



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ
ΥΓΕΙΑΣ 2022 – 2023**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΑΘΜΟΥ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ
ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΚΗΦΙΣΟ ΠΟΤΑΜΟ – ΕΛΛΑΔΑ**

**ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΟΥ ΕΛΕΝΗ
Α.Μ.: ΜΕΡΥ22054**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΚΑΒΟΥΡΑ ΟΛΓΑ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2024



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ**

**POSTGRADUATE PROGRAM (MSc)
OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL HEALTH
2022 - 2023**

**DIPLOMA THESIS
WATER AND SOIL DEGRADATION ASSESSMENT IN
KIFISSOS RIVER - GREECE**

**ANASTASIADOU ELENI
REGISTRATION NUMBER: MEPY22054**

SUPERVISOR: CAVOURA OLGA

ATHENS, JULY 2024

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΕΙΑ**

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΑΘΜΟΥ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ
ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΚΗΦΙΣΟ ΠΟΤΑΜΟ – ΕΛΛΑΔΑ**

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι
Εξεταστική Επιτροπή:

A/a	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ / ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΚΑΒΟΥΡΑ ΟΛΓΑ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
2	ΕΒΡΕΝΟΓΛΟΥ ΛΕΥΚΟΘΕΑ	ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
3	ΔΑΜΙΚΟΥΚΑ ΙΩΑΝΝΑ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Αναστασιάδου Ελένη του Αναστασίου, με αριθμό μητρώου ΜΕΡΥ22054 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Επαγγελματική και Περιβαλλοντική Υγεία του Τμήματος Πολιτικών Δημόσιας Υγείας της Σχολής Δημόσιας Υγείας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΟΥ ΕΛΕΝΗ



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑΣ

ΟΛΓΑ ΚΑΒΟΥΡΑ

Ευχαριστίες

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε και ολοκληρώθηκε επιτυχώς μέσω της βοήθειας ατόμων εντός, αλλά και εκτός του Πανεπιστημιακού χώρου.

Για αρχή, θα ήταν άδικο να μην αναφερθώ στην επιβλέπουσα και επίκουρη καθηγήτρια, Κα. Όλγα Κάβουρα, καθώς το κομμάτι του μεταπτυχιακού μου προγράμματος, έλαβε τέλος με τη βοήθεια της συμβολής σας, και για αυτό σας ευχαριστώ θερμά.

Στη συνέχεια, ευχαριστίες οφείλουν να δοθούν και στους φίλους & την οικογένεια μου, που μου παρείχαν συνεχή υποστήριξη στις δύσκολες μέρες συγγραφής της εργασίας, που είχαν δεχτεί εμπόδιο από τις υγειονομικές, κλιματικές και οικονομικές συνθήκες που επικρατούσαν στην κοινωνία μας τότε. Σας ευχαριστώ για την αγάπη και κατανόηση που μου δείχνατε συνεχώς.

Τέλος, ένα μεγάλο και ειλικρινές ευχαριστώ σε όλους τους καθηγητές (αλλά και όλο το προσωπικό του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής – Τμήματος Πολιτικών Δημόσιας Υγείας και Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Επαγγελματική και Περιβαλλοντική Υγεία») που είχα την χαρά και τύχη να παρευρεθώ σε μάθημα που δίδασκαν και έκαναν τις ώρες των διαλέξεων πολύ ευχάριστες και τη διδασκόμενη ύλη να φαντάζει ευκολότερη από ότι ήταν. Σας ευχαριστώ.

Σας ευχαριστώ και πάλι όλους για όλα όσα μου προσφέρατε κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου και μετέπειτα ακόμα!

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ:

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	IX
ABSTRACT.....	X
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	XI
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	XII
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ.....	XIV
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	XVI
Α. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Τρέχουσες κοινωνικές συνθήκες.....	1
1.2 Νομοθεσία.....	4
1.3 Παράμετροι.....	5
1.3.1 Φυσικές παράμετροι.....	5
1.3.1.1 pH.....	5
1.3.1.2 Θολότητα.....	8
1.3.1.3 Αγωγιμότητα.....	11
1.3.2 Χημικές παράμετροι.....	15
1.3.2.1 Νιτρικά ιόντα & Νιτρώδη ιόντα.....	15
1.3.2.2 Αμμωνία.....	16
1.3.2.3 Φωσφορικά ιόντα.....	17
1.3.2.4 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο - Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο.....	19
1.3.2.5 Χρώμιο.....	20
1.4 Παρόμοιες μελέτες.....	23

B. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	32
2.1 Σημεία Δειγματοληψίας	35
2.2 Υλικά.....	38
2.3 Μέθοδοι.....	38
2.3.1. Νερό	42
2.3.1.1 Νιτρώδη ιόντα.....	42
2.3.1.2 Νιτρικά ιόντα.....	44
2.3.1.3 Φωσφορικά ιόντα	44
2.3.1.4 Αμμωνία	45
2.3.1.5 Διαλυμένο οξυγόνο	46
2.3.1.6 Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο	47
2.3.1.7 Χρώμιο	48
2.3.2. Έδαφος.....	49
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	54
3.1 Εύρεση τιμών	54
3.2 Δείκτης επιβάρυνσης.....	62
3.2.1 Μέθοδος αξιολόγησης.....	62
3.2.2. Τελική αξιολόγηση – Κατάταξη	66
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	69
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	78
5.1 Δυσκολίες έρευνας.....	78
5.2 Τελικοί στοχασμοί.....	78
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	81

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α' 97

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β' 104

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η έρευνα επικεντρώθηκε στην αξιολόγηση της υδάτινης ρύπανσης στο Βορειότερο κομμάτι του Κηφισού Ποταμού, στην Αττική, Ελλάδα. Μέσω της μελέτης της κύριας ροής του ποταμού, πάρθηκαν δείγματα νερού και εδάφους από 10 τοποθεσίες και αναλύθηκαν βάσει πρότυπων μεθόδων. Το έδαφος κρίθηκε αλκαλικό με pH άνω του 7.7 στις περισσότερες τοποθεσίες. Όσον αφορά τα δείγματα νερού, το διαλυμένο οξυγόνο κυμάνθηκε από 7.80 έως 10.1 mg/L, η θολότητα από 2.43 έως 10.9 NTU, τα ολικά διαλυμένα στερεά από 424 έως 668 mg/L, η αγωγιμότητα κυμάνθηκε από 606 έως 954 $\mu\text{S}/\text{cm}$, η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων κυμάνθηκε από 17.3 έως 101 mg/L, ο φώσφορος από 0.06 έως 1.31 mg/L, το pH από 7.72 έως 8.32, η αμμωνία από 0.34 έως 1.39 mg/L, το εξασθενές χρώμιο από 0.01 έως 0.06 mg/L, το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο βρέθηκε χαμηλότερο των 4 mg/L και η συγκέντρωση των νιτρωδών ιόντων κυμάνθηκε από 0.05 έως 0.98 mg/L. Η συνολική ποιότητα των υδάτων καθορίστηκε χρησιμοποιώντας εφαρμοσμένους υπολογισμούς του Εθνικού Υγειονομικού Οργανισμού Δεικτών Ποιότητας Υδάτων (WQI). Τα αποτελέσματα υπέδειξαν αρκετά ρυπασμένα επιφανειακά ύδατα καθ' όλη την περιοχή μελέτης. Η περιοχή της «Αγίας Σωτήρα», όπου παρατηρήθηκαν γεωργικές και οικιστικές δραστηριότητες, κρίθηκε ως η περισσότερο ρυπασμένη με WQI = 44, που αναλογεί σε «κακή» ποιότητα υδάτων, ενώ το «Αχαρνές» βρέθηκε ως η λιγότερο ρυπασμένη περιοχή με WQI = 60, που αναλογεί σε «μέτρια» ποιότητα υδάτων. Η συνεχιζόμενη παρακολούθηση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση των πιέσεων των υδατικών οικοσυστημάτων και της αποτελεσματικότητας των πολιτικών και νομοθετημάτων του νερού.

Λέξεις – κλειδιά: Δείκτης Ποιότητας Νερού (WQI), Περιβαλλοντική ρύπανση, Κηφισός Ποταμός, Εθνικός Οργανισμός Υγείας

ABSTRACT

This research focused on the assessment of water pollution in the Northern part of the Kifissos River, in Attica, Greece. By studying the main flow of the river, water and soil samples were collected from 10 locations and analyzed based on standard methods. Soil was alkaline with a pH above 7.7 at most locations. For water samples, dissolved oxygen ranged from 7.80 to 10.1 mg/L, turbidity ranged from 2.43 to 10.9 NTU, total dissolved solids ranged from 424 to 668 mg/L, conductivity ranged from 606 to 954 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nitrate ion concentrations ranged from 17.3 to 101 mg/L, phosphate from 0.06 to 1.31 mg/L, pH from 7.72 to 8.32, ammonia from 0.34 to 1.39 mg/L, hexavalent chromium ranged from 0.01 to 0.06 mg/L, biochemical oxygen demand was below 4 mg/L and nitrite ions concentration was in the range of 0.05 to 0.98 mg/L. Overall water quality was determined using an adapted calculation of the National Sanitation Foundation Water Quality Index (WQI). Results indicated fairly polluted surface water throughout the study area. Location “Agia Sotira”, where farming and residential activities were observed, was the most polluted with a WQI = 44, corresponding to “bad” water quality, while “Acharnes” was found to be the least polluted region with WQI = 60, corresponding to “medium” water quality. Ongoing monitoring of surface water quality is necessary to assess the impact of pressures on the aquatic ecosystems and evaluate the effectiveness of water policies and legislation.

Keywords: Water Quality Index (WQI), Environmental pollution, Kifissos River, National Sanitation Foundation

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

- SSC: Suspended sediment concentration
- TSS: Total suspended solids
- NTUs: Nephelometric turbidity units
- SI: International system of units
- DO: Dissolved oxygen
- COD: Chemical oxygen demand
- ROS: Reactive oxygen species
- BOD: Biochemical oxygen demand
- ΠΑ.Δ.Α.: Πανεπιστήμιο δυτικής αττικής
- PAHS: Total polycyclic aromatic hydrocarbons
- THS: Total hydrocarbons
- HWQI: Hellenic water quality index
- MT: Μέση τιμή
- FC: Fecal coliforms
- NSF: National sanitation foundation
- TDS: Ολικά διαλυμένα στερεά
- ΠΟΥ: Παγκόσμιος οργανισμός υγείας
- PPMs: Parts per million
- ΗΣΑΠ: Ηλεκτρικοί σιδηρόδρομοι Αθηνών - Πειραιώς

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: Κατηγοριοποίηση αλκαλικότητας υδάτινων ταμιευτήρων, βάσει συγκεντρώσεων ανθρακικού ασβεστίου (CaCO ₃) σε mg/L	7
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2: Τιμές αγωγιμότητας ανά τύπο νερού.....	13
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3: Ταξινόμηση υδάτων βάσει συγκεντρώσεων TDS	14
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4: Κύριες ρυπαντικές πηγές νιτρικών ιόντων στο έδαφος.....	15
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5: Τυπικές βιομηχανικές χρήσεις της αμμωνίας.....	17
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.6: Ποσοτική αναπαράσταση συγκεντρώσεων φωσφόρου (σε lb/yr) ανά τις 3 δημοφιλέστερες ομάδες σε παραγωγή του	18
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.7: Τυπικές συγκεντρώσεις COD σε φυσικά νερά και υγρά απόβλητα	19
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.8: Κύριες πηγές Cr ⁶⁺	21
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.9: Συγκεντρωτικός πίνακας συντεταγμένων σημείων δειγματοληψίας (αριστερά) και αποτελεσμάτων δείκτη αξιολόγησης (δεξιά), με τους αριθμούς να εκφράζονται σε κλάσεις χαμηλά.....	24
ΠΙΝΑΚΑΣ 1. 10: Τιμές παραμέτρων μελέτης (mg/L: χημικές συγκεντρώσεις - μg/L: μεταλλικές συγκεντρώσεις - μS/cm: συγκεντρώσεις αγωγιμότητας), όπου η 1η στήλη απεικονίζει τη MT, η 2η στήλη την στατιστική απόκλιση, η 3η & η 4η στήλη την ελάχιστη και μέγιστη τιμή μέτρησης αντίστοιχα	28
ΠΙΝΑΚΑΣ 1. 11: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις μετάλλων και θρεπτικών στοιχείων Ελληνικών και Ευρωπαϊκών Ποταμών.....	30
ΠΙΝΑΚΑΣ 1. 12: Μηνιαίες συγκεντρώσεις χημικών ρυπαντικών στοιχείων από τον Ιούνιο 1991 - Ιούλιο 1992 από τον Ληθαίο Ποταμό.....	31
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1: Συγκεντρωτικός πίνακας συντεταγμένων σημείων δειγματοληψίας νερού (Δ1 –Κ2) & εδάφους (Δ1 – Δ9).....	37
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: Κλάσεις ρυπασμένων νερών βάσει του δείκτη αξιολόγησης ρύπανσης NSF	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2: Δείκτης αξιολόγησης WQI για το Δ1	68
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: Διακύμανση αγωγιμότητας «σ» τον χειμώνα και την άνοιξη του 2013.....	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2: Διακύμανση «pH» τον χειμώνα και την άνοιξη του 2013.....	72

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3: Απεικόνιση απαραίτητου χρόνου εξισορρόπησης μιας υδάτινης μάζας από διαταρακτικούς παράγοντες, ανά μονάδες NTUs	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4: Διακύμανση «PO₄³⁻» τον χειμώνα και την άνοιξη του 2013	75
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5: Διακύμανση «NO₃⁻» τον χειμώνα και την άνοιξη του 2013	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6: Διακύμανση «NO₂⁻» τον χειμώνα και την άνοιξη του 2013	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7: Διακύμανση «BOD₅» τον χειμώνα και την άνοιξη του 2013	76

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ:

ΓΡΑΦΗΜΑ 1.1: Απεικόνιση συγκέντρωσης του εκάστοτε ρυπαντή για το εκβολικό σημείο του Κηφισού ποταμού (πάνω γράφημα) και της κοίτης του ποταμού (κάτω γράφημα).....	24
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.1: Απεικόνιση μέσω τιμών αγωγιμότητας «σ» ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές της αγωγιμότητας και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας.....	55
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.2: Απεικόνιση μέσω τιμών «pH» νερού ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές του «pH» και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας.....	56
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.3: Απεικόνιση μέσω τιμών διαλυμένου οξυγόνου «DO» ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές «DO» και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας.....	56
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.4: Απεικόνιση μέσω τιμών θολρότητας «t» ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές θολρότητας και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας.....	57
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.5: Απεικόνιση μέσω τιμών αμμωνίας «NH ₃ » ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές της αμμωνίας και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας.....	58
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.6: Απεικόνιση μέσω τιμών εξασθενούς χρωμίου «Cr ⁶⁺ » ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές του χρωμίου και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας.....	59
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.7: Απεικόνιση μέσω τιμών φωσφορικών ιόντων «PO ₄ ³⁻ » ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές των φωσφορικών ιόντων και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας.....	60
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.8: Απεικόνιση μέσω τιμών νιτρωδών ιόντων «NO ₂ ⁻ » ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές των νιτρωδών ιόντων και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας.....	60
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.9: Απεικόνιση μέσω τιμών νιτρικών ιόντων «NO ₃ ⁻ » ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές των νιτρικών ιόντων και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας.....	61
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.10: Απεικόνιση μέσω τιμών βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου «COD» ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές «COD» και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας.....	62

ΓΡΑΦΗΜΑ 3.11: Απεικόνιση μέσω των τιμών «pH» εδάφους ανά δείγμα (Δ1 – Δ9), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές «pH» και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας.....	62
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.12: Καμπύλη q-value που αντιστοιχεί στο pH.....	65
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.13: Καμπύλη q-value που αντιστοιχεί στο DO%.....	65
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.14: Καμπύλη q-value που αντιστοιχεί στα φωσφορικά ιόντα.....	65
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.15: Καμπύλη q-value που αντιστοιχεί στα νιτρικά ιόντα.....	65
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.16: Καμπύλη q-value που αντιστοιχεί στη θολερότητα.....	66
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.17: Καμπύλη q-value που αντιστοιχεί στο BOD₅.....	66
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.18: Καμπύλη q-value που αντιστοιχεί στα ολικά διαλυμένα στερεά.....	66
ΓΡΑΦΗΜΑ 3.19: Καμπύλη q-value που αντιστοιχεί στο COD.....	66

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ:

ΕΙΚΟΝΑ 1.1: Κηφισός, 2023	3
ΕΙΚΟΝΑ 1.2: Αναπαράσταση κλίμακας pH από την πιο όξινη (αριστερά) στην πιο βασική (δεξιά) τιμή	6
ΕΙΚΟΝΑ 1.3: Όργανο μέτρησης pH (LANGE pH101)	8
ΕΙΚΟΝΑ 1.4: Πεχαμετρικό χαρτί	8
ΕΙΚΟΝΑ 1.5: Διακυμαινόμενη θολότητα σε δείγματα	9
ΕΙΚΟΝΑ 1.6: Αναπαράσταση λειτουργίας θολομέτρου	10
ΕΙΚΟΝΑ 1.7: Θολόμετρο LOVIBOND	10
ΕΙΚΟΝΑ 1.8: Μείωση μονάδων NTU (θολερότητας) σε δείγματα, από τα αριστερά προς τα δεξιά	11
ΕΙΚΟΝΑ 1.9: Αναπαράσταση αγωγιμότητας ($\mu\text{S}/\text{cm}$) στο νερό	12
ΕΙΚΟΝΑ 1.10: Αγωγιμόμετρο LOVIBOND SENSODirect Con200 για μέτρηση αγωγιμότητας και θερμοκρασίας σε δείγμα ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	13
ΕΙΚΟΝΑ 1.11: Τρόπος καρκινογενούς δράσης Cr (VI) κατόπιν κατάποσης πόσιμου νερού	22
ΕΙΚΟΝΑ 1.12: Χάρτης περιοχής μελέτης, με σημειωμένες τις 4 περιοχές δειγματοληψίας και την οριοθετημένη ροή του ποταμού	25
ΕΙΚΟΝΑ 1.13: Περιοχή μελέτης με υπόμνημα επεξήγησης σκιάσεων	25
ΕΙΚΟΝΑ 1.14: Απεικόνιση της ρύπανσης από βαρέα μέταλλα σε όλους τους υδάτινους ταμιευτήρες σε εθνικό επίπεδο. Τα ποτάμια συμβολίζονται με κύκλο, οι λίμνες με τρίγωνο και οι λιμνοθάλασσες/βάλτοι με τετράγωνο. Ο HPI (Heavy Metal Pollution Index) απεικονίζεται με πράσινο για <u>ήπια επιβάρυνση</u> και με κόκκινο για <u>σοβαρή επιβάρυνση</u>	27
ΕΙΚΟΝΑ 1.15: Χάρτης περιοχής μελέτης, όπου με κουκίδα συμβολίζονται οι πόλεις και με τρίγωνο οι περιοχές δειγματοληψίας	28
ΕΙΚΟΝΑ 1.16: Περιοχή μελέτης Τρικάλων, όπου μελετώνται οι ποταμοί: 1. Ληθαίος, 2. Πηνειός, 3. Σπερχειός, 4. Λούρος, 5. Αχελώος, 6. Αλιάκμονας, 7. Αξιός, 8. Στρυμόνας & 9. Νέστος	29
ΕΙΚΟΝΑ 2.1: Γενικός χάρτης περιοχής μελέτης, όπου 17α) Χάρτης Ελλάδας, 17β) Χάρτης Ν. Αττικής & 17γ) Περιοχές που τις διαπερνά ο Κηφισός ποταμός (δεδομένα πάρθηκαν από DIVA - GIS)	32

