

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΠΜΣ Περιβάλλον κ Ανάπτυξη Ορεινών Περιοχών

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Υδρολογική Ανάλυση κ Διερεύνηση

του Υδροσυστήματος

Αώου – Βοϊδομάτη

Άρης-Δημήτριος Λεονταρίτης

Επιβλέπων: Ευάγγελος Μπαλτάς
Αν. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιανουάριος 2014

*...Τώρα στον αποχωρισμό τρεις ποταμούς διαβαίνω,
ο ένας χωρίζει αντρόγενα, κι ο άλλος χωρίζει αδέρφια,
κι ο τρίτος ο φαρμακερός τη μάν' απ' τα παιδιά της...*

Δημοτικό

Περίληψη

Κύριος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι να αποτελέσει ένα υπόβαθρο για την περαιτέρω διερεύνηση του υδροσυστήματος Αώου-Βοϊδομάτη. Ο ποταμός Αώος είναι ένα μεγάλο ποτάμι και επιλέχθηκε προς μελέτη γιατί έχει μια σειρά από χαρακτηριστικά που τον καθιστούν ιδιαίτερα ενδιαφέροντα. Είναι ο μοναδικός ανάντη διασυνοριακός ποταμός της χώρας και τροφοδοτεί ένα μοναδικό, προστατευόμενο οικοσύστημα. Ακόμη, φέρει το φορτίο του ΥΗΣ Πηγών Αώου, ενώ υπάρχει εκδηλωμένο επενδυτικό ενδιαφέρον για την περαιτέρω αξιοποίηση του πλούσιου υδατικού του δυναμικού. Μέχρι σήμερα, δεν υπάρχει στη βιβλιογραφία κάποια υδρολογική μελέτη μετά την κατασκευή του φράγματος πηγών Αώου (1988), ούτε κάποια εργασία που να έχει συγκεντρωμένα στοιχεία για τον Αώο, τόσο υδρολογικά όσο και γεωγραφικά. Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής αφορούν την επέκταση και τη συμπλήρωση των διαθέσιμων μετρήσεων σε όλες τις θέσεις μελέτης των δύο ποταμών για την περίοδο 1950-2012. Οι τιμές της ιστορικής χρονοσειράς που προκύπτει μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικές μελέτες ως πρωτογενή δεδομένα για την περίοδο πριν και μετά την κατασκευή του φράγματος. Επίσης, αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η δημιουργία μιας συνθετικής χρονοσειράς μήκους 50 ετών, δηλαδή η πρόβλεψη των μηνιαίων τιμών της παροχής των δύο ποταμών στο μέλλον. Έτσι, μπορεί να γίνει και εκτίμηση της διακινδύνευσης μη επάρκειας των υδάτων για την κάλυψη των αναγκών που απορρέουν από τις υπάρχουσες χρήσεις νερού. Τέλος, παρατίθεται μια ανάλυση σχετικά με την αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού του Αώου και των αντιδράσεων από τις τοπικές κοινωνίες. Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε τόσο για τη συμπλήρωση της ιστορικής χρονοσειράς παροχών όσο και για τη δημιουργία της συνθετικής χρονοσειράς, περιλαμβάνει μοντέλα απλής γραμμικής παλινδρόμησης και τα αυτοπαλινδρομικά μοντέλα πρόβλεψης AR(1) και AR(2). Τα μοντέλα αυτά εφαρμόστηκαν με ικανοποιητική ακρίβεια στα διαθέσιμα δεδομένα. Το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει από την παρούσα μελέτη σε επίπεδο διαχείρισης, είναι ότι οι διαθέσιμες ποσότητες υδάτων γενικά επαρκούν για την κάλυψη των αναγκών που προκύπτουν από τις υπάρχουσες χρήσεις νερού. Όμως, αποδείχθηκε ότι το υδροσύστημα είναι ευάλωτο σε αλλαγές του κλίματος ή/και των χρήσεων νερού. Όσον αφορά το διασυνοριακό χαρακτήρα του ποταμού Αώου (Vjosa), προς στιγμήν δεν υπάρχει κάποιος περιορισμός στις χρήσεις νερού από την ελληνική πλευρά των συνόρων.

Abstract

The main goal of this research thesis is to create a solid background for the further study of the Aaos-Voidomatis hydrosystem. Aaos is a major Greek river with a series of interesting characteristics, which form the main reasons for its selection as a case study. It is the only upstream transboundary river of Greece and is part of a unique, protected ecosystem. Moreover, it is affected by the Pigon Aaou hydroelectric station; while there are plans for further capitalizing from its high hydrodynamic potential. Currently, there are no hydrological studies in the literature following the construction of the Pigon Aaou dam in 1988, or any work to summarize its hydrological and geographical characteristics. This project examines the extension and supplementation of available hydrological data in all the measuring stations of the hydrosystem for the period between 1950 and 2012. The original historical time-series data set created can be used in future studies as primary data prior to and after the construction of the dam. Furthermore, this thesis through the construction of a 50-year long synthetic time-series provides a forecast for the monthly water flow rates of the river in the future. As a result, the risk of failure to cover existing water needs can be estimated. Finally, an analysis regarding the local social movement against the utilization of the hydrodynamic potential of the area is presented. The methodology developed for the supplementation of the historical time-series as well as the construction of the synthetic time-series, includes some simple linear regression models and the autoregressive forecast models AR (1) and AR(2). These models were applied to the available data with statistically significant results. Based on the result of this study current water flow rates can cover the existing water needs sufficiently. However, it was proven that the hydrosystem is sensible to climate fluctuations and/or water use. Finally there is no regulation covering water use regarding the trans-boundary basin of Aaos river from the Greek side of the border.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Ευάγγελο Μπαλτά για την ουσιαστική συνεργασία που είχαμε κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας και τους Δανιήλ Μαμάη και Νίκο Μαμάση που συμμετείχαν στην αξιολόγησή της. Επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Πολυχρόνη Κολοκούση για την πολύτιμη βοήθεια του σε διάφορα ζητήματα που προέκυψαν καθώς και στον συνάδελφο Στέφανο Πέτρου για την συμβολή του στη δημιουργία των χαρτών. Αξιοσημείωτη είναι ακόμα η προθυμία αλλά και ο χρόνος που αφιέρωσαν ο κ. Γιάννης Κουβόπουλος, Τομεάρχης Υδρολογίας της Διεύθυνσης Υδροηλεκτρικής Παραγωγής της Δ.Ε.Η., και ο κ. Δημήτριος Σπυράκης, Διευθυντής του ΥΗΣ Πηγών Αώου, για να με συμβουλέψουν σε κρίσιμες καμπές της ανάπτυξης του μοντέλου υδατικού ισοζυγίου. Τέλος, τη Γεωργία Κανελλοπούλου για την υποστήριξή της καθ' όλη τη διαδρομή μου στον Αώο.

Η ολοκλήρωση της εργασίας αυτής έγινε στο πλαίσιο της υλοποίησης του διεπιστημονικού μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη Ορεινών Περιοχών» του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, το οποίο συγχρηματοδοτήθηκε μέσω της Πράξης «Πρόγραμμα χορήγησης υποτροφιών ΙΚΥ με διαδικασία εξατομικευμένης αξιολόγηση ακαδ. έτους 2012-2013» από πόρους του Ε.Π. «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου (ΕΚΤ) και του ΕΣΠΑ (2007-2013).

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή	1
2.	Παρουσίαση Περιοχής Μελέτης	4
2.1	Λεκάνη Απορροής - Γεωγραφικά Χαρακτηριστικά.....	4
2.2	Γεωλογία.....	10
2.3	Κλίμα.....	16
2.4	Ο ΥΗΣ Πηγών Αώου	19
2.5	Χρήσεις Νερού.....	21
2.6	Ο Αώος (Vjosa) ως Διασυνοριακός Ποταμός.....	21
2.7	Το Οικοσύστημα Αώου-Βοϊδομάτη	23
2.8	Η Πολιτισμική και Συμβολική Διάσταση των Ποταμών	27
2.9	Ενεργειακή Αξιοποίηση του Υδατικού Δυναμικού κ Κοινωνικές Αντιδράσεις	29
2.9.1	Κριτική	31
2.9.2	Κοινωνικές αντιδράσεις.....	33
3.	Συλλογή Δεδομένων.....	36
3.1	Υδρολογικά Δεδομένα.....	36
3.2	Γεωγραφικά Δεδομένα.....	42
3.3	Αρδευτικές Ανάγκες.....	43
4.	Ανάπτυξη – Εφαρμογή Μοντέλου Υδατικού Ισοζυγίου	48
4.1	Επεξεργασία Υδρολογικών Δεδομένων – Συμπλήρωση Χρονοσειρών (1950 – 2012)	48
4.1.1	Συσχέτιση και απλή γραμμική παλινδρόμηση	49
4.1.2	Περίοδος Α (1950-51 - 1986-87).....	50
4.1.3	Περίοδος Β (1988-89 – 2011-12)	57
4.2	Δημιουργία Συνθετικών Χρονοσειρών Παροχών.....	59
4.2.1	Μοντέλα Πρόβλεψης Χρονοσειρών (time-series models).....	59
4.2.2	Βασικές έννοιες και ποιοτικά χαρακτηριστικά των χρονοσειρών	60
4.2.3	Αυτοπαλινδρομικά μοντέλα AR(1) και AR (2)	63
4.2.4	Μέθοδος παραγωγής συνθετικών χρονοσειρών παροχής	67
4.3	Διακινδύνευση μη-επάρκειας υδατικών πόρων	70
5.	Αποτελέσματα	72
5.1	Ιστορική Χρονοσειρά Παροχών (1950-2012)	72

5.2	Αρδευτικές Ανάγκες και Διαθέσιμες Παροχές	79
5.3	Συνθετική Χρονοσειρά Παροχών.....	80
5.4	Διακινδύνευση.....	83
6.	Συμπεράσματα	85
	Αναφορές.....	88

Σχήματα

Σχήμα 1.1. Δορυφορική Εικόνα Υδροσυστήματος Αώου-Βοϊδομάτη (USGS, 2013).....	3
Σχήμα 2.1. Γεωφυσικός χάρτης περιοχής μελέτης	5
Σχήμα 2.2. Πολιτικός χάρτης περιοχής μελέτης.....	7
Σχήμα 2.3. Χάρτης Πηγών Βοϊδομάτη	9
Σχήμα 2.4. Γεωλογική τομή στο φαράγγι του Βίκου. Πηγή: ΙΓΜΕ 1968	11
Σχήμα 2.5.Γεωλογική Δομή. Πηγή: (ΙΓΜΕ, 2009)	13
Σχήμα 2.6. Γεωλογικός Χάρτης Ηπείρου. Πηγή: ΙΓΜΕ, 2009)	14
Σχήμα 2.7. Κλιματικός χάρτης περιοχής μελέτης.....	18
Σχήμα 2.8. Χάρτης ΥΗΣ Πηγών Αώου	20
Σχήμα 2.9. Χάρτης Προστατευόμενων Περιοχών	25
Σχήμα 2.10. Χάρτης Προτεινόμενου Υδροηλεκτρικού Έργου	31
Σχήμα 3.1. Χάρτης Υδρομετρικών Σταθμών.....	37
Σχήμα 3.2. Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση Βωβούσα πριν (1966-1987) και μετά (1988-2006) την κατασκευή του φράγματος Πηγών Αώου (ΔΕΗ, 2013)	38
Σχήμα 3.3. Μέσες ετήσιες παροχές στη θέση Βωβούσα για την περίοδο 1966-2006 (ΔΕΗ, 2013)	39
Σχήμα 3.4. Χάρτης Αρδευόμενων Εκτάσεων κάμπου Κόνιτσας-Καλλιθέας και Κλειδωνιάς.....	45
Σχήμα 4.1. Μέσες υπερετήσιες μηνιαίες παροχές σε διάφορες θέσεις για την περίοδο 1967-1977	51
Σχήμα 4.2. Μέσες υπερετήσιες μηνιαίες παροχές σε διάφορες θέσεις για την περίοδο 1973-1983.....	51
Σχήμα 4.3. Μέσες ετήσιες παροχές σε διάφορες θέσεις για την περίοδο 1967-1977	52
Σχήμα 4.4. Μέσες ετήσιες παροχές σε διάφορες θέσεις για την περίοδο 1967-1977	52
Σχήμα 4.5. Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση Κλειδωνιά για την περίοδο 1967-1977	55
Σχήμα 4.6. Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση Μπουραζάνι σε σύγκριση με το άθροισμα των παροχών στους σταθμούς Κόνιτσα και Κλειδωνιά για την περίοδο 1973-1983.....	56
Σχήμα 4.7. Μέσες μηνιαίες παροχές στις θέσεις Βωβούσα κ Λίμνη Π. Αώου για την περίοδο 1991-2006.....	57
Σχήμα 4.8. Μέσες ετήσιες παροχές στις θέσεις Βωβούσα κ Λ. Π. Αώου για την περίοδο 1991-2006.....	57
Σχήμα 4.9. Στατιστική κατανομή σφάλματος ή στοχαστικό τμήμα πρόβλεψη) (Ασημακόπουλος, 2007).....	66
Σχήμα 5.1. Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση “Πηγές Αώου” την περίοδο Α (1950-1987) και Β (1988-2010)	73
Σχήμα 5.2. Μέσες ετήσιες παροχές στη θέση “Πηγές Αώου” για την περίοδο 1950-2010	73
Σχήμα 5.3. Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση “Βωβούσα” την περίοδο Α (1950-1987) και Β (1988-2010)	74
Σχήμα 5.4. Μέσες ετήσιες παροχές στη θέση “Βωβούσα” για την περίοδο 1950-2010.....	74
Σχήμα 5.5. Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση “Γέφυρα Κόνιτσας” την περίοδο Α (1950-1987) και Β (1988-2010).....	75
Σχήμα 5.6. Μέσες ετήσιες παροχές στη θέση “Γέφυρα Κόνιτσας” για την περίοδο 1950-2010	75
Σχήμα 5.7. Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση “Γέφυρα Κλειδωνιάς” την περίοδο Α (1950-1987) και Β (1988-2010)	76
Σχήμα 5.8. Μέσες ετήσιες παροχές στη θέση “Γέφυρα Κλειδωνιάς” για την περίοδο 1950-2010.....	76
Σχήμα 5.9. Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση “Γέφυρα Μπουραζανίου” την περίοδο Α (1950-1987) και Β (1988-2010)	77
Σχήμα 5.10. Μέσες ετήσιες παροχές στη θέση “Γέφυρα Γέφυρα Μπουραζανίου ” για την περίοδο 1950-2010.....	77

Πίνακες

Πίνακας 2.1. Υδρομετρικοί σταθμοί και κλιματικά χαρακτηριστικά	16
Πίνακας 3.1. Υδρομετρικοί σταθμοί και λεκάνες απορροής πριν (Α) και μετά (Β) την κατασκευή του φράγματος Πηγών Αώου (ΔΕΗ, 2013)	36
Πίνακας 3.2. Υδρομετρικοί σταθμοί και μέσες ετήσιες παροχές πριν (1967-77) και μετά (1991-2006) την κατασκευή του φράγματος Πηγών Αώου (ΔΕΗ, 2013).....	38
Πίνακας 3.3. Διαθέσιμα Υδρολογικά Δεδομένα	40
Πίνακας 3.4. Γεωγραφικά Δεδομένα και πηγές άντλησής τους.	42
Πίνακας 3.5. Κλιματικά στοιχεία για το λεκανοπέδιο της Κόνιτσας (Περιφέρεια Ηπείρου, 2008).....	43
Πίνακας 3.6. Κατανομή των βροχοπτώσεων στο λεκανοπέδιο της Κόνιτσας ανά εποχή του χρόνου (Περιφέρεια Ηπείρου, 2008).....	44
Πίνακας 3.7. Στρεμματικές ανάγκες σε νερό ανά καλλιέργεια για το λεκανοπέδιο της Κόνιτσας (Περιφέρεια Ηπείρου, 2008).....	44
Πίνακας 3.8. Κατανομή εκτάσεων του κάμπου της Κόνιτσας ανά καλλιέργεια (Περιφέρεια Ηπείρου, 2008).....	46
Πίνακας 3.9. Στρεμματικές ανάγκες σε νερό για τον κάμπο της Κόνιτσας (Περιφέρεια Ηπείρου, 2008).....	46
Πίνακας 3.10. Συνολικές ποσότητες απαιτούμενου αρδευτικού νερού ανά μήνα για τον κάμπο της Κόνιτσας	46
Πίνακας 3.11. Συνολικές ποσότητες απαιτούμενου αρδευτικού νερού ανά μήνα για τον κάμπο της Κλειδωνιάς	47
Πίνακας 4.1. Συντελεστές συσχέτισης των μηνιαίων τιμών των διαθέσιμων δεδομένων για την περίοδο 1967-1977	53
Πίνακας 4.2. Συμπλήρωση χρονοσειρών για την περίοδο Α (1950-1987).....	53
Πίνακας 4.3. Συντελεστές συσχέτισης των διορθωμένων μηνιαίων παροχών το σταθμό Μπουραζανίου για την περίοδο 1973-83.....	56
Πίνακας 4.4. Συντελεστές συσχέτισης των μηνιαίων παροχών στους σταθμούς Λ. Π. Αώου και Βωβούσα για την περίοδο 1991-2006.....	58
Πίνακας 4.5. Συμπλήρωση χρονοσειρών για την περίοδο Β (1988-2012).....	58
Πίνακας 4.6. Ζεύγη υπολογισμού συντελεστής αυτοσυσχέτισης	65
Πίνακας 4.7. Παράδειγμα υπολογισμού πιθανότητας μη υπέρβασης με βάση την εμπειρική συνάρτηση κατανομής.....	71
Πίνακας 5.1. Μέσες μηνιαίες παροχές πριν (Α) και μετά (Β) την κατασκευή του φράγματος Πηγών Αώου	72
Πίνακας 5.2. Ποσοστιαίες μεταβολές της παροχής κατά τις δύο περιόδους στις διάφορες θέσεις.	78
Πίνακας 5.3. Έλεγχος αποτελεσμάτων για τη θέση “Γέφυρα Μπουραζανίου”	78
Πίνακας 5.4. Αρδευτικές ανάγκες και διαθέσιμες παροχές στην Κόνιτσα (1988-2012) και την Κλειδωνιά (1950-2012).....	80
Πίνακας 5.5. Ιστορική χρονοσειρά μηνιαίων παροχών, ανηγμένη στην περίοδο (Β) για τη θέση “Γέφυρα Κόνιτσας”	81
Πίνακας 5.6. Χαρακτηριστικά αυτοπαλινδρομικών μοντέλων πρόβλεψης	81
Πίνακας 5.7. Αποτελέσματα υπολογισμών συνθετικής χρονοσειράς με τα μοντέλα πρόβλεψης AR(1) και AR(2).....	82
Πίνακας 5.8. Αποτελέσματα διαδικασίας υπολογισμού διακινδύνευσης	83

1. Εισαγωγή

Η διαχείριση των υδάτινων πόρων είναι ένα ζήτημα που αποκτά όλο και μεγαλύτερη σημασία, ιδιαίτερα για τις διασυνοριακές λεκάνες απορροής. Παγκοσμίως υπάρχουν 263 διακρατικές λεκάνες ποταμών, οι οποίες καλύπτουν περισσότερο από το 50% της έκτασης του εδάφους της γης και κατοικούνται από το 40% περίπου του παγκόσμιου πληθυσμού (Αραβώσης, 2000; Ελευθεριάδου και Μυλόπουλος, 2005). Η κλασική προσέγγιση του ζητήματος πολλές φορές έχει οδηγήσει σε αδιέξοδο, οδηγώντας σε μη αναστρέψιμες αλλοιώσεις στα φυσικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των ποταμών. Η καθαρά τεχνοκρατική προσέγγιση για παράδειγμα, επιβάλλει τη μεγιστοποίηση του ποσοτικού οφέλους από ένα υδραυλικό έργο. Αποδείχθηκε, ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορεί να είναι σοβαρές και για το λόγω αυτό πλέον επιβάλλεται η τήρηση κάποιων περιβαλλοντικών όρων όπως η εξασφάλιση κατάντη περιβαλλοντικής παροχής. Σήμερα, υπάρχει μια διεθνής τάση προς μια πιο ολιστική διαχείριση των υδάτινων πόρων που λαμβάνει υπόψη όλα τα σημαντικά πεδία που αφορούν τη διαχείριση των υδάτινων πόρων, όπως η οικονομία, η κοινωνία, και το περιβάλλον και βασίζεται στις αρχές (Αραβώσης, 2000): (α) εξασφάλιση ενός υγιούς περιβάλλοντος, μέσω της διατήρησης της οικολογικής σταθερότητας και της βιοποικιλότητας, (β) δυναμική οικονομία και (γ) κοινωνική ισότητα και διαγενεακή δικαιοσύνη.

Όσον αφορά τις ορεινές περιοχές, η διαχείριση των υδάτινων πόρων και η αξιοποίηση του υδατικού τους δυναμικού αποτελεί πάντοτε ένα επίκαιρο ζήτημα. Ωστόσο, η προστασία του περιβάλλοντος, η ανάπτυξη (οικονομική και συνολική) και οι κοινωνικές αντιδράσεις είναι αλληλένδετες έννοιες που στο σύνολό τους αποτελούν ένα δυσεπίλυτο πρόβλημα. Λανθασμένες αποφάσεις και πολιτικές από την πλευρά του κράτους ή αδικαιολόγητοι φόβοι και αντιδράσεις από την πλευρά των τοπικών κοινωνιών οδηγούν σε αδιέξοδες συγκρούσεις. Για το λόγο αυτό, όταν προκύπτουν τέτοια ζητήματα, απαιτείται νηφαλιότητα και πολύπλευρη διερεύνηση, ώστε να υλοποιούνται έργα με συνολικό όφελος για την κοινωνία και το περιβάλλον.

Ο ποταμός Αώος επιλέχθηκε προς μελέτη γιατί έχει μια σειρά από χαρακτηριστικά που τον καθιστούν ιδιαίτερα ενδιαφέροντα. Καταρχήν, είναι μεγάλο ποτάμι, βρίσκεται στην Ήπειρο, το πλουσιότερο υδατικό διαμέρισμα της χώρας, και η λεκάνη απορροής του είναι διασυνοριακή με έντονα ορεινό χαρακτήρα. Το γεγονός μάλιστα ότι απορρέει στην Αλβανία σημαίνει ότι είναι και η μοναδική περίπτωση ανάντη διασυνοριακού ποταμού στην Ελλάδα (Ελευθεριάδου και Μυλόπουλος, 2005). Επιπροσθέτως, το 1990 ξεκίνησε τη λειτουργία του ο ΥΗΣ Πηγών Αώου, μέσω του οποίου εκτρέπεται υπολογίσιμη ποσότητα υδάτων προς το υδροσύστημα του Αράχθου. Υπάρχουν αρκετές αναφορές για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του έργου, όμως μέχρι σήμερα δεν έχει διεξαχθεί κάποια σχετική μελέτη. Ο ποταμός Βοϊδομάτης, είναι παραπόταμος του Αώου και αποτελεί ένα μοναδικό οικοσύστημα, τόσο από περιβαλλοντικής όσο και από αισθητικής άποψης. Για το λόγο αυτό, θεωρήθηκε απαραίτητο να συμπεριληφθεί στην περιοχή μελέτης. Ένα άλλο χαρακτηριστικό που αφορά το υδροσύστημα στο σύνολό του, είναι ότι η περιοχή μελέτης συμπεριλαμβάνει πληθώρα προστατευόμενων περιοχών, όπως ο Εθνικός Δρυμός Πίνδου, ο Εθνικός Δρυμός Βίκου-Αώου και το Εθνικό Πάρκο Βόρειας Πίνδου (Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου, 2013β). Τον τελευταίο καιρό, έχει εκδηλωθεί επενδυτικό ενδιαφέρον για την αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού του Αώου, φέρνοντας και πάλι στο προσκήνιο το ζήτημα της ουσιαστικής προστασίας των περιοχών αυτών (Κεφαλάς, 2013). Μάλιστα, υπάρχουν

έντονες αντιδράσεις των τοπικών κοινωνιών της περιοχής απέναντι σε ένα νέο υδροηλεκτρικό έργο. Το ζήτημα αυτό, όπως αναλύεται και στη συνέχεια (2.9 Ενεργειακή Αξιοποίηση του Υδατικού Δυναμικού κ Κοινωνικές Αντιδράσεις), έχει διερευνηθεί από τον γράφοντα σε προηγούμενη έρευνά του (Λεονταρίτης 2013α).

Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει στη βιβλιογραφία κάποια υδρολογική μελέτη μετά την κατασκευή του φράγματος πηγών Αώου (1988). Οι διάφορες μελέτες που αφορούν την περιοχή και απαιτούν υδρολογικές πληροφορίες για την εκπλήρωσή τους, χρησιμοποιούν μόνο παλαιές μετρήσεις. Για την περίοδο μετά την κατασκευή του φράγματος, οι μετρήσεις περιορίζονται στη θέση “Βωβούσα” και δεν υπάρχουν δεδομένα για τις κατάντη θέσεις. Έτσι, οποιαδήποτε εργασία στηριχθεί στις παλαιότερες μετρήσεις θα έχει ενσωματώσει εξαρχής ένα σφάλμα: την παράβλεψη της επίδρασης του φράγματος πηγών Αώου στην παροχή του ποταμού. Επίσης, δεν υπάρχει κάποια εργασία που να έχει συγκεντρωμένα στοιχεία για τον Αώο, τόσο υδρολογικά όσο και γεωγραφικά. Επομένως, όποιος επιθυμεί να ασχοληθεί με τη διερεύνηση της περιοχής θα έρθει εκ των πραγμάτων αντιμέτωπος με τη δυσκολία αυτή.

Κύριος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να αποτελέσει ένα υπόβαθρο για την περαιτέρω διερεύνηση του υδροσυστήματος Αώου-Βοϊδομάτη. Βασική πτυχή για την επίτευξη του στόχου αυτού είναι η ποσοτικοποίηση της μείωσης της παροχής σε διάφορα σημεία του ποταμού λόγω της κατασκευής του φράγματος. Αυτό, έχει ιδιαίτερη σημασία για κάποιον επιστήμονα που μελετάει την περιοχή από οποιαδήποτε σκοπιά (υδρολογική, οικολογική, κτλ.). Άλλωστε, εκτός των άλλων αποτελεί και ένα μέτρο για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του φράγματος σε κάθε τμήμα του ποταμού. Με την ποσοτικοποίηση αυτή, επί της ουσίας επικαιροποιούνται τα διαθέσιμα υδρολογικά δεδομένα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικές μελέτες ως πρωτογενή δεδομένα που εκφράζουν τη σημερινή κατάσταση. Όσον αφορά το μέλλον, σκοπός είναι η πρόβλεψη των μηνιαίων τιμών της παροχής των δύο ποταμών σε διάφορες θέσεις, μέσω κατάλληλης μοντελοποίησης. Έτσι μπορεί να γίνει και εκτίμηση της διακινδύνευσης μη επάρκειας των υδάτων για την κάλυψη των αναγκών που απορρέουν από τις υπάρχουσες χρήσεις νερού.

Η μελέτη ενός υδροσυστήματος απαιτεί συγκεκριμένα διαδοχικά βήματα, που καθορίζουν και τη δομή της παρούσας εργασίας. Αρχικά, γίνεται παρουσίαση της περιοχής μελέτης, η οποία περιλαμβάνει τα γεωγραφικά, τα γεωλογικά και τα κλιματικά της χαρακτηριστικά, τις χρήσεις νερού αλλά και την κοινωνική-πολιτισμική της ταυτότητα (2. Παρουσίαση Περιοχής Μελέτης). Επόμενο, πολύ σημαντικό βήμα είναι η συλλογή υδρολογικών και γεωγραφικών δεδομένων καθώς και ο καθορισμός των αναγκών σε νερό. Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται τα δεδομένα αυτά και οι πηγές τους. Όσον αφορά τα υδρολογικά δεδομένα, γίνεται μια αρχική επεξεργασία τους και παρουσιάζονται σε διαγράμματα και πίνακες. Εξάγονται τα πρώτα συμπεράσματα σχετικά με την απόκριση της λεκάνης απορροής των δύο ποταμών και αξιολογείται η αξιοπιστία των δεδομένων.

Μετά τη βασική τους επεξεργασία τα δεδομένα μπορούν να συμπληρωθούν – επεκταθούν με χρήση κατάλληλων μοντέλων. Αποτέλεσμα είναι η δημιουργία μιας συμπαγούς ιστορικής χρονοσειράς μηνιαίων παροχών για μια συγκεκριμένη περίοδο (εν προκειμένω 1950-2012) στις διάφορες θέσεις των δύο ποταμών. Έχοντας λοιπόν διαθέσιμη την ιστορική αυτή χρονοσειρά, μπορούν να κατασκευαστούν διάφορα διαγράμματα για την παρουσίαση των πρωτογενών δεδομένων και των αποτελεσμάτων.

Παράλληλα γίνεται και απεικόνιση των εποχικών ή διαχρονικών διακυμάνσεων της παροχής στις διάφορες θέσεις που μελετήθηκαν. Σε κάθε περίπτωση, σκοπός είναι η δημιουργία εργαλείων για την απόκτηση μιας γενικής εποπτείας του υδροσυστήματος και της απόκρισής του πριν και μετά την κατασκευή του φράγματος. Τέλος, ακολουθεί η παραγωγή μιας συνθετικής χρονοσειράς παροχών μήκους 50 ετών, μέσω της πρόβλεψης των τιμών της παροχής στο μέλλον με κατάλληλα μοντέλα, και ο υπολογισμός της διακινδύνευσης μη επάρκειας των υδάτων για την κάλυψη των υφιστάμενων αναγκών.

Η μεθοδολογία και τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν για την κατασκευή του υδρολογικού μοντέλου παρουσιάζονται στο τέταρτο κεφάλαιο (4. Ανάπτυξη – Εφαρμογή Μοντέλου Υδατικού Ισοζυγίου). Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα (Κεφάλαιο 5) και τα συμπεράσματα που προκύπτουν (Κεφάλαιο 6).



Σχήμα 1.1. Δορυφορική Εικόνα Υδροσυστήματος Αώου-Βοϊδομάτη (USGS, 2013). Διακρίνεται με κόκκινη γραμμή η λεκάνη απορροής του Αώου

2. Παρουσίαση Περιοχής Μελέτης

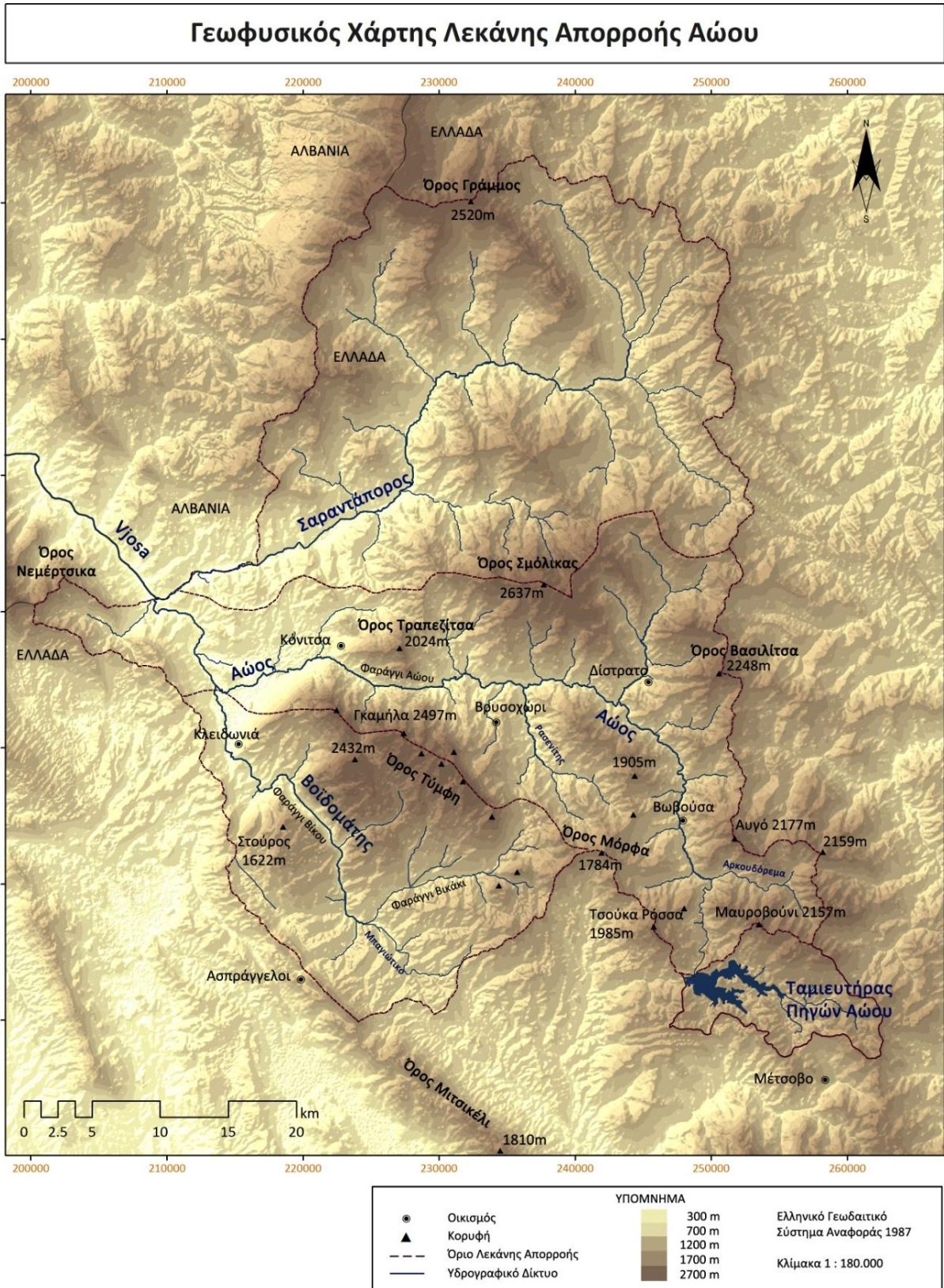
Το υδροσύστημα Αώου-Βοϊδομάτη έχει ορισμένα πολύ ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τα οποία παρουσιάζονται στο κεφάλαιο αυτό. Είναι σημαντικό να αποκτήσει κανείς μια διευρυμένη εικόνα για την περιοχή πριν προχωρήσει στη μελέτη της. Η υδρολογική ανάλυση και τα αποτελέσματα που θα προκύψουν, μπορούν να οδηγήσουν σε ασφαλή συμπεράσματα μόνο υπό το πρίσμα των ιδιαίτερων τοπικών χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής του υδροσυστήματος. Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζεται η γεωγραφία, το ανάγλυφο και η γεωλογία της περιοχής καθώς και οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις-χρήσεις νερού εντός της υπό μελέτη λεκάνης. Πέραν όμως αυτών των στοιχείων, για την ολοκληρωμένη διαχείριση ενός υδροσυστήματος είναι απαραίτητες κάποιες πληροφορίες σχετικά με το οικοσύστημα που το περιβάλλει αλλά και με τις τοπικές κοινωνίες που έχουν αναπτυχθεί και συνδέονται μαζί του. Τέλος, η αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού του Αώου είναι ένα επίκαιρο ζήτημα που συνδέεται άμεσα με τα παραπάνω. Η ανάλυση του, τόσο από τεχνική όσο και από κοινωνική και οικολογική σκοπιά παρουσιάζεται σε ξεχωριστή παράγραφο στο τέλος του κεφαλαίου (2.9 Ενεργειακή Αξιοποίηση του Υδατικού Δυναμικού κ Κοινωνικές Αντιδράσεις).

2.1 Λεκάνη Απορροής - Γεωγραφικά Χαρακτηριστικά

Το υδροσύστημα Αώου-Βοϊδομάτη χωρίζεται στις υπολεκάνες των δύο ποταμών. Ακολουθεί η περιγραφή τους και η ανάλυση των γεωγραφικών χαρακτηριστικών τους, με τη μορφή περιήγησης από τις πηγές τους, μέχρι τη συμβολή τους και τον κοινό τους ρου μέχρι τα σύνορα με την Αλβανία, όπου συναντούν τον ποταμό Σαραντάπορο. Τα στοιχεία αυτά απεικονίζονται στους εποπτικούς χάρτες της περιοχής που παρατίθενται στη συνέχεια (Σχήμα 2.1 και Σχήμα 2.2).

Αώος

Ο ποταμός Αώος (Vjosa) έχει συνολικό μήκος 260km εκ των οποίων τα 70km βρίσκονται σε ελληνικό έδαφος. Στη συνέχεια ρέει διαμέσου της Αλβανίας, όπου εκβάλλει στην Αδριατική θάλασσα, στο Fieri. Χωρίζεται στον άνω ρου, από τις πηγές του μέχρι τη συμβολή του με τον Βοϊδομάτη και στον κάτω ρου από εκεί έως τα ελληνοαλβανικά σύνορα. Οι πηγές του Αώου εντοπίζονται στο οροπέδιο των Πολιτών, βόρεια του Μετσόβου, σε υψόμετρο 1300m. Η υπολεκάνη αυτή του Αώου αποτελείται κατά κύριο λόγο από τις νότιες πλαγιές του όρους Μαυροβούνι (2157m). Ωστόσο, μετά την κατασκευή του φράγματος πηγών Αώου (1988), τα ύδατα που δεσμεύονται στον ταμιευτήρα εκτρέπονται εξολοκλήρου στον ποταμό Μετσοβίτικο, παραπόταμο του Αράχθου, και δεν υπάρχει οικολογική παροχή κατάντη του φράγματος (βλ. 2.4 Ο ΥΗΣ Πηγών Αώου). Έτσι το τμήμα αυτό του Αώου ανήκει εξολοκλήρου στο υδροσύστημα του Αράχθου. Κατάντη του φράγματος η κοίτη του ποταμού είναι σχεδόν ξερή. Στη συνέχεια, ο ποταμός κινείται με βορειοδυτικό προσανατολισμό και συλλέγονται οι απορροές από τα όρη Τσούκα Ροσσα (1985m) και Φλάμπουρο (1803m) μέχρι τη θέση Σμιξώματα, όπου «σμίγει» με το Αρκουδόρεμα. Η παροχή του ποταμού είναι πολύ χαμηλή στο τμήμα αυτό, το οποίο μάλιστα έχει χαρακτηριστεί ως Ιδιαίτερα Τροποποιημένο Υδάτινο Σώμα (ΙΤΥΣ) σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά της Ε.Ε. (2000/60/ΕΚ).



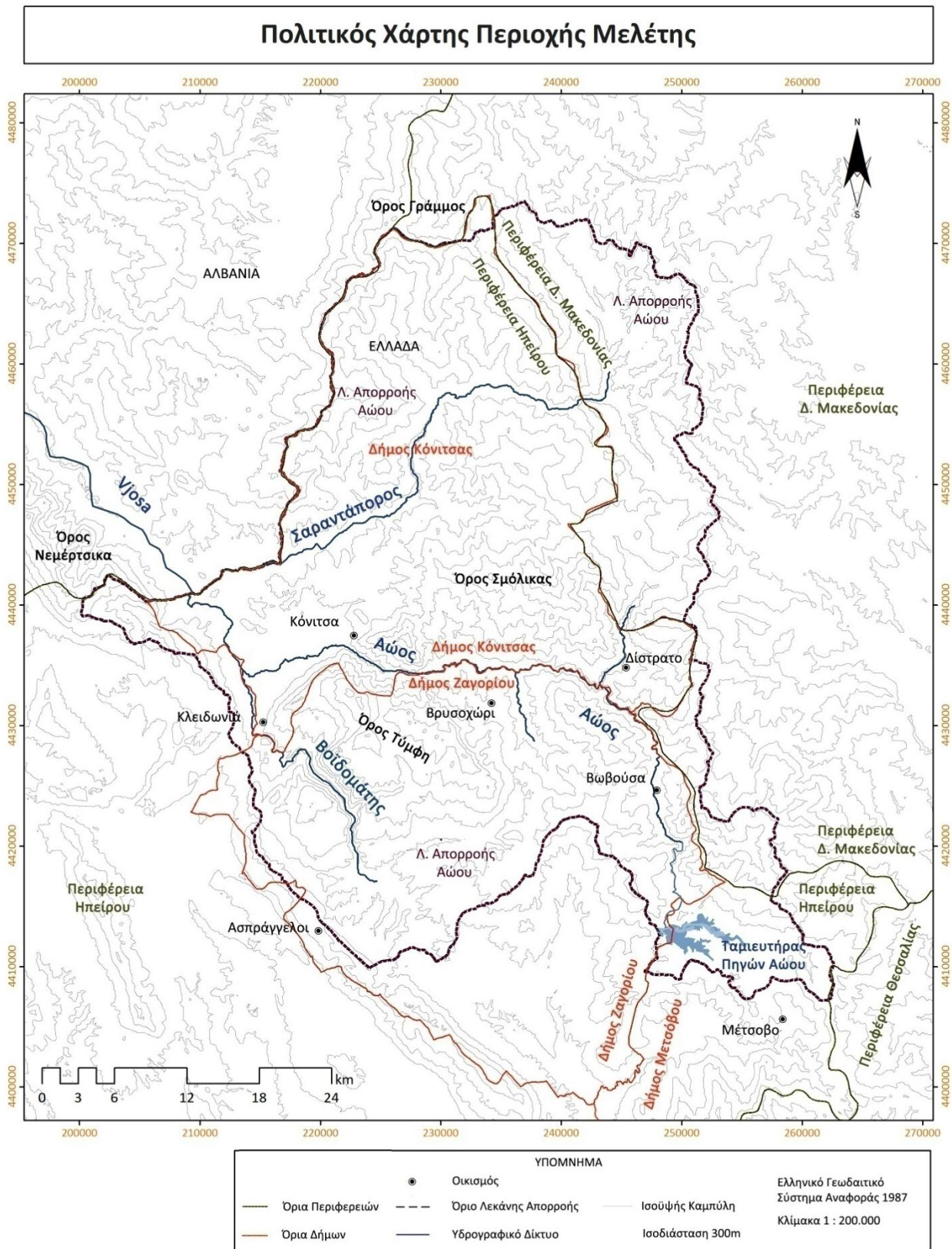
Σχήμα 2.1. Γεωφυσικός χάρτης περιοχής μελέτης

Το Αρκουδόρεμα έχει σχετικά υψηλή παροχή, και συμπεριλαμβάνει όλες τις απορροές του Εθνικού Δρυμού Πίνδου. Η λεκάνη απορροής του συμπεριλαμβάνει τις βόρειες πλαγιές του όρους Μαυροβούνι, το μεγαλύτερο τμήμα του όρους Αυγό (2177m), καθώς και τα όρη Πυροστιά (1966) και Κακοπλεύρι (2159). Η περιοχή αυτή είναι ιδιαίτερα ορεινή και το ύψος της ετήσια βροχόπτωσης αγγίζει τα 1800mm, καθιστώντας την ίσως την πιο υγρή περιοχή της χώρας. Από το σημείο αυτό, ο ποταμός συνεχίζει σε βόρεια - βορειοδυτική κατεύθυνση, διέρχεται μέσα από τον οικισμό Βωβούσα και στη συνέχεια, στις υπόρριες του Σμόλικα (2637m), κοντά στον οικισμό Δίστρατο, στρέφεται προς τα δυτικά. Στο διάστημα αυτό η παροχή του ποταμού ενισχύεται σημαντικά καθώς συμβάλλουν πολλοί παραπόταμοι και ρέματα, όπως ο Βαθύλακκος, ο Καταρράκτης, το ρέμα του Στάθη, το ρέμα της Νεροτριβής κ.α. Τα νερά αυτά προέρχονται από το επίσης ορεινό τμήμα της λεκάνης που συμπεριλαμβάνει τον ορεινό όγκο της Μόρφας στα δυτικά (Κουκουρούντζος 1784m, Μόρφα 1534m, Φλάμπουρο 1905m) και τις δυτικές, τις νότιες και τις βόρειες πλαγιές του όρους Βασιλίτσα (2248m). Σημειώνεται ότι μέχρι αυτό το σημείο, η λεκάνη απορροής στο σύνολό της αποτελείται από αδιαπέρατους οφιολιθικούς σχηματισμούς και φλύσχη.

Ο Αώος, στη συνέχεια, κινείται σε γενικά δυτικό προσανατολισμό ανάμεσα στους μεγάλους ορεινούς όγκους της Τύμφης και του Σμόλικα (Λάκκα Αώου), διέρχεται από το εντυπωσιακό φαράγγι του Αώου που ορίζεται από τις βορεινές ορθοπλαγιές της Τύμφης (2497m) και τις νότιες απότομες πλαγιές του όρους Τραπεζίτσα (2024m) και καταλήγει στο γεφύρι της Κόνιτσας. Η Λάκκα του Αώου είναι γνωστή για τα βλαχόφωνα, πλην του Ελεύθερου, χωριά της Δίστρατο, Άρματα, Πάδες, Παλαιοσέλι και Ελεύθερο. Τα χωριά αυτά ανήκουν διοικητικά στην Κόνιτσα και βρίσκονται στις νότιες πλαγιές του όρους Σμόλικα. Από εδώ απορρέουν ρέματα και παραπόταμοι όπως ο Ασπροπόταμος, το Μικρό Ποτάμι και το ρέμα Λάκκος. Στα νότια, στις ανατολικές υπόρριες της Τύμφης βρίσκεται το λεγόμενο Βλαχοζάγορο, το οποίο ανήκει διοικητικά στο Ζαγόρι και αποτελείται από τα βλαχόφωνα χωριά Βρυσσώρι, Ηλιοχώρι και Λάιστα. Αξιοσημείωτος είναι ο παραπόταμος Ρασενίτης, ο οποίος απορρέει από την ευρύτερη περιοχή της Λάιστας-Μόρφας. Το ρέμα του Βρυσσώριου, περιλαμβάνει τις απορροές των ανατολικών και βορειοανατολικών πλαγιών της Τύμφης (Γκούρα 2467m, Τσουκά Ρόσσα 2377m) αλλά και κάποιες εκφορτίσεις του καρστικού συστήματος της Τύμφης. Μέσα στο φαράγγι του Αώου, συμβάλλει πληθώρα ρεμάτων αλλά και πηγών που αποτελούν εκφορτίσεις του καρστικού συστήματος της Τύμφης. Στις απορροές περιλαμβάνεται το όρος Τραπεζίτσα και οι βόρειες πλαγιές της Τύμφης (Μεγάλα Λιθάρια 2467, Καρτερό 2478, Γκαμήλα 2497m, Λάπατος 2254m). Το τμήμα αυτό της λεκάνης απορροής κυριαρχείται από ασβεστολιθικούς σχηματισμούς.

