



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΛΙΜΝΗ ΚΑΡΛΑ: Παρελθόν, Παρόν και Μέλλον»



ΤΖΙΑΤΖΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2010

«ΛΙΜΝΗ ΚΑΡΛΑ: Παρελθόν, Παρόν και Μέλλον»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1. Άρης Ψιλοβίκος, Επίκουρος Καθηγητής , Αειφορική Διαχείριση Υδάτινων Πόρων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**.

2. Αθανάσιος Τσίκληρας, Λέκτορας, Θαλάσσια Βιολογία - Αλιευτικά Αποθέματα, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.

3. Αγγελική Ντίκου, Επιστημονική Συνεργάτιδα, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με το πέρας της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα επίκουρο καθηγητή Άρη Ψιλοβίκο και στην κυρία Αγγελική Ντίκου μέλος της εξεταστικής επιτροπής που βοήθησαν στην εύρεση του θέματος και έδωσαν τις κατευθύνσεις για τη συλλογή του υλικού και την συγγραφή της εργασίας. Πρέπει επίσης να τους ευχαριστήσω που μου έδωσαν τη δυνατότητα και την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα τόσο σημαντικό περιβαλλοντικό θέμα όχι μόνο με εθνικό, αλλά και ευρωπαϊκό ενδιαφέρον.

Ευχαριστώ, ακόμη, από καρδιάς τον λέκτορα κ. Αθανάσιο Τσίκληρα μέλος της εξεταστικής επιτροπής για την συμβολή του στην εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Να αναφέρω επίσης, την πολύτιμη συμβολή και συνεισφορά του Παντελή Σιδηρόπουλου, Υποψηφίου Διδάκτορα του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στον εμπλουτισμό του υλικού και των γνώσεων μου σχετικά με το περιβαλλοντικό ενδιαφέρον της επανασύστασης της λίμνης Κάρλα.

Κλείνοντας θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όσους ανθρώπους εκτός του Πανεπιστημίου, συνέβαλλαν στην πραγματοποίηση της εργασίας μου. Τον κύριο Σωτήριο Μπλάνα Διευθυντή της Ε.Υ.Δ.Ε Κάρλας, τις κυρίες Παπαδοπούλου Παρασκευή και Παπαδοπούλου Σοφία υπαλλήλους της βιβλιοθήκης του Ελληνικού Κέντρου Βιοτόπων και Υγροτόπων

Και φυσικά θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθώ στην ηθική υποστήριξη και συμπαράσταση της οικογένειάς μου και των φίλων μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται μέσα από το πρίσμα της Διαχείρισης των Υδατικών πόρων, την καλύτερη δυνατή λύση για την ορθή αξιοποίηση της ανασυσταθείσας λίμνης Κάρλα με τη δημιουργία του ταμιευτήρα των 38 km². Αρχικά μελετάται η έννοια της Διαχείρισης των Υδατικών πόρων. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά σχετικά με τη διαχείριση των υδάτινων πόρων γενικότερα στον ελλαδικό χώρο και ειδικότερα στο Υδάτινο διαμέρισμα της Θεσσαλίας.

Έπειτα καταγράφονται οι επιπτώσεις που προήλθαν από την αποξήρανση της λίμνης. Οι επιπτώσεις αυτές σχετίζονται κυρίως με τις δυσμενείς αλλαγές στα υδρολογικά και κλιματολογικά δεδομένα, τα οποία επιφέρανε αρνητικά αποτελέσματα, στην αγροτική οικονομία στους απλούς κατοίκους της περιοχής αν και οι αρχικές ενδείξεις οδηγούσαν σε διαφορετική κατεύθυνση. Σημαντικές συνέπειες ως προς την αρνητική πλευρά της αποξήρανσης διαπιστώθηκαν και στην περίπτωση της χλωρίδας και της πανίδας της περιοχής.

Ακολούθως αναφέρονται τα θετικά αποτελέσματα που θα επιφέρει η ανασύσταση της λίμνης σε όλους ανεξαιρέτως τους τομείς. Πιο αναλυτικά σημειώνονται τα αγαθά και οι υπηρεσίες που θα προσφερθούν στην υδρολογία και στο μικροκλίμα της περιοχής. Τα θετικά αποτελέσματα θα δώσουν την δυνατότητα κάλυψης των αρδευτικών αναγκών της περιοχής από τα επιφανειακά νερά της λίμνης. Η κίνηση αυτή με τη σειρά της θα δώσει την δυνατότητα εμπλουτισμού των νερών του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα που συνεπάγεται με την ύδρευση της περιοχής υπό ευνοϊκότερους και πιο ποιοτικούς όρους. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα αναμένεται να εξαλειφθούν και αυτό θα ευνοήσει την εισαγωγή νέων

καλλιεργειών. Επίσης σημαντική αναμένεται να υπάρξει και η θετική εκβολή ως προς την υγεία των κατοίκων. Θετικό αντίκτυπο θα έχει και στην χλωρίδα και πανίδα της περιοχής με την ανάπτυξη κατάλληλων ενδιαιτημάτων και με ποιο ήπιους κλιματολογικούς παράγοντες. Οι αλλαγές που θα επέλθουν σε αυτούς τους δύο τομείς με τη σειρά τους θα δώσουν κίνητρα να ασχοληθούν με την οικονομική-τουριστική προώθηση της περιοχής με ήπιες περιβαλλοντικές μορφές ανάπτυξης.

Αδήριτη ανάγκη όμως συνιστά να επισημανθεί ότι θα πρέπει να υπάρξουν κάποιοι κανόνες σχετικά με τη διαχείριση της ζήτησης νερού και τους τρόπους ανάπτυξης διότι ελλοχεύει ο κίνδυνος αυτό το εξαιρετης σημασίας περιβαλλοντικό και όχι μόνο έργο ευρωπαϊκής διάστασης να μην αποδώσει τα αναμενόμενα θετικά αποτελέσματα.

Λέξεις κλειδιά: Λίμνη Κάρλα, Διαχείριση Υδατικών Πόρων

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1 Διαχείριση Υδατικών πόρων.....	8
1.2 Διαχείριση Υδατικών πόρων στην Ελλάδα	9
1.3 Διαχείριση Υδατικών πόρων στην Θεσσαλία.....	15
1.4 Αποξήρανση λίμνης Κάρλα.....	21
1.5 Ανασύσταση λίμνης Κάρλα.....	23
1.6 Στόχος της μελέτης.....	29
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	
2.1 Σχηματισμός και Γεωλογία της λίμνης.....	32
2.2 Γενικά στοιχεία για την Κάρλα.....	33
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	
3.1 Αγαθά και Υπηρεσίες που σχετίζονται με την Υδρολογία.....	35
3.2 Αγαθά και Υπηρεσίες που σχετίζονται με το Μικροκλίμα.....	76
3.3 Υδραυλικά Έργα.....	87
3.4 Αγαθά και Υπηρεσίες που σχετίζονται με την Ιχθυοπανίδα-Ορنيθοπανίδα.....	100
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	
4.1 Οι στόχοι που έχουμε θέσει είναι πραγματοποιήσιμοι;.....	104
4.2 Ποιοτική εκτίμηση των συνολικών αγαθών από την ανασύσταση.....	108
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	
129	
6. Abstract.....	
138	

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Διαχείριση των Υδατικών Πόρων

Ο όρος “διαχείριση των υδατικών πόρων” όπως έχει καθιερωθεί διεθνώς περιλαμβάνει το σύνολο των μέτρων και των μέσων δια των οποίων επιδιώκεται:

- η ικανοποίηση, ποσοτικά και ποιοτικά, των σημερινών και μελλοντικών αναγκών σε νερό με τους οικονομικούς όρους,
- η μέριμνα για την εξασφάλιση των υδατικών πόρων για τις ανάγκες των επερχόμενων γενεών καθώς και
- η μέριμνα διατήρησής τους σε επίπεδα που να διασφαλίζεται η ισορροπία του φυσικού περιβάλλοντος και των υδατικών οικοσυστημάτων (Καρακατσούλης, 1996). Σύμφωνα με τον Ξανθόπουλο (1996) *η διαχείριση των υδατικών πόρων μπορεί να συνοψιστεί ως ένα δυναμικό σύστημα δράσεων, πέντε επιπέδων (θεσμικό, τεχνολογικό, οικονομικό, κοινωνικό, περιβαλλοντικό)*. Η διαχείριση των υδατικών πόρων έχει χωρικό πεδίο μελέτης την λεκάνη απορροής. Η διαχείριση των υδάτινων πόρων ασχολείται με την υδρολογία, τις πηγές του νερού, την ταμίευση και μεταφορά του, την επεξεργασία για την αναβάθμιση της ποιότητάς του και την διανομή του (Λέκκας 1996).

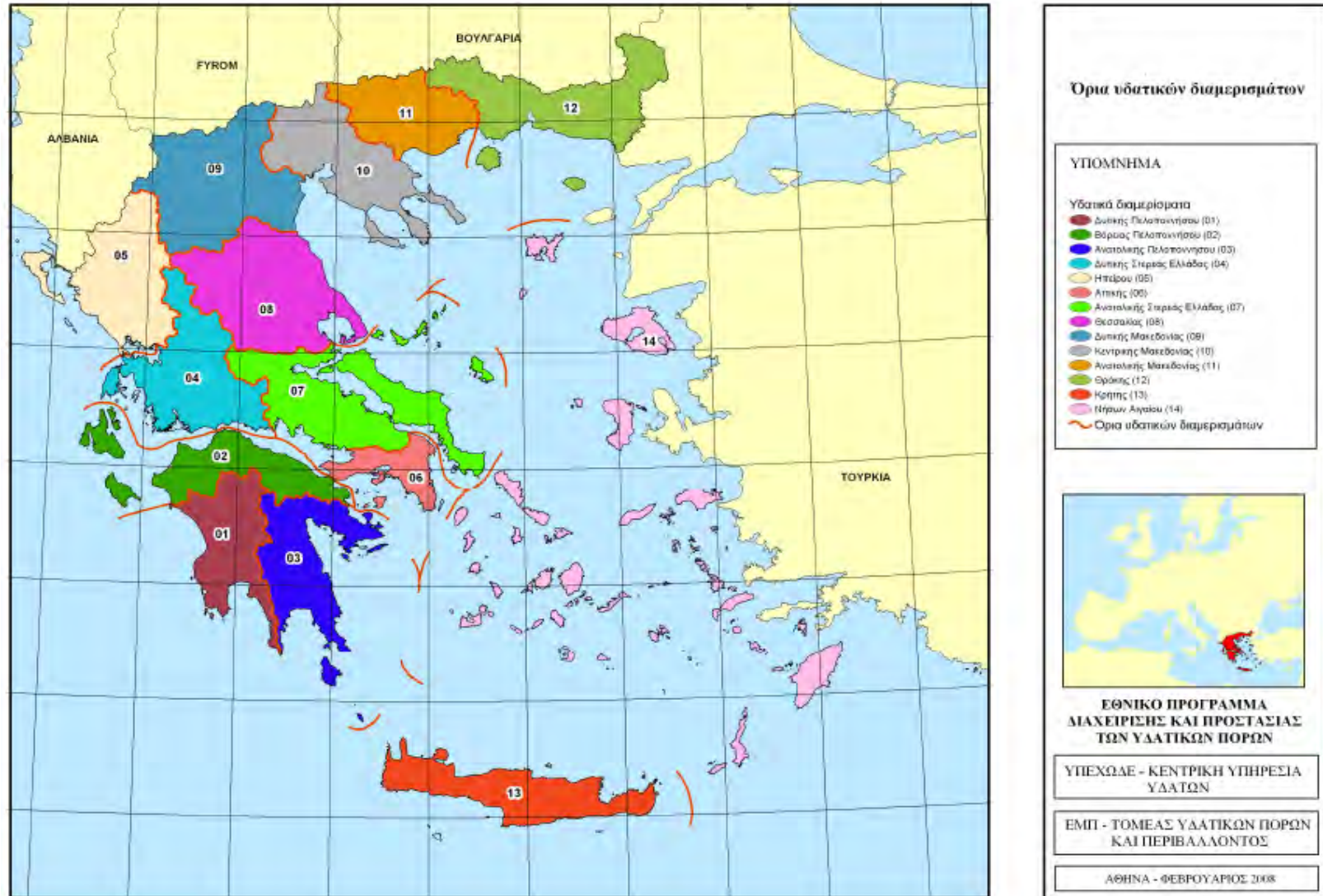
Ως βασικό κριτήριο για την επιτυχή ή όχι διαχείριση των υδατικών πόρων πρέπει να χρησιμοποιείται το κριτήριο της Αειφόρου Ανάπτυξης (Sustainable Development). Ως γνωστόν Αειφόρος είναι η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις σημερινές ανάγκες χωρίς να εμποδίζει τη δυνατότητα για κάλυψη των μελλοντικών αναγκών (Τσακίρης 2001).

1.2 Διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα

Η λογική της θεσμοθέτησης των Υδατικών Διαμερισμάτων στην Ελλάδα (Σχ. 1.1), με κατά το δυνατόν παρόμοιες υδρολογικές – υδρογεωλογικές συνθήκες στηρίχθηκε στην ανάγκη δημιουργίας ευρύτερων χωρικών ενοτήτων, ικανών από άποψη μεγέθους να αποτελέσουν μια αποδεκτή κλίμακα περιφερειακής διαχείρισης των νερών (Ξανθόπουλος 1996).

Η Διαχείριση των Υδατικών πόρων σήμερα στην Ελλάδα αποτελεί ένα τομέα δραστηριότητας που συνεχώς αποκτά μεγαλύτερη σημασία λόγω :

- α) της αυξανόμενης ζήτησης νερού κατάλληλης ποιότητας για κάθε χρήση
- β) της συνεχούς μείωσης της διαθέσιμης ποσότητας νερού και
- γ) της ανάγκης προστασίας του περιβάλλοντος και εξασφάλισης της οικολογικής ισορροπίας (Γκίνη 1996).



Σχήμα 1.1: Υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδος (ΥΠΕΧΩΔΕ και ΕΜΠ 2008).

Η Ελλάδα δεν έχει μεγάλα ποτάμια εξολοκλήρου στην επικράτειά της [τα μεγαλύτερα είναι ο Αλιάκμονας (320 km) ο Αχελώος (220 km), ο Πηνειός (205 km), ο Στρυμόνας (118 km), ο Θύαμης (115 km) ο Άραχθος (110 km), ο Ευρώτας (82 km), ο Λούρος (80 km) και ο Σπερχειός (80 km)] και τα μεγαλύτερα εξ αυτών είναι διασυνοριακά [από τα διασυνοριακά ποτάμια τα μεγαλύτερα είναι ο Έβρος (μήκος 530 km από τα οποία τα 204 σε ελληνικό έδαφος) και ο Νέστος (μήκος 234 km από τα οποία τα 130 σε ελληνικό έδαφος)]. Οι υπόγειες πηγές τροφοδοτούν τα ποτάμια αλλά και τροφοδοτούνται από αυτά. Σε πολλούς ποταμούς έχουν κατασκευαστεί φράγματα και ταμιευτήρες για την άρδευση και την παραγωγή ενέργειας. Άρδευτικά φράγματα υπάρχουν στον Αλιάκμονα, στον Αξιό και στον Πηνειό. Υδροηλεκτρικές μονάδες υπάρχουν στον Λούρο, στον Αχελώο, στον Εδεσσαίο, στον Λάδωνα και στο Μέγδοβα. Οι φυσικές λίμνες της χώρας βρίσκονται κυρίως στην Δ. Ελλάδα, στην Αιτωλοακαρνανία, την Ήπειρο και την Μακεδονία (οι πιο σημαντικές από αυτές είναι η Τριχονίδα, η Αμβρακία, η Παμβώτιδα, η Βόλβη, η Βεγορίτιδα, η Μικρή και Μεγάλη Πρέσπα και η λίμνη της Καστοριάς), ενώ υπάρχουν και ορισμένες τεχνητές, οι οποίες δημιουργήθηκαν με τα νερά ποταμών όπως η λίμνη στο Καστράκι και στα Κρεμαστά, ο Μόρνος και ο Ταυρωπός (Φαρμάκη 2007).

Πίνακας 1.1: Ετήσια ζήτηση νερού κατά καταναλωτική χρήση και υδατικό διαμέρισμα (hm^3) (Κουτσογιάννης και συν. 2008)

Κ.Α	Υδατικά διαμερίσματα	Άρδευση	Κτηνοτροφία	Ύδρευση	Βιομηχανία	Λοιπές	Σύνολο
01	Δυτικής Πελοποννήσου	201	5.0	23	3	20	252
02	Βόρειας	401.5	6.6	41.7	3		452.8

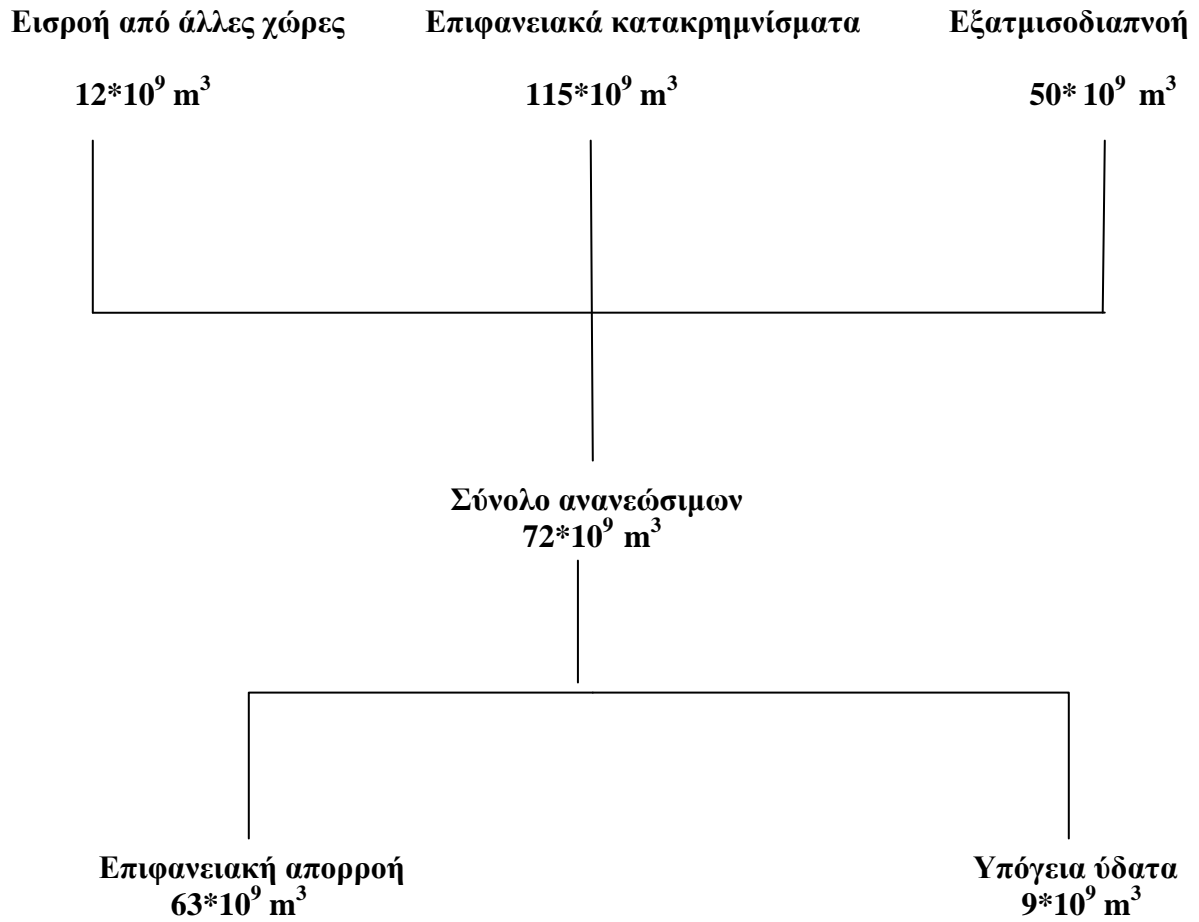
	Πελοποννήσου						
03	Ανατ. Πελοποννήσου	324.9	4.7	22.1			351.7
04	Δυτικής Στερεάς Ελλάδας	366.5	9.0	22.4			397.9
05	Ηπείρου	127.4	9.9	33.9	1		172.2
06	Αττικής	99	2.5	400	17.5		519
07	Ανατ. Στερεάς Ελλάδας	773.7	9.9	165.9	12.6		962.1
08	Θεσσαλίας	1550	12	54			1616
09	Δυτικής Μακεδονίας	609.4	7.9	43.7	30	80	771
10	Κεντρικής Μακεδονίας	527.6	8.0	99.8	80		715.4
11	Ανατολικής Μακεδονίας	627	5.8	32			664.8
12	Θράκης	825.2	7.1	27.9	11		871.2
13	Κρήτης	320	10.2	42.3			372.5
14	Νήσων Αιγαίου	80.2	6.8	37.2			124.2
	Σύνολο χώρας	6,833.4	105.4	1045	158.1	100	8,242.8

Το σύνολο της ετήσιας ζήτησης νερού στη χώρα, με τις σημερινές συνθήκες, εκτιμάται σε 8.243 hm³ (Πιν. 1.1), από τα οποία το 83% αφορά στην άρδευση, το 1% στην κτηνοτροφία, το 13% στην ύδρευση και το 3% στη βιομηχανία και ενέργεια (Μιγκίρος 2006).

Η χώρα έκτασης 131.950 Km^2 περίπου έχει την ιδιομορφία να παρουσιάζει μια ακτογραμμή 16.000 Km που αναπτύσσεται στην ηπειρωτική χώρα και στα 3.000 περίπου νησιά (έκτασης 25.166 Km^2). Το 5% της ακτογραμμής αντιστοιχεί σε υδροβιότοπους. Από τα 3.000 νησιά 63 είναι τα κυριότερα από άποψη μεγέθους. Σε αντιδιαστολή σημειώνεται ότι τα νησιά σε ολόκληρη τη Μεσόγειο αριθμούν τα 4.000 (Καραβίτης & Αγγελίδης 2005).

Η μέση ετήσια τιμή των κατακρημνισμάτων στην Ελλάδα είναι $115 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ από όπου το 50-60% περίπου χάνεται με την εξατμισοδιαπνοή. Στη χώρα μας το 85-90% των αποθεμάτων του γλυκού νερού είναι επιφανειακό και το 10-15% υπόγειο, ενώ το 40% του νερού άρδευσης προέρχεται από υπόγειους υδροφορείς (Σχ. 1.2). Μια απλή εκτίμηση της ετήσιας κατανομής για την περιοχή της Θεσσαλίας μπορεί να είναι η παρακάτω:

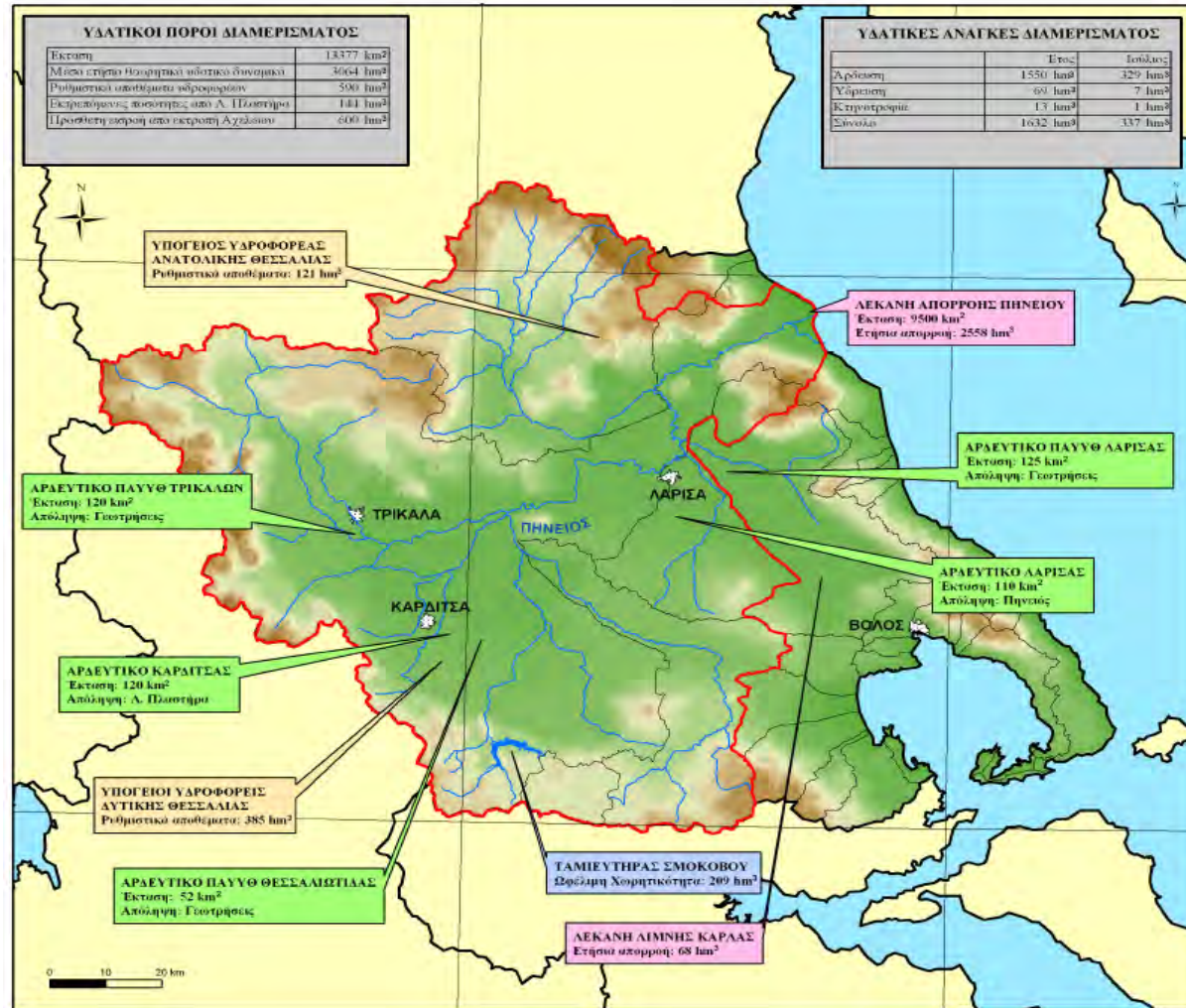
Η περιοχή της Θεσσαλίας αντιπροσωπεύει σήμερα ένα Υδατικό διαμέρισμα, το οποίο αντιμετωπίζει τόσο σημαντικά προβλήματα νερού με τις αυστηρές περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις που απειλούν την περιβαλλοντική ακεραιότητα, οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική συνοχή της περιοχής. Η Θεσσαλία πάσχει από τις επιδράσεις μιας μακροχρόνιας μη αποδεκτής διαχείρισης νερού, ειδικά στον αγροτικό τομέα. Οι Υδατικοί πόροι στην περιοχή, δεν μπορούσαν να στηρίξουν την πολιτική ανάπτυξης και είναι τώρα κάτω από τον κίνδυνο της οικονομικής ύφεσης, της ερήμωσης και της επερχόμενης εγκατάλειψης της περιοχής. Το μακροπρόθεσμο ελλειμματικό Υδατικό ισοζύγιο έχει οδηγήσει στη μείωση των ανανεώσιμων Υδατικών πόρων και σε ένα σημαντικό μέρος μείωσης των μόνιμων Υδατικών πόρων.



➤ $1 \cdot 10^9 \text{ m}^3 = 1000 \text{ hm}^3$

Σχήμα 1.2: Διαχείριση Υδατικών πόρων στον Ελλαδικό χώρο
(Καραβίτης και Αγγελίδης 2005)

1.3 Διαχείριση Υδατικών πόρων στη Θεσσαλία



Σχήμα 1.3: Υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας (ΥΠΕΧΩΔΕ και ΕΜΠ, 2008).

Το Υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας (Σχ. 1.3) εκτείνεται στον ίδιο περίπου χώρο με το αντίστοιχο γεωγραφικό διαμέρισμα και η έκτασή του ανέρχεται σε 13,162 Km². Η μορφολογία και οι κλιματικές συνθήκες που κυριαρχούν στο Υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας ευνοούν την δημιουργία και διατήρηση των επιφανειακών νερών και ειδικότερα συνεχούς ροής στο βόρειο και εποχιακής στο νότιο τμήμα (Παπακωνσταντίνου και Μπέλτσιος 1996). Οι σειρές ανύψωσης από 0 έως 2.800 m, με τη μέση ανύψωση, που είναι περίπου 500 m, σημαίνουν ετήσιες σειρές πτώσης από 400 mm έως 1.850 mm. Οι περιοχές βουνών λαμβάνουν τα σημαντικά πακέτα χιονιού κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών. Η πεδιάδα της Θεσσαλίας περιλαμβάνει μια έκταση 4.000 km² που διαρέεται από τον Πηνειό ποταμό (Loukas et al. 2006).

Η κύρια υδρολογική λεκάνη του Υδατικού διαμερίσματος είναι εκείνη του Πηνειού, με συνολική επιφάνεια ίση με περίπου 9.500 km² (9.448 km² ανάντη της θέσης του υδρομετρικού σταθμού Πυργετού, ο οποίος βρίσκεται κοντά στις εκβολές). Κυριότεροι παραπόταμοι του Πηνειού στο νότιο μέρος είναι ο Ενιπέας, ο Φαρσαλιώτης, ο Σοφαδίτης (στον οποίο κατασκευάστηκε το φράγμα Σμοκόβου) και ο Καλέντζης (που δέχεται τα νερά από την εκτροπή του π. Ταυρωπού μέσω του ταμιευτήρα Πλαστήρα), προς τα δυτικά το ρ. Μαλακασιώτικο, ο Πορταϊκός και ο Πάμισος (Πλιούρης) και προς τα βόρεια ο Ληθαίος (που διασχίζει την πόλη των Τρικάλων), ο Νεοχωρίτης και ο Τιταρήσιος, ο οποίος περιλαμβάνει διάφορους κλάδους εκ των οποίων οι σημαντικότεροι ο Σαραντάπορος και ο Ελασσονίτικος. Στο Υδατικό διαμέρισμα όπως αυτό παρουσιάζεται στο σχήμα 1.4 εμφανίζεται και η λεκάνη της λίμνης Κάρλας με τον ταμιευτήρα. Η έκταση της λεκάνης απορροής της λίμνης σύμφωνα με τον Loukas et al. (2006) θα είναι 1.171 km², το σύστημα

Ανατολικής Ελλάδος και ορίζεται από τους υδροκρίτες των βουνών της Πίνδου και των Αγράφων (Βαβίζος και συν. 2005).

Πίνακας 1.2: Εκτίμηση σημερινής ζήτησης για άρδευση με βάση το σύνολο των εν δυνάμει εκτάσεων να αρδευτούν (Κουτσογιάννης και συν. 2008).

Νομός	Συνολική αρδευόμενη έκταση στο νομό (στρεμ.)	Συμμετοχή νομού	Αρδευόμενη έκταση στο διαμέρισμα (στρεμ.)	Συνολική αρδευτική ζήτηση νομού (hm ³ /έτος)	Αρδευτική ζήτηση στο διαμέρισμα (hm ³ /έτος)
Λάρισας	972.852	100%	972.852	632.7	632.7
Μαγνησίας	184.585	95%	175.356	111.4	105.8
Τρικάλων	410.456	100%	410.456	289.7	289.7
Καρδίτσας	756.939	100%	756.939	510.1	510.1
Περίας	233.488	1%	2.334	144.5	1.4
Γρεβενών	22.735	5%	1.137	14.6	0.7
Φθιώτιδας	523.042	8%	41.843	353.3	28.3
Σύνολο			2.360.917		1,568.7

Οι σημερινές ανάγκες σε αρδευτικό νερό για το σύνολο του διαμερίσματος υπολογίζονται σε 1.569 hm³ το χρόνο (Πιν. 1.2). Η τιμή αυτή είναι πολύ κοντά σε πρόσφατες εκτιμήσεις της Περιφέρειας Θεσσαλίας, που υπολογίζουν την αρδευόμενη έκταση στα 2.634.000 στρέμματα, και τις ετήσιες ανάγκες στα 1.618 hm³ καθώς και στις εκτιμήσεις της μελέτης του ΥΠΕΧΩΔΕ (2006), που υπολογίζουν τις αρδευτικές ανάγκες στα 1.621 hm³ (Υπουργείο Ανάπτυξης 1996).

Το έλλειμμα μόνο στη λεκάνη του Πηνειού, με συντηρητικές εκτιμήσεις, κυμαίνεται μεταξύ 750 και 1.000 hm³, ενώ με την προσθήκη και των ελλειμμάτων της λεκάνης της Κάρλας (μέσο έλλειμμα 125 hm³) και των 4 παράκτιων λεκανών (Λάρισας, Μαγνησίας, Βόλου και Αλμυρού), το συνολικό έλλειμμα του Υδατικού διαμερίσματος αυξάνεται κατά 200 περίπου hm³. Τυχόν μείωση των αντλήσεων της περιοχής Κάρλας κατά 30% συνολικά θα οδηγούσε σε αύξηση της υπόγειας στάθμης κατά 12 περίπου μέτρα για μια περίοδο εφαρμογής 20 ετών, δηλαδή αύξηση 0,6 περίπου μέτρων ετησίως. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει έναν τρόπο ορθολογικότερης αξιοποίησης του υπόγειου υδατικού δυναμικού και επαναφορά λειτουργίας των υπόγειων υδροφορέων σε φυσιολογικά επίπεδα (Καραμόσχος και συν. 2005). Η εκτίμηση του υπόγειου υδατικού δυναμικού για το Υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί (Πιν. 1.3).

Πίνακας 1.3: Εκτίμηση υπόγειου δυναμικού (Υπουργείο Ανάπτυξης 1996)

Λεκάνες	Ετήσιο Υδατικό δυναμικό (hm ³)
<u>Δυτική πεδιάδα</u>	
Τρικάλων	46.6
Λυγαριάς	13.2
Μ. Καλυβιών	53.9
Σελλάνων	69.1
Πηνειού	23.8
Καλλίθηρου	3.7
Ματαράγκας -Ορφανών	14.6
Θεσσαλιώτιδας	46.3

Φαρσάλων	46.3
Υπόλοιπο δυτικής πεδιάδας	67.0
Σύνολο δυτικής πεδιάδας	384.6
<u>Ανατολική πεδιάδα</u>	
Δαμασίου	2.7
Τυρνάβου	75.3
Χάλκης	7.0
Βορειοανατολικού ορίου	1.1
Στεφανοβικείου	9.7
Υπόλοιπο Αν.πεδιάδας	25.6
Σύνολο Αν.πεδιάδας	121.4
Κάρλας	5.0
Αλμυρού	70.0
Δυτικού Πηλίου	6.0
Ανατολικού Πηλίου	2.0
Σύνολο Υδ. διαμερίσματος	589

Σύμφωνα με τα στοιχεία των Δ/σεων Εγγείων Βελτιώσεων της Θεσσαλίας, από το 1970 μέχρι το 1996 χορηγήθηκαν περίπου 30.000 άδειες ανόρυξης γεωτρήσεων, ανορύχθηκαν περίπου 23.000- 25.000 και υπάρχει σημαντικός αριθμός παράνομων γεωτρήσεων που δεν είναι γνωστός.

Προκύπτει σαφώς ότι γίνεται υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδατικών πόρων με αποτέλεσμα τη σημαντική πτώση στάθμης και την εξάντληση εντέλει των ανανεώσιμων υπόγειων υδατικών πόρων. Μάλιστα διαπιστώνεται ότι το 80% του ελλείμματος του

υδατικού δυναμικού του Υδατικού διαμερίσματος επικεντρώθηκε σε υπεράντληση κυρίως κατά την τελευταία εικοσαετία (Πιν. 1.6). Σημαντικό ρόλο σε αυτή την κατάσταση παίζει η ανόρυξη υπεράριθμων γεωτρήσεων (Καραμόσχος και συν. 2005).

Πίνακας 1.6: Εκτίμηση της σημερινής ζήτησης σε άρδευση (Κουτσογιάννης και συν. 2008)

Νομός	Ετήσιες ανάγκες (hm ³)
Λάρισας	25.49
Μαγνησίας	17.40
Καρδίτσας	12.16
Τρικάλων	11.08
Πιερίας	0.45
Γρεβενών	0.48
Φθιώτιδας	1.44

Οι εν λόγω ποσότητες αυξάνουν κατά 1.0 hm³, αν λάβουμε υπόψη και τις ανάγκες των τουριστών (Κουτσογιάννης και συν. 2008).

1.4 Η αποξήρανση της λίμνης

Στον αρχικό σχεδιασμό δεν υπήρχε η ολική αποξήρανση της λίμνης αλλά η διατήρηση 64.700 στρεμμάτων, όπου θα παρέμενε ως ταμιευτήρας. Αντιθέτως οδηγηθήκαμε σε ολική αποξήρανση της λίμνης Κάρλας, η οποία άρχισε το 1962 και ολοκληρώθηκε το 1964.

Η αποξήρανση της Κάρλας οδήγησε στην αύξηση του εισοδήματος από την παραγωγή στην πεδιάδα της Κάρλας, όχι μόνο λόγω της αύξησης στις καλλιεργούμενες περιοχές και της μείωσης στη ζημία πλημμυρών αλλά και λόγω ακόμα της υψηλότερης ενδυνάμωσης των αγροοικοσυστημάτων. Η αύξηση αυτή όμως δεν κράτησε για αρκετό χρονικό

διάστημα. Η άρδευση επεκτάθηκε σχεδόν σε όλες τις καλλιεργούμενες εκτάσεις. Το νερό άρδευσης προήλθε από τις βαθιές γεωτρήσεις. Όλοι οι ψαράδες έχασαν τις εργασίες τους. Τα λιγυστά ψάρια που παραμένουν θεωρούνται ακατάλληλα για την ανθρώπινη κατανάλωση λόγω της ρύπανσης των νερών. Οι σταθερές πτώσεις της στάθμης των υπόγειων νερών, είχαν ως αποτέλεσμα το υψηλής ποιότητας νερό άρδευσης που προέρχονταν από τις γεωτρήσεις να συμπληρώνεται από χαμηλής ποιότητας νερό που προέρχονταν από υδραντλίες που το απορροφούσαν από το μικρό υγρότοπο και από τις διάφορες τάφρους κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Η άντληση ήταν ανεξέλεγκτη. Τα αγροοικοσυστήματα έχασαν την ποικιλία καλλιεργειών. Τα προβλήματα αλατότητας των εδαφών θέτουν δυσκολίες λόγω της έλλειψης νερού. Η ζημία λόγω παγετού στις καλλιέργειες αυξάνεται. Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις στη Λάρισα διοχετεύουν μεγάλους όγκους των μη επεξεργασμένων αποβλήτων στις αποχετευτικές τάφρους (Zalidis and Gerakis 1999).

Μεγάλο μέρος των προβλημάτων που υφίστανται σήμερα στην περιοχή προήλθαν από την απώλεια των πολύτιμων λειτουργιών του υγροτόπου όπως:

- η απομάκρυνση και η μετατροπή των θρεπτικών στοιχείων
- η παγίδευση των πλημμυρικών νερών
- ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων
- η αποθήκευση του νερού στην επιφάνεια της λίμνης και υπογείως για άρδευση
- η κατακράτηση των ιζημάτων και των τοξικών ουσιών
- η αποθήκευση και ελευθέρωση της θερμότητας
- η δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας

- η στήριξη των τροφικών αλυσίδων (Gerakis et al. 1992, Ζαλίδης και συν. 1995, Μουστάκα 2002)

Οι αλλαγές των λειτουργιών του υγρότοπου οδήγησαν α) στην πτώση στα επίπεδα των υπόγειων νερών, β) στην παρείσφρηση νερού της θάλασσας στα στρώματα του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, γ) στην έλλειψη του νερού άρδευσης, δ) στις συχνές πλημμύρες των πεδινών εκτάσεων, ε) στα προβλήματα αλατότητας και αλκαλικότητας στα χώματα, ε) στην ακαθάριστη ρύπανση των τάφρων και των υδάτινων πόρων από τα βιομηχανικά απόβλητα αποχέτευσης και από τα αγροχημικά, στ) στην διοχετευτικότητα του μολυσμένου νερού στο Κόλπο του Παγασητικού, ζ) στην απώλεια των βιοτόπων του υγρότοπου και η) στη μείωση της βιοποικιλότητας (Zalidis et al. 2005).

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 βρίσκονταν σε διαρκή πτωτική πορεία, η οποία οδηγεί σε τάσεις εγκατάλειψης της περιοχής (ΤΕΧΝΙΚΟ ΔΕΛΤΙΟ ΜΕΤΡΟΥ 8.2- Μελέτη Επαναδημιουργίας λίμνης Κάρλας 2000)

1.5 Η ανασύσταση της λίμνης

Η απόφαση να αποκατασταθεί μέρος της προηγούμενης λίμνης λήφθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και συγκεκριμένα το έτος 1982 από την ελληνική κυβέρνηση. Το 1995 κατά τη σύνταξη της μελέτης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων διαπιστώθηκε ότι παρουσιάζεται μια μοναδική ευκαιρία για μερική αποκατάσταση του βιοτόπου της Κάρλας. Έτσι οι προσπάθειες εστιάστηκαν σε ένα έργο πολλαπλής σκοπιμότητας, που θα λειτουργήσει σταδιακά με βάση τις αρχές της αειφορίας προς όφελος τόσο του φυσικού

όσο και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. Το αρχικό σχέδιο για την αποκατάσταση της λίμνης Κάρλας πρότεινε τη δημιουργία ενός ταμιευτήρα στη χαμηλότερη πεδιάδα κατάθλιψης της προηγούμενης λίμνης Κάρλας που θα καταλάμβανε μια μέγιστη περιοχή περίπου 42 km², μέσω της κατασκευής δύο αναχωμάτων, ενός στη ανατολική πλευρά και ενός στο δυτικό μέρος της λίμνης (Loukas et al. 2007, Χορταγιάς 2009). Το τελικό σχέδιο αναφέρει ότι ο ταμιευτήρας θα είναι έκτασης 38 km². Το έτος 1999 ξεκίνησε η κατασκευή του έργου της ανασύστασης της λίμνης Κάρλα (Χορταγιάς 2009).

Με την ανασύσταση της λίμνης θα αποκατασταθεί ένας μέρος των λειτουργιών του υγρότοπου που αναφέρονται παραπάνω και οι οποίες χάθηκαν με την αποξήρανση της λίμνης.

Ο βαθμός αποκατάστασης των περισσότερων λειτουργιών και ειδικότερα αυτής που αφορά τη στήριξη των τροφικών πλεγμάτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο της υδροπεριόδου ή τον συνδυασμό υδροπεριόδων που θα διαμορφωθούν στον υγρότοπο. Ως υδροπερίοδος ορίζεται η εποχιακή ή μόνιμη κατάκλιση του υγρότοπου ή των συνθηκών κορεσμού του εδάφους. Εξορισμού όλοι οι υγρότοποι δημιουργούνται από το νερό και διατηρούνται χάρη σε αυτό. Η συχνότητα, το βάθος και η διάρκεια παραμονής του νερού επηρεάζει και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την παρουσία βλάστησης και της λειτουργίες του υγρότοπου.

Οι άμεσες και οι έμμεσες αξίες που απορρέουν από τις λειτουργίες του υγρότοπου της Κάρλας και αποτελούν τη δυναμική του ενέργεια είναι (Μαχαίρας και συν. 1999):

- ✓ Αξία βιοποικιλότητας
- ✓ Υδρευτική αξία
- ✓ Αρδευτική αξία

- ✓ Αλιευτική αξία
- ✓ Κτηνοτροφική αξία
- ✓ Θηραματική αξία
- ✓ Επιστημονική αξία
- ✓ Εκπαιδευτική αξία
- ✓ Πολιτιστική αξία
- ✓ Αξία αναψυχής
- ✓ Αντιπλημμυρική αξία
- ✓ Αντιδιαβρωτική αξία
- ✓ Αξία Βελτίωσης της ποιότητας του νερού
- ✓ Αξία βελτίωσης του μικροκλίματος στην περιοχή

Η δημιουργία της αξίας της βιοποικιλότητας, της επιστημονικής και της ερευνητικής αξίας, της πολιτιστικής και της αξίας της αναψυχής δίνει τη δυνατότητα της τουριστικής ανάπτυξης της περιοχής με έμφαση στις ήπιες τουριστικές μορφές ανάπτυξης, στον οικοτουρισμό και αγροτουρισμό (Ζαλίδης και συν. 1999).

