λεκάνη απορροής της Κάρλας κυριαρχούν οι λεγόμενες δυναμικές καλλιέργειες που απαιτούν διαρκώς αυξανόμενες ποσότητες λιπασμάτων και φαρμάκων, γεγονός που επιτείνει το ήδη υπάρχον

πρόβλημα της ρύπανσης επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Τα γεωργικά φάρμακα που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες, διασπώνται σε απλούστερες ενώσεις σε χρόνο μεγαλύτερο των 13 ημερών. Πιο γρήγορα αποικοδομούνται τα ισχυρά φάρμακα που είναι και πιο δραστικά και πιο τοξικά, όμως ποτέ γρηγορότερα από 12 ημέρες. Ένας μέσος χρόνος μεταφοράς απορροών από τη μέση λεκάνη απορροής έως την έξοδο είναι 4 ημέρες. Άρα, ακόμα και το ταχύτερα διασπώμενο φάρμακο εξέρχεται από τη λεκάνη στον Παγασητικό χωρίς να έχει αποικοδομηθεί πλήρως.



Εικόνα 19. Ρυπαντικά φορτία μέσω της σήραγγας μεταφέρονται στον Παγασητικό.

Περισσότερο έντονο είναι το φαινόμενο την άνοιξη, όταν οι βροχοπτώσεις είναι μικρής διάρκειας και δε γίνεται μεγάλη αραίωση, ενώ τότε γίνονται και οι περισσότεροι ψεκασμοί. Η επέκταση των καλλιεργούμενων εκτάσεων σε νέες περιοχές, η εντατική χρήση λιπασμάτων και γεωργικών φαρμάκων, με την παράλληλη ανάπτυξη της βιομηχανικής δραστηριότητας στην ευρύτερη περιοχή, ήταν φυσικό να αυξήσουν την ποσότητα των ρύπων από σημειακές και μη σημειακές πηγές. Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν την περίοδο 1983-1987, έδειξαν ότι το συνολικό ρυπαντικό φορτίο που καταλήγει μέσω του αποχετευτικού δικτύου και της

σήραγγας της Κάρλας στον Παγασητικό Κόλπο, ισοδυναμεί με λύματα πόλεως με πληθυσμό που κυμαίνεται από 46.000 έως 172.000 κατοίκους. Το γεγονός αυτό έχει προκαλέσει τις έντονες διαμαρτυρίες των κατοίκων του Βόλου. Η επίπτωση αυτή δείχνει την ανεπάρκεια της αρχικής μελέτης αποξήρανσης σε σχέση με τις περιβαλλοντικές συνέπειες της επιλογής της συγκεκριμένης θέσης της σήραγγας, με αποτέλεσμα την επιβάρυνση ενός κλειστού κόλπου με υψηλά ρυπαντικά φορτία.

Άμεση συνέπεια της ρύπανσης που προκαλούν στον Παγασητικό οι απορροές της λεκάνης της Κάρλας είναι και η εμφάνιση πλαγκτού, η οποία αν και δεν είναι ασυνήθιστο φαινόμενο για κλειστές θάλασσες το 1997 πήρε μεγαλύτερες διαστάσεις. Οι διαστάσεις του φαινομένου ήταν τόσο μεγάλες που προκάλεσε και την κινητοποίηση της GREENPEACE. Την εμφάνιση του φαινομένου ευνόησαν οι παρατεταμένες βροχοπτώσεις, η απότομη άνοδος της θερμοκρασίας, η γύρη, τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα που μεταφέρθηκαν από την Κάρλα μέσω της σήραγγας στον Παγασητικό.

7. Επιπτώσεις στην ποιότητα των εδαφικών πόρων (ρωγματώσεις, καθιζήσεις, παθογενή εδάφη).

Μετά την αποξήρανση της λίμνης Κάρλας εμφανίζονται ρήγματα εδάφους στην ευρύτερη περιοχή. Τα ρήγματα έχουν μεγάλο βάθος, το πλάτος τους ξεπερνά πολλές φορές το μισό μέτρο και έχουν μήκος που συχνά ξεπερνά τα 300 μέτρα. Διασχίζουν καλλιεργημένες εκτάσεις, οικισμούς και «σχιζούν» στα δύο χωράφια, δρόμους, πλατείες και σπίτια. Οι κάτοικοι των οικισμών ζουν με το φόβο μήπως ξαφνικά το σπίτι τους σχιστεί στα δύο. Ήδη στους οικισμούς Ριζόμυλου και Στεφανοβικείου κατοικίες έχουν εγκαταλειφθεί γιατί χτυπήθηκαν από τα παραπάνω ρήγματα. Η εμφάνιση των ρηγμάτων αποδίδεται στην μεγάλη πτώση της στάθμης των υπόγειων υδροφορέων λόγω της υπεράντλησης μέσω των γεωτρήσεων και της έλλειψης της λίμνης, η οποία τροφοδοτούσε τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες.



Εικόνα 20. Η κατάσταση του εδάφους μετά την αποξήρανση .

8. Εξάντληση υπόγειων υδατικών αποθεμάτων με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η υδροδότηση του Βόλου.
9. Εξαφάνιση ενός τομέα της πρωτογενούς παραγωγής την αλιεία, ο οποίος ήταν εξαιρετικά δυναμικός σε όλη τη διάρκεια της ιστορικής της διαδρομής και εξαφανίστηκε με την αποξήρανση της λίμνης.

Η παραγωγή της Κάρλας σε ψάρια ανερχόταν σε 900 τόννους το χρόνο και αφορούσε 10 είδη ψαριών με 3 κύρια εμπορικής αξίας είδη. Με την αποξήρανση της λίμνης χάθηκε η ιχθυοπαραγωγή, ενώ 1.000 περίπου ψαράδες, οι οποίοι συναίνεσαν στην

αποξήρανση προσδοκώντας απόκτηση γεωργικής γης, έχασαν την απασχόληση τους. Παράλληλα, έχασαν την απασχόληση τους και άλλα άτομα που ζούσαν βοηθητικά από τη λίμνη, καθώς και όσοι συμμετείχαν στο δίκτυο διακίνησης και εμπορίας των αλιευόμενων ειδών σε ολόκληρη τη Θεσσαλία.

10. Εμφάνιση πληθυσμιακής συρρίκνωσης των ασθενέστερων οικονομικά οικισμών
Η αύξουσα πορεία του πληθυσμού της παρακάρλιας περιοχής στη δεκαετία 1951-1961 (αύξηση 12,6%) ανακόπτεται μετά την αποξήρανση της λίμνης και εμφανίζεται μια σημαντική μείωση στη δεκαετία 1961-1971 (μείωση 9,2%), η οποία επαναφέρει το σύνολο των κατοίκων στα επίπεδα του 1951. Η φθίνουσα αυτή πορεία συνεχίζεται, ηπιότερη όμως, και στη δεκαετία 1971-1981.

11. Όξυνση των ακραίων κλιματικών φαινομένων

Η αποξήρανση της λίμνης επιδείνωσε το μικροκλίμα της περιοχής, αλλοιώνοντας τα μικροκλιματικά δεδομένα με μείωση των βροχοπτώσεων. Ο δασικός πλούτος στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής και σε όλα τα ορεινά και ημιορεινά συγκροτήματα δέχεται τις αρνητικές επιπτώσεις των μειωμένων βροχοπτώσεων και υγρασίας. Η κατάσταση του δασικού πλούτου επηρεάζεται και από την εξάλειψη των πτηνών και διαφοροποιείται η κατάσταση της πανίδας. Παράλληλα εμφανίζονται παγετοί που έχουν σαν συνέπεια συνήθως την καταστροφή της αμυγδαλοκαλλιέργειας.

12. Επιπτώσεις στη Δημόσια Υγεία και την Κοινωνία.

Οι επιπτώσεις στη Δημόσια Υγεία μπορούν να είναι θετικές όταν περιορίζονται νόσοι που το υγρό περιβάλλον ευνοεί, ή αρνητικές στην περίπτωση που η αλλαγή των κλιματικών συνθηκών επιτρέπει την ανάπτυξη παθογόνων οργανισμών ή φορέων τους. Στην περίπτωση της Κάρλας η αποξήρανση, αν και σαφώς ευνοεί την εξάλειψη της ελονοσίας δεν φαίνεται να έπαιξε, σύμφωνα με τα στοιχεία, κάποιο σημαντικό

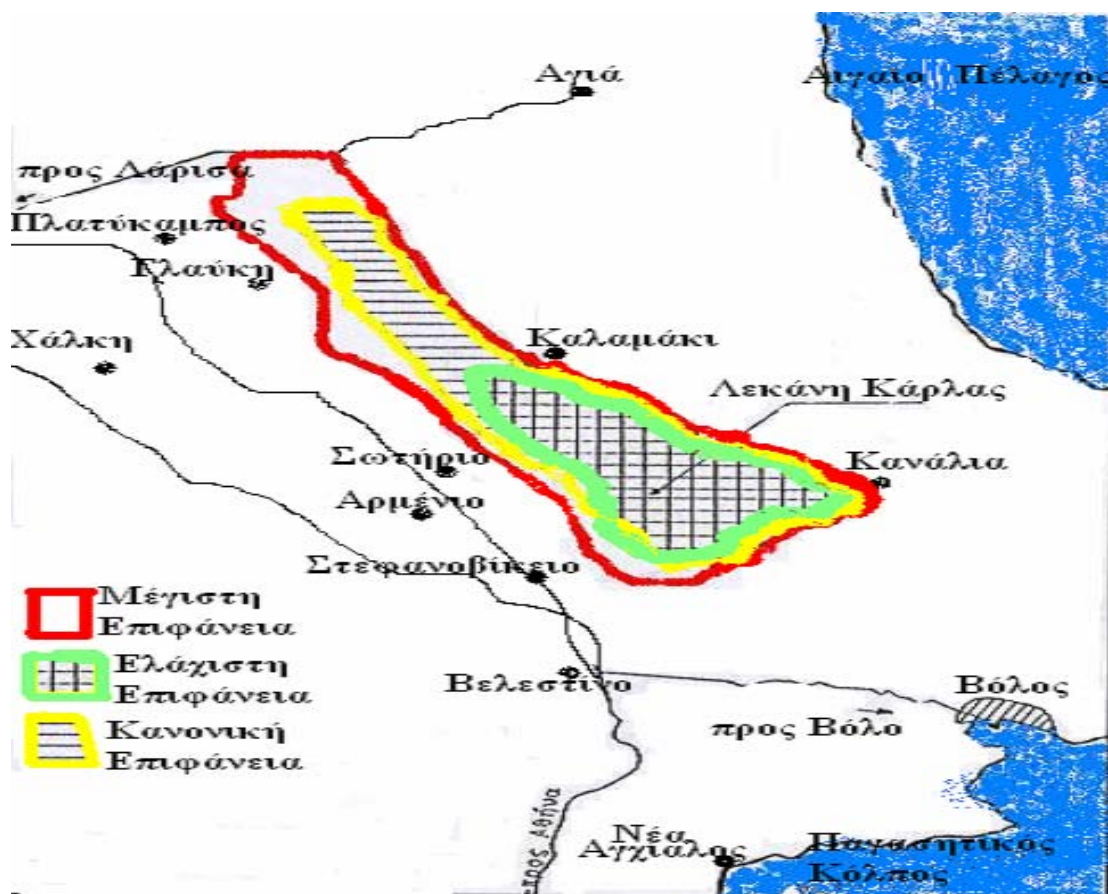
ρόλο στη μείωση κρουσμάτων ελονοσίας που πρακτικά είχαν μηδενιστεί τα έτη πριν την αποξήρανση.

Η πληθώρα των μελετών για την αξιοποίηση της Κάρλας δεν αντιμετώπισε σε καμία περίπτωση ως σύνολο τις επιπτώσεις των προτεινόμενων έργων στον παρακάρλιο πληθυσμό και αγνόησε τις κοινωνικές συνθήκες και αντιθέσεις της περιοχής. Οι προσδοκίες για απόκτηση γεωργικής γης, που είχαν πολλοί κάτοικοι, μερικώς διαψεύστηκαν. Το πρώτο πρόβλημα που παρουσιάστηκε, αμέσως μόλις τα νερά άρχισαν να αποκαλύπτουν εκτάσεις, ήταν οι καταπατήσεις εδαφών. Οι ιδιοκτήτες των παραλίμνιων κτημάτων με την υποχώρηση των νερών μετέθεταν τα όρια των ιδιοκτησιών τους καταλαμβάνοντας και καλλιεργώντας τα αποκαλυφθέντα εδάφη. Το φαινόμενο αυτό ήταν πιο έντονο εκεί που οι ιδιοκτήτες διέθεταν μηχανικά μέσα και πολιτική κάλυψη. Οι ψαράδες της Κάρλας και οι πληθυσμοί των ορεινών χωριών, που δεν διέθεταν παραλίμνιες ιδιοκτησίες, περίμεναν την ολοκλήρωση της αποστράγγισης για να διεκδικήσουν κλήρο. Στα χωριά αυτά η οικονομία τους και το φυσικό περιβάλλον εξαρτιόταν άμεσα από τη λίμνη. Όμως, ο ορεινός χαρακτήρας των περισσότερων από αυτά τα χωριά και οι συχνά κατακλυζόμενοι κλήροι που παραχωρούνται προς εκμετάλλευση δεν επέτρεψε το όποιο οικονομικό και κοινωνικό όφελος από την αποξήρανση. Οι εκτάσεις αυτές παραμένουν μέχρι σήμερα στην κυριότητα του κράτους και παραχωρούνται προσωρινά για χρήση στους ακτήμονες.

2.1.9. Η διακύμανση της επιφάνειας της λίμνης.

Η λίμνη κατέλαβε τη μεγαλύτερη παρατηρηθείσα έκταση της, περίπου 180Km² κατά το χειμώνα του 1920-21, εξαιτίας των μεγάλων πλημμυρών του Πηνειού κατά την περίοδο αυτή.

Η δεύτερη σε μέγεθος μεγαλύτερη έκταση που κατέλαβε η λίμνη ήταν το χειμώνα του 1930-31, όταν η επιφάνεια της ανήλθε στα 49,25 μ πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και είχε έκταση 145 Km².



Εικόνα 21. Μέγιστη, ελάχιστη και κανονική επιφάνεια λίμνης Κάρλας.

2.1.10. Ιστορικό περιβάλλον της λίμνης.

Για τους κατοίκους του Ελλαδικού χώρου η φύση ήταν βαθιά σεβαστή και οι υγρότοποι ήταν ιερά μέρη, όπου κατοικούσαν οι θεοί. Οι υγρότοποι ως τμήμα του φυσικού περιβάλλοντος της Ελλάδας, διαδραματίζουν αξιοπρόσεκτο ρόλο στην καθημερινή ζωή και στη φαντασία των κατοίκων του Ελληνικού κόσμου.

Ο Ηρόδοτος 2.500 περίπου χρόνια πριν από την εποχή μας, διασώζει τον απόηχο που έφτασε στη δική του εποχή από τα βάθη της προϊστορίας για την ύπαρξη της τεράστιας θεσσαλικής λίμνης.

Η περιοχή της Βοιβηίδας –Κάρλας κατοικήθηκε από τα πανάρχαια χρόνια γι' αυτό η Μυθολογία και οι αρχαίες πηγές πολλές φορές κάνουν λόγο για τη λίμνη αυτή. Άλλωστε δύο σημαντικοί κύκλοι της Μυθολογίας, ο Αργοναυτικός και ο Τρωϊκός αναφέρονται άμεσα στην περιοχή της.



Εικόνα 22. Η Μυθολογία και οι αρχαίες πηγές πολλές φορές κάνουν λόγο για τη λίμνη.

Στο βόρειο τμήμα της Βοιβηίδας κατοικούν στα μυθικά χρόνια δύο λαοί, οι Κένταυροι και οι Λαπίθες που η σύγκρουσή τους δίπλα στη λίμνη, η γνωστή Κενταυρομαχία, απεικονίζεται στα περίφημα Ελγίνεια Μάρμαρα, στις μετόπες του Παρθενώνα που βρίσκονται σήμερα στο Λονδίνο.

Πάνω από την λίμνη περνούν οι Γίγαντες πατώντας την Όθρυ, το Πήλιο και τον Κίσσαβο, για να φτάσουν με τα πελώρια βήματά τους τον Όλυμπο, θέλοντας να ανατρέψουν την κυριαρχία των θεών.



Εικόνα 23. Κενταυρομαχία, απεικονίζεται στις μετόπες του Παρθενώνα .

Στην περιοχή της Κάρλας έρχεται ο Ηρακλής, κατά τον Διόδωρο τον Σικελιώτη, για να κάνει στραγγιστικά έργα, ανοίγοντας ένα κανάλι προς τα Τέμπη.

Γίγαντες ζουν και πολεμούν γύρω από αυτήν, ενώ ο Ερμής κυνηγάει στη λίμνη τη φοβερή θεότητα του Άδη, Βριμών. Στην περιοχή γεννιέται ο Ασκληπιός ενώ στις Φέρες βασιλεύουν ο Άδμητος και η Άλκιστις. Η περιοχή αναφέρεται από τον Όμηρο, τον Ησίοδο, τον Ευριπίδη και τον Στράβωνα.

Στην περιοχή της Βοιβηίδας ακμάζει ο νεολιθικός πολιτισμός. Σχετικά κοντά της στο Διμήνι και Σέσκλο, υπήρχαν κατοικημένοι οικισμοί από τα πρωτοελληνικά φύλα και ίσως την ίδια εποχή να εξαπλώθηκαν μέχρι τη λίμνη.



Εικόνα 24. Ευρήματα νεολιθικού πολιτισμού στο Διμήνι και στο Σέσκλο.

Τον 19^ο αιώνα προσωπικότητες όπως ο Άνθιμος Γαζής και ο Ρήγας Φεραίος έζησαν και δραστηριοποιήθηκαν στην περιοχή, ενώ το χωριό Κιλελέρ έγινε στις αρχές του αιώνα, σύμβολο της κίνησης των εργατών της γης για τη δίκαιη ανακατανομή της.



Εικόνα 25. Άνθιμος Γαζής και Ρήγας Φεραίος.



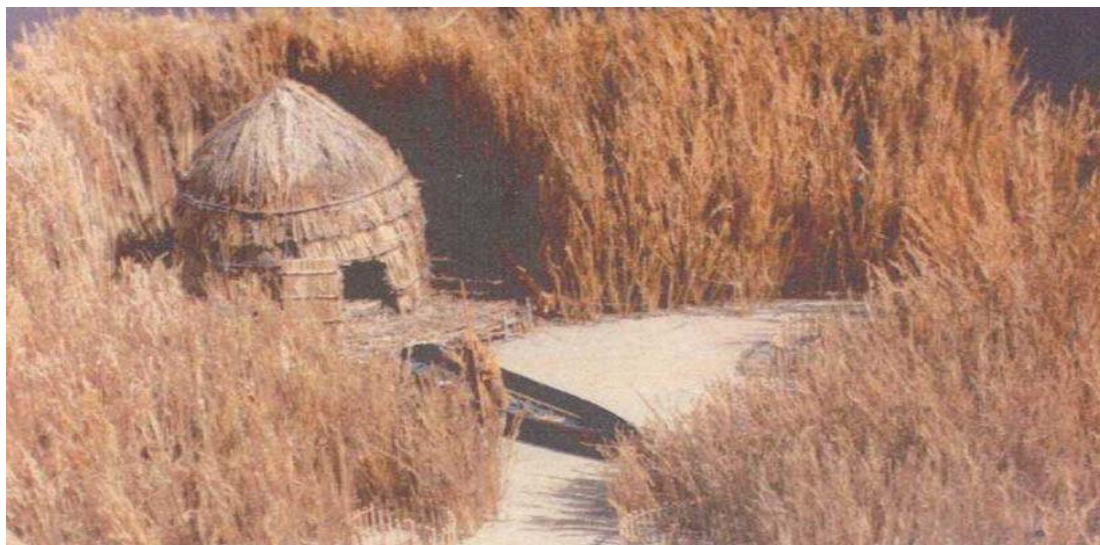
Εικόνα 26. Μαρίνος Αντύπας και το μνημείο στο χωριό Κιλελέρ.

Η λίμνη Κάρλα με την πλούσια ιχθυοπαραγωγή υπήρξε χώρος πολιτιστικής εξέλιξης και ανάπτυξης ενός μοναδικού τρόπου ζωής των ανθρώπων που ασχολούνταν με την αλιεία. Οι κάτοικοι των γύρω περιοχών διαίωσαν αυτόν τον τρόπο ζωής μέχρι το 1962 που αποξηραθήκε η λίμνη.



Εικόνα 27. Μοναδικός ο τρόπος ζωής των ανθρώπων που ασχολούνταν με τη λίμνη.

Ζούσαν μακριά από τα σπίτια τους για εννέα μήνες σε ομάδες δύο έως έξι ατόμων. Για τη διαμονή τους μέσα στη λίμνη κατασκεύαζαν με ένα μοναδικό τρόπο στρογγυλές καλύβες από καλάμια με ραγάζια (ψάθες) πάνω από την επιφάνεια του νερού.



Εικόνα 28. Καλύβες που ζούσαν οι ψαράδες εννέα μήνες το χρόνο

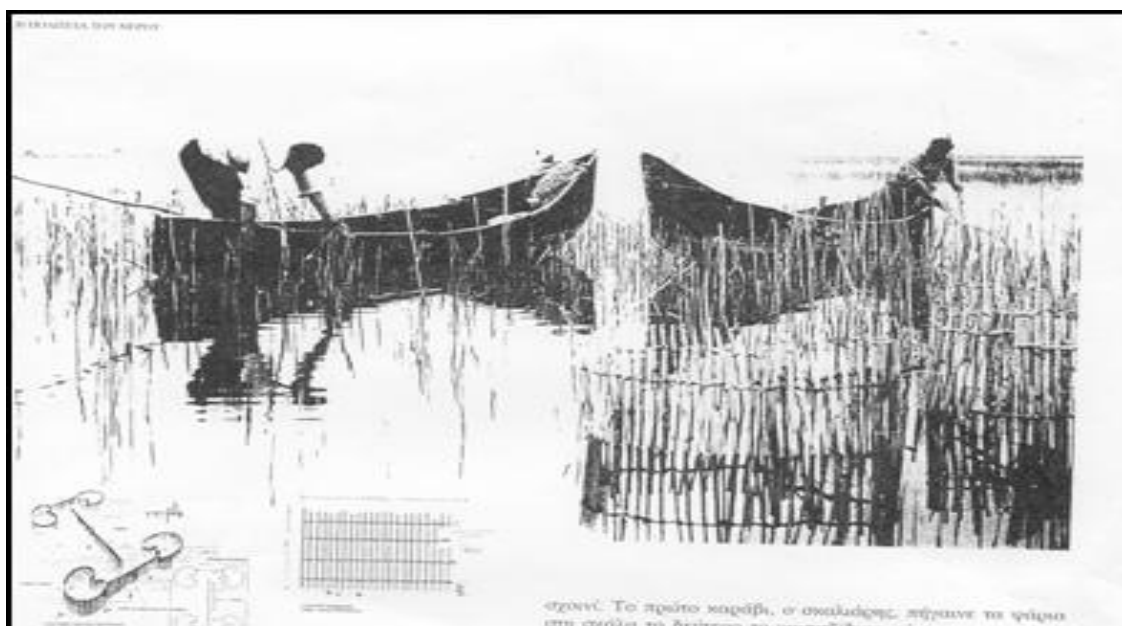
Η διατήρηση της καλύβας ήταν ανάλογη με τον αριθμό των ατόμων και τα μυστικά κατασκευής της την περνούσαν από πατέρα σε γιο. Μέσα σ' αυτές τις καλύβες ζούσαν οι ψαράδες 9 μήνες το χρόνο από 15 Αυγούστου έως το Πάσχα, σχηματίζοντας ομάδες τα λεγόμενα «ντουκιάνια». Κατά το διάστημα αυτό επέστρεφαν στα σπίτια τους, σε τακτά χρονικά διαστήματα, για δύο ημέρες, και ξαναγύριζαν πίσω στη λίμνη, όπου ψάρευαν με τα περίφημα «κοτίκια» (βάρκες χωρίς καρίνα).

Η καλύβα αποτελούσε στοιχείο ενός συγκεκριμένου παραδοσιακού τρόπου ψαρέματος (Εξαρχόπουλος, 1999).



Εικόνα 29. Ψαράδες δίπλα στην καλύβα ξεψαρώνουν (Φωτογραφία Δ. Λέτσιος).

Τα ψάρια παγιδεύονταν σε ένα ολόκληρο σύστημα από παγίδες που έστηναν μέσα στους καλάμώνες γύρω από κάθε καλύβα.



Εικόνα 30. Σύστημα παγίδων (Φωτογραφία Δ. Λέτσιος).

Οι βάρκες τους ήταν μοναδικές χωρίς καρίνα ενώ στο πίσω μέρος έφεραν κάθετο στο κορμό της δοκάρι που υποβάσταζε τα κουπιά.



Εικόνα 31. Τα περίφημα κοτίκια , βάρκες χωρίς καρίνα (Φωτογραφία Δ. Λέτσιος).

Εκτιμάται ότι η δημιουργία του μικρού αυτού υγρότοπου, ο οποίος θα προβάλλει κατά κύριο λόγο το ιστορικό προφίλ της περιοχής που συνδέεται με το υγρό στοιχείο,

σε συνδυασμό με το μουσείο που προβλέπεται να κατασκευασθεί στην περιοχή, θα συντελέσει στην προβολή της ιστορικής – πολιτιστικής φυσιογνωμίας της περιοχής.



Εικόνα 32. Η λίμνη μετά την αποξήρανση (Φωτογραφία Δ. Λέτσιος).

2.2. ΑΒΙΟΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

2.2.1. Γεωλογία

Η περιοχή της Κάρλας αποτελεί τεκτονικό βύθισμα που σχηματίστηκε κατά τους πρόσφατους γεωλογικούς χρόνους. Ακολούθησε πλήρωση με υλικά που μετέφερε ο Πηνειός και οι γύρω από αυτόν χείμαρροι από τις λεκάνες απορροής τους. Το κεντρικό τμήμα, στη μεγαλύτερη του έκταση αποτελείται από μεγάλου πάχους λεπτόκοκκες νεογενείς αποθέσεις, ενώ στην περιμετρική ζώνη επικρατούν μικρότερου πάχους στρώσεις αδρομερέστερων υλικών. Οι ορεινοί όγκοι που περιβάλλουν την πεδιάδα από ΒΑ αποτελούνται από κρυσταλλικά πετρώματα ταλκικών σχιστόλιθων και χλωριτικών γνεύσιων που φθάνουν μέχρι την περιοχή του Καλαμακίου και στη συνέχεια από καρστικοποιημένα μάρμαρα. Σχιστόλιθοι με ενστρώσεις μαρμάρων εμφανίζονται και στα βόρεια και νότια του χωριού Κανάλια,

ενώ οι ίδιοι σχηματισμοί συνεχίζονται και στα ΝΑ. Στο ΝΔ τμήμα η πεδιάδα καλύπτεται από αργιλικές αποθέσεις του Πλειόκαινου.

2.2.2 Κλίμα-Υδρολογικά στοιχεία.

Το κλίμα στην περιοχή της Κάρλας κατατάσσεται στο ηπειρωτικό ημίξηρο, χαρακτηριζόμενο από θερμό και ξηρό καλοκαίρι και ψυχρό και υγρό χειμώνα. Η ξηρά περίοδος διαρκεί από τον Μάιο μέχρι τον Σεπτέμβριο και η υγρή από τον Οκτώβριο μέχρι τον Απρίλιο.

Οι καταγραφείσες απόλυτες θερμοκρασίες (του Σταθμού Λαρίσης) είναι:

- | | |
|---------------------------------|--------------------------|
| 1. Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία | 45° C (Αύγουστος 1958) |
| 2. Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία | -17° C (Ιανουάριος 1942) |

Οι μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίες αέρος (Σταθμός Λαρίσης, 1948-67) είναι:

| | |
|-------------------------------|---------|
| Μέση ετήσια | 16,3° C |
| Μέγιστη μηνιαία (Ιούλιος) | 28,1 |
| Ελάχιστη μηνιαία (Ιανουάριος) | 5,4 |

Οι μέσες μηνιαίες τιμές σχετικής υγρασίας (Σταθμός Λαρίσης, 1948-67) είναι:

| | |
|------------------------------|-----|
| Μέση ετήσια | 68% |
| Μέγιστη μηνιαία (Ιανουάριος) | 85 |
| Ελάχιστη μηνιαία (Ιούλιος) | 51 |

Οι άνεμοι στην περιοχή Κάρλας είναι αρκετά ισχυροί. Με βάση στοιχεία του αεροδρομίου Στεφανοβικείου (περίοδος 1976-91) η μέγιστη ένταση ανέμου που έχει καταγραφεί είναι 60 κόμβων (~ 110 Km/ώρα).

Παγετοί παρατηρούνται συνήθως την περίοδο Δεκεμβρίου – Μαρτίου και σπανιότερα τον Απρίλιο. Οι ημέρες παγετού και χιονοπτώσεως στο μέσο έτος ανέρχονται σε 34 και 4 αντιστοίχως.

Οι ετήσιες βροχοπτώσεις και οι απορροές της λεκάνης απορροής Κάρλας έχουν υπολογιστεί βάσει στοιχείων (1951-81) των σταθμών Λαρίσης, Σπηλιάς και Σωτηρίου ως εξής:

| | |
|--------------------------|-------------|
| Μέσος όρος βροχόπτωσης | 558 mm/έτος |
| Μέσος όρος απορροής | 43 « |
| Βροχόπτωση για συχνότητα | 460 « |
| Απορροή για συχνότητα | 24 « |

Με βάση τα στοιχεία (1961-81) του εξατμισιμέτρου του μετεωρολογικού σταθμού Σωτηρίου η ετήσια εξάτμιση στην περιοχή υπολογίζεται σε περίπου 1000 mm ετησίως.

2.2.3 Υδρογεωλογικά στοιχεία.

Η υδρογεωλογία της λεκάνης της Κάρλας έχει μελετηθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια, μετά την αποξήρανσή της. Πρώτα το Ι.Γ.Ε.Υ (Ινστιτούτο Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους) το 1965 έως 1970 περίπου, ερεύνησε σε σημαντικό γεωτρητικό πρόγραμμα, τόσο την δυτική, όσο και την ανατολική Θεσσαλία . Αργότερα, η Γαλλική εταιρεία SOGREAH εκπόνησε το 1972 - 1974, για λογαριασμό του Υπ. Γεωργίας την Μελέτη Αναπτύξεως Υπόγειων Υδάτων Πεδιάδας Θεσσαλίας. Η μελέτη αυτή ήταν πολύ σημαντική για την εποχή της και έφθασε μέχρι και την κατάστρωση των μαθηματικών μοντέλων των υδροφόρων οριζόντων της Ανατολικής και Δυτικής Θεσσαλίας.

Από το 1974 διάφορες υπηρεσίες και κυρίως το Υπουργείο Γεωργίας παρακολουθούν την εξέλιξη των αποθεμάτων των υπογείων νερών στους υδροφόρους ορίζοντες, τόσο των προσχώσεων, όσο και των μαρμάρων. Στην ευρύτερη περιοχή της Κάρλας και στα κράσπεδα αυτής αναπτύσσονται δύο τύποι υδροφόρων οριζόντων, οι υπό πίεση στις σύγχρονες αποθέσεις του πεδινού τμήματος και οι καρστικοί στα μάρμαρα της ανατολικής και νότιας περιμέτρου.

Οι δύο τύποι υδροφόρων οριζόντων έχουν μεγάλες διαφορές από υδροδυναμικής απόψεως και έχουν παρουσιάσει διαφορετικά εξελικτικά στάδια μέσα στην 20ετία που ακολούθησε την μελέτη της SOGREAH.

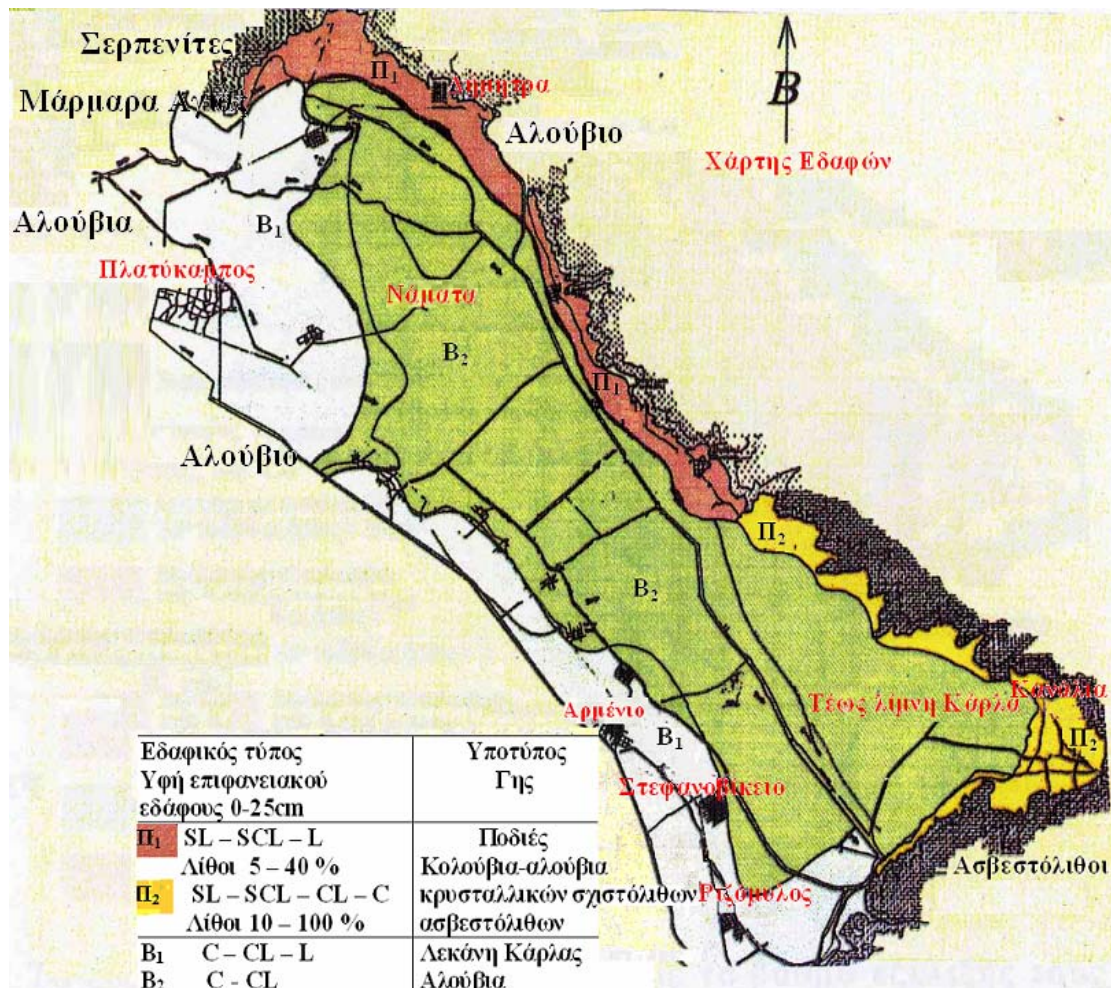
Η εξαφάνιση της λίμνης στέρησε τους υδροφόρους ορίζοντες από την κυριότερη πηγή εμπλουτισμού τους. Η αύξηση των καλλιεργειών οδήγησε στην αύξηση των απαιτήσεων σε αρδευτικό νερό και την κατασκευή γεωτρήσεων. Οι τελευταίες όμως δεν ήταν δυνατόν να αντέξουν σε μακροχρόνια εκμετάλλευση, χωρίς επανατροφοδοσία, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μέσα σε μία εικοσαετία ένα «τεχνητό» ουσιαστικά πρόβλημα έλλειψης νερού στη λεκάνη της Κάρλας.

2.2.4 . Έδαφος.

Η περιοχή του υπό επανασύσταση ταμιευτήρα Κάρλας και οι γύρω αυτού περιοχές καταλαμβάνουν τη νότια απόληψη της πεδιάδας Λάρισας.

Η ακαθάριστη έκτασή τους ανέρχεται σε 169.000 στρέμματα και η καθαρή καλλιεργήσιμη γη σε 146.000 στρέμματα.

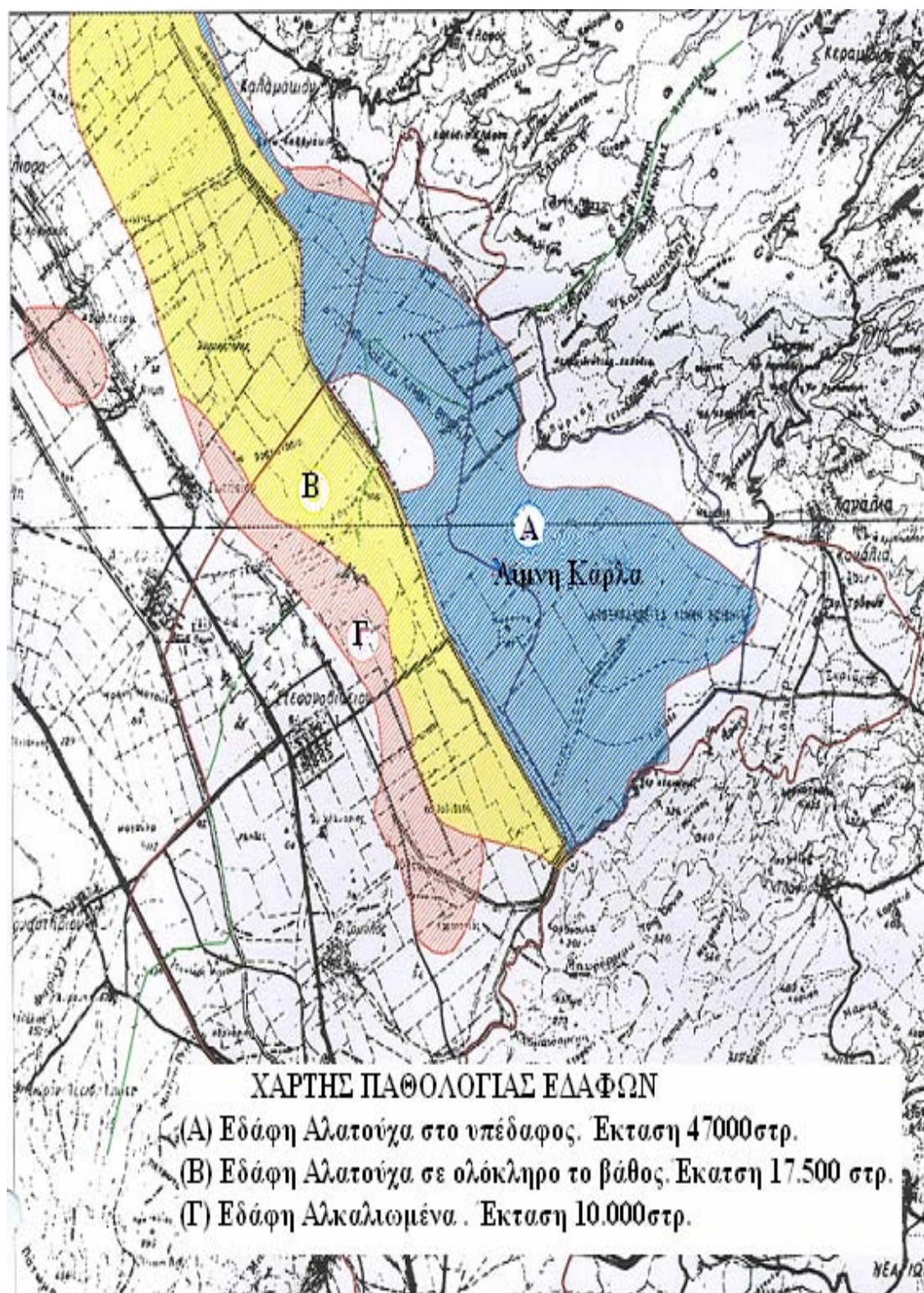
Τα εδάφη της περιοχής προέρχονται από λιμναία και ελώδη αποθέματα, αλλουβιακής προέλευσης και ποικίλης μηχανικής σύστασης, δημιουργήθηκαν δηλαδή από τα φερτά υλικά του Πηνειού ποταμού και των άλλων μικρότερης σημασίας ποταμών και χειμάρρων της περιοχής. Χαρακτηρίζονται ως εδάφη νεαρής ηλικίας, εφόσον οι διεργασίες εδαφογένεσης δε φαίνεται να έχουν επιδράσει στον βαθμό δημιουργίας έντονα ανεπτυγμένων εδαφικών προφίλ. Στα χαμηλότερα σημεία, της λεκάνης της Κάρλας, τα εδάφη χαρακτηρίζονται από βαριά μηχανική σύσταση ενώ προς τα ορεινά από ελαφριά μηχανική σύσταση.



Εικόνα 33. Χάρτης εδαφών της λεκάνης απορροής Κάρλας.

2.2.5. Παθογενή Εδάφη.

Στην περιοχή μελέτης και στα βαθύτερα σημεία της κλειστής λεκάνης της Κάρλας, συσσωρεύθηκαν επιφανειακά και υπόγεια νερά από την λεκάνη απορροής του Πηγειού δια μέσου της τάφρου του Ασμακίου. Η μείωση του όγκου των νερών, που πραγματοποιούνταν σε μεγάλο βαθμό με την εξάτμιση, εμπλούτιζε τα εδάφη σε άλατα που περιείχαν και τα κατέστησε παθογενή.



Εικόνα 34. Χάρτης Παθολογίας Εδαφών.

Τα προβλήματα που σχετίζονται με τα αλατούχα και αλκαλωμένα εδάφη αφορούν:

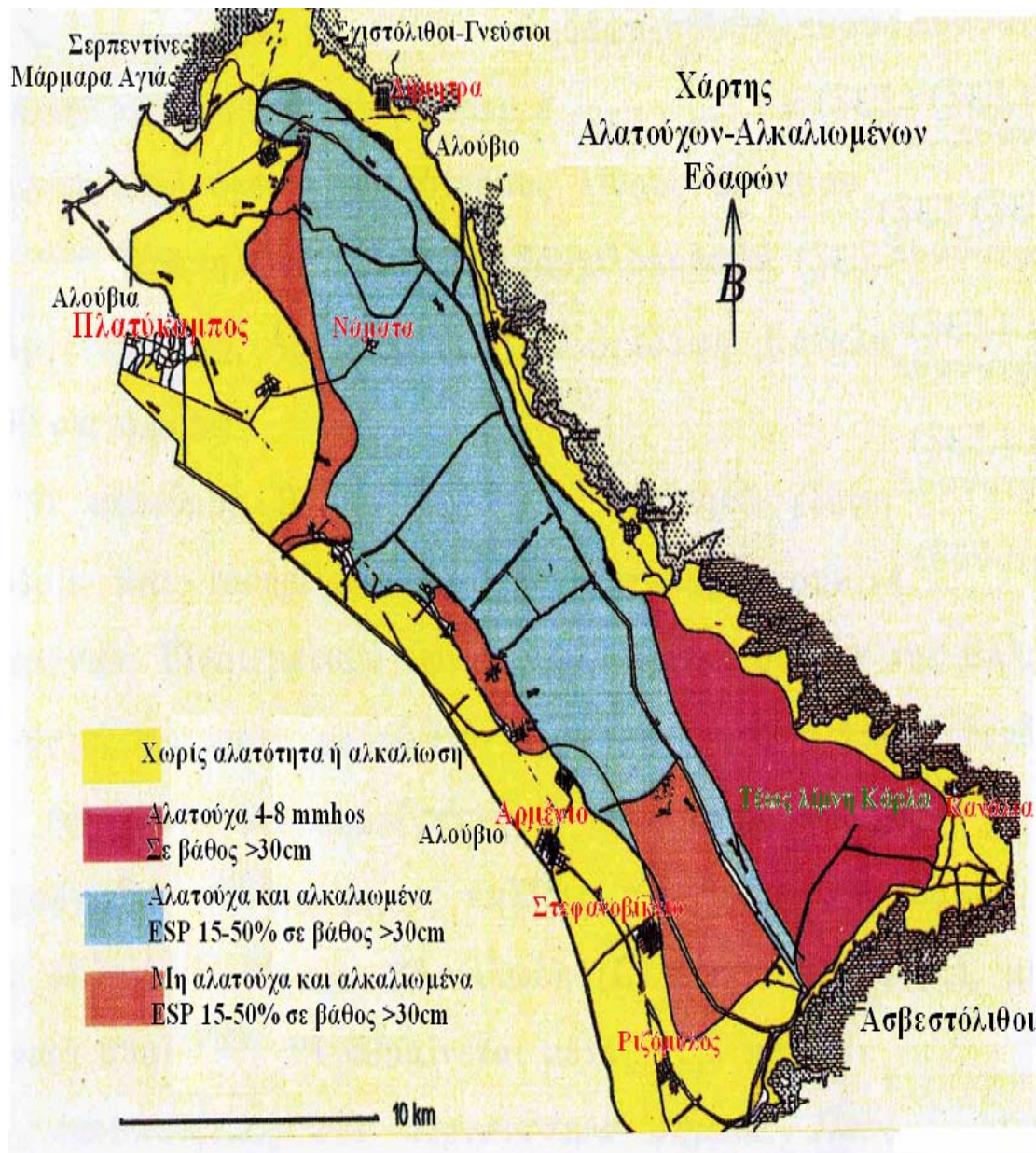
1. Διαταραχές στην πρόσληψη του νερού και των θρεπτικών στοιχείων.
2. Ανεπιθύμητες καταστάσεις σε ότι αφορά τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους.

Τα προβλήματα που μπορεί να δημιουργήσει η αλατότητα είναι:

α. Μείωση της διαθεσιμότητας του νερού λόγω του ότι αυξάνει η οσμωτική πίεση του εδαφικού νερού.

β. Είσοδο των θρεπτικών στοιχείων μέσα στα ριζικά τριχίδια, επηρεάζεται από τη φύση και την συγκέντρωση άλλων παρόντων ιόντων.

γ. Ύπαρξη και άλλων επιδράσεων στον μεταβολισμό του φυτού, που ορισμένες από αυτές σχετίζονται με την ειδική επίδραση που έχουν το νάτριο, το χλώριο και άλλα ιόντα.



Εικόνα 35. Χάρτης παθογενών εδαφών λεκάνης απορροής Κάρλας

2.3. ΒΙΟΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ.

2.3.1. Γενικά.

Μετά την αποξήρανση της παλαιάς λίμνης Κάρλας τα εδάφη που καλύπτονταν σε περιστασιακή ή σε μόνιμη βάση από νερό αποδόθηκαν στην γεωργία, με εξαίρεση ένα πολύ μικρό ποσοστό αυτών που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία μικρών τεχνητών ταμιευτήρων νερού.

Φυσικό επακόλουθο ήταν η απώλεια του υγροτοπικού χαρακτήρα από το σύνολο σχεδόν της εκτάσεως της παλαιάς Κάρλας. Εν τούτοις, οι υπάρχοντες μικροί ταμιευτήρες συνηγορούν στην διατήρηση κάποιων εκ των στοιχείων που γνωρίζουμε ή υποθέτουμε ότι χαρακτήριζαν και την παλαιά λίμνη Κάρλα. Ως τέτοια εννοούνται τόσο τα υπολλείματα της υγροτοπικής βλάστησης που διατηρούνται στους ταμιευτήρες όσο και οι πληθυσμοί των παρυδάτιων και υδρόβιων πουλιών και άλλων ζώων που έχουν καταγραφεί πρόσφατα στην περιοχή. Η παρουσία αυτών συσχετίζεται περισσότερο με την ύπαρξη των ταμιευτήρων παρά με τις τάφρους του αρδευτικού και αντιπλημμυρικού δικτύου, που αν και καταλαμβάνουν ένα μεγάλο τμήμα της περιοχής και σε μερικά σημεία διατηρούν συνέχεια νερό φαίνονται υποβαθμισμένες.

Για παράδειγμα, είναι χαρακτηριστικό ότι ελάχιστα σημεία έχουν αναπτύξει κάποια μορφή υγροτοπικής βλάστησης με αποτέλεσμα να προσομοιάζουν περισσότερο με τεχνητούς αγωγούς μεταφοράς νερού παρά με φυσικά κανάλια.

Σε αντίθεση με τα πεδινά της Κάρλας και των γειτονικών εκτάσεων, το ορεινό τμήμα της παρακάρλιας περιοχής δεν έχει υποστεί ριζικές αλλαγές τις τελευταίες δεκαετίες -τουλάχιστον όσον αφορά τις φυτοκοινωνίες και τις χρήσεις γης, εφόσον δε σημειώθηκαν εκεί μεγάλα έργα.

Τα στοιχεία είναι ανεπαρκή, ιδιαίτερα σε σχέση με την περιοχή της παλαιάς Κάρλας, σε δύο τουλάχιστον περιπτώσεις:

1. Όσον αφορά στη βλάστηση, η απουσία γνώσεων κυρίως για τη σύσταση των φυτοκοινωνιών των υπαρχόντων ταμιευτήρων (δηλαδή, για το ποια είδη επιβιώνουν εκεί) καθιστά δύσκολη την εκτίμηση της κατάστασης που θα προκύψει μετά την κατασκευή και την πλήρωση του καινούριου ταμιευτήρα.
2. Όσον αφορά στην πανίδα, για τα περισσότερα μεγάλα ζώα, εξαιτίας της δυνατότητας μετακίνησης και αποικισμού που παρουσιάζουν, η παρουσία τους στην ευρύτερη περιοχή αποτελεί μια καλή ένδειξη για το ενδεχόμενο παρουσίας τους και στην πεδιάδα της Κάρλας εφόσον βέβαια δεν πρόκειται για στενόκοικα είδη. Τα ψάρια, εν τούτοις, αποτελούν εξαίρεση εφόσον επιβιώνουν κατά το πλείστον σε περιορισμένη γεωγραφική εξάπλωση και σε συγκεκριμένο υδάτινο περιβάλλον (Economidis, 1991). Η απουσία πληροφορίας για την σημερινή κατάσταση της ιχθυοπανίδας στην άμεση περιοχή της Κάρλας (δηλαδή, στις τάφρους και τους ταμιευτήρες) αποτελεί πρόβλημα.

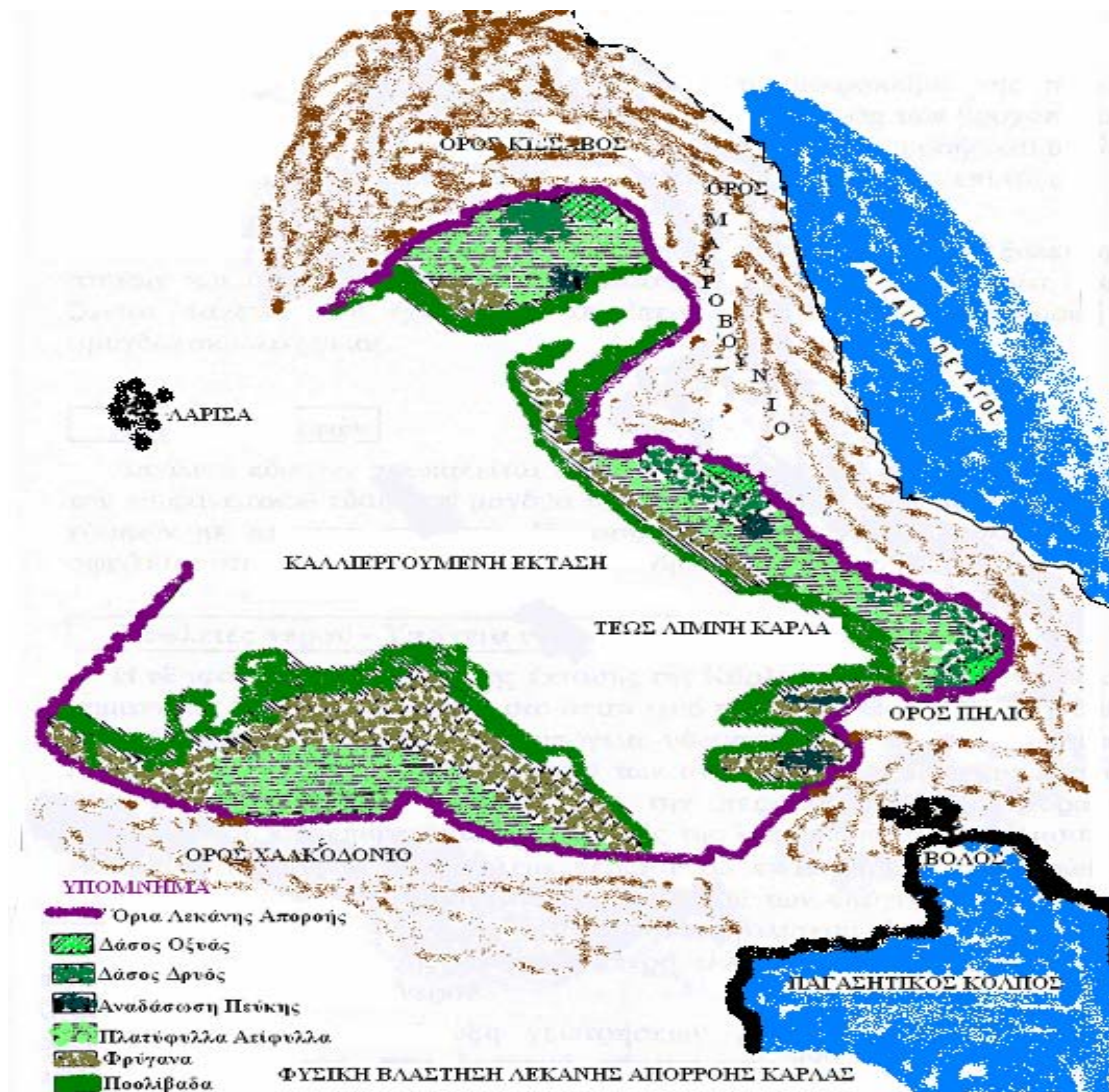
Εφόσον δεν είναι γνωστό σε τι αριθμούς, σε ποιες συνθήκες και ποια ακριβώς είδη εξακολουθούν και επιβιώνουν, περιορίζεται η δυνατότητα ρεαλιστικής εκτίμησης της παρουσίας τους και στον μελλοντικό ταμιευτήρα Κάρλας.

Ελάχιστα στοιχεία για την χερσαία χλωρίδα της περιοχής Κάρλας δίνονται στην μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων του Ταμιευτήρα Κάρλας (Τ.Ο.Π.Π.Ο.Σ. et al, 1994). Αναλυτική περιγραφή της υγροτοπικής χλωρίδας στους υπάρχοντες ταμιευτήρες της περιοχής Κάρλας δεν υπάρχει σε καμία από τις ήδη δημοσιευμένες μελέτες. Εργασίες για την χλωρίδα της ευρύτερης περιοχής αναφέρονται στο δελτίο NATURA 2000 (OK 1420004) (Γεωργίου et al, 1995).

Επιγραμματική αναφορά του τύπου των φυτικών διαπλάσεων που απαντώνται στους ταμιευτήρες υπάρχει στο δελτίο Natura2000 (GR 1420004) (Γεωργίου et al, 1995). Τα στοιχεία για τις φυτοκοινωνίες στα ορεινά τμήματα δίνονται με περισσότερες λεπτομέρειες στην ίδια δημοσίευση.

2.3.2. Χλωρίδα.

Η άμεση περιοχή της Κάρλας, εφόσον απαρτίζεται στο μεγαλύτερο ποσοστό της από εντατικά καλλιεργούμενες εκτάσεις, δεν παρουσιάζει χλωριδικό ενδιαφέρον. Στον λόφο της αναφέρονται ποώδη και θαμνώδη είδη κοινά στην ελληνική ύπαιθρο, μεταξύ άλλων η λυγαρία (*Vitex agnus-castus*) η οποία και σχηματίζει χαρακτηριστική ζώνη στους πρόποδες (Τ.Ο.Π.Π.Ο.Σ. et al, 1994). Σε ορισμένους από τους ταμειυτήρες σημειώνεται εκτεταμένη ανάπτυξη υδροχαρούς βλάστησης (Καλαμάκι και Στεφανοβίκειο). Οι μικρότεροι ταμειυτήρες (Νάματα και Καστρί) χαρακτηρίζονται ως μη έχοντες αξιόλογη βλάστηση.



Εικόνα 36. Φυσική Βλάστηση λεκάνης απορροής Κάρλας.

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η δασική βλάστηση στην ορεινή ζώνη της Κάρλας, στο όρος Μαυροβούνι (Γεωργίου et al, 1995). Εκτεταμένα είναι συγκριτικά με την έκταση του βουνού, τα δάση οξιάς, ενώ σε μικρή έκταση εντοπίζονται δάση καστανιάς. Μεγάλες περιοχές, στα πιο χαμηλά υψόμετρα, καλύπτουν τα σκληρόφυλλα-αείφυλλα, τα οποία υφίστανται έντονη βόσκηση. Η βόσκηση διαμορφώνει το φυσικό τοπίο σε εντονότατο βαθμό και στις παρυφές των καλλιεργούμενων εκτάσεων δυτικά και βόρεια από τα Κανάλια, δηλαδή στα όρια του σχεδιαζόμενου ταμιευτήρα. Οι περιοχές αυτές καλύπτονται, από αραιά φρύγανα, που είναι ελάχιστα αναπτυγμένα και παρότι οι πλαγιές δεν έχουν μεγάλη κλίση το ποσοστό του γυμνού εδάφους είναι σημαντικό. Στα πιο χαμηλά σημεία, στα νοτιοανατολικά όρια της παλαιάς Κάρλας, καλλιεργούνται σε πολλά σημεία αμυγδαλιές.

2.3.3. Πανίδα.

2.3.3.1. Πτηνοπανίδα.

Η πανίδα είναι η πληρέστερα μελετημένη ομάδα ζώων στην περιοχή της παλαιάς Κάρλας. Η παρουσία των 8 μικρών ταμιευτήρων σε μια ζώνη που οι μεγάλοι υγρότοποι απουσιάζουν εντελώς, σε συνδυασμό με τις ανοιχτές πεδιάδες στα δυτικά και το όρος Μαυροβούνι στα ανατολικά έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον των ορνιθολόγων με οργανωμένες καταγραφές και συστηματικές εκτιμήσεις τουλάχιστον για τα 6 τελευταία χρόνια. Πρόκειται για μονοήμερες καταμετρήσεις των υδροβίων πουλιών που πραγματοποιούνται στα μέσα του χειμώνα, την ίδια ή σχεδόν την ίδια μέρα στο σύνολο των υγροτόπων της Ελλάδας και της υπόλοιπης Ευρώπης. Αν και για πολλά είδη οι αριθμοί που καταμετρώνται στο ίδιο σημείο, με διαφορά μερικών ημερών μπορεί να διαφέρουν πολύ. Για τα ερωδιόμορφα και τις πάπιες οι πληθυσμοί

παραμένουν σταθεροί κατά την διάρκεια του χειμώνα. Έτσι, οι εκτιμήσεις θεωρούνται αντιπροσωπευτικές.

Εξετάζοντας τα δεδομένα από τις μεσοχειμωνιάτικες καταμετρήσεις προκύπτει ότι οι ταμειυτήρες σήμερα χρησιμοποιούνται από αρκετά διαχειμάζοντα παρυδάτια είδη, εκ των οποίων όμως τα περισσότερα είναι κοινά. Ειδικά οι πάπιες που καταμετρώνται σε αριθμούς πολλών χιλιάδων ευνοούνται από τις εκτεταμένες ανοιχτές επιφάνειες νερού που υπάρχουν στους μεγαλύτερους ταμειυτήρες.

2.3.3.2. Ερπετά – Αμφίβια.

Οι δημοσιευμένες καταγραφές για τα ερπετά και τα αμφίβια αφορούν στην ευρύτερη περιοχή της ΝΑ.Θεσσαλίας, δηλαδή το όρος Μαυροβούνι, την χερσόνησο της Μαγνησίας και το νοτιοανατολικό τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας που περιλαμβάνει βέβαια και το τμήμα της παλαιάς Κάρλας καθώς και την παρακάρλια περιοχή. Ειδικά για τον ταμειυτήρα Στεφανοβικείου (Κάρλας), τουλάχιστον πριν την αποξήρανσή του το καλοκαίρι του 1998, η ύπαρξη πολύ μεγάλου πληθυσμού *Rana balcanica* έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον .

2.3.3.3. Ιχθυοπανίδα.

Κατά τον Ανανιάδη (1956) και τον Νεοφύτου (1986), τα κυριότερα είδη ψαριών που υπήρχαν στη Λίμνη Κάρλα ήταν τα παρακάτω:

1. Κοινός κυπρίνος, *Cyprinus caprio*
2. Τσιρώνι, *Rutilus rutilus*
3. Τσιρούκλα, *Scardinius erythrophthalmus*
4. Μουστακάτο, *Barbus graecus*
5. Πεταλούδα, *Carassius carassius*
6. Γωβιός, *Gobio gobio*

Σύμφωνα με τη Δ/νση Αλιείας τις «καλές» αλιευτικά χρονιές, η επίσημη φορολογούμενη ποσότητα αλιευμάτων έφθανε τους 900 τόννους το χρόνο. Η μέση ετήσια ιχθυοπαραγωγή υπολογίζετο σε 600 τόνους το χρόνο.

Πίνακας 3. Ιχθυοπαραγωγή λίμνης Κάρλας.

| Έτος | Ιχθυοπαραγωγή σε τόνους | Έτος | Ιχθυοπαραγωγή σε τόνους |
|------|-------------------------|------|-------------------------|
| 1917 | 1390 | 1949 | 908 |
| 1921 | 1234 | 1950 | 530 |
| 1945 | 192 | 1951 | 225 |
| 1946 | 128 | 1952 | 264 |
| 1947 | 88 | 1953 | 623 |
| 1948 | 440 | 1954 | 527 |

Το μικρό βάθος της λίμνης ευνοούσε την ανάπτυξη πλούσιου φυτοβένθους και τους υψηλούς ρυθμούς πρωτογενούς παραγωγής σε φυτομάζα (ΕΨΙΛΟΝ ΕΠΕ 1992) που αποτελούσαν τροφή για ποικιλία ζωικών οργανισμών, τα οποία απαντούσαν σε μεγάλη πυκνότητα πληθυσμών. Το μικρό βάθος της λίμνης, κατά Νεοφύτου (1990), ευνοούσε την ανάπτυξη υδρόβιας βλάστησης η οποία δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για τη διαβίωση της πανίδας στη λίμνη.



Εικόνα 37. Η λίμνη με την πλούσια υδρόβια βλάστηση.

Βάση για τον πλούτο των ειδών της πανίδας και ιδιαίτερα της ορνιθοπανίδας αποτελούσε η ποικιλότητα και το μέγεθος των παρακάτω ενδιαιτημάτων:

- **Ανοιχτά νερά:** παρείχαν προστασία σε υδρόβια είδη και αποτελούσαν τόπους τροφοληψίας για καταδυόμενα πουλιά ή αυτά που τρέφονται σε επιφανειακά στρώματα νερού.
- **Επιπλέουσα βλάστηση:** τόποι αναπαραγωγής και τροφοληψίας για καταδυόμενα πουλιά.
- **Αβαθή έλη:** φύονται βούρλα (*Juncus sp.*) και τύφα (*Typha sp.*) και αποτελούσαν τόπους τροφοληψίας ψαριών και υδρόβιων πτηνών.
- **Εκτεταμένοι καλαμώνες:** Προσέφεραν καταφύγιο, τροφή και τόπους αναπαραγωγής υδρόβιων πτηνών και τόπους κατοικίας και διαβίωσης του γόνου ειδών ιχθυοπανίδας.