ΕΙΚΟΝΑ 2.2: Δεύτερη απόπειρα δειγματοληψίας σημείου Δ4 (Αχαρνές)	34
ΕΙΚΟΝΑ 2.3: Περιβάλλον δειγματοληψίας Νέας Χαλκηδόνας (Δ8)	34
ΕΙΚΟΝΑ 2.4: Περιβάλλον δειγματοληψίας γεφυρών (Κ1: Ριζούπολη)	35
ΕΙΚΟΝΑ 2.5: Νομοί τους οποίους διατρέχει ο Κηφισός ποταμός, όπου συμβολίζονται τα σημεία δειγματοληψίας από ανοιχτή / ελεύθερη ροή (Δ1 – Δ9), αλλά και τα σημεία από κλειστή ροή / γέφυρες (Κ1 – Κ2)	36
ΕΙΚΟΝΑ 2.6: Τυπική μορφή σημείων δειγματοληψίας (Δ6)	37
ΕΙΚΟΝΑ 2.7: Τυπική μορφή γεφυρών (Κ2)	37
ΕΙΚΟΝΑ 2.8: Δείγματα νερού που πάρθηκαν σε πλαστικά μπουκάλια (Δ1 – Δ2 – Δ3 – Δ8)	41
ΕΙΚΟΝΑ 2.9: Δείγματα εδάφους που πάρθηκαν (Δ5 - Δ6 - Δ9)	41
ΕΙΚΟΝΑ 2.10: Φασματοφωτόμετρο HACH DR/200 (Εργαστήριο ΕΠΕΥ)	43
ΕΙΚΟΝΑ 2.11: Αντιδραστήριο NitriVer 3 Nitrite Reagent Powder Pillow	43
ΕΙΚΟΝΑ 2.12: Αντίδραση δειγμάτων νιτρωδών ιόντων, όπου όσο εντονότερος ο ροζ χρωματισμός τόσο μεγαλύτερη η συγκέντρωση NO₂	43
ΕΙΚΟΝΑ 2.13: Φασματοφωτόμετρο HACH (Εργαστήριο ΕΠΕΥ)	44
ΕΙΚΟΝΑ 2.14: Αντίδραση δειγμάτων νιτρικών ιόντων, όπου όσο εντονότερος ο κίτρινος χρωματισμός τόσο μεγαλύτερη η συγκέντρωση NO₃	44
ΕΙΚΟΝΑ 2.15: Ήπιος βρασμός δειγμάτων σε θερμοαντική πλάκα (30')	45
ΕΙΚΟΝΑ 2.16: Αντίδραση δειγμάτων φωσφορικών ιόντων, όπου όσο εντονότερος ο μπλε χρωματισμός τόσο μεγαλύτερη η συγκέντρωση PO₄³⁻	45
ΕΙΚΟΝΑ 2.17: Αντίδραση δειγμάτων αμμωνίας, όπου όσο εντονότερος ο κίτρινος χρωματισμός τόσο μεγαλύτερη η συγκέντρωση NH₃	46
ΕΙΚΟΝΑ 2.18: Οξυγονόμετρο HACH (LANGE LDO101) (Εργαστήριο ΕΠΕΥ)	46
ΕΙΚΟΝΑ 2.19: Υλικά για μέτρηση του COD	47
ΕΙΚΟΝΑ 2.20: Ανάδευση δείγματος υπό γωνία 45°	47
ΕΙΚΟΝΑ 2.21: Χώνευση δειγμάτων COD για 2 ώρες (Εργαστήριο ΕΠΕΥ)	48
ΕΙΚΟΝΑ 2.22: Ψύξη έτοιμων φιαλιδίων σε θερμοκρασία δωματίου, κατόπιν ανάδευσής τους	48
ΕΙΚΟΝΑ 2.23: Αντίδραση δειγμάτων χρωμίου	48

ΕΙΚΟΝΑ 2.25: Λήψη δείγματος εδάφους με ειδικό εξοπλισμό (καρότο)	49
ΕΙΚΟΝΑ 2.26: Συγκεντρωτικά δείγματα εδαφών (Δ1 - Δ9).....	50
ΕΙΚΟΝΑ 2.27: Κόσκινο εδάφους (Εργαστήριο ΕΠΕΥ).....	51
ΕΙΚΟΝΑ 2.28: Δείγματα εδάφους κατόπιν κοσκινίσματος (Εργαστήριο ΕΠΕΥ).....	51
ΕΙΚΟΝΑ 2.29: Κώνος δείγματος εδάφους.....	52
ΕΙΚΟΝΑ 2.30: Ζύγισμα εδάφους (Εργαστήριο ΕΠΕΥ).....	52
ΕΙΚΟΝΑ 2.31: Ανάδευση δειγμάτων εδάφους (Εργαστήριο ΕΠΕΥ).....	53
ΕΙΚΟΝΑ 2.32: Ηρεμία δειγμάτων σε κάθετη θέση για 1,5 h (Εργαστήριο ΕΠΕΥ).....	53
ΕΙΚΟΝΑ 2.33: Μέτρηση του pH του αιωρήματος (Εργαστήριο ΕΠΕΥ).....	53

Α| ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Τρέχουσες κοινωνικές συνθήκες

Αστικοποίηση, κλιματική αλλαγή, ρύπανση, είναι μερικά από τα συχνότερο εμφανιζόμενα φαινόμενα της σημερινής κοινωνίας· είναι επίσης όροι που θα αναλυθούν στη συνέχεια, καθώς συνδέονται άρρηκτα με την παρούσα εργασία.

Από την αρχή της ιστορίας, ο άνθρωπος βασιζόταν στη φύση για ποικίλους λόγους. Πρωταρχικός λόγος είναι αυτός της επιβίωσης, καθώς η φύση του παρέχει τροφή μέσω της αλείας, αλλά και των οργανισμών που περιβάλλουν τους φυσικούς υδάτινους ταμιευτήρες (λίμνες, ποτάμια, θάλασσες), αλλά και νερό, για την επιβίωση του είδους. Ακόμα, η φύση παρέχει καταφύγιο (π.χ. δέντρα, σπηλιές) από παράγοντες κινδύνου για την ανθρώπινη ζωή, όπως είναι οι αντίξοες καιρικές συνθήκες και οι θηρευτές. Έπειτα, σημαντικό κομμάτι αποτελεί και η αναψυχή, διότι η ψυχική υγεία είναι εξίσου σημαντική με τη φυσική· αν οι παραστάσεις που αντικρίζει κανείς, έχουν όμορφα χρώματα, αποπνέουν ηρεμία και αποτελούνται από καθαρό αέρα και την ησυχία της φύσης, ο άνθρωπος και το ζωϊκό βασίλειο ακόμα, βρίσκονται σε μια βέλτιστη πνευματική κατάσταση. Για όλους τους παραπάνω λόγους, οι ανθρώπινες κοινωνίες είχαν ακμάσει εντός φυσικών περιβαλλόντων και αποζητούσαν τη διαρκή επαφή με τη φύση, ακόμα και τα μετέπειτα χρόνια. Έτσι, οι κοινότητες αναπτύχθηκαν δίπλα στο νερό, με σκοπό να καλύπτουν όσο περισσότερες ανάγκες μπορούσαν και να έχουν ένα βιώσιμο μέλλον για αυτούς και τις μελλοντικές γενεές. Η παραπάνω ιδέα αποτελεί την «αειφορία», που στόχο έχει τη διαφύλαξη του τωρινού περιβάλλοντος, με σκοπό την αξιοποίησή του από τις επόμενες γενιές.

Ωστόσο, όσο οι αιώνες προχωρούσαν και ο πληθυσμός της γης αυξανόταν, τόσο και οι ανάγκες για κάλυψη πλήθαιναν. Έτσι, αναπτύχθηκαν ολοένα και περισσότερες

εγκαταστάσεις παραγωγής αγαθών, με σκοπό να τις καλύψουν. Συμπτωματικά, μεγάλα κτήρια, με θορυβώδεις μηχανές και ανεπαρκή ποιοτικό έλεγχο έκαναν την εμφάνισή τους.

Το κεφάλαιο της βιομηχανίας είναι ευρύ, παρόλα αυτά αξίζει κανείς να κρατήσει συγκεκριμένα στοιχεία· μια βιομηχανική εγκατάσταση απαρτίζεται από διάφορα μέρη που συνεργαζόμενα οδηγούν στην εύρυθμη λειτουργία της. Αρχικά, οφείλεται να γίνει μια μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΜΠΕ) έτσι ώστε να μελετηθεί και να αξιολογηθεί το περιβάλλον που επρόκειτο να χτιστεί η βιομηχανία, με σκοπό την κατά το δυνατόν μικρότερη περιβαλλοντική επιβάρυνση του. Έπειτα, η κατασκευή του έργου είναι σημαντικό να ακολουθεί διατάξεις και νομοθετήματα που βοηθούν στο έργο της «ανακύκλωσης», είτε πόρων είτε εμπορευμάτων. Στη συνέχεια, η συμβολή του ανθρώπινου δυναμικού είναι σπουδαία, καθώς οι ίδιοι εργαζόμενοι (από το προσωπικό του ποιοτικού ελέγχου, μέχρι και τους μηχανικούς) της επιχείρησης θα θέσουν το πρότυπο σωστής συμπεριφοράς, μέσω της ενημέρωσης και της τριβής τους με τον όρο «βιωσιμότητα». Τέλος, νευραλγική και έσχατη ευθύνη φέρει η εκάστοτε βιομηχανία, η οποία θα σχεδιάσει την κατανάλωση ενέργειας, τη ρίψη αποβλήτων και όλον τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο της εγκατάστασης στον οικότοπο που βρίσκεται δομημένη.

Φυσικό επόμενο λοιπόν είναι να «γίνει λόγος» για την προαναφερθείσα ανθρώπινη παρέμβαση και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα που η ίδια δυνητικά αφήνει. Πολλές είναι οι χημικές ουσίες και τα βιομηχανικά τοξικά παράγωγα που δυνητικά απειλούν την ανθρώπινη υγεία, και κυρίως την περιβαλλοντική ισορροπία του εκάστοτε οικοσυστήματος. Η εργασία λοιπόν θα επικεντρωθεί σε αυτό ακριβώς το κομμάτι, ούτως ώστε να γνωστοποιηθούν οι επιπτώσεις αυτές.

Για αρχή, οφείλει να γίνει μια αναφορά στο προς μελέτη υδάτινο σώμα, το οποίο και θα μελετηθεί σε ένα μέρος του, με σκοπό να γίνει η ανωτέρω αξιολόγηση. Ο Κηφισός ποταμός (*Εικόνα 1*) αποτελεί ζωτικό σύστημα για την οικοσυστημική αρμονία του λεκανοπεδίου της Αττικής. Στηρίζει πληθώρα χερσαίων και υδάτινων οργανισμών, προσδίδει ομορφιά στο λεκανοπέδιο, αποτελεί πόλο έλξης για αναψυχή, σε ένα μήκος αυτού, και αποτελεί μέρος του περιβαλλοντικού συστήματος. Η εισροή του ξεκινά από την Πάρνηθα και εκβάλλει στην περιοχή του Παλαιού Φαλήρου. Ο Κηφισός ποταμός έχει μήκος 27 km, πηγάζει από τον φυσικό κόμβο της Πεντέλης μέχρι και τις εκβολές του στον

Σαρωνικό Κόλπο (Φαληρικός Όρμος), δημιουργεί τον παραπόταμο Ποδονίφτη στο Πεντελικό Όρος και «συναντάται» με τον Ιλισό Ποταμό, με τη λεκάνη απορροής να φτάνει τα 380 km² (Panagiotopoulos *et al.*, 2010). Το ποτάμιο σύστημα του Κηφισού δέχεται ανθρωπογενείς πιέσεις καθημερινά, ενεργά ή και πιο παθητικά (στα κλειστά του σημεία), σε βαθμό επικίνδυνο για το περιβάλλον και δυνητικά τον άνθρωπο. Το μεγαλύτερο μέρος αυτού έχει κλείσει από αναχώματα και αυτοκινητοδρόμους, καθώς μετά τις πλημμύρες του 1994 (Evelpidou *et al.*, 2009) και τη ραγδαία αστική ανάπτυξη, το περιβάλλον καταπατήθηκε από τη βιομηχανοποίηση.



Εικόνα 1: Κηφισός, 2023 (Πηγή: The Guardian, 2019)

Σε μέρη της έκτασης αυτής η ανθρώπινη παρέμβαση είναι πιο εμφανής· λόγος γίνεται για τις βιομηχανίες που εντοπίζονται στο βορειότερο κομμάτι της έκτασής του και αποτελούν σοβαρή πηγή ρύπανσης του οικοσυστήματος.

Πηγή ρύπανσης αρχικά μπορεί να θεωρηθεί η γεωργία, και συγκεκριμένα ο ευτροφισμός των υδάτων σαν αποτέλεσμα, δηλαδή η αυξημένη συγκέντρωση στοιχείων όπως φώσφορος (P) (Robert *et al.*, 2000), που εντοπίζεται σε επιφανειακά ύδατα σε όλη την υδρόγειο. Ακόμα, πηγή ρύπανσης αποτελούν και τα βιομηχανικά και οικιακά απόβλητα (π.χ. μικροπλαστικά, μέταλλα) που εντοπίζονται σε όλων των ειδών τα οικοσυστήματα, λόγω της ευρείας χρήσης τους και κακής απόθεσής τους. Τα επιβαρυνόμενα αυτά, από απόβλητα, οικοσυστήματα, μπορούν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις και για την ανθρώπινη υγεία, αναλόγως της συγκέντρωσης των ρύπων, της μορφής τους, του τρόπου

έκθεσης σε αυτούς και των περιβαλλοντικών συνθηκών που συναντώνται οι προαναφερθέντες ρύποι (Armendariz *et al.*, 2015; Espín *et al.*, 2014; Kavcar *et al.*, 2009; Saha και Zaman, 2013).

Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα θα εστιάσει στη Βόρεια έκταση του Κηφισού Ποταμού, η οποία χαρακτηρίζεται από τη μεγαλύτερη ανθρωπογενή παρέμβαση, στον τομέα της γεωργίας και των οδικών κατασκευών (Ενρενογλου *et al.*, 2013). Έχουν καταγραφεί περιστατικά εύρεσης αρσενικού (As) και καδμίου (Cd) σε δείγματα ανθρώπινου ιστού και νερού, κατοίκων των περιοχών μελέτης, γεγονός που αποδεικνύει την σοβαρότητα της κατάστασης (Ενρενογλου *et al.*, 2013). Οι βιομηχανίες που έχουν αναπτυχθεί στο Βόρειο κομμάτι του Κηφισού Ποταμού, συνδέονται με τις ζώνες προστασίας του, που ορίζονται από τους Δήμους Μεταμόρφωσης, Ν. Φιλαδέλφειας, Αχαρνών, Κηφισιάς, Νέας Ερυθραίας, Άνοιξης, Κρυονερίου & Εκάλης (Προεδρικό διάταγμα 632Δ / 1994), οπότε ενδιαφέρον θα παρουσιάσουν τα αποτελέσματα της μελέτης των ζωνών αυτών.

1.2 Νομοθεσία

Η Ελληνική νομοθεσία, όπως θα αναφερθεί παρακάτω, έχει επιχειρήσει βάσει Ευρωπαϊκών προτύπων να μεριμνήσει για τη διατήρηση του μεγάλου αυτού φυσικού πλούτου. Ωστόσο, από το Προεδρικό Διάταγμα 632Δ του 1994 που περιλάμβανε τον Κηφισό Ποταμό ως ξεχωριστή και αυτοτελή ενότητα, έγιναν ελάχιστες τροποποιήσεις (Τασοπούλου, 2011) μέχρι και την θέσπιση του Νόμου 3019 το 2003, στα πλαίσια διεθνούς προσπάθειας προστασίας και αποκατάστασης φυσικών υδάτινων πόρων, χωρίς ιδιαίτερη εξειδίκευση ως προς ένα σχέδιο προστασίας και ευημερίας του ποταμού αυτού. Το νομοθετικό πλαίσιο που καλύπτει τη ζώνη των «Επιφανειακών Υδάτων» και εθνικών υδάτων κατ' επέκταση, περιορίζεται στην Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου του 2000 (με σκοπό την θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων) και στον Νόμο υπ' αριθ. 3199 ΦΕΚ α' 280/9.12.2003 της Προστασίας και Διαχείρισης των υδάτων, σε εναρμόνιση με την παραπάνω Οδηγία.

Καθώς ο Κηφισός ποταμός διαρρέει από αρκετές περιοχές εντός του Νομού Αττικής, δημιουργεί και τις αντίστοιχες περιβαλλοντικές πιέσεις σε αυτές. Για παράδειγμα,

εντείνεται ο κίνδυνος πλημμυρικών φαινομένων, διότι οι τωρινές δομές κρίνονται ανεπαρκείς σε περίπτωση υπερχείλισης του ποταμού, γεγονός που θα οδηγήσει σε καταστροφή ανθρώπινης περιουσίας, απώλεια γεωργικών εκτάσεων και θα αποτελέσει άμεσο κίνδυνο ως προς την ανθρώπινη ασφάλεια καθ' όλη τη διάρκεια της πλημμύρας, αλλά και κατόπιν διαχείρισης αυτής. Έτσι, οι πολίτες θα βρεθούν αντιμέτωποι με ελλείματα στις αποθήκες τροφίμων, αυξημένες τιμές αγαθών κατά συνέπεια και όλο το φάσμα των υδατογενών ασθενειών.

Κλείνοντας, αξίζει να αναφερθεί ότι η Οδηγία 2000/60/EK καλύπτει ενδελεχώς τους τρόπους διαχείρισης των υδάτων (επιφανειακών, μεταβατικών, εσωτερικών, παράκτιων και υπόγειων), με όλες τις κατευθυντήριες γραμμές να έχουν δοθεί ως προς την βιωσιμότητα αυτών σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Σημαντική ωστόσο παραμένει η εφαρμογή των παραπάνω «κατευθυντήριων γραμμών», με τις αναμενόμενες κυρώσεις σε περίπτωση αδυναμίας εναρμονισμού με αυτές.

1.3 Παράμετροι παρακολούθησης

Παρακάτω ακολουθεί μια αναφορά στις παραμέτρους που έχουν μελετηθεί κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, και μερικών βασικών χαρακτηριστικών τους, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου της εργασίας και αποσαφήνισης τυχόν αποριών.

