

Θάνατος ψαριών σε ταμιευτήρες και/ ή τεχνητές λίμνες: αιτίες και προτάσεις αποκατάστασης. Η περίπτωση της λίμνης Κάρλας.

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Νίκου Αναστάσιος
Μηχανικός Περιβάλλοντος



Βόλος, Ιούνιος 2013

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΤΟΥ
ΝΙΚΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ
ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕ ΤΙΤΛΟ:

**ΘΑΝΑΤΟΣ ΨΑΡΙΩΝ ΣΕ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ ΚΑΙ/Ή ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΛΙΜΝΕΣ:
ΑΙΤΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ
ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ**

Υπό την επίβλεψη της:

ΧΡΥΣΗΣ ΛΑΣΠΙΔΟΥ, Επίκουρος Καθηγήτρια

Μέλη εξεταστικής Επιτροπής:

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΚΟΥΓΚΟΛΟΣ, Καθηγητής

ΟΛΓΑ ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ, Καθηγήτρια

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζονται οι συνθήκες που επικρατούν στο οικοσύστημα της λίμνης Κάρλας και οι βιοτικοί και αβιοτικοί παράγοντες που έχουν οδηγήσει στην υποβάθμιση της οικολογικής κατάστασής της και σε περιστασιακούς αλλά μαζικούς θανάτους ψαριών. Παρουσιάζονται τα κλιματολογικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, αλλά και το χρονικό της αποξήρανσης και οι επιπτώσεις που επέφερε αυτή. Παράλληλα, πραγματοποιείται διερεύνηση, μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης, των κυριότερων προβλημάτων που έχουν υποδειχθεί εμπειρικά και με έρευνες πεδίου ως υπεύθυνα για την υποβάθμιση της ποιότητας των νερών έως και πρόκληση μαζικών θανάτων της υδρόβιας ζωής σε λίμνες της ελληνικής επικράτειας, και δη της λίμνης Κάρλας. Τέλος, προτείνονται τρόποι πρόληψης και λύσεις αποκατάστασης, για την επανάκαμψη του εν λόγω οικοσυστήματος και τη σταθεροποίηση μιας βιώσιμης κατάστασης στα νερά της λίμνης και το ευρύτερο περιβάλλον.

Λέξεις Κλειδιά: Ταμιεντήρες, λίμνες, Κάρλα, θάνατος ψαριών, ευτροφισμός, οικολογική κατάσταση.

ABSTRACT

This thesis examines the conditions prevailing in the lake Karla's ecosystem and the biotic and abiotic factors that have led to the deterioration of its ecological state and to occasional but massive fish deaths. Climatological and geomorphological characteristics of the study area are presented, as well as the drainage of the lake and the impact this brought. Furthermore, an investigation is carried out, through literature review, of the main problems that have been indicated by empirical and field investigations as responsible for the degradation of water quality and even the cause of mass deaths of aquatic life in lakes of Greek territory, particularly the Lake Karla. Finally, the study proposes ways of prevention and recovery solutions, for the resurgence of the ecosystem and stabilization of a sustainable situation in the lake waters and the wider environment.

Πίνακας περιεχομένων

1.	Εισαγωγή.....	1
2.	Υδατικοί Πόροι.....	2
2.1.	Ταξινόμηση	4
2.1.1.	Λίμνες.....	4
2.1.2.	Λιμνοθάλασσες.....	5
2.1.3.	Έλη.....	7
2.1.4.	Πηγές.....	8
2.1.5.	Ποταμοί.....	9
2.1.6.	Εκβολές και Δέλτα ποταμών.....	10
2.1.7.	Τεχνητές Λίμνες.....	11
3.	Υγρότοποι.....	11
3.1.	Λειτουργίες και Αξίες Υγροτόπων.....	14
3.2.	Τύποι υγροτόπων.....	17
3.3.	Περιβαλλοντική υποβάθμιση υγροτόπων.....	19
4.	Ποιότητα Νερού στους Ταμιευτήρες.....	22
4.1.	Γενικά	22
4.2.	Παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του νερού	23
5.	Ρύπανση Υδάτινων Συστημάτων	27
5.1.	Ρύπανση και προβλήματα υγροτόπων και ταμιευτήρων.....	27
5.2.	Ευτροφισμός	34
6.	Υποβάθμιση υδάτινων οικοσυστημάτων και κοινωνίες ψαριών.....	43
7.	Διεθνές δίκαιο για την προστασία υγροτόπων	48
8.	Θεσσαλία και λεκάνη απορροή της Κάρλας.....	53
8.1.	Ζήτηση σε νερό	55
8.2.	Γεωλογική εξέλιξη Θεσσαλίας	58
9.	Λίμνη Κάρλα.....	59
9.1.	Γενικά στοιχεία.....	59
9.2.	Γεωγραφική θέση της λεκάνης απορροής της Κάρλας.....	63
9.3.	Γεωμορφολογία	64
9.4.	Γεωλογία περιοχής.....	65
9.5.	Υδρογεωλογία περιοχής	68
9.6.	Υδροφόροι σχηματισμοί	69
9.7.	Κλίμα	70

9.7.1.	Θερμοκρασία	70
9.7.2.	Βροχόπτωση και Υγρασία	71
9.7.3.	Άνεμος.....	71
9.7.4.	Λοιπά καιρικά φαινόμενα.....	72
9.8.	Λιμνολογικά δεδομένα	72
9.9.	Ιχθυοπανίδα.....	73
9.10.	Ορνιθοπανίδα	74
9.11.	Θηλαστικά.....	76
9.12.	Χλωρίδα – ζώνες φυσικής βλάστησης.....	76
9.13.	Οικοσύστημα	76
10.	Αποξήρανση της λίμνης Κάρλας	78
10.1.	Ιστορικό της αποξήρανσης.....	80
10.2.	Η αποξήρανση της λίμνης.....	81
10.3.	Επιπτώσεις στο περιβάλλον.....	83
10.4.	Επιπτώσεις στον άνθρωπο.....	89
10.5.	Έργο αποκατάστασης.....	91
11.	Η κατάσταση σήμερα.....	93
11.1.	Αβιοτικό περιβάλλον	94
11.2.	Κυανοβακτήρια.....	95
11.3.	Μονοκύτταροι ευκαρυωτικοί οργανισμοί (μικροφύκη και πρωτόζωα)	95
12.	Μαζικοί θάνατοι ψαριών σε Λίμνες και Ταμειυτήρες στον Ελλαδικό Χώρο	96
12.1.	Έρευνα στις 13 κυριότερες λίμνες της Ελλάδας	96
12.2.	Μαζικοί θάνατοι ψαριών στη λίμνη Κορώνεια	99
12.3.	Μαζικοί θάνατοι ψαριών στη λίμνη Κάρλα.....	101
13.	Συμπεράσματα.....	114
14.	Μέτρα Πρόληψης και Αποκατάστασης	118
15.	Παράρτημα	122
16.	Βιβλιογραφία	125

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά και παράμετροι χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της ποιότητας του νερού διαφόρων χρήσεων.....	24
Πίνακας 2. Τιμές BOD και COD σε διάφορα νερά και απόβλητα	26
Πίνακας 3. Μικροβιακός χαρακτηρισμός νερών	26
Πίνακας 4. Οι κυριότερες φυσικές και τεχνητές λίμνες (ταμιευτήρες και λιμνοδεξαμενές) στην Ελλάδα με τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους, τα προβλήματα και τις απειλές που δέχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες και φυσικά αίτια, καθώς και τις κυριότερες χρήσεις.....	41
Πίνακας 5. Το μέγεθος της λεκάνης απορροής της λίμνης Κάρλας από το 1937 ως το 1952 ..	60
Πίνακας 6. Υγρασία (%) από μετεωρολογικό σταθμό Αγκιάλου 1956-1997	71
Πίνακας 7. Ανεμόγραμμα μετεωρολογικού σταθμού Αγκιάλου 1956-1997	72
Πίνακας 8. Απόδοση των επιμέρους λειτουργιών σε σχέση με τα σχέδια αποκατάστασης	91
Πίνακας 9. Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα της Κάρλας	92
Πίνακας 10. Βασικές φυσικές και χημικές παράμετροι στη λίμνη Κάρλα	106
Πίνακας 11. Μεταβολή της στάθμης και του όγκου της λίμνης Κάρλας για την χρονική περίοδο Μάιος 2011- Μάρτιος 2012	112

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Έκταση ρύπανσης στις λίμνες: α) ποσοστό της επιφάνειας των ρυπασμένων λιμνών, β) ποσοστό επιφάνειας λιμνών που ρυπάνθηκαν κατά πηγή ρύπανσης	30
Εικόνα 2. Χάρτης της Θεσσαλίας που απεικονίζει τις λεκάνες απορροής του Πηνειού ποταμού και της λίμνης Κάρλας	54
Εικόνα 3. Χάρτης γεωτρήσεων και πηγών Θεσσαλίας	57
Εικόνα 4. Χάρτης υψομετρικών ζωνών της λεκάνης απορροής της λίμνης Κάρλας	59
Εικόνα 5. Μέγιστη και ελάχιστη επιφάνεια της πρώην λίμνης Κάρλας	61
Εικόνα 6. Διακυμάνσεις της στάθμης του νερού της λίμνης Κάρλας	63
Εικόνα 7. Σχέση μεταξύ της επιφάνειας και της στάθμης της λίμνης Κάρλας	63
Εικόνα 8. Γεωγραφική τοποθέτηση της τέως λίμνης Κάρλας	64
Εικόνα 9. Γεωλογικό σκαρίφημα της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης της Ανατολικής Θεσσαλίας	67
Εικόνα 10. Αλατότητα και αλκαλικότητα των εδαφών στη λεκάνη της πρώην λίμνης Κάρλας. Επεξεργασμένο από Ζαλίδη και άλλους (1995)	83
Εικόνα 11. Απόλυτη στάθμη των υπόγειων υδάτων (μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας) σε τρία πηγάδια μετά την αποξήρανση της λίμνης Κάρλας	85
Εικόνα 12. Συγκέντρωση μικροκιστινών στα νερά και στον αφρό των εξεταζόμενων λιμνών .	97
Εικόνα 13. Εκτιμώμενη ημερήσια πρόσληψη μικροκιστινών ενός ανθρώπου βάρους 60 κιλών, μέσω της καθημερινής διατροφής του με 300 γρ μυϊκού ιστού <i>C. gibelio</i> . Η οριζόντια γραμμή αντιπροσωπεύει την επιτρεπόμενη καθημερινή συνολική πρόσληψη που έχει καθιερωθεί από ΠΟΥ.	99
Εικόνα 14. Ενδοκυτταρικές συγκεντρώσεις μικροκυστινών (μg/L) στη λίμνη Κάρλα σε σχέση με τις οδηγίες για την αποφυγή ανεπιθύμητων προβλημάτων υγείας	105
Εικόνα 15. (a, c, e) Αφθονία ($\times 10^7$ άτομα/ L) από τα εν αφθονία είδη φυτοπλαγκτού (>90% του συνόλου); (b, d, f) Βιομάζα (mg/ L) από τα κυρίαρχα είδη φυτοπλαγκτού (>90% του συνόλου) το Μάρτιο, Απρίλιο και Ιούνιο 2010, αντίστοιχα.	108
Εικόνα 16. Πληθυσμοί <i>Prymnesium parvum</i> και <i>Pfiesteria piscicida</i> στη λίμνη Κάρλα από Μάρτιο του 2010 έως Μάρτιο του 2011	109
Εικόνα 17. Πληθυσμοί κυανοβακτηρίων στη λίμνη Κάρλα από Μάρτιο του 2010 έως Σεπτέμβριο του 2011	109
Εικόνα 18. Μεταβολή της στάθμης και του όγκου της λίμνης Κάρλας για την χρονική περίοδο Μάιος 2011- Μάρτιος 2012 συγκριτικά με τα ελάχιστα επιτρεπόμενα μεγέθη για τη διατήρηση του υγροτόπου.	113

Ευχαριστίες

Μετά την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν και με στήριξαν κατά τη διάρκεια της εκπόνησής της.

Πρώτη από όλους την κ. Χ. Λασπίδου, επίκουρος καθηγήτρια του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το παρόν θέμα στο πλαίσιο της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, καθώς και για τις πολύτιμες γνώσεις που μου μετέδωσε καθ' όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών.

Επίσης, για τη συμμετοχή τους στην τριμελή επιτροπή ευχαριστώ θερμά τους κ.κ. Αθανάσιο Κούγκολο και Όλγα Χριστοπούλου, καθηγητές του τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η συνεργασία μαζί τους στα πλαίσια των μαθημάτων του μεταπτυχιακού υπήρξε ευχάριστη και ιδιαίτερα εποικοδομητική.

Τις θερμότερες ευχαριστίες μου θα ήθελα να εκφράσω προς τον φίλο μου Γεώργιο, για την υποστήριξη και βοήθεια που μου παρείχε κατά τη σύνταξη της παρούσας εργασίας.

Παράλληλα, το συμφοιτητή Δημήτρη για τη βοήθεια κατά την εύρεση βιβλιογραφικών πηγών.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για τη συμπαράσταση και την απεριόριστη ηθική υποστήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό και τα υδάτινα συστήματα στον πλανήτη Γη αποτελούν τη σημαντικότερη πηγή ζωντανών οργανισμών και ο ρόλος τους είναι ακρογωνιαίος για την βιοποικιλότητα, την διατήρηση ευαίσθητων οικοσυστημάτων και των βιογεωχημικών κύκλων.

Από πολύ παλιά ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε το νερό για ζωτικές, ως προς την επιβίωσή του, παραδοσιακές χρήσεις. Όταν ο άνθρωπος ζούσε από το κυνήγι, κατοικούσε σε περιοχές κοντά στο νερό, στις οποίες πήγαιναν τα θηράματα του για να ξεδιψάσουν. Αργότερα με την καλλιέργεια του εδάφους, συνειδητοποίησε ότι το νερό είναι απόλυτα αναγκαίο για τις σοδειές του, γεγονός που μαρτυρείται από τα ερείπια παλαιών αρδευτικών δικτύων, που αξιοποιούσαν με κάθε δυνατό μέσο τη μέγιστη δυνατή χρήση του διαθέσιμου νερού. Με τη συγκρότηση των κοινωνικών ομάδων και την εγκαθίδρυση των μόνιμων οικισμών, δημιουργήθηκε ένας ανταγωνισμός για την κατοχή του επιθυμητού ζωτικού χώρου που χαρακτηριζόταν από την αφθονία του γλυκού νερού και επομένως από την επάρκεια της τροφής. Εξάλλου, το νερό ως μέσο μεταφοράς, καλύπτοντας την ανάγκη της ανταλλαγής των προϊόντων και του εμπορίου, μετέτρεψε την ανθρώπινη αυτή δραστηριότητα σε συντελεστή οικονομικής και πολιτιστικής προόδου. Όπως γνωρίζουμε, στην κοιλάδα του Νείλου, βάρκες και σχεδίες συνέδεαν τους ανθρώπινους καταυλισμούς για πολλούς αιώνες, ενώ η σημασία του νερού για τις μεταφορές φαίνεται και από τα αφιερώματα που βρίσκονται στους βασιλικούς τάφους της αρχαίας Αιγύπτου.

Οι αρχαιότεροι πολιτισμοί δημιουργήθηκαν στις πεδινές περιοχές της Β. Αφρικής και νοτιοδυτικής Ασίας, στις οποίες το νερό είναι πολύτιμο. Οι πρώτες ανθρώπινες κοινωνίες, από την 4η χιλιετία, δημιούργησαν σημαντικά τεχνικά έργα για τη χρήση και την αξιοποίηση του νερού. Επίσης, έργα ύδρευσης αναφέρονται τη δεύτερη χιλιετία στην Αίγυπτο, στην Κίνα, στην Περσία, στην Κρήτη, κ.ά. Τα διάφορα έργα άκμασαν κατά τη ρωμαϊκή αυτοκρατορία, ενώ κατά το Μεσαίωνα παρατηρήθηκε μεγάλη οπισθοδρόμηση.

Με το πέρασμα πολλών αιώνων και φτάνοντας στη βιομηχανική επανάσταση, διαφοροποιούνται οι χρήσεις των υδατικών πόρων, εντατικοποιούνται οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτούς και αρχίζουν να εμφανίζονται κίνδυνοι που απειλούν και την ποιότητα και την επάρκειά του. Σ' αυτό

συνέβαλε σημαντικά και η αυξημένη χρήση των επιφανειακών νερών, ιδιαίτερα των λιμνών και ποταμών, για ύδρευση, άρδευση, ενέργεια, υδατοκαλλιέργεια, αναψυχή, τουρισμό και για περιβαλλοντική χρήση.

Παλαιότερα, η φυσική-δυναμική λειτουργία του βιο-γεω-φυσικού χώρου κατόρθωνε να αντισταθμίζει (αυτοκαθαρισμός) και να εξισορροπεί τις ανθρώπινες επεμβάσεις και συμπεριφορές πάνω στο νερό και τους πόρους του. Η οργάνωση όμως του σύγχρονου παραγωγικού συστήματος, σε συνδυασμό με τις αυξημένες απαιτήσεις για καταναλωτικά αγαθά και νέες ανάγκες, οδήγησαν στην εντατικοποίηση των διαφόρων δραστηριοτήτων οι οποίες διατάραξαν την ισορροπία της φυσικής λειτουργίας των υδάτινων πόρων. Κάπως έτσι δημιουργήθηκαν τα προβλήματα της ρύπανσης των νερών. Σήμερα, στις σοβαρότερες μορφές ρύπανσης των νερών συγκαταλέγονται η χημική ρύπανση, ρύπανση από βιομηχανικά απόβλητα, αστικά λύματα και γεωργοκτηνοτροφικές απορροές, η ραδιενεργός ρύπανση, η ρύπανση από πετρελαιοειδή, καθώς και η θερμική ρύπανση.

Πριν από λίγες δεκαετίες, οι απαιτήσεις ενός περισσότερο ευαισθητοποιημένου κοινού για καλύτερες συνθήκες ζωής και για αναβαθμισμένη ποιότητα νερού, καθώς και η ανάγκη κάλυψης πολλαπλών χρήσεων που προσφέρουν οι υδατικοί πόροι, ιδίως σε περιοχές με ανεπάρκεια νερού, δημιούργησαν την ανάγκη προστασίας του. Στις μέρες μας, προβάλλει επιτακτική η ανάγκη για συνετή διαχείριση των υδατικών πόρων, ώστε να εξασφαλίζεται η μόνιμη και καλή ποιότητα τους. Σημασία όμως έχει και η επαρκής ποσότητα σε επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους, γιατί είναι πλέον γνωστό ότι, το νερό είναι πολύτιμος φυσικός πόρος σε ανεπάρκεια. (Κουσουρής, 1995)

2. ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

Κάθε υδάτινος χώρος δεν είναι κατ' ανάγκη διαθέσιμος και δεν μπορεί να διατεθεί για χρήση. Για να είναι κάποιος υδάτινος χώρος, πόρος, πρέπει ο υδάτινος όγκος του να είναι διαθέσιμος ή και να μπορεί να διατεθεί για χρήση σε επαρκή ποσότητα, κατάλληλη ποιότητα, ενώ θα πρέπει να προσδιορίζεται και η χρονική περίοδος μέσα στην οποία μπορεί να ικανοποιήσει τη συγκεκριμένη ζήτηση. Ένας υδατικός πόρος, είναι δυνατό ήδη να χρησιμοποιείται ή να αποτελεί αποθηκευτικό δυναμικό στρατηγικής για το μέλλον. Αυτό όμως που καθορίζει αυτόν τον πόρο είναι η τρέχουσα και η μελλοντική του αξιοπιστία, ενώ είναι δυνατό μεταβολές στο φυσικό

περιβάλλον και στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες μιας περιοχής, να επηρεάσουν το μέγεθος, την αξιοπιστία ή και να ακυρώσουν τη χρήση του (Σούλιος, 1996, Τσακίρης, 1995).

Στους επιφανειακούς υδατικούς πόρους ανήκουν τα ποτάμια, οι χείμαρροι, οι λίμνες, τα έλη, οι βάλτοι, οι λιμνοθάλασσες, οι λιμνοδεξαμενές και οι ταμειυτήρες, ενώ στους υπόγειους υδατικούς πόρους περιλαμβάνονται τα νερά των γεωτρήσεων, των πηγαδιών, των πηγών και των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων.

Οι πρώτες αναφορές για τεχνητές λίμνες υπάρχουν εδώ και 2000 χρόνια από τους Αιγύπτιους. Αρχαία φράγματα ήταν γνωστά στη Μεσοποταμία, για αρδευτικούς και υδρευτικούς σκοπούς, ενώ τα σημερινά φράγματα έχουν κατασκευαστεί για τον έλεγχο των πλημμύρων, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, για υδροδότηση πόλεων και άρδευση γεωργικών εκτάσεων κ.ά.

Γενικά, οι γεωμορφολογικές δράσεις των τρεχόμενων και λιμναζόντων νερών σε συνδυασμό με την υψηλή στάθμη των υπόγειων νερών, την αποθηκευτική ικανότητα των εδαφών και τη βλάστηση είναι δυνατό να δημιουργήσουν διάφορους τύπους υγρασιόπων, όπως έλη, βάλτους, μικρές λίμνες, λιμνοθάλασσες, υγρά λιβάδια, επίπεδα λασποτόπια κ.ά. (Κουσουρή, 1995).

Οι υδάτινοι πόροι στον πλανήτη μας κατανέμονται κυρίως στις φυσικές λίμνες που συγκεντρώνουν γύρω στα 200.000 Km³ νερό, στις τεχνητές λίμνες και στα ποτάμια που υπολογίζεται ότι έχουν 1200-1300 Km³ νερό και στα υπόγεια νερά που υπολογίζεται ότι έχουν 8.4 X 10⁶ Km³ αποθηκευμένο ή μετακινούμενο νερό στα ανώτερα 1000 μέτρα του φλοιού της γης, ενώ άλλα τόσα κυβικά χιλιόμετρα νερό βρίσκονται βαθύτερα. Στην Ελλάδα, οι φυσικές και τεχνητές λίμνες καλύπτουν σε έκταση περίπου 956 Km², οι λιμνοθάλασσες περίπου 288 Km², οι ποταμοί έχουν μήκος περίπου 4268 Km, τα έλη περίπου 58 Km² και οι εκβολές και τα δέλτα των ποταμών περίπου 723 Km² (Ν.Α., 1970-1996, ΕΚΒΥ, 1994).

Οι υδάτινοι πόροι συνήθως διακρίνονται σε στάσιμα, τρεχούμενα και αποθηκευμένα νερά, όπως και σε γλυκά, υφάλμυρα και αλμυρά νερά. Στα στάσιμα νερά συγκαταλέγονται οι λίμνες, τα έλη, οι παροδικά ή μόνιμα κατακλυζόμενες εκτάσεις. Οι ποταμοί και οι χείμαρροι ανήκουν στα τρεχούμενα νερά, ενώ οι πηγές και τα πηγάδια στο αποθηκευμένο υπόγειο νερό.

2.1. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

2.1.1. ΛΙΜΝΕΣ

Αντίθετα με τα έλη οι ελληνικές λίμνες ήταν πάντα τόποι αγαπητοί εξαιτίας της υψηλής οικονομικής σημασίας τους: αλιεύματα, πόσιμο και αρδευτικό νερό, ηπιότερο κλίμα. Τα πολύ παλιά χρόνια κτίζονταν και κατοικίες μέσα σε λίμνες (στηριζόμενες σε ξύλινους πασσάλους μπηγμένους στον πυθμένα) για προστασία απέναντι σε άγρια ζώα, εύκολη αλιεία κλπ.

Συνήθως, η παρουσία και η δημιουργία μιας λίμνης εξαρτάται από την ύπαρξη ενός φυσικού βυθίσματος, κλειστού ή ανοιχτού τύπου με δομή τέτοια που να συγκρατεί λιγότερο ή περισσότερο τα νερά που οι βροχοπτώσεις ή και άλλες πηγές προσφοράς νερού φέρνουν μέσα σ' αυτό το βύθισμα. Ως λίμνη ορίζεται μικρή ή μεγάλη υδάτινη μάζα στη στεριά που περιέχει γλυκό, υφάλμυρο και αλμυρό νερό με άμεση, έμμεση, υπόγεια ή και επίγεια σύνδεση ή είναι χωρίς σύνδεση με άλλους υδάτινους χώρους και αποδέκτες (Dussart, 1966).

Οι περισσότερες λίμνες είναι λίμνες γλυκού νερού και σχηματίζονται κατά το πλείστον μακριά από τις ακτές της θάλασσας ως αποτέλεσμα τεκτονικών ή ηφαιστειακών δυνάμεων ή από τη δράση των παγετώνων. Λιμνοθάλασσες μπορούν να μετατραπούν σε λίμνες γλυκού νερού, όταν για κάποιο λόγο διακοπεί η εισροή αλμυρού νερού από τη θάλασσα και υπάρχει ικανοποιητική εισροή γλυκού νερού από ρέουσες υδατοσυλλογές. Υπάρχουν και λίμνες με αλμυρό ή υφάλμυρο νερό, όταν το υπόστρωμά τους περιέχει πολλά διαλυτά άλατα ή όταν δέχονται εισροές αλμυρού νερού.

Το φως, η θερμοκρασία, οι εδαφικοί, γεωμορφολογικοί και μορφομετρικοί παράγοντες, οι εισροές και απορροές των νερών, καθώς και η κλιματική κατάσταση της περιοχής παίζουν κυρίαρχο ρόλο σε μια λίμνη και διαμορφώνουν τα χαρακτηριστικά του οικοσυστήματός της (Κουσουρής, 1995; ΕΚΒΥ).

Οι φυσικές λίμνες στην Ελλάδα που είναι 56 καταλαμβάνουν έκταση περίπου 29.5% (600 τ.χλμ) από το σύνολο των επιφανειακών εσωτερικών υδάτων της χώρας (2026 τ.χλμ), ενώ οι τεχνητές λίμνες που είναι 25 καλύπτουν το 17.7% (358 τ.χλμ).

Στην Ελλάδα, η λίμνη Τριχωνίδα στην Αιτωλοακαρνανία είναι η μεγαλύτερη σε έκταση λίμνη (98.6 Km²), με όγκο 2900 X 10³ m³ και μέγιστο βάθος 58 μέτρα. Δεύτερη σε έκταση είναι η Βόλβη στη Μακεδονία με 68 Km², με όγκο 940 X 10³ m³ και μέγιστο βάθος 23 μέτρα, ενώ η Βεγορίτιδα στη Μακεδονία είναι η βαθύτερη

ελληνική λίμνη με 70 μέτρα περίπου, τρίτη σε έκταση (53 Km^2) και δεύτερη σε όγκο ($1530 \times 10^3 \text{ m}^3$). Η Μεγάλη Πρέσπα που δεν είναι αποκλειστικά ελληνική λίμνη, έχει έκταση 266 Km^2 και μέγιστο βάθος 55 μέτρα περίπου.

Η λίμνη Βιστονίδα συνιστά ειδική περίπτωση από την άποψη ότι δέχεται εισροή γλυκού νερού από τη χέρσο (μέσω ποταμών και χειμάρρων) και αλμυρού νερού από τη θάλασσα με αποτέλεσμα να παρατηρείται διαβάθμιση της αλατότητας του νερού της από βορρά (χέρσος) προς νότο (Θρακικό πέλαγος). Από τις πρώτες φροντίδες του φορέα διαχείρισης αυτής της προστατευόμενης περιοχής εικάζεται ότι θα είναι η αντιμετώπιση της προϊούσας ύψωσης της αλατότητας από νότο προς βορρά, η οποία οφείλεται στα έργα που κατασκευάστηκαν στους εισρέοντες χειμάρρους και ποταμούς. Το πρόβλημα δεν είναι απλό διότι, σύμφωνα με κάποια εικασία, οι χειμάρροι και οι ποταμοί λόγω της απόθεσης φερτών υλικών θα προκαλέσουν στο μέλλον χωρισμό της Βιστονίδας στα δύο. Όμοια εικασία έχει γίνει και για τις λίμνες Βόλβη και Καστοριάς.

Οι λίμνες θεωρούνται ότι έχουν πεπερασμένη διάρκεια ζωής ακόμη και όταν μένουν ελεύθερες από κάθε ανθρώπινη κακομεταχείριση. Έλληνες επιστήμονες από διάφορους χώρους έχουν επισημάνει την ανάγκη μελέτης της εξελικτικής πορείας των λιμνών μας. Ως εκ τούτου είναι εύλογο το θέμα αυτό να απασχολήσει μεσοπρόθεσμα τους φορείς διαχείρισης που έχουν την ευθύνη για λιμναίους υγροτόπους.

2.1.2. ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΕΣ

Λιμνοθάλασσες είναι αβαθείς παράκτιες υδατοσυλλογές που επικοινωνούν με τη θάλασσα μέσω ενός, συνήθως, διαύλου. Ευνοϊκές συνθήκες σχηματισμού τους είναι οι εξής: επίπεδες και αμμώδεις ακτές, εκβολή ποταμού και κατάλληλη δράση των θαλασσίων ρευμάτων.

Οι λιμνοθάλασσες αποτελούν ιδιαίτερα παραγωγικά υδάτινα οικοσυστήματα και συχνά σχετίζονται με τη διαχείριση των φυσικών βιολογικών πόρων (αλιεία). Εξαιτίας του μικρού τους βάθους, της περιορισμένης τους έκτασης και της δεδομένης επικοινωνίας τους με τη θάλασσα, είναι συστήματα ιδιαίτερα ασταθή, με βιοποικιλότητα χαμηλή, χαρακτηρίζονται από περιορισμένη “αδράνεια” η οποία με τις επιδράσεις εξωγενών παραγόντων (ανθρωπογενών και φυσικών αιτίων) υπόκειται σε έντονες διακυμάνσεις (Carter, 1988). Επιπρόσθετα, στις λιμνοθάλασσες παρατηρούνται συχνά “κρίσεις δυστροφισμού” (συνθήκες απουσίας οξυγόνου) που αποδίδονται κυρίως στον έντονο ρυθμό βιοαποικοδόμησης της οργανικής ύλης που σε συνδυασμό με

συγκεκριμένες υδρολογικές και κλιματολογικές συγκυρίες (νηνεμία, υψηλές θερμοκρασίες, απουσία ανανέωσης των νερών) προκαλούν έντονες αναγωγικές συνθήκες (Κουσουρή, 1995; ΕΚΒΥ).

Το νερό των λιμνοθαλασσών προέρχεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, από ποταμούς ή χείμαρρους και από τη θάλασσα. Μια λιμνοθάλασσα μπορεί να περιέχει γλυκά, αλμυρά ή υφάλμυρα νερά. Πρόκειται για εξαιρετικώς δυναμικά συστήματα. Οι υδρολογικές συνθήκες και η αλατότητα του νερού μεταβάλλονται ταχύτατα. Μεταβολές, αλλά βραδύτερες, υφίσταται και η γεωμορφολογία τους. Οι λιμνοθάλασσες ανήκουν στα πλέον παραγωγικά συστήματα γιατί είναι συνεχής ο εμπλουτισμός τους σε άλατα, ενώ η βιοποικιλότητα διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα εξαιτίας της φυσικής τους αστάθειας που έτσι αποτρέπει η εγκατάσταση πολλών βιοκοινωνιών. Παρόλα αυτά, η πρωτογενής παραγωγή τους στηρίζει αυξημένη δημιουργία οργανικής ύλης, η οποία υπερβαίνει την αυτοκατανάλωση μέσα στη λιμνοθάλασσα. Άφθονο είναι το οργανικό υλικό που εμπλουτίζει τον πυθμένα της λιμνοθάλασσας ή αυτό το οργανικό υλικό εξέρχεται προς τη θάλασσα από τα φυσικά ή τα τεχνητά ανοίγματά της. Η μεγάλη επομένως ποσότητα βιομάζας που κυριαρχεί σε ορισμένες περιοχές σε μία λιμνοθάλασσα, ουσιαστικά είναι απόθεμα ενέργειας και χρησιμεύει ως τροφή στο πολύπλοκο τροφικό τους πλέγμα. Γενικά οι λιμνοθάλασσες, με την άφθονη οργανική ύλη, την άφθονη πανίδα και χλωρίδα τους και τις ιδιόμορφες φυσικοχημικές τους συνθήκες ευνοούν την προσέλκυση πολλών ιχθυοπληθυσμών (ψάρια υψηλής εμπορικής αξίας) ορισμένη περίοδο, για τροφικούς κυρίως λόγους. Επιτελούν σε υψηλό βαθμό πολλές φυσικές λειτουργίες και ιδίως τη λειτουργία της εξαγωγής τροφής (στη γειτονική θαλάσσια ζώνη).

Στην Ελλάδα, υπάρχουν περίπου 72 λιμνοθάλασσες με συνολική έκταση περίπου 550 τ. χλμ, και παράγουν τουλάχιστον 6000 τόνους ψάρια υψηλής ποιότητας κάθε έτος. Στα Ιόνια νησιά έχουν καταγραφεί 10 λιμνοθάλασσες (21 τ.χλμ), στη δυτική Ελλάδα 9 (170 τ.χλμ) και με μικρότερους αριθμούς στις άλλες περιφέρειες.

Οποιαδήποτε, έστω και μικρή, ανθρώπινη παρέμβαση στις λιμνοθάλασσες μπορεί να έχει δυσανάλογα μεγάλες συνέπειες στην ισορροπία τους ως προς την υδρολογία, την αλατότητα και τη βιωτή τους. Ως εκ τούτου η μελέτη των παραγόντων αυτών προκειμένου να εκπονηθεί το σχέδιο διαχείρισής τους πρέπει να βασίζεται, ει δυνατόν, σε πολυετή δεδομένα. Επίσης η παρακολούθηση των απαραίτητων γνωρισμάτων τους πρέπει να γίνεται σε πυκνά χρονικά διαστήματα, ιδίως κατά τα πρώτα έτη εφαρμογής του διαχειριστικού σχεδίου.

2.1.3. ΈΛΗ

Ανάλογα συστήματα με τις λίμνες είναι τα έλη και το χαρακτηριστικό τους είναι ότι πολύ συχνά μεταβάλλονται ποιοτικά, ποσοτικά και μορφολογικά, εξαιτίας των κλιματικών συνθηκών και του γεωλογικού-γεωμορφολογικού υποβάθρου τους. Τα έλη είναι πρόσκαιρες ή μόνιμες υδάτινες περιοχές όπου τα λιμνάζοντα νερά είναι συνήθως αβαθή, καλύπτονται ως επί το πλείστον από υδρόβιες, υδροχαρείς και υδρόφιλες, καθώς και από ελόβιες φυτοκοινωνίες. Οι περιοχές των ελών πολλές φορές αποκαλούνται τέλματα ή βάλτοι ή τενάγη, αλλά ο διαχωρισμός αυτός έχει να κάνει με τις εδαφολογικές και υδρολογικές συνθήκες ανάπτυξης και διατήρησής τους.

Παλαιότερα τα έλη είχαν συνδεθεί επί εκατοντάδες ή και χιλιάδες χρόνια με κάτι ανθυγιεινό, δυσάρεστο και επικίνδυνο (ελονοσία, ελώδης πυρετός, «βάλτωσε η προσπάθεια», «φτάσαμε σε τέλμα» κλπ.). Στην καλύτερη περίπτωση θεωρούνταν ως άχρηστοι τόποι για τους οποίους η σωστότερη διαχείριση ήταν η αποξήρανση. Πράγματι τα έλη, πριν από την ευρεία εφαρμογή του εντομοκτόνου DDT στα τέλη της δεκαετίας του 1940, ευθύνονται για τη μάλιστα της ελονοσίας. Η εχθρική αυτή στάση έναντι των ελών στην Ελλάδα συνεχίστηκε αμείωτη έως τα τέλη της δεκαετίας του 1970. Για παράδειγμα, το 1978 οι αρμόδιες αρχές είχαν δημοσιοποιήσει με υπερηφάνεια την απόφασή τους να αποξηράνουν όλα τα παράκτια έλη της Χαλκιδικής προς όφελος του τουρισμού.

Τα έλη μπορούν να χωριστούν σε παράκτια και εσωτερικά. Τα παράκτια χωρίζονται σε υφάλμυρα και αλμυρά (αλοέλη). Η αλατότητα του νερού των αλοελών μπορεί το θέρος να υπερβαίνει εκείνη του νερού της θάλασσας. Τα αλμυρά και υφάλμυρα έλη βρίσκονται ως επί το πλείστον δίπλα σε λιμνοθάλασσες και φιλοξενούν είδη φυτών προσαρμοσμένων σε συνθήκες υψηλής αλατότητας (αλόφυτα), όπως αυτά του γένους *Salicornia*. Η αλοφυτική βλάστηση παρουσιάζει εντυπωσιακή ζώνωση σε πολλά έλη όπως στο παράκτιο έλος του Αγίου Μάμα Χαλκιδικής. Πολλά έλη γλυκού νερού σχηματίζονται στη συμβολή δύο ρευστών υδατοσυλλογών και δίπλα από εσωτερικές λίμνες γλυκού νερού.

Σήμερα τα έλη που μας απέμειναν προστατεύονται από εθνικές, ευρωπαϊκές και διεθνείς κανονιστικές πράξεις ως πολύτιμα υδροτοπικά οικοσυστήματα με μεγάλη ποικιλότητα ειδών. Οι αντιλήψεις της ελληνικής κοινωνίας αλλάζουν. Για παράδειγμα, οι κάτοικοι της Νέας Φώκαιας Χαλκιδικής κατάφεραν το 1999 να αποτρέψουν την αποξήρανση του ομώνυμου παράκτιου έλους ύστερα από επίμονους αγώνες.

Στην Ελλάδα υπάρχουν σήμερα περίπου 75 περιοχές με έλη συνολικής έκτασης περίπου 58 τ. χλμ, δηλαδή καλύπτουν το 2.8% του συνόλου των εσωτερικών υδάτων της χώρας. Η Θεσσαλία έχει 13 έλη (2 τ.χλμ), τα νησιά του βόρειου Αιγαίου 12 έλη (16 τ.χλμ), 11 είναι τα έλη στα νησιά του νότιου Αιγαίου (4 τ.χλμ), 9 έλη έχουν καταγραφεί στην Κεντρική Μακεδονία (10 τ.χλμ), ενώ λιγότερα υπάρχουν στις άλλες περιοχές (ΕΚΒΥ, 1994).

2.1.4. ΠΗΓΕΣ

Οι Πηγές συνήθως σχηματίζονται όταν το αποθηκευμένο νερό που βρίσκεται στα υπόγεια στρώματα του γήινου φλοιού, εξέλθει στην επιφάνεια. Η έξοδος αυτή μπορεί να συμβαίνει σε σχισμή στο έδαφος ή και σε ρήγμα. Ουσιαστικά το νερό της βροχής που εισδύει βαθύτερα, γίνεται θερμότερο κατά 1° C κάθε 30 μέτρα και διαλύει μεγαλύτερο ποσό στερεών ουσιών. Το νερό αυτό όταν εξέρχεται είναι θερμότερο από τη μέση θερμοκρασία του περιβάλλοντος της περιοχής. Στις πηγές συνήθως ζουν λίγα είδη οργανισμών, αλλά αυτά είναι συνήθως είδη ενδημικά.

Συνήθως στην Ελλάδα οι τοποθεσίες αυτές έχουν εμβαδόν πολύ λίγων τετραγωνικών μέτρων και, σπανιότερα, μερικών εκατοντάδων τετραγωνικών μέτρων. Πρέπει να τονιστεί όμως ότι στην οικολογία των υγροτόπων με τον όρο πηγή υποδηλώνεται όχι απλώς ο τόπος από όπου αναβλύζει νερό αλλά όλο το υγροτοπικό οικοσύστημα, του οποίου η δημιουργία και η διατήρηση οφείλεται σε αυτό το αναβλύζον, το πηγαίο νερό.

Τα οικοσυστήματα των πηγών είναι από τα σπανιότερα στην Ελλάδα και συνολικά καλύπτουν ελάχιστη έκταση. Αυτό οφείλεται τόσο στη σχετική σπανιότητα των τοποθεσιών από όπου αναβλύζουν υπόγεια νερά αξιόλογου όγκου όσο και στο γεγονός ότι τα πηγαία νερά είναι γενικά υψηλής ποιότητας, οπότε χρησιμοποιούνται κατά προτεραιότητα ως πόσιμα. Εντούτοις υπάρχουν ακόμη πολύτιμα οικοσυστήματα πηγών που διατηρούνται παρά τη μείωσή τους σε έκταση και τις αλλοιώσεις που έχουν υποστεί από τεχνικά έργα (υδρευτικά, τουριστικά).

Μια ιδιαίτερη κατηγορία πηγών είναι οι θερμοπηγές. Το νερό πολλών θερμοπηγών χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων ή για ιαματικούς σκοπούς.

Τα πηγάδια είναι ένας τύπος πηγής που δημιουργείται τεχνητά για τη συλλογή του νερού και την άντλησή του στην επιφάνεια.

Στην Ελλάδα υπάρχουν πολυάριθμες πηγές συνεχούς ή διαλείπουσας (διακοπτόμενη) παροχής, ενώ η ύπαρξή τους συνδέεται με τη γεωμορφολογία της περιοχής, την υδροφορία της και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα της ευρύτερης περιοχής.

2.1.5. ΠΟΤΑΜΟΙ

Ποταμός είναι μια επιμήκης υδατοσυλλογή με τρεχούμενο νερό, το οποίο ρέει προς τα κατόντη με τη βαρύτητα. Υπάρχουν ποταμοί με συνεχή ροή και άλλοι με περιοδική ροή. Στις ξηρές και ημίξηρες περιοχές συναντά κανείς πολλούς ποταμούς με περιοδική ροή, και μάλιστα εντελώς ακανόνιστη, ιδίως όταν το υπόστρωμά τους αποτελείται από ασβεστολιθικά υλικά.

Οι όροι ποταμός και ρυάκι δεν είναι σαφώς διαχωρισμένοι, διότι σε περιοχές με λίγες βροχοπτώσεις ο όρος ποταμός αποδίδεται και σε ρέουσες υδατοσυλλογές με στενή κοίτη και μικρή παροχή.

Το νερό των ποταμών προέρχεται κυρίως απευθείας από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και από την επιφανειακή απορροή. Υπάρχουν περιπτώσεις τροφοδοσίας ποταμών και με υπόγεια νερά ή με νερό λιμνών.

Οι κύριοι φυσικοί παράγοντες που ρυθμίζουν την ποιότητα του νερού ενός ποταμού είναι η φύση της κοίτης του και της λεκάνης απορροής του (τύποι και κλίσεις εδαφών, μορφές κάλυψης γης) και το καθεστώς των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Ως εκ τούτου η ποιότητα διαφέρει πολύ από εποχή σε εποχή και κατά μήκος της κοίτης. Για παράδειγμα, η διαύγεια του νερού μπορεί να μειωθεί δραστικά λίγες ώρες ύστερα από μια καταρρακτώδη βροχή που δέχτηκε η λεκάνη απορροής του.

Τεράστιες και αναγνωρισμένες από τα πανάρχαια χρόνια είναι οι οικονομικές αξίες τους: υδρευτική, αρδευτική, μεταφορική. Εντονότερες και οι ανθρώπινες παρεμβάσεις που δέχθηκαν: μετατόπιση κοίτης, εκβαθύνσεις, εγκιβωτισμός κοίτης, φράγματα, λιμάνια, εισροή λυμάτων. Η αναγνώριση όμως όλων των αξιών των ποταμών έχει ιστορία λίγων αιώνων (ιδιαίτερα του 20^{ου} αιώνα). Η μελέτη των ποτάμιων μορφών ζωής και της θεώρησης των ποταμών ως οικοσυστημάτων έχει ακόμη πιο πρόσφατη ιστορία.

Ποτάμια οικοσυστήματα, υπό τη στενή έννοια, είναι εκείνα των οποίων οι οργανισμοί είναι προσαρμοσμένοι σε συνθήκες συνεχούς ροής του νερού. Συχνά, όμως,

τα ποτάμια οικοσυστήματα εξετάζονται από κοινού με τα παραποτάμια, δηλαδή, με εκείνα των οποίων το υδατικό καθεστώς του εδάφους τους εξαρτάται, κατ' εξοχήν από το ποτάμιο νερό (εποχική υπερχειλίση, πλάγια διήθηση).

2.1.6. ΕΚΒΟΛΕΣ ΚΑΙ ΔΕΛΤΑ ΠΟΤΑΜΩΝ

Οι εκβολές και τα δέλτα των ποταμών θεωρούνται και ως εσωτερικά νερά. Αποτελούν χαρακτηριστικές περιοχές με ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη δυναμική ισορροπία απόθεσης και μετακίνησης φερτών υλικών, στη βιοποικιλότητα και στην προσέλκυση των νεαρών σταδίων ψαριών και καρκινοειδών. Στις περιοχές αυτές η προώθηση της ξηράς σε βάρος της θάλασσας είναι ένα γεγονός που εξαρτάται από την κατάσταση της δυναμικής ισορροπίας μεταξύ των παραγόντων που δρουν στον ηπειρωτικό χώρο των λεκανών απορροής των ποταμών (κλίμα, γεωμορφολογία, τεκτονική, στερεοπαροχή κ.ά.) και των παραγόντων που δρουν στον παράκτιο χώρο των εκβολών (μορφολογία, τεκτονική, κύματα, ρεύματα, παλίρροια κ.ά.) (Ψιλοβίκος & Χαχαμίδου, 1987). Οι εκβολές και τα δέλτα των ποταμών εξαιτίας του μεταβατικού χαρακτήρα και τις αλληλεπίδρασης ως προς το θαλασσινό και το γλυκό νερό έχουν επίσης ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Εδώ δημιουργούνται ιδιαίζουσες φυσικοχημικές συνθήκες, εδώ συναθροίζονται συνήθως νεαρά ψάρια και καρκινοειδή, είναι δηλαδή οι “παιδότοποι” των αλιευμάτων. Το ιδιότυπο υδρολογικό καθεστώς που παρατηρείται στα ποτάμια της χώρας μας μπορεί σε ετήσια βάση να δημιουργήσει ακραίες καταστάσεις ως προς τη βιοπαραγωγικότητα της περιοχής των εκβολών και δέλτα. Τα δέλτα στη χώρα μας έχουν περιοριστεί σημαντικά στην προσπάθεια του ανθρώπου να καταλάβει και να αξιοποιήσει περισσότερο έδαφος (καλλιέργειες, αστική επέκταση), αλλά και να προστατεύσει τις αστικές και καλλιεργούμενες περιοχές από πλημμυρικά φαινόμενα.

Τα οικοσυστήματα των ελληνικών δέλτα καταπονούνται από την έλλειψη ικανής ποσότητας γλυκού νερού κατά το θέρος, διότι το γλυκό νερό των ποταμών οδηγείται στα αρδευτικά δίκτυα. Ουσιαστικά έχει σχεδόν διακοπεί η φυσική διεργασία του εμπλουτισμού των δελταϊκών πεδιάδων με θρεπτικά στοιχεία, τα οποία μετέφερε στις πεδιάδες αυτές κάθε έτος το πλημμυρικό νερό των ποταμών. Η καταπόνηση μπορεί να μειωθεί αισθητά με την εφαρμογή σύγχρονων προσεγγίσεων που αποσκοπούν στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των αρδεύσεων.

2.1.7. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΛΙΜΝΕΣ

Οι τεχνητές λίμνες είναι η σπουδαιότερη κατηγορία τεχνητών υγροτόπων της Ελλάδος τόσο από την άποψη της έκτασης που καλύπτουν όσο και από την άποψη του αριθμού και των αξιών που έχουν αποκτήσει. Ονομάζονται και τεχνητοί ταμειυτήρες. Η λέξη ταμειυτήρας δείχνει και τους περιορισμένους αρχικά σκοπούς που είχαν τεθεί κατά τον σχεδιασμό και τη διαχείρισή τους. Οι σκοποί αυτοί ήταν να αποταμιεύσουν νερό ποταμών, ρυακιών ή και χειμάρρων ώστε να αποκτήσουν οι ταμειυτήρες αξία αντιπλημμυρική, υδρευτική, αρδευτική, υδροηλεκτρική ή, συνηθέστερα, συνδυασμό αυτών των αξιών. Το γεγονός ότι οι περισσότερες τεχνητές λίμνες στηρίζουν λιγότερο ή περισσότερο πολύτιμα υγροτοπικά οικοσυστήματα και έχουν αποκτήσει με την πάροδο του χρόνου και άλλες αξίες, π.χ. βιολογική, αλιευτική, αναψυχής, δεν ήταν απόρροια ηθελημένου σχεδιασμού αλλά «παρέμβασης» της φύσης.

Η κατασκευή τεχνητών λιμνών με φράγματα σε ποταμούς είχε ως αποτέλεσμα να προστεθούν οικοσυστήματα στο ελληνικό υγροτοπικό κεφάλαιο αλλά και να υποστούν αλλοιώσεις κατάντη οικοσυστήματα (ποτάμια, παραποτάμια, εκβολικά κλπ.).

Οι τεχνητές λίμνες είναι εφοδιασμένες με κατασκευές (θυρίδες, αναχώματα), μέσω των οποίων ρυθμίζεται η στάθμη του νερού τους για να εξυπηρετούνται οι ανάγκες για τις οποίες έχουν κατασκευαστεί. Σήμερα στις ανάγκες αυτές περιλαμβάνεται και η ανάγκη να διατηρούνται τα υγροτοπικά οικοσυστήματα που οι τεχνητές λίμνες συντηρούν. Προφανώς, όπως δείχνει το παράδειγμα της Τεχνητής Λίμνης Κερκίνης, η πλήρης ικανοποίηση όλων των αναγκών των ανθρώπων και της φύσης είναι αδύνατη. Μια ισορροπημένη ικανοποίηση αυτών των αναγκών μπορεί να επιτύχει ο αρμόδιος φορέας διαχείρισης. Η επιτυχία είναι θέμα αρμονικής συνεργασίας όλων των χρηστών και επίλυσης του σοβαρού προβλήματος της αυξανόμενης εναπόθεσης φερτών υλικών στον πυθμένα. (Κουσουρής, 1995; ΕΚΒΥ)

3. ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ

Η παραπάνω ταξινόμηση αντιπροσωπεύει τις πολύ γενικές κατηγορίες στις οποίες συνηθίζεται να χωρίζονται οι υγρότοποι στην Ελλάδα.

Τα γλυκά νερά είναι ζωτικής σημασίας για την εγκαθίδρυση κάθε ανθρώπινης κοινότητας και για τη διατήρηση του συνόλου της χερσαίας άγριας ζωής. Η

πλειονότητα των γλυκών νερών παγκοσμίως είναι ρηχά, συνήθως ≤ 3 m βάθος, και πολυμεικτικά. Είναι μάλλον ευέλικτα στη χρήση τους και έχουν μεγάλη οικονομική αξία και σημασία διατήρησης. Συχνά σε ρηχές λίμνες και υγροτόπους ευδοκιμούν παράκτιες κοινότητες καθώς το βάθος του νερού είναι γενικά αρκετά ρηχό για να στηρίξει την ανάπτυξη βυθισμένων μακρόφυτων (με ύπαρξη ικανοποιητικού επιπέδου φωτός), και ο πλούτος σε είδη ασπόνδυλων, ψαριών και κοινότητες υδρόβιων πτηνών (που βρίσκουν σε αυτούς καταφύγιο, τροφή και ευνοϊκές συνθήκες διαχείμασης) είναι πιο διαφοροποιημένος από ό, τι σε βαθιές λίμνες συμβάλλοντας στη βιοποικιλότητα. (Beklioglu et al., 2011)

Οι υγρότοποι είναι περιοχές μεταβατικές μεταξύ χερσαίων και υδάτινων συστημάτων και ορίζονται ως «περιοχές που πλημμυρίζουν από επιφανειακό νερό, είτε τα εδάφη τους βρίσκονται σε κατάσταση κορεσμού λόγω της υψηλής στάθμης του υπόγειου νερού, σε μία συχνότητα και διάρκεια που επαρκεί για να υποστηρίξουν, και υπό κανονικές συνθήκες υποστηρίζουν, μια επικράτηση βλάστησης προσαρμοσμένη για τη ζωή σε συνθήκες εμποτισμένων εδαφών και να λαμβάνουν χώρα σε αυτές τις περιοχές βιολογικές λειτουργίες και δραστηριότητες προσαρμοσμένες στο υγρό περιβάλλον» (Ishida et al., 2006; Τσιχριντζής, 2000). Πρόκειται για περιοχές που είναι φυσικές ή τεχνητές, με νερό που είναι αλμυρό ή γλυκό, τρεχούμενο ή όχι, πλημμυρισμένες μόνιμα ή για λίγο χρονικό διάστημα στην επιφάνεια ή ακόμα και ακριβώς κάτω από την επιφάνεια.