Το βάθος του νερού είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την επιλογή και διατήρηση της υδροφυτικής βλάστησης. Τα είδη της υδροφυτικής βλάστησης αναπτύσσονται καλύτερα σε μονίμως κατακλυζόμενα εδάφη, όταν το βάθος του νερού υπερβαίνει τα 15 cm. Το καλάμι βρίσκεται στις όχθες των υδατοσυλλογών και επιζεί όταν το νερό βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και μέχρι 1,5 m πάνω από αυτό. Το καλάμι είναι μη ανταγωνιστικό σε σχέση με άλλα φυτά και μπορεί να δώσει πλούσια θρεπτικά στοιχεία σε άλλα είδη, όταν αυτά υπάρχουν στο νερό. Τα βούρλα μπορούν να αντέξουν σε μεγάλες περιόδους κατάκλισης και σε βάθη που κυμαίνονται από 5 έως 25cm. Το βάθος νερού καθορίζει εξάλλου τα είδη ασπονδύλων και σπονδυλόζωων που μπορούν να εποικίσουν τον υγρότοπο.

Η δημιουργία επομένως ενός μικρού αβαθούς υγροτόπου, θα συντελέσει στην κατά το δυνατόν ανασύσταση των βασικότερων ενδιαιτημάτων, στα οποία βασιζόταν η μεγάλη οικολογική αξία της τ. Λίμνης Κάρλας.

Παρατηρήσεις ντόπιων και επισκεπτών αναφέρουν ότι τουλάχιστον ένα είδος, το γριβάδι (*Cyprinus carpio*), εντοπιζόταν σταθερά και σε μεγάλους πληθυσμούς στις τάφρους και τους ταμιευτήρες της πεδιάδας μέχρι το καλοκαίρι του 1998.

2.3.3.4. Θηλαστικά.

Ο αριθμός των σπάνιων και απειλούμενων ειδών που έχουν εντοπιστεί (*Hallmann, unpubl*) στο Μαυροβούνι είναι σημαντικός. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνεται η αγριόγατα (*Felis silvestris*), ο δασομωξός (*Clis glis*) το ζαρκάδι (*Capreolus capreolus*) και το ελάφι (*Cervus elaphus*). Ειδικά για το τελευταίο θα πρέπει να τονιστεί η σημασία της παρατήρησης, εφόσον πρόκειται για είδος με πάρα πολύ περιορισμένη κατανομή στην Ελλάδα. Η προέλευση των ζώων που βρέθηκαν στο Μαυροβούνι είναι πιθανόν ο Κίσαβος αφού εκεί εισήχθη πρόσφατα ένας μικρός πληθυσμός (*Hellmann,pers.com*). Στην άμεση περιοχή των ταμιευτήρων έχουν παρατηρηθεί ασβοί (*Meles meles*) και το τρωκτικό *Microtus guentheri*. Πιο σημαντική όμως πρέπει να θεωρηθεί η πρόσφατη διαπίστωση ότι η βίδρα *Lutra lutra* εξακολουθεί να βρίσκεται στους δύο μεγάλους ταμιευτήρες της πεδιάδας της Κάρλας, δηλαδή, το Στεφανοβίκι και το Καλαμάκι (*Bousouras and Hallmann,1999*).

2.3.3.5. Οικοσυστήματα.

Οι μικροί τεχνητοί ταμιευτήρες που έχουν κατασκευαστεί στην παρακάρλια ζώνη αποτελούν ένα ξεχωριστό τύπο βιοτόπου εν μέσω έντονα καλλιεργούμενων περιοχών. Τα σημεία όπου αναπτύσσεται επαρκώς υδροχαρής μακροφυτική βλάστηση, κατά την εποχή της αναπαραγωγής, χρησιμοποιούνται για φώλιασμα από αρκετά παρυδάτια πουλιά. Το γεγονός αυτό είναι περισσότερο εμφανές στον ταμιευτήρα Καλαμακίου, από όπου προέρχονται οι περισσότερες παρατηρήσεις, όσον αφορά το φώλιασμα των παρυδάτιων ειδών. Σήμερα το 1/3 περίπου της έκτασης του ταμιευτήρα καταλαμβάνεται από καλαμώνες, ενώ στο υπόλοιπο αναπτύσσεται υφδατική (*submergred*) βλάστηση και πλευστόφυτα.

Πολλά από τα είδη που εντοπίζονται στους ταμιευτήρες δε διαθέτουν προσαρμογές για να επιβιώνουν σε συνθήκες εποχιακής παρουσίας νερού, έτσι δε μπορούν να αντέξουν σε καταστάσεις σημαντικού περιορισμού των υδάτινων αποθεμάτων. Η παρατήρηση αυτή αφορά βέβαια κυρίως την ιχθυοπανίδα. Δεδομένης της χρήσης των ταμιευτήρων για άρδευση, η πλήρης αποξήρανσή τους ορισμένα καλοκαίρια με πιο πρόσφατο το καλοκαίρι του 1998, επέφερε δραματικές αλλαγές στην πανίδα, όπου χιλιάδες ψάρια ψόφησαν. Τα βατράχια υπήρξαν πολύ πιο ανθεκτικά, εν τούτοις τελικά συνελέχθησαν από εμπόρους, που τα διέθεσαν προς κατανάλωση στις αγορές της Β. Ελλάδας. Κάποια είδη πουλιών κυρίως ερωδιοί, γλάροι και πελαργοί επωφελήθηκαν της αφθονίας εύκολα διαθέσιμης τροφής και κατέκλυσαν το εσωτερικό των αδειανών ταμιευτήρων για το αντίστοιχο χρονικό διάστημα.

Οι ταμιευτήρες στην περιοχή της Κάρλας κατασκευάστηκαν από απλά χωμάτινα αναχώματα με ενίσχυση από πέτρες ούτως ώστε να μην καταστρέφονται από τον κυματισμό, τον αέρα, τα κοπάδια. Παρά το ότι το βάθος είναι μικρό, η απότομη κλίση των αναχωμάτων δεν ευνοεί την ανάπτυξη βλάστησης στις εσωτερικές παρυφές του ταμιευτήρα. Οι μικρές απώλειες νερού ωστόσο από τα αναχώματα έχουν οδηγήσει, στα εξωτερικά όρια των ταμιευτήρων, στην ανάπτυξη ρηχών βάλτων και υγρολίβαδων, "ανοιχτών" δηλαδή βιοτόπων με χαρακτήρα στέπας που προτιμώνται από πολλά είδη κυρίως της ορνιθοπανίδας (*Falco naumanni*, *Buteo rufinus*, *Burhinus oedicephalus*, *Glareola pratincola*,)

Το Μαυροβούνι περιλαμβάνει ορισμένες από τις ομορφότερες δασωμένες περιοχές στην Ελλάδα, ενώ ειδικά τα φυλλοβόλα δάση του είναι εξαιρετικά ενδιαφέροντα και λόγω του μικρού βαθμού ανθρωπογενών επιδράσεων. Ο χαρακτηρισμός αυτός δεν ισχύει για τις περιοχές στα χαμηλότερα υψόμετρα, όπου η βόσκηση είναι ιδιαίτερα έντονη. Η ορεινή και η ημιορεινή ζώνη στο σύνολο της χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα

υψηλή πυκνότητα αρπακτικών (Hallmann, αδημ.). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί αφενός ότι πολλά από αυτά αναπαράγονται στα χαμηλότερα υψόμετρα, όπως για παράδειγμα στον λόφο της Μαγούλας όπου, τα τελευταία χρόνια, φωλιάζει ένα ζευγάρι *Buteo rufinus* (προστατευόμενο με βάση την Οδηγία 79/409 ΕΟΚ) και αφετέρου ότι είδη όπως ο κραυγαετός (*Aquila pomarina*), ο χρυσαετός (*Aquila chrysaetos*) και το χρυσογέρακο (*Falco biarmicus*) τρέφονται συνηθέστερα στις πεδιάδες της Κάρλας (Hallmann, αδημ.)

2.3.3.6. Ανθρωπογενές περιβάλλον - Δημογραφικά στοιχεία.

Κατά την απογραφή του 1991 στην Περιφέρεια Θεσσαλίας καταμετρήθηκαν 734.846 άτομα (που αποτελούσαν το 7,2% του συνολικού πληθυσμού της χώρας) σε έκταση 14.037 Km² (10,6 % του συνόλου της χώρας). Το βασικό χαρακτηριστικό των εξελίξεων αυτών στο σύνολο της χώρας, αποτελεί ο ολοένα επιβραδυνόμενος ρυθμός αύξησης του πληθυσμού. Αυτό το φαινόμενο κυριαρχεί στο συνολικό πληθυσμό των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και είναι αποτέλεσμα της συνεχόμενης μείωσης του ρυθμού των γεννήσεων που παρατηρείται, η οποία οδηγεί σε σημαντικές στρεβλώσεις όσον αφορά τη δομή του πληθυσμού συνολικά, αλλά κυρίως σε μία αυξανόμενη γήρανση του πληθυσμού εργάσιμης ηλικίας και του εργατικού δυναμικού. Τις τάσεις αυτές τις ακολουθεί και ο ελληνικός πληθυσμός, σε μικρότερο όμως βαθμό και με κάποια χρονική υστέρηση.

Το κυρίαρχο φαινόμενο της τελευταίας δεκαετίας τόσο στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, όσο και πανελλαδικά και πανευρωπαϊκά, είναι η δραματική μείωση του αριθμού των γεννήσεων, με αποτέλεσμα το ποσοστό γεννητικότητας από 14,66/οο που ήταν το 1981 να πέσει στο 9,84 /οο το 1991.

- Κατά την τελευταία δεκαετία διαφαίνεται κάποια δυναμική πληθυσμιακής αύξησης κυρίως στους Νομούς Λάρισας και Μαγνησίας.

- Παρατηρείται έντονη κάμψη των γεννήσεων που έχει ως αποτέλεσμα η φυσική αύξηση του πληθυσμού να τείνει να μηδενισθεί κατά τα τελευταία έτη της δεκαετίας,
- Απόρροια της συνεχιζόμενης υπογεννητικότητας είναι η ολοένα και αυξανόμενη γήρανση του πληθυσμού.

2.4 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ.

Οι χρήσεις γης στη λεκάνη απορροής της Κάρλας εμφανίζονται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4. Χρήσεις γης λεκάνης Κάρλας

| Χρήσεις γης | Εκταση (στρέμματα) | Κατανομή |
|--------------------------------|--------------------|----------|
| Αστικές δραστηριότητες | 22.789 | 1,97 |
| Μη αρδεύσιμη-αρώσιμη γη | 153,146 | 13,28 |
| Μόνιμα αρδεύσιμη γη | 394.967 | 34,24 |
| Αμπελώνες | 1.498 | 0,13 |
| Δενδρώδεις καλλιέργειες | 43.454 | 3,77 |
| Ελαιώνες | 885 | 0,08 |
| Λιβάδια | 9.521 | 0,82 |
| Παραλίες-αμμόλοφοι-αμμουδιές | 265 | 0,02 |
| Εκτάσεις με αραιή βλάστηση | 10.319 | 0,89 |
| Αποτεφρωμένες εκτάσεις | 4.126 | 0,36 |
| Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας | 123.206 | 10,68 |
| Γεωργικοδασικές περιοχές | 1.168 | 0,10 |
| Δάσος πλατύφυλλων | 8.858 | 0,77 |
| Δάσος κωνοφόρων | 8.414 | 0,73 |
| Μικτό δάσος | 24.080 | 2,09 |
| Βοσκότοποι | 71.436 | 6,19 |

| Χρήσεις γης | Έκταση (στρέμματα) | Κατανομή |
|---|--------------------|--------------|
| Θάμνοι και χερσότοποι | 6.600 | 0,57 |
| Σκληροφυλλική βλάστηση | 236.696 | 20,53 |
| Μεταβατικές δασώδεις-θαμνώδεις εκτάσεις | 31.552 | 2,74 |
| Ροές υδάτων | 460 | 0,04 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 1.153.440 | 100,0 |

Ο προσδιορισμός των χρήσεων γης έγινε με επεξεργασία δορυφορικών εικόνων (Landsat) με διακριτική ικανότητα 100x100m και επιβεβαιώθηκαν με επιτόπιες παρατηρήσεις από τον Οργανισμό Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων της Ελλάδας (ΟΚΧΕ) και η εργασία αυτή ολοκληρώθηκε το 1994. Η ταξινόμηση των χρήσεων έγινε με τις προδιαγραφές των προγραμμάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης Corine-Land Use. Όσον αφορά στις καλλιεργούμενες εκτάσεις στην ευρύτερη περιοχή της Κάρλας η κατανομή τους εμφανίζεται στον ακόλουθο πίνακα 5.

Πίνακας 5. Κατανομή γεωργικής γης

| Χρήσεις γης | Έκταση (στρέμματα) |
|--------------------------------|--------------------|
| Μη αρδεύσιμη-αρόσιμη γη | 153.146 |
| Μόνιμα αρδευόμενη γη | 394.967 |
| Αμπελώνες | 1.498 |
| Δενδρώδεις καλλιέργειες | 43.454 |
| Ελαιώνες | 885 |
| Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας | 123.206 |
| Γεωργικοδασικές περιοχές | 1.168 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 718.324 |

2.4.1. Ιδιοκτησιακό καθεστώς.

Στην υπό εξέταση περιοχή λόγω των παρεμβάσεων του έργου επαναπλημμυρισμού της Λίμνης Κάρλας οι θεμελιώδεις αβιοτικοί οικολογικοί παράγοντες βρίσκονται σε εξέλιξη, την οποία ακολουθούν και οι βιοτικοί οικολογικοί παράγοντες. Επίσης, οι προβλεπόμενες παρεμβάσεις αφορούν και έργα υποβοήθησης ανάπτυξης των φυσικών χαρακτηριστικών της περιοχής της λίμνης.

Για τους λόγους αυτούς η οριοθέτηση με βάση τα στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος πρέπει να υλοποιηθεί με κριτήρια που αφορούν:

- (α) Στα υφιστάμενα στοιχεία
- (β) Στα νέα στοιχεία που αναμένεται να προκύψουν από τη δημιουργία της τεχνητής λίμνης.

Ειδικότερα, σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία η περιοχή που αποκαλύφθηκε από την αποξήρανση της Κάρλας και βρίσκεται στα διοικητικά όρια των νομών Λάρισας και Μαγνησίας έχει έκταση 146.000 στρέμματα. Τα όριά της έχουν προσδιορισθεί με πρακτικά οροσήμανσης και έχουν περιληφθεί στο Ν.Δ 30/1974 και στο Ν.1644/1986.

Με την αποξήρανση της λίμνης άρχισε η καταπάτηση των εκτάσεων που αποκαλυφτήκαν. Πολλοί από τους καταπατητές επεδίωξαν και απέκτησαν τίτλους κυριότητας με δικαστικές αποφάσεις που ο Άρειος Πάγος έχει καταστήσει αμετάκλητες. Για τη ρύθμιση του ιδιοκτησιακού προβλήματος εκδόθηκε ο Ν.1341/83 με τον οποίο σταμάτησε ουσιαστικά η διαδικασία αναγνώρισης τίτλων ιδιοκτησίας.

Από τη συνολική έκταση 81869 στρεμμάτων της τέως λίμνης που ανήκουν στο νομό Λάρισας τα:

- 45.869 στρέμματα έχουν παραχωρηθεί οριστικά σε ακτήμονες.
- 5.928 στρέμματα αναγνωρίστηκαν σαν ιδιοκτησίες στο αγρόκτημα Πλασιάς.
- 10.309 στρέμματα παραχωρούνται σε συλλόγους ακτημόνων και τέως αλιείς για προσωρινή ομαδική καλλιέργεια.

- 2.185 στρέμματα κατέλαβε ο ταμιευτήρας Καλαμακίου .
- 15.000 στρέμματα κατέχονται από τρίτους και εξ αυτών τα 3.400 στρέμματα έχουν παραχωρηθεί οπότε απομένουν 11.500 στρέμματα, των οποίων η διάθεση δεν είναι δυνατόν να γίνει βάσει της κείμενης νομοθεσίας.

Σήμερα από τις εκτάσεις των Ν. Μαγνησίας και Λάρισας γίνεται παραχώρηση 57.000 στρεμμάτων δημοσίων εκτάσεων μόνο σε ακτήμονες με ετήσιο μίσθωμα σύμφωνα με την 95/75 πράξη του Υπουργικού Συμβουλίου κατόπιν αποφάσεων των νομαρχών. Η παραχώρηση γίνεται προς συλλόγους ακτημόνων ή γεωργικούς συνεταιρισμούς, οι οποίοι τα μοιράζουν στους δικαιούχους.

2.5. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΕΡΓΑ.

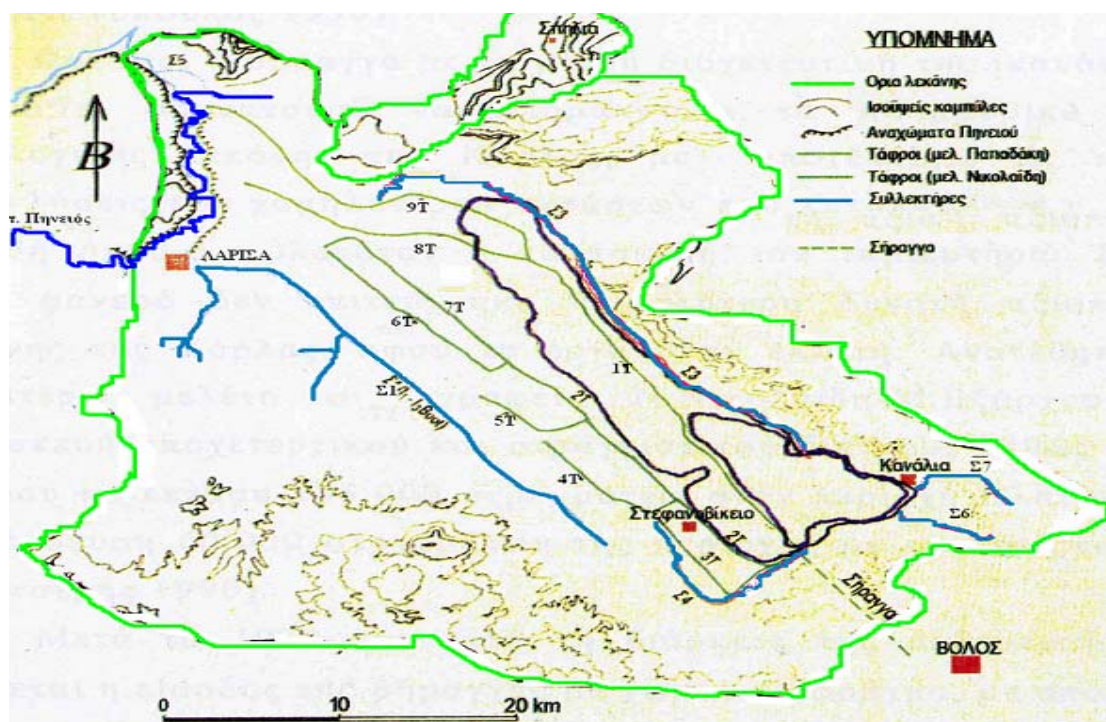
2.5.1 . Έργα αποχέτευσης και αντιπλημμυρικής προστασίας.

Στο πλαίσιο των έργων αντιπλημμυρικής προστασίας και αποχέτευσης της Θεσσαλίας, των οποίων η κατασκευή άρχισε από την προπολεμική περίοδο και συνεχίστηκε μετά την απελευθέρωση, κατασκευασθήκαν και ορισμένα έργα που ενδιαφέρουν ειδικότερα την περιοχή της πεδιάδας Κάρλας.

2.5.2. Αναχώματα Πηνειού από Λάρισα μέχρι Γυρτώνη.

Πρόκειται για αναχώματα εγκιβωτισμού του ποταμού Πηνειού, τα οποία κατασκευάστηκαν από την Εταιρεία BOOT (μελέτη McDonald) με σκοπό την προστασία της πεδιάδας Λάρισας-Κάρλας από τα νερά του ποταμού, που ξεχειλίζουν και κατέκλυζαν μεγάλες εκτάσεις.

Η διαμόρφωση των αναχωμάτων αυτών στο τμήμα του ποταμού από Λάρισα μέχρι Γυρτώνη, έχει γίνει κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η δημιουργούμενη κοίτη να έχει παροχευτικότητα της τάξεως των 2.000 m³/sec, με περιθώριο ασφαλείας 1,50 m



Εικόνα 38. Υφιστάμενα έργα.

Έτσι, αν γίνει παραδεκτή μία μείωση του περιθωρίου αυτού, η παροχευτικότητα της κοίτης του ποταμού μπορεί να φθάσει τα $2.700 \text{ m}^3/\text{sec}$. Τα αναχώματα αυτά λειτουργούν ικανοποιητικά από της κατασκευής τους μέχρι σήμερα, με αποτέλεσμα να προστατεύουν αποτελεσματικά την περιοχή από τις πλημμύρες του ποταμού Πηνειού.

2.5.3. Συλλεκτήρας Σ₁.

Ο Συλλεκτήρας Σ₁, συλλέγει τα νερά των περισσότερων ρευμάτων της Ν.Δ. λεκάνης και τα κατευθύνει στον ποταμό Πηνειό, στις βόρειες παρυφές της Λάρισσας. Το συνολικό μήκος του συλλεκτήρα αυτού είναι 37 Km περίπου. Στο Συλλεκτήρα Σ₁ συμβάλλουν: (α) ο Συλλεκτήρας I₈ της BOOT και (β) ο χειμάρρος Νέας Λεύκης (Γκουσμπασανιώτης), ο οποίος λίγο προ της συμβολής του στον Σ₁, δέχεται τα νερά του χειμάρρου Νέας Καρυάς (Νεμπεγλεριώτη). Τόσο τα έργα διάνοιξης των Συλλεκτήρων Σ₁ και I₈, όσο και τα έργα διευθέτησης των χειμάρρων Νέας Λεύκης και Νέας Καρυάς έχουν κατασκευασθεί αρχικά από την εταιρεία BOOT και αργότερα συμπληρωθεί και διευρυνθεί από την Υ.Ε.Κ.Ε. Λαρίσης.

Σήμερα υπάρχει ανάγκη επανεξέτασης του Συλλεκτήρα Σ₁ στο τμήμα μεταξύ της διασταύρωσης του με τη Σιδηροδρομική γραμμή μέχρι την εκβολή του στον ποταμό Πηνειό.

2.5.4. Τάφρος 1Τ.

Η Τάφρος 1Τ ή Κυρία Τάφρος Κάρλας συλλέγει τα νερά των χαμηλών εκτάσεων της πεδιάδας και τα κατευθύνει στη Σήραγγα Κάρλας. Στο αρχικό τμήμα της τάφρου συμβάλλουν οι Τάφροι 8Τ και 9Τ. Η τάφρος αυτή κατασκευάστηκε μεταγενέστερα από τις Τάφρους 2Τ και οι διαστάσεις της κοίτης της αποδείχθηκαν επαρκείς για την εκπλήρωση των σκοπών της.



Εικόνα 39. Τάφρος 1Τ

2.5.5. Τάφρος 2Τ.

Η Τάφρος 2Τ ή Κυρία Τάφρος Νίκης συλλέγει τα νερά των Ν.Δ μεσαίων εκτάσεων και τα οδηγεί προς τη Σήραγγα της Κάρλας. Στην τάφρο αυτή συμβάλλουν οι Τάφροι 3Τ, 4Τ, 5Τ, 6Τ και 7Τ, που συγκεντρώνουν τα νερά διαφόρων τμημάτων της όλης έκτασης. Αργότερα, οι διατομές των τάφρων αυτών διευρύνθηκαν, με αποτέλεσμα να έχουν σήμερα επαρκή αποχετευτική ικανότητα.



Εικόνα 40. Τάφος 2Τ

2.5.6. Σήραγγα Κάρλας.

Η Σήραγγα Κάρλας κατασκευάστηκε με βάση μελέτη της Υπηρεσίας Υδραυλικών Έργων του Υπουργείου Δημοσίων Έργων και αποτελεί τη μοναδική διέξοδο για τα νερά της κλειστής λεκάνης της πεδιάδας Λάρισας – Κάρλας, τα οποία κατευθύνει στον Παγασητικό Κόλπο.

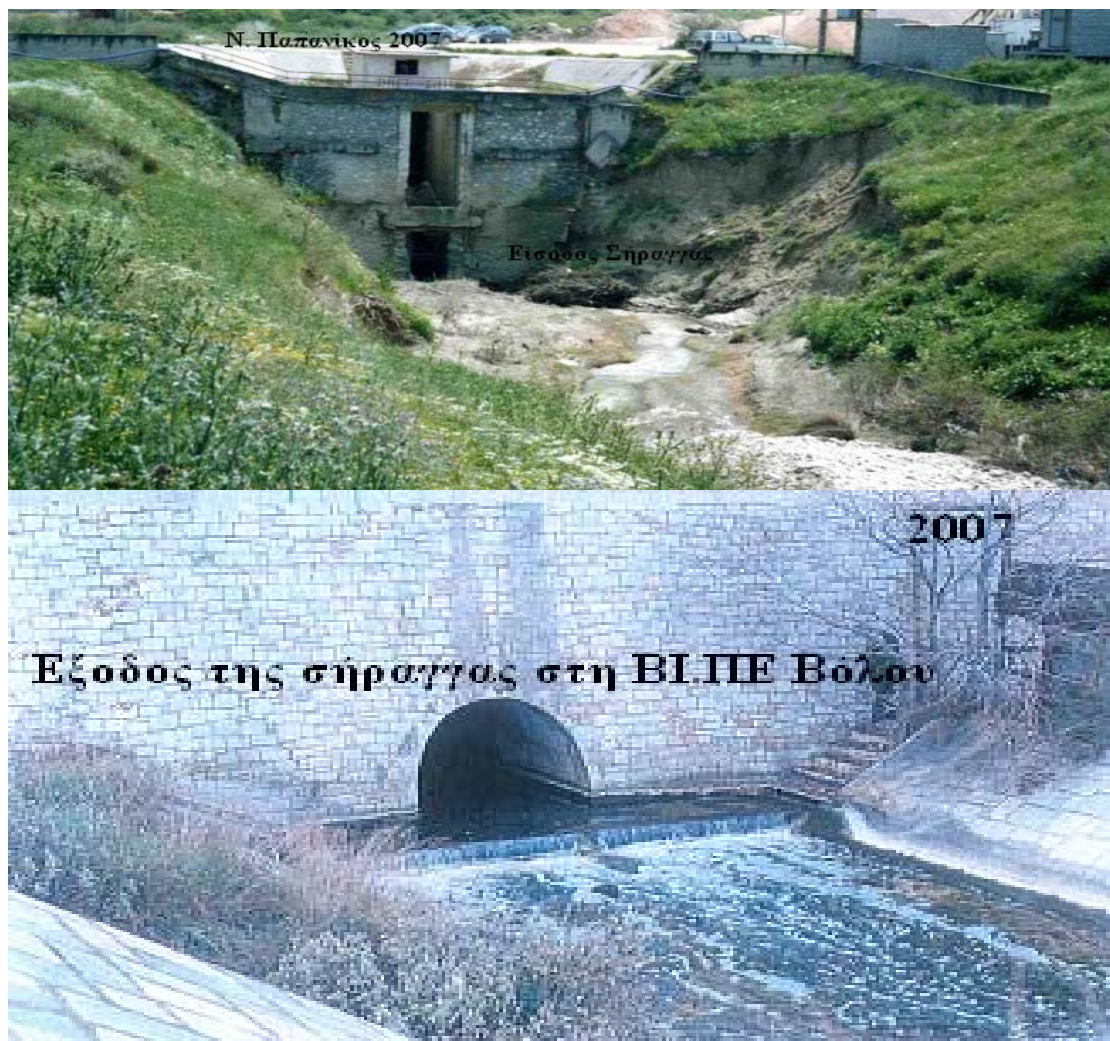


Εικόνα 41. Αναφορά στα εκτελεσθέντα έργα αποστράγγισης.

Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά της Σήραγγας Κάρλας έχουν ως εξής:

- Μήκος διαδρομής 10.120 m.
- Διατομή σχήματος πετάλου, (στοματοειδής) επενδεδυμένη με σκυρόδεμα
- Εμβαδόν διατομής 4,35 m²
- Υψόμετρο κατωφλίου της διατομής στην είσοδο της σήραγγας +38,23
- Κατά μήκος κλίση πυθμένα 1,5 ‰
- Παροχευτική ικανότητα για ελεύθερη ροή $Q=8,50 \text{ m}^3/\text{sec}$.

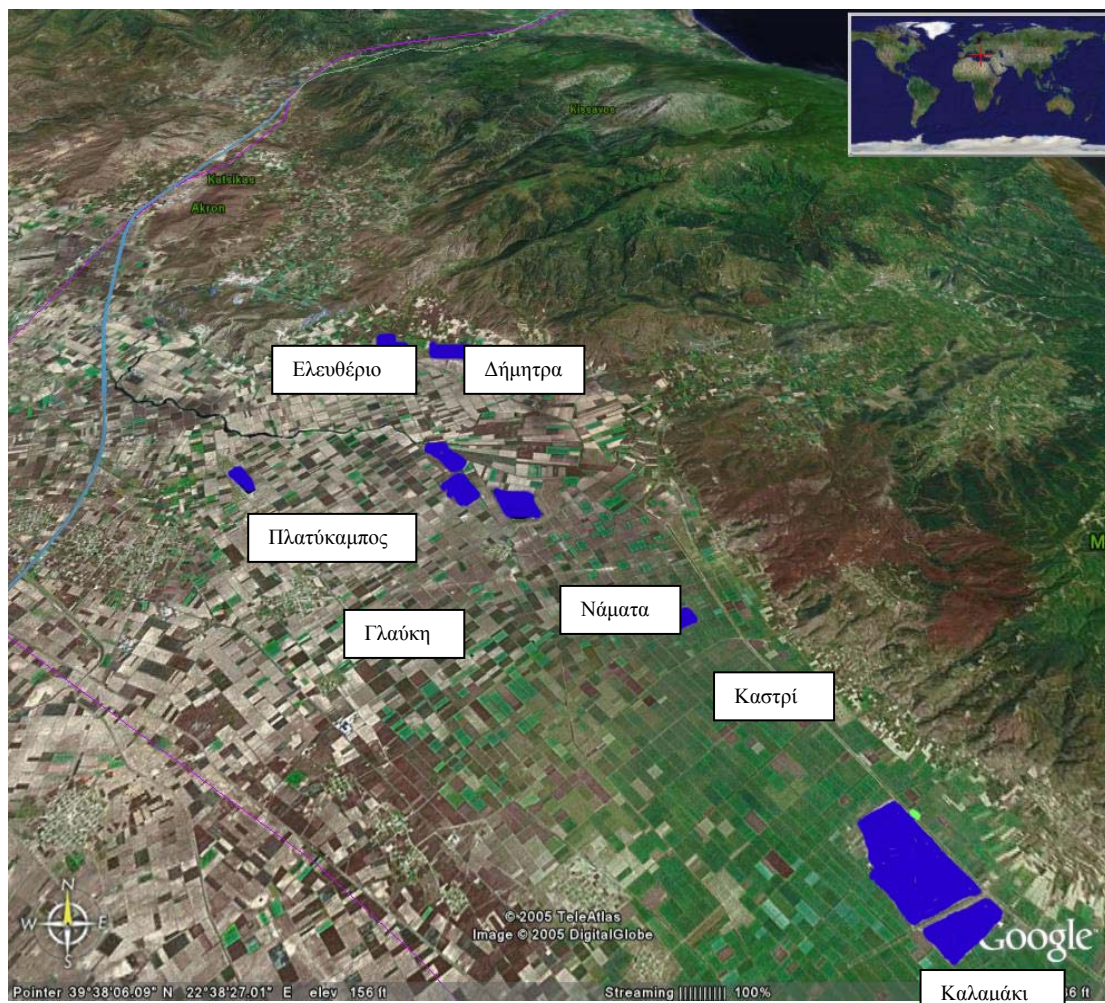
Η παροχευτική ικανότητα της Σήραγγας Κάρλας είναι τελείως ανεπαρκής για την απομάκρυνση όλων των υδάτων της λεκάνης απορροής της περιοχής Κάρλας που δε μπορούν να κατευθυνθούν προς τον ποταμό Πηνειό και συγκεντρώνονται στις δύο κύριες Τάφρους 1Τ και 2Τ.



Εικόνα 42. Είσοδος και έξοδος Σήραγγας.

2.5.7. Αρδευτικά έργα.

Στην ευρύτερη περιοχή της πεδιάδας Κάρλας, δεν υπάρχουν συστηματικά αρδευτικά έργα, δηλαδή έργα που περιλαμβάνουν δίκτυα άρδευσης, αποχέτευσης-στράγγισης και αγροτικής οδοποιίας με τα σχετικά τεχνικά έργα και τα κατάλληλα όργανα και συσκευές. Τα υπάρχοντα αρδευτικά έργα είναι απλά έργα (κινητά σωληνωτά δίκτυα, χάνδακες, μικρά αντλιοστάσια) που αποτελούν ατομικές ή ομαδικές προσπάθειες για άρδευση περιορισμένων εκτάσεων με τη χρησιμοποίηση του νερού ιδιωτικών γεωτρήσεων και γεωτρήσεων του Π.Α.Υ.Υ.Θ. ή του νερού των αποχετευτικών και αποστραγγιστικών τάφρων. Επίσης, χρησιμοποιείται το νερό ορισμένων υδατοδεξαμενών που έχουν κατασκευασθεί πρόσφατα. Οι υδατοδεξαμενές αυτές είναι οι εξής:



Εικόνα 43. Υδατοδεξαμενές στην ευρύτερη περιοχή της πεδιάδας, Κάρλας.

- **Οι υδατοδεξαμενές Ελευθερίου και Δήμητρας**, που καλύπτουν έκταση 0,3 Km² και έχουν ωφέλιμη χωρητικότητα 700.000m³ (0,7 x10⁶m³) η κάθε μία.
- **Η υδατοδεξαμενή Πλατυκάμπου**, που καλύπτει έκταση 0,25 Km² και έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 500.000 m³ (0,5x10⁶m³).
- **Η υδατοδεξαμενή Ναμάτων** που καλύπτει έκταση 0,57 Km² και έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 1.500.000m³ (1,5 x10⁶m³).
- **Η υδατοδεξαμενή Στεφανοβικείου** που καλύπτει έκταση 4Km² και έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 10.000.000 m³ (10x10⁶m³).
- **Η υδατοδεξαμενή Καλαμακίου** που καλύπτει έκταση 2Km² και έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 6.000.000 m³ (6x10⁶m³)

2.6.ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ.

2.6.1. Γενικά.

Για την αντιπλημμυρική προστασία και αξιοποίηση της πεδιάδας Λάρισας-Κάρλας έχουν καταβληθεί αξιόλογες προσπάθειες που χρονολογούνται από την απελευθέρωση της Θεσσαλίας. Στο πλαίσιο των προσπαθειών αυτών εκπονήθηκαν οι παρακάτω μελέτες:

- (α) Η πρώτη μελέτη που εκπονήθηκε το 1887 από την τότε Γαλλική αποστολή.
- (β) Το 1913, μετακλήθηκε ο Ιταλός Μηχανικός J. NOBILE, ο οποίος εκπόνησε μελέτη, στην οποία προεβλέπετο η κατασκευή αναχωμάτων εγκιβωτισμού του ποταμού Πηνειού, η διάνοιξη σήραγγας προς τον Παγασητικό Κόλπο για την αποξήρανση της λίμνης Κάρλας και η δημιουργία ταμιευτήρα που θα κάλυπτε τμήμα της αποξηραίνόμενης λίμνης και θα χρησίμευε τόσο για την ανάσχεση των πλημμυρών όσο και για την αποθήκευση ποσοτήτων νερού για αρδεύσεις.
- (γ) Το 1921 καταρτίστηκε μελέτη από την εταιρεία J. JACKSON και στη συνέχεια από την Εταιρεία MACDONALD. Οι δυο αυτές μελέτες προέβλεπαν την κατασκευή

έργων ανάλογων με εκείνα που προέβλεπε η μελέτη του J. NOBILE. Με βάση τη μελέτη της Εταιρείας MACDONALD, η εταιρεία BOOT κατασκεύασε τα αναχώματα εγκιβωτισμού του ποταμού Πηνειού και τους συλλεκτήρες των ορεινών υδάτων I₁ + I₃ και I₅ + I₆, οι οποίοι σε μεταγενέστερες μελέτες μετονομάστηκαν σε Σ1 και Σ5 αντίστοιχα. Η λειτουργία του συλλεκτήρα Σ5 αποδείχθηκε ανεπαρκής και ανακατασκευάστηκε με μέριμνα της Υ.Ε.Κ.Ε. Λάρισας.

(δ) Το 1954, το Υπουργείο Γεωργίας ανέθεσε στο Μηχανικό Κ. Παπαδάκη την εκπόνηση Προμελέτης για την κατασκευή της Σήραγγας Κάρλας και τη δημιουργία ταμιευτήρα για άρδευση έκτασης 200.000 στρεμμάτων περίπου. Με βάση την προμελέτη αυτή, η Διεύθυνση Μελετών του Υπουργείου Δημοσίων Έργων προχώρησε στην εκπόνηση οριστικής μελέτης της σήραγγας Κάρλας και στη συνέχεια διάνοιξή της.

Συγχρόνως, έγινε μερική διάνοιξη των τάφρων για την αποχέτευση των νερών των πεδινών περιοχών, όπως είχαν προβλεφθεί στην Προμελέτη Κ. Παπαδάκη (Τάφροι 2T, 3T, 4T, 5T και 6T).

(ε) Το 1959, το Υπουργείο Δημοσίων Έργων ανέθεσε στο Γραφείο Μελετών Ν. Νικολαΐδη την εκπόνηση προμελέτης και στη συνέχεια οριστικών μελετών με αντικείμενο την πλήρη αξιοποίηση της πεδιάδας Λάρισας-Κάρλας. Οι μελέτες αυτές στηρίζουν την αξιοποίηση της πεδιάδας στο σύστημα έργων που περιλαμβάνει το ανάχωμα εγκιβωτισμού του ποταμού Πηνειού, στους Συλλεκτήρες Σ1, Σ3 και Σ4, τις Κύριες Τάφρους των πεδινών εκτάσεων 1T, 2T, 3T τον Ταμιευτήρα Κάρλας και τη Σήραγγα Κάρλας. Με βάση τις μελέτες αυτές διανοίχθηκε η τάφος 1T και έγινε η πλήρης και οριστική διάνοιξη των τάφρων 2T, 3T κλπ.

(στ) Τον Οκτώβριο 1977, εκπονήθηκε με μέριμνα του Υπουργείου Δημοσίων Έργων από τα Γραφεία Μελετών ΑΛΦΑ-ΩΜΕΓΑ (Εξάρχου-Νικολαΐδης-Νικολόπουλος-

Μπενσασσών) η "Προκαταρκτική Μελέτη Αντιπλημμυρικών και Αποστραγγιστικών Έργων Μείζονος Περιοχής Κάρλας".

(ζ) Τον Απρίλιο 1982, εκπονήθηκε από τα Γραφεία Μελετών ΑΛΦΑ-ΩΜΕΓΑ (Μ. Εξάρχου - Α. Νικολόπουλος - Α. Μπενσασσών) και Ν. Νικολαΐδη η "Προμελέτη Ταμιευτήρα Κάρλας και Συναφών Έργων". Με βάση τις προτάσεις αυτής της Προμελέτης, σε συνδυασμό και τις προτάσεις της μελέτης, που αναφέρεται στην επόμενη παράγραφο (η), εκπονήθηκε η «Οριστική Μελέτη Ταμιευτήρα Κάρλας και συναφών έργων», που αναφέρεται στην παρακάτω παράγραφο (θ).

(η) Τον Σεπτέμβριο 1987 εκπονήθηκε από τα συνεργασθέντα Γραφεία Μελετών "ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ" ΕΠΕ, "ΤΕΤΡΑΚΤΥΣ" ΕΠΕ και "ΥΔΡΟΔΟΜΙΚΗ" Ε.Ε.-Θ.Ι.ΜΑΝΤΖΙΑΡΑΣ ΚΑΙ ΣΙΑ η "Μελέτη Ανάπτυξης Εγγειοβελτιωτικών Έργων Θεσσαλίας σε συνδυασμό με την εκτροπή του Αχελώου ποταμού - Τεχνικό Μέρος των περιοχών Δ, Ε και Ζ".

(θ) Τον Ιούνιο 1995 εκπονήθηκε η «Οριστική Μελέτη Ταμιευτήρα Κάρλας και συναφών έργων» (Μελέτη Υδραυλικών Έργων), από τα Συμπράττοντα Γραφεία Μελετών :

"ΓΡΑΦΕΙΟ ΜΑΧΑΙΡΑ" Α.Ε. , ΥΔΡΟΔΟΜΙΚΗ - Θ. Ι. ΜΑΝΤΖΙΑΡΑΣ ΚΑΙ ΣΙΑ" Ε.Ε., ΟΤΜ Ε.Π.Ε, Τ. ΚΑΦΕΤΖΟΠΟΥΛΟΣ - Δ. ΜΠΕΝΑΚΗΣ - Ι. ΠΡΙΝΤΑΤΚΟ ΚΑΙ ΣΙΑ" Ε.Ε, Δ. ΜΠΙΣΔΑΡΗ, Σ. ΝΑΣΟΥΛΗ, Έ. ΒΑΓΙΑΝΟΣ - Κ. ΚΕΛΕΜΕΝΗΣ - Α. ΚΟΚΚΙΝΟΠΟΥΛΟΣ ΚΑΙ ΣΙΑ" Ε.Ε., "Ι. ΑΛΑΒΑΝΟΣ - Χ. ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ" Ε.Ε., "ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΩΝ" ΕΠΕ - ΙΣΤΡΙΑ, Γ. ΜΠΟΥΡΤΖΙΚΟΣ.

2.7. Η ΑΝΑΣΥΣΤΑΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ.

2.7.1 Γενικά στοιχεία.

Πίνακας 6. Γενικά στοιχεία επαναδημιουργίας λίμνης Κάρλας

| Γ΄ ΚΠΣ | 2000-2006 |
|--------------------------|--|
| ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ | ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ |
| ΑΞΟΝΑΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ | ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ – ΒΙΟΤΟΠΟΙ |
| ΜΕΤΡΟ | Επαναδημιουργία λίμνης Κάρλας |
| ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ | Η ευρύτερη περιοχή της παλιάς Λίμνης Κάρλας στους Νομούς Μαγνησίας και Λάρισας της Περιφέρειας Θεσσαλίας |
| ΩΦΕΛΟΥΜΕΝΟΙ ΑΠΟ ΤΟ ΜΕΤΡΟ | Οι κάτοικοι της ευρύτερης περιοχής Κάρλας στους Νομούς Μαγνησίας και Λάρισας της Περιφέρειας Θεσσαλίας |
| ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ | 2000-2006 |

2.7.2. Χρηματοοικονομικά Στοιχεία.

Το έργο «Επαναδημιουργία Λίμνης Κάρλας» εντάχθηκε τον Ιούλιο του 2001 στο Μέτρο 8.2 του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Περιβάλλον» (Ε.Π.ΠΕΡ) με συνολικό προϋπολογισμό 152,02 εκ ευρώ (51,8 δις δρχ.)

Στον προϋπολογισμό αυτό περιλαμβάνονται τα έργα της επανασύστασης της λίμνης, τα έργα υδροτοπικών λειτουργιών, τα έργα ανάδειξης περιβάλλοντος, τα έργα για την ύδρευση του Βόλου και ένα μέρος των έργων ορεινής υδρονομίας. Οι απαλλοτριώσεις είναι επίσης ενταγμένες στο πρόγραμμα Ε.Π.ΠΕΡ. Τα επί πλέον

ποσά που θα απαιτηθούν πέραν των εγκεκριμένων από το Ε.Π.ΠΕΡ. χρηματοδοτούνται από εθνικούς πόρους.

Κατόπιν της 1ης πρόσκλησης στις 19/11/01, με συνολικό προϋπολογισμό 152.020.000 ευρώ (100% της δράσης) και σύμφωνα με την διαδικασία ένταξης των έργων που προβλέπει το Γ΄ ΚΠΣ, υποβλήθηκαν από την αρμόδια Υπηρεσία του ΥΠΕΧΩΔΕ 4 Τεχνικά Δελτία Έργου και εντάχθηκαν τα κάτωθι έργα:

Α. Έργο «Ταμιευτήρας Κάρλας και Συναφή έργα» συνολικού ποσού 113.000.000 ευρώ, που αποτελείται από 3 υποέργα. Η ένταξή του έγινε την 14/12/2001.



Εικόνα 44. Δορυφορική άποψη του Ταμιευτήρα.

1ο Υπόεργο: «Ταμιευτήρας Κάρλας και Συναφή έργα – Εργολαβία», που περιλαμβάνει την κατασκευή του ταμιευτήρα (της λίμνης) και των συλλεκτήρων προϋπολογισμού 101.100.000 ευρώ.

Για το έργο υπεγράφη σύμβαση με την ανάδοχο εταιρεία την 24-9-1999 και άρχισε να υλοποιείται στις αρχές του 2000. Μέχρι στιγμής έχουν κατασκευασθεί πλήρως τα αναχώματα του ταμιευτήρα (χωματουργικές εργασίες, μονώσεις), εκτός από τα κλεισίματά τους σε ορισμένες θέσεις εκβολών συλλεκτήρων.

2ο Υπόεργο: «Ταμιευτήρας Κάρλας και Συναφή έργα Απαλλοτριώσεις», που περιλαμβάνει απαλλοτριώσεις και επιτάξεις της περιοχής κατασκευής του

Ταμειυτήρα και των συλλεκτήρων, προϋπολογισμού 11.740.000 ευρώ.

Το έργο άρχισε να υλοποιείται στις 31-10-2000 και μέχρι στιγμής έχει υλοποιηθεί το μεγαλύτερο μέρος των επιτάξεων και των απαλλοτριώσεων, οι οποίες θα ολοκληρωθούν μετά από τον καθορισμό της τιμής γης για την περιοχή των συλλεκτήρων.

3ο Υπόεργο: «Μεταφορά Δικτύων Ο.Κ.Ω», που περιλαμβάνει μετατόπιση δικτύων ΟΤΕ και ΔΕΗ συνολικού προϋπολογισμού 160.000 ευρώ. Το έργο άρχισε να υλοποιείται στις 18-05-2001.

2.7.3. Χρηματοδοτικό Σχήμα.

Πίνακας 7. Οικονομικά στοιχεία (ποσά σε €) .

| Μέτρο | | Σύνολο | Κοινοτική Συμμετοχή | | Συμμετοχή του Κράτους | |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| | | | Σύνολο | ΕΤΠΑ | Σύνολο | Κεντρική |
| | | (5)=(4)+(2) | (4)=(3) | (3) | (2)=(1) | (1) |
| Επαναδημιουργία Λίμνης Κάρλας | 115.107.046 | 115.107.046 | 86.054.028 | 86.054.028 | 29.053.018 | 29.053.018 |
| 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2001 | 31.368.959 | 31.368.959 | 20.823.287 | 20.823.287 | 10.545.672 | 10.545.672 |
| 2002 | 18.679.029 | 18.679.029 | 11.827.762 | 11.827.762 | 6.851.267 | 6.851.267 |
| 2003 | 13.058.192 | 13.058.192 | 8.385.026 | 8.385.026 | 4.673.166 | 4.673.166 |
| 2004 | 8.249.995 | 8.249.995 | 5.471.051 | 5.471.051 | 2.778.944 | 2.778.944 |
| 2005 | 11.107.874 | 11.107.874 | 6.903.905 | 6.903.905 | 4.203.969 | 4.203.969 |
| 2006 | 32.642.997 | 32.642.997 | 32.642.997 | 32.642.997 | 0 | 0 |

2.7.4. Συνοπτικά οικονομικά στοιχεία προτεινόμενων έργων στην Α΄ φάση ανάπτυξης.

Πίνακας 8. Τμηματικό κόστος έργων Α΄ Φάσης.

| ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΟΥ | ΔΑΠΑΝΗ € |
|--|-----------------|
| 1 ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ ΚΑΡΛΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΑΦΗ ΕΡΓΑ | 85.118.873 |
| 2 ΕΡΓΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΚΑΡΛΑΣ | 22.600.528 |
| 3 ΕΡΓΑ ΜΟΝΙΜΩΝ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ | 24.508.365 |
| 4 ΠΡΟΣΩΡΙΝΑ ΕΡΓΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ | 2.582.917 |
| 5 ΕΡΓΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ | 3.698.268 |
| 6 ΕΡΓΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΜΕΙΖΟΝΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΒΟΛΟΥ | 4.417.375 |
| | 142.926.326 |
| ΣΥΝΟΛΟ Φ.Π.Α. 18% | 25.726.738 |
| ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ | 168.652.774 |

Ετήσιες δαπάνες συντήρησης των έργων

| | |
|--|-----------------|
| - Ταμιευτήρας, αντιπλημμυρικά και αρδευτικά έργα | 1.834.458 € |
| - Έργα ύδρευσης μείζονος περιοχής Βόλου | <u>61.638 €</u> |
| | 1.896.096 € |

Ετήσιες δαπάνες λειτουργίας

| | |
|--|------------------|
| - Ταμιευτήρας, αντιπλημμυρικά και αρδευτικά έργα | 410.918 € |
| - Έργα ύδρευσης μείζονος περιοχής Βόλου | <u>205.460 €</u> |
| | 616.378 € |

Ετήσιες δαπάνες καταναλισκομένης ενέργειας

| | |
|--|------------------|
| - Ταμιευτήρας, αντιπλημμυρικά και αρδευτικά έργα | 1.364.837 € |
| - Έργα ύδρευσης μείζονος περιοχής Βόλου | <u>601.702 €</u> |
| | 1.966.539 € |



ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΡΙΞΗΣ 2000-2006
COMMUNITY SUPPORT FRAMEWORK 2000-2006

ΕΡΓΟ ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΟΥΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ:
ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ: 65%
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΡΑΤΟΣ: 35%

PROJECT PART FINANCED BY THE EUROPEAN UNION:
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND: 65%
GREEK STATE: 35%

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ" (Ε.Π.ΠΕΡ.)
OPERATION PROGRAM "ENVIRONMENT"

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.)
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ (Γ.Γ.Δ.Ε.)

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΟΥ: ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ ΚΑΡΛΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΑΦΗ ΕΡΓΑ
ΦΟΡΕΑΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ: Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.-Γ.Γ.Δ.Ε.
ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΗ ΑΡΧΗ: ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ (Δ7)
ΔΙΕΥΘΥΝΟΥΣΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑ: Ε.Υ.Δ.Ε. ΚΑΡΛΑΣ

ΥΠΟΕΡΓΟ 1: ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ ΚΑΡΛΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΑΦΗ ΕΡΓΑ - ΕΡΓΟΛΑΒΙΑ
ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ: 101.100.000 €

ΥΠΟΕΡΓΟ 2: ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ ΚΑΡΛΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΑΦΗ ΕΡΓΑ - ΑΠΑΛΟΤΡΙΩΣΕΙΣ
ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ: 11.740.000 €

ΥΠΟΕΡΓΟ 3: ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ ΚΑΡΛΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΑΦΗ ΕΡΓΑ - ΕΡΓΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΟΧΩ
ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ: 160.000 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ: 113.000.000 €
ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: Κ/Ξ ΑΤΤΙΚΑΤ Α.Ε. - ΑΘΗΝΑ Α.Ε.Τ.Β. & Τ.Ε. - ΕΚΤΕΡ Α.Ε.

Εικόνα 45. Το έργο συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

2.7.5 Μελέτη Ταμιευτήρα

Το 1982 εκπονήθηκε από τα γραφεία μελετών «ΑΛΦΑ-ΩΜΕΓΑ» και «Ν.Νικολαΐδη» προμελέτη για τον ταμιευτήρα Κάρλας και τα συναφή έργων. Η μελέτη προέβλεπε την κατασκευή ταμιευτήρα σε έκταση 42Km² για αρδευτικούς και αντιπλημμυρικούς σκοπούς. Τα νερά των υψηλών περιοχών θα εκτρέπονταν με ανοικτές περιφερειακές τάφρους (συλλεκτήρες) προς τον ταμιευτήρα, στον οποίο θα αποχετευόταν με άντληση (με δυο αντλιοστάσια αποχέτευσης) και η χαμηλή περιοχή. Η θέση του ταμιευτήρα επιλέχθηκε με βάση τα εξής κριτήρια:

- Κατάληψη από τον ταμιευτήρα εκτάσεων τόσο από τον Ν. Μαγνησίας, όσο και από τον Ν. Λαρίσης.
- Αποφυγή κατάκλυσης 5Km² περίπου, των κοινοτήτων Κανάλια-Κάτω Κερασιά, στις παρυφές των οποίων υπάρχουν καλλιέργειες αμυγδαλιάς.
- Κατάκλυση παθογενών, κατά το δυνατόν, εκτάσεων.

Το 1995 εκπονήθηκε η «Οριστική Μελέτη Ταμιευτήρα Κάρλας και συναφών έργων» από τα συμπράτοντα γραφεία μελετών που αναφέρονται παραπάνω.

Στον σχεδιασμό του έργου επαναδημιουργίας της λίμνης Κάρλας προβλέπονται οι εξής επί μέρους δράσεις:

** Έργα διαμόρφωσης της έκτασης που θα καταλάβει η λίμνη (περιμετρικά αναχώματα) καθώς και έργα τροφοδοσίας της λίμνης με τα στραγγιστικά νερά των πεδινών περιοχών (αντλιοστάσια) και τις απορροές των όμβριων των γύρω ορεινών όγκων (χωμάτινοι συλλεκτήρες).

** Για την τροφοδοσία της λίμνης από τα χειμερινά νερά του Πηνειού θα γίνει συμπλήρωση και βελτίωση της υπάρχουσας υποδομής (αντλιοστάσια, διώρυγα, και τάφροι).

** Διαμορφώνεται εκτός της έκτασης που καταλαμβάνει η λίμνη και δίπλα σε αυτή, ζώνη ειδικής διαχείρισης με υγρότοπους για την απορρύπανση των στραγγιστικών νερών των πεδινών περιοχών. Οι υγρότοποι αυτοί θα χρησιμεύουν και ως χώροι τροφοληψίας και φωλιάσματος της παρυδάτιας ορνιθοπανίδας, για τη στήριξη της οποίας θα κατασκευαστούν και νησίδες μέσα στο χώρο κατάκλυσης.

** Για τη στήριξη της ιχθυοπανίδας δημιουργείται μικρός υγρότοπος που θα λειτουργεί ως αναθρεπτήρας.

** Για την ολοκλήρωση της διαμόρφωσης του υγροτόπου (στήριξη τροφικών πλεγμάτων) διαμορφώνονται με κατά τόπους φυτεύσεις στην περίμετρο της λίμνης

παρόχθια οικοσυστήματα κατά περίπτωση με δένδρα, θάμνους, καλαμώνες και ποώδη φυτά υγρολίβαδων.

**Για την προστασία του ταμιευτήρα και των συλλεκτήρων από προσχώσεις και την προστασία από διαβρώσεις των ορεινών και λοφωδών τμημάτων των λεκανών των οποίων οι απορροές καταλήγουν στη λίμνη, προβλέπεται η κατασκευή αναβαθμών και έργων ορεινής υδρονομίας σε κατάλληλες θέσεις διαφόρων χειμάρρων, καθώς και η διευθέτηση ορισμένων μεγάλων χειμάρρων.

**Για την οικοτουριστική αξιοποίηση και ανάδειξη της περιοχής θα κατασκευασθούν έργα υποδομών, όπως: κτιριακές υποδομές για κέντρο πληροφόρησης και μουσείο φυσικής ιστορίας, παρατηρητήρια, θέσεις θέας, δρόμοι και μονοπάτια προσεγγίσεως και προσπελάσεως κ.λ.π.

**Μετά την πλήρωση της λίμνης, απαιτείται η κατ' έτος ανανέωση των υδάτων της για την αποφυγή περαιτέρω ευτροφισμού (που θα έχει συνέπειες στη λειτουργία της ως υγροβιότοπου). Από το σχετικό μοντέλο τροφικής κατάστασης που έχει εκπονηθεί, προκύπτει ότι η ανανέωση του νερού της λίμνης είναι προϋπόθεση για τη διατήρηση της σε μεσοτροφική ως ευτροφική κατάσταση. Συνεπώς, η απόληψη νερού και η διάθεση του εκτός λίμνης είναι η μόνη λύση για την ανανέωση του υδάτινου όγκου της με τα καθαρά χειμερινά νερά του Πηνειού.

Δυτικά και ανατολικά της λίμνης υπάρχουν κυρίως αγροτικές εκτάσεις, για την άρδευση των οποίων χρησιμοποιούνται ύδατα από γεωτρήσεις, με υπερεντατική εκμετάλλευση του υπόγειου υδροφορέα. Η ανάγκη ανανέωσης του νερού της λίμνης παρέχει την μοναδική ευκαιρία να μπορεί να υποκατασταθεί το νερό των αρδεύσεων, ώστε να δοθεί η δυνατότητα στον υπόγειο υδροφορέα να επανακάμψει. Ως εκ τούτου, προγραμματίζεται η κατασκευή έργων μεταφοράς και διανομής του νερού στις παρακείμενες εκτάσεις. Ο προκαταρκτικός σχεδιασμός του έργου προβλέπει ένα σύστημα αντλιοστασίων, αγωγών και δεξαμενών που με κατάλληλες διατάξεις θα

διοχετεύουν την εαροθερινή περίοδο το νερό στις τάφρους που είναι διάσπαρτες σε όλη την περιοχή, από όπου θα χρησιμοποιείται από τους αγρότες για άρδευση.

Η δραστική μείωση των αντλήσεων θα προκαλέσει σταδιακή αύξηση της υπόγειας στάθμης, αναστολή της εξέλιξης του φαινομένου των καθιζήσεων στην δυτική της λίμνης περιοχή και επαναφορά της λειτουργίας των υπόγειων υδροφορέων σε φυσιολογικά επίπεδα.



Εικόνα 46. Τάφρος με νερό από όπου οι αγρότες θα αρδεύουν τα χωράφια τους.

**Η μείωση των αντλήσεων για αρδευτικούς σκοπούς θα δώσει τη δυνατότητα ορθολογικότερης αξιοποίησης του υπόγειου υδατικού δυναμικού και απόληψης υπόγειου νερού για την ύδρευση του Βόλου, του οποίου οι σημερινές ανάγκες (περίπου $10 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως) καλύπτονται κυρίως από υπόγεια νερά της εγγύς του Βόλου περιοχής, που είναι βεβαρυμένα με χλωριόντα (μέχρι 800 mg/l).

Για την απόληψη του νερού που θα χρησιμοποιηθεί για ύδρευση και τη διοχέτευση του σε υπάρχουσα δεξαμενή θα κατασκευασθούν έργα γεωτρήσεων και αγωγοί μεταφοράς.

**Επειδή όμως η περιοχή από την οποία θα γίνει η απόληψη του υπόγειου νερού εξυπηρετείται αρδευτικά με επαρκή έργα υδροληψίας και διανομής του, μοναδικό κίνητρο για την αποδοχή από τους κατοίκους διαφορετικής χρήσης του είναι η κατασκευή μόνιμων πλήρων δικτύων άρδευσης με το νερό της Κάρλας (σε έκταση 40.000 στρεμμάτων περίπου).

Η επαναδημιουργία της λίμνης Κάρλας και η αποκατάσταση των υδροτοπικών λειτουργιών της και η ανάδειξη της περιβαλλοντικής αξίας της λίμνης συζητείται και σχεδιάζεται εδώ και είκοσι τουλάχιστον χρόνια. Σε όλη αυτή την περίοδο, οι στόχοι της επαναδημιουργίας, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και ο τρόπος λειτουργίας του ταμειυτήρα καθώς και η προτεινόμενη διαχείριση της ευρύτερης περιοχής, δεν ήταν πάντοτε ταυτόσημοι.

Τα τελευταία χρόνια η αυξανόμενη περιβαλλοντική ευαισθησία των πολιτών, η συρρίκνωση του εισοδήματος των κατοίκων της παρακάρλιας περιοχής αφού η αποξήρανση της λίμνης δεν απέδωσε υψηλής γεωργικής αξίας (παθογένεια εδαφών, υψηλά κόστη αντλήσεων) εκτάσεις στην περιοχή, η απαξίωση της περιοχής από αισθητικής και περιβαλλοντικής πλευράς καθώς και η διαφοροποίηση του προτύπου διαβίωσης των ανθρώπων (εξαφάνιση των ψαράδων, αρνητική δημογραφική εξέλιξη), οδήγησαν σε σύμπτωση πλέον των απόψεων όλων των εμπλεκόμενων φορέων για την επαναδημιουργία μέρους τουλάχιστον της λίμνης.

Στο πλαίσιο αυτό, το ΥΠΕΧΩΔΕ εκπόνησε προμελέτη, μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων και οριστική μελέτη του έργου, μελέτη διαμόρφωσης της λίμνης, προμελέτες έργων περιβαλλοντικής αποκατάστασης και τελικά κατέληξε σε ένα προς υλοποίηση σχήμα.

Με βάση το σχήμα που προτάθηκε και μελετήθηκε, σκοπός των έργων επαναδημιουργίας της λίμνης Κάρλας είναι η αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας της περιοχής της τέως λίμνης Κάρλας.

Δευτερεύοντες, και παρεπόμενους τους κύριου σκοπού, στόχοι του έργου αποτελούν, η αντιπλημμυρική προστασία της ευρύτερης περιοχής και η αποκατάσταση των υποβαθμισμένων σήμερα συνθηκών του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα των παρά την Κάρλα περιοχών με ταυτόχρονη εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων νερού από γεωτρήσεις για την ύδρευση του Βόλου.



Εικόνα 47. Στοιχεία που αναδεικνύουν τον πολλαπλό χαρακτήρα της Λίμνης Κάρλας.

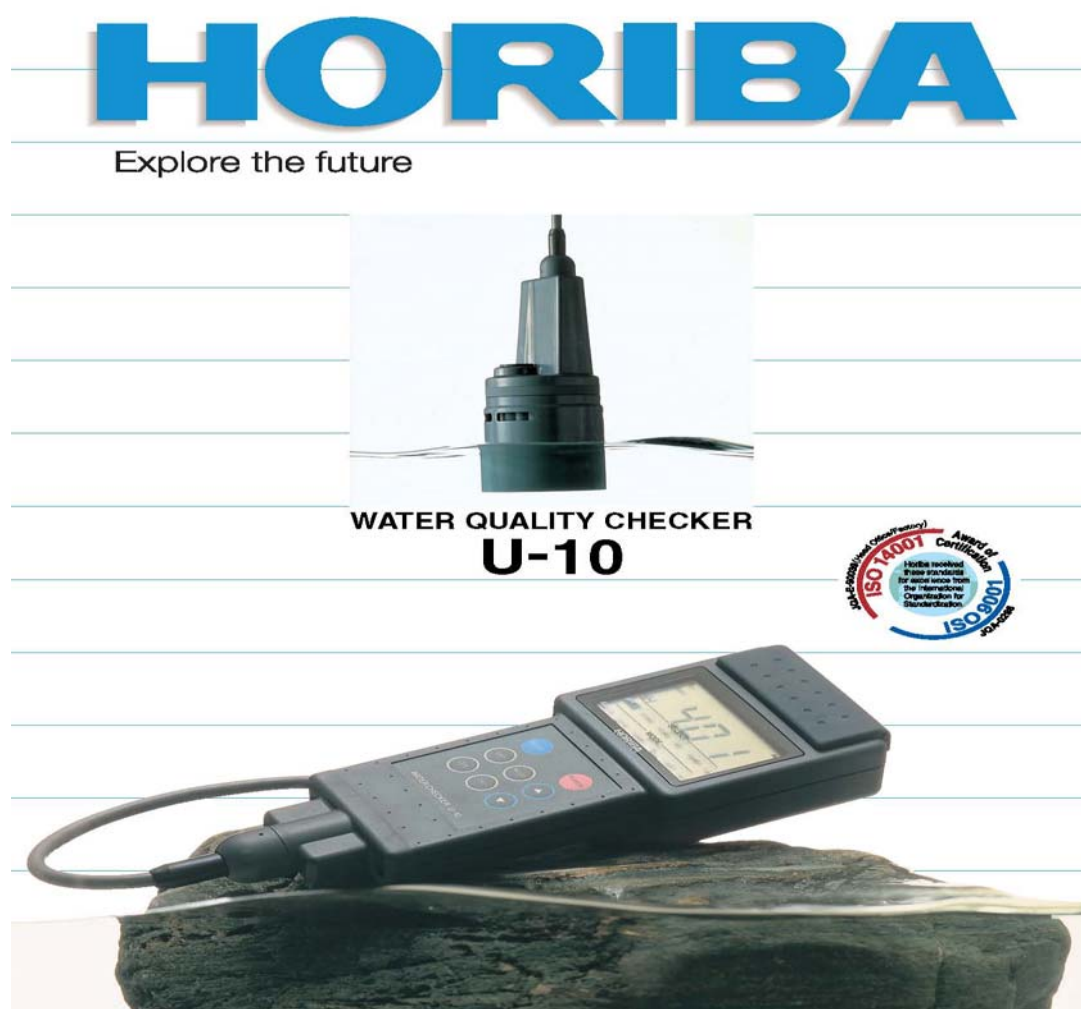
Για αυτό το λόγο, εγκρίθηκε η δημιουργία ενός ταμειυτήρα που θα καταλαμβάνει μέρος της παλιάς έκτασης της λίμνης και με τη λειτουργία του θα τροφοδοτεί τις αυξημένες ανάγκες της περιοχής της λεκάνης.