Από το γεφύρι της Κόνιτσας (450m) μέχρι το σημείο συμβολής του Αώου με το Βοϊδομάτη, ο ποταμός ρέει στο λεκανοπέδιο της Κόνιτσας. Το τμήμα αυτό της λεκάνης απορροής είναι πεδινό-ημιορεινό, με χαμηλές σχετικά βροχοπτώσεις (περίπου 1000mm). Σημαντικές είναι οι καρστικές πηγές Καλλιθέας και Βωβού που αποτελούν εκφορτίσεις του χαμηλότερου βορειοδυτικού τμήματος της Τύμφης.

Ο κάτω ρους του Αώου, από το σημείο συμβολής του με το Βοϊδομάτη μέχρι τα ελληνοαλβανικά σύνορα όπου συναντά τον Σαραντάπορο έχει μικρό μήκος και περιορισμένη λεκάνη απορροής. Αξιοσημείωτη είναι η συμβολή διαφόρων πηγών που αποτελούν εκφορτίσεις του καρστικού συστήματος του όρους Νεμέρτσικα (2496m), καθώς και οι αντίστοιχες απορροές των βορεινών πλαγιών.



Σχήμα 2.2. Πολιτικός χάρτης περιοχής μελέτης

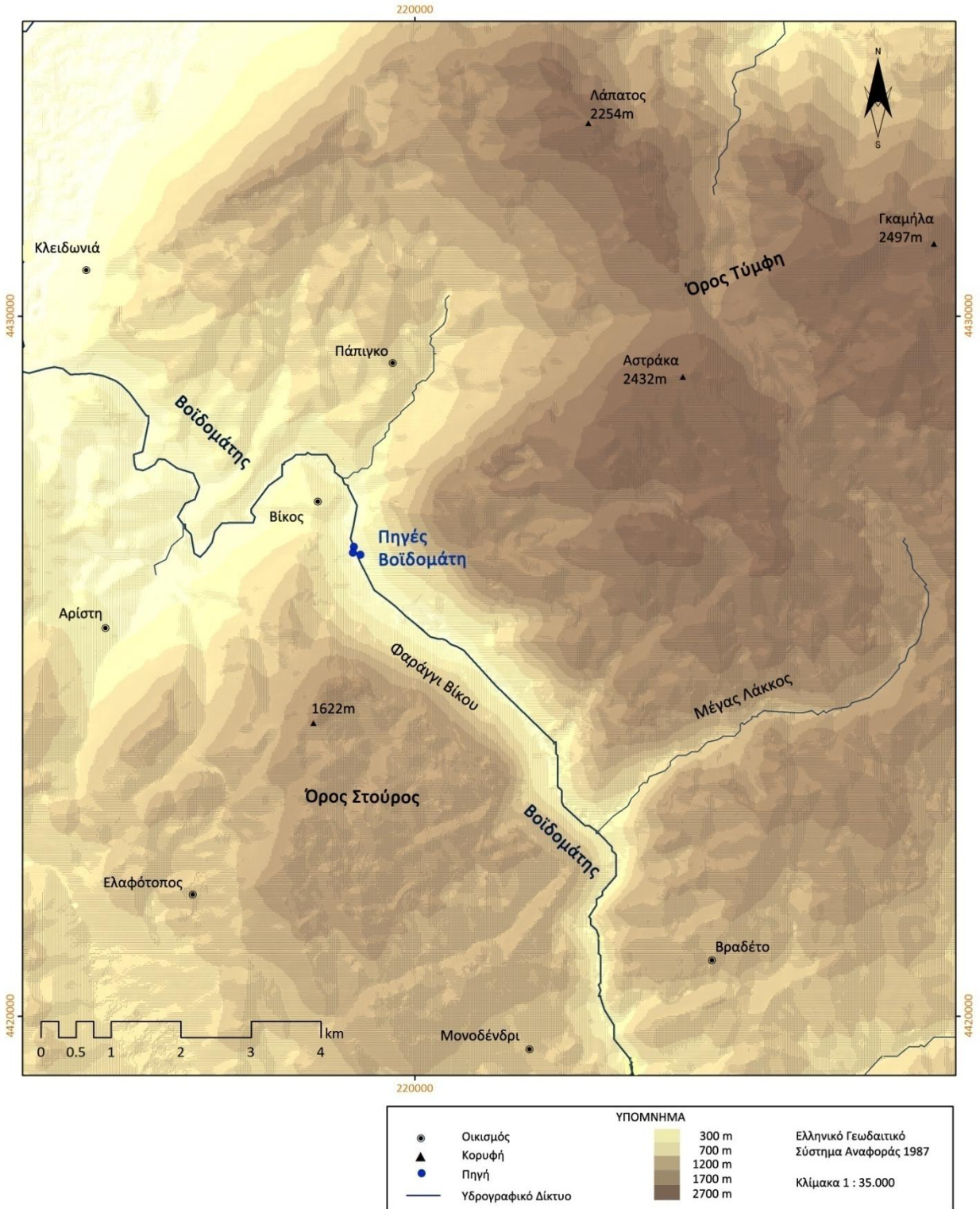
Βοϊδομάτης

Ο ποταμός Βοϊδομάτης είναι παραπόταμος του Αώου. Έχει μήκος μεγαλύτερο των 30km εκ των οποίων τα 12km αποτελούνται από το φαράγγι του Βίκου, όπου βρίσκονται και οι κύριες πηγές του (Σχήμα 2.3) κάτω από το ομώνυμο χωριό (πηγές Οικονόμου και Γκαστρωμένη). Έτσι και αυτός ο ποταμός χωρίζεται στο άνω τμήμα και το κάτω τμήμα, ανάντη και κατάντη των κύριων πηγών του αντίστοιχα. Το άνω τμήμα χαρακτηρίζεται από την εποχική του επιφανειακή ροή. Το ποτάμι στο τμήμα αυτό έχει μόνιμη επιφανειακή ροή μόνο κατά την περίοδο Νοεμβρίου-Ιουνίου. Η ροή αυτή αφενός οφείλεται στην τήξη του χιονιού που είναι συσσωρευμένο στον εκτενή ορεινό όγκο της Τύμφης και αφετέρου στις υψηλές βροχοπτώσεις. Κατά τους υπόλοιπους μήνες η κοίτη είναι ξερή και υπάρχει ροή μόνο λόγω της επιφανειακής απορροής της λεκάνης όταν σημειώνονται βροχοπτώσεις. Αυτό εν μέρει οφείλεται και στη γεωλογία της περιοχής, η οποία χαρακτηρίζεται από ένα πολύπλοκο και εκτενές καρστικό σύστημα. Η κυριαρχία των υδροπερατών ασβεστόλιθων στην περιοχή έχει ως αποτέλεσμα τη διείσδυση του νερού σε βαθιά στρώματα. Έτσι το νερό είτε διοχετεύεται στους υπόγειους υδροφορείς είτε κάποιες φορές εκφορτίζεται μέσω επιφανειακών πηγών (βλ. 2.2 Γεωλογία) εκεί όπου συναντά αδιαπέραστα στρώματα και προκαλείται ανακοπή στην κατείδουση του και διασπορά του (Δασαρχείο Ιωαννίνων, 2008). Ένα βασικό στοιχείο που οδηγεί σε αυτό το συμπέρασμα είναι τα πολυάριθμα σπηλαιοβάραθρα (Σπήλαιο Προβατίνας -408m, Χάσμα του Έπους -451m, Γκαϊλότρυπα -155m, Τρύπα της Νύμφης -282m, Τρύπα της Λυγερής -330m, Τρύπα του Όρνιου που είναι και το βαθύτερο βάραθρο στην ηπειρωτική Ελλάδα με βάθος -584m κ.α.) τόσο στην περιοχή του κεντρικού Ζαγορίου όσο και στους ορεινούς όγκους της Τύμφης και του Στούρου (1622m). Επίσης είναι χαρακτηριστικό, ότι πολλά από τα χωριά του κεντρικού Ζαγορίου, παρόλο που βρίσκονται σε μια ορεινή περιοχή με υψηλές βροχοπτώσεις, υδρεύονται με νερό που μεταφέρεται αρκετά χιλιόμετρα με αγωγούς από το Βρυσσώρι.

Η υπολεκάνη απορροής του άνω τμήματος συμπεριλαμβάνει το όρος Στούρος και το μεγαλύτερο μέρος της Τύμφης στα βόρεια, τις ανατολικές πλαγιές του βόρειου τμήματος του όρους Μιτσικέλι (1810m) στα δυτικά, τα όρη Κούστα (1729m) και Κοζακός (1622m) στα ανατολικά και ένα μεγάλο τμήμα του κεντρικού Ζαγορίου κεντρικά και νότια. Οι οικισμοί που βρίσκονται στην υπολεκάνη είναι οι Ασπράγγελοι και η Ελάτη στα νοτιοδυτικά, οι Νεγάδες, το Τσεπέλοβο και το Σκαμνέλι στα ανατολικά και το Καπέσοβο, το Κουκούλι, οι Κήποι, η Βίτσα, το Δίλοφο και το Βραδέτο στα βόρεια και κεντρικά. Τα κυριότερα ρέματα και παραπόταμοι είναι ο Ξηροπόταμος, το Βικάκι ή Σκαμνελλιώτικο, το Μπαγιώτικο και η Ντόβρη. Εδώ είναι χτισμένα και τα διάσημα πέτρινα τοξωτά γεφύρια του Ζαγορίου (Μίσσιου, Πλακίδα, Κόκκορη, Κοντοδήμου, Στάθη, Χάτσιου κ.α.). Σημειώνεται επίσης ότι όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.9, η υπολεκάνη αυτή αποτελείται σχεδόν στο σύνολό της από προστατευόμενες περιοχές.

Το κάτω τμήμα του ποταμού έχει υψηλή παροχή όλη τη διάρκεια του χρόνου. Στην πορεία του μέχρι το Γεφύρι της Κλειδωνιάς διασχίζει το ανέγγιχτο φαράγγι του Βοϊδομάτη. Σε όλο το μήκος του, ο ποταμός δέχεται πληθώρα καρστικών πηγών σε διάφορα σημεία. Λόγω της φύσεως των πηγών αυτών αλλά και των κυρίως πηγών του (βλ. 2.2 Γεωλογία), η παροχή διατηρείται σχετικά υψηλή ακόμα και κατά τους ξηρούς θερινούς μήνες. Στην υπολεκάνη απορροής του τμήματος αυτού συμπεριλαμβάνεται το βορειοδυτικό τμήμα της Τύμφης (Αστράκα 2432m) και οι ορεινές και ημιορεινές περιοχές ανάμεσα στην Τύμφη και το Στούρο. Εδώ βρίσκονται οι οικισμοί Μεγάλο Πάπιγκο, Μικρό Πάπιγκο, Βίκος, Αρίστη, Άγιος Μηνάς, Κλειδωνιά και Άνω Κλειδωνιά.

Χάρτης Πηγών Βοϊδομάτη



Σχήμα 2.3. Χάρτης Πηγών Βοϊδομάτη

2.2 Γεωλογία

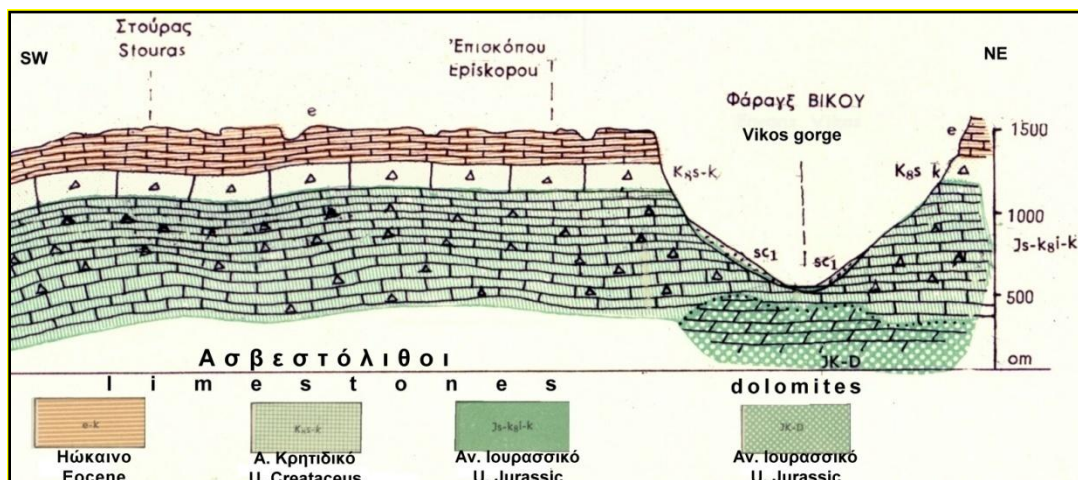
Η περιοχή μελέτης κυριαρχείται από οφιολιθικά και ασβεστολιθικά πετρώματα. Η υπολεκάνη του Αώου καλύπτεται σε μεγάλο ποσοστό από αδιαπέρατους σχηματισμούς οφιόλιθων και φλύσχη (Σμόλικας, Βασιλίτσα, Μαυροβούνι, Αυγό, Τσούκα Ρόσσα, Μόρφα). Μικρό μέρος της διαδρομής του γίνεται ανάμεσα στους ανθρακικούς σχηματισμούς της Βόρειας Τύμφης και του όρους Τραπεζίτσα όπου σχηματίζεται το φαράγγι του Αώου. Η διαδρομή του φαραγγιού του Αώου καθορίστηκε από τη γεωμετρία των στρώσεων των ασβεστόλιθων και τον προσανατολισμό των ρηγμάτων. Μεγάλα κανονικά ρήγματα με διεύθυνση ΒΔ - ΝΑ ταυτίζονται με τη διεύθυνση του φαραγγιού, το οποίο είναι αποτέλεσμα της διάβρωσης των ασβεστόλιθων από το νερό. Στα κατακόρυφα πρηνή αποκαλύπτεται η στρωματογραφία των γεωλογικών σχηματισμών. Στη βάση απαντώνται γκρι χρώματος δολομίτες, συμπαγείς, θρομβώδεις και κατά θέσεις κονιορτοποιημένοι, οι οποίοι εξελίσσονται προς τα πάνω σε εναλλαγές με μαύρους κερατόλιθους. Η ηλικία τους αρχίζει από το Ανώτερο Ιουρασικό (160 εκ. χρόνια) μέχρι το Κατώτερο Σενώνιο (80 εκ. χρόνια). Στη συνέχεια υπάρχουν πλακώδεις ασβεστόλιθοι με θραύσματα ρουδιστών ηλικίας Ανώτερου Σενωνίου και ασβεστόλιθοι λευκοί μεσοπλακώδεις ηλικίας Ηωκαίνου (35 εκ. χρόνια). Στην κορυφή η σειρά τελειώνει με το σχηματισμό του φλύσχη από ψαμμίτες και ιλυολίθους ηλικίας 35-15 εκ. χρόνια (Αναπτυξιακή Ηπείρου, 2012). Η νότια πλευρά του φαραγγιού είναι πιο απότομη σε σχέση με τη βόρεια. Βαθιές και απότομες ρεματιές διαπερνούν τις κατακόρυφες ορθοπλαγιές, μεταφέροντας χαμηλά στον Αώο μεγάλες ποσότητες υλικών αποσάθρωσης των ασβεστόλιθων. Επίσης υπάρχει πληθώρα πηγών.

Η υπολεκάνη του Βοϊδομάτη αποτελείται τόσο από αδιαπέρατους οφιολιθικούς σχηματισμούς (ανατολικό Ζαγόρι) όσο και από ανθρακικούς σχηματισμούς, κυρίως του ορεινού όγκου της Τύμφης και του Στούρου. Οι ορεινοί αυτοί όγκοι εκφορτίζονται από καρστικές πηγές που αποτελούν και τις κυρίως πηγές του ποταμού (πηγή Οικονόμου, πηγή Γκαστρωμένης, πηγή Αράπη). Η περιοχή απεικονίζεται στο Σχήμα 2.3.. Εδώ οι γεωλογικές διεργασίες έφεραν στην επιφάνεια τους υπόγειους αγωγούς. Το νερό από τις βροχές και το λιώσιμο του χιονιού στον ορεινό όγκο της Τύμφης κυλάει μέσα από τις ρωγμές των ασβεστόλιθων μέσω ενός δαιδαλώδους δικτύου υπόγειων αγωγών. Τα μεγάλα ρήγματα, όπως το ρήγμα της Αστράκας, συμβάλλουν στο να αναπτυχθούν προνομαϊκές ροές σε μεγάλους αγωγούς οι οποίοι αποκαλύφθηκαν όταν ο Βοϊδομάτης διέβρωσε σε βάθος τους ασβεστόλιθους και σήμερα αποτελούν τις πηγές αυτές. Η μέση θερμοκρασία του νερού είναι 9°C, χωρίς ουσιαστικές εποχικές μεταβολές. Εξαιρεση αποτελεί η πηγή Γκαστρωμένη, η οποία είναι διαλείπουσα πηγή με θεαματικές διακυμάνσεις στην υγρή και ξηρή περίοδο, φαινόμενο που της προσέδωσε και το σχετικό όνομα. (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, 2009). Επίσης ασβεστολιθικά πετρώματα εντοπίζονται τόσο στην περιοχή του Ζαγορίου όσο και στα όρη Κούστα και Κοζακός.

Κυρίαρχο γεωλογικό χαρακτηριστικό ολόκληρης της περιοχής μελέτης είναι το επιβλητικό φαράγγι του Βίκου. Θεωρείται από τα μεγαλύτερα και πιο εντυπωσιακά ασβεστολιθικά φαράγγια της Ευρώπης. Έχει μήκος 12 χλμ., πλάτος που κυμαίνεται μεταξύ 200μ. και 1.5 χλμ. και μέγιστο βάθος 1200μ. Η χαράδρα του Βίκου είναι μια από τις μεγαλύτερες και βαθύτερες του κόσμου και έχει καταχωρηθεί στο βιβλίο Guinness ως η πιο βαθιά, με βάθος 900 μέτρα και άνοιγμα μόνο 1100 μέτρα. Είναι εντυπωσιακή, με κάθετους γεωλογικούς σχηματισμούς, εναλλαγή οικοσυστημάτων, ιδιαίτερο μικροκλίμα, πλούσια βιοποικιλότητα με έντονο ενδημισμό και αποτελεί ένα από τα λίγα εναπομείναντα καταφύγια άγριας

ζωής στην Ευρώπη. Το αρχικό τμήμα της, ένα φαράγγι ιδιαίτερα στενό, ονομάζεται Βικάκι, ενώ παρακλάδια της θεωρούνται τα φαράγγια του Μέγα Λάκκου και της Μεζαριάς. Το Βικάκι είναι μικρογραφία του φαραγγιού του Βίκου και αποτελεί ταχύτατα διαμορφωμένη δομή κατακόρυφης ποτάμιας διάβρωσης, η οποία αναπτύχθηκε πάνω στα ίχνη των ρηγμάτων με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Η διαμόρφωση του φαραγγιού έλαβε χώρα την τελευταία παγετώδη περίοδο, στο ανώτερο Πλειστοκαινο, όταν η υποχώρηση των παγετώνων απελευθέρωσε μεγάλες ποσότητες νερού που διάβρωσαν ταχύτατα τους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς. Στο τέλος του Πλειστοκαίνου, όταν κατά τον τήξιμο των παγετώνων απελευθερώθηκαν μεγάλες ποσότητες νερού. Το τελευταίο τμήμα της χαράδρας του Βίκου, που είναι γνωστό και ως φαράγγι του Βοϊδομάτη, διαρρέεται από τον ομώνυμο ποταμό καθόλη τη διάρκεια του έτους. Το φαράγγι του Βοϊδομάτη είναι υδατογενές δημιούργημα και το πέτρωμά του είναι ασβεστολιθικό, με εντυπωσιακούς τεταρτογενείς σχηματισμούς και στρώσεις φλύσχη (Αναπτυξιακή Ηπείρου, 2012).

Όλος ο χώρος ανάπτυξης του φαραγγιού είναι ένα σύνολο γεωτόπων καθέναν από τους οποίους είναι αντιπροσωπευτικός των επιμέρους γεωλογικών διεργασιών. Τα στρώματα είναι υποοριζόντια και αποκαλύπτεται σε φυσική κλίμακα η στρωματογραφική αλληλουχία της Ιόνιας ζώνης από το Ανώτερο Ιουρασικό μέχρι το Κατώτερο Μειόκαινο (Σχήμα 2.4). Στη βάση του φαραγγιού υπάρχουν οι δολομιτικοί ασβεστόλιθοι της Βίγλας ηλικίας 160εκ χρόνων, στην κορυφή ασβεστόλιθοι Ηωκαίνου ηλικίας 40 εκ. χρόνων και τέλος σχηματισμός του φλύσχη ηλικίας 20 εκ. χρόνων (Αναπτυξιακή Ηπείρου, 2012).



Σχήμα 2.4. Γεωλογική τομή στο φαράγγι του Βίκου. Πηγή: ΙΓΜΕ 1968

Κατά μήκος του ποταμού παρατηρούνται ποτάμιες αναβαθμίδες σε διαφορετικά υψόμετρα που φανερώνουν τις μεταβολές του ποταμού στο Πλειστόκαινο. Οι ποτάμιες αναβαθμίδες και οι βραχοσκεπές κατά μήκος του ποταμού αποτέλεσαν ασφαλή καταφύγια για τον προϊστορικό άνθρωπο. Οι αρχαιολογικές έρευνες έφεραν στο φως σημαντικά ευρήματα της ανθρώπινης δραστηριότητας στο τέλος του Ανώτερου Πλειστοκαίνου (Αναπτυξιακή Ηπείρου, 2012).

Στο πεδινό τμήμα της λεκάνης, στο τεκτονικό βύθισμα της Κόνιτσας, εμφανίζονται κατά μήκος του ομώνυμου μεγάλου ρήγματος οι καρστικές πηγές της Καλλιθέας και Βωβού. Το ρήγμα της Κόνιτσας αποτελεί κυρίαρχη γεωλογική δομή και είναι υπεύθυνο για τη μεγάλη ταπείνωση του αναγλύφου. Στην ενεργοποίηση αυτού του ρήγματος οφείλεται ο ισχυρός σεισμός του 1996, που προκάλεσε μεγάλες ζημιές στην Κόνιτσα. Είναι σαφής η οριοθέτηση του ρήγματος και ταυτίζεται με την απότομη αλλαγή της μορφολογίας, από το υψηλό ανάγλυφο της Τύμφης στο χαμηλό της λεκάνης της Κόνιτσας. Εκτείνεται σε μήκος 25 χλμ. με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, με μέγιστο άλμα που φθάνει τα 1.000 μ. Στο κατερχόμενο τέμαχος του ρήγματος αναπτύσσονται πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων Πλειστοκαινικής ηλικίας. Τα μεγάλα ποτάμια του Αώου και του Βοϊδομάτη παρακολούθησαν διαχρονικά την εξέλιξη αυτή. Στην έξοδό τους τέμνουν κάθετα το ρήγμα της Κόνιτσας και σχηματίζουν ποτάμια αναβαθμίδες από κροκάλες ασβεστολιθικές και άμμους. Η έξοδος του Βοϊδομάτη έχει μορφή V, που είναι αντιπροσωπευτικός τύπος έντονης κατακόρυφης διάβρωσης (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, 2009). Πριν την είσοδο του στην Αλβανία, ο ποταμός δέχεται τις πλευρικές καρστικές εκφορτίσεις του όρους Νεμέρτσικα, το οποίο αποτελείται κυρίως από ασβεστολιθικά πετρώματα.

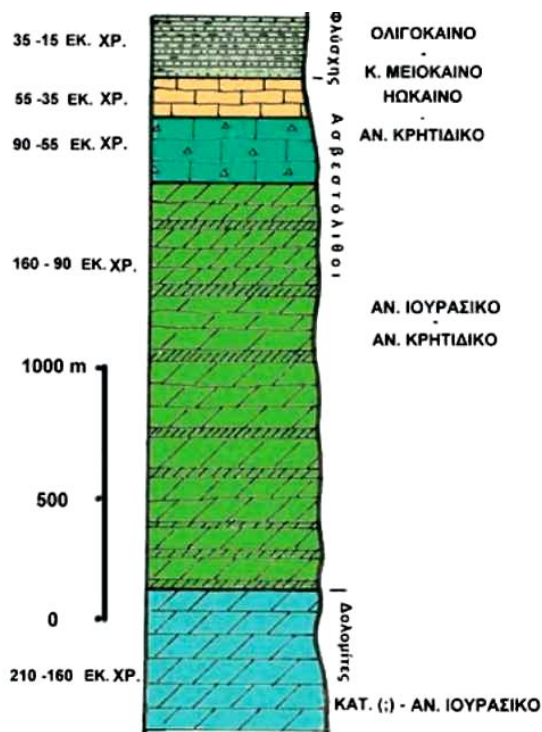
Γενικά, η γεωλογία και γεωμορφολογία της περιοχής μελέτης παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Την 1η Οκτωβρίου 2010 μάλιστα, η ευρύτερη περιοχή του Βίκου – Αώου εξαιτίας της μεγάλης γεωλογικής και γεωμορφολογικής της αξίας χαρακτηρίστηκε ως Γεωπάρκο Βίκου – Αώου και εντάχθηκε στο Ευρωπαϊκό Δίκτυο Γεωπάρκων της UNESCO. Στο Γεωπάρκο Βίκου – Αώου περιλαμβάνονται η οροσειρά της Τύμφης, το φαράγγι του Βίκου και του Βοϊδομάτη, το φαράγγι του Αώου, τα όρη Τραπεζίτσα, Σμόλικας Κλέφτης, η περιοχή της ένωσης των ποταμών Αώου, Βοϊδομάτη και Σαραντάπορου και οι ιαματικές πηγές Καβασίλων και Αμαράντου. Το μεγαλύτερο τμήμα του Γεωπάρκου βρίσκεται εντός των ορίων του Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου (Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου, 2013β). Στη συνέχεια παρατίθεται λεπτομερής γεωλογική περιγραφή του Γεωπάρκου από το ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, 2009), και έπειτα η γεωλογική ιστορία του Φλύσχη της Πίνδου (Ράσσιου, 2013).

Γεωπάρκο Βίκου-Αώου

Το ορεινό ασβεστολιθικό σύμπλεγμα της Τύμφης, που αποτελεί τμήμα της ΒΔ Πίνδου, σμιλεύτηκε από το νερό πολύ γρήγορα στη διάρκεια της Πλειστοκαινικής περιόδου και δημιουργήθηκαν τα φημισμένα φαράγγια του Βίκου και του Αώου. Πρόκειται για μια από τις πλέον εντυπωσιακές περιοχές, τόσο από άποψη αισθητικής όσο και από άποψη γεωλογικού ενδιαφέροντος. Τεκτονικές (ρήγματα, πτυχές) και λιθολογικές δομές, πηγές, καταβόθρες και σπήλαια, βραχοσκεπές και βάραθρα, ποτάμια αναβαθμίδες, υπολείμματα παγετώνων και αλπικές λίμνες είναι κάποια από τα στοιχεία που αναδεικνύουν το χώρο ως ένα φυσικό εργαστήριο.

Η εκτεταμένη υδρολογική λεκάνη του ποταμού Βοϊδομάτη αποκαλύπτει σήμερα ένα υψηλό καρστικό πεδίο, το οποίο ήταν καλυμμένο κατά διαστήματα από παγετώνες στη διάρκεια του Πλειστοκαινίου. Τα εναλλασσόμενα παγετώδη και μεσο-παγετώδη περιβάλλοντα και οι γεω-δυναμικές διεργασίες που προκάλεσαν γρήγορες ανοδικές κινήσεις, σε συνδυασμό με τα τεκτονοκαρστικά φαινόμενα, δημιούργησαν ευνοϊκές συνθήκες έντονης διάβρωσης. Οι τεράστιες ποσότητες νερού που απελευθερώνονται ακολουθώντας διαδρομές μέσα από ασυνέχειες που προκάλεσαν τα ρήγματα, λάξωσαν βαθιά τους ασβεστολιθικούς όγκους, δίνοντας στο ανάγλυφο τη σημερινή του μορφή. Τα βαθιά

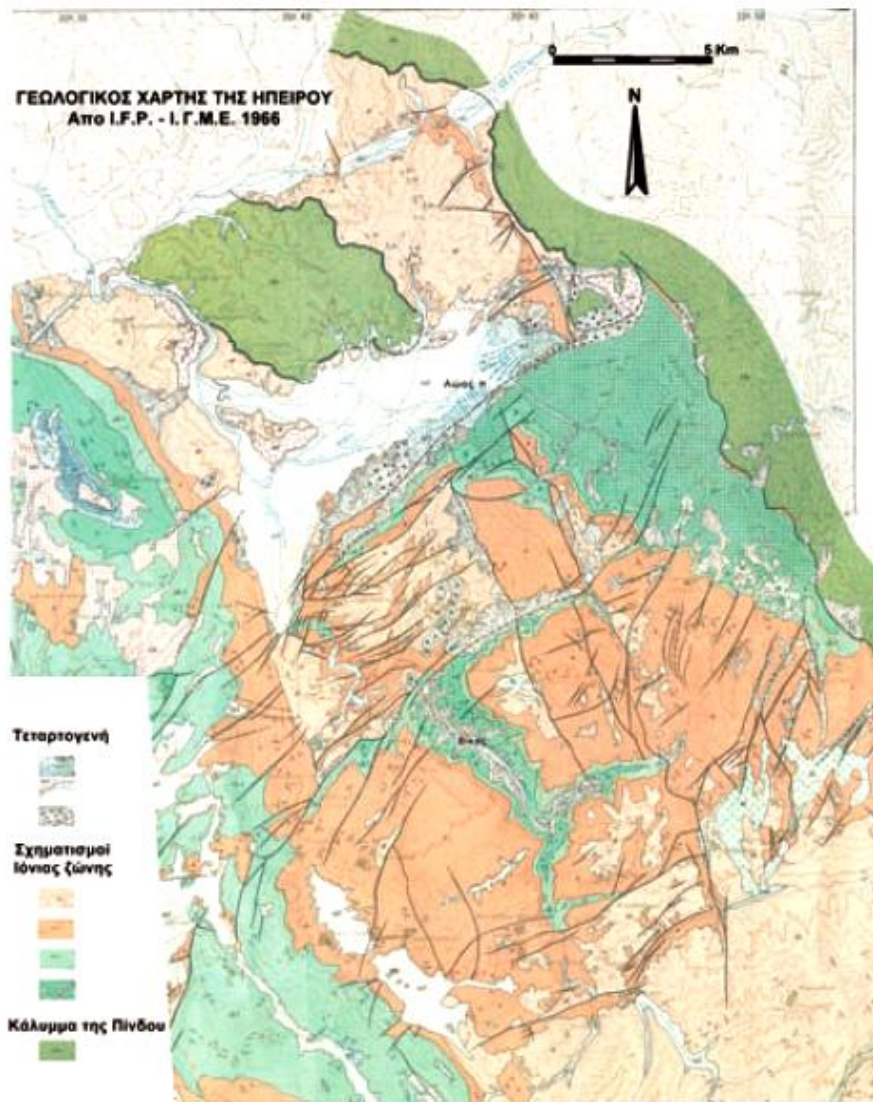
φαράγγια αποκάλυψαν τη στρωματογραφική στήλη των πετρωμάτων που συνιστούν τη γεωλογική δομή της περιοχής. Αγναντεύοντας ή και προσεγγίζοντας τα φαράγγια του Βίκου ή του Αώου, μπορούμε να δούμε σε φυσική κλίμακα την αλληλουχία των ασβεστόλιθων που δημιουργήθηκαν πριν από εκατομμύρια χρόνια σε μια βαθιά θάλασσα και τώρα, μετά από σύνθετες γεωλογικές διεργασίες, βρίσκονται σε υψόμετρα που αγγίζουν τα 2.400 μέτρα.



Σχήμα 2.5.Γεωλογική Δομή. Πηγή: (ΙΓΜΕ, 2009)

Η γεωλογική δομή της περιοχής συγκροτείται από ιζηματογενή πετρώματα που ανήκουν κυρίως στη γεωτεκτονική Ιόνιο ζώνη και σε μικρότερο βαθμό στη γεωτεκτονική ζώνη της Πίνδου. Στην Ιόνια ζώνη, τα αρχαιότερα των πετρωμάτων είναι τα ιζηματογενή πετρώματα, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι χρώματος σκούρου γκρι, άστρωτοι, ογκώδεις και συμπαγείς. Τα πετρώματα αυτά μπορούμε να τα παρατηρήσουμε στον πυθμένα του φαράγγιού του Αώου. Η ηλικία τους, η οποία προσδιορίστηκε από την παρουσία θαλάσσιων απολιθωμάτων μέσα σ' αυτά, είναι το Κατώτερο Ιουρασικό (200 εκατομ. χρόνια). Πάνω από αυτούς απαντούν ασβεστόλιθοι πάλι, αλλά διαφορετικοί από τους προηγούμενους. Είναι οι ασβεστόλιθοι Βίγλας, πάχους 800 μ., δολομιτικοί στη βάση τους, με χρώμα σκούρο γκρι και με φακούς μαύρων κερατολίθων (Σχήμα 2.5). Η ηλικία τους είναι Ανώτερο Ιουρασικό-Κατώτερο Κρητιδικό (160-100 εκατομ. χρόνια). Ακολουθούν παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι, μικρολατυποπαγείς πάχους 200-250 μ., Άνω κρητιδικής ηλικίας (80 εκατομ. χρόνια) και ασβεστόλιθοι Ηωκαινικής ηλικίας (50-40 εκατομ. χρόνια) πάχους 250 μ. Τη γεωλογική δομή συμπληρώνουν από πάνω κλαστικές αποθέσεις του φλύσχη (άνωτερο Ηώ-καινο-Ακουιτάνιο, 35-20 εκατομ. χρόνια). Ο φλύσχη αποτελείται από εναλλαγή αργλικών και ψαμμιτικών στρώσεων με κατά τόπους παρεμβολές κροκαλοπαγών. Οι νεότεροι σχηματισμοί, Τεταρτογενούς ηλικίας (2-1,8 εκατομ. χρόνια από σήμερα) είναι εκτεταμένα πλευρικά κορήματα στις πλαγιές

των βουνών, κώνοι κορημάτων, παγετώδεις αποθέσεις, ποτάμιες αναβαθμίδες και σύγχρονες προσχώσεις των ποταμών.



Σχήμα 2.6. Γεωλογικός Χάρτης Ηπείρου. Πηγή: ΙΓΜΕ, 2009)

Σε μικρότερο βαθμό συμμετέχουν σχηματισμοί του φλύσχη της ζώνης της Πίνδου Ηωκαινικής ηλικίας, με ανάλογη λιθολογία με το φλύσχη της Ιονίου (Σχήμα 2.6). Πριν από 20 εκατομ. χρόνια, λόγω ισχυρών συμπιεστικών τάσεων που επικρατούσαν τότε στον Ελλαδικό χώρο, αποτέλεσμα της σύγκρουσης της Αφρικανικής με την Ευρασιατική πλάκα, η ζώνη της Πίνδου επωθείται στην Ιόνια. Τα ιζήματα παραμορφώνονται και δημιουργούνται πτυχές και ρήγματα. Στον ανθρακικό όγκο της Τύμφης είναι εμφανή μεγάλα ρήγματα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ σε ορθογώνια διάταξη. Από τα ρήγματα αυτά ξεχωρίζουν τα ρήγματα Αστράκας (Πάπιγκου) και Κόνιτσας, που είναι υπεύθυνα για τη δημιουργία της λεκάνης της Κόνιτσας, τα ρήγματα Μονοδένδρι, Καπέσοβο και Κήποι, στα νοτιοδυτικά του ασβεστολιθικού όγκου της Τύμφης, και στα βόρεια το ρήγμα Γκαμήλας, στην επαφή με το φλύσχη της Πίνδου.

Ο Φλύσσης της Πίνδου

Στην περιοχή της Πίνδου και στις βουνοκορυφές που την περιβάλλουν, κυριαρχούν ηφαιστειογενή πετρώματα της σειράς των περιδοτιτών (σερπεντίνης κ.ά.) που δημιουργήθηκαν πριν από περίπου 170 εκατομμύρια χρόνια. Οι περιδοτίτες σχηματίζονται στον μανδύα της γης, αρκετά βαθιά σε σχέση με το φλοιό, σε βάθη μεγαλύτερα από 100km από την επιφάνεια της γης.

Πριν από 170 εκ. χρόνια, τμήματα του μανδύα της γης στον οποίον δημιουργήθηκαν τα πετρώματα αυτά άρχισαν να ανέρχονται προς την επιφάνεια της. Στην πορεία αυτή τα μανδουακά πετρώματα έλιωσαν μερικώς δημιουργώντας μάγμα και αφήνοντας επίσης ένα άτηκτο υπόλοιπο το οποίο είναι οι περιδοτίτες που βλέπουμε σήμερα. Το μάγμα βρήκε διέξοδο με τη μορφή λάβας στην επιφάνεια της γης κυρίως μέσω υποθαλάσσιων ηφαιστείων στον τότε ωκεανό της Τηθύος. Λάβα από υποθαλάσσια ηφαίστεια βρίσκουμε συνέχεια στην περιοχή της Πίνδου. Αυτές οι λάβες είναι τα προϊόντα της τήξης των ανερχόμενων προς την επιφάνεια περιδοτιτών.

Υπάρχουν όμως και περιδοτίτες που παραμένουν αναλλοίωτοι από τότε που δημιουργήθηκαν στον μανδύα κάτω από τον ωκεανό της Τηθύος. Αυτά τα σκληρά και αιχμηρά πετρώματα αποτελούνται από τρία ορυκτά κυρίως τα οποία λέγονται: ολιβίνης (γκρι-πράσινο χρώμα), πυρόξενος (τετραγωνικό σχήμα και σκούρο χρώμα), και χρωμοσπινέλιος (μαύρο μεταλλικό χρώμα). Τα πετρώματα παρουσιάζουν γκρι, πράσινα χρώματα λόγω των συστατικών που περιέχουν ενώ στο εξωτερικό τους φαίνονται χρυσαφί-κίτρινα. Τα ορυκτά που απαρτίζουν αυτά τα πετρώματα δείχνουν σημάδια εντονότατης καταπόνησης και παραμόρφωσης από τα οποία βλέπουμε πώς κινούνται οι τεκτονικές πλάκες.

Οι περιδοτίτες, οι λάβες και τα ιζήματα βαθιάς θάλασσας που βρίσκονταν στον ωκεανό παγιδεύτηκαν μεταξύ των τεκτονικών πλακών της Αφρικής και της Ευρώπης οι οποίες και τελικά συγκρούστηκαν. Ολόκληρος ο ωκεανός της Τηθύος καταστράφηκε κατά τη διάρκεια αυτής της σύγκρουσης μέχρι πριν από περίπου 50 εκατομμύρια χρόνια. Τα πετρώματα αυτά αποτελούν αποδεικτικά στοιχεία της ύπαρξής της.

Όταν πετρώματα όπως οι περιδοτίτες βρίσκονται κοντά στις επιφανειακές συνθήκες, το νερό τα διαπερνά σχηματίζοντας νέα ορυκτά τα οποία είναι γνωστά ως ορυκτά της ομάδας του σερπεντίνη. Τα πετρώματα που αποτελούνται εξολοκλήρου από σερπεντίνη λέγονται σερπεντινίτες. Υπάρχουν αρκετοί σερπεντινίτες στην Πίνδο αλλά όλοι ήταν κάποτε περιδοτίτες. Οι σερπεντινίτες είναι συνήθως μαύροι, σκούροι πράσινοι, μαλακοί ή σκληροί, υαλώδεις και γυαλιστεροί και πολλές φορές έχουν επικαλυφθεί από γκρι, πράσινα, ακόμη και μπλε μεταγενέστερα ορυκτά. Οι περισσότεροι από τους περιδοτίτες της Πίνδου περιέχουν λίγο σερπεντίνη.

Όταν οι περιδοτίτες τοποθετήθηκαν πάνω στην τεκτονική πλάκα της Ευρώπης, ακόμη και ύστερα από την εξαφάνιση της Τηθύος, οι πλάκες της Αφρικής και της Ευρώπης συνέχισαν να ωθούν η μία την άλλη. Η ώθηση αυτή έκανε τα πετρώματα αυτά να ολισθήσουν και να βρεθούν πάνω σε πετρώματα νεότερης ηλικίας. Αυτά τα πετρώματα ονομάζονται γενικά «φλύσσης» και αποτελούνται από ιζήματα τα οποία προκύπτουν από τη διάβρωση της Ευρωπαϊκής ηπείρου και μέσω ρεμάτων οδηγούνται μακριά από τις εκβολές των ποταμών. Τα παραπάνω πετρώματα είναι μαλακά, γκρι-κίτρινα και αποτελούνται κυρίως από ιλύ, άργιλο και άμμο. Αυτά τα πετρώματα παρουσιάζουν στρώσεις λόγω του ότι σχηματίστηκαν στο βάθος μιας θαλάσσιας λεκάνης από την καθίζηση των ιζημάτων. Μερικές στρώσεις

περιέχουν «κροκαλοπαγή» δηλαδή μικρές κροκάλες ανακατεμένες με άμμο. Αυτά τα ιζήματα, τα οποία αποκαλούνται «φλύσσης» της Πίνδου, συναντώνται σε πολλές περιοχές στη Β. Ελλάδα αλλά ακόμη και στην Αλβανία.

2.3 Κλίμα

Το κλίμα της περιοχής μελέτης εξαρτάται από το υψόμετρο αλλά γενικά είναι διαφορετικό από εκείνο της υπόλοιπης Ελλάδας (Σούλης, 1994). Στις περιοχές με χαμηλό υψόμετρο (500 - 1000m), όπου βρίσκονται οι περισσότεροι οικισμοί, το κλίμα χαρακτηρίζεται ως ηπειρωτικό (continental) και συνδυάζει μεσευρωπαϊκά και μεσογειακά χαρακτηριστικά (Κοτίνη-Ζαμπάκα, 1983). Διατηρεί όμως περισσότερα μεσογειακά χαρακτηριστικά (Δασαρχείο Ιωαννίνων, 2008). Ψυχροί χειμώνες με πολλές βροχοπτώσεις και ζεστά, ξηρά καλοκαίρια είναι τυπικά χαρακτηριστικά του κλίματος σε αυτή την υψομετρική ζώνη. Ο χειμώνας είναι μακρύς, η άνοιξη πολύ σύντομη, το καλοκαίρι θερμό και το φθινόπωρο σχετικά παρατεταμένο. Η θερμοκρασία κατά τη χειμερινή περίοδο φθάνει σε χαμηλά επίπεδα και οι παγετοί είναι συνήθεις από το Νοέμβριο μέχρι τον Απρίλιο. Οι χιονοπτώσεις είναι αρκετές, το θερμοκρασιακό εύρος μεγάλο και η ηλιοφάνεια ελαττωμένη. Το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης κυμαίνεται από 1000-1400mm. Η προέλευση των βροχών είναι ορειογραφική, λόγω της έντονης επίδρασης του ανάγλυφου. Σύμφωνα δε με την κλιματική κατάταξη του Emburger, τροποποιημένη για την Ελλάδα (Manrommatis, 1980), η περιοχή ανήκει στην υγρή κλιματική ζώνη με ψυχρούς χειμώνες (Hanlidou and Kokkini, 1997).

Στις περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο (άνω των 1400m), το κλίμα χαρακτηρίζεται ως ορεινό και προσεγγίζει το μεσευρωπαϊκό κλίμα με σφοδρούς χειμώνες, υψηλές βροχοπτώσεις και βαριές χιονοπτώσεις. Το χιόνι καλύπτει τις περιοχές με υψόμετρο άνω των 1500m για μεγάλες περιόδους, ενώ στη ζώνη άνω των 1800m η χιονοκάλυψη διατηρείται όλο το χειμώνα και την άνοιξη.

Πίνακας 2.1. Υδρομετρικοί σταθμοί και κλιματικά χαρακτηριστικά

Μετεωρολογικοί Σταθμοί και Κλιματικά Χαρακτηριστικά						
Σταθμός	Υψόμετρο (m)	φ (°)	λ (°)	T (°C)	P (mm)	Köppen
Βωβούσα	1000	39,93	21,05	9,8	1486	Cfb
Γρεβενίτι	976	39,80	21,00	10,9	1544	Cfb
Δίστρατο	950	40,03	21,02	10,6	1058	Cfb
Ελατοχώρι	1014	39,87	20,98	10,4	1514	Cfb
Κήποι	910	39,87	20,80	11,8	1264	Csa
Κόνιτσα	542	40,05	20,75	14,3	1080	Csa
Μέτσοβο	1160	39,77	21,18	10,5	1451	Csb
Πάδες	1170	40,05	20,92	10,5	1249	Csb
Πάπιγκο	900	39,97	20,73	11,9	1101	Cfb
Πουρνιά	950	40,13	20,85	11,7	1156	Cfb
Σκαμνέλι	1180	39,92	20,60	9,4	1727	Cfb
Φούρκα	1350	40,17	20,93	8,3	1382	Cfb

Στον κλιματικό χάρτη της ευρύτερης περιοχής μελέτης (Σχήμα 2.7) απεικονίζεται το μέσο ετήσιο ύψος βροχής, η μέση ετήσια θερμοκρασία και η κλιματική κατάταξη κατά Köppen σε διάφορες θέσεις. Τα στοιχεία προέρχονται από τη μελέτη του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών “Κλίμα και Δασική Βλαστική της Ελλάδας” (Γκουβάς και Σακελλαρίου, 2011) και συνοψίζονται στον παραπάνω πίνακα.

Κατάταξη κλίματος κατά Köppen

Ο Köppen διέκρινε πέντε κύριους κλιματικούς τύπους, των οποίων η διαδοχή έχει μεγάλη σχέση με το γεωγραφικό πλάτος, αφού η διάκριση μεταξύ τους γίνεται με βάση τη μέση θερμοκρασία του αέρα καθώς και έναν έκτο, που χαρακτηρίζει τα ξηρά γενικώς κλίματα (Γκουβάς και Σακελλαρίου, 2011).