Συνοπτικά, *υγρότοποι*, σύμφωνα και με τις διεθνείς συμβάσεις για την προστασία τους, είναι «φυσικές ή τεχνητές περιοχές παρόχθιες, παραλίμνιες ή παράκτιες περιοχές, αλυκές, έλη, τέλματα, βάλτοι ή και κατακλυζόμενες, μόνιμα ή πρόσκαιρα, από νερά (στάσιμα ή τρεχούμενα, γλυκά, υφάλμυρά ή αλμυρά) εκτάσεις, αλλά και περιοχές που καλύπτονται από θαλασσινό νερό το βάθος του οποίου κατά την άμπωτη δεν ξεπερνάει τα έξι μέτρα» (Greenson et al., 1979, Maltby et al., 1989).

Ουσιώδη γνωρίσματα της μεταβατικής ζώνης που παρεμβάλλεται μεταξύ των μόνιμα κατακλυσμένων και των καθαρά χερσαίων περιοχών είναι η παρουσία υδροχαρούς βλάστησης και η ύπαρξη υδρομορφικών εδαφών, δηλαδή εδαφών που ανέπτυξαν ειδικά γνωρίσματα ως αποτέλεσμα της υψηλής υπόγειας στάθμης νερού.

Σύμφωνα με πρόταση του Ελληνικού Κέντρου Βιότοπων – Υγροτόπων (EKBY) απαραίτητη προϋπόθεση ώστε να χαρακτηριστεί μια περιοχή ως υγρότοπος είναι η επικύρωση τουλάχιστον ενός εκ των ακόλουθων χαρακτηριστικών παραμέτρων:

- Επιφανειακή κατάκλιση ή κορεσμός του εδάφους με νερό για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 2 συνεχών εβδομάδων κατά τη βλαστική περίοδο
- Διαπίστωση στην εδαφική μάζα γνωρισμάτων υδρομορφικών εδαφών
- Παρουσία φυτικών ειδών τα οποία είναι χαρακτηριστικά υδροτροπικών συνθηκών

Τέτοια φυτικά είδη είναι συνήθως το Ψαθί (*Typha* spp.), το Καλάμι (*Phragmites* spp), το Βούρλο (*Juncus* spp), το Σπαθόχορτο (*Carex* spp) κ.α. Τα φυτά αυτά έχουν την ιδιότητα να προσαρμόζονται εύκολα στο υγρό αυτό περιβάλλον και εξ αιτίας των μεγάλων ποσοστών λιγνίνη που περιέχουν, αλλά και της φυσικής ανάγκης επιβίωσης τους δημιουργούν συνθήκες ανταγωνισμού με τελικό αποτέλεσμα την ταχύτερη ανάπτυξη τους (Ντενιδάκης, 2000; Ζουραράκη, 2002).

Οι υγρότοποι αποτελούν πολύπλοκους βιοτόπους, που χαρακτηρίζονται από μεγάλη βιοποικιλότητα και που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση μεταξύ τους και με το φυσικό περιβάλλον. Η μεγάλη και πολύπλευρη σημασία των υγροτόπων έχει αναγνωριστεί σε παγκόσμια κλίμακα και γι' αυτό προστατεύονται από εθνικές νομοθεσίες και διεθνείς συμβάσεις. Η σημαντικότερη διεθνής σύμβαση για την προστασία των υγροτόπων είναι η "Σύμβαση RAMSAR". Η σύμβαση υπογράφηκε στο RAMSAR του Ιράν στις 2 Φεβρουαρίου του 1971, ενώ το 1974 την επικύρωσε και η Ελλάδα με το Ν.Δ.191/74 και τέθηκε σε ισχύ τον επόμενο χρόνο. Κάθε χώρα που επικυρώνει την σύμβαση θα πρέπει να οριοθετήσει κατάλληλους υγροτόπους μέσα στα όρια της εδαφικής επικράτειάς της, να τους συμπεριλάβει στον κατάλογο υγροτόπων διεθνούς σημασίας, να καθορίσει και να εφαρμόσει ένα σχεδιασμό που να προωθεί τη διατήρηση των υγροτόπων και την προστασία της υδρόβιας ορνιθοπανίδας. Την σύμβαση έχουν υπογράψει 147 χώρες, ενώ ο κατάλογος των υγροτόπων διεθνούς σημασίας περιλαμβάνει περίπου 1500 περιοχές.

Σύμφωνα με τη σύμβαση ως υγρότοποι ορίζονται: οι φυσικές ή τεχνητές περιοχές που αποτελούνται από έλη με ποώδη βλάστηση (marsh), από μη αποκλειστικώς ομβροδίαιτα έλη με τυρφώδες υπόστρωμα (fen), από τυρφώδη εδάφη ή από νερό. Οι περιοχές αυτές μπορεί να είναι μόνιμα ή προσωρινά κατακλυζόμενες από νερό το οποίο είναι στάσιμο ή τρεχούμενο, γλυκό, υφάλμυρο ή αλμυρό και περιλαμβάνουν επίσης εκείνες που καλύπτονται από θαλασσίνο νερό το βάθος του οποίου κατά την αμψότιδα δεν ξεπερνά τα έξι μέτρα. Στους υγροτόπους μπορεί να περιλαμβάνονται και οι παρόχθιες ή παράκτιες ζώνες που γειτονεύουν με υγροτόπους ή με νησιά ή με θαλάσσιες υδατοσυλλογές και που είναι βαθύτερες μεν από έξι μέτρα κατά την

αμπώτιδα, αλλά βρίσκονται μέσα στα όρια του υγροτόπου όπως αυτός καθορίζεται παραπάνω (www.ramsar.org).

Οι υγρότοποι δημιουργήθηκαν από τον κορεσμό με νερό ενός φυσικού περιβάλλοντος. Πολλοί σχηματίστηκαν κατά το τέλος του τελευταίου παγετώνα όταν υποχώρησαν μεγάλες μάζες πάγου και τα εναπομείναντα αβαθή μέρη καλύφθηκαν από νερό. Με το πέρασμα του χρόνου φερτά και οργανικά υλικά συγκεντρώθηκαν δημιουργώντας αβαθείς υγροτόπους.

Υγρότοποι μπορούν επίσης να σχηματιστούν όταν υπερχειλίσει ένας ποταμός ή όταν αλλαγές στην στάθμη της θάλασσας εμποτίσουν ξηρές περιοχές. Ακόμα, το κλίμα μπορεί να επηρεάσει το σχηματισμό ενός υγροτόπου καθώς υψηλές τιμές βροχοπτώσεων σε ξηρές περιοχές με χαμηλή αποστραγγιστική δυνατότητα οδηγούν σε κορεσμό του εδάφους με νερό.

Η δομή των υγροτόπων συνεχώς αλλάζει. Καθώς οι αυξανόμενες ποσότητες φερτών και οργανικών υλικών οδηγούν στο σχηματισμό των υγροτόπων, μπορούν μαζί με ρίζες και υπολείμματα φυτών να τους κάνουν περισσότερο αβαθείς, φτάνοντας τελικά στο σημείο όπου το ανώτερο στρώμα ανέρχεται πάνω από το νερό και αποσυντίθεται. Όταν συμβαίνει αυτό φυτά και είδη ζώων κατακλύζουν την περιοχή (geography.about.com).

3.1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΚΑΙ ΑΞΙΕΣ ΥΓΡΟΤΟΠΩΝ

Οι υγρότοποι επιτελούν μια σειρά λειτουργιών ανάλογα με τη δομή τους και το ευρύτερο περιβάλλον μέσα στο οποίο βρίσκονται.

Τα επιφανειακά νερά των λιμνών, των ποταμών και γενικότερα των υγροτόπων εξασφαλίζουν πολλά αγαθά και υπηρεσίες για την κοινωνία. Αυτές περιλαμβάνουν τόσο προϊόντα της αγοράς και υπηρεσίες όπως το πόσιμο νερό όσο και αγαθά που δεν κοστολογούνται όπως η βιοποικιλότητα.

Τα υδατικά οικοσυστήματα εξασφαλίζουν βασικές λειτουργίες για τον άνθρωπο όπως η ανακύκλωση θρεπτικών, παρέχοντας ταυτόχρονα αγαθά αισθητικής και πολιτιστικής αξίας. Η πληθώρα των αγαθών και των υπηρεσιών μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες : α) Κοστολογήσιμα αγαθά ή υπηρεσίες όπως είναι το πόσιμο νερό, η μεταφορά, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η άρδευση και β) Μη κοστολόγησιμα αγαθά όπως η βιοποικιλότητα και τα ενδιαιτήματα φυτών και ζώων αλλά και η

ικανοποίηση που προσφέρει στον άνθρωπο η ύπαρξη ενός υδατικού οικοσυστήματος (Wilson et al., 1999).

Κατά τους Γεράκη και Τσιούρη (1991), οι υγρότοποι επιτελούν διάφορες λειτουργίες και από αυτές απορρέουν οι διάφορες αξίες που αποδίδονται σε αυτούς. Κατ' αρχήν συμβάλλουν στον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων, εφόσον το έδαφος το επιτρέπει. Οι υγρότοποι δεσμεύουν μεγάλες ποσότητες επιφανειακών νερών που προέρχονται από ολόκληρη τη λεκάνη απορροής τους και τις απελευθερώνουν με αργούς ρυθμούς προς τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα εμπλουτίζοντάς τον με νερό που θα είχε διαφορετικά χαθεί. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε περιπτώσεις αποξήρανσης εκτεταμένων υγροτοπικών εκτάσεων έχουμε σαφή διατάραξη των υδρογεωλογικών ισορροπιών με συνέπεια την πτώση της στάθμης και της ποιότητας των νερών των υπόγειων υδροφορέων της περιοχής. Τέτοια φαινόμενα ακολούθησαν την αποξήρανση της λίμνης Κάρλας στη Θεσσαλία με αποτέλεσμα τη δραματική μείωση των υπόγειων αποθεμάτων νερού στην ευρύτερη περιοχή. Παράλληλα, εξομαλύνουν τα πλημμυρικά φαινόμενα, μειώνοντας την έντασή τους μέσω της αποθήκευσης μεγάλων ποσοτήτων νερού κατά τη διάρκεια της αιχμής της πλημμύρας και της σταδιακής απελευθέρωσης τους στη συνέχεια, μετά το τέλος της πλημμύρας.

Είναι ένα από τα πιο παραγωγικά οικοσυστήματα, δεδομένου ότι πληθώρα ζώων, φυτών και μικροοργανισμών βασίζονται στο υγροτοπικό περιβάλλον για ένα μέρος ή για όλη τους τη ζωή. Για παράδειγμα, περίπου 300 είδη πουλιών και πολλά από τα ψάρια που καταναλώνονται κάθε μέρα βρίσκονται σε υγροτόπους στην Ελλάδα σήμερα. Ένας σημαντικός αριθμός ζώων εξαρτάται επίσης από την υγροτοπική βλάστηση. Οι υγρότοποι αποθηκεύουν νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση ή για άλλες χρήσεις. Είναι ανεκτίμητα οικοσυστήματα λόγω των πολλών ευεργετικών ιδιοτήτων που έχουν. Επίσης ρυθμίζουν τη θερμοκρασία των παράκτιων περιοχών και το γενικότερο μικροκλίμα της περιοχής, διατηρώντας τις ημερήσιες και εποχιακές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας σε ήπια επίπεδα, δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία μέσω των αυτότροφων οργανισμών (φυτοπλαγκτόν, βυθισμένα, επιπλέοντα και εφυδατικά μακρόφυτα, θάμνοι, δένδρα) και στηρίζουν τις τροφικές αλυσίδες παρέχοντας τροφή και καταφύγιο στους οργανισμούς (ενδιαίτημα για την άγρια ζωή).. Το νερό, τα φυτά και το έδαφος στους υγροτόπους κατακρατούν διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, βοηθώντας έτσι στη μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Εκτός από την παραγωγική και οικολογική τους σημασία, οι υγρότοποι αποτελούν συνήθως ένα μοναδικό πόλο έλξης για τους επισκέπτες, λόγω του όμορφου φυσικού

περιβάλλοντος που προσφέρουν, καθώς και της μεγάλης ποικιλίας των ζωικών και φυτικών ειδών που μπορεί κανείς να βρει εκεί. Οι υγρότοποι καθαρίζουν με φυσικό τρόπο το νερό που ρέει μέσα από αυτούς, οι Mitsch και Gosselink αποκαλούν τους υγροτόπους τα "νεφρά" της γης, καθώς κατακρατούν φωσφόρο, άζωτο και βαρέα μέταλλα από το νερό, καθώς και εντομοκτόνα, φυτοφάρμακα, και άλλες τοξικές ουσίες. Ως αποτέλεσμα, το νερό που ρέει σε έναν υγρότοπο, ρέει έξω από αυτό καθαρότερο.

Δεδομένου ότι αποτελούν καταβόθρες για σχεδόν οποιοδήποτε χημικό προϊόν, εφαρμογές τεχνητών υγροτόπων επεξεργασίας ποικίλουν αρκετά, με χιλιάδες εφαρμογές σε όλο τον κόσμο για επεξεργασία οικιακών λυμάτων, αποχέτευσης ορυγμάτων, μη σημειακών πηγών ρύπανσης, απορροή ομβρίων, στραγγίσματα χώρου υγειονομικής ταφής και κτηνοτροφικών επιχειρήσεων. Ο σχεδιασμός των υγροτόπων επεξεργασίας απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή στην υδρολογία, χημικές καταπονήσεις, φυσική και χημεία του εδάφους, καθώς και της υγροτοπικής βλάστησης. Η απομάκρυνση των θρεπτικών συστατικών από υγρότοπους αποδίδεται στα ρηχά χαμηλής ταχύτητας ύδατα που επιτρέπουν τη μέγιστη απορρόφηση και ιζηματοποίηση των θρεπτικών ουσιών, την υψηλή πρωτογενή παραγωγικότητα που οδηγεί σε υψηλή πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών, ένα συνδυασμό από αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες που διευκολύνουν χημικούς μετασχηματισμούς, και την ελώδη συσσώρευση που θάβει οριστικά χημικές ουσίες (Laspidou et al., 2006; Laspidou et al., 2008; Laspidou et al., 2009).

Όπως αναφέρουν οι Γεράκης και Τσιούρης (1991), οι αξίες που αποδίδονται στους υγρότοπους περιλαμβάνουν την διατήρηση της βιολογικής ποικιλότητας, την παραγωγή αλιευμάτων και τη βόσκηση αγροτικών ζώων. Τέλος, οι υγρότοποι προσφέρονται ως τουριστικοί προορισμοί και χώροι περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, αλλά και χώροι άθλησης και ψυχαγωγίας.

Η αξία των ρηχών λιμνών και υγροτόπων αποδεικνύεται να είναι μεγαλύτερη από εκείνη των δασών και των λιβαδιών και ισοδυναμεί με τρισεκατομμύρια US \$/ έτος. Η συμβολή των υγροτόπων γλυκού νερού είναι πάνω από 10%, και των υγροτόπων ως σύνολο άνω του 25% (Beklioglu et al., 2011).

Οι κίνδυνοι που απειλούν τους υγροβιότοπους είναι αρκετοί. Υγρότοποι με εξαιρετική πλούσια πανίδα αποστραγγίζονται και αποξηραίνονται για να χρησιμοποιηθούν για τη γεωργική ανάπτυξη ή τα νερά τους χρησιμοποιούνται εντατικά για την άρδευση των γειτονικών γεωργικών καλλιεργειών (Στυμφαλία, Φενεός κά). Εξάλλου, πολλές περιοχές υγροτόπων δέχονται επικίνδυνα βαριά μέταλλα, οικιστικά

λύματα, εντομοκτόνα, απορρυπαντικά, πλαστικά και άλλες ουσίες και υλικά που υποβαθμίζουν τις βιοκοινωνίες και την ισορροπία τους (Τσιούρης & Γεράκης, 1991) . Επομένως, οι υγροτοπικές περιοχές είναι οικοσυστήματα με εκπληκτική δομή και λειτουργικότητα, αποτελούν ζωτικούς χώρους όπου επιβιώνουν αναρίθμητα είδη χλωρίδας και πανίδας, προσφέρουν στον άνθρωπο και στο περιβάλλον γενικότερα οφέλη και υπηρεσίες με κλιματική, οικονομική, πολιτιστική, επιστημονική, ψυχαγωγική και άλλη σημασία. Εξαιτίας της μεγάλης τους παραγωγικότητας συγκεντρώνουν δραστηριότητες του πρωτογενή τομέα οι οποίες συχνά υποβαθμίζουν και διαταράσσουν την οικολογική ισορροπία των υγροτόπων.

3.2. ΤΥΠΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΩΝ

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να κατηγοριοποιήσουμε τους υγροτόπους παγκοσμίως. Έτσι μπορούμε να τους κατατάξουμε ανάλογα με τη ρέουσα ή στάσιμη φύση των νερών, την αλατότητα του νερού τους, το υπόστρωμά τους, την γεινίαση τους με τη θάλασσα, με το αν είναι φυσικοί ή τεχνητοί. Παραδοσιακά όμως, έχει επικρατήσει ο διαχωρισμός που έγινε στα πλαίσια της Συνθήκης Ραμσάρ το 1990 στο Montreaux της Ελβετίας, όταν οι συμβαλλόμενες χώρες καθόρισαν τους τύπους των υγροτόπων.

Έτσι οι τρεις μεγάλες κατηγορίες υγροτόπων είναι:

- α) θαλάσσιοι και παράκτιοι υγρότοποι
- β) εσωτερικοί υγρότοποι και
- γ) τεχνητοί υγρότοποι

Θαλάσσιοι και παράκτιοι υγρότοποι

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι παρακάτω τύποι υγροτόπων:

- ✓ Θαλάσσια μόνιμα ύδατα με βάθος μικρότερο από 6 μέτρα στην χαμηλή παλίρροια, κόλποι και θαλάσσια στενά
- ✓ Υδρόβιοι υποπαλιρροϊκοί βυθοί, τροπικά θαλάσσια λιβάδια
- ✓ Κοραλλιογενείς σκόπελοι
- ✓ Βραχώδεις θαλάσσιες ακτές συμπεριλαμβανομένων των παράκτιων νησιών
- ✓ Παραλίες άμμου, βότσαλων ή χαλικιών και αμμώδη νησάκια
- ✓ Μόνιμα ύδατα εκβολών και συστήματα δέλτα

- ✓ Διαπαλιρροϊκή λάσπη, άμμος ή αλατούχα επίπεδα
- ✓ Διαπαλιρροϊκά έλη, παλιρροϊκά υφάλμυρα και γλυκού νερού έλη
- ✓ Διαπαλιρροϊκοί υγρότοποι με έντονη βλάστηση, περιλαμβανομένων των μαγγρόβιων ελών, παλιρροϊκά ελώδη δάση γλυκού νερού
- ✓ Υφάλμυρες ή αλατούχες λιμνοθάλασσες με έναν ή περισσότερους διαύλους με τη θάλασσα
- ✓ Λιμνοθάλασσες γλυκού νερού και έλη στην παράκτια ζώνη συμπεριλαμβανομένων των δέλτα των λιμνοθαλασσών και των ελωδών συστημάτων

Εσωτερικοί υγρότοποι

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι παρακάτω τύποι υγροτόπων:

- ✓ Μόνιμοι ποταμοί ρεύματα και καταρράκτες
- ✓ Εποχιακά ασταθείς ποταμοί και ρεύματα
- ✓ Εσωτερικά μόνιμα δέλτα
- ✓ Μόνιμες λίμνες γλυκού νερού (πάνω από 8 εκτάρια)
- ✓ Εποχιακές λίμνες γλυκού νερού (πάνω από 8 εκτάρια) λίμνες πλημμυρών
- ✓ Μόνιμες λίμνες γλυκού νερού (κάτω από 8 εκτάρια), έλη με ανόργανα εδάφη με τη βλάστηση που προκύπτει να είναι εμποτισμένη για το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου, έλη με καλάμια
- ✓ Θαμνώδη έλη, βάλτοι γλυκού νερού με κύρια βλάστηση θάμνους, αλσύλλια κληθρών με ανόργανα εδάφη
- ✓ Ελώδη δάση γλυκού νερού
- ✓ Τυρφώδεις εκτάσεις, ανοιχτά έλη και βάλτοι
- ✓ Δασικές τυρφώδεις εκτάσεις
- ✓ Πηγές γλυκού νερού, οάσεις
- ✓ Γεωθερμικοί υγρότοποι
- ✓ Αλπικά λιβάδια, λίμνες τούντρα, προσωρινά νερά από το λιώσιμο των πάγων

Τεχνητοί υγρότοποι

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι παρακάτω τύποι υγροτόπων:

- ✓ Τεχνητές λίμνες, φράγματα, υδροηλεκτρικά φράγματα (έκταση πάνω από 8 εκτάρια)
- ✓ Λίμνες περιλαμβανομένων των αγροτικών λιμνών, μικρές δεξαμενές (έκταση κάτω από 8 εκτάρια)
- ✓ Λίμνες υδατοκαλλιέργειας

- ✓ Εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης αλατιού, αλατώδεις κοιλότητες, αλυκές
- ✓ Εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων
- ✓ Αρδευόμενη γη και αρδευτικά κανάλια, ορυζώνες
- ✓ Εποχιακά πλημμυρισμένο καλλιεργήσιμο έδαφος

Όλοι οι τύποι υγροβιοτόπων παρουσιάζουν μεγάλη αποτελεσματικότητα όσον αφορά στην αφαίρεση αζώτου, φωσφόρου, βαρέων μετάλλων, αιωρούμενων στερεών, άλλων οργανικών και ανόργανων ρύπων. Ο βαθμός αφαίρεσης όμως είναι συνάρτηση της μορφής του ρύπου ο οποίος εισέρχεται στο σύστημα (π.χ. το άζωτο μπορεί να υπάρχει: οργανικό, ενώσεις αμμωνίου NH_4^+ , διαλυμένη αέρια αμμωνία NH_3 , νιτρικό NO_3 , νιτρώδες NO_2), του pH, της θερμοκρασίας, και του διαλυμένου οξυγόνου (Reed et al., 1995).

Η ρύπανση των υγροτόπων γίνεται συνεχώς αυξανόμενη λόγω της ραγδαίας βιομηχανοποίησης των αναπτυγμένων και των αναπτυσσόμενων χωρών. Τις περισσότερες φορές η μόλυνση τους δεν είναι ορατή αμέσως αλλά είναι αποτέλεσμα χρόνων. Οι τύποι των ρυπαντών είναι τα αστικά απόβλητα, τα βιομηχανικά απόβλητα, τα γεωργικά απόβλητα, τα απόβλητα εξορύξεων και τα πετρελαιοειδή. Ιδιαίτερα οι υγρότοποι που βρίσκονται κοντά σε αστικά κέντρα αντιμετωπίζουν μεγαλύτερα προβλήματα.

Η Ελλάδα αυτή τη στιγμή έχει περίπου 400 καταγεγραμμένους υγροτόπους με συνολική έκταση πάνω από 2000 km^2 . Η καταγραφή τους ξεκίνησε το 1980 όταν το 60% των υγροτόπων είχαν καταστραφεί κατά τη δεκαετία του 1960. Εκείνη την εποχή κρίθηκε σκόπιμο πολλοί υγρότοποι να αποξηρανθούν για διάφορους λόγους. Η μετάδοση της ελονοσίας, οι συχνές πλημμύρες, η έλλειψη νερού άρδευσης και καλλιεργήσιμων εδαφών οδήγησαν στην καταστροφή πολλών εκτάσεων. Οι γεωργικές δραστηριότητες στα γειτονικά των υγροτόπων οικοσυστήματα θεωρούνται από τις κυριότερες απειλές τελευταία για την Ελλάδα αλλά και τις υπόλοιπες χώρες της Μεσογείου (Λυκοκάνελλος, 2011).

3.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΥΓΡΟΤΟΠΩΝ

Οι υγρότοποι αποτελούν τόσο πολύτιμα όσο και ευαίσθητα οικοσυστήματα, όχι μόνο από την οπτική της διατήρησης αλλά και από το πλήθος των υπηρεσιών που

προσφέρουν στις ανθρώπινες κοινότητες. Πολλοί υγρότοποι ωστόσο έχουν χαθεί λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, αλλά και όσοι υπάρχουν διαρκώς υποβαθμίζονται.

Οι περισσότεροι από τους σημαντικότερους υγροτόπους βρίσκονται στους τροπικούς και σε περιοχές του επονομαζόμενου Τρίτου Κόσμου. Στο Δέλτα του ποταμού της Σενεγάλης περίπου 2400 εκτάρια υγρών λιβαδιών έχουν χαθεί λόγω εκτεταμένης άρδευσης. Η εκτεταμένη απώλεια των υγροτόπων, έχει παρατηρηθεί περισσότερο στις περιοχές των υπό ανάπτυξη παρά των ανεπτυγμένων χωρών, και οι προβλέψεις είναι τόσο δυσσιώπες ώστε έχουν ξεκινήσει να εφαρμόζονται στις περιοχές ειδικά προγράμματα διατήρησης.

Η ποιότητα του νερού, που ορίζεται ως η καταλληλότητα του νερού να διατηρήσει τις διάφορες χρήσεις ή διαδικασίες, επηρεάζεται από ένα ευρύ φάσμα φυσικών παραγόντων (βιολογικοί, γεωλογικοί, υδρολογικοί, μετεωρολογικοί και τοπογραφικοί). Αυτοί οι παράγοντες αλληλεπιδρούν στις λεκάνες απορροής των λιμνών, ποταμών και εκβολές ποταμών και μπορεί να διαφέρουν εποχιακά ανάλογα με τις διαφορές στις καιρικές συνθήκες, τον όγκο απορροής και τα επίπεδα του νερού. Η ανθρώπινη επίδραση στην ποιότητα του νερού είναι επίσης ευρεία και μπορεί να οφείλεται σε υδρολογικές μεταβολές μέσω για παράδειγμα εκτροπής της ροής, άντλησης του νερού, αποχέτευσης των υγροτόπων ή κατασκευής φράγματος. Η απόρριψη των λυμάτων, γεωργικών, βιομηχανικών και αστικών λυμάτων, και η διάχυτη απορροή των γεωργικών λιπασμάτων και των χημικών παρασιτοκτόνων στο υδάτινο περιβάλλον είναι οι πιο εμφανείς επιδράσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας στην ποιότητα των υδάτων (Codd, 2000).

Η υποβάθμιση των λιμνών, είναι ένα σύνδρομο το οποίο περιλαμβάνει την κατάρρευση πολλών μηχανισμών προσαρμοστικότητας και ανάπτυξης. Η συνηθέστερη αιτία υποβάθμισης μιας λίμνης, είναι οι ρύποι που προέρχονται από μια πληθώρα πηγών, την κυριότερη των οποίων αποτελούν οι γεωργικές δραστηριότητες. Οι αλλαγές στις χρήσεις γης που προκαλούν και συντηρούν την εναπόθεση των ρύπων στις λίμνες, σχετίζονται με τις οικονομικές, τις δημογραφικές και τις κοινωνικές αλλαγές που συντελούνται στην παρακείμενη περιοχή. Ο ευτροφισμός είναι πιθανότατα η πιο προφανής ένδειξη υποβάθμισης μιας λίμνης (Gunderson et al., 2002).

Εδώ και αρκετά έτη, πλήθος υγροτόπων στην Ευρώπη έχουν υποβαθμιστεί ή εξαφανιστεί εντελώς, λόγω γεωργικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Σήμερα οι υγρότοποι της χώρας μας συνεχίζουν να υποβαθμίζονται, χωρίς όμως να ευθύνονται

πλέον γι' αυτό αποκλειστικά οι ανάγκες σε γεωργική γη, αλλά – όλο και περισσότερο – λόγοι οικιστικής και τουριστικής ανάπτυξης.

Οι κυριότερες αιτίες που αλλοιώνουν τους Ελληνικούς υγροτόπους είναι:

- Οι απορρίψεις στερεών και υγρών αποβλήτων από οικισμούς, κτηνοτροφικές μονάδες και μονάδες μεταποίησης αγροτικών προϊόντων.
- Η έλλειψη διαχείρισης των καλαμιώνων ή η εσφαλμένη πρακτική διαχείρισής τους.
- Η υπεράντληση υπόγειων νερών κοντά στους υγροτόπους
- Το ανεξέλεγκτο κυνήγι
- Οι εκχερσώσεις της παρόχθιας βλάστησης και οι διευθετήσεις χειμάρρων και ποταμών.
- Η υπερβόσκηση των υγρών λιβαδιών
- Οι επεκτάσεις της γεωργικής γης σε βάρος του υγροτόπου καθώς και οι αποξηράνσεις
- Η αμμοληψία, οι επιχωματώσεις και η διάνοιξη οδών.
- Η πλήση των ψεκαστών φυτοφαρμάκων και οι αεροψεκασμοί πάνω από τους υγροτόπους.
- Η υπεραλίευση αλλά και η εκλεκτική αλίευση
- Ο εμπλουτισμός ξενικών και άλλων ειδών ψαριών
- Η καταστροφή χώρων αναπαραγωγής ψαριών
- Η μεταβολή της αλατότητας του υγροτόπου λόγω φυσικών αιτιών και τεχνικών έργων
- Η ανάπτυξη παραθεριστικών οικισμών και τουριστικών εγκαταστάσεων.
- Οι εντατικές υδατοκαλλιέργειες χωρίς μελέτη σκοπιμότητας για τη χωρητικότητα της περιοχής και χωρίς κοινωνικοοικονομικά κριτήρια.

Οι έμμεσες αλλοιώσεις των υγροτόπων προέρχονται από τη λεκάνη απορροής τους οφείλονται σε :

- Καταστροφές της φυσικής βλάστησης από πυρκαγιές, υπερβόσκηση, ανεξέλεγκτη υλοτομία, λατομικές δραστηριότητες και άλλα.
- Απορροές εμπλουτισμένες με λιπάσματα, φυτοφάρμακα και οργανικό υλικό που προέρχεται από τα υπολείμματα της σοδιάς.
- Μεταβολές του υδρολογικού καθεστώτος της περιοχής λόγω υπεράντλησης, φραγμάτων, τεχνικών έργων και άλλα
- Διαθέσεις υγρών αποβλήτων, λυμάτων και στερεών απορριμμάτων σε χείμαρρους

- Καταστροφές των φυσικών φρακτών των γεωργικών καλλιεργειών
- Αμμοληψίες, επιχωματώσεις, και διευθετήσεις χειμάρρων και ποταμών
- Εγκαταστάσεις οικισμών, βιομηχανιών, βιοτεχνικών μονάδων και έργων υποδομής χωρίς χωροταξικό σχεδιασμό (Κουσουρής, 1992).

Η ανθρώπινη παρέμβαση και η χρήση του νερού, συμπεριλαμβανομένων των υδρολογικών αλλαγών, όπως η αποθήκευση του νερού και η μεταφορά, επηρεάζουν την ποιότητα του υδάτινου περιβάλλοντος και των πόρων. Σχεδόν πάντα, η ανθρώπινη χρήση του νερού προκαλεί μια μείωση στην ποιότητα του νερού και την περαιτέρω δυνατή του χρήση (Codd, 2000). Οι τύποι της επιδείνωσης της ποιότητας του νερού περιλαμβάνουν αυξήσεις σε:

- παθογόνα (βακτήρια, ιοί, πρωτόζωα, παρασιτικά σκουλήκια),
- αιωρούμενα στερεά και θολότητα,
- αποσυντιθέμενη οργανική ουσία (διαφορετική από εκείνη της υδάτινης πρωτογενής παραγωγής),
- ευτροφισμός (κυανοβακτήρια, άλγη και μακρόφυτα),
- νιτρικό άλας ως ρύπος,
- οργανικοί μικρο-ρύποι (φυτοφάρμακα, ζιζανιοκτόνα, βιομηχανικοί μικρο-ρύποι, ενδοκρινικοί διαταράκτες),
- βαρέα μέταλλα,
- αλάτωση,
- οξίνιση.

4. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΥΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ

4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Οι επιφανειακοί υδατικοί πόροι, ποτάμια, λίμνες, θάλασσα, όπως επίσης και οι ταμιευτήρες, δέχονται ποσότητες ρύπων με φυσικές διεργασίες ή με την παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα που έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή της ποιοτικής κατάστασής τους. Η ποιότητα του νερού των υδάτινων συστημάτων στα κατάντη επηρεάζεται τόσο από τις υδροδυναμικές συνθήκες μεταφοράς και ανάμιξης του νερού, αλλά και από τις επικρατούσες χημικές, βιολογικές και φυσικές συνθήκες. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μεγάλο ενδιαφέρον των επιστημόνων για την ανάλυση και έρευνα

των ποιοτικών μεταβολών, στους ταμιευτήρες πέρα από τις διαδικασίες που αφορούν τις ποσοτικές μεταβολές του.

Η ποιότητα του νερού αναφέρεται στη χημική του σύνθεση με τα διαλυμένα και αιωρούμενα υλικά, στην ενεργειακή του κατάσταση με τη μορφή της θερμότητας και της ραδιενεργούς ακτινοβολίας, και στα βιολογικά στοιχεία που περιέχει στον όγκο του. Οι ουσίες που περιέχονται στο νερό είναι πάρα πολλές και μπορεί να είναι ανόργανες, οργανικές, ραδιενεργές, μέταλλα και ιχνοστοιχεία. Η ποιότητα του νερού προσδιορίζεται σε σχέση με ορισμένες παραμέτρους, που είναι είτε οι ουσίες, είτε οι ομάδες ουσιών, είτε χαρακτηριστικά του νερού (φυσικά, χημικά και βιολογικά). Ο χαρακτηρισμός του νερού σε καλής ή κακής ποιότητας γίνεται σε σχέση με τις τιμές των παραμέτρων αυτών και τη χρήση του νερού. Είναι προφανές ότι για τις διάφορες χρήσεις του νερού δεν προκύπτουν οι ίδιες απαιτήσεις. Έτσι, για αστική χρήση (και ιδίως για πόση) αλλά και δημόσια (πότισμα ζώων και άρδευση) οι απαιτήσεις ποιότητας είναι – δικαιολογημένα – μεγάλες. Στον αντίποδα, αναψυχή και αισθητική απόλαυση εξαρτώνται μεν από την ποιότητα αλλά με μειωμένες απαιτήσεις. Οι χρήσεις νερού για παραγωγή ενέργειας και ναυσιπλοΐα δεν εξαρτώνται από την ποιότητά του, ενώ σημαντικό ρόλο παίζει για την υδρόβια ζωή.

Η κακή ποιότητα νερού που έχει παρατηρηθεί σε αρκετούς ταμιευτήρες τα τελευταία χρόνια, έχει οδηγήσει σε αυξημένο ενδιαφέρον για την πρόληψη και αντιμετώπιση των προβλημάτων ρύπανσης του νερού των ταμιευτήρων. Ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί στο πρόβλημα του ευτροφισμού το οποίο είναι ένα από τα σημαντικότερα, και κυρίως στην πρόληψη και αντιμετώπιση αυτού με συστήματα παρακολούθησης και δημιουργία διάφορων εκτιμητικών μοντέλων.

4.2. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η ποιότητα του νερού γενικά περιγράφεται από ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων, οι οποίες καλύπτουν τα κύρια χημικά στοιχεία και εντάσεις, τις φυσικοχημικές ιδιότητες και τα βιολογικά υλικά. Ο αριθμός αυτών των παραμέτρων δεν είναι σταθερός και εξαρτάται από τη χρήση του νερού, ενώ μεταβάλλεται με το χρόνο, όταν διαπιστωθεί ότι κάποιο συστατικό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στους χρήστες νερού. Η παραγωγή και διάθεση στο περιβάλλον, τα τελευταία κυρίως χρόνια, νέων χημικών ενώσεων, όπως διαλυτών και αγροχημικών, οδηγεί στην ανάγκη διεύρυνσης του καταλόγου των παραμέτρων που καθορίζουν την ποιότητα του νερού.

Πίνακας 1. Φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά και παράμετροι χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της ποιότητας του νερού διαφόρων χρήσεων

Φυσικά χαρακτηριστικά	
Χρώμα	Θερμοκρασία
Οσμή	Θολότητα
Διαφάνεια	
Χημικά χαρακτηριστικά	
Ανόργανες ουσίες	Οργανικές ουσίες
ρΗ	BOD, COD, TOD
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	Χλωροφύλλη α
Ολικά διαλυμένα στερεά	Φαινόλες
Ασβέστιο	Λίπη, λάδια, λιπαντικά
Μαγνήσιο	Φυτοφάρμακα
Νάτριο	Aldrin / dieldrin
Κάλιο	Chlordane
Βόριο	2,4 D/DDT
Φθόριο	Heptachlor
Χλώριο	HCB
Θειικά	Lindane
Οξίνα ανθρακικά	Methoxychlor
Σκληρότητα (σε CaCO ₃)	TOCI
Νιτρικά	Οργανικοί μικρορυπαντές
Αμμωνία	τετραχλωράνθρακες
Φωσφορικά	1,1 και 1,2 Dichloroethane
Οξυγόνο	Τρι - Τετρα - χλωροαιθυλένιο
Ολικό Kjeldahl - N	Πενταχλωροφαινόλη
Ανόργανοι μικρορυπαντές	2,4,6 Τριχλωροφαινόλη
Αργίλιο	Χλωροφόρμιο
Κοβάλιο	PCBS
Αρσενικό	
Χαλκός	
Βηρύλλιο	
Κυανιούχα	
Κάδμιο	
Υδροθείο	
Μόλυβδος	

Υδράργυρος	Νικέλιο
Σελήνιο	Βανάδιο
Ψευδάργυρος	
Βιολογικά χαρακτηριστικά	
Ολικά κολοβακτήρια	Εντερικά κολοβακτήρια
Νηματώδεις	Πρωτόζωα
Μύκητες	Φύκη
Ραδιενεργά χαρακτηριστικά	
Ολική άλφα ακτινοβολία	
Ολική βήτα ακτινοβολία	

(Πηγή: Τσακίρης, 1995)

Μια ομαδοποίηση των παραμέτρων αυτών ως προς τα προβλήματα ρύπανσης, τις επιπτώσεις τους στη δημόσια υγεία και τη χρήση του νερού, μπορεί να γίνει στις εξής κατηγορίες: α) μικροοργανισμοί που είναι δείκτες πρόκλησης ασθενειών στους ανθρώπους, β) αιωρούμενα υλικά με προβλήματα στα επιφανειακά νερά και τους χρήστες τους, γ) αποικοδομήσιμες οργανικές ουσίες με προβλήματα στο ισοζύγιο οξυγόνου των επιφανειακών νερών, δ) θρεπτικά στοιχεία που επηρεάζουν την υδρόβια ζωή και τον ευτροφισμό, ε) ανόργανα στοιχεία που προκαλούν αλατότητα και ιόντα που αποτελούν βασικές παραμέτρους εκτίμησης της καταλληλότητας των υδατικών πόρων για τις περισσότερες χρήσεις, στ) ανόργανοι μικρορυπαντές που ανήκουν στην ομάδα των ανόργανων μικροστοιχείων που μπορεί να προκαλέσουν δυσμενείς επιπτώσεις σε όλες τις μη βιομηχανικές χρήσεις, ζ) οργανικοί μικρορυπαντές που περιλαμβάνουν τις οργανικές ουσίες που δύσκολα αποικοδομούνται και έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη και υδρόβια ζωή, η) αέρια που συμβάλλουν στην όξινη βροχή με τελικό αποτέλεσμα την όξυνση των επιφανειακών και υπόγειων νερών και θ) τα νιτρικά που αποτελούν απειλή για την ανθρώπινη υγεία.

Από τις παραπάνω οι πιο βασικές και συχνά εξεταζόμενες παράμετροι είναι:

➤ **Φυσικές παράμετροι**

- ✓ Θερμοκρασία
- ✓ Χρώμα

➤ **Χημικές παράμετροι**

- ✓ Διαλυμένο οξυγόνο – DO (Dissolved Oxygen)
- ✓ Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο – BOD (Biochemical Oxygen Demand)

- ✓ Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο – COD (Chemical Oxygen Demand)
- ✓ Ολικός οργανικός άνθρακας – TOC (Total Organic Carbon)
- ✓ Θρεπτικά (ενώσεις αζώτου και φωσφόρου)
- **Βιολογικές παράμετροι**
 - ✓ Μικροβιακή μόλυνση

Πίνακας 2. Τιμές BOD και COD σε διάφορα νερά και απόβλητα (Πηγή: Λουκάς, 2007a)

Προέλευση	COD με $K_2Cr_2O_7$ (O_2 mg/l)	BOD (O_2 mg/l)
Νερά ποταμών χωρίς ρύπανση	-	<1
Νερά ποταμών που έχουν ρυπανθεί	-	>10
Νερά αποβλήτων μετά την κατεργασία	-	10-20
Νερά οικιακών ή βιομηχ. Αποβλήτων	-	300-5000
Επιτρεπτά όρια στη Β. Ελλάδα (1978)	90	30
Επιτρεπτά όρια στη Β. Ελλάδα (1983)	250	80
Ακατέργαστα λύματα (οικιακά)	420	360
Βιομηχανία γάλακτος	700-5600	500-4200
Βιομηχανία κυτταρίνης	800	300
Βιομηχανία ζάχαρης	2000	1800
Βιομηχανία κονσερβ. Λαχανικών	-	100-300
Βαφεία	-	500-600
Σφαγεία (αίμα μόσχου)	234000	167000
Οινοπνευματοποιία	90000	50000

Πίνακας 3. Μικροβιακός χαρακτηρισμός νερών (Πηγή: Λουκάς, 2007a)

Κολοβακτηρίδια/ 100 ml	Χαρακτηρισμός
0-1	Πόσιμο νερό
10-100	Μη ρυπασμένα επιφανειακά νερά
500-1000	Νερά ύποπτα μόλυνσης
1000-5000	Νερά μέτρια μολυσμένα
10.000-100.000	Νερά έντονα μολυσμένα
> 100.000	Αυτούσια λύματα

5. ΡΥΠΑΝΣΗ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

5.1. ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΓΡΟΤΟΠΩΝ ΚΑΙ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ

Με την αύξηση του πληθυσμού, την αστικοποίηση και ιδιαίτερα την αλματώδη ανάπτυξη της βιομηχανίας και της εντατικής γεωργικής και κτηνοτροφικής παραγωγής, η ρύπανση των νερών από τοξικούς χημικούς παράγοντες και αυξανόμενα βιομηχανικά και αστικά απόβλητα ήταν αναπόφευκτη. Σήμερα η ρύπανση των υδατινών συστημάτων είναι πρωταρχικής σημασίας και η πρόληψη της ρύπανσης των νερών κατέχει πρώτη θέση στις προτεραιότητες διεθνών και εθνικών φορέων προστασίας του περιβάλλοντος. Τα υδάτινα οικοσυστήματα έχουν πολύπλοκη δομή και λειτουργικότητα, αποτελούν ζωτικούς χώρους για την επιβίωση αναρίθμητων ειδών της πανίδας και της χλωρίδας και προσφέρουν στον άνθρωπο υπηρεσίες και οφέλη με ανυπολόγιστη οικονομική, πολιτιστική, επιστημονική, ψυχαγωγική και άλλη σημασία.

Οι κυριότερες μορφές ρύπανσης των υδατινών συστημάτων είναι αποτέλεσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, των βαρέων μετάλλων και μεταλλοειδών, των αλογονωμένων και πολυαλογονωμένων ουσιών, των φυτοφαρμάκων και των λιπασμάτων, της νιτρορύπανσης, των πετρελαιοειδών, των ραδιενεργών υλικών, των ουσιών που δρουν ως ενδοκρινικοί διαταρακτές, των αποβλήτων μεταλλευτικών εκμεταλλεύσεων και μεγάλο αριθμό επικίνδυνων υλικών που παρασέρνονται από τα ποτάμια και τους χείμαρρους καταλήγοντας στη θάλασσα. Πολλοί υγρότοποι δέχονται επικίνδυνα βαριά μέταλλα, οικιστικά λύματα, εντομοκτόνα, απορρυπαντικά, πλαστικά και άλλες ουσίες και υλικά που υποβαθμίζουν τις βιοκοινωνίες και την ισορροπία τους (Γσιούρης & Γεράκης, 1991). Παράλληλα, υγρότοποι με εξαιρετικά πλούσια πανίδα αποστραγγίζονται και αποξηραίνονται για να χρησιμοποιηθούν για τη γεωργική ανάπτυξη ή τα νερά τους χρησιμοποιούνται εντατικά για την άρδευση των γειτονικών γεωργικών καλλιεργειών (Στυμφαλία, Φενεός κά).

Στην Ελλάδα, οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες και επεμβάσεις στους υδατικούς πόρους αποτελούν σημαντικό παράγοντα εξέλιξής τους και έχουν άμεσο και έμμεσο χαρακτήρα. Στις άμεσες επεμβάσεις ανήκουν οι αλλαγές στις όχθες και κοίτες, οι εκτροπές, οι εγκιβωτισμοί καναλιών, οι αποξηράνσεις λιμνών, λιμνοθαλασσών, ελών ή και η διευθέτηση και εκμετάλλευση αυτών για ιχθυοκαλλιέργεια και αλυκές, η επέκταση των καλλιεργειών, γεωργοκτηνοτροφικών εγκαταστάσεων, βιομηχανιών και

των οικισμών. Στις έμμεσες επεμβάσεις ανήκουν οι δραστηριότητες εκείνες οι οποίες αλλοιώνουν ή και ανατρέπουν την ισορροπία του φυσικού περιβάλλοντος.

Οι πιο πάνω δραστηριότητες φαίνεται ότι προξενούν μεταβολές στο υδρόβιο φυσικό περιβάλλον και το σπουδαιότερο εισάγουν επιπλέον θρεπτικές και άλλες ουσίες σε αυτό. Οι αλλαγές που προξενούνται συχνά εμποδίζουν τις χρήσεις του ύδατος, αφαιρούν την αισθητική του τοπίου και ελαττώνουν τις αξίες του. Τελικά, απειλείται με καταστροφή ο υδάτινος πόρος.

Για τις φυσικές λίμνες, οι κυριότερες προβληματικές καταστάσεις εντοπίζονται και για το σύνολο των αναφερόμενων περιπτώσεων, στην απότομη διακύμανση της στάθμης του νερού, στην υπερβολική ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης, στη ρύπανση κ.ά. Για τις τεχνητές λίμνες τα φερτά υλικά και η διακύμανση της στάθμης είναι τα σοβαρότερα προβλήματα για μια πληθώρα από χρήσεις που είναι δυνατό να συνυπάρξουν εκεί.

Οι λίμνες και οι ταμιευτήρες ρυπαίνονται κατά κύριο λόγο από φυτοφάρμακα, μέταλλα και θρεπτικά που προέρχονται από μη σημειακές πηγές. Η επιφανειακή απορροή από γεωργικές περιοχές όπου είναι έντονη η χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων δημιουργεί τα περισσότερα προβλήματα. Σημαντική είναι και η απορροή από αστικές περιοχές. Είναι απαραίτητο να υπάρχει μια λεπτομερής εκτίμηση της κατάστασης μιας λίμνης τόσο για τις ρυπογόνες ουσίες όσο και για τους τρόπους – οδούς που αυτές εισήλθαν στο σύστημα ώστε να εφαρμοστούν συγκεκριμένες διαχειριστικές δράσεις.

Η αποτίμηση του συστήματος μιας λίμνης θα πρέπει να διαθέτει πληροφορίες που θα αφορούν (Μηνασίδου, 2005) :

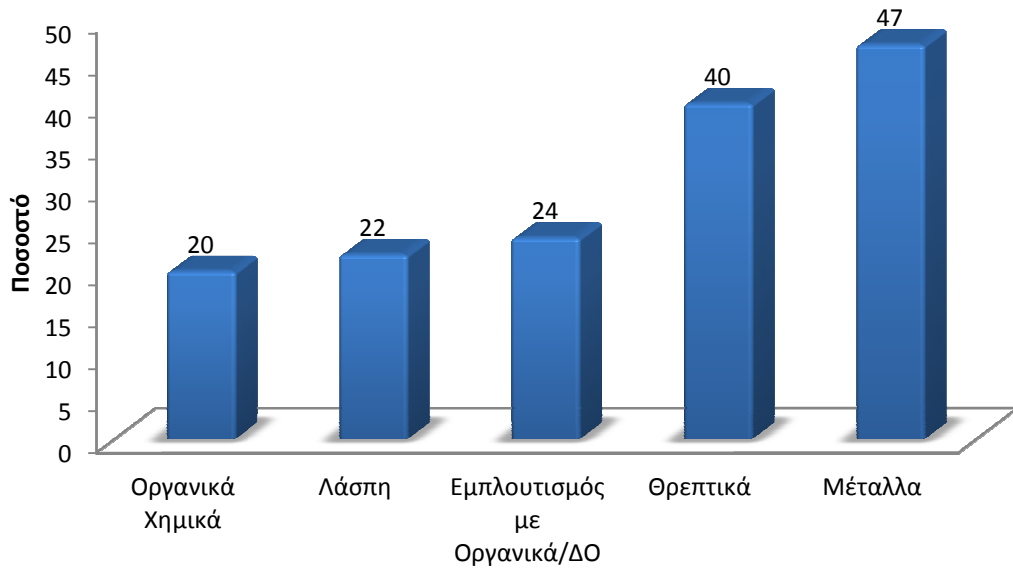
- ✓ Την παρουσία ή απουσία μιας ουσίας ή ενός μετάλλου
- ✓ Τη συγκέντρωση των ρυπογόνων ουσιών στο νερό, στο ίζημα και στους υδρόβιους οργανισμούς
- ✓ Τη χωρική διανομή παρουσιάζοντας τις περιοχές στις οποίες υπάρχουν συγκεντρώσεις ουσιών πέρα των ορίων και των οδηγιών ποιότητας
- ✓ Τις περιοδικές αλλαγές στη συγκέντρωση ως αποτέλεσμα των κοινωνικοοικονομικών και δημογραφικών αλλαγών ή αλλαγών που οφείλονται σε αλλαγές των διαχειριστικών επεμβάσεων.

Οι εισροές ή γενικά οι πηγές των ρυπαντών στις λίμνες μπορούν να συνοψιστούν στις παρακάτω πηγές (Μηνασίδου, 2005):

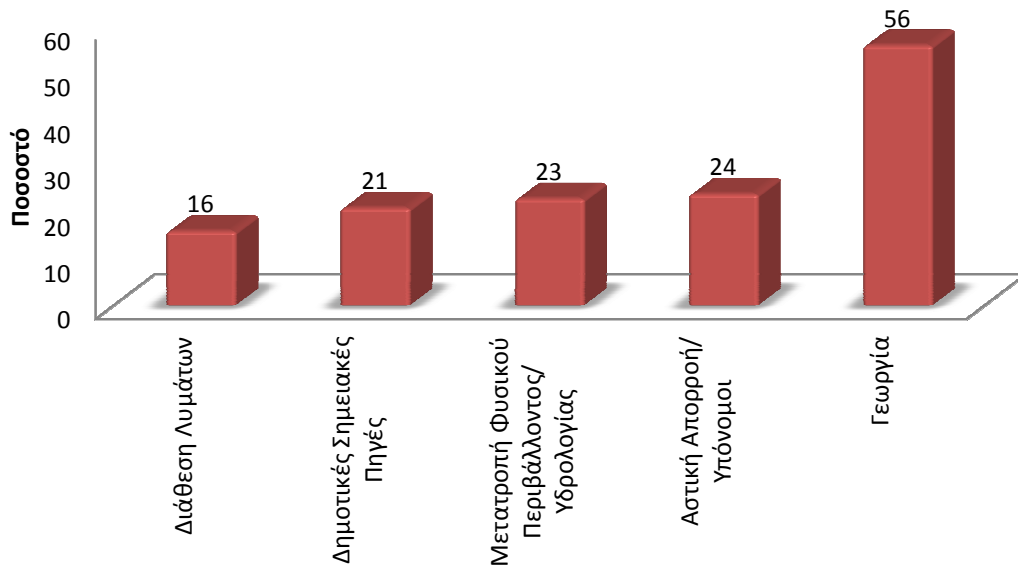
- ✓ Άμεσες σημειακές πηγές - εκφορτώσεις αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων
- ✓ Μη σημειακές αγροτικές πηγές: απόπλυση και εδαφική διάβρωση αγροτικών εκτάσεων που μεταφέρουν υλικά που έχουν εφαρμοστεί όπως ζιζανιοκτόνα και μικροβιοκτόνα
- ✓ Μη σημειακές αστικές πηγές: απόπλυση δρόμων πόλεων, ημιαστικών περιοχών με φυτοκομικές δραστηριότητες και κήπους και βιομηχανικών περιοχών
- ✓ Διάθεση αποβλήτων: μεταφορά των ρυπαντών από τις θέσεις απόθεσης των στερεών και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων και των δημοτικών και οικιακών αποβλήτων και απορριμμάτων
- ✓ Παραποτάμιες πηγές: εισροές ρυπογόνων ουσιών σε διάλυση ή απορροφημένες σε σωματιδιακή ύλη ή και τα δύο. Η αθροιστική είσοδος είναι το άθροισμα των ρυπογόνων από όλα τα ποτάμια μέσα στη λεκάνη απορροής της λίμνης
- ✓ Υπόγειες πηγές: τα συστήματα του υπόγειου νερού ρυπαίνονται από σημειακές και μη σημειακές πηγές που καταλήγουν στα ποτάμια και κατευθείαν στο υπόστρωμα της λίμνης.
- ✓ Ατμοσφαιρικές πηγές: απ' ευθείας υγρή και στερεή ατμοσφαιρική εναπόθεση στην επιφάνεια της λίμνης ενισχυόμενη από την ανακύκλωση της διάβρωσης των ατμοσφαιρικών εναποθέσεων στην επιφάνεια γης της λεκάνης απορροής.

