

**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**



**Στοιχεία της υδρολογικής συμπεριφοράς του Αξιού
ποταμού στο τμήμα της κοίτης του πλησίον του
φράγματος της Ελεούσας**

Διπλωματική εργασία

**Υπεύθυνος καθηγητής: ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ
Φοιτήτρια: Μαραγκουδάκη Αναστασία**

**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

**Στοιχεία της υδρολογικής συμπεριφοράς του Αξιού ποταμού
στο τμήμα της κοίτης του πλησίον του φράγματος της
Ελεούσας**

Υπεύθυνος καθηγητής: ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ

Φοιτήτρια: Μαραγκουδάκη Αναστασία

Κατεύθυνση: Περιβαλλοντική Γεωλογία

Απρίλιος, 2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης – Γιαννιτσών και παρουσίαση της σημερινής της μορφής.	
2.1 Εισαγωγή	9
2.2 Το περιβάλλον της περιοχής	10
2.3 Η γεωλογία της περιοχής	12
2.4 Ο φυτικός κόσμος στην πεδιάδα	15
2.5 Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της πεδιάδας του Αξιού και του Θερμαϊκού κόλπου μέχρι τον 4 ^ο -5 ^ο αι. π.Χ	15
2.6 Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της πεδιάδας Θεσσαλονίκης - Γιαννιτσών	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - Το φράγμα του Αξιού και τα αρδευτικά δίκτυα του ΓΟΕΒ.	
3.1 Γενικά	21
3.2 Το φράγμα του Αξιού	22
3.2.1 Γενική διάταξη του έργου	26
3.3 Τρόπος κατασκευής και λειτουργία των αρδευτικών δικτύων	27
3.4 Χρήση νερού από τον Οργανισμό Εγγείων Βελτιώσεων	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – Σύγκριση στάθμης, παροχής και στερεοπαροχής του Αξιού ποταμού	
4.1 Εισαγωγή	30
4.2 Διάγραμμα στάθμης	31
4.3 Στοιχεία στάθμης - παροχής του ποταμού	33
4.4 Στοιχεία παροχής - στερεοπαροχής - στάθμης	34

	Σελίδα
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - Πλημμυρικά επεισόδια Αξιού	
5.1 Εισαγωγή	36
5.2 Χειμερινά πλημμυρικά επεισόδια	36
5.3 Εαρινά- καλοκαιρινά πλημμυρικά επεισόδια	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - Συμπεράσματα- Συζήτηση	42
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	46

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία είναι το αποτέλεσμα της μελέτης που έγινε για το μάθημα «Διπλωματική Εργασία» του Έξαμήνου του 4ου έτους του Γεωλογικού τμήματος της Σχολής Θετικών Επιστημών του Α.Π.Θ. Επιβλέπων καθηγητής είναι ο λέκτορας κος Βουβαλίδης Κωνσταντίνος του τομέα Γεωλογίας και Φυσικής Γεωγραφίας.

Ευχαριστούμε την υπηρεσία ΔΕΚΕ για τις μετρήσεις στάθμης από το φράγμα του Αξιού ποταμού στην περιοχή του χωριού Γέφυρα, τον γεωλόγο κο. Δούνα Σωτήρη της Α ΔΕΚΕ για τις μετρήσεις παροχής και τέλος τον κο. Τσομπάνογλου Κων/νο, υποψήφιο διδάκτορα στον τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας του Α.Π.Θ για την παραχώρηση των μετρήσεων στερεοπαροχής.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Φιλοδοξία της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η κατανόηση της συμπεριφοράς του Αξιού ποταμού όσων αφορά την παροχή του νερού καθώς επίσης και την ποσότητα του αιωρούμενου στερεού φορτίου αυτού, κατά τη διάρκεια ενός πλήρους υδρολογικού έτους. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν κυρίως βιβλιογραφικά στοιχεία και μετρήσεις που προέρχονται από υδρολογικούς σταθμούς και υπηρεσίες στις οποίες υπάγεται το ποτάμι του Αξιού. Δεν υπάρχει σκοπός αντιγραφής και υιοθέτησης των στοιχείων αυτών, παρά μόνο δανεισμός τους για την επίτευξη του στόχου της εργασίας.

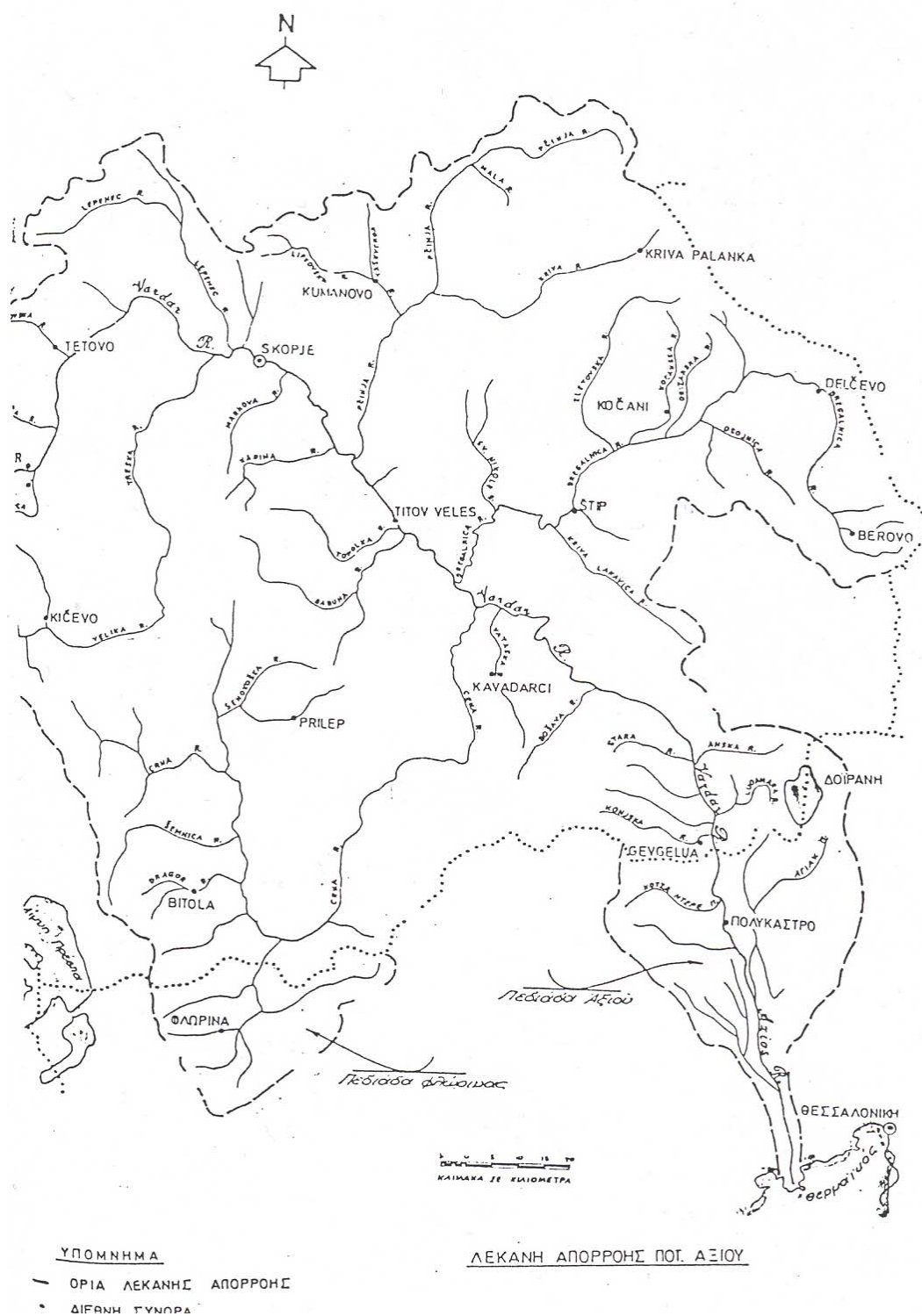
Στην εργασία αυτή γίνεται παρουσίαση της παλαιογεωγραφικής εξέλιξης του ποταμού αλλά και ολόκληρης της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης. Επίσης αναφέρεται και αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας κάποιων υδρολογικών έργων (φράγματα, αρδευτικές διώρυγες) τα οποία συνέβαλλαν στη σωστή υδρολογική διαχείριση της κοίτης και των υδατικών αποθεμάτων του Αξιού ποταμού.

Ο Αξιός είναι ένα απ' τα μεγαλύτερα ποτάμια της Μακεδονίας. Πηγάζει από το σερβοαλβανικό Σκάδρο και διαγράφοντας ένα μεγάλο τόξο στη νότιο Σερβία, δέχεται τα νερά διαφόρων παραποτάμων και χειμάρρων. Συναντά τα Ελληνογιουγκοσλαβικά σύνορα στην κοιλάδα της Γευγελής. Το συνολικό του μήκος του είναι 380 χιλιόμετρα περίπου. Από αυτά τα 74 βρίσκονται σε Ελληνικό έδαφος. Δηλαδή από πλευρά μήκους, μόνο το 19,5 % βρίσκεται στην Ελλάδα. (Κωνσταντίδης, 1989)

Στην επόμενη σελίδα παρατίθεται ο χάρτης της λεκάνης απορροής του Αξιού ποταμού (σχήμα 1.1).

Η διεξαγωγή, των απαιτήτων για τη μελέτη του ποταμού, μετρήσεων έγινε στην ευρύτερη περιοχή του φράγματος του Αξιού στο ύψος των χωριών Γέφυρα, Χαλκηδόνα και Ελεούσα. Τα στοιχεία αυτά αφορούν το χρονικό διάστημα από τις 1/04/2004 έως τις 31/10/2005 και αποτελούν 1 ½ και πλέον υδρολογικά έτη. Παρουσιάζονται τρία είδη μετρήσεων. Μέτρηση στάθμης σε m στο δυτικό φράγμα του Αξιού. Μετρήσεις παροχής σε κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο και τέλος μετρήσεις αιωρούμενου στερεού φορτίου (στερεοπαροχή) σε mg/lit. Η μέτρηση της στάθμης γίνεται στην αριστερή διώρυγα του ποταμού, έξω από το χωριό Γέφυρα, από τους χειριστές της ΔΕΚΕ, οι οποίοι βρίσκονται εκεί 24 ώρες τη μέρα. Η μέτρηση της παροχής έγινε λίγα χιλιόμετρα βορειότερα, στον υδρολογικό σταθμό του Πολυκάστρου, και μας παραχωρήθηκαν από τον κο Δούνα Σωτήρη της Α ΔΕΚΕ Θεσσαλονίκης. Η στερεοπαροχή του ποταμού μετρήθηκε από τον κο Τσομπάνογλου Κων/νο, υποψήφιο διδάκτορα στον τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας και η μέτρηση έγινε από την παλιά γέφυρα του χωριού Μάλγαρα.

Τέλος πρέπει να τονιστεί ότι η παρούσα εργασία έγινε κατά το έτη 2004-2005. Οποιαδήποτε τροποποίηση ή αλλαγή σε στοιχεία, μετρήσεις, ιδιότητες κ.λ.π δεν είναι εφικτό να προβλεφθούν.



Σχήμα 1. 1 Η λεκάνη απορροής του Αξιού ποταμού. (Κωνσταντινίδης, 1989)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ -ΓΙΑΝΝΙΤΣΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΣΗΜΕΡΙΝΗΣ ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πεδιάδα της Θεσσαλονίκης έχει κυρίως σχηματιστεί από τη διεύρυνση των δέλτα του Αξιού ποταμού στα βόρεια και του ποταμού Αλιάκμονα στα νοτιοδυτικά. Τα ποτάμια αυτά πρόσχωναν βαθμιαία την πεδιάδα. Αυτό γινόταν διότι με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας γινόταν μετατόπιση των δέλτα .