2.7.6. Μετρήσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού, με φορητό όργανο της Horiba (Water quality Checker model U-10).

Η μέτρηση των φυσικοχημικών παραμέτρων (θερμοκρασία, αλατότητα, PH, θολότητα, διαλυμένο οξυγόνο) έγινε με φορητό όργανο της Horiba (Water quality Checker model U-10).

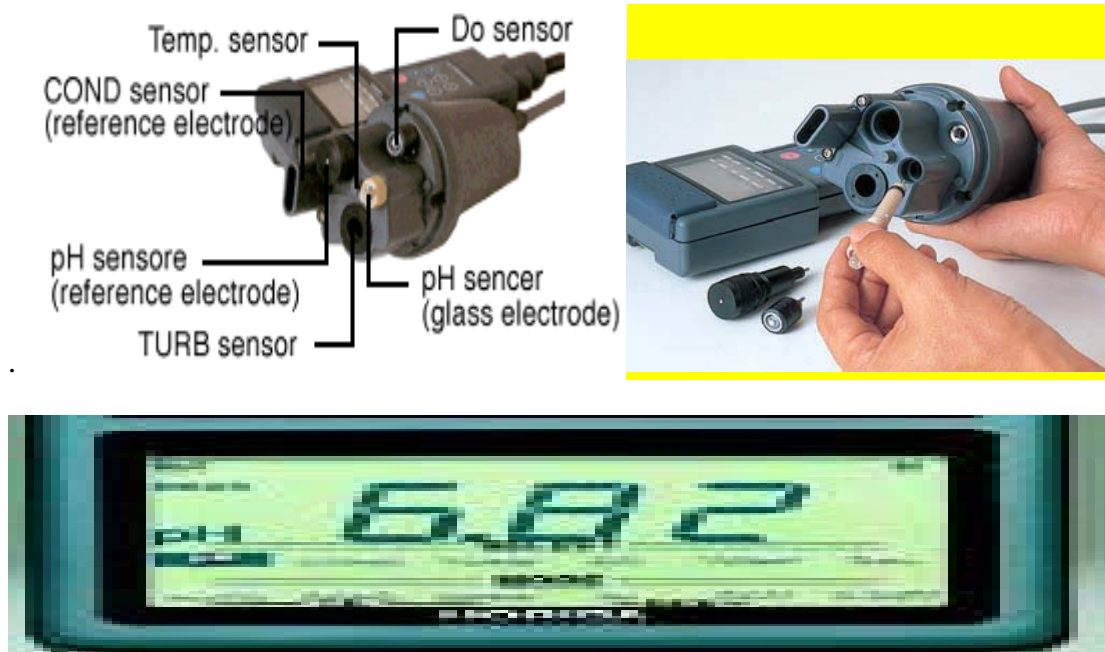
Το Horiba U-10 ελέγχει την ποιότητα του νερού στο πεδίο με επιτόπια μέτρηση.

Είναι εύκολο στη χρήση του, λειτουργεί με ένα μπουτόν που μεταφέρει τον κέρσορα στη παράμετρο του ποιοτικού μεγέθους του νερού που θέλουμε να μετρήσουμε, και αυτόματα μας δίνει τη μέτρηση. Έχει τη δυνατότητα μέτρησης έξι παραμέτρων όπως: PH, θερμοκρασία, διαλυμένο οξυγόνο, ηλεκτρική αγωγιμότητα, θολότητα, και αλατότητα.



Εικόνα 48. Πολυαισθητήρας Horiba (Water quality Checker model U-10).

Το U-10 χαρακτηρίζεται από ισχυρούς αισθητήρες που το καθιστούν ικανό να πάρει ιδιαίτερα αξιόπιστα στοιχεία ποιότητας νερού απλά και γρήγορα.



Εικόνα 49. Αισθητήρες μέτρησης φυσικοχημικών παραμέτρων.

pH : Ο αισθητήρας του PH είναι γυάλινο ηλεκτρόδιο τύπου κασέτας και δεν απαιτεί καμία συντήρηση. Μπορεί πολύ απλά και εύκολα να αντικαθίσταται 0-14 PH

Αγωγιμότητα : Ο αισθητήρας μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι ένα ηλεκτρόδιο ανθεκτικό και δίνει αξιόπιστα και σταθερά στοιχεία ακόμη και σε υψηλές συγκεντρώσεις. Μετρά αυτόματα από 0-1 mS/cm, 1-10 mS/cm , 10-100mS/cm

Διαλυμένο οξυγόνο: Το οξυγόνο εισέρχεται στην υδάτινη μάζα όπου υπάρχει διεπιφάνεια αέρα νερού και απομακρύνεται με βιολογικές αερόβιες διεργασίες 0-20mg/l

Θολότητα: Σχετίζεται με την ποσότητα των αιωρούμενων στερεών που προκαλούν σκέδαση των ακτίνων μιας διερχόμενης δέσμης φωτός και δίνουν στο νερό νεφελώδη όψη. Η μονάδα μέτρησης της θολότητας είναι το NTU (Nephelometric Turbidity Units) και οι Αμερικάνικοι κανονισμοί θέτουν άνω όριο το 1 NTU. Ο αισθητήρας είναι απρόσβλητο ηλεκτρόδιο

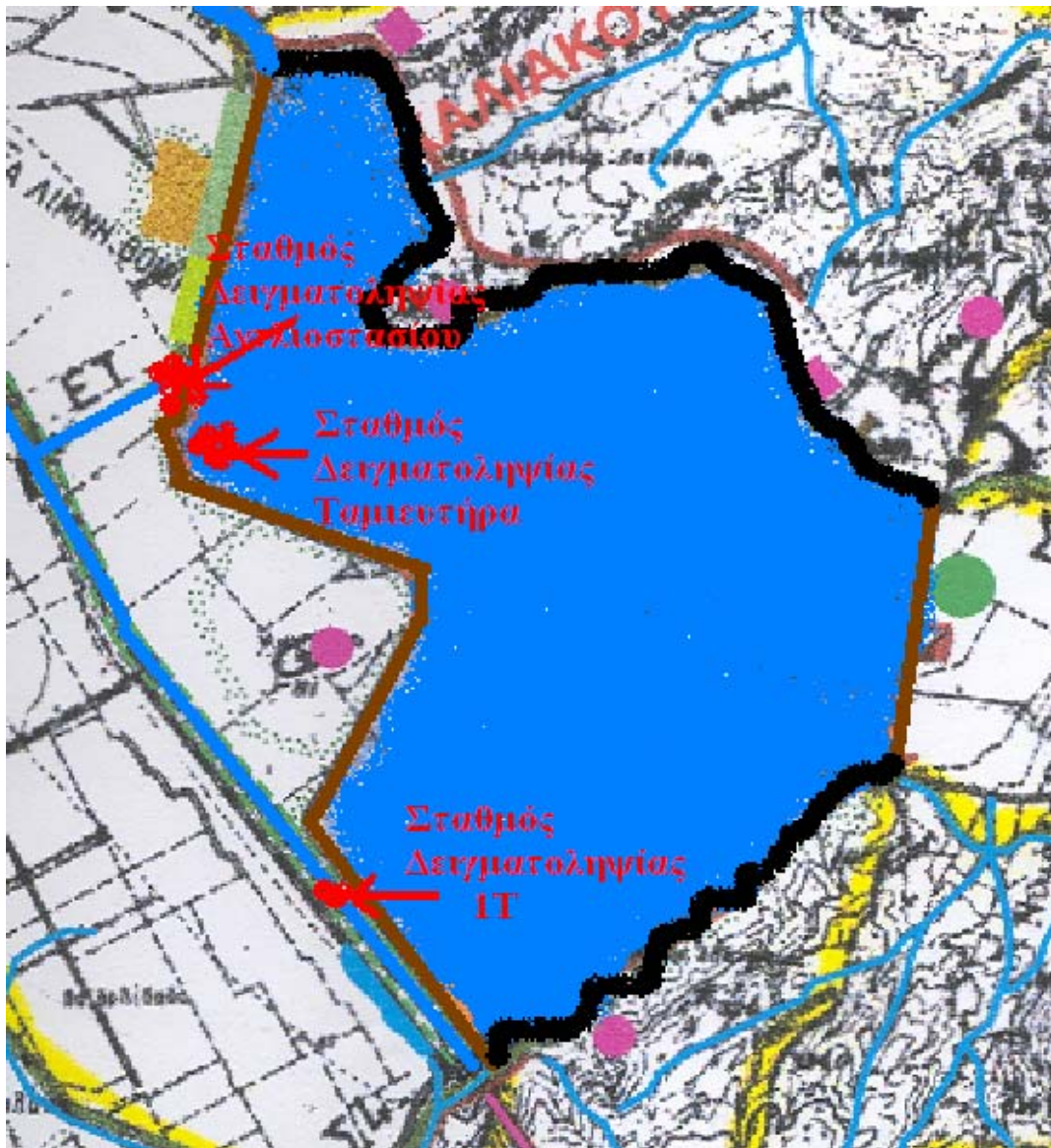
Θερμοκρασία : Θερμική αντίσταση. Μπορεί να μετρήσει από 0 έως 50⁰ C. Επίσης χρησιμοποιείται αυτοματοποιημένα κατά το μέτρηση του PH, και της αγωγιμότητας.

Αλατότητα : Υπολογισμένος από τα στοιχεία αγωγιμότητας. Η σειρά μέτρησης είναι 0 έως 4 τοις εκατό.

2.7.7. Σταθμοί δειγματοληψίας

Στο πλαίσιο της έρευνας σχετικά με τις ποιοτικές παραμέτρους του νερού του Ταμειυτήρα επιλέχθηκαν 3 σημεία επιτόπου μετρήσεων, αντίστοιχα με αυτά του 1998, για να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης με τις τιμές του 2007.

Ο Πρώτος σταθμός δειγματοληψίας είναι στη τάφρο 1Τ, ο δεύτερος στον Ταμειυτήρα και ο τρίτος στο Αντλιοστάσιο.



Εικόνα 50. Σταθμοί δειγματοληψίας.



Εικόνα 51. Σταθμός δειγματοληψίας 1Τ



Εικόνα 52. Σταθμός δειγματοληψίας Αντλιοστασίου.



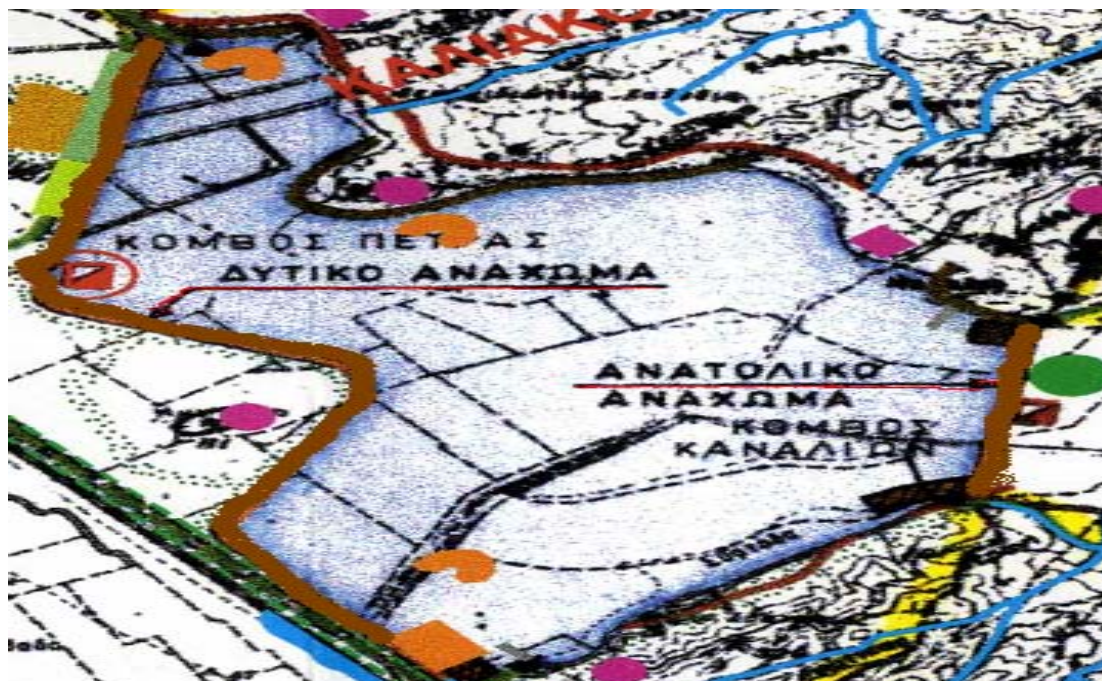
Εικόνα 53. Σταθμός δειγματοληψίας Ταμειντήρα

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.

3.1. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΘΕΝΤΑ ΕΡΓΑ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ.

3.1.1. Αναχώματα Ταμιευτήρα Κάρλας.

Ο Ταμιευτήρας Κάρλας διαμορφώθηκε με την κατασκευή δύο αναχωμάτων, του Ανατολικού και του Δυτικού



Εικόνα 54. Δυτικό και Ανατολικό ανάχωμα.

Το Ανατολικό Ανάχωμα χαράχθηκε και κατασκευάστηκε στην περιοχή της πεδινής έκτασης Κανάλια - Κερασιά. Στο μέσο περίπου του αναχώματος κατασκευάστηκαν τα έργα του Κόμβου Κανάλια.



Εικόνα 55. Ανατολικό ανάχωμα Ταμιευτήρα

Το Δυτικό Ανάχωμα χωρίζεται σε δύο τμήματα, το Βόρειο και Νότιο. Η χάραξη του Βορείου τμήματος αρχίζει από την περιοχή της εκβολής του Συλλεκτήρα Σ3 και με γενική κατεύθυνση προς τα νότια καταλήγει στα έργα του Κόμβου Πέτρας. Το Νότιο τμήμα αρχίζει από τον Κόμβο Πέτρας με κατεύθυνση προς τα νοτιοδυτικά, καταλήγει στην είσοδο της Σήραγγας Κάρλας, αφού παρακάμπτει το λόφο Μαγούλας.



Εικόνα 56. Δυτικό ανάχωμα Ταμειυτήρα.

Το μήκος των κατασκευασθέντων αναχωμάτων είναι:

Ανατολικό Ανάχωμα περίπου 2.700 m

Δυτικό Ανάχωμα περίπου 13.000 m

Σύνολο 15.700 m

Τα αναχώματα είναι ύψους 9m, με ομοιογενή διατομή από αργιλικό υλικό και με φίλτρο-στραγγιστήριο και κατάλληλες ζώνες προστασίας στο ανάντη και κατόντη πρανές. Τα υλικά των λοιπών ζωνών των αναχωμάτων (ζώνες προστασίας, στραγγιστήριο) θα προέρχονται από λατομείο.



Εικόνα 57. Λατομείο

Η τελική στέψη των αναχωμάτων βρίσκεται σε υψόμετρο +52,50m με κατάλληλο πλάτος, όπου έχει διαμορφωθεί δρόμος πλάτους 6 m, ο οποίος χρησιμοποιείται για τον έλεγχο και συντήρηση των αναχωμάτων όχι όμως για δημόσια κυκλοφορία. Γι αυτό στις άκρες των αναχωμάτων έχουν τοποθετηθεί ελεγχόμενες μπάρες αποκλεισμού της διέλευσης οχημάτων.



Εικόνα 58. Ελεγχόμενες Μπάρες.

Στον πόδα του εξωτερικού πρανούς του αναχώματος διαμορφώθηκε τάφρος για τον έλεγχο των διηθήσεων που αποχετεύεται ανά αποστάσεις περίπου 200m σε παρακείμενες τάφρους.



Εικόνα 59. Τάφρος για τον έλεγχο των διηθήσεων.

Για την προστασία του υλικού του αναχώματος, χρησιμοποιήθηκε γεώφρασμα πολυπροπυλενίου από τη διάβρωση στις επιφάνειες των πρανών και κάτω από τον δρόμο.



Εικόνα 60. Γεώφρασμα από πολυπροπυλένιο.



Εικόνα 61. Ο Ταμειυτήρας μετά την ολοκλήρωσή του.

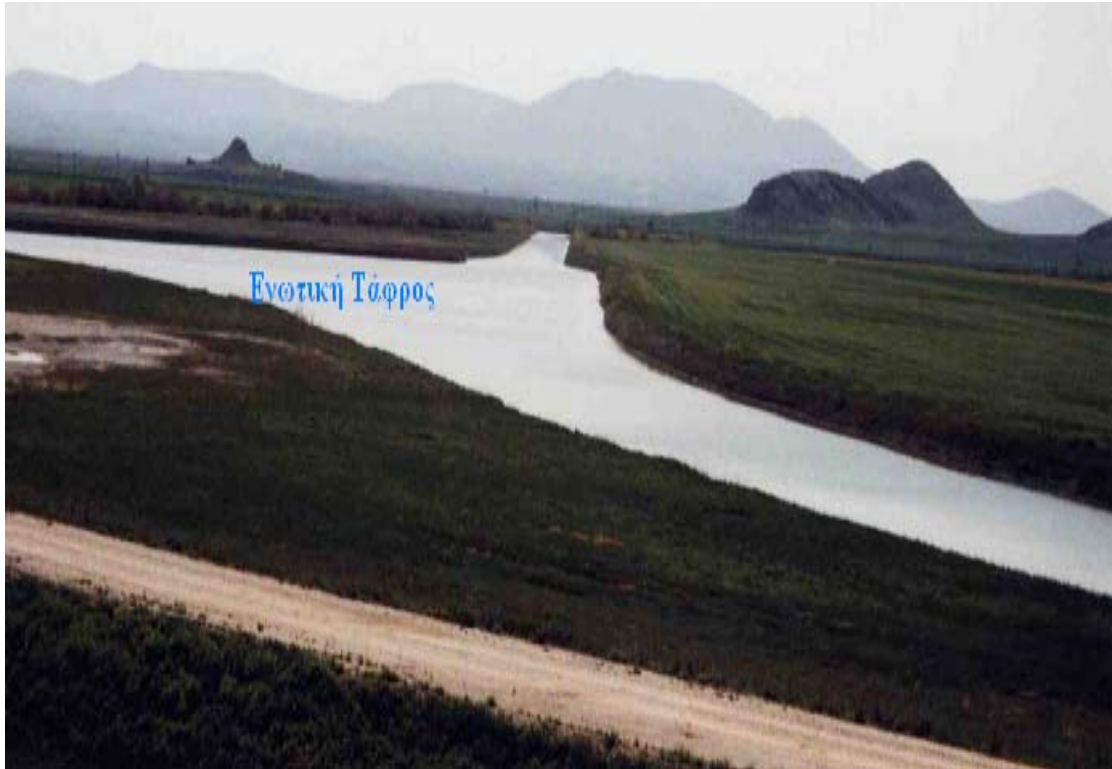
3.1.2. Τάφροι και παράπλευροι στα αναχώματα δρόμοι.

Οι τάφροι που σχετίζονται με την κατασκευή των αναχωμάτων και τη λειτουργία του Ταμειυτήρα Κάρλας είναι οι εξής :

* Η Κύρια Τάφρο Κάρλας 1Τ, η οποία έχει διανοιχθεί το έτος 1963 και αποχετεύει και αποστραγγίζει το χαμηλό τμήμα της πεδιάδας, διοχετεύοντας τα νερά προς τη σήραγγα. Η τάφρος αυτή προβλέπεται να διαπλατυνθεί από τη θέση συμβολής της Κυρίας Τάφρου ΕΤ και προς τα ανάντη, σε μήκος 1795m.



Εικόνα 62. Τάφρος 1Τ



Εικόνα 63. Ενωτική Τάφρος.

* Η Κύρια Ενωτική Τάφρος έχει διανοιχθεί κατά μήκος του βορείου τμήματος του Δυτικού Αναχώματος του Ταμιευτήρα και καταλήγει στην Κύρια Τάφρο 1Τ, με συνολικό μήκος 4.760m.

3.1.3. ΕΡΓΑ ΚΟΜΒΟΥ ΠΕΤΡΑ.

Ο "Κόμβος Πέτρα" περιλαμβάνει τα παρακάτω επί μέρους έργα :

- Το αντιπλημμυρικό- αποστραγγιστικό αντλιοστάσιο DP1.
- Το Δίαυλο Υδροληψίας.
- Την Ενωτική Τάφρο, παροχετεύσεως υδάτων της 1Τ στο αντλιοστάσιο DP1.
- Το Έργο Ασφαλείας του Ταμιευτήρα και την Τάφρο φυγής των υδάτων του.
- Το αντλιοστάσιο άρδευσης Αο (παλαιά ονομασία IP1 και IP4)

Ο Κόμβος Πέτρας τοποθετείται στο βόρειο τμήμα του Δυτικού Αναχώματος του Ταμιευτήρα και σε απόσταση 300 μέτρων περίπου από την συμβολή του με το νότιο τμήμα του δυτικού αναχώματος.



Εικόνα 64. Αντιπλημμυρικό-αποστραγγιστικό αντλιοστάσιο DP1 και άρδευσης Αο.

Η προσαγωγή του νερού του Ταμιευτήρα, στο αντλιοστάσιο άρδευσης Αο, γίνεται με το Δίαυλο Υδροληψίας.

Το αντλιοστάσιο αποχετεύσεως DP1 αντλεί προς τον Ταμιευτήρα τα πλημμυρικά νερά της Τάφρου 1Τ που δεν μπορεί να απομακρύνει η Σήραγγα Κάρλας. Η προσαγωγή των υδάτων της 1Τ στο αντλιοστάσιο DP1 γίνεται, αρχικά, με τμήμα της Κυρίας Τάφρου ΕΤ και στη συνέχεια με την Ενωτική Τάφρο.

Η Κύρια Τάφρος ΕΤ, εκβάλλει στην Κύρια Τάφρο 1Τ και έχει χάραξη, αρχικά κάθετη στην Τάφρο 1Τ και στη συνέχεια παράλληλη με τον άξονα του βόρειου τμήματος του δυτικού αναχώματος του Ταμιευτήρα. Η Τάφρος ΕΤ εξυπηρετεί την εκροή στην 1Τ των υδάτων αποχετεύσεως-στραγγίσεως της χαμηλής περιοχής βορείως του ταμιευτήρα, εξασφαλίζει τη διοχέτευση υδάτων πλημμύρας της 1Τ στην Ενωτική Τάφρο και μέσω αυτής στο αντλιοστάσιο DP1, επίσης δέχεται τα νερά της τάφρου φυγής του Εργου Ασφαλείας του Ταμιευτήρα, όταν αυτό λειτουργεί.

Το έργο ασφαλείας του Ταμιευτήρα, διατάσσεται στα βόρεια του αντλιοστασίου Αο και εξασφαλίζει το ανώτατο υψόμετρο αποθήκευσης πλημμυρικών υδάτων

(+50,00) για την ασφάλεια των αναχωμάτων. Το έργο ασφαλείας διακόπτει τη συνέχεια του αναχώματος, η οποία εξασφαλίζεται με την γέφυρα δύο ανοιγμάτων που έχει κατασκευαστεί και έχει στα ανάντη και κατόντη πτερυγότοιχους.

Με το άνοιγμα των θυροφραγμάτων του έργου ασφαλείας θα μπορεί να εκρέει από τον Ταμιευτήρα παροχή μέχρι $500 \text{ m}^3/\text{sec}$ περίπου. Τα νερά θα κατευθύνονται, με την Τάφρο Φυγής, στην Κ.Τάφρο ΕΤ και από αυτή στην Κ. Τάφρο ΙΤ, από τις οποίες θα υπερχειλίζουν και θα κατακλύζουν εδάφη της πεδιάδας. Με τη μορφή χοάνης που δόθηκε στην τάφρο φυγής και το σημαντικό πλάτος των Τάφρων ΕΤ και ΙΤ, διευκολύνεται και καθοδηγείται η εξάπλωση των νερών κατάκλυσης της πεδιάδας από νερά του Ταμιευτήρα σε περίπτωση που θα λειτουργήσει το έργο ασφαλείας.

Η προσαγωγή των υδάτων του ταμιευτήρα στα έργα του κόμβου γίνεται μέσω του διαύλου υδροληψίας που έχει συνολικό μήκος 1.350 m.

3.1.4. Έργο Ασφαλείας Ταμιευτήρα.

Για τον περιορισμό της συχνότητας και του μεγέθους των κατακλύσεων της πεδιάδας καθορίστηκε, ως στάθμη ασφαλείας, δηλαδή στάθμη μέχρι την οποία θα γίνεται πλήρης ανάσχεση τμήματος του συνολικού όγκου πλημμύρας, η στάθμη +49,80.

Το έργο εξασφαλίζει απομάκρυνση του όγκου πλημμύρων, συχνότητας εμφανίσεως αραιότερης από 1:100 έτη, χωρίς να υπερβάλλεται η ανώτατη στάθμη ανασχέσεως πλημμύρων (+50,00), ακόμα και εάν η πλημμύρα συμβεί όταν η στάθμη ύδατος στον ταμιευτήρα θα βρίσκεται στη στάθμη ασφαλείας.

Το έργο ασφαλείας αποτελείται από 4 ορθογωνικά ανοίγματα ελεύθερων διαστάσεων $5,00 \times 3,60 \text{ m}$ το καθένα, ελεγχόμενα με μεταλλικά θυροφράγματα μορφής κυκλικού τομέα. Η μέγιστη παροχή εκροής από κάθε άνοιγμα για στάθμη λίμνης +49,80 υπολογίστηκε σε $131,50 \text{ m}^3/\text{sec}$.



Εικόνα 65. Έργο Ασφαλείας Ταμιευτήρα

3.1.5. Αντλιοστάσιο DP1.

Το αντλιοστάσιο DP1 αντλεί προς τον Ταμιευτήρα παροχή μέχρι και $24 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Το δομικό μέρος του αντλιοστασίου DP1 περιλαμβάνει εννέα (9) θαλάμους αναρρόφησης, με δάπεδο σε υψόμετρο + 40,00, ένα για κάθε αντλία αποχέτευσης και ένα για τις δύο αντλίες στράγγισης. Οι θάλαμοι αυτοί επικοινωνούν με την ενωτική τάφρο, με ανοίγματα που κλείνουν με δοκούς έμφραξης. Ανάντη των θέσεων των δοκών έμφραξης, προβλέπονται χονδροεσχάρες με ειδικό μηχανοκίνητο σύστημα καθαρισμού. Για την περίπτωση που η Σήραγγα Κάρλας είναι κλειστή προβλέπεται λειτουργία του αντλιοστασίου ως στραγγιστικού με μέγιστη παροχή $2 \text{ m}^3/\text{sec}$. Σε περίπτωση που η παροχή είναι μεγαλύτερη υπάρχει η δυνατότητα να λειτουργήσει μία από τις αντλίες αποχέτευσης.



Εικόνα 66. Εξωτερική πλευρά του DP1, με τους 9 θαλάμους αναρρόφησης.



Εικόνα 67. Εσωτερική πλευρά του Αντλιοστασίου DP1.

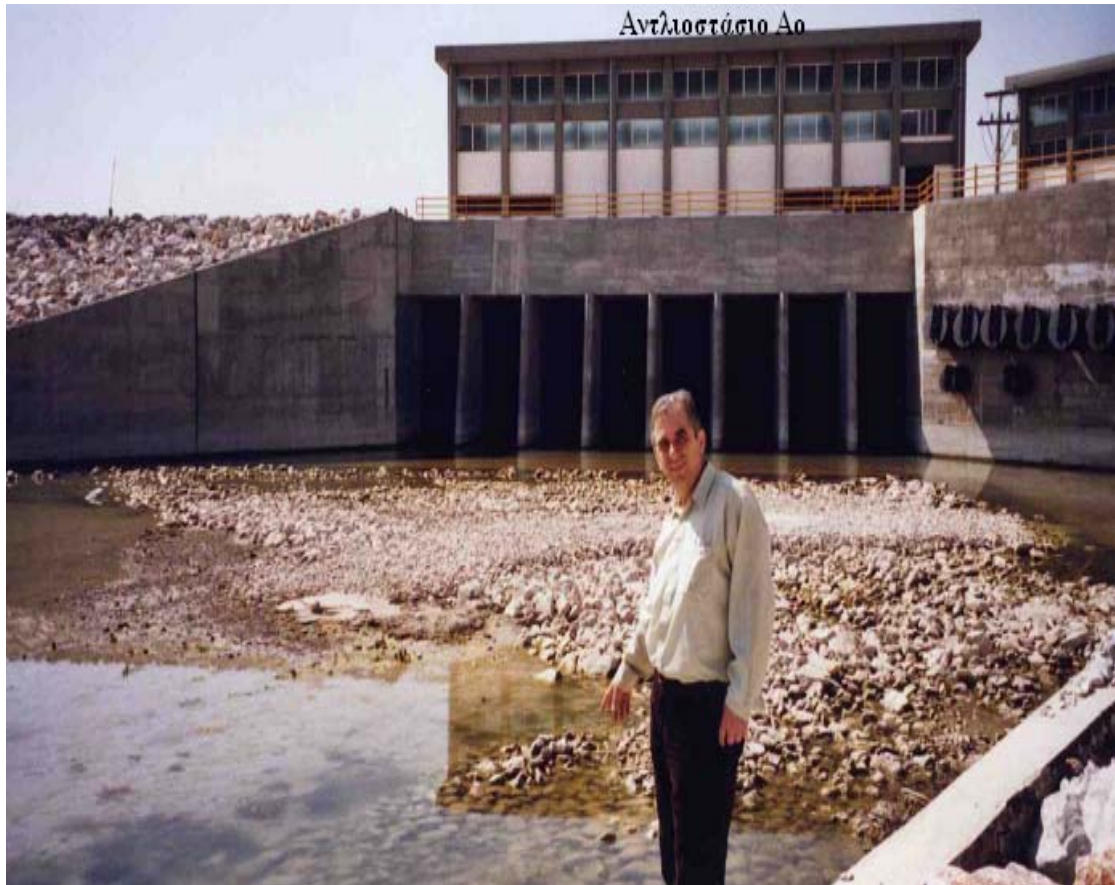


Εικόνα 68. Το Αντλιοστάσιο DP1 σε πλήρη λειτουργία.

3.1.6. Αντλιοστάσιο Αο.

Στο Αντλιοστάσιο Αο προβλέπεται να εγκατασταθούν οι αντλίες, που θα ανυψώνουν το νερό από τον Ταμιευτήρα Κάρλας στο φρεάτιο Φο, από το οποίο στη συνέχεια θα διατίθεται για την άρδευση των αντίστοιχων εκτάσεων. Το δομικό μέρος του αντλιοστασίου είναι παρόμοιο με αυτό του DP1. Το κτίριο αποτελείται από οκτώ (8) συνολικά φατνώματα. Στο κάτω μέρος των οκτώ αυτών φατνωμάτων σχηματίζονται οι θάλαμοι αναρρόφησης, οι οποίοι επικοινωνούν με τον ταμιευτήρα. Στην είσοδο των θαλάμων περιλαμβάνεται σύστημα συγκράτησης φερτών υλών με μηχανοκίνητο καθαρισμό παρόμοιο με αυτό που αναφέρεται στο αντλιοστάσιο DP1 και θέσεις για την τοποθέτηση δοκίδων έμφραξης για την απομόνωση των θαλάμων. Η συνολική ικανότητα του αντλιοστασίου Αο ανέρχεται σε $4,56\text{m}^3/\text{sec}$, το δε μανομετρικό ύψος σε 20,00 m . Η ισχύς του αντλιοστασίου εκτιμάται σε 1600 KW

Στο κτίριο του αντλιοστασίου Αο η ανωδομή έχει διαστάσεις 34,00x10,20m , ενώ το υπόγειο τμήμα έχει διαστάσεις 34,00 x 24,00m .



Εικόνα 69. Αντλιοστάσιο Άρδευσης Αο.



Εικόνα 70. Αντλίες στα Αντλιοστάσια Κόμβου Πέτρας

3.1.7. ΕΡΓΑ ΚΟΜΒΟΥ ΚΑΝΑΛΙΑ.

3.1.8. Γενικά.

Ο "Κόμβος Κανάλια", εξυπηρετεί σε θέματα στράγγισης και άρδευσης την πεδινή έκταση Κανάλια-Κερασιά και περιλαμβάνει τα αντλιοστάσια αποχέτευσης - στράγγισης DP2 και άρδευσης A2, με τα σχετικά έργα διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου για τις ανάγκες πρόσβασης και διοχέτευσης των νερών προς και από τα αντλιοστάσια.

Ο Κόμβος Κανάλια τοποθετείται έξω από το ανατολικό ανάχωμα του Ταμιευτήρα, δίπλα στον παράπλευρο δρόμο στο ανάχωμα.



Εικόνα 71. Αντλιοστάσια αποχέτευσης -στράγγισης DP2 και άρδευσης A2.

Το αποχετευτικό - στραγγιστικό δίκτυο της περιοχής Κανάλια - Κερασιά με την κατασκευή του ανατολικού αναχώματος του ταμιευτήρα Κάρλας και των συλλεκτήρων Σ6 και Σ7 θα έχει ως γενικούς αποδέκτες τις κύριες τάφρους, τις παράπλευρες με το ανάχωμα του ταμιευτήρα, που θα καταλήγουν στο αντλιοστάσιο DP2, το οποίο είναι τοποθετημένο στη μέση περίπου του μήκους του Ανατολικού Αναχώματος του Ταμιευτήρα.

Το αντλιοστάσιο άρδευσης A2 τροφοδοτείται με αγωγό Φ 450 και εξασφαλίζει την άρδευση της πεδινής έκτασης της περιοχής Κανάλια - Κερασιά.

Το αντλιοστάσιο DP2 ανυψώνει προς τον Ταμιευτήρα Κάρλας τα νερά της χαμηλής ζώνης της περιοχής Κανάλια-Κερασιά. Για την αποχέτευση της πεδιάδας υπολογίστηκε πλημμυρική παροχή $3,3 \text{ m}^3/\text{sec}$ η οποία εξασφαλίζεται, με τρία όμοια κύρια συγκροτήματα ($1,1 \text{ m}^3/\text{sec}$ το καθένα) ενώ προβλέπεται και ένα όμοιο εφεδρικό συγκρότημα. Δύο όμοιες μεταξύ τους αντλίες παροχής 80 l/sec προβλέπονται για τη στράγγιση κατά την αρδευτική περίοδο.

Το δομικό μέρος του αντλιοστασίου περιλαμβάνει στο κάτω μέρος πέντε (5) θαλάμους αναρρόφησης, τέσσερις (4) για τις αντίστοιχες αντλίες αποχέτευσης, και έναν πέμπτο για τις δύο αντλίες στραγγισμάτων.

Το αντλιοστάσιο άρδευσης A2 είναι υπόγειο με στάθμη δαπέδου $+ 42,00$. Τα αντλητικά συγκροτήματά του αναρροφούν από συλλέκτη, ο οποίος αποτελεί προέκταση του αγωγού προσαγωγής νερού από τον ταμιευτήρα μέσα στο αντλιοστάσιο.

Η προς ανύψωση παροχή ανέρχεται σε $0,147 \text{ m}^3/\text{sec}$ και το μανομετρικό ύψος σε $36,00 \text{ m}$. Η ισχύς του αντλιοστασίου εκτιμάται σε 95 KW

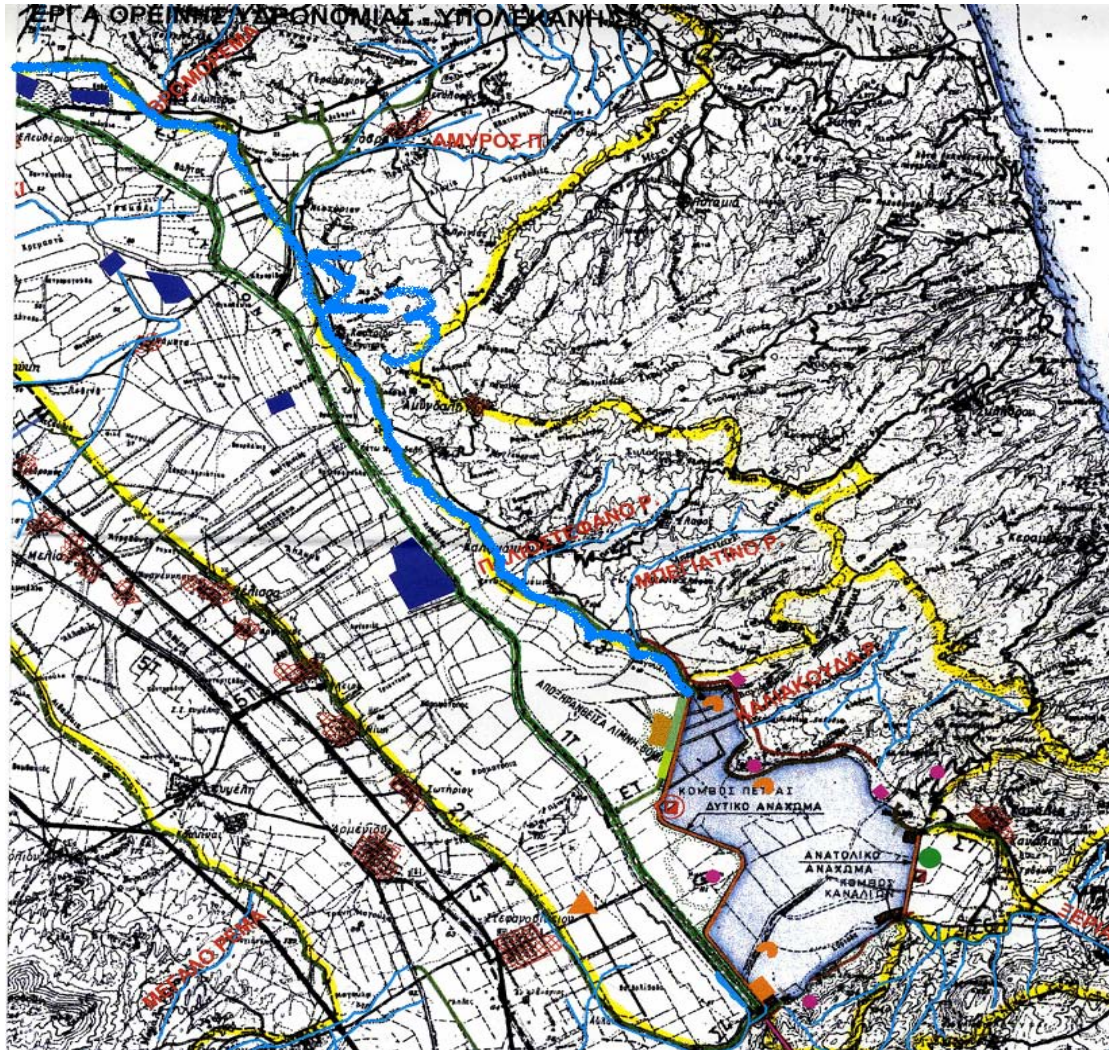
3.2. ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΕΣ.

3.2.1. Συλλεκτήρας Σ3.

Ο συλλεκτήρας Σ3 αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα έργα αντιπλημμυρικής προστασίας της πεδιάδας Κάρλας, ενώ παράλληλα συμβάλλει στην τροφοδότηση του ταμιευτήρα Κάρλας, στον οποίο αποθηκεύονται οι αναγκαίες ποσότητες νερού για την λειτουργία του.

Ο συλλεκτήρας Σ3, μήκους 32.520 m ., συλλέγει τα νερά των λεκανών απορροής των ημιορεινών και ορεινών περιοχών που εκτείνονται προς την ανατολική - βορειοανατολική πλευρά της πεδιάδας Κάρλας, συνολικής έκτασης 368 Km^2 . Η έκταση αυτή αντιπροσωπεύει ποσοστό $32,6\%$ της έκτασης της λεκάνης απορροής

Κάρλας, που ανέρχεται συνολικά σε 1130 Km², 1050 Km² της πεδιάδας Κάρλας και 80 Km² της κλειστής λεκάνης Καλοχωρίου. Δηλαδή, ο Σ3 συλλέγει τα νερά του 1/3 περίπου της συνολικής έκτασης της λεκάνης απορροής Κάρλας, που προέρχονται από υψηλές περιοχές, οι οποίες σχεδόν στο σύνολο τους βρίσκονται εκτός της πεδιάδας Κάρλας.



Εικόνα 72. Συλλεκτήρας Σ3, ο οποίος συλλέγει τα ύδατα της ορεινής υδρονομίας, ανατολικά της Κάρλας.

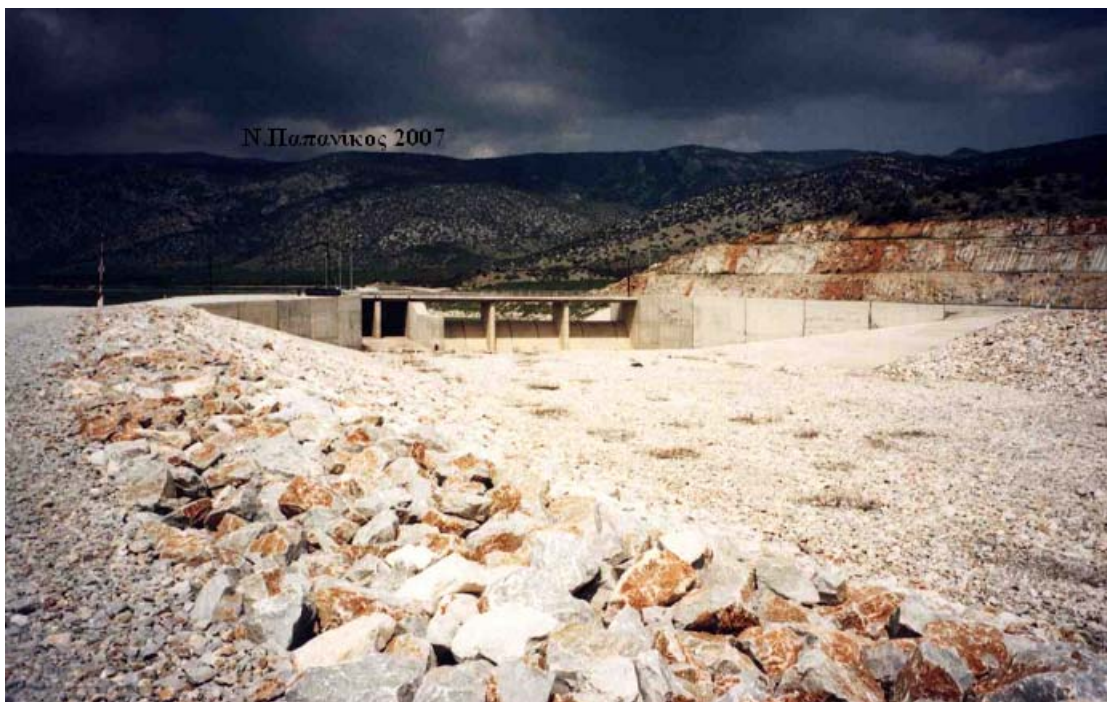
Ο συλλεκτήρας Σ3 χαράσσεται στις υπώρειες των ορεινών και ημιορεινών εκτάσεων που βρίσκονται πέραν της ανατολικής πλευράς της πεδιάδας Κάρλας. Το ανάντη άκρο του εντοπίζεται σε ευθεία απόσταση 2,5 Km βορειοδυτικά της κοινότητας Ελευθερίου και η εκβολή του στο βόρειο άκρο του δυτικού αναχώματος του ταμειυτήρα Κάρλας.



Εικόνα 73. Εξωτερική πλευρά του Συλλεκτήρα Σ3.

3.2.2. Παροχευτικότητα - Διατομή – Αναχώματα.

Η διαστασιολόγηση των διατομών στα διάφορα τμήματα του συλλεκτήρα Σ3 έγινε με βάση τη πλημμυρική παροχή συχνότητας 30ετίας που δέχεται το καθένα από τα τμήματα αυτά. Στο ανάντη άκρο του η παροχή είναι $Q = 31 \text{ m}^3/\text{sec}$, και στην εκβολή του στον ταμιευτήρα $Q = 325 \text{ m}^3/\text{sec}$

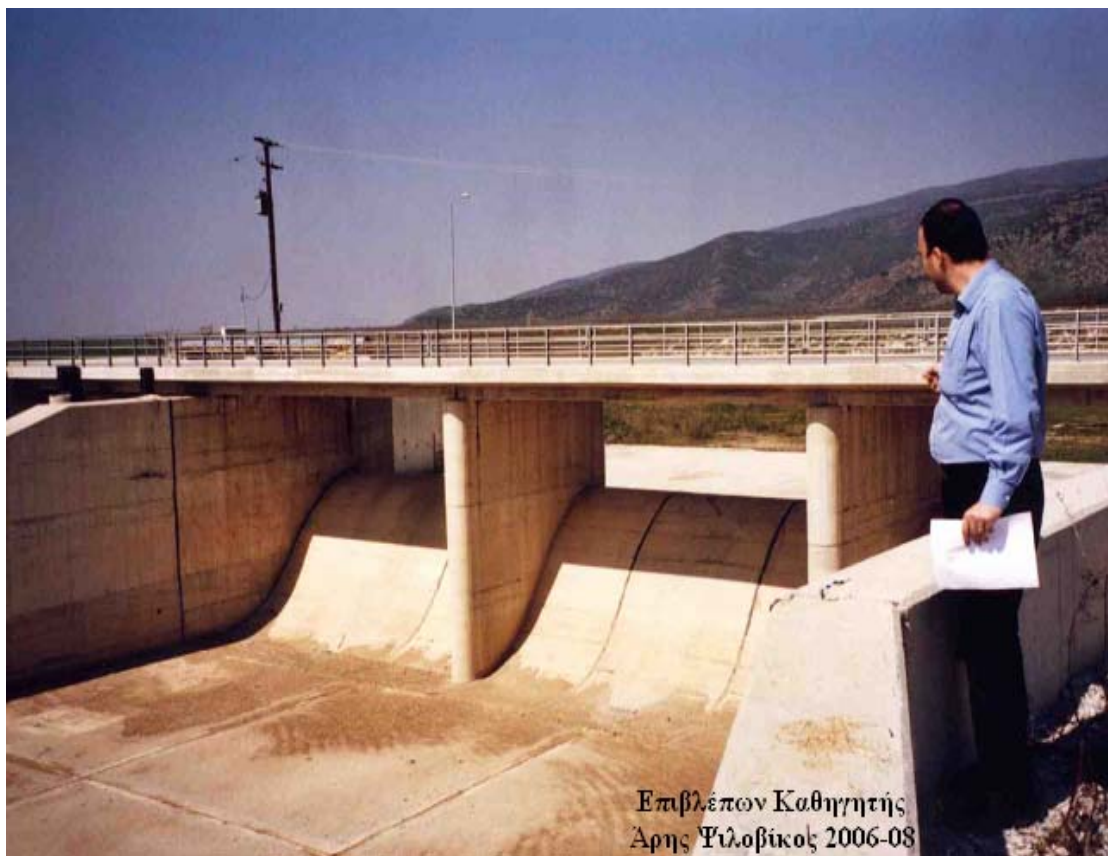


Εικόνα 74. Είσοδος Συλλεκτήρα Σ3 στον Ταμιευτήρα.

Αναχώματα προβλέπεται να κατασκευασθούν και στις δύο όχθες του συλλεκτήρα. Δεξιό ανάχωμα θα κατασκευασθεί σε όλο σχεδόν το μήκος του, ενώ αριστερό θα κατασκευασθεί στο 75% περίπου του μήκους του.

3.2.3. Έργα εκβολής του Σ3 στον Ταμιευτήρα Κάρλας.

Στην εκβολή του συλλεκτήρα Σ3 στον ταμιευτήρα Κάρλας έχει κατασκευαστεί υπερχειλιστής, λεκάνη καταστροφής ενεργείας, διώρυγα καθαρισμού, γέφυρα εκβολής, τοίχων αντιστήριξης, εκκενωτή και διώρυγα εκβολής.



Εικόνα 75. Υπερχειλιστής Συλλεκτήρα Σ3

Η γέφυρα η οποία διέρχεται πάνω από τον υπερχειλιστή και την διώρυγα καθαρισμού, εξασφαλίζει την επικοινωνία μεταξύ του αριστερού αναχώματος του συλλεκτήρα, του δυτικού αναχώματος του ταμιευτήρα, αλλά και του δεξιού αναχώματος του συλλεκτήρα. Ο φορέας της γέφυρας έχει συνολικό μήκος 55,00m. και πέντε ανοίγματα, από τα οποία τρία βρίσκονται πάνω από τον υπερχειλιστή και δύο πάνω από τη διώρυγα καθαρισμού.

3.2.4. Συλλεκτήρας Σ4.

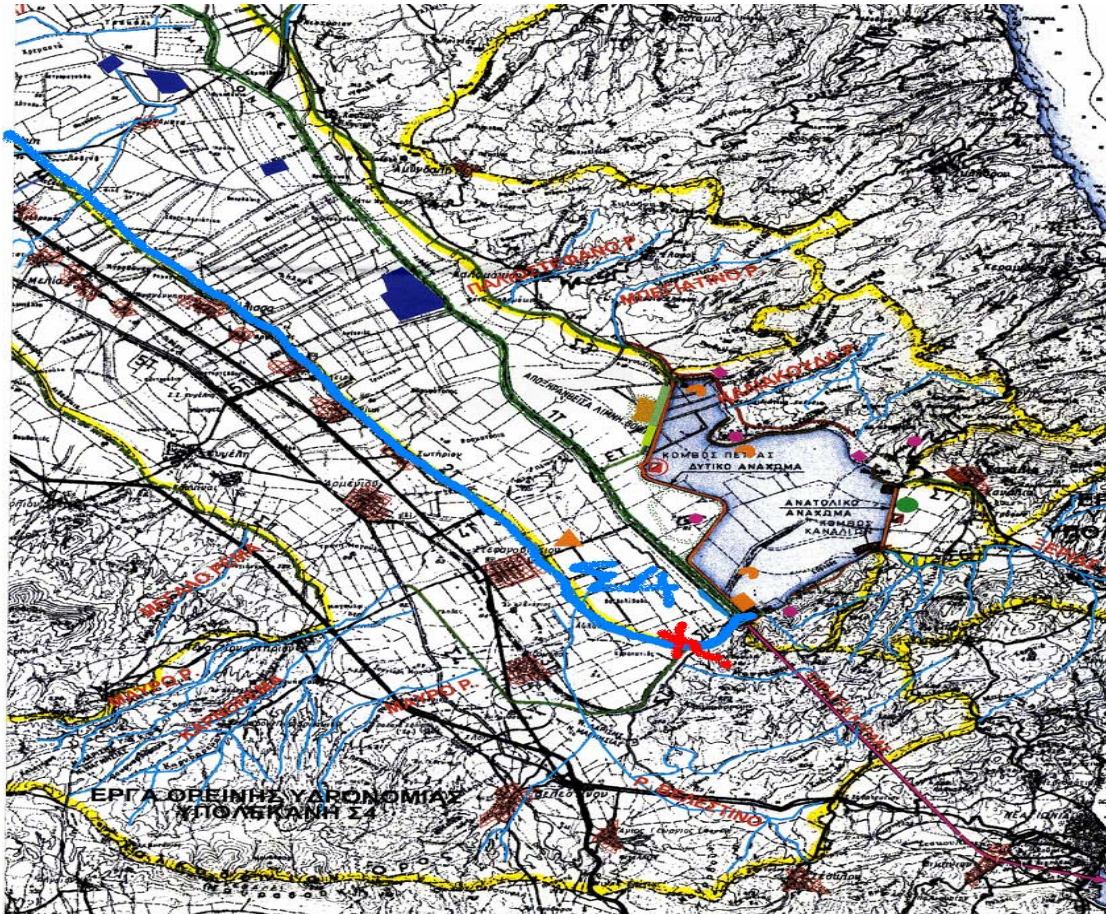
Ο συλλεκτήρας Σ4 αποτελεί επίσης σημαντικό έργο αντιπλημμυρικής προστασίας της πεδιάδας Κάρλας, ενώ παράλληλα παίζει αποφασιστικό ρόλο στην τροφοδότηση του Ταμιευτήρα Κάρλας και με νερά από τον π. Πηνειό.

Ο συλλεκτήρας Σ4, μήκους 13.740 m, αφενός μεν συλλέγει τα νερά των λεκανών απορροής των ορεινών και ημιορεινών περιοχών που εκτείνονται προς την νότιο-νοτιοδυτική πλευρά της πεδιάδας Κάρλας, συνολικής έκτασης 184 Km² και αφετέρου δέχεται τα νερά της τάφρου 2T ή κύριας τάφρου Νίκης, η οποία συλλέγει τα νερά χαμηλών περιοχών, συνολικής έκτασης 187 Km². Επομένως, ο συλλεκτήρας αυτός αποστραγγίζει εκτάσεις 371 Km², που αντιστοιχούν σε ποσοστό 32,8% της έκτασης της λεκάνης απορροής Κάρλας.



Εικόνα 76. Συλλεκτήρας Σ4

Ο συλλεκτήρας Σ4 και ειδικότερα το τμήμα του από τη συμβολή της τάφρου 2T μέχρι την εκβολή του στον ταμιευτήρα Κάρλας, αποτελεί το τελικό (κατάντη) τμήμα της διώρυγας μεταφοράς των νερών του ποταμού Πηνειού, που αντλούνται στη θέση Καραούλι και μεταφέρονται στον ταμιευτήρα για αποθήκευση.



Εικόνα 77. Συλλεκτήρας Σ4

3.2.5. Παροχευτικότητα - Διατομή – Αναχώματα.

Η κοίτη του Συλλεκτήρα Σ4 μορφώνεται με εκσκαφή τραπεζοειδούς διατομής και την κατασκευή προστατευτικών αναχωμάτων, όπου αυτά είναι απαραίτητα. Η διαστασιολόγηση των διατομών στα διάφορα τμήματα έγινε με βάση την πλημμυρική παροχή συχνότητας 30ετίας. Στο ανάντη άκρο του η παροχή είναι $Q = 83 \text{ m}^3/\text{sec}$ και στην εκβολή του στον Ταμιευτήρα Κάρλας $Q = 213 \text{ m}^3/\text{sec}$. Το πλάτος πυθμένα της διατομής στο ακραίο ανάντη τμήμα του συλλεκτήρα είναι $b = 8,00 \text{ m}$, ενώ στο κατάντη, πλησίον της εκβολής του στον ταμιευτήρα είναι $b = 24,0 \text{ m}$.

3.2.6. Κύρια Τάφρος 2T - Τάφροι χαμηλών περιοχών.

Το γεγονός ότι η κυρία τάφρος 2T διασχίζει χαμηλές περιοχές της πεδιάδας Κάρλας, επιβάλλει την κατασκευή καταλλήλων έργων, για την προστασία των χαμηλών αυτών εκτάσεων από κατακλύσεις, λόγω πιθανής εισροής των πλημμυρικών υδάτων του συλλεκτήρα Σ4 στην 2T (αναστροφή ροής).

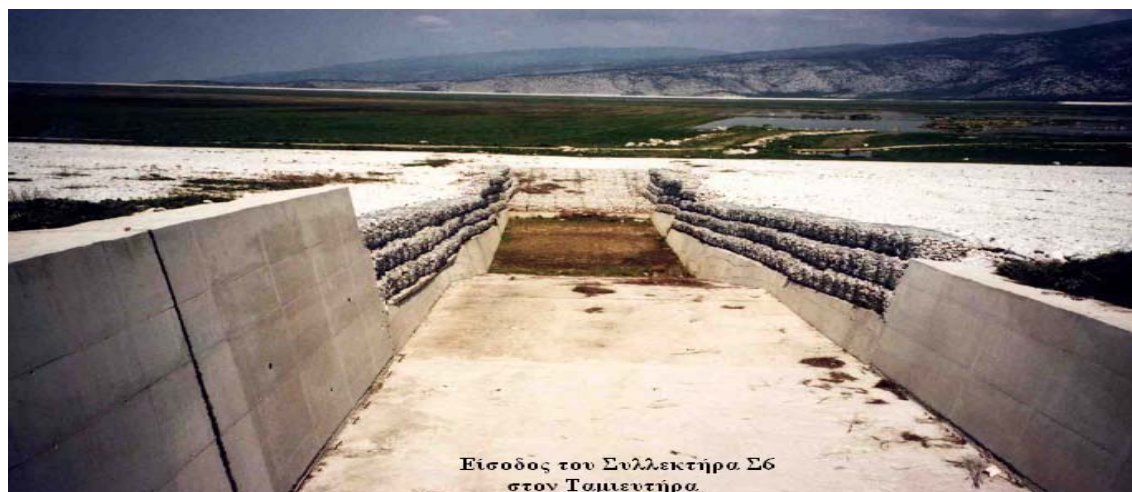
3.2.7 Έργα εκβολής του Σ4 στον Ταμιευτήρα Κάρλας.

Στην εκβολή του συλλεκτήρα Σ4 προβλέπεται η κατασκευή τεχνικού πτώσεως, λεκάνης καταστροφής ενεργείας, διώρυγας εκβολής και γέφυρας εκβολής.

Γέφυρα κατασκευάζεται πάνω από τον συλλεκτήρα Σ4, που συνδέει την επαρχιακή οδό Βελεστίνου-Καναλιών με το δρόμο που προβλέπεται να κατασκευασθεί στη στέψη του δυτικού αναχώματος του Ταμιευτήρα Κάρλας, καθώς και με τον δρόμο του αριστερού αναχώματος του Συλλεκτήρα Σ4. Συνολικά θα κατασκευασθούν πέντε (5) γέφυρες με ανοίγματα που θα κυμαίνονται από 12 m μέχρι 17 m.

3.2.8. Συλλεκτήρας Σ6.

Ο συλλεκτήρας Σ6, μήκους 4,55 Km περίπου, αποστραγγίζει εκτάσεις 56 Km² που αντιστοιχούν σε ποσοστό 5% της έκτασης της συνολικής λεκάνης απορροής.



Εικόνα 78. Συλλεκτήρας Σ6

Ο συλλεκτήρας Σ6 ακολουθεί χάραξη στις παρυφές των υψωμάτων της περιοχής Κερασιάς. Ο Σ6 συνδέεται στο ανάντη άκρο του με το χείμαρρο Κερασιώτη. Στην είσοδο του συλλεκτήρα προβλέπεται έργο κατακράτησης φερτών υλών.

3.2.9. Παροχευτικότητα - Διατομή - Αναχώματα.

Στο ανάντη άκρο του συλλεκτήρα Σ6 η παροχή πλημμύρας για συχνότητα 30 ετών είναι $Q = 69 \text{ m}^3/\text{sec}$, ενώ στην εκβολή στον Ταμιευτήρα αυξάνεται σε $Q = 96 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Η διατομή του συλλεκτήρα Σ6 διαμορφώνεται με την εκσκαφή τραπεζοειδούς διατομής πλάτους $b=6\text{m}$ και $b=10\text{m}$ και την κατασκευή των απαραίτητων αναχωμάτων.

Η αρχή του αναχώματος εντοπίζεται στη συμβολή του με τον επαρχιακό δρόμο Κανάλια - Βελεστίνο και το πέρας του η συμβολή του με την επαρχιακή οδό Κανάλια - Κερασιά.

3.2.10. Τεχνικό εκβολής του Σ6 στον Ταμιευτήρα Κάρλας.

Το έργο εκβολής του συλλεκτήρα Σ6 στον Ταμιευτήρα Κάρλας περιλαμβάνει τη διώρυγα πτώσης και τη λεκάνη καταστροφής ενέργειας.

Η διώρυγα πτώσης που έχει μήκος 20m και πλάτος πυθμένα $d = 10\text{m}$ προβλέπεται επενδυμένη με οπλισμένο σκυρόδεμα στον πυθμένα και τα πρανή στο χαμηλό τους τμήμα και με συρματοπλεκτα κιβώτια ψηλότερα. Η λεκάνη καταστροφής ενεργείας έχει μήκος 27m και πλάτος πυθμένα $d = 10\text{m}$.

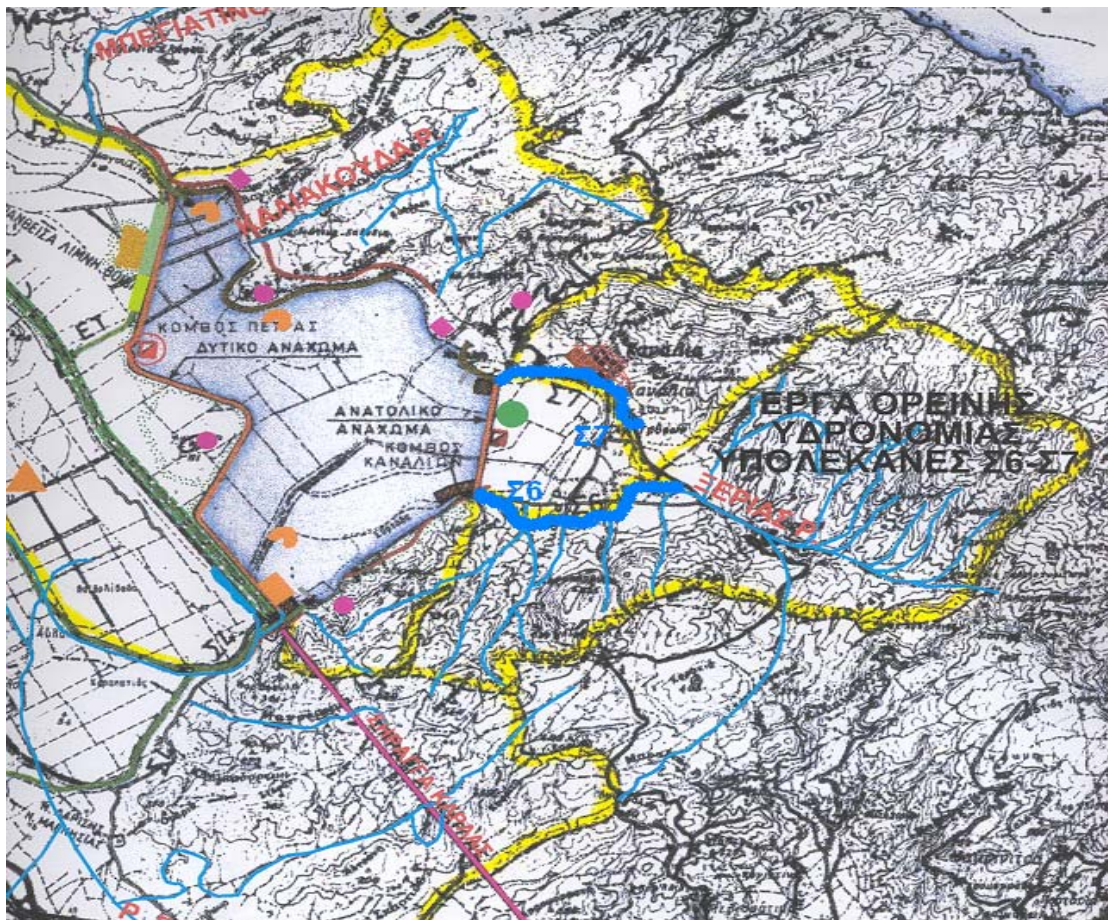
3.2.11. Γέφυρες επί του Σ6.

