



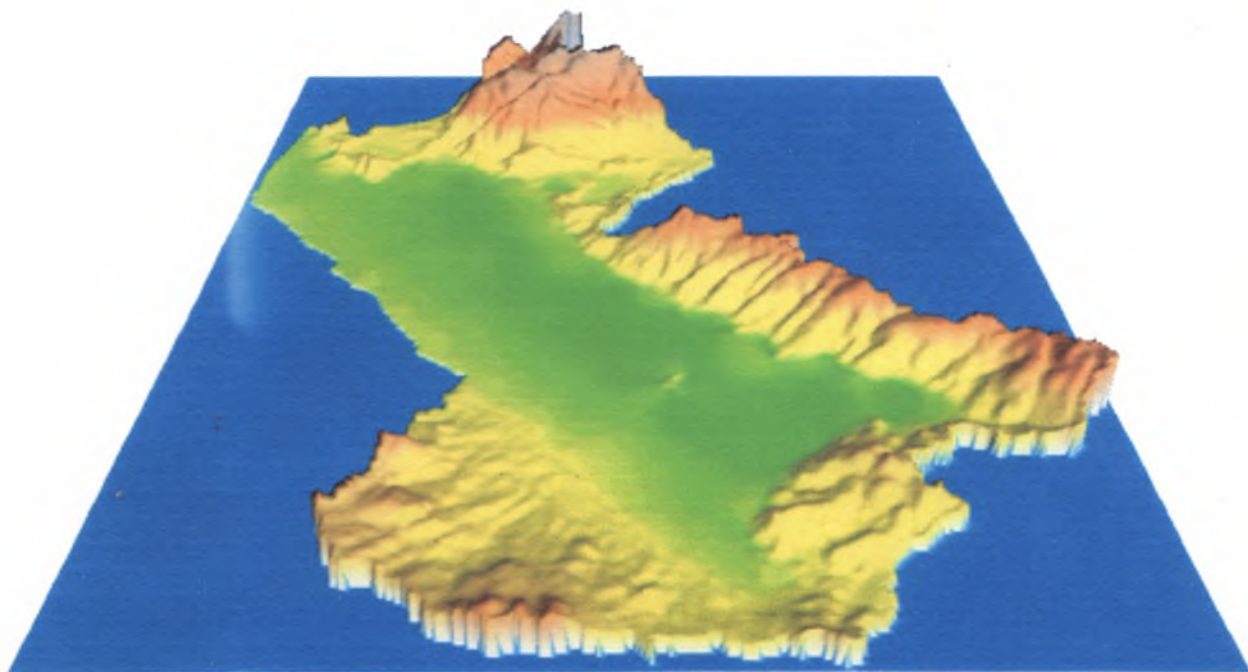
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τομέας Υδρομηχανικής Και Περιβαλλοντικής Τεχνικής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ
ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΥΠΟ ΑΝΑΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΜΝΗΣ
ΚΑΡΛΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΝΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ**



Ελένη Μουστάκα

Επιβλέποντες: Νικήτας Μυλόπουλος
Αθανάσιος Λουκάς

Βόλος, Μάρτιος 2002

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 896/1
Ημερ. Εισ.: 11-03-2002
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΠΜ
2002
ΜΟΥ



213 / Π.Α.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000062921

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο εργαστήριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, του τομέα Υδρομηχανικής και Περιβαλλοντικής Τεχνικής. Είναι το επιστέγασμα μιας προσπάθειας πέντε ετών για την ολοκλήρωση των σπουδών μου που πέρα από επαγγελματικά εφόδια, συνέβαλε στη διαμόρφωση της προσωπικής μου κοσμοθεωρίας.

Επιβλέποντες της εργασίας ήταν οι διδάσκοντες του τμήματος Νικήτας Μυλόπουλος και Αθανάσιος Λουκάς τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω για την πολύτιμη καθοδήγηση, χωρίς την οποία η πραγμάτωση της εργασίας θα ήταν ακατόρθωτη. Η συνεργασία και με τους δύο παραπάνω καθηγητές, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, ήταν πολύ εποικοδομητική για μένα, τόσο από άποψη αποκόμισης σημαντικών γνώσεων, όσο και από πλευράς ανάπτυξης της κριτικής μου σκέψης.

Ειδικότερα, ευχαριστώ τον κύριο Νικήτα Μυλόπουλο για την εμπιστοσύνη και τη συμπαράσταση με την οποία με περιέβαλε από την αρχή της συνεργασίας μας και επιπλέον γιατί μέσα από τα μαθήματά του μου δόθηκε η ευκαιρία να ανακαλύψω ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, όπως αυτό της διαχείρισης υδατικών πόρων με το οποίο στη συνέχεια ασχολήθηκα.

Τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον κύριο Αθανάσιο Λουκά, για την πολύτιμη συμβολή του στο μεγαλύτερο μέρος της εργασίας, καθώς και για το πλήθος και την ποιότητα των γνώσεων τις οποίες μου μετέδωσε σε όλα τα μαθήματα που μας δίδαξε. Εύχομαι ολόψυχα σύντομη και πανηγυρική αναγνώριση των επιστημονικών και διδακτικών του ικανοτήτων.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Δρα Αλέξανδρο Μεντέ, ο οποίος προσφέρθηκε να με εξοικειώσει με το πρόγραμμα MapInfo και να μου λύσει τις όποιες απορίες.

Η ουσιαστικότερη βοήθεια δεν θα μπορούσε να ήταν παρά από κάποιο πραγματικά αγαπημένο μου πρόσωπο και αυτό ήταν η αδελφή μου Γεωργία

Μουστάκα, η οποία ανέλαβε την άχαρη και επίπονη διαδικασία της ψηφιοποίησης, όταν εγώ είχα άλλες υποχρεώσεις. Επιφυλάσσομαι να ανταποδώσω στο άμεσο μέλλον.

Δεν θα μπορούσα να παραβλέψω και την συνδρομή της υπόλοιπης οικογένειας μου, των γονιών μου και της αδελφής μου Δήμητρας, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου που πέρα από υλική, ήταν ψυχολογική και ηθική.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καλούς φίλους από όλη την Ελλάδα που απέκτησα εδώ στο Βόλο, με τους οποίους μοιράστηκα τα πέντε τελευταία χρόνια χαρές και λύπες, και ιδιαίτερα τον Διονύση Μπερσίμη που ήταν μαζί μου όλα αυτά τα χρόνια. Τα ευτυχισμένα φοιτητικά μας χρόνια εύχομαι να ακολουθήσουν εξίσου ευτυχισμένα παραγωγικά χρόνια και εμείς να βρισκόμαστε πότε-πότε για ένα τσιπουράκι.

Ελένη Μουστάκα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή προτείνεται μια διαδικασία για τη διαχείριση των υδατικών πόρων της λεκάνης απορροής της υπό ανασύσταση λίμνης Κάρλας με τη χρήση ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών. Οι βασικές πληροφορίες που χρησιμοποιήθηκαν στο Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών για την υδρολογική ανάλυση και τον καθορισμό των απορροών της λεκάνης για τρία υδρολογικά ήταν τοπογραφικοί χάρτες και μετεωρολογικά δεδομένα (βροχόπτωση και θερμοκρασία). Οι χάρτες ψηφιοποιήθηκαν, ώστε να αποδώσουν το μορφολογικό υπόβαθρο της περιοχής και στη συνέχεια με την εφαρμογή της μεθόδου της βροχοβαθμίδας κατανεμήθηκαν χωρικά οι μετεωρολογικές πληροφορίες.

Παράλληλα, επιχειρήθηκε διερεύνηση του ρόλου του νέου ταμιευτήρα, μέσω του οποίου στην ουσία γίνεται η διαχείριση των επιφανειακών απορροών της λεκάνης. Αφού καθορίστηκαν οι εισροές στον ταμιευτήρα που πέρα από τις επιφανειακές απορροές της λεκάνης περιλαμβάνουν και απολήψεις από τον ποταμό Πηνειό, καταρτίσθηκε το υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα για τέσσερα διαχειριστικά σενάρια. Τα σενάρια αυτά αφορούν την ενδεχόμενη εκτροπή της κλειστής λεκάνης Καλοχωρίου στον ταμιευτήρα και την μείωση των αρδευτικών γεωτρήσεων στην περιοχή. Το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών χρησιμοποιήθηκε σαν εργαλείο για τη εφαρμογή των διαφόρων υδρολογικών και διαχειριστικών σεναρίων, καθώς και για την εξακρίβωση των καλύτερων πρακτικών διαχείρισης των υδατικών πόρων της λίμνης Κάρλας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1 Η ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ ΚΑΙ Η ΑΝΑΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ	5
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.2 Η ΛΙΜΝΗ.....	8
1.2.1 Θέση –Ορια- Εμβαδόν.....	8
1.2.2 Κλίμα.....	9
1.2.3 Γεωλογία.....	10
1.2.4 Η διακόμανση της στάθμης της λίμνης.....	10
1.3 Η ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ.....	11
1.3.1 Γενικά.....	11
1.3.2 Ιστορικό μελετών- Υφιστάμενα έργα.....	12
1.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ.....	16
1.4.1 Επιπτώσεις Στο Περιβάλλον.....	16
1.4.2 Επιπτώσεις Στον Άνθρωπο.....	22
1.5 Η ΑΝΑΣΥΣΤΑΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ.....	23
1.5.1 Περιγραφή της μορφολογίας της λεκάνης της Κάρλας.....	23
1.5.2 Μελέτη Ταμιευτήρα.....	24
1.5.3 Περιγραφή της λειτουργίας του έργου.....	27
1.6 ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ ΑΝΑΣΥΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΡΛΑΣ.....	31
1.6.1 Επιπτώσεις στο Περιβάλλον.....	31
1.6.2 Επιπτώσεις στον Άνθρωπο.....	33
2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ	
36	
2.1 Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....	36
2.2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ..	39
2.3 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΜΑΡΙΝΦΟ ..	40
2.4 ΣΥΝΟΠΤΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΑΡΙΝΦΟ.....	41
2.5 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΡΙΓΜΕΝΗΣ ΣΕ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS).....	47
2.5.1 Μορφολογικές πληροφορίες.....	47
2.5.2 Πληροφορίες υδραυλικών έργων.....	48
2.5.3 Πληροφορίες συγκοινωνιών.....	48
2.5.4 Αστικά κέντρα.....	48
2.5.5 Υδρολογικές πληροφορίες.....	48
2.5.6 Γεωλογικές πληροφορίες.....	48
2.6 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΕΣ.....	49
2.6 ΟΙ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΕΣ ΩΣ ΠΗΓΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ.....	54
2.6.1 Ισοψείς.....	54

2.6.2	Χείμαρροι.....	54
2.6.3	Βροχομετρικοί σταθμοί.....	54
2.6.4	Υφιστάμενα και προτεινόμενα έργα.....	54
2.6.5	Συνολική λεκάνη και υπολεκάνες.....	54
3 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ.....		55
3.1	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ.....	55
3.1.1	Βροχομετρικά Δεδομένα- Μετεωρολογικοί Σταθμοί.....	55
3.1.2	Η Μέθοδος Της Βροχοβαθμίδας.....	56
3.2	ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ.....	65
3.2.1	Δεδομένα Θερμοκρασίας- Μετεωρολογικοί Σταθμοί.....	65
3.2.2	Η Μέθοδος Blaney- Criddle.....	66
3.3	ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ.....	67
3.3.1	Προσδιορισμός υδρολογικών παραμέτρων και συντελεστών.....	67
3.4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	69
4 ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ.....		71
4.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	71
4.2	ΕΙΣΡΟΕΣ ΣΤΟΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ.....	73
4.2.1	Απορροή.....	73
4.2.2	Βροχόπτωση στον Ταμιεντήρα.....	74
4.2.3	Απολήψεις από τον Πηνειό.....	75
4.3	ΕΚΡΟΕΣ.....	76
4.3.1	Απολήψεις από τον Ταμιεντήρα για αρδεύσεις.....	76
4.3.2	Εξάτμιση από τον Ταμιεντήρα.....	77
4.3.3	Διαφυγές από τον Ταμιεντήρα.....	77
4.4	ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ.....	78
4.5	ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ.....	79
4.5.1	1 ^ο Σενάριο: Με βάση τη μελέτη.....	79
4.5.2	2 ^ο Σενάριο: Μετά την κατασκευή της σήραγγας Καλοχωρίου.....	81
4.5.3	3 ^ο Σενάριο: Με μείωση των γεωτρήσεων.....	83
4.5.4	4 ^ο Σενάριο: Μετά την κατασκευή της σήραγγας Καλοχωρίου και με μείωση των γεωτρήσεων.....	85
4.6	ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	87
4.7	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	88
4.8	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	92
5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....		94
5.1	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	94
5.2	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	95
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		97

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι μια προκαταρκτική μελέτη διαχείρισης των υδατικών πόρων στην λεκάνη απορροής του κατασκευαζόμενου ταμιευτήρα της Κάρλας με χρήση ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών. Επίσης, επιχειρείται η διερεύνηση του ρόλου του ταμιευτήρα στη διαχείριση του νερού στην ευρύτερη περιοχή.

Η ανάγκη που υπαγόρευσε αυτή τη μελέτη συνίσταται σε ένα πλήθος προβλημάτων που σχετίζονται με την ανορθολογική χρήση των υδατικών πόρων της περιοχής και τα οποία χρήζουν άμεσης επίλυσης. Τα προβλήματα αυτά δεν είναι μόνο συνέπεια πραγματικής έλλειψης νερού ή ακραίων υδρολογικών καταστάσεων, αλλά οφείλονται κυρίως στην ανθρώπινη παρέμβαση.

Οι λόγοι που οδήγησαν στην ανατροπή του υδατικού ισοζυγίου της περιοχής είναι: α) η αποξήρανση της λίμνης Κάρλας, η οποία χρησίμευε για την αποθήκευση των επιφανειακών απορροών της λεκάνης, β) η μη κατασκευή του προβλεπόμενου ταμιευτήρα σε τμήμα της παλιάς λίμνης ο οποίος θα αντικαθιστούσε μέρος αυτής της αποθηκευτικής λειτουργίας, με αποτέλεσμα την απώλεια εκατομμυρίων κυβικών νερού ετησίως στη θάλασσα, και γ) η αύξηση της ζήτησης νερού στην περιοχή, η οποία βρίσκεται στην Θεσσαλικό κάμπο και αποτελεί την κύρια γεωργοπαραγωγική περιοχή της χώρας. Η έλλειψη των επιφανειακών και ανανεώσιμων αποθεμάτων οδήγησε με τη σειρά της σε υπεράντληση των υπόγειων υδροφορέων και στην εξάντληση των αποθεμάτων νερού, πρακτική που έρχεται σε πλήρη αντίθεση με την αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης.

Εκτός από το υδατικό έλλειμμα, η αποξήρανση της λίμνης ευθύνεται για την εμφάνιση διαφόρων οικολογικών προβλημάτων. Το νερό αποτελεί σημαντικό κρίκο σε ένα οικοσύστημα, με αποτέλεσμα η ποσοτική του υποβάθμιση να έχει

διευρυμένες συνέπειες, με αποδέκτες όπως, το κλίμα, το έδαφος (ποιοτική υποβάθμιση, εμφάνιση ρηγματώσεων), τη χλωρίδα, την πανίδα και τελικά τον άνθρωπο.

Η πολιτεία αποφάσισε να δώσει λύση σ' όλα αυτά τα προβλήματα που προκάλεσε η αποξήρανση της Κάρλας, με την ανασύσταση της, δηλαδή την κατασκευή ταμιευτήρα σε τμήμα της πρώην λίμνης, ο οποίος είχε ήδη προταθεί στη μελέτη αποξήρανσης αλλά δεν κατασκευάστηκε για πολιτικούς κυρίως λόγους, και δευτερευόντως με τη μεταφορά νερού από τον Αχελώο, η οποία θα ανακουφίσει την ευρύτερη περιοχή.

Η παρούσα εργασία φιλοδοξεί να ελέγξει κατά κύριο λόγο σε ποιο βαθμό θα επιτευχθεί η εξισορρόπηση του υδατικού ισοζυγίου της περιοχής, μετά την κατασκευή του ταμιευτήρα. Το εργαλείο για την επίτευξη αυτού του σκοπού ήταν ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα οργάνωσης και συσχέτισης των πληροφοριών, με βάση ένα γεωγραφικό σύστημα αναφοράς.

Βασική αρχή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι ότι τα γεωμετρικά δεδομένα οργανώνονται με τοπολογικές σχέσεις αναφορικά με το γεωγραφικό χώρο. Έτσι, κάθε χάρτης είναι πλέον εφοδιασμένος με μια ισχυρή βάση δεδομένων και τα διάφορα γεωγραφικά δεδομένα μπορούν να συνδυαστούν και να δώσουν επιθυμητό αποτέλεσμα στη φάση της ανάλυσης.

Η χρησιμότητα αυτού του εργαλείου σε μια μελέτη διαχείρισης υδατικών πόρων είναι μεγάλη, δεδομένου ότι η υδρολογική πληροφορία παρουσιάζει άμεση τοπολογική εξάρτηση, όπως και το σύνολο άλλων πληροφοριών που σχετίζονται με τη διαχείριση (ανάγκες σε νερό, έργα, χρήσεις γης, γεωλογία, κ.τ.λ.).

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την ολοκλήρωση της μελέτης είναι τα εξής:

1. Αναζήτηση όλων των απαραίτητων δεδομένων, χαρτών, μελετών, άρθρων που αφορούν την περιοχή, στην βιβλιοθήκη του πανεπιστημίου, στο διαδίκτυο, σε άλλες βιβλιοθήκες και υπηρεσίες και καταγραφή αυτών.
2. Ψηφιοποίηση των χαρτών της περιοχής και δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου εδάφους χρησιμοποιώντας το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών MapInfo.
3. Επεξεργασία των βροχομετρικών και μετεωρολογικών δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση.
4. Εισαγωγή των επεξεργασμένων δεδομένων στο ΓΣΠ και ανάλυση των πληροφοριών, όπως χωρική κατανομή τους.
5. Καθορισμός του υδατικού δυναμικού της λεκάνης.
6. Σύνδεση του υδατικού δυναμικού με τις απαιτήσεις σε νερό στην περιοχή και εξαγωγή του υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα.
7. Ανάπτυξη εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης.
8. Εξαγωγή συμπερασμάτων –Προτάσεις.

Αναλυτικότερα, στο Πρώτο Κεφάλαιο κρίθηκε απαραίτητο να γίνει η περιγραφή της περιοχής της λίμνης. Εξηγούνται οι λόγοι που οδήγησαν στην αποξήρανση, περιγράφεται το ιστορικό των μελετών και τα υφιστάμενα έργα στην περιοχή καθώς και τα προβλήματα που ακολούθησαν την αποξήρανση. Στην συνέχεια, εκτίθενται οι μελέτες που πρότειναν την ανασύσταση της λίμνης, τα προτεινόμενα έργα και ειδικότερα η λειτουργία του κατασκευαζόμενου ταμιευτήρα, ενώ ακολουθούν οι θετικές συνέπειες που αναμένονται μετά την ολοκλήρωση του έργου.

Στο Δεύτερο Κεφάλαιο περιγράφεται το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για τους σκοπούς της εργασίας, δηλαδή το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.

Αναπτύσσεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εισαγωγή και επεξεργασία των πληροφοριών στο πρόγραμμα MapInfo και παρατίθενται τα αποτελέσματα αυτής.

Στο Τρίτο Κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία υπολογισμού των επιφανειακών απορροών της λεκάνης για τρία υδρολογικά σενάρια. Περιγράφονται οι μέθοδοι υπολογισμού της βροχόπτωσης, της εξάτμισης και της κατείσδυσης, και καθορίζεται το επιφανειακό υδατικό δυναμικό της λεκάνης.

Στο Τέταρτο Κεφάλαιο αναπτύσσονται τέσσερα διαφορετικά διαχειριστικά σενάρια που αφορούν τη διοχέτευση των νερών της κλειστής λεκάνης Καλοχωρίου στον ταμιευτήρα και την μείωση των αρδευτικών γεωτρήσεων. Καταρτίζεται το υδατικό ισοζύγιο του Ταμιευτήρα για κάθε σενάριο με βάση τις εισροές που υπολογίστηκαν (απορροές της λεκάνης σύμφωνα με το Τρίτο Κεφάλαιο και απολήψεις από τον Πηνειό) και τις εκροές, όπως έχουν εκτιμηθεί από τη μελέτη 'Επαναδημιουργίας λίμνης Κάρλας'. Τέλος, γίνεται σύγκριση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων των σεναρίων.

Στο Πέμπτο Κεφάλαιο συζητούνται τα αποτελέσματα της μελέτης, εξάγονται τα συμπεράσματα και υποβάλλονται κάποιες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1 Η ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ ΚΑΙ Η ΑΝΑΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ.

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λίμνη Κάρλα, ή αρχαία Βοιβηίς καταλάμβανε μέχρι το 1962 το χαμηλότερο σημείο της Θεσσαλικής πεδιάδας. Η λίμνη δεχόταν σημαντικές εισροές γλυκού νερού διότι, πέρα από τα νερά της λεκάνης απορροής της, ήταν αποδέκτης μέρους της πλημμυρικής παροχής του Πηνειού μέσω του ρεύματος Ασμάκι. Οι εκροές νερού από τη λίμνη οφείλονταν κυρίως στην εξάτμιση και τις απώλειες νερού από τον πυθμένα και τις όχθες της. Η εισροή σημαντικών όγκων νερού, σε συνδυασμό με το μικρό βάθος της λίμνης, ευνοούσαν την ιχθυοπαραγωγή, την υδρόβια βλάστηση και τη φιλοξενία υδρόβιων πτηνών (Σχήμα 1.1). Αν υπήρχε σήμερα η Κάρλα, θα ήταν ένας από τους πέντε σημαντικότερους υγροτόπους στην Ελλάδα.



Σχήμα 1.1. Άποψη της λίμνης

Η μικρή κλίση του πυθμένα της λίμνης, είχε ως αποτέλεσμα, ανάλογα με τη σχέση εισροών-εκροών, το εμβαδόν της να κυμαίνεται μεταξύ 40 και 180 τ.χ λμ. Αυτό είχε ως επακόλουθο η παγίδευση πλημμυρικών υδάτων στη λίμνη να συνοδεύεται από την κατάκλυση μεγάλων γεωργικών εκτάσεων γύρω από αυτή, ενώ παράλληλα προκαλούσε προβλήματα στράγγισης και αλατότητας στα εδάφη της γύρω περιοχής.

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

Με την ολοκλήρωση των πρώτων έργων αντιπλημμυρικής προστασίας το 1949, που περιελάμβαναν τους ορεινούς συλλεκτήρες και τα αναχώματα του Πηνειού, περιορίστηκε η λεκάνη απορροής της κατά το 1/3 και αποκόπηκε η τροφοδοσία της από τον ποταμό. Συνέπεια αυτού ήταν η μείωση των εισροών και η υποβάθμιση του υγροτόπου.

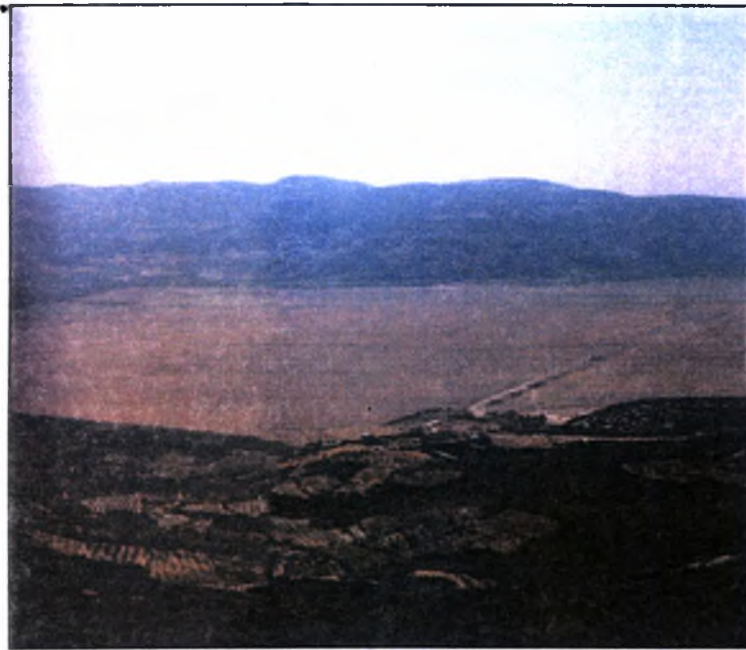
Η τελική αποστράγγιση της λίμνης το 1962, με την κατασκευή της σήραγγας αποστράγγισης και μέρους του αποστραγγιστικού δικτύου, δεν έλυσε πλήρως τα προβλήματα διότι δεν κατασκευάστηκαν: 1) ο προβλεπόμενος από τις μελέτες ταμιευτήρας και 2) τα έργα που συνδέονταν με αυτόν. Ο ταμιευτήρας αυτός δεν κατασκευάστηκε λόγω αντιρρήσεων όσον αφορά τη θέση εγκατάστασης, την έκταση που θα καταλάμβανε και το κατά πόσο πέραν από την αντιπλημμυρική προστασία θα χρησίμευε και για την αποθήκευση νερού για άρδευση. Τελικά, ύστερα από σειρά μελετών ο ταμιευτήρας αυτός βρίσκεται σήμερα στη φάση κατασκευής.

Η αναστολή των έργων κατασκευής του ταμιευτήρα δεν επέτρεψε να ολοκληρωθούν τα έργα αντιπλημμυρικής προστασίας και αποθήκευσης νερού, με αποτέλεσμα την εμφάνιση των εξής περιβαλλοντικών συνεπειών:

- εξάντληση και πτώση της στάθμης των υπόγειων υδροφορέων, ανεπάρκεια αρδευτικού νερού,
- κατακλύσεις των χαμηλών περιοχών και πλημμυρική στράγγιση,

- ρύπανση του Παγασητικού με βιομηχανικούς και γεωργικούς ρύπους που εισέρχονται στις αποστραγγιστικές τάφρους.

Με την αποξήρανση της λίμνης χάθηκε η πλούσια ιχθυοπαραγωγή, καταστράφηκε το ενδιαίτημα εκατοντάδων χιλιάδων υδρόβιων και παρυδάτιων πουλιών και αποκόπηκε ο σπουδαιότερος κρίκος μεταξύ των υγροτόπων της Βόρειας και Νότιας Ελλάδας. Επίσης, η περιοχή έχασε την οικολογική της ταυτότητα και την μοναδική πολιτιστική της κληρονομιά, η οποία συνδεόταν με το υγρό στοιχείο.



Σχήμα 1.2. Η περιοχή της αποξηραμένης λίμνης σήμερα.

Μεγάλο μέρος των προβλημάτων που υφίστανται σήμερα στην περιοχή προήλθε από την απώλεια των πολύτιμων λειτουργιών του υγροτόπου. Οι λειτουργίες αυτές ήταν:

- ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων,
- η παγίδευση των πλημμυρικών νερών,
- η απομάκρυνση και η μετατροπή των θρεπτικών στοιχείων,
- η κατακράτηση των ιζημάτων και των τοξικών ουσιών,
- η αποθήκευση και ελευθέρωση της θερμότητας,
- η δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας
- η στήριξη των τροφικών αλυσίδων.

Οι άμεσες και έμμεσες αξίες του υγροτόπου, που απορρέουν από τις λειτουργίες του και αποτελούν τη δυναμική του ενέργεια είναι

- η αποταμίευση νερού
- η βελτίωση της ποιότητάς του νερού
- η βιολογική ποικιλότητα,
- η αλιευτική,
- η θηραματική κ.α.

Από τις αξίες του υγροτόπου, αυτές που χρησιμοποιούνται ονομάζονται χρήσεις, αποτελούν την κινητική ενέργεια του συστήματος και η ορθολογική τους διαχείριση συντελεί στη διατήρηση της δυναμικής ενέργειας, δηλαδή στην αειφορία.

Η αποτελεσματική αντιμετώπιση των προβλημάτων που αναφέρθηκαν μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την ολοκληρωμένη αποκατάσταση του υγροτόπου. Με τον όρο αυτό εννοείται, η αποκατάσταση μέρους των λειτουργιών του που απωλέσθησαν, λαμβάνοντας υπόψη την πολυπλοκότητα τους και τις αλληλεξαρτήσεις τους, υπό τις συνθήκες που σήμερα επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή του. Ας σημειωθεί ότι οι συνθήκες αυτές είναι φυσικό να έχουν μεταβληθεί μέσα στα 40 έτη που πέρασαν από την αποξήρανση.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση του βαθμού «αποκατάστασης», της σημαντικότερης από τις παραπάνω χρήσεις, αυτής που σχετίζεται με την αποταμίευση νερού στον ταμιευτήρα, λαμβάνοντας υπόψη τις παρούσες συνθήκες και ανάγκες. Αυτός άλλωστε είναι και ο κύριος στόχος της επαναδημιουργίας της λίμνης, δηλαδή η εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων νερού για άρδευση και ύδρευση, η αποκατάσταση του υποβαθμισμένου υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και η αντιπλημμυρική προστασία της περιοχής.

1.2 Η ΛΙΜΝΗ

1.2.1 Θέση –Όρια- Εμβαδόν

Η λεκάνη της Κάρλας βρίσκεται στο ΝΑ άκρο της πεδιάδας της Λάρισας και παρουσιάζει μορφή κλειστής επιμήκους λεκάνης μήκους 35 χλμ. και πλάτους 9- 15 χλμ. Η λεκάνη έχει όρια στο Βορρά τον ποταμό Πηνειό και τον ορεινό όγκο της Όσσας, στην Ανατολή τους ορεινούς όγκους του Μαυροβουνίου και του Πηλίου, στο

Νότο το Χαλκοδόνιο όρος και το Μεγαβούνι και στη Δύση το Φυλλήιον όρος (Σχήμα 1.3). Η φυσική λεκάνη της Κάρλας έχει συνολική έκταση 1663 τ.χλμ. Στο μέσο της λεκάνης αυτής βρίσκεται το βαθύτερο τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας, τα χαμηλότερα τμήματα της οποίας μέχρι το 1961, κάλυπταν τα νερά της λίμνης, που αποτελούσε πριν από την εκτέλεση των έργων και τον κύριο αποδέκτη της. Διοικητικά η περιοχή υπάγεται στους νομούς Λαρίσης και Μαγνησίας.



Σχήμα 1.3. Η θέση της Κάρλας.

1.2.2 Κλίμα

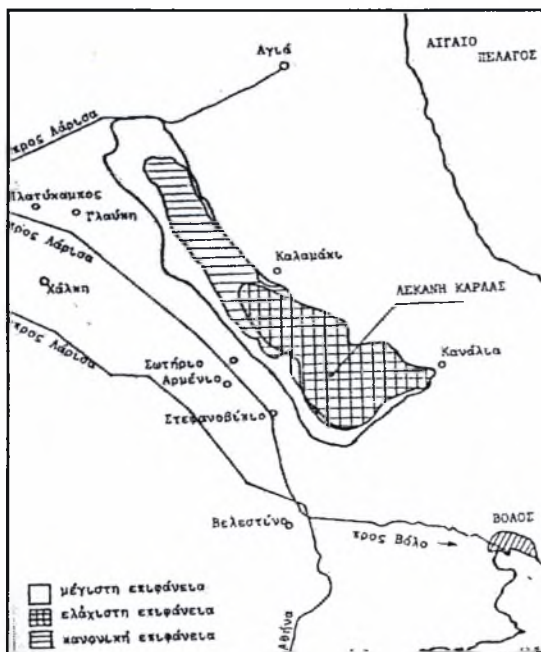
Το κλίμα στην περιοχή κατατάσσεται στο ηπειρωτικό ημίξηρο χαρακτηριζόμενο από θερμό και ξηρό καλοκαίρι και ψυχρό και υγρό χειμώνα. Η μέση θερμοκρασία είναι πάντα πάνω από το μηδέν, αλλά η χαμηλότερη θερμοκρασία που παρατηρήθηκε κατά το χειμώνα είναι $-21,6^{\circ}\text{C}$. Η μέγιστη θερμοκρασία που παρατηρήθηκε το καλοκαίρι ήταν $45,2^{\circ}\text{C}$. Επίσης, στην περιοχή παρατηρούνται παγετοί κατά την περίοδο Δεκεμβρίου- Μαρτίου και σπανιότερα κατά τους μήνες Νοέμβριο και Απρίλιο. Η μέση σχετική υγρασία στην περιοχή είναι 66%.

1.2.3 Γεωλογία

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

1.2.4 Η διακύμανση της στάθμης της λίμνης

Η λίμνη κατέλαβε τη μεγαλύτερη παρατηρηθείσα έκτασή της περίπου 180 τ. χλμ, κατά το χειμώνα του 1920-21, εξαιτίας των μεγάλων πλημμυρών του Πηνειού κατά την περίοδο αυτή. Η δεύτερη σε μέγεθος μεγαλύτερη έκταση που κατέλαβε η λίμνη ήταν το χειμώνα του 1930-31, όταν η επιφάνεια της ανήλθε στα 49,25 μ πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και είχε έκταση 145 τ. χλμ (Σχήμα 1.4).



Σχήμα 1.4. διακύμανση της στάθμης.

1.3 Η ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

1.3.1 Γενικά

Το μέγιστο βάθος της Κάρλας από 5,5 μέτρα που ήταν πριν από το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, μειώθηκε στα 2 μέτρα το 1950-51. Οι διακυμάνσεις της στάθμης, η απόπλυση των εδαφών, το ιδιόμορφο ιδιοκτησιακό καθεστώς και η μείωση των αλιευμάτων συνετέλεσαν στο να αποξηρανθεί εντελώς η Κάρλα, παρά τις σχετικές μελέτες που δεν προέβλεπαν κάτι τέτοιο.

Το 1954 ο μηχανικός Παπαδάκης παρουσιάζει μια μελέτη εγγειοβελτιωτικών έργων της Παρακάρλιου περιοχής που του είχε ανατεθεί από το Υπουργείο Γεωργίας. Η μελέτη αυτή αφορούσε στην αξιοποίηση του μεγαλύτερου τμήματος της Παρακάρλιου περιοχής που εκτείνεται μεταξύ της Ν.Δ. όχθης της λίμνης και της παλαιάς Εθνικής οδού Βόλου- Λάρισας, Β.Δ. μέχρι την οδό Λάρισας- Αγίας και Ν.Α. ορίζεται από το κοινοτικό όριο του χωριού Ριζόμυλος. Η συνολική έκταση της περιοχής αυτής είναι 197 τ. χλμ.

Η μελέτη προέβλεπε την κατασκευή αρδευτικού και αποστραγγιστικού δικτύου αποτελούμενου από τάφρους και διώρυγες. Η λίμνη θα περιοριζόταν σε μια έκταση 64,7 τ. χλμ στο Ν.Α. τμήμα της. Στο δυτικό όριο της λίμνης θα κατασκευαζόταν ανάχωμα για την προστασία της περιοχής από υπερχειλίσσεις της λίμνης. Η λίμνη θα χρησιμοποιούνταν για άρδευση με δίκτυο από διώρυγες και αρδευτικά κανάλια και θα τροφοδοτούνταν από το υδρολογικό δίκτυο της απομένουσας λεκάνης απορροής. Προβλεπόταν ακόμη η δυνατότητα τροφοδοσίας της λίμνης με νερά που θα αντλούνταν από τον Πηνειό. Το νερό της περιοχής που θα συλλεγόταν με δίκτυο αποστραγγιστικών τάφρων θα εκκενώνονταν στον Παγασητικό Κόλπο μέσω σήραγγας μήκους 11,5 χλμ, παροχетеυτικής ικανότητας 8,5 μ³/δλ. Υπήρχε ακόμη πρόβλεψη η υπερχειλίση της λίμνης να αποχετεύεται στη σήραγγα. Με την κατασκευή της σήραγγας, που άρχισε τον Ιανουάριο του 1957 και τέλειωσε τον Οκτώβριο του 1960, άρχισε η εκκένωση της λίμνης η οποία ολοκληρώθηκε το 1962.

Πρέπει να τονιστεί ότι στην παραπάνω μελέτη δεν προβλεπόταν η ολική αποξήρανση της Κάρλας, ενώ αντίθετα προβλεπόταν η κατασκευή ταμιευτήρα. Η κατασκευή του ταμιευτήρα σε τμήματα της τέως λίμνης θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί μετά την αποξήρανση και την απομάκρυνση των επιβαρημένων με άλατα νερών της λίμνης. Τα μελετημένα, όμως, έργα για την Κάρλα δεν κατασκευάστηκαν στο σύνολό τους και οι

προτάσεις της εγκεκριμένης μελέτης σχετικά με τη διαχείριση των έργων και το καθεστώς της περιοχής δεν υιοθετήθηκαν.

