



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ:

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Αποτύπωση των ρυπαντικών πιέσεων και εκτίμηση της οικολογικής
κατάστασης του ρέματος Πικροδάφνη»

«Identifying the dominant pollution pressures and the ecological status of
Pikrodafni stream»

Όνομα & Επώνυμο Συγγραφέα

ΕΓΓΛΕΖΟΥ ΑΝΤΙΓΟΝΗ

Επιβλέπων καθηγητής: Δημητρίου Ηλίας

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2018

© Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2018

Η παρούσα Εργασία καθώς και τα αποτελέσματα αυτής, αποτελούν συνιδιοκτησία του ΕΑΠ και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης, αναπαραγωγής και αναδιανομής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα της Εργασίας καθώς και το όνομα του ΕΑΠ όπου εκπονήθηκε.



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Αποτύπωση των ρυπαντικών πιέσεων και εκτίμηση της οικολογικής
κατάστασης του ρέματος Πικροδάφνη»

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ:

ΕΓΓΛΕΖΟΥ ΑΝΤΙΓΟΝΗ,

ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΥΧΟΣ ΑΓΡΟΝΟΜΟΣ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Δημητρίου Ηλίας

Ερευνητικός συνεργάτης,

Ινστιτούτο Θαλασσίων Βιολογικών
Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων (ΙΕΥ),
ΕΛΚΕΘΕ

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Σταματελάτου Αικατερίνη

Επίκουρος Καθηγητής,

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2018

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία σηματοδοτεί την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα «Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Έργων Υποδομής» του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου τον κ. Δημητρίου Ηλία όπου με τη συνεχή επιστημονική καθοδήγησή του και την άμεση ανταπόκρισή του σε κάθε δυσκολία συνέβαλε σε όλη τη διαδικασία εκπόνησης της εργασίας μέχρι και την ολοκλήρωσή της.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Σταματελάτου Αικατερίνη για τις καίριες παρατηρήσεις της και τη συνεισφορά της στη διεκπεραίωση της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τον κοινωνικό μου περίγυρο για την κατανόηση και τη συμπαράστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Το ρέμα της Πικροδάφνης αποτελεί ένα από τα ελάχιστα εναπομείναντα αστικά ρέματα εντός Αττικής που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του αστικού περιβάλλοντος των δήμων που διασχίζει και ταυτόχρονα έχει γίνει δέκτης πολλών παρεμβάσεων και ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων και λυμάτων. Στην εργασία αυτή επιχειρείται η καταγραφή της οικολογικής κατάστασης του ρέματος μέσω στατιστικής επεξεργασίας των φυσικοχημικών, υδρολογικών, χημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων του νερού από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε συγκεκριμένους σταθμούς τα έτη 2012-2014, 2016-2017 και 2018. Επίσης επιχειρείται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε διαγράμματα χωρικής, ετήσιας και μηνιαίας διακύμανσης καθώς και η εξακρίβωση συσχέτισης των παραμέτρων μεταξύ τους. Επίσης πραγματοποιείται η αξιολόγηση της φυσικοχημικής ποιότητας για τα θρεπτικά και το διαλυμένο οξυγόνο σε επίπεδο έτους χρησιμοποιώντας την ετήσια διάμεσο και το αντίστοιχο 75^ο ποσοστημόριο. Το δεύτερο τμήμα της εργασίας αποτελεί η σύνδεση των ποιοτικών χαρακτηριστικών/κατάστασης με τις πηγές ρύπανσης και την συσχέτιση αυτών των παραγόντων για να εντοπιστούν και να προτεραιοποιηθούν οι βασικές πηγές ρύπανσης ανά είδος χημικής παραμέτρου για τα θρεπτικά άλατα ώστε να σχεδιαστούν κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης της ρύπανσης και αποκατάστασης της ποιότητας των υδάτων. Από τα αποτελέσματα της εργασίας διαπιστώνεται ότι το ρέμα δέχεται σημαντικές πιέσεις κυρίως στο κατάντη τμήμα του χωρίς όμως να συνδυάζεται με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση πιθανών πηγών ρύπανσης, οι έντονες διακυμάνσεις και ακραίες τιμές των παραμέτρων οφείλονται σε εξωτερικούς παράγοντες και η οικολογική κατάσταση του ρέματος χαρακτηρίζεται γενικά για το σύνολο των ετών που εξετάζεται ως υποβαθμισμένης ποιότητας. Το βασικό συμπέρασμα από την εργασία είναι ότι το ρέμα πρέπει να αποκατασταθεί και να διατηρηθεί στην φυσική του κατάσταση.

Λέξεις – Κλειδιά

Ρέμα Πικροδάφνης, ρυπαντικές πιέσεις, φυσικοχημικές παράμετροι, χρήσεις γης, υδρολογική λεκάνη

Abstract

The Pikrodafni stream is one of the few remaining urban streams in Attica that plays an important role in shaping the urban environment of the municipalities that cross and at the same time it has been subject to many interventions and uncontrolled disposal of waste and sewage. This paper attempts to present the ecological status of the stream through statistical data analysis of the physicochemical, hydrological, chemical and microbiological parameters of water as occurred during a time series of measurements at specific stations the years 2012-2014, 2016-2017 and 2018. Also the study presents the results in diagrams that portray local, annual and monthly fluctuations and attempts to verify the correlation between the parameters with each other. The paper also evaluates the physico-chemical quality of nutrients and dissolved oxygen at annual level using the annual median and the 75th percent. The second part of the survey contains the connection between the quality characteristics / situation and the sources of pollution and the correlation of these factors in order to identify and prioritize the main sources of pollution by type of chemical parameter for nutrients in order to design appropriate measures for pollution response and restoration of the quality of the water. The result indicated significant pollution pressures mainly at the lower reaches, but these pressures are not associated with the highest concentration of possible sources of pollution. Furthermore, the intense fluctuations and extreme values of the parameters are due to external factors and the water quality was ranged from moderate to poor. As a result, the stream must be restored and maintained in its natural state within the context of the EU Water Framework Directive.

Keywords

Pikrodafni stream, pollution pressures, physicochemical parameters, land use, basin

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract	vi
Περιεχόμενα	vii
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	ix
Κατάλογος Πινάκων	xii
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xiii
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Πρόλογος.....	1
1.2 Σκοπός της εργασίας	2
1.2 Δομή της εργασίας.....	3
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	5
2.1 Συμβολή των ρεμάτων στο αστικό περιβάλλον	5
2.2 Κύριες πηγές ρύπανσης των υδατορευμάτων και η σχέση τους με ανθρώπινες δραστηριότητες	6
2.3 Νομοθεσία για τη διαχείριση του νερού.....	8
2.3.1 Συνοπτική παρουσίαση Οδηγίας Πλαίσιο για τα Ύδατα	8
2.3.2 Διαδικασία Υλοποίησης της Οδηγίας	9
2.3.3 Εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Ύδατα στην Ελλάδα	10
2.4 Αποτύπωση ρυπαντικών πιέσεων σε ρέματα σε διεθνές και παγκόσμιο επίπεδο	12
2.4.1 Ρέματα στην Ελλάδα	12
2.4.2 Ποτάμια στην Ευρώπη	16
2.4.3 Μελέτες και έρευνες σε ποτάμια σε παγκόσμιο επίπεδο	18
2.5 Περιγραφή της περιοχής μελέτης	21
2.5.1 Μορφομετρία - Γεωμορφολογία	21
2.5.2 Γεωλογία	25
2.5.3 Κλιματολογικά στοιχεία.....	28
2.5.4 Υδρολογικό ισοζύγιο.....	28
2.5.5 Χρήσεις γης.....	29
2.5.6 Προστατευόμενες περιοχές	29
2.5.7 Πηγές ρύπανσης στο ρέμα της Πικροδάφνης και ποιοτική κατάσταση μέσα από παρελθούσες μελέτες	31
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	33
3.1 Εισαγωγή – Συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων	33
3.1.1 Φυσικοχημικές παράμετροι.....	35
3.1.2 Θρεπτικά στοιχεία	36
3.1.3 Ολικά κολοβακτηρίδια	37
3.1.4 Υδρολογικές μετρήσεις.....	37
3.1.5 Υπολογισμός φορτίου θρεπτικών στοιχείων.....	37
3.2 Στατιστική ανάλυση και επεξεργασία των μετρήσεων	38
3.3 Αποτύπωση ρυπαντικών πιέσεων σε χάρτη χρήσεων γης.....	39
3.4 Αξιολόγηση της φυσικοχημικής κατάστασης του ρέματος της Πικροδάφνης	40
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	41
4.1 Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης	41

4.2	Αποτελέσματα συσχετίσεων παραμέτρων	41
4.3	Αποτελέσματα αξιολόγησης φυσικοχημικής κατάστασης ρέματος Πικροδάφνης 43	
4.4	Αποτύπωση ρυπαντικών πιέσεων σε χάρτη	44
5.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	54
5.1	Σχολιασμός αποτελεσμάτων στατιστικής ανάλυσης.....	54
5.1.1	Χωρικές μεταβολές φυσικοχημικών παραμέτρων, θρεπτικών και κολοβακτηριδίων.....	54
5.1.2	Ετήσιες μεταβολές φυσικοχημικών παραμέτρων, θρεπτικών και κολοβακτηριδίων.....	64
5.1.3	Μηνιαίες μεταβολές φυσικοχημικών παραμέτρων, θρεπτικών και κολοβακτηριδίων.....	67
5.2	Σχολιασμός αποτελεσμάτων συσχετίσεων παραμέτρων.....	70
5.3	Σχολιασμός αξιολόγησης φυσικοχημικής κατάστασης ρέματος	74
5.4	Σχολιασμός αποτύπωσης ρυπαντικών πιέσεων σε χάρτες	75
5.5	Σύγκριση ποιοτικής κατάστασης ρέματος Πικροδάφνης με προηγούμενες μελέτες – διαχρονικές τάσεις	76
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	78
	Βιβλιογραφικές Αναφορές	82
	Παράρτημα Α: Πίνακες δεδομένων	89
	Παράρτημα Β: Λοιποί πίνακες στατιστικής επεξεργασίας και διαγράμματα συσχέτισης παραμέτρων.....	96
	Παράρτημα Γ: Φωτογραφίες σημείων δειγματοληψίας.....	117
	Παράρτημα Δ: Έντυπα μετρήσεων δειγμάτων	121

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 2-1 Χάρτης πιέσεων από διάχυτες πηγές ρύπανσης στο ΥΔ Αττικής (Σχέδιο Διαχείρισης ΛΑΠ ΥΔ Αττικής)	14
Εικόνα 2-2 Διοικητική διαίρεση της υδρολογικής λεκάνης του ρ. Πικροδάφνης, πρόγραμμα Καλλικράτης (ΙΘΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)	22
Εικόνα 2-3 Μορφολογικός χάρτης της λεκάνης απορροής του ρ. Πικροδάφνης (ΙΘΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)	23
Εικόνα 2-4 Χάρτης κλίσεων της υδρολογικής λεκάνης του ρέματος (ΙΘΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)	25
Εικόνα 2-5 Γεωλογικός χάρτης της υδρολογικής λεκάνης του ρέματος Πικροδάφνης.....	25
Εικόνα 2-6 Προστατευόμενες περιοχές στην ευρύτερη περιοχή της υδρολογικής λεκάνης του ρέματος Πικροδάφνης (ΙΘΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)	30
Εικόνα 3-1 Χωροθέτηση σημείων δειγματοληψίας κατά μήκος ρέματος Πικροδάφνης ...	34
Εικόνα 3-2 Χωροθέτηση σημείων επιτόπιων μετρήσεων.....	35
Εικόνα 4-1 Αποτύπωση πηγών ρύπανσης στο σύνολο της λεκάνης του ρέματος Πικροδάφνης.....	45
Εικόνα 4-2 Αποτύπωση πηγών ρύπανσης στο ρ. της Πικροδάφνης στα όρια του Δ. Δάφνης -Υμηττού	46
Εικόνα 4-3 Αποτύπωση πηγών ρύπανσης στο ρ. Πικροδάφνης στα όρια του Δ. Ηλιούπολης	46
Εικόνα 4-4 Αποτύπωση πηγών ρύπανσης στο ρ. Πικροδάφνης στα όρια του Δ. Νέας Σμύρνης.....	47
Εικόνα 4-5 Αποτύπωση πηγών ρύπανσης στο ρ. Πικροδάφνης στα όρια των Π. Φαλήρου - Αλίμου.....	47
Εικόνα 4-6 Αποτύπωση πηγών ρύπανσης στο ρ. Πικροδάφνης στα όρια του Δ. Βύρωνα.....	48
Εικόνα 4-7 Αποτύπωση πηγών ρύπανσης στο ρ. Πικροδάφνης στα όρια του Δ. Αγίου Δημητρίου	48
Εικόνα 4-8 Χάρτης πυκνότητας των πηγών ρύπανσης.....	49
Εικόνα 4-9 Υπολεκάνες σταθμών δειγματοληψίας	50
Εικόνα 4-10 Συσχέτιση μέσης τιμής συγκέντρωσης αζώτου των νιτρικών ανά σταθμό με πυκνότητα πιέσεων ανά υπολεκάνη σταθμού από ανάντη προς κατάντη	51
Εικόνα 4-11 Διακύμανση μέσης τιμής συγκέντρωσης αζώτου των νιτρικών ανά σταθμό σε σχέση με την πυκνότητα πιέσεων λεκάνης ίδιου σταθμού	51
Εικόνα 4-12 Συσχέτιση μέσης τιμής συγκέντρωσης αζώτου των αμμωνιακών ανά σταθμό με πυκνότητα πιέσεων ανά υπολεκάνη σταθμού από ανάντη προς κατάντη.....	52
Εικόνα 4-13 Διακύμανση μέσης τιμής συγκέντρωσης αζώτου των αμμωνιακών ανά σταθμό σε σχέση με την πυκνότητα πιέσεων λεκάνης ίδιου σταθμού	52
Εικόνα 4-14 Συσχέτιση μέσης τιμής συγκέντρωσης φωσφόρου των φωσφορικών ανά σταθμό με πυκνότητα πιέσεων ανά υπολεκάνη σταθμού από ανάντη προς κατάντη.....	53
Εικόνα 4-15 Διακύμανση μέσης τιμής συγκέντρωσης φωσφόρου των φωσφορικών ανά σταθμό σε σχέση με την πυκνότητα πιέσεων λεκάνης ίδιου σταθμού	53
Εικόνα 5-1 Διακύμανση της μέσης συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρικών, των νιτρωδών και των αμμωνιακών σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη ...	54
Εικόνα 5-2 Διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας, pH, DO σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη	55

Εικόνα 5-3 Διακύμανση της μέσης συγκέντρωσης του φωσφόρου των φωσφορικών και των κολοβακτηριδίων σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη	55
Εικόνα 5-4 Διακύμανση της μέσης τιμής παροχής και αγωγιμότητας σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη	56
Εικόνα 5-5 Διακύμανση της μέσης συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρικών για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη.....	57
Εικόνα 5-6 Διακύμανση της μέσης συγκέντρωσης του αζώτου των αμμωνιακών για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη	57
Εικόνα 5-7 Διακύμανση της μέσης συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρωδών για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη.....	58
Εικόνα 5-8 Διακύμανση της μέσης συγκέντρωσης του φωσφόρου των φωσφορικών για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη	58
Εικόνα 5-9 Διακύμανση της μέσης τιμής του DO για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη.....	59
Εικόνα 5-10 Διακύμανση της μέσης τιμής της κολοβακτηρίων για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη.....	60
Εικόνα 5-11 Διακύμανση της συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρικών ανά σταθμό.....	61
Εικόνα 5-12 Διακύμανση της συγκέντρωσης του αζώτου των αμμωνιακών ανά σταθμό .	62
Εικόνα 5-13 Διακύμανση της συγκέντρωσης του φωσφόρου των φωσφορικών ανά σταθμό	62
Εικόνα 5-14 Διακύμανση των τιμών του DO σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας...	63
Εικόνα 5-15 Διακύμανση της τιμής των κολοβακτηρίων ανά σταθμό	63
Εικόνα 5-16 Διακύμανση της συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρικών ανά έτος στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας	64
Εικόνα 5-17 Διακύμανση της συγκέντρωσης του αζώτου των αμμωνιακών ανά έτος στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας	65
Εικόνα 5-18 Διακύμανση της συγκέντρωσης του φωσφόρου των φωσφορικών ανά έτος στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας	65
Εικόνα 5-19 Διακύμανση των τιμών του DO ανά έτος στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας	66
Εικόνα 5-20 Διακύμανση των τιμών των κολοβακτηριδίων ανά έτος στο σύνολο των σταθμών	66
Εικόνα 5-21 Διακύμανση της συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρικών ανά μήνα στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας	67
Εικόνα 5-22 Διακύμανση της συγκέντρωσης του αζώτου των αμμωνιακών ανά μήνα στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας	68
Εικόνα 5-23 Διακύμανση της συγκέντρωσης του φωσφόρου των φωσφορικών ανά μήνα στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας	68
Εικόνα 5-24 Διακύμανση των τιμών του DO ανά μήνα στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας	69
Εικόνα 5-25 Διακύμανση των τιμών των κολοβακτηρίων ανά μήνα στο σύνολο των σταθμών	69
Εικόνα 5-26 Συσχέτιση $N-NH_4^+$ και $P-PO_4^{3-}$	71
Εικόνα 5-27 Συσχέτιση $N-NO_2^-$ και $P-PO_4^{3-}$ κατά τη χειμερινή περίοδο.....	71
Εικόνα 5-28 Συσχέτιση $N-NH_4^+$ και $P-PO_4^{3-}$ κατά τη χειμερινή περίοδο	72

Εικόνα 5-29 Συσχέτιση $N-NH_4^+$ και $P-PO_4^{3-}$ κατά την καλοκαιρινή περίοδο.....	73
Εικόνα 5-30 Συσχέτιση $N-NO_3^-$ και $P-PO_4^{3-}$ κατά την καλοκαιρινή περίοδο.....	73
Εικόνα 5-31 Συσχέτιση DO και κολοβακτηριδίων κατά την καλοκαιρινή περίοδο.....	74
Σχήμα 2-1 Διαγραμματική απεικόνιση των απαιτούμενων σταδίων για την εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Ύδατα στην Ελλάδα (Ανδρεαδάκης, 2008).....	10

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2-1 Δήμοι εντός της υδρολογικής λεκάνης του ρέματος Πικροδάφνης, πρόγραμμα Καλλικράτης (ΙΘΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)	21
Πίνακας 2-2 Γεωμορφολογικά στοιχεία υδρολογικής λεκάνης ρ. Πικροδάφνης (ΙΘΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)	22
Πίνακας 2-3 Έκταση των κλάσεων του μορφολογικού αναγλύφου της λεκάνης (ΙΘΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)	23
Πίνακας 2-4 Έκταση των κλάσεων των μορφολογικών κλίσεων (ΙΘΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)	24
Πίνακας 2-5 Χρήσεις γης της λεκάνης απορροής ρ. Πικροδάφνης (CORINE LAND COVER 2006, ΙΘΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)	29
Πίνακας 3-1 Πίνακας συντεταγμένων σημείων δειγματοληψίας του ρέματος Πικροδάφνης	33
Πίνακας 4-1 Διερεύνηση της σημαντικής ή όχι συσχέτισης των παραμέτρων	41
Πίνακας 4-2 Διερεύνηση της σημαντικής ή όχι συσχέτισης των παραμέτρων κατά τη χειμερινή περίοδο	42
Πίνακας 4-3 Διερεύνηση της σημαντικής ή όχι συσχέτισης των παραμέτρων κατά τη καλοκαιρινή περίοδο	42
Πίνακας 4-4 Διάμεσος των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου και των θρεπτικών για το σύνολο των σταθμών σε επίπεδο έτους	43
Πίνακας 4-5 Φυσιοχημική κατάσταση των υδάτων του ρέματος Πικροδάφνης ανά έτος με βάση τη διάμεσο των συγκεντρώσεων σύμφωνα με Cardoso et al (2001) και Skoulidakis et al (2006)	43
Πίνακας 4-6 75° ποσοστημόριο των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου και των θρεπτικών για το σύνολο των σταθμών σε επίπεδο έτους	44
Πίνακας 4-7 Φυσιοχημική κατάσταση των υδάτων του ρέματος Πικροδάφνης ανά έτος με βάση το 75° ποσοστημόριο των συγκεντρώσεων σύμφωνα με Cardoso et al (2001) και Skoulidakis et al (2006)	44
Πίνακας 4-8 Πυκνότητα πιέσεων ανά km ² ανά υπολεκάνη σταθμού	49
Πίνακας 4-9 Συσχέτιση μέσης τιμής συγκέντρωσης θρεπτικών ανά σταθμό με πυκνότητα πιέσεων υπολεκάνης σταθμού	50

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΕΖΔ	Ειδική Ζώνη Διατήρησης
ΕΜΠ	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
ΕΛΚΕΘΕ	Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών
ΖΕΠ	Ζώνη Ειδικής Προστασίας
ΙΘΑΒΙΠΕΥ	Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΛΑΠ	Λεκάνη Απορροής
ΜΠΕ	Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
Ν	Νόμος
ΠΔ	Προεδρικό Διάταγμα
ΥΔ	Υδατικό Διαμέρισμα
ΥΠΕΚΑ	Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
ΧΑΔΑ	Χώρος Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων
BOD	Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο
COD	Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο
DO	Διαλυμένο Οξυγόνο
N-NO ₃	Άζωτο Νιτρικών
N-NO ₂	Άζωτο Νιτρωδών
N-NH ₄	Αμμωνιακό Άζωτο
P-PO ₄	Φώσφορος των φωσφορικών
TP	Ολικός Φώσφορος
TSS	Ολικά Αιωρούμενα Στερεά

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Πρόλογος

Η ποιοτική παρακολούθηση των αστικών ρεμάτων σε διεθνές και παγκόσμιο επίπεδο έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον πολλών επιστημονικών εργασιών κυρίως λόγω της συμβολής τους στην ανάπτυξη του αστικού περιβάλλοντος και λόγω των πιέσεων που δέχονται από τις χερσαίες ανθρώπινες δραστηριότητες.

Το ρέμα της Πικροδάφνης αποτελεί ένα από τα ελάχιστα εναπομείναντα αξιόλογα ρέματα στην Αττική που διατηρεί αρκετά από τα φυσικά και βιολογικά στοιχεία του. Το βασικό χαρακτηριστικό του είναι ότι διασχίζει αρκετούς δήμους, όπως Βύρωνα, Ηλιούπολη, Άγιο Δημήτριο, Δάφνη, Υμηττό, Παλαιό Φάληρο και βρίσκεται σε μια συνεχή αλληλεπίδραση με αυτούς. Συμβάλλει στην ανάπτυξη του αστικού ιστού τους αλλά έχει υποστεί και σημαντικές αλλοιώσεις κατά μήκος της κοίτης του λόγω της ανεξέλεγκτης αστικοποίησης η οποία εκφράζεται μέσω των ρυπαντικών πιέσεων που δέχεται και περιλαμβάνουν την ανεξέλεγκτη διάθεση αστικών λυμάτων και απορριμμάτων και παρεμβάσεις στην παρόχθια ζώνη. Παρ' όλα αυτά ορισμένα τμήματα του ρέματος βρίσκονται σε αρκετά καλή οικολογική κατάσταση και συμβάλλουν σημαντικά στην βιοποικιλότητα, στην αισθητική αναβάθμιση του αστικοποιημένου χώρου και στην αντιπλημμυρική του προστασία. Συνεπώς είναι απαραίτητη η περιβαλλοντική παρακολούθηση του ρέματος με σκοπό την αποκατάσταση, προστασία και αξιοποίησή του.

Το ρέμα της Πικροδάφνης έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών ερευνών με σκοπό την παρακολούθηση της οικολογικής του κατάστασης, την αναγνώριση των ρυπαντικών πιέσεων και το σχεδιασμό των μέτρων αποκατάστασης του. Η κύρια μεθοδολογία ήταν η επεξεργασία των επιτόπιων μετρήσεων των φυσικοχημικών, υδρολογικών, χημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων σε ένα δίκτυο σταθμών και το βασικό συμπέρασμα η υποβάθμιση του ρέματος και η επίδραση των διαφόρων αστικών χρήσεων γης στην ποιότητα του ρέματος.

1.2 Σκοπός της εργασίας

Όπως αποδεικνύεται από το σύνολο των μελετών και ερευνών που έχουν διεξαχθεί σε παγκόσμιο επίπεδο, η σχέση χρήσεων γης με την ποιοτική και ποσοτική κατάσταση των υδατικών πόρων μιας περιοχής είναι αδιαμφισβήτητη. Η παρούσα εργασία έρχεται να συμπληρώσει τα αποτελέσματα των προηγούμενων μελετών για την οικολογική κατάσταση του ρέματος της Πικροδάφνης με βασικό σκοπό την καταγραφή και χαρτογράφηση των ρυπαντικών πιέσεων στην υδρολογική λεκάνη του ρέματος Πικροδάφνης καθώς και την εκτίμηση της επίδρασής τους στην οικολογική του κατάσταση.

Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση, κάτι που δεν έχει παρουσιαστεί σε προηγούμενες μελέτες, στη σύνδεση των ποιοτικών χαρακτηριστικών / κατάστασης του ρέματος με τις πηγές ρύπανσης και τη συσχέτιση αυτών των παραγόντων για να αντιμετωπιστούν και να προτεραιοποιηθούν οι βασικές πηγές ρύπανσης ανά είδος χημικής παραμέτρου για τα θρεπτικά άλατα με απώτερο σκοπό να σχεδιαστούν στη συνέχεια τα κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπιση της ρύπανσης και την αποκατάσταση της ποιότητας των υδάτων.

Συνεπώς, επιμέρους στόχοι αποτελούν:

- η μελέτη και κατανόηση της αλληλεπίδρασης των πηγών ρύπανσης και των σχετικών ρυπαντικών φορτίων με την οικολογική κατάσταση ενός αστικού ρέματος,
- η επίδραση της εποχιακής διακύμανσης της παροχής του ρέματος στην ποιοτική του κατάσταση,
- η δημιουργία μιας συνολικής βάσης δεδομένων για το ρέμα με το σύνολο των περιβαλλοντικών δεδομένων που έχουν καταγραφεί και η ερμηνεία αυτών για το σχεδιασμό μέτρων αποκατάστασης και αξιοποίησης

Για την αποτύπωση των ρυπαντικών πιέσεων εντός των ορίων της λεκάνης απορροής του ρέματος Πικροδάφνης και την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασής του πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία των φυσικοχημικών, υδρολογικών, χημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων του νερού τα οποία ελήφθησαν από τη βάση δεδομένων του ΕΛΚΕΘΕ για τις περιόδους 2012-2014 και 2016-2017 σε δίκτυο δέκα (10) σημείων ενώ πραγματοποιήθηκαν και επιτόπιες μετρήσεις τον Ιανουάριο του 2018 σε 5 (πέντε) σταθμούς.

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων περιελάμβανε τη δημιουργία διαγραμμάτων με σκοπό την παρακολούθηση των ετήσιων, μηνιαίων και τοπικών μεταβολών των

παραμέτρων. Στο πλαίσιο επίσης της διερεύνησης για τη σημαντικότητα της συσχέτισης μεταξύ των φυσικοχημικών παραμέτρων, των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων και των κολοβακτηριδίων των δειγμάτων του νερού προσδιορίστηκε ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης r για όλους τους συνδυασμούς παραμέτρων για το σύνολο των μηνών όλων των ετών που εξετάζονται, αλλά και για καλοκαιρινή και χειμερινή περίοδο ξεχωριστά.

Στο πλαίσιο της καταγραφής και χαρτογράφησης των πηγών των ρυπαντικών πιέσεων στην υδρολογική λεκάνη του ρέματος Πικροδάφνης καθώς και την εκτίμηση της επίδρασής τους στην οικολογική του κατάσταση αποτυπώθηκαν οι πιθανές πηγές ρύπανσης σε επίπεδο Οικοδομικού Τετραγώνου, δημιουργήθηκαν οι αντίστοιχοι χάρτες για κάθε Δήμο και εξετάστηκε αν η πυκνότητα των πηγών ρύπανσης δικαιολογεί το επίπεδο των συγκεντρώσεων ρύπων στα σημεία δειγματοληψίας.

Τέλος πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της φυσικοχημικής κατάστασης του ρέματος για κάθε έτος επαρκών δειγματοληψιών και για το σύνολο των σταθμών παρακολούθησης για τα θρεπτικά στοιχεία και για το διαλυμένο οξυγόνο σε επίπεδο έτους με τη χρήση της ετήσιας διαμέσου και του αντίστοιχου 75^{ου} ποσοστημορίου. Για την ταξινόμηση της κατάστασης εφαρμόστηκαν το Νορβηγικό σύστημα ταξινόμησης (Cardoso et al, 2001) και το Ελληνικό Σύστημα Ταξινόμησης (Skoulikidis et al, 2006) όπως αυτό τροποποιήθηκε (Skoulikidis, 2008).

1.2 Δομή της εργασίας

Το **πρώτο** κεφάλαιο αποτελεί ένα εισαγωγικό κεφάλαιο για το σύνολο της εργασίας. Παραθέτει με συνοπτικό τρόπο τα βασικά θέματα της εργασίας με στόχο την εξοικείωση με το θέμα που πραγματεύεται και τους σκοπούς που θέτει.

Το **δεύτερο** κεφάλαιο περιγράφει το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο στηρίζεται το θέμα της εργασίας δίνοντας έμφαση στη σημασία των υδατορεμάτων στο αστικό περιβάλλον, στις πηγές ρύπανσης και στην Νομοθεσία που ισχύει για τα Ύδατα. Επίσης γίνεται μια συνοπτική αναφορά στις έρευνες που έχουν διεξαχθεί σε διεθνές και παγκόσμιο επίπεδο για τις πιέσεις που δέχονται τα αστικά ρέματα. Το κεφάλαιο κλείνει με μια συνοπτική περιγραφή της περιοχής μελέτης.

Στο **τρίτο** κεφάλαιο περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τα στάδια της εργασίας με αναφορά στη συγκέντρωση των υπαρχόντων στοιχείων και στην επεξεργασία των δεδομένων.

Στο **τέταρτο** κεφάλαιο παρουσιάζονται με τη μορφή πινάκων, διαγραμμάτων και χαρτών τα αποτελέσματα της παραπάνω επεξεργασίας.

Το **πέμπτο** κεφάλαιο πραγματεύεται την ανάλυση, το σχολιασμό των αποτελεσμάτων και τη συσχέτιση μεταξύ τους.

Τέλος στο **έκτο** κεφάλαιο γίνεται η καταγραφή των συμπερασμάτων της έρευνας

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

2.1 Συμβολή των ρεμάτων στο αστικό περιβάλλον

Τα υδατορεύματα σαν στοιχεία της τοπογραφίας μιας περιοχής έχουν καθοριστικό ρόλο στη χωροθέτηση των πόλεων και συνεπώς συμβάλλουν σημαντικά στη διαμόρφωση και στην ανάπτυξή τους. Τα οφέλη που προσφέρουν έχουν πολλές διαστάσεις:

- Περιβαλλοντικά οφέλη: συμβάλλουν στη βελτίωση του μικροκλίματος, καθώς λειτουργούν σαν διάδρομοι ανανέωσης του αέρα (Δημητρίου κ.α., 2017), βοηθούν στο να μετριαστούν οι θερμοκρασιακές διαφορές ανάμεσα στο Χειμώνα και Καλοκαίρι (Bolund and Hunhammar, 1999) και εξυπηρετούν στην προστασία από πλημμυρικά φαινόμενα λόγω της παροχετευτικότητάς τους των επιπλέων όμβριων υδάτων (Bolund and Hunhammar, 1999 · Σκοταρά, 2009 · Σέρεσλη, 2014 · Κρίκου, 2015).
- Αισθητικά οφέλη: το αστικό περιβάλλον βελτιώνεται σημαντικά όσον αφορά την αισθητική του τοπίου χάρη στη συμβολή του πρασίνου (Bolund and Hunhammar, 1999 · Δημητρίου κ.α., 2017).
- Εκπαιδευτικά οφέλη: αποτελούν μοναδική ευκαιρία για περιβαλλοντική εκπαίδευση (Bolund and Hunhammar, 1999 · Δημητρίου κ.α., 2017).
- Οικολογικά οφέλη: αποτελούν σημαντικούς βιοτόπους όπου θα αναπτυχθεί ποικίλη χλωρίδα και πανίδα (Bolund and Hunhammar, 1999 · Σκοταρά, 2009 · Σέρεσλη, 2014 · Κρίκου, 2015).
- Οικονομικά οφέλη: αποτελούν έναν οικονομικό τρόπο απόδοσης στην πόλη ελεύθερων χώρων και αποτελούν πόλο έλξης τουριστών (Σκοταρά, 2009 · Σέρεσλη, 2014 · Κρίκου, 2015).

Για τους παραπάνω λόγους η προστασία και αποκατάσταση των αστικών ρεμάτων εφαρμόζεται διεθνώς την τελευταία δεκαετία (Δημητρίου κ.α., 2017).

2.2 Κύριες πηγές ρύπανσης των υδατορευμάτων και η σχέση τους με ανθρώπινες δραστηριότητες

Στο δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα οι οικονομικές δραστηριότητες άνθισαν στην Ευρώπη, από την άλλη όμως η κατάσταση των υδάτινων συστημάτων υποβαθμίστηκε. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν προκαλέσει πολλαπλές πιέσεις στην ποιότητα των υδατορευμάτων και την βιοποικιλότητα. Οι μεγαλύτερες πιέσεις σχετίζονται με τη ρύπανση και τις υδρολογικές και υδρομορφολογικές μεταβολές. Βασικοί δείκτες που σχετίζονται με τη ρύπανση είναι η συγκέντρωση του αζώτου και φωσφόρου, η οποία προέρχεται από αστικές απορροές, βιομηχανικές χρήσεις και γεωργικές εκτάσεις (Grizetti et al, 2017).

Η οικολογική ποιότητα και η ασφάλεια των επιφανειακών υδάτων υποφέρουν από έντονη υποβάθμιση εξαιτίας ανθρώπινων δραστηριοτήτων που επηρεάζουν άμεσα την κοίτη του ποταμού (αλιεία, εκτροπή νερού, φράγματα, άρδευση) καθώς και από εκείνες που επηρεάζουν την περιοχή γύρω από τους ποταμούς (γεωργία, κτηνοτροφία, αστικές και βιομηχανικές περιοχές). Επιπλέον τα ποτάμια χρησιμοποιούνται ως παραλήπτες όλων των ειδών των αποβλήτων που οδηγούν σε προβλήματα ευτροφισμού, οργανικής ρύπανσης και υδρομορφολογικών μεταβολών (Malmqvist and Rundle, 2002). Τα αυξημένα φορτία θρεπτικών ουσιών, βαρέων μετάλλων, παρασιτοκτόνων και άλλων ρυπαντών οδηγούν σε συνεχή μείωση του πληθυσμού των ψαριών, των ασπόνδυλων, των φυκών στα αστικά ποτάμια (Paul and Meyer, 2001). Σήμερα τα προβλήματα ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων κερδίζουν την προσοχή παγκοσμίως, λόγω των επιπτώσεών τους στην κοινωνία, στην οικονομία, στην υγεία και στο περιβάλλον (Kannel et al, 2007).

Οι πηγές ρύπανσης των υδατορευμάτων μπορούν να διακριθούν σε σημειακές και μη σημειακές (κατανεμημένες). Σημαντικές σημειακές πηγές ρύπανσης αποτελούν τα αστικά απόβλητα από οικισμούς, βιομηχανικά, κτηνοτροφικά σταβλισμένα απόβλητα, μεταλλεία – λατομεία, υδατοκαλλιέργειες και οι χωματερές (Wakida and Lerner, 2004· Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής ΥΔ Αττικής, 2013).

- Αστικά απόβλητα: είναι η κυριότερη πηγή ρύπανσης των υδατορευμάτων και αποτελούνται από υγρά απόβλητα των αστικών περιοχών που καταλήγουν στα υδάτινα συστήματα είτε μέσω των υπονόμων είτε μέσω ελεύθερης επιφανειακής απορροής. Η σύνθεση των αστικών λυμάτων εξαρτάται από το επίπεδο διαβίωσης

των κατοίκων, τον πληθυσμό, τη γεωγραφική θέση του οικισμού, την χρονική περίοδο, το σύστημα των υπονόμων κ.α.

- Βιομηχανικά απόβλητα: Προκύπτουν από τη παραγωγική διαδικασία των βιομηχανικών μονάδων και είναι διαφορετικά ανάλογα με το είδος της βιομηχανίας. Το νερό που προκύπτει από τις βιομηχανικές μονάδες και η χωρίς έλεγχο απόθεσή του σε υδατορεύματα μπορεί να οδηγήσει σε εξάντληση του διαθέσιμου οξυγόνου και ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών (Κιλικίδης, 1979). Η διαχείριση των επικίνδυνων βιομηχανικών αποβλήτων είναι ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά ζητήματα, καθώς η έλλειψη επαρκών πληροφοριών για αυτά οδηγεί σε αποτυχία του ελέγχου και της παρακολούθησής τους (Oncel et al, 2017).
- Κτηνοτροφικά απόβλητα: Αποτελούνται από τα απόβλητα των ζώων που παρασύρονται από τα νερά και καταλήγουν στα υδάτινα συστήματα προκαλώντας ρύπανση. Οι αρνητικές επιπτώσεις των κτηνοτροφικών αποβλήτων γίνονται όλο και πιο σοβαρές σε τοπικό, περιφερειακό, εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο λόγω της ρύπανσης των υδάτων (Herrero and Thornton, 2013). Η κακή διαχείριση των κτηνοτροφικών αποβλήτων έχει σαν αποτέλεσμα την απευθείας διάθεσή τους σε επιφανειακά ύδατα που οδηγεί σε υψηλές συγκεντρώσεις αζώτου – φωσφόρου και τελικά σε ευτροφισμό των υδάτων (Sakadevan and Nguyen, 2017). Συνεπώς οι υψηλές συγκεντρώσεις αζωτούχων ενώσεων παρατηρούνται σε περιοχές τόσο με υψηλή γεωργική όσο και με κτηνοτροφική δραστηριότητα (ΥΠΕΚΑ).
- Παράνομες Χωματερές: Εννοείται η διάθεση απορριμμάτων σε χώρους που δεν πληρούν τους κανόνες προστασίας του περιβάλλοντος (ΧΑΔΑ). Μεταξύ των βασικών πιέσεων που δέχονται οι υδατικοί πόροι είναι η ρύπανση από τα ΧΑΔΑ λόγω της μη ορθής διαχείρισης των αποβλήτων (ΥΠΕΚΑ). Τα υγρά στραγγίσματα που είναι επικίνδυνα όσο τα βιομηχανικά απόβλητα μπορούν να φτάσουν στα επιφανειακά νερά και να ρυπάνουν συνεπώς ποτάμια, λίμνες, υδροτόπους (Σουφλήρης, 2010).

Μη σημειακή πηγή ρύπανσης είναι οι αγροτικές δραστηριότητες οι οποίες θεωρούνται ο κυριότερος πάροχος νιτρικών στα υδάτινα συστήματα ειδικά στη Μεσόγειο, καθώς ο αγροτικός τομέας καταλαμβάνει ένα σημαντικό τμήμα της οικονομίας. Επιπλέον, οι πρακτικές εντατικής καλλιέργειας μπορούν να οδηγήσουν στον ευτροφισμό λόγω της

αύξησης θρεπτικών ουσιών, ενώ ο φώσφορος και το άζωτο έχουν αναγνωριστεί ως οι βασικοί ρύποι στα Ελληνικά ποτάμια (Bertahas et al, 2006). Οι κύριες συνέπειες του ευτροφισμού είναι γενικά η διαταραχή της οικολογικής ισορροπίας και πιο συγκεκριμένα η παραγωγή ενώσεων που προσδίδουν δυσάρεστη οσμή στο νερό, η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στα βαθύτερα στρώματα του νερού και η δημιουργία τοξινών που σκοτώνουν τα ψάρια (ΥΠΕΚΑ). Επίσης η χρήση των φυτοφαρμάκων και παρασιτοκτόνων στις καλλιέργειες εντείνει το πρόβλημα ρύπανσης των υδάτινων συστημάτων (Charizopoulos and Mourkidou, 1999).

2.3 Νομοθεσία για τη διαχείριση του νερού

Με στόχο την προστασία και την ενίσχυση των υδάτινων οικοσυστημάτων η Ευρωπαϊκή Ένωση από το 2000 υιοθέτησε μια φιλόδοξη πολιτική για το νερό, την Οδηγία – Πλαίσιο που αποσκοπεί στη μείωση των πιέσεων και την επίτευξη της καλής οικολογικής κατάστασης των ευρωπαϊκών υδάτινων συστημάτων (Grizetti et al, 2017). Η οδηγία 2000/60/EK τέθηκε σε ισχύ στις 22/12/2000 μετά από μακρόχρονες συζητήσεις και διαπραγματεύσεις μεταξύ των κρατών μελών.

2.3.1 Συνοπτική παρουσίαση Οδηγίας Πλαίσιο για τα Ύδατα

Η Οδηγία Πλαίσιο 2000/60/EK εισάγει για πρώτη φορά την έννοια της οικολογικής σημασίας μέσω του καθορισμού μέτρων και αρχών για την σωστή διαχείριση και προστασία των επιφανειακών, υπόγειων, παράκτιων και μεταβατικών υδάτων. Όλα τα Κράτη Μέλη υποχρεούνται στην υιοθέτηση και εφαρμογή κοινών μέτρων με σκοπό την καλή κατάσταση των υδάτων μέχρι το έτος 2015.

Σύμφωνα με το άρθρο 1 της Οδηγίας οι κύριοι στόχοι της αποτελούν:

- Μείωση της περαιτέρω υποβάθμισης των υδάτων και προστασία και βελτίωση των υδατικών πόρων όπως και των γειτονικών οικοσυστημάτων.
- Προώθηση και ορθολογική χρήση του ύδατος που στηρίζεται στην μακροπρόθεσμη προστασία και αειφορία των υδάτινων πόρων.
- Εφαρμογή ειδικών μέτρων για τη μείωση της ρύπανσης των υδάτων από απορρίψεις σε αυτά.
- Μείωση και αποτροπή ρύπανσης και μόλυνσης των υπόγειων υδάτων.

- Μετριασμός των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες.

Μεταξύ άλλων η Οδηγία Πλαίσιο:

- Επιβάλλει την οργάνωση πολυάριθμων εργασιών που οδηγούν στην υιοθέτηση επιμέρους προγραμμάτων σε επίπεδο υδατικής περιφέρειας.
- Καθορίζει ως πρωταρχική μονάδα σχεδιασμού των υδάτινων πόρων τις λεκάνες απορροής ποταμού.
- Απαιτεί και προωθεί την ενεργό συμμετοχή όλων των πολιτών και ενδιαφερόμενων φορέων.
- Προτείνει την υιοθέτηση τιμολογιακής πολιτικής για τις διάφορες χρήσεις του νερού.

2.3.2 Διαδικασία Υλοποίησης της Οδηγίας

Για την εφαρμογή της οδηγίας διακρίνονται δύο ξεχωριστές φάσεις:

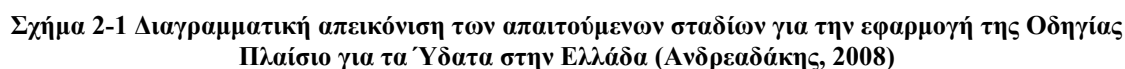
A) ενέργειες για τη σύνταξη διαχειριστικών σχεδίων σε κάθε Υδατική Περιφέρεια.

B) σύνταξη και εφαρμογή πρώτου διαχειριστικού σχεδίου σε κάθε Υδατική Περιφέρεια και έλεγχος επίτευξης στόχων (Ανδρεαδάκης, 2008).

Πιο αναλυτικά οι ενέργειες που απαιτούνται για την υλοποίηση περιλαμβάνουν:

- Καθορισμός των υδατικών διαμερισμάτων.
- Διαχωρισμός των λεκανών απορροής.
- Διάκριση των υδάτινων συστημάτων.
- Εκτίμηση πιέσεων και περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- Κατάρτιση μητρώου προστατευόμενων περιοχών.
- Καθορισμός σχεδίου διαχείρισης για κάθε υδατικό διαμέρισμα.
- Εφαρμογή προγράμματος παρακολούθησης

Στο Σχήμα 2-1 απεικονίζεται το διάγραμμα των απαιτούμενων σταδίων για την εφαρμογή της Οδηγίας.



Σχετικά με τη νομοθεσία στη χώρα μας για την προστασία και διαχείριση των υδάτων έχουν ψηφιστεί εκατοντάδες νόμοι, διατάγματα, αποφάσεις, τα οποία πολλές φορές παρέμεναν ανεφάρμοστα.

- Ν. 1650/1986 (ΦΕΚ 160/Α/1986) Για την προστασία του περιβάλλοντος.
- Ν.1739/87 (ΦΕΚ 201/Α/1987) Διαχείριση των υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις.

- Ν.3199/2003 (ΦΕΚ 208/Α/2003) Προστασία και διαχείριση των υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000.

- Π.Δ. 51/2007 (ΦΕΚ 54/Α/2007) Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ.
- Κ.Υ.Α. 39626/2208/Ε130 (ΦΕΚ 2075/Β/2009) σχετικά με τον καθορισμό μέτρων για την προστασία των υπόγειων νερών από την ρύπανση και την υποβάθμιση με την οποία ενσωματώθηκε η Θυγατρική Οδηγία 2006/118/ΕΚ.
- Απόφαση 706/2010 (ΦΕΚ 1383/Β/2010) της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων σχετικά με τον καθορισμό των Λεκανών Απορροής Ποταμών της χώρας και ορισμού των αρμόδιων Περιφερειών για τη διαχείριση και προστασία τους.
- Κ.Υ.Α. 51354/2641/2010 (ΦΕΚ 1572/Β/2010) σχετικά με τον Καθορισμό Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα.
- Κ.Υ.Α. 140384/2011 (ΦΕΚ 2017/Β/2011) σχετικά με τον ορισμό Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων με καθορισμό των θέσεων (σταθμών) μετρήσεων και των φορέων που υποχρεούνται στην λειτουργία τους.
- Υ.Α. 1811/2011 (ΦΕΚ 3322/Β/2011) Ορισμός ανώτερων αποδεκτών τιμών για τη συγκέντρωση συγκεκριμένων ρύπων, ομάδων ρύπων ή δεικτών ρύπανσης σε υπόγεια ύδατα.
- Κ.Υ.Α. 145116/2011 (ΦΕΚ 354/Β/2011) Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις.
- ΚΥΑ 150559/2011 (ΦΕΚ 1440/Β/2011) Διαδικασίες, όροι και προϋποθέσεις για τη χορήγηση αδειών για υφιστάμενα δικαιώματα χρήσης νερού όπως τροποποιήθηκε από την ΚΥΑ 160143/2011 (ΦΕΚ 2834/Β/2011).
- Ν. 4117/2013 (ΦΕΚ 29/Α/2013) Κύρωση της από 31 Οκτωβρίου 2012 Πράξης Νομοθετικού Περιεχομένου «Τροποποίηση της παρ. 16 του άρθρου 49 του Ν. 4030/2011 «Νέος τρόπος έκδοσης αδειών δόμησης, ελέγχου κατασκευών και λοιπές διατάξεις (Α' 249)» και λοιπές διατάξεις του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής»

2.4 Αποτύπωση ρυπαντικών πιέσεων σε ρέματα σε διεθνές και παγκόσμιο επίπεδο

Στην Οδηγία – Πλαίσιο για το νερό 2000/60/EK έχουν καθοριστεί περιβαλλοντικοί στόχοι για την αποδεκτή ποιότητα επιφανειακών, υπόγειων, μεταβατικών και παράκτιων υδατων. Τα κράτη μέλη υποχρεούνται να εντοπίσουν σημαντικούς χημικούς ρύπους στο νερό με σκοπό τη θέσπιση μέτρων ελέγχων των εκπομπών και την επίτευξη ποιοτικών προτύπων (Arditsoglou and Voutsas, 2010).

Η παρακολούθηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων είναι μία από τις υψηλότερες προτεραιότητες στην αξιολόγηση των περιβαλλοντικής κατάστασης των υδάτινων πόρων. Οι κύριοι στόχοι είναι η αξιολόγηση της ποιότητας του νερού, ο έλεγχος και η ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων των προβλημάτων που προκαλούνται από ρύπους. Η ποιότητα των επιφανειακών νερών προσδιορίζεται από την παρακολούθηση φυσικών, βιολογικών και χημικών παραμέτρων (Loukas, 2010).

Στην Ελλάδα, στον ευρωπαϊκό χώρο, αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν διεξαχθεί έρευνες για την αποτύπωση των ρυπαντικών πιέσεων και την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης των ρεμάτων σε αστικές περιοχές και μη από τις οποίες προκύπτει η σταδιακή υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων. Σε περιοχές δε όπου κυριαρχούν οι ανθρώπινες δραστηριότητες η αύξηση του κινδύνου ρύπανσης είναι πιο εμφανής.

2.4.1 Ρέματα στην Ελλάδα

Ρέματα εντός Αττικής

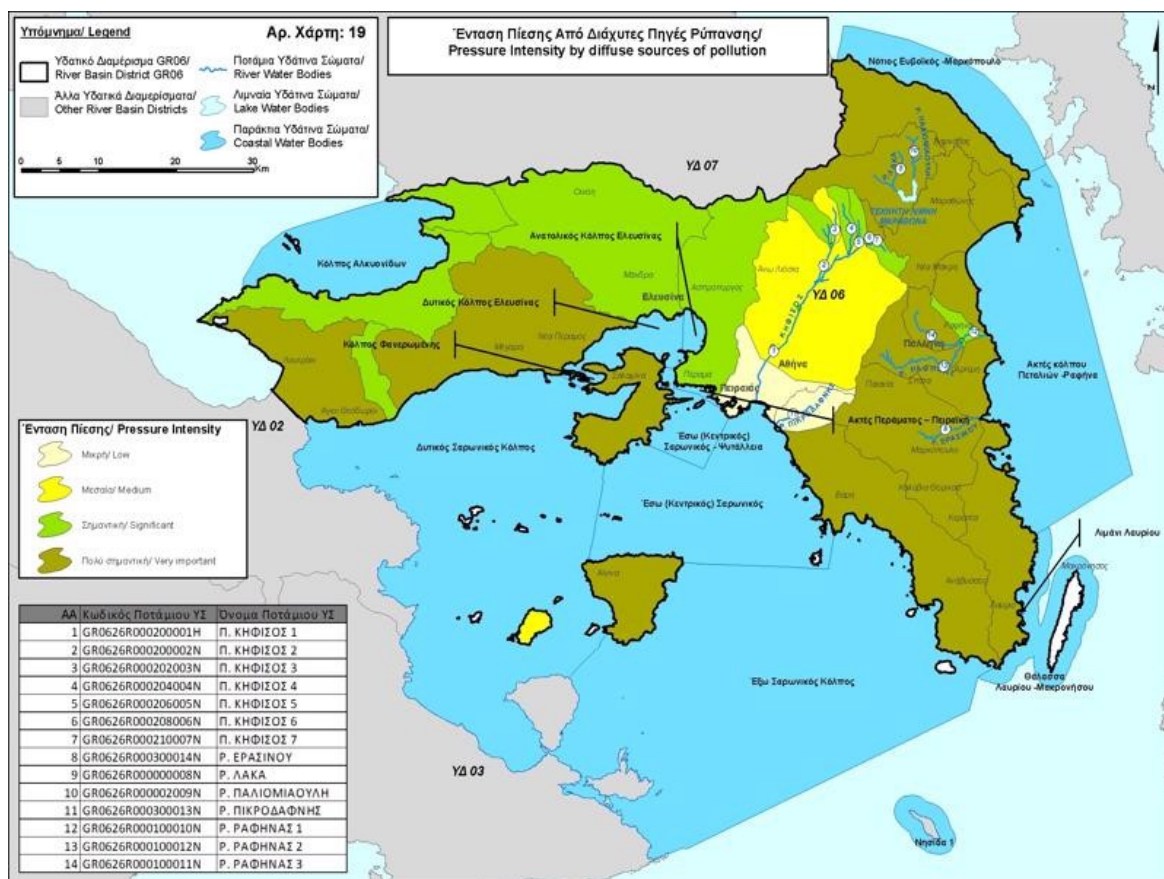
Τα περισσότερα ρέματα εντός Αττικής έχουν σημαντικά τροποποιηθεί λόγω της έντονης αστικοποίησης (Dimitriou et al, 2014). Παρά το γεγονός ότι το 90% αυτών έχουν καλυφθεί (Hadjibiros, 2014) και τα περισσότερα από τα εναπομείναντα χαρακτηρίζονται από περιβαλλοντική υποβάθμιση λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (Argyaki et al, 2013). Σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων για το Υδατικό Διαμέρισμα Αττικής (GR06) οι περιοχές που επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό είναι στα ανατολικά, βορειοανατολικά και δυτικά του Υδατικού Διαμερίσματος. Η μεγάλη συγκέντρωση του οργανικού φορτίου οφείλεται στα ανεπεξέργαστα λύματα, ενώ του αζώτου και του φωσφόρου στην εντατικοποίηση της γεωργίας. Στη λεκάνη απορροής του λεκανοπεδίου Αττικής

μεγαλύτερη πίεση δημιουργείται από τη βιομηχανική και γεωργική δραστηριότητα, ενώ στην ανατολική και βορειοανατολική από την ανεπαρκή διαχείριση των αστικών λυμάτων. Για παράδειγμα έχουν παρατηρηθεί τα εξής:

- Κατά μήκος του ποταμού Κηφισού και στην περιοχή της Ελευσίνας έχει παρουσιαστεί υποβάθμιση λόγω της έντονης βιομηχανικής δραστηριότητας. Ο ποταμός Κηφισός αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα ποταμού που χαρακτηρίζεται από τη ροπή του στη ρύπανση λόγω της γειτνιάσής του με σημεία απόρριψης λυμάτων βιομηχανικών και οικιακών. Από δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε το 2008 σε εικοσι έξι (26) σημεία στα κατάντη του ποταμού Κηφισού σχετικά με την ανάλυση σε περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα και υδρογονάνθρακες, προέκυψαν χαμηλές τιμές σε συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων και υψηλές τιμές σε υδρογονάνθρακες (Panagiotopoulos et al, 2009).
- Υποβάθμιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υδάτινων συστημάτων έχουν υποστεί τα ρέματα στη περιοχή των Μεγάρων, της Ανατολικής Αττικής και Ασπροπύργου λόγω της κτηνοτροφικής δραστηριότητας.
- Στην Ανατολική Αττική τα ρέματα Ερασινός και Μεγάλο Ρέμα έχουν υποβαθμιστεί σε μεγάλο βαθμό, καθώς η χημική σύνθεσή τους υπέδειξε υψηλές τιμές σκληρότητας, την παρουσία βαρέων μετάλλων και θρεπτικών συστατικών υποδεικνύοντας την εισροή αστικών, γεωργικών, βιομηχανικών αποβλήτων και αποβλήτων από εξορύξεις (Alexakis, 2002 ·Χαμπίδη, 2012). Γενικά, η περιοχή της Ανατολικής Αττικής χαρακτηρίζεται από πληθώρα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, όπως έντονες οικοδομικές δραστηριότητες, εντατική γεωργία, βιομηχανίες, αυτοκινητόδρομοι, μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, ολυμπιακές εγκαταστάσεις, ορυχεία κ.α. Τα απορρίμματα από όλες τις παραπάνω δραστηριότητες καταλήγουν πολύ συχνά στους υδάτινους πόρους της περιοχής (Alexakis, 2010).
- Στο �έμα του Χαλανδρίου - Πεντέλης έχουν σημειωθεί πολλές ενδείξεις υποβάθμισης, καθώς η απόθεση στερεών αποβλήτων και λυμάτων, η απόρριψη υγρών αποβλήτων από τις βιοτεχνίες – βιομηχανίες, η επιχωμάτωση για την επέκταση των εκατέρωθεν ιδιοκτησιών έχει οδηγήσει στη συρρίκνωση και εκτροπή του ρέματος και στην κακή χημική του κατάσταση (Ντούφας, 2008).

- Συγκριτική έρευνα έχει διεξαχθεί στα ποτάμια Κηφισός, Ποδονίφτης και Πικροδάφνη όσον αφορά την ανθρωπογενή επίδραση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού και στην περιεκτικότητά του σε βαρέα μέταλλα και το ενεργό ίζημα, καθώς και τα τρία (3) ποτάμια είναι παραλήπτες ανεξέλεγκτων βιομηχανικών και οικιακών απορριμμάτων. Ελήφθησαν πενήντα έξι (56) δείγματα νερού σε διάστημα ενός έτους και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι περισσότερο οι αλλαγές στις καιρικές συνθήκες παρά η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι εισροές επηρεάζουν τη γεωχημεία των ποταμών. Βέβαια οι υψηλές συγκεντρώσεις των φωσφορικών και νιτρικών στον Κηφισό και στον Ποδονίφτη αποδεικνύουν την έντονη επίδραση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (Argyraiki et al, 2013).

Στην Εικόνα 2-1 απεικονίζεται η ένταση της πίεσης από διάχυτες πηγές ρύπανσης στο ΥΔ Αττικής.