Στις διασταυρώσεις του συλλεκτήρα Σ6 με τους επαρχιακούς ή αγροτικούς δρόμους προβλέπεται η κατασκευή τριών (3) γεφυρών των οποίων τα ανοίγματα είναι 12m.

3.2.12. Συλλεκτήρας Σ7.

Ο συλλεκτήρας Σ7, μήκους 2,6 Km περίπου αποχετεύει λεκάνη απορροής συνολικής έκτασης 16 Km². Ξεκινώντας από τα ανάντη ακολουθεί χάραξη παράλληλη με τον υφιστάμενο ασφαλτοστρωμένο δρόμο Κανάλια - Κερασιά, διέρχεται στα όρια του οικισμού Κανάλια, συνεχίζει για ένα τμήμα μέσα σε δενδροκαλυμμένη έκταση και ύστερα από διαδρομή 0,8 Km στις παρυφές βραχώδους εξάρσεως, παρακάμπτει το βόρειο άκρο του ανατολικού αναχώματος του ταμειυτήρα Κάρλας και εκβάλλει σ'αυτόν. Η εκβολή του συλλεκτήρα διαμορφώνεται σε έργο πτώσης, μήκους 48 m.

Ένα τμήμα του συλλεκτήρα Σ7, που περνάει στα όρια του οικισμού Κανάλια και διασχίζει το γήπεδο του οικισμού, θα είναι κλειστός ορθογωνικός οχετός, ενώ έχει προβλεφθεί πλήρης αποκατάσταση δρόμων, γηπέδου και μανδροτοίχων.



Εικόνα 79. Συλλεκτήρες Σ6, Σ7

3.2.13. Παροχευτικότητα - Διατομή – Αναχώματα.

Στο ανάντη άκρο του συλλεκτήρα Σ7 η παροχή πλημμύρας για συχνότητα 30 ετών είναι $Q=18 \text{ m}^3/\text{sec}$ ενώ στην εκβολή του στον ταμιευτήρα Κάρλας αυξάνεται σε $Q=32 \text{ m}^3/\text{sec}$. Η διατομή του συλλεκτήρα Σ7 μορφώνεται κατά ένα μέρος με την εκσκαφή τραπεζοειδούς διατομής πλάτους 4,00m ή 6,00m και την κατασκευή των απαραίτητων αναχωμάτων. Στο τμήμα του συλλεκτήρα που διέρχεται στα όρια του οικισμού Κανάλια προβλέπεται κλειστός ορθογωνικός οχετός, ώστε να μη δημιουργούνται προβλήματα στη λειτουργία του οικισμού.



Εικόνα 80. Συλλεκτήρας Σ7 εσωτερική πλευρά

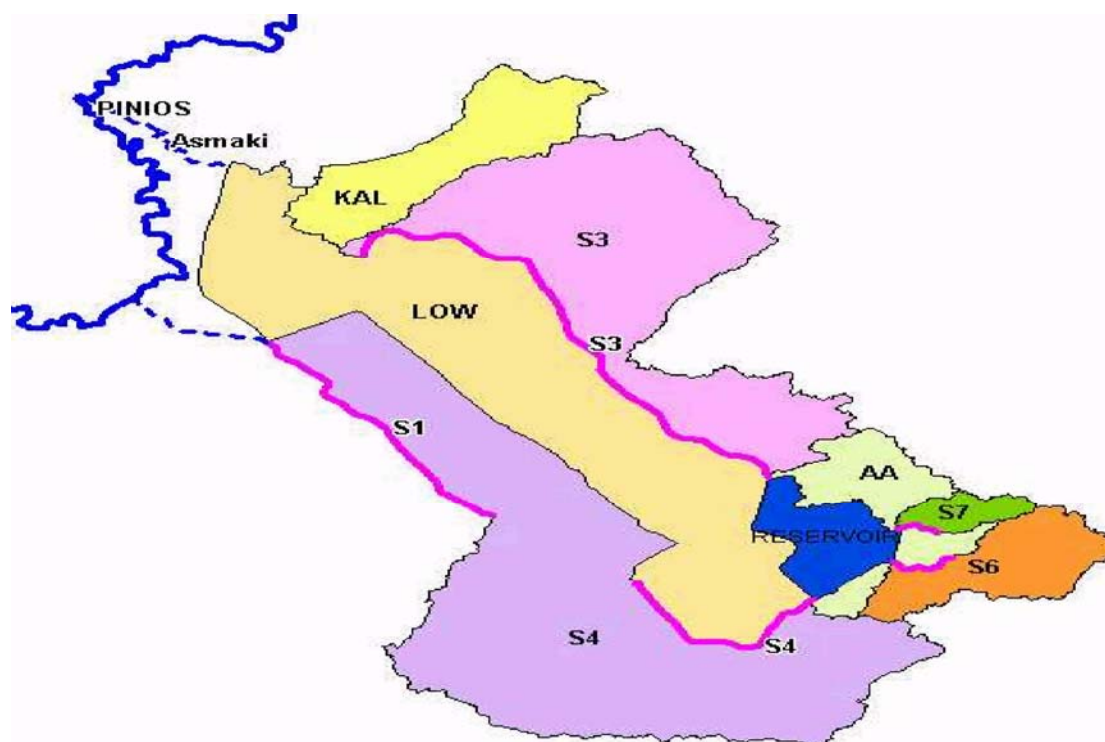


Εικόνα 81. Συλλεκτήρας Σ7 εξωτερική πλευρά.

3.2.14. Τεχνικό έργο εκβολής του Σ7 στον Ταμιευτήρα Κάρλας.

Το έργο εκβολής του συλλεκτήρα Σ7 στον ταμιευτήρα Κάρλας περιλαμβάνει τη διώρυγα πτώσης και τη λεκάνη καταστροφής ενέργειας. Η διώρυγα πτώσης έχει μήκος 48,0m πλάτος πυθμένα $b=6,00m$ και είναι επενδυμένη με οπλισμένο σκυρόδεμα και συρματοπλεκτα κιβώτια.

Η λεκάνη καταστροφής ενέργειας έχει μήκος 20,00m.



Εικόνα 82. Συλλεκτήρες και υπολεκάνες. Υδρολογικές πληροφορίες λεκανών απορροής (Λιακόπουλος, 2006).

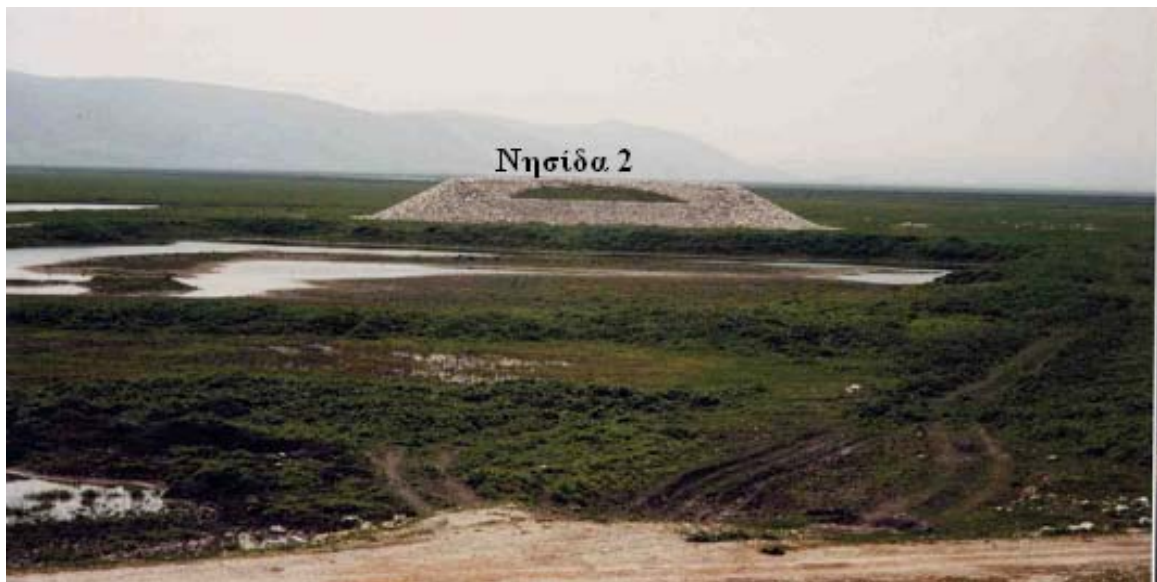
3.3 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΝΗΣΙΔΩΝ.

3.3.1. Γενικά.

Οι τρεις τεχνητές νησίδες για την προσέλκυση και παραμονή της ορνιθοπανίδας, έχουν κατασκευαστεί με εμβαδόν $300m^2$ στην ανώτερη στάθμη άρδευσης και περί των $100m^2$ στην ανώτερη στάθμη πλημμυρών. Η μικρότερη απόσταση των νησίδων από την ξηρά στην περίοδο της κατώτερης στάθμης ξεπερνά τα 300m και μεταξύ των νησίδων τα 500m. Οι κλίσεις των πρανών εξασφαλίζουν την ασφαλή φωλεοποίηση κατά τις διακυμάνσεις της στάθμης.



Εικόνα 83. Νησίδα 1.



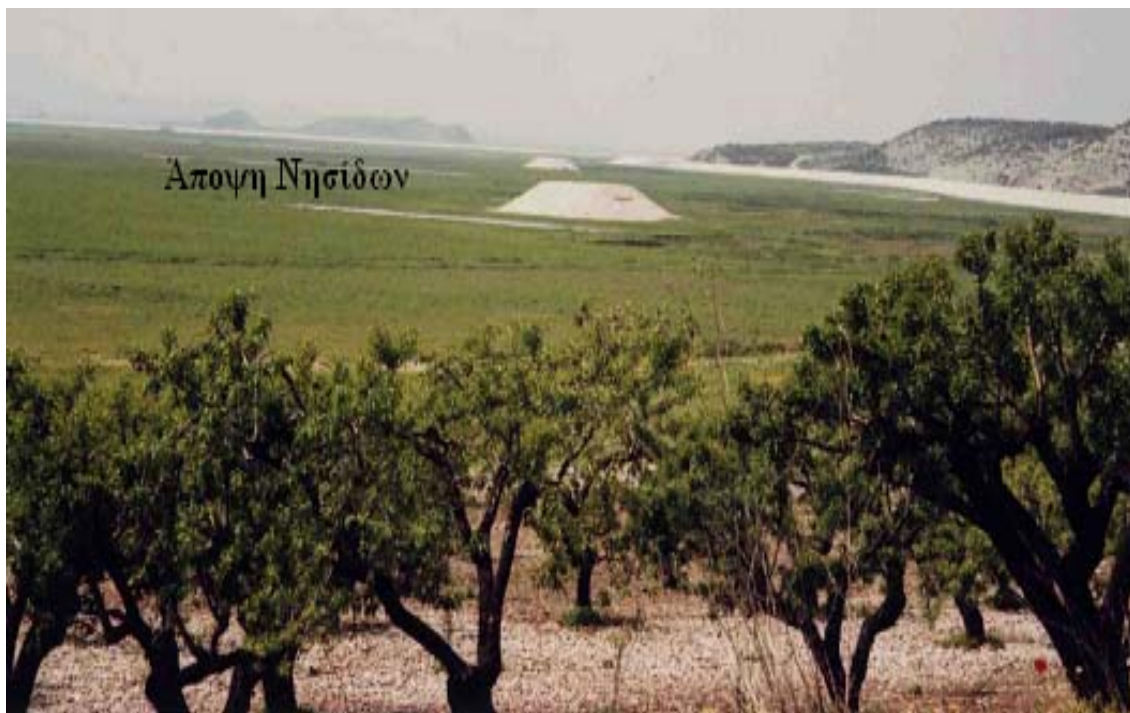
Εικόνα 84. Νησίδα 2.



Εικόνα 85. Νησίδα 3.

Η ελεύθερη επιφάνεια κάθε νησίδας έχει σχήμα νεφροειδές και η μεγαλύτερη επιφάνεια βλέπει προς βορρά.

Επίσης, έχει ληφθεί μέριμνα προστασίας τους από τη διάβρωση, που προκαλείται από τους κυματισμούς, με την επιλογή κατάλληλων μέτρων προστασίας. Οι νησίδες είναι γυμνές από υψηλή βλάστηση (δένδρα, θάμνους, καλάμια) και έχουν αφηθεί στο σταδιακό φυσικό εποικισμό τους με ποώδη βλάστηση. Η λιθορριπή κατασκευάστηκε με μικρά δομικά στοιχεία που αφήνουν γαιώδεις αρμούς.



Εικόνα 86. Αποψη Νησίδων

3.3.2. Περιγραφή του στόχου των έργων.

Σκοπός της κατασκευής των νησίδων είναι η εξυπηρέτηση των βιοτικών αναγκών της ορνιθοπανίδας που προϋποθέτουν ησυχία (μη ενόχληση - διαταραχή), όπως π.χ. το φώλιασμα, η ξεκούραση κατά τη διάρκεια της ημέρας ή το κούρνιασμα κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Θεωρώντας ότι στις νησίδες αυτές δε θα αναπτυχθεί βλάστηση, τα πουλιά που είναι πιθανό να φωλιάσουν εκεί είναι γλάροι, γλαρόνια, νεροχελιδόνες, ποταμοσφυριχτές και ίσως ορισμένα στρουθιόμορφα όπως σουσουράδες,

μικρογαλιάντρες και κορυδαλλοί. Τα πουλιά που αναμένεται να χρησιμοποιήσουν τις νησίδες για ξεκούραση είναι κορμοράνοι, ερωδιοί και χαραδριοί.

3.3.3. Μορφή και προσανατολισμός.

Για την επιλογή της μορφής και της διατομής των νησίδων ελήφθησαν υπόψη τα ακόλουθα:

1. Να προσφέρεται για χρήση από την ορνιθοπανίδα επαρκής επιφάνεια, τουλάχιστον 300 m², στην ανώτερη στάθμη άρδευσης και τουλάχιστον 100 m² στην ανώτερη στάθμη πλημμυρών, σύμφωνα με τους περιβαλλοντικούς όρους.
2. Η κλίση της προαναφερθείσας επιφάνειας θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζει ασφαλή πρόσβαση και φωλεοποίηση για μεγάλο σχετικά εύρος στάθμης του ταμιευτήρα.
3. Οι νησίδες είναι δόκιμο να προφυλάσσονται από τον έντονο κυματισμό ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης τους από αυτόν. Επιπλέον, αν υπάρξει φώλιασμα διαφόρων πουλιών (π.χ. γλαρονιών) κοντά στο νερό, ένας δυνατός κυματισμός μπορεί να καταστρέψει τις φωλιές.
4. Τέλος, δεν θα πρέπει να δημιουργηθούν συνθήκες που να ευνοούν την ανάπτυξη υψηλής βλάστησης. Οι νησίδες, σύμφωνα με τους περιβαλλοντικούς όρους, θα αφεθούν στο σταδιακό φυσικό εποικισμό τους με ποώδη βλάστηση, η οποία δεν παρεμποδίζει τις δραστηριότητες της ορνιθοπανίδας.

Η κάτοψη των νησίδων έχει νεφροειδή μορφή, σύμφωνα με τους περιβαλλοντικούς όρους, ούτως ώστε στο εσωτερικό της να δημιουργείται μία περιοχή εποικισμού απόλυτα προστατευμένη από τους κυματισμούς, η οποία προορίζεται για χρήση από τα πουλιά.

Ο προσανατολισμός κάθε νησίδας είναι τέτοιος ώστε η περιοχή που θα χρησιμοποιείται από τα πουλιά να είναι αφενός προστατευμένη από τη δράση των κυματισμών, και αφετέρου ορατή από την απέναντι ακτή.

3.3.4. Έργα προστασίας από τη διάβρωση και τον κυματισμό.

Η περιοχή εποικισμού προστατεύεται από τη διάβρωση λόγω κυματισμού με στρώση θωράκισης από φυσικούς λίθους κατάλληλου μεγέθους ώστε να μην παρασύρονται από τους κυματισμούς, και κατάλληλης διαβάθμισης, ώστε να δημιουργούνται τα απαραίτητα φίλτρα για τη συγκράτηση του αργιλικού υλικού.

Ο υπολογισμός του μεγέθους των λίθων βασίζεται στα χαρακτηριστικά των κυματισμών που προσβάλλουν τις νησίδες.

Το πρανές της θωράκισης έχει κλίση 1:2 και αποτελείται από φυσικούς ογκολίθους μέσου βάρους 350 Kgr σε ζώνη πάχους 1,00 m.

3.4. ΕΡΓΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΑΠΟ ΤΟΝ Π. ΠΗΝΕΙΟ.

3.4.1. Γενικά.

Τα έργα τροφοδότησης του Ταμιευτήρα Κάρλας από τον ποταμό Πηνειό είναι τα εξής:

α) Το αντλιοστάσιο υδροληψίας, στην δεξιά όχθη του ποταμού Πηνειού και στη θέση Καραούλι, με το οποίο οι αναγκαίες ποσότητες νερού αντλούνται από την κοίτη του Πηνειού και οδηγούνται στο ανάντη άκρο της κυρίας διώρυγας μεταφοράς 2Δ. Στην εκπονηθείσα προμελέτη ταμιευτήρα Κάρλας και συναφών έργων (1982) προβλέπεται η παροχή του αντλιοστασίου αυτού να είναι $14 \text{ m}^3/\text{sec}$, ενώ στη μελέτη έργων άρδευσης της περιοχής με νερά της εκτροπής Αχελώου (1995) η παροχή αυτή καθορίζεται σε $18 \text{ m}^3/\text{sec}$, προκειμένου να καλύπτονται οι αρδευτικές ανάγκες της ευρύτερης περιοχής κατά τη θερινή περίοδο. Η παροχή αυτή υπερκαλύπτει και τις ανάγκες σε νερό για την τροφοδοσία του ταμιευτήρα Κάρλας κατά τη εαροχειμερινή περίοδο. Σήμερα, στην ίδια θέση Καραούλι υπάρχουν δύο αντλιοστάσια συνολικής παροχής $26.000 \text{ m}^3/\text{h}$ ($7,2 \text{ m}^3/\text{sec}$ περίπου), που αντλούν το νερό από τον ποταμό Πηνειό για εξυπηρέτηση της άρδευσης της περιοχής Λάρισας - Πλατυκάμπου.

Στο ένα από τα αντλιοστάσια αυτά (αντλιοστάσιο Α), έχουν εγκατασταθεί δεκατρία αντλητικά συγκροτήματα, από τα οποία τα οκτώ έχουν παροχή $1.000 \text{ m}^3/\text{h}$ το καθένα και τα υπόλοιπα πέντε $1.500 \text{ m}^3/\text{sec}$ το καθένα. Στο άλλο αντλιοστάσιο (αντλιοστάσιο Ε) έχουν εγκατασταθεί επτά αντλητικά συγκροτήματα, που έχουν παροχή $1.500 \text{ m}^3/\text{h}$ το καθένα.

Στο σημείο αυτό αναφέρεται ότι στη δεξιά όχθη του Πηνειού και προς τα κατάντη της θέσης Καραούλι είχαν κατασκευασθεί ακόμα άλλα τρία αντλιοστάσια (Β,Γ και Δ). Το αντλιοστάσιο Β περιλαμβάνει πέντε αντλητικά συγκροτήματα που έχουν παροχή $1.000 \text{ m}^3/\text{h}$ το καθένα, το αντλιοστάσιο Γ έχει ήδη καταργηθεί και το αντλιοστάσιο Δ περιλαμβάνει τέσσερες αντλίες, που έχουν παροχή $1.500 \text{ m}^3/\text{h}$ το καθένα. Ολα αυτά τα αντλιοστάσια χρησιμεύουν σήμερα για την άρδευση των εκτάσεων της ευρύτερης περιοχής Λάρισας - Πλατυκάμπου.

β) Η κυρία διώρυγα μεταφοράς 2Δ, ξεκινά από το αντλιοστάσιο υδροληψίας και καταλήγει στην τάφρο 7Τ. Πρόκειται για διώρυγα με διατομή τραπεζοειδή επενδυμένη με σκυρόδεμα. Το μήκος της ανέρχεται σε 20Κm περίπου και η παροχτευτικότητα αυτής σε $14\text{m}^3/\text{sec}$. Σήμερα, η διώρυγα 2Δ έχει κατασκευασθεί μέχρι τον επαρχιακό δρόμο Λάρισας - Αγίας, σε μήκος 6 Κm περίπου και καταλήγει στην τάφρο 6Τ.



Εικόνα 87. Ποταμός Πηνειός

γ) Οι υπάρχουσες τάφροι 7Τ, και 2Τ και το προς κατασκευή κατάντη τμήμα του Συλλεκτήρα Σ4, μέσω των οποίων οι ποσότητες νερού, που αντλούνται από τον Πηνεϊό κατά την εαροχειμερινή περίοδο, θα καταλήγουν στον Ταμιευτήρα Κάρλας προς αποθήκευση. Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι μηνιαίες εκτρεπόμενες παροχές, οι συγκεντρώσεις καθώς και τα φορτία του ποταμού Πηνεϊού για ρυπαντικές ουσίες όπως το αμμωνιακό και νιτρικό άζωτο $\text{NH}_4\text{-N}$ και $\text{NO}_3\text{-N}$ αντίστοιχα), ο οργανικός και ανόργανος φώσφορος, ο οργανικός άνθρακας, καθώς και για το διαλυμένο οξυγόνο τόσο για το δυσμενές όσο και για το μέσο σενάριο υδραυλικής προσομοίωσης του Ταμιευτήρα. (Α.Ανδρεαδάκης et al, 1999)

Πίνακας 9. Παροχή, συγκέντρωση και φορτία φωσφόρου στον Πηνεϊό (ΔΕΥΑΛ 1988-96

| Μήνας | Δυσμενής μηνιαία παροχή ($\times 10^6 \text{m}^3$) | Μέση μηνιαία παροχή ($\times 10^6 \text{m}^3$) | $\text{PO}_4\text{-P}$ (mg/l) | Δυσμενές φορτίο $\text{PO}_4\text{-P}$ (Kgr/μήνα) | Μέσο φορτίο $\text{PO}_4\text{-P}$ (Kgr/μήνα) |
|-------------|--|--|-------------------------------|---|---|
| Ιανουάριος | 10,945 | 8,572 | 0,438 | 4794 | 3755 |
| Φεβρουάριος | 10,945 | 8,572 | 0,201 | 2200 | 1723 |
| Μάρτιος | 10,945 | 8,572 | 0,210 | 2299 | 1800 |
| Απρίλιος | 10,945 | 8,572 | 0,209 | 2288 | 1791 |
| Μάιος | 10,945 | 8,572 | 0,263 | 2879 | 2254 |
| Ιούνιος | 0 | 0 | 0,267 | 0 | 0 |
| Ιούλιος | 0 | 0 | 0,419 | 0 | 0 |
| Αύγουστος | 0 | 0 | 0,516 | 0 | 0 |
| Σεπτέμβριος | 0 | 0 | 0,676 | 0 | 0 |
| Οκτώβριος | 10,945 | 8,572 | 0,582 | 6370 | 4989 |
| Νοέμβριος | 10,945 | 8,572 | 0,231 | 2528 | 1980 |
| Δεκέμβριος | 10,945 | 8,572 | 0,243 | 2660 | 2083 |

Πίνακας 10. Παροχή, συγκέντρωση και φορτία αμμωνιακού αζώτου στον Πηνειό (ΔΕΥΑΛ1988-1996)

| Μήνας | Δυσμενής μηνιαία παροχή (x10 ⁶ m ³) | Μέση μηνιαία παροχή (x10 ⁶ m ³) | NH ₄ - N (mg/l) | Δυσμενές φορτίο NH ₄ -N (Kgr/μήνα) | Μέσο φορτίο NH ₄ -N (Kgr/μήνα) |
|-------------|---|---|----------------------------------|---|--|
| Ιανουάριος | 10,945 | 8,572 | 0,670 | 7333 | 5743 |
| Φεβρουάριος | 10,945 | 8,572 | 0,671 | 7344 | 5752 |
| Μάρτιος | 10,945 | 8,572 | 0,867 | 9489 | 7432 |
| Απρίλιος | 10,945 | 8,572 | 0,685 | 7497 | 5872 |
| Μάιος | 10,945 | 8,572 | 1,122 | 12280 | 9618 |
| Ιούνιος | 0 | 0 | 1,017 | 0 | 0 |
| Ιούλιος | 0 | 0 | 0,757 | 0 | 0 |
| Αύγουστος | 0 | 0 | 0,361 | 0 | 0 |
| Σεπτέμβριος | 0 | 0 | 1,559 | 0 | 0 |
| Οκτώβριος | 10,945 | 8,572 | 0,812 | 8887 | 6960 |
| Νοέμβριος | 10,945 | 8,572 | 0,856 | 9369 | 7338 |
| Δεκέμβριος | 10,945 | 8,572 | 0,662 | 7245 | 5675 |

Πίνακας 11. Παροχή, συγκέντρωση και φορτία οξειδωμένου αζώτου στον Πηνειό (ΔΕΥΑΛ 1988-1996)

| Μήνας | Δυσμενής μηνιαία παροχή (x10 ⁶ m ³) | Μέση μηνιαία παροχή (x10 ⁶ m ³) | NO _x -N (mg/l) | Δυσμενές φορτίο NO _x -N (Kgr/μήνα) | Μέσοφορτίο ο NO _x -N (Kgr/μήνα) |
|-------------|--|--|------------------------------|---|--|
| Ιανουάριος | 10,945 | 8,572 | 0,569 | 17173 | 13450 |
| Φεβρουάριος | 10,945 | 8,572 | 0,743 | 19077 | 14941 |
| Μάρτιος | 10,945 | 8,572 | 0,833 | 20062 | 15712 |
| Απρίλιος | 10,945 | 8,572 | 0,719 | 18814 | 14735 |
| Μάιος | 10,945 | 8,572 | 0,815 | 19865 | 15558 |
| Ιούνιος | 0 | 0 | 0,414 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Ιούλιος | 0 | 0 | 0,282 | 0 | 0 |
| Αύγουστος | 0 | 0 | 0,741 | 0 | 0 |
| Σεπτέμβριος | 0 | 0 | 0,890 | 0 | 0 |
| Οκτώβριος | 10,945 | 8,572 | 0,336 | 14622 | 11452 |
| Νοέμβριος | 10,945 | 8,572 | .737 | 19011 | 14890 |
| Δεκέμβριος | 10,945 | 8,572 | 1.604 | 17556 | 13750 |

Πίνακας 12. Παροχή συγκέντρωση και φορτία οργανικού άνθρακα στον Πηνειό (ΔΕΥΑΛ 1998-1996).

| Μήνας | Δυσμενής μηνιαία παροχή (x10 ⁶ m ³) | Μέση μηνιαία παροχή (x10 ⁶ m ³) | Οργ.С (mg/l) | Δυσμενές φορτίο Οργ.С Kgr/μήνα | Μέσο φορτίο Οργ.С (Kgr/μήνα) |
|-------------|--|--|-----------------|---|------------------------------------|
| Ιανουάριος | 10,945 | 8,572 | 11,07 | 121161 | 94892 |
| Φεβρουάριος | 10,945 | 8,572 | 8,34 | 91281 | 71490 |
| Μάρτιος | 10,945 | 8,572 | 8,07 | 88326 | 69176 |
| Απρίλιος | 10,945 | 8,572 | 14,68 | 160673 | 125837 |
| Μάιος | 10,945 | 8,572 | 10,19 | 111530 | 87349 |
| Ιούνιος | 0 | 0 | 16,09 | 0 | 0 |
| Ιούλιος | 0 | 0 | 12,41 | 0 | 0 |
| Αύγουστος | 0 | 0 | 12,74 | 0 | 0 |
| Σεπτέμβριος | 0 | 0 | 14,98 | 0 | 0 |
| Οκτώβριος | 10,945 | 8,572 | 15,74 | 172274 | 134923 |
| Νοέμβριος | 10,945 | 8,572 | 11,66 | 127619 | 99950 |
| Δεκέμβριος | 10,945 | 8,572 | 10,87 | 118972 | 93177 |

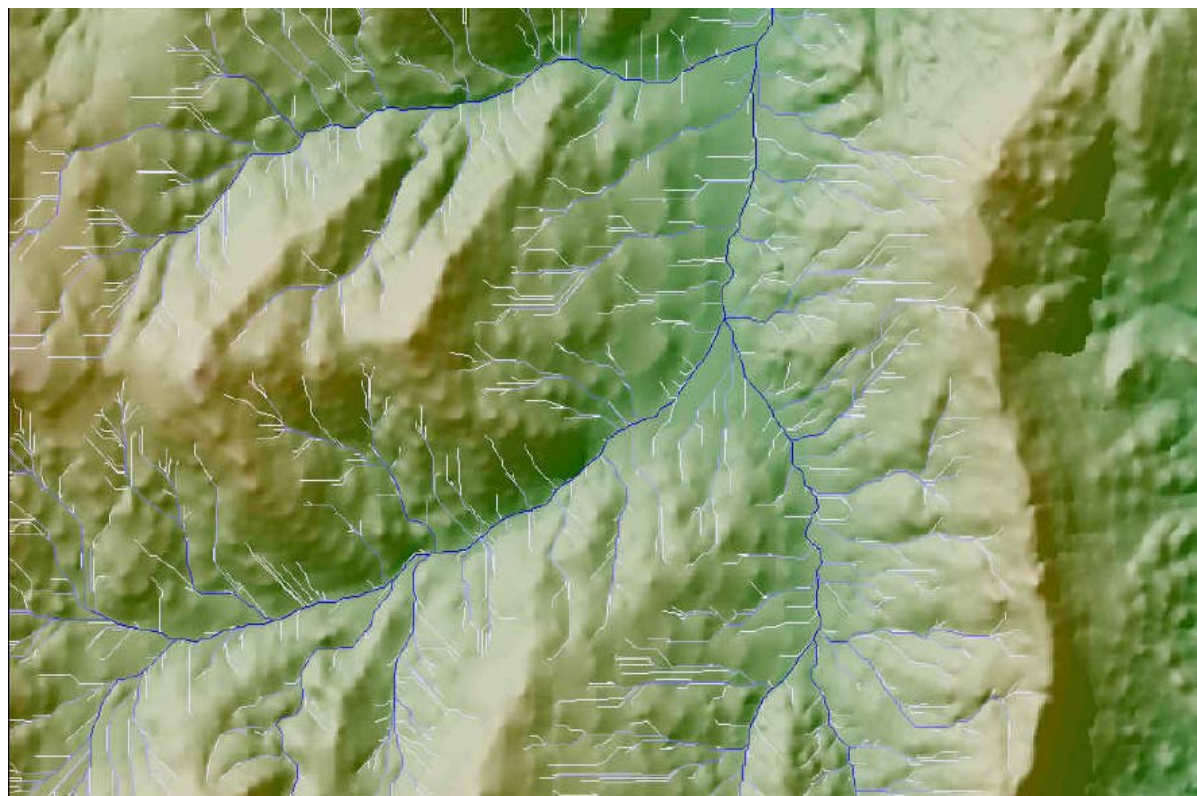
Πίνακας 13. Παροχή, συγκέντρωση και φορτία διαλυμένου οξυγόνου στον Πηνειό (ΔΕΥΑΛ 1988-1996).

| Μήνας | Δυσμενής μηνιαία παροχή (x10 ⁶ m ³) | Μέση μηνιαία παροχή (x10 ⁶ m ³) | DO (mg/l) | Δυσμενές φορτίο DO (Kgr/μήνα) | Μέσο φορτίο DO (Kgr/μήνα) |
|-------------|--|--|--------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Ιανουάριος | 10,945 | 8,572 | 12,00 | 131340 | 102864 |
| Φεβρουάριος | 10,945 | 8,572 | 12,00 | 131340 | 102864 |
| Μάρτιος | 10,945 | 8,572 | 7,50 | 82088 | 64290 |
| Απρίλιος | 10,945 | 8,572 | 8,67 | 94893 | 74319 |
| Μάιος | 10,945 | 8,572 | 12,00 | 131340 | 102864 |
| Ιούνιος | 0 | 0 | 12,00 | 0 | 0 |
| Ιούλιος | 0 | 0 | 11,00 | 0 | 0 |
| Αύγουστος | 0 | 0 | 9,33 | 0 | 0 |
| Σεπτέμβριος | 0 | 0 | 11,00 | 0 | 0 |
| Οκτώβριος | 10,945 | 8,572 | 12,00 | 131340 | 102864 |
| Νοέμβριος | 10,945 | 8,572 | 12,00 | 131340 | 102864 |
| Δεκέμβριος | 10,945 | 8,572 | 12,00 | 131340 | 102864 |

3.4.2 ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΚΑΡΛΑΣ

3.4.3. Γενικά

Η λεκάνη απορροής της Κάρλας, η ολική έκταση της οποίας μετά την κατασκευή της κλειστής λεκάνης του Καλοχωρίου (80 Km^2) είναι 1050 Km^2 με μέσο υψόμετρο 257m διακρίνεται στα εξής επί μέρους τμήματα :



Εικόνα 88. Λεκάνη απορροής

- Την υψηλή περιοχή που περιλαμβάνει τις λεκάνες απορροής των Συλλεκτήρων:

Σ3, με λεκάνη απορροής 288 Km^2 ,

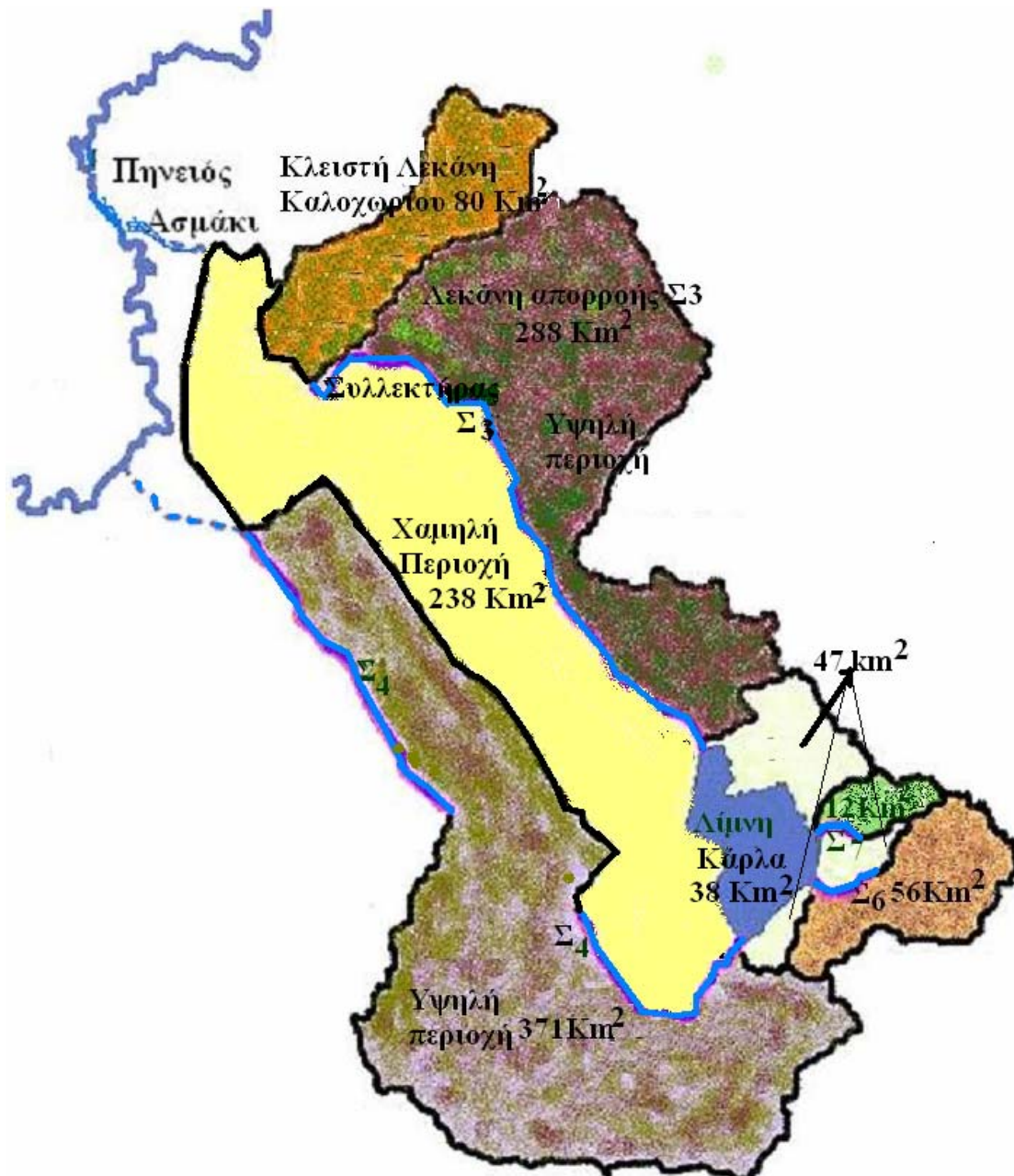
Σ4, με λεκάνη απορροής 371 Km^2 ,

Σ6, με λεκάνη απορροής 56 Km^2 ,

Σ7, με λεκάνη απορροής 12 Km^2 και

την λεκάνη απορροής 47 Km^2 που απορρέει απ' ευθείας στον Ταμιευτήρα.

Άρα, η επιμέρους λεκάνη απορροής της υψηλής περιοχής, που πρόκειται να αποχετευτεί με φυσική ροή στον ταμιευτήρα καταλαμβάνει συνολικά έκταση $288+371+56+12+47=774 \text{ Km}^2$



Εικόνα 89. Λεκάνες απορροής χαμηλών και υψηλών περιοχών.

- Την χαμηλή περιοχή που, πλην εξαιρετικών πλημμυρών, θα αποχετεύεται στον ταμιευτήρα με άντληση, έκτασης 238 Km² και την επιφάνεια του ταμιευτήρα έκτασης 38 Km². Άρα η χαμηλή περιοχή μαζί με τον Ταμιευτήρα καταλαμβάνει έκταση 276Km².

Συνολικά η λεκάνη απορροής της Κάρλας καταλαμβάνει έκταση 1.050 Km², χωρίς την κλειστή λεκάνη Καλοχωρίου έκτασης 80 Km².

Το υδατικό ισοζύγιο του Ταμιευτήρα Κάρλας έγινε με τις παραδοχές που παρουσιάζονται στη συνέχεια και για δύο σενάρια υδραυλικής λειτουργίας:

* το δυσμενές σενάριο, που αφορά στις μέγιστες απολήψεις από τον Πηνειό ποταμό σε περίπτωση ξηρασίας και

* το τυπικό σενάριο, που αφορά στις κατά μέσο όρο ετήσιες απολήψεις από τον Πηνειό ποταμό.

Εισερχόμενες παροχές: Οι εισερχόμενες στον ταμιευτήρα Κάρλα παροχές προέρχονται από τις ακόλουθες πηγές:

1. Εκτρεπόμενες παροχές Πηνειού: Οι εκτρεπόμενες παροχές του Πηνειού, δε θα υπερβαίνουν τα $100 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως (δυσμενές σενάριο). Για ποσοστό απωλειών κατά τη μεταφορά της τάξης των 12-15%.

2. Επιφανειακές απορροές: Οι επιφανειακές απορροές που θα διοχετεύονται στην Κάρλα αφορούν την υψηλή περιοχή που θα αποχετεύεται με φυσική ροή στον Ταμιευτήρα, η οποία περιλαμβάνει τις λεκάνες απορροής των συλλεκτήρων Σ3, Σ4, Σ6 και Σ7 και τη λεκάνη απορροής που απορρέει απευθείας στον ταμιευτήρα, συνολικής επιφάνειας 774 Km^2 , καθώς και τη χαμηλή περιοχή επιφάνειας 238 Km^2 , η οποία πλην εξαιρετικών πλημμυρών θα αποχετεύεται στον ταμιευτήρα με άντληση.

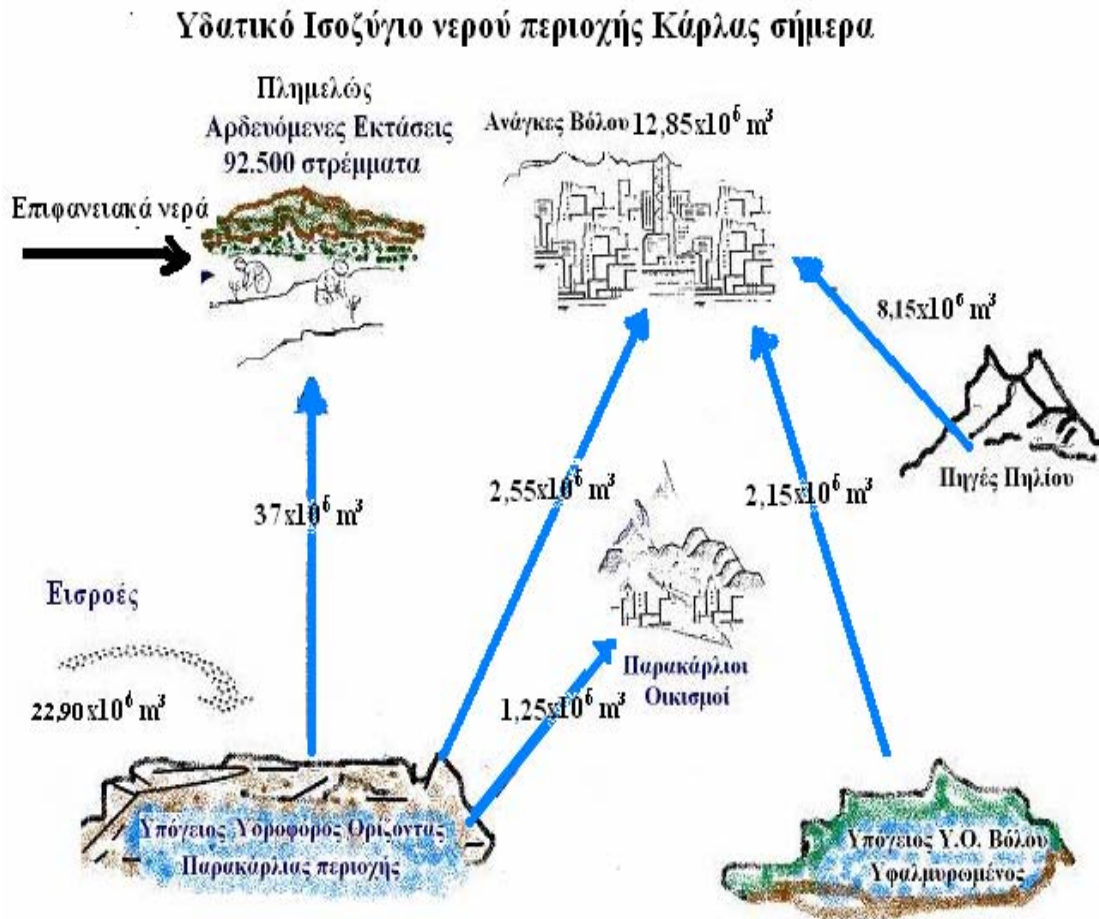
3. Βροχόπτωση: Η είσοδος νερού λόγω βροχόπτωσης πάνω από τον ταμιευτήρα Κάρλας, επιφάνειας 38 Km^2 , εκτιμάται σε 400 mm/έτος και 500 mm/έτος για το δυσμενές και τυπικό σενάριο αντίστοιχα με κατανομή 15% την περίοδο από Ιούνιο έως και Σεπτέμβριο και 85% την περίοδο Οκτώβριο έως και Μάιο

Εξερχόμενες παροχές.

1. Αρδεύσεις: Οι παροχές που αντλούνται από τον ταμιευτήρα για την κάλυψη των αναγκών άρδευσης εκτιμώνται σε $54 \times 10^6 \text{ m}^3$ για την περίοδο από Μάιο έως και Αύγουστο και σε $7 \times 10^6 \text{ m}^3$ για το μήνα Σεπτέμβριο. Η κατανομή των παροχών στους μήνες άρδευσης παρουσιάζεται στη συνέχεια στον πίνακα του υδατικού ισοζυγίου στον ταμιευτήρα.

2. Εξατμισοδιαπνοή: Η ετήσια εξάτμιση του Ταμιευτήρα εκτιμάται ότι θα φθάσει τα 1.000 mm, από τα οποία 650mm στους μήνες από Ιούνιο έως και Σεπτέμβριο.

3. Διαφυγές: Οι διαφυγές από τις όχθες του ταμιευτήρα έχουν εκτιμηθεί σε $2 \times 10^6 \text{ m}^3$ ανά μήνα.



Εικόνα 90. Υπάρχουσα υδατική κατάσταση της περιοχής Κάρλας

3.4.4. Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του Ταμιευτήρα της Κάρλας.

Ο Ταμιευτήρας της Κάρλας κατασκευάσθηκε με ωφέλιμη χωρητικότητα $162 \times 10^6 \text{ m}^3$, ο οποίος θα εξυπηρετεί αποκλειστικά την λεκάνη της Κάρλας. Καθώς η λειτουργία του ταμιευτήρα είναι ακόμα σε δοκιμαστικό στάδιο γίνεται η παραδοχή ότι για τις υδατικές ανάγκες της περιοχής πραγματοποιούνται απολήψεις ύψους $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως.

Πίνακας 14. Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά ταμιευτήρα Κάρλας

| Χαρακτηριστικά | Τιμές | Μονάδες |
|--|--------------|--------------------------------|
| Εμβαδόν ταμιευτήρα | 38 | Km ² |
| Ολική χωρητικότητα | 183,88 | 10 ⁶ m ³ |
| Διαθέσιμος όγκος νερού αρδεύσεως | 84,13 | 10 ⁶ m ³ |
| Όγκος ανάσχεσης πλημμυρών | 42,74 | 10 ⁶ m ³ |
| Νεκρός όγκος νερού | 57,01 | 10 ⁶ m ³ |
| Μήκος αναχωμάτων | 14 | Km |
| Υψόμετρο στέψης αναχωμάτων | +52,50 | M |
| Υψόμετρο ανώτατης στάθμης πλημμύρας | +50,00 | M |
| Υψόμετρο ανώτατης στάθμης αρδεύσεως | +48,80 | M |
| Υψόμετρο κατώτερης στάθμης αρδεύσεως | +46,40 | M |
| Υψόμετρο χαμηλότερου σημείου πυθμένα | +43,50 | M |
| Ετήσια διακύμανση στάθμης | 2,80 | M |
| Μέγιστο βάθος στην κατώτερη στάθμη αρδεύσεως | 2,90 | M |

3.4.5. Ισοζύγιο νερού στη λίμνη.

Από την ανάλυση των στοιχείων της περιβαλλοντικής μελέτης, που αφορούν στη γεωμετρία του ταμιευτήρα και στη συσχέτιση όγκου (V), στάθμης ύδατος (ΣΥ) και επιφάνειας (E) στον ταμιευτήρα, προέκυψαν οι ακόλουθες σχέσεις, οι οποίες και περιγράφουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του Ταμιευτήρα.

$$\Sigma Y(t) = 0.0308 \times Y(t) + 44,343$$

$$E(t) = 0.3275 \times \Sigma Y(t) + 19.46 \quad \text{για } \Sigma Y(t) > 45,85 \text{ m}$$

$$E(t) = 15.488 \times \Sigma Y(t) - 675.63 \quad \text{για } \Sigma Y(t) \leq 45,85 \text{ m}$$

όπου ΣΥ(t): η στάθμη του νερού στον Ταμιευτήρα στο χρόνο t σε m

$Y(t)$: ο όγκος του νερού στον Ταμιευτήρα στο χρόνο t σε εκατομ. m^3

$E(t)$: η επιφάνεια του Ταμιευτήρα στο χρόνο t σε εκατομ. m^2

Ο υπολογισμός του όγκου του Ταμιευτήρα σε κάθε χρονικό βήμα υπολογίζεται από τις ακόλουθες σχέσεις :

$$V(t+\Delta t) = V(t) + \Delta Q \times \Delta t$$

$$\Delta Q = Q_{\text{Πηνειός}} + Q_{\text{Απορροές}} + Q_{\text{βροχής}} - Q_{\text{Άρδευσεων}} - Q_{\text{Εξατμισοδιαπνοής}} - Q_{\text{Διαφυγών}}$$

όπου $V(t+\Delta t)$: ο όγκος του νερού στον Ταμιευτήρα στο χρόνο $(t+\Delta t) \times 10^6 m^3$

$V(t)$: ο όγκος του νερού στον Ταμιευτήρα στο χρόνο $t \times 10^6 m^3$

ΔQ : η μεταβολή της παροχής στο χρονικό βήμα $\Delta t \times 10^6 m^3 / \text{day}$

Δt : χρονικό βήμα σε ημέρες

$Q_{\text{Πηνειός}}$: η παροχή άντλησης από τον Πηνειό ποταμό προς τον Ταμιευτήρα Κάρλα $\times 10^6 m^3 / \text{day}$

$Q_{\text{Απορροές}}$: η παροχή των υδάτων που απορρέουν στον Ταμιευτήρα Κάρλα $\times 10^6 m^3 / \text{day}$ από τους συλλεκτήρες των γύρω υπολεκανών.

$Q_{\text{βροχής}}$: η παροχή λόγω βροχόπτωσης στον Ταμιευτήρα Κάρλα $\times 10^6 m^3 / \text{day}$

$Q_{\text{Άρδευσεων}}$: η παροχή των υδάτων από τον Ταμιευτήρα Κάρλα για τις ανάγκες άρδευσης $\times 10^6 m^3 / \text{day}$

$Q_{\text{Εξατμισοδιαπνοής}}$: οι απώλειες υδάτων από τον Ταμιευτήρα Κάρλα λόγω εξατμισοδιαπνοής εκφρασμένες $\times 10^6 m^3 / \text{day}$

$Q_{\text{Διαφυγών}}$: οι απώλειες λόγω διαφυγών από τις όχθες του Ταμιευτήρα εκφρασμένες $\times 10^6 m^3 / \text{day}$. (Α. Ανδρεαδάκης, et al. 1999)

Οι χαρακτηριστικές στάθμες λειτουργίας του Ταμιευτήρα Κάρλας έχουν ως εξής:

- Κατωτάτη Στάθμη Ύδατος (ΚΣΥ) : +46,40
- Ανωτάτη Στάθμη Άρδευσης (ΑΣΑ) : +48,80
- Ανωτάτη Στάθμη Πλημμύρας (ΑΣΠ) : +50,00

Στον πίνακα 15 που ακολουθεί δίνονται τα στοιχεία επιφάνειας και χωρητικότητας του ταμιευτήρα σε συνάρτηση με τη στάθμη του νερού μέσα σ' αυτόν.

Πίνακας 15. Επιφάνεια και χωρητικότητα ταμιευτήρα.

| Στάθμη ταμιευτήρα | Επιφάνεια ($\times 10^6 \text{m}^2$) | Όγκος ($\times 10^6 \text{m}^3$) |
|-------------------|--|------------------------------------|
| 43,50 | 0,00 | 0,00 |
| 44,00 | 1,40 | 0,23 |
| 44,50 | 13,20 | 3,88 |
| 45,00 | 25,00 | 13,43 |
| 45,35 | 28,30 | 22,76 |
| 46,00 | 34,50 | 43,18 |
| 46,40 | 34,65 | 57,01 |
| 48,00 | 35,20 | 112,88 |
| 48,80 | 35,46 | 141,14 |
| 50,00 | 35,80 | 183,88 |
| 52,00 | 37,90 | 257,58 |

Από τα στοιχεία του ανωτέρω Πίνακα διαπιστώνονται τα εξής:

Στην κατωτάτη στάθμη ύδατος (+46,40), η επιφάνεια κατάκλυσης του ταμιευτήρα ανέρχεται σε 34.650 στρέμματα και η χωρητικότητα αυτού σε $57,01 \times 10^6 \text{m}^3$.

Στην ανωτάτη στάθμη άρδευσης (+48,80), η επιφάνεια κατάκλυσης του ταμιευτήρα ανέρχεται σε 35.450 στρέμματα και η χωρητικότητα αυτού σε $141,14 \times 10^6 \text{m}^3$.

Τέλος, στην ανώτατη στάθμη πλημμυρών (+50,00), η επιφάνεια κατάκλυσης του ταμιευτήρα ανέρχεται σε 35.800 στρέμματα και η χωρητικότητα αυτού σε $183,88 \times 10^6 \text{m}^3$ νερού.

Τα φερτά υλικά εκτιμώνται σε 280.000 m³/έτος, από τα οποία 180.000 m³/έτος θα προέρχονται από τις λεκάνες απορροής των συλλεκτήρων (854Km²x210m³/έτος/Km² περίπου) και τα 100.000 m³/έτος από τα φερτά υλικά εν αιωρήσει του νερού που θα αντλείται από τον Πηνειό. Με τις παραπάνω προϋποθέσεις η πλήρωση του νεκρού όγκου του ταμιευτήρα θα συντελεσθεί σε 70 χρόνια περίπου

3.4.6. Βροχοπτώσεις - απορροές

Οι ετήσιες βροχοπτώσεις και οι απορροές της λεκάνης απορροής της Κάρλας έχουν υπολογιστεί βάσει στοιχείων των σταθμών Λαρίσης, Σπηλιάς και Σωτηρίου ως εξής :

- Μέσος όρος βροχόπτωσης 558 mm/έτος.
- Μέσος όρος απορροής 43 mm/έτος.
- Βροχόπτωση για συχνότητα 1:5 460 mm/έτος.
- Απορροή για συχνότητα 1:5 24 mm/έτος.

Για να εκτιμηθούν οι μέγιστες απαιτούμενες απολήψεις νερού από τον Πηνειό για την δυσμενή περίπτωση ισοζυγίου, ελήφθησαν υπόψη τα εξής :

- Βροχόπτωση 400 mm/έτος
- Απορροή 20 mm/έτος, με παραδοχή ότι όλη απορρέει το διάστημα από Οκτώβριο έως και Μάιο.

15% x 400 = 60mm για την ξηρή περίοδο από Μάιο έως και Σεπτέμβριο.

85% x 400 = 340mm για την υγρή περίοδο από Οκτώβριο έως και Απρίλιο.

Για να εκτιμηθούν οι κατά μέσο όρο απαιτούμενες απολήψεις νερού από τον Πηνειό για την μέση περίπτωση ισοζυγίου, ελήφθησαν υπόψη τα εξής :

Βροχόπτωση 500 mm/έτος

Απορροή 35 mm/έτος, με κατανομή

15% x 500 = 75 mm την περίοδο από Μάιο έως και Σεπτέμβριο.

85% x 500 = 425 mm την περίοδο από Οκτώβριο έως και Απρίλιο

3.4.7. Εξάτμιση.

Η εξάτμιση υπολογίστηκε, με βάση τις μέσες μηνιαίες εξατμίσεις σύμφωνα με τα στοιχεία του εξατμισιμέτρου του μετεωρολογικού σταθμού Σωτηρίου των ετών 1961-81.

Για την αναγωγή των μετρήσεων του εξατμισιμέτρου είχε εφαρμοστεί συντελεστής αναγωγής 0,70.

Με βάση τα ανωτέρω και τα μέσα μηνιαία ύψη εξάτμισης έχουν ληφθεί υπόψη :

Εξάτμιση από Μάιο έως και Σεπτέμβριο: $0,70 \times 879,9 \sim 650 \text{ mm}$

Εξάτμιση από Οκτώβριο έως και Απρίλιο: $0,70 \times 521,1 \sim 350 \text{ mm}$

Ετήσιο ύψος εξάτμισης: 1.000 mm

3.4.8. Διαφυγές από τον ταμιευτήρα.

Οι πιθανές διαφυγές από τις όχθες του ταμιευτήρα έχουν εκτιμηθεί σε περίπου $\sim 25 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως.

Θεωρήθηκε ότι οι πιθανές αυτές διαφυγές ισοκατανέμονται σε $2 \times 10^6 \text{ m}^3$ μηνιαίως.

3.4.9 Απολήψεις από τον Ταμιευτήρα για αρδεύσεις.

Για τις ανάγκες των καλλιεργειών της περιοχής υπολογίστηκε ότι απαιτούνται οι εξής ποσότητες νερού κατά μήνα :

| | | |
|-------------|--|---|
| Μάιος | | $5.87 \times 10^6 \text{ m}^3$ |
| Ιούνιος | $12.85 \times 10^6 \text{ m}^3$ | |
| Ιούλιος | $16.95 \times 10^6 \text{ m}^3$ | |
| Αύγουστος | $15.27 \times 10^6 \text{ m}^3$ | |
| Σεπτέμβριος | <u>$2.06 \times 10^6 \text{ m}^3$</u> | <u>$47.13 \times 10^6 \text{ m}^3$</u> |
| Σύνολο | | $53.00 \times 10^6 \text{ m}^3$ |

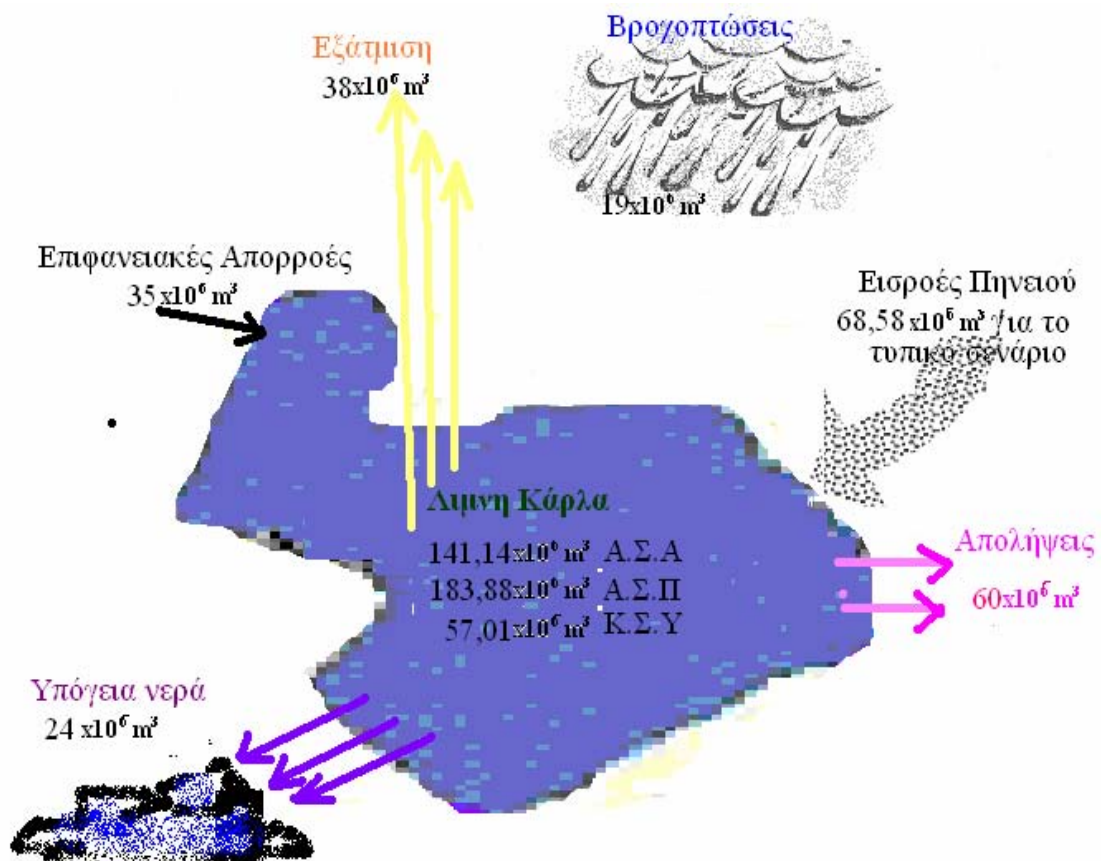
Οι παραπάνω ποσότητες επαυξάνονται για γενικότερους λόγους ασφαλείας κατά περίπου 15% και έτσι οι εκτιμώμενες απολήψεις για άρδευση εκτιμώνται κατά περίοδο ως εξής :

| | |
|------------------------------|------------------------------|
| Περίοδος Μαΐου – Σεπτεμβρίου | $54 \times 10^6 \text{ m}^3$ |
| Περίοδος Σεπτεμβρίου – Μαΐου | $7 \times 10^6 \text{ m}^3$ |
| | $61 \times 10^6 \text{ m}^3$ |

3.4.10. Απολήψεις από Πηνειό.

Με δεδομένο την έρευνα των ελάχιστων κάθε μήνα παροχών του Πηνειού, σε συνάρτηση και με τις κατάντη δεσμεύσεις για απολήψεις, είχε υπολογιστεί ότι, με μέγιστη παροχή $14 \text{ m}^3/\text{sec}$, είναι δυνατή η απόληψη από τον Πηνειό ποσότητας νερού περίπου $300 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως, αντλούμενη από τον Οκτώβριο μέχρι τον Ιούνιο.

Δεδομένου ότι με τον σημερινό σχεδιασμό η μέγιστη ποσότητα νερού που πρέπει να αντληθεί από τον Πηνειό, δεν υπερβαίνει τα $100 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως, δεν υπάρχει πρόβλημα για την άντληση της ποσότητας αυτής την περίοδο Οκτωβρίου – Μαΐου



Εικόνα 91. Υδρολογικός κύκλος Ταμειυτήρα Κάρλας

3.4.11. Ισοζύγιο λειτουργίας ταμιευτήρα Κάρλας (δυσμενής περίπτωση)

Περίοδος Μαΐου – Σεπτεμβρίου.

| | | | |
|--|-------------------|--|--|
| Τέλος Μαΐου : | Στάθμη ταμιευτήρα | + 48.80 m | |
| Όγκος ταμιευτήρα | | | 141.14x10 ⁶ m ³ |
| Βροχόπτωση στον ταμιευτήρα | | | |
| 38 000 στρ x 60 mm | = | 2.28x10 ⁶ m ³ | |
| Διαφυγές 4 μήνες x 2x 10 ⁶ m ³ | = | - 8.00x10 ⁶ m ³ | |
| Εξάτμιση 38 000 στρ x 650 mm | = | - 24.70x10 ⁶ m ³ | |
| Απολήψεις για άρδευση | = | <u>- 54.00x10⁶m³</u> | - 84.42x10 ⁶ m ³ |
| | | | 56.72x10 ⁶ m ³ |
| Τέλος Σεπτεμβρίου : | Όγκος ταμιευτήρα | 141.14x10 ⁶ m ³ -84.42 x10 ⁶ m ³ | = 56.72x10 ⁶ m ³ |
| | Στάθμη ταμιευτήρα | + 46.40 m | |

Περίοδος Σεπτεμβρίου - Μαΐου

| | | | |
|-------------------------------|--|---|--|
| Βροχόπτωση στον ταμιευτήρα | 38 000 στρ x 340mm | = 12.92x10 ⁶ m ³ | |
| Απορροή από υψηλή περιοχή | 774 Km ² x 20 mm | = 15.48x10 ⁶ m ³ | |
| Απορροή από χαμηλή περιοχή | 238 Km ² x 20 mm | = 4.76x10 ⁶ m ³ | |
| Διαφυγές | 8 μήνες x 2 x 10 ⁶ m ³ | = -16.00x10 ⁶ m ³ | |
| Εξάτμιση | 38 000 στρ x 350 mm | = -13.30x10 ⁶ m ³ | |
| Απολήψεις για άρδευση | | <u>= - 7.00x10⁶m³</u> | |
| | | <u>33.16 x10⁶m³</u> | -36,30 x10 ⁶ m ³ |
| | | | -3.14 x10 ⁶ m ³ |
| Απαιτούμενη εισροή από Πηνεϊό | -84.42-3.14 | = - <u>87.56 x10⁶m³</u> | -> 87.56 x10 ⁶ m ³ |
| Τέλος Μαΐου : | Όγκος ταμιευτήρα | | 141.14x10 ⁶ m ³ |
| Στάθμη ταμιευτήρα | + 48.80 μ | | |

Επομένως, είναι δυνατή η απόληψη από τον ταμιευτήρα Κάρλας ποσότητας νερού 61x10⁶m³ ετησίως με τροφοδότηση του ταμιευτήρα από τον Πηνεϊό με ποσότητα

νερού (λαμβανομένων υπόψη απωλειών 15% κατά την μεταφορά) $87.56/0.85 \sim 100 \times 10^6 \text{m}^3$ ετησίως.