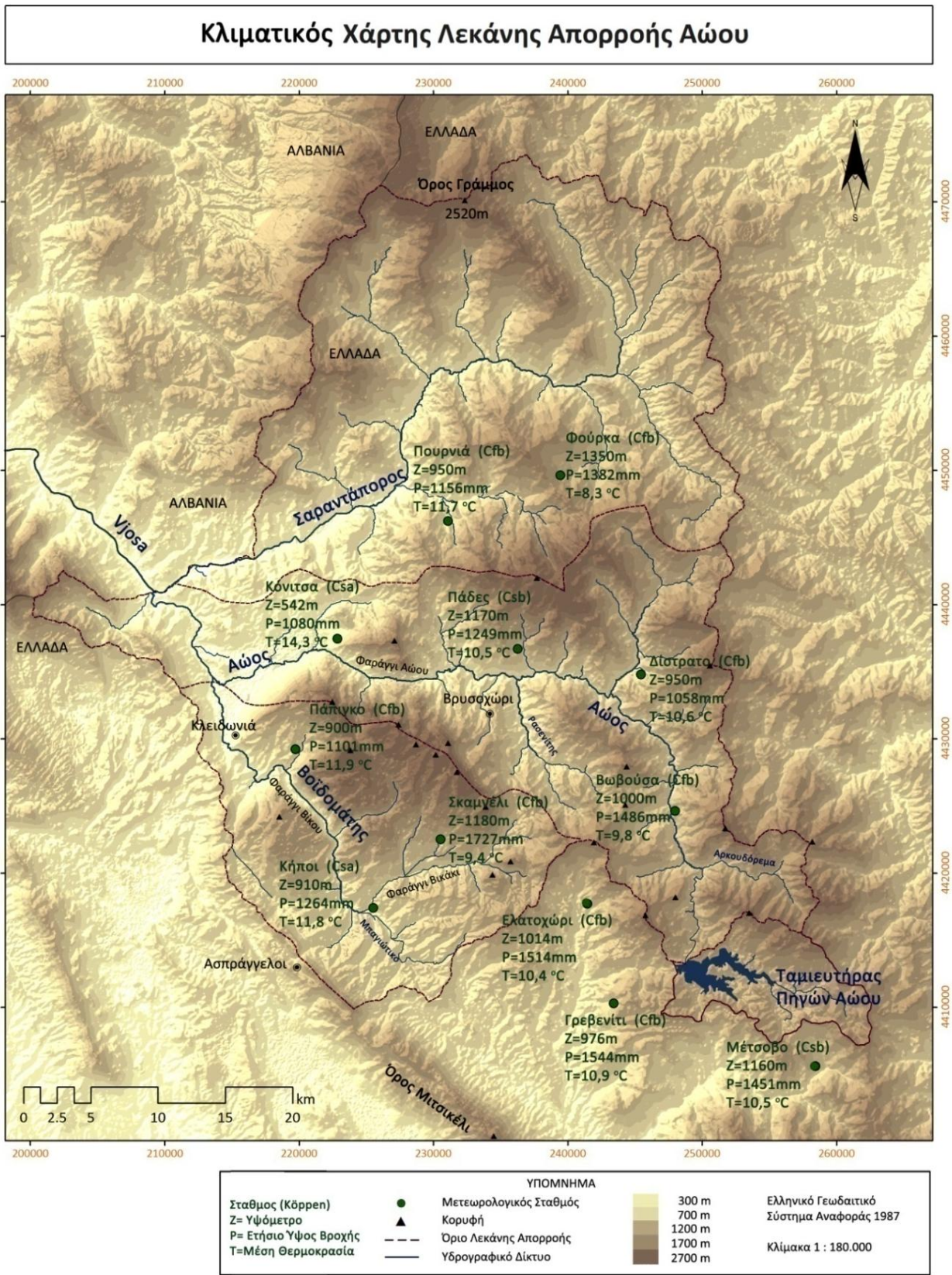
Ο κλιματικός τύπος C (θερμά εύκρατα κλίματα, υγρό κλίμα με ήπιους χειμώνες) καθορίζεται από τη μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα ($18^{\circ}\text{C} > T_{\psi} > -3^{\circ}\text{C}$). Επικρατεί στις ανατολικές και δυτικές περιοχές των ηπειρών μεταξύ των γεωγραφικών πλατών 25° - 40° . Χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες και αρκετή βροχή (ώστε να μην κατατάσσεται ως ξηρό), ενώ η θερμή και η ψυχρή περίοδος είναι διαχωρισμένες (Μαλλιαρός, 2013). Με το σύμβολο (s), ξηρό καλοκαίρι, χαρακτηρίζεται ένας κλιματικός τύπος, όταν το ύψος βροχής του ξηρότερου μηνός κατά τη διάρκεια του θέρους ισούται το πολύ προς το $1/3$ του αντίστοιχου ύψους βροχής του χειμερινού μηνός με το μεγαλύτερο μηνιαίο ύψος βροχής ή όταν το ύψος βροχής του είναι μικρότερο των 30 mm. Αντιστοίχως με το (w), ξηρός χειμώνας, χαρακτηρίζεται ένας κλιματικός τύπος, όταν ο ξηρότερος χειμερινός μήνας έχει ύψος βροχής μικρότερο του $1/10$ του βροχερότερου μήνα του θέρους. Σε όποιες περιπτώσεις δεν πληρούνται τα παραπάνω, ο κλιματικός τύπος χαρακτηρίζεται με το σύμβολο (f), δηλαδή χωρίς ξηρή εποχή (Γκουβάς και Σακελλαρίου, 2011).

Τέλος, για τον πλήρη χαρακτηρισμό του κλίματος μιας περιοχής χρησιμοποιείται και ένα τρίτο σύμβολο, εξαρτώμενου από τη μέση θερμοκρασία του αέρα:

a. Μέση θερμοκρασία αέρα θερμότερου μήνα μεγαλύτερη των 22°C και για 4 τουλάχιστον μήνες η μέση θερμοκρασία του αέρα να είναι μεγαλύτερη των 10°C (μεγάλο και θερμό καλοκαίρι)

b. Μέση θερμοκρασία αέρα θερμότερου μήνα μικρότερη των 22°C , αλλά για 4 τουλάχιστον μήνες η μέση θερμοκρασία του αέρα να είναι μεγαλύτερη των 10°C (μεγάλο και δροσερό καλοκαίρι)

Ο τύπος **Cfb** αντιπροσωπεύει το θαλάσσιο κλίμα που χαρακτηρίζεται από χαμηλά σύννεφα, ομίχλη και ψιλή βροχή όλο το χρόνο που συνδέεται με τις υγρές θαλάσσιες αέριες μάζες. Ο τύπος **Csa** παρουσιάζεται στις ηπειρωτικές περιοχές και χαρακτηρίζεται από τα ζεστά καλοκαίρια και χειμώνες ψυχρότερους από τις παράκτιες περιοχές. Τέλος, ο τύπος **Csb** εμφανίζεται στις παράκτιες περιοχές με συχνά χαμηλά σύννεφα, ομίχλη και δροσερό καλοκαίρι (Μαλλιαρός, 2013).



Σχήμα 2.7. Κλιματικός χάρτης περιοχής μελέτης

2.4 Ο ΥΗΣ Πηγών Αώου

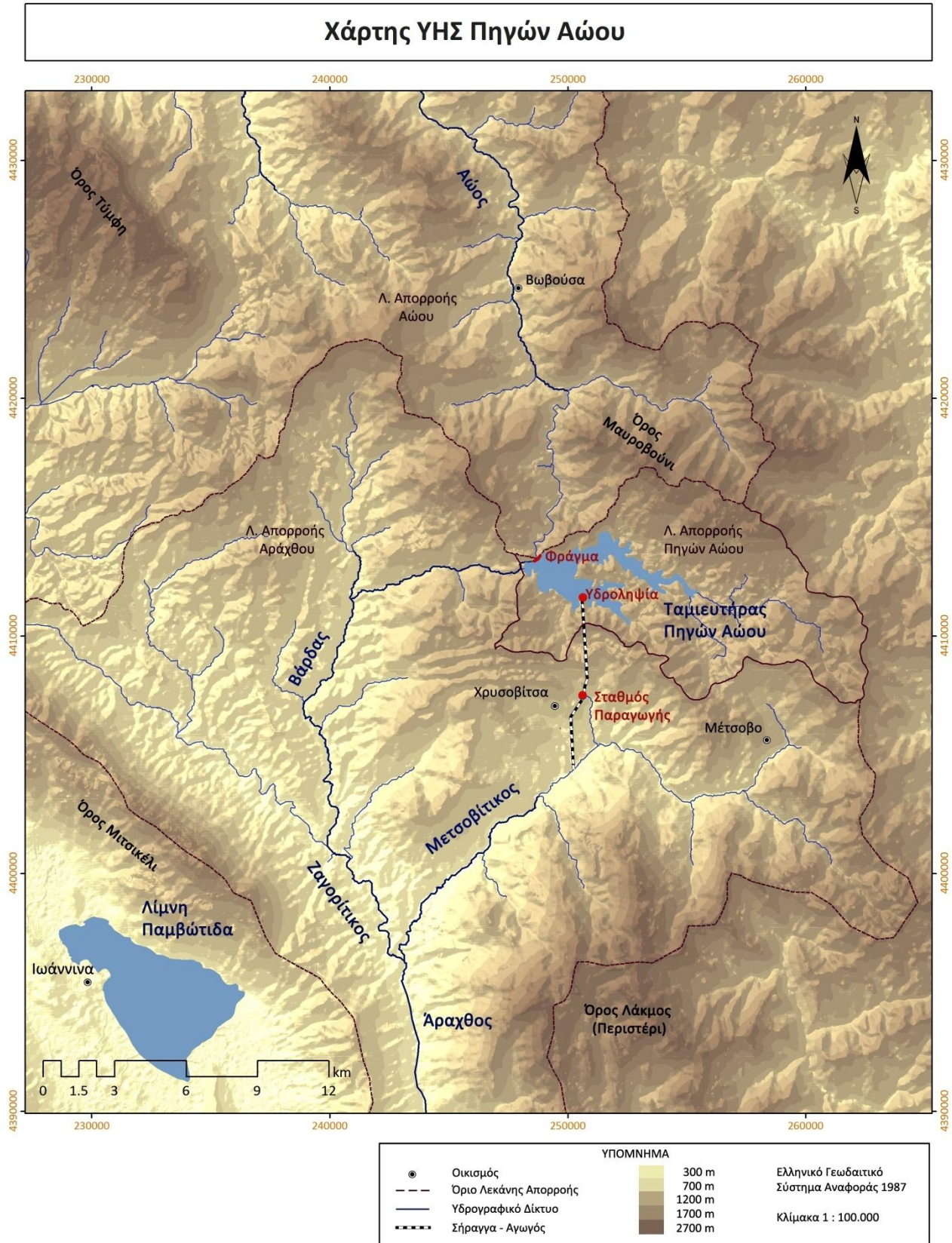
Ο ταμιευτήρας και ο ΥΗΣ Πηγών Αώου ανήκουν στο υδροσύστημα του Αράχθου, καθώς τα ύδατα που δεσμεύονται στον ταμιευτήρα εκτρέπονται εξολοκλήρου στον ποταμό Μετσοβίτικο, παραπόταμο του Αράχθου, ενώ δεν υπάρχει οικολογική παροχή κατάντη του φράγματος (Σχήμα 2.8).

Ωστόσο, το γεγονός ότι ο σταθμός άρχισε να λειτουργεί το 1990 και δεδομένου ότι για την υδρολογική διερεύνηση του υδροσυστήματος Αώου-Βοϊδομάτη είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν υδρολογικά δεδομένα μεγάλης διάρκειας, μπορούμε να πούμε ότι ιστορικά, η λεκάνη απορροής ταμιευτήρα πηγών Αώου ανήκει και στην λεκάνη απορροής του Αώου.

Ο ταμιευτήρας πηγών Αώου είναι η υψηλότερη τεχνητή λίμνη στην Ελλάδα με τη στάθμη της να κυμαίνεται σε υψόμετρο 1315 – 1342m. Έχει επιφάνεια 9km², συνολική χωρητικότητα 180 εκατομμύρια m³ (hm³), και ωφέλιμη χωρητικότητα 145 hm³. Αποτελείται από επτά φράγματα στο σύνολο. Το κυρίως φράγμα ύψους 77m, ένα αυχενικό ύψους 40m και πέντε βοηθητικά ύψους 12-30m. Όλα τα παραπάνω φράγματα είναι χωμάτινα με εξωτερικές ζώνες από περιδοτίτη, φίλτρα από αμμοχάλικο, ένα κεντρικό αργιλικό πυρήνα, στέψη σε υψόμετρο 1.349m και πλάτος στέψης 10m (Καλοφύρη και Μαλαμπέκος, 2009).

Ο ΥΗΣ πηγών Αώου έχει υδραυλική πτώση 652m, που είναι και η μεγαλύτερη στην Ελλάδα. Ο σταθμός παραγωγής βρίσκεται 130m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, ώστε να μεγιστοποιείται η υδραυλική αυτή πτώση. Αποτελείται από δύο υδροστρόβιλους Pelton συνολικής ονομαστικής ισχύος 2x110=220MW και ονομαστικής παροχής 2x20=40m³/s. Δεδομένου ότι στον ταμιευτήρα δεσμεύονται περίπου 100 hm³ ετησίως, η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αντιστοιχεί σε 150 GWh. Αυτό σημαίνει ότι ο συντελεστής χρησιμοποίησης του έργου (Capacity Factor) είναι αρκετά χαμηλός και ανέρχεται περίπου σε 8,5%. Ωστόσο, μαζί με το ΥΗΣ Κρεμαστών παίζει κυρίαρχο ρόλο στη ρύθμιση συχνότητας του εθνικού δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, συμβάλλει τοπικά στη ρύθμιση της τάσης του δικτύου, τροφοδοτεί απευθείας το γειτονικό Μέτσοβο με γραμμή 20kV και έχει τη δυνατότητα επανεκκίνησης (black start) σε περίπτωση κατάρρευσης του δικτύου (black out).

Ο ΥΗΣ πηγών Αώου όμως έχει και κάποιες αρνητικές συνέπειες. Η κυριότερη είναι η σημαντική μείωση της παροχής του Αώου κατάντη του φράγματος και η μη εξασφάλιση οικολογικής παροχής. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι το τμήμα του ποταμού κατάντη του ταμιευτήρα, έως τη θέση Σμιζώματα έχει χαρακτηριστεί ως Ιδιαίτερα Τροποποιημένο Υδάτινο Σώμα (ITYΣ) σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά της Ε.Ε. (2000/60/ΕΚ). Επίσης ο ταμιευτήρας έχει επιφέρει αλλαγή του μικροκλίματος της περιοχής και έχει συμβάλει στον στιγματισμό της υδροηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή.



Σχήμα 2.8. Χάρτης ΥΗΣ Πηγών Αώου

2.5 Χρήσεις Νερού

Το νερό των ποταμών Αώου και Βοϊδομάτη και των παραποτάμων τους χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για άρδευση, αναψυχή και για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Σημαντική ποσότητα υδάτων ($100\text{hm}^3/\text{έτος}$) παρακρατείται από τον Ταμιευτήρα του ΥΗΣ Πηγών Αώου, η οποία αφού διέλθει από το σταθμό παραγωγής κοντά στον οικισμό Χρυσοβίτσα του Δήμου Μετσόβου, καταλήγει στον ποταμό Μετσοβίτικο που ανήκει στη λεκάνη απορροής του Αράχθου. Για υδροηλεκτρική εκμετάλλευση επίσης χρησιμοποιούνται τα ύδατα στις θέσεις Ρέμα Βρυσσοχωρίου και Ρέμα Νεροτριβής κοντά στους οικισμούς Βρυσσώρι και Δίστρατο όπου λειτουργούν Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα ισχύος 1,56MW και 1,935MW αντίστοιχα (ΡΑΕ, 2013).

Οι δύο ποταμοί διαδραματίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο για την άρδευση των αγροτικών εκτάσεων της περιοχής της Κόνιτσας. Ο Βοϊδομάτης τροφοδοτεί με νερό 4.500 στρέμματα των δικτύων Βοϊδομάτη και Κλειδωνιάς, ενώ από των Αώο αρδεύονται εκτάσεις 11.500 στρεμμάτων που περιλαμβάνουν τον κάμπο της Κόνιτσας και τον κάμπο της Καλλιθέας (Σχήμα 3.4).

Η Τεχνητή Λίμνη Πηγών Αώου χρησιμοποιείται και για ψυχαγωγικούς σκοπούς ως τουριστικός προορισμός αλλά και για αλιεία. Επίσης, τόσο στον Αώο όσο και στο Βοϊδομάτη πραγματοποιούνται καταβάσεις Rafting, Kayak κτλ στα τμήματα Γέφυρα Βωβούσας – Γεφύρι Κόνιτσας και Γέφυρα Πάπιγκου (Αρίστης) – Γεφύρι Κλειδωνιάς αντίστοιχα με σημαντική συμβολή στο φυσιολατρικό τουρισμό της περιοχής.

Τέλος, σημειώνεται ότι κάποιοι οικισμοί υδρεύονται από πηγές κ ρέματα που εμπίπτουν στην λεκάνη απορροής του υδροσυστήματος αλλά είναι πολύ μικρής κλίμακας και δε χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης.

2.6 Ο Αώος (Vjosa) ως Διασυνοριακός Ποταμός

Ο ποταμός Αώος είναι ο μοναδικός ανάντη διασυνοριακός ποταμός της Ελλάδας που απορρέει σε άλλη χώρα, την Αλβανία. Η λεκάνη απορροής του έχει έκταση 6519 km^2 εκ των οποίων τα 4365 (67%) βρίσκονται σε αλβανικό έδαφος και τα 2.154 σε ελληνικό (33%). Η μέση υπερετήσια παροχή του είναι 2100 εκατ. m^3 στα ελληνοαλβανικά σύνορα και 5.550 εκατ. m^3 στις εκβολές του στην Αδριατική (Ecologic Institute, 2012).

Παρόλο που πρόκειται για διακρατικό ποτάμι, δεν υπάρχει κάποια επίσημη διακρατική συμφωνία ανάμεσα στις δύο χώρες (Λαζαρίδης, 2005). Ωστόσο, σύμφωνα με μελέτη του Ecologic Institute (2012) εκ μέρους της Κομισιόν, για τη διαχείριση των διακρατικών ποταμών, υπάρχει συμφωνία ανάμεσα στις δύο χώρες που προβλέπει τη δημιουργία επιτροπής για τη διαχείριση των διακρατικών υδάτινων σωμάτων γλυκού νερού (“Agreement between the Government of the Hellenic Republic and the Government of the Republic of Albania on the establishment of the permanent Greek - Albanian commission on transboundary freshwater issues” under the 2003 “Memorandum of Understanding and Cooperation in the field of environmental protection between the two countries”). Η συμφωνία αυτή περιλαμβάνει τη διαχείριση της λεκάνης απορροής του Αώου/Vjosa και του Δρίνου καθώς και της

Μεγάλης Πρέσπας. Η επιτροπή, έχει ήδη συσταθεί θεωρητικά, όμως δεν έχει επίσημα κάποια έδρα ή ιστοσελίδα ούτε έχουν οριστεί τα 18 μέλη από τα οποία αποτελείται. Η πρόοδος, είναι γενικά πολύ αργή και φαίνεται ότι η διαχείριση του Αώου δεν αποτελεί προτεραιότητα για τις δύο χώρες. Στη συνέχεια παρατίθενται οι κύριοι στόχοι και αρμοδιότητες της επιτροπής (Ecologic Institute, 2012):

- Συλλογή, επεξεργασία και αξιολόγηση των δεδομένων που παρέχονται από τις δύο πλευρές, με σκοπό τον εντοπισμό των πηγών ρύπανσης και της ανταλλαγής πληροφοριών
- Καθορισμός κοινών ποιοτικών στόχων για τα ύδατα και πρόταση μέτρων για την επίτευξή τους
- Να αποτελέσει μια πλατφόρμα ανταλλαγής πληροφοριών για τις υπάρχουσες και σχεδιαζόμενες χρήσεις νερού και τα σχετικά έργα που έχουν διακρατική επίδραση ή αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα των υδάτων
- Να συζητά και να αξιολογεί προτάσεις υδραυλικών έργων που γίνονται από κοινού και να επιβλέπει την κατασκευή τους
- Οργάνωση της συνεργασίας και προώθηση της ανάπτυξης ενός διεθνούς δικτύου για την παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων
- Να λειτουργήσει ως παράδειγμα για την ανταλλαγή πληροφοριών, σχετικά με θέματα υδατικής πολιτικής, ανάμεσα σε κράτη
- Μελέτη προτάσεων για την ανταλλαγή πρακτικής εμπειρίας και τεχνογνωσίας σε θέματα διαχείρισης υδατικών πόρων, συμπεριλαμβανομένων των υδρολογικών και των μετεωρολογικών δεδομένων και των δεδομένων ποιοτικής παρακολούθησης
- Προώθηση της συνεργασίας μεταξύ των αρμόδιων αρχών των δύο χωρών

Επομένως, πέραν της διεθνούς νομοθεσίας, δεν υφίσταται κάποιος περιορισμός, ποσοτικός ή ποιοτικός, στα ύδατα του Αώου. Όμως, η διεθνής νομοθεσία είναι αρκετά γενική και έτσι ούτε από αυτή την πλευρά προκύπτει κάποιος συγκεκριμένος ποσοτικός περιορισμός. Σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά της Ε.Ε. (2000/60/ΕΚ), η διαχείριση της λεκάνης απορροής πρέπει να αποσκοπεί στην καλή οικολογική και χημική κατάσταση του ποταμού. Με την έννοια αυτή, υφίστανται κάποιες συγκεκριμένες ποιοτικές παράμετροι-δείκτες που πρέπει βρίσκονται εντός συγκεκριμένων ορίων. Όσον αφορά τις διακρατικές λεκάνες, η οδηγία προβλέπει τη λήψη μέτρων για την από κοινού διαχείριση των διακρατικών λεκανών. Σε περίπτωση διεθνούς λεκάνης, είτε εντός είτε εκτός Κοινότητας, τα κράτη οφείλουν να συνεργαστούν για την κατάρτιση ενιαίου σχεδίου διαχείρισης (Ελευθεριάδου και Μυλόπουλος, 2005).

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, το γεγονός ότι ο Αώος απορρέει στην Αλβανία δεν επηρεάζει τη μεθοδολογία και την ποσοτική-διαχειριστική ανάλυση και διερεύνηση του υδροσυστήματος. Σε κάθε περίπτωση όμως είναι ένα δύσκολο θέμα που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης. Η έρευνα προς αυτή την κατεύθυνση είναι επιβεβλημένη τόσο από επιστημονικής όσο και από πολιτικής άποψης.

2.7 Το Οικοσύστημα Αώου-Βοϊδομάτη

Το υδροσύστημα Αώου-Βοϊδομάτη είναι αλληλένδετο με ένα από τα πλουσιότερα και σημαντικότερα οικοσυστήματα της Ελλάδας. Εντός της λεκάνης απορροής του βρίσκονται οι Εθνικοί Δρυμοί Πίνδου (έτος ανακήρυξης 1966) και Βίκου-Αώου (έτος ανακήρυξης 1973), το Εθνικό Πάρκο Βόρειας Πίνδου (έτος ανακήρυξης 2002), περιοχές Natura 2000 κ.α. Το Εθνικό Πάρκο έχει ευρύτερα γεωγραφικά όρια και επί της ουσίας συμπεριλαμβάνει σχεδόν όλες τις υπόλοιπες προστατευόμενες περιοχές (Σχήμα 2.9). Ένα τμήμα μάλιστα του Εθνικού Δρυμού Βίκου- Αώου έχει ανακηρυχθεί περιοχή Εξαιρετικής Φυσικής Ομορφιάς (Area of Outstanding Natural Beauty, AONB).

Πρόκειται λοιπόν για ένα ευαίσθητο οικοσύστημα το οποίο χρήζει συστηματικής παρακολούθησης και μελέτης αλλά και ειδικής προστασίας και διαχείρισης. Κατ' επέκταση το ίδιο ισχύει και για τους ποταμούς που το διαρρέουν. Το αντικείμενο είναι εξαιρετικά εκτενές και εξειδικευμένο και ξεφεύγει από το πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ωστόσο για την κατανόηση της οικολογικής αξίας της περιοχής και της αναγκαιότητας για την προστασία της παρατίθενται κάποια βασικά στοιχεία για τους οικοτόπους που την αποτελούν και τα είδη χλωρίδας και πανίδας που ζουν εκεί. Σημειώνεται ότι εφόσον πρόκειται για ζητήματα επιστημονικά που υπερβαίνουν το γνωστικό πεδίο του γράφοντα, προτιμήθηκε η παράθεση των στοιχείων αυτών από έγκυρες πηγές (Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου 2013β; Κουτσογιαννόπουλος, 2013; Παπαϊωάννου κ.α., 2008) χωρίς παραφράσεις ή αλλαγές:

Στο Εθνικό Πάρκο Βόρειας Πίνδου υπάρχουν 30 τύποι οικοτόπων. Μεγάλη έκταση του Εθνικού Πάρκου καλύπτουν οι δασικοί οικότοποι και κυρίως εκείνοι της μαύρης Πεύκης, της Οξιάς, της Ελάτης και των Δρυών. Εκτός από τους παραπάνω, στους 15 δασικούς οικότοπους του Εθνικού Πάρκου περιλαμβάνονται και τα δάση και οι συστάδες με ρόμπολο, ορεινή άρκευθο, καστανιά καθώς και η παραποτάμια βλάστηση με πλατάνια, ασπρόλευκες, σκλήθρα κ.ά. Επίσης στο Εθνικό Πάρκο υπάρχουν 4 τύποι οικοτόπων που συγκροτούνται από θαμνώνες, όπως είναι οι πρινώνες και τα ψευδομακί. Τέλος υπάρχουν 5 τύποι λιβαδικών οικοτόπων που καταλαμβάνουν συνήθως τα μεγάλα υψόμετρα, 2 τύποι οικοτόπων σε βραχώδες υπόστρωμα (ορθοπλαγιές και σάρες) και άλλοι 2 σε ποταμούς.

Πέντε τύποι οικοτόπων του Ε.Π. Β. Πίνδου χαρακτηρίζονται από υψηλή οικολογική αξία και σπανιότητα σε ευρωπαϊκό επίπεδο, σύμφωνα με τα κριτήρια αξιολόγησης της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ περί διατήρησης οικοτόπων και ειδών, δηλαδή αποτελούν τύπους οικοτόπων προτεραιότητας. Εδώ περιλαμβάνονται τα δάση της μαύρης Πεύκης (*Pinus nigra*), που καταλαμβάνουν σημαντική έκταση στο Εθνικό Πάρκο, τα δάση των χαραδρών με φλαμουριές (*Tilia* sp.) και Σφενδάμια (*Acer* sp.), τα δάση με ορεινούς αρκεύθους (*Juniperus foetidissima*), οι χλωώδεις διαπλάσεις με *Nardus* ποικίλων ειδών σε πυριτικά υποστρώματα και τα αλλουβιακά δάση με σκλήθρο (*Alnus glutinosa*) και άλλα είδη δέντρων.

Στο Εθνικό Πάρκο της Βόρειας Πίνδου και από τα χαμηλότερα προς τα μεγαλύτερα υψόμετρα συναντώνται οι παρακάτω ζώνες βλάστησης:

Η ευμεσογειακή ζώνη βλάστησης ή ζώνη της αριάς (*Quercetalia illicis*), η οποία αποτελείται από θαμνώνες και χαμηλά δάση αριάς (*Quercus ilex*), που συνοδεύονται από άλλα είδη δέντρων και θάμνων, όπως το φιλύκι (*Phillyrea latifolia*), ο φράξος (*Fraxinus ornus*), το πουρνάρι (*Quercus coccifera*), είδη αρκεύθων (*Juniperus communis* και *Juniperus oxycedrus*), η αγριοκουμαριά (*Arbutus adracnhe*) κ.ά.. Η

βλάστηση αυτή συνήθως σχηματίζει νησίδες στις πιο χαμηλές και ξηροθερμικές θέσεις (400 – 700 m υψόμετρο) του Εθνικού Πάρκου, κυρίως στις χαράδρες του Βίκου, του Βοϊδομάτη και του Αώου.

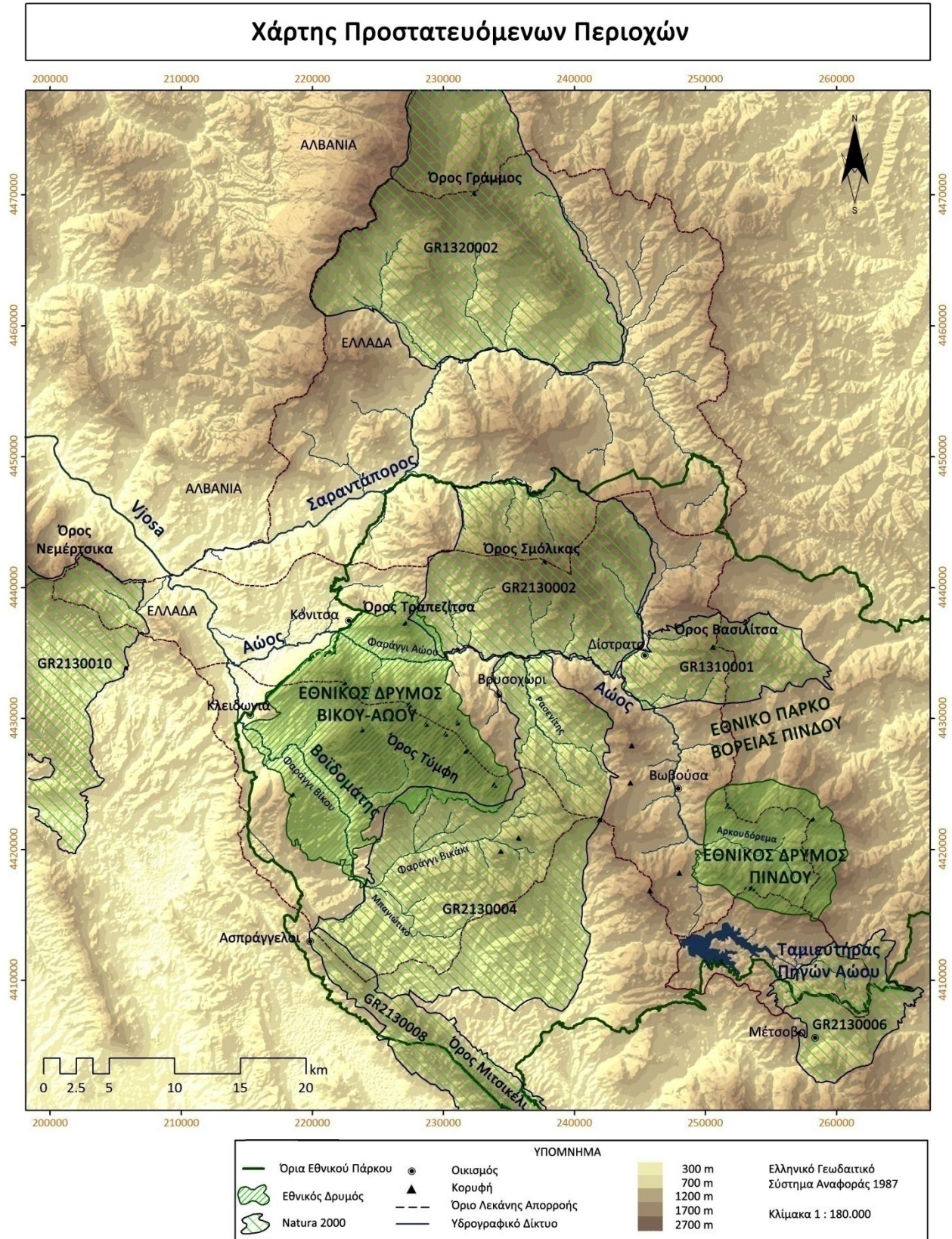
Η παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης ή ζώνη της χνοώδους δρυός (*Quercetalia pubescentis*), την οποία συγκροτούν θερμόφιλα δάση φυλλοβόλων ειδών δρυός, όπως είναι η πλατύφυλλη δρυς (*Quercus frainetto*), η ευθύφλοια δρυς (*Q. Cerris*), η μακεδονική δρυς (*Q. trojana*), η χνοώδης δρυς (*Q. pubescens*), το πουρνάρι (*Quercus coccifera*) και άλλα είδη δέντρων, όπως η οστρυά (*Ostrya carpinifolia*), ο γάβρος (*Carpinus orientalis*, *Carpinus betulus.*), η κρυνιά (*Cornus mass*), ο φράξος (*Fraxinus ornus*) κ. ά. Η ζώνη αυτή βλάστησης απαντάται σε υψόμετρα από 600 έως 1.000 m, γύρω από τους περισσότερους οικισμούς, όπως συμβαίνει στο Κεντρικό Ζαγόρι.

Η ζώνη δασών οξιάς, οξιάς – ελάτης και παραμεσογειακών κωνοφόρων (*Fagetalia*), την οποία συγκροτούν τα δάση οξιάς (*Fagus sylvatica*) και οξιάς – ελάτης, τα δάση των παραμεσογειακών κωνοφόρων, όπως της υβριδογενούς ελάτης (*Abies borisii-regis*) και μαύρης Πεύκης (*Pinus nigra*). Η Ζώνη αυτή απλώνεται σε υψόμετρα από 900 έως 1.600 m, στον Σμόλικα, στις βόρειες πλαγιές της Τύμφης, στην Βασιλίτσα, στο Αυγό, στις Μπάλτσες και στον Ζυγό, καθώς επίσης και στο Κεντρικό και Ανατολικό Ζαγόρι. Καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα του Εθνικού Δρυμού Πίνδου (Βάλια Κάλντα), καθώς και την περιφερειακή του ζώνη (δάση Περιβολίου, Κρυνιάς, Μηλιάς κ.ά.).

Η ζώνη των ψυχρόβιων κωνοφόρων (*Vacinio-Picetalia*), με μοναδική εμφάνιση αυτή της υποζώνης του ρόμπολου (*Pinion heldreichii*), στις περιοχές της Κατάρας, περιμετρικά σε όλες της κορυφές της ζεστής κοιλάδας – Βάλια Κάλντα και στο Σμόλικα. Η ζώνη αυτή φθάνει έως τα 2.000 m, εμφανίζεται όμως διασπασμένη και υποβαθμισμένη εξαιτίας της πολύχρονης πιεστικής βόσκησης κατά τη θερινή περίοδο, αλλά και της πολύχρονης αξιοποίησης του ξύλου του ρόμπολου (βαρεόποιία κ.ά.). Στη κοιλάδα του Εθνικού Δρυμού Πίνδου (Βάλια Κάλντα), αλλά και στις πλαγιές του όρους Φλέγκα εμφανίζονται μικροί πληθυσμοί δασικής Πεύκης (*Pinus silvestris*), οι οποίοι είναι πιθανότατα υπολείμματα της τελευταίας περιόδου των παγετώνων.

Επίσης στην ανωδασική ή εξωδασική ζώνη βλάστησης, η οποία αποτελείται από πλώδη και θαμνώδη βλάστηση, που απλώνεται από τα ανθρωπογενή όρια του δάσους (1.600 m) μέχρι τις ψηλότερες κορυφές της βόρειας Πίνδου. Στις φυτοκοινότητες αυτές συμμετέχουν επίσης οι παρακάτω φυσιογνωμικά διακρινόμενοι τύποι βλάστησης: τα «στεππόμορφα» βραχύδη λιβάδια, οι βραχύφιλες φυτοκοινωνίες των κάθετων ασβεστολιθικών βράχων και οι ασβεστολιθικοί λιθώνες, δηλαδή οι κινούμενες και σχετικά σταθεροποιημένες σάρες.

Πλούσια είναι και η άγρια πανίδα του Εθνικού Πάρκου της Βόρειας Πίνδου, τόσο σε συνολικό αριθμό ειδών, όσο και στην παρουσία σπάνιων και προστατευόμενων ειδών. Σχεδόν όλα τα μεγάλα θηλαστικά της ηπειρωτικής Ελλάδας, είτε είναι σπάνια, όπως η αρκούδα (*Ursus arctos*), ο λύκος (*Canis lupus*), ο αγριόγατος (*Felis silvestris*), η βίδρα (*Lutra lutra*), το αγριόγιδο (*Rupicapra rupicapra balcanica*) και το ζαρκάδι (*Capreolus capreolus*), είτε περισσότερο κοινά, όπως το αγριογούρουνο (*Sus scrofa*), παρουσιάζουν αξιόλογους πληθυσμούς στην περιοχή. Άλλα μικρότερα θηλαστικά που απαντώνται στο Εθνικό Πάρκο είναι: η αλεπού (*Vulpes vulpes*), ο ασβός (*Meles meles*), ο λαγός (*Lepus capensis*), ο σκαντζόχοιρος (*Erinaceus concolor*), ο σκίουρος (*Sciurus vulgaris*), το κουνάβι (*Martes foina*), το σπάνιο δασοκούνναβο (*Martes martes*), πολλά μικροθηλαστικά και αρκετά είδη νυχτερίδων. Συνολικά στο Εθνικό Πάρκο απαντώνται περί τα 60 είδη θηλαστικών.



Σχήμα 2.9. Χάρτης Προστατευόμενων Περιοχών

Από το σύνολο των 186 ειδών πουλιών της περιοχής, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα αρπακτικά πουλιά και κυρίως ο ασπροπάρης (*Neophron percnopterus*), ο χρυσαετός (*Aquila chrysaetos*), ο πετρίτης (*Falco peregrinus*), ο σταυραετός (*Hieraetus pennatus*), ο φιδαιτός (*Circaetus gallicus*) και ο χρυσογέρακος (*Falco biarmicus*). Επίσης, αξιόλογη είναι η παρουσία δρυοκολαπτών, όπως ο μεγάλος μαύρος δρυοκολάπτης (*Dryocopus martius*) και ο βαλκανικός δρυοκολάπτης (*Dendrocopos syriaca*). Επίσης στο Εθνικό Πάρκο συναντώνται άλλα σημαντικά είδη, όπως η ορεινή πέρδικα (*Alectoris graeca*), η βουνοπαπαδίτσα (*Parus montanus*), η τοιχόδρομα (*Tichodroma muraria*), ο νεροκότσουφας (*Cinclus cinclus*), ο μαυροπελαργός (*Ciconia nigra*), η χιονάδα (*Eremophilla alpestris*), ο χιονόστρουθος (*Montifringilla valis*) κ.ά.

Στα 30 είδη ερπετών του Εθνικού Πάρκου συγκαταλέγονται 16 είδη σαύρας, 10 είδη φιδιών και 4 είδη χελώνας. Ενδεικτικά αναφέρουμε την παρουσία της κερκυραϊκής σαύρας (*Algyroides nigrorunclatus*), του σπιτόφιδου (*Elaphequadrilineata*) και της κρασπεδωτής χελώνας (*Testudo marginata*).

Από τα 14 είδη αμφιβίων που συναντώνται στο Εθνικό Πάρκο, σημειώνουμε την παρουσία της σαλαμάνδρας (*Salamandra salamandra*), του χωματόφρυνου (*Bufo bufo*), του πρασινόφρυνου (*Bufo viridis*) και του αλπικού τρίτωνα (*Triturus alpestris*). Ειδικά η παρουσία του τελευταίου γίνεται εύκολα αντιληπτή μια και ζει σε μικρές αποικίες σε διάσπαρτες λιμνούλες και μικρές συγκεντρώσεις νερών στα μεγάλα υψόμετρα των βουνών του Εθνικού Πάρκου, όπως για παράδειγμα στις Δρακόλιμνες του Σμόλικα και της Τύμφης και στις λίμνες της Φλέγγας.

Στα ποτάμια και τα ρέματα του Εθνικού Πάρκου ζουν 17 είδη ψαριών. Αξίζει να αναφέρουμε το ενδημικό είδος του ποταμού Αώου, τον πινδοβίνο (*Barbatus lapindus*), τον σπάνιο για την Ελλάδα χειλά (*Pachychilon pictum*), που συναντάται στο σύμπλεγμα του ποταμού Αώου και των παραποτάμων του, καθώς και τα περισσότερο κοινά είδη, όπως είναι η πέστροφα (*Salmo trutta*), ο κέφαλος των γλυκών νερών (*Leuciscus cephalus*), το συρτάρι (*Chondrostoma nasus*) και η μπριάνα (*Barbus peloponnesius*) (Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου 2013β).

Όσον αφορά το υδροσύστημα, ο Βοϊδομάτης παρουσιάζει ξεχωριστό ενδιαφέρον. Ο Βοϊδομάτης και το γύρω οικοσύστημα βρίσκεται μέσα στον Εθνικό Δρυμό Βίκου-Αώου, αποτελώντας ένα από τα σημαντικότερα οικοσυστήματά του. Ιδιαίτερα το κομμάτι που ξεκινάει από τις πηγές και καταλήγει στο γεφύρι της Αρίστης, είναι από τις πιο απομονωμένες περιοχές της χώρας, όπου πολλά ζώα και φυτά βρίσκουν ασφαλές καταφύγιο.

Ο Βοϊδομάτης καλύπτεται από εκτεταμένα παρόχθια δάση με ιτιές, λεύκες, πλατάνια, σκλήθρα, πικροκαστανιές, αγριοφουντουκιές, κ.α. Σε διάφορα σημεία, στις όχθες, τα πλατώματα και τα κάθετα βράχια, φυτρώνουν πολλά σπάνια φυτά, από τα οποία ξεχωρίζουν η ενδημική κενταύρια *Centaurea rawlowskii*, η *Digitalis lanata*, το *Bupleurum karglii*, ο γάλανθος *Galanthus reginae-olgae*, ο *Acinos alpinus meridionalis*, η σιληνή της Πίνδου *Silene pindicola*, ο κρίνος *Lilium candidum*, η *Angelica sylvestris*, η *Hesperis dinarica*, η σπάνια *Ramonda serbica*, η καμπανούλα *Campanula versicolor*, η *Berteroa obliqua*, η *Telekia speciosa*, η *Crepis rubra*, η *Coronilla varia*, το εντυπωσιακό *Petasites hybridus*, η *Legousia speculum-veneris*, η *Prunella laciniata* και οι ορχιδέες *Dactylorhiza saccifera*, *Anacamptis pyramidalis* και *Cephalanthera rubra*.

Οι όχθες του ποταμού είναι από τα πιο ιδανικά σημεία για να παρατηρήσει κανείς τους νεροκότσουφες, αυτά τα επιφυλακτικά πουλιά των ορεινών ποταμών. Άλλα κοινά είδη που ζούνε γύρω από το ποτάμι είναι οι σταχτοσουσουράδες, οι τρυποφράχτες, τα αηδόνια, οι γαλαζοπαπαδίτες, οι καλόγεροι, οι μπούφοι, τα ξεφτέρια, οι φιδαιτοί, οι φάσσες, οι δεντροτσοπανάκοι, οι δεντροβάτες, τα λούγαρα, οι αιγίθαλοι, οι γερακίνες, τα μιλοχελίδονα, οι γκιώνηδες, οι μελισσοφάγοι, οι χουχουριστές, οι θαμνοτσιροβάκοι και διάφορα είδη από μυγοχάφτες. Η ερπετοπανίδα περιλαμβάνει πολλά είδη, όπως λοφιοφόρους τρίτωνες, σαλαμάνδρες, κιτρινομπομπίνες, φρύνους, πρασινόφρυνους, γραικοβάτραχους, πηδοβάτραχους, κονάκια, σαύρες της Ρούμελης, τρανόσαυρες, τοιχογουστέρες, σαΐτες, νερόφιδα, λιμνόφιδα, στεφανοφόρους, σπιτόφιδα, δεντρογαλιές και οχιές.

Ο Βοϊδομάτης αποτελεί ιδανικό βιότοπο για τις βίδρες, καθώς εδώ ζουν υγιείς πληθυσμοί από πέστροφες. Επίσης η περιοχή από τις πηγές μέχρι το γεφύρι της Αρίστης είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη καφέ αρκούδα. Στα γύρω δάση ζούνε ζαρκάδια, αγριόγατοι, αγριογούρουνα, αλεπούδες, ασβόι, κουνάβια, νυφίτσες, σκίουροι και δεντρομουξοί, ενώ στις όχθες του ποταμού ζει ένα μικρό σπάνιο θηλαστικό, η νερομυγαλή, το οποίο τρέφεται με υδρόβια ασπόνδυλα (Κουτσογιαννόπουλος, 2013).

Τέλος, αναφέρεται ότι η περιοχή στη συμβολή του Αώου με το Βοϊδομάτη στο λεκανοπέδιο της Κόνιτσας έχει μεγάλη οικολογική σημασία. Το παρόχθιο δάσος είναι απομεινάρι των εκτεταμένων παρόχθιων δασών που υπήρχαν στο παρελθόν στην περιοχή. Αποτελείται από Πλατάνους (*Platanus orientalis*), Λεύκες (*Populus tremula*), Ιτιές (*Salix* sp.) και Σκλήθρα (*Alnus glutinosa*). Βρίσκεται σε άριστη οικολογική κατάσταση και φιλοξενεί σπάνια πουλιά αλλά και κάποια ενδημικά φυτά. Η περιοχή αυτή έχει προταθεί να χαρακτηριστεί ως περιοχή εξαιρετικής φυσικής ομορφιάς (Παπαϊωάννου κ.α., 2008).

2.8 Η Πολιτισμική και Συμβολική Διάσταση των Ποταμών

Τα ποτάμια ανέκαθεν αποτελούσαν πλούτο για τον άνθρωπο αλλά και πηγή φυσικών καταστροφών όπως οι πλημμύρες. Η εύκολη πρόσβαση στο νερό και οι εύφορες παραποτάμιες κοιλάδες αποτέλεσαν ιστορικά σημαντικό παράγοντα για την ανάπτυξη του πολιτισμού κοντά στα ποτάμια. Αυτό είναι εμφανές σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι κοιλάδες των ποταμών μάλιστα αποτελούν τους φυσικούς δρόμους μέσω των οποίων κινούνται, μετακινούνται και διακινούνται άνθρωποι, υλικά και πνευματικά αγαθά, πολιτισμικά προϊόντα και ιδέες ανά τους αιώνες (Νιτσιάκος και Αράπογλου, 2001). Το ίδιο ισχύει και για τον ποταμό Αώο και την Ήπειρο, με την ευρύτερη γεωγραφική-πολιτισμική έννοια.

Γενικότερα, τα ποτάμια συνδέονται άμεσα με την τοπική παράδοση και την πολιτισμική κληρονομιά. Η ανεξήγητη, πολλές φορές, συμπεριφορά των ποταμών αποδόθηκε σε υπερφυσικές δυνάμεις και οδήγησε στη θεοποίηση τους. Έτσι στη μυθολογία όλων των λαών οι ποταμοί έχουν θεϊκές μορφές. Στην ελληνική μάλιστα μυθολογία οι ποταμοί λατρεύονταν ως θεοί που μπορούσαν να παίρνουν ότι μορφή επιθυμούσαν. Επίσης, τόσο στην αρχαιότητα όσο και στο πρόσφατο παρελθόν συχνά πραγματοποιούνταν διάφορες τελετές και δοξασίες για τον εξευμενισμό τους. Υπάρχουν αναρίθμητοι μύθοι, παραδόσεις, θρύλοι, προλήψεις και τραγούδια για τα ποτάμια. Ενδεικτικά, αναφέρονται κάποιοι από την περιοχή μελέτης. Στο Ζαγόρι της Ηπείρου, όποια γυναίκα γεννούσε πεθαμένο παιδί, έριχνε μέσα στα νερά του ποταμού μια ή περισσότερες αρκάδες του γεφυριού για να τον τιμωρήσει (Μαντάς, 2000). Αρκάδες λεγόταν οι όρθιες πέτρες που είχαν προστεθεί για ασφάλεια στο διάδρομο διάβασης

του γεφυριού. Τα ίχνη αυτής της παράδοσης είναι σήμερα ορατά σε πολλά πέτρινα γεφύρια της περιοχής. Μια άλλη ενδιαφέρουσα ιστορία που φανερώνει μια ακόμα πτυχή του ποταμού για το λαό, προέρχεται και πάλι από την περιοχή του Ζαγορίου (Μαντάς, 1997): «Εδώ, στου Κόκκορου το γιοφύρι, όχι το σημερινό, το παλαιότερο, ήταν έτσι φτιαγμένο, που το χρησιμοποιούσαν για να τιμωρούν του ζωοκλέφτες. Να πως γινότανε: όταν έναν τον υποψιάζονταν, ή τον έπιαναν να κλέβει, κι αυτός διαμαρτυρόταν ότι είναι ψέματα, είναι αθώς, και τέτοια, του έλεγαν: “Πάρε αυτή τη γίδα, βάλτη στον ώμο και πέρνα από ‘δω να πας πέρα”. Αλλά να είναι το γιοφύρι πλημμυρισμένο! Αν περνούσε με τη γίδα, ήταν αθώς, ήταν απόδειξη. Όσοι όμως πνίγονταν, ήταν ένοχοι. Γι’ αυτό τιμωριούνταν...».