Οι κύριες πηγές ρύπανσης που δημιουργούν προβλήματα στην ποιότητα του νερού των λιμνών και των ταμιευτήρων για τις ΗΠΑ, φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.

Ρυπαντές



Πηγές Ρύπανσης



Εικόνα 1. Έκταση ρύπανσης στις λίμνες: α) ποσοστό της επιφάνειας των ρυπασμένων λιμνών, β) ποσοστό επιφάνειας λιμνών που ρυπάνθηκαν κατά πηγή ρύπανσης (Μηνασίδου, 2005)

5.1.1. ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΑ

Η εύκολη πρόσβαση σε νερό, αλλά και η παραγωγικότητα των υδροτοπικών και των γειτονικών τους περιοχών έχει ως αποτέλεσμα την εκτεταμένη χρήση τους ως καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Για την επέκταση των καλλιεργούμενων εκτάσεων συχνά

γίνονται εκχερσώσεις ή και συνολικές αποξηράνσεις υγροτόπων. Κατά τον 20ο αιώνα οι αποξηράνσεις ήταν συνήθως πρακτική στην Ελλάδα, όπου αποξηράνθηκε περίπου το 60% των ελληνικών υγροτόπων. Παραδείγματα τέτοιων αποξηράνσεων υπάρχουν πολλά, με πιο χαρακτηριστικό αυτό της λίμνης Κάρλας στη Θεσσαλία. Η λίμνη Κάρλα ήταν πλούσια σε ψάρια και στις όχθες της υπήρχαν υγρολίβαδα που φιλοξενούσαν πολλά πουλιά και ζώα. Το 1952 κατασκευάστηκε ένα μικρό φράγμα στον Πηνειό, για να συγκρατεί τα νερά που τροφοδοτούσαν τη λίμνη και να μειωθεί η επιφάνειά της, ώστε η γύρω περιοχή να χρησιμοποιηθεί για καλλιέργειες και για βοσκοτόπια. Αυτό είχε ολέθριες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αρχικά, μειώθηκε το ποσοστό γλυκού νερού που εισχωρούσε στη λίμνη, οπότε, λόγω εξάτμισης, αυξήθηκε η αλατότητα του νερού και μειώθηκε ο αριθμός των ψαριών. Μετά από 10 χρόνια, η λίμνη δεν ήταν πια παραγωγική, οπότε και αποφασίστηκε η αποξήρανσή της. Μετά την αποξήρανση της λίμνης όμως δεν υπήρχε επιφανειακό νερό για την άρδευση, οπότε οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό καλύφθηκαν από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα με γεωτρήσεις. Η κατασκευή φραγμάτων, οι εκτροπές ποταμών, οι εκχερσώσεις και οι αποξηράνσεις αποτελούν ανθρωπογενείς επεμβάσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα επιφανειακών υδάτων, οι οποίες θα πρέπει να γίνονται μετά από ενδελεχείς μελέτες των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων, καθώς προκαλούν διατάραξη της ισορροπίας των οικοσυστημάτων αυτών, μείωση της βιοποικιλότητας και, μακροχρόνια, δεν μπορούν να εξυπηρετούν το σκοπό για τον οποίο και έγιναν.

Επιπλέον, η χρήση μεγάλων ποσοτήτων λιπασμάτων στις εντατικές καλλιέργειες προκαλεί φαινόμενα ευτροφισμού στα στάσιμα επιφανειακά ύδατα και οδηγεί στη μείωση της βιοποικιλότητας. Τα γεωργικά φάρμακα που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες καταλήγουν στα επιφανειακά ύδατα με τα νερά της βροχής και έχουν τοξικές συνέπειες για τους οργανισμούς που ζουν εκεί.

5.1.2. ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Αν και στην Ελλάδα το μεγαλύτερο ποσοστό της βιομηχανίας συγκεντρώνεται στην παράκτια ζώνη, εν τούτοις αρκετές βιομηχανικές μονάδες βρίσκονται δίπλα σε ποτάμια και λίμνες. Οι πιο σημαντικές από αυτές, είναι μονάδες επεξεργασίας τροφίμων, ζάχαρης και γαλακτοκομικών προϊόντων. Οι βιομηχανίες χρησιμοποιούν νερό κατά την παρασκευή των προϊόντων, αλλά και για την απομάκρυνση των λυμάτων τους. Τα βιομηχανικά απόβλητα απελευθερώνουν βαρέα μέταλλα, όπως είναι το

κάδμιο, το μαγγάνιο, ο χαλκός και ο μόλυβδος, στο περιβάλλον. Η παρουσία βλαβερών χημικών ουσιών στο νερό προκαλεί αλλαγές στο οικοσύστημα και πολλά ζώα μπορεί να μην αντέξουν αυτές τις αλλαγές στην ποιότητα του νερού. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η ρύπανση του νερού δεν είναι ορατή και είναι αποτέλεσμα μακροχρόνιας αποδοχής λυμάτων από τον υδάτινο όγκο. Η μακροχρόνια ρύπανση της λίμνης Κορώνειας της επαρχίας Λαγκαδά, στο νομό Θεσσαλονίκης προκάλεσε τον Αύγουστο του 2004 το θάνατο σε πάνω από 30.000 υδρόβια και παρυδάτια πουλιά τα οποία βρίσκονταν στη μεταναστευτική τους περίοδο. Το Σεπτέμβριο του ίδιου χρόνου ακολούθησαν μαζικοί θάνατοι τριών τουλάχιστον ειδών ψαριών που ζουν στη λίμνη. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την απαγόρευση της αλιείας στη λίμνη, της βόσκησης στη γύρω περιοχή και της προσέγγισης των πολιτών. Η ρύπανση του νερού δεν επιβαρύνει μόνο τους υδρόβιους φυτικούς ή ζωικούς οργανισμούς, αλλά έχει επιπτώσεις και στους καταναλωτές των οργανισμών αυτών, ιδιαίτερα σε αυτούς που βρίσκονται ψηλά στην τροφική αλυσίδα, όπως ο άνθρωπος, γι' αυτό και οι Αρχές απαγόρευσαν όλες τις δραστηριότητες στη λίμνη. Παρόλο που στην Ελλάδα δεν αποτελεί σημαντικό πρόβλημα, σε χώρες με πυρηνικά εργοστάσια, σημαντική είναι και η ραδιενεργός ρύπανση των νερών.

Παράλληλα, στη βιομηχανία το νερό χρησιμοποιείται για να διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία των πυρηνικών αντιδραστήρων των μονάδων παραγωγής ενέργειας, αλλά και των μηχανών βαρέων βιομηχανιών (δυλιστήρια, εργοστάσια πετροχημικών). Τα εργοστάσια αυτά παίρνουν κρύο νερό και το επιστρέφουν θερμότερο, με αποτέλεσμα να αλλάζουν τη θερμοκρασία του νερού. Η θερμοκρασία του νερού παίζει καθοριστικό ρόλο στα οικοσυστήματα των επιφανειακών υδάτων, με αποτέλεσμα η αύξησή της να επιφέρει σημαντικές μεταβολές.

Οι βιομηχανίες ευθύνονται επίσης σε μεγάλο ποσοστό και για την ατμοσφαιρική ρύπανση, η οποία μπορεί να προκαλέσει οξίνιση των επιφανειακών υδάτων μέσω της όξινης βροχής. Το 1970 εντοπίστηκαν 18.000 λίμνες στη Σουηδία με πολύ αυξημένη οξύτητα, ενώ στις μισές από αυτές ο πληθυσμός των ψαριών είχε μειωθεί δραματικά. Οι οικολογικές επιδράσεις της όξινης βροχής είναι ιδιαίτερα φανερές στα υδάτινα οικοσυστήματα. Το φυσικό pH των περισσότερων λιμνών και των ποταμών είναι μεταξύ 6 και 8. Οι λίμνες και τα ποτάμια γίνονται όξινα (δηλαδή, η τιμή του pH πέφτει), όταν το νερό και το έδαφος που το περιβάλλει δεν μπορεί να εξουδετερώσει την οξύτητα της βροχής. Σε περιοχές όπου παρατηρείται υπερβολική μείωση του pH,

απελευθερώνεται άργιλος από το έδαφος, ο οποίος είναι πολύ τοξικός για πολλά είδη υδρόβιων οργανισμών.

5.1.3. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΤΟΥΡΙΣΜΟ

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί σημαντική αύξηση του τουρισμού στα ποτάμια και τις λίμνες. Αυτή η τουριστική ανάπτυξη έχει προκαλέσει αύξηση των αστικών αποβλήτων. Τα αστικά απόβλητα περιέχουν οργανικές και ανόργανες ουσίες που ρυπαίνουν το περιβάλλον και προκαλούν φαινόμενα ευτροφισμού. Επίσης, έχουν αυξημένη συγκέντρωση σε παθογόνους οργανισμούς που μπορεί να προκαλέσουν ασθένειες σε ανθρώπους και ζώα. Σχετικά συνηθισμένοι και σημαντικοί παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι τα βακτήρια του τύφου και παρατύφου (σαλμονέλες), της δυσεντερίας, γαστρεντερίτιδας, χολέρας και ο ιός της λοιμώδους ηπατίτιδας.

Εκτός από τα επιφανειακά ύδατα, τα αστικά απόβλητα ρυπαίνουν και τα υπόγεια νερά. Η επιβάρυνση των υπόγειων υδάτων μπορεί να γίνει είτε έμμεσα μέσω των επιφανειακών υδάτων ή άμεσα λόγω διαρροών από τους βόθρους.

Εξαιτίας της φυσικής τους ομορφιάς τα οικοσυστήματα επιφανειακών υδάτων προσφέρονται για αναψυχή και εναλλακτικές μορφές τουρισμού (αγροτουρισμός, αθλητικός τουρισμός κ.ά.) Ο οικοτουρισμός είναι μια μορφή εναλλακτικού τουρισμού που περιλαμβάνει την παρατήρηση πουλιών και τη γνωριμία με τη φύση. Όμως, σε μια ευαίσθητη περιοχή, ακόμα και ένας μικρός αριθμός τουριστών μπορεί να προκαλέσει προβλήματα. Οι τουριστικές δραστηριότητες που επηρεάζουν τους υγρότοπους είναι η κατάβαση ποταμών, είτε με τα πόδια είτε με canoe/kayak/rafting και η παρατήρηση των πουλιών.

5.1.4. ΛΟΙΠΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

Πολλές φορές ξενικά είδη έχουν εισαχθεί στις ελληνικές λίμνες με σκοπό την ανάπτυξη της εσωτερικής αλιείας ή την καταπολέμηση διαφόρων προβλημάτων που ανακύπτουν. Ωστόσο, συχνά τα ξενικά είδη δρουν ανταγωνιστικά έναντι στους αυτόχθονους οργανισμούς όσον αφορά στη διαθεσιμότητα χώρου και τροφής. Επιπλέον, τα εισαγόμενα αυτά είδη συχνά δεν έχουν φυσικούς εχθρούς, με αποτέλεσμα να πολλαπλασιάζονται ανεξέλεγκτα. Η εισαγωγή ξενικών ειδών στα εσωτερικά ύδατα μπορεί να γίνει και ακούσια ως αποτέλεσμα διάνοιξης αρδευτικών καναλιών. Στις

περιπτώσεις αυτές πρόκειται για είδη αυτόχθονα σε γειτονικούς υγρότοπους, οπότε η εισαγωγή τους δεν επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο οικοσύστημα.

Αντίστοιχη περίπτωση εισαγωγής φυτικών ξενικών ειδών που προκάλεσε σημαντικά οικολογικά προβλήματα, είναι η εισαγωγή υδρόβιων υάκινθων σε πολλές λίμνες στην Ινδία και στην Αμερική, με σκοπό την καταπολέμηση της ελονοσίας. Παρόλο που πέτυχαν το σκοπό τους, οι υάκινθοι έχουν πλέον καλύψει την επιφάνεια των λιμνών αυτών, προκαλώντας μείωση της έντασης του φωτός και του οξυγόνου στο νερό. Πολλά φυτά και ζώα δεν αντέχουν τις συνθήκες αυτές και πεθαίνουν.

5.2. ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ

5.2.1. ΟΡΙΣΜΟΣ

Ο ευτροφισμός στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι ένα σύνθετο πρόβλημα με σοβαρές επιπτώσεις για την κατάσταση και την υγεία του οικοσυστήματος. Οι συνέπειες του ανθρωπογενούς υπερεμπλουτισμού με θρεπτικά έχουν κλιμακωθεί από το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα και η συνειδητοποίηση του προβλήματος έχει επεκταθεί από τις επιστήμες της θάλασσας σε διάφορα επίπεδα της έρευνας, της διαχείρισης και της συνολικής ανθρώπινης κοινωνίας.

Ο ευτροφισμός (eutrophication) μπορεί να ορισθεί ως ο εμπλουτισμός των υδάτων με θρεπτικά συστατικά, κυρίως άζωτο και φώσφορο, ο οποίος επιταχύνει την ανάπτυξη των φυκών και των ανώτερων φυτών, που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες O_2 , κατά τη βιολογική αποικοδόμησή τους, και προκαλεί ανεπιθύμητες παρενέργειες στην ισορροπία των οργανισμών μέσα στο νερό καθώς και στην ποιότητα του νερού. Η έλλειψη οξυγόνου μπορεί να προκαλέσει μαζικούς θανάτους ψαριών. Η προέλευση των θρεπτικών είναι τα λιπάσματα, τα απορρυπαντικά, η ρύπανση από λύματα και υγρά απόβλητα τα οποία περιέχουν νιτρικά, αμμωνιακά και φωσφορικά άλατα κ.λ.π. (Κούγκολος, 2007).

Η υπερφόρτωση με θρεπτικά δεν αποτελεί κίνδυνο από μόνη της, δηλαδή ο φώσφορος και το άζωτο δεν είναι τοξίνες στο περιβάλλον, αλλά τα αποτελέσματα μιας υπερ-διεγερμένης πρωτογενούς παραγωγής και οι οικολογικές συνέπειές της δημιουργούν σοβαρό κίνδυνο για το σύνολο του θαλάσσιου περιβάλλοντος (Lundberg, 2013).

Στην αρχική του χρήση και ετυμολογία, «ευτροφικός» σήμαινε «καλή διατροφή», και ευτροφισμός σήμαινε η διαδικασία με την οποία οι υδάτινοι όγκοι παρουσίαζαν μεγαλύτερη παραγωγικότητα. Περίπου 50 χρόνια πριν, ωστόσο, έγινε σαφές ότι αυτή η «καλή διατροφή» είχε σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε περιβάλλοντα γλυκού νερού, όπως λίμνες και ταμιευτήρες, και στη συνέχεια παρόμοιες ανησυχίες προέκυψαν για εκβολές ποταμών και παράκτια συστήματα.

Η σημασία που απέκτησε οδήγησε στην πολιτική βούληση για δράση μέσω διάφορων περιφερειακών προγραμμάτων. Η άφιξη της νομοθεσίας οδήγησε σε προκλήσεις στην εφαρμογή της, και η ανάγκη για νομική συμφωνία σχετικά με τους ορισμούς. Ο Nixon (1995) πρότεινε ότι ο ευτροφισμός είναι «η αύξηση του ποσοστού της προμήθειας της οργανικής ύλης σε ένα οικοσύστημα». Παρά το γεγονός ότι ο ορισμός αυτός ήταν ελκυστικός για την επιστημονική κοινότητα, και ορθώς τονίζει ότι ο ευτροφισμός είναι μια διαδικασία και όχι μια κατάσταση, από τη σκοπιά της διαχείρισης αφήνει σημαντικά περιθώρια ερμηνείας σε ένα νομικό δικαστήριο.

Τελικά, στα τέλη του 20^{ου} αιώνα αποδόθηκε ένας πιο ολοκληρωμένος – επιστημονικά και νομικά – ορισμός στο φαινόμενο αυτό όπου αναφέρει πως: «Ευτροφισμός σημαίνει ο εμπλουτισμός των υδάτων με θρεπτικές ουσίες που προκαλεί μια ταχύτερη ανάπτυξη φυκών και ανωτέρων μορφών φυτικής ζωής, με συνακόλουθη ανεπιθύμητη διαταραχή της ισορροπίας των οργανισμών που υπάρχουν στο νερό και της ποιότητας του εν λόγω νερού, και ως εκ τούτου αναφέρεται στις ανεπιθύμητες επιπτώσεις που προκαλούνται από ανθρωπογενή εμπλουτισμό με θρεπτικά συστατικά ... » (Ferreira et al., 2011).

5.2.2. ΑΙΤΙΕΣ ΤΟΥ ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ

Οι ρηχές λίμνες, που ως επί το πλείστον περιορίζονται σε πεδινές περιοχές, είναι ιδιαίτερα ευάλωτες σε εμπλουτισμό θρεπτικών συστατικών μέσω της μετατροπής των περισσότερων πεδινών σε γεωργικές ή αστικές περιοχές, με σημαντικές επιπτώσεις στις ροές θρεπτικών. Φυσικά παρθένα συστήματα γενικά διατηρούν τα θρεπτικά συστατικά και αποθηκεύουν οργανική ύλη, τη στιγμή που τα γεωργικά συστήματα δεν έχουν τέτοιους μηχανισμούς διατήρησης και διαρρέουν θρεπτικά στα ρέματα και τα άλλα υδατικά συστήματα.

Ο ευτροφισμός προκαλείται λόγω υψηλών εξωτερικών εισροών θρεπτικών ουσιών που απορρέουν από τα οικιακά λύματα, τις εντατικές γεωργικές δραστηριότητες

και τη βιομηχανία, σπάζοντας τελικά τους σφιχτούς κύκλους των θρεπτικών ουσιών των χερσαίων οικοσυστημάτων της λεκάνης απορροής (Smith et al., 1999). Το φαινόμενο αυτό οδηγεί σε μια ολόκληρη σειρά βιολογικών μεταβολών στις λίμνες, με αρνητικές επιπτώσεις στην οικολογική τους κατάσταση. Τα συνηθέστερα πρακτικά προβλήματα που ανακύπτουν αφορούν τη χρήση νερού για οικιακή προσφορά και άρδευση, τοξικές ανθήσεις φυκών και μειωμένη αξία για ψυχαγωγία και εμπορικά αλιεύματα.

Σήμερα, στον ανεπτυγμένο κόσμο, η κύρια προέλευση της φόρτωσης θρεπτικών ουσιών σε λίμνες είναι διάχυτες πηγές στην απορροή, κυρίως εντατική γεωργία, ενώ τα λύματα και τα απόβλητα ιχθυοκαλλιεργειών διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις αναπτυσσόμενες χώρες (Beklioglu et al., 1011).

Η κατάχρηση χημικών λιπασμάτων διασπείρει νιτρικά και φωσφορικά θρεπτικά άλατα στο έδαφος, εμπλουτίζει με τα θρεπτικά αυτά συστατικά τα νερά, αλλοιώνει τα οικοσυστήματα και προκαλεί τον ευτροφισμό των υδάτων.

Ο εμπλουτισμός μιας λίμνης με θρεπτικά, ενεργοποιεί μια σειρά από διαταραχές στο οικοσύστημα. Αρχικά παρατηρείται αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης και πολλαπλασιασμού του φυτοπλαγκτού. Το φυτοπλαγκτόν εμφανίζει έναν αξιοσημείωτο ρυθμό ανάπτυξης. Κάτω από φυσιολογικές συνθήκες, η βιομάζα του διπλασιάζεται ανά εικοσιτέσσερις ώρες. Έτσι το φυτοπλαγκτόν φτάνει στο μέγιστο της πληθυσμιακής του πυκνότητας και η πληθυσμιακή ισορροπία επέρχεται με θανάτους. Ο αριθμός των αποικοδομητών, και κυρίως των βακτηριδίων αυξάνεται με σκοπό τη διάσπαση του νεκρού φυτοπλαγκτού, με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι απαιτήσεις διαλυμένου οξυγόνου στις λίμνες. Η αλληλουχία αυτή των διαταραχών δημιουργεί ανοξικές συνθήκες στις λίμνες με αποτέλεσμα να θανατώνονται πλήθος ψαριών και μαλακίων.

Για τους ανθρώπους τα ευτροφικά συστήματα είναι ακατάλληλα για κολύμβηση και αθλήματα. Επιπλέον αν μια λίμνη αποτελεί πηγή πόσιμου νερού, η αξία της μπορεί να υποβαθμισθεί αφού το φυτοπλαγκτόν φράσει τα φίλτρα και δημιουργεί δυσάρεστη γεύση και οσμή. Τέλος ορισμένα είδη φυτοπλαγκτού απελευθερώνουν τοξίνες στο νερό με αποτέλεσμα να εξαφανίζεται η υδρόβια ζωή και να απειλείται η ανθρώπινη υγεία (Θωμαΐδου, 2009; Codd, 2000).

5.2.3. ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΒΛΑΒΕΙΣ ΑΝΘΙΣΕΙΣ ΦΥΚΩΝ

Όπως διατυπώθηκε και ανωτέρω, ο ευτροφισμός είναι το αποτέλεσμα εξωγενούς εμπλουτισμού με θρεπτικά συστατικά – κυρίως N και / ή P – σε μια υδάτινη μάζα, ο οποίος τροποποιεί τον πρότυπο εποχικό κύκλο, επιτρέποντας μεγαλύτερη ετήσια πρωτογενή παραγωγή οργανικού υλικού και δυνητικά μπορεί να οδηγήσει σε συσσώρευση της βιομάζας φυκών (Ferreira et al., 2011).

Διάφορα συμπτώσια και συνέδρια έχουν πραγματοποιηθεί για τη μελέτη των επιβλαβών αυτών ανθίσεων φυκών και τη σχέση τους με το φαινόμενο του ευτροφισμού.

Ένας ευρύς ορισμός (GEOHAB, 2001) των επιβλαβών αυτών ανθίσεων – που έχει εγκριθεί ομόφωνα από ακαδημαϊκούς, ομοσπονδιακούς και κρατικούς φορείς – συμπεριλαμβανομένων δυνητικά τοξικών (τόσο αυτότροφων όσο και ετερότροφων) ειδών και παραγωγών υψηλής βιομάζας που μπορούν να προκαλέσουν υποξία και ανοξία και θνησιμότητα άνευ διακρίσεως της θαλάσσιας ζώης μετά την επίτευξη πυκνών συγκεντρώσεων, με ή χωρίς την παραγωγή τοξινών.

Τον Ιανουάριο του 2003, η Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος χρηματοδότησε μια συζήτηση «στρογγυλής τραπέζης» για τη σχέση ποιότητας νερού, ευτροφισμού και Επιβλαβών Ανθίσεων Φυκών (ΕΑΦ), όπου εγκρίθηκαν ομόφωνα από τους συμμετέχοντες οι ακόλουθες επτά δηλώσεις με βάση την επισκόπηση και ανάλυση των τρεχόντων καθώς και των σχετικά προηγούμενων δεδομένων:

(1) Υποβαθμισμένη ποιότητα νερού από αυξημένη μόλυνση λόγω θρεπτικών προάγει την ανάπτυξη και επικράτηση πολλών ΕΑΦ και είναι ένας από τους λόγους για την επέκτασή τους στις ΗΠΑ και σε άλλες χώρες.

Φυσικοί, βιολογικοί και άλλοι χημικοί παράγοντες μπορεί διαφοροποιήσουν τις ανταποκρίσεις των διάφορων ειδών επιβλαβών φυκών σε φορτία θρεπτικών ουσιών.

(2) Η σύνθεση – όχι μόνο η συνολική ποσότητα – των θρεπτικών έχει επιπτώσεις στις ΕΑΦ.

Συγκεκριμένα είδη φυκών ή ομάδες ειδών έχουν πολλές φυσιολογικές προσαρμογές που τους επιτρέπουν να εκμεταλλεύονται τα θρεπτικά συστατικά διαφορετικά.

(3) Οι ανθίσεις υψηλής βιομάζας πρέπει να έχουν εξωγενή θρεπτικά συστατικά για να διατηρηθούν.

Ο πολλαπλασιασμός των φυκών, εξ ορισμού, γίνεται μέσω αυξημένης καθαρής ανάπτυξης, και αυτό πρέπει να πραγματοποιηθεί είτε μέσω της αύξησης του μεικτού ποσοστού αύξησης ή / και μέσω της μείωσης των διαδικασιών ελάττωσης, όπως η βόσκιση. «Νέα» θρεπτικά συστατικά από αλλόχθονες πηγές μπορούν να τροφοδοτήσουν την αύξηση της βιομάζας.

Ωστόσο, ενώ εξωγενή θρεπτικά συστατικά είναι συχνά αναγκαία για να διατηρηθούν ανθίσεις υψηλής βιομάζας, σε ορισμένες περιπτώσεις, ανθίσεις μπορούν να διατηρηθούν με θρεπτικές ουσίες που έχουν αναγεννηθεί και ανακυκλωθεί μετά από μια αρχική έγχυση των νέων θρεπτικών συστατικών.

(4) Τόσο η χρόνια όσο και η επεισοδιακή παροχή θρεπτικών συστατικών προωθούν την ανάπτυξη των ΕΑΦ.

Είναι σημαντικό κατά την ερμηνεία μας των σχέσεων μεταξύ των θρεπτικών συστατικών και των εμφανίσεων ΕΑΦ να ξεφύγουμε από τα απλοϊκά μοντέλα δόσης ανόργανων θρεπτικών – απόδοσης και να αρχίσουμε να ενσωματώνουμε παραμέτρους φόρτωσης θρεπτικών, οι οποίες περιλαμβάνουν τον διαρκώς αυξανόμενο αριθμό των θρεπτικών φορμών που τώρα αναγνωρίζονται ως σημαντικές.

(5) Τα πρόσφατα ανεπτυγμένα εργαλεία και τεχνικές βελτιώνουν ήδη τον εντοπισμό ορισμένων ΕΑΦ, και αναδυόμενες τεχνολογίες προχωρούν με ταχείς ρυθμούς προς την κατάσταση λειτουργίας για την πρόβλεψη των ΕΑΦ και των τοξινών τους.

(6) Πειραματικές μελέτες είναι κρίσιμης σημασίας για την προώθηση της κατανόησης σχετικά με το ρόλο των θρεπτικών ουσιών στην εμφάνιση ΕΑΦ, και θα ενισχύσει την πρόβλεψη και τον μετριασμό των ΕΑΦ.

(7) Η διαχείριση των εισροών θρεπτικών ουσιών στη λεκάνη απορροής μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση των ΕΑΦ (Heisler et al., 2008).

Η αύξηση του φυτοπλαγκτόν επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των θρεπτικών αλάτων, της θερμοκρασίας του νερού (WT), του pH, του διαλυμένου οξυγόνου (DO) και της έντασης του φωτός (LI).

Στη δεκαετία του 1970, ο OECD (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης) θεμελίωσε συσχέτικότητα μεταξύ των μέσων συγκεντρώσεων του Ολικού Φωσφόρου (TP) και της Χλωροφύλλης α (Chl-α) και του Δίσκου Secchi (SD) σε λίμνες και μεταξύ SD και Chl-α μέσω εκτεταμένη και ενδεδειγμένη παρακολούθησης και ανάλυσης 200 λιμνών σε όλο τον κόσμο.

Πιο σύγχρονες μελέτες έχουν δείξει ότι τόσο η πάρα πολύ υψηλή όσο και η πολύ χαμηλή LI ήταν δυσμενείς για την ανάπτυξη φυκών, και η λειτουργία μαζί με

κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και LI και άπλετο χρόνο εφαρμογής φωτός οδήγησε σε αύξηση των φυκών υπό την ίδια ποιότητα του νερού και υδροδυναμικές συνθήκες (Cao et al., 2011). Παράλληλα, αύξηση της θερμοκρασίας είναι πιθανό να επιδεινώσει κάποια συμπτώματα του ευτροφισμού (Beklioglu et al., 2011).

Ανάλυση συσχέτισης στις παραπάνω μελέτες έδειξε ότι η LI και η WT άλλαξαν λόγω λειτουργίας σκίασης, οι μεταβολές τους δεν είχαν καμία επιρροή πάνω στο DO. Επιπλέον, το pH του νερού μειώνεται σταδιακά με τα φύκια από την αύξηση έως το θάνατο και μπορεί να επηρεάσει και τα δύο (Cao et al., 2011).

5.2.4. ΔΕΙΚΤΕΣ ΤΟΥ ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ

Ο ευτροφισμός δεν μπορεί να μετρηθεί με ένα μοναδικό αναμφίβολο τρόπο. Σύγχρονοι μέθοδοι μετράνε συμπτώματα (π.χ. σταθερό πλήθος αλγών, το βάθος του Secchi, πρωταρχική παραγωγικότητα) και αιτίες (π.χ. ολικές συγκεντρώσεις φωσφόρου, φορτίο φωσφόρου) ή και συνέπειες (π.χ. επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου στο υπολίμνιο ταμιευτήρων).

5.2.5. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ

- ✓ Αυξημένη πρωτογενής παραγωγικότητα.
- ✓ Αυξημένη δευτερογενής παραγωγικότητα οργανισμών, που χρησιμοποιούνται ως τροφή για τα ψάρια σε περιπτώσεις χαμηλών επιπέδων ευτροφισμού, και μια ταυτόχρονη μείωση των πιο σπάνιων ειδών ψαριών.
- ✓ Εμποδίζεται η εξάλειψη των επιβλαβών ουσιών λόγω βιοσυσσώρευσης και μεταφοράς τους στον πυθμένα.
- ✓ Αύξηση των βακτηρίων.
- ✓ Μείωση διαπερατότητας και συνθήκες ελλιπούς φωτισμού λόγω εκρηκτικής αύξησης των φυκών.
- ✓ Ελάττωση του διαλυμένου O₂ και ανάπτυξη αναερόβιων ζωνών και παραγωγή H₂S στο νερό και στον πυθμένα. Εμφανίζονται θάνατοι ψαριών.
- ✓ Μείωση του χώρου ανάπτυξης των ψαριών και των οργανισμών που χρησιμοποιούνται για την τροφή τους.

- ✓ Τα είδη των φυκών και κυανοβακτηρίων που αναπτύσσονται είναι ακατάλληλα ως τροφή του ζωοπλαγκτού και παράλληλα παρεμποδίζουν την ανάπτυξη άλλων οργανισμών.

Μια από τις πιο καταστροφικές για τα οικοσυστήματα συνέπειες του ευτροφισμού είναι η μείωση της ποικιλότητας των ειδών στην υδάτινη μάζα σε όλα τα τροφικά επίπεδα. Η συχνή κυριαρχία κυανοβακτηρίων σε εύτροφα νερά αποτελεί πρόσθετη ανησυχία για τα ζητήματα ποιότητας του νερού, εξαιτίας της κοινής ικανότητας αυτών των οργανισμών να παράγουν τοξίνες.

Οι τοξίνες κυανοβακτηρίων παρουσιάζουν κινδύνους για την υγεία μέσω διαφόρων οδών έκθεσης, ενώ σε ετήσιο επίπεδο περιπτώσεις δηλητηριάσεων ζώων και περιστατικά ανθρώπων που συνδέονται με τις τοξίνες, έχουν αυξήσει το ενδιαφέρον για τους πληθυσμούς κυανοβακτηρίων σε ζητήματα που αφορούν την ποιότητα του νερού κατά την τελευταία δεκαετία.

Ιδιαίτερα για τους ανθρώπους οι κίνδυνοι έκθεσης σε τοξίνες κυανοβακτηρίων περιλαμβάνουν τους ερεθισμούς του δέρματος, αλλεργικές αντιδράσεις, φλύκταινες των βλεννογόνων, πόνους στους μύες και στις αρθρώσεις, γαστρεντερίτιδα, πνευμονική ενοποίηση, βλάβη στο ήπαρ και τα νεφρά και μια σειρά νευρολογικών επιπτώσεων. Τέλος, μακροχρόνιες μελέτες που βρίσκονται σε εξέλιξη στην Κίνα υποδεικνύουν ότι η κατανάλωση μη επεξεργασμένων επιφανειακών νερών που περιέχουν μικροκυστίνες σχετίζεται με αυξημένη συχνότητα πρωτογενούς καρκίνου του ήπατος (Codd, 2000).

Πίνακας 4. Οι κυριότερες φυσικές και τεχνητές λίμνες (ταμιευτήρες και λιμνοδεξαμενές) στην Ελλάδα με τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους, τα προβλήματα και τις απειλές που δέχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες και φυσικά αίτια, καθώς και τις κυριότερες χρήσεις

Προβλήματα-Απειλές: δ= διακύμανση στάθμης, β= υπερβολική βλάστηση, μ= μείωση ψαριών με εμπορική σημασία, ε= έλλειψη ψαριών με εμπορική σημασία, ρ= ρύπανση, ψ= απορρίψεις, λ= αλμυρά νερά, στ= στράγγιση εδαφών, υπ= υπεράντληση υδάτων, τε= τεχνικά έργα και κατασκευές, αμ= αμμοληψία, φε= φερτά υλικά-επιχωματώσεις-επεκτάσεις οικισμών και γεωργικών καλλιεργειών, υδρθ= συχνή παραγωγή υδρόθειου, υπ= υπεράντληση υδάτων, υπρλ= υπεραλίευση.

Χρήσεις: α= άρδευση, η= υδροηλεκτρική ενέργεια, ι= αλιεία και ιχθυοπααραγωγή, π= προστατευόμενη περιοχή, υ= ύδρευση, ψ= απόρριψη, αν= αναψυχή και τουρισμός, βο= βόσκηση, αμ= αμμοληψία, υ= ύδρευση.

a/a	Λίμνες	Έκταση τ.χλμ.	Μέγιστο Βάθος μ.	Κυριότερο Πρόβλημα & Απειλή	Κυριότερες Χρήσεις
	ΗΠΕΙΡΟΣ				
1	Δρακόλιμνες	0.015			αν, π
2	Ζαραβίνα	0.31		τε, ρ	α, ι
3	Ζηρός	1.25	58	δ, τε	α, αν, ι, π
4	Κανέτο Θεσπρ	0.001		στ	βο
5	Καλοδίκης	3.0	23	δ, β, μ, στ	α, π, βο, ι
6	Κυρά Παναγιά Θεσπρ	0.1		ρ, στ, τε	βο
7	Λιμνοπούλα Θεσπρ	1.3		ρ	βο
8	Λούρου (ΤΛ)	0.2	23	β, δ, φε	η
9	Μαύρη	0.8			
10	Μεσοβουνίου Θεσπ	0.06		στ, ρ	αν
11	Παλαιοκάστρου Θεσπ	0.5	4	δ, μ, στ	α, ι
12	Παμβώτιδα	22	11	δ, ρ, β, μ	α, αν, ψ, ι
13	Πηγές Αώου (ΤΛ)	8.6	82	δ	η
14	Πουρνάρι (ΤΛ)	20.5	89	δ, ρ	η, ι, ψ
15	Προντάι Θεσπρ	0.25		ρ, στ	βο
16	Φλέγκα	0.74			αν
	ΘΕΣΣΑΛΙΑ				
17	Ζηλέρια Μαγν	0.02		ρ, δ	α
18	Κάρλα (ΤΛ)	4		ρ, δ	α
19	Κεφαλόβρυσο	0.5	6	ε, δ	α, υ, ι
20	Λούτσια Μαγν	0.15		ρ, δ	α
21	Μάτι Τυρνάβου (ΤΛ)	0.35		ρ, υπ	α, υ, ι
22	Ταυρωπός (ΤΛ)	25	47	δ, υπ	η, α, υ, ι, αν
23	Τσατάλι Μαγν.	0.8		βο	βο
	ΘΡΑΚΗ				
24	Βιστωνίδα	42	4	ρ, δ, β, θ, φε	ι, ψ
25	Ισμαρίδα ή Μητρικού	3.4	1,4	β, δ, αμ, υπ, ρ, φε	π, ι, α, βο, αμ
26	Νυμφών Εβρου	2.6		ρ, φε	βο
	ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ				
27	Αγρα (ΤΛ)	0.35	3	β, ε, ρ, δ, φε	η, α, ι
28	Βεγορίτιδα	43	70	δ, ρ, υπ	η, α, υ, ι, ψ
29	Βεύης (ΤΛ)	1.8		υπ	α, ι
30	Βόλβη	68	22	δ, β, ρ, μ, ε	α, υ, αν, ι
31	Δοιράνη	15(43)	10	δ, υπ, μ, ρ	ι, α, υ, αν
32	Ζάζαρη	2	6	δ, β, ρ, μ, φε	α, ι, βο
33	Κερκίνη (ΤΛ)	73	4	δ, ρ, τε	α, ι, βο
34	Κορώνεια	46	9,5	ρ, β, δ, μ, φε	ι, α, αν
35	Νησιού Πέλλας			ρ	α, αν, ι

a/a	Λίμνες	Έκταση τ.χλμ.	Μέγιστο Βάθος μ.	Κυριότερο Πρόβλημα & Απειλή	Κυριότερες Χρήσεις
36	Ορεστιάδα ή Καστοριά	10	1,5	ρ, μ, επ, φε	ι, αν, π, α
37	Πετρών	30	9	δ, β, ρ, υπ	α, ι, ψ
38	Πικρολίμνη	8	5		
39	Πολυφύτου (ΤΛ)	4		ε, δ	η, α, ι, υ, αν
40	Πρέσπα Μεγάλη	73	70	ε	αν, α, ι,
41	Πρέσπα Μικρή	38(266)	55	ρ, β, μ, ε, φε	α, αν, π, ι, υ
42	Σκοπού (ΤΛ)	44(49)	8	υπ	α, ι
43	Χειμαδίτιδα	1.8		β, δ, ρ, μ, φε	α, π, ι, βο
	11		6		
	ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ				
44	Αλφειού (ΤΛ)			δ	α, υ
45	Αστερίου Ευρώτα	2	0,8	στ, επ, ρ	
46	Καιάφα	0.7		στ, επ, τε	ι, αν
47	Κονδύλη	0.2			
48	Λάδωνα (ΤΛ)	1.45	50	δ, επ, ρ	η, α, υ, ι
49	Μελιγκού ή Μουστός	2,4	5	μ, υδρθ	αν, ι
50	Πηνειού (ΤΛ)	19.5	43	δ, υπ	α, αν, ι
51	Πρόκοπος Αχαιάς	17.5	2	λ, δ, επ, ρ	ι, βο
52	Σαχτούρη Αργολίδας	0.75	1,4	επ, ρ	αν, ι
53	Στυμφαλία	4	2,6	β, δ, ρ, φε	α, ι, αν
	ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ & ΕΥΒΟΙΑ¹				
54	Αγ. Δημ. Εύηνος (ΤΛ)				
55	Αγ. Τριάδα	0.09			υ
56	Αλυκή Ξηρονομής	0.6			
57	Αμβρακία	14.5	46	δ, ρ, απ, στ, επ, υπ	α, ι, βο
58	Βουλιαγμένη	0.025		β, λ, τε, επ	
59	Βουλκαριά	10	3		α, ι, βο
60	Γεροπόταμος (ΤΛ)	0.25		στ, δ, απ, υπ, τε	
61	Δύστος	4.75	1,3	ρ, δ	υ, αν
62	Καλοβρέχης	2	1		
63	Καρύστου (ΤΛ)	0.12		δ	
64	Καστράκι (ΤΛ)	28	65	λ, ρ	η, υ
65	Κουμουνδούρου	0.3	2	δ	
66	Κρεμαστά	87	140	επ	η, ι, α, αν
67	Λάκκα Αγνουντος Αργ.	0.45		υπ, επ, μ, ρ, β	
68	Λυσιμαχία	13	9	δ,	α, ι
69	Μαραθώνας (ΤΛ)	3.4		υπ, ρ, β, φε, απ	υ
70	Μόρνου (ΤΛ)	22	75		υ, α, ι
71	Οζερός	11	2		α, ι
72	Ορυχ. Αλιβερίου (ΤΛ)	0.05		δ,(απ),υπ, τε λ, ρ	αν
73	Παραλίμνη	4	3,4	επ	α, υ, ι
74	Σαλτίνη Αιτωλοακαρν.	2.75		επ, υπρλ, μ	βο
75	Στράτος (ΤΛ)	11		δ, υπ,	η, α, υ, βο, τε
76	Τριγωνίδα	97	58		α, ι, υ, βο, αν

¹ **Προβλήματα-Απειλές:** δ= διακύμανση στάθμης, β= υπερβολική βλάστηση, μ= μείωση ψαριών με εμπορική σημασία, ε= έλλειψη ψαριών με εμπορική σημασία, ρ= ρύπανση, ψ= απορρίψεις, λ= αλμυρά νερά, στ= στράγγιση εδαφών, υπ= υπεράντληση υδάτων, τε= τεχνικά έργα και κατασκευές, αμ= αμμοληψία, φε= φερτά υλικά-επιχωματώσεις-επεκτάσεις οικισμών και γεωργικών καλλιεργειών, υδρθ= συχνή παραγωγή υδρόθειου, υπ= υπεράντληση υδάτων, υπρλ= υπεραλίευση.

Χρήσεις: α= άρδευση, η= υδροηλεκτρική ενέργεια, ι= αλιεία και ιχθυοπαραγωγή, π= προστατευόμενη περιοχή, υ= ύδρευση, ψ= απόρριψη, αν= αναψυχή και τουρισμός, βο= βόσκηση, αμ= αμμοληψία, υ= ύδρευση.

α/α	Λίμνες	Έκταση τ.χλμ.	Μέγιστο Βάθος μ.	Κυριότερο Πρόβλημα & Απειλή	Κυριότερες Χρήσεις
77	Υλίκη	12	28		υ, α, ι
	ΥΠΟΛΟΙΠΗ ΕΛΛΑΔΑ				
78	Αγιά Χανίων (ΤΛ)				
79	Αλμυρού Ηρακλ. (ΤΛ)	0.07		τε, υπ, ρ	α
80	Απολακκιάς (ΤΛ)	0.005		τε	η, αν
81	Ατένη Άνδρου	0.14			
82	Κοντιά Λέσβου	0.25		στ, υπ, τε	α
83	Κουρνά Χανίων	2		υπ, τε	α
84	Μαραθίου (ΤΛ)	0.6	21	επ, δ, ε, τε	α, υ, ι, αν
85	Μαραντοχωρίου	0.08			α
86	Λευκάδας	0.004		β	α
87	Μελισάνη Κεφαλονιάς	0.12			αν
88	Μπραμιανού Κρήτ(ΤΛ)	0.14			
89	Νάνων	0.1			
90	Πυλίου	0.08			

(Πηγή Αναφοράς: Κουσουρής κ.συν., 1975-1996, Στοιχεία ΕΚΒΥ, 1994, Στοιχεία Τοπικής Αυτοδιοίκησης 1970- 1996)

Προβλήματα-Απειλές: δ= διακύμανση στάθμης, β= υπερβολική βλάστηση, μ= μείωση ψαριών με εμπορική σημασία, ε= έλλειψη ψαριών με εμπορική σημασία, ρ= ρύπανση, ψ= απορρίψεις, λ= αλμυρά νερά, στ= στράγγιση εδαφών, υπ= υπεράντληση υδάτων, τε= τεχνικά έργα και κατασκευές, αμ= αμμοληψία, φε= φερτά υλικά-επιχωματώσεις-επεκτάσεις οικισμών και γεωργικών καλλιεργειών, υδρθ= συχνή παραγωγή υδρόθειου, υπ= υπεράντληση υδάτων, υπρλ= υπεραλίευση.

Χρήσεις: α= άρδευση, η= υδροηλεκτρική ενέργεια, ι= αλιεία και ιχθυοπαραγωγή, π= προστατευόμενη περιοχή, υ= ύδρευση, ψ= απόρριψη, αν= αναψυχή και τουρισμός, βο= βόσκηση, αμ= αμμοληψία, υ= ύδρευση.

6. ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΨΑΡΙΩΝ

Οι υδάτινοι όγκοι και ταμιευτήρες, όπως διατυπώθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο είναι ανυπολόγιστης αξίας καθώς προσφέρουν πολλές λειτουργίες τόσο στο οικοσύστημα, όσο και στον άνθρωπο. Η μόλυνση και οικολογική υποβάθμισή τους όμως από ανθρωπογενή αίτια είναι συχνό φαινόμενο. Υποβάθμιση που – ανάλογα με την έκτασή της – πολλές φορές μπορεί να καταλήξει σε αλλαγές του τροφικού πλέγματος της υδάτινης κοινωνίας ή ακόμα και στο θάνατο μέρους ή ολόκληρης της ιχθυοπανίδας.

Οι αποκρίσεις συγκεκριμένων κοινοτήτων, ιδιαίτερα ψαριών, στο πλαίσιο υδάτινων οικοσυστημάτων αντανακλούν το μέγεθος της υποβάθμισης του εν λόγω συστήματος (Wichert et al., 1998). Η ποικιλομορφία των ψαριών έχει αποδειχθεί ένας

καλός δείκτης του περιβαλλοντικού στρες σε ποταμούς και άλλα οικοσυστήματα (Barrella et al., 2003).

Οι κυριότεροι παράμετροι του νερού που επηρεάζουν την κοινότητα των ψαριών είναι: το διαλυμένο οξυγόνο, η αγωγιμότητα, το άζωτο (νιτρικά, αμμωνιακά και αλβουμινοειδή), το φωσφορικό άλας, η αλκαλικότητα, η σκληρότητα και ο σίδηρος. Στις εξεταζόμενες παραμέτρους θεμιτό είναι να εξετάζονται και η θερμοκρασία, ενώ πιο λεπτομερείς φυσικο-χημικές αναλύσεις μπορεί να περιλαμβάνουν παραμέτρους όπως: χρώμα, θολότητα, ξηρό υπόλειμμα, σταθερό υπόλειμμα, αλκαλικότητα από όξινα ανθρακικά, μη ανθρακούχα σκληρότητα, ολική σκληρότητα, διαλυμένο CO₂, καταναλισκόμενο οξυγόνο (βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο – BOD₅) και χλωρικά (Das et al., 2006; Wichert et al., 1998; Barrella et al., 2003). Αξίζει να αναφερθεί, για παράδειγμα, ότι περίσσεια φωσφόρου μπορεί να προκαλέσει πολλαπλασιασμό των αζωτοκαθλωτικών φυκιών, ενισχύοντας έτσι την κατάσταση του ευτροφισμού και απώλεια της βιοποικιλότητας (Das et al., 2006).

Αλκαλικό νερό προκαλεί επίσης την άμεση, δραματική αναστολή της έκκρισης αμμωνίας και την επακόλουθη αύξηση της αμμωνίας στο πλάσμα. Τα αυξημένα επίπεδα αμμωνίας στο σώμα είναι γνωστό ότι είναι τοξικά για τα ψάρια επομένως και δυνητικά θανατηφόρα. Ταυτόχρονα, μελέτες υποδεικνύουν ότι τα ψάρια σε μια υπερτροφική λίμνη, κατά τη διάρκεια καλοκαιρινών ανθίσεων αλγών, υπομένουν τις δυσμενείς αλκαλικές συνθήκες – με τα αντίστοιχα επακόλουθά τους – και δεν προσπαθούν να τις αποφύγουν αλλάζοντας τα ενδιαιτήματά τους (Scott et al., 2004).

Κάποια σημάδια της υποβάθμισης των οικοσυστημάτων περιλαμβάνουν αλλαγές στην αναπνοή, αλλαγές στη σύνθεση (ποικιλότητα) και τη δομή (τροφικές ομάδες) των ειδών, αλλαγές στην ηλικιακή κατανομή και το μέγεθος των μονάδων, αυξημένη αφθονία των ευκαιριακών ειδών, εισβολές εξωτικών ειδών και ο προσανατολισμός των ενδιαιτημάτων.

Καθώς τα οικοσυστήματα γίνονται πιο υποβαθμισμένα, ορισμένοι χώροι που ευνοούν αυτόχθονα είδη χάνονται και χώροι που ευνοούν εξωτικά είδη αναδύονται. Έτσι, η αναλογία των εξωτικών ειδών σε μια κοινωνία ψαριών, και η πιθανότητα τα εξωτικά είδη να εδραιωθούν, θα πρέπει να αυξηθεί σε περισσότερο διαταραγμένα περιβάλλοντα. Ακόμα, μελέτες των υδάτινων συστημάτων δείχνουν ότι η αύξηση των πιέσεων άγχους συνοδεύεται από τη μειωμένη κυριαρχία των μεγάλων ειδών και αυξημένη κυριαρχία των μικρών ειδών. Επίσης, υψηλή ποικιλομορφία αντιπροσωπεύει μια ποικιλία κατάλληλων ενδιαιτημάτων και ειδών τροφίμων για την υποστήριξη

πολλών διαφορετικών ειδών. Καθώς οι επιπτώσεις των αποδιοργανωτικών καταπονήσεων σε ένα οικοσύστημα αυξάνονται, η ποικιλότητα των ειδών μπορεί αρχικά να αυξηθεί, αλλά στη συνέχεια μειώνεται. Σε ορισμένα απείραχτα, χαμηλής παραγωγικότητας συστήματα (π.χ. πηγές ρεμάτων), μεγάλη ποικιλία ειδών αντιπροσωπεύει μέτρια επίπεδα υποβάθμισης. Όσον αφορά τα τροφικά επίπεδα των ψαριών φαίνεται ότι τα παμφάγα είναι συχνά τα πιο ανεκτικά σε υποβαθμίσεις ή δυσλειτουργίες του οικοσυστήματος, επειδή είναι σε θέση να καταναλώνουν τρόφιμα από μια ευρεία ποικιλία πηγών σε ένα μεταβαλλόμενο οικοσύστημα. Σε λιγότερο διαταραγμένα συστήματα, ένα υψηλότερο ποσοστό των παρόντων ειδών θα ανήκουν σε βενθικές και σαρκοφάγες ομάδες από ό,τι σε έντονα υποβαθμισμένες περιοχές. Όσο η υποβάθμιση εντείνεται, τα είδη στην κορυφή της τροφικής δομής, δηλαδή, τα σαρκοφάγα, θα εξαφανιστούν πρώτα, ακολουθούμενα κατά σειρά από βενθικά εντομοφάγα, γενικά εντομοφάγα, φυτοφάγα και παμφάγα. Επομένως, η ομάδα των σαρκοφάγων ειδών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης ταξινόμησης για τη ρύπανση. Αλλαγές στην ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών, την πρωτογενή παραγωγικότητα, την ποικιλότητα των ειδών, την παλινδρόμηση και μία αλλαγή στην κατανομή μεγέθους των ειδών είναι ορισμένοι δείκτες του στρες στα οικοσυστήματα (Wichert et al., 1998).

Έτσι, βλέπουμε στην πράξη για παράδειγμα, από μια μελέτη για την οικολογική υποβάθμιση ποταμών στη Βραζιλία ότι οι μη-μολυσμένοι οικότοποι είχαν νερά με χαμηλή αγωγιμότητα, μικρές ποσότητες διαλυμένων νιτρικών και φωσφορικών, και υψηλές τιμές του διαλυμένου οξυγόνου. Από την άλλη πλευρά, τα μολυσμένα ενδιαιτήματα παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές για την αγωγιμότητα, το διαλυμένο νιτρικό άλας και τα φωσφορικά. Το οξυγόνο, σε ορισμένες περιπτώσεις, είχαν τιμές κοντά στο μηδέν, ενώ και το pH ήταν ιδιαίτερα χαμηλό. Στην ίδια έρευνα αποδεικνύεται ότι κατά τη διάρκεια της ξηρής – θερινής περιόδου, υπάρχουν μεγαλύτερες επιπτώσεις της συγκέντρωσης των ρύπων λόγω της μειωμένης ροής. Η μείωση στην ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου κατά την περίοδο αυτή προκαλεί μάλιστα σποραδικά και θνησιμότητα των ιχθύων. Όταν η περίοδος των βροχών ξεκινά, οι πρώτες βροχές αυξάνουν την εκροή του ποταμού, προκαλώντας μια διέγερση των ιζημάτων και απελευθέρωση τοξικών αερίων, ένα υποπροϊόν της ζύμωσης της συσσωρευμένης οργανικής ύλης. Το φαινόμενο αυτό σχετίζεται επίσης με την συχνή θνησιμότητα που παρατηρείται σε μικρά και μεγάλα ποτάμια.

Τα κατακρημνίσματα μπορούν επίσης να μεταφέρουν αιωρούμενα σωματίδια, τα οποία επίσης θα επηρεάσουν την ποιότητα του νερού (Barrella et al., 2003). Οι λεκάνες απορροής λειτουργούν παράλληλα και ως καθρέπτης πλησίον αγροσυστημάτων, καθότι η δομή και η λειτουργία τους μπορεί να επηρεαστεί από επιβαρύνσεις που λαμβάνουν χώρα σε αυτά (Wichert et al., 1998). Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, οι πρώτες καταρρακτώδεις βροχές φέρνουν υψηλά φορτία από φερτά υλικά (ζωικά, φυτικά ή τεχνητά θρύμματα), καθώς και ρύπους, όπως τα εντομοκτόνα και μυκητοκτόνα, μερικά από τα οποία μπορούν να προκαλέσουν θνησιμότητα ψαριών. Σε αυτό το πλαίσιο, αξίζει να αναφερθεί ο ρόλος της παρόχθιας βλάστησης και των νερού-αέρα μεταβατικών ζωνών στην οξυ-μείωση και τις διεργασίες ανακύκλωσης θρεπτικών.