3.4.12. Ισοζύγιο λειτουργίας ταμιευτήρα Κάρλας (μέση περίπτωση)

Περίοδος Μαΐου - Σεπτεμβρίου

| | | | |
|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Τέλος Μαΐου : | Στάθμη ταμιευτήρα | + 48.80 m | |
| | Όγκος ταμιευτήρα | | $141.14 \times 10^6 \text{m}^3$ |
| Βροχόπτωση στον ταμιευτήρα | 38 000 στρ x 75mm | = $2.85 \times 10^6 \text{m}^3$ | |
| Διαφυγές | 4 μήνες x 2 x 10^6m^3 | = $-8.00 \times 10^6 \text{m}^3$ | |
| Εξάτμιση | 38 000 στρ x 650mm | = $-24.70 \times 10^6 \text{m}^3$ | |
| Απολήψεις για άρδευση | | = $-54.00 \times 10^6 \text{m}^3$ | $-83.85 \times 10^6 \text{m}^3$ |
| Τέλος Σεπτεμβρίου : | Όγκος ταμιευτήρα | | $57,29 \times 10^6 \text{m}^3$ |
| | Στάθμη ταμιευτήρα | + 46.40 m | |

Περίοδος Σεπτεμβρίου - Μαΐου

| | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Βροχόπτωση στον ταμιευτήρα | 38 000 στρ x 425mm | = $16.15 \times 10^6 \text{m}^3$ | |
| Απορροή από υψηλή περιοχή | 774 Km ² x 35mm | = $27.09 \times 10^6 \text{m}^3$ | |
| Απορροή από χαμηλή περιοχή | 238 Km ² x 35mm | = $8.33 \times 10^6 \text{m}^3$ | |
| Διαφυγές | 8 μήνες x 2 x 10^6m^3 | = $-16,00 \times 10^6 \text{m}^3$ | |
| Εξάτμιση | 38 000 στρ. x 350mm | = $-13.30 \times 10^6 \text{m}^3$ | |
| Απολήψεις για άρδευση | | = $-7.00 \times 10^6 \text{m}^3$ | $15.27 \times 10^6 \text{m}^3$ |
| | | | $72.56 \times 10^6 \text{m}^3$ |
| Απαιτούμενη εισροή από Πηνειό | | | $68.58 \times 10^6 \text{m}^3$ |
| Τέλος Μαΐου : | Όγκος ταμιευτήρα | | $141.14 \times 10^6 \text{m}^3$ |
| | Στάθμη ταμιευτήρα | + 48.80 m | |

Επομένως απαιτούμενες αντλήσεις :

- από Πηνειό $68.58/0.85 \sim 80 \times 10^6 \text{m}^3$ ετησίως
- από Χαμηλή Περιοχή $8.33 \times 10^6 \sim 8 \times 10^6 \text{m}^3$ ετησίως

3.4.13. Ποσότητες νερού που θα διατεθούν για την άρδευση.

Κάθε χρόνο στις περιοχές γύρω από την Κάρλα εκτιμάται ότι αντλούνται οι εξής ποσότητες νερού για άρδευση και ύδρευση που φαίνονται στον πίνακα 11:

Πίνακας 16. Ποσότητες νερού που αντλούνται για άρδευση και ύδρευση.

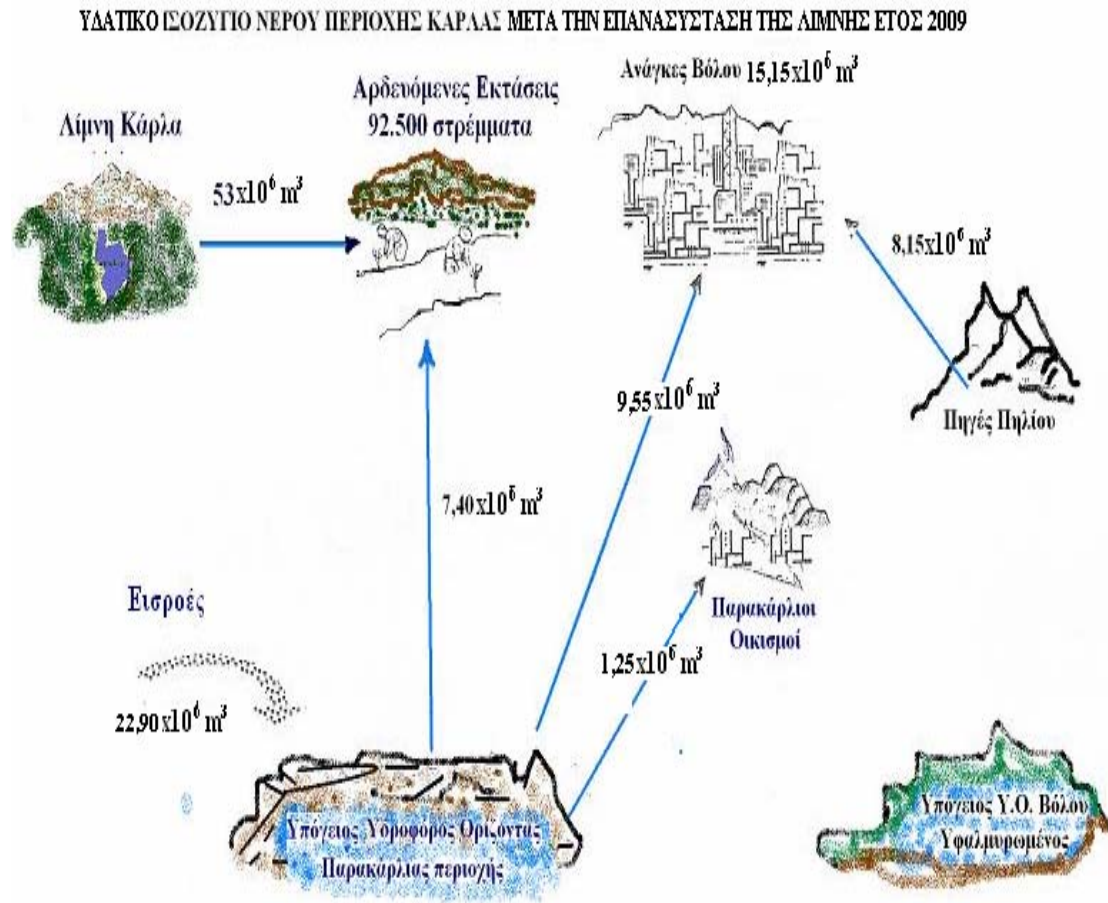
| | |
|---|--------------------------------|
| Άρδευση | $37,00 \times 10^6 \text{m}^3$ |
| Ύδρευση του Βόλου και οικισμών γύρω από την Κάρλα | $3,80 \times 10^6 \text{m}^3$ |
| Σύνολο | $40,80 \times 10^6 \text{m}^3$ |

Από την περιοχή της Κάρλας υπάρχει η δυνατότητα άντλησης μέχρι $22,90 \times 10^6 \text{m}^3$ νερού κάθε χρόνο. Η άντληση αυτής της ποσότητας νερού δε δημιουργεί πρόβλημα στην περιβαλλοντική αποκατάσταση και διατήρηση των συνθηκών του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα (ανύψωση της στάθμης, ποιοτική βελτίωση του νερού). Με δεδομένο ότι, για ύδρευση του Βόλου, κρίνεται σκόπιμο να διατίθεται ετησίως από τα υπόγεια νερά $13,50 \times 10^6 \text{m}^3$ και για ύδρευση των οικισμών γύρω από την Κάρλα $2,00 \times 10^6 \text{m}^3$ δηλαδή, συνολικά $15,50 \times 10^6 \text{m}^3$. Άρα υπάρχει δυνατότητα να συνεχίσουν να χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο για άρδευση των γύρω από την Κάρλα περιοχών υπόγεια νερά μόνον $22,90 - 15,50 = 7,40 \times 10^6 \text{m}^3$.

Σήμερα, από τα αντλούμενα κάθε χρόνο για άρδευση $37,00 \times 10^6 \text{m}^3$ υπόγεια νερά και από επιφανειακά νερά (τάφρων κλπ.) αρδεύονται γύρω από την Κάρλα 92.500 στρέμματα. Για να διατηρηθεί ικανοποιητικά η άρδευση της έκτασης των 92.500 στρ. χρειάζονται $60,4 \times 10^6 \text{m}^3$ νερού το χρόνο.

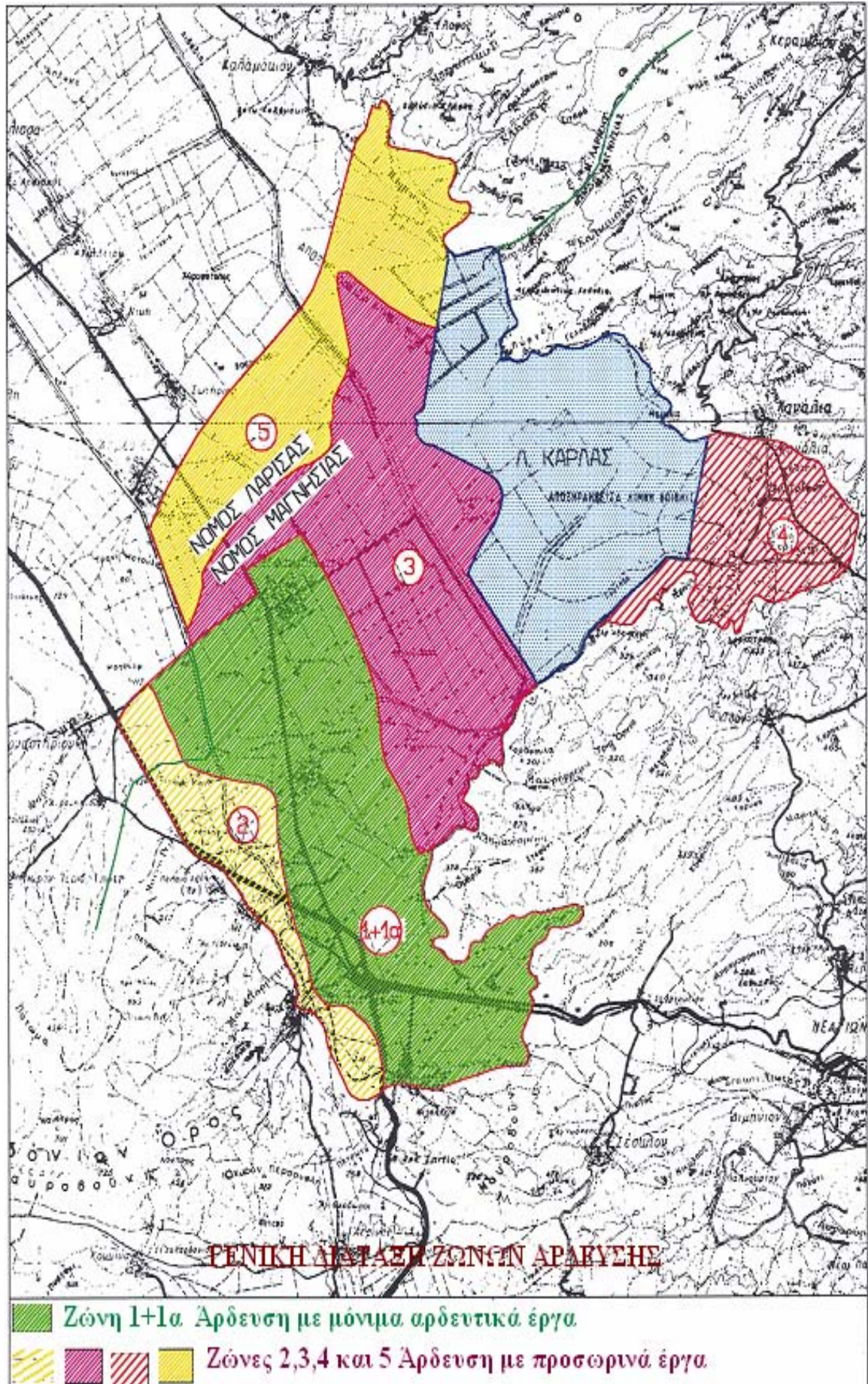
Δεδομένου ότι από υπόγεια νερά δεν είναι σκόπιμο να λαμβάνονται περισσότερα από $7,40 \times 10^6 \text{m}^3$ το χρόνο υπάρχει ένα έλλειμμα της τάξεως των $60,4 - 7,4 = 53 \times 10^6 \text{m}^3$ νερού το χρόνο το οποίο προβλέπεται να καλυφθεί από τον ταμιευτήρα.

Η ποσότητα προσαυξανόμενη κατά 15% για λόγους ασφαλείας και τελικά η ποσότητα των απολήψεων για ικανοποιητική άρδευση φθάνει περίπου τα $60,4 \times 10^6 \text{ m}^3$. Από τον ταμιευτήρα είναι δυνατή η απόληψη νερού $\sim 60 \times 10^6 \text{ m}^3$ το χρόνο, το οποίο και με κάποιο περιθώριο ασφαλείας καλύπτει τις ανωτέρω ανάγκες.



Εικόνα 92. Υδατική κατάσταση περιοχής Κάρλας μετά την επανασύστασή της.

Με τις ανωτέρω απολήψεις νερού από τον Ταμιευτήρα σε συνδυασμό και με την προτεινομένη αναδιάρθρωση της διαχείρισης του υδατικού δυναμικού (υπογείων επιφανειακών νερών) προβλέπεται η άρδευση περιοχών γύρω από την Κάρλα καθαρής αρδευόμενης έκτασης 92.500 στρ. Η έκταση αυτή περιλαμβάνεται σε περίμετρο συνολικής έκτασης 155.000 στρ., που φαίνεται στο αντίστοιχο σχέδιο (ζώνες 1 έως και 5) και ανήκει στην κτηματική περιοχή Αγ. Γεωργίου, Βελεστίνου, Ριζομύλου, Στεφανοβικείου και Καναλιών του Νομού Μαγνησίας και Αρμενίου, Σωτηρίου και Καλαμακίου Νομού Λαρίσης.



Εικόνα 93. Γενική διάταξη ζωνών άρδευσης με μόνιμα και προσωρινά έργα.

Η ζώνη 1+1 α (που εκτείνεται σε περιοχές των οικισμών Αγ. Γεωργίου, Βελεστίνου, Ριζομύλου και Στεφανοβικείου) καθαρής αρδευόμενης έκτασης 42.500 στρ. χαρακτηρίζεται από πλούσια υδροφορία και αρδεύεται σήμερα μέτρια έως ικανοποιητικά από τα υπόγεια νερά της.

Η ανωτέρω ζώνη προβλέπεται να εξυπηρετηθεί με μόνιμα πλήρη δίκτυα (αρδευτικά, αποχέτευσης-αποστράγγισης και αγροτικής οδοποιίας) δεδομένου ότι σήμερα εξυπηρετείται με επαρκή έργα υδροληψίας και διανομής του νερού και επομένως μοναδικό κίνητρο για αποδοχή διαφορετικής διαχείρισης των υπογείων νερών της είναι η κατασκευή τέτοιων δικτύων.

Στις υπόλοιπες ζώνες (ζώνες 2 έως και 5), συνολικής καθαρής αρδευόμενης έκτασης 50.000 στρ., το ποσοστό της αρδευόμενης έκτασης προς την συνολική, είναι σε κάθε μία από αυτές μικρότερο από ό,τι στην ζώνη 1+1α.

Για τις ζώνες αυτές κρίθηκε ικανοποιητική σε πρώτη φάση, η κατασκευή μόνο μονίμων βασικών έργων και λοιπών προσωρινών έργων. Τα βασικά έργα θα μπορούν να ενταχθούν μελλοντικά σε πλήρη δίκτυα.



Εικόνα 94. Εγκατάσταση μονίμων αρδευτικών δικτύων.



Εικόνα 95. Εικόνα προσωρινών αρδευτικών δικτύων.

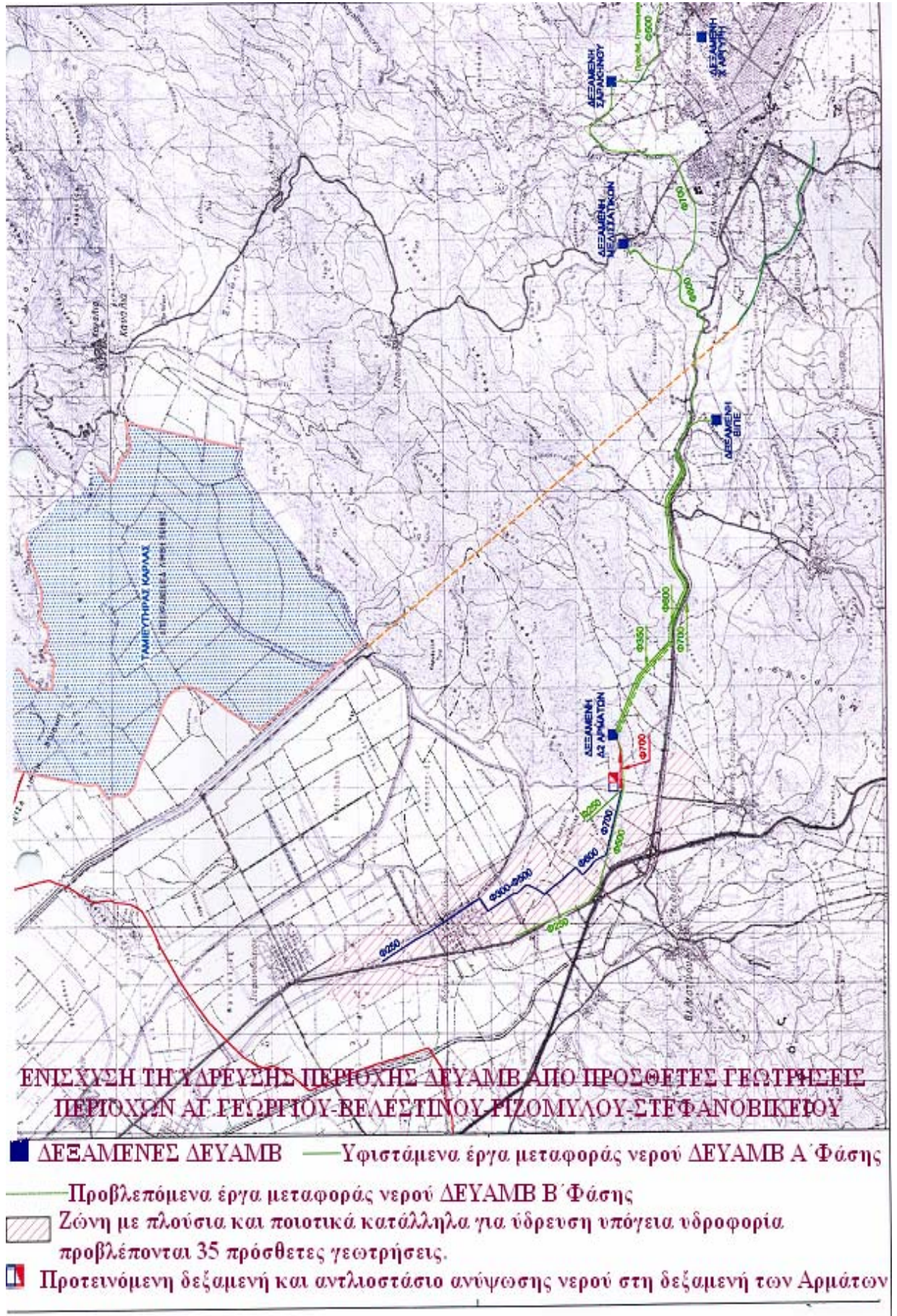
Στην περίμετρο των ανωτέρω ζωνών, μπορούν σε δεύτερη φάση, όταν κατασκευαστούν πλήρη δίκτυα (αρδευτικά, αποχετευτικά - αποστραγγιστικά και αγροτικά οδικά) να αρδευτούν επί πλέον εκτάσεις 13.500 καθαρής γεωργικής γης.

Η υποστηρικτική Υδραυλική Μελέτη" περιλαμβάνει τα παρακάτω επί μέρους έργα:

- Προβλεπόμενα έργα ταμιευτήρα και αντιπλημμυρικά.
- Προβλεπόμενα έργα άρδευσης.
- Έργα ολοκλήρωσης της αντιπλημμυρικής προστασίας της λεκάνης Κάρλας και έργα ορεινής υδρονομίας για την συγκράτηση φερτών και προστασία από την διάβρωση.
- Προβλεπόμενα έργα ύδρευσης Βόλου.

3.4.14. Ενίσχυση της ύδρευσης Π.Σ Βόλου.

Η ύδρευση της μείζονος περιοχής Βόλου και Ν.Ιωνίας θα πρέπει μελλοντικά να ενισχυθεί από τα υπόγεια νερά των περιοχών Αγ. Γεωργίου, Βελεστίνου, Ριζόμυλου και Στεφανοβικείου με ετήσια μελλοντική ποσότητα της τάξης των $12,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$.



Εικόνα 96. Προτεινόμενα έργα ενίσχυσης της ύδρευσης Π.Σ Βόλου.

Η υδροληψία από Κάρλα δεν κρίνεται σκόπιμη και πρέπει να αποκλεισθεί για την ύδρευση των περιοχών που υπάγονται στα όρια ευθύνης της ΔΕΥΑΜΒ, αφού αναμένεται ότι τα νερά της Κάρλας θα είναι από ποιοτικής πλευράς σοβαρά υποβαθμισμένα, ιδίως στην περίοδο Μαΐου - Οκτωβρίου που πραγματοποιείται και το μεγαλύτερο ποσοστό των καταναλώσεων.

Η περιβαλλοντική βέβαια αποκατάσταση του υπόγειου υδροφορέα είναι απόλυτα απαραίτητη, ώστε να αποφευχθούν οι σημερινές υπεραντλήσεις και να διασφαλισθούν οι μελλοντικές υδροληψίες.

Τα προτεινόμενα έργα συνίστανται βασικά από ένα κεντρικό αγωγό (κορμό) με διάμετρο Φ250 στο τέρμα του (Στεφανοβίκειο) και Φ700 στην κεφαλή (πριν από την δεξαμενή Αρμάτων Δ2). Το μήκος του ανέρχεται περίπου σε 8Κm.

Ο αγωγός αυτός συλλέγει τα νερά όλων των προβλεπόμενων 35 (υφιστάμενων και νέων) γεωτρήσεων που τον τροφοδοτούν με αντίστοιχα αντλιοστάσια. Η σύνδεση των γεωτρήσεων μπορεί να γίνει σε δύο φάσεις εκ των οποίων η Α' φάση θα περιλάβει περίπου τα 2/3 δηλαδή περίπου 24-25 γεωτρήσεις. Ο αγωγός αυτός καταλήγει στις υπώρειες του λόφου της δεξαμενής αρμάτων Δ2, όπου με αντλιοστάσια ανύψωσης τροφοδοτείται με καταθλιπτικό αγωγό μήκους 1Κm η ανωτέρω δεξαμενή Δ2.

Στη συνέχεια, το υφιστάμενο και προβλεπόμενο μελλοντικό υδραγωγείο μεταφοράς έγινε με πρόβλεψη να εξυπηρετήσει όλες τις προβλεπόμενες μελλοντικές παροχές για την ενίσχυση της ύδρευσης ΔΕΥΑΜΒ.

Η ενίσχυση της ύδρευσης περιοχής ΔΕΥΑΜΒ από γεωτρήσεις περιοχής Κάρλας περιλαμβάνει τα εξής βασικά έργα:

- 1) 35 γεωτρήσεις συνδεδεμένες σε κεντρικό (κορμό) συλλεκτήριο αγωγό,
- 2) τον ανωτέρω κεντρικό συλλεκτήριο αγωγό μήκους 8Κm, και

3.5. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Πίνακας 17. Μέση τιμή και εύρος διακύμανσης των Φυσικοχημικών παραμέτρων στους 3 σταθμούς μέτρησης κατά το έτος 2007.

| Έτος 2007 | Σταθμός Δειγματοληψίας T1 | | | Σ.Δ Ταμιευτήρα | | | Σ.Δ. Αντλιοστάσιο | | |
|----------------|------------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|--------------|
| | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή |
| PH | 8,57 | 7,9 | 9,2 | 8,605 | 8,17 | 8,9 | 8,7 | 8,4 | 9,1 |
| EC(ms/cm) | 4,15 | 1,72 | 6,4 | 4,08 | 3,2 | 6,2 | 4,12 | 2,6 | 6,5 |
| T (°C) | 17,76 | 7,4 | 31 | 18,86 | 8,4 | 34 | 18,36 | 8 | 32 |
| DO (mg/l) | 9,46 | 6,4 | 12,3 | 9,52 | 7 | 12,5 | 9,28 | 5,6 | 12 |
| COD (mg/l) | | 4 | 94 | | 4 | 94 | | 4 | 94 |
| Θολότητα (NTU) | 41,4 | 30 | 70 | 44,85 | 30 | 70 | 37,3 | 28 | 53 |
| Αλατότητα% | 0,194 | 0,1 | 0,3 | 0,194 | 0,1 | 0,3 | 0,192 | 0,1 | 0,3 |

Πίνακας 18. Μέση τιμή και εύρος διακύμανσης των Φυσικοχημικών παραμέτρων στους 3 σταθμούς μέτρησης κατά το έτος 1998.

| Έτος 1998 | Σ.Δ T1 1998 | | | Σ.Δ Ταμιευτήρα 1998 | | | Σ.Δ Αντλιοστάσιο 1998 | | |
|----------------|-------------|---------------|--------------|---------------------|---------------|--------------|-----------------------|---------------|--------------|
| | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή |
| pH | 8,86 | 8,65 | 9,2 | 8,87 | 8,81 | 8,99 | 8,86 | 8,4 | 9,03 |
| EC(ms/cm) | 4,07 | 3,76 | 4,1 | 3,89 | 3,84 | 4,12 | 3,89 | 3,65 | 4,12 |
| T (°C) | 10,74 | 6,6 | 14,8 | 10,65 | 7 | 14,7 | 10,58 | 6,6 | 14,1 |
| DO (mg/L.) | 11,02 | 8,31 | 13,7 | 10,36 | 8 | 13,04 | 10,87 | 8,1 | 13,1 |
| COD (mg/L) | | 4 | 94 | | 4 | 94 | | 4 | 94 |
| Θολότητα (NTU) | 29,8 | 10 | 41 | 35 | 28 | 46 | 28,57 | 18 | 40 |
| Αλατότητα % | 0,19 | 0,18 | 0,2 | 0,19 | 0,18 | 0,2 | 0,19 | 0,18 | 0,2 |

Πίνακας 19. Μέση τιμή και εύρος διακύμανσης των Φυσικοχημικών παραμέτρων στους 3 σταθμούς μέτρησης κατά το έτος 2007 αντίστοιχου χρονικού διαστήματος με το 1998.

| Έτος 2007 | Σταθμός Δειγματοληψίας T1 | | | Σ.Δ Ταμειυτήρα 2007 | | | Σ.Δ. Αντλιοστάσιο 2007 | | |
|----------------|---------------------------|---------------|--------------|---------------------|---------------|--------------|------------------------|---------------|--------------|
| | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση τιμή | Ελάχιστη τιμή | Μέγιστη τιμή |
| PH | 8,51 | 7,9 | 9 | 8,45 | 8,17 | 8,8 | 8,62 | 8,4 | 8,9 |
| EC(ms/cm) | 3,97 | 3,16 | 4,4 | 3,87 | 3,2 | 4,25 | 3,78 | 3 | 4,6 |
| T (°C) | 12,18 | 7,4 | 20 | 13,028 | 8,4 | 22 | 13,17 | 8,9 | 23 |
| DO (mg/L.) | 9,7 | 8 | 12,3 | 9,7 | 8,1 | 11,2 | 11,11 | 7,6 | 11 |
| BOD (mg/l) | | | | | | | | | |
| COD(mg/L) | | 4 | 94 | | 4 | 94 | | 4 | 94 |
| Θολότητα (NTU) | 42 | 30 | 70 | 44 | 30 | 60 | 36 | 30 | 53 |
| Αλατότητα % | 0,19 | 0,18 | 0,2 | 0,19 | 0,18 | 0,2 | 0,19 | 0,18 | 0,2 |

3.5.1. Θερμοκρασία.

Η θερμοκρασία του νερού και στους τρεις σταθμούς δειγματοληψίας κατά το έτος 2007 έδειξε μεγάλες εποχιακές διακυμάνσεις που κυμάνθηκαν μεταξύ 7,4⁰C και 34⁰C

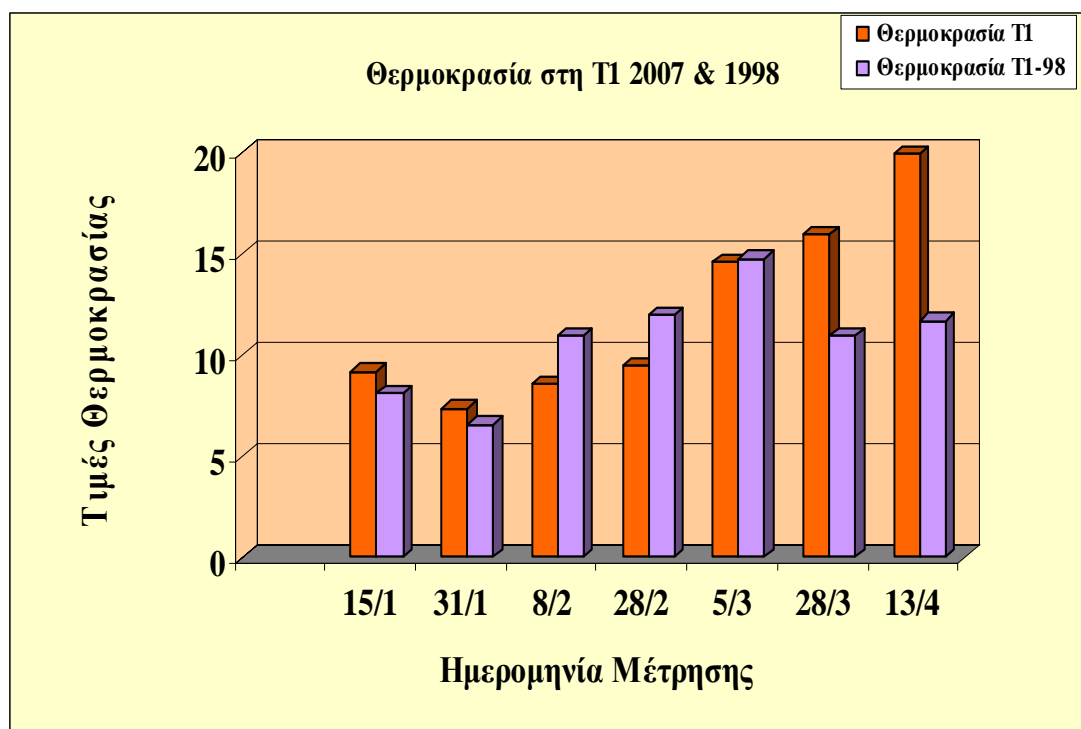
Η χαμηλότερη θερμοκρασία, παρατηρήθηκε στη T1 7,4 ⁰C κατά το μήνα Ιανουάριο, η μεγαλύτερη θερμοκρασία παρατηρήθηκε στον Ταμειυτήρα 34 ⁰C κατά το μήνα Ιούλιο. Αναλυτικότερα η μέση τιμή θερμοκρασίας στην T1 ήταν 17,76 ⁰C, η ελάχιστη 7,4 ⁰C και η μέγιστη 31 ⁰C. Στον ταμειυτήρα η μέση τιμή 18,86 ⁰C, η ελάχιστη 8,4 ⁰C και η μέγιστη 34 ⁰C και στο αντλιοστάσιο η μέση τιμή ήταν 18,36 ⁰C, η ελάχιστη 8 ⁰C, και η μέγιστη 32 ⁰C .

Συγκρίνοντας τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του 2007 με το ίδιο διάστημα του 1998 διαπιστώνουμε ότι στο σταθμό δειγματοληψίας στη Τάφρο T1 έχουμε μια διαφορά στην ελάχιστη τιμή 0,8 ⁰C στη μέγιστη 5,2 ⁰C. Στον ταμειυτήρα στην

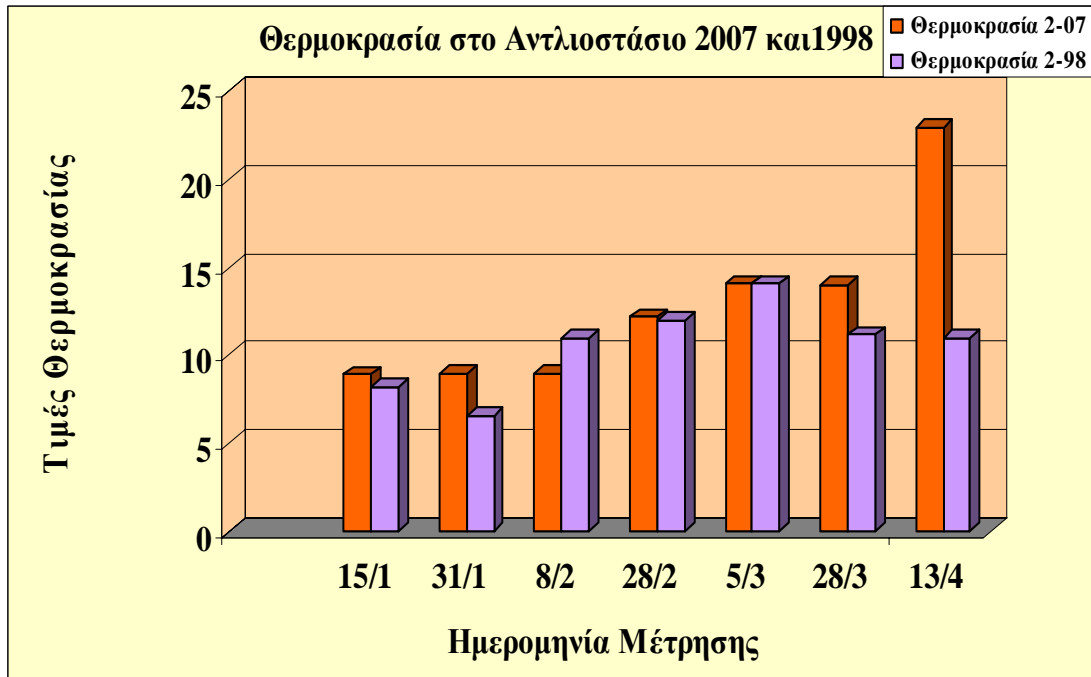
ελάχιστη η διαφορά είναι $1,4^{\circ}\text{C}$ στη μέγιστη $7,3^{\circ}\text{C}$. Στο αντλιοστάσιο στην ελάχιστη η διαφορά είναι $2,3^{\circ}\text{C}$ στη μέγιστη $8,9^{\circ}\text{C}$.

Συμπερασματικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι και στους τρεις σταθμούς μέτρησης της θερμοκρασίας έχουμε σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών 1998 και 2007. Το γεγονός αυτό πρέπει να μας προβληματίσει και χρήζει περαιτέρω διερεύνησης για το αν είναι μια πρώτη ένδειξη ότι η θερμοκρασία έχει αυξηθεί, ή μήπως είναι τυχαίο λόγω πολύ καλών θερμοκρασιών του 2007.

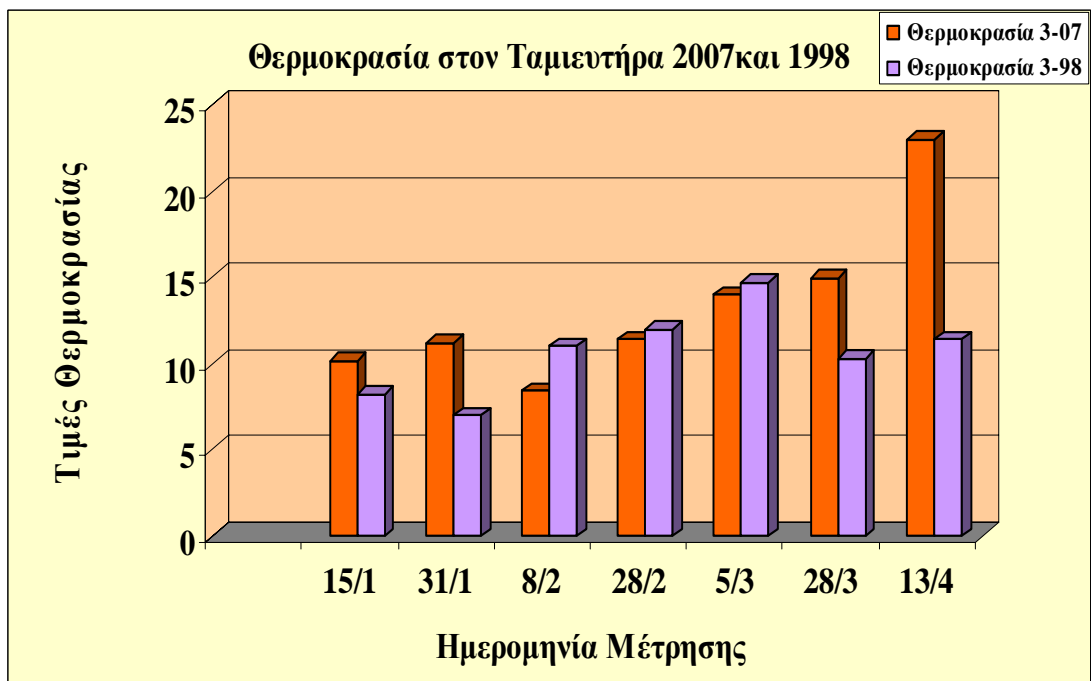
Οι υψηλές θερμοκρασίες που παρατηρούνται κατά την θερινή περίοδο, μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλή εξατμισοδιαπνοή με αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης της οργανικής ύλης και κατά συνέπεια μείωση του οξυγόνου στο νερό. Οι μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές εντός της λίμνης είναι δυνατόν να επηρεάζουν αρνητικά την ιχθυοπανίδα, η οποία αδυνατεί να προσαρμοστεί στις έντονες αλλαγές. Η μέση τιμή καθώς και το εύρος της θερμοκρασίας στα διάφορα σημεία μέτρησης φαίνονται στον Πίνακα 17 και στις εικόνες 98-103.



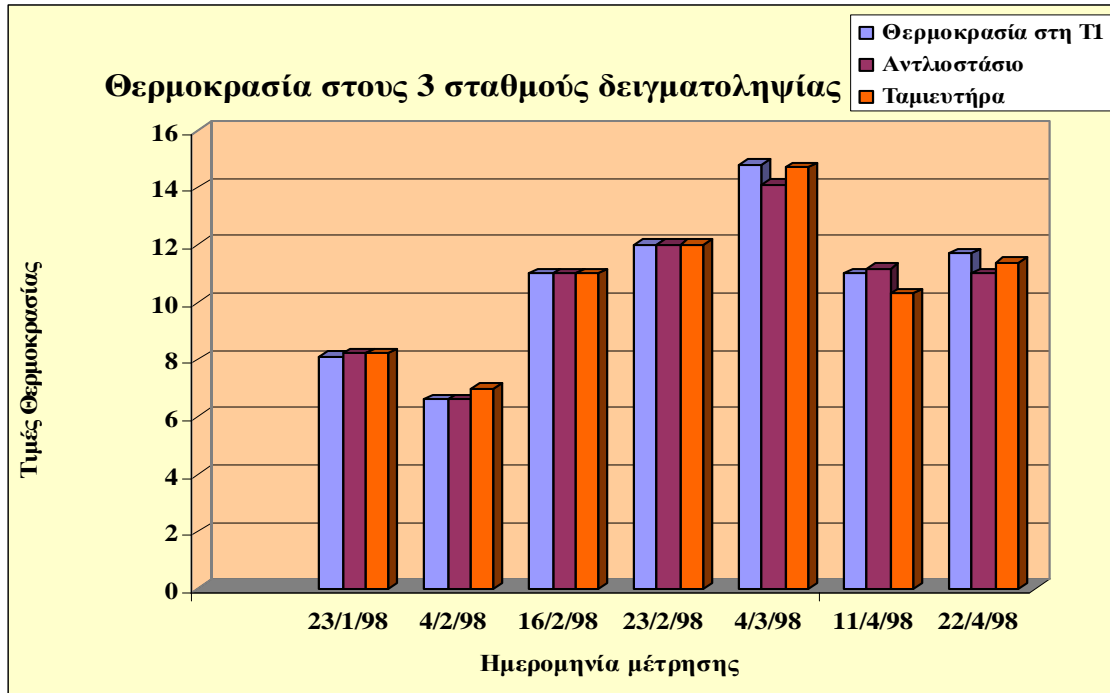
Εικόνα 98. Τιμές Θερμοκρασίας $^{\circ}\text{C}$ στη Τάφρο T1 2007 και 1998.



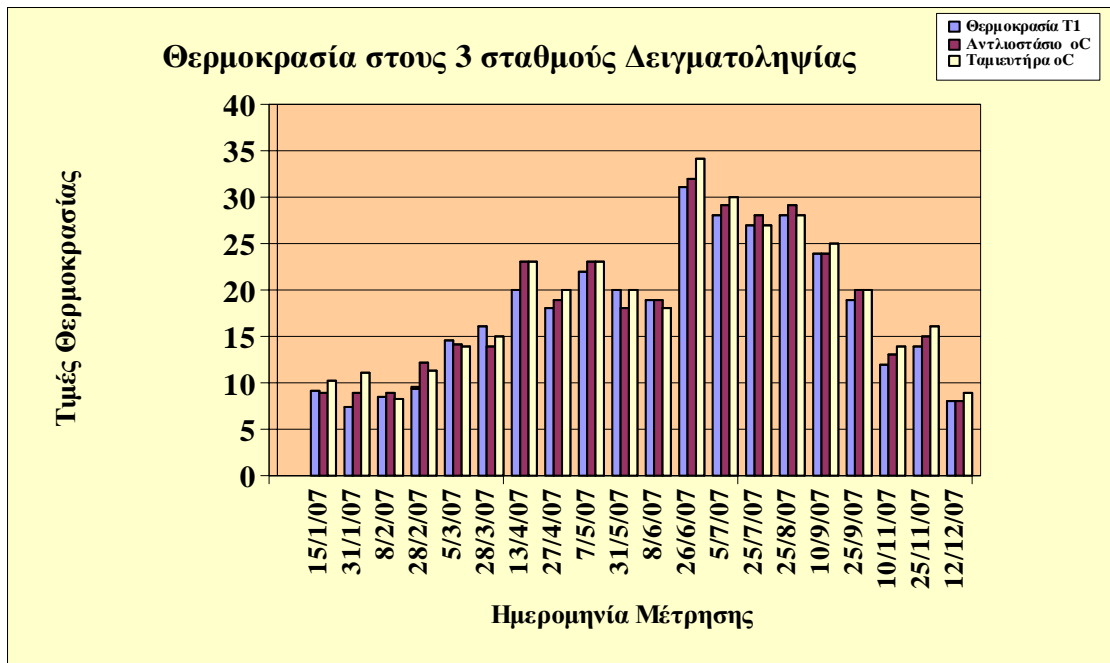
Εικόνα 99. Τιμές Θερμοκρασίας $^{\circ}\text{C}$ στο αντλιοστάσιο 2007 και 1998.



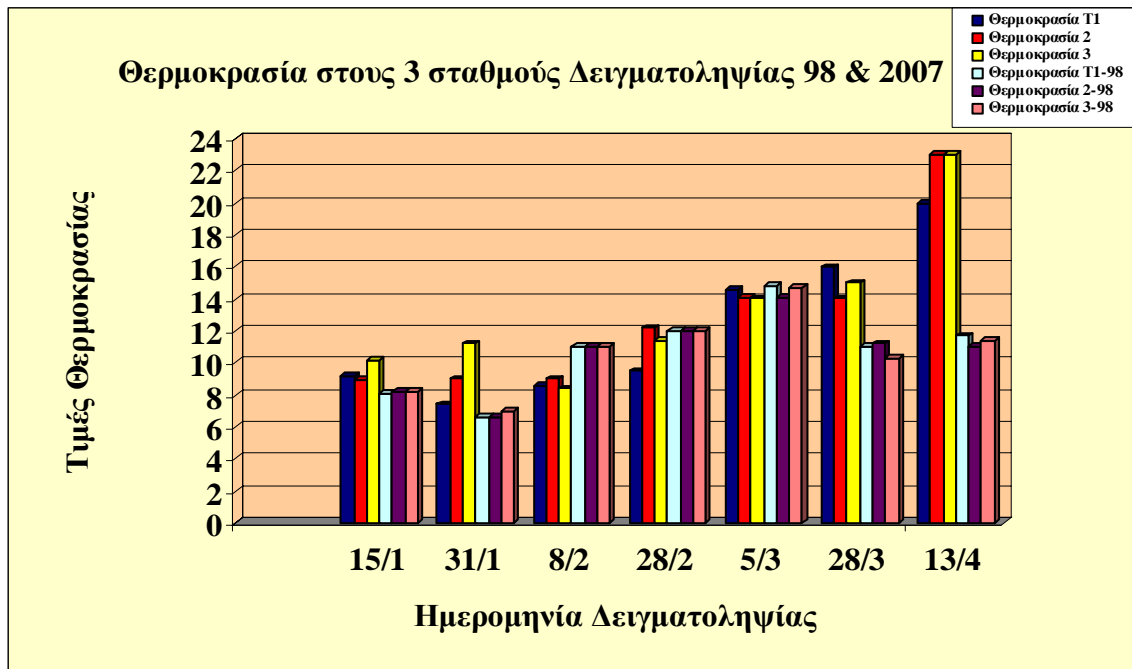
Εικόνα 100. Τιμές Θερμοκρασίας $^{\circ}\text{C}$ στον Ταμιευτήρα 2007 και 1998.



Εικόνα 101. Τιμές Θερμοκρασίας $^{\circ}\text{C}$ στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 1998.



Εικόνα 102. Τιμές Θερμοκρασίας $^{\circ}\text{C}$ στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 2007.



Εικόνα 103. Τιμές Θερμοκρασίας $^{\circ}\text{C}$ στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 2007 και 1998.

3.5.2 ΡΗ, οξύτητα και αλκαλικότητα.

Η διαχρονική εξέλιξη, η μέση τιμή και το εύρος της διακύμανσης του ΡΗ φαίνονται στις εικόνες 104-109 και στον πίνακα 17 αντίστοιχα. Το ΡΗ στα περισσότερα φυσικά συστήματα κυμαίνεται μεταξύ 6.0 και 9.0.

Οι χαμηλότερες τιμές παρατηρούνται σε νερά με μεγάλες συγκεντρώσεις οργανικών και υψηλότερες τιμές σε ευτροφικά νερά. Οι τιμές του ΡΗ δεν παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές με ελάχιστες και μέγιστες τιμές περίπου ίδιες να κυμαίνονται από 8 και 9,2 αντίστοιχα. Οι μεταβολές του ΡΗ και του DO ρυθμίζουν τις περισσότερες βιοχημικές και χημικές διεργασίες οι οποίες επηρεάζουν την σύσταση του νερού. Γι' αυτό, πιθανόν η αύξηση του φυτοπλαγκτού από τον Μάρτιο έως τον Ιούλιο να συνεπάγεται την αύξηση του ΡΗ.

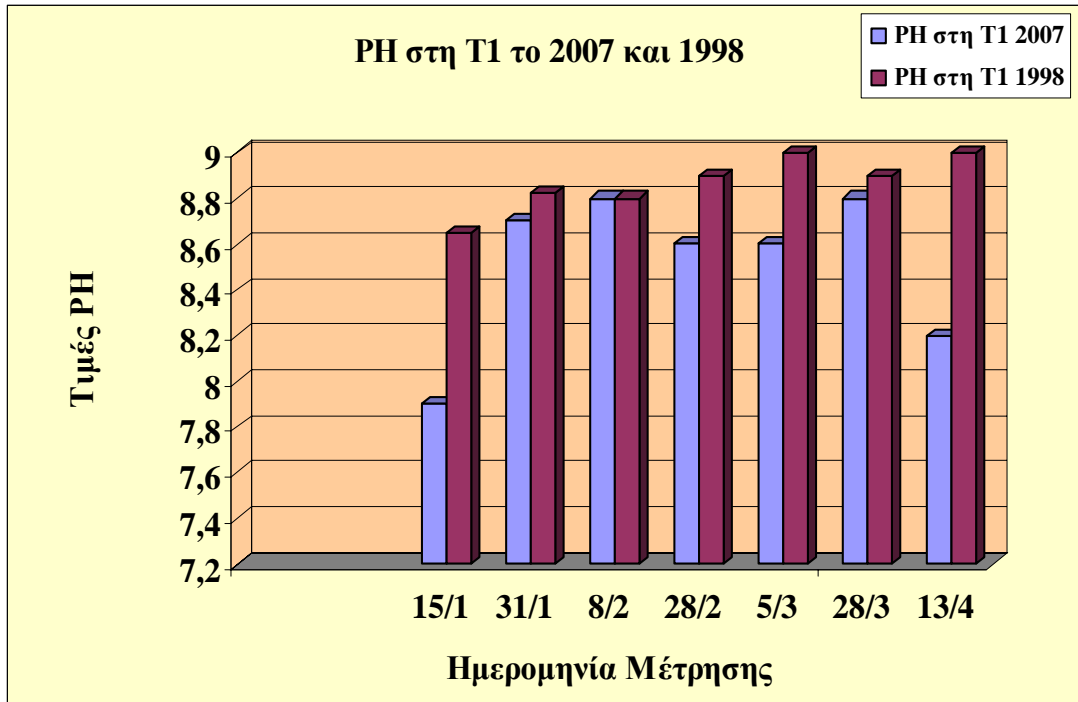
Για να διατηρηθεί το ΡΗ σε σωστά επίπεδα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον Ελληνικό Φυσικό Ζεόλιθο συγκεκριμένης περιοχής των Πετρωτών Έβρου. Η ιοντο-

ανταλλακτική ικανότητα (226 meq/100g) του φυσικού ζεόλιθου είναι από τις υψηλότερες που παρατηρήθηκαν σε φυσικά υλικά (Φιλιππίδης, 2005).

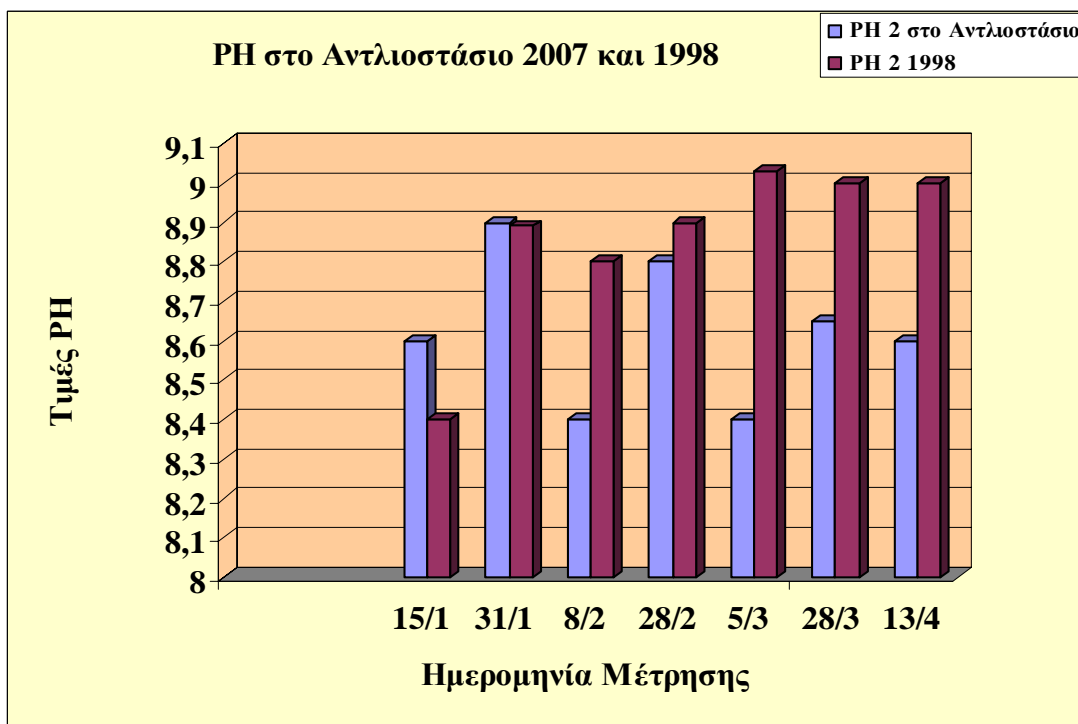
Με τη ρίψη του Ελληνικού Φυσικού Ζεόλιθου σε νερό της λίμνης Κορώνειας, παρατηρήθηκε μείωση του αρχικού pH από 9,5 σε 7,4 εντός 10 min (σταθεροποιήθηκε σε pH 7,2 εντός 60 min), καθώς και έντονη βελτίωση της διαύγειας του νερού. Το ποσοστό δέσμευσης ανόργανων, οργανικών, οργανομεταλλικών, αέριων, κολλοειδών, ενζύμων, μικροοργανισμών, βακτηριδίων και επιβλαβών συστατικών κυμαίνεται από 20 έως 100%. Η ρόφηση των ουσιών στους μικρο- μέσο- και μάκρο-πόρους, οφείλεται σε διεργασίες απορρόφησης, προσρόφησης και επιφανειακής επικάθισης (Φιλιππίδης, 2005).

Η ορυκτολογία και οι φυσικοχημικές ιδιότητες καθιστούν τον Ελληνικό Φυσικό Ζεόλιθο κατάλληλο υλικό για την εξυγίανση και προστασία της λίμνης Κορώνειας. Η εφαρμογή όλων των παρακάτω δράσεων μπορεί να γίνει παράλληλα ή και μεμονωμένα για την κάθε μία, στην πρώτη περίπτωση θα επιτευχθεί το μέγιστο θετικό αποτέλεσμα (Φιλιππίδης, 2005).

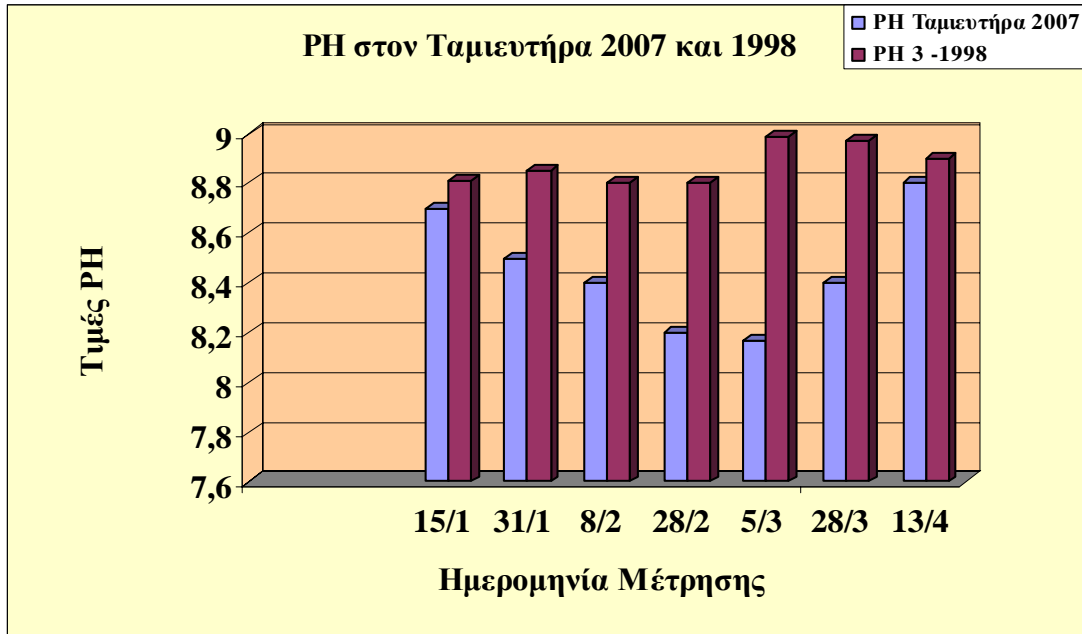
Η ρίψη του Ελληνικού Φυσικού Ζεόλιθου στα νερά της λίμνης θα έχει ως αποτέλεσμα τη δέσμευση-καθήλωση των επιβλαβών συστατικών (ανόργανα - οργανικά - αέρια - βακτηρίδια), την έντονη βελτίωση της διαύγειας του νερού, τη ρύθμιση του βασικού σήμερα PH (9,5) του νερού στο ουδέτερο (7,2) και τον εμπλουτισμό σε οξυγόνο του νερού (Φιλιππίδης, 2005).



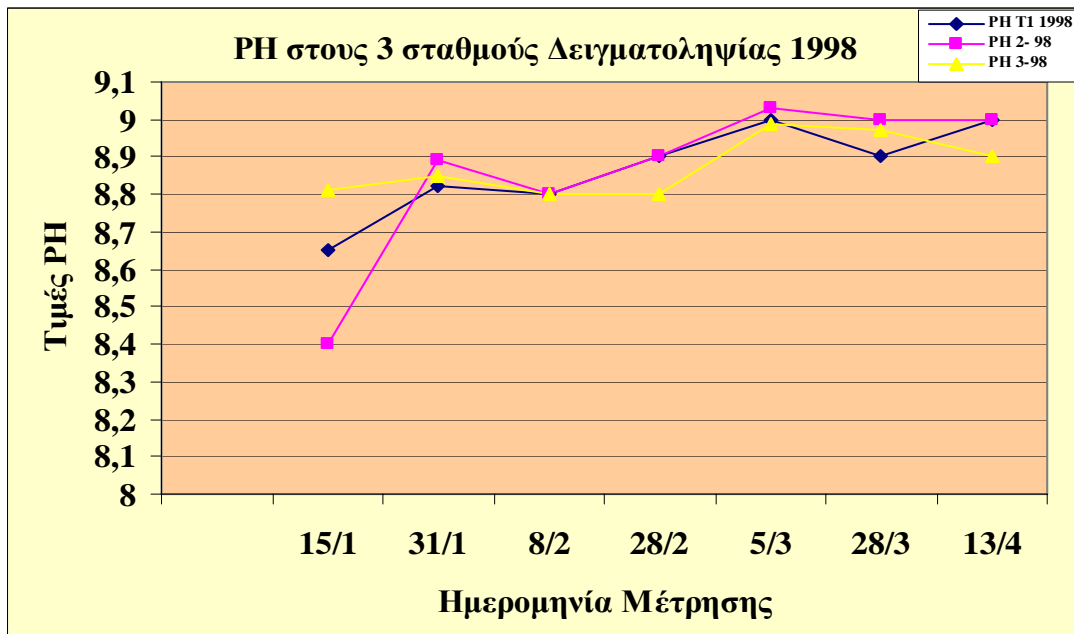
Εικόνα 104. Τιμές PH στη Τάφρο T1 το 2007 και 1998.



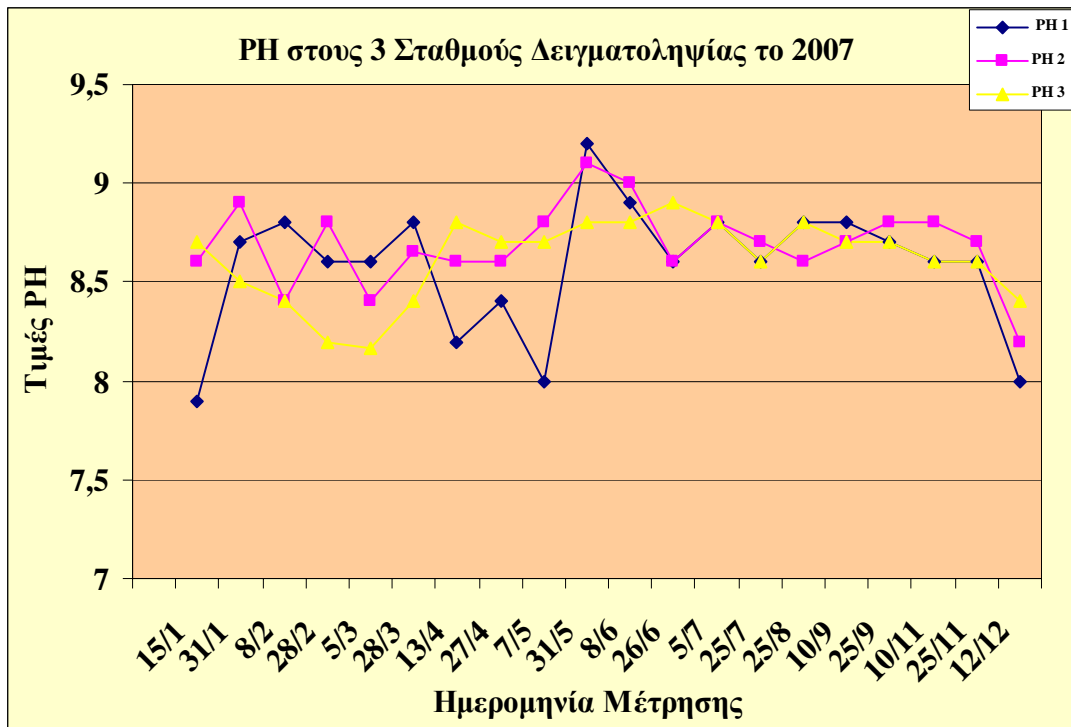
Εικόνα 105. Τιμές PH στο Αντλιοστάσιο το 2007 και 1998.



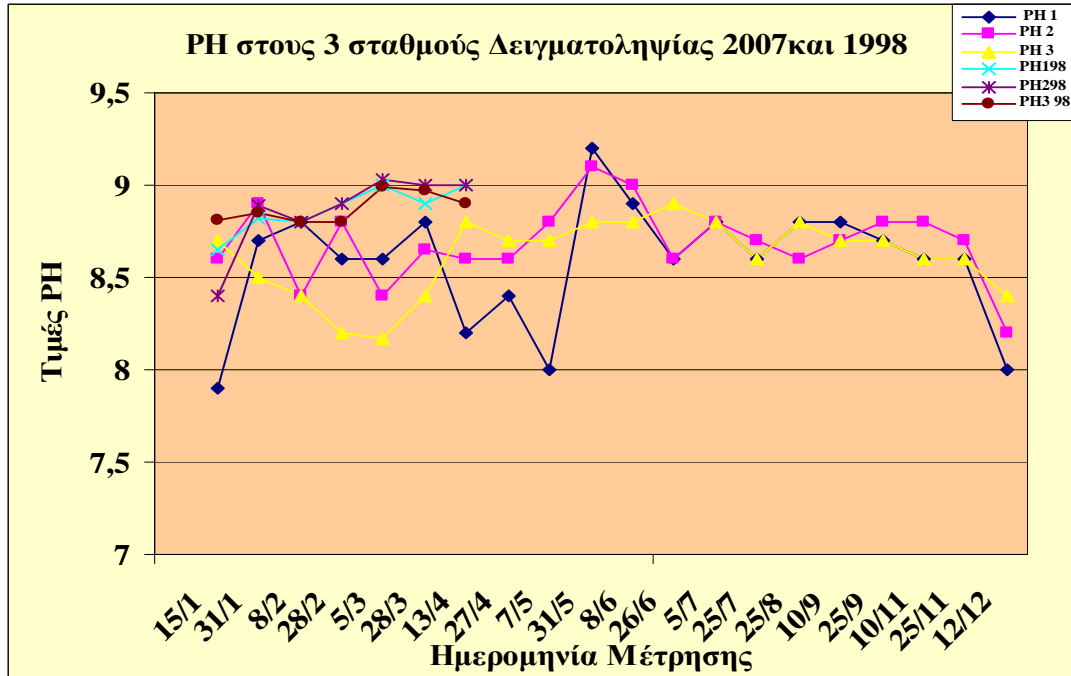
Εικόνα 106. Τιμές PH στον Ταμιευτήρα το 2007 και 1998.