Εικόνα 2-1 Χάρτης πιέσεων από διάχυτες πηγές ρύπανσης στο ΥΔ Αττικής (Σχέδιο Διαχείρισης ΛΑΠ ΥΔ Αττικής)

Ποτάμια εντός Ελλάδας

Παραδείγματα από τα αποτελέσματα ερευνών σε ποτάμια σε σχέση με την οικολογική τους κατάσταση στον ελλαδικό χώρο σε αστικές ή μη περιοχές δίνονται παρακάτω:

- Στον ελλαδικό χώρο τα κυριότερα ποτάμια παρακολουθούνται ποιοτικά σε μηνιαία βάση από το ΥΠΕΚΑ. Τα ποτάμια αυτά έχουν λεκάνη απορροής πάνω από 700 km² και μέση ετήσια απορροή πάνω των 0.3 km³ και εξετάζονται για την υδροχημική τους κατάσταση (Skoulikidis, 1993). Τα επιφανειακά ύδατα όσον αφορά τις τοξικές ουσίες είναι σε ικανοποιητικό βαθμό η ποιότητά τους. Τα βαρέα μέταλλα και οι συγκεντρώσεις οργανικών ουσιών έχουν παρατηρηθεί σε περιορισμένο αριθμό (Skoulikidis et al, 1998). Αυτό όμως που δεν είχε εξεταστεί ήταν η κατάσταση των μικρών/μέτρων σε έκταση ποταμών, συνεπώς οι Σκουλικίδης κ.α (2005) πρότειναν εργασία για την πρόβλεψη της χημικής ποιότητάς τους και τη συγκέντρωση των θρεπτικών ουσιών χωρίζοντας τον Ελλαδικό χώρο σε τρεις ζώνες με βάση τα κλιματικά, γεωλογικά, υδροχημικά χαρακτηριστικά για καλύτερη ανάλυση και παίρνοντας δείγμα από τριάντα έξι σημεία σε είκοσι εννέα ποτάμια. Σε κάθε δειγματοληπτικό σημείο μετρήθηκαν φυσικοχημικοί, χημικοί παράμετροι και εξετάστηκε η σχέση μεταξύ της ποιότητας των υδάτων και των περιβαλλοντικών και ανθρωπογενών χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής.
- Από μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην ελληνική πλευρά του ποταμού Έβρου το 40% της λεκάνης απορροής χαρακτηρίζεται από υψηλό κίνδυνο ρύπανσης και μόλυνσης και μόνο το 14% χαρακτηρίζεται μετρίου κινδύνου. Το μοντέλο και η μέτρηση της κατάστασης της ποιότητας του ποταμού έδειξαν διακυμάνσεις ανάλογα με τις ανθρωπογενείς πιέσεις που δέχεται. Οι ρύποι που εντοπίστηκαν απεικονίζουν περισσότερο την εισροή των ανεπεξέργαστων αστικών και αγροτικών αποβλήτων στον ποταμό και λιγότερο οφείλονται σε εσωτερικές βιογεωχημικές δραστηριότητες (Dimitriou et al, 2014).
- Από τη χρόνια μελέτη των συγκεντρώσεων, των χωρικών και χρονικών διακυμάνσεων και της γεωχημικής συμπεριφοράς σημαντικών ρύπων στον ποταμό Ληθαίο στην πόλη των Τρικάλων, έχουν εξαχθεί κάποια σημαντικά συμπεράσματα για την επιρροή των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, της ρύπανσης και των φυσικών βιοχημικών διεργασιών στην ποιότητα των μικρών ποταμών στις αναπτυσσόμενες περιοχές της Μεσογείου. Οι κύριοι ρύποι προέρχονται από αστικές δραστηριότητες,

από τις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, από την παράνομη διάθεση των αποβλήτων, από την αλόγιστη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων, από τις βιομηχανίες / βιοτεχνίες και από τους οδικούς άξονες. Η συνύπαρξη σημειακών και μη σημειακών πηγών ρύπανσης με το συνδυασμό των αλλαγών στη ροή του ποταμού, των βασικών φυσικοχημικών παραμέτρων και της θερμοκρασίας επηρεάζει τη διανομή και τη χημική συμπεριφορά των ρύπων με διάφορους τρόπους. Οι μεγάλες διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων ρύπων σε μικρά ποτάμια είναι κοινές, με αποτέλεσμα την ταχεία επιδείνωση της ποιότητας του νερού και των τοπικών οικοσυστημάτων (Dassenakis et al, 1997).

- Αναλύσεις σε ποιοτικά δεδομένα και δεδομένα απορροής έχουν πραγματοποιηθεί στον Πηνειό ποταμό, το σημαντικότερο ποταμό της Θεσσαλίας με δείγματα από έξι σταθμούς συμπεριλαμβανομένων των φυσικοχημικών παραμέτρων και σημαντικών κατιόντων και ανιόντων. Το συμπέρασμα από την έρευνα είναι ότι η ρύπανση των υδάτων οφείλεται στις χωρίς εποπτεία εκροές βιομηχανικών, οικιακών και αγροτικών λυμάτων (Loukas, 2010).
- Έρευνες για την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων στη Μακεδονία έχουν διεξαχθεί το διάστημα 1997-1998 με σκοπό τη δημιουργία εθνικών βάσεων δεδομένων. Εξετάστηκαν οι φυσικοχημικοί παράμετροι, οι βιολογικές παράμετροι, η παρουσία αζώτου και φωσφόρου σε 25 δειγματοληπτικά σημεία σε κύριους ποταμούς, παραποτάμους και μικρότερα ρέματα στην περιοχή της Μακεδονίας. Γενικά παρατηρήθηκε διακύμανση στις παραπάνω παραμέτρους που οφείλεται στις απορροές γεωργικών, αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων. Επίσης έγινε μια συσχέτιση με τις βάσεις δεδομένων άλλων ευρωπαϊκών ποταμών (Voutsas et al, 2000).

2.4.2 Ποτάμια στην Ευρώπη

- Έρευνα παρόμοιας λογικής και μεθοδολογίας με τους μικρούς ποταμούς στην Ελλάδα έχει εφαρμοστεί και στα δεκαπέντε μεγάλα βαλκανικά ποτάμια με πάνω από το 80% των εισροών τους στην Ανατολική Μεσόγειο (διάκριση της περιοχής σε τρεις ζώνες). Οι πόλεμοι, η πολιτική αστάθεια, η οικονομική κρίση σε συνδυασμό με τους διοικητικούς περιορισμούς, το φτωχό περιβαλλοντικό σχεδιασμό και η έλλειψη περιβαλλοντικής συνείδησης επέβαλε σημαντικές πιέσεις στα ποτάμια

αυτά. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα η επεξεργασία των αστικών λυμάτων βρίσκεται σε ανεπαρκές επίπεδο, ενώ η διαχείριση και η επεξεργασία των βιομηχανικών λυμάτων πολύ φτωχή. Αλλά και σε όλες τις βαλκανικές χώρες υπάρχει μεγάλο ζήτημα σχετικά με την ποιότητα των υδάτων και με τις προσπάθειες μετριασμού της ρύπανσης λόγω των εξορύξεων και των γεωργικών δραστηριοτήτων. Γενικά τα περισσότερα ποτάμια στα δυτικά Βαλκάνια είναι σε καλύτερη ποιοτική κατάσταση, ενώ στα κεντρικά και ανατολικά Βαλκάνια τα ποτάμια είναι περισσότερο επιρρεπή στον ευτροφισμό (Skoulikidis, 2009).

- Η Οδηγία Πλαίσιο 60/2000/EK καθορίζει τη χρήση διαφόρων βιολογικών δεικτών για την αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης των ποταμών εκτός από τις χημικές, φυσικές και βακτηριολογικές παραμέτρους. Με βάση αυτή την απαίτηση πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία δύο φορές το χρόνο σε δέκα σταθμούς κατά μήκος του ποταμού Tenna της Ιταλίας με σκοπό την ανάλυση που προκύπτει από δύο βιολογικούς δείκτες και τις φυσικές και χημικές παραμέτρους. Προέκυψε άμεση συσχέτιση μεταξύ των βιολογικών δεικτών και αντίστροφη συσχέτιση μεταξύ αυτών και χημικοφυσικών και βακτηριολογικών παραμέτρων (Torrizi et al, 2010).
- Η επίδραση των αποβλήτων από τα ορυχεία και από τα μη επεξεργασμένα αστικά απόβλητα στην ποιότητα των υδάτων ερευνήθηκε σε 19 ποτάμια της Σαρδηνίας με λήψη 35 δειγμάτων τόσο τη χειμερινή όσο και θερινή περίοδο. Η έρευνα επικεντρώθηκε πιο συγκεκριμένα στη μελέτη της επιρροής των διαφορετικών καιρικών συνθηκών στις μεταβολές των χημικών παραμέτρων. Σημαντικό ποσοστό έδειξε συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων πάνω από τους ιταλικούς κανονισμούς για τα ύδατα λόγω της εντατικής απόρριψης αποβλήτων στα ποτάμια (Cidu and Biddau, 2007).
- Όσον αφορά τα ποτάμια της Αγγλίας, Ουαλίας, Σκωτίας υπάρχει συγκεκριμένο πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτων τους από το 1974. Οι Ferrier et al, 2000 εξετάζουν τις μεταβολές στην ποιότητα των υδάτων από το 1974 έως 1995 αναλύοντας τα χαρακτηριστικά κάλυψης των λεκανών απορροής, τους δείκτες ποιότητας των υδάτων και πώς συνδέονται με τις σημειακές και διάχυτες πηγές ρύπανσης. Η συγκέντρωση των νιτρικών σχετίζεται με την ποσότητα της αρόσιμης γης, η συγκέντρωση του φωσφόρου και των αιωρούμενων στερεών με την κάλυψη βοσκοτόπων, ενώ και στις αστικές λεκάνες απορροής παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση των παραπάνω στοιχείων.

- Στο πλαίσιο της αξιολόγησης της ποιοτικής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων με βάση την Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για το Νερό, εξετάστηκε ο ποταμός Λίμα στην Πορτογαλία. Παρά την οικολογική του σημασία, οι εκβολές του υποβάλλονται σε μια σειρά διαταραχών όπως απορρίψεις αστικών, γεωργικών και βιομηχανικών αποβλήτων, βυθοκορήσεις κ.α. Για το λόγο αυτό συλλέχθηκαν δείγματα μεταξύ του Φθινοπώρου 2001-Καλοκαίρι 2002 από την ανάλυση των οποίων προέκυψε ότι οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες έχουν επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα των υδάτων με διαφοροποιήσεις στις περιοχές ανάλογα το γεωλογικό χαρακτήρα τους (Costa-Dias, Sousa and Antunes, 2010).
- Ο ποταμός Δούναβης που αποτελεί τον δεύτερο μεγαλύτερο σε μήκος ποτάμι της Ευρώπης υποφέρει κυρίως από μικροβιολογική μόλυνση – περιττωματική ρύπανση λόγω των ανεξέλεγκτης ρίψης λυμάτων από ανθρώπινες πηγές. Παρατηρήθηκαν τέσσερα (4) διαφορετικά σημεία αυξημένων τιμών κολοβακτηριδίων που σχετίζονται με εισροές από μεγάλους δήμους σε διάστημα από το 2001-2007. Η προγραμματισμένη εφαρμογή των νέων εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και η υιοθέτηση των μέτρων που επιβάλλει η Οδηγία Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης θεωρούνται απαραίτητα για την μείωση της μόλυνσης και συνεπώς της βελτίωσης της ποιότητας των υδάτων (Kirschner et al, 2009).
- Στον ποταμό Manzanares που διασχίζει την πόλη της Μαδρίτης και δέχεται τα λύματα από πέντε (5) εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων συλλέχθηκαν δεκαοχτώ (18) δείγματα με σκοπό την εκτίμηση των ρυπαντικών πιέσεων στον ποταμό, καθώς αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αστικού ποταμού που η επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα στη γεωχημική και υδροδυναμική συμπεριφορά του ποταμού είναι εμφανής. Παρατηρήθηκαν αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων λυμάτων που σχετίζονται με την ανεξέλεγκτη απόρριψη ανεπεξέργαστων αστικών λυμάτων (Miguel et al, 2005).

2.4.3 Μελέτες και έρευνες σε ποτάμια σε παγκόσμιο επίπεδο

Η ταχεία αύξηση του πληθυσμού στις μεγαλουπόλεις και κυρίως στην Αφρική και Ασία οδηγεί σε αυξανόμενη πίεση στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα (Varis, 2006). Ειδικά στις αναπτυσσόμενες περιοχές όπου οι υδάτινοι πόροι είναι περιορισμένοι, είναι σύνηθες φαινόμενο τα λύματα από αστικές πηγές να χρησιμοποιούνται για άρδευση (Qadir et al,

2010). Επίσης έρευνες για την υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων και ιδιαίτερα τις επιπτώσεις του στην βιοποικιλότητα έχουν πραγματοποιηθεί σε πολλές χώρες και ειδικά του τροπικού (Ndiritu et al, 2003). Οι βιολογικές παράμετροι σε αυτές τις περιπτώσεις εξετάζονται σαν πιο ευαίσθητοι δείκτες από τις φυσικοχημικούς παραμέτρους (Craft et al, 2007). Τέτοιου είδους παραδείγματα παρουσιάζονται παρακάτω:

- Το σύστημα του ποταμού Haihe που διασχίζει τις δύο μεγαλουπόλεις Πεκίνο και Τσιαντζιν πλήττεται σε μεγάλο βαθμό από τα λύματα που απορρίπτονται και αποτελούνται από ένα ευρύ φάσμα φαρμάκων, οικιακές χημικές ουσίες και φυτοφάρμακα. Τα κατά κεφαλή φορτία των φαρμακευτικών προϊόντων στα λύματα μπορεί να είναι χαμηλότερα από αυτά στην Ευρώπη, όμως τα επόμενα χρόνια αναμένεται να αυξηθούν και οι μικροοργανισμοί που μεταφέρονται να αποτελέσουν σοβαρή απειλή για την ασφάλεια των τροφίμων και την ποιότητα των υδάτων (Heeb et al, 2012).
- Στους τρεις μεγάλους ποταμούς που διασχίζουν την Αντις Αμπέμπα εκτιμήθηκε η οικολογική ακεραιότητά τους και για την ανάλυση των περιβαλλοντικών μεταβλητών χρησιμοποιήθηκαν διάφορες στατιστικές τεχνικές. Από την έρευνα προέκυψε ότι η πίεση που δέχονται οι τρεις ποταμοί προέρχεται από την υποβάθμιση των φυσικών οικοτόπων αλλά και από τις σημειακές και μη πηγές ρύπανσης (Beyene et al, 2009).
- Η δραματική αύξηση της επιρροής των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στα επιφανειακά ύδατα των αναπτυσσόμενων χωρών έχει αποτυπωθεί και στην ανίχνευση των πηγών ρύπανσης κατά μήκος του ποταμού Bagmati στο Νεπάλ. Σε δεκαεφτά (17) σημεία έγινε δειγματοληψία για την εξέταση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Η εξέταση έδειξε ότι ο ποταμός είναι σχετικά καθαρός σε αγροτικές περιοχές και αρκετά επιβαρυνμένος σε αστικό περιβάλλον, αλλά και στις δύο περιπτώσεις η κύρια πηγή ρύπανσης είναι ο ανθρώπινος παράγοντας (Kannel et al, 2007).
- Παρόμοια μελέτη με παραπάνω έχει πραγματοποιηθεί και σε λοιπούς ποταμούς της Νότιας Ασίας εκτός από τον Bagmati, ήτοι στον ποταμό Yamuna στο Δελχί και στον Burigaga της Ντάκα. Η ρύπανση των υδάτων και η μείωση του γλυκού νερού θεωρούνται το βασικότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα στην περιοχή της Ασίας. Σε όλους τους παραπάνω ποταμούς έχει παρατηρηθεί αύξηση του BOD και των ολικών

κολοβακτηριδίων και λιγότερο των βαρέων μετάλλων και γενικά η αύξηση των φορτίων της ρύπανσης αυξάνεται σε συνάρτηση της αστικοποίησης. Η αστικοποίηση χωρίς προγραμματισμό και η εκβιομηχάνιση σε αυτές τις πόλεις είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνες για αυτήν την κατάσταση. Η ανεπαρκής αποχέτευση, η απουσία εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων, η έλλειψη αποτελεσματικών μέτρων ελέγχου της ρύπανσης και αυστηρής επιβολής κυρώσεων αποτελούν τις βασικότερες αιτίες ανεξέλεγκτης απόρριψης λυμάτων στα υδάτινα συστήματα (Karn, Harada, 2001).

- Στη λεκάνη απορροής του ποταμού Han της Νότιας Κορέας πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία σε εκατόν δεκαοχτώ (118) τοποθεσίες μεταξύ του 1993 και 2002 και εξετάστηκαν φυσικοχημικές και βιολογικές παράμετροι (θερμοκρασία, pH, DO, BOD, COD, TSS, TP, TS) προκειμένου να ελεγχθεί η τάση μεταβολής των τιμών τους και πώς επηρεάζονται από την κάλυψη - χρήσεις γης, την τοπογραφία, τη γεωλογία των περιοχών (Chang, 2008). Η ανθρώπινη αλλοίωση του τοπίου έχει εκτεταμένη επίδραση στην υδρολογική λεκάνη (Claessens et al, 2006) με συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού (Nelson and Palmer, 2007) και την τροποποίηση των βιο-χημικών διεργασιών που οδηγούν στις μεταβολές των τιμών του οξυγόνου και των θρεπτικών συστατικών (Baker, 2003).

Το βασικό συμπέρασμα από όλες τις παραπάνω μελέτες είναι ότι οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες υποβαθμίζουν σημαντικά την ποιότητα των υδάτων στα κατάντη τμήματα των μεγάλων ποταμών λόγω της συσσώρευσης των ανεπεξέργαστων λυμάτων από διαφορετικά είδη δραστηριοτήτων στα ανάντη τμήματα. Για τον προσδιορισμό της συσχέτισης των χαρακτηριστικών της μορφολογίας και χρήσεων γης της λεκάνης απορροής με τις μεταβολές των φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων πολλοί ερευνητές χρησιμοποίησαν στατιστικά μοντέλα συνδυασμένα με δεδομένα GIS και τηλεπισκόπησης, καθώς με τα κατάλληλα σχέδια είναι πιο εύκολη η αξιολόγηση της επίδρασης των χαρακτηριστικών του τοπίου στην ποιότητα του νερού (Kay et al, 2005). Επιτυγχάνεται η ποσοτικοποίηση υφιστάμενων υδάτινων πόρων και η διατύπωση ενός σχεδίου βιώσιμης διαχείρισης εξετάζοντας τόσο τις ανθρωπογενείς χρήσεις των υδάτων όσο και την προστασία του περιβάλλοντος (Zacharias et al, 2003).

2.5 Περιγραφή της περιοχής μελέτης

2.5.1 Μορφομετρία - Γεωμορφολογία

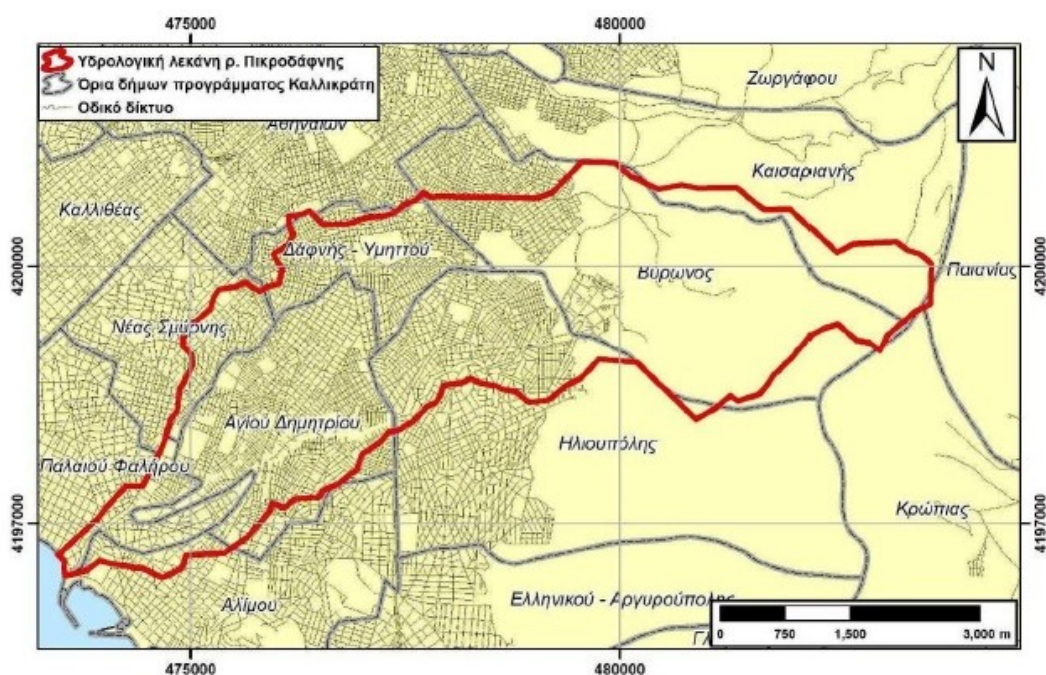
Το ρέμα της Πικροδάφνης βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα του λεκανοπεδίου Αττικής και περιβάλλεται δυτικά από το όρος Αιγάλεω (+453 m), βόρεια από τα όρη Πάρνηθα (+1.413 m) και Πεντέλη (+1.107 m) και ανατολικά από το όρος Υμηττός (+1.026 m). Πηγάζει από τις ανατολικές υπώρειες του Υμηττού στην περιοχή του Καρέα και οι εκβολές του είναι στον Σαρωνικό κόλπο, στην περιοχή του Φαληρικού κόλπου. Αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα ρέματα της περιοχής μαζί με τον Κηφισό και Ιλισό με μήκος 9.300 m από τα οποία τα 6.000 m διατηρούν τη φυσική τους κοίτη και τα υπόλοιπα είναι εγκιβωτισμένα. Η λεωφόρος Βουλιαγμένης αποτελεί το όριο των τμημάτων αυτών.

Διοικητικά η λεκάνη απορροής του ρέματος Πικροδάφνη εντάσσεται στους δήμους Βύρωνα, Αγίου Δημητρίου, Ηλιούπολης, Δάφνης – Υμηττού, Παλαιού Φαλήρου, Νέας Σμύρνης και Αλίμου και ελάχιστα στην Καισαριανή.

Στον Πίνακα 2-1 και στην Εικόνα 2-2 δίνονται η έκταση που καλύπτει η υδρολογική λεκάνη σε κάθε δήμο και η θέση της λεκάνης στους δήμους αντίστοιχα.

Πίνακας 2-1 Δήμοι εντός της υδρολογικής λεκάνης του ρέματος Πικροδάφνης, πρόγραμμα Καλλικράτης (ΙΟΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)

Δήμος	Έκταση (km ²)	Έκταση (%)
Βύρωνας	7,40	35
Άγιος Δημήτριος	4,56	23
Ηλιούπολη	3,13	15
Δάφνη – Υμηττού	2,10	10
Καισαριανή	1,30	6
Παλαιό Φάληρο	1,11	5
Νέα Σμύρνη	0,90	4
Άλιμος	0,41	2
Σύνολο	20,93	100



Εικόνα 2-2 Διοικητική διαίρεση της υδρολογικής λεκάνης του ρ. Πικροδάφνης, πρόγραμμα Καλλικράτης (ΙΟΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)

Η έκταση της λεκάνης απορροής του ρέματος Πικροδάφνης είναι 20,93 km², ενώ η διεύθυνσή της είναι βορειοανατολική – νοτιοδυτική. Το υψόμετρό της κυμαίνεται απο 0 έως 1.026 m με μέση τιμή 231,3 m. Στον Πίνακα 2-2 δίνονται τα στοιχεία της λεκάνης απορροής.

Πίνακας 2-2 Γεωμορφολογικά στοιχεία υδρολογικής λεκάνης ρ. Πικροδάφνης (ΙΟΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)

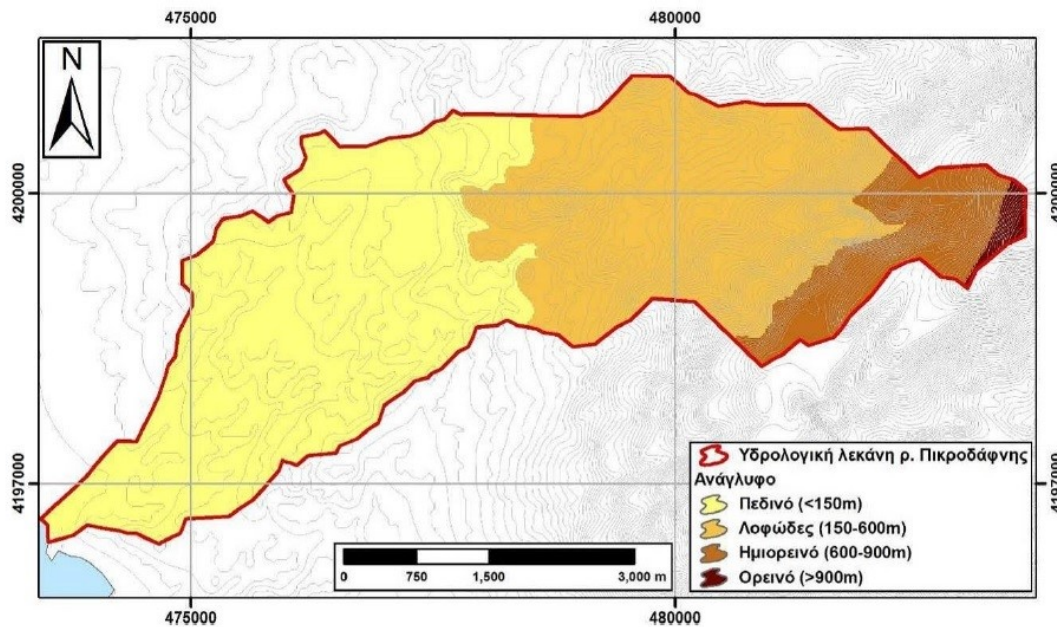
Έκταση (km ²)	20,93
Περίμετρος (km)	27,30
Μέγιστος άξονας (km)	10,73
Ελάχιστος άξονας (km)	2,15
Μέγιστη κλίση (°)	53,00
Ελάχιστη κλίση (°)	0,00
Μέσος όρος κλίσης (°)	8,10

Σύμφωνα με το σύστημα του Dikau (1989) η περιοχή μελέτης χωρίζεται στις παρακάτω κατηγορίες όσον αφορά το ανάγλυφό της:

- < 150 m : πεδινές περιοχές
- 150 – 600 m : λοφώδεις περιοχές

- 600 – 900 m : ημιορεινές περιοχές με βουνά και ψηλούς λόφους
- > 900 m : ορεινές περιοχές.

Στην Εικόνα 2-3 και Πίνακα 2-3 παρουσιάζονται αντίστοιχα ο μορφολογικός χάρτης της περιοχής μελέτης και η έκταση των τμημάτων του μορφολογικού αναγλύφου.



Εικόνα 2-3 Μορφολογικός χάρτης της λεκάνης απορροής του ρ. Πικροδάφνης (ΙΟΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)

Πίνακας 2-3 Έκταση των κλάσεων του μορφολογικού αναγλύφου της λεκάνης (ΙΟΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)

Υψόμετρο (m)	Χαρακτηρισμός	Έκταση (km ²)	Έκταση (%)
<150	Πεδινό	10,58	51
150-600	Λοφώδες	8,02	38
600-900	Ημιορεινό	2,14	10
>900	Ορεινό	0,20	1
Σύνολο		20,93	100

Με βάση την κατάταξη αυτή, το μορφολογικό ανάγλυφο της λεκάνης χαρακτηρίζεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό πεδινό και λοφώδες, ενώ το ημιορεινό και ορεινό καταλαμβάνουν πολύ μικρότερη έκταση.

Το ρέμα της Πικροδάφνης έχει επιμηκυσμένη δενδριτική μορφή, ενώ εμφανίζει και ασύμμετρη ροή, καθώς ο κεντρικός του κλάδος είναι μετατοπισμένος προς τα δυτικά (Μπάση, 2004).

Με βάση την ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου κατά Strahler το ρέμα είναι 4^{ης} τάξης και έχει διεύθυνση ροής βορειοανατολική – νοτιοδυτική.

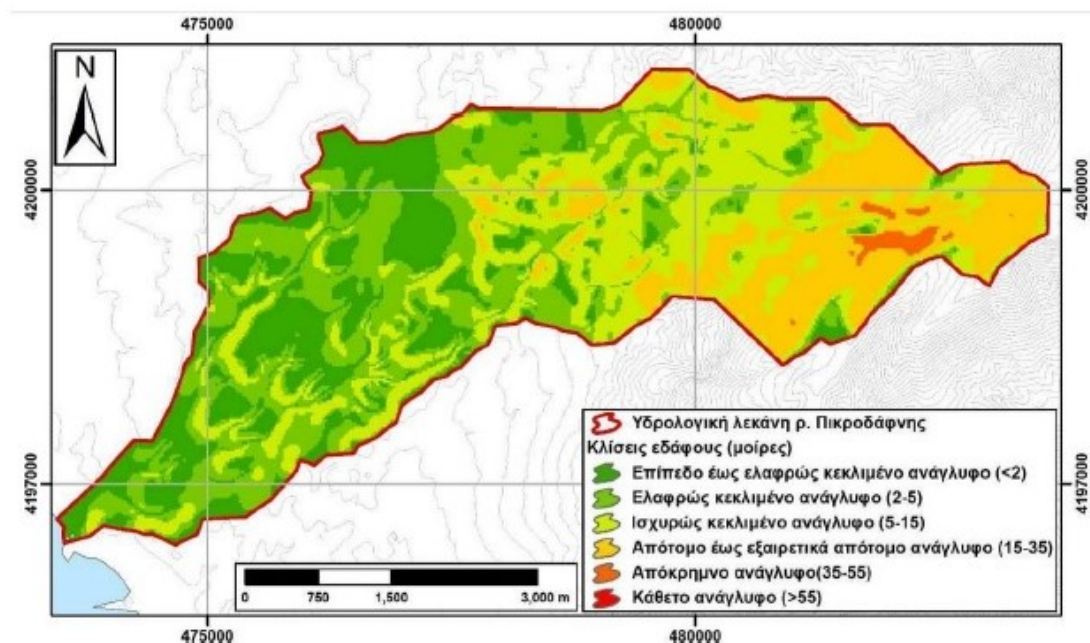
Στην υδρολογική λεκάνη του ρέματος δεν παρατηρούνται αποθέσεις κοίτης και αναβαθμίδες, αλλά παρατηρείται έντονη διάβρωση που δεν γίνεται εύκολα αντιληπτή, λόγω του αστικού χαρακτήρα (Μπάση, 2004).

Η μέση κλίση του εδάφους είναι 8,1° με τις τιμές να κυμαίνονται από 0° έως 53° . Με βάση την κατάταξη του συστήματος της Διεθνούς Γεωγραφικής Εταιρείας (Demek, 1972) προκύπτει ότι η υδρολογική λεκάνη χαρακτηρίζεται από ελαφρώς και ισχυρώς κεκλιμένο ανάγλυφο και το επίπεδο έως ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο.

Στον Πίνακα 2-4 δίνονται οι κλάσεις των μορφολογικών κλίσεων και στην Εικόνα 2-4 παρουσιάζεται ο χάρτης των κλίσεων της λεκάνης.

Πίνακας 2-4 Έκταση των κλάσεων των μορφολογικών κλίσεων (ΙΘΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)

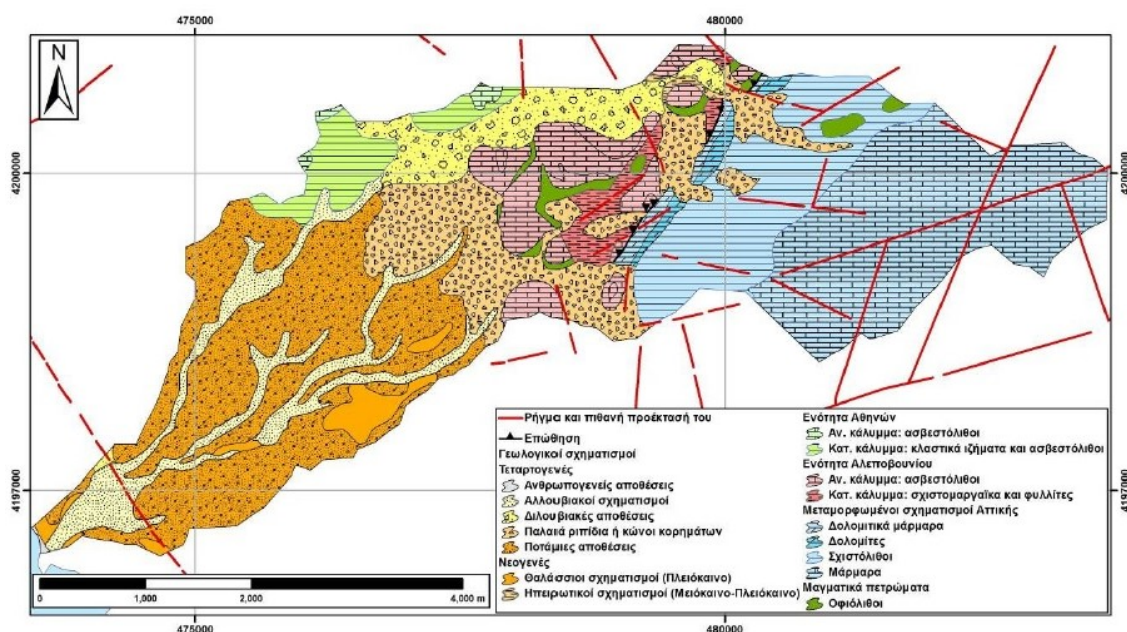
Κλίση (°)	Χαρακτηρισμός	Έκταση (km ²)	Έκταση (%)
0-2	Επίπεδο έως ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο	4,63	23
2-5	Ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο	6,16	29
5-15	Ισχυρώς κεκλιμένο ανάγλυφο	6,14	29
15-35	Απότομο έως εξαιρετικά απότομο ανάγλυφο	3,80	18
35-55	Απόκρημνο ανάγλυφο	0,20	1
>55	Κάθετο ανάγλυφο	0,00	0
Σύνολο		20,93	100



Εικόνα 2-4 Χάρτης κλίσεων της υδρολογικής λεκάνης του ρέματος (ΙΟΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)

2.5.2 Γεωλογία

Όπως παρουσιάζεται και στην Εικόνα 2-5 η υδρολογική λεκάνη του ρέματος Πικροδάφνης αποτελείται από μεταλλικούς σχηματισμούς και σχηματισμούς της ενότητας Αθηνών, της ενότητας Αλεποβουνίου και του μεταμορφωμένου αυτόχθονου της Αττικής (Μπάση, 2004 · ΙΓΜΕ, 1986 · ΙΓΜΕ, 1992).



Εικόνα 2-5 Γεωλογικός χάρτης της υδρολογικής λεκάνης του ρέματος Πικροδάφνης (Μπάση, 2004 · ΙΓΜΕ, 1986 · ΙΓΜΕ, 1992)

ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

1. Τεταρτογενές

- **Ανθρωπογενείς αποθέσεις:** Υλικά επιχωματώσεων, τεχνητών νησίδων, λιμενοβραχιόνων, θαμμένες αρχαίες κατασκευές ηλικίας μέχρι 10.000 ετών. Γωνιώδεις ογκόλιθους, λατύπες, άμμους και αργίλους με μεγάλη ανομοιογένεια και διαφορεικό βαθμό καθίζησης λόγω πλημμελούς συμπύκνωσής τους.
- **Αλλουβιακοί σχηματισμοί (ολόκαινο):** Ποτάμιες προσχώσεις που αποτελούνται από αργίλους, άμμους, χαλίκια και χαλαρά κροκαλοπαγή με πλευρικές μεταβάσεις. Το πάχος των σχηματισμών αυτών είναι λίγα μέτρα μέχρι 30 – 40 m.
- **Διλουβιακές αποθέσεις (αν. Πλειστόκαινο):** Υλικά αποσάθρωσης υποκείμενων σχηματισμών που αποτελούνται από ερυθρούς πλούς, αργίλους, άμμους και ιλύες εντός των οποίων συναντώνται θραύσματα του υποβάθρου. Εναλλάσσονται με κροκακολατυποπαγή μικρής συνεκτικότητας με πάχος από λίγα εκατοστά έως αρκετά μέτρα.
- **Παλαιά ριπίδια ή κώνοι κορημάτων (αν. Πλειστόκαινο):** Αναπτύσσονται στην έξοδο των ρεμάτων από τους ορεινούς όγκους παρουσιάζουν αρκετή έως πολύ συνεκτικότητα με έντονη ανομοιογένεια ως προς την οριζόντια έννοια και μεγάλο ποσοστό αργιλικών υλικών. Το πάχος τους μεταβάλλεται με τα μεγαλύτερα πάχη στο κεντρικό τους τμήμα. Τα όρια με τα παρακείμενα τους πλευρικά κορήματα είναι ασαφή.
- **Ποτάμιες αποθέσεις (Πλειστόκαινο):** Κροκαλοπαγή με λεπτές ενστρώσεις λατυποπαγών, πηλών, ψαμμιτών και ερυθρών ψαμμούχων μαργών και με παρεμβολές ψαμμούχας μάργας σε διασταυρούμενες στρώσεις με πάχος έως 20 - 25 m.

2. Νεογενές

- **Θαλάσσιοι νεογενείς σχηματισμοί (Πλειόκαινο):** μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και ασβεστόλιθοι μεταβαλλόμενης σύστασης και σκληρότητας.
- **Ηπειρωτικοί νεογενείς σχηματισμοί (αν. Μειόκαινο – κατ. Πλειόκαινο):** άμμοι, άργιλοι με αραιές παρεμβολές λιγνιτικών οριζόντιων μικρού πάχους, μάργες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και χαλαρά κροκαλοπαγή και ψαμμίτες.

ΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

1. **Ενότητα Αθηνών:** η ανώτερη τεκτονική ενότητα του λεκανοπεδίου όπου αναγνωρίζονται δύο τεκτονικά καλύμματα, η επαφή των οποίων αποτελεί μια μεγάλη

και σαφή τεκτονική επιφάνεια με τεκτονικά λατυποπαγή σημαντικού πάχους με 1,00 – 1,50 m.

- **Ανώτερο υπερκείμενο κάλυμμα:** λευκοί, συμπαγείς, ανακρυσταλλωμένοι, άστρωτοι, νηριτικοί ασβεστόλιθοι, κατά θέσεις δολομιτιωμένοι και με θραύσματα ρουδιστών και τριμματοφόρων του αν. Κρητιδικού.
 - **Κατώτερο υποκείμενο κάλυμμα:** μείγμα πετρωμάτων από κλαστικά ιζήματα (ψαμμίτες, άργιλοι, ψαμμούχες μάργες, γραουβάκες, πηλίχες και σχίστες) και πλακώδεις πελαγικούς ασβεστόλιθους με πυριτικές διαστρώσεις και κονδύλους πυριτιολίθων.
- 2. Ενότητα Αλεποβουνίου:** υπόκειται τεκτονικά της ενότητας Αθηνών και βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του Υμηττού και δομεί τους λόφους της περιοχής. Ελαφρά μεταμοεφωμένα πετρώματα στα οποία αναγνωρίζονται δύο τεκτονικά καλύμματα:
- **Ανώτερο υπερκείμενο κάλυμμα:** συμπαγείς ασβεστόλιθοι, κρυσταλλικοί, άστρωτοι έως παχυστρωματώδεις οι οποίοι συχνά εξελίσσονται σε πιο πλακώδεις ασβεστόλιθους
 - **Κατώτερο – υποκείμενο κάλυμμα:** ελαφρά μεταμορφωμένοι έως ημιμεταμορφωμένοι σχιστομαργαϊκοί σχηματισμοί και έντονα σχιστοποιημένοι φυλλίτες, ενώ παρεμβάλλονται πλακώδεις ασβεστόλιθοι, χαλαζίτες και πρασινίτες.

Η επαφή των δύο παραπάνω καλυμμάτων είναι τεκτονική και συχνά παρεμβάλλεται ζώνη έντονα σχιστοποιημένου σερπεντινίτη. Μεταξύ της ενότητας Αλεποβουνίου και της υπερκείμενης ενότητας Αθηνών παρατηρούνται φαινόμενα έντονης σχιστοποίησης και η παρουσία τεκτονικού λατυποπαγούς.

- 3. Μεταμορφωμένοι σχηματισμοί Αττικής:** αποτελούν το αυτόχθονο της περιοχής μελέτης, καθώς υπόκεινται όλων των υπόλοιπων ενοτήτων. Η επαφή με τους υπερκείμενους σχηματισμούς της ενότητας Αλεποβουνίου είναι τεκτονική και σηματοδοτείται με την παρουσία λατυποπαγούς. Στην περιοχή εντοπίζεται η μεταμορφωμένη ενότητα Υμηττού που αποτελείται από μάρμαρα, δολομίτες και δολομιτικά μάρμαρα που μεταβαίνουν σε μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους.
- 4. Οφιόλιθοι:** τεκτονικές σφήνες στις τεκτονικές επαφές των ενοτήτων, βασικά και υπερβασικά, κατά κανόνα σερπεντινωμένα πετρώματα, έντονα τεκτονισμένα, παραμορφωμένα και μερικώς εξαλλοιωμένα.

2.5.3 Κλιματολογικά στοιχεία

Μετεωρολογικά δεδομένα έχουν χρησιμοποιηθεί από το σταθμό του Ελληνικού για την περίοδο 1973-1974 έως 2000-2011 για την οποία υπάρχουν συνεχείς μετρήσεις.

Καθοριστικός παράγοντας στη διαμόρφωση του κλίματος στη λεκάνη του ρέματος Πικροδάφνης αποτελεί η θάλασσα νοτιοδυτικά καθώς και ο ορεινός όγκος του Υμηττού ανατολικά. Με βάση την κατάταξη Korpen, η περιοχή μελέτης κατατάσσεται στον κλιματικό τύπο Csa, ο οποίος αντιπροσωπεύει το Μεσογειακό κλίμα (ήπιοι, υγροί χειμώνες και ήπια ξηρά καλοκαίρια λόγω της επιρροής των υγροτοπικών αντικυκλώνων).

Στην περιοχή μελέτης επικρατούν πολύ ασθενείς άνεμοι σε ποσοστό 34,3% και σχεδόν άπνοια σε ποσοστό 26,1%. Η μέση τιμή της έντασης του ανέμου παρουσιάζει γενικά μια τάση μείωσης από το 1999 και μετά.

Παρατηρώντας τη διακύμανση της ετήσιας βροχόπτωσης στο σταθμό του Ελληνικού προκύπτει μια αυξητική τάση. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής στο ρέμα της Πικροδάφνης είναι 373,10 mm, το μεγαλύτερο ετήσιο ύψος βροχής σημειώθηκε το έτος 2002-03 με 527,83 mm και το χαμηλότερο το 1999-00 με 166,89 mm.

Από το 1973-74 έως και σήμερα παρατηρείται επίσης σταδιακή αύξηση στη μέση μηνιαία θερμοκρασία. Οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες σημειώνονται τον Ιούλιο και Αύγουστο (32,6° C) και οι χαμηλότερες τον Ιανουάριο και Φεβρουάριο (6,5 ° C).

Η μέση σχετική υγρασία στην περιοχή μελέτης παίρνει μέτριες τιμές παρά την παρουσία της θάλασσας. Οι πιο υγροί μήνες είναι ο Νοέμβριος, Δεκέμβριος, Ιανουάριος με μέση σχετική υγρασία 70% και ο πιο ξηρός μήνας ο Ιούλιος με 46,9% σχετική υγρασία.

Όσον αφορά την δυνητική εξατμισοδιαπνοή, παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση διαχρονικά που οφείλεται στην αντίστοιχη αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ η μέγιστη δυνητική εμφανίζεται τον Ιούλιο (168,4 mm) και η ελάχιστη τον Δεκέμβριο (31,8 mm).

2.5.4 Υδρολογικό ισοζύγιο

Από το σύνολο του νερού που εισρέει στην λεκάνη απορροής του ρέματος Πικροδάφνη με τη μορφή ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, το 70% καταναλώνεται στη εξατμισοδιαπνοή, το 14,4% τροφοδοτεί τους υπόγειους υδροφορείς και το υπόλοιπο 15,6% απορρέει επιφανειακά (Ι.Θ.Β.Π. & Ε.Υ. – ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., 2014). Η εξατμισοδιαπνοή καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό, καθώς η περιοχή μελέτης εμφανίζει υψηλές θερμοκρασίες και μικρό ετήσιο ύψος βροχής. Το μικρό ποσοστό της επιφανειακής

απορροής επιβεβαιώνεται και από την απουσία μόνιμης ροής στο υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης. Επίσης μικρό ποσοστό θεωρείται και αυτό που τροφοδοτεί τους υπόγειους υδροφορείς, καθώς το πεδινό τμήμα αποτελεί κυρίως αστικό χώρο με αποτέλεσμα ο συντελεστής κατείσδυσης να είναι μικρός.

2.5.5 Χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2-5 υποδεικνύουν τον πυκνό οικιστικό ιστό που έχει αναπτυχθεί. Η αστική δόμηση καταλαμβάνει στο σύνολο ποσοστό 64,5%, οι βιομηχανικές δραστηριότητες / εμπορικές εγκαταστάσεις / ορυχεία ποσοστό 5,1%, ενώ σημαντικό ποσοστό στην υδρολογική λεκάνη καταλαμβάνουν και οι περιοχές με φυσική βλάστηση (ποσοστό 30,4%).

Πίνακας 2-5 Χρήσεις γης της λεκάνης απορροής ρ. Πικροδάφνης (CORINE LAND COVER 2006, ΙΟΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)

Χρήσεις γης	Κωδικός Corine	Έκταση (km ²)	Έκταση (%)
Συνεχής αστική δόμηση	111	7,30	34,9
Ασυνεχής αστική δόμηση	112	6,19	29,6
Βιομηχανικές ή εμπορικές εγκαταστάσεις	121	0,46	2,2
Ορυχεία	131	0,61	2,9
Αστικές περιοχές πρασίνου	141	0,07	0,3
Δάση κωνοφόρων	312	0,80	3,8
Σκληρόφυλλη βλάστηση	323	0,15	0,7
Μεταβατικά δάση/θαμνότοποι	324	5,35	25,6
Σύνολο		20,93	100

2.5.6 Προστατευόμενες περιοχές

Εντός της λεκάνης απορροής του ρέματος Πικροδάφνης υπάρχουν οι εξής προστατευόμενες περιοχές:

- Natura (SCI) : Υμηττός – Αισθητικό δάσος Καισαριανής – Λίμνη Βουλιαγμένης (ΕΖΔ) με κωδικό GR300006 –SCI A, έκταση 8819,21 ha και περίμετρο 55,44 km.
- Natura (SPA) : Όρος Υμηττός (ΖΕΠ) με κωδικό GR3000015 –SPA, έκταση 8319,47 ha και περίμετρο 45,90 km.
- Corine : Κορυφές Όρους Υμηττός και περιοχή Καισαριανής – Καρέα με κωδικό A00060040, έκταση 3619,79 ha και περίμετρο 34,4 km.

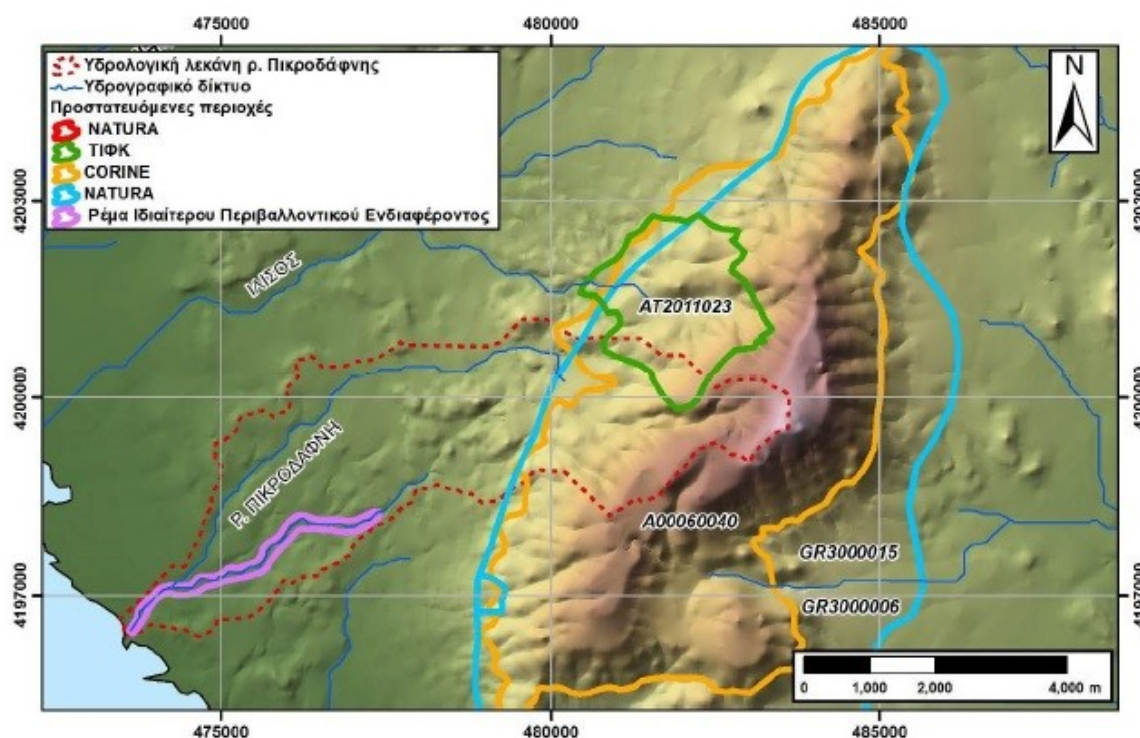
- Τοπίο Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους : Δάσος Καισαριανής με κωδικό ΑΤ2011023, έκταση 494,19 ha και περίμετρο 10 km.

Οι εκβολές του ρέματος Πικροδάφνης πρόσφατα συμπεριλήφθηκαν από την Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία στη λίστα με τους σημαντικότερους υγροτόπους Αττικής.

Το ρέμα στο σύνολό του είναι χαρακτηρισμένο ως ιδιαίτερου περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος (ΦΕΚ 281/Δ/1993) και το σύστημα των εκβολών του εμπίπτει στην παραλιακή ζώνη Αττικής, από τον Φαληρικό όρμο μέχρι την Αγ. Μαρίνα Κρωπίας η οποία έχει χαρακτηριστεί ως Ζώνη Προστασίας Χρήσεων Γης και όρων Περιορισμών Δόμησης (ΦΕΚ 254/Δ/2004).

Το ρέμα της Πικροδάφνης σύμφωνα με το νέο Ρυθμιστικό Σχέδιο Αθήνας (ΦΕΚ 156/Α/2014) εντάσσεται στο ειδικό πρόγραμμα ως Β' Προτεραιότητας για οριοθέτηση, εκπόνηση μελετών, χρηματοδότησης δράσεων και έργων προστασίας, ανάδειξης και διαχείρισης.

Στην Εικόνα 2-6 παρουσιάζονται συνοπτικά οι περιοχές ιδιαίτερης σημασίας στην υδρολογική λεκάνη του ρέματος.



Εικόνα 2-6 Προστατευόμενες περιοχές στην ευρύτερη περιοχή της υδρολογικής λεκάνης του ρέματος Πικροδάφνης (ΙΘΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2014)

2.5.7 Πηγές ρύπανσης στο ρέμα της Πικροδάφνης και ποιοτική κατάσταση μέσα από παρελθούσες μελέτες

Το ρέμα της Πικροδάφνης καθώς είναι ένα από τα ελάχιστα εναπομείνοντα αστικά ρέματα στην Αττική έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών ερευνών με σκοπό την οικολογική κατάστασή του, την αποτύπωση ρυπαντικών πιέσεων και το σχεδιασμό μέτρων αποκατάστασης και διαχείρισής του.

Παρακάτω παρατίθενται ορισμένες από τις πιο πρόσφατες μελέτες που έχουν εκπονηθεί στο πλαίσιο που αναφέρθηκε.

- Δημητρίου Η., Μαργογιάννη Β., Μεντζαφού Α., Ζόγκαρης Σ., Καραούζας Ι., Μπιλιέρος Ι., Κολόμπαρη Ε. (2014). *Αποτίμηση της οικολογικής κατάστασης του ρέματος Πικροδάφνης. Τελική Τεχνική Έκθεση. Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων / ΕΛΚΕΘΕ*

Οι βασικοί στόχοι της συγκεκριμένης έκθεσης είναι:

1. Καταγραφή της οικολογικής κατάστασης.
2. Αναγνώριση πιέσεων του ρέματος.
3. Δημιουργία βάσης δεδομένων με όλα τα περιβαλλοντικά δεδομένα που απαιτεί η Οδηγία Πλαίσιο.
4. Σχεδιασμός μέτρων αποκατάστασης.
5. Ενημέρωση του κοινού σε σχέση με την ανάγκη διατήρησης του ρέματος.

Στο πλαίσιο του έργου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις φυσικοχημικών, υδρολογικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων σε δίκτυο πέντε (5) σημείων κάθε μήνα για ένα έτος (συνολική περίοδος 07/2012 – 01/2014). Με βάση τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης εργασίας διαπιστώθηκε ότι το ρέμα υποβάλλεται σε σημαντικές ρυπαντικές πιέσεις που αφορούν κυρίως τη διάθεση αστικών λυμάτων κυρίως στο ανάντη τμήμα του και κοντά στις εκβολές. Επίσης η παρόχθια βλάστηση είναι αρκετά υποβαθμισμένη και καταγράφηκε μικρή βιοποικιλότητα από είδη ανθεκτικά στη ρύπανση. Το ρέμα δέχεται πιέσεις καθ' όλο το μήκος του και σε συνδυασμό με την ελάχιστη ροή δεν υπάρχει δυνατότητα αυτοκαθαρισμού. Από τη συγκεκριμένη προσπάθεια προκύπτει ότι το ρέμα πρέπει να διατηρηθεί και να αποκατασταθεί όσο πιο κοντά στη φυσική του κατάσταση, καθώς αποτελεί μοναδικό στοιχείο βιοποικιλότητας και φυσικού τοπίου στον αστικό χώρο.

- Παπαδοπούλου Μ., Κατσούρος Σ., Δακόπουλος Ε., Παπαμακάριος Κ., Αναγνωστόπουλος Δ. & ΣΙΑ Ε.Ε., Κολαΐτη Ε., Τάχας Κ., Σαχνίκα Α., Σκλαβενίτης Θ. (2015). *Μελέτη*

Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων έργων διευθέτησης ρέματος Πικροδάφνης από λεωφ. Βουλιαγμένης έως εκβολή.

Στο πλαίσιο της ΜΠΕ, όπου εκτός από το υδραυλικό έργο τονίστηκε και η δυνατότητα οριοθέτησης, ανάπλασης και περιβαλλοντικής αναβάθμισης των παραρεμάτων περιοχών, καταγράφησαν οι διάφορες πιέσεις που δέχεται το ρέμα από ανθρώπινες δραστηριότητες. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το ρέμα συναντιέται με πλήθος αγωγών ακαθάρτων, στο ρέμα συμβάλλουν επίσης πολλοί αγωγοί ομβρίων και υπάρχουν διαβάσεις καλωδίων της ΔΕΗ, του ΟΤΕ και η υπόγεια διάβαση του μεταλλικού αγωγού Φ18'' της ΔΕΠΑ.

Το ρέμα Πικροδάφνης δέχεται κάθε είδους σκουπίδια, άχρηστα οικοδομικά υλικά και άλλα πάσης φύσεως απορρίμματα. Επίσης λόγω των ισχυρών κατά μήκος κλίσεων διαβρώνονται τα πρανή με αποτέλεσμα τα προϊόντα διάβρωσης με τα χαλαρά απορρίμματα να μεταφέρονται προς τα κατάντη και τελικώς αποτίθενται στο τμήμα πριν την εκβολή του ρέματος.

- *ΙΘΑΒΙΠΕΥ / ΕΛΚΕΘΕ, Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία (2017). Τελική Τεχνική Έκθεση με τα αποτελέσματα της παρακολούθησης της ποιότητας υδάτων στο υδατικό σύστημα του ρέματος της Πικροδάφνης – Προτάσεις αποκατάστασης. Παραδοτέο ΠΒ2, Πράξη «Αύξηση της γνώσης και της ευαισθητοποίησης σχετικά με την ανασύσταση και αποκατάσταση των υγροτόπων της Αττικής.*

Η συγκεκριμένη μελέτη εκπονήθηκε σαν συνέχεια του έργου του 2014 με τους ίδιους σκοπούς και μεθοδολογία. Πραγματοποιήθηκαν μηνιαίες επιτόπιες μετρήσεις φυσικοχημικών, υδρολογικών, χημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων σε δίκτυο δέκα (10) σημείων για έξι (6) συναπτούς μήνες (10/2016-03/2017) και προστέθηκαν δύο (2) ακόμα σημεία δειγματοληψίας από το Δεκέμβριο του 2016 όπου είχαν παρατηρηθεί επιπλέον παρεμβάσεις και απορρίψεις.

Το αποτέλεσμα και αυτής της έρευνας ήταν ότι το φυσικό περιβάλλον του ρέματος είναι αρκετά υποβαθμισμένο λόγω αστικών πιέσεων και πιο συγκεκριμένα λόγω της άναρχης δόμησης στην παρόχθια ζώνη, στην ανεξέλεγκτη και παράνομη απόθεση ανθρωπογενών υλικών και λυμάτων και στην διευθέτηση της φυσικής κοίτης. Οι επικρατούσες χρήσεις γης στα όρια της λεκάνης απορροής, ήτοι ο ανεπτυγμένος τριτογενής τομέας με το εμπόριο, τις υπηρεσίες και την αναψυχή, ο δυτερογενής τομέας με τις βιοτεχνίες και μικρές βιομηχανίες σε συνδυασμό με την μεγάλη αστική ανάπτυξη αποτελούν βασικές πιέσεις σε όλο το μήκος του ρέματος.