Πριν από την εποχή του Μακεδόνα βασιλιά Μεγα - Αλεξάνδρου ο Θερμαϊκός κόλπος έφθανε μέχρι την Πέλλα και άλλες αρχαίες πόλεις της Μακεδονίας. Αργότερα η διεύρυνση των σχηματισμών δέλτα του ποταμού Αξιού και του Αλιάκμονα, ελάττωσαν το μέγεθος του κόλπου και κατά τη διάρκεια του 1 αι. π. Χ έως τον 1 αι. μ. Χ , το εσωτερικό τμήμα του συνδεόταν με τον υπόλοιπο κόλπο μόνο με ένα στενό κανάλι. Κατά τον 5 αι. μ.Χ το εσωτερικό αυτό τμήμα του κόλπου είχε αποκοπεί εντελώς και σχηματίστηκε η λίμνη του Λουδία (που αργότερα ονομάστηκε λίμνη των Γιαννιτσών), η οποία αποστραγγιζόταν απ' το Λουδία ποταμό μέχρι το 1930. Αργότερα η λίμνη των Γιαννιτσών αποξηράθηκε εντελώς για γεωργικούς σκοπούς και σήμερα χρησιμοποιείται για καλλιέργεια.(Astaras T.A, Sotiriadis L.,1988)

2.2 ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

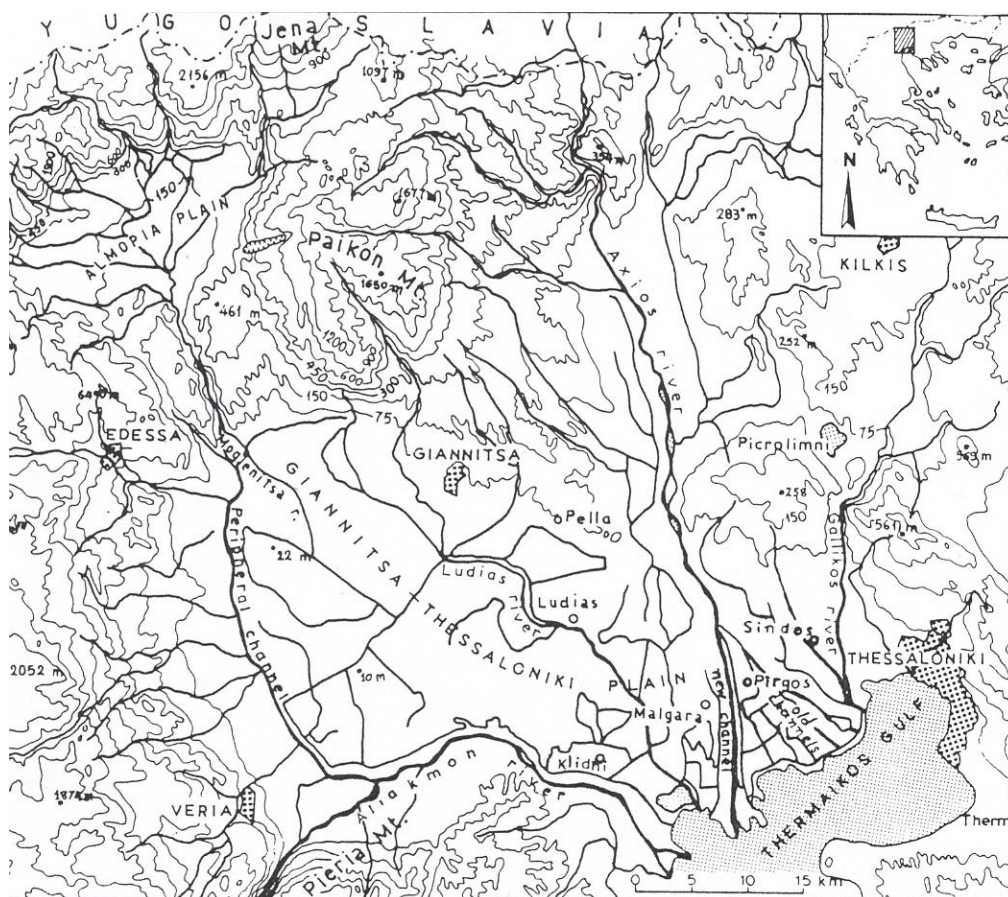
Η πεδιάδα Θεσ/νίκης- Γιαννιτσών καλύπτει 1700 km² της Μακεδονίας. Είναι ο μεγαλύτερος κάμπος στη Β. Ελλάδα. Είναι μία αλλουβιακή πεδιάδα που κατέχει μια οβάλ λεκάνη ανατολικά της Θεσσαλονίκης και είναι περιτριγυρισμένη από τις τρεις πλευρές της (Β, Ν, Δ) από ημικυκλικούς λόφους και βουνά (μέχρι 2000 m). Στα Α-ΝΑ της πεδιάδας βρίσκεται ο Θερμαϊκός κόλπος με μια σειρά από δέλτα. Δυτικά απ' τον Αξιό ποταμό, και Βόρεια, υπάρχει το όρος Πάϊκο (1080 m) και το όρος Τζένα (Βόρρας, 2180 m). Ανάμεσα βρίσκεται μια δεύτερη λεκάνη, της Αλμωπίας, που αποστραγγίζεται δυτικά στην πεδιάδα Θεσ/νίκης- Γιαννιτσών. Δυτικά είναι το όρος Βέρμιο (2059 m) και τα Πιέρια (2189 m). Το Βέρμιο «κόβεται» απ' τα Πιέρια με το φαράγγι του Αλιάκμονα. Το νότιο όριο της πεδιάδας αποτελείται από μια περιοχή με χαμηλούς λόφους που εκτείνονται ανατολικά απ' τα Πιέρια προς το Θερμαϊκό (σχήμα 2.1).

Η κοιλάδα αποστραγγίζεται από δύο μεγάλα ποτάμια, τον Αξιό και τον Αλιάκμονα, και τα μικρότερα Γαλλικός, Μογλενίτσα και Λουδίας.

Ο Αξιός και ο Αλιάκμονας περνούν γύρω απ' τα βουνά της πεδιάδας και ακολουθούν περίπλοκες διαδρομές μέχρι να καταλήξουν στη θάλασσα. Ο Αξιός πηγάζει από τα βουνά Σμα της πρώην Γιουγκοσλαβίας προς τα ΒΔ του Βόρρα (Τζένα). Ο Αλιάκμονας πηγάζει από τη λίμνη της Καστοριάς προς τα δυτικά στα όρη Βέρνον-Ασκίου στη ΒΔ Ελλάδα.

Η εκροή και η απόθεση ιζημάτων του Αξιού είναι σημαντικότερη από αυτή του Αλιάκμονα. Σύμφωνα με τον κο Θεριανό (1974, από Αλμπανάκη 1985) η μέγιστη μεταφορά στερεού φορτίου συμβαίνει το Μάρτιο, τρεις μήνες μετά τη μέγιστη κατακρήμνιση και ως αποτέλεσμα απ' το λιώσιμο των πάγων στα γύρω βουνά. Κατά τη διάρκεια της περιόδου «αιχμής», η μηνιαία εκροή του Αξιού ξεπερνά τα 270 m³/sec και αυτή του Αλιάκμονα τα 137 m³/sec. Υπάρχει μια σταδιακή ελάττωση αυτής μέχρι τον Αύγουστο που είναι ο μήνας με την ελάχιστη παροχή (Αξιός 49 m³/sec, Αλιάκμονας 21 m³/sec). Σύμφωνα

με τον κο Κονισπωλιάτη (1979, από Αλμπανάκη 1985) η ετήσια παροχή στερεού φορτίου των δυο ποταμών είναι 300.000 και 60.000 τόνοι αντίστοιχα. (Astaras & Sotiriadis, 1988)



Σχήμα 2.1 Τοπογραφικός χάρτης της κοιλάδας Γιαννιτσών-Θεσσαλονίκης (εκδομένος από την Γεωγραφική Υπηρεσία Ελληνικού στρατού, αγγλική έκδοση, κλίμακα 1:500000) (Από Astaras & Sotiriadis, 1988)

Ο Γαλλικός ποταμός που πηγάζει απ' την περιοχή του Κιλκίς είναι σχεδόν στερευμένος το καλοκαίρι και «κατεβάζει» λιγοστό νερό το χειμώνα. Αυτός αποστραγγίζει στο Θερμαϊκό κόλπο. Τα άλλα δυο μικρότερα ποτάμια, Μογλενίτσα (σήμερα είναι παραπόταμος του Αλιάκμονα) που πηγάζει απ' την Αλμωπία και ο Λουδίας απ' τα Γιαννιτσαά.

Σύμφωνα με την ταξινόμηση του KÖPPEN ο κλιματικός τύπος της περιοχής είναι: Μεσογειακό κλίμα, υγρό, μέσης θερμοκρασίας. Η περιοχή των γύρω βουνών έχει κλίμα υγρό, υποτροπικό, μέσης θερμοκρασίας.

Η μέση ετήσια βροχόπτωση στην πόλη των Γιαννιτσών είναι περίπου 578,63mm και στα γύρω βουνά 700-1000 mm (Μπαλαφούτης, 1977). Η μέγιστη κατακρήμνιση εμφανίζεται το Νοέμβριο- Δεκέμβριο και αποτελεί το 28- 29% της ετήσιας κατακρήμνισης. Η ελάχιστη κατακρήμνιση παρουσιάζεται τον Αύγουστο.

Οι άνεμοι που επικρατούν προέρχονται απ' τα βόρεια και εμφανίζονται το χειμώνα και νωρίς την άνοιξη (Λειβαδάς-Σαχσαμανογλου, 1973) όταν τα ποτάμια έχουν τη μέγιστη απορροή.

2.3 Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η λεκάνη απορροής του Αξιού βρίσκεται στην ζώνη του Αξιού η οποία πήρε το όνομα της απ' αυτό το ποτάμι. Η αντίστοιχη ζώνη στην πρώην Γιουγκοσλαβία είναι η “ζώνη Vardar”. Η ζώνη αυτή καθορίστηκε αρχικά ως μία ενιαία αλλά στη συνέχεια διαιρέθηκε σε τρεις: Παιονίας, Πάικου και Αλμωπίας.

Η γεωλογία των ζωνών (Μουντράκης, 1985) είναι η εξής:

Τριαδικό έως Ιουρασικό: Μεταμορφωμένα πετρώματα που αποτελούνται από ασβεστιτικούς, χλωριτικούς, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους μάρμαρα, σιπολίνες, χαλαζίτες.

A. Ιουρασικό: Ο κυριότερος σχηματισμός της ηλικίας αυτής που παρατηρείται στη ζώνη της Αλμωπίας είναι η οφειολιθική σειρά που αποτελείται από σερπεντινίτες, βασικές λάβες και δολερίτες.

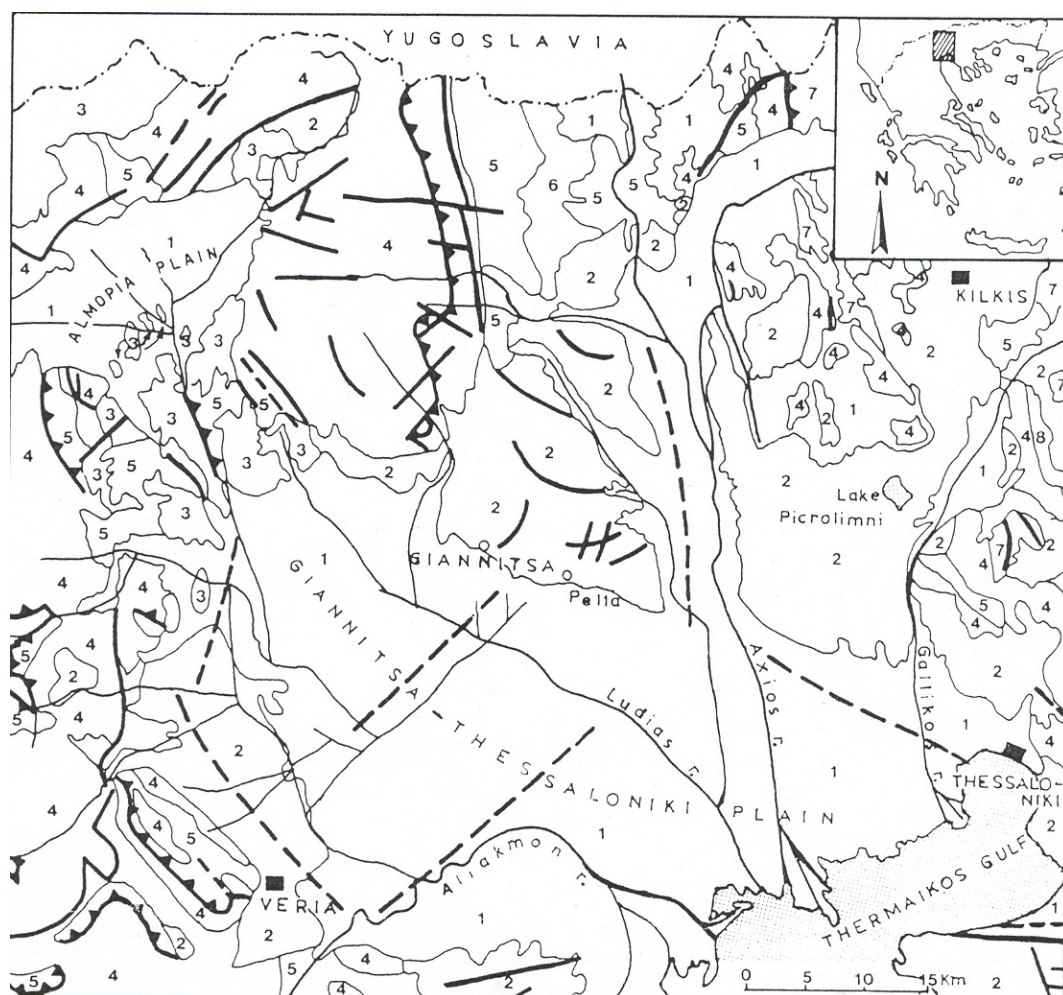
A. Ιουρασικό- Κ. Κρητιδικό: Ιζηματογενείς, ηφαιστειοϊζηματογενείς και κλαστικές σειρές.

M. -A. Κρητιδικό: Επικλυσιογενή ιζηματογένεση με τυπικό ασβεστολιθικό ορίζοντα.

A. Κρητιδικό – Κ. Παλαιοκαίνου: Τελευταίος αλπικός σχηματισμός είναι ο φλύσχος που συνίσταται από ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους και ασβεστοσχιστόλιθους.

Νεογενές- Πλειστόκαινου: Ιζηματογενείς αποθέσεις στους λόφους και αλλουβιακές αποθέσεις στις πεδιάδες και τις κοιλάδες.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η γενικότερη γεωλογική δομή της πεδιάδας Γιαννιτσών- Θεσσαλονίκης που είναι και η περιοχή στην οποία περιλαμβάνεται η λεκάνη απορροής ποταμού στην Ελλάδα.(Σχήμα 2.2).