Η επιβάρυνση αυτή με θρεπτικά είναι εξέχουσας σημασίας, ιδιαίτερα από τη στιγμή που πολλοί ταμιευτήρες χρησιμοποιούνται για την απόθεση επεξεργασμένων (και μη) αποβλήτων (οικιακών και βιομηχανίας). Όλη η οργανική ύλη αποσυντίθεται ελευθερώνοντας διαλυτά θρεπτικά συστατικά, τα οποία χρησιμοποιούνται από άλγη, μακρόφυτα και παρόχθια βλάστηση. Λόγω της υψηλής ποσότητας των διαλυμένων θρεπτικών ουσιών, οι εκρήξεις στον πληθυσμό των φυκών και άλλων μικροοργανισμών γίνονται όλο και πιο συχνές, θέτοντας σε κίνδυνο την ποιότητα του νερού του ταμιευτήρα (ευτροφισμός) (Barrella et al., 2003).

Έχουν παρατηρηθεί, ωστόσο, και περιπτώσεις όπου πραγματοποιείται οικολογική υποβάθμιση ενός υδάτινου οικοσυστήματος, με τα επίπεδα των κρίσιμων ουσιών όμως όπως το διαλυμένο οξυγόνο, το BOD₅, τα νιτρικά και τα φωσφορικά να μην έχουν φθάσει σε επίπεδα επιβλαβή για τη ζωή των ψαριών. Σε τέτοιες περιπτώσεις μελέτες έχουν δείξει ότι ο πληθυσμός των ψαριών δεν μειώθηκε εξαιτίας της υποβάθμισης της ποιότητας του νερού, αλλά συσχετίστηκε με:

1. απομάκρυνση των παρόχθιων δέντρων προκαλώντας αυξημένη αστάθεια στις όχθες και την αύξηση της θολότητας από τη μειωμένη συγκράτηση σωματιδίων που παρασύρονται από την απορροή,
2. κατάρρευση των οχθών των ρεμάτων που προκαλείται από το ποδοπάτημα βοοειδών στις όχθες διαταράσσοντας την κοίτη,
3. αυξημένες θερμοκρασίες νερού από την απώλεια σκιάς από παρόχθια δέντρα, και
4. διάβρωση και ιζηματογένεση ρευμάτων λόγω εντατικών πρακτικών οργώματος (Wichert et al., 1998).

Εκτός από την διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών και της συναφούς τροφικής κατάστασης, η λειτουργία των λιμναίων οικοσυστημάτων ελέγχεται και από την ποσότητα και την περιοδικότητα των υδάτινων πόρων ανεξάρτητα από το μέγεθος λίμνης, το βάθος, την προέλευση της λεκάνης και το κλίμα. Οι διακυμάνσεις της στάθμης του νερού (Water Level Fluctuations - WLFs) εμφανίζονται ως καθοριστικό στοιχείο της υδρολογίας, ιδίως σε ρηχές λίμνες ενσωματωμένες σε υγροτόπους που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες σε κάθε ταχεία αλλαγή της στάθμης τους και των εισροών. Ως εκ τούτου, οι WLFs μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην οικολογία, τη λειτουργία και τη διαχείριση των ρηχών λιμνών. Το επίπεδο της στάθμης στις ρηχές λίμνες κυμαίνεται φυσικά τόσο μεταξύ των ετών όσο και μέσα στο ίδιο έτος και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις τοπικές κλιματικές συνθήκες (π.χ. εύκρατες, ημι-άνυδρες και άγονες) και τις ανθρώπινες δραστηριότητες, ενώ οι συνεχείς απότομες αλλαγές σε αυτό μπορεί να αποτελέσουν μια καταστροφική διαταραχή για την υποβρύχια βλάστηση.

Ακόμη και μικρές μεταβολές της στάθμης του νερού μπορούν να οδηγήσουν σε μια μεγάλη αλλαγή στις κοινότητες των φυτών. Κατ' αναλογία, ανοχή στην ξήρανση και τις πλημμύρες καθορίζουν την κατανομή πολλών ειδών κατά μήκος των μεταβατικών ζωνών μεταξύ νερού και εδάφους. Παράλληλα, οι WLFs εναλλάσσουν τις ρηχές λίμνες μεταξύ κατάστασης διάφανων καθαρών νερών και κατάστασης θολότητας ανεξαρτήτως από τον εμπλουτισμό με θρεπτικά συστατικά και τις κατακόρυφες επιδράσεις. Μια τέτοια στροφή κατάστασης μπορεί με τη σειρά της να ενισχύσει το σύστημα με πλούτο ειδών και ποικιλομορφία (Coops et al., 2003).

Οι συγκεντρώσεις των σημαντικότερων ιόντων και θρεπτικών στοιχείων (άζωτο και φώσφορο) ποικίλουν ανάλογα με τα επίπεδα του νερού και αυξάνονται σημαντικά κατά τη διάρκεια περιόδων ξηρασίας στην περιοχή της Μεσογείου. Μείωση της στάθμης του νερού εξαιτίας ξηρασίας και αύξηση του χρόνου παραμονής του νερού μπορεί να παρέχει μεγαλύτερη επαφή με το ίζημα που μπορεί να ενισχύσει την εσωτερική απελευθέρωση των θρεπτικών ουσιών, όπως ο φώσφορος.

Πτώση της στάθμης των υδάτων ευνοεί κυανοβακτήρια σε σχέση με άλλα είδη φυκών σε πολλές ρηχές μεσογειακές λίμνες. Έτσι, οι υδρολογικές αλλαγές μπορούν να ασκήσουν ισχυρό έλεγχο στο πλαγκτόν και τη δομή της κοινότητας των ψαριών.

Επιπλέον, οι διακυμάνσεις στο επίπεδο του νερού επηρεάζουν την επιτυχία αναπαραγωγής των ψαριών και τα πρότυπα μετανάστευσής τους, και τελικά το επίπεδο

της ζωοπλαγκτοφαγίας και την προβλεψιμότητα των επιπτώσεων των ψαριών στα τροφικά πλέγματα και τη δυναμική του πλαγκτόν.

Παρατεταμένες περίοδοι ξηρασίας σε ρηχές μεσογειακές λίμνες μπορεί να τονίσουν το ζήτημα της αυξημένης αλατότητας και αγωγιμότητας, ενισχύοντας την εσωτερική ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών και επηρεάζοντας τις κοινότητες, όπως αναφέρεται ανωτέρω. Αυτό ευνοεί τον ευτροφισμό και ιδιαιτέρως κρούσματα μη βρώσιμων και πιθανώς τοξικών φυκών (Beklioglu et al., 2007). Η αύξηση των συγκεντρώσεων θρεπτικών στοιχείων και η αλατότητα έχει ισχυρές επιπτώσεις για την οικολογική κατάσταση στο ότι οι αλμυρές λίμνες τείνουν να εμφανίζουν περισσότερα συμπτώματα ευτροφισμού και θολά νερά από τις λίμνες γλυκού νερού σε παρόμοια επίπεδα θρεπτικών ουσιών. Αυτό αντανακλά εν μέρει το ότι η βόσκηση του ζωοπλαγκτόν με άλγη είναι μειωμένη λόγω της αύξησης της θήρευσης από τα ψάρια και τις γαρίδες. Επιπλέον, η αλατότητα μπορεί να περιορίσει την παρουσία αποτελεσματικών βοσκητών όπως το Cladocera, πράγμα που σημαίνει ότι τα κωπήποδα αποκτούν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε αλατότητες πάνω από 0,5 ‰. Ωστόσο, ορισμένα μεγάλα δαφνοειδή, όπως η *Daphnia magna* και η *Daphnia Mediterranea*, ανέχονται μια αύξηση των συγκεντρώσεων άλατος σε ρηχές λίμνες. Αλλαγές στην αλατότητα επηρεάζουν επίσης άμεσα τη σύνθεση της κοινότητας της βλάστησης (Beklioglu et al., 2011).

7. ΔΙΕΘΝΕΣ ΔΙΚΑΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΥΓΡΟΤΟΠΩΝ

Σύμβαση Ραμσάρ για την Προστασία των Υγροτόπων Διεθνούς Σημασίας, ιδιαίτερα ως οικοτόπων υδρόβιων πτηνών

Όπως διατυπώθηκε και στην ενότητα 3, η σημαντικότερη διεθνής σύμβαση για την προστασία των υγροτόπων είναι η "Σύμβαση RAMSAR". Η σύμβαση υπογράφηκε στο RAMSAR του Ιράν στις 2 Φεβρουαρίου του 1971, ενώ το 1974 την επικύρωσε και η Ελλάδα με το Ν.Δ.191/74 και τέθηκε σε ισχύ τον επόμενο χρόνο. Οι χώρες που υπέγραψαν τη σύμβαση συμφωνούν στα εξής:

- Οι υγροβιότοποι είναι φυσικοί πόροι με μεγάλη αξία (αναψυχική, οικονομική, επιστημονική).

- Οι υγροβιότοποι αποτελούν ενδιαιτήματα σπάνιων ειδών χλωρίδας και πανίδας και κυρίως ορνιθοπανίδας.
- Τα υδρόβια πουλιά μεταναστεύουν εποχιακά και πρέπει να προστατεύονται.
- Τα οικοσυστήματα πρέπει να προστατευτούν για την αειφόρο ανάπτυξη και διατήρηση, εφόσον ο άνθρωπος εξαρτάται από το περιβάλλον.
- Να μη γίνει μετατροπή των υγροβιοτόπων σε άλλη μορφή.
- Έχουν μεγάλη περιβαλλοντική αξία λόγω της ποικιλότητας των οικοσυστημάτων και της βιοκοινότητας τους.
- Οι υγρότοποι αποτελούν συνδυασμό φυσικών βιοτόπων. Είναι σύνθετα οικοσυστήματα και παρέχουν οφέλη ως προς την αλιεία, την κτηνοτροφία, τη δασική ξυλεία, την αναψυχή και την περιβαλλοντική εκπαίδευση.

Ένας υγροβιότοπος χαρακτηρίζεται ως Διεθνούς Σημασίας όταν

- α) φιλοξενεί το 1% του μεταναστευτικού πληθυσμού ενός υδρόβιου είδους σε αριθμό τουλάχιστον 100 ατόμων.
- β) αν σταματούν εκεί τουλάχιστον 10.000 πάπιες.
- γ) αν υπάρχουν φυτά και ζώα που βρίσκονται σε εξαφάνιση.

Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, κατανοώντας τη σημασία της προστασίας και διατήρησης του υδάτινου περιβάλλοντος στην Κοινότητα προχώρησε στη διαμόρφωση μιας Οδηγίας Πλαισίου που θα θεσπίζει τις βασικές αρχές μιας βιώσιμης πολιτικής των υδάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η Οδηγία 2000/60/EK για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων ή αλλιώς Οδηγία-Πλαίσιο για τα Νερά, μετά από μια μακρόχρονη περίοδο συζητήσεων και διαπραγματεύσεων μεταξύ των Κρατών Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τέθηκε σε ισχύ στις 22 Δεκεμβρίου 2000. Η Οδηγία 2000/60/EK συνδυάζει ποιοτικούς, οικολογικούς και ποσοτικούς στόχους για την προστασία υδάτινων οικοσυστημάτων και την καλή κατάσταση όλων των υδατικών πόρων και θέτει ως κεντρική ιδέα την ολοκληρωμένη διαχείριση τους στη γεωγραφική κλίμακα των Λεκανών Απορροής Ποταμών. Επιπλέον, επαναπροσδιορίζει την έννοια της Λεκάνης Απορροής, η οποία περιλαμβάνει τα εσωτερικά επιφανειακά (ποταμοί,

λίμνες), τα υπόγεια ύδατα, τα μεταβατικά (δέλτα, εκβολές ποταμών) και τα παράκτια οικοσυστήματα.

Για κάθε περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού καθορίζει, μια σειρά από απαραίτητες ενέργειες που θα πρέπει να υλοποιηθούν εντός των καθορισμένων προθεσμιών, ώστε ο βασικός στόχος της Οδηγίας που είναι η αποτροπή της περαιτέρω υποβάθμισης όλων των υδάτων και η επίτευξη «καλής κατάστασης» να επιτευχθεί μέχρι το 2015. Η επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας στηρίζεται σε οικονομικές αρχές και εργαλεία καθώς και στην εφαρμογή ολοκληρωμένων προγραμμάτων μέτρων.

Παράλληλα, αντιμετωπίζονται συνολικά όλες οι χρήσεις και υπηρεσίες νερού, συνυπολογίζοντας την αξία του νερού για το περιβάλλον, την υγεία, την ανθρώπινη κατανάλωση και την κατανάλωση σε παραγωγικούς τομείς.

Η Οδηγία ενισχύει και διασφαλίζει τη συμμετοχή του κοινού με τη δημιουργία συστηματικών και ουσιαστικών διαδικασιών διαβούλευσης. Παράλληλα, προωθεί την αειφόρο και ολοκληρωμένη διαχείριση των διασυννοριακών λεκανών απορροής ποταμών. Στο ίδιο πλαίσιο, η Οδηγία 2000/60/EK δημιουργεί και εισάγει νέες προσεγγίσεις στην αντιμετώπιση κινδύνων από τις πλημμύρες και την ξηρασία

Οι επιπτώσεις από την εφαρμογή της Οδηγίας στη χώρα μας αναμένεται να είναι ιδιαίτερα θετικές. Η αποτελεσματική εφαρμογή της Οδηγίας θα δημιουργήσει τις απαραίτητες συνθήκες για τη στήριξη μιας πολιτικής που θα οδηγήσει στην ικανοποιητική και αποτελεσματική προστασία καθώς και στην ορθολογική διαχείριση και αξιοποίηση των πολύτιμων υδατικών μας πόρων.

<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=248&language=el-GR>

Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο NATURA 2000

Το Ευρωπαϊκό οικολογικό δίκτυο Natura 2000 είναι ένα δίκτυο ζωνών προστασίας της φύσης που εκτείνεται σε ολόκληρη την Κοινότητα και έχει ως στόχο να διασφαλίσει τη μακροπρόθεσμη διατήρησή των πιο πολύτιμων και των πλέον απειλούμενων ειδών και ενδιαιτημάτων της σε ικανοποιητικό επίπεδο.

Το Δίκτυο Natura 2000 αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών, οι οποίες φιλοξενούν φυσικούς τύπους οικοτόπων και οικοτόπους ειδών που είναι σημαντικοί σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Αποτελείται από δύο κατηγορίες περιοχών:

- τις «Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)» (Special Protection Areas - SPA) για την Ορνιθοπανίδα, όπως ορίζονται στην Οδηγία 79/409/ΕΚ «για τη διατήρηση των άγριων πτηνών»
- τους «Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ)» (Sites of Community Importance – SCI) όπως ορίζονται στην Οδηγία 92/43/ΕΟΚ (Οδηγία Οικοτόπων). Για τον προσδιορισμό των ΤΚΣ λαμβάνονται υπόψη οι τύποι οικοτόπων και τα είδη των Παραρτημάτων I και II της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ καθώς και τα κριτήρια του Παραρτήματος III αυτής.

Στις περιοχές αυτές πρέπει να εφαρμόζονται μέτρα διαχείρισης, να αποφεύγεται η υποβάθμιση και η σημαντική όχληση και να εφαρμόζεται η δέουσα εκτίμηση των επιπτώσεων, σχεδίων, έργων και δραστηριοτήτων. Το Δίκτυο Natura 2000 αποτελεί εργαλείο εφαρμογής της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη φύση και τη βιοποικιλότητα.

Οι ΖΕΠ, μετά το χαρακτηρισμό τους από τα Κράτη Μέλη, εντάσσονται αυτόματα στο Δίκτυο Natura 2000, και η διαχείρισή τους ακολουθεί τις διατάξεις του άρθρου 6 παρ. 2, 3, 4 της Οδηγίας 92/43/ΕΚ και τις διατάξεις του άρθρου 4 της Οδηγίας 79/409/ΕΟΚ. Αντίθετα, για την ένταξη των ΤΚΣ πραγματοποιείται επιστημονική αξιολόγηση και διαπραγμάτευση μεταξύ των Κρατών Μελών και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των κατά οικολογική ενότητα Βιογεωγραφικών Σεμιναρίων. Οι ΤΚΣ υπόκεινται στις διατάξεις του άρθρου 6 παρ. 2, 3, 4 της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ.

Μετά την οριστικοποίηση του καταλόγου των ΤΚΣ, τα Κράτη Μέλη υποχρεούνται να κηρύξουν τις περιοχές αυτές ως «Ειδικές Ζώνες Διατήρησης (ΕΖΔ)» (Special Areas of Conservation - SAC)» το αργότερο μέσα σε μια εξαετία και να καθορίσουν τις προτεραιότητες για την διατήρηση σε ικανοποιητική κατάσταση των τύπων οικοτόπων και ειδών κοινοτικού ενδιαφέροντος εντός αυτών. Οι ΕΖΔ υπόκεινται στις διατάξεις του άρθρου 6 παρ. 1, 2, 3, 4 της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ.

Η εφαρμογή του Δικτύου στην Ελλάδα

Η καταγραφή των τόπων που πληρούν τα κριτήρια της παρουσίας τύπων οικοτόπων και οικοτόπων ειδών της Οδηγίας 92/43/ΕΚ στη χώρα μας (296 περιοχές – «Επιστημονικός Κατάλογος»), έγινε από ομάδα περίπου 100 επιστημόνων που συστήθηκε ειδικά για το σκοπό αυτό στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος LIFE (1994-1996) με τίτλο «Καταγραφή, Αναγνώριση, Εκτίμηση και Χαρτογράφηση των

Τύπων Οικοτόπων και των Ειδών Χλωρίδας και Πανίδας της Ελλάδας (Οδηγία 92/43/ΕΟΚ)». Στον «Επιστημονικό Κατάλογο» εντάχθηκε το σύνολο σχεδόν των μέχρι τότε προστατευόμενων περιοχών σε εθνικό και διεθνές επίπεδο.

Η επιλογή των τόπων που προτάθηκαν από τη χώρα στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή έγινε από κοινή ομάδα εργασίας των πρώην Υπουργείων ΠΕΧΩΔΕ και Γεωργίας κατόπιν γνωμοδοτήσεων όλων των συναρμόδιων Υπουργείων. Οι συμπληρώσεις – τροποποιήσεις του καταλόγου βασίστηκαν στα συμπεράσματα των βιογεωγραφικών σεμιναρίων για τη Μεσογειακή ζώνη και στον χαρακτηρισμό από το BirdLife International Σημαντικών Περιοχών για τα Πουλιά στην Ελλάδα.

Σήμερα το ελληνικό δίκτυο Natura 2000 περιλαμβάνει 419 περιοχές: 241 ΤΚΣ-ΕΖΔ και 202 ΖΕΠ, ενώ 24 περιοχές είναι ταυτόχρονα ΤΚΣ και ΖΕΠ. Η έκταση των ΤΚΣ ανέρχεται σε 2.807.512 ha που καλύπτουν 16,3% της Ελληνικής χέρσου και 5,7% των χωρικών υδάτων. Η έκταση των ΖΕΠ ανέρχεται σε 2.952.476 ha και καλύπτουν 21,1% της χέρσου και 1,4% των χωρικών υδάτων. Συνολικά, η έκταση του Δικτύου Natura 2000 στην Ελλάδα ανέρχεται σε 4.294.205 ha και καλύπτει 27,2% της χέρσου και 6,1% των χωρικών υδάτων. Η έκταση του ελληνικού δικτύου Natura 2000 αντιστοιχεί στο 4,5% της έκτασης του ευρωπαϊκού δικτύου, φέρνοντας την Ελλάδα στη δέκατη θέση σε σχέση με τα 27 κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο μέσος όρος κάλυψης εθνικού εδάφους χέρσου της Ευρώπης είναι 17,5%, οπότε η Ελλάδα τοποθετείται στην έκτη θέση μεταξύ των 27 κρατών-μελών, μετά τη Σλοβενία, τη Βουλγαρία, τη Σλοβακία, την Κύπρο και την Ισπανία.

Πάντως, θα πρέπει να γίνει σαφές ότι οι περιοχές του Natura 2000 δεν προορίζονται αποκλειστικά και μόνο για φυσικά πάρκα, στα οποία απαγορεύεται κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα: η Ευρωπαϊκή Ένωση θεωρεί ότι το δίκτυο δύναται να συνυπάρξει με την οικονομική πρόοδο.

Κατά συνέπεια, δραστηριότητες όπως η γεωργία, η θήρα ή ο τουρισμός, μπορούν να πραγματοποιούνται εντός των ορίων του Natura, αλλά στο μέτρο που δεν θίγουν τις ανάγκες διατήρησης της φύσης. Περαιτέρω, το πρόγραμμα δεν έχει σχεδιαστεί με τρόπο που να θέτει σε κίνδυνο θέσεις εργασίας ή το επίπεδο ζωής στις τοπικές κοινωνίες.

Ο κατάλογος των Ελληνικών Ζωνών Ειδικής Προστασίας δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 1495/Β/06.09.2010 ως παράρτημα στη νέα ενσωμάτωση της Οδηγίας 79/4009/ΕΟΚ (η οποία κωδικοποιήθηκε με την Οδηγία 2009/147/ΕΚ).

239 Ελληνικοί Τόποι Κοινοτικής Σημασίας χαρακτηρίστηκαν ως Ειδικές Ζώνες Διατήρησης με το Ν3937/2011 (ΦΕΚ60/Α/31-3-2011).

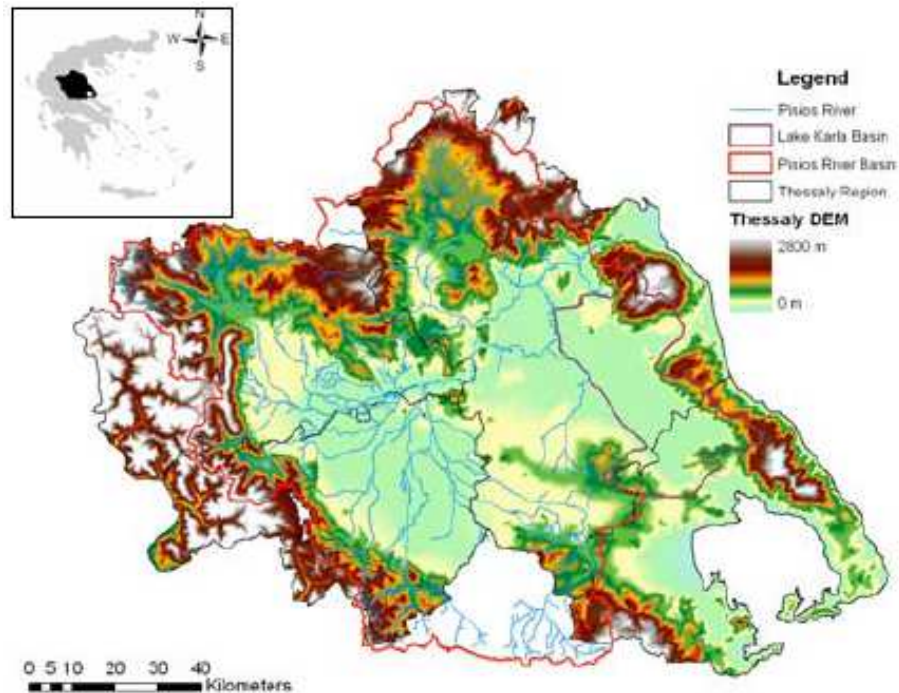
(<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=432>)

Στη συνέχεια θα εξεταστεί η περιοχή μελέτης, δηλαδή η περιοχή της λεκάνης απορροής της λίμνης Κάρλας, αναπτύσσοντας τα κυριότερα ιστορικά, αλλά και γεωλογικά και φυσικά χαρακτηριστικά της λίμνης. Παρουσιάζονται τα βιοτικά και αβιοτικά χαρακτηριστικά της περιοχής, τα προβλήματα που προέκυψαν από την αποξήρανσή της, αλλά και το έργο αποκατάστασής της. Καταλήγοντας, παρατίθενται στοιχεία από περιστατικά θανάτων ψαριών, όπως αυτά ανέκυψαν από μελέτες, για να αναδειχθεί και εξεταστεί το δυσμενές αυτό φαινόμενο και η επιδεινωμένη κατάσταση στην οποία έχει περιέλθει η λίμνη.

8. ΘΕΣΣΑΛΙΑ ΚΑΙ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗ ΤΗΣ ΚΑΡΛΑΣ

Η Θεσσαλία βρίσκεται στην κεντρική Ελλάδα και είναι μια πεδινή περιοχή που οριοθετείται από το όρος Κίσσαβος και το όρος Πήλιο ανατολικά, παράλληλα με την ακτή του Αιγαίου Πελάγους, το όρος Όλυμπος βόρεια, την οροσειρά της Πίνδου δυτικά και τα όρος Οθρύς νότια, ενώ διαπερνάται από ένα μεγάλο μήκους ποτάμιο σύστημα αποστράγγισης (Πηνειός ποταμός). Αποτελείται από περιοχή συνολικού εμβαδού περίπου 13.700 km². Το υψόμετρο ποικίλει από το επίπεδο της θάλασσας στην ανατολική παραλιακή περιοχή έως περισσότερο από 2.800 m στα βουνά τόσο ανατολικά όσο και δυτικά, με μέσο υψόμετρο τα 500 m.

Η εδαφική διαμόρφωση καθιστά το θεσσαλικό κάμπο ως τη μεγαλύτερη πεδιάδα της χώρας που διαρρέεται από δυτικά προς ανατολικά από τον ποταμό Πηνειό, το τρίτο μεγαλύτερο ποτάμι της χώρας. Η Θεσσαλία δε διαθέτει φυσικές λίμνες και οι δύο μεγαλύτερες λεκάνες απορροής της περιοχής είναι η λεκάνη του Πηνειού ποταμού και αυτή της λίμνης Κάρλας (Εικόνα 2). (Loukas et al., 2005a; Loukas et al., 2007b; Τσάκας, 2009)



Εικόνα 2. Χάρτης της Θεσσαλίας που απεικονίζει τις λεκάνες απορροής του Πηνειού ποταμού και της λίμνης Κάρλας (Loukas et al., 2005a)

Το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας συμπίπτει σχεδόν με το αντίστοιχο γεωγραφικό διαμέρισμα. Μικρά μόνο τμήματα του γεωγραφικού διαμερίσματος, κυρίως στα δυτικά και νοτιοδυτικά, ανήκουν σε γειτονικά υδατικά διαμερίσματα. Το υδατικό διαμέρισμα περιλαμβάνει το νομό Λάρισας σχεδόν στο σύνολό του, πολύ μεγάλο μέρος των νομών Μαγνησίας, Καρδίτσας και Τρικάλων και μικρά τμήματα των νομών Πιερίας, Γρεβενών (στα βόρεια) και Φθιώτιδας (στα νότια). Η συνολική επιφάνεια του υδατικού διαμερίσματος είναι ίση με 13136 km^2 , ενώ το μέσο υψόμετρο υπολογίστηκε ίσο με $427,5 \text{ m}$.

Το μεγαλύτερο ποσοστό της Περιφέρειας είναι ορεινό, φθάνει το 44,9%, το ημιορεινό είναι 17,1% και το 36% πεδινό, δηλαδή το 1/3 της έκτασης είναι ο Θεσσαλικός κάμπος (Τσάκας, 2009).

Η δυτική και κεντρική πλευρά της χαρακτηρίζεται από κλίμα ηπειρωτικό, με κρύους και υγρούς χειμώνες και ζεστά και ξερά καλοκαίρια. Η θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στις δύο εποχές είναι μεγάλη. Στην ανατολική πλευρά της Θεσσαλίας επικρατεί τυπικό μεσογειακό κλίμα. Τα καλοκαίρια στη Θεσσαλία είναι συνήθως πολύ ζεστά και ξηρά, και τον Ιούλιο και τον Αύγουστο οι θερμοκρασίες μπορεί να φτάσουν τους $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Η μέση ετήσια βροχόπτωση σε όλη την περιοχή της Θεσσαλίας είναι περίπου 700 mm και είναι άνισα κατανομημένη στο χώρο και το χρόνο. Η μέση ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από περίπου 400 mm στην κεντρική πεδινή περιοχή, σε

περισσότερα από 1.850 mm στις δυτικές βουνοκορφές. Σε γενικές γραμμές, οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες από τον Ιούνιο μέχρι τον Αύγουστο. Οι ορεινές περιοχές λαμβάνουν σημαντικές ποσότητες χιονιού κατά τους χειμερινούς μήνες και παροδικά επικρατούν χιονισμένα τοπία (Loukas et al., 2007b).

8.1. ΖΗΤΗΣΗ ΣΕ ΝΕΡΟ

Η θεσσαλική πεδιάδα είναι η πιο παραγωγική αγροτική περιοχή της Ελλάδας με έκταση περίπου 4000 km². Η Θεσσαλία έχει εξαιρετικά μεγάλο πρωτογενή τομέα. Το 56% περίπου του πληθυσμού της είναι αγροτικός – ημιαστικός. Η αρδευόμενη γεωργική γη αντιστοιχεί στο 56% της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης της Θεσσαλίας. Τα κύρια προϊόντα που καλλιεργούνται στην πεδινή περιοχή είναι το βαμβάκι, το σιτάρι, τριφύλλι και καλαμπόκι, ενώ μήλα, βερύκοκκο, κεράσια, ελαιόδεντρα και σταφύλια καλλιεργούνται στους πρόποδες των ανατολικών βουνών. Ο Πηνειός ποταμός και οι παραπόταμοί του διασχίζουν την πεδινή περιοχή, και η συνολική λεκάνη απορροής είναι περίπου 9.500 km². Τα νερά του Πηνειού ποταμού χρησιμοποιούνται κυρίως για άρδευση. Η έντονη και εκτεταμένη καλλιέργεια σιτηρών που απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού έχει οδηγήσει σε αξιοσημείωτη αύξηση της ζήτησής του, που συνήθως ικανοποιείται με την υπερ-εκμετάλλευση του υπόγειου υδροφορέα. Για παράδειγμα, σχεδόν 65.000 ha αρδεύονται με επιφανειακά αποθέματα νερού και πάνω από 210.000 ha αγροτικής γης εξυπηρετούνται μέσω γεωτρήσεων. Η υπερεκμετάλλευση του υπόγειου υδροφορέα, ειδικά κατά τη διάρκεια εκτεταμένων ξηρών περιόδων, έχει οδηγήσει στην περαιτέρω επιδείνωση της ήδη διαταραγμένης ισορροπίας του νερού και την υποβάθμιση των υδάτινων πόρων. Με την πάροδο των χρόνων, ποικίλες θέσεις εντός τα λεκάνης του Πηνειού έχουν προταθεί για τη δημιουργία ταμιευτήρων, αλλά μόνο το φράγμα στο Σμόκοβο έχει κατασκευασθεί πρόσφατα. Οι μόνες άλλες σημαντικές επιφανειακές θέσεις εναποθέσεις νερού στην περιοχή της Θεσσαλίας είναι μερικοί μικροί ταμιευτήρες και λίμνες πάνω ή πλησίον στο ποτάμιο σύστημα του Πηνειού και η εκτροπή του νερού από τον ταμιευτήρα του Ν. Πλαστήρα, που βρίσκεται εκτός της λεκάνης απορροής του Πηνειού ποταμού. (Loukas et al., 2005a; Loukas et al., 2006; Loukas et al., 2007b; Sidiropoulos et al., 2008)

Στη λεκάνη, σχεδόν 100% (ή 30 x 10⁶ m³) των απαιτήσεων του πόσιμου νερού και το 76% των αναγκών σε νερό άρδευσης (145 x 10⁶ m³) πληρούνται από τα υπόγεια

ύδατα. Η άρδευση των 75.000 εκταρίων που χρησιμοποιείται για τη γεωργία στη λεκάνη απαιτεί $335 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού.

Μία συνεχής πτώση της στάθμης του νερού (έως και 2m/year) έχει προκύψει τις τελευταίες δύο δεκαετίες, ως αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Παρά το γεγονός ότι τα επίσημα στοιχεία σχετικά με τη μόλυνση των υπόγειων υδάτων είναι λιγοστά και ατελή, η ρύπανση του υδροφόρου από ανθρώπινες δραστηριότητες μπορεί να είναι σοβαρή σε ορισμένες περιοχές. Σε τμήματα ορισμένων υδροφορέων υπάρχουν περιοχές στις οποίες το NO_3^- υπερβαίνει τα 50 mg / l, το όριο για το πόσιμο νερό.

Η εμφάνιση σοβαρών προβλημάτων νερού στη Θεσσαλία πεδιάδα επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι:

- 1) Οι προμήθειες νερού είναι ανεπαρκείς για να εξυπηρετήσουν την τρέχουσα ζήτηση νερού, ενώ οι ανάγκες αυξάνονται από χρόνο σε χρόνο. Μια επιπλέον ποσότητα 863 εκατ. m^3 νερού είναι απαραίτητη προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι προμήθειες νερού είναι επαρκείς. Το γεγονός αυτό καθιστά τη Θεσσαλία μία από τις 5 περιοχές στην Ελλάδα που λιμοκτονούν από νερό.
- 2) Η στάθμη των υπογείων υδάτων μειώνεται συνεχώς.
- 3) Η τελευταία εικοσαετία είναι μια περίοδος βροχόπτωσης κάτω από τα κανονικά επίπεδα.
- 4) Η υποβάθμιση των τοπικών οικοσυστημάτων (π.χ. λίμνης Κάρλας).
- 5) Η παρουσία της έντονης ερημοποίησης, και
- 6) Η παρουσία των συγκρούσεων νερού κατά τη διαδικασία διαχείρισης των υδατικών πόρων (π.χ. μεταξύ των νομών Λάρισας και Καρδίτσας).

Η διαχείριση υδατικών πόρων στη Θεσσαλία είναι σχεδόν ανύπαρκτη. Το διαθέσιμο επιφανειακών και υπόγειων υδάτων της Περιφέρειας Θεσσαλίας είναι περίπου 600 εκατ. m^3 και 400 εκατομμύρια m^3 , αντίστοιχα. Η ετήσια παροχή νερού που εξυπηρετεί την οικιακή χρήση είναι περίπου 30 εκατομμύρια m^3 και αναμένεται να αυξηθεί σε 49 εκατομμύρια m^3 μέχρι το 2025. Η ζήτηση νερού για την άρδευση της περιοχής της Θεσσαλίας είναι 1.600 εκατ. m^3 . (Petalas et al., 2005)

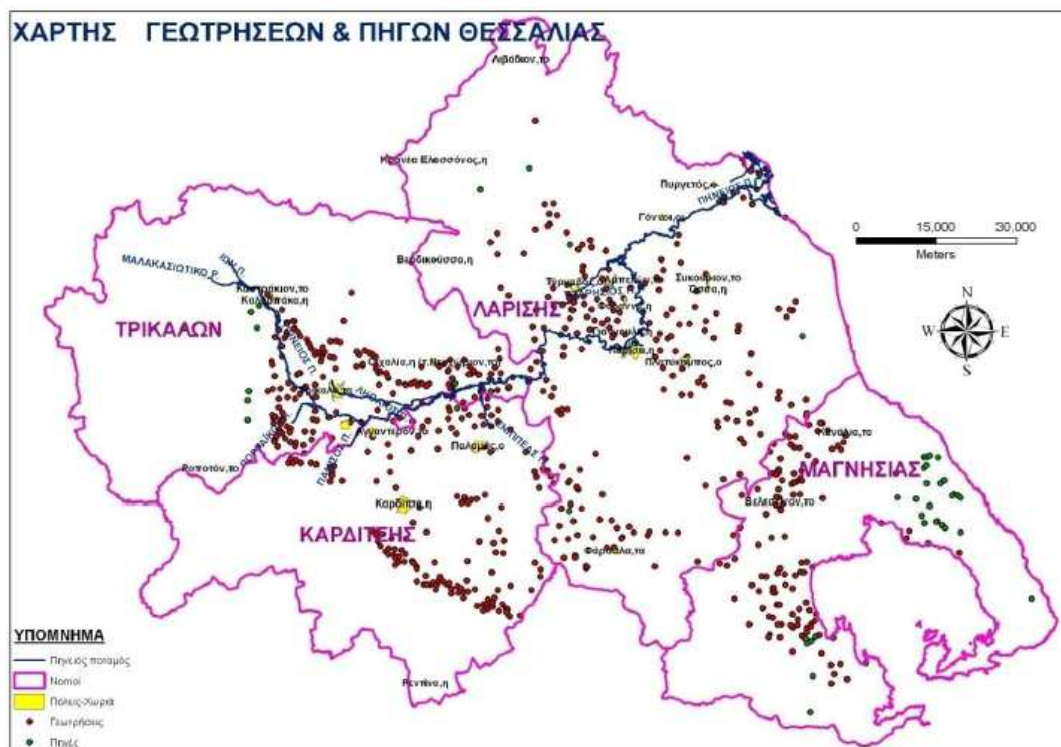
Η Θεσσαλία αποτελεί σήμερα μια υδατική περιφέρεια, η οποία αντιμετωπίζει σημαντικά προβλήματα νερού με σοβαρές περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις που απειλούν την ακεραιότητα του περιβάλλοντος, την οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική συνοχή της περιοχής. Η Θεσσαλία υποφέρει από τις επιπτώσεις μιας μακράς μη βιώσιμης διαχείρισης των υδάτων, ιδίως στον γεωργικό τομέα. Οι πόροι νερού στην περιοχή, δεν μπορούσαν να στηρίξουν την αναπτυξιακή πολιτική και τώρα είναι κάτω

από τον κίνδυνο της οικονομικής ύφεσης, της απερίμωσης και της επερχόμενες εγκατάλειψης της περιοχής.

Το μεγάλο χρονικό διάστημα με αρνητικό ισοζύγιο του νερού έχει οδηγήσει στην εξάντληση των ανανεώσιμων πηγών ύδατος και ένα σημαντικό μέρος των μόνιμων. Η άνιση χρονική και χωρική κατανομή των επιφανειακών υδατικών πόρων, η εντατική καλλιέργεια σιτηρών που απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού, η ανεπαρκής ανάπτυξη των έργων επιφανειακών υδάτινων πόρων εντός της περιοχής, η εκτεταμένη άντληση των υπόγειων υδάτων έχοντας ως αποτέλεσμα την υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδάτινων πόρων και η δραματική πτώση του υδροφόρου ορίζοντα, όλα αποκαλύπτουν την έκταση του προβλήματος.

Τα προβλήματα ποιότητας και ποσότητας του νερού, καθώς και υφαλμύρωση των παράκτιων υπόγειων υδάτων λόγω της υφαλμύρινσης καθιστά το νερό ακατάλληλο για άρδευση, προκαλεί συνθήκες απερίμωσης και υποβάθμισης του περιβάλλοντος των οικοσυστημάτων (Loukas et al., 2006).

Τα υπόγεια νερά αντλούνται με περίπου 30.000 γεωτρήσεις, εξ αυτών τα 92% ιδιωτικές και το 8% ΠΑΥΘ (κρατικές).



Εικόνα 3. Χάρτης γεωτρήσεων και πηγών Θεσσαλίας (Παπακώστα, 2010)

8.2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Ο χώρος της Θεσσαλίας αποτελεί ένα εκτεταμένο ενδοορεινό βύθισμα που δεν είναι γεωμορφολογικά ενιαίο, αλλά αποτελείται από δύο μικρότερα βυθίσματα, της Δυτικής Θεσσαλίας που θεωρείται ενιαίο και της Ανατολικής Θεσσαλίας που περιλαμβάνει μικρότερες ταφρολεκάνες με κλιμακωτή διάταξη. Η στρωματογραφική μελέτη των ιζηματογενών αποθέσεων αποκαλύπτει την ύπαρξη μιας μεγάλης λίμνης στο χώρο της Θεσσαλίας κατά το Νεογενές. Η εξέλιξη των γεωλογικών στοιχείων της Θεσσαλίας κατά το Νεογενές και το Τεταρτογενές (τελευταία 10-15 εκ. έτη) ήταν πολύπλοκη και οι εξελικτικές διεργασίες έγιναν με τα ακόλουθα στάδια:

Στάδιο 1. Σχηματίζεται το μεγάλο ενδοορεινό βύθισμα της Θεσσαλίας, το οποίο κατακλύζεται από νερό. Έτσι σχηματίζεται η μεγάλη λίμνη της Θεσσαλίας, με στάθμη ψηλότερη των σημερινών 300-400 μέτρα. Το νερό της λίμνης προσπαθεί να βρει διέξοδο προς τη γειτονική λεκάνη του Θερμαϊκού και κατορθώνει να ανοίξει την κοιλάδα του Πρωτοπηνείου στην περιοχή των Τεμπών.

Στάδιο 2. Σχηματίζονται επιμέρους ταφρολεκάνες στο χώρο της Θεσσαλίας, ενώ σημειώνονται μεγάλες τεκτονικές και κλιματικές ανακατατάξεις στην ευρύτερη περιοχή. Τη λίμνη της Θεσσαλίας διαδέχονται μικρότερες λίμνες στις νέες ταφρολεκάνες, οι οποίες φαίνεται ότι είχαν μεταξύ τους επικοινωνία. Στην περιοχή των Τεμπών η κοιλάδα το Παλαιοπηνείου διανοίγεται μέσα στον πυθμένα της κοιλάδας του Πρωτοπηνείου, έτσι ώστε να συνεχίζεται η αποστράγγιση των θεσσαλικών βυθισμάτων προς τον Θερμαϊκό.

Στάδιο 3. Μετά τη βύθιση της Αιγηίδας και το σχηματισμό του Αιγαίου Πελάγους (τελευταία 500.000 έτη), αρχίζει μια φάση ταχείας αποστράγγισης των θεσσαλικών βυθισμάτων προς το Θερμαϊκό Κόλπο. Η υποχώρηση των λιμνών διευκολύνει τη συνένωση των παραποτάμων του Πηνειού με την κύρια κοίτη του, ενώ κατά θέσεις παραμένουν λίμνες όπως η Κάρλα και έλη στην περιοχή Καρδίτσας – Τρικάλων – Φαρκαδόνας.

Έτσι δημιουργείται η Κάρλα, η αρχαία Βοιβής, που καταλάμβανε το νοτιοανατολικό τμήμα της ανατολικής Θεσσαλικής λεκάνης και αμέσως βορειότερα η Νεσσωνίς. 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, ενώ ο Στράβων, ακολουθώντας τις αρχαίες

παραδόσεις, λέει πως οι δύο αυτές λίμνες είναι λείψανα της μεγάλης προϊστορικής θεσσαλικής λίμνης. (Τσαβέ, 2007)

9. ΛΙΜΝΗ ΚΑΡΛΑ

9.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η λίμνη Κάρλα δεν ήταν απλά ένας από τους σημαντικότερους υγροτόπους της Ελλάδας, αλλά και ένας φυσικός ταμιευτήρας, που παρείχε μια σημαντική αποθήκευση νερού και επαναφόρτιση του υπόγειου υδροφορέα (Moustaka et al., 2002; Sidiropoulos et al., 2008). Η λίμνη Κάρλα, ή αρχαία Βοιβηίς, καταλάμβανε μέχρι το 1962 το χαμηλότερο σημείο της Θεσσαλικής πεδιάδας (Λουκάς κ.ά., 2005b). Η περιοχή που καταλαμβάνονταν από τη λίμνη ήταν μεταβλητή λόγω της πολύ ήπιας τοπογραφικής κλίσης, κυμαίνονταν μεταξύ ευρέων ορίων, ανάλογα με τις διακυμάνσεις της στάθμης του νερού που καθορίζονταν από τις εισροές και τις εκροές του νερού. Οι εισροές του νερού προέρχονταν κυρίως από την επιφανειακή απορροή των κατακρημνισμάτων και τις πλημμύρες του ποταμού Πηνειού και δευτερευόντως από τις πηγές του Βελεστίνου και από το ρεύμα Ασμάκι που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της λίμνης. Οι εκροές νερού από τη λίμνη οφείλονταν κυρίως στην εξάτμιση και τη βαθιά διήθηση από τον πυθμένα της. Δεν υπήρχε καμία φυσική διέξοδος. Έτσι, σημαντική περιοχή των περιμετρικών χωραφιών πλημμύριζαν επηρεάζοντας δυσμενώς την αλατότητα του εδάφους και δημιουργώντας προβλήματα αποστράγγισης.

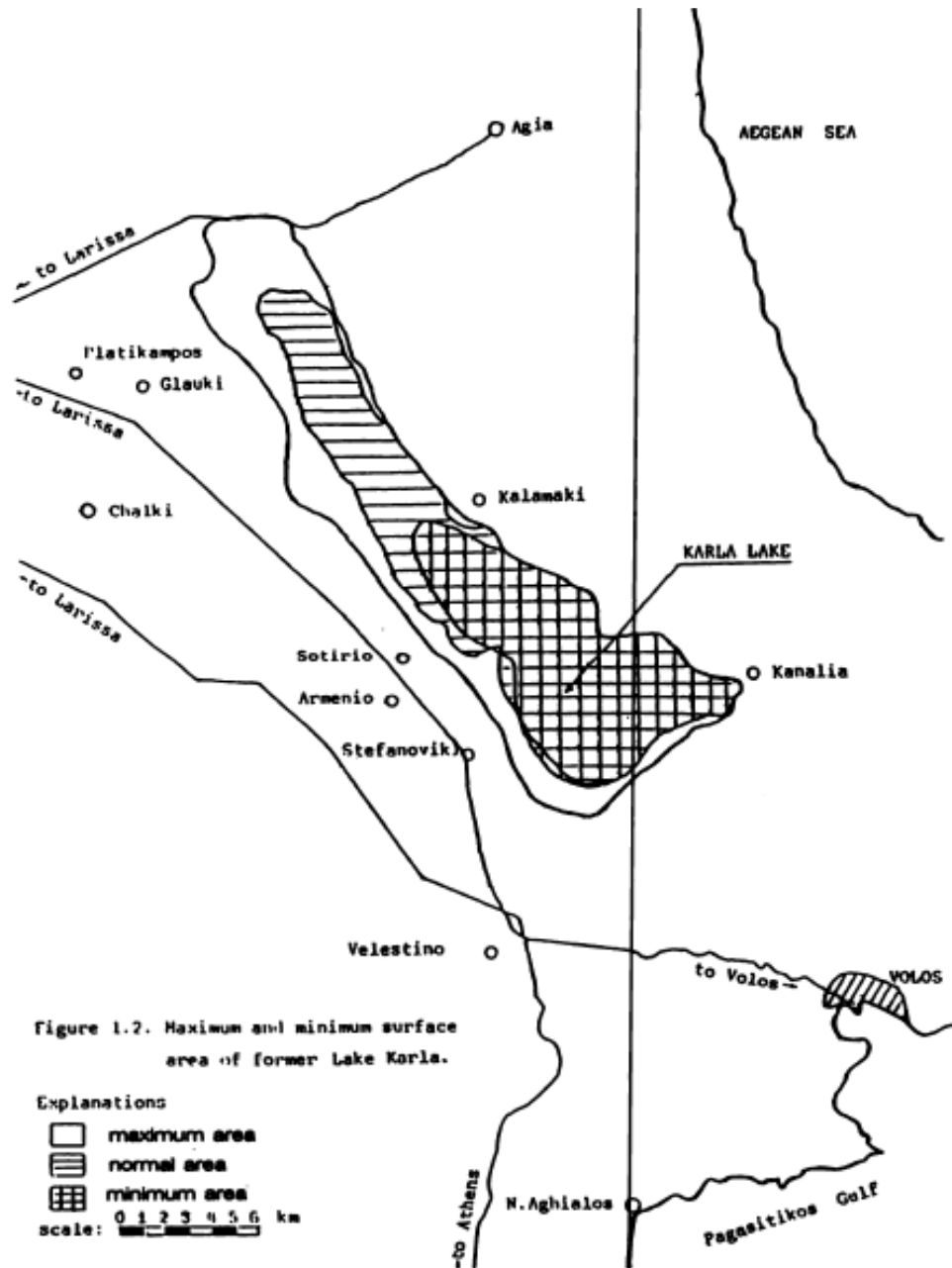


Εικόνα 4. Χάρτης υψομετρικών ζωνών της λεκάνης απορροής της λίμνης Κάρλας (Παπακώστα, 2010)

Συγκεκριμένα, η έκταση των λίμνης κυμαίνονταν από 18.000 εκτάρια (180km²) (μέγιστο) έως 4.100 εκτάρια (41 km²) (ελάχιστο). Το 1908, ένα εξαιρετικά ξηρό έτος, η λίμνη έχασε τελείως το νερό της. Η περίοδος μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, η περιοχή της λίμνης κυμάνθηκε από 4.100 ha έως 8.500 Ha και βάθους 2 - 5,5 μέτρα. Η λίμνη κατέλαβε τη μεγαλύτερη έκταση κατά το χειμώνα του 1920-1921, εξαιτίας των μεγάλων πλημμυρών του ποταμού Πηνειού την περίοδο αυτή, όπου η στάθμη της έφτασε τα 50,10 m από την επιφάνεια της θάλασσας. Η δεύτερη σε μέγεθος μεγαλύτερη έκταση που κατέλαβε η λίμνη ήταν αυτή κατά τη διάρκεια του χειμώνα 1930-1931, όταν η επιφάνειά της ανήλθε στα 49,25 m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και είχε έκταση 145.000 στρέμματα. Η κατασκευή των νέων αντιπλημμυρικών αναχωμάτων στον ποταμό Πηνειό το 1940 περιόρισε την υπερχειλίση του και κατά συνέπεια την επιφάνεια της λίμνης. Μεταξύ των ετών 1949 και 1961 το μέγιστο υψόμετρο της επιφάνειας της λίμνης έφτασε στα 47,65 m με αντίστοιχη έκταση 115.000 στρέμματα, ενώ το ελάχιστο υψόμετρο της επιφάνειάς της ήταν 44,71 m με έκταση 40.000 στρέμματα. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας ήταν 1,5 m έως 2 m πριν από την αποξήρανση της λίμνης, αλλά σήμερα είναι βαθύτερος από 150 m.

Πίνακας 5. Το μέγεθος της λεκάνης απορροής της λίμνης Κάρλας από το 1937 ως το 1952 (Κάγκαλου κ.ά., 2012)

Χρονολογική περίοδος	Λεκάνη απορροής (μέγεθος σε Km ²)
Πριν το 1937	Μεγαλύτερο από 1.672 Km ²
1937 – 1945	1.672 Km ²
1945 – 1949	1.334 Km ²
1949 – 1952	1.075 Km ²



Εικόνα 5. Μέγιστη και ελάχιστη επιφάνεια της πρώην λίμνης Κάρλας (Gerakis, 1992)

Η λίμνη τροφοδοτούνταν από περιοχή λεκάνης απορροής του ποταμού 1,672 τετραγωνικών χιλιομέτρων πριν από το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο και μια περιοχή των 1,075 τετραγωνικών χιλιομέτρων μεταπολεμικά, από τις βροχοπτώσεις και από τον ποταμό Πηνειό, όπου ήταν ο πιο σημαντικός τροφοδότης της. Η σύνδεση κόπηκε από προστατευτικά αναχώματα στη δεξιά κοίτη του ποταμού στις αρχές της δεκαετίας του 1930, μειώνοντας σημαντικά την επιφάνεια της λίμνης και της λεκάνης απορροής.

Η σημαντική αυτή μείωση στη στάθμη της, είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση στη ποσότητα των γλυκών νερών και οδήγησε στην αύξηση της αλατότητάς της. Έτσι, η

πλούσια ιχθυοπανίδα της Κάρλας άρχισε να μειώνεται. Το μέγιστο βάθος της Κάρλας, που πριν το 1940 έφτανε τα 5,5 m μειώθηκε το 1950-51 σε 2 m.

Η Λίμνη Κάρλα κατοικούνταν από την Παλαιολιθική Περίοδο. Ο "βάλτος", όπως οι ψαράδες αποκαλούσαν τη λίμνη, ήταν πόλος ζωής και πολιτιστικής ανάπτυξης σε όλες τις ιστορικές περιόδους. Ένας σημαντικό πολιτισμός ιδρύθηκε από τη λίμνη, ο οποίος παρέμεινε μέσα στους αιώνες μέχρι την αποστράγγιση του το 1962.

Ο πληθυσμός των χωριών γύρω από τη λίμνη εργαζόταν για αιώνες, αποκλειστικά ή κατά κύριο λόγο, στην αλιεία. Πάνω από 1.000 άτομα (500 από τα Κανάλια, 300 από το Κεραμίδι, αλλά και από το Στεφανοβίκειο, το Ριζόμυλο, το Βένετο, την Κερασιά, και την Κάπουρνα) ήταν ψαράδες, και πολλοί άνθρωποι ασχολούνταν με το εμπόριο, τις μεταφορές και την κατασκευή βαρκών (Perakis et al., 2012; Gerakis, 1992).