Εικόνα 107. Τιμές PH στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 1998.



Εικόνα 108. Τιμές PH στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 2007.



Εικόνα 109. Τιμές PH στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 2007 και 1998.

3.5.3 Διαλυμένο οξυγόνο (D.O.).

Η συγκέντρωση του διαλυμένου Οξυγόνου στα νερά των τριών σταθμών δειγματοληψίας κατά το έτος 2007 έδειξε μικρές εποχιακές διακυμάνσεις που κυμάνθηκαν μεταξύ 5,6 mg/l και 12,5 mg/l

Η χαμηλότερη και μεγαλύτερη συγκέντρωση DO, παρατηρήθηκε στο Αντλιοστάσιο 5,6 mg/l, και 12,3 mg/l αντίστοιχα .

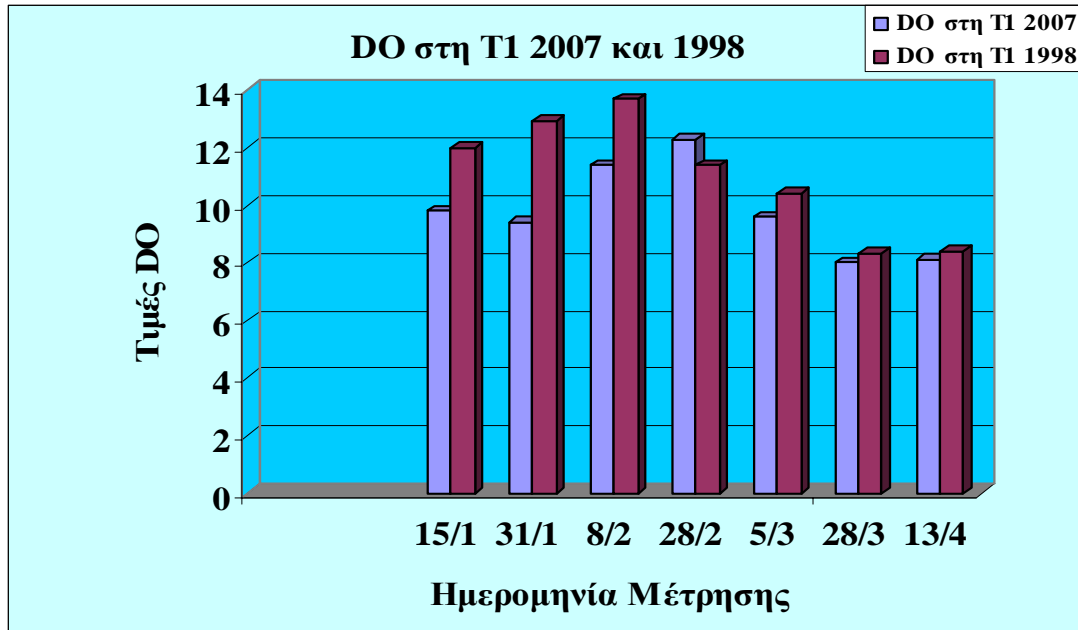
Αναλυτικότερα η μέση τιμή συγκέντρωση DO στην T1 ήταν 9,46 mg/l, η ελάχιστη 6,4 mg/l, και η μέγιστη 12,3 mg/l. Στον ταμιευτήρα η μέση τιμή 9,52 mg/l, η ελάχιστη 7 mg/l και η μέγιστη 12,5 mg/l και στο αντλιοστάσιο η μέση τιμή ήταν 9,28 mg/l , η ελάχιστη 5,6 mg/l και η μέγιστη 12mg/l .

Συγκρίνοντας τις διακυμάνσεις συγκέντρωσης του διαλυμένου Οξυγόνου του 2007 με το ίδιο διάστημα του 1998 διαπιστώνουμε ότι στο σταθμό δειγματοληψίας στη Τάφρο T1 έχουμε μικρότερη συγκέντρωση το 1998 στην ελάχιστη τιμή κατά 1,4mg/l στη μέγιστη έχουμε μεγαλύτερη κατά 2,5 mg/l και στη μέση τιμή μεγαλύτερη κατά 1,32 mg/l .

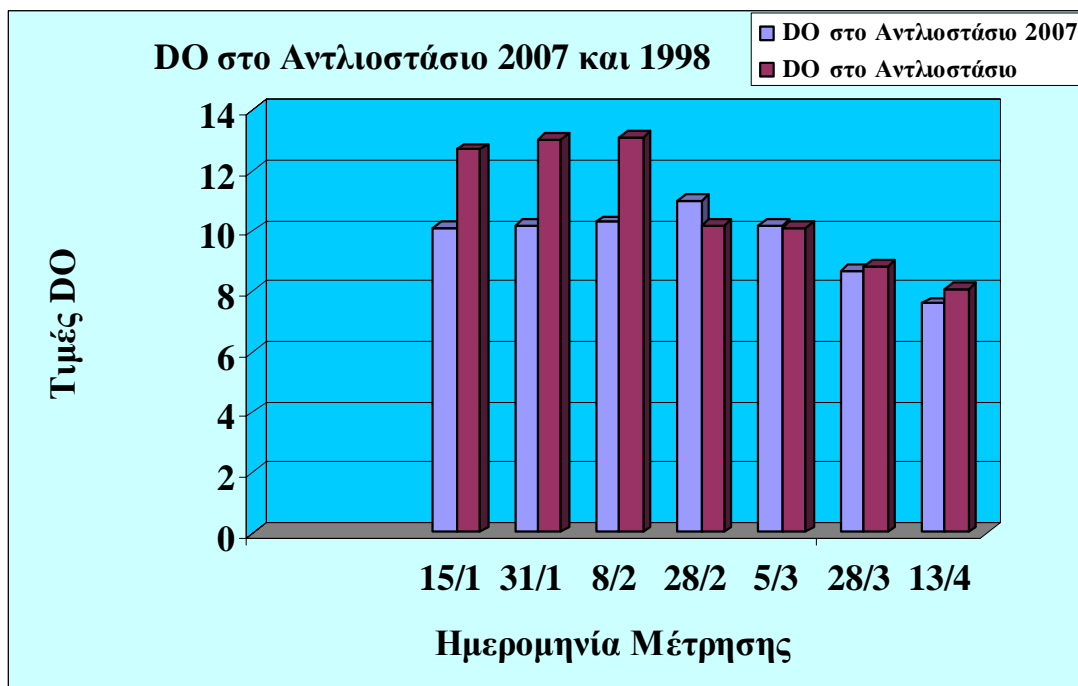
Στον ταμιευτήρα στην ελάχιστη έχουμε την ίδια συγκέντρωση το 1998 με το 2007, στη μέγιστη έχουμε μεγαλύτερη κατά 1,8mg/l το 1998 και στη μέση τιμή μεγαλύτερη κατά 0.66 mg/l .

Στο αντλιοστάσιο στην ελάχιστη έχουμε μεγαλύτερη συγκέντρωση το 1998 κατά 0,5 mg/l , στη μέγιστη έχουμε μεγαλύτερη κατά 2,1mg/l το 1998 και στη μέση τιμή μεγαλύτερη κατά 0.24 mg/l .

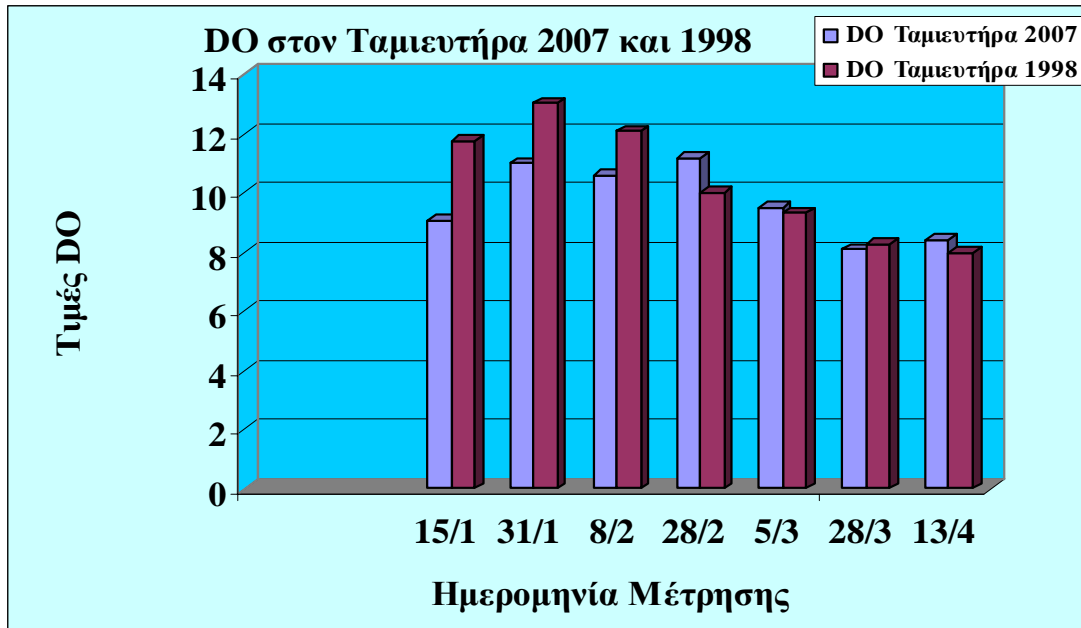
Παρατηρούμε κατά την διάρκεια του χειμώνα οι τιμές DO κυμάνθηκαν σε φυσιολογικά επίπεδα. Στις δειγματοληψίες του καλοκαιριού παρατηρείται μικρότερη συγκέντρωση.



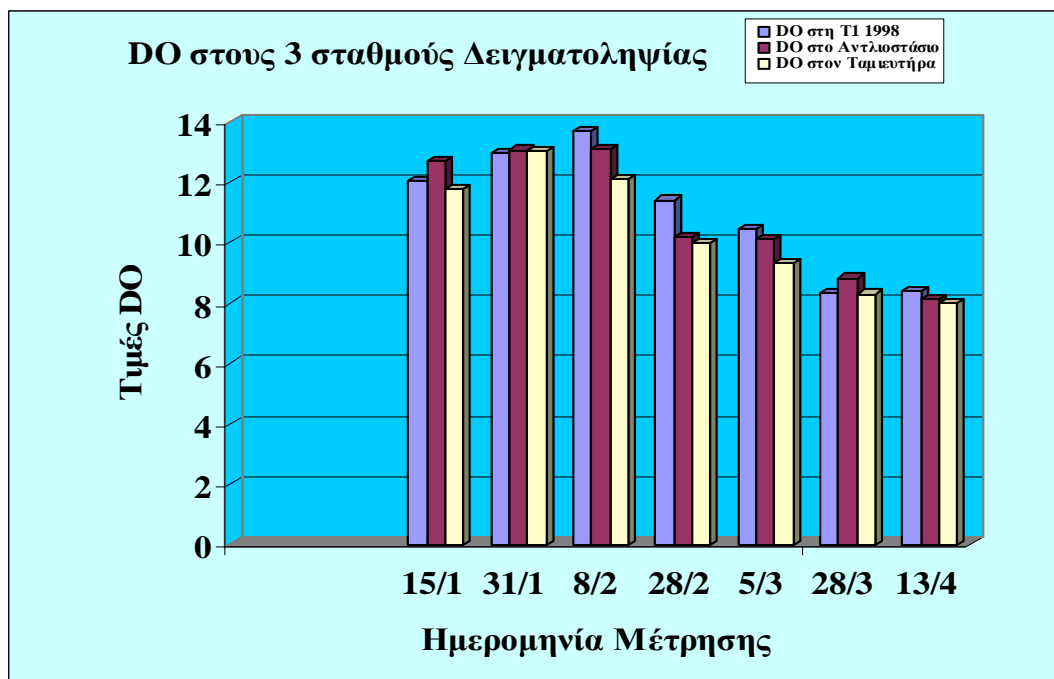
Εικόνα 110. Τιμές DO mg/lt στη Τάφρο T1 το 2007 και 1998.



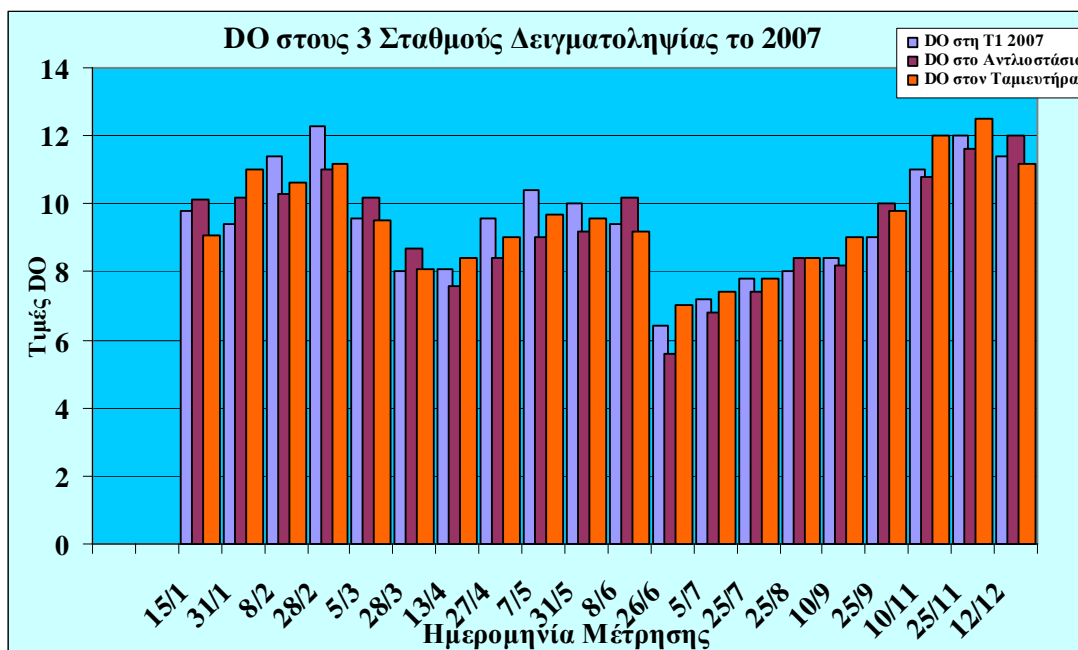
Εικόνα 111. Τιμές DO mg/lt στο Αντλιοστάσιο το 2007 και 1998.



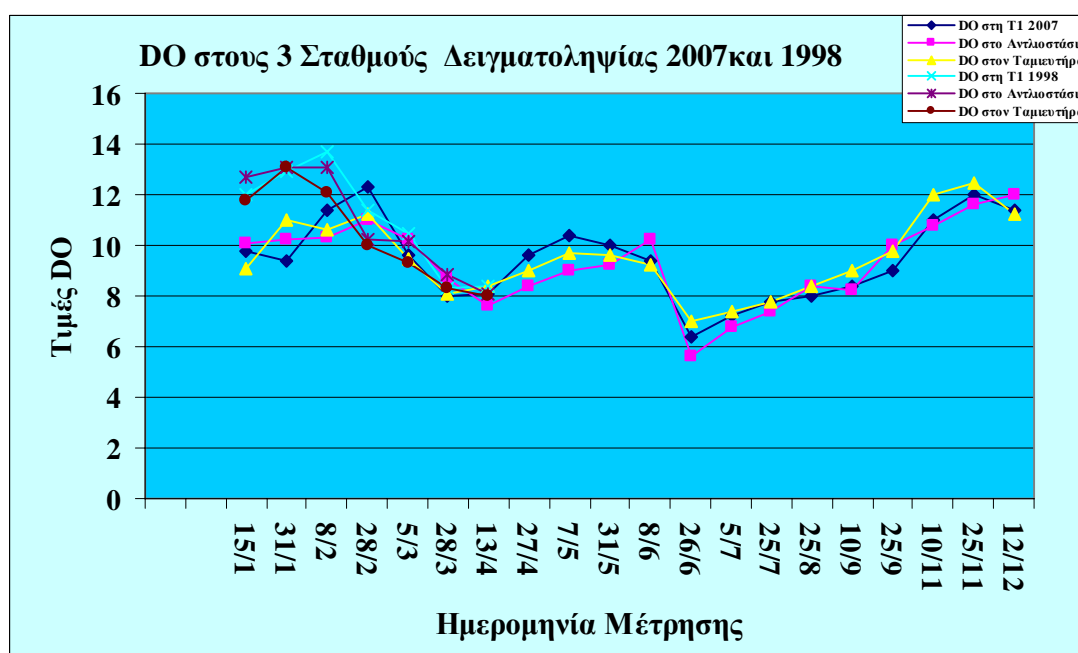
Εικόνα 112. Τιμές DO mg/l στον Ταμιευτήρα το 2007 και 1998.



Εικόνα 113. Τιμές DO mg/l στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 1998.



Εικόνα 114. Τιμές DO mg/l στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 2007.



Εικόνα 115. Τιμές DO mg/l στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 2007 και 1998.

3.5.4 Χημικώς απαιτούμενο Οξυγόνο (COD).

Οι συγκεντρώσεις COD στους σταθμούς δειγματοληψίας ήταν ελάχιστη τιμή 4mg/l και μέγιστη 94 mg/l με μέση τιμή συγκέντρωσης στο διπλάσιο των φυσιολογικών τιμών 49 mg/l.

3.5.5 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC).

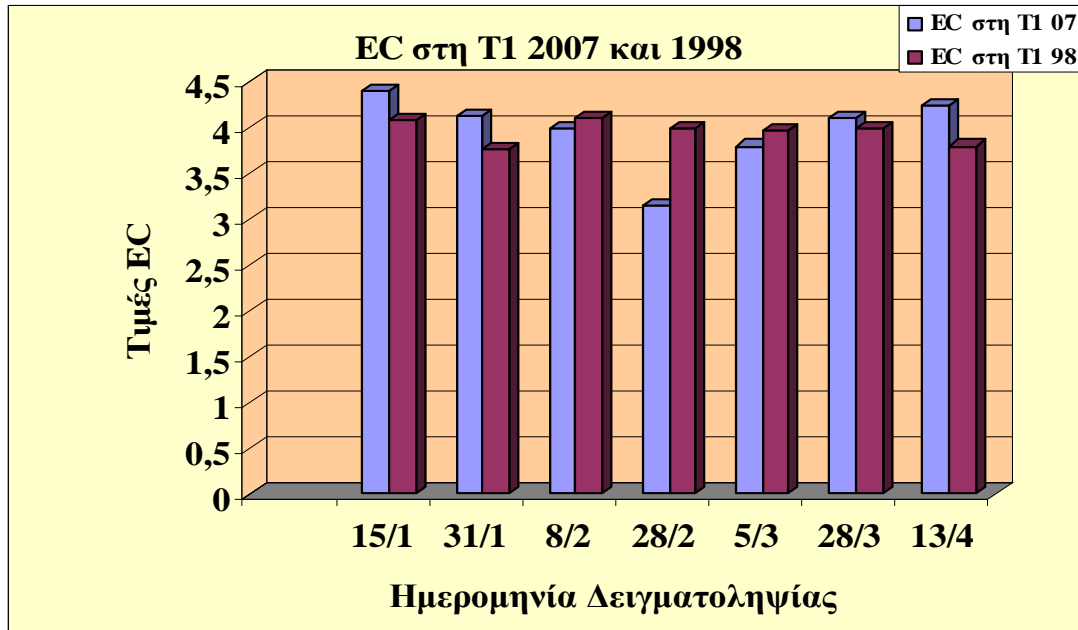
Η διαχρονική εξέλιξη, η μέση τιμή και το εύρος της διακύμανσης της EC φαίνονται στις εικόνες 116-121 και στον πίνακα 17 αντίστοιχα. Για την προστασία όμως των υδρόβιων οικοσυστημάτων γλυκού νερού, η ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (1,5ms/sm).

Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα νερά των τριών σταθμών δειγματοληψίας κατά το έτος 2007 έδειξε μικρές εποχιακές διακυμάνσεις που κυμάνθηκαν μεταξύ 1,72 mS/cm και 5,4 mS/cm.

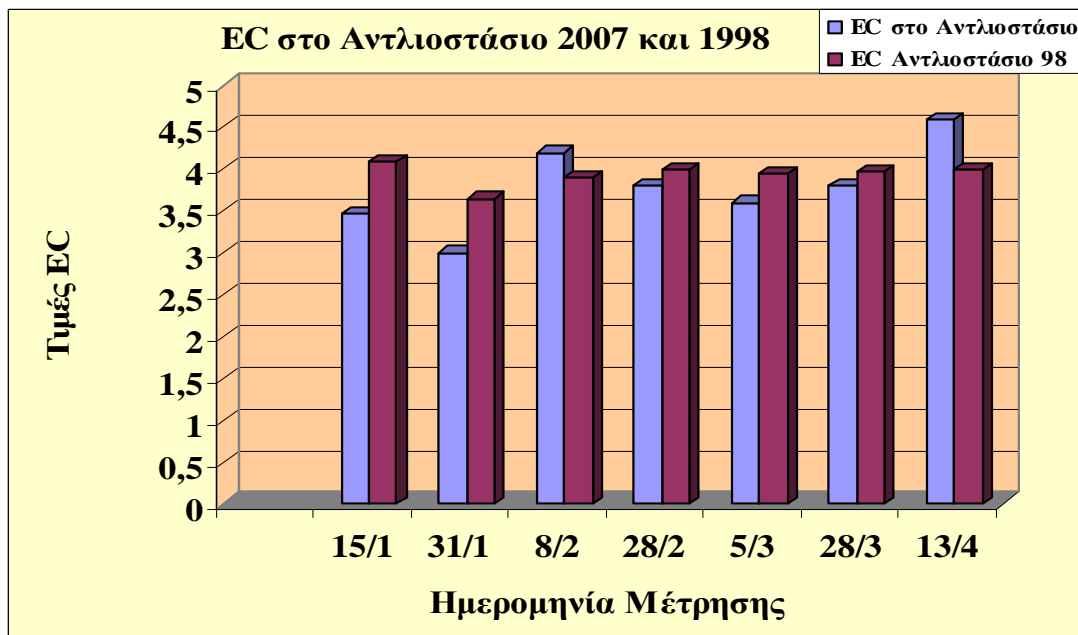
Η χαμηλότερη τιμή EC, παρατηρήθηκε στη T1 1,72 mS/cm, η μεγαλύτερη παρατηρήθηκε στο Αντλιοστάσιο 6,5 mS/cm .

Αναλυτικότερα η μέση τιμή EC στην T1 ήταν 4,15 mS/cm, η ελάχιστη 1,72 mS/cm, και η μέγιστη 6,4 mS/cm. Στον ταμειυτήρα η μέση τιμή 4,08 mS/cm, η ελάχιστη 3.2mS/cm και η μέγιστη 6,2 mS/cm και στο αντλιοστάσιο η μέση τιμή ήταν 4,12 mS/cm, η ελάχιστη 2,6 mS/cm και η μέγιστη 6,5 mS/cm .

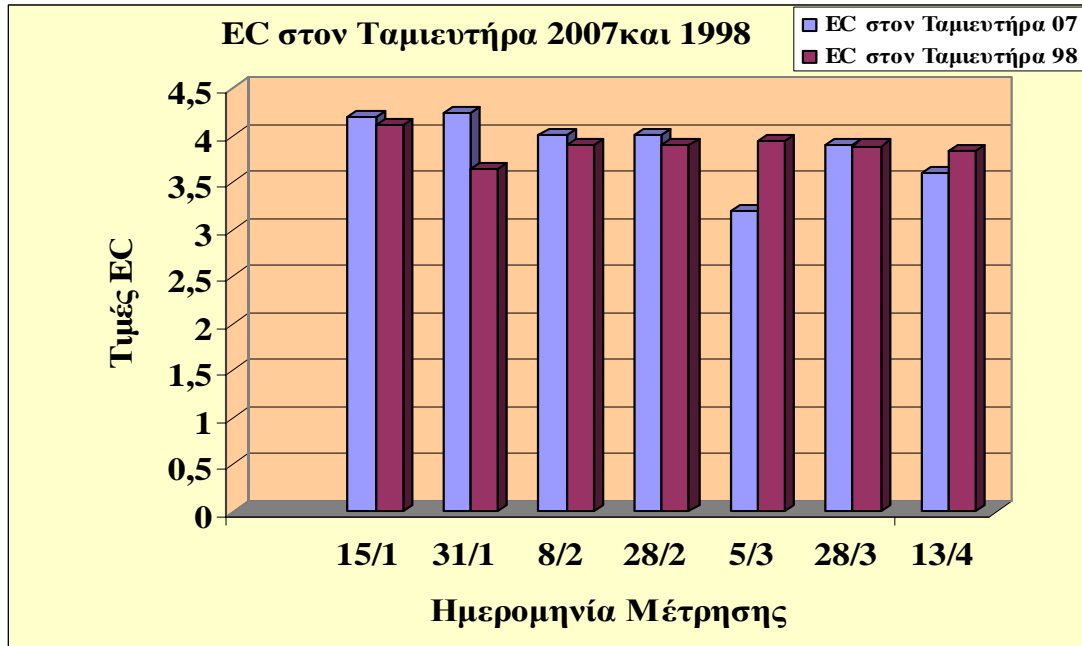
Συγκρίνοντας τις τιμές της EC του 2007 με το ίδιο διάστημα του 1998 διαπιστώνουμε ότι και στους τρεις σταθμούς δειγματοληψίας παραμένουν στα ίδια υπερβολικά υψηλά επίπεδα. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει την υψηλή αλατότητα των εδαφών γύρω από τη στραγγιστική τάφρο και τον ταμειυτήρα, αλλά και την πιθανή διείσδυση του θαλασσινού νερού, το οποίο αντλείται από τις υφιστάμενες μεγάλου βάθους γεωτρήσεις για την άρδευση των καλλιεργειών, το γεγονός αυτό συνηγορείτε και από τις τιμές της αλατότητας.



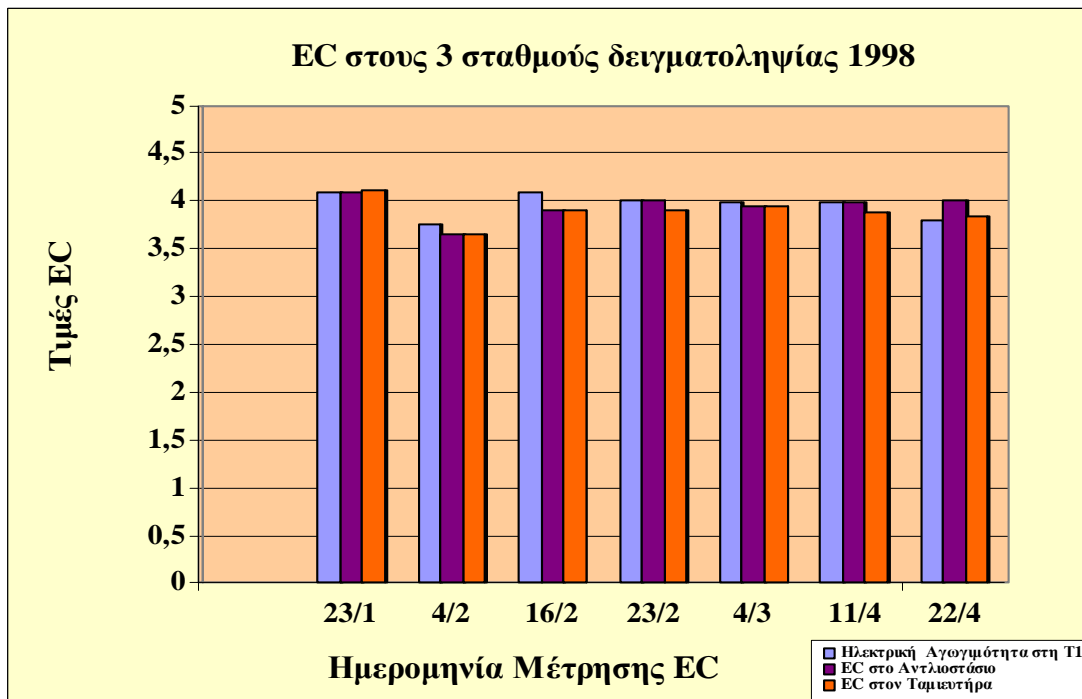
Εικόνα 116. Τιμές EC ms/cm στη Τάφρο T1 το 2007 και 1998.



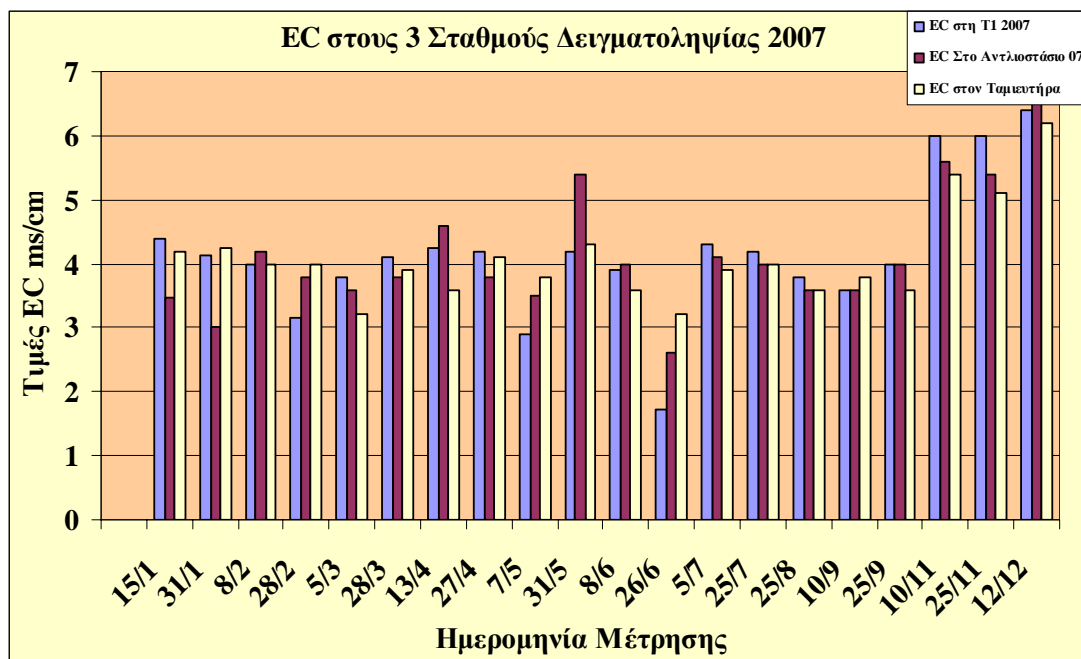
Εικόνα 117. Τιμές EC ms/cm στο Αντλιοστάσιο το 2007 και 1998.



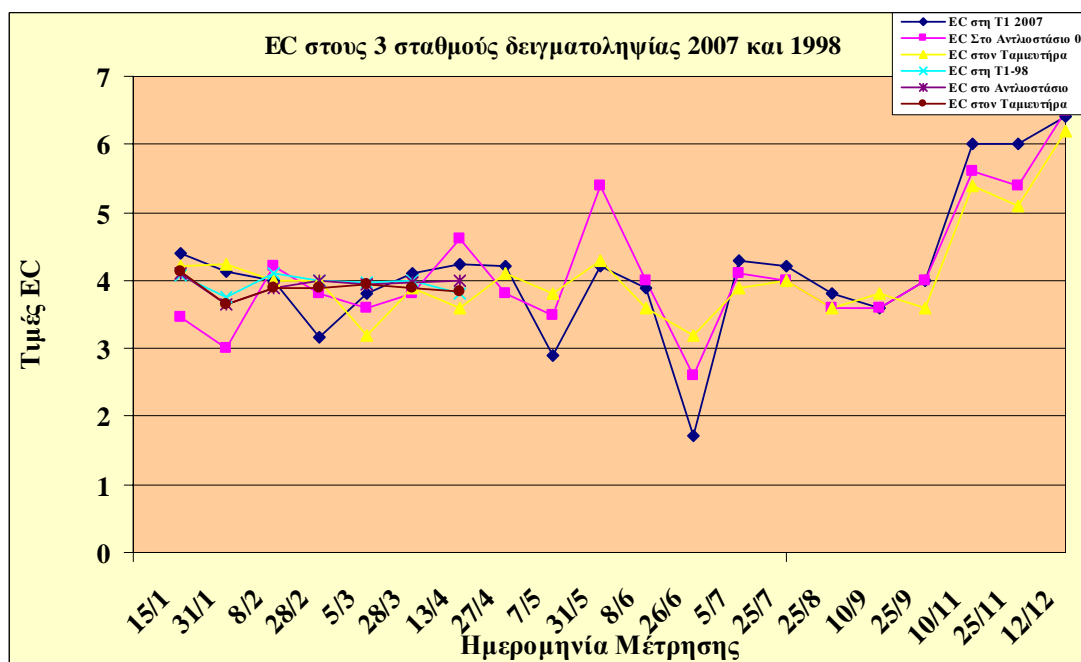
Εικόνα 118. Τιμές EC ms/cm στον Ταμιευτήρα το 2007 και 1998.



Εικόνα 119. Τιμές EC ms/cm στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 1998.



Εικόνα 120. Τιμές EC ms/cm στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 2007.



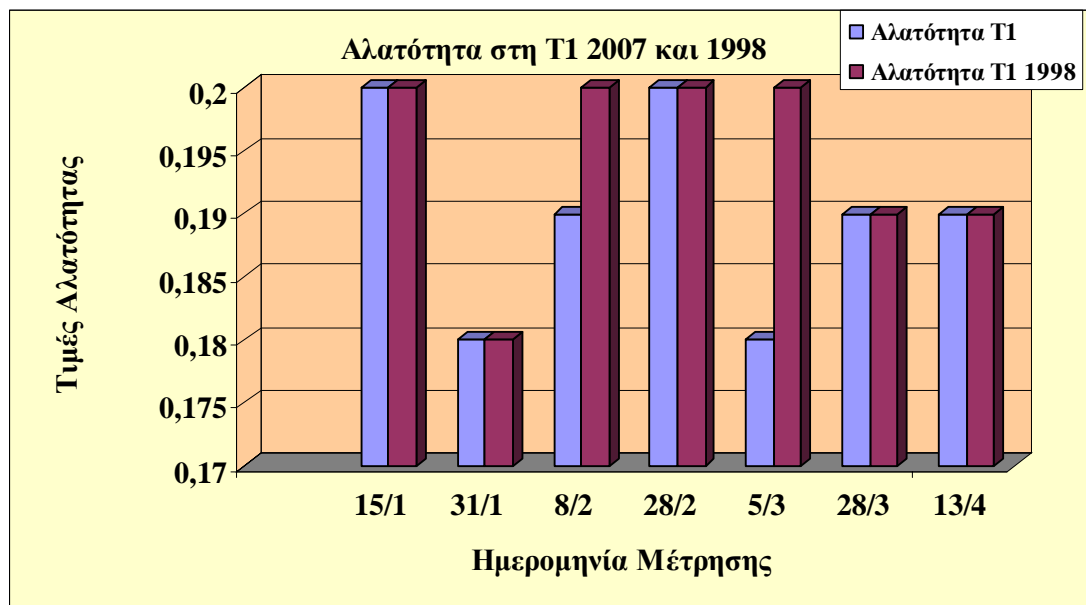
Εικόνα 121. Τιμές EC ms/cm στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 2007 και 1998.

3.5.6. Αλατότητα.

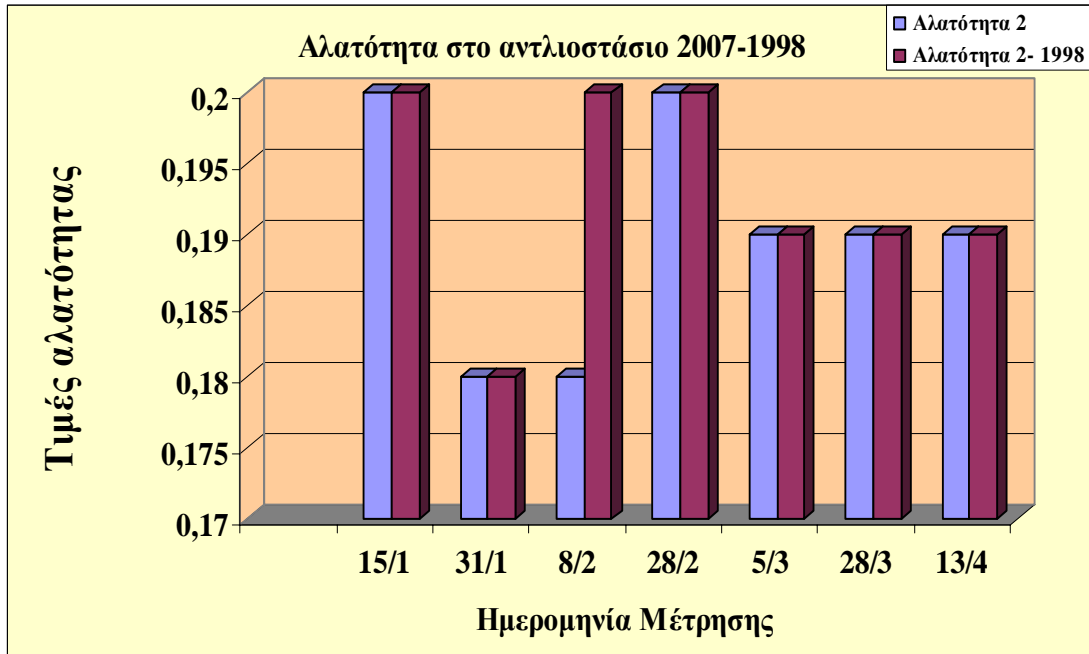
Η διαχρονική εξέλιξη, η μέση τιμή και το εύρος της διακύμανσης της αλατότητας φαίνονται στις εικόνες 122-127 και στον πίνακα 17 αντίστοιχα.

Η αλατότητα στα νερά των τριών σταθμών δειγματοληψίας κατά το έτος 2007 έδειξε σταθερά υπερβολικά υψηλές τιμές ίδιες με αυτές του 1998 με ανοδική τάση.

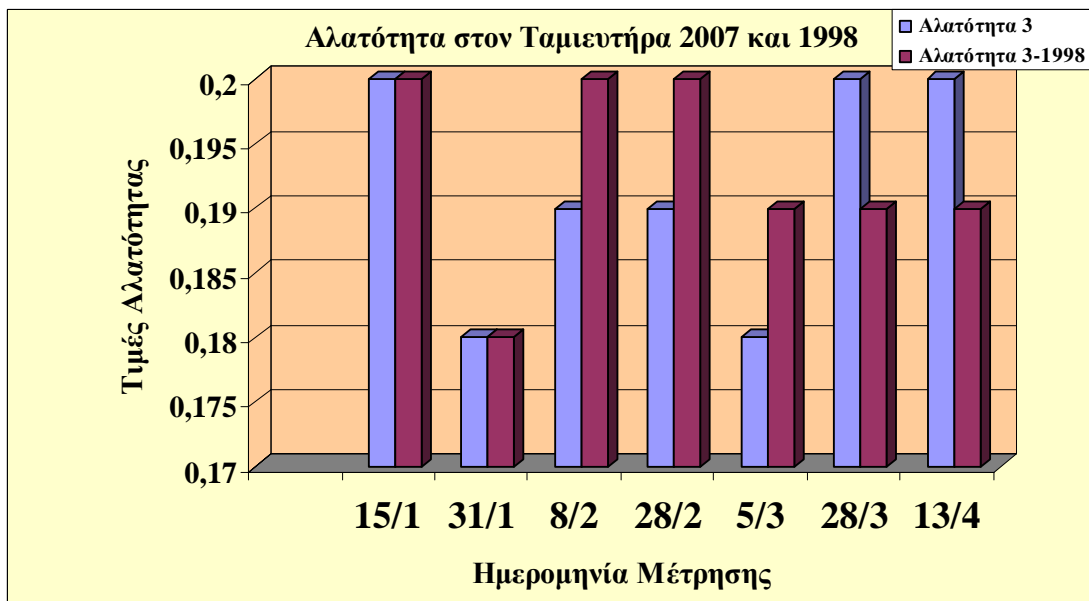
Το νερό που υπάρχει στον ταμιευτήρα κατά τη διάρκεια του χειμώνα, είναι πολύ υψηλής αλατότητας, άρα ακατάλληλο για άρδευση. Αυτό συμβαίνει διότι ο συγκεκριμένος ταμιευτήρας βρίσκεται στο τέλος του δικτύου διπλής δράσης, με αποτέλεσμα να λαμβάνει τα περισσότερα επιβαρυνόμενα νερά. Η ποιότητα του νερού αυτού εξαρτάται κατά πολύ από το ύψος της ετήσιας βροχόπτωσης καθώς και από την ποσότητα του νερού που προέρχεται από τον Πηνειό. Τις χρονιές που υπάρχουν χαμηλές βροχές κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η αναλογία του καλής ποιότητας νερού που εισέρχεται στο σύστημα είναι πολύ χαμηλή και το ξαναγέμισμα του ταμιευτήρα εξαρτάται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από το χαμηλής ποιότητας νερό στράγγισης που διακινείται μέσα από το σύστημα. (Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη Μ, et al, 1998)



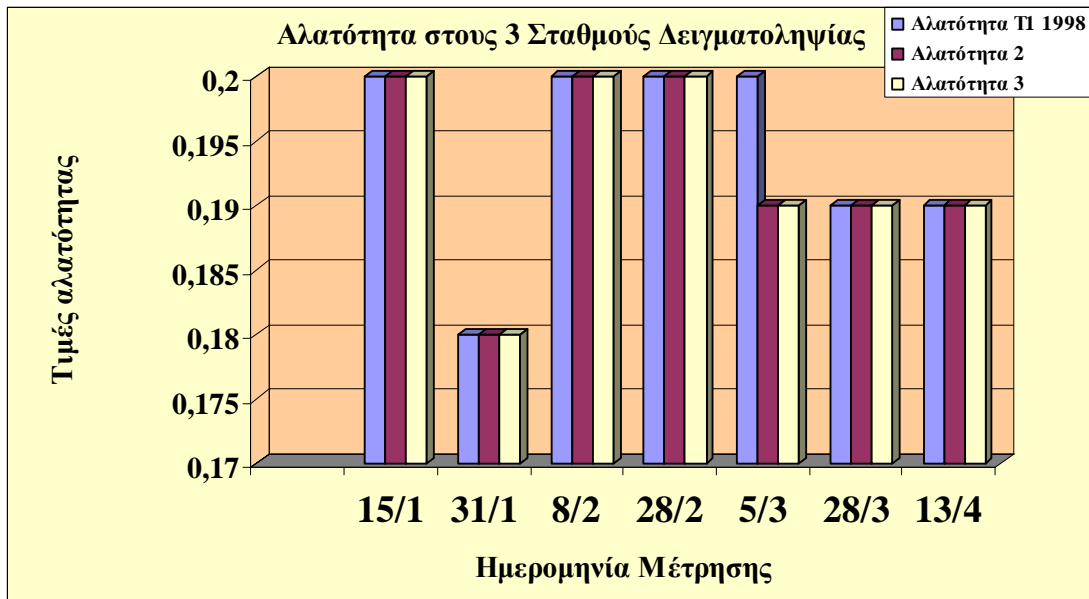
Εικόνα 122. Τιμές Αλατότητας % στη Τάφρο T1 το 2007 και 1998.



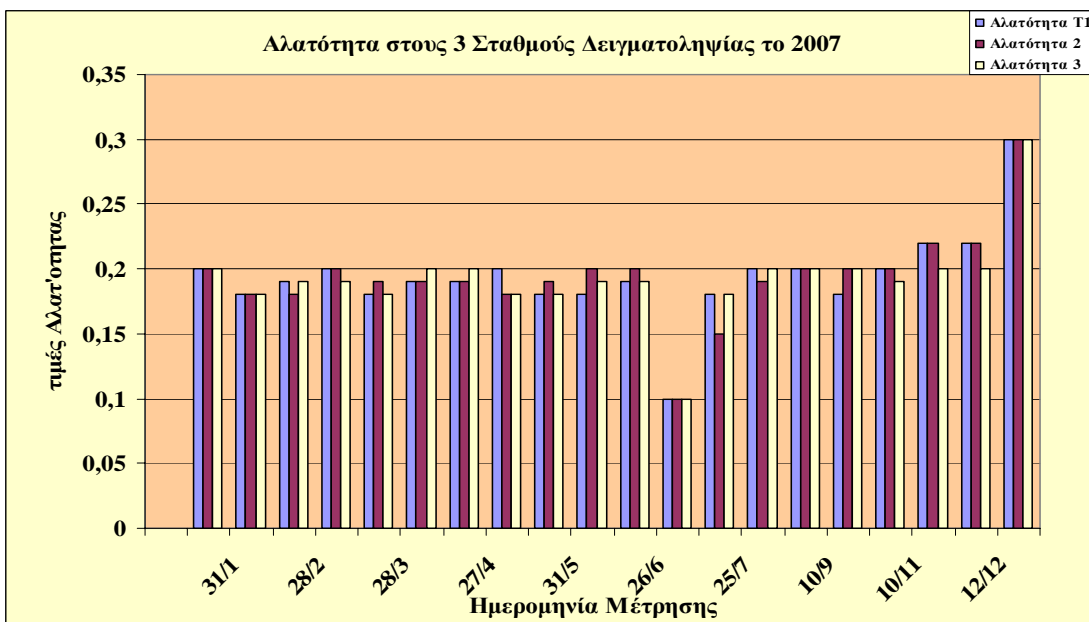
Εικόνα 123. Τιμές Αλατότητας % στο Αντλιοστάσιο το 2007 και 1998.



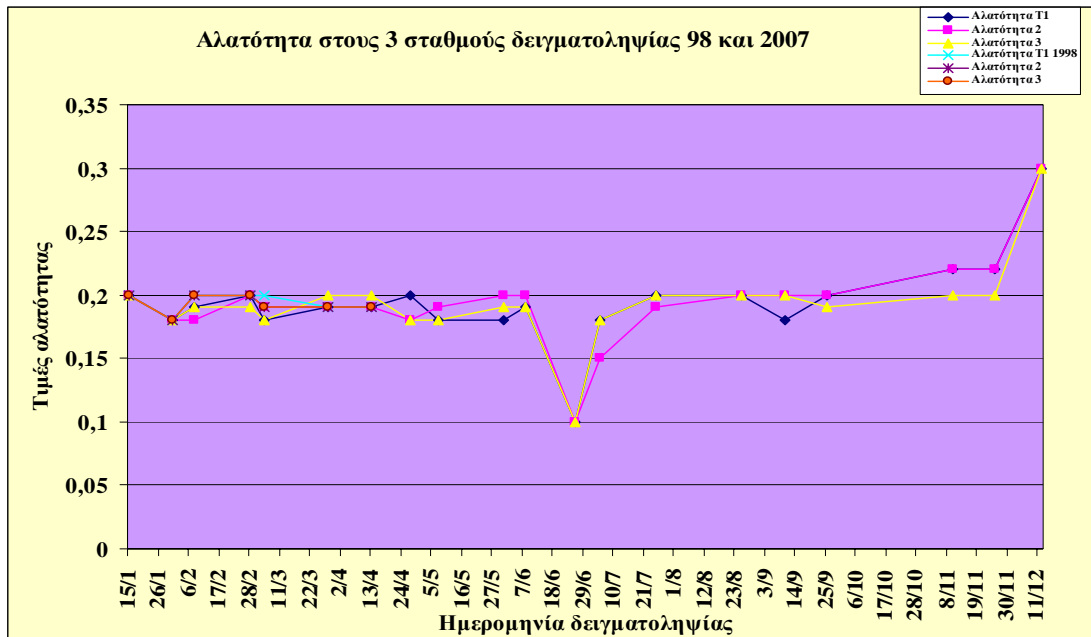
Εικόνα 124. Τιμές Αλατότητας % στον Ταμιευτήρα το 2007 και 1998.



Εικόνα 125. Τιμές Αλατότητας % στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 1998.

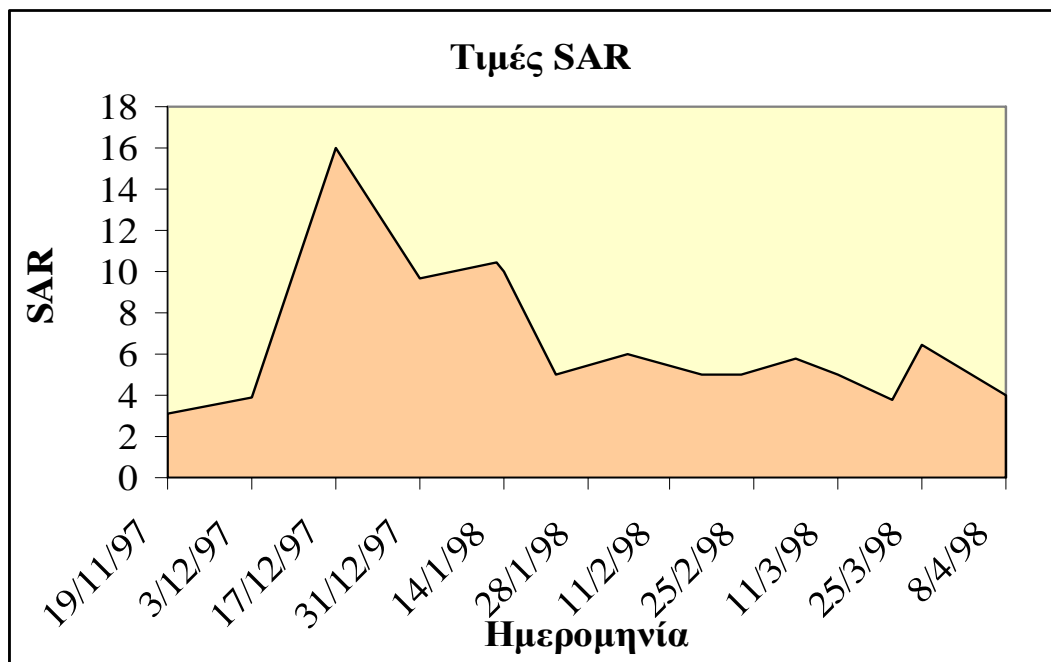


Εικόνα 126. Τιμές Αλατότητας % στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 2007.



Εικόνα 127. Τιμές Αλατότητας % στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 2007 κ 1998

3.5.7. Τιμές SAR



Εικόνα 128. Τιμές SAR του νερού του ταμιευτήρα για μία περίοδο 5 μηνών (Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη Μ, et al, 1998).

Παρόλο που οι τιμές του S.A.R. όπως φαίνονται στην εικόνα 128 είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια ωστόσο θεωρούνται επιζήμια. Καθώς οι καλλιέργειες διαπνέουν το νερό, το διάλυμα γίνεται μεγαλύτερης συγκέντρωσης. Οπότε αν ένα διάλυμα που περιέχει Na^+ και Ca^{++} είναι συμπυκνωμένο κατά ένα παράγοντα x , τότε το S.A.R.

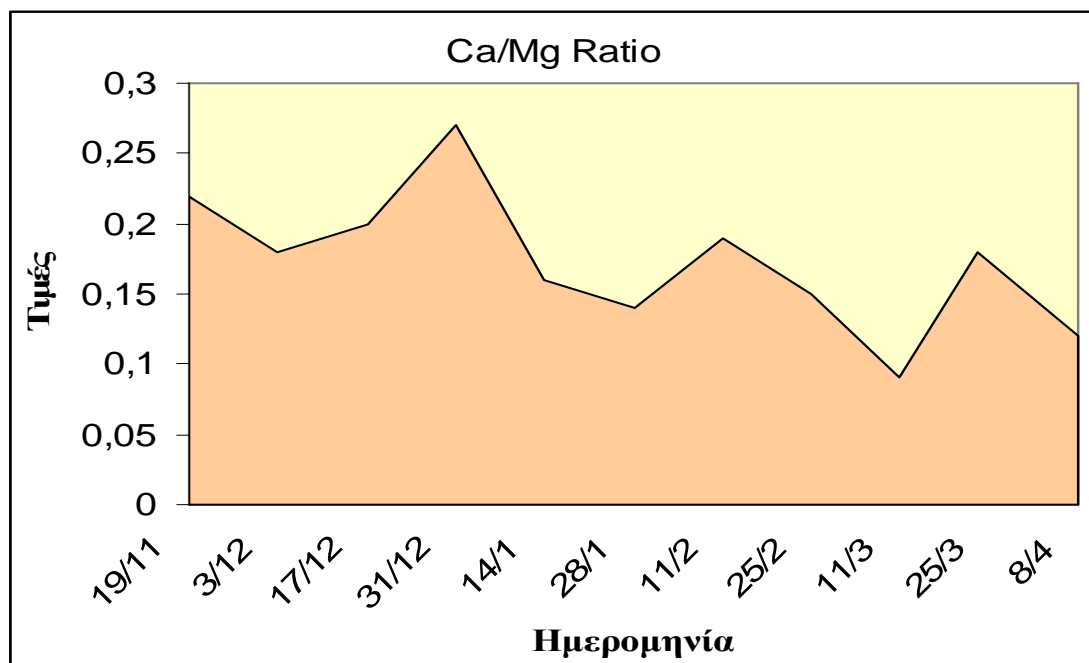
του διαλύματος αυξάνεται με ένα συντελεστή \sqrt{x} . Η αύξηση του S.A.R. οφείλεται στην κατακρήμνιση των αλάτων χαμηλής διαλυτότητας.

Η συγκέντρωση σε CO_3^{-2} και HCO_3^{-2} του διηθούμενου νερού, συμβάλλει στις μεταβολές του ESP (% εναλλακτικό Νάτριο). Τα όρια διαλυτότητας του θεικού ασβεστίου, του ανθρακικού ασβεστίου και του ανθρακικού μαγνησίου, μπορεί να ξεπεραστούν όταν υπάρχει απώλεια νερού διότι το διάλυμα είναι συμπυκνωμένο, με αποτέλεσμα να προκαλεί καθίζηση των ιόντων Ca^{++} και Mg^{++} . Αυτό με τη σειρά του προκαλεί μία αντίστοιχη αύξηση στη σχετική αναλογία Νατρίου, το S.A.R. αυξάνεται στο εδαφικό διάλυμα, το διαλυτό επί τοις εκατό Νάτριο αυξάνεται και το Νάτριο αντικαθιστά ένα μέρος του Ασβεστίου και του Μαγνησίου που αρχικά υπάρχει στα εναλλακτικά σύμπλοκα του εδάφους. Η γνωστή εξίσωση Garon δείχνει τις αναμενόμενες μεταβολές του ESP σε σχέση με τις μεταβολές του S.A.R.

$$\text{Η εξίσωση ESP} = \frac{100(-0.0126 + 0.01475 SAR_{ss})}{1 + (-0.0126 + 0.01475 SAR_{ss})}, \text{ (USLS, 1954), προβλέπει το ESP}$$

από τις τιμές του S.A.R. του εκχυλίσματος κορεσμού. Το τελευταίο επηρεάζεται πολύ από την ποιότητα του νερού η οποία θα επιφέρει αλλαγές στις επιφάνειες ανταλλαγής. Το ESP που προκύπτει, εξαρτάται από τη σύσταση του διαλύματος που εισέρχεται στο εδαφικό προφίλ, την ποσότητα του χρησιμοποιούμενου νερού κάθε χρόνο (Ayers and Westcot, 1976; Bresler et al., 1982), την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους (C.E.C), την ποσότητα του νερού που στραγγίζει από το εδαφικό προφίλ και το λόγο Ca^{+2}/Mg^{+2} στο διάλυμα (Rahman and Rowell, 1979). Σε νερό όπου υπερτερεί το Μαγνήσιο (δηλ. η αναλογία ιόντων $Ca^{+2}/Mg^{+2} < 1$) ή σε έδαφος όπου υπερτερεί το Μαγνήσιο (δηλαδή η αναλογία του εδαφικού νερού σε $Ca^{+2}/Mg^{+2} < 1$), η επίδραση του Νατρίου μπορεί να αυξηθεί οριακά. Με άλλα λόγια, μια δεδομένη τιμή S.A.R. θα είναι ελαφρώς πιο επιζήμια αν η αναλογία Ca^{+2}/Mg^{+2}

είναι μικρότερη της μονάδας. Όσο μικρότερη είναι η αναλογία τόσο μεγαλύτερη είναι η ζημιά λόγω του S.A.R. (Ayers and Westcot, 1985). Υπάρχουν ανεπαρκή δεδομένα ώστε να θεωρήσουμε είτε την αναλογία Ca^{+2}/Mg^{+2} είτε την αναλογία ασβεστίου προς το σύνολο των κατιόντων, ως ένα συντελεστή εκτίμησης της καταλληλότητας του νερού για άρδευση. Αλλά αν το αρδευτικό νερό έχει αναλογία Ca^{+2}/Mg^{+2} μικρότερη της μονάδας, ή αναλογία ασβεστίου προς το σύνολο των κατιόντων κάτω από 0.15, τότε χρειάζεται περαιτέρω εκτίμηση (Ayers and Westcot, 1985). Το Σχήμα 4 δείχνει ότι η αναλογία Ca^{+2}/Mg^{+2} είναι πολύ πιο κάτω από τη μονάδα (0.10-0.29). Αυτό υποδεικνύει έναν επιπρόσθετο κίνδυνο για καταστροφή της δομής του εδάφους. Το ESP όπως προβλέπεται από την παραπάνω εξίσωση (USLS, 1954), θα έχει χαμηλότερη τιμή από την πραγματική τιμή, εξαιτίας της μικρής τιμής του λόγου Ca^{+2}/Mg^{+2} στο εφαρμοζόμενο νερό, ένεκα της ειδικής επίδρασης του Μαγνησίου (Πατέρας et al, 1990).



Εικόνα 129. Αναλογία Ca^{+2}/Mg^{+2} στο νερό του ταμειυτήρα για μία περίοδο 5 μηνών Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη M, et al, (1998).

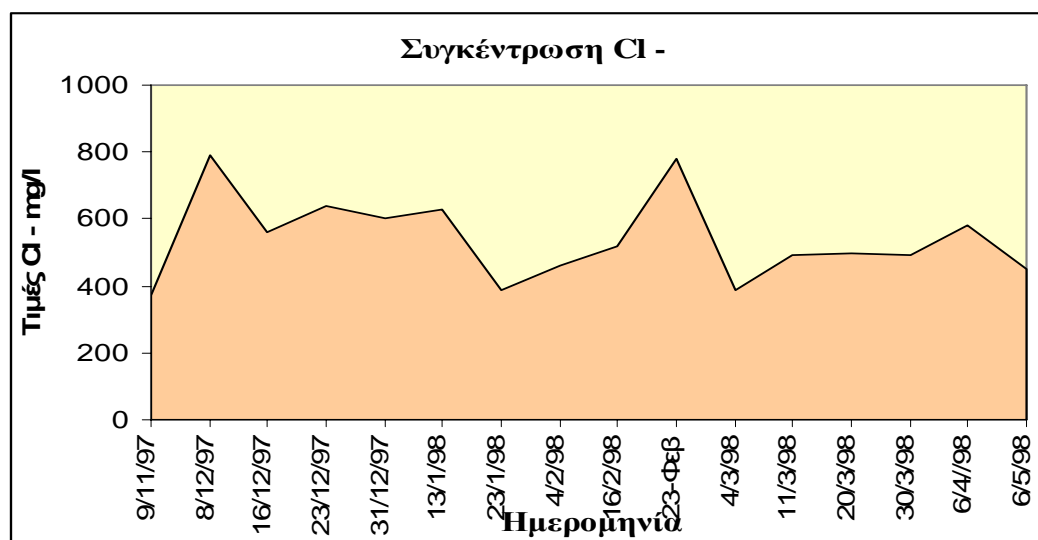
3.5.8. Νιτρικά.

Τα επίπεδα νιτρικών που μετρήθηκαν είναι υψηλά. Η μεγάλη συγκέντρωσή τους είναι αποτέλεσμα της γεωργικής κυρίως δραστηριότητας και της χρήσης λιπασμάτων, αλλά και των βιομηχανικών απορροών που «φορτώνουν» με οργανικές ουσίες το νερό σε λίμνες και ποτάμια. Οι υψηλές συγκεντρώσεις που παρατηρούνται οφείλονται στις έντονες καλλιεργητικές δραστηριότητες.

Το NO_3^- κυμαίνεται μεταξύ 0,88-4 mg/l

3.5.9 Χλώριο.

Το Cl μετρήθηκε 230mg/l , 370mg/l ,650mg/l, 730 mg/l , 980mg/l



Εικόνα 130. Συγκέντρωση Cl του νερού του ταμειυτήρα για μία περίοδο 5 μηνών (Σακελλαρίου –Μακραντωνάκη, 1998).

Τα προβλήματα τοξικότητας παρουσιάζονται όταν ορισμένα ιόντα του εδάφους ή του εδαφικού νερού απορροφούνται από τα φυτά και συσσωρεύονται σε επικίνδυνες συγκεντρώσεις προκαλώντας μείωση της παραγωγής και συμπτώματα τοξικότητας στα φυτά. Η έκταση αυτών των συμπτωμάτων εξαρτάται από την υπέρμετρη απορρόφηση και από την ευαισθησία της κάθε καλλιέργειας. Το Νάτριο, το Χλώριο και το Βόριο είναι ιόντα που έχουν μεγάλη σχέση με την παρουσία τοξικότητας στα φυτά. Φαίνεται λοιπόν πως η ποιότητα του νερού είναι σχεδόν ακατάλληλη όσον

αφορά τη συγκέντρωση χλωρίου, ενώ η συγκέντρωση σε Βόριο είναι αρκετά χαμηλή ώστε να μην προκαλεί πρόβλημα (Αγγελάκη et al, 1998).

Πίνακας 20. Ποιότητα αρδευτικού νερού σύμφωνα με Ayers και Westcot (1976, 1985).

| Παράμετρος | E.C.(dS/m) | S.A.R. | CI |
|---------------------|------------|--------|---------|
| Χωρίς Πρόβλημα | <0,7 | <3 | <142 |
| Αυξανόμενο Πρόβλημα | 0,7-3 | 3-9 | 142-355 |
| Σοβαρό Πρόβλημα | >3 | >9 | >355 |

3.5.10. Θολότητα

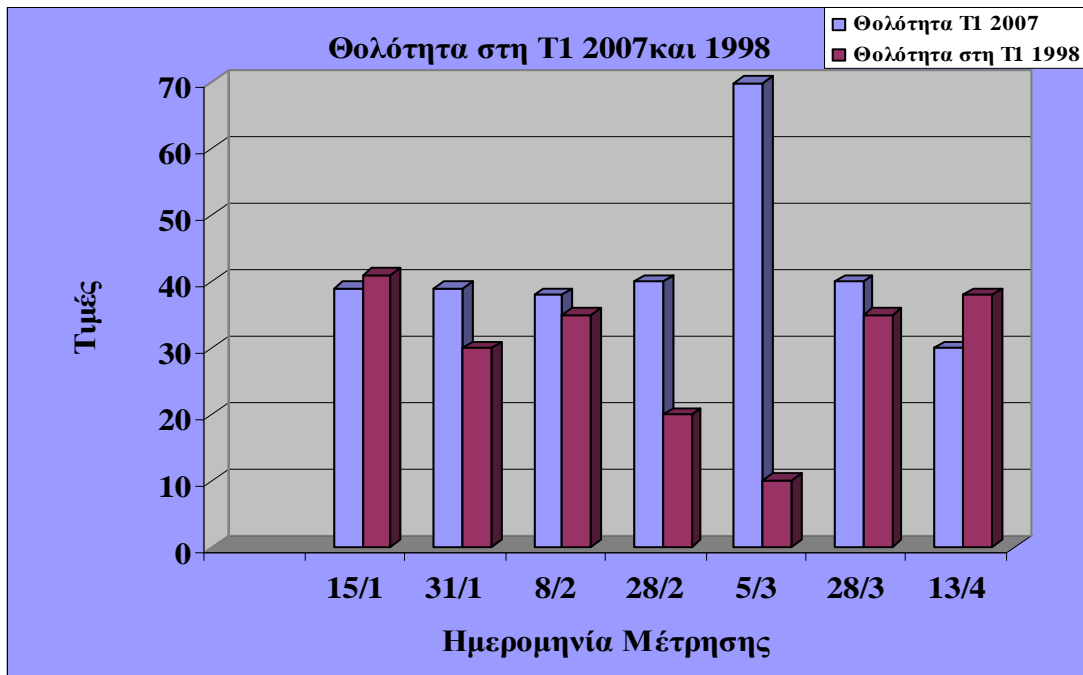
Η διαχρονική εξέλιξη, η μέση τιμή και το εύρος της διακύμανσης της Θολότητας φαίνονται στις εικόνες 131-136 και στον πίνακα 17 αντίστοιχα.

