



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΧΗΜΕΙΑΣ»
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ «ΧΗΜΕΙΑΣ, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»**

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**Μελέτη ρυπαντικών φορτίων θρεπτικών σε ποτάμια
συστήματα της Ελλάδας**

**ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ
ΓΕΩΛΟΓΟΣ**

ΑΘΗΝΑ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2019



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΧΗΜΕΙΑΣ»
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ «ΧΗΜΕΙΑΣ, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»**

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**Μελέτη ρυπαντικών φορτίων θρεπτικών σε ποτάμια
συστήματα της Ελλάδας**

**ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ
ΓΕΩΛΟΓΟΣ**

ΑΘΗΝΑ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2019

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Μελέτη ρυπαντικών φορτίων θρεπτικών σε ποτάμια συστήματα της Ελλάδας

ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

A.M.: 91605

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Δασενάκης Εμμανουήλ, Καθηγητής ΕΚΠΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δασενάκης Εμμανουήλ, Καθηγητής ΕΚΠΑ

Δημητρίου Ηλίας, Ερευνητής Α ΕΛΚΕΘΕ

Πούλος Σεραφείμ, Καθηγητής Γεωλογίας ΕΚΠΑ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ 20/02/2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι υδατικοί πόροι καθώς και τα οικοσυστήματα που σχετίζονται με αυτούς κινδυνεύουν σήμερα από ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση. Η Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (2000/60/ΕΚ) δημιουργήθηκε με σκοπό τη διασφάλιση της καλής ποιότητας των υδάτινων συστημάτων της Ευρώπης. Σημαντικό ρόλο για την επίτευξη του στόχου αυτού στην Ελλάδα παίζει το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Υδάτων, από το οποίο εκτός των άλλων γίνονται μετρήσεις των συγκεντρώσεων θρεπτικών στα ποτάμια συστήματα της Ελλάδας. Η παρούσα ερευνητική εργασία δημιουργήθηκε με τη χρήση αυτών των δεδομένων. Βασικοί στόχοι της εργασίας είναι μέσω της χρήσης των δεδομένων παροχής και συγκεντρώσεων θρεπτικών (N-NO₂, N-NO₃, N-NH₄, P-PO₄) από σταθμούς του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης σε 18 ποτάμια υδατικά συστήματα της Ελλάδας, ο υπολογισμός των φορτίων θρεπτικών, σύγκριση τους ανάλογα με την εποχή, το σύστημα, το υδατικό διαμέρισμα κ.ά. και συσχέτιση των φορτίων αυτών με παράγοντες όπως τα χαρακτηριστικά και οι χρήσεις γης της λεκάνης απορροής ποταμού. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν συμπεριλαμβάνονται στα αποτελέσματα του προγράμματος παρακολούθησης της ποιότητας επιφανειακών υδάτων του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ). Από αυτά βρέθηκαν τα φορτία Ολικού Ανόργανου Αζώτου (TIN) και Ολικού Ανόργανου Φωσφόρου (P-PO₄). Για τα φορτία αυτά έγινε στατιστική επεξεργασία μέσω του προγράμματος IBM SPSS Statistics 25 και χωρική επεξεργασία μέσω του προγράμματος ArcMap 10.3. Τα μετρούμενα φορτία ολικού ανόργανου αζώτου και ολικού ανόργανου φωσφόρου φαίνεται να σχετίζονται άμεσα με τις χρήσεις γης στη λεκάνη απορροής ποταμού. Από τη δημιουργία δεικτογράμματος φαίνεται πως οι ποταμοί που συμπεριλαμβάνονται στη παρούσα εργασία μπορούν να διακριθούν σε τέσσερις ομάδες ανάλογα με τα φορτία τους. Η ομάδα ποταμών με τα υψηλότερα φορτία θρεπτικών είναι αυτή των Στρυμόνα, Αλιάκμονα και Αλφειό (κύρια χρήση γης της λεκάνης απορροής τους είναι οι καλλιεργούμενες εκτάσεις), ενώ η ομάδα με τα χαμηλότερα φορτία θρεπτικών περιλαμβάνει τους Άραχθο, Σπερχειό, Μόρνο και Αχελώο (κύρια χρήση γης της λεκάνης απορροής τους είναι οι δασικές εκτάσεις). Σημαντική είναι και η γεωγραφική θέση των ποταμών μιας και Στρυμόνας και Αξιός (διασυνοριακά ποτάμια) έχουν υψηλές τιμές φορτίων. Ειδικά για τα ποτάμια υδατικά συστήματα στα οποία μετρούνται υψηλά φορτία θρεπτικών και είναι σε κακή ή ελλιπή οικολογική κατάσταση προτείνεται συχνότερη παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων αλλά και σε αρκετές περιπτώσεις η λήψη μέτρων όπως η λειτουργία εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και η εφαρμογή ορθών γεωργικών πρακτικών. Σημαντική είναι η τήρηση της νομοθεσίας όπως αυτή θεσμοθετείται στις Ευρωπαϊκές Οδηγίες όπως η Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Χημεία Περιβάλλοντος

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα, ρυπαντικά φορτία, θρεπτικά, ποτάμια υδατικά συστήματα, λεκάνες απορροής

ABSTRACT

Water resources and the ecosystems associated with them are currently at risk of quantitative and qualitative degradation. The Water Framework Directive (2000/60/EC) was created to ensure the good quality of Europe's water systems. An important role for achieving this goal in Greece is played by the National Water Monitoring Network, which, among other things, makes measurements of nutrient concentrations in the river systems of Greece. The present thesis was created using these data. The main purposes of the thesis are, the calculation of nutrient loads (N-NO₂, N-NO₃, N-NH₄, P-PO₄) with the use of concentration and discharge data from stations of the National Monitoring Water Network according to Water Framework Directive for 18 rivers of mainland Greece and their correlation with the season, the riverine system, the water department, the land uses of the river basin, etc. The data used is included in the results of the HCMR surface water monitoring program. Of these, total inorganic nitrogen (TIN) and total inorganic phosphorus (P-PO₄) loads were found. These loads were statistically processed through the IBM SPSS Statistics 25 program and spatially processed via ArcMap 10.3. Loads of total inorganic nitrogen (TIN) and total inorganic phosphorus (P-PO₄) seem to be closely related with land uses in the river basins. As a result of cluster analysis, a dendrogram was made where the 18 rivers can be divided into 4 groups concerning the nutrients loads counted in their stations. The group of rivers with the highest loads includes Strimonas, Aliakmonas and Alpheios rivers (main land use in their river basin is agriculture), whereas the group with the lowest nutrients loads includes Arachthos, Spercheios, Mornos and Achelloos rivers (main land use in their river basins is natural vegetation). The geographic position of the rivers is also crucial, since Strymonas and Axios (cross-border rivers) have high nutrient loads. Especially for rivers with high nutrient loads that are in poor ecological status a closest monitoring is suggested. In some cases the operation of sewage treatment plants and the implementation of good agricultural practices is highly advisable. Probably the most one of the most important actions is the compliance with legislation as it is enshrined in European Directives such as the Water Framework Directive.

SUBJECT AREA: Environmental Chemistry

KEYWORDS: Water Framework Directive, pollutant loads, nutrients, rivers, water basins

ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ

Θα ήθελα να αφιερώσω τη παρούσα ερευνητική εργασία στη γιαγιά μου, Νίκη, που μου μεταβίβασε την αγάπη για τα φυσικά τοπία και ειδικά τον ενθουσιασμό και το θαυμασμό για τα ποτάμια.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για τη διεκπεραίωση της παρούσας ερευνητικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον ερευνητή του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών, Ηλία Δημητρίου, για την άριστη συνεργασία, την υπομονή και τη καθοδήγησή του σε όλη τη πορεία της εργασίας. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Εμμανουήλ Βασιλάκη, Επίκουρο Καθηγητή του τμήματος Γεωλογίας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, για την πολύτιμη βοήθειά του όσον αφορά τη δημιουργία χαρτών μέσω της χρήσης του προγράμματος ArcMap. Τέλος, ευχαριστώ πολύ τους κυρίους Σεραφείμ Πούλο και Εμμανουήλ Δασενάκη για τις διορθώσεις και επισυμάνσεις τους σχετικά με τη παρούσα ερευνητική εργασία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	0
1.1 Η Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα	1
1.1.1 Νομοθετικό πλαίσιο-Εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ	3
1.2 Το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Υδάτων	5
1.2.1 Αρμόδιοι φορείς του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης	6
1.2.2 Σταθμοί του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης	7
1.2.3 Μεθοδολογία επιλογής των σταθμών παρακολούθησης και δειγματοληψίας	8
1.2.4 Παρακολουθούμενες παράμετροι	10
1.2.5 Αναθεώρηση του Δικτύου Παρακολούθησης	12
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	13
2.1 Υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Μακεδονίας	13
2.1.1 Στρυμόνας	14
2.2 Υδατικό διαμέρισμα Κεντρικής Μακεδονίας	16
2.2.1 Αξιός (και Λουδίας)	17
2.2.2 Γαλλικός	18
2.3 Υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Μακεδονίας	19
2.3.1 Αλιάκμονας	20
2.4 Υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας	21
2.4.1 Πηνειός	23
2.5 Υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου	24
2.5.1 Άραχθος	26
2.6 Υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας	28
2.6.1 Αχελώος και Μόρνος	29
2.7 Υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας	30

2.7.1	Σπερχειός.....	31
2.7.2	Ασωπός	32
2.8	Υδατικό διαμέρισμα Αττικής.....	33
2.8.1	Κηφισός	34
2.9	Υδατικό διαμέρισμα Βόρειας Πελοποννήσου.....	35
2.9.1	Πηγειός Πελοποννήσου	36
2.9.2	Γλαύκος.....	36
2.9.3	Βουραϊκός	36
2.10	Υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Πελοποννήσου	37
2.10.1	Αλφειός	38
2.10.2	Πάμισος	39
2.10.3	Νέδα.....	39
2.11	Υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Πελοποννήσου	41
3.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	43
3.1	Δειγματοληψίες και αναλύσεις	43
3.2	Δεδομένα ΕΛΚΕΘΕ	47
3.2.1	Επιλογή ποτάμιων υδατικών συστημάτων	47
3.3	Επεξεργασία δεδομένων	49
3.3.1	Στατιστική επεξεργασία	51
3.3.2	Χωρική επεξεργασία	52
4.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	54
4.1	Περιβαλλοντική κατάσταση των λεκανών απορροής	54
4.2	Μηνιαίες κατανομές φορτίων θρεπτικών και παροχής.....	55
4.3	Φορτία θρεπτικών και παροχή ανα υδατικό διάμερισμα	58
4.4	Φορτία θρεπτικών και παροχή ανα λεκάνη απορροής ποταμού.....	61
4.5	Εποχική μεταβολή φορτίων θρεπτικών και παροχής.....	65
4.6	Συσχετίσεις περιβαλλοντικών παραμέτρων	68

4.7	Ομαδοποίηση λεκανών απορροής ποταμών - Δενδρόγραμμα.....	69
4.8	Χάρτες φορτίων θρεπτικών	71
4.9	Ομαδοποίηση λεκανών απορροής ποταμών – Ανάλυση δικτύων	76
5.	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	80
5.1	Συμπεράσματα	80
5.2	Προτάσεις διαχείρισης	82
6.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	84
7.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	88

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Τα βήματα του πρωτοκόλλου μέτρησης παροχής ²⁹	44
Εικόνα 2. Αποδεκτές και μη-αποδεκτές θέσεις μέτρησης παροχής σύμφωνα με το Πρωτόκολλο Μέτρησης Παροχής ²⁹	45
Εικόνα 3. Πρωτόκολλο μέτρησης παροχής ²⁹	45
Εικόνα 4. Αυτόματος αναλυτής θρεπτικών αλάτων της εταιρίας Skalar.....	46
Εικόνα 5. Φασματοφωτόμετρο Faro 300 (Merck).	47

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1. Οι σταθμοί του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης.	8
Χάρτης 2. Τα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας.....	13
Χάρτης 3. Χάρτης χρήσεων γης της λεκάνης απορροής του Στρυμόνα.....	16
Χάρτης 4. Χάρτης χρήσεων γης των λεκανών απορροής του Αξιού και του Γαλλικού...	19
Χάρτης 5. Χάρτης χρήσεων γης της λεκάνης απορροής του Αλιάκμονα.	21
Χάρτης 6. Χάρτης χρήσεων γης της λεκάνης απορροής του Πηνειού.	24
Χάρτης 7. Χάρτης χρήσεων γης των λεκανών απορροής του Αχελώου και του Αράχθου.	27
Χάρτης 8. Χάρτης χρήσεων γης των λεκανών απορροής του Σπερχειού και του Μόρνου.....	30
Χάρτης 9. Χάρτης χρήσεων γης των λεκανών απορροής του Ασωπού και του Κηφισού.	33
Χάρτης 10. Χάρτης χρήσεων γης των λεκανών απορροής της Βόρειας Πελοποννήσου.	37
Χάρτης 11. Χάρτης χρήσεων γης των λεκανών απορροής της Δυτικής και Ανατολικής Πελοποννήσου.	40
Χάρτης 12. Οι λεκάνες απορροής ποταμών, τα ποτάμια υδατικά συστήματα και οι σταθμοί του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης Υδάτων που περιλαμβάνονται στη παρούσα εργασία.....	48
Χάρτης 13. Τα φορτία ολικού ανόργανου φωσφόρου στην Κεντρική Ελλάδα.....	71
Χάρτης 14. Τα φορτία ολικού ανόργανου αζώτου στην Κεντρική Ελλάδα.	72
Χάρτης 15. Τα φορτία ολικού ανόργανου φωσφόρου στη Βόρεια Ελλάδα.	73
Χάρτης 16. Τα φορτία ολικού ανόργανου αζώτου στη Βόρεια Ελλάδα.	74
Χάρτης 17. Τα φορτία ολικού ανόργανου φωσφόρου στη Νότια Ελλάδα.	75
Χάρτης 18. Τα φορτία ολικού ανόργανου αζώτου στη Νότια Ελλάδα.	76

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Η συχνότητα δειγματοληψίας ανα ποιοτικό στοιχείο και ανα υδάτινο σώμα. 10	
Πίνακας 2. Υποχρεωτικές και προτεινόμενες φυσικοχημικές παράμετροι παρακολούθησης (Υποχρεωτικές Παράμετροι, <i>Προτεινόμενες Παράμετροι Παρακολούθησης</i>).	11
Πίνακας 3. Ο αριθμός των σταθμών δειγματοληψίας ανα υδατικό διαμέρισμα και ανα λεκάνη απορροής ποταμού που περιλαμβάνονται στη παρούσα εργασία. ..	48
Πίνακας 4. Οι τιμές των κλάσεων των φορτίων ολικού ανόργανου φωσφόρου και ολικού ανόργανου αζώτου (kg/d).	53
Πίνακας 5. Περιγραφικά στατιστικά για τις 18 λεκάνες απορροής ποταμών (αριθμός των δειγματοληψιών και μέση τιμή παραμέτρων).	54
Πίνακας 6. Συσχέτιση και στατιστική σημαντικότητα περιβαλλοντικών παραμέτρων (κόκκινο χρώμα: υψηλότερη συσχέτιση).	68
Πίνακας 8. Αναλυτικός πίνακας με τα βασικά περιγραφικά στατιστικά.	88

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Η κατανομή της παρχοής σε ένα υδρολογικός έτος, ανα μήνα.	55
Σχήμα 2. Η κατανομή των φορτίων (kg/d) ολικού ανόργανου φωσφόρου σε ένα υδρολογικός έτος, ανα μήνα.	56
Σχήμα 3. Η κατανομή των συγκεντρώσεων (mg/l) ολικού ανόργανου φωσφόρου σε ένα υδρολογικός έτος, ανα μήνα.	57
Σχήμα 4. Η κατανομή των φορτίων ολικού ανόργανου αζώτου σε ένα υδρολογικός έτος, ανα μήνα.....	58
Σχήμα 5. Η κατανομή των φορτίων ολικού ανόργανου αζώτου σε ένα υδρολογικός έτος, ανα μήνα.....	58
Σχήμα 6. Η κατανομή των φορτίων ολικού ανόργανου φωσφόρου ανα υδατικό διαμέρισμα.....	59
Σχήμα 7. Η κατανομή των φορτίων ολικού ανόργανου αζώτου ανα υδατικό διαμέρισμα.	60
Σχήμα 8. Η κατανομή της επιφανειακής παροχής ανα υδατικό διαμέρισμα.	60
Σχήμα 9. Η κατανομή της παροχής ανα λεκάνη απορροής ποταμού.	61
Σχήμα 10. Η κατανομή των φορτίων ολικού ανόργανου φωσφόρου ανα λεκάνη απορροής ποταμού.	62
Σχήμα 11. Η κατανομή των συγκεντρώσεων ολικού ανόργανου φωσφόρου ανα λεκάνη απορροής ποταμού.	62
Σχήμα 12. Η κατανομή των φορτίων ολικού ανόργανου αζώτου ανα λεκάνη απορροής ποταμού.....	63
Σχήμα 13. Η κατανομή της συγκέντρωσης ολικού ανόργανου αζώτου ανα λεκάνη απορροής ποταμού.	64
Σχήμα 14. Η έκταση των 18 λεκανών απορροής που περιλαμβάνονται στην παρούσα εργασία.	64
Σχήμα 15. Η ποσοστιαία κατανομή χρήσεων γης σε κάθε λεκάνη απορροής.	65
Σχήμα 16. Η κατανομή των φορτίων ολικού ανόργανου φωσφόρου ανα δειγματοληπτική περίοδο.....	66

Σχήμα 17. Η κατανομή των φορτίων ολικού ανόργανου αζώτου ανα δειγματοληπτική περίοδο.....	67
Σχήμα 18. Η κατανομή της παροχής ανα δειγματοληπτική περίοδο.....	67
Σχήμα 19. Διαγραμματική απεικόνιση των παραμέτρων που φανερώνει τη συσχέτιση τους (ανάλογα με την απόσταση μεταξύ τους).....	69
Σχήμα 20. Δενδρόγραμμα και διάκριση ομάδων ποταμών.....	70
Σχήμα 21. Δίκτυο ανάλυσης της κατάταξης του κάθε ποταμού για πολύ χαμηλά (very low), χαμηλά (low), μέτρια (moderate) και υψηλά (high) φορτία ολικού ανόργανου αζώτου.	78
Σχήμα 22. Δίκτυο ανάλυσης της κατάταξης του κάθε ποταμού για πολύ χαμηλά (very low), χαμηλά (low), μέτρια (moderate) και υψηλά (high) φορτία ολικού ανόργανου φωσφόρου.	78

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα ερευνητική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Χημεία, Τεχνολογία και Διαχείριση Περιβάλλοντος», σε συνεργασία με τον ερευνητή του ΕΛΚΕΘΕ, Ηλία Δημητρίου, του οποίου η βοήθεια και η καθοδήγηση ήταν πολύτιμη. Μιας και η εργασία περιλαμβάνει δεδομένα από το πρόγραμμα παρακολούθησης επιφανειακών υδάτων του ΕΛΚΕΘΕ για τα έτη 2012-2015, δεν υπήρχε συμμετοχή σε δειγματοληψίες ή αναλύσεις στα πλαίσια της παρούσας ερευνητικής εργασίας. Για τις ανάγκες της εργασίας πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία και ερμηνεία των δεδομένων, καθώς και κατασκευή χαρτών (δύο εισαγωγικών χαρτών, δέκα χαρτών χρήσεων γης και έξι χαρτών φορτίων θρεπτικών). Η εργασία αυτή εστιάζει στα φορτία ρυπαντικών φορτίων θρεπτικών σε ποτάμια συστήματα της Ελλάδας, τη χωρική και χρονική μεταβολή τους καθώς και τη συσχέτισή τους με τις χρήσεις γης εντός των λεκανών απορροής των ποταμών αυτών. Η εργασία αποτελείται από πέντε (5) κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται γενικές πληροφορίες για την Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα 2000/60/ΕΚ και για το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης. Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει στοιχεία, όπως η γεωλογία, η γεωμορφολογία, το κλίμα, οι χρήσεις γης και η περιβαλλοντική κατάσταση, των υδατικών διαμερισμάτων και των λεκανών απορροής των 18 ποταμών που περιλαμβάνονται στην εργασία. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται η ανάλυση της μεθοδολογίας δειγματοληψιών, αναλύσεων, στατιστικής επεξεργασίας και δημιουργίας χαρτών. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων και οι χάρτες. Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας και προτάσεις διαχείρισης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ιστορικά η διαχείριση των φυσικών πόρων, ιδιαίτερα των υδατικών, καθοριζόταν κυρίως από το σύνολο των κοινωνικών δραστηριοτήτων και των αναπτυξιακών παρεμβάσεων¹⁴. Το νερό, αν και αγαθό με μεγάλη αξία χρήσης, είχε μικρή αξία ανταλλαγής και κατά συνέπεια εξαιρούνταν από την αγορά¹⁹. Στις σύγχρονες κοινωνίες η διαχείριση των υδατικών πόρων έχει αποκτήσει ιδιαίτερη βαρύτητα και σημασία αφού η αειφορία του νερού δεν είναι πλέον δεδομένη αλλά σε αρκετές περιπτώσεις ζητούμενη¹⁴. Η οικονομική ανάπτυξη των τελευταίων δεκαετιών διαμόρφωσε νέες συνθήκες στη χρήση των υδατικών πόρων, ενώ εξακολουθούν να είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες τόσο για την επιβίωση του ανθρώπου όσο και για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας¹. Η ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων, η ανάγκη αύξησης της παραγωγικότητας των υφιστάμενων, οι ανάγκες που προκύπτουν από την αύξηση του πληθυσμού και την ανύψωση του βιοτικού επιπέδου, δημιουργούν ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση νερού κατάλληλης ποιότητας για τη κάθε χρήση¹. Ταυτόχρονα, η συνεχής ποιοτική υποβάθμιση, σε συνδυασμό με την ανάγκη διατήρησης της οικολογικής ισορροπίας και της αειφορικής διαχείρισης των φυσικών πόρων, δημιουργούν πολύπλοκα προβλήματα στην ανάπτυξη της κάθε περιοχής³.

Η Ελλάδα διαθέτει, συνολικά, επαρκείς επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους, αλλά διάφοροι λόγοι μειώνουν σημαντικά την πραγματικά διαθέσιμη ποσότητα και δυσκολεύουν την αξιοποίησή τους²³.

Σύμφωνα με τους Koutsoyiannis et al. (2008) οι κυριότεροι φυσικοί παράγοντες που προκαλούν προβλήματα στην αξιοποίηση των υδατικών πόρων της χώρας είναι:

- η ανομοιόμορφη κατανομή των υδατικών πόρων στο χώρο και στο χρόνο
- η ανομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης και της προσφοράς στο χώρο και το χρόνο
- η γεωμορφολογία της χώρας
- η εξάρτηση της βόρειας Ελλάδας από τις επιφανειακές απορροές ποταμών που έρχονται από γειτονικά κράτη
- τα πολλά άνυδρα ή με ελάχιστους υδατικούς πόρους νησιά της χώρας.

Ο κυριότερος όμως λόγος, πέραν των φυσικών παραγόντων, είναι η αποσπασματική αντιμετώπιση της διαχείρισης από την πολιτεία⁶.

Στενή σχέση με τη διαθέσιμη ποσότητα νερού έχει και η ποιότητα, η οποία είναι το αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης φυσικών συνθηκών και ανθρώπινων δραστηριοτήτων, με τις τελευταίες να οδηγούν στη ρύπανση και την υποβάθμιση της ποιότητας του νερού. Οι πηγές ρύπανσης των ποτάμιων συστημάτων διακρίνονται σε σημειακές και

σε μη-σημειακές¹¹. Η σημαντικότερη μη-σημειακή πηγή είναι οι γεωργικές δραστηριότητες, ενώ σημειακές πηγές αποτελούν τα αστικά και βιομηχανικά λύματα^{10,5}.

Αν και η Ελλάδα είχε γενικά καλής ποιότητας νερά, οι μακροχρόνιες-χωρίς προγραμματισμό και έλεγχο-ανθρώπινες δραστηριότητες, κυρίως των τελευταίων χρόνων, έχουν αρχίσει να κάνουν εμφανή την υποβάθμιση, τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων υδατικών πόρων⁶.

Η έντονη οικονομική διάσταση που έχουν αποκτήσει οι υδατικοί πόροι σήμερα, η άμεση πολλές φορές σύνδεσή τους με τον προγραμματισμό ανάπτυξης, καθώς και η συνεχής παρουσία τους στην καθημερινή πρακτική, επιβάλλει την αντιμετώπισή τους ως φυσικού πόρου σε ανεπάρκεια, μέσω της δημιουργίας, ανάδειξης και εφαρμογής σύγχρονης και συνεπούς πολιτικής διαχείρισης³. Η νέα αυτή διάσταση στο αντικείμενο της διαχείρισης, δημιούργησε επιπρόσθετες απαιτήσεις σχεδιασμού και υλοποίησης του συνόλου των παρεμβάσεων που συγκροτούν την υδατική πολιτική μιας περιοχής ή μιας χώρας¹⁴. Η σπουδαιότητα και ο ορατός κίνδυνος ανεπάρκειας του νερού σαν φυσικό αγαθό οδήγησε στην κατάρτιση και ψήφιση από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο της Οδηγίας 2000/60/EK που αποτελεί ένα συνεκτικό και ολοκληρωμένο θεσμικό Πλαίσιο το οποίο είτε καταργεί είτε ενσωματώνει προηγούμενες Οδηγίες¹⁴. Η Οδηγία σκοπεύει στην θέσπιση ενιαίου πλαισίου ευρωπαϊκής πολιτικής για την προστασία των εσωτερικών, επιφανειακών, μεταβατικών, παράκτιων και υπόγειων υδάτων.

1.1 Η Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα

Η Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά αποτελεί μια συνολική και καινοτόμο προσπάθεια προστασίας και διαχείρισης των υδατικών πόρων¹³. Δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων στις 20/12/2000, αποτελεί το πιο βασικό θεσμικό εργαλείο που εισάγεται στον τομέα του νερού σε διεθνές επίπεδο, εδώ και πολλά χρόνια, και αντικατοπτρίζει την τάση προς ολοκληρωμένο περιβαλλοντικό σχεδιασμό και διαχείριση⁶. Θεμελιώδης στόχος της οδηγίας είναι η προώθηση της μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδατικών πόρων μέσω της βιώσιμης διαχείρισης των υδάτων επιτυγχάνοντας την καλή ποιότητα του υπογείου και του επιφανειακού υδάτινου δυναμικού, καθώς επίσης των μεταβατικών και παράκτιων υδάτων¹⁴. Ο στόχος αυτός μεταφράζεται σε μέτρα που αφενός θα εμποδίσουν την υποβάθμιση των υδατικών συστημάτων και αφετέρου θα αποκαταστήσουν εκείνα που έχουν ήδη υποβαθμιστεί¹⁴.

Το Άρθρο 1 της Οδηγίας θέτει το εξής πλαίσιο για το σκοπό της:

«Σκοπός της παρούσας οδηγίας είναι η θέσπιση πλαισίου για την προστασία των εσωτερικών επιφανειακών, των μεταβατικών, των παράκτιων και των υπόγειων υδάτων, το οποίο:

1. να αποτρέπει την περαιτέρω υποβάθμιση, να προστατεύει και να βελτιώνει την κατάσταση όλων των υδάτινων οικοσυστημάτων, καθώς και των αμέσως εξαρτώμενων από αυτά χερσαίων οικοσυστημάτων και υγροτόπων σε ό,τι αφορά τις ανάγκες σε νερό·
2. να προωθεί τη βιώσιμη διαχείριση των υδάτων βάσει μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδατικών πόρων·
3. να αποσκοπεί στην ενίσχυση της προστασίας και τη βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος μεταξύ άλλων με ειδικά μέτρα για τη προοδευτική μείωση των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών ουσιών προτεραιότητας και με τη παύση ή τη σταδιακή εξάλειψη των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών ουσιών προτεραιότητας·
4. να διασφαλίζει την προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων και να αποτρέπει τη περαιτέρω μόλυνσή τους·
5. να συμβάλλει στο μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες,
6. και να συμβάλλει με αυτό τον τρόπο:
 - στην εξασφάλιση επαρκούς παροχής επιφανειακού και υπόγειου νερού καλής ποιότητας που απαιτείται για τη βιώσιμη, ισόρροπη και δίκαιη χρήση ύδατος,
 - σε σημαντική μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων,
 - στην προστασία των χωρικών και θαλάσσιων υδάτων και
 - στην επίτευξη των στόχων των σχετικών διεθνών συμφωνιών, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που αποσκοπούν στην πρόληψη για την εξάλειψη της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος με κοινοτική δράση δυνάμει του άρθρου 16 παράγραφος 3 για την παύση ή τη σταδιακή εξάλειψη των απορρίψεων εκπομπών και διαρροών επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας με απώτερο στόχο να επιτευχθούν συγκέντρωση στο θαλάσσιο περιβάλλον οι οποίες, για μόν τις φυσικώς απαντώμενες ουσίες να πλησιάζουν το φυσικό βασικό επίπεδο, για δε τις τεχνητές συνθετικές ουσίες να είναι σχεδόν μηδενικές.»

Θεμελιώδης στόχος όλων των παραπάνω δράσεων είναι η προώθηση της βιώσιμης διαχείρισης των υδάτων μέσω της μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδατικών πόρων επιτυγχάνοντας την καλή ποιότητα του υπογείου και του επιφανειακού υδάτινου δυναμικού καθώς επίσης των μεταβατικών και παράκτιων υδάτων¹⁴.

Σύμφωνα με τους Koutsoyiannis et al. (2008) για την επίτευξη του σκοπού αυτού θεσπίζεται μια σειρά ρυθμίσεων, που επιχειρούν:

- να επιτύχουν τη διατήρηση ή την αποκατάσταση της καλής κατάστασης των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων μέχρι το 2015
- να ενοποιήσουν και να συμπληρώσουν την προηγούμενη αποσπασματική ευρωπαϊκή νομοθεσία για τα νερά
- να προσεγγίσουν τη διαχείριση των υδατικών πόρων σε επίπεδο υδατικής περιφέρειας (περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού)
- να εξασφαλίσουν την κοινωνική συναίνεση μέσω προώθησης συμμετοχικών διαδικασιών
- να προωθήσουν ορθολογικές αναλύσεις κόστους (συμπεριλαμβανομένου και του περιβαλλοντικού κόστους) και να εξασφαλίσουν, τη μέσω οικονομικών εργαλείων (π.χ. κατάλληλη τιμολόγηση των υπηρεσιών), ορθολογική διαχείριση και ανάκτηση του συνεπαγόμενου κόστους, μέχρι το 2010.

Όλα τα ανωτέρω (επιμέρους δράσεις, μέτρα) συνθέτουν τα Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής τα οποία θα περιλαμβάνουν εκτός των άλλων τη γενική περιγραφή των χαρακτηριστικών της περιοχής, τις επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην ποσότητα και την ποιότητα των υδατικών πόρων, τις χρήσεις του ύδατος, αναθεωρούνται ανά εξαετία και έπρεπε να ολοκληρωθούν έως το τέλος του 2009. Σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα εφαρμογής της οδηγίας στη συνέχεια και από το 2010 θα αρχίσει να εφαρμόζεται τιμολογιακή πολιτική για τις διάφορες χρήσεις των υδάτων και από τις αρχές του 2012 θα πρέπει να τεθεί σε λειτουργία το πρόγραμμα μέτρων. Η πρώτη εξαετία εφαρμογής των σχεδίων διαχείρισης λήγει το 2015 και ακολουθούν άλλες δύο αναθεώρησης με εξαετή χρονικό ορίζοντα για το 2021 και το 2027. Κάθε κράτος-μέλος έχει την ευθύνη για την εφαρμογή των άρθρων της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ.

1.1.1 Νομοθετικό πλαίσιο-Εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ

- Οδηγία 2000/60/ΕΚ «Για την θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.»
- Οδηγία 91/676/ΕΟΚ «Για την προστασία των υδάτων από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης .»
- Νόμος 3199/2003 (ΦΕΚ 280/Α/09-12-2003) «Προστασία και διαχείριση των υδάτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000.», όπως αυτός τροποποιήθηκε με τους Νόμους Ν. 3481/2006, Ν. 3587/2007, Ν. 3621/2007, Ν. 3734/2009 και Ν. 4117/2013.
- Προεδρικό Διάταγμα 51/2007 (ΦΕΚ 54/Α/08-03-2007) «Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε

συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2000/60/EK «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000.», κατ' εξουσιοδότηση των διατάξεων του Άρθρου 15, παράγρ. 1 του Νόμου 3199/2003.

- Κοινή Υπουργική Απόφαση 39626/2208/E130/2009 (ΦΕΚ 2075/B/25-09-2009) «Καθορισμός μέτρων για την προστασία των υπόγειων νερών από την ρύπανση και την υποβάθμιση, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2006/118/ ΕΚ «σχετικά με την προστασία των υπόγειων υδάτων από την ρύπανση και την υποβάθμιση», του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 12ης Δεκεμβρίου 2006».
- Κοινή Υπουργική Απόφαση 51354/2641/E103/2010 (ΦΕΚ 1909/B/08-12-2010) «Καθορισμός Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2008/105/ ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2008 «σχετικά με Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) στον τομέα της πολιτικής των υδάτων και σχετικά με την τροποποίηση και μετέπειτα κατάργηση των οδηγιών του Συμβουλίου 82/176/ΕΟΚ, 83/513/ΕΟΚ, 84/156/ΕΟΚ, 84/491/ ΕΟΚ και 86/280/ΕΟΚ και την τροποποίηση της οδηγίας 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου», καθώς και για τις συγκεντρώσεις ειδικών ρύπων στα εσωτερικά επιφανειακά ύδατα και άλλες διατάξεις.»
- Κοινή Υπουργική Απόφαση 140384/2011 (ΦΕΚ 2017/B/09-09-2011) «Ορισμός Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων με καθορισμό των θέσεων (σταθμών) μετρήσεων και των φορέων που υποχρεούνται στην λειτουργία τους, κατά το άρθρο 4, παράγραφος 4 του Ν. 3199/2003 (Α΄ 280).»
- Υπουργική Απόφαση 1811/2011 (ΦΕΚ 3322/B/30-12-2011) «Ορισμός ανώτερων αποδεκτών τιμών για τη συγκέντρωση συγκεκριμένων ρύπων, ομάδων ρύπων ή δεικτών ρύπανσης σε υπόγεια ύδατα, σε εφαρμογή της παραγράφου 2 του Άρθρου 3 της υπ' αριθμ.: 39626/2208/E130/2009 κοινής υπουργικής απόφασης (Β΄ 2075).»
- Απόφαση 2455/2001/EK «Για τη θέσπιση του καταλόγου ουσιών προτεραιότητας στον τομέα της πολιτικής των υδάτων και τροποποίησης της οδηγίας 2000/60/EK.»
- Απόφαση 2005/646/EK «Για την κατάρτιση πίνακα καταγραφής των τόπων που θα σχηματίσουν το δίκτυο διαβαθμονόμησης σύμφωνα με την οδηγία 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.»

- Οδηγία 2006/118/ΕΚ «Σχετικά με την προστασία των υπόγειων υδάτων από τη ρύπανση και την υποβάθμιση.»
- Οδηγία 2008/105/ΕΚ «Σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων καθώς και σχετικά με την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών του Συμβουλίου 82/176/ΕΟΚ, 83/513/ΕΟΚ, 84/156/ΕΟΚ, 84/491/ΕΟΚ και 86/280/ΕΟΚ και την τροποποίηση της οδηγίας 2000/60/ΕΚ.»
- Οδηγία 2009/90/ΕΚ «Για την θέσπιση τεχνικών προδιαγραφών για τη χημική ανάλυση και παρακολούθηση της κατάστασης των υδάτων, σύμφωνα με την οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.»
- Κοινή Υπουργική Απόφαση 38317/1621/Ε103/2011 (ΦΕΚ 1977/Β/06-09-2011) «Τεχνικές προδιαγραφές και ελάχιστα κριτήρια επιδόσεων των αναλυτικών μεθόδων για τη χημική ανάλυση και παρακολούθηση της κατάστασης των υδάτων, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2009/90/ΕΚ (Β' 1977).

1.2 Το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Υδάτων

Το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης της κατάστασης των υδάτων συστηματοποιεί και επεκτείνει προγενέστερα δίκτυα παρακολούθησης, με βάση τις απαιτήσεις και προδιαγραφές της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά (2000/60/ΕΚ) και άλλων σχετικών Κοινοτικών Οδηγιών, όπως η Οδηγία για την προστασία των υδάτων από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης (91/676/ΕΟΚ), η Οδηγία για τη διαχείριση και προστασία των υπόγειων υδάτων (2006/118/ΕΚ) και η Οδηγία για τις ουσίες προτεραιότητας (2008/105/ΕΚ).

Το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης της ποιοτικής και ποσοτικής κατάστασης των υδάτων (ανα-) διαμορφώθηκε το Σεπτέμβριο του 2011, με την ΚΥΑ 140384/2011 «Ορισμός Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων με καθορισμό των θέσεων (σταθμών) μετρήσεων και των φορέων που υποχρεούνται στην λειτουργία τους, κατά το άρθρο 4, παράγραφος 4 του Ν. 3199/2003 (Α' 280)».

Με τη λειτουργία του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης της κατάστασης των υδάτων διασφαλίζεται η συστηματική παρακολούθηση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των εσωτερικών επιφανειακών (ποταμών και λιμνών), μεταβατικών, παράκτιων και υπόγειων υδάτων της χώρας, με στόχο την αξιολόγηση/ταξινόμηση της ποιοτικής (οικολογικής και χημικής) και ποσοτικής τους κατάστασης και την εκτίμηση των μακροχρόνιων αλλαγών που προκύπτουν από ανθρωπογενείς παράγοντες, σε συνδυασμό με την εφαρμογή των Προγραμμάτων Μέτρων για την προστασία και αποκατάσταση των υδατικών συστημάτων που προβλέπονται στα

Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (Ειδική Γραμματεία Υδάτων, <http://nmwn.ypeka.gr/>).

Ο σκοπός του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης είναι η συστηματική παρακολούθηση της ποσοτικής και ποιοτικής κατάστασης των επιφανειακών και υπογείων υδάτων στα 14 υδατικά διαμερίσματα της χώρας, σύμφωνα με το Π.Δ. 51/2007, αποβλέποντας στη δημιουργία μιας συνεκτικής και συνολικής εικόνας της κατάστασης των υδάτων σε κάθε λεκάνη απορροής ποταμού.

1.2.1 Αρμόδιοι φορείς του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης

Αρμόδια υπηρεσία για την παρακολούθηση, σε εθνικό επίπεδο, της ποιοτικής και ποσοτικής κατάστασης των επιφανειακών και υπογείων υδάτων είναι η Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ) του Υπουργείου Παραγωγικής Ανασυγκρότησης, Περιβάλλοντος και Ενέργειας, σε συνεργασία με τις Διευθύνσεις Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης. Για τη λειτουργία του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης της κατάστασης των υδάτων, η ΕΓΥ συντονίζει και επιβλέπει τους ακόλουθους Φορείς:

- Γενικό Χημείο του Κράτους (ΓΧΚ): Αναλύσεις χημικών παραμέτρων (ουσίες προτεραιότητας και ειδικοί ρύποι) σε όλα τα επιφανειακά ύδατα (ποταμοί, λίμνες, μεταβατικά και παράκτια). Για τις χημικές παραμέτρους, έχουν προσδιορισθεί, για κάθε σταθμό ξεχωριστά, οι παράμετροι που θα παρακολουθούνται και η συχνότητα παρακολούθησής τους οι οποίες εξαρτώνται από το είδος των πιέσεων που δέχεται το σύστημα στο οποίο βρίσκεται.
- Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ): Παρακολούθηση (δειγματοληψίες και αναλύσεις) των βιολογικών, των υδρομορφολογικών και των γενικών φυσικο-χημικών (διαφάνεια, θερμοκρασία, διαλυμένο οξυγόνο, BOD, αγωγιμότητα, τιμή pH, αλκαλικότητα, θρεπτικές ουσίες) παραμέτρων σε ποταμούς, μεταβατικά και παράκτια ύδατα, καθώς και για τις δειγματοληψίες χημικών παραμέτρων (ουσίες προτεραιότητας και ειδικοί ρύποι) στα μεταβατικά και παράκτια ύδατα (και αποστολή των δειγμάτων στο Γενικό Χημείο του Κράτους για αναλύσεις).
- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ): Παρακολούθηση (δειγματοληψίες και αναλύσεις) όλων των παραμέτρων (ποιοτικών, φυτοφάρμακα και στάθμη) στα υπόγεια ύδατα (έχουν προσδιορισθεί αναλυτικά για κάθε σταθμό οι παράμετροι που θα παρακολουθούνται). Γενικά, ενώ στα υπόγεια ύδατα υπάρχει μόνο ένας Φορέας αρμόδιος για την παρακολούθησή τους (το ΙΓΜΕ), στα επιφανειακά ύδατα υπάρχουν 5 εμπλεκόμενοι Φορείς και απαιτείται φυσικά συνεργασία μεταξύ τους. Οι αρμοδιότητες για τους σταθμούς στα επιφανειακά ύδατα φαίνονται και στον ακόλουθο πίνακα.

- Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων (ΕΚΒΥ): Παρακολούθηση (δειγματοληψίες και αναλύσεις) των βιολογικών, των υδρομορφολογικών και των γενικών φυσικο-χημικών στις λίμνες, καθώς και για τις δειγματοληψίες χημικών παραμέτρων στις λίμνες (και αποστολή των δειγμάτων στο Γενικό Χημείο του Κράτους για αναλύσεις).
- Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Λάρισας (ΔΕΥΑΛ): Δειγματοληψίες χημικών παραμέτρων σε ποταμούς και λίμνες (και αποστολή των δειγμάτων στο Γενικό Χημείο του Κράτους για αναλύσεις) μόνο στο Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας.
- Ινστιτούτο Εγγείων Βελτιώσεων (ΙΕΒ): Δειγματοληψίες χημικών παραμέτρων στους ποταμούς (και αποστολή των δειγμάτων στο Γενικό Χημείο του Κράτους για αναλύσεις) και τη συστηματική παρακολούθηση της παροχής σε περίπου 50 σταθμούς σε ποταμούς.

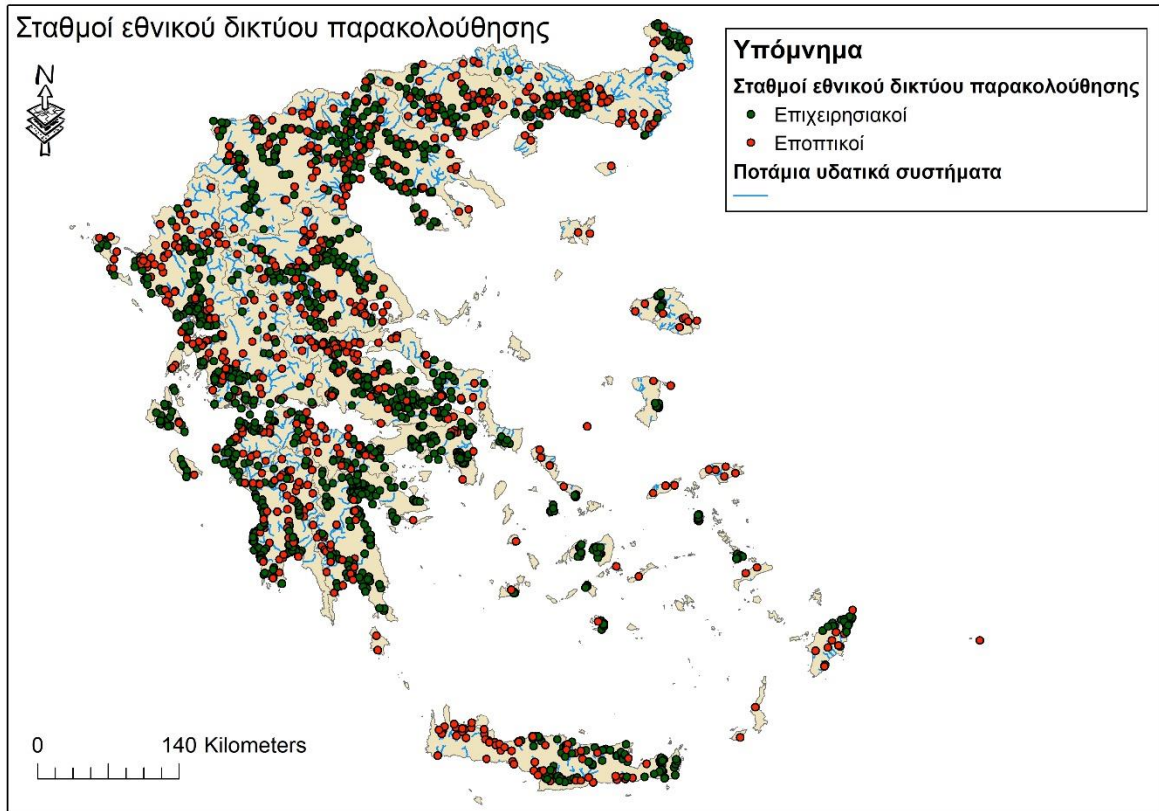
1.2.2 Σταθμοί του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης

Οι σταθμοί παρακολούθησης που παρατίθενται στους πίνακες του Παραρτήματος της υπ' Αριθμ. οικ. 140384 / 2011 ΚΥΑ «Ορισμός Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων με καθορισμό των θέσεων (σταθμών) μετρήσεων και των φορέων που υποχρεούνται στην λειτουργία τους, κατά το άρθρο 4, παράγραφος 4 του Ν. 3199/2003 (Α' 280)» (ΦΕΚ 2017/Β/9-9-2011).

Το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης περιλαμβάνει 449 σταθμούς παρακολούθησης σε ποταμούς, 53 σταθμούς σε λίμνες, 34 σε μεταβατικά, 80 σε παράκτια και 1392 σταθμούς σε υπόγεια ύδατα (δηλ. συνολικός αριθμός σταθμών: 2008, από τους οποίους οι 616 βρίσκονται σε επιφανειακά και οι 1392 σε υπόγεια ύδατα) (**Χάρτης 1**).

Οι σταθμοί διακρίνονται σε εποπτικούς και επιχειρησιακούς:

- οι εποπτικοί (300 σταθμοί) βρίσκονται σε υδατικά συστήματα που είναι σε καλή κατάσταση και λειτουργούν μόνο για μια συγκεκριμένη περίοδο (μόνο για ένα χρόνο)
- οι επιχειρησιακοί (149 σταθμοί) βρίσκονται σε συστήματα που δεν είναι σε καλή κατάσταση και λειτουργούν συνεχώς (δηλ. ένας επιχειρησιακός σταθμός, αν διαπιστωθεί ότι η κατάσταση του συστήματος που βρίσκεται βελτιώθηκε σε καλή, μπορεί τότε να χαρακτηριστεί ως εποπτικός).



Χάρτης 1. Οι σταθμοί του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης.

1.2.3 Μεθοδολογία επιλογής των σταθμών παρακολούθησης και δειγματοληψίας

Το δίκτυο παρακολούθησης των επιφανειακών υδάτων καθορίζεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του άρθρου 8 της Οδηγίας και σύμφωνα με αυτή, η παρακολούθηση διακρίνεται σε τρία είδη:

- την εποπτική παρακολούθηση, η οποία έχει στόχο την επικύρωση της διαδικασίας εκτίμησης των επιπτώσεων, τον αποτελεσματικό σχεδιασμό των μελλοντικών προγραμμάτων παρακολούθησης, την εκτίμηση των μακροπρόθεσμων μεταβολών των φυσικών συνθηκών, καθώς και την εκτίμηση των μακροπρόθεσμων μεταβολών που προκύπτουν από ανθρώπινες δραστηριότητες.
- την επιχειρησιακή παρακολούθηση, η οποία έχει στόχο τον προσδιορισμό της κατάστασης των συστημάτων που έχουν χαρακτηριστεί ότι κινδυνεύουν να μην επιτύχουν τους περιβαλλοντικούς στόχους, καθώς και την αξιολόγηση των μεταβολών στην κατάστασή τους από την επιβολή προγραμμάτων μέτρων.
- την διερευνητική παρακολούθηση, η οποία διενεργείται όταν είναι άγνωστη η αιτία των υπερβάσεων, όταν η εποπτική παρακολούθηση δείχνει ότι είναι

απίθανο να επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί ή όταν η επιχειρησιακή παρακολούθηση δεν έχει εφαρμοστεί ώστε να εξακριβωθούν οι αιτίες μη επίτευξης των στόχων, ή τέλος προκειμένου να εξακριβωθεί το μέγεθος και οι επιπτώσεις ρύπανσης οφειλόμενης σε ατύχημα.

Από το είδος της παρακολούθησης που διεξάγεται σύμφωνα με τη Οδηγία 2000/60/ΕΕ εξαρτάται και ο καθορισμός των σημείων δειγματοληψίας. Συγκεκριμένα:

Κατά την εποπτική παρακολούθηση, θα πρέπει εκτός των άλλων να ελέγχονται σημεία όπου:

- παρατηρείται αυξημένη παροχή νερού γενικά στη λεκάνη του ποταμού (συμπεριλαμβανομένων σημείων σε μεγάλους ποταμούς των οποίων η λεκάνη απορροής ξεπερνά τα 2.500 km²).
- ο όγκος του νερού στην περιοχή της λεκάνης είναι μεγάλος, συμπεριλαμβανομένων λιμνών και ταμιευτήρων.
- υπάρχουν σημαντικά συστήματα νερών σε όρια Κρατών-Μελών.
- έχουν προσδιοριστεί σύμφωνα με την ΑΠΟΦΑΣΗ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 12ης Δεκεμβρίου 1977 (77/795/ΕΟΚ) περί καθιέρωσης κοινής διαδικασίας ανταλλαγής πληροφοριών για την ποιότητα των γλυκών επιφανειακών υδάτων της Κοινότητας.
- απαιτούνται για την εκτίμηση της μολυσματικής φόρτισης που μεταφέρεται μεταξύ ορίων των κρατών-μελών και καταλήγουν στο θαλάσσιο περιβάλλον.
- η τοπολογία παίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή συστήματος, αφού σύμφωνα με το Παράρτημα II, τα ποτάμια με λεκάνη απορροής μεγαλύτερη των 10km² και λίμνες με επιφάνεια μεγαλύτερη των 0,5m², αποτελούν συστήματα που συμπεριλαμβάνονται στις απαιτήσεις της Οδηγίας, οπότε και θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στα προγράμματα παρακολούθησης.

Κατά την επιχειρησιακή παρακολούθηση, θα πρέπει να ελέγχονται:

- συστήματα που έχουν προσδιοριστεί ως αποδέκτες ανθρωπογενών δραστηριοτήτων.
- συστήματα που υπάρχει ανάγκη παρακολούθησης σύμφωνα με τα αποτελέσματα της εποπτικής παρακολούθησης και για τα οποία υπάρχει κίνδυνος αποτυχίας των περιβαλλοντικών στόχων.
- όλα τα συστήματα στα οποία γίνεται διάθεση των ουσιών προτεραιότητας.

Πίνακας 1. Η συχνότητα δειγματοληψίας ανα ποιοτικό στοιχείο και ανα υδάτινο σώμα.

Ποιοτικό στοιχείο	Ποταμοί	Λίμνες	Μεταβατικά	Παράκτια
Βιολογικό				
Φυτοπλαγκτόν	6 μήνες	6 μήνες	6 μήνες	6 μήνες
Λοιπή υδατική χλωρίδα	3 έτη	3 έτη	3 έτη	3 έτη
Μακροασπόνδυλα	3 έτη	3 έτη	3 έτη	3 έτη
Ψάρια	3 έτη	3 έτη	3 έτη	
Υδρομορφολογικό				
Συνέχεια	6 έτη			
Υδρολογία	Συνεχής	1 μήνας		
Μορφολογία	6 έτη	6 έτη	6 έτη	6 έτη
Φυσικοχημικό				
Θερμικές συνθήκες	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες
Οξυγόνωση	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες
Αλατότητα	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες	
Κατάσταση θρεπτικών	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες
Κατάσταση οξίνισης	3 μήνες	3 μήνες		
Λοιποί ρύποι	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες	3 μήνες
Ουσίες προτεραιότητας	1 μήνας	1 μήνας	1 μήνας	1 μήνας

1.2.4 Παρακολουθούμενες παράμετροι

Σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ, οι παράμετροι παρακολούθησης διακρίνονται σε:

- υποχρεωτικές - προτεινόμενες φυσικοχημικές παράμετροι παρακολούθησης (Παράρτημα V της Οδηγίας)
- ουσίες προτεραιότητας (Παράρτημα X της Οδηγίας)
- άλλοι ρύποι
- επικίνδυνες ουσίες (Παράρτημα IX), οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά και από άλλες επιμέρους Οδηγίες της Ε.Ε. και οι οποίες ομαδοποιούνται στους Καταλόγους I και II, για κάποιες από τις οποίες καθορίζονται οι κατευθυντήριες και οριακές τιμές τους σε συνάρτηση με την ποιότητα του συστήματος.
- ουσίες που συνδέονται με πιέσεις που ασκούνται στο σύστημα - ενδεχόμενες σημειακές και διάχυτες πηγές ρύπανσης και οι οποίες αναφέρονται στο Παράρτημα VIII της 2000/60/ΕΚ, καθώς και σε άλλες Οδηγίες της Ε.Ε.

Οι υποχρεωτικές παράμετροι που ορίζει Οδηγία 2000/60/ΕΕ (Παράρτημα V) για τον προσδιορισμό της χημικής κατάστασης των υπόγειων υδάτων είναι η αγωγιμότητα και οι συγκεντρώσεις ρύπων. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι υποχρεωτικές και προτεινόμενες παράμετροι παρακολούθησης των επιφανειακών υδάτων, σύμφωνα με την Οδηγία.

Πίνακας 2. Υποχρεωτικές και προτεινόμενες φυσικοχημικές παράμετροι παρακολούθησης (Υποχρεωτικές Παράμετροι, Προτεινόμενες Παράμετροι Παρακολούθησης).

Εξεταζόμενες Παράμετροι	Μέτρηση Παραμέτρου	Ποτάμια	Λίμνες	Μεταβατικά ύδατα	Παράκτια ύδατα
Θερμικές συνθήκες	Θερμοκρασία	✓	✓	✓	✓
Συνθήκες Οξυγόνωσης	Διαλυμένο οξυγόνο	✓	✓	✓	✓
Αλατότητα	Ηλεκτρική αγωγιμότητα	✓	✓	✓	✓
Κατάσταση οξίνισης	pH Αλκαλικότητα/ ANC	✓	✓		
Συνθήκες θρεπτικών ουσιών	Ολικός φωσφόρος, Διαλυμένος φωσφόρος Ολικό άζωτο Νιτρικά και νιτρώδη ιόντα Αμμώνιο	✓	✓	✓	✓
Άλλες παράμετροι	Αιωρούμενα στερεά Θολότητα	✓			
Διαφάνεια	Βάθος secchi		✓	✓	✓

Εξεταζόμενες Παράμετροι	Μέτρηση Παραμέτρου	Ποτάμια	Λίμνες	Μεταβατικά ύδατα	Παράκτια ύδατα
	Θολότητα Χρώμα				
Συγκεκριμένοι ρύποι	<p><i>Ρύπανση από όλες τις ουσίες προτεραιότητας (Παράρτημα Χ – Οδηγία 2000/60/ΕΚ) οι οποίες είναι γνωστό ότι απορρίπτονται στο υδατικό σύστημα</i></p> <p><i>Ρύπανση από άλλες ουσίες οι οποίες είναι γνωστό ότι απορρίπτονται σε σημαντικές ποσότητες στο υδατικό σύστημα.</i></p>	✓			

Οι τεχνικές προδιαγραφές και οι τυποποιημένες μέθοδοι για την ανάλυση και την παρακολούθηση της κατάστασης των νερών καθορίζονται σύμφωνα με την διαδικασία του άρθρου 21 της οδηγίας 2000/60/ΕΚ.

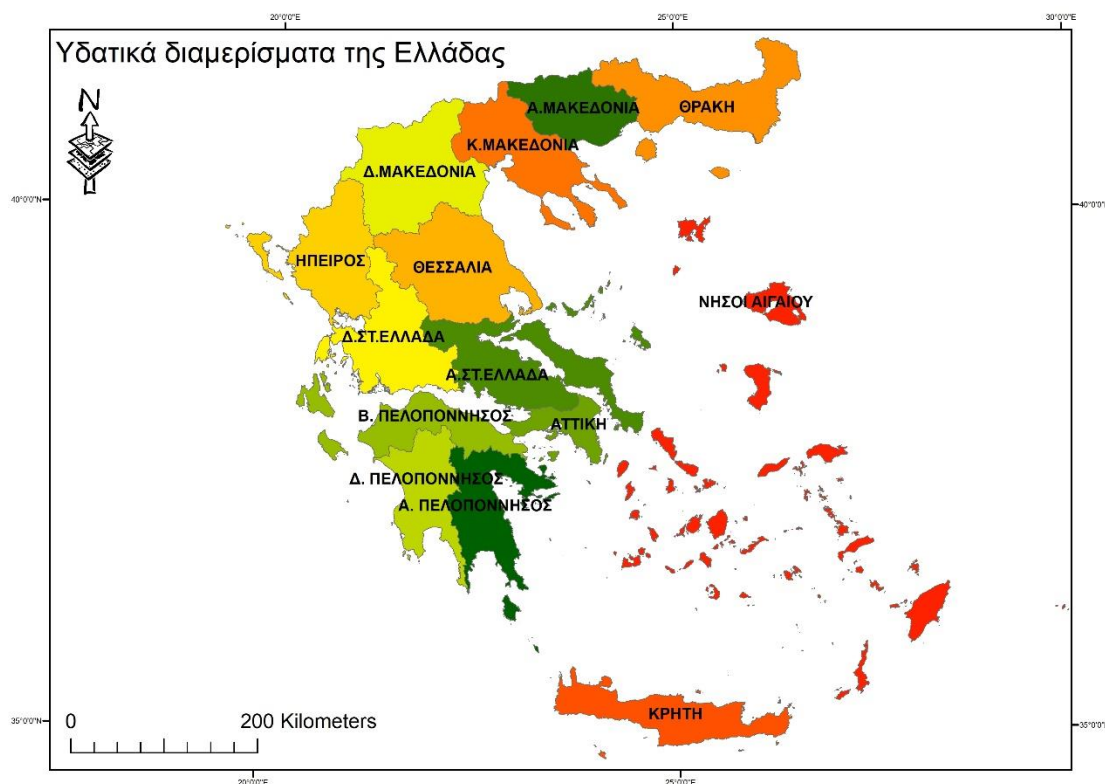
1.2.5 Αναθεώρηση του Δικτύου Παρακολούθησης

Το πρόγραμμα Παρακολούθησης της κατάστασης των υδάτων, συνιστά μέρος του σχεδίου διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού, εγκρίνεται όπως τα σχέδια διαχείρισης, αναθεωρείται ανά 6 έτια και περιέχει ειδικότερα μέτρα που εξασφαλίζουν τη διαρκή παρακολούθηση των ποιοτικών παραμέτρων και της ποσοτικής κατάστασης των υδάτων καθώς και της οικολογικής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στην παρούσα εργασία περιλαμβάνονται 18 ποτάμια υδατικά συστήματα που κατανέμονται σε 16 λεκάνες απορροής (όπως έχουν οριοθετηθεί από την ΕΓΥ) και ανήκουν σε 11 υδατικά διαμερίσματα.



Χάρτης 2. Τα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας.

2.1 Υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Μακεδονίας

Το Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Μακεδονίας έχει όρια τα όρη Κερδύλια (1091 m), Βερτίσκος (1103 m), Κρούσια (1179 m) και Μπέλες (2031 m) στα δυτικά, το Φαλακρό (2111 m) και τα Όρη Λεκάνης (1298 m) στα ανατολικά νοτιοανατολικά, τους Κόλπους του Ορφανού (ή Στρυμονικό) και της Καβάλας προς νότο, και προς βορρά την οροσειρά Μπέλες. Η συνολική έκταση του διαμερίσματος είναι 7281 km².

Το υδατικό διαμέρισμα είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος πεδινό και κατά το μικρότερο τμήμα του ορεινό και ημιορεινό. Οι πεδιάδες των Σερρών και της Δράμας αποτελούν το μεγαλύτερο τμήμα του διαμερίσματος^{22,17}.

Σύμφωνα με το ΙΓΜΕ (1996), η γεωλογική δομή του διαμερίσματος είναι η ακόλουθη: οι πεδιάδες καλύπτονται από αλλουβιακές αποθέσεις και τα κράσπεδά τους από διλλουβιακές αποθέσεις με μέγιστο πάχος 400 m. Υπάρχουν επίσης νεογενείς αποθέσεις μέγιστου πάχους 3000 m. Οι σχηματισμοί του υποβάθρου ανήκουν κατά

το δυτικό ήμισυ στη Σερβομακεδονική Ενότητα και κατά το ανατολικό στη Ενότητα της Ροδόπης. Οι δύο ενότητες διαχωρίζονται από το Στρυμόνα ποταμό. Η ενότητα της Ροδόπης περιλαμβάνει δύο σειρές πετρωμάτων: την κατώτερη των γνευσίων και την ανώτερη των μαρμάρων. Η Σερβομακεδονική ενότητα περιλαμβάνει επίσης δύο σειρές πετρωμάτων: την κατώτερη (των Κερδυλίων), με μάρμαρα, γνεύσιους και αμφιβολίτες και την ανώτερη (του Βερτίσκου), με γνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και στρώματα μαρμάρων. Στη δομή της περιοχής μετέχουν, ακόμη, εκρηξιγενή πετρώματα.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 14,5 ως 16,0°C. Το μέσο ετήσιο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Μακεδονίας είναι 675 mm⁶.

Ο κύριος επιφανειακός υδατικός πόρος του διαμερίσματος είναι ο ποταμός Στρυμόνας με τον παραπόταμό του Αγγίτη. Ο ποταμός Στρυμόνας έχει χαρακτηριστικά που πληρούν βασικά κριτήρια για άρδευση και απόληψη νερού για πόση ύστερα από επεξεργασία⁶.

Οι νομοί Δράμας και Σερρών χαρακτηρίζονται από εντατικές καλλιέργειες οι οποίες περιορίζονται στις πεδινές εκτάσεις. Κύριες καλλιέργειες είναι το καλαμπόκι, τα σιτηρά, το βαμβάκι, τα ελαιόδενδρα, τα αμπέλια, τα τεύτλα, το κριθάρι, ο καπνός και οι αμυγδαλιές. Η τροφοδότηση των υδάτινων αποδεκτών με φώσφορο και άζωτο από επιφανειακές απορροές ανέρχεται σε 27% και 81% αντίστοιχα των συνολικών φορτίων P και N⁶. Οι υπάρχουσες βιομηχανίες παράγουν το 10% του συνολικού οργανικού φορτίου, το 24% του συνολικού φορτίου στερεών και το 19% του συνολικού παραγόμενου φορτίου φωσφόρου. Αντίθετα η επιβάρυνση του υδατικού διαμερίσματος με άζωτο από τον βιομηχανικό κλάδο είναι εξαιρετικά περιορισμένη (0,5%)⁶.

2.1.1 Στρυμόνας

Η κύρια υδρολογική λεκάνη του υδατικού διαμερίσματος είναι εκείνη του Στρυμόνα ή, ακριβέστερα, το κατάντη τμήμα της ευρύτερης λεκάνης του Στρυμόνα, της οποίας το ανάντη τμήμα βρίσκεται σε βουλγαρικό έδαφος⁶. Ο ποταμός Στρυμόνας έχει δύο κλάδους: (α) τον κύριο κλάδο που εισέρχεται στο ελληνικό έδαφος από τη Βουλγαρία, και (β) τον παραπόταμο Αγγίτη. Μετά την είσοδο στο ελληνικό έδαφος ο ποταμός συναντά τον Αγγίτη, ο οποίος δέχεται και τα νερά της στραγγιστικής τάφρου των Τεναγών των Φιλίππων. Στη συνέχεια, ο ποταμός εκβάλλει στον Κόλπο Ορφανού ή αλλιώς Στρυμονικό Κόλπο. Σημαντικό ρόλο έχει η τεχνητή λίμνη Κερκίνη στον άνω ρου του Στρυμόνα, η οποία έχει κατασκευαστεί με κύριο στόχο την ανάσχεση των πλημμυρών του ποταμού και σήμερα αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους υγρότοπους της χώρας⁶.

Η Λεκάνη Στρυμόνα (μαζί με τον Αγγίτη) οριοθετείται από τις ακόλουθες οροσειρές: Κερδύλια, Βερτίσκος, Κρούσια, Μπέλες στο δυτικό όριο, Φαλακρό, Όρη Λεκάνης και Παγγαίο στα ανατολικά-νοτιοανατολικά.

Σύμφωνα με τους Χαλκίδης και Παπαδήμος (2007) τα κυριότερα προβλήματα που έχουν προκύψει στην περιοχή σχετίζονται με την υφιστάμενη διαχείριση του αρδευτικού νερού και των αγροοικοσυστημάτων και είναι τα ακόλουθα:

1. Οι μεγάλες απώλειες νερού κατά τη μεταφορά και διανομή του από τα ημιτελή ή ανεπαρκώς συντηρημένα, λόγω του υψηλού κόστους, δίκτυα άρδευσης.
2. Η άρδευση των κατόντη γεωργικών εδαφών με νερό, προερχόμενο από τις στραγγιστικές τάφρους, γεγονός που εγκυμονεί τον κίνδυνο αλάτωσής τους.
3. Η συνεχής υποβάθμιση του οικοσυστήματος της Κερκίνης, λόγω της μεταβολής της υδροπεριόδου της, από την συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη για αποθήκευση μεγαλύτερων ποσοτήτων νερού για άρδευση.
4. Η μεγάλη περιεκτικότητα των επιφανειακών υδάτων σε θρεπτικά άλατα, κυρίως $\text{NO}_3\text{-N}$ και $\text{PO}_4\text{-P}$, προερχόμενα από τις απορροές γεωργικών εδαφών, τα οποία καταλήγουν στον Στρυμονικό κόλπο, οδηγώντας τον στον ευτροφισμό.
5. Η είσοδος, αρκετά ανάντη στον Στρυμόνα, θαλασσινού νερού, λόγω της μειωμένης θερινής του παροχής, εξαιτίας των αρδεύσεων.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων της περιόδου 1980–1997, οι συγκεντρώσεις των νιτρικών, νιτρωδών και αμμωνιακών είναι αρκετά χαμηλές ώστε να καθιστούν τον ποταμό κατ' αρχήν κατάλληλο για πρόσληψη νερού προς πόση και τον κατατάσσουν στην κατηγορία A1 (Οδηγία 75/440/ΕΟΚ)⁶. Σχετικά αυξημένες σε σχέση με ιστορικά παλαιότερα στοιχεία εμφανίζονται οι συγκεντρώσεις φωσφόρου που σε ορισμένες περιπτώσεις υπερβαίνουν τα συνιστώμενα όρια της Οδηγίας 75/440/ΕΟΚ. Ο ποταμός Στρυμόνας έχει χαρακτηριστεί ως ευαίσθητος σύμφωνα με την ΚΥΑ υπ' αριθμόν 19661/1982/31-08-1999.



Χάρτης 3. Χάρτης χρήσεων γης της λεκάνης απορροής του Στρυμόνα.

2.2 Υδατικό διαμέρισμα Κεντρικής Μακεδονίας

Το Υδατικό Διαμέρισμα Κεντρικής Μακεδονίας αποτελεί τμήμα της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας και η συνολική του έκταση είναι 10390 km².

Το υδατικό διαμέρισμα περιλαμβάνει εκτεταμένες πεδιάδες κυρίως στο δυτικό τμήμα, οι σημαντικότερες από τις οποίες είναι αυτή της Θεσσαλονίκης, των Γιαννιτσών, του Λαγκαδά και της Χαλκιδικής. Δεν είναι ιδιαίτερα ορεινό, αφού περιλαμβάνει χαμηλά βουνά στην περιφερειακή ζώνη, ενώ υψόμετρο πάνω από 2000 μέτρα έχουν το όρος Άθως (2033 m) και το όρος Κερκίνη (2031 m). Από δύση προς ανατολή οι γεωτεκτονικές ενότητες που απαντώνται στο χώρο του υδατικού διαμερίσματος είναι η Πελαγονική, του Αξιού, η Περιοδοτική, η Σερβομακεδονική ενότητα και η ενότητα της Ροδόπης. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντώνται στο διαμέρισμα συνίστανται από ανθρακικά πετρώματα, σχιστόλιθους, φυλλίτες, οφιόλιθους, γρανίτες και γρανοδιορίτες, ενώ στην ευρύτερη περιοχή συναντώνται νεογενή ιζήματα και προσχώσεις, καθώς και παράκτιες αποθέσεις στις περιοχές των μεγάλων ποταμών και λιμνών.

Ο Νομός Θεσσαλονίκης και ο Νομός Πέλλης χαρακτηρίζονται από εντατικές καλλιέργειες οι οποίες περιορίζονται κυρίως στις πεδινές εκτάσεις. Η πεδιάδα της Θεσσαλονίκης είναι η δεύτερη σε έκταση πεδιάδα της χώρας στην οποία καλλιεργούνται κυρίως βαμβάκι, ρύζι, καλαμπόκι, σιτηρά, τεύτλα και καπνά. Η

τροφοδότηση των υδάτινων αποδεκτών με φώσφορο και άζωτο από επιφανειακές απορροές ανέρχεται σε 15% και 71% αντίστοιχα των συνολικών φορτίων P και N⁶. Η επιβάρυνση του υδατικού διαμερίσματος με θρεπτικά (άζωτο και φώσφορο) από τον βιομηχανικό κλάδο είναι εξαιρετικά περιορισμένη (0,6% και 0,4% αντίστοιχα).

Οι κύριες λεκάνες του διαμερίσματος είναι αυτές των λιμνών Θεσσαλονίκης (2161 km²), του Αξιού (1636 km²), του Λουδία (1251 km²) και του Γαλλικού (1055 km²).

2.2.1 Αξιός (και Λουδίας)

Ο ποταμός Αξιός πηγάζει από την ορεινή ζώνη μεταξύ Αλβανίας και ΠΓΔΜ και η συνολική λεκάνη απορροής του είναι 22250 km². Από την έκταση αυτή, σε ελληνικό έδαφος βρίσκονται 2513 km², από τα οποία 1636 km² αντιστοιχούν στο τελευταίο τμήμα πριν την εκβολή του στη θάλασσα και 901 km² αντιστοιχούν σε παραπόταμο ο οποίος βρίσκεται στην πεδιάδα της Φλώρινας (Σακουλέβας) και συμβάλλει με τον Αξιό στο έδαφος της ΠΓΔΜ. Οι κυριότερες υπολεκάνες του Αξιού στο ελληνικό έδαφος είναι του Αγιάκ (360 km²), του Γυναικοκάστρου (150 km²) και του Κοτζά Ντερέ (140 km²)⁶.

Η παροχή του ποταμού όταν εισέρχεται στο ελληνικό έδαφος εξαρτάται από τη διαχειριστική πολιτική στην ΠΓΔΜ⁶. Σύμφωνα με μετρήσεις η μέση ετήσια παροχή στις δεκαετίες 1950 και 1960 υπολογίζονταν σε 170 m³/s, ενώ με βάση στοιχεία της δεκαετίας 1985–1995 η παροχή εκτιμάται σε 90 m³/s. Η ελάχιστη συμφωνημένη μέση παροχή του Αξιού στα σύνορα το μήνα Ιούλιο ανέρχεται σε 29,5 m³/s. Οι σποραδικές μετρήσεις που εκτελέστηκαν κατά καιρούς σε διάφορες θέσεις της λεκάνης συνηγορούν σε μια εκτίμηση της απορροής του ελληνικού τμήματος της λεκάνης της τάξεως των 6 m³/s ⁶.

Ο ποταμός Αξιός αποτελεί σήμερα το πιο σημαντικό θέμα σε ό,τι αφορά τις συμφωνίες σχετικά με τα διακρατικά νερά. Διαχρονικά, κύριος άξονας της πολιτικής είναι η εξασφάλιση ελάχιστων παροχών αποδεκτής ποιότητας στα σύνορα με την ΠΓΔΜ.

Σημαντική πηγή επιβάρυνση για τον Αξιό αποτελούν οι αγροτικές δραστηριότητες (π.χ. χρήση λιπασμάτων) σε πολλές περιοχές στην ΠΓΔΜ και στην Ελλάδα (Αξιούπολη, Χαλάστρα), αλλά και η λειτουργία βιομηχανιών λιπασμάτων στη βιομηχανική περιοχή Πολυκάστρου-Αξιούπολης και στο Βέλες της ΠΓΔΜ. Μικρότερη συνεισφορά στα φορτία θρεπτικών έχουν τα αστικά και βιομηχανικά λίματα των περιοχών Κουφάλια-Γέφυρα και Πολύκαστρο-Αξιούπολη⁷.

Ο ποταμός Λουδίας βρίσκεται μεταξύ των ποταμών Αλιάκμονα και Αξιού και παροχετεύει λεκάνη απορροής έκτασης 1251 km². Σύμφωνα με σποραδικές μετρήσεις η απορροή προς τη θάλασσα εκτιμάται σε περίπου 10 m³/s, από τα οποία τα 3 m³/s περίπου αποτελούν την απορροή της λεκάνης, ενώ τα υπόλοιπα 7 m³/s

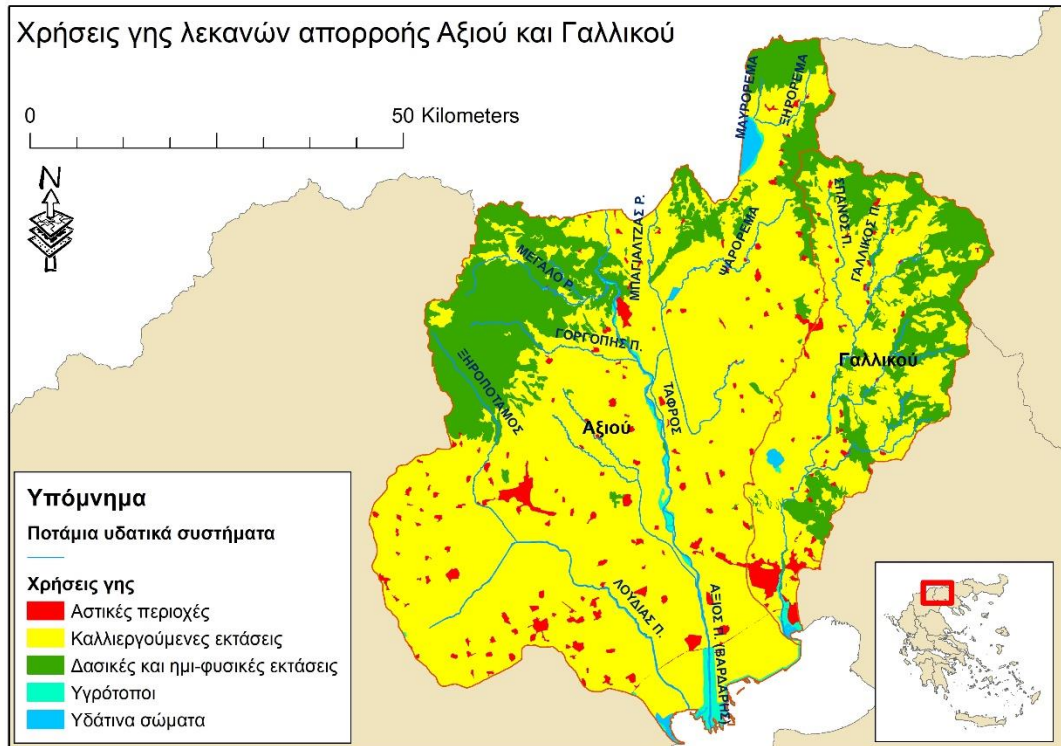
είναι πλεονάζοντα αρδευτικά νερά, που εκτρέπονται από τον Αλιάκμονα και τον Αξιό⁶.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ποταμού Αξιού τον καθιστούν καταρχήν κατάλληλο για απόληψη νερού προς πόση, παρά τα αυξημένα ρυπαντικά φορτία τα οποία δέχεται. Ο Αξιός πριν εισέλθει στην Ελλάδα γίνεται αποδέκτης βιομηχανικών αποβλήτων από τις ευρισκόμενες κατά μήκος του βιομηχανίες τροφίμων, χάρτου, χημικών προϊόντων, υφαντουργίας, οικοδομικών υλικών, μεταλλουργίας και διυλιστηρίων πετρελαίου⁶. Παράλληλα είναι αποδέκτης των αστικών λυμάτων και των επιφανειακών απορροών των περιοχών της κοιλάδας του Αξιού. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι οι μέγιστες τιμές του 95% των δειγμάτων κυμαίνονται από 22,6 μέχρι 30,5 mg/L NO₃ ενώ στη γέφυρα Κουφαλίων έχουν περιστασιακά καταγραφεί συγκεντρώσεις νιτρικών κοντά στα 80 mg/L NO₃. Αρκετά υψηλές είναι επίσης και οι τιμές των φωσφορικών στον ποταμό Αξιό, αφού σύμφωνα με τα στοιχεία του ΥΠΕΧΩΔΕ (2000–2002) σε όλες τις θέσεις έχουν καταγραφεί τιμές μεγαλύτερες από τη συνιστώμενη τιμή της Οδηγίας για την κατηγορία Α3 (0,7 mg/L P₂O₅) με τις μέσες τιμές να φτάνουν τα 1,7 mg/L P₂O₅ (μέγιστη 3,94 mg/L P₂O₅) στη γέφυρα Αξιούπολης, τα 1,24 mg/L P₂O₅ στη γέφυρα Χαλάστρας και τα 0,39 mg/L P₂O₅ στη γέφυρα Κουφαλίων. Στον ποταμό Λίγκο (παραπόταμο του Αξιού) σύμφωνα με παλαιότερες μετρήσεις, ιδιαίτερα αυξημένες είναι οι συγκεντρώσεις φωσφόρου, ενώ στη θέση Τριπόταμου οι συγκεντρώσεις αμμωνιακών υπερβαίνουν τα 4 mg/L με συνέπεια να καθίσταται ο ποταμός Λίγκος ακατάλληλος για πόση. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι παραπόταμοι του Αξιού, Βαρδαρόβασης και Πόροια έχουν χαρακτηριστεί ως ευαίσθητα υδάτινα σώματα σύμφωνα με την ΚΥΑ υπ' αριθμόν 19661/1982/31-08-1999.

2.2.2 Γαλλικός

Ο ποταμός Γαλλικός, με λεκάνη απορροής 1055 km², πηγάζει από τα όρη Μαυροβούνιο και Κρούσια και αφού διασχίσει το ανατολικό τμήμα της πεδιάδας Θεσσαλονίκης εκβάλλει δυτικά της πόλης. Στην περιοχή διατίθενται σποραδικές μετρήσεις απορροής, με βάση τις οποίες η τάξη μεγέθους της συνολικής ετήσιας απορροής του ποταμού εκτιμάται σε 1,7 m³/s.

Η εντατική χρήση λιπασμάτων εντός της λεκάνης του Γαλλικού αποτελεί και την κυριότερη πίεση σχετικά με τα φορτία θρεπτικών στα υδατικά συστήματα της λεκάνης απορροής. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Mattas et al. (2014), τα φορτία ολικού ανόργανου αζώτου και φωσφόρου που καταλήγουν στη λεκάνη από αγροτικές δραστηριότητες υπολογίζονται σε 2049 tn/yr και 25,6 tn/yr αντίστοιχα, από ελεύθερη και εσταβλισμένη κτηνοτροφία σε 806,6 tn/yr και 102,5 tn/yr αντίστοιχα, ενώ από αστικά λύματα σε 1240 tn/yr και 199 tn/yr αντίστοιχα.



Χάρτης 4. Χάρτης χρήσεων γης των λεκανών απορροής του Αξιού και του Γαλλικού.

2.3 Υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Μακεδονίας

Το Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Μακεδονίας περιλαμβάνει το δυτικό τμήμα του γεωγραφικού διαμερίσματος Μακεδονίας και η συνολική του έκταση είναι 13441 km².

Το υδατικό διαμέρισμα περιλαμβάνει εννέα βουνά με ύψος μεγαλύτερο από 2000 μέτρα. Δύο ορεινά συγκροτήματα με διεύθυνση βορρά-νότου διαπερνούν το διαμέρισμα διαχωρίζοντας τρεις μεγάλες πεδινές εκτάσεις. Το πρώτο ορεινό συγκρότημα αποτελείται από τα Όρη Βέρνον (2128 μέτρα), Άσκιον (2111 μέτρα) και Βούρινος (1688 μέτρα), ενώ το δεύτερο από τα όρη Βόρρας (2524 μέτρα), Βέρμιο (2052 μέτρα) και Πιέρια (2180). Στα δυτικά του διαμερίσματος διακρίνονται οι πεδινές εκτάσεις της Καστοριάς και των Γρεβενών, στο κέντρο οι πεδινές εκτάσεις της Πτολεμαΐδας, και στα ανατολικά οι πεδιάδες Έδεσσας, Νάουσας, Βέροιας και Πιερίας⁶. Ακόμη στα βόρεια υπάρχει η πεδιάδα της Φλώρινας, η οποία εκτείνεται και εκτός της ελληνικής επικράτειας.

Η γεωτεκτονική δομή του υδατικού διαμερίσματος είναι πολυσύνθετη. Από δύση προς ανατολή συναντώνται οι ενότητες της Πίνδου, Πελαγονική, Αλμωπίας και Πάικου και οι γεωλογικές ενότητες Καστοριάς, Βόρειων Κυκλάδων και Ολύμπου. Από λιθολογική άποψη η περιοχή δομείται από μεσοζωικά ανθρακικά πετρώματα, γνεύσιους, φυλλίτες, σχιστόλιθους, οφιόλιθους, φλύσχη, γρανίτες, μολασσικά κλαστικά ιζήματα της μεσοελληνικής αύλακας, νεογενείς σχηματισμούς, και

πλειστοκαινικές και αλλουβιακές αποθέσεις στις χαμηλότερες τοπογραφικά περιοχές¹⁷.

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κυμαίνεται από 600 μέχρι 1000 mm, ενώ στα ορεινά τμήματα ξεπερνάει και τα 1200 mm. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 14,5 και 17°C.

Οι κύριες υδρολογικές λεκάνες του διαμερίσματος είναι αυτές του Αλιάκμονα (8813 km²), της κλειστής λεκάνης Πτολεμαΐδας (2133 km²), της λεκάνης του Αξιού στο Νομό Φλώρινας (863 km²) και της λεκάνης του ποταμού Αίσωνα ή Μαυρονερίου (815 km²). Άλλες αξιόλογες λεκάνες, με έκταση μικρότερη των 600 km², είναι αυτές των λιμνών Καστοριάς (περιλαμβάνεται στη λεκάνη του Αλιάκμονα), Βεγορίτιδας, Χειμαδίτιδας και Πετρών (που περιλαμβάνονται στη λεκάνη της Πτολεμαΐδας), καθώς και οι λεκάνες Πρεσπών και του ποταμού Χελοποτάμου⁶.