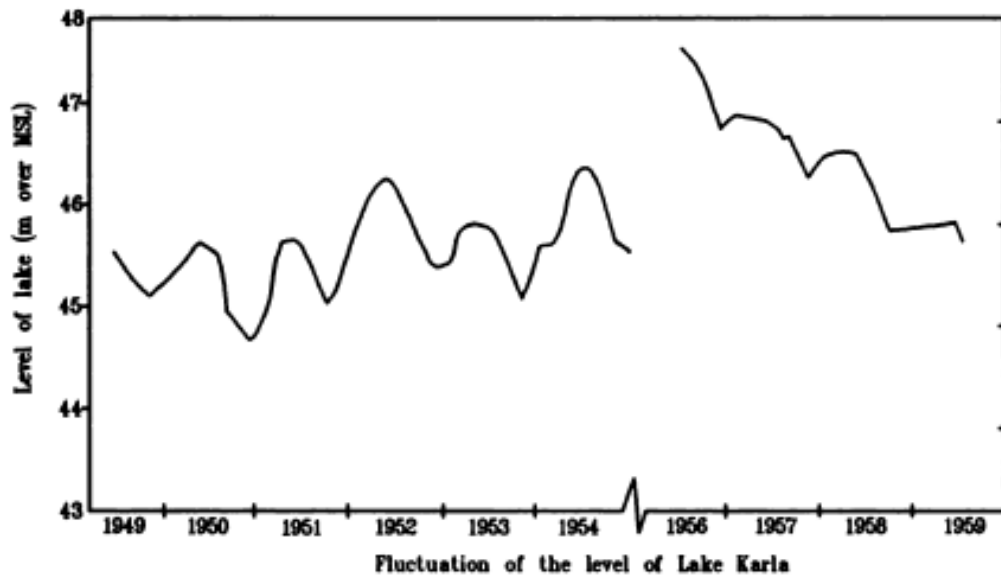
Η λίμνη ήταν αβαθής (το νερό κάλυπτε δύο έως έξι μέτρα) και είχε πλούσια υδρόβια βλάστηση με μεγάλη σημασία για όλα σχεδόν τα είδη πουλιών. Το 1962, λίγο προτού αποξηρανθεί η λίμνη, 430.000 πουλιά ζούσαν εκεί (Χορταργιάς, 2009). Όντας προικισμένη με μια ποικιλία οικοτόπων (πελαγικά, πλωτή βλάστηση, ρηχά έλη με *Juncus* sp. και *Typha* sp., αναδυόμενη βλάστηση και βράχους), η Κάρλα υποστήριξε πλούσια πανίδα σε ψάρια και πουλιά. Περισσότερα από 143 είδη πουλιών καταγράφηκαν, 55 από τα οποία προστατεύονται από την οδηγία ΕΚ 79/409. (Zalidis et al., 2005)

Η λίμνη ήταν, επίσης, από τις πλουσιότερες σε ιχθυοπανίδα περιοχές τις Ελλάδας. Σύμφωνα με στοιχεία, η επισήμως φορολογούμενη ποσότητα αλιευμάτων έφθανε τις καλές χρονιές τους 900 τόνους. Περίπου 1.000 οικογένειες ψαράδων ζούσαν από την αλιεία. (Χορταργιάς, 2009)

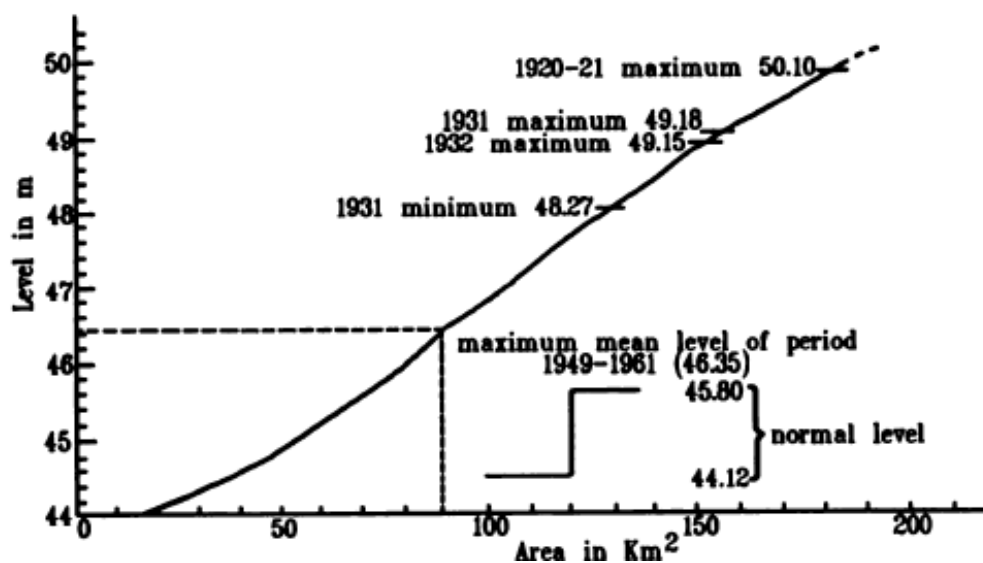
Η δομή και η λειτουργία της λίμνης Κάρλας ήταν στενά συνδεδεμένη με τον ποταμό Πηνειό. Ο ποταμός περιστασιακά ξεχείλιζε, και τα πλημμυρικά νερά πλούσια σε οξυγόνο και θρεπτικά συστατικά αποστραγγίζονταν στην Κάρλα. (Zalidis et al., 2005)

Όταν δεν υπήρχαν πλημμύρες μειώνονταν η έκτασή της και πολλές φορές αποξηραίνονταν τελείως, όπως έγινε δύο φορές στη διάρκεια της εικοσαετίας 1860-1880. Πολλές φορές λόγω ξηρασίας η λίμνη στέρεψε. Από το 1881 έχει στερέψει τρεις φορές. Μια επίσης μεγάλη ξηρασία, που μετέτρεψε τη λίμνη σε βάλτο και αργότερα σε ένα απέραντο χωράφι, ήταν τον Ιούνιο του 1899. Ακολούθως, η λίμνη Κάρλα «στέγνωσε» τελείως κατά το 1908. Αυτή φαίνεται να είναι και η τελευταία μεγάλη ξηρασία της Κάρλας πριν την τελική αποξήρανσή της το 1962. (Ananiadis, 1956)

Στη συνέχεια ακολουθούν διαγράμματα όπου παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις της στάθμης της λίμνης για την περίοδο 1949-1959, αλλά και η σχέση μεταξύ της στάθμης και της έκτασης κάθε φορά της λίμνης, όπως αυτά παρατίθενται από τον Π.Α. Γεράκη στο βιβλίο του “Conservation and Management of Greek Wetlands”.



Εικόνα 6. Διακυμάνσεις της στάθμης του νερού της λίμνης Κάρλας (Gerakis, 1992)

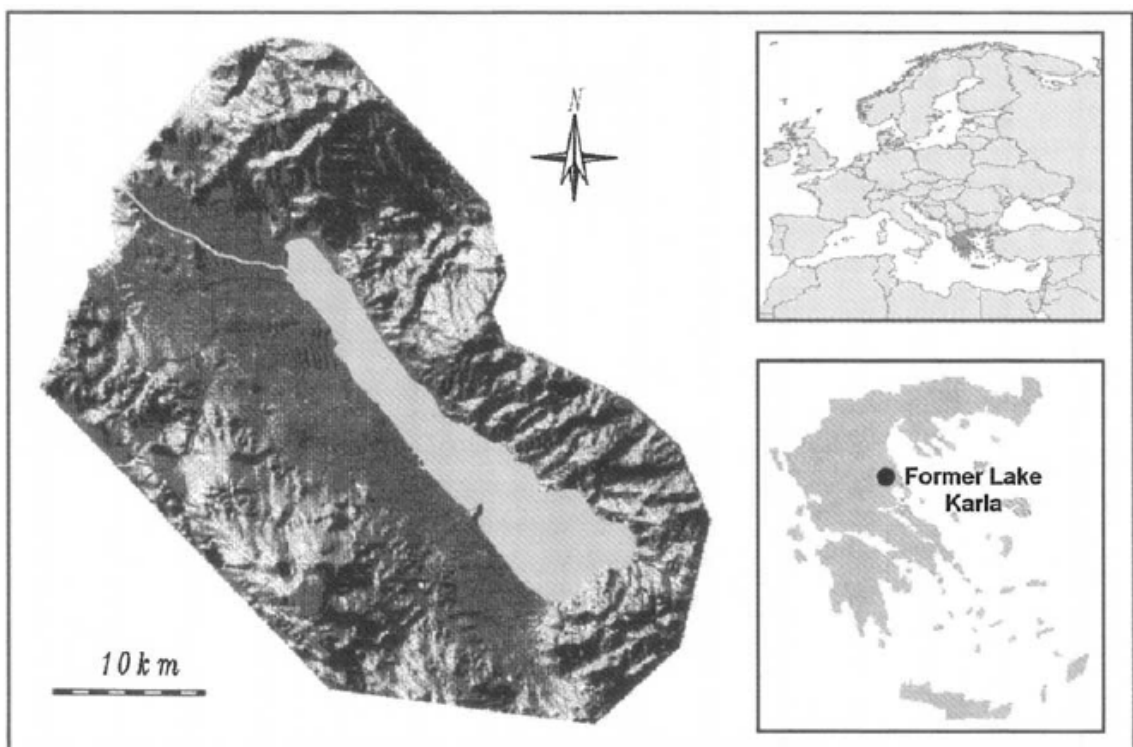


Εικόνα 7. Σχέση μεταξύ της επιφάνειας και της στάθμης της λίμνης Κάρλας (Gerakis, 1992)

9.2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΚΑΡΛΑΣ

Η λίμνη Κάρλα ανήκει γεωγραφικά στην ανατολική πεδιάδα της Θεσσαλίας. Καλύπτει την νοτιοανατολική άκρη του κάμπου της Λάρισας και καταλήγει στην

περιφερειακή μονάδα της Μαγνησίας. Η λεκάνη έχει όρια, στο βορρά τον ποταμό Πηνειό και τον ορεινό όγκο της Όσσας. Τα όριά της καθορίζονταν στα ανατολικά και βορειοανατολικά από τους πρόποδες του όρους Μαυροβουνίου, στους πρόποδες του οποίου βρίσκονται τα χωριά Καλαμάκι και Κανάλια. Στα νοτιοανατολικά και νότια οριοθετούνταν από τους πρόποδες του όρους Πηλίου και του Μεγαβουνίου, αντίστοιχα. Δυτικά όρια αποτελεί η λοφώδης ζώνη της κεντρικής Θεσσαλίας, ενώ δεν υπήρχαν σαφή όρια στα βορειοδυτικά και νοτιοδυτικά. Η περιοχή είναι μια κλειστή λεκάνη, που εκτείνεται από ΒΔ προς ΝΑ, με μήκος 35 χλμ. και πλάτος περίπου 9 με 14 χιλιόμετρα. Η λεκάνη της Κάρλας αποτελείται από ορεινές περιοχές (100-1500 m, 56%) και πεδιάδες (κάτω από 100 m, 44%) (Perakis et al., 2012; Gerakis, 1992).



Εικόνα 8. Γεωγραφική τοποθέτηση της τέως λίμνης Κάρλας (Zalidis et al., 2005)

9.3. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η λεκάνη απορροής της Κάρλας αποτελεί υπολεκάνη της ευρύτερης λεκάνης της Ανατολικής Θεσσαλίας και καλύπτει το νοτιοανατολικό άκρο αυτής.

Περιβάλλεται από μια ζώνη που χαρακτηρίζεται από ορεινές περιοχές, με υψόμετρα που φτάνουν τα 1978 μέτρα, και λοφώδεις περιοχές, με υψόμετρα που κυμαίνονται από 100 μέχρι 300 μέτρα. Πιο συγκεκριμένα, το ορεινό τμήμα αναπτύσσεται κυρίως στο βορειοανατολικό, ανατολικό και νότιο τμήμα της λεκάνης

απορροής. Έτσι, βορειοανατολικά αποτελείται από βουνά που ανήκουν στον ορεινό όγκο της Όσσας, ανατολικά αναπτύσσεται ο όγκος του Μαυροβουνίου, στα νότια το Μεγαβούνι και τέλος στα νοτιοδυτικά το Χαλκοδόνιο. Το λοφώδες τμήμα της λεκάνης αναπτύσσεται σχεδόν αποκλειστικά στα νοτιοδυτικά και δυτικά της. Αποτελείται κυρίως από χαμηλούς λόφους νεογενών ιζημάτων.

Το εσωτερικό της λεκάνης αποτελεί και το πεδινό τμήμα της λεκάνης. Έχει επιμήκης ανάπτυξη, ομαλό ανάγλυφο, με εξαίρεση κάποιες μικρές εμφανίσεις ασβεστολιθικού υποβάθρου (hims). Το βαθύτερο μέρος του πεδινού τμήματος, βρίσκεται στα νοτιοανατολικά της λεκάνης, εκεί όπου υπήρχε η λίμνη Κάρλα.

Στο βόρειο τμήμα της, δημιουργείται μια υπολεκάνη η οποία επιφανειακά είναι κλειστή και η απορροή της καταλήγει στο έλος του Καλοχωρίου. Η λεκάνη αυτή αποτελεί επίσης τμήμα της λεκάνης απορροής της τέως λίμνης Κάρλας. Αυτό προκύπτει από τη μελέτη των γεωμορφολογικών και λοιπών τοπογραφικών στοιχείων της περιοχής. Τόσο υψομετρικά, όσο και υδρολογικά, η λεκάνη του Καλοχωρίου συνδέεται με τον χαμηλότερα ευρισκόμενο πυθμένα της Κάρλας, προς τον οποίο εκφορτίζεται μέσω καρστικών πηγών.

Ο καρστικός χαρακτήρας της λίμνης Κάρλας σε συνδυασμό με την παρουσία ανθρακικών πετρωμάτων στην ευρύτερη λεκάνη απορροής της, συντείνουν στον χαρακτηρισμό της ως ημιπόλγης, δηλαδή πόλγης με τη μία πλευρά της ανοιχτή. Βασικό χαρακτηριστικό της πόλγης είναι η έλλειψη φυσικού επιφανειακού συστήματος εκροής των υδάτων της από το χώρο της λεκάνης απορροής της. Αυτό συμβαίνει και με την περίπτωση της Κάρλας, όπως προκύπτει από τη μελέτη της τοπογραφίας της. Σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές μόνο η παρουσία καταβοθρών και η υπόγεια αποστράγγιση προς τη νοτιοανατολική πλευρά της επέτρεπε την εκφόρτιση του νερού προς τη θάλασσα. Παράλληλα όμως, υπήρχε και η μοναδική επιφανειακή διέξοδος της λεκάνης προς τον Πηνειό ποταμό, σε περιπτώσεις που η υπόγεια αποστράγγιση δεν ήταν σε θέση να αποστραγγίσει την ημιπόλγη.

9.4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η λεκάνη της Κάρλας από γεωτεκτονικής άποψης, ανήκει στην ομάδα των Εσωτερικών Ελληνίδων και συγκεκριμένα στην Πελαγονική ζώνη.

Η περιοχή μελέτης, έτσι, συνίσταται από τα πετρώματα της Πελαγονικής, που αποτελούν το υπόβαθρο της λεκάνης, και ιζήματα του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς, τα οποία βρίσκονται ασύμφωνα τοποθετημένα στο υπόβαθρο.

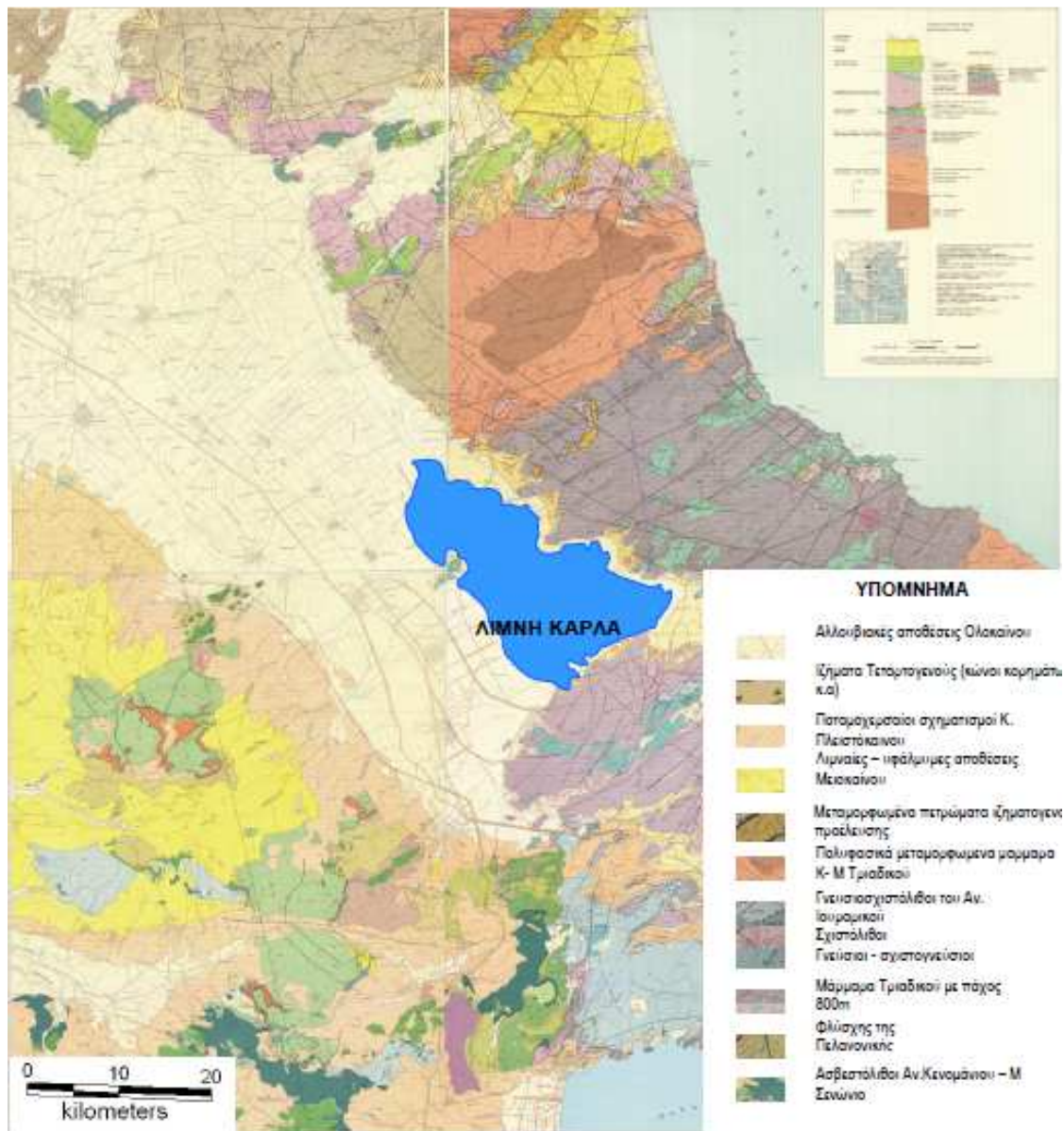
Τα πετρώματα του υποβάθρου, εμφανίζονται κυρίως στα βορειοανατολικά, ανατολικά και νοτιοανατολικά, όπου δηλαδή αναπτύσσεται η ορεινή ζώνη του ανάγλυφου της λεκάνης. Τα Νεογενή ιζήματα καλύπτουν σχεδόν ολοκληρωτικά το δυτικό τμήμα της λεκάνης, ενώ τα Τεταρτογενή εμφανίζονται στο κέντρο της. (Μούμου, 2007)

Οι ακόλουθοι γεωλογικοί σχηματισμοί υπάρχουν στην πεδιάδα της Κάρλας:

- Μάρμαρο με μεταβλητή διαπερατότητα. Η διαπερατότητα είναι υψηλή στο κεντρικό και κάτω μέρος του Μαυροβουνίου, όπου το μάρμαρο είναι εντατικά καρστικοποιημένο. Υπάρχουν μικροκαρστικοί σχηματισμοί σε όλη την περίμετρο βορειοανατολικά της Κάρλας από τα Κανάλια έως το Καλαμάκι, και ιδιαίτερα στο Μεγαβούνι.
- Γνεύσιοι, οι οποίοι είναι αδιαπέραστοι σχηματισμοί. Βρίσκονται στην περιοχή του Διμηνίου και του Σέσκλου, στο βουνό του Πηλίου και κοντά στα χωριά Κανάλια και Κεραμίδι.
- Σχιστόλιθοι, οι οποίοι είναι αδιαπέραστοι σχηματισμοί που βρέθηκαν στην περιοχή των Μελισσάτικων και στην Κερασέα.
- Λασπώδες αποθέσεις αργίλου στη λίμνη, οι οποίες είναι αδιαπέραστα υλικά και καλύπτουν την περιοχή της πρώην λίμνης.
- Αλλουβιακές προσχώσεις, αδιαπέραστοι σχηματισμοί κατά μήκος των βορειοανατολικών, ανατολικών και νότιων ορίων της λεκάνης. Η αργιλική δομή των κατώτερων στρωμάτων της πρώην λίμνης έχει ως αποτέλεσμα χαμηλούς συντελεστές διαπερατότητας. Σύμφωνα με δεδομένα του Ινστιτούτου Γεωλογικών Ερευνών (IGME) από 15 μέτρα βάθος, ο συντελεστής διαπερατότητας κυμαίνεται μεταξύ 10^{-5} - 10^{-8} cm/sec. Υψηλότερες τιμές διαπερατότητας ($1,53 \times 10^{-5}$ έως $2,45 \times 10^{-4}$ cm / sec) παρατηρήθηκαν σε περιοχές με υψηλότερη περιεκτικότητα σε άμμο (11-24%), ενώ χαμηλότερες τιμές (10^{-7} - 10^{-8} cm / sec), παρατηρήθηκαν σε περιοχές με χαμηλή περιεκτικότητα σε άμμο (0-3%). (Gerakis, 1992)

Η γεωλογική δομή αποτελείται κυρίως από πρόσφατους κόκκους διαφόρων μεγεθών. Η πεδιάδα αποτελείται από υδροφορικές, ουσιαστικά αμμώδεις ενδιαστρώσεις που διαχωρίζονται από στρώματα αργίλου και λασπώδες πηλού και νεογενείς αποθέσεις που αποτελούνται από μάργες και κροκαλοπαγή πετρώματα και δεσμεύεται

από σχιστόλιθους και καρστικούς ασβεστόλιθους ή μάρμαρα. Αδιαπέραστες γεωλογικές δομές καλύπτουν το 30,6% της συνολικής έκτασης, καρστικοί υδροφορείς καλύπτουν το 14,5% και διαπερατές δομές, οι οποίες εμφανίζονται κυρίως στην πεδιάδα, καλύπτουν το 42,7%. Τα πετρώματα του υποβάθρου αποτελούνται από αδιαπέραστα μάρμαρα και σχιστόλιθους (Sidiropoulos et al., 2008).



Εικόνα 9. Γεωλογικό σκαρίφημα της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης της Ανατολικής Θεσσαλίας (Μούμου, 2007)

9.5. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Μετά την αποξήρανσή της η λίμνη Κάρλα μεταβλήθηκε σε μια απέραντη πεδιάδα με αλμυρά εδάφη. Είναι πιθανόν η αλμυρότητα των εδαφών να οφείλεται στη συνεχή εξάτμιση των υφάλμυρων νερών της λίμνης που είχε σαν αποτέλεσμα την κατακρήμνιση και τη συσσώρευση αλάτων. Η προέλευση των αλάτων δεν έχει διευκρινιστεί με βεβαιότητα. Είναι πιθανό σε παλαιότερους γεωλογικούς χρόνους, όταν η στάθμη της θάλασσας βρισκόταν σε πιο υψηλό επίπεδο από ότι το σημερινό κατά 50 μέτρα περίπου, να κατακλύσθηκε η λεκάνη από θαλασσινό νερό. Η είσοδος του θαλασσινού νερού μπορεί να έγινε μέσω των ασβεστολιθικών πετρωμάτων του Μαυροβουνίου. Στην περίπτωση αυτή, η μεταφορά του θαλασσινού νερού γινόταν πιθανότατα μέσω καρστικών αγωγών, που συνδέονται με τις καταβόθρες της ανατολικής πλευράς της λίμνης.

Στο κέντρο της λεκάνης της Κάρλας αναδύονται μέσα από τις προσχώσεις της πεδιάδας δύο σχετικώς μεγάλα υψώματα, της Πέτρας και της Μαγούλας. Η Πέτρα αποτελούσε παλαιότερα τη δυτική όχθη της λίμνης, βόρεια του χωριού Στεφανοβίκειο, που ήταν χτισμένο στις δυτικές όχθες της. Η Μαγούλα αποτελούσε νησίδα μέσα στη λίμνη. Μικρότερες νησίδες που ξεπροβάλλουν σήμερα μέσα από τις προσχώσεις της λεκάνης, παρατηρούνται και νοτιότερα, μεταξύ Ριζόμυλου και Βελεστίνου.

Το βάθος της λίμνης στη δεκαετία του 1950 ήταν 3-4 μ. περίπου. Προς τα νοτιοδυτικά η επέκταση της λίμνης ήταν περιορισμένη ή τουλάχιστον πρόσκαιρη. Πιθανότατα, η περιοχή Βελεστίνου – Ριζόμυλου – Στεφανοβίκειο να μην κατακλυζόταν με νερά παρά μόνο στην περίπτωση που υπερχειλίζει ο Πηνειός στην περιοχή της Λάρισας. Το ύψος της στάθμης του νερού της λίμνης περιοριζόταν βέβαια από το γεγονός ότι μεγάλες ποσότητες νερού διέφευγαν από τις καταβόθρες, που βρισκόταν στις ανατολικές όχθες της (περιοχή Καναλιών).

Το 1962 που κατασκευάστηκε η σήραγγα του Παγασητικού τα νερά της λίμνης αποσύρθηκαν. Στη δυτική πλευρά της λίμνης μεταξύ Πέτρας και Μαγούλας κατασκευάστηκε μια βαθιά τάφρος, η οποία συντέλεσε στην πλήρη αποστράγγιση της περιοχής. Ακολούθησε προοδευτική απόπλυση των αλάτων των επιφανειακών εδαφών από τις βροχοπτώσεις και μετά από το 1974, η περιοχή άρχισε να καταλαμβάνεται από ακτήμονες και να καλλιεργείται. Στη συνέχεια κατασκευάστηκαν και άλλες τάφροι για την πληρέστερη αποστράγγιση.

Αρχικά η άρδευση γινόταν με πρόσκαιρα αντλιοστάσια εγκατεστημένα στις όχθες των τάφρων. Καθώς η καλλιεργήσιμη έκταση αυξανόταν, οι ανάγκες σε αρδευτικό νερό μεγάλωναν, με αποτέλεσμα το νερό των τάφρων να μην επαρκεί πλέον. Το πρόβλημα λύθηκε με την κατασκευή γεωτρήσεων.

Στις περιοχές Στεφανοβίκειου και Ριζόμυλου κατασκευάστηκαν πλήθος γεωτρήσεων, οι οποίες αντλήθηκαν συστηματικά. Το υδατικό ισοζύγιο ανατράπηκε και έγινε αρνητικό. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τα επόμενα χρόνια να προκληθεί σημαντική πτώση στάθμης στους προσχωματικούς και καρστικούς υδροφόρους ορίζοντες, η οποία συνεχίζεται μέχρι και σήμερα.

Η εκμετάλλευση του καρστικού ορίζοντα, που υπόκειται των προσχώσεων στην πεδινή περιοχή της Κάρλας, είχε αρχικά, καλά αποτελέσματα. Με την πάροδο όμως του χρόνου κινητοποιήθηκαν αλμυρά νερά που ήταν εγκλωβισμένα σε μεγάλα βάθη μέσα στα μάρμαρα του υποβάθρου της λίμνης και επήλθε χειροτέρευση της ποιότητας των νερών σε τέτοιο βαθμό που να υπάρχει πρόβλημα στην άρδευση. Μερικές από τις γεωτρήσεις της περιοχής παρουσιάζουν περιεκτικότητα σε χλωριόντα πάνω από 1000 ή 2000 ppm. Έτσι, η εξαφάνιση της λίμνης Κάρλας και η διάνοιξη μεγάλου αριθμού αρδευτικών γεωτρήσεων δημιούργησαν νέα σημαντικά προβλήματα.

9.6. ΥΔΡΟΦΟΡΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Στην περιοχή της Κάρλας διακρίνουμε τρεις κυρίως υδροφόρους σχηματισμούς: τις αργιλοαμμώδης λιμναίες αποθέσεις, τις αδρομερείς προσχώσεις και κορήματα και τα μάρμαρα. Συνήθως, οι σχηματισμοί αυτοί διατάσσονται στο χώρο με τη σειρά που αναφέρθηκαν, από την επιφάνεια του εδάφους προς τα μεγαλύτερα βάθη.

Μέσα στους υδροφόρους σχηματισμούς, που αναφέρθηκαν παραπάνω, σχηματίζονται αντίστοιχα οι τρεις βασικοί ορίζοντες:

- α) Ο υδροφόρος ορίζοντας των αργιλοαμμωδών λιμναίων αποθέσεων.
- β) Ο υδροφόρος ορίζοντας των αδρομερών κροκαλολατυποπαγών.
- γ) Ο υδροφόρος ορίζοντας των μαρμάρων (καρστικός).

Οι τρεις παραπάνω ορίζοντες είναι τοποθετημένοι ο ένας επάνω στον άλλο (επάλληλοι ορίζοντες). Δε συναντώνται σε όλες τις περιοχές της Κάρλας, αλλά από ορισμένες περιοχές είναι δυνατόν να απουσιάζει κάποιος ορίζοντας (όπως πχ ο καρστικός).

Η έκταση των τριών υδροφόρων οριζόντων, το πάχος των υδροφόρων στρωμάτων και το βάθος τους από την επιφάνεια του εδάφους δεν είναι ομοιόμορφα σε όλη την έκταση του πεδινού τμήματος της Κάρλας. Παρατηρούνται, κατά την οριζόντια και κατακόρυφη έννοια μεγάλες διαφοροποιήσεις από περιοχή σε περιοχή. (Παπακώστα, 2010)

9.7. ΚΛΙΜΑ

Σημαντικό έμμεσο παράγοντα στη διαμόρφωση της γεωμορφολογίας μιας περιοχής αποτελεί το κλίμα. Τα στοιχεία του κλίματος που επηρεάζουν τη διαμόρφωση της περιοχής είναι ο άνεμος, η θερμοκρασία και τα κατακρημνίσματα.

Στην περίπτωση της περιοχής μελέτης, η θερμοκρασία και τα κατακρημνίσματα παίζουν το σημαντικότερο ρόλο, αφού συνδέονται με την επιφανειακή κυκλοφορία του νερού στους περιφερειακούς χείμαρρους της τέως λίμνης Κάρλας, οι οποίοι ευθύνονται για τη διαμόρφωση χαρακτηριστικών μορφών διάβρωσης και αποθέσεων στο χώρο που παλιότερα φιλοξενούσε τη λίμνη. (Μούμου, 2007)

Το μικροκλίμα της περιοχής κατατάσσεται στο Μεσογειακό ηπειρωτικού χαρακτήρα, που χαρακτηρίζεται από ζεστό και ξηρό καλοκαίρι και από ψυχρό και υγρό χειμώνα. Τα στοιχεία από τους βροχομετρικούς σταθμούς της περιοχής δείχνουν αυξημένες βροχοπτώσεις πριν την αποξήρανση της λίμνης. (Τσαβέ, 2007)

9.7.1. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Ο θερμότερος μήνας την περίοδο 1956-1997 ήταν ο Ιούλιος, με μια μέση θερμοκρασία 26,8 °C, και ο πιο κρύος ήταν ο Ιανουάριος με 6,6 °C κατά μέσο όρο. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 16,208 °C.

Ο μέσος όρος μέγιστης θερμοκρασίας είναι 11,1 °C τον Ιανουάριο και 31 °C τον Ιούλιο, και η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 20,76 °C. Αντίστοιχα, η μέση ελάχιστη θερμοκρασία είναι 2,8 °C τον Ιανουάριο και 18,6 °C τον Ιούλιο, με την ετήσια μέση θερμοκρασία να είναι 10,39 °C.

Η μέγιστη θερμοκρασία είναι κατά το μήνα Ιούλιο σε 46,2 °C, ενώ η ελάχιστη είναι τον Ιανουάριο με -9,8 °C. (Perakis et al., 2012)

Πριν την αποξήρανση της λίμνης, κατά την περίοδο 1946-1961, η μέση θερμοκρασία ήταν 16,3 °C και η μέγιστη δεν ξεπερνούσε τους 34,5 °C το μήνα Ιούλιο,

ενώ η μέση ελάχιστη θερμοκρασία για το μήνα Ιανουάριο κυμαίνονταν στους 1,6 °C. Μετά την αποξήρανση της λίμνης, δηλαδή για τη χρονική περίοδο 1962-1992, παρατηρήθηκε μια μείωση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας κατά 0,7 °C (πιο συγκεκριμένα, η μέση μέγιστη θερμοκρασία αυξήθηκε κατά 0,5 °C, ενώ η μέση ελάχιστη μειώθηκε κατά 0,9 °C). Φαίνεται πως η αποξήρανση της λίμνης επηρέασε το μικροκλίμα της περιοχής, μεταβάλλοντάς το σε κλίμα ηπειρωτικότερου χαρακτήρα. (Μούμου, 2007)

9.7.2. ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑ

Για την περιοχή μελέτης, η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 465,955 χιλιοστά. Ο πιο βροχερός μήνας του έτος είναι ο Δεκέμβριος, με συνολικό επίπεδο βροχοπτώσεων 70,72 χιλιοστά, ενώ το υψηλότερο επίπεδο υγρασίας είναι 76%. Ο ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούνιος με μια συνολική βροχόπτωση στα 6,68 χιλιοστά, ενώ το χαμηλότερο επίπεδο υγρασίας είναι τον Ιούλιο σε ποσοστό 50,7%.

Το μέγιστο επίπεδο των βροχοπτώσεων σε 24 ώρες κυμαίνεται από 37,4 χιλιοστά για το μήνα Αύγουστο έως 141,4 χιλιοστά το Σεπτέμβριο. (Perakis et al., 2012)

Πίνακας 6. Υγρασία (%) από μετεωρολογικό σταθμό Αγκιάλου 1956-1997 (Perakis et al., 2012)

	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Έτος
Σχετική Υγρασία	74,8	73,3	73,2	68,7	63,5	53,7	50,7	52,8	60,0	68,8	74,9	76,0	65,9

9.7.3. ΑΝΕΜΟΣ

Η περιοχή επηρεάζεται άμεσα από το αντικυκλωνικό σύστημα του Ατλαντικού μετά την επέκτασή του προς τη ΝΑ Ευρώπη. Χαρακτηρίζεται έτσι από την εμφάνιση δύο ανέμων:

- ✚ Των ετήσιων ανέμων που αρχίζουν τη δράση τους από τα μέσα Ιουλίου μέχρι τα μέσα Σεπτεμβρίου. Οι άνεμοι αυτοί οφείλονται στο συνδυασμό της επέκτασης του θερινού θερμικού χαμηλού από την περιοχή της Ασίας, και στον αντικυκλώνα του Ατλαντικού προς τη ΝΑ Ευρώπη.

🚩 Των ξηρών και θερμών τοπικών ανέμων που είναι γνωστοί με το όνομα «Λίβας» και η δράση τους είναι εξαιρετικά καταστρεπτική για τις καλλιέργειες κυρίως την περίοδο από το Μάιο μέχρι τον Ιούνιο. (Μούμου, 2007)

Συγκεκριμένα, ο άνεμος στην περιοχή είναι κυρίως ανατολικός, με συχνότητα 19,467%, ακολουθούμενη από δυτικό άνεμο με συχνότητα 13,563%.

Λιγότερο συχνοί είναι οι άνεμοι βορειοανατολικής (12,534%) και νοτιοανατολικής προέλευσης (7,056%), ακολουθούμενοι από τους βόρειους και βορειοανατολικούς, συχνότητας 5,741% και 3,955% αντίστοιχα.

Η ένταση του ανέμου δεν υπερβαίνει συνήθως τα 5-6 μποφόρ, ενώ άνεμος ισχυρότερος από 7 μποφόρ εμφανίζεται σπάνια στο 1%. (Perakis et al., 2012)

Πίνακας 7. Ανεμόγραμμα μετεωρολογικού σταθμού Αγχιάλου 1956-1997 (Perakis et al., 2012)

Διεύθυνση Ανέμου	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	BA	Ποσοστό Νημεμιάς
Συχνότητα	5,74	3,96	19,47	7,06	1,72	1,37	13,56	12,53	34,60

9.7.4. ΛΟΙΠΑ ΚΑΙΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Οι χιονοπτώσεις είναι σπάνιες στην περιοχή κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Ο μέσος αριθμός των ημερών με χιόνι κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών ήταν 4,7.

Το χαλάζι είναι ένα σπάνιο καιρικό φαινόμενο για την περιοχή και λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της άνοιξης.

Παγετός εμφανίζεται στην περιοχή κατά τους χειμερινούς μήνες και μερικές φορές το Μάρτιο. Η ομίχλη είναι πιο συνήθης κατά τη διάρκεια του έτους, εκτός από το καλοκαίρι. (Perakis et al., 2012)

9.8. ΛΙΜΝΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Η λίμνη Κάρλα είχε μικρό σχετικά βάθος (4-6 μ.) με αποτέλεσμα να μην εμφανίζεται η ζώνη του υπολιμνίου. Η απουσία του γνωρίσματος αυτού οδηγεί στη δημιουργία μιας σχετικά μικρής αποθήκης οξυγόνου, η οποία γίνεται περισσότερο αισθητή στον πυθμένα της λίμνης. Το γεγονός αυτό βοήθησε στην ανάπτυξη πλούσιου φυτοβένθους και υψηλούς ρυθμούς πρωτογενούς παραγωγής σε βλαστούς που ήταν

τροφή για μία ποικιλία ζώων. Το μικρό βάθος της λίμνης βοήθησε επίσης στην ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης, η οποία δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες συγκέντρωσης του οξυγόνου για όλο το έτος και διαβίωσης της πανίδας στη λίμνη. Τα δύο αυτά γνωρίσματα προσέδιναν στη λίμνη ένα ιδιαίτερο βιολογικό ενδιαφέρον. (Τσαβέ, 2007)

Οι κυριότεροι παράγοντες στους οποίους βασίστηκε ο πλούτος της πανίδας, κυρίως τα πουλιά, ήταν το μέγεθος και η ποικιλία των ενδιαιτημάτων όπως η ευρεία επιφάνεια νερού, η πλωτή βλάστηση, τα ρηγά έλη και τα καλάμια. Αυτά τα ενδιαιτήματα παρείχαν προστασία στα υδρόβια είδη, παρείχαν καταφύγιο στα υδρόβια πουλιά και αποτελούσαν περιοχές αναπαραγωγής και αναζήτησης τροφής για καταδύμενα πτηνά ή τα πτηνά που τρέφονταν με τα ανώτερα στρώματα του νερού. (Perakis et al., 2012)

Η μέγιστη επιφανειακή θερμοκρασία του νερού ήταν 29 °C και η ελάχιστη 3 °C.

9.9. ΙΧΘΥΟΠΑΝΙΔΑ

Τα κυριότερα είδη ψαριών που υπήρχαν στη λίμνη Κάρλα ήταν το γριβάδι, το τσιρώνι (*Rutilus rutilus*), η κοκκινοφτέρα, το σίρκο, το μουστακάτο, η πεταλούδα, το σύρτι, ο γωβιός, η ταινία και το χέλι. Απειλούμενα είδη που ακόμα διαβιούν στα νερά της είναι ο φιλότης (*Alburnus alburnus*), η μπριάννα (*Barbus cyclolepis*), ο πρώσος κυπρίνος (*Carassius gibelio*), κυπρίνος ο κοινός (*Cyprinus carpio*), ο κέφαλος/καβεδάνος (*Leuciscus cephalus*), το μαυροτσιρώνι (*Pachychilon macedonicum*), η μουρμουρίτσα (*Rhodeus amarus*), το τσιρωνάκι (*Alburnoides bipunctatus*), η βελονίτσα (*Cobitis vardarensis*), το κουνουπόψαρο (*Gambusia affinis*) και ο θεσσαλογωβιός (*Knipowitschia thessala*). Τα είδη που παρουσίαζαν τη μεγαλύτερη οικονομική σημασία ήταν το γριβάδι και το χέλι και ακολουθούσαν το τσιρώνι με την κοκκινοφτέρα. Ο πληθυσμός των άλλων ειδών ήταν μεγάλος, αλλά η εμπορική τους αξία μικρή. Το πλαγκτόν ήταν η τροφή των ψαριών. Σήμερα υπάρχουν κάποιοι πληθυσμοί ψαριών από τα είδη που προαναφέρθηκαν στις αρδευτικές διώρυγες και στις στραγγιστικές τάφρους. (Τσαβέ, 2007)

9.10. ΟΡΝΙΘΟΠΑΝΙΔΑ

Ανάλογα με τις αυξομειώσεις της στάθμης της λίμνης, μια έκταση ως 4.500 ha πλημμυριζόταν τον χειμώνα και την άνοιξη και αποξηραινόταν το θέρος. Η έκταση αυτή παρείχε ιδανικό ενδιαίτημα για διαχειμάζοντα και μεταναστευτικά υδρόβια πουλιά. Μαζί με την εισροή θρεπτικών ουσιών από τους περιβάλλοντες αγρούς αλλά και τα όρη αυτή η φυσική περιοδική ανοργανοποίηση των θρεπτικών ουσιών ήταν το κύριο αίτιο για την πολύ μεγάλη βιολογική παραγωγικότητα της λίμνης. Βάση για τον πλούτο των ειδών της πανίδας και ιδιαίτερα της ορνιθοπανίδας αποτελούσε η ποικιλότητα και το μέγεθος των ενδιαιτημάτων που είχε η λίμνη και η αμέσως γειτονική της περιοχή.

Στη λίμνη υπήρχε ακόμα μεγάλος αριθμός βατραχιών, νερόφιδων, νεροχελωνών, σαλιγκαριών και εντόμων που αποτελούσαν και τροφή της πλούσιας ορνιθοπανίδας. *Η λίμνη Κάρλα ήταν ένας από τους σπουδαιότερους υγροτόπους για υδρόβια πουλιά στην Ελλάδα και στα Βαλκάνια και μάλιστα όλες τις εποχές του έτους.* Είχαν καταγραφεί τουλάχιστον 143 είδη πουλιών πολλά ως αναπαραγόμενα και άλλα ως μεταναστευτικά και διαχειμάζοντα. Ο αριθμός των ειδών είναι εντυπωσιακός. Τουλάχιστον 55 από τα καταγραφέντα είδη θεωρούνται σήμερα ως «προστατευόμενα» σύμφωνα με την οικεία Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης περί Πουλιών, η οποία επιβάλλει επίσης την προστασία των βιοτόπων τους. Μερικά από τα ανωτέρω 55 είδη κινδυνεύουν σήμερα στην Ελλάδα να εξαφανισθούν. Η περιοχή φιλοξενούσε πολλά και ποικίλα πανιδικά στοιχεία. Φιλοξενούσε τυπικά πουλιά των υγροτόπων (πάπιες, ερωδιούς, πελεκάνους) και πολλά μεγάλα αναπαραγόμενα αρπακτικά πουλιά (όρνια και αετούς) καθώς και πουλιά ανοιχτής πεδιάδας (αγριόγαλος, στεπόκιρκος). Τα περισσότερα από αυτά ζούσαν σε αποικίες μέσα στους καλαμιώνες ή στα δένδρα των γειτονικών περιοχών.

Κατά τη μετανάστευση παρατηρούνταν μεγάλα σμήνη ιβίδων, είδη που στα Βαλκάνια είναι πολύ σπάνια και κινδυνεύοντα με εξαφάνιση. Για αρκετά είδη πάπιας η Κάρλα αποτελούσε την πρώτη καταγραφή φωλιάσματος στην Ελλάδα. Αναφέρονται μεγάλοι αριθμοί αργυροπελεκάνων οι οποίοι τρέφονταν και κούρνιαζαν στη λίμνη. Οπωσδήποτε, η τακτική παρουσία αυτού του παγκοσμίως κινδυνεύοντος είδους τονίζει την εξαιρετική οικολογική σημασία του υγροτόπου αυτού. Πριν 40-50 έτη η Κάρλα ήταν από τις ελάχιστες τοποθεσίες στην Ευρώπη όπου ήταν παρόντες συγχρόνως οι τρεις μεγαλύτεροι ευρωπαϊκοί αετοί. Μάλιστα, τα είδη αυτά αναπαράγονταν στις γειτονικές ορεινές περιοχές της Κάρλας και τρέφονταν τακτικά στα λιβάδια της

περιοχής. Σήμερα έχουν εξαφανισθεί και τα τρία είδη από την ευρύτερη περιοχή της Κάρλας και το ίδιο ισχύει για τον αγριόγαλο, ο οποίος θεωρείται ότι έχει εξαφανισθεί από όλη την Ελλάδα. Ο μακρύς κατάλογος των μεταναστευτικών παρυδάτιων γλάρων, παπιών, ακόμη και γερανών δείχνει την εξαιρετική σπουδαιότητα του υγροτόπου αυτού για τη διεθνή μετανάστευση των πουλιών, ιδίως μάλιστα αν ληφθεί υπόψη ότι η Κάρλα βρισκόταν στη Θεσσαλία, μια περιοχή πολύ φτωχή μεν σε υγροτόπους αλλά τοποθετημένη κάτω από την κύρια οδό πτήσεων, κατά μήκος της ανατολικής ακτής της ηπειρωτικής Ελλάδας. Το μέγεθος του αριθμού των πουλιών που διαβιούσαν στην περιοχή της λίμνης προκύπτει και από μαρτυρίες κατοίκων του Πλατύκαμπου που αναφέρουν ότι «επλήρωναν κόσμο με όπλα να φυλάνε τα σπαρτά από τα χιλιάδες χηνάρια». Ο συνολικός αριθμός των 430.000 πουλιών που καταγράφηκε είναι μοναδικός για την Ελλάδα και αν σήμερα υπήρχε η λίμνη θα είχε οπωσδήποτε κηρυχθεί ως Υγρότοπος Ramsar Διεθνούς σημασίας. (Τσαβέ, 2007)

Τα κυριότερα είδη που ζούσαν μόνιμα ή εποχιακά στη λίμνη πριν από την αποξήρανση ήταν: νερόκοτα, γλάρος, λευκός γλάρος, πελεκάνος, λευκός πελεκάνος, κράζων κύκνος (*Cygnus cygnus*), πρασινοσκουφής, σκουφοβουτηχτάρα, βουτηχτάρι, σταχτόχηνα, χηνάκι, καπακλής (*Anas strepera*), κοκκινοσκουφής, φαλαρίδα, μαυρόκοτα, πελαργός (*Ciconia ciconia*), ψαρόνι, γερανός, τούρνα (Perakis et al., 2012), κορμοράνος (*Phalacrocorax carbo*), χουλιανομούτα (*Platalea leucorodia*), φλυαρόπαπια (*Anas strepera*), χρυσαετός (*Aquila chrysaetus*), μωβ ερωδιός - πορφυροτσικνιάς (*Ardea purpurea*) και ακόμα κάποια σπάνια είδη όπως πυγμαίος κορμοράνος (*Phalacrocorax pygmeus*), βαλτόπαπια (*Aythya nyroca*) και κερκινέζι (*Falco naumanni*) (Zalidis et al., 2005). Άλλα είδη απειλούμενα με εξαφάνιση της περιοχής είναι: ήταυρος (*Botaurus stellaris*), μαυρογλάρονο (*Chlidonias niger*), γαλιάντρα (*Melanocorypha calandra*), μικρογαλιάντρα (Greater Short-toed Lark), χαλκόκοτα (*Plegadis falcinellus*), φλαμίνγκο (*Phoenicopterus ruber*), φιδαιτός (*Circaetus gallicus*), μικροτσικνιάς (*Ixobrychus minutus*), νυχτοκόρακας (*Nycticorax nycticorax*), κρυπτοτσικνιάς (*Ardeola ralloides*), λευκοτσικνιάς (*Egretta garzetta*), αργυροτσικνιάς (*Egretta alba*), καλαμοκανάς (*Himantopus himantopus*), καλαμόκιρκος (*Circus aeruginosus*), λιβαδόκιρκος (*Circus pygargus*), αβοκέτα (*Recurvirostra avocetta*) και λασπότρυγγας (*Tringa glareola*).

9.11. ΘΗΛΑΣΤΙΚΑ

Τα ελάχιστα διαθέσιμα στοιχεία δείχνουν την ύπαρξη ενός μόνο τοπικού υγροτοπικού είδους, της βίδρας. Οι αναφορές για άλλα θηλαστικά περιλαμβάνουν το τσακάλι, τον λύκο, την αλεπού και το αγριογούρουνο. Τα τέσσερα αυτά είδη ζούσαν στα γειτονικά όρη και κατέβαιναν καμιά φορά προς τις όχθες της λίμνης κατά τους ψυχρούς, ιδίως, χειμώνες. Σημαντική ήταν, ακόμη, και η παρουσία του λύγκα στη γύρω ορεινή περιοχή.

9.12. ΧΛΩΡΙΔΑ – ΖΩΝΕΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ

Η φυσική βλάστηση της λεκάνης απορροής της Κάρλας ήταν ποικίλη. Η μισή περίπου επιφάνεια της λεκάνης απορροής αποτελείται από δασικές εκτάσεις οι οποίες καλύπτονται από φυσική βλάστηση. Η χλωρίδα της ευρύτερης περιοχής κατατάσσεται σε τρεις ζώνες βλάστησης που καλύπτουν στο σύνολό της τη λεκάνη απορροής:

- ✓ Ευμεσογειακή ζώνη βλάστησης
- ✓ Τεχνητά γεωργικά οικοσυστήματα στα Β., Β.Δ. της λίμνης με κύριες καλλιέργειες τα σιτηρά, τις αμυγδαλιές, κηπευτικά σε ορισμένες περιοχές και ελιές.
- ✓ Παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης

Την εποχή της αποξήρανσης το Ν.Α. τμήμα της λίμνης καλυπτόταν από πυκνή υδροχαρή βλάστηση. Συστάδες υδροχαρούς βλάστησης υπήρχαν και σε άλλες περιοχές περιφερειακά της λίμνης.

9.13. ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ

Η ποικιλομορφία και η έκταση των διαφόρων βιοτόπων ήταν η βάση για τον περιγραφόμενο πλούτο της πανίδας, ιδιαίτερα πουλιών. Οι ακόλουθοι βιότοποι μπορούσαν να βρεθούν μέσα και γύρω από τη λίμνη:

- ✓ ανοιχτή επιφάνεια του νερού - έδινε καταφύγιο στα υδρόβια και άλλα κολυμβητικά πτηνά - μακριά από τις καραμπίνες των κυνηγών - και παρείχε μια περιοχή τροφής για καταδυόμενα (κορμοράνοι, βουτηχάρια) ή πτηνά που τρέφονταν στην επιφάνεια (πελεκάνοι).

- ✓ επιπλέοντα βλάστηση – επιπλέοντα υδρόφυτα ως περιοχή αναπαραγωγής, διατροφής και κουρνιάσματος για πάπιες και γλαρόνια.
- ✓ ρηχά πλημμυρισμένα έλη *Juncus* και *Scirpus* - παρείχαν μια σημαντική περιοχή τροφής για αδέξιος πάπιες και παρυδάτια πουλιά (ερωδιοί), και ένα έδαφος αναπαραγωγής για τα ψάρια και ήταν πολύ πλούσια σε υδρόβια φυτά.
- ✓ μεγάλες καλαμώνες - έδιναν στέγη και τροφή, σχημάτιζαν μια περιοχή αναπαραγωγής για τα περισσότερα είδη ερωδιών, χουλιανομύτων και παπιών, καθώς και περιοχή αναπαραγωγής και ωοτοκίας και για πολλά ψάρια.
- ✓ βραχονησίδες - σημαντικά σημεία κουρνιάσματος για αποικιακά υδρόβια πτηνά (κορμοράνοι, πελεκάνοι, ερωδιοί, κλπ).
- ✓ καλλιεργούμενη πεδιάδα (δυτικά της λίμνης) - ενδιαίτημα σαν στέπα πολύτιμο για τα πουλιά των ανοικτών ξηρών περιοχών (π.χ. αγριόγαλος), που συχνά τρέφονται σε υγροτόπους.
- ✓ γειτονικά βουνά με γκρεμούς και εκτεταμένα δάση - χρησιμοποιούνταν ως τόποι αναπαραγωγής από πολλά είδη αρπακτικών, που επίσης τρέφονται κυρίως στον υγρότοπο συμπεριλαμβανομένων των χρυσαετών, βασιλαετών, των τεσσάρων Ευρωπαϊκών γυπών και μπούφων.
- ✓ ανθρωπογενείς οικότοποι - τα χωριά γύρω από τη λίμνη με τα σπίτια, τους κήπους και τα παλιά δέντρα (πλατάνια) χρησιμοποιήθηκαν ως τόποι αναπαραγωγής για πολλά πουλιά που τρέφονταν τακτικά στα έλη συμπεριλαμβανομένων των πελαργών, γκρι ερωδιών και το Κιρκινέζι. (Gerakis, 1992)

Από την παραγωγικότητα της λίμνης σε ψάρια, την ποικιλότητα των ειδών ιχθυοπανίδας και ορνιθοπανίδας και τον αριθμό διαχειμαζόντων πτηνών, διαφαίνεται πως η λίμνη ήταν εύτροφη με μεγάλη σταθερότητα του οικοσυστήματος. Οι μηχανισμοί που ευνοούσαν τη μεγάλη πρωτογενή παραγωγή που είχε η λίμνη θα πρέπει να αποδοθούν:

- ✓ Στη διακύμανση της στάθμης που διευκόλυνε την αυξομείωση των θρεπτικών συστατικών και την αφαίρεση των καταλοίπων.
- ✓ Στο μεταβλητό των φυσικών ειδών, που εξασφάλιζε την συνέχεια της παραγωγής στο χώρο. Τα μεταναστευτικά πουλιά για παράδειγμα αφαιρούσαν ένα μέρος της παραγόμενης βιομάζας (πλαγκτόν, ψάρια) εποχιακά, αλλά με τα περιττώματά τους πρόσφεραν θρεπτικά υλικά για αναπαραγωγή της.
- ✓ Η ανάπτυξη σημαντικών διεργασιών προσαρμογής που προκαλούνταν από την ποικιλία των συνθηκών (πλήμμη, άμπωτις).