Οι λόγοι για τους οποίους αποξηράνθηκε τελικά ολόκληρη η λίμνη (και όχι μόνο τα 18 τ. χλμ που πρότεινε η μελέτη), δεν είναι μόνο αυτοί που προαναφέρθηκαν, αλλά θα πρέπει να αναζητηθούν και άλλοι λόγοι μάλλον σε πολιτικές σκοπιμότητες παροχής κλήρων προς εκμετάλλευση στην περιοχή και για εξοικονόμηση δαπανών που η κατασκευή του συνόλου του έργου θα απαιτούσε. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι πληθυσμοί των παραλίμνιων χωριών αποδέχτηκαν και χαιρέτισαν την αποξήρανση με την ελπίδα απόκτησης πεδινού και πολιτιστικού κλήρου, τη βελτίωση της απόδοσης των γεωργικών εκτάσεων στις παραλίμνιες περιοχές και γενικότερα το αναμενόμενο όφελος ενός μεγάλου εγγειοβελτιωτικού έργου αντιπλημμυρικής προστασίας. Πριν την αποξήρανση και οι ψαράδες ασκούσαν πιέσεις υπέρ της πλήρους αποξήρανσης καθόσον τα αλιεύματα παρουσίαζαν μείωση. Η μείωση των αλιευμάτων είχε επιβάλει περιοριστικά μέτρα στην κατά ψαρά επιτρεπόμενη αλίευση, γεγονός που καθόρισε την ευνοϊκή στάση τους για την αποξήρανση.

Βεβαίως, δεν είχε προηγηθεί μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η διεθνής εμπειρία από παρόμοια έργα, καθώς και το επίπεδο της επιστημονικής γνώσης στον τομέα αυτό τη δεκαετία 1950-60 ήταν σε εμβρυακό ακόμα στάδιο. Έτσι, στην αποξήρανση δεν υπήρξε αντίλογος ούτε από τους ενδιαφερόμενους πληθυσμούς, ούτε από επιστημονικούς ή άλλους φορείς. Ένα τέτοιο μεγάλο τεχνικό έργο που έγινε χωρίς πρακτικά να έχει μελετηθεί ή, θα λέγαμε, ενάντια στις προτάσεις των μελετητών, είχε σοβαρές περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

1.3.2 Ιστορικό μελετών- Υφιστάμενα έργα

Η φυσική λεκάνη απορροής της περιοχής Λάρισας-Κάρλας έχει συνολική έκταση 1663 τ. χλμ. Μετά το 1950 με την κατασκευή του Συλλεκτήρα Σ1 αποκόπηκε τμήμα της λεκάνης και η έκταση της λεκάνης απορροής της Κάρλας είναι πλέον 1093 τ. χλμ.

Η ιδέα περιορισμού της έκτασης των περιοδικών κατακλύσεων και η δημιουργία ταμιευτήρα με καθορισμένη έκταση σε τμήμα της άλλοτε λίμνης Κάρλας, έχει εξεταστεί από εκατονταετίας, σε συνδυασμό με έργα αξιοποίησης της ευρύτερης πεδιάδας Λάρισας-Κάρλας.

Αναφέρεται σε μελέτες:

- Γαλλικής αποστολής το 1887
- Του ιταλού μηχανικού Nobile το 1913
- Της εταιρείας Jackson το 1921
- Του μηχανικού Παπαδάκη το 1954
- Του μηχανικού Ν. Νικολαΐδη το 1959-60

Το 1960 περατώθηκε η διάνοιξη της σήραγγας Κάρλας, ως πρώτο στάδιο έργων για την κατασκευή στην συνέχεια και του ταμιευτήρα της Κάρλας. Με τη σήραγγα αποχετεύεται η κλειστή λεκάνη Κάρλας προς τον Παγασητικό. Την ίδια περίπου εποχή κατασκευάστηκαν οι τάφροι 1Τ, 2Τ και διάφορες άλλες δευτερεύουσες τάφροι που αποχετεύουν την πεδιάδα προς την σήραγγα (Σχήμα 1.5).



Σχήμα 1.5. Υπάρχοντα έργα στην λεκάνη απορροής της Κάρλας.

Παρακάτω περιγράφονται τα έργα που έχουν κατασκευασθεί στην περιοχή.

1.3.2.1 Αναχώματα Πηνειού από Λάρισα μέχρι Γυρτώνη

Πρόκειται για αναχώματα εγκιβωτισμού του ποταμού 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 δημιουργούμενη κοίτη να έχει παροχετευτική ικανότητα 2000 μ³/δλ. Τα αναχώματα αυτά λειτουργούν ικανοποιητικά από της κατασκευής τους μέχρι σήμερα και προστατεύουν την περιοχή από τις πλημμύρες του Πηνειού.

1.3.2.2 Συλλεκτήρας Σ1

Ο Συλλεκτήρας Σ1, συλλέγει τα νερά των περισσοτέρων ρευμάτων της Ν.Δ. λεκάνης και τα κατευθύνει στον ποταμό Πηνειό, στις βόρειες παρυφές της Λάρισας. Το συνολικό μήκος του Συλλεκτήρα αυτού είναι 37 χλμ περίπου. Στον Συλλεκτήρα Σ1 συμβάλλουν : α) ο Συλλεκτήρας Ι8 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 την Χ.Θ. 11+925 με ενιαία κατά μήκος κλίση πυθμένα J=0.06% και πλάτος πυθμένα κυμαινόμενο από b=30 μ ως b=35 μ. 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.

1.3.2.3 Τάφρος 1Τ

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.

1.3.2.4 Τάφρος 2Τ

Η Τάφρος 2Τ ή Κύρια Τάφρος της Νίκης συλλέγει τα νερά των Ν.Δ. μεσαίων εκτάσεων της πεδιάδας και τα κατευθύνει στην Σήραγγα της Κάρλας. Στην Τάφρο αυτή συμβάλλουν οι Τάφροι 3Τ, 4Τ, 5Τ, 6Τ και 7Τ που συγκεντρώνουν τα νερά

διάφορων τμημάτων όλης της έκτασης. Αργότερα οι διατομές των τάφρων διευρύνθηκαν, με αποτέλεσμα να έχουν σήμερα επαρκή αποχετευτική ικανότητα.

1.3.2.5 Σήραγγα Κάρλας

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

Τα κύρια χαρακτηριστικά της σήραγγας που κατασκευάστηκε είναι:

Μήκος: 10,12 μ

Επιφάνεια πεταλοειδούς διατομής: 4,35 μ²

Υψόμετρο εισόδου: 38,23 μ

Κλίση: 0,15%

Παροχετευτική ικανότητα: 8,5 μ³/δλ

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

1.3.2.6 Αρδευτικά έργα

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

- Οι υδατοδεξαμενές Ελευθερίου και Δήμητρας που καλύπτουν έκταση 0,3 τ. χλμ και έχουν ωφέλιμη χωρητικότητα 0,7 εκ κυβ. μέτρα η κάθε μία.

- Η υδατοδεξαμενή Πλατύκαμπου που καλύπτει έκταση 0,25 τ. χλμ και έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 0,5 εκ κυβ. μέτρα.
- Η υδατοδεξαμενή Ναμάτων που καλύπτει έκταση 0,57 τ. χλμ και έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 1,5 εκ κυβ. μέτρα.
- Η υδατοδεξαμενή Στεφανοβικείου που καλύπτει έκταση 4 τ. χλμ και έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 10 εκ κυβ. μέτρα.
- Η υδατοδεξαμενή Καλαμακίου που καλύπτει έκταση 2 τ. χλμ και έχει ωφέλιμη χωρητικότητα 6 εκ κυβ. μέτρα.

1.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΠΟΞΗΡΑΝΣΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

Οι επιπτώσεις από την αποξήρανση μπορούν να συνοψισθούν σε επιπτώσεις στο περιβάλλον και στο άνθρωπο. Παρακάτω γίνεται αναλυτική περιγραφή τους.

1.4.1 Επιπτώσεις Στο Περιβάλλον

1.4.1.1 Απώλειες νερού- Υπόγεια υδροφορία.

Η εξαφάνιση μίας λίμνης της έκτασης της Κάρλας, που δεχόταν τα νερά της σημαντικής λεκάνης απορροής στο ανατολικό τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας, δημιούργησε προβλήματα στην υπόγεια υδροφορία. Η άμεση παροχέτευση προς τη θάλασσα μεγάλου ποσοστού κατακρημνίσεων είχε επακόλουθο την απώλεια για την περιοχή υδατικών πόρων. Η απομάκρυνση της επιφανειακής απορροής της λεκάνης προς τη θάλασσα έχει εκτιμηθεί ότι οδηγεί σε απώλεια περίπου 63 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων νερού ετησίως. Το αποτέλεσμα του περιορισμού του εμπλουτισμού των υπόγειων νερών είναι η συνεχής πτώση της υπόγειας στάθμης σε μεγαλύτερα βάθη. Η πτώση της στάθμης επιδεινώνεται και λόγω της υπεράντλησης, που είναι αποτέλεσμα της έλλειψης επιφανειακού νερού.

Η ανεξέλεγκτη ανόρυξη γεωτρήσεων για αρδευτική, οικιακή και βιομηχανική χρήση, που ξεπερνούν σήμερα σε βάθος τα 200 μέτρα, οδήγησε στην υπερεκμετάλλευση του υπόγειου υδροφορέα, η οποία σε συνδυασμό με την παρατεταμένη ξηρασία των τελευταίων ετών, εξάντλησε σε επικίνδυνο βαθμό το υπόγειο υδατικό δυναμικό της περιοχής με άμεσο κίνδυνο την είσοδο θαλασσινού νερού. Το θαλάσσιο μέτωπο έχει εισχωρήσει στον υπόγειο υδροφορέα, με αποτέλεσμα την υφαλμύρωση του νερού, που είναι ιδιαίτερα οξυμένη στην περιοχή του Στεφανοβικείου. Επίσης εμφανίστηκαν

προβλήματα ρύπανσης των υπόγειων υδάτων από ενστάλαξη λιπασμάτων και γεωργικών φαρμάκων και από διήθηση μέσα σε γεωλογικά στρώματα απ' όπου μεταφέρονται άλατα στο έδαφος, τα οποία λειτουργούν ως ρυπαντές. Τέλος, η παρατηρούμενη πτώση της στάθμης και η άντληση από μεγαλύτερα βάθη από όσα αρχικά είχαν προβλεφθεί, ξεπέρασαν το όριο της οικονομικής ευστάθειας των γεωτρήσεων.

1.4.1.2 Ρύπανση της θάλασσας (Παγασητικός Κόλπος).

Οι επιπτώσεις της αποξήρανσης της Κάρλας επηρεάζουν τον Παγασητικό Κόλπο, όπως φαίνεται από τη μεταβολή της θάλασσας στο σημείο εκβολής του αγωγού της Κάρλας, όπου παρατηρούνται αποθέσεις φερτών που κουβαλάει ο αγωγός, τα οποία συνδυάζονται με υψηλά ρυπαντικά φορτία.

Στη λεκάνη απορροής της Κάρλας κυριαρχούν οι λεγόμενες δυναμικές καλλιέργειες που απαιτούν διαρκώς αυξανόμενες ποσότητες λιπασμάτων και φαρμάκων, πράγμα που επιτείνει το ήδη υπάρχον πρόβλημα της ρύπανσης επιφανειακών και υπόγειων νερών. Τα γεωργικά φάρμακα που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες διασπώνται σε απλούστερες ενώσεις σε χρόνο μεγαλύτερο των 13 ημερών. Πιο γρήγορα αποικοδομούνται τα ισχυρά φάρμακα που είναι και πιο δραστικά και πιο τοξικά, όμως ποτέ γρηγορότερα από 12 ημέρες. Ένας μέσος χρόνος μεταφοράς απορροών από τη μέση λεκάνη απορροής έως την έξοδο είναι 4 ημέρες. Άρα, και το ταχύτερα διασπώμενο φάρμακο εξέρχεται από τη λεκάνη στον Παγασητικό χωρίς να έχει αποικοδομηθεί πλήρως. Περισσότερο έντονο είναι το φαινόμενο την άνοιξη, όταν οι βροχοπτώσεις είναι μικρής διάρκειας και δεν γίνεται μεγάλη αραιώση, ενώ τότε γίνονται και οι περισσότεροι ψεκασμοί.

Η επέκταση των καλλιεργούμενων εκτάσεων σε νέες περιοχές, η εντατική χρήση λιπασμάτων και γεωργικών φαρμάκων, με την παράλληλη ανάπτυξη της βιομηχανικής δραστηριότητας στην ευρύτερη περιοχή, ήταν φυσικό να αυξήσουν την ποσότητα των ρύπων από σημειακές και μη σημειακές πηγές. Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν την περίοδο 1983-1987 έδειξαν ότι το συνολικό ρυπαντικό φορτίο που καταλήγει μέσω του αποχετευτικού δικτύου και της σήραγγας της Κάρλας στον Παγασητικό Κόλπο, ισοδυναμεί με λύματα πόλεως με πληθυσμό που κυμαίνεται από 46.000 έως 172.000 κατοίκους. Το γεγονός αυτό έχει προκαλέσει τις έντονες διαμαρτυρίες των κατοίκων του Βόλου.

Η επίπτωση αυτή δείχνει την ανεπάρκεια της αρχικής μελέτης αποξήρανσης σε σχέση με τις περιβαλλοντικές συνέπειες της επιλογής της συγκεκριμένης θέσης της σήραγγας, με αποτέλεσμα την επιβάρυνση ενός κλειστού κόλπου με υψηλά ρυπαντικά φορτία.

1.4.1.3 Πλαγκτόν στη θάλασσα του Παγασητικού

Άμεση συνέπεια της ρύπανσης που προκαλούν στον Παγασητικό οι απορροές της λεκάνης της Κάρλας είναι και η εμφάνιση πλαγκτού, η οποία αν και δεν είναι ασυνήθιστο φαινόμενο για κλειστές θάλασσες, πρόσφατα, το 1997, πήρε μεγαλύτερες διαστάσεις. Οι διαστάσεις του φαινομένου ήταν τόσο μεγάλες που προκάλεσε και την κινητοποίηση της GREENPEACE (Σχήμα 1.6). Την εμφάνιση του φαινομένου ευνόησαν οι παρατεταμένες βροχοπτώσεις, η απότομη άνοδος της θερμοκρασίας, η γύρη, τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα που μεταφέρθηκαν από την Κάρλα μέσω της σήραγγας στον Παγασητικό.



Σχήμα 1.6. Εμφάνιση πλαγκτού στον Παγασητικό.

1.4.1.4 Ρήγματα εδάφους

Μετά την αποξήρανση της λίμνης Κάρλας εμφανίζονται ρήγματα στην ευρύτερη περιοχή. Τα ρήγματα έχουν μεγάλο βάθος, το πλάτος τους ξεπερνά πολλές φορές το μισό μέτρο και έχουν μήκος που συχνά ξεπερνά τα 300 μέτρα. Διασχίζουν καλλιεργημένες εκτάσεις, οικισμούς και σχίζουν στα δύο χωράφια, δρόμους, πλατείες και σπίτια (Σχήμα 1.7). Οι κάτοικοι των οικισμών ζουν με το φόβο μήπως ξαφνικά το σπίτι τους σχιστεί στα δύο. Ήδη στους οικισμούς Ριζόμυλου και Στεφανοβικείου κατοικίες έχουν εγκαταλειφθεί γιατί χτυπήθηκαν από τα παραπάνω ρήγματα. Η εμφάνιση των ρηγμάτων αποδίδεται στην μεγάλη πτώση της υπόγειας υδροφορίας,

λόγω της υπεράντλησης μέσω των γεωτρήσεων και της έλλειψης της λίμνης, η οποία τροφοδοτούσε τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες.



Σχήμα 1.7. Τα ρήγματα στη περιοχή του Ριζόμυλου.

1.4.1.5 Απώλεια εδαφών.

Απώλεια εδαφών προκαλείται από τη διάβρωση που συμπαρασύρει μέρος του επιφανειακού εδαφικού μανδύα των παρυφών της λίμνης και την απαγωγή εδαφών με τα νερά προς τον Παγασητικό Κόλπο. Άλλη απώλεια εδαφών οφείλεται στην υποβάθμιση τους από φαινόμενα αλάτωσης (Σχήμα 1.8).



Σχήμα 1.8. Η κατάσταση του εδάφους μετά την αποξήρανση.

1.4.1.6 Μικροκλίμα.

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

παγετοί που έχουν σαν συνέπεια συνήθως την καταστροφή της αμυγδαλοκαλλιέργειας.

1.4.1.7 Ορνιθοπανίδα.

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

1.4.1.8 Ιχθυοπανίδα.

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

1.4.1.9 Θηλαστικά.

Μετά την αποξήρανση μειώθηκε σημαντικά ο αριθμός των ζωικών ειδών, ενώ εξαφανίστηκαν ο λύγκας και το μοναδικό υγροτοπικό είδος, η βίδρα. Οι λύκοι, μη βρίσκοντας πια τροφή από τα παρυδάτια είδη, επιτίθενται σήμερα σε οικόσιτα ζώα με αποτέλεσμα αφενός την επικήρυξή τους, και αφετέρου την απώλεια ζωικού κεφαλαίου. Οι επιπτώσεις από τη μείωση της πανίδας είναι ήδη υπολογίσιμες σε έκταση και αριθμό ειδών.

1.4.1.10 Χλωρίδα.

Με την αποξήρανση της λίμνης χάθηκε και το μεγαλύτερο ποσοστό της υδρόβιας βλάστησης και ορισμένα είδη αυτής έχουν τελείως εξαφανισθεί. Όλες οι φυτοκοινωνίες στην περιοχή της λίμνης έχουν υποβαθμιστεί, ιδιαίτερα εκείνες που

βρίσκονται στην ευμεσογειακή και παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης, όπου απαντούν τα περισσότερα χωριά και οι κωμοπόλεις. Η υποβάθμιση αυτή, σε συνδυασμό με τις ανθρώπινες επιδράσεις, περιέλαβε κυρίως την καταστροφή των δασών και την οπισθοδρόμηση της βλάστησης στα πρώιμα στάδια της διαδοχής. Οι επιπτώσεις όμως στον δασικό πλούτο δεν μπορούν να εκτιμηθούν με ακρίβεια επειδή η υλοτομία αφορά σε δένδρα μεγαλύτερης ηλικίας των χρόνων που έχουν περάσει από την αποξήρανση της λίμνης.

1.4.1.11 Οικοσύστημα.

Οι κυριότερες επιπτώσεις από την αποξήρανση της λίμνης στο φυσικό περιβάλλον είναι η διατάραξη της διαίτας των υδάτων στην ευρύτερη περιοχή, οι κλιματικές μεταβολές και η προσβολή του οικοσυστήματος. Η αποστράγγιση της λίμνης εξαφάνισε την ιχθυοπανίδα και τους παρυδάτιους οργανισμούς. Η εντατική καλλιέργεια της πρώην λίμνης με τη χρησιμοποίηση μεγαλύτερων ποσοτήτων γεωργικών φαρμάκων και λιπασμάτων έχει μεταβάλει την οικολογία της περιοχής.

Η αποστέρηση της λίμνης και της περιοδικής πλημμύρας των εδαφών σημαντικά ευρύτερης περιοχής, έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή της μικροβιολογίας του εδάφους. Η απώλεια χουμικών ενώσεων και η μεταβολή του δραστικού τμήματος του εδαφικού μανδύα, εμποδίζει τους φυσικούς κύκλους αζώτου και φωσφόρου και επηρεάζει τον κύκλο του άνθρακα. Με τον τρόπο αυτό η αποικοδόμηση των αζωτούχων ενώσεων και η δέσμευση τους ως νιτρικά άλατα είναι δυσχερής, γεγονός που επιβάλλει ευρεία χρήση λιπασμάτων για την ανάπτυξη καλλιεργειών. Επηρεάζεται ακόμα η βιολογική καταπολέμηση των βλαβερών παραγόντων για τις καλλιέργειες και η κτηνοτροφία.

Η απλοποίηση του οικοσυστήματος της περιοχής, ιδιαίτερα από την εξαφάνιση της ορνιθοπανίδας, έχει σημαντικές επιπτώσεις στην οικονομία της ευρύτερης περιοχής από διαταραχή της τροφικής αλυσίδας, που σε τελευταία ανάλυση μπορεί και αυτή να μετρηθεί σε αύξηση των χημικών καλλιεργητικών μέσων για την αντιμετώπιση εντόμων, ποντικών κ.λ.π.

Δημιουργείται έτσι ένας φαύλος κύκλος, όπου η αύξηση του αριθμού των ποντικών απαιτεί αύξηση των μυοκτόνων και μείωση των αρπακτικών πτηνών που δηλητηριάζονται από τους μολυσμένους ποντικούς. Έτσι, η παραγωγή μειώνεται από τους ποντικούς, η κατανάλωση χημικών αυξάνει, τα πουλιά που ρύθμιζαν τον

πληθυσμό των ποντικών μειώνονται και για κάθε πουλί που εξαφανίζεται αυξάνει η απαίτηση των μυοκτόνων φαρμάκων.

1.4.2 Επιπτώσεις Στον Άνθρωπο

1.4.2.1 Δημόσια Υγεία

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

1.4.2.2 Κοινωνία.

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

1.4.2.3 Οικονομία.

Η παραγωγή της Κάρλας σε ψάρια ανερχόταν σε 900 τόννους το χρόνο και αφορούσε 10 είδη ψαριών με 3 κύρια εμπορικής αξίας είδη. Με την αποξήρανση της λίμνης

χάθηκε η ιχθυοπαραγωγή, ενώ 1.000 περίπου ψαράδες, οι οποίοι συναίνεσαν στην αποξήρανση προσδοκώντας απόκτηση γεωργικής γης, έχασαν την απασχόλησή τους. Παράλληλα, έχασαν την απασχόληση τους και άλλα άτομα που ζούσαν βοήθητικά από τη λίμνη, καθώς και όσοι συμμετείχαν στο δίκτυο διακίνησης και εμπορίας των αλιευόμενων ειδών σε ολόκληρη τη Θεσσαλία. Σήμερα, το είδος των καλλιεργειών και οι καλλιεργητικές μέθοδοι, καθώς και το υπάρχον σύστημα των καναλιών, δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη εναλλακτικών παραγωγικών μορφών εκμετάλλευσης της περιοχής με μικρές μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας και υδατοκαλλιέργειας.

Ακόμη, η μη ολοκλήρωση των αντιπλημμυρικών έργων και η απουσία στραγγιστικού δικτύου, απειλούν μέχρι σήμερα με περιοδικές κατακλύσεις και καταστροφές τις καλλιέργειες, με αποτέλεσμα την έλλειψη οικονομικά βιώσιμων κλήρων για τους ακτήμονες. Η ήδη χαμηλή απόδοση των εδαφών επιβαρύνεται με μεγάλο σχετικά κόστος από τα λιπάσματα. Οικονομικές επιπτώσεις έχει και η επέκταση της ρύπανσης του Παγασητικού, που για την προστασία του δαπανώνται τεράστια ποσά.

1.4.2.4 Πληθυσμός.

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

1.5 Η ΑΝΑΣΥΣΤΑΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

1.5.1 Περιγραφή της μορφολογίας της λεκάνης της Κάρλας

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

- Το έδαφος είναι ομαλό με κλίσεις μικρότερες του 1%, ενώ στα άκρα συναντώνται κλίσεις μέχρι και 5%
- Στην περιοχή της πρώην λίμνης οι κλίσεις του εδάφους είναι πρακτικά ανύπαρκτες.
- Το χαμηλότερο υψόμετρο της περιοχής της Κάρλας είναι +44 που είναι το ελάχιστο υψόμετρο της Θεσσαλικής πεδιάδας.

- Τα μέγιστα υψόμετρα της περιοχής της Κάρλας φθάνουν στο +52 και κατά τόπους μέχρι +56 και +58.
- Ο πυθμένας της λίμνης παρουσιάζει καλή στεγανότητα, ενώ παρουσιάζονται διαρροές σε τμήματα της φυσικής περιμέτρου της λίμνης.
- Ο ταμιευτήρας των 38 τ. χλμ χωροθετείται στο χαμηλότερο τμήμα της πρώην λίμνης Κάρλας κοντά στο χωριό Κανάλια.
- Ο ταμιευτήρας καταλαμβάνει σε μέγιστο ποσοστό εκτάσεις του Δημοσίου και έτσι δεν υπάρχει πρόβλημα απαλλοτριώσεων.
- Τα εδάφη που θα κατακλύσει είναι υποβαθμισμένα και κατώτερης ποιότητας.

1.5.2 Μελέτη Ταμιευτήρα

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

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

Το 1987 εκπονήθηκε από τα γραφεία μελετών «Υδροηλεκτρική ΕΠΕ», «Τετρακτύς ΕΠΕ» και «Υδροδομική ΕΕ- Θ.Ι. Μαντζιάρας και ΣΙΑ» η «Μελέτη Ανάπτυξης Εγγειοβελτιωτικών Έργων Θεσσαλίας σε συνδυασμό με την εκτροπή του Αχελώου ποταμού- τεχνικό μέρος των περιοχών Δ, Ε και Ζ». Η νέα μελέτη πρότεινε την κατασκευή ταμιευτήρα σε έκταση 15 τ. χλμ μόνο για αντιπλημμυρικούς σκοπούς. Τα νερά των υψηλών περιοχών θα εκτρέπονταν με ανοικτές περιφερειακές τάφρους (συλλεκτήρες) προς τον ταμιευτήρα, όπως και στην προηγούμενη μελέτη. Επίσης

προτάθηκαν αντλιοστάσια αποχέτευσης των χαμηλών περιοχών και νέα σήραγγα αποχέτευσης προς το Αιγαίο (μήκους 10 χλμ).

Το 1995 εκπονήθηκε η «Οριστική Μελέτη Ταμιευτήρα Κάρλας και συναφών έργων» από τα γραφεία μελετών:

- ΓΡΑΦΕΙΟ ΜΑΧΑΙΡΑ ΑΕ
- ΥΔΡΟΔΟΜΙΚΗ ΕΕ- Θ.Ι. ΜΑΝΤΖΙΑΡΑΣ ΚΑΙ ΣΙΑ
- ΟΤΜ ΕΠΕ
- Γ. ΚΑΦΕΤΖΟΠΟΥΛΟΣ- Δ. ΜΠΕΝΑΚΗΣ- Ι. ΠΡΙΝΤΑΤΚΟ ΚΑΙ ΣΙΑ ΕΕ
- Δ. ΜΠΙΣΔΑΡΗ
- Σ. ΝΑΣΟΥΛΗ
- Ε. ΒΑΓΙΑΝΟΣ- Κ. ΚΕΛΕΜΕΝΗΣ- Α. ΚΟΚΚΙΝΟΠΟΥΛΟΣ ΚΑΙ ΣΙΑ ΕΕ
- Ι. ΑΛΑΒΑΝΟΣ- Χ. ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ ΕΕ
- ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΠΕ- ΙΣΤΡΙΑ
- Γ. ΜΠΟΥΡΤΖΙΚΟΥ

Η οριστική αυτή μελέτη εκπονήθηκε με βάση την προμελέτη του 1982 και η δημοπράτηση των σχετικών έργων βασίζεται στην μελέτη αυτή.

Τέλος, το 1999 εκπονήθηκε η μελέτη «Επαναδημιουργία λίμνης Κάρλας: Περιβαλλοντική Τεχνική Έκθεση, Μελέτη Κόστους-Οφέλους και Υποστηρικτικές Μελέτες» από τα γραφεία μελετών:

- ΓΡΑΦΕΙΟ ΜΑΧΑΙΡΑ Α.Ε
- ΥΔΡΟΕΞΥΓΙΑΝΤΙΚΗ Λ.Σ. ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ ΚΑΙ ΣΙΑ Ε.Ε.
- ΥΔΡΟΔΟΜΙΚΗ Θ.Ι. ΜΑΝΤΖΙΑΡΑΣ ΚΑΙ ΣΙΑ Ε.Ε.
- ΠΑΠΑΓΡΗΓΟΡΙΟΥ ΣΠ.
- ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ- ΤΟΡΤΟΠΙΔΗ ΝΙΚΗ
- ΠΕΡΛΕΡΟΣ Β.
- ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ ΑΤΕΜ

Τα έργα που προτείνονται με βάση την τελευταία μελέτη περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω:

1.5.2.1 Συλλεκτήρας Σ3

Ο Συλλεκτήρας Σ3 αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα έργα αντιπλημμυρικής προστασίας της πεδιάδας της Κάρλας, ενώ παράλληλα συμβάλει στην τροφοδότηση του Ταμιευτήρα Κάρλας, στον οποίον αποθηκεύονται οι αναγκαίες ποσότητες νερού για τη λειτουργία του. Ο Συλλεκτήρας Σ3, μήκους 32.520 μ., συλλέγει τα νερά των λεκανών απορροής των ημιορεινών και ορεινών περιοχών που εκτείνονται προς την ανατολική- βορειανατολική πλευρά της πεδιάδας της Κάρλας, συνολικής έκτασης 314,4 τ. χλμ. Η έκταση αυτή αντιπροσωπεύει ποσοστό 26,9%, της έκτασης της λεκάνης απορροής Κάρλας. Στο ανάντη άκρο του εκβάλλει η υπάρχουσα τάφρος T9, ενώ σε απόσταση 1.500 μ. περίπου θα δέχεται τα νερά της λεκάνης Καλοχωρίου μετά την κατασκευή της σχετικής σήραγγας. Στο ανάντη άκρο του η παροχή είναι 31 μ³/δλ. και στην εκβολή του 325 μ³/δλ.

1.5.2.2 Συλλεκτήρας Σ4

Ο Συλλεκτήρας Σ4 αποτελεί επίσης σημαντικό έργο αντιπλημμυρικής προστασίας της πεδιάδας της Κάρλας, ενώ παράλληλα συμβάλει στην τροφοδότηση του Ταμιευτήρα Κάρλας και με νερά από τον Πηνειό. Ο Συλλεκτήρας Σ4, μήκους 13.740 μ., αφενός μεν συλλέγει τα νερά των λεκανών απορροής των ημιορεινών και ορεινών περιοχών που εκτείνονται προς την νότια- νοτιοδυτική πλευρά της πεδιάδας της Κάρλας, συνολικής έκτασης 201,7 τ. χλμ και αφετέρου δέχεται τα νερά της τάφρου T2, η οποία συλλέγει τα νερά χαμηλών περιοχών, συνολικής έκτασης 177,8 τ. χλμ. Επομένως ο συλλεκτήρας αυτός εξυπηρετεί εκτάσεις 379,5 τ. χλμ, που αντιστοιχούν σε ποσοστό 32,4%, της έκτασης της λεκάνης απορροής Κάρλας. Ο Συλλεκτήρας Σ4 και ειδικότερα το τμήμα του από τη συμβολή με την Τάφρο T2 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 μ³/δλ. και στην εκβολή του 213 μ³/δλ.

1.5.2.3 Συλλεκτήρας Σ6

Ο Συλλεκτήρας Σ6, μήκους 4550 μ. εξυπηρετεί εκτάσεις 53,6 τ. χλμ, που αντιστοιχούν σε ποσοστό 4,6%, της έκτασης της λεκάνης απορροής Κάρλας. Στο ανάντη άκρο του η παροχή είναι 69 μ³/δλ. και στην εκβολή του 96 μ³/δλ.

1.5.2.4 Συλλεκτήρας Σ7

Ο Συλλεκτήρας Σ7, μήκους 2600 μ. αποχετεύει λεκάνη απορροής συνολικής έκτασης 14 τ. χλμ, που αντιστοιχεί σε ποσοστό 1,2%, της έκτασης της λεκάνης απορροής Κάρλας. Στο ανάντη άκρο του η παροχή είναι 18 μ³/δλ. και στην εκβολή του 32 μ³/δλ. Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να διευκρινιστούν κάποιες διαφορές που εντοπίζονται ανάμεσα στην τελική μελέτη 'Επαναδημιουργίας της λίμνης Κάρλας' σε σχέση με την προμελέτη 'Ταμιευτήρα Κάρλας' (ΑΛΦΑ- ΩΜΕΓΑ Ν. Νικολαΐδης, 1982) στην οποία βασίστηκε.

- Η προμελέτη λοιπόν, προέβλεπε ταμιευτήρα 42 τ. χλμ, ενώ τελικά κατασκευάζεται ταμιευτήρας 38 τ. χλμ.
- Ο ταμιευτήρας των 42 τ. χλμ είχε ικανότητα να αποθηκεύσει 135 εκ κυβ. μέτρα νερού για άρδευση, ενώ ο κατασκευαζόμενος μόνο 84 εκ κυβ. μέτρα.
- Η αρδευόμενη έκταση που μπορούσε να εξυπηρετήσει ήταν 185 τ. χλμ, ενώ τελικά η αρδευόμενη έκταση είναι η μισή 92,5 τ. χλμ.
- 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 παροχευτική 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.

1.5.3 Περιγραφή της λειτουργίας του έργου

Τα έργα επαναδημιουργίας της λίμνης Κάρλας αποσκοπούν στην αναβάθμιση της δυναμικής οικολογικής και περιβαλλοντικής ισορροπίας και επιπλέον στην αντιπλημμυρική προστασία της ευρύτερης περιοχής και στην αποκατάσταση των υποβαθμισμένων σήμερα, συνθηκών του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα των παρά την Κάρλα περιοχών με ταυτόχρονη εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων νερού από γεωτρήσεις για την ύδρευση του Βόλου.

Το προτεινόμενο σχέδιο προβλέπει τη δημιουργία ταμιευτήρα στο χαμηλότερο τμήμα της άλλοτε λίμνης Κάρλας, έκτασης περίπου 38 τ. χλμ., δια της κατασκευής δύο αναχωμάτων, του Ανατολικού (μήκους 2.700 μ) και Δυτικού (μήκους 11.300 μ) αναχώματος.

Η χωρητικότητα και ο όγκος του ταμιευτήρα για τις διάφορες στάθμες νερού έχουν ως εξής:

Πίνακας 1.1. Διακύμανση του όγκου και της επιφάνειας του νερού στον ταμιευτήρα σε σχέση με τη στάθμη.

Στάθμη ταμιευτήρα μ.υ.θ.	Επιφάνεια $10^6 \mu^2$	Όγκος $10^6 \mu^3$
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

Οι στάθμες λειτουργίας του ταμιευτήρα έχουν καθοριστεί ως εξής :

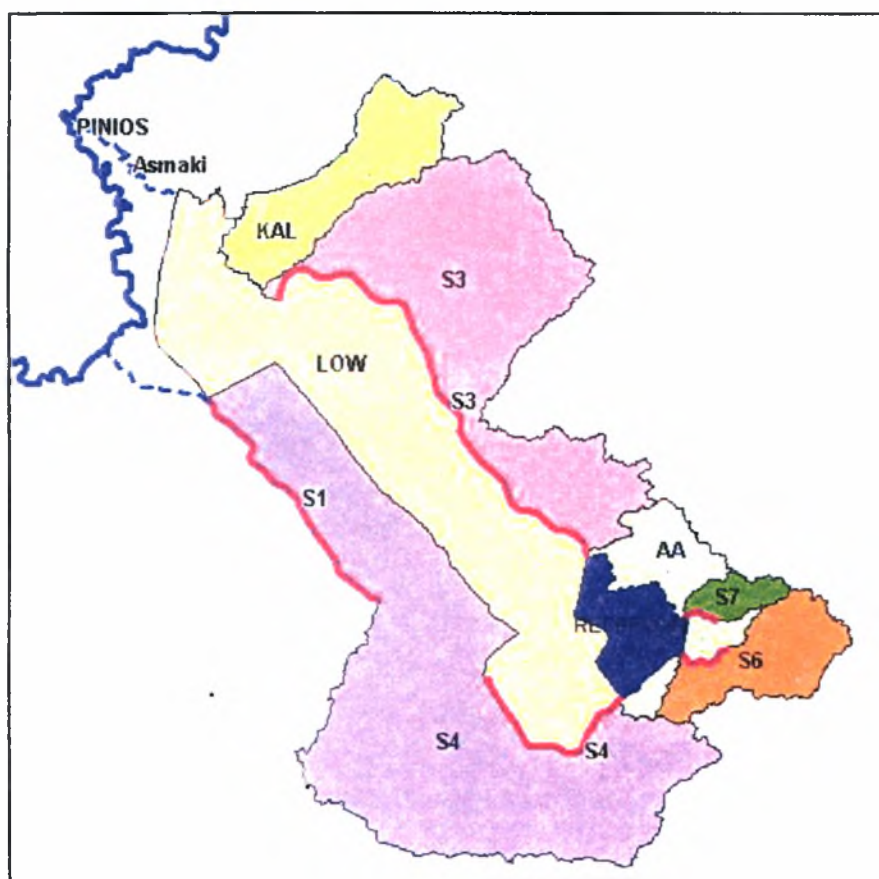
Κατωτάτη Στάθμη Ύδατος	(ΚΣΥ)	+ 46,40 μ
Ανωτάτη Στάθμη Άρδευσης	(ΑΣΑ)	+ 48,80 μ
Ανωτάτη Στάθμη Πλημμύρας	(ΑΣΠ)	+ 50,00 μ

Η τελική στέψη των αναχωμάτων προβλέπεται στο + 52,50 μ και το μέσο ύψος τους 8, 50 μ.