Όμως γεφύρια και άλλα τεχνικά και υδραυλικά έργα, όπως φράγματα, εντοπίζονται από αρχαιοτάτων χρόνων, μαρτυρώντας την αέναη προσπάθεια του ανθρώπου να δαμάσει τις δυνάμεις της φύσης αλλά και να προσαρμοστεί στο φυσικό του περιβάλλον. Άλλωστε, ο τύπος των ποταμών καθορίζεται όχι μόνο από φυσικούς αλλά και από ανθρωπογεωγραφικούς παράγοντες. Οι τελευταίοι είναι αυτοί που τους προσδίδουν και έναν πολιτισμικό χαρακτήρα. Η τοπογραφία των ποταμών με τη σειρά της επηρεάζει την ίδια την ανθρωπογεωγραφία, συμβάλλοντας με τον τρόπο της στη διαμόρφωση ενοτήτων με ιδιαίτερα πολιτισμικά χαρακτηριστικά (Νιτσίακος και Αράπογλου, 2001). Από την άλλη πλευρά, τα κατά τόπους οικολογικά, ανθρωπογεωγραφικά και πολιτισμικά στοιχεία προσδίδουν ιδιαίτερη ταυτότητα σε τμήματα αλλά και σε ολόκληρα τα ποτάμια, ώστε να μπορούμε να μιλάμε για μια αδιάσπαστη ενότητα ανάμεσα στο φυσικό και το πολιτισμικό επίπεδο. Αυτή η ενότητα φύσης-πολιτισμού συνιστά και την ίδια την ταυτότητα του τοπίου, η οποία συγκροτείται με βάση τα φυσικά δεδομένα του χώρου μεν αλλά και με καθοριστική την συμβολή του πολιτισμού στη δόμηση και το μετασχηματισμό τους μέσα στο χρόνο. Ο άνθρωπος, παρεμβαίνοντας στο φυσικό του περιβάλλον, καθώς το οικειοποιείται, αφήνει τη δική του σφραγίδα πάνω του, το μετατρέπει ουσιαστικά σε τόπο, παράγει αυτό που λέμε τοπίο (Νιτσίακος και Αράπογλου, 2001). Έτσι, πολλά χαρακτηριστικά του φυσικού χώρου καθίστανται στοιχεία του πολιτισμού της κοινωνίας που τον οικειοποιείται ιστορικά. Το τοπίο διαμορφώνεται, καθαγιάζεται, συμβολοποιείται και έτσι ταυτίζεται με έναν πολιτισμό. Δεν είναι μια τυχαία συνάθροιση στοιχείων του φυσικού περιβάλλοντος αλλά ένα πλαίσιο δομημένο από την ιστορία και το συλλογικό μύθο μιας ανθρώπινης ομάδας, ένας τόπος συνυφασμένος με τη συλλογική της υπόσταση (Croll and Parkin 1992, Hirsch and O’Hanlon 1995, Ingold 2000). Έτσι, λοιπόν, τα ποτάμια είναι δρόμοι της ιστορίας και του πολιτισμού, πεδία όπου καταγράφεται και αποτυπώνεται με τον πιο εύγλωττο τρόπο ο ιστορικός διάλογος του ανθρώπου με τη φύση (Νιτσίακος και Αράπογλου, 2001).

Χαρακτηριστικά είναι τα αποτελέσματα έρευνας σχετικά με τη συμβολική αξία που έχει ο ποταμός Αωός για τους κατοίκους της Βωβούσας Ιωαννίνων (Λεονταρίτης, 2013α). Σχεδόν στο σύνολό τους, οι άνθρωποι αυτοί αντιλαμβάνονται το φυσικό περιβάλλον ως τον πλούτο της περιοχής, τόσο οικονομικά όσο και αξιακά – συμβολικά. Θεωρούν την προστασία του απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη της περιοχής, ανεξαρτήτως του τρόπου με τον οποίο θεωρούν ότι δύναται να επιτευχθεί η ανάπτυξη αυτή. Οι κυριότερες πηγές εσόδων των κατοίκων είναι ο φυσιολατρικός – πεζοπορικός τουρισμός και η υλοτομία, δραστηριότητες που συνδέονται άμεσα με το οικοσύστημα της περιοχής και την προστασία του. Λόγω της απομονωμένης θέσης του οικισμού, οι κάτοικοι έχουν κληθεί πολλές φορές να αναλάβουν δράση ανεξάρτητα από την πολιτεία, όπως για παράδειγμα η πρόληψη και η κατάσβεση δασικών πυρκαγιών, χτίζοντας έτσι μια ιδιαίτερη σχέση με το φυσικό τους περιβάλλον. Πέραν της οικονομικής δραστηριότητας, η ζωή των κατοίκων και η διαμόρφωση της ταυτότητάς τους (Wester-

Herber, 2004) είναι συνυφασμένη με το τοπίο, τα δάση, την πανίδα και τη χλωρίδα της περιοχής και φυσικά με τον ποταμό Αώο, σύμβολο του χωριού και κυρίαρχο στοιχείο της τοπικής αυτής ταυτότητας. Στο παρελθόν, αποτελούσε κέντρο διαφόρων δραστηριοτήτων, όπως η κτηνοτροφία, τα μαντάνια, οι νερόμυλοι και τα νεροπρίονα ενώ συνέβαλε σημαντικά στην ψυχαγωγία κατά τον ελεύθερο χρόνο. Έτσι εκτός των άλλων, ο Αώος έχει λαογραφική, πολιτιστική και συμβολική αξία, χαραγμένη βαθιά στη συλλογική συνείδηση. Ο Β. Νιτσιάκος, καθηγητής Κοινωνικής Λαογραφίας του τμήματος Ιστορίας και Αρχαιολογίας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, σε μια ομιλία του για τον Αώο αναφέρει: «Ο Αώος είναι ένα σύστημα, το οποίο δεν είναι μόνο παραγωγικό. Είναι ένα σύστημα πολιτισμικό, στο οποίο έχουν χαραχθεί συλλογικές μνήμες, έχει χαραχθεί η τοπική ταυτότητα και αν εκλείψει η βάση αυτού του συστήματος που είναι το οικοσύστημα του Αώου, εξαλείφεται η συλλογική μνήμη και κατ' επέκταση η τοπική ταυτότητα (...) Η σχέση της κοινωνίας με το περιβάλλον πρέπει να αντιμετωπίζεται με όρους ενότητας και διαλεκτικής και όχι διχοτομίας (...)».

Τέλος, θα ήταν σημαντική παράβλεψη να μη γίνει μια αναφορά στους «Βικογιατρούς», οι οποίοι πήραν το όνομά τους από το φαράγγι του Βίκου που τους παρείχε όλα τα απαραίτητα βότανα για γιατρικά τους. Επρόκειτο για κομπογιαννίτες γιατρούς, που, με τις εμπειρικές γνώσεις τους σχετικά με τη χρήση των βοτάνων, άσκησαν επί γενιές το επάγγελμα περιπλανώμενοι σε πολιτείες και χωριά. Αυτές οι γνώσεις θεωρούνται σήμερα πολύ σημαντικές για τις ιατρικές επιστήμες, που άλλοτε τις απέρριπταν ως μη επιστημονικές και επικίνδυνες. Ο βοτανικός πλούτος της περιοχής αυτής, μαζί με τις σχετικές παραδόσεις, τις ονομασίες, τις δεισιδαιμονίες κ.λπ., αποτελεί έτσι κι αλλιώς ένα σημαντικό κεφάλαιο της τοπικής ιστορίας και λαϊκής παράδοσης, που δεν έχει ακόμα μελετηθεί συστηματικά από επιστημονική άποψη.

2.9 Ενεργειακή Αξιοποίηση του Υδατικού Δυναμικού κ Κοινωνικές Αντιδράσεις

Η αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού αποτελεί ένα πάντοτε επίκαιρο ζήτημα για πολλές ορεινές περιοχές στη χώρα μας αλλά και παγκοσμίως. Ωστόσο, η προστασία του περιβάλλοντος, η ανάπτυξη (οικονομική και συνολική) και οι κοινωνικές αντιδράσεις είναι αλληλένδετες έννοιες που στο σύνολό τους αποτελούν ένα δυσεπίλυτο πρόβλημα. Λανθασμένες αποφάσεις και πολιτικές από την πλευρά του κράτους ή αδικαιολόγητοι φόβοι και αντιδράσεις από την πλευρά των τοπικών κοινωνιών οδηγούν σε αδιέξοδες συγκρούσεις. Για το λόγο αυτό, όταν προκύπτουν τέτοια ζητήματα, απαιτείται νηφαλιότητα και πολύπλευρη διερεύνηση, ώστε να υλοποιούνται έργα με συνολικό όφελος για την κοινωνία και το περιβάλλον. Στην προκειμένη περίπτωση υπάρχουν έντονες κοινωνικές αντιδράσεις των τοπικών κοινωνιών απέναντι σε ένα νέο υδροηλεκτρικό έργο. Το ζήτημα αυτό, όπως αναλύεται και στη συνέχεια, έχει διερευνηθεί από τον γράφοντα σε προηγούμενη έρευνά του (Λεονταρίτης 2013α).

Ένας ποταμός δεν είναι μόνο αριθμοί, παροχές, και βροχοπτώσεις. Φέρει ένα ιδιαίτερο, συμβολικό φορτίο για τις παραποτάμιες κοινωνίες ενώ ταυτόχρονα τροφοδοτεί ένα πλούσιο αλλά ευαίσθητο οικοσύστημα. Τα δύο αυτά στοιχεία είναι άλλωστε αλληλοτροφοδοτούμενα. Για τους κατοίκους δε των ορεινών και απομονωμένων περιοχών συνδέονται άρρηκτα και με τη διαμόρφωση της τοπικής τους ταυτότητας. Γενικά, η αξιοποίηση των υδάτων θα πρέπει να γίνεται με ορθολογικό τρόπο λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω στοιχεία. Φυσικά, στόχος παραμένει η κάλυψη των διαφόρων αναγκών της

κοινωνίας, η ανάπτυξη της περιοχής και η μεγιστοποίηση του κέρδους, με ολιστικούς όρους. Η έννοια λοιπόν της διαβούλευσης και του συμμετοχικού σχεδιασμού αναδεικνύονται ως πιθανές προσεγγίσεις των παραπάνω ζητημάτων. Αντίστοιχες λύσεις για τη λήψη αποφάσεων αναπτυξιακού χαρακτήρα έχουν προταθεί και από άλλους ερευνητές (Γιαννακούρου, 2011; Στρατηγέα, 2009; Renn et al., 1993).

Για την ενεργειακή αξιοποίηση του πλούσιου υδατικού δυναμικού της περιοχής μελέτης έχει προταθεί το έργο **«Αξιοποίηση υδατικού δυναμικού Πίνδου με πολλαπλή και πολυδύναμη χρήση νερού και υδροηλεκτρική εκμετάλλευση»** που προβλέπει την απόληψη 70 εκ. κυβικών μέτρων (70 hm^3) ετησίως στη θέση Σμιζώματα (συμβολή ποταμού Αώου με Αρκουδόρεμα) πάνω στον ρου του ποταμού Αώου, 3,5 χλμ ανάντη του οικισμού Βωβούσα. Η μέση ετήσια εκροή στο σημείο αυτό είναι σύμφωνα με τον επενδυτή 109 εκ. κυβικά μέτρα (109 hm^3) ενώ προβλέπεται διασφάλιση οικολογικής παροχής $0,421 \text{ m}^3/\text{s}$ καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Το νερό στη συνέχεια θα προωθείται στον ταμιευτήρα Πηγών Αώου μέσω δύο αντλιοστασίων συνολικής ισχύος 23 MW και γεωμετρικού ύψους άντλησης της τάξεως των 350m. Για την άντληση του νερού υπολογίζεται ότι θα δαπανώνται περίπου 83 GWh ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως, οι οποίες ισοδυναμούν με την έκλυση 70.550 τόνων διοξειδίου του άνθρακα (Λεονταρίτης, 2013α).

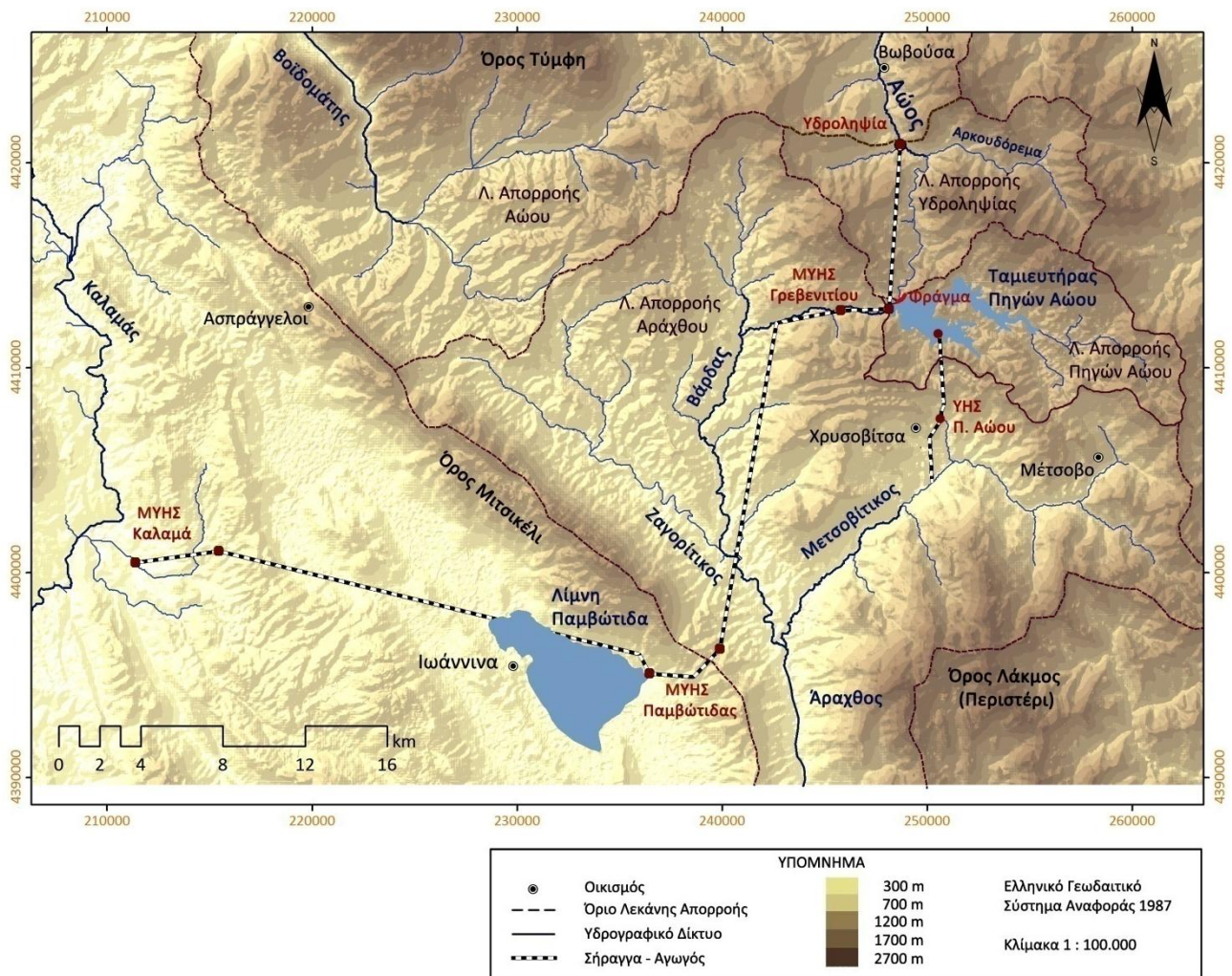
Από τη συνολική ποσότητα των αντλούμενων υδάτων, 50 εκ. κυβικά μέτρα νερού (50 hm^3) θα οδηγούνται στη λίμνη Παμβώτιδα μέσω των μικρών ΥΗΕ Γρεβενιτίου (7,8 MW) και Παμβώτιδας (11,6 MW) που προβλέπεται να κατασκευαστούν. Στη συνέχεια, μια ποσότητα των υδάτων που θα υπερχειλίζει από τη Λίμνη Παμβώτιδα θα διέρχεται από το ΜΥΗΕ Καλαμά (4,4 MW) που πρόκειται επίσης να κατασκευαστεί. Έτσι συνολικά θα παράγονται ετησίως 136 GWh ηλεκτρικής ενέργειας (Κεφαλάς, 2013).

Η υπολειπόμενη ποσότητα των 20 εκ. κυβικών μέτρων νερού (20 hm^3) διατίθεται προς αξιοποίηση από τον Υδροηλεκτρικό Σταθμό (ΥΗΣ) Πηγών Αώου. Η εκτιμώμενη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίστηκε σε 30,6 GWh. Στη συνέχεια η ποσότητα αυτή των υδάτων οδηγείται μέσω των ποταμών Μετσοβίτικου και Αράχθου στους ΥΗΣ Πουρνάρι Ι+ΙΙ, όπου δύναται να παραγάγει 4,1 GWh ηλεκτρικής ενέργειας σε ετήσια βάση. Επίσης, όταν ολοκληρωθεί ο υπό κατασκευή, αλλά σε στάσιμη κατάσταση ΥΗΣ Μετσοβίτικου, θα υπάρχει η δυνατότητα περαιτέρω παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της τάξης των 4,2 GWh ετησίως (Λεονταρίτης, 2013β).

Συνολικά, λοιπόν, το έργο δύναται να παραγάγει περίπου 174,9 GWh ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως, ενώ οι ιδιοκαταναλώσεις ανέρχονται σε 83 GWh. Επομένως το ετήσιο ενεργειακό κέρδος του έργου ανέρχεται σε 91,9 GWh «καθαρής» ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες ισοδυναμούν με την αποφυγή έκλυσης 78.113 τόνων διοξειδίου του άνθρακα για τη χώρα.

Ακολουθεί χάρτης αναπαράστασης του προτεινόμενου υδροηλεκτρικού έργου (Σχήμα 2.10). Διακρίνονται τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα, το σημείο υδροληψίας και η αντίστοιχη λεκάνη απορροής. Σημειώνεται ότι οι αγωγοί-σήραγγες μεταφοράς του νερού έχουν σχεδιαστεί κατά προσέγγιση καθώς δεν έχει δημοσιευτεί κάποια σχετική μελέτη χωροθέτησής τους.

Χάρτης Προτεινόμενου Υδροηλεκτρικού Έργου



Σχήμα 2.10. Χάρτης Προτεινόμενου Υδροηλεκτρικού Έργου

2.9.1 Κριτική

Για την κάλυψη της απαιτούμενης ισχύος των αντλιοστασίων πιθανότατα απαιτείται η κατασκευή δικτύου υψηλής τάσης μέχρι την θέση υδροληψίας αλλά και μέχρι τη θέση του δεύτερου αντλιοστασίου. Η χωροθέτηση τόσο του δικτύου, όσο και του αγωγού μεταφοράς και των αντλιοστασίων αποτελεί αντικείμενο ιδιαίτερου προβληματισμού, καθώς θα διέρχονται από προστατευόμενες περιοχές (Εθνικό Πάρκο Βόρειας Πίνδου, περιοχές Natura 2000, Εθνικός Δρυμός Πίνδου) (Λεονταρίτης, 2013β). Ο Φορέας Διαχείρισης του Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου έχει γνωμοδοτήσει αρνητικά για το έργο εκφράζοντας έντονους προβληματισμούς σχετικά με τις περιβαλλοντικές του επιπτώσεις (Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου, 2012; 2013α).

Σε έγγραφό του Φορέα προς τη Γενική Γραμματεία Υδάτων του ΥΠΕΚΑ χαρακτηριστικά αναφέρεται (Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου, 2012): «Η πραγματοποίηση του υπό συζήτηση έργου στην περιοχή θα επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό την οικολογική ισορροπία στην οποία έχουν περιέλθει τα φυσικά οικοσυστήματα της ευρύτερης περιοχής, μετά και την αρχική δέσμευση ποσοτήτων νερού από τις πηγές του Αώου με την δημιουργία του ομωνύμου φράγματος. Ήδη η έλλειψη νερού στη ροή του ποταμού Αώου είναι εμφανής και ανησυχητική σε διάφορες περιόδους. Η περαιτέρω δέσμευση ποσοτήτων υδάτων από το υδρολογικό σύστημα του Αώου είναι προφανές ότι θα δημιουργήσει ακόμη μεγαλύτερα προβλήματα, αφενός στην περιοχή εγκατάστασης, αλλά και σε περιοχές όπου διέρχεται ο ποταμός, όπως η Περιοχή Προστασίας της Φύσης (Ζώνη Ι –Τμήμα Αώος) του Εθνικού Πάρκου, περιοχές ενταγμένες στο οικολογικό δίκτυο Natura 2000, δημιουργώντας έτσι θέματα συνοχής και συνέχειας του δικτύου, προστασίας και διαχείρισής του. Οι επιπτώσεις που θα προκύψουν από το προτεινόμενο έργο, δεν μπορούν να εκτιμηθούν με ακρίβεια εκ των προτέρων, αλλά είναι βέβαιο πως θα είναι ιδιαίτερα αρνητικές για την οικολογική δομή, συγκρότηση και υπόσταση, τόσο του ποτάμιου συστήματος, αλλά και των ζωνών διέλευσης των αγωγών. Τελικά το περιβαλλοντικό κόστος εκτιμάται ότι θα είναι δυσανάλογα μεγαλύτερο από το όποιο αναμενόμενο όφελος, που θα προκύψει από την παραγωγή ενέργειας.»

Άλλωστε, στον ταμιευτήρα του ΥΗΣ Πηγών Αώου δεσμεύονται ήδη 100 εκ. κυβικά μέτρα (100 hm³) νερού το χρόνο, τα οποία εκτρέπονται από τον φυσικό ρου του ποταμού στον ποταμό Μετσοβίτικο, μειώνοντας την ετήσια απορροή του ποταμού στην περιοχή της Βωβούσας σχεδόν κατά το ήμισυ. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι το τμήμα του ποταμού κατάντη του ταμιευτήρα έως τη θέση Σμιζώματα έχει χαρακτηριστεί ως Ιδιαίτερα Τροποποιημένο Υδάτινο Σώμα (ΙΤΥΣ) σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά της Ε.Ε. (2000/60/ΕΚ). Η επιπλέον επιβάρυνση του ποταμού θα έχει ως αποτέλεσμα την κατάταξη και του υπόλοιπου τμήματος του ποταμού στα ΙΤΥΣ, με ότι συνεπάγεται αυτό αναφορικά με τους περιβαλλοντικούς στόχους που θα τεθούν για τον ποταμό από τα Διαχειριστικά Σχέδια Υδάτων (Λεονταρίτης, 2013β).

Πέραν του «πράσινου» ενεργειακού οφέλους, βασικό επιχείρημα είναι ο εμπλουτισμός και η εξυγίανση της λίμνης Παμβώτιδας, η οποία αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα ρύπανσης και ευτροφισμού. Ωστόσο, η πρόσθετη ροή υδάτων από το εν λόγω έργο θα έχει αμφίβολα έως ασήμαντα αποτελέσματα ενώ οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι σίγουρα σημαντικές όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Σε κάθε περίπτωση, το έργο έχει χαρακτηριστεί ως υδροηλεκτρικό (ΥΠΕΚΑ, 2013) ερχόμενο σε αντίθεση με την Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά η οποία απαγορεύει την μεταφορά υδάτων σε άλλη λεκάνη περιοχής εκτός εάν πρόκειται για έργα ύδρευσης ή έργα που συμβάλλουν στην αντιμετώπιση άλλων περιβαλλοντικών προβλημάτων και ταυτόχρονα αποτελούν και τη μοναδική εφικτή λύση, κάτι που δεν ισχύει εν προκειμένω.

Τέλος, σημειώνεται ότι πέραν του Φορέα Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου, τα Δημοτικά Συμβούλια του Δήμου Ζαγορίου και του Δήμου Κόνιτσας έχουν λάβει ομόφωνη απόφαση ενάντια στην υλοποίηση του έργου, ενώ αρνητικά έχει γνωμοδοτήσει και το τμήμα Ηπείρου του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας στην εκτίμησή του για την κατάσταση των νερών του λεκανοπεδίου των Ιωαννίνων (ΤΕΕ, 2011).

2.9.2 Κοινωνικές αντιδράσεις

Η ανάλυση που ακολουθεί είναι μέρος της έρευνας που διεξήχθη από τον γράφοντα με σκοπό την διερεύνηση της φύσης των κοινωνικών αντιδράσεων και των κινήτρων ενάντια στο προτεινόμενο αυτό έργο (Λεονταρίτης, 2013α). Η μελέτη εστιάζει στη Βωβούσα Ιωαννίνων, όπου ξεκίνησαν οι πρώτες κοινωνικές διεργασίες. Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε βασίστηκε αφενός σε ημι-δομημένες συνεντεύξεις από ανθρώπους- κλειδιά αλλά και από απλούς πολίτες και, αφετέρου, στη συστηματική παρακολούθηση και καταγραφή των τεκταινόμενων καθώς και στη συμμετοχή σε διάφορες διαδικασίες του κινήματος όπως συνελεύσεις, εκδηλώσεις και ημερίδες.

Η αξιοποίηση των νερών της περιοχής έχει προταθεί με ποικίλους τρόπους τα τελευταία 30 χρόνια, βρίσκοντας τους κατοίκους της ευρύτερης περιοχής συνεπείς ενάντια στα σχέδια αυτά. Άλλωστε, είναι αλληλένδετα με την τεχνητή λίμνη Πηγών Αώου, η οποία έχει αφήσει αρνητικό αντίκτυπο στην περιοχή, όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια. Στον αρχικό σχεδιασμό του ΥΗΣ Πηγών Αώου περιλαμβάνονταν και τα ύδατα από την περιοχή της Βάλια Κάλντα, ο οποίος όμως ματαιώθηκε λόγω της μετέπειτα ανακήρυξης της περιοχής σε Εθνικό Δρυμό (1966). Μάλιστα, είχε ήδη ξεκινήσει η κατασκευή της σήραγγας προσαγωγής των υδάτων μέσα από το όρος Μαυροβούνι, η οποία είναι ορατή ακόμα και σήμερα. Μέσα στα επόμενα χρόνια έγινε πληθώρα προτάσεων για την αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού με τις πιο πρόσφατες να ακυρώνονται αρχικά από το ΥΠΕΧΩΔΕ το 1995 και στη συνέχεια με προσωπική απόφαση της τότε υπουργού ΥΠΕΚΑ, Τίνας Μπιρμπίλη, το 2009. Σε κάθε περίπτωση, άλλοτε εντονότερα και άλλοτε πιο ήπια, η τοπική κοινωνία αντέδρασε και το εκάστοτε κοινοτικό συμβούλιο είχε πάρει αντίστοιχες αποφάσεις. Έτσι, η κυβέρνηση αναγκαζόταν σε αναδίπλωση χωρίς ωστόσο να αποσύρει εξολοκλήρου το γενικότερο σχέδιο για την αξιοποίηση των υδάτων της περιοχής. Ως αποτέλεσμα, η τοπική κοινωνία παρουσιάζει οξυμένα αντανάκλαστικά και βρίσκεται σε εγρήγορση ώστε να πάρει θέση για κάθε νέο σχέδιο. Όταν, λοιπόν, το θέμα ξαναήρθε στο προσκήνιο τον Αύγουστο του 2012 με το εν λόγω έργο, υπήρξαν άμεσες αντιδράσεις από την τοπική κοινωνία και μόλις το Νοέμβριο του 2012 δημιουργήθηκε η **Κίνηση Πολιτών για την Προστασία του Αώου**. Στο σημείο αυτό επανέρχεται ο προσδιορισμός της έννοιας «τοπικό», καθώς αν και πραγματοποιούνται αμεσοδημοκρατικές διαδικασίες εντός της Κίνησης που συμπεριλαμβάνουν και τους κατοίκους του οικισμού, η πολιτική πρωτοβουλία καθώς και το οργανωτικό βάρος παραλαμβάνεται από πολίτες με καταγωγή από τη Βωβούσα αλλά μόνιμο τόπο κατοικίας τα Ιωάννινα. Κάποιοι από αυτούς έχουν ισχυρή επιρροή στην τοπική κοινωνία, όπου χαίρουν ιδιαίτερης εκτίμησης και εμπιστοσύνης λόγω της τοπικής δράσης τους ή/και του επαγγέλματός τους. Εξάλλου, στις μικρές ορεινές κοινωνίες, επαγγέλματα όπως του ιατρού, του δικηγόρου, του μηχανικού, του καθηγητή, του ιερέα κ.α. καθώς και η έντονη οικονομική δραστηριότητα (επιχειρηματίες, μεγαλοϊδιοκτήτες) προσδίδουν ένα ιδιαίτερο κύρος στα άτομα αυτά, καθιστώντας τα συχνά συμβολικούς ηγέτες της κοινωνίας (Morel, 1977; Newby et al., 1978; Oliveira Baptista, 1995; Plerez Yrvela, 1995). Αυτό, φυσικά, δε σημαίνει ότι οι αντιδράσεις είναι υποκινούμενες. ότι δεν έχουν τοπικό χαρακτήρα ή ότι αντιπροσωπεύουν κάποιο συγκεκριμένο κομμάτι της κοινωνίας. Σε κάθε περίπτωση όμως, αποτελεί ένα σημείο που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

Το βασικό επιχείρημα για τη ματαίωση του έργου είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του έργου στην περιοχή. Το σημείο αυτό δε λείπει ποτέ από την επιχειρηματολογία τέτοιου είδους κοινωνικών κινήσεων και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά την ανάλυσή του. Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί αν

το έργο έχει πράγματι σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και αν ναι σε ποιο βαθμό αποτελούν πραγματικά το βασικό κίνητρο αντίδρασης της τοπικής κοινωνίας. Όπως αναλύθηκε παραπάνω για το συγκεκριμένο έργο, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι σημαντικές, ενώ ανεξάρτητοι φορείς και επιστήμονες συμμαρύνονται τις ανησυχίες της κοινωνίας, μιλώντας για μη αναστρέψιμες συνέπειες και περιβαλλοντική καταστροφή, σε ένα ήδη επιβαρημένο από τον ταμιευτήρα των Πηγών Αώου οικοσύστημα. Από την άλλη, όπως αναλύθηκε παραπάνω (2.8 Η Πολιτισμική και Συμβολική Διάσταση των Ποταμών), η συμβολική αξία του ποταμού Αώου και του περιβάλλοντος οικοσυστήματος για την κοινωνία της Βωβούσας και η σύνδεσή του με την τοπική ταυτότητα και τις οικονομικές δραστηριότητες, υποδεικνύουν κάποια από τα κυρίαρχα κίνητρα των αντιδράσεων. Δεδομένα και από άλλες παρόμοιες περιπτώσεις δείχνουν ότι όταν ένα έργο θίγει ή επηρεάζει έναν τόπο με συμβολικό φορτίο πέραν της περιβαλλοντικής του σημασίας, η τοπική κοινότητα αντιδρά και παλεύει για τη ματαίωσή του (Pol et al., 2006). Επίσης στις περιπτώσεις αυτές, η υπεράσπιση της ταυτότητας συνήθως υπερισχύει της προάσπισης και προώθησης του προσωπικού οφέλους (Woods, 2003), κάτι που επιβεβαιώνεται και στην περίπτωση της Βωβούσας.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ακόμη, η αρνητική παρακαταθήκη που έχει αφήσει ο ΥΗΣ Πηγών Αώου. Το έργο αυτό έχει επιφέρει αισθητές αλλαγές και αλλοιώσεις στο υδάτινο οικοσύστημα της περιοχής, στιγματίζοντας τόσο την υδροηλεκτρική ενέργεια όσο και τις επεμβάσεις στο ρου του ποταμού. Συνολικά, έχει συμβάλει σημαντικά στη διαμόρφωση μιας εξαιρετικά αρνητικής στάσης των τοπικών κοινωνιών απέναντι στο προτεινόμενο έργο. Χαρακτηριστικό είναι ότι σε μια ημερίδα για την προστασία του Αώου, εκπρόσωπος της Κίνησης ανέφερε ότι εκτός από τη ματαίωση του έργου απαιτείται και η διασφάλιση οικολογικής παροχής από τον ταμιευτήρα των Πηγών Αώου. Επίσης, αρνητική παρακαταθήκη έχουν αφήσει και οι επανειλημμένες προσπάθειες του παρελθόντος για την υλοποίηση του έργου με διάφορες μορφές, όπως αναλύθηκε σε προηγούμενη παράγραφο.

Επίσης, κοινό τόπο αποτελεί ο συσχετισμός του έργου με την εμπορευματοποίηση ενός κοινωνικού αγαθού όπως είναι το νερό και την παραχώρησή του σε μια ιδιωτική εταιρεία. Οι κάτοικοι στην επιχειρηματολογία τους, τονίζουν το γεγονός ότι η υλοποίηση του έργου αυτού είναι μια πολιτική επιλογή. Η κυρίαρχη άποψη είναι ότι μια ιδιωτική εταιρεία, σε αντίθεση με το δημόσιο, ενδιαφέρεται μόνο για τη μεγιστοποίηση του κέρδους με κάθε νόμιμο ή παράνομο τρόπο, αδιαφορώντας για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του έργου. Ο νομικός σύμβουλος της Κίνησης Πολιτών, χρησιμοποίησε μάλιστα την έννοια του «υδρολογικού ιμπεριαλισμού», ως την οικειοποίηση των υδάτινων πόρων με στόχο την κυριαρχία και το κέρδος και όχι την ικανοποίηση ανθρώπινων αναγκών. Τη στάση αυτή του κινήματος απέναντι στις ιδιωτικές εταιρίες έχουν εντοπίσει και άλλοι ερευνητές (Pol et al., 2006) σε αντίστοιχες έρευνες. Η φερεγγυότητα του επενδυτή και της πολιτείας έχει, άλλωστε, πληγεί από το γεγονός ότι το έργο προβλήθηκε στην αρχή ως περιβαλλοντική αναγκαιότητα για τον εμπλουτισμό της λίμνης Παμβώτιδας, με ταυτόχρονη υδρευτική, αρδευτική και υδροηλεκτρική χρήση (ΥΠΕΚΑ, 2012). Η τεκμηρίωση ωστόσο αποδείχθηκε ελλιπής, οδηγώντας σε αναδίπλωση της πολιτικής γραμμής στη συνέχεια και τον επαναπροσδιορισμό του έργου ως υδροηλεκτρικό (ΥΠΕΚΑ, 2013).

Διάχυτη είναι και η έλλειψη εμπιστοσύνης στο κράτος, με τη συντριπτική πλειοψηφία να θεωρεί δεδομένη τόσο την αδιαφορία του απέναντι στο περιβάλλον και την προάσπιση του κοινού συμφέροντος, όσο και την υποχώρησή του μπροστά στα ιδιωτικά συμφέροντα και τη συμβολή του στην

παράκαμψη τυχόν νομικών κωλυμάτων για την υλοποίηση του έργου. «Αν ένας νόμος δεν τους ικανοποιεί, τον αντικαθιστούν με άλλον, αν μπορούν να τον παραβούν, τον παραβαίνουν, αν δε μπορούν, τον τροποποιούν (...) γίνεται μια προσπάθεια νομιμοποίησης του έργου με πολιτικά και εξωεπιστημονικά κριτήριαβ(...)», αναφέρει χαρακτηριστικά σε ομιλία του, εκπρόσωπος της Κίνησης Πολιτών. Οι κάτοικοι από την πλευρά τους αναρωτιούνται τι νόημα έχει η ανακήρυξη περιοχών ως προστατευόμενες (Natura 2000, Εθνικά Πάρκα, Εθνικοί Δρυμοί) και η θέσπιση της αντίστοιχης νομοθεσίας από το κράτος, όταν σε δεύτερο χρόνο αυτή παρακάμπτεται. Θεωρούν την απαξίωση των προστατευόμενων περιοχών, με αφετηρία το εν λόγω έργο, ως την απαρχή για την περαιτέρω εκμετάλλευση του φυσικού πλούτου της περιοχής.

Εμπίπτει, όμως, το κίνημα αυτό, στην κατηγορία των τοπικιστικών κινήματων με ιδιοτελείς σκοπούς και σε ποιο βαθμό; Το ερώτημα αυτό δεν μπορεί να απαντηθεί αυστηρά ούτε σε ηθική ούτε σε τεχνική βάση. Από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και με βάση την παραπάνω ανάλυση, το υπό μελέτη κοινωνικό κίνημα δε φαίνεται να κυριαρχείται από χαρακτηριστικά, τα οποία θα μπορούσαν να δικαιολογήσουν το χαρακτηρισμό του ως τοπικιστικό ή ιδιοτελές.

3. Συλλογή Δεδομένων

Για την ανάπτυξη και την εφαρμογή του μοντέλου υδατικού ισοζυγίου απαιτούνται υδρολογικά, γεωγραφικά, και άλλα δεδομένα για την περιοχή μελέτης, η συλλογή των οποίων είναι συχνά μια επίπονη διαδικασία. Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται αναλυτικά τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και οι πηγές άντλησής τους.

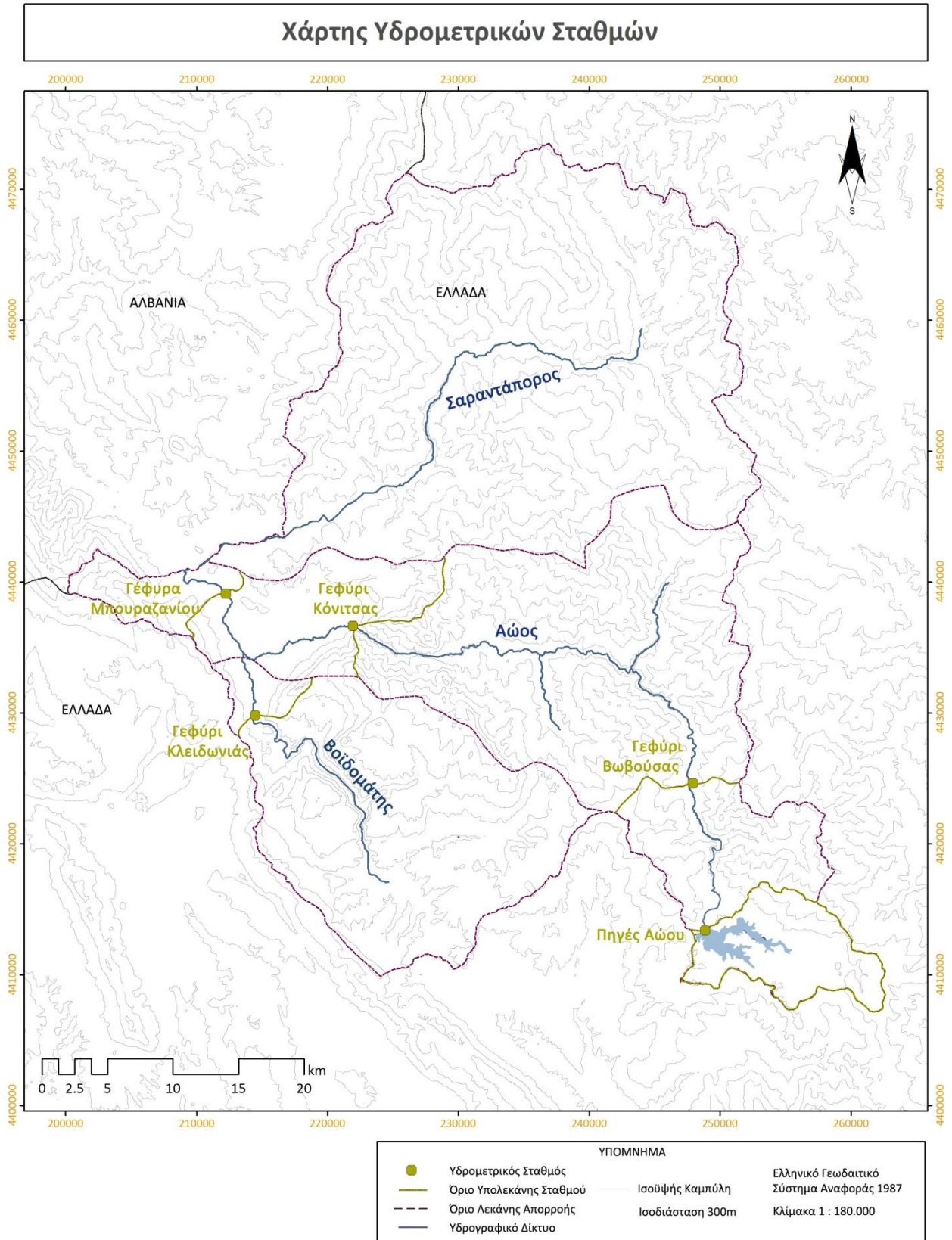
3.1 Υδρολογικά Δεδομένα

Δεδομένου ότι ο Τομέας Υδρολογίας της Διεύθυνσης Υδροηλεκτρικής Παραγωγής (ΔΥΗΠ) της Δ.Ε.Η. διαθέτει επεξεργασμένα υδρολογικά δεδομένα με τη μορφή μηνιαίων παροχών σε διάφορες θέσεις της περιοχής μελέτης, τα οποία κρίνονται επαρκή στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, δεν ήταν απαραίτητη η συλλογή και επεξεργασία υδρομετρικών δεδομένων. Τα υδρολογικά αυτά δεδομένα παραχωρήθηκαν δωρεάν από τη Δ.Ε.Η./ΔΥΗΠ κατόπιν συμφωνητικού. Οι θέσεις των υδρομετρικών αυτών σταθμών της Δ.Ε.Η. φαίνονται στο Σχήμα 3.1.

Ένα στοιχείο που καθορίζει τη μελέτη της λεκάνης απορροής του ποταμού Αώου είναι η κατασκευή του φράγματος του ταμιευτήρα Πηγών Αώου στα τέλη της δεκαετίας του 80. Η σήραγγα εκτροπής έκλεισε κατά το υδρολογικό έτος 1987-88, το οποίο για το λόγω αυτό δε συμπεριλαμβάνεται στις χρονοσειρές δεδομένων ως μεταβατικό έτος. Έτσι η μελέτη του υδροσυστήματος γίνεται σε δύο ξεχωριστές περιόδους πριν και μετά το κλείσιμο της σήραγγας εκτροπής του κυρίως φράγματος του ταμιευτήρα Πηγών Αώου: **(Α)** από το υδρολογικό έτος 1950-51 έως το 1986-87 και **(Β)** από το υδρολογικό έτος 1988-89 έως το 2011-2012. Επίσης ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του ταμιευτήρα αυτού είναι ότι δεν προβλέπεται οικολογική παροχή κατάντη του φράγματος στην παλαιά κοίτη του ποταμού Αώου. Επομένως η ποσότητα των υδάτων που δεσμεύεται στον ταμιευτήρα εκτρέπεται **εξολοκλήρου** μέσω του ΥΗΣ Πηγών Αώου στον ποταμό Μετσοβίτικο που ανήκει στη λεκάνη απορροής του Αράχθου (Σχήμα 2.8). Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των υδρομετρικών σταθμών της Δ.Ε.Η. πριν και μετά το φράγμα.

Πίνακας 3.1. Υδρομετρικοί σταθμοί και λεκάνες απορροής πριν (Α) και μετά (Β) την κατασκευή του φράγματος Πηγών Αώου (ΔΕΗ, 2013)

ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ (Φορέας: Δ.Ε.Η./ΔΥΗΠ)			
Θέση	Λεκάνη Απορροής	Έκταση Λεκάνης Α (km ²)	Έκταση Λεκάνης Β (km ²)
Πηγές Αώου	Αώου	79,1	85,3
Βωβούσα	Αώου	202,0	116,7
Γεφύρι Κόνιτσας	Αώου	665,0	579,7
Γεφύρι Κλειδωνιάς	Βοϊδομάτη	332,0	332,0
Γέφυρα Μπουραζανίου	Αώου -Βοϊδομάτη	1154,6	1069,3



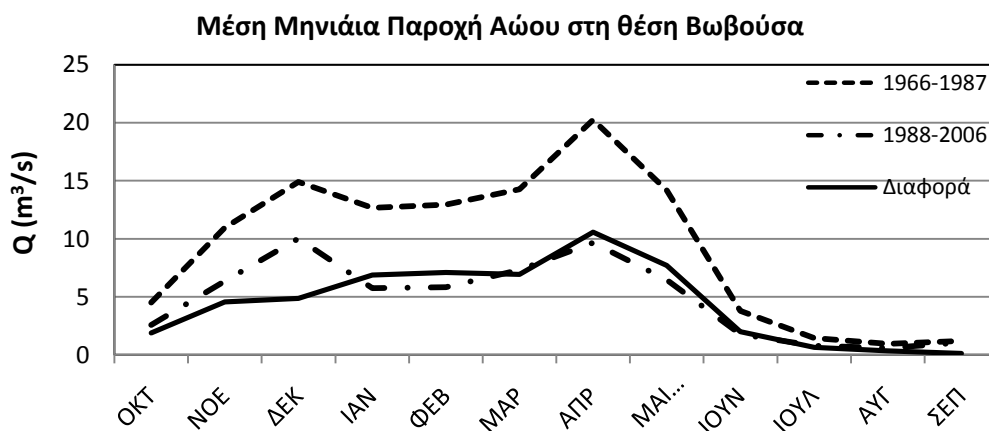
Σχήμα 3.1. Χάρτης Υδρομετρικών Σταθμών

Σημειώνεται ότι για τη θέση “Πηγές Αώου” λειτουργούσε υδρομετρικός σταθμός ανάντη της θέσης κατασκευής του κυρίως φράγματος κατά την περίοδο Α , ενώ για την περίοδο Β τα δεδομένα προέρχονται από το υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα Πηγών Αώου. Ως εκ τούτου, η λεκάνη απορροής για την περίοδο (Α) είναι ελαφρώς διαφοροποιημένη από τη αντίστοιχη λεκάνη για την περίοδο (Β). Παρόλαυτα, οι αποκλίσεις είναι ελάχιστες και επομένως θεωρείται ότι οι δύο θέσεις ταυτίζονται. Έτσι, με βάση τα παραπάνω, για την περίοδο (Β) έχει αφαιρεθεί η λεκάνη απορροής του ταμιευτήρα Πηγών Αώου (85,3km²) από όλες τις κατάντη θέσεις που εμπίπτουν στη λεκάνη απορροής του ποταμού Αώου. Στη συνέχεια παρατίθενται οι υπερετήσιες παροχές στις θέσεις αυτές για τις δύο περιόδους, με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα (Πίνακας 3.2).