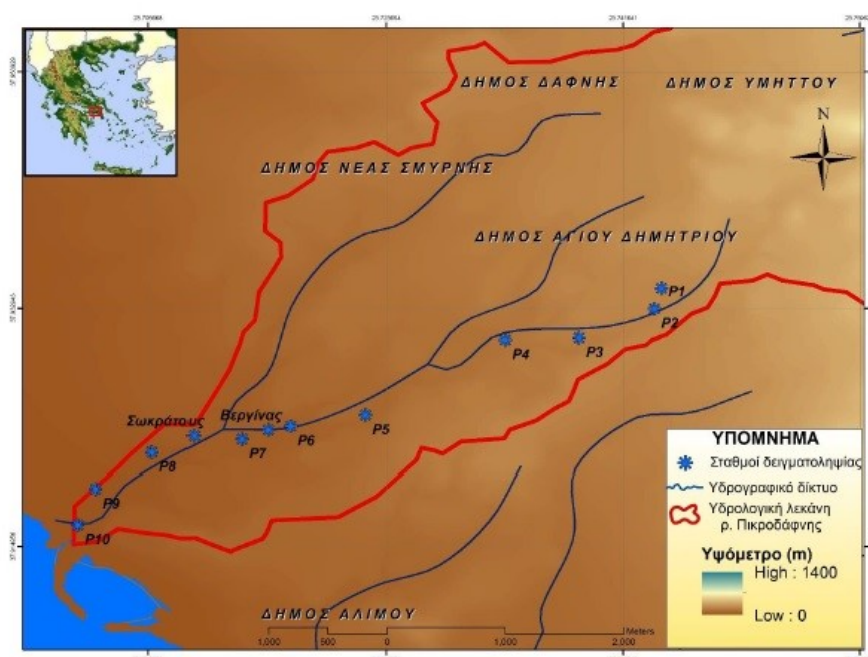
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Εισαγωγή – Συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων

Για την αποτύπωση των ρυπαντικών πιέσεων εντός των ορίων της λεκάνης απορροής του ρέματος Πικροδάφνης και την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασής του πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία των φυσικοχημικών, υδρολογικών, χημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων του νερού τα οποία ελήφθησαν από τη βάση δεδομένων του ΕΛΚΕΘΕ για τις περιόδους 2012-2014 και 2016-2017 σε δίκτυο δέκα (10) σημείων όπως παρουσιάζονται στην Εικόνα 3-1 και στον Πίνακα 3-1.

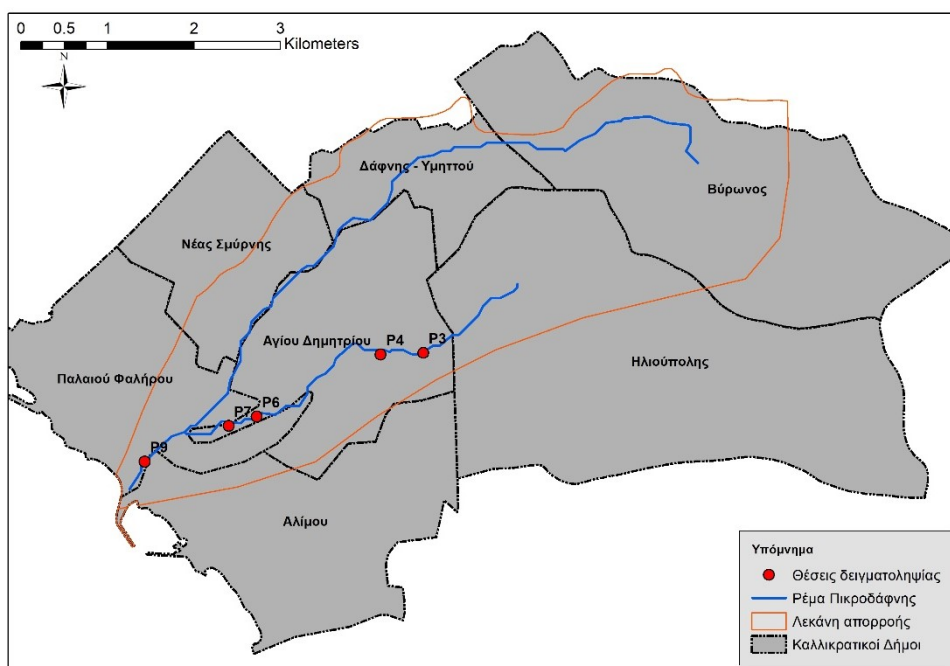
Πίνακας 3-1 Πίνακας συντεταγμένων σημείων δειγματοληψίας του ρέματος Πικροδάφνη
(ΙΘΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2017)

Σημείο Δειγματοληψίας	Συντεταγμένη X (ΕΓΣΑ 87)	Συντεταγμένη Y (ΕΓΣΑ 87)
P1	477575,15	4198467,94
P2	477528,05	4198294,86
P3	477023,98	4198053,38
P4	476530,64	4198036,05
P5	475994,82	4197406,26
P6	475096,49	4197315,71
P7	474771,95	4197207,52
P8	474176,55	4197099,70
P9	473801,41	4196796,84
P10	473681,44	4196498,84



Εικόνα 3-1 Χωροθέτηση σημείων δειγματοληψίας κατά μήκος ρέματος Πικροδάφνης (ΙΟΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2017)

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκαν επιτόπιες μετρήσεις στις 21/1/2018 στους σταθμούς P3, P4, P6, P7, P9 (όπως φαίνεται και στις αντίστοιχες φωτογραφίες του Παραρτήματος Γ). Μετρήθηκαν επιτόπου με το φορητό πολυπαραμετρικό όργανο Horiba U-50 Multiparameter Water Quality Checker οι φυσικοχημικές παράμετροι του νερού (pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα, διαλυμένο οξυγόνο, θερμοκρασία, θολότητα και δυναμικό οξειδοαναγωγής) καθώς και η παροχή. Από τα ίδια σημεία λήφθηκαν δείγματα νερού και πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές αναλύσεις στο ΕΛΚΕΘΕ για τον προσδιορισμό των νιτρικών (NO_3^-), νιτρωδών (NO_2^-), αμμωνιακών (NH_4^+) και φωσφορικών (PO_4^{3-}). Η δειγματοληψία έγινε με πλαστικά αποστειρωμένα δοχεία, στα δείγματα προστέθηκε διάλυμα HgCl_2 ως συντηρητικό και ακολούθησε η μεταφορά τους σε σύντομο διάστημα στο εργαστήριο για ανάλυση. Στο Παράρτημα Δ παρουσιάζονται τα έντυπα δειγματοληψιών με τις μετρήσεις των παραπάνω στοιχείων καθώς και οι συγκεντρωτικοί πίνακες με τις τιμές των παραμέτρων. Στην Εικόνα 3-2 παρουσιάζονται μόνο οι θέσεις των σημείων δειγματοληψίας που πραγματοποιήθηκαν οι επιτόπιες μετρήσεις.



Εικόνα 3-2 Χωροθέτηση σημείων επιτόπιων μετρήσεων

Στα παρακάτω κεφάλαια παρουσιάζεται συνοπτικά η σπουδαιότητα των χαρακτηριστικών που μετρήθηκαν και έτυχαν στατιστικής επεξεργασίας.

3.1.1 Φυσικοχημικές παράμετροι

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία έχει σημαντικό ρόλο στις χημικές και βιολογικές αντιδράσεις στα υδάτινα σώματα καθώς καθορίζει το ρυθμό αυτών. Οι μεταβολές στη θερμοκρασία του νερού γίνονται με πολύ πιο αργό ρυθμό από τις μεταβολές στον αέρα.

Αρνητικός Λογάριθμος Συγκέντρωσης ιόντων υδρογόνου (pH)

Η ποιότητα του νερού καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την τιμή του pH, το οποίο μετράται σε μια κλίμακα από 0-14 με την τιμή 7 να σημαίνει ότι το μείγμα είναι ουδέτερο, οι τιμές πάνω από 7 δίνουν βασικό δείγμα ενώ μικρότερες τιμές του 7 όξινο δείγμα. Η τροφική κατάσταση του υδάτινου περιβάλλοντος επηρεάζεται σημαντικά από την τιμή του pH, καθώς επιδρά σε βιολογικές και χημικές διεργασίες που τις καθιστά διαθέσιμες για τους μικροοργανισμούς.

Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η ύπαρξη ιόντων στο υδάτινο σώμα επηρεάζει την αγωγιμότητα και συμβάλλει στην παρουσία ή μη διαλυμένων στερεών ή αλάτων σε αυτό. Απόβλητα και ρύποι που καταλήγουν στο υδατόρευμα τροποποιούν την τιμή της αγωγιμότητας ειδικά αν περιλαμβάνουν ιόντα.

Διαλυμένο οξυγόνο (DO)

Η μεταβολή της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου σημαίνει ότι έχουν επηρεαστεί τα βιολογικά και χημικά χαρακτηριστικά του νερού του υδατορεύματος. Η συγκέντρωσή του βέβαια εξαρτάται από παράγοντες όπως το κλίμα, η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική πίεση, η θολερότητα κ.α. Από τις μετρήσεις του διαλυμένου οξυγόνου μπορούν να εξαχθούν αποτελέσματα σχετικά με το βαθμό ρύπανσης από οργανική ύλη.

3.1.2 Θρεπτικά στοιχεία

Ενώσεις του αζώτου

Στη συγκεκριμένη περίπτωση εξετάζονται τα νιτρικά (NO_3^-), νιτρώδη (NO_2^-) και αμμωνιακά (NH_4^+) ιόντα από τις βαθμίδες οξείδωσης του ανόργανου αζώτου. Οι υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας υποδηλώνουν ρυπασμένα νερά κυρίως από οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα. Τα φυσιολογικά επίπεδα των νιτρικών κυμαίνονται σε χαμηλές τιμές ενώ η αύξησή τους υποδεικνύει κυρίως εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων και δευτερευόντως απορροή βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων. Επίσης η συγκέντρωση των νιτρωδών σε μη ρυπασμένα νερά είναι πολύ χαμηλή.

Ενώσεις του φωσφόρου

Τα φωσφορικά ιόντα (PO_4^{3-}) βρίσκονται σε υψηλές τιμές σε περιπτώσεις ρύπανσης από οικιακά απορρίματα ειδικά όταν περιέχουν απορρυπαντικά, αλλά και από βιομηχανικά απόβλητα και λιπάσματα. Σε φυσιολογικές περιπτώσεις οι τιμές της συγκέντρωσης των φωσφορικών ιόντων κυμαίνονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωσή τους είναι η θερμοκρασία, το pH και η παρουσία νιτρικών και νιτρωδών ιόντων.

3.1.3 Ολικά κολοβακτηρίδια

Η παρουσία των παθογόνων μικροοργανισμών υποδηλώνει μόλυνση από αστικά ή/και κτηνοτροφικά απόβλητα και έχει σαν αποτέλεσμα τη θολότητα του νερού, δυσάρεστες οσμές και κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου. Τα ολικά κολοβακτηρίδια βέβαια εντοπίζονται εκτός από τα λύματα, στα ξύλα που επιπλέον στο νερό, σε νερό πλούσιο σε θρεπτικά άλατα και στο χώμα.

3.1.4 Υδρολογικές μετρήσεις

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, εκτός από τις υδρολογικές παρατηρήσεις του ΕΛΚΕΘΕ πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για την εύρεση της παροχής στα σημεία P3, P4, P6, P7, P9 στα τμήματα όπου η ποσότητα του νερού ήταν επαρκής για την μέτρηση, δεν υπήρχαν εμπόδια ή άλλοι σχηματισμοί. Επί της ουσίας μετρήθηκαν η ταχύτητα ροής του νερού, το βάθος και το πλάτος στα συγκεκριμένα τμήματα με σκοπό να υπολογιστεί η διαβρεγμένη διατομή και η παροχή. Η παροχή υπολογίστηκε από τον παρακάτω τύπο:

$$Q = U \times A, \text{ όπου}$$

U , η ταχύτητα ροής του ποταμού σε m/s

A , τα υπολογισμένα τμήματα των διατομών σε m^2

Ενώ η συνολική παροχή για κάθε σημείο μέτρησης είναι το άθροισμα των επιμέρων παροχών:

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα Α.

3.1.5 Υπολογισμός φορτίου θρεπτικών στοιχείων

Για τον υπολογισμό του φορτίου των θρεπτικών αλάτων στα συγκεκριμένα σημεία δειγματοληψίας του υδατορεύματος απαιτείται η γνώση της συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων και της παροχής του υδατορεύματος στα συγκεκριμένα σημεία. Η συγκέντρωση των θρεπτικών εκφράζεται ως συγκέντρωση του αζώτου στα νιτρικά ($N-NO_3^-$), συγκέντρωση του αζώτου στην αμμωνία ($N-NH_4^+$), συγκέντρωση του αζώτου στα νιτρώδη ($N-NO_2^-$) και συγκέντρωση του φωσφόρου στα φωσφορικά ($P-PO_4^{3-}$). Ακολουθήθηκε η μετατροπή της ποσότητας από mg/l σε g/m^3 και υπολογίστηκε το φορτίο σε κάθε σημείο και για κάθε θρεπτικό από την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{φορτίο (g/s)} = C (\text{συγκέντρωση}) \times Q (\text{παροχή})$$

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον αντίστοιχο πίνακα του Παραρτήματος Α.

3.2 Στατιστική ανάλυση και επεξεργασία των μετρήσεων

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων των μετρήσεων όπως παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α περιλαμβάνουν την δημιουργία διαγραμάτων ανά σταθμό, έτος και μήνα. Για όλες τις παραμέτρους και ανά σταθμό δειγματοληψίας υπολογίστηκαν τα περιγραφικά στατιστικά (μέσος όρος, διάμεσος, μέγιστη και ελάχιστη τιμή, τυπική απόκλιση, πρώτο και τρίτο τεταρτημόριο). Τα παραπάνω απεικονίζονται σε διαγράμματα boxplot με τη χρήση του υπολογιστικού εργαλείου SPSS ανά σημείο δειγματοληψίας, έτος και μήνα.

Μέσω του υπολογιστικού εργαλείου MS excel απεικονίστηκαν σε διάγραμμα η μέση τιμή για όλες τις μετρήσεις για κάθε παράμετρο ανά σημείο δειγματοληψίας από τα ανάντη προς τα κατόντη και το ίδιο διάγραμμα έγινε αντίστοιχα για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο. Επίσης απεικονίστηκε σε κοινό διάγραμμα η μέση συγκέντρωση και το μέσο φορτίο για κάθε θρεπτικό στοιχείο ανά σημείο δειγματοληψίας όπως παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β.

Στο πλαίσιο της διερεύνησης για τη σημαντικότητα της συσχέτισης μεταξύ των φυσικοχημικών παραμέτρων, των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων και των κολοβακτηριδίων των δειγμάτων του νερού προσδιορίστηκε ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης r για όλους τους συνδυασμούς παραμέτρων για το σύνολο των μηνών όλων των ετών που εξετάζονται, αλλά και για καλοκαιρινή και χειμερινή περίοδο ξεχωριστά.

Ο δειγματικός συντελεστής γραμμικής συσχέτισης του Pearson r αποτελεί τον πλέον κατάλληλο παραμετρικό στατιστικό δείκτη για την αξιολόγηση της συνάφειας μεταξύ δύο μεταβλητών. Οι τιμές του κυμαίνονται μεταξύ -1 και 1. Στην πρώτη περίπτωση δείχνει μια τέλεια αρνητική σχέση, ενώ στη δεύτερη μια ευθέως ανάλογη σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Το μηδέν αντιπροσωπεύει μηδενική σχέση, ενώ για τις υπόλοιπες περιπτώσεις ισχύουν τα εξής:

$-0,5 < r < -0,3$ και $0,3 < r < 0,5$ ασθενή σχέση

$-0,7 < r < -0,5$ και $0,5 < r < 0,7$ μέση σχέση

$-0,8 < r < -0,7$ και $0,7 < r < 0,8$ ισχυρή σχέση

$-1 < r < -0,8$ και $0,8 < r < 1$ πολύ ισχυρή σχέση

Για τις περιπτώσεις μέσης και ισχυρής συσχέτισης κατασκευάστηκαν για τις μεταβλητές που συσχετίζονται διαγράμματα διασποράς ώστε να γίνει αναπαράσταση των ζευγών των παρατηρήσεων σε ένα διάγραμμα. Στα διαγράμματα εφαρμόστηκαν πολυωνυμικές γραμμές τάσης όπου η προσαρμογή της γραμμής τάσης στα δεδομένα έγινε με βάση την τιμή R-τετράγωνο που υπολογίζεται αυτόματα από το λογισμικό MS excel. Η γραμμή τάσης που επιλέγεται τελικώς είναι αυτή που δίνει R-τετράγωνο πιο κοντά στο 1.

3.3 Αποτύπωση ρυπαντικών πιέσεων σε χάρτη χρήσεων γης

Όπως έχει προαναφερθεί, η περιοχή μελέτης που περιλαμβάνει το σύνολο της λεκάνης απορροής του ρέματος της Πικροδάφνης, χαρακτηρίζεται όσον αφορά τις χρήσεις γης από αστική δόμηση και βιομηχανικές / εμπορικές εγκαταστάσεις οι οποίες αποτελούν τους κυριότερους τομείς πίεσης προς το υδάτινο περιβάλλον του ρέματος. Οι τομείς αυτοί εξάλλου συνεισφέρουν στο μεγαλύτερο ποσοστό το φορτίο των θρεπτικών στοιχείων στην περιοχή του ρέματος.

Στο πλαίσιο της καταγραφής και χαρτογράφησης των πηγών των ρυπαντικών πιέσεων στην υδρολογική λεκάνη του ρέματος Πικροδάφνης καθώς και την εκτίμηση της επίδρασής τους στην οικολογική του κατάσταση έγινε προσπάθεια αποτύπωσης των πιθανών πηγών ρύπανσης (ξενοδοχεία, εργοστάσια – εργαστήρια, σταθμοί αυτοκινήτων, νοσοκομεία – κλινικές) στα όρια των δήμων που περιλαμβάνονται στο σύνολο της υδρολογικής λεκάνης του ρέματος της Πικροδάφνης, ήτοι Βύρωνας, Δάφνη, Υμηττός, Ηλιούπολη, Άγιος Δημήτριος, Νέα Σμύρνη, Παλαιό Φάληρο, Καλαμάκι. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν από την Στατιστική Υπηρεσία οι απογραφές του 2011 για τις χρήσεις κτιρίων και απομονώθηκαν οι χρήσεις κτιρίων που αποτελούν πιθανές πηγές ρύπανσης και αφορούν τα Οικοδομικά Τετράγωνα που εντάσσονται στην υδρολογική λεκάνη.

Με τη χρήση του προγράμματος ArcMap (ESRI) πραγματοποιήθηκε αποτύπωση της πυκνότητας των πηγών ρύπανσης μέσω δημιουργίας raster με μέγεθος κελιού 150 m και με την απεικόνιση της έντασης της πυκνότητας μέσω χρωματικής διαβάθμισης από πράσινο έως κόκκινο.

Επίσης σχεδιάστηκαν οι υπολεκάνες των σημείων δειγματοληψίας με σκοπό να φανούν οι διαφορετικές συνθήκες ρυπαντικών πιέσεων για κάθε σημείο δειγματοληψίας. Υπολογίστηκε η πυκνότητα των πηγών ρύπανσης (αριθμός πηγών ρύπανσης ανά

τετραγωνικό χιλιόμετρο) ανά υπολεκάνη σταθμού με στόχο να πραγματοποιηθεί σύγκριση των αναλύσεων του νερού με την πυκνότητα των πηγών ρύπανσης ανά υπολεκάνη. Η μέθοδος αυτή θα δείξει αν η πυκνότητα των πηγών ρύπανσης δικαιολογεί το επίπεδο των συγκεντρώσεων ρύπων στα σημεία δειγματοληψίας ή αν άλλα χαρακτηριστικά των πηγών ρύπανσης όπως η ένταση μιας πηγής ρύπανσης παίζουν τον κυριότερο ρόλο.

3.4 Αξιολόγηση της φυσικοχημικής κατάστασης του ρέματος της Πικροδάφνης

Στο πλαίσιο της παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτων του ρέματος της Πικροδάφνης, πραγματοποιείται αξιολόγηση της φυσικοχημικής κατάστασης του για κάθε έτος επαρκών δειγματοληψιών και για το σύνολο των σταθμών παρακολούθησης. Η αξιολόγηση θα πραγματοποιηθεί για τα θρεπτικά στοιχεία και για το διαλυμένο οξυγόνο σε επίπεδο έτους με τη χρήση της ετήσιας διαμέσου και του αντίστοιχου 75^{ου} ποσοστημορίου. Για την ταξινόμηση της κατάστασης σε πέντε (5) κατηγορίες ποιότητας με βάση το οξυγόνο θα εφαρμοστεί το Νορβηγικό σύστημα ταξινόμησης (Cardoso et al, 2001) που θεωρείται το αυστηρότερο από τα συστήματα ταξινόμησης ποιότητας του οξυγόνου στην Ευρώπη. Αντίστοιχα για την ταξινόμηση της κατάστασης σε κατηγορίες ποιότητας με βάση τα θρεπτικά θα χρησιμοποιηθεί το Ελληνικό Σύστημα Ταξινόμησης (Skoulikidis et al, 2006) όπως αυτό τροποποιήθηκε (Skoulikidis, 2008).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης

Στον Πίνακα του Παραρτήματος Β παρουσιάζονται οι στατιστικοί δείκτες για το σύνολο των φυσικοχημικών παραμέτρων, των θρεπτικών στοιχείων, των κολοβακτηριδίων και των υδρολογικών μετρήσεων ανά σταθμό για τις περιόδους 2012-2014, 2016-2017 και 2018.

Η ανάλυση των δεδομένων περιλαμβάνει την κατάρτιση διαγραμμάτων για όλες τις παραμέτρους σε ετήσιες, μηνιαίες και χωρικές μεταβολές τα σημαντικότερα από τα οποία παρουσιάζονται και σχολιάζονται στο Κεφάλαιο 5 και τα λοιπά διαγράμματα επισυνάπτονται στο Παράρτημα Β.

4.2 Αποτελέσματα συσχετίσεων παραμέτρων

Με βάση τη μεθοδολογία που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 3.2 προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες συσχετίσεων για το σύνολο των παρατηρήσεων, αλλά και για θερινή – χειμερινή περίοδο ξεχωριστά. Ακολουθεί ο Πίνακας 4-1 για τη διερεύνηση της συσχέτισης για το σύνολο των παραμέτρων.

Πίνακας 4-1 Διερεύνηση της σημαντικής ή όχι συσχέτισης των παραμέτρων

Συσχέτιση	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	P-PO ₄ ³⁻	pH	DO	Αγωγ/τα	Θερμ/σία	Κολ/κτήριο	Παροχή
N-NO ₂ ⁻		0,023	0,560	0,567	-0,181	0,009	0,358	0,126	0,305	0,257
N-NO ₃ ⁻	0,023		-0,366	-0,349	0,035	0,435	0,271	0,000	0,086	-0,203
N-NH ₄ ⁺	0,560	-0,366		0,763	-0,152	-0,188	0,222	0,115	0,221	0,292
P-PO ₄ ³⁻	0,567	-0,349	0,763		-0,293	-0,236	0,417	0,424	0,327	0,292
pH	-0,181	0,035	-0,152	-0,293		-0,048	-0,046	0,004	-0,138	-0,148
DO	0,009	0,435	-0,188	-0,236	-0,048		0,014	-0,402	-0,157	0,173
Αγωγ/τα	0,358	0,271	0,222	0,417	-0,046	0,014		0,251	0,429	0,175
Θερμ/σία	0,126	0,000	0,115	0,424	0,004	0,271	0,251		0,244	-0,146
Κολ/κτήριο	0,305	0,086	0,221	0,327	-0,138	-0,157	0,429	0,244		-0,101

Για τις παραμέτρους N-NH₄⁺ και P-PO₄³⁻ που προκύπτει η μεγαλύτερη συνάφεια κατασκευάζεται αντίστοιχο διάγραμμα όπως εμφανίζεται στο Κεφάλαιο 5.2 ώστε να γίνει αναπαράσταση των ζευγών των παρατηρήσεων και να εφαρμοστεί πολυωνυμική γραμμή

τάσης. Για τις λοιπές παραμέτρους που εμφανίζουν μεσαία συσχέτιση παρουσιάζονται τα αντίστοιχα διαγράμματα στο Παράρτημα Β.

Ακολουθεί ο αντίστοιχος Πίνακας 4-2 για τη χειμερινή περίοδο.

Πίνακας 4-2 Διερεύνηση της σημαντικής ή όχι συσχέτισης των παραμέτρων κατά τη χειμερινή περίοδο

Συσχέτιση	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	P-PO ₄ ³⁻	pH	DO	Αγωγ/τα	Θερμ/σία	Κολ/κτήριο	Παροχή
N-NO ₂ ⁻		-0,069	0,543	0,609	-0,198	-0,105	0,402	0,149	0,160	0,408
N-NO ₃ ⁻	-0,069		-0,427	-0,379	0,138	0,470	0,009	-0,267	-0,136	-0,199
N-NH ₄ ⁺	0,543	-0,427		0,824	-0,137	-0,208	0,232	0,146	0,089	0,276
P-PO ₄ ³⁻	0,609	-0,379	0,824		-0,333	-0,295	0,455	0,404	0,060	0,276
pH	-0,198	0,138	-0,317	-0,333		-0,098	0,014	-0,017	-0,452	-0,188
DO	-0,105	0,470	-0,208	-0,295	-0,098		-0,390	-0,637	0,023	0,273
Αγωγ/τα	0,402	0,009	0,232	0,455	0,014	-0,390		0,562	-0,249	0,300
Θερμ/σία	0,149	-0,267	0,146	0,404	-0,017	0,156	0,562		-0,049	-0,029
Κολ/κτήριο	0,160	-0,136	0,089	0,060	-0,452	0,023	-0,249	-0,049		0,055

Αντίστοιχα για τη χειμερινή περίοδο κατασκευάζονται τα διαγράμματα για τις παραμέτρους N-NH₄⁺, P-PO₄³⁻ και N-NO₂⁻, P-PO₄³⁻ που εμφανίζουν ισχυρή συσχέτιση (όπως εμφανίζονται στο Κεφάλαιο 5.2) και τα λοιπά διαγράμματα παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β.

Ακολουθεί ο αντίστοιχος Πίνακας 4-3 για τη θερινή περίοδο.

Πίνακας 4-3 Διερεύνηση της σημαντικής ή όχι συσχέτισης των παραμέτρων κατά τη καλοκαιρινή περίοδο

Συσχέτιση	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	P-PO ₄ ³⁻	pH	DO	Αγωγ/τα	Θερμ/σία	Κολ/κτήριο	Παροχή
N-NO ₂ ⁻		-0,009	0,700	0,495	-0,174	0,089	0,227	-0,098	0,350	0,632
N-NO ₃ ⁻	-0,009		-0,364	-0,556	-0,109	0,320	0,384	-0,260	0,002	0,008
N-NH ₄ ⁺	0,700	-0,364		0,772	-0,199	-0,134	0,308	0,194	0,807	0,544
P-PO ₄ ³⁻	0,495	-0,556	0,772		-0,242	-0,234	0,282	0,394	0,712	0,544
pH	-0,174	-0,109	-0,199	-0,242		0,017	-0,088	-0,023	-0,162	0,150
DO	0,089	0,320	-0,134	-0,234	0,017		0,006	-0,497	-0,545	0,410
Αγωγ/τα	0,227	0,384	0,308	0,282	-0,088	0,006		0,305	0,773	-0,016
Θερμ/σία	-0,098	-0,260	0,194	0,394	-0,023	-0,497	0,305		0,420	-0,389
Κολ/κτήριο	0,350	0,002	0,807	0,712	-0,162	-0,545	0,773	0,420		-0,273

Ανάλογα με παραπάνω προκύπτουν και τα αντίστοιχα διαγράμματα για την καλοκαιρινή περίοδο όπως παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5.

4.3 Αποτελέσματα αξιολόγησης φυσικοχημικής κατάστασης ρέματος Πικροδάφνης

Με βάση τη μεθοδολογία που περιγράφηκε στο παραπάνω κεφάλαιο προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες σε επίπεδο έτους με βάση τη διάμεσο και το 75^ο ποσοστημόριο.

Στους ακόλουθους Πίνακες (Πίνακας 4-4 και Πίνακας 4-6) δίνονται η διάμεσος και το 75^ο ποσοστημόριο αντίστοιχα των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου και θρεπτικών σε επίπεδο έτους, ενώ στους Πίνακας 4-5 και Πίνακας 4-7 παρουσιάζεται αντίστοιχα η φυσικοχημική κατάσταση των υδάτων με σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης Cardoso et al (2001) και Skoulidakis et al (2006).

Πίνακας 4-4 Διάμεσος των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου και των θρεπτικών για το σύνολο των σταθμών σε επίπεδο έτους

Έτος	DO (mg/l)	N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	N-NO ₂ ⁻ (μg/l)	P-PO ₄ ³⁻ (μg/l)
2012	8,04	11,74	0,81	315,42	718,32
2013	9,41	16,61	0,06	214,64	733,08
2016	9,33	15,02	0,02	23,62	245,76
2017	9,89	13,65	0,05	42,16	230,74
2018	5,20	8,68	0,75	460,00	359,00

Πίνακας 4-5 Φυσικοχημική κατάσταση των υδάτων του ρέματος Πικροδάφνης ανά έτος με βάση τη διάμεσο των συγκεντρώσεων σύμφωνα με Cardoso et al (2001) και Skoulidakis et al (2006)

Έτος	DO (mg/l)	N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	N-NO ₂ ⁻ (μg/l)	P-PO ₄ ³⁻ (μg/l)
2012	GOOD	BAD	BAD	BAD	BAD
2013	HIGH	BAD	GOOD	BAD	BAD
2016	HIGH	BAD	HIGH	MODERATE	POOR
2017	HIGH	BAD	GOOD	POOR	POOR
2018	MODERATE	BAD	BAD	BAD	BAD

Πίνακας 4-6 75° ποσοστημόριο των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου και των θρεπτικών για το σύνολο των σταθμών σε επίπεδο έτους

Έτος	DO (mg/l)	N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	N-NO ₂ ⁻ (μg/l)	P-PO ₄ ³⁻ (μg/l)
2012	9,32	15,53	2,89	690,57	1367,76
2013	10,64	19,87	2,94	1152,50	1244,76
2016	10,63	18,16	0,05	86,41	358,81
2017	12,19	18,07	0,19	545,07	427,22
2018	5,90	10,29	4,95	900,00	644,00

Πίνακας 4-7 Φυσικοχημική κατάσταση των υδάτων του ρέματος Πικροδάφνης ανά έτος με βάση το 75° ποσοστημόριο των συγκεντρώσεων σύμφωνα με Cardoso et al (2001) και Skoulikidis et al (2006)

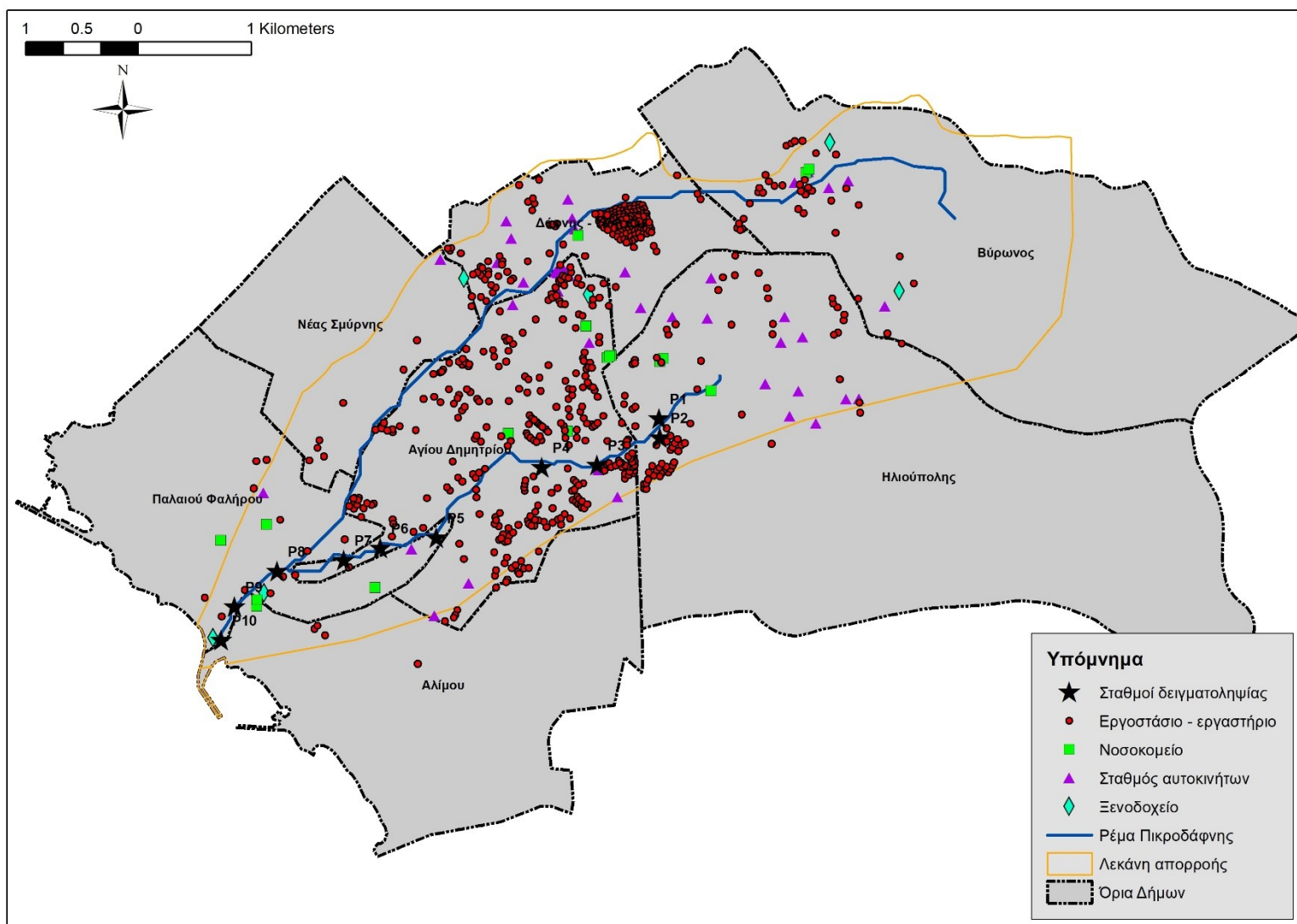
Έτος	DO (mg/l)	N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	N-NO ₂ ⁻ (μg/l)	P-PO ₄ ³⁻ (μg/l)
2012	HIGH	BAD	BAD	BAD	BAD
2013	HIGH	BAD	BAD	BAD	BAD
2016	HIGH	BAD	GOOD	BAD	BAD
2017	HIGH	BAD	MODERATE	BAD	BAD
2018	MODERATE	BAD	BAD	BAD	BAD

4.4 Αποτύπωση ρυπαντικών πιέσεων σε χάρτη

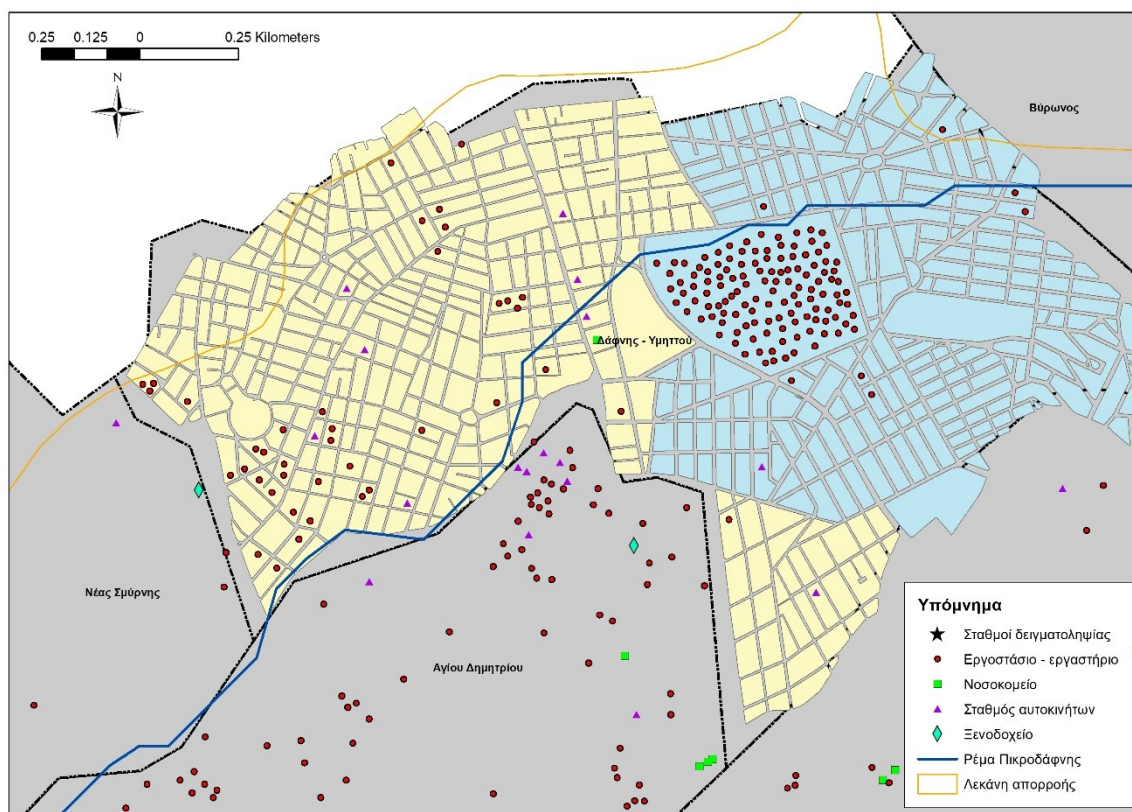
Στην Εικόνα 4-1 απεικονίζεται στο σύνολο η λεκάνη απορροής του ρέματος Πικροδάφνης και οι Δήμοι που περιλαμβάνονται σε αυτήν με τις χρήσεις των κτιρίων που αποτελούν τομείς πίεσης προς το υδάτινο περιβάλλον του ρέματος.

Στις εικόνες: Εικόνα 4-2 έως Εικόνα 4-7 απεικονίζονται σε επίπεδο Οικοδομικού Τετραγώνου η θέση των πιθανών πηγών ρύπανσης για κάθε Δήμο που περιλαμβάνεται στη λεκάνη απορροής του ρέματος.

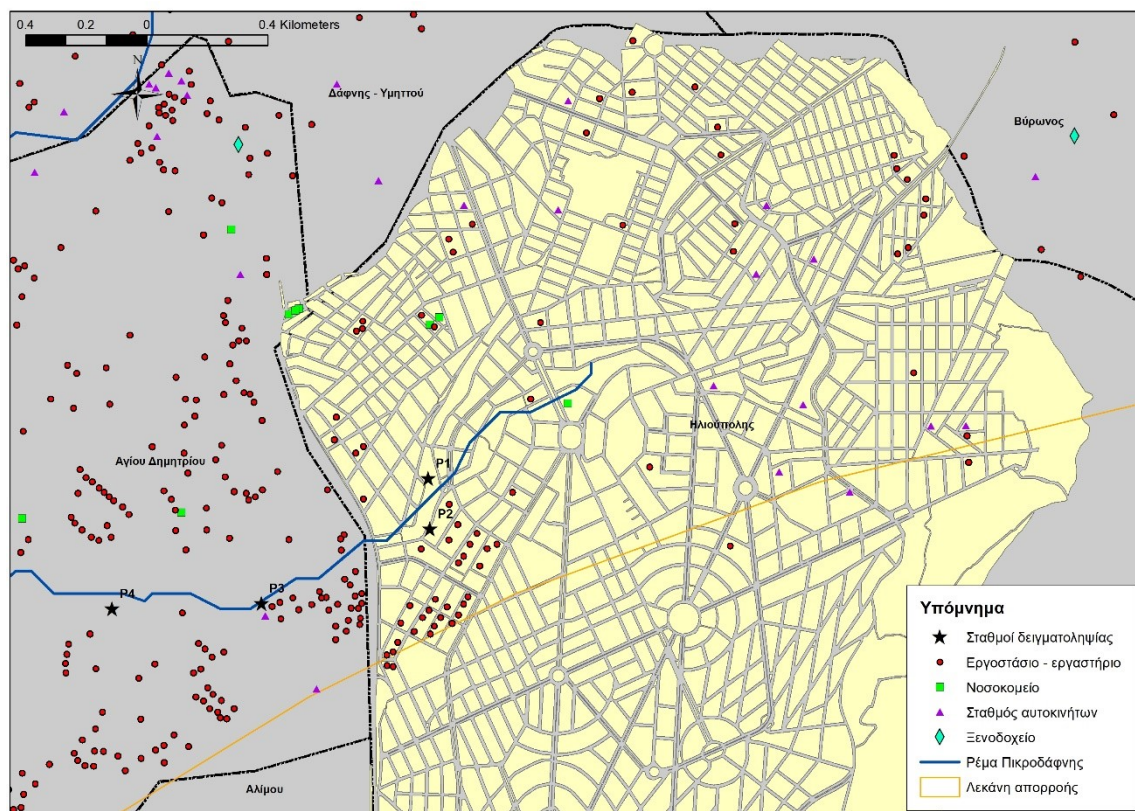
Στην Εικόνα 4-8 απεικονίζεται η πυκνότητα των πηγών ρύπανσης με μια ημιδιαφανή χρωματική διαβάθμιση από πράσινο έως βαθύ κόκκινο.



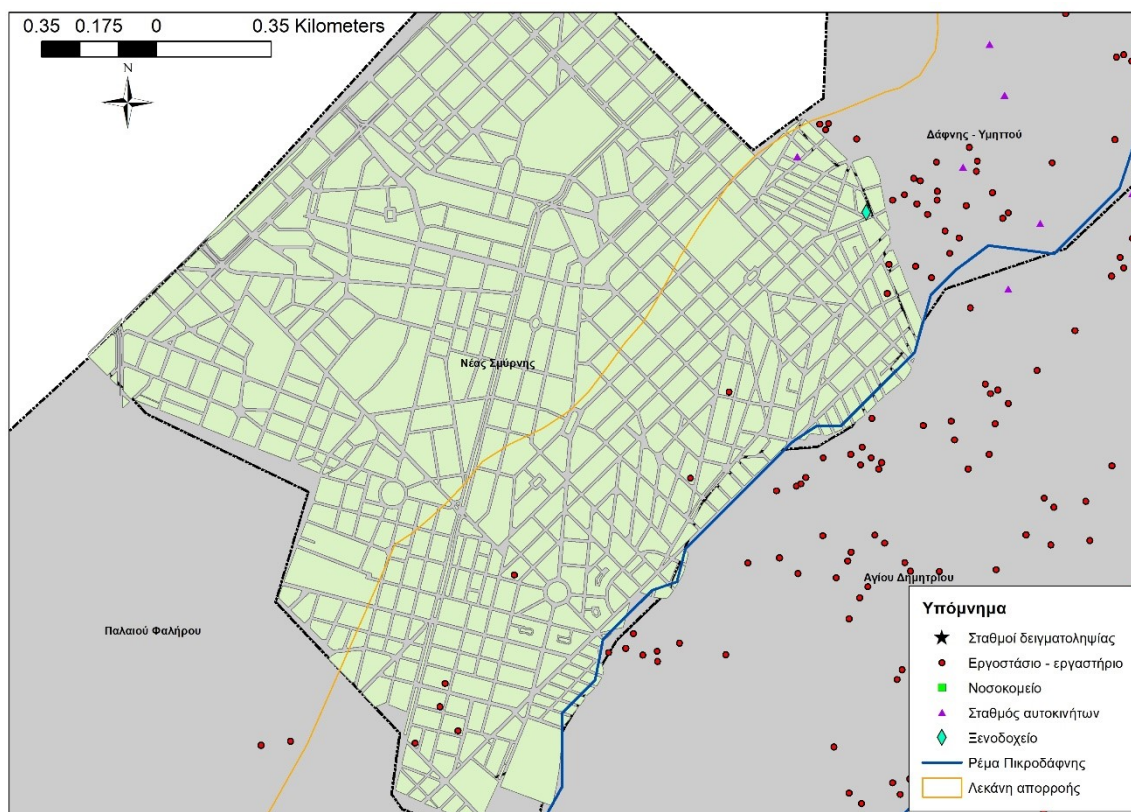
Εικόνα 4-1 Αποτύπωση πηγών ρύπανσης στο σύνολο της λεκάνης του ρέματος Πικροδάφνης



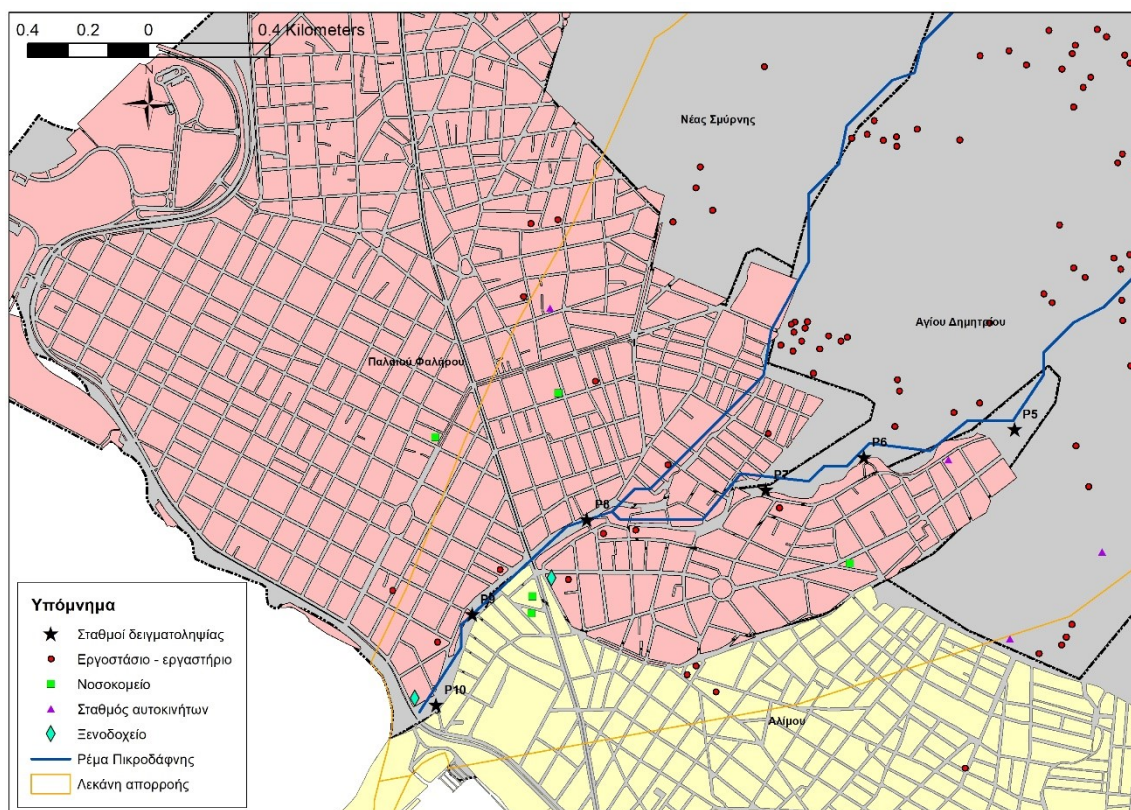
Εικόνα 4-2 Αποτύπωση πηγών ρύπανσης στο ρ. της Πικροδάφνης στα όρια του Δ. Δάφνης -Υμηττού



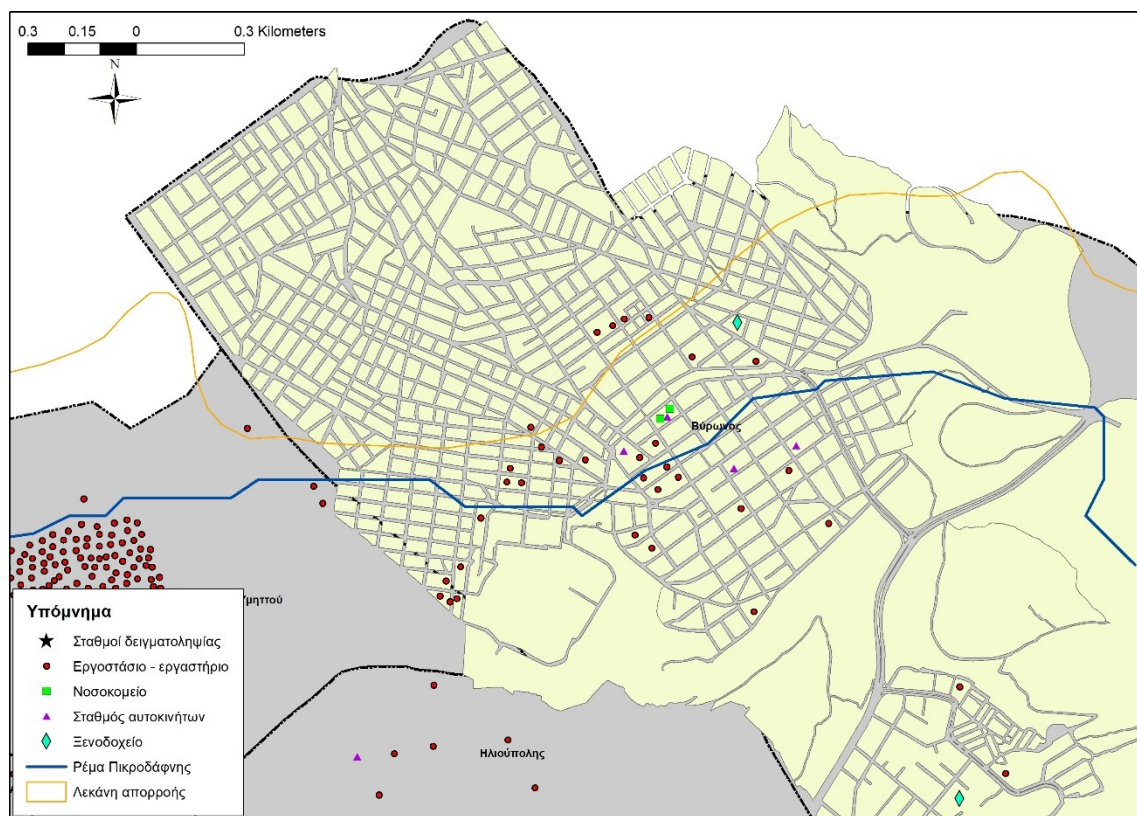
Εικόνα 4-3 Αποτύπωση πηγών ρύπανσης στο ρ. Πικροδάφνης στα όρια του Δ. Ηλιούπολης



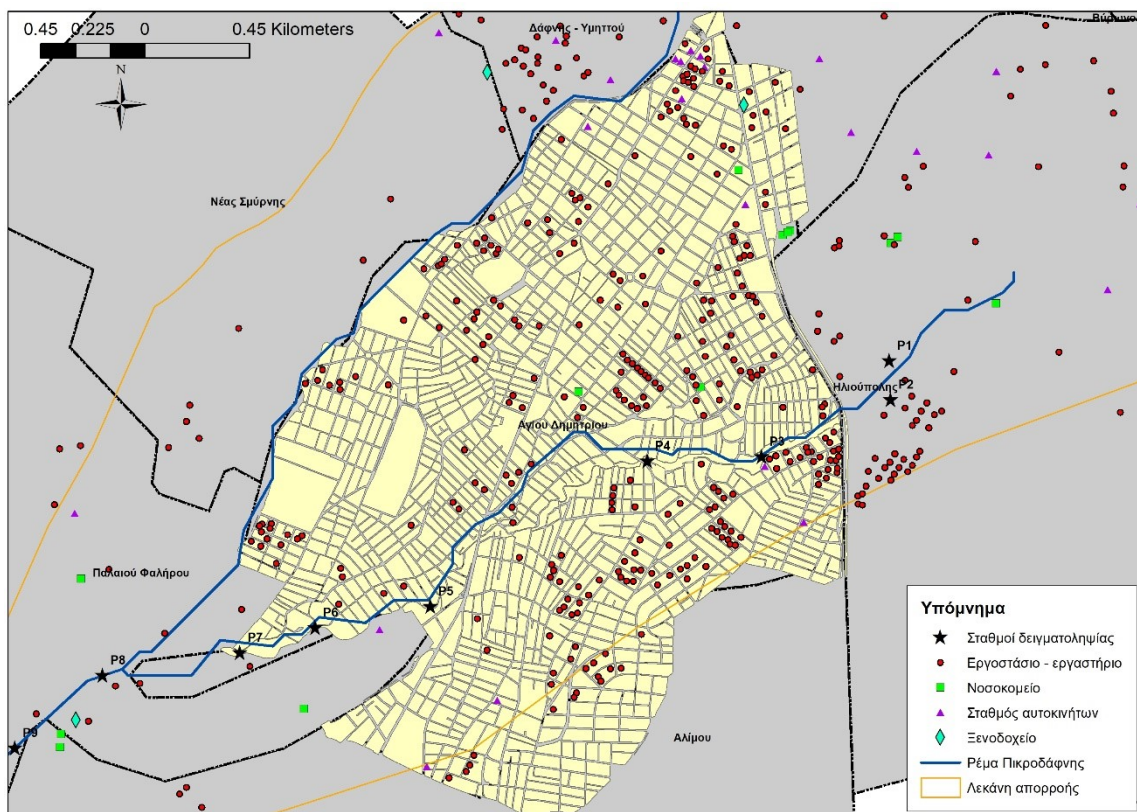
Εικόνα 4-4 Αποτύπωση πηγών ρύπανσης στο ρ. Πικροδάφνης στα όρια του Δ. Νέας Σμύρνης



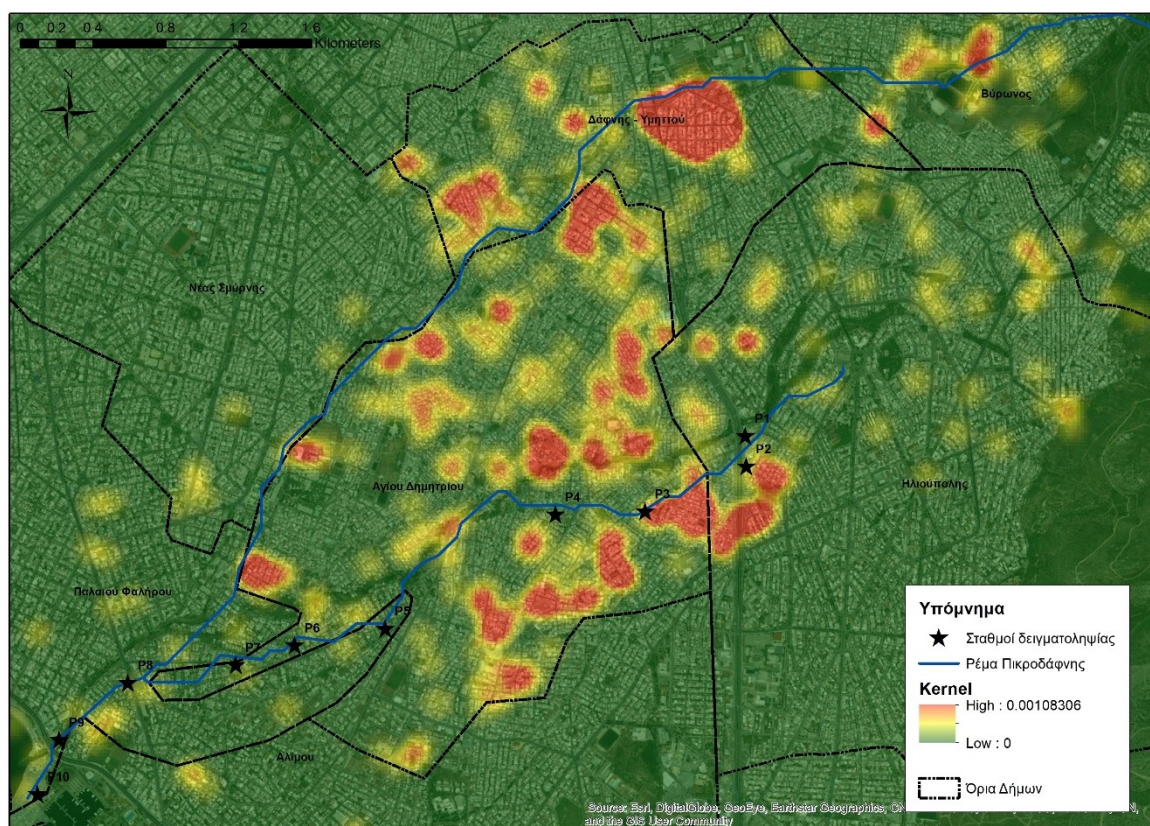
Εικόνα 4-5 Αποτύπωση πηγών ρύπανσης στο ρ. Πικροδάφνης στα όρια των Π. Φαλήρου - Αλίμου



Εικόνα 4-6 Αποτύπωση πηγών ρύπανσης στο ρ. Πικροδάφνης στα όρια του Δ. Βύρωνα



Εικόνα 4-7 Αποτύπωση πηγών ρύπανσης στο ρ. Πικροδάφνης στα όρια του Δ. Αγίου Δημητρίου

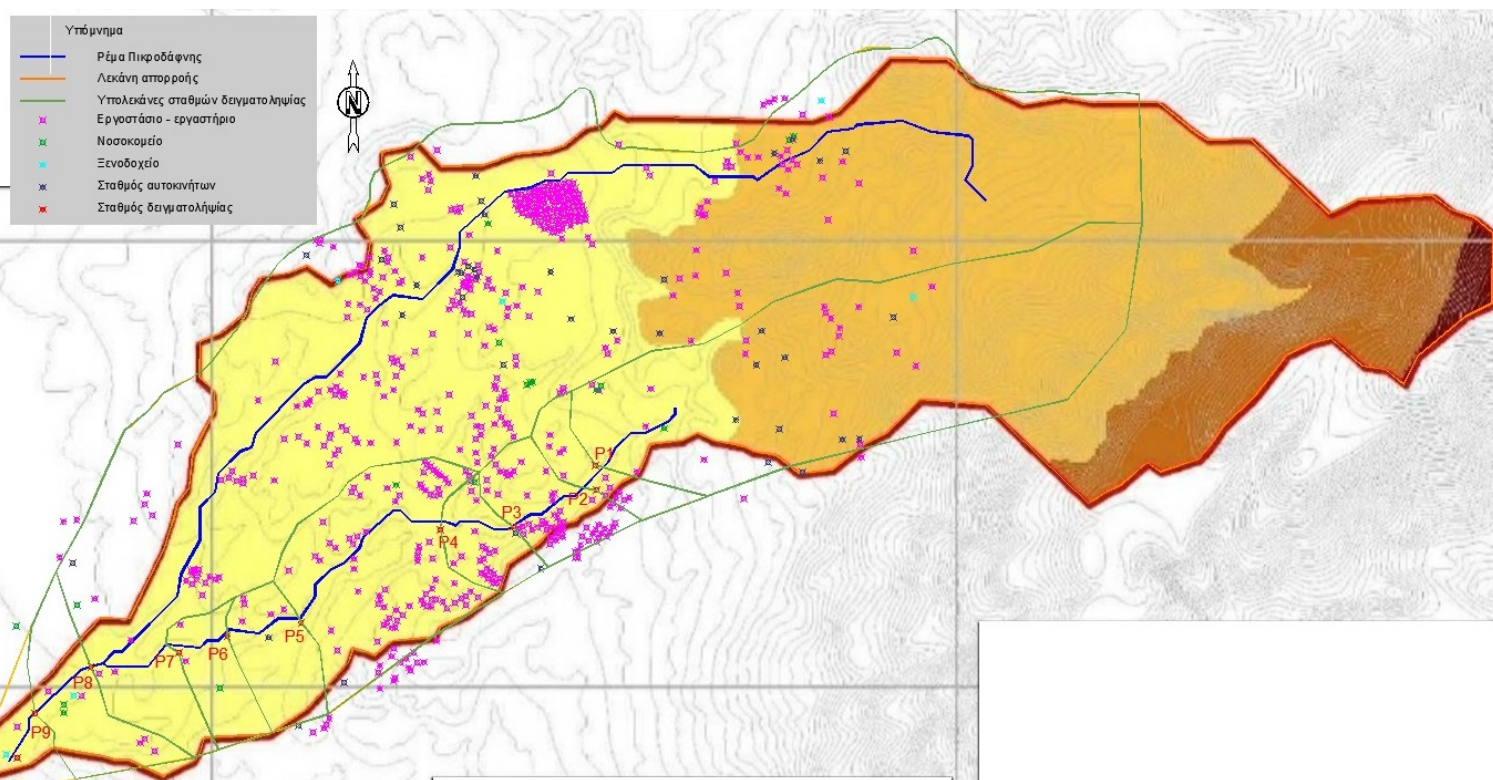


Εικόνα 4-8 Χάρτης πυκνότητας των πηγών ρύπανσης

Στον Πίνακα 4-8 δίνονται οι εκτάσεις των υπολεκάνών των σημείων, ο αριθμός πιέσεων ανά υπολεκάνη και η πυκνότητα πιέσεων σε κάθε υπολεκάνη ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο όπως υπολογίστηκαν με βάση την Εικόνα 4-9.