Από τις αξίες του υγρότοπου αυτές που χρησιμοποιούνται ονομάζονται χρήσεις, αποτελούν την κινητική ενέργεια του συστήματος. Η ορθολογική τους διαχείριση συντελεί στη διατήρηση της δυναμικής ενέργειας, δηλαδή στην αειφορία (Μαχαίρας και συν. 1999).

Για να εξασφαλιστεί η βιώσιμη αποκατάσταση και η χρήση των υγρότοπων και για να αποφευχθούν οι δυσμενείς επιδράσεις, είναι ουσιαστικό να προσδιοριστούν η σημασία της πολιτισμικής κληρονομιάς καθώς και οι τοπικές, πρακτικές, και κοινωνικές ανάγκες. Κατά συνέπεια, όχι μόνο κρίνεται αναγκαίο οι τοπικοί άνθρωποι να είναι ένα ακέραιο συστατικό της διαδικασίας προγραμματισμού και να περιληφθούν εξ αρχής στην ανάπτυξή του, αλλά

θα πρέπει να αναγνωριστεί ότι η δημόσια αντίληψη και οι κινητήριες δυνάμεις μπορούν να αλλάξουν μέσω του χρόνου. Η αποκατάσταση του υγρότοπου πρέπει να οδηγήσει στα κοινωνικά και πολιτιστικά αποδεκτά οικολογικά χαρακτηριστικά μέσα σε ένα τοπικό πλαίσιο προκειμένου να είναι βιώσιμη. Στην περίπτωση της λίμνης Κάρλας, προτεινόμενα επιπρόσθετα μέτρα αποκατάστασης τόσο στις κλίμακες του υγρότοπου όσο και στις κλίμακες του υδροκρίτη θα ενισχύσουν τον καθορισμό των απαραίτητων λειτουργιών του υγρότοπου και θα υποστηρίξουν τον πολλαπλάσιο ρόλο του υγρότοπου στο τοπίο.

Λειτουργική δυνατότητα του υγρότοπου να παράσχει υπηρεσίες και προϊόντα (π.χ., βιότοποι άγριας φύσης, χορτονομή για τα ζώα αγροκτημάτων, νερό για την άρδευση, επεξεργασία υδάτινων αποβλήτων και έλεγχος των πλημμυρών) έχουν ως αποτέλεσμα την ανατροφοδότηση του υδροκρίτη.

Κάθε προτεινόμενη δραστηριότητα αποκατάστασης αναμένεται να έχει και περιβαλλοντικά και κοινωνικοοικονομικά οφέλη για την περιοχή (Πιν. 1.7). Η συλλογική ενέργεια, όπως στην περίπτωση της λίμνης Κάρλας, είναι σημαντική για την αποκατάσταση του υγρότοπου και λόγω των κρίσιμων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ιδιοκτητών εδάφους και των συμμετεχόντων και της εξοικονόμησης κόστους και των ενισχυμένων περιβαλλοντικών οφελών που μπορούν να επιτευχθούν σε μια μεγαλύτερη κλίμακα (Zalidis et al. 2005).

Πίνακας 1.7: Περιβαλλοντικά και κοινωνικοοικονομικά οφέλη από τα επιπρόσθετα προτεινόμενα μέτρα αποκατάστασης (Zalidis et al. 2005).

Μέτρα Αποκατάστασης	Προσδοκώμενα Οφέλη	
	Περιβαλλοντικά	Κοινωνικοοικονομικά
Ουδέτερες ζώνες υγράτοπου	Βελτίωση της ποιότητας νερού. Συντήρηση της μεγάλης χωρητικότητας νερού στη λίμνη με τον έλεγχο του ιζήματος που εισάγεται στη λίμνη. Δημιουργία βιοτόπων. Αύξηση της βιοποικιλότητας	Οικονομικά οφέλη μέσω της επαναχρησιμοποίησης του ποιοτικού νερού για την άρδευση και της επαναφόρτισης υπόγειων νερών. Αύξηση των βιολογικών, εκπαιδευτικών, και ψυχαγωγικών αξιών της λίμνης
Παρόχθιες ζώνες	Βελτίωση ποιότητας νερού. Δημιουργία βιοτόπων	Οικονομικά οφέλη μέσω της επαναχρησιμοποίησης του ποιοτικού νερού για την άρδευση και της επαναφόρτισης υπόγειων νερών. Αύξηση των βιολογικών και εκπαιδευτικών αξιών της λίμνης
Δομή αναμιγμένου νερού	Βελτίωση ποιότητας νερού.	Οικονομικά οφέλη μέσω της επαναχρησιμοποίησης του ποιοτικού νερού για την άρδευση και της επαναφόρτισης υπόγειων νερών.
Δημιουργία νησίδων	Βελτίωση της βιοποικιλότητας	Αύξηση της βιολογικής, της ψυχαγωγικής, και της τουριστικής αξίας

		(για την παρατήρηση πουλιών, κ.λπ.)
Περιοχή ιχθυοαναπαραγωγής	Δημιουργία βιοτόπων	Αύξηση της αλιευτικής, ψυχαγωγικής, πολιτιστικής, και τουριστικής αξίας.
Δομές ελέγχου του νερού στα υψίπεδα	Βελτίωση ποιότητας νερού. Έλεγχος πλημμυρών. Συντήρηση της μεγάλης χωρητικότητας νερού λιμνών με τον έλεγχο του ιζήματος που εισάγεται στη λίμνη	Πρόληψη της πλημμύρας και προστασία των τοπικών εισοδηματικών έμμεσων κοινωνικοοικονομικών οφελών μέσω της αποδοτικής διαχείρισης νερού, και της συντήρησης της αποκαταστημένης λίμνης
Τροποποίηση σχεδίων καλλιεργειών και εισαγωγή νέων καλλιεργειών	Μειωμένη πίεση στην πρόληψη υδροφόρων στρωμάτων υπόγειων νερών της ρύπανσης των υδάτων από την εντατική γεωργία	Μακροπρόθεσμα οικονομικά οφέλη μέσω της συντήρησης του εδάφους και των υδάτινων πόρων.
Διοικητική αρχή διαχείρισης της λίμνης	Συντήρηση και αποκατάσταση του εδάφους και συντονισμός των υδάτινων πόρων όλων των αρμόδιων αρχών για να εξασφαλίσει ότι οι περιβαλλοντικές αλληλεξαρτήσεις λαμβάνονται στον απολογισμό	Πολλαπλάσια κοινωνικοοικονομικά οφέλη μέσω της βιώσιμης διαχείρισης των φυσικών πόρων σε επίπεδο υδροκρίτη.

<p>Περιβαλλοντικά προγράμματα ερμηνείας και εγκατάστασης</p>	<p>Προώθηση της βιώσιμης διαχείρισης των φυσικών πόρων και της πρόληψης της υποβάθμισης</p>	<p>Προώθηση δημόσιας συναίσθησης των βιώσιμων δραστηριοτήτων και αύξηση της οικοτουριστικής, της επιστημονικής πολιτιστικής, εκπαιδευτικής, και ψυχαγωγικής αξίας της αποκαταστημένης λίμνης</p>
---------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1.6 Στόχος μελέτης

Η προκείμενη εργασία πραγματεύεται την κατάσταση της λίμνης Κάρλας από την περίοδο πριν την αποξήρανση, κατά τη διάρκεια της αποξήρανσης και μετά την δρομολογούμενη επανασύσταση της λίμνης. Μελετάται, αναλυτικά, η υδρολογική κατάσταση της λίμνης πριν την αποξήρανση, ποια αγαθά και υπηρεσίες προσέφεραν τα υδρολογικά δεδομένα, πως μεταβλήθηκε η περιοχή σε υδρολογικό επίπεδο μετά την αποξήρανση και ποια είναι τα αγαθά και οι υπηρεσίες που πρόκειται να αποκατασταθούν, με την πλήρη επανασύσταση, στην άρδευση και την ύδρευση. Η διπλωματική καταγράφει, ακόμη, το μικροκλίμα της περιοχής την περίοδο πριν την αποξήρανση, τη μεταβολή μετά την αποξήρανση τις αρνητικές επιπτώσεις που επέφερε αυτή και τέλος τις θετικές αλλαγές που θα επιφέρει η επανασύσταση της λίμνης στο μικροκλίμα της περιοχής. Επιπλέον η εργασία ασχολείται με τα έργα που κρίνονται απαραίτητα για τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών του υγρότοπου, τα οποία θα προσφέρουν τα αναγκαία ενδαιτήματα φιλοξενίας στην πανίδα και θα συμβάλλουν στη δημιουργία του κατάλληλου περιβάλλοντος ανάπτυξης της χλωρίδας στην περιοχή. Τέλος η μελέτη αναφέρεται και σε υπηρεσίες και αγαθά που είναι δυνατόν να προσφερθούν δίνοντας οικονομικοτουριστική

ανάπτυξη με ήπιες και φιλικές κατασκευές προς το περιβάλλον. Ένα από τα ελάχιστα μειονεκτήματα που μπορεί να διαπιστώσει κανείς, για το έργο της επανασύστασης της λίμνης Κάρλας με τη δημιουργία ταμιευτήρα 38 km², είναι ότι ουσιαστικά τείνει να επανασυστήσει ένα μέρος της φυσικής λίμνης Κάρλα με τον εν λόγω τεχνητό ταμιευτήρα.

2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την εκπλήρωση των σκοπών της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν κυρίως άρθρα σε επιστημονικά περιοδικά, μελέτες, οι οποίες εκπονήθηκαν από επιστημονικές ομάδες του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, του Εθνικού Κέντρου Βιοτόπων και Υγρότοπων και διάφορων τεχνικών δελτίων για λογαριασμό του Υπουργείου Χωροταξίας, Περιβάλλοντος και Δημοσίων Έργων, παρουσιάσεις εργασιών σε πανελλήνια και διεθνής αναγνώρισης συνέδρια, διδακτορικές διατριβές, διπλωματικές και μεταπτυχιακές εργασίες πάνω στις οποίες στηρίζονται ορισμένα δημοσιευμένα άρθρα των επιβλεπόντων καθηγητών με τη συμμετοχή των υπογραφόντων φοιτητών, σημειώσεις από πανεπιστημιακές διαλέξεις. Τέλος για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής μελετήθηκαν άρθρα από εφημερίδες (περιφερειακής και πανελλαδικής κυκλοφορίας), τα οποία αναφέρονται στις τελευταίες εξελίξεις που αφορούν την ποιότητα των νερών της ευρύτερης περιοχής μελέτης., Την επιστροφή της ορνιθοπανίδας στην ευρύτερη περιοχή του ταμιευτήρα και τα πιο πρόσφατα αρχαιολογικά ευρήματα. Επίσης κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας θέσαμε κάποια ερωτήματα, τα οποία διατυπώθηκαν ύστερα από τηλεφωνική ή προσωπική επικοινωνία που υπήρξε με καθηγητές και επιστημονικό προσωπικό του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας καθώς και με επιστήμονες του ιδιωτικού τομέα. Στα ερωτήματα αυτά προσπάθησα μέσα από την διπλωματική μου να δωθούν απαντήσεις σε ικανοποιητικό βαθμό. Το υλικό συλλογής κρίνεται αξιόπιστο, τεκμηριωμένο και έγκυρο διότι κατά βάση προέρχεται από καταρτισμένο, έμπειρο και εξειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό. Όσον αφορά το επιστημονικό προσωπικό στηριζόμενο στην κατάρτισή του και στη γνώση του, το υλικό και η επαληθευμένη μεθοδολογία βάση των οποίων εργάζονται θεωρούνται ως τα

πιο αντικειμενικά και αξιόπιστα μέσα που θα μπορούσε κάποιος να πραγματοποιήσει την έρευνά του. Επομένως, και τα αποτελέσματα, τα οποία προκύπτουν από μία επιστημονική εργασία θεωρούνται σωστά και αντικειμενικά ακόμη και αν κάποιες φορές δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα γιατί δουλεύουν με μοντέλα προσομοίωσης. Ως συνέχεια, τα στοιχεία και οι αριθμοί που προκύπτουν και χρησιμοποιήθηκαν στην προκειμένη εργασία, από τις βιβλιογραφικές μελέτες και τις ερευνητικές εργασίες, θεωρούνται αντικειμενικά.

2.1 Σχηματισμός και Γεωλογία της λίμνης Κάρλα

Η λεκάνη της Κάρλας σχηματίστηκε από ένα τεκτονικό βύθισμα, που συνέβη κατά το Πλειόκαινο ή Πλειστόκαινο, στην περιοχή μεταξύ Λάρισας και Βελεστίνου. Το βύθισμα αυτό πληρώθηκε αργότερα με λιμναία ιζήματα και προσχώσεις που προήλθαν από την αποσάθρωση των γύρω οροσειρών. Μέσα στο βύθισμα σχηματίστηκε και η λίμνη Κάρλα. Φαίνεται ότι η απόθεση των προσχώσεων έγινε συγχρόνως με την καταβύθιση της περιοχής, με αποτέλεσμα τα πάχος των ιζημάτων να είναι αρκετά μεγάλο και σε ορισμένα σημεία να ξεπερνά τα 300 m. Η πεδιάδα, σήμερα, έχει υψόμετρο 44-65 m περίπου.

Το υπόβαθρο της λεκάνης αποτελείται από σχιστόλιθους και μάρμαρα (Σχ. 2.1). Τα μάρμαρα βρίσκονται κατά κανόνα εναποθμημένα επάνω στους σχιστόλιθους. Έτσι, η λεκάνη έχει σχηματισθεί επάνω σε αδιαπέραστους σχηματισμούς και είναι σχεδόν απομονωμένη από την θάλασσα του Παγασητικού κόλπου ή του Αιγαίου πελάγους.

Όμως, η παρουσία καταβοθρών στην ανατολική πλευρά της λίμνης, από την οποία διέφευγαν τα νερά της προς γειτονικές περιοχές και πιθανότατα προς το Αιγαίο, δείχνει ότι

υπάρχει επικοινωνία (έστω και μικρή) μεταξύ θάλασσας και περιοχής της λίμνης (Μπεζές 2004).



Σχήμα 2.1: Γεωλογικοί σχηματισμοί (Λουκάς 2010)

2.2 Γενικά στοιχεία για την Κάρλα

Η λεκάνη της Κάρλας βρίσκεται στο νότιο ανατολικό άκρο της πεδιάδας της Λάρισας και παρουσιάζει μορφή κλειστής επιμήκους λεκάνης μήκους 35 km και πλάτους 9-15 km. Η λεκάνη έχει όρια, στο βορρά τον ποταμό Πηνειό και τον ορεινό όγκο της Όσσας, στην ανατολή τους ορεινούς όγκους του Μαυροβούνιου και του Πηλίου, στο νότο το

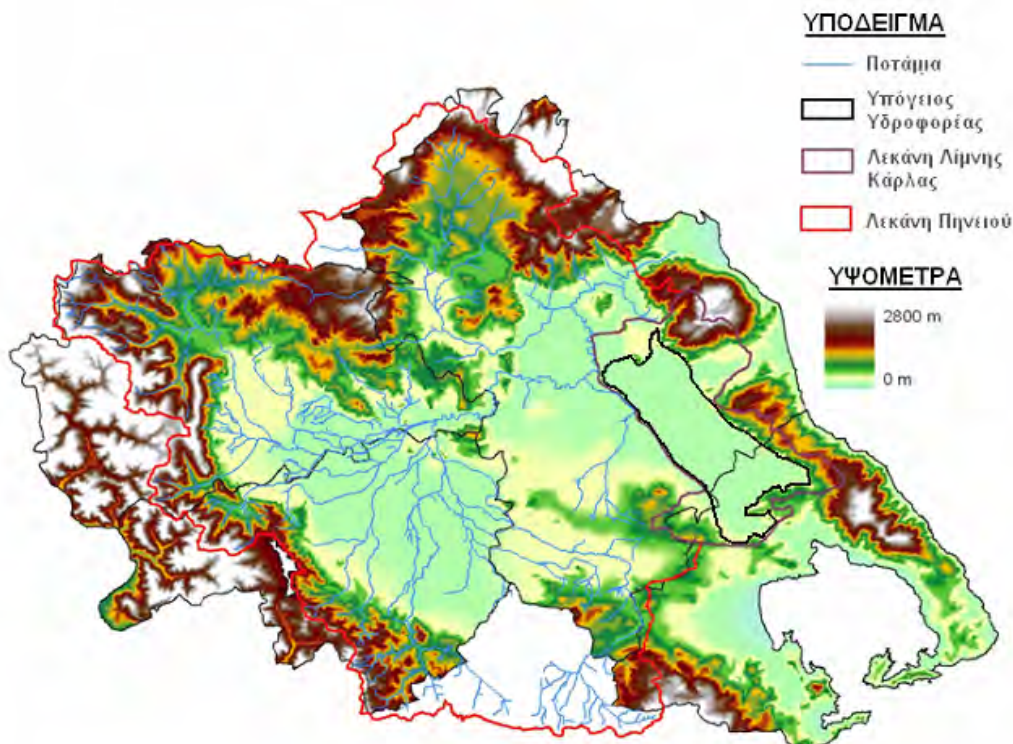
Χαλκοδόνιο όρος και το Μεγαβούνι και στη δύση το Φυλλήιον όρος. Η φυσική λεκάνη της λίμνης Κάρλας είχε συνολική έκταση 1.663 km² (Σχ. 2.2). Στο μέσο της λεκάνη αυτής βρίσκεται στο βαθύτερο τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας, τα χαμηλότερα της οποίας μέχρι το 1961, καλυπτόταν από τα νερά της λίμνης, που αποτελούσε πριν από την εκτέλεση των έργων αποξήρανσης και τον κύριο αποδεκτή της. Διοικητικά η περιοχή υπάγεται στους νομούς Λάρισας και Μαγνησίας με το μεγαλύτερο κομμάτι να ανήκει στο νομό Λάρισας (Σιδηρόπουλος 2007, Πατσώνας 2008).



Σχήμα 2.2: Η γεωγραφική θέση της Λίμνης Κάρλας (Λουκάς και συν. 2005)

3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Αγαθά και Υπηρεσίες που σχετίζονται με την υδρολογία



Σχήμα 3.1: Υδρογραφική και γεωγραφική απεικόνιση της λίμνης Κάρλα (Σιδηρόπουλος 2008α)

Η αρχική φυσική λεκάνη της λίμνης όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.1 μπορεί να υποδιαιρεθεί γεωμορφολογικώς και υδρολογικώς σε έξι υπολεκάνες εκ των οποίων οι τέσσερις πρώτες είναι ορεινές, ενώ οι υπόλοιπες δύο είναι πεδινές (Μουστάκα 2002) :

A. Ορεινές υπολεκάνες

1. **Υπολεκάνη της Νίκαιας:** Περιλαμβάνει την δυτική και νοτιοδυτική λοφώδη περιοχή της Κάρλας που εκτείνεται μέχρι τα χωριά Μεσοράχη, Αγ.Ανάργυροι, Κυπάρισσος, Σκότουσα. Η υπολεκάνη αυτή αποστραγγιζόταν, μέχρι το 1951 από τον Όγηστο ποταμό (Κουσμπασανιώτικο ρέμα) και τροφοδοτούσε την λίμνη της Κάρλας. Από το 1951 και μετά τα νερά της διοχετεύονται μέσω του Συλλεκτήρα Σ₁ στον Πηνειό ποταμό. Η έκταση της υπολεκάνης της Νίκαιας ανέρχεται σε 501,2 km².
2. **Υπολεκάνη του Βελεστίνου:** Περιλαμβάνει την νότια πλευρά της λεκάνης της Κάρλας και έχει έκταση 201,3 km². Είναι ορεινή κυρίως περιοχή, που εκτείνεται μέχρι τις κορυφές του Χαλκοδονίου όρους (υψόμετρο 700 m). Η απορροή της λεκάνης αυτής τροφοδοτεί τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες της περιοχής Βελεστίνου, Ριζόμυλου και Στεφανοβικείου. Σε περιόδους υψηλών βροχοπτώσεων, η επιφανειακή απορροή συλλέγεται από την

συλλεκτήρα Σ₄ (που θα αντικαταστήσει την τάφρο 3T) και οδηγείται στη σήραγγα του Παγασητικού (Μπεζές 2004). Κατά την πορεία αυτή ένα ποσοστό της επιφανειακής απορροής διηθείται στο υπέδαφος και τροφοδοτεί τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Η διήθηση (ή κατείσδυση) εξαρτάται από την περατότητα των γεωλογικών σχηματισμών, που καλύπτουν την επιφάνεια της λεκάνης τροφοδοσίας. Σε ασβεστολιθικούς (καρστικούς) σχηματισμούς η κατείσδυση είναι μεγάλη, ενώ σε κοκκώδεις σχηματισμούς (προσχώσεις) είναι μικρότερη (Πέππας και συν. 2005).

3. **Υπολεκάνη Καναλιών:** Περιλαμβάνει την ανατολική πλευρά της λεκάνης της Κάρλας, που αποστραγγίζεται από το χείμαρρο Ξεριά του χωριού Κερασιά. Η υπολεκάνη είναι ορεινή και φθάνει μέχρι υψόμετρο 1.000 m περίπου. Στην υπολεκάνη των Καναλιών περιλαμβάνεται και το τμήμα της πεδιάδας της Κάρλας το οποίο θα καλυφθεί από τον ταμιευτήρα. Η έκταση της υπολεκάνης των Καναλιών ανέρχεται σε 153,3 km², εκ των οποίων 37 km² περίπου αντιστοιχούν στον ταμιευτήρα.
4. **Υπολεκάνη Καλαμακίου:** Η υπολεκάνη αυτή περιλαμβάνει την βόρεια και βορειανατολική της λεκάνης της Κάρλας, με συνολική έκταση 380,1 km². Περιλαμβάνει τις εξής μικρότερες υπολεκάνες, οι οποίες μελλοντικά σχεδιάζεται να συγκεντρώνουν τα νερά στον Συλλεκτήρα Σ₃, που θα τα οδηγεί στον Ταμιευτήρα:

Υπολεκάνη Γυρτώνης: Αντιστοιχεί στο πεδινό τμήμα μεταξύ Γυρτώνης και του ρέματος Ασμάκι (περιοχή Χασάμπαλη). Έχει έκταση 50 km².

Υπολεκάνη Καλοχωρίου: Αντιστοιχεί στην κλειστή λεκάνη, νοτιοδυτικά του Συκουρίου, η οποία όμως στραγγίζεται μέσω καταβόθρων προς τις πηγές της περιοχής Χασάμπαλη. Έχει έκταση 80 km² και μέσο υψόμετρο του πεδινού της τμήματος 90-100 m.

Υπολεκάνη Νότιας Όσσας ή Υπολεκάνη Δήμητρας- Μαρμαρίνης (βορείως του χωριού Δήμητρα): Είναι πολύ ορεινή περιοχή με έκταση 56,2 km².

Υπολεκάνη του Άμυρου ποταμού: Αντιστοιχεί στην πεδιάδα της Αγιάς. Η πεδιάδα αυτή έχει σχηματιστεί μεταξύ της Όσσας και του Μαυροβούνιου και έχει υψόμετρο 100 m. περίπου. Η συνολική έκταση της υπολεκάνης ανέρχεται σε 131,2 km² (Μπεζές 2004).

Η Υπολεκάνη Νότιας Όσσας ή Υπολεκάνη Δήμητρας- Μαρμαρίνης μαζί με την υπολεκάνη του Άμυρου ποταμού αποτελούν την **Υπολεκάνη Ανάβρας-Δήμητρας** (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006).

Υπολεκάνη Μαυροβούνιου: Ουσιαστικά πρόκειται για πολλές μικρές λεκάνες χειμάρρων που συγκεντρώνουν τα νερά της δυτικής πλαγιάς του Μαυροβούνιου και εκβάλλουν στην πεδιάδα της Κάρλας. Η συνολική τους έκταση ανέρχεται σε 70,1 km².

B. Πεδινές υπολεκάνες

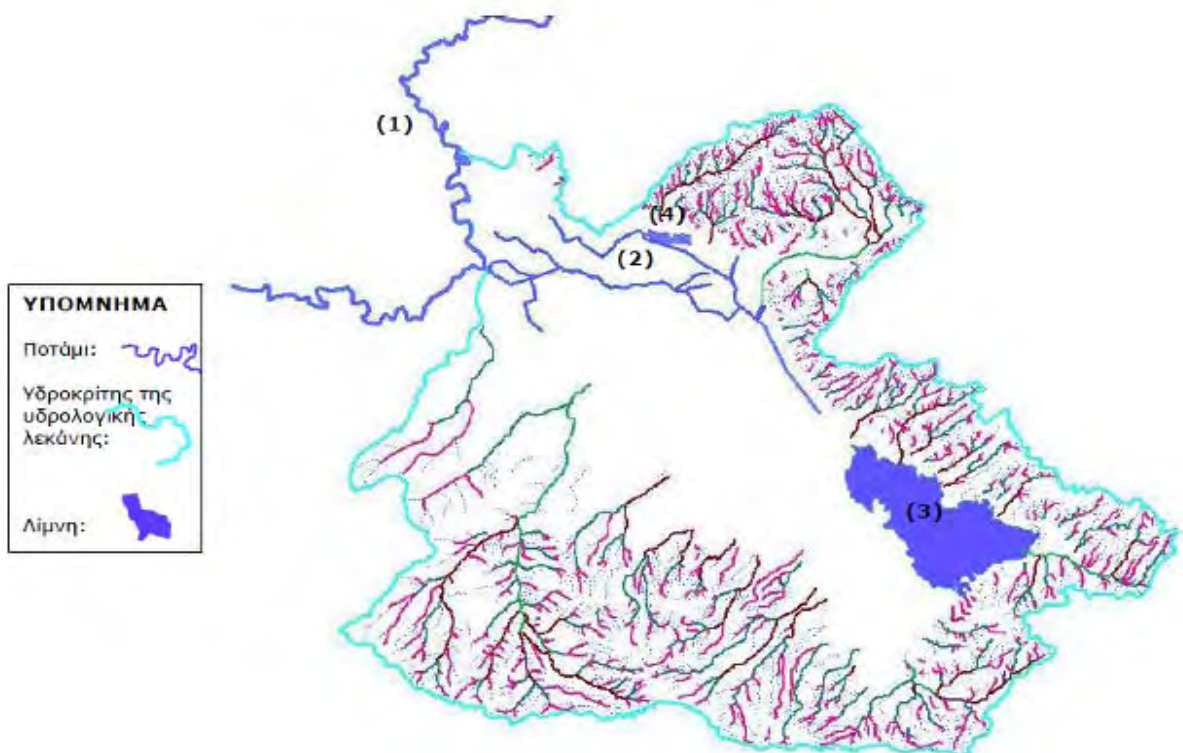
Τα επιφανειακά νερά του πεδινού τμήματος της λεκάνης της Κάρλας, το οποίο παλαιότερα καλυπτόταν από τα νερά της λίμνης, συγκεντρώνονται σήμερα σε δύο τάφρους την 1Τ και 2Τ, που διασχίζουν την περιοχή με κατεύθυνση από Βορειοδυτικά προς Νοτιοανατολικά και καταλήγουν στη σήραγγα.

5. **Υπολεκάνη Πλατύκαμπου-Αρμενίου:** Είναι η δυτική πεδινή υπολεκάνη της Κάρλας, που περιλαμβάνει την περιοχή που εκτείνεται μεταξύ του συλλεκτήρα Σ₁ και της κύριας Τάφρου Νίκης ή 2Τ. Η έκταση της είναι 173,8 km². Τα νερά συγκεντρώνονται στην τάφρο 2Τ και οδηγούνται σήμερα μέσω της σήραγγας αποστράγγισης της Κάρλας στον Παγασητικό κόλπο. Τα νερά της λεκάνης αυτής τροφοδοτούν εν μέρει τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής ανατολικά του Στεφανοβικείου (Ζώνη 3).
6. **Υπολεκάνη ρέματος Ασμάκι- Τάφρου 1Τ :** Αποτελεί την ανατολική πεδινή υπολεκάνη με έκταση 253,1 m², που παλιότερα καλυπτόταν από την λίμνη Κάρλα. Μετά την κατασκευή της σήραγγας το 1961, η λίμνη αποξηραθήκε. Έκτοτε, τα επιφανειακά νερά αποστραγγίζονται από την 1Τ και διοχετεύονται στην σήραγγα. Σύμφωνα με τον νέο σχεδιασμό των έργων της Κάρλας, η υπολεκάνη αυτή θα αποστραγγίζεται με άντληση στο αντλιοστάσιο Πέτρας και τα νερά της θα διοχετεύονται στον ταμιευτήρα Κάρλας. Μόνο σε

περίπτωση ανεπάρκειας του αντλιοστασίου ή αδυναμίας του ταμιευτήρα να υποδεχθεί πρόσθετο όγκο, θα οδηγούνται τα νερά της στην σήραγγα. Τα νερά της λεκάνης αυτής τροφοδοτούν τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής βορείως του Στεφανοβικείου (Ζώνη 5).

Η συνολική έκταση της επιφανείας τροφοδοσίας των υπολεκανών αυτών ανέρχεται σε 907,2 km². Από την έκταση αυτή ένα τμήμα 43 km² στην υπολεκάνη του Βελεστίνου και ένα τμήμα 53,3 km² στην υπολεκάνη των Καναλίων καλύπτονται από μάρμαρα, στα οποία παρατηρείται ελάχιστη επιφανειακή απορροή. Επομένως, τελικά, στον ταμιευτήρα θα αντιστοιχεί επιφανειακή απορροή 810,9 km².

Το υπόλοιπο τμήμα της λεκάνης της Κάρλας, δηλαδή η πεδινή υπολεκάνη του ρέματος Ασμάκι - Τάφρου 1Τ, βρίσκεται σε χαμηλότερο υψόμετρο από τον ταμιευτήρα και τα νερά του δεν μπορούν να οδηγηθούν με φυσική ροή σ' αυτόν (Σχ. 3.2). Τα νερά θα συγκεντρώνονται σε ειδικό έργο πέριξ της Τάφρου 1Τ και ακολούθως με άντληση θα διοχετεύονται στον ταμιευτήρα. Μόνο σε περιπτώσεις εντόνων βροχοπτώσεων και πλημμυρών τα νερά της Τάφρου 1Τ θα διοχετεύονται μέσω της σήραγγας προς τον Παρασητικό (Μπεζές 2004).



Σχήμα 3.2: Αρχική υδρολογική λεκάνη λίμνης Κάρλας (1) Πηνειός ποταμός, (2) ρέμα Ασμάκι (3) λίμνη Κάρλα πριν την αποξήρανση (4) λίμνη Νεσσωνίδα (Μούμου 2007)

Η βασική τροφοδοσία της λίμνης εξαρτιόταν κάθε φορά από το ύψος της βροχόπτωσης και την έκταση της λεκάνης απορροής της. Η λεκάνη απορροής της λίμνης Κάρλας από το 1937 και μετά μεταβλήθηκε από τα έργα που κατασκευάστηκαν στον Πηνειό ποταμό για τον περιορισμό των υδάτων που υπερχειλίζουν προς τη λίμνη. Αποτέλεσμα των έργων αυτών ήταν η μείωση της λεκάνης απορροής του Πηνειού Ποταμού.

Διαχρονικά, η έκταση λεκάνης απορροής της λίμνης παρουσιάζεται ως εξής:

α) πριν το 1937	>1.672 km ²
β) από το 1937-1945	1.672 km ²
γ) από το 1945-1949	1.334 km ²
δ) από το 1949-1952	1.075 km ² (Βαβίζος και συν. 1984).

Το 1940 ολοκληρώθηκε η κατασκευή των αναχωμάτων στον Πηνειό με τα οποία αποκόπηκε η διαρροή των πλημμυρικών νερών του ποταμού προς τη λίμνη Κάρλα μέσω του ρέματος Ασμάκι. Με το έργο αυτό αποκόπηκε η τροφοδοσία της λίμνης στο φυσικό της εμβαδόν (Ζαλίδης και συν. 1995). Πρόκειται για αναχώματα εγκιβωτισμού του ποταμού του Πηνειού τα οποία κατασκευάστηκαν με σκοπό την προστασία της πεδιάδας Λάρισας – Κάρλας από τα νερά του ποταμού που ξεχειλίζουν και κατέκλυζαν μεγάλες εκτάσεις. Η διαμόρφωση των αναχωμάτων αυτών στο τμήμα του ποταμού από Λάρισα μέχρι Γυρτώνη έχει γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε η δημιουργουμένη κοίτη να έχει παροχετευτική ικανότητα 2000 m³/s. Τα αναχώματα αυτά λειτουργούν ικανοποιητικά από την κατασκευή τους μέχρι σήμερα και προστατεύουν την περιοχή από τις πλημμύρες του Πηνειού.

Η φυσική λεκάνη της Κάρλας έχει συνολική έκταση 1.663 km² (συμπεριλαμβανομένης και της κλειστής λεκάνης του Καλοχωρίου, 78,19 km²). Χωρίς την κλειστή λεκάνη του Καλοχωρίου η φυσική λεκάνη της Κάρλας έχει συνολική έκταση 1,584.8 km². Με την ολοκλήρωση των πρώτων έργων αντιπλημμυρικής προστασίας το 1949, που περιλάμβαναν τα αναχώματα του Πηνειού και το συλλεκτήρα Σ₁ των ορεινών όγκων νερού στα δυτικά της λεκάνης το 1950, περιορίστηκε η λεκάνη απορροής της κατά το 1/3 (Σχ. 3.3) η έκτασή της μειώθηκε σε 1.093 km² (χωρίς να συμπεριλαμβάνεται η κλειστή λεκάνη Καλοχωρίου) και αποκόπηκε η τροφοδοσία της από τον ποταμό, με συνέπεια τη μείωση των εισροών και την υποβάθμιση του υγρότοπου της λίμνης (Λουκάς και συν. 2005). Το τμήμα αυτό με

έκταση 501,2 km² περιλαμβάνει την λοφώδη περιοχή Κυψέλης-Ζαπτείου-Περιβολίου, που εκτείνεται νοτίως της Λάρισας και αποστραγγίζεται από τον Όγχηστο ποταμό (Κουσμπασανιώτικο ρέμα). Ουσιαστικά όπως αναφέρεται και παραπάνω αποκόπηκε η υπολεκάνη της Νίκαιας και οι αστικές περιοχές που παρέμειναν να συνδέονται με τη λίμνη Κάρλα απεικονίζονται στο Σχήμα 3.4 (Βαρδουλιάκης και συν. 1995).

Ο συλλεκτήρας Σ₁ παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.3 συλλέγει τα νερά των περισσότερων ρευμάτων της Ν.Δ. λεκάνης και τα κατευθύνει στον ποταμό Πηνειό, στις βόρειες παρυφές της Λάρισας. Το συνολικό μήκος του συλλεκτήρα αυτού είναι 37 km περίπου. Στον συλλεκτήρα Σ₁ συμβάλλουν : α) ο συλλεκτήρας 18 της ΒΟΟΤ και β) ο χειμάρρος Νέας Λεύκης, ο οποίος λίγο προ της συμβολής του στον Σ₁, δέχεται τα νερά του χειμάρρου Νέας Καρυάς. Ο συλλεκτήρας αυτός διευρύνθηκε από τη Χ.Θ. 0+200 έως τη Χ.Θ. 11+925 με ενιαία κατά μήκος κλίση πυθμένα J= 0.06% και πλάτος πυθμένα κυμαινόμενο από b=30 m. ως b=35 m. Αλλά και η διευρυμένη διατομή του συλλεκτήρα δε φαίνεται να εξασφαλίζει την πλήρη προστασία της περιοχής, κυρίως στο τελευταίο τμήμα του αμέσως ανάντη της συμβολής του με τον ποταμό Πηνειό. Υπάρχει επομένως ανάγκη επανεξέτασης του στο τμήμα μεταξύ της διασταύρωσής του με τη Σιδηροδρομική Γραμμή μέχρι την εκβολή του στον ποταμό Πηνειό (Πατσώνας 2008).



Σχήμα 3.3: Η υδρολογική λεκάνη της Κάρλας και ο Συλλεκτήρας Σ₁. Η επιφάνεια του υδρογραφικού δικτύου που αποκόπτεται (ροζ χρώμα) (Μούμου 2007)



Σχήμα 3.4: Αστικές περιοχές της τέως λίμνης Κάρλας (Moustaka et al. 2003)

Το 1961 κατασκευάστηκε η σήραγγα που αποξήρανε την λίμνη και οδήγησε τα νερά της στον Παγασητικό κόλπο (Βαρδουλάκης και συν. 1995). Η σήραγγα είναι η μόνη διέξοδος από τη λεκάνη της Κάρλας μέσα στον κόλπο του Παγασητικού. Τα κύρια χαρακτηριστικά της σήραγγας είναι: μήκος=10.120 m, διατομή τύπου πέταλου αλόγου, περιοχή διατομής = 4,35 m², υψόμετρο εισόδου = 38,23 m, κλίση = 1.5% και παροχή Q = 8,5 m³/sec (Gerakis et al. 1992). Η παροχή της σήραγγας (Q= 8,5 m³ /sec) είναι αναποτελεσματική να μετακινήσει το νερό της λίμνης. Ως αποτέλεσμα, η περιοχή που προηγουμένως καταλάμβανε η λίμνη πλημμύριζε συχνά (Βαρδουλάκης και συν. 1995). Παράλληλα έγινε διάνοιξη των τάφρων αποστράγγισης των υδάτων 2T, 3T, 4T, 5T και 6T όπως δίνεται στο Σχήμα 3.5 που πρότεινε η μελέτη Παπαδάκη (Φώλια 2008).

Η τάφος 2T ή Κύρια Τάφος της Νίκης συλλέγει τα νερά των Ν.Δ. μεσαίων εκτάσεων της πεδιάδας και τα κατευθύνει στην σήραγγα της Κάρλας. Στην τάφο αυτή συμβάλλουν οι τάφοι 3T, 4T, 5T, 6T και 7T που συγκεντρώνουν τα νερά διάφορων τμημάτων όλης της έκτασης.

Η τάφρος 1Τ ή Κύρια Τάφρος της Κάρλας συλλέγει τα νερά των χαμηλών εκτάσεων της πεδιάδας και τα κατευθύνει στην σήραγγα της Κάρλας. Στο αρχικό τμήμα της τάφρου συμβάλλουν οι τάφροι 8Τ και 9Τ. Η τάφρος αυτή κατασκευάστηκε μεταγενέστερα από τις τάφρους 2Τ κ.λ.π. και οι διαστάσεις της κοίτης της αποδείχθηκαν επαρκείς για την εκπλήρωση των σκοπών της.

Μετά το 1962, στις χαμηλότερες περιοχές (περιοχή Καναλίων) συνεχίστηκε η συγκέντρωση των νερών και ο πρόσκαιρος σχηματισμός λίμνης κατά την χειμερινή περίοδο, όταν οι εισροές στην λεκάνη ξεπερνούσαν την παροχευτική ικανότητα της σήραγγας (Βαρδουλάκης και συν. 1995).

Στο Σχήμα 3.6 δίνεται η υδρολογική απεικόνιση της λίμνης Κάρλα μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής των πρώτων αποστραγγιστικών έργων. Επιπλέον στο Σχήμα 3.7 απεικονίζεται το ποιος θα είναι ο ρόλος των πρώτων αποστραγγιστικών έργων σε σχέση με τον ταμιευτήρα.



Σχήμα 3.5: Τα πρώτα αποστραγγιστικά έργα στη λεκάνη απορροής της Κάρλας (Φώλια 2008)



Σχήμα 3.6: Απεικόνιση της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κάρλας μετά τα αποστραγγιστικά έργα (Μούμου 2007).



Σχήμα 3.7: Τα πρώτα αποστραγγιστικά έργα στη λεκάνη απορροής της Κάρλας σε σχέση με τον ταμιευτήρα (Σιδηρόπουλος 2008β)

Κατά τη δεκαετία του 1971-1981 η λεκάνη απορροής της Κάρλας είχε εμβαδό 1.157,208 km² και περίμετρο 193 km (Αποστολάκης και συν. 1995).

3.1.1 Η διακύμανση της στάθμης της λίμνης

Στον Πίνακα 3.1 καταγράφονται οι διαχρονικές μετρήσεις μέγιστης και ελάχιστης στάθμης της λίμνης καθώς και η έκτασή της. Οι διακυμάνσεις της στάθμης της λίμνης απεικονίζονται και

στο Σχήμα 3.8. Η μέγιστη άνοδος της στάθμης της λίμνης σημειώθηκε τον χειμώνα 1920-1921 όπου η στάθμη έφθασε τα 50,10 m κατακλύζοντας 180 km². Η επόμενη μεγαλύτερη περιοχή καταλαμβάνονταν από τη λίμνη κατά τη διάρκεια του χειμώνα του 1930-1931, όταν η επιφάνεια της λίμνης πλησίασε τα 49,25 m και η περιοχή της ήταν 145 km² (Βαρδουλάκης και συν. 1995, Gerakis et al. 1992). Σύμφωνα με τους (Zalidis and Gerakis 1999), το βάθος της λίμνης για την μεν περίοδο του χειμώνα του 1920-1921 έφθανε τα 5 m ενώ κατά το χειμώνα του έτους 1930-1931 το βάθος της λίμνης έφθανε τα 1,6 m. Ο όγκος της λίμνης αυξάνεται και πάλι το Μάιο του 1935 όταν ο Πηνειός εμφανίζει τη μεγαλύτερή του πλημμύρα (Φώλια 2008). Παρόμοια πλημμυρικά φαινόμενα ήταν σχετικά σπάνια και συνήθως η στάθμη της λίμνης βρισκόταν στο επίπεδο των 48 m περίπου (Βαρδουλάκης και συν. 1995). Τα πλημμυρικά φαινόμενα λόγω της μη ικανότητας της Κάρλας να αποθηκεύει τα νερά συντελούσε στον πλημμυρισμό των παρακείμενων εκτάσεων καταστρέφοντας τις γεωργικές καλλιέργειες. Αλλά από μια άλλη οπτική, τα πλημμυρικά φαινόμενα είχαν και "ευεργετικές" ιδιότητες στην χημεία του νερού διότι όπως αναφέρουν οι (Zalidis and Gerakis 1999) διατηρούσαν τη χαμηλή συγκέντρωση άλατος στη λίμνη. Παράλληλα, οι πολλές εποχιακές ή μόνιμες κατακλύσεις του υγρότοπου της Κάρλας είχαν ως αποτέλεσμα την δημιουργία δύο μικρών νησιών. Όλα μαζί συνέβαλαν στη διαμόρφωση της υψηλής ποικιλομορφίας τοπίων και βιοτόπων στην περιοχή.

Κατά τα έτη 1938 – 1939 γίνεται η πρώτη οριοθέτηση ανώτατης και κατώτατης στάθμης με το Ν. 5800/1933 κατ' εφαρμογή του άρθρου 2 του από 28/6/33 Ν.Δ/τος «περί εξασφάλισης των δικαιωμάτων του Δημοσίου επί των αποκαλύπτων εν Μακεδονία γαιών». Σύμφωνα με τα συνταχθέντα τοπογραφικά διαγράμματα καθορίστηκαν ανώτατη και κατώτατη στάθμη 48,50 m και 47,30 m που αντιστοιχούσαν σε 155 km² και 107.5 km², αντίστοιχα (Φώλια 2008).

Ανάμεσα στο 1949 και το 1961, το υψηλότερο επίπεδο της λίμνης έφθασε στις (15/5/56) τα 47,65 m με μία περιοχή των 115 km² ενώ στις (31/10/50) το ελάχιστο επίπεδο ήταν 44,71 m με μία επιφανειακή περιοχή των 40 km² (Gerakis et al. 1992, Φώλια 2008).

Η ισορροπία μεταξύ εισροών και εκροών εκφραζόταν με την αυξομείωση της στάθμης της λίμνης που καθόριζε κάθε φορά διαφορετική επιφάνεια και όγκο. Έτσι, με ελάχιστη στάθμη 45,08 m το 1951 είχε επιφάνεια 53,10 km² και όγκο 40,41*10⁶ m³ ενώ με μέγιστη

στάθμη 46,34 m το 1952 η λίμνη είχε επιφάνεια 85,50 km² και όγκο 128,28*10⁶ m³ (Βαβίζος και συν. 1984).