Ο κύριος υδατικός πόρος του διαμερίσματος, ο ποταμός Αλιάκμονας, έχει ποιοτικά χαρακτηριστικά που ικανοποιούν τις απαιτήσεις της άρδευσης. Σε ό,τι αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ποταμού, που σχετίζονται με την καταλληλότητά του για την ύδρευση της Θεσσαλονίκης, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η παρεχόμενη επεξεργασία είναι υψηλού επιπέδου, με αποτέλεσμα το τελικό προϊόν να είναι υψηλής ποιότητας.

Κύριες πηγές ρύπανσης των υδάτων του διαμερίσματος αποτελούν οι έντονες γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες, σε συνδυασμό με το φορτίο των αστικών λυμάτων.

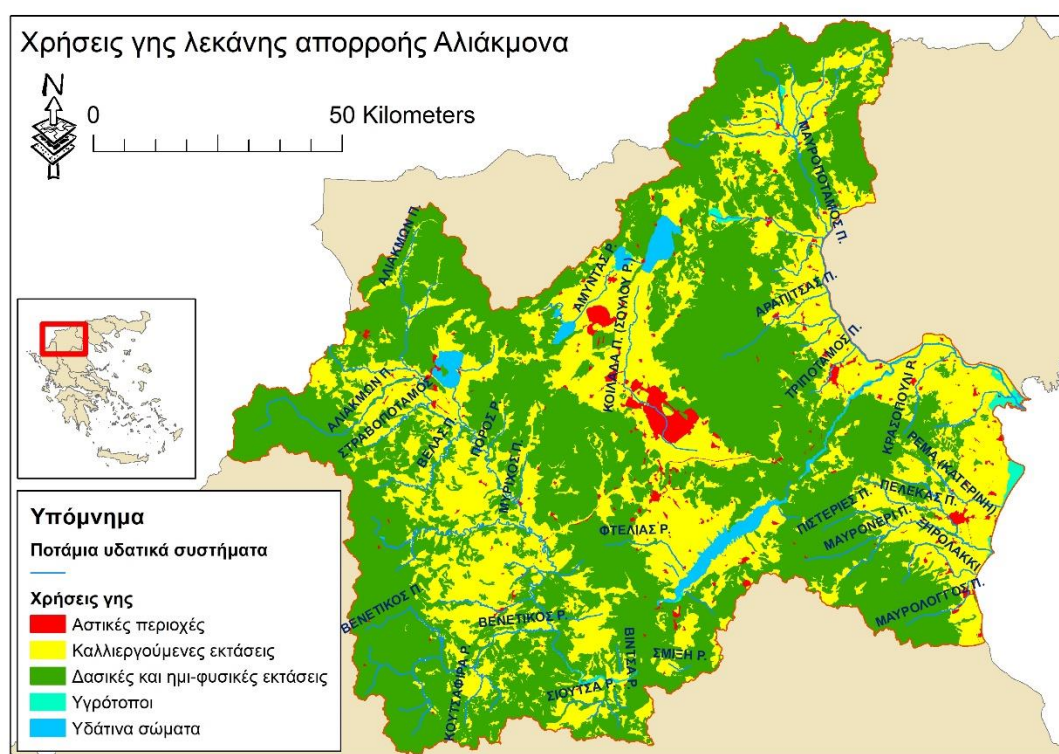
Οι Νομοί Πέλλας, Ημαθίας και Πιερίας χαρακτηρίζονται από εντατικές καλλιέργειες οι οποίες περιορίζονται κυρίως στις πεδινές εκτάσεις. Κύριες καλλιέργειες είναι ο καπνός, το βαμβάκι, τα τεύτλα, καθώς και οι δενδροκαλλιέργειες (κυρίως στους Νομούς Ημαθίας και Πέλλας). Η τροφοδότηση των υδάτινων αποδεκτών με φώσφορο και άζωτο από τις επιφανειακές απορροές ανέρχεται σε 37% και 77% αντίστοιχα επί του συνόλου του φορτίου⁶. Οι διάφορες βιομηχανίες παράγουν μόλις το 3% του συνολικού οργανικού φορτίου, το 1% του συνολικού φορτίου στερεών, ενώ σχεδόν μηδενική είναι η συμμετοχή τους στα συνολικά φορτία αζώτου και φωσφόρου.

2.3.1 Αλιάκμονας

Ο ποταμός Αλιάκμονας χαρακτηρίζεται από πολυσχιδές υδρογραφικό δίκτυο και είναι ο μεγαλύτερος σε μήκος ποταμός σε ελληνικό έδαφος (314 km). Η λεκάνη του εκτείνεται στο δυτικό και νότιο τμήμα του υδατικού διαμερίσματος και ορίζεται βόρεια από τα Όρη Βέρνον και Βέρμιο, δυτικά από τη Βόρεια Πίνδο, νότια από τα Χάσια και τα Καμβούνια, και ανατολικά από τα Πιέρια Όρη. Οι κυριότερες υπολεκάνες είναι αυτές της Περιφερειακής Τάφρου (1443 km²), Βενέτικου (871 km²), Προμόρτσα (386 km²), της κλειστής λίμνης Καστοριάς (353 km²), Εδεσσαίου (292 km²), Τριπόταμου

(252 km²), Αραπίτσα (178 km²) και του Γρεβενίτικου (117 km²). Στον Αλιάκμονα έχουν κατασκευαστεί οι τεχνητοί ταμιευτήρες Ιλαρίων, Πολύφυτο, Σφηκιά, Ανώματα και Βαρβάρες.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνεται ότι σε γενικές γραμμές ο Αλιάκμονας έχει χαρακτηριστικά που ικανοποιούν τις απαιτήσεις των υφιστάμενων χρήσεων (άρδευση, ύδρευση), αφού οι τιμές των συγκεντρώσεων όλων των μετρούμενων ποιοτικών χαρακτηριστικών είναι χαμηλότερες από τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις –οδηγούς της Οδηγίας 75/440/ΕΟΚ για παραγωγή πόσιμου ύδατος. Παρόλα αυτά την περίοδο 2000–2003 σε ορισμένες θέσεις έχουν καταγραφεί τιμές νιτρικών μεγαλύτερες από 25 mg/L (θέσεις Άργος Ορεστικό 38,1 mg/L NO₃ και Γρεβενίτικος 59,8 mg/L) που είναι το συνιστώμενο όριο της Οδηγίας για την παραγωγή πόσιμου νερού⁶.



Χάρτης 5. Χάρτης χρήσεων γης της λεκάνης απορροής του Αλιάκμονα.

2.4 Υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

Η συνολική έκταση του διαμερίσματος είναι 13377 km². Το διαμέρισμα παρουσιάζει απλή γεωμορφολογική εικόνα, με τα ορεινά τμήματά του περιμετρικά και τα πεδινά στις κεντρικές περιοχές. Υπάρχουν πέντε ορεινοί όγκοι, μεταξύ των οποίων ο Όλυμπος, με υψόμετρο 2917 m, το ψηλότερο στην Ελλάδα. Το πεδινό τμήμα σε ανατολική και δυτική περιοχή από τα χαμηλά Χαλκηδόνια Όρη. Οι δύο αυτές περιοχές είναι ανεξάρτητες από υδρογεωλογική άποψη. Το μέσο υψόμετρο του

διαμερίσματος είναι 285 m. Το Θεσσαλικό Πεδίο είναι τεκτονικό βύθισμα που περιβάλλεται από τις οροσειρές Ολύμπου-Καμβουνίων στα βόρεια, Πίνδου στα δυτικά, Όθρυος στα νότια και Πηλίου-Όσσας στα ανατολικά. Σύμφωνα με το ΙΓΜΕ (1996) στο υδατικό διαμέρισμα αναπτύσσονται από τα ανατολικά προς τα δυτικά οι ακόλουθες γεωτεκτονικές ζώνες και ενότητες:

- Ενότητα Όσσας, που συναντάται στο ομώνυμο βουνό και στον Όλυμπο. Αποτελεί τεκτονικό παράθυρο και συνίσταται από φυλλίτες, μάρμαρα και δολομίτες.
- Πελαγονική Ενότητα, που συναντάται στο ανατολικό τμήμα του διαμερίσματος και συνίσταται από κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και μάρμαρα, καθώς επίσης και από γνεύσιους, σχιστόλιθους και αμφιβολίτες.
- Υποπελαγονική Ενότητα, που συναντάται στην κεντρική Θεσσαλία, με κύριο χαρακτηριστικό την εκτεταμένη ανάπτυξη των οφιολιθικών υπερβασικών πετρωμάτων, του φλύσχη και των σχιστοκερατόλιθων.
- Ενότητα της Πίνδου, που αναπτύσσεται στα δυτικά όρια της πεδιάδας προς την οροσειρά της Πίνδου και αποτελείται από λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους σε εναλλαγές με σχιστοκερατόλιθους και φλύσχη.

Στο δυτικό τμήμα της Θεσσαλικής Πεδιάδας αναπτύσσονται τα μολασσιακά ιζήματα της μεσοελληνικής αύλακας, που στη συγκεκριμένη θέση αποτελούνται κυρίως από μεγάλο πάχους συνεκτικά κροκαλοπαγή. Το πεδινό τμήμα του διαμερίσματος, όπως επίσης και οι λόφοι που παρεμβάλλονται μεταξύ δυτικής και ανατολικής Θεσσαλίας, καλύπτονται από σύγχρονα τεταρτογενή και νεογενή ιζήματα.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 16 ως 17°C. Το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στο διαμέρισμα είναι σχετικά μεγάλο στα δυτικά, στη συνέχεια μειώνεται στο πεδινό τμήμα και αυξάνεται πάλι στο ορεινό ανατολικό τμήμα. Ενδεικτικές τιμές της ετήσιας βροχόπτωσης είναι 468 mm στο σταθμό Λάρισας, 550 mm στο σταθμό Τυρνάβου και 1142 mm στον πιο ορεινό σταθμό του Μουζακίου¹⁹. Στο σύνολο του διαμερίσματος, η μέση ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση εκτιμάται σε 678 mm¹⁸.

Το Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας, που έχει ως μείζονα χρήση την άρδευση, είναι σήμερα το πιο ελλειμματικό διαμέρισμα της ηπειρωτικής χώρας σε νερό. Οι κύριοι υδατικοί πόροι του διαμερίσματος είναι ο ποταμός Πηνειός και οι υπόγειοι υδροφορείς της δυτικής και της ανατολικής Θεσσαλίας.

Η Θεσσαλική πεδιάδα αποτελεί την μεγαλύτερη πεδινή έκταση στην Ελλάδα. Το μεγαλύτερο τμήμα καλύπτεται από εντατικές καλλιέργειες που έχουν σαν αποτέλεσμα την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων αζωτούχων λιπασμάτων. Εντατικές καλλιέργειες εκτείνονται σε όλες τις πεδινές και λοφώδεις εκτάσεις των Νομών Μαγνησίας, Καρδίτσας, Τρικάλων και Λαρίσης. Κύριες καλλιέργειες είναι το βαμβάκι, ο αραβόσιτος, ο καπνός, τα τεύτλα, τα κηπευτικά, οι δένδροκαλλιέργειες, τα σιτηρά και τα αμπέλια. Οι εντατικές αυτές καλλιέργειες έχουν σαν αποτέλεσμα την

μεγάλη κατανάλωση νερού και την χρήση μεγάλων ποσοτήτων αζωτούχων κυρίως λιπασμάτων. Η επιβάρυνση των αποδεκτών από την ελεύθερη κτηνοτροφία και την γεωργία έγκειται κυρίως στην τροφοδότηση των υδάτινων αποδεκτών με φώσφορο και άζωτο από επιφανειακές απορροές και ανέρχεται σε 40% και 84% αντίστοιχα επί των συνολικών φορτίων P και N⁶. Οι διάφορες βιομηχανίες παράγουν μόλις το 1% του συνολικού οργανικού φορτίου, το 3% του συνολικού φορτίου στερεών, το 0,2% του συνολικά παραγόμενου αζώτου και το 0,5% του συνολικά παραγόμενου φωσφόρου.

2.4.1 Πηνειός

Η κύρια υδρολογική λεκάνη του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας είναι η λεκάνη του Πηνειού, με έκταση περίπου 9500 km². Κυριότεροι παραπόταμοι του Πηνειού είναι προς τα νότια ο Ενιπέας, ο Φαρσαλιώτης, ο Σοφαδίτης και ο Καλέντζης, προς τα δυτικά-νοτιοδυτικά ο Πλιούρης (ή Πάμισος), ο Πορταϊκός και το Μουργκάνι, και στο βόρειο μέρος ο Ληθαίος, ο Νεοχωρίτης και ο Τιταρήσιος⁶.

Η λεκάνη απορροής του Πηνειού έχει μέση ετήσια απορροή 2742,8 hm³ και μέση ετήσια βροχόπτωση 1672,7 mm.

Πιο πρόσφατα στοιχεία του Υπουργείου Γεωργίας για την περίοδο 1998–2001 στον υδατόπυργο Δ. Λαρίσης καταδεικνύουν τιμές νιτρικών της τάξης των 54 mg/L NO₃, με τη μέγιστη τιμή του 95% των τιμών (48,6 mg/L σε σύνολο 23 μετρήσεων) να βρίσκεται οριακά κάτω από την επιτακτική τιμή της Οδηγίας για την παραγωγή πόσιμου νερού (50 mg/L NO₃)⁶. Οι σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών παρατηρούνται κυρίως κατά τους θερινούς μήνες και εκτιμάται ότι οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην απορροή από τις εκτεταμένες καλλιεργούμενες εκτάσεις της λεκάνης του ποταμού και των παραποτάμων του. Στις υπόλοιπες θέσεις δειγματοληψίας, σύμφωνα με στοιχεία του ΥΠΕΧΩΔΕ, έχουν καταγραφεί την περίοδο 2000–2003 τιμές νιτρικών της τάξης των 15 mg/L που δεν υπερβαίνουν όμως τα συνιστώμενα όρια της Οδηγίας για την κατηγορία Α1.

Τόσο ο Πηνειός όσο και οι παραπόταμοί του αποτελούν τον αποδέκτη των αστικών λυμάτων αξιόλογων οικιστικών περιοχών (ο Πηνειός είναι άμεσος αποδέκτης λυμάτων της Λάρισας, ο Καλέντζης της Καρδίτσας, ο Ληθαίος των Τρικάλων, ο Ενιπέας των Φαρσάλων, ο Σοφαδίτης των Σποράδων και ο Τιταρήσιος του Τυρνάβου και της Ελασσόνας)⁶. Παρά το γεγονός αυτό τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη ρύπανση από λύματα (του αμμωνιακού αζώτου, κολοβακτηρίδια) είναι ικανοποιητικά. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η συγκέντρωση αμμωνιακών (μέγιστη τιμή του 95% των μετρημένων δειγμάτων) αν και είναι υψηλότερη από την συνιστώμενη για την κατηγορία Α1 τιμή (0,05 mg/L NH₄), σε καμία περίπτωση δεν υπερβαίνει την ενδεικτική τιμή για την κατηγορία Α2 (1,0 mg/L NH₄). Αυτό κατά πάσα πιθανότητα οφείλεται στην επιτυχημένη λειτουργία των

εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων των κυριότερων πόλεων της περιοχής (Λάρισα, Τρίκαλα, Καρδίτσα).



Χάρτης 6. Χάρτης χρήσεων γης της λεκάνης απορροής του Πηνειού.

2.5 Υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

Το Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου έχει έκταση 10026 km², από τα οποία τα 641 km² ανήκουν στην Κέρκυρα. Ο υδροκρίτης του διαμερίσματος ορίζεται ανατολικά από τον όρμο Κοπραίνης του Αμβρακικού Κόλπου, και συνεχίζει στους ορεινούς όγκους Βάλτου, Αθαμανικών, οροσειράς βόρειας Πίνδου, Βόιου, και Γράμμου. Στη συνέχεια τα όρια του διαμερίσματος ορίζονται από τα ελληνοαλβανικά σύνορα.

Από γεωμορφολογική άποψη, το Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου είναι από τα πιο ορεινά διαμερίσματα της χώρας, δεδομένου ότι οι ορεινές περιοχές της είναι το 70% της συνολικής έκτασης, ενώ οι πεδινές μόνο το 15%. Έχει έντονο ανάγλυφο με μεγάλες κλίσεις πρηνών και βαθιές χαράδρες (π.χ. Βίκος, Αραχθος, Αχέροντας). Τα υψηλότερα βουνά του είναι ο Σμόλικας (2617 m), τα Τζουμέρκα (2500 m), ο Γράμμος (2500 m), η Τύμφη (2540 m), η Νεμέρτσκα (2200 m), ο Τόμαρος (2100 m), η Μουργκάνα (1900 m) κ.ά.

Το διαμέρισμα αναπτύσσεται κυρίως στις γεωτεκτονικές ενότητες Ιονίου, Ωλονού-Πίνδου και εν μέρει στην ενότητα Γαβρόβου¹⁷.

Η Ιόνιος Ενότητα σε γενικές γραμμές παρουσιάζει την παρακάτω στρωματογραφική διάρθρωση:

- σειρά των εβαποριτών και τριαδικών λατυποπαγών·
- σειρά των ανθρακικών πετρωμάτων ανωτέρων τριαδικών – ανωτέρου ηωκαίνου·
- φλύσχη ανωτέρου ηωκαίνου-ακουιτανίου·
- ψαμμιτο-μαργαϊκές αποθέσεις του βουρδιγαλίου·
- μειο-πλειοκαινικές αποθέσεις·
- αλλουβιακές αποθέσεις.

Η τεκτονική της χαρακτηρίζεται από μια σειρά επάλληλων μεγασύγκλιων και μεγααντίκλιων, που επωθούνται και επιπτεύουν το ένα πάνω στο άλλο προς τα δυτικά. Οι άξονές τους παρουσιάζουν γενικά διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, αλλά νοτιότερα κάμπτονται και γίνονται ΒΒΔ-ΝΝΑ και ΒΒΑ-ΝΝΔ¹⁷.

Η ενότητα Ωλονού-Πίνδου χαρακτηρίζεται ως βαθειά αύλακα από στρωματογραφική άποψη, και αποτελείται από:

- κλασικούς τριαδικούς σχηματισμούς·
- εναλλαγές ανθρακικών-πυριτικών σχηματισμών ανωτέρου τριαδικού-σενώνιου·
- μεταβατικά στρώματα μαιστριχτίου –παλαιοκαίνου·
- φλύσχη ανωτέρου ηωκαίνου.

Από τεκτονική άποψη η ενότητα Ωλονού-Πίνδου στην περιοχή της μελέτης εμφανίζεται σαν ένα τεκτονικό κάλυμμα επωθημένο πάνω στην Ιόνιο Ενότητα. Τα τεκτονικά λείπια εμφανίζονται επωθημένα το ένα στο άλλο με κατεύθυνση από ανατολικά προς δυτικά με άξονες διεύθυνσης από Β-Ν ως ΒΒΔ-ΝΝΑ. Χαρακτηριστικές τεκτονικές δομές είναι οι ορεινοί όγκοι των Τζουμέρκων και το Περιστέρι.

Οι οφιόλιθοι στην περιοχή μελέτης βρίσκονται επωθημένοι πάνω στα τεκτονικά καλύμματα της Πίνδου, τα οποία είναι πιθανόν ιουρασικής ηλικίας, με πετρώματα υπερβασικής κυρίως σύστασης¹⁷.

Η ενότητα Γαβρόβου στην περιοχή εμφανίζεται στρωματογραφικά με δύο ενότητες: των ανθρακικών σχηματισμών του ορεινού όγκου του Γαβρόβου και του φλύσχη στην ανατολική πλαγιά των βουνών του Βάλτου. Η ενότητα στο σύνολό της αποτελεί αντίκλινο με άξονα ΒΒΔ-ΝΝΑ και χαρακτηρίζεται από βαρέως τύπου τεκτονική¹⁷.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 10°C στα ορεινά τμήματα έως 18°C στα παράλια και νησιωτικά τμήματα. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής του υδατικού διαμερίσματος κυμαίνεται από 1000 μέχρι 1200 mm στα παράλια και φτάνει μέχρι 2000 mm στα ορεινά τμήματα. Ο αριθμός των ημερών βροχής του έτους κυμαίνεται μεταξύ 70 και 120 και είναι μεγαλύτερος στα παράκτια από ότι στο εσωτερικό του διαμερίσματος.

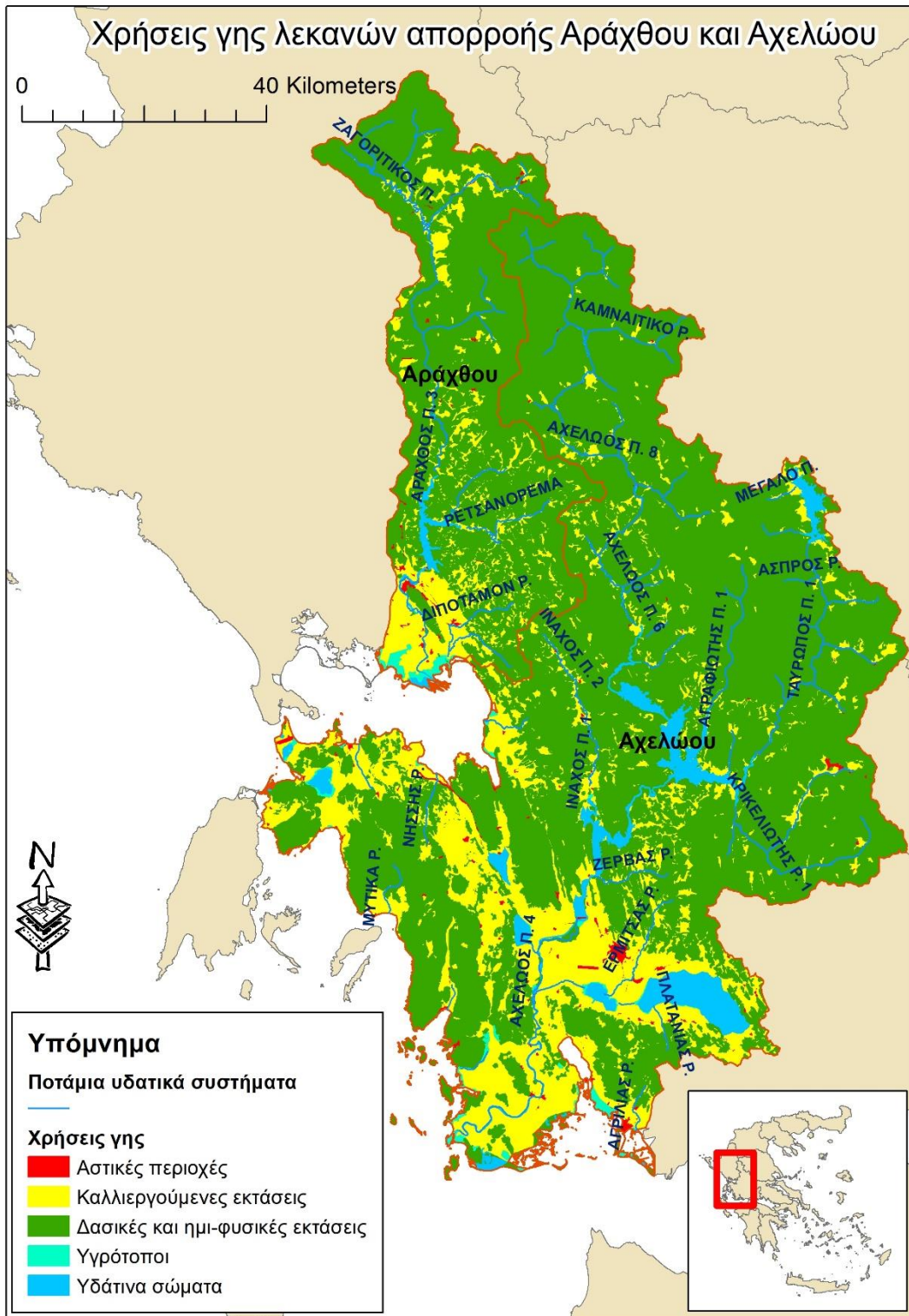
Οι κύριες υδρολογικές λεκάνες του διαμερίσματος είναι οι λεκάνες του Αώου, του Καλαμά, του Άραχθου, του Λούρου, του Αχέροντα, του Δρίνου, η κλειστή λεκάνη Ιωαννίνων, η κλειστή λεκάνη Μαργαριτίου και η αυτοτελής γεωγραφική ενότητα της Κέρκυρας⁶.

Εντατικές καλλιέργειες εκτείνονται κυρίως στα νότια του διαμερίσματος στις πεδινές και λοφώδεις εκτάσεις των Νομών Άρτας και Πρέβεζας καθώς και στην περιοχή του Λεκανοπεδίου των Ιωαννίνων. Οι εντατικές αυτές καλλιέργειες έχουν σαν αποτέλεσμα την μεγάλη κατανάλωση νερού και την χρήση μεγάλων ποσοτήτων αζωτούχων και φωσφορούχων λιπασμάτων. Η επιβάρυνση των αποδεκτών από την ελεύθερη κτηνοτροφία και την γεωργία έγκειται, κυρίως, στην τροφοδότηση των υδάτινων αποδεκτών με φώσφορο και άζωτο από επιφανειακές απορροές και ανέρχεται σε 36% και 63% αντίστοιχα των συνολικών φορτίων P και N⁶. Το 44% του συνολικά παραγόμενου φορτίου αζώτου των επιφανειακών απορροών οφείλεται σε απορροές από γεωργική γη και βοσκότοπους και το 44% στις εντατικές καλλιέργειες. Τέλος το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού φορτίου φωσφόρου που μεταφέρεται με τις επιφανειακές απορροές (80%) παράγεται σε γεωργική γη και βοσκότοπους. Η περιοχή της μελέτης δεν έχει σημαντικές οχλούσες βιομηχανίες καθώς ο δευτερογενής τομέας δεν είναι αναπτυγμένος. Η πλειονότητα των βιομηχανιών είναι μονάδες συσκευασίας - μεταποίησης αγροτικών προϊόντων και περιλαμβάνουν κλάδους όπως: κονσερβοβιομηχανίες φρούτων και λαχανικών, σφαγεία, ορνιθοσφαγεία και υφαντουργεία⁶.

2.5.1 Άραχθος

Ο ποταμός Άραχθος κινείται μέσω αδιαπέρατων σχηματισμών (φλύσχη), γεγονός που οδηγεί σε πολύ μεγάλες διακυμάνσεις της παροχής του⁶. Έτσι, ανάντη της γέφυρας Άρτας, η συνολική έκταση της λεκάνης Αράχθου είναι 2000 km² και η μέση ετήσια απορροή περίπου 2080 hm³ (66 m³/s). Όμως το φράγμα Πουρναρίου, που βρίσκεται σε λειτουργία από το 1981, με ρύθμιση ανάντη, μεταβάλλει σημαντικά το υδατικό καθεστώς του ποταμού κατάντη. Θεωρώντας 50% μείωση του ύψους απορροής στην πεδινή λεκάνη του ποταμού (κατάντη δηλαδή του ταμιευτήρα Πουρναρίου), προκύπτει μια χονδρική εκτίμηση του μέσου ετήσιου όγκου απορροής της τάξης των 2280 hm³.

Οι ποταμοί Αχέροντας, Άραχθος και Λούρος σύμφωνα με διαθέσιμα στοιχεία της περιόδου 2000–2002 έχουν συγκεντρώσεις θρεπτικών οι οποίες πληρούν σε γενικές γραμμές τις απαιτήσεις της Οδηγίας 75/440/ΕΟΚ για την παραγωγή πόσιμου νερού⁶.



Χάρτης 7. Χάρτης χρήσεων γης των λεκανών απορροής του Αχελώου και του Αράχθου.

2.6 Υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Το Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας έχει όρια το όρος Λάκμος προς τα βορειοδυτικά, τους ορεινούς όγκους της Πίνδου, των Βαρδουσίων και της Γκιώνας προς τα ανατολικά, τα όρη Θύαμο, Μακρύ, Βάλτος και Αθαμανικά, τον Αμβρακικό Κόλπο και το Ιόνιο Πέλαγος προς τα δυτικά, και τον Κορινθιακό Κόλπο προς τα νότια. Η συνολική έκταση του διαμερίσματος είναι 10199 km², από τα οποία τα 303 ανήκουν στη Λευκάδα και τα 53 σε άλλα, μικρά νησιά.

Το υδατικό διαμέρισμα είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος ορεινό, με τις κυριότερες εξάρσεις στο ανατολικό τμήμα του. Στο διαμέρισμα αναπτύσσεται από βορρά προς νότο η οροσειρά της νότιας Πίνδου, η οποία περιλαμβάνει τα Αθαμανικά, τα Άγραφα, τον Τυμφρηστό, το Παναιτωλικό και τα Βαρδούσια. Τα υψόμετρα φτάνουν τα 2416 m (Αθαμανικά) ως 1924 m (Παναιτωλικό). Στα δυτικά εμφανίζονται χαμηλότερα βουνά (Βάλτου και Ακαρνανικά με μέγιστα υψόμετρα 1728 και 1528 m αντίστοιχα). Τέλος, στα ανατολικά βρίσκεται η Οίτη, με υψόμετρο 2325 m²².

Η μορφολογία των ακτών του διαμερίσματος είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και περιλαμβάνει κλειστές θάλασσες και πολλούς μικρούς κόλπους και νησιά. Στο νοτιοδυτικό τμήμα, στις εκβολές του Αχελώου, σχηματίζονται οι κλειστές λιμνοθάλασσες του Αιτωλικού, του Μεσολογγίου και της Κλείσοβας.

Σύμφωνα με το ΙΓΜΕ (1996) στο διαμέρισμα από δυτικά προς τα ανατολικά απαντώνται οι ακόλουθες γεωτεκτονικές ζώνες:

- Ενότητα Παξών στο δυτικό τμήμα της Λευκάδας. Αποτελείται από φλύσχη και μεσοζωικούς ασβεστόλιθους.
- Ιόνιος Ενότητα στο υπόλοιπο τμήμα της Λευκάδας και στο δυτικό τμήμα του διαμερίσματος, με ανατολικό όριο τη γραμμή εκβολών Μόρνου και ορέων Βάλτου. Αποτελείται από φλύσχη και μεσοζωικούς ασβεστόλιθους με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά την ύπαρξη παρεμβολών πυριτιόλιθων και σχιστόλιθων, όπως επίσης και τριαδικών λατυποπαγών με γύψους.
- Ενότητα Γαβρόβου-Τρίπολης στο κεντρικό ορεινό τμήμα του διαμερίσματος. Αποτελείται κυρίως από φλύσχη και ηωκαινικούς και κρητιδικούς ασβεστόλιθους στα όρη Γαβρόβου, Βαράσοβας και Κλόκοβας.
- Ενότητα Πίνδου στα ανατολικά της γραμμής Ναυπάκτου-Τριχωνίδας-Κρεμαστών. Αποτελείται από εναλλαγές λεπτοπλακωδών ασβεστόλιθων με κερατόλιθους, σχιστόλιθους και φλύσχη υπό μορφή λεπιών.

Τέλος, στις μορφολογικές υφέσεις του διαμερίσματος συναντώνται σύγχρονες τεταρτογενείς και νεογενείς αποθέσεις.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία εκτιμάται σε περίπου 14°C. Το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στο Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας είναι το δεύτερο στη χώρα μετά από εκείνο του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου. Αυτό

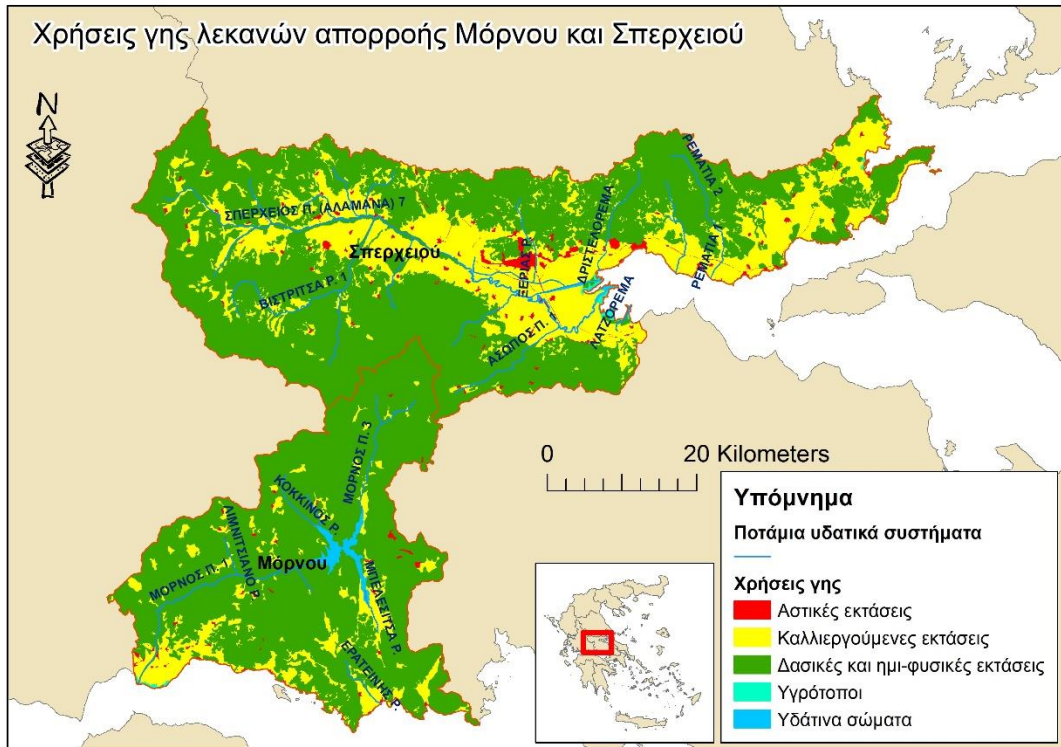
οφείλεται στο γεγονός ότι το διαμέρισμα βρίσκεται στην ομβροπλευρά της χώρας. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ξεκινά από 800 έως 1000 mm περίπου στα παράκτια και πεδινά και φτάνει τα 1400 mm στα ορεινά, ενώ σε μεγάλα υψόμετρα ξεπερνά τα 1800 mm. Ως ενδεικτικές τιμές της ετήσιας βροχόπτωσης αναφέρονται τα 934 mm στο σταθμό Αγρινίου και τα 1751 mm στον ορεινό σταθμό Μαυρομάτας. Η μέση ετήσια τιμή στο σύνολο του διαμερίσματος εκτιμάται σε 1370 mm.

Το υδατικό διαμέρισμα περιλαμβάνει τρεις κύριες υδρολογικές λεκάνες: του Αχελώου, του Ευήνου και του Μόρνου. Ο ποταμός Αχελώος είναι ο μεγαλύτερος σε παροχή ποταμός που βρίσκεται εξ ολοκλήρου σε ελληνικό έδαφος. Διαρρέει το υδατικό διαμέρισμα σε μήκος 220 km περίπου πριν την εκβολή του στο Ιόνιο πέλαγος. Εκτός από τις τρεις κύριες λεκάνες, σημαντικό τμήμα του διαμερίσματος καταλαμβάνουν και οι λεκάνες των παραπόταμων του Αχελώου (Μέγδοβα, Τρικεριώτη, Αγραφιώτη και Ίναχου) και άλλα μικρότερα υδατορεύματα (π.χ. Ξηροπόταμος, Αράπης κλπ.). Επισημαίνεται ωστόσο ότι η υπολεκάνη του Ταυρωπού (Μέγδοβα), ανάντη του φράγματος Πλαστήρα, έκτασης 161 km², αν και υδρολογικά ανήκει σε αυτή του Αχελώου, από διαχειριστική σκοπιά εντάσσεται σε αυτή του Πηνειού (δηλαδή στο Υδατικό Διαμέρισμα 08), καθώς το σύνολο, πρακτικά, των υδατικών πόρων της εκτρέπονται προς την πλευρά της Θεσσαλίας. Παρόμοια, το σύνολο των υδατικών πόρων της υπολεκάνης του Μόρνου, ανάντη του ομώνυμου φράγματος, και μέρος των υδατικών πόρων της υπολεκάνης του Ευήνου, ανάντη του φράγματος Αγίου Δημητρίου, εκτρέπονται προς το Υδατικό Διαμέρισμα Αττικής (06) για την ύδρευση της Αθήνας⁶.

Οι κύριες χρήσεις νερού στο υδατικό διαμέρισμα είναι η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας στο Μέσο Ρου του Αχελώου και η άρδευση των πεδινών περιοχών της Αιτωλοακαρνανίας. Οι ποταμοί Αχελώος, Ευήνος και Μόρνος έχουν χαρακτηριστικά που πληρούν βασικά κριτήρια για άρδευση και απόληψη πόσιμου νερού. Η λίμνη Μόρνου αποτελεί πηγή υδροδότησης της Αθήνας, προστατεύεται θεσμικά από τη ρύπανση και τη μόλυνση, και δεν φαίνεται να αντιμετωπίζει πρόβλημα ευτροφισμού. Οι έντονες γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες στην περιοχή αποτελούν την κύρια πηγή επιβάρυνσης με θρεπτικά⁶.

2.6.1 Αχελώος και Μόρνος

Η λεκάνη απορροής του Αχελώου έχει έκταση 4670 km², με μέση ετήσια απορροή 4383 hm³ και μέση ετήσια βροχόπτωση 1398,6 mm. Η λεκάνη απορροής του Αχελώου έχει έκταση 974 km², με μέση ετήσια απορροή 404 hm³ και μέση ετήσια βροχόπτωση 1085,1 mm⁶.



Χάρτης 8. Χάρτης χρήσεων γης των λεκανών απορροής του Σπερχειού και του Μόρνου.

2.7 Υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας

Το Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας περιλαμβάνει τμήμα της Στερεάς Ελλάδας, την Εύβοια, και τα νησιά Βόρειες Σποράδες και Σκύρος. Η συνολική του έκταση είναι 12341 km².

Το υδατικό διαμέρισμα χαρακτηρίζεται μορφολογικά ορεινό έως ημιορεινό. Στο διαμέρισμα περιλαμβάνονται τέσσερα ορεινά συγκροτήματα με υψόμετρο πάνω από 2000 m (Γκιώνα 2510 m, Παρνασσός 2457 m, Βαρδούσια 2437 m και Οίτη 2152 m), και άλλα εννέα ακόμη με υψόμετρα από 1000 έως 2000 m. Οι κυριότερες πεδινές περιοχές του διαμερίσματος είναι οι κοιλάδες του Σπερχειού και του Βοιωτικού Κηφισού – Κωπαΐδας, ενώ μικρότερες είναι οι πεδιάδες της Ιστιαίας και της Αρτάκης στην Εύβοια. Το μέσο υψόμετρο του ηπειρωτικού τμήματος είναι 271 m και της Εύβοιας 146 m²⁶.

Από γεωτεκτονική άποψη το διαμέρισμα βρίσκεται στις ζώνες Πίνδου, Παρνασσού, Πελαγονική και Κυκλάδων. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται στις παραπάνω ενότητες είναι κυρίως μεσοζωικοί ασβεστόλιθοι, δολομίτες, οφιόλιθοι, μάρμαρα, σχιστόλιθοι, φλύσχης και φλυσχοειδείς σχηματισμοί. Οι πεδιάδες και οι κοιλάδες καλύπτονται από νεογενή, πλειστοκαινικά και ολοκαινικά ιζήματα.

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κυμαίνεται από 500 mm στη λεκάνη του Ασωπού μέχρι 1200 mm στα ορεινά τμήματα της λεκάνης του Σπερχειού και της Εύβοιας, ενώ οι ημέρες βροχής κυμαίνονται από 50 μέχρι 100 ετησίως. Οι βροχοπτώσεις στις λεκάνες απορροής του Σπερχειού και του Βοιωτικού Κηφισού εκτιμώνται σε 905 mm και 765 mm αντίστοιχα. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 11°C μέχρι 18°C, ανάλογα με το υψόμετρο και την απόσταση από τη θάλασσα.

Οι κύριες λεκάνες του διαμερίσματος (μεγαλύτερες από 600 km²) είναι αυτές του Βοιωτικού Κηφισού (1956 km²), του Σπερχειού (1830 km²) και του Ασωπού (724 km²).

Όσον αφορά στην ποιότητα του νερού, υπάρχουν ενδείξεις σημαντικής υποβάθμισης του νερού (επιφανειακού και υπόγειου) από την υφαλμύριση (στην Εύβοια και τα νησιά των Β. Σποράδων), τα βιομηχανικά απόβλητα, και τη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων⁶.

Οι Νομοί Φθιώτιδας, Βοιωτίας και λιγότερο ο Νομός Εύβοιας χαρακτηρίζονται από εντατικές καλλιέργειες οι οποίες περιορίζονται κυρίως στις πεδινές και λοφώδεις εκτάσεις. Κύριες καλλιέργειες είναι τα σιτηρά, το κριθάρι, το βαμβάκι, τα ελαιόδενδρα, τα αμπέλια και οι δενδροκαλλιέργειες. Η τροφοδότηση των υδάτινων αποδεκτών με φώσφορο και άζωτο από τις επιφανειακές απορροές ανέρχεται σε 40% και 79% αντίστοιχα επί του συνόλου του φορτίου⁶. Το 26% του συνολικά παραγόμενου φορτίου αζώτου και το 70% του φορτίου φωσφόρου των επιφανειακών απορροών οφείλεται σε απορροές από γεωργική γη και βοσκότοπους, ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά συμμετοχής των εντατικών καλλιεργειών είναι 69% και 23%. Η επιβάρυνση του υδατικού διαμερίσματος με θρεπτικά (άζωτο, φώσφορο) από τον βιομηχανικό κλάδο είναι εξαιρετικά περιορισμένη (0.1%).