- | | |
|--|---|
| ~ Γεωλογικά όρια | [3] Νεογενή-Πλειστοκαινικά, όξινα έως ενδιάμεσα ηφαιστειακά πετρώματα (ρυόλιθοι, τραχείτες κ.λ.π) |
| — Ρήγμα | [4] Μεσοζωικοί ασβεστόλιθοι, μάρμαρα φυλλίτες και Παλαιογενής φλύσχης |
| - - - Πιθανό ρήγμα | [5] Μεσοζωικά βασικά-υπερβασικά πετρ |
| ▲ Επώθηση | [6] σφειολιθικών σειρών |
| Y Ποτάμια | [7] Μεσοζωικοί γρανίτες, γρανοδιορίτες |
| [1] Ολοκαινικές αλλουβιακές αποθέσεις στις πεδιάδες | [7] Μετα-σχιστόλιθοι και αμφιβολίτες Λιθανθρακοφόρου |
| [2] Πλειστοκαινικές λιμναίες, χερσαίες και θαλάσσιες αποθέσεις | |

Σχήμα 2.2. Γεωλογικός χάρτης της πεδιάδας Γιαννιτσών - Θεσσαλονίκης. Έκδοση του ινστιτούτου γεωλογίας και εκμετάλλευσης πόρων, κλίμακα 1:500000. (Astaras & Sotiriadis, 1988)

2.4 Ο ΦΥΤΙΚΟΣ ΚΟΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΠΕΔΙΑΔΑ

Τα εδάφη στην πεδιάδα Θεσ/νίκης-Γιαννιτσών είναι καλλιεργήσιμα. Μόνο οι περιοχές κατά μήκος της θάλασσας δεν καλλιεργούνται λόγω της υψηλής περιεκτικότητας τους σε αλάτι.

Η καλλιεργήσιμη πεδιάδα περιέχει κυρίως αρδευτικό βαμβάκι, ρύζι, ζαχαρότευτλα, καπνό, οπωροφόρα δέντρα και λαχανικά.

Στις όχθες ποταμών υπάρχουν φυτά ελών. Αυτά φυτρώνουν επίσης στα αποστραγγιστικά κανάλια στο εσωτερικό της πεδιάδας. Πιθανόν αυτό το είδος βλάστησης να είναι η «συνέχεια» φυτών έλους που κάλυπταν στην αρχή του αιώνα την περιοχή της πεδιάδας. Εκτός απ' τα παραπάνω, μεγάλο τμήμα της περιοχής καλύπτεται από δάσος.



Σχήμα 2.3. *Η περιοχή στο δέλτα του ποταμού.*

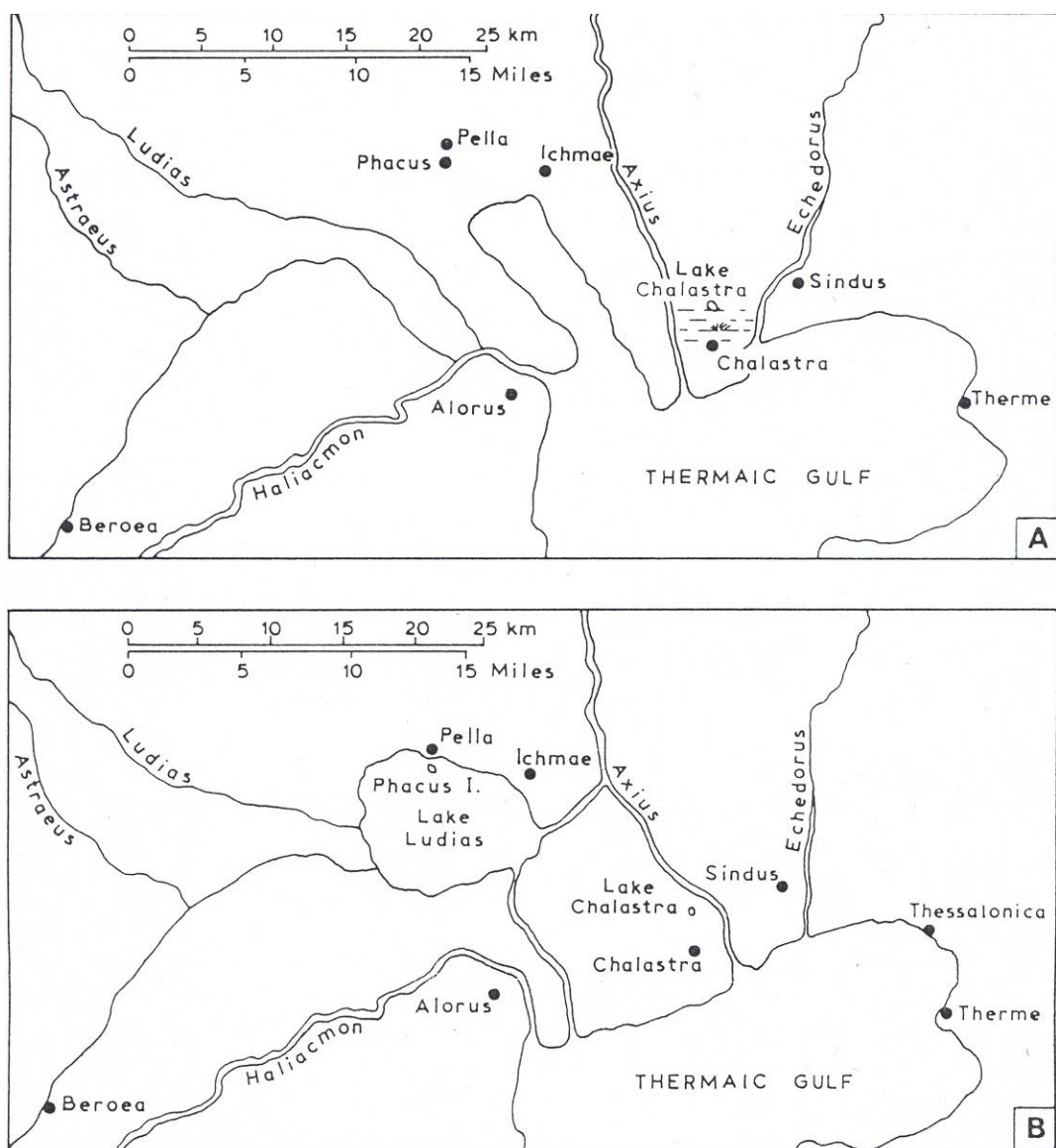
2.5 ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΑΕΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΜΕΧΡΙ ΤΟΝ 4^ο-5^ο αι. π.Χ

Η πεδιάδα Θεσ/νίκης –Γιαννιτσών και το μεγαλύτερο τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου είναι μία τεκτονική λεκάνη η οποία γέμισε με ιζήματα και ένα μέρος από ηφαιστειακά πετρώματα στο ΒΔ του περιθώριο.

Η καθίζηση της λεκάνης συνοδεύτηκε από περιθωριακή και σταυρωτή μαγμάτωση που ξεκίνησε το Ολιγόκαινο – κ.Πλειόκαινο ως τεκτονική τάφρος και συνεχίστηκε μέχρι το Α.Πλειόκαινο όπου μετατράπηκε σε κλειστή λεκάνη γεμάτη με ιζήματα. Στο τεταρτογενές παρέμεινε ως τεκτονική τάφρος.

Το Πλειόκαινο και το Τεταρτογενές χαρακτηρίζονται από έντονη διάβρωση των υψιπέδων και η μορφολογία έμοιαζε με τη σημερινή. Αυτή η διάβρωση απόκρινε το ιζηματογενές κάλυμμα απ' τα υψίπεδα και προκάλεσε το χωρισμό της περιοχής σε περισσότερες γεωλογικές μονάδες όπως την κοιλάδα του Αξιού, του Αλιάκμονα κ.α. Η ακόλουθη ανύψωση προκάλεσε βύθιση της πεδιάδας και σχηματισμό επιπέδων και μικρότερων κοιλάδων.(Astaras & Sotiriadis, 1988)

Στο τέλος της τελευταίας παγετώδους περιόδου η στάθμη της θάλασσας ανέβηκε και προκάλεσε μερική πλημμύρα της διαβρωμένης λεκάνης. Στα περιθώρια και στα ανώτερα επίπεδα της λεκάνης οι θαλάσσιες αποθέσεις εμφανίζονται σε μετάβαση με τις ποτάμιες αποθέσεις. Αυτές οι συνθήκες συνεχίστηκαν μέχρι την αρχή του 4^{ου} π.Χ αι. όταν η Πέλλα , η πρωτεύουσα του Μεγαλεξάνδρου ήταν λιμάνι.(Σχήμα 2.4)



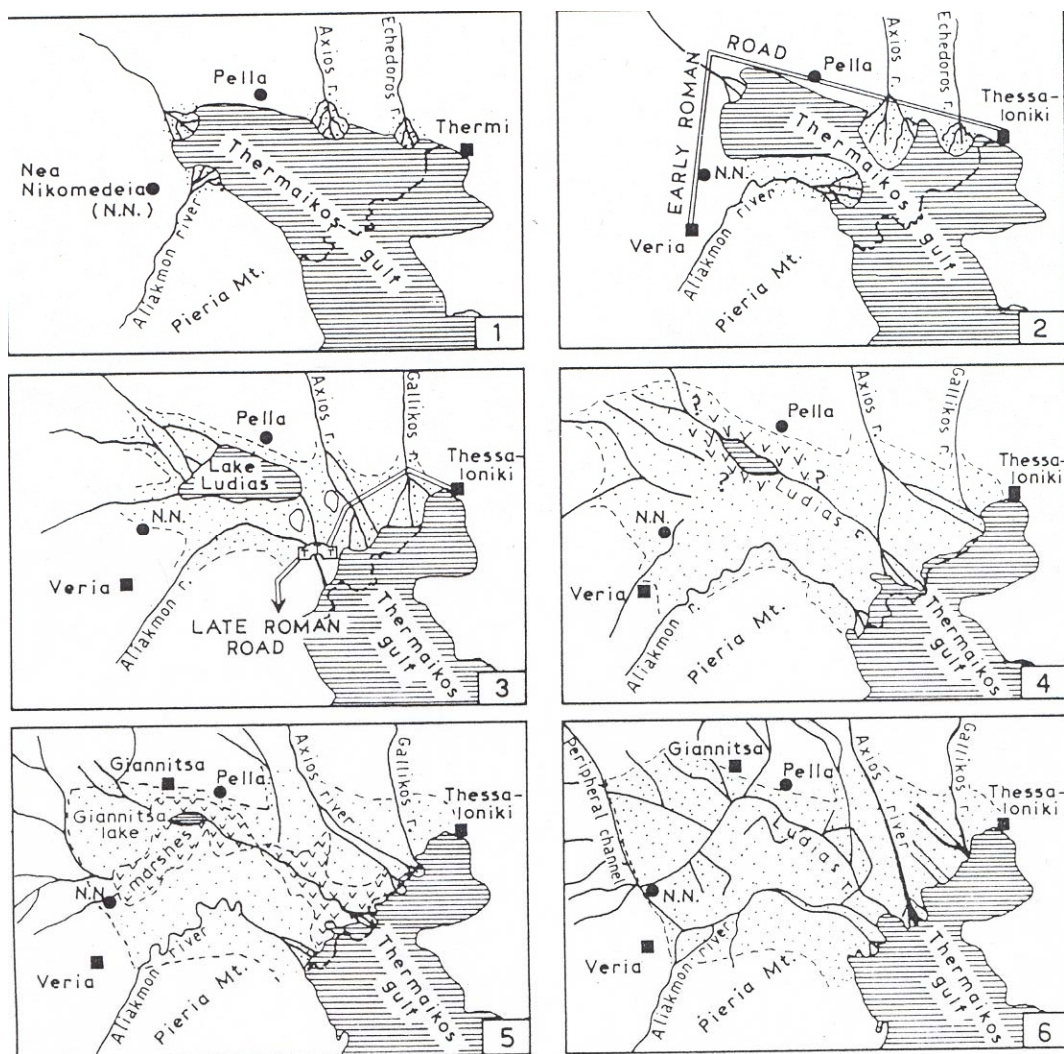
Σχήμα 2.4. Ακολουθία δύο χαρτών της μεταβολής του Θερμαϊκού κόλπου την περίοδο περί το 600-450 π.Χ (A) και περί το 350 π.Χ (B). (Hammond & Griffith, 1972) (Από Astaras & Sotiriadis, 1988)

2.6 ΠΑΛΑΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ-ΓΙΑΝΝΙΤΣΩΝ

Η αυξανόμενη ιζηματογένεση στη λεκάνη προέρχεται κυρίως από τα δυο μεγάλα ποτάμια, τον Αξιό και τον Αλιάκμονα, όπως επίσης και απ' τα δυο μικρότερα, Γαλλικό και Μογλενίτσα. Αυτή η απόθεση κατά τη διάρκεια του χειμώνα προκάλεσε την απόσυρση της θάλασσας μέχρι το σημείο της παρούσας της θέση. Στο Νεογενές οι νέο-σχηματισθείσες κοιλάδες δημιουργήθηκαν στα βόρεια όρια της περιοχής της Πέλλας και φανερώνουν το μοντέλο της ενεργής ανύψωσης στην περιοχή. Αυτές οι νέες κοιλάδες αποδυνκνείουν ότι η ανύψωση ξεπέρασε το σημερινό υψηλό επίπεδο της θάλασσας τουλάχιστον κατά 1 m.