Πίνακας 3.1: Διαχρονικές μετρήσεις μέγιστης και ελάχιστης στάθμης της λίμνης και η έκτασή της (Μούμου 2007, Βαβίζος και συν. 1984)

ΕΤΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ (km)		ΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ (km ²)	
	ΜΕΓΙΣΤΟ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ
1907-1910	45,80	-	72,5	44,7
1921	50,10	-	180	-
1931	49,18	48,28	145	128,9
1932	49,13	-	143,1	-
1938-1939	48,50	47,30	155	107,500
1949	45,80	45,13	72,5	54,4
1950	45,65	44,71	68,3	40,3
1951	45,73	45,08	72,8	50,8
1952	46,34	45,45	85,5	63,0
1953	45,89	45,15	74,8	63,3
1954	46,89	45,64	-	-
1956	47,65	46,85	115	-
1957	47,05	46,35	-	-
1958	46,70	45,89	-	-
1959	46,00	-	-	-



Σχήμα 3.8: Διακυμάνσεις της στάθμης της λίμνης (Παπανίκος 2008)

Ο μέσος ετήσιος όγκος βροχής που δεχόταν η λεκάνη απορροής κατά τα έτη 1950-1954 ήταν $650.000.000 \text{ m}^3$ περίπου. Ένα ποσοστό 20% περίπου της ποσότητας αυτής εισέρρεε στη λίμνη, κυρίως τους μήνες από Νοέμβρη έως Απρίλη. Ο όγκος των υδάτων της λίμνης εξαρτιόταν από τις απορροές της, την εξάτμιση και τις υπόγειες διαφυγές. Η ελάχιστη μηνιαία διαφυγή από την λίμνη την καλοκαιρινή περίοδο ήταν ανώτερη των $5.000.000 \text{ m}^3$. Η αποστράγγιση της λίμνης Κάρλα έχει εκτιμηθεί ότι οδηγεί σε απώλεια περίπου $63 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού ετησίως (Gerakis et al. 1992). Η μείωση της επιφανειακής απορροής δρα αρνητικά και στην περίπτωση των υπογείων νερών όπως θα συναντήσουμε παρακάτω.

3.1.2 Υπόγεια νερά

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

Μέσα στους υδροφόρους σχηματισμούς, που αναφέρθηκαν παραπάνω, σχηματίζονται αντίστοιχα οι τρεις βασικοί υδροφόροι ορίζοντες (Μπεζές 2004):

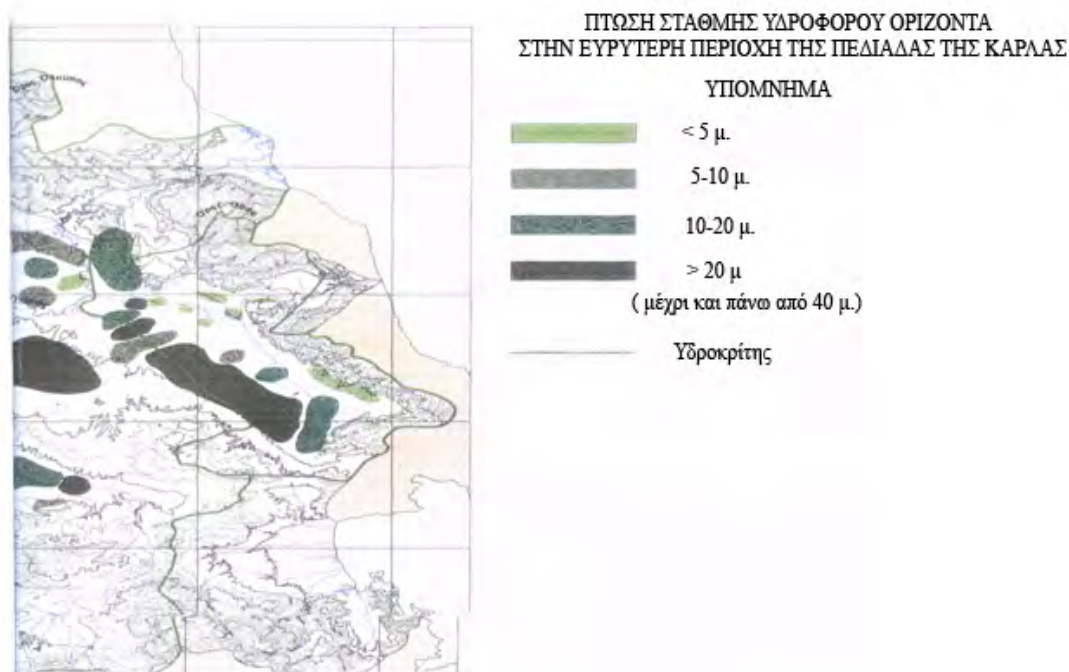
- α) υδροφόρος ορίζοντας των αργιλοαμμωδών λιμναίων αποθέσεων
- β) υδροφόρος ορίζοντας των αδρομερών κροκαλολατυποπαγών
- γ) υδροφόρος ορίζοντας των μαρμάρων (καρστικός)

Σύμφωνα με τους (Zalidis and Gerakis 1999), η υψηλή ποιότητα του νερού άρδευσης του υγρότοπου δεν χρησιμοποιήθηκε κατά την περίοδο πριν το 1936. Μέχρι πριν από το 1962 τόσο οι προσχωματικοί, όσο και οι καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες ήταν σχεδόν κορεσμένοι με νερό. Η απομάκρυνση της επιφανειακής απορροής της λεκάνης προς τη θάλασσα που υφίσταται από το 1962 έχει εκτιμηθεί ότι οδηγεί σε απώλεια περίπου $63 \cdot 10^6$ m³ νερού ετησίως). Η απομάκρυνση αυτή είχε ως αποτέλεσμα τον περιορισμό του απευθείας εμπλουτισμού των υπόγειων νερών και επομένως τη συνεχή πτώση της υπόγειας στάθμης σε μεγαλύτερα βάθη. Η πτώση της στάθμης επιδεινώνεται και λόγω της υπεράντλησης, που είναι αποτέλεσμα της έλλειψης επιφανειακού νερού (Gerakis et al. 1992, Φώλια 2008).

Στην περίοδο 1965-1970, όταν η περιοχή μελετήθηκε από το Ινστιτούτο Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους (ΙΓΕΥ), η κατάσταση δεν άλλαξε αισθητά. Αντίθετα από το 1972 στα πλαίσια της Μελέτης Αναπτύξεως Υπόγειων υδάτων Θεσσαλίας από το Υπουργείο Γεωργίας, άρχισε εντατική εκμετάλλευση των υπόγειων υδάτων. Μέχρι το 1982 η εκμετάλλευση των γεωτρήσεων δεν παρουσίασε προβλήματα στον υδροφόρο ορίζοντα. Παρά το γεγονός ότι η κύρια πηγή τροφοδοσίας του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα δηλαδή η λίμνη Κάρλα είχε εκλείψει, η πολύ βροχερή περίοδος 1978-1982 κατόρθωσε να διατηρήσει σε υψηλά επίπεδα τους ρυθμούς τροφοδοσίας των υπόγειων υδροφορέων. Μετά το 1983 όμως άρχισε περίοδος χαμηλών βροχοπτώσεων που κορυφώθηκε τη διετία 1989-1990 (Μαχαίρας και συν. 1999). Το 1985 τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα στη λεκάνη είχαν φθάσει να είναι μικρής δυναμικότητας και ο υπόγειος ορίζοντας από 1.50-2.00 m βάθος, να βρίσκεται πλέον που ήταν πριν την αποξήρανση στην περιφέρεια το 1985 βρισκόταν σε βάθος μεγαλύτερο των 150 m (Βαβίζος και συν. 1984). Ως αποτέλεσμα των χαμηλών βροχοπτώσεων και γενικότερα της έλλειψης επιφανειακού νερού ήταν η υπεράντληση και συνεπώς η πτώση των στάθμεων του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα κατά 40-50 m (Μαχαίρας και συν. 1999, Μουστάκα 2002). Η πτώση αυτή συνεχιζόταν 1-2 m το χρόνο όπως αναφέρεται από τη Valaora (1998). Ενώ σύμφωνα με τους (Μαυρονικολάου-Καρκά και συν. 2006), η πτώση καταγράφεται αυξανόμενη στα 2- 3 m το χρόνο και το βάθος ανάπτυξης των σύγχρονων αποθέσεων τοπικά φθάνει το απόλυτο υψόμετρο 200 m. Ενώ ο (Loukas et al. 2007) υποστηρίζει ότι σήμερα, το επίπεδο των υπόγειων νερών είναι

περισσότερο από 200 m κάτω από την επιφάνεια εδάφους. Υπάρχουν αναφορές από το 1998 για πηγάδια άντλησης των οποίων η στάθμη βρίσκεται στα 250-300 m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (Valaora 1998).

Η μείωση της άντλησης υπόγειων νερών είναι κρίσιμη για τη λεκάνη απορροής της Κάρλας επειδή η μεγαλύτερη πτώση στάθμης στη Θεσσαλία όπως προκύπτει από το Σχήμα 3.9 έχει παρατηρηθεί στο νότιο μέρος αυτής της λεκάνης (Loukas et al. 2007).



Σχήμα 3.9: Πτώση στάθμης υδροφόρου ορίζοντα στην ευρύτερη περιοχή της Κάρλα (Φώλια 2008)

Από την επεξεργασία των μακροχρόνιων πιεζομετρικών παρατηρήσεων (25 χρόνια περίπου), που πραγματοποίησε ο Περγλέρος (1999) προκύπτει, ότι ο υπόγειος υδροφορέας του ευρύτερου πεδινού τμήματος (Σχ. 3.10). βρίσκεται υπό καθεστώς εντατικής υπερ-εκμετάλλευσης.

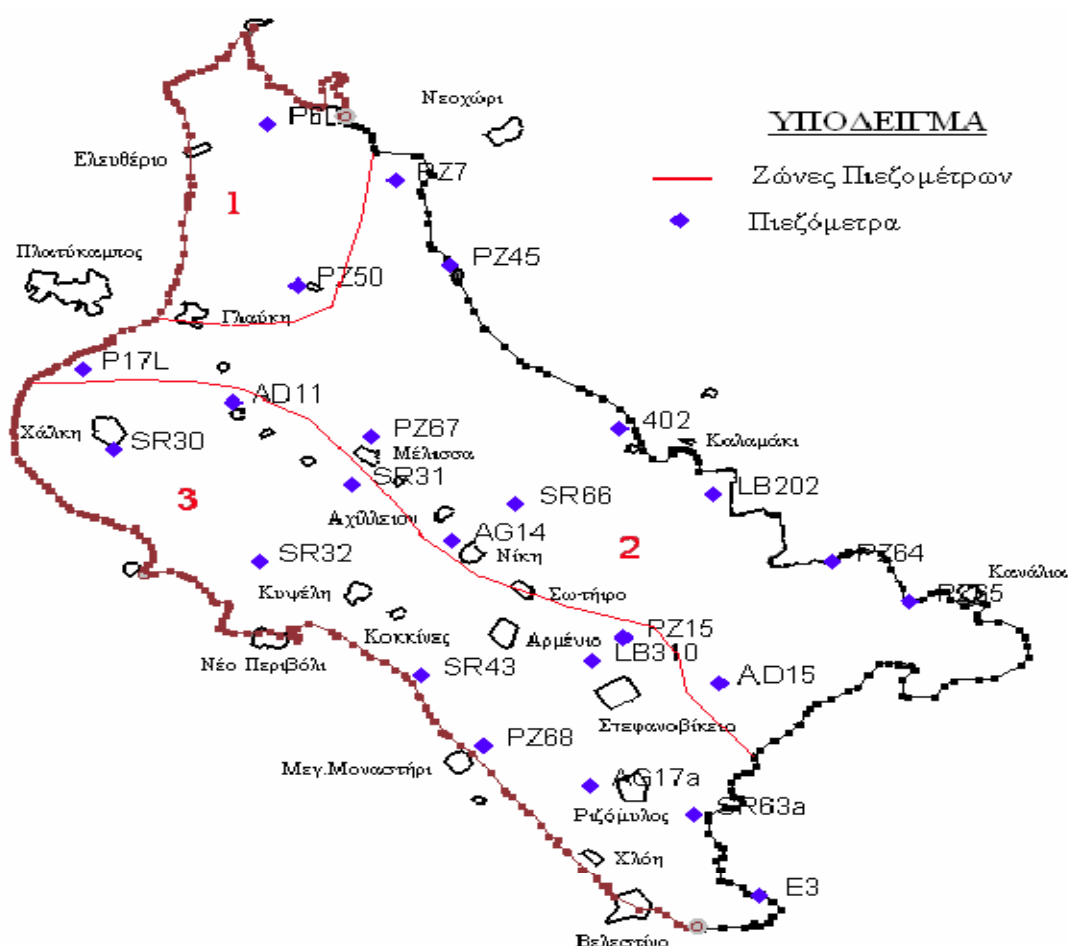


Σχήμα 3.10: Ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας (Loukas, 2008)

Διακρίνονται τρεις κύριες ομάδες πιεζόμετρων, ως προς τη μορφή ταπείνωσης της υπόγειας στάθμης (Σχήμα 3.11):

- Στην **πρώτη ομάδα πιεζόμετρων** η ταπείνωση είναι μικρή έως σχεδόν μηδενική, με τάσεις της σταθεροποίησης. Σε αυτή ανήκουν τα πιεζόμετρα AD13A, AD15, PZ7α, AG12α, PZ50, PZ7, AD9α, Π6Λ, SR35, PZ67. Στις περιοχές τοποθέτησης των παραπάνω πιεζόμετρων (Βόρειο τμήμα Κάρλας) δεν υπάρχουν προοπτικές αύξησης των αντλήσεων γιατί δεν αναπτύσσονται αξιόλογες υδροφορίες.
- Στη **δεύτερη ομάδα πιεζόμετρων** η ταπείνωση είναι μεγάλη, όχι τόσο έντονη και κατά θέσεις παρατηρούνται τάσεις σταθεροποίησης της υπόγειας στάθμης, στα χαμηλά της σημερινά επίπεδα. Στην ομάδα αυτή ανήκουν τα πιεζόμετρα SR66, AG14, SR63β, Π17Λ, AD9, LB230 69Λ, Π16Λ, SR72, LB232, SR60, SR77. Τα πιεζόμετρα αυτά τοποθετούνται στο βορειοδυτικό τμήμα της Κάρλας (περιοχή Μέλισσα-Λάρισα στην κεντρική και δυτική ζώνη) κυρίως στο ανατολικό όριο ανάπτυξης των αξιόλογων υδροφοριών της περιοχής. Στις περιοχές αυτές οι υπόγειες υδροφορίες βρίσκονται υπό καθεστώς υπερεκμετάλλευσης. Στην ευρύτερη αυτή περιοχή όπου και τοποθετούνται τα πιεζόμετρα της κατηγορίας αναμένεται να αντικαταστούν τα υπόγεια νερά των αρδεύσεων, από τα επιφανειακά νερά του Πηνειού της εκτροπής του Αχελώου.

- Στην **τρίτη ομάδα πιεζόμετρων** η ταπείνωση είναι μεγάλη και έντονη, χωρίς τάσεις σταθεροποίησης. Στην ομάδα αυτή ανήκουν τα πιεζόμετρα SR32, SR43, LB310, PZ15, AG17a, SR63A, SR30, AD16, PZ68, E3, AD11, SR29. Τα πιεζόμετρα αυτά τοποθετούνται στο δυτικό τμήμα της πεδινής έκτασης, όπου και αναπτύσσονται και οι κύριες αξιόλογες υδροφορίες της Χάλκης και της περιοχής Αρμενίου –Στεφανοβίκειου – Ριζόμυλου – Βελεστίνου – Αγ. Γεωργίου.



Σχήμα 3.11: Οι ομάδες πιεζόμετρων (Σιδηρόπουλος 2008α)

Σύμφωνα με τον Μπεζέ (2004), τον Περλέρο (1999) και τον Σιδηρόπουλο (2007) ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας χωρίζεται σε επτά ζώνες άντλησης, εκ των οποίων οι πέντε ανήκουν στο Νομό Μαγνησίας, ενώ οι άλλες δύο ζώνες ανήκουν στο Νομό Λάρισας (Σχ. 3.12).

Στη **ζώνη 1** εκτάσεως περίπου 36.267 km² περιλαμβάνει την περιοχή ανατολικά των χωριών Στεφανοβίκειου – Ριζόμυλου – Βελεστίνου. Οι υδροφόροι ορίζοντες της ζώνης 1 τροφοδοτούνται από επιφανειακά νερά, που απορρέουν από το δυτικό τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του Βελεστίνου. Υπολογίζεται ότι η ετήσια επανατροφοδοσία ανέρχεται σε 15*10⁶ m³.

Στην ζώνη αυτή σήμερα αρδεύονται 34.000 στρέμματα και αντλούνται από τον υπόγειο υδροφόρο από $15,232 \cdot 10^6$ έως $19,04 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Η ζώνη αυτή ανήκει στην περιοχή της τρίτης ομάδας πιεζόμετρων στην οποία η πτώση είναι μεγάλη και έντονη. Οι παροχές των γεωτρήσεων είναι αρκετά μεγάλες, ώστε σε περιόδους μη αιχμής να αντλούν $100 \text{ m}^3/\text{h}$, ενώ έχουν καταγραφεί παροχές της τάξεως των $300 \text{ m}^3/\text{h}$ σε περιόδους αιχμής.

Το υδατικό ισοζύγιο του τοπικού υδροφόρου ορίζοντα είναι αρνητικό, δηλαδή γίνεται υπεράντληση. Για να αποκατασταθεί περιβαλλοντική ισορροπία, στις Υποστηρικτικές Μελέτες προτείνεται το σύνολο των αντλήσεων να μειωθεί σε $15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και το νερό να διατίθεται αποκλειστικά για την ύδρευση του Βόλου και των άλλων οικισμών.

Στη ζώνη **1α** περιλαμβάνει την λοφώδη περιοχή που καταλαμβάνει η Β' ΒΠΠΕ, καθώς και μια στενή ζώνη που εκτείνεται ανατολικά του Αγίου Γεωργίου. Η έκταση της ζώνης είναι 10 km^2 .

Οι υδροφόροι ορίζοντες της ζώνης 1α τροφοδοτούνται από επιφανειακά νερά, που απορρέουν από το ανατολικό τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του Βελεστίου. Υπολογίζεται ότι η ετήσια επανατροφοδοσία ανέρχεται σε $2,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Στην ζώνη αυτή σήμερα αρδεύονται 8.500 στρέμματα και αντλούνται από τον τοπικό υδροφόρο ορίζοντα $4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού ετησίως για άρδευση. Επιπροσθέτως από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα αντλούνται ετησίως $0,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ για την ύδρευση του Βόλου και των Δήμων της περιοχής. Επομένως συνολικά αντλούνται $4,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως. Το υδατικό ισοζύγιο του τοπικού υδροφόρου ορίζοντα είναι αρνητικό, δηλαδή γίνεται υπεράντληση. Για να αποκατασταθεί περιβαλλοντική ισορροπία, στις Υποστηρικτικές Μελέτες προτείνεται να μειωθεί η εξυπηρετούμενη από υπόγεια νερά αρδευόμενη έκταση σε 1.750 στρέμματα, το σύνολο των αντλήσεων να μειωθεί σε $1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως και το νερό να διατίθεται αποκλειστικά για άρδευση.

Στη ζώνη **2** εκτάσεως 14910 στρεμμάτων περιλαμβάνει τα Δ-ΝΔ περιθώρια της ζώνης 1 με όριο τη νοητή γραμμή μεταξύ των χωριών Μέγα Μοναστήρι – Χλόη – Βελεστίνο - Αγ. Γεώργιος. Οι υδροφόροι ορίζοντες της ζώνης 2 τροφοδοτούνται από επιφανειακά νερά, που απορρέουν από το νοτιοδυτικό τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του Βελεστίου. Υπολογίζεται ότι η ετήσια επανατροφοδοσία ανέρχεται σε $3,0 \cdot 10^6$. Σήμερα αρδεύονται 9.000 στρέμματα. Αντλούνται από τον υπόγειο υδροφόρο από $1,4 \cdot 10^6$ έως $3,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Ανήκει και αυτή στην τρίτη ομάδα πιεζόμετρων. Οι παροχές των γεωτρήσεων δεν είναι μεγάλες, με αυτές να φτάνουν σε ώρες μη αιχμής τα $30 \text{ m}^3/\text{h}$ και σε ώρες αιχμής να μην ξεπερνούν τα $100 \text{ m}^3/\text{h}$. Επειδή γίνεται ήδη υπεράντληση, στις Υποστηρικτικές Μελέτες προτείνεται να μειωθεί η εξυπηρετούμενη από γεωτρήσεις αρδευόμενη έκταση σε 5.000 στρέμματα και να μειωθούν ελαφρά οι αντλούμενες ετησίως ποσότητες σε $3,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Στη **ζώνη 3**, η οποία περιλαμβάνει την περιοχή βόρεια και ανατολικά του Στεφανοβικείου, μέχρι τον λόφο Πέτρα, συνολικής έκτασης 47 km^2 Διασχίζεται από την κεντρική τάφρο 1T, τα νερά της οποίας συμμετέχουν στην τροφοδοσία των υπογείων υδροφόρων οριζόντων με διηθήσεις. Ανήκει στη δεύτερη ομάδα πιεζόμετρων, στην οποία η πτώση είναι μεγάλη, αλλά όχι έντονη. Έτσι στη ζώνη 3 αντλούνται από $1,5 \cdot 10^6$ έως $1,875 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ με παροχή γεωτρήσεων στα $35 \text{ m}^3/\text{h}$ σε ώρες μη αιχμής και στα $105 \text{ m}^3/\text{h}$ ώρες αιχμής. Μελλοντικά αναμένεται να συμμετέχουν στην επανατροφοδοσία και διηθήσεις από τον ταμιευτήρα της Κάρλας. Σήμερα αρδεύονται 4.500 στρ. από επιφανειακά νερά (νερά της τάφρου 1T) και 14.500 στρ. από υπόγεια νερά. Συνολικά αντλούνται $5,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ υπόγειων νερών ετησίως για άρδευση. Στο παρελθόν φαίνεται ότι έγινε σημαντική υπερεκμετάλλευση με αποτέλεσμα την υφαλμύρωση του προσχωσιγενούς και του υποκείμενου καρστικού υδροφόρου ορίζοντα. Σήμερα, η ποιότητα των υπόγειων νερών είναι ακατάλληλη για ύδρευση.

Ο Περγέρος (1999), προτείνει μείωση των εξυπηρετούμενων από υπόγεια νερά αρδευόμενων εκτάσεων 1.750 στρέμματα και μείωση των αντλήσεων υπόγειων νερών σε $1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως.

Στη **ζώνη 4**, η οποία περιλαμβάνει τον κώνο του ρέματος Ξεριά και των άλλων ρεμάτων στην περιοχή Καναλιών, εκτάσεως 15000 στρεμμάτων. Ανήκει και αυτή στην δεύτερη ομάδα πιεζόμετρων. Αντλούνται από τα υπόγεια νερά περίπου $1,875 \cdot 10^6$ έως $2,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Οι γεωτρήσεις δίνουν μικρές παροχές της τάξεως των $20 \text{ m}^3/\text{h}$ σε ώρες μη αιχμής $70 \text{ m}^3/\text{h}$ ώρες αιχμής. Στην ζώνη αυτή αρδεύονται από υπόγεια νερά 5.000 στρ. και αντλούνται υπόγεια νερά $2,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως για άρδευση. Επίσης αντλούνται $0,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως για ύδρευση. Προτείνεται μικρή μείωση των αρδευόμενων από υπόγεια νερά εκτάσεων σε 3.400 στρέμματα και των αντίστοιχων αντλήσεων σε $2,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως, ενώ θα εξακολουθήσει να αντλείται ποσότητα $0,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως για ύδρευση.

Στη **ζώνη 5**, η οποία περιλαμβάνει την περιοχή στο βορειοδυτικό τμήμα της παλαιάς λίμνης της Κάρλας, βορείως του λόφου Πέτρα, μεταξύ των χωριών Αρμένιο, Σωτήριο και Καλαμάκι. Η συνολική της έκταση είναι 29 km². Σήμερα αρδεύονται 14.000 στρέμματα από επιφανειακά νερά και 3.000 στρέμματα από υπόγεια νερά. Συνολικά αντλούνται από υπόγεια νερά 1,2*10⁶ m³ ετησίως για άρδευση και 0,3*10⁶ m³ ετησίως για ύδρευση. Προτείνεται να μειωθεί η άντληση υπόγειων νερών σε 0,7*10⁶ m³ εκ των οποίων 0,4*10⁶ m³ θα διατίθεται για άρδευση και 0,3*10⁶ m³ για ύδρευση. Ανήκει στη δεύτερη ομάδα πιεζόμετρων, στην οποία η πτώση είναι μεγάλη, αλλά όχι έντονη. Στη ζώνη 5 αντλείται παροχή από 1,2*10⁶ έως 1,5*10⁶ m³ με παροχή γεωτρήσεων στα 20 m³/h σε ώρες μη αιχμής και στα 60 m³/h ώρες αιχμής.

Η **ζώνη 6** οροθετείται από τα χωριά - νοτίως του Καλαμαριού – Αρμένιο – Σωτήριο – Νίκη – Αχχίλειον – Γλαύκη – Ελευθέριο – Δήμητρα και Νεοχώρι. Έχει έκταση 210263 στρεμμάτων και το βόρειο τμήμα της ανήκει στην πρώτη ομάδα πιεζόμετρων, ενώ το νότιο στη δεύτερη. Είναι η περιοχή, η οποία αρδεύεται από τον Τοπικό Οργανισμό Εγγείων Βελτιώσεων (Τ.Ο.Ε.Β.) Πηνειού (Σιδηρόπουλος 2007). Από τον ΤΟΕΒ Πηνειού αρδεύονται 85.000 στρέμματα, από τα οποία τα 10000 στρέμματα αρδεύονται από γεωτρήσεις του Τ.Ο.Ε.Β. και 5000 στρέμματα αρδεύονται από ιδιωτικές γεωτρήσεις. Τα υπόλοιπα 70000 τα οποία καλύπτουν τις αρδευτικές τους ανάγκες από το επιφανειακό δίκτυο του Πηνειού ποταμού υπό κανονικές συνθήκες, ενώ κατά την περίοδο ξηρών ετών οι αρδευτικές τους ανάγκες καλύπτονται από αρδευτικές γεωτρήσεις κυρίως παράνομες σε μεγάλο ποσοστό της αρδευτικής έκτασης των 70000 στρεμμάτων (Ευαγγελόπουλος 2005). Η ποσότητα που αντλείται είναι περίπου των 22*10⁶ m³. Οι παροχές των γεωτρήσεων κυμαίνονται από 550m³/h έως και 220 m³/h (Σιδηρόπουλος 2007). Οι πτωτικές τάσεις της πιεζομετρίας οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι το ισοζύγιο του υπόγειου νερού είναι αρνητικό. Η εκτίμηση του μεγάλου ελλείμματος εκφράζεται από την μεγάλη πτώση της στάθμης 25-30 m από την οποία προκύπτει ότι η άντληση νερού από τις αρδευτικές γεωτρήσεις γίνεται από τα μόνιμα αποθέματα (Ευαγγελόπουλος 2005).

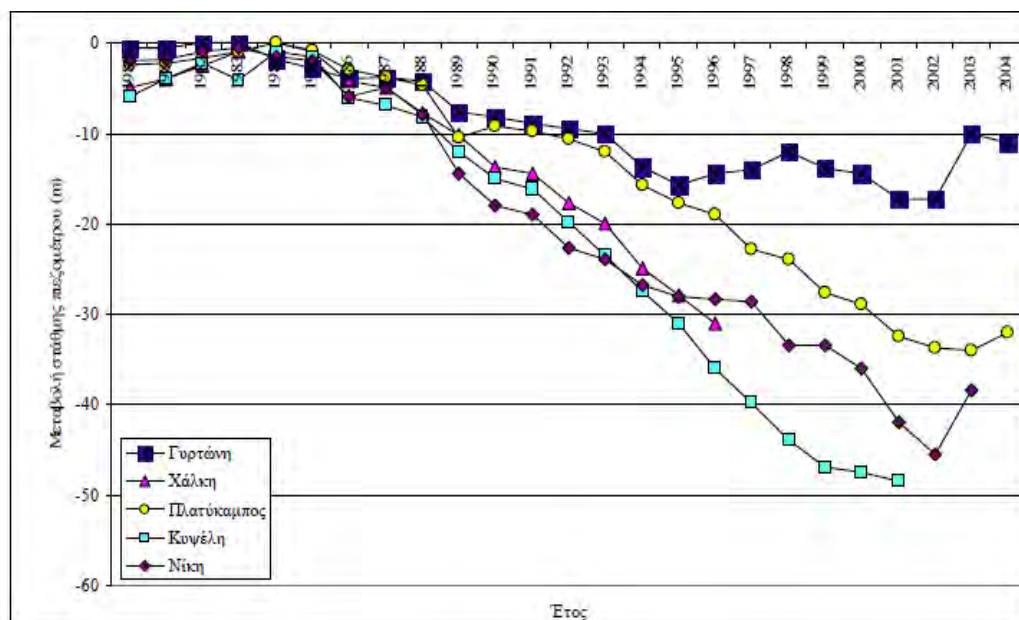
Τέλος η **ζώνη 7**, εκτάσεως 143840 στρεμμάτων, αποτελεί την πιο επιβαρυνόμενη περιοχή της πεδιάδας της Κάρλας. Οι ανάγκες για άρδευση και ύδρευση καλύπτονται αποκλειστικά από γεωτρήσεις. Ανήκει στην τρίτη ομάδα πιεζόμετρων και συναντώνται οι μεγαλύτερες

ταπεινώσεις, που τους καλοκαιρινούς μήνες φτάνουν και τα 100 m (η μέση πτώση της υπόγειας στάθμης στην περιοχή σύμφωνα με τον Ευαγγελόπουλο 2005 φθάνει τα 50-60 m). Αυτό όμως οφείλεται στο γεγονός ότι το βάθος του υδροφορέα είναι αρκετά μεγάλο, μιας και από τη μελέτη της SOGREAH–Grenoble 1974, ο αδιαπέρατος πυθμένας φτάνει στα -550 m (απόλυτο υψόμετρο). Αντλούνται από $37,95 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ έως $43,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Οι παροχές των γεωτρήσεων κυμαίνονται από $70 \text{ m}^3/\text{h}$ έως μέχρι $220 \text{ m}^3/\text{h}$ (Σιδηρόπουλος 2007).



Σχήμα 3.12: Αρδευτικές ζώνες (Kokkinos and Myloropoulos 2007)

Στο Σχήμα 3.13, δίνεται η διακύμανση της ανώτατης στάθμης των γεωτρήσεων στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης Κάρλα κατά τα έτη 1980-2004 από τον (Πολύζο και συν. 2009).



Σχήμα 3.13: Συμπεριφορά ανώτατης στάθμης γεωτρήσεων στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης (Πολύζος και συν. 2009).

3.1.3 Αρδευτικά δίκτυα

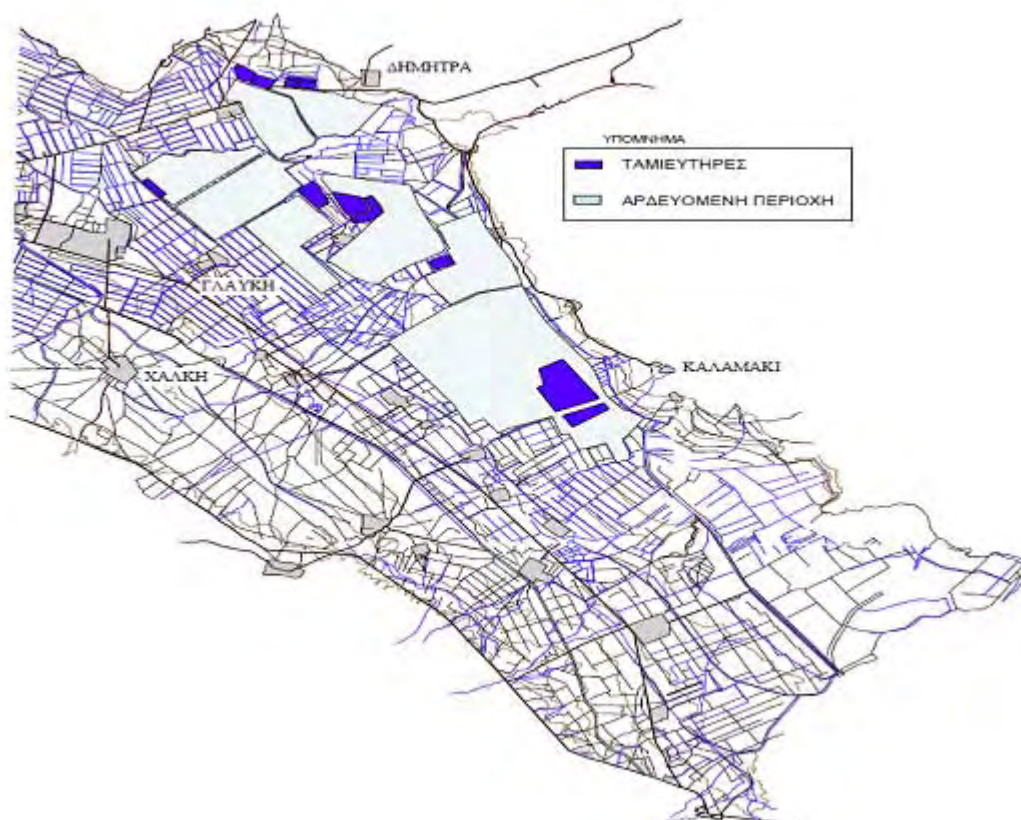
Στην ευρύτερη περιοχή της πεδιάδας Κάρλας, δεν υπάρχουν συστηματικά αρδευτικά έργα, δηλαδή έργα που περιλαμβάνουν δίκτυα άρδευσης, αποχέτευσης- στράγγισης και αγροτικής οδοποιίας με τα σχετικά τεχνικά έργα και τα κατάλληλα όργανα και συσκευές. Τα υπάρχοντα αρδευτικά έργα είναι απλά έργα (κινητά σωληνωτά δίκτυα, χάνδακες, μικρά αντλιοστάσια), που αποτελούν ατομικές ή ομαδικές προσπάθειες για άρδευση περιορισμένων εκτάσεων με τη χρησιμοποίηση του νερού ιδιωτικών γεωτρήσεων και γεωτρήσεων του Π.Α.Υ.Υ.Θ. ή του νερού των αποχετευτικών και αποστραγγιστικών τάφρων (Παπανίκος 2008). Έχουν δημιουργηθεί μικροί ταμιευτήρες όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.14 για την κάλυψη των αναγκών σε αρδευτικό νερό (Πατέρας και συν. 1996).

- Οι ταμιευτήρες Ελευθερίου και Δήμητρας που καλύπτουν έκταση $0,3 \text{ m}^2$ και έχουν ωφέλιμη χωρητικότητα $0,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ο καθένας
- Ο ταμιευτήρας Πλατύκαμπου που καλύπτει έκταση $0,25 \text{ km}^2$ και έχει ωφέλιμη χωρητικότητα $0,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.
- Ο ταμιευτήρας Ναμάτων που καλύπτει έκταση $0,57 \text{ km}^2$ και έχει ωφέλιμη χωρητικότητα $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.
- Ο ταμιευτήρας Στεφανοβικείου που καλύπτει έκταση 4 km^2 και έχει ωφέλιμη χωρητικότητα $10 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

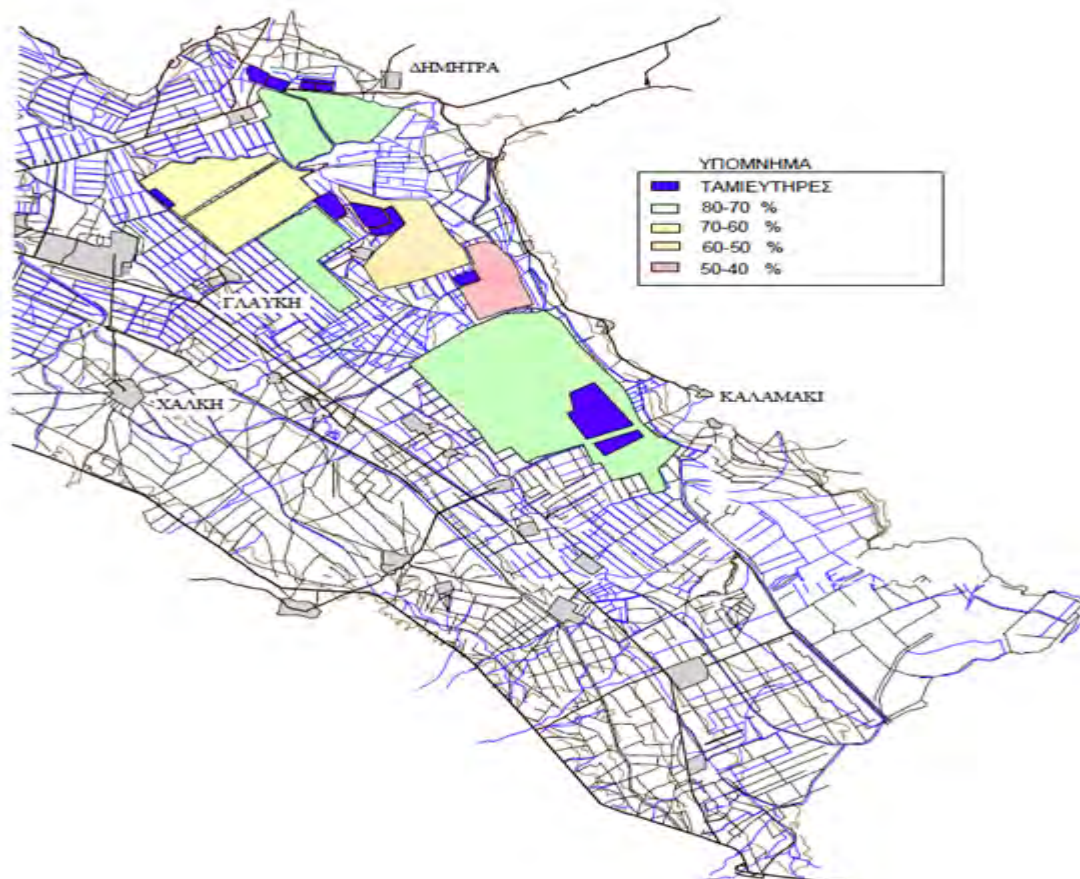
- Ο ταμιευτήρας Καλαμακίου που καλύπτει έκταση 2 km² και έχει ωφέλιμη χωρητικότητα $6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (Παπανίκος 2008).

Οι άνωθεν ταμιευτήρες πληρώνονται με νερό του Πηνειού κατά τον χειμώνα και μέχρι την έναρξη της αρδευτικής περιόδου. Το νερό διοχετεύεται στους ταμιευτήρες μέσω του κεντρικού συλλεκτήρα του Ασμακίου και του στραγγιστικού-αρδευτικού δικτύου. Οι τάφροι κλείνονται κατά μήκος με διαδοχικά φράγματα κατά τους τελευταίους χειμερινούς μήνες και το νερό που εγκλωβίζεται καλύπτει τις ανάγκες των καλλιεργειών για τα πρώτα ποτίσματα. Στην συνέχεια μέσω του ίδιου δικτύου παρέχεται αρδευτικό νερό τόσο από τα αντλιοστάσια του Πηνειού όσο και από τους ταμιευτήρες. Το μειονέκτημα της λειτουργίας του όλου αρδευτικού συστήματος έγκειται στο γεγονός ότι γίνεται μια ανακύκλωση των αλάτων μέσω του νερού που στραγγίζει κατά τους χειμερινούς μήνες καθ' ότι αποθηκεύεται ή εγκλωβίζεται στο υπάρχον διπλής ενέργειας στραγγιστικό-αρδευτικό δίκτυο. Η ανακύκλωση των αλάτων σε συνδυασμό με την έντονη εξάτμιση του νερού από τους ταμιευτήρες και το υπόλοιπο δίκτυο, εγκυμονεί ένα σοβαρό κίνδυνο προοδευτικής συσσώρευσης αλάτων τόσο μέσα στους ταμιευτήρες όσο και στις αρδευόμενες εκτάσεις (Πατέρας και συν. 1996). Η συγκέντρωση αλάτων στους ταμιευτήρες σύμφωνα με μετρήσεις της Υπηρεσίας Εγγείων Βελτιώσεων το 1993 καταγράφηκε 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ για τον ταμιευτήρα Στεφανοβικείου, 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ για τον ταμιευτήρα Καλαμακίου και 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ για τον ταμιευτήρα Ελευθερίου. Κατά την παραμονή των υδάτων στους ταμιευτήρες επιτυγχάνεται βελτίωση της ποιότητας των υδάτων όσον αφορά την αποικοδόμηση του ρυπαντικού τους φορτίου, ενώ η αλατότητα παραμένει στο αρχικό επίπεδο (Ζαλίδης και συν. 1995).

Η μέση αξιοπιστία των ταμιευτήρων στην περιοχή της Κάρλας για μια περίοδο 10 ετών δίνεται στο σχήμα 3.15 από τον (Κωτσόπουλο και συν. 2007).



Σχήμα 3.14: Μικροί ταμιευτήρες στην ευρύτερη περιοχή της πεδιάδας, Κάρλας (Κωτσόπουλος και συν. 2007).



Σχήμα 3.15: Μέση αξιοπιστία των ταμιευτήρων στην περιοχή της Κάρλας για περίοδο 10 ετών με πιθανότητα 10% (Κωτσόπουλος και συν. 2007).

3.1.4 Διαχείριση νερών υπόγειου υδροφορέα

Σήμερα στην μείζονα περιοχή Κάρλας αντλούνται από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα περί τα $40,80 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ το χρόνο, $37,00 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ για άρδευση και $3,80$ εκατ. m^3 για ύδρευση (της πόλης του Βόλου και των οικισμών Βελεστίνου, Αγίου Γεωργίου, Ριζομύλου και Στεφανοβικείου γύρω από την λίμνη). Με βάση τον Περλέρο (1999), για την αιεφόρο εκμετάλλευση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα οι απολήψεις θα πρέπει να μειωθούν σε $22,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ περίπου το χρόνο.

Έτσι προβλέπεται :

- Μείωση των απολήψεων υπόγειων νερών σε $22,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ συνολικά το χρόνο
- Κάλυψη των αναγκών άρδευσης της περιοχής κυρίως με επιφανειακά νερά της λίμνης. Οι συνολικές ανάγκες άρδευσης ανέρχονται σε $60,40 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ το χρόνο. Προβλέπεται τα $53 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ να καλύπτονται από νερά της λίμνης και τα $7,40 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ από υπόγεια νερά
- Αξιοποίηση της υπόλοιπης διαθέσιμης ποσότητας υπόγειων νερών ($15,50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) για ενίσχυση της ύδρευσης της πόλης του Βόλου και των οικισμών γύρω από την λίμνη ($13,50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ για το Βόλο και $2,00 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ για τους οικισμούς Βελεστίνο, Άγιος Γεώργιος, Ριζόμυλος και Στεφανοβίκειο). Συνεπώς, ο μέγιστος διαθέσιμος όγκος νερού που αντλείται από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα για να καλύψει την απαίτηση άρδευσης πρέπει να ανέλθει σε $7,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (Μαχαίρας και συν. 1999).