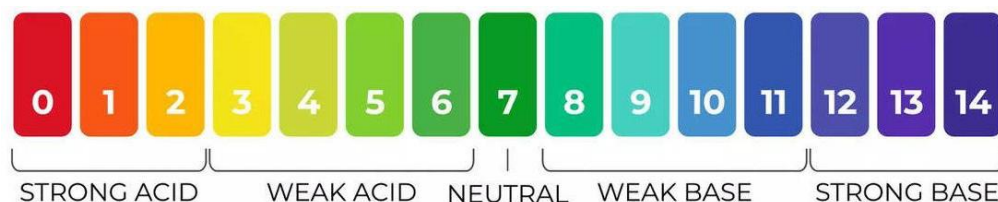
Αναλυτικότερα, η εργασία χωρίστηκε στη μελέτη τόσο φυσικών, όχι και χημικών παραμέτρων, καθώς και οι δύο συντελούν στην ισορροπία του νερού και του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα, διακρίνονται τα εξής μέρη πειραματικών μελετών και μετρήσεων:

1.3.1 Φυσικές παράμετροι

1.3.1.1 pH

Το pH αποτελεί δείκτη μέτρησης για την αλκαλικότητα ή οξύτητα αντίστοιχα ενός διαλύματος. Κυμαίνεται σε μια κλίμακα από το 0 έως το 14, με το 0 να είναι η πιο

όξινη τιμή, το 14 η πιο βασική, και το 7 η ουδέτερη (Εικόνα 2). Διαφορά 1 μονάδας του pH αντιστοιχεί σε δεκαπλάσια αλκαλικότητα ή οξύτητα μεταξύ των διαλυμάτων, καθώς η κλίμακα του pH είναι λογαριθμική (Addy *et al.*, 2004).



Εικόνα 2: Αναπαράσταση κλίμακας pH από την πιο όξινη (αριστερά) στην πιο βασική (δεξιά) τιμή (Πηγή: Times Now, 2022)

Η διατήρηση μιας σωστής τιμής pH είναι πολύ σημαντική για τη σωστή και εύρυθμη λειτουργία ενός οργανισμού και κατ' επέκταση του συστήματος που το φιλοξενεί. Αποκλίσεις από τις φυσιολογικές τιμές pH μπορούν να οδηγήσουν σε δυσκολίες στην αναπαραγωγή ή ακόμα και θανάτωση του οργανισμού (Addy *et al.*, 2004) και σε μεγαλύτερη κλίμακα, υπάρχει έντονη επίδραση και στο οικοσύστημα, με δυνητικό κίνδυνο για τον άνθρωπο· δηλαδή η οξύτητα του εδάφους & νερού μέσω της ανθρώπινης εισπνοής και της κατανάλωσης επιβαρυσμένων οργανισμών, μπορεί να έχουν επίδραση στη δημόσια υγεία (Addy *et al.*, 2004).

Σταθερή τιμή pH έχουν μόνο τα «ρυθμιστικά διαλύματα», επομένως σκόπιμη κρίνεται η μελέτη παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν την διακύμανση μιας σταθερής τιμής pH, καθώς έστω και 1 μονάδα μπορεί να δημιουργήσει μεγάλο αντίκτυπο στο οικοσύστημα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι ένα βραχώδες υπόστρωμα μιας λίμνης ή ενός ποταμού μπορεί να έχει φαινομενικά υψηλότερη τιμή pH σε σχέση με ένα μεγαλύτερης συγκέντρωσης ιζήματος, και επομένως πιο όξινο σε περιεκτικότητα (Addy *et al.*, 2004). Ακόμα, ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις χαμηλού pH (όξινη βροχή) μπορούν να επηρεάσουν σαφώς την αλκαλικότητα/οξύτητα του νερού ενός υδάτινου ταμιευτήρα (Πίνακας 1). Σύνηθες επίσης στις αναπτυγμένες πόλεις είναι το φαινόμενο αύξησης της τιμής του pH,

έτσι ώστε να προστατευθούν οι σωλήνες παροχής από διάβρωση και στη συνέχεια μεταφορά μετάλλων στο νερό παροχής (Addy *et al.*, 2004). Τέλος, ευθύνη για την αλλαγή του pH μπορούν να φέρουν και οι βιομηχανίες, διότι σε περίπτωση που δεν υπάρξει επεξεργασία των υγρών αποβλήτων για τη ρύθμιση του pH πριν από την απόρριψή τους, ο ταμιευτήρας αποκτά απότομα αλλαγή της φυσιολογικής του τιμής, που μπορεί να προκαλέσει αλυσιδωτές χημικές και βιολογικές αντιδράσεις.

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση αλκαλικότητας υδάτινων ταμιευτήρων, βάσει συγκεντρώσεων ανθρακικού ασβεστίου (CaCO₃) σε mg/L (Πηγή: Addy *et al.*, 2014)

U.S. E.P.A. category	Concentration of CaCO ₃ (mg/L)
Acidified	< 1 and pH < 5
Critical	< 2
Endangered	2 – 5
Highly Sensitive	5 – 10
Sensitive	10 – 20
Not Sensitive	> 20

Η φυσική αυτή παράμετρος μπορεί να μετρηθεί με δυο τρόπους. Ο πρώτος και ακριβέστερος είναι μέσω ενός ειδικού οργάνου, του πεχαμέτρου (*Εικόνα 3*), όπου αποτελείται από μια οθόνη μετρήσεων και ένα ηλεκτρόδιο, το οποίο μπαίνει στο δείγμα για τη μέτρηση και κατόπιν ελαφριάς ανάδευσης, προκύπτει τιμή ακριβείας. Σημαντικό βήμα πριν από την πρώτη χρήση, είναι να γίνει βαθμονόμηση του οργάνου, με ένα διάλυμα γνωστού pH, έτσι ώστε να γνωρίζει ο ερευνητής ότι οι μετρήσεις του δε φέρουν σφάλμα. Ο δεύτερος τρόπος είναι το πεχαμετρικό χαρτί (*Εικόνα 4*), το οποίο εξάγει προσεγγιστικά αποτελέσματα βάσει του χρώματος που θα εμφανιστεί στο χαρτί και των έτοιμων αποχρώσεων του κατασκευαστή, όπου κάθε χρώμα αντιστοιχεί και σε μια μονάδα pH.



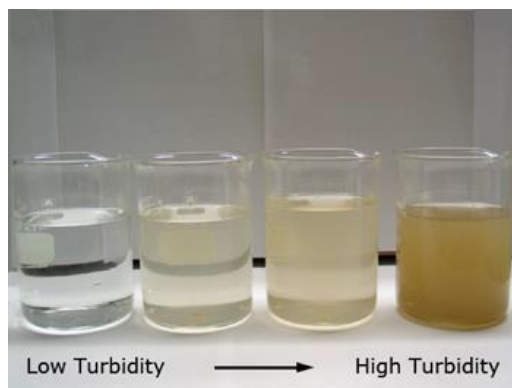
**Εικόνα 3: Όργανο μέτρησης pH (LANGE pH101)
(Εργαστήριο ΕΠΕΥ)**



Εικόνα 4: Πεχαμετρικό χαρτί (Πηγή: Indiamart, 2024)

1.3.1.2 Θολότητα

Ως θολότητα ορίζεται η οπτική διαύγεια ενός δείγματος· όσο πιο θολό, τόσο μεγαλύτερη συγκέντρωση ύλης παρουσιάζει το διάλυμα και έτσι η διαύγιά του ελαττώνεται (Εικόνα 5). Παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την τιμή της παραμέτρου, θέτονται τα αιωρούμενα σωματίδια και άλλες οργανικές και ανόργανες χημικές ενώσεις, ακόμα και η θερμοκρασία του χώρου (Kitchener *et al.*, 2017). Επιπλέον, αρκετοί ερευνητές χρησιμοποιούν την παράμετρο σαν υποκατάστατο για τις μετρήσεις της συγκέντρωσης των αιωρούμενων ιζημάτων SSC και των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων TSS (Kitchener *et al.*, 2017).

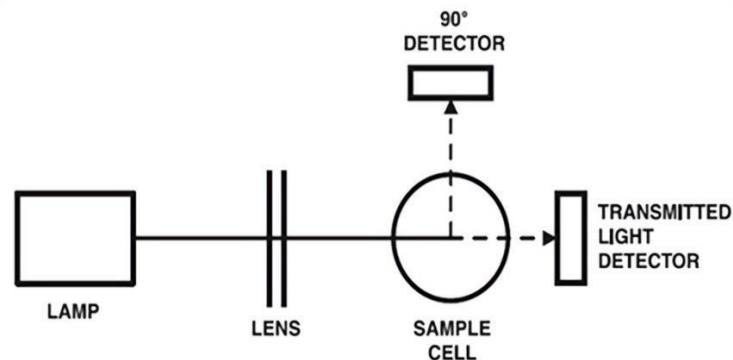


Εικόνα 5: Διακουμαινόμενη θολότητα σε δείγματα (Πηγή: DeLoach Industry INC., 2022)

Η αύξηση της θολότητας στο νερό μπορεί να προκαλέσει πληθώρα δυσμενών συνεπειών στο περιβάλλον. Ξεκινώντας από τους ζώντες μικροοργανισμούς, με τη μείωση της διαύγειας στο νερό δεν υπάρχει η κατάλληλη ικανότητα θήρευσης, αλλά προβλήματα μπορούν να προκύψουν και στη φυσιολογία των υδρόβιων οργανισμών (ίζημα στα βράγχια) (Kitchener *et al.*, 2017). Ακόμα και οι δύτες κινούνται σε επικίνδυνα ύδατα αν δεν υπάρχει διαύγεια στον ορίζοντα, δεκάδες μέτρα βυθισμένοι στο νερό. Έπειτα, οι ρυθμοί φωτοσύνθεσης μειώνονται σημαντικά, το ίδιο και διάφορες φυσικές παράμετροι (pH, αγωγιμότητα), αλλά και δραστηριότητες αναψυχής δε μπορούν να λάβουν χώρα, λόγω επικινδυνότητας των υδάτων (Kitchener *et al.*, 2017).

Επί της ουσίας, υπάρχουν δυο μέθοδοι προσδιορισμού της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών σε ένα διάλυμα. Η πρώτη ονομάζεται νεφελομετρία (nephelometry) και προσδιορίζει την θολερότητα ενός διαλύματος, μέσω της άμεσης ποσοτικοποίησης του διασπειρόμενου φωτός από αδιάλυτα σωματίδια στο δείγμα (Haven *et al.*, 1994). Εν αντιθέσει, η δεύτερη και πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μέτρηση, ονομάζεται θολοσιμετρία (turbidimetry) και επικεντρώνεται στην απώλεια της έντασης του φωτός που διαπερνά ένα δείγμα, που οφείλεται στον διασκορπισμό των αδιάλυτων σωματιδίων του δείγματος (Haven *et al.*, 1994). Καμία από τις προαναφερθείσες τεχνικές δεν είναι καταστροφική για το δείγμα και κοινός γνώμονας είναι ότι η βάση τους

επικεντρώνεται στη διασπορά φωτός, μέσω αιωρούμενων αδιάλυτων σωματιδίων (Haven *et al.*, 1994). Η *Εικόνα 6* παρουσιάζει τον τρόπο δράσης αυτών των οργάνων μέτρησης και η *Εικόνα 7* το όργανο μέτρησης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα.



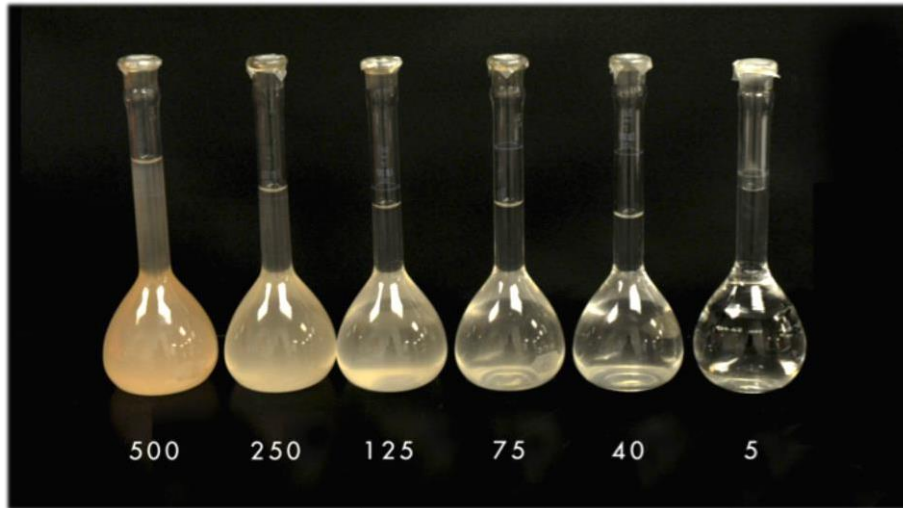
Εικόνα 6: Αναπαράσταση λειτουργίας θολομέτρου (Πηγή: Water Chemistry, 2016)



Εικόνα 7: Θολόμετρο LOVIBOND (Εργαστήριο ΕΠΕΥ)

Η παράμετρος της θολότητας των δειγμάτων χρησιμοποιεί σαν μονάδα μέτρησης τη νεφελομετρική μονάδα θολότητας NTU. Τα θολόμετρα έχουν ειδικές οδηγίες χρήσης, ως προς τη θολότητα των δειγμάτων, για διαφορετικές κλίμακες διαύγειας των διαλυμάτων

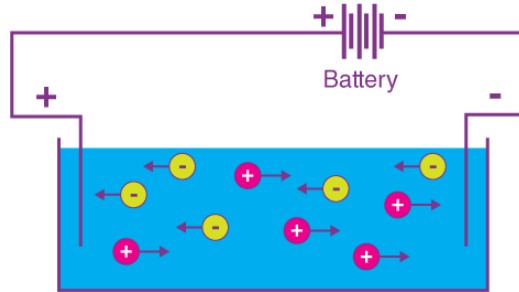
και προσαρμογής τους σε ανώτερη σκάλα, με σκοπό την ακριβέστερη εξαγωγή μετρήσεων. Η *Εικόνα 8* αναπαριστά το αποτέλεσμα διαφοράς σε μονάδες NTUs.



Εικόνα 8: Μείωση μονάδων NTU (θολερότητας) σε δείγματα, από τα αριστερά προς τα δεξιά (Πηγή: DeLoach Industry INC., 2022)

1.3.1.3 Αγωγιμότητα

Ως αγωγιμότητα ορίζεται το μέτρο της ευκολίας ενός ηλεκτρικού ρεύματος ή κύματος θερμότητας (ή ήχου), να διαπερνά ένα υλικό (*Εικόνα 9*)· κατά συνέπεια, ένα υλικό (π.χ. χαλκός, ατσάλι) που επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος με μικρή αντίσταση, αποτελεί έναν «αγωγό» του ηλεκτρικού ρεύματος/θερμότητας (University of Cambridge, 2007) και μετράται μέσω του αγωγιμόμετρου (*Εικόνα 10*). Διακρίνονται επομένως δύο είδη αγωγιμότητας· η ηλεκτρική αγωγιμότητα που αφορά την αποτελεσματικότητα ενός υλικού να διαπεραστεί από ένα ηλεκτρικό ρεύμα και η θερμική αγωγιμότητα ως προς την ευκολία της θερμικής ενέργειας να διαπεράσει ένα υλικό (University of Cambridge, 2007).



Εικόνα 9: Αναπαράσταση αγωγιμότητας ($\mu\text{S}/\text{cm}$) στο νερό (Πηγή: BYJU'S, 2024)

Όσον αφορά το νερό, λόγω της παρουσίας αλάτων και ιόντων, η αγωγιμότητα τείνει να αυξηθεί σε ένα δείγμα υψηλότερης αλατότητας, σε σχέση για παράδειγμα με το απιονισμένο νερό, στείρο από ιόντα κάθε μορφής (USEPA, 2023). Η προέλευση των ιόντων αυτών οφείλεται στην παρουσία ανόργανων στοιχείων, όπως χλωρίδια, αλκάλια, ανθρακικά και σουλφιδικά συμπλέγματα, καθώς επίσης και άλλων αλάτων (BYJU'S, 2023). Τα συμπλέγματα αυτά ονομάζονται ηλεκτρολύτες και κατόπιν διάλυσής τους, μετατρέπονται σε ιόντα (BYJU'S, 2023). Ανάλογη σχέση παρουσιάζει η αγωγιμότητα και με τη θερμοκρασία· όσο αυξάνεται η τελευταία τόσο και η αγωγιμότητα στο δείγμα (USEPA, 2023). Ανά υδάτινο σώμα παρατηρείται συγκεκριμένο εύρος τιμών αγωγιμότητας, επομένως σε περίπτωση εύρεσης αποκλίνουσας τιμής σε δείγμα με καθορισμένη μέσω μέτρησης τιμής, εξάγεται το συμπέρασμα ότι εξωγενής παράγοντας προκάλεσε αλλαγή στις φυσικές του παραμέτρους (π.χ. ρύπανση) και σκόπιμο κρίνεται να γίνουν περαιτέρω μελέτες (USEPA, 2023).



Εικόνα 10: Αγωγιμόμετρο LOVIBOND SENSODirect Con200 για μέτρηση αγωγιμότητας και θερμοκρασίας σε δείγμα ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Σύμβολο της αγωγιμότητας είναι το ελληνικό «σ» και μονάδες μέτρησης έχουν οριστεί στο SI ως Siemens per meter [S/m] (BYJU'S, 2023). Ενδεικτικά ακολουθεί πίνακας (Πίνακας 2) με τυπικές μετρήσεις αγωγιμότητας ανά τύπο νερού:

Πίνακας 2: Τιμές αγωγιμότητας ανά τύπο νερού (Πηγή: BYJU'S, 2023)

Types of water	Conductivity Value
Pure distilled and Deionized water	0.05 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Seawater	50 mS/cm
Drinking water	200 to 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
Rain or Snow water	2 to 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Η παραπάνω παράμετρος χρησιμοποιήθηκε με σκοπό να εξεταστεί μεμονωμένα, αλλά και με σκοπό τον υπολογισμό της μεταβλητής των ολικά διαλυμένων στερεών ουσιών.

Με τον όρο ολικά διαλυμένα στερεά TDS εννοούμε το σύνολο των οργανικών και ανόργανων ουσιών (πτητικών ή μη) που βρίσκονται διαλυμένες στο νερό (The Berkey, 2020). Τα TDS δε θεωρούνται ρυπαντικός παράγοντας, ωστόσο για αισθητικούς λόγους αφαιρούνται από το πόσιμο νερό, καθώς επίσης μπορούν να αποτελέσουν δείκτη παρουσίας χημικών ρυπαντών (The Berkey, 2020). Κύρια πηγή παραγωγής τους είναι οι αγροτικές, αλλά και οι οικιακές απορροές (πχ. ασβεστίου, χλωριδίων, καλίου & νατρίου), καθώς επίσης και οι βιομηχανικές μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων· μονάδα μέτρησης τους ορίζονται τα ppm (parts per million) (The Berkey, 2020).

Η σχέση μεταξύ της «σ» και των TDS έχει ως εξής (Malcolm *et al.*, 2004):

$TDS \text{ (mg/L)} = k_e \times EC \text{ (}\mu\text{S/cm)}$, όπου $k_e = 0,7$ και αποτελεί τη σταθερά αναλογικότητας.