Η θολότητα στα νερά των τριών σταθμών δειγματοληψίας κατά το έτος 2007 έδειξε μικρές εποχιακές διακυμάνσεις που κυμάνθηκαν μεταξύ 28 NTU και 70 NTU.

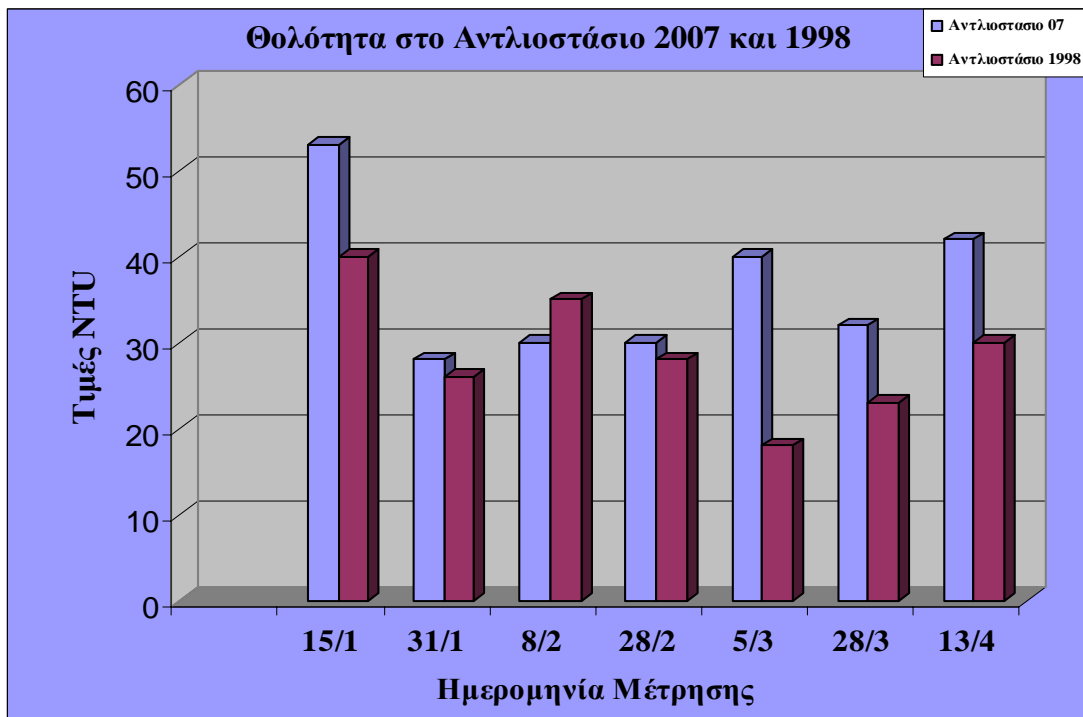
Η χαμηλότερη τιμή θολότητας, παρατηρήθηκε στο αντλιοστάσιο με 28 NTU, η μεγαλύτερη παρατηρήθηκε στη T1 και ταμιευτήρα 70 NTU .

Αναλυτικότερα η μέση τιμή θολότητας στην T1 ήταν 41,4 NTU, η ελάχιστη 30 NTU και η μέγιστη 70 NTU. Στον ταμιευτήρα η μέση τιμή 44,85 NTU, η ελάχιστη 30 NTU και η μέγιστη 70 NTU και στο αντλιοστάσιο η μέση τιμή ήταν 37,3 NTU η ελάχιστη 28 NTU και η μέγιστη 53 NTU.

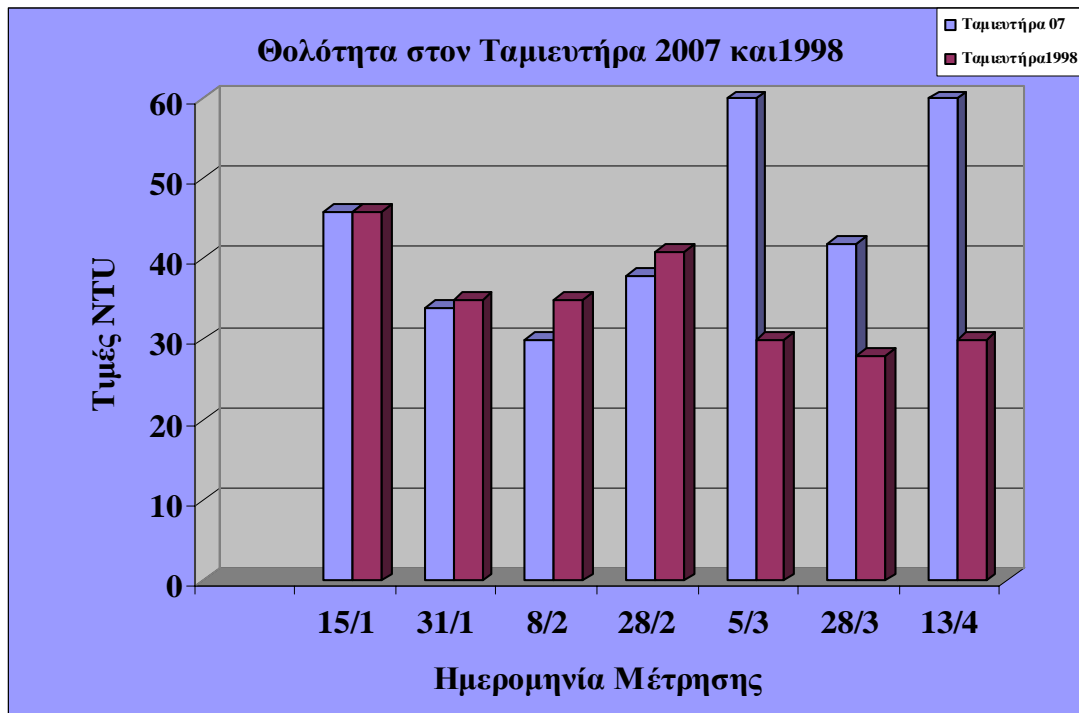
Συγκρίνοντας τις τιμές Θολότητας του 2007 με το ίδιο διάστημα του 1998 διαπιστώνουμε ότι το 2007 η θολότητα σχεδόν έχει διπλασιαστεί.



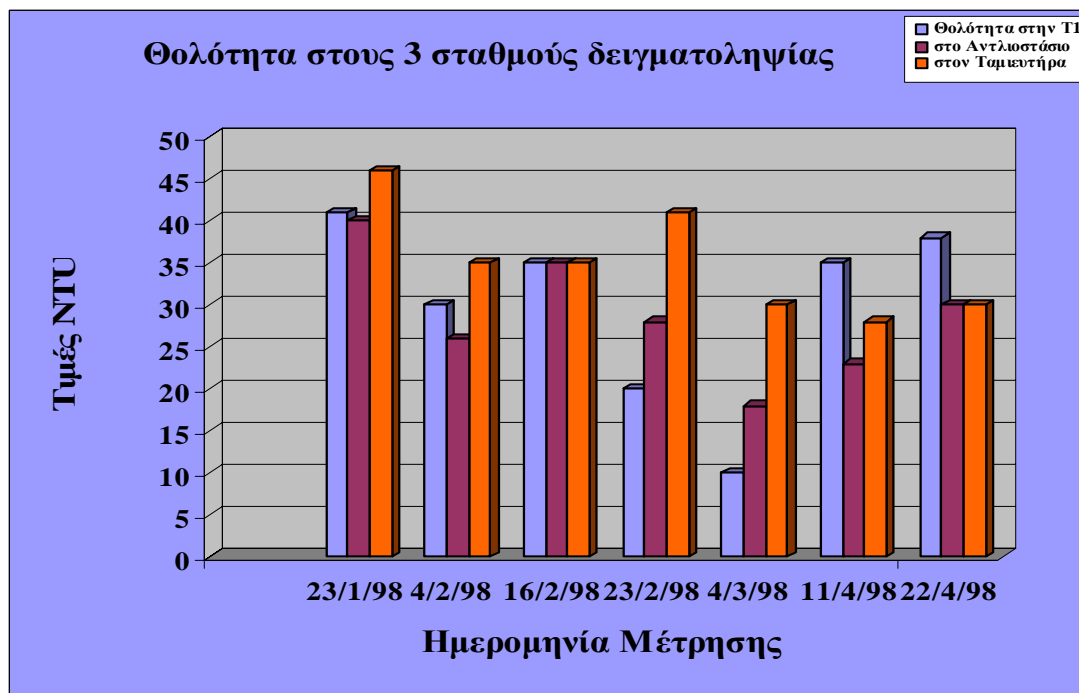
Εικόνα 131. Τιμές Θολότητας NTU στη Τάφρο T1 το 2007 και 1998



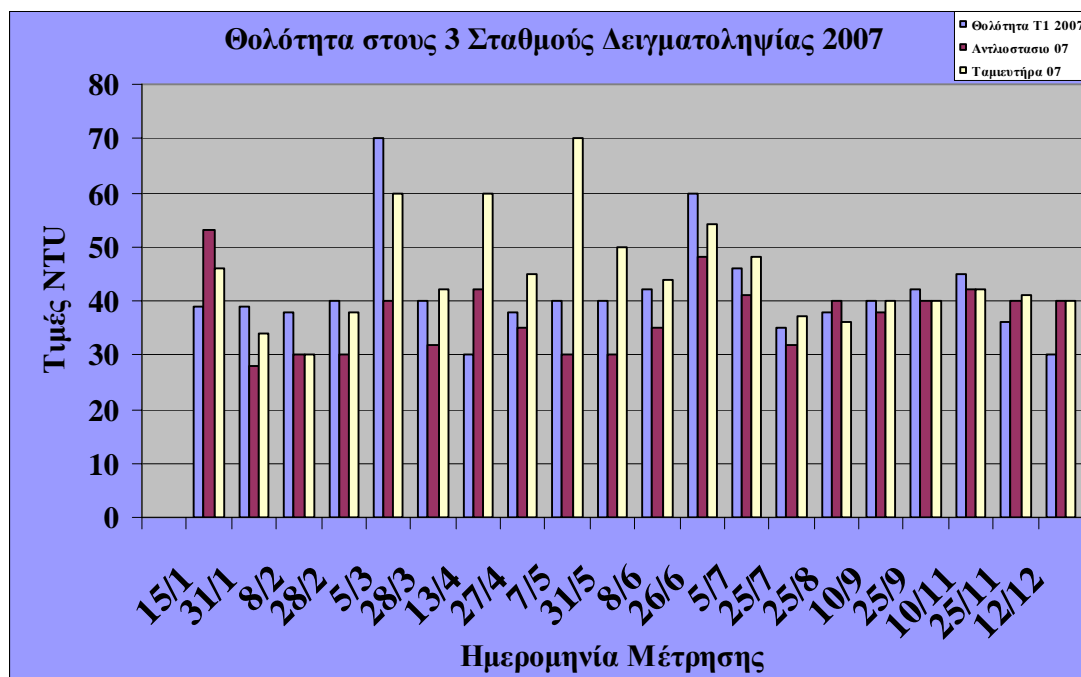
Εικόνα 132. Τιμές Θολότητας NTU στο Αντλιοστάσιο το 2007 και 1998



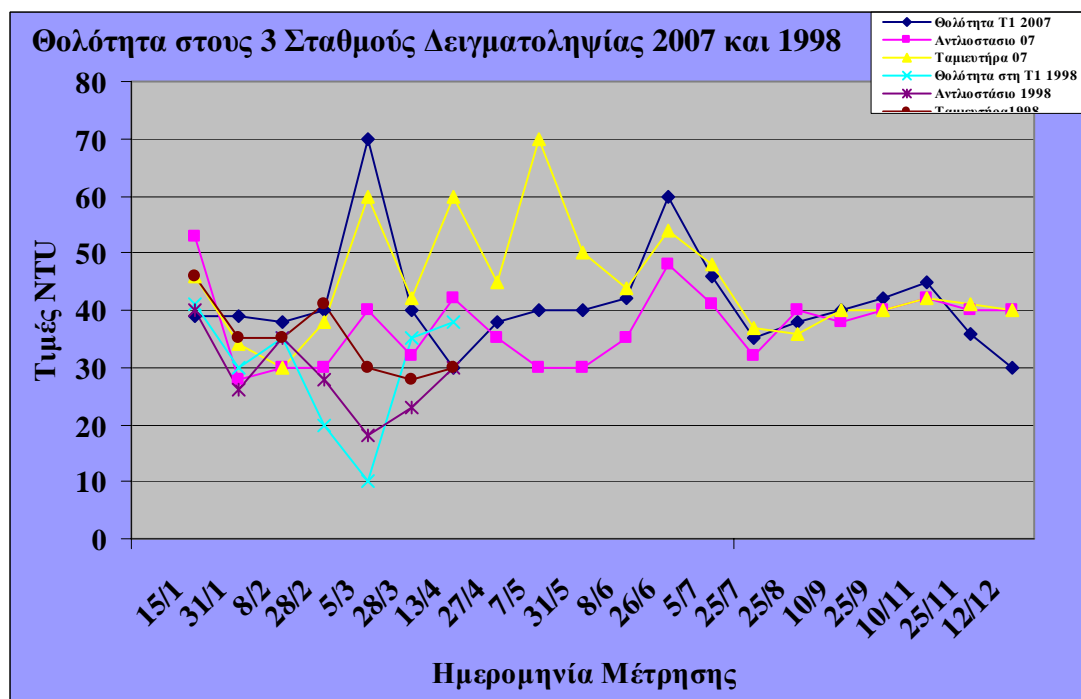
Εικόνα 133. Τιμές Θολότητας NTU στον Ταμιευτήρα το 2007 και 1998



Εικόνα 134. Τιμές Θολότητας NTU στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 1998



Εικόνα 135. Τιμές Θολότητας NTU στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 2007



Εικόνα136. Τιμές Θολότητας NTU στους 3 Σταθμούς Δειγματοληψίας το 2007 και 1998.

3.5.11. Φορτία Επιφανειακών Απορροών

Το συνολικό φορτίο των επιφανειακών απορροών αποτελείται από επιμέρους φορτία, τα οποία αφορούν στα ακόλουθα: α) φορτία από την ευρύτερη λεκάνη απορροής, β) φορτία από αρδευόμενες εκτάσεις λόγω επιφανειακής απορροής (στραγγίδια αρδεύσεων) και γ) φορτία από κτηνοτροφικές δραστηριότητες.

α) Για συνολική λεκάνη απορροής που αντιστοιχεί στους συλλεκτήρες Σ3, Σ4, Σ6 και Σ7, καθώς και τη λεκάνη απορροής που απορρέει απευθείας στον ταμιευτήρα και με την υπόθεση ότι οι εκτάσεις χαρακτηρίζονται ως δασώδεις προκύπτει ειδική ετήσια φόρτιση αζώτου 0.30 tn/Km^2 (Ανδρεαδάκης, 1986), που επιμερίζεται κατά 90% σε οξειδωμένο άζωτο ($\text{NO}_x\text{-N}$) και κατά 10 % σε αμμωνιακό άζωτο ($\text{NH}_4\text{-N}$). Αντίστοιχα, για τον φώσφορο προκύπτει ειδική ετήσια φόρτιση 0.01 tn/Km^2 (Ανδρεαδάκης, 1986). Με βάση της φορτίσεις αυτές το συνολικό ετήσιο φορτίο που θα εισρέει στην Κάρλα είναι 23220 Kg $\text{NH}_4\text{-N}$, 208980 Kg $\text{NO}_x\text{-N}$ και 7740 Kg ανόργανου P.

β) Βάσει της υποστηρικτικής γεωργικής μελέτης του ταμιευτήρα Κάρλας, προκύπτει ότι η ετήσια εδαφική εφαρμογή αζώτου και φωσφόρου μέσω λιπασμάτων είναι περίπου 1281,5 τόννοι και 903,4 τόννοι αντίστοιχα. Γίνεται η ρεαλιστική υπόθεση ότι το 20 % της ανωτέρω ποσότητας αζώτου εκπλένεται καταλήγει στον αποδέκτη. Η ποσότητα αυτή κατανέμεται κατά τη διάρκεια ενός έτους ως εξής: 30 % των ποσοτήτων αζώτου και φωσφόρου κατανέμεται σε όλο το έτος και το υπόλοιπο 70 % τους μήνες Μάιο και Οκτώβριο, οπότε γίνεται η σε μεγαλύτερο ποσοστό έκπλυση των εφαρμοζόμενων λιπασμάτων.

Πίνακας 21. Εφαρμοζόμενες ποσότητες λιπασμάτων στην περιοχή του Ταμιευτήρα Κάρλας

| Καλλιέργειες | Επιφάνεια (στρ) | N (Kg/στρ) | P (Kg/στρ) | N(Kg) | P(Kg) |
|-------------------------|-----------------|------------|------------|------------------|----------------|
| φθιν. Σιτηρά | 32.940 | 11 | 3 | 362.340 | 98.820 |
| σανοί βίκου | 4.000 | | | | |
| όσπρια ξηρικά | 1.000 | 4.5 | 3 | 4.500 | 3000 |
| Επίσπορα | 300 | 15 | 0 | 4.500 | 0 |
| Αμυγδαλιές | 3.100 | 15 | 0 | 46.500 | 0 |
| Αγρανάπαυση | 330 | | | | |
| Καλαμπόκι πρώιμο | 3.500 | 22 | 4 | 77.000 | 14000 |
| Καλαμπόκι επίσπορο | 2.000 | 22 | 4 | 44.000 | 8000 |
| Όσπρια | 500 | | | | |
| Βαμβάκι | 52.500 | 12 | 10 | 630.000 | 525000 |
| Ζαχαρότευτλα | 6.270 | 11.5 | 6 | 72.105 | 37620 |
| Μηδική | 9.500 | 0 | 20 | 0 | 190000 |
| τεχν. Λειμώνες | 5.000 | | | | |
| Μποστανοειδή | 500 | 15 | 15 | 7.500 | 7500 |
| Πατάτες | 200 | 15 | 15 | 3.000 | 3000 |
| Κηπευτικά υπαίθρου | 1.375 | 15 | 12 | 20.625 | 16500 |
| βιομηχανική ντομάτα | 625 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Κηπευτικά οικολογικά | 2.000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| αχλαδιές-μηλιές | 400 | 15 | 0 | 6.000 | 0 |
| Φιστικιές | 7.500 | | | | |
| Ελιές | 230 | 15 | 0 | 3.450 | 0 |
| Αμπέλια | 30 | | | | |
| ΣΥΝΟΛΟ (Kg) | | | | 1.281.520 | 903.440 |

Κατά συνέπεια η ετήσια ποσότητα αζώτου που θα εισρέει στον Ταμιευτήρα Κάρλας λόγω επιφανειακών απορροών από τις καλλιεργούμενες εκτάσεις καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ισούται με $0,30 \times 0,20 \times 1.281.520 \text{ Kg} = 76.891,2 \text{ Kg}$ αζώτου εκ των οποίων το 20% (15.378 Kg) με τη μορφή αμμωνιακού αζώτου ($\text{NH}_4\text{-N}$) και 80% (61.513 Kg) με την μορφή οξειδωμένου αζώτου ($\text{NO}_x\text{-N}$).

Στην περίπτωση του φωσφόρου μόνο το 1 % χάνεται από την έκπλυση, το οποίο εξ' ολοκλήρου θεωρήθηκε ότι είναι ανόργανος φώσφορος ($\text{PO}_4\text{-P}$) και κατά συνέπεια η ετήσια ποσότητα είναι $0,30 \times 0,01 \times 903.440 \text{ Kg} = 2.710 \text{ Kg}$ ανόργανου φωσφόρου

Η διαφορά μεταξύ του ποσοστού έκπλυσης αζώτου και φωσφόρου οφείλεται στο ότι ο φώσφορος προσροφάτε από το έδαφος σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό από ότι το άζωτο. Παράλληλα, όπως ήδη αναφέρθηκε το 70 % του αζώτου και του φωσφόρου των λιπασμάτων που ξεπλένεται εμφανίζεται τους μήνες Μάιο και Οκτώβριο. Κατά συνέπεια το φορτίο αζώτου θα προσανξάνεται τους μήνες αυτούς ως ακολούθως:

$0,70 \times 0,20 \times 1.281.520 \text{ kg} = 179.413 \text{ Kg}$ αζώτου εκ των οποίων το 20 % (35.883 Kg) με τη μορφή αμμωνιακού αζώτου ($\text{NH}_4\text{-N}$) και 80% (143530 Kg) με την μορφή οξειδωμένου αζώτου ($\text{NO}_x\text{-N}$). Από τις ποσότητες αυτές το 43,5% συναντάτε τον Μάιο και το υπόλοιπο 56,5% τον Οκτώβριο. Αντίστοιχα για τον φωσφόρο η συνολική ποσότητα για τους δύο μήνες, η οποία κατανέμεται στους μήνες Μάιο και Οκτώβριο όπως και στην περίπτωση του αζώτου, είναι $0,70 \times 0,01 \times 903.440 \text{ Kg} = 6.324,08 \text{ Kg}$ ανόργανου φωσφόρου.

Οι επιφανειακές απορροές μεταφέρουν επίσης και ποσότητες ζιζανιοκτόνων και εντομοκτόνων που εφαρμόζονται κυρίως στις καλλιέργειες. Σύμφωνα με τη μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων η μεταβολή της καλλιέργειας από σιτηρά σε βαμβάκι, θα έχει ως συνέπεια την προσθήκη σημαντικών ποσοτήτων εντομοκτόνων στο σύστημα. Ενδεικτικά αναφέρεται αύξηση των ζιζανιοκτόνων του βαμβακιού κατά 50%, περίπου κατά 40 τόνους, ενώ η αντίστοιχη μείωση των ζιζανιοκτόνων στα

σιτηρά είναι 8 τόνοι περίπου. Επιπλέον 40 περίπου τόνοι εντομοκτόνων του βαμβακιού θα προστεθούν στο σύστημα. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι εφαρμοζόμενες ποσότητες των φυτοφαρμάκων ανάλογα με την καλλιέργεια.

Πίνακας 22. Εφαρμοζόμενες ποσότητες φυτοφαρμάκων στην περιοχή του Ταμιευτήρα.

| Καλλιέργεια | Κατηγορία φαρμάκων | Κατ. Ποσ. (Kg/στρ.) | Επιφάνεια (στρέμματα) | Ποσότητα Kg |
|-------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-------------|
| Βαμβάκι | Ζιζανιοκτόνα | 0,503 | 185.661 | 93.387 |
| | Εντομοκτόνα | 0,985 | 185.661 | 182.876 |
| | Άλλα | 0,253 | 185.661 | 46.972 |
| Σιτάρι | Ζιζανιοκτόνα | 0,068 | 35.000 | 2.380 |
| | Εντομοκτόνα | 0,045 | 35.000 | 1.575 |
| Τεύτλα | Ζιζανιοκτόνα | 0,362 | 8.500 | 3.077 |
| | Εντομοκτόνα | 0,832 | 8.500 | 7.072 |
| | Άλλα | 1,58 | 8.500 | 13.430 |
| Σύνολο | | | | 350.769 |

Η συνολική ποσότητα των φυτοφαρμάκων (350.769 Kg/έτος) εκτιμάται ότι είναι σε κάποιο βαθμό υπερεκτιμημένη και κατά συνέπεια γίνεται η υπόθεση ότι τελικά θα εφαρμοστεί στην αρδευόμενη περιοχή μελέτης το 70% (245.538 Kg/έτος) από το οποίο μόνο το 1 % μεταφέρεται με τις επιφανειακές απορροές των μηνών Μαΐου και Οκτωβρίου στον ταμιευτήρα. Το σχετικά μικρό αυτό ποσοστό οφείλεται στο ότι τα φυτοφάρμακα, κυρίως του βαμβακιού, προσροφώνται από τα στοιχεία του εδάφους σε σημαντικό βαθμό με αποτέλεσμα να μην μετακινούνται σημαντικά με τα νερά που στραγγίζουν. Κατά την εφαρμογή του μοντέλου θεωρήθηκε ότι τα φυτοφάρμακα δεν αποικοδομούνται μέσα στον ταμιευτήρα με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται.

γ) Τα συνολικά φορτία από τον εκτρεφόμενο ζωικό πληθυσμό στην περιοχή του ταμιευτήρα λήφθηκαν από τα στοιχεία της μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Έγινε η υπόθεση ότι από τα φορτία αυτά απορρέουν το 20 % του αζώτου, το οποίο εξ' ολοκλήρου θεωρήθηκε ως αμμωνιακό άζωτο (NH₄-N), το 10% του φωσφόρου, το οποίο εξ' ολοκλήρου θεωρήθηκε ως ανόργανος φώσφορος (PO₄-P) και το 20 % του οργανικού άνθρακα (BOD₅). Το συνολικό ετήσιο φορτίο που θα εισρέει στην Κάρλα είναι 116.200 Kg NH₄-N, 14.100Kg ανόργανου P και 407.200Kg οργανικού άνθρακα.

Συνολικά, τα παραγόμενα μηνιαία ρυπαντικά φορτία, τα οποία μεταφέρονται μέσω των επιφανειακών απορροών παρουσιάζονται στον πίνακα 23.

Πίνακας 23. Παροχές και φορτία στις επιφανειακές απορροές στο δυσμενές και μέσο σενάριο λειτουργίας του Ταμιευτήρα

| Μήνας | Δυσμενής μηνιαία παροχή (x10 ⁶ m ³) | Μέση μηνιαία παροχή (x10 ⁶ m ³) | PO ₄ -P Kg/μήνα | NH ₄ -N Kg/μήνα | NO _x -N Kg/μήν α | Οργ.C Kg/μήνα | Φυτοφάρ μακα Kg/μήνα |
|-------------|---|---|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------|----------------------------|
| Ιανουάριος | 2,53 | 4,43 | 3.069 | 19.350 | 33.812 | 50.900 | 0 |
| Φεβρουάριος | 2,53 | 4,43 | 3.069 | 19.350 | 33.812 | 50.900 | 0 |
| Μάρτιος | 2,53 | 4,43 | 3.069 | 19.350 | 33.812 | 50.900 | 0 |
| Απρίλιος | 2,53 | 4,43 | 3.069 | 19.350 | 33.812 | 50.900 | 0 |
| Μάιος | 2,53 | 4,43 | 5.820 | 34.959 | 96.247 | 50.900 | 1.068 |
| Ιούνιος | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ιούλιος | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Αύγουστος | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Σεπτέμβριος | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Οκτώβριος | 2,53 | 4,43 | 6.642 | 39.623 | 114.906 | 50.900 | 1.387 |
| Νοέμβριος | 2,53 | 4,43 | 3.069 | 19.350 | 33.812 | 50.900 | 0 |
| Δεκέμβριος | 2,53 | 4,43 | 3.069 | 19.350 | 33.812 | 50.900 | 0 |

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Στο πλαίσιο της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, έγινε συστηματική προσπάθεια να αναλυθούν, ως ένα βαθμό, μια σειρά σταδίων της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων της υπό επανασύστασης λίμνης Κάρλας Θεσσαλίας.

Σήμερα και στο μέλλον η απειλή από ένα πλήθος περιβαλλοντικών πιέσεων καθιστά αναγκαία τη γνώση εκείνων των παραγόντων που οδηγούν στην υποβάθμιση των υδάτινων οικοσυστημάτων. Οι συνέπειες αυτής της υποβάθμισης είναι η μείωση της ικανότητας άρδευσης, η εξαφάνιση των φυτικών και ζωικών οργανισμών και η μείωση της ιχθυοπαραγωγής.

Θεωρήσαμε σκόπιμο να επεκταθούμε στην παρούσα εργασία και στην έρευνα των φυσικοχημικών παραμέτρων των υδάτων που θα τροφοδοτούν τον Ταμιευτήρα της Κάρλας. Για την ολοκληρωμένη εικόνα της ρύπανσης στην περιοχή με την περιγραφή της σημερινής ποιότητας των υδάτων μέσω της καταγραφής τους επισκεπτόμασταν την περιοχή μελέτης τουλάχιστον δύο φορές κάθε μήνα και πραγματοποιούσαμε επιτόπιες μετρήσεις. Η εξαγωγή των συμπερασμάτων έγινε συγκρίνοντας τις μετρήσεις, του 1998 και 2007. Ευελπιστούμε, η παρούσα μελέτη να συμβάλλει στη γνώση που σχετίζεται με τον Ταμιευτήρα της Κάρλας, να καταγράψει μέρος των προβλημάτων που σχετίζονται με τη ρύπανση και να οδηγήσει στη λήψη των απαιτούμενων μέτρων για την προστασία του.

Το έργο της επανασύστασης της λίμνης Κάρλας είναι ένα έργο πολλαπλής σκοπιμότητας κυρίως περιβαλλοντικού χαρακτήρα. Η εργολαβία «Ταμιευτήρας Κάρλας και συναφή έργα» είναι το κυρίως έργο με το οποίο επανασυστάται η λίμνη Κάρλα.

Το έργο δημοπρατήθηκε με προϋπολογισμό 29.000.000.000δρχ. (85.106.382,98 Ε)
Η εκτέλεση του έργου ανατέθηκε στην Κοινοπραξία ΑΤΤΙ-ΚΑΤ ΑΤΕ –ΑΘΗΝΑ

ΑΤΕ-ΕΚΤΕΡ ΑΕ. Το εργολαβικό συμφωνητικό υπογράφηκε τις 24-9-1999 με ποσό σύμβασης 25.801.330.954 δρχ. (75.719.239,78 Ευρώ) και διάρκεια σύμβασης 36 μηνών. Στις 30-6-2006 συνετελέσθη η περαίωση και παύση εργασιών εκ μέρους της Αναδόχου Κοινοπραξίας.

Οι μεγάλες καθυστερήσεις οι οποίες σημειώθηκαν οφείλονται σε προβλήματα που ανέκυψαν λόγω αρχαιολογικών ερευνών σε περιοχές τόσο του ταμιευτήρα όσο και των συλλεκτήρων όπου εντοπίστηκαν άγνωστοι αρχαιολογικοί χώροι και στους οποίους ούτως ή άλλως ήταν αδύνατη η εκτέλεση εργασιών, αλλά και στο γεγονός ότι ορισμένες μελέτες παρουσίαζαν ελλείψεις. Εφόσον συνεχιστεί απρόσκοπτα η χρηματοδότηση του έργου, αναμένεται να λειτουργήσει πριν τον χειμώνα του 2009.

Το κόστος του έργου, υπολογίζεται να ξεπεράσει τα 200×10^6 ευρώ. Ο ταμιευτήρας θα είναι έκτασης 38.500 στρεμμάτων και θα περιέχει συνολικά $210 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού, από τα οποία $130 \times 10^6 \text{ m}^3$ θα προορίζονται για άρδευση.

Ωστόσο, το έργο που παραδόθηκε δεν είναι ολοκληρωμένο για την ανάπτυξη της περιοχής. Η περιοχή αντιμετωπίζει ένα πλήθος προβλημάτων, τα οποία προκλήθηκαν από την αποξήρανση και θα λυθούν μόνο με την λειτουργία του ταμιευτήρα. Τα περιθώρια έχουν στενέψει και η ανάγκη ολοκλήρωσης του ταμιευτήρα προβάλλει επιτακτική με την ανάληψη και των Μεσογειακών αγώνων και την αναγκαιότητα δημιουργίας κωπηλατοδρομίου.

Ο τελικός ταμιευτήρας 38.000 στρεμμάτων θα συμβάλει σημαντικά στην αύξηση των περιορισμένων υδατικών πόρων της Θεσσαλίας, προσομοιάζοντας τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούσε η τέως λίμνη Κάρλα, πριν αρχίσει η υποβάθμισή της, δηλαδή θα αποταμιεύει τις χειμερινές απορροές της λεκάνης και τις πλημμυρικές παροχές του Πηνειού και θα διαθέτει αυτές τις ποσότητες νερού για την άρδευση το καλοκαίρι. Σύμφωνα με την ανάλυση των δύο σεναρίων (δυσμενής και μέση περίπτωση) που προηγήθηκε, οι απορροές της λεκάνης δεν επαρκούν για την λειτουργία του

ταμιευτήρα, προβλέπεται και στις δύο περιπτώσεις ο απαιτούμενος όγκος να καλύπτεται με απολήψεις από τον Πηνειό. Χωρίς την υδροδότηση του ταμιευτήρα και με χειμερινά νερά του Πηνειού το έργο δεν μπορεί να αντεπεξέλθει στις προσδοκίες των μελετητών του.

Από τη μελέτη Επαναδημιουργίας λίμνης Κάρλας λήφθηκε ότι σε ετήσια βάση μπορεί να αντληθεί από τον Πηνειό ποσότητα νερού ίση με $100 \times 10^6 \text{m}^3$, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη πιθανές διακυμάνσεις στην παροχή του ποταμού, λόγω ακραίων υδρολογικών φαινομένων ξηρασίας.

Οι παροχές, οι οποίες θα εισρέουν τελικά στην Κάρλα θα είναι $87,56 \times 10^6 \text{m}^3$ ετησίως για το δυσμενές σενάριο και $68,58 \times 10^6 \text{m}^3$ ετησίως για το τυπικό σενάριο.

Η πιθανότητα αστοχίας της λειτουργίας του ταμιευτήρα είναι μικρή και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον Πηνειό. Όμως και αυτό το πρόβλημα προβλέπεται να αντιμετωπιστεί όταν ολοκληρωθεί ένα άλλο μεγάλο έργο που σχεδιάζεται στην ευρύτερη περιοχή, η εκτροπή του Αχελώου, ο οποίος θα συνεισφέρει πρόσθετο υδατικό δυναμικό. Έτσι, οι ανάγκες για τις οποίες έγινε ο σχεδιασμός του ταμιευτήρα θα καλύπτονται ικανοποιητικά ακόμα και σε ακραίες υδρολογικές περιπτώσεις. Ίσως μάλιστα να γίνει και η επέκταση του αρδευτικού δικτύου, ώστε να μηδενιστούν οι απολήψεις από τον υπόγειο υδροφόρο.

Ο ταμιευτήρας θα πρέπει να λειτουργεί βάση μιας συγκεκριμένης και αδιαπραγμάτευτης πολιτικής. Η πολιτική λειτουργίας προϋποθέτει:

- την θέσπιση ετήσιας απόληψης νερού για άρδευση από τον ταμιευτήρα $60 \times 10^6 \text{m}^3$.
- την αυστηρή τήρηση της κατώτατης επιτρεπόμενης στάθμης άρδευσης +46,40m ακόμη και σε περιπτώσεις αδυναμίας ικανοποίησης της ετήσιας απόληψης.

Αν η απόληψη υπολείπεται των εκτιμώμενων αναγκών $60 \times 10^6 \text{m}^3$ το έλλειμμα να αντιμετωπίζεται με τη λήψη μέτρων εξοικονόμησης νερού και διαχείρισης της

ζήτησης. Έτσι θα εξασφαλίζεται ταυτόχρονα καλή ποιότητα νερού και ικανοποιητική ασφαλής απόληψη.

Η επανασύσταση της Κάρλας είναι δυνατόν να αποτελέσει μοναδικό παράδειγμα αποκατάστασης υδροτόπων, όχι μόνο για τη χώρα μας αλλά και για την ευρύτερη λεκάνη της Μεσογείου. Αποτελεί ένα μεγάλο και σύνθετο εγχείρημα αποκατάστασης ενός προϋπάρχοντος υδροτόπου στην περιοχή της Θεσσαλίας στην Κεντρική Ελλάδα. Η Ελληνική εμπειρία σε θέματα αποκατάστασης υδροτοπικών συστημάτων είναι ανύπαρκτη. Ενώ η ευρωπαϊκή και διεθνής εμπειρία εξαιρετικά φτωχή.

Τα έργα του είδους αυτού παρουσιάζουν μια σημαντική διαφορά σε σχέση με άλλα τεχνικά έργα παρόμοιας έκτασης με άμεσα και έμμεσα αποτελέσματα που εκτείνονται βαθιά μέσα στο χρόνο και στον χώρο. Η βασική αυτή διαφορά είναι ότι η ανασύσταση ενός υδροτόπου εξελίσσεται σε μια περιοχή όπου ένα σύστημα ήταν εγκατεστημένο και λειτουργούσε. Η καταστροφή του συστήματος αυτού έχει άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις σε όλα τα περιβαλλοντικά μέσα.

Το δημιουργούμενο οικολογικό περιβάλλον της λίμνης αφορά μία ευρύτερη ζώνη που περιλαμβάνει αναμφίβολα τα αστικά κέντρα του Βόλου και της Λάρισας. Πρωταρχικός στόχος του έργου είναι, όπως ήδη αναφέρθηκε, η ανασύσταση ενός υδροτόπου, ο οποίος αποτελούσε, μέχρι την αποξήρανση του, ένα μείζονος περιβαλλοντικής αξίας οικοσύστημα στην περιοχή, στην Ελλάδα και στην Ευρώπη.

4.1.1. Επιδράσεις στην ποιότητα και την ποσότητα των επιφανειακών υδατικών πόρων.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επιφανειακών νερών της περιοχής έρευνας παρουσιάζουν έντονα στοιχεία υποβάθμισης. Διάχυτη είναι η ρύπανση στους επιφανειακούς, τους υπόγειους υδατικούς πόρους και το έδαφος της περιοχής με αποτέλεσμα τη διαρκή συρρίκνωση της οικολογικής αξίας της περιοχής.

Οι φυσικοχημικές παράμετροι που μετρήθηκαν στην παρούσα Μεταπτυχιακή εργασία είναι οι παρακάτω:

Θερμοκρασία: Συγκρίνοντας τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του 2007 με το ίδιο διάστημα του 1998 διαπιστώνουμε ότι και στους τρεις σταθμούς μέτρησης της θερμοκρασίας έχουμε σημαντική διαφορά μεταξύ των ετών 1998 και 2007. Το γεγονός αυτό πρέπει να μας προβληματίσει και χρήζει περαιτέρω διερεύνησης για το αν είναι μια πρώτη ένδειξη ότι η θερμοκρασία έχει αυξηθεί, ή μήπως είναι τυχαίο λόγω πολύ καλών θερμοκρασιών του 2007.

Οι υψηλές θερμοκρασίες που παρατηρούνται κατά την θερινή περίοδο, μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλή εξατμισοδιαπνοή με αποτέλεσμα την συσσώρευση οργανικής ύλης και κατά συνέπεια μείωση του οξυγόνου στο νερό. Οι μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές εντός της λίμνης είναι δυνατόν να επηρεάζουν αρνητικά την ιχθυοπανίδα η οποία αδυνατεί να προσαρμοστεί στις έντονες αλλαγές.

PH: Οι χαμηλότερες τιμές παρατηρούνται σε νερά με μεγάλες συγκεντρώσεις οργανικών και υψηλότερες τιμές σε ευτροφικά νερά. Οι τιμές του PH δεν παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές μεταξύ του 1998 και 2007 με ελάχιστες και μέγιστες τιμές περίπου ίδιες να κυμαίνονται από 8 και 9,2 αντίστοιχα. Οι μεταβολές του PH και του DO ρυθμίζουν τις περισσότερες βιοχημικές και χημικές διεργασίες οι οποίες επηρεάζουν την σύσταση του νερού. Γι' αυτό, η αύξηση του φυτοπλαγκτόν από το Μάρτιο έως τον Ιούλιο συνεπάγεται αύξηση του PH και υπερκορεσμό σε DO εξαιτίας της έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας .

Το PH είναι μια σημαντική μεταβλητή στην εκτίμηση της ποιότητας του νερού καθώς επηρεάζει πολλές βιολογικές και χημικές διεργασίες που συμβαίνουν μέσα στο σώμα του νερού καθώς και όλες τις διεργασίες που σχετίζονται με την επεξεργασία και την προμήθεια νερού. Η αύξηση του PH οφείλεται στις ουσίες που καταλήγουν στις στραγγιστικές τάφρους από τις βιομηχανικές δραστηριότητες.

Διαλυμένο Οξυγόνο (DO): Η συγκέντρωση του διαλυμένου Οξυγόνου στα νερά των τριών σταθμών δειγματοληψίας κατά το έτος 2007 έδειξε μικρές εποχιακές διακυμάνσεις που κυμάνθηκαν μεταξύ 5,6 mg/l και 12,5 mg/l

Συγκρίνοντας τις διακυμάνσεις συγκέντρωσης του διαλυμένου Οξυγόνου του 2007 με το ίδιο διάστημα του 1998 διαπιστώνουμε ότι στο σταθμό δειγματοληψίας στη τάφρο 1T έχουμε μικρότερη συγκέντρωση το 1998 στην ελάχιστη τιμή κατά 1,4mg/l στη μέγιστη έχουμε μεγαλύτερη κατά 2,5 mg/l και στη μέση τιμή μεγαλύτερη κατά 1,32 mg/l. Στον ταμιευτήρα στην ελάχιστη έχουμε την ίδια συγκέντρωση το 1998 με το 2007 στην ελάχιστη τιμή, στη μέγιστη έχουμε μεγαλύτερη κατά 1,8mg/l το 1998 και στη μέση τιμή μεγαλύτερη κατά 0.66 mg/l .

Στο αντλιοστάσιο στην ελάχιστη έχουμε μεγαλύτερη συγκέντρωση το 1998 κατά 0,5 mg/l , στη μέγιστη έχουμε μεγαλύτερη κατά 2,1mg/l το 1998 και στη μέση τιμή μεγαλύτερη κατά 0.24 mg/l .

Παρατηρούμε κατά την διάρκεια του χειμώνα οι τιμές DO κυμάνθηκαν σε φυσιολογικά επίπεδα. Στις δειγματοληψίες του καλοκαιριού παρατηρείται μικρότερη συγκέντρωση.

Η βιολογική σημασία του διαλυμένου οξυγόνου είναι καθοριστική για τους υδρόβιους οργανισμούς. Η χαμηλή συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στα υδάτινα οικοσυστήματα άρχισε να καταγράφεται ως πρόβλημα μόλις τον προηγούμενο αιώνα. Όταν το οξυγόνο μέσα στο νερό πέσει κάτω από συγκεκριμένα επίπεδα δεν μπορεί να υποστηριχθεί η ζωή εντός των υδάτων, οπότε έχουμε μαζικούς θανάτους.

COD: Οι συγκεντρώσεις COD στους σταθμούς δειγματοληψίας ήταν ελάχιστη τιμή 4 mg/l και μέγιστη 94 mg/l με μέση τιμή συγκέντρωσης στο διπλάσιο των φυσιολογικών τιμών 49 mg/l που φανερώνει μεγάλο οργανικό φορτίο, δηλαδή ρύπανση του συγκεκριμένου υδάτινου περιβάλλοντος

Παράλληλα με τις άλλες χημικές παραμέτρους ιδιαίτερη σημασία έχει το χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (COD) στον καθορισμό της ποιότητας των υδάτων. Υψηλές τιμές χημικώς απαιτούμενου οξυγόνου (COD) φανερώνουν μεγάλο οργανικό φορτίο, δηλαδή ρύπανση του υδάτινου περιβάλλοντος. Οι τιμές COD που αναφέρονται στη βιβλιογραφία αρχίζουν από 20-25 mg/l στα ελαφρά ρυπαινόμενα ποτάμια, και καταλήγουν σε υπερβολικά υψηλές τιμές άνω των 100.000 mg/l σε ποτάμια με ισχυρή βιομηχανική ρύπανση (Westbroek and Temmerman 2001).

Ηλεκτρική Αγωγιμότητα: Για την προστασία όμως των υδρόβιων οικοσυστημάτων γλυκού νερού, η ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Η Ηλεκτρική Αγωγιμότητα στα νερά των τριών σταθμών δειγματοληψίας κατά το έτος 2007 έδειξε μικρές εποχιακές διακυμάνσεις που κυμάνθηκαν μεταξύ 1,72 mS/cm και 6,5 mS/cm.

Η χαμηλότερη τιμή EC, παρατηρήθηκε στη T1 1,72 mS/cm, η μεγαλύτερη παρατηρήθηκε στο Αντλιοστάσιο 5,4 mS/cm. Αναλυτικότερα η μέση τιμή EC στην T1 ήταν 4,15 mS/cm, η ελάχιστη 1,72 mS/cm, και η μέγιστη 6,4 mS/cm. Στον Ταμιευτήρα η μέση τιμή 4,08 mS/cm, η ελάχιστη 3,2mS/cm και η μέγιστη 6,2 mS/cm mg/l και στο Αντλιοστάσιο η μέση τιμή ήταν 4,12 mS/cm, η ελάχιστη 2,6 mS/cm και η μέγιστη 6,5 mS/cm .

Συγκρίνοντας τις τιμές της EC του 2007 με το ίδιο διάστημα του 1998 διαπιστώνουμε ότι και στους τρεις σταθμούς δειγματοληψίας παραμένουν στα ίδια υπερβολικά υψηλά επίπεδα. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει την υψηλή αλατότητα των εδαφών γύρω από τη στραγγιστική τάφρο και τον ταμιευτήρα, αλλά και την πιθανή διείσδυση του θαλασσινού νερού το οποίο αντλείται από τις υφιστάμενες μεγάλου βάθους γεωτρήσεις για την άρδευση των καλλιεργειών. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού εξαρτάται από το ποσοστό αλατότητάς του. Η αλατότητα εξαρτάται από τη διείσδυση θαλασσινού νερού στο γλυκό, αλλά και από τις ανθρώπινες

δραστηριότητες. Η έκπλυση των λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων προκαλούν απότομες εξάρσεις στην σκληρότητα ή στην αγωγιμότητα οι οποίες υποδηλώνουν εξωτερική παρέμβαση, με απρόσμενες εισαγωγές ανεπιθύμητων αλάτων. Κατά τις απότομες καιρικές αλλαγές (π.χ. καταιγίδες) η σκληρότητα και η αγωγιμότητα μπορούν να φθάσουν στο μέγιστο σε διάστημα ολίγων ωρών.

Θολότητα: Η Θολότητα στα νερά των τριών σταθμών δειγματοληψίας κατά το έτος 2007 έδειξε μικρές εποχιακές διακυμάνσεις που κυμάνθηκαν μεταξύ 28 NTU και 70 NTU. Η χαμηλότερη τιμή θολότητας, παρατηρήθηκε στο Αντλιοστάσιο με 28 NTU, η μεγαλύτερη παρατηρήθηκε στη T1 και Ταμιευτήρα 70 NTU .

Αναλυτικότερα η μέση τιμή θολότητας στην T1 ήταν 41,4 NTU, η ελάχιστη 30 NTU και η μέγιστη 70 NTU. Στον Ταμιευτήρα η μέση τιμή 44,85 NTU, η ελάχιστη 30 NTU και η μέγιστη 70 NTU και στο Αντλιοστάσιο η μέση τιμή ήταν 37,3 NTU, η ελάχιστη 28 NTU και η μέγιστη 53 NTU. Συγκρίνοντας τις τιμές Θολότητας του 2007 με το ίδιο διάστημα του 1998 διαπιστώνουμε ότι το 2007 η θολότητα σχεδόν έχει διπλασιαστεί.

Αλατότητα: Η Αλατότητα στα νερά των τριών σταθμών δειγματοληψίας κατά το έτος 2007 έδειξε σταθερά υπερβολικά υψηλές τιμές ίδιες με αυτές του 1998.

Το νερό που υπάρχει στον ταμιευτήρα κατά τη διάρκεια του χειμώνα, είναι πολύ υψηλής αλατότητας, άρα ακατάλληλο για άρδευση. Αυτό συμβαίνει διότι ο συγκεκριμένος ταμιευτήρας βρίσκεται στο τέλος του δικτύου διπλής δράσης, με αποτέλεσμα να λαμβάνει τα περισσότερα επιβαρυσμένα νερά. Η χρησιμοποίηση ακατάλληλου νερού σε συνδιασμό με ανεπαρκή στράγγιση, μπορεί να προκαλέσει μη αναστρέψιμες ζημιές στα φυτά. Η συνεχιζόμενη άρδευση με ακατάλληλο νερό, προκαλεί βαθμιαία πτώση της γονιμότητας του εδάφους, μέχρις ότου αυτό καταστεί τελείως ακατάλληλο για την κανονική ανάπτυξη των περισσότερων φυτικών ειδών. Το πρόβλημα της αλατότητας μπορεί να ρυθμισθεί με την έκπλυση. Τα άλατα που

προκαλούν τα προβλήματα αλατότητας είναι ευδιάλυτα και κινούνται γρήγορα με το νερό. Ένα μέρος των αλάτων, που συσσωρεύτηκαν από προηγούμενες αρδεύσεις μπορεί να εκπλυθεί πιο κάτω από το ριζόστρωμα αν διηθηθεί νερό περισσότερο από τις ανάγκες των καλλιεργειών κατά την άρδευση.

Νιτρικά: Τα επίπεδα νιτρικών που μετρήθηκαν είναι υψηλά. Η μεγάλη συγκέντρωσή τους είναι αποτέλεσμα της γεωργικής κυρίως δραστηριότητας και της χρήσης λιπασμάτων, αλλά και των βιομηχανικών απορροών που «φορτώνουν» με οργανικές ουσίες το νερό σε λίμνες και ποτάμια. Οι υψηλές συγκεντρώσεις που παρατηρούνται οφείλονται στις έντονες καλλιεργητικές δραστηριότητες.

Το NO_3^- κυμαίνεται μεταξύ 0,88-4 mg/l

Το SO_4^{2-} κυμαίνεται μεταξύ 60-1950 mg/l: Οι τιμές των μετάλλων (παρά το γεγονός ότι οι μετρήσεις δεν είναι συστηματικές) εμφανίζονται ιδιαίτερα υψηλές για την διαβίωση των ιχθύων. Χαρακτηριστική είναι η τιμή του μολύβδου τον Σεπτέμβριο του 1994 η οποία είναι 2365 φορές υψηλότερη από τα κανονικά επίπεδα στο νερό.

Η προέλευση της ρύπανσης είναι αφενός μεν η ανεξέλεγκτη διάθεση βιομηχανικών/βιοτεχνικών αποβλήτων στο επιφανειακό δίκτυο αφετέρου δε, η γεωργία. Τα ποιοτικά αυτά χαρακτηριστικά υποδεικνύουν ότι η ποιότητα των επιφανειακών υδάτων της περιοχής είναι ιδιαίτερα βεβαρημένη και τα επιφανειακά νερά είναι ακατάλληλα για άρδευση και βέβαια ακατάλληλα για τη διαβίωση των ιχθύων. Η χρήση των ακατάλληλων ποιοτικά επιφανειακών νερών, λόγω μη ύπαρξης εναλλακτικής λύσης, στην άρδευση, δημιουργεί πολλαπλά προβλήματα, αφενός μεν στην ποιότητα των εδαφών και του υπόγειου νερού, αφετέρου δε στην ποιότητα και ποσότητα της παραγωγής.

Η θερμοκρασία και το διαλυμένο οξυγόνο, είναι οι βασικότεροι παράγοντες που καθορίζουν την ύπαρξη ή όχι ζωής. Οι υδρόβιοι οργανισμοί εξαρτώνται, για την

επιβίωση και ανάπτυξη τους, από τη θερμοκρασία και παρουσιάζουν ανώτατα και κατώτατα όρια ανθεκτικότητας. Επιπλέον, η άνοδος της θερμοκρασίας, οδηγεί σε μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και εντείνει την ανάπτυξη συνθηκών ανοξίας.

Τα ψάρια είναι ευαίσθητα στις μεταβολές του PH, η διακύμανση του οποίου, ακόμα και σε όρια επιτρεπτά για την ζωή των οργανισμών, μεταβάλλει την τοξικότητα ορισμένων ουσιών και επομένως επηρεάζει τον βαθμό διάλυσης τους.

Το διαλυμένο οξυγόνο αποτελεί επίσης μια σημαντική παράμετρο για τη διαβίωση των ιχθυοπληθυσμών αφού η μείωση του επιταχύνει τις αναπνευστικές κινήσεις των ψαριών και ευνοεί τη διείσδυση τοξικών που είναι παρόντα στο νερό.

Ομοίως η τοξικότητα πολλών ουσιών αυξάνει όσο μειώνονται οι ποσότητες διαλυμένων αλάτων. Τέλος, τα βαρέα μέταλλα τέλος παρουσιάζουν τοξική δράση στους υδρόβιους οργανισμούς. Η τοξική αυτή δράση εξαρτάται από:

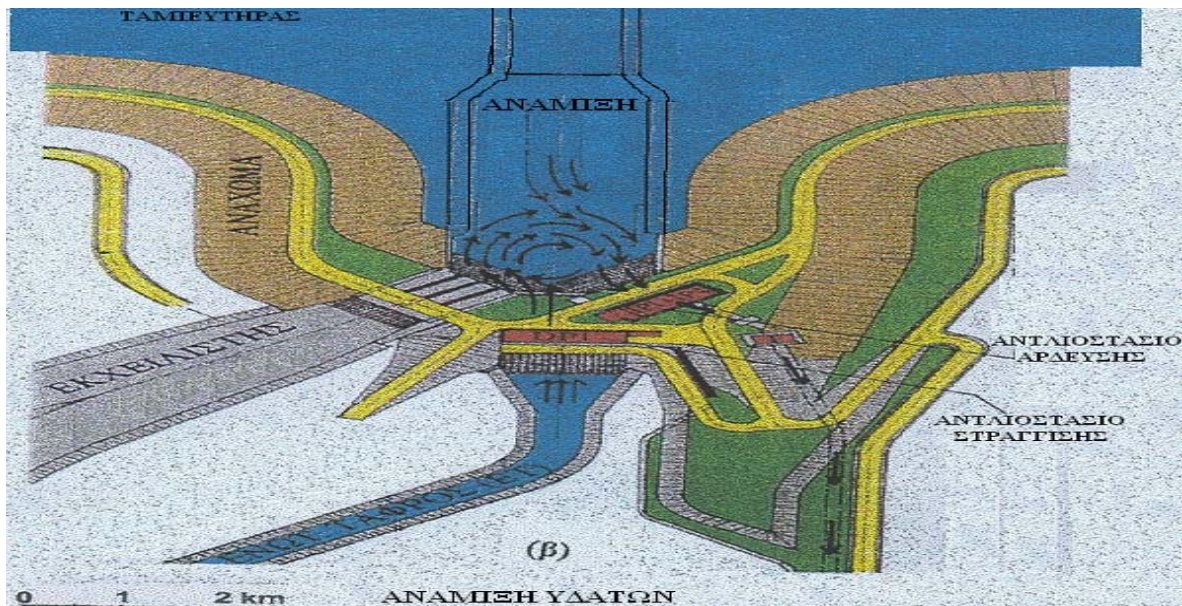
- * Τις φυσικοχημικές συνθήκες του νερού (θερμοκρασία, PH, αλατότητα, αιωρούμενα σωματίδια, οξυγόνο, σκληρότητα)
- * Το είδος του οργανισμού, την ηλικία και τη φυσιολογική του κατάσταση.
- * Το είδος, τη συγκέντρωση του μεταλλικού στοιχείου και την παρουσία και άλλων μεταλλικών στοιχείων στο νερό.

Ο ταμιευτήρας δεν αναμένεται να παρουσιάζει αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, αφού η τροφοδοσία του θα γίνεται από τα νερά προερχόμενα κυρίως από τις χειμερινές πλημμυρικές παροχές του Πηνειού, οι οποίες δεν παρουσιάζουν αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων. Σε κάθε περίπτωση πάντως στο πρόγραμμα παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του Ταμιευτήρα, θα πρέπει να περιλαμβάνονται και μετρήσεις των βαρέων μετάλλων.

Η διαχείριση του Ταμιευτήρα απαιτεί τη λήψη μέτρων για την προστασία των ποιοτικών του παραμέτρων. Ειδικά μέτρα τα οποία θα πρέπει να ληφθούν για την προστασία των ποιοτικών χαρακτηριστικών του ταμιευτήρα είναι:

A. Μέτρα διαχείρισης

Ανάμιξη των νερών, αερισμός και οξυγόνωση



Εικόνα 137. Ανάμιξη των νερών

B. Φυτικοχημικός - Βιολογικός έλεγχος

Η βελτίωση της διαχείρισης του συστήματος επιτυγχάνεται μόνο μέσω ενός συστηματικού προγράμματος φυτικοχημικής και βιολογικής παρακολούθησης του Ταμιευτήρα.

Οι δειγματοληψίες θα πρέπει να γίνονται είναι:

- * Στις εισροές από τον ταμιευτήρα της Κάρλας
- * Σε ένα σημείο του ταμιευτήρα
- * Σε ένα σημείο εξωτερικής εισροής από την γειτονική λεκάνη

Η επαρκής συχνότητα δειγματοληψιών θεωρείται ότι είναι ανά μήνα, την περίοδο Απρίλιος-Ιούλιος, ενώ μπορεί να είναι πυκνότερη στις περιόδους κινδύνου εμφάνισης δυστροφικών συνθηκών. Για την ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και την μέθοδο μετρήσεων ισχύουν τα διαλαμβανόμενα στην Υ.Α 46399/1986. Σε περίπτωση παρατηρημένης υποβάθμισης της ποιότητας του νερού θα πρέπει να λαμβάνονται ειδικά μέτρα και να καταρτίζεται σχέδιο αντιμετώπισης.

Η λειτουργία του ταμιευτήρα εξασφαλίζει επαρκούς ποσότητας και καλής ποιότητας επιφανειακό νερό με αποτέλεσμα τη διακοπή της άντλησης του υπόγειου νερού και τη διακοπή της χρήσης του στραγγιστικού κακής ποιότητας επιφανειακού νερού για την άρδευση. Το προτεινόμενο σύστημα γεωργικής αναδιάρθρωσης εξασφαλίζει (μέσω κυρίως του περιορισμού της βαμβακοκαλλιέργειας) τη μείωση των εισροών στο σύστημα.

Επιπλέον, το προτεινόμενο έργο συνδέεται με την ύπαρξη και λειτουργία μηχανισμών ελέγχου (Φορέας Διαχείρισης Οικοσυστήματος και Φορέας Διαχείρισης στα πλαίσια του Ν. 1739/87) της ποιότητας και της ποσότητας των επιφανειακών υδατικών πόρων και περιορισμού της, γεωργικής και βιομηχανικής προέλευσης, ρύπανσης.

Τέλος, με τα προτεινόμενα έργα περιβαλλοντικής αποκατάστασης (ζώνες διαχείρισης) επιτυγχάνεται ένας ελάχιστος βαθμός φυσικού καθαρισμού των στραγγιδίων, τα οποία εισρέουν στο σύστημα.

Είναι προφανές ότι η καθυστέρηση ολοκλήρωσης του ταμιευτήρα της Κάρλας, έχει ως αποτέλεσμα την περαιτέρω υποβάθμιση της ποιότητας των επιφανειακών υδατικών πόρων με συνέπεια τη μεταφορά της ρύπανσης στο έδαφος και το υπόγειο υδατικό δυναμικό, τη συρρίκνωση της ποιότητας και την ποσότητας των παραγόμενων προϊόντων και τη μεταφορά της ρύπανσης τον Παγασητικό Κόλπο.

4.1.2 Επιδράσεις του έργου στην ποιότητα του Παγασητικού.

Ο Παγασητικός κόλπος είναι μία ημίκλειστη θαλάσσια περιοχή, με επιφάνεια 520 Km² και μέγιστο βάθος 100m. Στο βορειότερο μέρος του βρίσκεται ο κόλπος του Βόλου με έκταση 30Km και βάθη που μειώνονται προοδευτικά προς τα βόρεια, όπου βρίσκεται ο εσωτερικός κόλπος του Βόλου έκτασης 2Km² και μέγιστου βάθους 10-11m σημαντικό μέρος του οποίου καταλαμβάνεται από το λιμάνι του Βόλου. Στο

δυτικό μέρος του εσωτερικού κόλπου εκβάλλει ο χείμαρρος Ξηριάς σε ανάντη θέση του οποίου συμβάλλει η σήραγγα της Κάρλας.

Ο Παγασητικός κόλπος και μάλιστα ο εσωτερικός κόλπος του Βόλου, είναι ο τελικός αποδέκτης του ρυπαντικού φορτίου της λεκάνης της Κάρλας. Η επιβάρυνση του εσωτερικού κόλπου του Βόλου και κατά συνέπεια του κόλπου του Βόλου και του Παγασητικού κόλπου, με θρεπτικά συστατικά έχει μειωθεί από το 1976 μέχρι σήμερα λόγω μείωσης της παροχής της σήραγγας Κάρλας. Έτσι η μέση παροχή της σήραγγας για την περίοδο 1976-1981 ήταν $2\text{m}^3/\text{sec}$, για την περίοδο 1983-1987 $1,24\text{m}^3/\text{sec}$ και για την περίοδο 1992-σήμερα $<1\text{m}^3/\text{sec}$. Από το 1985 και μετά η σήραγγα διατηρείται γενικά κλειστή κατά το θερινό τετράμηνο.

Η μείωση της παροχής της σήραγγας έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των εισροών θρεπτικών στον εσωτερικό κόλπο του Βόλου. Παρόλα αυτά, λόγω της φύσης του τελικού αποδέκτη (κλειστή λεκάνη με πολύ μεγάλους χρόνους ανανέωσης), η ακόμα και με τα σημερινά δεδομένα συνολική ποσότητα θρεπτικών που μεταφέρονται στον εσωτερικό κόλπο του Βόλου (περίπου 600 τόνοι αζώτου ετησίως) συντελεί στην συστηματική υποβάθμιση των βιοτικών και αβιοτικών χαρακτηριστικών του.

Η λειτουργία του ταμιευτήρα θα έχει σαν αποτέλεσμα τη διακοπή της λειτουργίας της σήραγγας Κάρλας, η οποία θα λειτουργεί μόνο σε περιόδους εξαιρετικών πλημμυρών μεταφέροντας ουσιαστικά καθαρό πλημμυρικό νερό και συνεπώς την αποφόρτιση του εσωτερικού Κόλπου του Βόλου και του Παγασητικού γενικότερα, από το σημαντικό ρυπαντικό φορτίο που μεταφέρεται σήμερα.

4.1.3. Επιδράσεις του έργου στην ποιότητα των εδαφικών πόρων.

Ως προς τα φυσικά χαρακτηριστικά: Το σύνολο σχεδόν των εδαφών της περιοχής μελέτης έχει ικανοποιητικά φυσικά χαρακτηριστικά. Η αποξήρανση της λίμνης δεν επηρέασε άμεσα τα φυσικά χαρακτηριστικά των εδαφών της περιοχής μελέτης. Οι αυξημένες όμως αντλήσεις υπόγειου νερού για άρδευση επηρέασε τοπικά τα φυσικά

χαρακτηριστικά των εδαφών με αποτέλεσμα την εμφάνιση έντονων κατά τόπου ρωγματώσεων, οι οποίες επηρέασαν εκτός από τα ίδια τα εδάφη και τα δίκτυα υποδομής (π.χ εμφανίσεις ρωγματώσεων και καθιζήσεων στο οδικό δίκτυο).

Ως προς τα χημικά χαρακτηριστικά: Το μεγαλύτερο ποσοστό των εδαφών της περιοχής έχει τα χαρακτηριστικά των γονιμότερων εδαφών της Ελλάδας για φυτά μεγάλης καλλιέργειας. Ειδικότερα τα εδάφη της εδαφοσειράς Καλαμακίου-Καναλιών που εκτείνονται στο ανατολικό και ΒΑ μέρος της λίμνης δεν παρουσιάζουν περιοριστικούς παράγοντες για την καλλιέργεια ακόμα και των πλέον ευαίσθητων στην καλλιέργεια ειδών (δενδρώδεις καλλιέργειες).