Η σημερινή αλλά και η μελλοντική κατάσταση διαχείρισης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα της λίμνης εμφανίζεται στο Σχήμα 3.16

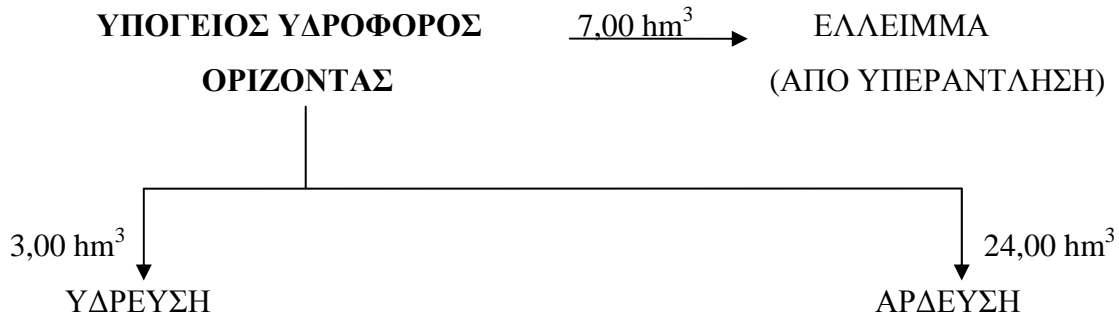
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ ΚΑΡΛΑΣ

1. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

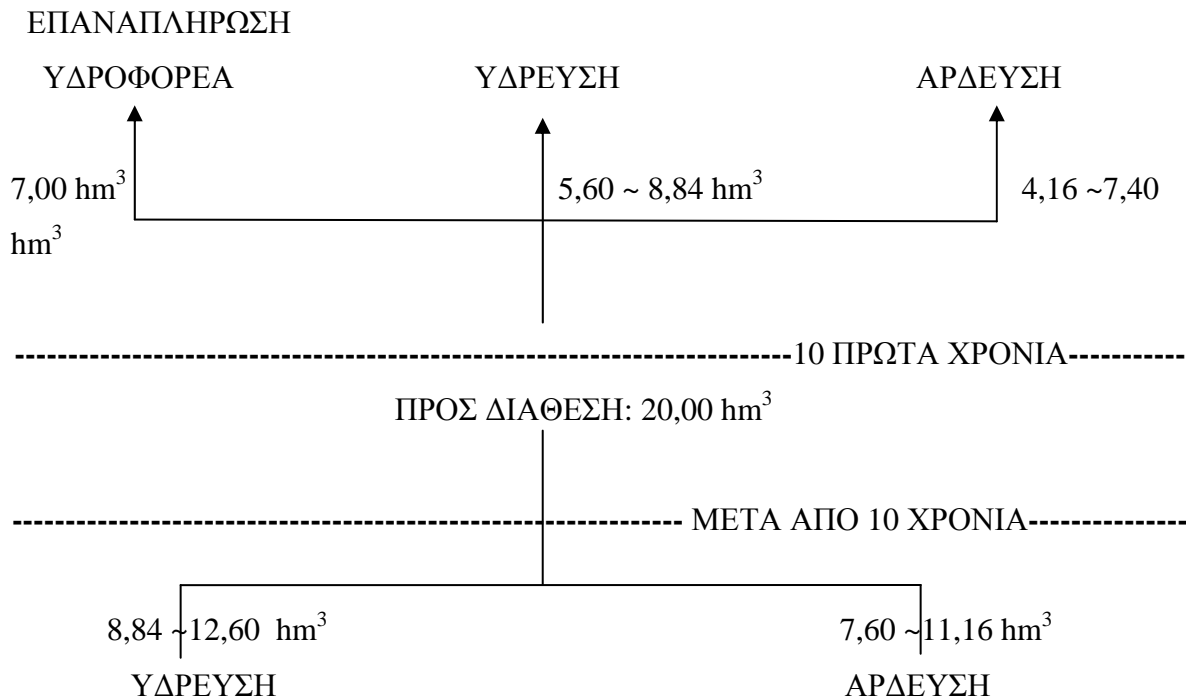
(Πτώση 2,0 m/έτος)

ΑΠΟ ΕΠΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗ

ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ



2. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ



Σχήμα 3.16: Διάγραμμα διαχείρισης υπόγειου υδροφορέα Κάρλας (Πέππας και συν. 2005)

3.1.5 Έργα ενίσχυσης της ύδρευσης Βόλου

Το έργο αποτελείται από 50 υδρογεωτρήσεις . Οι 45 θα διανοιχθούν σε απόσταση 30 m από υφιστάμενες γεωτρήσεις και 5 θα χρησιμοποιήσουν υφιστάμενες υδρογεωτρήσεις που υπάρχουν στην περιοχή. Οι 50 υδρογεωτρήσεις που είναι αναγκαίες για την πραγματοποίηση του έργου, πρέπει να κατανεμηθούν ομοιόμορφα στην περιοχή Στεφανοβικείου-Ριζόμυλου-Βελεστίνου-Αγ. Γεωργίου και ιδιαίτερα σε μια ζώνη συνολικής έκτασης 15 km², όπου επικρατούν οι ευνοϊκότερες υδρογεωλογικές συνθήκες.

Τα νερά που αντλούνται από τις 50 υδρογεωτρήσεις οδηγούνται μέσω του δικτύου συλλογής σε δύο κεντρικά αντλιοστάσια –δεξαμενές (A_I και A_{II}). Στα αντλιοστάσια αυτά υπάρχουν δεξαμενές και σε συνδυασμό με τις αντλίες τα νερά διοχετεύονται στους αγωγούς μεταφοράς (από χάλυβα). Οι αγωγοί αυτοί είναι μήκους 10 km και μεταφέρουν το νερό στη δεξαμενή Αρμάτων. Από εκεί μέσω του υφισταμένου υδραγωγείου η ΔΕΥΑΜΒ θα διοχετεύει τα νερά στους καταναλωτές (Πέππας και συν. 2005)

Επιπροσθέτως, έμμεσα πλην σαφώς θα υπάρχει και οικονομικό όφελος από την μικρότερη ενέργεια που θα χρειάζεται για την άντληση από μικρότερα βάθη σε σχέση με σήμερα (Θάνος 1996). Οι (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006) προβλέπουν σημαντικά οφέλη από την ανασύσταση της λίμνης Κάρλας μπορούν να προέλθουν ακόμη και σε εθνικό επίπεδο. Από τα συγκεκριμένα έργα ύδρευσης της μείζονος περιοχής Βόλου μπορεί να επιτευχθεί οικονομία στην ενέργεια ,με την κατάργηση σημαντικού αριθμού γεωτρήσεων για άρδευση. Από την ισορροπία στον υπόγειο υδροφόρο θα απέλθει οικολογικό όφελος. Εκτιμάται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης των $6,0 \cdot 10^6$ kWh ετησίως. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το κόστος της μέσης τάσης με την οποία θα τροφοδοτούνται τα μεγάλα αντλιοστάσια είναι χαμηλότερη του κόστους της χαμηλής τάσης των γεωτρήσεων. Επιπροσθέτως και τα υπόλοιπα κόστη συντήρησης και λειτουργίας (ανταλλακτικά, φθορές, μετακινήσεις κλπ) είναι αθροιστικά μεγαλύτερα στις γεωτρήσεις από ότι στα μεγάλα αντλιοστάσια.

Εάν ορισμένα βιώσιμα διοικητικά μέτρα των υδάτινων πόρων είχαν ληφθεί στον παρακείμενο υδροκρίτη του Βόλου, η τρέχουσα και η μελλοντική απαίτηση νερού για την πόλη του Βόλου θα μπορούσαν να ικανοποιηθούν από τους υδάτινους πόρους του υδροκρίτη του Βόλου χωρίς να πρέπει να χρησιμοποιηθεί το νερό από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα της λίμνης Κάρλας (Μουστάκα 2002).

3.1.6 Ποιότητα νερού

Οι ανάγκες σε αρδευτικό νερό άρχισαν να ικανοποιούνται από τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα μέσω υδρογεωτρήσεων, με συνέπεια την υπεράντληση και την υποβάθμιση της ποιότητας του νερού (Ψιλοβίκος 1996).

Τα κριτήρια καλής ποιότητας νερού είναι η χαμηλή αλατότητα, η χαμηλή σχέση νατρίου προς το άθροισμα των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου, που αποτρέπει την ανάπτυξη αλκαλίωσης, και οι συγκεντρώσεις ιόντων, που μπορούν να έχουν τοξικό αποτέλεσμα στα φυτά (Πατέρας και συν. 1996). Η συγκέντρωση του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου το (Chemical Oxygen Demand, COD) για την περίοδο 1982-1985 κυμάνθηκε για τη μεν είσοδο στη σήραγγα της Κάρλας από 40 mg/l που καταγράφηκε στις 6/82 έως 523 mg/l που καταγράφηκε στις 28/3/85. Για τη δε έξοδο της σήραγγας η ελάχιστη τιμή καταγράφηκε στις 6/82 και ήταν 40 mg/l ενώ η μέγιστη μετρήθηκε στα 340 mg/l που καταγράφηκε στις 28/3/85. Η συγκέντρωση του βιολογικά απαιτούμενου οξυγόνου το (Biological Oxygen Demand, BOD) για την περίοδο 1982-1985 κυμάνθηκε για τη μεν είσοδο στη σήραγγα της Κάρλας από 14.5 mg/l που καταγράφηκε στις 1/83 έως 180 mg/l που καταγράφηκε στις 28/3/85. Για τη δε έξοδο της σήραγγας η ελάχιστη τιμή έφθασε 14.3 mg/l στις 1/83 ενώ η μέγιστη έφθασε στα 120 mg/l στις 28/3/85 (Βαβίζος και συν. 1984). Η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (Dissolved Oxygen, DO) στην εκβολή της σήραγγας της Κάρλας το 1991 βρέθηκε να κυμαίνεται από 4,85-4,66 mg/l ενώ το βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο το (Biological Oxygen Demand, BOD) κυμαινόταν από 27,06-30,94 mg/l (Μαχαίρας και συν. 1999). Για το έτος 1998 η μέση τιμή συγκέντρωσης DO στην τάφρο 1Τ ήταν 11,02 mg/l, η ελάχιστη ήταν 8,31 mg/l, και η μέγιστη ήταν 13,7 mg/l. Στον ταμιευτήρα η μέση τιμή μετρήθηκε στα 10,36 mg/l, η ελάχιστη στα 8 mg/l και η μέγιστη στα 13,04 mg/l. Στο αντλιοστάσιο η μέση τιμή καταγράφηκε στα 10,87 mg/l, η ελάχιστη στα 8,1 mg/l και η μέγιστη στα 13,1 mg/l. Η μέση τιμή συγκέντρωσης DO στην Τ1 ήταν 9,46 mg/l, η ελάχιστη 6,4 mg/l, και η μέγιστη 12,3 mg/l. Στον ταμιευτήρα η μέση τιμή DO ήταν 9,52 mg/l, η ελάχιστη ήταν 7 mg/l και η μέγιστη ήταν 12,5 mg/l ενώ στο αντλιοστάσιο η μέση τιμή ήταν 9,28 mg/l, η ελάχιστη τιμή ήταν 5,6 mg/l και η μέγιστη τιμή ήταν 12 mg/l για το έτος 2007. Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων του DO παρατηρείται πτώση των ποσοστών του (Παπανίκος 2008). Το ενώ το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο το (Chemical Oxygen Demand, COD) COD κατά τα έτη 1991, 1992, 1993, και

1994 στην έξοδο της Κάρλας παρουσιάζει τιμές συνήθως μεγαλύτερης των 20 mg/l (Βαρδουλάκης και συν. 1995). Αντιθέτως το COD (mg/l) τη χρονιά του 1998 και του 2007 η τιμή του παραμένει σταθερή. Καταγράφεται ως ελάχιστη τιμή 4 mg/l στην τάφρο 1Τ, στον ταμιευτήρα και στο αντλιοστάσιο και ως μέγιστη τιμή σημειώνεται 94 mg/l και στις 3 περιοχές (Παπανίκος 2008).

Η μέση τιμή του pH για το έτος 1984 στην περιοχή της λίμνης μετρήθηκε στα 8,63 (Βαβίζος και συν. 1984). Τη χρονιά του 2007 η μέση τιμή pH στην Τ1 καταγράφηκε στα 8,51, η ελάχιστη στο 7,0, και η μέγιστη στο 9,0. Στον ταμιευτήρα η μέση τιμή μετρήθηκε στα 8,15, η ελάχιστη στα 8,7 και η μέγιστη στα 8,8. Στο αντλιοστάσιο η μέση τιμή του pH ήταν 8,62, η ελάχιστη 8,4 και η μέγιστη 8,9. Τη χρονιά του 2007, η μέση τιμή pH στην Τ1 καταγράφηκε στα 8,86, η ελάχιστη στα 8,65, και η μέγιστη στα 9,2. Στον ταμιευτήρα η μέση τιμή μετρήθηκε στα 8,87, η ελάχιστη στα 8,4 και η μέγιστη στα 8,99. Στο αντλιοστάσιο η μέση τιμή pH ήταν 8,86, η ελάχιστη ήταν 8,4 mg/l και η μέγιστη ήταν 9,03 (Παπανίκος 2008).

Η αλατότητα στα υπόγεια νερά είναι οφειλόμενη στην άρδευση ή στην παρείσφρηση του νερού της θάλασσας (Valaora 1998). Ο Μπεζές (2004) πιστεύει πως η υφαλμύρωση θα έπρεπε να αποδοθεί σε διείσδυση θαλασσινού νερού, που γίνεται από την πλευρά των μαρμάρων του Μαυροβούνιου (ανατολικές παρυφές της Κάρλας), λόγω των αντλήσεων, που προκάλεσαν γενική πτώση των φορτίων στο εσωτερικό του καρστικού υδροφόρου ορίζοντα. Φαίνεται, όμως, ότι αυτός ο μηχανισμός δεν ισχύει απόλυτα, διότι:

α) Τα πλέον υφάλμυρα νερά εμφανίζονται στην κεντρική και νότια πλευρά της λεκάνης της Κάρλας (Μπεζές 2004). Η μετάγγιση και υφαλμύρωση δεν γίνεται (ή τουλάχιστον δεν γίνεται με τον ίδιο βαθμό) σε όλη την περίμετρο των νότιων κρασπέδων της Κάρλας. Αυτό οφείλεται κυρίως στην παρεμβολή τοπικά γνευσιοσχιστόλιθων ή των γνεύσιων, που στις θέσεις αυτές εμποδίζουν ή δυσχεραίνουν την υπόγεια μεταπήδηση και υφαλμύρωση στους ασβεστόλιθους και συμβάλλουν στην διατήρηση υψηλότερης υπόγειας στάθμης:

Τέτοιοι τρόποι τινά "θύλακες" με πολύ καλής ποιότητας νερό εντοπίστηκαν στις περιοχές:

- ◆ Κερασιάς
- ◆ 3 km βορείως των Καναλίων και
- ◆ Αγίου Γεωργίου- Παράρτημα Βιομηχανικής Περιοχής Βόλου (ανάντη περιοχή)

Στις περιοχές αυτές μέχρι το 1988 ήταν δυνατή η αναζήτηση και απόληψη υπόγειων υδάτων πολύ καλής ποσιμότητας. Ως το 1988 η ετήσια διήθηση στην λεκάνη της Κάρλας εκτιμάται στα $115 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (Παρασκούδη και συν. 1988). Εάν η υφαλμύρωση γινόταν από τα ανατολικά, τότε στην περιοχή των Καναλιών, θα έπρεπε να υπάρχουν ακόμη πιο αλμυρά νερά, πράγμα, που δεν συμβαίνει.

β) Η υδραυλική επικοινωνία μεταξύ του υποβάθρου της λεκάνης και της θάλασσας δεν είναι επιβεβαιωμένη. Αντίθετα, η ύπαρξη ισχυρού αρτεσιανισμού, στο παρελθόν, δείχνει ότι ο καρστικός υδροφόρος ορίζοντας ήταν απομονωμένος από την θάλασσα. Η επικοινωνία με την θάλασσα ίσως γίνεται σήμερα στην ανατολική πλευρά της Κάρλας, δεν είναι όμως πιθανή στο κεντρικό και νότιο τμήμα της πεδιάδας.

Φαίνεται επομένως πιο πιθανό, η υφαλμύρωση να μην οφείλεται σε αλμυρό νερό προερχόμενο από την σημερινή θάλασσα, αλλά σε υφάλμυρα νερά, που είχαν εγκλωβισθεί μέσα στο καρστ, σε παλαιότερες γεωλογικές εποχές. Οι υφάλμυρες αυτές μάζες, που βρίσκονταν σε μεγάλο βάθος, μετακινήθηκαν κάτω από την επίδραση των προσφάτων αντλήσεων και λόγω της μεγάλης περατότητας των μαρμάρων, ανέβηκαν σε θετικά υψόμετρα και σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα προχώρησαν μέχρι τις γεωτρήσεις (Μπεζές 2004). Ένα παρόμοιου τύπου πρόβλημα παρουσιάστηκε το 1998 στη ζώνη επαφής προσχώσεων και ασβεστόλιθων της Κάρλας παρατηρήθηκε απότομη πτώση της στάθμης από τα +40 m στα +3 m με ταυτόχρονη αύξηση των χλωρίων από 40-60 mg/l σε 800-1000 mg/l. Η κατάσταση αυτή ερμηνεύεται με το ότι στη νότια κυρίως περίμετρο των κρασπέδων της Κάρλας υπάρχουν μέτωπα υπόγειας υπερχειλίσης της προσχωματικής υδροφορίας προς τους ασβεστόλιθους του Μαυροβούνιου (Μεγαβουνίου) με ταυτόχρονη ισχυρή επιδείνωση της ποιότητας και σχεδόν υφαλμύρωση των υδάτων. Τα μέτωπα αυτά απέχουν από τη θάλασσα περί τα 15 km. Η ύπαρξη τοπικά μεμονωμένων στρώσεων αλατούχων ιζημάτων στις προσχώσεις της λίμνης ή έντονων εξατμίσεων, που προκαλούν συγκεντρώσεις αλάτων, δεν μπορεί να είναι η κυρίως αιτία γιατί τότε θα έπρεπε το φαινόμενο αυτό να είναι εκτεταμένο σε όλη την πεδινή έκταση (Παρασκούδη και συν. 1988).

Τον Μάρτιο του 1984 στην περιοχή της Κάρλας το Cl^- καταγράφηκε στα 15,17 mg/l και για το μήνα Δεκέμβριο το Cl^- κυμάνθηκε στα 16,00 mg/l (Βαβίζος και συν. 1984). Το Cl^-

στην περιοχή του ταμιευτήρα μετρήθηκε περίπου στα 600 mg/l στις 23 Δεκεμβρίου 1997, ενώ στις 20/3/98 το Cl⁻ βρέθηκε περίπου στα 550 mg/l (Παπανίκος 2008). Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται συνεχής αύξηση των τιμών των χλωριόντων στις γεωτρήσεις των νότιων κρασπέδων της Κάρλας, όπου και τοποθετούνται κάποιες από τις γεωτρήσεις της ΔΕΥΑΜΒ (οι τιμές κατά θέσεις έχουν ξεπεράσει τα 2000 mg/l) (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006).

Τα πλέον υφάλμυρα νερά εντοπίστηκαν ανατολικά του Ριζόμυλου, στην περιοχή Καταπατιάς, όπου συναντήθηκαν τιμές χλωριόντων ίσες με 2079 mgr/lit και έως 842 mg/l. Βορείως της περιοχής καταγράφονται τιμές έως 500 mg/l. Τα πλέον γλυκά νερά, που χαρακτηρίζονται από χαμηλή αγωγιμότητα (περίπου 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) και χαμηλή περιεκτικότητα χλωριόντων (περίπου 18 mgr/lit με ανώτερη καταγραφόμενη τιμή τα 30 mgr/lit), εμφανίζονται στις δυτικές περιοχές, δηλαδή δυτικά και νότια του Στεφανοβικείου, δυτικά και νότια του Ριζόμυλου και βορειανατολικά του Βελεστίνου. Η καλή ποιότητα αυτών των νερών οφείλεται στην συνεχή ανανέωσή τους από τους χείμαρρους, που συλλέγουν τα νερά της λεκάνης τροφοδοσίας του Βελεστίνου, και στην συνέχεια, όταν φθάνουν στον κάμπο, με κατακόρυφες διηθήσεις τροφοδοτούν τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν.2006, Μπεζές 2004).

Η μέση τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητα (EC) το 1984 μετρήθηκε στην περιοχή της λίμνης 3566 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Βαβίζος και συν. 1984). Ο Πατέρας και συν. 1996 πραγματοποίησε μια δειγματοληψία σε δύο περιοχές της τέως λίμνης Κάρλας (Σχήμα 3.17). Στην πρώτη περιοχή η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) βρέθηκε να κυμαίνεται από 302 έως 3842 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Αντιθέτως η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) στη δεύτερη περιοχή βρέθηκε να κυμαίνεται από 890 έως 10.680 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ο Παπανίκος 2008 μέτρησε την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) στην τάφρο 1Τ, στον ταμιευτήρα και στο αντλιοστάσιο και βρήκε ότι η μέση τιμή EC στην 1Τ ήταν 4.150 $\mu\text{S}/\text{cm}$, η ελάχιστη 1.720 $\mu\text{S}/\text{cm}$, και η μέγιστη 6.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Στον ταμιευτήρα η μέση τιμή 408 $\mu\text{S}/\text{cm}$, η ελάχιστη 3.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και η μέγιστη 6200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και στο αντλιοστάσιο η μέση τιμή ήταν 4120 $\mu\text{S}/\text{cm}$, η ελάχιστη 2.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και η μέγιστη 6.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Βάση των αποτελεσμάτων προγενέστερης μελέτης του 1998 για το ίδιο διάστημα και στις ίδιες περιοχές όπου η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) είχε μέση τιμή στην 1Τ 4.070 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ελάχιστη 3.760 $\mu\text{S}/\text{cm}$, και μέγιστη 4.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Στον ταμιευτήρα η

Το 80% των νερών της περιοχής I ταξινομείται στην κατηγορία C₂, το 15% ταξινομείται στην κατηγορία C₃ και μόνον το 3% ταξινομείται στην κατηγορία C₄. Κανένα δείγμα δεν βρέθηκε στην κατηγορία C₁. Για την περιοχή II, το 36% των νερών ταξινομείται στην κατηγορία C₃ και το 59% στην κατηγορία C₃. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε τέλη Ιουνίου-αρχές Ιουλίου που συμπίπτει με τα πρώτα ποτίσματα των εαρινών καλλιεργειών της περιοχής. Προκειμένου να αποταμιευθεί όλο και περισσότερο νερό που κυκλοφορεί μέσα στο διπλής λειτουργίας στραγγιστικό-αρδευτικό δίκτυο μέχρι την έναρξη των αρδεύσεων γίνεται μια επικίνδυνη ανακύκλωση των αλάτων και χρήση αρδευτικού νερού πολύ κακής ποιότητας. Κυρίως στην περιοχή II υπάρχουν αλατούχα και αλκαλιωμένα εδάφη που αποβάλλουν ποσότητες αλάτων κατά τη διάρκεια του χειμώνα στα νερά στράγγισης, τα οποία πρέπει να οδηγούνται εκτός της περιοχής μέσω ενός ανεξάρτητα λειτουργούντος στραγγιστικού δικτύου. Η ανακύκλωση των αλάτων είναι μια υπαρκτή διαδικασία και εξαρτάται κάθε χρόνο από την διαχείριση των επιφανειακών νερών (Πατέρας και συν. 1996). Επιπλέον η αλατότητα μελετήθηκε από τον Παπανίκο (2008) στην τάφρο 1T, στο αντλιοστάσιο και στον ταμιευτήρα. Η μέση τιμή της αλατότητας στην τάφρο 1T βρέθηκε 19,4‰, η ελάχιστη 1‰ και η μέγιστη 3‰. Οι τιμές της αλατότητας παραμένουν σταθερές αλλά σε υψηλά επίπεδα όσον αφορά την περιοχή του ταμιευτήρα. Το νερό που υπάρχει στον ταμιευτήρα κατά τη διάρκεια του χειμώνα, είναι πολύ υψηλής αλατότητας, άρα ακατάλληλο για άρδευση. Αυτό συμβαίνει διότι ο συγκεκριμένος ταμιευτήρας βρίσκεται στο τέλος του δικτύου διπλής δράσης, με αποτέλεσμα να λαμβάνει τα περισσότερο επιβαρυνόμενα νερά.

Από την άλλη παρατηρείται μία ελάχιστη μείωση στη μέση τιμή, η οποία καταγράφεται στις 1,92‰ ενώ η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή της αλατότητας παραμένουν αμετάβλητες και στην περίπτωση της περιοχής του αντλιοστασίου. Όσον αφορά την καταγραφή της αλατότητας η μέση, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της σημειώνεται στα 1,9‰, 1,8‰ και 2‰ αντίστοιχα τόσο στην τάφρο 1T όσο και στον ταμιευτήρα και στο αντλιοστάσιο το 1998. Οπότε η αλατότητα στα νερά των τριών σταθμών δειγματοληψίας κατά το έτος 2007 έδειξε σταθερά υπερβολικά υψηλές τιμές ίδιες με αυτές του 1998 με ανοδική τάση. Προβληματική είναι και η χρήση ορισμένων υπόγειων νερών. Το 1984 η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) των υπόγειων νερών στην περιοχή μελέτης καταγράφηκε στα 3450

μS/cm (Βαβίζος και συν. 1984). Για την περιοχή I η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) κυμαίνεται από 415-8010 μS/cm. Τα περισσότερα νερά της περιοχής κρίνονται επικίνδυνα για άρδευση. Για την περιοχή II τα νερά είναι καλύτερης ποιότητας διότι ελεγχθήκαν νερά των γεωτρήσεων που βρίσκονται σε υψηλότερα σημεία της λεκάνης της τέως λίμνης. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) κυμαίνεται από 490 – 4125 μS/cm για την περιοχή II. Όσον αφορά τους κινδύνους αλατότητας στην περιοχή I, τα νερά σε ένα ποσοστό 70 % ανήκουν στην κατηγορία C₃, το 18% ανήκει στην κατηγορία C₂ και το 12% στην C₄. Το γεγονός ότι τα επιφανειακά νερά άρδευσης είναι επιβαρυνμένα με υψηλές ποσότητες αλάτων υπαγορεύει άμεση αλλαγή στους τρόπους με τους οποίους αποθηκεύεται το αρδευτικό νερό κατά τους χειμερινούς μήνες. Το ίδιο προβληματικά δηλώνουν και τα νερά των γεωτρήσεων στην περιοχή που αναπτυσσόταν η λίμνη, ενώ τα νερά των γεωτρήσεων γύρω από τη λίμνη και κοντά στους ορεινούς όγκους που την περιβάλλουν ως το 1996 καταγραφόταν σε καλύτερη ποιοτική κατάσταση και δεν περιέκλειαν κανένα πρόβλημα κατά τη χρήση τους.

Στα υπόγεια νερά εμφανίζεται και ο κίνδυνος αλκαλίωσης. Σχετικά με τον κίνδυνο αλκαλίωσης διακρίνονται 4 κατηγορίες:

- I. Κατηγορία 1 τιμή SAR <10, μικρός κίνδυνος νατρίου
- II. Κατηγορία 2 τιμή SAR 10-18, μέσος κίνδυνος νατρίου
- III. Κατηγορία 3 τιμή SAR 18-26, μεγάλος κίνδυνος νατρίου
- IV. Κατηγορία 4 τιμή SAR >26 πολύ μεγάλος κίνδυνος νατρίου (Πατέρας και συν. 1996).

Οι επιβαρύνσεις με νιτρικά ή νιτρώδη στοιχεία προέρχονται από αζωτούχες λιπάνσεις καθώς και από θαλάσσιες διεισδύσεις δια μέσου των καρστικών ή των κοκκωδών γεωλογικών σχηματισμών στις ενδότερες ζώνες υδροφορίας των υδρογεωλογικών λεκανών (Valaora 1998).

Από τη δειγματοληψία του Πατέρα και συν. 1996 για την περιοχή I το 69 % των νερών ανήκει στην κατηγορία SAR₁, το 22% των νερών ανήκει στην κατηγορία SAR₂, το 7% των νερών ανήκει στην κατηγορία SAR₃ και το 2% των νερών ανήκει στην κατηγορία SAR₄. Σχετικά με την περιοχή II το 99 % των νερών ανήκει στην κατηγορία SAR₁ και μόλις το 1% των νερών ανήκει στην κατηγορία SAR₂. Το 1997 στις 19/11 η τιμή του SAR στην

περιοχή του ταμιευτήρα σημειώθηκε περίπου στο 3,5 ανήκει στην πρώτη κατηγορία (πολύ μικρός κίνδυνος νατρίου). Στις 3/12 την ίδια χρονιά, η τιμή SAR στην περιοχή του ταμιευτήρα καταγράφηκε περίπου στο 3,9 και επομένως ανήκει και αυτή η τιμή στην πρώτη κατηγορία (πολύ μικρός κίνδυνος νατρίου). Στις 17/12 του 1997, η τιμή του SAR μετριέται περίπου στο 15,99. Αυτή η τιμή ανήκει στην δεύτερη κατηγορία υφίσταται μέσος κίνδυνος νατρίου. Στις 31/12 του 1997 και στις 14/1/98, η τιμή του SAR σημειώνει πτώση και κυμαίνεται περίπου στο 9,8 και στο 9,98 αντίστοιχα, οπότε υπάρχει οριακά μικρός κίνδυνος νατρίου. Στις 28/01, στις 11/2 και στις 25/2 του 1998, το SAR συνεχίζει την πτώση του και καταγράφηκε και στις τρεις ημερομηνίες περίπου στο 5. Σημειώνεται λοιπόν μικρός κίνδυνος νατρίου. Στις 11/3/98 η πτώση συνεχίζεται και το SAR καταγράφεται περίπου στο 4 ενώ στις 25/03/98 το SAR σημειώνει αύξηση και βρίσκεται περίπου στο 5,9 αλλά ο κίνδυνος συνεχίζει να παραμένει μικρός και για τις δύο μετρήσεις. Τέλος, στις 8/4/98 η τιμή του SAR ήταν 3,9 και έτσι μικρός κίνδυνος νατρίου συνέχισε να υπάρχει (Παπανίκος 2008).

Το 1991 η συγκέντρωση της αμμωνίας στην εκβολή της σήραγγας Κάρλας στον Παγασητικό κόλπο καταγράφηκε μεταξύ 0,58-0,81 mg/l ενώ σύμφωνα με τον Πολύζο και άλλοι 2009 έχουν μετρηθεί συγκεντρώσεις αμμωνίας μεταξύ 0,15-3,7 mg/l στην περιοχή της Κάρλας. Η Σαμακόβλη (2010) αναφέρει ότι με ανώτατο επιτρεπόμενο όριο συγκέντρωσης τα 0,025 mg/l, στο νέο θυρόφραγμα της T1 ανιχνεύθηκε αμμωνία με συγκέντρωση 2,65mg/l, στη γέφυρα Στεφανοβικείου 5,75 mg/l, στην είσοδο του αντλιοστασίου της T1 4,4mg/l και εντός της λίμνης 0,65 mg/l. Οι συγκεντρώσεις νιτρωδών το 1991 ήταν μεταξύ 0,15-0,21 mg/l στην εκβολή της σήραγγας της Κάρλας στον Παγασητικό κόλπο (Μαχαίρας και συν. 1999). Εντούτοις, σε νεότερη δημοσίευση (Πολύζος και συν. 2009) αναφέρεται ότι οι συγκεντρώσεις νιτρωδών είναι της τάξης των 0,1 mg/l στην περιοχή της λίμνης. Οι μεγάλες συγκεντρώσεις αμμωνίας και νιτρωδών αποτελούν ένδειξη ότι η ρύπανση δεν βρίσκεται στο τελικό της στάδιο, αλλά εξελίσσεται και επομένως είναι δυνατόν να οδηγήσει σε ακόμα μεγαλύτερες τιμές νιτρικών (Πολύζος και συν. 2009). Τα NO_3^- (νιτρικά ιόντα) στην εκβολή της σήραγγας Κάρλας στον Παγασητικό κόλπο για τη χρονιά του 1991 μετρήθηκαν μεταξύ 0,58-0,87 mg/l (Μαχαίρας και συν. 1999), ενώ από τον Παπανίκο (2008) γνωρίζουμε ότι κυμαίνονται μεταξύ 0,88-4

mg/l στην τάφρο 1T, στον ταμιευτήρα και στο αντλιοστάσιο. Ενώ υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών (> των 100 mg/l) έχουν καταγραφεί στο Αχίλλειο της Λάρισας, που οφείλονται στην παρουσία πλήθος κτηνοτροφικών μονάδων. Το ανησυχητικό φαινόμενο εμφανίσθηκε στην περιοχή Καναλιών, όπου οι επιβαρύνσεις του υπόγειου υδροφορέα από ιόντα χλωρίου και νατρίου είναι αρκετά μεγάλες και οφείλονται στη διείσδυση της θάλασσας δια μέσου των ασβεστόλιθων στους κοκκώδεις σχηματισμούς της πεδινής έκτασης (Πολύζος και συν. 2009). Τα φυτοφάρμακα και τα βαριά μέταλλα, που είναι τοξικά για τα φυτά και τους μικροοργανισμούς προέρχονται από τα γεωργικά ή βιομηχανικά υδάτινα απόβλητα και εξέρχονται από την Θεσσαλική πεδιάδα από τις τάφρους και την αποστραγγιστική απορροή (Valaora 1998).

Στα ύδατα των αποστραγγιστικών τάφρων της πρώην λίμνης Κάρλας, η συγκέντρωση του φθορίου κυμάνθηκε από 0,4 mg/l μέχρι 6 mg/l το 1999. Η ελάχιστη τιμή της συγκέντρωσης του φθορίου στα ύδατα αυτά ήταν 0,1 mg/l ενώ η μέγιστη ήταν 1,13 mg/l το 2000,. Στα εδάφη της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Ξηριά Βόλου (δηλαδή της περιοχής της πρώην λίμνης Κάρλας) οι τιμές των συγκεντρώσεων του φθορίου κυμάνθηκαν από 8,2 μέχρι 333 mg/l με μέση τιμή τα 106,4 mg/l. Πιο αναλυτικά, στην περιοχή του Αγ. Γεωργίου η ελάχιστη τιμή της συγκέντρωσης του φθορίου στα ύδατα αυτά ήταν 77,2 mg/l ενώ η μέγιστη ήταν 333 mg/l και η μέση τιμή συγκέντρωσης έφθανε τα 129,4 mg/l. Στην περιοχή του Ριζόμυλου η ελάχιστη τιμή της συγκέντρωσης του φθορίου στα ύδατα αυτά ήταν 14,3 mg/l ενώ η μέγιστη ήταν 53,3 mg/l και η μέση τιμή συγκέντρωσης έφθανε τα 26,5 mg/l. Στην περιοχή της σήραγγας η ελάχιστη τιμή της συγκέντρωσης του φθορίου στα ύδατα αυτά ήταν 266,3 mg/l ενώ η μέγιστη ήταν 283,1 mg/l και η μέση τιμή συγκέντρωσης έφθανε τα 275 mg/l. Στην περιοχή των Καναλιών η ελάχιστη τιμή της συγκέντρωσης του φθορίου στα ύδατα αυτά ήταν 8,2 mg/l ενώ η μέγιστη ήταν 51,2 mg/l και η μέση τιμή συγκέντρωσης έφθανε τα 19,6 mg/l. Στην περιοχή του ελικοδρομίου η ελάχιστη τιμή της συγκέντρωσης του φθορίου στα ύδατα αυτά ήταν 63,9 mg/l ενώ η μέγιστη ήταν 230,3 mg/l και η μέση τιμή συγκέντρωσης έφθανε τα 172,4 mg/l. Στην περιοχή του Στεφανοβικείου η ελάχιστη τιμή της συγκέντρωσης του φθορίου στα ύδατα αυτά ήταν 110 mg/l ενώ η μέγιστη ήταν 156,7 mg/l και η μέση τιμή συγκέντρωσης έφθανε τα 122,8 mg/l. Στην περιοχή της Μεγάλης Πέτρας η ελάχιστη τιμή της συγκέντρωσης του φθορίου στα ύδατα αυτά ήταν 19,9 mg/l ενώ η μέγιστη ήταν 42,7 mg/l και η μέση τιμή συγκέντρωσης έφθανε

τα 32,9 mg/l. Τέλος, στην περιοχή του Ριπιδίου Καναλιών η ελάχιστη τιμή της συγκέντρωσης του φθορίου στα ύδατα αυτά ήταν 50,5 mg/l ενώ η μέγιστη ήταν 263,3 mg/l και η μέση τιμή συγκέντρωσης έφθανε τα 80 mg/l. Στις εκβολές του χειμάρρου Ξηριά Βόλου (ο οποίος δέχεται την απορροή της σήραγγας της Κάρλας) η συγκέντρωση του φθορίου κυμάνθηκε από 0,2 mg/l μέχρι mg/l το 1999. Η ελάχιστη τιμή της συγκέντρωσης του φθορίου στα ύδατα αυτά ήταν 0,1 mg/l ενώ η μέγιστη ήταν 2,1 mg/l το 2000 (Γάτσιος και συν. 2004).

Οι θρεπτικές ουσίες όπως ο φώσφορος και το άζωτο είναι κοινές στη γεωργική απορροή. Προκαλούν ευτροφισμό που οδηγεί τελικά σε μια πτώση στο διαλυμένο οξυγόνο και την ανάπτυξη και άνθηση των φυκών (Valaora 1998). Ο συνολικός φωσφόρος στην περιοχή της λεκάνης της Κάρλας φθάνει τους 435 tn/year, από τους οποίους οι 431 tn/year φωσφόρου προέρχονται από καλλιεργούμενες εκτάσεις και οι 4 από μη καλλιεργούμενες εκτάσεις. Ο ανόργανος φωσφόρος στην περιοχή του ταμιευτήρα φθάνει τους 9 tn/year στις καλλιεργούμενες εκτάσεις και τους 7,7 στις μη καλλιεργούμενες εκτάσεις (Μαχαίρας και συν. 1999).

Το ολικό άζωτο μπορεί να θεωρηθεί ως χαρακτηριστικός δείκτης της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης των υδάτων του Παγασητικού κόλπου από τα γεωργικά απόβλητα της λεκάνης της Κάρλας. Από μεμονωμένες μετρήσεις της ΔΕΥΑΜΒ στην έξοδο της σήραγγας κατά την περίοδο 1983-1987 έχει εκτιμηθεί μέση ετήσια παροχή 1,2 m³/s και μέση συγκέντρωση ολικού αζώτου στην πηγή (εκβολή χειμάρρου Ξηριά) 5,2 mg/l, με βάση τα οποία υπολογίστηκε φορτίο αζώτου περίπου 200 tn/year. Μετρήσεις της ΔΕΥΑΛ της περιόδου 1992-1994 δείχνουν μικρότερες συγκεντρώσεις αζώτου και μικρότερες παροχές, δεδομένου ότι η σήραγγα παραμένει επί πολλούς μήνες κλειστή και επομένως τα σημερινά φορτία είναι αισθητά χαμηλότερα. Η μέγιστη ποσότητα αζώτου που μπορεί να απορρέει είναι της τάξεως των 500-600 tn/year. Αν ληφθεί υπόψιν το μέγιστο φορτίο M=600 tn/year προκύπτει αντίστοιχα ποσότητα 300 tn/year αζώτου στον Παγασητικό. Οι ποσότητες αυτές αντιστοιχούν περίπου στο 20% και 60% αντίστοιχα της τιμής του φυσικού υποβάθρου (καθαρής θάλασσας) των 473,8 tn/year. Έτσι η προσθήκη τους οδηγεί σε συνολικές τιμές που είναι εν γένει μικρότερες από τις παρατηρηθείσες κατά τις διάφορες επιτόπου μετρήσεις. Συνεπάγεται επομένως ότι η συμβολή της Κάρλας στην συνολική

επιβάρυνση του Κόλπου ως προς την ενδεικτική παράμετρο του ολικού αζώτου είναι περιορισμένη (Χριστοδούλου 1996). Το 1995 το συνολικό άζωτο στην περιοχή της λεκάνης της Κάρλας φθάνει τους 1236 tn/year, από τους οποίους 1149 tn/year αζώτου προέρχονται από καλλιεργούμενες εκτάσεις και 87 από μη καλλιεργούμενες εκτάσεις (Μαχαίρας και συν. 1999). Η αποξήρανση της λίμνης Κάρλας στις αρχές τις δεκαετίας του 60, αποτέλεσε ένα έργο με σημαντικές συνέπειες στο σύστημα του Παγασητικού. Στα πλαίσια του έργου αυτού κατασκευάστηκε μία σήραγγα παροχέτευσης νερών από την Κάρλα στον Παγασητικό με αποτέλεσμα την εισροή σημαντικών ποσοτήτων νερών πλούσιων σε θρεπτικά συστατικά (Πετυχάκης και συν. 2004). Από την άλλη σύμφωνα με τον Ψιλοβίκο (1996) οι στραγγιστικές τάφροι της Κάρλας δέχονταν λύματα εργοστασίων της Λάρισας και γεωργικά ρυπαντικά φορτία, τα οποία οδήγησαν σε σοβαρή ρύπανση της περιοχής και στη μεταφορά της ρύπανσης στον Παγασητικό κόλπο (Εικ. 3.1).



Εικόνα 3.1: Ρυπαντικά φορτία στο σημείο εκβολής της σήραγγας της Κάρλας στον Παγασητικό (Παπανίκος 2008)

Η ποιότητα του νερού στον ταμιευτήρα θα επηρεαστεί επίσης από το υπόστρωμα καθώς τα φυτοφάρμακα και τα βαριά μέταλλα που είναι τοξικά στα φυτά και τους μικροοργανισμούς προέρχονται από τα γεωργικά ή βιομηχανικά υδάτινα απόβλητα και βγαίνουν και από τη διαρροή στο υποεπιφανειακό χώμα. Το υπόστρωμα είναι το υλικό που διαμορφώνει το βυθό του υπό ανασύσταση ταμιευτήρα. Ο ρόλος των μολυσματικών παραγόντων και των αλάτων που υπάρχουν ήδη στο χώμα από την προηγούμενη γεωργική και προηγούμενη ζωική χρήση δεν έχει εξεταστεί επαρκώς. Η φύση του υποστρώματος είναι σημαντική επειδή υποστηρίζει τη διαβίωση πολλών οργανισμών του υγρότοπου στο μέλλον, η διαπερατότητά της έχει επιπτώσεις στη μετακίνηση του νερού μέσω του υγρότοπου, οι

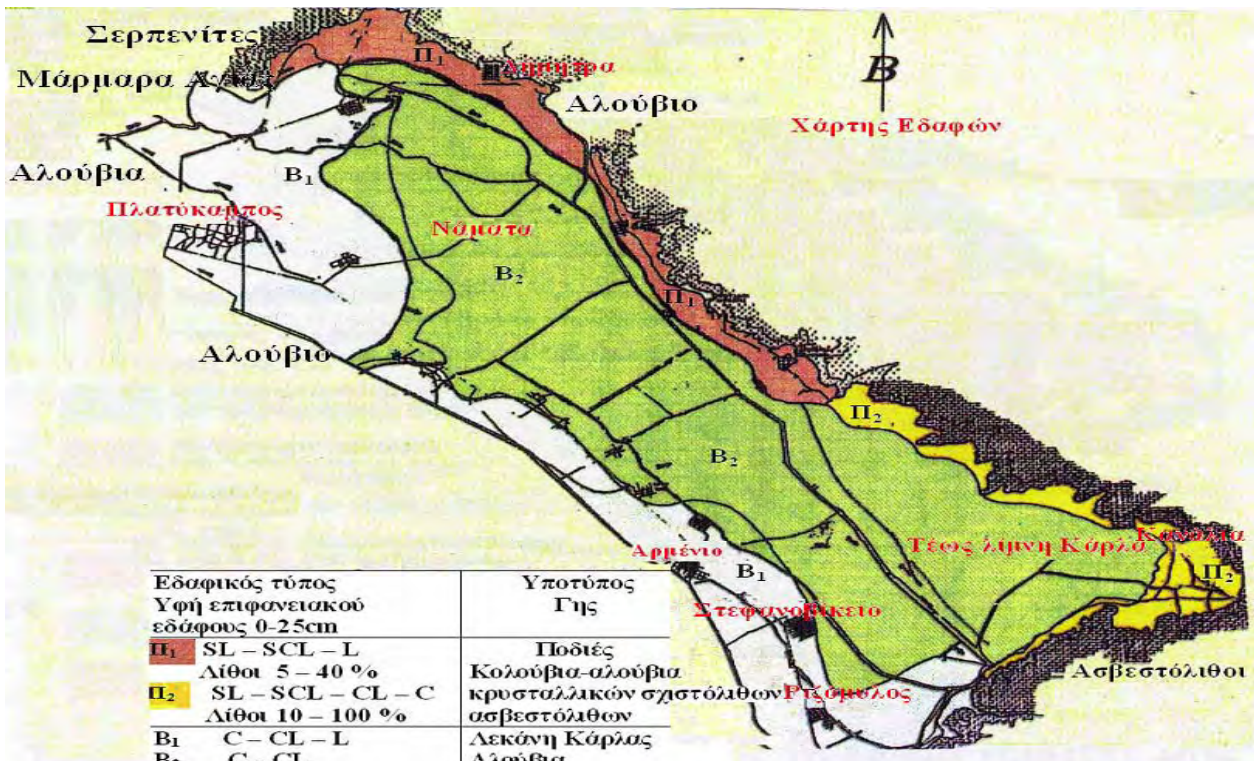
χημικοί και βιολογικοί (ειδικά μικροβιακοί) μετασχηματισμοί πραγματοποιούνται μέσα στο υπόστρωμα και το υπόστρωμα παρέχει την αποθήκευση για πολλούς μολυσματικούς παράγοντες. Επιπλέον τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των χωμάτων αλλάζουν συχνά όταν αυτά πλημμυρίζουν. Είναι λογικό να υποτεθεί ότι η χρησιμοποίηση της αποστράγγισης από τις γεωργικές περιοχές θα εισήγαγε μεγάλο ποσοστό μολυσμένου νερού στον ταμιευτήρα. Η επιβάρυνση του υπόγειου νερού με ιόντα, χημικά στοιχεία, χημικές ενώσεις, έχουν δημιουργήσει περιβαλλοντικό πρόβλημα, το οποίο σύντομα θα εμφανίσει την οικονομική του διάσταση (Valaora 1998).