Η λεκάνη απορροής της Κάρλας, η ολική έκταση της οποίας μετά την κατασκευή του Συλλεκτήρα Σ1 και χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ενδεχόμενη εκτροπή προς αυτήν της κλειστής λεκάνης Καλοχωρίου (78,19 τ. χλμ.) είναι 1093 τ. χλμ. και διακρίνεται στα εξής επιμέρους τμήματα (Σχήμα 1.9):

1. Την υψηλή περιοχή, έκτασης 743,99 τ. χλμ. που πρόκειται να αποχετεύεται με φυσική ροή στον ταμιευτήρα και περιλαμβάνει τις υπολεκάνες των Συλλεκτήρων:
 - Σ3 236,2 τ. χλμ.

- Σ4 379,5 τ. χλμ.
 - Σ6 53,58 τ. χλμ.
 - Σ7 14,05 τ. χλμ
 - Και τις λεκάνες απορροής που απορρέουν απευθείας στον ταμιευτήρα $35,17+17,84+7,65=60,66$ τ. χλμ.
2. Την επιφάνεια του ταμιευτήρα, έκτασης 38 τ. χλμ.
 3. Την χαμηλή περιοχή (την περιοχή που βρίσκεται σ' υψόμετρα χαμηλότερα των συλλεκτήρων), έκτασης 317,9 τ. χλμ που, πλην εξαιρετικών πλημμυρών, θα αποχετεύεται στον ταμιευτήρα με τα αντλιοστάσια αποχέτευσης DP1 ($Q = 24 \mu^3/\delta\lambda$) στον κόμβο Πέτρας και DP2 ($Q = 3,6 \mu^3/\delta\lambda$) στον κόμβο Καναλιών.



Σχήμα 1.9. Οι Συλλεκτήρες και οι υπολεκάνες.

Η στάθμη στον ταμιευτήρα θα είναι στο τέλος της υγρής περιόδου + 48,80 μ και στο τέλος ξηρής περιόδου + 46,40 μ (Πίνακας 1.2). Με αυτές τις στάθμες λειτουργίας είναι δυνατή η απόληψη ποσότητας ~ 60 εκ κυβ. μέτρων νερού ετησίως κατά τους μήνες από Απρίλιο έως και Σεπτέμβριο (ξηρή περίοδος).

Πίνακας 1.2. Τα χαρακτηριστικά του Ταμιευτήρα.

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 πλημμυρών	10 ⁶ m ³	42,74
Νεκρός όγκος νερού	10 ⁶ m ³	57,01
Μήκος αναχωμάτων	km	14
Στέψη αναχωμάτων	υψόμετρο	+52,50
Ανώτατη Στάθμη Πλημμύρας	υψόμετρο	+50,00
Ανώτατη Στάθμη Αρδεύσεως	υψόμετρο	+48,80
Κατώτερη Στάθμη Αρδεύσεως	υψόμετρο	+46,40
Χαμηλότερο σημείο πυθμένα	υψόμετρο	+43,50
Ετήσια διακύμανση στάθμης	m	2,80
Μέγιστο βάθος στην κατώτερη στάθμη αρδεύσεως	m	2,90

Επειδή οι απορροές της λεκάνης δεν επαρκούν για την λειτουργία τον ταμιευτήρα προβλέπεται η υδροδότηση του ταμιευτήρα και με χειμερινά νερά του Πηνειού. Η υδροδότηση από τον Πηνειό, με καταρχήν παροχή 14 μ³/δλ, προβλέπεται με αντλιοστάσιο στην Θέση Καραούλι. Με ανύψωση της τάξης των 3-4 μ τα αντλούμενα νερά διοχετεύονται μέσω της κατασκευασμένης στο μεγαλύτερο μήκος της Διώρυγας 2Δ, της Τάφρου 2Τ και του Συλλεκτήρα Σ4 στον ταμιευτήρα. Το υπάρχον σήμερα αντλιοστάσιο έχει δυναμικότητα 6 -7 μ³/δλ. Στον σχεδιασμό των έργων άρδευσης με νερά της εκτροπής του Αχελώου προβλέπεται στην θέση αυτή αντλιοστάσιο δυναμικότητας 18 μ³/δλ, το οποίο θα λειτουργεί τους θερινούς μήνες και υπερεπαρκεί για την απαιτούμενη χειμερινή άντληση νερού για την Κάρλα.

Στον Ταμιευτήρα θα αντλούνται με το αντλιοστάσιο αποχέτευσης DP1 από την Τάφρο 1Τ και οι απορροές (πλην των εξαιρετικών πλημμύρων) της χαμηλής περιοχής, δεδομένου ότι η σήραγγα θα παραμένει κλειστή και θα χρησιμοποιείται μόνο στις εξαιρετικές πλημμύρες. Σε περίπτωση, που τα πλημμυρικά νερά της χαμηλής περιοχής υπερβαίνουν το άθροισμα της δυναμικότητας του αντλιοστασίου DP1 και της διοχευτικότητας της σήραγγας, θα κατακλύζεται η χαμηλή περιοχή έξω από τον ταμιευτήρα.

Στον ταμιευτήρα προβλέπεται έργο ασφαλείας στον κόμβο Πέτρας με $Q_{μεγ} = 500 \text{ μ}^3/\delta\lambda$, για την περίπτωση που υπερβληθεί η καθορισθείσα ανωτάτη στάθμη πλημμύρας + 50 μ. Τα υπερχειλίζοντα νερά θα κατακλύζουν την χαμηλή περιοχή και θα απάγονται μέσω της υφισταμένης σήραγγας προς Παγασητικό με τον ρυθμό που επιτρέπει η παροχευτικότητα της.

Στο μέσον περίπου της βόρειας όχθης (σε μήκος ~ 900 μ) και στο δυτικό τμήμα της νότιας όχθης (σε μήκος ~ 600 μ) ο ταμιευτήρας θα κατακλύζει κώνους προσχώσεων με υψηλή περατότητα. Εκτιμώνται για τον ταμιευτήρα διαφυγές συνολικά της τάξης 20-25 εκ κυβ. μέτρων ετησίως. Για τον έλεγχο ανεξέλεγκτων διαφυγών νερού από τα μάρμαρα των όχθων του ταμιευτήρα προβλέπονται η κατασκευή στην βόρεια όχθη τριών Αναχωμάτων Στεγάνωσης συνολικού μήκους ~6900 μ (τελική στέψη αναχωμάτων + 52,00 μ.). Για τον ίδιο λόγο προβλέπεται επιφανειακή στεγάνωση των μαρμάρων στα άκρα των αναχωμάτων σ' έκταση συνολικά ~ 100 στρεμμάτων. Η επιφανειακή στεγάνωση προβλέπεται με στρώση αργίλου πάχους 1μ. και προστασία με σκύρα.

1.6 ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ ΑΝΑΣΥΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΡΛΑΣ

1.6.1 Επιπτώσεις στο Περιβάλλον

1.6.1.1 Αποταμίευση νερού-Εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα.

Η σύνδεση του ταμιευτήρα μέσω διώρυγας με τον Πηνειό προσομοιάζει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούσε η τέως λίμνη Κάρλα πριν αρχίσει η υποβάθμισή της, με την κατασκευή των αναχωμάτων του Πηνειού και είναι φυσικό να έχει θετικές συνέπειες κατά τη λειτουργία του, διότι:

- Θα αποταμιεύει μέρος της χειμερινής και εαρινής παροχής του ποταμού κατά την περίοδο Οκτωβρίου-Ιουνίου, για την εξυπηρέτηση των αρδεύσεων και
- Θα εξασφαλίζει νερό επιθυμητής ποιότητας με μικρή περιεκτικότητα σε άλατα.

Η συμβολή του ταμιευτήρα στην επαναπλήρωση των υπόγειων υδροφορέων μέσω πυθμένα, θα είναι σχετικά μικρή, λόγω της μικρής διαπερατότητας των πετρωμάτων 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 συμβάλει αποφασιστικά στην επαναπλήρωσή τους,

θα πρέπει να ληφθεί όμως υπόψη και η ποιότητα των νερών που τροφοδοτούν τον υδροφορέα. Γενικά, προβλέπεται ότι η τροφοδότηση των υπόγειων υδροφορέων θα είναι ίση με αυτή της τέως λίμνης. Από την άλλη μεριά, η δημιουργία του ταμιευτήρα είναι βέβαιο ότι θα συμβάλει έμμεσα στην επαναπλήρωση των υπόγειων υδροφορέων λόγω της κατασκευής του αρδευτικού που θα καταστήσει περιττή την εξακολούθηση της εκμετάλλευσης των υπαρχουσών γεωτρήσεων.

1.6.1.2 Δυνατότητα άρδευσης και ύδρευσης.

Ο ταμιευτήρας θα αποτελέσει έναν σημαντικό πρόσθετο υδατικό πόρο στην περιοχή, ο οποίος εξυπηρετώντας την άρδευση, θα εξασφαλίζει έμμεσα -μέσω της αύξησης του υπόγειου υδατικού δυναμικού- και την ύδρευση του Βόλου, ο οποίος αντιμετωπίζει προβλήματα στην εξασφάλιση του απαραίτητου για τις ανάγκες του νερού.

1.6.1.3 Μείωση της ρύπανσης της θάλασσας (Παγασητικός Κόλπος).

Με την κατασκευή του ταμιευτήρα και την ολοκλήρωση των υπολοίπων έργων επιύεται αποτελεσματικά και το πρόβλημα της μεταφοράς του ρυπαντικού φορτίου στον Παγασητικό. Ο ταμιευτήρας θα δέχεται απευθείας κυρίως μέσω των συλλεκτών, τα ύδατα των χαμηλών περιοχών, που περιέχουν μεγάλο ρυπαντικό φορτίο από γεωργικές δραστηριότητες και από τις βιομηχανίες της περιοχής Λάρισας, και τα οποία θα κατευθύνονται στον Παγασητικό μόνο σε περιπτώσεις πλημμυρών.

1.6.1.4 Μείωση του πλαγκτού στη θάλασσα του Παγασητικού.

Εφόσον ο Παγασητικός δεν θα δέχεται τις αποστραγγίσεις της λεκάνης αποσοβείται ο κίνδυνος εμφάνισης πλαγκτού.

1.6.1.5 Ρήγματα εδάφους.

Η ανασύσταση της λίμνης Κάρλας αναμένεται να συμβάλει έμμεσα στην επαναπλήρωση των υπόγειων υδροφορέων και συνεπώς θα βελτιώσει την κατάσταση του εδάφους και θα αναστείλει την εμφάνιση των ρηγμάτων.

1.6.1.6 Μικροκλίμα.

Αναμένεται μερική τουλάχιστον αποκατάσταση του μικροκλίματος της περιοχής μετά την κατασκευή του ταμιευτήρα.

1.6.1.7 Ορνιθοπανίδα.

Η ανασύσταση του σημαντικού αυτού υγροτόπου εκτιμάται πως θα οδηγήσει στην επανεγκατάσταση αναπαραγόμενων πουλιών με παρυδάτια συμπεριφορά (ερωδιοί,

χουλιαρομούτες, ιβίδες) των οποίων οι πληθυσμοί μειώνονται ραγδαία στην Ελλάδα. Επίσης, θα χρησιμοποιείται ως σταθμός για τα μεταναστευτικά υδρόβια πουλιά που πετούν κατά μήκος του ανατολικού αεροδιαδρόμου της χώρας. Τέλος, μπορεί να αποτελέσει τόπο διαχείμασης υδρόβιων πουλιών, ιδίως κατά τους δριμείς χειμώνες κατά τους οποίους οι περισσότεροι υγρότοποι της Βόρειας Ελλάδας είναι παγωμένοι.

1.6.1.8 Ιχθυοπανίδα- Χλωρίδα.

Η μικρή σχετικά ετήσια διακύμανση του βάθους του νερού του ταμιευτήρα, το οποίο δεν θα ξεπερνά τα 2,80 μ, σε συνδυασμό με το ελάχιστο βάθος νερού, που θα φθάνει τα 2,90 μ στο βαθύτερο σημείο του όταν η στάθμη του βρίσκεται στο κατώτερο επίπεδο της, διαμορφώνουν έναν επιθυμητό συνδυασμό υδροπεριόδου και συνθηκών που ευνοούν την εγκατάσταση υδρόβιας βλάστησης, ιχθυοπανίδας και ορνιθοπανίδας.

1.6.1.9 Θηλαστικά.

Η αναβάθμιση του υγροτόπου θα έχει προφανώς σημαντικές θετικές συνέπειες και στην πανίδα της ευρύτερης περιοχής, λόγω του εμπλουτισμού της τροφικής αλυσίδας.

1.6.1.10 Οικοσύστημα.

Αρκεί να αναφερθεί πως η προμελέτη για την κατασκευή του ταμιευτήρα της ΑΛΦΑ-ΩΜΕΓΑ- Ν. Νικολαΐδης, στην οποία βασίζεται και η οριστική μελέτη που τελικά εγκρίθηκε και κατασκευάζεται αξιολογήθηκε από το ΕΚΒΥ (Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων), ως η πιο ενδεδειγμένη για την πληρέστερη αποκατάσταση του υγροτοπικού συστήματος της τέως λίμνης Κάρλας.

1.6.2 Επιπτώσεις στον Άνθρωπο

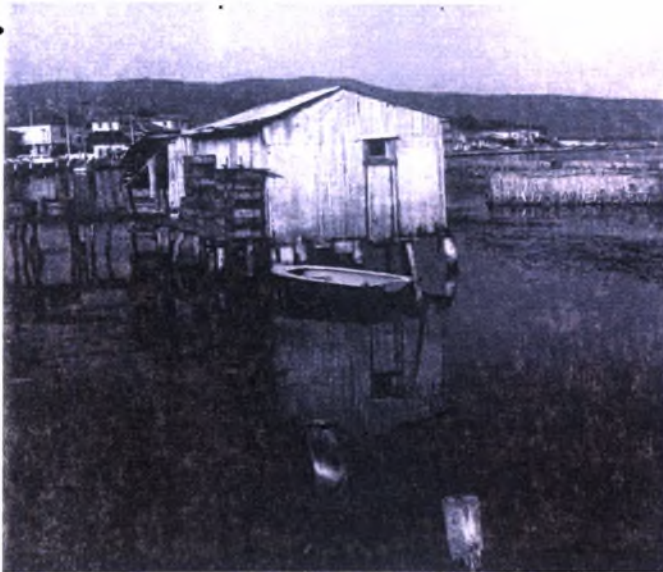
1.6.2.1 Γεωργική ανάπτυξη

Η αύξηση των ποσοτήτων νερού που θα μπορούν πλέον να διατεθούν για άρδευση και σε συνδυασμό με την κατασκευή μόνιμου αρδευτικού δικτύου στην περιοχή κοντά στον ταμιευτήρα, είναι βέβαιο ότι θα συμβάλλει αποφασιστικά στην αύξηση της γεωργικής παραγωγής και συνεπώς στην αύξηση του κατά κεφαλήν εισοδήματος και τελικά στην βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των αγροτών της περιοχής.

1.6.2.2 Τουριστική ανάπτυξη-Οικοτουρισμός.

Η λίμνη Κάρλα, η αρχαία Βοιθής, με τον μεγάλο αλιευτικό της πλούτο, υπήρξε πάντα ένας σημαντικός υγρότοπος και ένας ζωτικός χώρος, όπου εδώ και χιλιάδες χρόνια αναπτύχθηκαν οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Τα ίχνη των ανθρώπων που πέρασαν είναι έντονα γύρω από τη λίμνη. Προϊστορικοί οικισμοί, κλασικές

ακροπόλεις, βυζαντινοί ναοί, ιστορικά μοναστήρια, παραδοσιακοί οικισμοί, πανέμορφα χωριά, παλιά γεφύρια, σπήλαια και βάραθρα, παρθένα δάση και πεντακάθαρες ακτές, συνθέτουν την εικόνα μιας περιοχής όπου η ιστορία και ο πολιτισμός του ανθρώπου σμίγουν μοναδικά με το φυσικό τοπίο. Μια σημαντική ιδιαιτερότητα της Κάρλας είναι και η διατήρηση μέχρι τις μέρες μας του παραδοσιακού τρόπου ζωής των Καναλιωτών ψαράδων στην παράξενη πολιτεία του νερού με τις καλύβες (Σχήμα 1.10).



Σχήμα 1.10. Η παραδοσιακή «Καναλιώτικη» καλύβα.

Η δημιουργία Μουσειακών χώρων, εγκαταστάσεων άθλησης και αναψυχής και η αξιοποίηση μνημείων αλλά και θέσεων ιδιαίτερου φυσικού κάλλους στην πεδιάδα και στο βουνό γύρω από τη λίμνη στοιχειοθετούν μια νέα πρόταση στον πολιτιστικό τουρισμό. Μια πρόταση ανάπτυξης αειφόρου τουρισμού με μοναδικό χαρακτήρα, που πρέπει να έχει γνώμονα τη διαφύλαξη των πολιτιστικών στοιχείων και την προστασία του περιβάλλοντος.

1.6.2.3 Ανάδειξη αρχαιολογικής κληρονομιάς.

Γύρω από το χώρο που καταλάμβανε η Κάρλα, αλλά και μέσα σ' αυτόν (στα τρία νησάκια της λίμνης), υπάρχει πληθώρα αρχαιολογικών θέσεων όλων των εποχών. Η Πέτρα με τα κυκλώπεια μυκηναϊκά τείχη, ο νεολιθικός οικισμός στο νησάκι Χατζημισιώτικη Μαγούλα, ο προϊστορικός οικισμός στο ύψωμα του Αγίου Αθανασίου στις νότιες όχθες της λίμνης, οι κλασικές ακροπόλεις που σώζονται δίπλα στα Κανάλια και στις Γλαφυρές, αποτελούν σημεία με ιδιαίτερο αρχαιολογικό ενδιαφέρον. Παράλληλα, βυζαντινοί ναοί και μεσαιωνικά μνημεία, όπως ο

σημαντικός ναός του Αγίου Νικολάου κοντά στα Κανάλια, καθώς και το εντυπωσιακό σε μέγεθος κάστρο με ακρόπολη που σώζεται πάνω στο ύψωμα πάνω από το χωριό Καστρί, προσφέρονται άμεσα να λειτουργήσουν ως πόλοι έλξης επισκεπτών.

1.6.2.4 Ανάδειξη πολιτιστικών αξιών.

Η δημοτική ποίηση, τα παραμύθια, τα τραγούδια και οι λαϊκές τέχνες, τα ήθη και τα έθιμα που σχετίζονται με τη ζωή κοντά στον υγρότοπο, μερικά από τα οποία επιβιώνουν ακόμη και σήμερα, η παραδοσιακή αρχιτεκτονική των σπιτιών, η παραδοσιακή κατασκευή σκαφών και αλιευτικών εργαλείων, τα χειροτεχνήματα, οι παραδοσιακές τεχνικές παραγωγής, τα εργαλεία και τα υλικά που χρησιμοποιούνταν για τις παραγωγικές δραστηριότητες στη λίμνη, αλλά και τα υγροτοπικά φυτά και ζώα που αποτελούσαν σπουδαίο μέρος της ζωής των ανθρώπων π.χ. φαρμακευτικά φυτά και φυτά για καλαθοπλεκτική, συνθέτουν ένα φάσμα πολιτιστικών αξιών που συντελεί στη διαφοροποίηση της συγκεκριμένης περιοχής από άλλες.

Η διατήρηση και το ξαναζωντάνεμα αυτών των παραδοσιακών στοιχείων που σχετίζονται με τον υγρότοπο της Κάρλας, μπορούν μετά την αποκατάστασή του να συμβάλουν στην ανάδειξη και ανάπτυξη ολόκληρης της περιοχής.

1.6.2.5 Κοινωνική αποζημίωση.

Όλα τα παραπάνω, αναδεικνύουν την πολλαπλή σκοπιμότητα του υπό κατασκευή έργου, το οποίο πέρα από τις καθαρά τεχνικές του διαστάσεις φαίνεται να έχει και μεγάλο κοινωνικό όφελος, και μάλιστα σε μια περιοχή η οποία στο παρελθόν ταλαιπωρήθηκε από τις αρνητικές επιπτώσεις του ανολοκλήρωτου αυτού έργου και η οποία πρέπει να αποζημιωθεί. Η εξέχουσα σημασία, τελικά αυτού του έργου είναι η ευημερία που θα επιφέρει σε μια τραυματισμένη περιοχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

2.1 Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Για να μπορέσει να γίνει δυνατή η προσέγγιση των σχέσεων, των αλληλεξαρτήσεων και αλληλεπιδράσεων μεταξύ μετρητικών και ποιοτικών στοιχείων και χαρακτηριστικών της φυσικής και της κοινωνικοοικονομικής πραγματικότητας μιας περιοχής, αλλά και η εκτίμηση του «μέτρου», των «μεγεθών», και των «τάσεων» μεταβολών τους, οι επιστήμονες είναι υποχρεωμένοι να συνεκτιμήσουν και να συγκρίνουν πολλά και ποικίλα, συνήθως ετεροβαρούς ακρίβειας και με μεγάλες μεταξύ τους χρονικές αποκλίσεις στοιχεία, όπως π.χ.

- Τοπογραφικοί χάρτες
- Θεματικοί χάρτες
- Στατιστικές απογραφές
- Στοιχεία ειδικών βάσεων δεδομένων
- Πορίσματα επίγειων αποδόσεων ελέγχων
- Βιντεολήψεις
- Αεροφωτογραφίες και επίγειες φωτογραφίες
- Ψηφιακές δορυφορικές τηλεπισκοπικές απεικονίσεις
- Ψηφιακά μοντέλα αντικειμένου/ εδάφους και /ή παράγωγες επεξεργασίες τους
- Πληροφορίες από φωτοερμηνευτικές αναλύσεις και ψηφιακές επεξεργασίες τηλεπισκοπικών απεικονίσεων

Για την αποδοτική διαχείριση αυτών των χωρικών δεδομένων (spatial data) απαιτείται η ανάλυση τους σε μικρά (μοναδιαία) πολυγωνικά στοιχεία ή σε κανονικά

μοναδιαία τετραγωνικά στοιχεία ενός δικτύου/ καννάβου τα οποία να προσαρμόζονται με κάποιο τρόπο στη φυσική γήινη επιφάνεια και τις πολυδιάστατες (ανάλογα με την επιστημονική εφαρμογή) «μονάδες» της.

Τέτοιες μονάδες μπορεί να είναι π.χ.

- Χρήσεις/ καλύψεις γης
- Εκμεταλλεύσεις γης
- Υδρολογικές ενότητες
- Εδαφολογικές ενότητες/ εμφανίσεις
- Γεωλογικές ενότητες/ εμφανίσεις
- Γεωμορφολογικές ενότητες/ τοπία
- Οικολογικές ενότητες
- Περιβαλλοντικές ενότητες
- Ιδιοκτησίες
- Οικιστικές ενότητες
- Διοικητικές μονάδες

Η συσχέτιση /σύγκριση / αναφορά αυτή αντικειμενικά διευκολύνεται σε κάποιο βαθμό αν τα στοιχεία:

1. Μπορούν να αναχθούν σε κοινό επίπεδο αναφοράς (π.χ. χάρτες διαφορετικών κλιμάκων να αποκτήσουν ενιαία κλίμακα), ώστε να συσχετίζονται με επίθεση διαφανειών τους.
2. Μπορούν να διορθώνονται και να ανάγονται κατάλληλα (π.χ. μονοεικονική φωτοαναγωγή πρόσφατων αεροφωτογραφιών περίπου οριζοντίων/ επιπέδων εδαφών), στην κλίμακα του τοπογραφικού υποβάθρου, ώστε να καθίσταται δυνατή η συμπλήρωση/ ενημέρωση του με τις μεταβολές των οριζοντιογραφικών στοιχείων οι οποίες μεσολάβησαν από την σύνταξη του τοπογραφικού υποβάθρου ως την ημερομηνία λήψης των αεροφωτογραφιών.
3. Μπορούν να υποστούν τις απαραίτητες κατά περίπτωση γεωμετρικές και/ ή ραδιομετρικές διορθώσεις, ώστε οι σχετικές ταξινομήσεις (classifications) να

μπορούν να συσχετισθούν αναλογικά (ως θεματικοί χάρτες) ή ψηφιακά με τα υπόλοιπα διατιθέμενα στοιχεία.

4. Μπορούν να συνεκτυπωθούν σε ένα κοινό χαρτογραφικό υπόβαθρο (π.χ. συγχώνευση κτηματολογικών, εδαφολογικών, γεωλογικών κ.λ.π. στοιχείων με τα οριζοντιογραφικά και υψομετρικά στοιχεία του τοπογραφικού διαγράμματος), ώστε να μπορούν ταυτόχρονα να συνεκτιμηθούν στη σχετική μελέτη/ έρευνα.
5. Μπορούν να μετασχηματισθούν κατάλληλα (π.χ. σε χαρτογραφική μορφή) ώστε να γίνεται δυνατή η συσχέτιση και ολοκλήρωση ανόμοιων σε υφή πληροφοριών, οι οποίες εν τούτοις συνεισφέρουν αποφασιστικά αν συνεκτιμηθούν στη διερεύνηση βασικών προβλημάτων στο χώρο μελέτης/ έρευνας.

Η διερεύνηση όμως αυτή μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1970 ήταν περιορισμένη, σε μια αναλογική πρόδρομη μορφή Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών λόγω της φυσικής και νοητικής αδυναμίας του μελετητή/ ερευνητή της γης και του περιβάλλοντος να αντιλαμβάνεται, να προσεγγίζει, να συνεκτιμά και να συσχετίζει ταυτόχρονα περισσότερες από δύο ομάδες στοιχείων στην καταλληλότερη και περίπτωση χαρτογραφική ή άλλη μορφή τους.

Η ραγδαία όμως εξέλιξη της πληροφορικής που σημειώθηκε την δεκαετία του 1970 με την τεράστια αύξηση των δυνατοτήτων μνήμης, αποθήκευσης και επεξεργασίας των υπολογιστών εκμηδένισε πρακτικά την ανθρώπινη αυτή αδυναμία, καθιστώντας δυνατή την ολοκληρωμένη προσέγγιση, ενοποίηση, ομογενοποίηση, αναγωγή, παράλληλη επεξεργασία, συνεπεξεργασία, ανταλλαγή και συσχέτιση κάθε είδους στοιχείων, χαρακτηριστικών, εμφανίσεων, διαδικασιών και φαινομένων της γης και του περιβάλλοντος τα οποία θα μπορούσαν να περιγραφούν/ αποδοθούν σ' ένα τρισδιάστατο σύστημα γεωδαιτικών ή γεωγραφικών συντεταγμένων.

Έτσι, ως Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών ορίστηκε η ραγδαία αναπτυσσόμενη και εξελισσόμενη από τότε τεχνική του μετασχηματισμού τεράστιων ποσοτήτων ποιοτικών και ποσοτικών στοιχείων τα οποία αφορούν ή σχετίζονται με τη γη και το περιβάλλον σε χρήσιμες και αμέσως αξιοποιήσιμες πληροφορίες από τις διεπιστημονικές ομάδες οι οποίες αντιμετωπίζουν τα σχετικά προβλήματα, τεκμηριώνουν την σκοπιμότητα και σχεδιάζουν προγράμματα ανάπτυξης και προστασίας του περιβάλλοντος ή πραγματοποιούν τους στόχους τους και παρακολουθούν και αξιολογούν τις επιπτώσεις τους.

2.2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Η ιδιαιτερότητα στις βάσεις δεδομένων σε περιβαλλοντικά ζητήματα σε σχέση με άλλες βάσεις δεδομένων οφείλεται στην γεωγραφική εξάρτησή τους. Παίζει δηλαδή σημαντικό ρόλο η χωρική διάσταση των Πληροφοριών και η γεωγραφική τους κατανομή. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης των G.I.S. συνοψίζονται στα παρακάτω :

α) Δυνατότητα Γεωγραφικής Ανάλυσης των Πληροφοριών

Οι πληροφορίες δεν έχουν απλώς χωρική εξάρτηση αλλά μπορούν να διαχειριστούν με βάση τη γεωγραφική συνιστώσα. Έτσι μπορούν να ανακτηθούν πληροφορίες σχετικά με την κατανομή κάποιας συγκεκριμένης ιδιότητας των παραμέτρων, ή πληροφορίες σχετικές με περιοχές που, εμφανίζεται κάποια ιδιαίτερη ιδιότητα. Π.χ. περιοχές όπου η βροχόπτωση ή η απορροή εμφανίζει συστηματική απόκλιση από τις μέσες αναμενόμενες τιμές.

β) Δυνατότητα ηλεκτρονικής χαρτογράφησης και παρουσίασης θεματικών χαρτών

Τα G.I.S. έχουν την δυνατότητα να παρουσιάζουν πληροφορίες με μορφή χαρτών και ιδιαίτερα θεματικών χαρτών. Αυτοί οι χάρτες μπορούν να συνδυάζονται μεταξύ τους και να παράγουν σύνθετες χαρτογραφικές απεικονίσεις.

γ) Δυνατότητα Διεπιστημονικής Εργασίας

Αυτό σημαίνει ότι μπορεί κάποιος να προσθέτει στοιχεία του δικού του επιστημονικού κλάδου σε προηγούμενες δουλειές "κτίζοντας" πάνω σε αυτές και έτσι αυξάνει τον αριθμό των πληροφοριών που αφορούν μια συγκεκριμένη περιοχή ευνοώντας την ύπαρξη κοινής αναφοράς για τους επιστήμονες διαφορετικών ειδικοτήτων που συνεργάζονται μεταξύ τους. Αυτό επιτυγχάνεται χάρη στην θεμελιώδη αρχή των επιπέδων πληροφοριών (Layers) τα οποία εναποτίθενται το ένα πάνω στο άλλο και έτσι συνδυάζονται μεταξύ τους ,όπως συνηθίζεται με την κλασσική μέθοδο χαρτογράφησης με χρήση ριζόχαρτων που εναποτίθενται διαδοχικά το ένα πάνω στο άλλο κατορθώνουμε την αξιοποίηση και τον συνδυασμό διαφορετικών πληροφοριών.

δ) Δυνατότητα ένταξης μεθόδων μαθηματικής επεξεργασίας των πληροφοριών στα G.I.S. καθώς και μοντέλα προσομοίωσης.

Συγκεκριμένα στις περιβαλλοντικές εφαρμογές μπορούμε αν επεκταθούμε να ασχοληθούμε με μοντέλα πρόγνωσης φαινομένων π.χ. περιβαλλοντικών αλλοιώσεων, αλλοίωση μορφολογίας της εξέλιξης των υδροσυστημάτων, την αξιοποίηση εναλλακτικών σχεδίων διαχείρισης κ.λ.π. .

2.3 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ MARINFO

Το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών που χρησιμοποιήθηκε για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας είναι το MarInfo έκδοσης 6.0, το οποίο είναι συμβατό με το λειτουργικό σύστημα Microsoft Office 97 και το οποίο ανήκει στο Εργαστήριο Υδρομηχανικής και Περιβαλλοντικής Τεχνικής, του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Το MarInfo χρησιμοποιήθηκε για την ψηφιοποίηση των χωρικών πληροφοριών και για την εύρεση του υδροκρίτη των λεκανών και υπολεκανών απορροής, για την καταχώρηση των διαφορών χωρικών δεδομένων, για την επικοινωνία του Γ.Σ.Π. με το χρήστη και για τον υπολογισμό της κατανομής των βροχοπτώσεων και των απορροών στην λεκάνη απορροής.

Το MarInfo παρέχει τη δυνατότητα να κατανεμηθεί χωρικά η υδρολογική πληροφορία, είτε πρόκειται για βροχόπτωση, είτε για εξάτμιση και κατείσδυση. Αυτό αποκτά μεγάλη σημασία σε περιπτώσεις σαν αυτήν, στις οποίες δεν υπάρχουν δεδομένα απορροής τα οποία χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός μοντέλου βροχής-απορροής. Εδώ οι παράμετροι που επηρεάζουν την απορροή δεν ρυθμίζονται με βάση ιστορικά γεγονότα, αλλά εκτιμώνται εμπειρικά με βάση τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης.

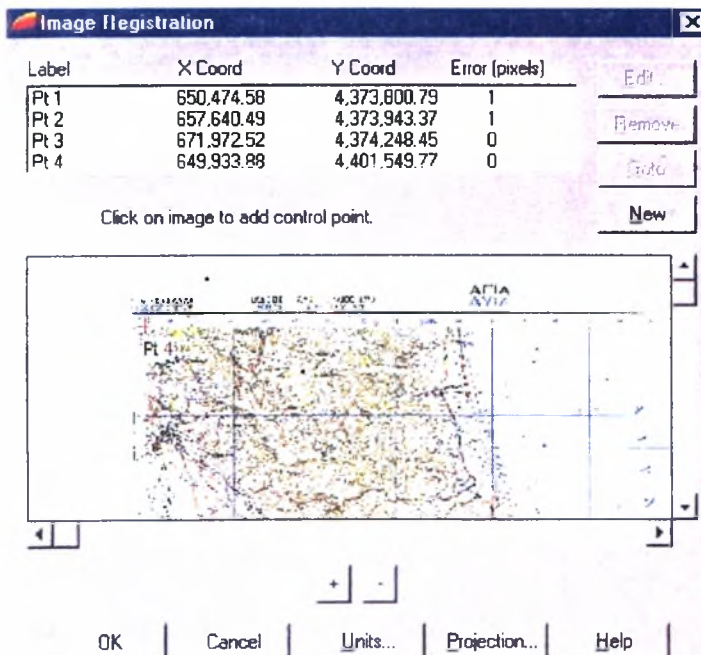
Μέσω του MarInfo μπορούμε να συνδυάσουμε ένα πλήθος πληροφοριών που συνδέονται με την υδρολογική φόρτιση και απόκρισή όπως το υψόμετρο, οι χρήσεις γης το είδος των εδαφών κ.α. Ειδικά όταν πρόκειται για την κατανομή της βροχόπτωσης σε μια περιοχή και εφόσον υπάρχουν επαρκή δεδομένα (δηλαδή διάφοροι σταθμοί σε διαφορετικά υψόμετρα), μπορεί να γίνει άμεση σύνδεση της βροχόπτωσης με το υψόμετρο με μια απλή μέθοδο γραμμικής παλινδρόμησης. Η κατείσδυση από την άλλη μπορεί να εξαρτηθεί από τον τύπο του εδάφους και τις χρήσεις γης, ενώ η εξάτμιση από τη μετεωρολογικούς παράγοντες και τις χρήσεις γης.

2.4 ΣΥΝΟΠΤΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ MAPINFO

Σ' αυτή την ενότητα περιγράφεται περιληπτικά η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την πραγματοποίηση μέρους αυτής της μελέτης με τη βοήθεια του MAPINFO. Περισσότερες λεπτομέρειες σε μεθόδους που θα αναφερθούν εδώ δίνονται στα αντίστοιχα κεφάλαια του εγχειριδίου του προγράμματος.

Εισαγωγή του χάρτη της περιοχής μέσω scanner στον ηλεκτρονικό υπολογιστή

Το πρώτο βήμα σε κάθε διαδικασία επεξεργασίας δεδομένων με ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών είναι η εισαγωγή του χάρτη ο οποίος θα αποτελέσει τη βάση για την ψηφιοποίηση των γεωγραφικών δεδομένων, που σε αυτή την περίπτωση είναι οι ισούψεις, οι χείμαρροι, οι δρόμοι κ.τ.λ. Αρχικά απαιτείται η σάρωση του χάρτη μέσω scanner, ώστε να είναι αναγνωρίσιμος από το MapInfo το οποίο υποστηρίζει τις εξής μορφές MrSID, BMP, GIF, JPEG, PCX, SPOT, TARGA και TIFF. Στη συνέχεια εισάγεται ο χάρτης στο MapInfo και δίνονται για κάθε κομμάτι του οι γεωγραφικές συντεταγμένες τεσσάρων γνωστών σημείων με τέτοια ακρίβεια ώστε το σφάλμα να είναι μηδενικό. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται *Image Registration* (Σχήμα 2.1). Το σύστημα προβολής που χρησιμοποιήθηκε ήταν το *Universal Transverse Mercator (ED50), UTM Zone 34*.