Όσο η θάλασσα παρέμενε στη λεκάνη, οι ποταμοί Αξιός και Αλιάκμονας, απέθεταν τα ιζήματα τους σχηματίζοντας δέλτα και ράχες από άμμο που σχεδόν έκλεισαν την πορεία του Λουδία ποταμού ο οποίος εισερχόταν στον κόλπο από το Αιγαίο πέλαγος. Έτσι η λίμνη των Γιαννιτσών παρέμεινε ως υπολειμματική και υφάλμυρη (λόγω της εντονότερης εξάτμισης αυτής συγκριτικά με το πέλαγος).

Σύμφωνα με την υπηρεσία NEDECO 1970, η οποία πραγματοποίησε ιζηματολογική μελέτη στη πεδιάδα, το πρώτο εμπόδιο-φράγμα του ορίου της λίμνης σχηματίστηκε στα δυτικά από τις προσχώσεις της αριστερής πλευράς του Αλιάκμονα κοντά στο σημερινό χωριό Κλειδί. Απ' αυτό το εμπόδιο ο ποταμός μπορούσε να εκβάλει στη θάλασσα, περνώντας από την υφάλμυρη λίμνη και το αντίστροφο. (Σχήμα 2.5)



Σχήμα 2.5. Ακολουθία χαρτών για την εξέλιξη της πεδιάδας Θεσσαλονίκης -Γιαννιτσών από το 500 π.Χ. (1) Αρχαϊκή-κλασσική περίοδος (500π.Χ), (2) Αρχική Ρωμανική περίοδος (0π.Χ-μ.Χ), (3)Τέλος Ρωμανικής περιόδου (500μ.Χ), (4)1908μ.Χ, (5)1926μ.Χ, (6)1979μ.Χ (Από Astaras & Sotiriadis 1988)

Είναι πιθανό ότι στο ανατολικό τμήμα κοντά στα χωριά Μάλγαρα-Χαλάστρα- Σίνδος, σχηματίστηκε ένα εμπόδιο - φράγμα από τις προσχώσεις της δεξιάς όχθης του συστήματος Αξιός - Γαλλικός. Τα δυο εμπόδια σχημάτισαν μια γραμμή ανάμεσα στα χωριά Κλειδί - Μάλγαρα - Σίνδος. Ίσως σε παλαιότερη εποχή να υπήρχε σύνδεση ανάμεσα στον Αξιό και τον Αλιάκμονα γύρω απ' το χωριό Κλειδί.

Καταστροφικά γεγονότα συνέβησαν και στον Αξιό και στον Αλιάκμονα που προκάλεσαν πλημμύρα της λίμνης και νέο νερό εισχώρησε στην περιοχή. Η

απόθεση τυπικών λιμναίων ιζημάτων ξεκίνησε. Έπειτα η επέκταση των δυο κύριων δέλτα οδήγησε στο σχηματισμό ενός νέου εσωτερικού φράγματος – εμποδίου κοντά στο χωριό Λουδίας όπου σε μετέπειτα στάδιο έκλεισε η λίμνη των Γιαννιτσών. Αυτό το φράγμα σκέπασε τα ιζήματα της λιμναίας φάσης. Γι' αυτό θεωρείται νεότερο απ' το εξωτερικό φράγμα Κλειδί-Μάλγαρα-Σίνδος.

Η αύξηση της εισερχόμενης λάσπης στην πεδιάδα είχε ως αποτέλεσμα το «γέμισμα» της λίμνης και την τελική τοπογραφία της περιοχής (πριν την αποξήρανση απ' τον άνθρωπο).

Με την απόσυρση της θάλασσας τα ποτάμια δεν ήταν δυνατό να ακολουθήσουν τη διαδρομή τους. Ο Αλιάκμονας άλλαξε την πορεία του και συχνά έφτανε στη λίμνη των Γιαννιτσών και όχι στο Θερμαϊκό κόλπο ή ακολουθούσε την πορεία του Λουδία. Ο Αξιός επίσης άλλαζε την πορεία του συνεχώς από τα ανατολικά στα δυτικά και τελικά απέρρευε τμηματικά στη λίμνη των Γιαννιτσών και στο Λουδία. Σε αντίθεση ο Γαλλικός ποταμός δεν άλλαξε πορεία και κατέληγε στο Θερμαϊκό κόλπο.

Περίπου μισό αιώνα πριν, ο Αξιός «μεταφέρθηκε» απ' τον άνθρωπο στην παλιά του πορεία και η λίμνη των Γιαννιτσών αποξηράθηκε εντελώς για αγροτικούς σκοπούς με αντικατάσταση του ποταμού Λουδία απ' το κανάλι του Λουδία. Σήμερα ο Αξιός και ο Λουδίας καταλήγουν στο Θερμαϊκό κόλπο. Ο Αξιός δυτικά απ' την προηγούμενη του έξοδο και ο Λουδίας 3 km ανατολικότερα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΤΟΥ ΑΞΙΟΥ ΚΑΙ ΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΤΟΥ ΓΟΕΒ

3.1 Γενικά

Στην πεδιάδα του Αξιού ποταμού έχουν κατασκευαστεί αρκετά αντιπλημμυρικά, αποξηραντικά και αρδευτικά έργα τα οποία συνέβαλαν ώστε να έχει ο ποταμός τη σημερινή του μορφή. Στις δυο πρώτες κατηγορίες ανήκουν:

- Η αποστράγγιση της λίμνης των Γιαννιτσών και των ελών της περιοχής
- Η αποστράγγιση των λιμνών Αρτζάν και Αματόβου
- Η διευθέτηση των ποταμών Γαλλικού, Αξιού, Αλιάκμονα με αναχώματα και προβόλους. Η προσθήκη ανοιγμάτων στις γέφυρες καθώς και η ενίσχυσή τους στους δρόμους και τη σιδηροδρομική γραμμή στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης.

Η τρίτη κατηγορία, αυτή των αρδευτικών έργων, είναι εκείνη που ενδιαφέρει περισσότερο την παρούσα διπλωματική εργασία και γι' αυτό θα αναλυθεί περαιτέρω.

Η μελέτη για την άρδευση της περιοχής ανατέθηκε στην αμερικάνικη εταιρεία Knappen, Tippetts, Abbett η οποία την παρέδωσε το 1953. Το ενδιαφέρον της εργασίας τείνει στη μελέτη του φράγματος του Αξιού ποταμού.

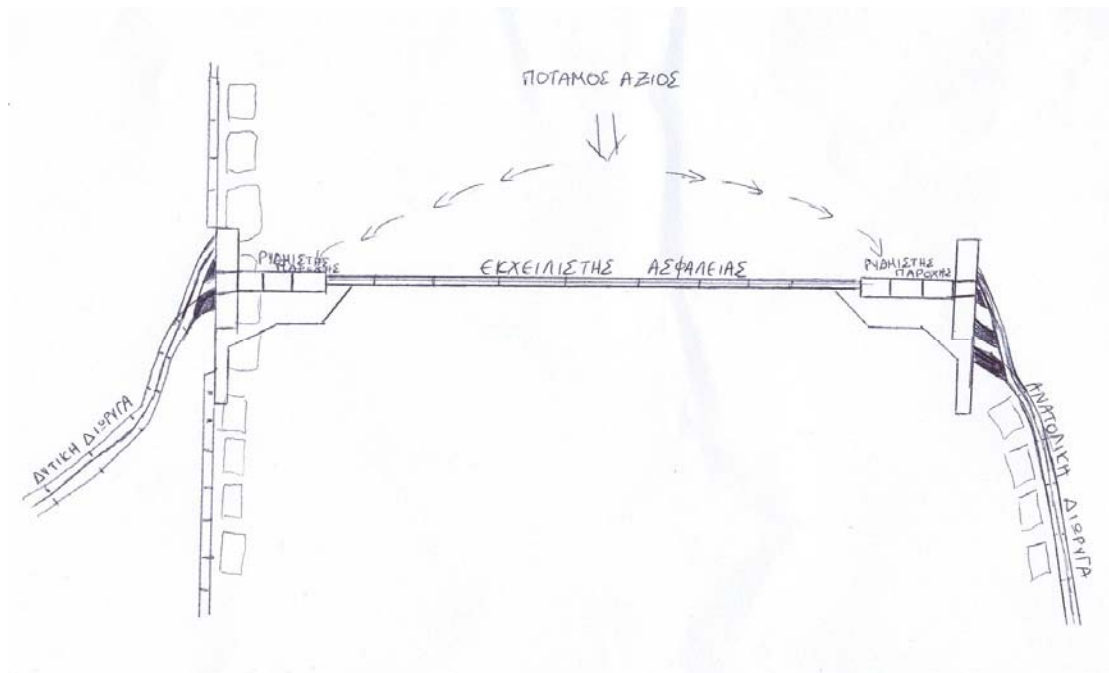
3.2 ΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΤΟΥ ΑΞΙΟΥ

Το φράγμα του Αξιού ποταμού κατασκευάστηκε 2,8 km ανάντι της οδικής γέφυρας Έλλης, περίπου 28 χιλιόμετρα βορειότερα από την εκβολή του ποταμού στη θάλασσα. Είναι καθολικό φράγμα, που αποτελείται από ένα υπερχειλιστή ασφαλείας, μήκους 980 m και δύο συμμετρικούς ρυθμιστές παροχής με θυροφράγματα κοντά στην όχθη του ποταμού, οπότε το συνολικό μήκος του φράγματος φτάνει τα 1200 m.

Ο υπερχειλιστής ασφαλείας είναι ένα χαμηλό υπερπηδητό έργο από το οποίο η μέγιστη πλημμυρική παροχή υπολογισμού διέρχεται με χαμηλό φορτίο, για να μην προκαλεί σημαντική υπερύψωση της στάθμης των πλημμυρικών νερών ανάντι του έργου. Το φράγμα αυτό είναι χωμάτινο με πυρήνα και χαλινό στο κέντρο του, από σκυρόδεμα και χαλύβδινες πασσαλοσανίδες κάτω από το χαλινό μεταβλητού βάθους. Όλο το φράγμα είναι επενδυμένο με ογκόλιθους από σκυρόδεμα. (Σχήμα 3.1, Οριζοντιογραφία των φραγμάτων εκτροπής του Αξιού)

Συνέχεια από τις δυο άκρες του φράγματος κατασκευάστηκαν ρυθμιστές παροχής με θυροφράγματα και διώρυγες καθαρισμού. Κάθε πλευρά έχει τρία τοξοειδή θυροφράγματα με αντίβαρα ανοίγματος το καθένα 16 m. Σε επαφή με τους ρυθμιστές και στις όχθες υπάρχουν ανά μία διώρυγα καθαρισμού όμοιου ανοίγματος 16 m η κάθε μια. Συνολικά δηλαδή 64 μέτρα στην καθεμία πλευρά. (Σχήμα 3.2, Φωτογραφία του φράγματος)

Επίσης πλευρικά του φράγματος αριστερά και δεξιά, βρίσκονται οι διώρυγες άρδευσης του ΓΟΕΒ οι οποίες τροφοδοτούνται με ποσότητα νερού ανάλογη με τις υπάρχουσες ανάγκες της κάθε περιόδου.



Σχήμα 3.1: Οριζοντιογραφία των φραγμάτων εκτροπής του Αζιού ποταμού



Σχήμα 3.2: Φωτογραφία του φράγματος. Διακρίνονται τα τρία από τα τέσσερα θυροφράγματα.

Υδραυλικώς υπολογίστηκε να διέρχεται από το φράγμα μέγιστη πλημμυρική παροχή $4200 \text{ m}^3/\text{sec}$, περίπου 10% παραπάνω από αυτήν των $3800 \text{ m}^3/\text{sec}$ που ήταν αποδεκτή στο παρελθόν ως μέγιστη για τον Αξιό ποταμό. Οι ρυθμιστές παροχής με θυροφράγματα μελετήθηκαν για να διέρχεται παροχή $1400 \text{ m}^3/\text{sec}$ με ανοιχτά τα θυροφράγματα και στάθμη του ποταμού ανάντι αυτού $+13,00 \text{ m}$. Για παροχές μεγαλύτερες από $1400 \text{ m}^3/\text{sec}$ τα πλημμυρικά νερά διέρχονται και από τον υπερχειλιστή ασφαλείας.

Για τη μέγιστη παροχή υπολογισμού της μελέτης του φράγματος $4200 \text{ m}^3/\text{sec}$ και με κατάντι στάθμη νερού στο $+14,10 \text{ m}$, η στάθμη ανάντι του υπερχειλιστή ανέρχεται σε υψόμετρο $+14,40 \text{ m}$ και η παροχή που διέρχεται από τον υπερχειλιστή ασφαλείας υπολογίζεται σε $2450 \text{ m}^3/\text{sec}$ και η υπόλοιπη παροχή $1750 \text{ m}^3/\text{sec}$ θα διέρχεται από τις θυρίδες των ρυθμιστών παροχής. Λόγω της ανύψωσης της στάθμης του νερού του ποταμού ανάντι του φράγματος στη μέγιστη παροχή, απαιτήθηκε η ανύψωση κατά $1,0-1,5 \text{ m}$ και η ενίσχυση του δυτικού αναχώματος του Αξιού σε μήκος 4 km προς τα ανάντι.