Πίνακας 3.2. Υδρομετρικοί σταθμοί και μέσες ετήσιες παροχές πριν (1967-77) και μετά (1991-2006) την κατασκευή του φράγματος Πηγών Αώου (ΔΕΗ, 2013)

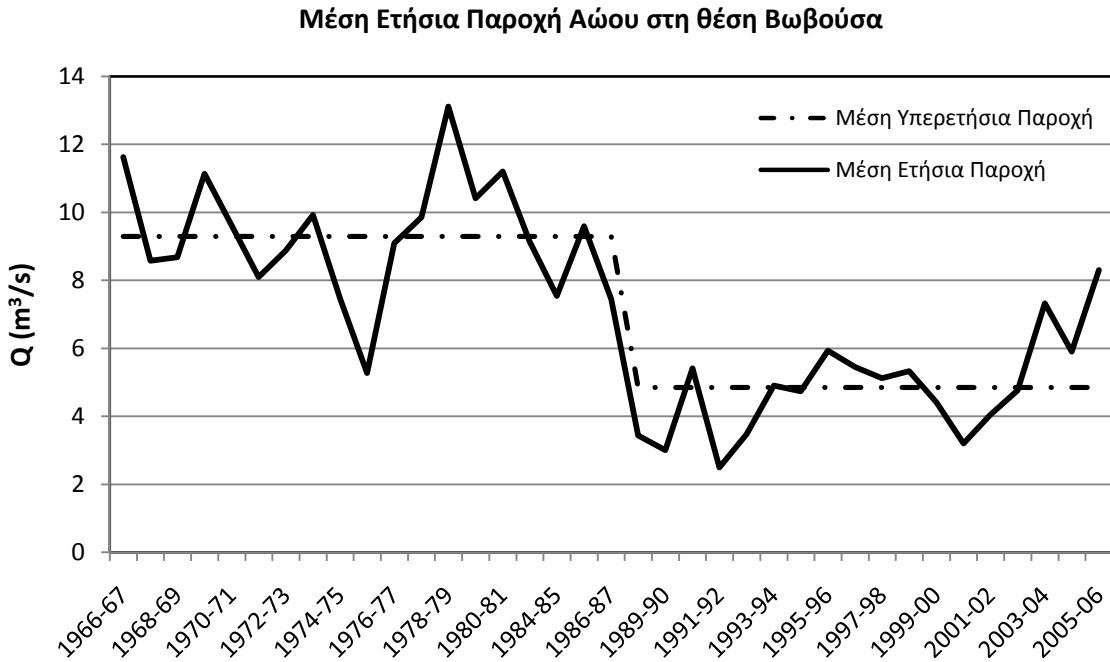
Μέσες Ετήσιες Παροχές		
Θέση	Q _A (m ³ /s)	Q _B (m ³ /s)
Πηγές Αώου	3,52	3,30
Βωβούσα	9,23	5,03
Γεφύρι Κόνιτσας	22,88	-
Γεφύρι Κλειδωνιάς	14,88	-
Γέφυρα Μπουραζανίου	46,66	-

Μια σημαντική παρατήρηση στον πίνακα αυτό είναι ότι στη θέση “Βωβούσα” που βρίσκεται κατάντη του φράγματος οι μέσες παροχές της περιόδου (Β) υπολείπονται της περιόδου (Α) κατά μια τιμή μεγαλύτερη από την ποσότητα των υδάτων που δεσμεύεται στον ταμιευτήρα και εκτρέπεται στη λεκάνη του Αράχθου. Αυτό οφείλεται στα μειωμένα κατακρημνίσματα κατά την περίοδο αυτή. Η εικόνα αυτή ενισχύεται και από τη μειωμένη παροχή για την περίοδο (Β) στη θέση «Πηγές Αώου» που δεν επηρεάζεται από την ύπαρξη του φράγματος.



Σχήμα 3.2. Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση Βωβούσα πριν (1966-1987) και μετά (1988-2006) την κατασκευή του φράγματος Πηγών Αώου (ΔΕΗ, 2013)

Η θέση η οποία επηρεάζεται περισσότερο και πιο άμεσα είναι η Βωβούσα, η οποία βρίσκεται μερικά μόλις χιλιόμετρα κατάντη του φράγματος. Είναι εμφανής η επίδραση αυτή στις μέσες μηνιαίες παροχές (Σχήμα 3.2) και στις ετήσιες και υπερετήσιες παροχές (Σχήμα 3.3), ενώ παράλληλα καταδεικνύεται και η ανάγκη για μελέτη του υδροσυστήματος σε δύο περιόδους.



Σχήμα 3.3. Μέσες ετήσιες παροχές στη θέση Βωβούσα για την περίοδο 1966-2006 (ΔΕΗ, 2013)

Στο Σχήμα 3.2 ένα σημαντικό στοιχείο που αποτελεί ένδειξη για την αξιοπιστία των υδρολογικών δεδομένων είναι ότι η μορφή των καμπυλών για τις δύο περιόδους είναι παρόμοια, καθώς είναι αναμενόμενο να μην αλλάζει σημαντικά η απόκριση του συστήματος. Αντίστοιχα στο Σχήμα 3.3 είναι εύκολα αναγνωρίσιμη η διαβόητη ξηρασία στις αρχές της δεκαετίας του 90 καθώς και τα πλούσια υδρολογικά έτη την περίοδο 2003-2006.

Ένα ζήτημα που προκύπτει είναι ότι δεν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα για όλες τις χρονικές περιόδους σε όλους τους σταθμούς. Ο Πίνακας 3.3 παρουσιάζει τα διαθέσιμα υδρολογικά δεδομένα. Πριν την ανάπτυξη και την εφαρμογή του μοντέλου υδατικού ισοζυγίου είναι απαραίτητη η συμπλήρωση των χρονοσειρών αυτών έτσι ώστε να υπάρχει τιμή για την παροχή σε κάθε θέση για όλα τα υδρολογικά έτη. Για να γίνει αυτό χρησιμοποιούνται οι πληροφορίες από μια θέση ή περισσότερες και υπολογίζεται η τιμή της παροχής για μια άλλη, εφόσον αυτές είναι μεταξύ τους συσχετισμένες. Αυτό που είναι σημαντικό είναι ότι υπάρχουν δεδομένα για τις παροχές σε κάθε χρονιά σε τουλάχιστον μια θέση. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για τη συμπλήρωση των χρονοσειρών παρουσιάζεται λεπτομερώς στο Κεφάλαιο 4.

Πίνακας 3.3. Διαθέσιμα Υδρολογικά Δεδομένα

Διαθέσιμα Υδρολογικά Δεδομένα					
Υδρολογικό Έτος	Πηγές Αώου	Βωβούσα	Γεφύρι Κόνιτσας	Γεφύρι Κλειδωνιάς	Γέφυρα Μπουραζανίου
1950-51	•	X	X	X	X
1951-52	•	X	X	X	X
1952-53	•	X	X	X	X
1953-54	•	X	X	X	X
1954-55	•	X	X	X	X
1955-56	•	X	X	X	X
1956-57	•	X	X	X	X
1957-58	•	X	X	X	X
1958-59	•	X	X	X	X
1959-60	•	X	X	X	X
1960-61	•	X	X	X	X
1961-62	•	X	X	X	X
1962-63	•	X	X	X	X
1963-64	•	X	•	X	X
1964-65	•	X	•	X	X
1965-66	•	X	•	X	X
1966-67	•	•	•	X	X
1967-68	•	•	•	•	X
1968-69	•	•	•	•	X
1969-70	•	•	•	•	X
1970-71	•	•	•	•	X
1971-72	•	•	•	•	X
1972-73	•	•	•	•	X
1973-74	•	•	•	•	•
1974-75	•	•	•	•	•
1975-76	•	•	•	•	•
1976-77	•	•	•	•	•
1977-78	X	•	X	X	X
1978-79	X	•	X	X	X
1979-80	X	•	X	X	•
1980-81	X	•	X	X	•
1981-82	X	X	X	X	•
1982-83	X	X	X	X	•
1983-84	X	•	X	X	X
1984-85	X	•	X	X	X
1985-86	X	•	X	X	X
1986-87	X	•	X	X	X
1988-89	X	•	X	X	X
1989-90	X	•	X	X	X
1990-91	X	•	X	X	X

1991-92	•	•	X	X	X
1992-93	•	•	X	X	X
1993-94	•	•	X	X	X
1994-95	•	•	X	X	X
1995-96	•	•	X	X	X
1996-97	•	•	X	X	X
1997-98	•	•	X	X	X
1998-99	•	•	X	X	X
1999-00	•	•	X	X	X
2000-01	•	•	X	X	X
2001-02	•	•	X	X	X
2002-03	•	•	X	X	X
2003-04	•	•	X	X	X
2004-05	•	•	X	X	X
2005-06	•	•	X	X	X
2006-07	•	X	X	X	X
2007-08	•	X	X	X	X
2008-09	•	X	X	X	X
2009-10	•	X	X	X	X
2010-11	•	X	X	X	X
2011-12	•	X	X	X	X

3.2 Γεωγραφικά Δεδομένα

Τα απαραίτητα γεωγραφικά δεδομένα αντλήθηκαν από διάφορες πηγές ενώ κάποια παρήχθησαν από τον γράφοντα. Η επεξεργασία των δεδομένων και η δημιουργία όλων των χαρτών έγινε σε περιβάλλον GIS (Geographical Information Systems – ΓΣΠ – Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών). Σημειώνεται ότι για τη δημιουργία του υδρογραφικού δικτύου ακολουθήθηκε η κλασική διαδικασία επεξεργασίας του ψηφιακού μοντέλου εδάφους (Digital Terrain Model - DTM) με τη βοήθεια του ελεύθερου λογισμικού (Open Source) QGIS. Έτσι, πρώτα δημιουργήθηκε το επίπεδο (layer) γεμίματος της λεκάνης για να μην υπάρχουν ασυνέχειες στη ροή (Fill), στη συνέχεια το επίπεδο κατεύθυνσης ροής (Flow Direction), συγκέντρωσης ροής (Flow Accumulation), και τέλος το επίπεδο με το υδρογραφικό δίκτυο.

Πίνακας 3.4. Γεωγραφικά Δεδομένα και πηγές άντλησής τους.

Θεμα	Θεματικά Επίπεδα	Πηγή
Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Terrain Model - DTM)	Aster GDEM	(NASA, 2013)
Εικόνες LANDSAT TM7	Περιοχή Ζαγορίου 13/08/2011 , Περιοχή Κόνιτσας 04/08/2011	(USGS, 2013)
Λεκάνες Απορροής	Λεκάνη Πηγών Αώου, Λεκάνη Βοϊδομάτη, Λεκάνη Αώου	Επεξεργασία DTM
Υδρογραφικό Δίκτυο	Υδρογραφικό Δίκτυο 1 ^{ης} , 2 ^{ης} και 3 ^{ης} τάξης	Επεξεργασία DTM
Ισοψείς Καμπύλες	Ισοδιάσταση 300 m	Επεξεργασία DTM
Οικισμοί, Κορυφές	Οικισμοί, Κορυφές	Ψηφιοποίηση από γεωαναφερμένο χάρτη (Ανάβαση, 2008)
Εθνικό Πάρκο Βόρειας Πίνδου	Όρια, Ζώνες	Ψηφιοποίηση από γεωαναφερμένο χάρτη (Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου, 2013β)
Προτεινόμενο Υδροηλεκτρικό Έργο	Μικροί ΥΗΣ, Σημείο Υδροληψίας	(Κίνηση Πολιτών για την Προστασία του Αώου, 2013)
Διοικητικά Όρια	Διοικητικά Όρια	(GEODATA, 2013)
Περιοχές Natura 2000	Natura 2000	(GEODATA, 2013)
Εθνικοί Δρυμοί	Εθνικός Δρυμός Πίνδου, Βίκου-Αώου	(GEODATA, 2013)

3.3 Αρδευτικές Ανάγκες

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 2.5 (Χρήσεις Νερού), στο υδросύστημα περιλαμβάνονται περίπου 16.000 στρέμματα αρδευόμενων καλλιεργειών, τα οποία βρίσκονται στο λεκανοπέδιο της Κόνιτσας. Οι καλλιέργειες αυτές χωρίζονται από τον ποταμό Αώο στο σύστημα της δεξιάς όχθης (Κάμπος Κόνιτσας) και στο σύστημα της αριστερής όχθης (Κάμπος Κλειδωνιάς), έκτασης 11500 και 4500 στρεμμάτων που αρδεύονται από τον Αώο και το Βοϊδομάτη (Σχήμα 3.4) αντίστοιχα. Για την κάλυψη των αρδευτικών αυτών αναγκών, γίνεται υδροληψία τόσο από τον ποταμό Αώο όσο και από τον ποταμό Βοϊδομάτη σε θέσεις ανάντη των σταθμών “Γεφύρι Κόνιτσας” και “Γεφύρι Κλειδωνιάς”. Στη συνέχεια το νερό μεταφέρεται και διανέμεται στις καλλιέργειες με ανοιχτά αρδευτικά κανάλια φυσικής ροής. Η απόληψη νερού γίνεται μόνο κατά την αρδευτική περίοδο (Μάιος – Σεπτέμβριος). Καθώς όμως δεν υπάρχουν διαθέσιμα ποσοτικά δεδομένα για τα αρδευτικά αυτά έργα, είναι απαραίτητο να καθοριστούν οι αρδευτικές ανάγκες των δύο συστημάτων.

Κάμπος Κόνιτσας

Οι ανάγκες για τον κάμπο της Κόνιτσας έχουν υπολογιστεί στο πλαίσιο της μελέτης «Αλλαγή του Τρόπου Άρδευσης στον Κάμπο της Κόνιτσας» (Περιφέρεια Ηπείρου, 2008). Στη συνέχεια παρατίθενται τα πιο βασικά στοιχεία της μελέτης. Ο Πίνακας 3.5 αναφέρει τα βασικά κλιματικά στοιχεία για το Λεκανοπέδιο της Κόνιτσας ενώ ο Πίνακας 3.6 την κατανομή των βροχοπτώσεων ανά εποχή του χρόνου. Κατά την περίοδο Ιουνίου – Σεπτεμβρίου, που οι ανάγκες των φυτών σε νερό είναι πολύ αυξημένες, οι βροχές είναι ελάχιστες και το έλλειμμα αυτό σε νερό είναι αναγκαίο να καλυφθεί από τις αρδεύσεις. Επίσης αναφέρεται ότι σύμφωνα με τις μετρήσεις διάφορων ποιοτικών χαρακτηριστικών των υδάτων του Αώου και τα όρια καταλληλότητας του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, τα ύδατα αυτά είναι κατάλληλα για άρδευση (Περιφέρεια Ηπείρου, 2008).

Πίνακας 3.5. Κλιματικά στοιχεία για το λεκανοπέδιο της Κόνιτσας (Περιφέρεια Ηπείρου, 2008)

Μήνες	Θερμοκρασία °C			Μ.Ο. Βροχή χλσ.	Σχετ υγρ. %	Μέση Νέφωση σε όγδοα	Ηλιοφ. ώρες	Μέση εξάτμιση χλσ.	Μέσος αριθμός ημερών								
	Μέση	Μέση μεγ.	Μέση ελαχ.						Βροχής	Καταιγ.	Παγετού		Δρόσου	Πάχνης	Ομίχλης	Χιονιού	Χαλάζης
											Μ	Ο					
Ιανουάριος	5,2	15,4	-6,6	115,2	69	4,6	121,5	62	11	0,7	12,7	0,4	1,8	7,8	1,86	2,6	0,06
Φεβρουάριος	6,6	17,7	-5,2	101,6	68	4,4	128,4	70	10	1,1	9,8	0,1	1,9	5,4	1,67	1,9	0,11
Μάρτιος	9,1	21,6	-2,7	94,9	64	4,6	153,8	105,4	11	1,1	4,5	0,0	5,4	3,1	1,86	1,1	0,26
Απρίλιος	12,6	24,4	1,6	91,2	62	4,8	183,7	108	12	1,5	0,3	0,0	10,4	0,4	1,38	0,1	0,31
Μάιος	17,2	28,7	5,5	69,1	64	3,1	230,7	136,4	12	2,3	0,0	0,0	14,3	0,0	1,82	0,0	0,37
Ιούνιος	21,4	33,2	9,7	39,3	58	1,9	286,8	192	7	2,7	0,0	0,0	8,4	0,0	0,95	0,0	0,17
Ιούλιος	24,1	35,5	11,9	18,9	51	2,0	334,4	254,2	5	2,9	0,0	0,0	4,6	0,0	0,67	0,0	0,03
Αύγουστος	24,4	36,1	12,2	27,2	50	2,7	302,7	238,7	6	2,6	0,0	0,0	3,2	0,0	0,60	0,0	0,06
Σεπτέμβριος	20,3	31,7	8,4	52,4	59	3,5	232,3	159	8	1,8	0,0	0,0	7,2	0,0	1,60	0,0	0,06
Οκτώβριος	15,4	27,3	3,4	128,3	63	4,4	178,3	108,5	10	2,3	0,1	0,0	9,9	0,5	2,74	0,1	0,12
Νοέμβριος	10,8	21,3	-1,0	175,6	71	4,8	127,8	69	13	2,1	2,3	0,0	8,9	3,5	4,74	0,2	0,00
Δεκέμβριος	7,1	17,0	-4,2	171,3	71	3,7	98,8	68,2	14	1,6	7,7	0,1	2,6	7,4	2,16	1,4	0,15
Έτος	14,5	25,8	2,7	1084,8	63	3,7	2379,2	1571,4	119	22,7	37,4	0,6	78,6	28,1	21,05	7,4	1,70

Πίνακας 3.6. Κατανομή των βροχοπτώσεων στο λεκανοπέδιο της Κόνιτσας ανά εποχή του χρόνου (Περιφέρεια Ηπείρου, 2008)

Εποχή	Βροχόπτωση (mm)	Ποσοστό
Φθινόπωρο	356,3	32,8%
Χειμώνας	388,1	35,8%
Άνοιξη	255,1	23,5%
Καλοκαίρι	85,3	7,9%

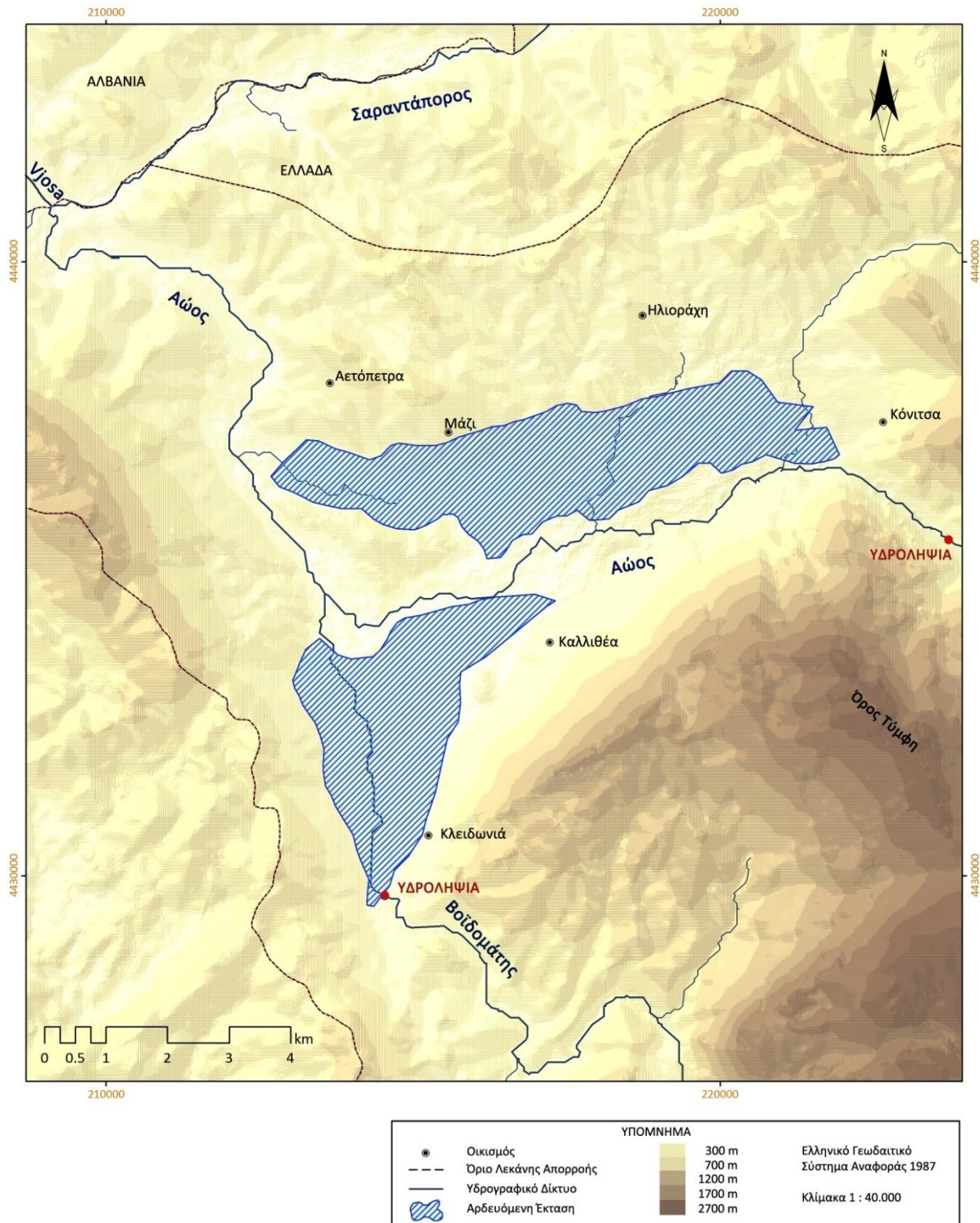
Στη συνέχεια λαμβάνονται υπόψη τα κλιματικά χαρακτηριστικά και καθορίζονται οι στρεμματικές ανάγκες σε νερό ανά καλλιέργεια (Πίνακας 3.7). Λαμβάνοντας υπόψη την κατανομή των εκτάσεων του κάμπου της Κόνιτσας (Πίνακας 3.8) και κάποιες αρχικές απώλειες υπολογίζονται οι καθαρές μηνιαίες στρεμματικές ανάγκες σε νερό για το σύνολο των αρδευόμενων εκτάσεων (Πίνακας 3.9).

Τέλος, λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες κατά τη μεταφορά και διανομή και άλλες διορθωτικές παράμετροι για τον υπολογισμό των τελικών απαιτήσεων σε νερό. Οι συνολικές ποσότητες νερού ανά μήνα και οι αντίστοιχες παροχές παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.10.

Πίνακας 3.7. Στρεμματικές ανάγκες σε νερό ανά καλλιέργεια για το λεκανοπέδιο της Κόνιτσας (Περιφέρεια Ηπείρου, 2008)

Καλλιέργεια	Αρδευτική Περίοδος	Ανάγκες σε νερό (m ³ /στρέμμα)
Αραβόσιτος	Μάιος	75,74
	Ιούνιος	117,93
	Ιούλιος	145,23
	Αύγουστος	125,6
	Σεπτέμβριος	77,12
	Σύνολο	541,62
Μηδική	Μάιος	83,76
	Ιούνιος	126,96
	Ιούλιος	155,01
	Αύγουστος	134,79
	Σεπτέμβριος	84,42
	Σύνολο	584,94
Κηπευτικά	Μάιος	59,71
	Ιούνιος	99,88
	Ιούλιος	125,67
	Αύγουστος	107,21
	Σεπτέμβριος	62,52
	Σύνολο	454,98

Χάρτης Αρδευόμενων Εκτάσεων



Σχήμα 3.4. Χάρτης Αρδευόμενων Εκτάσεων κάμπου Κόνιτσας-Καλλιθέας και Κλειδωνιάς

Πίνακας 3.8. Κατανομή εκτάσεων του κάμπου της Κόνιτσας ανά καλλιέργεια (Περιφέρεια Ηπείρου, 2008)

Καλλιέργειες	Έκταση (Στρ.)
Αραβόσιτος	6.206
Μηδική	3.770
Πατάτες	70
Κηπευτικά	76
Οπωρώνες	178
Αγροάπαυση	1.193
ΣΥΝΟΛΟ	11.493

Πίνακας 3.9. Στρεμματικές ανάγκες σε νερό για τον κάμπο της Κόνιτσας (Περιφέρεια Ηπείρου, 2008)

Συνολικές καθαρές στρεμματικές ανάγκες σε νερό για τον κάμπο της Κόνιτσας (m ³ /Στρ.)						
Καλλιέργειες	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	ΣΥΝΟΛΟ
Αραβόσιτος	45,23	68,56	83,70	72,79	45,59	315,87
Μηδική	30,10	44,60	54,05	47,23	30,09	206,07
Πατάτες	0,39	0,66	0,83	0,71	0,41	3,00
Κηπευτικά	0,41	0,66	0,83	0,71	0,43	3,04
Οπωρώνες	1,05	1,69	2,10	1,80	1,08	7,72
ΣΥΝΟΛΟ	77,19	116,17	141,51	123,23	77,60	535,70

Πίνακας 3.10. Συνολικές ποσότητες απαιτούμενου αρδευτικού νερού ανά μήνα για τον κάμπο της Κόνιτσας (Περιφέρεια Ηπείρου, 2008)

Συνολικές Ποσότητες απαιτούμενου αρδευτικού νερού για τον κάμπο της Κόνιτσας						
	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	ΣΥΝΟΛΟ
Στρ. Ανάγκες	77,19	116,17	141,51	123,23	77,6	535,7
Ποσοστό	14,41%	21,69%	26,42%	23,00%	14,49%	100%
hm ³	1,020	1,536	1,871	1,629	1,026	7,081
Q (m ³ /s)	0,381	0,592	0,698	0,608	0,396	2,676

Κάμπος Κλειδωνιάς

Καθώς ο κάμπος της Κλειδωνιάς ανήκει και αυτός γεωγραφικά στο λεκανοπέδιο της Κόνιτσας, σε ότι αφορά τις στρεμματικές ανάγκες σε νερό ανά καλλιέργεια, ισχύει ότι και για τον κάμπο της Κόνιτσας (Πίνακας 3.7). Μιας και δε διατίθενται στοιχεία σχετικά με την κατανομή των καλλιεργειών στον κάμπο της Κλειδωνιάς, μπορεί να υποτεθεί μια παρόμοια κατανομή με τον κάμπο της Κόνιτσας χωρίς σημαντικές αποκλίσεις στις υπολογιζόμενες τελικές αρδευτικές ανάγκες. Έτσι λοιπόν μπορούν να υπολογιστούν οι ανάγκες αυτές με βάση την έκταση των εν λόγω αρδευόμενων εκτάσεων, ως απλή αναγωγή των αναγκών για τον κάμπο της Κόνιτσας με χρήση του λόγου των εκτάσεων (4.500/11.500).

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 3.11. Συνολικές ποσότητες απαιτούμενου αρδευτικού νερού ανά μήνα για τον κάμπο της Κλειδωνιάς (Περιφέρεια Ηπείρου, 2008)

Συνολικές Ποσότητες απαιτούμενου αρδευτικού νερού για τον κάμπο της Κλειδωνιάς						
	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	ΣΥΝΟΛΟ
Στρ. Ανάγκες	77,19	116,17	141,51	123,23	77,6	535,7
Ποσοστό	14,41%	21,69%	26,42%	23,00%	14,49%	100%
hm ³	0,399	0,601	0,732	0,637	0,401	2,771
Q (m³/s)	0,149	0,232	0,273	0,238	0,155	1,047

4. Ανάπτυξη – Εφαρμογή Μοντέλου Υδατικού Ισοζυγίου

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται ανάλυση και περιγραφή του μοντέλου υδατικού ισοζυγίου που αναπτύχθηκε. Το μοντέλο αυτό αποτελείται από επιμέρους στάδια-διαδικασίες. Αρχικά γίνεται η βασική επεξεργασία-συμπλήρωση των υδρολογικών δεδομένων που έχει ως αποτέλεσμα την πλήρη ιστορική χρονοσειρά μηνιαίων παροχών για την περίοδο 1950-2012. Στη συνέχεια παράγεται μια συνθετική χρονοσειρά μηνιαίων παροχών μήκους 50 ετών για τον σταθμό της Κόνιτσας. Η επιλογή του σταθμού της Κόνιτσας έγινε με βάση τις αρδευτικές ανάγκες όπως αυτές υπολογίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Το τελευταίο στάδιο, που αποτελεί και έναν βασικό στόχο της παρούσας εργασίας, είναι ο υπολογισμός της πιθανότητας να μην επαρκεί η παροχή του ποταμού Αώου για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών του Κάμπου της Κόνιτσας (διακινδύνευση) μέσα στα επόμενα 50 χρόνια. Θεωρητικά, το ίδιο θα έπρεπε να γίνει και για τη θέση Κλειδωνιά στον ποταμό Βοϊδομάτη, από όπου αρδεύεται ο κάμπος της Κλειδωνιάς. Οι αρδευτικές ανάγκες είναι όμως πολύ χαμηλές σε σχέση με τη μέση μηνιαία παροχή του ποταμού κατά την αρδευτική περίοδο και επομένως η αντίστοιχη διακινδύνευση είναι εκ των πραγμάτων μηδενική.

4.1 Επεξεργασία Υδρολογικών Δεδομένων – Συμπλήρωση Χρονοσειρών (1950 – 2012)

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η συμπλήρωση – επέκταση των διαθέσιμων χρονοσειρών υδρολογικών δεδομένων είναι απαραίτητη πριν την εφαρμογή του μοντέλου για την παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών.

Η βασική επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων (Πίνακας 3.3) προϋποθέτει τον εντοπισμό των ακραίων τιμών (outliers). Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην ερμηνεία τέτοιων παρατηρήσεων, πράγμα που απαιτεί εξίσου θεωρητική γνώση, κριτική ικανότητα και κοινή λογική. Ένα outlier μπορεί να αντιπροσωπεύει μια ασυνήθιστη παρατήρηση που οφείλεται σε κάποιο εξαιρετικό και απρόβλεπτο γεγονός όπως ένα πλημμυρικό επεισόδιο το οποίο μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την τιμή της μηνιαίας παροχής ή μπορεί να αντιπροσωπεύει ένα σφάλμα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το σφάλμα μπορεί να οφείλεται είτε σε λανθασμένες μετρήσεις, είτε σε σφάλμα κατά την επεξεργασία των υδρομετρικών δεδομένων (μέτρηση στάθμης και παροχής, κατάρτιση-επέκταση καμπυλών στάθμης παροχής). Διαθέτοντας δεδομένα σε διαφορετικούς σταθμούς για την ίδια περίοδο, είναι σχετικά απλό να εντοπιστούν οι τιμές που οφείλονται σε σφάλματα. Στη συνέχεια μπορεί να γίνει αντικατάστασή τους με γραμμική παρεμβολή, χρησιμοποιώντας τις αντίστοιχες τιμές της παροχής ή των βροχοπτώσεων σε γειτονικούς σταθμούς. Μετά από αυτή τη διαδικασία διερευνάται η συσχέτιση μεταξύ των διαφόρων χρονοσειρών και η δυνατότητα συμπλήρωσης/επέκτασης αυτών χρησιμοποιώντας τα δεδομένα γειτονικών σταθμών με τη μέθοδο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης (linear regression). Η διαδικασία αυτή, όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια, διαφοροποιείται για τις δύο περιόδους Α και Β όπως αυτές ορίστηκαν στο κεφάλαιο 3.1.. Όπου δεν ήταν δυνατή η εφαρμογή της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης λόγω χαμηλής συσχέτισης, επεξηγείται η κατά περίπτωση ακολουθούμενη μέθοδος για την συμπλήρωση των δεδομένων (λόγος επιφάνειας λεκανών απορροής, μέσος λόγος μηνιαίων παροχών).

4.1.1 Συσχέτιση και απλή γραμμική παλινδρόμηση

Η συμπλήρωση των υδρολογικών δεδομένων με βάση τη γραμμική συσχέτιση των παρατηρήσεων του προς συμπλήρωση σταθμού με άλλο γειτονικό σταθμό βάσης, μπορεί να γίνει μόνο εφόσον ο βαθμός γραμμικής συσχέτισης είναι υψηλός (Μιμίκου και Μπαλτάς, 2001).

Συσχέτιση σημαίνει να προσδιοριστεί η σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων τυχαίων μεταβλητών. Για παράδειγμα, αν X και Y είναι οι τυχαίες μεταβλητές που συμβολίζουν την παροχή σε δύο γειτονικούς μετρητικούς σταθμούς, τότε οι μεταβλητές συνδέονται με τη σχέση:

$$Y = f(X)$$

Η συσχέτιση των μεταβλητών συνίσταται στον προσδιορισμό της σχέσης f .

Παλινδρόμηση λέγεται κάθε συσχέτιση που στηρίζεται στη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων, πρακτικά δηλαδή ταυτίζεται με τη συσχέτιση, αφού η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων χρησιμοποιείται σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις. Η πιο συνηθισμένη είναι η γραμμική παλινδρόμηση, στην οποία η συνάρτηση f είναι γραμμική.

Για να πραγματοποιηθεί η παλινδρόμηση, πρέπει το σύνολο των χρονοσειρών που θα χρησιμοποιηθούν, ανεξάρτητη και εξαρτημένη, να έχουν κοινή περίοδο μετρήσεων, δηλαδή σύνολο χρονικών στιγμών για τις οποίες υπάρχουν τιμές σε όλες τις χρονοσειρές (Μιμίκου και Μπαλτάς, 2001).

Από τις μεθόδους αυτής της κατηγορίας θα περιγραφεί η απλούστερη μέθοδος της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Σύμφωνα με αυτή, η προς συμπλήρωση τιμή y εκτιμάται από την αντίστοιχη τιμή x του γειτονικού σταθμού X (για την περίοδο όπου σημειώνεται η έλλειψη στο σταθμό Y) με βάση τη γραμμική σχέση:

$$y = a + bx$$

όπου a και b παράμετροι που εκτιμώνται με τρόπο ώστε να ελαχιστοποιηθεί το τετραγωνικό σφάλμα της εκτίμησης. Αν x_i και y_i είναι ταυτόχρονες μετρήσεις στους σταθμούς X και Y αντίστοιχα, τη χρονική περίοδο (κατά κανόνα έτος ή δεδομένο μήνα του έτους) με αριθμό i , τότε:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

όπου \bar{x} και \bar{y} οι μέσες τιμές των x_i και y_i αντίστοιχα, δηλαδή:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

και n το (κοινό για τα x και y) μήκος του δείγματος.

Ο βαθμός καταλληλότητας της μεθόδου για τα συγκεκριμένα δεδομένα αποδίδεται από την εκτίμηση του συντελεστή συσχέτισης r :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

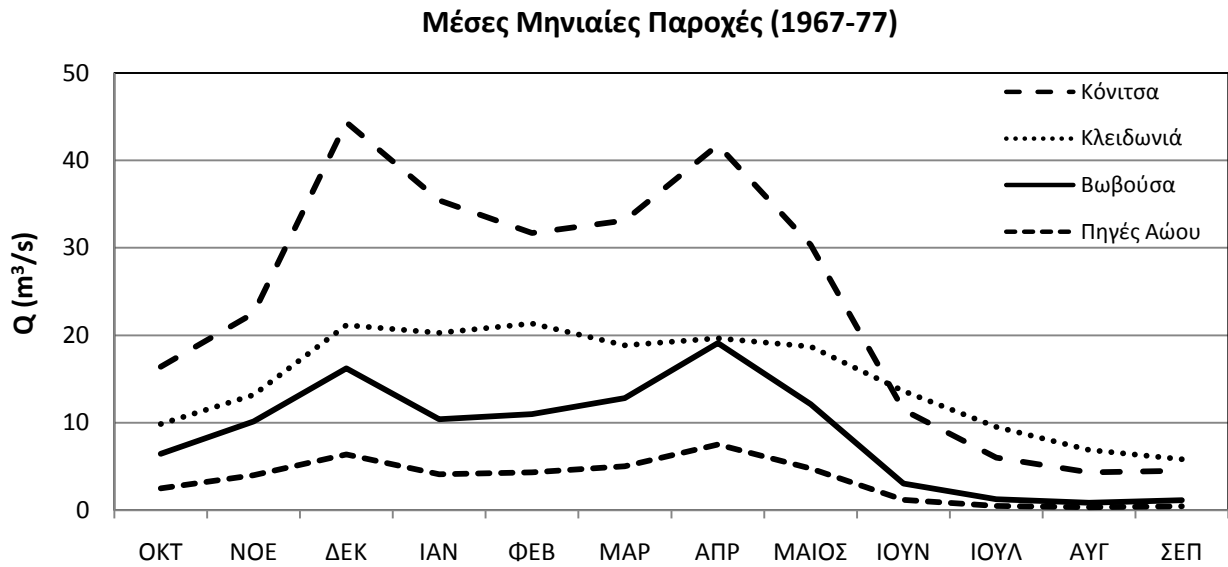
Όσο πλησιέστερα βρίσκεται ο συντελεστής συσχέτισης στη μονάδα, τόσο πιο κατάλληλη είναι η μέθοδος. Συνήθως, για την εφαρμογή της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης απαιτείται:

$$r \geq \frac{2}{\sqrt{n}}$$

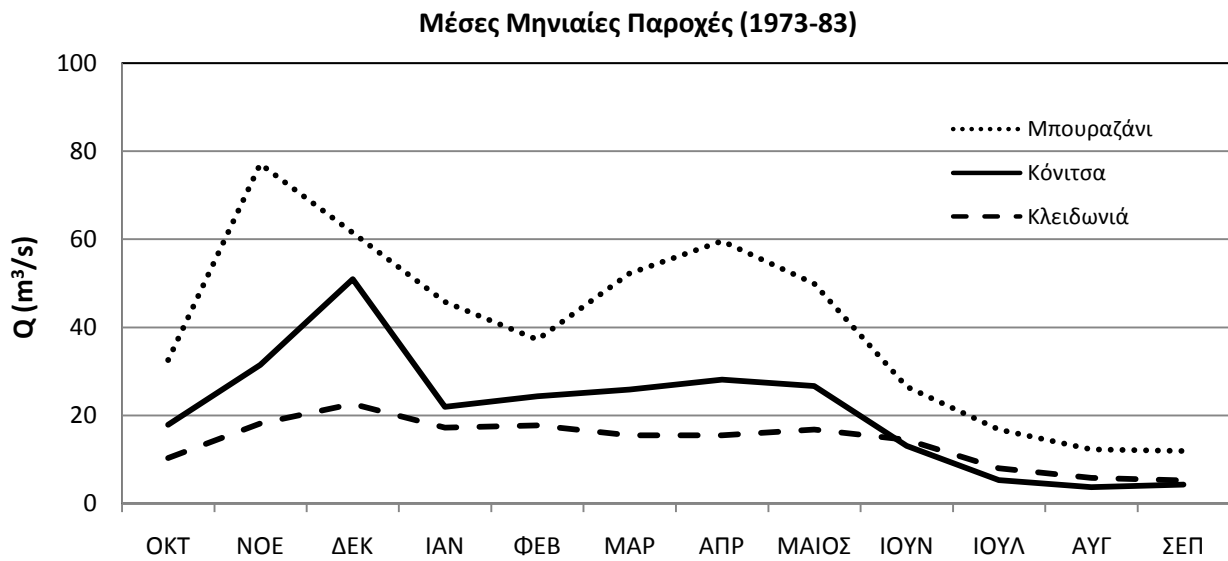
Απλοποιητικά, απαιτείται $r > 0.7$ (Μιμίκου και Μπαλτάς, 2001).

4.1.2 Περίοδος Α (1950-51 - 1986-87)

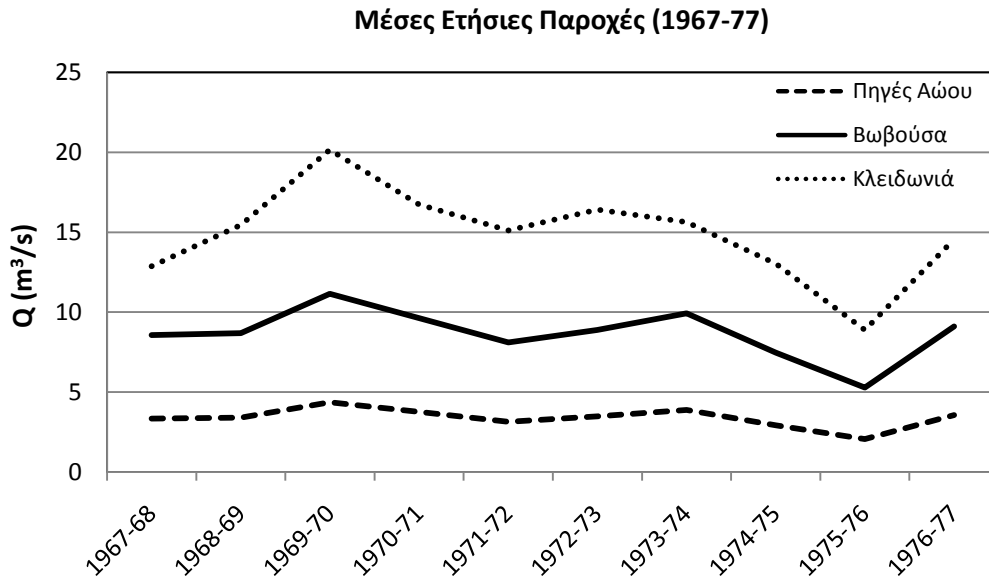
Στο Σχήμα 4.1 και στο σχήμα 4.2 απεικονίζονται οι μέσες υπερετήσιες μηνιαίες παροχές για την περίοδο 1967-1977 για τους διάφορους υδρομετρικούς σταθμούς και στο Σχήμα 4.3 και στο Σχήμα 4.4 οι μέσες ετήσιες παροχές για την ίδια περίοδο. Είναι εμφανές ότι οι καμπύλες αυτές έχουν όμοια μορφή και φαίνεται να υπάρχει υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους, αν και υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ κάποιων σταθμών σε κάποιους συγκεκριμένους μήνες. Σε κάθε περίπτωση όμως, αυτό υποδεικνύει την ικανοποιητική αξιοπιστία των δεδομένων.



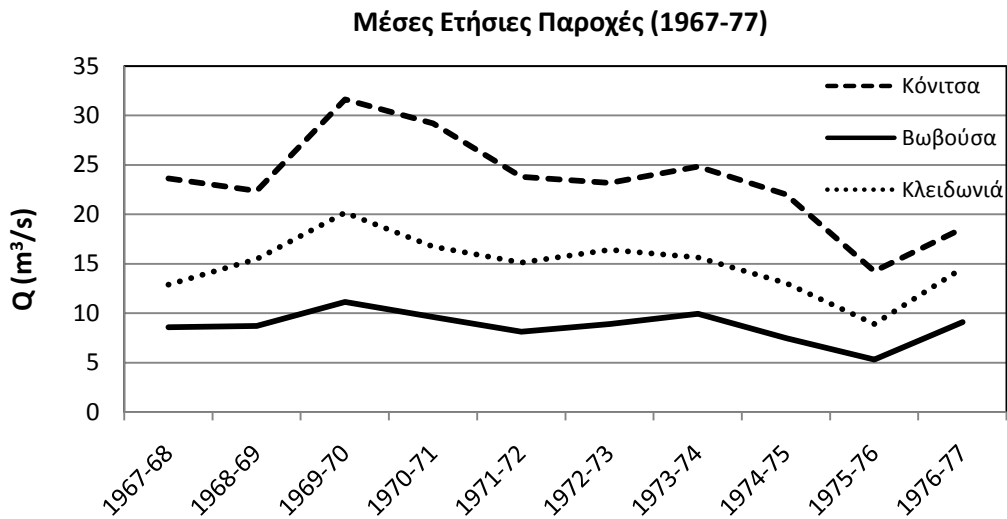
Σχήμα 4.1. Μέσες υπερετήσιες μηνιαίες παροχές σε διάφορες θέσεις για την περίοδο 1967-1977



Σχήμα 4.2. Μέσες υπερετήσιες μηνιαίες παροχές σε διάφορες θέσεις για την περίοδο 1973-1983



Σχήμα 4.3. Μέσες ετήσιες παροχές σε διάφορες θέσεις για την περίοδο 1967-1977



Σχήμα 4.4. Μέσες ετήσιες παροχές σε διάφορες θέσεις για την περίοδο 1967-1977

Τα παραπάνω διαγράμματα αποτελούν μια ποιοτική προσέγγιση των συσχετίσεων. Στη συνέχεια, υπολογίζεται ο συντελεστής συσχέτισης των χρονοσειρών αυτών ανά μήνα. Εάν ο συντελεστής αυτός έχει τιμή μεγαλύτερη από 0,7, τότε μπορεί να κατασκευαστεί ένα απλό μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης της μορφής $Y = \alpha \cdot X + \beta$ και να υπολογιστεί η εξίσωση της αντίστοιχης ευθείας (π.χ. μεταξύ σταθμού X και Y) με τη μέθοδο που περιγράφηκε παραπάνω. Έτσι για τις χρονικές περιόδους που υπάρχουν δεδομένα για τον X και όχι για τον Y ή το αντίστροφο, αυτά μπορούν να υπολογιστούν μέσω της εξίσωσης και να συμπληρωθούν έτσι οι αντίστοιχες χρονοσειρές σε μηνιαία βάση. Ο Πίνακας 4.1

παρουσιάζει τα αποτελέσματα των υπολογισμών του συντελεστή συσχέτισης ανά μήνα μεταξύ των διαφόρων σταθμών.