3.1.7 Εδαφολογία

Τα εδάφη της περιοχής προέρχονται από λιμναίες και ελώδεις αποθέσεις αλλουβιακής προελεύσεως και ποικίλης μηχανικής σύστασης, δημιουργήθηκαν δηλαδή από τα φερτά υλικά του Πηνειού ποταμού και των άλλων μικρότερης σημασίας ποταμών και χειμάρρων της περιοχής

Τα εδάφη διακρίνονται σε:

- Αλλούβια
- Κολλούβια
- Αυτόχθονα (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006)



Σχήμα 3.18: Χάρτης εδαφών της λεκάνης απορροής Κάρλας (Ζαλίδης και συν. 1995)

Τα αλλούβια εδάφη κυριαρχούν. Καλύπτουν όλη την χαμηλή περιοχή της πεδιάδας της Κάρλας, είναι λεπτόκοκκα, έχουν μεγάλο βάθος και στον πυθμένα της παλαιάς λίμνης που

κατακλύζετο κατά το παρελθόν μόνιμα ή περιοδικά υπάρχουν λιμναίες και ελώδης αποθέσεις (Σχ. 3.18).

Τα καλλούβια έχουν αναπτυχθεί στα ανατολικά όρια του έργου στις περιοχές Καλαμακίου και Καναλίων, στους πρόποδες του Μαυροβουνίου και του Πηλίου. Έχουν ποικίλο βάθος, μέση περίπου μηχανική σύσταση και σημαντική περιεκτικότητα χαλικιών διαφόρων διαμετρημάτων. Τα αυτόχθονα εδάφη συναντώνται στην δυτική παρυφή του έργου. Το βάθος τους κυμαίνεται μεταξύ 0,5 και 2 m περίπου, είναι μέσης κοκκομετρικής σύστασης και επικάθηνται ασβεστολιθικών και σχιστολιθικών πετρωμάτων από την αποσάρθρωση των οποίων και προέρχονται.

Η πεδινή περιοχή της Κάρλας διακρίνεται από 5 τύπους εδαφοσειρών:

- 1) Εδαφοσειρά Κάρλας: εδάφη βαρειάς σύστασης, αργιλώδη. Στο προφίλ αυτών παρατηρούνται έντονα οξειδοαναγωγικά φαινόμενα. Η διηθητικότητα και η διαπερατότητά τους χαρακτηρίζεται από βραδεία έως μέτρια βραδεία. Το ποσοστό σε οργανική ουσία είναι μικρό (1,5 %).
- 2) Εδαφοσειρά Καλαμακίου: εδάφη ελαφριάς σύστασης, κατά περιοχές κολλουβιακής προελεύσεως. Εξαιτίας του πολύ μικρού ποσοστού σε ανθρακικό ασβέστιο αλλά και της έντονης λίπανσης με αζωτούχα λιπάσματα παρουσιάζουν όξινη αντίδραση και χρειάζονται ασβέστωση. Το ποσοστό σε οργανική ουσία είναι μηδενικό.
- 3) Εδαφοσειρά Ριζόμυλου: κανονικά εδάφη, μέσης έως βαριάς μηχανικής σύστασης. Η διηθητικότητά τους είναι μέτρια. Το ποσοστό σε οργανική ουσία κυμαίνεται από 1-1,5 %.
- 4) Εδαφοσειρά ΝΔ άκρου λεκάνης Κάρλας (Αγίου Γεωργίου-Βελεστίνου-Χλόης): εδάφη βαρειάς έως μέσης μηχανικής σύστασης που στραγγίζονται εύκολα. Το ποσοστό σε οργανική ουσία κυμαίνεται από 1-2%.
- 5) Εδαφοσειρά Καναλίων: κολλουβιακά εδάφη μέσης έως βαριάς σύστασης, καλά στραγγιζόμενα και διαπερατά. Το ποσοστό σε οργανική ουσία είναι μικρότερο του 2% (Μαχαίρας και συν. 1999)

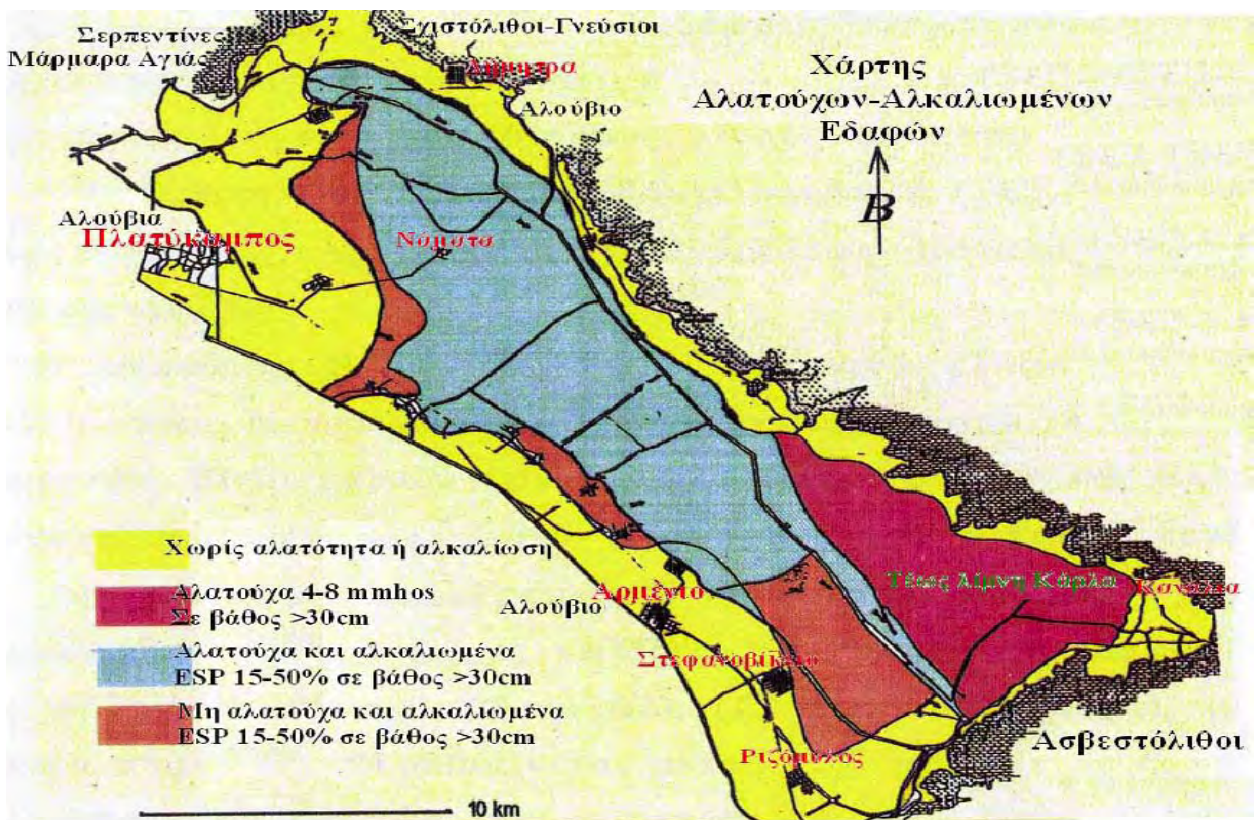
Παθογένεια εδαφών

Παθογενή εδάφη υπάρχουν μόνο στην εδαφοσειρά της Κάρλας και διακρίνονται σε (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006):

- Εδάφη αλατούχα στο υπέδαφος
- Εδάφη αλατούχα σε όλο το βάθος
- Εδάφη αλκαλιωμένα σε όλο το βάθος

Το 1960 σε όλη την επικράτεια της λίμνης Κάρλα με βάση την αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού των εδαφών (EC σε $\mu\text{S}/\text{cm}$) και του ποσοστού του ανταλλάξιμου (Na^+) (ESP) τα εδάφη διαχωρίζονταν σε (Ζαλίδης και συν. 1995):

- ◆ Εδάφη κανονικά με $\text{EC} < 4 \mu\text{S}/\text{cm}$, $\text{ESP} < 15\%$ σε όλη την εδαφική κατατομή, που καταλαμβάνουν εμβαδόν 17300 στρεμμάτων
- ◆ Αλατούχα εδάφη με $\text{EC} > 4 \mu\text{S}/\text{cm}$, $\text{ESP} < 15\%$ σε βάθος μεγαλύτερο από 30 cm, που καταλαμβάνουν εμβαδόν 4000 στρεμμάτων
- ◆ Αλατούχα αλκαλιωμένα με $\text{EC} > 4 \mu\text{S}/\text{cm}$, $\text{ESP} > 15\%$, από τα οποία 600 στρέμματα παρουσιάζουν παθογένεια σε όλη την κατατομή και 15300 παρουσιάζουν παθογένεια σε βάθος κάτω από τα 30 cm
- ◆ Μη αλατούχα αλκαλιωμένα με $\text{EC} < 4 \mu\text{S}/\text{cm}$ και $\text{ESP} > 15\%$ που καταλαμβάνουν εμβαδόν 3900 στρεμμάτων. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο Σχήμα 3.19.



Σχήμα 3.19: Χάρτης παθογενών εδαφών λεκάνης απορροής Κάρλας (Ζαλίδης και άλλοι 1995)

Οι επιπτώσεις από την συνεχή πτώση της στάθμης των υπόγειων νερών εξαιτίας της υπερεκμετάλλευσης είναι πολλές.

Μεταξύ των σημαντικών επιπτώσεων περιλαμβάνονται και όλες εκείνες που συνδέονται με καθιζήσεις που άρχισαν να λαμβάνουν χώρα σε διάφορες περιοχές από το τέλος του 1990, όπως αυτές Ριζόμυλου-Στεφανοβικείου του Νομού Μαγνησίας και Νίκης - Μελίας του Νομού Λάρισας στην νοτιοανατολική Θεσσαλική πεδιάδα (Εικ. 3.2).

Οι καθιζήσεις αυτές προκάλεσαν σημαντικές θραύσεις – ρωγματώσεις στην επιφάνεια του εδάφους που πρωτοεμφανίστηκαν το 1990 στα χωριά Καστρί (κυρίως), Νίκη, Γλαύκη, Μέλισσα, Χάλκη, Στεφανοβίκειο, Ρυζόμυλος κ.ά, στην περιοχή εξάπλωσης των τεταρτογενών αλλουβιακών αποθέσεων.

Τα φαινόμενα αυτά επανεμφανίστηκαν με μεγαλύτερη ένταση και σε μεγαλύτερη έκταση το θέρος του 1993 με επιπτώσεις σε σπίτια των χωριών Ρυζόμυλος, Στεφανοβίκειο, Μέλισσα, Νίκη, κ.ά. Μερικές από τις διαρρήξεις που προκλήθηκαν είχαν μήκος 1 έως 2 km και πλάτος μερικές δεκάδες εκατοστών. Αρκετοί δρόμοι κόπηκαν από τις διαρρήξεις αυτές και αρκετά σπίτια ρωγματώθηκαν στους τοίχους, στα δάπεδα και στις οροφές. Στο χωριό Νίκη μια κατοικία υπέστη σοβαρές ζημιές.

Τόσο το 1990 όσο και το 1993 ήταν ιδιαίτερα ξηρά έτη και κατά συνέπεια η επαναπλήρωση των υδροφόρων στρωμάτων περιορισμένη και οι αντλήσεις από αυτά αυξημένες.

Έχει υπολογισθεί ότι για να ισορροπήσουν οι υδροφόροι ορίζοντες στις στάθμες που είχαν το 1994, θα έπρεπε να μειωθούν οι αντλούμενες ποσότητες υπόγειων νερών από 10% έως και πάνω από 40% ανάλογα με την περιοχή, έτσι ώστε να υπάρξει συνολική μείωση των αντλούμενων ποσοτήτων στο Θεσσαλικό κάμπο ίση με $100 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως. Μείωση των αντλήσεων κατά ποσοστά από 40 έως 47% θα έπρεπε να έχει γίνει στις περιοχές: Κάρλα, Κάρλα – Γυρτώνη καθώς και σε άλλες περιοχές της Θεσσαλίας (Βλάχου-Βλαβιανού, αχρονολόγητο).



Εικόνα 3.2: Τα ρήγματα στη περιοχή του Ριζόμυλου (Λουκάς, 2010)

3.2 Αγαθά και Υπηρεσίες που σχετίζονται με το μικροκλίμα

Η Κάρλα, με το να σχηματίζεται στη χαμηλότερη θέση του υδροκρίτη της, ελάμβανε την εισροή των πιο κρύων μαζών του αέρα το χειμώνα. Η περιοχή επιφάνειας του υγρότοπου και ο όγκος του νερού της παρείχαν έναν αποδοτικό ρυθμιστικό μηχανισμό της θερμοκρασίας του αέρα. Ο χειμώνας επομένως ήταν ηπιότερος στη ζώνη περιμέτρου σε σύγκριση με τις πιο απόμακρες θέσεις επάνω στην πεδιάδα της ανατολικής Θεσσαλίας. Τα καλοκαίρια ήταν πιο δροσερά μέσα στην ίδια ζώνη λόγω της εξάτμισης των ανοικτών επιφανειακών νερών, της εφίδρωσης του υγρότοπου, και της υψηλής θερμοχωρητικότητας ικανότητας του νερού (Zalidis and Gerakis, 1999). Από την μελέτη των κλιματικών δεδομένων της περιοχής, πριν και μετά το έργο αποξήρανσης της λίμνης, προκύπτει ότι το κλίμα μεταβάλλεται και λαμβάνει ηπειρωτικότερο χαρακτήρα, με ελάττωση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας και της μέσης ελάχιστης ενώ παρουσιάζει μικρή αύξηση η μέγιστη θερμοκρασία (Βαρδουλάκης και συν. 1995). Έτσι σύμφωνα με τον (Μαχαίρα και συν. 1999) το κλίμα στην περιοχή μελέτης κατατάσσεται στο ηπειρωτικό ημίξηρο, χαρακτηριζόμενο από θερμό και ξηρό καλοκαίρι και ψυχρό και υγρό χειμώνα. Σήμερα η περιοχή χαρακτηρίζεται από το μεσογειακό ηπειρωτικού χαρακτήρα κλίμα λόγω του μεγάλου ετήσιου θερμοκρασιακού εύρους ($>20^{\circ}\text{C}$) και υπάρχει μια αξιοπρόσεχτη διακύμανση της θερμοκρασίας μεταξύ του χειμώνα και του θέρους (Bakalianos et al. 2008) αν και υπάρχουν αναφορές που χαρακτηρίζουν το κλίμα της περιοχής ως ηπειρωτικό (Vasiliades et al. 2009).

Η μέση θερμοκρασία κατά την περίοδο 1955-1961 πριν από την αποξήρανση στην ευρύτερη περιοχή της Κάρλας σημειώθηκε στους $16,10^{\circ}\text{C}$ ενώ η μέση θερμοκρασία κατά την περίοδο 1964-2001 μετά από την αποξήρανση (το 1964 ολοκληρώθηκε η πλήρης αποξήρανση της λίμνης) στην ευρύτερη περιοχή της Κάρλας καταγράφηκε στους $15,74^{\circ}\text{C}$. Η μέση βροχόπτωση κατά την περίοδο 1931-1961 πριν από την αποξήρανση στην

ευρύτερη περιοχή της Κάρλας σημειώθηκε στα 471 mm ενώ η μέση βροχόπτωση κατά την περίοδο 1964-2001 μετά από την αποξήρανση καταγράφηκε στα 406,45 mm (EMY 2009). Η μέση ετήσια υγρασία αέρα κυμαινόταν στο 68% πριν την αποξήρανση μετρήσεις της περιόδου 1932-1975 ενώ μετά την αποξήρανση σε μετρήσεις της περιόδου 1955-1992 σημειώνεται στο 66% δηλαδή εμφανίζεται μειωμένη κατά 2% (Ζαλίδης και συν. 1995, Βαρδουλάκης και συν. 1995). Η ετήσια εξάτμιση του αέρα στην ευρύτερη περιοχή της Κάρλας κατά την περίοδο 1933-1953 καταγράφεται στα 948,3 mm, κατά την περίοδο 1953-1975 φθάνει στα 949 mm, και την περίοδο 1961-1996 ανέρχεται στα 995,5 mm (Βαβίζος και συν. 1984, Ζαλίδης και συν. 1995, Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006). Όσον αφορά τη λεκάνη απορροή της Κάρλας διαθέσιμα στοιχεία για την εξάτμιση του αέρα υπάρχουν μόνο για την περίοδο 1971-1984, όπου η ετήσια εξάτμιση καταγράφεται στα 1074,1 mm (Εξαρχόπουλος 1999).

Στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης Κάρλας χαλαζοπτώσεις παρατηρούνται συνήθως κατά τους μήνες Μαΐου-Ιούνιο. Το εν λόγω φαινόμενο παρατηρείται με συχνότητα 1,6 ημέρες το χρόνο. Το φαινόμενο των χιονοπτώσεων στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης παρατηρείται την περίοδο Δεκεμβρίου-Μαρτίου με συχνότητα 4,4 ημέρες κατά την περίοδο 1899-1939 ενώ κατά την περίοδο 1961-1996 το φαινόμενο παρατηρείται με συχνότητα 1 ημέρα ανά έτος. Παγετοί παρατηρούνται στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης κατά την περίοδο Νοεμβρίου-Μαρτίου. Οι ημέρες εμφανίσεως του φαινομένου ανά έτος είναι 0,6 ημέρες για ολικούς και 40,2 ημέρες για μερικούς παγετούς (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006). Σύμφωνα με τον (Δομενικιώτη και συν. 2004), δημιουργήθηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού πακέτου Erdas Imagine 8.6 δύο μοντέλα, ένα για το μήνα Μάρτιο και ένα για το μήνα Απρίλιο, τα οποία οδήγησαν στη δημιουργία χαρτών κινδύνου παγετού. Ένα κοινό σημείο σε όλους τους χάρτες επικινδυνότητας ήταν η εμφάνιση μεγάλης πιθανότητας παρουσίας παγετού στην ευρύτερη περιοχή της αποξηραμένης λίμνης Κάρλας, συμπεριλαμβανομένων και των όμορων περιοχών του Βελεστίνου, Στεφανοβίκειου, Ριζόμυλου και Καναλίων. Η πιθανότητα εμφάνισης παγετού, -2°C ή και χαμηλότερης θερμοκρασίας, στις περιοχές αυτές είναι πολύ υψηλή ακόμα και το μήνα Απρίλιο.

Όσον αφορά τους ανέμους οι Βόρειοι, Βορειοανατολικοί και Βορειοδυτικοί προκαλούν πτώση της θερμοκρασίας κατά την χειμερινή και εαρινή περίοδο. Το μεγαλύτερο ποσοστό

των ανέμων είναι απροσδιορίστου κατεύθυνσης και μηδενικής εντάσεως. Από πλευράς συχνότητας οι ανατολικοί άνεμοι εμφανίζουν το μεγαλύτερο ποσοστό. Γενικά δεν επικρατούν ισχυροί άνεμοι, ούτε προκαλούνται από αυτούς ζημιές στις καλλιέργειες. Οι άνεμοι εντάσεως μεγαλύτερης των 3 βαθμών Μποφόρ δεν υπερβαίνουν σε ποσοστό το 12% ετησίως, με μέγιστη τα 8 Μποφόρ, που παρατηρείται σε ποσοστό 0,2-0,9 % ετήσια. Κατά την αρδευτική περίοδο οι πνέοντες άνεμοι εντάσεως 1,4-2,1 Μποφόρ, δεν δημιουργούν προβλήματα στις αρδεύσεις με τεχνητή βροχή (Μαυρονικολάου και συν. 2006). Υπάρχουν και οι ετήσιοι άνεμοι που αρχίζουν τη δράση τους από τα μέσα Ιουλίου έως 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 την Νοτιοανατολική Ευρώπη. Ενίοτε κατά την εαρινή ή θερινή περίοδο (κυρίως από Μαΐου μέχρι Ιούνιο) παρατηρείται Νοτιοδυτικός ή Δυτικός άνεμος θερμός και ξηρός, που επονομάζεται λίβας (Μούμου 2007, Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006).

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

Ο υδάτινος όγκος της λίμνης με τη μεγάλη θερμοχωρητικότητα συνέβαλλε στην αποθήκευση της ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα την βελτίωση του τοπικού κλίματος (Πατσώνας 2008). Ένα θετικό αποτέλεσμα προσδοκώμενο από την κατασκευή του νέου ταμιευτήρα είναι η μετριοπάθεια του κλίματος (Valaora 1998). Η λεγόμενη μετριοπάθεια του κλίματος που θα επέλθει με την παρουσία της λίμνης αναφέρεται στην άμβλυνση ακραίων κλιματικών φαινομένων όπως εξομάλυνση ακραίων θερμοκρασιακών διαφορών αύξηση της ατμοσφαιρικής υγρασίας και δημιουργία τοπικών ρευμάτων αέρα.

Όλοι οι κάτοικοι της περιοχής έχουν διαπιστώσει την επιδείνωση των κλιματικών συνθηκών που προήλθαν από την αποξήρανση της λίμνης (Ζαλίδης και συν. 1999).

Τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής είναι πολλαπλά και ποικίλλουν περιφερειακά, ακόμα και τοπικά, στην έντασή τους, τη διάρκεια, και τον τοπικό βαθμό. Εντούτοις, οι άμεσες ζημιές στους ανθρώπους και στις ιδιοκτησίες τους δεν προκαλούνται από τις

βαθμιαίες αλλαγές στη θερμοκρασία ή στις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις αλλά κυρίως από τα αποκαλούμενα ακραία γεγονότα όπως οι πλημμύρες και οι ξηρασίες (Vasiliades et al. 2009).

Η ξηρά περίοδος διαρκεί από τον Μάιο μέχρι και τον Σεπτέμβριο και η υγρή από τον Οκτώβριο μέχρι και τον Απρίλιο (Μαχαίρας και συν. 1999). Από τον (Πέππα και συν. 2005, πραγματοποιείται ένας πιο επεξηγηματικός διαχωρισμός όπου χαρακτηρίζει τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο ως υπέρξηρους, ως ξηρούς τους μήνες Απρίλιο και Μάιο, ως υπόξηρους τους μήνες Μάρτιο, Οκτώβριο, ως ύφυγρους τους μήνες Φεβρουάριο, Νοέμβριο και τέλος ως υγρούς τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο.

Ο Τσίρος (2006) μελέτησε τις συνθήκες εμφάνισης ξηρασίας για το υδρολογικό έτος 2004-2005 (Οκτώβριος 2004-Σεπτέμβριος 2005) στο Υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται ο δείκτης βλάστησης κανονικοποιημένης διαφοράς (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index) και ο δείκτης ημεροβαθμών (DD– Degree Days) που υπολογίζονται από δορυφορικά δεδομένα τύπου NOAA/AVHRR, ενώ ο έλεγχος για την εμφάνιση συνθηκών ξηρασίας έγινε με τη χρήση του δείκτη ξηρότητας (AI – Aridity Index). Τον Οκτώβριο του 2004 η λεκάνη απορροή της Κάρλας χαρακτηρίζεται ως ύφυγρη με ορισμένες υγρές περιοχές να σημειώνονται κυρίως στα βορειοανατολικά, στα κεντροανατολικά και νοτιοανατολικά της λίμνης. Το Νοέμβριο του 2004 όλη η λεκάνη απορροής της Κάρλας καταγράφεται ως υγρή. Τον Δεκέμβριο του 2004, τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο του 2005 η λίμνη Κάρλα παραμένει στην υγρή κατάστασή της. Τον επόμενο μήνα το Μάρτιο η κατάσταση της λίμνης παραμένει ως επί το πλείστον υγρή αλλά αρχίζουν και εμφανίζονται κάποια σημάδια ξηρασίας στα βορειοδυτικά, κεντροδυτικά και νοτιοδυτικά της λίμνης. Τον Απρίλιο του 2005 η κατάσταση της λίμνης εξακολουθεί να χαρακτηρίζεται υγρή αλλά αυτή τη φορά εμφανίζεται και μια ύφυγρη ογκώδης λωρίδα που καλύπτει σχεδόν όλη την έκταση της λεκάνης απορροής της λίμνης στο δυτικό τμήμα της. Τον Μάιο η κατάσταση της λίμνης αλλάζει στο σύνολο της με υγρές, ημίξηρες, ξηρές και έντονες συνθήκες ξηρασίας να την χαρακτηρίζουν. Τον μήνα Ιούνιο οι υγρές συνθήκες επικρατούν στη λίμνη αλλά με συνθήκες έντονης ξηρασίας στα δυτικά, ξηρές στα κεντρικά και ημίξηρες στα ανατολικά να σημειώνονται στην περιοχή της λίμνης. Τον Ιούλιο και τον Αύγουστο έντονες συνθήκες ξηρασίας επικρατούν ενώ τον επόμενο μήνα υγρές συνθήκες

επανεμφανίζονται με κάποια σημάδια ημίξηρων συνθηκών στο βορειοδυτικό και νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης απορροής.

Στη συνέχεια παρατίθεται μέρος από μία στατιστική μέθοδο αναλογικής μείωσης που αναπτύχθηκε για την περιοχή μελέτης όσον αφορά την πιθανότητα εμφάνισης ξηρασίας στο κοντινό και στο μακρινό μέλλον.

Η στατιστική μέθοδος αναλογικής μείωσης αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα του καναδικού κέντρου για το γενικό πρότυπο κυκλοφορίας ανάλυσης διαμόρφωσης κλίματος (CGCMa2) για την ιστορική περίοδο βάσης (1960-1990), επικυρώθηκε στην παρατηρηθείσα περίοδο 1990-2002 για τις δύο μελλοντικές περιόδους 2020-2050 και 2070-2100.

Αρχικώς αναφέρονται δύο σενάρια. Το πρώτο σενάριο (SRES A₂) υποθέτει μία ισχυρή, αλλά περιφερειακά προσανατολισμένη οικονομική ανάπτυξη και αποσπασματική τεχνολογική αλλαγή με έμφαση στον ανθρώπινο πλούτο. Αντιπροσωπεύει ένα σενάριο υψηλών εκπομπών CO₂. Το δεύτερο σενάριο (SRES B₂) υπογραμμίζει την προστασία του περιβάλλοντος και της κοινωνικής δικαιοσύνης, αλλά και στηρίζεται στις τοπικές λύσεις στην οικονομική, κοινωνική, και περιβαλλοντική ικανότητα υποστήριξης και αντιπροσωπεύει ένα χαμηλό σενάριο εκπομπής CO₂.

Αυτά τα σενάρια αντιπροσωπεύουν ένα κόσμο στον οποίο οι διαφορές μεταξύ των αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών παραμένουν ισχυρές. Τα δύο κοινωνικοοικονομικά σενάρια έχουν υιοθετηθεί ευρέως δεδομένου ότι τα τυποποιημένα σενάρια για τη χρήση στην αλλαγή κλίματος προσκρούουν στις μελέτες.

Η μεγαλύτερη μείωση για τη μέση ετήσια επιφανειακή απορροή παρατηρήθηκε για την περίοδο 2070-2100. Η μηνιαία απορροή, γενικά, μειώθηκε για όλους τους μήνες και τις χρονικές περιόδους εκτός από το Σεπτέμβριο όταν αυξήθηκε η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή. Η μέση ετήσια επιφανειακή απορροή μειώνεται περίπου 3.9% και 3.4% για την περίοδο 2020-2050, και περίπου 13.5% και 8.5% για την περίοδο 2070-2100 για το σενάριο (SRES A₂) και το σενάριο SRES B₂), αντίστοιχα.

Η μέση επιφανειακή απορροή του Σεπτεμβρίου αυξήθηκε κατά 12.7% για το σενάριο (SRES A₂) και 13.2% για το σενάριο (SRES B₂), αντίστοιχα, στην περίοδο 2020-2050. Η

μικρότερη αύξηση παρατηρήθηκε στην περίοδο 2070-2100, 7.5% για το σενάριο (SRES A₂) και 10.9% για το σενάριο (SRES B₂).

Εξηνταπέντε και 48% από τους 360 μήνες κατά την περίοδο 2070-2100 θα αντιμετωπίσουν καταστάσεις ξηρασίας για το σενάριο SRES A₂ και SRES B₂, αντίστοιχα. Γενικά ως πιο δριμύ σενάριο σημειώνεται το πρώτο σενάριο (SRES A₂) καθώς βασίζεται σε πιο ακραία σενάρια εκπομπής CO₂ και οδηγεί σε αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου (Vasiliades et al. 2009).

Οι πλημμύρες λαμβάνουν χώρα κατά μέσο όρο μία φορά ανά δύο έτη και πριν την αποξήρανση πλημμυρίζαν περίπου κατά μέσο όρο 137000 στρέμματα ενώ μετά πλημμυρίζουν 10000-60000 στρέμματα για μία περίοδο περίπου 2-60 ημερών. Η μεγαλύτερη διάρκεια των κατακλύσεων εμφανίζεται την περίοδο Δεκεμβρίου-Μαρτίου και η μικρότερη την περίοδο Απριλίου-Μαΐου (Ζαλίδης και συν. 1995, Zalidis and Gerakis, 1999). Ο ταμιευτήρας θα χρησιμεύει και για την ανάσχεση πλημμυρών (Λουκάς και συν. 2005).

3.2.1 Η επίδραση του κλίματος στις καλλιέργειες

Η μεγάλη συχνότητα εμφάνισης των παγετών (μερικών ή ολικών) στην περιοχή, κατά την χειμερινή περίοδο, δεν επιτρέπουν την καλλιέργεια φυτών ευπαθών στο ψύχος, όπως είναι τα εσπεριδοειδή, πρώιμα κηπευτικά κλπ. Αντίθετα ευνοείται η ανάπτυξη των χειμερινών σιτηρών, των εαρινών και θερινών καλλιεργειών και των οπωροφόρων δένδρων, υπό την προϋπόθεση ότι τα ελλείμματα υγρασίας κατά την περίοδο Μαΐου-Σεπτεμβρίου θα αναπληρώνεται με αρδεύσεις. Η επίδραση των επικρατούντων ανέμων κατά την αρδευτική περίοδο, στην άρδευση με τεχνητή βροχή θεωρείται αμελητέα για αυτό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος στην περιοχή. Οι παγετοί του χειμώνα και οι βόρειοι άνεμοι της εποχής αυτής δεν προκαλούν ζημιές στις καλλιέργειες της περιοχής και ειδικότερα στα οπωροφόρα δένδρα. Αντίθετα, οι όψιμοι εαρινοί παγετοί προκαλούν ζημιές στα οπωροφόρα δένδρα και κυρίως όταν αυτοί συμπέσουν με την ανθοφορία τους, δηλαδή όταν προηγηθούν υψηλές σχετικά θερμοκρασίες (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006). Ταυτόχρονα η καταγραφή αύξηση του φαινομένου του παγετού, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή της αμυγδαλοκαλλιέργειας (Πέππας και συν. 2005). Οι

χαλαζοπτώσεις ανάλογα με την ένταση και το μέγεθος, προκαλούν μικρές ή μεγάλες ζημιές στις καλλιέργειες.

Ζημιές τέλος προκαλούν οι βροχές της Άνοιξης στην δενδροκομία, όταν συμπέσουν με την ανθοφορία των δένδρων και στις εαρινές αροτραίες καλλιέργειες, όταν η διάρκειά τους είναι παρατεταμένη και συνοδεύονται με σοβαρή πτώση της θερμοκρασίας (σάπισμα σπόρου) (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006).

Επιπλέον στο μικροκλίμα της περιοχής καταγράφεται τόσο μείωση των βροχοπτώσεων όσο και της υγρασίας με συνέπειες στα ορεινά και στα ημιορεινά δάση (Πέππας και συν. 2005).

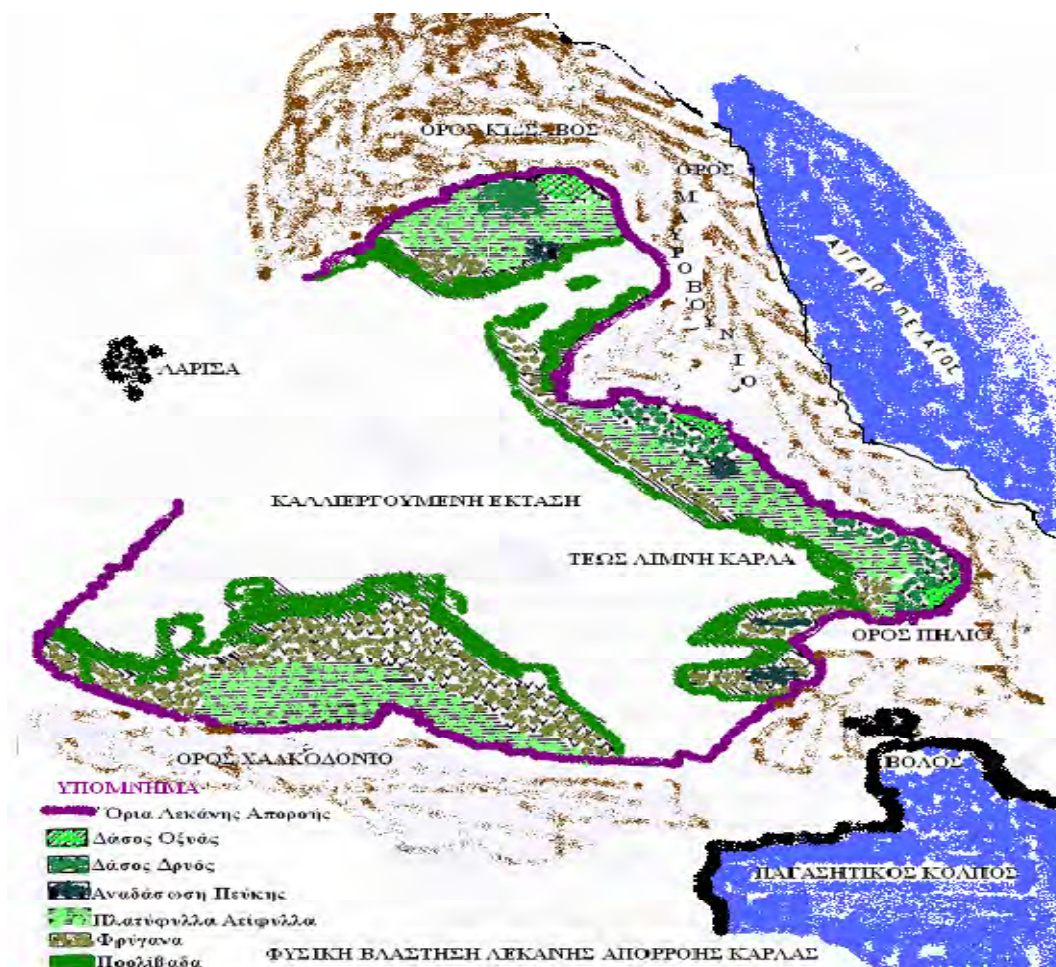
Καταστροφές επίσης στα σιτηρά και στις ανθοφορίες προκαλεί ο λίβας. Λόγω έντονης εξάτμισης προκαλεί μεγάλες ζημιές στην παραγωγή των φθινοπωρινών σιτηρών, στα σιτηρά και στις ανθοφορίες κατά την Άνοιξη και στις αρδευόμενες καλλιέργειες ανάλογα με την περίοδο εμφάνισής τους (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006).

3.2.2 Διαχείριση της γεωργικής περιοχής

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

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η δασική βλάστηση ιδιαίτερου φυσικού κάλους στην ορεινή ζώνη της Κάρλας, στο όρος Μαυροβούνι. Εκτεταμένα είναι συγκριτικά με την έκταση του βουνού, τα δάση οξιάς, ενώ σε μικρή έκταση εντοπίζονται δάση καστανιάς. Υπάρχουν θαυμάσιες ώριμες συστάδες πλατύφυλλων, παραποτάμια βλάστηση με πλατάνια, φαράγγια εξαιρετικού τοπίου και πανέμορφα τοπία. Μεγάλες περιοχές, στα πιο χαμηλά υψόμετρα, καλύπτουν τα σκληρόφυλλα-αείφυλλα στην ανατολική πλευρά (Σχ. 3.21) τα οποία υφίστανται έντονη βόσκηση. Η βόσκηση διαμορφώνει το φυσικό τοπίο σε εντονότατο βαθμό και στις παρυφές των καλλιεργούμενων εκτάσεων δυτικά και βόρεια από τα Κανάλια, δηλαδή στα όρια του σχεδιαζόμενου ταμιευτήρα. Οι περιοχές αυτές

καλύπτονται, από αραιά φρύγανα, που είναι ελάχιστα αναπτυγμένα και παρότι οι πλαγιές δεν έχουν μεγάλη κλίση το ποσοστό του γυμνού εδάφους είναι σημαντικό. Στα πιο χαμηλά σημεία, στα νοτιοανατολικά όρια της παλαιάς Κάρλας, καλλιεργούνται σε πολλά σημεία αμυγδαλιές (Μαχαίρας και συν. 1999).



Σχήμα 3.20: Φυσική βλάστηση λεκάνης απορροής Κάρλας (Παπανίκος 2008)

Οι βιώσιμες γεωργικές και δασικές πρακτικές διαχείρισης είναι απαραίτητες για να αποτρέψουν την περαιτέρω υποβάθμιση των επίγειων πόρων μέσα στον υδροκρίτη. Αυτό μπορεί να ολοκληρωθεί μόνο με την εφαρμογή ενός ενσωματωμένου, τοπικού αγρο-περιβαλλοντικού προγράμματος που:

α) θα μειώσει την καλλιεργούμενη σχετική ρύπανση (ρύπανση πηγής μη-σημείου) και τη χρήση των λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων, και

β) θα προστατεύσει την ποσότητα και την ποιότητα των υδάτινων πόρων του υγρότοπου.

Αυτοί οι στόχοι θα επιτευχθούν μέσω των μέτρων που προβλέπονται από τον κανονισμό, περιλαμβάνοντας:

ι) Συνετή χρήση των αγροχημικών μέσω ενός μόνιμου, ειδικά σχεδιασμένου προγράμματος επέκτασης.

- ii) Κατάλληλη επιλογή των καλλιεργειών που απαιτούν λιγότερες εισαγωγές.
- iii) Κατάλληλα συστήματα ακολουθίας καλλιεργειών.
- iv) Βιώσιμα συστήματα βοσκοτόπων.
- v) Μακροπρόθεσμη διακοπή της καλλιέργειας στους τομείς χαμηλής παραγωγικότητας (Zalidis et al. 2005)

Η πιο πρόσφατη καταγραφή αλλά και το σχέδιο σχετικά με τον επαναπροσδιορισμό των καλλιεργειών δίνεται στον Πίνακα 3.1 καθώς και στα Σχήματα 3.22 και 3.23.

Πίνακας 3.2: Εκτάσεις των υφιστάμενων και προτεινόμενων καλλιεργειών (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006)

Είδος Καλλιέργειας	Έκταση (σε στρέμματα)	
	Υφιστάμενες καλλιέργειες	Προτεινόμενες καλλιέργειες
Σιτηρά αρδευόμενα	-	4.625
Σιτηρά ξηρικά	6.000	-
Καλαμπόκι	1.000	9.250
Βαμβάκι	72.650	41.625
Ζαχαρότευτλα	2.500	1.850
Ντομάτα βιομηχανική	1.300	1.850
Μηδική	2.000	13.875
Κηπευτικά –Μποστάνια-Πατάτες	600	925
Δενδρώδες αρδευόμενοι	1.475	4.625
Δενδρώδες ξηρικοί	3.150	-
Βίκος κλπ ψυχανθή για σανό		4.625
Κοφτολίβαδα ξηρικά	600	-
Γρασίδια ξηρικά	300	-
Αγρανάπωση	925	9.250
Σύνολο	92.500	92.500
Αρδευόμενα	81525	92500
Ξηρικά	10975	-



Σχήμα 3.22: Υφιστάμενες καλλιέργειες στην περιοχή της λίμνης Κάρλας Τα στοιχεία αναφέρονται στους (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006). Τα ποσοστά είναι επί τοις εκατό (%)



Σχήμα 3.23: Προτεινόμενη κατανομή καλλιεργειών στην περιοχή της λίμνης Κάρλα. Τα στοιχεία αναφέρονται στους (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006). Τα ποσοστά είναι επί τοις εκατό (%)

Η στατιστική ανάλυση Emergy που πραγματοποιήθηκε από τον (Bakaliano et al. 2008) σχετικά με τους πόρους που καταναλώνονται στην περιοχή έχει δείξει ότι η λεκάνη της λίμνης Κάρλας είναι βασισμένη περισσότερο σε μη ανανεώσιμους πόρους, η χρήση των οποίων

δημιουργεί ένα μεγάλο περιβαλλοντικό φορτίο και έχει δυσμενείς επιπτώσεις στη σοδειά στην περιοχή της λίμνης. Η εύρεση αυτή σύμφωνα με τον Bakaliano et al. 2008 οφείλεται στην αξιολόγηση του πόρου των υπόγειων νερών ως μη ανανεώσιμο πόρο στην στατιστική ανάλυση Emergy στη λεκάνη απορροής της λίμνης Κάρλα. Αυτή η υπόθεση είναι λογική δεδομένου ότι ο πίνακας υπόγειων νερών έχει μειωθεί πάνω από 200 m κάτω από το έδαφος

Η κατασκευή του ταμιευτήρα Κάρλας είναι μια επιτακτική ανάγκη για την ανακούφιση του περιβαλλοντικού φορτίου και ένας καταλύτης για την ικανότητα υποστήριξης των καλλιεργειών. Επίσης στη λεκάνη απορροής της λίμνης Κάρλας καμία από τις καλλιέργειες (βαμβάκι, ελιές, αραβόσιτος, σίτος, αλφάλα και καπνός) δεν μπόρεσε να χαρακτηριστεί ως βιώσιμη σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση Emergy, όπως αυτή αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε από τον (Bakaliano et al. 2008). Εντούτοις, η κατασκευή του ταμιευτήρα Κάρλας και η χρήση του νερού του για την άρδευση των καλλιεργειών θα αυξήσουν σημαντικά την ικανότητας υποστήριξης όλων των καλλιεργειών.

Αναλύοντας την επίδραση των επιχορηγήσεων στην ικανότητα υποστήριξης των διάφορων καλλιεργειών, η ανάλυση Emergy έδειξε ότι η καλλιέργεια του καπνού έχει ένα ελάχιστο ποσοστό ικανότητας υποστήριξης δεδομένου ότι καταναλώνει μια μεγάλη ποσότητα των πόρων(νερό), ενώ η οικονομική παραγωγή είναι ικανοποιητική δεδομένου ότι είναι εξ' ολοκλήρου βασισμένη στις επιχορηγήσεις (65% για την περιοχή της λίμνης Κάρλα). Σε περίπτωση που οι επιχορηγήσεις παύονται, η καλλιέργεια του καπνού θα απαιτήσει μια μεγάλη οικονομική επένδυση και θα παράσχει μια ελάχιστη οικονομική παραγωγή. Αυτό επίσης συμβαίνει και στην περίπτωση της καλλιέργειας βαμβακιού, όπου η κατανάλωση νερού είναι μεγάλη και το ποσοστό της επιχορήγησης φθάνει στο 52% για τη λεκάνη της λίμνης Κάρλας.

Οι ελιές και τα προϊόντα σίτου είναι σχετικά βιώσιμες καλλιέργειες, δεδομένου ότι απαιτούν την ελάχιστη κατανάλωση νερού, ενώ το επίπεδο του κόστους αγοράς (λιπάσματα, σπόροι) είναι το χαμηλότερο μεταξύ όλων των καλλιεργειών. Αν και, η οικονομική παραγωγή των ελιών είναι υψηλή σε σχέση με την υψηλή παραγωγικότητα, η επένδυση στην εργασία και τις υπηρεσίες εμφανίζει υψηλή αξία. Αντιθέτως, ο σίτος συνδέεται με τις χαμηλότερες τιμές παραγωγής και εργασίας. Τέλος, η καλλιέργεια της αλφάλα έχει το υψηλότερο ποσοστό ικανότητας υποστήριξης στην περιοχή της λίμνης Κάρλας. Αυτό οφείλεται στην ελάχιστη επένδυση στα θεωρούμενα αγαθά (λιπάσματα, σπόροι), την εργασία καθώς επίσης και στην υψηλή παραγωγικότητα δεδομένου ότι η καλλιέργειά της δεν επιχορηγείται. Εντούτοις, η

οικονομική αξία της καλλιέργειας είναι χαμηλή ενώ καταναλώνει μια μεγάλη ποσότητα των υδατικών πόρων.