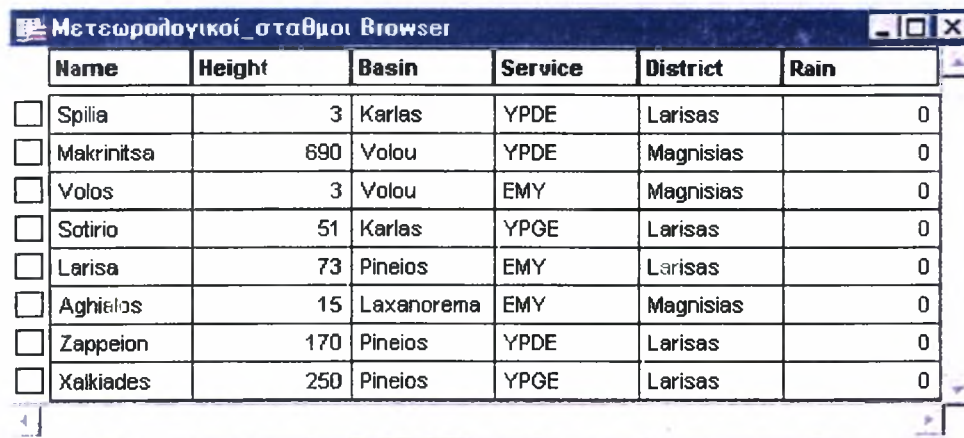


Σχήμα 2.1. Καρτέλα Image registration

Ψηφιοποίηση του χάρτη

Πρώτα με την εντολή File > New Table δημιουργείται νέος πίνακας που θα περιέχει τον ψηφιοποιημένο χάρτη. Εδώ δίνεται η δυνατότητα καταχώρησης πολλαπλών πληροφοριών για κάθε εγγραφή. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.3 κάθε γραμμή του πίνακα αποτελεί μια εγγραφή, τα στοιχεία της οποίας αναφέρονται σε ένα σταθμό, ενώ κάθε στήλη αποτελεί ένα πεδίο. Τα πεδία του πίνακα του παραδειγματος είναι :

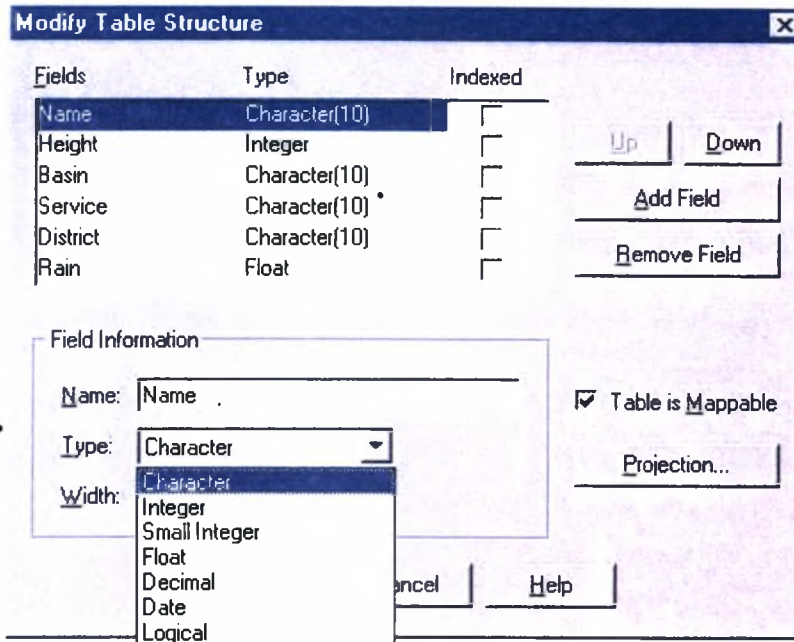
- Η ονομασία του σταθμού (Name)
- Το υψόμετρο του σταθμού (Height)
- Η λεκάνη απορροής στην οποία ανήκει (Basin)
- Η υπηρεσία στην οποία υπάγεται ο σταθμός (Service)
- Ο νομός στον οποίο ανήκει ο σταθμός (District)
- Το ύψος της υετόπτωσης (Rain)



	Name	Height	Basin	Service	District	Rain
<input type="checkbox"/>	Spilia	3	Karlas	YPDE	Larissas	0
<input type="checkbox"/>	Makrinitssa	690	Volou	YPDE	Magnissias	0
<input type="checkbox"/>	Volos	3	Volou	EMY	Magnissias	0
<input type="checkbox"/>	Sotirio	51	Karlas	YPGE	Larissas	0
<input type="checkbox"/>	Larisa	73	Pineios	EMY	Larissas	0
<input type="checkbox"/>	Aghiailos	15	Laxanorema	EMY	Magnissias	0
<input type="checkbox"/>	Zappeion	170	Pineios	YPDE	Larissas	0
<input type="checkbox"/>	Xalkiades	250	Pineios	YPGE	Larissas	0

Σχήμα 2.3. Καρτέλα New Browser Window

Εύκολα διαπιστώνεται πως τα χαρακτηριστικά κάθε πεδίου είναι διαφορετικά, κάποια περιέχουν αριθμητικά δεδομένα (π.χ. υψόμετρα), ενώ κάποια άλλα ονομαστικά (π.χ. ονομασία). Στο Σχήμα 2.4 φαίνονται οι τύποι των πεδίων που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και όλοι οι διαθέσιμοι τύποι.



Σχήμα 2.4. Καρτέλα Table structure

Συνίσταται η δομή του πίνακα να καθορίζεται από την αρχή, είναι όμως δυνατή η μεταβολή αυτής με την εντολή Table > Maintenance > Table Structure. Η διόρθωση μιας πληροφορίας γίνεται κατ' ευθείαν είτε στο φύλλο επεξεργασίας, είτε πάνω στο χάρτη. Σε περίπτωση διαγραφής μιας πληροφορίας χρησιμοποιούνται οι εντολές Edit > Cut ή Edit > Clear. Διαγράφεται έτσι η πληροφορία και από το φύλλο επεξεργασίας και από το χάρτη.

Με τα Symbol, Line, Polyline, Polygon, Region Buttons από το Drawing Toolbar (Σχήμα 2.5) ψηφιοποιούνται οι ισοϋψείς, καθώς και άλλες πληροφορίες όπως οικισμοί, λίμνες, ποτάμια, δρόμοι πάνω στην εικόνα του χάρτη. Η κάθε μια πληροφορία εισάγεται σε διαφορετικό θεματικό επίπεδο (layer). Ταυτόχρονα ενημερώνουμε και το φύλλο επεξεργασίας με τα ονόματα και τα χαρακτηριστικά κάθε στοιχείου, είτε ανοίγοντας το με την εντολή Window> New Browser Window, είτε σκοπεύοντας το στοιχείο με το Info Button (Σχήμα 2.6).



Σχήμα 2.5. Drawing Toolbar



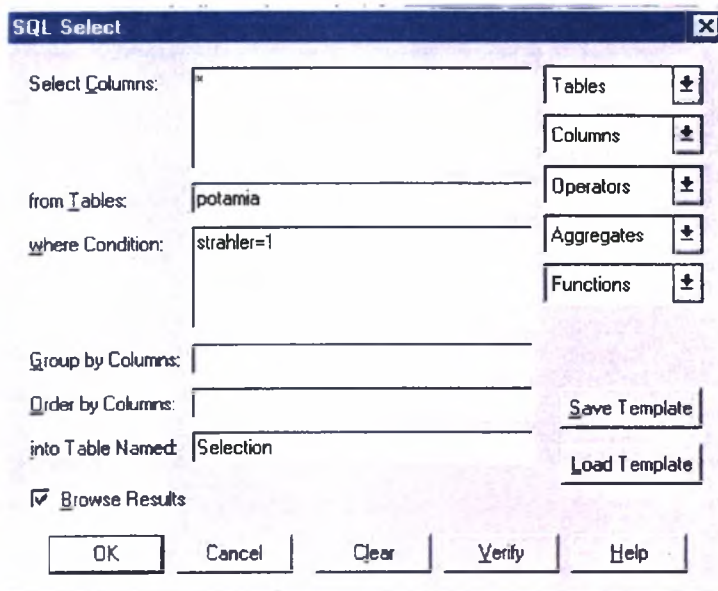
Σχήμα 2.6. Info Button

Ενημέρωση στήλης

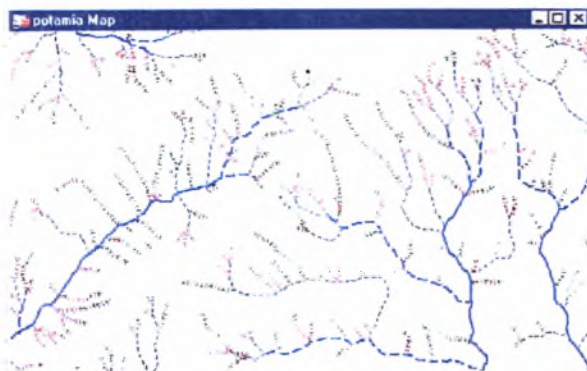
Με την εντολή Table > Update Column είναι δυνατό να προστεθεί μια νέα στήλη σε ένα πίνακα, η οποία θα περιέχει στοιχεία αντλούμενα από οποιοδήποτε ψηφιοποιημένο χάρτη. π.χ. η προσθήκη σε ένα πίνακα της στήλης εμβαδόν, που δίνει την πληροφορία του εμβαδού μίας υπολεκάνης. Ακόμη είναι εφικτή η ενημέρωση του φύλλου επεξεργασίας απ' ευθείας από το θεματικό χάρτη με πληροφορίες για εμβαδά, περιμέτρους, αποστάσεις, γεωμετρικά χαρακτηριστικά κ.α..

Εντολή Query > Select

Με την εντολή αυτή επιτυγχάνεται η επιλογή ή η ταξινόμηση των στοιχείων βάσει κάποιου κριτηρίου, π.χ. ταξινόμηση των χειμάρρων με βάση την τάξη τους κατά Strahler (Σχήμα 2.7 και 2.8).



Σχήμα 2.7. Καρτέλα SQL Select



Σχήμα 2.8. Επιλογή των χειμάρρων 1^{ης} τάξης κατά Strahler.

Εντολή Table > Append Rows to Table

Με την εντολή αυτή είναι εφικτή η προσάρτηση ενός πίνακα σε έναν άλλο και η περαιτέρω επεξεργασία των στοιχείων τους.

Δημιουργία θεματικών χαρτών

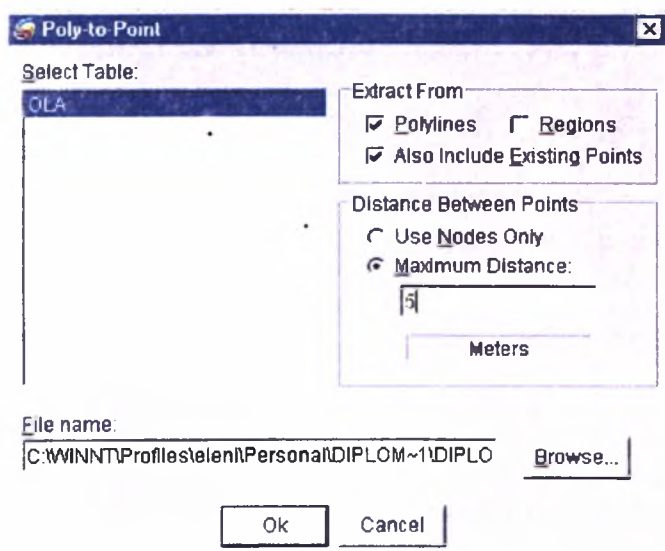
Με την εντολή Map > Create Thematic Map είναι δυνατό να δημιουργηθούν χάρτες που δίνουν πληροφορίες μη ορατές με τη μελέτη απλών πινάκων.

Εντολή Table > Maintenance > Pack Table

Κατά τη διαγραφή στοιχείων από το χάρτη και το φύλλο επεξεργασίας (με την εντολή Edit > Cut, Edit > Clear) εμφανίζονται γκρι γραμμές στο φύλλο επεξεργασίας. Με τη βοήθεια της εντολής Pack Table δίνεται η δυνατότητα “εξαφάνισης” των γκρι αυτών γραμμών.

Δημιουργία τρισδιάστατου ομοιώματος με το MapInfo

Εφόσον ολοκληρωθεί η διαδικασία ψηφιοποίησης και διόρθωσης των ισοϋψών καμπύλων, ακολουθεί η δημιουργία του τρισδιάστατου ομοιώματος- μοντέλου εδάφους από το πρόγραμμα. Αρχικά απαιτείται η μετατροπή όλων των γραμμών σε σημεία με γνωστό υψόμετρο με την εντολή Vertical Mapper > Create Grid > Poly-to-Point (Σχήμα 2.9). Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα αρχείο που περιέχει μόνο σημεία γνωστού υψομέτρου και το οποίο χρησιμοποιείται για την αριθμητική παρεμβολή μεταξύ των σημείων αυτών και συνεπώς στην κατασκευή του μοντέλου εδάφους.

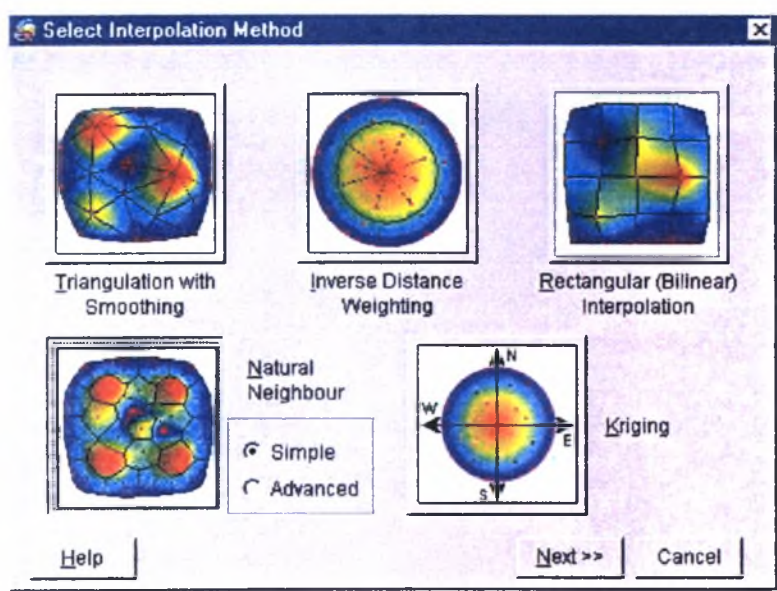


Σχήμα 2.9. Καρτέλα Poly-to-Point.

Επιλογή της κατάλληλης μεθόδου παρεμβολής

Το πρόγραμμα MapInfo προσφέρει τη δυνατότητα επιλογής, ανάλογα με τις ανάγκες, μιας από τις παρακάτω μεθόδους αριθμητικής παρεμβολής (Σχήμα 2.10) :

- Triangulation with Smoothing (TIN)
- Inverse Distance Weighting (IDW)
- Rectangular (Bilinear) Interpolation
- Natural Neighbour (NN)
- Kriging



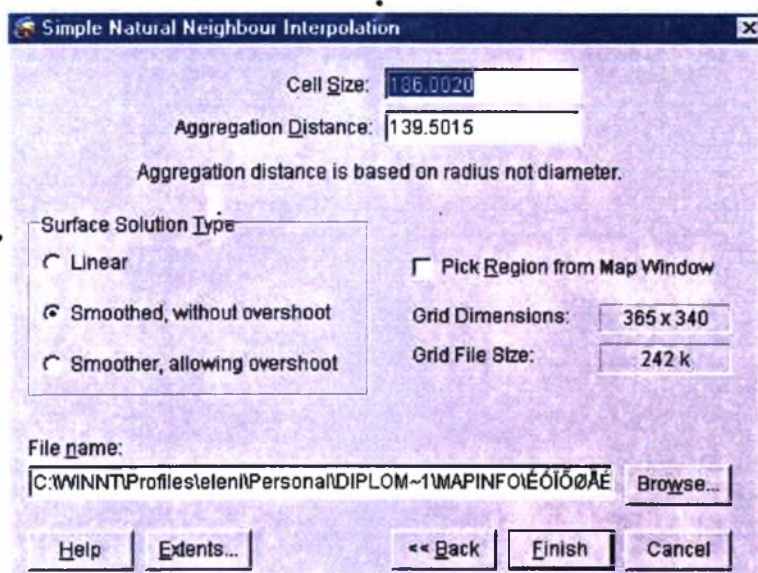
Σχήμα 2.10. Καρτέλα Select Interpolation Method.

Για να είναι δυνατή η βέλτιστη αναπαράσταση του μοντέλου επιφανείας είναι σημαντικό να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνική. Οι παράμετροι που καθορίζουν την καταλληλότητα της μεθόδου σχετίζονται με το είδος των δεδομένων, την ακρίβεια των δεδομένων, την κατανομή των σημείων, την ταχύτητα της παρεμβολής και τη δυνατότητα να υπολογίζει τιμές πέραν των τοπικών ακρότατων.

- Έτσι λοιπόν για την περίπτωση που τα δεδομένα σημεία αναπαριστούν υψόμετρο προτεινόμενες μέθοδοι παρεμβολής είναι η TIN και η NN.
- Αν η ακρίβεια των δεδομένων είναι καλή προτεινόμενες μέθοδοι παρεμβολής είναι η NN, TIN και η Rectangular.

- Για την δεδομένη κατανομή των σημείων γνωστού υψομέτρου προτεινόμενες μέθοδοι είναι οι IDW, NN και Kriging.

Τελικά επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος NN (Σχήμα 2.11.).



Σχήμα 2.11. Καρτέλα Simple Natural Neighbour Interpolation.

2.5 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΡΙΓΜΕΝΗΣ ΣΕ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS)

Με την βοήθεια του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών MapInfo ψηφιοποιήθηκαν οι παρακάτω πληροφορίες.

2.5.1 Μορφολογικές πληροφορίες:

- Τοπογραφικές ισοϋψείς ανά 20 μέτρα της περιοχής που περιέχεται στα δέκα φύλλα χάρτη (Γόννοι, Ραψάνη, Καρίτσα, Λάρισα, Πλατύκαμπος, Αγιά, Φάρσαλα, Βελεστίνο, Βόλος και Ζαγορά) σε κλίμακα 1:50000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού. Από τις ισοϋψείς, στην συνέχεια δημιουργήθηκε το ψηφιακό ανάγλυφο της περιοχής (Σχήμα 2.13).
- Τριγωνομετρικά σημεία (Σχήμα 2.13)
- Από τα παραπάνω προέκυψε το μοντέλο εδάφους της λεκάνης (Σχήμα 2.14 και 2.15)
- Η ακτογραμμή της περιοχής.

2.5.2 Πληροφορίες υδραυλικών έργων

- Οι τάφροι που διασχίζουν την λεκάνη (Σχήμα 2.16).
- Οι μικροί ταμιευτήρες (Σχήμα 2.16).
- Η σήραγγα της Κάρλας (Σχήμα 2.16).
- Οι συλλεκτήρες, που διασχίζουν την λεκάνη και οι οποίοι ορίζουν τους υδροκρίτες των υπολεκανών (Σχήμα 2.17).
- Ο κατασκευαζόμενος ταμιευτήρας (Σχήμα 2.17).

2.5.3 Πληροφορίες συγκοινωνιών

- Η παλιά Εθνική Οδός Βόλου- Λάρισας (Σχήμα 2.18).

2.5.4 Αστικά κέντρα.

- Τα αστικά κέντρα της περιοχής(Σχήμα 2.18).
- Οι οικισμοί της περιοχής (Σχήμα 2.18).

2.5.5 Υδρολογικές πληροφορίες.

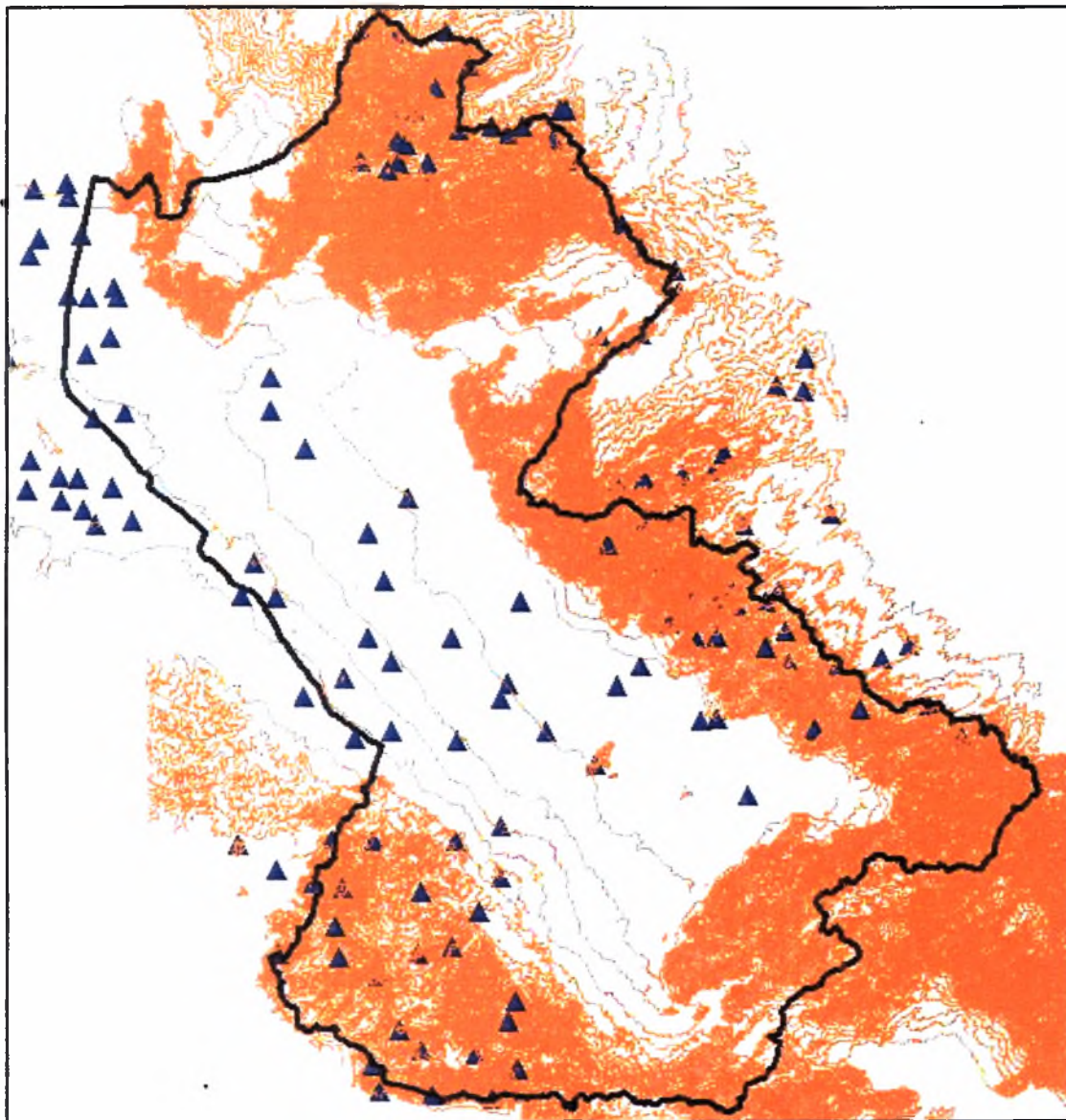
- Ο υδροκρίτης της λεκάνης απορροής και των υπολεκανών του κατασκευαζόμενου ταμιευτήρα (Σχήμα 2.17).
- Οι χείμαρροι της περιοχής βάση του χάρτη με αρίθμηση κατά Strahler (Σχήμα 2.19).
- Οι υδρομετεωρολογικοί σταθμοί της περιοχής (Σχήμα 2.20).

2.5.6 Γεωλογικές πληροφορίες

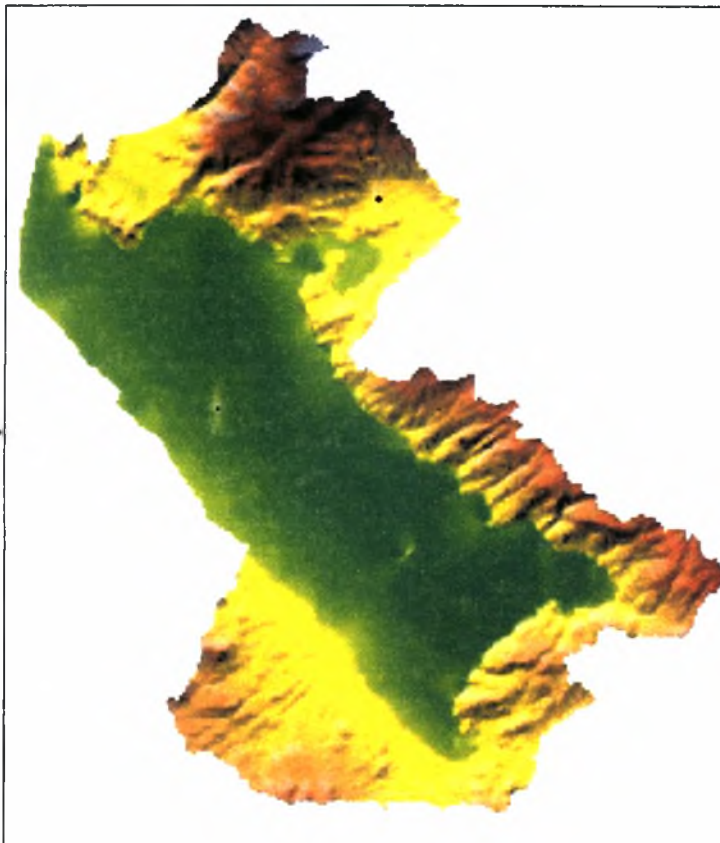
- Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής από χάρτη του ΕΚΒΥ (Σχήμα 2.21).

2.6 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

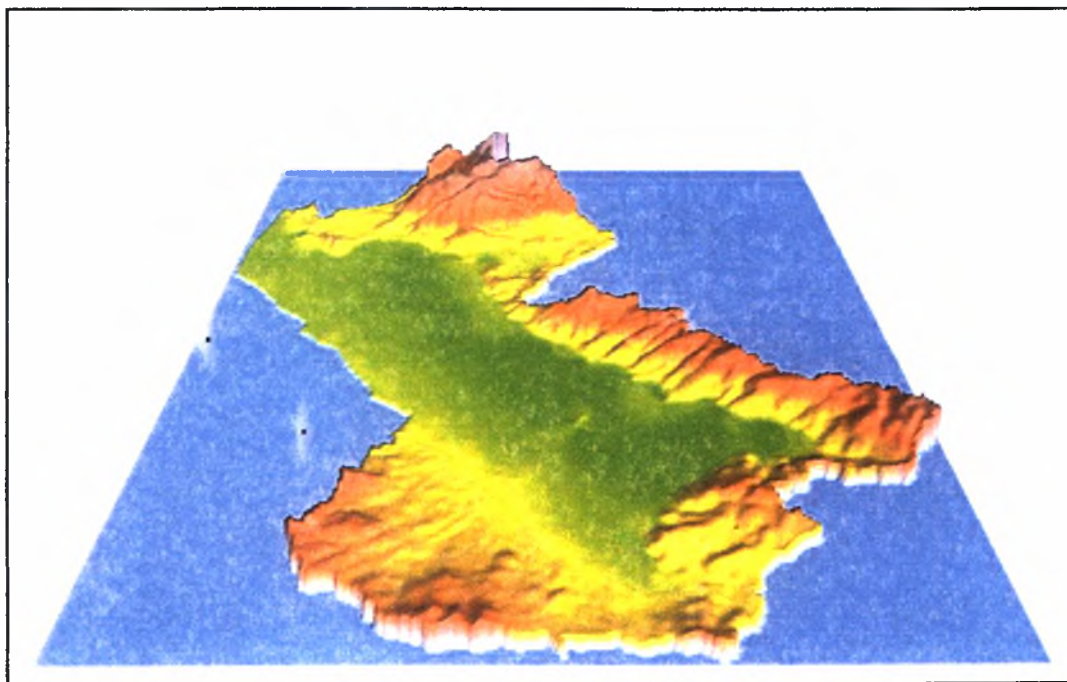
Παρακάτω υπάρχουν ψηφιοποιημένοι χάρτες με τις παραπάνω πληροφορίες



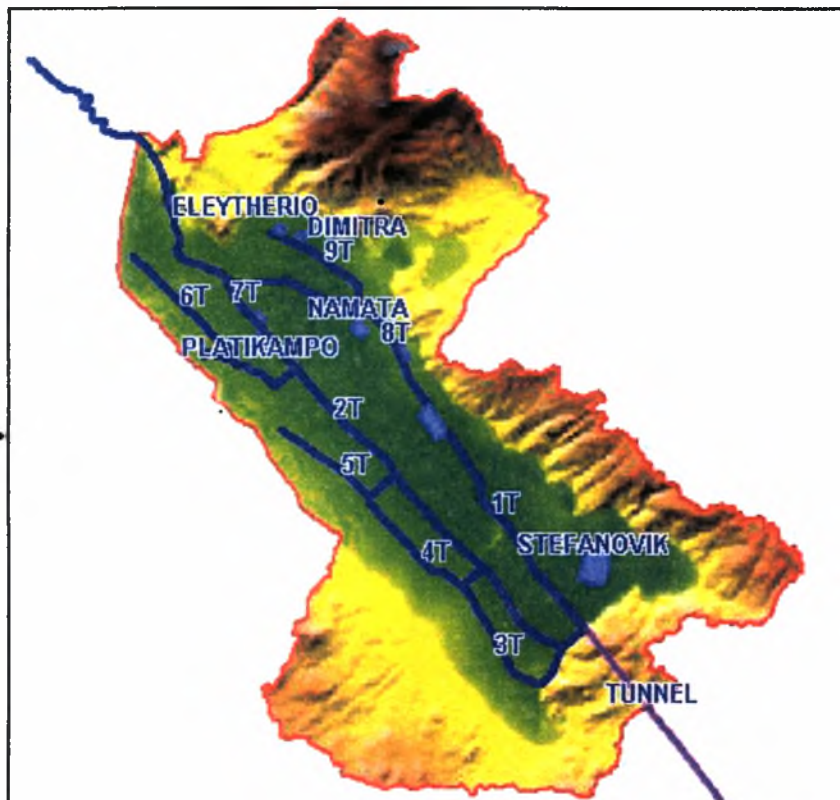
Σχήμα 2.13. Ισοϋψείς ανά 20 μέτρα και τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής



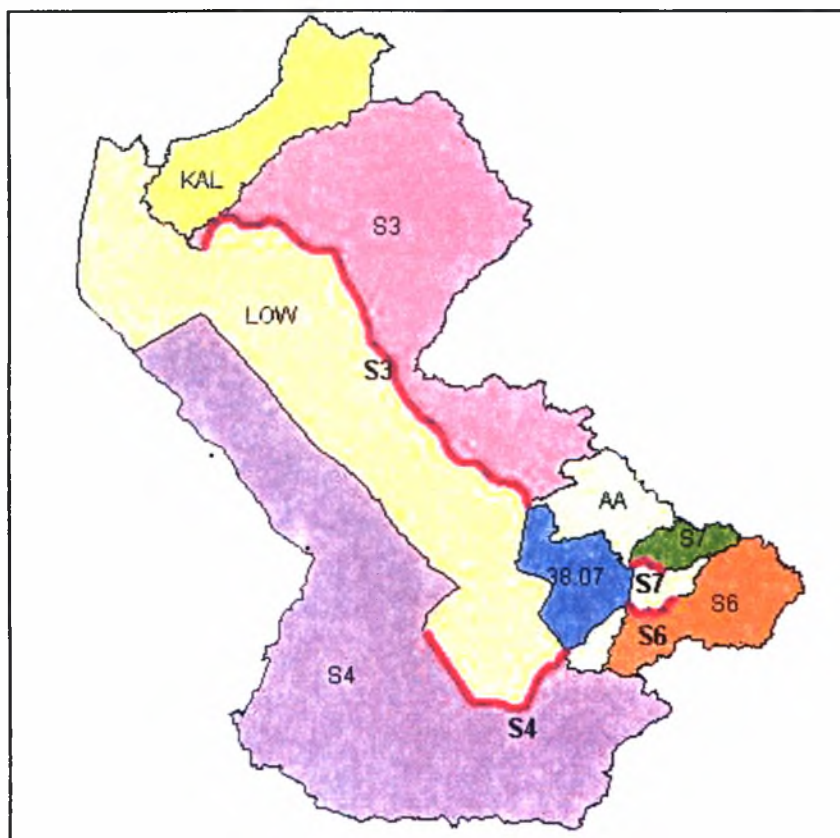
Σχήμα 2.14. Ψηφιακό ανάγλυφο της περιοχής



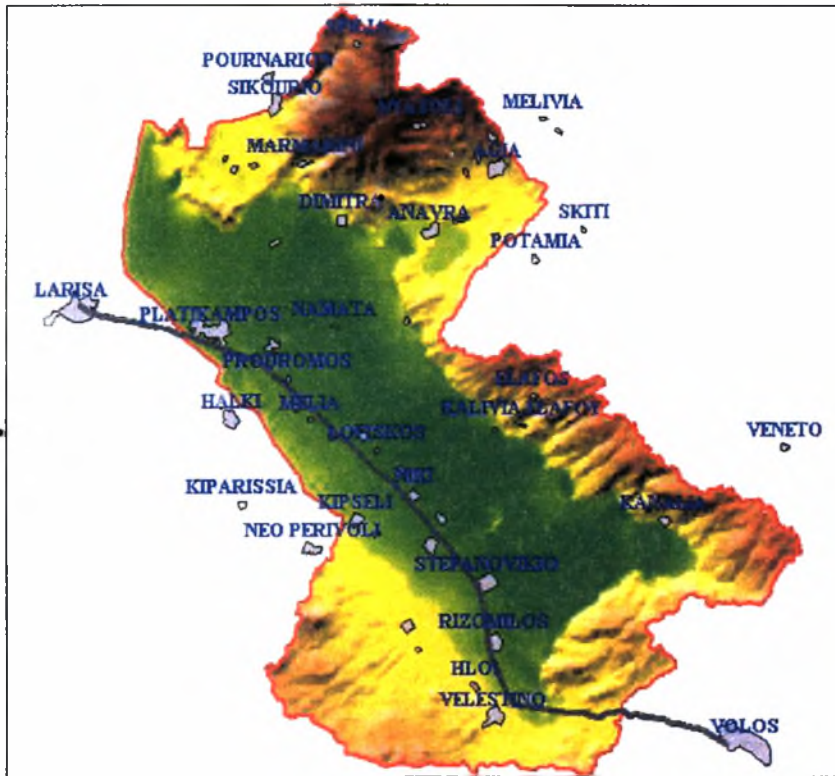
Σχήμα 2.15. Τρισδιάστατη απεικόνιση του αναγλύφου.