Πίνακας 4.1. Συντελεστές συσχέτισης των μηνιαίων τιμών των διαθέσιμων δεδομένων για την περίοδο 1967-1977

Θέση	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
Π. Αώου/Βωβ.	0.999	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	1.000
Π. Αώου/Κόν.	0.919	0.971	0.983	0.987	0.935	0.982	0.967	0.992	0.866	0.271	0.139	0.772
Π. Αώου/Κλειδ.	0.922	0.922	0.731	0.946	0.756	0.707	0.823	0.866	0.416	-0.033	-0.131	0.287
Π. Αώου/Μπουρ.	0.549	0.915	0.026	0.990	0.999	0.994	0.904	0.989	0.820	0.989	0.997	0.386
Βωβ./Κόνιτσα	0.935	0.971	0.983	0.987	0.935	0.982	0.968	0.992	0.870	0.270	0.140	0.774
Βωβ./Κλειδωνιά	0.921	0.922	0.731	0.940	0.755	0.707	0.825	0.866	0.424	-0.033	-0.131	0.285
Βωβ./Μπουρ.	0.549	0.915	0.026	0.990	0.999	0.994	0.903	0.989	0.824	0.990	0.997	0.395
Κόν./Κλειδωνιά	0.873	0.955	0.793	0.950	0.739	0.793	0.811	0.889	0.730	0.840	0.690	0.595
Κόν./Μπουρ.	0.580	0.995	0.115	0.998	0.997	0.996	1.000	0.995	0.989	0.930	0.991	0.954
Κλειδ./Μπουρ.	0.600	0.999	0.008	0.998	0.984	0.378	0.712	0.787	0.914	0.928	0.977	0.848

Τα διαθέσιμα δεδομένα και οι προς συμπλήρωση χρονοσειρές για την περίοδο αυτή παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.2). Όπου υπάρχει υψηλή συσχέτιση, σημειώνεται ο αντίστοιχος σταθμός με τον οποίο υπάρχει αυτή και μπορεί να γίνει γραμμική παλινδρόμηση. Στην περίπτωση που υπάρχει υψηλή συσχέτιση με παραπάνω από έναν σταθμό τότε επιλέγεται κατά προτεραιότητα αυτός για τον οποίο υπάρχουν πρωτογενή δεδομένα έτσι ώστε να μην γίνεται συσσώρευση σφάλματος και στην περίπτωση που αυτό δεν είναι δυνατό επιλέγεται ο σταθμός με τον υψηλότερο συντελεστή συσχέτισης.

Πίνακας 4.2. Συμπλήρωση χρονοσειρών για την περίοδο Α (1950-1987)

Συμπλήρωση Χρονοσειρών (1950-1987)					
Υδρ. Έτος	Π. Αώου	Βωβούσα	Κόνιτσα	Κλειδωνιά	Μπουραζάνι
1950-51	•	Π. Αώου	Π. Αώου/Βωβ	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
1951-52	•	Π. Αώου	Π. Αώου/Βωβ	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
1952-53	•	Π. Αώου	Π. Αώου/Βωβ	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
1953-54	•	Π. Αώου	Π. Αώου/Βωβ	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
1954-55	•	Π. Αώου	Π. Αώου/Βωβ	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
1955-56	•	Π. Αώου	Π. Αώου/Βωβ	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
1956-57	•	Π. Αώου	Π. Αώου/Βωβ	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
1957-58	•	Π. Αώου	Π. Αώου/Βωβ	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
1958-59	•	Π. Αώου	Π. Αώου/Βωβ	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
1959-60	•	Π. Αώου	Π. Αώου/Βωβ	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
1960-61	•	Π. Αώου	Π. Αώου/Βωβ	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
1961-62	•	Π. Αώου	Π. Αώου/Βωβ	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
1962-63	•	Π. Αώου	Π. Αώου/Βωβ	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
1963-64	•	Π. Αώου	•	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
1964-65	•	Π. Αώου	•	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον

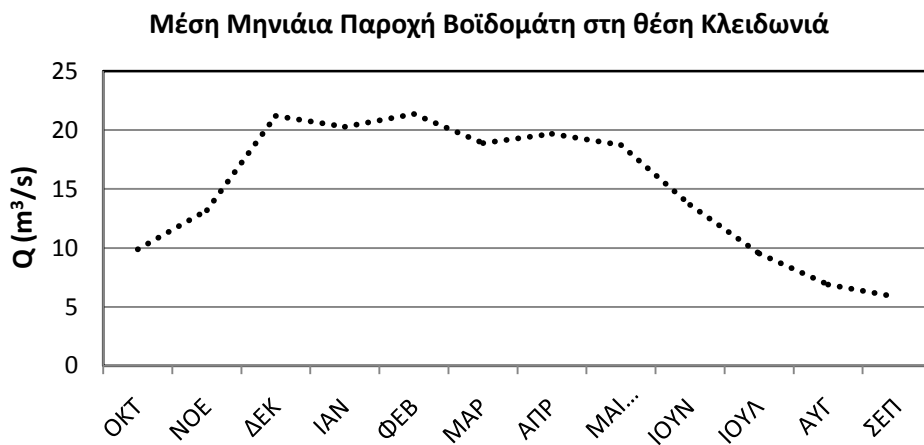
1965-66	•	Π. Αώου	•	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
1966-67	•	•	•	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
1967-68	•	•	•	•	Π. Αώου/Κον
1968-69	•	•	•	•	Π. Αώου/Κον
1969-70	•	•	•	•	Π. Αώου/Κον
1970-71	•	•	•	•	Π. Αώου/Κον
1971-72	•	•	•	•	Π. Αώου/Κον
1972-73	•	•	•	•	Π. Αώου/Κον
1973-74	•	•	•	•	•
1974-75	•	•	•	•	•
1975-76	•	•	•	•	•
1976-77	•	•	•	•	•
1977-78	Βωβούσα	•	Βωβούσα	Π. Αώου/Κον	Βωβούσα/Κον
1978-79	Βωβούσα	•	Βωβούσα	Π. Αώου/Κον	Βωβούσα/Κον
1979-80	Βωβούσα	•	Βωβούσα	Π. Αώου/Κον	•
1980-81	Βωβούσα	•	Βωβούσα	Π. Αώου/Κον	•
1981-82	Βωβούσα	Βροχοπτώσεις	Βωβούσα	Π. Αώου/Κον	•
1982-83	Βωβούσα	Βροχοπτώσεις	Βωβούσα	Π. Αώου/Κον	•
1983-84	Βωβούσα	•	Βωβούσα	Π. Αώου/Κον	Βωβούσα/Κον
1984-85	Βωβούσα	•	Βωβούσα	Π. Αώου/Κον	Βωβούσα/Κον
1985-86	Βωβούσα	•	Βωβούσα	Π. Αώου/Κον	Βωβούσα/Κον
1986-87	Βωβούσα	•	Βωβούσα	Π. Αώου/Κον	Βωβούσα/Κον

Για τους σταθμούς “Βωβούσα” και “Πηγές Αώου” υπάρχει πολύ υψηλή συσχέτιση για όλους τους μήνες και επομένως χρησιμοποιείται ένα απλό μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης για τη συμπλήρωση των αντίστοιχων χρονοσειρών. Εξαιρέση αποτελούν τα υδρολογικά έτη 1981-82 και 1982-83 για τα οποία δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα παρά μόνο για το σταθμό του Μπουραζανίου. Όμως για το σταθμό αυτό, αν και υπάρχει υψηλή συσχέτιση σχεδόν για όλους τους μήνες με τους υπόλοιπους σταθμούς, η περίοδος επικάλυψης των δεδομένων είναι πολύ μικρή (τέσσερα έτη) για να μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική η εφαρμογή ενός μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης. Για το λόγω αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι χρονοσειρές των βροχοπτώσεων στη θέση Βωβούσα, και μέσω ενός μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης υπολογίστηκαν οι μηνιαίες παροχές στην ομώνυμη θέση για τα δύο αυτά υδρολογικά έτη.

Όσον αφορά τον σταθμό της Κόνιτσας, υπάρχει υψηλή συσχέτιση τόσο με το σταθμό Πηγών Αώου (πρωτογενή δεδομένα 1950 – 1963) όσο και με τον σταθμό της Βωβούσας (πρωτογενή δεδομένα 1977 – 1987), με εξαίρεση τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Για τους μήνες αυτούς η συσχέτιση είναι χαμηλή λόγω της υδροληψίας που γίνεται ανάντη του σταθμού της Κόνιτσας για αρδευτικούς σκοπούς (βλ. Σχήμα 3.4) , αλλά και λόγω των πολύ χαμηλών βροχοπτώσεων. Ο συνδυασμός των δύο αυτών παραγόντων έχει πολύ ισχυρή επίδραση τους μήνες Ιούλιο κ Αύγουστο και σημαντικά ασθενέστερη τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο οπότε έχουμε μειωμένη μεν αλλά ικανοποιητική συσχέτιση με τους σταθμούς Π. Αώου κ Βωβούσας (Πίνακας 4.1). Για τη συμπλήρωση των δεδομένων αυτών υπολογίζεται ο μέσος λόγος παροχών μεταξύ των σταθμών Βωβούσας και Κόνιτσας για την περίοδο 1967-1977 κ για

τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Στη συνέχεια πολλαπλασιάζοντας τις παροχές στο Σταθμό Βωβούσα με τον αντίστοιχο συντελεστή (λόγος παροχών) υπολογίζονται οι προς συμπλήρωση τιμές. Σημειώνεται, ότι θεωρητικά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και ο λόγος λεκανών απορροής υποθέτοντας ομοιόμορφη κατανομή των βροχοπτώσεων αλλά στην συγκεκριμένη περίπτωση κάτι τέτοιο δεν ισχύει. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η μέση ετήσια βροχόπτωση στην Κόνιτσα είναι περίπου 1000mm ενώ στη Βωβούσα 1400mm αντίστοιχα. Έτσι ενώ ο λόγος λεκανών ισούται με 5,7, ο μέσος λόγος ετήσιων παροχών ισούται με 3,5.

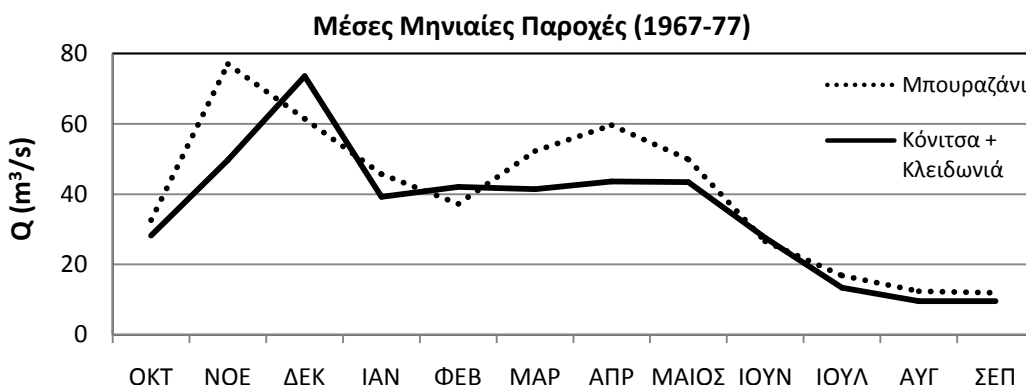
Ομοίως, για το Σταθμό Κλειδωνιάς υπάρχει υψηλή συσχέτιση τόσο με το σταθμό Πηγών Αώου (πρωτογενή δεδομένα 1950 – 1963) όσο και με τον σταθμό της Βωβούσας (πρωτογενή δεδομένα 1977 – 1987), εκτός από την περίοδο Ιουνίου-Σεπτεμβρίου. Αυτό οφείλεται αφενός στην υδροληψία που γίνεται ανάντη του σταθμού της Κλειδωνιάς για αρδευτικούς σκοπούς (βλ. Σχήμα 3.4) και στις χαμηλές βροχοπτώσεις κατά την περίοδο αυτή και αφετέρου στα φυσικά χαρακτηριστικά του ποταμού Βοϊδομάτη. Ο ποταμός αυτός, τροφοδοτείται με πηγαία ύδατα σε μικρή απόσταση ανάντη του σταθμού της Κλειδωνιάς, τα οποία αποτελούν εκτονώσεις του καρστικού συστήματος Τύμφης -Στούρου (Σχήμα 2.3). Η παροχή των πηγών αυτών δεν παρουσιάζει πολύ έντονες διακυμάνσεις με αποτέλεσμα να διατηρείται η παροχή κατά τους θερινούς μήνες (ξηρή περίοδος, Ιούνιος-Σεπτέμβριος) σε σχετικά υψηλά επίπεδα (Σχήμα 4.1 και Σχήμα 4.5). Για τους μήνες αυτούς χρησιμοποιούνται οι τιμές του σταθμού Κόνιτσας (λόγω υψηλότερης συσχέτισης), ως λόγος παροχών, αντίστοιχα με την περίπτωση Βωβούσας-Κόνιτσας.



Σχήμα 4.5. Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση Κλειδωνιά για την περίοδο 1967-1977

Τέλος για το σταθμό του Μπουραζανίου υπάρχει επίσης υψηλή συσχέτιση τόσο με το σταθμό Πηγών Αώου (πρωτογενή δεδομένα 1950 – 1963) όσο και με τον σταθμό της Βωβούσας (πρωτογενή δεδομένα 1977 – 1987), εκτός από τον Σεπτέμβρη για τον οποίο όμως υπάρχει υψηλή συσχέτιση με το σταθμό Κόνιτσας. Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η περίοδος επικάλυψης των δεδομένων είναι πολύ μικρή (τέσσερα έτη) για να μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική η εφαρμογή ενός μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται και τα παραγόμενα δεδομένα από τα προαναφερθέντα μοντέλα για τους υπόλοιπους σταθμούς και για την περίοδο 1979-80 – 1982-83, για

την οποία υπάρχουν διαθέσιμα πρωτογενή δεδομένα στο σταθμό Μπουραζανίου. Επίσης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.6, απαιτούνται σημαντικές διορθώσεις στις τιμές των μηνιαίων παροχών και ιδιαίτερα για τους μήνες Οκτώβριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο. Η διόρθωση των τιμών έγινε με γραμμική παρεμβολή ανάμεσα στις τιμές του σταθμού Μπουραζανίου και του αθροίσματος των παροχών στο σταθμό Κόνιτσα (Αώος) και Κλειδωνιάς (Βοϊδομάτης). Άλλωστε ο σταθμός του Μπουραζανίου βρίσκεται μερικά μόλις χιλιόμετρα κατάντη της συμβολής των δύο ποταμών (βλ. Σχήμα 3.1).



Σχήμα 4.6. Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση Μπουραζάνι σε σύγκριση με το άθροισμα των παροχών στους σταθμούς Κόνιτσα και Κλειδωνιά για την περίοδο 1973-1983

Με βάση τα παραπάνω προέκυψε ο Πίνακας 4.3, στον οποίο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των νέων υπολογισμών του συντελεστή συσχέτισης ανά μήνα μεταξύ του σταθμού Μπουραζανίου (διορθωμένες παροχές) και των υπόλοιπων σταθμών. Όπως παρατηρείται, υπάρχει υψηλή συσχέτιση τόσο με το σταθμό Πηγών Αώου (πρωτογενή δεδομένα 1950 – 1963) όσο και με τον σταθμό της Βωβούσας (πρωτογενή δεδομένα 1977 – 1987) για την περίοδο Οκτωβρίου-Μαΐου. Για τους υπόλοιπους μήνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα από το σταθμό της Κόνιτσα.

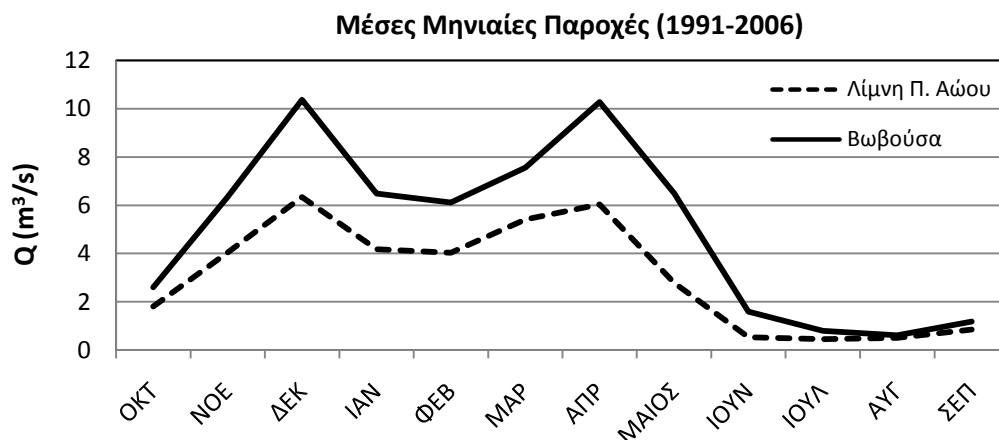
Πίνακας 4.3. Συντελεστές συσχέτισης των διορθωμένων μηνιαίων παροχών το σταθμό Μπουραζανίου για την περίοδο 1973-83

Συντελεστής Συσχέτισης (1973-1983), Σταθμός Μπουραζανίου												
	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
Λ. Π. Αώου	0.986	0.966	0.995	0.928	0.979	0.964	0.976	0.988	0.881	0.447	0.249	0.678
Βωβούσα	0.987	0.966	0.995	0.928	0.979	0.964	0.975	0.988	0.882	0.446	0.249	0.681
Κόνιτσα	0.992	0.998	0.999	0.971	0.990	0.993	0.948	0.988	0.988	0.834	0.887	0.893
Κλειδωνιά	0.990	0.998	0.993	0.996	0.985	0.974	0.923	0.990	0.991	0.724	0.635	0.843
Κον+Κλειδ	0.992	0.999	0.999	0.989	0.998	0.996	0.991	0.991	0.993	0.806	0.776	0.886

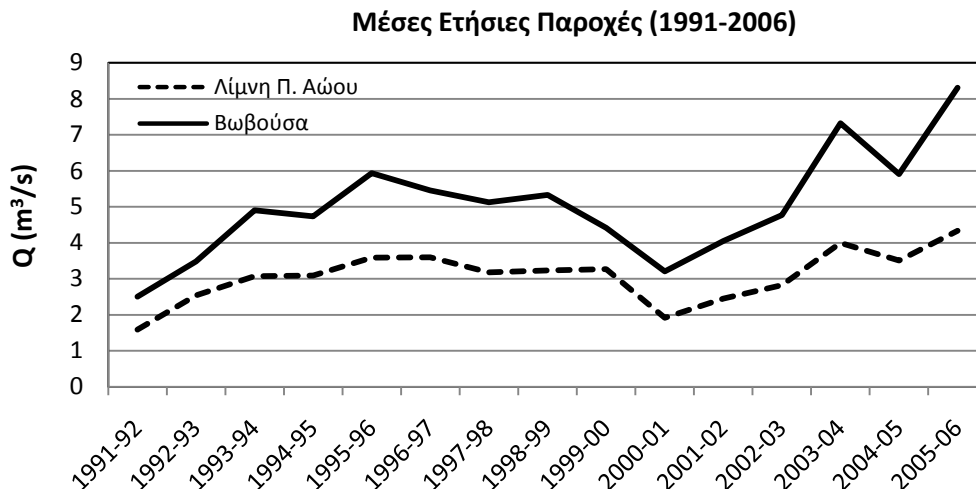
Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 5.

4.1.3 Περίοδος Β (1988-89 – 2011-12)

Για τη δεύτερη περίοδο, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, υπάρχει η ιδιαιτερότητα της λειτουργίας του ταμιευτήρα Πηγών Αώου. Σε τέτοιες περιπτώσεις ορίζεται η φυσικοποιημένη παροχή του ποταμού, η οποία είναι η υποθετική φυσική ροή του ποταμού χωρίς την επίδραση των τεχνικών έργων. Επίσης, για την περίοδο αυτή υπάρχουν διαθέσιμα πρωτογενή δεδομένα μόνον στα σταθμό Βωβούσα και στον σταθμό Πηγών Αώου. Τα τελευταία προέρχονται από το υδατικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα Πηγών Αώου που υπολογίζεται από τα λειτουργικά δεδομένα του ΥΗΣ Πηγών Αώου και επομένως μπορούν να θεωρηθούν ιδιαίτερα αξιόπιστα. Στο Σχήμα 4.7 και στο Σχήμα 4.8 παρουσιάζονται οι μέσες υπερετήσιες μηνιαίες και ετήσιες παροχές αντίστοιχα. Σε μια πρώτη ποιοτική ανάλυση των διαγραμμάτων αυτών φαίνεται να υπάρχει υψηλή συσχέτιση μεταξύ των τιμών των δύο σταθμών, κάτι που και σε αυτή την περίπτωση υποδεικνύει την ικανοποιητική αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.



Σχήμα 4.7. Μέσες μηνιαίες παροχές στις θέσεις Βωβούσα κ Λίμνη Π. Αώου για την περίοδο 1991-2006



Σχήμα 4.8. Μέσες ετήσιες παροχές στις θέσεις Βωβούσα κ Λ. Π. Αώου για την περίοδο 1991-2006

Ο Πίνακας 4.4 παρουσιάζει τα αποτελέσματα των υπολογισμών του συντελεστή συσχέτισης ανά μήνα μεταξύ των δύο σταθμών. Η συσχέτιση είναι αρκετά υψηλή ώστε να μπορούν να συμπληρωθούν οι χρονοσειρές για ολόκληρη την περίοδο και στους δύο σταθμούς (Πίνακας 4.5). Και σε αυτή την περίπτωση κατασκευάζονται απλά μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης.

Πίνακας 4.4. Συντελεστές συσχέτισης των μηνιαίων παροχών στους σταθμούς Λ. Π. Αώου και Βωβούσα για την περίοδο 1991-2006

Συντελεστής Συσχέτισης (1991-2006), Λ.Π. Αώου - Βωβούσα											
ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
0.965	0.883	0.934	0.924	0.897	0.942	0.395	0.865	0.817	0.643	0.765	0.974

Για τους υπόλοιπους σταθμούς, ισχύει ότι και για την περίοδο Α, με την διαφοροποίηση ότι υπολογίζεται και χρησιμοποιείται στα μοντέλα η φυσικοποιημένη παροχή για τους σταθμούς Βωβούσας, Κόνιτσας και Μπουραζανίου αλλά όχι για το σταθμό Κλειδωνιάς αφού δεν επηρεάζεται από το φράγμα. Αυτό γίνεται γιατί δεν υπάρχουν διαθέσιμα πρωτογενή δεδομένα, τόσο υδρομετρικά/υδρολογικά όσο και μετεωρολογικά, στους σταθμούς αυτούς για την περίοδο Β (Πίνακας 4.5). Έτσι η μοναδική επιλογή είναι να χρησιμοποιηθούν τα μοντέλα που κατασκευάστηκαν για την περίοδο Α και επομένως είναι απαραίτητο να εργαστούμε με τις φυσικοποιημένες παροχές ώστε να έχουν ισχύ τα μοντέλα αυτά. Δηλαδή, χρησιμοποιώντας τις φυσικοποιημένες παροχές αναιρείται η επίδραση του φράγματος στην περιοχή μελέτης και επί της ουσίας ανάγονται όλες οι παροχές της περιόδου Β στην περίοδο Α. Μέσω λοιπόν των υπαρχόντων μοντέλων υπολογίζονται οι φυσικοποιημένες παροχές ακριβώς όπως υπολογίστηκαν και για την περίοδο Α. Στη συνέχεια, η πραγματική παροχή για τους εν λόγω σταθμούς υπολογίζεται αφαιρώντας από κάθε τιμή της φυσικοποιημένης παροχής την αντίστοιχη παροχή που παρακρατείται στον ταμιευτήρα πηγών Αώου.

Πίνακας 4.5. Συμπλήρωση χρονοσειρών για την περίοδο Β (1988-2012)

Συμπλήρωση Χρονοσειρών (1988-2012)					
Υδρ. Έτος	Π. Αώου	Βωβούσα	Κόνιτσα	Κλειδωνιά	Μπουραζάνι
1988-89	Βωβούσα	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
1989-90	Βωβούσα	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
1990-91	Βωβούσα	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
1991-92	•	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
1992-93	•	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
1993-94	•	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
1994-95	•	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
1995-96	•	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
1996-97	•	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
1997-98	•	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
1998-99	•	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
1999-00	•	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
2000-01	•	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
2001-02	•	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον

2002-03	•	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
2003-04	•	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
2004-05	•	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
2005-06	•	•	Βωβούσα	Βωβούσα/Κον	Βωβούσα/Κον
2006-07	•	Π. Αώου	Π. Αώου	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
2007-08	•	Π. Αώου	Π. Αώου	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
2008-09	•	Π. Αώου	Π. Αώου	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
2009-10	•	Π. Αώου	Π. Αώου	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
2010-11	•	Π. Αώου	Π. Αώου	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον
2011-12	•	Π. Αώου	Π. Αώου	Π. Αώου/Κον	Π. Αώου/Κον

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 5.

4.2 Δημιουργία Συνθετικών Χρονοσειρών Παροχών

Πριν την επεξήγηση της διαδικασίας που ακολουθήθηκε για τη δημιουργία των συνθετικών χρονοσειρών παροχών, είναι σκόπιμο να αναφερθούν κάποια θεωρητικά στοιχεία, ώστε να μπορεί να γίνει κατανοητή η μέθοδος που εφαρμόστηκε.

4.2.1 Μοντέλα Πρόβλεψης Χρονοσειρών (time-series models)

Η ιδέα του μοντέλου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναπαράσταση μιας οποιασδήποτε διαδικασίας, με τρόπο αφαιρετικό και στοχεύοντας όχι τόσο σε μια αναλυτική εξήγηση όσο σε μια απλοποιητική προσέγγιση του μηχανισμού της.

Ένα μοντέλο πρόβλεψης αντιπροσωπεύει την διαδικασία που ακολουθείται προκειμένου να παραχθούν προβλέψεις. Είναι προφανές ότι κάθε μοντέλο αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη τεχνική και για τον λόγο αυτό υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία μοντέλων πρόβλεψης. Στην συγκεκριμένη παράγραφο γίνεται λόγος μόνο για τα μοντέλα που αφορούν τις μεθόδους πρόβλεψης χρονοσειρών (time series model).

Τα μοντέλα πρόβλεψης χρονοσειρών είναι το πιο διαδεδομένο ποσοτικό μοντέλο πρόβλεψης. Η εφαρμογή του είναι δυνατή όταν υπάρχουν στοιχεία για την τιμή του υπό πρόβλεψη μεγέθους (ιστορικά δεδομένα) σε προηγούμενες και σταθερές χρονικές περιόδους (π.χ ημέρες, μήνες, έτη κ.λ.π.) Βασίζεται στην υπόθεση ότι η μεταβολή της τιμής του μεγέθους ακολουθεί ένα συγκεκριμένο πρότυπο («λανθάνον» πρότυπο) που επαναλαμβάνεται στον χρόνο και παραμένει σταθερό. Οι προβλέψεις πραγματοποιούνται με την αναγνώριση του ακολουθούμενου προτύπου και την προέκτασή του στο μέλλον.

Είσοδος του συστήματος είναι τα προηγούμενα ιστορικά δεδομένα X_i , όπου ο δείκτης i αναφέρεται στην χρονική περίοδο. Με X_1 συμβολίζεται η αρχαιότερη παρατήρηση και με X_t η πιο πρόσφατη. Προφανώς το i παίρνει τιμές από 1 έως t . Έξοδος του συστήματος είναι η πρόβλεψη που πραγματοποιείται την χρονική περίοδο t για την επόμενη χρονική περίοδο $t+1$, και συμβολίζεται με $\gamma = X_{t+1} = f(X_t)$. Η σχέση που περιγράφει το σύστημα είναι γραμμική και έχει την μορφή:

$$y = f(X_1, X_2, \dots, X_{t-1})$$

Υποθέτοντας ότι έχουμε στην διάθεση μας δεδομένα που αφορούν τις μηνιαίες παροχές σε μια θέση για t -μήνες (X_i , με $i = 1, \dots, t$), μπορούμε, στηριζόμενοι στο συγκεκριμένο μοντέλο, να υπολογίσουμε την παροχή για τον επόμενο μήνα X_t .

Στην παρούσα εργασία, το μοντέλο αυτό περιγράφεται με αυτοπαλινδρομικές (autoregressive) μεθόδους πρώτης (AR1) και δεύτερης τάξης (AR2), όπως αναλύεται και στη συνέχεια. Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι η εφαρμογή του μοντέλου των χρονοσειρών στηρίζεται στην παραδοχή ότι το λανθάνον πρότυπο αναγνωρίζεται μονοσήμαντα με βάση τα ιστορικά δεδομένα και θεωρείται ότι θα διατηρηθεί σταθερό. Κατά συνέπεια, η προέκταση του στο μέλλον οδηγεί σε προβλέψεις που βασίζονται στην "ιστορία" της χρονοσειράς και θεωρούνται ικανοποιητικές στο βαθμό που η εξέλιξη της γίνεται υπό το καθεστώς των σημερινών συνθηκών. Έτσι, το συγκεκριμένο μοντέλο πρόβλεψης είναι κατάλληλο για να υπολογιστεί η παροχή σε μια θέση του ποταμού, δεδομένου ότι οι βροχοπτώσεις, η λεκάνη απορροής και ο αντίστοιχος συντελεστής απορροής πρόκειται να παραμείνουν σταθερά. Δεν θα μπορούσαμε όμως να το χρησιμοποιήσουμε στην περίπτωση που άλλαζε κάποιο από τα παραπάνω βασικά χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα οι βροχοπτώσεις. Γίνεται λοιπόν φανερό η αδυναμία του μοντέλου των χρονοσειρών να συσχετίσει το υπό πρόβλεψη μέγεθος με τους παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή του. Με την έννοια αυτή θεωρείται σαν «μαύρο κουτί» (black box) αφού παρέχει πληροφορίες για το τι πρόκειται να συμβεί χωρίς ταυτόχρονα να μας επιτρέπει να κατανοήσουμε το γιατί θα συμβεί.

Παρά το μειονέκτημα αυτό, οι μέθοδοι που περιγράφονται από το μοντέλο των χρονοσειρών επιλέγονται συχνότατα για τρεις βασικούς λόγους:

- α) Δεν υπάρχει πάντα η δυνατότητα να συσχετίσουμε ένα μεταβαλλόμενο μέγεθος με κάποιους παράγοντες και πολύ περισσότερο να προσδιορίσουμε τον τρόπο αλληλεπίδρασης τους
- β) Σε πολλές περιπτώσεις ενδιαφερόμαστε να προσδιορίσουμε μόνο το τι θα συμβεί και όχι το γιατί
- γ) Το κόστος που απαιτείται στην πρώτη περίπτωση είναι πολύ μικρότερο από εκείνο που απαιτείται στην δεύτερη

Στην προκειμένη περίπτωση, η έλλειψη επαρκών βροχομετρικών δεδομένων αλλά και η υψηλή ακρίβεια που επιτυγχάνεται με την αποκλειστική χρήση παροχοσειρών οδήγησε στην επιλογή του μοντέλου χρονοσειρών.

4.2.2 Βασικές έννοιες και ποιοτικά χαρακτηριστικά των χρονοσειρών

Ο στοχαστικός χαρακτήρας των χρονοσειρών

Οι χρονοσειρές αποτελούν ένα σύνολο διαδοχικών παρατηρήσεων της τιμής κάποιου φυσικού ή άλλου μεγέθους. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό τους είναι το γεγονός ότι οι διαδοχικές αυτές παρατηρήσεις δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Όταν οι διαδοχικές παρατηρήσεις είναι εξαρτημένες, οι μελλοντικές τιμές μπορούν να προσδιοριστούν ακριβώς από τις προηγούμενες. Μια τέτοια διαδικασία ονομάζεται ντετερμινιστική. Δυστυχώς κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει με τις πραγματικές

χρονοσειρές καθώς το μέλλον καθορίζεται μερικώς μόνο από το παρελθόν. Για το λόγο αυτό, οι πραγματικές χρονοσειρές θεωρείται ότι αντιπροσωπεύουν στοχαστικές διαδικασίες.

Κατά μία άλλη έννοια, ντετερμινιστικά μοντέλα είναι εκείνα που περιγράφουν την διαχρονική εξέλιξη κάποιου φυσικού μεγέθους, για το οποίο υπάρχει πλήρης γνώση των παραγόντων που το επηρεάζουν. Στον πραγματικό κόσμο όμως τα περισσότερα μεγέθη επηρεάζονται και από τον λεγόμενο «τυχαίο παράγοντα» ο οποίος αντιπροσωπεύει μια στατιστική μεταβλητή. Τα μοντέλα που περιέχουν τον παράγοντα αυτό ονομάζονται **στοχαστικά**.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά χρονοσειρών

Οι παραδοσιακές μέθοδοι ανάλυσης των χρονοσειρών ασχολούνται κυρίως με την αποσύνθεση της διακύμανσης της χρονοσειράς σε τέσσερα συστατικά της στοιχεία: την τάση, την κυκλικότητα, την εποχικότητα και τις μη κανονικές διακυμάνσεις. Μια τέτοια προσέγγιση είναι χρήσιμη για την ανάλυση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της χρονοσειράς, ανεξάρτητα με την μέθοδο πρόβλεψης που θα εφαρμοστεί στην συνέχεια.

Η συστηματική μελέτη μιας χρονοσειράς ξεκινάει με την επισκόπηση του γραφήματος της στο πεδίο του χρόνου. Τα βασικά ποιοτικά της χαρακτηριστικά που προκύπτουν από αυτό είναι η τάση, η εποχικότητα, η κυκλικότητα και οι ασυνέχειες (Ασημακόπουλος, 2007).

Η **τάση** γενικά θα μπορούσε να οριστεί ως μια "μακροπρόθεσμη" μεταβολή του μέσου επιπέδου των τιμών της χρονοσειράς. Το πρόβλημα με αυτόν τον κατά τα άλλα αποδεκτό ορισμό είναι ποια μεταβολή θεωρείται μακροπρόθεσμη. Για παράδειγμα έχει παρατηρηθεί ότι ορισμένες περιβαλλοντικές και κλιματικές μεταβλητές εμφανίζουν μια κυκλική διακύμανση μέσα σε μία χρονική περίοδο 50 ετών. Αν κάποιος έχει στοιχεία μόνο για τα πρώτα 20 έτη θα θεωρούσε την παρατηρούμενη κλιμάκωση του μέσου επιπέδου σαν τάση, ενώ αν εξέταζε δεδομένα μερικών εκατοντάδων ετών θα διαπίστωνε ότι πρόκειται, για κυκλική διακύμανση. Έτσι, μιλώντας για τάση θα πρέπει κανείς να έχει στην διάθεση του έναν ικανό αριθμό παρατηρήσεων και ταυτόχρονα να εκτιμήσει το κατάλληλο, στην συγκεκριμένη περίπτωση, μήκος της περιόδου μέσα στην οποία θα αναζητήσει την ύπαρξη τάσης. Η τάση που αντιπροσωπεύει τη γενική εικόνα της χρονοσειράς, μπορεί να είναι ανοδική, πτωτική ή μηδενική.

Η **κυκλικότητα** αντιπροσωπεύει μια "κυματοειδή" μεταβολή που οφείλεται σε ειδικές εξωγενείς συνθήκες και εμφανίζεται κατά περιόδους. Οι περίοδοι δεν είναι απαραίτητα σταθερές και το μήκος τους είναι κατά κανόνα μεγαλύτερο του έτους. Κυκλικότητα εμφανίζουν οι χρονοσειρές των περισσότερων οικονομικών μεγεθών όπως για παράδειγμα του Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος. Οι κυκλικές αυτές μεταβολές είναι αποτέλεσμα των γενικότερων συνθηκών που χαρακτηρίζονται από διαδοχικές ανόδους και υφέσεις. Όσον αφορά τις βροχοπτώσεις και κατ' επέκταση τις παροχές σε ένα υδατόρευμα, εμφανίζουν κυκλικότητα όπως και άλλες παράμετροι που σχετίζονται με το κλίμα. Έτσι εντοπίζονται ξηρές και υγρές περίοδοι περίοδοι με μεταβαλλόμενο και απρόβλεπτο κύκλο.

Η **εποχικότητα** ορίζεται σαν μια περιοδική διακύμανση που έχει σταθερό και μικρότερο του έτους μήκος. Η διακύμανση αυτή είναι συνήθως κατανοητή και προβλέψιμη. Για παράδειγμα οι παροχές κατά τους θερινούς μήνες είναι μειωμένες ενώ τους χειμερινούς αυξημένες. Τέτοιες αλλαγές είναι άμεσα εξηγήσιμες και θεωρούνται κανονικές γιατί επαναλαμβάνονται κατά τον ίδιο ακριβώς τρόπο με τον χρόνο. Για τον λόγο αυτό είναι σχετικά εύκολο να μετρηθούν και να απομονωθούν έτσι ώστε να

προκύψουν τελικά τα λεγόμενα αποεποχικοποιημένα δεδομένα. Σε επόμενη παράγραφο γίνεται λεπτομερής αναφορά στην τεχνική που ακολουθείται για την απομόνωση της εποχικότητας. Έτσι μπορούμε να πούμε ότι η εποχικότητα αντιπροσωπεύει τις περιοδικές διακυμάνσεις που έχουν σταθερό μήκος και απαντάται σε χρονοσειρές παροχών. Η διαφορά της εποχικότητας από την κυκλικότητα είναι ότι ενώ η εποχικότητα επαναλαμβάνεται σε σταθερά διαστήματα όπως ο χρόνος, ο μήνας, η εβδομάδα, η κυκλικότητα έχει μεγαλύτερη διάρκεια που διαφέρει από κύκλο σε κύκλο.

Ασυνέχειες ονομάζονται οι απομονωμένες παρατηρήσεις που εμφανίζονται στο γράφημα κάποιας χρονοσειράς ως απότομες αλλαγές στο πρότυπο συμπεριφοράς της και δε θα μπορούσαν να έχουν προβλεφθεί από την ιστορία της. Τέτοιες αλλαγές μπορεί να έχουν παροδικό ή μόνιμο χαρακτήρα. Στην πρώτη περίπτωση ονομάζονται outliers και η επίδραση τους στην χρονοσειρά έχει μικρή χρονική διάρκεια. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην ερμηνεία τέτοιων παρατηρήσεων, πράγμα που απαιτεί εξίσου θεωρητική γνώση, κριτική ικανότητα και κοινή λογική. Ενα outlier μπορεί να αντιπροσωπεύει μια ασυνήθιστη παρατήρηση που οφείλεται σε κάποιο εξαιρετικό και απρόβλεπτο γεγονός όπως ένα πλημμυρικό επεισόδιο το οποίο μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την τιμή της μηνιαίας παροχής. Στην περίπτωση που οι παρατηρούμενες ασυνέχειες έχουν μόνιμο χαρακτήρα ονομάζονται level-shifts αφού εμφανίζονται ως απότομες αλλαγές στο μέσο επίπεδο των τιμών της χρονοσειράς.

Μη κανονικές διακυμάνσεις θεωρούνται εκείνες που απομένουν όταν όλα τα υπόλοιπα συστατικά στοιχεία της χρονοσειράς (τάση, εποχικότητα και κυκλικότητα) έχουν απομονωθεί. Οι διακυμάνσεις αυτές μπορεί να αντιπροσωπεύουν μια εντελώς τυχαία μεταβλητή (με την στατιστική έννοια) που εκφράζει τον τυχαίο παράγοντα μιας στοχαστικής διαδικασίας. Εναλλακτικά μπορεί να αντιπροσωπεύουν κάποια ασυνέχεια (outlier ή level shift) που συνδέεται με κάποιο εξαιρετικό γεγονός

Στάσιμη ή Μόνιμη Χρονοσειρά

Μια ιδιαίτερη και πολύ σημαντική κατηγορία χρονοσειρών είναι οι λεγόμενες στάσιμες ή μόνιμες (stationary) χρονοσειρές. Χρησιμοποιώντας ένα ποιοτικό ορισμό, στάσιμη είναι μια χρονοσειρά όταν:

- α) δεν παρουσιάζει συστηματική αλλαγή στο μέσο της επίπεδο (δηλαδή δεν εμφανίζει τάση)
- β) δεν παρουσιάζει συστηματική αλλαγή στην διασπορά της
- γ) έχουν αφαιρεθεί όλες οι αυστηρά περιοδικές "διακυμάνσεις" (δηλαδή δεν εμφανίζει εποχικότητα)

Το μεγαλύτερο μέρος της θεωρίας πιθανοτήτων και της στατιστικής επιστήμης ασχολείται με στάσιμες στοχαστικές διαδικασίες. Για τον λόγο αυτό προκειμένου να εφαρμόσουμε οποιοσδήποτε πιθανοθεωρητικές αρχές στην ανάλυση μιας χρονοσειράς, πρέπει πρώτα να την μετατρέψουμε σε στάσιμη. Με άλλα λόγια, αν σε μια χρονοσειρά εφαρμόσουμε τις μεθόδους της κλασσικής αποσύνθεσης και αφαιρέσουμε την τάση και την εποχικότητα, η προκύπτουσα χρονοσειρά που αντιπροσωπεύει κυκλικές και άλλες μη κανονικές διακυμάνσεις θεωρείται στάσιμη εφόσον δεν παρατηρείται καμιά συστηματική μεταβολή στην διασπορά της.

4.2.3 Αυτοπαλινδρομικά μοντέλα AR(1) και AR (2)

Τα αυτοπαλινδρομικά μοντέλα AR(1) και AR (2) ανήκουν στην οικογένεια των ολοκληρωμένων αυτοπαλινδρομικών μοντέλων κινητών μέσων όρων (Auto Regressive Integrated Moving Average, ARIMA), τα οποία είναι στοχαστικά μαθηματικά μοντέλα. Με τα μοντέλα ARIMA προσπαθούμε να περιγράψουμε τη διαχρονική εξέλιξη κάποιου φυσικού μεγέθους. Δεδομένου ότι για την πλειοψηφία των φυσικών μεγεθών, όπως οι παροχές, είναι αδύνατη η πλήρης γνώση και καταγραφή όλων των παραγόντων που επηρεάζουν την εξέλιξη τους στο χρόνο, είναι πολύ δύσκολη η διαχρονική περιγραφή του μεγέθους από ένα ντετερμινιστικό μοντέλο. Από την άλλη μεριά, η εξάρτηση τέτοιων μεγεθών από μη ντετερμινιστικούς παράγοντες (π.χ. καιρός, τυχαία γεγονότα) καθιστά δυνατή την περιγραφή της διαχρονικής τους εξέλιξης από ένα στοχαστικό μοντέλο, με το οποίο θα μπορεί να υπολογιστεί η πιθανότητα με την οποία η τιμή του μεγέθους βρίσκεται σε κάποιο διάστημα (Ασημακόπουλος, 2007).

Γενικά, έχουν αναπτυχθεί ποικίλα τέτοια μοντέλα για την περιγραφή των διακυμάνσεων κάποιου μεγέθους μέσα στο χρόνο. Τα μοντέλα ARIMA χρησιμοποιούνται ευρύτατα γιατί βρίσκουν εφαρμογή στη μελέτη πολλών μεγεθών και φαίνεται να δίνουν μια ικανοποιητική εικόνα της διαχρονικής τους συμπεριφοράς, καθώς και ακριβή αποτελέσματα στη πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών του μεγέθους.

Τα μοντέλα ARIMA έχουν μελετηθεί εκτεταμένα από τους Box και Jenkins, σε βαθμό που τα ονόματα των παραπάνω να είναι σχεδόν συνώνυμα με τις ARIMA διαδικασίες και τις εφαρμογές τους στην ανάλυση και την πρόβλεψη χρονοσειρών. Οι Box-Jenkins πρότειναν λοιπόν μια οικογένεια αλγεβρικών μοντέλων πρόβλεψης, από τα οποία μπορεί κανείς να διαλέξει το καταλληλότερο για την πρόβλεψη μιας δεδομένης χρονοσειράς. Στα μοντέλα αυτά οι προβλέψεις βασίζονται αποκλειστικά στις παρελθούσες τιμές και τα εμφανισθέντα πρότυπα συμπεριφοράς της χρονοσειράς που εξετάζεται (Ασημακόπουλος, 2007).

Για την κατασκευή ενός ικανοποιητικού μοντέλου ARIMA απαιτούνται σύμφωνα με τους Box-Jenkins τουλάχιστον 50 παρατηρήσεις. Ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου τα ιστορικά δεδομένα εμφανίζουν έντονα εποχιακές διακυμάνσεις, η ύπαρξη ενός δείγματος πολύ μεγάλου μεγέθους είναι επιβεβλημένη. Στην προκειμένη περίπτωση, η διαθέσιμη χρονοσειρά μηνιαίων παροχών μήκους 62 ετών ισοδυναμεί με $62 \times 12 = 744$ παρατηρήσεις και μπορεί να θεωρηθεί επαρκής για την επίτευξη ικανοποιητικής ακρίβειας.

Η μέθοδος BJ-ARIMA εφαρμόζεται αποκλειστικά και μόνο σε στάσιμες χρονοσειρές. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, στάσιμη είναι μια χρονοσειρά, της οποίας η μέση τιμή, η διακύμανση και η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης είναι σταθερές καθόλη τη διάρκεια του χρόνου. Η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης είναι ένας τρόπος μέτρησης της εξάρτησης μιας παρατήρησης από μια άλλη μέσα στην ίδια χρονοσειρά. Επίσης σημειώνεται ότι η μέση τιμή και η διακύμανση κάποιου υποσυνόλου δεδομένων μιας στάσιμης χρονοσειράς δεν διαφέρει σημαντικά από τη μέση τιμή και τη διακύμανση, αντίστοιχα, οποιουδήποτε άλλου υποσυνόλου της ίδιας χρονοσειράς.

Παρόλο που οι χρονοσειρές παροχών δεν είναι στάσιμες, μπορούν να μετασχηματιστούν σε στάσιμες με σχετικά απλές διαδικασίες, όπως αναλύεται στη συνέχεια. Τα μοντέλα ARIMA εφαρμόζονται αποκλειστικά σε διακριτές χρονοσειρές, οι παρατηρήσεις των οποίων έχουν γίνει σε χρονικές στιγμές που απέχουν μεταξύ τους ίσα χρονικά διαστήματα. Ως Z_t ορίζεται η αριθμητική τιμή μιας παρατήρησης που λαμβάνεται τη χρονική περίοδο t . Η μελέτη των στατιστικών παραμέτρων της

χρονοσειράς ενός μεγέθους L , καθώς και η γνώση της διαχρονικής συμπεριφοράς της μπορούν να μας δώσουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τη δόμηση ενός μοντέλου που να περιγράφει τη συμπεριφορά του μεγέθους L . Τα στοχαστικά μοντέλα αυτοπαλινδρόμησης τάξης p περιέχουν τον τυχαίο παράγοντα a_t (τυχαίο σφάλμα ή σφάλμα πρόβλεψης) και τις τιμές του μεγέθους οι οποίες εμφανίστηκαν σε p προηγούμενες χρονικές στιγμές. Το μοντέλο που προκύπτει είναι ένας γραμμικός συνδυασμός των παραγόντων αυτών και περιγράφεται από τις εξισώσεις (Μιμίκου, 1994; Pindyck and Rubinfeld, 1998):

$$Z_t = \Phi_1 \cdot Z_{t-1} + \Phi_2 \cdot Z_{t-2} + \dots + \Phi_p \cdot Z_{t-p} + a_t \quad AR(p).1$$

όπου

$$\begin{aligned} r_1 &= \Phi_1 + \Phi_2 \cdot r_1 + \dots + \Phi_p \cdot r_{p-1} \\ &\dots \\ r_p &= \Phi_1 \cdot r_{p-1} + \Phi_2 \cdot r_{p-2} + \dots + \Phi_{p-1} \cdot r_{p-1} + \Phi_p \end{aligned} \quad AR(p).2$$

και

$$\sigma_\alpha = \sigma_z \sqrt{(1 - \Phi_1 \cdot r_1 - \Phi_2 \cdot r_2 - \dots - \Phi_p \cdot r_p)} \quad AR(p).3$$

όπου r_p ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης τάξης p , σ_z η τυπική απόκλιση της στάσιμης πραγματικής χρονοσειράς και σ_α η θεωρητική τυπική απόκλιση της συνθετικής χρονοσειράς.