Η λειτουργία του φράγματος έχει ως εξής: Κατά την περίοδο των αρδεύσεων με ανάλογη ρύθμιση των θυροφραγμάτων η στάθμη του νερού ανάντι του φράγματος διατηρείται στο απόλυτο υψόμετρο $+12,80 \text{ m}$, δηλαδή 20 cm χαμηλότερα του ύψους του υπερχειλιστή ασφαλείας (σχήμα 3.3).

Με τη σταθερή αυτή στάθμη είναι εύκολος ο υπολογισμός, με βάση το νόμο της συνέχειας, των ποσοτήτων του αρδευτικού νερού που περνάει από τις υδροληψίες με το ανάλογο άνοιγμα και κλείσιμο των κατακόρυφων θυρίδων αυτών. Η μέγιστη παροχή υδροληψίας αρδευτικού νερού υπολογίστηκε για $35 \text{ m}^3/\text{sec}$ από τα οποία $20 \text{ m}^3/\text{sec}$ εκτρέπονται προς τη Δυτική Προσαγωγό Διώρυγα (ΔΠΔΑ) και $15 \text{ m}^3/\text{sec}$ προς την Ανατολική Προσαγωγό Διώρυγα (ΑΠΔΑ). Στην υπόλοιπη περίοδο των μικρών παροχών του ποταμού παραμένουν ανοιχτές οι θυρίδες καθαρισμού για να διευθετείται η ροή προς τα θυροφράγματα και να αποφεύγονται αποθέσεις φερτών υλικών ανάντι αυτών.



Σχήμα 3.3: Φωτογραφία του τέταρτου θυροφράγματος το οποίο χρησιμοποιείται περισσότερο ως ρυθμιστής της στάθμης.

Η λειτουργία των τοξοειδών θυρίδων προβλέπεται αυτόματη, ανάλογα με την παροχή του ποταμού, ηλεκτροκίνητη από χειριστήριο και χειροκίνητη στην περίπτωση διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος. Σήμερα έχει δημιουργηθεί ανάντι του υπερχειλιστή ασφαλείας μια τριγωνική νησίδα από τις αποθέσεις των φερτών υλικών και η συνήθης ροή του ποταμού διακλαδίζεται προς τις δυο όχθες όπου υπάρχουν οι ρυθμιστές παροχής με τα θυροφράγματα.

3.2.1 Γενική διάταξη του έργου

Η ζώνη του Αξιού διαχωρίζεται σε δυο μεγάλα τμήματα, σ' αυτό που βρίσκεται ανάμεσα στον Αξιό και το Γαλλικό ποταμό και υδροδοτείται από την ανατολική προσαγωγό διώρυγα Αξιού (ΑΠΔΑ) και σ' αυτό που βρίσκεται ανάμεσα στον Αξιό και το Λουδία ποταμό και που υδροδοτείται από την δυτική προσαγωγό διώρυγα Αξιού(ΔΠΔΑ) του φράγματος στον Αξιό ποταμό.

Α) Η ΑΠΔΑ κατασκευάστηκε με παροχευτική ικανότητα 25 m³/sec και εφοδιάζει με νερό τα αρδευτικά δίκτυα:

Αρδευτικά δίκτυα	Έκταση σε στρέμματα	
	Ακαθάριστη	Καθαρή
Γέφυρας	65,000	51,064
Χαλάστρας-Καλοχωρίου	83,000	64,428
Σύνολο	148,000	115,492

Β) Η ΔΠΔΑ κατασκευάστηκε με παροχευτική ικανότητα 20 m³/sec. Ύστερα από διαδρομή 1950 m από την υδροληψία του φράγματος διέρχεται με σήφωνα κάτω από τη διώρυγα Βαρδαρόβας και βγαίνει στην πεδιάδα. Αμέσως, κατάντι της Εθνικής οδού Θεσσαλονίκης - Ν. Χαλκηδόνας, χωρίζεται στην Κύρια διώρυγα Κυμήνων και στις Διώρυγες 1Δ και 2Δ Πέλλης. Κατά τη μελέτη και κατασκευή του συστήματος των κυρίων αυτών διωρύγων ελήφθη υπόψη η προβλεπόμενη μελλοντική τροφοδότηση τους και από τα νερά του Αλιάκμονα.

Από τη ΔΠΔΑ υδροδοτούνται τα δίκτυα:

Αρδευτικά έργα	Έκταση σε στρέμματα	
	Ακαθάριστη	Καθαρή
Χαλκηδόνας	27,300	22,800
Πέλλης	53,100	44,772
Βραχιάς,Κυμήνων,Αδένδρου	58,286	49,262
Μαλγάρων	55,914	45,385
Σύνολο	194,600	162,219

3.3 Τρόπος κατασκευής και λειτουργία των αρδευτικών δικτύων

Ένα αρδευτικό δίκτυο αποτελείται στην ουσία από 3 δίκτυα: Το δίκτυο αρδευτικών διωρύγων, το δίκτυο αποχετευτικών-στραγγιστικών τάφρων και το αγροτικό οδικό δίκτυο.

A) Δίκτυο αρδευτικών διωρύγων: Από τις προσαγωγούς διώρυγες υδροδοτούνται οι πρωτεύουσες διώρυγες, από αυτές οι δευτερεύουσες και τέλος οι τριτεύουσες από τις οποίες γίνεται η άρδευση στους αγρούς. Έτσι οι δυο πρώτες μαζί με την προσαγωγή αποτελούν το δίκτυο διανομής του νερού και οι τριτεύουσες είναι οι διώρυγες εφαρμογής του νερού στα χωράφια.

B) Αποστραγγιστικό-Αποχετευτικό δίκτυο: Η χάραξη του αποστραγγιστικού δικτύου είναι αντίστοιχη και παράλληλη προς το αρδευτικό δίκτυο. Η αποχέτευση των νερών της βροχής και των πλεονασμάτων της άρδευσης καταλήγει στις τριτεύουσες διώρυγες στη χαμηλότερη πλευρά των χωραφιών. Τελικά το αποχετευτικό-αποστραγγιστικό δίκτυο διαμέσου των κυρίων στραγγιστικών τάφρων καταλήγει στον ποταμό Λουδία, ο οποίος είναι η φυσική χαμηλή γραμμή και ο κύριος αποδέκτης της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης.

Γ) Αγροτικό οδικό δίκτυο: Για την εξασφάλιση προσπέλασης προς τους αγρούς και για την άνετη παρακολούθηση της λειτουργίας και συντήρησης των έργων, κατασκευάστηκε πλήρες οδικό αγροτικό δίκτυο, από πρωτεύοντες και δευτερεύοντες δρόμους, το οποίο συνδέεται με το κοινοτικό ή το εθνικό δίκτυο. Οι πρωτεύοντες δρόμοι κατασκευάζονται παράλληλα και δίπλα με τις πρωτεύουσες ή δευτερεύουσες διώρυγες του αρδευτικού δικτύου. Οι δευτερεύοντες κατασκευάζονται κατά κανόνα μεταξύ τριτεύουσας τάφρου και της κατάντι τριτεύουσας διώρυγας.

3.4 Χρήση νερού απ' τον Οργανισμό Εγγείων Βελτιώσεων

Στα αυτοτελή αρδευτικά δίκτυα ιδρύονται τοπικοί οργανισμοί εγγείων βελτιώσεων (ΤΟΕΒ) για τη διαχείριση των δικτύων αυτών, καθώς επίσης η μελέτη, κατασκευή, διοίκηση, λειτουργία των έργων. Όταν δυο ή περισσότεροι ΤΟΕΒ εξυπηρετούνται από κοινή πηγή νερού, τότε ιδρύεται δευτεροβάθμια οργάνωση ο Γενικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων (ΓΟΕΒ).

Στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης έχουν αναπτυχθεί 28 ΤΟΕΒ εκ των οποίων οι 27 έχουν ως δευτεροβάθμια οργάνωση τον ΓΟΕΒ πεδιάδων Θεσσαλονίκης-Λαγκαδά.

Το αρδευτικό νερό χρησιμοποιείται κατά το μεγαλύτερο τμήμα του για τις διαφόρων ειδών καλλιέργειες. Οι κυριότερες στην πεδιάδα είναι: Ρύζι, Μηδική, Καλαμπόκι, Κηπευτικά, Ζαχαρότευτλα, Δένδρα, Καπνός, Βαμβάκι, Φασόλια κ.λ.π.

Ενδεικτικά αναφέρονται οι μέσες μηνιαίες τιμές των απαιτούμενων παροχών νερού στην περιοχή του Αξιού σε m³/sec:

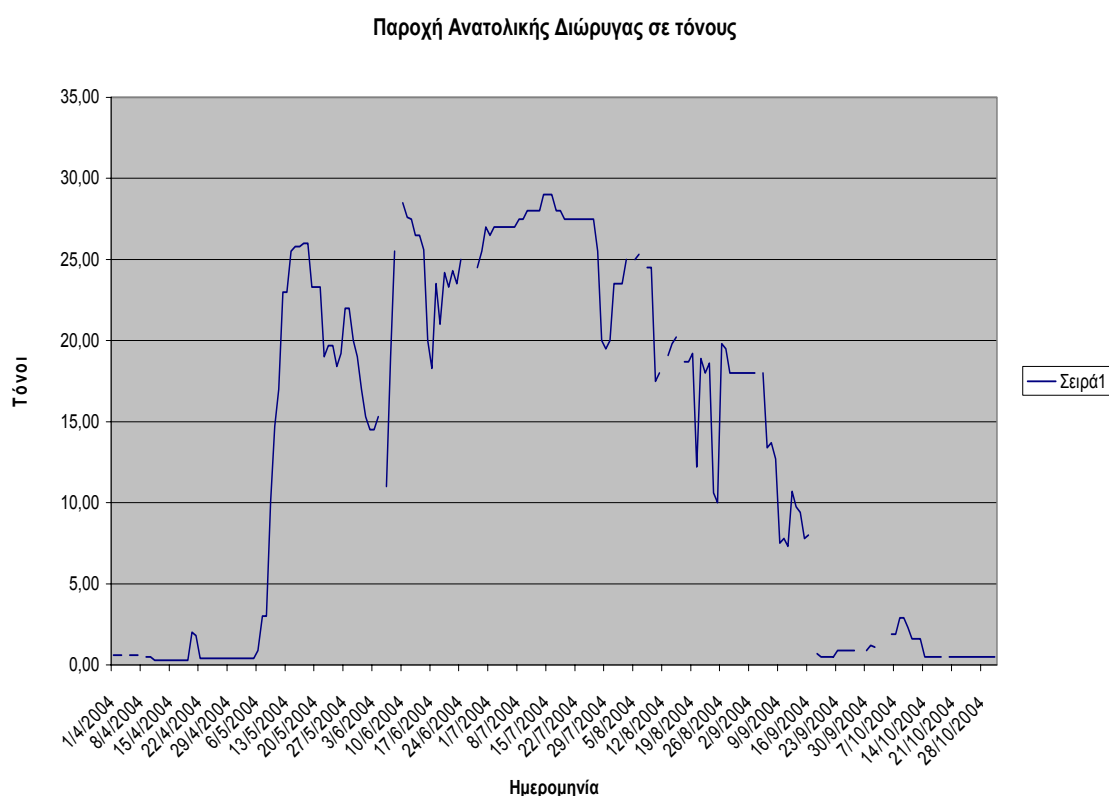
Μάιος-21,6	Αύγουστος-28,0
Ιούνιος-28,7	Σεπτέμβριος-17,1
Ιούλιος-33,0	

Από τις παραπάνω τιμές καθώς και από παρόμοιες παρατηρήσεις για τις περιοχές Αλιάκμονα, λίμνης Γιαννιτσών, Βερμίου βγαίνουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Για ολόκληρη την πεδιάδα της Θεσσαλονίκης κρίσιμος μήνας των αρδεύσεων είναι ο Ιούλιος.
- Οι μηνιαίες ανάγκες σε συνεχή παροχή είναι μεγαλύτερη από αυτές που έχουν καθοριστεί σε συμφωνία που έχει γίνει με την Γιουγκοσλαβία. Η μεγάλη αυτή διαφορά οφείλεται στην τρομερή αύξηση σε ορισμένες καλλιέργειες (ρυζοκαλλιέργεια).

Η ποσότητα του νερού η οποία διοχετεύεται στις αρδευτικές διώρυγες ώστε να τροφοδοτηθούν οι γύρω αγροτικές περιοχές, καθορίζεται από τον ΓΟΕΒ. Κατόπιν συνεννόησης με τους χειριστές του φράγματος ρυθμίζεται το

άνοιγμα των θυρίδων των διωρύγων. Από το τέλος Νοεμβρίου μέχρι και το τέλος Μαρτίου οι διώρυγες άρδευσης είναι ανοιχτές όπως και τα θυροφράγματα. Τους υπόλοιπους μήνες όμως η παροχή των διωρύγων δίνεται από το παρακάτω γράφημα (Σχήμα 3.4 Ανατολική διώρυγα). Η παροχή της Δυτικής διώρυγας είναι πολύ μικρή και συνήθως οι ανάγκες σε νερό καλύπτονται από την Ανατολική διώρυγα. Αν για παράδειγμα ζητηθούν 10 τόνοι νερού, οι χειριστές του φράγματος δεν ανοίγουν και τις δυο διώρυγες ώστε να δώσουν 5 τόνους από την καθεμία, αλλά ανοίγουν μόνο την Ανατολική. Λίγες φορές μόνο τροφοδοτούν και από τη Δυτική διώρυγα όταν οι ανάγκες υπάρχουν από την δυτική πλευρά του Αξιού.