2.7.1 Σπερχειός

Η λεκάνη του Σπερχειού εκτείνεται στο βόρειο τμήμα του υδατικού διαμερίσματος και ορίζεται δυτικά από τον Τυμφρηστό, βόρεια από την Όθρυ και νότια από τα Βαρδούσια, την Οίτη και το Καλλίδρομο. Οι απορροές του Σπερχειού καταλήγουν στο Μαλιακό Κόλπο και η έκταση της λεκάνης στην έξοδο είναι 1830 km², ενώ το μέσο υψόμετρο είναι 626 m. Η κοίτη του Σπερχειού τροφοδοτείται από χειμάρρους μόνιμης και περιοδικής ροής, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι ο Ρουσιανίτης, η Βίστρισα, ο Γοργοπόταμος, ο Ασωπός και ο Ξηριάς Λαμίας. Κατά τα δύο τρίτα του μήκους της, η κοιλάδα του εμφανίζει έντονες κλίσεις, που δίνουν στον ποταμό χαρακτήρα ορεινό-χειμαρρικό, με οξείες αιχμές πλημμυρών και πολύ έντονη στερεοπαροχή. Αντίθετα, κατά το τελευταίο τρίτο της διαδρομής του, ο Σπερχειός μετατρέπεται σταδιακά σε πεδινό ποταμό και διασχίζει χαμηλές περιοχές, όπου προκαλεί συχνά σημαντικές πλημμύρες. Το δελταϊκό προσχωσιγενές τμήμα της κοιλάδας έχει έκταση σχεδόν 200 km² και διαμορφώνεται συνεχώς, με ρυθμό

μοναδικό σε δυναμικότητα σε όλη την Ελλάδα. Ο ρυθμός αυτός φαίνεται ότι έχει αυξηθεί τα τελευταία 150–200 χρόνια και εκτιμάται σε 130 στρέμματα ετησίως²⁰.

Η λεκάνη απορροής του Σπερχειού έχει μέση ετήσια επιφανειακή απορροή 693, 1 hm³ και μέση ετήσια βροχόπτωση 905,6 mm.

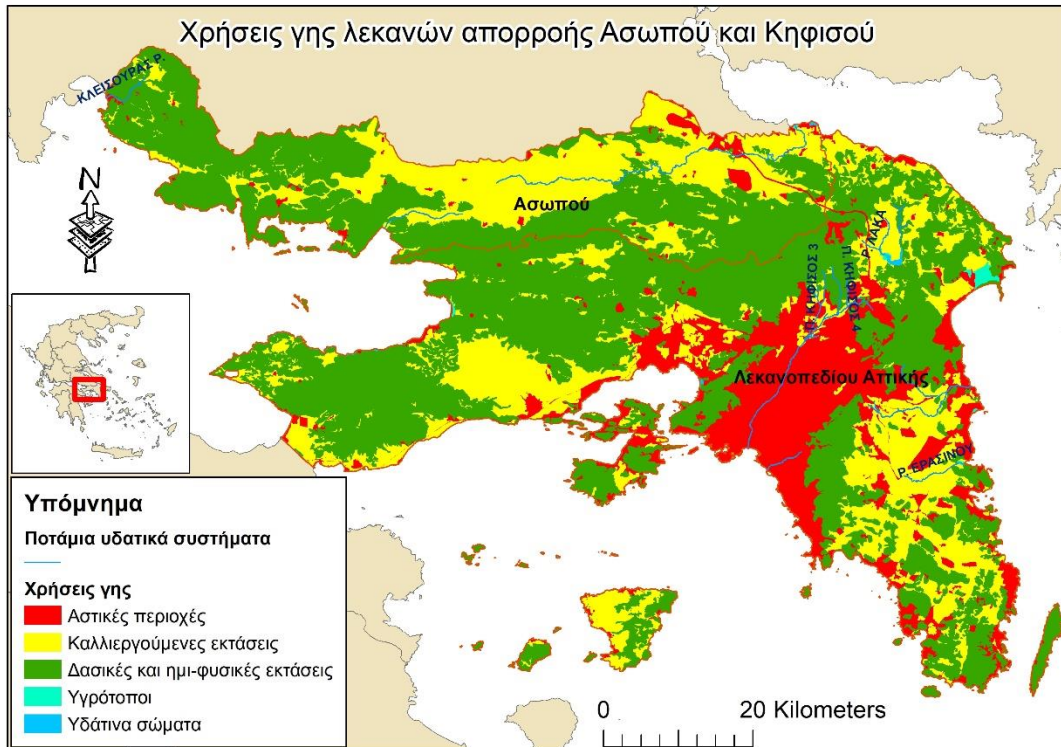
Ο Σπερχειός αποτελεί τον αποδέκτη των απορροών του μεγαλύτερου μέρους των γεωργικών εκτάσεων του νομού Φθιώτιδας. Στο Σπερχειό καταλήγουν επίσης τα λύματα της Λαμίας μετά από προχωρημένη επεξεργασία με απομάκρυνση άνθρακα και αζώτου, καθώς και τα επεξεργασμένα λύματα της Βιομηχανικής Περιοχής Λαμίας⁶. Από περιορισμένα στοιχεία του ΥΠΕΧΩΔΕ για την περίοδο 2000–2001 στις θέσεις Φτέρη-Βίτολη, γέφυρα Γοργοποτάμου και εκβολές, τα οποία περιλαμβάνουν και μετρήσεις θρεπτικών, προκύπτει ότι ο Σπερχειός δεν παρουσιάζει σημαντική ρύπανση και δεν παρατηρείται υπέρβαση των μέγιστων επιτρεπόμενων συγκεντρώσεων που καθορίζονται για τους υδάτινους επιφανειακούς αποδέκτες, κατηγορίας Α1, που είναι κατάλληλοι για πρόσληψη νερού για ύδρευση έπειτα από επεξεργασία (Οδηγία 75/440/ΕΟΚ).

2.7.2 Ασωπός

Η λεκάνη του Ασωπού εκτείνεται στο νότιο τμήμα του υδατικού διαμερίσματος και ορίζεται νότια από το όρος Πάστρα και την Πάρνηθα, βόρεια από μικρούς λόφους που τη χωρίζουν από τη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού, ανατολικά από τον Ευβοϊκό Κόλπο και δυτικά από τον υδροκρίτη της λεκάνης του Αερόη. Οι απορροές του Ασωπού καταλήγουν στον Ευβοϊκό Κόλπο και η έκταση της λεκάνης στην έξοδο είναι 718 km², ενώ το μέσο υψόμετρο είναι 356 m.

Η λεκάνη απορροής του Ασωπού έχει μέση ετήσια επιφανειακή απορροή 70,1 hm³ και μέση ετήσια βροχόπτωση 510,0 mm.

Στοιχεία για την περίοδο 2000–2002 του ΥΠΕΧΩΔΕ στις θέσεις γέφυρα Εθνικής Οδού και ανάντη Οινοφύτων, υποδεικνύουν υψηλές τιμές φωσφορικών και νιτρικών με τους μέσους όρους να κυμαίνονται στα 4,28 mg/L και 39,5 mg/L και τις μέγιστες τιμές στα 12,6 mg/L P₂O₅ και 114,7 mg/L NO₃. Το γεγονός αυτό καθιστά τα νερά του ποταμού ακατάλληλα προς πόση. Δεδομένου όμως ότι ο ποταμός δέχεται τις απορροές από τις καλλιεργούμενες περιοχές της λεκάνης του αλλά και αξιόλογες ποσότητες βιομηχανικών αποβλήτων της περιοχής Οινοφύτων, Τανάγρας, θα πρέπει να αναμένεται σημαντική ρύπανσή του⁶. Όσον αφορά τις μικροοργανικές ενώσεις και τα μέταλλα, τα περισσότερα βρίσκονται σε μη ανιχνεύσιμα επίπεδα και κανένα δεν υπερβαίνει τα όρια που έχουν καθοριστεί με την Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου υπ' αριθμ. 2/1-2-2001.



Χάρτης 9. Χάρτης χρήσεων γης των λεκανών απορροής του Ασωπού και του Κηφισού.

2.8 Υδατικό διαμέρισμα Αττικής

Το Υδατικό Διαμέρισμα Αττικής περιλαμβάνει σχεδόν ολόκληρο το Νομό Αττικής, τα νησιά Αίγινα, Σαλαμίνα και Μακρόνησο, και μικρά τμήματα της Στερεάς Ελλάδας και της Πελοποννήσου. Η συνολική του έκταση είναι 3207 km².

Η γεωμορφολογική εικόνα του διαμερίσματος χαρακτηρίζεται από ποικιλομορφία αναγλύφου. Στο διαμέρισμα περιλαμβάνονται τέσσερα βουνά με υψόμετρο πάνω από 1000 m (Πάρνηθα με 1413 m, Κιθαιρώνας με 1401 m, Πεντέλη με 1108 m, Υμηττός με 1025 m), ενώ οι περισσότερες πεδινές εκτάσεις βρίσκονται στην παράκτια ζώνη. Το μέσο υψόμετρο του ηπειρωτικού τμήματος είναι 115 μέτρα, ενώ των νησιών Αίγινας και Σαλαμίνας 60 και 20 μέτρα αντίστοιχα²⁶. Η περιοχή του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής συνίσταται από πετρώματα της πελαγονικής ενότητας, τα οποία αντιπροσωπεύονται από μάρμαρα, δολομίτες, ασβεστόλιθους, φυλλίτες, σχιστόλιθους και κροκαλοπαγή του φλύσχη, ηλικίας ΆνωΠαλαιοζωικού – Παλαιογενούς. Στα μορφολογικά ταπεινωμένα τμήματα του διαμερίσματος τα προαναφερόμενα πετρώματα καλύπτονται από αποθέσεις του Πλειο-πλειστοκαίνου, μέσα στις οποίες διακρίνονται κροκαλοπαγή, άμμοι, άργιλοι, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, πηλοί, ερυθροχώματα καθώς και λοιποί σχηματισμοί θαλάσσιας, λιμναίας και χερσαίας φάσης. Οι λιθολογικοί σχηματισμοί έχουν υποστεί την επίδραση

αλληπάλληλων τεκτονικών κινήσεων και βαθιάς διάβρωσης τόσο κατά την κατακόρυφη, όσο και κατά την οριζόντια εξάπλωσή τους. Η περιοχή τέμνεται από δύο κύρια συστήματα ρηγμάτων (BA-ΝΔ και Α-Δ)¹⁷. Η σημερινή φυσιογραφική εικόνα του διαμερίσματος, στην οποία διακρίνονται διάφορες γεωμορφολογικές μονάδες, όπως η οροσειρά Πατέρας-Πάρνηθα στα δυτικά, οι ορεινοί όγκοι Υμηττός-Πεντελικό στα ανατολικά και το τεκτονικό βύθισμα του λεκανοπεδίου Αττικής μεταξύ των ορεινών συγκροτημάτων, είναι αποτέλεσμα ενδογενούς και εξωγενούς δράσης. Το ανατολικότερο τμήμα του διαμερίσματος καταλαμβάνεται από τη λεκάνη Μεσογείων και την ομαλή παράκτια ζώνη Ραφήνας-Μαραθώνα. Το Θριάσιο Πεδίο καλύπτει σχετικά μικρή έκταση μεταξύ των ορέων Αιγάλεω, Πάρνηθα και Πατέρας, και του Σαρωνικού Κόλπου. Στο δυτικό τμήμα εντοπίζεται το τεκτονικό βύθισμα των Μεγάρων και η λεκάνη του Λουτρακίου, επίσης με ομαλό ανάγλυφο εδάφους.

Το κλίμα μπορεί να χαρακτηριστεί μεσογειακό, με εξαίρεση τα υψηλά σημεία, όπου το κλίμα είναι ορεινό. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κυμαίνεται από 350 mm στο λεκανοπέδιο Αττικής μέχρι 1000 mm στα ορεινά τμήματα (Πάρνηθα), ενώ οι ημέρες βροχής κυμαίνονται από 50 μέχρι 100 ετησίως⁶. Η χιονόπτωση είναι σπάνια στις παράκτιες περιοχές, ενώ αυξάνει σημαντικά στο εσωτερικό του. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 16°C μέχρι 18°C, ανάλογα με το υψόμετρο και την απόσταση από τη θάλασσα, ενώ το ετήσιο θερμομετρικό εύρος είναι περίπου 16°C.

2.8.1 Κηφισός

Ο Αττικός Κηφισός διασχίζει το λεκανοπέδιο Αττικής, και μαζί με τον Ιλισό εκβάλλει στο Δέλτα Φαλήρου. Η λεκάνη απορροής του μαζί με τον Ιλισό ορίζεται από τα όρη Αιγάλεω, Πάρνηθα, Πεντέλη και Υμηττό, και έχει έκταση 420 km². Συγκεκριμένα, το λεκανοπέδιο χωρίζεται σε δύο τμήματα από τη λοφοσειρά Τουρκοβούνια-Στρέφη-Λυκαβηττός-Ακρόπολη-Φιλοπάππου. Το βόρειο και δυτικό τμήμα απορρέει στον Αττικό Κηφισό μέσω πολλών μικροχειμάρρων, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι τα ρέματα της Χελιδονούς, του Κοκκινιρά, της Λαμπρινής και του Χαλανδρίου. Το ανατολικό τμήμα, που ορίζεται από την παραπάνω λοφοσειρά και από τον Υμηττό απορρέει στον Ιλισό. Το υδρογραφικό δίκτυο των δύο ποταμών έχει αλλοιωθεί από τα έργα διευθέτησης και αποχέτευσης, αλλά και από την έντονη οικοδομική δραστηριότητα των τελευταίων δεκαετιών.

Η μεγάλη συμμετοχή των αστικών λυμάτων στα συνολικά ρυπαντικά φορτία συνδέεται άμεσα με το γεγονός ότι σχεδόν το ένα τρίτο του πληθυσμού της χώρας συγκεντρώνεται στο λεκανοπέδιο της Αττικής⁶. Οι κυριότερες μη σημειακές πηγές ρύπανσης είναι αποτέλεσμα των γεωργικών και κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων (ελεύθερη κτηνοτροφία) και συντελούν στην επιβάρυνση των επιφανειακών και υπόγειων νερών με θρεπτικά. Οι εντατικές καλλιέργειες περιορίζονται στις πεδινές εκτάσεις μεταξύ Ελευσίνας-Ασπροπύργου (Θριάσιο Πεδίο), Μαραθώνα και Μεσογείων. Οι εντατικές αυτές καλλιέργειες έχουν σαν αποτέλεσμα την χρήση

μεγάλων ποσοτήτων λιπασμάτων. Η επιβάρυνση των αποδεκτών από την ελεύθερη κτηνοτροφία και την γεωργία έγκειται κυρίως στην τροφοδότηση των υδάτινων αποδεκτών με φώσφορο και άζωτο από επιφανειακές απορροές και ανέρχεται σε 2% και 11% αντίστοιχα επί των συνολικών φορτίων P και N⁶.

2.9 Υδατικό διαμέρισμα Βόρειας Πελοποννήσου

Το Υδατικό Διαμέρισμα Βόρειας Πελοποννήσου έχει έκταση 7310 km², από τα οποία τα 1309 km² ανήκουν στα νησιά Κεφαλλονιά, Ιθάκη και Ζάκυνθο. Το νότιο όριο του διαμερίσματος είναι ο υδροκρίτης που ξεκινά από το ακρωτήριο Κατάκωλο, συνεχίζει στους ορεινούς όγκους Φολόη, Λάμπεια, Ερύμανθο, Αροάνεια, στο υψίπεδο Καλαβρύτων, στο νότιο όριο της κλειστής λεκάνης Φενεού, στους ορεινούς όγκους του Ολίγυρτου, Λύρκειου και Ονείων, και καταλήγει στο ακρωτήριο Τραχήλι μέσω των κορυφών Τραπεζώνα και Πολίτη.

Το γεωμορφολογικό ανάγλυφο χαρακτηρίζεται γενικά ορεινό (600–2400 m) και απότομο στο εσωτερικό, ημιορεινό (100–600 m) στην εξωτερική περίμετρό του, και πεδινό (0–100 m) στην παράκτια ζώνη του. Οι μεγαλύτερες πεδινές εκτάσεις αναπτύσσονται στις λεκάνες των ποταμών Πηνειού, Πύρρου και Γλαύκου, και στο εσωτερικό στις κλειστές λεκάνες Φενεού και Στυμφαλίας. Παράκτιες λίμνες σχηματίζονται μεταξύ Αράξου και Κυλλήνης. Η ευρύτερη περιοχή του διαμερίσματος αποτελείται από ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών¹⁷. Από τα δυτικά προς τα ανατολικά απαντώνται οι εξής γεωτεκτονικές ζώνες:

- Ιόνιος Ενότητα. Εμφανίζεται περιορισμένα στο ακρωτήριο του Άραξου και συνίσταται από εναλλαγές ασβεστόλιθου και φλύσχη.
- Ενότητα Γαβρόβου-Τριπόλεως. Καταλαμβάνει περιοχές νοτιοδυτικά της Πάτρας (βουνό Σκολίς) και περιοχές της Ζήρειας. Συνίσταται από εναλλαγές ασβεστόλιθου και φλύσχη.
- Ενότητα Ωλονού-Πίνδου. Καταλαμβάνει μεγάλο μέρος του διαμερίσματος και συνίσταται από εναλλαγές ασβεστόλιθων, κερατόλιθων, μαργών, ψαμμιτών και φλύσχη. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της ενότητας είναι η ύπαρξη τεκτονικών λεπιών, που καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό την ανάπτυξη των υδροφόρων συστημάτων.
- Ενότητα Κεντρικής Πελοποννήσου (στρώματα Τυρού). Εμφανίζονται στο κεντρικό τμήμα του διαμερίσματος και συνίστανται από εναλλαγές σχιστόλιθων και φυλλιτών στους οποίους παρεμβάλλονται τα μάρμαρα.
- Πελαγονική Ενότητα. Εμφανίζεται στην περιοχή Κορινθίας-Αργολίδας. Συνίσταται από παλαιοζωικούς ασβεστόλιθους.

Σε όλο το διαμέρισμα αναπτύσσονται εκτεταμένες περιοχές σύγχρονων νεογενών και πλειστοκαινικών αποθέσεων που αποτελούνται από μάργες, αργίλους, κροκαλοπαγή και ψαμμίτες. Οι αποθέσεις αυτές συναντώνται σε μεγάλο τμήμα του δυτικού

τμήματος και σε μεγάλο τμήμα των βόρειων ακτών (Πάτρα-Κόρινθος). Ιδιαίτερη σημασία στις αποθέσεις αυτές έχουν οι εμφανίσεις συνεκτικών κροκαλοπαγών με ανθρακικό συνδετικό υλικό (περιοχή Νεμέας, Κεφαλαρίου, Καλαβρύτων κλπ.)¹⁷. Τέλος, στις παραλιακές πεδινές εκτάσεις συναντώνται σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις, που στις περισσότερες περιπτώσεις έχουν ως υπόβαθρο νεογενείς και πλειστοκαινικούς σχηματισμούς.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις και υπολογισμούς της ΔΕΗ (1980) η μέση ετήσια τιμή της βροχόπτωσης για το ηπειρωτικό τμήμα του διαμερίσματος είναι 860 mm. Η μέση ετήσια θερμοκρασία του διαμερίσματος είναι 18–18,5°C στο ηπειρωτικό τμήμα και 18–19°C στο νησιωτικό.

Οι Νομοί Αχαΐας, Κορινθίας και Ηλείας χαρακτηρίζονται από εντατικές καλλιέργειες οι οποίες περιορίζονται κυρίως στις πεδινές και λοφώδεις εκτάσεις. Κύριες καλλιέργειες είναι τα αμπέλια, τα κηπευτικά, τα ελαιόδενδρα και τα εσπεριδοειδή. Το 26% του συνολικά παραγόμενου φορτίου αζώτου και το 70% του φορτίου φωσφόρου των επιφανειακών απορροών οφείλεται σε απορροές από γεωργική γη και βοσκότοπους, ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά συμμετοχής των εντατικών καλλιεργειών είναι 71% και 24%. Γύρω από την πόλη των Πατρών υπάρχει πλήθος βιομηχανιών που ανήκουν στην κατηγορία των ιδιαίτερα οχλουσών βιομηχανιών όπως: κλωστοϋφαντουργεία, βυρσοδεψία, βιομηχανίες παραγωγής αμιαντοσιμέντου, αναγέννησης ορυκτελαίων, και επιμεταλλωτήρια. Οι σημαντικότερες τοξικές ουσίες που περιέχονται στα απόβλητα των βιομηχανιών είναι βαρέα μέταλλα, χλωριωμένες οργανικές ενώσεις, φαινόλες, οργανικοί διαλύτες και αμίαντος⁶.

2.9.1 Πηνειός Πελοποννήσου

Πρόκειται για τη μεγαλύτερη λεκάνη του διαμερίσματος, με έκταση 868 km². Αποστραγγίζεται από τον Πηνειό, που διασχίζει την ορεινή και ημιορεινή Ηλεία και καταλήγει σήμερα στην τεχνητή λίμνη του φράγματος (τοποθεσία Κέντρο). Στο φράγμα καταλήγει και ο παραπόταμος Πηνειακός Λάδωνας (θερινή παροχή 0.4 m³/s), που έχει ροή σε όλο το μήκος του. Ο Πηνειός και ο Πηνειακός Λάδωνας τροφοδοτούνται από τις πηγές του καρστικού συστήματος του νότιου Ερύμανθου. Η μετρηθείσα ετήσια απορροή του ποταμού στη θέση Καβάσιλα (αντιστοιχεί σε επιφάνεια λεκάνης 725 km²) είναι 427 hm³.

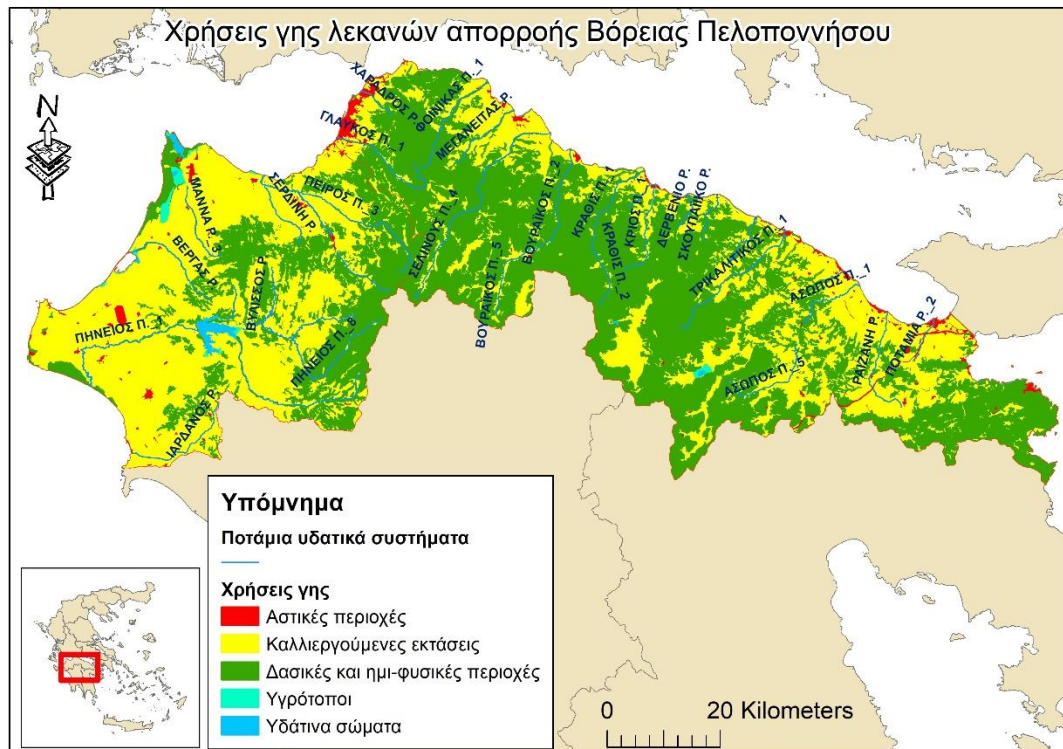
2.9.2 Γλαύκος

Η λεκάνη του Γλαύκου έχει έκταση 165 km² και μέση ετήσια απορροή 39 hm³⁶.

2.9.3 Βουραϊκός

Η λεκάνη του Βουραϊκού έχει έκταση 233 km² και αναπτύσσεται κυρίως στους ανθρακικούς σχηματισμούς Ερύμανθου και Παναχαϊκού⁶. Το καρστικό σύστημα που

αναπτύσσεται στους σχηματισμούς αυτούς αποτελεί την κύρια τροφοδοσία του ποταμού. Η μέση ετήσια απορροή ανέρχεται σε 117 hm³.



Χάρτης 10. Χάρτης χρήσεων γης των λεκανών απορροής της Βόρειας Πελοποννήσου.

2.10 Υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Πελοποννήσου

Το Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Πελοποννήσου έχει έκταση 7301 km². Ο υδροκρίτης του ορίζεται βόρεια από τους ορεινούς όγκους Ερύμανθου και Αροανείων και ανατολικά από το Μαίναλο και τον Ταΰγετο⁶.

Το γεωμορφολογικό ανάγλυφο χαρακτηρίζεται ορεινό και απότομο στο εσωτερικό και ανατολικό τμήμα του (600–2400 m), ημιορεινό και λοφώδες στη περίμετρο (100–600 m), και πεδινό στην παραλιακή ζώνη και τις κοιλάδες των ποταμών (0–100 m). Οι μεγαλύτερες πεδινές εκτάσεις αναπτύσσονται στον κάμπο του Αλφειού, στην παραλιακή ζώνη Πύργου-Πύλου, στο Μεσσηνιακό Κάμφο και στο εσωτερικό υψίπεδο της Μεγαλόπολης (13% του συνόλου). Οι κυριότεροι ποταμοί συνεχούς ροής είναι ο Αλφειός και ο Πάμισος, καθώς και ο μικρότερος Νέδας, ενώ ο ποταμός Νέδωνας εμφανίζει χειμαρρώδη ροή. Στα παράλια της περιοχής βρίσκονται οι παράκτιες λίμνες Αγουλινίτσας και Μουριάς (που έχουν αποξηρανθεί) και Καϊάφα (θερμομεταλλική), που σχηματίστηκαν λόγω των αμμόλοφων του Κυπαρισσιακού Κόλπου. Η γεωλογική δομή του διαμερίσματος είναι ιδιαίτερα σύνθετη και περίπλοκη. Διακρίνεται στις παρακάτω γεωλογικές ενότητες:

- Ενότητα αλπικών ιζημάτων (μεσοζωικά ιζήματα), που είναι πτυχωμένα και επωθημένα και δομούν το ορεινό τμήμα.
- Ενότητα μεταλπικών ιζημάτων (τριτογενές), που αποτελούν το ημιορεινό και λοφώδες τμήμα.
- Ενότητα πρόσφατων αποθέσεων (Τεταρτογενές), που δομούν τις πεδινές εκτάσεις.

Γεωτεκτονικά, τα αλπικά ιζήματα από τα δυτικά προς τα ανατολικά ανήκουν στις ζώνες της Ιονίου, της Πύλου-Γαβρόβου, της Ωλονού-Πίνδου που επωθήθηκε στην ενότητα Τριπόλεως, και της ενότητας της κεντρικής Πελοποννήσου¹⁷.

Η ενότητα Ωλονού-Πίνδου, που είναι η μεγαλύτερη, συνίσταται από εναλλαγές φλύσχη, ασβεστόλιθων και κερατόλιθων. Η ενότητα Τριπόλεως συνιστάται από ασβεστόλιθους και δολομίτες, Η ενότητα της κεντρικής Πελοποννήσου συνιστάται από φυλλίτες και μάρμαρα. Μετά την αλπική ορογένεση σχηματίστηκαν τόσο στην περίμετρο όσο και εσωτερικά μεγάλες τεκτονικές τάφροι με μολασσικά ιζήματα¹⁷.

Η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται μεταξύ 800 mm στα πεδινά και 1600 mm στα ορεινά, με μέση ετήσια τιμή για το διαμέρισμα 1100 mm. Η μέση ετήσια θερμοκρασία του διαμερίσματος είναι 19°C.

Οι κύριες υδρολογικές λεκάνες του διαμερίσματος είναι η λεκάνη του Αλφειού και η λεκάνη του Πάμισου. Δευτερεύουσας σημασίας είναι η λεκάνη της Νέδας.

Οι Νομοί Μεσσηνίας και Ηλείας χαρακτηρίζονται από εντατικές καλλιέργειες οι οποίες περιορίζονται κυρίως στις πεδινές και λοφώδεις εκτάσεις. Κύριες καλλιέργειες είναι το σιτηρά, ο αραβόσιτος, τα εσπεριδοειδή, τα αμπέλια, καθώς και οι δενδροκαλλιέργειες (κυρίως στο Νομό Μεσσηνίας π.χ. ελαιόδεντρα). Η τροφοδότηση των υδάτινων αποδεκτών με φώσφορο και άζωτο από τις επιφανειακές απορροές ανέρχεται σε 39% και 78% αντίστοιχα επί του συνόλου του φορτίου⁶. Οι διάφορες βιομηχανίες παράγουν μόλις το 1% του συνολικού οργανικού φορτίου και το 3% του συνολικού φορτίου στερεών. Αντίθετα η επιβάρυνση του υδατικού διαμερίσματος με θρεπτικά (άζωτο, φώσφορο) από τον βιομηχανικό κλάδο είναι εξαιρετικά περιορισμένα (0,1% και 0,2% αντίστοιχα). Η πλειονότητα των ευρισκόμενων στο υδατικό διαμέρισμα βιομηχανικών μονάδων είναι βιομηχανίες συσκευασίας-μεταποίησης αγροτικών προϊόντων, τυροκομίας και κάποιες υφαντουργίες. Σε διάσπαρτες θέσεις σε όλους τους νομούς και κυρίως στο Νομό Μεσσηνίας λειτουργούν ελαιοτριβεία που παράγουν σημαντικό ρυπαντικό φορτίο (φαινόλες, αμμώνιο, ανόργανος φώσφορος)⁹.

2.10.1 Αλφειός

Ο Αλφειός έχει υδρολογική λεκάνη 3658 km². Πηγάζει από τα αρκαδικά οροπέδια με τρεις παραπόταμους (Άνω Αλφειό, Ερύμανθο, Λάδωνα), που ενώνονται στην ημιορεινή Ηλεία (Μέσος Αλφειός), και εκβάλλει στον Κυπαρισσιακό Κόλπο (Κάτω Αλφειός). Στο Λάδωνα υπάρχει μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός, που ρυθμίζει την

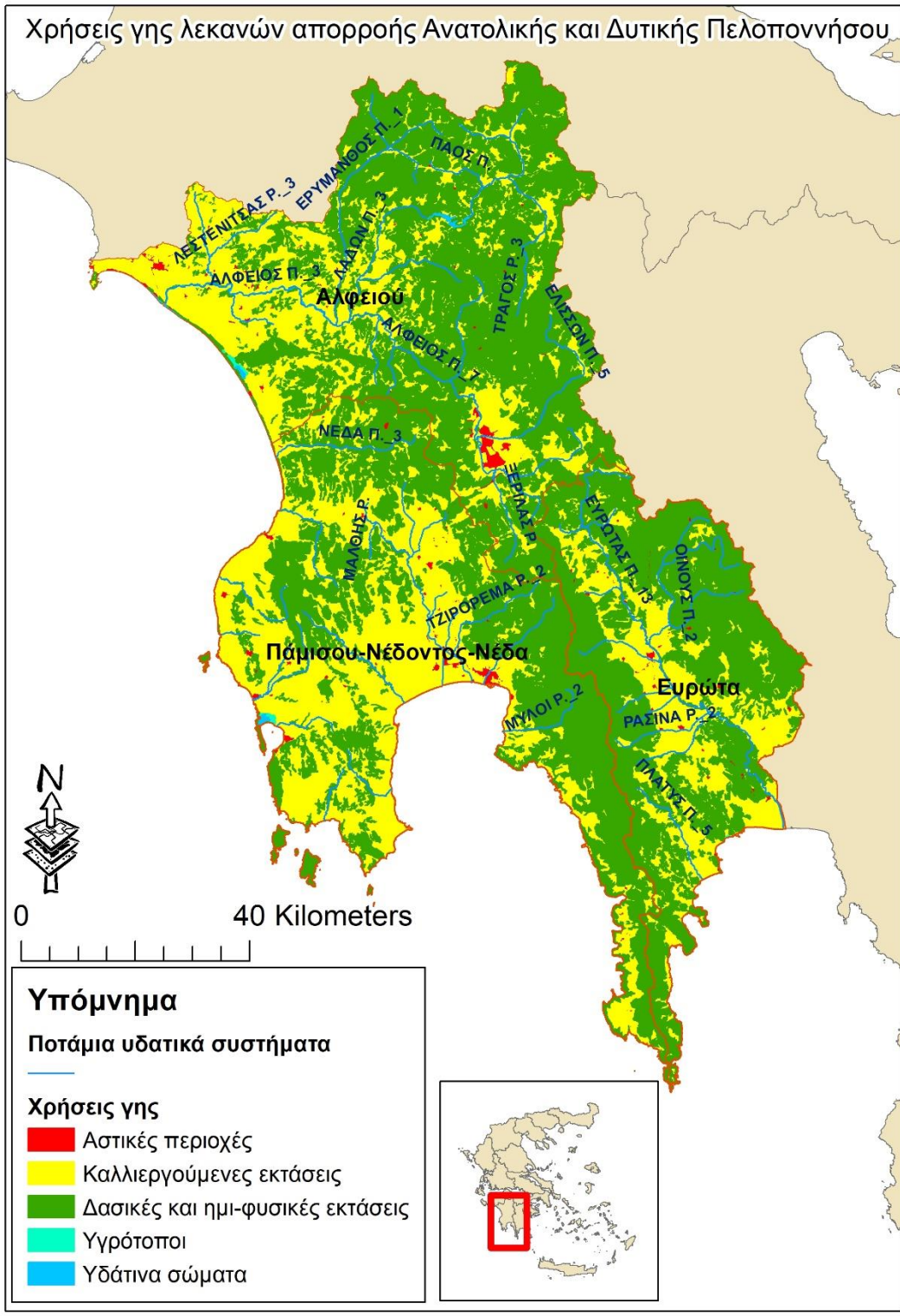
παροχή του. Στη γέφυρα Αλφειούσας, 10 km πριν την εκβολή του Αλφειού, λειτουργεί χαμηλό φράγμα για την απόληψη αρδευτικού νερού⁶. Η παρατηρημένη μέγιστη παροχή στη θέση αυτή είναι 434 m³/s και η ελάχιστη 16 m³/s. Η μέση ετήσια απορροή είναι 2100 hm³.

2.10.2 Πάμισος

Ο Πάμισος έχει υδρολογική λεκάνη 728 km², Πηγάζει από τα βουνά της Άνω Μεσσηνίας και από τις καρστικές πηγές Αγίου Φλώρου και Πηδήματος, που εκφορτίζουν τον βόρειο Ταΰγετο⁶. Η συνολική μέση ετήσια παροχή των πηγών είναι 4.5 m³/s και η λεκάνη τροφοδοσίας τους υπολογίζεται σε 400 km². Ο Πάμισος εκβάλλει στο Μεσσηνιακό Κόλπο, αφού διασχίσει κάμπο έκτασης 360 km².

2.10.3 Νέδα

Ο ποταμός Νέδα έχει υδρολογική λεκάνη 278 km². Πηγάζει από τα βουνά Μίνθη, Λύκαιο και Τετράτιο και εκβάλλει στον Κυπαρισσιακό Κόλπο. Κατά τη διαδρομή του μέσα από ανθρακικούς σχηματισμούς τροφοδοτείται από μια σειρά καρστικών πηγών (Κεφαλόβρυσο). Η ροή του ποταμού Νέδα τροφοδοτείται από καρστικές πηγές της ενότητας Ωλονού-Πίνδου (Λεπρέος, μέση παροχή 0.15 m³/s)⁶.



Χάρτης 11. Χάρτης χρήσεων γης των λεκανών απορροής της Δυτικής και Ανατολικής Πελοποννήσου.

2.11 Υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Πελοποννήσου

Το Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Πελοποννήσου έχει όρια προς τα δυτικά τον Ταΰγετο και το Μαίναλο, βόρεια τον ορογραφικό άξονα Ολύγιρτου-Λυρκείων-Ονείων, ανατολικά τον Πάρνωνα, τον Αργολικό Κόλπο και τον Κόλπο της Επιδαύρου και νότια το Λακωνικό Κόλπο. Στο διαμέρισμα υπάγονται και οι νήσοι Κύθηρα, Σπέτσες, Ύδρα και Πόρος καθώς και η χερσόνησος των Μεθάνων. Η συνολική έκταση του διαμερίσματος είναι 8477 km².

Το υδατικό διαμέρισμα έχει ανάγλυφο σύνθετο: απότομο και κρημνώδες στην ορεινή ζώνη (με υψόμετρο 600–2 400 m) και ομαλό στην πεδινή και λοφώδη ζώνη. Οι οροσειρές του Ταΰγετου στα δυτικά και του Πάρνωνα στα νοτιοανατολικά χωρίζονται από την κοιλάδα του ποταμού Ευρώτα. Στα βορειοδυτικά του διαμερίσματος βρίσκονται οι πόλγες της Τρίπολης, του Λεβιδίου και της Κανδήλας, που οριοθετούνται δυτικά από το Μαίναλο, ανατολικά από το Αρτεμίσιο-Κτενάς και βόρεια από τις οροσειρές του άξονα Ολύγιρτου και Λυρκείων. Οι τελευταίες οροσειρές χωρίζουν το οροπέδιο με τις πιο πάνω πόλγες από τις βορειότερες πόλγες Φενεού, Στυμφαλίας, Σκοτεινής και Αλέας, οι οποίες βρίσκονται εκτός διαμερίσματος. Στα ανατολικά του διαμερίσματος διακρίνονται τα ορεινά συγκροτήματα Ονείων, Αραχναίου και Διδύμου μεταξύ του Αργολικού Κόλπου και του Κόλπου της Επιδαύρου¹⁷.

Η περιοχή δομείται¹⁷ εκ δυσμών προς ανατολάς από τους παρακάτω σχηματισμούς των γεωτεκτονικών ενοτήτων Ιονίου, Πίνδου, Τριπόλεως και Πελαγονικής:

- αργιλικό σχιστόλιθοι, μικροκροκαλοπαγή και ψαμμίτες Περμοτριάδικής ηλικίας·
- μάρμαρα, κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, δολομίτες, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι·
- μεταμορφωμένα πετρώματα·
- ηφαιστειακά πετρώματα·
- οφιόλιθοι·
- σχηματισμοί του φλύσχη.

Στις χαμηλές περιοχές οι πιο πάνω σχηματισμοί καλύπτονται από θαλάσσιες, λιμναίες και ποτάμιες αποθέσεις του Πλειο-πλειστοκαίνου και Ολοκαίνου. Επίσης έχουν υποστεί πτυχώσεις, διαρρήξεις και μετακινήσεις λόγω τεκτονικών κινήσεων.

Στο ανατολικό τμήμα του διαμερίσματος, η θερμοκρασία κατά μέσο όρο κυμαίνεται από 21 ως 33°C το καλοκαίρι και από 6 ως 15°C το χειμώνα. Στο βόρειο και κεντρικό τμήμα η θερμοκρασία κυμαίνεται από 16 ως 30°C το καλοκαίρι και από 2 ως 10°C το χειμώνα κατά μέσο όρο. Το μέσο ετήσιο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Πελοποννήσου είναι 774 mm.

Η λεκάνη απορροής του Ευρώτα έχει έκταση 1738 km² και μέση ετήσια βροχόπτωση 780 mm.

Κύριες καλλιέργειες είναι τα εσπεριδοειδή, τα λαχανικά, τα σιτηρά, το καλαμπόκι, τα ελαιόδενδρα και ο καπνός. Η τροφοδότηση των υδάτινων αποδεκτών με φώσφορο και άζωτο από επιφανειακές απορροές ανέρχεται σε 46% και 78% αντίστοιχα των συνολικών φορτίων. Το 40% του συνολικά παραγόμενου φορτίου αζώτου και το 82% του φορτίου φωσφόρου των επιφανειακών απορροών οφείλεται σε απορροές από γεωργική γη και βοσκότοπους, ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά συμμετοχής των εντατικών καλλιεργειών είναι 56% και 14%⁶. Η επιβάρυνση του υδατικού διαμερίσματος με θρεπτικά (άζωτο και φώσφορο) από τον βιομηχανικό κλάδο είναι εξαιρετικά περιορισμένη. Η πλειονότητα των βιομηχανιών είναι γεωργικές βιομηχανίες συσκευασίας και μεταποίησης αγροτικών προϊόντων (χυμοποιία, συσκευαστήρια εσπεριδοειδών, κονσερβοποιία κ.α.) και ελαιολιβεία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Δειγματοληψίες και αναλύσεις

Τα ποιοτικά στοιχεία εξετάσθηκαν από το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών και είναι τα εξής:

- Υδρομορφολογικά και Χημικά-Φυσικοχημικά (Θερμικές συνθήκες, Οξυγόνωση, Αλατότητα, Κατάσταση θρεπτικών, Κατάσταση οξίνισης, Λοιποί ρύποι, Ουσίες προτεραιότητας) (που υποστηρίζουν τα βιολογικά στοιχεία)
- Βιολογικά: σύνθεση και αφθονία των βενθικών ασπονδύλων, σύνθεση και αφθονία και ηλικιακή κατανομή των ψαριών (στο σύνολο των σταθμών παρακολούθησης) και σύνθεση και αφθονία της υδατικής χλωρίδας, ήτοι υδρόβια μακρόφυτα και επιλιθικά διάτομα (σε ένα υποσύνολο των σταθμών).