Πίνακας 4-8 Πυκνότητα πιέσεων ανά km^2 ανά υπολεκάνη σταθμού

Λεκάνη	Έκταση (km^2)	Αριθμός πιέσεων	Πυκνότητα πιέσεων / km^2
P1	3,79	36	9,49
P2	4,08	48	11,76
P3	4,54	110	24,23
P4	4,85	135	27,82
P5	6,26	221	35,31
P6	6,70	227	33,87
P7	7,04	230	32,65
P8	18,64	618	33,16
P9	19,21	626	32,59
P10	20,93	628	30,00

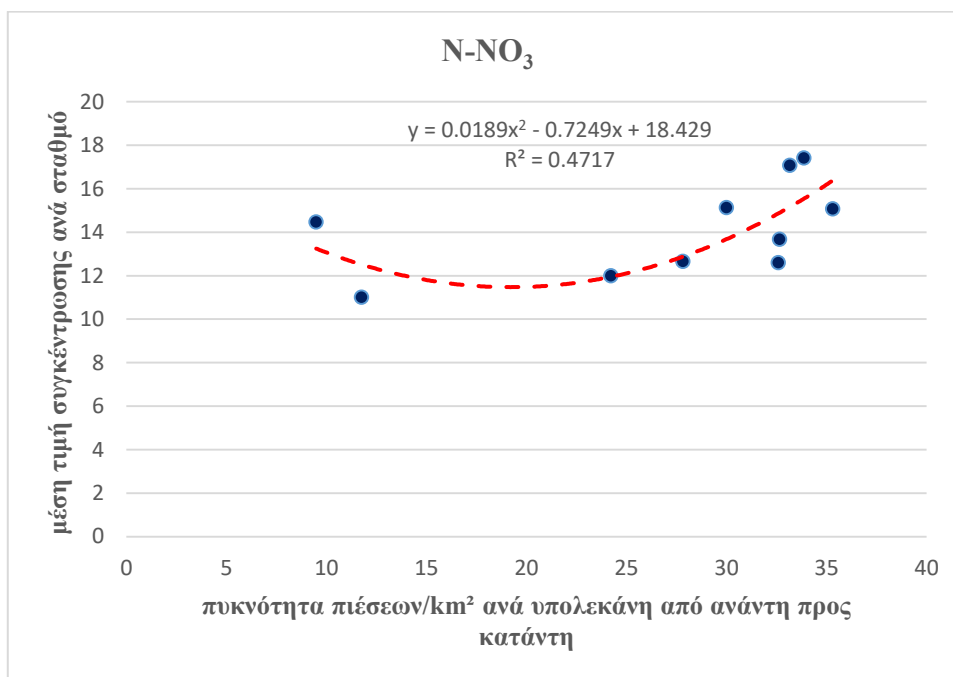


Εικόνα 4-9 Υπολεκάνες σταθμών δειγματοληψίας

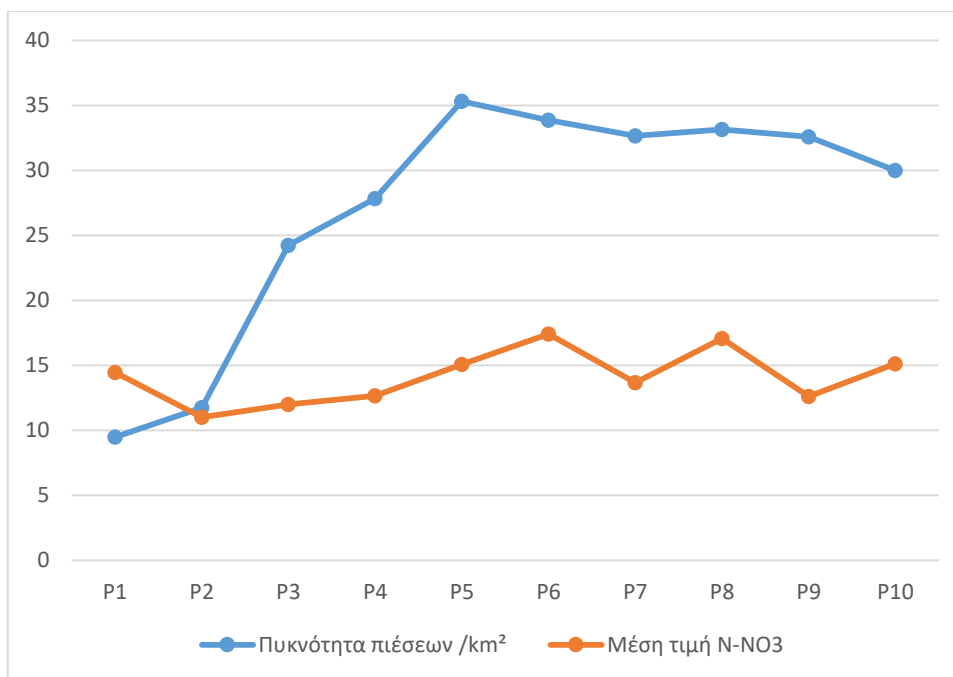
Πίνακας 4-9 Συσχέτιση μέσης τιμής συγκέντρωσης θρεπτικών ανά σταθμό με πυκνότητα πιέσεων υπολεκάνης σταθμού

Λεκάνη	Πυκνότητα πιέσεων /km ²	Μέση τιμή N-NO ₃ ⁻	Μέση τιμή N-NH ₄ ⁺	Μέση τιμή N-NO ₂ ⁻	Μέση τιμή P-PO ₄ ³⁻
P1	9,49	14,47	0,24	0,33	0,21
P2	11,76	11,01	0,10	0,16	0,22
P3	24,23	12,00	0,86	0,17	0,41
P4	27,82	12,65	0,03	0,01	0,23
P5	35,31	15,08	0,07	0,06	0,29
P6	33,87	17,42	0,04	0,01	0,24
P7	32,65	13,68	0,13	0,14	0,20
P8	33,16	17,08	1,28	0,50	0,70
P9	32,59	12,60	2,55	0,92	1,03
P10	30,00	15,13	1,20	0,49	0,56

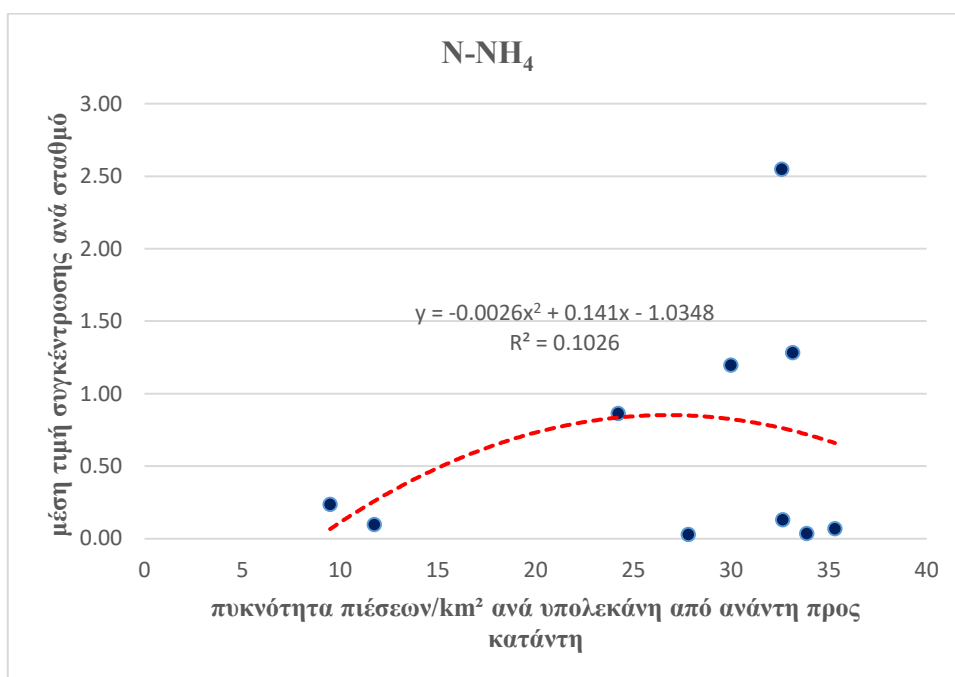
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η συσχέτιση της μέσης τιμής των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αζώτου στα νιτρικά, αζώτου στα αμμωνιακά και φωσφόρου στα φωσφορικά ανά σταθμό με την πυκνότητα πιέσεων ανά υπολεκάνη σταθμού δειγματοληψίας, όπως έχουν υπολογιστεί στον Πίνακα 4-9.



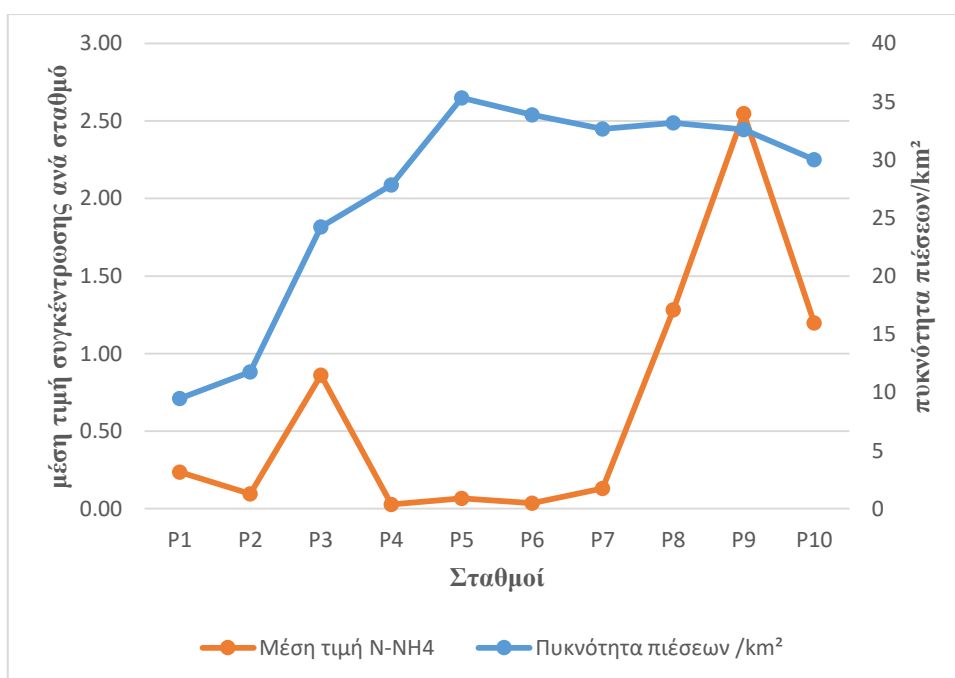
Εικόνα 4-10 Συσχέτιση μέσης τιμής συγκέντρωσης αζώτου των νιτρικών ανά σταθμό με πυκνότητα πιέσεων ανά υπολεκάνη σταθμού από ανάντη προς κατάντη



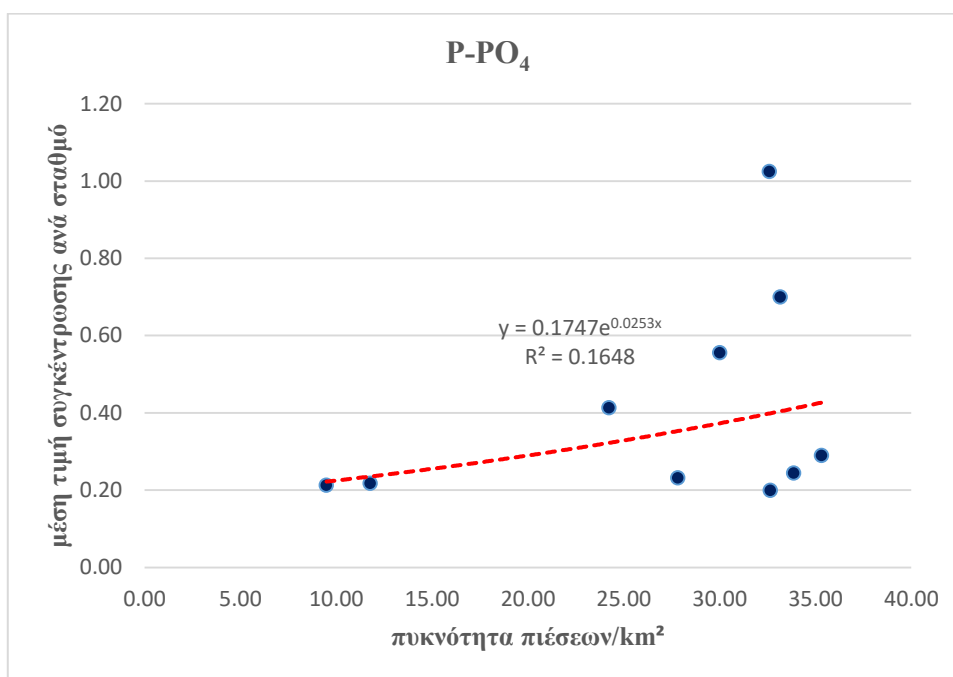
Εικόνα 4-11 Διακύμανση μέσης τιμής συγκέντρωσης αζώτου των νιτρικών ανά σταθμό σε σχέση με την πυκνότητα πιέσεων λεκάνης ίδιου σταθμού



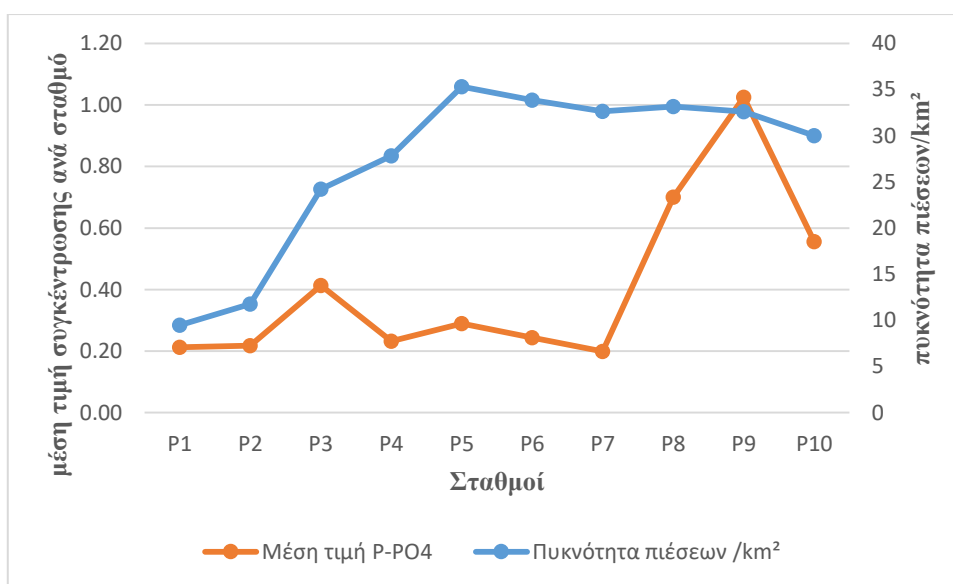
Εικόνα 4-12 Συσχέτιση μέσης τιμής συγκέντρωσης αζώτου των αμμωνιακών ανά σταθμό με πυκνότητα πιέσεων ανά υπολεκάνη σταθμού από ανάντη προς κατάντη



Εικόνα 4-13 Διακύμανση μέσης τιμής συγκέντρωσης αζώτου των αμμωνιακών ανά σταθμό σε σχέση με την πυκνότητα πιέσεων λεκάνης ίδιου σταθμού



Εικόνα 4-14 Συσχέτιση μέσης τιμής συγκέντρωσης φωσφόρου των φωσφορικών ανά σταθμό με πυκνότητα πιέσεων ανά υπολεκάνη σταθμού από ανάντη προς κατόντη



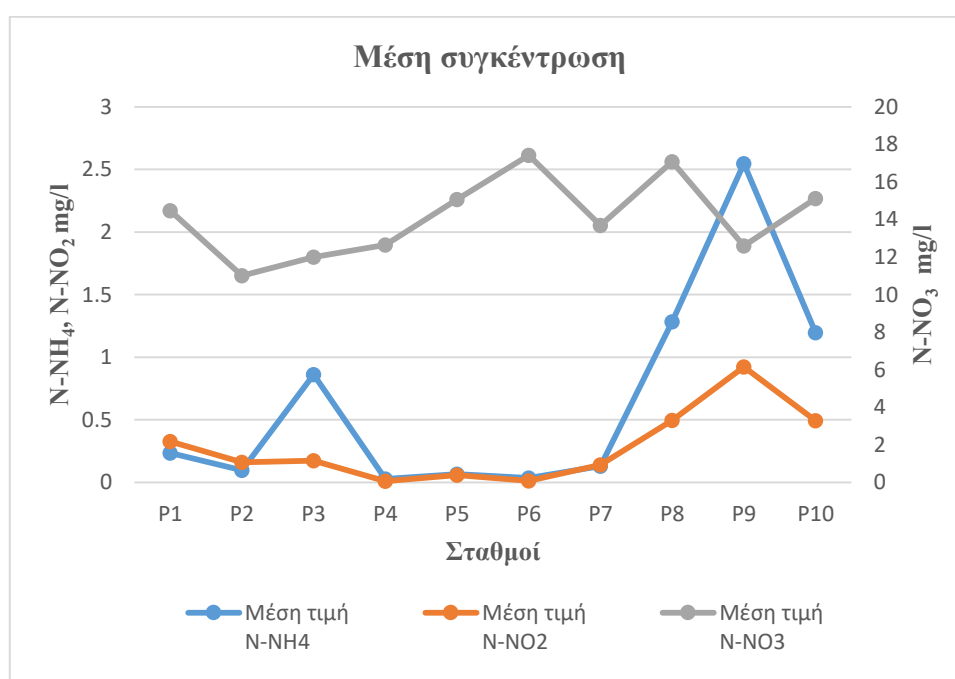
Εικόνα 4-15 Διακύμανση μέσης τιμής συγκέντρωσης φωσφόρου των φωσφορικών ανά σταθμό σε σχέση με την πυκνότητα πιέσεων λεκάνης ίδιου σταθμού

5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

5.1 Σχολιασμός αποτελεσμάτων στατιστικής ανάλυσης

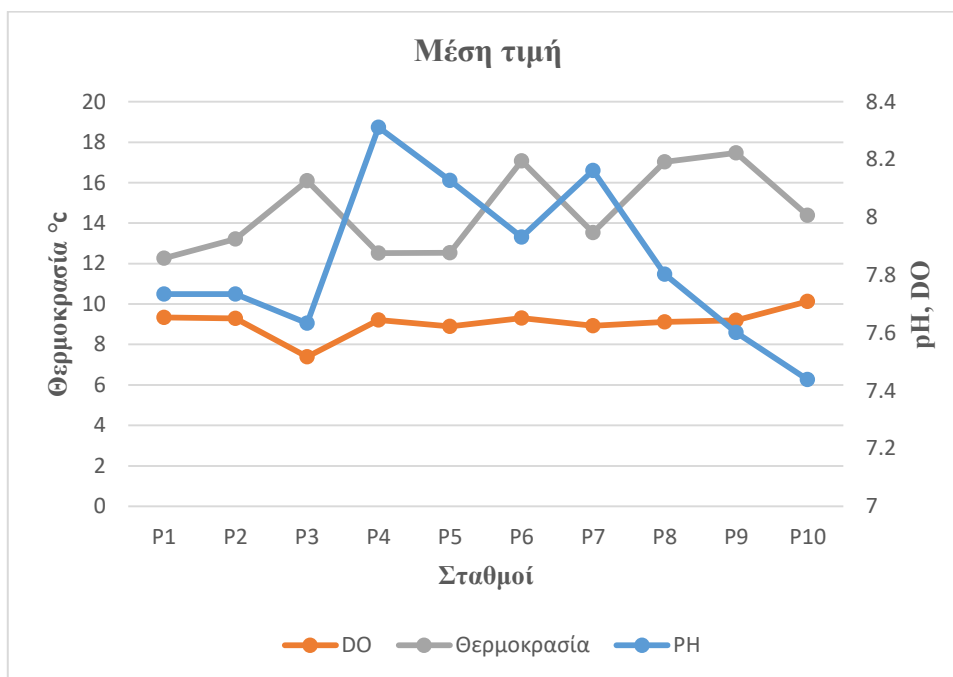
Παρακάτω ακολουθούν ενδεικτικά διαγράμματα της στατιστικής ανάλυσης καθώς και ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

5.1.1 Χωρικές μεταβολές φυσικοχημικών παραμέτρων, θρεπτικών και κολοβακτηριδίων

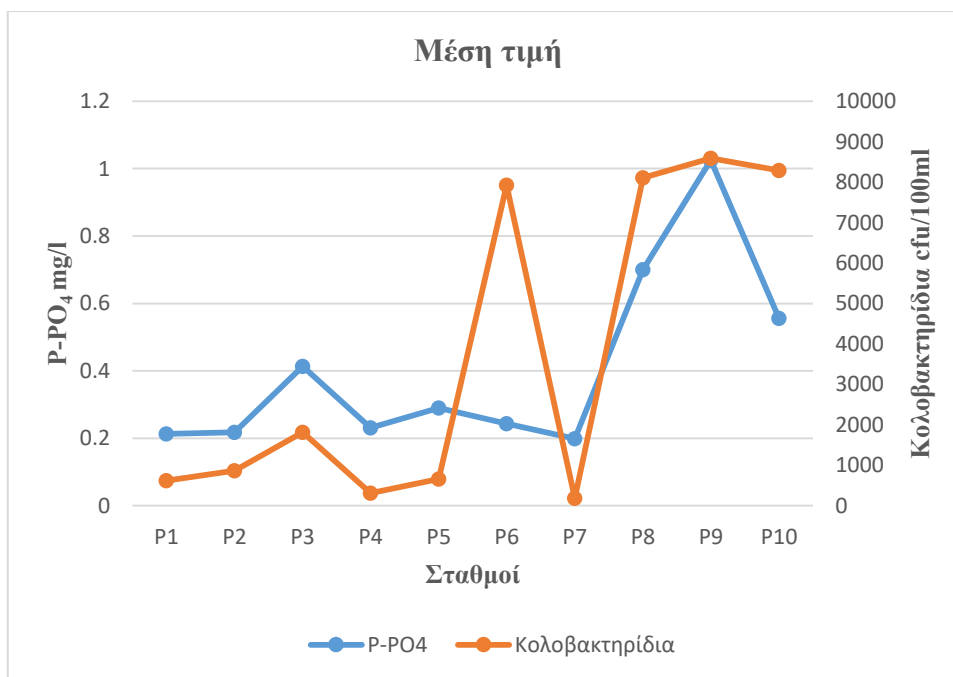


Εικόνα 5-1 Διακύμανση της μέσης συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρικών, των νιτρώδων και των αμμωνιακών σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατόντη

Σύμφωνα με την Εικόνα 5-1, οι ενώσεις του αζώτου παρουσιάζουν γενικότερα αύξηση στις συγκεντρώσεις τους από ανάντη προς κατόντη. Το άζωτο στα νιτρικά έχει σχετικά υψηλές μέσες τιμές αφού κυμαίνεται από περίπου 11 έως 18 mg/l, με τις μεγαλύτερες τιμές στους σταθμούς P6 και P8. Το άζωτο στα αμμωνιακά και στα νιτρώδη αυξάνεται σημαντικά κοντά στις εκβολές και παρουσιάζει μέγιστη μέση τιμή στην θέση P9.



Εικόνα 5-2 Διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας, pH, DO σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατόντη

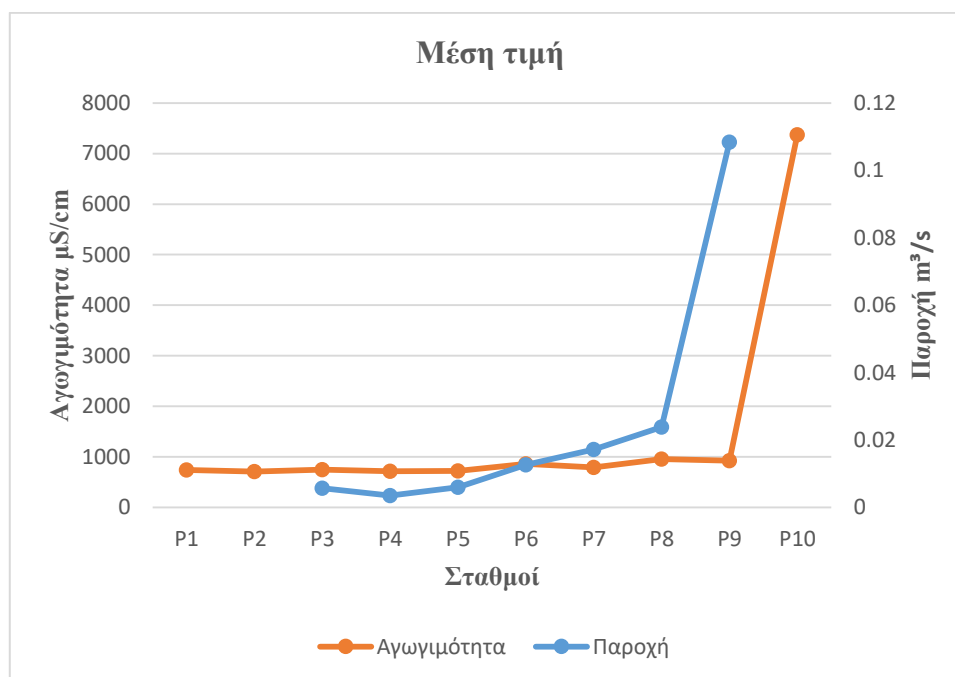


Εικόνα 5-3 Διακύμανση της μέσης συγκέντρωσης του φωσφόρου των φωσφορικών και των κολοβακτηριδίων σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατόντη

Οι μέσες τιμές διαλυμένου οξυγόνου παρουσιάζουν σχετικά μικρές διακυμάνσεις κατά μήκος του ρέματος, με ελάχιστη τιμή στην θέση P3 και μέγιστη τιμή στην θέση P10 (Εικόνα

5-2). Το pH παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις κατά μήκος του ρέματος με μέγιστες μέσες τιμές στις θέσεις P4 και P7 και ελάχιστη τιμή στην θέση P10.

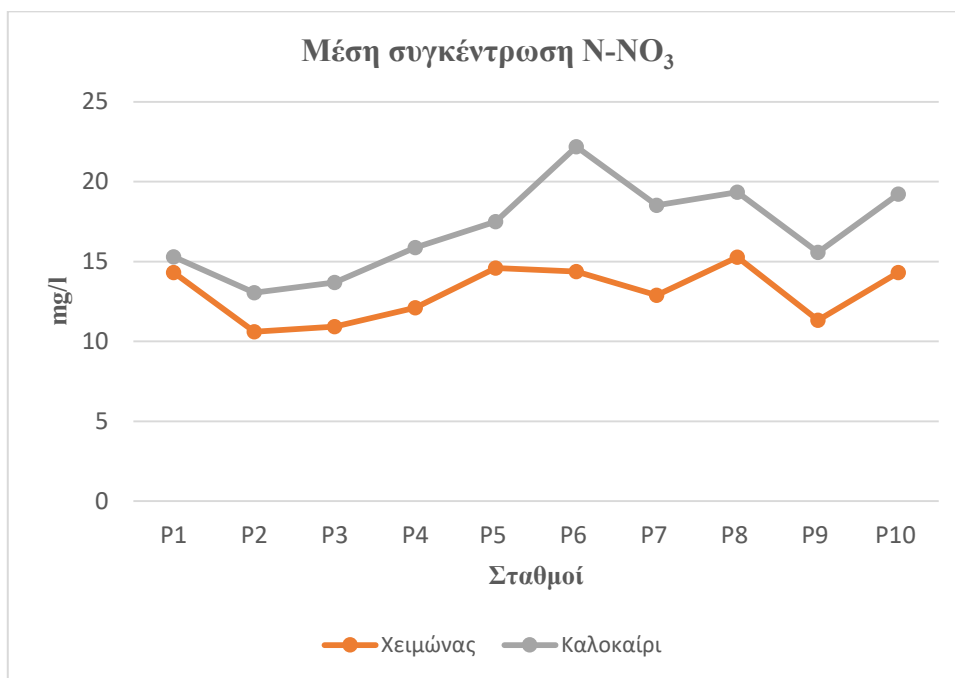
Η θερμοκρασία του νερού παρουσιάζει μια γενικότερη αυξητική τάση από ανάντη προς κατάντη με εξαίρεση τους σταθμούς P4, P5 και P7 όπου παρουσιάζεται ταπείνωση της μέσης τιμής καθώς και του σταθμού P10 ο οποίος όμως επηρεάζεται και από την θάλασσα. Με βάση την Εικόνα 5-3 η μέγιστη μέση συγκέντρωση κολοβακτηριδίων συναντάται στους σταθμούς P6, P8, P9, P10 και η μικρότερη στο σταθμό P7. Για τη διακύμανση των μέσων τιμών των φωσφορικών σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας προκύπτει ότι οι τιμές εμφανίζονται αυξημένες στους πλέον κατάντη σταθμούς P8, P9, P10 και P3. Οι μέσες τιμές γενικά αυξομοιώνονται από ανάντη προς κατάντη, γεγονός που υποδεικνύει πως οι συγκεντρώσεις των φωσφορικών στο ρέμα εξαρτώνται από εξωτερικούς παράγοντες.



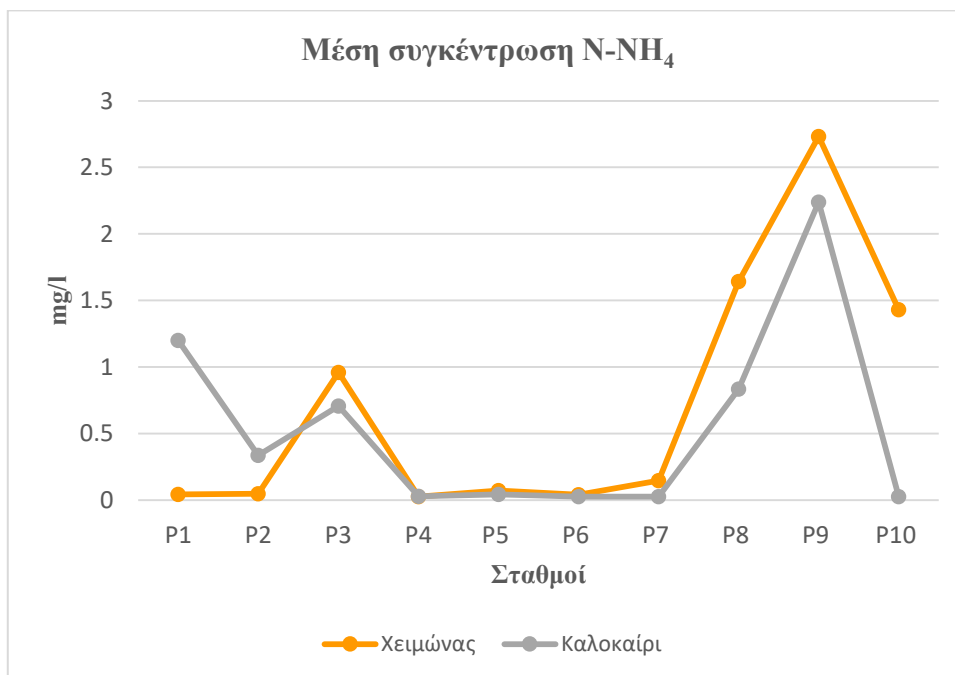
Εικόνα 5-4 Διακύμανση της μέσης τιμής παροχής και αγωγιμότητας σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη

Στην Εικόνα 5-4 η μέση τιμή της αγωγιμότητας κυμαίνεται σε σταθερά επίπεδα από τα ανάντη προς κατάντη με εξαίρεση το πλέον κατάντη σταθμό P10 όπου η τιμή εκτινάσσεται λόγω της αυξημένης συγκέντρωσης ανθρωπογενών απορρίψεων. Σε όλους τους σταθμούς προκύπτει ότι η μέση τιμή της αγωγιμότητας κυμαίνεται γύρω στα 1000 μS/cm, τιμή που απέχει από το ενδεικτικό επίπεδο των 400 μS/cm στο πόσιμο νερό.

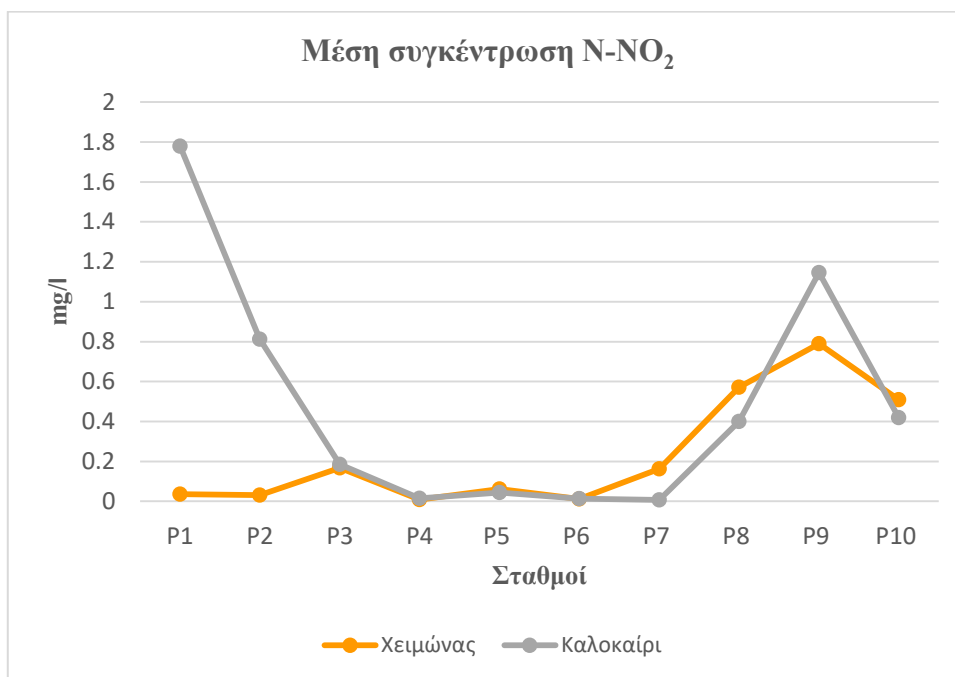
Οι μέσες τιμές παροχής αυξάνονται από ανάντη προς κατάντη με τη μέση τιμή να εκτινάσσεται στο σταθμό P9, πιθανόν λόγω κάποιου δευτερεύοντα κλάδου ή από διαθέσιμες παράνομων αγωγών ομβρίων και λυμάτων.



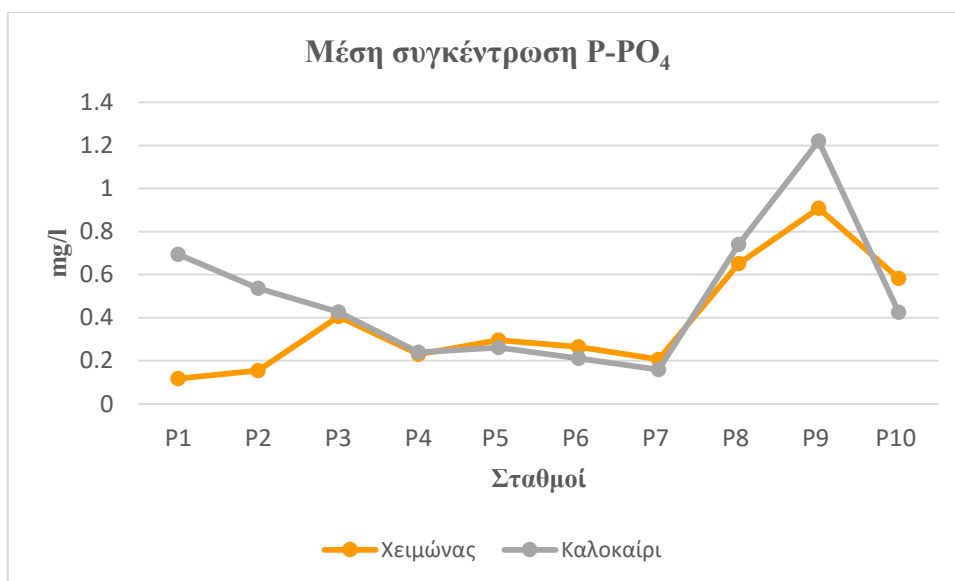
Εικόνα 5-5 Διακύμανση της μέσης συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρικών για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη



Εικόνα 5-6 Διακύμανση της μέσης συγκέντρωσης του αζώτου των αμμωνιακών για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη



Εικόνα 5-7 Διακύμανση της μέσης συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρικών για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη



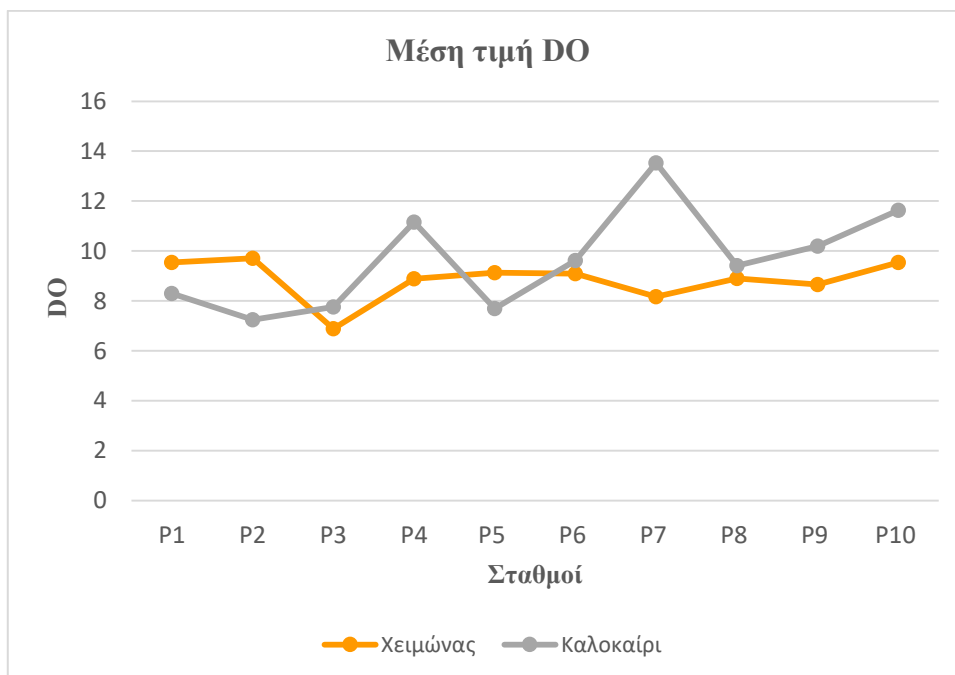
Εικόνα 5-8 Διακύμανση της μέσης συγκέντρωσης του φωσφόρου των φωσφορικών για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη

Όσον αφορά τη μέση τιμή της συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρικών στο σύνολο των σταθμών, κυμαίνεται σε υψηλότερα επίπεδα τη θερινή περίοδο σύμφωνα με την Εικόνα 5-5. Σύμφωνα με την Εικόνα 5-7 μεταξύ θερινής και χειμερινής περιόδου εμφανίζεται μεγάλη απόκλιση μέσων τιμών συγκέντρωσης αζώτου των νιτρικών στους σταθμούς P1, P2, μικρότερη στους σταθμούς P7, P8, P9, ενώ σχεδόν ταυτίζονται οι τιμές στους υπόλοιπους

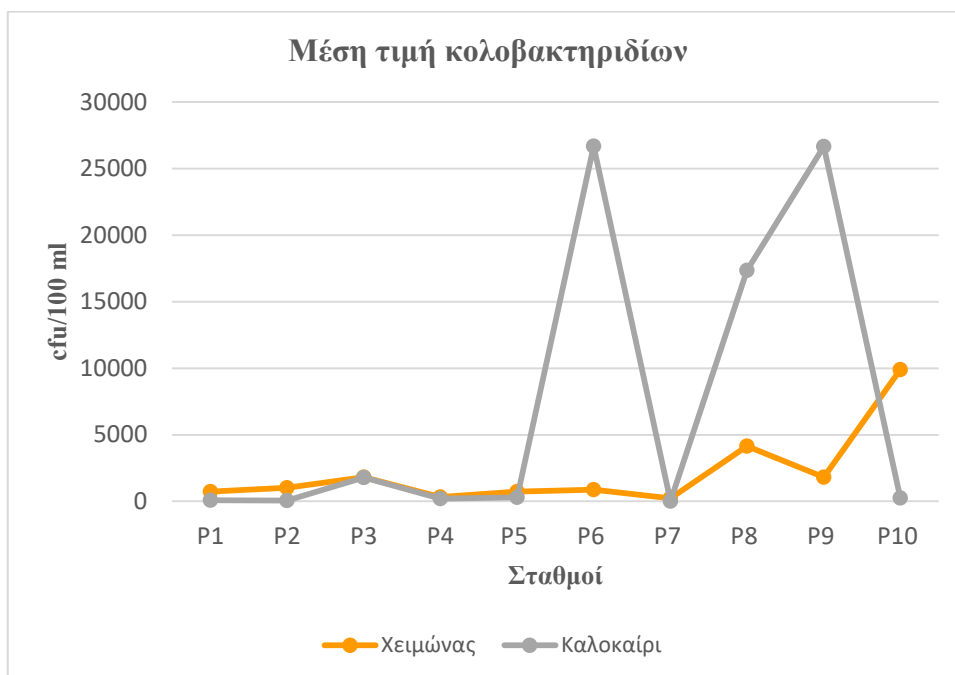
σταθμούς. Γενικά τιμές συγκέντρωσης πάνω από 0,23 mg/l χαρακτηρίζουν την ποιότητα του νερού ως κακή κι εδώ παρατηρούνται μεγαλύτερες τιμές καθ' όλη τη διάρκεια της χρονιάς στους σταθμούς P8, P9, P10.

Για τη συγκέντρωση αζώτου των αμμωνιακών προκύπτουν μέγιστες μέσες τιμές συγκέντρωσης στους πλέον κατάντη σταθμούς P8, P9 αλλά και στον P3 με τη διαφορά ότι τη θερινή περίοδο σημειώνεται μεγάλη μέση τιμή συγκέντρωσης και στο σταθμό P1 (Εικόνα 5-6). Στους σταθμούς αυτούς το νερό χαρακτηρίζεται ως κακής ποιότητας και υποβαθμισμένο λόγω της εισροής αστικών λυμάτων.

Με βάση την Εικόνα 5-8, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις φωσφορικών ιόντων εμφανίζονται τη θερινή περίοδο στους σταθμούς P1, P2, P9, P8 ενώ στους λοιπούς σταθμούς εμφανίζονται τη χειμερινή περίοδο.



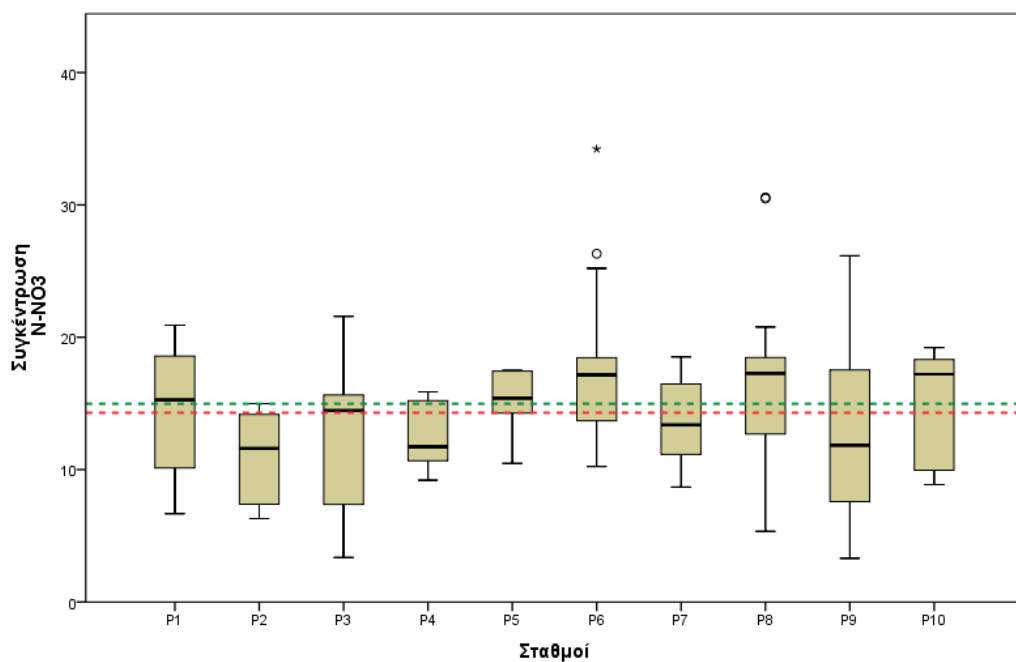
Εικόνα 5-9 Διακύμανση της μέσης τιμής του DO για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη



Εικόνα 5-10 Διακύμανση της μέσης τιμής της κολοβακτηριδίων για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη

Μεταξύ καλοκαιρινής και χειμερινής περιόδου στην Εικόνα 5-9 εμφανίζονται μεγάλες αποκλίσεις των τιμών της συγκέντρωσης στον ίδιο σταθμό και την θερινή περίοδο παρουσιάζονται γενικά ακραίες τιμές στους σταθμούς P7, P4, P10 καθώς είναι εμπλουτισμένοι με διαλυμένο οξυγόνο.

Σχετικά με τα κολοβακτηρίδια, όσον αφορά τη θερινή περίοδο εμφανίζεται παρόμοια εικόνα με το σύνολο του έτους εκτός από το σταθμό P10 όπου παρατηρείται κατακόρυφη πτώση στη μέση συγκέντρωση με βάση την Εικόνα 5-10. Αντίστοιχα στη χειμερινή περίοδο η μέγιστη μέση συγκέντρωση εμφανίζεται στους σταθμούς P10 και P8.

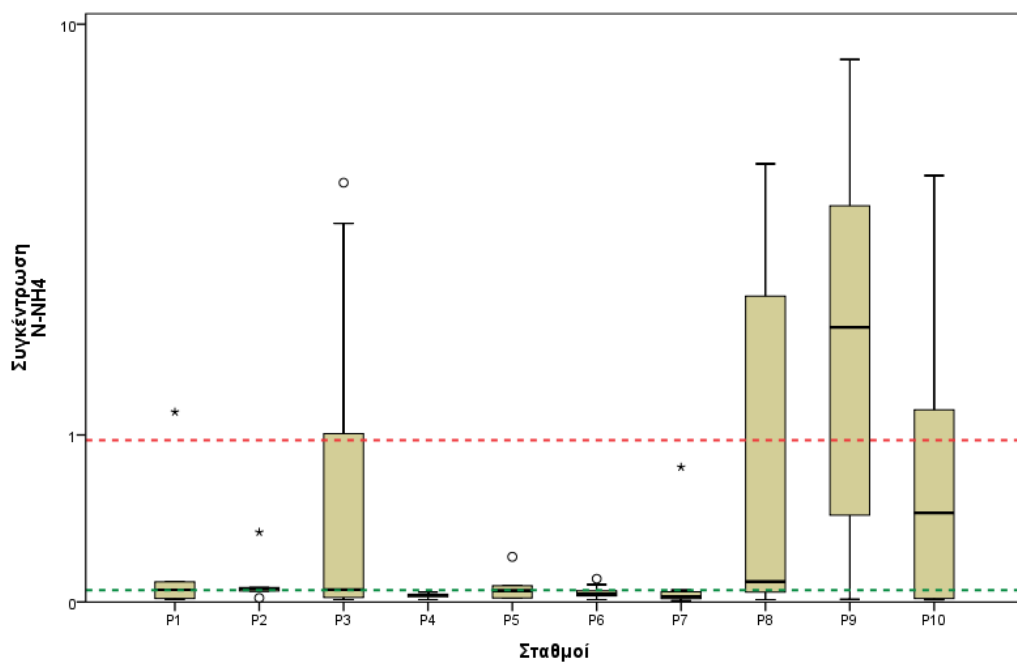


Εικόνα 5-11 Διακύμανση της συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρικών (mg/l) ανά σταθμό

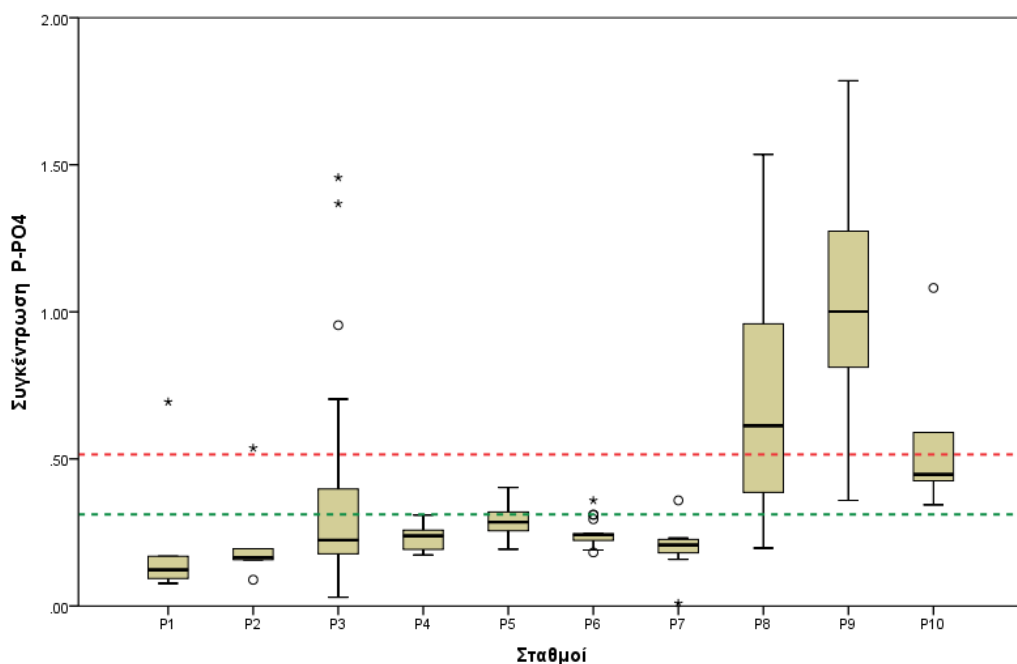
Κόκκινη διακεκομμένη: μέση τιμή
Πράσινη διακεκομμένη: διάμεσος

Ο σταθμός με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις αζώτου στα νιτρικά στις περισσότερες εκ των μετρήσεων είναι ο P6 ακολουθούμενος από τον P8 ενώ οι σταθμοί P1, P3 και P10 παρουσιάζουν συνήθως σχετικά υψηλές τιμές και μεγάλες διακυμάνσεις κατά την περίοδο των μετρήσεων. Οι σταθμοί με τις χαμηλότερες συγκριτικά με τους υπόλοιπους συγκεντρώσεις αζώτου στα νιτρικά είναι οι P2, P4 και P7, οι οποίοι παρουσιάζουν συνήθως συγκεντρώσεις χαμηλότερες του συνολικού μέσου όρου και διαμέσου (Εικόνα 5-11).

Όσον αφορά τη συγκέντρωση του αζώτου στα αμμωνιακά προκύπτουν μέγιστες μέσες τιμές συγκέντρωσης στους πλέον κατάντη σταθμούς P8, P9, P10 αλλά και στον P3 με το μεγαλύτερο εύρος τιμών να σημειώνεται στον σταθμό P9 (Εικόνα 5-12). Στους σταθμούς αυτούς το νερό χαρακτηρίζεται ως κακής ποιότητας και υποβαθμισμένο λόγω της εισροής αστικών λυμάτων.