Έτσι, για κάθε χρονική στιγμή t της συνθετικής χρονοσειράς, το μοντέλο $AR(1)$ περιγράφεται από τις εξισώσεις:

$$Z_t = \Phi_1 \cdot Z_{t-1} + a_t \quad AR(1).1$$

όπου

$$\Phi_1 = r_1 \quad AR(1).2$$

και

$$\sigma_\alpha = \sigma_z \cdot \sqrt{(1 - \Phi_1 \cdot r_1)} = \sigma_z \cdot \sqrt{(1 - \Phi_1^2)} \quad AR(1).3$$

ενώ το μοντέλο AR(2) περιγράφεται από τις εξισώσεις:

$$Z_t = \Phi_1 \cdot Z_{t-1} + \Phi_2 \cdot Z_{t-2} + a_t \quad \text{AR(2).1}$$

όπου

$$r_1 = \Phi_1 + \Phi_2 \cdot r_1$$

$$r_2 = \Phi_1 \cdot r_1 + \Phi_2$$

ή

$$\Phi_1 = r_1 \cdot (1 - r_2) / (1 - r_1^2) \quad \text{AR(2).2α}$$

$$\Phi_2 = r_2 - \Phi_1 \cdot r_1 \quad \text{AR(2).2β}$$

και

$$\sigma_a = \sigma_z \cdot \sqrt{(1 - \Phi_1 \cdot r_1 - \Phi_2 \cdot r_2)} \quad \text{AR(2).3}$$

Οι συντελεστές $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_p$ σχετίζονται με τους συντελεστές αυτοσυσχέτισης r_1, r_2, \dots, r_p αντίστοιχα της στάσιμης ιστορικής χρονοσειράς. Μια στοχαστική διαδικασία, όπως είναι οποιαδήποτε χρονοσειρά, μπορεί να θεωρηθεί σαν μια συλλογή πολλών τυχαίων μεταβλητών. Κάθε παρατήρηση, αντιπροσωπεύει και μια τέτοια μεταβλητή. Έτσι συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών X_t και X_{t+k} (όπου k ακέραιος) αποκτά το εξής νόημα: δείχνει τον βαθμό της στατιστικής εξάρτησης μεταξύ δύο παρατηρήσεων που έγιναν τις χρονικές στιγμές t και $t+k$. Επειδή οι X_t και X_{t+k} είναι δύο τυχαίες μεταβλητές της ίδιας στοχαστικής διαδικασίας η συσχέτιση τους παίρνει την ειδικότερη ονομασία αυτοσυσχέτιση.

Για παράδειγμα, σε ένα δείγμα n παρατηρήσεων (X_1, X_2, \dots, X_n) δημιουργούμε $n-k$ ζεύγη της μορφής (X_t, X_{t+k}) . Δηλαδή $(X_{k+1}, X_1), (X_{k+2}, X_2), \dots, (X_n, X_{n-k})$ στο καθένα από τα οποία ο πρώτος αριθμός αντιστοιχεί στην μεταβλητή X_t , ενώ ο δεύτερος στην μεταβλητή X_{t+k} (Πίνακας 4.6).

Πίνακας 4.6. Ζεύγη υπολογισμού συντελεστής αυτοσυσχέτισης

N	X_t	$X_{t+1} (k=1)$	X_t	$X_{t+2} (k=2)$
1	1		1	
2	7	1	7	
3	5	7	5	1
4 (=n)	3	5	3	7
		3		5
				3

Εφαρμόζοντας τη σχέση υπολογισμού του συντελεστή συσχέτισης για τις δύο αυτές χρονοσειρές υπολογίζεται ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης k τάξης:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (X_t - \bar{X}_t) \cdot (X_{t+k} - \bar{X}_{t+k})}{\sqrt{\sum_{k=1}^{N-k} (X_t - \bar{X}_t)^2 \cdot \sum_{t=1}^{N-k} (\bar{X}_{t+k} - \bar{X}_{t+k})^2}}$$

όπου

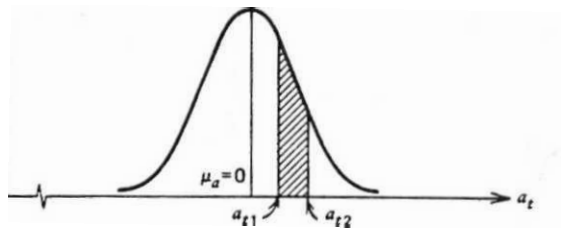
k το χρονικό θήμα μετατόπισης,

\bar{X}_t η μέση τιμή της σειράς στη θέση t και

\bar{X}_{t+k} η μέση τιμή της σειράς στη θέση $t+k$

Στις AR(p).1, AR(p).2 και AR(p).3 οι όροι $\Phi_1, Z_{t-1}, \Phi_2, Z_{t-2}, \dots$, αποτελούν το προβλέψιμο μέρος της Z_t , ενώ ο όρος a_t είναι μια καθαρά πιθανοτική μεταβλητή, η οποία δεν μπορεί να προβλεφθεί μέσα από το μοντέλο AR και για την οποία γίνεται η υπόθεση ότι έχει κάποιες συγκεκριμένες στατιστικές ιδιότητες.

Εξαιτίας του τυχαίου σφάλματος a_t μια διαδικασία AR (όπως και κάθε διαδικασία ARIMA) παράγει προβλέψεις με κάποιο στοχαστικό τρόπο. Οι όροι a_t σε μια διαδικασία AR, θεωρούνται ότι είναι ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές που ακολουθούν κανονική κατανομή με μηδενική μέση τιμή και σταθερή διακύμανση. Τέτοιες μεταβλητές ονομάζονται «λευκός θόρυβος». Στο Σχήμα 4.9 παρουσιάζεται η θεώρηση αυτή (Ασημακόπουλος, 2007). Ο χώρος ανάμεσα στη καμπύλη μεταξύ των οποιονδήποτε τιμών a_{t1} και a_{t2} ισούται με την πιθανότητα να βρίσκεται το a_t μέσα σε αυτό το εύρος.



Σχήμα 4.9. Στατιστική κατανομή σφάλματος ή στοχαστικό τμήμα πρόβλεψη) (Ασημακόπουλος, 2007)

Έτσι ο όρος a_t μπορεί να υπολογιστεί από την παρακάτω εξίσωση:

$$a_t = \sigma_a \cdot RN(0,1)$$

όπου σ_a η θεωρητική τυπική απόκλιση της συνθετικής χρονοσειράς και $NR(0,1)$ ένας τυχαίος αριθμός που ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή 0 και τυπική απόκλιση 1

4.2.4 Μέθοδος παραγωγής συνθετικών χρονοσειρών παροχής

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, για την παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών παροχής με χρήση των μοντέλων AR(1) και AR(2), αναπτύχθηκε η μέθοδος που παρουσιάζεται στη συνέχεια σε διαδοχικά απλά βήματα.

1. Εισαγωγή μηνιαίων τιμών ιστορικής χρονοσειράς παροχών μετά την επεξεργασία – συμπλήρωση της
2. Εύρεση των στατιστικών χαρακτηριστικών της χρονοσειράς των παροχών δηλαδή της μέσης τιμής, της διασποράς και της τυπικής απόκλισης. Αν N είναι το πλήθος των μηνιαίων τιμών της χρονοσειράς τότε τα μεγέθη αυτά θα υπολογιστούν από τις παρακάτω σχέσεις:

Μέση τιμή:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^N X_i / N$$

Διασπορά:

$$\sigma_z^2 = 1/N \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2$$

Τυπική απόκλιση:

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma_z^2}$$

3. Εύρεση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης 1^{ης} και 2^{ης} τάξης της ιστορικής χρονοσειράς. Ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης της σειράς μετατοπισμένης κατά k χρονικά βήματα (συντελεστής k τάξεως) είναι:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (X_t - \bar{X}_t) \cdot (X_{t+k} - \bar{X}_{t+k})}{\sqrt{\sum_{k=1}^{N-k} (X_t - \bar{X}_t)^2 \cdot \sum_{t=1}^{N-k} (\bar{X}_{t+k} - \bar{X}_{t+k})^2}}$$

όπου

k το χρονικό βήμα μετατόπισης (τάξη)

\bar{X}_t η μέση τιμή της σειράς στη θέση t και

\bar{X}_{t+k} η μέση τιμή της σειράς στη θέση t+k

4. Μονιμοποίηση (στασιμοποίηση) της ιστορικής πραγματικής χρονοσειράς σειράς των μηνιαίων παροχών. Η μονιμοποίηση γίνεται με αφαίρεση από την κάθε τιμή του μέσου όρου και διαίρεση του υπολοίπου με την τυπική απόκλιση. Με τον τρόπο αυτό εξαλείφονται οι συστηματικές αλλαγές στη μέση τιμή και στη διασπορά και παραμένουν μόνο η κυκλικότητα που αντιπροσωπεύει τον κλιματικό παράγοντα και το στοχαστικό μέρος της χρονοσειράς (μη κανονικές διακυμάνσεις). Η διαδικασία αυτή γίνεται για κάθε τιμή ανάλογα με το μήνα στον οποίο ανήκει η παρατήρηση. Χρησιμοποιείται δηλαδή η μέση μηνιαία τιμή και η αντίστοιχη τυπική απόκλιση για κάθε μήνα του έτους ώστε να εξαλειφθεί η ισχυρότατη εποχικότητα της αρχικής ιστορικής χρονοσειράς. Παρακάτω δίνεται η σχέση με την οποία θα γίνει η μονιμοποίηση:

$$x_1(i, j) = \frac{[X(i, j) - \bar{X}(j)]}{\sigma_z(j)}$$

όπου

$x_1(i, j)$	η μονιμοποιημένη τιμή της παροχής,
$X(i, j)$	η πραγματική μηνιαία παροχή
j	η τάξη του μήνα,
i	η τάξη του έτους,
$\bar{X}(j)$	η πραγματική μέση τιμή για το μήνα j και
$\sigma_z(j)$	η πραγματική τυπική απόκλιση για το μήνα j .

5. Εύρεση των στατιστικών χαρακτηριστικών της μονιμοποιημένης χρονοσειράς.
6. Εύρεση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης 1^{ns} και 2^{ns} τάξης r_1 και r_2 της μονιμοποιημένης χρονοσειράς.
7. Εύρεση των συντελεστών Φ_1 και Φ_2 καθώς και της θεωρητικής τυπικής απόκλισης σ_α για τα μοντέλα AR(1) και AR(2) σύμφωνα με τις εξισώσεις:

$$\Phi_1 = r_1$$

$$\sigma_\alpha = \sigma_z \cdot \sqrt{(1 - \Phi_1^2)}$$

για το μοντέλο AR(1)

Και

$$\Phi_1 = r_1 \cdot (1 - r_2) / (1 - r_1^2)$$

$$\Phi_2 = r_2 - \Phi_1 \cdot r_1$$

$$\sigma_\alpha = \sigma_z \cdot \sqrt{(1 - \Phi_1 \cdot r_1 - \Phi_2 \cdot r_2)}$$

για το μοντέλο AR(2)

Σημειώνεται ότι και στις δύο περιπτώσεις ο όρος σ_z αναφέρεται στην τυπική απόκλιση της μονιμοποιημένης πραγματικής χρονοσειράς!

8. Παραγωγή από τον υπολογιστή 600 (50 έτη αντιστοιχούν σε 600 μήνες) τυχαίων κανονικών αριθμών RN με μέσο όρο 0 και τυπική απόκλιση 1:

$$RN(t) = RN(0,1) \text{ για } t=1 \text{ έως } 600$$

9. Εφαρμογή των μοντέλων AR(1) και AR(2) και παραγωγή μιας ξεχωριστής συνθετικής χρονοσειράς Z_t ($Z_0=0$) παροχών μήκους 50 ετών ($50 \cdot 12=600$ μηνιαίες τιμές) για το κάθε μοντέλο σύμφωνα με τις εξισώσεις:

$$Z_t = \Phi_1 \cdot Z_{t-1} + a_t$$

$$a_t = \sigma_\alpha \cdot RN(t)$$

για το μοντέλο AR(1)

Και

$$Z_t = \Phi_1 \cdot Z_{t-1} + \Phi_2 \cdot Z_{t-2} + a_t$$

$$a_t = \sigma_\alpha \cdot RN(t)$$

για το μοντέλο AR(2)

10. Απομονιμοποίηση των συνθετικών χρονοσειρών. Πρόκειται ουσιαστικά για την αντίστροφη διαδικασία από τη μονιμοποίηση. Η συνθετική χρονοσειρά χωρίζεται σε 12 ομάδες που αποτελούνται από 50 τιμές η καθεμία. Η κάθε ομάδα αντιπροσωπεύει ένα μήνα. Η σειρά ή ο τρόπος ομαδοποίησης δεν έχει σημασία καθώς πρόκειται για μόνιμες χρονοσειρές. Στη συνέχεια η τιμή i κάθε ομάδας j απομονιμοποιείται σύμφωνα με τη σχέση:

$$X(i, j) = x_1(i, j) \cdot \sigma_z(j) + \bar{X}(j)$$

όπου

$x_1(i, j)$	η συνθετική μονιμοποιημένη τιμή της παροχής,
$X(i, j)$	η συνθετική μηνιαία παροχή
j	η τάξη του μήνα (της ομάδας)
i	η τάξη του έτους
$\bar{X}(j)$	η πραγματική μέση τιμή για το μήνα j της ιστορικής χρονοσειράς
$\sigma_z(j)$	η πραγματική τυπική απόκλιση για το μήνα j της ιστορικής χρονοσειράς

- Εύρεση των στατιστικών χαρακτηριστικών των δύο απομονιμοποιημένων συνθετικών χρονοσειρών, τα οποία θα πρέπει όσον αφορά το μέσο όρο και τη διασπορά να συμφωνούν με τα αντίστοιχα μεγέθη της πραγματικής χρονοσειράς παροχών.
- Εύρεση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης 1ης και 2ης τάξης των δύο απομονιμοποιημένων συνθετικών χρονοσειρών, οι οποίοι θα πρέπει να συμφωνεί με τα αντίστοιχα μεγέθη της πραγματικής χρονοσειράς

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 5.

4.3 Διακινδύνευση μη-επάρκειας υδατικών πόρων

Έχοντας λοιπόν παραγάγει τη συνθετική χρονοσειρά για 50 χρόνια σε μια θέση του ποταμού, είναι πλέον δυνατή η εκτίμηση της διακινδύνευσης (ρίσκου) να μην επαρκεί η ποσότητα των υδάτων για την κάλυψη των αντίστοιχων αναγκών κάποια στιγμή στο μέλλον. Οι ανάγκες μπορεί να αποτελούν υδρευτικές, αρδευτικές, υδροηλεκτρικές, οικολογικές κτλ.. Αφού λοιπόν καθοριστεί το σύνολο των αναγκών σε νερό κάθε μήνα του χρόνου μπορεί να υπολογιστεί η πιθανότητα να μη μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες αυτές ως εξής:

Ταξινομούνται οι τιμές των παροχών $Q(i, j)$ της συνθετικής χρονοσειράς (i η τάξη του έτους) για κάθε μήνα j κατά φθίνουσα σειρά. Έστω ο μήνας j . Αν $A(j)$ η αντίστοιχη μέση ανάγκη για το μήνα αυτό, εντοπίζονται οι τιμές της παροχής για τις οποίες ισχύει $Q(i, j) < A(j)$, όπου m το πλήθος των τιμών (ενδεχόμενων) αυτών. Το m προσδιορίζεται ως η φθίνουσα τάξη της μέγιστης εκ των τιμών $Q(i, j)$ για τις οποίες ισχύει η παραπάνω συνθήκη $\{ Q(i, j) < A(j) \}$. Αν N το μήκος της συνθετικής χρονοσειράς (έτη), τότε η πιθανότητα μη υπέρβασης της τιμής $A(j)$ για κάθε μήνα j υπολογίζεται ως (ορισμός της πιθανότητας):

$$P\{Q(i, j) \leq A(j)\} = \frac{m}{N + 1}$$

Παρακάτω δίνεται ένα υποθετικό παράδειγμα για ένα τυχαίο μήνα j , μήκος χρονοσειράς $N=20$ χρόνια και συνολική μέση ανάγκη για το μήνα αυτό $5\text{m}^3/\text{s}$.

Πίνακας 4.7. Παράδειγμα υπολογισμού πιθανότητας μη υπέρβασης με βάση την εμπειρική συνάρτηση κατανομής

Έτος	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)
1	31.78	38.62
2	15.45	31.78
3	11.88	29.17
4	20.41	26.61
5	18.94	24.15
6	8.27	20.41
7	4.06	18.94
8	29.17	15.45
9	4.84	14.31
10	10.45	13.66
11	38.62	13.41
12	11.36	11.88
13	24.15	11.36
14	13.41	10.45
15	14.31	8.27
16	26.61	6.82
17	13.66	4.84
18	2.74	4.06
19	6.82	2.88
20	2.88	2.74

$$P(Q \leq 5) = \frac{m}{N} = \frac{4}{20} = 20\%$$

5. Αποτελέσματα

Οι υπολογισμοί που παρατίθενται στο κεφάλαιο αυτό έχουν γίνει σε περιβάλλον Microsoft Excel.

5.1 Ιστορική Χρονοσειρά Παροχών (1950-2012)

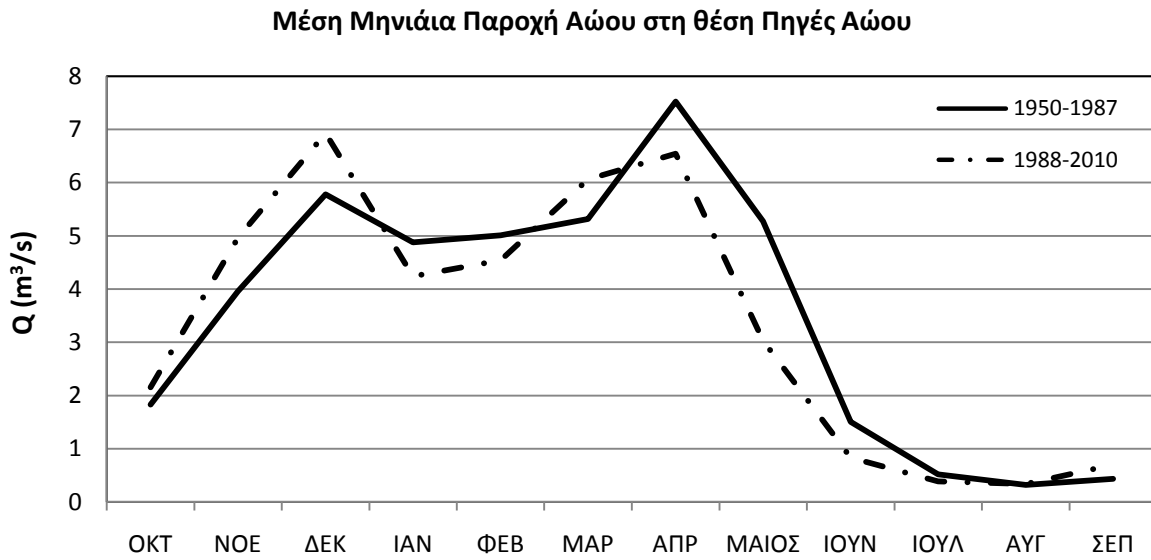
Το πρώτο στάδιο του μοντέλου αφορούσε την συμπλήρωση-επέκταση των δεδομένων της ιστορικής χρονοσειράς για την περίοδο 1950-2012. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.1) παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των μέσων μηνιαίων παροχών για όλες τις θέσεις. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η ανάλυση χωρίζεται σε δύο ξεχωριστές περιόδους πριν και μετά το κλείσιμο της σήραγγας εκτροπής του κυρίως φράγματος του ταμιευτήρα Πηγών Αώου: **(Α)** από το υδρολογικό έτος 1950-51 έως το 1986-87 και **(Β)** από το υδρολογικό έτος 1988-89 έως το 2011-2012. Επίσης παρατίθενται και οι φυσικοποιημένες παροχές στις θέσεις “ Γεφύρι Κόνιτσας” και “Γέφυρα Μπουραζανίου” για την περίοδο Β (**B_{φ*}**). Υπενθυμίζεται ότι ως φυσικοποιημένη παροχή ορίζεται η υποθετική φυσική ροή του ποταμού χωρίς την επίδραση των τεχνικών έργων που στην προκειμένη περίπτωση είναι το φράγμα πηγών Αώου.

Πίνακας 5.1. Μέσες μηνιαίες παροχές πριν (Α) και μετά (Β) την κατασκευή του φράγματος Πηγών Αώου

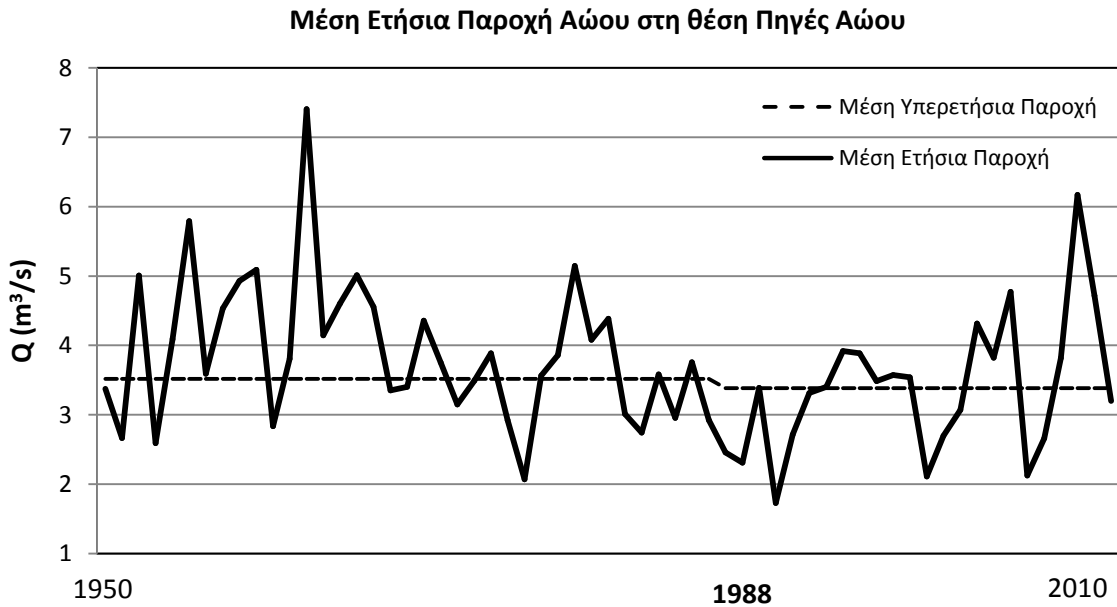
Μέσες Μηνιαίες Παροχές για την περίοδο 1950-2012 (m ³ /s)														
Θέση	Περ.	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
Π. Αώου	A	1,83	3,96	5,78	4,88	5,01	5,32	7,52	5,27	1,51	0,52	0,32	0,43	3,52
	B	2,15	4,96	6,93	4,24	4,54	6,06	6,54	3,03	0,83	0,39	0,34	0,70	3,39
Βωβ.	A	4,77	10,78	15,54	12,21	12,44	13,63	19,44	13,50	3,84	1,43	0,92	1,20	9,12
	B _{φ*}	4,91	11,84	17,17	10,22	10,77	13,71	16,38	9,48	2,78	1,17	0,94	1,67	8,41
	B	2,75	6,88	10,24	5,98	6,23	7,65	9,83	6,44	1,95	0,79	0,60	0,97	5,02
Γεφ. Κόν.	A	12,89	22,45	40,69	31,27	35,66	34,98	42,01	33,31	13,74	5,95	4,07	4,49	23,39
	B _{φ*}	13,13	26,46	46,78	28,33	31,29	35,30	35,98	24,59	10,76	4,88	4,33	5,56	22,24
	B	11,00	21,50	39,85	24,08	26,75	29,24	29,44	21,56	9,93	4,49	3,99	4,86	18,85
Γεφ. Κλειδ.	A	8,27	13,15	20,08	21,29	22,90	20,68	19,77	19,82	15,40	9,01	6,19	5,58	15,13
	B	8,38	15,20	21,91	20,19	21,20	20,84	17,64	16,60	11,52	7,03	6,25	6,62	14,41
Γεφ. Μπουρ.	A	22,80	53,00	64,26	64,48	60,58	68,55	72,43	59,25	30,71	18,54	13,52	12,38	44,95
	B _{φ*}	27,08	53,08	74,97	58,11	54,50	63,78	61,08	44,21	25,81	15,66	14,31	14,16	42,17
	B	24,95	48,12	68,05	53,87	49,96	57,72	54,54	41,17	24,98	15,28	13,97	13,46	38,78

(A=1950 – 1987, B=1988-2012 και B_{φ*}= φυσικοποιημένη παροχή κατά την περίοδο Β)

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες παροχές και οι ετήσιες και υπερετήσιες παροχές σε διάφορες θέσεις. Είναι εμφανής η επίδραση του φράγματος στις θέσεις Βωβούσα, Γεφύρι Κόνιτσας και Γέφυρα Μπουραζανίου.

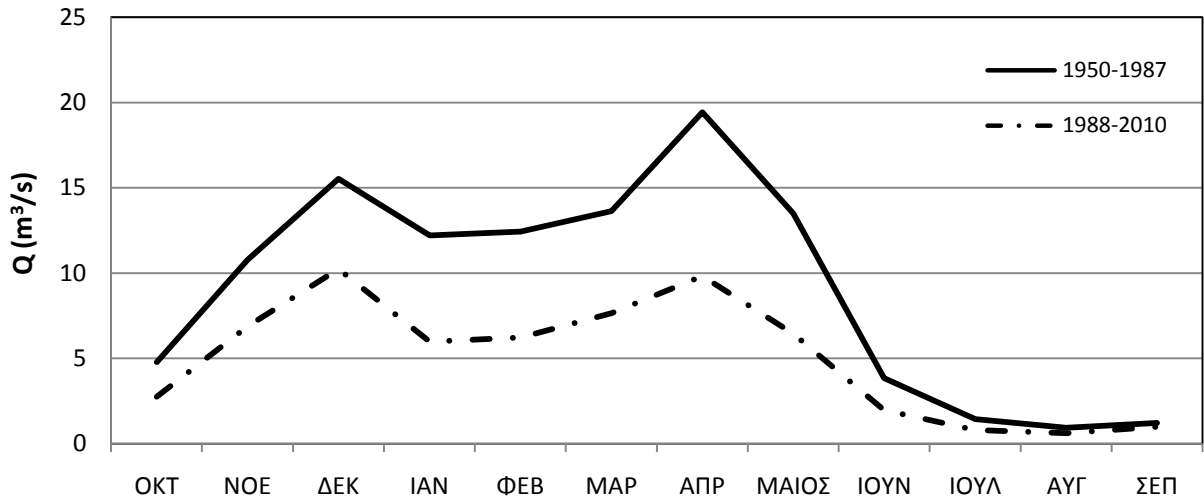


Σχήμα 5.1. Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση “Πηγές Αώου” την περίοδο Α (1950-1987) και Β (1988-2010)



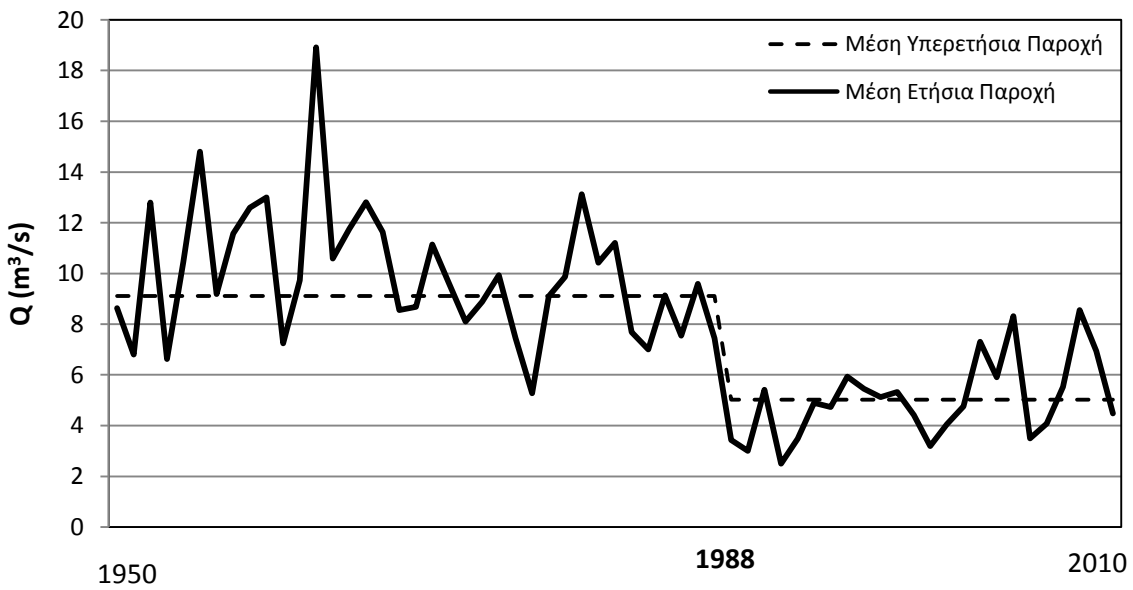
Σχήμα 5.2. Μέσες ετήσιες παροχές στη θέση “Πηγές Αώου” για την περίοδο 1950-2010

Μέση Μηνιαία Παροχή Αώου στη θέση Βωβούσα



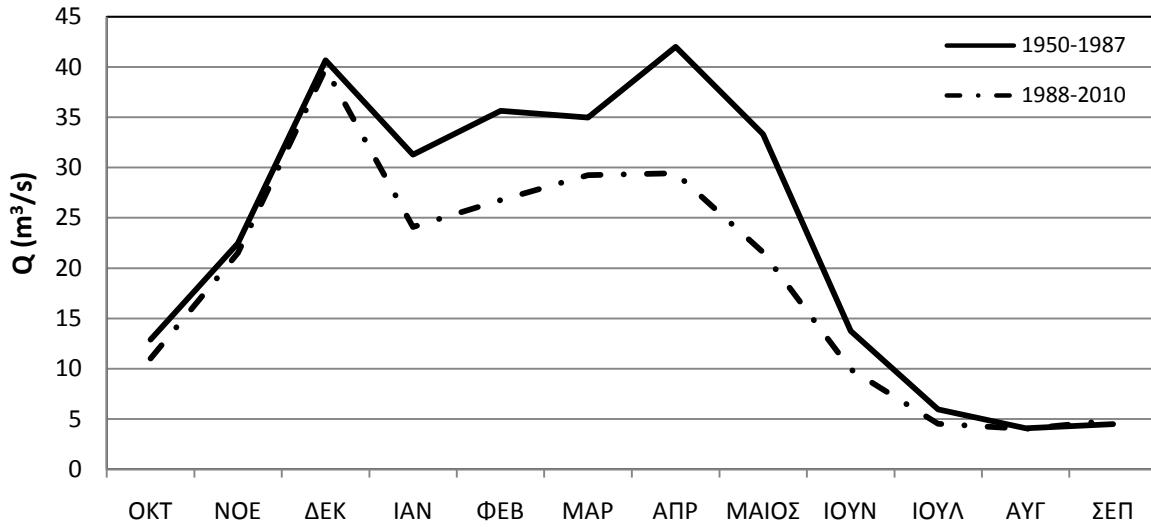
Σχήμα 5.3. Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση “Βωβούσα” την περίοδο Α (1950-1987) και Β (1988-2010)

Μέση Ετήσια Παροχή Αώου στη θέση Βωβούσα



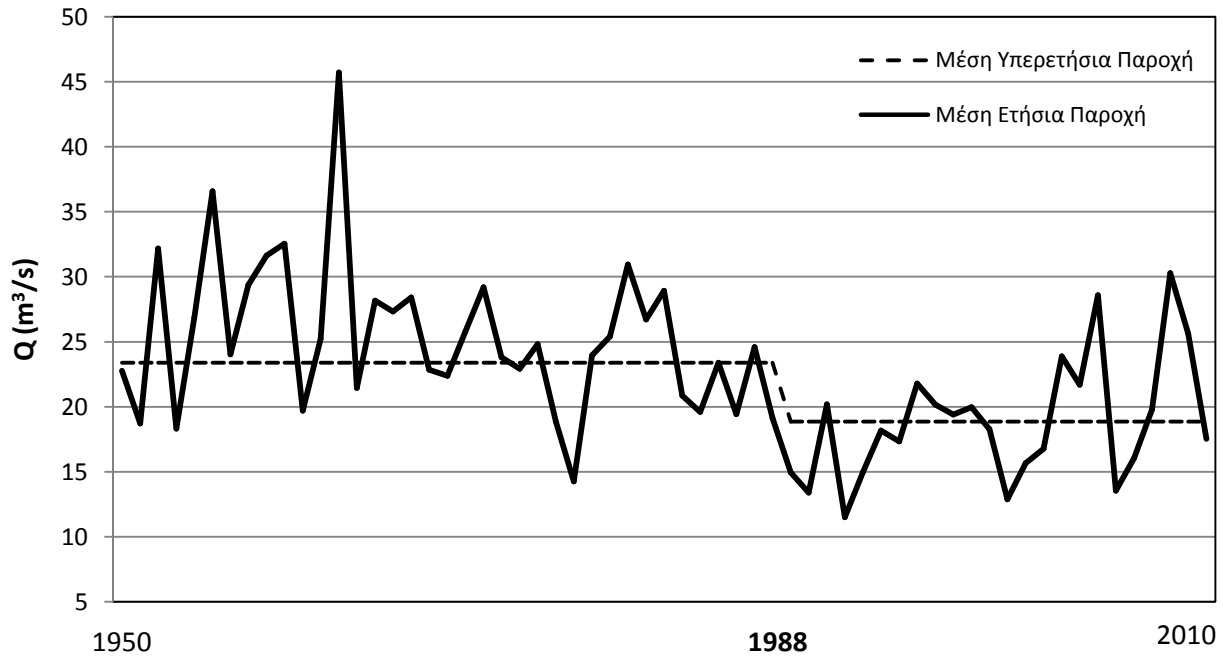
Σχήμα 5.4. Μέσες ετήσιες παροχές στη θέση “Βωβούσα” για την περίοδο 1950-2010

Μέση Μηνιαία Παροχή Αώου στη θέση Γεφύρι Κόνιτσας

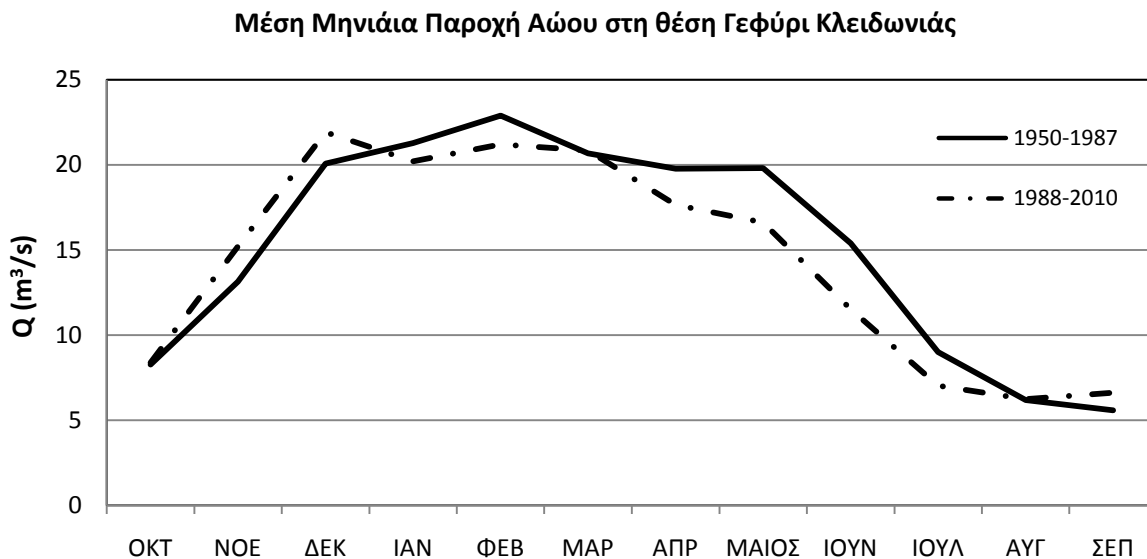


Σχήμα 5.5. Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση “Γεφύρι Κόνιτσας” την περίοδο Α (1950-1987) και Β (1988-2010)

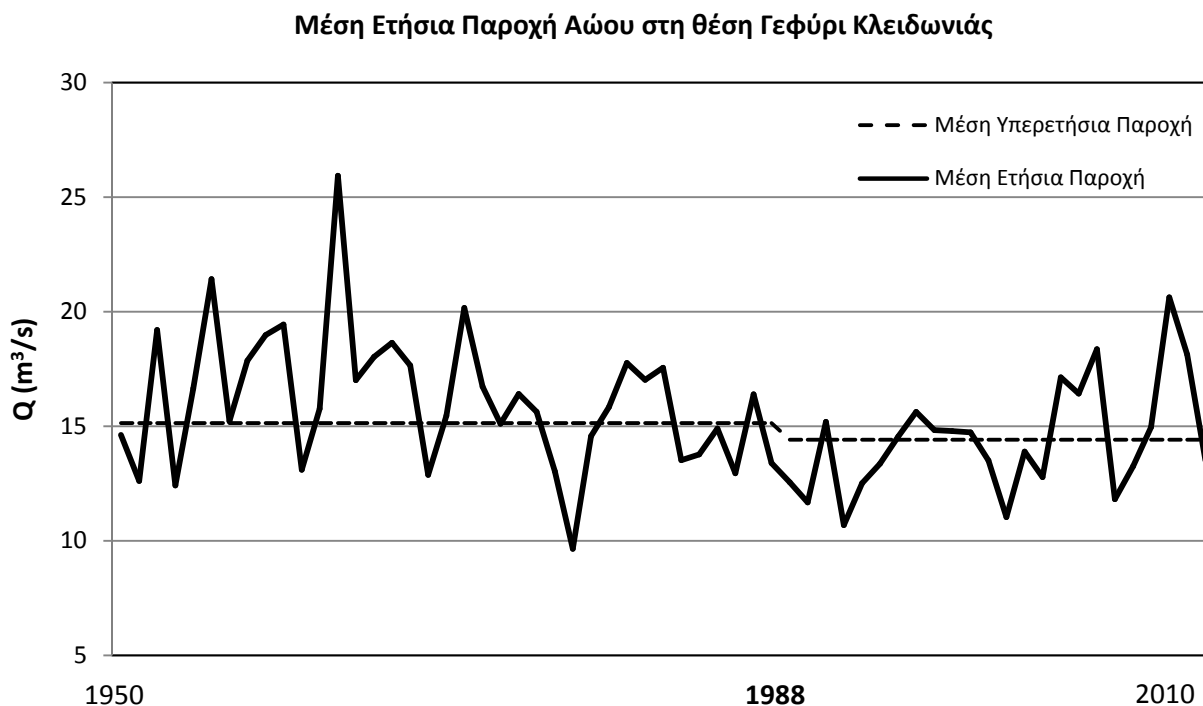
Μέση Ετήσια Παροχή Αώου στη θέση Γεφύρι Κόνιτσας



Σχήμα 5.6. Μέσες ετήσιες παροχές στη θέση “Γεφύρι Κόνιτσας” για την περίοδο 1950-2010

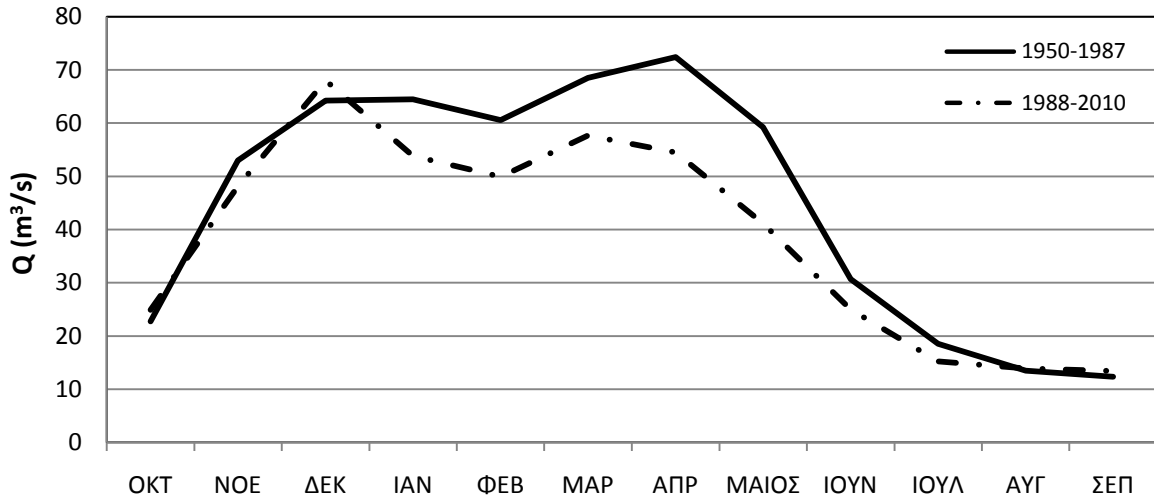


Σχήμα 5.7. Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση “Γεφύρι Κλειδωνιάς” την περίοδο Α (1950-1987) και Β (1988-2010)



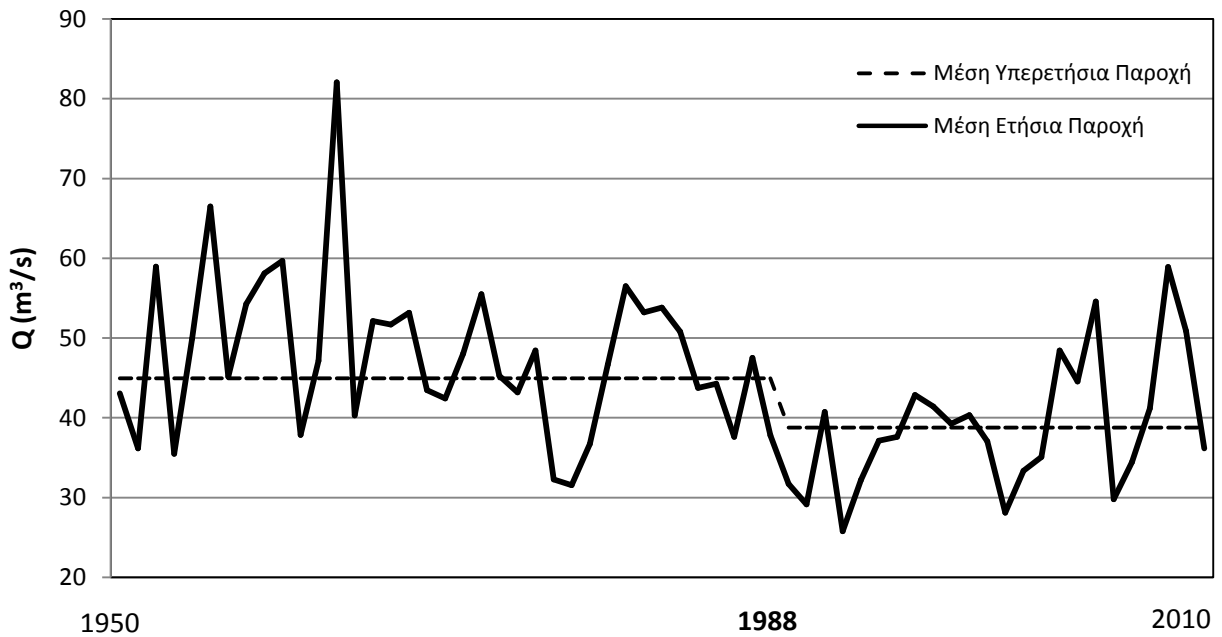
Σχήμα 5.8. Μέσες ετήσιες παροχές στη θέση “Γεφύρι Κλειδωνιάς” για την περίοδο 1950-2010

Μέση Μηνιαία Παροχή Αώου στη θέση Γέφυρα Μπουραζανίου



Σχήμα 5.9. Μέσες μηνιαίες παροχές στη θέση “Γέφυρα Μπουραζανίου” την περίοδο Α (1950-1987) και Β (1988-2010)

Μέση Ετήσια Παροχή Αώου στη θέση Γέφυρα Μπουραζανίου



Σχήμα 5.10. Μέσες ετήσιες παροχές στη θέση “Γέφυρα Γέφυρα Μπουραζανίου ” για την περίοδο 1950-2010

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να γίνει ανάλυση των αποτελεσμάτων και αξιολόγηση της αξιοπιστίας του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε. Καταρχήν, οι παροχές κατά την περίοδο Β είναι μειωμένες σε σχέση με την περίοδο Α. Αυτό οφείλεται σε δύο παράγοντες. Πρώτον, στο φράγμα Πηγών Αώου. Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές σε όλες τις θέσεις και ιδιαίτερα στη “Βωβούσα” και “Γεφύρι Κόνιτσας” όπου η παροχή κατά την περίοδο Β μειώνεται αισθητά, όπως ήταν αναμενόμενο.

Δεύτερον, όπως είχε επισημανθεί και στο Κεφάλαιο 3 κατά την ανάλυση των πρωτογενών δεδομένων, η μείωση αυτή παρουσιάζεται λόγω μειωμένων κατακρημνισμάτων. Αυτό επιβεβαιώνεται από τη σύγκριση των μέσων ετήσιων παροχών κατά τις δύο περιόδους, στις θέσεις που δεν επηρεάζονται από την κατασκευή του φράγματος (Πηγές Αώου, Γεφύρι Κλειδωνιάς). Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει συγκρίνοντας την μέση ετήσια παροχή για την περίοδο Α με τη μέση φυσικοποιημένη ετήσια παροχή για την περίοδο Β στις θέσεις “Βωβούσα”, “ Γεφύρι Κόνιτσας” και “Γέφυρα Μπουραζανίου”. Ο Πίνακας 5.2 παρουσιάζει τις ποσοστιαίες μεταβολές στη μέση ετήσια παροχή που οφείλονται στον παράγοντα αυτό. Οι μεταβολές αυτές είναι της ίδιας τάξης μεγέθους και τυχόν αποκλίσεις μπορούν να αποδοθούν σε μετρητικά σφάλματα ή σφάλματα κατά την επεξεργασία των υδρομετρικών δεδομένων από τη ΔΕΗ. Σε κάθε περίπτωση δεν αποτελούν αντικείμενο προβληματισμού στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Πίνακας 5.2. Ποσοστιαίες μεταβολές της παροχής κατά τις δύο περιόδους στις διάφορες θέσεις.