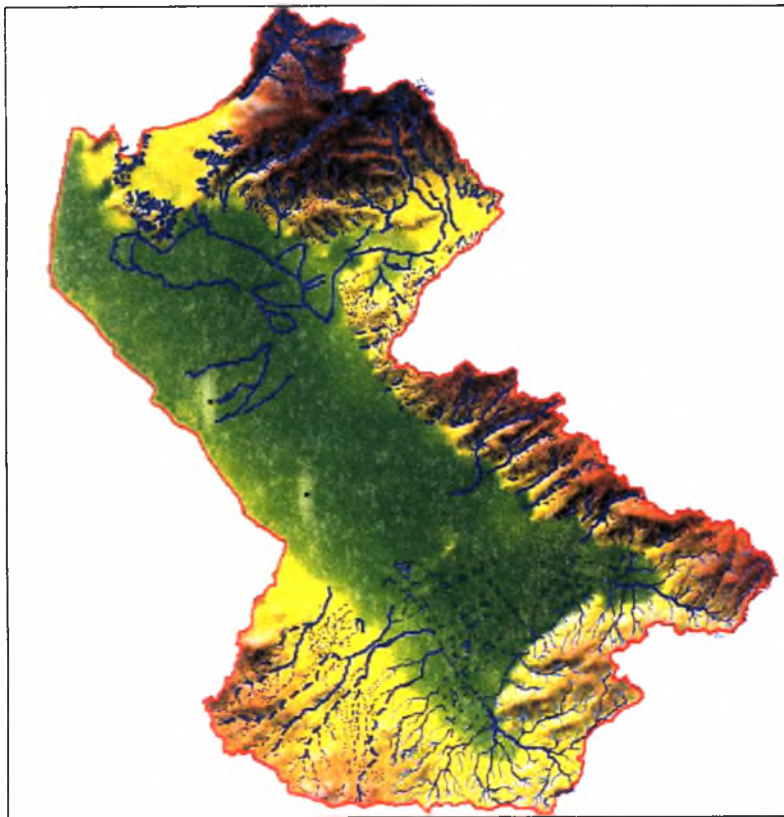
Σχήμα 2.16. Πληροφορίες υδραυλικών έργων



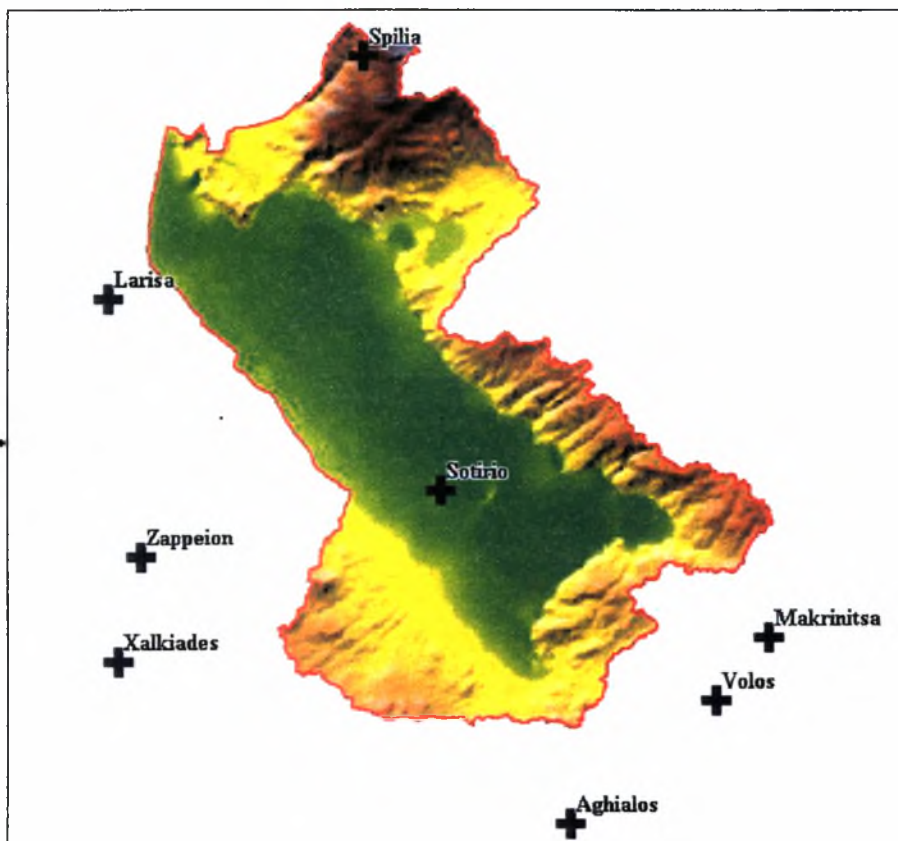
Σχήμα 2.17. Υδρολογικές πληροφορίες λεκανών απορροής



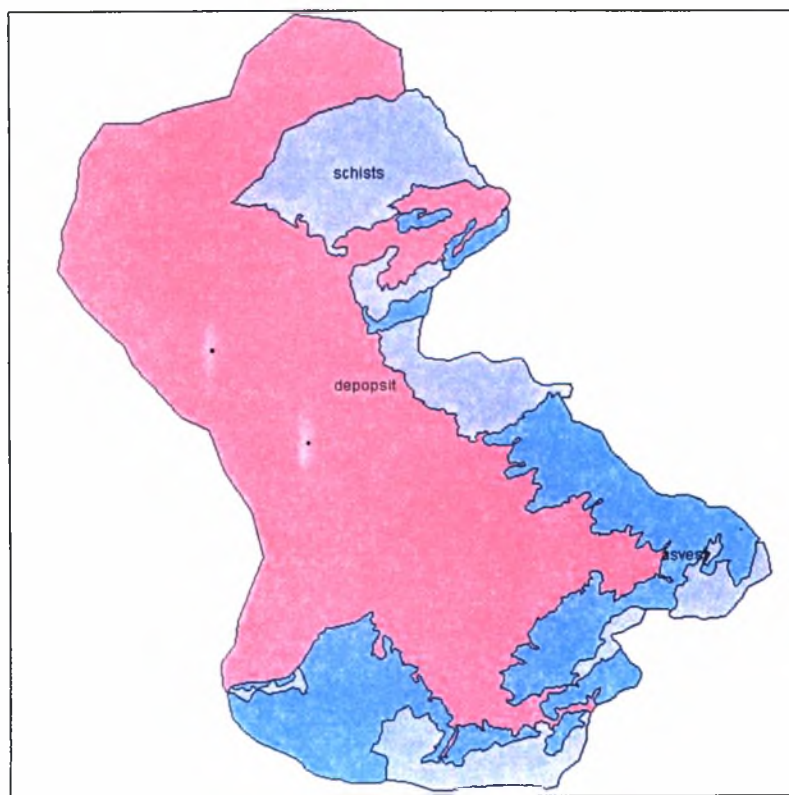
Σχήμα 2.18. Πληροφορίες αστικών κέντρων και συγκοινωνιών



Σχήμα 2.19. Υδρολογικές πληροφορίες χειμάρρων.



Σχήμα 2.20. Χρησιμοποιηθέντες μετεωρολογικοί σταθμοί.



Σχήμα 2.21. Γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής

2.7 ΟΙ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΜΕΝΟΙ ΧΑΡΤΕΣ ΩΣ ΠΗΓΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Στο σύνολο των θεματικών επιπέδων (Layers) που ψηφιοποιήθηκαν για την περιοχή της λεκάνης απορροής της Κάρλας διακρίνουμε τις μορφολογικές πληροφορίες, υδρολογικές πληροφορίες, τα αστικά κέντρα, κ.τ.λ. Το πλήθος των πληροφοριών καθώς και οι συνδυασμοί που μπορεί να επιτύχει κανείς είναι πάρα πολλά. Συνοπτικά αναφέρονται τα παρακάτω για κάθε Layer:

2.7.1 Ισοΰψεις

Παρέχει πληροφορίες για το τοπογραφικό της περιοχής, τα υψηλότερα και χαμηλότερα σημεία του χάρτη (τριγωνομετρικά σημεία), τις κλίσεις του εδάφους. Με τη βοήθεια αυτού του Layer γίνεται ο προσδιορισμός των υδροκριτών και των περιοχών που ευνοούν τη συγκέντρωση επιφανειακών νερών.

2.7.2 Χείμαρροι

Καθορισμός της τάξης μεγέθους και αρίθμηση των χειμάρρων, ενώ γίνεται και ποιοτική διακριτοποίηση εάν πρόκειται για μεγάλο ποτάμι, υδατόρευμα ή απλό χείμαρρο.

2.7.3 Βροχομετρικοί σταθμοί

Εκτός από τις συντεταγμένες τους, μας ενημερώνουν για τα ύψη βροχοπτώσεων, θερμοκρασίες και άλλα στοιχεία για τη συγκεκριμένη περιοχή και για πεπερασμένο χρονικό διάστημα. Συνήθως ταυτίζονται με το χωριό ή την πόλη σε μικρή απόσταση των οποίων είναι εγκατεστημένος ο κάθε σταθμός.

2.7.4 Υφιστάμενα και προτεινόμενα έργα

Εδώ έχουν καταχωρηθεί όλα τα υπάρχοντα έργα με τα υδραυλικά χαρακτηριστικά τους που υπάρχουν στην περιοχή όπως οι συλλεκτήρες, οι τάφροι, οι μικροί ταμιευτήρες καθώς και ο υπό κατασκευή ταμιευτήρας. .

2.7.5 Συνολική λεκάνη και υπολεκάνες

Λαμβάνουμε σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τη δημιουργία του υδρολογικού ισοζυγίου τόσο των επιμέρους όσο και της ολικής λεκάνης. Ακόμη μπορούμε να υπολογίσουμε την έκταση της κάθε υπολεκάνης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

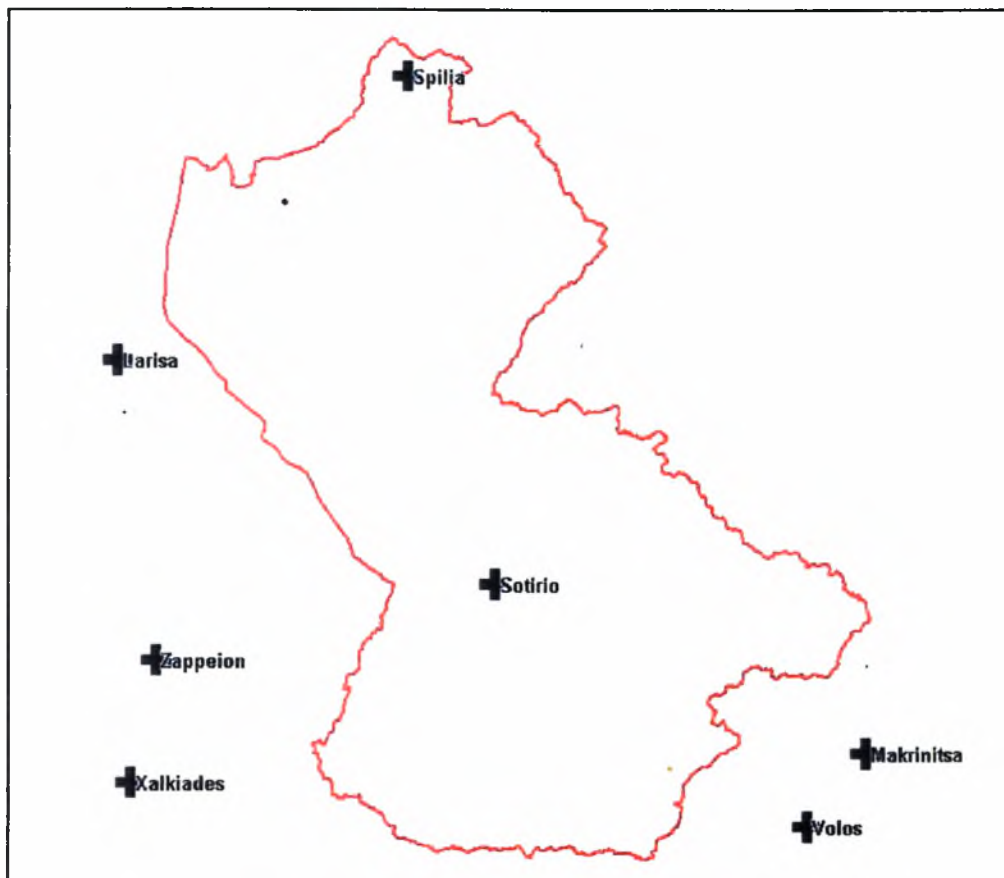
3.1 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

3.1.1 Βροχομετρικά Δεδομένα- Μετεωρολογικοί Σταθμοί

Σε αυτό το στάδιο της μελέτης κρίσιμη ήταν η επιλογή των καταλληλότερων, δηλαδή των πιο αντιπροσωπευτικών σταθμών για την περιοχή μελέτης. Έπειτα από επισταμένη αναζήτηση βρέθηκαν τρεις πηγές με επεξεργασμένα βροχομετρικά δεδομένα οι οποίες ποίκιλλαν ως προς τον αριθμό των σταθμών, την περίοδο παρατήρησης και την χρονική βάση παρατήρησης. Τελικά επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία της μελέτης «Αναβάθμιση και επικαιροποίηση της υδρολογικής πληροφορίας της Θεσσαλίας» τα οποία έχουν συμπληρωθεί έπειτα από επεξεργασία του συνόλου των σταθμών της Θεσσαλίας.

Αρχικά καταγράφηκαν τα μηνιαία ύψη βροχόπτωσης οκτώ σταθμών (Λάρισα, Σπηλιά, Σωτήριο, Χαλκιάδες, Ζάμπειο, Μακρινίτσα, Βόλος και Αγχίαλος) για μια περίοδο 33 ετών (1960-1993), αλλά κατά τη διάρκεια της στατιστικής επεξεργασίας διαφάνηκε πως οι τρεις τελευταίοι σταθμοί (Μακρινίτσα, Βόλος και Αγχίαλος) δεν είναι αντιπροσωπευτικοί οπότε και αγνοήθηκαν στην συνέχεια.

Αυτό ήταν λογικό και αναμενόμενο καθώς αυτοί οι τρεις σταθμοί, εκτός του ότι δεν ανήκουν στην υπό εξέταση λεκάνη, υπόκεινται και σε διαφορετικές μετεωρολογικές επιδράσεις λόγω της παραθαλάσσιας θέσης τους. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι από τους πέντε εναπομείναντες μόνον οι δύο βρίσκονται μέσα στην λεκάνη (Σπηλιά, Σωτήριο), ένας στα όρια (Λάρισα) και οι άλλοι δυο αρκετά μακριά, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί.

3.1.2 Η Μέθοδος Της Βροχοβαθμίδας

Η συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων των σταθμών ενός βροχομετρικού δικτύου καταλήγει σε σημειακές υδρολογικές πληροφορίες. Σε πληροφορίες δηλαδή που αναφέρονται σε συγκεκριμένα σημεία μιας επιφάνειας, όπου είναι εγκατεστημένοι οι σταθμοί. Ιδιαίτερη σημασία για τις υδρολογικές εφαρμογές έχει η ολοκλήρωση των σημειακών πληροφοριών στην επιφάνεια που καλύπτει το βροχομετρικό δίκτυο, δηλαδή ο υπολογισμός του ισοδύναμου ομοιόμορφου βροχομετρικού ύψους. Ο υπολογισμός αυτός επιτυγχάνεται με την μέθοδο της βροχοβαθμίδας.

Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή, βρίσκεται η γραμμή τάσης με γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του ύψους βροχής και του υψόμετρου των βροχομετρικών σταθμών ενδιαφέροντος, και στην συνέχεια με βάση την εξίσωση αυτή υπολογίζεται το μέσο βροχομετρικό ύψος για κάθε υψόμετρο. Στην συνέχεια για την εύρεση του συνολικού όγκου βροχής που πέφτει στην λεκάνη απορροής, πολλαπλασιάζεται το ισοδύναμο ομοιόμορφο βροχομετρικό ύψος με το εμβαδόν της λεκάνης.

Κρίθηκε σκόπιμο για την περαιτέρω επεξεργασία να χωριστεί κάθε υδρολογικό έτος σε δύο περιόδους, μια Υγρή, η οποία περιλαμβάνει τους μήνες από Οκτώβριο έως Μάρτιο και μια Ξηρή, η οποία περιλαμβάνει τους μήνες από Απρίλιο έως Σεπτέμβριο. Στον Πίνακα 3.1 φαίνονται οι μέσες τιμές ύψους βροχής των σταθμών για κάθε περίοδο καθώς και τα υψόμετρα κάθε σταθμού.

Πίνακας 3.1

Όνομα σταθμού	Υψόμετρο (m)	Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	Μέση βροχόπτωση υγρής περιόδου (Οκτ-Μαρτ)	Μέση βροχόπτωση ξηρής περιόδου (Απρ-Σεπτ)
ΣΩΤΗΡΙΟ	51	404,2	217,9	186,3
ΛΑΡΙΣΑ	73	418,5	256,4	162,1
ΖΑΠΠΕΙΟ	170	501,8	331,4	170,4
ΧΑΛΚΙΑΔΕΣ	250	511,8	331,3	180,4
ΣΠΗΛΙΑ	813	851,6	580,2	271,4

Από τα παραπάνω στοιχεία καθορίστηκαν οι σχέσεις μεταξύ του ετήσιου ύψους βροχής και του υψόμετρου του σταθμού καθώς και οι σχέσεις μεταξύ του ύψους βροχής ανά περίοδο (Υγρή/ Ξηρή) και του υψόμετρου του σταθμού για κάθε έτος.

Τελικά επιλέχτηκε να εξεταστούν οι περιπτώσεις:

- του μέσου συνθετικού υδρολογικού έτους, το οποίο προκύπτει από την αλληλουχία της Μέσης Υγρής (wetmed) και της Μέσης Ξηρής Περιόδου (drymed),
- του ξηρότερου συνθετικού υδρολογικού έτους, το οποίο προκύπτει από την αλληλουχία της Ξηρότερης Υγρής (wetmin) και της Ξηρότερης Ξηρής Περιόδου (drymin) και
- της ξηρότερης πραγματικής πενταετίας των 33 ετών (wet87, dry87, wet88, dry88, wet89, dry89, wet90, dry90, wet91, dry91), όπως αυτή προέκυψε από στατιστική επεξεργασία.

Θα πρέπει να δοθεί προσοχή στην σήμανση των ετών των περιόδων. Η χρονολογία σημαίνει την χρονιά έναρξης του υδρολογικού έτους, δηλαδή το dry87 είναι ουσιαστικά η περίοδος από τον Απρίλιο έως και τον Σεπτέμβριο του 1988, του υδρολογικού έτους 1987-88.

3.1.2.1 Υπολογισμός του όγκου βροχής που πέφτει στην λεκάνη απορροής με την μέθοδο της βροχοβαθμίδας για τη Μέση Υγρή Περίοδο.

Το μέσο βροχομετρικό ύψος (z σε mm) κάθε σταθμού για την Υγρή Περίοδο (Οκτώβριος-Μάρτιος) καθώς και το υψόμετρό τους (h σε m) φαίνεται στον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2

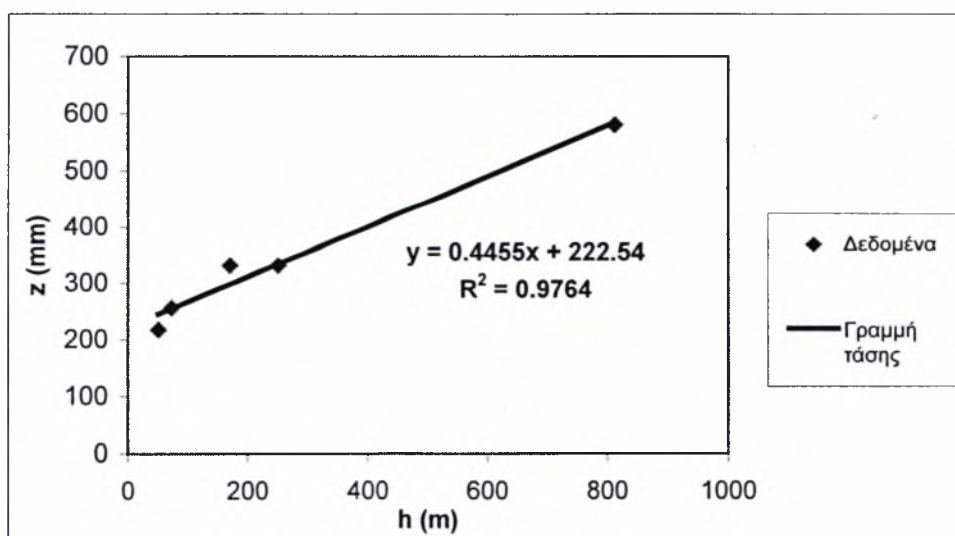
Σταθμός	h(m)	z(mm)
ΣΩΤΗΡΙΟ	51	217,9
ΛΑΡΙΣΑ	73	256,4
ΖΑΠΠΕΙΟ	170	331,4
ΧΑΛΚΙΑΔΕΣ	250	331,3
ΣΠΗΛΙΑ	813	580,2

Η εξίσωση γραμμικής τάσης (βροχοβαθμίδα) που προκύπτει με την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ υψόμετρου και βροχομετρικού ύψους (Γράφημα 3.1) είναι:

$$z = 0,4455h + 222,54 \quad (\text{Εξίσωση 3.1})$$

με συντελεστή προσδιορισμού $R^2 = 0,98$.

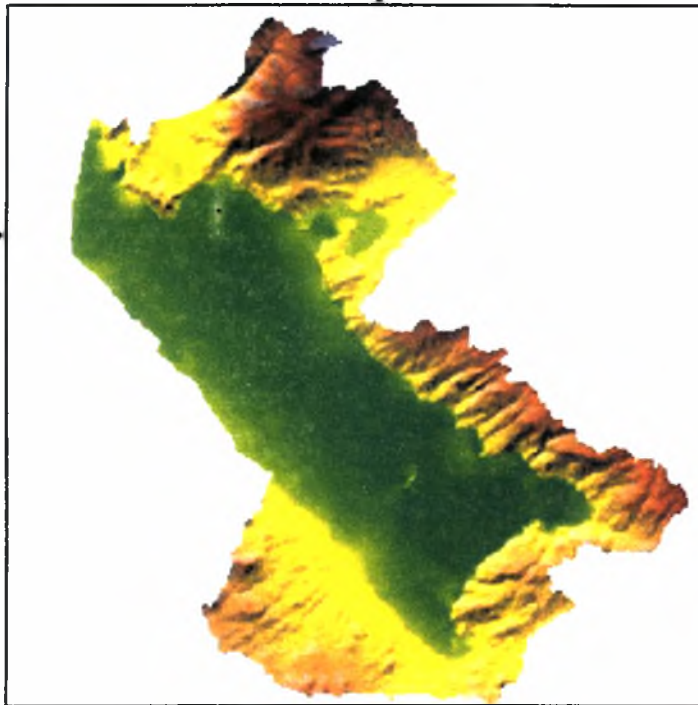
Γράφημα 3.1. Προσδιορισμός της βροχοβαθμίδας για τη Μέση Υγρή Περίοδο .



Η διαδικασία προσδιορισμού του όγκου βροχής που πέφτει στην λεκάνη απορροής έγινε με την βοήθεια του προγράμματος MapInfo ως εξής:

Βήμα 1^ο

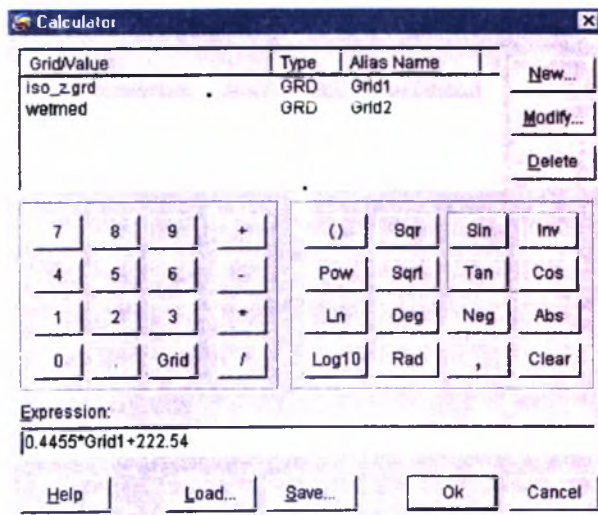
Προσδιορίστηκε το τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο της λεκάνης απορροής σε κάρναβο ισοδιάστασης 186 μέτρων (Σχήμα 3.2).



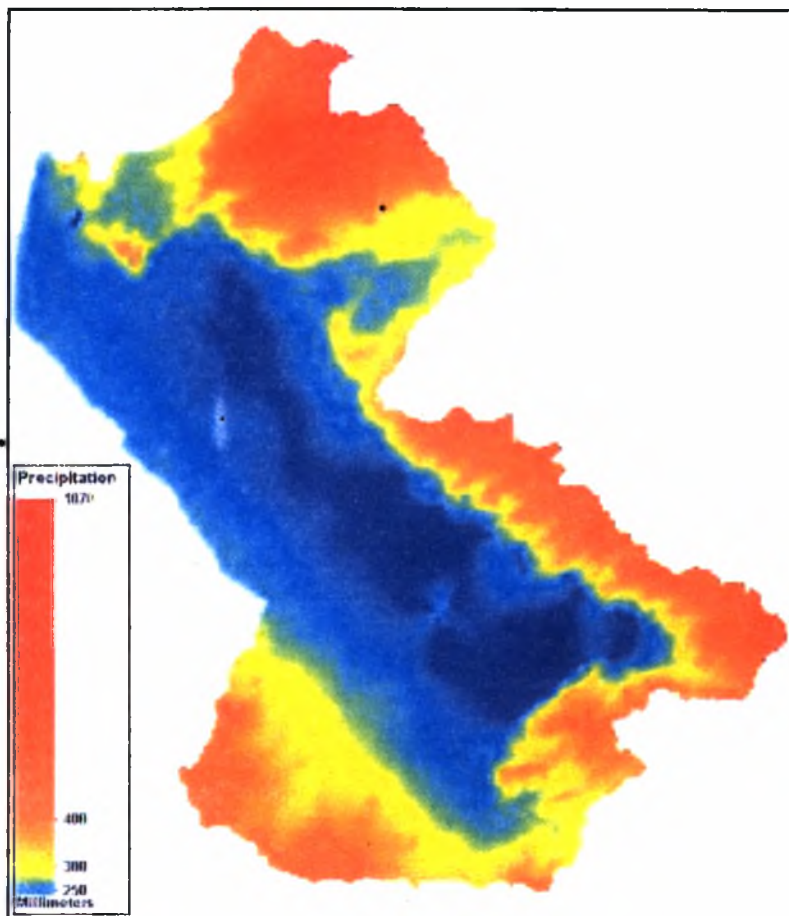
Σχήμα 3.2. Τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο της λεκάνης απορροής

Βήμα 2^ο

Με τη βοήθεια του MapInfo (Σχήμα 3.3) υπολογίστηκε νέος κάρναβος με το βροχομετρικό ύψος (Σχήμα 3.4) για κάθε σημείο του κάρναβου του βήματος 1 με βάση την εξίσωση γραμμικής συσχέτισης (Εξίσωση 3.1)



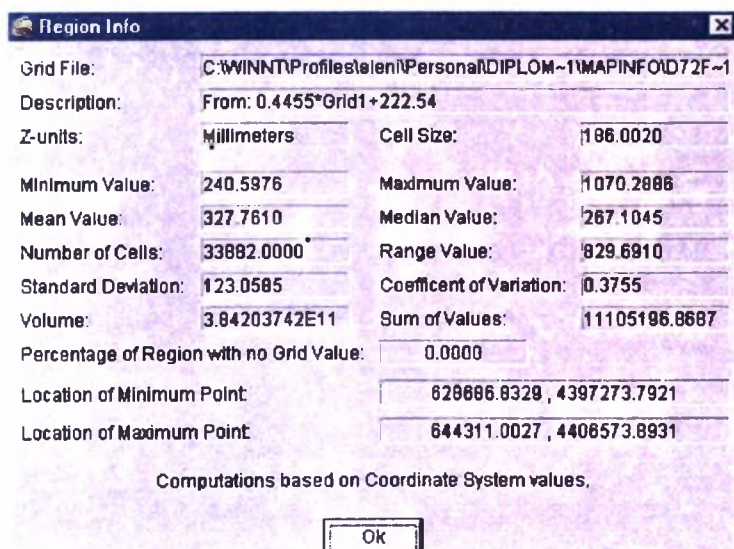
Σχήμα 3.3. Υπολογισμός του νέου κάρναβου με το εργαλείο Calculator.



Σχήμα 3.4. Ύψη βροχόπτωσης στη λεκάνη για τη Μέση Υγρή Περίοδο.

Βήμα 3^ο

Ο συνολικός όγκος νερού που πέφτει στην λεκάνη απορροής υπολογίζεται αυτόματα από το MapInfo σε 384,204 εκ. κυβ. μέτρα (Σχήμα 3.5).



Σχήμα 3.5. Στατιστική επεξεργασία του καννάβου με το εργαλείο Region Info.

3.1.2.2 Υπολογισμός του όγκου βροχής που πέφτει στην λεκάνη απορροής με την μέθοδο της βροχοβαθμίδας για την Μέση Ξηρή Περίοδο.

Το μέσο βροχομετρικό ύψος κάθε σταθμού για την Ξηρή Περίοδο καθώς και το υψόμετρό τους φαίνεται στον Πίνακα 3.3.

Πίνακας 3.3

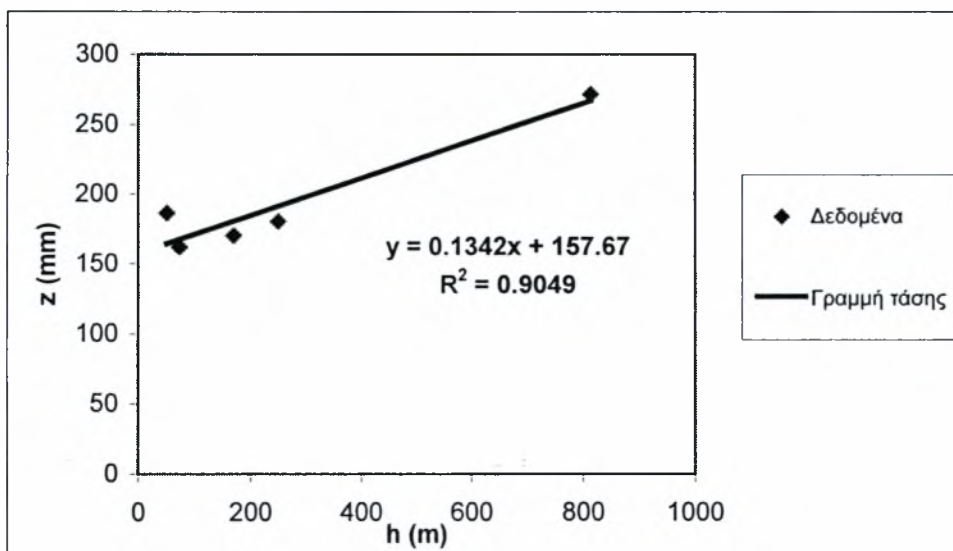
Σταθμός	h(m)	z(mm)
ΣΩΤΗΡΙΟ	51	186,3
ΛΑΡΙΣΑ	73	162,1
ΖΑΠΠΕΙΟ	170	170,4
ΧΑΛΚΙΑΔΕΣ	250	180,4
ΣΠΗΛΙΑ	813	271,4

Η εξίσωση γραμμικής τάσης (βροχοβαθμίδα) που προκύπτει με την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ υψομέτρου και βροχομετρικού ύψους (Γράφημα 3.2) είναι:

$$z = 0,1342h + 157,67$$

με συντελεστή προσδιορισμού $R^2 = 0,90$

Γράφημα 3.2. Προσδιορισμός της βροχοβαθμίδας για τη Μέση Ξηρή Περίοδο



Ακολουθώντας και πάλι τα ίδια βήματα ο συνολικός όγκος νερού που πέφτει στην λεκάνη για την Μέση Ξηρή Περίοδο υπολογίστηκε 221,976 εκ. κυβ. μέτρα.

3.1.2.3 Υπολογισμός του όγκου βροχής που πέφτει στην λεκάνη απορροής με την μέθοδο της βροχοβαθμίδας για την Ξηρότερη Υγρή Περίοδο.

Το βροχομετρικό ύψος κάθε σταθμού για την Ξηρότερη Υγρή Περίοδο (wetmin), η οποία είναι η περίοδος Οκτώβριος 1991-Μάρτιος 1992, καθώς και το υψόμετρό τους φαίνεται στον Πίνακα 3.4.

Πίνακας 3.4

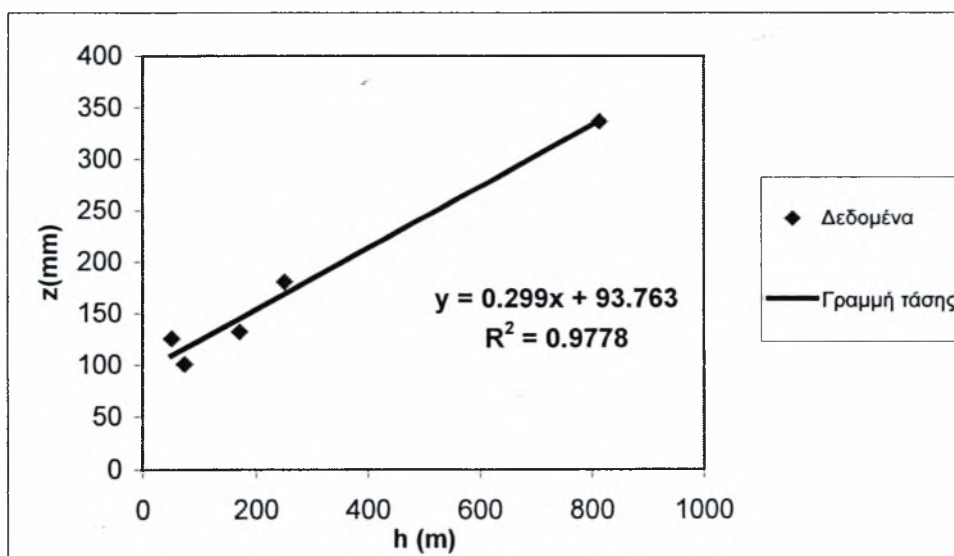
Σταθμός	h(m)	z(mm)
ΣΩΤΗΡΙΟ	51	125.5
ΛΑΡΙΣΑ	73	100.6
ΖΑΠΠΕΙΟ	170	132.0
ΧΑΛΚΙΑΔΕΣ	250	180.3
ΣΠΗΛΙΑ	813	336.2

Η εξίσωση γραμμικής τάσης (βροχοβαθμίδα) που προκύπτει με την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ υψομέτρου και βροχομετρικού ύψους (Γράφημα 3.3) είναι:

$$z = 0,299h + 93,763$$

με συντελεστή προσδιορισμού $R^2 = 0,98$.

Γράφημα 3.3. Προσδιορισμός της βροχοβαθμίδας για τη Ξηρότερη Υγρή Περίοδο



Ακολουθώντας και πάλι τα ίδια βήματα ο συνολικός όγκος νερού που πέφτει στην λεκάνη για την Ξηρότερη Υγρή Περίοδο υπολογίστηκε 192,734 εκ. κυβ. μέτρα.

3.1.2.4 Υπολογισμός του όγκου βροχής που πέφτει στην λεκάνη απορροής με την μέθοδο της βροχοβαθμίδας για την Ξηρότερη Ξηρή Περίοδο.

Το βροχομετρικό ύψος κάθε σταθμού για την Ξηρότερη Ξηρή Περίοδο (drymin), η οποία είναι η περίοδος Απρίλιος 1984- Σεπτέμβριος 1985, καθώς και το υψόμετρό τους φαίνεται στον Πίνακα 3.5.

Πίνακας 3.5

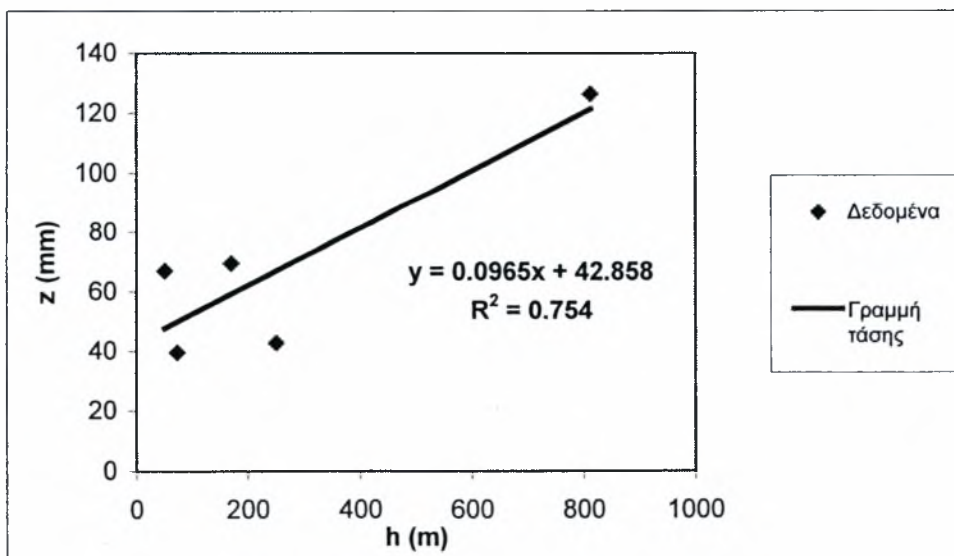
Σταθμός	h(m)	z(mm)
ΣΩΤΗΡΙΟ	51	67.0
ΛΑΡΙΣΑ	73	39.6
ΖΑΠΠΕΙΟ	170	69.5
ΧΑΛΚΙΑΔΕΣ	250	42.8
ΣΠΗΛΙΑ	813	126.3

Η εξίσωση γραμμικής τάσης (βροχοβαθμίδα) που προκύπτει με την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ υψομέτρου και βροχομετρικού ύψους (Γράφημα 3.4) είναι:

$$z = 0,0965h + 42,858$$

με συντελεστή προσδιορισμού $R^2 = 0,75$.