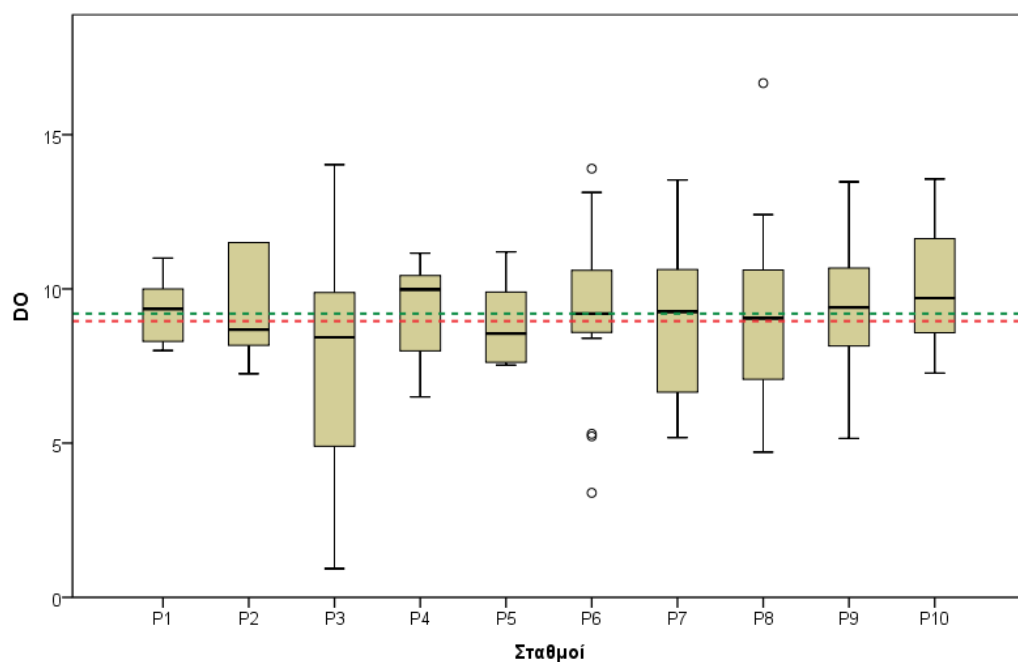
Εικόνα 5-12 Διακύμανση της συγκέντρωσης του αζώτου των αμμωνιακών (mg/l) ανά σταθμό



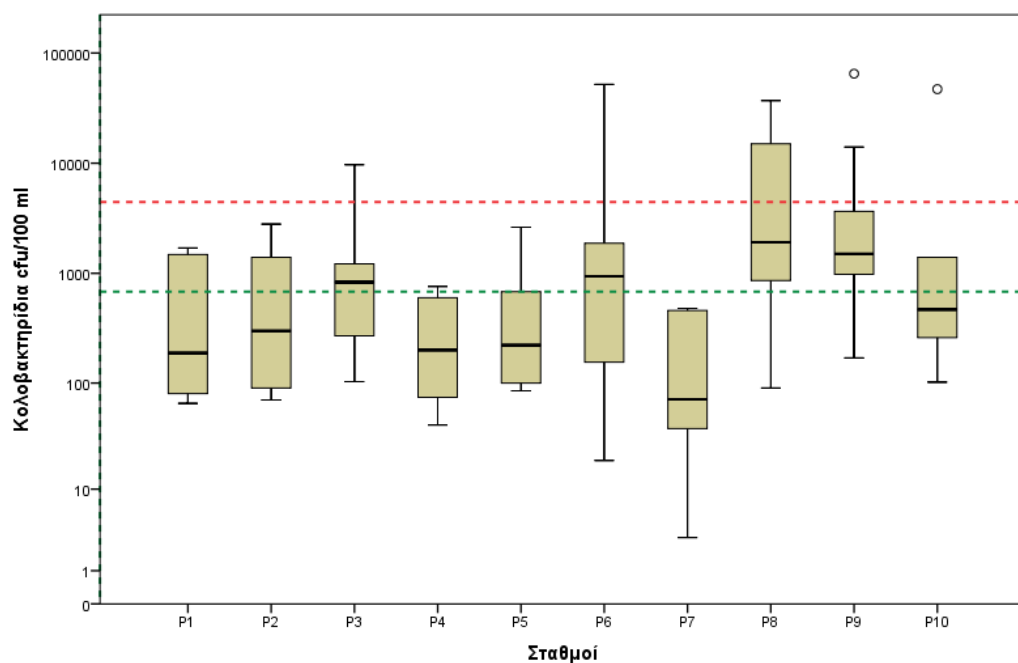
Εικόνα 5-13 Διακύμανση της συγκέντρωσης του φωσφόρου των φωσφορικών (mg/l) ανά σταθμό

Με βάση την Εικόνα 5-13 προκύπτει ότι οι τιμές της συγκέντρωσης του φωσφόρου στα φωσφορικά εμφανίζονται αυξημένες στους πλέον κατάντη σταθμούς P8, P9, P10 και P3. Οι μέσες τιμές γενικά αυξοομοιώνονται από ανάντη προς κατάντη, γεγονός που υποδεικνύει

πως οι συγκεντρώσεις των φωσφορικών στο ρέμα εξαρτώνται από εξωτερικούς παράγοντες.



Εικόνα 5-14 Διακύμανση των τιμών του DO σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας
Κόκκινη διακεκομμένη: μέση τιμή
Πράσινη διακεκομμένη: διάμεσος

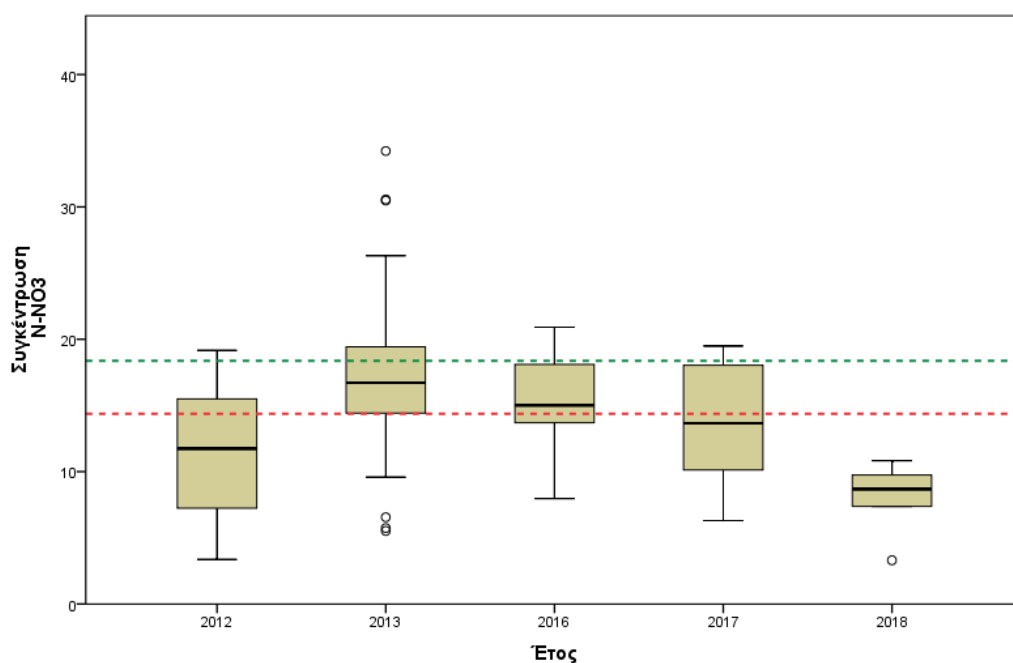


Εικόνα 5-15 Διακύμανση της τιμής των κολοβακτηρίων ανά σταθμό
Κόκκινη διακεκομμένη: μέση τιμή
Πράσινη διακεκομμένη: διάμεσος

Στην Εικόνα 5-14 παρατηρείται μεγαλύτερο εύρος τιμών του διαλυμένου οξυγόνου στο σταθμό P3 με τη μεγαλύτερη και μικρότερη τιμή στο σύνολο των σταθμών. Η μέση τιμή όλων των σταθμών είναι στα 8mg/l η οποία χαρακτηρίζεται γενικά ως υψηλή.

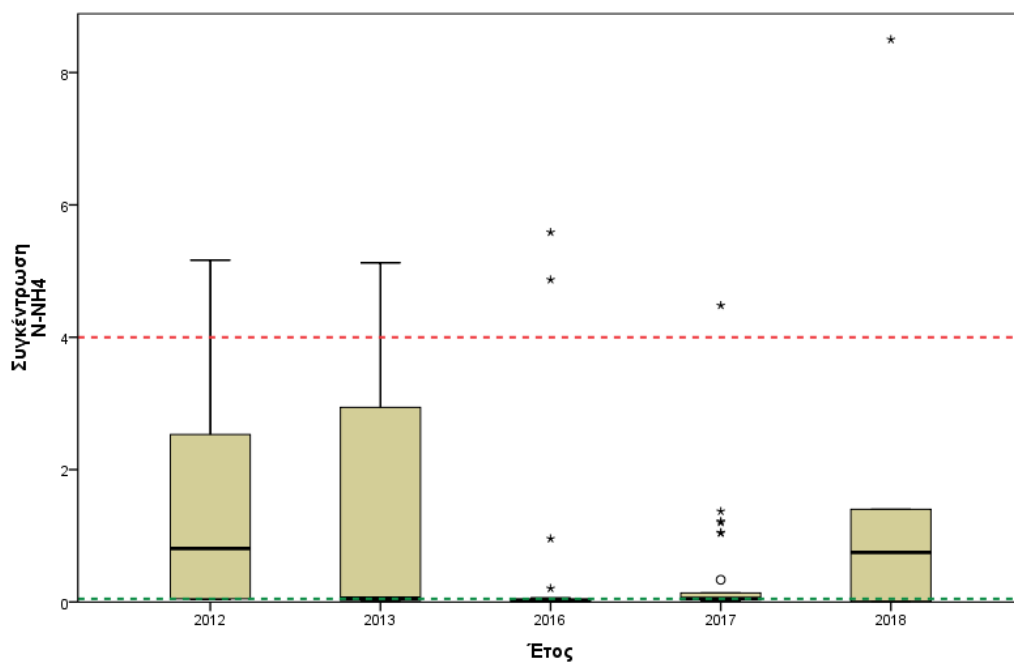
Σύμφωνα με την Εικόνα 5-15 το μεγαλύτερο εύρος τιμών των κολοβακτηριδίων σημειώνεται στον σταθμό P6 ενώ η μέση τιμή συγκέντρωσης από όλους τους σταθμούς προκύπτει αρκετά αυξημένη.

5.1.2 Ετήσιες μεταβολές φυσικοχημικών παραμέτρων, θρεπτικών και κολοβακτηριδίων

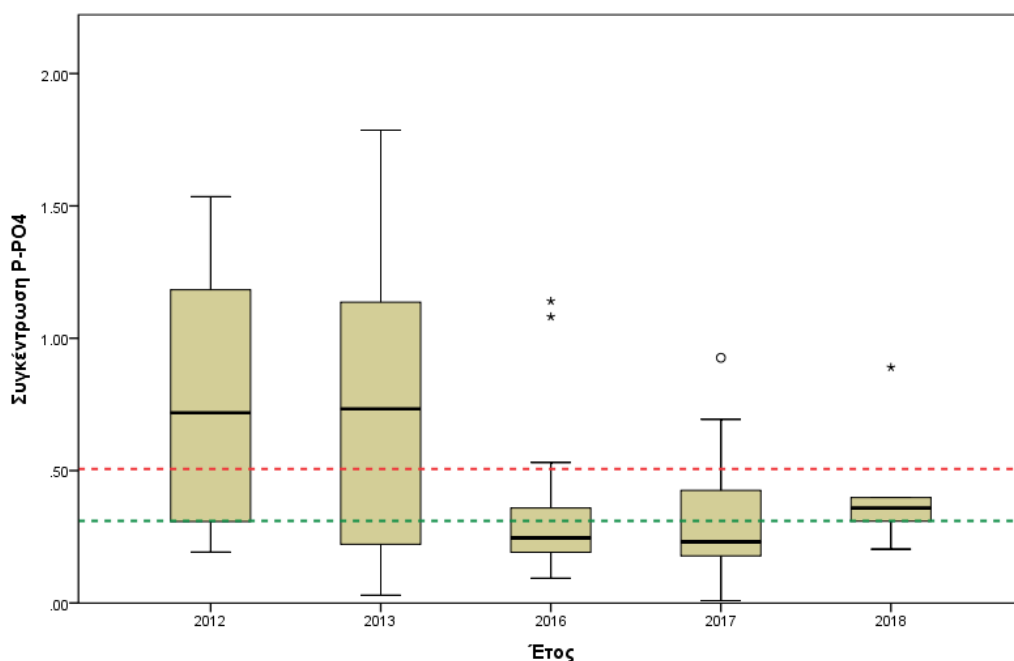


Εικόνα 5-16 Διακύμανση της συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρικών (mg/l) ανά έτος στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας

Σύμφωνα με την Εικόνα 5-16 το μεγαλύτερο εύρος τιμών για τη συγκέντρωση του αζώτου στα νιτρικά προκύπτει στις δειγματοληψίες του 2012 και οι υψηλότερες τιμές σημειώνονται το 2013.



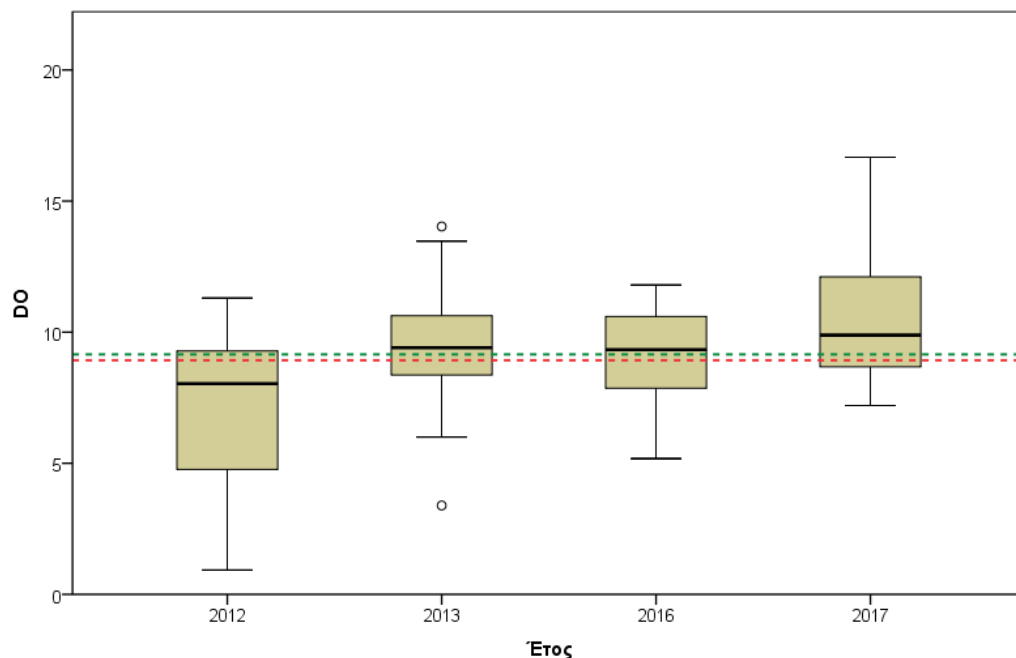
Εικόνα 5-17 Διακύμανση της συγκέντρωσης του αζώτου των αμμωνιακών (mg/l) ανά έτος στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας



Εικόνα 5-18 Διακύμανση της συγκέντρωσης του φωσφόρου των φωσφορικών (mg/l) ανά έτος στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας

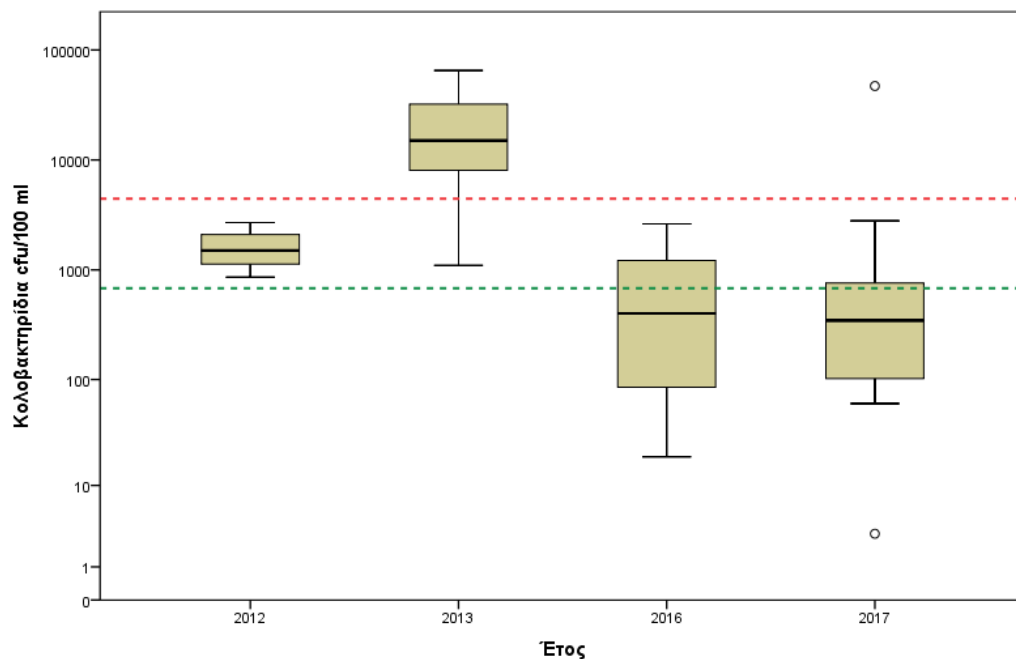
Σύμφωνα με την Εικόνα 5-17 προκύπτει για τη συγκέντρωση του αζώτου στα αμμωνικά μεγάλο εύρος τιμών τα έτη 2012, 2013 όπου σημειώνονται και οι μεγαλύτερες μέσες τιμές.

Αντίστοιχη εικόνα εμφανίζεται και για τη συγκέντρωση του φωσφόρου στα φωσφορικά σύμφωνα με την Εικόνα 5-18.



Κόκκινη διακεκομμένη: μέση τιμή
Πράσινη διακεκομμένη: διάμεσος

Εικόνα 5-19 Διακύμανση των τιμών του DO ανά έτος στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας

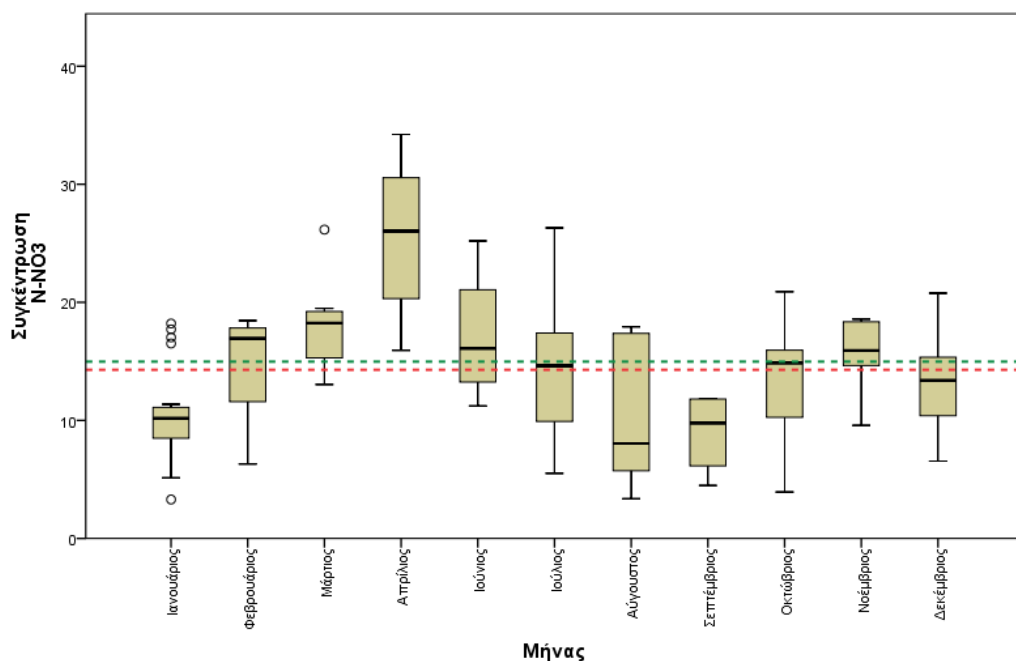


Κόκκινη διακεκομμένη: μέση τιμή
Πράσινη διακεκομμένη: διάμεσος

Εικόνα 5-20 Διακύμανση των τιμών των κολοβακτηριδίων ανά έτος στο σύνολο των σταθμών

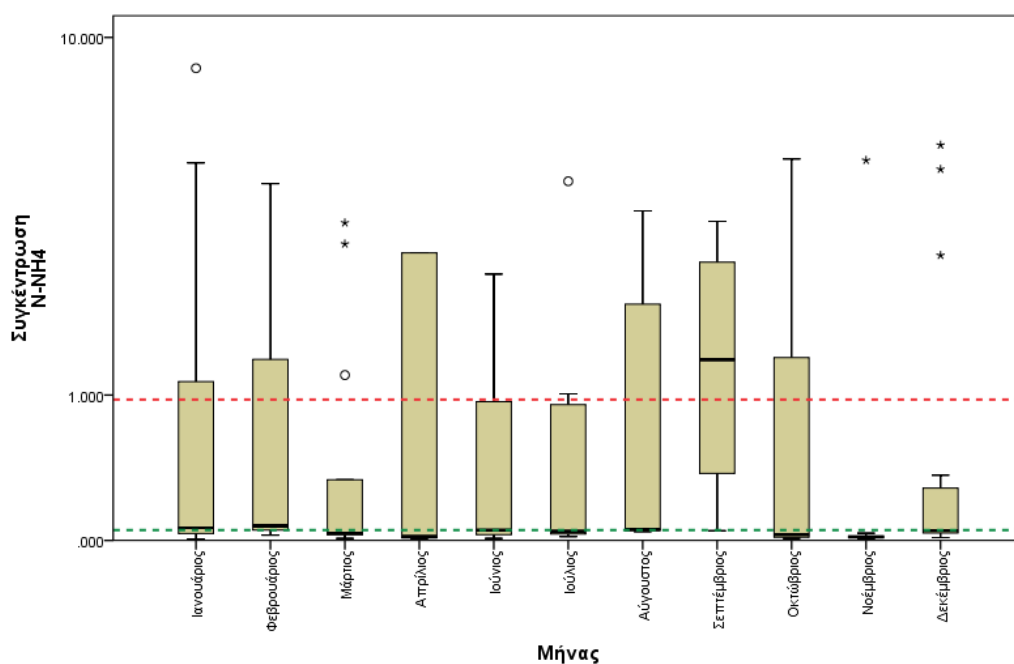
Για το διαλυμένο οξυγόνο, οι δειγματοληψίες του 2012 εμφανίζουν το μεγαλύτερο εύρος τιμών με βάση την Εικόνα 5-19, ενώ για τα κολοβακτηρίδια οι υψηλότερες τιμές συγκέντρωσης σημειώθηκαν στις δειγματοληψίες του 2013 όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5-20.

5.1.3 Μηνιαίες μεταβολές φυσικοχημικών παραμέτρων, θρεπτικών και κολοβακτηριδίων

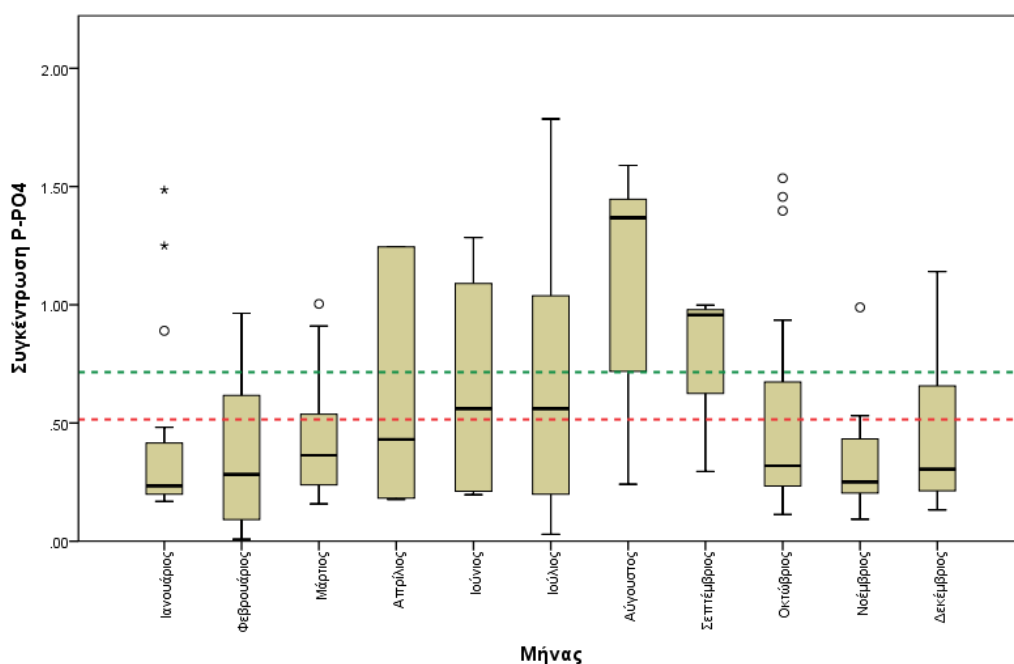


Εικόνα 5-21 Διακύμανση της συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρικών (mg/l) ανά μήνα στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας

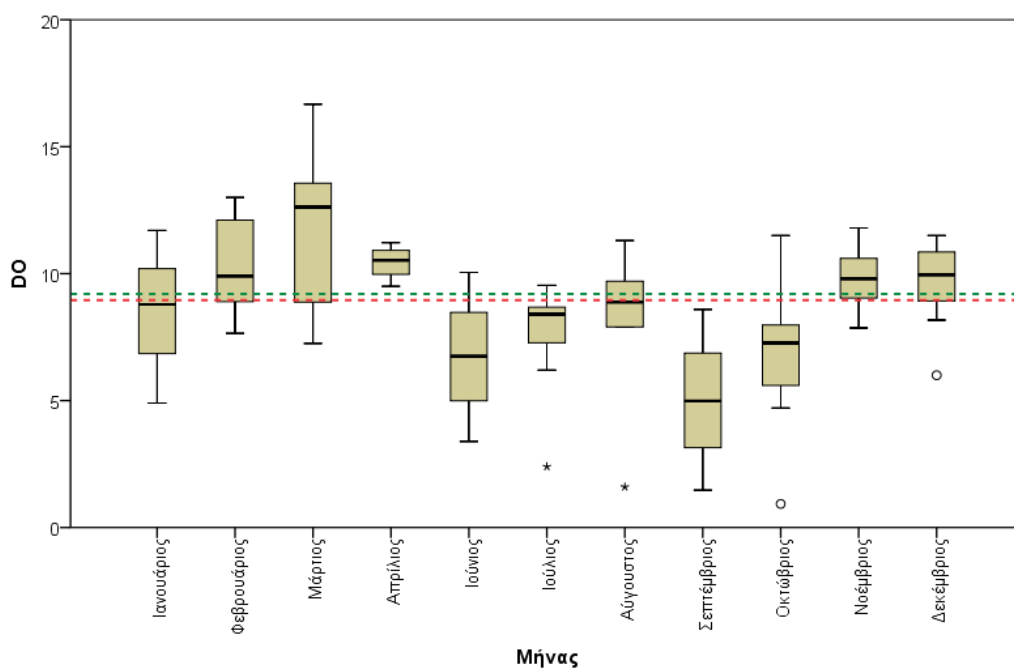
Από την Εικόνα 5-21 συμπεραίνεται αυξητική τάση στις τιμές συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρικών από τον Ιανουάριο μέχρι Απρίλιο, ακολουθεί πτώση τους καλοκαιρινούς μήνες και από Οκτώβριο οι τιμές ακολουθούν ξανά ανοδική πορεία, καθώς λόγω των βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου οι συγκεντρώσεις ευνοούνται.



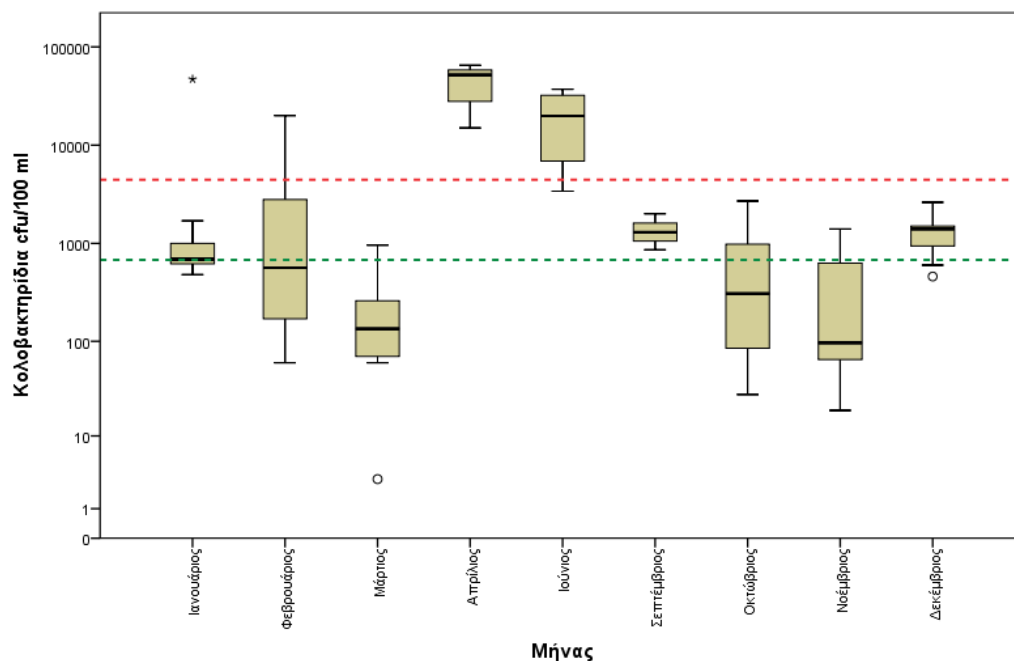
Εικόνα 5-22 Διακύμανση της συγκέντρωσης του αζώτου των αμμωνιακών (mg/l) ανά μήνα στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας



Εικόνα 5-23 Διακύμανση της συγκέντρωσης του φωσφόρου των φωσφορικών (mg/l) ανά μήνα στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας



Εικόνα 5-24 Διακύμανση των τιμών του DO ανά μήνα στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας
Κόκκινη διακεκομμένη: μέση τιμή
Πράσινη διακεκομμένη: διάμεσος



Εικόνα 5-25 Διακύμανση των τιμών των κολοβακτηριδίων ανά μήνα στο σύνολο των σταθμών
Κόκκινη διακεκομμένη: μέση τιμή
Πράσινη διακεκομμένη: διάμεσος

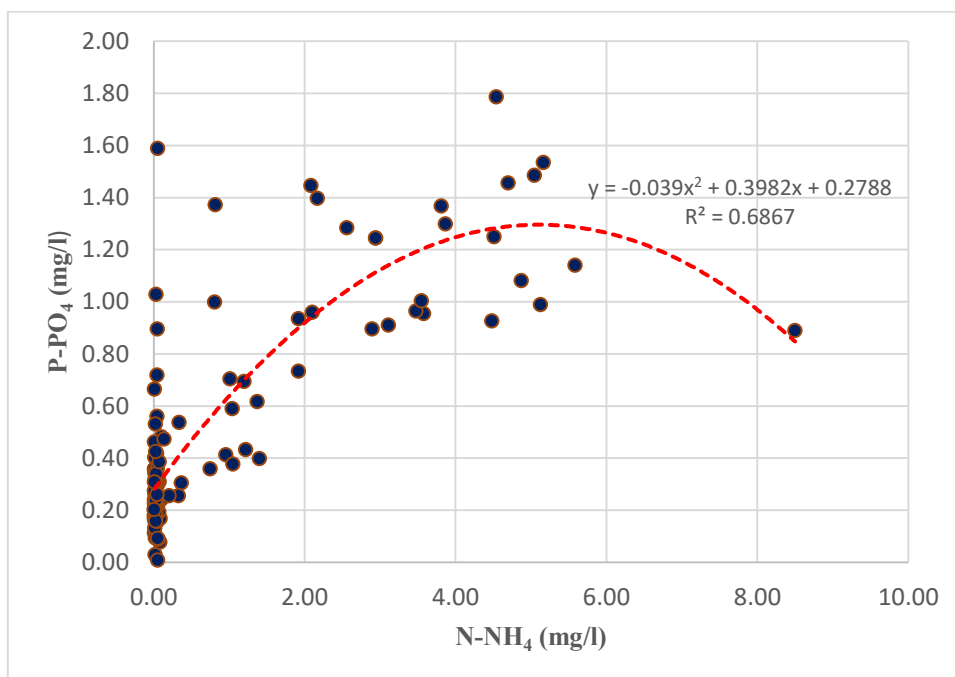
Στην Εικόνα 5-22 συμπεραίνεται ότι οι μέγιστες τιμές της συγκέντρωσης του αζώτου των αμμωνιακών εμφανίζονται Οκτώβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο, αλλά γενικά παρατηρούνται ακραίες τιμές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ για τη συγκέντρωση του φωσφόρου στα

φωσφορικά σύμφωνα με την Εικόνα 5-23 μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται τους καλοκαιρινούς μήνες με μέγιστη τιμή τον Ιούλιο.

Με βάση την Εικόνα 5-24 παρατηρείται μεγάλη διακύμανση στη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου ανά μήνα με τις μεγαλύτερες τιμές να εμφανίζονται τον Μάρτιο και Φεβρουάριο και τις μικρότερες το Σεπτέμβριο, ενώ για τα κολοβακτηρίδια στην Εικόνα 5-25 παρατηρείται ότι οι τιμές συγκέντρωσης παρουσιάζουν αυξητική τάση τους μήνες Απρίλιο και Ιούνιο.

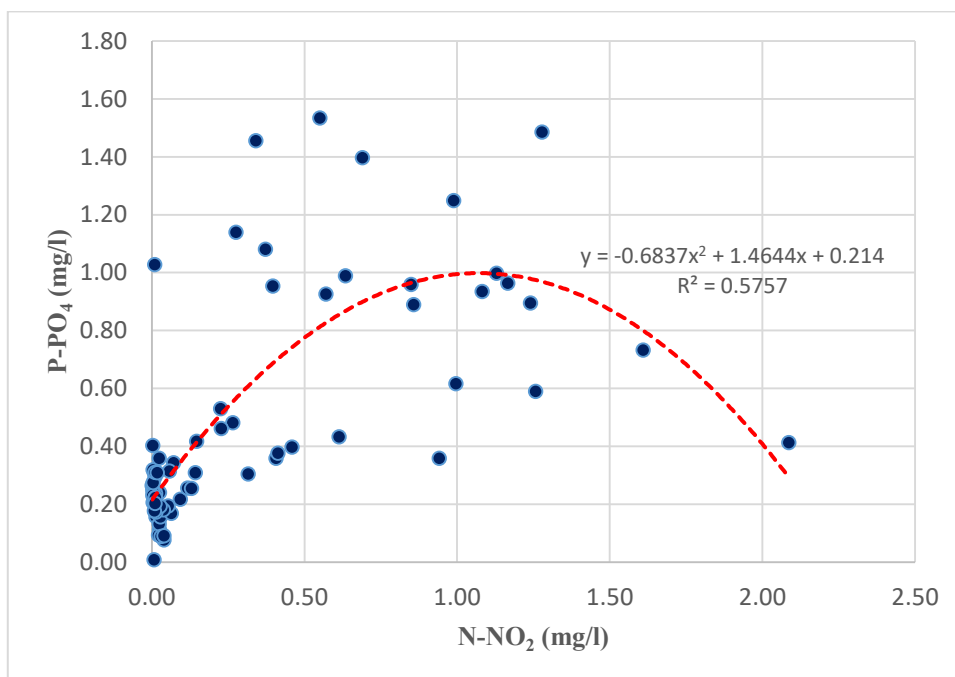
5.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων συσχετίσεων παραμέτρων

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα 4-1 του Κεφαλαίου 4 παρουσιάζεται για το σύνολο του έτους μέση συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων N-NH_4^+ - N-NO_2^- , P-PO_4^{3-} - N-NO_2^- και ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων P-PO_4^{3-} - N-NH_4^+ . Για τους παραπάνω συνδυασμούς η συσχέτιση είναι θετική, ήτοι όταν αυξάνεται η συγκέντρωση της μίας, αυξάνεται και η συγκέντρωση της δεύτερης παραμέτρου. Η κατάλληλη εξίσωση που περιγράφει την ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των P-PO_4^{3-} - N-NH_4^+ όπως φαίνεται στην Εικόνα 5-26 είναι πολωνυμική δευτέρου βαθμού. Η θετική συσχέτιση μεταξύ διαφορετικών ρύπων δύναται να σημαίνει ότι έχουν κοινή πηγή προέλευσης. Επομένως, η συσχέτιση των P-PO_4^{3-} και N-NH_4^+ υποδεικνύει ότι η σχετική πηγή ρύπανσης που αφορά αστικά λύματα είναι κατά πάσα πιθανότητα κοινή και για τις δύο (2) παραμέτρους.

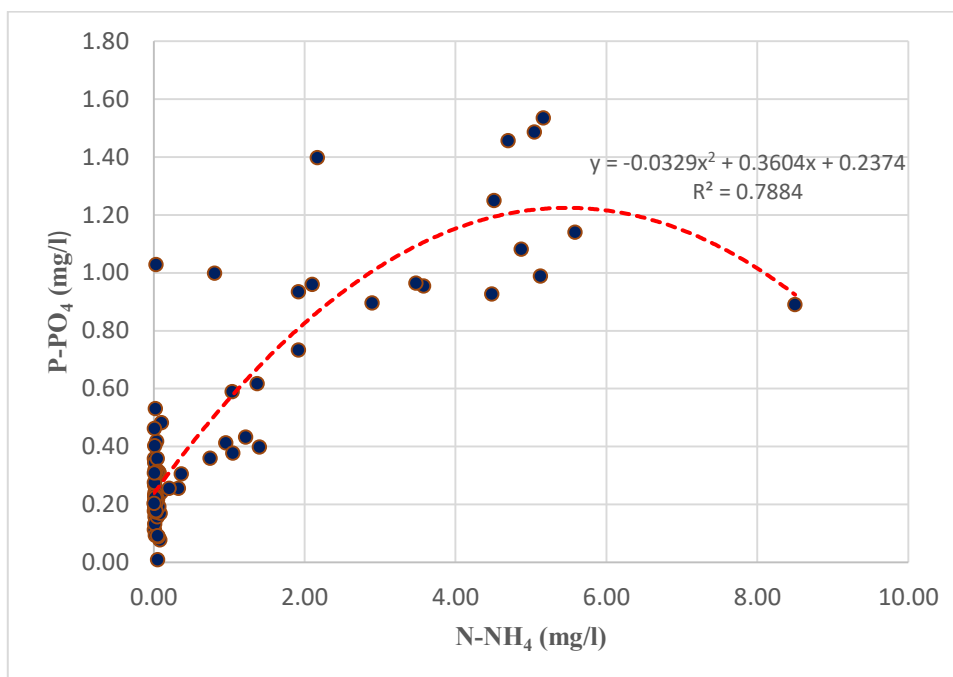


Εικόνα 5-26 Συσχέτιση N-NH_4^+ και P-PO_4^{3-}

Τη χειμερινή περίοδο όπως έχει προκύψει και από τον Πίνακα 4-2 προκύπτει θετική μέση συσχέτιση μεταξύ των N-NH_4^+ - N-NO_2^- , P-PO_4^{3-} - N-NO_2^- (μεγαλύτερου βαθμού) και ισχυρότερη συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων P-PO_4^{3-} - N-NH_4^+ . Αντίστοιχα η γραμμική τάσης δεύτερου πολωνυμικού βαθμού περιγράφει αρκετά καλά τη διακύμανση όπως φαίνεται στην Εικόνα 5-27 και Εικόνα 5-28.

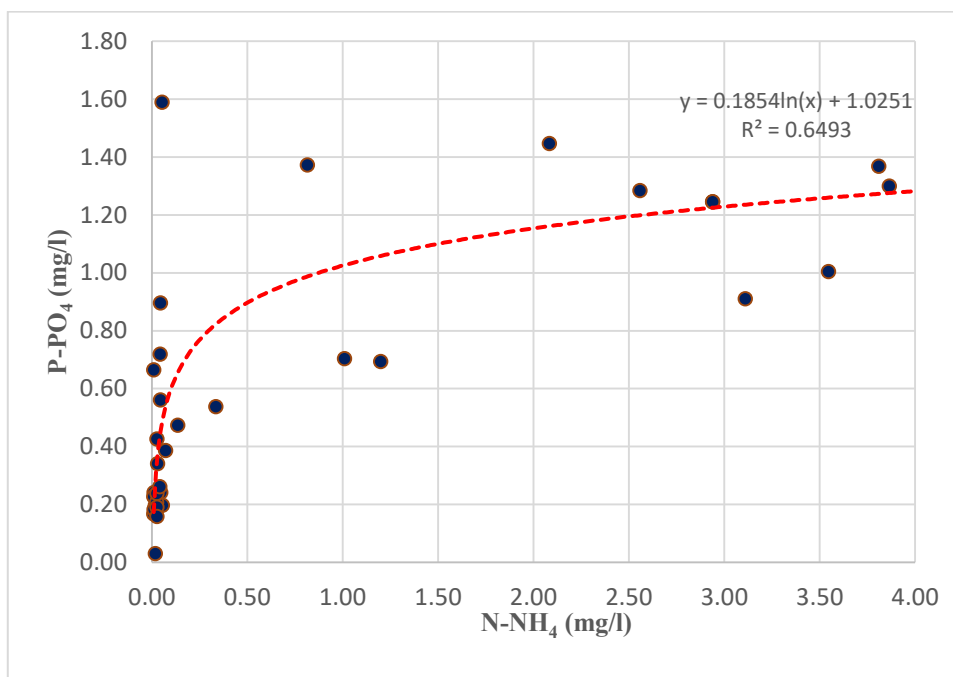


Εικόνα 5-27 Συσχέτιση N-NO_2^- και P-PO_4^{3-} κατά τη χειμερινή περίοδο

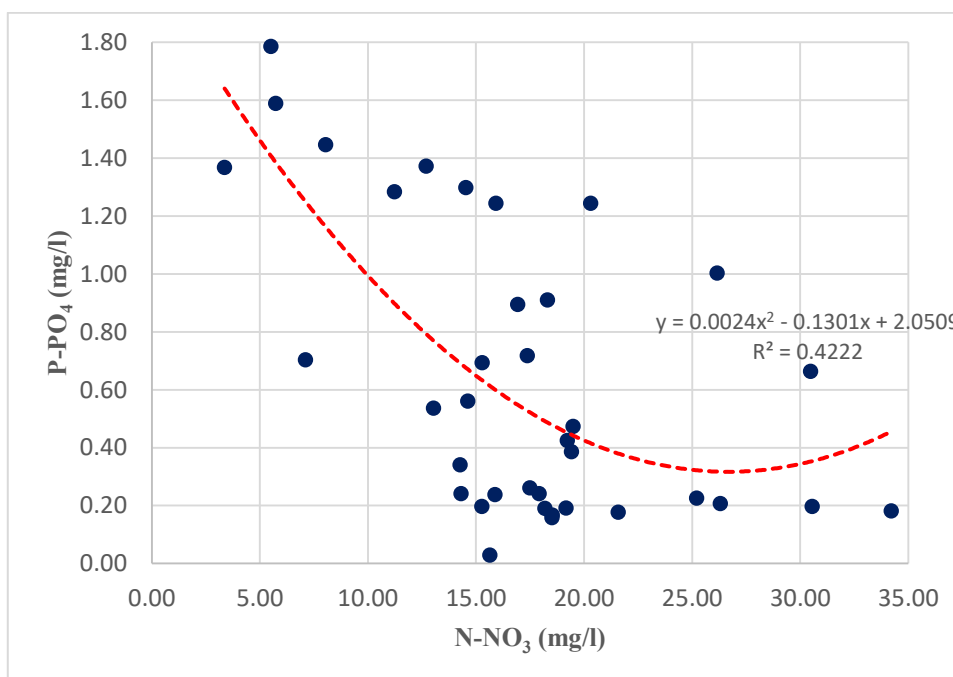


Εικόνα 5-28 Συσχέτιση N-NH_4^+ και P-PO_4^{3-} κατά τη χειμερινή περίοδο

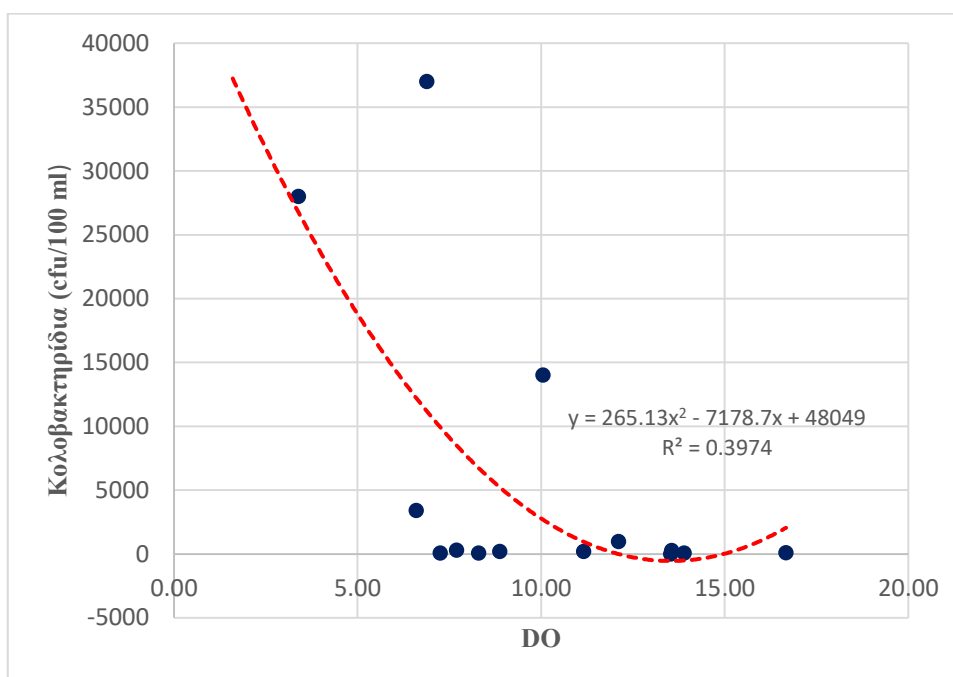
Την καλοκαιρινή περίοδο σύμφωνα με τον Πίνακα 4-3 προκύπτει συσχέτιση μεταξύ περισσότερων παραμέτρων. Οι επιπλέον παράμετροι που εξαρτώνται μεταξύ τους είναι P-PO_4^{3-} - N-NO_3^- με αρνητική μέση συσχέτιση, DO - θερμοκρασία, DO – κολοβακτηρίδια με αρνητική μέση συσχέτιση και αγωγιμότητα με κολοβακτηρίδια με ισχυρή θετική συσχέτιση. Η αρνητική συσχέτιση υποδηλώνει ότι όταν αυξάνεται η συγκέντρωση μιας παραμέτρου μειώνεται η τιμή της δεύτερης παραμέτρου. Ειδικά για το διαλυμένο οξυγόνο η μείωση των τιμών του συνδέεται με αύξηση του οργανικού φορτίου στα ύδατα. Με βάση την Εικόνα 5-29 η λογαριθμική εξίσωση ανταποκρίνεται καλά στη περιγραφή της διακύμανσης των P-PO_4^{3-} , N-NH_4^+ , ενώ στην Εικόνα 5-30 και Εικόνα 5-31 η πολυωνμική δευτέρου βαθμού περιγράφει καλά τη διακύμανση των N-NO_3^- , P-PO_4^{3-} και DO – κολοβακτηριδίων αντίστοιχα κατά τη θερινή περίοδο.



Εικόνα 5-29 Συσχέτιση $N-NH_4^+$ και $P-PO_4^{3-}$ κατά την καλοκαιρινή περίοδο



Εικόνα 5-30 Συσχέτιση $N-NO_3^-$ και $P-PO_4^{3-}$ κατά την καλοκαιρινή περίοδο



Εικόνα 5-31 Συσχέτιση DO και κολοβακτηριδίων κατά την καλοκαιρινή περίοδο

Όσον αφορά τη συσχέτιση φορτίου – συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων (Παράρτημα Β), στο άζωτο των αμμωνιακών, στο φώσφορο των φωσφορικών και στο άζωτο των νιτρικών παρατηρείται σχεδόν ταυτόσημη διακύμανση μεταξύ των φορτίων και των αντίστοιχων συγκεντρώσεων και μόνο στο άζωτο των νιτρικών παρατηρείται ταυτόχρονη αύξηση μέχρι το σταθμό P7 και στους σταθμούς P8, P9 η μεταβολή είναι αντιστρόφως ανάλογη.

5.3 Σχολιασμός αξιολόγησης φυσικοχημικής κατάστασης ρέματος

Από τη διαδικασία υπολογισμού της διαμέσου ανά έτος για τις φυσικοχημικές παραμέτρους προκύπτει ότι η οικολογική κατάσταση του ρέματος το 2012 ήταν κακή με το οξυγόνο να βρίσκεται σε «καλή» κλάση και όλα τα θρεπτικά να ταξινομούνται στη «χαμηλότερη» κλάση. Το 2013, 2016, 2017 το διαλυμένο οξυγόνο ταξινομείται στην «υψηλότερη» κλάση, ενώ το άζωτο των νιτρικών βρίσκεται στη «χαμηλότερη» κλάση όλες τις χρονιές, το άζωτο των αμμωνιακών βρίσκεται σε μια ετήσια διακύμανση με την ποιότητα να κυμαίνεται μεταξύ καλής και υψηλής και το άζωτο των νιτρικών και ο φώσφορος των φωσφορικών κυμαίνονται σε «φτωχή» έως «μέτρια» κλάση.

Αντίστοιχα από τη διαδικασία υπολογισμού του Q_{75} προκύπτει για το διαλυμένο οξυγόνο ότι βρίσκεται σε υψηλές τιμές όλα τα έτη των δειγματοληψιών με αποτέλεσμα το σύνολο των θρεπτικών να κατατάσσονται στην «κακή» ποιότητα με εξαίρεση τα έτη 2016 και 2017 για το άζωτο των αμμωνιακών όπου οι τιμές τους το κατατάσσουν σε «καλή» έως «μέτρια» κατάσταση αντίστοιχα.

Συνεπώς, προκύπτει ότι οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών για το σύνολο του ρέματος και για όλα τα έτη δειγματοληψιών παρουσιάζονται υψηλές με αποτέλεσμα να ευθύνονται για την υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων.

5.4 Σχολιασμός αποτύπωσης ρυπαντικών πιέσεων σε χάρτες

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες παραγράφους η κυριότερη χρήση γης στην περιοχή μελέτης είναι η αστική δόμηση με τις βιομηχανικές / εμπορικές δραστηριότητες να ακολουθούν και αυτές οι χρήσεις αποτελούν τους κυριότερους τομείς πίεσης προς το υδάτινο περιβάλλον του ρέματος. Μεταξύ των παραγόμενων θρεπτικών συστατικών πρωταρχικού ενδιαφέροντος είναι το άζωτο και ο φώσφορος, καθώς είναι οι κυριότεροι παραγόμενοι ρύποι από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και οι κυριότερες αιτίες υποβάθμισης ποιότητας των υδάτων.

Όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 4-1, στο σύνολο της λεκάνης απορροής του ρέματος Πικροδάφνης εντάσσεται μεγάλο πλήθος πιθανών πηγών ρύπανσης, όπως εργοστάσια – εργαστήρια, νοσοκομεία – κλινικές, ξενοδοχεία και σταθμοί αυτοκινήτων με μεγαλύτερο ποσοστό να καταλαμβάνουν τα εργοστάσια – εργαστήρια. Σύμφωνα με την Εικόνα 4-7 το μεγαλύτερο πλήθος πηγών ρύπανσης συναντάται στο Δήμο Αγ. Δημητρίου καθώς εντάσσεται στο σύνολο του σχεδόν στη λεκάνη απορροής του ρέματος. Επίσης σημαντικός αριθμός πιθανών πηγών ρύπανσης παρατηρείται και στο δήμο Δάφνης –Υμηττού με ολόκληρο Οικοδομικό Τετράγωνο να φιλοξενεί εργοστάσια – εργαστήρια όπως φαίνεται στην Εικόνα 4-2. Το μεγαλύτερο ποσοστό νοσοκομείων – κλινικών συναντάται στο Δήμο Ηλιούπολης σύμφωνα με την Εικόνα 4-3, όπως και σταθμών αυτοκινήτων καθώς και στο Δήμο Δάφνης – Υμηττού. Όσον αφορά τα ξενοδοχεία, χωροθετούνται κυρίως στους Δήμους Π. Φαλήρου – Αλίμου, Ν. Σμύρνης και Βύρωνα.

Με βάση τον Πίνακα 4-8 οι σταθμοί που δεχονται την υψηλότερη ρυπαντική πίεση είναι οι P5, P6, P8, P7, ήτοι οι σταθμοί που βρίσκονται στα κατάντη του ρέματος, ενώ ο σταθμός

που δέχεται τη μικρότερη ρυπαντική πίεση είναι ο P1, ο πλέον ανάντη σταθμός. Σύμφωνα με τον Πίνακα 4-9 υψηλές μέσες τιμές συγκέντρωσης θρεπτικών παρατηρούνται γενικά στους κατάντη σταθμούς, αλλά δεν σημειώνεται κατ' ανάγκη η υψηλότερη τιμή στο σταθμό που δέχεται την μεγαλύτερη ρυπαντική πίεση. Αντίστοιχη εικόνα παρατηρείται εξάλλου και στα διαγράμματα συσχετίσεων. Η μεγαλύτερη συσχέτιση παρατηρείται μεταξύ των μέσων τιμών του αζώτου των νιτρικών και της πυκνότητα πιέσεων ανά υπολεκάνη, καθώς σημειώνεται μέση θετική συσχέτιση όπως φαίνεται στην Εικόνα 4-10 και Εικόνα 4-11. Αντίστοιχα στην Εικόνα 4-12, Εικόνα 4-13 και Εικόνα 4-14, Εικόνα 4-15 παρατηρείται η μέγιστη τιμή συγκέντρωσης αζώτου των αμμωνιακών και φωσφόρου των φωσφορικών στο σταθμό P9 ο οποίος όμως δεν δέχεται τη μέγιστη ρυπαντική πίεση. Συνεπώς η πυκνότητα των πηγών ρύπανσης παίζει βασικό ρόλο στο επίπεδο των συγκεντρώσεων ρύπων στα σημεία δειγματοληψίας, δεν είναι όμως ο μοναδικός καθώς σίγουρα επηρεάζονται και από άλλα χαρακτηριστικά, όπως η ένταση και το είδος του ρύπου.

Συνολικά, τα παραπάνω παρουσιάζονται στην Εικόνα 4-8 όπου με κόκκινο χρώμα αποτυπώνονται οι περιοχές που χαρακτηρίζονται με μεγαλύτερη πυκνότητα πιέσεων ενώ με πράσινο οι περιοχές που δεν εμφανίζουν πρόβλημα πυκνότητας πηγών ρύπανσης. Ο Δήμος Αγίου Δημητρίου χαρακτηρίζεται από τα περισσότερα σημεία μεγάλης πυκνότητας, ακολουθεί ο Δήμος Δάφνης-Υμηττού, της Ηλιούπολης και Βύρωνα. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω βέβαια οι μεγαλύτερες μέσες τιμές συγκεντρώσεων των θρεπτικών εμφανίζονται στους σταθμούς δειγματοληψίας που βρίσκονται στα όρια του Δήμου Παλαιού Φαλήρου και αυτό οφείλεται στο ότι δέχονται το σύνολο των ρυπαντικών φορτίων από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες (αστικά λύματα και βιομηχανικά απόβλητα).

5.5 Σύγκριση ποιοτικής κατάστασης ρέματος Πικροδάφνης με προηγούμενες μελέτες – διαχρονικές τάσεις

Όπως έχει αναφερθεί στα πρώτα κεφάλαια για την περιοχή του ρέματος Πικροδάφνης έχουν γίνει μελέτες στο παρελθόν για την ποιοτική κατάσταση του ρέματος από τις οποίες έχει προκύψει ότι το ρέμα δέχεται σημαντικές ρυπαντικές πιέσεις. Το ίδιο συμπέρασμα φυσικά εξάγεται και από τη συγκεκριμένη εργασία με την προσπάθεια όμως να καταγραφούν και να χαρτογραφηθούν οι συγκεκριμένες πιέσεις και να εξηγηθούν οι διακυμάνσεις των

φυσικοχημικών παραμέτρων και θρεπτικών συσχετίζοντάς τα μεταξύ τους και αξιολογώντας τις τιμές τους με τις θέσεις των πηγών ρύπανσης.

Οι όποιες διαφορές που μπορεί να εμφανίζονται στις μέσες ή ακραίες τιμές των συγκεντρώσεων / παρατηρήσεων οφείλονται στο ότι στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιείται μεγαλύτερο εύρος παρατηρήσεων για μεγαλύτερη χρονική περίοδο. Σε σχέση με την διαχρονική κατάσταση των θρεπτικών παρατηρείται ότι τα έτη 2012-2013 εμφανίζονται υψηλές τιμές συγκέντρωσης, τα επόμενα έτη δειγματοληψιών σημειώθηκε πτώση, ενώ οι τελευταίες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν τον Ιανουάριο του 2018 έδειξαν πάλι αυξημένες τιμές. Σχετικά με τις φυσικοχημικές παραμέτρους παρατηρείται διαχρονικά μια σταθερότητα όσον αφορά τις μέσες τιμές των μετρήσεων. Υψηλές συγκεντρώσεις κολοβακτηριδίων παρατηρούνται διαχρονικά στους περισσότερους από τους δειγματοληπτικούς σταθμούς αποδεικνύοντας την ύπαρξη μολυσματικών φαινομένων. Όσον αφορά την αξιολόγηση της φυσικοχημικής κατάστασης του ρέματος με βάση τη διάμεσο των συγκεντρώσεων (Cardoso et al, 2001) παρατηρείται βελτίωση τα έτη 2016-2017 για τα θρεπτικά N-NO_3^- , N-NH_4^+ , N-NO_2^- .