- ✓ Η εύκολη διείσδυση της ηλιακής ενέργειας, εξαιτίας της χαμηλής στάθμης υδάτων.
- ✓ Ο συνεχής εμπλουτισμός με θρεπτικές ουσίες που μεταφέρονταν με τις πλημμύρες. (Τσαβέ, 2007)

10. ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ

Η λίμνη Κάρλα και ο τρόπος της διαχείρισής της απασχόλησε από πολύ παλιά τις Ελληνικές κυβερνήσεις. Η πολιτική των αποξηράνσεων, που ξεκίνησε στα τέλη του 19^{ου} αιώνα (1889) με την αποξήρανση της λίμνης Κωπαΐδας και επιτάθηκε αμέσως μετά τη μικρασιατική καταστροφή με τις μεγάλες αποξηράνσεις στην περιοχή της Μακεδονίας (έλος Γιαννιτσών, πεδιάδα Σερρών) δεν άφησε έξω από τα μεγαλόπνοα σχέδια τη λίμνη Κάρλα. (Μούμου, 2007)

Περίπου στη δεκαετία του '20, οι πλημμύρες του ποταμού Πηνειού και η αύξηση του μεγέθους της λίμνης προκάλεσαν σοβαρά προβλήματα σε πολλά χωριά της Λάρισας. Για να λυθεί αυτό το κρίσιμο ζήτημα, ένας τοίχος χτίστηκε στη νότια πλευρά του Πηνειού, εκτρέποντας το νερό του ποταμού που προηγουμένως κατέληγε στη λίμνη. Ωστόσο, τα μέτρα που λήφθηκαν δεν έφεραν τα αναμενόμενα αποτελέσματα.

Σε λίγο, η στάθμη του νερού της Κάρλας (μετά τη δεκαετία του 50) άρχισε να πέφτει. Η αναπαραγωγή των ψαριών σχεδόν εξαφανίστηκε.

Το κράτος «αναγκάστηκε» να καταβάλει προσπάθειες και να διεξάγει μελέτες, προκειμένου να εκτελεστούν έργα αντιπλημμυρικής προστασίας και εγγειοβελτιωτικά, παίρνοντας, το 1959, την απόφαση να στραγγίξει όλη τη λίμνη. (Perakis et al., 2012)

Σύμφωνα με 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 θα χρησίμευε για την ανάσχεση πλημμυρών και την αποταμίευση μέρους της χειμερινής παροχής του Πηνειού για άρδευση (Λουκάς κ.ά., 2005b).

Οι λόγοι που συνέβαλαν και τελικά ενίσχυσαν την πολιτική αυτή είναι οι εξής:

- Η κατάληψη κατάλληλων προς καλλιέργεια εκτάσεων.
- Η πρόκληση πλημμυρικών φαινομένων στις πεδινές περιοχές.

- Η συσχέτισή τους με την εξάπλωση της ελονοσίας λόγω των κουνουπιών που μάστιζαν την περιοχή, μιας αρρώστιας εξαιρετικά διαδεδομένης μέχρι τα μέσα του προηγούμενου αιώνα.
- Η αισθητή μείωση της στάθμης του νερού.
- Η μείωση των ψαριών των αλιευμάτων.
- Η ανεξέλεγκτη ρηχότητα της λίμνης.
- Η αλατότητα του νερού.
- Τέλος, οι αλλαγές στις κοινωνικό-οικονομικές συνθήκες, που συντελέστηκαν στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ιδιαίτερα η αλλαγή στο ιδιοκτησιακό καθεστώς της γης με την κατάργηση των μεγαλοϊδιοκτησιών και τη διανομή της γης στον αγροτικό πληθυσμό, καθώς και η ανάγκη αποκατάστασης του 1,5 εκατ. προσφύγων της μικρασιατικής καταστροφής, κατέστησαν επιτακτική την ανάγκη σχεδιασμού και εκτέλεσης σειράς μεγάλων εγχειροβελτιωτικών έργων, τα οποία δημιούργησαν τις προϋποθέσεις αξιοποίησης των πεδινών εκτάσεων που καλύπτονταν από υγροτόπους.

Έτσι η πολιτική αυτή των αποξηράνσεων ολοκληρώθηκε τελικά κατά την περίοδο της «πράσινης επανάστασης» στη δεκαετία του 1960 με το τελευταίο μεγάλο εγχειροβελτιωτικό έργο, την αποξήρανση της λίμνης Κάρλας στη Θεσσαλία. Η αποξήρανση της Κάρλας αποτελούσε για όλους μια σίγουρη λύση στο πρόβλημα της αποκατάστασης των ακτημόνων. (Μούμου, 2007)

Το 1961, ολοκληρώθηκε η κατασκευή μιας σήραγγας, με μία τομή μεγέθους 4,35 m² και μήκους 10,120 μέτρων με σκοπό να διοχετευθεί το νερό της λίμνης στον Παγασητικό κόλπο. Το 1964, η αποστράγγιση της λίμνης Κάρλας ολοκληρώθηκε, αλλά, δυστυχώς, το έργο για την κατασκευή της δεξαμενής δεν ολοκληρώθηκε, όπως είχε προγραμματιστεί στη μελέτη. (Perakis et al., 2012)

Συνολικά ελευθερώθηκαν 185.000 στρέμματα, συμπεριλαμβανομένων και των πλημμυρισμένων εκτάσεων. Οι προμελέτες που συντάχτηκαν από το 1913 έως το 1960 προέβλεπαν αποξήρανση της λίμνης και παράλληλα κατασκευή ταμιευτήρα, έργα που δεν έγιναν. (Χορταργιάς, 2009)

Ο ταμιευτήρας αυτός θα χρησιμοποιούνταν για την παγίδευση του πλεονάσματος της επιφανειακής απορροής το χειμώνα και την αποθήκευση των εκτρεπόμενων πλημμυρικών νερών του Πηνειού, για άρδευση το καλοκαίρι. Ωστόσο, κατασκευάστηκαν μόνο οι τάφροι – συλλεκτήρες στα βουνά, η σήραγγα αποστράγγισης και τα αναχώματα στον Πηνειό ποταμό, τα οποία απομόνωναν τη λίμνη από τα

πλημμυρικά νερά του Πηνειού. Παράλληλα, λόγω της γραφειοκρατικής αδιαλλαξίας, ο ταμιευτήρας και τα παραπλήσια έργα δεν προχώρησαν ποτέ. (Moustaka et al., 2002; Loukas et al., 2005a)

Ο ταμιευτήρας αυτός δεν κατασκευάστηκε λόγω αντιρρήσεων που αφορούσαν τη θέση εγκατάστασης, την έκταση που θα καταλάμβανε, και το κατά πόσο πέρα από την αντιπλημμυρική προστασία θα χρησίμευε και για την αποθήκευση νερού για άρδευση (Λουκάς κ.ά., 2005b).

Μετά την αποξήρανση η λίμνη εξακολουθούσε να σχηματίζεται στις χαμηλότερες περιοχές, όταν οι εισροές ξεπερνούσαν την παροχετευτική ικανότητα της σήραγγας. Έτσι, η περιοχή που ελευθερώθηκε από την αποξήρανση της λίμνης, δεν μπορούσε να δοθεί πλήρως για καλλιέργεια. (Χορταργιάς, 2009)

Όλα αυτά είχαν ως αποτέλεσμα η περιοχή της λίμνης να μειωθεί και ο υγρότοπος να επιδεινωθεί, δημιουργώντας ποικίλα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως περιορισμένη επαναφόρτιση και εξάντληση των υπόγειων υδροφορέων και μόλυνση του Παγασητικού κόλπου.

10.1. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΗΣ ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗΣ

Οι προσπάθειες για την δημιουργία αντιπλημμυρικής προστασίας και εγγειοβελτιωτικών έργων στην πεδιάδα Λάρισας-Κάρλας, χρονολογούνται από την απελευθέρωση της Θεσσαλίας το 1881. Η πρώτη μελέτη που αναφέρεται σχετικά εκπονήθηκε το 1887 από την τότε γαλλική αποστολή. Τα έτη 1911-13 ο Ιταλός μηχανικός J. NOBILE εκπόνησε μελέτη στην οποία προέβλεπε την κατασκευή των αναχωμάτων εγκιβωτισμού του Πηνειού, την διάνοιξη σήραγγας με σκοπό την αποξήρανση της Κάρλας και την δημιουργία σε τμήματα της αποξηραμένης λίμνης, ταμιευτήρα για την ανάσχεση των υδάτων πλημμύρων και την αποταμίευση υδάτων για αρδεύσεις. Το 1920-21 οι πλημμύρες έχουν σαν αποτέλεσμα να κατακλυσθούν καλλιεργούμενες εκτάσεις των παρακάρλιων οικισμών και ιδιαίτερα στην Β.Α πλευρά της λίμνης, Η μελέτη J. JACKSON που συντάχθηκε την ίδια χρονιά, και η μελέτη του μηχανικού MACDONALD στη συνέχεια, πρότειναν παρεμβάσεις στην περιοχή αντίστοιχες των προτάσεων της μελέτης NOBILE. Το 1927 γίνεται διανομή κλήρων σε κατοίκους των χωριών και ακολουθεί χαρτογράφηση της περιοχής που γίνεται την ίδια χρονιά. Τα έτη 1930-31 εμφανίζονται μεγάλες πλημμύρες και αύξηση του όγκου της λίμνης, όπως επίσης και κατά τον Μάιο του 1935, όταν ο Πηνειός παρουσιάζει την

μεγαλύτερή του πλημμύρα. Ο πρώτος καθορισμός ανωτάτης και κατωτάτης στάθμης στη λίμνη Κάρλα έγινε το 1938-39. Την περίοδο αυτή έγιναν και τα έργα διευθέτησης του χειμάρρου Γκουσμπασανιώτη, προκειμένου να προστατευθεί αντιπλημμυρικά η περιοχή Πλατυκάμπου. Το τελευταίο αυτό έργο όπως και άλλα μικρότερα της περιόδου 1936-41 έγιναν χωρίς συντονισμό και ήταν καθαρά τοπικού χαρακτήρα. Τα πρώτα συντονισμένα έργα στη λεκάνη απορροής της Κάρλας γίνονται το 1949-50 από την εταιρεία BOOT. Με βάση τη μελέτη MACDONALD κατασκευάστηκαν αναχώματα εγκιβωτισμού του Πηγειού και συλλεκτήρες ορεινών υδάτων, από τους οποίους ο ένας δεν λειτούργησε ικανοποιητικά και ανακατασκευάστηκε αργότερα. Η διάνοιξη της κύριας τάφρου το 1951 είχε σαν αποτέλεσμα την παραπέρα διόγκωση της λίμνης και αντίστοιχες κατακλύσεις εδαφών. Η συστηματική αποτύπωση των εκτάσεων της λίμνης, ο σχεδιασμός τοπογραφικών διαγραμμάτων καθώς και κτηματολογικού χάρτη διαμορφώνονται το 1952. (Τσαβέ, 2007)

10.2. Η ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

Το μέγιστο βάθος της Κάρλας από 5,5 μ. που ήταν πριν από το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, μειώθηκε στα 2 μ. το 1950-51. Οι διακυμάνσεις της στάθμης, το πλημμυροπαθές των εδαφών, το ιδιόμορφο ιδιοκτησιακό καθεστώς και η μείωση των αλιευμάτων συνετέλεσαν να αποξηρανθεί εντελώς η Κάρλα παρά τις σχετικές μελέτες που δεν προέβλεπαν κάτι τέτοιο. Το 1954 ο μηχανικός Παπαδάκης παρουσιάζει μια μελέτη εγγειοβελτιωτικών έργων της Παρακαρλίου περιοχής που του είχε ανατεθεί από το Υπουργείο Γεωργίας. Η μελέτη αυτή αφορούσε στην αξιοποίηση του μεγαλύτερου τμήματος της παρακαρλίου περιοχής που εκτείνεται μεταξύ της Ν.Δ. όχθης της λίμνης και της Εθνικής οδού Βόλου-Λάρισας, Β.Δ. μέχρι την οδό Λάρισας-Αγιάς και Ν.Α. ορίζεται από το κοινοτικό όριο του χωριού Ριζόμυλος. Η συνολική έκταση της περιοχής αυτής είναι 197.000 στρ. Η μελέτη προέβλεπε την κατασκευή αρδευτικού και αποστραγγιστικού δικτύου αποτελούμενου από τάφρους και διώρυγες. Η λίμνη θα περιοριζόταν σε μια έκταση 64.700 στρ. στο Ν.Α. τμήμα της. Στο δυτικό όριο της λίμνης θα κατασκευαζόταν ανάχωμα για την προστασία της περιοχής από υπερχειλίσεις της λίμνης. Η λίμνη θα χρησιμοποιούνταν για άρδευση με δίκτυο από διώρυγες και αρδευτικά κανάλια και θα τροφοδοτούνταν από το υδρολογικό δίκτυο της απομείναςας λεκάνης απορροής. Προβλεπόταν ακόμα η δυνατότητα τροφοδοσίας της λίμνης με νερά που θα αντλούνταν από τον Πηγειό. Τα αποστραγγίσματα της περιοχής με δίκτυο

αποστραγγιστικών τάφρων θα εκκενώνονταν στον Παγασητικό Κόλπο μέσω αποχετευτικής σήραγγας. Υπήρχε ακόμα πρόβλεψη η υπερχειλίση της λίμνης να αποχετεύεται στη σήραγγα. Με την κατασκευή της σήραγγας, που άρχισε τον Ιανουάριο του 1957 και τελείωσε τον Οκτώβριο του 1960, άρχισε η εκκένωση της λίμνης η οποία ολοκληρώθηκε το 1962.

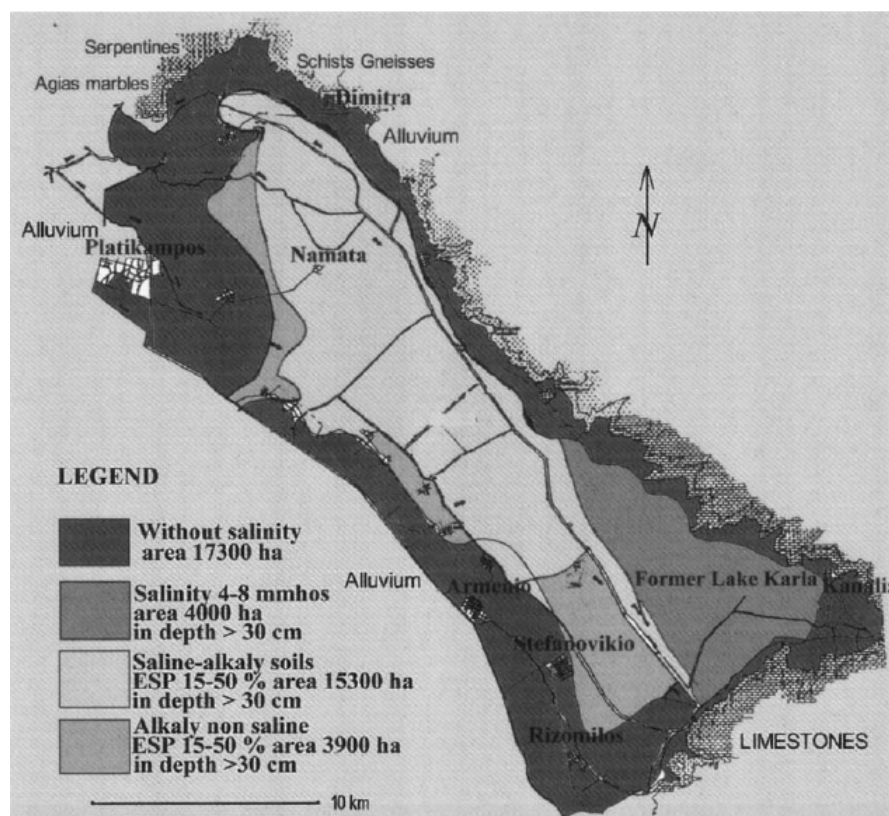
Πρέπει να τονιστεί ότι στην παραπάνω μελέτη δεν προβλέπεται η ολική αποξήρανση της Κάρλας, ενώ αντίθετα προβλέπεται ταμιευτήρας. Ακόμα οι αποστραγγίσεις της λεκάνης δεν οδηγούνται στη λίμνη αλλά αποχετεύονται κατευθείαν στον Παγασητικό, καθώς και τα πιθανά υπερχειλίσματα από τον ταμιευτήρα. Η κατασκευή του ταμιευτήρα σε τμήματα της τέως λίμνης θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί μετά την αποξήρανση και την απομάκρυνση των επιβαρυσμένων με άλατα νερών της λίμνης. Τα μελετημένα, όμως, έργα για την Κάρλα δεν κατασκευάστηκαν στο σύνολό τους και οι προτάσεις της εγκεκριμένης μελέτης σχετικά με τη διαχείριση των έργων και το καθεστώς της περιοχής δεν υιοθετήθηκαν. Οι λόγοι για τους οποίους αποξηράνθηκε τελικά ολόκληρη η λίμνη (και όχι τα 18.000 στρ. μόνο που πρότεινε η μελέτη Παπαδάκη), δεν είναι μόνο αυτοί που προαναφέρθηκαν, αλλά θα πρέπει να αναζητηθούν και άλλοι λόγοι μάλλον σε πολιτικές σκοπιμότητες παροχής κλήρων προς εκμετάλλευση στην περιοχή και για εξοικονόμηση δαπανών που η κατασκευή του συνόλου του έργου θα απαιτούσε. Οι πληθυσμοί των παραλίμνιων χωριών αποδέχτηκαν και χαιρέτισαν την αποξήρανση με την ελπίδα απόκτησης πεδινού και ποτιστικού κλήρου, τη βελτίωση της απόδοσης των γεωργικών εκτάσεων στις παραλίμνιες περιοχές και γενικότερα από το αναμενόμενο όφελος ενός μεγάλου εγγειοβελτιωτικού έργου αντιπλημμυρικής προστασίας.

Πριν την αποξήρανση και οι ψαράδες ασκούσαν πιέσεις υπέρ της πλήρους αποξήρανσης, καθόσον τα αλιεύματα παρουσίαζαν μείωση. Η μείωση των αλιευμάτων είχε επιβάλει περιοριστικά μέτρα στην κατά ψαρά επιτρεπόμενη αλίευση, γεγονός που καθόρισε την ευνοϊκή στάση των ψαράδων για την αποξήρανση. *Της αποξήρανσης δεν είχε προηγηθεί μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων.* Η διεθνής εμπειρία από παρόμοια έργα, καθώς και το επίπεδο επιστημονικών γνώσεων στον τομέα αυτό τη δεκαετία 1950-60 ήταν ακόμα σε κατάσταση εμβρυακή. Έτσι, στην αποξήρανση δεν υπήρξε αντίλογος ούτε από τους ενδιαφερόμενους πληθυσμούς, ούτε από επιστημονικούς ή άλλους φορείς. Ένα τέτοιο μεγάλο τεχνικό έργο που έγινε χωρίς πρακτικά να έχει μελετηθεί ή, θα λέγαμε, ενάντια στις προτάσεις των μελετητών, είχε σοβαρές περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις. (Τσαβέ, 2007)

10.3. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η αποξήρανση της λίμνης επιδείνωσε το **μικροκλίμα** της περιοχής αλλοιώνοντας τα μικροκλιματικά δεδομένα της με μείωση των βροχοπτώσεων. Ο δασικός πλούτος στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής και σ' όλα τα ορεινά και ημιορεινά συγκροτήματα δέχεται τις 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.

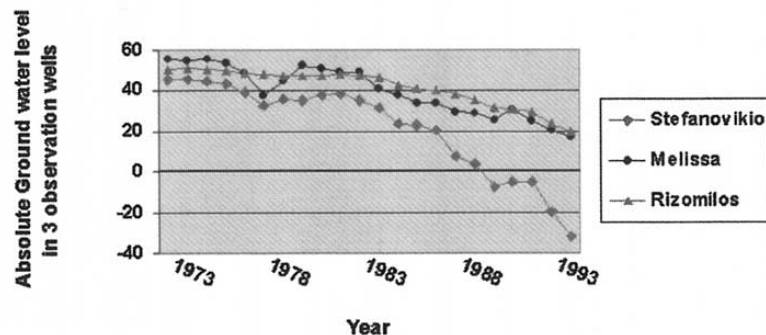
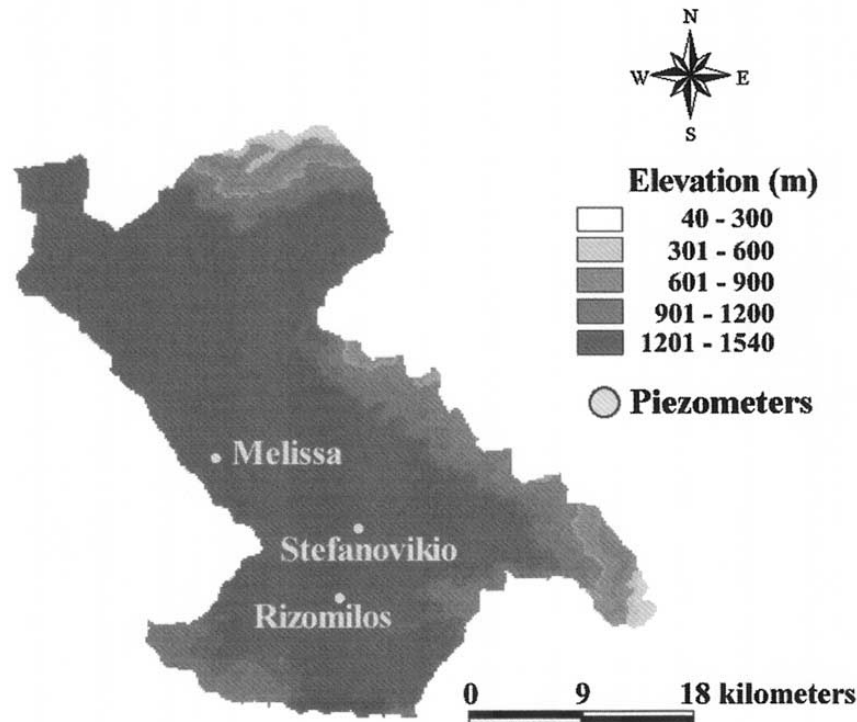
Απώλεια εδαφών προκαλείται α) από τη διάβρωση που συμπαρασύρει μέρος του επιφανειακού εδαφικού μανδύα των παρυφών της λίμνης και β) την απαγωγή εδαφών με τα νερά προς τον Παγασητικό Κόλπο. Άλλη απώλεια εδαφών οφείλεται στην υποβάθμισή τους εξαιτίας σοβαρών προβλημάτων αλατότητας και αλκαλικότητας.



Εικόνα 10. Αλατότητα και αλκαλικότητα των εδαφών στη λεκάνη της πρώην λίμνης Κάρλας. Επεξεργασμένο από Ζαλίδη και άλλους (1995) (Zalidis et al., 2005)

Η εξαφάνιση μιας λίμνης της έκτασης της Κάρλας, που δεχόταν τα νερά της σημαντικής λεκάνης απορροής στο ανατολικό τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας, δημιούργησε προβλήματα στην **υπόγεια υδροφορία**. Η άμεση παροχέτευση προς τη

θάλασσα μεγάλου ποσοστού των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων έχει επακόλουθο την απώλεια για την περιοχή υδατικών πόρων. Η απομάκρυνση της επιφανειακής απορροής της λεκάνης προς τη θάλασσα έχει εκτιμηθεί ότι οδηγεί σε απώλεια περίπου 63 εκατομμύρια m³ ετησίως. Το αποτέλεσμα του περιορισμού του εμπλουτισμού των υπόγειων νερών είναι η συνεχής πτώση της υπόγειας στάθμης σε μεγαλύτερα βάθη. Η πτώση της στάθμης οφείλεται επίσης και στην υπεράντληση, που είναι αποτέλεσμα της έλλειψης επιφανειακού νερού. Η ανεξέλεγκτη ανώρυξη γεωτρήσεων για αρδευτική, οικιακή και βιομηχανική χρήση, που ξεπερνά σήμερα τα 200 μέτρα, 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 αρχίζει να εισχωρεί στην υπόγεια υδροφορία, που βρίσκεται ήδη κάτω από τη στάθμη της θάλασσας. Η πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα δημιουργεί στη συνέχεια προβλήματα αλάτωσης των υδάτων που είναι ιδιαίτερα οξυμένα στην περιοχή Στεφανοβικείου, προβλήματα ρύπανσης των υπογείων υδάτων από διείσδυση λιπασμάτων και γεωργικών φαρμάκων και από διήθηση μέσα σε γεωλογικά στρώματα απ' όπου μεταφέρονται άλατα στο έδαφος, που λειτουργούν ως ρυπαντές. 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 11. Απόλυτη στάθμη των υπόγειων υδάτων (μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας) σε τρία πηγάδια μετά την αποξήρανση της λίμνης Κάρλας (Zalidis et al., 2005)

Όσον αφορά την αλατότητα των υδάτων, όπως σημειώνει η γεωλόγος Παπακώστα Ευαγγελία, περισσότερο υφάλμυρα είναι τα νερά στη δυτική και νότια πλευρά της πρώην λίμνης Κάρλας. Τη χρονιά 2005 σε μερικές γεωτρήσεις της περιοχής αυτής η στάθμη βρισκόταν 5-10m πάνω από το επίπεδο της θάλασσας, ενώ η περιεκτικότητα σε χλωριόντα ξεπέρασε τα 2000 ppm και αγωγιμότητα 7000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Την ίδια στιγμή στην ανατολική πλευρά της Κάρλας, αν και πλησιέστερα προς τη θάλασσα, τα καρστικά νερά ήταν λιγότερο υφάλμυρα, με χλωριόντα 1000-2000 ppm και αγωγιμότητα 1000-1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Επομένως, υποδεικνύει ότι η προέλευση της υφαλμύρωσης δεν θα έπρεπε να αποδοθεί κατά αποκλειστικότητα σε διείσδυση σημερινού θαλασσινού νερού, αλλά πιθανότερα σε υφάλμυρα νερά, που είχαν

εγκλωβιστεί μέσα στο καρστ, σε παλαιότερες εποχές και μετακινήθηκαν, κάτω από την επίδραση των πρόσφατων αντλήσεων, μέσω των υδατοπερατών μαρμάρων, προς θετικά υψόμετρα.

Μετά την αποξήρανση της λίμνης Κάρλας εμφανίζονται **ρήγματα** 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. Η εμφάνιση των ρηγμάτων αποδίδεται στη μεγάλη πτώση της υπόγειας υδροφορίας, λόγω υπεράντλησης μέσω των γεωτρήσεων και της έλλειψης της λίμνης, η οποία τροφοδοτούσε την υπόγεια υδροφορία.

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 που κουβαλάει ο αγωγός, που συνδυάζονται με μεγάλα **ρυπαντικά φορτία**. Στη λεκάνη απορροής της Κάρλας, στις καλλιέργειες, κυριαρχούν οι λεγόμενες δυναμικές που απαιτούν διαρκώς αυξημένες ποσότητες λιπασμάτων και φαρμάκων, πράγμα που επιτείνει το ήδη υπάρχον πρόβλημα της ρύπανσης επιφανειακών και υπόγειων νερών. 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 τοξικά, όμως ποτέ γρηγορότερα από 12 ημέρες. Ένας μέσος χρόνος μεταφοράς απορροών από τη μέση της λεκάνης απορροής έως την έξοδο είναι 4 ημέρες. Έτσι βλέπουμε ότι και το γρηγορότερα διασπώμενο φάρμακο εξέρχεται από τη λεκάνη στον Παγασητικό, χωρίς να προλάβει να αποικοδομηθεί πλήρως. Περισσότερο έντονο είναι το φαινόμενο την άνοιξη, όταν οι βροχοπτώσεις είναι μικρής διάρκειας και δεν γίνεται μεγάλη αραίωση, ενώ τότε γίνονται 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 διάφορες πηγές. Έχει υπολογιστεί ότι το συνολικό ρυπαντικό φορτίο που καταλήγει μέσω του αποχετευτικού δικτύου και της σήραγγας Κάρλας στον Παγασητικό Κόλπο, ισοδυναμεί με λύματα πόλεως με πληθυσμό που κυμαίνεται από 46.000 έως 172.000 κατοίκους. Έτσι, οι εκροές της Κάρλας στον Παγασητικό μεταφέρουν μεγάλα ρυπαντικά φορτία που επιβαρύνουν τον κλειστό αυτό κόλπο, γεγονός που προκαλεί τις έντονες διαμαρτυρίες των κατοίκων του Βόλου. Οι επιπτώσεις αυτές δεν έχουν αντιμετωπισθεί από τη μελέτη αποξήρανσης, για να κατασκευασθεί πιθανόν αγωγός

αποχέτευσης σε εναλλακτική θέση. Αν και το φαινόμενο εμφάνισης **πλαγκτού** δεν είναι ασυνήθιστο για κλειστές θάλασσες, όπως αυτή του Παγασητικού, το 1997 πήρε μεγαλύτερες διαστάσεις λόγω των παρατεταμένων βροχοπτώσεων και της απότομης ανόδου της θερμοκρασίας. Την εμφάνιση του φαινομένου ευνόησαν η γύρη, τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα που μεταφέρθηκαν από τα νερά της λεκάνης της Κάρλας, μέσω της σήραγγας στον Παγασητικό. Τις προηγούμενες χρονιές το φαινόμενο συνέβαινε σε μικρότερη έκταση και ήταν σχετικά αόρατο. Οι διαστάσεις όμως που πήρε αυτή τη φορά προκάλεσαν ακόμη και την κινητοποίηση της οργάνωσης GREENPEACE.

Η αποξήρανση οδήγησε σε απώλεια ενδιαιτημάτων του υγροτόπου και μείωση της βιοποικιλότητας. Σχεδόν εξαφάνισε τον **πληθυσμό των ψαριών** που ήταν άφθονα σε αριθμό και είδος, σε όλη την έκταση της λίμνης. Μικρός αριθμός από αυτά απαντάται σήμερα μόνο σε ορισμένα στραγγιστικά κανάλια και μικροταμιευτήρες, που έχουν στο μεταξύ κατασκευασθεί. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η επιβάρυνση των καναλιών με απόβλητα και γεωργικές εκπλύσεις καθιστά προβληματική την αξιοποίηση των ψαριών που απόμειναν γιατί, σύμφωνα με τις μαρτυρίες 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. Ο υγρότοπος της Κάρλας δεν ρύθμιζε μόνο την **ορνιθοπανίδα** στη λίμνη και τις όχθες της, αλλά 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 άτομα περίπου) έχασαν το σταθμό παραμονής τους κατά τους μεταναστευτικούς κύκλους, γεγονός που σίγουρα προκαλεί πολύ ευρύτερες επιπτώσεις στην οικολογική ισορροπία της χώρας μας. Μετά την αποξήρανση της λίμνης μειώθηκε σημαντικά ο αριθμός των ζωικών ειδών, ενώ εξαφανίστηκαν ο λύγκας και το μοναδικό τοπικό υγροτοπικό είδος, η βίδρα. Οι λύκοι, μη βρίσκοντας πια τροφή από τα παρυδάτια είδη, επιτίθενται σήμερα σε οικόσιτα ζώα με αποτέλεσμα αφενός την επικήρυξή τους και αφετέρου την απώλεια ζωικού κεφαλαίου.

Οι επιπτώσεις από την μείωση της **πανίδας** είναι ήδη υπολογίσιμες σε έκταση και αριθμό ειδών. Με την αποξήρανση της λίμνης χάθηκε και το μεγαλύτερο ποσοστό της υδρόβιας **βλάστησης** και ορισμένα είδη αυτής έχουν τελειώς εξαφανισθεί. Όλες οι

φυτοκοινωνίες στην περιοχή της λίμνης έχουν υποβαθμιστεί, ιδιαίτερα εκείνες που βρίσκονται στην ευ μεσογειακή και παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης, όπου απαντούν τα περισσότερα χωριά και οι κωμοπόλεις. Η υποβάθμιση αυτή, σε συνδυασμό με τις ανθρώπινες επιδράσεις, περιέλαβε κυρίως την καταστροφή των δασών και την οπισθοδρόμηση της βλάστησης στα πρώιμα στάδια της διαδοχής. Οι επιπτώσεις όμως στον δασικό πλούτο δεν μπορούν ακόμα να εκτιμηθούν με ακρίβεια επειδή η υλοτομία αφορά σε δένδρα μεγαλύτερης ηλικίας των χρόνων που έχουν περάσει από την αποξήρανση της λίμνης. Οι κυριότερες επιπτώσεις από την αποξήρανση της λίμνης στο φυσικό περιβάλλον είναι η διατάραξη της διαίτας των υδάτων στην ευρύτερη περιοχή, οι κλιματικές μεταβολές και η **προσβολή του οικοσυστήματος**. Η αποστράγγιση της λίμνης εξαφάνισε την ιχθυοπανίδα και τους παρυδάτιους οργανισμούς. Η εντατική καλλιέργεια της πρώην λίμνης με την χρησιμοποίηση μεγαλύτερων ποσοτήτων γεωργικών φαρμάκων και λιπασμάτων έχει μεταβάλει την οικολογία της περιοχής. Η αποστέρηση της λίμνης και της περιοδικής πλημμύρας των εδαφών σημαντικά ευρύτερης περιοχής, έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή της μικροβιολογίας του εδάφους. Η απώλεια χουμικών ενώσεων και η μεταβολή του δραστικού τμήματος του εδαφικού μανδύα, εμποδίζει τους φυσικούς κύκλους αζώτου και φωσφόρου και επηρεάζει τον κύκλο του άνθρακα.

Με τον τρόπο αυτό η αποικοδόμηση των αζωτούχων ενώσεων και η δέσμευσή τους ως νιτρικά άλατα είναι δυσχερής, γεγονός που επιβάλλει ευρεία χρήση λιπασμάτων για την ανάπτυξη καλλιεργειών. Επηρεάζεται ακόμα η βιολογική καταπολέμηση των βλαβερών παραγόντων για τις καλλιέργειες και η κτηνοτροφία. Η απλοποίηση του οικοσυστήματος της περιοχής, ιδιαίτερα από την εξαφάνιση της ορνιθοπανίδας, έχει σημαντικές επιπτώσεις στην οικονομία της ευρύτερης περιοχής από διαταραχή της τροφικής αλυσίδας, που σε τελευταία ανάλυση μπορεί και αυτή να μετρηθεί σε αύξηση των χημικών καλλιεργητικών μέσων για την αντιμετώπιση εντόμων, ποντικών κλπ. Δημιουργείται έτσι ένας φαύλος κύκλος, όπου η αύξηση του αριθμού των ποντικών απαιτεί αύξηση των μυοκτόνων και μείωση των αρπακτικών πτηνών που δηλητηριάζονται από τους μολυσμένους ποντικούς. Έτσι, η παραγωγή μειώνεται από τους ποντικούς, η κατανάλωση χημικών αυξάνει, τα πουλιά που ρύθμιζαν τον πληθυσμό των ποντικών μειώνονται και για κάθε πουλί που εξαφανίζεται αυξάνει η απαίτηση μυοκτόνων φαρμάκων.

10.4. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Οι συνέπειες 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, σημαντικό ρόλο στη μείωση των κρουσμάτων ελονοσίας που πρακτικά είχαν μηδενιστεί τα έτη πριν την αποξήρανση. Η πληθώρα των μελετών για την αξιοποίηση της περιοχής της Κάρλας *αγνόησε τις κοινωνικές συνθήκες* και αντιθέσεις της περιοχής. Οι προσδοκίες για την 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 όπου οι ιδιοκτήτες διέθεταν μηχανικά μέσα (τρακτέρ) και πολιτική κάλυψη. Οι περιοχές όπου οι καταπατήσεις πήραν ιδιαίτερη έκταση βρίσκονται στο τμήμα της λίμνης του Ν. Λάρισας. Εκεί το ανάγλυφο της περιοχής και το ιδιοκτησιακό καθεστώς επέτρεψαν τις προεκτάσεις των κτημάτων με καταπατήσεις, μόλις τα νερά άρχισαν να υποχωρούν. Αμέσως μετά άρχισαν οι διεκδικήσεις των αποκαλυπτόμενων εδαφών που είχαν ήδη καλλιεργηθεί, καθώς και η προβολή ιδιοκτησιακών τίτλων που ανάγονταν στην Τουρκοκρατία καθόσον, αφού δεν υπήρχαν σαφή τοπογραφημένα όρια της περιοχής. Οι ψαράδες της Κάρλας και οι πληθυσμοί των ορεινών χωριών, που δε διέθεταν παραλίμνιες ιδιοκτησίες, περίμεναν την ολοκλήρωση της αποστράγγισης, για να διεκδικήσουν κλήρο. Τα πιο οξυμένα κοινωνικά προβλήματα εντοπίζονται στις περιοχές των χωριών Γλαφυραί, Κερασιά, Κανάλια, Βένετο, Κεραμίδι, Σκλήθρο και Καλαμάκι. Στα χωριά αυτά η οικονομία τους και το φυσικό περιβάλλον εξαρτιόταν άμεσα από τη λίμνη. Ο ορεινός χαρακτήρας των περισσότερων από τα χωριά αυτά και το πλημμυροπαθές των κλήρων που παραχωρούνται προς εκμετάλλευση δεν επέτρεψε το όποιο οικονομικό και κοινωνικό όφελος από την αποξήρανση. Τα αιτήματα του Κιλελέρ, για απαλλοτρίωση των τσιφλικιών, εν μέρει μόνο ικανοποιημένα με κάποια μοιράσματα κλήρου, αναζωπυρώθηκαν. Οι ψαράδες της λίμνης και οι ακτήμονες της περιοχής ξαναξεσηκώθηκαν αμέσως μετά τη δικτατορία τον Ιούνιο του 1974 διεκδικώντας κλήρο από τις κρατικές και καταπατημένες εκτάσεις. Οι ελπίδες για το

μοίρασμα των χωραφιών που θα προέκυπταν από τον περιορισμό της λίμνης στα 64.700 στρ. εξανεμίστηκαν τα πρώτα κιόλας έτη μετά την αποξήρανση της Κάρλας.

Παράλληλα έχασαν την απασχόλησή τους και άλλα άτομα που ζούσαν βοηθητικά από τη λίμνη, καθώς και όσοι συμμετείχαν στο δίκτυο διακίνησης και εμπορίας των αλιευομένων ειδών σ' ολόκληρη τη Θεσσαλία. Οι υδατοκαλλιέργειες και η ιχθυοτροφία τη δεκαετία 1950-60, δεν φαίνεται να απασχολούσαν τους μελετητές ως εναλλακτικός τρόπος αξιοποίησης της λίμνης, ώστε να κατασκευαστεί η κατάλληλη υποδομή για τέτοιες παραγωγικές δραστηριότητες. Σ' όλες τις εκτιμήσεις για τη σχέση κόστος-ωφέλεια της αποξήρανσης, η απώλεια και κατά συνέπεια η αξία των ιχθυηρών αγνοείται. Σήμερα, το είδος των καλλιεργειών και οι καλλιεργητικές μέθοδοι, καθώς και το υπάρχον σύστημα καναλιών, δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη εναλλακτικών-παραγωγικών μορφών εκμετάλλευσης της περιοχής με μικρές μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας και υδατοκαλλιέργειας. Ακόμη, η μη ολοκλήρωση των αντιπλημμυρικών έργων και η απουσία στραγγιστικού δικτύου, απειλούν μέχρι σήμερα με περιοδικές κατακλύσεις και καταστροφές τις καλλιέργειες, με αποτέλεσμα την έλλειψη οικονομικά βιώσιμων κλήρων για τους ακτήμονες. Η ήδη χαμηλή απόδοση των εδαφών επιβαρύνεται με μεγάλο σχετικά κόστος από τα λιπάσματα. Οικονομικές επιπτώσεις έχει και η επέκταση της ρύπανσης του Παγασητικού, που για την προστασία του δαπανώνται τεράστια ποσά για κατασκευή έργων διάθεσης αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων. Τα έργα αυτά επηρεάζονται αρνητικά από την αυξανόμενη εκβολή στον κόλπο χημικών καλλιεργητικών μέσων.

Η περιοχή της Κάρλας περιλαμβάνει 19 κοινότητες, από τις οποίες 13 ανήκουν στο Νομό Λάρισας και 6 στο νομό Μαγνησίας με συνολικό πληθυσμό 15.701 κατοίκους.

Η αύξουσα πορεία του πληθυσμού στη δεκαετία 1951-1961 12,6% ανακόπτεται μετά την αποξήρανση της λίμνης και εμφανίζεται μια σημαντική μείωση στη δεκαετία 1961-71, η οποία επαναφέρει το σύνολο των κατοίκων στα επίπεδα του 1951. Οι λίγοι ψαράδες που δεν άλλαξαν επαγγελματική απασχόληση στρέφονται στη θαλάσσια αλιεία. **Πληθυσμιακή συρρίκνωση** εμφανίζουν αρκετά χωριά. Σε μεγάλο βαθμό οι κάτοικοι των παρακάρλιων χωριών κινήθηκαν προς τις πρωτεύουσες των Νομών Λάρισας και Μαγνησίας (Λάρισα και Βόλο) προκειμένου να βρουν απασχόληση, καθώς και προς τα μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας, Αθήνα και Θεσσαλονίκη, όπου εργάστηκαν στη βιομηχανία και στην οικοδομή. (Μούμου, 2007; Τσαβέ, 2007; Zalidis et al., 2005)

10.5. ΈΡΓΟ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Από την αποξήρανση της λίμνης το 1962, αρκετές μελέτες αποκατάστασης ανέδειξαν αναδυόμενα περιβαλλοντικά προβλήματα. Η αρχική πρόταση αποκατάστασης στις αρχές του 1990 επικεντρώθηκε κυρίως στην αντιμετώπιση των πλημμυρικών υδάτων και τις λειτουργίες αποθήκευσης νερού.

Η αρχική πρόταση αποκατάστασης, ωστόσο, όπως υπογραμμίζει χαρακτηριστικά ο Ζαλίδης (Zalidis et al., 2005) δεν παρείχε λύσεις για τη βελτίωση των επιδόσεων των ζωτικής σημασίας υδροτοπικών λειτουργιών, όπως η υποστήριξη του τροφικού δικτύου, η απομάκρυνση και μετατροπή θρεπτικών, η επαναπλήρωση των υπόγειων υδάτων, και η παγίδευση τοξικών από το ίζημα.

Τονίζει δε, ότι οι δραστηριότητες αποκατάστασης υδροτόπων πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τα περιβαλλοντικά και κοινωνικοοικονομικά προβλήματα εντός της λεκάνης απορροής, για την αποκατάσταση των χαμένων υδροτοπικών λειτουργιών με επιτυχία. (Zalidis et al., 2005)

Πίνακας 8. Απόδοση των επιμέρους λειτουργιών σε σχέση με τα σχέδια αποκατάστασης (Zalidis et al., 2005)

Restoration plans	NRT	STT	FWA	GWR	WS	FWS
Lake Karla after drainage	Very low	Very low	Nil	Nil	Nil	Very low
Initial restoration proposal	Moderate	Moderate	High	Moderate	High	Moderate
Final restoration proposal (Reference goal)	High	High	Moderate-high	Moderate-high	High	High

NRT = nutrient removal and transformation, STT = sediment and toxicant trapping, FWA = floodwater attenuation, GWR = groundwater recharge, WS = water storage, FWS = food web support

Τα έργα επαναδημιουργίας της λίμνης Κάρλας αποσκοπούν στην αναβάθμιση της δυναμικής οικολογικής και περιβαλλοντικής ισορροπίας και επιπλέον στην αντιπλημμυρική προστασία της ευρύτερης περιοχής και στην 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.

Το προτεινόμενο σχέδιο προβλέπει τη δημιουργία ταμιευτήρα στο χαμηλότερο τμήμα της άλλοτε λίμνης Κάρλας, έκτασης περίπου 38 km², διά της κατασκευής δύο αναχωμάτων, του ανατολικού μήκους 2700 m, και του δυτικού αναχώματος, μήκους 11300 m. Τα χαρακτηριστικά στοιχεία λειτουργίας του ταμιευτήρα παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας 9. Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα της Κάρλας (Λουκάς κ.ά., 2005b)

Χαρακτηριστικό	Τιμή
Εμβαδόν ταμιευτήρα (km ²)	38
Ολική χωρητικότητα (hm ³)	183,88
Διαθέσιμος όγκος νερού αρδεύσεως (hm ³)	84,13
Όγκος ανάσχεσης πλημμυρών (hm ³)	42,74
Νεκρός όγκος ταμιευτήρα (hm ³)	57,01
Μήκος αναχωμάτων (km)	14
Υψόμετρο στέψης αναχωμάτων (m)	+52,50
Ανώτατη Στάθμη Πλημμύρας (m)	+50,00
Ανώτατη Στάθμη Αρδεύσεως (m)	+48,80
Κατώτερη Στάθμη Αρδεύσεως (m)	+46,40
Χαμηλότερο σημείο πυθμένα (m)	+43,50
Ετήσια διακύμανση στάθμης (m)	2,80
Μέγιστο βάθος στην κατώτερη στάθμη αρδεύσεως (m)	2,90

Επειδή η απορροή της λεκάνης δεν επαρκεί για τη λειτουργία του ταμιευτήρα, προβλέπεται η μεταφορά νερού στον ταμιευτήρα από τον ποταμό Πηνειό, κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες. Η ποσότητα του νερού θα αντλείται από τον Πηνειό, με παροχή 14 m³/s, και θα διοχετεύεται μέσω των τάφρων και συλλεκτήριων αγωγών στον ταμιευτήρα.

Στον ταμιευτήρα θα αντλείται, εκτός από εξαιρετικές πλημμύρες, επίσης, η απορροή της χαμηλής υπολεκάνης, αφού πρώτα συγκεντρωθεί σε συλλεκτήρια τάφρο. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, που ο πλημμυρικός όγκος της χαμηλής περιοχής υπερβαίνει το άθροισμα της δυναμικότητας του αντλιοστασίου και της παροχετευτικότητας της συλλεκτήριας τάφρου, θα κατακλύζεται μέρος της χαμηλής υπολεκάνης έξω από τα αναχώματα του ταμιευτήρα. Τα υπερχειλίζοντα νερά θα απάγονται μέσω της υφισταμένης σήραγγας προς τον Παγασητικό με το ρυθμό που επιτρέπει η παροχετευτικότητά της.

Τα εδάφη που θα κατακλύσει ο ταμιευτήρας είναι προσχωσιγενή με υψηλή περατότητα. Οι ετήσιες υπόγειες διαφυγές από τον ταμιευτήρα εκτιμώνται σε 20-25 hm³. Για τον έλεγχο ανεξέλεγκτων διαφυγών νερού από τις όχθες του ταμιευτήρα προβλέπεται η κατασκευή στη βόρεια όχθη τριών αναχωμάτων στεγάνωσης, συνολικού μήκους 6900 m. Για τον ίδιο λόγο προβλέπεται επιφανειακή στεγάνωση στα άκρα των

αναχωμάτων, σε έκταση συνολικά 100 στρεμμάτων. Η επιφανειακή στεγάνωση προβλέπεται με στρώση αργίλου πάχους 1 m και προστασία με σκύρα (Λουκάς κ.ά., 2005b).

Τελικά η λίμνη που θα δημιουργηθεί θα τροφοδοτείται με:

- Τα όμβρια νερά της λεκάνης απορροής της λίμνης. Τα νερά των υψηλότερων περιοχών της λεκάνης θα συλλέγονται με φυσική ροή μέσω των συλλεκτήρων και τα νερά των χαμηλών περιοχών της λεκάνης θα αντλούνται στη λίμνη με τα αντλιοστάσια αποχέτευσης στον κόμβο Πέτρας και στον κόμβο Καναλιών. Συνολική ετήσια απορροή: 20-35 εκατ. m³.
- Την απευθείας βροχόπτωση μέσα στη λίμνη. Ετήσια απορροή 15-19 εκατ. m³.
- Τα χειμερινά νερά του Πηνειού, που θα αντλούνται από τον ποταμό και θα μεταφέρονται με φυσική ροή στη λίμνη, μέσω της υφιστάμενης διώρυγας, τις υφιστάμενες τάφρους και του προβλεπόμενου συλλεκτήρα. Προβλέπεται ετήσια απόληψη νερών από τον ποταμό 80-110 εκατ. m³.

Οι απώλειες/απολήψεις νερού από τη λίμνη θα είναι:

- Οι υπόγειες διαφυγές που εκτιμώνται σε 20-25 εκατ. m³
- Η εξάτμιση του νερού της λίμνης που υπολογίζεται σε 38 εκατ. m³

Η απόληψη νερού για άρδευση και κάλυψη των αναγκών των έργων περιβαλλοντικής ανάδειξης. Με τις καθορισμένες στάθμες λειτουργίας της λίμνης είναι δυνατή η απόληψη ποσότητας νερού 60 εκατ. m³ ετησίως. (Παπακώστα, 2010)

11. Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΗΜΕΡΑ

Σήμερα η κατάσταση του φυσικού και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος της περιοχής έχει συνοπτικά ως εξής:

- Η χλωρίδα, η πανίδα (ιδιαίτερα η παρυδάτια ορνιθοπανίδα) και τα οικοσυστήματα της περιοχής βρίσκονται σε μία διαρκή πτωτική εξέλιξη, τόσο ως προς τους πληθυσμούς, όσο και ως προς τη βιοποικιλότητα.
- Η στάθμη του υπόγειου υδροφορέα ταπεινώνεται λόγω των αρδευτικών αντλήσεων, όλο και περισσότερο, με αποτέλεσμα να προβλέπεται ότι η απόληψη υπόγειου υδατικού δυναμικού, ακόμα και για τις στοιχειώδεις ανάγκες ύδρευσης της περιοχής, θα είναι αδύνατη σε μερικά χρόνια από σήμερα.

- Τα εδάφη της περιοχής βρίσκονται κάτω από τη διαρκώς αυξανόμενη πίεση της ταπεινώσης της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν συχνά προβλήματα ρωγματώσεων και καθιζήσεων (ερημοποίηση). Ακόμα, η ποιότητα των εδαφών καθίσταται όλο και περισσότερο προβληματική, εξαιτίας της χρήσης ακατάλληλης ποιότητας νερού (ανακυκλούμενο νερό των στραγγίσεων), με αποτέλεσμα να καθίσταται οριακή η απόδοση της γης χωρίς τη χρήση όλο και μεγαλύτερων ποσοτήτων αγροχημικών.
- Η περιοχή πλήττεται συχνά από πλημμύρες, οι οποίες προξενούν σημαντικές ζημιές τόσο στην παραγωγή, όσο και στα δίκτυα υποδομής της.
- Η μείζων περιοχή του Βόλου εμφανίζει σημαντικές ελλείψεις σε καλής ποιότητας πόσιμο νερό, το οποίο υποκαθίσταται με εμφιαλωμένο, ιδιαίτερα στη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου.
- Ο Παγασητικός κόλπος εμφανίζει σημαντικά προβλήματα ποιοτικής υποβάθμισης, τμήμα, τουλάχιστον, των οποίων αποδίδεται στην ποιοτικά επιβαρημένη απορροή των γεωργικών εκτάσεων της Κάρλας.

Λόγω της σωρευτικής επίδρασης των παραπάνω παραγόντων (υποβάθμιση της ποιότητας των εδαφών, υποβιβασμός της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα, ανεξέλεγκτες πλημμύρες κλπ) οι δείκτες κοινωνικής ευμάρειας της περιοχής βρίσκονται σε διαρκή πτωτική πορεία, η οποία οδηγεί σε τάσεις εγκατάλειψης της περιοχής.