Ανάλογα με την περιεκτικότητα των υδάτων σε TDS διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες (Πίνακας 3):

Πίνακας 3: Ταξινόμηση υδάτων βάσει συγκεντρώσεων TDS (Πηγή: Water Science School, 2018)

ΤΥΠΟΣ ΝΕΡΟΥ	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ
ΓΛΥΚΟ ΝΕΡΟ	$C_{TDS} < 1,000 \text{ ppm}$
ΥΦΑΛΜΥΡΟ ΝΕΡΟ	$1000 < C_{TDS} < 10,000 \text{ ppm}$
ΑΛΜΥΡΟ ΝΕΡΟ	$10000 < C_{TDS} < 35,000 \text{ ppm}$
ΠΟΛΥ ΑΛΜΥΡΟ ΝΕΡΟ	$C_{TDS} > 35,000 \text{ ppm}$

1.3.2 Χημικές παράμετροι

1.3.2.1 Νιτρικά ιόντα & Νιτρώδη ιόντα

Τα νιτρικά (NO_3^-), καθώς επίσης και τα νιτρώδη ιόντα (NO_2^-) είναι ιόντα εξαιρετικά ευδιάλυτα στο νερό (Graham *et al.*, 1998). Σχηματίζουν κατά βάση ενώσεις με πληθώρα κατιόντων, που οδηγούν στη δημιουργία υδατοδιαλυτών αλάτων (Graham *et al.*, 1998). Οι υδάτινες συγκεντρώσεις τους συνήθως περιορίζονται στα $< 10 \text{ mg/L}$, σε στείρα από παθογόνα οικοσυστήματα (Kross *et al.*, 1993). Μπορούν να βρεθούν φυσικά στα περισσότερα λαχανικά (π.χ. μαρούλι, σπανάκι) ή και να κατασκευαστούν από τον άνθρωπο, με σκοπό την συντήρηση τροφίμων (π.χ. κρέας) (Graham *et al.*, 1998). Ωστόσο οι μεγάλες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων (μη επιβλαβή και σχετικά αδρανή ιόντα) μπορούν να οδηγήσουν στη μετατροπή τους σε νιτρώδη ιόντα, τα οποία με τη σειρά τους οδηγούν στη δημιουργία μονοξειδίου του αζώτου (NO) και νιτροζαμινών (δυναμικά επιβλαβών για την ανθρώπινη υγεία) (Arnarson, 2020).

Σαν πηγές νιτρικών ιόντων, προσοδοφόρων στη ρύπανση εδάφους, μπορούν να θεωρηθούν τα κάτωθι (Πίνακας 4):

Πίνακας 4: Κύριες ρυπαντικές πηγές νιτρικών ιόντων στο έδαφος (Πηγή: Hill, 1991)

Fertilizer	Autumn application (when ground cover is less) Spring sowing (so reducing winter ground cover)
Grassland	Ploughing releases nitrate over a prolonged period Age grassland increases NO_3 Minimal ground cover
Animal manure	Added nitrate fertilizer speeds break-up Rapid breakdown to nitrate by bacteria

Τα NO_3^- μπορούν να διεισδύσουν και υποεπιφανειακά λόγω καλλιεργητικών μεθόδων (π.χ. λιπάσματα - κοπριά), ενώ τα NO_2^- μπορούν να δημιουργηθούν υπό κατάλληλες προϋποθέσεις (ατσαλένιοι σωλήνες νερού + *Nitrosomonas*). Κύριες πηγές τροφοδότησης του ανθρώπου από τα παραπάνω ιόντα ορίζεται το κρέας

(προσθήκη συντηρητικών για αργή ανάλωση) και τα λαχανικά (φυτοφάρμακα / λιπάσματα) (Kitchener *et al.*, 2012). Σκόπιμο και σημαντικό για τη δημόσια υγεία κρίνεται οι συγκεντρώσεις των NO_3^- να βρίσκονται σε τιμές $< 50 \text{ mg/L}$ (WHO, 2023) και των $\text{NO}_2^- < 0,1 \text{ mg/L}$ (Hill, 1991). Σύμφωνα με στοιχεία του ΠΟΥ (2023), το 25% του NO_3^- ανακυκλώνεται στο σάλιο μας και το 20% αυτού του συνόλου μετατρέπεται σε NO_2^- μέσω βακτηριακής δράσης, στο στόμα μας. Υπολογίζεται επίσης πως 62 mg/ημέρα NO_3^- απορρίπτονται στα ούρα ενός υγιούς ενήλικα. Η ιδανική σχέση κατανάλωσης για τη λιγότερο δυνατή επιβάρυνση του ανθρώπινου οργανισμού των δύο (NO_3^- & NO_2^-) έχει καθοριστεί ως η παρακάτω (WHO, 2023):

$$\frac{C_{\text{nitrate}}}{GV_{\text{nitrate}}} + \frac{C_{\text{nitrite}}}{GV_{\text{nitrite}}} \leq 1$$

Όπου, C = η συγκέντρωση του εκάστοτε ιόντος (NO_3^- ή NO_2^-) και GV = η επιτρεπόμενη τυπική τιμή του ΠΟΥ.

Στα κύρια συμπτώματα εκτεταμένης έκθεσης σε νιτρώδη και νιτρικά ιόντα εντάσσονται οι ημικρανίες, η ζάλη, η αυξημένη αρτηριακή πίεση, η διαταραχή της όρασης, η κυάνωση, η αναπνευστική και κυκλοφορική ανεπάρκεια και ο εμετός (Kitchener *et al.*, 2012).

1.3.2.2 Αμμωνία

Η αμμωνία είναι ένα άχρωμο, με έντονη έως ασφυκτική οσμή αέριο (NYS, Dpt of Health, 2011). Είναι ουσία (στερεή ή και υγρή) ευδιάλυτη στο νερό (“υγρή αμμωνία”) και στη φύση συναντάται κατόπιν διάσπασης φυτικής ή ζωϊκής ύλης (ACS, 2021). Η πυκνότητά της είναι μικρότερη από αυτή του αέρα και έτσι μπορεί να υγροποιηθεί αρκετά εύκολα (Chisholm, 1911).

Κύρια χρήση της αμμωνίας είναι μέσα σε λιπάσματα (80%), σαν ψυκτικό αέριο, σαν απολυμαντικό μέσο του νερού, στα υφάσματα, στα εντομοκτόνα, τις βαφές,

σαν καύσιμο και στις κατασκευές πλαστικών (Πίνακας 5), καθώς και άλλων χημικών ουσιών που περιλαμβάνονται σε οικιακά καθαριστικά (π.χ. καθαριστικά τζαμιών) (20%) (NYS, Dpt of Health, 2011).

Πίνακας 5: Τυπικές βιομηχανικές χρήσεις της αμμωνίας (Πηγή: ΝΙΗ, 2024)

ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ	ΒΟΗΘΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΕΤΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ
ΕΝΔΙΑΜΕΣΟ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ	ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟΣ – ΑΝΑΓΩΓΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ
ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ	ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΧΗΜΙΚΑ ΠΑΡΑΓΩΓΑ (ΜΗ ΠΑΡΑΣΙΤΟΚΤΟΝΑ)

Όσον αφορά τους κατώτερους οργανισμούς, η αμμωνία ακόμα και σε μικρές συγκεντρώσεις (0,05 mg/L) στα υδάτινα περιβάλλοντα έχει αποδειχτεί να προκαλεί αλλαγές στις μεταβολικές διεργασίες τους, το pH τους, τη γονιμότητα και γεννητικότητα, καθώς επίσης έχει συνδεθεί και με την αυξημένη ευπάθεια σε βακτηριακές μολύνσεις (Hargreaves *et al.*, 2004). Ακόμα, οι υδρόβιοι οργανισμοί μπορεί να βιώσουν απώλεια της ισορροπίας τους, αυξημένη αναπνευστική δραστηριότητα, υπερκινητικότητα και κατ' επέκταση αυξημένο καρδιακό παλμό (Oram, 2014). Τέλος, η έκθεση σε μεγάλες συγκεντρώσεις (0,2 - 2,0 mg/L) μπορεί να οδηγήσει σε βλάβη στα βράγχια και στους ιστούς, λήθαργο, σπασμούς, κώμα, ακόμα και θάνατο (Oram, 2014; Sergeant, 2014).

1.3.2.3 Φωσφορικά ιόντα

Οι συγκεντρώσεις PO_4^{3-} στα επιφανειακά ύδατα δεν ξεπερνούν τα 0,001 ppt, λόγω της μικρής διαλυτότητας που παρουσιάζουν με τα κατιόντα του νερού, αλλά και την άμεση βιολογική απορρόφησή τους (Hutchinson, 1957; Sawyer, 1952). Η

παρουσία φωσφόρου έχει επίσης συνδεθεί με τα φυτοπλαγκτονικά «μπλούμς», ωστόσο ο φώσφορος δύσκολα μπορεί να διεισδύσει και να μείνει εντός του εδάφους (Holt *et al.*, 1970).

Κύριες ανθρωπογενείς πηγές φωσφόρου θεωρούνται οι τομείς της βιομηχανίας, της γεωργίας (λιπάσματα, απορροές), των εξορύξεων και των οικιακών χρήσεων (Πίνακας 6) (Holt *et al.*, 1970). Έπειτα, όταν γίνεται λόγος για υδατογενή φώσφορο, κύριες πηγές φυσικής προέλευσης μπορούν να θεωρηθούν τα ορυκτά και τα πετρώματα, το νερό απορροής καταιγίδων, οι διαβρώσεις, η ιζηματογένεση, οι κατακρημνίσεις και ακόμα οι απεκκρίσεις της άγριας πανίδας (Li *et al.*, 2017; Jung *et al.*, 2015c; Fadiran *et al.*, 2008).

Το μεγαλύτερο θέμα με την παρουσία φωσφορικών ιόντων στο νερό είναι η συνεπαγωγή σε ανοξικές συνθήκες. Καθώς ο φώσφορος προωθεί την πρωτογενή παραγωγικότητα (άλγη), όταν επέλθει θάνατος αυτής, καταναλώνεται O₂ για τη διάσπαση της ύλης (ευτροφισμός) (Hansen *et al.*, 2017). Το παραπάνω μπορεί να προληφθεί για P < 0.02 mg/L (Pei *et al.*, 2015). Ωστόσο, σύμφωνα με ευρωπαϊκά πρότυπα, οι λίμνες με φωσφορικές συγκεντρώσεις της τάξης των < 10 µg/L – 100 µg/L, οι ποταμοί με συγκεντρώσεις < 0.01 – 0.07 µg/L και τα ρεύματα με χαμηλές ροές στα < 0,005 – 0,01 mg/L, είναι στα αποδεκτά και επιθυμητά όρια (European Commission, 2009).

Πίνακας 6: Ποσοτική αναπαράσταση συγκεντρώσεων φωσφόρου (σε lb/yr) ανά τις 3 δημοφιλέστερες ομάδες σε παραγωγή του (Πηγή: Holt *et al.*, 1970)

Source	Total P (Billion lb/yr)
Human ^a	0.83
Animal ^b	3.2
Fertilizer ^b	3.7

^a Calculated at 4.5 lb per person for population of 185 million.

^b Based on Agricultural Statistics—1968.

1.3.2.4 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο - Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο

Ως βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο COD ορίζεται η ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνεται κατά τη χημική οξείδωση οργανικής ύλης και ανόργανων θρεπτικών συστατικών (αμμωνία, νιτρικά ιόντα), υπό ισχυρές οξειδωτικές δυνάμεις (π.χ. διχρωμικό κάλιο) (Hu *et al.*, 2005). Οι μετρήσεις της παραμέτρου χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό επιβάρυνσης σε νερά, απόνερα και επικίνδυνα υδατογενή απόβλητα, ακόμα και για τον βαθμό και ρυθμό βιοδιάσπασης (σύνδεση BOD με COD) στα δείγματα (Hu *et al.*, 2005), με τις τυπικές συγκεντρώσεις να παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7: Τυπικές συγκεντρώσεις COD σε φυσικά νερά και υγρά απόβλητα (Πηγή: PROTEUS, 2024)

Water type	Expected COD
Rivers	5 – 50 mg L ⁻¹
Treated effluent and polluted rivers	25 – 250 mg L ⁻¹
Primary/secondary effluent	250 – 750 mg L ⁻¹
Raw municipal sewage	500 – 1200 mg L ⁻¹
Contaminated Industrial effluent	1000 – 50000 mg L ⁻¹

Οι μετρήσεις του COD γίνονται κατά κύριο λόγο για τη μελέτη επιβάρυνσης ενός υδάτινου σώματος από ρυπαντικές ουσίες, την επαλήθευση διάθεσης αποβλήτων και την μετέπειτα σωστή διαχείριση του επιβαρυσμένου συστήματος, αποκρινόμενη σε απαραίτητα τηρούμενα κριτήρια (PROTEUS, 2023). Ακόμα, μπορεί να βρεθεί συσχέτιση μεταξύ του COD και του BOD και έτσι να καθιερωθούν τα όρια εντός των οποίων μπορεί να υποστηριχθεί μια βιομηχανική δομή με τη λιγότερο δυνατή και επιτρεπόμενη επιβάρυνση (PROTEUS, 2023).

Ως βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο BOD ορίζεται η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που βρίσκεται σε ένα σώμα νερού και είναι απαραίτητο για τους

μικροοργανισμούς που περιέχει, έτσι ώστε να διασπαστεί η οργανική ύλη σε συγκεκριμένο χρόνο και θερμοκρασία (Ministry of Environment, 2020). Ως BOD₅ ορίζεται το BOD που θα μετρηθεί κατόπιν επώασης του δείγματος νερού για 5 ημέρες σε θερμοκρασία των 20 °C· επομένως, καθώς το BOD αφορά την ικανότητα διάσπασης της οργανικής ύλης από τους αερόβιους μικροοργανισμούς, είναι ένας πολύ καλός δείκτης για την οργανική ρύπανση που υφίσταται σε ένα οικοσύστημα (Ministry of Environment, 2020). Υπολογίζεται ότι συγκεντρώσεις των 100 - 300 mg/L BOD₅ είναι φυσιολογικές να βρεθούν σε υγρά οικιακά απόβλητα (Abdallah & Hammam, 2014). Αναλυτικότερα, οι δύο χημικές παράμετροι συνδέονται με την κάτωθι σχέση: BOD₅ = 0.476 COD (Hu & Grasso, 2005).

Ο Connor (2016) όρισε ένα πλαίσιο κατάταξης ρύπανσης ποταμών σε:

1. Καλής ποιότητας ποτάμια με C_{BOD} < 1 mg/L
2. Ρυπασμένα ποτάμια με C_{BOD} = 2 to 8 mg/L
3. Αρκετά Ρυπασμένα ποτάμια με C_{BOD} > 8 mg/L
4. Οικιακά απορρίμματα τριτογενούς επεξεργασίας με C_{BOD} ≤ 20 mg/L
5. Οικιακά απορρίμματα ανεπεξεργαστα με C_{BOD} = 600 mg/L (Ευρώπη) ή C_{BOD} = 200 mg/L (Η.Π.Α.)

1.3.2.5 Χρώμιο

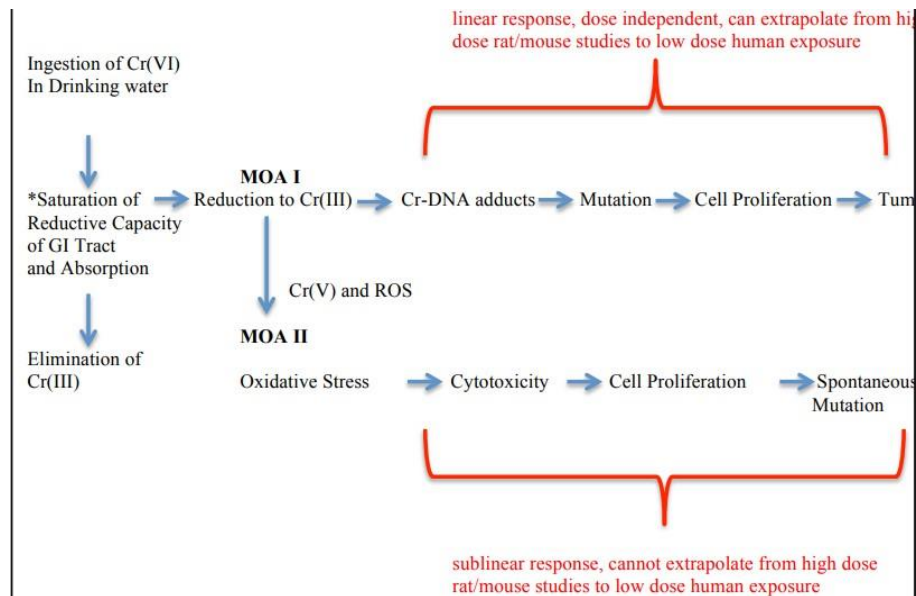
Το εξασθενές χρώμιο (Cr⁶⁺) έχει κατά βάση ανθρωπογενή προέλευση και σε περίπτωση φυσικής προέλευσης από τα υπερμαϊκά πετρώματα (πυριγενή και μεταπυριγενή πετρώματα με περιεκτικότητα σε πυρίτιο μικρότερη του 45% (Wikipedia, 2024)), έχει σαν αποτέλεσμα να ρυπαίνει επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, ιζήματα, πετρώματα, ακόμα και τον αέρα (Saha *et al.*, 2011). Κύρια πηγή χρωμίου στη βιομηχανία είναι ο ρωμίτης (FeCr₂O₄), λόγω των διεργασιών επιμετάλλωσης, βιομηχανικής ψύξης νερού, παραγωγής χαρτοπολτού και της διύλισης πετρελαίου (Πίνακας 8) (Saha *et al.*, 2011).

Πίνακας 8: Κύριες πηγές Cr⁶⁺ (Πηγή: Saha *et al.*, 2011)

Uses	Hexavalent chromium chemicals
Pigments for paints, inks, and plastics	Lead chromate (yellow, chrome green, molybdenum orange), zinc chromate, barium chromate, calcium chromate, potassium dichromate, sodium chromate
Anti-corrosion coatings	Chromic trioxide (chromic acid), zinc chromate, barium chromate, calcium chromate, sodium chromate, strontium chromate
Stainless steel	Chromium (VI) is given off when stainless steel is cast, welded, or plasma torch cut
Textile dyes	Ammonium dichromate, potassium chromate, sodium chromate
Wood preservatives	Chromium trioxide
Leather tanning	Ammonium dichromate

Στη φύση το εξασθενές χρώμιο συναντάται σε συμπλέγματα με μαγνήσιο (Mg) και νικέλιο (Ni) (Saha *et al.*, 2011). Στον υδάτινο κόσμο η περιεκτικότητα σε χρώμιο έχει βρεθεί να είναι 0,01 ppb για τα επιφανειακά ύδατα και στα 0,06 ppb για τα θαλάσσια ύδατα (Saha *et al.*, 2011).