Σχήμα 3.4: Παροχή Ανατολικής αρδευτικής διώρυγας ΓΟΕΒ(Η παροχή δίνεται σε τόνους/sec ή καλύτερα m^3/sec)

Παρατηρείται ότι ουσιαστικά η ανάγκη σε νερό μέσω των αρδευτικών διωρύγων υπάρχει τους καλοκαιρινούς μήνες που δεν σημειώνονται βροχοπτώσεις και ειδικότερα μέσα Μαΐου έως τις αρχές Σεπτεμβρίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ, ΠΑΡΟΧΗΣ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ ΤΟΥ ΑΞΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις στάθμης, παροχής και στερεοπαροχής για την χρονική περίοδο από την 1^η Απριλίου του 2004 έως την 31^η Οκτωβρίου του 2005.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν: το γράφημα της στάθμης του Αξιού και οι πίνακες της σχέσης της Στάθμης-Παροχής και Παροχής-Στερεοπαροχής. Θα περιγραφούν περιληπτικά και θα διευκρινιστούν τυχόν ασάφειες. Η αναλυτική επεξήγηση καθώς επίσης και η σημείωση των πλημμυρικών επεισοδίων θα γίνει στα επόμενα κεφάλαια.

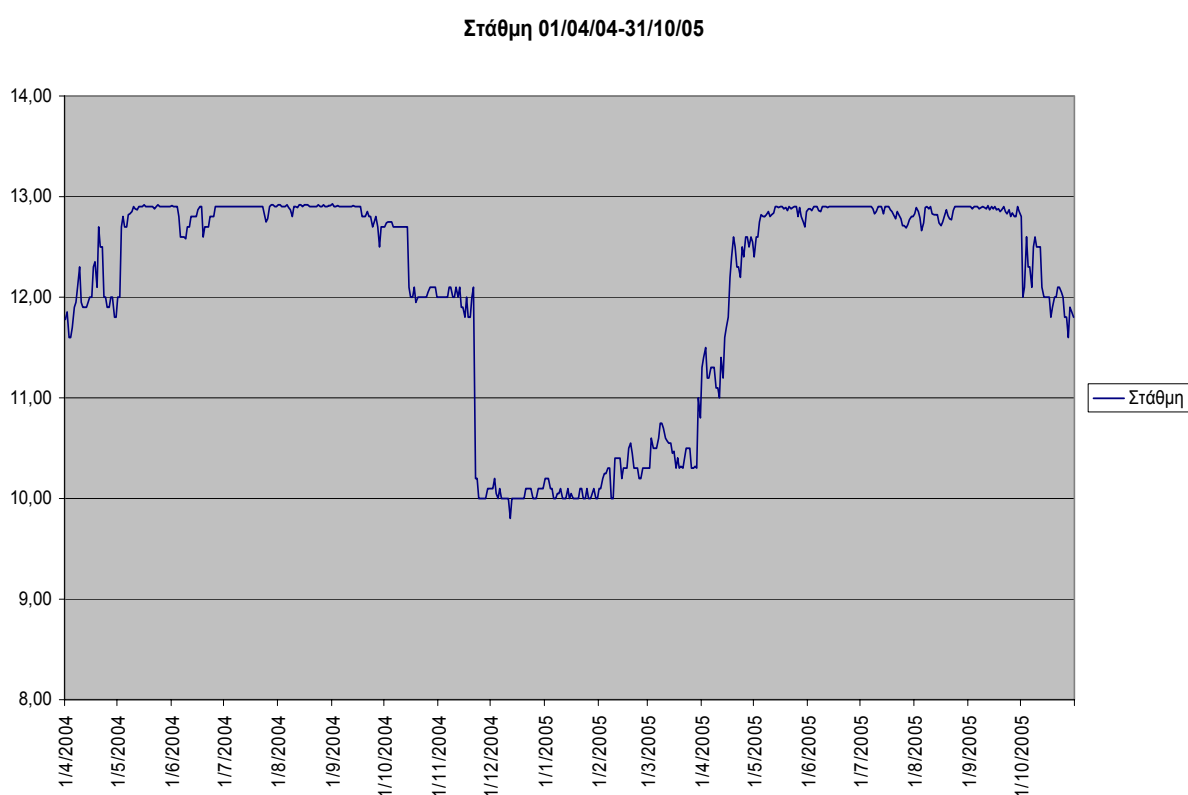
Αρχικά παρατίθεται το σχήμα 4.1 ώστε να γίνει πλήρως κατανοητό το υδρολογικό διάγραμμα του ποταμού στην περιοχή του φράγματος.



Σχήμα 4.1: Υδρολογικό διάγραμμα

4.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΤΑΘΜΗΣ

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα της στάθμης του Αξιού κατά τη διάρκεια της εργασίας. Αρχικά πρέπει να αναφερθεί ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η μέτρηση της στάθμης από τους χειριστές του φράγματος του Αξιού απ' όπου πάρθηκαν τα στοιχεία για το σχηματισμό του παρακάτω γραφήματος.



Σχήμα 4.2: Γράφημα στάθμης του ποταμού

Η μέτρηση της στάθμης γίνεται από διαφορετικό σημείο (ανάντι ή κατάντι του φράγματος) ανάλογα με την εποχή. Κατά τους μήνες Μάιο έως Οκτώβριο η στάθμη ελέγχεται τεχνητά ώστε να βρίσκεται στο επίπεδο που παρουσιάζεται στο διάγραμμα (γύρω από την τιμή 12,80 μέτρα) και η μέτρηση γίνεται ανάντι του φράγματος. Τους μήνες αυτούς γίνεται και η τροφοδοσία

των αρδευτικών διωρύγων του ΓΟΕΒ. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, η καταλληλότερη τιμή της στάθμης ώστε να μπορεί να γίνεται η μέτρηση της ποσότητας του νερού που δίνεται στις αρδευτικές διώρυγες, είναι τα 12,80 μέτρα

Στα μέσα του Οκτωβρίου παρατηρείται μια πτώση της στάθμης κατά 0,7-0,8 μέτρα. Αυτό το διάστημα αποτελεί μια μεταβατική περίοδο όπου εκτελούνται εργασίες καθαρισμού των αρδευτικών διωρύγων και ταυτόχρονα ανοίγουν σταδιακά τα θυροφράγματα για την επερχόμενη χειμερινή περίοδο.



Σχήμα 4.3: *Ελεύθερη ροή του ποταμού κατά τη διάρκεια του χειμώνα.*

Την επόμενη περίοδο από τα μέσα Νοεμβρίου μέχρι το τέλος του Ιανουαρίου η ποσότητα του νερού αυξάνεται εξαιτίας των βροχοπτώσεων και προς αντιμετώπιση αυτού του γεγονότος οι χειριστές του φράγματος ανοίγουν εντελώς τα θυροφράγματα, η ροή του ποταμού γίνεται *ελεύθερα* και η μέτρηση της στάθμης γίνεται κατάντι του φράγματος. Βλέπουμε στο διάγραμμα το

τμήμα εκείνο με κατώτερες μετρήσεις στάθμης πριν όμως από τις έντονες διακυμάνσεις της στάθμης που παρατηρούνται στη συνέχεια. Το διάστημα αυτό ονομάζουμε *χειμερινή περίοδο*.

Έπειτα παρατηρούνται και πάλι χαμηλές τιμές στάθμης (που οφείλονται επίσης στη *ελευθερία* της ροής του ποταμού) με εντονότερες όμως αυξομειώσεις (κορυφές στη γραμμή του διαγράμματος). Η περίοδος αυτή από αρχές Φεβρουαρίου έως περίπου τα μέσα του Απρίλη έχουμε την *εαρινή περίοδο*. Οι απότομες αυξήσεις στο γράφημα οφείλονται στις μεγάλες ποσότητες νερού που εισέρχονται στον ποταμό λόγω του λιώσιμου των χιονιών στην υδρολογική λεκάνη του ποταμού εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας. Η μέτρηση της στάθμης συνεχίζει να γίνεται κατάντι του φράγματος μέχρι να ξαναγίνει η ροή του ποταμού ελεγχόμενη.

Ακολουθεί ένα ακόμη μεταβατικό στάδιο, αυτή τη φορά από την κατάσταση της ελεύθερης στάθμης προς την ελεγχόμενη ροή που γίνεται από την αρχή του Μαΐου και έπειτα.

4.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΘΜΗΣ – ΠΑΡΟΧΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας με τις τιμές της στάθμης και της παροχής του ποταμού.(Σχήμα 4.4)

Ημερομηνία	Στάθμη(m)	Παροχή(m ³ /sec)
18/05/04	12,90	179,338
24/06/04	12,80	165,404
01/09/04	12,91	55,713
06/10/04	12,70	50,237
19/01/05	10,00	113,800
30/03/05	10,90	336,980
17/05/05	12,89	150,470
22/06/05	12,90	109,620
07/09/05	12,88	55,080
24/10/05	12,00	82,390

Σχήμα 4.4: Πίνακας στάθμης –παροχής

Λόγω της τεχνητής ρύθμισης της ροής του ποταμού, την οποία προαναφέραμε, η τιμή της στάθμης δεν ακολουθεί τη μεταβολή της τιμής της παροχής για το χρονικό διάστημα όπου γίνεται αυτό. Κατά το διάστημα της χειμερινής και της εαρινής περιόδου όμως (τέλος Νοέμβρη έως αρχές Απρίλη), οπότε η ροή γίνεται ελεύθερα, διακρίνεται η ανάλογη σχέση τους και ακόμα πιο συγκεκριμένα στον παραπάνω πίνακα κατά τις ημερομηνίες 19/01 και 30/03. Όσο δηλαδή αυξάνεται η παροχή αυξάνεται και η στάθμη, όπως είναι και φυσιολογικό.

4.4 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΡΟΧΗΣ -ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ-ΣΤΑΘΜΗΣ

Παρουσιάζεται πίνακας των τιμών παροχής-στερεοπαροχής-στάθμης:

Ημερομηνία	Παροχή(m ³ /sec)	Στερεοπαροχή(mg/l)	Στάθμη (m)
18/05/04	179,338		12,90
24/06/04	165,404		12,80
01/09/04	55,713		12,90
06/10/04	50,237		12,70
11/11/04		118,49	12,15
16/11/04		378,75	11,90
17/11/04		461,40	11,90
20/11/04		160,00	12,05
21/11/04		166,40	12,10
25/11/04		109,73	10,00
21/12/04		60,57	10,10
19/01/05	113,800		10,00
20/01/05		39,63	10,05
30/01/05		68,04	10,05
20/02/05		158,13	10,40
27/02/05		95,33	10,30
20/03/05		133,77	10,30
27/03/05		102,00	10,30
30/03/05	336,980		10,90
03/04/05		109,77	11,40
10/04/05		85,00	11,10
18/04/05		69,37	12,50
17/05/05	150,470		12,90
22/06/05	109,620		12,90
07/09/05	55,080		12,90
24/10/05	82,390		12,00

Τα κενά που παρατηρούνται στην παροχή οφείλονται στην έλλειψη στοιχείων καθημερινής μέτρησης.

Απ' τα κυριότερα συμπεράσματα που λαμβάνουμε απ' τον πίνακα είναι αυτό που αφορά το διάστημα των ημερών 17 έως 20 Νοεμβρίου. Στο σημείο εκείνο υπάρχει μια ξαφνική και έντονη αύξηση της στερεοπαροχής. Αυτό συμβαίνει για τον εξής λόγο:

Όπως προαναφέρθηκε, τους καλοκαιρινούς μήνες μέχρι και τον Οκτώβριο η στάθμη ρυθμίζεται ώστε να έχει μία συγκεκριμένη τιμή. Την εποχή αυτή τα θυροφράγματα είναι κατεβασμένα και η ροή ελέγχεται μέχρι ενός σημείου, με συνέπεια τη συγκέντρωση στερεού φορτίου ανάντι του φράγματος. Κάποια στιγμή, με την έναρξη της χειμερινής περιόδου, οι χειριστές του φράγματος ανοίγουν τα θυροφράγματα. Αυτή η ενέργεια τείνει το συγκεντρωμένο στα ανάντι του φράγματος στερεό υλικό, να κινηθεί, με τη βοήθεια του επιπλέον νερού, και να εισαχθεί σε αυτό σαν στερεό φορτίο. Στο μελετώμενο υδρολογικό έτος η στιγμή που έγινε το παραπάνω φαινόμενο εντοπίζεται στις 18 Νοεμβρίου.

Η σχέση της στάθμης σε σύγκριση με την στερεοπαροχή φαίνεται ανάλογη (τουλάχιστον για το διάστημα με ελεύθερη ροή το οποίο μπορούμε να κρίνουμε) με κάποια μικρή υστέρηση της στάθμης. Για παράδειγμα στις ημερομηνίες: 16/11- 20/11 όπου η αύξηση της στερεοπαροχής ακολουθείται με μικρή διαφορά από την αύξηση της στάθμης. Επίσης στις ημερομηνίες 20/02-27/02 και 30/04-10/04, βλέπουμε πως η πτώση της τιμής της στάθμης συνεπάγεται την πτώση της τιμής της στερεοπαροχής.