Τα εδάφη των εδαφοσειρών Ριζομούλου-Κυψέλης και της εδαφοσειράς Ε είναι επίσης από τα γονιμότερα εδάφη και μόνο η ύπαρξη στρώσης ανθρακικού ασβεστίου (καλσικού ορίζοντα) είναι δυνατόν να περιορίσει την δενδροκαλλιέργεια. Είναι όμως πολύ παραγωγικά εδάφη για φυτά μεγάλης καλλιέργειας, όπως βαμβάκι, καλαμπόκι, σιτηρά, μηδική. Όμως στην περιοχή αυτή όμως υπάρχουν κηλίδες παθογενών εδαφών, η εμφάνιση των οποίων οφείλεται στις συνθήκες όχι καλής στράγγισης και στην χρήση ρυπασμένου νερού για την άρδευση τους.

Τα εδάφη της εδαφοσειράς Κάρλας είναι βαριά εδάφη (αργιλώδη) με όχι καλή στράγγιση σε μεγάλη έκταση. Τα εδάφη αυτά είναι παθογενή και η παθογένεια τους εμφανίζεται σε βάθος >30cm. Η παθογένεια τους εκφράζεται με την εμφάνιση αλατότητας ή αλκαλίωσης ή και τα δύο σε ποικίλους συνδυασμούς. Όπως και στα εδάφη της προηγούμενης εδαφοσειράς η παθογένεια οφείλεται αφενός μεν στις συνθήκες όχι καλής στράγγισης και αφετέρου στη χρήση ρυπασμένου νερού για την άρδευση τους.

Με την λειτουργία του ταμιευτήρα επιτυγχάνεται η βελτίωση τόσο των φυσικών όσο και των χημικών ιδιοτήτων των εδαφών της μείζονος περιοχής. Πιο συγκεκριμένα:

- > Με τη μείωση των αντλήσεων του υπόγειου νερού αναμένεται άμεση αντιστροφή του προβλήματος των ρωγματώσεων και των καθιζήσεων σε όλα τα εδάφη της περιοχής.
- > Με τη διάθεση επαρκών ποσοτήτων καλής ποιότητας επιφανειακού νερού για την άρδευση επιτυγχάνεται η αποκατάσταση της παθογένειας των εδαφών. Η παροχέτευση νερού καλής ποιότητας, όχι μόνο σε παθογενή εδάφη αλλά και σε εκτάσεις που επί μακρόν χρόνο αρδεύονται, είναι μία καλλιεργητική τεχνική, η οποία συνιστάται για να αποφεύγεται η συσσώρευση αλάτων σε επίπεδα που μπορεί να είναι τοξικά ακόμα και για τις ανθεκτικές στην παθογένεια καλλιέργειες.
- > Με το προτεινόμενο σχέδιο αναδιάρθρωσης των καλλιεργειών μειώνεται σημαντικά η καλλιέργεια του βαμβακιού και αυξάνεται το ποσοστό των βιολογικών καλλιεργειών με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση των αγροχημικών στην περιοχή.
- > Με τον προγραμματισμό ξεχωριστών αρδευτικών και στραγγιστικών συστημάτων και την εξασφάλιση ικανοποιητικών ποσοτήτων νερού, αποφεύγεται η διαρκής ανακύκλωση του νερού και των αλάτων στην περιοχή.
- > Με την ύπαρξη και λειτουργία ενός μηχανισμού ελέγχου (Φορέας Διαχείρισης του Οικοσυστήματος Κάρλας) της ποιότητας των εδαφικών πόρων, θα εξασφαλισθεί η λειτουργία στην περιοχή ενός συστήματος ανάδρασης (feedback), όπου, αναλόγως των συμπερασμάτων των μετρήσεων και των παρατηρήσεων θα λαμβάνονται και οι κατάλληλες αποφάσεις για τη διαχείριση των υδατικών πόρων και της γεωργίας.

4.1.4. Ειδικότεροι στόχοι του έργου.

Τα έργα επαναδημιουργίας της λίμνης Κάρλας αποσκοπούν, πέραν της γενικότερης περιβαλλοντικής αποκατάστασης, στην αντιπλημμυρική προστασία της ευρύτερης περιοχής και στην αποκατάσταση των, υποβαθμισμένων σήμερα, συνθηκών του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα γύρω την Κάρλα περιοχών, με

ταυτόχρονη εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων νερού από γεωτρήσεις για την ύδρευση του Βόλου.

** Στη δημιουργία μιας μεγάλης υγροτοπικής έκτασης (λίμνης περιβαλλόμενης από ζώνες ειδικής διαχείρισης), κατάλληλης να υποστηρίξει τον φυσικό (μόνιμο ή εποχικό) εποικισμό της περιοχής με υγροφυτική βλάστηση, ιχθυοπανίδα και παρυδάτια ορνιθοπανίδα, ώστε να αποκατασταθεί μερικά τουλάχιστον το προϋπάρχον της αποξήρανσης οικοσύστημα (υγροβιότοπος) και να ελαχιστοποιηθεί η συμβολή των απορροών της λεκάνης Κάρλας στη ρύπανση του Παγασητικού κόλπου

**Στη δημιουργία προϋποθέσεων και κανόνων για την ορθή διαχείριση του αναμενόμενου να δημιουργηθεί οικοσυστήματος και των διαθέσιμων υδατικών πόρων.

**Στην υποκατάσταση του υπόγειου νερού των αρδεύσεων με νερό της λίμνης, προκειμένου να δημιουργηθούν προϋποθέσεις ανάκαμψης της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, να βελτιωθεί η ποιότητα των εδαφικών πόρων και να ανασταλούν τα φαινόμενα απερίμωσης των πεδινών περιοχών. Στην ανάσχεση των πλημμυρικών απορροών στις γύρω της λίμνης ορεινές περιοχές για την επιβράδυνση των διαβρωτικών διεργασιών.

**Στην ενίσχυση της ύδρευσης της μείζονος περιοχής Βόλου με καλής ποιότητας υπόγειο νερό.

**Στη δημιουργία υποδομών και ευνοϊκών συνθηκών για την πραγματοποίηση νέων, συμβατών με τη βιώσιμη ανάπτυξη, δραστηριοτήτων και απασχόλησης.

Το έργο επιδρά θετικά στην αναψυχή, προσφέροντας ευκαιρίες ξεκούρασης στους κατοίκους και επισκέπτες της περιοχής, επιτρέποντας να αναπτυχθούν ειδικές δραστηριότητες αναψυχής, άθλησης, περιήγησης, εναλλακτικών μορφών τουρισμού (με ένταξη του έργου στο κύκλωμα οικοτουριστικής ανάδειξης).

4.2. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.

Αυτό που θα μας απασχολήσει στα επόμενα χρόνια είναι κατά πόσο ο ποταμός Πηνειός θα προμηθεύει τον Ταμιευτήρα της Κάρλας με τις απαιτούμενες ποσότητες νερού. Για να απαντήσουμε στο ερώτημα αυτό με βεβαιότητα θα πρέπει να γίνουν νέες μελέτες διαχείρισης υδατικών πόρων στη λεκάνη απορροής του Πηνειού.

Μια ακόμη παράμετρος του υδατικού προβλήματος της περιοχής που θα πρέπει ενδελεχώς να διερευνηθεί είναι η διαχείριση της ζήτησης του νερού στην περιοχή του ταμιευτήρα, η οποία μπορεί να μας οδηγήσει:

- Στην αναδιάρθρωση των γεωργικών καλλιεργειών, αποβλέποντας στη σταδιακή μείωση των υδροβόρων ανοιξιάτικων καλλιεργειών και την αντικατάστασή τους με καλλιέργειες που δεν απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού.
- Στον εκσυγχρονισμό των μεθόδων άρδευσης, με χρήση συστημάτων, που έχουν μικρότερες απώλειες όπως την στάγδην άρδευση.
- Στην κάλυψη των αναγκών με την επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών αποβλήτων από το Βιολογικό καθαρισμό του Δήμου Βόλου σύμφωνα με το πρόγραμμα που υλοποιείται στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής (Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μ., κ.ά., 2003).

Ένα άλλο κρίσιμο ερώτημα που θα πρέπει να διερευνηθεί σοβαρά είναι, αν τα νερά του ποταμού Πηνειού, είναι κατάλληλα ποιοτικά για να τροφοδοτούν τον ταμιευτήρα χωρίς να τον ρυπαίνουν.

Είναι γνωστό ότι η Μαγνησία και η Θεσσαλία γενικότερα έχουν σοβαρότατο πρόβλημα ποσότητας και ποιότητας πόσιμου και αρδευτικού νερού.

Στις 22/3/2007 δημοσιεύθηκε ανακοίνωση του Γραφείου Τύπου του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. (Τμήμα Δημοσίων Σχέσεων) σύμφωνα με την οποία, υπεγράφη απόφαση που εγκρίνει τη διάθεση πίστωσης συνολικού ύψους 9×10^6 ευρώ για τη δημοπράτηση – κατασκευή των απαιτούμενων έργων τροφοδοσίας της λίμνης της Κάρλας από τον

Πηνειό ποταμό, αναφέροντας ότι «το συγκεκριμένο έργο αποτελεί βασικό τμήμα του κυρίως έργου επαναδημιουργίας της λίμνης «Κάρλας». Μάλιστα η ολοκλήρωση κατά το Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. των σχετικών έργων θα γίνει το 2012.

Με δεδομένο ότι η τροφοδοσία του Ταμιευτήρα της Κάρλας θα γίνεται από τα χειμερινά νερά του Πηνειού, κρίνεται επιβεβλημένη η λήψη μέτρων για τον έλεγχο των πηγών που τον ρυπαίνουν και την προστασία της λίμνης.

Δυστυχώς, αν δεν ληφθούν άμεσα τα απαραίτητα μέτρα η λίμνη της Κάρλας θα γίνει αποδέκτης των βιομηχανικών αποβλήτων ολόκληρης της Θεσσαλίας.

Πρόσφατες μετρήσεις έδειξαν ότι τα νερά του Πηνειού είναι ακατάλληλα και επικίνδυνα για οποιαδήποτε χρήση, ο Πηνειός θεωρείται από τα πιο επιβαρυσμένα ποτάμια της χώρας και λειτουργεί ως αποδέκτης κάθε είδους αποβλήτων.

Δέχεται αστικά λύματα πόλεων και κομποπόλεων, βιομηχανικά και κτηνοτροφικά απόβλητα, γεωργικά φάρμακα και λιπάσματα. Πριν λοιπόν τελειώσουν, τόσο το έργο για την «Υδροδότηση της Κάρλας από τον ποταμό Πηνειό», όσο και η κατασκευή των αντλιοστασίων στον Πηνειό, προϋπόθεση είναι να εξυγιανθεί ο Πηνειός σε όλη την έκτασή του, ώστε τα νερά που θα έρχονται στη λίμνη της Κάρλας να είναι κατάλληλα για οποιαδήποτε χρήση.

Το 2012 που προβλέπεται να ολοκληρωθούν τα έργα της λίμνης, παράλληλα να γίνουν όλες οι παρεμβάσεις, και ο έλεγχος των ρυπογόνων πηγών του Πηνειού, προκειμένου να μην μετατραπεί η Κάρλα από παράγοντα μεγάλης περιβαλλοντικής αξίας οικοσύστημα στην περιοχή, σε παράγοντα μόλυνσης του εδάφους και του Παγασητικού, με σοβαρές συνέπειες στην υγεία και τη ζωή των Θεσσαλών και κυρίως των κατοίκων της Μαγνησίας.

Για τον καλύτερο έλεγχο και την προστασία του ταμιευτήρα της Κάρλας, θα πρέπει να εγκατασταθεί σταθμός, για επίγεια τηλεμετρική αυτοματοποιημένη παρακολούθηση, των φυσικών και χημικών παραμέτρων του.

Τα αυτοματοποιημένα τηλεμετρικά συστήματα συνεχούς παρακολούθησης και καταγραφής περιβαλλοντικών παραμέτρων είναι ενεργειακά αυτόνομα, λειτουργούν υπό μορφή δικτύου δηλαδή υπάρχει ένας σταθμός βάσης και ένας αριθμός περιφερειακών. Υπάρχει η δυνατότητα συνεχούς περιοδικής (ανά μια ώρα) και πραγματικής (real time) μέτρησης με ηλεκτρονικό τρόπο ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων του νερού και μετεωρολογικών παραμέτρων. Οι εγκαταστάσεις δεν είναι μεγάλες και δεν έχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον (Psilonikos et.al, 2006, Ψιλοβίκος, 2005).

4.2.1. Δημιουργία μικρού Υγρότοπου για αναπαράσταση του παραδοσιακού τρόπου διαβίωσης και αλιείας στην τέως λίμνη Κάρλα.

Τα ενδιαίτηματα που υπήρχαν στη λίμνη Κάρλα, δεν είναι δυνατόν να αποκατασταθούν στον ίδιο βαθμό με τη δημιουργία του ταμιευτήρα, εξαιτίας του μεγάλου σχετικά βάθους και της μεγάλης ετήσιας διακύμανσης της στάθμης.

Γι αυτό και η πρότασή μας είναι να κατασκευασθεί ο μικρός υγρότοπος κοντά και σε επαφή με τον ταμιευτήρα, όπου θα γίνει η αποκατάσταση κάποιων από τα προϋπάρχοντα ενδιαίτηματα της Κάρλας, η αναβίωση του παραδοσιακού τρόπου αλιείας και η διαβίωση των ψαράδων. Στον υγρότοπο αυτό, που θα αποτελέσει το μέσο για τη διατήρηση και προβολή της πολιτιστικής και ιστορικής κληρονομιάς, θα κατασκευασθεί ένας αριθμός από καλύβες και βάρκες με το απαραίτητα παραδοσιακά μέσα αλιείας, και βοηθητικές εγκαταστάσεις για την υποδοχή και ξενάγηση επισκεπτών, και προβολή των ιστορικών γεγονότων που συνδέονται με την περιοχή.

Ο υγρότοπος που θα δημιουργηθεί θα πρέπει να διαθέτει τον συνδυασμό των ενδιαιτημάτων της τέως λίμνης Κάρλας. Ο υγρότοπος θα κατασκευασθεί στην ανατολική πλευρά του υγροτόπου και θα καταλαμβάνει έκταση που θα φθάνει τα 70 στρέμματα περίπου.

Σημαντικό ρόλο στην αποκατάσταση των λειτουργιών και ειδικότερα αυτών που αναφέρονται στη στήριξη τροφικών αλυσίδων παίζει το ποσοστό του υγροτόπου που καλύπτεται με βλάστηση. Η απόσταση από τον μικρό υγρότοπο μέχρι τον ταμιευτήρα κυμαίνεται, αναλόγως της στάθμης του ταμιευτήρα, από 175m μέχρι 500m.

4.2.2. Απαιτούμενα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Η απαιτούμενη τροφική κατάσταση ενός τεχνητού υγροβιότοπου προσδιορίζεται από την τελική του χρήση. Στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι η μεσότροφη κατάσταση ενώ ανεκτή θα μπορούσε να είναι και η ελαφρά εύτροφη. Η κύρια πηγή τροφοδοσίας του υγροβιότοπου είναι η λίμνη Κάρλα η οποία σε μεγάλο βαθμό προσδιορίζει και τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά.

Η συνεισφορά της βροχόπτωσης και της απορροής από τη λεκάνη του ίδιου του υγροβιότοπου δεν θα επιβαρύνει τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά.

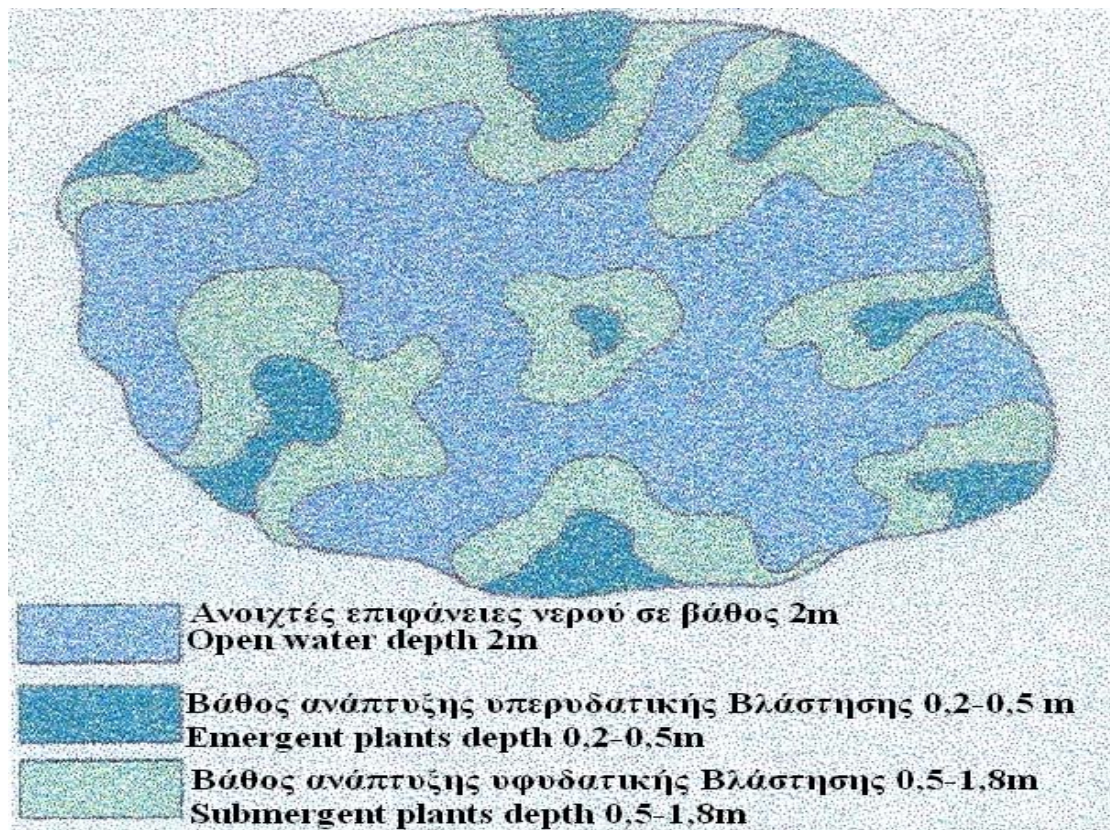
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης και με την εφαρμογή επεξεργασίας για την απομάκρυνση οργανικού φορτίου και φορτίου θρεπτικών των εισερχόμενων παροχών από τον Πηνειό κατά περίπου 70% (ρεαλιστικό σενάριο), οι αναμενόμενες τιμές των παραμέτρων/δεικτών της τροφικής κατάστασης της λίμνης εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 24. Αναμενόμενες τιμές των παραμέτρων/δεικτών της τροφικής κατάστασης της λίμνης.

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ | ΤΙΜΗ | ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΤΙΜΗ |
|--|---------|------------------|
| TP (μg/l) | 10-20 | 20 |
| TN(μg/l) | 200-500 | 100 |
| Βένθος Secchi (m) | 3,7-2,0 | 0,9 |
| O ₂ Υπολιμνίου (%) | 10-80 | 90 |
| Χλωροφύλλη α (μg/l) | 4-10 | 14-32 μg/l, |
| Παραγωγικότητα φυτοπλαγκτού(g/m ² /day) | 75-250 | |

Σύμφωνα με τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα, η λίμνη Κάρλα (και ο υγρότοπος) θα είναι εύτροφη μόνο ως προς τη χλωροφύλλη ενώ μπορεί να χαρακτηριστεί ως ολιγοτροφική ως προς τον δείκτη Secchi , το οξυγόνο και το άζωτο.

Σε κάθε περίπτωση πάντως, για την προστασία των ποιοτικών χαρακτηριστικών του υγροτόπου, θα πρέπει να εφαρμοσθεί ειδικό σχέδιο διαχείρισης και παρακολούθησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του .



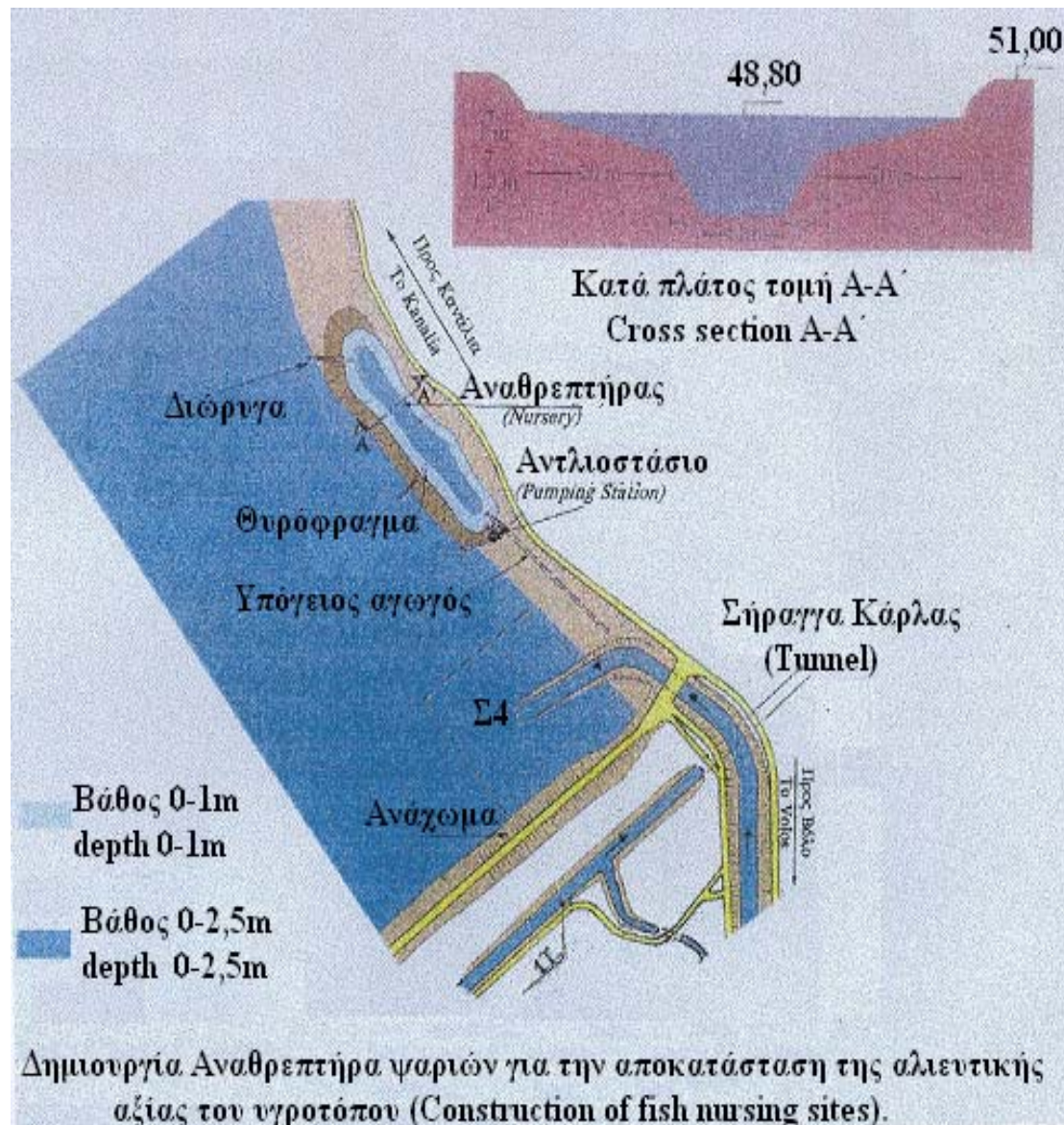
Εικόνα 138. Υγρότοπος για αναπαράσταση του παραδοσιακού τρόπου διαβίωσης και αλιείας στην τέως λίμνη Κάρλα.

4.2.3 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΝΑΘΡΕΠΤΗΡΑ ΨΑΡΙΩΝ.

Αυτή η πρόταση έχει ως σκοπό την φυσική αναπαραγωγή και τον εμπλουτισμό της λίμνης με το είδος γριβάδι (*Cyprinus carpio*) που αποτελεί ψάρι με μεγάλη οικονομική σημασία, και άλλων ειδών εφόσον αυτό, κριθεί αναγκαίο, προκειμένου να αποκατασταθεί στον μεγαλύτερο δυνατό βαθμό η αλιευτική αξία του υγροτόπου αλλά και για να αποτελέσει το πρότυπο πεδίο εφαρμογής ενταγμένο τόσο στην ερευνητική

διαδικασίαν όσο και στην πρακτική εκπαιδευτική άσκηση των Φοιτητών και Φοιτητριών του Τμήματος.

Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι την ευθύνη λειτουργίας του αναθρεπτήρα θα την έχει ο διαχειριστικός φορέας, ο οποίος θα στελεχωθεί με το κατάλληλο επιστημονικό προσωπικό.



Εικόνα 139. Αναθρεπτήρας Ψαριών.

Ο αναθρεπτήρας θα εγκατασταθεί σε επαφή με τον ταμιευτήρα κοντά στο σημείο εκβολής της Σ_4 στον ταμιευτήρα. Το μήκος του αναθρεπτήρα θα είναι 300m και το μέγιστο πλάτος του 70m. Το εμβαδόν του θα είναι περίπου 20 στρέμματα και ο όγκος του περίπου 15000m³.

Έτσι θα αναπτυχθούν οι πληθυσμοί και οι ποικιλίες των ψαριών του παρελθόντος. Η ιχθυοπαραγωγή στον Ταμιευτήρα προσδοκάται να φθάσει στους 300 τόννους ετησίως. Έτσι η αλιεία θα εξασφαλίσει συμπληρωματικό εισόδημα στην περιοχή και θα δημιουργήσει απασχόληση στους παραλίμνιους οικισμούς μειώνοντας κατ'αυτόν τον τρόπο την υποαπασχόληση στην περιοχή.

4.2.4 Οικοτουριστική αξιοποίηση και ανάδειξη της περιοχής.

Η οικοτουριστική αξιοποίηση και ανάδειξη της περιοχής θα επηρεάσει άμεσα την οικονομική ανάπτυξη των οικισμών γύρω από την λίμνη Κάρλα με πληθυσμό που ανέρχεται σε 13.016 κατοίκους. Και η τάση της πληθυσμιακής συρρίκνωσης που παρουσιάζουν σήμερα θα αντιστραφή.

Επίσης το πολεοδομικό συγκροτήματα του Βόλου και της Ν. Ιωνίας που ο συνολικός πληθυσμός εκτιμάται ότι ανέρχεται σε 140.000 κατοίκους, αν και βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από τον ταμιευτήρα, πρόκειται όμως να επηρεασθεί άμεσα με παράπλευρες ωφέλειες.

Το έργο αναμένεται να επηρεάσει πολύ ευρύτερη χωρική κλίμακα από αυτής των παρακάρλιων οικισμών. Η πρώτη κλίμακα επηρεασμού είναι εκείνη της Μαγνησίας, ενώ σε δεύτερο επίπεδο θα μπορούσαν να αναφερθούν οι εξαιρετικά ευμενείς επιδράσεις του έργου και στο επίπεδο της Χώρας.

Για να επιτευχθεί η οικοτουριστική αξιοποίηση και ανάδειξη της περιοχής προτείνεται να γίνει:

1. Εκτίμηση της περιγητικής χωρητικότητας της περιοχής.

Απαιτεί τον καθορισμό του ανώτατου αριθμού επισκεπτών, με βάση:

- α) την έκταση της περιοχής, β) την πυκνότητα των χώρων για άσκηση δραστηριοτήτων, γ) την ένταση αυτών χωρίς πρόκληση περιβαλλοντικής υποβάθμισης, δ) την κατανομή μέσα στο έτος, ε) τον προσδιορισμό των χρήσεων

κατά χώρο, στ) τη μέριμνα για την προστασία και καθαριότητα της περιοχής και ζ) την ποιότητα των προσφερόμενων υπηρεσιών.

2. Η καταγραφή και ανάδειξη όλων των φυσικών στοιχείων, υπαρχουσών υποδομών, πολιτιστικών και αρχαιολογικών μνημείων και άλλων πληροφοριών που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για την αρτιότερη οργάνωση της περιοχής για τουριστικούς λόγους.

3. Η κατασκευή ειδικών υποδομών.

Οι υποδομές αυτές περιλαμβάνουν, κτιριακές υποδομές για το κέντρο πληροφόρησης, το μουσείο φυσικής ιστορίας και πολιτισμού, παρατηρητήρια, θέσεις θέας, δρόμοι, μονοπάτια προσβασης και προσπέλασης, χώρους διημέρευσης και στάθμευσης.

Κέντρο πληροφόρησης: Η κύρια αποστολή του Κέντρου Πληροφόρησης είναι να συμβάλλει στην ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού για τις λειτουργίες και αξίες του υγροτόπου της Κάρλας. Το Κέντρο θα βρίσκεται στο Δυτικό Αναάχωμα του ταμιευτήρα και κοντά στις ζώνες ειδικής διαχείρισης.

Μουσείο Φυσικής Ιστορίας και Πολιτισμού: Ο κύριος σκοπός του μουσείου είναι η ανάδειξη της φυσικής ιστορίας και της πολιτιστικής κληρονομιάς της περιοχής του υγροτόπου. Το Μουσείο θα βρίσκεται στο ανατολικό ανάχωμα του ταμιευτήρα και δίπλα στον υγρότοπο ανάδειξης των υγροτοπικών λειτουργιών.

Παρατηρητήρια: Προτείνεται η κατασκευή παρατηρητηρίων σε κατάλληλες θέσεις (με βάση την παρουσία της ορνιθοπανίδας στην περιοχή) και θέσεις θέας με υποδομές για ξεκούραση.

Θέσεις Θέας: Μια θέση θέας προσφέρει τη δυνατότητα παρατήρησης μιας ευρύτερης περιοχής και όχι μιας συγκεκριμένης μόνο θέσης. Γι αυτό η θέση θέας πρέπει να βρίσκεται σε ύψωμα, με ευρύ πεδίο ορατότητας.



Εικόνα 240. Πανοραμική άποψη της Κάρλας από μία θέση θέας.

Δρόμοι και μονοπάτια προσεγγίσεως και προσπελάσεως: Το πυκνό οδικό δίκτυο που υπάρχει στη περιοχή και αυτό που δημιουργήθηκε με την κατασκευή του ταμιευτήρα (περιμετρικός δρόμος της λίμνης) καλύπτει τις ανάγκες των επισκεπτών. Γιαυτό κρίνεται απαραίτητη μόνο η βελτίωση και συμπλήρωσή του ώστε αυτό να εξυπηρετεί το Μουσείο, το Κέντρο πληροφόρησης και τους χώρους αναψυχής, άθλησης και στάθμευσης.

Σε σημεία της περιοχής όπου δεν υπάρχει παρατηρητήριο ή θέση θέας ένα απλό μονοπάτι που ακολουθεί μια φυσική διαδρομή, μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες των επισκεπτών.

Δημιουργία περιμετρικής προστατευτικής ζώνης με φυτεύσεις: Φυτεύσεις για τη δημιουργία παρόχθιων φυτικών οικοσυστημάτων στην εξωτερική πλευρά του Δυτικού αναχώματος και στις ήπιες κλίσεις των φυσικών πρανών της λίμνης με κατά περίπτωση δενδρώδη αυτόχθονα είδη, θάμνους, καλαμώνες και ποώδη φυτά υγρολίβαδων

Εξασφάλιση προσπελασιμότητας και έργα ανάδειξης της περιοχής και υποδομές οικότουρισμού.

Ποδηλατόδρομοι: Θα κατασκευαστούν ποδηλατόδρομοι παράλληλοι με το οδικό δίκτυο που να συνδέουν το Μουσείο και το Κέντρο Πληροφόρησης με τους χώρους αναψυχής, άθλησης και στάθμευσης ενώ η κίνηση προς τα παρατηρητήρια και τις θέσεις θέας θα γίνεται από τα μονοπάτια.

Σύστημα οδηγών πινακίδων και άλλης σχετικής σήμανσης: Η ενημέρωση του κοινού για τις δυνατότητες που προσφέρει η περιοχή για δραστηριότητες αναψυχής και άθλησης γίνεται μέσω κατάλληλης σήμανσης (πέρα από τις ενέργειες δημοσιοποίησης με εκδόσεις, δημοσιεύματα).

Αισθητική βελτίωση του τοπίου: Να διαμορφωθούν ειδικές ζώνες διαχείρισης.

Να εφαρμοστεί ο περιβαλλοντικός κανονισμός της ΕΟΚ 2078/92 για τη διακοπή της οπτικής μονοτονίας και την ενίσχυση της βιοποικιλότητας στις γεωργικές εκτάσεις, επιδότηση δημιουργίας δενδροφραχτών από τους καλλιεργητές και ακροχώραφων.

Να καλυφθούν με φυτεύσεις των μηχανολογικών και κτιριακών έργων υποδομής ώστε να βελτιωθεί το τοπίο.

Να βελτιωθεί η αισθητική των αναχωμάτων.

Χώροι για άσκηση δραστηριοτήτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης: Η αποκατάσταση της Λίμνης Κάρλας συνοδεύεται από μεγάλη εκπαιδευτική αξία. Επιβάλεται να συνταχθεί εξειδικευμένο πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, με τη συνεργασία ειδικών επιστημόνων και σε κατάλληλες θέσεις.

Να αξιοποιηθούν οι υπάρχουσες υποδομές και να γνωστοποιηθεί η σημασία για Περιβαλλοντική Εκπαίδευση σε εκπαιδευτικούς, στις διευθύνσεις εκπαίδευσης και στις περιβαλλοντικές οργανώσεις.

Χώροι κατασκήνωσης: Η επιλογή αυτών των χώρων να γίνει σύμφωνα με τα παρακάτω κριτήρια.

Η θέση τους να είναι προφυλαγμένη από έντονα καιρικά φαινόμενα.

Η θέση τους να έχει κατάλληλη τοπογραφική διαμόρφωση με μικρές κλίσεις, και κατάλληλη βλάστηση.

Η θέση τους να αποτελεί τη βάση για άλλες δραστηριότητες και εξορμήσεις (αθλήματα σχετικά με το υγρό στοιχείο).

Χώροι στάθμευσης: Να δημιουργηθούν χώροι στάθμευσης κοντά στο Μουσείο, στο Κέντρο πληροφόρησης, στα παρατηρητήρια και στις θέσεις των άλλων δραστηριοτήτων αναψυχής και άθλησης. Η θέση τους θα είναι σε κάποια απόσταση από τους χώρους παρατήρησης και θα υπάρχει μονοπάτι πρόσβασης σ' αυτούς. Ακόμα η θέση τους θα είναι διακριτική και δεν θα ξεχωρίζει από το υπόλοιπο τοπίο με δάπεδο από χαλί και όχι από ασφαλτό ή τσιμέντο.

Ψάρεμα για αναψυχή: Οργάνωση συγκεκριμένων θέσεων για ψάρεμα με ειδική διαμόρφωση της όχθης, με καθίσματα, σκέπαστρα, πινακίδες σήμανσης, πιθανώς κάποια εξέδρα και σύνδεσή τους μέσω μονοπατιών με τους χώρους στάθμευσης.

Θα υπάρχει έλεγχος της άσκησης αυτής της δραστηριότητας.

Σκάφη εσωτερικών υδάτων (ιστιοσανίδα, καγιάκ, κανό, θαλάσσια ποδήλατα, παραδοσιακές βάρκες): Η δραστηριότητα μπορεί να αναπτυχθεί κατάλληλα και να αξιοποιηθεί συμβάλλοντας στην ανάπτυξη της τοπικής οικονομίας. Για την άσκηση αυτής της δραστηριότητας θα πρέπει να ληφθούν τα εξής:

Αυστηρά μέτρα ώστε σε καμία περίπτωση να μην υπάρχουν επιπτώσεις στα ενδιαφέροντα της ορνιθοπανίδας και της ιχθυοπανίδας του υγροτόπου (π.χ. απαγόρευση της προσέγγισης στις νησίδες).

Επιβολή αυστηρών μέτρων και έλεγχος τήρησης αυτών για τυχόν επιβλαβείς συνέπειες στην ποιότητα των νερών της λίμνης.

Δημιουργία προβλήτας στο ανατολικό τμήμα της λίμνης

Οργάνωση ενεργειών για την προσέλκυση επισκεπτών μέσω της διαφήμισης και ανάπτυξη κατάλληλου πνεύματος στον τοπικό πληθυσμό και κυρίως την ενημέρωσή τους για τον πολλαπλό χαρακτήρα της λίμνης, αλλά και για τις κατηγορίες και τις ανάγκες των επισκεπτών.

4.2.5 ΦΟΡΕΑΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ.

Η αποκατάσταση του υδροτόπου της Κάρλας αποτελεί πρόκληση για την Ελλάδα να πρωτοπορήσει στη Μεσόγειο, τόσο τεχνικά και επιστημονικά όσο και θεσμικά.

Ταυτόχρονα το έργο αποκατάστασης του υδροτόπου της Κάρλας παρουσιάζει τις εξής ιδιαιτερότητες :

Εξελίσσεται σε μια οικολογικά ευαίσθητη περιοχή η οποία έχει ήδη ενταχθεί σε καθεστώς προστασίας σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία (δίκτυο NATURA 2000) και στην οποία το σύνολο των τεχνικών παρεμβάσεων αποσκοπούν κυρίως στην αποκατάσταση της οικολογικής της σημασίας.

Παρεμβαίνει κατά τρόπο δραστικό στην διαχείριση των υδατικών πόρων μιας σημαντικής για τα Ελληνικά δεδομένα περιοχής (της περιφέρειας Θεσσαλίας) στην οποία η μη ύπαρξη συνολικού σχεδίου διαχείρισης υδατικών πόρων έχει συσσωρεύσει σειρά περιβαλλοντικών προβλημάτων και έχει επηρεάσει ουσιαστικά τις αναπτυξιακές της προοπτικές.

Με την ανασύστασή της, η λίμνη Κάρλα θα διοικείται από τον Φορέα Διαχείρισης, σύμφωνα με τους εγκεκριμένους περιβαλλοντικούς όρους του έργου .

Η σύσταση φορέων διαχείρισης προστατευόμενων περιοχών πριν από τέσσερα χρόνια φαίνεται ότι έγινε μόνο «για τα μάτια» της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς ελάχιστα έχουν έκτοτε επιτευχθεί και όλα την τελευταία στιγμή.

Η Ελλάδα κατάρτισε τον σχετικό κατάλογο και το 2003, με πολλά χρόνια καθυστέρηση, προχώρησε στο αυτονόητο: στην ίδρυση ειδικών φορέων για να

διαχειριστούν και να προστατεύσουν τα πιο σημαντικά οικοσυστήματα της χώρας, όπως ισχύει στις περισσότερες δυτικοευρωπαϊκές χώρες. Όμως ανεπαρκής παραμένει η προστασία του φυσικού πλούτου της Ελλάδας.

Οι προστατευόμενες περιοχές δεν έχουν ακόμη σαφή όρια ή κανόνες προστασίας. Οι φορείς που συστήθηκαν για την προστασία τους αποτελούνται μόνο από ένα διοικητικό συμβούλιο χωρίς προσωπικό και πόρους, ουσιαστικά αδρανείς, οι εμπλεκόμενες υπηρεσίες είναι απολύτως ασυντόνιστες και ενίοτε επιθετικές απέναντι στους φορείς διαχείρισης κατά συνέπεια τα προβλήματα στην ομαλή λειτουργία των φορέων πολλά, με σημαντικά προβλήματα και ο Φορέας διαχείρισης Κάρλας.

Το 2003 και ύστερα από πιέσεις, θεσπίστηκε ο Φορέας διαχείρισης Περιοχής Οικοανάπτυξης Κάρλας-Μαυροβουνίου-Κεφαλόβρυσου Βελεστίνου και Πρόεδρος ορίστηκε ο Γενικός Γραμματέας Περιφέρειας Θεσσαλίας Αποφ-53949/04 ΦΕΚ-1979/Β/31-12-04 .

Ο Φορέας σύμφωνα με το καταστατικό συνεδριάζει κάθε 2 μήνες, δυστυχώς μέχρι σήμερα ελάχιστες φορές έχει συνεδριάσει. Η μη σύγκληση του Φορέα, έχει δημιουργήσει αρνητικά αποτελέσματα και καθυστερήσεις στο έργο.

Πρέπει άμεσα να παρθούν μέτρα ώστε ο Φορέας να λειτουργεί για το σκοπό που δημιουργήθηκε και να δρομολογηθούν οι διαδικασίες προώθησης έργων όπως:

* Η εκπόνηση διαχειριστικών σχεδίων για τις περιοχές ευθύνης τους, η κατάρτιση και ευθύνη εφαρμογής των κανονισμών διοίκησης και λειτουργίας των προστατευτέων αντικειμένων, η κατάρτιση μελετών και ερευνών ή άλλων έργων που περιλαμβάνονται στο οικείο σχέδιο διαχείρισης και στα αντίστοιχα προγράμματα δράσεις, η ευαισθητοποίηση του κοινού και η γνωμοδότηση για την έγκριση περιβαλλοντικών όρων έργων και δραστηριοτήτων.

* Η υλοποίηση προγραμμάτων προστασίας και διαχείρισης, στα οποία περιλαμβάνεται η εκπόνηση Διαχειριστικών Σχεδίων, η σήμανση των ζωνών

προστασίας και η υλοποίηση έργων διαχείρισης, προστασίας και αποκατάστασης ενδιαιτημάτων.

*Η υλοποίηση προγραμμάτων ανάδειξης των περιοχών και προσέλκυσης επισκεπτών, στα οποία περιλαμβάνεται η συμπλήρωση υποδομών πληροφόρησης, περιήγησης και ξενάγησης.

*Η υλοποίηση προγραμμάτων για την απεικόνιση της κατανομής των προστατευόμενων ειδών χλωρίδας και πανίδας, εθνικού και κοινοτικού ενδιαφέροντος .

Τέλος, σημαντική είναι και η αξιοποίηση του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Αρχική Επαγγελματική Κατάρτιση», «Προγράμματα Προστασίας Περιβάλλοντος και Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης» του Υπ. Παιδείας, από το οποίο δύναται να χρηματοδοτηθούν δραστηριότητες περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, που θα υλοποιούνται σε συνεργασία κέντρων πληροφόρησης, φορέων διαχείρισης και των δομών του Υπουργείου Παιδείας.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Angelaki A.**, M. Sakellariou, D. Pateras and A. Kungolos, 1998. «Assesing the quality of natural waters in Magnesia prefecture in Greece using Toxkits», International Symposium On New Microbiotests For Routine Toxicity Screening And Biomonitoring. New Microbiotests For Routine Toxicity Screening And Biomonitoring, Brno-Czech Republic, Special volume of selected papers, pp.281-288.
2. **Apposite E.**, and Klavins M., (1998). Assessment of the changes of COD and color in rivers of Latvia during the last twenty years. Environ. Internat. 5/6: 637-643
3. **Cooper D. M.**, House W. A., May L. and Gannon B., (2002). The phosphorus budget of the Thame catchment, Oxfordshire, U. K. : 1. Mass balance. Sci. Total Environ. 282-283: 233-251.
4. **Cox B. A.**, (2003). A review of dissolved oxygen modeling techniques for lowland rivers. Sci. Tot. Environ. 314/316 : 303-334.
5. **Gargas E.**, 1976."A Three-box Eutrophication Model of a Mesotrophic Danish Lake", Water Quality Institute, Horsholm, Denmark .
6. **Esener A. A.**, Roels J. A., and Kossen N. W. F., (1981). The influence of temperature on the maximum specific growth rate of *Klebsiella pneumoniae*. Biotechnol. Bioengng XXIII: 1401 – 1405.
7. **Foreman M. G. G.**, James C. B., Quick M. C., Hollemans P. and Wiebe E., (1997). Flow and temperature models for the Fraser and Thompson Rivers. Atmosphere – ocean 35 (1), pp.: 109 – 134.
8. **Friedrich H.**, (1965). Meeresbiologie. Gebruder Borntraeger. Berlin.
9. **Justic D.**, Rabalais N. N. and Turner R. E., (1997). Impacts of climate change on net productivity of coastal : implications for carbon budgets and hypoxia. Clim. Res. 8, 225-237.

10. **Liakopoulos A.**, 2006, Open Mi-LIFE Kick-off Meeting, 3-5 Oktober 2006, Belgium.
11. **Limno-Tech, Inc.**, "A Mathematical Framework for Water Quality Models in Saginaw River and Bay", Ann Arbor, Michigan, (1977).
12. **Loukas A.**, Mylopoulos N., Moustaka E.: 2003, A GIS based water resources management procedure for the restored lake Karla. Proceedings of the International Symposium "GIS and Remote Sensing: Environmental Applications"; 2003 November 7 – November 9; Volos, Greece:221-230.
13. **Loukas A.**, Mylopoulos N. Mylopoulos Y., Moustaka E.: 2005a, Simulation and evaluation of the operation of lake Karla reservoir. Proceedings of the 5th National Conference of the Greek Committee on Water Resources Management "Integrated Water Resources Management Based on River Basin." 2005 April 6 – April 9; Xanthi, Greece: Greek Committee on Water Resources Management (in Greek).
14. **Moustaka E.**, Mylopoulos N., Loukas A.: 2002, Assessment of the restored lake Karla operation under different hydrological and water demand scenarios. Proceedings of the 6th International Conference of Protection and Restoration of the Environment; 2002, July 1 –July 5; Skiathos, Greece: 207-215.
15. **Mayo A. W.**, and Noike T., (1996). Effects of temperature and pH on the growth of heretrophic bacteria in waste stabilization ponds. *Wat. Res.* 30, pp. 447 – 445.
16. **Neophitou C.**, (1992): Fisheries in lake Kerkini in "Conservation and Management of Greek Wetlands", Proceedings of a Greek Wetlands Workshop held in Thessaloniki-Greece, 17-21 April 1989.
17. **N. O. A. A.**, (National Oceanic and Atmospheric Administration). Fifth annual climate assessment (1993). Climate Analysis Center, Camp Springs, MD (1994).

- 18. Nyholm N.**, "A Simulation Model for Phytoplankton Growth and Nutrient Cycling in Eutrophic Shallow Lakes", *Ecological Modeling*, Vol.4, p.p. 279-310(1973).
- 19. M. Sakellariou.**, A. Angelaki, A. Kungolos, D. Pateras and N. Tsiropoulos 1998. «Study of water quality and toxicity assessment in former Karla lake reservoir in an agricultural area in Greece», Istanbul Turkey, 4th International Symposium On Waste Management Problems In Agro – Industries, pp. 165 – 172.
- 20. Sawidis T.**, (1997b). Chemical pollution monitoring in freshwater systems from Macedonia, Greece: A comparative study. *Toxicol. Environ. Chem.* 63: 215-226.
- 21. Thomann R.V.**, Di Toro D.M., Wingfield R.P. and O'Connor D.J., "Mathematical Modeling of Phytoplankton in Lake Ontario", EPA report 660/3-75-005 (1975).

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1. Ανδρεαδάκης Α.**, Αφραταίος Χ-, 1986. "Μελέτη του Φαινομένου του Ευτροφισμού με Εφαρμογή στη Λίμνη Παμβώτιδα", ΕΜΠ.
- 2. Ανδρεαδάκης Α.**, Βασιλοπούλου Μ., 1990. "Μαθηματική Προσομοίωση Ποιοτικών Χαρακτηριστικών Λίμνης Παμβώτιδας", ΕΜΠ.
- 3. Αλμπάνης Γρ.**, 2005. Ρύπανση & Τεχνολογία Προστασίας Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- 4. Αντωνόπουλος Β.**, 2003. Υδραυλική περιβάλλοντος και Ποιότητα επιφανειακών νερών, Εκδόσεις Γιαχούδη, 2003
- 5. Αποστολάκης Α.**, Γ. Ζαλίδης, Ξ. Δημητριάδης, 1995. Κατασκευή χωρικής βάσης δεδομένων για τις λεκάνες απορροής της Θεσσαλίας και χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών ΓΣΠ για την επεξεργασία των δεδομένων αυτών Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας- Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων.

- 6. Γκούμας Κ.,** 1996. Η διαχείριση των υδατικών πόρων στη Θεσσαλία και η λειτουργία του θεσμικού πλαισίου (Ν. 1739/87). Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου «Εγγειοβελτιωτικά Έργα-Διαχείριση Υδατικών Πόρων-Εκμηχάνιση Γεωργίας», Λάρισα, Α': 104-131
- 7. Διαμαντής Ι.,** Πλιάκας Φ. 1996. Επιπτώσεις από την υπερεκμετάλλευση των υπόγειων νερών-Αντιμετώπιση-Τεχνητός εμπλουτισμός. Πρακτικά Συνεδρίου ΤΕΕ «Διαχείριση Υδατικών πόρων», Λάρισα, Τόμος Ι.
- 8. Ευαγγελόπουλος Α.,** 2005. Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λάρισας. «Διαχειριστική μελέτη του υπόγειου υδάτινου περιοχών δικαιοδοσίας των ΤΟΕΒ Νομού Λάρισας», Λάρισα.
- 9. Εξαρχόπουλος Μ., (1999)** Λίμνη Κάρλα. Η Αρχαία Βοιβή. Η αποκατάσταση ενός υγρότοπου στην Ελλάδα από τους σημαντικότερους της Ευρώπης. Βόλος ΤΕΕ, Τμήμα Μαγνησίας, 57-86.
- 10. Ζαλίδης Γ. Χ.,** Ξ. Π. Δημητριάδης, Σ. Α. Χατζηγιαννάκης, 1995. Ο ιδεότυπος της τέως λίμνης Κάρλας- Ως βάση αξιολόγησης των προταθείσων λύσεων κατασκευής του ομώνυμου ταμιευτήρα, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας- Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων.
- 11. Θάνος Μ.,** 1996. Επίδραση του Ταμιευτήρα Κάρλας στα υπόγεια νερά της Ν.Α. περιοχής στην ανατολική Θεσσαλία. Πρακτικά Συνεδρίου ΤΕΕ «Διαχείριση Υδατικών πόρων», Λάρισα, Τόμος Ι. .
- 12. Κουϊμτζής Θ.,** Σαμαρά Κ., Σκλαβούνος Σ., Αλμπάνης Τ., Βουτσά Δ., και Ζαχαριάδης Γ., (1993). Αναλυτικοί προσδιορισμοί και χαρακτηρισμός της ποιότητας επιφανειακών νερών-Περίπτωση Αλιάκμονα. Συνολική έκθεση πεπραγμένων ερευνητικού έργου του Εργαστηρίου Ελέγχου Ρύπανσης Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

- 13. Κουτσογιάννης Δ.**,1997. Αναβάθμιση και επικαιροποίηση της υδρολογικής πληροφορίας της Θεσσαλίας ΥΠΕΧΩΔΕ-ΕΜΠ.
- 14. Κωτούλας Δ.** (1996), Υδρογνώσια και Υδροδιαχείριση.
- 15. Λουκάς Α.**, Μυλόπουλος Ν., Μεθυσμάκη Ι., Χατζηγεωργίου Κ., Ψόχιου Β., (2003). Διαχείριση Επιφανειακού Υδατικού Δυναμικού της Λεκάνης του Πηνειού Ποταμού, Παρακτικά 3^ο Συνεδρίου Ανάπτυξης της Θεσσαλίας « Επιστημονικό Συνέδριο για τη Διαχείριση των Υδάτινων Πόρων και την αειφόρο Ανάπτυξη στη Θεσσαλία», ΕΘΕΜ , Λάρισα , 12-14 Δεκεμβρίου.
- 16. Μαρίνος Π.**, Θάνος Μ., Περγλέρος Β., Καββαδάς Μ. 1996. Το δυναμικό των υπόγειων υδάτων της θεσσαλικής πεδιάδας και η υπερεκμετάλλευση του. Πρακτικά Συνεδρίου ΤΕΕ «Διαχείριση Υδατικών πόρων», Λάρισα, Τόμος Ι.
- 17. Μελέτη σκοπιμότητας έργων αποχέτευσης ακαθάρτων Βόλου** (Α.Γ. Μαχαίρας ΑΕ - Γ.Μαχαίρας) (1974)
- 18. Μελέτη έργων υποδομής ΒΙ.ΠΕ Βόλου-Εργα ύδρευσης** (Οδοτεχνική ΕΠΕ-Δ.Σιώρης)(1979)
- 19. Μυλόπουλος Ν.**, Α. Λιακόπουλος, Α. Μέντες, Χ. Φαφούτης, Γ. Γαλανός, Μ. Καραμανλίδου, Προκαταρκτική διερεύνηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της μείζονος υδρολογικής λεκάνης Βόλου. Καθορισμός προτεραιοτήτων για έργα του Γ' Κ.Π.Σ., Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τομέας Υδραυλικής και Περιβαλλοντικής Τεχνικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών
- 20. Νεοφύτου Χρήστος.**, (1990) . Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος ΑΠΘ, Ιστορικά στοιχεία για την ιχθυοπανίδα στην τέως λίμνη Κάρλα.
- 21. Νεοφύτου Χρήστος.**, (1985).Ιχθυοπονία γλυκών υδάτων Θεσσαλονίκη.
- 22. Νεοφύτου Χρήστος.**, Α.Οικονόμου, Ι. Γαλανός, Γ. Διαμαντής, Σ. Μάμαλη, Θ.Μαρού, (1992). Διαχείριση του Οικοσυστήματος της Κάρλας με Περιβαντολογικά Κριτήρια . Βόλος σελ. 30-34.

- 23. Οριστική μελέτη** έργων αποχέτευσης μείζονος περιοχής Βόλου (Γενικοί Μελετητές Α. Γ. Μαχαίρας ΑΕ - Λ. Λαζαρίδης) (1978)
- 24. Οριστική μελέτη** εσωτερικού δικτύου ύδρευσης περιοχής ΔΕΥΑΜΒ (1993).
- 25. Παπαζαφειρίου Ζ.**,(1999), Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών.
- 26. Παπαμιχαήλ Δ.**, (2001), Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων
- 27. Πρόδρομη συνοπτική έκθεση** μελέτης εσωτερικού δικτύου ύδρευσης Μείζονος Περιοχής Βόλου ("ΥΔΡΟΕΞΥΓΙΑΝΤΙΚΗ" Λ.Σ.Λαζαρίδης & Σια Γραφείο Μαχαίρα ΑΕ-"ΑΚΜΟΝ" ΕΠΕ-Θεόφιλος Σπάθης) (1993)
- 28. Προμελέτη ενίσχυσης υδραγωγείου** από γεωτρήσεις περιοχής Κάρλας ("ΥΔΡΟΕΞΥΠΙΑΝΤΙΚΗ" Λ.Σ.Λαζαρίδης & Σια ΕΕ, "Γραφείο Μαχαίρα" ΑΕ, "ΑΚΜΟΝ" ΕΠΕ, Θεόφιλος Σπάθης).(1994)
- 29. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ.**, Τέντας Ι.,Καλφούντζος Δ., Παπανίκος Ν., 2003. Άρδευση πρασίνου με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. Πρακτικά 3^ο Πανελληνίου Συνεδρίου της Εταιρίας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ), 29-31 Μαΐου, Θεσσαλονίκη , σ. 265-272.
- 30. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ.**, Βαρδούλη Β., Βύρλας Π., Παπανίκος Ν., 2004. Επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση πρασίνου. Πρακτικά 1^ο Πανελληνίου Περιβαλλοντικού Συνεδρίου 7-9 Μαΐου, Ορεστιάδα, σ. XX-XX.
- 31. Στάθης Δ., Σαπουντζής Μ.** (2002), Εκτίμηση του στερεοφορτίου λεκάνης απορροής στη θέση κατασκευής του φράγματος ταμίευσης νερού. Η ενέργεια αυτή παρουσιάστηκε μετά από κρίση, στο 10^ο Πανελλήνιο Δασολογικό συνέδριο, τον Μάιο του 2002.
- 32. Στασινόπουλος Κ.**, Μαντζάρας Θ., Λαζαρίδης Λ., 1979. Συνοπτικά στοιχεία για το αρδευτικό πρόβλημα της Θεσσαλίας. Πρακτικά Συνεδρίου ΤΕΕ «Υδάτινο δυναμικό Θεσσαλίας», Λάρισα, Α': 75-91.

- 33. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας., 2005.** Συμπεράσματα διημερίδας « Αχελώος : Η βέλτιστη διαχείριση », Ενημερωτικό Δελτίο ΤΕΕ, Τεύχος 2372 /19-12-2005.
- 34. Τερζίδης Γ.Α., Ζ. Γ. Παπαζαφειρίου,** Γεωργική Υδραυλική Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1997
- 35. Τσακίρης Γ. (2001)** Διαχείριση Υδατικών Πόρων για την Ειρήνη την Ανάπτυξη και το Περιβάλλον, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο.
- 36. Τσακίρης Γ. (1995)** Υδατικοί Πόροι: Τεχνική Υδρολογία, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- 37. ΥΠΕΧΩΔΕ,** Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων, Επαναδημιουργία λίμνης Κάρλας: Περιβαλλοντική Τεχνική Έκθεση, Μελέτη Κόστους-Οφέλους και Υποστηρικτικές Μελέτες, Αθήνα 1999
- 38. ΥΠΕΧΩΔΕ,** Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων, Επαναδημιουργία λίμνης Κάρλας: Περιβαλλοντική Τεχνική Έκθεση, Μελέτη Κόστους-Οφέλους και Υποστηρικτικές Μελέτες, Παράρτημα ΠΙ. 2, Υποστηρικτική Υδρογεωλογική Μελέτη, Αθήνα 1999
- 39. ΥΠΕΧΩΔΕ,** Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων, Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων και επανορθωτικών μέτρων από την κατασκευή και λειτουργία του ταμιευτήρα Κάρλας,, Αθήνα 1995
- 40. Υπουργείο Ανάπτυξης, Ε.Μ.Π., Ι.Γ.Μ.Ε.,** «Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Χώρας», 1996)
- 41. Φιλιππίδης Α., 2005.** Εξυγίανση και προστασία των υδάτων της λίμνης Κορώνειας με φυσικό ζεόλιθο. 13ο Σεμινάριο για την Προστασία του Περιβάλλοντος (Θεσσαλονίκη), Πρακτικά, 73-84

- 42. Ψιλοβίκος Αρ.**, 1999. Βέλτιστη διαχείριση υδροφορέων. Συγκριτική αξιολόγηση με τις μεθόδους του Γραμμικού και μη Γραμμικού Προγραμματισμού. Διδακτορική Διατριβή, σελ. 253, Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών Α.Π.Θ.
- 43. Ψιλοβίκος Αρ.**, Χρ.Τζιμόπουλος., 2003. Αρχή της Χρονικής Επαλληλίας από το Μητρώο Μοναδιαίας Ανταπόκρισης στη Διαχείριση Υπόγειου Υδροφορέα. Υδροτεχνικά Τόμος 13, Σελ. 87.
- 44. Ψιλοβίκος Α.**, Αλμπανάκης Κ., Μαργώνη Σ., Ψιλοβίκος Αρ., Ιωαννίδης Δ. & Μακρυγιώργος Χ., 2002. Συμβολή στη διαχείριση και στην περιβαλλοντική παρακολούθηση του ποτάμιου συστήματος του Νέστου». Πρακτικά του 6^{ου} Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας, Τόμος ΙΙ, σελ. 505 – 512, Θεσσαλονίκη.
- 45. Ψιλοβίκος Αρ.**, 2005. Η συμβολή της παρακολούθησης (monitoring) στην ορθολογική διαχείριση και την πρόληψη περιβαλλοντικών κινδύνων στο διασυνοριακό ποταμό Νέστο. Η προοπτική για την εφαρμογή της Οδηγίας **2000/60**». *ΥΔΡΟΤΕΧΝΙΚΑ*, Τόμος **15**, Σελ. **87 – 102**.
- 46. Ψιλοβίκος Αρ.**, Φιλίππου Χρ., Μαργώνη Σ., Ματζαφλήρη Ν., Κούγκολος Αθ., 2006. «Σύγκριση δυο Αλγορίθμων Χωρικής Προσομοίωσης των Ποιοτικών Παραμέτρων των Υδάτων της Λίμνης της Καστοριάς με τη Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών». Πρακτικά του 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με τίτλο : «*Μονάδες Επεξεργασίας υγρών αποβλήτων μικρής κλίμακας*», σελ. 25 – 32, Πορταριά Πηλίου.
- 47. Ψιλοβίκος Αρης.**, 2005 «Αειφορική Διαχείριση Υδατικών Πόρων» Πανεπιστημιακές Σημειώσεις .
- 48. Χατζηγάκος Γ.Α.**, 1992: Η τέως λίμνη Κάρλα και η αποκατάσταση της, Λάρισα.

6. ABSTRACT

Reconstitution of Thessaly's Lake Karla

This project is principally environmental and is situated in the region of Thessaly in Central Greece; its bigger part belongs to the prefecture of Magnesia while the rest of it belongs to the prefecture of Larissa.

The ancient lake Voivois (Modern Greek name: Karla) was settled in the southern part of the south-eastern Thessaly champaign's hydro-geological basin. The usual extent of the lake amounted up to a maximum of 6,500 hectares, but also in some cases it has been reported that the extent of the lake amounted up to 18,000 hectares (winter of 1920-1921). The lake was shallow (2 to 6 meters depth) with rich aquatic flora, big populations of almost every European bird species and was one of the most productive regions of Greece in crucian carp fishing.

The region's needs for flood-preventing action and for the acquisition of land for agricultural use were the cause for the development of various studies which were conducted after the liberation of Thessaly, in 1881. According to these studies, the utilization of the area was connected with the construction of flood-preventing and draining works, the exsiccation of the lake via a tunnel to the Pagasitikos bay, and the manufacturing of a tank in a section of the old lake. This tank would be useful for the interception of floods and the saving of a part of Penios River's winter water supplies for irrigation. The lake was drained in 1962 with the manufacturing of a tunnel that channeled the water in the bay of Pagasitikos.

Aims of the study:

- 1) The registration of the current situation regarding the abiotic parameters, both quantitative and qualitative, of Lake Karla's natural environment.

- 2) The registration of the man's interference (hydraulic work) which aim at multiple uses of Lake Karla's water (environmental, irrigating, watering and entertaining use).
- 3) The water balance as well as the check of the water sufficiency for the uses that were mentioned above, with a timeline that endures until the year 2030.
- 4) The qualitative parameters that were measured and their comparison during the decade from 1997 to 2007 (quality management).

The aim of the present Post-graduate study, is to study thoroughly the management of the water resources in the basin of the under-construction Thessalia's lake, Karla.

Moreover, it is attempted to investigate the tank's role in the water management in the wider area as well as its quality.

Furthermore, the study aims in investigating the feasibility in the achievement of the two principal contributory to the Lake Karla's reconstitution factors, which are:

- 1) The clearly environmental factor that is specialized in the development of a new ecological environment, in the creation of piscatorial resources in the lake and in the improvement of the water supplies of the major part of Volos City.
- 2) The agricultural factor, which is sequential and complementary to the clearly environmental one.

The necessary actions for the first factor are:

- *Work for the reformation and the water supplying of the lake.
- * Work to reinforce and highlight the environment.
- * Flood-preventing and antifouling work for the protection of Karla's basin.
- * Work for the improvement of the water system of the city of Volos.
- * Work for transporting water from the lake to regions outside it.

The sequent work, by which the tank is utilized for the agri-environmental factor, is mainly based upon:

* Permanent irrigating work.

* Temporary work for irrigation.

According to the conclusions of this study, the possibility of failure in the water-saver's function is small and depends -up to a big rate- on Penios River. However, it is anticipated to deal with this problem by deviating Acheloos River, which will supply additional water quantities. So, the needs, for which the water-saver was created, will be satisfied even under extreme hydrologic circumstances. Moreover, it is quite possible for the irrigating net to extend, so as to null the water pumping from the underground water pipe.

The measurements of the physicochemical parameters that we took, showed high level of pollution of the water that will enter the water-saver, thus it is necessary to take immediate action of improvement.

KEYWORDS: Lake Karla, water resources, rational administration, Physicochemical parameters, Water Quality.