Σε σχέση με παρόμοιες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για ρέματα εντός Αττικής (όπως Ποδονίφτης, Κηφισός κ.α.) συμπεραίνεται ότι η απόρριψη βιομηχανικών και οικιακών λυμάτων αποτελεί κοινός παράγοντας υποβάθμισης ποιότητας υδάτων. Και σε αυτές τις περιπτώσεις έχουν καταγραφεί υψηλές τιμές των θρεπτικών συστατικών υποδεικνύοντας την εισροή αποβλήτων όπως συμβαίνει και στο ρέμα της Πικροδάφνης.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ρέμα της Πικροδάφνης δέχεται σημαντικές ρυπαντικές πιέσεις οι οποίες οφείλονται κυρίως στην ανεξέλεγκτη διάθεση αστικών και βιομηχανικών λυμάτων και απορριμμάτων. Η διαχρονική παρακολούθηση των παραμέτρων DO, N-NO_3^- , N-NO_2^- , N-NH_4^+ , P-PO_4^{3-} , pH, αγωγιμότητας είναι σημαντική για την καταγραφή των ρυπαντικών πιέσεων εφόσον είναι ανθρωπογενούς προέλευσης και οφείλονται σε εισροές υλικών και ρύπων στο ρέμα. Πιο συγκεκριμένα από τη συγκεκριμένη εργασία προκύπτουν τα παρακάτω:

- Οι τιμές της αγωγιμότητας είναι ενδεικτικές της ποιότητας των υδάτων του ρέματος, καθώς απόβλητα και ρύποι που εισέρχονται σε αυτό, τροποποιούν την αγωγιμότητα και συνεπώς η απότομη αύξηση των τιμών της υποδηλώνει ρύπανση των υδάτων. Σε όλους τους σταθμούς οι τιμές της αγωγιμότητας κυμαίνονται πολύ παραπάνω από το ενδεικτικό επίπεδο και ειδικά στους κατάντη σταθμούς οι τιμές εκτινάσσονται λόγω της συγκέντρωσης ανθρωπογενών ρύπων.
- Ο οργανισμός προστασίας του περιβάλλοντος της Αμερικής θεωρεί τη συγκέντρωση των κολοβακτηριδίων στα εσωτερικά ύδατα ως καλή ένδειξη έκθεσής τους σε παθογόνους μικροοργανισμούς και θεσπίζει ως πρότυπη τιμή αναφοράς τη μέση τιμή συγκέντρωσης 126 cfu/100 ml. Οι μικροβιολογικές αναλύσεις υπέδειξαν ως αρκετά ρυπασμένα τα ύδατα των πλέον κατάντη σταθμών καθώς σημειώθηκαν τιμές πολύ υψηλότερες από την παραπάνω και μεγαλύτερη πιθανότητα μόλυνσης εμφανίζεται τους θερινούς μήνες.
- Η όποια παρατήρηση μεταβολής της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου αποτελεί ένδειξη αλλαγών της συγκέντρωσης που επηρεάζουν τα χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των υδάτων. Η μέση τιμή του DO σε όλους τους σταθμούς χαρακτηρίζεται γενικά ως υψηλή καθώς σημειώνονται τιμές πάνω από 8mg/l, ενώ παρατηρούνται αποκλίσεις στον ίδιο σταθμό μεταξύ θερινής – χειμερινής περιόδου. Οι κατά τόπους χαμηλές περιεκτικότητες σε DO υποδηλώνουν πιθανή ύπαρξη οργανικού φορτίου.
- Η φυσιολογική τιμή του pH κυμαίνεται από 6 έως 9. Την καλοκαιρινή περίοδο με τη φωτοσύνθεση η τιμή του pH μπορεί να αυξηθεί σημαντικά. Σε τιμές από 6,5 – 8,5 οι βιοτικοί παράγοντες μπορούν να εξελιχθούν ομαλά, ενώ εκτός των ορίων υπάρχει πιθανότητα ρύπανσης του νερού. Στους ενδιάμεσους σταθμούς του ρέματος προκύπτουν μεγαλύτερες μέσες τιμές, ενώ στους υπόλοιπους χαμηλότερες.

- Η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 12 και 18°C σε όλους τους σταθμούς, ήτοι σε λογικά επίπεδα. Όσον αφορά την παροχή οι μέσες τιμές αυξάνονται από ανάντη προς κατάντη με τη μέση τιμή να εκτινάσσεται στο σταθμό P9, πιθανόν λόγω κάποιου δευτερεύοντα κλάδου ή από διαθέσιμες παράνομων αγωγών ομβρίων και λυμάτων.
- Το άζωτο και ο φώσφορος αποτελούν θρεπτικά που επηρεάζουν ένα υδάτινο οικοσύστημα. Οι διακυμάνσεις και οι υψηλές τιμές που παρατηρούνται στις συγκεντρώσεις του αζώτου των νιτρικών, των νιτρωδών και των αμμωνιακών χαρακτηρίζουν το νερό ως κακής ποιότητας. Αντίστοιχα οι μέσες τιμές του φωσφόρου των φωσφορικών αυξομοιώνονται από ανάντη προς κατάντη, συνεπώς εξαρτώνται από εξωτερικούς παράγοντες.
- Όσον αφορά τη διαχρονική κατάσταση των θρεπτικών παρατηρείται μια αυξητική τάση τα έτη 2012, 2013 με τις πιο ακραίες τιμές και μεγαλύτερο εύρος τιμών να σημειώνονται το έτος 2013 και στη συνέχεια εμφανίζεται πτώση των τιμών τα έτη 2016, 2017 εκτός από το άζωτο των αμμωνιακών όπου από το 2013 έως 2017 οι τιμές κυμαίνονται σε αρκετά χαμηλά επίπεδα. Σχετικά με το διαλυμένο οξυγόνο όλα τα έτη σημειώνονται παρόμοιες τιμές, εξού και η διάμεσος με τη μέση τιμή σχεδόν ταυτίζονται σε όλα τα έτη δειγματοληψιών.
- Παρατηρούνται επίσης εποχιακές διαφοροποιήσεις της ποιότητας των υδάτων, καθώς για το N-NO_3^- η εικόνα είναι δυσμενέστερη τη θερινή περίοδο στο σύνολο του ρέματος, ενώ για το N-NH_4^+ μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται το χειμώνα εκτός από τους σταθμούς P1, P2 (τους πλέον ανάντη σταθμούς). Για τα N-NO_2^- και P-PO_4^{3-} παρατηρείται γενικά μια συνεχή διακύμανση σε κοντινές τιμές όμως, εκτός από τους σταθμούς P1, P2 και P9 όπου εμφανίζεται μεγάλη απόκλιση των παρατηρήσεων με μεγαλύτερες τιμές την καλοκαιρινή περίοδο. Μια γενική εικόνα που εμφανίζεται χειμώνα – καλοκαίρι είναι ότι η χειρότερη κατάσταση εμφανίζεται στο σταθμό P9 (κατάντη σταθμός) και η καλύτερη στους σταθμούς P1, P2 τη χειμερινή περίοδο.
- Από την αξιολόγηση της φυσικοχημικής κατάστασης του ρέματος με βάση τον υπολογισμό της διαμέσου και του 75^{ου} ποσοστημορίου ανά έτος για το διαλυμένο οξυγόνο και τα θρεπτικά προκύπτουν τιμές οι οποίες υποδεικνύουν μια επιβάρυνση του ρέματος για όλα τα έτη κατατάσσοντάς το σε μέτρια με φτωχή κατάσταση.

Διακύμανση παρατηρείται όπως αναφέρθηκε και παραπάνω στο άζωτο των αμμωνιακών όπου οι τιμές που σημειώθηκαν τα έτη 2013 έως 2017 το κατατάσσουν σε καλύτερη ποιοτική κατάσταση.

- Σχετικά με τις συσχετίσεις των παραμέτρων παρατηρείται ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ αζώτου των αμμωνιακών και φωσφόρου των φωσφορικών κατά το σύνολο του έτους, για τη χειμερινή αλλά και θερινή περίοδο κάτι που υποδηλώνει ότι έχουν κοινή πηγή προέλευσης, ενώ κατά τη θερινή περίοδο ισχυρή θετική συσχέτιση εμφανίζεται και μεταξύ αγωγιμότητας – κολοβακτηριδίων.
- Οι διαφοροποιήσεις των τιμών των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων από σταθμό σε σταθμό εξετάζεται αν συσχετίζονται με τη θέση και την πυκνότητα των ρυπαντικών πιέσεων σε κάθε υπολεκάνη σταθμού. Η γενική εικόνα είναι ότι η μεγαλύτερη ποιοτική επιβάρυνση εντοπίζεται στο κατάντη τμήμα του ρέματος με βάση τις μεγαλύτερες και πιο ακραίες τιμές φυσικοχημικών, μικροβιολογικών αναλύσεων και θρεπτικών στοιχείων που έχουν καταγραφεί. Σύμφωνα με τον χάρτη πυκνότητας, η μεγαλύτερη συγκέντρωση πιθανών πηγών ρύπανσης εντοπίζεται στον Δήμο Αγίου Δημητρίου και ειδικά κοντά στους σταθμούς P3 και P4 και στο σταθμό P2 που εντάσσεται στο Δήμο Ηλιούπολης. Η μεγαλύτερη πυκνότητα πιέσεων ανά km^2 εντοπίζεται αντίστοιχα στον σταθμό P5 που βρίσκεται στα όρια του Δήμου Παλαιού Φαλήρου. Σε κανέναν από τους παραπάνω σταθμούς όμως δεν εμφανίζονται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις ρύπων και αυτό εξάλλου αποτυπώνεται και στο διάγραμμα συσχέτισης της πυκνότητας πιέσεων με τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών, καθώς δεν εμφανίζουν ισχυρή συσχέτιση. Πλησίον στους κατάντη σταθμούς, όπως αποτυπώνεται και στους αντίστοιχους χάρτες, υφίστανται έντονες σημειακές πηγές ρύπανσης (συνεργεία στο σταθμό P8, νοσοκομεία στο σταθμό P9 και ξενοδοχείο στο σταθμό P10) που πιθανόν ευθύνονται για τις υψηλές συγκεντρώσεις και δημιουργούν πρόβλημα χωρίς όμως η πυκνότητα ρύπανσης να είναι μεγάλη. Ήτοι, η θέση και η πυκνότητα δεν αποτελούν τον μοναδικό παράγοντα πίεσης, αλλά σίγουρα υπάρχουν και άλλα χαρακτηριστικά όπως η ένταση και το είδος του ρύπου. Επίσης σημαντικές εστίες πηγών ρύπανσης εντοπίζονται στο Δήμο Δάφνης – Υμηττού οι οποίες καταλήγουν στον συμβάλλοντα κλάδο του ρέματος και τελικώς στους κατάντη σταθμούς κοντά στις εκβολές. Συνεπώς δικαιολογούνται οι υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων στο κατάντη τμήμα.

- Με βάση τα παραπάνω θεωρείται επιτακτική η ανάγκη βέλτιστης διαχείρισης και αποκατάστασης των τμημάτων που χαρακτηρίζονται περισσότερο υποβαθμισμένα ποιοτικά. Σχετικά με την διαχείριση και αποκατάσταση του ρέματος Πικροδάφνης δύο βασικά μέτρα αποτελούν:
 - Η οικολογική αποκατάσταση του υποβαθμισμένου οικοσυστήματος με προστασία των φυσικών στοιχείων στο ποτάμι και την παρόχθια ζώνη.
 - Καθώς στο ρέμα έχουν διαπιστωθεί σημαντικές πιέσεις από διάθεση αστικών και βιομηχανικών λυμάτων, είναι αναγκαία η ελαχιστοποίηση της ρύπανσης μέσω εγκαθίδρυσης συνεχούς προγράμματος παρακολούθησης ποιότητας και λήψης δειγμάτων για έλεγχο ποιότητας ώστε να τιμωρούνται οι ρυπαίνοντες με ταυτόχρονη απομάκρυνση των υπαρχόντων αγωγών λυμάτων που καταλήγουν στο ρέμα καθώς και με δράσεις καθαρισμού από τα στερεά απόβλητα που έχουν αποτεθεί στα πρηνή του (ΕΛΚΕΘΕ, 2017).

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές (πηγές) της Εργασίας.

Ελληνική βιβλιογραφία

Ανδρεαδάκης Α. (2008). Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60 για τη Διαχείριση Υδάτινων Πόρων. Απόσπασμα Παρουσίασης στο Ινστιτούτο Τοπικής Αυτοδιοίκησης.

Δημητρίου Η., Μαρκογιάννη Β., Μεντζαφού Α., Ζόγκαρης Σ., Καραούζας Ι., Μπιλιέρος Ι., Κολόμπαρη Ε. (2014). Αποτίμηση της οικολογικής κατάστασης του ρέματος Πικροδάφνης. Τελική Τεχνική Έκθεση. Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων / ΕΛΚΕΘΕ. Φορέας Χρηματοδότησης: Δήμος Αγίου Δημητρίου.

Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2013). Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής των Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής (GR06).

Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία, Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (Μάρτιος 2017). Πράξη «Αύξηση της γνώσης και της ευαισθητοποίησης σχετικά με την ανασύσταση και αποκατάσταση των υγροτόπων της Αττικής – ΕΟΧ». Παραδοτέο ΠΒ2: Τελική Τεχνική Έκθεση με τα αποτελέσματα της παρακολούθησης της ποιότητας υδάτων στο υδατικό σύστημα του ρέματος της Πικροδάφνης – Προτάσεις αποκατάστασης. Για τις υπηρεσίες προς την Περιφέρεια Αττικής για μετρήσεις ποιότητας υδάτων και ορνιθοπανίδας στο πλαίσιο του Υποέργου 5. Αναθέτουσα Αρχή: Περιφέρεια Αττικής.

Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών – Ι.Γ.Μ.Ε. (1986). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, φύλλο Αθήναι – Πειραιεύς, κλίμακα 1:50.000.

Κηλικίδης, Σ. (1979). Σημειώσεις οικολογίας. Δομή, λειτουργία και ρύπανση των οικοσυστημάτων. (σελ. 100) Αριστοτ. Πανεπιστ. Θεσ/νικης, Εκδ. Υπηρ. Δημοσιευμάτων.

Κρίκου, Π. (2015). Η διαχείριση του νερού ως στοιχείο αναβάθμισης του αστικού περιβάλλοντος, η περίπτωση του ρέματος της Πικροδάφνης (Μεταπτυχιακή εργασία). Αρχιτεκτονική – Σχεδιασμός του χώρου ΕΜΠ, Αθήνα.

Μπάση Ε. (2004). Παλαιογεωγραφική εξέλιξη του λεκανοπεδίου Αθηνών από το Άνω Μειόκαινο έως σήμερα (Μεταπτυχιακή διατριβή ειδίκευσης). Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Ντούφας Θ. (2008). Προγραμματισμός παρεμβάσεων για την αναβάθμιση και δικτύωση του αστικού πρασίνου: η περίπτωση του ρέματος Χαλανδρίου (Μεταπτυχιακή Εργασία). Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων και Κτιρίων, ΕΑΠ, Πάτρα.

Παπαδοπούλου Μ., Κατσούρος Σ., Δακόπουλος Ε., Παπαμακάριος Κ., Αναγνωστόπουλος Δ. & ΣΙΑ Ε.Ε., Κολαΐτη Ε., Τάχας Κ., Σαχνίκα Α., Σκλαβενίτης Θ. (2015). Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων έργων διευθέτησης ρέματος Πικροδάφνης από λεωφ. Βουλιαγμένης έως εκβολή. Περιφέρεια Αττικής.

Σέρεσλη, Α. (2014). Περιβαλλοντική αξιολόγηση των ρεμάτων της Αττικής – η περίπτωση της Πικροδάφνης (Μεταπτυχιακή εργασία). Περιβάλλον και Ανάπτυξη ΕΜΠ, Αθήνα.

Σκοταρά, Χρ. (2009). Η σημασία των ρεμάτων στον Αστικό Χώρο. Η περίπτωση του ρέματος της Σαφούς στην πολεοδομική ενότητα 7 του Δήμου Αμαρουσίου (Μεταπτυχιακή εργασία). Πολεοδομία και Χωροταξία ΕΜΠ, Αθήνα.

Σουφλήρης Δ. (2010). Η περίπτωση των ανεξέλεγκτων χωματερών στην Ελλάδα: Μια περιβαλλοντική και νομοθετική θεώρηση. E-learning – Περιβαλλοντικό Δίκαιο και Νομοθεσία – Κύκλος 24^{ος}, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

ΥΠΕΚΑ (Μάρτιος 2016). Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Επικίνδυνων Αποβλήτων.

Χαμπίδη Π. (2012). Φυσικές και ανθρωπογενείς επιπτώσεις στην ποιότητα των νερών και εδαφών της Ανατολικής Αττικής (Διδακτορική Διατριβή). Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Alexakis D. (2002). The impact of geologic and anthropogenic factors on the quality and the chemical composition of East Attica groundwater's. Ph.D Thesis, National and Kapodistrian University of Athens.

Alexakis D. (2010). Diagnosis of stream sediment quality and assessment of toxic element contamination sources in East Attica, Greece. Environ Earth Sci, Vol 63, 1369-1383, DOI 10.1007/s12665-010-0807-9.

- Arditsoglou A., Voutsas D. (2010). Partitioning of endocrine disrupting compounds in inland waters and wastewaters discharged into the coastal area of Thessaloniki, Northern Greece. *Environ Sci Pollut Res*, Vol 17, 529-538.
- Argyrazi A., Paraskos F., Marmara M., Papadopoulou K., Maglaropoulou A. (2013). Comparative geochemistry of three urban streams in Athens: Kifissos – Podoniftis – Pikrodafni. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, Vol 47 (No2), 910-919, <http://dx.doi.org/10.12681/bgsg.11130>.
- Baker A. (2003). Land use and water quality. *Hydrol. Proc.* Vol 17 (No12), 2499-2501.
- Bertahas I., Dimitriou E., Karaouzas I., Laschou S., Zacharias I. (2006). Climate change and agricultural pollution effects on the trophic status of a Mediterranean lake. *Acta hydrochim. hydrobiol*, Vol 34, 349 – 359.
- Beyene A., Addis T., Kifle D., Lagesse W., Kloos H., Triest L. (2009). Comparative study of diatoms and macroinvertebrates as indicators of severe water pollution: Case study of the Kebena and Akaki rivers in Addis Ababa, Ethiopia. *Ecological Indicators*, Vol 9, 381-392.
- Bolund P., Hunhammar S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological economics*, Vol 29, 293-301.
- Cardoso A.C., Duchemin J., Magoarou P., Premazzi G. (2001). Criteria for the identification of freshwaters subject to eutrophication. EUR 19810 EN, EC Joint Research Centre, Ispra, Italy.
- Chang H. (2008). Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea. *Water Research*, Vol 42, 3285-3304.
- Claessens L., Hopkinson C., Rastetter E., Vallino J. (2006). Effect of historical changes in land use and climate on the water budget of an urbanizing watershed. *Water Resour. Res.* Vol 42.
- Craft C., Krull K., Graham S. (2007). Ecological indicators of nutrient enrichment, freshwater wetlands, Midwestern United States. *Ecol. Indicators*, Vol 7 (No4), 733-750.
- Costa- Dias S., Sousa R., Antunes C. (2010). Ecological quality assessment of the lower Lima Estuary. *Marine Pollution Bulletin*, Vol 61, 234-239.

- Cidu R., Biddau R. (2007). Transport of trace elements under different seasonal conditions: Effects of the quality of river water in a Mediterranean area. *Applied Geochemistry*, Vol 22, 2777-2794.
- Charizopoulos E., Mourkidou E. (1999). Occurrence of pesticides in Rain of the Axios River Basin, Greece. *Environ. Sci. Technol.*, Vol 33, 2363-2368.
- Dassenakis M., Scoullou M., Foufa E., Krasakopoulou E., Pavlidou A., Kloukiniotou M. (1997). Effects of multiple source pollution on a small Mediterranean river. *Applied Geochemistry*, Vol 13, 197-211.
- Dimitriou E., Markogiani V., Mentzafou A., Karaouzas I., Zogaris S. (2014). Ecological status assessment of Pikrodafni stream (Attica, Greece), restoration and management measures. *Desalination and Water Treatment*, Vol 56, 1248-1255.
- Dimitriou E., Mentzafou A., Markogianni V., Tzortziou M., Zeri Chr. (2014). Geospatial investigation into groundwater pollution and water quality supported by satellite. Data: a case study from the Evros River (Eastern Mediterranean). *Pure Appl. Geophys.*, Vol 171, 977-995.
- Ferrier R., Edwards A., Hist D., Littlewood I., Watts C., Morris R. (2000). Water quality of Scottish rivers: spatial and temporal trends. *The Science of the Total Environment*, Vol 265, 327-342.
- Grizzetti B., Pistocchi A., Liqueite C., Udias A., Bouraoui F., Van de Bund W. (2017). Human pressures and ecological status of European rivers. *Scientific reports*, Vol 7 (No 205), doi: 10.1038/s41598-017-00324-3.
- Hadjibiros K. (2014). *Ecology and applied environmental Science*. CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Heeb F., Singer H., Pernet-Coudrier B., Qi W., Liu H., Longree P., Muller B., Berg M. (2012). Organic Micropollutants in Rivers Downstream of the Megacity Beijing: Sources and Mass Fluxes in a Large-Scale Wastewater Irrigation System. *Environmental Science & Technology*, Vol 46, 8680-8688.
- Hererro M., Thornton P.K. (2013). Livestock and global change: emerging issues for sustainable food systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol 110 (No 52), 20878-20881, doi: 10.1073/pnas.1321844111.

- Kannel R.P., Lee S., Kannel R.S., Khan S.P., Lee Y. (2007). Spatial-temporal variation and comparative assessment of water qualities of urban river system: a case study of the river Bagmati (Nepal). *Environ Monit Assess*, Vol 129, 433-459, DOI 10.1007/s10661-006-9375-6.
- Karn S.K., Harada H. (2001). Surface water pollution in three urban Territories of Nepal, India and Bagladesh. *Environmental Management*, Vol 28 (No4), 483-496, DOI: 10.1007/s002670010238.
- Kay D., Wyer M., Crowther J., Strapleton C., Bradford M., McDonald A., Greaves J., Francis C., Watkins J. (2005). Predicting faecal indicator fluxes using digital land use data in the UK's sentinel Water Framework Directive catchment: the Ribble study. *Water Resources*, Vol 39, 3967-3981.
- Kirschner K.T.A., Kavka G.G, Velimirov B., Mach L.B., Sommer R., Farnleitner H.A. (2009). Microbiological water quality along the Danube River: Integrating data from two whole-river surveys and a transnational monitoring network. *Water Research*, Vol 43, 3673-3684.
- Loukas A. (2010). Surface water quantity and quality assessment in Pinios River, Thessaly, Greece. *Desalination*, Vol 250, 266-273.
- Malmqvist B., Rundle S. (2002). Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental conservation*, Vol 29, 134-153.
- Miguel E., Charlesworth S., Ordonez A., Seijas E. (2005). Geochemical fingerprints and controls in the sediments of an urban river : River Manzanares, Madrid (Spain). *Science of the Total Environment*, Vol 340, 137-148.
- Nelson K.C., Palmer M.A. (2007). Stream temperature surges under urbanization and climate change: data, models and responses. *Water Resour. Assoc.*, Vol 43, 440-452.
- Ndiritu G.G., Gichuki N.N., Kaur P., Triest L. (2003). Characterization of environmental gradients using physicochemical measurements and diatom densities in Nairobi River, Kenya. *Aq. Ecosyst. Health Manag.*, Vol 6 (No3), 343-354.
- Oncel M.S., Bektas N., Bayar S., Engin G., Caliskan Y., Salar L., Yetis U. (2017). Hazardous wastes and waste generation factors for plastic products manufacturing industries in Turkey. *Sustainable Environment Research*, Vol 27, 188-194.

- Panagiotopoulos I., Kapsimalis V., Hatzianestis I., Kanellopoulou D. Th., Kyriakidou C. (2009). Environmental status of the metropolitan river (Kifissos) of Athens, Greece. *Environ Earth Sci*, DOI 10.1007/s12665-009-0417-6.
- Paul J.M., Meyer L.J. (2001). Streams in the urban landscape. *Annu Rev Syst*, Vol 32, 333-365.
- Sakadevan K., Nguyen KM. (2017). Livestock Production and its impact on Nutrient Pollution and Greenhouse Gas Emissions, Soil and Water Management & Crop Nutrition Section, International Atomic Energy, Chapter 4.
- Skoulikidis N. (1993). Significance evaluation of factors controlling river water composition. *Environ Geol.*, Vol 22, 178-185.
- Skoulikidis N., Bertahas I., Koussouris Th. (1998). The environmental state of freshwater resources in Greece (rivers and lakes). *Environ Geol.*, Vol 36 (No1/2), 1-17.
- Skoulikidis N., Amaxidis Y., Bertahas I., Laschou S., Gritzalis K. (2006). Analysis of factors driving stream water composition and synthesis of management tools – A case study on small/medium Greek catchments. *Science of the Total Environment*, Vol 362, 205-241.
- Skoulikidis N. (2008). Defining chemical status of a temporal Mediterranean River. *Journal of Environmental Monitoring*, Vol 10(7), 842-852.
- Skoulikidis N. (2009). The environmental state of rivers in the Balkans – A review within the PDSIR framework. *Science of the Total Environment*, Vol 407, 2501-2516.
- Qadir M., Wichelns D., Raschid- Sally L., McCornick P., Drechel P., Bahri A., Minhas A. (2010). The challenges of wastewater irrigation in developing countries. *Agric. Water Manage.*, Vol 97 (No4), 561-568.
- Torrisi M., Scrubi S., Dell' Uomo A., Cocchioni M. (2010). Comparative monitoring by means of diatoms, macroinvertebrates and chemical parameters of an Apennine watercourse of central Italy: The river Tenna. *Ecological indicators*, Vol 10, 910-913.
- Varis O. (2006). Megacities, Development and Water. *Int. J. Water Resour. Dev.*, Vol 22 (No2), 199-225.
- Voutsas D., Manoli E., Samara C., Sofoniou M., Stratis I. (2000). A study of surface water quality in Macedonia of nitrogen and phosphorus. *Environmental Pollution Control*

Laboratory, Laboratory of Analytical Chemistry, Department of Chemistry, Aristotle University of Thessaloniki, Greece.

Wakida F., Lerner D. (2004). Non-agricultural sources of groundwater nitrate: a review and case study. Water Research, Vol 39, 3-16.

Zacharias I., Dimitriou E., Koussouris Th. (2003). Developing sustainable water management scenarios by using thorough hydrologic analysis and environmental criteria. Journal of Environmental Management, Vol 69, 401-412.

Πηγές στο διαδίκτυο

<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=250&language=el-GR> (ανακτήθηκε 11/1/2018)

<http://atticawetlands.eu/?project=rema-pikrodafnis> (ανακτήθηκε 1/2/2018)

<http://www.oikoskopio.gr/map/> (ανακτήθηκε 1/2/2018)

<https://filotis.itia.ntua.gr/biotopes/c/AT2011023/> (ανακτήθηκε 1/2/2018)

http://www.ornithologiki.gr/page_cn.php?tID=2730&aID=1164 (ανακτήθηκε 1/2/2018)

<https://www.aua.gr/gpapadopoulos/files/sisxetisi091.pdf> (ανακτήθηκε 1/2/2018)

Δεδομένα από Στατιστική Υπηρεσία

Νομοθεσία

Οδηγία 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.

Παράρτημα Α: Πίνακες δεδομένων

Υπολογισμός παροχής στα σημεία δειγματοληψίας για την 21/1/2018					
B (m)	H (m)	A (m ²)	V (m/s)	Π(m ³ /s)	
P3					
0,32	0,08	0,0256	0,08	0,002048	
0,36	0,06	0,0216	0,09	0,001944	
0,6	0,06	0,036	0,04	0,00144	ΠP3
0,52	0	0	0	0	0,0054
P4					
0,32	0,08	0,0256	0,05	0,00128	
0,4	0,12	0,048	0,02	0,00096	
0,48	0,06	0,0288	0,02	0,000576	ΠP4
0,6	0,04	0,024	0,02	0,00048	0,003296
P6					ΠP6
0,68	0,08	0,0544	0,5	0,0272	0,0272
P7					
0,2	0,12	0,024	0,16	0,00384	
0,48	0,08	0,0384	0,1	0,00384	
0,68	0,04	0,0272	0,08	0,002176	ΠP7
0,48	0	0	0	0	0,0098
P9					
0,32	0,08	0,0256	0,2	0,00512	
0,44	0,08	0,0352	0,15	0,00528	
0,6	0,08	0,048	0,3	0,0144	
0,68	0,04	0,0272	0,3	0,00816	
0,6	0,04	0,024	0,08	0,00192	
0,68	0,04	0,0272	0,5	0,0136	ΠP9
0,68	0	0	0	0	0,04845

Δεδομένα Μετρήσεων ανά χρονολογική σειρά (ΕΛΚΕΘΕ και μετρήσεις 2018)

Σταθμός	Ημερομηνία	N-NO ₃ (g/m ³)	φορτίο N-NO ₃ (g/s)	N-NO ₂ (g/m ³)	φορτίο N-NO ₂ (g/s)	N-NH ₄ (g/m ³)	φορτίο N-NH ₄ (g/s)	P-PO ₄ (g/m ³)	φορτίο P-PO ₄ (g/s)	pH	DO (mg/l)	Αγωγιμότητα (μS/cm)	Θερμοκρασία (oC)	Κολοβακτηρίδια (cfu/100 ml)	Παροχή (m ³ /s)
P3	26/7/2012	7.121	0.034	0.723	0.003	1.011	0.005	0.704	0.003	8.4	2.4	845	24.1		0.0048
P6	26/7/2012	19.169	0.023	0.034	0.00004	0.036	0.00004	0.192	0.0002	8.7	8.4	955	28.5		0.0012
P8	26/7/2012	14.628	0.104	0.027	0.0002	0.045	0.00032	0.561	0.004	8.8	6.2	1088	27.8		0.0071
P3	26/08/2012	3.367		0.299		3.811		1.368	0						
P6	26/08/2012	17.922		0.014		0.048		0.241	0						
P8	26/08/2012	17.373		0.021		0.044		0.718	0						
P9	26/08/2012	8.044		0.476		2.084		1.446	0						
P3	30/08/2012	0		0		0		0	0	8	1.6	827	21.5		0.0023
P6	30/08/2012	0		0		0		0	0	8.2	9.36	942	24.1		
P8	30/08/2012	0		0		0		0	0	8.1	7.9	1073	23.4		0.0039
P9	30/08/2012	0		0		0		0	0	8.2	11.3	963	26.2		0.0186
P10	30/08/2012	0		0		0		0	0	7.5	9.7	47300	28.4		
P3	20/09/2012	4.490	0.013	0.397	0.001	3.577	0.010	0.954	0.003	8.1	1.47	833	23.2	860	0.0029
P6	20/09/2012	11.864	0.045	0.011	0.00004	0.047	0.0002	0.295	0.001	7.8	8.59	963	24.3	1300	0.0038
P8	20/09/2012	11.743	0.148	0.849	0.011	2.100	0.026	0.959	0.012	7.3	4.82	1157	23.4		0.0126
P9	20/09/2012	7.805	0.073	1.129	0.011	0.809	0.008	0.999	0.009	7.5	5.15	981	22.7	2000	0.0094
P3	18/10/2012	3.938	0.029	0.341	0.002	4.697	0.034	1.456	0.011	7.7	0.93	944	21.3	980	0.0073
P6	18/10/2012	10.856	0.031	0.009	0.00003	0.075	0.0002	0.310	0.001	7.6	9.2	968	22	2700	0.0029
P8	18/10/2012	5.336	0.088	0.551	0.009	5.164	0.085	1.535	0.025	7.3	4.71	1106	21.8	2200	0.0165
P9	18/10/2012	7.360	0.105	0.691	0.010	2.170	0.031	1.397	0.020	7.1	5.97	932	21.9	1500	0.0143
P3	13/12/2012	15.456	0.127	0.315	0.003	0.366	0.003	0.305	0.003	7.7	8.17	727	13		0.0082
P6	13/12/2012	15.530	0.273	0.025	0.0004	0.101	0.002	0.241	0.004	7.4	9.95	753	12.3		0.0176

Δεδομένα Μετρήσεων ανά χρονολογική σειρά (ΕΛΚΕΘΕ και μετρήσεις 2018)

Σταθμός	Ημερομηνία	N-NO ₃ (g/m ³)	φορτίο N-NO ₃ (g/s)	N-NO ₂ (g/m ³)	φορτίο N-NO ₂ (g/s)	N-NH ₄ (g/m ³)	φορτίο N-NH ₄ (g/s)	P-PO ₄ (g/m ³)	φορτίο P-PO ₄ (g/s)	pH	DO (mg/l)	Αγωγιμότητα (μS/cm)	Θερμοκρασία (oC)	Κολοβακτηρίδια (cfu/100 ml)	Παροχή (m ³ /s)
P8	13/12/2012	16.387	0.460	0.147	0.004	0.042	0.001	0.418	0.012	7.6	9.82	860	12.7		0.0281
P9	13/12/2012	13.182	0.765	1.241	0.072	2.893	0.168	0.895	0.052	7.1	8.5	992	12		0.058
P3	8/1/2013	16.512	0.134	0.093	0.001	0.053	0.0004	0.217	0.002	7	10.39	741	10.9		0.0081
P6	8/1/2013	17.712	0.124	0.007	0.0001	0.035	0.0002	0.246	0.002	7.5	11.04	867	9.5		0.0070
P8	8/1/2013	18.209	0.313	0.266	0.005	0.104	0.002	0.482	0.008	7.5	10.87	1021	9.9		0.0172
P9	8/1/2013	17.031	0.525	0.989	0.030	4.511	0.139	1.250	0.038	7.5	7.68	1052	10.5		0.0308
P3	11/2/2013	16.247		0.118		0.327		0.256		6.8	8.85	633	12.7		
P6	11/2/2013	17.822		0.010		0.035		0.246							
P8	11/2/2013	15.187		1.167		3.476		0.964		7.1	7.65	890	12.3		
P9	11/2/2013	16.715		1.610		1.921		0.733		7.4	9.31	901	12.9		
P3	12/2/2013	0.000		0		0		0						9700	
P6	12/2/2013	0.000		0		0		0						1100	
P8	12/2/2013	0.000		0		0		0						20000	
P9	12/2/2013	0.000		0		0		0						6700	
P3	11/3/2013	18.540	0.020	0.035	0.00004	0.010	0.00001	0.167	0.000	7	14.03	680	15.3		0.0011
P6	11/3/2013	14.319	0.103	0.013	0.00009	0.012	0.00008	0.241	0.002	7.7	13.13	879	16.1		0.0072
P8	11/3/2013	18.308	0.465	1.153	0.02927	3.111	0.079	0.910	0.023	7.6	9.05	983	15.9		0.0254
P9	11/3/2013	26.157	0.916	3.024	0.10582	3.546	0.124	1.004	0.035	7.4	13.47	1079	17.4		0.0350
P6	16/04/2013	0.000		0		0		0		8		1290	16.6	52000	
P7	16/04/2013	0.000		0		0		0		8.1		1290	17.5		
P8	16/04/2013	30.562		0.008		0.019		0.197		7.8		1380	17.1	15000	
P9	16/04/2013	15.931		1.754		2.940		1.245		8.1		1200	16.7	65000	

Δεδομένα Μετρήσεων ανά χρονολογική σειρά (ΕΛΚΕΘΕ και μετρήσεις 2018)

Σταθμός	Ημερομηνία	N-NO ₃ (g/m ³)	φορτίο N-NO ₃ (g/s)	N-NO ₂ (g/m ³)	φορτίο N-NO ₂ (g/s)	N-NH ₄ (g/m ³)	φορτίο N-NH ₄ (g/s)	P-PO ₄ (g/m ³)	φορτίο P-PO ₄ (g/s)	pH	DO (mg/l)	Αγωγιμότητα (μS/cm)	Θερμοκρασία (oC)	Κολοβακτηρίδια (cfu/100 ml)	Παροχή (m ³ /s)
P3	24/04/2013	21.580	0.343	0.026	0.0004	0.019	0.0003	0.177	0.003	6.9	11.22	729	16.8		0.0159
P6	24/04/2013	34.224	0.270	0.010	0.0001	0.012	0.0001	0.182	0.001	7.1	10.44	1015	17.4		0.0079
P8	24/04/2013	30.485	0.351	0.532	0.006	0.010	0.0001	0.664	0.008	7.4	10.61	1110	17.7		0.0115
P9	24/04/2013	20.314	0.420	1.764	0.037	2.940	0.061	1.245	0.026	7.7	9.5	1142	20.9		0.0207
P9	21/05/2013	14.532		1.292		3.865		1.299		7	8.44	1037	24.4		
P3	25/06/2013	15.272	0.069	0.022	0.0001	0.055	0.0002	0.197	0.001	8	6.6	983	21	3400	0.0045
P6	25/06/2013	25.208	0.179	0.005	0.00003	0.010	0.0001	0.226	0.002	7.8	3.39	1132	23.6	28000	0.0071
P8	25/06/2013	11.224	0.241	0.317	0.007	2.559	0.055	1.284	0.028	7.8	6.89	1214	23.3	37000	0.022
P9	25/06/2013	16.928	0.239	0.215	0.003	0.047	0.001	0.895	0.013	8.4	10.05	1155	25.7	14000	0.014
P3	23/07/2013	15.640	0.048	0.023	0.0001	0.019	0.0001	0.030	0.0001	7	9.54	551	21.3		0.0031
P6	23/07/2013	26.312	0.079	0.009	0.00003	0.026	0.0001	0.207	0.0006	7.1	8.74	1109	23.1		0.0030
P8	23/07/2013	12.696	0.053	0.219	0.001	0.817	0.003	1.373	0.006	7.4	8.61	922	23.2		0.0042
P9	23/07/2013	5.520	0.162	1.153	0.034	4.542	0.133	1.786	0.052	7.6	8.35	808	24.5		0.0293
P9	22/8/2013	5.741		0.098		0.054		1.589		6.6	8.39	745	24.5		0.0110
P9	12/9/2013	6.554		0.009		0.031		1.028		6.8	6	1033	24		0.0199
P9	23/10/2013	9.667		1.083		1.921		0.935		7.3	10.16	1372	17.6		0.7604
P9	28/11/2013	9.583		0.635		5.125		0.989		7.1	10.65	785	14.2		0.17337
P9	15/01/2014	5.141		1.278		5.047		1.486		7	11.7	894	15.1		0.31011
P1	10/31/2016	20.906		0.025		0.011		0.113		8.4	8	793	15.95	118	
P2	10/31/2016	14.983		0.026		0.060		0.172		7.8	6.9	845	16.2	128	
P3	10/31/2016	15.053		0.006		0.019		0.231		8.3	6.4	813	15.49	270	
P4	10/31/2016	15.226		0.001		0.016		0.265		8.3	7.58	831	15.6	74	

Δεδομένα Μετρήσεων ανά χρονολογική σειρά (ΕΛΚΕΘΕ και μετρήσεις 2018)

Σταθμός	Ημερομηνία	N-NO ₃ (g/m ³)	φορτίο N-NO ₃ (g/s)	N-NO ₂ (g/m ³)	φορτίο N-NO ₂ (g/s)	N-NH ₄ (g/m ³)	φορτίο N-NH ₄ (g/s)	P-PO ₄ (g/m ³)	φορτίο P-PO ₄ (g/s)	pH	DO (mg/l)	Αγωγιμότητα (μS/cm)	Θερμοκρασία (oC)	Κολοβακτηρίδια (cfu/100 ml)	Παροχή (m ³ /s)
P5	10/31/2016	14.862	0.095	0.004	0.00003	0.017	0.0001	0.319	0.002	8.2	7.53	888	15.93	85	0.006
P6	10/31/2016	14.578		0.013		0.028		0.236		7.9	5.22	814	16.45	28	
P7	10/31/2016	11.606		0.004		0.015		0.206		8	5.18	942	17.56	38	
P8	10/31/2016	18.103		2.087		0.957		0.413		8.2	7.07	933	16.6	860	
P9	10/31/2016	18.578		0.407		0.011		0.359		8.4	7.95	994	15.82	570	
P10	10/31/2016	16.674		0.072		0.015		0.344		8.3	7.27	1001	16.05	350	
P1	11/22/2016	18.578		0.023		0.022		0.093		8.5	9.8	658	15.6	65	
P2	11/22/2016	14.169		0.014		0.017		0.157		8.1	9.6	687	16	90	
P3	11/22/2016	14.677		0.009		0.011		0.177		8.4	11.8	689	14.8	103	
P4	11/22/2016	15.204	0.055	0.004	0.00001	0.035	0.0001	0.251	0.001	8.3	10.6	713	13.8	41	0.004
P5	11/22/2016	15.919		0.004		0.016		0.403		8.5	9.4	756	16.2	170	
P6	11/22/2016	16.604		0.004		0.021		0.241		8.1	10.6	793	14.8	19	
P7	11/22/2016	14.622	0.101	0.003	0.00002	0.013	0.0001	0.231	0.002	8	8.1	719	15.6	84	0.007
P8	11/22/2016	18.464	0.185	0.005	0.00005	0.012	0.0001	0.275	0.003	8.1	10.2	808	14.9	1400	0.010
P9	11/22/2016	18.390	0.347	0.226	0.004	0.023	0.0004	0.531	0.010	7.8	9.4	826	13.9	1100	0.019
P10	11/22/2016	18.320		0.228		0.009		0.462		7	7.86	821	13.2	630	
P1	12/30/2016	15.259		0.025		0.015		0.133		7.7	11	795	7.8	1480	
P2	12/30/2016	10.166		0.029		0.047		0.157		7.7	11.5	824	9.72	1400	
P3	12/30/2016	10.641		0.028		0.014		0.192		8	8.89	860	8.5	1220	
P4	12/30/2016	11.723		0.008		0.042		0.206		8	10.26	617	7.63	600	
P5	12/30/2016	14.272		0.130		0.206		0.256		7.8	11.2	806	8.33	2620	
P6	12/30/2016	13.694	0.251	0.025	0.0005	0.048	0.001	0.359	0.007	7.6	9.15	624	8.3	940	0.018

Δεδομένα Μετρήσεων ανά χρονολογική σειρά (ΕΛΚΕΘΕ και μετρήσεις 2018)

Σταθμός	Ημερομηνία	N-NO ₃ (g/m ³)	φορτίο N-NO ₃ (g/s)	N-NO ₂ (g/m ³)	φορτίο N-NO ₂ (g/s)	N-NH ₄ (g/m ³)	φορτίο N-NH ₄ (g/s)	P-PO ₄ (g/m ³)	φορτίο P-PO ₄ (g/s)	pH	DO (mg/l)	Αγωγιμότητα (μS/cm)	Θερμοκρασία (oC)	Κολοβακτηρίδια (cfu/100 ml)	Παροχή (m ³ /s)
P7	12/30/2016	13.381		0.012		0.018		0.221		7.6	9.26	669	9	460	
P8	12/30/2016	20.773	0.654	0.058	0.002	0.061	0.002	0.315	0.010	7.6	11.1	762	8.9	2160	0.031
P9	12/30/2016	7.967	2.072	0.276	0.072	5.585	1.452	1.140	0.297	7.5	10.7	532	9.5	1500	0.260
P10	12/30/2016	8.862		0.373		4.870		1.081		7.4	10.3	571	9.3	1400	
P1	1/19/2017	10.129		0.064		0.087		0.169		7	10	572	10.58	1700	
P2	1/19/2017	7.385		0.054		0.054		0.194		7.4	8.68	528	12.14	700	
P3	1/19/2017	8.294		0.038		0.041		0.181		7.7	7.2	529	11.39	620	
P4	1/19/2017	9.197		0.014		0.029		0.173		7.9	8.4	558	10.9	760	
P5	1/19/2017	10.475		0.028		0.070		0.193		7.9	7.62	593	11.26	680	
P6	1/19/2017	10.235	0.506	0.011	0.001	0.032	0.002	0.223	0.011	7.8	8.9	468	11.1	600	0.049
P7	1/19/2017	10.689		0.008		0.035		0.208		7.8	9.4	480	11.7	480	
P8	1/19/2017	11.370	0.628	0.012	0.001	0.020	0.001	0.223	0.012	7.8	10.4	468	11.8	650	0.055
P9	1/19/2017	10.493	0.535	0.414	0.021	1.050	0.053	0.377	0.019	7.2	9.4	483	11.7	1000	0.051
P10	1/19/2017	9.948		0.613		1.220		0.433		6.7	9.3	406	11.6	47000	
P1	2/16/2017	6.672		0.040		0.082		0.077		8	8.9	799	9.68	300	
P2	2/16/2017	6.300		0.031		0.062		0.089		7.7	8.17	594	10.66	2800	
P3	2/16/2017	7.459		0.040		0.052		0.092		7.8	9.88	544	9.44	800	
P4	2/16/2017	11.588		0.009		0.030		0.178		8	9.98	726	9.48	200	
P5	2/16/2017	17.443		0.143		0.053		0.309		8	9.9	817	9.94	100	
P6	2/16/2017	18.455		0.011		0.026		0.311		8.2	13	483	10.3	400	
P7	2/16/2017	18.308	0.664	0.008	0.0003	0.051	0.002	0.009	0.0003	8.1	11.86	624	9.6	60	0.036

Δεδομένα Μετρήσεων ανά χρονολογική σειρά (ΕΛΚΕΘΕ και μετρήσεις 2018)

Σταθμός	Ημερομηνία	N-NO ₃ (g/m ³)	φορτίο N-NO ₃ (g/s)	N-NO ₂ (g/m ³)	φορτίο N-NO ₂ (g/s)	N-NH ₄ (g/m ³)	φορτίο N-NH ₄ (g/s)	P-PO ₄ (g/m ³)	φορτίο P-PO ₄ (g/s)	pH	DO (mg/l)	Αγωγιμότητα (μS/cm)	Θερμοκρασία (oC)	Κολοβακτηρίδια (cfu/100 ml)	Παροχή (m ³ /s)
P8	2/16/2017	17.175	0.931	0.570	0.031	4.481	0.243	0.926	0.050	8.3	12.41	691	10.9	1700	0.054
P9	2/16/2017	18.032	0.997	0.997	0.055	1.370	0.076	0.617	0.034	8	12.11	703	9.5	170	0.055
P10	2/16/2017	17.741		1.257		1.040		0.590		7.7	12.96	715	8.7	102	
P1	3/7/2017	15.290		1.779		1.200		0.694		6.8	8.3	853	14	80	
P2	3/7/2017	13.043		0.813		0.336		0.537		7.7	7.25	780	14.56	70	
P3	3/7/2017	14.263		0.163		0.030		0.341		8.4	8.88	772	14.29	200	
P4	3/7/2017	15.876		0.015		0.028		0.238		8.6	11.16	775	13.67	200	
P5	3/7/2017	17.497		0.044		0.043		0.261		8.4	7.7	822	14.11	290	
P6	3/7/2017	18.189		0.015		0.027		0.190		8.8	13.9	652	14.7	60	
P7	3/7/2017	18.521	0.301	0.008	0.0001	0.027	0.0004	0.158	0.003	8.5	13.53	672	13.5	3	0.016
P8	3/7/2017	19.419	0.465	0.920	0.022	0.072	0.0017	0.386	0.009	8.8	16.67	731	15	90	0.024
P9	3/7/2017	19.489	0.925	0.537	0.025	0.136	0.0065	0.474	0.022	8.4	12.11	748	13.9	960	0.047
P10	3/7/2017	19.224		0.419		0.027		0.425		7.5	13.56	763	13.5	260	
P3	21/1/2018	7.370	0.040	0.46	0.0025	1.4	0.0076	0.398	0.002	6.3	4.9	794	14.7		0.005
P4	21/1/2018	9.740	0.032	0.018	0.0001	0.01	0.0000	0.309	0.001	9	6.5	803	13.8		0.003
P6	21/1/2018	10.830	0.295	0.011	0.0003	0.006	0.0002	0.203	0.006	9.6	5.3	840	13.2		0.027
P7	21/1/2018	8.680	0.086	0.942	0.0093	0.75	0.0074	0.359	0.004	9.2	5.2	940	13.8		0.010
P9	21/1/2018	3.300	0.160	0.858	0.0416	8.5	0.4121	0.89	0.043	9.2	5.2	940	13.8		0.048

Παράρτημα Β: Λοιποί πίνακες στατιστικής επεξεργασίας και διαγράμματα συσχέτισης παραμέτρων

Στατιστικοί δείκτες παραμέτρων ανά σταθμό για το σύνολο των περιόδων					
	P1	P2	P3	P4	P5
N-NO₃⁻					
Μέση Τιμή	14,472	11,008	11,996	12,651	15,078
Διάμεσος	15,275	11,604	14,470	11,723	15,390
Τυπική απόκλιση	5,277	3,631	5,465	2,767	2,609
Διακύμανση	27,849	13,188	29,872	7,657	6,807
Ελάχιστο	6,672	6,300	3,367	9,197	10,475
Μέγιστο	20,906	14,983	21,580	15,876	17,497
Q1	9,264	7,114	7,308	9,740	13,323
Q3	19,160	14,373	15,792	15,226	17,457
Πλήθος	6	6	18	7	6
N-NH₄⁺					
Μέση Τιμή	0,236	0,096	0,862	0,027	0,067
Διάμεσος	0,052	0,057	0,052	0,029	0,048
Τυπική απόκλιση	0,473	0,119	1,520	0,011	0,071
Διακύμανση	0,224	0,014	2,309	0,0001	0,005
Ελάχιστο	0,011	0,017	0,010	0,010	0,016
Μέγιστο	1,200	0,336	4,697	0,042	0,206
Q1	0,014	0,039	0,019	0,016	0,017
Q3	0,365	0,131	1,108	0,035	0,104
Πλήθος	6	6	18	7	6
N-NO₂⁻					
Μέση Τιμή	0,326	0,161	0,174	0,010	0,059
Διάμεσος	0,033	0,030	0,067	0,009	0,036
Τυπική απόκλιση	0,712	0,319	0,204	0,006	0,062
Διακύμανση	0,507	0,102	0,042	0,00004	0,004
Ελάχιστο	0,023	0,014	0,006	0,001	0,004
Μέγιστο	1,779	0,813	0,723	0,018	0,143
Q1	0,024	0,023	0,025	0,004	0,004
Q3	0,493	0,243	0,322	0,015	0,133
Πλήθος	6	6	18	7	6
P-PO₄³⁻					
Μέση Τιμή	0,213	0,218	0,413	0,232	0,290
Διάμεσος	0,123	0,165	0,224	0,238	0,285
Τυπική απόκλιση	0,238	0,160	0,424	0,049	0,071
Διακύμανση	0,056	0,026	0,180	0,002	0,005
Ελάχιστο	0,077	0,089	0,030	0,173	0,193
Μέγιστο	0,694	0,537	1,456	0,309	0,403

Στατιστικοί δείκτες παραμέτρων ανά σταθμό για το σύνολο των περιόδων					
	P1	P2	P3	P4	P5
Q1	0,089	0,140	0,177	0,178	0,240
Q3	0,300	0,280	0,474	0,265	0,340
Πλήθος	6	6	18	7	6
pH					
Μέση Τιμή	7,735	7,735	7,634	8,311	8,128
Διάμεσος	7,865	7,700	7,785	8,300	8,095
Τυπική απόκλιση	0,686	0,220	0,650	0,377	0,253
Διακύμανση	0,471	0,048	0,423	0,142	0,064
Ελάχιστο	6,840	7,420	6,300	7,910	7,830
Μέγιστο	8,460	8,100	8,420	9,000	8,450
Q1	6,960	7,623	6,980	8,030	7,890
Q3	8,400	7,875	8,155	8,560	8,405
Πλήθος	6	6	18	7	6
DO					
Μέση Τιμή	9,333	9,297	7,386	9,211	8,892
Διάμεσος	9,350	8,680	8,430	9,980	8,550
Τυπική απόκλιση	1,138	1,785	3,817	1,736	1,516
Διακύμανση	1,295	3,186	14,572	3,015	2,299
Ελάχιστο	8,000	7,250	0,930	6,500	7,530
Μέγιστο	11,000	11,500	14,030	11,160	11,200
Q1	8,225	7,940	4,275	7,580	7,598
Q3	10,250	11,500	10,008	10,600	10,225
Πλήθος	6	6	18	7	6
Αγωγιμότητα					
Μέση Τιμή	745,000	709,667	749,667	717,571	724,667
Διάμεσος	794,000	733,500	756,500	726,000	746,500
Τυπική απόκλιση	106,660	129,019	129,818	99,274	142,876
Διακύμανση	11376,400	16645,867	16852,588	9855,286	20413,467
Ελάχιστο	572,000	528,000	529,000	558,000	468,000
Μέγιστο	853,000	845,000	983,000	831,000	888,000
Q1	636,500	577,500	668,250	617,000	635,250
Q3	812,500	829,250	836,000	803,000	828,000
Πλήθος	6	6	18	7	6
Θερμοκρασία					
Μέση Τιμή	12,268	13,213	16,095	12,511	12,538
Διάμεσος	12,290	13,350	15,050	13,800	12,685
Τυπική απόκλιση	3,381	2,770	4,866	3,250	3,166
Διακύμανση	8,150	6,480	15,600	8,740	7,870
Ελάχιστο	7,800	9,720	8,500	7,630	8,330
Μέγιστο	15,950	16,200	24,100	16,370	16,200
Q1	9,210	10,425	12,373	9,480	9,538

Στατιστικοί δείκτες παραμέτρων ανά σταθμό για το σύνολο των περιόδων					
	P1	P2	P3	P4	P5
Q3	15,688	16,050	21,300	15,600	15,593
Πλήθος	6	6	18	7	6
Κολοβακτηρίδια					
Μέση Τιμή	623,833	864,667	1815,300	312,500	657,500
Διάμεσος	209,000	414,000	830,000	200,000	230,000
Τυπική απόκλιση	756,299	1080,138	2925,618	296,250	986,224
Διακύμανση	571988,167	1166698,667	8559240,900	87763,900	972637,500
Ελάχιστο	65,000	70,000	103,000	41,000	85,000
Μέγιστο	1700,000	2800,000	9700,000	760,000	2620,000
Q1	76,250	85,000	252,500	65,750	96,250
Q3	1535,000	1750,000	1765,000	640,000	1165,000
Πλήθος	6	6	10	6	6
Παροχή					
Μέση Τιμή			0,006	0,004	0,006
Διάμεσος			0,005	0,004	0,006
Τυπική απόκλιση			0,004	0,001	
Διακύμανση			0,000	0,000	
Ελάχιστο			0,001	0,003	0,006
Μέγιστο			0,016	0,004	0,006
Q1			0,003		
Q3			0,008		
Πλήθος			11	2	1

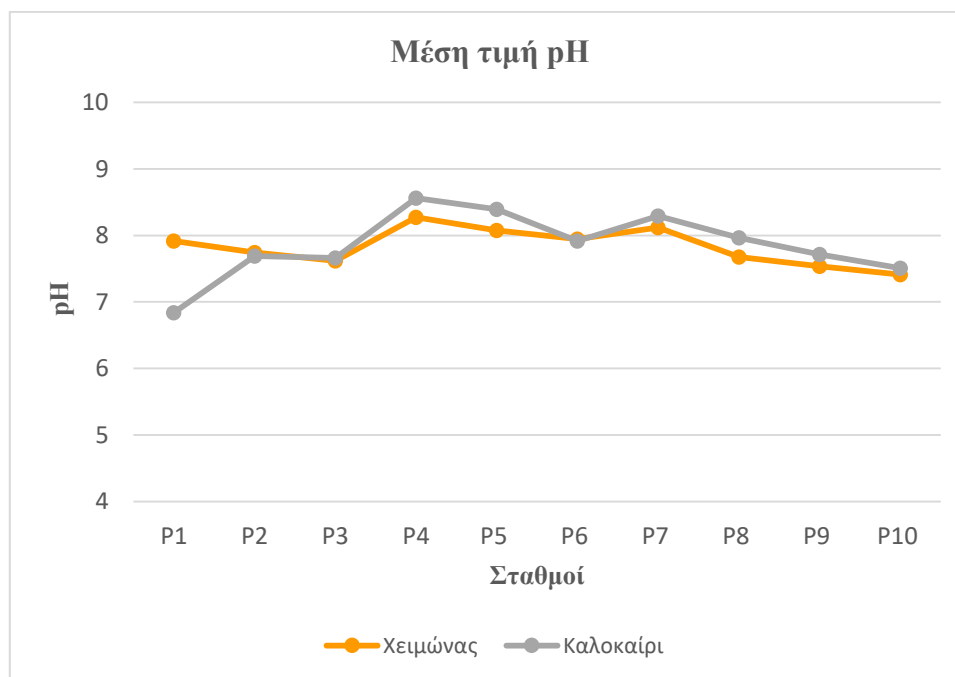
Στατιστικοί δείκτες παραμέτρων ανά σταθμό για το σύνολο των περιόδων					
	P6	P7	P8	P9	P10
N-NO₃⁻					
Μέση Τιμή	17,418	13,687	17,080	12,602	15,128
Διάμεσος	17,158	13,381	17,274	11,838	17,207
Τυπική απόκλιση	6,098	3,743	6,179	6,082	4,523
Διακύμανση	37,184	14,013	38,178	36,985	20,457
Ελάχιστο	10,235	8,68	5,336	3,3	8,862
Μέγιστο	34,224	18,521	30,562	26,157	19,224
Q1	13,237	10,689	12,458	7,471	9,677
Q3	18,634	18,308	18,703	17,782	18,546
Πλήθος	18	7	18	24	6
N-NH₄⁺					
Μέση Τιμή	0,035	0,130	1,283	2,547	1,197
Διάμεσος	0,030	0,027	0,088	2,127	0,534
Τυπική απόκλιση	0,024	0,274	1,740	2,224	1,881
Διακύμανση	0,001	0,075	3,026	4,946	3,538
Ελάχιστο	0,006	0,013	0,010	0,011	0,009