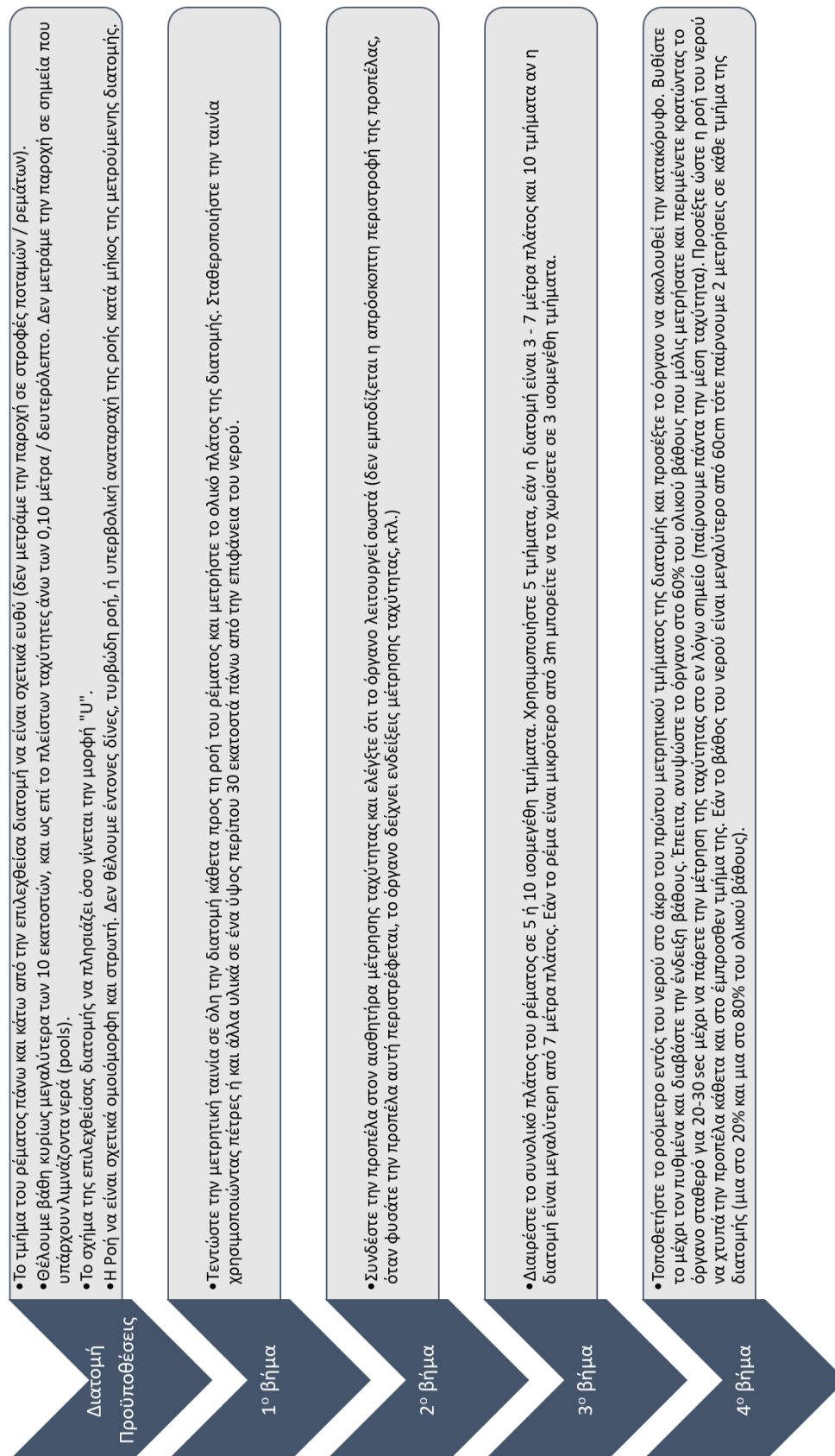
Ο αριθμός δειγματοληψιών ανά σταθμό παρακολούθησης εξαρτάται:

- από το είδος της παρακολούθησης (επιχειρησιακή ή εποπτική)
- από το ποιοτικό στοιχείο που εξετάζεται.

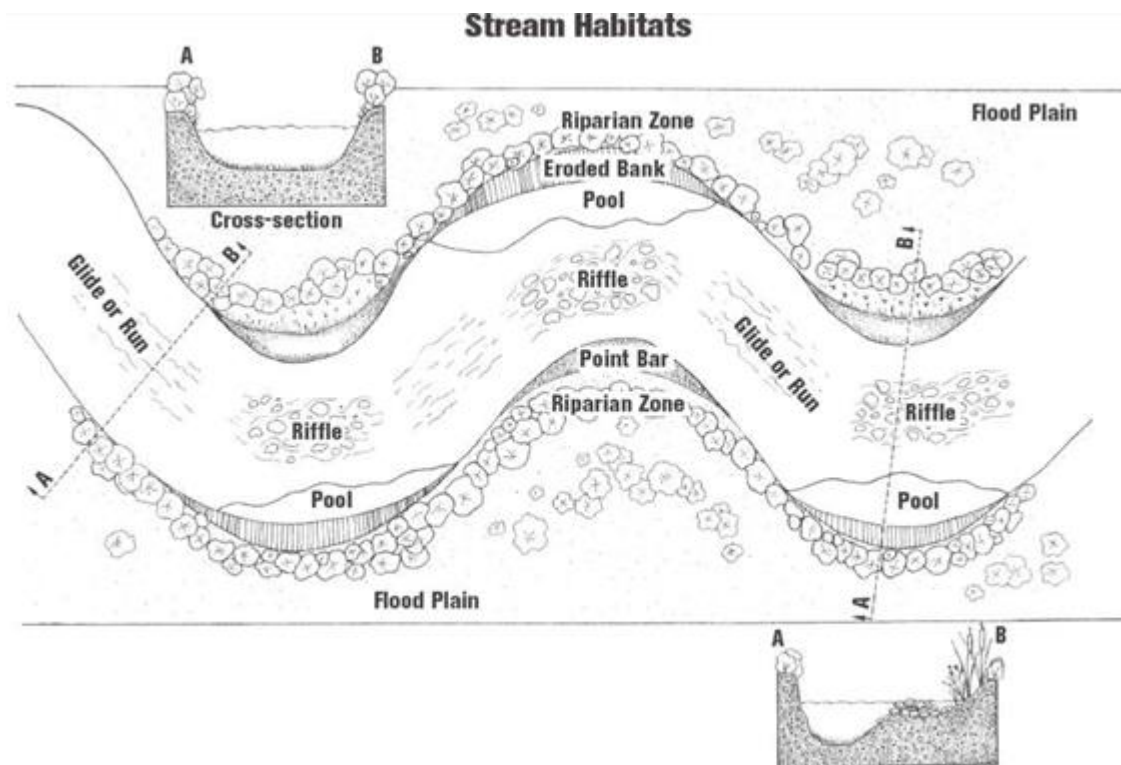
Συγκεκριμένα, τα υδρομορφολογικά στοιχεία εξετάζονται μία φορά στη διάρκεια του έργου, τα χημικά-φυσικοχημικά στοιχεία εξετάζονται τρεις φορές εποχιακά (άνοιξη, καλοκαίρι, χειμώνας), είτε στη διάρκεια ενός μόνο έτους αν πρόκειται για εποπτικό σταθμό, είτε σε όλα τα έτη του έργου αν πρόκειται για επιχειρησιακό σταθμό (**Πίνακας 1**). Το ίδιο ισχύει και για τα βιολογικά στοιχεία με τη διαφορά ότι διεξάγονται δύο εποχικές δειγματοληψίες (άνοιξη και καλοκαίρι)²⁷.

Παροχή

Για τον υπολογισμό της παροχής λαμβάνονται μετρήσεις βάθους και ταχύτητας νερού στην υδάτινη στήλη σε πολλαπλά σημεία, κατά μήκος της διατομής του ρέματος σύμφωνα με τα κριτήρια των Rantz et al. (1982)²⁹ (**Εικόνα 1**).



Εικόνα 1. Τα βήματα του πρωτοκόλλου μέτρησης παροχής²⁹.

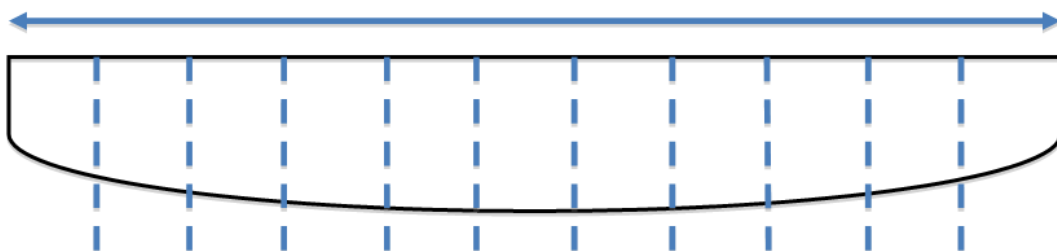


Εικόνα 2. Αποδεκτές και μη-αποδεκτές θέσεις μέτρησης παροχής σύμφωνα με το Πρωτόκολλο Μέτρησης Παροχής²⁹.

<u>PROJECT:</u>	<u>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ:</u>		
<u>ΣΤΑΘΜΟΣ:</u>	X:	Y:	Z:

ΠΑΡΟΧΗ

Ολικό πλάτος =



Πλάτος (m)										
Ταχύτητα (m/sec)										
Βάθος (m)										

Εικόνα 3. Πρωτόκολλο μέτρησης παροχής²⁹.

Θρεπτικά

Κατά τις δειγματοληψίες συλλέχθηκαν δείγματα νερού σε φιάλες πολυαιθυλενίου, οι οποίες έχουν προηγουμένως κατεργαστεί με αραιό διάλυμα HCl. Ελάχιστοι όγκοι δειγμάτων είναι τα 100 mL για τον ολικό φώσφορο, 500 mL για το αμμωνιακό άζωτο, 100 mL για το νιτρικό και νιτρώδες άζωτο. Διάλυμα 1% HgCl₂ προστέθηκε ως συντηρητικό και τα δείγματα διατηρήθηκαν σε ψύξη (4 °C) και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο το συντομότερο δυνατόν. Προτεινόμενοι χρόνοι έως την ανάλυση για τον ολικό φώσφορο είναι <28 ημέρες, για το αμμωνιακό άζωτο <7 ημέρες, για το νιτρικό και νιτρώδες άζωτο οι 48 ώρες. Οι αναλύσεις για τον προσδιορισμό των νιτρικών, νιτρώδων, αμμωνιακών και φωσφορικών έγιναν στο εργαστήριο υδροχημείας του ΕΛΚΕΘΕ, με αυτόματο αναλυτή συνεχούς ροής Skalar και φασματοφωτόμετρο Faro 300 της Merck, σύμφωνα με πρότυπες μεθόδους:

- Αναλυτής συνεχούς ροής Skalar: Roger Kerouel & Alain Aminot (1997)³⁰ για τα αμμωνιακά, Standard Methods for Examination of water and waste water, 15th edition 1980 APHA-WPCF pages 410-425 και Boltz & Mellon (1948)³¹ για τα φωσφορικά, Methods for chemical analysis of water and wastes, EPA 1983, Standard Methods for the determination of water and waste water, 17th edition, 1989 & 15th edition 1980 και Navone (1964)³² για τα νιτρικά και τα νιτρώδη.



Εικόνα 4. Αυτόματος αναλυτής θρεπτικών αλάτων της εταιρίας Skalar.

- Φασματοφωτόμετρο Merck-FARO 300: μέθοδος Berthelot's Reaction σύμφωνα με EPA 350.1, APHA 4500-NH₃ F, ISO 7150-1, and DIN 38406-5 για τα αμμωνιακά, μέθοδος Griess 'Reaction σύμφωνα με EPA 354.1, APHA 4500-NO₂- B, και DIN EN26 777 D10 για τα νιτρώδη και μέθοδος phosphomolybdenum blue (PMB) σύμφωνα με τις οδηγίες DIN EN 1189 D11, ISO 6878/1, APHA 4500-P E and EPA 365,2+3 για τα φωσφορικά.



Εικόνα 5. Φασματοφωτόμετρο Faro 300 (Merck).

Τα όρια ποσοτικοποίησης των μεθόδων είναι 1 $\mu\text{g/l}$ για τα νιτρώδη άλατα (N-NO_2^-), 2 $\mu\text{g/l}$ για τα νιτρικά άλατα (N-NO_3^-), 1 $\mu\text{g/l}$ για τα φωσφορικά άλατα (P-PO_4^{3-}) και 5 $\mu\text{g/l}$ για τα αμμωνιακά άλατα (N-NH_4^+). Οι συγκεντρώσεις που προσδιορίζονται και είναι μικρότερες των ορίων ποσοτικοποίησης αναφέρονται ως <LOQ.

Για την ταξινόμηση της κατάστασης σε κατηγορίες ποιότητας με βάση τα θρεπτικά εφαρμόστηκε κατ' αρχήν το Ελληνικό Σύστημα Ταξινόμησης των Skoulikidis et al. (2006) που τροποποιήθηκε με βάση το Skoulikidis (2008).

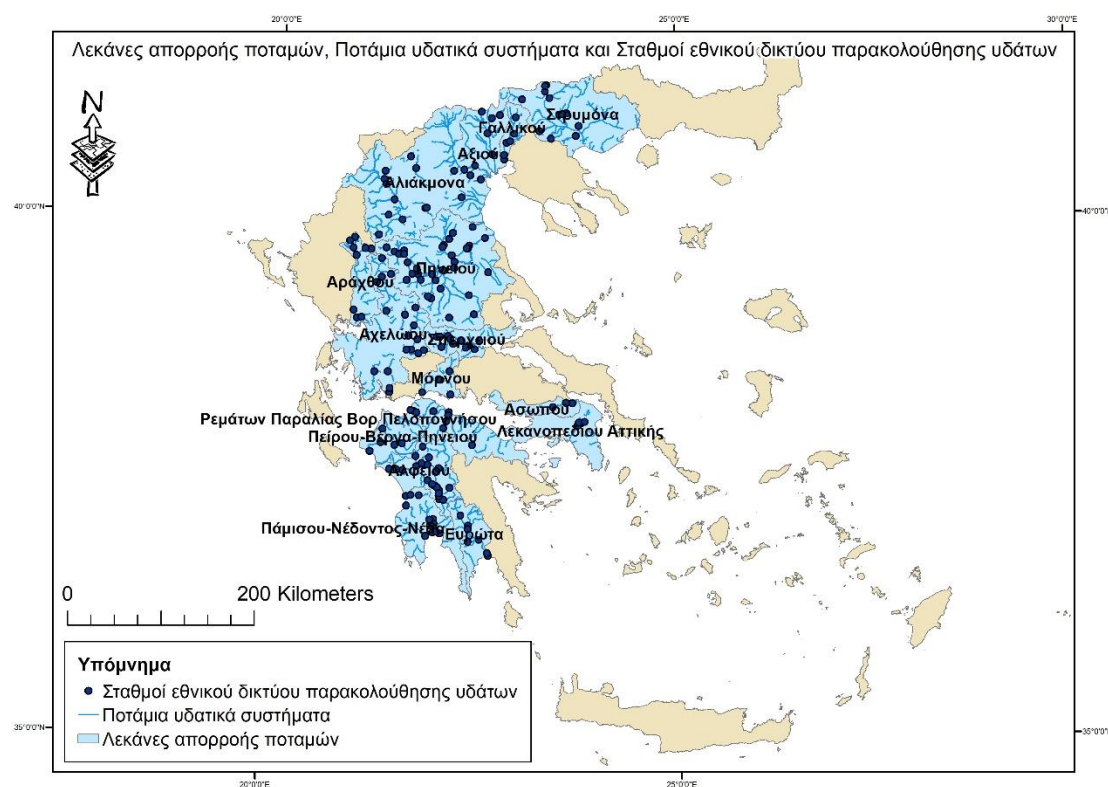
3.2 Δεδομένα ΕΛΚΕΘΕ

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα εργασία προέρχονται από το Πρόγραμμα Παρακολούθησης της Ποιότητας των Επιφανειακών Υδάτων στο οποίο συμμετείχε το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών και περιλαμβάνει δειγματοληψίες από το 2012 έως το 2015.

3.2.1 Επιλογή ποτάμιων υδατικών συστημάτων

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από τα αποτελέσματα δειγματοληψιών και αναλύσεων του προγράμματος παρακολούθησης φυσικοχημικών παραμέτρων του ΕΛΚΕΘΕ. Όλοι οι σταθμοί για τους οποίους

υπήρχαν μετρήσεις ομαδοποιήθηκαν ανάλογα με τη λεκάνη απορροής του ποτάμιου συστήματος στο οποίο είναι εγκατεστημένος ο σταθμός. Επιλέχθηκαν τα ποτάμια συστήματα για τα οποία υπήρχαν διαθέσιμες τουλάχιστον 12 δειγματοληψίες ώστε να υπάρχουν επαρκή δεδομένα για να μπορεί να προκύψουν στατιστικές αναλύσεις. Προέκυψαν 16 υδρολογικές λεκάνες ποταμών και 18 ποτάμια υδατικά συστήματα.



Χάρτης 12. Οι λεκάνες απορροής ποταμών, τα ποτάμια υδατικά συστήματα και οι σταθμοί του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης Υδάτων που περιλαμβάνονται στη παρούσα εργασία.

Πίνακας 3. Ο αριθμός των σταθμών δειγματοληψίας ανα υδατικό διαμέρισμα και ανα λεκάνη απορροής ποταμού που περιλαμβάνονται στη παρούσα εργασία.

Υδατικό διαμέρισμα	Λεκάνη απορροής ποταμού	Αριθμός δειγματοληψιών
01_Δυτικής Πελοποννήσου	Αλφειού	131
	Νέδας	16
	Πάμισου	57
	Σύνολο	204
02_Βόρειας Πελοποννήσου	Γλαύκου	19

Υδατικό διαμέρισμα	Λεκάνη απορροής ποταμού	Αριθμός δειγματοληψιών
	Πηνειού Πελοποννήσου	22
	Βουραϊκού	12
	Σύνολο	53
03_Ανατολικής Πελοποννήσου	Ευρώτα	15
04_Δυτικής Στερεάς Ελλάδας	Αχελώου	79
	Μόρνου	18
	Σύνολο	97
05_Ηπείρου	Αράχθου	23
06_Αττικής	Κηφισού	25
07_Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας	Ασωπού	12
	Σπερχειού	21
	Σύνολο	33
08_Θεσσαλίας	Πηνειού	94
09_Δυτικής Μακεδονίας	Αλιάκμονα	49
10_Κεντρικής Μακεδονίας	Αξιού	13
	Γαλλικού	12
11_Ανατολικής Μακεδονίας	Στρυμώνα	18
Σύνολο		636

3.3 Επεξεργασία δεδομένων

Πίνακας

Τα δεδομένα που προέρχονται από το ΕΛΚΕΘΕ συμπεριλαμβάνονταν σε πίνακα με τις εξής πληροφορίες:

- Υδατικό διάμερισμα
- Υδατικό σύστημα (ΕΓΥ)
- Όνομα σταθμού
- Κωδικός σταθμού
- Γεωγραφικό μήκος
- Γεωγραφικό πλάτος
- Εποπτική
- Επιχειρησιακή
- Ερευνητική ομάδα
- Intercalibration Type (R-M)
- Έτος
- Μήνας
- Εποχή
- Υψόμετρο
- Έκταση υδρολογικής λεκάνης
- Θερμοκρασία
- Συγκέντρωση N-NO₂
- Συγκέντρωση N-NO₃
- Συγκέντρωση N-NH₄
- Συγκέντρωση P-PO₄
- Παροχή

Από τα παραπάνω προέκυψαν οι εξής πληροφορίες και μετρήσεις:

- Λεκάνη απορροής ποταμού
- TIN
- Φορτίο N-NO₂
- Φορτίο N-NO₃
- Φορτίο N-NH₄
- Φορτίο P-PO₄
- Φορτίο TIN

Εύρεση λεκάνης απορροής ποταμού

Προβολή των Υδατικών συστημάτων και των Σταθμών δειγματοληψίας σε χάρτη μαζί με τα όρια των λεκανών απορροής ποταμών και ομαδοποίηση αυτών που πέφτουν στην ίδια λεκάνη απορροής.

Υπολογισμοί

- ❖ TIN

Άθροισμα της συγκέντρωσης των N-NO₂, N-NO₃, N-NH₄.

❖ Φορτία

$$Load \left(\frac{kg}{d} \right) = \frac{Discharge \left(\frac{m^3}{s} \right) \times 3600 \times 24 \times Nutrient \ concentration \left(\frac{mg}{l} \right)}{1000}$$

3.3.1 Στατιστική επεξεργασία

Περιγραφικά στατιστικά

Τα περιγραφικά στατιστικά προέκυψαν από τη χρήση του προγράμματος IBM SPSS Statistics 25, μέσω των εξής βημάτων Analyze → Reports → Case summaries → Statistics για mean, max, min, standard deviation, median → Variables: Discharge, Loads N-NO₂, N-NO₃, N-NH₄, TIN, P-PO₄ → Grouping Variable by River Catchment. Στα περιγραφικά στατιστικά περιλαμβάνονται η μέση τιμή, η μέγιστη τιμή, η ελάχιστη τιμή, η διάμεσος και η τυπική απόκλιση για τα φορτία νιτρικών, νιτρικών, αμμωνιακών, ολικού ανόργανου αζώτου και ολικού ανόργανου φωσφόρου για τη κάθε λεκάνη απορροής.

Box plots

Τα boxplots προέκυψαν από τη χρήση του προγράμματος IBM SPSS Statistics 25 (Graphs → Chart builder → Boxplot). Η πράσινη γραμμή αντιστοιχεί στο μέσο όρο των τιμών ενώ η κόκκινη γραμμή στη διάμεσο.

Δενδρόγραμμα (Cluster analysis)

Το δενδρόγραμμα κατασκευάστηκε μέσω του προγράμματος IBM SPSS Statistics 25 (SPSS → Analyze → Classify → Hierarchical Cluster Analysis). Χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες τιμές των φορτίων N-NO₂, N-NO₃, N-NH₄, TIN, P-PO₄ για τη κάθε λεκάνη απορροής. Η μέθοδοι που επιλέχθηκαν ήταν οι furthest neighbor και euclidian distance.

Network Analysis

Η δημιουργία δικτύων που αφορούν την τοποθέτηση των 18 ποταμών στις 4 κλάσεις που αναφέρονται παραπάνω (very low, low, moderate, high), ανάλογα με τη κλάση στην οποία ανήκει κάθε δειγματοληψία για τον συγκεκριμένο ποταμό, έγινε με τη χρήση του λογισμικού Gephi-0.9.2. Κάθε παράμετρος αποκτά μια μοναδική τιμή (σταθμοί & φορτία), στη συνέχεια γίνεται αντιστοίχιση τιμών φορτίων σε κάθε σταθμό και κάθε ποτάμι αποκτά μια θέση ανάλογα με τα φορτία των σταθμών του.

3.3.2 Χωρική επεξεργασία

Τα δεδομένα για τη κατασκευή χαρτών προέρχονται από τη Γεωπύλη της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων (<http://wfdgis.ypeka.gr/>, πρόσβαση στις 5/11/2018) (Εγκεκριμένα Σχέδια Διαχείρισης ΛΑΠ στο πλαίσιο της Οδηγίας 2000/60-1^η Αναθεώρηση) σε μορφή shapfiles (με Κωδικοποίηση: UTF 8 και Σύστημα Συντεταγμένων: ΕΓΣΑ 87 [EPSG:2100]). Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Εθνικό δίκτυο παρακολούθησης υδάτων
- Ποτάμια υδατικά συστήματα
- Λεκάνες απορροής ποταμών Ελλάδας
- Υδατικά διαμερίσματα Ελλάδας
- Κατηγοριοποίηση ανά οικολογική κατάσταση

Η δημιουργία χαρτών έγινε με τη χρήση του λογισμικού GIS (ArcMap 10.3).

Χάρτες χρήσεων γης

Τα δεδομένα για τους χάρτες χρήσεων γης προέρχονται από το CORINE Land Cover (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>, πρόσβαση στις 5/11/2018).

Κάθε χάρτης χρήσης γης λεκάνης απορροής περιλαμβάνει τα ποτάμια υδατικά συστήματα της λεκάνης απορροής και τις εξής χρήσεις γης: Αστικές περιοχές, Καλλιεργούμενες εκτάσεις, Δασικές και ημι-φυσικές εκτάσεις, Υγρότοποι και Υδάτινα σώματα. Εκτός από τη δημιουργία χαρτών χρήσεων γης, μέσω του προγράμματος λογισμικού GIS (ArcMap 10.3) υπολογίστηκε η έκταση των: Αστικών περιοχών, Καλλιεργούμενων εκτάσεων, Δασικών και ημι-φυσικών εκτάσεων, Υγροτόπων και Υδάτινων σωμάτων και στη συνέχεια υπολογίστηκε το ποσοστό της κάθε χρήσης γης στη λεκάνη απορροής.

Bar chart για τις χρήσεις γης των λεκανών απορροής

- Δημιουργία του land_use_general.mxd από το οποίο γίνονται clip (Arc Toolbox → Analysis Tools → Extract → Clip) μια μια οι λεκάνες και δημιουργούνται νέα αρχεία (shapfiles).
- Χρήση του Arc Toolbox → Data Management Tools → Generalization → Dissolve (βάση του code_12), ώστε να ενωθούν όλα τα μεμονομένα ίδια κομμάτια και δημιουργία αρχείων (shapfiles) *_diss.
- Χρήση του Arc Toolbox → Spatial Statistics Tools → Utilities → Calculate Areas για τον υπολογισμό των κομματιών του αρχείου *_diss και δημιουργία αρχείου (shapfiles) *_diss_calc.
- Arc Toolbox → Conversion Tools → Excel → Table to Excel.
- Δημιουργία bar charts για τις χρήσεις γης των λεκανών απορροής.

Χάρτες φορτίων θρεπτικών

Για τη κατασκευή χαρτών των φορτίων ολικού ανόργανου φωσφόρου και ολικού ανόργανου αζώτου ορίστηκαν οι εξής τέσσερις κλάσεις:

Πίνακας 4. Οι τιμές των κλάσεων των φορτίων ολικού ανόργανου φωσφόρου και ολικού ανόργανου αζώτου (kg/d).

Κλάση	Φορτίο ολικού ανόργανου φωσφόρου (kg/d)	Φορτίο ολικού ανόργανου αζώτου (kg/d)
Υψηλό	<4.25	<171
Μέτριο	4,25-0,95	171-46
Χαμηλό	0,95-0,2	46-8
Πολύ χαμηλό	>0,2	>8

Οι παραπάνω κλάσεις ορίστηκαν βάση των τιμών 25th percentile, 50th percentile και 75th percentile για όλες τις τιμές των φορτίων ολικού ανόργανου φωσφόρου και ολικού ανόργανου αζώτου.

Βάσει των κλάσεων αυτών δημιουργήθηκαν τρεις χάρτες (για τις λεκάνες απορροής ποταμών της Βόρειας, Κεντρικής και Νότιας Ελλάδας που περιλαμβάνονται στην παρούσα εργασία) για τα φορτία ολικού ανόργανου φωσφόρου και ολικού ανόργανου αζώτου, αντίστοιχα. Στους χάρτες συμπεριλαμβάνονται, επίσης, η οικολογική κατάσταση των ποτάμιων υδατικών συστημάτων όπως βρέθηκα από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων αλλά και οι χρήσεις γης της κάθε λεκάνης απορροής.

Η οικολογική κατάσταση των ποταμών στηρίζεται σε βιολογικά (φυτοπλαγκτό, διάτομα, μακρόφυτα, μακροασπόνδυλα και ψάρια), σε υδρομορφολογικά (ροή και παροχή) και φυσικοχημικά στοιχεία (θρεπτικά, συνθήκες οξυγόνωσης, θερμοκρασία, υπόλοιπες χημικές ουσίες χωρίς πανευρωπαϊκά όρια) και η ταξινόμηση γίνεται σε πέντε κλάσεις: υψηλή, καλή, μέτρια, ελλιπής, κακή κατάσταση²⁷.

Στους χάρτες φορτίων περιλαμβάνονται και οι θέσεις εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων εντός των λεκανών απορροής (μπλε τετράγωνα στους **χάρτες 13-18**) σύμφωνα με την European Environmental Agency (<https://www.eea.europa.eu/themes/water/european-waters/water-use-and-environmental-pressures/uwwtd>).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Περιβαλλοντική κατάσταση των λεκανών απορροής

Οι τρεις υψηλότερες μέσες τιμές φορτίου ολικού ανόργανου αζώτου (kg/d) έχουν μετρηθεί στον Αλφειό, το Στρυμόνα και τον Αλιάκμονα ενώ για τα φορτία ολικού ανόργανου φωσφόρου (kg/d) τις αντίστοιχες θέσεις καταλαμβάνουν ο Στρυμόνας, ο Αλιάκμονας και ο Αξιός. Στρυμόνας και Αξιός αποτελούν διασυνοριακά ποτάμια κάτι που μπορεί να δικαιολογήσει σε μεγάλο βαθμό τα υψηλά φορτία θρεπτικών σε αυτά. Τις τρεις χαμηλότερες μέσες τιμές ολικού ανόργανου αζώτου διαθέτουν ο Σπερχειός, ο Άραχθος και ο Μόρνος ενώ τις αντίστοιχες θέσεις για τα φορτία ολικού ανόργανου φωσφόρου διαθέτουν η Νέδα, ο Γλαύκος και ο Μόρνος. Μόρνος και Άραχθος κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου στο 80%) δασικών και ημι-φυσικών εκτάσεων στη λεκάνη απορροή τους κάτι που μπορεί να εξηγήσει τα χαμηλά φορτία θρεπτικών. Ο αναλυτικός πίνακας με τα βασικά στατιστικά δηλαδή τη μέση τιμή, τον αριθμό δειγματοληψιών, τη τυπική απόκλιση, τη μέγιστη τιμή, την ελάχιστη τιμή και τη διάμεσο για την έκταση της λεκάνης, τη θερμοκρασία του νερού, τα φορτία νιτροδών, νιτρικών, αμμωνιακών, ολικού ανόργανου φωσφόρου και αζώτου και της απορροής για κάθε λεκάνη, βρίσκεται στο Παράρτημα Ι.

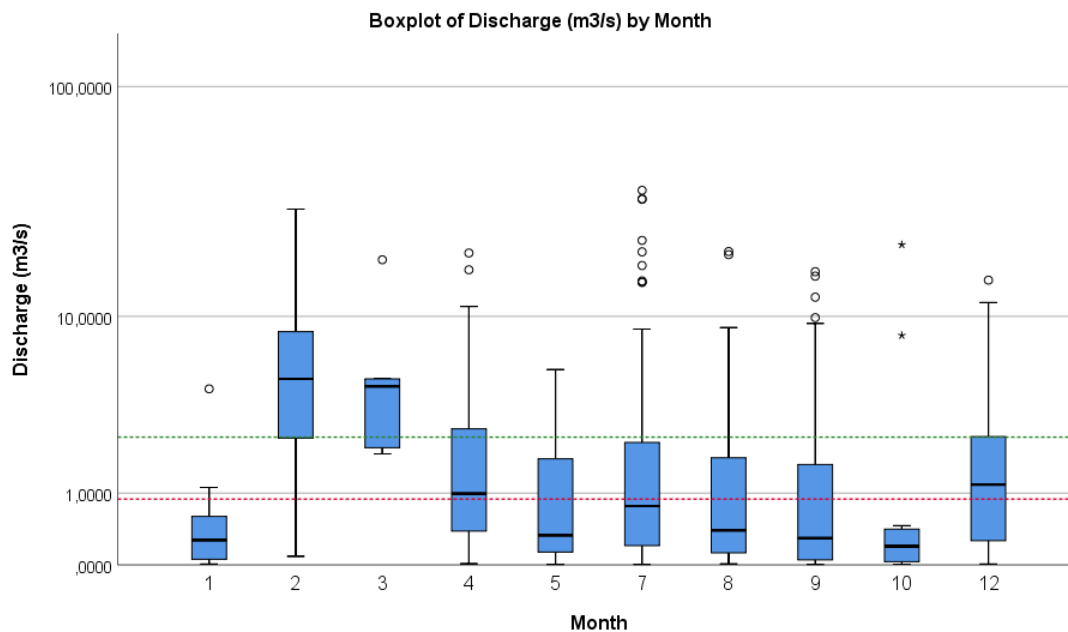
Πίνακας 5. Περιγραφικά στατιστικά για τις 18 λεκάνες απορροής ποταμών (αριθμός των δειγματοληψιών και μέση τιμή παραμέτρων).

Λεκάνη απορροής	N _{δειγματοληψιών}	Φορτίο P-PO ₄ (Kg/d)	Φορτίο TIN (Kg/d)	Παροχή (m ³ /s)
Αλιάκμονας	49	47,71	660,63	1,98
Αλφειός	131	2,95	887,49	3,31
Αξιός (Βαρδάρης)	13	39,28	368,17	2,63
Άραχθος	23	1,65	23,58	2,53
Ασωπός (Βουρνιάρης)	12	4,51	60,29	0,22
Αχελώος	79	3,16	45,07	2,49
Βουραϊκός	12	4,44	76,70	1,11
Γαλλικός	12	21,45	108,10	0,35

Λεκάνη απορροής	Νδειγματοληψιών	Φορτίο P-PO ₄ (Kg/d)	Φορτίο TIN (Kg/d)	Παροχή (m ³ /s)
Γλαύκος	19	0,54	89,32	1,34
Ευρώτας	15	2,40	153,29	2,10
Κηφισσός	25	6,07	63,27	0,17
Μόρνος	18	0,42	13,21	1,29
Νέδα	16	1,20	176,71	3,12
Πάμισος	57	4,51	183,59	3,44
Πηνειός	94	18,81	87,10	1,37
Πηνειός Πελ.	22	25,43	387,24	4,21
Σπερχειός	21	1,90	27,18	1,89
Στρυμόνας	18	312,56	851,05	6,37
Σύνολο	636	19,44	333,59	2,43

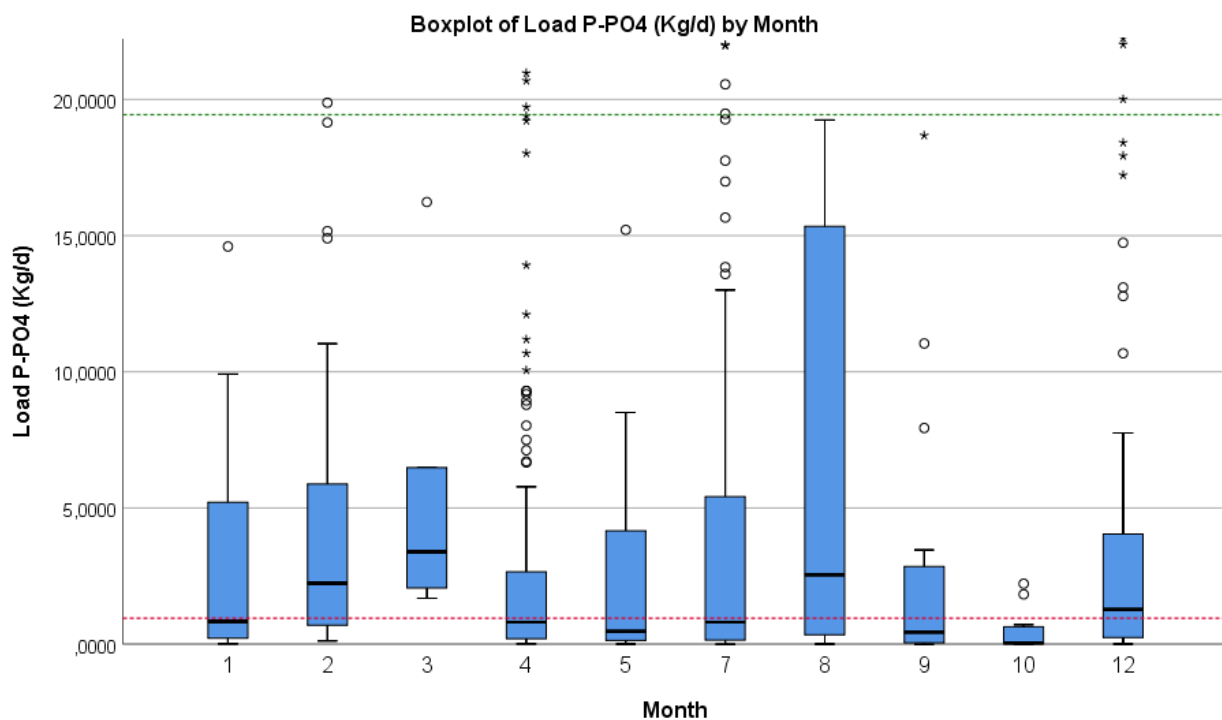
4.2 Μηνιαίες κατανομές φορτίων θρεπτικών και παροχής

Η μηνιαία κατανομή της παροχής σε ένα υδρολογικό έτος δείχνει αυξημένες τιμές τους χειμερινούς μήνες, κυρίως Φεβρουάριο και Μάρτιο και μειωμένες τιμές (κάτω των μεσέων τιμών και των διαμέσων) για τους μήνες Απρίλιο έως Οκτώβριο (**Σχήμα 1**).

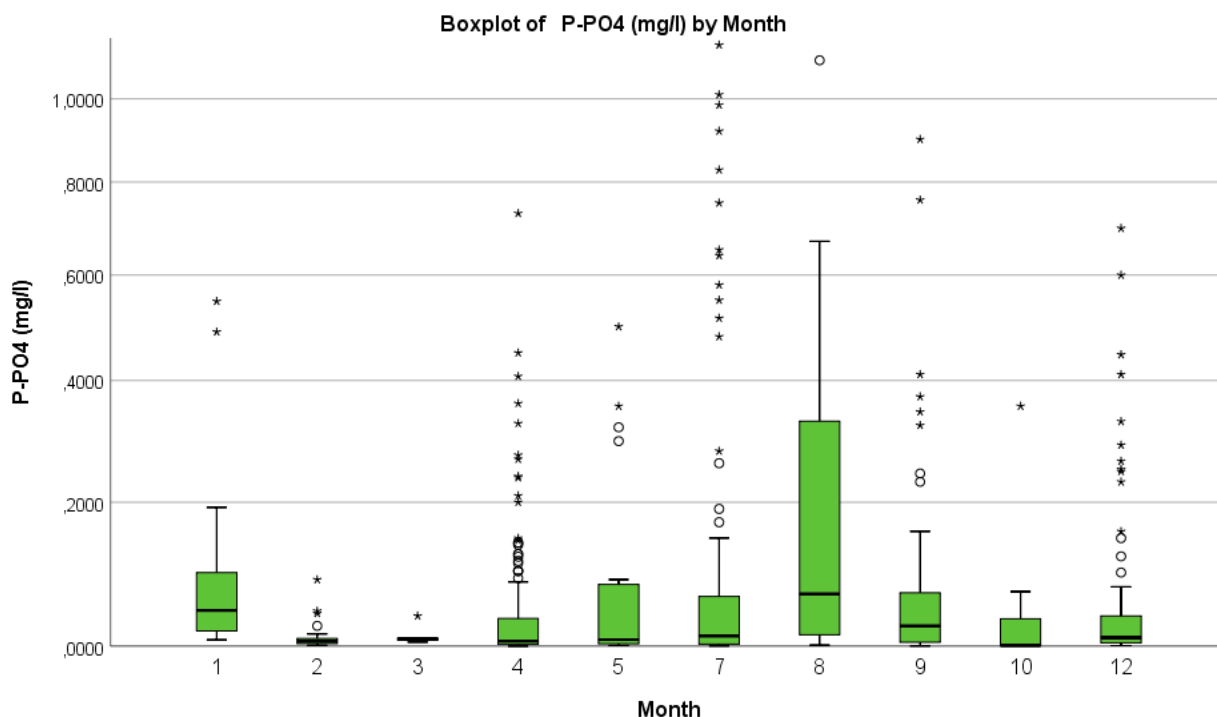


Σχήμα 1. Η κατανομή της παροχής σε ένα υδρολογικό έτος, ανα μήνα.

Ως προς την ετήσια μεταβολή στα φορτία του φωσφόρου, ο Αύγουστος είναι ο μήνας με τις μεγαλύτερες τιμές και την υψηλότερη διακύμανση (μέγιστη τιμή περίπου 18 kg/d και ελάχιστη 0,0075 kg/d). Το γεγονός αυτό πιθανά οφείλεται στην ιδιαίτερα αυξημένη τουριστική κίνηση τον συγκεκριμένο μήνα, κάτι που δημιουργεί και μεγάλη παραγωγή λυμάτων σε εθνικό επίπεδο (Σχήμα 2). Ο Σεπτέμβριος και Οκτώβριος είναι οι μήνες με τις χαμηλότερες τιμές και διακυμάνσεις φορτίων φωσφόρου στα φωσφορικά ενώ κατά την περίοδο Δεκεμβρίου – Μαρτίου οι τιμές και οι διακυμάνσεις τους σταδιακά αυξάνονται.