Γράφημα 3.4. Προσδιορισμός της βροχοβαθμίδας για τη Μέση Υγρή Περίοδο



Ακολουθώντας και πάλι τα ίδια βήματα ο συνολικός όγκος νερού που πέφτει στην λεκάνη για την Ξηρότερη Ξηρή Περίοδο υπολογίστηκε 76,955 εκ. κυβ. μέτρα.

3.1.2.5 Υπολογισμός του όγκου βροχής που πέφτει στην λεκάνη απορροής με την μέθοδο της βροχοβαθμίδας για την ξηρότερη πραγματική πενταετία.

Ανάλογα με τα προηγούμενα καθορίστηκαν οι σχέσεις μεταξύ του ύψους βροχής ανά περίοδο (Υγρή/ Ξηρή) και του υψομέτρου του σταθμού για κάθε έτος της οκταετίας και υπολογίστηκαν οι συντελεστές α , β και R^2 της εξίσωσης γραμμικής τάσης:

$$z = \alpha \cdot h + \beta$$

Στην συνέχεια εισήχθησαν οι εξισώσεις αυτές στο MarInfo και υπολογίστηκε ο όγκος νερού που πέφτει στη λεκάνη για κάθε περίοδο. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 3.6.

Πίνακας 3.6

Περίπτωση	Περίοδος	Υδρολογικό Έτος	α	β	R^2	Όγκος νερού
						10^6 m^3
wet87	ΥΓΡΗ	1987-88	0.5876	155.990	0.8913	345.657
dry87	ΞΗΡΗ	1987-88	0.1639	40.809	0.7894	93.214
wet88	ΥΓΡΗ	1988-89	0.4518	176.352	0.6530	331.918
dry88	ΞΗΡΗ	1988-89	0.1337	99.254	0.8210	153.499
wet89	ΥΓΡΗ	1989-90	0.2052	138.449	0.6864	218.990
dry89	ΞΗΡΗ	1989-90	0.1565	168.729	0.9025	240.941
wet90	ΥΓΡΗ	1990-91	0.5261	225.030	0.9833	409.375
dry90	ΞΗΡΗ	1990-91	0.3344	241.630	0.8846	375.676
wet91	ΥΓΡΗ	1991-92	0.2990	93.763	0.9778	192.734
dry91	ΞΗΡΗ	1991-92	0.3654	118.514	0.8218	239.960

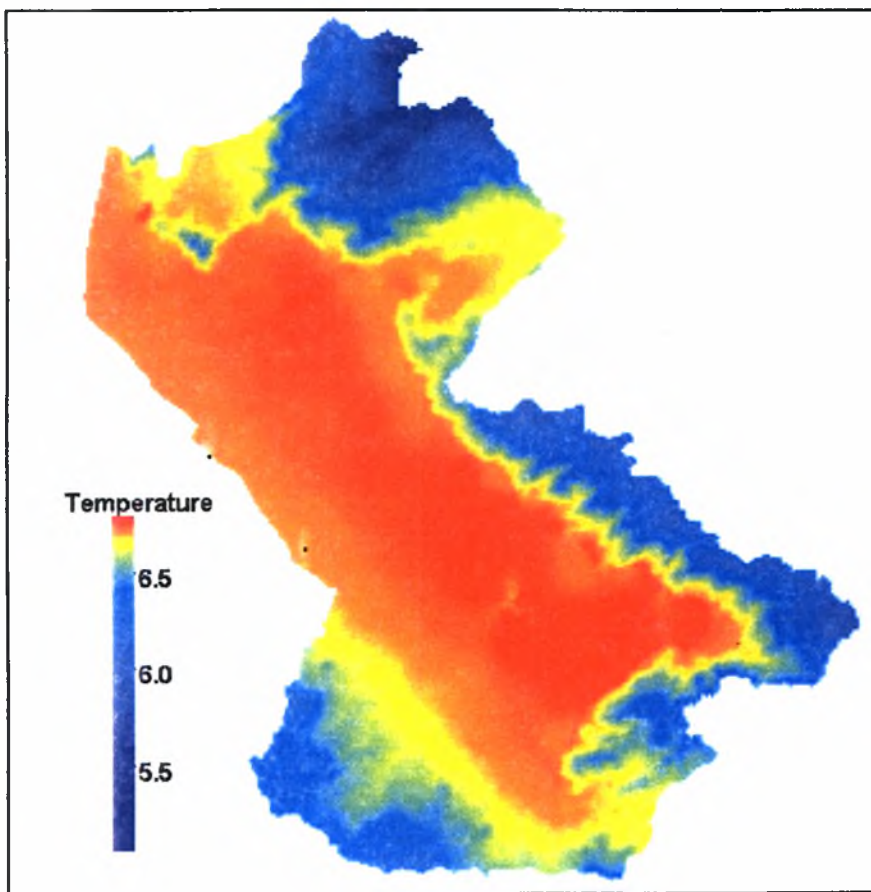
Σημείωση: Οι όγκοι νερού σε όλες τις περιπτώσεις υπολογίστηκαν για όλη τη λεκάνη απορροής της Κάρλας, συμπεριλαμβανομένης και της κλειστής λεκάνης Καλοχωρίου. Στην συνέχεια και για λόγους πληρότητας υπολογίστηκαν και οι όγκοι νερού για διάφορες υπολεκάνες (λεκάνη Καλοχωρίου, χαμηλή λεκάνη, ταμιευτήρας) για όλες τις παραπάνω περιπτώσεις.

3.2 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

3.2.1 Δεδομένα Θερμοκρασίας- Μετεωρολογικοί Σταθμοί

Όσον αφορά τα δεδομένα θερμοκρασιών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία αυτά προέκυψαν από τρεις μετεωρολογικούς σταθμούς συγκεκριμένα του Δομοκού, της Λάρισας και των Φαρσάλων για την ίδια χρονική περίοδο, δηλαδή 1960-1993, που χρησιμοποιήθηκε και για τη βροχόπτωση. Επίσης, ερευνήθηκε και η προοπτική χρησιμοποίησης δύο ακόμα σταθμών που υπάρχουν στην περιοχή και βρίσκονται στην Αγχίαλο και το Βόλο, άλλα τελικά κρίθηκε ότι δεν είναι αντιπροσωπευτικοί και αγνοήθηκαν.

Και εδώ υπολογίστηκε η γραμμική τάση μεταξύ των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών και του υψομέτρου των βροχομετρικών σταθμών ενδιαφέροντος, και στην συνέχεια με βάση τις εξισώσεις αυτές υπολογίστηκε η κατανομή της μηνιαίας θερμοκρασίας των περιόδων που εξετάστηκαν και για τη βροχόπτωση (Σχήμα 3.6). Με βάση αυτή την κατανομή υπολογίστηκε η εξατμισοδιαπνοή στην λεκάνη απορροής για κάθε περίοδο.



Σχήμα 3.6. Η κατανομή της θερμοκρασίας τον Δεκέμβριο του 1987

Ελλείπει άλλων μετεωρολογικών και κλιματολογικών δεδομένων, όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η υγρασία, η ταχύτητα ανέμου κ.λ.π. επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί μια μέθοδος υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής, η οποία να βασίζεται στη συσχέτιση της εξατμισοδιαπνοής μόνο με τη θερμοκρασία. Αυτές οι μέθοδοι δίνουν μια ικανοποιητική πρώτη προσέγγιση όταν εφαρμόζονται για μεγάλες χρονικές περιόδους (μηνιαίες) και σε περιορισμένες εκτάσεις. Τελικά, επιλέχθηκε η εφαρμογή της μεθόδου Blaney- Criddle η οποία είναι σχετικά εύκολη και έχει χρησιμοποιηθεί αρκετά (ειδικά στις Η.Π.Α.) με αποτελέσματα αρκετά ακριβή για πρακτικές εφαρμογές.

3.2.2 Η Μέθοδος Blaney- Criddle

Οι Blaney- Criddle ανέπτυξαν μια μέθοδο για την εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής την οποία ονόμασαν «καταναλωτική χρήση» (consumptive use), ή όπως αλλού αναφέρεται «αναγκαία κατανάλωση». Η «καταναλωτική χρήση» C_u εκφράζεται από τη σχέση :

$$C_u = K \cdot F$$

Όπου K είναι ένας εμπειρικός εποχιακός φυτικός συντελεστής ο οποίος εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, αλλά και το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται και F είναι ένας κλιματικός παράγοντας που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$F = \sum_{i=1}^n [0.457 \cdot T_i + 8.13] \cdot P_i$$

όπου T_i είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα σε °C και P_i είναι το ποσοστό ωρών ημέρας του μήνα i ως προς τις ώρες ημέρας του έτους. Το P_i δίνεται από πίνακες συναρτήσεως του γεωγραφικού πλάτους της εξεταζόμενης περιοχής και για Βόρειο γεωγραφικό πλάτος 39,5° οι τιμές αυτού φαίνονται στον Πίνακα 3.6.

Πίνακας 3.6. Συντελεστής P_i .

	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
P_i	7.762	6.745	6.555	6.788	6.737	8.332	8.937	9.995	10.048	10.190	9.523	8.388

Στην εξεταζόμενη περιοχή, δηλαδή στην λεκάνη απορροής της Κάρλας κυριαρχούν οι βαμβακοκαλλιέργειες στα πεδινά, ενώ στα βόρεια υπάρχουν καλλιέργειες σποροφόρων δέντρων (μηλιές). Οι συντελεστές K εκτιμήθηκαν για αυτές τις

καλλιέργειες και για τις δυο εξεταζόμενες περιόδους (Υγρή/ Ξηρή) όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.7.

Πίνακας 3.7. Συντελεστής Κ.

Καλλιέργεια	Υγρή περίοδος	Ξηρή περίοδος
Βαμβάκι	0,50	0,25
Μηλιές	0,60	0,25
Υπόλοιπη περιοχή	0,25	0,25

Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την εφαρμογή των παραπάνω σχέσεων δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές μεταξύ στις ποσότητες νερού που επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με τους μηχανισμούς της εξάτμισης και της διαπνοής στις υγρές περιόδους. Δηλαδή το ποσό της εξατμισοδιαπνοής είναι σχεδόν σταθερό για την περιοχή. Επίσης, ο όγκος νερού που χάνεται με την εξατμισοδιαπνοή στην μέση ξηρή περίοδο προέκυψε πολύ μεγαλύτερος από τον όγκο που εισέρχεται στη λεκάνη με μορφή κατακρημνισμάτων, οπότε η επιφανειακή απορροή σε αυτήν την περίπτωση είναι μηδενική. Λαμβάνοντας υπόψη τις δυο παραπάνω παραδοχές, προκύπτει, χωρίς να απαιτούνται υπολογισμοί, πως η απορροή σε όλες τις ξηρές περιόδους είναι και αυτή μηδενική.

3.3 ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ

3.3.1 Προσδιορισμός υδρολογικών παραμέτρων και συντελεστών

Το ποσό του νερού που απορρέει δίνεται από το υδρολογικό ισοζύγιο ως:

$$K + E + A = I \text{ όπου}$$

K = ο όγκος του νερού που κατεισδύει

E = ο όγκος του νερού που επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με τους μηχανισμούς της εξάτμισης και της διαπνοής

A = ο όγκος του νερού που απορρέει επιφανειακά

I = ο συνολικός όγκος των κατακρημνισμάτων

H

$$κ + ε + α = 100 \text{ όπου}$$

$κ$ = συντελεστής κατεισδυσης, δηλαδή ο λόγος του όγκου του νερού που κατεισδύει προς τον συνολικό όγκο των κατακρημνισμάτων (%),

ε = συντελεστής εξατμισοδιαπνοής, δηλαδή ο λόγος του όγκου του νερού που επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με τους μηχανισμούς της εξάτμισης και της διαπνοής, προς τον συνολικό όγκο των κατακρημνισμάτων (%),

α = συντελεστής επιφανειακής απορροής, δηλαδή ο λόγος του όγκου του νερού που απορρέει επιφανειακά προς τον συνολικό όγκο των κατακρημνισμάτων (%).

Ο συντελεστής κατείσδυσης σε μια περιοχή εξαρτάται κυρίως από το είδος του εδαφικού σχηματισμού. Από τη γεωλογική δομή του πεδίου ενδιαφέροντος ως υδρογεωλογικές ενότητες παρουσιάζονται οι εξής σχηματισμοί, οι οποίοι απεικονίζονται στο Σχήμα 3.7 :

- Οι ανθρακικοί σχηματισμοί (που κυριαρχούν στα ανατολικά και στα νοτιοδυτικά της λεκάνης)
- Οι σχιστολιθικοί σχηματισμοί (που κυριαρχούν στα βόρεια της λεκάνης)
- Οι προσχωματικές αποθέσεις (που κυριαρχούν στην χαμηλή περιοχή, εκεί όπου άλλοτε βρισκόταν η λίμνη)

3.3.1.1 Οι ανθρακικοί σχηματισμοί

Οι ανθρακικοί σχηματισμοί συνίστανται κυρίως από ασβεστόλιθους, δολομίτες, μάργες και μάρμαρα, πετρώματα δηλαδή εξαιρετικά υδροπερατά λόγω της καρστικότητάς τους. Έτσι ο συντελεστής κατείσδυσης των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι υψηλός με συνέπεια την υποκείμενη εμφάνιση υπόγειων υδροφορέων σε μεγάλες εκτάσεις. Με βάση προηγούμενες μελέτες ο συντελεστής κατείσδυσης κ , δηλαδή ο λόγος του όγκου του νερού που κατεισδύει προς τον συνολικό όγκο των κατακρημνισμάτων (%) λήφθηκε $\kappa = 37\%$.

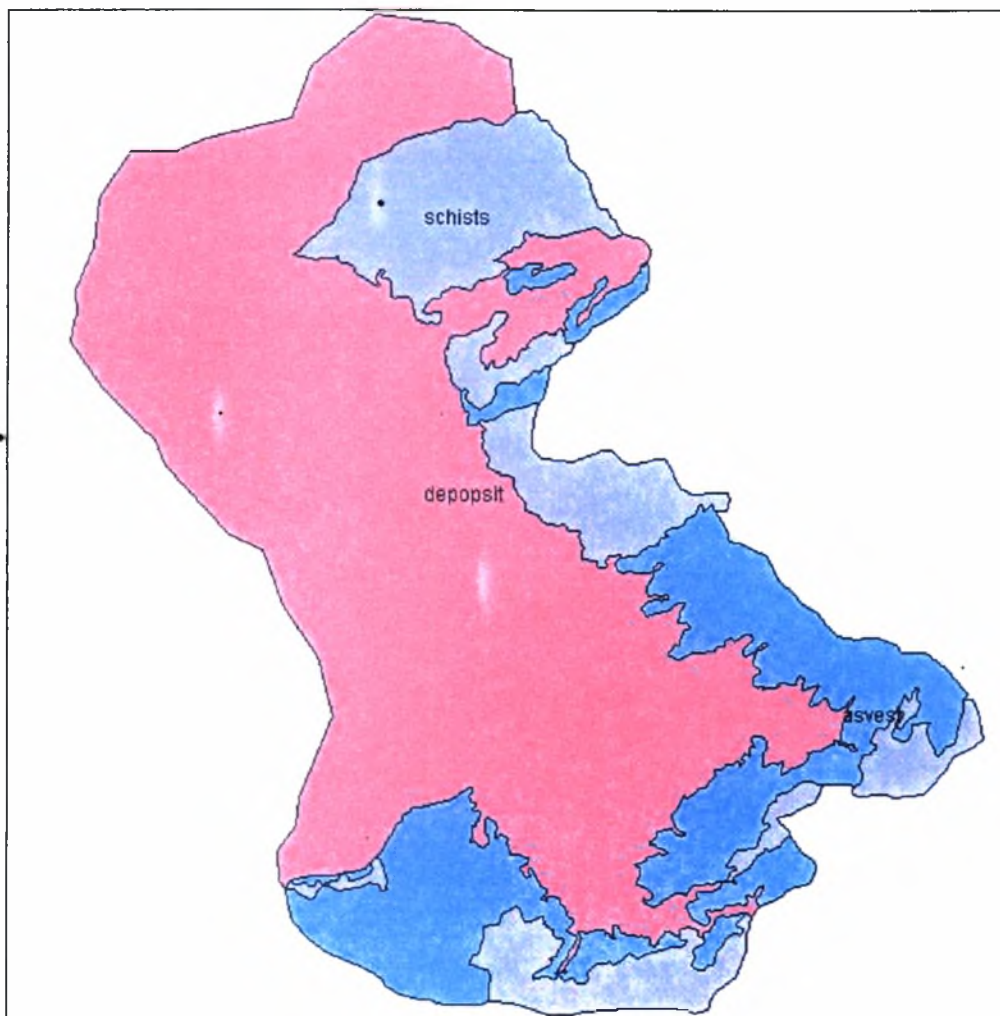
3.3.1.2 Οι σχιστολιθικοί σχηματισμοί

Οι σχιστολιθικοί σχηματισμοί συνίστανται κυρίως από σχιστόλιθους, φλύσχες και γνεύσιους.

Ο συντελεστής κατείσδυσης, σε αυτήν την περίπτωση λήφθηκε $\kappa = 14\%$.

3.3.1.3 Οι προσχωματικές αποθέσεις

Για τις προσχωματικές αποθέσεις ο συντελεστής κατείσδυσης λήφθηκε $\kappa = 16\%$.



Σχήμα 3.7. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της λεκάνης.

3.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για την καλύτερη επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε διαχωρισμός της λεκάνης απορροής της Κάρλας σε τρεις ζώνες και υπολογίστηκαν ξεχωριστά για κάθε ζώνη οι υδρολογικές παράμετροι (Βροχόπτωση, Εξάτμιση, Κατείδυση και Απορροή). Οι ζώνες αυτές είναι:

- Η υψηλή περιοχή που πρόκειται να αποχετεύεται με φυσική ροή στον ταμιευτήρα και καταλαμβάνει συνολικά έκταση 743,99 τ. χλμ.
- Η χαμηλή περιοχή που, πλην εξαιρετικών πλημμυρών θα αποχετεύεται στον ταμιευτήρα με άντληση, έκτασης 317,9 τ. χλμ.
- Η κλειστή λεκάνη του Καλοχωρίου έκτασης 78,19 τ. χλμ., η οποία ενδέχεται να διοχετευθεί προς τον Ταμιευτήρα.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για κάθε ζώνη απεικονίζονται στον Πίνακα 3.8.

Πίνακας 3.8

Περίπτωση	Περίοδος	Υδρολογικό Έτος	Βροχόπτωση (10 ⁶ m ³)	Εξάτμιση (10 ⁶ m ³)	Κατείδυση (10 ⁶ m ³)	Απορροή (10 ⁶ m ³)
Στην υψηλή περιοχή						
wetmed	ΥΓΡΗ	1960-93	258.221	97.246	57.510	103.464
wetmin	ΥΓΡΗ	1991-92	132.320	94.978	29.569	7.773
wet87	ΥΓΡΗ	1987-88	239.218	96.712	53.524	88.981
wet88	ΥΓΡΗ	1988-89	225.555	93.543	50.324	81.689
wet89	ΥΓΡΗ	1989-90	145.377	98.380	32.314	14.683
wet90	ΥΓΡΗ	1990-91	277.030	97.774	61.767	117.489
wet91	ΥΓΡΗ	1991-92	132.320	94.978	29.569	7.773
Στην χαμηλή περιοχή						
wetmed	ΥΓΡΗ	1960-93	79.362	42.913	12.707	23.742
wetmin	ΥΓΡΗ	1991-92	35.596	42.045	5.699	0.000
wet87	ΥΓΡΗ	1987-88	60.950	42.748	9.759	8.443
wet88	ΥΓΡΗ	1988-89	64.814	40.849	10.378	13.588
wet89	ΥΓΡΗ	1989-90	47.966	42.929	7.680	0.000
wet90	ΥΓΡΗ	1990-91	81.697	43.215	13.081	25.401
wet91	ΥΓΡΗ	1991-92	35.596	42.045	5.699	0.000
Στην λεκάνη Καλοχωρίου						
wetmed	ΥΓΡΗ	1960-93	37.226	10.027	5.923	21.276
wetmin	ΥΓΡΗ	1991-92	20.631	9.752	3.281	7.597
wet87	ΥΓΡΗ	1987-88	38.341	9.950	6.097	22.293
wet88	ΥΓΡΗ	1988-89	33.899	9.777	5.393	18.729
wet89	ΥΓΡΗ	1989-90	19.950	10.292	3.175	6.483
wet90	ΥΓΡΗ	1990-91	40.994	10.060	6.522	24.412
wet91	ΥΓΡΗ	1991-92	20.631	9.752	3.281	7.597

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4 ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

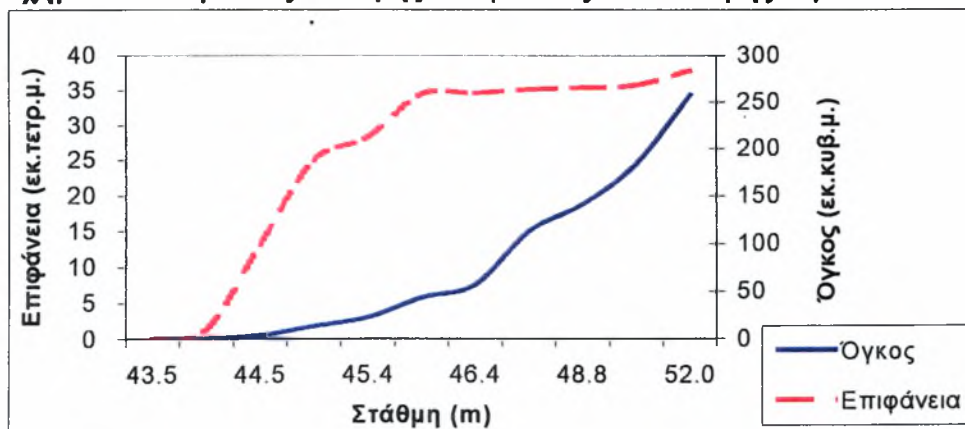
Η κατάρτιση του υδατικού ισοζυγίου λειτουργίας του ταμιευτήρα της Κάρλας έγινε με βάση τις απορροές που υπολογίστηκαν, όπως περιγράφεται στο Κεφάλαιο 3, και τις εισροές από τον Πηνειό που υπολογίζονται εδώ, σε συνδυασμό με τις ανάγκες κατανάλωσης, όπως αυτές έχουν ληφθεί από την οριστική μελέτη 'Επαναδημιουργίας λίμνης Κάρλας'.

Εξετάστηκαν τρεις περιπτώσεις (υδρολογικά σενάρια):

- Η μέση περίπτωση για την εκτίμηση των κατά μέσο όρο ποσοτήτων νερού που θα πρέπει να αντλούνται ετησίως.
- Η δυσμενής περίπτωση για την εκτίμηση των μέγιστων απαιτούμενων απολήψεων σε περίπτωση ξηρασίας.
- Έγινε έλεγχος αν η λειτουργία του ταμιευτήρα είναι ικανοποιητική για την ξηρότερη πραγματική πενταετία.

Βάσει της οριστικής μελέτης του Ταμιευτήρα, η επιφάνεια και η χωρητικότητα του Ταμιευτήρα σε συναρτήσε με τη στάθμη του νερού φαίνεται στο Σχήμα 4.1.

Σχήμα 4.1. Καμπύλες Στάθμης-Επιφάνειας και Στάθμης-Όγκου.



Η ολική έκταση της λεκάνης απορροής της Κάρλας, συμπεριλαμβανομένης της κλειστής λεκάνης Καλοχωρίου είναι 1171 τ. χλμ. και διακρίνεται στα εξής επιμέρους τμήματα :

1. Την επιφάνεια του ταμιευτήρα, έκτασης 38 τ. χλμ.
2. Την υψηλή περιοχή που πρόκειται να αποχετεύεται με φυσική ροή στον ταμιευτήρα και καταλαμβάνει έκταση 743,99 τ. χλμ.
3. Την χαμηλή περιοχή που, πλην εξαιρετικών πλημμυρών θα αποχετεύεται στον ταμιευτήρα με άντληση, έκτασης 317,9 τ. χλμ.
4. Την κλειστή λεκάνη Καλοχωρίου που καταλαμβάνει έκταση 78,19 τ. χλμ.

Για την κατάρτιση του ισοζυγίου έχουν ληφθεί υπόψη στον ταμιευτήρα

- Τέλος Υγρής περιόδου + 48,80 μ (ΑΣΑ)
- Τέλος Ξηρής περιόδου + 46,40 μ. (ΚΣΥ)

Η Ανώτατη Στάθμη Άρδευσης + 48,80 μ (που αντιστοιχεί σε όγκο νερού 141,14 εκ. κυβ. μέτρα) είναι μια εκτίμηση της ποσότητας νερού που πρέπει να υπάρχει στον Ταμιευτήρα στην αρχή της Ξηρής Περιόδου, έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι αρδευτικές ανάγκες. Είναι δηλαδή ένα κριτήριο βάσει του οποίου καθορίζεται η ποσότητα νερού που απαιτείται να διατεθεί από τον Πηνεϊό, όταν ο απαιτούμενος όγκος δεν καλύπτεται από τις απορροές και τη βροχόπτωση στον Ταμιευτήρα. Το κριτήριο αυτό δεν είναι δεσμευτικό. Δηλαδή, ο όγκος αυτός μπορεί να είναι μικρότερος από τον απαιτούμενο, αλλά παρόλα αυτά να ικανοποιούνται οι ανάγκες από τις εισροές της Ξηρής Περιόδου. Από την άλλη, ο όγκος αυτός μπορεί να είναι και μεγαλύτερος από τον απαιτούμενο (χωρίς βέβαια αντλήσεις από τον Πηνεϊό), αρκεί να μην υπερβαίνει την Ανώτατη Στάθμη Πλημμύρας +50,00 μ. (183,88 εκ κυβ. μέτρα).

Αντίθετα, η Κατώτατη Στάθμη Ύδατος + 46,40 μ (που 57,01 εκ. κυβ. μέτρα) είναι η ελάχιστη στάθμη άντλησης από τον Ταμιευτήρα, δηλαδή κάτω από αυτήν οι αντλήσεις σταματάνε. Είναι δηλαδή ένα κριτήριο, βάσει του οποίου καθορίζεται η ποσότητα νερού που τελικά διατίθεται για αρδεύσεις. Το κριτήριο αυτό είναι δεσμευτικό και πρέπει να ικανοποιείται, έτσι ώστε να ικανοποιούνται και οι περιβαλλοντικοί όροι λειτουργίας του οικοσυστήματος της λίμνης. Ωστόσο, υπάρχει περίπτωση, ακόμα και με μηδενισμό των αρδεύσεων, ο όγκος νερού στον Ταμιευτήρα στο τέλος της Ξηρής περιόδου να είναι μικρότερος από το 57,01 εκ. κυβ. μέτρα, λόγω της εξάτμισης και των διαφυγών. Στην

περίπτωση αυτή θα υπάρξουν σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα της λίμνης.

4.2 ΕΙΣΡΟΕΣ ΣΤΟΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

4.2.1 Απορροή

Οι βροχοπτώσεις και οι απορροές της λεκάνης απορροής της Κάρλας έχουν υπολογιστεί, όπως περιγράφεται στο Κεφάλαιο 3, για την Υγρή Περίοδο και βάσει στοιχείων των σταθμών Λαρίσης, Σπηλιάς, Σωτηρίου, Ζαπείου και Χαλκιάδων, ως εξής:

- Μέση απορροή από την υψηλή λεκάνη 103,46 εκ. κυβ. μέτρα
- Μέση απορροή από τη χαμηλή λεκάνη 23,74 εκ. κυβ. μέτρα
- Μέση απορροή από την λεκάνη Καλοχωρίου 21,28 εκ. κυβ. μέτρα
- Ελάχιστη απορροή από την υψηλή λεκάνη 7,77 εκ. κυβ. μέτρα
- Ελάχιστη απορροή από τη χαμηλή λεκάνη 0,00 εκ. κυβ. μέτρα
- Ελάχιστη απορροή από την λεκάνη Καλοχωρίου 7,59 εκ. κυβ. μέτρα

Για την Ξηρή περίοδο όλες οι απορροές προέκυψαν μηδενικές.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι τελικά δεν φτάνουν στον ταμιευτήρα οι ως άνω ποσότητες, διότι ένα μέρος αυτών (~20 εκ. κυβ. μέτρα ετησίως) δεσμεύεται στα ανάντη κυρίως για την πλήρωση των μικρών δεξαμενών που βρίσκονται μέσα στην περιοχή και οι οποίες θεωρούμε ότι συνεχίζουν να λειτουργούν, εφόσον τίποτα δεν αναφέρεται έπ' αυτού στη βιβλιογραφία.

Εξετάστηκαν δυο διαχειριστικά σενάρια, που αφορούν τις απορροές της λεκάνης της Κάρλας, με και χωρίς τη λεκάνη Καλοχωρίου. Όπως προαναφέρθηκε, οι απορροές αυτής της κλειστής λεκάνης ενδέχεται να αποχετευτούν στον Ταμιευτήρα, μετά την κατασκευή της σήραγγας Καλοχωρίου.

4.2.2 Βροχόπτωση στον Ταμιευτήρα

Η βροχόπτωση στον ταμιευτήρα λαμβάνεται ξεχωριστά από το σύνολο της βροχόπτωσης, καθώς αυτή δεν απορρέει, αλλά εισέρχεται απευθείας στον Ταμιευτήρα. Η απευθείας βροχόπτωση στον Ταμιευτήρα υπολογίστηκε σύμφωνα με το Κεφάλαιο 3, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1

Περίπτωση	Περίοδος	Υδρολογικό Έτος	Βροχόπτωση στον Ταμιευτήρα
			10 ⁶ m ³
wetmed	ΥΓΡΗ	1960-93	9.395
drymed	ΞΗΡΗ	1960-93	6.286
wetmin	ΥΓΡΗ	1991-92	4.187
drymin	ΞΗΡΗ	1984-85	1.831
wet87	ΥΓΡΗ	1987-88	7.149
dry87	ΞΗΡΗ	1987-88	1.891
wet88	ΥΓΡΗ	1988-89	7.649
dry88	ΞΗΡΗ	1988-89	4.060
wet89	ΥΓΡΗ	1989-90	5.696
dry89	ΞΗΡΗ	1989-90	6.751
wet90	ΥΓΡΗ	1990-91	9.653
dry90	ΞΗΡΗ	1990-91	9.894
wet91	ΥΓΡΗ	1991-92	4.187
dry91	ΞΗΡΗ	1991-92	5.264

4.2.3 Απολήψεις από τον Πηνειό

Έγινε έρευνα των ελάχιστων κάθε μήνα παροχών του Πηνειού για την περίοδο 1960-1993, από δεδομένα του σταθμού Λαρίσης, θεωρώντας, σε συνάρτηση και με τις κατάντη δεσιεύσεις για απολήψεις, ως κατώφλι άντλησης την παροχή μεγαλύτερη από 30 μ³/δλ. Υπολογίστηκε ότι, με μέγιστη παροχή 14 μ³/δλ και για λειτουργία του αντλητικού συγκροτήματος 18 ώρες το 24ωρο, είναι δυνατή η απόληψη από τον Πηνειό ποσότητας νερού περίπου 27,216 εκ. κυβ. μέτρα μηνιαίως. Έτσι, λοιπόν υπολογίστηκε η ποσότητα νερού που μπορεί να διατεθεί από τον Πηνειό ανά μήνα και ανά περίοδο, θεωρώντας και ένα ποσοστό απωλειών κατά τη μεταφορά 15%. Οι ποσότητες αυτές αντιστοιχήθηκαν χρονολογικά με τις απορροές. Τα αποτελέσματα αυτής της επεξεργασίας φαίνονται στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2

	Περίοδος	Υδρολογικό Έτος	Διαθέσιμη ποσότητα από Πηνειό
			10 ⁶ m ³
wetmed	ΥΓΡΗ	1960-93	101.52
drymed	ΞΗΡΗ	1960-93	53.33
wetmin	ΥΓΡΗ	1991-92	92.53
drymin	ΞΗΡΗ	1984-85	46.27
wet87	ΥΓΡΗ	1987-88	115.67
dry87	ΞΗΡΗ	1987-88	24.68
wet88	ΥΓΡΗ	1988-89	71.47
dry88	ΞΗΡΗ	1988-89	71.74
wet89	ΥΓΡΗ	1989-90	19.70
dry89	ΞΗΡΗ	1989-90	23.13
wet90	ΥΓΡΗ	1990-91	92.53
dry90	ΞΗΡΗ	1990-91	69.40
wet91	ΥΓΡΗ	1991-92	92.53
dry91	ΞΗΡΗ	1991-92	138.80

Από τον παραπάνω πίνακα εύκολα διαπιστώνεται πως το υδρολογικό έτος 1989-90 (wet89, dry89) αντιμετωπίζεται πρόβλημα μιας και οι διαθέσιμες απολήψεις από τον Πηνειό είναι πολύ μικρές.

4.3 ΕΚΡΟΕΣ

4.3.1 Απολήψεις από τον Ταμιευτήρα για αρδεύσεις

Με βάση και πάλι τη μελέτη, σήμερα από τις περιοχές γύρω από την Κάρλα εκτιμάται ότι αντλούνται ετησίως οι εξής ποσότητες νερού:

- Για άρδευση 37,00 εκ. κυβ. μέτρα
 - Για ύδρευση του Βόλου και των παρακάρλιων οικισμών 3,80 εκ. κυβ. μέτρα
- 40,80 εκ. κυβ. μέτρα

Από αυτά τα 37,00 εκ. κυβ. μέτρα υπόγεια νερά που αντλούνται ετησίως με σκοπό την άρδευση και από επιφανειακά νερά (τάφρων κ.λ.π) αρδεύονται πλημμελώς γύρω από την Κάρλα 92,5 τ.χλμ. Για τη διατήρηση της άρδευσης αυτών των περιοχών απαιτούνται 60,40 εκ. κυβ. μέτρα ετησίως.

Για την περιβαλλοντική αποκατάσταση των συνθηκών του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα (ανύψωση της στάθμης και διατήρηση των συνθηκών αυτών, εκτιμάται ότι από τις ανωτέρω περιοχές δεν μπορούν να αντλούνται περισσότερα από 22,90 εκ. κυβ. μέτρα νερού ετησίως.

Δεδομένου ότι κρίνεται σκόπιμο να διατίθεται ετησίως από τα υπόγεια νερά

- Για ύδρευση του Βόλου 13,50 εκ. κυβ. μέτρα
 - Για ύδρευση των παρακάρλιων οικισμών 2,00 εκ. κυβ. μέτρα
- 15,50 εκ. κυβ. μέτρα

υπάρχει η δυνατότητα να συνεχίσουν να χρησιμοποιούνται ετησίως για άρδευση των γύρω από την Κάρλα περιοχών μόνο 7,40 εκ. κυβ. μέτρα υπόγεια νερά.

Ο ταμιευτήρας λοιπόν σχεδιάστηκε ώστε να καλύψει το έλλειμμα 53 εκ. κυβ. μέτρων νερού ετησίως, που προκύπτει από την μείωση της ποσότητας που επιτρέπεται να ληφθεί από τις γεωτρήσεις και παράλληλα την αύξηση της ποσότητας που προβλέπεται να διατεθεί για την άρδευση και την ύδρευση.

Η ποσότητα αυτή (53 εκ. κυβ. μέτρα) επαυξάνεται για γενικότερους λόγους ασφαλείας κατά περίπου 15% και έτσι οι εκτιμώμενες απολήψεις για άρδευση λαμβάνονται τελικά ~60 εκ. κυβ. μέτρα.

Εξετάστηκε και ένα δεύτερο διαχειριστικό σενάριο στο οποίο θεωρήθηκε ότι για κάποιους λόγους απαιτείται μείωση της ποσότητας νερού που μπορούν να διατεθούν από τον υπόγειο υδροφορέα. Θεωρήθηκε λοιπόν ότι ο ταμιευτήρας πρέπει να εξασφαλίσει όλη την ποσότητα νερού που θα διατίθεται για άρδευση, δηλαδή τα 60,4 εκ. κυβ. μέτρα αυξημένα κατά 15% οπότε οι απολήψεις για άρδευση από τον ταμιευτήρα γίνονται ~70 εκ. κυβ. μέτρα.

4.3.2 Εξάτμιση από τον Ταμιευτήρα

Στον Πίνακα 4.3 φαίνεται η ποσότητα νερού που χάνεται από τον Ταμιευτήρα μέσω του μηχανισμού της εξάτμισης, όπως υπολογίστηκε σύμφωνα με το Κεφάλαιο 3.