Από ιατρικές παθήσεις η έκθεση σε Cr⁶⁺ μπορεί δυνητικά να οδηγήσει σε εξασθένιση του αναπνευστικής οδού και στην αύξηση των μεταλλάξεων και των καρκινοπαθειών (Saha *et al.*, 2011). Ακόμα, σε πρώιμα γηρατειά, ερεθισμό και διακόρευση της ρινικής κοιλότητας και του ρινικού διαφράγματος, καρκίνο των πνευμόνων, βρογχικό άσθμα, στομαχικό έλκος, σπασμούς, βλάβη σε πνεύμονες και συκώτι και μακροπρόθεσμα, κατόπιν επανειλημμένης έκθεσης, θάνατο (Saha *et al.*, 2011). Το Cr⁶⁺ θεωρείται ως η πιο επικίνδυνη και δυνητικά τοξική μορφή του στοιχείου, καθώς η αναγωγή του σε Cr⁵⁺ μπορεί να προσκολληθεί σε διάφορων ειδών κύτταρα (τριχοειδή αγγεία, κυψελίδες) και να επισπεύσει την καρκινογένεση (*Εικόνα 11*) (Saha *et al.*, 2011).



Εικόνα 11: Τρόπος καρκινογόνους δράσης Cr (VI) κατόπιν κατάποσης πόσιμου νερού (Πηγή: Saha *et al.*, 2011)

*MOA I: McCarroll *et al* (2010), Zhitkovich (2011); California OEHHA (2011)

MOA II: Thompson *et al* (2011a); Thompson *et al* (2012); Kopeck *et al* (2012)

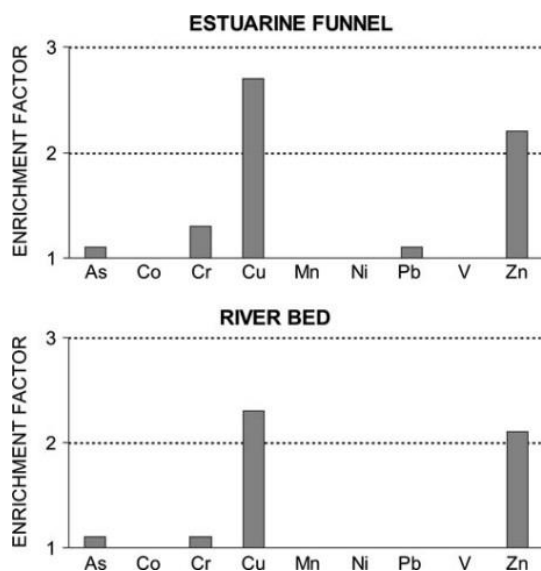
Η *Εικόνα 11* επεξηγεί τον τρόπο καρκινογένεσης κατόπιν έκθεσης σε εξασθενές χρώμιο. Επί της ουσίας, μετά την κατάποση – εισπνοή του ατόμου, ακολουθούν δύο οδοί· η 1^η περιλαμβάνει τη μετατροπή σε τρισθενές χρώμιο (chromium-3), την πρόσδεσή του σε τμήματα DNA, την μετάλλαξη, τον μετέπειτα ανεξέλεγκτο πολλαπλασιασμό των μεταλλαγμένων κυττάρων (mutagenesis) και την δημιουργία όγκων στο γαστρεντερικό σύστημα. Η 2^η αναφέρεται στον όρο οξειδωτικό στρες, λόγω της παραγωγής μορίων όπως Cr(V), Cr(IV) και «αντιδραστικά είδη οξυγόνου» ROS, που οδηγούν με τη σειρά τους στην κυτταρο-τοξικότητα, την ανεξέλεγκτη παραγωγή κυττάρων και τις μεταλλάξεις (Water Research Foundation, 2012). Έτσι, ο ΠΟΥ θέσπισε το 2003, ότι για να θεωρηθεί ασφαλές προς κατανάλωση το πόσιμο νερό, η συγκέντρωση χρωμίου ανά λίτρο δεν πρέπει να ξεπερνά τα 50 µg/L.

1.4 Παρόμοιες Μελέτες

Η μελέτη φυσικών και χημικών παραμέτρων που αφορούν τον Κηφισό Ποταμό έχει απασχολήσει στο παρελθόν και άλλους μελετητές συναδέλφους· με την εστίαση του καθενός να παρεκκλίνει, αλλά και να έχει κοινά σημεία με την παρούσα έρευνα, στα οποία και θα επικεντρωθεί αυτό το κεφάλαιο. Παρακάτω γίνεται αναφορά για μελέτες με κοινό περιεχόμενο με την τρέχουσα εργασία σε γενικότερο πλαίσιο, καθώς τα δεδομένα για τον Κηφισό Ποταμό είναι σχεδόν μηδαμινά. Έτσι, χρησιμοποιήθηκε υλικό από παρόμοιες χημικές μελέτες στον Ελλαδικό Χώρο και συγκεκριμένα μεγάλων ποταμών που διατρέχουν τη Βόρεια, Νότια και Δυτική Ελλάδα, με σκοπό να υπάρχει ένας γνώμονας αναφοράς ως προς τις κοινές φυσικές και χημικές παραμέτρους που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη της ρύπανσης. Αναλυτικότερα, οι έρευνες που ξεχώρισαν είναι οι εξής:

Συγκεκριμένα στον Κηφισό Ποταμό οι Παναγιωτόπουλος *et al.* (2010) επικεντρώθηκαν στη μελέτη της ρύπανσης, μέσω λήψης δειγμάτων ιζήματος. Η τωρινή εργασία σε σχέση με την προαναφερθείσα συμπίπτει στο γεγονός εξέτασης εδάφους της ρυπασμένης περιοχής, αλλά και στο στοιχείο του Χρωμίου που μελετήθηκε τόσο από τους συναδέλφους όσο και από την παρούσα εργασία. Οι Παναγιωτόπουλος *et al.* (2010) επίσης εξέτασαν τα στοιχεία του Αρσενικού (που υπήρξε αρχικά πρόθεση εξέτασης και από εμάς), του Μολύβδου, του Χαλκού και του Ψευδαργύρου, όλα ρυπαντικά στοιχεία (*Γράφημα 1*). Στη συνέχεια, μέσω της δημιουργίας ενός δείκτη αξιολόγησης W (βασισμένου στα προαναφερθέντα ρυπαντικά χημικά στοιχεία), ο Κηφισός ποταμός αξιολογήθηκε ως ελαφρώς ρυπασμένος – ρυπασμένος, βάσει εκβολικών σημείων και σημείων εντός ροής (*Πίνακας 9*).

Πίνακας 9: Συγκενρωτικός πίνακας συντεταγμένων σημείων δειγματοληψίας (αριστερά) και αποτελεσμάτων δείκτη αξιολόγησης (δεξιά), με τους αριθμούς να εκφράζονται σε κλάσεις χαμηλά (Πηγή: Παναγιωτόπουλος *et al.*, 2010)

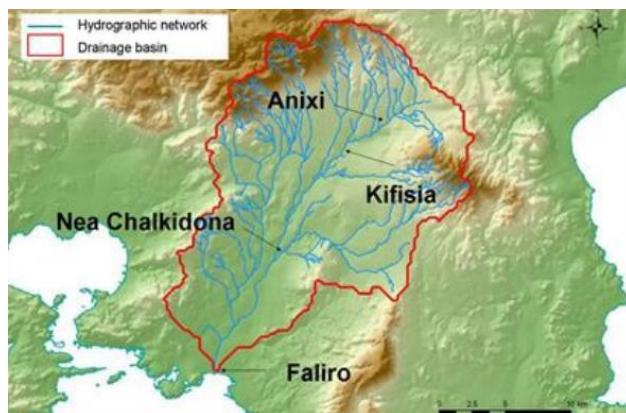


Sample	Multiplied contamination index (W)
KF1T	1.1
KF1B	0.3
KF2T	1.3
KF2B	0.3
KF3T	0.6
KF3B	0.2
KF4T	0.3
KF4B	0.4
KF5T	0.9
KF6T	0.7
KF6B	1.0
KF7T	0.9
KF7B	0.8
KF8	1.0
KF9	1.0
KF10	1.1
KF11	0.6
KF12	1.2
KF13	1.1
KF14	1.5
KF15	1.2
KF16	1.0
KF17	1.4
KF18	2.0
KF19	0.4

$W \leq 0$ unpolluted, $0 < W \leq 1$ slightly polluted, $1 < W \leq 2$ polluted, $W > 2$ heavily polluted

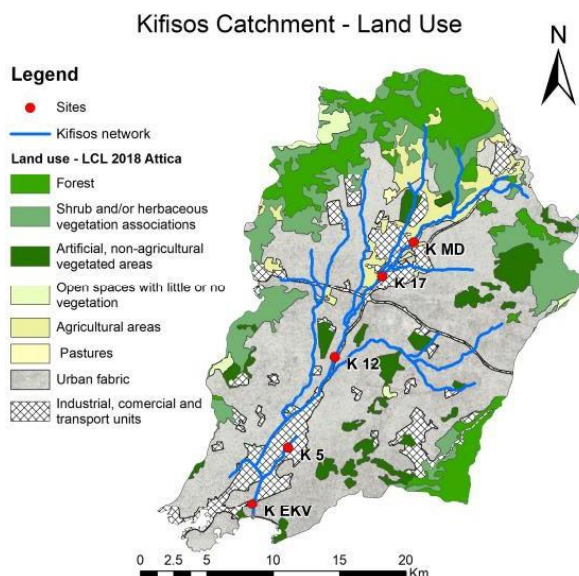
Γράφημα 1: Απεικόνιση συγκέντρωσης του εκάστοτε ρυπαντή για το εκβολικό σημείο του Κηφισού ποταμού (πάνω γράφημα) και της κοίτης του ποταμού (κάτω γράφημα) (Πηγή: Παναγιωτόπουλος *et al.*, 2010)

Οι Κουτσομήτρου *et al.* (2013) κινήθηκαν σε αρκετά παρόμοιο πλαίσιο με την παρούσα εργασία, με τη μελέτη τους να εστιάζει στην αξιολόγηση του βαθμού ρύπανσης του Κηφισού Ποταμού, σε 4 περιοχές από τις πηγές του Ποταμού· στο κέντρο της ροής, μέχρι και το τελικό σημείο εκβολής του (εκ των οποίων οι κοινές: Κηφισιά / Νέα Χαλκηδόνα), με δύο δειγματοληψίες με μεσοδιάστημα τρεις μήνες. Οι παράμετροι που αναλύθηκαν ήταν τα νιτρικά και νιτρώδη ιόντα, τα φωσφορικά ιόντα, η αγωγιμότητα, το pH, το COD και BOD₅, η θερμοκρασία και κάποιες άλλες βιολογικές/οικολογικές παράμετροι. Αξίζει να αναφερθεί η μικρή απόκλιση τιμών των αποτελεσμάτων με την παρούσα εργασία ως προς τα 2 κοινά σημεία (Εικόνα 12). Σύγκριση των αποτελεσμάτων και σχολιασμός αξίζει να γίνει και αναφέρεται σε επόμενη ενότητα, της συζήτησης. Σαν πόρισμα της μελέτης ο ποταμός κρίθηκε αρκετά ρυπασμένος, κατόπιν μελέτης της συνολικής του έκτασης, βάσει των παρμένων σημείων αναφοράς.



Εικόνα 12: Χάρτης περιοχής μελέτης, με σημειωμένες τις 4 περιοχές δειγματοληψίας και την οριοθετημένη ροή του ποταμού (Πηγή: Κουτσομήτρου *et al.*, 2013)

Οι Παπαδάκη *et al.* (2023), μελέτησαν επίσης το κομμάτι της ρύπανσης στον Κηφισό Ποταμό, καθώς επίσης και της μόλυνσης αυτού, με σκοπό την εύρεση ενός δείκτη αξιολόγησης της επιβάρυνσης του (HWQI). Η έρευνα αφορούσε χημικές (PAHs & THs) και βιολογικές παραμέτρους (E. coli)· παράμετροι όπως το διαλυμένο οξυγόνο, η αγωγιμότητα, η αλατότητα, η θερμοκρασία και το pH μετρήθηκαν, καθώς επίσης και τα νιτρικά - νιτρώδη ιόντα και τα φωσφορικά ιόντα. Η έρευνα έδειξε σημαντικό βαθμό ρύπανσης των υδάτων, στα 5 σημεία που επιλέχθηκαν (Εικόνα 13), με τις μετρήσεις να πραγματοποιούνται τις πρωινές ώρες. Πιο συγκεκριμένα, τα περισσότερα δείγματα βρέθηκαν με συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων > 7 mg/L (έως και 20 mg/L) και με τις συγκεντρώσεις των φωσφορικών ιόντων να κυμαίνονται κατά βάση στο 1 mg/L.

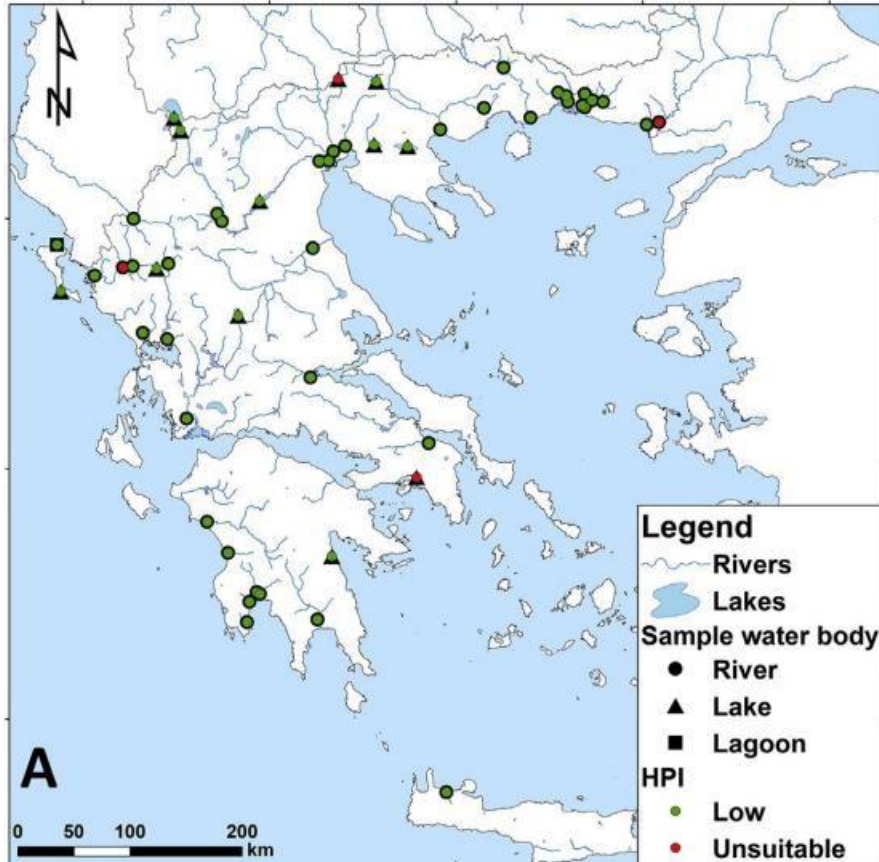


Εικόνα 13: Περιοχή μελέτης με υπόμνημα επεξήγησης σκιάσεων (Πηγή: Παπαδάκη *et al.*, 2023)

Συμπληρωματικά με τα παραπάνω δεδομένα, συνάδελφοι ερευνητές έχουν πραγματοποιήσει μελέτες ως προς την υδάτινη ρύπανση που υφίσταται ο Ελλαδικός χώρος και έτσι αξίζει να αναφερθούν τα κάτωθι:

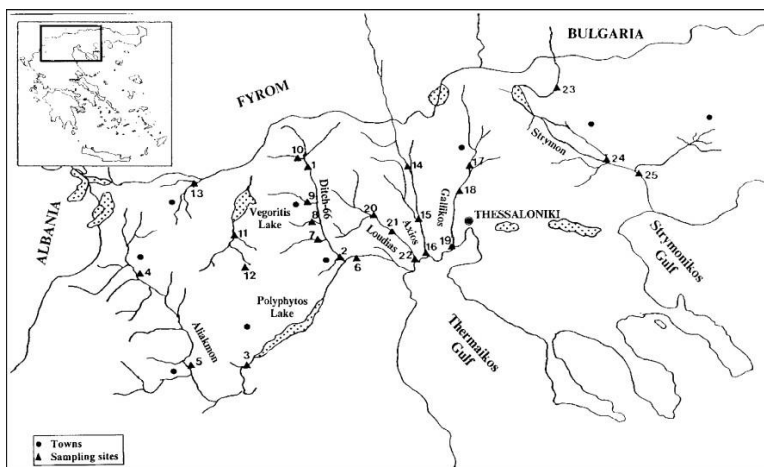
Η περίπτωση του Αξιού Ποταμού στη Βόρεια Ελλάδα που μελετήθηκε από τους Βαλανανίδης *et al.*, 2005, είναι αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της ρύπανσης που υφίστανται οι υδάτινοι ταμιευτήρες της Ελλάδας. Οι υψηλές συγκεντρώσεις φωσφορικών καθώς επίσης και νιτρικών ιόντων που βρέθηκαν στον Αξιό Ποταμό και κατ' επέκταση στην εκβολή του, τον Θερμαϊκό Κόλπο, αποτελούν μια ιδιαίτερη περίπτωση περιβαλλοντικής κατάχρησης, καθώς υπολογίζεται ότι 1.140.000 m³ / έτος βιομηχανικών αποβλήτων απορρίπτονται στον ποταμό, σε συνδυασμό με φυτοφάρμακα, πετρελαϊκά υπολείμματα και τοξικές χημικές ουσίες, όπως μόλυβδος (Pb), ψευδάργυρος (Zn), Cr, μαγγάνιο (Mn) και σίδηρος (Fe) (Salomons *et al.*, 2004; Smardons *et al.*, 2009; Vasilikiotis *et al.*, 1991). Ο πιο ρυπασμένος ποταμός της Βόρειας Ελλάδας παραμένει ο Λουδίας, με τον φυσικό χρωματισμό του να έχει αλλάξει λόγω παράνομης απόρριψης τοξικών βιομηχανικών αποβλήτων (υλικά τροφών και ζάχαρης) (Βαλανανίδης *et al.*, 2005).

Οι Καραούζα *et al.*, 2020 επικεντρώθηκαν στην ολιστική μελέτη ρύπανσης των υδάτινων ταμιευτήρων της Ελλάδας (Εικόνα 14) και συγκεκριμένα μελέτησαν τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, όπως Zn, Cr, χαλκό (Cu), Fe, κάδμιο (Cd), Mn, νικέλιο (Ni), αρσενικό (As) & Pb, ανακαλύπτοντας μεγαλύτερα ποσοστά ρύπανσης από το προβλεπόμενο, με την πλειονότητα ωστόσο των υδάτινων αυτών σωμάτων να μην έχουν επιβαρυνθεί από την ανθρώπινη παρέμβαση σε ανεπανόρθωτο και βλαπτικό για την ανθρώπινη υγεία βαθμό (Εικόνα 14).