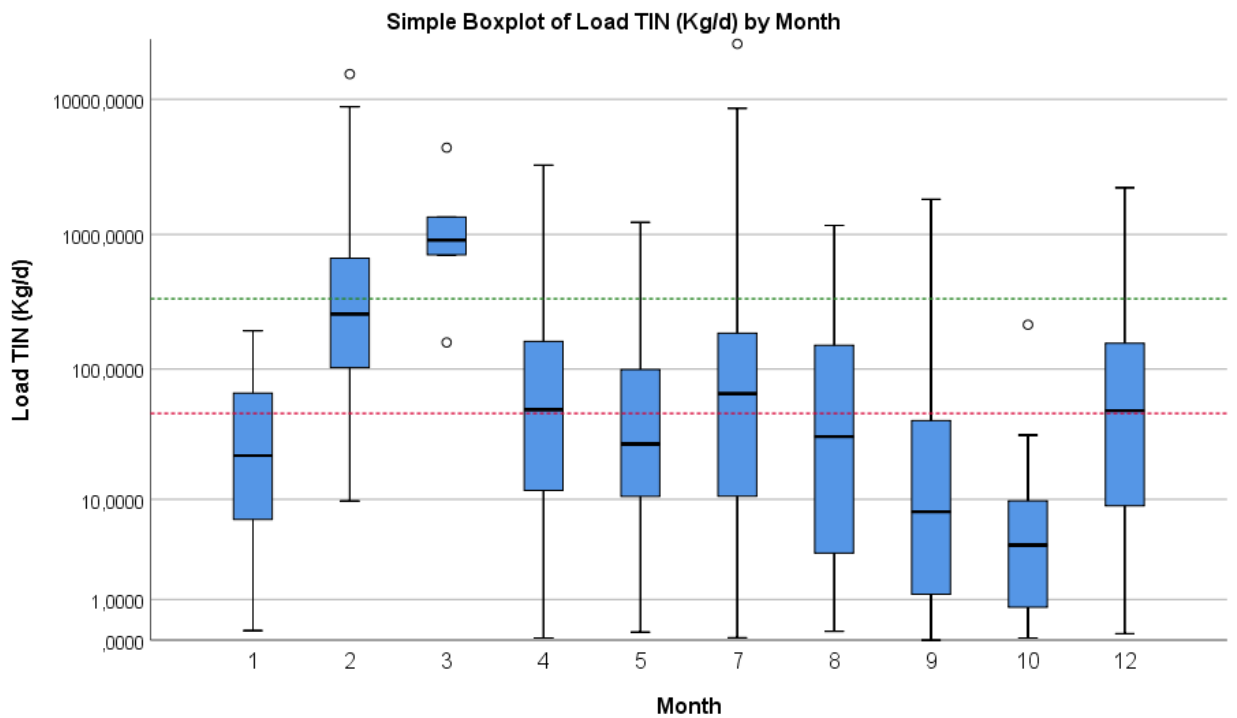


Σχήμα 2. Η κατανομή των φορτίων (kg/d) ολικού ανόργανου φωσφόρου σε ένα υδρολογικό έτος, ανα μήνα.

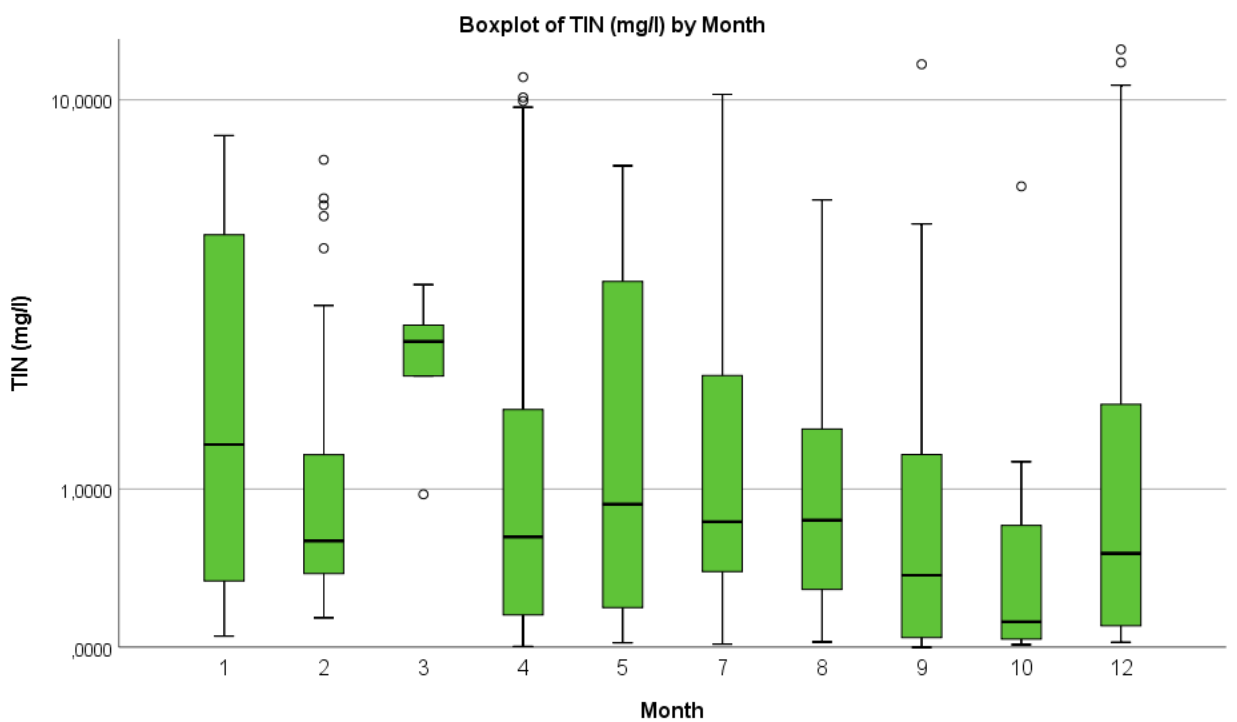


Σχήμα 3. Η κατανομή των συγκεντρώσεων (mg/l) ολικού ανόργανου φωσφόρου σε ένα υδρολογικός έτος, ανα μήνα.

Σχετικά με τα φορτία του ολικού ανόργανου αζώτου ο Μάρτιος είναι ο μήνας με τις υψηλότερες τιμές αλλά με πολύ μικρή διακύμανση μιας και υπάρχουν μόνο 5 μετρήσεις ολικού αζώτου για το Μάρτιο. Τα φορτία μειώνονται σταδιακά από το Μάρτιο μέχρι και τον Οκτώβριο, που θεωρείται και το τέλος της ξηρής περιόδου, όπου παρατηρούνται τα χαμηλότερα φορτία ολικού αζώτου (**Σχήμα 4**). Οι αυξημένες τιμές που παρατηρούνται το Δεκέμβριο οφείλονται στο ξέπλυμα των εδαφών λίγο μετά την αρχή του υδρολογικού έτους. Τα φορτία ολικού αζώτου μπορούν να συσχετιστούν με τις μηνιαίες τιμές εκροής όπου οι υψηλότερες τιμές έχουν μετρηθεί το Φεβρουάριο και το Μάρτιο και η χαμηλότερη τον Οκτώβριο. Αυτό οφείλεται πιθανότατα στη χρήση λιπασμάτων στη γεωργία. Παρότι η λίπανση των εδαφών πραγματοποιείται κυρίως την άνοιξη, τα φορτία του ρύπου δεν αυξάνονται παρα μόνο μετά την αρχή του επόμενου υδρολογικού έτους και λόγω της απόπλυσης των εδαφών λόγω αύξησης της παροχής. Συγκρίνοντας τα φορτία με τις συγκεντρώσεις και για τα δυο είδη θρεπτικών παρατηρείται παρόμοιο μοτίβο μεταβολής μέσα στο έτος, κάτι που δείχνει πως οι υδρολογικές συνθήκες που επικρατούν εντός της λεκάνης δεν παίζουν καθοριστικό ρόλο, με άλλους παράγοντες (όπως οι χρήσεις γης και οι ανθρώπινες δραστηριότητες) να έχουν πιο βασικό ρόλο (**Σχήματα 3 & 5**).



Σχήμα 4. Η κατανομή των φορτίων ολικού ανόργανου αζώτου σε ένα υδρολογικό έτος, ανα μήνα.

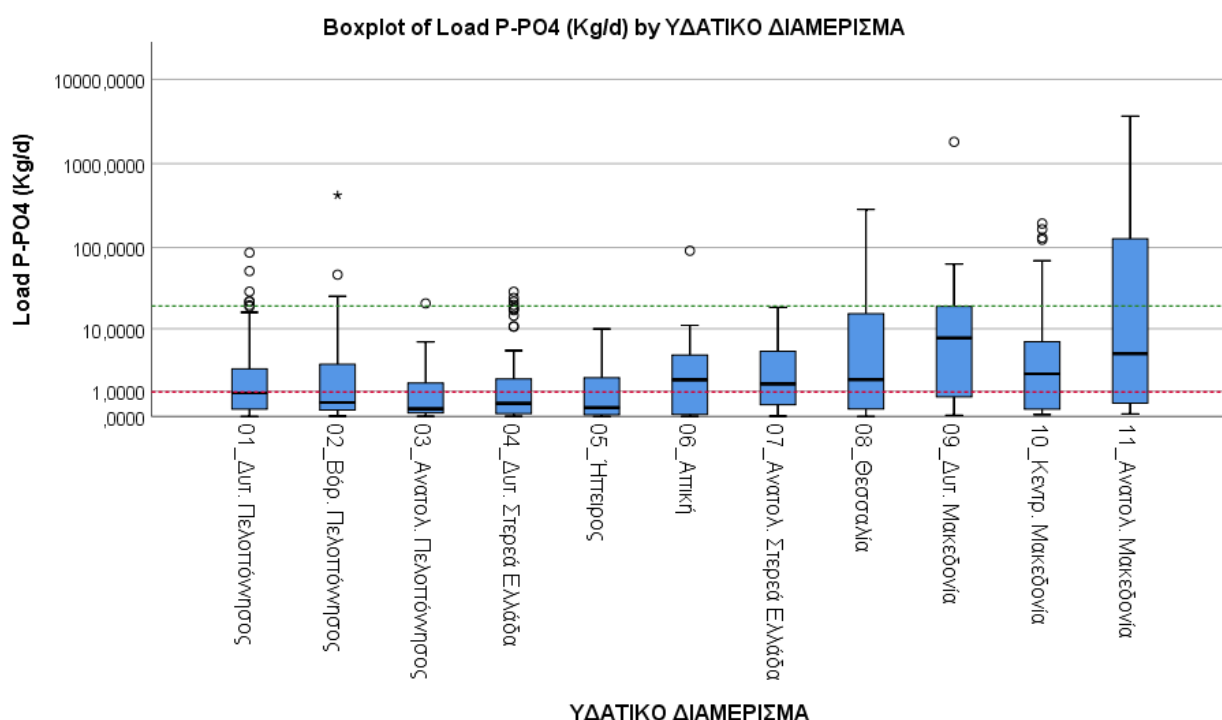


Σχήμα 5. Η κατανομή των φορτίων ολικού ανόργανου αζώτου σε ένα υδρολογικό έτος, ανα μήνα.

4.3 Φορτία θρεπτικών και παροχή ανα υδατικό διάμερισμα

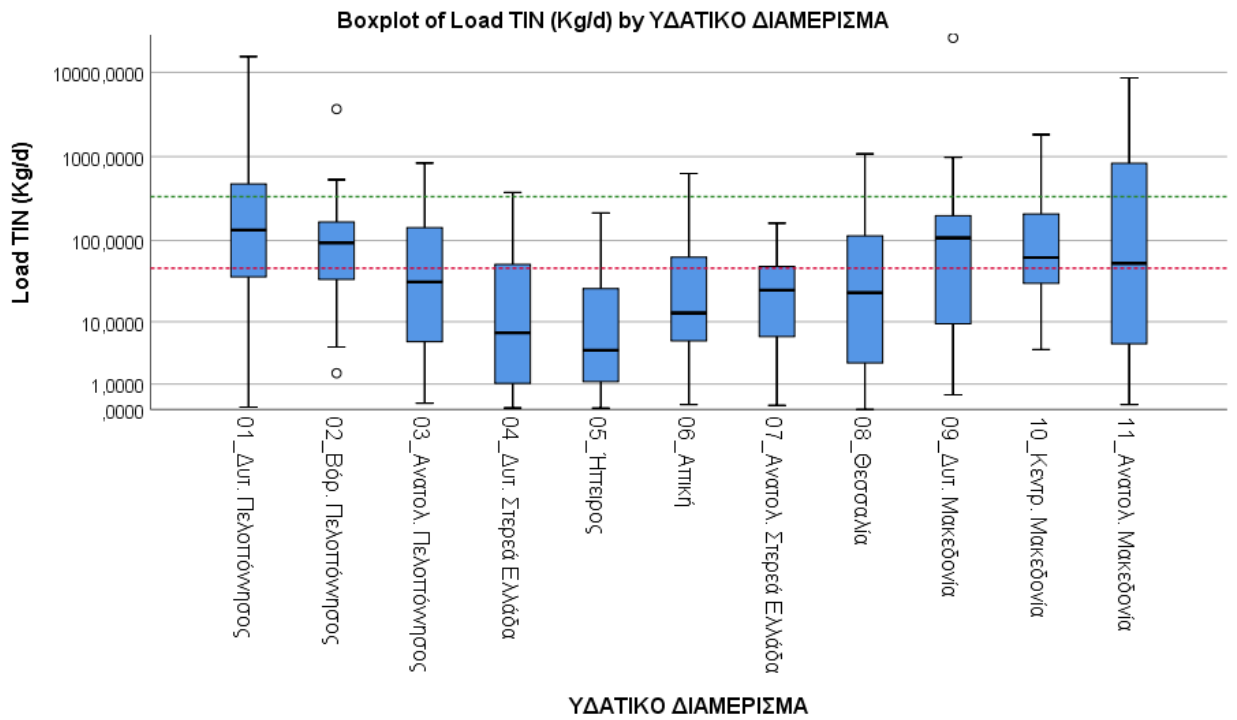
Το υδατικό διαμέρισμα της Ανατολικής Μακεδονίας παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές και διακυμάνσεις τιμών στα φορτία ολικού φωσφόρου, ακολουθούμενο από τα

υδατικά διαμερίσματα της Δυτικής Μακεδονίας και της Θεσσαλίας (**Σχήμα 6**). Η Ανατολική Πελοπόννησος παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές καθώς και σχετικά μικρές διακυμάνσεις τιμών ενώ ακολουθούν η Δυτική Στερεά Ελλάδα και η Ήπειρος με ελαφρώς υψηλότερες τιμές. Τον υψηλότερο διάμεσο έχει το Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Μακεδονίας ενώ τα υδατικά διαμερίσματα της Αττικής, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Θεσσαλίας, Δυτικής, Κεντρικής και Ανατολικής Μακεδονίας έχουν διάμεσους μεγαλύτερους από την διάμεσο όλων των μετρήσεων. Επομένως τις μεγαλύτερες τιμές έχουν τα υδατικά διαμερίσματα με τις μεγάλες αγροτικές πεδιάδες ή τα διαμερίσματα που συνδέονται με διασυνοριακά ποτάμια (πχ Στρυμόνας, Αξιός, κτλ).

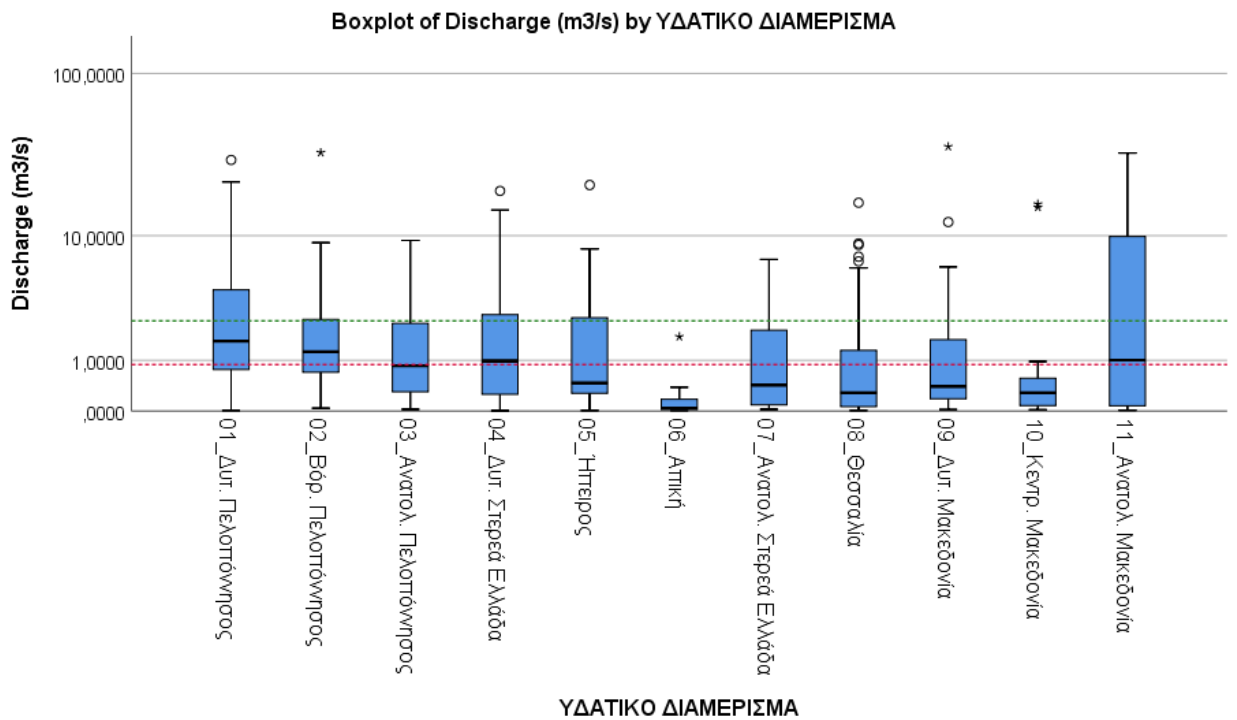


Σχήμα 6. Η κατανομή των φορτίων ολικού ανόργανου φωσφόρου ανα υδατικό διαμέρισμα.

Το υδατικό διαμέρισμα της Ανατολικής Μακεδονίας παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές και διακυμάνσεις τιμών στα φορτία ολικού ανόργανου αζώτου, ακολουθούμενο από την Δυτική Πελοπόννησο και την Κεντρική Μακεδονία (**Σχήμα 7**). Η Ήπειρος παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές καθώς και σχετικά μικρές διακυμάνσεις τιμών ενώ η Δυτική Στερεά Ελλάδα ακολουθεί με ελαφρώς υψηλότερες τιμές. Τον υψηλότερο διάμεσο έχει το Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Μακεδονίας ενώ τα υδατικά διαμερίσματα της Βόρειας και Δυτικής Πελοποννήσου, Ανατολικής, Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας έχουν διάμεσους μεγαλύτερους από την διάμεσο όλων των μετρήσεων. Η διακύμανση των τιμών ακολουθεί το μοτίβο του φορτίου φωσφόρου με τα υδατικά διαμερίσματα που κυριαρχούνται από αγροτικές δραστηριότητες και διασυνοριακά ποτάμια να παρουσιάζουν την χειρότερη ποιοτική κατάσταση.



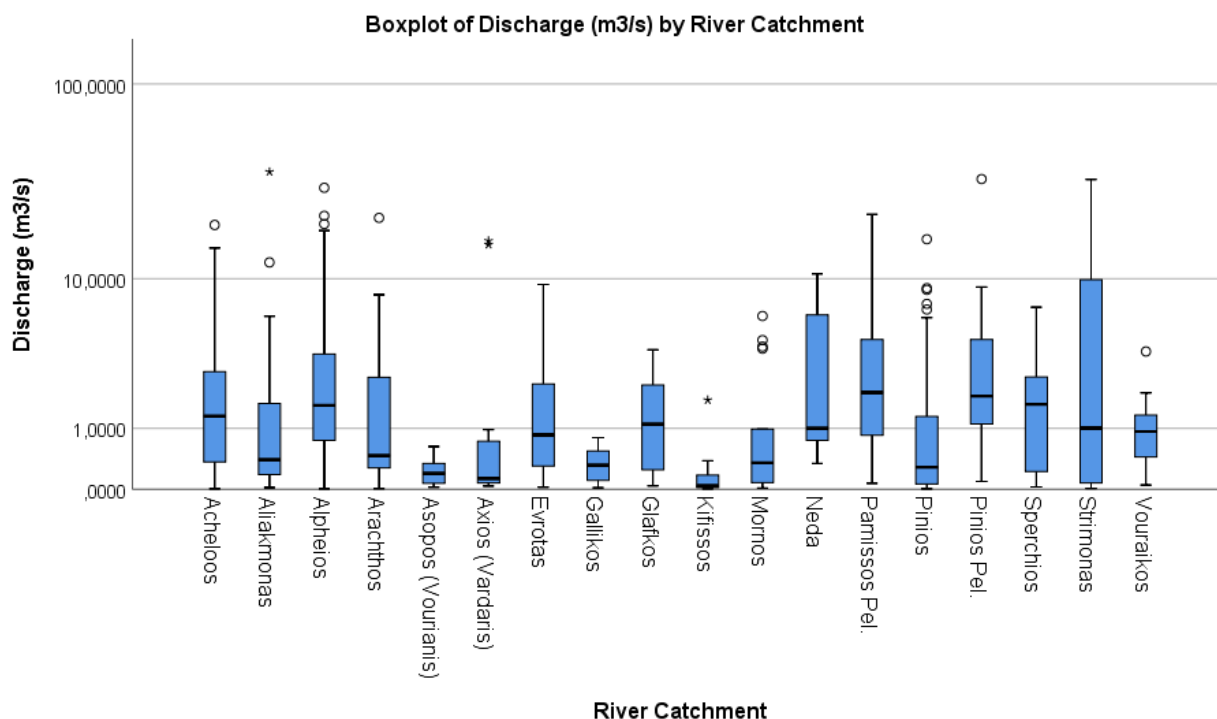
Σχήμα 7. Η κατανομή των φορτίων ολικού ανόργανου αζώτου ανα υδατικό διαμέρισμα.



Σχήμα 8. Η κατανομή της επιφανειακής παροχής ανα υδατικό διαμέρισμα.

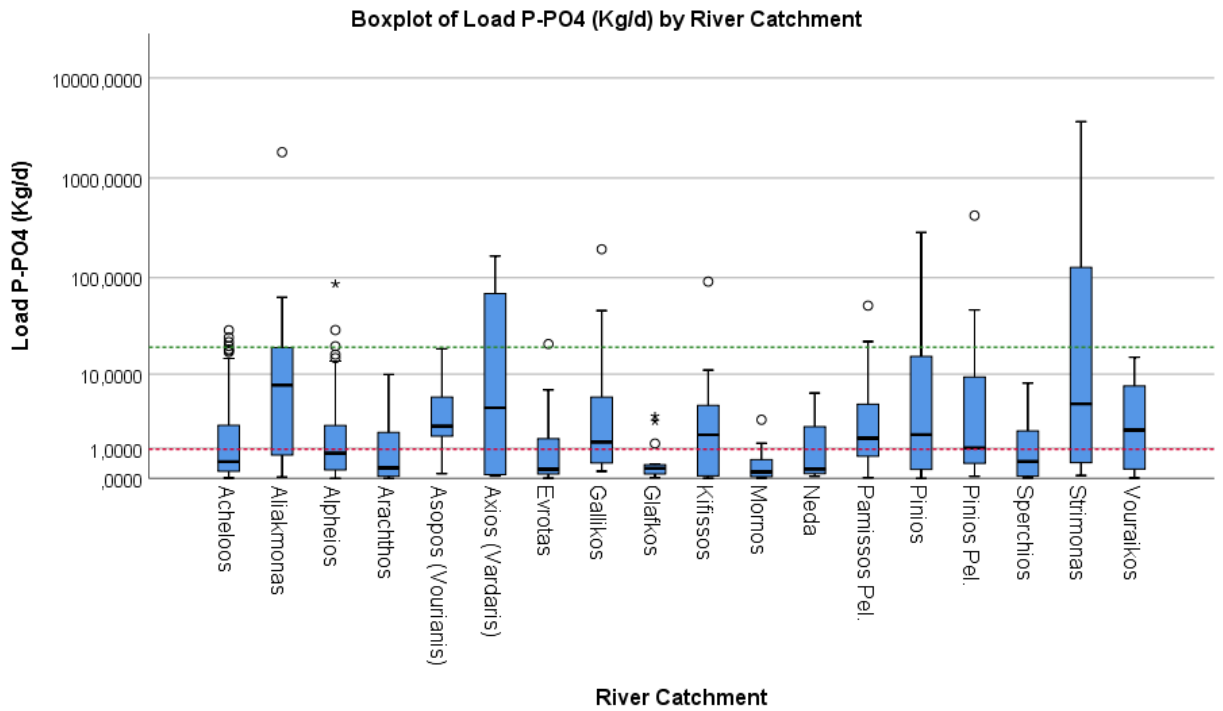
4.4 Φορτία θρεπτικών και παροχή ανα λεκάνη απορροής ποταμού

Σχετικά με την παροχή των ποταμών, η υψηλότερη παροχή παρατηρείται για τους ποταμούς της Δυτικής Ελλάδας, π.χ. Πάμισος, Πηνειός Πελοποννήσου και Αλφειός (λόγω υψηλότερης μέσης ετήσιας βροχόπτωσης) (Σχήμα 9). Επιπλέον, υψηλή παροχή έχουν τα ποτάμια με το μεγαλύτερο συνολικό μήκος αλλά και έκταση λεκάνης απορροής (π.χ. Στρυμόνας, Αλιάκμονας και Αχελώος)⁶.

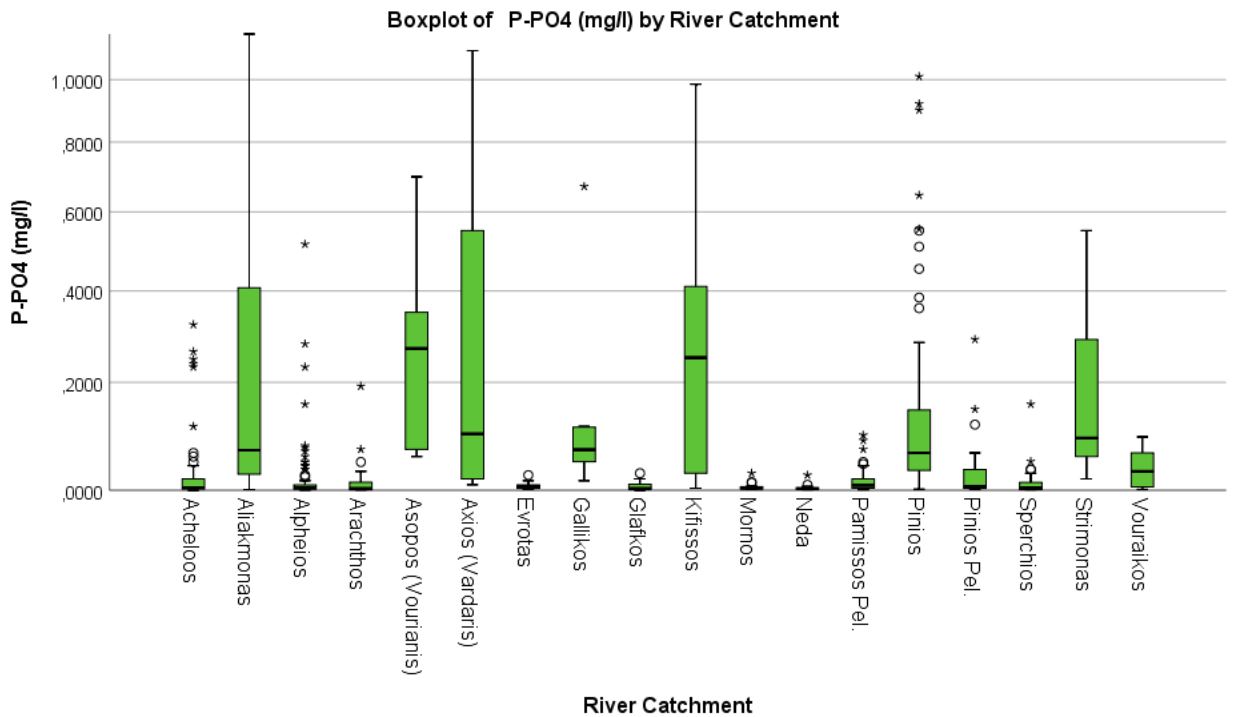


Σχήμα 9. Η κατανομή της παροχής ανα λεκάνη απορροής ποταμού.

Όσον αφορά τις τιμές φορτίων ανα ποταμό, τις υψηλότερες τιμές και διακυμάνσεις τιμών ολικού φωσφόρου έχουν ο Στρυμόνας (πάνω από 100 kg/d) και ο Αξιός (περίπου 80 kg/d) ενώ ακολουθεί ο Αλιάκμονας και ο Πηνειός (Σχήμα 10). Επίσης, τα ποτάμια Ασωπός, Γαλλικός, Κηφισός, Πάμισος Πελοποννήσου και Βουραϊκός έχουν διάμεσο μεγαλύτερη από την διάμεσο όλων των τιμών φωσφόρου των εξεταζόμενων ποταμών. Πιο χαμηλές τιμές έχουν ο Αχελώος, ο Αλφειός, ο Άραχθος, ο Ευρώτας, ο Γλαύκος, η Νέδα και ο Πηνειός των οποίων η διάμεσος δεν ξεπερνά το 1 kg/d. Ο Μόρνος έχει τη χαμηλότερη διάμεσο. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο Στρυμόνας και ο Αξιός που παρουσιάζουν την χειρότερη ποιοτικά εικόνα είναι και διασυνοριακά ποτάμια.

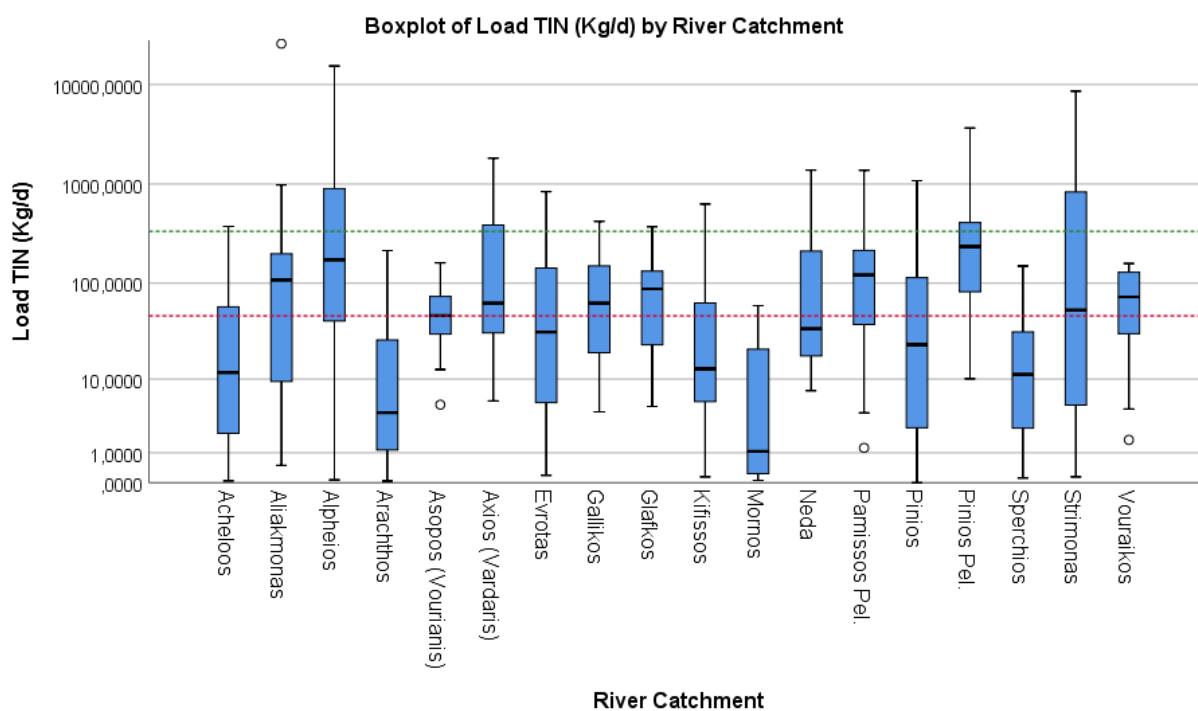


Σχήμα 10. Η κατανομή των φορτίων ολικού ανόργανου φωσφόρου ανα λεκάνη απορροής ποταμού.

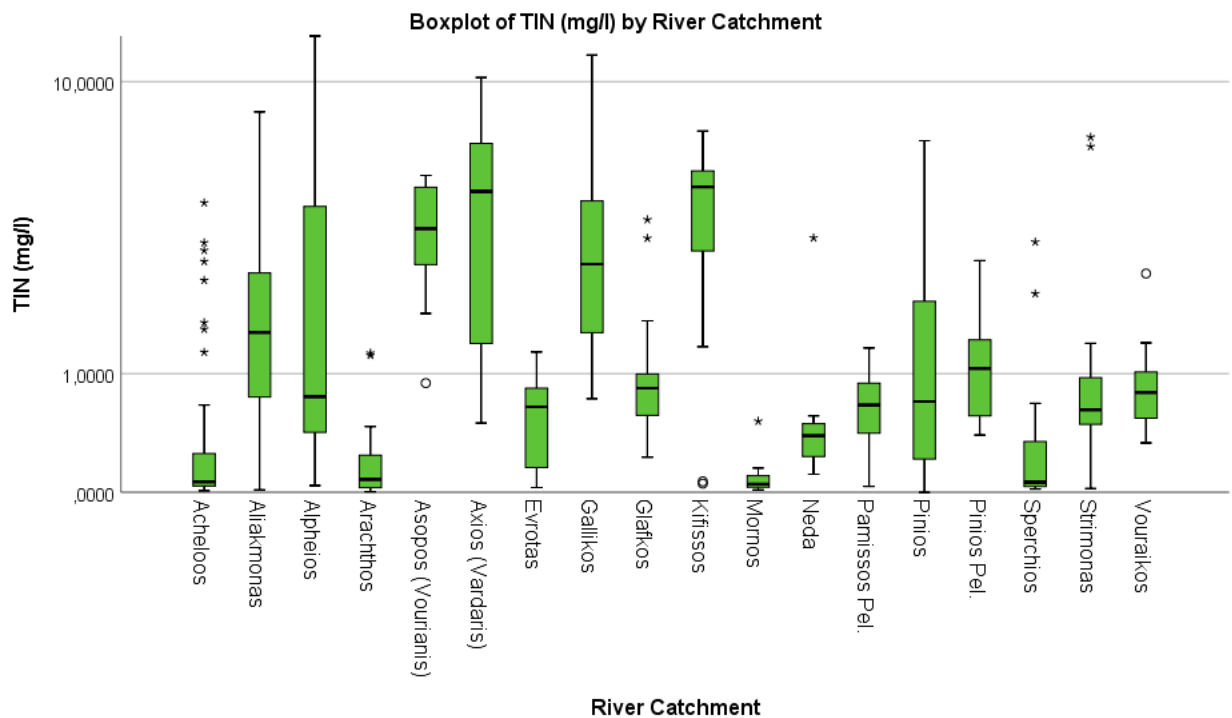


Σχήμα 11. Η κατανομή των συγκεντρώσεων ολικού ανόργανου φωσφόρου ανα λεκάνη απορροής ποταμού.

Τις υψηλότερες τιμές και διακυμάνσεις τιμών ολικού ανόργανου αζώτου έχει ο Πηνειός Πελοποννήσου (πάνω από 10000 kg/d) ενώ ακολουθεί ο Αλφειός ποταμός, ο Πάμισος και ο Στρυμώνας. Σχετικά χαμηλές τιμές έχουν ο Άραχθος, ο Μόρνος και ο Σπερχειός ποταμός των οποίων η διάμεσος δεν ξεπερνά τα 10 kg/d (Σχήμα 12). Τα ποτάμια Αλιάκμονας, Αξιός, Γαλλικός, Γλαύκος, και Βουρραϊκός έχουν διάμεσο μεγαλύτερη από την διάμεσο όλων των τιμών ολικού ανόργανου αζώτου των εξεταζόμενων ποταμών ενώ ο Μόρνος έχει την απολύτως χαμηλότερη διάμεσο.

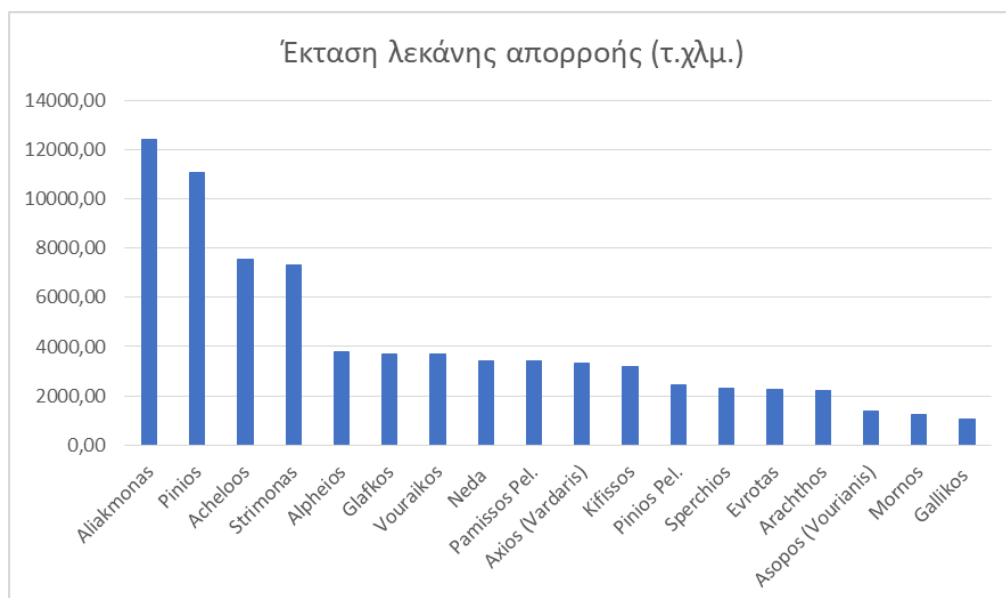


Σχήμα 12. Η κατανομή των φορτίων ολικού ανόργανου αζώτου ανα λεκάνη απορροής ποταμού.

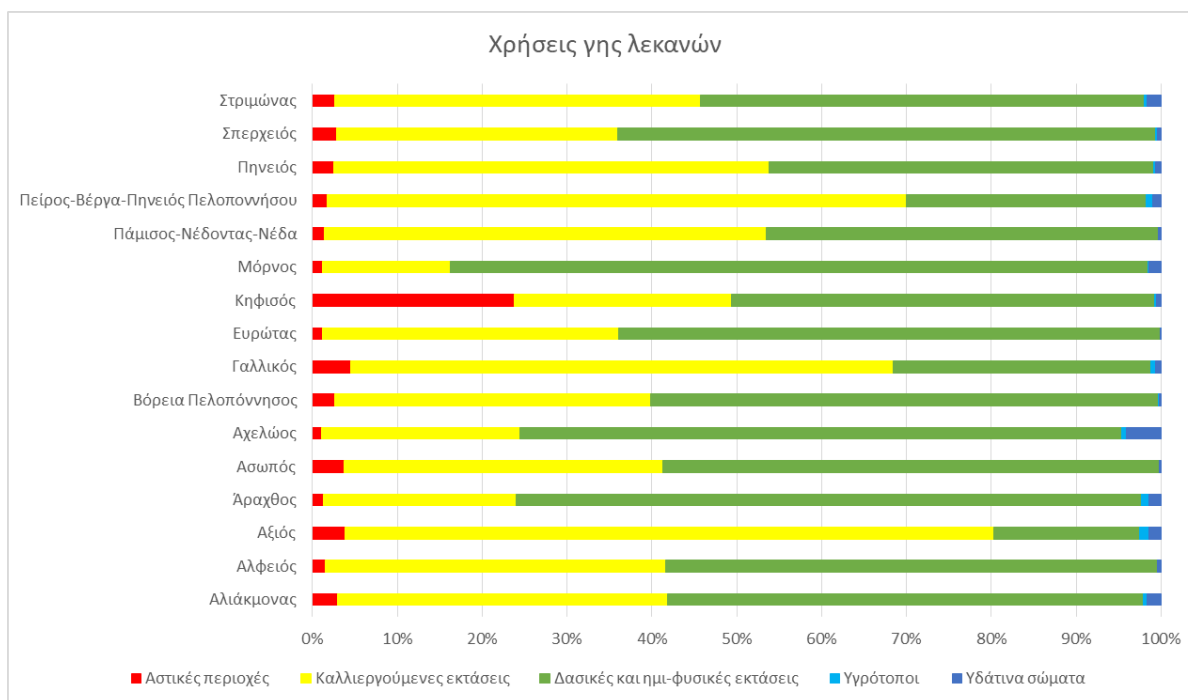


Σχήμα 13. Η κατανομή της συγκέντρωσης ολικού ανόργανου αζώτου ανα λεκάνη απορροής ποταμού.

Συγκρίνοντας τα φορτία με τις συγκεντρώσεις σε κάθε ποτάμιο σύστημα και για τα δυο είδη θρεπτικών παρατηρείται παρόμοιο μεταβολή από ποταμό σε ποταμό, κάτι που δείχνει πως το μέγεθος και η έκταση της λεκάνης δεν παίζουν καθοριστικό ρόλο, με άλλους παράγοντες (όπως οι χρήσεις γης και οι ανθρώπινες δραστηριότητες) να έχουν πιο βασικό ρόλο (**Σχήματα 11 & 13**).