	Πηγές Αώου	Βωβούσα	Γεφύρι Κόνιτσας*	Γεφύρι Κλειδωνιάς	Γέφυρα Μπουραζανίου*
Παροχή Α (m ³ /s)	3,52	9,12	23,39	15,13	44,95
Παροχή Β ή Β*(m ³ /s)	3,39	8,41	22,24	14,41	42,17
Μεταβολή (%)	-3,69	-7,79	-4,92	-4,76	-6,18

*= φυσικοποιημένη παροχή κατά την περίοδο Β

Όσον αφορά τη θέση “Γέφυρα Μπουραζανίου”, τα δύο παραπάνω φαινόμενα επιβεβαιώνονται. Ωστόσο οι απόλυτες διαφορές στις παροχές είναι σημαντικά μεγαλύτερες κάτι που ενδεχομένως να οφείλεται στη μεγαλύτερη λεκάνη απορροής για τη θέση αυτή. Δεδομένου μάλιστα, ότι τα πρωτογενή δεδομένα από το σταθμό αυτό ήταν περιορισμένα και ότι η επικαλυπτόμενη περίοδος με τους άλλους σταθμούς ήταν μικρή (6 έτη), απαιτείται ένας περαιτέρω έλεγχος των αποτελεσμάτων. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.3) παρατίθενται τα δεδομένα και τα αποτελέσματα του ελέγχου αυτού.

Πίνακας 5.3. Έλεγχος αποτελεσμάτων για τη θέση “Γέφυρα Μπουραζανίου”

	Γεφύρι Κόνιτσας	Γεφύρι Κλειδωνιάς	Άθροισμα	Γέφυρα Μπουραζανίου	Λόγος (Άθροισμα/Μπουρ.)
Λεκ. Απορροής Α (km ²)	665,0	332,0	997,0	1154,6	1,158
Λεκ. Απορροής Β (km ²)	579,7	332,0	911,7	1069,3	1,173
Παροχή Α (m ³ /s)	23,39	15,13	38,52	44,95	1,167
Παροχή Β (m ³ /s)	18,85	14,41	33,26	38,78	1,166

Η θέση “Γέφυρα Μπουραζανίου” βρίσκεται μερικά χιλιόμετρα κατάντη της συμβολής του Αώου και του Βοϊδομάτη στο λεκανοπέδιο της Κόνιτσας, ενώ οι θέσεις “ Γεφύρι Κόνιτσας” και “ Γεφύρι Κλειδωνιάς” βρίσκονται σε μικρή απόσταση ανάντη από το σημείο αυτό στον Αώο και το Βοϊδομάτη αντίστοιχα (Σχήμα 3.1). Έτσι ο έλεγχος γίνεται ως εξής: υπολογίζονται και συγκρίνονται οι λόγοι παροχών και έκτασης λεκανών απορροής για τις περιόδους Α και Β, στη θέση “Γέφυρα Μπουραζανίου” προς το αντίστοιχο άθροισμα για τις δύο άλλες θέσεις. Όπως φαίνεται και στον πίνακα, οι δύο αυτοί λόγοι είναι παραπλήσιοι αριθμητικά τόσο για την περίοδο Α όσο και για την περίοδο Β. Έτσι επιβεβαιώνεται η αρχική υπόθεση ότι οι μεγαλύτερες κατά απόλυτη τιμή διαφορές στην παροχή για τις δύο περιόδους στη θέση αυτή σε σχέση με τις άλλες θέσεις οφείλεται στη μεγαλύτερη λεκάνη απορροής και όχι σε σφάλμα του μοντέλου ή των πρωτογενών δεδομένων. Το γεγονός μάλιστα ότι για την περίοδο Β, για την οποία δεν υπάρχουν διαθέσιμα πρωτογενή δεδομένα για τις παραπάνω θέσεις, ισχύει η διατήρηση των παραπάνω αναλογιών, υποδεικνύει την ακρίβεια του μοντέλου της απλής γραμμικής παλινδρόμησης που αναπτύχθηκε.

Σημειώνεται ότι το τμήμα της λεκάνης απορροής ανάμεσα στη συμβολή των δύο ποταμών και της θέσης “Γέφυρα Μπουραζανίου” έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με τη λεκάνη απορροής που ορίζεται από το σημείο συμβολής. Αυτό ισχύει καθώς πέραν του πεδινού και ημιορεινού χαρακτήρα του λεκανοπεδίου της Κόνιτσας και των γύρω υψωμάτων, στο εν λόγω τμήμα συμπεριλαμβάνονται και οι απορροές από το όρος Νεμέρτσικα (2495m) που έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά με τον ορεινό όγκο της Τύμφης (2497m) και του Σμόλικα (2637m) που κυριαρχούν στην λεκάνη απορροής του σημείου συμβολής (Βλ. 2.1 Λεκάνη Απορροής - Γεωγραφικά Χαρακτηριστικά).

Παρόμοιος έλεγχος δεν μπορεί να γίνει για τις υπόλοιπες θέσεις λόγω των σημαντικά ανομοιογενών χαρακτηριστικών των λεκανών απορροής τους. Για παράδειγμα, ενώ για τις θέσεις “ Γεφύρι Κόνιτσας” και “ Βωβούσα ” ο λόγος λεκανών ισούται με 5,7, ο μέσος λόγος ετήσιων παροχών ισούται με 3,5. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η μέση ετήσια βροχόπτωση στην Κόνιτσα είναι περίπου 1000mm ενώ στη Βωβούσα 1400mm.

5.2 Αρδευτικές Ανάγκες και Διαθέσιμες Παροχές

Έχοντας λοιπόν συμπληρώσει-επεκτείνει τα πρωτογενή δεδομένα με ικανοποιητική ακρίβεια, είναι πλέον διαθέσιμη η πλήρης ιστορική χρονοσειρά παροχών σε όλες τις θέσεις για την περίοδο 1950-2012. Επίσης έχουν υπολογιστεί οι αρδευτικές ανάγκες (3.3 Αρδευτικές Ανάγκες) για τον Κάμπο της Κόνιτσας και της Κλειδωνιάς, η κάλυψη των οποίων γίνεται από τον Αώο (πλησίον θέσης “Γεφύρι Κόνιτσας”) και τον Βοϊδομάτη (πλησίον θέσης “Γεφύρι Κλειδωνιάς”) αντίστοιχα. Δεδομένου ότι δεν εντοπίζονται άλλες εκτεταμένες χρήσεις νερού (2.5 Χρήσεις Νερού), οι συνολικές ανάγκες που καλύπτονται από το υδροσύστημα ταυτίζονται με τις αρδευτικές αυτές ανάγκες. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.4) παρατίθενται οι αρδευτικές ανάγκες ανά μήνα για την αρδευτική περίοδο (Μάιος-Σεπτέμβριος), για τις δύο παραπάνω θέσεις, και οι αντίστοιχες διαθέσιμες παροχές αλλά και η τυπική απόκλιση σύμφωνα με την ιστορική χρονοσειρά παροχών. Για την Κλειδωνιά που δεν επηρεάζεται από το φράγμα τα μεγέθη αυτά αναφέρονται στο σύνολο της χρονοσειράς (1950-2012) ενώ για την Κόνιτσα ,που επηρεάζεται, τα μεγέθη αναφέρονται στην Β περίοδο μελέτης (1988-2012).

Πίνακας 5.4. Αρδευτικές ανάγκες και διαθέσιμες παροχές στην Κόνιτσα (1988-2012) και την Κλειδωνιά (1950-2012)

Αρδευτικές Ανάγκες και Διαθέσιμες Παροχές						
	(m ³ /s)	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος
Κόνιτσα	Άρδευση	0,381	0,59	0,70	0,61	0,40
	Q _Δ	21,56	9,93	4,49	3,99	4,86
	Τυπική Απόκλιση	7,38	3,26	0,92	1,17	2,97
Κλειδωνιά	Άρδευση	0,149	0,232	0,273	0,238	0,155
	Q _Δ	18.97	13.80	8.69	6.66	6.23
	Τυπική Απόκλιση	4.34	4.34	2.75	2.03	3.20

Με βάση τα στοιχεία αυτά, ένα πρώτο συμπέρασμα είναι ότι οι αρδευτικές ανάγκες για τον κάμπο της Κλειδωνιάς είναι πολύ μικρές σε σχέση με τη διαθέσιμη παροχή του ποταμού καθόλη τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου ενώ η αντίστοιχη τυπική απόκλιση για όλους μήνες είναι σχετικά μικρή. Αυτό σημαίνει ότι η πιθανότητα να μην αρκεί η ποσότητα των διαθέσιμων υδάτων είναι πολύ μικρή. Επομένως η κάλυψη τους μπορεί να θεωρηθεί δεδομένη με πρακτικά μηδενική διακινδύνευση και δεν απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση.

Ωστόσο δεν ισχύει το ίδιο και για τον κάμπο της Κόνιτσας, όπου οι ανάγκες, αν και χαμηλές, είναι αυξημένες σε σχέση με τον κάμπο της Κλειδωνιάς. Επίσης οι διαθέσιμες παροχές είναι σχετικά μικρότερες ενώ οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις μεγαλύτερες, αυξάνοντας σημαντικά την πιθανότητα αστοχίας. Πιθανά προβλήματα εντοπίζονται για τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Το ενδεχόμενο μη δυνατότητας κάλυψης των αναγκών αυτών στο μέλλον διερευνάται στην επόμενη παράγραφο με τη μέθοδο της συνθετικής χρονοσειράς παροχών.

5.3 Συνθετική Χρονοσειρά Παροχών

Το επόμενο στάδιο του μοντέλου υδατικού ισοζυγίου αφορά την παραγωγή μια συνθετικής χρονοσειράς μηνιαίων παροχών μήκους 50 ετών, η οποία αποτελεί μια πρόβλεψη των τιμών των παροχών. Η συνθετική αυτή χρονοσειρά υπολογίστηκε μόνο για τη θέση “ Γεφύρι Κόνιτσας”, όπου εστιάζεται το ενδιαφέρον για τη διερεύνηση του ενδεχόμενου μη δυνατότητας κάλυψης των αρδευτικών αναγκών. Όπως αναλύθηκε και προηγουμένως, χρησιμοποιήθηκαν τα μοντέλα πρόβλεψης AR(1) και AR(2), τα οποία στη συνέχεια συγκρίνονται και επιλέγεται το καταλληλότερο.

Εφόσον το μοντέλο πρόβλεψης αφορά τις μελλοντικές παροχές, για να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί η ιστορική χρονοσειρά στο σύνολό της είναι απαραίτητο να αναχθούν οι παροχές της περιόδου Α στην περίοδο Β. Αυτό γίνεται με αφαίρεση της παροχής στη θέση “ Πηγές Αώου ” από την παροχή στη θέση “Γεφύρι Κόνιτσας”. Έτσι δημιουργείται μια υποθετική ιστορική χρονοσειρά μηνιαίων παροχών υπό τη συνθήκη του φράγματος πηγών Αώου για όλο το μήκος της. Με άλλα λόγια υπολογίζονται οι παροχές του ποταμού Αώου που θα παρατηρούσαν αν υπήρχε το φράγμα πριν από το 1950 που έχουμε τις

πρώτες παρατηρήσεις. Ο Πίνακας 5.5 απεικονίζει τα στατιστικά χαρακτηριστικά της υποθετικής αυτής ιστορικής χρονοσειράς.

Πίνακας 5.5. Ιστορική χρονοσειρά μηνιαίων παροχών, ανηγμένη στην περίοδο (B) για τη θέση “Γεφύρι Κόνιτσας”

Υποθετική Ιστορική Χρονοσειρά μηνιαίων παροχών στη θέση Γεφύρι Κόνιτσας για την περίοδο 1950-2012													
	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
Q (m ³ /s)	11,02	20,14	37,60	25,14	28,52	29,43	31,73	24,51	10,98	4,92	3,88	4,49	19,32
σ (m ³ /s)	9,20	13,13	22,44	9,90	11,50	11,89	9,45	9,25	3,77	1,27	0,97	2,30	4,19

Στη συνέχεια, ακολουθώντας τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο (4.2.4 Μέθοδος παραγωγής συνθετικών χρονοσειρών παροχής) παρήχθη μια συνθετική χρονοσειρά για κάθε μοντέλο. Παρακάτω παρατίθενται τα χαρακτηριστικά των δύο μοντέλων πρόβλεψης (μονιμοποιημένες χρονοσειρές - Πίνακας 5.6) και τα αποτελέσματα των υπολογισμών (ιστορική χρονοσειρά κ απομονοποιημένες συνθετικές χρονοσειρές -Πίνακας 5.7)

Πίνακας 5.6. Χαρακτηριστικά αυτοπαλινδρομικών μοντέλων πρόβλεψης

Μοντέλα Πρόβλεψης AR(1) και AR(2)	
Μονιμοποιημένη Ιστορική χρονοσειρά	
\bar{X}	0,000
σ	0,989
r_1	0,131
r_2	0,006
AR(1)	
\bar{X}	0,074
σ	0,991
r_1	0,068
r_2	0,006
AR(2)	
\bar{X}	-0,022
σ	1,003
r_1	0,144
r_2	0,018

Όπου:

\bar{X} η μέση τιμή

σ η τυπική απόκλιση

r_p ο συντελεστής αυτοσυσχ.

τάξης p

Ένα σημαντικό στοιχείο της απομονιμοποιημένης ιστορικής χρονοσειράς είναι ότι ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης συγκλίνει στο μηδέν πολύ γρήγορα και έτσι τα μοντέλα αυτοσυσχέτισης πρώτης και δεύτερης τάξης AR(1) και AR(2) είναι επαρκή και δεν απαιτείται η διερεύνηση της χρήσης κάποιου αυτοπαλινδρομικού μοντέλου ανώτερης τάξης. Επίσης, όπως ήταν αναμενόμενο η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση είναι πολύ κοντά στο μηδέν και τη μονάδα αντίστοιχα. Έτσι επιβεβαιώνεται ότι η μονιμοποιημένη χρονοσειρά παροχών είναι κατάλληλη για την εφαρμογή των αυτοπαλινδρομικών μοντέλων AR(1) και AR(2). Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των μοντέλων, είναι σημαντικό ότι όλες οι τιμές τους είναι παραπλήσιες με τις αντίστοιχες τιμές της ιστορικής απομονιμοποιημένης χρονοσειράς. Παρατηρείται ότι το μοντέλο AR(2) υπερτερεί ελαφρώς του μοντέλου AR(1). Σε κάθε περίπτωση και τα δύο είναι κατάλληλα για την παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών.

Πίνακας 5.7. Αποτελέσματα υπολογισμών συνθετικής χρονοσειράς με τα μοντέλα πρόβλεψης AR(1) και AR(2)

Αποτελέσματα υπολογισμών συνθετικής χρονοσειράς												
	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
Ιστορική Χρονοσειρά												
\bar{X} (m ³ /s)	11,02	20,14	37,60	25,14	28,52	29,43	31,73	24,51	10,98	4,92	3,88	4,49
σ (m ³ /s)	9,20	13,13	22,44	9,90	11,50	11,89	9,45	9,25	3,77	1,27	0,97	2,30
r_1	0,561											
r_2	0,521											
AR(1)												
\bar{X} (m ³ /s)	10,87	23,16	34,95	25,84	27,54	31,27	34,16	24,69	10,87	4,94	4,20	4,67
σ (m ³ /s)	9,12	13,21	21,77	8,58	12,29	13,04	8,32	9,23	3,59	1,21	0,94	2,02
r_1	0,562											
r_2	0,558											
AR(2)												
\bar{X} (m ³ /s)	10,51	21,32	33,67	25,25	27,86	29,00	31,09	26,61	11,86	4,52	3,77	4,57
σ (m ³ /s)	7,55	12,89	21,08	8,64	11,37	12,40	8,60	10,22	4,20	1,34	1,11	1,85
r_1	0,589											
r_2	0,540											

Μια άλλη προϋπόθεση που πρέπει να ισχύει ώστε να κρίνεται δόκιμη η εφαρμογή των αυτοπαλινδρομικών μοντέλων αφορά τους συντελεστές αυτοσυσχέτισης της ιστορικής χρονοσειράς και της απομονιμοποιημένης συνθετικής χρονοσειράς, οι οποίοι πρέπει να είναι της ίδιας τάξης μεγέθους. Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 5.7) η συνθήκη αυτή ικανοποιείται και για τα δύο

μοντέλα. Το ίδιο ισχύει και για τις μέσες μηνιαίες παροχές αλλά και την αντίστοιχη τυπική απόκλιση. Παρατηρείται και πάλι ότι και τα δύο μοντέλα παράγουν παραπλήσια αποτελέσματα, με το μοντέλο AR(2) να υπερτερεί ελαφρώς του μοντέλου AR(1).

5.4 Διακινδύνευση

Έχοντας παραγάγει τη συνθετική χρονοσειρά μηνιαίων παροχών, υπολογίστηκε η διακινδύνευση μη επάρκειας της ποσότητας των υδάτων στη θέση “ Γεφύρι Κόνιτσας” για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών με τη διαδικασία που περιγράφηκε στην παράγραφο 4.3). Παρακάτω (Πίνακας 5.8) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας για τις δύο συνθετικές χρονοσειρές που υπολογίστηκαν. Σημειώνεται, ότι η διαδικασία εφαρμόστηκε μόνο για τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο για του λόγους που αναπτύχθηκαν στην παράγραφο 5.2.

Πίνακας 5.8. Αποτελέσματα διαδικασίας υπολογισμού διακινδύνευσης

Διαδικασία Υπολογισμού Διακινδύνευσης						
ΕΤΟΣ	AR(1)			AR(2)		
	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
Άρδευση	0,70	0,61	0,40	0,70	0,61	0,40
1	7,54	6,46	8,51	8,74	6,11	8,49
2	7,14	6,17	8,19	7,00	5,93	7,93
3	6,99	5,67	7,57	6,52	5,67	7,53
4	6,62	5,59	7,50	6,51	5,14	7,49
5	6,42	5,28	7,37	6,25	5,01	7,36
6	6,37	5,11	7,34	6,10	4,88	7,20
7	6,27	5,05	7,16	6,05	4,87	7,05
8	6,26	4,99	6,98	5,96	4,79	6,48
9	6,20	4,95	6,95	5,86	4,79	6,10
10	6,13	4,92	6,81	5,71	4,69	6,02
...						
41	3,87	3,51	2,62	3,55	2,77	2,96
42	3,75	3,50	2,55	3,45	2,75	2,83
43	3,71	3,42	2,52	3,36	2,71	2,70
44	3,65	3,38	2,50	3,34	2,70	2,36
45	3,61	3,16	2,24	3,09	2,57	1,92
46	3,53	2,92	2,22	3,07	2,13	1,85
47	3,36	2,91	2,16	2,85	2,06	1,84
48	3,26	2,69	1,46	2,62	1,85	1,74
49	2,40	2,17	1,04	1,70	1,50	0,77
50	1,77	1,19	0,27	1,20	0,62	0,12

$$P = \frac{m}{N} = \frac{1}{50} = 2\%$$

Και στις δύο συνθετικές χρονοσειρές εντοπίζεται αστοχία το μήνα Σεπτέμβριο, μία φορά στα 50 χρόνια. Αυτό αντιστοιχεί σε διακινδύνευση 2%. Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να τονιστεί ότι απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων αυτών. Υπενθυμίζεται ότι, για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών του κάμπου της Κόνιτσας, πραγματοποιείται ήδη απόληψη υδάτων μέσω τεχνικού έργου σε θέση 1 περίπου χιλιόμετρο **ανάντη** του μετρητικού σταθμού στη θέση “ Γεφύρι Κόνιτσας” (Σχήμα 3.4. Χάρτης Αρδευόμενων Εκτάσεων κάμπου Κόνιτσας-Καλλιθέας και Κλειδωνιάς). Δεν υπάρχουν όμως διαθέσιμα ποσοτικά δεδομένα σχετικά με αυτό το αρδευτικό έργο. Η λειτουργία του ξεκίνησε πριν από το 1963 που τοποθετούνται οι πρώτες μετρήσεις του σταθμού και επομένως η επίδραση του στις μηνιαίες παροχές κατά την αρδευτική περίοδο είναι ενσωματωμένη στις διαθέσιμες μετρήσεις. Σε κάθε περίπτωση, οι αρδευτικές ανάγκες καλύπτονται πλήρως από το έργο αυτό μέχρι σήμερα. Επίσης, είναι δρομολογημένη η κατασκευή ενός νέου σύγχρονου αρδευτικού έργου για την άρδευση των εκτάσεων όλου του λεκανοπεδίου της Κόνιτσας από τους ποταμούς Αώο και Βοϊδομάτη, με το οποίο η μεταφορά του νερού θα είναι πιο αποτελεσματική, μειώνοντας τις συνολικές απώλειες και επομένως και την παροχή απόληψης. Έτσι, η διακινδύνευση που προέκυψε είναι απαραίτητο να επαναπροσδιοριστεί ποιοτικά.

Όπως φαίνεται και στον πίνακα των αποτελεσμάτων, πέραν της τιμής αστοχίας, και στις δύο συνθετικές χρονοσειρές, οι υπόλοιπες τιμές βρίσκονται σημαντικά πάνω από το όριο των αρδευτικών αναγκών. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, **καθιστούν τη διακινδύνευση πρακτικά μηδενική σε μηνιαία βάση**. Αυτό σε καμία περίπτωση δε μειώνει την αξία της ανάλυσης αυτής. Αν για παράδειγμα προέκυπταν μηδενικές (ή σχεδόν μηδενικές) ή αρνητικές παροχές από το μοντέλο τότε η ερμηνεία της υπολογιζόμενης διακινδύνευσης θα ήταν διαφορετική. Οι αρνητικές παροχές δεν έχουν προφανώς φυσικό νόημα και θα αντικαθιστούνταν με μηδενικές. Η στατιστική τους σημασία όμως είναι ότι η καμπύλη της συνάρτησης κατανομής πιθανότητας θα ήταν μετατοπισμένη πλησιέστερα προς το οριακό σημείο κάλυψης των αναγκών. Οι αστοχίες που θα εντοπίζονταν στην περίπτωση αυτή θα ήταν στατιστικά σημαντικότερες και επομένως η διακινδύνευση υπαρκτή.

Αναφέρεται ακόμα ότι αν η ανάλυση γινόταν σε εβδομαδιαία ή ημερήσια βάση, η διακινδύνευση θα προέκυπτε αυξημένη. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να υπάρχει αδυναμία κάλυψης των αναγκών για βραχύ χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια της περιόδου Ιουλίου-Αυγούστου. Ακόμα και αν αυτό το διάστημα είναι της τάξης των δύο ή τριών ημερών, θα αποτελούσε πρόβλημα για τις ευαίσθητες καλλιέργειες, όπως η μηδική που υπάρχει στον κάμπο της Κόνιτσας.

Συνοψίζοντας, με βάση την παραπάνω ανάλυση δεν υπάρχει διακινδύνευση μη επάρκειας της ποσότητας των υδάτων στη θέση “ Γεφύρι Κόνιτσας” για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών του κάμπου της Κόνιτσας. Ωστόσο, το υδροσύστημα του ποταμού Αώου φαίνεται να είναι ευάλωτο κατά τους θερινούς μήνες και επομένως αλλαγές στο κλίμα ή τις χρήσεις του νερού μπορεί να επιφέρουν διατάραξη της ισορροπίας του.

6. Συμπεράσματα

Η εργασία αυτή αποτελεί ένα υπόβαθρο για την περαιτέρω διερεύνηση του υδροσυστήματος Αώου-Βοϊδομάτη . Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει στη βιβλιογραφία κάποια υδρολογική μελέτη μετά την κατασκευή του φράγματος πηγών Αώου (1988). Διάφορες μελέτες που αφορούν την περιοχή και απαιτούν υδρολογικές πληροφορίες για την εκπλήρωσή τους, χρησιμοποιούν μόνο τις παλαιές μετρήσεις, όπως έγινε και στην παρούσα μελέτη. Για την περίοδο μετά την κατασκευή του φράγματος οι μετρήσεις περιορίζονται στη θέση “Βωβούσα” και δεν υπάρχουν δεδομένα για τις κατάντη θέσεις. Έτσι, οποιαδήποτε εργασία στηριχθεί στις παλαιότερες μετρήσεις θα έχει ενσωματώσει εξ αρχής ένα σφάλμα: την παράβλεψη της επίδρασης του φράγματος πηγών Αώου στην παροχή του ποταμού. Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής αφορούν την επέκταση και τη συμπλήρωση των διαθέσιμων μετρήσεων σε όλες τις θέσεις για την περίοδο 1950-2012, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικές μελέτες. Επίσης, επιτρέπουν την εξαγωγή ενδιαφέροντων συμπερασμάτων. Η ποσοτικοποίηση της μείωσης της παροχής σε διάφορα σημεία του ποταμού λόγω της κατασκευής του φράγματος έχει ιδιαίτερη σημασία για κάποιον επιστήμονα που μελετάει την περιοχή από οποιαδήποτε σκοπιά (υδρολογική, οικολογική κτλ). Άλλωστε, εκτός των άλλων αποτελεί και ένα μέτρο για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του φράγματος σε κάθε τμήμα του ποταμού. Με την ποσοτικοποίηση αυτή, επί της ουσίας επικαιροποιούνται τα διαθέσιμα υδρολογικά δεδομένα και μπορούν πλέον να χρησιμοποιηθούν ως πρωτογενή δεδομένα που εκφράζουν τη σημερινή κατάσταση. Τα διάφορα διαγράμματα που κατασκευάστηκαν για την παρουσίαση των πρωτογενών δεδομένων και των αποτελεσμάτων, απεικονίζουν τις εποχικές ή διαχρονικές διακυμάνσεις της παροχής στις διάφορες θέσεις που μελετήθηκαν. Σε κάθε περίπτωση, αποτελούν εργαλεία για την απόκτηση μιας γενικής εποπτείας του υδροσυστήματος και της απόκρισής του πριν και μετά την κατασκευή του φράγματος.

Η βασική επεξεργασία των πρωτογενών υδρολογικών δεδομένων αφορούσε τον εντοπισμό των ακραίων τιμών (outliers). Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην ερμηνεία τέτοιων παρατηρήσεων, πράγμα που απαιτεί εξίσου θεωρητική γνώση, κριτική ικανότητα και κοινή λογική. Διαθέτοντας δεδομένα σε διαφορετικούς σταθμούς για την ίδια περίοδο, ήταν σχετικά απλό να εντοπιστούν οι τιμές που οφείλονται σε σφάλματα. Στη συνέχεια έγινε αντικατάστασή τους με γραμμική παρεμβολή, χρησιμοποιώντας τις αντίστοιχες τιμές της παροχής σε γειτονικούς σταθμούς. Μετά από αυτή τη διαδικασία διερευνήθηκε η συσχέτιση μεταξύ των διαφόρων χρονοσειρών και η δυνατότητα συμπλήρωσης/επέκτασης αυτών χρησιμοποιώντας τα δεδομένα γειτονικών σταθμών με τη μέθοδο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης (linear regression). Η διαδικασία αυτή, όπως αναλύθηκε λεπτομερώς, διαφοροποιείται για τις δύο περιόδους Α και Β, πριν και μετά την κατασκευή του φράγματος. Όπου δεν ήταν δυνατή η εφαρμογή της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης λόγω χαμηλής συσχέτισης, ακολουθήθηκε η κατά περίπτωση καταλληλότερη μέθοδος για την συμπλήρωση των δεδομένων (λόγος επιφάνειας λεκανών απορροής, μέσος λόγος μηνιαίων παροχών, γραμμική παλινδρόμηση με δεδομένα βροχοπτώσεων).

Το δεύτερο τμήμα της υδρολογικής ανάλυσης αφορά τον υπολογισμό της διακινδύνευσης μη επάρκειας της παροχής των δύο ποταμών για την κάλυψη των αναγκών νερού μέσα στα επόμενα 50 χρόνια. Πρώτα καθορίστηκαν οι ανάγκες αυτές, οι οποίες περιορίζονται στις αρδευτικές ανάγκες του

Λεκανοπεδίου της Κόνιτσας, και στη συνέχεια υπολογίστηκαν ανά μήνα. Η μόνη επίφοβη θέση εντοπίστηκε στο Γεφύρι της Κόνιτσας, στον ποταμό Αώο, για την αρδευτική περίοδο Μαΐου-Σεπτεμβρίου. Για τον υπολογισμό της διακινδύνευσης στη θέση αυτή, αναπτύχθηκε συγκεκριμένη μεθοδολογία, η οποία στηρίζεται στα αυτοπαλινδρομικά μοντέλα AR(1) και AR(2). Ως αποτέλεσμα παρήχθη μια συνθετική χρονοσειρά μηνιαίων παροχών μήκους 50 ετών και στη συνέχεια εντοπίστηκαν τα ενδεχόμενα αστοχίας και υπολογίστηκε η αντίστοιχη πιθανότητα, χρησιμοποιώντας τον κλασικό ορισμό της πιθανότητας.

Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε τόσο για τη συμπλήρωση της ιστορικής χρονοσειράς παροχών όσο και για τη δημιουργία της συνθετικής χρονοσειράς, εφαρμόστηκε με ικανοποιητική ακρίβεια στα διαθέσιμα δεδομένα. Σε επίπεδο βιβλιογραφίας, αποτελεί χρήσιμο στοιχείο για την επεξεργασία τέτοιου είδους υδρολογικών πληροφοριών και την αντιμετώπιση διαχειριστικών ζητημάτων σε ένα σύνθετο ορεινό υδροσύστημα. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία με την έννοια ότι ένα σχετικά οικονομικό και απλό υδρολογικό μοντέλο μπορεί να επιτύχει ικανοποιητική ακρίβεια ακόμα και σε έναν ποταμό, του οποίου η λεκάνη απορροής χαρακτηρίζεται από εξαιρετικά ανομοιογενή κατανομή των βροχοπτώσεων και πολύπλοκο ανάγλυφο. Η επίδραση του αναγλύφου αυτού και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του όπως η γεωλογική του σύνθεση, εντοπίστηκε και επισημάνθηκε όπου αυτό ήταν δυνατό. Έτσι, πέραν της γενικής εποπτείας του υδροσυστήματος, η εργασία αυτή περιέχει και εξειδικευμένες πληροφορίες-συμπεράσματα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ποικιλοτρόπως καθώς εμφανίζουν ενδιαφέρον από πολλές απόψεις.

Όμως ένας ποταμός δεν είναι μόνο αριθμοί, παροχές, και στατιστικές συσχετίσεις. Φέρει ένα ιδιαίτερο, συμβολικό φορτίο για τις παραποτάμιες κοινωνίες ενώ ταυτόχρονα τροφοδοτεί ένα πλούσιο αλλά ευαίσθητο οικοσύστημα. Τα δύο αυτά στοιχεία είναι άλλωστε αλληλένδετα. Για τους κατοίκους δε των ορεινών και απομονωμένων περιοχών συνδέονται άρρηκτα και με τη διαμόρφωση της τοπικής τους ταυτότητας. Προηγούμενη έρευνα του γράφοντα με σκοπό την διερεύνηση της φύσης των κοινωνικών αντιδράσεων ενάντια σε ένα υδροηλεκτρικό έργο κοντά στη Βωβούσα Ιωαννίνων κατέληξε στο ίδιο συμπέρασμα. Γενικά, η αξιοποίηση των υδάτων θα πρέπει να γίνεται με ορθολογικό τρόπο λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω στοιχεία. Φυσικά, στόχος παραμένει η κάλυψη των διαφόρων αναγκών της κοινωνίας, η ανάπτυξη της περιοχής και η μεγιστοποίηση του κέρδους, με ολιστικούς όρους. Η έννοια λοιπόν της διαβούλευσης και του συμμετοχικού σχεδιασμού αναδεικνύονται ως πιθανές προσεγγίσεις των παραπάνω ζητημάτων. Αντίστοιχες λύσεις για τη λήψη αποφάσεων αναπτυξιακού χαρακτήρα έχουν προταθεί και από άλλους ερευνητές.

Το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει από την παρούσα μελέτη σε επίπεδο διαχείρισης, είναι ότι οι διαθέσιμες ποσότητες υδάτων γενικά επαρκούν για την κάλυψη των αναγκών που προκύπτουν από τις υπάρχουσες χρήσεις νερού. Αυτό ήταν αναμενόμενο, καθώς η ορεινή Ήπειρος έχει το πλουσιότερο υδατικό δυναμικό στην Ελλάδα και ένα από τα υψηλότερα της Μεσογείου. Όμως, αποδείχθηκε ότι το υδροσύστημα είναι ευάλωτο σε αλλαγές του κλίματος ή/και των χρήσεων νερού. Η αλλαγή του κλίματος, είτε από ανθρωπογενείς είτε από φυσικούς παράγοντες, είναι δεδομένη και συμβαίνει με κάποια κυκλικότητα. Έτσι αν το τοπικό κλίμα γίνει πιο ξηρό, είναι πιθανό να αλλάξουν οι ισορροπίες που υπάρχουν σήμερα και να είναι απαραίτητη η κατασκευή μικρών τεχνικών έργων για την κάλυψη των αναγκών κατά τους θερινούς μήνες. Ωστόσο, κάτι τέτοιο έχει αφενός κάποιο οικονομικό κόστος και

αφετέρου κάποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπως κάθε τεχνικό έργο πάνω στο ρου ενός ποταμού. Επομένως ο σχεδιασμός νέων υδροηλεκτρικών έργων ή υδροβόρων καλλιεργειών πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή μελλοντικών προβλημάτων σε ένα υδροσύστημα που φαίνεται να έχει μεγάλα περιθώρια αξιοποίησης του υδατικού του δυναμικού.

Όσον αφορά το διασυνοριακό χαρακτήρα του ποταμού Αώου (Vjosa), προς στιγμήν δεν τίθεται κάποιος περιορισμός στις χρήσεις νερού από την ελληνική πλευρά των συνόρων. Άλλωστε το ζήτημα αυτό συμπεριλαμβάνει και τη λεκάνη απορροής του Σαρανταπόρου, ο οποίος συμβάλλει με τον Αώο λίγο μετά τη συνοριακή γραμμή Ελλάδα-Αλβανίας. Πιθανά προβλήματα εστιάζονται κατά τους θερινούς μήνες, κατά τους οποίους η παροχή είναι μειωμένη και οι ανάγκες αυξημένες. Ως εκ τούτου, κάθε νέα παρέμβαση στον ρου των τριών συνιστωσών του Αώου, (πάνω Αώος, Βοϊδομάτης, Σαραντάπορος) θα πρέπει να γίνεται με προσοχή κατόπιν συνολικής αξιολόγησης των συνεπειών και του οφέλους για τις δύο χώρες.

Πέραν όμως της διαχειριστικής- ποσοτικής προσέγγισης του υδροσυστήματος, τίθεται και το ζήτημα της διαχείρισης του ιδιαίτερου οικοσυστήματος που είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με τους δύο ποταμούς. Η ύπαρξη δύο εκ των σημαντικότερων Εθνικών Δρυμών της χώρας (Πίνδου, Βίκου-Αώου) και ενός εξίσου σημαντικού Εθνικού Πάρκου (Βόρειας Πίνδου) μαρτυρά την αξία του οικοσυστήματος αυτού. Η πλούσια και μοναδική ιχθυοπανίδα της περιοχής και ιδιαίτερα του Αώου, η σπάνια χλωρίδα των φαραγγίων του Βίκου και του Αώου, τα ενδημικά είδη που ζουν εδώ, τα σπάνια θηλαστικά όπως η αρκούδα και η βίδρα, χρήζουν ειδικής διαχείρισης και προστασίας καθώς αποτελούν έναν πραγματικό πλούτο για την περιοχή, μη αποτιμώμενο με οικονομικούς όρους.

Σχετικά με τη μελλοντική έρευνα, θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον η μελέτη της επίδρασης μιας περιορισμένης ή μεγαλύτερης κλιματικής αλλαγής στην απόκριση του συστήματος. Επίσης, δεδομένου του πλούσιου υδατικού δυναμικού της περιοχής, το επενδυτικό ενδιαφέρον για την αξιοποίησή του είναι αυξημένο. Όμως ακόμα και αν κάποιο έργο μοιάζει οικονομοτεχνικά ελκυστικό, μια ολοκληρωμένη ανάλυση κόστους οφέλους (cost-benefit analysis) σε επίπεδο κοινωνίας μπορεί να εξαγάγει διαφορετικά συμπεράσματα. Είναι λοιπόν σημαντικό να διερευνηθούν γενικότερα οι δυνατότητες αξιοποίησης του πλούσιου αυτού υδατικού δυναμικού, λαμβάνοντας όμως υπόψη τις κατάντη συνέπειες τόσο σε ποσοτικό-διαχειριστικό επίπεδο όσο και σε περιβαλλοντικό. Έτσι, θα μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για τη σκοπιμότητα ή μη της αξιοποίησης αυτής. Εξίσου απαραίτητος είναι και ο καθορισμός του νομικού πλαισίου που διέπει τη διαχείριση του υδροσυστήματος αυτού. Μια τέτοια έρευνα οφείλει να λάβει υπόψη τόσο την γενική νομοθεσία για τη διαχείριση υδάτων όσο και την ειδική νομοθεσία των ιδιαίτερων περιοχών που συμπεριλαμβάνονται στο υδροσύστημα όπως οι περιοχές Natura 2000, οι Εθνικοί Δρυμοί και τα Εθνικά Πάρκα. Αυτό πρέπει να γίνει τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό αλλά και διεθνές επίπεδο λαμβάνοντας υπόψη και το διασυνοριακό χαρακτήρα του ποταμού.

Αναφορές

- Ανάβαση (2008). Χάρτης “Ζαγόρι”, Εκδόσεις Ανάβαση, Αθήνα
- Αναπτυξιακή Ηπείρου (2012). *ΓΕΩΠΑΡΚΟ ΒΙΚΟΥ- ΑΩΟΥ, Σύντομη παρουσίαση περιοχής, σκοπού και στόχων, περιγραφή και αξίες, ιστορικό, δράσεις*. Ιωάννινα
- Ασημακόπουλος Β. (2007). *Μέθοδοι Προβλέψεων*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών.
- Γιαννακούρου Γ., (2011). *Χωροταξικός σχεδιασμός και χωροθέτηση έργων ΑΠΕ: δυνάμεις, αδυναμίες, ευκαιρίες, προοπτικές*. Κείμενο διαβούλευσης στην ιστοσελίδα του ΕΛΙΑΜΕΠ: www.dianoulei.usi.eliamep.gr
- Δασαρχείο Ιωαννίνων (2008). *Μελέτη Ανάδειξης Φαραγγιού Βίκου. Μελετητές: ΟΙΚΟΔΑΣΙΚΗ Ο.Ε., Τσουμάνης Χ. και Μπαλτογιάννη Φ.*
- ΔΕΗ (2013). Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, Διεύθυνση Υδροηλεκτρικής Παραγωγής (ΔΥΗΠ), Τομέας Υδρολογίας (ΤΥΔ), Συμφωνητικό Διάθεσης Υδρολογικών Στοιχείων
- Γκουβάς Ν. και Σακελλαρίου Ν. (2011). *Κλίμα και Δασική Βλάστηση της Ελλάδας*. Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης.
- Ελευθεριάδου Ε.,, Μυλόπουλος Γ.Α. (2005). *Διακρατικές συμφωνίες για τη διαχείριση υδατικών πόρων: Η περίπτωση του Νέστου*. Πρακτικά 5ου Εθνικού Συνεδρίου της Ελληνικής Επιτροπής Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, Δ.Π.Θ. Ξάνθη Απρ. 2005.
- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (2009). *Γεωδιαδρομές: Ευρύτερη Περιοχή Βίκου- Αώου*. Αθήνα: Εκδόσεις Καλειδοσκόπιο.
- Καλοφύρη Α., Μαλαμπέκος Σ. (2009). *Χαρακτηριστικά φραγμάτων πηγών Αώου και υδροηλεκτρικού σταθμού*. Μεταπτυχιακή Εργασία, ΔΠΜΣ Περιβάλλον και Ανάπτυξη Ορεινών Περιοχών, Ε.Μ.Π..
- Κεφαλάς Τ. (2013). *Η ενεργειακή πτυχή της επιχειρούμενης εκτροπής του Αώου*. <http://protectaooos.blogspot.gr>
- Κίνηση Πολιτών για την Προστασία του Αώου (2013). <http://protectaooos.blogspot.gr>
- Κοτίνη-Ζαμπάκα Σ. (1983). *Συμβολή στη μελέτη του κλίματος της Ελλάδας*. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας.
- Κουτσογιαννόπουλος Δ.Δ. (2013). Βοϊδομάτης. www.naturagraeca.com
- Λαζαρίδης Κ. (2005). *Πολιτικές διαχείρισης διασυνοριακών λεκανών απορροής: Η περίπτωση της Ελλάδας*. Πτυχιακή Εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας.
- Λεονταρίτης Α.Δ. (2013α). *Χωροθέτηση έργων υποδομής και ανάπτυξης – Κοινωνικές αντιδράσεις: Η περίπτωση της Βωβούσας Ιωαννίνων. Η συμβολή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στην ολοκληρωμένη ανάπτυξη του Δήμου Ζαγορίου, Δ. Καλιαμπάκος (επιμέλεια)*. Μέτσοβο: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Μετσόβιο Κέντρο Διεπιστημονικής Έρευνας.

Λεονταρίτης Α.Δ. (2013β). *Η σχεδιαζόμενη «Εκτροπή» του ποταμού Αώου. Μύθος και Πραγματικότητα*.
www.naturagraeca.com

Μαλλιαρός Α. (2013). *Διερεύνηση της μεταβλητότητας του κλίματος σύμφωνα με την κατάταξη Köppen*.
Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία, ΔΠΜΣ Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Ε.Μ.Π.

Μαντάς Σ. (1987). *Το γεφύρι κι ο Ηπειρώτης*. Αθήνα: Τεχνικές Εκδόσεις.

Μαντάς Σ.(2000). *Αν δε στοιχειώσετε άνθρωπο, γεφύρι δε στεριώνει*. Καθημερινή 7 ημέρες, τόμος ΛΔ-
Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική.

Μιμίκου Μ. (1994). *Τεχνολογία Υδατικών Πόρων*. Αθήνα: Παπασωτηρίου

Μιμίκου Μ., Μπαλτάς Ε. (2001). *Τεχνική Υδρολογία*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Νιτσιάκος Β., Αράπογλου Μ. (2001). *Τα Ποτάμια της Ηπείρου*. Αθήνα: Εκδόσεις Οδυσσεάς

Παπαϊωάννου Χ., Χρήστου Β., Πίνδος Περιβαλλοντική (2008). *Οικοτουριστικός Οδηγός: Κόνιτσα &
Μαστοροχώρια*. Ιωάννινα: Περιφέρεια Ηπείρου

Περιφέρεια Ηπείρου (2008). *Μελέτη Για Αλλαγή του Τρόπου Άρδευσης στον Κάμπο της Κόνιτσας*

ΡΑΕ (2013). Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, www.rae.gr

Ράσσιου Α. (2013). *Εθνικό Πάρκο/ Γεωλογία*. www.pindosnationalpark.gr

Σούλης Ν. (1994). *Το κλίμα της Ηπείρου*. Ιωάννινα.

Στρατηγέα, Α. (2009). *Συμμετοχικός σχεδιασμός και βιώσιμη τοπική ανάπτυξη: μία μεθοδολογική
προσέγγιση*. Πρακτικά 2ου Συνεδρίου Πολεοδομίας, Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Βόλος,
24-27 Σεπτεμβρίου, 43-51.

ΤΕΕ/Τμήμα Ηπείρου (2011). Έγγραφο 6_Αρ.Πρωτ.2392/21.11.2011.

ΥΠΕΚΑ, Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2012). Κατάλογος προγραμματισμένων και νέων
έργων/δραστηριοτήτων/τροποποιήσεων (Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου).

ΥΠΕΚΑ, Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2013). Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του
Σχεδίου Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμού (Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου).

Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου (2013α). Αρ. Εγγράφου 121/12-2-2013 (ΑΔΑ:
ΒΕΑΞ46Ψ8ΒΩ-Ν1Ι).

Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου (2013β). www.pindosnationalpark.gr

Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου (2012).Αρ. Εγγράφου 686/14-9-2012 (ΑΔΑ:
Β4ΘΕ46Ψ8ΒΩ-Υ02).

Croll E. and Parkin D. (1992). *Bush Base: Forest Farm. Culture, environment and development*. London:
Routledge.

Ecologic Institute (2012). Transboundary Cooperation Fact Sheets, part of "Comparative Study of
Pressures and Measures in the Major River Basin Management Plans", on behalf of the European
Comission.

GEODATA (2013). <http://geodata.gov.gr>

Hirsch E. and O'Hanlon M. (1995). *The anthropology of landscape*. Oxford: Clarendon.

Ingold T. (2000). *The perception of the environment*. London: Routledge.

Hanlidou E. and Kokkini S. (1997). *On the flora of the Vikos-Aoos National Park (NW Greece)*. *Wildenowia* (27): 81-100.

Mavrommatis G. (1980). *Le bioclimat de la Grèce. Relations entre le climat et la végétation naturelle. Cartes Bioclimatiques*. Inst. Rech. Forest. Athènes 1: 1-63.

Morel A. (1977). Power and ideology in the village community of Picardy: past and present. In: Forster R. and Raum O. (Eds.), *Rural Society in France*. Baltimore: John Hopkins University Press.

NASA (2013). <http://asterweb.jpl.nasa.gov>

Newby H., Bell C., Rose D. and Saunders P. (1978). *Property, Paternalism and Power*. London: Hutchinson.

Oliveira Baptista F. (1995). *Agriculture, rural society and the land question in Portugal*. *Sociologia Ruralis*, 35: 309-325.

Pindyck R. and Rubinfeld L. (1998). *Econometric Models and Economic Forecasts*. Singapore: McGraw-Hill International Editions.

Plerez Yrvela M. (1995). *Spanish rural society in transition*. *Sociologia Ruralis*, 35: 276-296.

Pol E., Di Masso A., Castrechini A., Bonet M. R. and Vidal T. (2006). *Psychological parameters to understand and manage the NIMBY effect*. *Revue européenne de psychologie appliquée*, 56: 43-51.

Renn, O., Webler, T., Rakel, H., Dienel, P. & Johnson B. (1993). *Public participation in decision making: A three-step procedure*. *Policy Sciences*, Vol. 26, 189-214.

USGS (2013). <http://usgs.gov>

Wester-Herber M. (2004). *Underlying concerns in land-use conflicts—the role of place-identity in risk perception*. *Environmental Science & Policy*, 7: 109-116.

Woods M. (2003). *Deconstructing rural protest: the emergence of a newsocial movement*. *Journal of Rural Studies*, 19: 309-325.