Εικόνα 14: Απεικόνιση της ρύπανσης από βαρέα μέταλλα σε όλους τους υδάτινους ταμιευτήρες σε εθνικό επίπεδο. Τα ποτάμια συμβολίζονται με κύκλο, οι λίμνες με τρίγωνο και οι λιμνοθάλασσες/βάλτοι με τετράγωνο. Ο HPI (Heavy Metal Pollution Index) απεικονίζεται με πράσινο για ήπια επιβάρυνση και με κόκκινο για σοβαρή επιβάρυνση (Πηγή: Καραούζα *et al.*, 2020)

Οι Simeonov *et al.*, 2002 πραγματοποίησαν μια τριετή έρευνα (Φεβρουάριος 1997 – Ιανουάριος 2000), με σκοπό τη δημιουργία κατευθυντήριων γραμμών για το Εθνικό επίπεδο ποιότητας των επιφανειακών υδάτων. Έτσι μελετήθηκε η ποιότητα των επιφανειακών υδάτων της Βόρειας Ελλάδας (Εικόνα 15) μέσω παραμέτρων όπως το COD, PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- , pH, DO, EC, As, υδράργυρο (Hg) (Πίνακας 10).



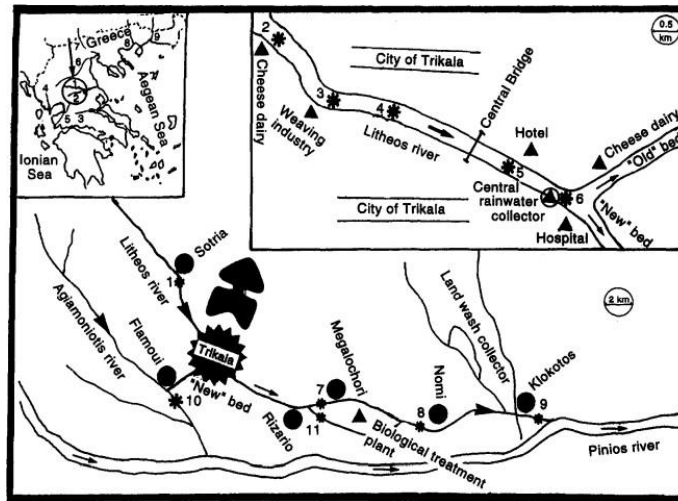
Εικόνα 15: Χάρτης περιοχής μελέτης, όπου με κουκίδα συμβολίζονται οι πόλεις και με τρίγωνο οι περιοχές δειγματοληψίας (Πηγή: Simeonov *et al.*, 2002)

Από την έρευνα βρέθηκαν υψηλές μέσες συγκεντρώσεις COD & BOD₅ (με μεγάλη στατιστική απόκλιση των αποτελεσμάτων τους ωστόσο), χαμηλές μέσες τιμές αγωγιμότητας, φωσφορικών και νιτρικών/νιτρωδών ιόντων και σχεδόν μηδαμινές συγκεντρώσεις τοξικών ουσιών όπως ο υδράργυρος και το αρσενικό (Πίνακας 10).

Πίνακας 10: Τιμές παραμέτρων μελέτης (mg/L: χημικές συγκεντρώσεις - μg/L: μεταλλικές συγκεντρώσεις - μS/cm: συγκεντρώσεις αγωγιμότητας), όπου η 1η στήλη απεικονίζει τη ΜΤ, η 2η στήλη την στατιστική απόκλιση, η 3η & η 4η στήλη την ελάχιστη και μέγιστη τιμή μέτρησης αντίστοιχα (Πηγή: Simeonov *et al.*, 2002)

Component	Mean	Stand. dev.	Minimum	Maximum
COD	12.2	11.6	4.0	94.0
BOD ₅	11.4	9.3	2.0	8.0
TON	0.62	0.71	0.02	2.55
TP	0.57	0.63	0.14	1.97
PO ₄ ³⁻	0.22	0.26	0.06	0.53
NO ₂ ⁻	0.21	0.27	0.01	1.56
NO ₃ ⁻	0.38	0.34	0.3	10.2
NO ₄ ⁺	1.22	1.06	0.03	3.08
pH	8.1	0.26	7.7	8.6
DO	7.4	1.2	3.7	12.3
EC	421	193	126	690
TSS	17.7	14.4	6.2	45.8
B	52.3	38.1	19.0	104.0
Ba	47.2	17.1	31.0	78.0
Cu	4.2	2.4	2.0	7.0
Cr	6.5	5.5	1.0	18.0
Ni	4.1	2.9	2.0	12.0
Mn	155.4	102.3	45	291
Fe	326.6	211.9	113	833
Pb	3.4	3.1	1.0	16.0
Zn	57.2	44.8	20	157
Cd	0.26	0.19	0.1	0.6
Se	Less than 0.1	—	Less than 0.1	Less than 0.1
As	Less than 0.1	—	Less than 0.1	Less than 0.1
Hg	Less than 0.2	—	Less than 0.2	Less than 0.2
Ag	1.1	0.02	1.0	3.0

Οι Δασσενάκης *et al.*, 1996 μελέτησαν τη ρύπανση που εμφανίζεται σε ελληνικά ποτάμια, όπως ο Ληθαίος, ο Πηνειός, ο Σπερχειός, ο Λούρος, ο Αχελώος, ο Αλιάκμονας, ο Αξιός, ο Στρυμόνας και ο Νέστος ποταμός. Η *Εικόνα 16* παρουσιάζει την περιοχή μελέτης, με αριθμημένα τα παραπάνω ποτάμια. Σκοπός της έρευνας ήταν να προστεθεί βιβλιογραφία για τις χημικές συνθήκες που επικρατούν σε Μεσογειακούς Ποταμούς, που εντάσσονται σε ημίκλειστο σύστημα ροής, σε σχέση με ποτάμια της Βόρειας Ευρώπης. Έτσι, μελετήθηκαν οι παράμετροι των νιτρικών, νιτρωδών και φωσφορικών ιόντων, της αμμωνίας κ.α., σε συνδυασμό με δυνητικά επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία χημικά στοιχεία όπως ο χαλκός, το χρώμιο, το νικέλιο κ.α. (*Πίνακας 11*).



Εικόνα 16: Περιοχή μελέτης Τρικάλων, όπου μελετώνται οι ποταμοί: 1. Ληθαίος, 2. Πηνειός, 3. Σπερχειός, 4. Λούρος, 5. Αχελώος, 6. Αλιάκμονας, 7. Αξιός, 8. Στρυμόνας & 9. Νέστος (Πηγή: Δασσενάκης *et al.*, 1996)

Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν μεγάλες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων στον Ληθαίο, Πηνειό και Στρυμόνα Ποταμό, με την αμμωνία και τα νιτρωδή ιόντα να είναι σε χαμηλές τιμές σε όλα τα Ελληνικά ποτάμια (*Πίνακας 11*). Ο Αλιάκμονας και ο Αξιός είχαν αυξημένες συγκεντρώσεις σωματιδιακού χρωμίου, καθώς επίσης ψευδαργύρου και χαλκού (*Πίνακας 11*). Οι ερευνητές ωστόσο διεξήγαγαν ξεχωριστή έρευνα και για την περίπτωση του Ληθαίου Ποταμού μεμονωμένα (*Πίνακας 12*) για ένα έτος μηνιαίως και βρέθηκε ότι τον Μάρτιο τα νιτρικά ιόντα είχαν τη μεγαλύτερη αύξηση, ενώ τον Ιούνιο τα νιτρωδή ιόντα (χαμηλή ωστόσο συγκέντρωση), η αμμωνία παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές τον Μάρτιο, Μάιο και Ιούλιο του 1992, με τα φωσφορικά ιόντα να ακμάζουν τον Μάρτιο & Νοέμβριο (*Πίνακας 12*). Τέλος, το χρώμιο παρουσίασε τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του τον Μάρτιο και Νοέμβριο (*Πίνακας 12*).

Πίνακας 11: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις μετάλλων και θρεπτικών στοιχείων Ελληνικών και Ευρωπαϊκών Ποταμών (Πηγή: Δασσενάκης *et al.*, 1996)

	Nitrates (mg N/l)	Ammonia (mg N/l)	Nitrites (mg N/l)	Total (mg P/l)	Cu		Pb		Zn		Ni		Cr	
					Diss. (μg/l)	Part. (μg/l)	Diss. (μg/l)	Part. (μg/l)	Diss. (μg/l)	Part. (μg/l)	Diss. (μg/l)	Art (μg/l)	Diss. (μg/l)	Part. (μg/l)
Rivers														
Litheos 1991-1992	4.0	0.23	0.10	0.37	5.4	1.7	4.1	0.7	1.7	2.2	10.0	2.8	1.7	1.8
Acheloos 1990 (5)	0.35	0.02	0.01	0.02										
Acheloos 1982-1986 (1)					0.72	0.64	0.41	0.36	6.4	3.0	2.4	4.2		
Aliakmon 1990 (5)	0.25	0.01	0.01	0.03										
Aliakmon 1987-1988 (2)					10.5	22.5	7.5	7.0	50.5	100			4.5	12.5
Axios 1990 (5)	1.9	0.05	0.32	1.0										
Axios 1987-1988 (2)					7.0	26.3	8.0	14.6	67.3	124			7.0	21.3
Nestos 1990 (5)	0.78	0.04	0.01	0.12										
Strymon 1990 (5)	1.1	0.03	0.01	0.11										
Pinios 1990 (5)	3.0	0.05	0.02	0.07										
Sperchios 1982-1986 (3)					0.68	0.58	0.27	0.49	9.6	5.1	9.8	7.4		
Louros 1982-1986 (4)					0.37	0.44	0.17	0.41	1.1	4.8	1.1	6.8		
Thames 1989 (6)	7.6	0.42		1.31	4.0		1.5							5.0
Guadalquivir 1988 (6)	3.5	1.06		0.86	14.5		8.5							10.0
Seine 1987 (6)	5.9	0.80		0.71	20.0		20.0							13.0
Polluted rivers (6)	> 2	> 0.5	-	> 0.5	> 10		> 10							> 5
Background (7-8)	0.10	0.02	< 0.01	0.03	1.8		0.2		0.5		0.3			0.5

References: (1) Dassenakis (1989); (2) Samanidou (1990); (3) Scoullou *et al.* (1987); (4) Scoullou *et al.* (1990); (5) National Statistic Service of Greece (1993); (6) Office for Official Publications of the European Communities (1992); (7) Meybeck (1982); (8) Förstner and Wittman (1979).

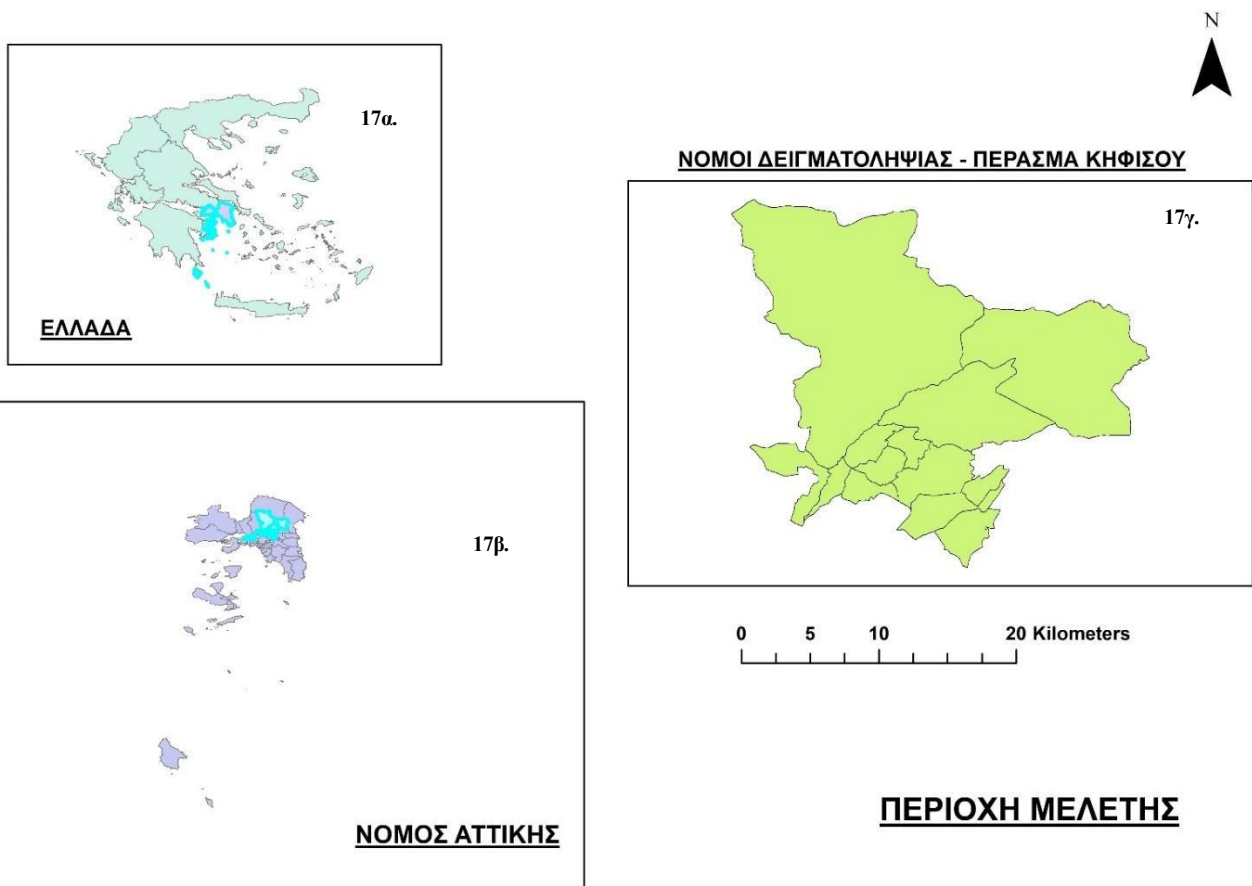
Πίνακας 12: Μηνιαίες συγκεντρώσεις χημικών ρυπαντικών στοιχείων από τον Ιούνιο 1991 - Ιούλιο 1992 από τον Ληθαίο Ποταμό (Πηγή: Δασσενάκης *et al.*, 1996)

Period	T.S.S	Nitrates	Nitrites	Ammonia	Phosphates	Org. P	Silicates	Phenols	PAHs	LAS	Cu		Pb		Ni		Cr		Zn	
	(mg/l)	(mg N/l)	(mg N/l)	(mg N/l)	(mg P/l)	(mg P/l)	(mg Si/l)	(μ g/l)	(μ g/l)	(μ g/l)	Diss.	Part	Diss.	Part	Diss.	Part	Diss.	Part	Diss.	Part
											(μ g/l)	(μ g/l)	(μ g/l)	(μ g/l)	(μ g/l)	(μ g/l)	(μ g/l)	(μ g/l)	(μ g/l)	(μ g/l)
June 1991	40	3.9	0.27	0.20	0.19	0.07	2.3	—	—	—	2.1	0.4	4.4	0.2	3.1	0.6	0.3	—	1.0	—
July 91	128	4.2	0.06	0.13	0.08	0.11	4.8	42	3.3	56	5.7	0.8	6.0	0.2	2.7	1.8	1.3	—	0.9	—
August 1991	55	4.6	0.04	0.11	0.16	0.09	10.7	42	3.1	40	13.7	11.3	8.3	0.6	5.7	2.9	2.5	3.1	3.7	0.3
September 1991	113	4.7	0.06	0.13	0.19	0.10	2.4	22	4.9	38	1.5	1.2	7.5	1.5	5.0	1.3	0.7	1.8	0.5	2.0
November 1991	102	4.6	0.05	0.30	0.49	0.15	1.8	39	6.5	133	2.5	2.6	1.5	2.1	4.6	12.2	0.5	4.3	3.9	5.6
January 1992	47	3.7	0.05	0.20	0.26	0.54	7.5	41	4.2	65	7.4	0.4	3.8	1.4	9.5	1.1	2.2	1.4	1.9	0.4
February 1992	1.0	3.8	0.07	0.14	0.11	0.07	9.1	33	12.3	97	16.8	0.2	7.7	0.1	9.3	0.7	3.1	0.3	1.0	0.2
March 1992	5.3	9.3	0.11	0.47	0.52	0.06	5.3	8	3.6	150	4.4	0.1	1.8	0.1	16.6	7.1	5.1	1.1	4.7	0.3
April 1992	48	1.6	0.10	0.12	0.16	0.08	7.9	8	5.4	168	1.7	0.6	<0.1	0.4	7.3	1.3	1.4	1.6	<0.1	1.5
May 1992	5.1	1.7	0.19	0.68	0.07	0.16	5.1	22	9.4	135	2.1	0.1	4.0	<0.1	25.1	0.3	0.7	0.2	0.5	5.7
July 1992	96	1.5	0.07	0.46	0.20	0.13	2.8	8	3.4	120	1.5	0.9	0.6	2.1	21.2	1.8	1.4	2.1	1.0	4.2

Β| ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η έρευνα συνεχίστηκε μεταβαίνοντας από το θεωρητικό στο πρακτικό της μέρος. Παρακάτω (Εικόνα 17) παρουσιάζεται μια απεικόνιση του ευρύτερου πλαισίου έρευνας, ξεκινώντας από έναν γενικό χάρτη της Ελλάδας (17α) και καταλήγοντας σε ειδικές περιοχές τις οποίες διατρέχει η έκταση του Κηφισού ποταμού που μελετήθηκε (17γ).



Εικόνα 17: Γενικός χάρτης περιοχής μελέτης, όπου 17α) Χάρτης Ελλάδας, 17β) Χάρτης Ν. Αττικής & 17γ) Περιοχές που τις διαπερνά ο Κηφισός ποταμός (δεδομένα πάρθηκαν από DIVA - GIS)

Στη συνέχεια, οφείλει να γίνει μια συνοπτική περιγραφή των περιοχών από τις οποίες πάρθηκαν τα δείγματα:

Δ1 (Κόκκινος Μύλος): Η περιοχή στην οποία βρισκόταν το δείγμα, χαρακτηριζόταν από πολύ έντονη φυτεία, με ψηλά δέντρα και ίζημα αρκετά χονδρόκοκκο (βότσαλα). Στην περιοχή επίσης υπήρχαν αρκετές ανθρωπογενείς πιέσεις (κατοικίες, δρόμοι, γέφυρες) στοιχεία που δυνητικά εντείνουν τις πιθανότητες ανθρωπογενούς ρύπανσης.

Δ2 (Μεταμόρφωση): Η περιοχή από την οποία και πάρθηκε το δείγμα περιβαλλόταν από ιδιωτικές οικίες, καθώς επίσης βρισκόταν πλησίον του ΗΣΑΠ. Την περιοχή χαρακτήριζε το χονδρόκοκκο ίζημά της και η έντονη φυτεία της (λουλούδια, ψηλά δένδρα).

Δ3 (Αγία Σωτήρα): Η περιοχή βρισκόταν παράλληλα από δύο κεντρικούς αυτοκινητοδρόμους και κτηνοτροφικούς χώρους, μαζί με τις πρόχειρες οικιστικές κατασκευές (γυφτοπαροικίες) τους, που έκαναν φανερό το στοιχείο της ανθρωπογενούς παρέμβασης. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπήρχε αρκετά έντονη και άσχημη οσμή στην ατμόσφαιρα στο σημείο λήψης δείγματος και το έδαφος παρουσίαζε μια ενδιάμεση κλίμακα κοκκομετρικής κλάσης (μικρά βότσαλα).