Σχήμα 14. Η έκταση των 18 λεκανών απορροής που περιλαμβάνονται στην παρούσα εργασία.



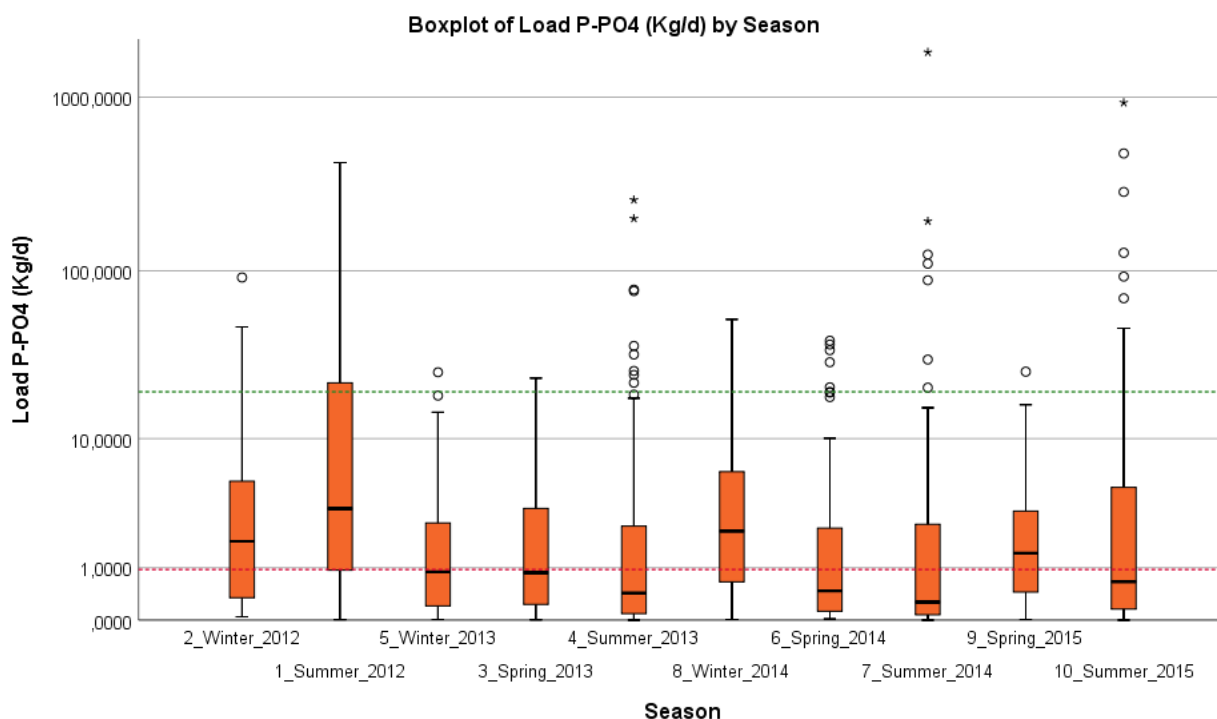
Σχήμα 15. Η ποσοστιαία κατανομή χρήσεων γης σε κάθε λεκάνη απορροής.

Βασικός παράγοντας που μπορεί να εξηγήσει τη διακύμανση των φορτίων σε κάθε λεκάνη απορροής φαίνεται να είναι οι χρήσεις γης της λεκάνης απορροής (**Σχήμα 15**). Στη λεκάνη απορροής του Μόρνου, που είναι ο ποταμός με τα μικρότερα φορτία ολικού φωσφόρου και ολικού αζώτου, το μεγαλύτερο ποσοστό χρήσης γης αντιστοιχεί σε δασικές και ημι-φυσικές εκτάσεις (μεγαλύτερο από το 80%), κάτι που μπορεί να δικαιολογήσει τα χαμηλά φορτία θρεπτικών λόγω χαμηλής παρουσίας ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Ακολουθούν ο Άραχθος και ο Αχελώος με παρόμοια ποσοστά χρήσεων γης αλλά και φορτία ολικού φωσφόρου. Ο Αχελώος παρουσιάζει μεγαλύτερα φορτία ολικού αζώτου από τον Άραχθο πιθανότατα λόγω της μεγαλύτερης συνολικής έκτασης της λεκάνης απορροής του σε σχέση με τη λεκάνη απορροής του Αράχθου και άρα υψηλότερη χρήση λιπασμάτων. Ο Αξιός είναι ο ποταμός με το μεγαλύτερο ποσοστό καλλιεργούμενων εκτάσεων στη λεκάνη απορροής του κάτι που αντικατοπτρίζεται στις υψηλές τιμές τόσο φορτίων ολικού φωσφόρου όσο και φορτίων ολικού αζώτου. Εξίσου μεγάλα είναι τα ποσοστά των καλλιεργούμενων εκτάσεων στις λεκάνες απορροής Γαλλικού και Πηνειού Πελοποννήσου κάτι που δικαιολογεί τις υψηλές τιμές ειδικά των φορτίων ολικού αζώτου.

4.5 Εποχική μεταβολή φορτίων θρεπτικών και παροχής

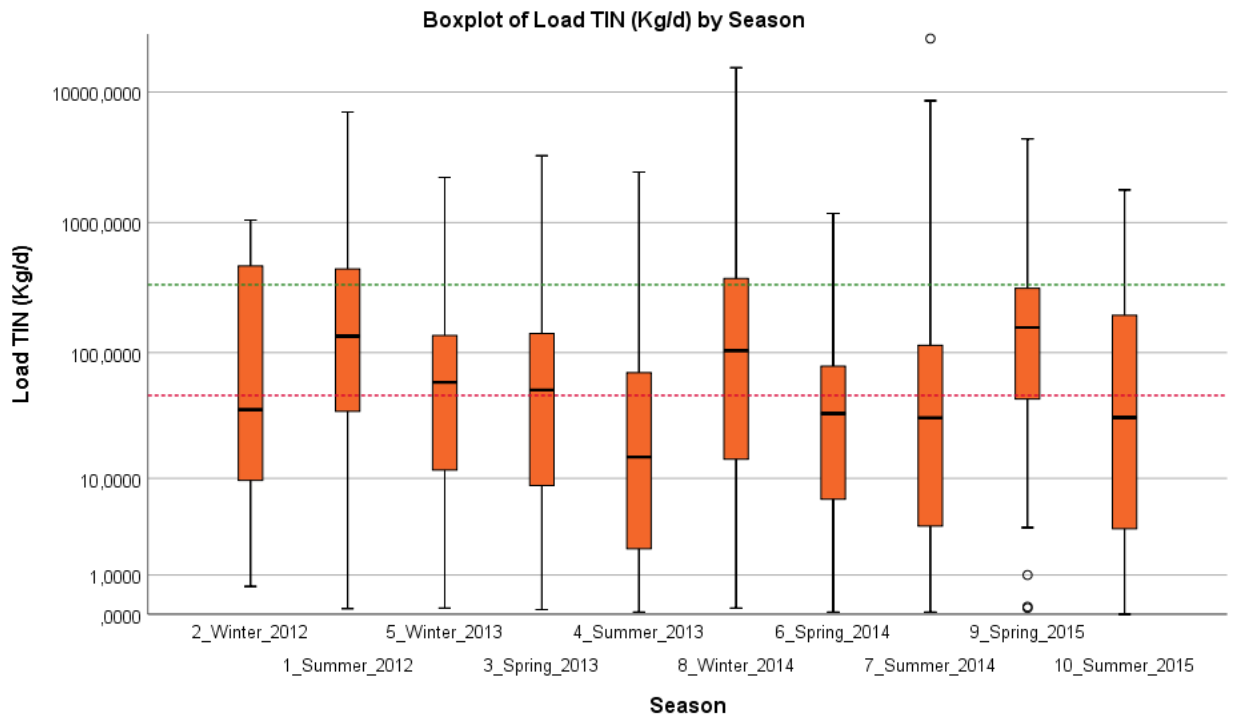
Σχετικά με την εποχική μεταβολή φορτίων φωσφόρου, το καλοκαίρι του 2012 παρουσιάζει τη μεγαλύτερη διακύμανση αλλά και τις υψηλότερες τιμές, με τους χειμώνες 2012 και 2014 να ακολουθούν (**Σχήμα 16**). Εκτός από την άνοιξη του 2015 όλες οι υπόλοιπες εποχές (χειμώνας, άνοιξη και καλοκαίρι του 2013, άνοιξη και

καλοκαίρι του 2014 και καλοκαίρι του 2015) έχουν μικρότερη διάμεσο από τη μέση διάμεσο (1 kg/d). Την πιο χαμηλή διάμεσο κατέχει το καλοκαίρι του 2014. Η εποχική μεταβολή στα φορτία φωσφόρου ακολουθεί τη μεταβολή της παροχής ανα εποχή.

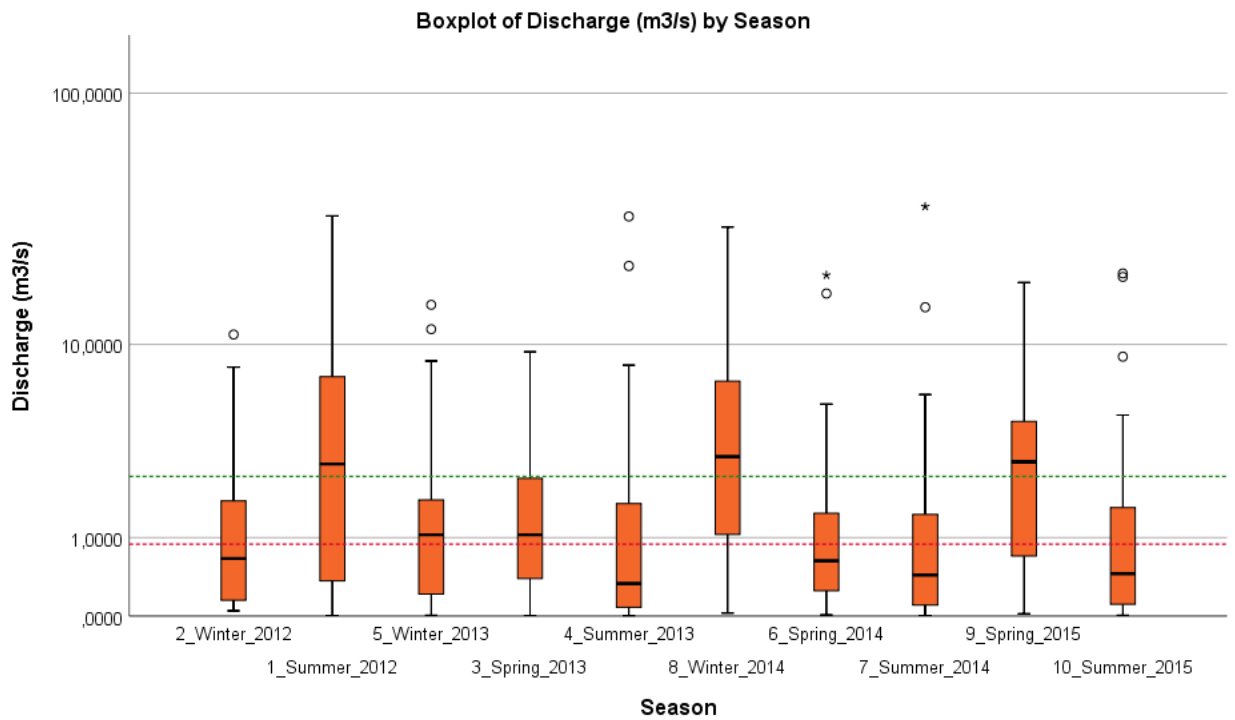


Σχήμα 16. Η κατανομή των φορτίων ολικού ανόργανου φωσφόρου ανα δειγματοληπτική περίοδο.

Όσον αφορά την εποχιακή μεταβολή φορτίων ολικού αζώτου, τη μεγαλύτερη διακύμανση και τις υψηλότερες τιμές παρουσιάζει ο χειμώνας του 2012, ακολουθόμενος από το χειμώνα του 2014 και το καλοκαίρι του 2015 (Σχήμα 17). Ο χειμώνας του 2012, το καλοκαίρι του 2013, η άνοιξη και το καλοκαίρι του 2014 και το καλοκαίρι του 2015 έχουν μικρότερη διάμεσο από τη μέση διάμεσο (46 kg/d). Την πιο χαμηλή διάμεσο κατέχει το καλοκαίρι του 2013, ενώ την πιο υψηλή η άνοιξη του 2015. Όπως με τα φορτία φωσφόρου η εποχική μεταβολή στα φορτία ολικού αζώτου ακολουθεί σε μεγάλο βαθμό τη μεταβολή της παροχής ανα εποχή.



Σχήμα 17. Η κατανομή των φορτίων ολικού ανόργανου αζώτου ανα δειγματοληπτική περίοδο.



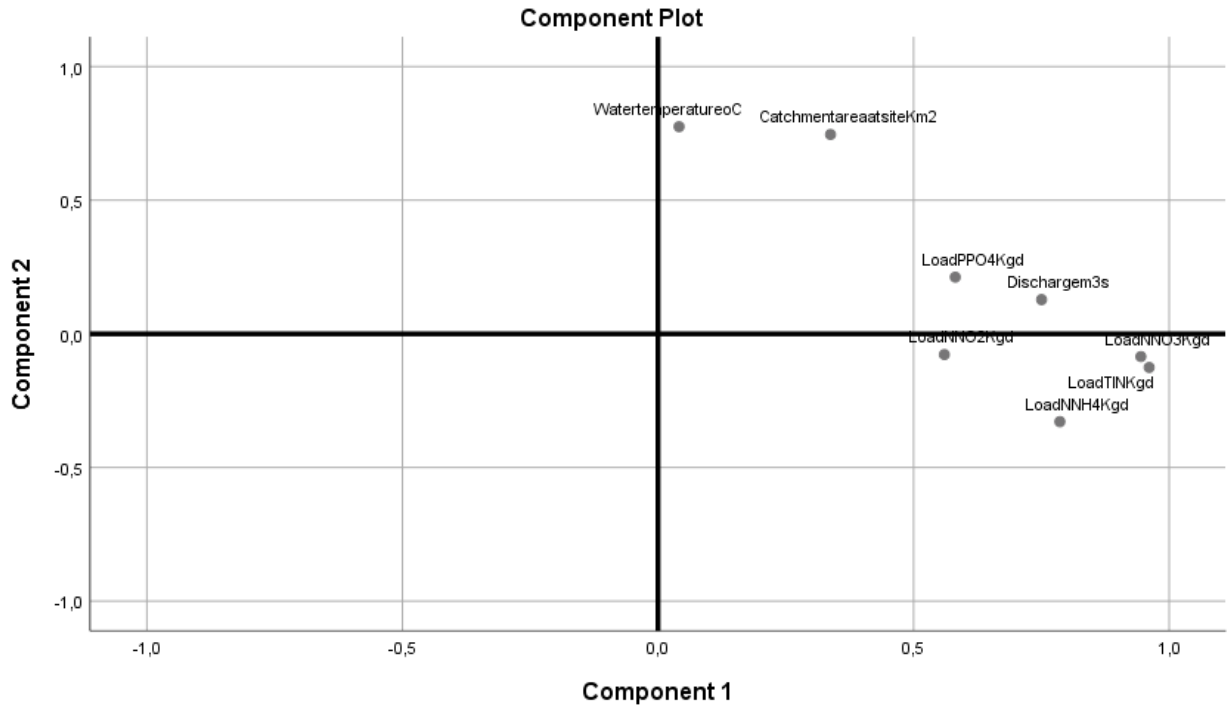
Σχήμα 18. Η κατανομή της παροχής ανα δειγματοληπτική περίοδο.

4.6 Συσχετίσεις περιβαλλοντικών παραμέτρων

Τα φορτία του ολικού ανόργανου αζώτου παρουσιάζουν υψηλή τιμή συσχέτισης με τα φορτία των νιτρικών μιας και τα νιτρικά αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του ολικού ανόργανου αζώτου, με τα αμμωνιακά να ακολουθούν (**Πίνακας 6**). Σχετικά υψηλή τιμή συσχέτισης παρουσιάζουν επίσης και τα αμμωνιακά με τα νιτρικά κάτι που πιθανότατα να υποδηλώνει κοινή πηγή προέλευσης των ρύπων, τουλάχιστον σε ένα βαθμό. Η παροχή παρουσιάζει μεγαλύτερη τιμή συσχέτισης με το ολικό ανόργανο άζωτο από ότι με τον ολικό φώσφορο κυρίως λόγω της μεγαλύτερης δυσκολίας απόπλυσης του φωσφόρου από το έδαφος σε σχέση με το άζωτο που απελευθερώνεται πιο εύκολα και έτσι καταλήγει σε ένα υδάτινο σώμα σε μεγαλύτερες ποσότητες, με τον μηχανισμό αυτό.

Πίνακας 6. Συσχέτιση και στατιστική σημαντικότητα περιβαλλοντικών παραμέτρων (κόκκινο χρώμα: υψηλότερη συσχέτιση).

		Έκταση λεκάνης (Km ²)	Θερμοκρασία νερού (°C)	Φορτίο N-NO ₂ (Kg/d)	Φορτίο N-NO ₃ (Kg/d)	Φορτίο N-NH ₄ (Kg/d)	Φορτίο P-PO ₄ (Kg/d)	Φορτίο TIN (Kg/d)	Παροχή (m ³ /s)
Correlation	Έκταση λεκάνης (Km ²)	1,000	,312	,125	,217	,050	,200	,201	,394
	Θερμοκρασία νερού (°C)	,312	1,000	,039	,007	-,082	,094	-,004	-,009
	Φορτίο N-NO ₂ (Kg/d)	,125	,039	1,000	,409	,421	,185	,460	,317
	Φορτίο N-NO ₃ (Kg/d)	,217	,007	,409	1,000	,723	,554	,993	,618
	Φορτίο N-NH ₄ (Kg/d)	,050	-,082	,421	,723	1,000	,194	,794	,486
	Φορτίο P-PO ₄ (Kg/d)	,200	,094	,185	,554	,194	1,000	,518	,345
	Φορτίο TIN (Kg/d)	,201	-,004	,460	,993	,794	,518	1,000	,622
	Παροχή (m ³ /s)	,394	-,009	,317	,618	,486	,345	,622	1,000
Sig. (1- tailed)	Έκταση λεκάνης (Km ²)		,000	,001	,000	,104	,000	,000	,000
	Θερμοκρασία νερού (°C)	,000		,164	,427	,020	,009	,459	,411
	Φορτίο N-NO ₂ (Kg/d)	,001	,164		,000	,000	,000	,000	,000
	Φορτίο N-NO ₃ (Kg/d)	,000	,427	,000		,000	,000	,000	,000
	Φορτίο N-NH ₄ (Kg/d)	,104	,020	,000	,000		,000	,000	,000
	Φορτίο P-PO ₄ (Kg/d)	,000	,009	,000	,000	,000		,000	,000
	Φορτίο TIN (Kg/d)	,000	,459	,000	,000	,000	,000		,000
	Παροχή (m ³ /s)	,000	,411	,000	,000	,000	,000	,000	



Σχήμα 19. Διαγραμματική απεικόνιση των παραμέτρων που φανερώνει τη συσχέτιση τους (ανάλογα με την απόσταση μεταξύ τους).

4.7 Ομαδοποίηση λεκανών απορροής ποταμών - Δενδρόγραμμα

Στο δενδρόγραμμα φαίνεται πως τα ποτάμια της παρούσας εργασίας μπορούν να διακριθούν στις εξής ομάδες:

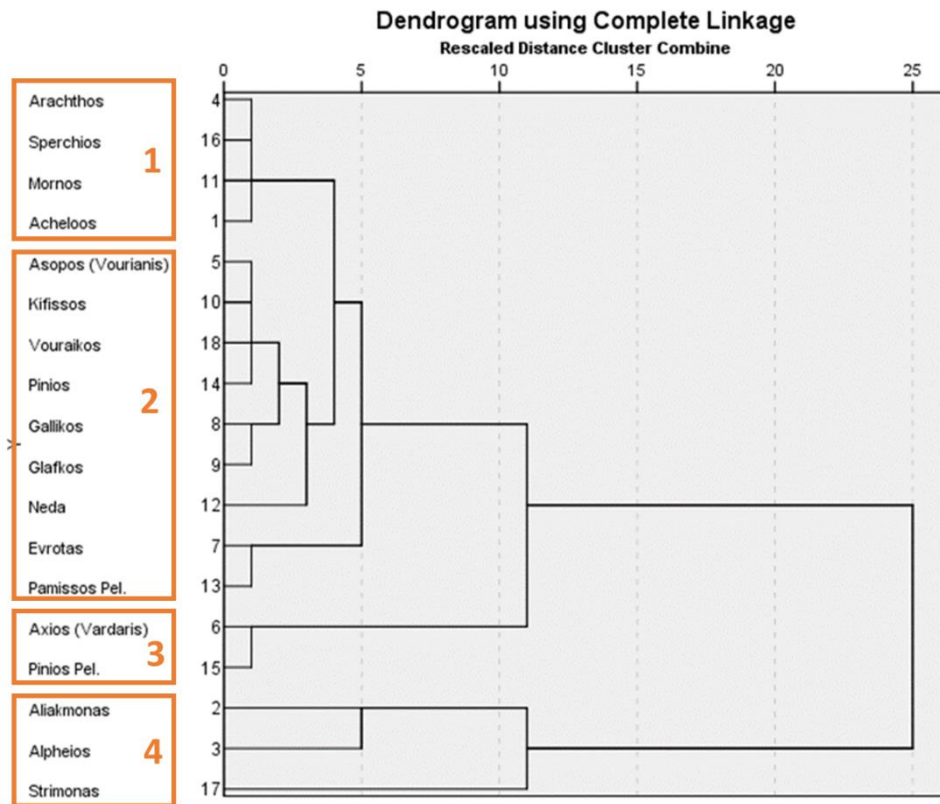
- Ομάδα 1: Άραχθος, Σπερχειός, Μόρνος και Αχελώος
- Ομάδα 2: Ασωπός, Κηφισός, Βουραϊκός, Πηνειός, Γαλλικός, Γλαύκος, Νέδα, Ευρώτας και Πάμισος
- Ομάδα 3: Αξιός και Πηνειός Πελοποννήσου
- Ομάδα 4: Αλιάκμονας, Αλφειός και Στρυμόνας

Τα ποτάμια της Ομάδας 1 εμφανίζουν τις χαμηλότερες μέσες τιμές φορτίων θρεπτικών αλλά και το μεγαλύτερο ποσοστό δασικών εκτάσεων στη λεκάνη απορροής τους (περίπου 80%).

Στην Ομάδα 2 ανήκουν ποτάμια με μεσαία προς χαμηλά φορτία θρεπτικών αλλά και σχετικά μικρή έκταση των δασικών περιοχών στη λεκάνη απορροής τους.

Στην Ομάδα 3 είναι τα ποτάμια των οποίων οι λεκάνες απορροής καταλαμβάνονται στο μεγαλύτερο μέρος τους (70-80%) από καλλιεργούμενες εκτάσεις και έχουν αρκετά υψηλά φορτία θρεπτικών.

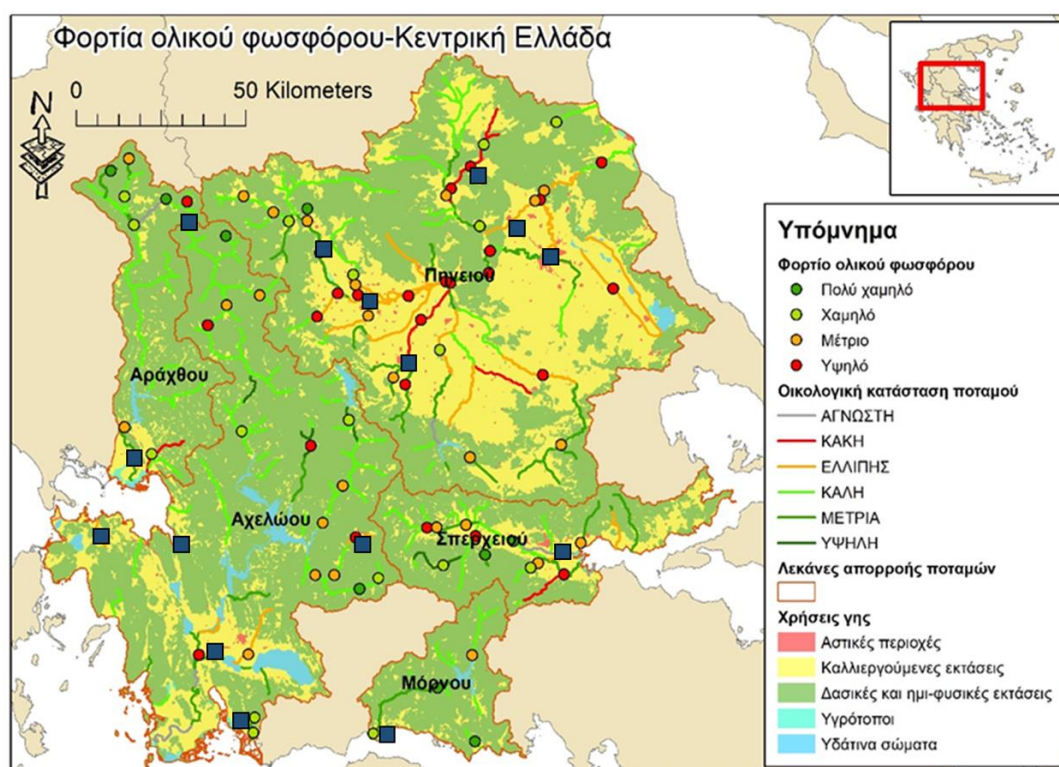
Τα ποτάμια της Ομάδας 4 παρουσιάζουν από τις υψηλότερες μέσες τιμές και διακυμάνσεις φορτίων θρεπτικών και επιπλέον το 40-45% των λεκανών απορροής τους αποτελείται από καλλιεργούμενες εκτάσεις.



Σχήμα 20. Δενδρόγραμμα και διάκριση ομάδων ποταμών.

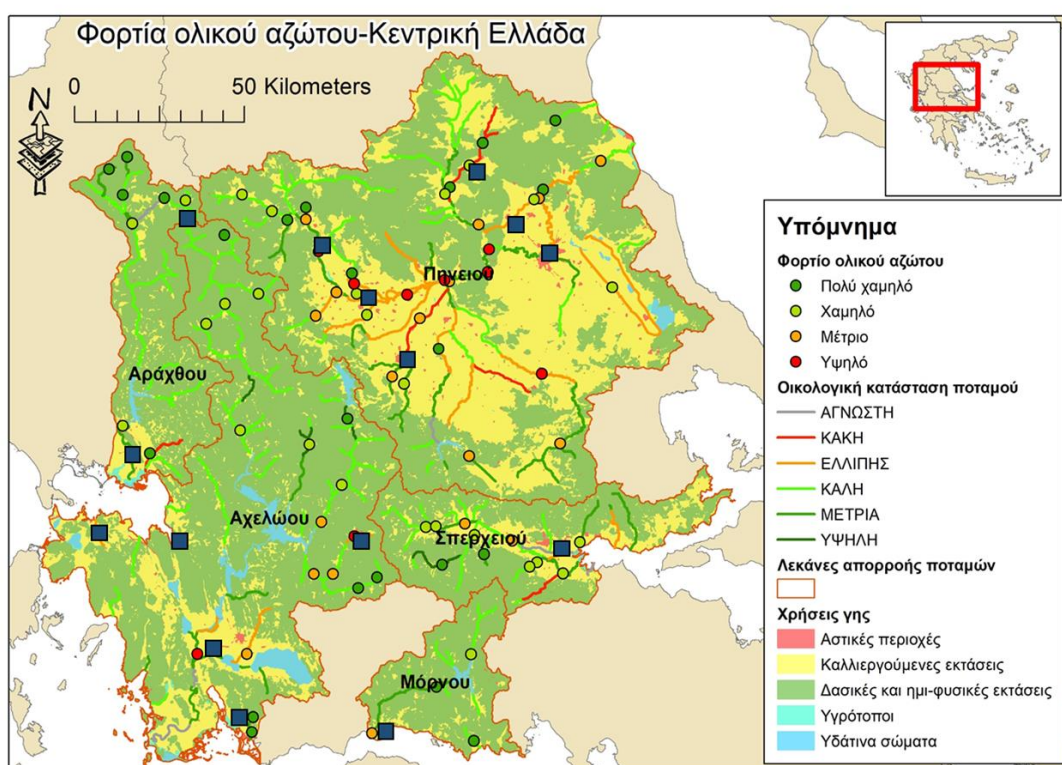
4.8 Χάρτες φορτίων θρεπτικών

Σχετικά με τα φορτία ολικού φωσφόρου στη Κεντρική Ελλάδα παρατηρούνται γενικά μέτρια έως υψηλά φορτία στους περισσότερους σταθμούς δειγματοληψίας (**Χάρτης 13**). Κλάδοι που βρίσκονται σε αγροτικές περιοχές φαίνεται να έχουν ελλιπή και κακή οικολογική κατάσταση και τα φορτία φωσφόρου σε αυτούς τους κλάδους να έχουν κυρίως μέτριο και υψηλό φορτίο, με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα τις καλλιεργούμενες εκτάσεις της λεκάνης απορροής του Πηνειού και ακολούθως του Σπερχειού. Η οικολογική κατάσταση των ποτάμιων συστημάτων στις δασικές εκτάσεις κυρίως του Αχελώου και του Αλφειού είναι καλή έως υψηλή. Περίπου οι μισοί από τους σταθμούς που βρίσκονται εντός των δασικών εκτάσεων εμφανίζουν χαμηλά και πολύ χαμηλά φορτία φωσφόρου, κάτι που φανερώνει πως εντός των δασικών εκτάσεων τόσο η χημική όσο και η οικολογική ποιότητα των ποτάμιων συστημάτων είναι καλύτερη. Το αντίθετο φαίνεται να ισχύει για τις καλλιεργούμενες και αστικές περιοχές όπου από τα φορτία φωσφόρου, τα ποτάμια συστήματα φαίνονται επιβαρυνμένα. Η συσχέτιση με τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων μπορεί να γίνει όπου αυτές βρίσκονται ανάντι και κοντά στους σταθμούς δειγματοληψίας και έτσι να δικαιολογούνται υψηλά και μέτρια φορτία που παρατηρούνται σε κάποιους σταθμούς.



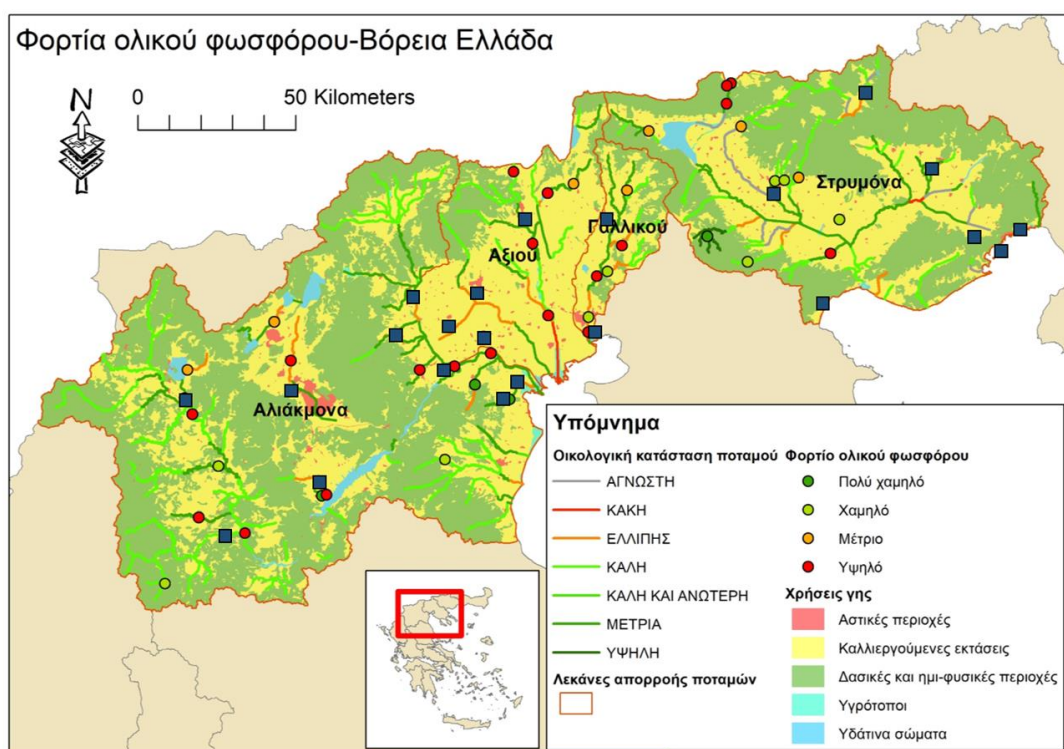
Χάρτης 13. Τα φορτία ολικού ανόργανου φωσφόρου στην Κεντρική Ελλάδα (μπλε τετράγωνα: εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων).

Σε σύγκριση με τα φορτία ολικού φωσφόρου, τα φορτία ολικού αζώτου είναι σχετικά χαμηλότερη, δείχνοντας πιθανότατα λιγότερη επιβάρυνση (Χάρτης 14). Μάλιστα, παρατηρείται ακόμα πιο εμφανής διαφοροποίηση των φορτίων ανάλογα με τη χρήση γης στη περιοχή του κάθε σταθμού. Το μεγαλύτερο ποσοστό των σταθμών εντός δασικών εκτάσεων έχουν χαμηλό έως πολύ χαμηλό φορτίο, χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι λεκάνες απορροής του Αράχθου και Μόρνου όπου σε όλους τους σταθμούς εντός της δασικής έκτασης των λεκανών έχουν μετρηθεί χαμηλά και πολύ χαμηλά φορτία. Αντίστοιχα οι περισσότεροι σταθμοί εντός καλλιεργούμενων εκτάσεων έχουν μέτριο έως υψηλό φορτίο. Αυτό πιθανότατα δείχνει πιο στενή σχέση των φορτίων ολικού αζώτου με τις καλλιέργειες σε σχέση με τα φορτία ολικού φωσφόρου, τα οποία μπορεί να σχετίζονται και με άλλες πηγές.



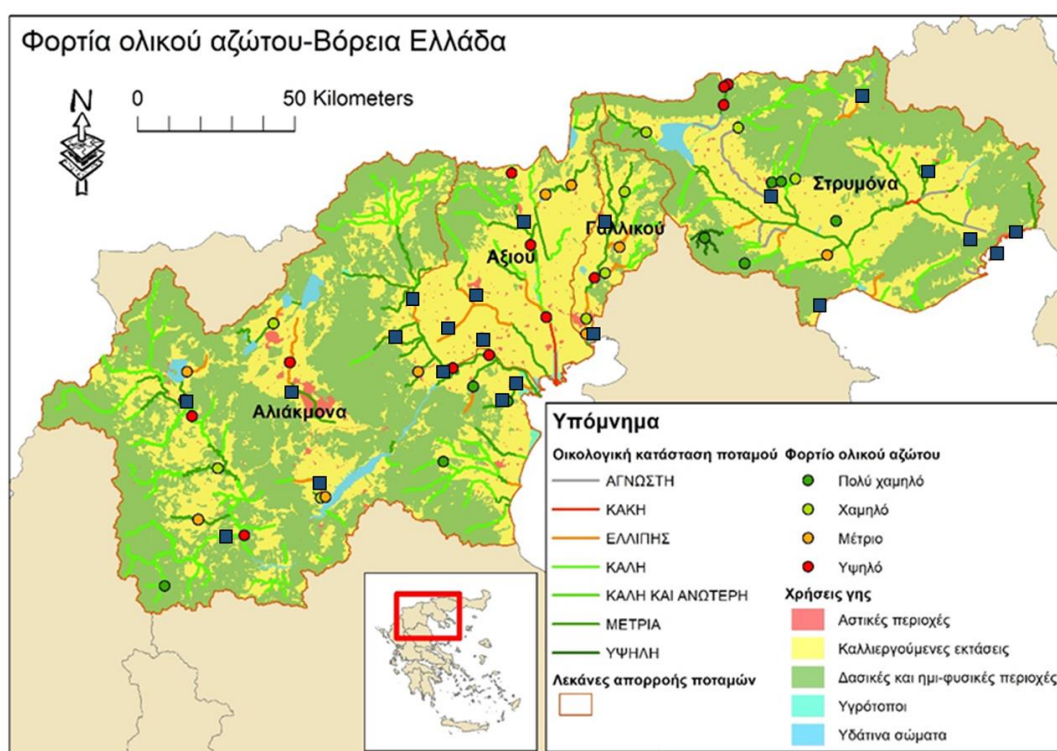
Χάρτης 14. Τα φορτία ολικού ανόργανου αζώτου στην Κεντρική Ελλάδα (μπλε τετράγωνα: εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων).

Η συσχέτιση του φορτίου ολικού φωσφόρου των σταθμών με τις χρήσεις γης της κάθε λεκάνης απορροής της Βόρειας Ελλάδας δείχνει πως τα υψηλότερα φορτία ολικού φωσφόρου έχουν μετρηθεί στις καλλιεργούμενες περιοχές, με χαρακτηριστικότερα παραδείγματα αυτά των καλλιεργούμενων εκτάσεων των λεκανών απορροής Αξιού και Γαλλικού, όπου εκτός τριων εξαιρέσεων όλοι οι σταθμοί έχουν υψηλό ή μέτριο φορτίο ολικού φωσφόρου (Χάρτης 15). Οι κλάδοι και των τεσσάρων λεκανών απορροής της Βόρειας Ελλάδας που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία είναι κυρίως σε καλή έως υψηλή οικολογική κατάσταση με εξαιρέσεις να αποτελούν κάποια ποτάμια εντός των καλλιεργούμενων περιοχών του Αξιού και του Αλιάκμονα. Υψηλά ή/και μέτρια φορτία ολικού φωσφόρου έχουν μετρηθεί ακόμα και σε σταθμούς εντός δασικών εκτάσεων, παραδείγματος χάρη στο βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής του Στρυμόνα και του Αξιού, κάτι που πιθανότατα να φανερώνει επιβάρυνση των κλάδων των ποταμών αυτών στα ανάντι, μιας και ο Στρυμόνας και ο Αξιός αποτελούν διασυννοριακά ποτάμια.



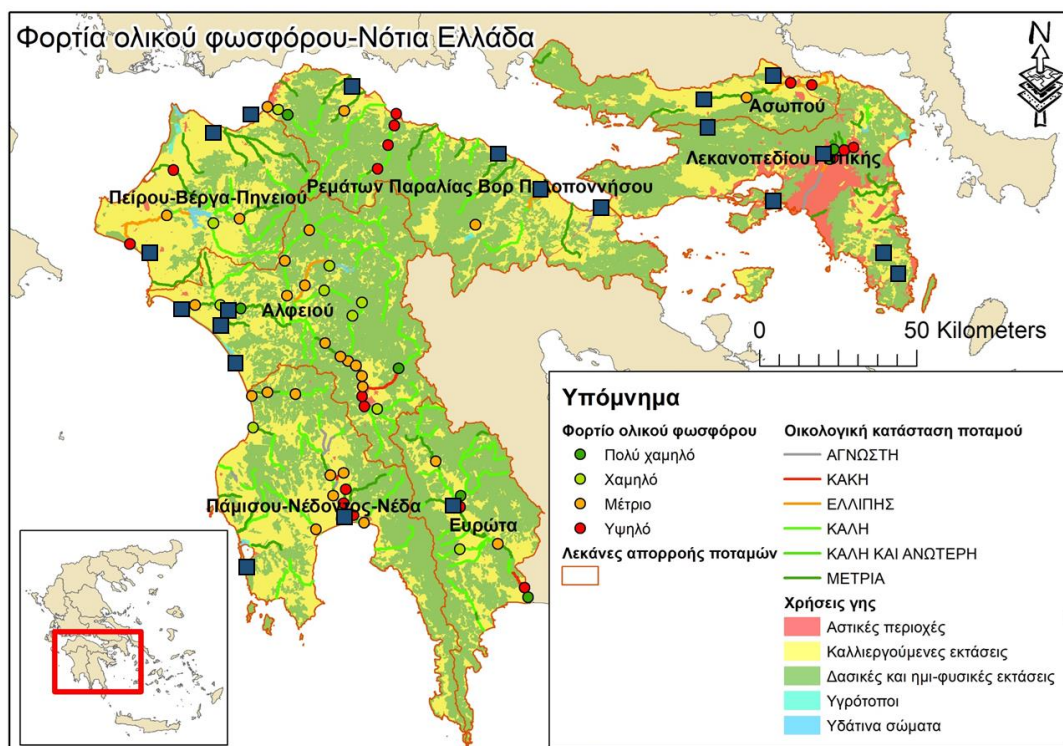
Χάρτης 15. Τα φορτία ολικού ανόργανου φωσφόρου στη Βόρεια Ελλάδα (μπλε τετράγωνα: εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων).