Επιπλέον, τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρέχουν μια σαφή εικόνα της συμβολής κάθε καλλιέργειας στη δημόσια αποδοχή. Τα ασφαλή συμπεράσματα συνάγονται σχετικά με τη δυνατότητα των καλλιεργειών να κατορθώσουν να ενσωματώσουν τη μεγιστοποίηση των οικονομικών ωφελειών και την ελαχιστοποίηση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Η κατασκευή του ταμιευτήρα περιλαμβάνει μια λύση για τη λεκάνη απορροής της λίμνης Κάρλα αλλά πρέπει να συνδυαστεί με τα κατάλληλα σχέδια καλλιεργειών (Bakalianos et al. 2008).

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. Τα έργα επαναδημιουργίας της λίμνης Κάρλας αποσκοπούν στην αναβάθμιση της δυναμικής οικολογικής και περιβαλλοντικής ισορροπίας (Λουκάς και συν. 2005, Φώλια 2008)

3. 3 Υδραυλικά Έργα

Σύμφωνα με τους (Κατσίρη και Κουτσογιάννη 2005) η αναγκαιότητα κατασκευής του ταμιευτήρων γενικά υπόκεινται στους εξής λόγους:

- Οι υδατικοί πόροι είναι ανανεώσιμοι-όχι αποθεματικοί
- Η φυσική προσφορά νερού είναι μη προβλέψιμη και έχει έντονες διακυμάνσεις σε όλες τις χρονικές κλίμακες (πλημμύρες, ξηρασίες)
- Η παροχή νερού στην κατανάλωση (άρδευση, ύδρευση) πρέπει να γίνεται σε ρυθμούς που καθορίζονται από τη ζήτηση
- Άρα χρειάζεται αποθήκευση νερού
- Οι φυσικές αποθήκες νερού δεν επαρκούν
- Οι ταμιευτήρες αποσοβούν το μεγαλύτερο μέρος των πλημμυρών στις κατάντη περιοχές
- Το νερό έχει και εξέχουσα ενεργειακή αξία και αποτελεί ενεργειακό πόρο και μέσο αποθήκευσης (συντελεστής απόδοσης>0.90)
- Οι ταμιευτήρες εξασφαλίζουν σημαντικό ύψος πτώσης επομένως μεγιστοποιούν το ενεργειακό δυναμικό του νερού

Οι εισροές στον ταμιευτήρα της λίμνης Κάρλας είναι η επιφανειακή απορροή του υδροκρίτη, η εκτροπή των πλημμυρικών ροών του ποταμού Πηνειού, και οι απευθείας ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις στην επιφάνεια του ταμιευτήρα. Ο όγκος του νερού που προέρχεται από την εκτροπή των πλημμυρικών ροών του ποταμού Πηνειού έχει βρεθεί να είναι η σημαντικότερη εισροή στον ταμιευτήρα της λίμνης Κάρλας και είναι κρίσιμη για τη λειτουργία του ταμιευτήρα κατά τη διάρκεια των ξηρών περιόδων (Loukas et al. 2005).

Κρίνεται σκόπιμο να διευκρινιστούν κάποιες διαφορές που εντοπίζονται ανάμεσα στην τελική μελέτη «Επαναδημιουργίας λίμνης Κάρλας» σε σχέση με την προμελέτη «Ταμιευτήρα Κάρλας» (ΑΛΦΑ – ΩΜΕΓΑ Ν. Νικολαΐδης, 1982) στην οποία βασίστηκε.

- Η προμελέτη λοιπόν, προέβλεπε ταμιευτήρα 42 km^2 , ενώ τελικά κατασκευάζεται ταμιευτήρας 38 km^2
- Ο ταμιευτήρας των 42 km^2 θα είχε ικανότητα να αποθηκεύει $135 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού για άρδευση, ενώ ο κατασκευαζόμενος μόνο $84 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- Η αρδευόμενη έκταση που μπορούσε να εξυπηρετήσει ήταν 185 km^2 ενώ τελικά η αρδευόμενη έκταση είναι η μισή $92,5 \text{ km}^2$

Στην προμελέτη προβλεπόταν η εκτροπή της λεκάνης Καλοχωρίου στον ταμιευτήρα, ενώ τα νερά της χαμηλής λεκάνης θα διοχετεύονταν μέσω της σήραγγας στον Παγασητικό, εκτός από περιπτώσεις μεγάλων πλημμυρών (όταν θα υπερβαινόταν η παροχετευτική της ικανότητα), οπότε και θα αντλούνταν στον ταμιευτήρα. Στην τελική μελέτη προβλέπονται ακριβώς τα αντίθετα. Η εκτροπή της λεκάνης Καλοχωρίου είναι ενδεχόμενη και δεν λαμβάνεται υπόψη στη διαμόρφωση του υδατικού ισοζυγίου, ενώ τα νερά της χαμηλής λεκάνης οδηγούνται στον ταμιευτήρα, εκτός και πάλι από περιπτώσεις μεγάλων πλημμυρών, οπότε και θα διοχετεύονται μέσω της σήραγγας στον Παγασητικό (Φώλια, 2008).

3.3.1 Υδατικό ισοζύγιο

Υδατικό Ισοζύγιο είναι η απεικόνιση της δυναμικής ισορροπίας μεταξύ των εισροών και των εκροών νερού μιας ενιαίας υδατικής περιοχής στην ίδια χρονική περίοδο, λαμβάνοντας υπόψη την εσωτερική διακύμανση των υδατικών αποθεμάτων (Ζαφειρίου και Κουτρομανίδης 2009).

Δίνεται λοιπόν παρακάτω ποιο είναι το Υδάτινο ισοζύγιο όταν επικρατούν μέσες υδρολογικές συνθήκες στη λίμνη Κάρλα, ποιο είναι το Υδάτινο ισοζύγιο σήμερα στη λίμνη Κάρλα και προβλέπεται ποιο θα είναι το Υδάτινο ισοζύγιο στη λίμνη Κάρλα το μακρινό μέλλον.



Σχήμα 3.24: Υδάτινο ισοζύγιο λίμνης Κάρλας (Μέσες υδρολογικές συνθήκες)

(ΥΠΕΧΩΔΕ 2002). Επεξεργασία (Παπανίκος 2008)



Σχήμα 3.25: Υδάτινο ισοζύγιο λίμνης Κάρλας έτος 2009 (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2002). Επεξεργασία Παπανίκος 2008.



Σχήμα 3.26: Υδάτινο ισοζύγιο λίμνης Κάρλας έτος 2030 (ΥΠΕΧΩΔΕ 2002). Επεξεργασία Παπανίκος 2008.

Το προτεινόμενο σχέδιο προβλέπει τη δημιουργία ταμιευτήρα στο χαμηλότερο τμήμα της άλλοτε λίμνης Κάρλας, έκτασης περίπου 38 km^2 , δια της κατασκευής δύο αναχωμάτων, του Ανατολικού (μήκους 2.700 m) και Δυτικού (μήκους 11.300 m) αναχώματος. Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά δίνονται στον Πίνακα 3.3 ενώ τα κατασκευαστικά στον Πίνακα 3.4

Πίνακας 3.3: Διακύμανση του όγκου και της επιφάνειας του νερού στον ταμιευτήρα σε σχέση με τη στάθμη (Φώλια 2008).

Στάθμη ταμιευτήρα	Επιφάνεια	Όγκος
μ.υ.θ.	$10^6 \mu^2$	$10^6 \mu^3$
43,50	0,00	0,00
44,00	1,40	0,23
44,50	13,20	3,88
45,00	25,00	13,43
45,35	28,30	22,76
46,00	34,50	43,18
46,40	34,65	57,01
48,00	35,20	112,88
48,80	35,46	141,14
50,00	35,80	183,88
52,00	37,90	257,58

Πίνακας 3.4: Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα της Κάρλας (Φώλια 2008).

Χαρακτηριστικά	Μονάδες	Τιμές
Εμβαδόν ταμιευτήρα	km ²	38
Ολική χωρητικότητα	10 ⁶ m ³	183.88
Διαθέσιμος όγκος νερού αρδεύσεως	10 ⁶ m ³	84.13
Όγκος ανάσχεσης πλημμύρων	10 ⁶ m ³	42.74
Νεκρός όγκος νερού	10 ⁶ m ³	57.01
Μήκος αναχωμάτων	km	14
Στέψη αναχωμάτων	υψόμετρο	52.5
Ανώτατη Στάθμη Πλημμύρας	υψόμετρο	50
Ανώτατη Στάθμη Αρδεύσεως	υψόμετρο	48.8
Κατώτερη Στάθμη Αρδεύσεως	υψόμετρο	46.4
Χαμηλότερο σημείο πυθμένα	υψόμετρο	43.5
Ετήσια διακύμανση στάθμης	m	2.8
Μέγιστο βάθος στην κατώτερη στάθμη αρδεύσεως	m	2.9

Τα αντιπλημμυρικά έργα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες :

Τα αντιπλημμυρικά έργα ορεινής υδρονομίας όπως:

- Τέσσερα κανάλια συλλεκτών (Σ₃, Σ₄, Σ₆ και Σ₇) όπως φαίνονται στο σχήμα 3.27 θα συγκεντρώνουν την επιφανειακή απορροή από τις υψηλότερες ζώνες ανύψωσης του υδροκρίτη και θα την εκτρέπουν άμεσα στον ταμιευτήρα και έτσι θα επιτυγχάνεται η αντιπλημμυρική προστασία της πεδιάδας από τις υψηλές περιοχές (Loukas et al. 2007, Μαντζιάρας και Ξανθοπούλου, 1996).

Πιο αναλυτικά

Συλλεκτήρας Σ₃:

Ο συλλεκτήρας Σ₃, μήκους 32.520 m, συλλέγει τα νερά των λεκανών απορροής των ημιορεινών και ορεινών περιοχών, που εκτείνονται προς την ανατολική – βορειοανατολική πλευρά της πεδιάδας της Κάρλας, συνολικής έκτασης 314,4 m². Η έκταση αυτή

αντιπροσωπεύει ποσοστό 26,9%, της έκτασης της λεκάνης απορροής Κάρλας. Στο ανάντη άκρο του εκβάλλει η υπάρχουσα τάφρος T_9 , ενώ σε απόσταση 1.500 m περίπου θα δέχεται τα νερά της λεκάνης Καλοχωρίου μετά την κατασκευή της σχετικής σήραγγας. Στο ανάντη άκρο του η παροχή είναι $Q=31 \text{ m}^3/\text{s}$ και στην εκβολή του στον ταμιευτήρα $Q = 325 \text{ m}^3/\text{s}$ (Φώλια 2008, Παπανίκος 2008). Στο κατόντη άκρο δέχεται τα νερά του ρέματος Μαρμαρινής και στη συνέχεια του χείμαρρου Αμυρού (Μαντζιάρας και Ξανθοπούλου, 1996). Ουσιαστικά η υπολεκάνη Ανάβρας-Δήμητρας προβλέπεται να απορρέει στην επέκταση του Συλλεκτήρα Σ_3 , μήκους 20 km περίπου. Τα $57,1 \text{ km}^2$ θα απορρέουν στην Υπολεκάνη Καλαμακίου μέσω του υπό κατασκευή τμήματος του Σ_3 μήκους 13 km περίπου (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006). Υπολεκάνη Σ_3 : Στο βόρειο-βορειοδυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης, ανάντη του συλλεκτήρα Σ_3 , από την αρχή του έως την είσοδο του ταμιευτήρα. Το εμβαδόν της ορεινής υπολεκάνης είναι περίπου 190 km^2 , με υψόμετρα 100-1600 m. Η υπολεκάνη αυτή διατρέχεται από αρκετούς χείμαρρους από τους οποίους οι σημαντικότεροι είναι ο Μαρμάρης, ο χείμαρρος της Δήμητρας, ο Άμυρος στον οποίο συμβάλλει ο Ανάβρας, ο Καστρίου, ο Παλιοστέφανος και ο χείμαρρος Μπεγιατινός (Ζαλίδης και συν. 1999).

Συλλεκτήρας Σ_4 :

Ο συλλεκτήρας Σ_4 μήκους 13.740 m προβλέπεται να κατασκευασθεί στις παρυφές πεδιάδας της Κάρλας, μεταξύ Μεγάλου Μοναστηρίου, Στεφανοβικείου και Ριζόμυλου, σε υψόμετρο 60 – 80 m περίπου, στην ζώνη επαφής των προσχώσεων της πεδιάδας με τις λοφώδεις παρυφές της λεκάνης. Θα βρίσκεται εξ ολοκλήρου μέσα στην περιοχή του υδροφόρου ορίζοντα της ζώνης 1 (Μπεζές 2004). Η υπολεκάνη Βελεστίνου προβλέπεται να εκτραπεί μέσω του συλλεκτήρα Σ_4 προς την τεχνητή λίμνη Κάρλα. Στο υφιστάμενο κατόντη του Σ_4 μήκους 6,0 km περίπου απορροές έκτασης $101,2 \text{ km}^2$ και στην προβλεπόμενη επέκταση του Σ_4 , δυτικά του Ριζόμυλου μήκους 7,0 km περίπου θα απορρέει έκταση $100,1 \text{ km}^2$ (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006). Επίσης, θα συλλέγονται τα νερά της τάφρου 2T, που συγκεντρώνει, σήμερα, τα νερά της πεδινής υδρολογικής υπολεκάνης Πλατύκαμπου – Αρμενίου, έκτασης $173,8 \text{ km}^2$. Επομένως ο συλλεκτήρας αυτός εξυπηρετεί εκτάσεις $379,5 \text{ km}^2$, που αντιστοιχούν σε ποσοστό 32,4 %, της έκτασης της λεκάνης απορροής Κάρλας. Ο συλλεκτήρας Σ_4 και ειδικότερα το τμήμα του από τη συμβολή με την Τάφρο T_2 μέχρι την

εκβολή του στον ταμιευτήρα Κάρλας, αποτελεί το τελικό τμήμα της διώρυγας μεταφοράς των νερών του ποταμού Πηνειού. Στο ανάντη άκρο του η παροχή είναι $83 \text{ m}^3/\text{s}$. Και στην εκβολή του $213 \text{ m}^3/\text{s}$ (Φώλια 2008).

Υπολεκάνη Σ_4 : Στο νότιο-νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης, ανάντη του συλλεκτήρα Σ_4 . Το εμβαδόν αυτής της ορεινής υπολεκάνης είναι περίπου 140 km^2 , με υψόμετρα 100-600 m. Οι σημαντικότεροι χείμαρροι που αναπτύσσονται στην υπολεκάνη είναι ο χείμαρρος Καρνόρεμα, ο χείμαρρος Μαυρόρεμα και ο χείμαρρος Βελεστίνου (Ζαλίδης και συν. 1999).

Συλλεκτήρας Σ_6 :

Ο συλλεκτήρας Σ_6 , μήκους 4550 m εξυπηρετεί εκτάσεις $53,6 \text{ km}^2$, που αντιστοιχούν σε ποσοστό 4,6% της έκτασης της λεκάνης απορροής Κάρλας. Ορεινό τμήμα $53,6 \text{ km}^2$ της υπολεκάνης Καναλίων θα απορρέει στην λίμνη μέσω του συλλεκτήρα Σ_6 (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006). Ο συλλεκτήρας Σ_6 ακολουθεί χάραξη στις παρυφές των υψωμάτων της περιοχής Κερασιάς. Ο Σ_6 συνδέεται στο ανάντη άκρο του με το χείμαρρο Κερασιώτη. Στην είσοδο του συλλεκτήρα προβλέπεται έργο κατακράτησης φερτών υλών. Στο ανάντη άκρο του η παροχή είναι $Q=69 \text{ m}^3/\text{s}$ και στην εκβολή του $Q=96 \text{ m}^3/\text{s}$ (2006, Φώλια 2008, Παπανίκος 2008).

Συλλεκτήρας Σ_7 : Ο συλλεκτήρας Σ_7 , μήκους 2600 m αποχετεύει λεκάνη απορροής συνολικής έκτασης 16 km^2 , που αντιστοιχεί σε ποσοστό 1,2 % της έκτασης της λεκάνης απορροής Κάρλας. Ορεινό τμήμα 16 km^2 της υπολεκάνης Καναλίων θα απορρέει στην λίμνη μέσω του συλλεκτήρα Σ_7 . Στο ανάντη άκρο του η παροχή είναι $Q=18 \text{ m}^3/\text{s}$ και στην εκβολή του $Q=32 \text{ m}^3/\text{s}$ (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006, Φώλια 2008).

Ξεκινώντας από τα ανάντη ακολουθεί χάραξη παράλληλη με τον υφιστάμενο ασφαλτοστρωμένο δρόμο Κανάλια-Κερασιά, διέρχεται στα όρια του οικισμού Κανάλια, συνεχίζει για ένα τμήμα μέσα σε δενδροκαλυμμένη έκταση και ύστερα από διαδρομή 0,8 Km στις παρυφές βραχώδους εξάρσεως, παρακάμπει το βόρειο άκρο του ανατολικού αναχώματος του ταμιευτήρα Κάρλας και εκβάλλει σ'αυτόν. Η εκβολή του συλλεκτήρα διαμορφώνεται σε έργο πτώσης, μήκους 48 m (Παπανίκος 2008).

Υπολεκάνη Σ_6 - Σ_7 : Στο βόρειο-βορειοδυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης, και ανάμεσα στις δύο προηγούμενες, τα νερά της οποίας διοχετεύονται είτε κατευθείαν στον ταμιευτήρα, είτε

μέσω των συλλεκτήρων Σ_6 - Σ_7 . Το εμβαδόν της ορεινής υπολεκάνης είναι περίπου 80 km^2 με υψόμετρα 100-400 m. Η υπολεκάνη με εξαίρεση τον χείμαρρο Ξεριά δεν διατρέχεται από άλλους σημαντικούς σε ανάπτυξη και λειτουργία χείμαρρους (Ζαλίδης και συν. 1999).

Και τα αντιπλημμυρικά έργα των πεδινών περιοχών όπως:

Τα όμβρια νερά των χαμηλών περιοχών (αλλιώς αναφέρονται ως οι πλημμυρικές παροχές της τάφρου 1Τ), τα οποία βρίσκονται σε υψόμετρα χαμηλότερα των συλλεκτήρων, αντλούνται στον ταμιευτήρα με τα αντλιοστάσια αποχέτευσης DP_1 ($Q=24 \text{ m}^3/\text{s}$) στον κόμβο Πέτρας που βρίσκεται στο μέσο περίπου του δυτικού αναχώματος και DP_2 ($Q=3,6 \text{ m}^3/\text{s}$) στον κόμβο Καναλίων που βρίσκεται στο μέσο περίπου του ανατολικού αναχώματος, το οποίο ουσιαστικά ανυψώνει τα νερά της χαμηλής περιοχής μεταξύ των συλλεκτήρων Σ_6 και Σ_7 στον ταμιευτήρα. Με αυτό τον τρόπο θα επιτυγχάνεται η αντιπλημμυρική προστασία της πεδιάδας από τις χαμηλές περιοχές (Βαρδουλάκης και συν. 1995, ΥΠΕΧΩΔΕ 2002). Μέσω του αντλιοστασίου DP_2 $9,2 \text{ km}^2$ πεδινής έκτασης της υπολεκάνης Καναλίων θα αποχετεύεται στην τεχνητή λίμνη Κάρλα (Μαυρονικολάου-Καρκάς και συν. 2006).



Σχήμα 3.27: Οι συλλεκτήρες και οι υπολεκάνες τους (Λιακόπουλος 2006)



Σχήμα 3.28: Η έκταση της λίμνης διακρινόμενη σε Υψηλή και Χαμηλή περιοχή (Λιακόπουλος 2006)

Οι Συλλεκτήρες Σ_3 (288 Km²), Σ_4 (371 Km²), Σ_6 (56 Km²) και Σ_7 (12 Km²) καθορίζουν μαζί με την λεκάνη απορροής 47 km² που απορρέει απ' ευθείας στον ταμιευτήρα την Υψηλή περιοχή. Η Χαμηλή περιλαμβάνει την περιοχή που, πλην εξαιρετικών πλημμυρών, θα αποχετεύεται στον ταμιευτήρα με άντληση, έκτασης 238 Km² και την επιφάνεια του ταμιευτήρα έκτασης 38 Km².

Η επιμέρους λεκάνη απορροής της υψηλής περιοχής, που πρόκειται να αποχετεύεται με φυσική ροή στον ταμιευτήρα καταλαμβάνει συνολικά έκταση

$$288+371 +56+12+47= 774 \text{ Km}^2.$$

Και η χαμηλή περιοχή μαζί με τον ταμιευτήρα καταλαμβάνει έκταση 276 Km² (Παπανίκος 2008). Οι δύο περιοχές απεικονίζονται στο Σχήμα 3.28.

Η συνολική ετήσια απορροή στις υψηλές και στις πεδινές περιοχές κατά μέσο όρο ανέρχεται στα 20-35*10⁶ m³ (ΥΠΕΧΩΔΕ 2002).

Επίσης για την προστασία του πεδινού τμήματος της λεκάνης από πλημμυρικές παροχές μικρής έντασης θα δημιουργηθεί ένας υγρότοπος, ο οποίος θα χρησιμοποιείται για την ανάσχεση των πλημμυρικών φαινομένων. Ο υγρότοπος αυτός θα δημιουργηθεί με την διαπλάτυνση προς τη νότια πλευρά της τάφρου 1T και συγκεκριμένα στο τελευταίο τμήμα της διαδρομής της. Το πλάτος του υγρότοπου θα είναι περίπου 200 m και το μήκος 1700

m. Προκειμένου ο υγρότοπος αυτός να ανταποκριθεί στην αντιπλημμυρική του λειτουργία, θα πρέπει στο μεγαλύτερο τμήμα του να καταλαμβάνεται από ανοιχτά νερά, στα οποία δεν θα αναπτύσσεται υδρόβια βλάστηση (Ζαλίδης και συν. 1999).

Στον ταμιευτήρα προβλέπεται έργο ασφάλειας στον κόμβο Πέτρας με $Q_{\text{μεγ}} = 500 \text{ m}^3/\text{s}$, για την περίπτωση που υπερβληθεί η καθορισθείσα ανώτατη στάθμη πλημμύρας + 50 m. Το έργο αυτό θα λειτουργεί σε περιπτώσεις εξαιρετικά έντονων βροχοπτώσεων. Τα υπερχειλίζοντα νερά θα κατακλύζουν την χαμηλή περιοχή και θα απάγονται μέσω της υφισταμένης σήραγγας προς Παγασητικό με τον ρυθμό που επιτρέπει η παροχετευτικότητά της (Μαχαίρας και συν. 1999).

Ο ταμιευτήρας της Κάρλας προβλέπεται εκτός από την αντιπλημμυρική προστασία να συγκεντρώνει και νερό για αρδεύσεις τροφοδοτούμενος με πρόσθετες ποσότητες νερού από τον ποταμό Πηνειό κατά την εαροχειμερινή περίοδο. Η υδροδότηση από τον Πηνειό προβλέπεται μέχρι $14 \text{ m}^3/\text{s}$ ύστερα από άντληση με το αντλιοστάσιο ΑΤΤ (Αντλιοστάσιο Τροφοδοσίας Ταμιευτήρα), στη θέση "Καραούλι", στη Λάρισα. Για τη μεταφορά του νερού στον ταμιευτήρα της Κάρλας θα χρησιμοποιηθεί το σύστημα αγωγών μεταφοράς αποτελούμενη από την Κύρια αρδευτική διώρυγα 2Δ μήκους, τμήματα των αποχετευτικών τάφρων 6Τ, 7Τ και 2Τ καθώς και τμήμα του συλλεκτήρα Σ₄. Προβλέπεται ετήσια απόληψη από Πηνειό $80-110 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Με τον ταμιευτήρα θα εξασφαλίζεται νερό για άρδευση 180.000 στρεμμάτων περίπου (Μαντζιάρας και Ξανθοπούλου 1996, ΥΠΕΧΩΔΕ 2002).

Τα έργα αυτά προβλέπεται να απάγουν νερό από τη λίμνη για την αξιοποίησή τους για άρδευση και για ανανέωση των νερών της λίμνης. Περιλαμβάνουν την κατασκευή:

- Αντλιοστάσιο A_0 ($Q=4,56 \text{ m}^3/\text{sec}$) και A_2 ($Q=0,20 \text{ m}^3/\text{sec}$) στους κόμβους Πέτρας και Καναλίων στο δυτικό και ανατολικό ανάχωμα αντίστοιχα, μέσω των οποίων θα αντλείται νερό από τη λίμνη για διαρροή στις γύρω περιοχές
- Αντλιοστάσιο A_1 ($Q=2,9 \text{ m}^3/\text{sec}$) και A_3 ($Q=0,90 \text{ m}^3/\text{sec}$) για την μεταφορά νερού στις δυτικές και βόρειες περιοχές της πεδιάδας της Κάρλας
- Των αντίστοιχων έργων μεταφοράς νερού (καταθλιπτικοί αγωγοί και έργα μεταφοράς με βαρύτητα συνολικού μήκους 35 km)

Για τη μεταφορά του νερού θα αξιοποιηθούν και οι υφιστάμενες μεγάλες τάφροι (1Τ, 2Τ, 3Τ, 4Τ)

Τα έργα διανομής νερού αφορούν στην κατασκευή αρδευτικών δικτύων Z_1 έως Z_8 συνολικής έκτασης περί τα 925 km^2 για την διανομή επιφανειακού νερού στις γύρω περιοχές που σήμερα αρδεύονται ως επί το πλείστον με υπόγεια νερά (ΥΠΕΧΩΔΕ 2002). Τα αρδευτικά δίκτυα καλύπτουν τις αρδευτικές ανάγκες της ζώνης 1+1α. Η διανομή του νερού στις προς αρδεύσεις των ζωνών 2,3 4 και 5 θα γίνεται μέσω των υπάρχουσών τάφρων, που θα συμπληρωθεί με τη διάνοιξη νέων διάσπαρτων τάφρων κατά τρόπον, ώστε να καθίσταται δυνατή η άρδευση σε όλα τα σχεδόν τα σημεία της αρδευομένης περιοχής (Περλέρος 1999).

Οι αστικές περιοχές πλην της πόλης του Βόλου, οι οποίες θα επωφεληθούν πρωτίστως από την μερική επανασύσταση της λίμνης Κάρλα με την κατασκευή του ταμιευτήρα σημειώνονται στο Σχήμα 3.29



Σχήμα 3.29: Αστικές περιοχές του ταμιευτήρα της Κάρλας. Τα δεδομένα αναφέρονται στον Λουκά (2010)

Για τον ταμιευτήρα της λίμνης Κάρλα, η κατώτατη επιτρεπόμενη στάθμη ύδατος για τη συντήρηση υγρότοπου έχει καθοριστεί σε $+46.4 \text{ m}$ της απόλυτης ανύψωσης. Αυτή η ανύψωση αντιστοιχεί σε έναν όγκο νερού 57.01 hm^3 , που αποθηκεύεται στη δεξαμενή, και μια περιοχή επιφάνειας δεξαμενών ίση με 34.65 km^2 . Κατά συνέπεια, μόλις φθάνει η στάθμη ύδατος στην κατώτατη επιτρεπόμενη στάθμη ύδατος για τη συντήρηση υγρότοπου ($+46.4 \text{ m}$), οι αποσύρσεις νερού από τον ταμιευτήρα θα σταματούν. Αυτό το οικολογικό

κριτήριο έχει ενσωματωθεί στο πρότυπο λειτουργίας του ταμιευτήρα της λίμνης Κάρλας και αντιπροσωπεύει ένα περιοριστικό κριτήριο (Loukas et al. 2005).

3.3.1 Έργα βελτιστοποίησης των λειτουργιών της λίμνης ως υγροβιότοπος

Τα έργα αυτά καθορίζονται στους περιβαλλοντικούς όρους και έχουν στόχο τη βελτιστοποίηση των οικολογικών λειτουργιών της λίμνης και τη μεγιστοποίηση των δυνατοτήτων χρήσης της περιοχής για οικολογική ευαισθητοποίηση, ανάδειξη και προβολή της περιοχής. Περιλαμβάνουν τα παρακάτω έργα:

- Δημιουργία εξωτερικά του δυτικού αναχώματος του ταμιευτήρα, υγρότοπου ποιοτικής αναβάθμισης των στραγγιστικών υδάτων της τάφρου 1Τ, επιφάνειας της τάξεως των 1000 στρεμμάτων περίπου και μέσο βάθος 15 cm. Ο υγρότοπος αυτός θα αποτελέσει συμπληρωματικό οικοσύστημα της περιοχής της λίμνης.
- Διαμόρφωση της 1Τ σε φυσική δεξαμενή σταθεροποίησης για τον καθαρισμό των υδάτων της πριν τη διοχέτευσή της στον υγρότοπο των 1000 στρεμμάτων.
- Δημιουργία 3 τεχνητών νησίδων με σχήμα ελαφρώς νεφροειδές μέσα στη λίμνη με επιφάνεια 1.500 m² η κάθε μία στην ανώτερη στάθμη ύδατος της λίμνης για τη στήριξη της παρυδάτιας ορνιθοπανίδας. Οι 3 νησίδες θα λειτουργούν συμπληρωματικά με τους υπόλοιπους υγρότοπους, που χρησιμεύουν ως χώροι τροφοληψίας και φωλιάσματος.
- Δημιουργία υγρότοπου για την στήριξη της φυσικής αναπαραγωγής των ψαριών και αναπαράστασης του παραδοσιακού τρόπου διαβίωσης και αλείας στη λίμνη Κάρλα. Ο υγρότοπος αυτός, προβλέπεται να δημιουργηθεί στις νότιες παρυφές της λίμνης, θα έχει βάθος μερικών μέτρων που θα διατηρείται σταθερό όλο το χρόνο ανεξαρτήτως των διακυμάνσεων της λίμνης.
- Δημιουργία φυτικών οικοσυστημάτων στην εξωτερική πλευρά του δυτικού αναχώματος και στο περιμετρικό όριο των ανατολικών και νότιων ακτών της λίμνης σε σημεία που προσφέρονται για την ανάπτυξη της βλάστησης, με στόχο την ολοκλήρωση διαμόρφωσης του υγρότοπου (στήριξη τροφικών πλεγμάτων). Θα αναπτυχθούν με φυτεύσεις κατά περίπτωση δένδρων, θάμνων, καλαμώνων και ποωδών φυτών υγρολίβαδων (ΥΠΕΧΩΔΕ 2002).

3.4 Αγαθά και Υπηρεσίες που σχετίζονται με την Ιχθυοπανίδα-Ορνιθοπανίδα

Η λίμνη Κάρλα αποτελούσε έναν από τους σπουδαιότερους υγρότοπους της Ελλάδας με σημαντική ιχθυοπανίδα και ορνιθοπανίδα.

3.4.1 Ιχθυοπανίδα

Τα "Καρλίσια" ψάρια ήταν ονομαστά για την ιδιαίτερη νοστιμιά τους. Από μαρτυρίες κατοίκων της περιοχής η Κάρλα τροφοδοτούσε σε ψάρια όλη τη Θεσσαλία ενώ τα χρόνια της ξένης κατοχής του 1940 τα Καρλίσια ψάρια έφθαναν μέχρι την Μακεδονία. Τις καλές αλιευτικά χρονιές η επίσημη φορολογούμενη ποσότητα αλιευμάτων έφθανε τους 900 tn/year (Βαβίζος και συν. 1984) ενώ στον (Gerakis et al. 1992) αναφέρεται ότι η μέση παραγωγή ήτανε tn/year . Στα αλιεύματα αυτά δεν περιλαμβάνονται οι ποσότητες που δικαιούνταν οι ψαράδες για οικογενειακή κατανάλωση, η λαθραλιεία και η ερασιτεχνική αλιεία.

Τα παρακάτω είδη υπήρχαν στην Κάρλα :

- ✓ *Barbus graceus* (κοινή ονομασία ⇨ κέφαλος), (τοπική ονομασία ⇨ σκαρούνη , μουστακάτο)
- ✓ *Alburnus alburnus thessalicus* (κοινή ονομασία ⇨ μπίζι), (τοπική ονομασία ⇨ ουγλί ή πράσινη σαρδέλλα)
- ✓ *Carassius carassius* (πεταλούδα)

Με βάση νεότερη έρευνα είναι πιθανό να πρόκειται για το *Scardinius erythrophthalmus*, που αφθονούσε στη λίμνη και φέρεται με την ονομασία κοκκινομάτη ή με την τοπική ονομασία "πλατίτσα"

- ✓ *Cyprinus carpio* (κοινή ονομασία ⇨ κυπρίνος), (τοπική ονομασία ⇨ σαζάνι, γριβάδι)
- ✓ *Rutilus rutilus* ή *Leusiscus rutilus* (κοινή ονομασία ⇨ τσιρόνι), (τοπική ονομασία ⇨ πλατίτσα, ασπρίτσα)

Το τυπικό αυτό είδος δεν συναντάται στην Ελλάδα. Πιθανά να πρόκειται για το *rutilus rutilus alojranensis* που έχει ευρεία εξάπλωση στην Μακεδονία

- ✓ *Scardinius erythrophthalmus* (κοινή ονομασία ⇨ κοκκινομάτης), (τοπική ονομασία ⇨ πλατίτσα, караπλατίτσα, τσερνίτσα)

- ✓ *Chondrostoma nasus vardaresbe* ή *Squalius agassizi* (κοινή ονομασία \Rightarrow συρτάρι), (τοπική ονομασία \Rightarrow σύρτης , ασπρόψαρο, μπουρνόψαρο, γουρουνομύτης)
- ✓ *Gobio gobio* ή *gobio fluviatilis* (κοινή ονομασία \Rightarrow γωβιός), (τοπική ονομασία \Rightarrow χρύσκος, σέτσκα, περόνια)
- ✓ *Gobitis taenia* ή *Acanthopsis taenia* (κοινή ονομασία \Rightarrow ταινία), (τοπική \Rightarrow ονομασία \Rightarrow φιδόψαρο ή βίνος)
- ✓ *Anguila anguila* (κοινή ονομασία \Rightarrow χέλι) (Βαβίζος και συν. 1984, Ρούσκας 2001).

Τη δεκαετία του 1980 οι ψαράδες συναντούσαν λίγους κυπρίνους (σαζάνια, γριβάδια) στα αρδευτικά κανάλια που δεν ψαρεύονταν όμως λόγω της άσχημης οσμής που διέθεταν (Βαβίζος και συν. 1984).

Το 1918 ιδρύθηκε ο “Σύνδεσμος Αλιέων Βοιβής”. Οργανωμένοι ψαράδες εκτός από τους Καναλιώτες ήταν οι ψαράδες από την Αμυγδαλή, το Καλαμάκι το Στεφανοβίκειο και το Κεραμίδι (Ρούσκας 2001).

Στη λίμνη υπήρχαν 3 ιχθυόσκαλες στην Πέτρα, στο Στεφανοβίκειο και στα Νάματα για το ζύγισμα και τον έλεγχο των ψαριών (Βαβίζος και συν. 1984). Η μεγαλύτερη, η κύρια σκάλα (αποβάθρα), ήταν στην Πέτρα, από την οποία γινόταν διακίνηση μέχρι 10-15 τόνων ψαριών τη μέρα (Ρούσκας 2001).

Στο τμήμα Αλιείας Βόλου υπάρχουν κατάλογοι και Μητρώα ψαράδων από τους νομούς Μαγνησίας και Λάρισας κατά Κοινότητα για τα έτη 1948-1961:

Στον πίνακα 3.4 καταγράφεται ο αριθμός των αλιέων ξεχωριστά σε κάθε κοινότητα του νομού Μαγνησίας και ο συνολικός αριθμός αλιέων σε όλο το νομό ενώ αντίστοιχα στον πίνακα 3.5 καταγράφεται ο αριθμός των αλιέων ξεχωριστά σε κάθε κοινότητα του νομού Λάρισας και ο συνολικός αριθμός αλιέων σε όλο το νομό

Πίνακας 3.4 Σύνολο αριθμός Αλιέων Μαγνησίας περίοδος 1948-1961 (Ρούσκας 2001)

ΝΟΜΟΣ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΛΙΕΩΝ
Κοινότητα Καναλίων	323
Κοινότητα Κεραμιδίου	173
Κοινότητα Στεφανοβικείου	96
Κοινότητα Ριζομύλου	5
Σύνολο Αλιείς Μαγνησίας	597

Πίνακας 3.5 Σύνολο αριθμός Αλιέων Λάρισας περίοδος 1948-1961 (Ρούσκας 2001)

ΝΟΜΟΣ ΛΑΡΙΣΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΛΙΕΩΝ
Κοινότητα Γλαύκης	4
Κοινότητα Μελία	2
Κοινότητα Αρμενίου	2
Κοινότητα Νίκης	5
Κοινότητα Νιάματα	2
Κοινότητα Καστρίου	4
Κοινότητα Σωτηρίου	9
Κοινότητα Καλαμακίου	15
Κοινότητα Βουλγαρινής (Ελαφος)	3+7
Κοινότητα Πλατυκάμπου	15
Κοινότητα Αμυγδαλής	46
Σύνολο Αλιείς Λάρισας	107

3.4.2 Ορνιθοπανίδα

Η δημιουργία των 6 μικρών ταμιευτήρων (Ελευθέριο, Δήμητρα, Πλατύκαμπος, Νάματα, Καλαμάκι, Στεφανοβίκειο) αποκατάστησε σε πολύ μικρό βαθμό ορισμένες λειτουργίες του προϋπάρχοντα υγρότοπου με την εμφάνιση της υγροτοπικής βλάστησης και ορισμένων ψαριών και υδρόβιων πτηνών. Σύμφωνα με παρατηρήσεις του 1992, σε δυο από τους έξι ταμιευτήρες μετρήθηκαν 70 είδη πτηνών (παρυδάτιων, υδρόβιων και αρπακτικών)

ανάμεσα στα οποία συμπεριλαμβάνονται και τα Φοινικόπτερα (Ζαλίδης και συν. 1995).

Παρακάτω αναφέρονται πιο αναλυτικά τα είδη που παρατηρήθηκαν.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Οι στόχοι είναι πραγματοποιήσιμοι;

Ο ταμιευτήρας των 38000 στρεμμάτων

- Θα συμβάλλει στην αύξηση των περιοριστικών υδατικών πόρων που διαθέτει σήμερα η Θεσσαλία προσομοιάζοντας τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούσε η τέως λίμνη Κάρλα, προτού αρχίσει η υποβάθμισή της, δηλαδή θα αποταμιεύει τις χειμερινές απορροές της λεκάνης και τις πλημμυρικές παροχές του Πηνειού και θα διαθέτει αυτές τις ποσότητες νερού για άρδευση το καλοκαίρι (Ζαλίδης και συν.1995, Μουστάκα 2002).
- Θα αποκαταστήσει τις προϋπάρχουσες λειτουργίες του υγρότοπου που χάθηκε
- Θα επιλύσει με φυσικά μέσα το πρόβλημα της ρύπανσης του Παγασητικού χωρίς να απαιτηθούν δαπανηρά και αμφιβόλου αποτελεσματικότητας έργα όπως είναι η κατασκευή νέας σήραγγας προς το Αιγαίο και η μεταφορά νερού σε άλλη περιοχή (Ζαλίδης και συν.1995).

Η ανασύσταση της λίμνης Κάρλας καταρχάς θα επιφέρει θετικά αποτελέσματα στους φυσικούς πόρους. Η ποιότητα και η ποσότητα των επιφανειακών υδάτινων πόρων θα επωφεληθεί από μεγάλη ποσότητα πλημμυρικού νερού "αρίστης" ποιότητας από τον Πηνειό και στη συνέχεια από τον Αχελώο (με δεδομένο ότι θα ολοκληρωθεί η εκτροπή του άνω ρου του Αχελώου). Η υλοποίηση του έργου παρουσιάζει δυσκολίες καθώς η Ευρωπαϊκή Ένωση δεν συμφωνεί με την εκτροπή ποταμών στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης αλλά και από την αντίδραση των κατοίκων της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, αντίδραση την οποία στηρίζουν και συμμερίζονται οι οικολογικές οργανώσεις. Επομένως σε ενδεχόμενη μη εκτέλεση του εν λόγω έργου θα υφίσταται αστοχία ως προς τη σωστή λειτουργία του ταμιευτήρα σε περιόδους ξηρασίας (Σιδηρόπουλος 2008β). Σύμφωνα με τη Μουστάκα 2002 η πιθανότητα αστοχίας του ταμιευτήρα είναι μικρή και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον Πηνειό. Αλλά και σε αυτήν την εργασία επισημαίνεται ότι το πρόβλημα προτίθεται να λυθεί με την ολοκλήρωση ενός άλλου μεγάλου έργου, την εκτροπή του άνω ρου του Αχελώου, ο οποίος θα συνεισφέρει σε πρόσθετο υδατικό δυναμικό. Επομένως, οι ανάγκες για τις οποίες έγινε ο σχεδιασμός του ταμιευτήρα θα καλύπτονται ικανοποιητικά ακόμα και σε ακραίες υδρολογικές περιπτώσεις. Από την άλλη

σε πιο πρόσφατη μελέτη ο Πατσώνας 2008 σημειώνει ότι η επίδραση των κλιματικών αλλαγών στη λεκάνη της λίμνης Κάρλας είναι τόσο έντονη που η κάλυψη των υδατικών αναγκών σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα στα πλαίσια της αειφορικής διαχείρισης των υδατικών πόρων φαντάζει από δύσκολη έως και απίθανη. Επομένως αδήριτη ανάγκη συνιστά μια τέτοια προσπάθεια να βασιστεί σε δύο επιμέρους κατευθύνσεις. Η πρώτη κατεύθυνση συνίσταται στην προσπάθεια ανεύρεσης περισσότερων υδατικών πόρων και η δεύτερη στην περαιτέρω μείωση των υδατικών απαιτήσεων της περιοχής με βελτίωση της αποδοτικότητας των αρδεύσεων καθώς και επιλογή καλλιεργειών με καλύτερη κατανομή στον χρόνο (Πατσώνας 2008).

Επίσης η ανασύσταση της λίμνης θα έχει θετικό αντίκτυπο στην ποιότητα και ποσότητα των υπόγειων υδατικών πόρων. Η άρδευση θα πραγματοποιείται από το υδάτινο δυναμικό του ταμιευτήρα ,αποτέλεσμα αυτού, η κατάργηση των περισσότερων γεωτρήσεων. Ακόμη η άρδευση από τον ταμιευτήρα θα οδηγήσει στην άνοδο του υπόγειου υδροφορέα, η οποία υπολογίζεται να ανέρχεται στα 2 m το χρόνο. Ταυτόχρονα οι διαφυγές του ταμιευτήρα υπολογίζονται να ανέρχονται στα 1,8 hm³. Με την εκτροπή του άνω ρου του Αχελώου τίθεται το ενδεχόμενο επέκτασης και του αρδευτικού νερού, ώστε να μηδενιστούν οι απολήψεις από τον υπόγειο υδροφορέα (Σιδηρόπουλος 2008β). Ο (Ζαλίδης και συν. 1995) σημειώνει ότι η κατασκευή του ταμιευτήρα στην επαναπλήρωση των υπόγειων υδροφορέων μέσω πυθμένα θα είναι σχετικά μικρή λόγω της ελάχιστης περατότητας των στρωμάτων του. Οι διαρροές μέσω καρστικών πετρωμάτων κατευθύνονται προς τη θάλασσα. Στην περίπτωση όμως που μέρος αυτών των διαρροών τροφοδοτεί τους υπόγειους υδροφορείς, αυτό είναι δυνατόν να συμβάλλει αποφασιστικά στην επαναπλήρωσή τους. Θα πρέπει να ληφθεί όμως υπόψη και η ποιότητα των νερών που τροφοδοτούν τον υδροφορέα. Γενικά προβλέπεται η τροφοδότηση των υπόγειων υδροφορέων να είναι ίση με αυτή της τέως λίμνης. Από την άλλη η δημιουργία του ταμιευτήρα είναι βέβαιο ότι θα συμβάλλει έμμεσα στην επαναπλήρωση των υπόγειων υδροφορέων λόγω της κατασκευής του αρδευτικού που θα καταστήσει περιττή την εξακολούθηση της εκμετάλλευσης των υπαρχουσών γεωτρήσεων (Ζαλίδης και συν. 1995).