Το Μάρτιο και Απρίλιο 2010, συνέβησαν δύο επεισόδια μαζικών θανάτων ψαριών στη λίμνη. Τα νεκρά ψάρια επέπλεαν σε διάφορα σημεία της λίμνης σε περίπου 3,5 με 5 km ακτογραμμής. Εκ τότε, έχουν παρατηρηθεί σποραδικοί θάνατοι ψαριών. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα σημαντικότερα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά που μπορεί να σχετίζονται με τους θανάτους αυτούς, όπως αυτά παρατίθενται από τον Κ. Αρ. Κορμά, στην ηλεκτρονική σελίδα 'Ερευνητικές εργασίες στη Λίμνη Κάρλα' (<https://sites.google.com/site/lakekarla/>).

11.1. ΑΒΙΟΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η πιο σημαντική παράμετρος σε μια λίμνη που βρίσκεται υπό καθεστώς επαναπλήρωσης είναι η στάθμη του νερού. Μέχρι σήμερα φαίνεται ότι η στάθμη της λίμνης ανεβαίνει. Αυτό όμως δεν είναι παρά το πρώτο βήμα για την επιτυχή αποκατάσταση της λίμνης. Παρακάτω παρουσιάζονται και οι κοινότητες του πλαγκτού που ακμάζουν σ' αυτό το διαρκώς μεταβαλλόμενο οικοσύστημα.

Την πρώτη χρονιά, η νέα Κάρλα χαρακτηρίστηκε από σχετικά υψηλές τιμές αλατότητας του νερού. Από το Μάρτιο έως και τον Αύγουστο 2009, η αλατότητα κυμάνθηκε από 7,6 έως 13,2 τοις χιλίοις, δηλαδή περίπου το 1/5 έως 1/3 των τιμών αλατότητας της ανοιχτής θάλασσας. Από το Σεπτέμβριο 2009 όμως και μέχρι την αρχή της άνοιξης του 2012, η αλατότητα μειώθηκε περίπου στο 1,5 τοις χιλίοις, λόγω της συνεχιζόμενης εισροής γλυκού νερού για την πλήρωση της λίμνης.

11.2. ΚΥΑΝΟΒΑΚΤΗΡΙΑ

Σε αυτήν την ομάδα ανήκουν μερικοί από τους πιο τοξικούς για τον άνθρωπο και πολλά ζώα μικροοργανισμοί. Οι πρώτες μετρήσεις κυανοβακτηρίων στην Κάρλα έδειξαν ότι γνωστά τοξικά είδη είναι άφθονα. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι τα *Planktothrix agardhii* και *Anabaenopsis elenkinii*, τα οποία κυριάρχησαν την άνοιξη του 2010.

11.3. ΜΟΝΟΚΥΤΤΑΡΟΙ ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ (ΜΙΚΡΟΦΥΚΗ ΚΑΙ ΠΡΩΤΟΖΩΑ)

Τα μικροφύκη αποτελούν τη βάση της τροφικής πυραμίδας σε κάθε υδάτινο οικοσύστημα, ενώ τα πρωτόζωα ως οι κύριοι καταναλωτές των βακτηρίων αποτελούν κρίσιμους συνδετικούς κρίκους στο τροφικό πλέγμα της λίμνης. Από τις μέχρι σήμερα έρευνες, φαίνεται πως η νέα λίμνη, κατά τον πρώτο χρόνο επαναπλήρωσής της, φιλοξενεί μικροοργανισμούς που απαντώνται σε πολύ εύτροφα οικοσυστήματα και ανήκουν στις ομάδες των Ευγληνόφυτων και Χλωρόφυτων. Άλλοι πολύ σημαντικοί μικροοργανισμοί είναι τα τοξικά είδη *Prymnesium parvum* και *Pfiesteria piscicida*. Τα είδη αυτά έχουν προκαλέσει μαζικούς θανάτους ψαριών και πουλιών σε άλλες λίμνες και παράκτια νερά. Ειδικότερα, το *Pfiesteria piscicida* είναι ένα δινομαστιγωτό που μέχρι σήμερα δεν ήταν γνωστό ότι αναπτύσσεται σε λίμνες. Η παρουσία του στην Κάρλα πιθανώς οφείλεται στην αυξημένη αλατότητα του νερού. Επιπλέον, έχουν βρεθεί και ορισμένα άλλα γνωστά τοξικά καθώς και παρασιτικά είδη και νέα είδη για την επιστήμη.

Αφού εξετάστηκε η περιοχή μελέτης και τα χαρακτηριστικά της, στη συνέχεια θα παρουσιαστεί το πρόβλημα των θανάτων των ψαριών σε λίμνες και ταμιευτήρες, μέσα από διάφορες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί και δημοσιευτεί, για ανάλογα περιστατικά στον Ελλαδικό χώρο, με κυριότερα αυτά που συνέβησαν τα τελευταία χρόνια στη λίμνη Κάρλα.

12. ΜΑΖΙΚΟΙ ΘΑΝΑΤΟΙ ΨΑΡΙΩΝ ΣΕ ΛΙΜΝΕΣ ΚΑΙ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

Οι μαζικοί θάνατοι ψαριών είναι γνωστό ότι συμβαίνουν σε ευτροφικές λίμνες. Έχουν αποδοθεί κυρίως σε υποξικές / ανοξικές συνθήκες ή σπάνια υψηλές / χαμηλές θερμοκρασίες. Άλλοι παράγοντες, που σχετίζονται ή όχι με τον ευτροφισμό, περιλαμβάνουν τις πλημμύρες, ξηρασίες, κυκλώνες, απώλεια των ενδιαιτημάτων, η χαμηλή ροή του νερού, και απότομες διακυμάνσεις της στάθμης του νερού (Bronmark and Haansson, 2005).

12.1. ΈΡΕΥΝΑ ΣΤΙΣ 13 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΛΙΜΝΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

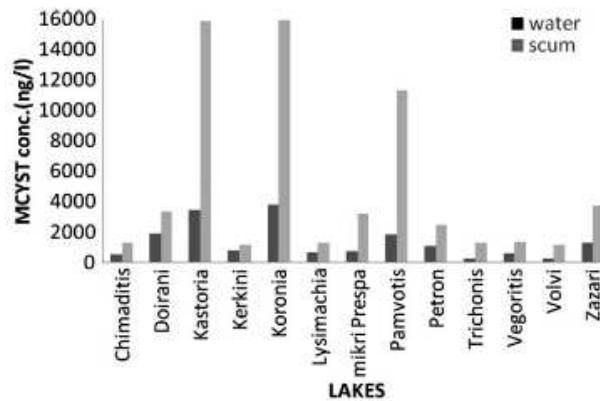
Ακτινογραφώντας λίμνες της κεντρικής και βόρειας Ελλάδας επιστήμονες εντόπισαν μικροοργανισμούς στα νερά και τα ψάρια, που μπορούν να καταστούν επικίνδυνοι για τον άνθρωπο.

Η πολύμηνη μελέτη των Παπαδημητρίου Θ., Κάγκαλου Ιφ., Μπακόπουλου Β. και Λεονάρδου Ντ. Ι. έθεσε στο μικροσκόπιο τα χαρακτηριστικά 13 λιμνών της κεντρικής και βόρειας Ελλάδας, εντοπίζοντας συγκεντρώσεις τοξινών που μπορεί να καταστούν επικίνδυνες για τον άνθρωπο κατά τη διάρκεια ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων στο νερό ή λόγω της κατανάλωσης ψαριών που ζουν στα επιβαρημένα υδατικά οικοσυστήματα.

Χαρακτηριστικό είναι πως στις λίμνες της Καστοριάς, της Παμβώτιδας, της Μικρής Πρέσπας και της Κορώνειας η συγκέντρωση τοξινών (μικροκυστινών) στη σάρκα των ψαριών που μελετήθηκαν ξεπερνούν την τιμή της επιτρεπόμενης συγκέντρωσης που μπορεί να λαμβάνεται καθημερινά από έναν ενήλικο χωρίς να υπάρχουν τοξικές επιδράσεις σε αυτόν, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας.

Η οικολογική κατάσταση των ελληνικών λιμνών, που αποτυπώνεται στη διδακτορική διατριβή της βιολόγου Θεοδότης Παπαδημητρίου, στο τμήμα Βιολογικών

Εφαρμογών και Τεχνολογιών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, είναι κάθε άλλο παρά ενθαρρυντική. Και στις 13 λίμνες που μελετήθηκαν, ανιχνεύθηκαν συγκεντρώσεις μικροκυστινών, τοξινών δηλαδή που παράγονται από φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς (κυανοβακτήρια), η παρουσία των οποίων είναι συνυφασμένη με το φαινόμενο του ευτροφισμού. Τα δείγματα συλλέχθηκαν το 2007.



Εικόνα 12. Συγκέντρωση μικροκυστινών στα νερά και στον αφρό των εξεταζόμενων λιμνών (Papadimitriou et al., 2010).

Στην Κορώνεια εντοπίστηκαν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις, ενώ υψηλές συγκεντρώσεις βρέθηκαν και στα νερά των λιμνών Καστοριάς και Παμβώτιδας, όπως επίσης στη Δοϊράνη, τη Μικρή Πρέσπα, τη λίμνη Πετρών και τη Ζάζαρη. Στον αντίποδα βρίσκονται οι λίμνες Χειμαδίτιδα, Κερκίνη, Λυσιμαχία, Τριχωνίδα και Βεγορίτιδα, ενώ οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις μικροκυστινών εντοπίστηκαν στη Βόλβη.

Εκτός από την ποιότητα των υδάτων, η βιολόγος του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων εστίασε και στην ποσότητα τοξινών που περνούν στην τροφική αλυσίδα, μέσα από τα ψάρια του γλυκού νερού. Συγκεκριμένα, μελέτησε 10 αγριοκυπρίνους (ή πεταλούδες - *Carassius gibelio*) από κάθε λίμνη. Το ψάρι αυτό επιλέχθηκε, καθώς θεωρείται από τα πιο ανθεκτικά είδη, που μπορεί να επιβιώσει κάτω από εξαιρετικά ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες, είναι ευρέως διαδεδομένο απ' την Ιαπωνία έως και την Ευρώπη, ενώ είναι το μοναδικό είδος που υπάρχει στο σύνολο των εσωτερικών ελληνικών υδάτων, γεγονός που το καθιστά οργανισμό - μέτρο σύγκρισης.

Αποδείχθηκε πως όλα τα ψάρια συσσωρεύουν ποσότητες μικροκυστινών κυρίως στο συκώτι, αλλά και σε άλλους εδώδιμους (σάρκα) και μη εδώδιμους (νεφρός, εντόσθια, εγκέφαλος) ιστούς τους. Οι τοξίνες συσσωρεύονται στα ψάρια κυρίως διαμέσου της διατροφής τους και δευτερευόντως παθητικά, μέσα από τα βράγχιά τους. Στα ψάρια των λιμνών Κορώνεια, Καστοριά, Παμβώτιδα και Δοϊράνη εντοπίστηκαν οι

υψηλότερες συγκεντρώσεις. Ακολουθούν οι αγριοκυπρίνοι από τις λίμνες Τριχωνίδα, Χειμαδίτιδα, Ζάζαρη, Μικρή Πρέσπα και Κερκίνη, ενώ οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις εντοπίστηκαν στα ψάρια των λιμνών Βόλβη, Πετρών, Βεγορίτιδα και Λυσιμαχία.

«Καταδεικνύεται η εκτεταμένη παρουσία μικροκυστινών στα υδάτινα οικοσυστήματα της Ελλάδας», υπογραμμίζει η κ. Παπαδημητρίου, εξηγώντας πως «το μεσογειακό κλίμα ευνοεί την αύξησή τους. Οι συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν στις ελληνικές λίμνες είναι παραπλήσιες με αυτές άλλων μεσογειακών περιοχών, όπως η Τουρκία και η Πορτογαλία, μικρότερες όμως από αυτές λιμνών της Αυστραλίας και της Βραζιλίας. Όσον αφορά τα ψάρια, συγκεντρώσεις μικροκυστινών έχουν μετρηθεί στη σάρκα διαφόρων ειδών σε λίμνες στην Κίνα, τη Νέα Ζηλανδία κ.α., αν και οι σχετικές μελέτες είναι ελάχιστες».

Όπως αναφέρει η ερευνήτρια του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, η παρουσία μικροκυστινών στο νερό άρδευσης δημιουργεί πιθανούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία, μέσω και των αγροτικών προϊόντων που προορίζονται για κατανάλωση από ζώα και ανθρώπους.

Οι αγρότες, για παράδειγμα, εκτίθενται σε πιθανό κίνδυνο από την εισπνοή σταγονιδίων που περιέχουν τοξίνες κατά τη διάρκεια της άρδευσης ή μέσω της δερματικής επαφής με επιβαρημένο νερό.

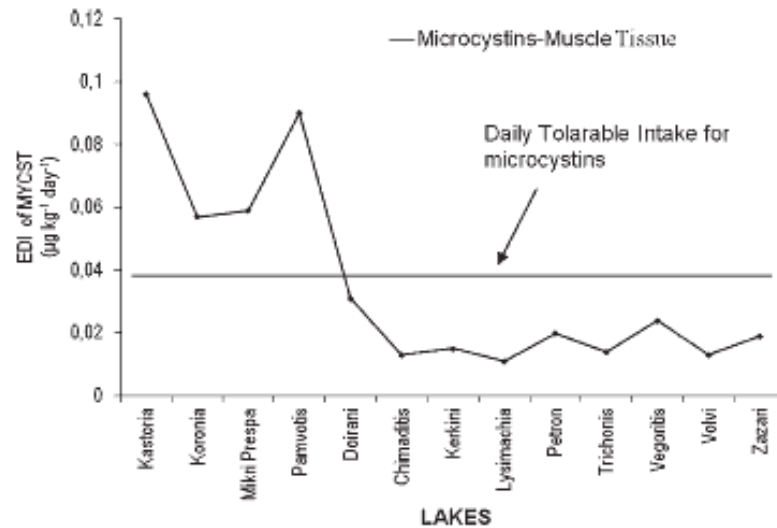
Όσον αφορά το πόσιμο νερό, το ασφαλές όριο συγκέντρωσης που έχει θεσπίσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) είναι 1 µg/L μικροκυστινών. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων για τις λίμνες Δοϊράνη, Καστοριά, Κορώνεια, Παμβώτιδα, Πετρών και Ζάζαρη είναι πάνω από αυτή την ασφαλή τιμή.

Την ίδια στιγμή, πολλές λίμνες χρησιμοποιούνται για ψυχαγωγικούς σκοπούς. Για την κατηγορία αυτή ο ΠΟΥ έχει εκδώσει μία σειρά από σχετικές οδηγίες, κατηγοριοποιώντας τα ψυχαγωγικά νερά ως χαμηλού, ενδιάμεσου και υψηλού κινδύνου.

Οι συγκεντρώσεις στις λίμνες Χειμαδίτιδα, Κερκίνη, Λυσιμαχία, Τριχωνίδα, Βεγορίτιδα και Βόλβη δεν θέτουν κανένα κίνδυνο για δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία.

Αντίθετα, στις λίμνες Δοϊράνη, Μικρή Πρέσπα, Πετρών και Ζάζαρη ενυπάρχει χαμηλός κίνδυνος, ενώ στις λίμνες Καστοριά, Κορώνεια και Παμβώτιδα μετρήθηκαν συγκεντρώσεις που θέτουν κίνδυνο για δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία.

Η κ. Παπαδημητρίου υπολόγισε την εκτιμώμενη ημερήσια ποσότητα μικροκυστινών που λαμβάνει ένας ενήλικος άνθρωπος βάρους 60 κιλών, μέσω της καθημερινής διατροφής του με 300 γραμμάρια μυϊκού ιστού αγριοκυπρίνου.



Εικόνα 13. Εκτιμώμενη ημερήσια πρόσληψη μικροκιστινών ενός ανθρώπου βάρους 60 κιλών, μέσω της καθημερινής διατροφής του με 300 γρ μυϊκού ιστού *C. gibelio*. Η οριζόντια γραμμή αντιπροσωπεύει την επιτρεπόμενη καθημερινή συνολική πρόσληψη που έχει καθιερωθεί από ΠΟΥ. (Papadimitriou et al., 2010).

Στις λίμνες Καστοριάς, Παμβώτιδας, Κορώνειας και Μικρής Πρέσπας η συγκέντρωση τοξινών στα ψάρια ξεπερνά την ποσότητα που μπορεί να λαμβάνει καθημερινά ένας ενήλικος, χωρίς να κινδυνεύει με τοξικές επιδράσεις, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (0,04 µg/Kg βάρος σώματος/ημέρα).

12.2. ΜΑΖΙΚΟΙ ΘΑΝΑΤΟΙ ΨΑΡΙΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ

Στο περιοδικό «η φύση» της Ελληνικής Εταιρίας Προστασίας της Φύσης παρατίθενται τα χρόνια προβλήματα της εν λόγω λίμνης. Σύμφωνα με αυτό «ετήσιες διακυμάνσεις της λίμνης σε βάθος και όγκο νερού υπήρχαν πάντα, χωρίς όμως τις πρόσφατες (2009) ακραίες εκφάνσεις».

Περί το τέλος της δεκαετίας του '80 άρχισε η μείωση των υδάτων της, κυρίως λόγω της αλόγιστης άρδευσης και της μεγάλης αύξησης των γεωτρήσεων, ενώ σημαντική ήταν και η συνεχής ποιοτική υποβάθμιση των υδάτων, κυρίως λόγω της απόρριψης στη λίμνη των αλατούχων λυμάτων παρακείμενων βαφείων, άλλων βιομηχανικών ρύπων και των λυμάτων της πόλης του Λαγκαδά αλλά και γεωργικών αποβλήτων που οδήγησαν σε ευτροφισμό.

Το καλοκαίρι του 2002 η λίμνη, που μέχρι το 1985 κάλυπτε πάνω από 45 χλμ² και είχε μέσο βάθος περίπου 3,5 μέτρα, ξεραίνεται τελείως. Στις αρχές του 2003 ξαναγεμίζει σταδιακά φθάνοντας το μέγιστο βάθος των 0,9 μέτρων.

Το Σεπτέμβριο του 2004 παρατηρούνται μαζικοί θάνατοι χιλιάδων πουλιών και ψαριών από την ανάπτυξη του βακτηρίου *Clostridium botulinum* στη λίμνη λόγω της κατάστασης των υδάτων της. Το φαινόμενο αυτό μελετάται περαιτέρω και τον Οκτώβριο του 2004 δημοσιεύεται στο “*Harmful Algae News*” (της Διακυβερνητικής Ωκεανογραφικής Επιτροπής της UNESCO) μια έρευνα που καθιστά υπεύθυνη μια εξαιρετικά πυκνή άνθιση του αποτοφύκου *Prymnesium parvum*, η οποία έλαβε χώρα κατά τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο 2004 στη ρηχή λίμνη Κορώνεια δίνοντάς στο νερό ένα κίτρινο χρυσό χρώμα. Η άνθιση κορυφώθηκε από τις 9 έως τις 11 Σεπτεμβρίου 2004. Αυτή ήταν και η πρώτη εγγραφή μιας επιβλαβούς άνθισης *Prymnesium parvum* τόσο στα εσωτερικά όσο και στα θαλάσσια ύδατα στην Ελλάδα.

Ο οργανισμός αυτός, όπως διατυπώνουν οι Γενιτσάρης Σ., Κορμάς Κ. και Μουστάκα – Γούνη Μ. στην έρευνά τους για τη λίμνη Κορώνεια, μπορεί να επιβιώσει σε μεγάλο εύρος αλατότητας και ανθίζει σε παράκτια και υφάλμυρα εσωτερικά νερά παγκοσμίως. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ανθίσεις του συμπίπτουν με μαζικούς θανάτους ψαριών (Lindholm et al., 1999). Αυτή ήταν και η περίπτωση της λίμνης Κορώνειας, κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης (Moustaka-Gouni et al., 2004; Michaloudi et al., 2009).

Οι φυσικές και χημικές συνθήκες του νερού της λίμνης στην κορυφή της άνθισης *P. Parvum*, όπως αυτές παρατίθενται στη μελέτη, ήταν ως εξής:

Η θερμοκρασία του νερού ήταν 20,9 °C, το pH 8,2, η διαφάνεια 0,18 μ. βάθος Secchi, η αλατότητα 5,3 ‰, η αγωγιμότητα 9,2 μS/cm, η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου των επιφανειακών υδάτων 9,9 mg/L και η συγκέντρωση νερού πάνω από τον πυθμένα ήταν 7,9 mg/L. Η συγκέντρωση φωσφορικού ήταν 118,9 μg/L, η συγκέντρωση διαλυμένου ανόργανου αζώτου ήταν 543,6 μg/L και η ατομική αναλογία N:P ήταν 10,1.

Οι πυκνότητες πληθυσμού *Prymnesium parvum* κυμαίνονταν από 120 έως 1450 • 10⁶ κύτταρα/L, στο απόγειο της ακμής, σε διαφορετικούς σταθμούς δειγματοληψίας στη Λ. Κορώνεια. Τα φυτοπλαγκτονικά *Rediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini και *Cryptomonas sp.* ήταν επίσης παρόν σε αφθονία, με πυκνότητες πληθυσμών 1,8 • 10⁶ και 2,1 • 10⁶ άτομα/L, αντίστοιχα.

Τα παραπάνω ανήκουν σε είδη οργανισμών, τα οποία είναι γνωστά να είναι τοξικά, παρασιτικά και παθογόνα, καθιστώντας έτσι τη λίμνη Κορώνεια ένα εχθρικό και επικίνδυνο περιβάλλον για τα ζώα συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων, όπως είχε προταθεί νωρίτερα για αυτήν την λίμνη (Moustaka-Gouni et al., 2004; Genitsaris et al., 2009; Μιχαλούδη et al., 2009) αλλά και για άλλες λίμνες με παρόμοια βιοκοινότητα.

Σύμφωνα και με τη Δρ Sue Turner, η οποία συνέγραψε τη μελέτη “Fish Kills as Climatic Indicators” επηρεασμένη και από τη δουλειά της Δρ Margarethe Brongersma-Sanders, τα περιστατικά άνθισης φυκών είναι από τα πιο σημαντικά αίτια μαζικών θανάτων ψαριών.

Ακολούθως, το Φεβρουάριο του 2007 το τμήμα Βιολογίας του ΑΠΘ προειδοποιεί για την ύπαρξη ενός επικίνδυνου κυανοβακτηρίου του γένους *Arthrospira* στα νερά της λίμνης και για τον κίνδυνο νέων μαζικών θανάτων πουλιών, όπως συνέβη το 2004. Καθοριστικές θεωρούνται οι υψηλές θερμοκρασίες που συντελούν στην ανάπτυξη επικίνδυνων οργανισμών, δεδομένου ότι ο πυθμένας της λίμνης καλύπτεται από «τοξική» λάσπη πάχους 1,5 μέτρου ενώ η στάθμη του νερού βρίσκεται περίπου στο ένα μέτρο. Το Σεπτέμβριο του ίδιου έτους παρατηρούνται θάνατοι εκατοντάδων φοινικόπτερον και άλλων πουλιών.

12.3. ΜΑΖΙΚΟΙ ΘΑΝΑΤΟΙ ΨΑΡΙΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΑΡΛΑ

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η εμφάνιση μαζικών ανθίσεων στο νερό έχει καταστεί ένα παγκόσμιο πρόβλημα που συμπίπτει με τον ευτροφισμό των υδάτινων οικοσυστημάτων. Στις μεσογειακές ευτροφικές λίμνες, κυανοβακτήρια μπορούν να σχηματίσουν πυκνές ανθίσεις, οι οποίες είναι ικανές να επιμείνουν από την άνοιξη έως τα τέλη φθινοπώρου. Αυτές οι διαδικασίες σχηματισμού ανθίσεων μπορούν να προκληθούν από αυξημένα επίπεδα θρεπτικών, όπως τα νιτρικά και ο φώσφορος, που είναι αποτέλεσμα ανθρωπογενών πιέσεων. Οι κυανοτοξίνες, που αντιπροσωπεύονται κυρίως από τις μικροκυστίνες, χρίζουν σημαντικής ανησυχίας από περιβαλλοντικής άποψης αλλά και υγείας, καθώς όταν απελευθερώνονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις κατά την κυτταρική λύση προκαλούν σοβαρές ανεπιθύμητες καταστάσεις στην υδρόβια ζωή και στους ανθρώπους.

Στη χώρα μας, αυτήν τη στιγμή λαμβάνει χώρα η πλήρωση της αποξηραθείσας Λίμνης Κάρλας, στη Θεσσαλία, παρέχοντας μια μοναδική ευκαιρία, σε παγκόσμιο επίπεδο, για την (επανα)γέννηση μιας φυσικής λίμνης. Η επαναπλήρωσή της ξεκίνησε

το Σεπτέμβριο του 2009, αφού πρώτα είχε κατασκευαστεί περιφερειακό φράγμα που περικλείει έκταση 38 km². Η ιδιαιτερότητα αυτής της δράσης έγκειται σε δύο κυρίως σημεία:

- (α) από την αποξήρανσή της (1962) η Λ. Κάρλα χρησιμοποιήθηκε ως αγροτική γη και
- (β) ο κύριος όγκος του εισερχόμενου νερού προέρχεται από τον Ποταμό Πηνειό, ένα σύστημα το οποίο αντιμετωπίζει τα δικά του οικολογικά και διαχειριστικά προβλήματα.

Η μικρή δυναμικότητα του Πηνειού στο να απορροφήσει τις κάθε είδους απορρίψεις, δημιουργεί προβλήματα ποιότητας των νερών καθ' όλο το μήκος του, τη στιγμή που οι κάθε είδους απορρίψεις αυξάνονται. Η έλλειψη επεξεργασίας λυμάτων και αποβλήτων (όπως ανεπεξέργαστα λύματα από εργοστάσια της περιοχής της Λάρισας και εισροή αποβλήτων χοιροτροφείων στις τάφρους) σε συνδυασμό με το αποσπασματικό υδρολογικό καθεστώς του ποταμού, δημιουργεί προβλήματα ακόμη και στις εκβολές του όπου υπάρχει ένας σημαντικός υγρότοπος.

Η λίμνη από την εκκίνηση της επαναπλήρωσής της παρακολούθηθηκε από διάφορες επιστημονικές ομάδες λόγω της αξίας της για τη γύρω περιοχή, παρουσιάζοντας ουκ ολίγα προβλήματα.

Ανάλυση πιέσεων – επιπτώσεων στο «νέο» οικοσύστημα της λίμνης Κάρλας με τη χρήση της μεθοδολογίας DPSIR (Driving forces – Pressure – Impact – State – Response) έδειξε μεγάλο αριθμό σημαντικών πιέσεων προερχόμενων από δραστηριότητες όπως γεωργία-κτηνοτροφία, βιομηχανία, διάθεση λυμάτων, μεταβολή των χρήσεων γης. Εξαιτίας αυτών των πιέσεων ο ταμιευτήρας αντιμετωπίζει προβλήματα ευτροφισμού, μικροβιακής μόλυνσης και αισθητικής ρύπανσης καθώς και πλήθος άλλων περιβαλλοντικών προβλημάτων που επηρεάζουν το σύνολο της λεκάνης απορροής του (Γκατζιούρα κ.ά., 2012).

Μια πρώτη μελέτη, που πραγματοποιήθηκε από το πανεπιστήμιο Ιωαννίνων και τους Παπαδημητρίου Θ., Σταμπούλη Ζ. και Κάγκαλου Ιφ., εξήγαγε προκαταρκτικά αποτελέσματα για το μέγεθος του προβλήματος, προσεγγίζοντάς το από πλευράς παρουσίας μικροκυστινών και άλλων ευτροφικών ενδείξεων στα νερά της λίμνης. Περίοδος μελέτης και συλλογής δειγμάτων ήταν από τον Απρίλιο 2010 έως το Νοέμβριο 2010 και εξετάστηκαν οι παρακάτω παράμετροι:

Θερμοκρασία, pH, διαλυμένο οξυγόνο (DO), αγωγιμότητα, αντιδραστική διαλυτού φωσφόρου (SRP), διαλυμένο ανόργανο άζωτο (νιτρικά) και συγκεντρώσεις χλωροφύλλης α (chl a).

Συγκεκριμένα οι τιμές της συγκέντρωσης του διαλυμένου φωσφόρου για το διάστημα Απρίλιος- Νοέμβριος 2010 (SRP, Soluble Reactive Phosphorous) κυμάνθηκαν μεταξύ 1.5-3.15 mg/l , των νιτρικών (NO₃-N) μεταξύ 0.2-0.8 mg/l και του αμμωνιακού αζώτου (NH₄-N) μεταξύ 0.38-1.99 mg/l (Papadimitriou et al., 2010). Αντίστοιχα, το επόμενο έτος (2011) την ίδια χρονική περίοδο, τιμές του διαλυμένου φωσφόρου κυμάνθηκαν σε χαμηλότερα μεν αλλά επίσης σε υψηλά επίπεδα (0,05-0,77mg/l), των νιτρικών μεταξύ 0.1-1.27mg/l και των αμμωνιακών μεταξύ 0.01-1.74mg/l (Κάγκαλου κ.ά., 2012). Οι τιμές των θρεπτικών στοιχείων συνοδεύονταν και από ιδιαίτερα υψηλές τιμές χλωροφύλλης-α (Chl a) για τη μεν πρώτη χρονική περίοδο καταγράφηκαν τιμές μεταξύ 77.97 -525.24 mg/m³ (Papadimitriou et al., 2010), ενώ τους θερινούς μήνες του 2011 (Μάιος-Οκτώβριος), οι τιμές χλωροφύλλης-α κυμάνθηκαν μεταξύ 60,33-410 mg/m³ σημειώνοντας τις μέγιστες τιμές τον μήνα Ιούλιο (Κάγκαλου κ.ά., 2012).

Τα αποτελέσματα των περισσότερων παραμέτρων υποδεικνύουν ότι η λίμνη ακολουθεί το μοτίβο των ρηχών μεσογειακών λιμνών με υψηλές θερμοκρασίες κατά τη ζεστή άνυδρη περίοδο, που οδηγούν με τη σειρά τους σε μειωμένα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου. Ωστόσο, προβληματισμό προκάλεσαν τα υψηλά επίπεδα αλατότητας και pH, με τα νιτρικά να εμφανίζονται επίσης αυξημένα. Αυτό αποδόθηκε στην εισροή νερών κατά κύριο λόγο από τον Πηνειό που χαρακτηρίζεται από ευτροφικές συνθήκες, αλλά και στην απορροή νερών πλούσιων σε νιτρικά από τη γύρω λεκάνη κατά τη διάρκεια πλημμυρικών περιστατικών. Τέλος, ο ρυθμός απελευθέρωσης φωσφόρου από τα ιζήματα της λίμνης επιταχύνθηκε από τις υψηλές θερμοκρασίες και το μικρό βάθος του πυθμένα της.

Ο κύκλος του φωσφόρου στη λίμνη έχει μοντελοποιηθεί από τους Λασπίδου, Βαϊνά και Λιακόπουλο. Οι συγγραφείς αναφέρουν χαρακτηριστικά ότι μόνο το 2,3% του συνολικού εισερχόμενου φωσφόρου δεν κατακρατείται από τον υγρότοπο, ενώ το 98% περίπου μένει σε αυτόν. Από αυτό το μεγαλύτερο ποσοστό διατηρείται από τον υγρότοπο μέσω καθίζησης του σωματιδιακού φωσφόρου, καθώς η βιολογική αφομοίωση από τη στήλη νερού από το φυτοπλαγκτόν και περίφυτα είναι χαμηλή και αντιπροσωπεύει περίπου το 2% του εισερχόμενου φωσφόρου. Ακόμα και έτσι όμως, το μικρό αυτό ποσοστό που περιέχεται στη στήλη του νερού και αφομοιώνεται βιολογικά αποθηκεύεται εκεί βραχυπρόθεσμα, αφού επιστρέφει στη στήλη του νερού μέσω του θρυμματισμού των ιζημάτων, καθώς απελευθερώνεται από τη βιοαποικοδόμηση μέρους του φυτοπλαγκτόν και των περιφύτων που είχαν κατακάσει στον πυθμένα.

Τα μακρόφυτα από τη μεριά τους καταλαμβάνουν περισσότερο φώσφορο από τα βαθιά ιζήματα σε σχέση με το φυτοπλαγκτόν και τα περίφυτα. Αυτά επίσης λειτουργούν ως αντλίες φωσφόρου, καθώς παίρνουν φώσφορο από τα βαριά ιζήματα και το απελευθερώνουν αργότερα στο νερό μέσω της αποικοδόμησης των νεκρών φυτών, πραγματοποιώντας έτσι μια εσωτερική ανακύκλωση. Μία ιδιαίτερα υψηλή απελευθέρωση φωσφόρου από μακρόφυτα έχει αναφερθεί το φθινόπωρο και νωρίς την άνοιξη, χρονική περίοδος που το ποσοστό θανάτου των μακροφύτων είναι υψηλό (Laspidou et al., 2008).

Στην εργασία των Λασπίδου και Βαϊνά (Laspidou et al., 2009) φαίνεται ότι περίπου το 98% των εισερχόμενων ιζημάτων διατηρούνται από τον υγρότοπο, με την καθίζηση να παίζει τον πιο σημαντικό ρόλο. Βλέπουμε ότι η ροή του φωσφόρου φαίνεται να ακολουθεί την ίδια τάση. Αυτό είναι αναμενόμενο, φυσικά, δεδομένου ότι ο εισερχόμενος φώσφορος είναι κυρίως σωματιδιακός και η συμπεριφορά του είναι ανάλογη με εκείνη των εισερχόμενων ιζημάτων.

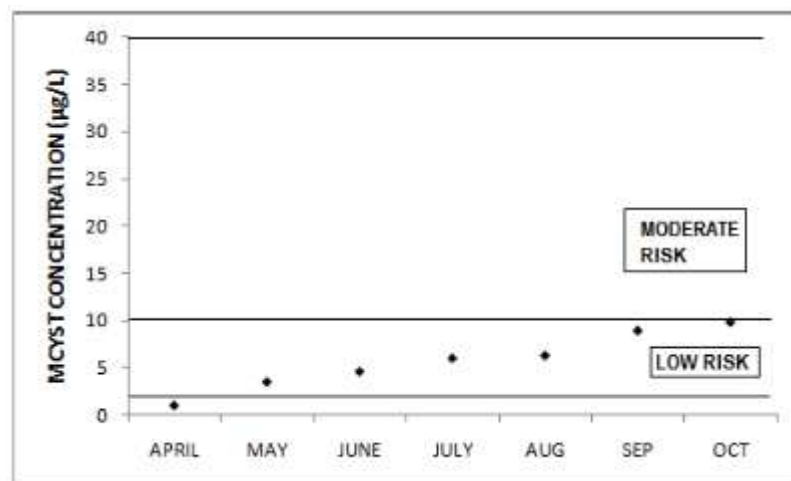
Παράλληλα, το 98% των νεοσύστατων ιζημάτων στον υγρότοπο της Κάρλας προέρχεται από τον ποταμό και μόνο το 2% έχει δημιουργηθεί στον υγρότοπο. Η τιμή της αυτόχθονης παραγωγής οργανικής ύλης είναι χαμηλή και αντανακλά το γεγονός ότι ο υγρότοπος είναι νεοσυσταθέντας και έχει σχετικά χαμηλή παραγωγικότητα. Αυτό σχετίζεται άμεσα με το γεγονός ότι ο υγρότοπος δεν είχε αρκετό χρόνο ώστε να παραχθεί μια μεγάλη ποσότητα πρωτογενών παραγωγών που είναι κρίσιμοι για την αυτόχθονη παραγωγή οργανικής ύλης. Επιπλέον, η εισροή της οργανικής ύλης είναι υψηλή, διότι έχουμε μια εισροή υψηλών συγκεντρώσεων ιζημάτων στο νερό του ποταμού, απορροής και αποχέτευσης. Τέτοια υψηλή εισροή αλλόχθονων ιζημάτων επηρεάζει τη συσσώρευση ιζημάτων στον ταμιευτήρα, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση του υγροτόπου, και τον περιορισμό των επωφελών χρήσεών του. Με αυτό τον τρόπο, δημιουργούνται προβλήματα στην άρδευση, στην ποιότητα και την ποσότητα των ψαριών που επιβιώνουν στον υγρότοπο και τη συνολικό «γέμισμα» του υγροτόπου σε ένα σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης περιλαμβάνουν μια ηλιακή απόδοση του υγροτόπου 0,61% (Laspidou et al., 2009).

Η εξωτερική τροφοδοσία της λίμνης με φώσφορο από τη λεκάνη απορροής της Κάρλας έχει εκτιμηθεί από τους Κάγκαλου Ιφ., Κορμά Κ. και Λασπίδου Χ. πολύ υψηλότερη από την «κρίσιμη» τιμή η οποία προκαλεί ευτροφικές συνθήκες σε μια ρηχή λίμνη. Το ετήσιο φορτίο φωσφόρου που απορρέει στη λίμνη, λοιπόν, προέρχεται από ορεινές απορροές (5408 kg), από την πεδινή-αγροτική περιοχή (4734 kg) και από

την υπόλοιπη βοσκολιβαδική έκταση (25350 kg). Επομένως εκτιμάται ότι η απορροή φωσφόρου στην σημερινή έκταση της λίμνης ανέρχεται σε $0,934 \text{ g/P m}^{-2} \text{ year}^{-1}$, τη στιγμή που για περιπτώσεις λιμνών μέσου βάθους περίπου 5m, προτείνεται ως κρίσιμο φορτίο η ποσότητα $0,13 \text{ g/P m}^{-2} \text{ year}^{-1}$.

Αντίστοιχα το συνολικό ετήσιο φορτίο αζώτου (ως άθροισμα διαλυμένου ανόργανου αζώτου, DIN) ανέρχεται σε $39,10^4 \text{ kg}$ και αντιστοιχεί σε εισροή προς την λίμνη ποσότητας $10,26 \text{ g/N m}^{-2} \text{ year}^{-1}$. Συγκρίνοντας την λειτουργία στο αγροοικοσύστημα της περιοχής Κάρλας με αντίστοιχα σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, προκύπτει ότι λειτουργεί με βάση την «περίσσεια σε φωσφόρο και σε άζωτο» (Κάγκαλου κ.ά., 2012).

Όλα τα παραπάνω έκρουσαν τον κώδωνα του κινδύνου για σημάδια ευτροφισμού ως αποτέλεσμα ανθρωπογενών πιέσεων, ενώ η ανυπαρξία προηγούμενων μελετών δεν προσέφερε συγκρίσεις μεταξύ των τιμών για την πορεία της λίμνης. Η υποβάθμιση της λίμνης την καθιστούσε προβληματική και αποτρεπτική για χρήσεις άρδευσης, πόσιμου νερού και λοιπών οικολογικών αξιών ενός υγροτόπου ικανού να υποστηρίξει μια ποικιλία χλωρίδας και πανίδας. Όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα οι συγκεντρώσεις μικροκυστινών στη λίμνη Κάρλα υπερέβαιναν τις επιτρεπόμενες τιμές έκθεσης που έχει θεσπίσει ο Π.Ο.Υ.



Εικόνα 14. Ενδοκυτταρικές συγκεντρώσεις μικροκυστινών (µg/L) στη λίμνη Κάρλα σε σχέση με τις οδηγίες για την αποφυγή ανεπιθύμητων προβλημάτων υγείας (Papadimitriou et al., 2010).

Ταυτόχρονα, η βεβαρυμμένη κατάσταση της λίμνης έδωσε το έναυσμα για τη διεξαγωγή μελετών, από το πανεπιστήμιο Θεσσαλίας αυτή τη φορά. Οι Οικονόμου Α., Κατσιάπη Μ., Καραγιάννη Η., Μουστάκα – Γούνη Μ. και Κορμάς Κ. πραγματοποίησαν έρευνα για την κατάσταση στην οποία έχει περιέλθει η λίμνη. Στην έρευνά τους αυτή, η οποία δημοσιεύτηκε στο *Scientific World Journal* το 2012,

παραθέτουν τις δικές τους αναλύσεις και υπογραμμίζουν το πρόβλημα. Η δειγματοληψία νερών της λίμνης περιελάμβανε μηνιαία δείγματα από τη νότια – ανατολική ακτή της λίμνης από το Μάρτιο μέχρι το Δεκέμβριο του 2010. Πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις φυτοπλαγκτού, μοριακές αναλύσεις μικροσκοπικών ευκαρυωτών και ηλεκτρονική μικροσκοπία. Παράλληλα, προέβησαν σε επιτόπιες μετρήσεις θερμοκρασίας, pH και αγωγιμότητας με αυτόματο μετρητή.

Η εποχική διακύμανση των βασικών φυσικών και χημικών παραμέτρων (Πίν. 9) στη λίμνη έδειξε το αναμενόμενο πρότυπο για τη θερμοκρασία και pH. Ωστόσο, η αγωγιμότητα από τους μήνες Μάρτιο μέχρι και Σεπτέμβριο ήταν πολύ υψηλή ενώ τους επόμενους μήνες ήταν αρκετά χαμηλότερη. Έχει προταθεί ότι αυτές οι υψηλές τιμές μπορεί να οφείλονται στην παρατεταμένη γεωργική εκμετάλλευση της γης, κυρίως μέσω της χρήσης ανόργανων αλάτων ως λιπάσματα, κατά τη διάρκεια των ετών πριν την έναρξη επαναπλήρωσης της λίμνης (Oikonomou et al. In press).

Πίνακας 10. Βασικές φυσικές και χημικές παράμετροι στη λίμνη Κάρλα (Κορμάς κ.ά., 2011)

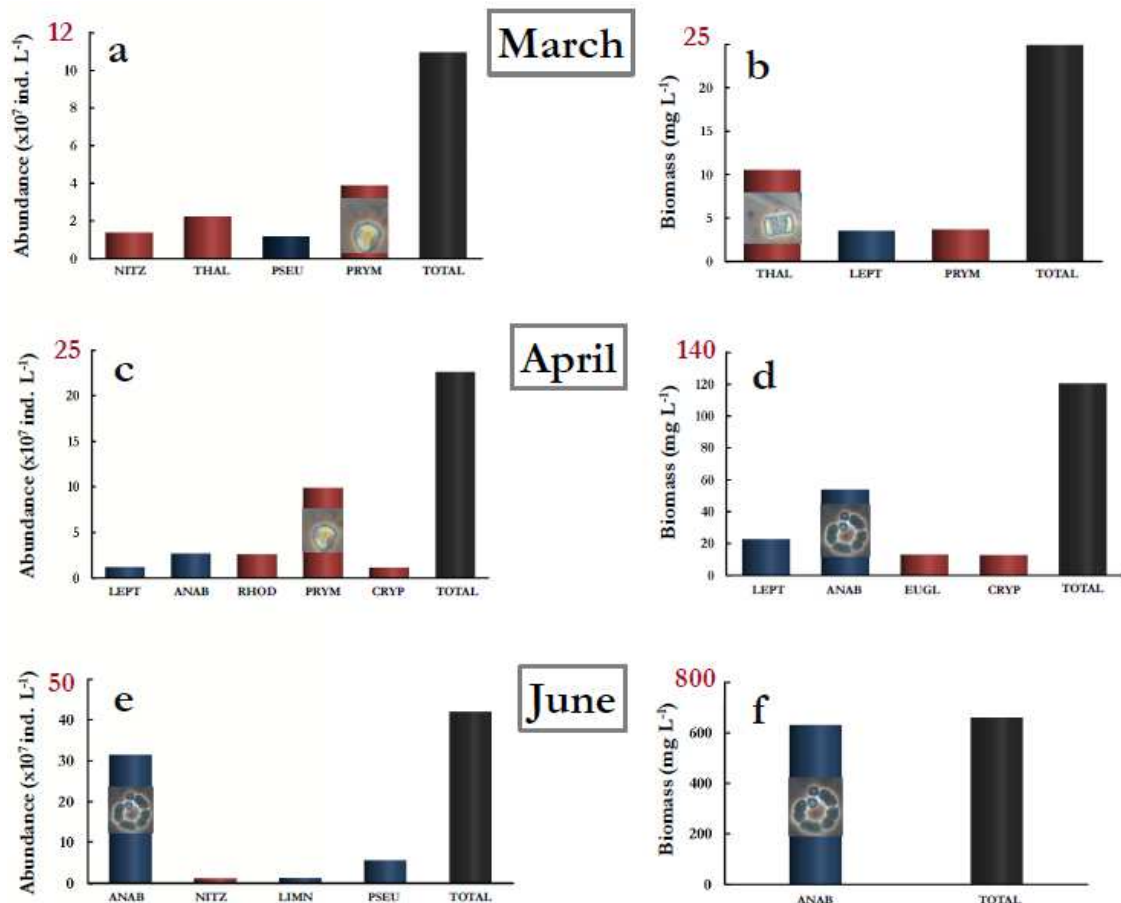
	pH	Θερμοκρασία (°C)	Αγωγιμότητα (mS)
17.03.2010	8.5	15.6	11.67
20.04.2010	8.0	17.2	14.30
28.05.2010	8.0	19.7	17.01
29.06.2010	8.5	28.7	21.21
22.07.2010	8.5	30.3	20.09
28.08.2010	8.5	31.7	23.01
28.09.2010	8.4	25.1	21.12
27.10.2010	8.9	17.5	5.05
25.11.2010	8.8	12.2	5.51
26.12.2010	8.6	8.6	5.14

Επίσης, όπως αναφέρεται χαρακτηριστικά στη μελέτη ‘την άνοιξη τα επικρατούντα κυανοβακτήρια ανήκαν στα γένη *Anabaena* και *Anabaenopsis*. Οι οργανισμοί είναι γνωστοί τοξινοπαραγωγοί, ενώ άλλα δυνητικά τοξικά κυανοβακτήρια που εμφανίστηκαν σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις ήταν του γένους *Planktothrix* cf. *aghardii*, *Pseudoanabaena limentica*. Αυτά τα είδη έχουν βρεθεί στο παρελθόν σε άλλες ελληνικές λίμνες με προβλήματα τοξικότητας από κυανοβακτήρια (Vardaka et al., 2005; Moustaka-Gouni et al., 2007; Papadimitriou et al., 2010)’. Από τη μοριακή ανάλυση βρέθηκαν και άλλα, δυνητικώς τοξινοπαραγωγά είδη, κατά τους υπόλοιπους μήνες όπως τα *Jaaginema* sp., *Limnothrix* sp. και *Microcystis* sp.

Από συνδυασμό της μικροσκοπικής αναγνώρισης και μοριακής ταυτοποίησης εντοπίστηκαν ακόμα τα *Prymnesium parvum* και *Pfiesteria piscicida*, τα οποία είναι ιδιαίτερος ιχθυοτοξικά. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι πρώτη φορά στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται η συνύπαρξη των δύο αυτών τοξικών μικροοργανισμών. Αυτοί οι δύο οργανισμοί φαίνεται να ευνοούνται από τις σχετικών υψηλές αλατότητες που επικράτησαν στη λίμνη Κάρλα το 2010.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να υπογραμμιστεί το γεγονός ότι κάποιοι από τους μικροοργανισμούς που αναγνωρίστηκαν και ταυτοποιήθηκαν στην εν λόγω μελέτη είχαν ήδη βρεθεί στην πολύ υποβαθμισμένη λίμνη Κορώνεια και είναι ενδεικτικά υπερεύτροφων οικοσυστημάτων που δέχονται υψηλές συγκεντρώσεις ανόργανων θρεπτικών αλάτων.

Βέβαια, η αύξηση του οργανικού υλικού σε ένα νέο ταμιευτήρα, όπως είναι η λίμνη Κάρλα, οφείλεται στη μεταφορά οργανικού υλικού από το έδαφος κατά την πλήρωση της λεκάνης με νερό και αναμένεται να είναι υψηλότερη στην αρχή της επαναπλήρωσης.



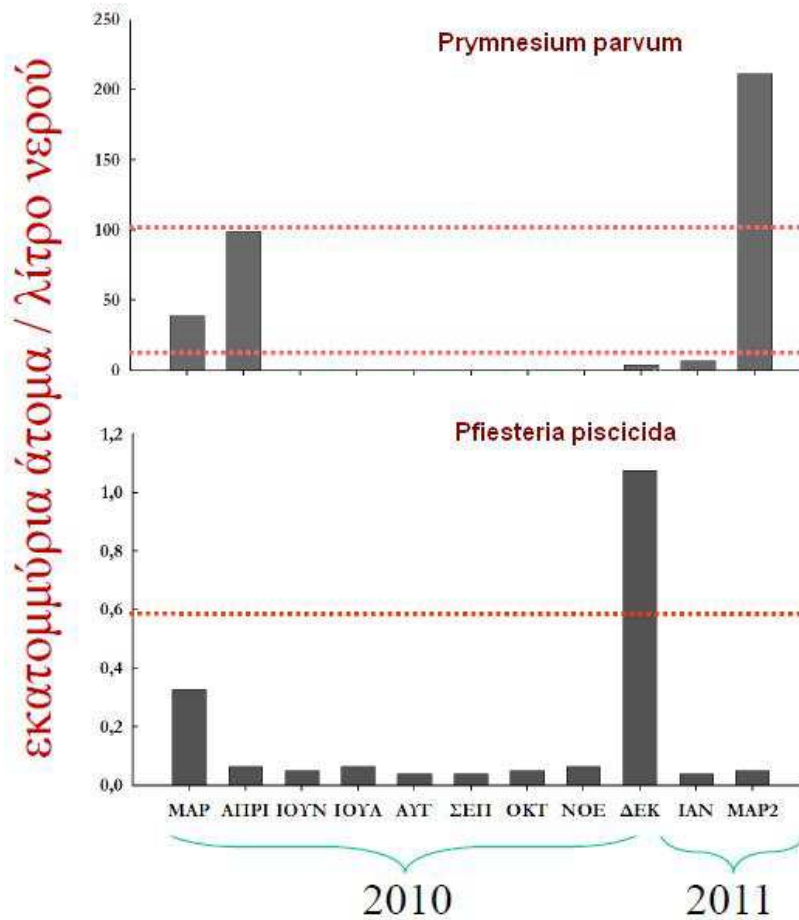
Εικόνα 15. (a, c, e) Αφθονία ($\times 10^7$ άτομα/ L) από τα εν αφθονία είδη φυτοπλαγκτού (>90% του συνόλου); (b, d, f) Βιομάζα (mg/ L) από τα κυρίαρχα είδη φυτοπλαγκτού (>90% του συνόλου) το Μάρτιο, Απρίλιο και Ιούνιο 2010, αντίστοιχα. (Οικονομου et al., 2010)

ANAB=*Anabaenopsis* cf. *elenkini*, NITZ=*Nitzschia acicularis*, LIMN=*Limnothrix* cf. *redekei*, PSEUD=*Pseudoanabaena limnetica*, PRYM=*Prymnesium* cf. *parvum*, THAL=*Thalassiosira pseudonata*, RHOD=*Rhodomonas minuta*, EUGL=*Euglena* sp., LEPT=*Leptolyngbya* sp., CRYP=*Cryptomonas* sp., TOTAL=Total Abundance or Biomass.

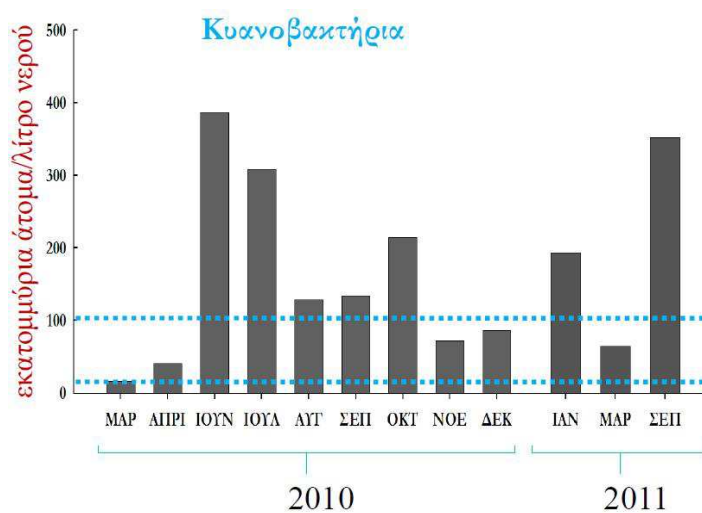
Η μελέτη καταλήγει στο συμπέρασμα ότι κατά τους πρώτους μήνες της επαναγέννησής της, η λίμνη Κάρλα χαρακτηρίζεται ως ένα υπερεύτροφο οικοσύστημα που φιλοξενεί αρκετούς παρασιτικούς και/ή τοξικούς μικροοργανισμούς, μερικοί από τους οποίους σχηματίζουν παρατεταμένες ανθίσεις νερού. Ο πιθανότερος λόγος για την αύξηση αυτών των μικροοργανισμών είναι το εισρέον νερό που χρησιμοποιείται για την επαναπλήρωση της λίμνης. Το νερό αυτό προέρχεται από τον Πηνειό ποταμό, ο οποίος είναι ήδη επιβαρυσμένος, τουλάχιστον με υψηλές συγκεντρώσεις ανόργανων θρεπτικών αλάτων. Εφόσον η λίμνη βρίσκεται υπό καθεστώς πλήρωσης, η περιορισμένη απορροή της συμβάλλει στην αύξηση αυτών των μικροοργανισμών.