Η κατανομή των φορτίων ολικού αζώτου παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με τη κατανομή των φορτίων ολικού φωσφόρου για τη Βόρεια Ελλάδα, με τις καλλιεργούμενες εκτάσεις να συγκεντρώνουν τους περισσότερους σταθμούς στους οποίους έχουν μετρηθεί υψηλά φορτία και τις δασικές εκτάσεις τους σταθμούς όπου έχουν μετρηθεί τα χαμηλότερα (**Χάρτης 16**). Η εικόνα αυτή των ελάχιστων διαφορών στα φορτία των θρεπτικών διαφέρει από την εικόνα της Κεντρικής Ελλάδας όπου υπάρχουν αρκετές διαφορές ανάμεσα στα φορτία ολικού φωσφόρου και ολικού αζώτου. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στο ότι στη Βόρεια Ελλάδα πολλά ποτάμια συστήματα ώντας διασυνοριακά επηρεάζονται από τις συνθήκες που επικρατούν στις γειτονικές χώρες (π.χ. διάθεση ανεπεξέργαστων λυμάτων ή αυξημένη λίπανση των καλλιεργούμενων εκτάσεων), παράγοντες που απουσιάζουν στη Κεντρική και Νότια Ελλάδα.



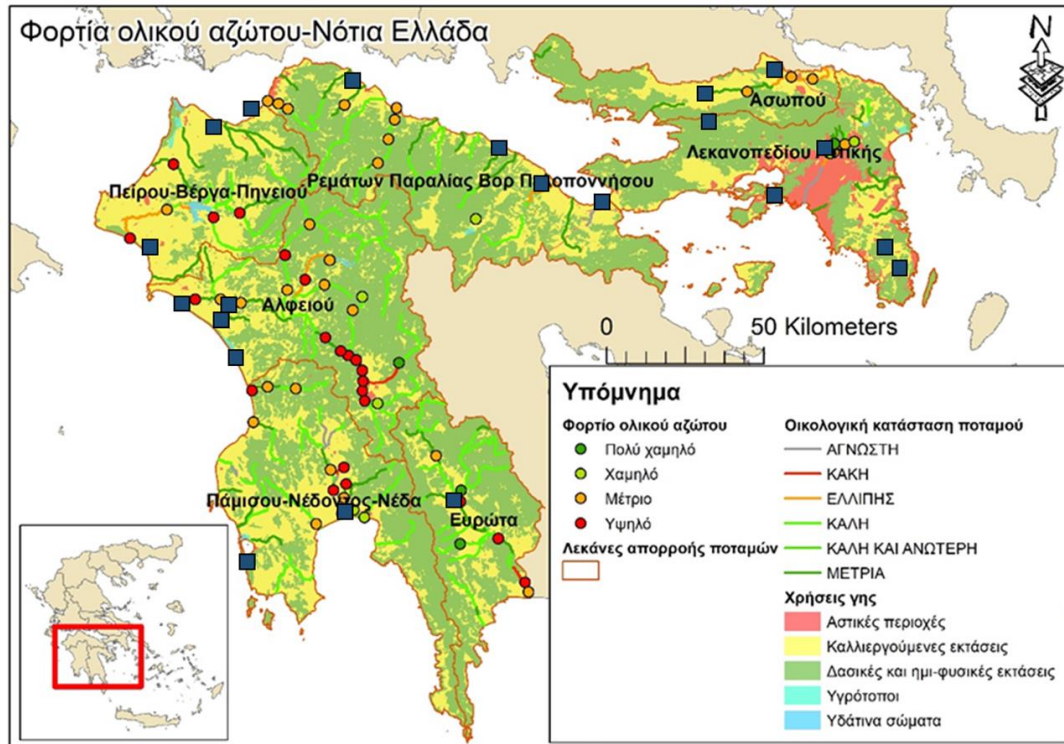
Χάρτης 16. Τα φορτία ολικού ανόργανου αζώτου στη Βόρεια Ελλάδα (μπλε τετράγωνα: εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων).

Η περιοχή της Νότιας Ελλάδας παρουσιάζει σε αρκετούς σταθμούς μέτρια έως υψηλά φορτία ολικού φωσφόρου (π.χ. ποταμός Βουραϊκός, Βόρεια Πελοπόννησος), χωρίς μάλιστα αυτά τα φορτία να μπορούν να συσχετιστούν με μεγάλη έκταση καλλιεργούμενων περιοχών, παραδείγματος χάρη εντός των καλλιεργούμενων περιοχών της λεκάνης απορροής του Αλφειού ποταμού (**Χάρτης 17**). Εντός δασικών και ημι-φυσικών εκτάσεων τα φορτία ολικού φωσφόρου είναι σε γενικές γραμμές χαμηλά, με εξαίρεση να αποτελεί το ποτάμιο σύστημα του Βουραϊκού ποταμού, εντός της λεκάνης απορροής ρεμάτων παραλίας Βόρειας Πελοποννήσου, όπου σε όλους τους σταθμούς καταμήκος του ποτάμιου συστήματος έχουν μετρηθεί υψηλά φορτία φωσφόρου.



Χάρτης 17. Τα φορτία ολικού ανόργανου φωσφόρου στη Νότια Ελλάδα (μπλε τετράγωνα: εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων).

Σχεδόν όλοι οι σταθμοί στα ποτάμια συστήματα της Νότιας Ελλάδας έχουν μέτριο και υψηλό φορτίο αζώτου, με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα αυτό του ποταμού Αλφειού (**Χάρτης 18**). Σε αντίθεση, επιπλέον, με τα φορτία ολικού φωσφόρου, υπάρχουν αρκετοί σταθμοί εντός δασικών και ημι-φυσικών εκτάσεων στους οποίους έχουν μετρηθεί μέτρια έως υψηλά φορτία.



Χάρτης 18. Τα φορτία ολικού ανόργανου αζώτου στη Νότια Ελλάδα (μπλε τετράγωνα: εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων).

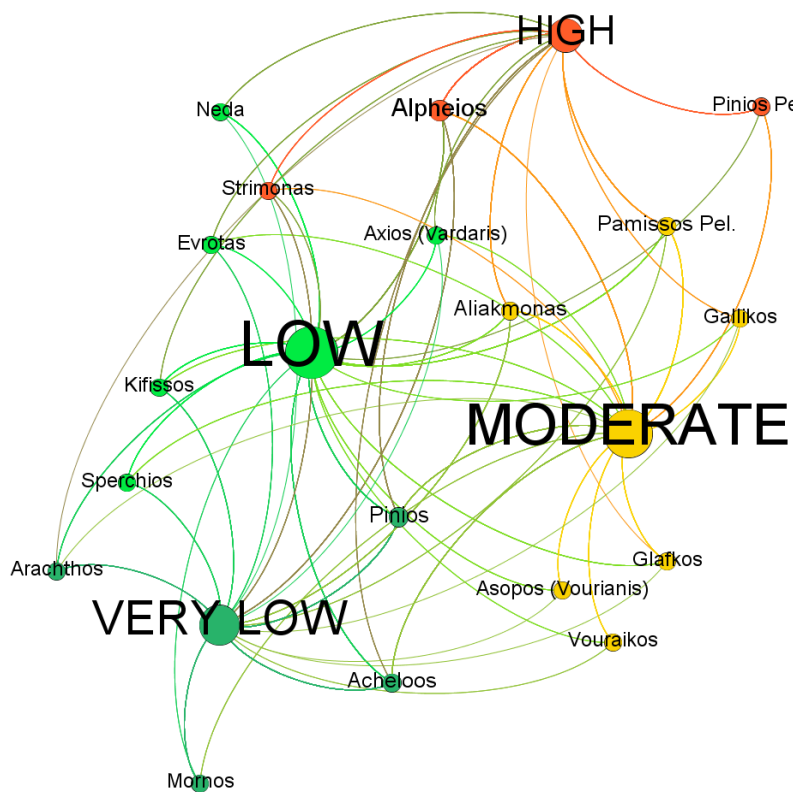
4.9 Ομαδοποίηση λεκανών απορροής ποταμών – Ανάλυση δικτύων

Η δημιουργία δικτύων για την τοποθέτηση ποταμών σε κλάσεις ανάλογα με τη κλάση στην οποία τοποθετείται κάθε δειγματοληψία που έχει πραγματοποιηθεί για το συγκεκριμένο ποτάμιο σύστημα έρχεται να επαληθεύσει τόσο την ομαδοποίηση των ποταμών (με τη βοήθεια του δενδρογράμματος στην **Σχήμα 20**) όσο και την κατανομή σημείων με ανάλογα φορτία στους χάρτες φορτίων που δημιουργήθηκαν στη παρούσα εργασία. Το μέγεθος των γραμμών είναι αντιπροσωπευτικό του ποσοστού των ποταμών που ανήκουν στη κάθε κατηγορία.

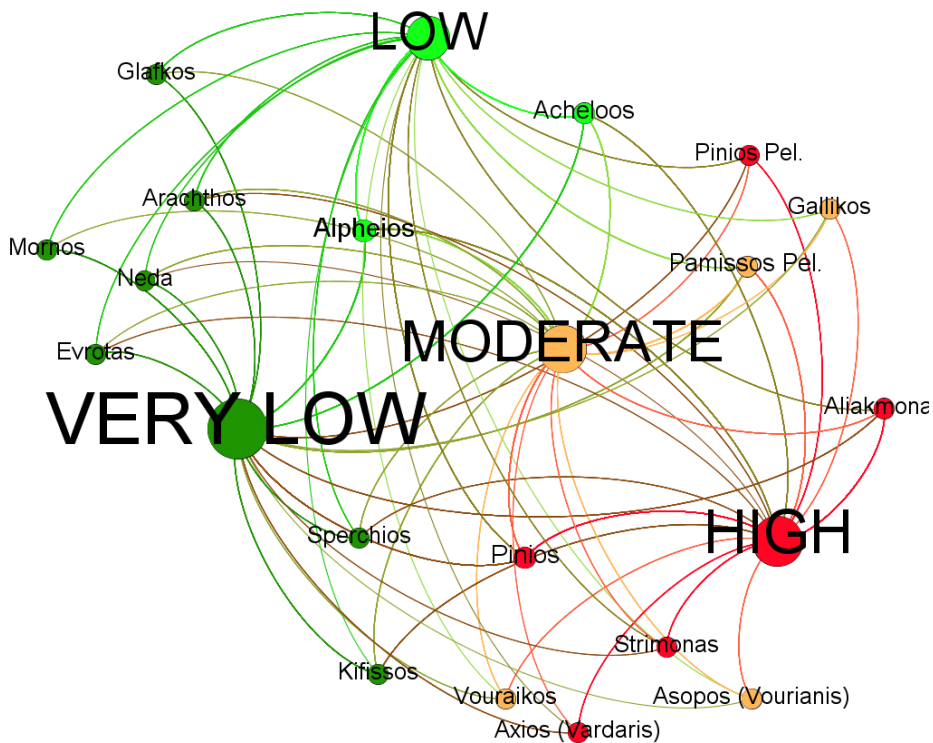
Συγκεκριμένα όσον αφορά τα φορτία ολικού ανόργανου αζώτου (**Σχήμα 21**), η κλάση που περιλαμβάνει τον μεγαλύτερο αριθμό ποταμών είναι αυτή των μέτριων φορτίων (moderate) με ποσοστό 31,82% και ακολουθούν τα χαμηλά φορτία (27,27%), τα πολύ χαμηλά φορτία (22,72%) και τα υψηλά φορτία (18,18%). Αυτό σημαίνει πως τα περισσότερα ποτάμια που περιλαμβάνονται στη παρούσα εργασία έχουν μέτρια φορτία αζώτου. Ποτάμια με υψηλά φορτία αζώτου είναι ο Αλφειός, ο Πηνεϊός Πελοποννήσου και ο Στρυμόνας. Δύο από τα τρία αυτά ποτάμια ανήκουν στην 4^η ομάδα του δενδρογράμματος (**Σχήμα 20**), δηλαδή την ομάδα με τα υψηλότερα φορτία γενικά και στην οποία οι λεκάνες απορροής υπερτερούν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις (**Χάρτες 16 & 18**). Ποτάμια με πολύ χαμηλά φορτία αζώτου είναι ο

Άραχθος, ο Μόρνος, ο Αχελώος και ο Πηνειός. Τρία από τα τέσσερα αυτά ποτάμια ανήκουν αντίστοιχα στην 1^η ομάδα του δένδρογράμματος (**Σχήμα 20**) με πολύ χαμηλά φορτία γενικά, και στην οποία τη λεκάνη απορροής επικρατούν κυρίως οι δασικές και ημι-φυσικές εκτάσεις (**Χάρτης 14**).

Σχετικά με τα φορτία ολικού ανόργανου φωσφόρου (**Σχήμα 22**), η κλάση που περιλαμβάνει τον μεγαλύτερο αριθμό ποταμών είναι αυτή των πολύ χαμηλών φορτίων (very low) με ποσοστό 36,36% και ακολουθούν τα υψηλά φορτία (27,27%), τα μέτρια φορτία (22,73%) και τα χαμηλά φορτία (13,64%). Αυτό σημαίνει πως τα περισσότερα ποτάμια που περιλαμβάνονται στη παρούσα εργασία έχουν πολύ χαμηλά φορτία φωσφόρου. Ποτάμια με υψηλά φορτία φωσφόρου είναι ο Αξιός, ο Πηνειός, ο Αλιάκμονας και ο Στρυμόνας. Δύο από τα τέσσερα αυτά ποτάμια ανήκουν στην 4^η ομάδα του δένδρογράμματος (**Σχήμα 20**), δηλαδή την ομάδα με τα υψηλότερα φορτία γενικά και στην οποία τη λεκάνη απορροής υπερτερούν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις (**Χάρτες 13 & 15**). Ποτάμια με πολύ χαμηλά φορτία φωσφόρου είναι ο Άραχθος, ο Μόρνος, ο Σπερχειός, η Νέδα, ο Κηφισός, ο Γλαύκος και ο Ευρώτας. Ανάμεσα σε αυτά τα ποτάμια είναι και τα τέσσερα ποτάμια που αποτελούν 1^η ομάδα του δένδρογράμματος (**Σχήμα 20**) με πολύ χαμηλά φορτία γενικά, και στην οποία τη λεκάνη απορροής επικρατούν κυρίως οι δασικές και ημι-φυσικές εκτάσεις (**Χάρτες 13, 15 & 17**).



Σχήμα 21. Δίκτυο ανάλυσης της κατάταξης του κάθε ποταμού για πολύ χαμηλά (very low), χαμηλά (low), μέτρια (moderate) και υψηλά (high) φορτία ολικού ανόργανου αζώτου.



Σχήμα 22. Δίκτυο ανάλυσης της κατάταξης του κάθε ποταμού για πολύ χαμηλά (very low), χαμηλά (low), μέτρια (moderate) και υψηλά (high) φορτία ολικού ανόργανου φωσφόρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

5.1 Συμπεράσματα

Ο υπολογισμός των φορτίων μπορεί να είναι μια σημαντική παράμετρος στη παρακολούθηση της χημικής κατάστασης ενός ποταμού, μιας και μελετώντας τα φορτία των θρεπτικών φανερώνεται η πραγματική ποσότητα ενός ρύπου εντός του ποτάμιου υδατικού συστήματος χωρίς να επηρεάζεται από υδρολογικούς παράγοντες όπως η παροχή.

Τα μετρούμενα φορτία ολικού ανόργανου αζώτου και ολικού ανόργανου φωσφόρου (σε kg/d) φαίνεται να σχετίζονται άμεσα με τις χρήσεις γης στη λεκάνη απορροής ποταμού. Περιοχές στις οποίες επικρατούν οι εκτεταμένες καλλιέργειες και γίνεται πιθανότατα αλόγιστη χρήση λιπασμάτων παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλές τιμές φορτίων αζώτου, όπως ο Στρυμόνας, ο Αλιάκμονας και ο Πηνειός, ενώ τα φορτία φωσφόρου σχετίζονται κυρίως με την ύπαρξη αστικών λυμάτων και δευτερευόντως με αγροτικές δραστηριότητες, όπως στη περίπτωση του Αξιού. Ποτάμια συστήματα στη λεκάνη απορροής των οποίων επικρατούν κυρίως οι δασικές και ημι-φυσικές εκτάσεις παρουσιάζουν τις χαμηλότερες τιμές φορτίων θρεπτικών, όπως ο Άραχθος και ο Μόρνος.

Σημαντικό παραγόντα αποτελεί και η γεωγραφική θέση ενός ποταμού, μιας και τα δυο διασυνοριακά ποτάμια που περιλαμβάνονται στην παρούσα εργασία (Αξιός και Στρυμόνας) βρίσκονται στις υψηλότερες θέσεις όσον αφορά τόσο τα φορτία ολικού αζώτου όσο και για τα φορτία ολικού φωσφόρου. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός πως τα δυο αυτά ποτάμια, πριν την είσοδό τους στη χώρα, γίνονται αποδέκτες αστικών και βιομηχανικών λυμάτων (κυρίως στη περίπτωση του Αξιού) και γεωργικών απορροών (για το Στρυμόνα αλλά και στην περίπτωση της κοιλάδας του Αξιού).

Το υδατικό διαμέρισμα που παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές φορτίων ολικού ανόργανου αζώτου και ολικού ανόργανου φωσφόρου είναι αυτό της Ανατολικής Μακεδονίας και οφείλεται, όπως προαναφέρθηκε, στο διασυνοριακό χαρακτήρα του μοναδικού ποταμού που περιλαμβάνει το συγκεκριμένο υδατικό διαμέρισμα στη παρούσα εργασία, δηλαδή το ποταμό Στρυμόνα, και φανερώνει μια εισαγόμενη ρύπανση από τα ανάντι των συνόρων της χώρας (χαρακτηριστικό παράδειγμα

αποτελούν τα φορτία που έχουν μετρηθεί στους σταθμούς κοντά στα σύνορα της χώρας εντός της λεκάνης απορροής του Στρυμόνα που είναι τα μοναδικά που παρουσιάζουν υψηλά φορτία ολικού ανόργανου αζώτου και ολικού ανόργανου φωσφόρου εντός αυτής της λεκάνης).

Οι εποχικές διακυμάνσεις των φορτίων ολικού ανόργανου αζώτου δείχνουν πως τα υψηλότερα φορτία παρατηρούνται τους χειμερινούς μήνες (κυρίως το Φεβρουάριο). Αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί με το ότι αν και η λίπανση των περισσότερων καλλιεργειών γίνεται την άνοιξη, τα επιπλέον φορτία αζώτου και φωσφόρου καταλήγουν στο ποτάμι ύστερα από την έκπλυση των εδαφών των λεκανών απορροής που πραγματοποιείται με τις βροχές το φθινόπωρο και το χειμώνα. Αντίθετα, τα υψηλότερα φορτία ολικού ανόργανου φωσφόρου παρατηρούνται το καλοκαίρι (κυρίως τον Αύγουστο), όπου σε πολλές περιοχές αυξάνονται τα αστικά λύματα λόγω της αύξησης του τουρισμού.

Από τη δημιουργία δένδρογράμματος (cluster analysis) φαίνεται πως οι ποταμοί που συμπεριλαμβάνονται στη παρούσα εργασία μπορούν να διακριθούν σε τέσσερις ομάδες ανάλογα με τα φορτία τους. Η ομάδα ποταμών με τα υψηλότερα φορτία θρεπτικών είναι αυτή των Στρυμόνα, Αλιάκμονα και Αλφειό (ομάδα 4 του **σχήματος 18**), ενώ η ομάδα με τα χαμηλότερα φορτία θρεπτικών περιλαμβάνει τους Άραχθο, Σπερχειό, Μόρνο και Αχελώο (ομάδα 1 του **σχήματος 20**). Η ομαδοποίηση αυτή έρχεται σε συμφωνία με τις χρήσεις γης στις λεκάνες απορροής των ποταμών αυτών στη μεν πρώτη ομάδα (ομάδα 4 του **σχήματος 20**) το μεγαλύτερο μέρος των λεκανών απορροής καλύπτεται από καλλιεργούμενες εκτάσεις ενώ στη δεύτερη ομάδα από δασικές και ημι-φυσικές εκτάσεις (ομάδα 1 του **σχήματος 20**). Την δημιουργία των συγκεκριμένων ομάδων που βασίζεται στις μέσες τιμές των φορτίων αζώτου και φωσφόρου και συμφωνούν σε μεγάλο ποσοστό με τις χρήσεις γης σε κάθε λεκάνη απορροής επιβεβαιώνει η network analysis για τα δυο φορτία (**Σχήματα 21 & 22**).

Από τους χάρτες φορτίων φαίνεται πως ποτάμια συστήματα για τα οποία η οικολογική κατάσταση έχει κριθεί κακή ή ελλιπής τα φορτία ολικού ανόργανου αζώτου και ολικού ανόργανου φωσφόρου θα είναι μέτρια ή υψηλά, με την ύπαρξη κάποιων ελάχιστων εξαιρέσεων όπως στο παράδειγμα κάποιων σταθμών του Πηνειού. Επιπροσθέτως, από τους χάρτες φορτίων φαίνεται εκτός των άλλων από εκεί που υπάρχουν διαφορές στην οικολογική κατάσταση με την κατάταξη των φορτίων ότι τα βιολογικά στοιχεία (που περιλαμβάνονται στην οικολογική κατάταξη) πολλές φορές δεν συμφωνούν με τα χημικά. Αυτό ενισχύει το πνεύμα της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Ύδατα που βασίζεται στην οικολογική ποιότητα κυρίως και λιγότερο στην φυσικοχημική κατάσταση.

5.2 Προτάσεις διαχείρισης

Ειδικά για τα ποτάμια υδατικά συστήματα στα οποία μετρούνται υψηλά φορτία θρεπτικών και είναι σε κακή ή ελλιπή οικολογική κατάσταση θα πρέπει να υπάρξει στενότερη, λεπτομερέστερη και συχνότερη παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων.

Η αντιμετώπιση των υψηλών φορτίων φωσφόρου μπορεί να γίνει είτε με δημιουργία εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων (όπου παρατηρείται ανεξέλεγκτη διάθεση λυμάτων) είτε με βελτίωση υπάρχοντων εγκαταστάσεων βιολογικών καθαρισμών ώστε να μειωθεί η πιθανότητα διάθεσης ανεπεξέργαστων αστικών λυμάτων στο ποτάμιο σύστημα. Μπορεί όμως να σχετίζεται και με άλλου είδους τεχνικά έργα που αφορούν παράνομες χωματερές (ΧΑΔΑ) ή τη διαχείριση στερεών αποβλήτων (σε ΧΥΤΑ), κ.ά. Όσον όμως αφορά τα αστικά λύματα, η εφαρμογή της νομοθεσίας θα πρέπει να αποτελεί προτεραιότητα, παραδείγματος χάρη με την της τήρηση αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει» (3P: «polluter pays principle»), σύμφωνα με την οποία για μια φθορά-ρύπανση πρέπει να πληρώσει αυτός που ρύπανε και όχι το κοινωνικό σύνολο (φορολογούμενοι).

Για τις περιοχές στις οποίες παρατηρούνται προβλήματα από τις καλλιέργειες είναι σημαντική η εφαρμογή του κώδικα ορθής γεωργικής πρακτικής και των μέτρων κατά της νιτρορύπανσης, όπως αυτά προτείνονται στην Οδηγία 91/676/ΕΟΚ «Για την προστασία των υδάτων από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης». Κάποια από τα μέτρα περιλαμβάνουν την εφαρμογή της σωστής ποσότητας λιπασμάτων ανάλογα με τον τύπο της σοδειάς, την καταλληλότερη περίοδο και κάτω από κατάλληλες συνθήκες (π.χ. όχι σε περιόδους υψηλών βροχοπτώσεων ή σε παγωμένα εδάφη, που μπορεί να οδηγήσουν σε εμπλουτισμό των υδατικών συστημάτων με θρεπτικά από το έδαφος). Επίσης, υπάρχουν μέτρα που αφορούν την ασφαλή αποθήκευση λιπασμάτων και κοπριάς ώστε να αποφεύγεται η απόπλυση θρεπτικών στο έδαφος ή στα επιφανειακά ύδατα, αλλά και στη δημιουργία ρυθμιστικών ζωνών (buffer zones) που θα αποτρέπουν την είσοδο θρεπτικών στα υπόγεια ή επιφανειακά ύδατα. Πέραν των μέτρων κατά της νιτρορύπανσης ιδιαίτερα ωφέλιμη μπορεί να είναι και η στροφή στις βιολογικές καλλιέργειες ή στη γεωργία ακριβείας (Precision Agriculture) η οποία μέσω της μείωσης κατανάλωσης ενέργειας και της αποτελεσματικότερης χρήσης των χημικών εισροών συμβάλλει στην προστασία του εδάφους και των υπογείων και επιφανειακών υδάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. G.H. Brundtland and World Commission on Environment and Development, *Our Common Future*, Oxford University Press, 1987.
2. European Union Council, *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*, Official Journal of the European Communities, 2000, p. 43 (L327).
3. Global Water Partnership, *Integrated water resources management*, Tac Background, Paper No. 4. Stockholm, Sweden, 2000.
4. N.S. Grigg, *Water Resources Management*, McGraw-Hill, New York, 1996.
5. D.P.Loucks, E.van Beek, J.R. Stedinger, J.P.M. Dijkman, *Water Resources Systems Planning and Management, An Introduction to Methods, Models and Applications, Studies and Reports in Hydrology*, UNESCO Publishing, p. 680, Paris, 2005.
6. D. Koutsoyiannis, A. Andreadakis, R. Mavrodimitou, A. Christofides, N. Mamassis, A. Efstratiadis, A. Koukouvinos, G. Karavokiros, S. Kozanis, D. Mamais, and K. Noutsopoulos, *National Programme for Water Resources Management and Preservation, Support on the compilation of the national programme for water resources management and preservation*, Department of Water Resources and Environmental Engineering – National Technical University of Athens, Athens (in Greek) p. 748, 2008.
7. M. Milovanovic, Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar River, Southeastern Europe. *Desalination*, vol. 213, 2007, pp. 159-173.
8. C. Mattas, K.S. Voudouris, A. Panagopoulos, Integrated Groundwater Resources Management Using the DPSIR Approach in a GIS Environment: A Case Study from the Gallikos River Basin, North Greece. *Water* vol. 6, 2014, pp. 1043-1068.
9. Pavlidou, E. Anastasopoulou, M. Dassenakis, I. Hatzianestis, V. Paraskevopoulou, N. Simboura, E. Rousselaki, P. Drakopoulou, Effects of olive oil wastes on river basins and an oligotrophic coastal marine ecosystem: A case study in Greece. *Science of the Total Environment*, vol. 497-498, 2014, p. 38-49.

10. M. Selman, S. Greenhalgh, R. Diaz, Z. Sugg, Eutrophication and hypoxia in coastal areas: a global assessment of the state of knowledge. *World Resources Institute*, vol. 284, 2008, pp. 1-6.
11. Y. Tong, Y. Zhao, G. Zhen, J. Chi, X. Liu, Y. Lu, W. Zhang, Nutrient loads flowing into coastal waters from the main rivers of China (2006–2012), *Scientific reports*, vol. 5, 2015, p. 16678.
12. ΔΕΗ, *Ισοϋέτιες καμπύλες της Ελλάδος για τη χρονική περίοδο 1950–74*, Αθήνα, 1980.
13. Ειδική Γραμματεία Υδάτων, *Σχέδιο διαχείρισης των λεκανών απορροής ποταμών του υδατικού διαμερίσματος Αττικής*, Αθήνα, 2013α.
14. Ειδική Γραμματεία Υδάτων, *Σχέδιο διαχείρισης των λεκανών απορροής ποταμών του υδατικού διαμερίσματος Ανατολικής Πελοποννήσου*, Αθήνα, 2013β.
15. Α. Ευστρατιάδης και Ν. Μαμάσης, *Υδρομετεωρολογικά δεδομένα και επεξεργασίες, Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*, Τεύχος 17, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2004.
16. Α. Ευστρατιάδης, Α. Κουκουβίνος, Δ. Κουτσογιάννης, Ν. Μαμάσης, *Υδρολογική μελέτη, Διερεύνηση των δυνατοτήτων διαχείρισης και προστασίας της ποιότητας της Λίμνης Πλαστήρα*, Τεύχος 2, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2002.
17. ΙΓΜΕ (1996) Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας, Παράρτημα 3, Εκτίμηση υπόγειου Υδατικού Δυναμικού, Αθήνα.
18. Κ/Ξ Διαχείρισης Υδάτων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, *Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Θεσσαλίας και Αττικής, Φάση Α, Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (04), Έκθεση Επιφανειακής Υδρολογίας*, Τεύχος 04-A-II-1, Αθήνα, 2005.
19. Δ. Κουτσογιάννης και Π. Μαρίνος, *Εκτίμηση και διαχείριση υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας*, Τεύχος 32, Τελική Έκθεση Β' φάσης, ΕΜΠ, ΤΥΠΥΘΕ, Αθήνα, 1995.

20. Χ. Μαρουκιάν και Κ. Παυλόπουλος, *Γεωλογία, υδρογεωλογία και γεωμορφολογία της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού, Ολοκληρωμένη Διαχείριση Ποτάμιου Οικοσυστήματος Σπερχειού*, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1995.
21. Γ. Παπαναστασίου και Συνεργάτες, *Μελέτη αποδελτίωσης και αξιολόγησης των υφιστάμενων μελετών και έργων των σχετικών με τους υδατικούς πόρους της χώρας*, Τμήμα 2, Υδατικό Διαμέρισμα Βόρειας Πελοποννήσου, ΥΒΕΤ, 1989.
22. ΥΒΕΤ, *Συνοπτική έκθεση για τους υδατικούς πόρους*, Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων, Αθήνα, 1989.
23. ΥΠΑΝ, ΕΜΠ, ΙΓΜΕ, και ΚΕΠΕ, *Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας*, Αθήνα, 2003.
24. ΥΠΕΧΩΔΕ, ΓΓΔΕ, ΕΥΔΕ Αχελώου, *Παροχή υπηρεσιών συμβούλου για την υποβοήθηση της Υπηρεσίας στην προσαρμογή των μελετών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την εκτροπή του Αχελώου στη Θεσσαλία (υδραυλικά-υδρολογικά-υδρογεωλογικά θέματα)*, Παράρτημα Δ: Μελέτη υδατικών συστημάτων, Υδροεξυγιαντική Λ. Σ. Λαζαρίδης & Σία Ε.Ε., 1995.
25. Υπουργείο Γεωργίας – Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων *Ποιοτικά χαρακτηριστικά υδάτων των ποταμών και λιμνών της χώρας*, Τόμοι Α' και Β', Αθήνα, 2001.
26. Γ. Ζερβογιάννης, *Αποδελτίωση και αξιολόγηση των υφιστάμενων μελετών και έργων των σχετικών με τους υδατικούς πόρους της χώρας*, Τμήμα 4, Υδατικά Διαμερίσματα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και Αττικής, ΥΒΕΤ, 1988.
27. Σ. Ζόγκαρης, Ν. Σκουλικίδης, Α.Ν. Οικονόμου, Δ. Μπόμπορη, Μ. Γκίνη, Κ.Ι. Στεργίου (Επ.), *Η Οδηγία 2000/60 και η προστασία των Εσωτερικών Υδάτων: Έρευνα και Προοπτικές*, ΙΘΑΒΙΠΕΥ, ΕΛΚΕΘΕ, Αθήνα, 2016, σελ. 70.
28. Η. Χαλκίδης και Δ. Παπαδήμος (Συντονιστές Έκδοσης) *Τεχνική έκδοση έργου LIFEΠεριβάλλον: Διαχείριση των υδατικών πόρων στη λεκάνη του Στρυμόνα για τη μείωση των επιπτώσεων από τη γεωργία με τη χρήση σύγχρονων μεθόδων*. Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ), Θέρμη, 2007, σελ. 117.
29. S.E. Rantz, et al., *Measurement and computation of streamflow: Vol. 1, Measurement of stage and discharge*. U.S. Geol. Surv., Water-Supply Pap. 2175, 1982, p. 284.

30. K. Roger and A. Aminot, Fluorometric determination of ammonia in sea and estuarine waters by direct segmented flow analysis. *Marine Chemistry* 57, 1997, page 265-275.
31. D.F. Boltz and M.G. Mellon, Spectrophotometric determination of phosphate as molybdiphosphoric acid. *Analytical chemistry*, Vol. 20, No 8, 1948, page 749-751.
32. R.Navone, *Proposed method for nitrate in potable waters*, Amer. J., Water works Ass. 56:781, 1964.
33. N. Skoulikidis, Y. Amaxidis, I. Bertahas, S. Laschou, K. Gritzalis, Analysis of factors driving stream water composition and synthesis of management tools – A case study on small/medium Greek catchments, *The Science of the Total Environment*, vol. 362, 2006, p. 205-241.
34. N. Skoulikidis, Defining chemical status of a temporal Mediterranean River, *Journal of Environmental Monitoring*, vol. 10(7), 2008, p. 842 - 852.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Πίνακας 7. Αναλυτικός πίνακας με τα βασικά περιγραφικά στατιστικά.

River Catchment		Load N-NO2 (Kg/d)	Load N-NO3 (Kg/d)	Load N-NH4 (Kg/d)	Load P-PO4 (Kg/d)	Load TIN (Kg/d)	Discharge (m³/s)
Acheloos	N	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00
	Mean	0,32	33,40	11,35	3,16	45,07	2,49
	Std. Deviation	0,56	54,54	39,72	6,31	77,25	3,47
	Minimum	0,00	0,03	0,01	0,01	0,04	0,01
	Maximum	3,37	341,64	269,20	29,20	374,56	19,27
	Median	0,11	6,44	1,97	0,47	11,78	1,30
Aliakmonas	N	49,00	49,00	49,00	49,00	49,00	49,00
	Mean	13,49	592,57	54,58	47,71	660,63	1,98
	Std. Deviation	51,47	3421,94	188,48	257,39	3651,18	5,40
	Minimum	0,01	0,00	0,01	0,03	0,49	0,02
	Maximum	349,60	24035,22	1282,92	1810,45	25667,74	36,13
	Median	1,35	37,15	3,47	7,53	107,66	0,40
Alpheios	N	131,00	131,00	131,00	131,00	131,00	131,00
	Mean	25,13	687,09	175,26	2,95	887,49	3,31
	Std. Deviation	73,54	1514,73	422,28	8,50	1957,97	4,84
	Minimum	0,00	0,03	0,02	0,00	0,07	0,01
	Maximum	589,69	12292,50	2880,19	86,69	15366,29	29,96

River Catchment		Load N-NO2 (Kg/d)	Load N-NO3 (Kg/d)	Load N-NH4 (Kg/d)	Load P-PO4 (Kg/d)	Load TIN (Kg/d)	Discharge (m³/s)
	Median	1,08	142,05	7,91	0,78	172,67	1,60
Arachthos	N	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00
	Mean	0,44	20,95	2,18	1,65	23,58	2,53
	Std. Deviation	1,07	46,77	3,98	2,77	48,94	4,68
	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01
	Maximum	5,17	204,79	18,63	9,92	213,92	20,98
	Median	0,09	3,93	0,79	0,27	4,04	0,47
Asopos (Vourianis)	N	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
	Mean	1,42	57,50	1,37	4,51	60,29	0,22
	Std. Deviation	2,28	48,92	1,93	5,11	48,77	0,18
	Minimum	0,01	4,97	0,10	0,11	5,08	0,02
	Maximum	8,25	159,61	6,80	18,68	160,76	0,63
	Median	0,69	43,35	0,70	2,32	46,74	0,20
Axios (Vardaris)	N	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
	Mean	15,50	345,33	7,34	39,28	368,17	2,63
	Std. Deviation	32,35	616,67	14,24	61,12	654,24	5,75
	Minimum	0,01	4,73	0,08	0,05	5,62	0,04
	Maximum	98,59	1708,85	49,87	165,17	1820,58	15,93
	Median	1,00	62,10	0,44	4,06	62,54	0,13

River Catchment		Load N-NO2 (Kg/d)	Load N-NO3 (Kg/d)	Load N-NH4 (Kg/d)	Load P-PO4 (Kg/d)	Load TIN (Kg/d)	Discharge (m³/s)
Evrotas	N	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
	Mean	1,12	148,37	3,80	2,40	153,29	2,10
	Std. Deviation	2,58	257,03	4,89	5,44	262,94	2,89
	Minimum	0,00	0,07	0,11	0,00	0,19	0,02
	Maximum	9,63	821,46	16,89	20,97	837,62	9,31
	Median	0,11	25,87	1,38	0,23	31,62	0,86
Gallikos	N	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
	Mean	1,77	101,51	4,83	21,45	108,10	0,35
	Std. Deviation	2,17	120,56	6,61	55,68	125,27	0,26
	Minimum	0,05	4,00	0,06	0,17	4,14	0,02
	Maximum	6,07	395,63	19,64	193,42	421,18	0,80
	Median	0,79	54,75	1,29	1,32	62,59	0,32
Glafkos	N	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
	Mean	0,20	84,28	4,85	0,54	89,32	1,34
	Std. Deviation	0,31	88,28	12,01	0,89	88,91	1,22
	Minimum	0,00	4,64	0,05	0,02	4,84	0,04
	Maximum	1,12	370,51	52,09	3,17	372,32	3,90
	Median	0,09	64,19	1,28	0,26	87,52	1,10
Kifissos	N	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00

River Catchment		Load N-NO2 (Kg/d)	Load N-NO3 (Kg/d)	Load N-NH4 (Kg/d)	Load P-PO4 (Kg/d)	Load TIN (Kg/d)	Discharge (m ³ /s)
	Mean	1,15	60,54	1,58	6,07	63,27	0,17
	Std. Deviation	3,28	122,23	5,32	18,04	130,15	0,35
	Minimum	0,00	0,10	0,02	0,00	0,14	0,01
	Maximum	16,54	586,59	26,80	91,42	629,93	1,76
	Median	0,18	12,55	0,13	1,72	12,95	0,04
Mornos	N	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
	Mean	0,07	11,96	1,18	0,42	13,21	1,29
	Std. Deviation	0,09	19,74	1,62	0,70	21,32	1,93
	Minimum	0,00	0,02	0,01	0,01	0,05	0,01
	Maximum	0,30	54,93	5,82	2,85	59,02	6,19
	Median	0,02	0,63	0,54	0,16	1,07	0,35
Neda	N	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
	Mean	76,01	96,05	4,64	1,20	176,71	3,12
	Std. Deviation	302,85	124,65	7,08	1,67	346,44	3,72
	Minimum	0,04	6,01	0,38	0,05	7,40	0,34
	Maximum	1211,71	402,46	26,42	6,11	1380,73	10,62
	Median	0,16	32,89	1,35	0,24	34,29	1,01
Pamissos Pel.	N	57,00	57,00	57,00	57,00	57,00	57,00
	Mean	1,38	173,24	8,97	4,51	183,59	3,44

River Catchment		Load N-NO2 (Kg/d)	Load N-NO3 (Kg/d)	Load N-NH4 (Kg/d)	Load P-PO4 (Kg/d)	Load TIN (Kg/d)	Discharge (m ³ /s)
	Std. Deviation	2,09	244,78	15,11	8,35	255,81	4,21
	Minimum	0,03	0,78	0,07	0,02	1,24	0,07
	Maximum	10,58	1352,55	88,15	52,11	1375,77	21,90
	Median	0,58	114,05	4,44	1,52	121,12	2,01
Pinios	N	94,00	94,00	94,00	94,00	94,00	94,00
	Mean	3,56	67,00	16,54	18,81	87,10	1,37
	Std. Deviation	10,85	121,08	51,66	43,85	157,36	2,52
	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	Maximum	85,48	690,07	375,04	285,10	1078,61	16,24
	Median	0,20	13,20	1,22	1,74	23,32	0,28
Pinios Pel.	N	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
	Mean	4,61	365,97	16,66	25,43	387,24	4,21
	Std. Deviation	12,04	704,94	33,47	89,06	749,89	6,94
	Minimum	0,03	9,86	0,19	0,05	10,08	0,09
	Maximum	57,57	3443,39	160,73	420,93	3661,68	33,21
	Median	1,38	220,08	5,40	1,01	236,02	1,89
Sperchios	N	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
	Mean	0,25	23,41	3,52	1,90	27,18	1,89
	Std. Deviation	0,38	37,02	6,10	2,71	40,26	2,00

River Catchment		Load N-NO2 (Kg/d)	Load N-NO3 (Kg/d)	Load N-NH4 (Kg/d)	Load P-PO4 (Kg/d)	Load TIN (Kg/d)	Discharge (m³/s)
	Minimum	0,00	0,05	0,05	0,01	0,12	0,03
	Maximum	1,65	147,46	28,66	7,94	149,16	6,95
	Median	0,11	7,75	1,97	0,47	11,23	1,63
Strimonas	N	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
	Mean	24,15	781,57	45,33	312,56	851,05	6,37
	Std. Deviation	37,65	1875,26	130,79	869,17	2034,47	9,45
	Minimum	0,00	0,10	0,03	0,07	0,15	0,01
	Maximum	131,96	7893,16	556,22	3662,92	8581,34	33,02
	Median	0,28	59,18	1,27	4,80	61,55	1,15
Vouraikos	N	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
	Mean	1,80	66,05	8,85	4,44	76,70	1,11
	Std. Deviation	1,84	49,30	14,58	5,40	56,95	1,02
	Minimum	0,02	1,61	0,06	0,01	1,69	0,05
	Maximum	4,69	152,95	50,41	15,21	157,98	3,80
	Median	1,05	70,45	3,55	2,04	72,95	0,93
Total	N	636,00	636,00	636,00	636,00	636,00	636,00
	Mean	10,18	275,52	47,90	19,44	333,59	2,43
	Std. Deviation	61,36	1249,53	211,46	169,20	1437,26	4,32
	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01

River Catchment		Load N-NO2 (Kg/d)	Load N-NO3 (Kg/d)	Load N-NH4 (Kg/d)	Load P-PO4 (Kg/d)	Load TIN (Kg/d)	Discharge (m³/s)
	Maximum	1211,71	24035,22	2880,19	3662,92	25667,74	36,13
	Median	0,32	39,30	2,31	0,95	46,40	0,88