Όσον αφορά τη διαχείριση της ζήτησης του νερού σημειώνεται ουδέτερη αξιολόγηση καθώς αυτή θα εξετάζεται από τον Φορέα διαχείρισης της λίμνης. Ως μία ακόμη

συνισταμένη του προβλήματος διαχείριση της ζήτησης του νερού αναφέρεται η αναδιάρθρωση των σταδιακών καλλιεργειών με τη σταδιακή μείωση των υδροβόρων καλλιεργειών και τον εκσυγχρονισμό των μεθόδων άρδευσης. Ο εκσυγχρονισμός των μεθόδων άρδευσης δύναται να επιτευχθεί με τη χρήση συστημάτων μικροάρδευσης που έχουν μικρότερες απώλειες, όπως οι στάγδην σταγόνες. Επιπλέον θα προέλθουν ανανεώσιμα αποθέματα για άρδευση με την πλημμυρική παροχή του Πηνειού και όχι περαιτέρω υποβάθμιση του υπόγειου υδροφορέα. Θετική έκβαση θα έχει και στην ποιότητα των εδαφικών πόρων με άρδευση καλής ποιότητας και όχι σαν το ποιοτικά υποβαθμισμένο νερό των γεωτρήσεων. Το ενεργειακό ισοζύγιο θα αποκτήσει θετικό πρόσημο, θα επιτευχθεί η κατάργηση των περισσοτέρων γεωτρήσεων αλλά πρέπει να υπάρξει και καλή συντήρηση του δικτύου με στόχο να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες νερού (Σιδηρόπουλος 2008β).

Η κατασκευή δικτύων άρδευσης που χρονικά προηγούνται του έργου ενίσχυσης της άρδευσης, θα αποτελέσει το μεγαλύτερο και ουσιαστικότερο όφελος για τους αγρότες της περιοχής, πέραν των ωφελημάτων που απορρέουν από την προστασία του περιβάλλοντος και την βελτίωση του εδάφους από τα έργα της Κάρλας.

Η αποδέσμευση των απαραίτητων ποσοτήτων ύδατος για την ύδρευση αλλά και η ζήτηση της άρδευσης, η οποία προβλέπεται να καλυφθεί στη συντριπτική της πλειοψηφία από τα νερά της Κάρλας θα ωφελήσουν τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφορέα και γενικότερα την προστασία του περιβάλλοντος (Πέππας και συν. 2005).

Η δημιουργία της λίμνης με τα παράλληλα έργα ορεινής υδρονομίας (που εκτός από του συλλεκτήρες ανήκει και η κατασκευή αναχωμάτων στην περιοχή Αμυρού και Ανάβρας για τη διευθέτηση της πεδινής κοίτης των χειμάρρων Αμυρού και Ανάβρας συμβάλλει στη διατήρηση του αναγλύφου της περιοχής, στον μετριασμό φαινομένων διάβρωσης, στη συγκράτηση των πρηνών και στη δημιουργία ενός σταθερού φυσικού τοπίου (Μαχαίρας και συν. 1999). Τα έργα μεταφοράς και διανομής νερού της λίμνης Κάρλας θα συμβάλλουν θετικά στη εξασφάλιση καλής ποιότητας νερού για την πόλη του Βόλου (Μαυρονικολάου-Κάρκας και συν. 2006).

Τα επιθυμητά αποτελέσματα σχετικά με το φυσικό περιβάλλον προσανατολίζονται στην μείωση της ρύπανσης του Παγασητικού, καθώς δεν θα δέχεται τις αποστραγγίσεις της

λεκάνης της Κάρλας. Ως αποτέλεσμα αυτού, ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος εμφάνισης πλαγκτού. Η προβλεπόμενη άνοδος του υπόγειου υδροφορέα δρα θετικά στο αστικό περιβάλλον. Με την επαναπλήρωση των υπόγειων υδροφορέων θα βελτιωθεί η κατάσταση του εδάφους και θα ανασταλεί η εμφάνιση νέων ρηγμάτων (Μουστάκα 2002).

Σχετικά με τον αγροτικό-οικονομικό τομέα και την γεωργική ανάπτυξη η ανασύσταση του ταμιευτήρα θα επιφέρει αύξηση της ποσότητας του νερού άρδευσης και κατασκευή μόνιμου αρδευτικού δικτύου κοντά στην περιοχή του ταμιευτήρα.

Ο οικονομικός τομέας θα ωφεληθεί με την επανασύσταση της λίμνης δίνοντας την απαραίτητη τουριστική προβολή και ώθηση με την δημιουργία μουσειακών χώρων, εγκαταστάσεων άθλησης και αναψυχής και με την αξιοποίηση μνημείων και θέσεων ιδιαίτερου φυσικού κάλους. Επίσης επισημαίνεται και η πολιτιστική ανάπτυξη που είναι δυνατόν να υπάρξει με την ανάδειξη της αρχαιολογικής κληρονομιάς και πιο συγκεκριμένα την ανάδειξη των αρχαιολογικών θέσεων στην περιοχή, με την προβολή τραγουδιών, ηθών και εθίμων που σχετίζονται με τη ζωή της λίμνης και την παραδοσιακή αρχιτεκτονική σπιτιών και κατασκευή σκαφών (Σιδηρόπουλος 2008β).

Ο ταμιευτήρας καταλαμβάνει στο μεγαλύτερο ποσοστό εκτάσεις του Δημοσίου και έτσι δεν υπάρχει πρόβλημα απαλλοτριώσεων. Τα εδάφη που θα κατακλύσει είναι υποβαθμισμένα και κατωτέρας ποιότητας.

Με το έργο επιτυγχάνεται η υποστήριξη της άγριας ζωής και ιδιαίτερα της ορνιθοπανίδας μεταναστευτικών πτηνών. Στην κατεύθυνση αυτή προβλέπεται η δημιουργία καταφυγίων για την ιχθυοπανίδα και την ορνιθοπανίδα της περιοχής. Η δημιουργία νησίδων ήπιων κλίσεων καθώς και βαθιών περιοχών επαρκούς έκτασης και χωρητικότητας, οι οποίες θα παρέχουν καταφύγια στα πουλιά και τα ψάρια σε περιόδους παρατεταμένης ξηρασίας. Το σύνολο των ενδιατημάτων αυτών (περιφερειακή ζώνη, νησίδες, αβαθείς και βαθιές περιοχές και εποχιακά πλημμυριζόμενων εκτάσεων) περιλαμβάνει όλες τις διαβαθμίσεις των οικοσυστημάτων που χαρακτηρίζουν ένα άγριο φυσικό οικοσύστημα. Όπως συμπεραίνεται από όλα τα παραπάνω, η ανασύσταση του ταμιευτήρα κρίνεται ότι θα έχει θετική έκβαση και αντίκτυπο, όχι μόνο σε ότι αφορά την ελληνική επικράτεια, αλλά θεωρείται ως ένα έργο ευρωπαϊκής διάστασης καθώς είναι η πρώτη φορά που γίνεται ανασύσταση μιας προϋπάρχουσας λίμνης σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η πλήρωση του

ταμιευτήρα εξαρτάται σε ένα μεγάλο ποσοστό από τις πλημμυρικές παροχές του Πηνειού. Οι πλημμυρικές παροχές σχετίζονται με τα μετεωρολογικά δεδομένα που θα επικρατούν στην περιοχή. Με τα σημερινά δεδομένα και τις μελλοντικές εκτιμήσεις σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές οι προβλέψεις δεν είναι και τόσο αισιόδοξες και είναι πολύ πιθανό να υπάρξει αστοχία σε ότι αφορά τη σωστή λειτουργία του ταμιευτήρα. Σημειώνεται λοιπόν, ως αδήριτη η ανάγκη να υπάρξει και πρόσθετο υδατικό δυναμικό στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης και σε αυτήν την κατεύθυνση έχουν ήδη δρομολογηθεί κινήσεις (εκτροπή του άνω ρου του Αχελώου). Από την άλλη σε μία σειρά θεμάτων συνιστάται απαραίτητως η συνεργασία και η κατανόηση, τόσο από την πολιτεία, όσο και από τους κατοίκους της περιοχής με σκοπό να εκπληρωθούν το δυνατόν καλύτερα οι στόχοι πραγμάτωσης της ανασύστασης της λίμνης Κάρλας. Τα θέματα αυτά αναφέρονται στη διαχείριση της ζήτησης του νερού (αρδευτικές ανάγκες) που είναι στην αρμοδιότητα του Φορέα Διαχείρισης της λίμνης Κάρλας αλλά και στη συνεργασία και σωστή αντιμετώπιση από τους κατοίκους της περιοχής. Οι καλλιεργητές θα πρέπει να σταματήσουν την κάλυψη των αρδευτικών τους αναγκών από τις γεωτρήσεις για να επιτευχθεί η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη επαναπλήρωση των υπόγειων υδροφορέων.

4.2 Ποιοτική εκτίμηση των συνολικών αγαθών και υπηρεσιών από την ανασύσταση.

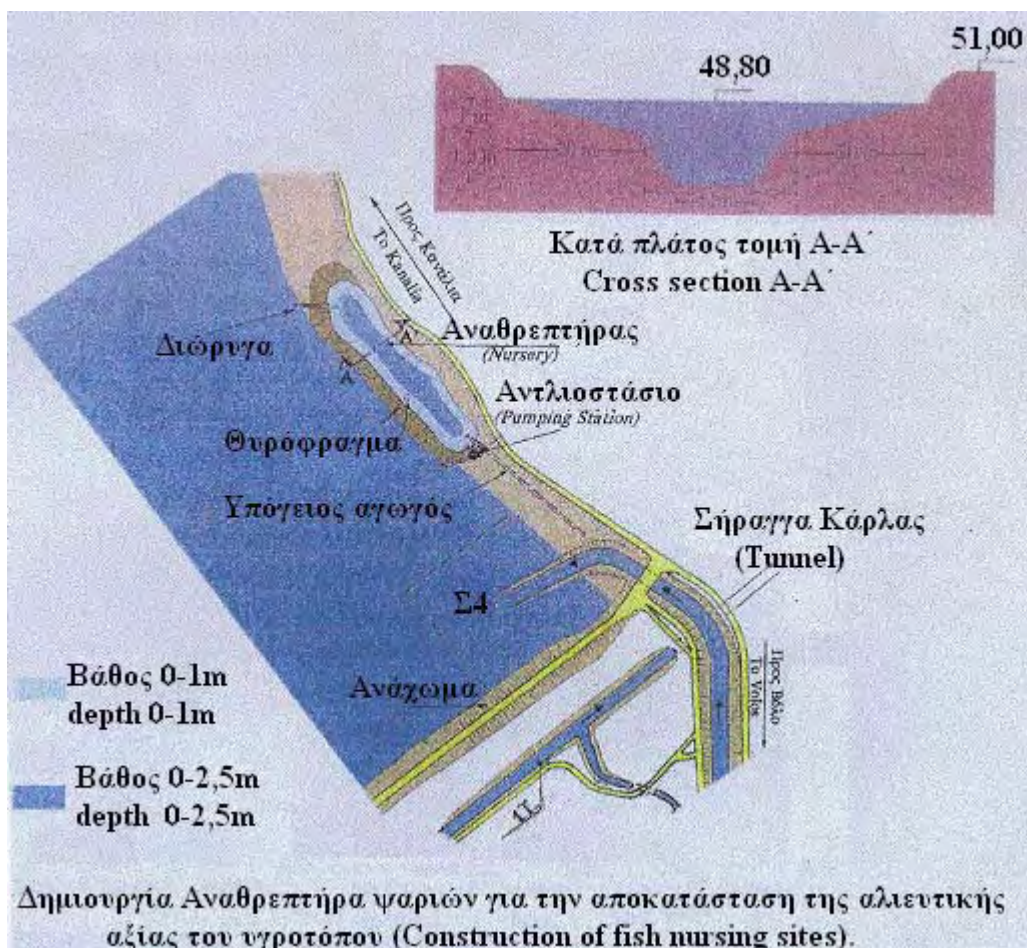
4.2.1 Ιχθυοπανίδα

Η ενίσχυση της αλιευτικής αξίας του υγρότοπου θα πραγματοποιηθεί με την κατασκευή ενός μικρού υγρότοπου που θα λειτουργεί ως αναθρεπτήρας (Σχ.4.1) στον οποίο θα δημιουργηθούν τεχνητά τα απαραίτητα ενδιαιτήματα. Ο υγρότοπος-αναθρεπτήρας θα δημιουργηθεί μεταξύ ταμιευτήρα και επαρχιακής οδού Βόλου-Καναλιών κοντά στην εκβολή της προσαγωγού Σ₄. Το εμβαδόν του αναθρεπτήρα θα πρέπει να είναι περίπου 21.000 στρεμμάτων και ο όγκος του $30 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Η στάθμη του νερού μέσα στον αναθρεπτήρα θα φθάνει το υψόμετρο των 48,80 m όσο και η ανώτερη στάθμη άρδευσης του ταμιευτήρα ενώ το βάθος του θα κυμαίνεται από 0 έως 2,5 m. Το υψόμετρο της στέψης των αναχωμάτων του προς την πλευρά της Κάρλας θα είναι σε αντιστοιχία με αυτό του ταμιευτήρα. Τα αβαθή ύδατα θα σχηματίσουν μια ζώνη περιμετρικά του υγρότοπου, ενώ στον κεντρικό άξονά του θα υπάρχει μία έκταση με βάθος που δεν ευνοεί την εγκατάσταση

βλάστησης και αποτελεί τον χώρο ανοιχτών υδάτων για την μετακίνηση των ψαριών. Η επικοινωνία του αναθρεπτήρα με τον κυρίως ταμιευτήρα, για την μετακίνηση του γόνου, θα πραγματοποιείται μέσω δύο επιπέδων θυροφραγμάτων και αντίστοιχων επενδεδυμένων διωρύγων. Στον αναθρεπτήρα θα τοποθετείται κάθε έτος ο απαραίτητος αριθμός γεννητόρων, οι οποίοι θα παραμένουν σε αυτόν έως ότου γεννήσουν τα αβγά τους. Στη συνέχεια, αυτοί θα απομακρύνονται, ενώ ο γόνος θα παραμένει μέχρι να πάρει το κατάλληλο μέγεθος ώστε να μπορεί να επιβιώσει στον ταμιευτήρα. Τα παραγόμενα ιχθύδια θα διοχετεύονται μέσω των δύο διόδων επικοινωνίας προς τον ταμιευτήρα.

Ο κύκλος αυτός θα διαρκεί από τον Απρίλιο, που είναι η περίοδος αναπαραγωγής των ψαριών, έως τον Ιούλιο, που ο γόνος έχει πάρει το κατάλληλο μέγεθος. Η περίοδος αυτή θα είναι και η περίοδος λειτουργίας του αναθρεπτήρα.

Στην περίπτωση της Κάρλας, όπου η τροφοδοσία του υγρότοπου από τον Πηνειό πραγματοποιείται με άντληση, κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία μιας αναπαραγωγικής διόδου των ιχθυοπληθυσμών και συγκεκριμένα ενός "υδραυλικού ανελκυστήρα" για να ξεπεραστεί το εμπόδιο του αντλιοστασίου. Ο ανελκυστήρας αυτός θα χωροθετηθεί στο ανάχωμα του Πηνειού, σε μικρή απόσταση κατόντη του φράγματος υδροληψίας. Έτσι θα αποκατασταθεί η δίοδος των ψαριών από τον Πηνειό προς τον ταμιευτήρα και σε συνδυασμό με τον αναθρεπτήρα, θα ενισχυθεί η αλιευτική αξία του υγρότοπου. Τέλος, η αποκατάσταση της αλιευτικής αξίας της Κάρλας θα δημιουργήσει αρκετές θέσεις εργασίας (Ζαλίδης και συν. 1999).



Σχήμα 4.1: Αναθρεπτήρας ψαριών (Ζαλίδης και συν. 1999). Επεξεργασία Παπανίκος (2008)

4.2.2 Ορνιθοπανίδα



Εικόνα 4.1: Η ορνιθοπανίδα στη λίμνη Κάρλα (Τσούλου 2008).

Η στρατηγική θέση της Κάρλας στην ανατολική Μεσόγειο για τα μεταναστευτικά υδρόβια πουλιά και το γεγονός ότι ήταν ο μόνος μεγάλος υγρότοπος στην ημιάγωνα ανατολική Θεσσαλία συνέβαλε στην υψηλή εκτίμηση της λειτουργίας υποστήριξης πουλιών (Zalidis and Gerakis 1999). Η Κάρλα σύμφωνα με τον Ψιλοβίκο, 1996 έχει υποστηρίξει 145 είδη πτηνών (τα 55 από αυτά έχουν αναγνωρισθεί ως προστατευμένα είδη) με ένα πληθυσμό 450000, ενώ ήταν και ένας πολύ σημαντικός υγρότοπος σε ευρωπαϊκό επίπεδο με

περισσότερα από 1.000.000 υδρόβια πουλιά που διαχειμάζαν στη μεγαλύτερη περιοχή της λίμνης (Ελληνική εθνική επιτροπή για την καταπολέμηση της ερήμωσης, 2000).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η Κάρλα αποτελούσε μια από τις σημαντικότερες συνδέσεις για τα αποδημητικά πτηνά μεταξύ των μεσογειακών υγρότοπων της Τυνησίας, Αιγύπτου, Τουρκίας, Ελλάδας και ίσως της Βουλγαρίας, της Ρουμανίας, και της Ουκρανίας (Zalidis and Gerakis 1999). Το προσωρινό έλος που παρέμεινε μετά την αποξήρανση της λίμνης Κάρλας ήταν ανίκανο να υποστηρίξει τον υδρόβιο τροφικό ιστό και τα πολυάριθμα είδη απαλείφθηκαν ή μετανάστευσαν αφού δεν μπόρεσαν να βρουν εναλλακτικό χώρο ανάπτυξης (Zalidis et al. 2005, Ψιλοβίκος 1996). Η λίμνη έχει ιδιαίτερη σημασία γιατί βρίσκεται σε σημείο που ενώνει τους υγροβιότοπους της Βόρειας και της Νότιας Ελλάδας (www.ecocity.gr).

Η ορνιθόπανίδα επιστρέφει με σπάνια είδη στην Κάρλα από το 1989 στους ταμιευτήρες που κατασκευάστηκαν μπροστά στα Κανάλια και το Καλαμάκι (Εικ. 4.1 και 4.2). Πιο αναλυτικά έχουμε:

Παρυδάτια: *Ardea cinerea* (σταχτοτσικνιάς), *Egretta alba* (λευκοτσικνιάς, αργυροτσικνιάς), *Ardeola ralloides* (κρυπτοτσικνιάς), *Ardea purpurea* (πορφυροτσικνιάς), *Plegadis falcinellus* (χαλκόκοτα), *Platalea leucorodia* (χουλιανομούτης), *Ciconia ciconia* (πελαργός, λευκοπελαργός), *Phoenicopterus ruber* (φλαμίγκος), *Recurvirostra avosetta* (αβοκέτα) *Himantopus himantopus* (καλαμοκάνας), *Numenius arquata* (τουρλίδα) και *Charadrius sp.* (χαραδριοί).

Υδρόβια: *Anas platyhynchos* (πρασινοκέφαλο), *Anas penelope* (σφυριχτάρι), *Aythya ferina* (κυνηγόπαπια), *Anas acuta* (σουβλόπαπια), *Anas clypeata* (χουλιανόπαπια), Μάρτιος (μαρτίνι, ανοιξιάτικο), *Anas querquedula* (κιρκίρι, σαρσέλλα), *Mergus Merganser* (χηνοπρήστης), *Mergus albellus* (νανοπρήστης), *Anas crecca* (κιρκίρι), *Fulica atra* (φαλαρίδα), *Phalacrocorax carbo* (κορμοράνος), *Phalacrocorax pygmaeus* (λαγγόνα).

Αρπακτικά: *Circus cianeus* (βαλτόκρικος), *Milvus migrans* (τσίφτης), *Falco naumanni* (σπιρτοκιρκίνεζο), *Falco columbarius* (νανογέρακας), *Asio flammeus* (βαλτόμπουφος).

Οι εντυπωσιακές αυτές ενδείξεις της επιστροφής της ορνιθοπανίδας όχι μόνο στην Κάρλα, αλλά και στη ευρύτερη περιοχή έχουν ως βάση την ποικιλότητα των βιοτόπων που έχουν διαμορφωθεί μέσα σε μια τόσο μικρή έκταση νερού (Ρούσκας 2001).

Σύμφωνα με τον Καστρέτη (2010) 27 πελαργοί ξεχειμώνιασαν φέτος στη Λίμνη Κάρλα.



Εικόνα 4.2: Η ορνιθοπανίδα στη λίμνη Κάρλα (Τσούλου 2008)

Δημιουργία των νησίδων και των βιότοπων ρηχών νερών

Η δημιουργία των συγκεκριμένων ενδιαιτημάτων άγριας φύσης στον αποκαταστημένο υγρότοπο είναι ουσιαστική, επειδή θα συμβάλουν στην αποκατάσταση της λειτουργίας υποστήριξης του τροφικού ιστού του υγρότοπου.

Τα νησάκια είναι άριστα καταφύγια από τα αρπακτικά ζώα, και θα συμβάλουν στην αναπαραγωγή υδρόβιων πουλιών. Για να ικανοποιήσουν τον οικολογικό αυτό ρόλο, τα νησάκια και οι σχετικοί βιότοποι ρηχών νερών:

α) δεν θα συνδεθούν με την ηπειρωτική χώρα, ακόμα και εποχιακά ώστε να μην έχουν πρόσβαση οι θηρευτές. Χωροθετήθηκαν σε σημείο του υγρότοπου όπου ο πυθμένας βρίσκεται βαθύτερα από την κατώτατη στάθμη νερού

β) η ελάχιστη επιφανειακή τους περιοχή από το νερό να είναι μεγαλύτερη από 20 m²

γ) η περιοχή πάνω από το νερό στη ανώτατη στάθμη πλημμύρας να είναι μεγαλύτερη από 8 m²

δ) η μικρότερη απόσταση από τη ξηρά σε περίοδο κατώτατης στάθμης ύδατος θα είναι μεγαλύτερη από 120 m και μεταξύ των νησίδων θα είναι μεγαλύτερη από 500 m και

ε) οι ακτές των νησιών θα έχουν τις πολύ ομαλές κλίσεις, προκειμένου να ευνοείται η ανάπτυξη υδρόβιας βλάστησης και να προστατεύονται από τη διαβρωτική ενέργεια των κυματισμών

Αυτοί οι βιότοποι θα έχουν οικολογικές επιδράσεις που υπερβαίνουν πολύ το χωρικό βαθμό τους. Οι υγρότοποι γενικά είναι μικροί σε χωρικό βαθμό αλλά υψηλοί στις

συνεισφορές τους στη συνθετική και δομική πολυπλοκότητα μέσα σε ένα οικότοπο. Βιότοποι ρηχών νερών συνδεδεμένοι με τα νησάκια και τις ουδέτερες ζώνες του υγρότοπου αποτελούν τις κύριες στρατηγικές για να επανεγκαθιδρύνουν στον υγρότοπο την υποστήριξη του τροφικού ιστού (Zalidis et al. 2005, Ζαλίδης και συν. 1999).

4.2.3 Οικονομική-Τουριστική ώθηση

Οι κατ' εξοχήν "ήπιες" μορφές ειδικού τουρισμού, που παρουσιάζουν μεγάλες προοπτικές στην περιοχή παρέμβασης, είναι ο οικοτουρισμός και ο αγροτουρισμός. Η περιοχή ωστόσο προσφέρεται και για την ανάπτυξη άλλων μορφών τουρισμού όπως είναι ο περιηγητικός τουρισμός, ο φυσιολατρικός τουρισμός και ο εκπαιδευτικός τουρισμός. Μακροπρόθεσμα όμως και κατόπιν ολοκλήρωσης των έργων στην περιοχή, την υλοποίηση επενδύσεων από τους κατοίκους της τοπικής κοινωνίας ή από επιχειρηματίες (σε υποδομές διαμονής και εστίασης) αλλά και την προβολή-διαφήμιση της Κάρλας η περιοχή δύναται να παρουσιάσει προοπτικές και για την ανάπτυξη γαστρονομικού τουρισμού, αθλητικού τουρισμού (σε μία ενδεχόμενη μελλοντική κατασκευή κωπηλατοδρομίου στην περιοχή του οικισμού και συνεδριακού τουρισμού (τόσο στο πεδινό τμήμα της Κάρλας, όσο και στον ορεινό όγκο Μαυροβούνιου).

Σημεία τα οποία κρίνονται καταρχήν κατάλληλα για την ανάπτυξη εναλλακτικών μορφών τουρισμού είναι:

- ✓ Η μελλοντικά επαναπλημμυρισθείσα Κάρλα, η οποία δύναται να προσφέρει δυνατότητες φιλοξενίας αθλητικών δραστηριοτήτων γλυκού νερού σε συνδυασμό με ολοκληρωμένο πρόγραμμα οικολογικών δαπανών (οικοτουρισμός, αγροτουρισμός)
- ✓ Η ευρύτερη περιοχή της Κάρλας, η οποία περιλαμβάνει πλήθος αρχαιολογικών χώρων και αξιόλογων πολιτιστικών μνημείων (πολιτιστικός τουρισμός)
- ✓ Η ορεινή ζώνη Μαυροβούνιου με το πλήθος φυσικών και πολιτιστικών στοιχείων (οικοτουρισμός, αγροτουρισμός, περιηγητικός τουρισμός, φυσιολατρικός τουρισμός)
- ✓ Οικισμοί της Κάρλας και του Μαυροβουνίου με συγκεκριμένη αισθητική και αρχιτεκτονική παράδοση όπως είναι τα Κανάλια, το Βενέτο, το Κεραμίδι κ.α (οικοτουρισμός, αγροτουρισμός, γαστρονομικός τουρισμός)

- ✓ Ο οικισμός Καναλιών με τις υφισταμένες (διαθέτει γήπεδο ποδοσφαίρου) και μελλοντικές αθλητικές εγκαταστάσεις (εν προκειμένω γίνεται αναφορά στην κατασκευή κωπηλατοδρομίου στο ανατολικό ανάχωμα, πλησίον του οικισμού) (αθλητικός τουρισμός)

Αναφέρεται, επίσης ότι όλη η περιοχή προσφέρεται για εκπαιδευτικό τουρισμό (π.χ μαθητές σχολείων, φοιτητές Τμημάτων Πανεπιστημίου Θεσσαλίας)

Στο πλαίσιο ωστόσο της διεύρυνσης των δυνατοτήτων ανάπτυξης ειδικών μορφών τουρισμού στην υπό μελέτη περιοχή θα πρέπει να επισημανθεί ότι για η ανάπτυξή τους θα υποβοηθηθεί από:

- ❖ Την κατασκευή και λειτουργία υποδομών διαμονής και εστίασης
- ❖ Την υλοποίηση δράσεων προβολής/διαφήμισης της περιοχής
- ❖ Την εκπαίδευση και κατάρτιση των κατοίκων της τοπικής κοινωνίας
- ❖ Την παροχή υπηρεσιών υψηλής ποιότητας
- ❖ Τη δημιουργία οδικού δικτύου με τις περιοχές Πηλίου και Όσσας

4.2.3.1 Έργα υποδομής και ανάδειξης του περιβάλλοντος και του οικοτουρισμού.

Τα έργα αυτά καθορίζονται στους περιβαλλοντικούς όρους και περιλαμβάνουν:

- Κέντρα υποδοχής και πληροφόρησης επισκεπτών
- Μουσείο Φυσικής Ιστορίας και Πολιτισμού
- Παρατηρητήριο και θέσεις θέας
- Δρόμους και μονοπάτια, προσεγγίσεως και προσπελάσεως των άνω εγκαταστάσεων
- Χώρους διημέρευσης σε κατάλληλα επιλεγμένες τοποθεσίες
- Ποδηλατοδρόμους (ΥΠΕΧΩΔΕ 2002)

Το Κέντρο Πληροφόρησης και το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας θα αποτελέσουν από κοινού ένα ενιαίο σύστημα. Η δημιουργία ενός Κέντρου Πληροφόρησης στο δυτικό ανάχωμα της λίμνης μεταξύ οικισμών και ζωνών ειδικής διαχείρισης. Το κέντρο Πληροφόρησης θα φέρει την ονομασία Κέντρο Πληροφόρησης Κάρλας-Μαυροβουνίου-Κεφαλόβρυσου-Βελεστίνου και προτείνεται να κατασκευαστεί στον οικισμό του Στεφανοβικείου, όπου εδρεύει άλλωστε ο Δήμος Κάρλας.

Το εν λόγω κέντρο θα έχει τις εξής λειτουργίες :

- Θα αποτελεί μέρος ενός συστήματος περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και ενημέρωσης

- Θα υποδέχεται τους επισκέπτες στην περιοχή της λίμνης Κάρλας
- Θα συμβάλλει στην ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού για τις λειτουργίες και αξίες του υδροτόπου της Κάρλας
- Θα τους ενημερώνει για τις διαθέσιμες τουριστικές δραστηριότητες ήπιας μορφής, για τις διαδρομές και τα αξιοθέατα της περιοχής και
- Θα τους κατευθύνει στη λίμνη

Η άμεση γειτνίασή του με την περιοχή της λίμνης Κάρλας το αναδεικνύει ως ένα διαρκές πόλο έλξης επισκεπτών. Το Κέντρο Πληροφόρησης θα απευθύνεται ως επί το πλείστον σε μη εξειδικευμένο κοινό επισκέπτες κάθε ηλικίας, χωρίς ειδικές γνώσεις σε θέματα φυσικού περιβάλλοντος. Θα απευθύνεται, δηλαδή στους απλούς τουρίστες, στους οικοτουρίστες, στις οργανωμένες ομάδες επισκεπτών, στους τοπικούς φορείς, στον τοπικό πληθυσμό αλλά κυρίως στους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές. Ιδιαίτερο στόχο αποτελεί η μαθητική κοινότητα καθώς το Κέντρο θα λειτουργεί ως ένας χώρος περιβαλλοντικής εκπαίδευσης.

Σημαντικό είναι το Κέντρο Πληροφόρησης αφού θα λειτουργεί και ως χώρος περιβαλλοντικής εκπαίδευσης να διαθέτει αίθουσα έκθεσης ερμηνείας περιβάλλοντος. Στην εν λόγω αίθουσα αδήριτη ανάγκη συνιστά η λειτουργία μόνιμης έκθεσης υλικού περιβάλλοντος που θα περιλαμβάνει

- Εκθεματικές επιφάνειες, με σύντομα κείμενα με ποικίλες εικόνες (φωτογραφίες, σχέδια, χάρτες, αεροφωτογραφίες, διαγράμματα κ.ά.)
- Οράματα και αναπαραστάσεις σε δύο και τρεις διαστάσεις, που με απλό τρόπο θα παρουσιάζουν βασικές οικολογικές και βιολογικές έννοιες ή στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος της περιοχής που είναι δύσκολο να ερμηνευτούν αλλιώς
- Τρισδιάστατη μακέτα της περιοχής Κάρλας, που θα παρουσιάζει το ανάγλυφο της περιοχής, τη φυτοκάλυψη και άλλα στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος καθώς και βασικά στοιχεία του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος (οικισμούς κ.λ.π)

Με τον τρόπο αυτό θα προβληματίζει τον επισκέπτη σχετικά με το φυσικό περιβάλλον της περιοχής Κάρλας και τον τρόπο που σχετίζεται ο άνθρωπος με αυτό.

Μουσείο Φυσικής Ιστορίας

Το Μουσείο (Εικ 4.3) θα βρίσκεται στο ανατολικό ανάχωμα του ταμιευτήρα και δίπλα στον υγρότοπο ανάδειξης των υγροτοπικών λειτουργιών. Ο οικισμός που φιλοξενεί το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας είναι ο οικισμός των Καναλιών. Τα Κανάλια επιλέχθηκαν και λόγω της χωροθέτησης του οικισμού σε σχέση με την αποκαταστημένη λίμνη Κάρλας αλλά κυρίως για την ιστορική σχέση των Καναλιωτών με την λίμνη.



Εικόνα 4.3: Μουσείο Φυσικής Ιστορίας-Λιμναίου Πολιτισμού (www.boebes-karla.gr)

Το Μουσείο θα έχει τις εξής λειτουργίες:

- Κύρια λειτουργία είναι η ανάδειξη της φυσικής ιστορίας και της πολιτιστικής κληρονομιάς της περιοχής του υγρότοπου
- Θα κάνει κατανοητή την ανάγκη και θα ευαισθητοποιεί σχετικά με τη διαχείριση και προστασία της φυσικής ιστορίας και της πολιτιστικής κληρονομιάς της περιοχής
- Θα αποτελεί μέρος ενός συστήματος περιβαλλοντικής εκπαίδευσης/ ενημέρωσης
- Θα ενημερώνει τους επισκέπτες για τα ιστορικά και πολιτιστικά αξιοθέατα της περιοχής

Στους χώρους του Μουσείου, θα πρέπει να λειτουργήσουν:

- Αίθουσα έκθεσης ερμηνείας ιστορικής- πολιτιστικής κληρονομιάς

Η έκθεση στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας θα παρέχει στον επισκέπτη πληροφορίες και προβληματισμούς που θα τον βοηθήσουν να κατανοήσει τα στοιχεία του ιστορικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος κατά την επίσκεψή του στην περιοχή. Η έκθεση θα αποτελεί βασικό στοιχείο του συστήματος ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης των επισκεπτών,

αφού συνδυάζοντας τη σύγχρονη τεχνολογία με τα κλασικά μέσα παρουσίασης θα μεταδίδει το μήνυμα της διατήρησης της φύσης και της ανάδειξης της περιοχής. Συγχρόνως η έκθεση θα περιλαμβάνει σημαντικές συλλογές, συλλεκτικά και πολύτιμα αντικείμενα από το ιστορικό και πολιτιστικό περιβάλλον της περιοχής της Κάρλα.

Η Κισσάβου 2009 επισημαίνει πως το έργο της ανασύστασης της λίμνης Κάρλα έφερε στο φως ανεκτίμητους θησαυρούς, που μας προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες για τον πολιτισμό μας. Στην περιοχή της Βοιβηΐδας ακμάζει ο νεολιθικός πολιτισμός. Σχετικά κοντά της λίμνης στο Διμήνι και Σέσκλο, υπήρχαν κατοικημένοι οικισμοί από τα πρώτα ελληνικά φύλα και ίσως την ίδια εποχή να εξαπλώθηκαν μέχρι τη λίμνη (Εικ. 4.5- 4.6).



Εικόνα 4.5, 4.6: Ευρήματα νεολιθικού πολιτισμού στο Διμήνι και στο Σέσκλο (Καβαλιεράτου-Παπαδήμα 2008, Παπανίκος 2008)

Στο Συλλεκτήρα Σ₆, στη θέση Αεράνη, διενεργήθηκε ανασκαφική έρευνα σε 5 τομείς με εντυπωσιακά αποτελέσματα. Στα σημαντικότερα ευρήματα της ανασκαφής συγκαταλέγονται δύο κεραμικοί κλίβανοι κυκλικής διατομής. Από τον πρώτο κλίβανο αποκαλύφθηκε ο θάλαμος οπτήσεως με τοξωτή πύλη, τμήμα της πήλινης εσχάρας, το στόμιο πυροδοτήσεως και τμήμα του προστομαίου δρόμου (Εικ. 4.7).

Από τον δεύτερο κλίβανο αποκαλύφθηκε η πήλινη εσχάρα, ο θάλαμος καύσης, το στόμιο πυροδοτήσεως και τμήμα του προστομαίου δρόμου.



Εικόνα 4.7: Κεραμικός κλιβανός στη θέση Αεράνη (Κισσάβου 2009)

Στη περιοχή Αεράνης εκτός των δύο κεραμικών κλιβάνων ερευνήθηκαν στους επτά τομείς της ανασκαφής 6 κατασκευές, 14 λιθοσωροί, 1 αποθήτης, 62 τάφοι κιβωτιόσχημοι με κάλυψη από γκρίζο σχιστόλιθο, οι οποίοι περιείχαν σκελετούς σε θέση χριστιανικής ταφής. Σε πέντε ταφές αποκαλύφθηκαν ανακομιδές οστών τοποθετημένες πάνω στην κάλυψη με κτερίσματα. Επίσης ερευνήθηκαν 47 τάφοι λακκοειδείς με κάλυψη από γκρίζο σχιστόλιθο και 10 κεραμοσκεπείς. Μερικοί από τους παραπάνω τάφους περιείχαν κτερίσματα όπως σιδερένια αντικείμενα, κρίκους, χάλκινες πόρπες, χάλκινο δακτυλίδι, 2 χάλκινα ενώτια, ψήφους περιδέραιου, τριφυλλόσχημη οινόχνη, λυχνάρια. Τα ευρήματα της συνολικής ανασκαφής στη περιοχή της Αεράνης ήταν χάλκινα νομίσματα, αγνύθες, θραύσματα γυάλινων αγγείων, θραύσματα λυχναριών, καρφιά, σιδερένια αντικείμενα.

Εντοπίστηκε επίσης άβαφη χρηστική κεραμική, μαγειρικά σκεύη, αποθηκευτικά αγγεία, αγγεία μεταφοράς τροφίμων. Το σχηματολόγιο της κεραμικής συνιστούσαν οινοχόες απλές ή τριφυλλόσχημες, πινάκια, λεκανίδες, χύτρες, φιάλες, αμφορείς (κυρίως οξυπύθμενοι) πίθοι.

Πλησίον των κεραμικών κλιβάνων εντοπίστηκε εργαστηριακός χώρος. Αξιοσημείωτη η ανεύρεση και τρίτου κλιβάνου ο οποίος συνεχίζεται έξω από το όριο του συλλεκτήρα.

Οι κεραμικοί κλιβανοί και οι τάφοι πιθανότατα τοποθετούνται χρονολογικά στα παλαιοχριστιανικά χρόνια. Προκειμένου να συνεχιστούν οι εργασίες διάνοιξης του συλλεκτήρα Σ₆, αποφασίστηκε η μεταφορά των κλιβάνων στον αρχαιολογικό χώρο Νέας

Αγγιάλου σύμφωνα με σχετική απόφαση του Υπουργείου Πολιτισμού, όπου φυλάσσονται προστατευμένοι με ειδικό στέγαστρο.



Εικόνα 4.8: Χρηστικό αγγείο στη θέση Παλαιόσκαλα (Κισσάβου 2009)

Στο Συλλεκτήρα Σ₃ και στη θέση Παλαιόσκαλα, το σημαντικότερο αρχιτεκτονικό εύρημα είναι τα υπολείμματα θεμελίωσης πιθανότατα δύο κτιρίων παλαιοχριστιανικής εποχής, τα οποία περικλείουν στρώματα καταστροφής

Στο χώρο των καταστροφών πέρα από άφθονα κεραμικά, εντοπίστηκαν τμήματα πηλίνων αγωγών και μεγάλο τμήμα πιθαριού. Τα κινητά ευρήματα της ανασκαφής αφορούν χρηστικά αγγεία (Εικ. 4.8) (πινάκια, αμφορείς, μαγειρικά σκεύη κ.λπ.) Επίσης ληκύθια, αγνύθες, σιδερένια αντικείμενα, θραύσματα γυάλινων αγγείων και χάλκινα νομίσματα.

Στο Συλλεκτήρα Σ₆ στη θέση Κακόρεμα, σε μικρή απόσταση από τον βυζαντινό ναό του Αγίου Νικολάου Καναλίων ερευνήθηκαν 67 ακέραιοι τάφοι. (Εικ.4.9). Ο τύπος των τάφων που επικρατεί είναι ο κιβωτιόσχημος με κάλυψη από σχιστολιθικές πλάκες. Πρόκειται για χριστιανικές ταφές κάτι το οποίο υποδηλώνουν τόσο ο τρόπος κατασκευής τους, ο προσανατολισμός τους, η θέση ταφής, όσο και ο αρκετά μεγάλος αριθμός κτερισμάτων.



Εικόνα 4.9: 67 κιβωτιόσχημοι τάφοι (Κισσάβου 2009)

Τα περισσότερα από τα κτερίσματα προέρχονται από γυναικείες ταφές και είναι δακτυλίδια (Εικ 4.10), βραχιόλια, ενώτια, όλα κυρίως χάλκινα και ελάχιστα σιδερένια. Από τις

παιδικές ταφές έχουμε λιγότερα κτερίσματα κυρίως χάλκινα ενώτια (κρίκους) ενώ από τις ανδρικές περισυλλέχτηκαν ελάχιστα χάλκινα δαχτυλίδια.



Εικόνα 4.10: Χάλκινα δαχτυλίδια (Κισσάβου 2009)

Σύνθετοι τάφοι ελλειψοειδούς κάτοψης με κάλυψη από αργούς λίθους, ενώ μετά την αφαίρεση περίπου 50 εκατοστών της επίχωσης αποκαλύπτονταν κιβωτιόσχημοι τάφοι με κάλυψη και οριοθέτηση από σχιστολιθικές πλάκες.. Αποκαλύφθηκαν συνολικά 9 ταφές αυτού του τύπου, από τις οποίες οι 7 ανήκουν σε ενήλικες και οι υπόλοιπες είναι παιδικές. Οι τάφοι που ερευνήθηκαν στη θέση Κακόρεμα ανήκουν σε βυζαντινό νεκροταφείο (Εικ.4.11), το οποίο σε σύγκριση με το νεκροταφείο, που αποκαλύφθηκε στο Αερινό Ν. Μαγνησίας επ' ευκαιρία κατασκευής του αυτοκινητόδρομου ΠΑΘΕ, τοποθετείται χρονολογικά στον 11ο – 12ο αι. μ.Χ..



Εικόνα 4.11: Βυζαντινό νεκροταφείο στη θέση Κακόρεμα (Κισσάβου 2009).

Τα ίχνη κατασκευών που εντοπίστηκαν νότια του νεκροταφείου, κατά επιφανειακές έρευνες, ίσως να φανερώνουν ότι το νεκροταφείο ανήκε σε οικισμό μεσοβυζαντινής περιόδου.

Στο πλαίσιο των ανασκαφών τους έχουν βρεθεί τα ακόλουθα:

Η μεγαλύτερη ανασκαφή διενεργήθηκε στη θέση Παλαιόσκαλα, στις δυτικές υπώρειες του Μαυροβούνιου και στην ανατολική όχθη της λίμνης Κάρλας. Ανασκάφηκε ένα μεγάλο τμήμα προϊστορικού οικισμού του τέλους της Νεολιθικής Εποχής (τέλος 5ης και 4^η χιλιετία π.Χ.), σε έκταση 3,5 στρεμμάτων. Το Υπουργείο Πολιτισμού αποφάσισε τη διατήρηση του οικισμού και την ανάδειξή του σε επισκέψιμο αρχαιολογικό χώρο, ενώ με ειδική χρηματοδότηση του ίδιου Υπουργείου, επιλεγμένα τμήματα του οικισμού στεγάστηκαν με αντιστρεπτά στέγαστρα προστασίας. Ο οικισμός περιβάλλεται από λιθόκτιστους περιβόλους σε ομόκεντρη διάταξη, δημιουργώντας ένα περικεντρικό σύστημα οργάνωσης του ενδοκοινοτικού χώρου. Η ανασκαφική έρευνα στο εσωτερικό κάποιων κτισμάτων έφερε στο φως αντικείμενα και κατασκευές που σχετίζονταν με τροφοπαρασκευαστικές και αποθηκευτικές δραστηριότητες, το γνέσιμο καθώς και πήλινα ειδώλια ή ειδώλια με πήλινο σώμα και μαρμάρινο κεφάλι που είχαν διακόσμηση με κόκκινο χρώμα (γνωστά και ως «ακρόλιθα»). Κατά τα φαινόμενα ο οικισμός είχε τέσσερις εισόδους προσανατολισμένες στα σημεία του ορίζοντα. Μερικά από τα σπίτια που αποκαλύφθηκαν είχαν μεγάλες διαστάσεις (π.χ 13,50 X 8 μ, 9 X 8,5μ) και ορθογώνιες, αψιδωτές ή τετράπλευρες κατόψεις και ήταν εφοδιασμένα με εστίες που χρησίμευαν για το μαγείρεμα, τη θέρμανση αλλά και το φωτισμό τους. Ανάμεσα στα πολλά μικρά ευρήματα της ανασκαφής, πέραν των κεραμικών σκευών, περιλαμβάνονται λίθινα εργαλεία κυρίως από πυριτόλιθο (αιχμές, λεπίδες, δρεπάνια), λίθινοι πέλεκεις καθώς και ένας χάλκινος, μυλόπετρες, πήλινα σφοντύλια, οστέινα εργαλεία, ειδώλια, ένα σπάνιο κόσμημα από όστρεο κ.ά. Η μορφή του οικισμού και η θέση του δείχνουν ότι ήταν παραλίμιος.