Στατιστικοί δείκτες παραμέτρων ανά σταθμό για το σύνολο των περιόδων					
	P6	P7	P8	P9	P10
Μέγιστο	0,101	0,750	5,164	8,500	4,870
Q1	0,019	0,015	0,036	0,304	0,013
Q3	0,048	0,051	2,697	4,349	2,132
Πλήθος	18	7	18	24	6
N-NO₂⁻					
Μέση Τιμή	0,013	0,141	0,495	0,923	0,494
Διάμεσος	0,011	0,008	0,292	0,924	0,396
Τυπική απόκλιση	0,008	0,353	0,562	0,683	0,416
Διακύμανση	0,0001	0,125	0,315	0,466	0,173
Ελάχιστο	0,004	0,003	0,005	0,009	0,072
Μέγιστο	0,034	0,942	2,087	3,024	1,257
Q1	0,009	0,004	0,025	0,409	0,189
Q3	0,014	0,012	0,867	1,269	0,774
Πλήθος	18	7	18	24	6
P-PO₄³⁻					
Μέση Τιμή	0,244	0,199	0,700	1,025	0,556
Διάμεσος	0,241	0,208	0,613	1,001	0,447
Τυπική απόκλιση	0,047	0,104	0,410	0,384	0,269
Διακύμανση	0,002	0,011	0,168	0,147	0,073
Ελάχιστο	0,182	0,009	0,197	0,359	0,344
Μέγιστο	0,359	0,359	1,535	1,786	1,081
Q1	0,206	0,158	0,368	0,772	0,405
Q3	0,258	0,231	0,961	1,287	0,836
Πλήθος	18	7	18	24	6
pH					
Μέση Τιμή	7,932	8,163	7,803	7,601	7,439
Διάμεσος	7,795	8,070	7,720	7,480	7,500
Τυπική απόκλιση	0,621	0,495	0,482	0,614	0,520
Διακύμανση	0,386	0,245	0,232	0,377	0,270
Ελάχιστο	7,050	7,560	7,070	6,590	6,700
Μέγιστο	9,600	9,200	8,800	9,200	8,310
Q1	7,850	7,850	7,398	7,140	6,950
Q3	8,385	8,385	8,120	8,048	7,700
Πλήθος	18	8	18	24	7
DO					
Μέση Τιμή	9,312	8,933	9,116	9,195	10,136
Διάμεσος	9,200	9,260	9,050	9,400	9,700
Τυπική απόκλιση	2,799	3,129	2,957	2,250	2,381
Διακύμανση	7,835	9,790	8,742	5,064	5,668
Ελάχιστο	3,390	5,180	4,710	5,150	7,270
Μέγιστο	13,900	13,530	16,670	13,470	13,560

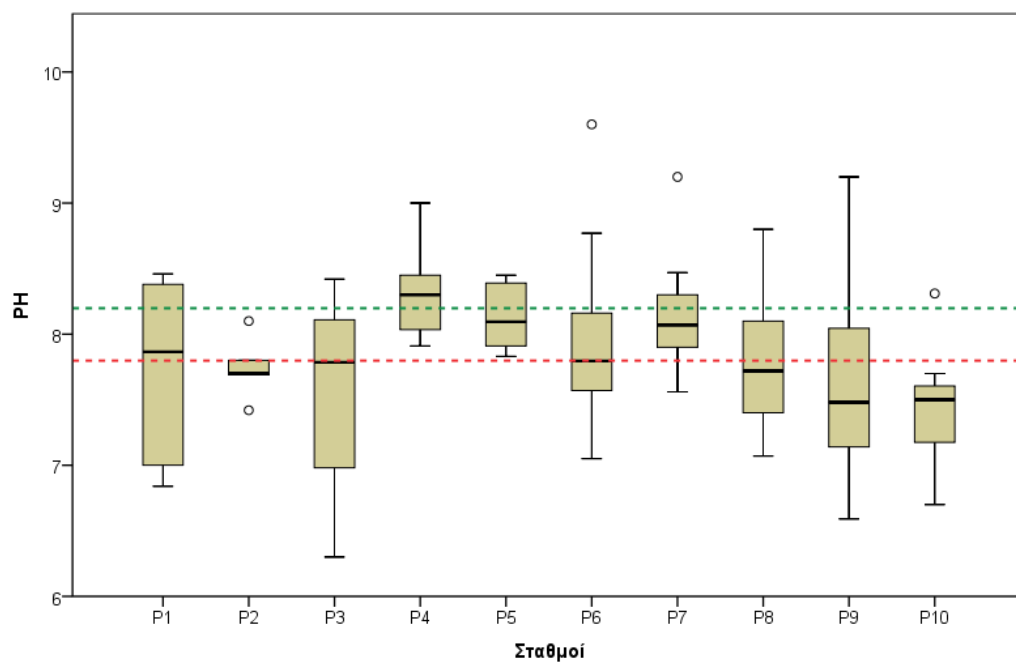
Στατιστικοί δείκτες παραμέτρων ανά σταθμό για το σύνολο των περιόδων					
	P6	P7	P8	P9	P10
Q1	8,495	5,200	6,980	7,950	7,860
Q3	10,820	11,860	10,740	10,700	12,960
Πλήθος	17	7	17	23	7
Αγωγιμότητα					
Μέση Τιμή	863,722	792,000	955,389	925,833	7368,143
Διάμεσος	873,000	695,500	958,000	951,500	763,000
Τυπική απόκλιση	216,428	254,343	217,311	212,133	17609,295
Διακύμανση	46841,154	64690,571	47224,016	45000,580	310087268,143
Ελάχιστο	468,000	480,000	468,000	406,000	406,000
Μέγιστο	1290,000	1290,000	1380,000	1372,000	47300,000
Q1	727,750	624,000	796,500	790,750	571,000
Q3	979,750	940,000	1107,000	1048,250	1001,000
Πλήθος	18	8	18	24	7
Θερμοκρασία					
Μέση Τιμή	17,069	13,533	17,033	17,472	14,393
Διάμεσος	16,275	13,650	16,250	16,260	13,200
Τυπική απόκλιση	5,948	3,288	5,588	5,558	6,675
Διακύμανση	20,200	8,560	18,900	16,700	19,700
Ελάχιστο	8,300	9,000	8,900	9,500	8,700
Μέγιστο	28,500	17,560	27,800	26,200	28,400
Q1	12,000	10,125	12,175	13,125	9,300
Q3	23,225	17,025	23,225	23,675	16,050
Πλήθος	18	8	18	24	7
Κολοβακτηρίδια					
Μέση Τιμή	7922,455	187,500	8106,000	8590,909	8290,333
Διάμεσος	940,000	72,000	1930,000	1500,000	490,000
Τυπική απόκλιση	16760,609	220,532	12258,573	19146,891	18969,342
Διακύμανση	280918019,873	48634,300	150272604,444	366603449,091	359835928,667
Ελάχιστο	19,000	3,000	90,000	170,000	102,000
Μέγιστο	52000,000	480,000	37000,000	65000,000	47000,000
Q1	60,000	29,250	807,500	960,000	220,500
Q3	2700,000	465,000	16250,000	6700,000	12800,000
Πλήθος	11	6	10	11	6
Παροχή					
Μέση Τιμή	0,013	0,017	0,024	0,108	
Διάμεσος	0,007	0,013	0,022	0,048	
Τυπική απόκλιση	0,014	0,013	0,016	0,174	
Διακύμανση	0,000	0,000	0,000	0,030	
Ελάχιστο	0,001	0,007	0,004	0,014	
Μέγιστο	0,049	0,036	0,055	0,760	
Q1	0,003	0,008	0,012	0,020	

Στατιστικοί δείκτες παραμέτρων ανά σταθμό για το σύνολο των περιόδων					
	P6	P7	P8	P9	P10
Q3	0,018	0,031	0,031	0,106	
Πλήθος	12	4	15	20	

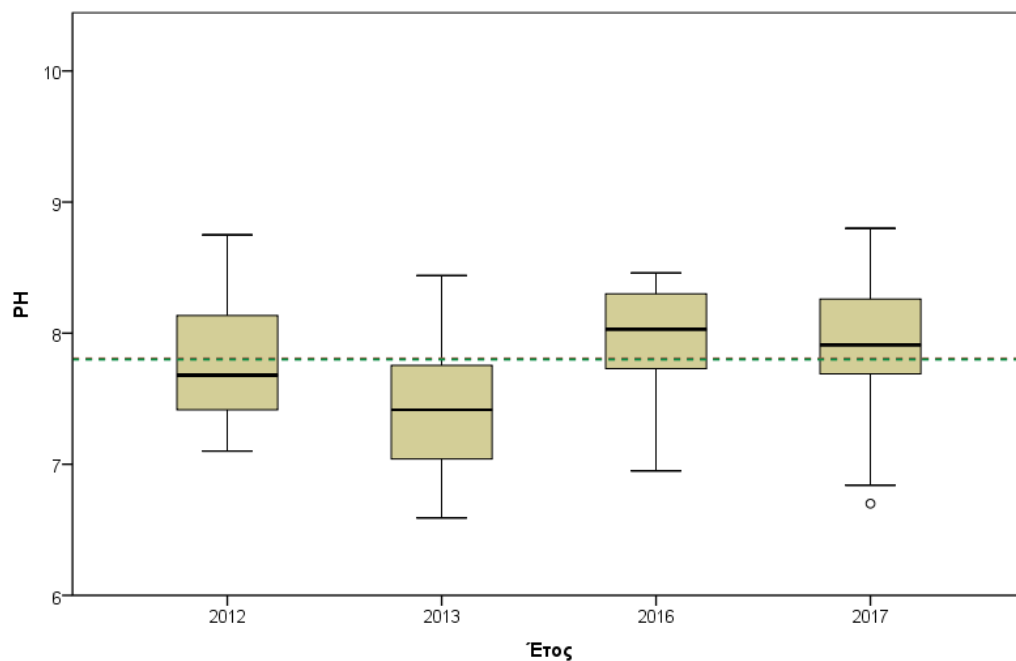
pH



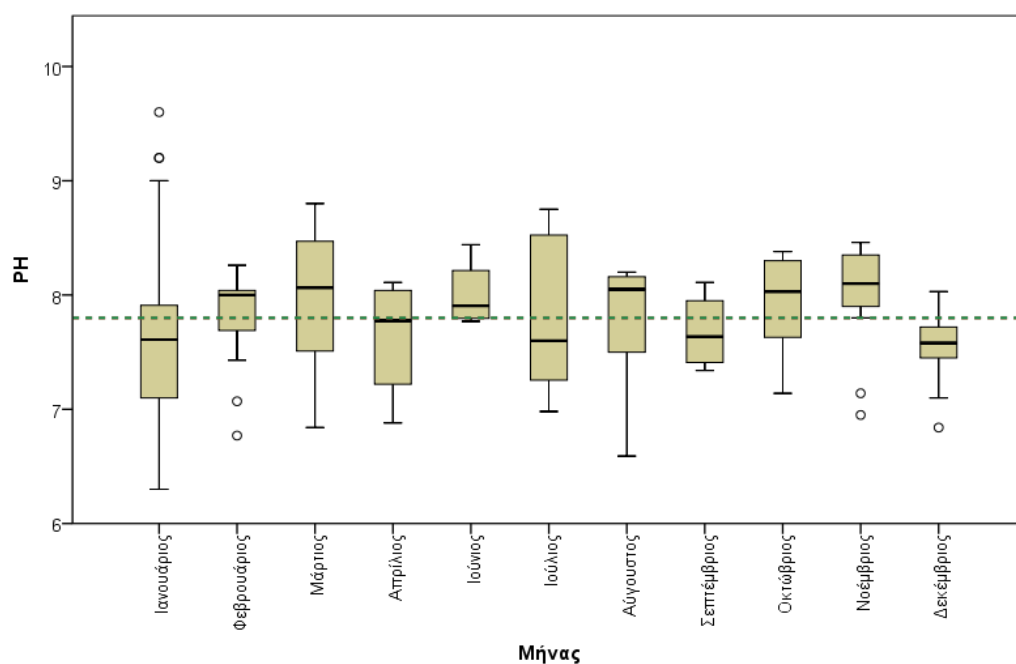
Διακύμανση της μέσης τιμής του pH για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατόντη



Διακύμανση των τιμών του pH σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας

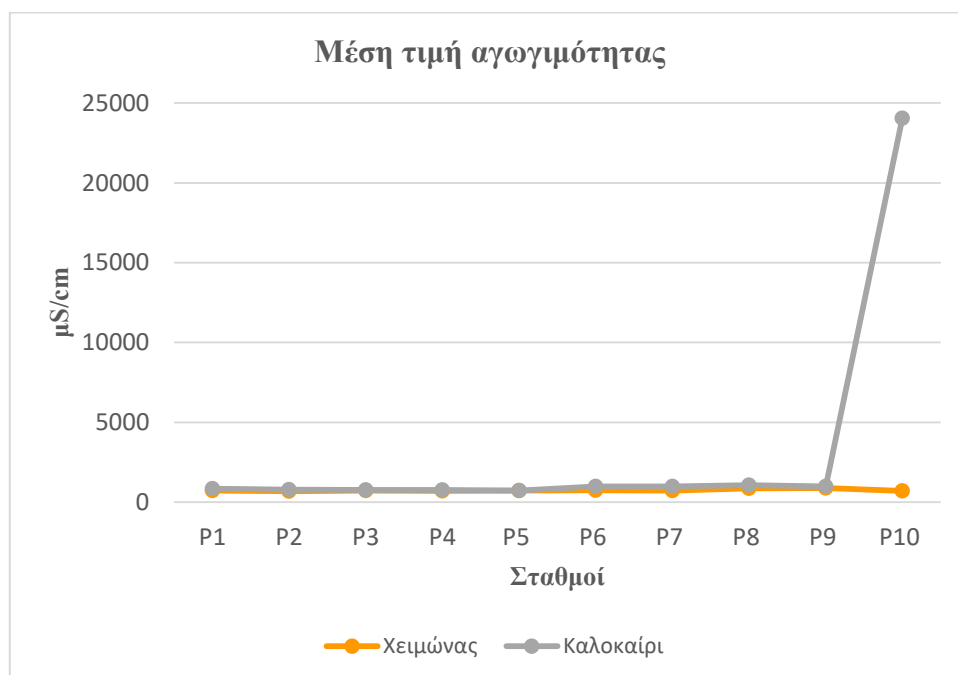


Διακύμανση των τιμών του pH ανά έτος στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας

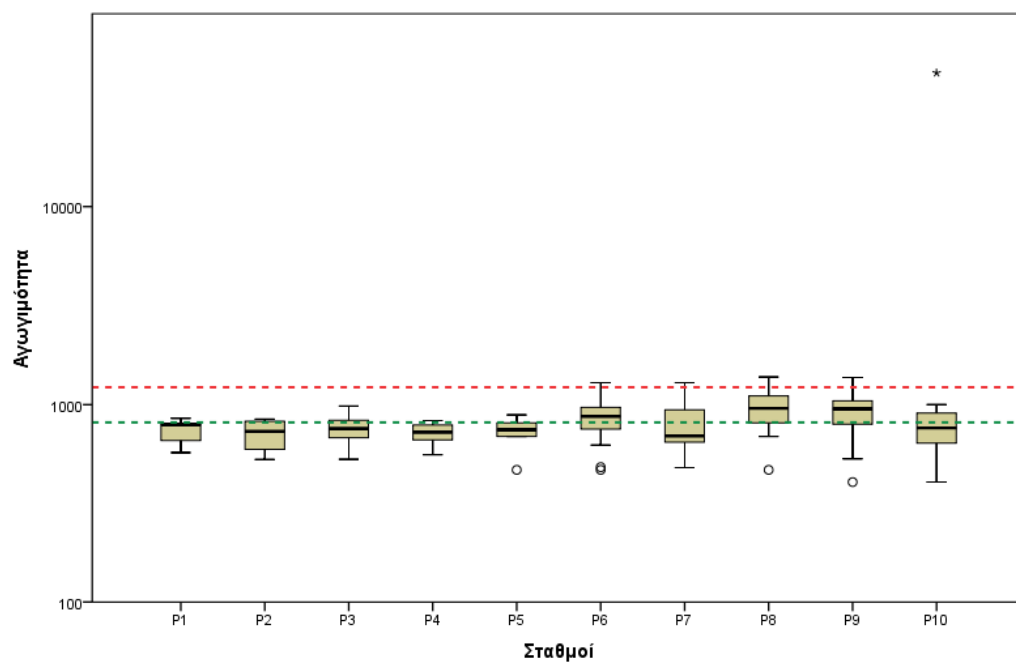


Διακύμανση των τιμών του pH ανά μήνα στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας

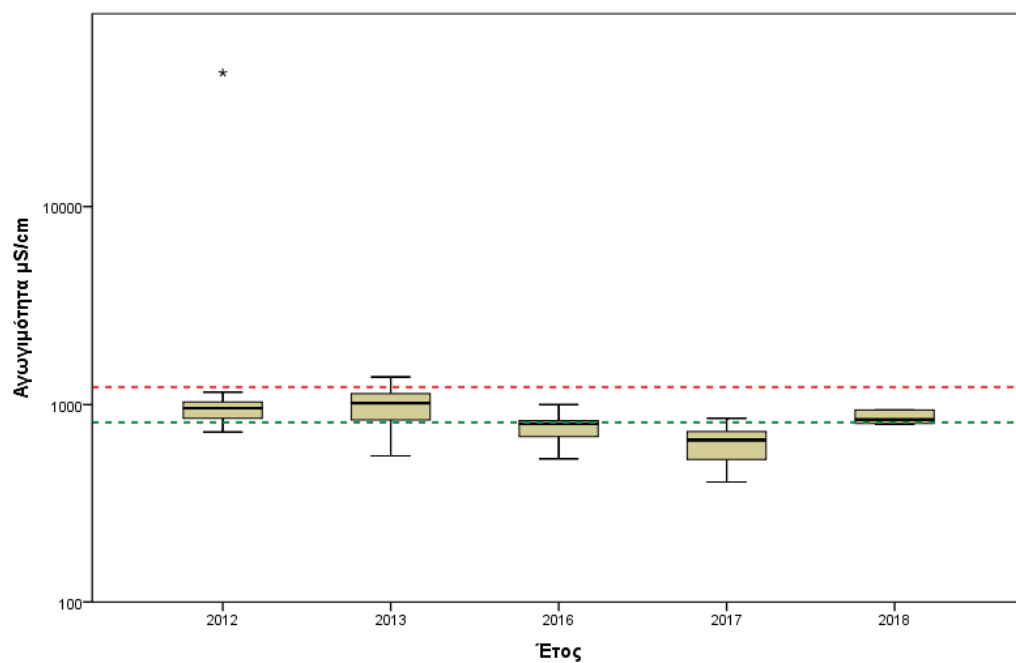
Αγωγιμότητα



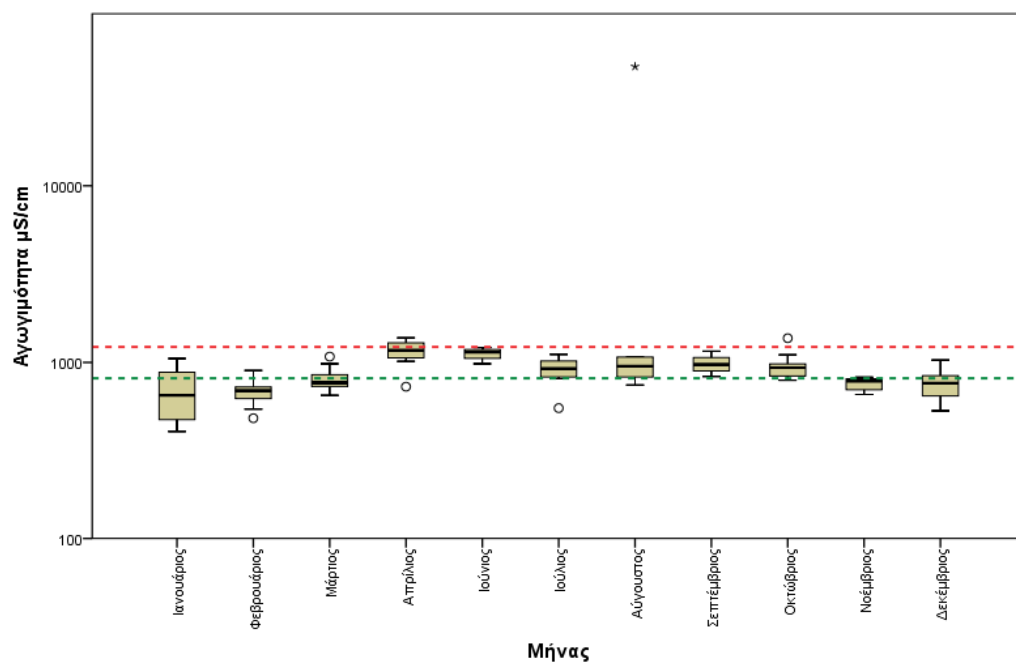
Διακύμανση της μέσης τιμής της αγωγιμότητας για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη



Διακύμανση των τιμών της αγωγιμότητας ανά σταθμό

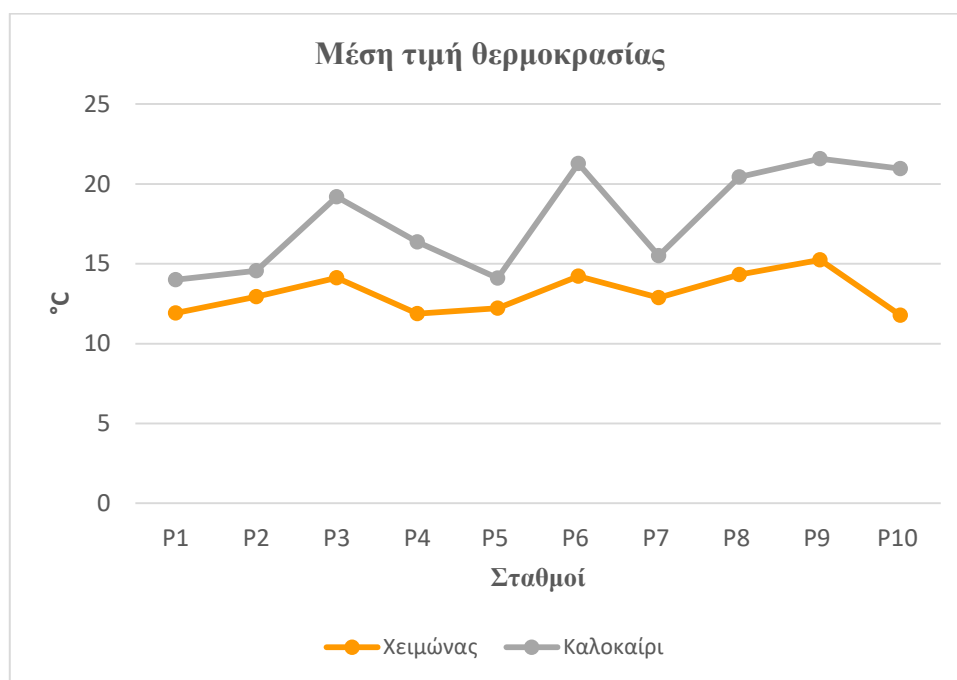


Διακύμανση των τιμών της αγωγιμότητας ανά έτος για το σύνολο των σταθμών

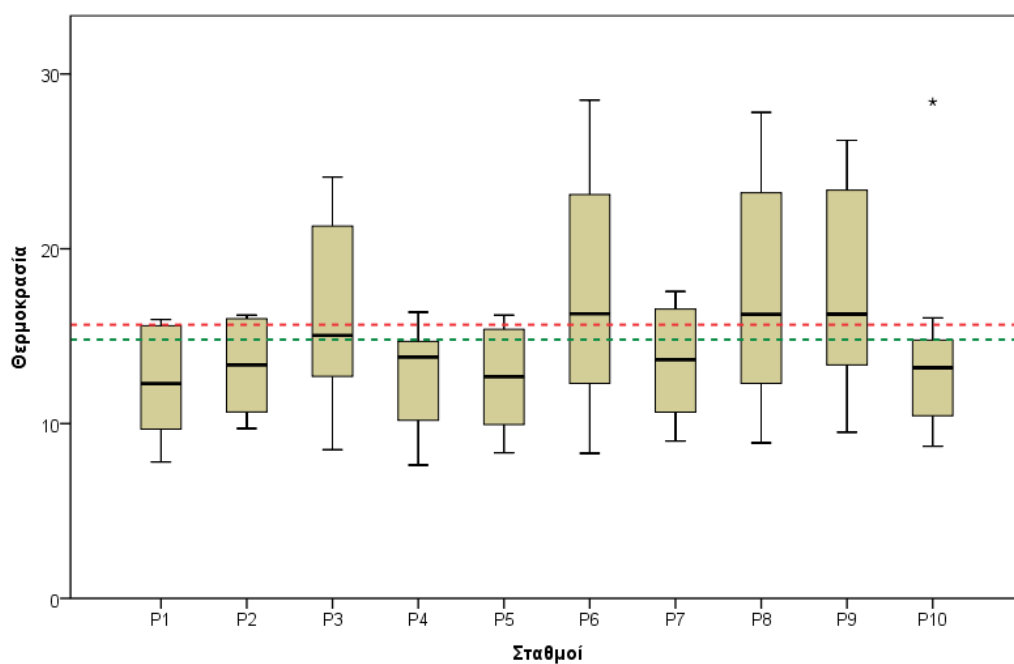


Διακύμανση των τιμών της αγωγιμότητας ανά μήνα για το σύνολο των σταθμών

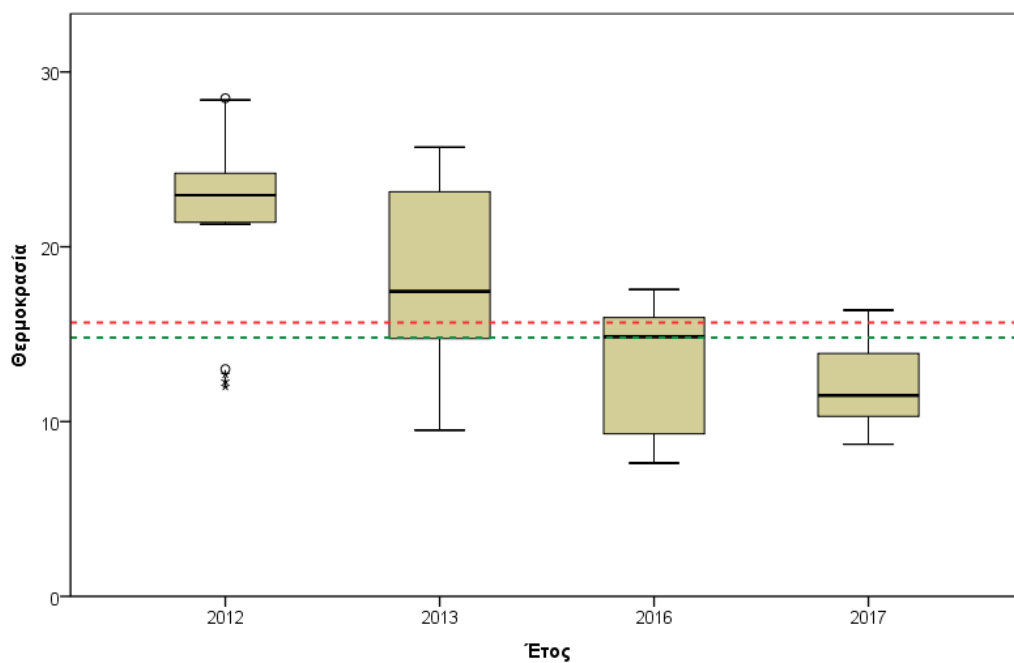
Θερμοκρασία



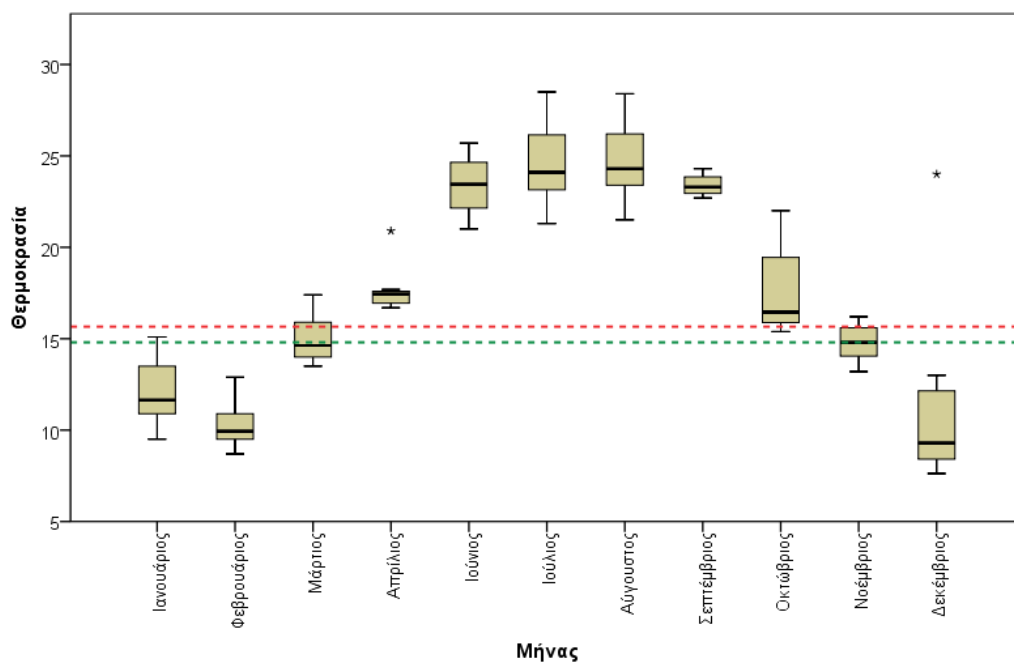
Διακύμανση της μέσης τιμής της θερμοκρασίας για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη



Διακύμανση των τιμών της θερμοκρασίας σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας

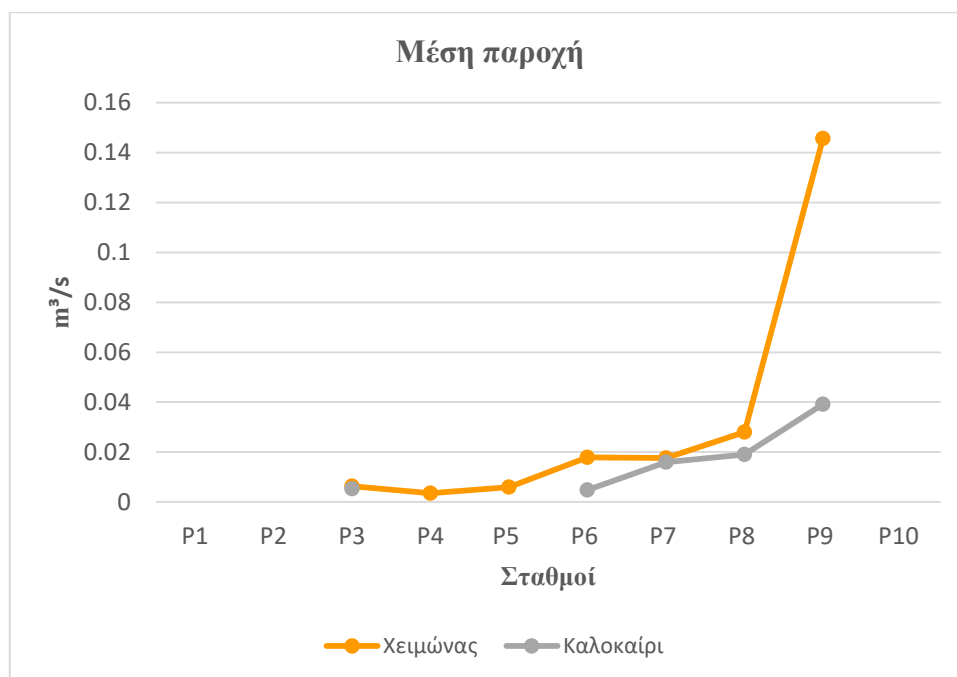


Διακύμανση των τιμών της θερμοκρασίας ανά έτος στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας



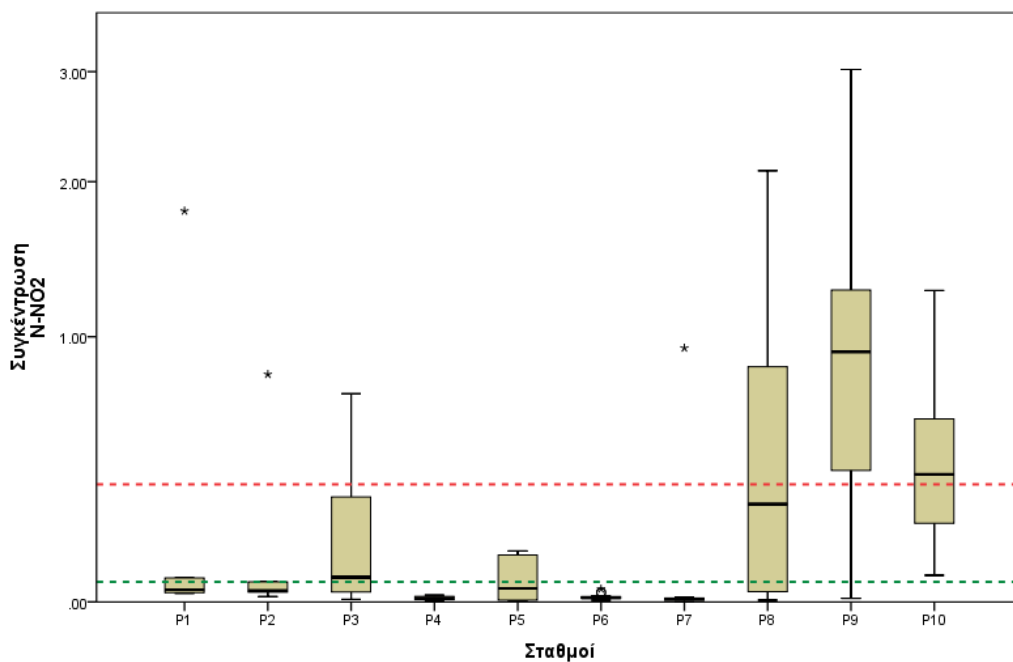
Διακόμανση των τιμών της θερμοκρασίας ανά μήνα στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας

Παροχή

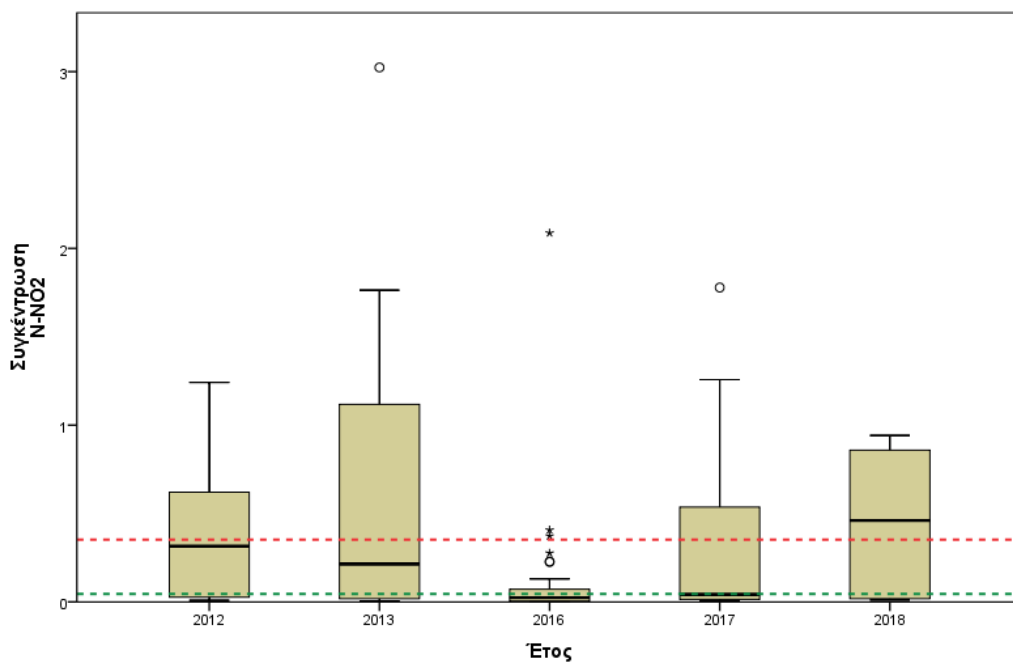


Διακόμανση της μέσης τιμής της παροχής για χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο σε όλους τους σταθμούς από τα ανάντη προς κατάντη

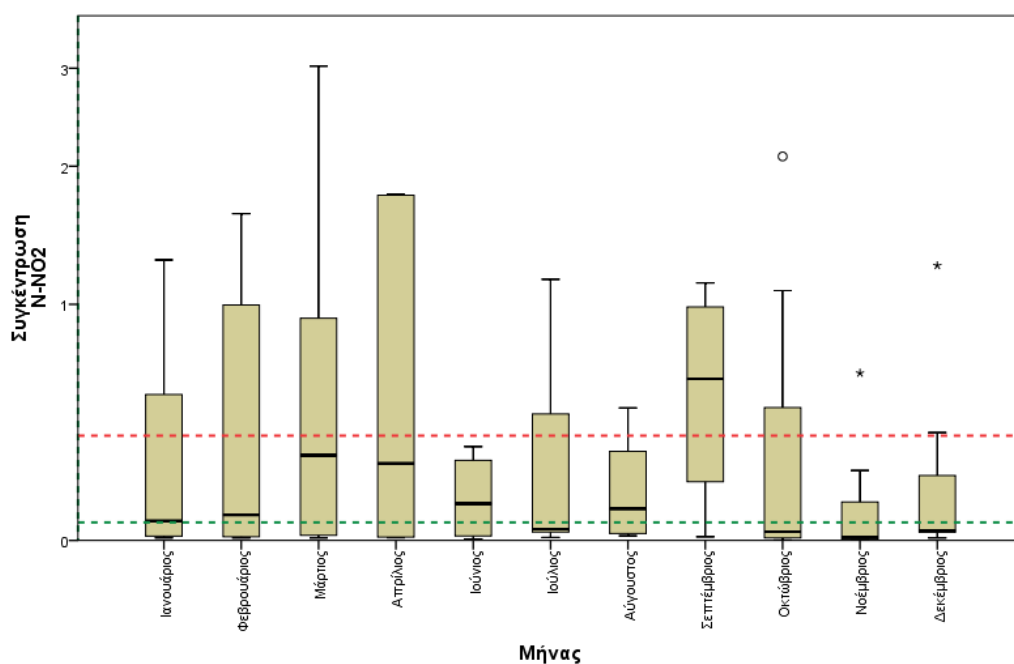
Αζωτο των νιτρωδών



Διακύμανση της συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρωδών ανά σταθμό

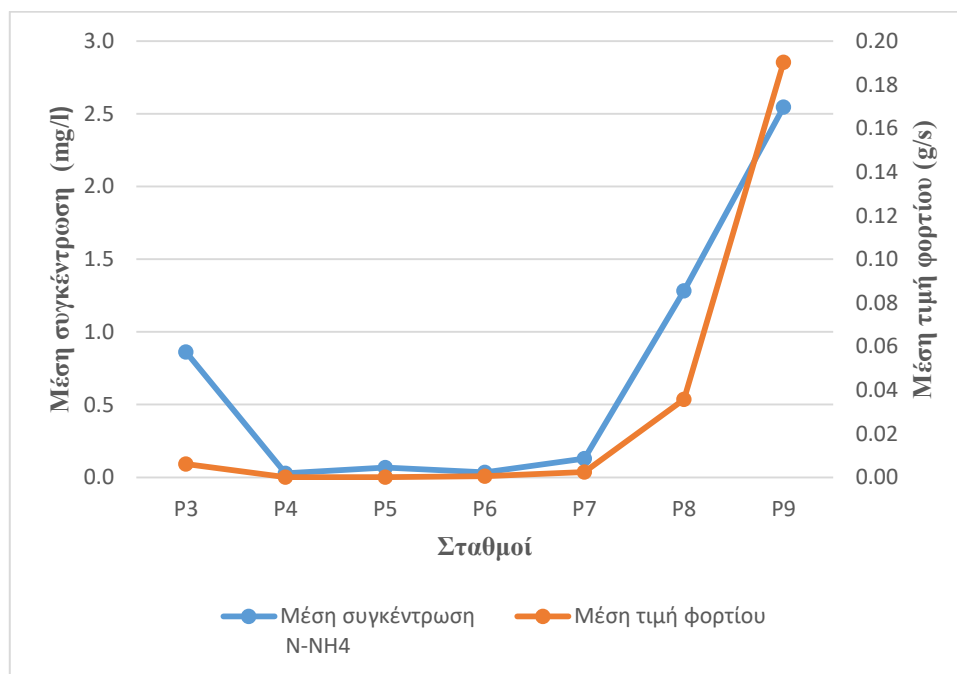


Διακύμανση της συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρωδών ανά έτος στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας

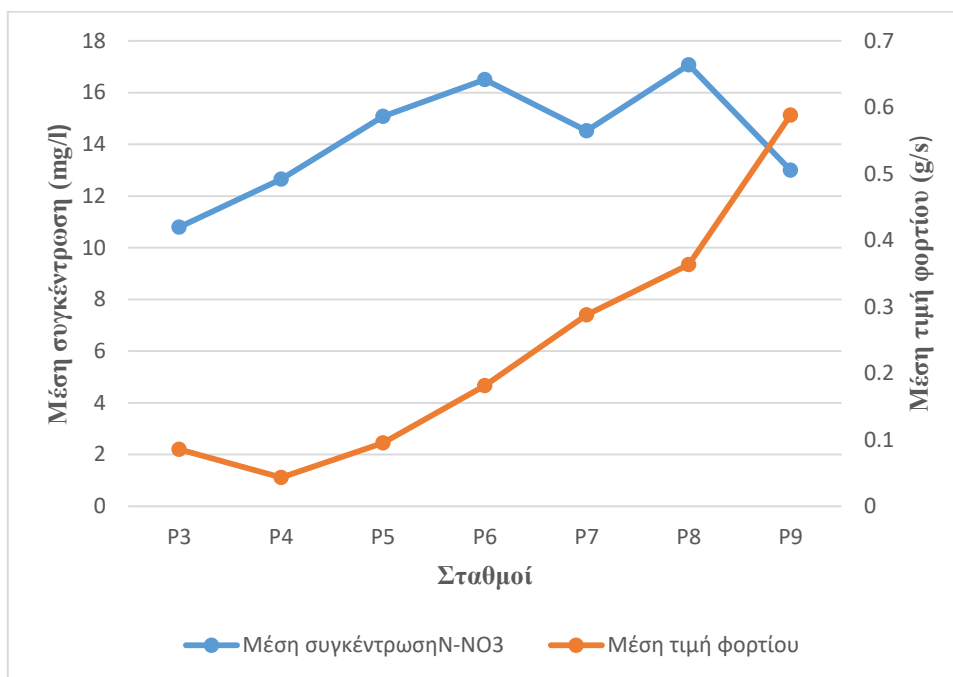


Διακύμανση της συγκέντρωσης του αζώτου των νιτρωδών ανά μήνα στο σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας

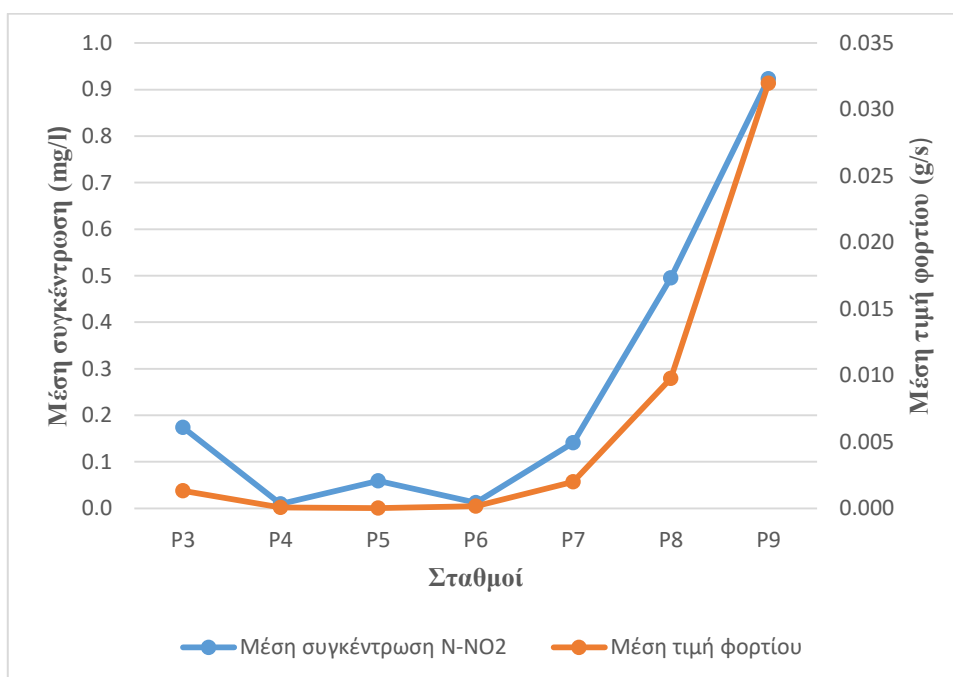
Συσχετίσεις



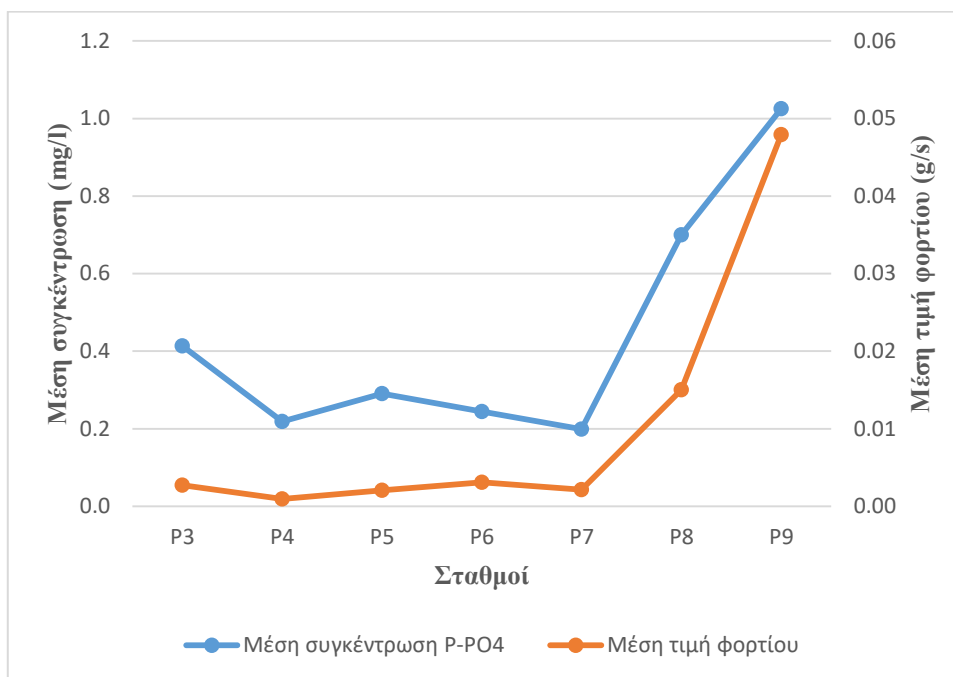
Συσχέτιση μέσης συγκέντρωσης με μέση τιμή φορτίου του αζώτου των αμμωνιακών



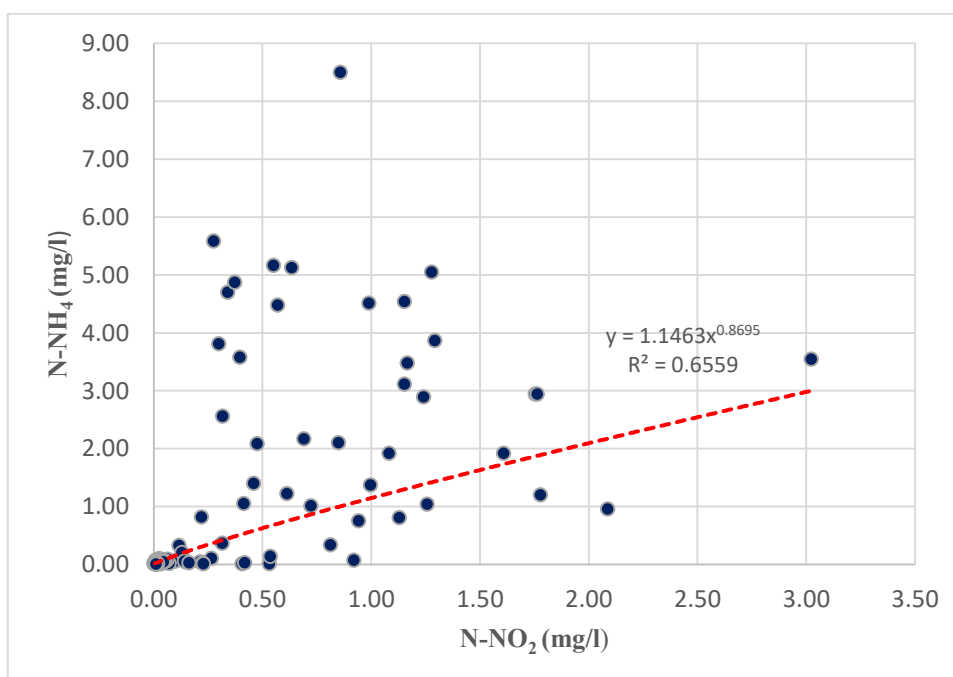
Συσχέτιση μέσης συγκέντρωσης με μέση τιμή φορτίου του αζώτου των νιτρικών



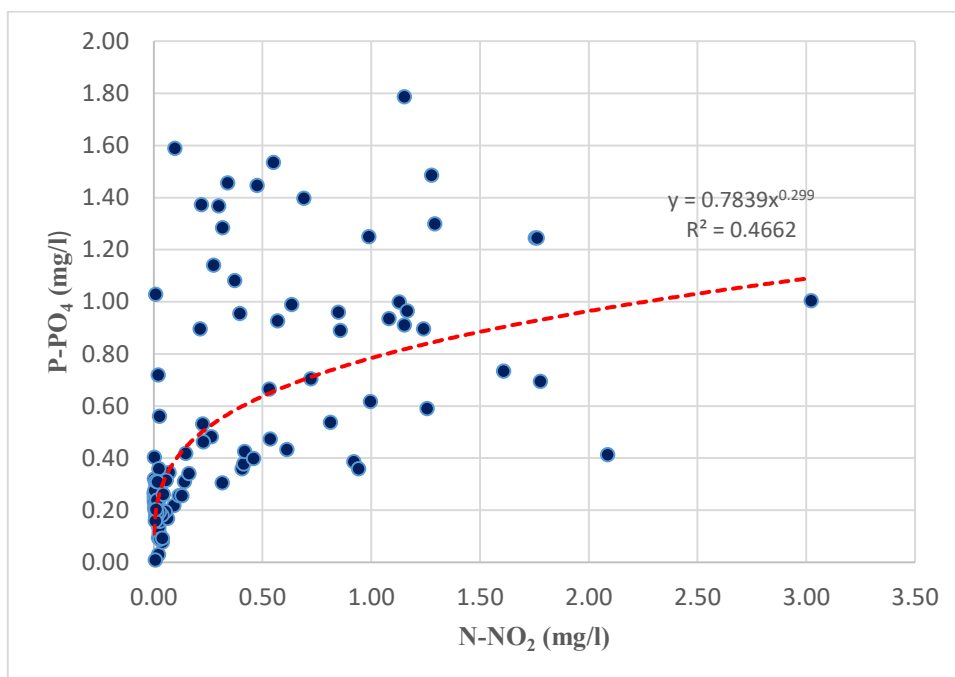
Συσχέτιση μέσης συγκέντρωσης με μέση τιμή φορτίου του αζώτου των νιτρωδών



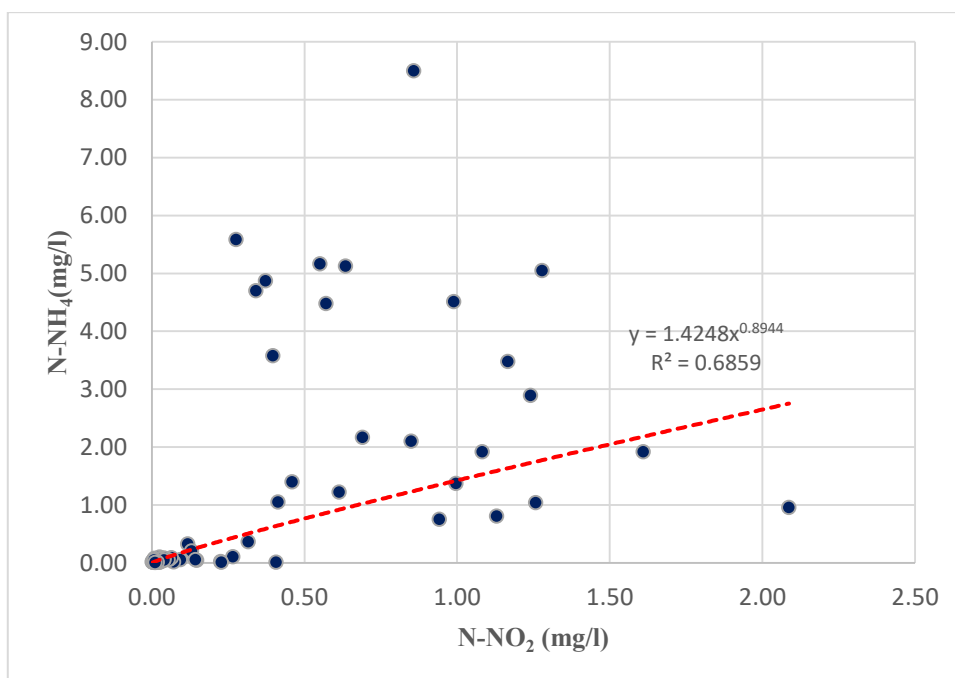
Συσχέτιση μέσης συγκέντρωσης με μέση τιμή φορτίου του φωσφόρου των φωσφορικών



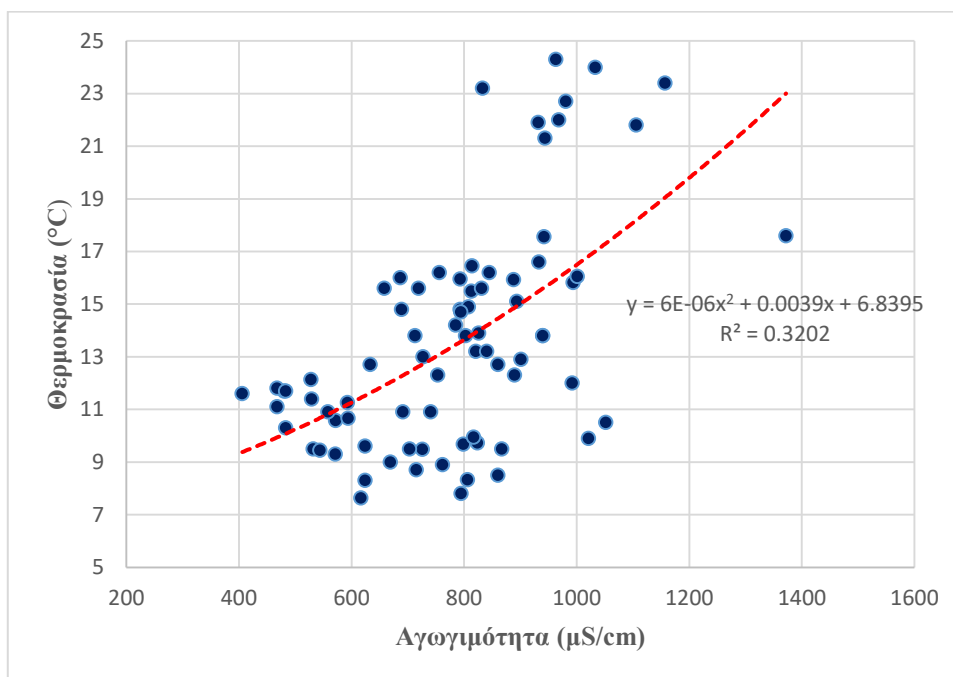
Συσχέτιση N-NH₄⁺ και N-NO₂⁻



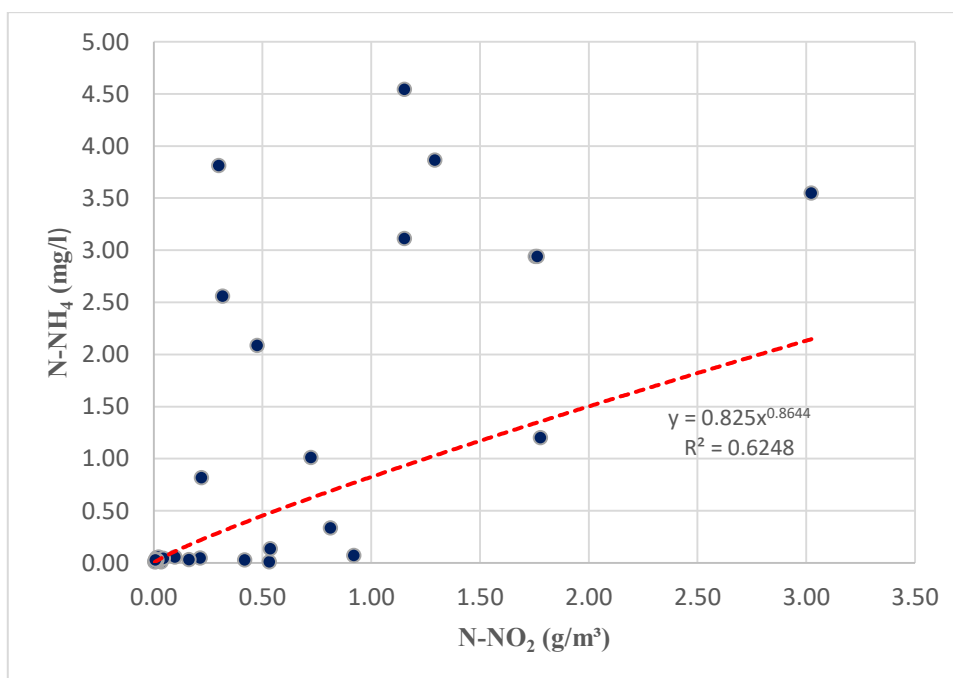
Συσχέτιση $N-NO_2^-$ και $P-PO_4^{3-}$



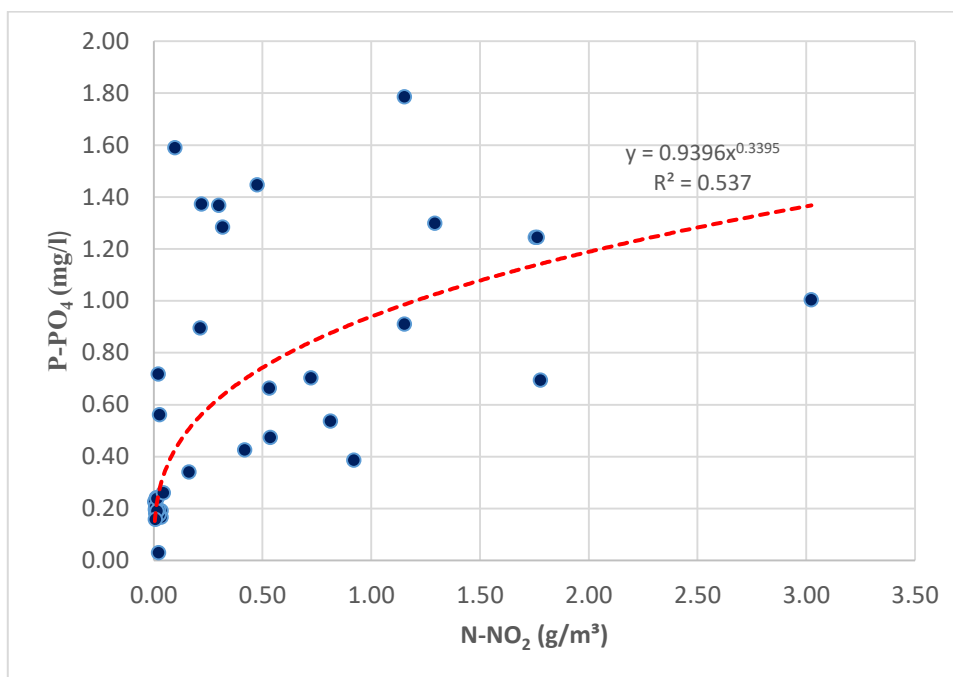
Συσχέτιση $N-NH_4^+$ και $N-NO_2^-$ κατά τη χειμερινή περίοδο