Δ4 (Αχαρνές): Η περιοχή δειγματοληψίας ήταν αρκετά απομονωμένη από κατοικίες, πλησίον κεντρικού αυτοκινητοδρόμου και είχε άμεση «επαφή» με μια βιομηχανική μονάδα. Αξίζει να σημειωθεί ότι την προγραμματισμένη ημέρα της δειγματοληψίας (Κυριακή) δεν πάρθηκε δείγμα, λόγω έντονης ρίψης χημικών στον ποταμό, που θα επηρέαζε πιθανώς τον μέσο όρο των υπόλοιπων αποτελεσμάτων. Την επόμενη εβδομάδα, ο ποταμός είχε, φαινομενικά, επανέλθει σε μια μορφή «τυπικής ροής», βάσει περιοχής, ωστόσο εμφανής ήταν ακόμα μια πράσινη χρώση (Εικόνα 18). Τέλος, η περιοχή ήταν γεμάτη από βιομηχανικά (και μη) απόβλητα (π.χ. λάστιχα, πανιά, νάιλον, πλαστικά απορρίμματα κτλ).

Δ5 & Δ9 (Κηφισιά): Οι περιοχές της Κηφισιάς από τις οποίες πάρθηκαν τα δείγματα απείχαν περίπου 1 χιλιόμετρο μεταξύ τους, οπότε και η βιοποικιλότητα που παρατηρήθηκε ήταν αρκετά παρόμοια. Έντονη φυτεία με δέντρα και λουλούδια, χωρίς ιδιαίτερη παρουσία κατοικιών ή άλλων ειδών ανθρώπινες παρεμβάσεις. Το ίζημα που συλλέχθηκε ήταν ψιλόκοκκο.

Δ6 (Κρυονέρι): Η περιοχή του Κρυονερίου από την οποία συλλέχθηκε το δείγμα ήταν περιτριγυρισμένη από ιδιόκτητα διαμερίσματα, και συστήματα απορροής (χονδροί σωλήνες με άμεση απορροή εντός του ποταμού), ενώ το ίζημα εντασσόταν κατά βάση στα χονδρόκοκκα ιζήματα.

Δ8 (Νέα Χαλκηδόνα): Το σημείο της Νέας Χαλκηδόνας ήταν περιτριγυρισμένο από κατοικίες, και έναν σταθμό πάρκινγκ, με έντονη ωστόσο την φυτεία κατά μήκος της έκτασης του ποταμού. Το ίζημα ήταν αρκετά χονδρόκοκκο (βότσαλα) και έντονη ήταν επίσης η εικόνα της ρύπανσης από ανθρώπινο παράγοντα (Εικόνα 19).

K1 (Ριζούπολη): Το δείγμα της Ριζούπολης βρισκόταν ακριβώς κάτω από γέφυρα αυτοκινητοδρόμου, με ιδιωτικές οικίες να περιτριγυρίζουν τον «χτισμένο» Κηφισό ποταμό και τη ροή του να είναι εσωτερικά γεμάτη με βρύα κολλημένα στην άσφαλτο. Δείγμα εδάφους δεν πάρθηκε λόγω τους ύψους της γέφυρας και πρωτίστως λόγω της ασφάλτου που περιέκλυζε τη ροή και ήταν χτισμένη πάνω από το φυσικό έδαφος (Εικόνα 20).

K2 (Ν. Φιλαδέλφεια): Την ίδια νοοτροπία του «χτισίματος» του ποταμού παρουσίασε και το σημείο της Νέας Φιλαδέλφειας, με τη δυνατότητα λήψης μόνο υδάτινου δείγματος και όχι εδαφικό. Η περιοχή βρισκόταν κάτω από κεντρικό κόμβο της Αττικής Οδού, περιτριγυριζόταν από έντονη φυτεία και είχε αρκετές γέφυρες κατά μήκος της ροής του ποταμού. Η περιοχή ωστόσο φάνηκε η πιο «στείρα» από ανθρωπογενείς ρυπάνσεις (μηδενική ρίψη σκουπιδιών).



**Εικόνα 18: Δεύτερη απόπειρα
δειγματοληψίας σημείου Δ4
(Αχαρνές)**



**Εικόνα 19: Περιβάλλον
δειγματοληψίας Νέας Χαλκηδόνας
(Δ8)**



**Εικόνα 20: Περιβάλλον
δειγματοληψίας γεφυρών (Κ1:
Ριζούπολη)**

Αναλυτικότερα, ως προς τη διεκπεραίωση του πρακτικού μέρους της έρευνας διακρίθηκαν τα κάτωθι σημεία:

2.1 Σημεία Δειγματοληψίας

Το σύνολο των σημείων δειγματοληψίας βρέθηκε κατόπιν διεξοδικής μελέτης της επιλεγμένης, βορειότερης έκτασης του ποταμού (*Εικόνα 21*). Η προσβασιμότητα σε μερικά σημεία ήταν δυσκολότερη από άλλα, καθώς μερικά εντοπίζονταν κρυμμένα ανάμεσα στις πολυκατοικίες ή σε αδιέξοδα.

Η έρευνα για την απόκτηση μιας γενικής εικόνας της προ μελέτης περιοχής, καθώς επίσης και του εντοπισμού & επιλογής των σημείων, έγινε με αμάξι κατά μήκος όλης της Αττικής Οδού, πολλαπλές φορές, ή ακολουθώντας τη ροή του εκάστοτε σημείου, έτσι ώστε να παρθεί δείγμα από νέο σημείο, πλησίον του γνωστού. Τέλος, τα δείγματα συλλέχθηκαν το Νοέμβριο – Δεκέμβριο (2023) και έτσι βρέθηκαν 11 σημεία στο σύνολο για δειγματοληψία, εκ των οποίων:

- το ένα (Δ7 - Νέα Ερυθραία) αφαιρέθηκε λόγω ανεπαρκούς και στάσιμης ροής
- τα δύο (K1 & K2) πάρθηκαν για ανάλυση νερού μόνο (δείγμα γεφυρών) (Εικόνα 23)
- τα 8 πάρθηκαν για ανάλυση (Δ1 – Δ2 – Δ3 – Δ4 – Δ5 – Δ6 – Δ8 – Δ9) νερού και εδάφους (Εικόνα 22) • επομένως, επί του συνόλου, πάρθηκαν δέκα (10) δείγματα.

Την 1^η ημέρα δειγματοληψίας (04/11/2023) πάρθηκαν τα δείγματα Δ5, Δ6 & Δ9, τη 2^η τα Δ1, Δ2, Δ3 & Δ8 και την 3^η τα δείγματα Δ4, K1 & K2 (Πίνακας 13).

Μια τυπική διαδρομή των σημείων αναπαριστάται στην Εικόνα 21, όπου φαίνεται καθαρά η διαδρομή που ακολουθήθηκε για τα δείγματα, κατά μήκος της κεντρικής ροής του Κηφισού ποταμού, μέσω της χρήσης ειδικού προγράμματος επαγγελματικής χαρτογράφησης (ArcMap 10.8).



Εικόνα 21: Νομοί τους οποίους διατρέχει ο Κηφισός ποταμός, όπου συμβολίζονται τα σημεία δειγματοληψίας από ανοιχτή / ελεύθερη ροή (Δ1 – Δ9), αλλά και τα σημεία από κλειστή ροή / γέφυρες (K1 – K2)



Εικόνα 22: Τυπική μορφή σημείων δειγματοληψίας (Δ6)



Εικόνα 23: Τυπική μορφή γεφυρών (Κ2)

Πίνακας 13: Συγκεντρωτικός πίνακας συντεταγμένων σημείων δειγματοληψίας νερού (Δ1 – Κ2) & εδάφους (Δ1 – Δ9)

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΗΜΕΙΟ	Γ. ΠΛΑΤΟΣ	Γ. ΜΗΚΟΣ
ΚΟΚΚΙΝΟΣ ΜΥΛΟΣ	Δ1	38.050671	23.737542
ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ	Δ2	38.053963	23.741754
ΑΓΙΑ ΣΩΤΗΡΑ	Δ3	38.074237	23.758133
ΑΧΑΡΝΕΣ	Δ4	38.080858	23.763625
ΚΗΦΙΣΣΙΑ	Δ5	38.095200	23.783617
ΚΡΥΟΝΕΡΙ	Δ6	38.140875	23.836254
ΝΕΑ ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	Δ8	38.029241	23.737115
ΚΗΦΙΣΣΙΑ	Δ9	38.091530	23.782588
ΡΙΖΟΥΠΟΛΗ	Κ1	38.027055	23.733185
Ν. ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	Κ2	38.045589	23.736995

2.2. Υλικά

Για την διεκπεραίωση της δειγματοληψίας και μετέπειτα της επεξεργασίας και αξιολόγησης των δειγμάτων, χρησιμοποιήθηκε ο κάτωθι εξοπλισμός:

- Πλαστικά μπουκάλια
- Γυάλινα βάζα
- Βασικός εργαστηριακός εξοπλισμός (κωνικές φιάλες, ποτήρια ζέσεως, πιπέτες, tips, φούρνος αποξήρανσης)
- Ψυγείο αποθήκευσης δειγμάτων
- Πεχάμετρο (HACH® & Metrohm)
- Αγωγιμόμετρο (SensoDirect)
- Οξυγονόμετρο (HACH®)
- Φασματοφωτόμετρο (HACH®)
- Ανεξίτηλο στυλό
- Φτυάρι (από ανοξείδωτο ατσάλι)
- Πλαστικές σακούλες
- Μέτρα ατομικής προστασίας (ρόμπα, προστατευτικά γυαλιά, γάντια, αντιολισθητικά παπούτσια)
- Φυγόκεντρο (AQUALYTIC®)
- Ζυγός ακριβείας (KERN)
- Κόσκινα εδάφους (THE TYLER STANDARD SCREEN SCALE)

2.3 Μέθοδοι

Εν συντομία, ο σκελετός της έρευνας διαμορφώθηκε ως ο εξής:

1. Βιβλιογραφική ανασκόπηση για τα επιμέρους τμήματα της εργασίας, ενδεικτικά:

→ Ιστοσελίδες:

- Scopus
- Science Direct

- Didaktorika.gr
- Google Scholar
- Research Gate
- Κυβερνητικά Site (π.χ. WHO)

→ Λέξεις κλειδιά:

- Ρύπανση
- Κηφισός ποταμός
- Νομοθεσία Κηφισού ποταμού
- Environmental degradation
- Environmental pollution
- Water quality assessment
- Soil sampling
- Water sampling methodology
- Nitrates & Nitrites
- Ammonia
- Turbidity
- Conductivity
- Phosphates
- Hexavalent chromium
- Kifissos river
- WQI

2. Μελέτη περιοχής και επιλογή κατάλληλων δειγματοληπτικών σημείων
3. Δειγματοληψία με χρήση κατάλληλου εξοπλισμού (καρότο, φτυάρι, γυάλινες φιάλες) και πρότυπες μεθόδους δειγματοληψίας (HRWC, 2019)
4. Ανάλυση δειγμάτων με πρότυπες μεθόδους (HACH[®] – Water Analysis Handbook)
5. Υπολογισμός επιβάρυνσης μέσω της μεθόδου NSF(WQI)
6. Χρήση Microsoft Excel & SPSS IBM Statistics για στατιστική επεξεργασία δεδομένων, ερμηνεία και οπτικοποίηση αυτών

Αναλυτικότερα, υπήρξε προεργασία προ της δειγματοληψίας. Μελέτη έγινε για τα σημεία της δειγματοληψίας με σκοπό να ερευνηθεί αν υπάρχει προσβασιμότητα και ροή, με σκοπό τη λήψη υλικού για επεξεργασία. Σε συνδυασμό με παλαιότερα δεδομένα (*πάρθηκαν από Όλγα Κάβουρα*) σε μερικά από τα σημεία που επιλέχθηκαν και κατόπιν απόκλισης του ενός, λόγω έλλειψης ροής, η τελική λίστα διαμορφώθηκε σε 8 σημεία δειγματοληψίας, όπου πάρθηκε δείγμα εδάφους και νερού και σε 2 επιπλέον, όπου πάρθηκε μόνο δείγμα νερού,

λόγω αδυναμίας πρόσβασης σε έδαφος (χτίσιμο με τσιμέντο, μεγάλο ύψος, έλλειψη πρόσβασης).

Πριν την έλευση στο εκάστοτε δειγματοληπτικό σημείο, υπήρξε ενημέρωση φιλικών και οικογενειακών προσώπων, ως προς την τοποθεσία, τον σκοπό της εξόρμησης και τα μέλη της ερευνητικής ομάδας, με σκοπό τη διασφάλιση της προσωπικής ασφάλειας των μελών (HRWC, 2019).

Έτσι, κατόπιν άφιξης στα σημεία της δειγματοληψίας πάρθηκε ένα δείγμα νερού σε πλαστικό μπουκάλι (με σκοπό μεγαλύτερο όγκο) (*Εικόνα 24*), του οποίου και η θερμοκρασία μετρήθηκε απευθείας στο πεδίο. Το δείγμα έπειτα φυλάχθηκε σε περιβάλλον όπου διασφάλιζε όσο το δυνατόν πιο σταθερές τις φυσικές και χημικές του παραμέτρους και τις δύο επόμενες μέρες πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις που εμφανίζονται παρακάτω, ενώ μεταξύ των αναλύσεων τα μπουκάλια με τα δείγματα νερού φυλάσσονταν σε ψυγείο, στο εργαστήριο «περιβαλλοντικής και επαγγελματικής υγιεινής», του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Όσον αφορά τα δείγματα εδάφους, πάρθηκαν την ίδια ημέρα με τα δείγματα νερού, με ανοξείδωτο φτυάρι και φυλάχθηκαν σε γυάλινα βαζάκια. Την επόμενη μέρα τοποθετήθηκαν σε αλουμινένια δοχεία, με σκοπό την αποξήρανση και μετέπειτα επεξεργασία τους (*Εικόνα 25*). Όλα τα δείγματα έφεραν πάνω τους ετικέτα, με τον αριθμό του δείγματος και την περιοχή από όπου είχαν παρθεί (HRWC, 2019; EPA, 2016).



**Εικόνα 24: Δείγματα νερού που
πάρθηκαν σε πλαστικά μπουκάλια
(Δ1 - Δ2 - Δ3 - Δ8)**



**Εικόνα 25: Δείγματα εδάφους που πάρθηκαν (Δ5 -
Δ6 - Δ9)**

Ως προς τις αναλύσεις, διακρίθηκαν:

• 2.3.1 NEPO

Όλες οι μετρήσεις και μετέπειτα αναλύσεις του νερού έγιναν σε θερμοκρασία 25 °C. Η μέτρηση της παραμέτρου (Θ) πραγματοποιήθηκε με ερασιτεχνικό εξοπλισμό την ημέρα της δειγματοληψίας (*ειδικό θερμόμετρο για μετρήσεις νερού*), αλλά και την επόμενη μέρα με εργαστηριακό εξοπλισμό και τα δείγματα κατά μέσο όρο σημείωσαν $\Theta = 25$ °C. Αναφορικά διεξήχθησαν οι κάτωθι αναλύσεις χημικών παραμέτρων του νερού (Δ1 – Κ2), εκ των οποίων όλες πραγματοποιήθηκαν εις τριπλούν (πέραν αυτής του DO) και πάρθηκε σαν τελικό αποτέλεσμα η MT από τις τρεις αυτές επαναληπτικές μετρήσεις ανά δείγμα:

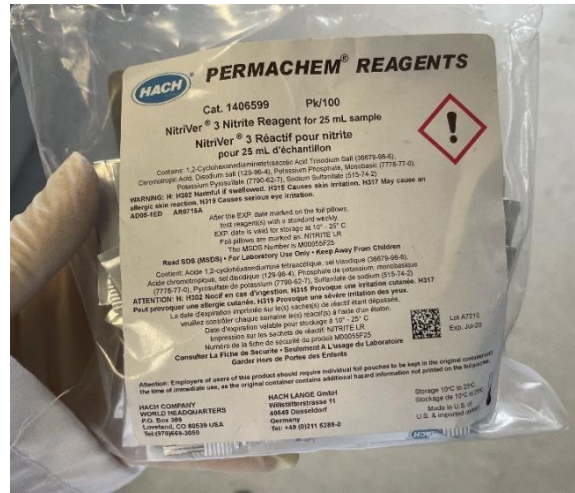
2.3.1.1. Νιτρώδη ιόντα (NO_2^-) (0 - 0,30 mg/L NO_2 - N) (LR)

Τα NO_2^- εξετάστηκαν τη 2^η ημέρα των πειραμάτων, βάσει της μεθόδου HACH® – Water Analysis Handbook και με βασικό γνώμονα ανάλυσης των παραμέτρων, τη μέθοδο της φασματοφωτομετρίας (*Εικόνα 26*). Αναλυτικότερα τα βήματα της συγκεκριμένης ανάλυσης είχαν ως εξής:

1. Εισαγωγή αποθηκευμένου προγράμματος για NO_2 - N (LR): 371 (read / enter) και ρύθμιση στα 507 nm (read / enter)
2. Γέμισμα κυψελίδας με 25 mL δείγματος (sample cell)
3. Προσθήκη αντιδραστηρίου 3 NitriVer Nitrite και ανάδευση μέχρι διάλυσης (*Εικόνα 27*)
4. Αντίδραση 20'' (shift timer)
5. Προετοιμασία «τυφλού δείγματος» → γέμισμα κυψελίδας με 25 mL δείγματος
6. Με τη λήξη του χρονομέτρου γίνεται η μέτρηση του τυφλού (zero → wait)
7. Αφαίρεση πώματος → Μέτρηση του εκάστοτε δείγματος στο φασματοφωτόμετρο (read / enter → wait)
8. Πολλαπλασιασμός αποτελεσμάτων με $\times 3,3$ mg/L NO_2 (*Εικόνα 28*)



Εικόνα 26: Φασματοφωτόμετρο HACH DR/200 (Εργαστήριο ΕΠΕΥ)



Εικόνα 27: Αντιδραστήριο NitrVer 3 Nitrite Reagent Powder Pillow



Εικόνα 28: Αντίδραση δειγμάτων νιτρωδών ιόντων, όπου όσο εντονότερος ο ροζ χρωματισμός τόσο μεγαλύτερη η συγκέντρωση NO_2

2.3.1.2. Νιτρικά ιόντα (NO_3^-) (0 - 0,30 mg/L NO_3^- - N) (HR)

Τα NO_3^- εξετάστηκαν τη 2^η ημέρα των πειραμάτων βάσει της μεθόδου HACH[®] – Water Analysis Handbook και με βασικό γνώμονα ανάλυσης των παραμέτρων, τη μέθοδο της φασματοφωτομετρίας (Εικόνα 29). Το βασικό αντιδραστήριο που χρησιμοποιήθηκε βάσει αντιστοιχίας μεθόδου, ήταν το NitraVer 5 Nitrate Reagent Powder Pillow (Εικόνα 30).