Οι δειγματοληψίες και αναλύσεις των νερών της λίμνης συνεχίστηκαν από τους Μ. Μουστάκα και Κ. Κορμά και πέραν του έτους 2010. Σε μια παρουσίασή της

(Μουστάκα κ.ά., 2011) η Μ. Μουστάκα παραθέτει τους πληθυσμούς *P. parvum* και *Pf. piscicida*, όπως και των κυανοβακτηρίων, οι αυξήσεις των οποίων συμπίπτουν με τα περιστατικά θανάτων πανίδας και ιχθυοπανίδας της λίμνης.



Εικόνα 16. Πληθυσμοί *Prymnesium parvum* και *Pfiesteria piscicida* στη λίμνη Κάρλα από Μάρτιο του 2010 έως Μάρτιο του 2011 (Μουστάκα κ.ά., 2011)



Εικόνα 17. Πληθυσμοί κυανοβακτηρίων στη λίμνη Κάρλα από Μάρτιο του 2010 έως Σεπτέμβριο του 2011 (Μουστάκα κ.ά., 2011)

Την ίδια στιγμή οι αρμόδιες αρχές προσπαθούν να ερμηνεύσουν το συμβάν ως αποτέλεσμα κακοκαιρίας. Κατά καιρούς έχουν ακουστεί απόψεις όπως ότι τα ψάρια ανέβηκαν στην επιφάνεια λόγω ψύχους-παγετού ενώ στο πιο πρόσφατο περιστατικό διατυπώθηκε η άποψη ότι τα ψάρια τραυματίζονται από τις αντλίες νερού και πεθαίνουν. Από την πλευρά του ο Φορέας Διαχείρισης της Κάρλας απέδωσε 2 πιθανές αιτίες για το φαινόμενο: α) το νερό δεν οξυγονώνεται επαρκώς λόγω φαινομένου ευτροφισμού που οφείλεται σε αυξημένη συγκέντρωση οργανικής ύλης σε συνδυασμό με την πτώση της στάθμης του νερού λόγω μειωμένων βροχοπτώσεων, φαινόμενο που απαντάται σε πολλές ρηχές λίμνες κατά τη θερινή περίοδο, και β) το νερό έχει κάποιου άλλου είδους τοξικότητα όπως για παράδειγμα βαρέα μέταλλα.

Επιπροσθέτως, ανησυχίες για το ρυπαντικό φορτίο της Κάρλας διατυπώθηκαν και στη θεσσαλική εφημερίδα «ΤΑΧΥΔΡΟΜΟΣ» (4-2-2012) όπου η Μ.Κ.Ο. ΚΕΜΕΒΟ υποστηρίζει πως *“από το φθινόπωρο το θυρόφραγμα της Κάρλας άνοιξε σταδιακά και από τον περασμένο Δεκέμβριο μέχρι τις μέρες μας εξακολουθεί να είναι ανοιχτό, διοχετεύοντας με αυτό τον τρόπο το ρυπογόνο φορτίο της τάφρου ΙΤ από το Ασμάκι διαμέσου της σήραγγας της Κάρλας στην Α΄ Βιομηχανική Περιοχή Βόλου και στη συνέχεια στον Παγασητικό Κόλπο.”*

Το Ασμάκι είναι αποστραγγιστική τάφρος και δέχεται απόβλητα είτε άμεσα είτε έμμεσα. Άμεσα δέχεται τα απόβλητα της βιομηχανίας Χατζηδήμα και σε μερικές περιπτώσεις από τη θεσσαλική Χαρτοποιία. Έμμεσα δέχεται τα απόβλητα όλων των βιομηχανιών της περιοχής που εκβάλλουν στα κανάλια με τελικό αποδέκτη το Ασμάκι ή τα διαθέτουν επιφανειακά, όπως τα χοιροστάσια της περιοχής. Σημαντική επίδραση στη ρύπανση που δέχεται το Ασμάκι έχει και η γεωργική δραστηριότητα με τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα που απορρέουν με τις βροχοπτώσεις.

Η τάφρος του Ασμακίου δέχεται ρυπασμένα νερά και από τον Πηνειό Ποταμό. Η ρύπανση του Πηνειού έχει διαπιστωθεί ότι εντείνεται κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου οι περισσότερες βιομηχανίες τροφίμων αναπτύσσουν την κύρια δραστηριότητά τους, ενώ δέχεται και οικιακά απόβλητα από την πόλη της Λάρισας και ταυτόχρονα ο όγκος του νερού έχει τη χαμηλότερη τιμή του.

Από επίσημες αναλύσεις προέκυψε ότι η κύρια ρύπανση του Ασμακίου προέρχεται από τη βιομηχανική δραστηριότητα. Λόγω της μικρής παροχής του, οποιαδήποτε μαζική απόρριψη αποβλήτων προκαλεί άμεσα τη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου, ειδικά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Το αποτέλεσμα είναι ο θάνατος των

ψαριών. Τα είδη και οι αριθμοί των ψαριών της περιοχής άρχισαν να μειώνονται από τη δεκαετία του 1980. (Gerakis, 1992)

Σε γενικές γραμμές αποτελέσματα μετρήσεων έχουν προσέφεραν τα ακόλουθα συμπεράσματα, όσον αφορά την ποιότητα των νερών του Ασμακίου και του ταμιευτήρα της Κάρλας:

- Η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται από 1.700 έως 8.630 $\mu\text{mhos/cm}$, τιμές ιδιαίτερα υψηλές και ακατάλληλες για νερό άρδευσης και τη διάβρωση κυπρινιδών ψαριών.
- Το διαλυμένο οξυγόνο κυμαίνεται από 28% έως 109%, τιμές ικανοποιητικές για την άρδευση και τη διαβίωση ψαριών.
- Η περιεκτικότητα σε νάτριο είναι υψηλή, όπως επίσης οι συγκεντρώσεις του χλωρίου και των νιτρικών ιόντων. Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) κυμαίνεται από 4-94 mg/L, με όριο για τη διαβίωση των ψαριών τα 25 mg/L.

Η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων, όπως ο χαλκός και ο μόλυβδος που έχουν βιομηχανική προέλευση, είναι ιδιαίτερα αυξημένη, πάνω από τα επιτρεπτά όρια. Επίσης στην είσοδο και την έξοδο της σήραγγας στράγγισης της Κάρλας οι τιμές του BOD₅ και της NH₃ είναι αυξημένες και ακατάλληλες σε πολλές περιπτώσεις για τη διαβίωση των ψαριών. (Γσιακάλου, 2008)

Τέλος, όσον αφορά τις αυξομειώσεις της στάθμης που παρατηρούνται αξίζει να αναφερθεί ότι για τον ταμιευτήρα της λίμνης Κάρλας, η ελάχιστη επιτρεπόμενη στάθμη του νερού για τη διατήρηση του υγροτόπου έχει οριστεί στα +46,4 m απόλυτο υψόμετρο. Αυτό το υψόμετρο αντιστοιχεί σε έναν όγκο νερού 57,01 hm³ αποθηκευμένο στον ταμιευτήρα και επιφάνεια ταμιευτήρα ίση με 34,65 km². (Loukas et al., 2007b)

Ωστόσο, η υπάρχουσα κατάσταση, όπως αυτή αποτυπώνεται στον παρακάτω πίνακα, μαρτυρά ένα ακόμη θεμελιώδες πρόβλημα που συντελεί στην υποβάθμιση του υγροτόπου, καθότι όπως φαίνεται σε καμία περίπτωση η στάθμη αυτή δεν έχει επιτευχθεί.

Πίνακας 11. Μεταβολή της στάθμης και του όγκου της λίμνης Κάρλας για την χρονική περίοδο Μάιος 2011- Μάρτιος 2012 (Κάγκαλου κ.ά., 2012)

Date	X-Στάθμη (m)	Υ-Όγκος ($\times 10^6 \text{ m}^3$)
25/5/2011	46.17	50
27/7/2011	45.8	38
21/9/2011	45.65	30
27/10/2011	45.58	29
7/11/2011	45.55	28.5
11/11/2011	45.6	29.5
18/11/2011	45.6	29.5
25/11/2011	45.6	29.5
5/12/2011	45.6	29.5
12/12/2011	45.6	29.5
30/12/2011	45.65	30
20/1/2012	45.6	29.5
3/2/2012	45.625	29.8
10/2/2012	45.77	35
29/2/2012	45.92	42
2/3/2012	45.93	42
24/3/2012	46.09	45
30/3/2012	46.15	48.5



Εικόνα 18. Μεταβολή της στάθμης και του όγκου της λίμνης Κάρλας για την χρονική περίοδο Μάιος 2011- Μάρτιος 2012 συγκριτικά με τα ελάχιστα επιτρεπόμενα μεγέθη για τη διατήρηση του υδροτόπου.

13. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έχοντας εξετάσει όλες τις παραπάνω μελέτες, οι οποίες περιέχουν επιτόπιες μετρήσεις και εργαστηριακές αναλύσεις, μπορούμε να προβούμε στη διατύπωση ορισμένων συμπερασμάτων για τα αίτια της υποβάθμισης των υδάτων της λίμνης Κάρλας, που εκδηλώθηκε καταφανέστατα κατά τα πρόσφατα περιστατικά θανάτων των ψαριών που επιβιώνουν στα νερά της.

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή του 12^{ου} κεφαλαίου, θάνατοι ψαριών συμβαίνουν σε ευτροφικές λίμνες, όπου επικρατούν υποξικές/ ανοξικές συνθήκες ή σπάνια υψηλές/ χαμηλές θερμοκρασίες και η λίμνη Κάρλα δεν αποτελεί εξαίρεση. Μελέτες έχουν δείξει ότι κατατάσσεται στην ευτροφική/υπερτροφική κατάσταση ($> 25\mu\text{g/l}$ και $> 56 \mu\text{g/l}$ σύμφωνα με OECD και Carlson TDI αντίστοιχα) (Kagkalou et al., 2012). Χαρακτηριστικά διατυπώνεται ότι ακολουθεί το μοτίβο ρηχών μεσογειακών λιμνών με υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου. Το γεγονός αυτό ήταν εν μέρει αναμενόμενο καθώς (εκτός από την απορροή των γειτονικών αγροτικών περιοχών) ο κύριος όγκος του εισερχόμενου για την πλήρωση της λίμνης νερού προέρχεται από τον Πηνειό, η μικρή δυναμικότητα του οποίου στο να απορροφήσει τις κάθε είδους απορρίψεις (ανεπεξέργαστα λύματα από εργοστάσια της περιοχής της Λάρισας, επιβάρυνση των καναλιών με αστικά απόβλητα, γεωργικές εκπλύσεις και εισροή αποβλήτων χοιροτροφείων) σε συνδυασμό με το αποσπασματικό υδρολογικό καθεστώς του ποταμού, δημιουργεί προβλήματα ποιότητας των νερών καθ' όλο το μήκος του. Η εισροή οργανικής ύλης είναι υψηλή, με τα αλλόχθονα ιζήματα που εισρέουν στον υγρότοπο να είναι υψηλά, επηρεάζοντας τη συσσώρευση ιζημάτων στον ταμιευτήρα, καθότι λόγω του καθεστώτος πλήρωσης η απορροή από τη λίμνη είναι περιορισμένη, συντείνοντας στην υποβάθμισή του. Την ίδια στιγμή εκτιμήσεις για την εξωτερική τροφοδοσία της λίμνης με φώσφορο από τη λεκάνη απορροής αναφέρουν ότι είναι πολύ υψηλότερη από την «κρίσιμη» τιμή η οποία προκαλεί ευτροφικές συνθήκες σε μια ρηχή λίμνη (μέσου βάθους περίπου 5m) με τα νιτρικά να παρουσιάζονται επίσης αυξημένα.

Η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων, όπως ο χαλκός και ο μόλυβδος που έχουν βιομηχανική προέλευση, είναι ιδιαίτερα αυξημένη, πάνω από τα επιτρεπτά όρια. Επίσης στην είσοδο και την έξοδο της σήραγγας στράγγισης της Κάρλας οι τιμές του BOD₅ και

της NH_3 είναι αυξημένες και ακατάλληλες σε πολλές περιπτώσεις για τη διαβίωση των ψαριών.

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.

Η εντατική καλλιέργεια των εδαφών κατά την περίοδο αποξήρανσης με την χρησιμοποίηση μεγαλύτερων ποσοτήτων γεωργικών φαρμάκων και λιπασμάτων έχει μεταβάλει την οικολογία της περιοχής. Η αποστέρηση της λίμνης και της περιοδικής πλημμύρας των εδαφών σημαντικά ευρύτερης περιοχής, έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή της μικροβιολογίας του εδάφους. Η απώλεια χουμικών ενώσεων και η μεταβολή του δραστικού τμήματος του εδαφικού μανδύα, εμποδίζει τους φυσικούς κύκλους αζώτου και φωσφόρου και επηρεάζει τον κύκλο του άνθρακα.

Εν τω μεταξύ έχει διατυπωθεί ότι η πιο σημαντική παράμετρος σε μια λίμνη που βρίσκεται υπό καθεστώς επαναπλήρωσης είναι η στάθμη του νερού. Συγκεκριμένα για τη λίμνη Κάρλα η ελάχιστη επιτρεπόμενη στάθμη του νερού για τη διατήρηση του υγροτόπου έχει οριστεί στα +46,4 m απόλυτο υψόμετρο. Η στάθμη αυτή όχι μόνο δεν έχει επιτευχθεί, αλλά οι αυξομειώσεις της που έχουν καταγραφεί είναι σε πολλές περιπτώσεις μεγάλες, με σημαντικές επιπτώσεις στην οικολογία και λειτουργία της λίμνης αλλά και τη θολότητα των νερών. Οι απότομες διακυμάνσεις της στάθμης του νερού έχουν αναφερθεί πως συντελούν σε μεγάλο βαθμό σε περιστατικά θανάτων αντίστοιχα των παρατηρηθέντων στην Κάρλα, όπου η διακύμανση της στάθμης και έκτασής της είναι ξεκάθαρο χαρακτηριστικό της λόγω της γεωμορφολογίας της περιοχής. Μείωση της στάθμης του νερού εξαιτίας ξηρασίας και αύξηση του χρόνου παραμονής του νερού μπορεί να παρέχει μεγαλύτερη επαφή με το ίζημα, που μπορεί να ενισχύσει την εσωτερική απελευθέρωση των θρεπτικών ουσιών, όπως ο φώσφορος. Πτώση της στάθμης των υδάτων ευνοεί κυανοβακτήρια σε σχέση με άλλα είδη φυκών σε πολλές ρηχές μεσογειακές λίμνες.

Ακόμα, προβληματισμό προκάλεσαν και τα υψηλά επίπεδα αγωγιμότητας, αλατότητας και pH στη λίμνη. Αλκαλικό νερό προκαλεί την άμεση, δραματική αναστολή της έκκρισης αμμωνίας και την επακόλουθη αύξηση της αμμωνίας στο πλάσμα. Τα αυξημένα επίπεδα αμμωνίας στο σώμα είναι τοξικά για τα ψάρια επομένως και δυνητικά θανατηφόρα. Παράλληλα, η αλατότητα έχει ισχυρές επιπτώσεις για την οικολογική κατάσταση στο ότι οι αλμυρές λίμνες τείνουν να εμφανίζουν περισσότερα

συμπτώματα ευτροφισμού (η αλατότητα μπορεί να περιορίσει την παρουσία αποτελεσματικών βοσκητών) και θολά νερά από τις λίμνες γλυκού νερού σε παρόμοια επίπεδα θρεπτικών ουσιών. Αυξημένες τιμές αλατότητας και αγωγιμότητας, όπως αυτές που επικρατούν στην Κάρλα, ενισχύουν την εσωτερική ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών και επηρεάζουν τις κοινότητες. Αυτό ευνοεί τον ευτροφισμό και ιδιαιτέρως κρούσματα μη βρώσιμων και πιθανώς τοξικών φυκών.

Η εμφάνιση μαζικών ανθίσεων στο νερό έχει καταστεί ένα παγκόσμιο πρόβλημα που συμπίπτει με τον ευτροφισμό των υδάτινων οικοσυστημάτων. Όπως διατυπώθηκε ανωτέρω (ενότητα 12.2), σύμφωνα και με τη Δρ Sue Turner, τα περιστατικά άνθισης φυκών είναι από τα πιο σημαντικά αίτια μαζικών θανάτων ψαριών. Για το λόγο αυτό και πολλές μελέτες έχουν επικεντρώσει την προσοχή τους στη διερεύνηση τέτοιων ανθίσεων και ύπαρξης διαφόρων παρασιτικών και/ή τοξικών μικροοργανισμών, που ευθύνονται για το σχηματισμό παρατεταμένων ανθίσεων στο νερό.

Επιπροσθέτως, οι εργαστηριακές αναλύσεις των μελετών για την υποβάθμιση της λίμνης Κάρλας που παρατίθενται παραπάνω, ανέδειξαν την εκτεταμένη παρουσία μικροκυστινών (τοξίνες) που παράγονται από φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς. Κυανοβακτήρια του γένους *Anabaena* και *Anabaenopsis*, που είναι ιδιαιτέρως τοξινοπαραγωγά, και άλλοι δυνητικά τοξικοί οργανισμοί ανιχνεύθηκαν και ταυτοποιήθηκαν από τους επιστήμονες στα νερά της λίμνης, κατά την περίοδο εμφάνισης θανάτων των ψαριών και συνδέθηκαν με τα περιστατικά αυτά. Σημαντική επίσης, ήταν και η συνύπαρξη δύο ιδιαιτέρως ιχθυοτοξικών μικροοργανισμών, του απόφυκου *Prymnesium parvum* και *Pfiesteria piscicida*, η παρουσία των οποίων ευνοείται από τα αυξημένα επίπεδα αλατότητας και pH που επικρατούν στη λίμνη.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να υπογραμμιστεί το γεγονός ότι κάποιοι από τους μικροοργανισμούς που αναγνωρίστηκαν και ταυτοποιήθηκαν στα νερά της λίμνης Κάρλας είχαν ήδη βρεθεί στην πολύ υποβαθμισμένη λίμνη Κορώνεια και είναι ενδεικτικά υπερευτροφικών οικοσυστημάτων που δέχονται υψηλές συγκεντρώσεις ανόργανων θρεπτικών αλάτων. Το παράδειγμα της λίμνης Κορώνειας δεν είναι καθόλου τυχαίο, καθώς παρουσιάζει σημαντικές ομοιότητες στα φυσικά χαρακτηριστικά (διακυμάνσεις σε στάθμη και όγκο, μικρό βάθος, αυξημένες θερμοκρασίες και επίπεδα αλατότητας) και είναι ιδιαίτερα επιβαρυνόμενη από τις εισροές αλατούχων λυμάτων παρακείμενων βαφείων, βιομηχανικών ρύπων, λυμάτων πόλης και γεωργικών αποβλήτων, που έχουν συντείνει στο φαινόμενο του ευτροφισμού.

Παραδείγματα άλλων λιμνών με προβλήματα τοξικότητας παρατέθηκαν στην αρχή του 12^{ου} κεφαλαίου (ενότητα 12.1) για να υποστηριχθεί περαιτέρω η διατύπωση υποβάθμισης των νερών παρουσία τοξινοπαραγωγών φυτοπλαγκτονικών οργανισμών (κυανοβακτηρίων), η οποία είναι συνυφασμένη με το φαινόμενο του ευτροφισμού, και οδηγεί στην επικράτηση δυσμενών συνθηκών για την υδρόβια ζωή και όχι μόνο.

Η περίοδος των περιστατικών εμφάνισης θανάτων των ψαριών στη λίμνη Κάρλα (άνοιξη έως αρχές φθινοπώρου) μόνο τυχαία δεν θεωρείται βέβαια. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η αύξηση θερμοκρασίας είναι πιθανό να επιδεινώσει κάποια συμπτώματα ευτροφισμού. Η ελάττωση του διαλυμένου O₂ και ανάπτυξη αναερόβιων ζωνών και παραγωγή H₂S στο νερό και στον πυθμένα αποτελούν σοβαρή αιτία εμφάνισης θνησιμότητας της ιχθυοπανίδας. Βέβαια, αρκετές φορές τα επίπεδα DO στα νερά της λίμνης Κάρλας έχουν βρεθεί ικανοποιητικά για τη διαβίωση των ψαριών. Επιπρόσθετα, έρευνες σε υδάτινα συστήματα (Βραζιλία) έχουν δείξει ότι όταν η περίοδος των βροχών ξεκινά, οι πρώτες βροχές αυξάνουν την εκροή του ποταμού και της λεκάνης απορροής, προκαλώντας μια διέγερση των ιζημάτων και απελευθέρωση τοξικών αερίων, ένα υποπροϊόν της ζύμωσης της συσσωρευμένης οργανικής ύλης. Ταυτόχρονα, όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, οι πρώτες καταρρακτώδεις βροχές φέρνουν υψηλά φορτία από φερτά υλικά, καθώς και ρύπους, μερικά από τα οποία μπορούν να προκαλέσουν θνησιμότητα ψαριών. Την άνοιξη, όταν οι βροχοπτώσεις είναι μικρής διάρκειας δεν γίνεται μεγάλη αραίωση, ενώ τότε γίνονται οι περισσότεροι ψεκασμοί στις παρακείμενες καλλιεργούμενες εκτάσεις περιμετρικά της λίμνης. Εν τω μεταξύ, οι υψηλές θερμοκρασίες συντελούν στην ανάπτυξη των επικίνδυνων τοξινοπαραγωγών οργανισμών, οι ανθίσεις των οποίων είναι ικανές να επιμείνουν από την άνοιξη έως τα τέλη φθινοπώρου. Παράλληλα, όπως διατυπώνεται ανωτέρω (ενότητα 12.3), ο ρυθμός απελευθέρωσης φωσφόρου από τα ιζήματα της λίμνης επιταχύνεται από τις υψηλές θερμοκρασίες και το μικρό βάθος του πυθμένα της λίμνης, ενώ ιδιαίτερα υψηλή απελευθέρωση φωσφόρου από μακρόφυτα έχει αναφερθεί το φθινόπωρο και νωρίς την άνοιξη, χρονική περίοδος που το ποσοστό θανάτου των μακροφύτων είναι υψηλό. Τέλος, η ρύπανση του Πηνειού έχει διαπιστωθεί ότι εντείνεται κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου οι περισσότερες βιομηχανίες τροφίμων αναπτύσσουν την κύρια δραστηριότητά τους, ενώ δέχεται και οικιακά απόβλητα από την πόλη της Λάρισας και ταυτόχρονα ο όγκος του νερού έχει τη χαμηλότερη τιμή του.

Εν κατακλείδι, το τρίπτυχο αυξημένη αλατότητα – χαμηλή στάθμη – αυξημένη εισροή θρεπτικών, σε συνδυασμό με τις αυξημένες τιμές pH και αγωγιμότητας που έχουν καταγραφεί, έχει οδηγήσει στην επικράτηση δυσμενών συνθηκών για τη διαβίωση της ιχθυοπανίδας στη λίμνη Κάρλα. Οι ευτροφικές συνθήκες και περεταίρω η εμφάνιση συχνών εκρηκτικών ανθίσεων φυκών έχουν οδηγήσει στην περιοδική εμφάνιση τοξινοπαραγωγών κυανοβακτηρίων και άλλων τοξικών και/ ή δυνητικά τοξικών οργανισμών στα νερά της λίμνης.

Βέβαια, πρέπει να αναφερθεί και το γεγονός ότι η αύξηση του οργανικού υλικού σε ένα νέο ταμειυτήρα, όπως είναι η λίμνη Κάρλα, οφείλεται στη μεταφορά οργανικού υλικού από το έδαφος κατά την πλήρωση της λεκάνης με νερό και αναμένεται να είναι υψηλότερη στην αρχή της επαναπλήρωσης, επομένως κρίνεται απαραίτητο να συνεχιστούν οι μετρήσεις, ώστε σε βάθος χρόνου να υπάρχουν δεδομένα που θα προσφέρονται άμεσα για συγκρίσεις τιμών.

Στη συνέχεια, παρατίθενται μέτρα πρόληψης της ρύπανσης και αποκατάστασης της λίμνης, όπως αυτά έχουν κατά καιρούς προταθεί για λίμνες με υποβαθμισμένη ποιότητα νερών.

14. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Για να χρησιμοποιηθεί μια συγκροτημένη στρατηγική για την εξυγίανση μιας λίμνης, πρέπει να εξεταστεί η κατηγορία της λίμνης, η πηγή των ρυπογόνων ουσιών και ο σκοπός για τον οποίο η λίμνη πρέπει να χρησιμοποιείται σε σχέση με τις τοπικές συνθήκες. Σε όλα αυτά τα σημεία πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στη διατήρηση των οικολογικών χαρακτηριστικών της λίμνης.

Για την προστασία των λιμνών, των βιολογικών τους πόρων και της ποιότητας των νερών τους, ιδιαίτερη σημασία θα πρέπει να δοθεί σε έργα αποχέτευσης (πχ δημιουργία ξεχωριστού συστήματος διευθέτησης για τα όμβρια ύδατα και για τα λύματα - χωριστικό σύστημα) και εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και αποβλήτων των παραλίμνιων οικισμών και των μεταποιητικών μονάδων επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων. Επίσης, διάχυση του θερμού νερού βιομηχανικών μονάδων σταδιακά και σε πολλαπλά σημεία ή χρήση εναλλακτικών τρόπων ψύξης (ξηρή ψύξη). Ακόμα, η βελτιστοποίηση της γεωργικής παραγωγής με ήπιες και συμβατές με το φυσικό περιβάλλον πρακτικές, η διατήρηση της στάθμης των λιμνών σε φυσιολογικά

επίπεδα, η εξασφάλιση της συνέχειας του νερού στα ρέματα που τροφοδοτούν τις λίμνες, χωρίς την παρεμβολή τεχνικών έργων που εμποδίζουν τις μετακινήσεις των οργανισμών και την ενίσχυση της ποικιλίας των φυσικών ενδιαιτημάτων με την ορθολογική διαχείριση των καλαμώνων και του υδάτινου συστήματος είναι από τα μέτρα που θα πρέπει να προωθηθούν για το περιβάλλον και τη βιοποικιλότητα. (Κουσουρής, 1995).

Πιο αναλυτικά μερικά από τα μέτρα που μπορούν να ληφθούν για την αντιμετώπιση του ευτροφισμού είναι τα εξής:

Ο περιορισμός ή η αντικατάσταση των φωσφορικών στα απορρυπαντικά. Τα φωσφορικά υπάρχουν στα περισσότερα απορρυπαντικά και παίζουν το ρόλο του αποσκληρυντικού (Κούγκολος, 2007). Μέσω του αποχετευτικού συστήματος και κυρίως του δικτύου των όμβριων υδάτων, καταλήγουν στους υδατικούς αποδέκτες. Ο περιορισμός ή ακόμη και η πλήρης απαγόρευση των φωσφορικών αλάτων στα απορρυπαντικά εφαρμόζεται σε πολλές χώρες και είναι ένα μέτρο για τον καθολικό περιορισμό του φαινομένου του ευτροφισμού σε όλα τα επιφανειακά ύδατα. Αυτό όμως, οδηγεί σε άλλες ενώσεις για την αποσκληρυνση του νερού που χρησιμοποιούνται στα απορρυπαντικά, οι οποίες μπορεί επίσης να έχουν ανεπιθύμητες ενέργειες όσον αφορά τη ρύπανση των υδάτων και ιδιαίτερα του πόσιμου νερού.

Οι εκροές από σημειακές πηγές φωσφόρου μπορούν να αντιμετωπιστούν με διάφορους τρόπους. Μπορούν να αντληθούν σε γειτονικές λεκάνες απορροής, ή να εκτραπούν στην εκροή της λίμνης ή να υποβληθούν σε Τριτογενή καθαρισμό, δηλαδή σε προηγμένες διαδικασίες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Ένα πρόβλημα με αυτές τις μεθόδους τίθεται από τις υπερχειλίσεις του βρόχινου νερού, τις περιόδους των ισχυρών βροχοπτώσεων, το οποίο καταλήγει στη λίμνη και δεν είναι δυνατό να αντιμετωπιστεί. Για το λόγο αυτό, δημιουργήθηκε ένα ξεχωριστό σύστημα διεύθεσης για τα όμβρια ύδατα και για τα λύματα (χωριστικό σύστημα), έτσι ώστε τα πλούσια σε φωσφορικά άλατα λύματα, να μπορούν να αντιμετωπιστούν ανεξάρτητα, σε συστήματα αποχέτευσης με προχωρημένη επεξεργασία λυμάτων και χωρίς τις δυσμενείς συνέπειες από τις κυμαινόμενες βροχοπτώσεις. Το νερό της βροχής συλλέγεται σε μια λεκάνη, έτσι ώστε τα σωματίδια να ιζηματοποιούνται πριν το νερό απελευθερωθεί στο ποτάμι (Λέκκας, 1996.)

Επίσης η χρήση των λιπασμάτων πρέπει να γίνεται με μέτρο, ώστε να αποφεύγεται υπερλίπανση των εδαφών που οδηγεί με τη σειρά της σε περεταίρω περιβαλλοντικές πιέσεις, που οφείλονται σε ρύπανση των επιφανειακών υδάτων μέσω

της έκπλυσης των εδαφών. Σε αυτό συντελεί και η διοχέτευση των καναλιών αποστράγγισης, από τα χωράφια, σε κλειστούς υδατικούς αποδέκτες, όπως είναι οι λίμνες και οι κλειστές θάλασσες, ενώ το ορθό θα ήταν να διοχετεύονται σε ανοικτή θάλασσα, ώστε να διαχέονται και να μειώνεται η συγκέντρωσή τους. (Κούγκολος, 2007)

Ένα άλλο μέτρο είναι η απομάκρυνση της ιλύος της λίμνης, ώστε να μην επαναδιαλυθούν τα φωσφορικά που υπάρχουν σε αυτή. Τα φωσφορικά άλατα έχουν συνήθως χαμηλή διαλυτότητα στο νερό και μέσω της καθίζησης επικάθονται στην ιλύ του πυθμένα (Κούγκολος, 2007). Έτσι το πρόβλημα υπάρχει ακόμα και στις περιπτώσεις που κάτι τέτοιο δεν είναι εύκολα εμφανές. Με την τροφοδοσία της λίμνης με νερό αυτά αναμοχλεύονται και επαναδιαλύονται με αποτέλεσμα το πρόβλημα να διογκώνεται. Το μέτρο, βέβαια, αυτό δεν ενδείκνυται όταν τα ιζήματα έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε φωσφορικά και άλλα θρεπτικά, αφού υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να γίνει μεταφορά τους στην υδάτινη στήλη.

Επιπρόσθετα, στον σημαντικό περιορισμό του φαινομένου του ευτροφισμού, προτείνεται συχνά η μείωση της βιομάζας με τεχνητά μέσα (αφαίρεση των υδρόβιων φυτών), καθώς καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες οξυγόνου για τη βιολογική τους αποικοδόμηση και έπειτα η εκβάθυνση της λίμνης και ο τεχνητός αερισμός της στο υπολίμνιο, ώστε να τροφοδοτηθεί με οξυγόνο το νερό κάτω από την επιφάνειά της (Λούκας, 2007). Στην περίπτωση της λίμνης Κάρλας, όπου δεν υπάρχουν μακρόφυτα ούτε μακροφύκη, και η πρωτογενής βιομάζα της είναι σχεδόν αποκλειστικά φυτοπλαγκτικής προέλευσης (γι' αυτό άλλωστε είναι τόσο εύτροφη) δεν απαιτείται η εφαρμογή κάποιου τέτοιου μέτρου.

Η μείωση της βιομάζας μπορεί να γίνει και με άλλα μέσα βιοδιαχείρισης, όπως είναι η πρόσθεση ειδικών φυτοφάγων ψαριών στην ευτροφική λίμνη. Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμοσθεί στη λίμνη των Ιωαννίνων με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Υπήρξαν όμως και αρνητικές παρενέργειες, όπως η αλλαγή της σύνθεσης των υδρόβιων οργανισμών με τα εισαγόμενα ψάρια να επικρατούν σε βάρος των αυτόχθονων. (Κούγκολος, 2007) ενώ μπορεί να εμφανιστεί ακόμα και έκλυση φωσφόρου στην υδάτινη στήλη από δραστηριότητα βενθικών ψαριών.

Μία ακόμη μέθοδος είναι ο εμπλουτισμός της λίμνης με καθαρό νερό, φτωχό σε θρεπτικά συστατικά, με σκοπό την αραιώση του επιβαρυσμένου με θρεπτικά νερού. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στην Κορώνεια μελετάται η μεταφορά νερού από τον Αξιό ή από το Στρυμόνα ποταμό. Η μέθοδος αυτή όμως, εκτός από το ότι έχει τεράστιο

κόστος, μπορεί να οδηγήσει και σε αλλαγή της οικολογικής ισορροπίας σε άλλες περιοχές, όπως στο δέλτα του ποταμού από όπου θα μεταφερθεί το νερό, καθώς θα μειωθεί ο όγκος του νερού που καταλήγει εκεί με όποιες επιπτώσεις θα έχει κάτι τέτοιο στο οικοσύστημα της περιοχής. (Λουκάς, 2007a).

Αξίζει να αναφερθεί και ο ρόλος της παρόχθιας βλάστησης και των νερού-αέρα μεταβατικών ζωνών στην οξυ-μείωση και τις διεργασίες ανακύκλωσης θρεπτικών (Barrella et al., 2003).

Τέλος, επειδή ο προσδιορισμός των επιπέδων ρύπανσης μέσω της μέτρησης μόνο των χημικών παραμέτρων παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα (η ανίχνευση ρύπων σε μικρές συγκεντρώσεις είναι συχνά δύσκολη και δαπανηρή, η συνδυαστική δράση των ρύπων σε ζωντανούς οργανισμούς δεν μπορεί να ποσοτικοποιηθεί, η δυνατότητα βιοσυσσώρευσης και βιοδιαθεσιμότητας επίσης δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια), για την ολοκληρωμένη αποτίμηση της ποιότητας των νερών προτείνεται παράλληλα με τις προαναφερθείσες χημικές αναλύσεις διεξαγωγή οικοτοξικολογικών δοκιμών (με καταγραφή της θνησιμότητας ή της αναστολής βασικών λειτουργιών επιλεγμένων οργανισμών – δεικτών κατά την έκθεσή τους στους ρύπους). (Κούγκολος κ.ά., 2012)

15. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ





Αεροφωτογραφία λίμνης Κάρλας (<http://hellasga.com/gallery/>, George Xenopoulos, Album: Central Greece, Sun 14 Jan 2007)



Ζωή στη λίμνη Κάρλα (<http://www.agelioforos.gr>)



Θάνατος Ψαριών στη λίμνη Κάρλα, Δεκέμβριος 2010 (<http://www.zougla.gr>)

16. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διεθνής Βιβλιογραφία

- Ananiadis C.I. (1956) 'Limnological study of Lake Karla', *Bull.Inst. Océanogr.*, **1083**, 1-19.
- Barrella W. and Petreire M.Jr (2003) 'Fish community alterations due to pollution and damming in Tiete and Paranapanema rivers(Brazil)', *River Research and Applications*, **19** (1) 59-76.
- Beklioglu M., Romo S., Kagalou I., Quintana X. and Becares E. (2007) 'State of the art in the functioning of shallow Mediterranean lakes: workshop conclusions', *Hydrobiologia*, **584** (1) 317-326.
- Beklioglu M., Meerhoff M., Sondergaard M. and Jeppesen E. (2011) 'Eutrophication and Restoration of Shallow Lakes from a Cold Temperate to a Warm Mediterranean and a (Sub) Tropical Climate', στο A.A. Ansari, S.S. Gill, G.R. Lanza and W. Rast (eds.), *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*, Springer Netherlands, 2011 edition, XIII, 394p.
- Bronmark C. and Hansson L.-A. (2005) *The Biology of Lakes and Ponds*, Oxford, UK: Oxford University Press, 2nd edition.
- Cao C., Zheng B., Zhenlou C., Huang M. and Zhang J. (2011) 'Eutrophication and algal blooms in channel type reservoirs: A novel enclosure experiment by changing light intensity', *Journal of Environmental Sciences*, **23**(10): 1660–1670.
- Carter R.W.G. (1988) *Coastal environments: An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*, London: Academic Press.
- Codd G.A. (2000) 'Cyanobacterial toxins, the perception of water quality, and the prioritisation of eutrophication control', *Ecological Engineering*, **16** (1): 51-60.
- Coops H., Beklioglu M. and Crisman T.L. (2003) 'The role of water-level fluctuations in shallow lake ecosystems – workshop conclusions', *Hydrobiologia*, **506-509** (1-3) 23-27.
- Das S.K. and Chakrabarty D. (2007) 'The use of fish community structure as a measure of ecological degradation: A case study in two tropical rivers of India', *BioSystems*, **90** (1) 188-196.
- Ferreira J.G., Andersen J.H., Borja A., Bricker S.B., Camp J., Cardoso da Silva M., Garces E., Heiskanen A.-S., Humborg C., Ignatiades L., Lancelot C., Menesguen A.,

- Tett P., Hoepffner N. and Claussen U. (2011) ‘Overview of Eutrophication indicators to assess environmental status within the European Marine Strategy Framework Directive’, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **93** (2) 117-131.
- Genitsaris S., Kormas K. Ar. and Moustaka-Gouni (2009) ‘Microscopic eukaryotes living in a dying lake (Lake Koronia, Greece)’, *FEMS Microbiology Ecology*, **69** (1): 75–83.
- Gerakis P.A. (1992) *Conservation and Management of Greek Wetlands*, IUCN – The World Conservation Union.
- Greeson, P.E., Clark J.R. and Clark J.E. (1979) *Wetland functions and values: the state of our understanding*, Minneapolis, Minnesota: American Water Resources Association.
- Gunderson L.H., Pritchard L. Jr. (2002) *Resilience and the Behavior of Large-Scale Systems*, SCOPE, Washington: Island Press.
- Heisler J., Glibert P.M., Burkholder J.M., Anderson D.M., Cochlan W., Dennison W.C., Dortch Q., Gobler C.J., Heil C.A., Humphries E., Lewitus A., Magnien R., Marshall H.G., Sellner K., Stockwell D.A., Stoecker D.K. and Suddleson M. (2008) ‘Eutrophication and harmful algal blooms: A scientific consensus’, *Harmful Algae*, **8** (1): 3-13.
- Ishida C.K., Kelly J.J. and Gray K.A. (2006) ‘Effects of variable hydroperiods and water level fluctuations on denitrification capacity, nitrate removal, and benthic-microbial community structure in constructed wetlands’, *Ecological Engineering*, **28** (4) 363-373.
- Laspidou C.S., Liakopoulos A. and Vaina V. (2006) ‘Mathematical Modeling and Simulation of Primary Productivity in the Constructed Wetland of Carla, Greece’, *International Conference “Protection and Restoration of Environment VIII”*, Chania, Crete, July 3-7.
- Laspidou C.S., Vaina V. and Liakopoulos A. (2008) ‘A detailed ecosystem model of phosphorus dynamics in the constructed wetland Carla in Central Greece’, *Proceedings of the Protection and Restoration of the Environment IX*, Kefalonia, Greece, 29 June - 3 July.
- Laspidou C.S. and Vaina V. (2009) ‘Ecosystem modeling of sediment dynamics in the constructed wetland Carla in Central Greece’, *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, **3** (4):273-280.

- Loukas A., Mylopoulos N., Vasiliades L., Tarnana H., Polykretis J., Dimitriou A. (2005a) 'Sustainable water resources management in Pinios River and lake Karla basins, Thessaly, Greece', *Proceedings of the 6th International Conference "Sharing a common vision for our water resources"*, September 7-10, Menton, 1-20.
- Loukas A., Kolokytha E., Mylopoulos N., Vasiliades L., Mentis A. and Mylopoulos Y. (2006) 'Policy options through water conservation in agriculture in Thessaly area', *International Conference "Protection and Restoration of Environment VIII"*, Chania, Crete, July 3-7, e-proceedings.
- Loukas A., Mylopoulos N. and Vasiliades L. (2007b) 'A Modeling System for the Evaluation of Water Resources Management Strategies in Thessaly, Greece', *Water Resources Management*, **21** (10) 1673-1702.
- Lundberg C. (2013) 'Eutrophication, risk management and sustainability. The perceptions of different stakeholders in the northern Baltic Sea', *Marine Pollution Bulletin*, **66** (1-2) 143-150.
- Maltby, E., Hughes, R., Newbold, C. (1989) 'The dynamics and functions of coastal wetlands of the Mediterranean type', *Commission of the European Communities, Directorate General XI, Environment*, 112.
- Michaloudi E., Moustaka-Gouni M., Gkelis S., and Pantelidakis K. (2009) 'Plankton community structure during an ecosystem disruptive algal bloom of *Prymnesium parvum*', *Journal of Plankton Research*, **31** (3), 301–309.
- Moustaka E., Mylopoulos N., Loukas A. (2002) 'Assessment of the restored lake Karla operation under different hydrological and water demand scenarios', *Proceedings of the International Conference "Protection and Restoration of the Environment VI"*, July 1-5, Skiathos, 207-216.
- Moustaka-Gouni M., Cook C.M., Gkelis S., Michaloudi E., Pantelidakis K., Pyrovetsi M. and Lanaras T. (2004) 'The coincidence of a *Prymnesium parvum* bloom and the mass kill of birds and fish in Lake Koronia', *HARMFUL ALGAE NEWS*, **26**, 1-2.
- Oikonomou A., Katsiapi M., Berillis P., Moustaka-Gouni M., Kormas K. Ar. (2010) 'Microbial gangs are taking over the water column of a reconstructed lake', *Proceedings of the 14th International Conference on Harmful Algae*, Greece, Crete, November 1-5.
- Oikonomou A., Katsiapi M., Karayanni H., Moustaka-Gouni M. and Kormas Ar. K. (2012) 'Plankton Microorganisms Coinciding with Two Consecutive Mass Fish Kills in a Newly Reconstructed Lake', *The Scientific World Journal*, **Volume 2012**, 1-14.

- Papadimitriou Th, Kagalou I., Bacopoulos V., Leonardos I. D. (2010) ‘Accumulation of Microcystins in Water and Fish Tissues: An Estimation of Risks Associated with Microcystins in Most of the Greek Lakes’, *Environmental Toxicology*, **25** (4): 418–427.
- Papadimitriou Th., Stampouli Z. and Kagalou If. (2011) ‘Preliminary results on the cyanotoxicity in the “new” lake Karla (Thessaly – Greece)’, *Proceedings of the 12th International Conference on Environmental Science and Technology*, 8-10 September, Rhodes, 1416-1423.
- Perakis K., Papadelis G., Athanasiadis P., Makri S., Makris E., Patouna A. (2012) ‘Integrated Local Pilot Development Plan for the Protected Area of Karla Lake’, *Project: Creative sustainable management, territorial compatible marketing and environmental education To Be Parks*, Editor: Unit of Computer Science Applications in Spatial Planning, Department of Planning and Regional Development, School of Engineering, University of Thessaly.
- Petalas C., Pisinaras V., Koltsida K. and Tsihrintzis V.A. (2005) ‘The hydrological regime of the east basin of Thessaly, Greece’, *Proceedings of the 9th International Conference on Environmental Science and Technology*, Rhodes Island, Greece, 1-5 September 2005.
- Reed S.C., Crites R.W., Middlebrooks E.J. (1995), *Natural systems for waste management and treatment, 2nd edition*, McGraw Hill, Inc., NY, USA.
- Scott D.M., Lucas M.C. and Wilson R.W. (2005) ‘The effect of high pH on ion balance, nitrogen excretion and behavior in freshwater fish from an eutrophic lake: A laboratory and field study’, *Aquatic Toxicology*, **73** (1) 31-43.
- Sidiropoulos P., Folia S., Mylopoulos N. and Loukas A. (2008) ‘A coupled surface hydrology-lake-groundwater modeling framework for the Lake Karla basin’, *8th International Conference of Protection and Restoration of the Environment*, Kefalonia, Greece, 29 June - 3 July 2008.
- Smith V.H., Tilman G.D. and Nekola J.C. (1999) ‘Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems’, *Environmental Pollution*, **100** (1-3) 179–196.
- Wilson M.A. and Carpenter S.R. (1999) ‘Economic Valuation of Freshwater Ecosystem Services in the United States: 1971-1997’, *Ecological Applications*, **9** (3), 772-783.

- Wichert G.A. and Rapport D.J. (1998) 'Fish Community Structure as a Measure of Degradation and Rehabilitation of Riparian Systems in an Agricultural Drainage Basin', *Environmental Management*, **22** (3) 425-443.
- Zalidis G. C., Takavakoglou V., Panoras A., Bilas G., Katsavouni S. (2005) 'Re-Establishing a Sustainable Wetland at Former Lake Karla, Greece, Using Ramsar Restoration Guidelines', *Environmental Management*, **34** (6), 875-886.

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

- Βαβίζος Γ., Βερροϊόπουλος Γ., Bendali Fr. (2008) *Εγχειρίδιο Μελέτης του Φυσικού Περιβάλλοντος*, Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- Γκατζιούρα Α., Κάγκαλου Ι., Λασπίδου Χ. και Λουκάς Α. (2012) 'Ανάλυση πιέσεων στη «νέα» λίμνη Κάρλα με τη μεθοδολογία DPSIR', *1ο Περιβαλλοντικό Συνέδριο Θεσσαλίας*, Σκιάθος, 8-10 Σεπτεμβρίου 2012
- Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων – Υγροτόπων, 'Ελληνικοί Υγρότοποι', Available from: http://www.ekby.gr/ekby/el/EKBY_Greek_Wetlands_el.html [Last accessed 30 May 2012].
- Ζουραράκη, Ε. (2002). 'Σχεδιασμός και Λειτουργία Τεχνητών Υγροβιότοπων Επεξεργασίας Λυμάτων', Μεταπτυχιακή διατριβή, Εκδ. Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης.
- Θωμαΐδου Β. (2009) 'Σχέδιο ολοκληρωμένων παρεμβάσεων σε υγροτόπους, η περίπτωση της Λίμνης του Άγρα', Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Αγρονόμων – Τοπογράφων Μηχανικών.
- Κάγκαλου Ι., Κορμάς Κ. και Λασπίδου Χ. (2012) 'Εκτίμηση της πίεσης ευτροφισμού στην υπο-ανασύσταση λίμνη Κάρλα: Είναι εφικτή η «καλή οικολογική κατάσταση» μέχρι το 2015;', *2ο κοινό συνέδριο EYE-ΕΕΔΥΠ*, Πάτρα, 11-13 Οκτωβρίου.
- Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας, 'Χρήσεις των εσωτερικών υδάτων, προβλήματα και τρόποι αντιμετώπισης', Available from: http://www.kee.gr/perivallontiki/teacher4_7.html [Last accessed 30 May 2012].
- Κορμάς Κ. Αρ., Μουστάκα-Γούνη Μ., Κάγκαλου Ιφ., Βερίλλης Π. και Καραγιάννη (2011) 'Η (επανα) γέννηση της Λίμνης Κάρλας', Κοινοφελές Ίδρυμα Ιωάννη Σ. Λάτση, Πρόγραμμα Επιστημονικών Μελετών 2011.

- Κορμάς, Κ. Αρ., 'Ερευνητικές Εργασίες στη λίμνη Κάρλα', Available from: <https://sites.google.com/site/lakekarla/> [Last accessed: 12 January 2012].
- Κούγκολος, Α. (2007) *Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.
- Κούγκολος Α., Τσιρίδης Β., Πεταλά Μ., Εμμανουήλ Χ., Κηπουρός Σ., Μανάκου Β. και Νταρακάς Ε. (2012) 'Οι οικοτοξικολογικές αναλύσεις ως εργαλείο για την παρακολούθηση ευαίσθητων υδάτινων οικοσυστημάτων', 1^ο *Περιβαλλοντικό Συνέδριο Θεσσαλίας*, Σκιάθος, 8-10 Σεπτεμβρίου 2012.
- Κουσουρής, Θ., Αθανασάκης, Α.(1992) *Περιβάλλον Οικολογία Εκπαίδευση*, Αθήνα : Σαββάλας.
- Κουσουρής, Θ. (1995) 'Δομή και διαχείριση εσωτερικών υδάτων', Διδακτικές σημειώσεις Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Λέκκας, Θ. (1996) *Περιβαλλοντική Μηχανική Ι, Διαχείριση Υδατικών Πόρων*, Αθήνα: Εκδόσεις Κόσμος ΠΕΜΕΡ.
- Λουκάς Α., Μυλόπουλος Ν., Μυλόπουλος Γ., Μουστάκα Ε. (2005b) 'Προσομοίωση και Αποτίμηση της Λειτουργίας του Ταμιευτήρα της Κάρλας', *Πρακτικά 5^{ου} Εθνικού Συνεδρίου «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων με Βάση τη Λεκάνη Απορροής»*, 6-9 Απριλίου, Ξάνθη, 267-275.
- Λουκάς, Α. (2007a) 'Ποιότητα του Νερού στους Ταμιευτήρες', Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Διδακτικές Σημειώσεις.
- Λυκοκάνελλος Γ.Χ. (2011) 'Εκτίμηση των περιβαλλοντικών συνθηκών στη λιμνοθάλασσα Κοτυχίου. Πιθανές επιπτώσεις από τις κλιματικές αλλαγές', Διατριβή Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας.
- Μηνασίδου, Κ. (2005) 'Μεταβολή της Ποιότητας του Νερού κατά την Ταμίευση', Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Θεοφράστειο Π.Μ.Σ. «Περιβαλλοντική και Οικολογική Μηχανική».
- Μούμου, Χ. (2007) 'Η δράση των χειμάρρων της λεκάνης της Κάρλας σε φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον', Διατριβή Ειδίκευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας.
- Μουστάκα, Μ. και Κορμάς Αρ.Κ. (2011) 'Η Λίμνη Κάρλα πλημμυρίζει αόρατα επιβλαβή πλάσματα', Παρουσίαση για τη λίμνη Κάρλα.

- Ντενιδάκης, Μ. (2000). 'Επεξεργασία λυμάτων σε τεχνητούς υδροβιότοπους', Μεταπτυχιακή διατριβή, Εκδ. Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης.
- Παπακώστα, Ε. (2010) 'Υδρολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες της υδρολογικής λεκάνης της Κάρλας και σχεδιασμός ορθολογικής διαχείρισης των υδάτινων πόρων', Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τομέας: Γεωλογικών Επιστημών και Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος.
- Πέτρου, Ν. (2009) 'Μπορούμε να ελπίζουμε;', *Περιοδικό «η φύση»*, **127**, 3-5.
- Ράλλης, Δ. και Μπίσδρας, Γ. (2003) 'Κάρλα: Η Πολιτεία του Νερού', *Διαδρομές*, Εβδομαδιαία Περιοδική Έκδοση ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, Κυριακή 21 Σεπτεμβρίου 2003.
- Σούλιος, Γ.Χ. (1996) *Γενική Υδρογεωλογία, Α' Τόμος*, Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Τσαβέ, Π. (2007) *Η λίμνη Κάρλα διδάσκει... επιχειρηματολογία*, Μακρινίτσα Πηλίου: Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Μακρινίτσας.
- Τσάκας Ε. (2009) 'Μεταβολές χρήσεων γης και επιπτώσεις τους στο περιβάλλον', Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Τσακίρης, Γ. (1995) *Υδατικοί Πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία*, Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία.
- Τσιακάλου Χ. (2008) 'Η διαφοροποίηση του αγροτικού τομέα στον Νομό Λάρισας κατά την τελευταία 30ετία: η περίπτωση του αρδευτικού ύδατος στην πεδινή ζώνη του νομού', Πτυχιακή Μελέτη, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- Τσιούρης, Σ. και Γεράκης, Π. (1991) *Υγρότοποι της Ελλάδος. Αξία – Αλλοιώσεις - Προστασία*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης – WWF Ελλάς.
- Τσιχριντζής, Β.Α. (2000). 'Οικολογική μηχανική και τεχνολογία', Τόμος II, Εκδ. Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης.
- Χορταργιάς, Δ.Αθ. (2009) 'Λίμνη Κάρλα – Ένα από τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά έργα της Ευρώπης', *Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας – Ενημερωτικό Δελτίο*, **2566**, 19-22.
- Ψιλοβίκος, Α. και Χαχαμίδου, Ε. (1987) 'Συμβολή στην έρευνα των Ολοκαινικών Δέλτα', *Πρακτικά 2^{ου} Συμπ. Ωκεαν.-Αλιείας*, Αθήνα, 456-463.

Χρήσιμοι Ιστότοποι

www.ramsar.org – Συνθήκη Ραμσάρ

<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=248&language=el-GR> - Οδηγία 2000/60/EK

<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=432> - NATURA 2000

geography.about.com