Πίνακας 4.3

Περίπτωση	Περίοδος	Υδρολογικό Έτος	Εξάτμιση από τον Ταμιευτήρα
			10 ⁶ m ³
wetmed	ΥΓΡΗ	1960-93	20.594
drymed	ΞΗΡΗ	1960-93	40.422
wetmin	ΥΓΡΗ	1991-92	20.197
drymin	ΞΗΡΗ	1984-85	40.422
wet87	ΥΓΡΗ	1987-88	20.516
dry87	ΞΗΡΗ	1987-88	40.422
wet88	ΥΓΡΗ	1988-89	19.597
dry88	ΞΗΡΗ	1988-89	40.422
wet89	ΥΓΡΗ	1989-90	20.594
dry89	ΞΗΡΗ	1989-90	40.422
wet90	ΥΓΡΗ	1990-91	20.740
dry90	ΞΗΡΗ	1990-91	40.422
wet91	ΥΓΡΗ	1991-92	20.197
dry91	ΞΗΡΗ	1991-92	40.422

4.3.3 Διαφυγές από τον Ταμιευτήρα

Οι πιθανές διαφυγές από τις όχθες του Ταμιευτήρα έχουν εκτιμηθεί (με βάση τη μελέτη) σε περίπου 24 εκ. κυβ. μέτρα ετησίως.

Θεωρήθηκε ότι οι διαφυγές αυτές ισοκατανέμονται σε 2 εκ. κυβ. μέτρα μηνιαίως.

4.4 ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Με βάση τα παραπάνω καταρτίσθηκε το υδατικό ισοζύγιο για κάθε σενάριο, ακολουθώντας τα εξής βήματα:

1. Ως χρονική αφετηρία για κάθε υδρολογικό σενάριο ορίστηκε η 1^η Οκτωβρίου, δηλαδή η αρχή της Υγρής Περιόδου στην οποία η στάθμη στον Ταμιευτήρα θεωρήθηκε ίση με τον Κατώτατη Στάθμη Ύδατος + 46,40 μ (που αντιστοιχεί σε όγκο νερού 57,01 εκ. κυβ. μέτρα)
2. Υπολογίστηκαν οι συνολικές εισροές (χωρίς να ληφθεί υπόψη ο Πηνεϊός) και εκροές από τον Ταμιευτήρα για την Υγρή Περίοδο.
3. Με βάση αυτές και τον αρχικό όγκο (57,01 εκ. κυβ. μέτρα) υπολογίστηκε ο όγκος στο τέλος της Υγρής Περιόδου και συγκρίθηκε με τον απαιτούμενο που είναι 141,14 εκ. κυβ. μέτρα.
4. Στις περιπτώσεις στις οποίες παρατηρήθηκε έλλειμμα, αυτό συγκρίθηκε με την ποσότητα που μπορούσε να διαθέσει ο Πηνεϊός στη ίδια περίοδο, όπως αυτή υπολογίστηκε.
5. Αν το έλλειμμα μπορούσε να καλυφθεί από τον Πηνεϊό, τότε ο όγκος στον Ταμιευτήρα στο τέλος της Υγρής Περιόδου υπολογίστηκε ίσος με τον απαιτούμενο (141,14 εκ. κυβ. μέτρα).
6. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή αν και μετά την απόληψη όλης της διαθέσιμης ποσότητας εξακολουθεί να υπάρχει έλλειμμα, τότε ο όγκος στον Ταμιευτήρα στο τέλος της Υγρής Περιόδου είναι μικρότερος από τον απαιτούμενο.
7. Επαναλήφθηκε η ίδια διαδικασία για την Ξηρή Περίοδο (Βήματα 1-5), λαμβάνοντας όμως ως αρχικό όγκο στον Ταμιευτήρα αυτόν που προέκυψε στο τέλος της Υγρής.
8. Στην περίπτωση που, ακόμα και μετά την απόληψη όλης της διαθέσιμης ποσότητας από τον Πηνεϊό, εξακολουθεί να υπάρχει έλλειμμα, τότε το ισοζύγιο υπολογίζεται με μειωμένες τις απολήψεις για αρδεύσεις, (μείωση ίση με το έλλειμμα), ώστε τελικά ο όγκος να μην κατέλθει της Κατώτατης Στάθμης Ύδατος.
9. Ωστόσο, υπήρξε περίπτωση που, ακόμα και με μηδενισμό των απολήψεων για αρδεύσεις αυτή η στάθμη δεν επιτεύχθηκε.

4.5 ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Στη συνέχεια αναπτύσσονται τέσσερα εναλλακτικά σενάρια διαχείρισης των υδατικών πόρων της υπό εξέταση λεκάνης, που διαπραγματεύονται, όπως προαναφέρθηκε την προσάρτηση ή μη της λεκάνης Καλοχωρίου και τον μηδενισμό των αρδευτικών γεωτρήσεων. Επίσης έγινε συνδυασμός των διαχειριστικών σεναρίων με τα τρία υδρολογικά σενάρια που αναπτύχθηκαν στο Κεφάλαιο 3.

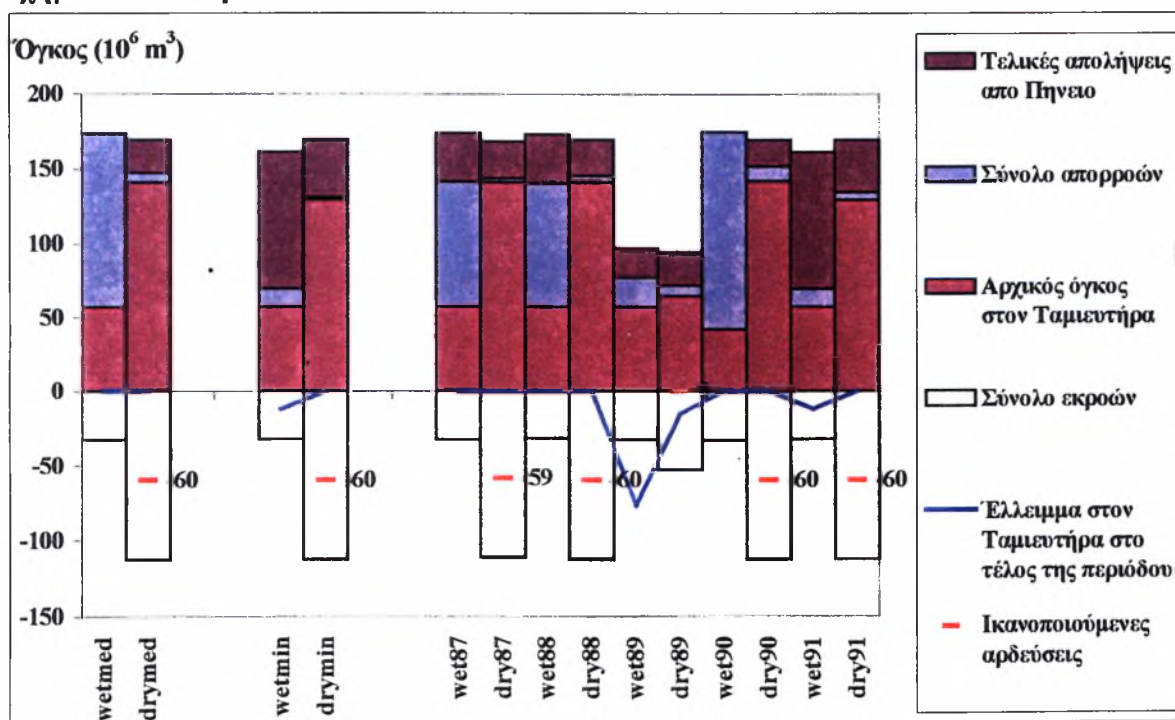
4.5.1 1^ο Σενάριο: Με βάση τη μελέτη

Σε αυτό το σενάριο η διαμόρφωση του ισοζυγίου έγινε με βάση τη μελέτη ‘Επαναδημιουργίας της λίμνης Κάρλας’, δηλαδή:

- χωρίς να ληφθεί υπόψη η ενδεχόμενη εκτροπή της κλειστής λεκάνης Καλοχωρίου μέσω σήραγγας προς τον Ταμιευτήρα και
- θεωρώντας πως ένα ποσοστό των αρδευτικών αναγκών καλύπτεται από τις γεωτρήσεις, οπότε απομένει μια ποσότητα 60 εκ. κυβ. μέτρων που πρέπει να καλύψει ο Ταμιευτήρας στην Ξηρή περίοδο.

Το υδατικό ισοζύγιο για το σενάριο αυτό φαίνεται στο Σχήμα 4.2 και αναλυτικότερα στον Πίνακα 4.4.

Σχήμα 4.2. Σενάριο 1



Πίνακας 4.4. Σενάριο 1

Περιήχηση	Βροχόπτωση στον Ταμιευτήρα	Απορροή από την υψηλή λεκάνη	Απορροή από τη χαμηλή λεκάνη	Απορροή που φτάνει τελικά στον ταμιευτήρα	Εξάτμιση από Ταμιευτήρα	Διαφορές από Ταμιευτήρα	Απολήψεις για άρδευση	Σύνολο εισροών στον Ταμιευτήρα	Σύνολο εκροών από τον Ταμιευτήρα	Διακύμανση του όγκου χωρίς απολήψεις από τον Πηνεϊό	Απατούμενη διακύμανση του όγκου του Ταμιευτήρα	Έλλειμμα χωρίς Πηνεϊό	Διαθέσιμες απολήψεις από τον Πηνεϊό	Τελικές απολήψεις από Πηνεϊό	Έλλειμμα με Πηνεϊό	Διακύμανση του όγκου με απολήψεις από τον Πηνεϊό
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)+(3)-(4)	(6)	(7)	(8)	(9)=(1)+(5)	(10)=(6)+(7)+(8)	(11)=(17)+(9)-(10)	(12)	(13)=(12)-(11)	(14)	(15)	(16)	(17)
1ο Υδρολογικό Σενάριο																
wetmed	9.40	103.46	23.74	20.00	107.21	20.59	12.00	116.60	32.59	141.02	141.14	0.12	101.52	0.12	0.00	141.14
drymed	6.29	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	60.00	6.29	112.42	35.00	57.01	22.01	53.33	22.01	0.00	57.01
2ο Υδρολογικό Σενάριο																
wetmin	4.19	7.77	0.00	0.00	7.77	20.20	12.00	11.96	32.20	36.77	141.14	104.37	92.53	92.53	11.83	129.31
drymin	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	60.00	1.83	112.42	18.72	57.01	38.29	46.27	38.29	0.00	57.01
3ο Υδρολογικό Σενάριο																
wet87	7.15	88.98	8.44	20.00	77.42	20.52	12.00	84.57	32.52	109.07	141.14	32.07	115.67	32.07	0.00	141.14
dry87	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	58.72	2.33	111.14	32.33	57.01	24.68	24.68	24.68	0.00	57.01
wet88	7.65	81.69	13.59	20.00	75.28	19.60	12.00	82.93	31.60	108.34	141.14	32.80	71.47	32.80	0.00	141.14
dry88	4.06	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	60.00	4.06	112.42	32.78	57.01	24.23	71.74	24.23	0.00	57.01
wet89	5.70	14.68	0.00	0.00	14.68	20.59	12.00	20.38	32.59	44.79	141.14	96.35	19.70	19.70	76.65	64.49
dry89	6.75	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	60.00	6.75	52.42	18.82	57.01	38.19	23.13	23.13	15.06	41.95
wet90	9.65	117.49	25.40	20.00	122.89	20.74	12.00	132.54	32.74	141.76	141.76	0.00	92.53	0.00	0.00	141.76
dry90	9.89	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	60.00	9.89	112.42	39.23	57.01	17.78	69.40	17.78	0.00	57.01
wet91	4.19	7.77	0.00	0.00	7.77	20.20	12.00	11.96	32.20	36.77	141.14	104.37	92.53	92.53	11.83	129.31
dry91	5.26	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	60.00	5.26	112.42	22.15	57.01	34.86	138.80	34.86	0.00	57.01

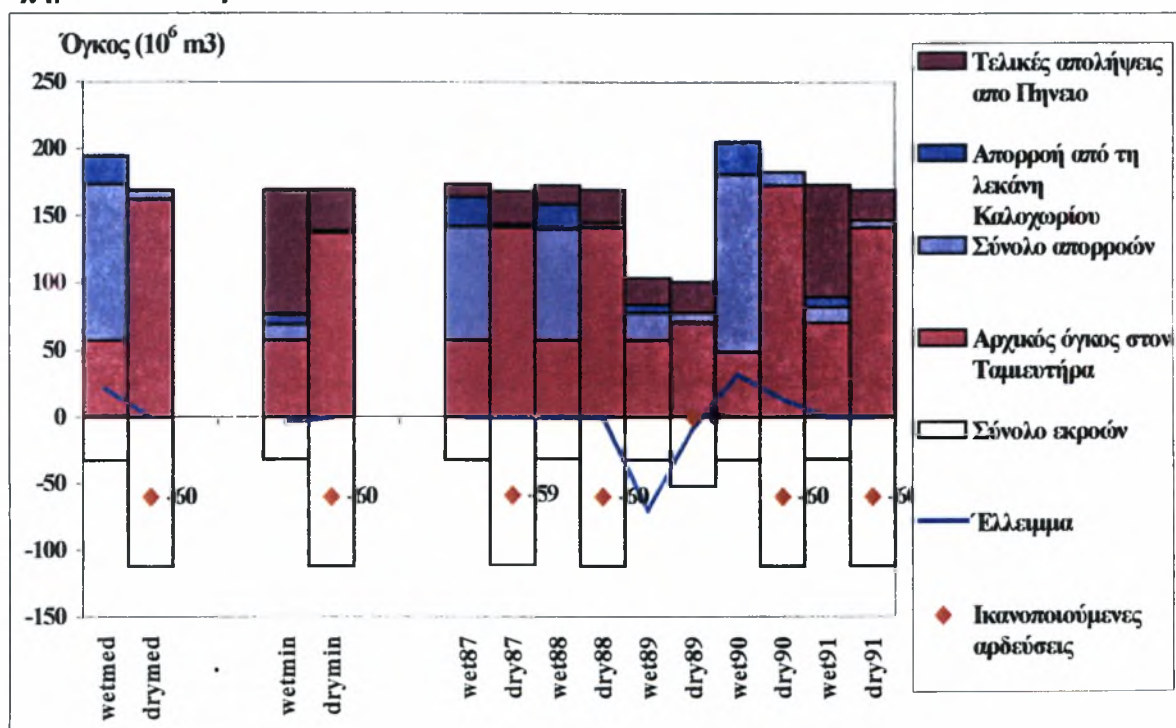
4.5.2 2^ο Σενάριο: Μετά την κατασκευή της σήραγγας Καλοχωρίου

Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα Κεφάλαια, προβλέπεται εκτροπή των απορροών της λεκάνης Καλοχωρίου προς τον Ταμιευτήρα, με την κατασκευή μιας σήραγγας που θα οδηγεί τα νερά αυτής της κλειστής λεκάνης στον Συλλεκτήρα Σ3.

Σε αυτό το σενάριο η διαμόρφωση του ισοζυγίου έγινε όπως και στο προηγούμενο αλλά λήφθηκε υπόψη και η συμβολή της κλειστής λεκάνης Καλοχωρίου, οπότε και παρατηρήθηκε αύξηση στο σύνολο των απορροών, (αύξηση περίπου 20% για τη μέση υγρή περίοδο, που φτάνει το 98% για την ξηρότερη υγρή περίοδο).

Το υδατικό ισοζύγιο για το σενάριο αυτό φαίνεται στο Σχήμα 4.3 και αναλυτικότερα στον Πίνακα 4.5.

Σχήμα 4.3. Σενάριο 2



Όπως προαναφέρθηκε οι απορροές των Ξηρών Περιόδων προέκυψαν μηδενικές, λόγω της μεγάλης εξάτμισης. Ωστόσο, μέσα στο σύνολο των απορροών των Γραφημάτων συνυπολογίζεται και η απευθείας βροχόπτωση στον Ταμιευτήρα, γι' αυτό εμφανίζονται απορροές στις Ξηρές Περιόδους

Πίνακας 4.5. Σενάριο 2

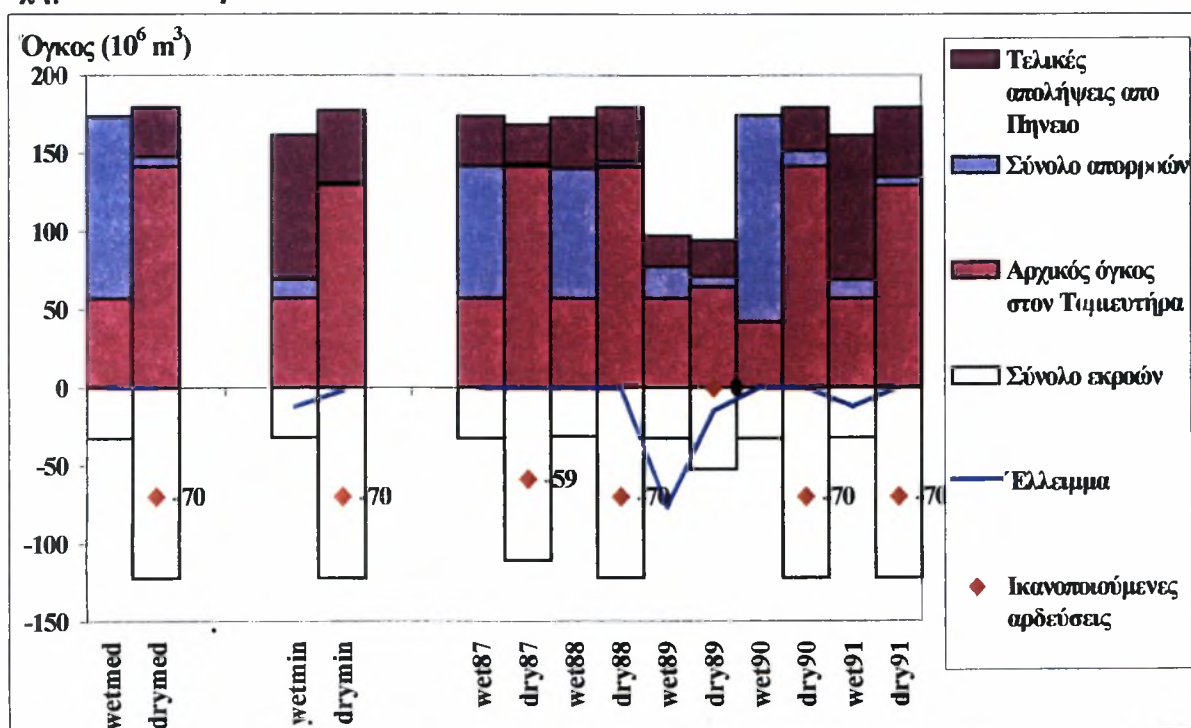
Περίπτωση	Βροχόπτωση στον Ταμιευτήρα	Απορροή από την υψηλή λεκάνη	Απορροή από τη χαμηλή λεκάνη	Απορροή από τη λεκάνη Καλοχωρίου	Απορροή που φτάνει τελικά στον ταμιευτήρα	Εξάτμιση από Ταμιευτήρα	Διαφυγές από Ταμιευτήρα	Απολήψεις για άρδευση	Σύνολο εισροών στον Ταμιευτήρα	Σύνολο εκροών από τον Ταμιευτήρα	Διακύμανση του όγκου χωρίς απολήψεις από τον Πηνεϊό	Απαιτούμενη διακύμανση του όγκου του Ταμιευτήρα	Έλλειμμα χωρίς Πηνεϊό	Διαθέσιμες απολήψεις από τον Πηνεϊό	Τελικές απολήψεις από Πηνεϊό	Έλλειμμα με Πηνεϊό	Διακύμανση του όγκου με απολήψεις από τον Πηνεϊό
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(2)+(3)+(4)+(5)	(7)	(8)	(9)	(10)=(1)+(6)	(11)=(7)+(8)+(9)	(12)=(18) _α +(10) _β - (11) _β	(13)	(14)=(13)-(12)	(15)	(16)	(17)	(18)
1ο Υδρολογικό Σενάριο																	
wetmed	9.40	103.46	23.74	20.00	21.28	128.48	20.59	12.00	137.88	32.59	162.29	57.01	0.00	101.52	0.00	0.00	57.01
drymed	6.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	12.00	6.29	112.42	56.16	57.01	0.85	53.33	0.85	0.00	57.01
2ο Υδρολογικό Σενάριο																	
wetmin	4.19	7.77	0.00	0.00	7.60	15.37	20.20	12.00	19.56	32.20	44.37	57.01	96.77	92.53	92.53	4.24	136.90
drymin	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	12.00	1.83	112.42	26.31	57.01	30.70	46.27	30.70	0.00	57.01
3ο Υδρολογικό Σενάριο																	
wet87	7.15	88.98	8.44	20.00	22.29	99.72	20.52	12.00	106.87	32.52	131.36	57.01	9.78	115.67	9.78	0.00	57.01
dry87	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	12.00	2.33	111.14	32.33	57.01	24.68	24.68	24.68	0.00	57.01
wet88	7.65	81.69	13.59	20.00	18.73	94.01	19.60	12.00	101.66	31.60	127.07	141.14	14.07	71.47	14.07	0.00	141.14
dry88	4.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	12.00	4.06	112.42	32.78	57.01	24.23	71.74	24.23	0.00	57.01
wet89	5.70	14.68	0.00	0.00	6.48	21.17	20.59	12.00	26.86	32.59	51.28	141.14	89.86	19.70	19.70	70.17	70.97
dry89	6.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	12.00	6.75	52.42	25.30	57.01	31.71	23.13	23.13	8.57	48.44
wet90	9.65	117.49	25.40	20.00	24.41	147.30	20.74	12.00	156.96	32.74	172.65	172.65	0.00	92.53	0.00	0.00	172.65
dry90	9.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	12.00	9.89	112.42	70.13	70.13	0.00	69.40	0.00	0.00	70.13
wet91	4.19	7.77	0.00	0.00	7.60	15.37	20.20	12.00	19.56	32.20	57.49	141.14	83.65	92.53	83.65	0.00	141.14
dry91	5.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	12.00	5.26	112.42	33.98	57.01	23.03	138.80	23.03	0.00	57.01

4.5.3 3^ο Σενάριο: Με μείωση των γεωτρήσεων

Σε αυτό το σενάριο διερευνήθηκε η δυνατότητα λειτουργίας του Ταμιευτήρα σε περίπτωση που κληθεί να εξυπηρετήσει το σύνολο της αρδευτικών αναγκών, δηλαδή σε περίπτωση που κριθεί ότι δεν μπορεί να συνεχιστεί η άντληση από τις γεωτρήσεις. Έτσι, λοιπόν το σενάριο αυτό διαφέρει από το πρώτο μόνο στον όγκο νερού που απαιτείται για την άρδευση. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η ποσότητα νερού που απαιτείται για άρδευση είναι 60,4 εκ. κυβ. μέτρα, η οποία επαυξάνεται για λόγους ασφαλείας κατά 15% και προκύπτει ότι ο Ταμιευτήρας πρέπει να καλύψει αρδευτικές ανάγκες της τάξης των 70 εκ. κυβ. μέτρα.

Το υδατικό ισοζύγιο για το σενάριο αυτό φαίνεται στο Σχήμα 4.4 και αναλυτικότερα στον Πίνακα 4.6.

Σχήμα 4.4. Σενάριο 3



Πίνακας 4.6. Σενάριο 3

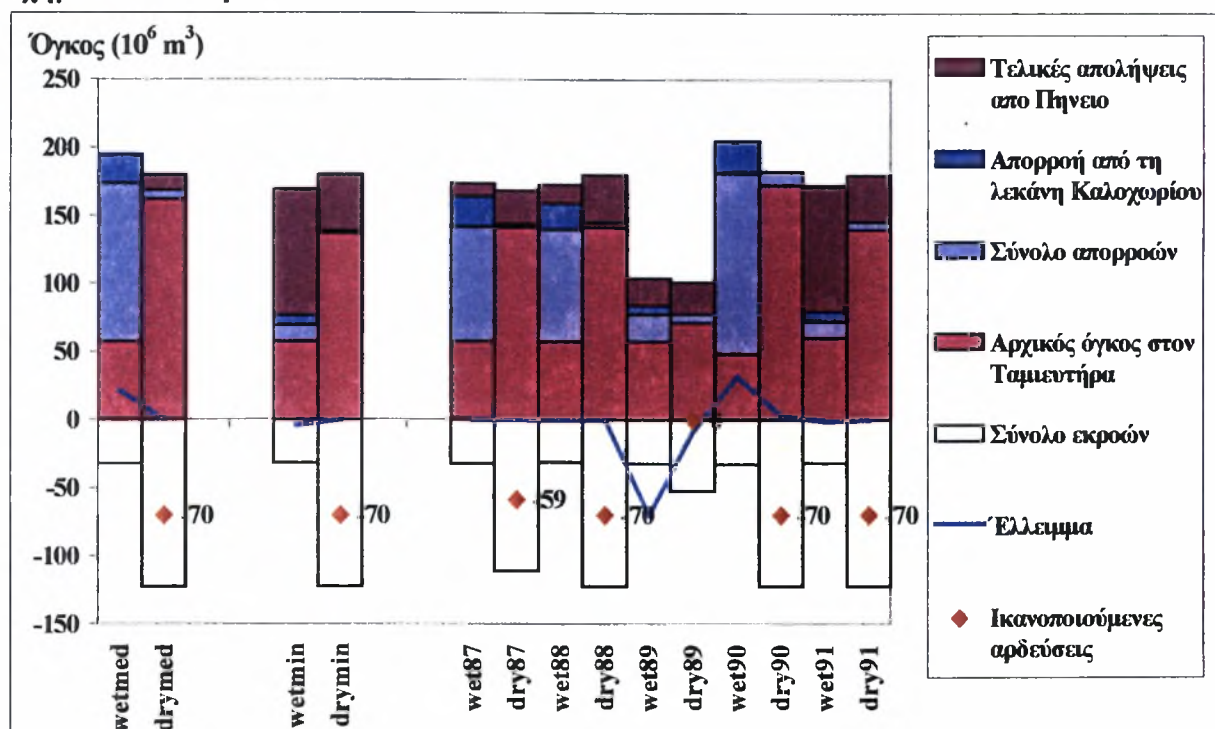
Περιπτώση	Βροχόπτωση στον Ταμιευτήρα	Απορροή από την υψηλή λεκάνη	Απορροή από τη χαμηλή λεκάνη	Απορροή στα ανάντη για πλήρωση μικρών δεξαμενών	Απορροή που φτάνει τελικά στον ταμιευτήρα	Εξάτμιση από Ταμιευτήρα	Διαφυγές από Ταμιευτήρα	Απολήψεις για άρδευση	Σύνολο εισροών στον Ταμιευτήρα	Σύνολο εκροών από τον Ταμιευτήρα	Διακύμανση του όγκου χωρίς απολήψεις από τον Πηνεϊό	Απαιτούμενη διακύμανση του όγκου του Ταμιευτήρα	Έλλειμμα χωρίς Πηνεϊό	Διαθέσιμες απολήψεις από τον Πηνεϊό	Τελικές απολήψεις από Πηνεϊό	Έλλειμμα με Πηνεϊό	Διακύμανση του όγκου με απολήψεις από τον Πηνεϊό
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)+(3)+(4)	(6)	(7)	(8)	(9)=(1)+(5)	(10)=(6)+(7)+(8)	(11)=(17)-1+(9)-(10)	(12)	(13)=(12)-(11)	(14)	(15)	(16)	(17)
1ο Υδρολογικό Σενάριο																	
wetmed	9.40	103.46	23.74	20.00	107.21	20.59	12.00	0.00	116.60	32.59	141.02	57.01	0.12	101.52	0.12	0.00	57.01
drymed	6.29	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	12.00	70.00	6.29	122.42	25.00	57.01	32.01	53.33	32.01	0.00	57.01
2ο Υδρολογικό Σενάριο																	
wetmin	4.19	7.77	0.00	0.00	7.77	20.20	12.00	0.00	11.96	32.20	36.77	57.01	104.37	92.53	92.53	11.83	57.01
drymin	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	12.00	70.00	1.83	122.42	8.72	57.01	48.29	46.27	46.27	2.03	54.98
3ο Υδρολογικό Σενάριο																	
wet87	7.15	88.98	8.44	20.00	77.42	20.52	12.00	0.00	84.57	32.52	109.07	57.01	32.07	115.67	32.07	0.00	57.01
dry87	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	12.00	58.72	2.33	111.14	32.33	57.01	24.68	24.68	24.68	0.00	141.14
wet88	7.65	81.69	13.59	20.00	75.28	19.60	12.00	0.00	82.93	31.60	108.34	141.14	32.80	71.47	32.80	0.00	57.01
dry88	4.06	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	12.00	70.00	4.06	122.42	22.78	57.01	34.23	71.74	34.23	0.00	141.14
wet89	5.70	14.68	0.00	0.00	14.68	20.59	12.00	0.00	20.38	32.59	44.79	141.14	96.35	19.70	19.70	76.65	64.49
dry89	6.75	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	12.00	0.00	6.75	52.42	18.82	57.01	38.19	23.13	23.13	15.06	41.95
wet90	9.65	117.49	25.40	20.00	122.89	20.74	12.00	0.00	132.54	32.74	141.76	141.76	0.00	92.53	0.00	0.00	141.76
dry90	9.89	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	12.00	70.00	9.89	122.42	29.23	57.01	27.78	69.40	27.78	0.00	57.01
wet91	4.19	7.77	0.00	0.00	7.77	20.20	12.00	0.00	11.96	32.20	36.77	141.14	104.37	92.53	92.53	11.83	129.31
dry91	5.26	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	12.00	70.00	5.26	122.42	12.15	57.01	44.86	138.80	44.86	0.00	57.01

4.5.4 4^ο Σενάριο: Μετά την κατασκευή της σήραγγας Καλοχωρίου και με μείωση των γεωτρήσεων

Αυτό το σενάριο αποτελεί συνδυασμό των σεναρίων 3 και 4. Δηλαδή λαμβάνεται υπόψη η λεκάνη Καλοχωρίου και ταυτόχρονα θεωρούνται αυξημένες οι ανάγκες για άρδευση (70 εκ. κυβ. μέτρα)

Το υδατικό ισοζύγιο για το σενάριο αυτό φαίνεται στο Σχήμα 4.5 και αναλυτικότερα στον Πίνακα 4.7:

Σχήμα 4.5. Σενάριο 4



Πίνακας 4.7. Σενάριο 4

Περιπτώση	Βροχόπτωση στον Ταμιευτήρα	Απορροή από την υψηλή λεκάνη	Απορροή από την χαμηλή λεκάνη	Απορροή από την υψηλή λεκάνη	Δέσμευση στα ανάντη για πλήρωση μικρών δεξαμενών	Απορροή από τη λεκάνη Καλοχωρίου	Απορροή που φτάνει τελικά στον Ταμιευτήρα	Εξάτμιση από Ταμιευτήρα	Διαφυγές από Ταμιευτήρα	Απολήψεις για άρδευση	Σύνολο εισροών στον Ταμιευτήρα	Σύνολο εκροών από τον Ταμιευτήρα	Διακύμανση του όγκου χωρίς απολήψεις από τον Πηνεϊό (12)=(18) _a +(10) _b - (11)	Απαιτούμενη διακύμανση του όγκου του Ταμιευτήρα (13)	Έλλειμμα χωρίς Πηνεϊό (14)=(13)-(12)	Διαθέσιμες απολήψεις από τον Πηνεϊό (15)	Τελικές απολήψεις από Πηνεϊό	Έλλειμμα με Πηνεϊό	Διακύμανση του όγκου με απολήψεις από τον Πηνεϊό (18)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(2)+(3)-(4)+(5)	(7)	(8)	(9)	(10)=(1)+(6)	(11)=(7)+(8)+(9)	(12)=(18) _a +(10) _b - (11)	(13)	(14)=(13)-(12)	(15)	(16)	(17)	(18)		
1ο Υδρολογικό Σενάριο																			
wetmed	9.40	103.46	23.74	20.00	21.28	128.48	20.59	0.00	137.88	32.59	162.29	162.29	0.00	101.52	0.00	0.00	0.00	162.29	
drymed	6.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	70.00	6.29	122.42	46.16	57.01	10.85	53.33	10.85	0.00	0.00	57.01	
2ο Υδρολογικό Σενάριο																			
wetmin	4.19	7.77	0.00	0.00	7.60	15.37	20.20	0.00	19.56	32.20	44.37	141.14	96.77	92.53	92.53	4.24	0.00	136.90	
drymin	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	70.00	1.83	122.42	16.31	57.01	40.70	46.27	40.70	0.00	0.00	57.01	
3ο Υδρολογικό Σενάριο																			
wet87	7.15	88.98	8.44	20.00	22.29	99.72	20.52	0.00	106.87	32.52	131.36	141.14	9.78	115.67	9.78	0.00	0.00	141.14	
dry87	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	58.72	2.33	111.14	32.33	57.01	24.68	24.68	24.68	0.00	0.00	57.01	
wet88	7.65	81.69	13.59	20.00	18.73	94.01	19.60	0.00	101.66	31.60	127.07	141.14	14.07	71.47	14.07	0.00	0.00	141.14	
dry88	4.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	70.00	4.06	122.42	22.78	57.01	34.23	71.74	34.23	0.00	0.00	57.01	
wet89	5.70	14.68	0.00	0.00	6.48	21.17	20.59	0.00	26.86	32.59	51.28	141.14	89.86	19.70	19.70	70.17	0.00	70.97	
dry89	6.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	0.00	6.75	52.42	25.30	57.01	31.71	23.13	23.13	8.57	0.00	48.44	
wet90	9.65	117.49	25.40	20.00	24.41	147.30	20.74	0.00	156.96	32.74	172.65	172.65	0.00	92.53	0.00	0.00	0.00	172.65	
dry90	9.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	70.00	9.89	122.42	60.13	60.13	0.00	69.40	0.00	0.00	0.00	60.13	
wet91	4.19	7.77	0.00	0.00	7.60	15.37	20.20	0.00	19.56	32.20	47.49	141.14	93.65	92.53	92.53	1.12	0.00	140.02	
dry91	5.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.42	70.00	5.26	122.42	22.86	57.01	34.15	138.80	34.15	0.00	0.00	57.01	

4.6 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Ένα πρώτο γενικό συμπέρασμα που προκύπτει από την παρατήρηση των Γραφημάτων είναι ότι παρόλο που στη Μέση Υγρή Περίοδο και την Υγρή Περίοδο 1990-1991 οι απορροές επαρκούν για την κάλυψη των αναγκών του Ταμιευτήρα, σε όλες τις υπόλοιπες περιόδους που επλέχθηκαν απαιτούνται απολήψεις σημαντικού όγκου από τον Πηνειό (που φτάνουν τα 104 εκ. κυβ. μέτρα την Ξηρότερη Υγρή Περίοδο). Το συμπέρασμα αυτό είναι λογικό και αναμενόμενο, καθώς όλες οι υπόλοιπες περιόδοι είναι ξηρότερες της Μέσης Υγρής, και απαιτούνται μεγαλύτερες απολήψεις προκειμένου να αντισταθμιστεί η μείωση των βροχοπτώσεων.

Συνέπεια αυτού είναι η άρτια λειτουργία του Ταμιευτήρα για αυτές τις περιπτώσεις να βασίζεται ουσιαστικά στην παροχή του Πηνειού, η οποία σε γενικές γραμμές μπορεί να καλύψει το έλλειμμα πλήρως, εκτός από τις περιπτώσεις:

- της Υγρής Περιόδου 1990-91, η οποία εμφανίζεται δύο φορές:
 - ως η Ξηρότερη Υγρή της 33-ετίας
 - ως περίοδος που ανήκει στην πενταετία

Και στις δύο περιπτώσεις το έλλειμμα είναι πολύ μικρό και χωρίς σοβαρές συνέπειες εφόσον στις Ξηρές Περιόδους που ακολουθούν οι εισροές είναι επαρκείς.

- της Ξηρής Περιόδου 1987-88, στην οποία το έλλειμμα είναι επίσης πολύ μικρό, της τάξης του 1 εκ. κυβ. μέτρων (για το 1^ο και 2^ο σενάριο). Στην περίπτωση αυτή ο απαιτούμενος όγκος επιτυγχάνεται με μικρή μείωση των αρδεύσεων (λαμβάνοντας τελικά 59 εκ. κυβ. μέτρα).
- του Υδρολογικού Έτους 1989-90, στο οποίο παρατηρούνται η δεύτερη ξηρότερη Υγρή Περίοδος της 33-ετίας για τη λεκάνη και η ελάχιστη παροχή της 33-ετίας (υγρής περιόδου) του Πηνειού. Αυτή η περίπτωση τελικά προκύπτει δυσμενέστερη από το Ξηρότερο Υδρολογικό Έτος, λόγω ακριβώς της πολύ μικρής- σε σχέση με τη μέση- διαθέσιμης ποσότητας νερού από τον Πηνειό. Έτσι, ενώ απαιτούνται περίπου 96,35 εκ. κυβ. μέτρα νερού από τον Πηνειό (σύμφωνα με το 1^ο Σενάριο) στην Υγρή Περίοδο διαθέσιμα είναι μόνο 19,7 εκ. κυβ. μέτρα, με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνεται ο απαιτούμενος όγκος στο τέλος αυτής (που είναι τα 141,14 εκ.