Συγκεντρωτικά θα μπορούσε να συνοψίσει κανείς τις σημαντικότερες έρευνες στις εξής θέσεις:

Κοντά στη Μαγούλα Τσερλή, αποκαλύφθηκαν κατάλοιπα οικιών της ελληνιστικής εποχής αλλά η έρευνα δεν ολοκληρώθηκε, με αποτέλεσμα οι κατόψεις των κτισμάτων να είναι ασαφείς. Τα κτίσματα ήταν εφοδιασμένα με τροφοπαρασκευαστικές κατασκευές ενώ ένα αποθηκευτικό πιθάρι παραπέμπει σε γεωργικές δραστηριότητες που αποτελούσαν σημαντικό μέρος της οικονομίας των οικισμών.

Κοντά στο χωριό Καλαμάκι

Αποκαλύφθηκε τμήμα ελληνιστικής αγροικίας (Εικ. 4.12) στην οποία βρέθηκαν τρία αποθηκευτικά πιθάρια καθώς και ένα ρωμαϊκό νεκροταφείο στην ίδια θέση. Μάλιστα οι ταφές του νεκροταφείου έφθασαν μέχρι το επίπεδο της θεμελίωσης των τοίχων της αγροικίας. Η αγροικία ανασκάφθηκε σε έκταση περίπου 2,5 στρεμμάτων και σε αυτήν ανήκαν δύο τουλάχιστον μακρόστενα ορθογώνια κτίρια των οποίων το κατώτερο σωζόμενο τμήμα των τοίχων ήταν κτισμένο από πέτρες και λάσπη. Δυστυχώς, τμήμα της αγροικίας υπέστη φθορές κατά τη διάρκεια της εκσκαφής του συλλεκτήρα Σ₃, ενώ τμήμα της επεκτεινόταν και πέραν των ορίων του Συλλεκτήρα. Μεταξύ των ευρημάτων ήταν και ογδόντα αργυρά νομίσματα των Αλεξάνδρου, Φιλίππου, Λυσιμάχου, κ.λπ.



Εικόνα 4.12: Κτίσμα Ελληνικής Αγροικίας (Κισσάβου 2009)

➤ Αίθουσα προβολής και παρουσιάσεων

Θα καλύπτει τις ανάγκες παρουσιάσεων- εκδηλώσεων (προβολή video και διαφανειών) και γενικότερων δραστηριοτήτων (ομιλίες, ανοιχτές συζητήσεις, ημερίδες κ.λπ) σχετικών με τις δραστηριότητες του Μουσείου, την ανάδειξη της φυσικής ιστορίας και της πολιτιστικής κληρονομιάς της περιοχής του υγρότοπου

➤ Αίθουσα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης –Εργαστήριο

Η αίθουσα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης θα περιέχει φωτογραφικό υλικό της προστατευόμενης περιοχής αλλά και υλικά προερχόμενα από το χώρο του υγρότοπου για την αποτελεσματική άσκηση της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και τη διευκόλυνση της διαδικασίας της μάθησης. Ο χώρος του εργαστηρίου θα καλύπτει τις ερευνητικές ανάγκες φοιτητών, μαθητών αλλά και ερευνητών που ασχολούνται με στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος (νερό) και ενός υγρότοπου (ειδών χλωρίδας ή πανίδας ή και τα δύο).

Όπως και το Κέντρο Πληροφόρησης έτσι και το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας θα απευθύνεται ως επί το πλείστον σε μη εξειδικευμένο κοινό επισκέπτες κάθε ηλικίας, χωρίς ειδικές γνώσεις σε θέματα φυσικού περιβάλλοντος. Θα απευθύνεται, δηλαδή στους απλούς τουρίστες, στους οικοτουρίστες, στις οργανωμένες ομάδες επισκεπτών, στους τοπικούς φορείς, στον τοπικό πληθυσμό αλλά κυρίως στους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές. Ιδιαίτερο στόχο αποτελεί η μαθητική κοινότητα καθώς το Μουσείο θα λειτουργεί και αυτό ως ένας χώρος περιβαλλοντικής εκπαίδευσης .

Παρατηρητήρια και θέσεις θέας

Προτείνεται η κατασκευή παρατηρητηρίων σε κατάλληλες θέσεις όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.13 (με βάση την παρουσία ορνιθοπανίδας στην περιοχή) και θέσεις θέας με υποδομές για ξεκούραση και ανάπαυση.

- Παρατηρητήριο άγριας ζωής με διαδρομή πρόσβασης αθέατη από την πλευρά του ταμιευτήρα, στην προτεινόμενη διαδρομή “Στεφανοβίκειο-Βόρειος ταμιευτήρας”
- Θέση θέας, στην κορυφή του λόφου Αγ.Αθανασίου με προσθήκη πινακίδων ερμηνείας περιβάλλοντος που περιλαμβάνεται στις διαδρομές “Στεφανοβίκειο-Λόφος Αγ. Αθανασίου” και “Κανάλια-Αγ.Νικόλαος –Λόφος Αγ.Αθανασίου”
- Θέση θέας στο σημείο αλλαγής κλίσης του λόφου που βρίσκεται νότια της θέσης Κρεβάτια και προσφέρει πανοραμική θέα στη λίμνη, στη διαδρομή “Κανάλια-Λόφος νότια της θέσης Κρεβάτια”
- Θέση θέας που θα διαθέτει πινακίδες ερμηνείας του τοπίου και μικρό χώρο στάθμευσης, στις προτεινόμενες διαδρομές “Κανάλια-2^{ος} ελιγμός του δρόμου προς Κεραμίδι” και “Κανάλια-Κεραμίδι
- Θέση ανάπαυσης στον περίβολο του Αγ.Αθανάσιο, στη διαδρομή “Κανάλια-Αγ. Αθανάσιος (Βαθύρεμα)”
- Θέση ανάπαυσης στη θέση Πυργάκι Βλαχογιάννη ή στις λάκκες που βρίσκονται στο τέρμα του δασικού δρόμου, στην προτεινόμενη διαδρομή “Αγ.Παντελεήμων-Πυργάκι Βλαχογιάννη
- Θέση ανάπαυσης στη ράχη Αλεξανδρή είτε στην πηγή που βρίσκεται νοτιοδυτικά της ράχης, στη διαδρομή “Κορυφογραμμή Μαυροβούνιου-Κεραμίδι

- Θέση ανάπαυσης στη Λάκκα βόρεια της κορυφής Τσαγιάννη που βρίσκεται στο τέρμα του δασικού δρόμου, στη διαδρομή “Κορυφογραμμή Μαυροβούνιου-Τσαγιάννη 834 m”
- Θέση θέας στη ράχη δυτικά της θέσης Χωραφάκι και πάνω από το απόκρημνο ρέμα Καλιακούδας (τέρμα δασικού δρόμου) στη διαδρομή “Κορυφογραμμή Μαυροβούνιου-Τσαγιάννη 834 m”
- Θέση ανάπαυσης στη Λάκκα νότια της κορυφής Αγριαχλαδιά, στη διαδρομή “Κεραμίδι-Λάκκα Αγριαχλαδιάς”

Οι προτεινόμενες θέσεις αναπαύσεως με κατάλληλη διαμόρφωση έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν και ως χώροι για αθλοπαιδιές και παιχνίδι για τους μαθητές του δημοτικού και του γυμνασίου (Φυντικάκης 2008).



Εικόνα 4.13: Παράδειγμα Παρατηρητηρίου (Τσούλου 2008)

Μονοπάτια

Σε σημεία της περιοχής όπου δεν τοποθετήθηκε παρατηρητήριο ή θέση θέας ένα απλό μονοπάτι που ακολουθεί μία φυσική διαδρομή, η οποία μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες των επισκεπτών. Κρίνεται αναγκαίο να υπάρχει σωστή σύνδεση των μονοπατιών με τους χώρους στάθμευσης με πέρασμα περιορισμένο ώστε να μην είναι δυνατή η χρήση των μονοπατιών από δίκυκλα οχήματα. Παράλληλα, αδήριτη ανάγκη συνιστά η χάραξή τους να γίνει σε συνδυασμό με ωραία θέα ή με πέρασμα από χαρακτηριστικά σημεία.

Ποδηλατόδρομοι

Θα κατασκευαστούν ποδηλατόδρομοι παράλληλοι με το οδικό δίκτυο με κατάλληλη σήμανση και χάραξη των διαδρόμων, έτσι ώστε να μπορούν οι ποδηλάτες να κινούνται με ασφάλεια από το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας και το Κέντρο Πληροφόρησης με τους χώρους αναψυχής, άθλησης και στάθμευσης ενώ η κίνηση προς τα παρατηρητήρια και τις θέσεις θέας θα γίνεται από τα μονοπάτια

Σκοπιμότητα υλοποίησης των ποδηλατοδρόμων:

- Συνεισφορά στη δημιουργία ενός συνεκτικού και ολοκληρωμένου δικτύου διαδρόμων όπου ο επισκέπτης με ποδήλατο (εν προκειμένω), με άλογο ή πεζός. Με αυτό το τρόπο θα επιτυγχάνεται και η προώθηση φιλικών προς το περιβάλλον μέσων μεταφοράς
- Κάλυψη των αναγκών μιας ομάδας επισκεπτών που ασχολείται συστηματικά με την ποδηλασία στη φύση
- Προστασία του φυσικού περιβάλλοντος ταυτόχρονα με την ικανοποίηση του επισκέπτη

Ενίσχυση της τοπικής οικονομίας (αφορά στη μελλοντική ιδιωτική ή δημόσια επένδυση για τη δημιουργία επιχείρησης ενοικίασης εξοπλισμού ορεινής ποδηλασίας) (Μαχαίρας και συν. 1999, Φιντικάκης 2008).

Χώροι διημέρευσης και διαμονής των επισκεπτών σε κατάλληλα επιλεγμένες τοποθεσίες

Η ανάπτυξη εναλλακτικών μορφών τουρισμού δεν νοείται χωρίς τις κατάλληλες υποδομές διημέρευσης, διαμονής ή και εστίασης. Η παροχή υπηρεσιών υψηλής ποιότητας αποτελεί κρίσιμο σημείο στην προσπάθεια προώθησης του οικοτουρισμού και του αγροτουρισμού σε μία περιοχή όπως συμβαίνει και στη συγκεκριμένη περιοχή. Οικισμοί που κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη τέτοιων υποδομών είναι το Στεφανοβίκειο, τα Κανάλια, το Κεραμίδι και το Βένετο (Φιντικάκης 2008) Όλα τα κτίσματα θα πρέπει να είναι κατά κανόνα χαμηλού ύψους και να ακολουθούν την παραδοσιακή τεχνική της περιοχής, είναι απαραίτητο να προσαρμόζονται στη ιδιαίτερη αισθητική του περιβάλλοντος χώρου και τέλος κρίνεται αναγκαίο να είναι σε απόσταση τουλάχιστον 50 μέτρων από την πιο κοντινή βλάστηση και 200 μέτρα από τη λίμνη Κάρλα (ΥΠΕΧΩΔΕ 2002).

Χώροι κατασκήνωσης

Θα καλύπτει τις ανάγκες των επισκεπτών, οι οποίοι θα προτιμούν έναν πιο εναλλακτικό τρόπο διαμονής, αλλά η ομάδα αυτών των εναλλακτικών τουριστών πρέπει να είναι σε θέση να προστατεύσει το φυσικό περιβάλλον της περιοχής. Ως αποτέλεσμα, κρίνεται αναγκαία η τοποθέτηση όσο το δυνατόν περισσότερων κάδων απορριμμάτων στους χώρους που θα καθοριστούν ως "χώροι κατασκήνωσης". Επιπλέον είναι σημαντικό να προφυλαχθούν τα ενδιαίτηματα τόσο της ορνιθοπανίδας υδρόβιας και μη όσο και της ιχθυοπανίδας από τυχόν ανθρώπινες παρεμβάσεις.

Χώροι υπαίθριου γεύματος και ξεκούρασης

Οι χώροι αυτοί θα πρέπει να προστατεύουν τους επισκέπτες από την ηλιακή ακτινοβολία και γενικώς από τα καιρικά φαινόμενα και να είναι εναρμονισμένοι με το φυσικό περιβάλλον της περιοχής. Ως εκ τούτου ως χώροι υπαίθριου γεύματος και ξεκούρασης προτείνονται παγκάκια, καθίσματα και κιόσκια

Χώροι Στάθμευσης

Η εν λόγω υποδομή αφορά στη δημιουργία χώρων στάθμευσης σε επιλεγμένες θέσεις για την καλύτερη εξυπηρέτηση των επισκεπτών και τη δημιουργία ενός δικτύου υποδομών με υπηρεσίες υψηλής ποιότητας. Για την αρμονική ένταξη των χώρων στο φυσικό κάλλος της περιοχής μελέτης πρέπει να τεθούν κάποιες προϋποθέσεις βάσει των οποίων θα γίνει η κατασκευή:

- Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου με πράσινο και δένδρα
- Κατασκευή του δαπέδου από συντρίμια και όχι από τσιμέντο ή άσφαλτο
- Τοποθέτηση κάδων απορριμμάτων για τη συλλογή των σκουπιδιών (Φιντικάκης, 2008).

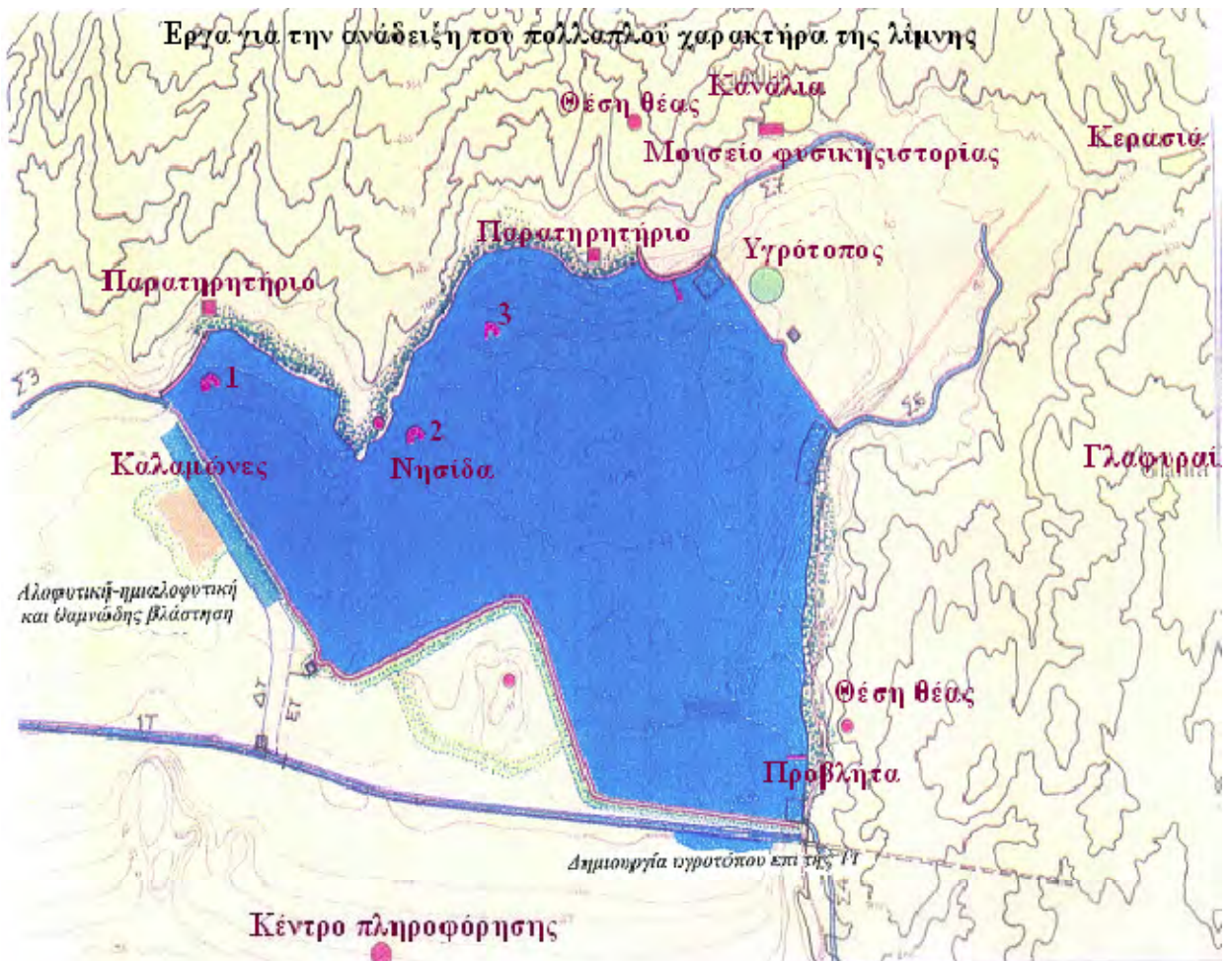
Δραστηριότητες αναψυχής και άθληση με βάση το νερό

Η παρουσία της λίμνης δεν αποτελεί μόνο τον βασικό συντελεστή για την αξία της αναψυχής αλλά και πόλο έλξης για τον περιηγητή και αναντικατάστατο στοιχείο για την ανάπτυξη πολλών δραστηριοτήτων. Συχνά οι δραστηριότητες με βάση το νερό επαυξάνουν την αξία και τη χρήση των υπόλοιπων μέσων αναψυχής (χώροι κατασκήνωσης, θέσεις θεάς, υποδομές εστίασης Κέα).

- Ψάρεμα για αναψυχή αλλά να πληρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις :
 - Έλεγχος άσκησης της δραστηριότητας

- Οργάνωση συγκεκριμένων θέσεων για ψάρεμα με διαμόρφωση της όχθης, με καθίσματα, σκέπαστρα
- Δημιουργία μονοπατιών που συνδέουν τις θέσεις ψαρέματος με τους χώρους στάθμευσης
- Σκάφη εσωτερικών υδάτων (ιστιοσανίδα, καγιάκ, λεμβοπλοΐα χωρίς μηχανή, κανό, θαλάσσια ποδήλατα, παραδοσιακές βάρκες) με βάση τα ακόλουθα κριτήρια
 - Αυστηρά μέτρα ώστε σε καμία περίπτωση να μην υπάρχουν επιπτώσεις στα ενδιαφέροντα της ορνιθοπανίδας και της ιχθυοπανίδας του υγρότοπου (π.χ απαγόρευση της προσέγγισης στις νησίδες)
 - Επιβολή αυστηρών μέτρων και έλεγχος τήρησης αυτών για τυχόν επιβλαβείς συνέπειες στην ποιότητα των νερών της λίμνης
 - Η δραστηριότητα αυτή μπορεί να αναπτυχθεί κατάλληλα και να αξιοποιηθεί συμβάλλοντας στην ανάπτυξη της τοπικής οικονομίας με την ίδρυση δημόσιων ή ιδιωτικών επιχειρήσεων ενοικιάσεις τον απαραίτητο εξοπλισμό για την ενασχόληση με τις διάφορες θαλάσσιες δραστηριότητες
- Δημιουργία προβλήτας στο ανατολικό τμήμα της λίμνης υπό τις ανάλογες προϋποθέσεις:
 - Σύνδεση με τις υποδομές πρόσβασης των επισκεπτών στον υγρότοπο
 - Κατάλληλο υψόμετρο πυθμένα ώστε να μην διακόπτεται η λειτουργία της με τη διακύμανση της στάθμης μέσα στον ταμιευτήρα.

Ο υγρότοπος, ο οποίος θα δημιουργηθεί με την διαπλάτυνση προς τη νότια πλευρά της τάφρου 1Τ και συγκεκριμένα στο τελευταίο τμήμα της διαδρομής της. Το πλάτος του υγροτόπου το οποίο λόγω του επιμήκους σχήματος, ο υγρότοπος αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως κωπηλατοδρόμιο. Προκειμένου ο συγκεκριμένος υγρότοπος να λειτουργήσει ως κωπηλατοδρόμιο θα πρέπει στο μεγαλύτερο τμήμα του να καταλαμβάνεται από ανοιχτά νερά, στα οποία δεν θα αναπτύσσεται υδρόβια βλάστηση και το βάθος των νερών του υγρότοπου στο τμήμα αυτό θα ξεπερνά τα 3 m (Ζαλίδης και συν.1999)



Σχήμα 4.2: Ο πολλαπλός χαρακτήρας της λίμνης (Ζαλίδης και συν. 1999)

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Αποστολάκης Α., Γ. Ζαλίδης, Ξ. Δημητριάδης, (1995).** Κατασκευή χωρικής βάσης δεδομένων για τις λεκάνες απορροής της Θεσσαλίας και χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) για την επεξεργασία των δεδομένων αυτών Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας- Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγρότοπων
- **Βαβίζος Γ, Γ . Γεωργακάκης , Κ. Ζανάκη , Κ. Μαργώνης , Β. Μόσιαλου, Β. Περλέρος και Μ. Σχοινάς, (1984).** Επιπτώσεις αποξήρανσεις λίμνης Κάρλας, Ενιαίος φορέας καλλιέργειας Ταμιευτήρας. Υπ.Ν. Γενιάς, Πρόγραμμα Οικολογικών και Αναπτυξιακών Πρωτοβουλιών, Αθήνα.
- **Βαβίζος Γ., Η. Διαβάτης, Α. Λαζαρίδης, Στ. Ξαρχάκου, Σπ. Παπαγρηγορίου, Κ. Χατζημπίρος, (2005).** Έργα Εκτροπής στον Αχελώο. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος. Αθήνα
- **Βαρδουλάκης Μ. και Συνεργάτες , Α. Γκατζέλια, Θεοφ. Γέμτος, Κ. Μπεζές, Γ. Χριστοδούλου, Ρ. Σάντας, Δ. Χατζηλάκου, Π. Γαλανός (1995).** Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων και Επανορθωτικών Μέτρων από την Κατασκευή και Λειτουργία του Ταμιευτήρα της Κάρλας. ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων. Αθήνα
- **Βλάχου–Βλαβιανού Ε,(αχρονολόγητο).** Καθιζήσεις Οφειλόμενες σε Υπεραντλήσεις Υπόγειων Νερών-Αναγκαίες Παρεμβάσεις. Μέρος Α. Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο
- **Γάτσιος Φ.Α., Δ.Σ. Δημάκας και Ι.Κ. Μήτσιος, (2004).** Μελέτη Του Βαθμού Ρύπανσης Από Φθόριο Των Υδάτων Και Εδαφών Της Λεκάνης Απορροής Του Χειμάρρου Ξηριά Βόλου (Περιοχή Πρώην Λίμνης Κάρλας-Βελεστίνου) Πρακτικά του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου Περιβάλλοντος. Ορεστιάδα
- **Γκίνη Μ., (1996).** Μοντέλα Ολοκληρωμένης διαχείρισης Υδατικών Πόρων. Εφαρμογή στην Ήπειρο Πρακτικά Συνεδρίου ΤΕΕ- Τμήμα Κεντρικής και Δυτικής Θεσσαλίας «Διαχείριση Υδατικών πόρων», Λάρισα, Τόμος Ι. 13-16 Νοεμβρίου, Λάρισα

- **Δομενικιώτης Χρ., Μ. Σπηλιωτόπουλος, Ε. Κανέλλου και Ν. Δαλέζιος, (2004).** Χαρτογράφηση Θερμοκρασιακά Συσχετισμένων Περιοχών Στην Θεσσαλία Για Την Μελέτη Παγετού Ακτινοβολίας, Πρακτικά της 7 Πανελληνίας Γεωγραφικής Διάσκεψης της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρίας Μυτιλήνη Ελλάδα 1-8 Οκτωβρίου σελ 1-8
- **Εξαρχόπουλος Μ., (1999).** Λίμνη Κάρλα. Η Αρχαία Βοιβηΐς. Η αποκατάσταση ενός υγρότοπου στην Ελλάδα από τους σημαντικότερους της Ευρώπης. Βόλος. ΤΕΕ, Τμήμα Μαγνησίας
- **ΕΜΥ, (2009).** Θερμοκρασιακά δεδομένα για την περίοδο 1955-2001 και βροχομετρικά για την περίοδο 1931-2008
- **Ευαγγελόπουλος Α., (2005).** Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λάρισας. «Διαχειριστική μελέτη του υπόγειου υδάτινου περιοχών δικαιοδοσίας των ΤΟΕΒ Νομού Λάρισας», Λάρισα
- **Ζαλίδης Χ. Γ., Ξ. Π. Δημητριάδης, Σ. Α. Χατζηγιαννάκης, (1995).** Ο ιδεότυπος της τέως λίμνης Κάρλας- Ως βάση αξιολόγησης των προταθείσων λύσεων κατασκευής του ομώνυμου ταμιευτήρα, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας- Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγρότοπων.
- **Ζαλίδης Γ., Σ. Κατσαβούνη, Γ. Μπίλας, Σ. Χατζηγιαννάκης (1999).** Απαιτούμενες Προϋποθέσεις Για την Αποκατάσταση των Υγροτοπικών Λειτουργιών Του Έργου Επαναδημιουργία λίμνης Κάρλας, 1999. Εκπόνηση Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας, Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγρότοπων, Θεσσαλονίκη.
- **Ζαφειρίου Ε., και Θ. Κουτρομανίδης, (2009).** Ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτινων πόρων: Η περίπτωση της Ελλάδας. 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αγροτικής Οικονομίας σελ 393-409, Καρδίτσα
- **Θάνος Μ., (1996).** Επίδραση του ταμιευτήρα της Κάρλας στα υπόγεια νερά της Ν.Α περιοχής στην Ανατολική Θεσσαλία. Πρακτικά του Β' Πανελληνίου Συνεδρίου "Εγγειοβελτιωτικά έργα - Διαχείριση Υδατικών Πόρων - Εκμηχάνιση Γεωργίας". Τόμος Ι σελ 307-322, Λάρισα

- **Καβαλιεράτου – Παπαδήμα Α., (2009).** Η Μακρά Ιστορία Της Λίμνης Κάρλας Αρχαία Ευρήματα. Ο Λιμναίος Πολιτισμός. Ημερίδα με θέμα "Το χθες, το σήμερα, το αύριο – ανάπτυξη διαβούλευσης για την αξιοποίησή της" 28 Νοεμβρίου Στεφανοβίκειο
- **Καραβίτης Χρ. & Σ. Αγγελίδης, (2005).** Διαχείριση Υδατικών Πόρων και Περιβάλλον. Διαχείριση Περιβάλλοντος. 3^ο εξάμηνο Πανεπιστημιακές Διαλέξεις Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- **Καρακατσούλης Π., (1996).** Προβλήματα Διασυνοριακών Υδατικών Πόρων- Διεθνείς Ρυθμίσεις Πρακτικά Συνεδρίου ΤΕΕ- Τμήμα Κεντρικής και Δυτικής Θεσσαλίας «Διαχείριση Υδατικών πόρων», Λάρισα, Τόμος Ι. 13-16 Νοεμβρίου, Λάρισα
- **Καραμόσχος Π. & Συνεργάτες – Μυλόπουλος, Ι., Α.Π.Θ, Μυλόπουλος, Ν., Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, (2005).** *Οργάνωση της Παρακολούθησης σε Βάση Δεδομένων των Μετρήσεων Επιφανειακών και Υπόγειων Υδάτων και της Αξιολόγησης των Εγγειοβελτιωτικών Έργων της Θεσσαλίας.* Περιφερειακό Ταμείο Ανάπτυξης της Περιφέρειας Θεσσαλίας
- **Καστρέτης Θ., (2010).** Εφημερίδα "ΤΑ ΝΕΑ" 23/02.
- **Κατσίρη Αλεξάνδρα & Δημήτρης Κουτσογιάννης, (2005).** Ταμιευτήρες: αναγκαιότητα επιπτώσεις και διαχείρισή τους .Το παράδειγμα του ταμιευτήρα Ταυρωπού. Διατμηματικό μάθημα Περιβάλλον & Ανάπτυξη Τομέας Υδατικών Πόρων. Σχολή Πολιτικών Μηχανικών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (διαθέσιμο στο www.itia.ntua.gr)
- **Κισσάβου Α., (2009).** Εφημερίδα "ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ" 14/06.
- **Κουτσογιάννης Δ., Α. Ανδρεαδάκης, Α. Μαυροδήμου κ.ά. (2008).** Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, *Υποστήριξη της κατάρτισης Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων*, ΥΠΕΧΩΔΕ- Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα (διαθέσιμο στο www.itia.ntua.gr)

- **Κωτσόπουλος Σ., Ι. Αλεξίου, Φ. Λόκκας, Γ. Γραβάνης και Σ. Μαγαλιός, (2007).** Αποτελεσματικότητα Των Ταμιευτήρων Του Τ.Ο.Ε.Β Πηνειού στην κάλυψη αρδευτικών αναγκών. Πρακτικά 5^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής 18-20 Οκτωβρίου ΤΕΙ Λάρισας σελ 320-327 (διαθέσιμο στο www.teilar.gr/dbData/Dimosieyseis/EGME%20Paper%20min.pdf)
- **Λέκκας Θ., (1996).** Περιβαλλοντική Μηχανική Ι, Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη.
- **Λουκάς Αθ.** Διαχείριση Υδατικών Πόρων στις λεκάνης απορροής του Πηνειού ποταμού και της λίμνης Κάρλας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Πανεπιστημιακές Διαλέξεις 2010 (διαθέσιμο στο www.civ.uth.gr/Web_hydrosystems/.../4th_Lecture_Reservoirs.pdf)
- **Λουκάς Αθ., Μυλόπουλος Ν. Μυλόπουλος Γ. Μουστάκα Ε. 2005.** Προσομοίωση και Αποτίμηση της Λειτουργίας του Ταμιευτήρα της Κάρλας. Πρακτικά του 5^{ου} Εθνικού Συνεδρίου της Ελληνικής Επιτροπής για τη Διαχείριση Υδατικών Πόρων με θέμα : "Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων με βάση τη λεκάνη απορροής" σελ 267-274. 6-9 Απριλίου, Ξάνθη.
- **Μαντζιάρας Θ., και Ξανθοπούλου Ι. (1996).** Ταμιευτήρας Κάρλας και συναφή έργα. Πρακτικά του Β' Πανελληνίου Συνεδρίου "Εγχειοβελτιωτικά έργα - Διαχείριση Υδατικών Πόρων - Εκμηχάνιση Γεωργίας". Τόμος ΙΙ σελ 1167-1177, Λάρισα
- **Μαυρονικολάου Ν.- Καρκάς Δ. Και Συνεργάτες, Π. Μανούσος, Στ. Ευθυμιάδης (2006).** Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Έργων Μεταφοράς και Διανομής Νερού Λίμνης Κάρλας. ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Εγχειοβελτιωτικών Έργων.
- **Μαχαίρας Γ. και Συνεργάτες, Α. Λαζαρίδης και Συνεργάτες, Θ. Μαντζιάρας και Συνεργάτες (1999).** Επαναδημιουργία λίμνης Κάρλας: Περιβαλλοντική Τεχνική Έκθεση, Μελέτη Κόστους-Οφέλους. ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Εγχειοβελτιωτικών Έργων,
- **Μιγκίρος Γ., (2006).** Το νερό ως φυσικός πόρος. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (διαθέσιμο στο <http://www.1169.syzefxis.gov.gr/syn/1/migiros.ppt>)

- **Μούμου Χ., (2007).** Η Δράση Των Χειμάρρων Της Λεκάνης Της Κάρλας Σε Φυσικό Και Ανθρωπογενές Περιβάλλον. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Γεωλογίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- **Μουστάκα Ε., (2002).** Διαχείριση Υδατικών Πόρων της υπό ανασύστασης Λίμνης Κάρλας με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- **Μπεζές Κ., (2004).** *Μελέτη έργων ενίσχυσης της ύδρευσης της μείζονος περιοχής Βόλου – Υδρογεωλογική Μελέτη.* ΥΠΕΧΩΔΕ
- Ξανθόπουλος Θ., Σ., 1996. Διαχείριση Υδατικών Πόρων: Θεωρητικές Ελπίδες και Ρεαλιστική προσέγγιση Πρακτικά Συνεδρίου ΤΕΕ- Τμήμα Κεντρικής και Δυτικής Θεσσαλίας. «Διαχείριση Υδατικών πόρων», Τόμος Ι. 13-16 Νοεμβρίου, Λάρισα
- **Παπανίκος Ν., (2008).** Ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων στην υπό επανασύσταση λίμνη Κάρλα Θεσσαλίας. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- **Παρασχούδη Β., Μαρίνος Π., Δ. Βαϊνάλη, (1988).** Υδρογεωλογικά Καρστικά Και Προσχωματικά Συστήματα Και Σύνδεση των Διαφόρων Λεκανών Της Ευρύτερης Περιοχής Βόλου-Κάρλας-Βελεστίνου-Περίβλεπτου Πρακτικά 4 Συνεδρίου Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας σελ 11-19 Μάιος 1988, Αθήνα
- **Πατέρας Δ., Μακρίδης Χ., Ντιούδης Π., Γρύπαρη Π., Κοκκολάκη Ν., (1996).** Έλεγχος της ποιότητας των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων της περιοχής της τέως λίμνης Κάρλας. Πρακτικά του Β' Πανελλήνιο Συνέδριο "Εγχειροβελτιωτικά έργα - Διαχείριση Υδατικών Πόρων - Εκμηχάνιση Γεωργίας". Τόμος Ι σελ 616-632, Λάρισα
- **Παπακωνσταντίνου Α. και Σ. Μπέλτσιος , (1996).** Έλεγχος επιφανειακών νερών Θεσσαλίας Πρακτικά Συνεδρίου ΤΕΕ- Τμήμα Κεντρικής και Δυτικής Θεσσαλίας «Διαχείριση Υδατικών πόρων», Τόμος Ι. 13-16 Νοεμβρίου, Λάρισα
- **Πατσώνας Γ., (2008).** Επιπτώσεις σεναρίων κλιματικής αλλαγής και στρατηγικών διαχείρισης υδατικών πόρων στη λεκάνη απορροής της Λίμνης Κάρλας : Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

- **Περλέρος Β. (1999).** Επαναδημιουργία λίμνης Κάρλας- Υποστηρικτική Υδρογεωλογική Μελέτη.
- **Πέππας και Συνεργάτες, Π. Πουλάκος, Ν. Κάτσης και Κ. Πανδής (2005).** Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Έργων Ενίσχυσης της Ύδρευσης της Μείζονος Περιοχής Βόλου. ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων.
- **Πετυχάκης Γ., Τριανταφύλλου Γ. και Α. Θεοδώρου, (2004).** Εφαρμογή ενός σύνθετου διαχειριστικού εργαλείου στο Παγασητικό κόλπο. 7ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, 14-17 Οκτωβρίου, Μυτιλήνη.
- **Πολύζος Σ. , Σπ. Σοφιάς, Κ. Γκούμας, (2009).** Διαχρονικές Μεταβολές του Υπόγειου Υδατικού Δυναμικού της Περιφέρειας Θεσσαλίας και οι Επιπτώσεις στην Ανάπτυξη της Περιφέρειας και το Περιβάλλον 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αγροτικής Οικονομίας σελ 410-427
- **Ρούσκας Γ., (2001).** Η επιστροφή της Κάρλα, Αθήνα
- **Σαμακοβλή Β., (2010).** Εφημερίδα "ΤΑΧΥΔΡΟΜΟΣ" 11/03
- **Σιδηρόπουλος Π., (2007).** Στοχαστική Προσομοίωση του Υπόγειου Υδροφορέα Της Λίμνης Κάρλας. Μεταπτυχιακή εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- **Σιδηρόπουλος Π., (2008).** Στοχαστική Προσομοίωση του Υπόγειου Υδροφορέα της Λίμνης Κάρλας. Δίκτυο Υδρομεδών, 11 – 12 Ιουλίου, Βόλος
- **Σιδηρόπουλος Π., (2009).** Περιβαλλοντική Αποτίμηση Της Υπό Ανασύσταση Λίμνης Κάρλας Στεφανοβίκειο Ημερίδα με θέμα "Το χθες, το σήμερα, το αύριο – ανάπτυξη διαβούλευσης για την αξιοποίησή της" 28 Νοεμβρίου Στεφανοβίκειο
- **Τσακίρης Γ. (2001).** Διαχείριση Υδατικών Πόρων για την Ειρήνη την Ανάπτυξη και το Περιβάλλον, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο.
- **Τσίρος Εμ., (2005).** Ο Δείκτης Βλάστησης Κανονικοποιημένης Διαφοράς (NDVI) και άλλοι Δείκτες στην Παρακολούθηση της Υδρολογικής Ξηρασίας. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

- **Τσούλου Χ., (2008).** Προτάσεις Για την Τουριστική Ανάπτυξη Της Λίμνης Κάρλας. Λίμνη Κάρλα: Ημερίδα με θέμα "Το χθες, το σήμερα, το αύριο – ανάπτυξη διαβούλευσης για την αξιοποίησή της" 28 Νοεμβρίου Στεφανοβίκειο
- **ΥΠΕΧΩΔΕ (2000).** Τεχνικό Δελτίο Μέτρου 8.2 Επαναδημιουργίας Λίμνης Κάρλας
- **ΥΠΕΧΩΔΕ (2002).** Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος, Διεύθυνση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, Τμήμα Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος, Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη Κάρλας – Μαυροβούνιου – Κεφαλόβρυσου-Βελεστίνου
- **Υπουργείο Ανάπτυξης, Ε.Μ.Π., Ι.Γ.Μ.Ε., (1996).** «Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Χώρας».
- **Φαρμάκη Μ., (2007).** Θεσμικό Πλαίσιο Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων. Συγκρούσεις Και Συντονισμός. Τμήμα Γενικού Δικαίου. Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών Και Πολιτικών Επιστημών. Αθήνα
- **Φιντικάκης Ν. (2008).** Τεχνική Έκθεση Ανάδειξης Περιβάλλοντος Κάρλας. ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων
- **Φώλια Σ., (2008).** Συνδυασμένο Σύστημα Προσομοίωσης και Διαχείρισης Επιφανειακού Νερού- Νέου Ταμιευτήρα- Υδροφορέα στη Λεκάνη Απορροής της Κάρλας. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- **Χορταργιάς Αθ., (2009).** Λίμνη Κάρλα Ένα Από Τα Μεγαλύτερα Περιβαλλοντικά Έργα Στην Ευρώπη. Μέτρα για την Αντιμετώπιση της κλιματικής Αλλαγής. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος. Δεκέμβριος σελ 19-22
- **Χριστοδούλου Γ., (1996).** Περιβαλλοντική επιβάρυνση του Παγασητικού Κόλπου από τα γεωργικά απόβλητα της περιοχής Κάρλας. Πρακτικά του Β' Πανελληνίου Συνεδρίου "Εγγειοβελτιωτικά έργα - Διαχείριση Υδατικών Πόρων - Εκμηχάνιση Γεωργίας". Τόμος ΙΙ σελ 1167-1177, Λάρισα.
- **Ψιλοβίτικος Α., (1996).** Εγγειοβελτιωτικά έργα και επιπτώσεις στο περιβάλλον. Πρακτικά του Β' Πανελληνίου Συνεδρίου "Εγγειοβελτιωτικά έργα - Διαχείριση Υδατικών Πόρων - Εκμηχάνιση Γεωργίας". Τόμος ΙΙ σελ 471-428, Λάρισα

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Bakalianos D, A. Loukas, Vagiona D. (2008).** Emergy Analysis As a Tool for the Evaluation of Environmental and Economic Sustainability of Crops in Two Irrigated Agricultural Areas. International Conference of *Protection* and Restoration of the Environment, 29 June-3 July, Kefalonia.
- **First National Report on the Implementation of the UNITED NATIONS Convention to Combat Desertification (2000) Athens** (διαθέσιμο στο: www.unccd.int/cop/reports/.../national/2000/greece-eng.pdf)
- **Gerakis P.A., (1992).** Conservation and Management of Greek Wetlands Proceedings of a Greek Wetlands Workshop held in Thessaloniki, 17-21 April, Greece
- **Kokkinos K. & N. Mylopoulos, (2007).** The Lake Karla Basin In Thessaly 2nd Open Mi-Life Workshop, CEH, 20-21 November Wallingford, United Kingdom
- **Liakopoulos A., (2006).** Pinios River and Lake Karla Basins, Thessaly, Greece. Open Mi-Life Meeting Kick off Meeting 3-5 October, Belgium
- **Loukas A., N. Mylopoulos, H. Tarnanas, Polykretis, A Dimitriou, A. (2005).** Sustainable water resources management in Pinios River and Lake Karla basins, Thessaly” ” 6th EWRA International Conference “Sharing a common vision for our water resources”, 7-10 September 2005, Menton
- **Loukas, A., E. Kolokytha, N. Mylopoulos, L. Vasiliades, A. Mentis and Y. Mylopoulos (2006).** “Policy Options through Water Conservation in Agriculture in the Greater Thessaly Region” 8th International Conference of Protection and Restoration of the Environment, 3- 7 July, Chania
- **Loukas, A., N. Mylopoulos, & L. Vasiliades (2007).** *A Modelling System for the Evaluation of Water Resources Management Scenarios in Thessaly, Greece.*
- **Loukas A., N. Mylopoulos, K. Kokkinos, P. Sidiropoulos, L. Vasiliades and A. Liakopoulos, (2008).** Hydropredict 2008, 15-18 September Prague, Czech Republic
- **Moustaka E., Mylopoulos N., Loukas A. (2002)** Assessment of the restored lake Karla operation under different hydrological and water demand scenarios.

Proceedings of the 6th International Conference of Protection and Restoration of the Environment; July 1 –July 5; Skiathos, Greece pp: 207-215.

- **Valaora G., (1998).** An Attempt at Wetland Restoration in Greece. The Case of Former Lake Karla Proceedings of an International Conference: Protection and Restoration of the Environment IV, Sani
- **Vasiliades L., A. Loukas, and G. Patsonas, (2009).** Evaluation of a statistical downscaling procedure for the estimation of climate change impacts on droughts. *Natural Hazards and Earth System Sciences* (9) pp 879-894
- **Zalidis G., V. Takavakoglou, A. Panoras, G. Bilas, S. Katsavouni, (2005).** Re-Establishing a Sustainable Wetland at Former Lake Karla, Greece, Using Ramsar Restoration Guidelines. *Environmental Management* Vol. 34, No. 6, pp. 875–886
- **Zalidis G., and A. Gerakis, (1999).** Research Evaluating Sustainability of Watershed Resources Management through Wetland Functional Analysis. *Environmental Management* Vol. 24, No. 2, pp. 193-207

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Www. koebes- karla.gr (18 Μαρτίου 2010)

www. ecocity. gr (13 Μαΐου 2010)

Abstract

This dissertation deals with the Management of Water Resources, specifically with the best possible solution for the equitable exploitation in the reconstitution of Lake Karla with the creation of a 38 km² reservoir. Initially the study explores the significance of management of aquatic resources; followed by the management of aquatic resources in general in Greece and more specifically in the District of Thessaly. In addition the repercussions are recorded that emanated from the drainage (desiccation) of the said lake. These ramifications are related mainly with the unfavorable changes in the hydrologic and climatic data, which involved negatively results, in the rural economy, in the residents of region even if the initial indications led to different misleading conclusions. Important consequences pertaining to the negative effects of this desiccation were also realized in the flora and the fauna of the region.

The positive results that will result from the reconstitution of the lake are noted in all without exception sectors. The study analyses the goods and the services that will be offered in the restored hydrology and microclimate of the region. The positive results will cover of irrigational needs of the region from the surface waters of the restored lake. In addition, the reservoir will bestow the possibility of enrichment of underground water reservoirs that are involved empowering the water supply of the region under more favourable and more qualitative conditions. The extreme meteorological phenomena are expected to be eliminated and thus encourage the import of new cultures. Moreover, it will undoubtedly provide as expected positive bearing on the health of the local residents. The same effect will also be evident in the flora and fauna of the region resulting from climatic factors. The changes that will befall these two sectors will afford motives, which are related to the economic-tourism promotion of the region with soft environmental forms of growth. However, it is important to mention that if all these benefits are to be realised certain rules regarding water management and area development must be strictly followed because there is always the lurk of danger in triggering off yet a new natural imbalance defeating the

excellent and positive environmental impact of this major restoration process which so many have worked for given its European dimensions.

Keywords: Lake Karla, Management of Water Resources