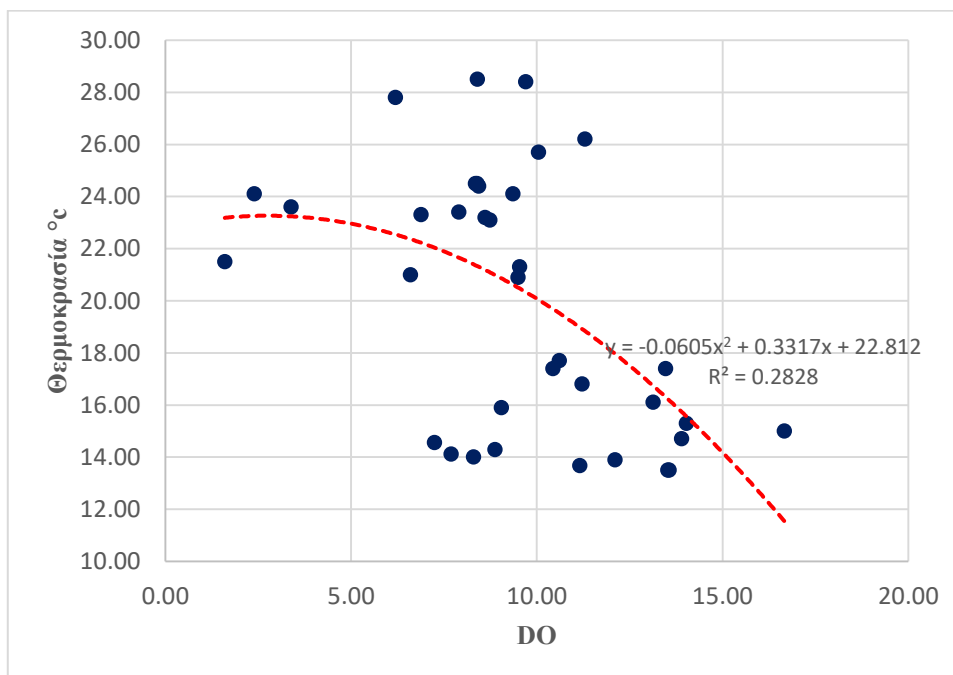
Συσχέτιση θερμοκρασίας και αγωγιμότητας κατά τη χειμερινή περίοδο



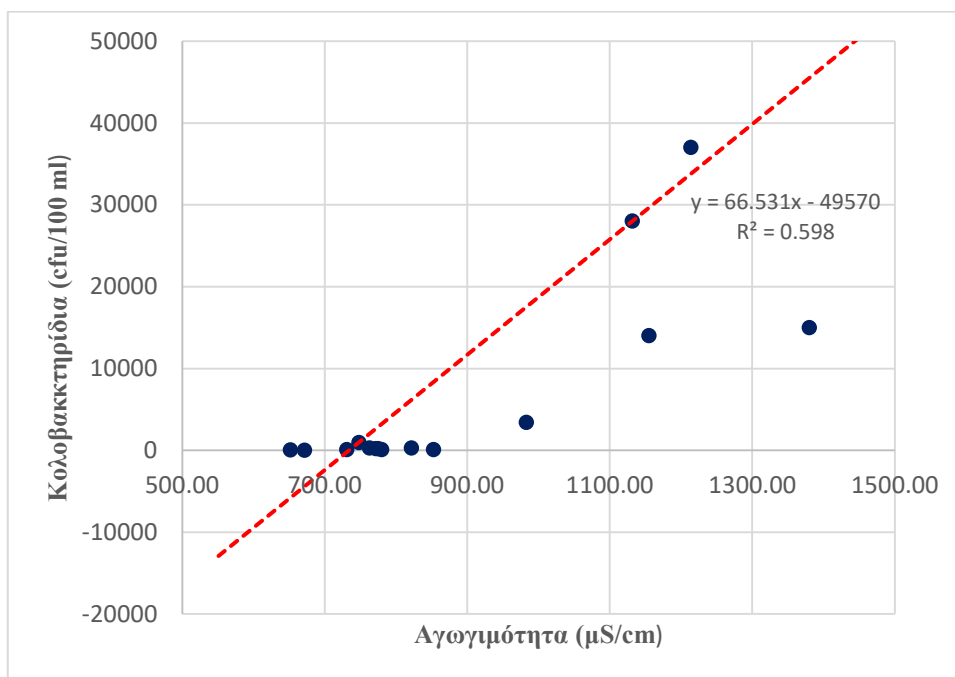
Συσχέτιση N-NH₄⁺ και N-NO₂⁻ κατά την καλοκαιρινή περίοδο



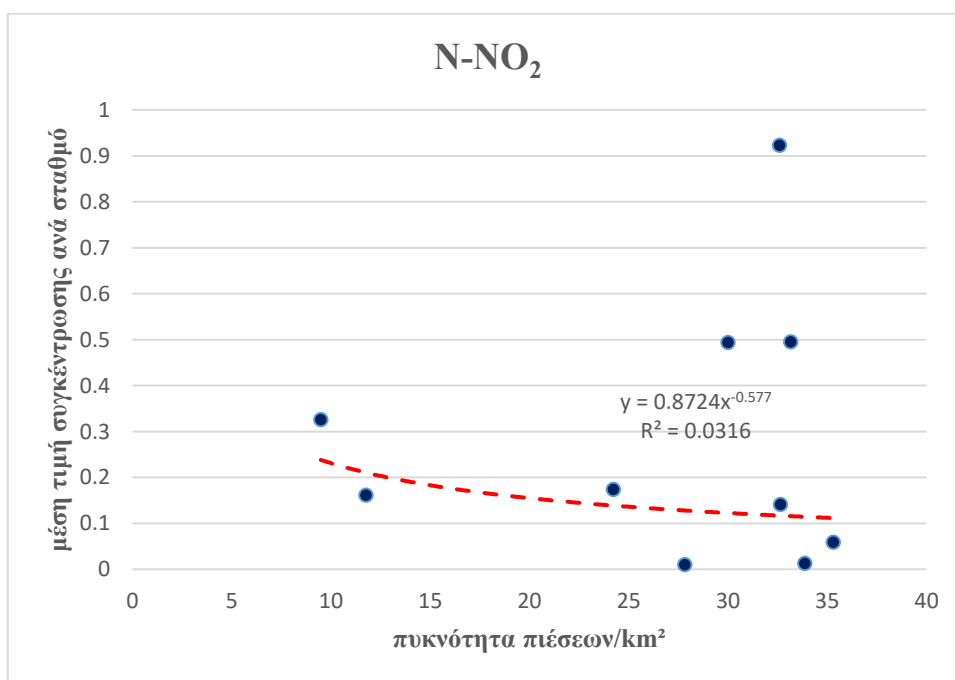
Συσχέτιση N-NO_2^- και P-PO_4^{3-} κατά την καλοκαιρινή περίοδο



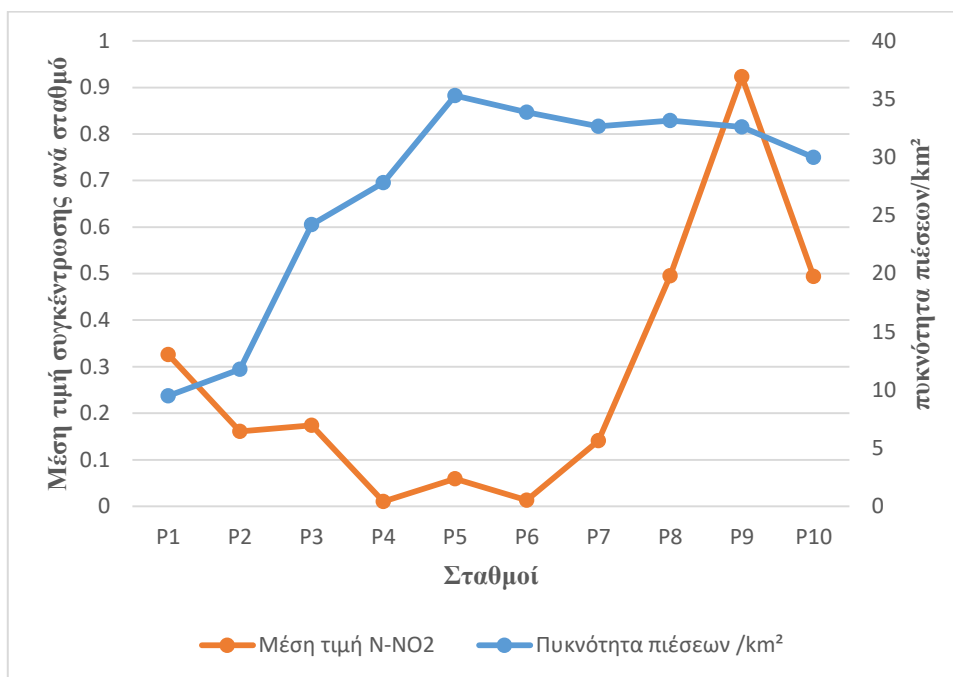
Συσχέτιση DO και θερμοκρασίας κατά την καλοκαιρινή περίοδο



Συσχέτιση αγωγιμότητας και κολοβακτηρίων κατά την καλοκαιρινή περίοδο



Συσχέτιση πυκνότητας πιέσεων με μέση τιμή συγκέντρωσης N-NO₂ ανα σταθμό



Συσχέτιση πυκνότητας πιέσεων/km² με μέση τιμή συγκέντρωσης N-NO₂

Παράρτημα Γ: Φωτογραφίες σημείων δειγματοληψίας



Φωτογραφία 1: Σημείο δειγματοληψίας P3



Φωτογραφία 2: Όργανο Horiba



Φωτογραφία 3: Σημείο δειγματοληψίας P4



Φωτογραφία 4: σημείο δειγματοληψίας P6




Φωτογραφία 5: Σημείο δειγματοληψίας P7



Φωτογραφία 6: Σημείο δειγματοληψίας P9



Φωτογραφία 7: Διαδικασία μέτρησης παροχής



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΧΗΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΗΜΙΚΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΕΤΕΡΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

PROJECT:

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ: Σουβίλιου

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ: Μανόδης

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 22/4/2018

X:

Y:

Z:

QPA: 11,90

P3

pH:	6.30					
Cond:	194					
DO:	4.9					
Temp:	10.7					
Salinity:	—					
Turb:	28.5					
Eh:	194					

Παράρτημα:

Πλάτος: 8 inch	9 inch	15 inch	13 inch
Βάθος: 2 inch	1.5 inch	1.5 inch	0
Ταχύτητα: 0.08 inch/s	0.09 inch/s	0.04 inch/s	0


Ρευστό:		εργαστ.	
---------	--	---------	--

Δείγματα: Χημικά Ισοσταθμικά Μικροβ. Ιζημα Φυτοπλαγκτόν Μακροβ.

--	--	--	--

Φυτοπλαγκτόν / αρθρ. Φ1, Φ2

Παρατηρήσεις:

 PROJECT: **P4** ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: **12.00**

ΣΤΑΘΜΟΣ: **Δελφών P2** Χ: Υ: Ζ:

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ: Μονάδες

pH:	9.0					
Cond:	8.03					
DO:	6.5					
Temp:	15.80					
Salinity:	—					
Turb:	15.40					
Eh:	29					

Παράγν:

Πλάκα: 8 inch	10	12 inch	15 inch
Βοθός: 2 inch	3	2.5 inch	4 inch
ταχύτητα: 0.05 inch/s	0.02 inch/s	0.02 inch/s	0.02 inch/s

Ραβδών:

	επτά
--	------

Δείγματα: Χημικά Ισοτοπα Μικροβ. Ιζημα Φυτοπλαγκτον Μακροβ.

--	--	--	--	--	--

Φωτογραφίες / σημεία: **φ3, φ4, φ5**

Παρατηρήσεις

 PROJECT: 96 ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 12-15

ΣΤΑΘΜΟΣ: Δοιράλου Ρ3 Χ: 9 Υ: 1 Ζ: 1

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ: Μονάδες

pH:	9.6					
Cond:	8.40					
DO:	5.30					
Temp:	13.2					
Salinity:	—					
Turb:	16.5					
EH:	1.8					

Παράχ: πλάτος 17 inch
βάθος 2 inch
κύβευση 0.5 inch

Ραβδώ:		ΕΠΩΓ:

Δείγματα: Χημικά ☐ Ισοτοπία ☐ Μικροβ. ☐ Ιζημα ☐ Φυτοπλαγκτον ☐ Μακροσπ. ☐

Φωτογραφίες / σημειωμ.: 07, 08

Παρατηρήσεις:

 PROJECT: P7 ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 12.40

ΣΤΑΘΜΟΣ: Αρτοποια P4 Χ: 9 Υ: 14.40 Ζ: 0

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ: Μονάδες

pH:	9.20					
Cond:	940					
DO:	5.2					
Temp:	13.8					
Salinity:						
Turb:	17.5					
Eh:	43					

Παρατήρηση:


Πλάτος: 5 inch	12 inch	12 inch	12 inch
Βάθος: 3 inch	2 inch	3 inch	0 inch
ταχύτητα: 0.16 inch/s	0.2 inch/s	0.05 inch/s	0 inch/s

Παράρτημα: error

Δείγματα: Χημικά Ισοτοπία Μικροβ. Εξωμά Φυτοπλαγκτον Μικροόστ.

Φωτογραφίες / αριθμ.: Φ9, Φ10

Παρατηρήσεις:

 PROJECT: P9 ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 12.50

ΣΤΑΘΜΟΣ: Εγγλέζου Αντιγόνη X: Y: Z:

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ: Μονάδες

pH:	8.90					
Cond:	840					
DO:	5.30					
Temp:	15.40					
Salinity:	—					
Turb:	99					
Eh:	58					

Παροχή:

πλάτος : 8 inch	11 inch	15 inch	17 inch
βάθος : 2 inch	2 inch	2 inch	1 inch
ταχύτητα : 0.20 inch/sec	0.15 inch/sec	0.30 inch/sec	0.30 inch/sec
15 inch	17 inch	17 inch	
1 inch	1 inch	0 inch	
0.08 inch/sec	0.50 inch/sec	0 inch/sec	

Ρεύματα:

--	--	--

Δείγματα: Χημικά

--

 Ισοτόπα

--

 Μικροβ.

--

 Κίττα

--

 Φυτοπλαγκτον

--

 Μακροβ.

--

Φυτοπλαγκτόν / αριθμός: Φ11, Φ12

Παρατηρήσεις:

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.

ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΩΝ ΡΥΠΑΝΤΙΚΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΠΙΚΡΟΔΑΦΝΗ

Αντιγόνη Εγγλέζου¹, Ηλίας Δημητρίου²

¹Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάροδος Αριστοτέλους 18, 26335 Πάτρα

²Ινστιτούτο Θαλασσιών Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων (ΙΕΥ), ΕΛΚΕΘΕ, 46.7 χλμ Λεωφόρος Αθήνας - Σουνίου, 19013, Ανάβυσσος Αττικής

email: std112241@eap.gr, elias@hcmr.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή επιχειρείται η καταγραφή της οικολογικής κατάστασης του ρέματος Πικροδάφνη μέσω παρουσίασης των αποτελεσμάτων της στατιστικής επεξεργασίας των φυσικοχημικών, υδρολογικών, χημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων του νερού από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε συγκεκριμένους σταθμούς σε διαγράμματα χωρικής, ετήσιας και μηνιαίας διακύμανσης καθώς και η εξακρίβωση συσχέτισης των παραμέτρων μεταξύ τους. Βασικό σημείο της εργασίας επίσης αποτελεί η συσχέτιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών/κατάστασης με τις πηγές ρύπανσης για να εντοπιστούν και να προτεραιοποιηθούν οι βασικές πηγές ρύπανσης ανά είδος χημικής παραμέτρου για τα θρεπτικά άλατα. Προκύπτει ότι το ρέμα δέχεται σημαντικές πιέσεις κυρίως στο κατάντη τμήμα του χωρίς όμως να συνδυάζεται με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση πιθανών πηγών ρύπανσης. Επίσης οι έντονες διακυμάνσεις και ακραίες τιμές των παραμέτρων οφείλονται σε εξωτερικούς παράγοντες και η οικολογική κατάσταση του ρέματος χαρακτηρίζεται γενικά για το σύνολο των ετών που εξετάζεται ως υποβαθμισμένης ποιότητας. Συνεπώς, το ρέμα πρέπει να αποκατασταθεί και να διατηρηθεί στην φυσική του κατάσταση.

Λέξεις κλειδιά: ρέμα Πικροδάφνη, ρυπαντικές πιέσεις, φυσικοχημικές παράμετροι, χρήσεις γης, υδρολογική λεκάνη.

ABSTRACT

The objectives of this study aim towards a) the identification of the ecological status of Pikrodafni stream b) the presentation of the connection between the quality characteristics/situation and the sources of pollution c) the categorization by priority of the main sources of pollution so as to design appropriate measures. For this purpose, a large number of environmental parameters at key points along the stream were monitored and analyzed at a monthly, annual and local basis. The result indicated significant pollution pressures mainly at the lower reaches, but these pressures are not associated with the highest concentration of possible sources of pollution. Furthermore, the intense fluctuations and extreme values of the parameters are due to external factors and the water quality was ranged from moderate to poor. As a result, the stream must be restored and maintained in its natural state within the context of the EU Water Framework Directive.

Keywords: *Pikrodafni stream, pollution pressures, physicochemical parameters, land use.*

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων σε αστικά ρέματα έχει αποτελέσει σημαντικό ζήτημα σε παγκόσμιο επίπεδο με σκοπό την αποκατάσταση και διατήρηση των υδάτινων οικοσυστημάτων λόγω της πληθώρας των οφελών που προσφέρουν σε αισθητικό, περιβαλλοντικό, οικονομικό, εκπαιδευτικό επίπεδο. Η οικολογική ποιότητα των αστικών ρεμάτων επηρεάζεται έντονα από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η απόρριψη βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών απορριμμάτων σε αυτά. Εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης η Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα 2000/60/ΕΚ αποτελεί τον κύριο νομοθετικό οδηγό και επιβάλλει τη συνεχή παρακολούθηση και συντήρηση των υδάτινων σωμάτων (Dimitriou et al 2015).

Τα περισσότερα αστικά ρέματα εντός Αττικής έχουν τροποποιηθεί σημαντικά λόγω της έντονης αστικοποίησης. Στη λεκάνη απορροής του λεκανοπεδίου Αττικής τα περισσότερα χαρακτηρίζονται από περιβαλλοντική υποβάθμιση λόγω της μεγάλης πίεσης από τη βιομηχανική και γεωργική δραστηριότητα, αλλά και από τη ανεπαρκή διαχείριση των αστικών λυμάτων (Argyraiki et al, 2013). Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν ο ποταμός Κηφισός, τα ρέματα Ερασινός και Μεγάλο Ρέμα, το �έμα Χαλανδρίου – Πεντέλης, ο Ποδονίφτης και η Πικροδάφνη όπου σε όλα έχουν σημειωθεί ενδείξεις υποβάθμισης.

Το �έμα Πικροδάφνη αποτελεί ένα από τα λίγα απομένοντα αστικά ρέματα εντός Αττικής που βρίσκεται σε σχεδόν φυσική κατάσταση και παρόλο που υπόκειται σε σημαντικές ανθρωπογενείς πιέσεις εξακολουθεί να διατηρεί τα βιολογικά και υδρομορφολογικά του χαρακτηριστικά (Dimitriou et al 2015).

Η παρούσα εργασία καλείται να συμπληρώσει τα αποτελέσματα των προηγούμενων μελετών για την οικολογική κατάσταση του ρέματος Πικροδάφνη με βασικό σκοπό την καταγραφή και χαρτογράφηση των ρυπαντικών πιέσεων

στην υδρολογική λεκάνη του ρέματος καθώς και την εκτίμηση της επίδρασής τους στην οικολογική του κατάσταση. Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη σύνδεση των ποιοτικών χαρακτηριστικών / κατάστασης του ρέματος με τις πηγές ρύπανσης και τη συσχέτιση αυτών των παραγόντων για να αντιμετωπιστούν και να προτεραιοποιηθούν οι βασικές πηγές ρύπανσης ανά είδος χημικής παραμέτρου για τα θεραπευτικά άλατα.

Συνεπώς οι βασικοί στόχοι επικεντρώνονται: α) στη μελέτη και κατανόηση της αλληλεπίδρασης των πηγών ρύπανσης και των σχετικών ρυπαντικών φορτίων με την οικολογική κατάσταση ενός αστικού ρέματος β) στην επίδραση της εποχιακής διακύμανσης της παροχής του ρέματος στην ποιοτική του κατάσταση γ) στη δημιουργία μιας συνολικής βάσης δεδομένων για το �έμα με το σύνολο των περιβαλλοντικών δεδομένων που έχουν καταγραφεί και η ερμηνεία αυτών για το σχεδιασμό μέτρων αποκατάστασης και αξιοποίησης.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΠΗΓΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

2.1. Περιοχή μελέτης

Το �έμα της Πικροδάφνης βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της Αττικής και διοικητικά εντάσσεται στους δήμους Βύρωνα, Αγίου Δημητρίου, Ηλιούπολης, Δάφνης – Υμηττού, Παλαιού Φαλήρου, Νέας Σμύρνης και Αλίμου. Αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα ρέματα της περιοχής που στο μεγαλύτερο μήκος του διατηρεί την φυσική του κοίτη.

Το φυσικό περιβάλλον του ρέματος είναι γενικά υποβαθμισμένο λόγω των αυθαίρετων κατασκευών σε όλη την παράκτια ζώνη, την παράνομη διάθεση αποβλήτων και τις λοιπές ανθρώπινες παρεμβάσεις στο �έμα. Ωστόσο υπάρχουν πολλές ενδείξεις της οικολογικής ακεραιότητας του ρέματος σε πολλά σημεία.

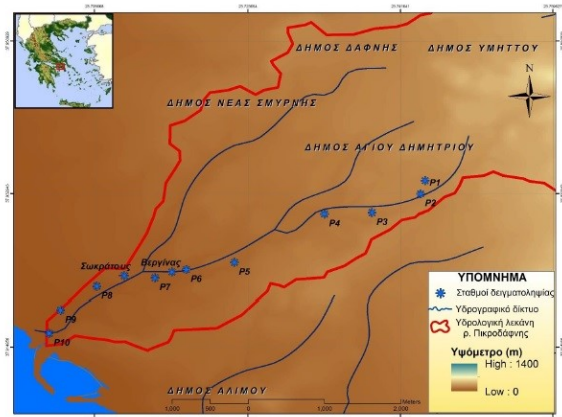
2.2. Συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων

Για την αποτύπωση των ρυπαντικών πιέσεων εντός των ορίων της λεκάνης απορροής του ρέματος Πικροδάφνης και την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασής του χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των φυσικοχημικών, υδρολογικών, χημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων όπως είχαν καταγραφεί από το ΕΛΚΕΘΕ από δίκτυο δέκα σημείων για τις περιόδους 2012-2014, 2016-2017. Επιπλέον πραγματοποιήθηκαν επιτόπιες μετρήσεις τον Ιανουάριο του 2018 σε δίκτυο πέντε σημείων.

Στο πλαίσιο της καταγραφής και χαρτογράφησης των πηγών των ρυπαντικών πιέσεων στην υδρολογική λεκάνη του ρέματος Πικροδάφνης καθώς και την εκτίμηση της επίδρασής τους στην οικολογική του κατάσταση έγινε προσπάθεια αποτύπωσης των πιθανών πηγών ρύπανσης (ξενοδοχεία, εργοστάσια – εργαστήρια, σταθμοί αυτοκινήτων, νοσοκομεία – κλινικές) στα όρια των δήμων που περιλαμβάνονται στο σύνολο της υδρολογικής λεκάνης του ρέματος της Πικροδάφνης, ήτοι Βύρωνα, Δάφνη, Υμηττός, Ηλιούπολη, Άγιος Δημήτριος, Νέα Σμύρνη, Παλαιό Φάληρο, Καλαμάκι. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν από την Στατιστική Υπηρεσία οι απογραφές του 2011 για τις χρήσεις κτιρίων και απομονώθηκαν οι χρήσεις κτιρίων που αποτελούν πιθανές πηγές ρύπανσης και αφορούν τα Οικοδομικά Τετράγωνα που εντάσσονται στην υδρολογική λεκάνη.

Επίσης πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της φυσικοχημικής κατάστασης του ρέματος για κάθε έτος επαρκών δειγματοληψιών και για το σύνολο των σταθμών παρακολούθησης για τα θρεπτικά στοιχεία και για το διαλυμένο οξυγόνο σε επίπεδο έτους με τη χρήση της ετήσιας διαμέσου και του αντίστοιχου 75^{ου} ποσοστημορίου. Για την ταξινόμηση της κατάστασης εφαρμόστηκαν το Νορβηγικό σύστημα ταξινόμησης (Cardoso et al, 2001) και το

Ελληνικό Σύστημα Ταξινόμησης (Skoulidakis et al, 2006) και όπως τροποποιήθηκε (Skoulidakis, 2008).



Εικόνα 1. Χωροθέτηση σημείων δειγματοληψίας κατά μήκος ρέματος Πικροδάφνης (ΙΘΒΠ&ΕΥ – ΕΛΚΕΘΕ, 2017)

2.3. Αποτύπωση των αποτελεσμάτων

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων των παρατηρήσεων περιελάμβανε τη δημιουργία διαγραμμάτων με σκοπό την παρακολούθηση των ετήσιων, μηνιαίων και τοπικών μεταβολών των παραμέτρων. Στο πλαίσιο επίσης της διερεύνησης για τη σημαντικότητα της συσχέτισης μεταξύ των φυσικοχημικών παραμέτρων, των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων και των κολοβακτηριδίων των δειγμάτων του νερού προσδιορίστηκε ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης r για όλους τους συνδυασμούς παραμέτρων για το σύνολο των μηνών όλων των ετών που εξετάζονται, αλλά και για καλοκαιρινή και χειμερινή περίοδο ξεχωριστά. Για τις περιπτώσεις μέσης και ισχυρής συσχέτισης κατασκευάστηκαν για τις μεταβλητές που συσχετίζονται διαγράμματα διασποράς ώστε να γίνει αναπαράσταση των ζευγών των παρατηρήσεων σε ένα διάγραμμα.

Η αποτύπωση των ρυπαντικών πιέσεων περιελάμβανε χάρτες για κάθε Δήμο σε επίπεδο Οικοδομικού Τετραγώνου με τις θέσεις των πιθανών πηγών πίεσης προς το υδάτινο περιβάλλον του ρέματος. Επίσης σχεδιάστηκε χάρτης πυκνότητας των πηγών

ρύπανσης και εξετάστηκε μέσω διαγραμμάτων η συσχέτιση της μέσης τιμής των θρεπτικών ανά σταθμό με την πυκνότητα πιέσεων ανά υπολεκάνη σταθμού δειγματοληψίας.

Για την αξιολόγηση της φυσικοχημικής κατάστασης του ρέματος Πικροδάφνη προέκυψαν οι πίνακες της διαμέσου και του 75^{ου} ποσοστημορίου των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου και θρεπτικών σε επίπεδο έτους.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

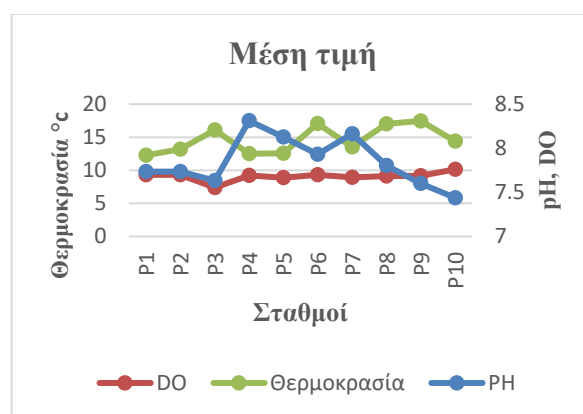
3.1. Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης και συσχετίσεων

Η διαχρονική παρακολούθηση των παραμέτρων DO, θερμοκρασίας, pH, αγωγιμότητας, κολοβακτηρίων, N-NO_3^- , P-PO_4^{3-} , N-NH_4^+ , N-NO_2^- είναι σημαντική για την καταγραφή των ρυπαντικών πιέσεων εφόσον είναι ανθρωπογενούς προέλευσης και οφείλονται σε εισροές υλικών και ρύπων στο ρέμα.

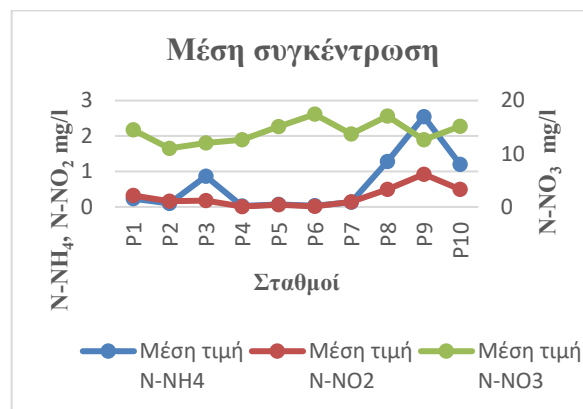
Από τις παραπάνω αναλύσεις προκύπτουν ότι: οι τιμές της αγωγιμότητας κυμαίνονται πολύ παραπάνω από το ενδεικτικό επίπεδο σε όλους τους σταθμούς, οι τιμές των κολοβακτηριδίων είναι αρκετά υψηλές και ειδικά τους θερινούς μήνες, η μέση τιμή του DO είναι αρκετά υψηλή σε όλους τους σταθμούς με διακυμάνσεις μεταξύ θερινής και χειμερινής περιόδου στον ίδιο σταθμό, το pH εμφανίζει γενικά σταθερές τιμές σε όλους τους σταθμούς, η θερμοκρασία κυμαίνεται σε λογικά επίπεδα σε όλους τους σταθμούς.

Όσον αφορά τα θρεπτικά, οι διακυμάνσεις και οι υψηλές τιμές που παρατηρούνται στις συγκεντρώσεις του αζώτου των νιτρικών, των νιτρωδών και των αμμωνιακών χαρακτηρίζουν το νερό ως κακής ποιότητας. Αντίστοιχα οι μέσες τιμές του φωσφόρου των φωσφορικών αυξομειώνονται από ανάντη προς κατόντη, συνεπώς εξαρτώνται από εξωτερικούς

παράγοντες. Διαχρονικά παρατηρείται μια αυξητική τάση τα έτη 2012-2013 με τις πιο ακραίες τιμές να σημειώνονται τα συγκεκριμένα έτη, ενώ στη συνέχεια παρατηρείται πτώση των τιμών. Επίσης παρατηρούνται εποχιακές διακυμάνσεις στις καταγραφές ειδικά για το N-NO_3^- όπου η εικόνα είναι δυσμενέστερη τη θερινή περίοδο και για το N-NH_4^+ όπου μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται το χειμώνα.



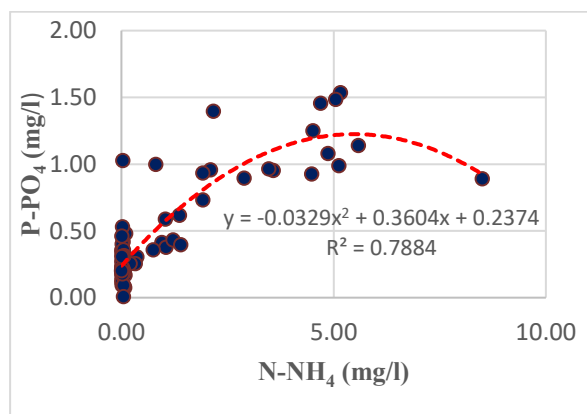
Σχήμα 1. Διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας, pH, DO



Σχήμα 2. Διακύμανση της μέσης συγκέντρωσης των N-NO_3^- , N-NH_4^+ , N-NO_2^-

Σχετικά με τις συσχετίσεις παρατηρείται για το σύνολο του έτους και τη θερινή περίοδο ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων P-PO_4^{3-} - N-NH_4^+ , κάτι που υποδηλώνει κοινή πηγή προέλευσης για τα δύο θρεπτικά. Τη χειμερινή περίοδο προκύπτει υψηλή συσχέτιση μόνο μεταξύ των παραμέτρων P-PO_4^{3-} - N-NH_4^+ , ενώ την καλοκαιρινή περίοδο υπάρχει συσχέτιση

μεταξύ περισσότερων παραμέτρων όπως $P-PO_4^{3-}$ - $N-NO_3^-$ με αρνητική μέση συσχέτιση, DO - θερμοκρασία, DO – κολοβακτηρίδια με αρνητική μέση συσχέτιση και αγωγιμότητα με κολοβακτηρίδια με ισχυρή θετική συσχέτιση.

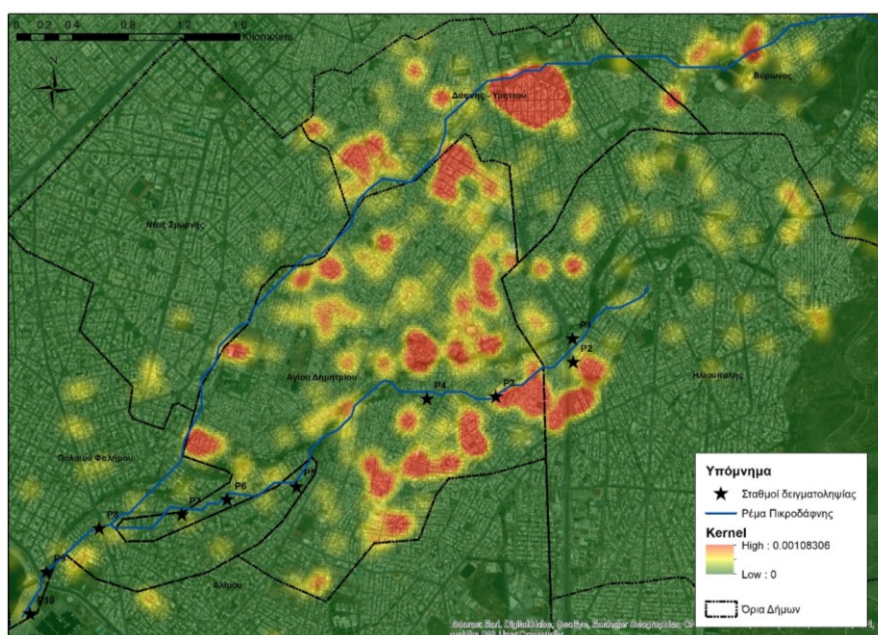


Σχήμα 3. Συσχέτιση $N-NH_4^+$ και $P-PO_4^{3-}$ κατά τη χειμερινή περίοδο

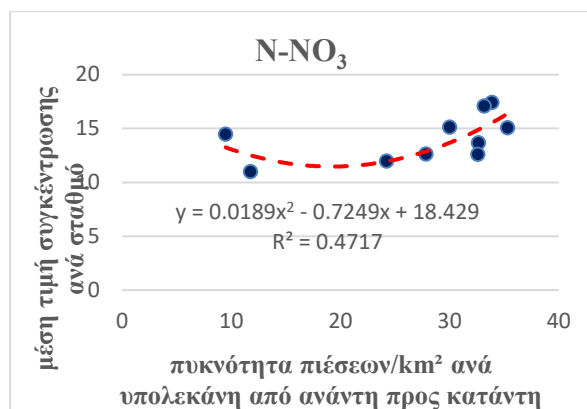
3.2. Αποτύπωση ρυπαντικών πιέσεων σε χάρτες

Στο σύνολο της λεκάνης απορροής του ρέματος Πικροδάφνης εντάσσεται μεγάλο πλήθος πιθανών πηγών ρύπανσης, όπως εργοστάσια – εργαστήρια, νοσοκομεία – κλινικές, ξενοδοχεία και σταθμοί αυτοκινήτων με μεγαλύτερο ποσοστό να

καταλαμβάνουν τα εργοστάσια – εργαστήρια. Το μεγαλύτερο πλήθος πηγών ρύπανσης συναντάται στο Δήμο Αγ. Δημητρίου καθώς εντάσσεται στο σύνολο του σχεδόν στη λεκάνη απορροής του ρέματος. Οι σταθμοί που δέχονται την υψηλότερη ρυπαντική πίεση είναι αυτοί που βρίσκονται στα κατάντη του ρέματος, ενώ ο σταθμός που δέχεται τη μικρότερη ρυπαντική πίεση είναι ο πλέον ανάντη σταθμός. Υψηλές μέσες τιμές συγκέντρωσης θρεπτικών παρατηρούνται γενικά στους κατάντη σταθμούς, αλλά δεν σημειώνεται κατ' ανάγκη η υψηλότερη τιμή στο σταθμό που δέχεται την μεγαλύτερη ρυπαντική πίεση. Αντίστοιχη εικόνα παρατηρείται εξάλλου και στα διαγράμματα συσχετίσεων. Παρατηρείται η μέγιστη τιμή συγκέντρωσης αζώτου των αμμωνιακών και φωσφόρου των φωσφορικών στο σταθμό P9 ο οποίος όμως δεν δέχεται τη μέγιστη ρυπαντική πίεση. Συνεπώς η πυκνότητα των πηγών ρύπανσης παίζει βασικό ρόλο στο επίπεδο των συγκεντρώσεων ρύπων στα σημεία δειγματοληψίας, δεν είναι όμως ο μοναδικός καθώς σίγουρα επηρεάζονται και από άλλα χαρακτηριστικά, όπως η ένταση και το είδος του ρύπου.



Εικόνα 2. Χάρτης πυκνότητας των πηγών ρύπανσης



Σχήμα 4. Συσχέτιση μέσης τιμής συγκέντρωσης αζώτου των νιτρικών ανά σταθμό με πυκνότητα πιέσεων ανά υπολεκάνη σταθμού από ανάντη προς κατάντη

3.3. Αξιολόγηση φυσικοχημικής κατάστασης ρέματος

Από τη διαδικασία υπολογισμού της διαμέσου ανά έτος για τις φυσικοχημικές παραμέτρους προκύπτει ότι η οικολογική κατάσταση του ρέματος το 2012 ήταν κακή

Πίνακας 1. Φυσικοχημική κατάσταση των υδάτων του ρέματος Πικροδάφνης ανά έτος με βάση τη διάμεσο των συγκεντρώσεων σύμφωνα με Cardoso et al (2001) και Skoulidakis et al (2006)

Έτος	DO (mg/l)	N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	N-NO ₂ ⁻ (μg/l)	P-PO ₄ ³⁻ (μg/l)
2012	GOOD	BAD	BAD	BAD	BAD
2013	HIGH	BAD	GOOD	BAD	BAD
2016	HIGH	BAD	HIGH	MODERATE	POOR
2017	HIGH	BAD	GOOD	POOR	POOR
2018	MODERATE	BAD	BAD	BAD	BAD

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ρέμα της Πικροδάφνης δέχεται σημαντικές ρυπαντικές πιέσεις οι οποίες οφείλονται κυρίως στην ανεξέλεγκτη διάθεση αστικών και βιομηχανικών λυμάτων και απορριμμάτων. Από τη διαχρονική παρακολούθηση των φυσικοχημικών, υδρολογικών, χημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων του νερού κατά τα έτη 2012-2014, 2016-2018 σε δίκτυο δέκα σημείων προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα.

Οι τιμές της αγωγιμότητας και οι μετρήσεις των κολοβακτηρίων κυμαίνονται

με το οξυγόνο να βρίσκεται σε «καλή» κλάση και όλα τα θρεπτικά να ταξινομούνται στη «χαμηλότερη» κλάση. Τα έτη 2013, 2016, 2017 το διαλυμένο οξυγόνο ταξινομείται στην «υψηλότερη» κλάση, ενώ το άζωτο των νιτρικών βρίσκεται στη «χαμηλότερη» κλάση όλες τις χρονιές, το άζωτο των αμμωνιακών βρίσκεται σε μια ετήσια διακύμανση με την ποιότητα να κυμαίνεται μεταξύ καλής και υψηλής και το άζωτο των νιτρικών και ο φώσφορος των φωσφορικών κυμαίνονται σε «φτωχή» έως «μέτρια» κλάση.

Αντίστοιχα από τη διαδικασία υπολογισμού του Q₇₅ προκύπτει για το διαλυμένο οξυγόνο ότι βρίσκεται σε υψηλές τιμές όλα τα έτη των δειγματοληψιών με αποτέλεσμα το σύνολο των θρεπτικών να κατατάσσονται στην «κακή» ποιότητα με εξαίρεση τα έτη 2016 και 2017 για το άζωτο των αμμωνιακών όπου οι τιμές τους το κατατάσσουν σε «καλή» έως «μέτρια» κατάσταση αντίστοιχα.

σε υψηλότερα επίπεδα από το κανονικό κυρίως στους κατάντη σταθμούς λόγω μεγάλης συγκέντρωσης απορρίψεων. Η μέση τιμή του DO είναι γενικά υψηλή ενώ παρατηρούνται αποκλίσεις μεταξύ θερινής – χειμερινής περιόδου. Οι διακυμάνσεις και οι υψηλές τιμές που παρατηρούνται στις συγκεντρώσεις του αζώτου των νιτρικών, των νιτρικών και των αμμωνιακών χαρακτηρίζουν το νερό ως κακής ποιότητας. Αντίστοιχα οι μέσες τιμές του φωσφόρου των φωσφορικών αυξομειώνονται από ανάντη προς κατάντη, συνεπώς εξαρτώνται

από εξωτερικούς παράγοντες. Όσον αφορά τη διαχρονική κατάσταση των θρεπτικών παρατηρείται μια αυξητική τάση τα έτη 2012, 2013 με τις πιο ακραίες τιμές και μεγαλύτερο εύρος τιμών να σημειώνονται το έτος 2013 και στη συνέχεια εμφανίζεται πτώση των τιμών τα έτη 2016, 2017 εκτός από το άζωτο των αμμωνιακών όπου από το 2013-2017 οι τιμές κυμαίνονται σε αρκετά χαμηλό επίπεδο. Σχετικά με το διαλυμένο οξυγόνο όλα τα έτη σημειώνονται παρόμοιες τιμές. Παρατηρούνται επίσης εποχιακές διαφοροποιήσεις της ποιότητας των υδάτων, καθώς κάθε θρεπτικό μπορεί να εμφανίζει υψηλότερες τιμές διαφορετική περίοδο.

Σχετικά με τις συσχετίσεις των παραμέτρων παρατηρείται ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ αζώτου των αμμωνιακών και φωσφόρου των φωσφορικών κατά το σύνολο του έτους, για τη χειμερινή και θερινή περίοδο, ενώ κατά τη θερινή περίοδο ισχυρή θετική συσχέτιση εμφανίζεται και μεταξύ αγωγιμότητας – κολοβακτηριδίων.

Από την αξιολόγηση της φυσικοχημικής κατάστασης του ρέματος με βάση τον υπολογισμό της διαμέσου και του 75^{ου} ποσοστημορίου ανά έτος για το διαλυμένο οξυγόνο και τα θρεπτικά προκύπτουν τιμές οι οποίες υποδεικνύουν μια επιβάρυνση του ρέματος για όλα τα έτη κατατάσσοντάς το σε μέτρια με φτωχή κατάσταση. Διακύμανση παρατηρείται όπως αναφέρθηκε και παραπάνω στο άζωτο των αμμωνιακών όπου οι τιμές που σημειώθηκαν τα έτη 2013-2017 το κατατάσσουν σε καλύτερη ποιοτική κατάσταση.

Η γενική εικόνα είναι ότι η μεγαλύτερη ποιοτική επιβάρυνση εντοπίζεται στο κατάντη τμήμα του ρέματος με βάση τις μεγαλύτερες και πιο ακραίες τιμές φυσικοχημικών, μικροβιολογικών αναλύσεων και θρεπτικών στοιχείων που έχουν καταγραφεί. Όμως, σε κανέναν από τους σταθμούς που έχουν καταγραφεί οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις πιθανών πηγών ρύπανσης δεν εμφανίζονται οι υψηλότερες

συγκεντρώσεις ρύπων και αυτό εξάλλου αποτυπώνεται και στο διάγραμμα συσχέτισης της πυκνότητας πιέσεων με τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών, καθώς δεν εμφανίζουν ισχυρή συσχέτιση. Ήτοι, η θέση και η πυκνότητα δεν αποτελούν τον μοναδικό παράγοντα πίεσης, αλλά σίγουρα υπάρχουν και άλλα χαρακτηριστικά όπως η ένταση του ρύπου.

Με βάση τα παραπάνω θεωρείται επιτακτική η ανάγκη βέλτιστης διαχείρισης και αποκατάστασης των τμημάτων που χαρακτηρίζονται περισσότερο υποβαθμισμένα ποιοτικά και ενδεικτικά μέτρα αποτελούν η ελαχιστοποίηση της ρύπανσης μέσω εγκαθίδρυσης συνεχούς προγράμματος παρακολούθησης ποιότητας και λήψης δειγμάτων για έλεγχο ποιότητας ώστε να τιμωρούνται οι ρυπαίνοντες με ταυτόχρονη απομάκρυνση των υπαρχόντων λυμάτων και δράσεων καθαρισμού και η προστασία των φυσικών στοιχείων στο ποτάμι και την παρόχθια ζώνη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διεθνές περιοδικό

- Argyraki A., Paraskos F., Marmara M., Papadopoulou K., Maglaropoulou A. (2013). Comparative geochemistry of three urban streams in Athens: Kifissos – Podoniftis – Pikrodafni. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, Vol 47 (No2), 910-919.
- Cardoso A.C., Duchemin J., Magoarou P., Premazzi G. (2001). Criteria for the identification of freshwaters subject to eutrophication. EUR 19810 EN, EC Joint Research Centre, Ispra, Italy.
- Dimitriou E., Markogiani V., Mentzafou A., Karaouzas I., Zogaris S. (2015). Ecological status assessment of Pikrodafni stream (Attica, Greece), restoration and management measures, *Desalination and Water Treatment*, Vol 56, 1248-1255.
- Skoulikidis N., Amaxidis Y., Bertahas I., Laschou S., Gritzalis K. (2006). Analysis of factors driving stream water composition

and synthesis of management tools – A case study on small/medium Greek catchments, *Science of the Total Environment*, Vol 362, 205-241.

- Skoulikidis N. (2008). Defining chemical status of a temporal Mediterranean River. *Journal of Environmental Monitoring*, Vol 10(7), 842-852.

Τεχνικές ερευνητικές εκθέσεις

- Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία, Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (Μάρτιος 2017). Πράξη «Αύξηση της γνώσης και της ευαισθητοποίησης σχετικά με την ανασύσταση και αποκατάσταση των υγροτόπων της Αττικής – ΕΟΧ». Παραδοτέο ΠΒ2: Τελική Τεχνική Έκθεση με τα αποτελέσματα της παρακολούθησης της ποιότητας υδάτων στο υδατικό σύστημα του ρέματος της Πικροδάφνης – Προτάσεις αποκατάστασης. Για τις υπηρεσίες προς την Περιφέρεια Αττικής για μετρήσεις ποιότητας υδάτων και ορνιθοπανίδας στο πλαίσιο του Υποέργου 5. Αναθέτουσα Αρχή: Περιφέρεια Αττικής.

Αποτύπωση των ρυπαντικών πιέσεων και εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης του ρέματος Πικροδάφνη

Α. Εγγλέζου, Η. Δημητρίου

Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Έργων Υποδομής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Από την στατιστική επεξεργασία των φυσικοχημικών, υδρολογικών, χημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων του ρέματος Πικροδάφνη καθώς και από τη συσχέτιση μεταξύ των παραπάνω παραμέτρων αλλά και των ποιοτικών χαρακτηριστικών με τη χρωσθέτηση και αριθμό των πηγών ρύπανσης επιχειρείται η καταγραφή της οικολογικής κατάστασης του ρέματος.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το φυσικό περιβάλλον του ρέματος είναι γενικά υποβαθμισμένο με βάση προηγούμενες μελέτες λόγω ανθρωπίνων παρεμβάσεων και παράνομης διάθεσης αποβλήτων. Παρόλα αυτά υπάρχουν ενδείξεις οικολογικής ακεραιότητας σε αρκετά σημεία του ρέματος.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

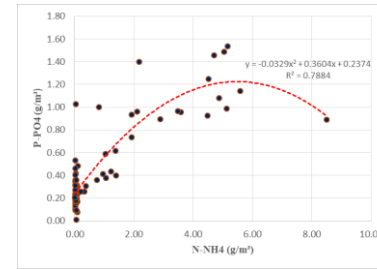
Η εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης του ρέματος βασίζεται α) στη στατιστική επεξεργασία μέσω κατάρτισης διαγραμμάτων των μετρήσεων των φυσικοχημικών, υδρολογικών, χημικών, μικροβιολογικών παραμέτρων που συλλέχθηκαν από δίκτυο δέκα (10) σταθμών για την παρακολούθηση των ετήσιων, μηνιαίων, τοπικών μεταβολών και στη διερεύνηση της συσχέτισης των παραμέτρων αυτών β) στην καταγραφή των πιθανών πηγών ρύπανσης σε επίπεδο Οικοδομικού Τετραγώνου ανά Δήμο που ανήκει στη λεκάνη απορροής του ρέματος και στη συσχέτιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών με τις πηγές ρύπανσης γ) στην αξιολόγηση της φυσικοχημικής κατάστασης του ρέματος μέσω του Νορβηγικού και του Ελληνικού Συστήματος Ταξινόμησης με τη χρήση της ετήσιας διαμέσου και του αντίστοιχου 75^{ου} ποσοστημορίου.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στατιστική ανάλυση και συσχετίσεις – αξιολόγηση φυσικοχημικής κατάστασης

Από την στατιστική ανάλυση των παραμέτρων σε ετήσια, χωρική και μηνιαία βάση παρακολούθησης προκύπτουν τα εξής:

- οι τιμές της αγωγιμότητας και των κολοβακτηριδίων κυμαίνονται πολύ παραπάνω από το ενδεικτικό επίπεδο σε όλους τους σταθμούς.
- η μέση τιμή του DO είναι αρκετά υψηλή σε όλους τους σταθμούς με αποκλίσεις μεταξύ θερινής και χειμερινής περιόδου στον ίδιο σταθμό.
- το pH, η θερμοκρασία και η παροχή εμφανίζουν γενικά τις αναμενόμενες τιμές σε όλους τους σταθμούς.
- οι διακυμάνσεις και οι υψηλές τιμές που παρατηρούνται στις συγκεντρώσεις του αζώτου των νιτρικών, των νιτρωδών και των αμμωνιακών χαρακτηρίζουν το νερό ως κακής ποιότητας, ενώ οι μέσες τιμές του φωσφόρου των φωσφορικών αυξοομιώνονται από ανάντη προς κατάντη, συνεπώς εξαρτώνται από εξωτερικούς παράγοντες.
- Παρατηρούνται εποχιακές διακυμάνσεις στις καταγραφές, ειδικά για το N-NO₃ προκύπτει δυσμενής εικόνα τη θερινή περίοδο, ενώ για το N-NH₄ το χειμώνα. Επίσης για τα έτη 2012-2013 παρατηρούνται αυξημένες τιμές για τα θρεπτικά σε σχέση με τις καταγραφές των επόμενων δειγματοληψιών.
- Όσον αφορά τις συσχετίσεις παρατηρείται ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ N-NH₄ και P-PO₄ κατά το σύνολο του έτους, τη χειμερινή περίοδο, ενώ στη θερινή περίοδο μεγαλύτερη συσχέτιση εμφανίζεται μεταξύ αγωγιμότητας – κολοβακτηριδίων.



Σχήμα 1. Συσχέτιση N-NH₄ και P-PO₄ κατά τη χειμερινή περίοδο

Πίνακας 1. Φυσικοχημική κατάσταση ρέματος ανά έτος με βάση τη διάμεσο των συγκεντρώσεων (Cardoso et al, Skoulikidis et al)

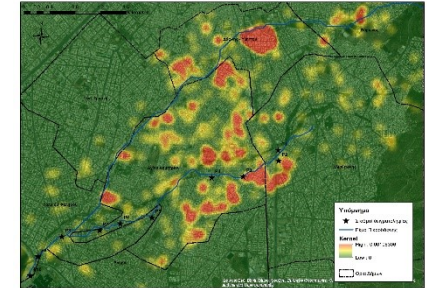
Έτος	DO (mg/l)	N-NO ₃ (mg/l)	N-NH ₄ (mg/l)	N-NO ₂ (μg/l)	P-PO ₄ (μg/l)
2012	GOOD	BAD	BAD	BAD	BAD
2013	HIGH	BAD	GOOD	BAD	BAD
2016	HIGH	BAD	HIGH	MODERATE	POOR
2017	HIGH	BAD	GOOD	POOR	POOR
2018	MODERATE	BAD	BAD	BAD	BAD

- Για το διαλυμένο οξυγόνο και τα θρεπτικά προκύπτουν τιμές που υποδηλώνουν επιβάρυνση του ρέματος για όλα τα έτη κατατάσσοντάς το σε μέτρια με φτωχή κατάσταση, ενώ για το N-NH₄ οι τιμές τα έτη 2013-2017 το κατατάσσουν σε καλύτερη ποιοτική κατάσταση.

Αποτύπωση ρυπαντικών πιέσεων σε χάρτες

Το μεγαλύτερο πλήθος πηγών ρύπανσης (εργαστήρια, νοσοκομεία, ξενοδοχεία, σταθμοί αυτοινήτων) συναντάται στο Δήμο Αγ. Δημητρίου. Υψηλές μέσες τιμές συγκέντρωσης θρεπτικών παρατηρούνται γενικά στους κατάντη σταθμούς, αλλά δεν σημειώνεται κατ' ανάγκη η υψηλότερη τιμή στο σταθμό που δέχεται την μεγαλύτερη ρυπαντική πίεση. Αντίστοιχη εικόνα παρατηρείται εξάλλου και στα διαγράμματα συσχετίσεων. Συνεπώς η πυκνότητα των πηγών ρύπανσης δεν είναι ο

μοναδικός παράγοντας πίεσης καθώς σίγουρα επηρεάζονται και από άλλα χαρακτηριστικά, όπως η ένταση και το είδος του ρύπου.



Εικόνα 1. Χάρτης πυκνότητας των πηγών ρύπανσης

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το περιβάλλον του ρέματος είναι υποβαθμισμένο και θεωρείται επιτακτική η ανάγκη βέλτιστης διαχείρισης και αποκατάστασης των τμημάτων που χαρακτηρίζονται περισσότερο υποβαθμισμένα ποιοτικά. Ενδεικτικό μέτρο αποτελεί η εγκαθίδρυση συνεχούς προγράμματος παρακολούθησης ποιότητας και λήψης δειγμάτων για έλεγχο ποιότητας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

-Cardoso A.C., Duchemin J., Magoarou P., Premazzi G. (2001). Criteria for the identification of freshwaters subject to eutrophication. EUR 19810 EN, EC Joint Research Centre, Ispra, Italy.
-Dimitriou E., Markogiani V., Mentzafou A., Karaouzas I., Zogaris S. (2015). Ecological status assessment of Pikrodafni stream (Attica, Greece), restoration and management measures, Desalination and Water Treatment, Vol 56, 1248-1255.