Πρέπει να αναφερθεί όσων αφορά την παροχή του Αξιού ότι (Κ.Α.Κωνσταντινίδης,1989):

Η μέση παροχή έτους	129,6m ³ /sec
Η μέση ελάχιστη παροχή (Αύγουστος)	35,0m ³ /sec
Η μέση μέγιστη παροχή (Απρίλιος)	280,0 m ³ /sec

Είναι φυσιολογικό οι παραπάνω τιμές να αλλάζουν από έτος σε έτος και από δεκαετία σε δεκαετία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΤΟΥ ΑΞΙΟΥ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα πλημμυρικά επεισόδια ενός ποταμού χαρακτηρίζονται από απότομη και έντονη αύξηση της ποσότητας και της ταχύτητας του νερού αυτού, και κατά συνέπεια της στάθμης, της παροχής και της στερεοπαροχής του. Τα μεγαλύτερα πλημμυρικά γίνονται συνήθως κατά τη διάρκεια της άνοιξης. Μεγάλη συχνότητα επεισοδίων παρατηρείται και το χειμώνα.

Μπορούμε να διαχωρίσουμε τα πλημμυρικά επεισόδια σε δύο τύπους με βάση την αιτία που τα προκαλεί καθώς επίσης και τη χρονική περίοδο που παρατηρούνται. Ονομάζουμε τους δύο τύπους εαρινά και χειμερινά επεισόδια για να τονίσουμε έτσι την χρονική διαφορά εκδήλωσής τους.

5.2 ΧΕΙΜΕΡΙΝΑ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ

Τα επεισόδια αυτά εκδηλώνονται το χειμώνα και (συνήθως) πιο συγκεκριμένα από το τέλος του Νοέμβρη μέχρι το τέλος του Ιανουαρίου. Σε αυτήν τη χρονική περίοδο επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες με έντονες βροχοπτώσεις. Η αιτία λοιπόν των πλημμυρών είναι η βροχόπτωση με την αποστράγγιση του βρόχινου νερού από την υδρολογική λεκάνη του ποταμού.

Η παροχή είναι πολύ μεγάλη και μπορεί να γίνει αδύνατον να ελεγχθεί η ροή του ποταμού στα σημεία των φραγμάτων. Έτσι λοιπόν από το τέλος του

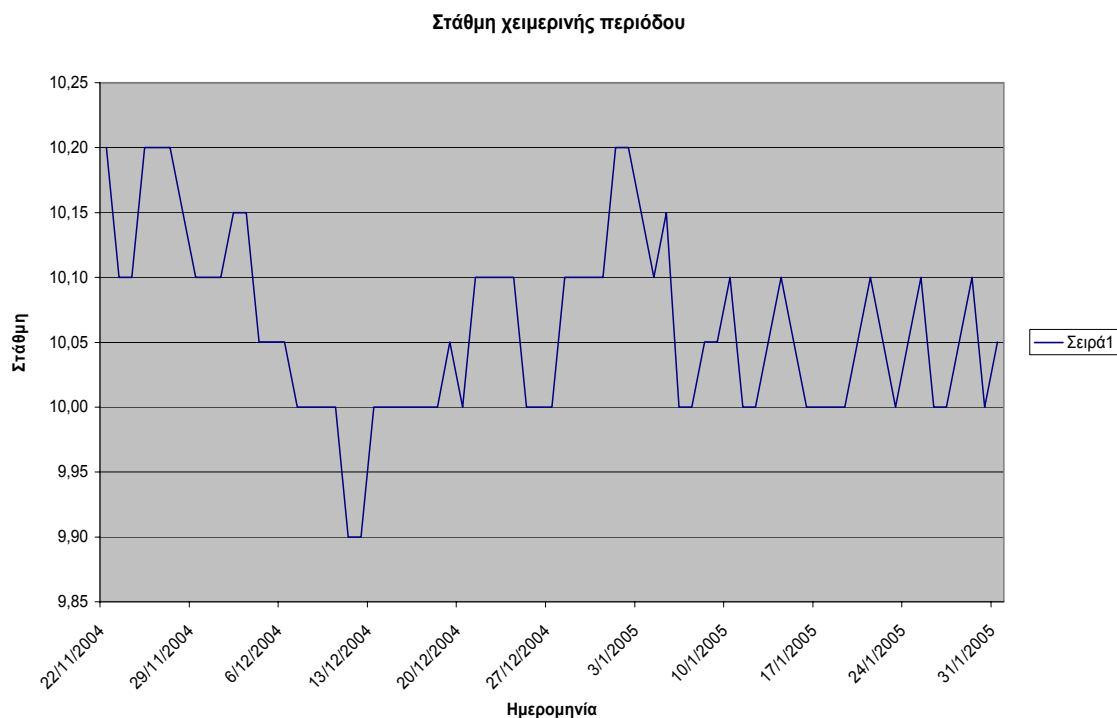
Νοέμβρη τα θυροφράγματα ανοίγουν και η κίνηση του νερού γίνεται ελεύθερα μέχρι την άνοιξη.

Πρέπει ακόμη να αναφερθεί ότι οι αρδευτικές διώρυγες παραμένουν κλειστές τόσο γιατί οι ανάγκες σε νερό καλύπτονται από τις βροχοπτώσεις, όσο και γιατί η μεταφορική δύναμη του νερού είναι μεγάλη και μεταφέροντας κορμούς δέντρων, σκουπίδια κ.λ.π μπλοκάρουν οι διώρυγες.(Σχήμα 5.1)



Σχήμα 5.1: Φερτό υλικό συγκεντρωμένο σε αρδευτική διώρυγα του ΓΟΕΒ

Η μέση στάθμη αυτής της εποχής είναι περίπου 10,0 μέτρα. Παρουσιάζεται παρακάτω γράφημα της χειμερινής περιόδου και επεισόδια πλημμύρας (Σχήμα 5.2):



Σχήμα 5.2: Στάθμη και πλημμυρικά επεισόδια κατά χειμερινή περίοδο.

Σημειώνουμε τρία επεισόδια. Το πρώτο συμβαίνει από τις 24/11 έως τις 29/11 και έχει μέγιστη άνοδο από τη μέση στάθμη της περιόδου 20 εκατοστά.

Ένα δεύτερο με μεγαλύτερη διάρκεια από τις 28/12- 6/01 έχει μέγιστη τιμή στάθμης 20 εκατοστά πάνω απ' τη μέση στάθμη.

Προς το τέλος της χειμερινής περιόδου η απόκλιση της στάθμης μειώνεται στα 5 με 10 εκατοστά, για να αυξηθεί και πάλι αργότερα κατά την εαρινή περίοδο.

5.3 ΕΑΡΙΝΑ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ

Σε προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρθηκε ο τρόπος λειτουργίας του φράγματος σε σχέση με τις εποχές και τις ανάγκες σε νερό της ευρύτερης αυτού περιοχής.

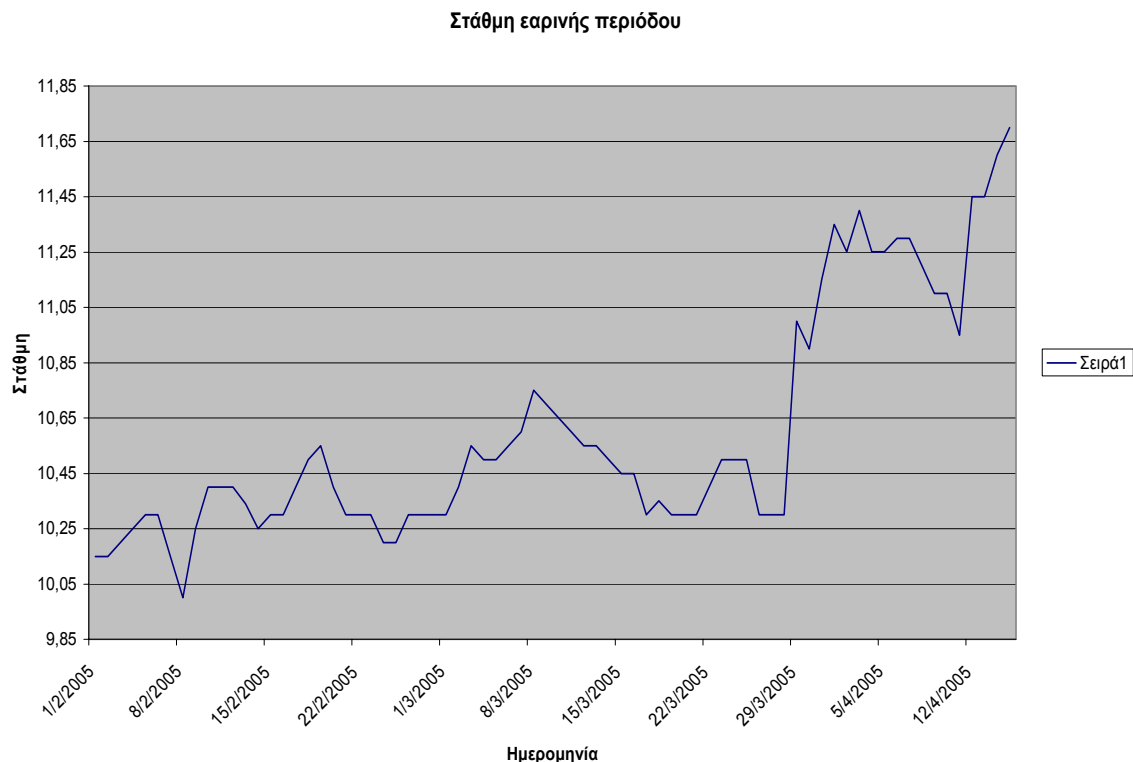
Συγκρίνοντας τις τιμές της στάθμης ανάμεσα σε χειμερινή και εαρινή περίοδο, παρατηρείται ότι η ποσότητα του νερού του ποταμού είναι μεγαλύτερη κατά την εαρινή περίοδο. Την εποχή αυτή (περίπου από την αρχή του Φεβρουαρίου έως τα μέσα του Απρίλη) η άνοδος της θερμοκρασίας επιφέρει λιώσιμο των χιονιών και των πάγων που έχουν συσσωρευτεί στην υδρολογική λεκάνη του Αξιού ποταμού κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Στη συνέχεια το επιπλέον αυτό νερό προστίθεται στην επίγεια κυκλοφορία των ρεόντων υδάτων και μ' αυτό τον τρόπο γίνεται και η αποστράγγιση της λεκάνης του ποταμού στη διάρκεια των μηνών που προαναφέραμε.

Η παροχή νερού αυξάνεται και συνεπώς αυξάνεται η ταχύτητα του. Όταν όμως συμβαίνει αυτό, αυξάνεται και η μεταφορική δύναμη του νερού και άρα το στερεό φορτίο που μεταφέρεται. Τους μήνες αυτούς βλέπουμε στις καμπές του ποταμού αλλά και στα υδρολογικά έργα που υπάρχουν κατά μήκος αυτού (π.χ φράγματα) να συγκεντρώνονται κορμοί δέντρων, σκουπίδια κ.λ.π. Μπορούμε να φανταστούμε λοιπόν την μεγάλη ποσότητα του νερού και τη μεταφορική δύναμη αυτού.

Οι χειριστές των δύο φραγμάτων της κοίτης, στην περιοχή μεταξύ των χωριών Ελεούσα, Χαλκηδόνα και Γέφυρα, μας ενημέρωσαν πως τα πλημμυρικά επεισόδια αποτελούν συνηθισμένο φαινόμενο γι' αυτούς και την εαρινή περίοδο.

Την περίοδο αυτή η στάθμη είναι αυξημένη ενώ η ροή γίνεται ανεμπόδιστα (ανοιχτά θυροφράγματα). Παρατηρούνται μεμονωμένα πλημμυρικά επεισόδια στα οποία η στάθμη του ποταμού ανεβαίνει μέχρι και 0,5 μέτρα πάνω απ' την φυσιολογική για την εποχή τιμή .

Παραθέτουμε παρακάτω ένα γράφημα το οποίο παρουσιάζει την εαρινή περίοδο και σημειώνουμε τα κυριότερα πλημμυρικά επεισόδια του συγκεκριμένου έτους:



Σχήμα 5.3: Στάθμη και πλημμυρικά επεισόδια κατά εαρινή περίοδο.