κυβ. μέτρα), αλλά να παρουσιάζεται έλλειμμα της τάξης των 76,65 εκ. κυβ. μέτρων. Ο όγκος που προκύπτει στο τέλος της Υγρής Περιόδου είναι 64,49 εκ. κυβ. μέτρα και λαμβάνοντας αυτόν ως αρχικό για την Ξηρή Περίοδο που ακολουθεί, προκύπτει και πάλι μεγάλο έλλειμμα που δεν μπορεί να καλυφθεί, ούτε ακόμα και με μηδενισμό των αρδεύσεων. Τελικά για το σύνολο του Υδρολογικού Έτους 1989-90, ούτε οι ανάγκες των αρδεύσεων ικανοποιούνται, ούτε πληρούνται οι περιβαλλοντικοί όροι λειτουργίας. Το πρόβλημα για την συγκεκριμένη χρονιά είναι εξίσου έντονο σε όλα τα σενάρια.

Επίσης, θα πρέπει να τονισθεί η σημαντική συμβολή του Πηνειού και στις Ξηρές Περιόδους (που φτάνει τα 46 εκ. κυβ. μέτρα στην Ξηρότερη Ξηρή Περίοδο). Οι απαιτήσεις σε νερό αυτών των περιόδων μπορούν να καλυφθούν κυρίως κατά τους δύο πρώτους μήνες αυτών (δηλαδή Απρίλιο και Μάιο), όταν παρατηρείται μειωμένη Ανώτατη Στάθμη Άρδευσης στο τέλος του Μαρτίου.

4.7 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Στη συνέχεια εισήχθησαν κάποιες παράμετροι οι οποίες διευκολύνουν τη σύγκριση των αποτελεσμάτων και οι οποίες είναι:

- το ποσοστό πλήρωσης του Ταμιευτήρα, δηλαδή ο λόγος του όγκου στο τέλος κάθε περιόδου προς τον απαιτούμενο
- το ποσοστό εισροών από κάθε πηγή ως προς το σύνολο των εισροών και
- το ποσοστό συνεισφοράς κάθε πηγής ως προς τον απαιτούμενο όγκο του Ταμιευτήρα, που προκύπτει ως γινόμενο των δύο προηγούμενων.

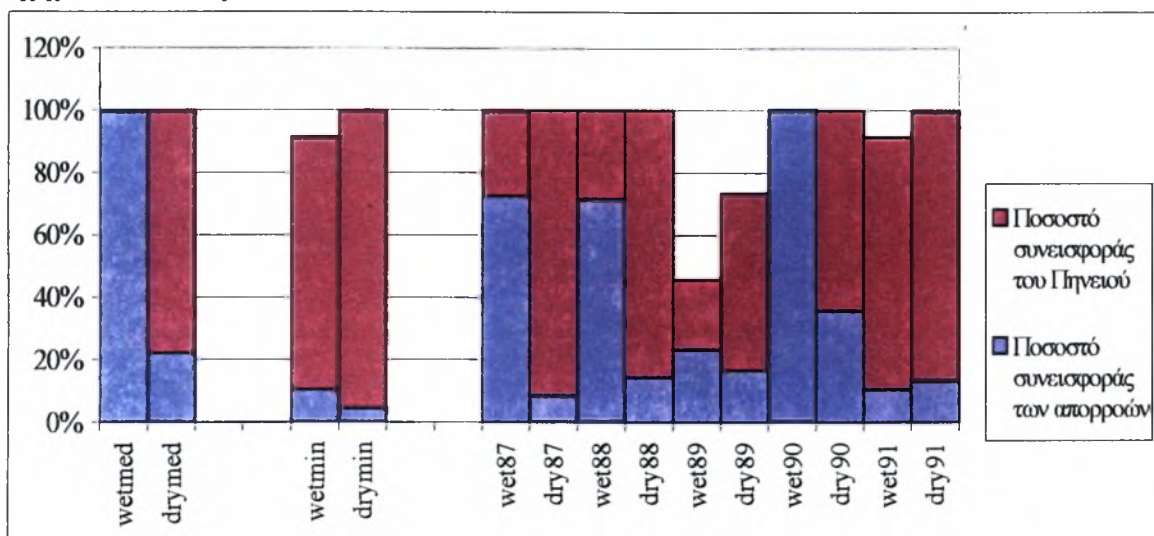
Η τελευταία παράμετρος, δηλαδή το ποσοστό συνεισφοράς κάθε πηγής ως προς τον απαιτούμενο όγκο είναι πολύ σημαντική για την αποτίμηση της λειτουργίας του ταμιευτήρα, καθώς αυτή εκφράζει το αν επιτυγχάνεται η πλήρωση του ταμιευτήρα αφενός, και αφετέρου τη συνεισφορά κάθε πηγής στην πλήρωση. Τα ποσοστά συνεισφοράς που προέκυψαν για κάθε σενάριο φαίνονται στα Σχήματα 4.6, 4.7, 4.8 ,4.9.

Αρχικά συγκρίνονται το πρώτο με το τρίτο σενάριο, στα οποία δεν λαμβάνεται υπόψη η λεκάνη Καλοχωρίου, και το δεύτερο με το τέταρτο, στα οποία λαμβάνεται υπόψη η λεκάνη Καλοχωρίου. Η διαφορά του πρώτου από το τρίτο, και του δεύτερου από το τέταρτο είναι μόνο ο όγκος των απολήψεων για αρδεύσεις. Όπως παρατηρείται, οι

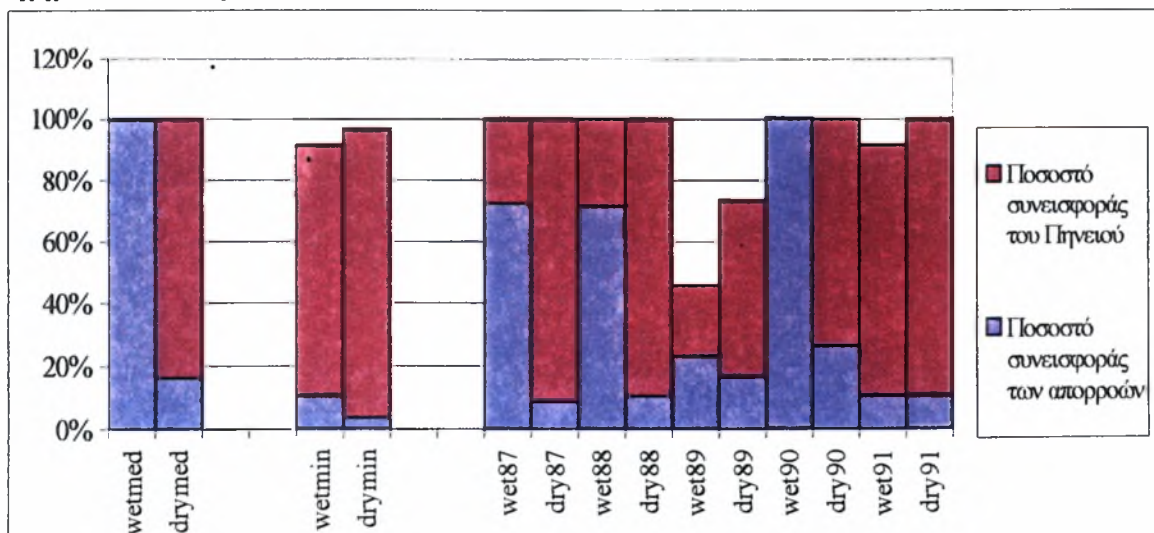
διαφορές μεταξύ των σεναρίων είναι πολύ μικρές, ενώ οι ικανοποιούμενες αρδεύσεις είναι αυξημένες κατά 10 εκ. κυβ. μέτρα στα σενάρια 2^ο και 4^ο (εκτός από τις περιπτώσεις των Υδρολογικών Ετών 1987-88, που λαμβάνονται τελικά 59 εκ. κυβ. μέτρα και 1989-90, στην οποία δεν διατίθεται καμία ποσότητα νερού για άρδευση).

Συγκρίνοντας τώρα το πρώτο με το δεύτερο και το τρίτο με το τέταρτο σενάριο, το ποσοστό της συνεισφοράς του Πηνειού μειώνεται στις περισσότερες των περιπτώσεων, αλλά δεν παρατηρείται καμία σημαντική βελτίωση στη λειτουργία του Ταμιευτήρα για το κρίσιμο Υδρολογικό έτος 1989-90. Ουσιαστικά η συμβολή της λεκάνης Καλοχωρίου είναι σημαντική μόνο σε περιόδους που ούτως ή άλλως δεν αντιμετωπίζεται πρόβλημα ξηρασίας.

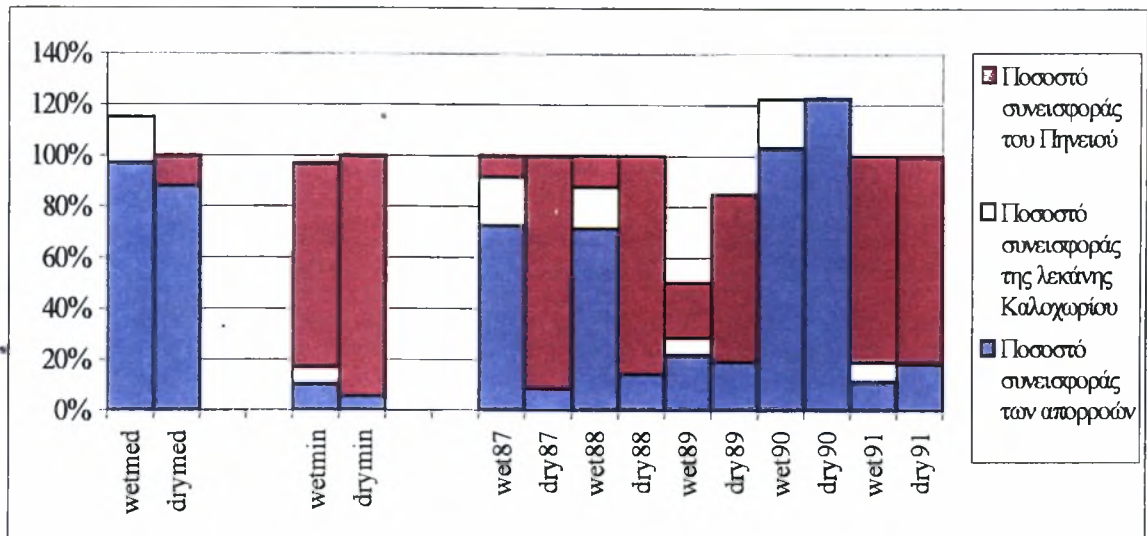
Σχήμα 4.6. Σεναριο1



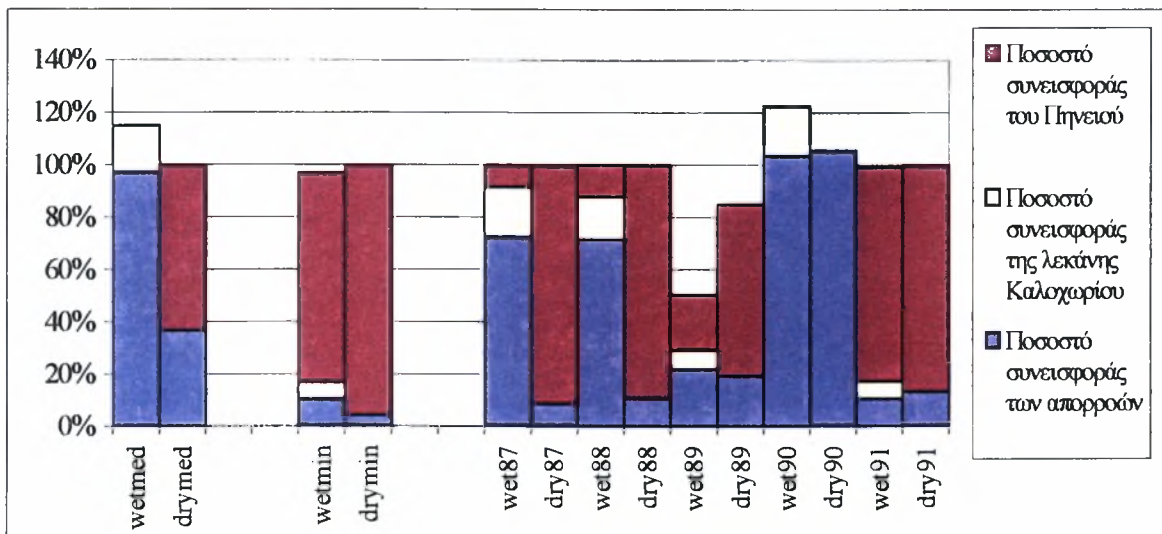
Σχήμα 4.7. Σενάριο 3



Σχήμα 4.8. Σενάριο 2

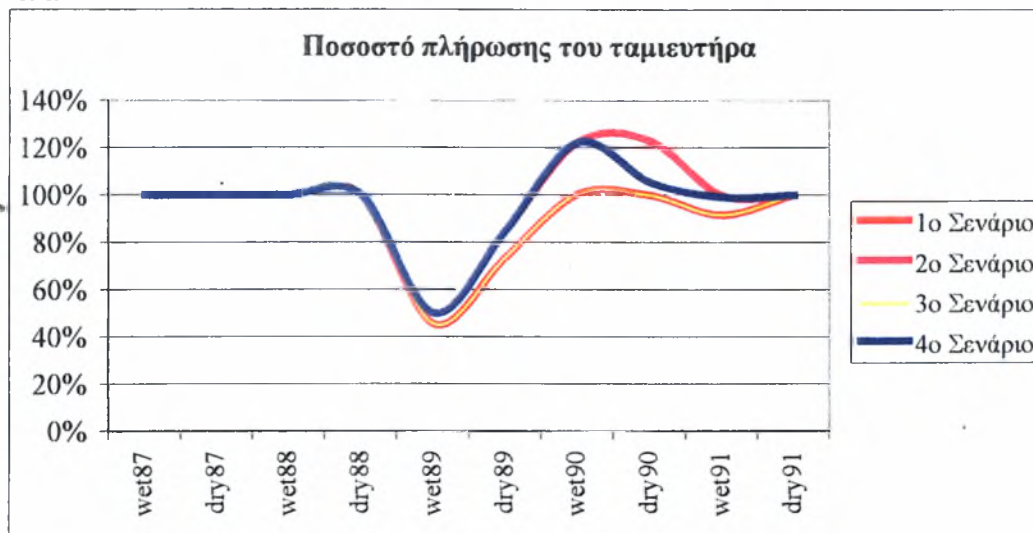


Σχήμα 4.9. Σενάριο 4



Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει το παρακάτω Σχήμα στο οποίο διακρίνεται η μεταβολή του ποσοστού πλήρωσης του Ταμιευτήρα, δηλαδή η ποσοστιαία διακύμανση του όγκου του μέσα στην εξεταζόμενη πενταετία για τα τέσσερα διαφορετικά διαχειριστικά σενάρια.

Σχήμα 4.10



Όπως παρατηρείται, για τα δυο πρώτα χρόνια της πενταετίας (από Οκτώβριο 1987 ως Σεπτέμβριο 1989) δεν προκύπτουν σημαντικές διαφορές. Στο επόμενο έτος που είναι και το πιο κρίσιμο το δεύτερο και το τέταρτο σενάριο υπερέχουν ελαφρά των δυο άλλων, χωρίς όμως αυτό να έχει πρακτική σημασία, αφού τελικά σε αυτό το έτος και για τα τέσσερα σενάρια ο Ταμιευτήρας αστοχεί (δηλαδή δεν πληροί τους περιβαλλοντικούς όρους) ακόμα και με μηδενισμό των αρδεύσεων. Η διαφορά γίνεται μεγαλύτερη στο επόμενο έτος, όμως και πάλι δεν έχει πρακτική σημασία, αφού ο απαιτούμενος όγκος επιτυγχάνεται ούτως ή άλλως. Στο τελευταίο έτος της πενταετίας δεύτερο και το τέταρτο σενάριο εξακολουθούν να υπερέχουν, αλλά και πάλι η διαφορά είναι μικρή.

Τα σενάρια Ένα και Τρία συμπίπτουν ως προς το ποσοστό πλήρωσης του ταμιευτήρα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.10, γεγονός αναμενόμενο καθώς η διαφορά τους που συνίσταται σε διαφορετικές ποσότητες απολήψεων για αρδεύσεις δεν επιδρά στην πλήρωση του ταμιευτήρα για τις υγρές περιόδους. Οι διαφορές που προκύπτουν ανάμεσα στα σενάρια Δύο και Τέσσερα είναι αποτέλεσμα του ελλείμματος ή της περίσσειας νερού στις ξηρές περιόδους.

4.8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Όπως προκύπτει από την ανάλυση που προηγήθηκε, η λειτουργία του ταμιευτήρα με τις προτεινόμενες στάθμες κρίνεται γενικώς ικανοποιητική, εφόσον στις περισσότερες των περιπτώσεων ο απαιτούμενος όγκος καλύπτεται από τις απορροές της λεκάνης σε συνδυασμό με απολήψεις από τον Πηνειό. Ωστόσο, στα ξηρά έτη, η συμβολή του Πηνειού είναι ο κρίσιμος παράγοντας για την επίτευξη των στόχων κατασκευής του έργου. Χωρίς τον Πηνειό το έργο δεν μπορεί να αντεπεξέλθει στις προσδοκίες των μελετητών του.

Από τη μελέτη 'Επαναδημιουργίας λίμνης Κάρλας' λήφθηκε ότι σε ετήσια βάση μπορεί να αντληθεί από τον Πηνειό ποσότητα νερού ίση με 100 εκ. κυβ. μέτρα, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη πιθανές διακυμάνσεις στην παροχή του ποταμού, λόγω ακραίων υδρολογικών φαινομένων ξηρασίας. Στην παρούσα μελέτη διενεργήθηκε πληρέστερη ανάλυση και διερευνήθηκε και η παράμετρος μείωσης της παροχής του ποταμού. Για το υδρολογικό έτος 1989-90, που ήταν ένα πραγματικά ξηρό έτος για όλη τη χώρα, η παροχή του Πηνειού προέκυψε κατά πολύ μειωμένη και συνακόλουθα μειωμένες προέκυψαν και οι ποσότητες νερού που μπορούν να διατεθούν από αυτόν για την Κάρλα. Στην περίπτωση αυτή ο ταμιευτήρας, αν είχε κατασκευαστεί, θα είχε αποτύχει στην εκπλήρωση των αρδευτικών αλλά και περιβαλλοντικών αναγκών της περιοχής. Πάντως, η πιθανότητα επανεμφάνισης ενός τόσο ακραίου υδρολογικού έτους μέσα στα επόμενα χρόνια είναι σχετικά μικρή, ενώ ταυτόχρονα αναμένεται πως, μετά την ολοκλήρωση των έργων μεταφοράς νερού από τον Αχελώο που θα τροφοδοτήσει και το αρδευτικό δίκτυο της περιοχής, θα αποσοβηθούν τελείως οι συνέπειες αυτού.

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τα διαχειριστικά σενάρια είναι προφανές πως η συνεισφορά της λεκάνης Καλοχωρίου είναι μικρή για τα ξηρά έτη, οπότε και η βελτίωση που προκύπτει από την προσάρτηση αυτής είναι μικρής σημασίας. Θα απαιτηθεί τεχνικοοικονομική ανάλυση για να διαπιστωθεί αν τελικά συμφέρει η κατασκευή της σήραγγας που θα κατευθύνει τα νερά της κλειστής λεκάνης στον Ταμιευτήρα. Πάντως από την παρούσα μελέτη συνάγεται πως κάτι τέτοιο μάλλον δεν είναι απαραίτητο.

Όσον αφορά το διαχειριστικό σενάριο που διαπραγματεύεται τον μηδενισμό των αρδευτικών γεωτρήσεων και την συνακόλουθη αύξηση των απολήψεων από τον Ταμιευτήρα, τα αποτελέσματα κρίνονται ικανοποιητικά, εφόσον οι αρδεύσεις αυτές

ικανοποιούνται στις περισσότερες των περιπτώσεων, ενώ ταυτόχρονα φορτίζεται ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας. Στις περιπτώσεις στις οποίες οι αρδεύσεις δεν ικανοποιούνται, δηλαδή το 1987- 88 η επαναλειτουργία των γεωτρήσεων θα μπορούσε να καλύψει το έλλειμμα των 11 εκ. κυβ. μέτρων, ενώ για την περίπτωση του υδρολογικού έτους 1989-90, οι αρδεύσεις δεν μπορούν να ικανοποιηθούν με κανένα τρόπο.

Προτείνεται λοιπόν η υιοθέτηση του δυσμενέστερου, για τον ταμιευτήρα, σεναρίου από τα τέσσερα που εξετάστηκαν, δηλαδή του τρίτου, εφόσον οι διαφορές μεταξύ αυτών ήταν πολύ μικρές. Υπενθυμίζεται ότι στο σενάριο αυτό δεν λαμβάνεται υπόψη η λεκάνη Καλοχωρίου, ενώ θεωρούνται αυξημένες οι απολήψεις για αρδεύσεις. Πρόκειται δηλαδή, για το σενάριο με τις λιγότερες συγκριτικά εισροές στον Ταμιευτήρα και τις περισσότερες εκροές από αυτόν, εφόσον μηδενίζονται οι αρδευτικές γεωτρήσεις, ενώ η ζήτηση για άρδευση παραμένει σταθερή. Το υπ'όψιν σενάριο όμως, ενώ είναι το δυσμενέστερο για το ισοζύγιο του ταμιευτήρα, όταν αυτός εξετάζεται μεμονωμένα, είναι το ευμενέστερο για το συνολικό υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης, καθώς μειώνονται οι γεωτρήσεις, άρα φορτίζεται ο υπόγειος υδροφόρος, και αποφεύγεται η μεταφορά νερού από την αυτόνομη λεκάνη Καλοχωρίου. Εξάλλου από τη σκοπιά της συνολικής λειτουργίας του συστήματος, πρόκειται για τη λύση που βρίσκεται πιο κοντά στις αρχές της αειφόρου ανάπτυξης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η απόφαση να αποξηρανθεί η λίμνη Κάρλα και να δημιουργηθεί σε τμήμα της ένας ταμιευτήρας μικρότερης έκτασης ήταν, σύμφωνα με όλες τις προηγούμενες μελέτες, η πλέον ενδεδειγμένη για την απόκτηση γεωργικών εκτάσεων, την αντιπλημμυρική προστασία και την άρδευση της ευρύτερης περιοχής. Η μη ολοκλήρωση όμως των έργων, αντί να λύσει τα προβλήματα δημιούργησε περισσότερα. Μειώθηκαν οι εισροές του νερού, χάθηκε η λίμνη και μαζί της όλες οι πολύτιμες απορροές διοχετεύονταν στη θάλασσα, ενώ ταυτόχρονα αυξήθηκαν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις και οι απαιτήσεις για άρδευση. Η περιοχή αντιμετωπίζει ένα πλήθος προβλημάτων, τα οποία προκλήθηκαν από την αποξήρανση και θα λυθούν μόνο με την κατασκευή του ταμιευτήρα. Τα περιθώρια έχουν στενέψει και η ανάγκη ολοκλήρωσης του ταμιευτήρα προβάλλει επιτακτική. Η Πολιτεία με μεγάλη καθυστέρηση (40 χρόνια) υλοποιεί τώρα το μεγάλο έργο- ανάσα για τη Θεσσαλία.

Η παρούσα μελέτη έρχεται να συμφωνήσει με όλες τις προηγούμενες και να υποστηρίξει τη σπουδαιότητα του κατασκευαζόμενου έργου για την εξισορρόπηση του υδατικού ισοζυγίου της περιοχής. Ο τελικός ταμιευτήρας των 38000 στρεμμάτων θα συμβάλει σημαντικά στην αύξηση των περιορισμένων υδατικών πόρων της Θεσσαλίας, προσομοιάζοντας τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούσε η τέως λίμνη Κάρλα, πριν αρχίσει η υποβάθμισή της, δηλαδή θα αποταμιεύει τις χειμερινές απορροές της λεκάνης και τις πλημμυρικές παροχές του Πηνειού και θα διαθέτει αυτές τις ποσότητες νερού για άρδευση το καλοκαίρι.

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

Η συμβολή του ταμιευτήρα στην επαναπλήρωση των υπόγειων υδροφορέων μέσω πυθμένα, θα είναι σχετικά μικρή, λόγω της ελάχιστης περατότητας των στρωμάτων του (οι διαρροές κατευθύνονται προς τη θάλασσα). Στην περίπτωση όμως που μέρος των διαρροών αυτών τροφοδοτεί τους υπόγειους υδροφορείς αυτό είναι δυνατόν να συμβάλλει αποφασιστικά στην επαναπλήρωσή τους. Από την άλλη μεριά, η δημιουργία του ταμιευτήρα είναι βέβαιο ότι θα συμβάλει έμμεσα στην επαναπλήρωση των υδροφορέων, λόγω της κατασκευής αρδευτικών έργων που θα καταστήσουν περιττή την εξακολούθηση της λειτουργίας των γεωτρήσεων.

Τέλος, ο κατασκευαζόμενος ταμιευτήρας πολλαπλού σκοπού αναμένεται να αποκαταστήσει τις προϋπάρχουσες πολύτιμες λειτουργίες του υγροτόπου και θα επιλύσει τα προβλήματα που προκλήθηκαν από την αποξήρανση, όπως η ρύπανση του Παγασητικού και η εμφάνιση ρηγμάτων λόγω της πτώσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Η επαναδημιουργία της Κάρλας είναι δυνατόν να αποτελέσει μοναδικό παράδειγμα αποκατάστασης υγροτόπων, όχι μόνο για τη χώρα μας, αλλά και για την ευρύτερη λεκάνη της Μεσογείου.

5.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Μια ολοκληρωμένη μελέτη διαχείρισης υδατικών πόρων μπορεί να διαιρεθεί σε μια σειρά σταδίων μελέτης που περιλαμβάνουν από τη συλλογή, επεξεργασία και αξιολόγηση των πληροφοριών, τη δημιουργία μοντέλων βροχόπτωσης-απορροής, υπόγειας υδροφορίας και προσομοίωσης της ζήτησης, μέχρι την οικονομική ανάλυση και τη διαμόρφωση σεναρίων ανάπτυξης. Λόγω όμως του ότι η παρούσα μελέτη έγινε στα περιορισμένα πλαίσια μιας διπλωματικής εργασίας, δεν ήταν δυνατό να αναλυθούν σε βάθος όλα τα παραπάνω στάδια, παρά μόνο τα δυο πρώτα, ενώ για τα υπόλοιπα λήφθηκαν τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών.

Από την άλλη μεριά, η διαχείριση υδατικών πόρων είναι μια συνεχής διαδικασία που ξεκινά από το επίπεδο μιας υδρολογικής λεκάνης και μπορεί να γενικευτεί σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος, μέχρι και το γενικό επίπεδο ολόκληρης της χώρας.

Σε αυτό το σημείο αναδεικνύονται τα πλεονεκτήματα ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα επέμβασης, διασύνδεσης και επέκτασής της μελέτης, είτε αναλύοντας σε μεγαλύτερο βάθος κάποια στάδια, είτε εντάσσοντάς την σε ένα ευρύτερο επίπεδο.

Εδώ, λαμβάνοντας υπόψη την αλληλοσυσχέτιση που εξετάστηκε, θα ήταν χρήσιμο να γίνει μια μελέτη διαχείρισης υδατικών πόρων στη λεκάνη απορροής του Πηνειού, για να πιστοποιηθεί η ικανότητά του να προμηθεύει τον ταμιευτήρα της Κάρλας με μεγάλες ποσότητες νερού,.

Καλύτερο θα ήταν, να γίνει μια μελέτη ΔΥΠ σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος, ώστε να διερευνηθούν και να ελεγχθούν όλες οι αλληλοσυσχετίσεις που προκύπτουν, τόσο σε σχέση με τον Πηνειό, όσο και σε σχέση με τη λεκάνη του Βόλου ή μια ακόμα πιο πλήρης μελέτη που να περιλαμβάνει και τη συμβολή του Αχελώου.

Επειδή όμως ένα υδατικό σύστημα είναι δυναμικό και μεταβάλλεται, δεν θα πρέπει να παραβλεφθεί και ο παράγοντας υπόγεια νερά, ο οποίος ξεπερνά τα όρια της υδρολογικής λεκάνης, αλλά πρέπει να επανεκτιμηθεί και να εξεταστεί σε βάθος, λαμβάνοντας υπόψη την αλληλεξάρτηση με τα επιφανειακά νερά.

Παράλληλα, απαιτείται να εξεταστεί και ο παράγοντας ποιότητας των υδατικών πόρων, είτε επιφανειακών, είτε υπόγειων, ώστε να εξακριβωθεί, πέρα από την επάρκειά τους, και η καταλληλότητα αυτών για τις απαιτούμενες χρήσεις.

Μια ακόμη συνισταμένη του προβλήματος που μπορεί να διερευνηθεί είναι η διαχείριση της ζήτησης του νερού στην περιοχή της λίμνης, που μπορεί να περιλαμβάνει:

- αναδιάρθρωση των γεωργικών καλλιεργειών, αποβλέποντας στη σταδιακή μείωση των υδροβόρων (όπως είναι το βαμβάκι) και αντικατάστασή τους με πιο οικονομικές καλλιέργειες
- εκσυγχρονισμό των μεθόδων άρδευσης, με τη χρήση συστημάτων μικροάρδευσης, που έχουν μικρότερες απώλειες
- διερεύνηση εναλλακτικής κάλυψης των αναγκών με επεξεργασμένα λύματα από την μονάδα επεξεργασίας λυμάτων του Βόλου κ.α.

Επίσης, ανεξάρτητα από τα παραπάνω, απαιτείται η ανάπτυξη ενός ακριβέστερου μαθηματικού μοντέλου βροχόπτωσης-απορροής, που να βασίζεται σε φυσική προσομοίωση των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα κατά την πορεία του νερού και να λειτουργεί με μικρό σχετικά χρονικό βήμα.

Τέλος, για την ακόμα καλύτερη προσομοίωση του μοντέλου εισροών- εκροών του ταμιευτήρα, θα μπορούσε να διαμορφωθεί το τρισδιάστατο ομοίωμά του μέσω του MapInfo, έτσι ώστε να υπολογιστούν ακριβέστερα οι σχέσεις στάθμης- επιφανείας- όγκου. Η προσπάθεια αυτή έχει ξεκινήσει, αλλά δεν ολοκληρώθηκε, λόγω ελλείψεως στοιχείων (χαρτών- σχεδίων), προβλέπεται όμως να ολοκληρωθεί σύντομα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Γ. Χ. Ζαλίδης, Ξ. Π. Δημητριάδης, Σ. Α. Χατζηγιαννάκης, *Ο ιδεότυπος της τέως λίμνης Κάρλας- Ως βάση αξιολόγησης των προταθείσων λύσεων κατασκευής του ομώνυμου ταμιευτήρα*, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας- Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων, Ιούλιος 1995
- [2] ΤΕΕ Τμήμα Μαγνησίας, *Λίμνη Κάρλα- Η Αρχαία Βοιβής- Η αποκατάσταση ενός υγροτόπου στην Ελλάδα από τους σημαντικότερους της Ευρώπης*.
- [3] ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων, *Επαναδημιουργία λίμνης Κάρλας: Περιβαλλοντική Τεχνική Έκθεση, Μελέτη Κόστους-Οφέλους και Υποστηρικτικές Μελέτες*, Αθήνα 1999
- [4] ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων, *Επαναδημιουργία λίμνης Κάρλας: Περιβαλλοντική Τεχνική Έκθεση, Μελέτη Κόστους-Οφέλους και Υποστηρικτικές Μελέτες, Παράρτημα III. 1, Υποστηρικτική Γεωργική Μελέτη*, Αθήνα 1999
- [5] ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων, *Επαναδημιουργία λίμνης Κάρλας: Περιβαλλοντική Τεχνική Έκθεση, Μελέτη Κόστους-Οφέλους και Υποστηρικτικές Μελέτες, Παράρτημα III. 2, Υποστηρικτική Υδρογεωλογική Μελέτη*, Αθήνα 1999
- [6] ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων, *Επαναδημιουργία λίμνης Κάρλας: Περιβαλλοντική Τεχνική Έκθεση, Μελέτη Κόστους-Οφέλους και Υποστηρικτικές Μελέτες, Παράρτημα III. 3, Υποστηρικτική Υδραυλική Μελέτη*, Αθήνα 1999
- [7] ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων, *Επαναδημιουργία λίμνης Κάρλας: Περιβαλλοντική Τεχνική Έκθεση, Μελέτη Κόστους-Οφέλους και Υποστηρικτικές Μελέτες, Έμμεσα Περιβαλλοντικά Οφέλη*, Αθήνα 1999
- [8] ΥΠΕΧΩΔΕ, Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων, *Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων και επανορθωτικών μέτρων από την κατασκευή και λειτουργία του ταμιευτήρα Κάρλας*, Αθήνα 1995
- [9] Ν. Μυλόπουλος, Α. Διακόπουλος, Α. Μεντές, Χ. Φαφούτης, Γ. Γαλανός, Μ. Καραμανλίδου, *Προκαταρκτική διερεύνηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της μείζονος υδρολογικής λεκάνης Βόλου. Καθορισμός προτεραιοτήτων για έργα του Γ' Κ.Π.Σ.*, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τομέας Υδραυλικής και Περιβαλλοντικής Τεχνικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών

- [10] MapInfo Professional User's Guide, version 6.0, MapInfo Corporation, Troy, New York 2000.
- [11] Δημήτρης Κ. Τολίκας, *Εισαγωγή στη διαχείριση υδατικών πόρων, Καταχώρηση και επεξεργασία υδρολογικών και υδραυλικών πληροφοριών με τη χρήση G.I.S. για τη διαχείριση υδατικών πόρων, Σημειώσεις μαθήματος του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη»*
- [12] Αποστολάκης Α, Ξ. Δημητριάδης, Γ. Ζαλίδης, Ν. Συλλαίος, Σ.. Χατζηγιαννάκης, *Χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π) στην επεξεργασία των υδρολογικών δεδομένων στις λεκάνες απορροής των υγροτόπων*, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας- Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων
- [13] Αποστολάκης Α, Γ. Ζαλίδης, Ξ. Δημητριάδης, *Κατασκευή χωρικής βάσης δεδομένων για τις λεκάνες απορροής της Θεσσαλίας και χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών ΓΣΠ για την επεξεργασία των δεδομένων αυτών* Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας- Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων, Δεκέμβριος 1995
- [14] Δ. Κουτσογιάννης, *Αναβάθμιση και επικαιροποίηση της υδρολογικής πληροφορίας της Θεσσαλίας* ΥΠΕΧΩΔΕ-ΕΜΠ, Αθήνα, 1997
- [15] X. P. Dimitriadis, A. Apostolakis, S. P. Katsavouni S. L. Hadzigiannakis, *Modeling the Hydrology of Wetlandsnd Phase* The Goulandris Natural History Museum, Greek Biotope/ Wetland Center
- [16] Γ. Τσακίρης, *Υδατικοί πόροι I Τεχνική Υδρολογία*, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1995
- [17] Γ. Α. Τερζίδη, Ζ. Γ. Παπαζαφειρίου, *Γεωργική Υδραυλική* Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1997
- [18] Χρήστος Δομενικιώτης, Αθανάσιος Γ. Λουκάς, *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών* Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος 1999
- [19] Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας, *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών* Πρόγραμμα Επαγγελματικής Κατάρτισης Μηχανικών 1994
- [20] Valaora Georgia, *An Attempt At Wetland Restoration n reece The Case Of Former Lake Karla* Proceedings of an International Conference: Protection and Restoration of the Environment IV, Sani 1998



ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ	
ΤΙΤΛΟΣ	
Λ Η Ξ Η	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΑΝΕΙΖΟΜΕΝΟΥ
23/10/02	940
4/11/02	940
21/11/02	1089

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ**

Τηλ.: 74.760-61

74233-S