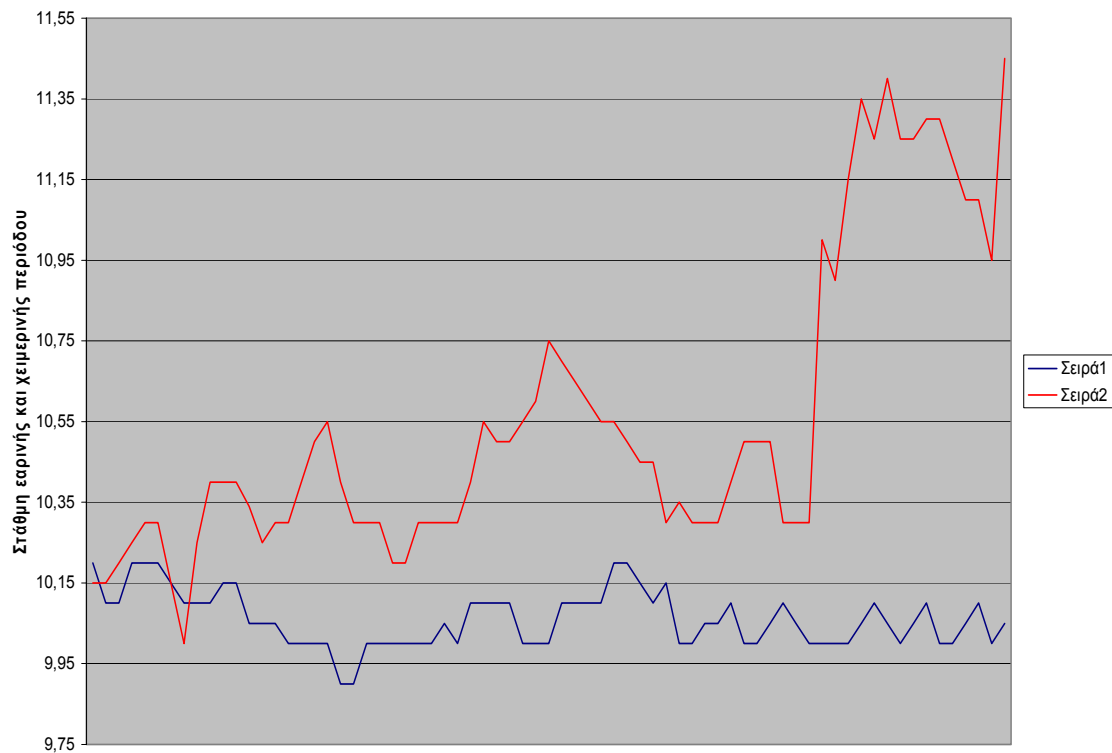
Η μέση στάθμη της περιόδου είναι περίπου στα 10,30 μέτρα. Οι απότομες αυξήσεις αποτελούν «πλημμύρες» ή πλημμυρικά επεισόδια.

Σημειώνουμε ένα πρώτο πλημμυρικό επεισόδιο διάρκειας 5 ημερών 16/02-21/02 με μέγιστη αύξηση στάθμης 25 εκατοστά.

Ένα δεύτερο επεισόδιο παρατηρείται στις 3/03-11/03, εμφανώς μεγαλύτερο απ' το προηγούμενο σε διάρκεια και ποσότητα νερού, με μέγιστη αύξηση από τη μέση στάθμη 45 εκατοστά.

Η επόμενη έντονη αύξηση των τιμών της στάθμης από τις αρχές του Απρίλη οφείλεται στον τρόπο λειτουργίας του φράγματος. Είναι η περίοδος που αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο ως μεταβατική. Η ρύθμιση της στάθμης γίνεται με τον κατάλληλο χειρισμό των θυροφραγμάτων για την εξυπηρέτηση των αναγκών άρδευσης στην περιοχή.

Βλέπουμε στη συνέχεια συγκριτικό διάγραμμα των καμπύλων της στάθμης κατά την εαρινή και τη χειμερινή περίοδο. Παρατηρούμε πως οι μεγαλύτερες τιμές στάθμης σημειώνονται την εαρινή περίοδο.



Σχήμα 5.4: Συγκριτικό διάγραμμα της στάθμης κατά την εαρινή (κόκκινη γραμμή) και την χειμερινή περίοδο (μαύρη γραμμή)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

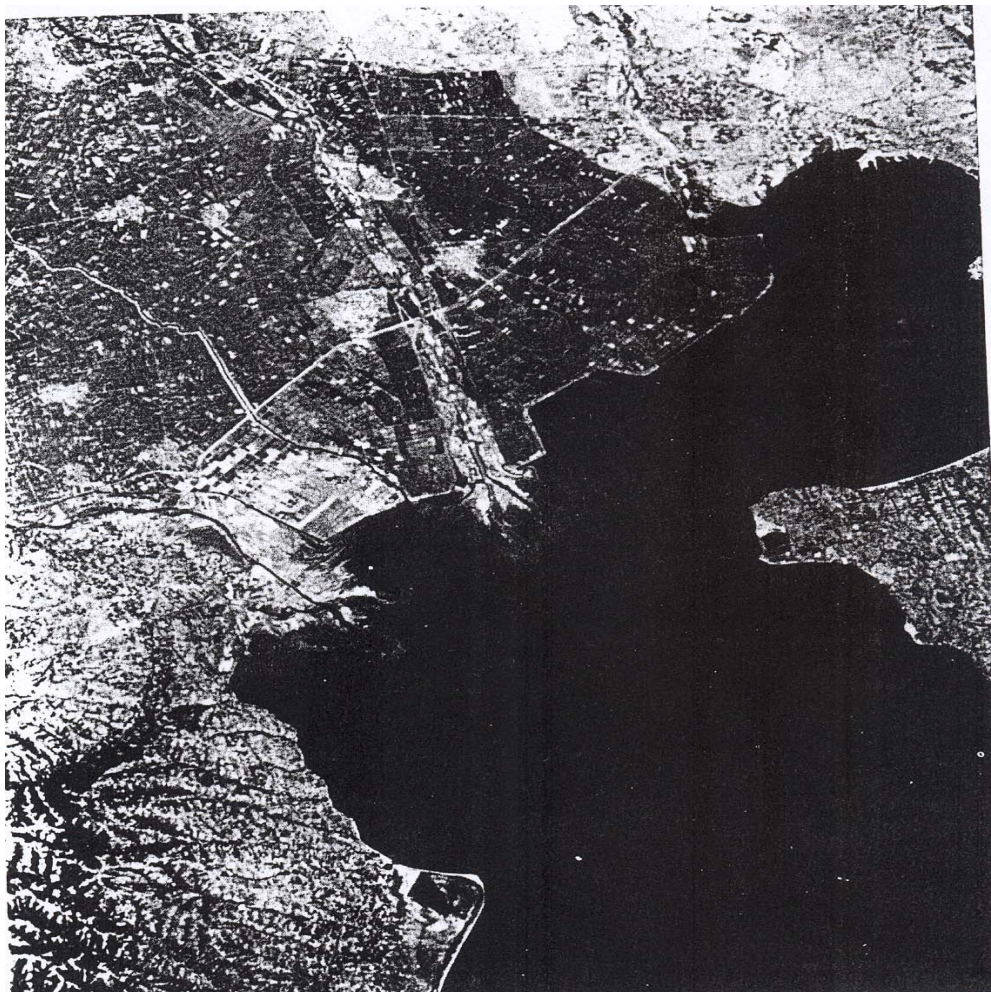
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η πεδιάδα της Θεσσαλονίκης υφίσταται αναδιαμορφώσεις και βελτιωτικά έργα σχεδόν 80 χρόνια τώρα. Έργα αντιπλημμυρικά, αποστραγγιστικά και αρδευτικά, δημιουργήθηκαν κατά μήκος του Αξιού αλλά και των ποταμών Αλιάκμονα, Γαλλικό, Λουδία. Σκοπός των εγγειοβελτιωτικών αυτών έργων ήταν και είναι η προστασία των αγροτικών καλλιεργειών, η διευκόλυνση στην άρδευση, η σωστή και ομαλή αποστράγγιση του ύδατος, καθώς επίσης και η κατάλληλη διεύθετηση της κοίτης καθενός ποταμού ξεχωριστά.

Το μεγαλύτερο όμως πρόβλημα για το οποίο ήταν απαραίτητη η παρεμβολή του ανθρώπου στη συνύπαρξη των τεσσάρων ποταμών, ήταν η ανάγκη αποξήρανσης της λίμνης των Γιαννιτσών και μετέπειτα ο κίνδυνος κλεισίματος του Θερμαϊκού κόλπου. Η λίμνη κάποια στιγμή είχε αποκτήσει βαλτώδη μορφή και η καλλιέργεια ήταν αδύνατη ακόμα και σε γειτονικές περιοχές. Ένα πολύ μεγάλο τμήμα ανεκμετάλλευτης και προβληματικής γης. Για το πρόβλημα αυτό διαμορφώθηκε καταλληλότερα η κοίτη του ποταμού Λουδία.

Στον Θερμαϊκό κόλπο καταλήγουν τέσσερα ποτάμια εκ των οποίων τα δύο (ο Αξιός και ο Αλιάκμονας) πολύ μεγάλα. Το μεταφερόμενο στερεό φορτίο αυτών αποτίθονταν στον κόλπο, οι σχηματισμοί των δέλτα αυξάνονταν σε μέγεθος και ο κίνδυνος να μετατραπεί ο κόλπος σε λίμνη μεγάλωνε. Η λύση δόθηκε με την αλλαγή στην πορεία των ποταμών.

Στην επόμενη σελίδα φαίνεται η έντονη απόθεση των ιζημάτων στα δέλτα μετά από βροχόπτωση



Το θέμα λοιπόν για το οποίο θα έπρεπε να αναρωτηθούμε είναι το κατά πόσο όλες αυτές οι μακροχρόνιες προσπάθειες έφεραν το επιθυμητό αποτέλεσμα στην πεδιάδα Γιαννιτσών – Θεσσαλονίκης και στο Θερμαϊκό κόλπο. Ειδικότερα για τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, το αν τα εγγειοβελτιωτικά έργα κατά μήκος του Αξιού ποταμού αρκούν για την χωρίς προβλήματα κυκλοφορία και αποστράγγιση της λεκάνης απορροής του. Μπορούμε ακόμα να εξάγουμε τα συμπεράσματα από την μελέτη των μετρήσεων της στάθμης, της παροχής και της στερεοπαροχής του καθώς και για τη γενικότερη συμπεριφορά του κατά τη διάρκεια ενός υδρολογικού έτους.

Από την εργασία αυτή καταλάβαμε πως τα έργα αυτά καλύπτουν επαρκώς την περιοχή ώστε να αποφεύγονται καταστροφικά σύμβαντα στις παράπλευρες με τον ποταμό περιοχές.



Συμπεράσματα για τη διακύμανση της στάθμης, της παροχής και της στερεοπαροχής του Αξιού ποταμού

Παρατηρήθηκαν στο γράφημα της στάθμης διαφορές κατά τη διάρκεια ενός υδρολογικού έτους. Ελεγχόμενη στάθμη λόγω της λειτουργίας του φράγματος για τους μήνες Απρίλιο με Νοέμβριο, σε αντίθεση με την “ελευθερία” διακύμανσης της στάθμης για τους υπόλοιπους μήνες οπότε η ροή του ποταμού γίνεται ελεύθερα.

Κατά την χειμερινή περίοδο (τέλος Νοεμβρίου-τέλος Ιανουαρίου) οι τιμές της στάθμης είναι χαμηλότερες και τα πλημμυρικά επεισόδια ηπιότερα από ότι κατά την εαρινή περίοδο (Φεβρουάριος-αρχές Απριλίου) οπότε παρατηρούνται υψηλότερες τιμές στάθμης και εντονότερα πλημμυρικά επεισόδια.

Οι υψηλότερες τιμές της παροχής εντοπίζονται κατά την εαρινή περίοδο, με την έναρξη περίπου της εισόδου στην κυκλοφορία του ποταμού, νερού που προέρχεται από λιώσιμο χιονιών.

Τέλος, όσον αφορά τη στερεοπαροχή, παρουσιάζει ένα πρώτο μέγιστο κατά την αρχή της χειμερινής περιόδου που οφείλεται στο άνοιγμα του φράγματος. Με την έναρξη των χειμερινών βροχοπτώσεων το αποτιθέμενο στερεό υλικό ανάντι του φράγματος ξανά εισέρχεται στην κυκλοφορία και έτσι παρουσιάζεται ένα πολύ “απότομο” μέγιστο στην τιμή της στερεοπαροχής. Μετά από αυτό το πρώτο μέγιστο η στερεοπαροχή ακολουθεί τις τιμές τις στάθμης και της παροχής.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ALBANAKIS, C., (1985). Monitoring of suspended sediment concentration using optical methods and remote sensing. *Unpublished thesis for Ph. D., Dept. Of Geography, The University of Nottingham, U.K*

ASTARAS, T.A., SOTIRIADIS, L., (1988). The evolution of the Thessaloniki-Giannitsa plain in northern Greece during the last 2500 years-From the Alexander the Great era until today, *Lake, Mire and River Environments, Lang & Schlüchter(eds) Balkema, Rotterdam.*

BALAFYOTIS, CH., (1977). Contribution to the study of climate of Macedonia and Thessaloniki. *Doct. Thesis, School of Physics and Mathematics, University of Thessaloniki.*

CONISPOLIATIS, N., (1979). Sedimentation and mineralogy of Thermaikos bay, NW Aegean sea. *Unpublished M.Sc. Thesis, University of Wales.*

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ, ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, (1989). Τα εγγειοβελτιωτικά έργα στην πεδιάδα Θεσσαλονίκης. Έκδοση γεωτεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας.

LIVADAS, G. & SAHSAMANOGLU, CH., (1973). Wind in Thessaloniki, Greece. *Meteorologika, No 35, Publ. Of the Meteorology and Climatology Department, AUTH*

ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ, (1985). Γεωλογία της Ελλάδας. *University studio press.*

NEDECO, Netherlands Engineering Consultants, The Hague, The Netherlands, (1970). Regional Development project of the Thessaloniki plain. *Land Reclamation Service (YEB) of the Ministry of Agriculture, Athens.*

THERIANOS, A., (1974). The annual discharge and the geographical distribution of the run-off in the Greek territory. *Bull. Geol. Society of Greece, vol.XI. No.1, 28-58.*