Εικόνα 29: Φασματοφωτόμετρο HACH (Εργαστήριο ΕΠΕΥ)



Εικόνα 30: Αντίδραση δειγμάτων νιτρικών ιόντων, όπου όσο εντονότερος ο κίτρινος χρωματισμός τόσο μεγαλύτερη η συγκέντρωση NO_3^-

2.3.1.3. Φωσφορικά ιόντα (PO_4^{3-})

Τα PO_4^{3-} εξετάστηκαν επίσης τη 2^η ημέρα των πειραμάτων, βάσει της μεθόδου HACH[®] – Water Analysis Handbook και με βασικό γνώμονα ανάλυσης των παραμέτρων, τη μέθοδο της φασματοφωτομετρίας. Τα βασικά αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν βάσει αντιστοιχίας μεθόδου (Εικόνα 31), ήταν το Potassium Persulfate Powder Pillow στην Α' φάση και το Phosver 3 Phosphate Powder Pillow στη Β' φάση των πειραματικών μετρήσεων (Εικόνα 32).



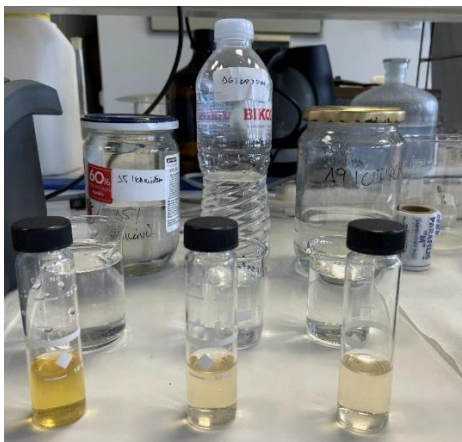
Εικόνα 31: Ήπιος βρασμός δειγμάτων σε θερμαντική πλάκα (30')



Εικόνα 32: Αντίδραση δειγμάτων φωσφορικών ιόντων, όπου όσο εντονότερος ο μπλε χρωματισμός τόσο μεγαλύτερη η συγκέντρωση PO_4^{3-}

2.3.1.4. Αμμωνία (NH_3) (0,02 – 2,50 mg/L $\text{NH}_3 - \text{N}$)

Η NH_3 εξετάστηκε τη 2^η ημέρα των πειραμάτων, βάσει της μεθόδου HACH[®] – Water Analysis Handbook και με βασικό γνώμονα ανάλυσης των παραμέτρων, τη μέθοδο της φασματοφωτομετρίας. Τα βασικά αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν βάσει αντιστοιχίας μεθόδου, ήταν το Rochelle Salt – PVA Reagent και το Nessler Reagent (Εικόνα 33).



Εικόνα 33: Αντίδραση δειγμάτων αμμωνίας, όπου όσο εντονότερος ο κίτρινος χρωματισμός τόσο μεγαλύτερη η συγκέντρωση NH_3

2.3.1.5. Διαλυμένο οξυγόνο (DO mg/L O_2)

Το DO εξετάστηκε την 1^η ημέρα των πειραμάτων με τη βοήθεια της χρήσης του οξυγονόμετρου HACH (LANGE LDO101) (Εικόνα 34) και βάσει των οδηγιών του κατασκευαστή του (HACH[®] – Water Analysis Handbook).



Εικόνα 34: Οξυγονόμετρο HACH (LANGE LDO101) (Εργαστήριο ΕΠΕΥ)

2.3.1.6. Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο COD (mg/L)

Το COD (Εικόνα 35) εξετάστηκε την τελευταία ημέρα των πειραμάτων, βάσει της μεθόδου HACH® – Water Analysis Handbook (Εικόνα 36 & 38) και με βασικό γνώμονα ανάλυσης των παραμέτρων, τη μέθοδο της φασματοφωτομετρίας, σε ειδικό ωστόσο όργανο μέτρησης (Εικόνα 37).



Εικόνα 35: Υλικά για μέτρηση του COD



Εικόνα 36: Ανάδευση δείγματος υπό γωνία 45°



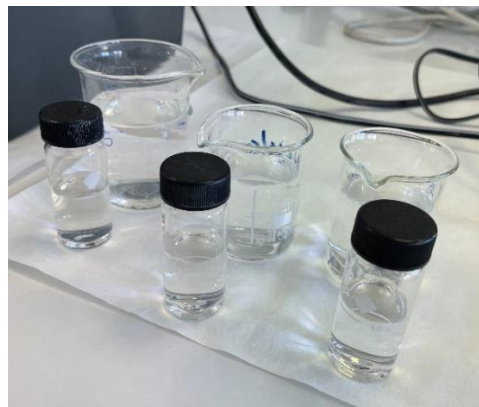
Εικόνα 37: Χώνευση δειγμάτων COD για 2 ώρες (Εργαστήριο ΕΠΕΥ)



Εικόνα 38: Ψύξη έτοιμων φιαλιδίων σε θερμοκρασία δωματίου, κατόπιν ανάδευσης τους

2.3.1.7. Χρώμιο (Cr^{6+}) (0 – 0,60 mg/L Cr^{6+})

Το Cr^{6+} εξετάστηκε την 2^η ημέρα των πειραμάτων, βάσει της μεθόδου HACH[®] – Water Analysis Handbook και με βασικό γνώμονα ανάλυσης των παραμέτρων, τη μέθοδο της φασματοφωτομετρίας. Το βασικό αντιδραστήριο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Chromaver 3 Reagent Powder Pillow στα δείγματα (Εικόνα 39).



Εικόνα 39: Αντίδραση δειγμάτων χρωμίου

· 2.3.2 ΕΛΔΑΦΟΣ

Για την μελέτη των δειγμάτων του εδάφους, αποφασίστηκε να γίνει μέτρηση μόνο του pH τους, παράμετρος σχετική της ρύπανσης και υλοποιήσιμη προς έρευνα.

Έτσι, στα δείγματα εδάφους που πάρθηκαν προς ανάλυση, ακολουθήθηκε μια τυποποιημένη διαδικασία για αυτόν τον σκοπό (CEN/TF, 2005). Για αρχή, η επιλογή των σημείων για τη λήψη νερού, ήταν η ίδια και για την επιλογή σημείων εδάφους. Τα δείγματα πάρθηκαν με συγκεκριμένο εξοπλισμό (καρότο, μεταλλικό φτυάρι) (Εικόνα 40), ο οποίος ήταν ανοξειδωτος, με σκοπό να μην παρουσιάσει το δείγμα εδάφους μεταβολή στην αρχική συγκέντρωση μετάλλων, επηρεασμένη από το υλικό του εξοπλισμού.



Εικόνα 40: Λήψη δείγματος εδάφους με ειδικό εξοπλισμό (καρότο)

Στη συνέχεια τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε γυάλινα βάζα και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο ΕΠΕΥ του ΠΑ.Δ.Α. και μετέπειτα σε αλουμινένιους περιέκτες (Εικόνα 41) και με ετικέτες στις οποίες αναγράφονταν ο αριθμός του σημείου δειγματοληψίας, καθώς επίσης και η αντίστοιχη περιοχή στην οποία ανήκει το σημείο. Αξίζει να αναφερθεί πως

λόγω ύψους και τύπου εδάφους, η λήψη δειγμάτων από τις δύο γέφυρες, συμβολιζόμενες ως σημεία K1 και K2, δεν ήταν εφικτή, οπότε και ο τελικός αριθμός δειγμάτων εδάφους ανέρχεται στα 8 δείγματα.



Εικόνα 41: Συγκεντρωτικά δείγματα εδαφών (Δ1 - Δ9)

Κατόπιν ολοκλήρωσης της προεργασίας αυτής των δειγμάτων, το έδαφος έμεινε ακάλυπτο στα δοχεία και εντός του εργαστηριακού χώρου για 20 ημέρες, έτσι ώστε να επιτευχθεί μια πρώτη αποξήρανση από την περιττή και περιβάλλουσα υγρασία. Έπειτα, τα δείγματα πέρασαν από κόσκινο ~ 2 mm, έτσι ώστε να αφαιρεθεί η περιττή οργανική ύλη (ρίζες) και τυχόν μεγαλύτερου μεγέθους ανόργανο υλικό (πετρούλες) (Εικόνα 42). Το αποτέλεσμα του κοσκινίσματος φαίνεται στην Εικόνα 43· το τελικό προϊόν επεξεργασίας.



Εικόνα 42: Κόσκινο εδάφους (Εργαστήριο ΕΠΕΥ)



Εικόνα 43: Δείγματα εδάφους κατόπιν κοσκινίσματος (Εργαστήριο ΕΠΕΥ)

Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία καθαρισμού του δείγματος, ακολούθησε το ζύγισμα αυτού. Η μεθοδολογία ήταν η εξής (CEN/TF, 2005):

Για αρχή δημιουργήθηκε ένας κώνος από όλο το κοσκινισμένο υλικό, το οποίο και χωρίστηκε σε 4 τεταρτημόρια (Εικόνα 44). Στη συνέχεια πάρθηκαν 2 αντιδιαμετρικά αντίθετα τεταρτημόρια και δημιουργήθηκε ένας νέος κώνος, ο οποίος χωρίστηκε εκ νέου στα 4 και πάρθηκαν ξανά 2 αντιδιαμετρικά αντίθετα τεταρτημόρια. Κατόπιν ανάμιξης

των 2 τεταρτημόριων πάρθηκαν 5g και τοποθετήθηκαν σε ποτήρι ζέσεως και έπειτα στον ζυγό, για να διασφαλιστεί η σωστή ποσότητα δείγματος (Εικόνα 45).



Εικόνα 44: Κώνος δείγματος εδάφους

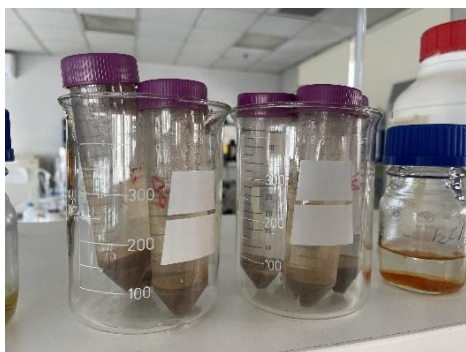


Εικόνα 45: Ζύγισμα εδάφους (Εργαστήριο ΕΠΕΥ)

Αφού ζυγίστηκε η σωστή ποσότητα δείγματος του εκάστοτε σημείου δειγματοληψίας, το δείγμα εδάφους μεταφέρθηκε σε ειδικά φιαλίδια με 25ml απιονισμένο νερό, έτσι ώστε το pH του εδάφους να μην επηρεαστεί από τις συγκεντρώσεις ιόντων του ανεπεξεργαστου νερού (FAO, 2021). Έτσι, το έτοιμο δείγμα συμβολίστηκε με τον αριθμό του κάθε σημείου δειγματοληψίας και τοποθετήθηκε σε ειδική μηχανή για ήπια και σταθερή ανάδευση για 60' (Εικόνα 46) και στη συνέχεια σε ηρεμία για 1,5 ώρα (Εικόνα 47). Τα φιαλίδια τοποθετήθηκαν κάθετα (με το καπάκι στην επίπεδη επιφάνεια) και αφότου το υλικό είχε καθιζάνει επαρκώς και ο διαχωρισμός στερεής από υγρή ύλη ήταν εμφανής, έγινε η μέτρηση του pH του κάθε δείγματος εφόσον τα δείγματα παρέμεναν κάθετα και στο υγρό μέρος του φιαλιδίου (Εικόνα 48).



Εικόνα 46: Ανάδευση δειγμάτων εδάφους (Εργαστήριο ΕΠΕΥ)



Εικόνα 47: Ηρεμία δειγμάτων σε κάθετη θέση για 1,5 h (Εργαστήριο ΕΠΕΥ)



Εικόνα 48: Μέτρηση του pH του αιωρήματος (Εργαστήριο ΕΠΕΥ)

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Εύρεση τιμών

Κατόπιν ολοκλήρωσης των δειγματοληψιών και στη συνέχεια των πειραμάτων, δημιουργήθηκαν τα αποτελέσματα των αναλύσεων, τα οποία και παρουσιάζονται στο με τη μορφή πινάκων (Πίνακες 14 – 24 / Παράρτημα Β'), αλλά και γραφήματων (Γραφήματα 2 – 12) με σκοπό την καλύτερη οπτικοποίησή τους.

Όσον αφορά τα γραφήματα στο αρχείο Excel, δημιουργήθηκαν με σκοπό την καλύτερη οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων και αποτελούν μια απεικόνιση της κάθε μέσης τιμής της εκάστοτε μεταβλητής, ως προς το αντίστοιχο σημείο από το οποίο και πάρθηκε το δείγμα.

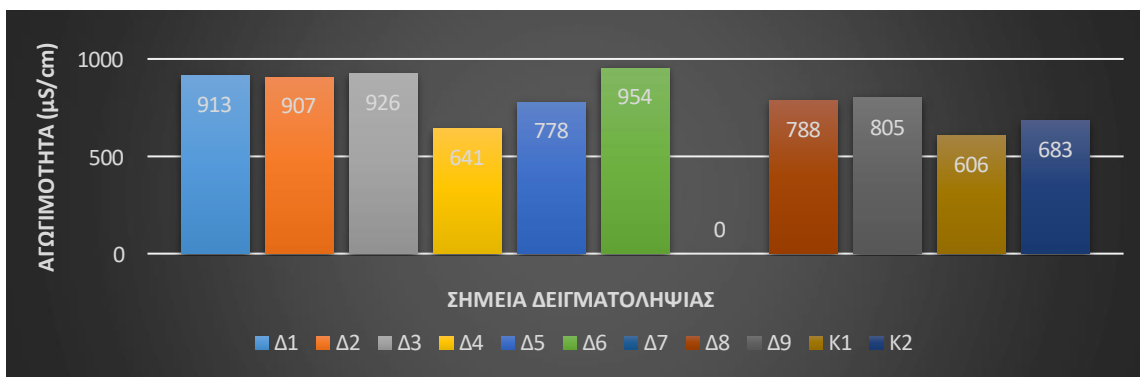
Πριν τη διεξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων αξίζει να αποσαφηνιστεί ότι:

1. Η παράμετρος «σ» χρησιμοποιήθηκε για να υπολογιστεί η παράμετρος «TDS» (Βλέπε §1.3.1.3.)
2. Η παράμετρος «COD» χρησιμοποιήθηκε για να υπολογιστεί η παράμετρος «BOD₅» (Βλέπε §1.3.2.4 & Γράφημα 20)

Για τους παραπάνω λόγους δεν απεικονίζονται σε γραφήματα οι παράμετροι BOD₅ & TDS καθώς δεν πραγματοποιήθηκαν αμιγείς μετρήσεις, αλλά υπολογισμοί βάσει MT.

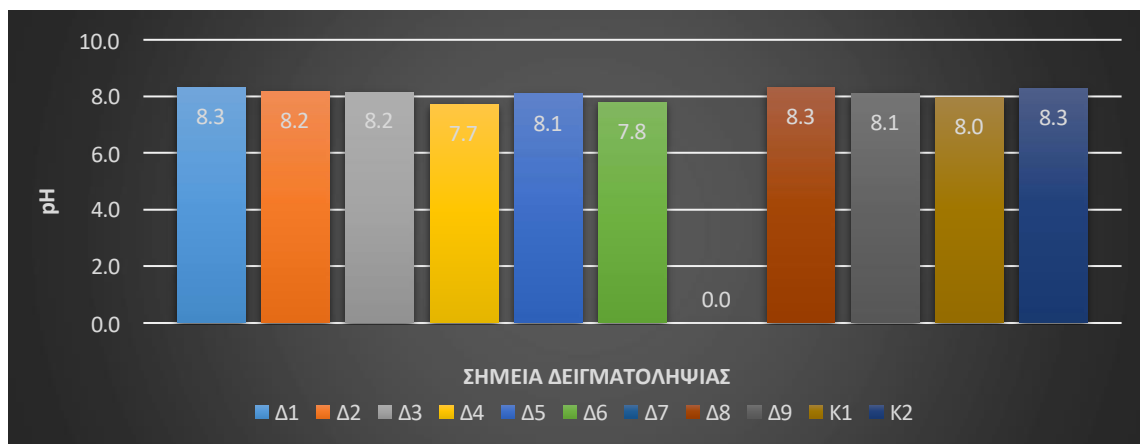
Αναλυτικότερα και συγκρατώντας όλα τα παραπάνω, οι έρευνας έδειξαν τα κάτωθι:

Συνολικά από τα 10 σημεία δειγματοληψίας, τη μεγαλύτερη τιμή «σ» παρουσίασαν τα σημεία Δ6, Δ3 και Δ1 (Γράφημα 2) που αντιστοιχούν στις περιοχές Κρυονέρι, Αγία Σωτήρα και Κόκκινος Μύλος και σημειώνουν τιμές 954, 926 και 913 μS/cm αντίστοιχα. Ενώ οι περιοχές του Αχαρνούς (Δ4) και της Ριζούπολης (Κ1) σημείωσαν τις χαμηλότερες τιμές στα 641 και 606 μS/cm αντίστοιχα.



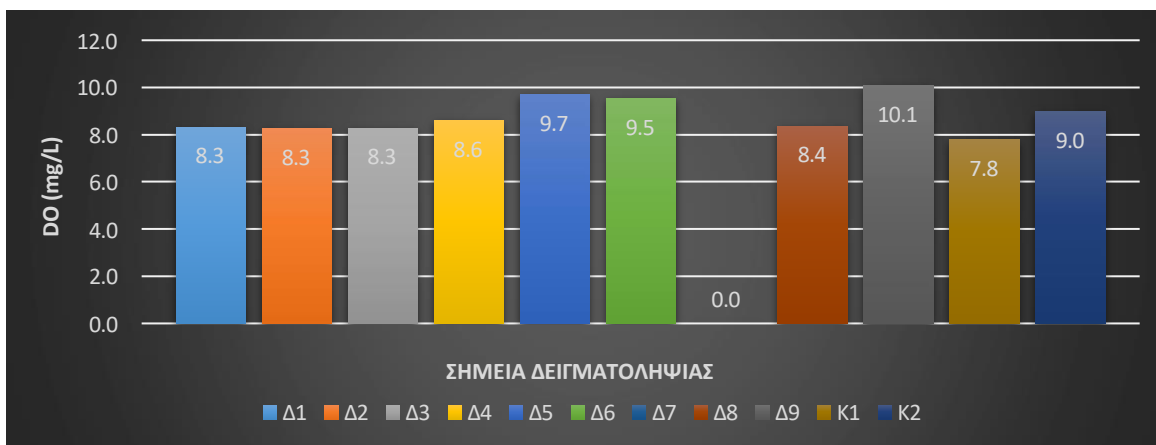
Γράφημα 2: Απεικόνιση μέσω τιμών αγωγιμότητας «σ» ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές της αγωγιμότητας και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας

Όσον αφορά τις τιμές του pH, πιο αλκαλικά αποδείχθηκαν τα νερά από Νέα Χαλκηδόνα (Δ8), Κόκκινο Μύλο (Δ1) και Νέα Φιλαδέλφεια (Κ2) (Γράφημα 3) από το σύνολο των δειγμάτων που πάρθηκαν, με τις τιμές να κυμαίνονται στα 8.32, 8.30 και 8.27 αντίστοιχα. Στον αντίποδα, οι πιο όξινες τιμές νερού παρατηρήθηκαν στα σημεία Δ4, Δ6 και Κ1, δηλαδή των περιοχών του Αχαρνούς, του Κρυονερίου και της Ριζούπολης και συγκεκριμένα στα 7.72, 7.80 και 7.96.



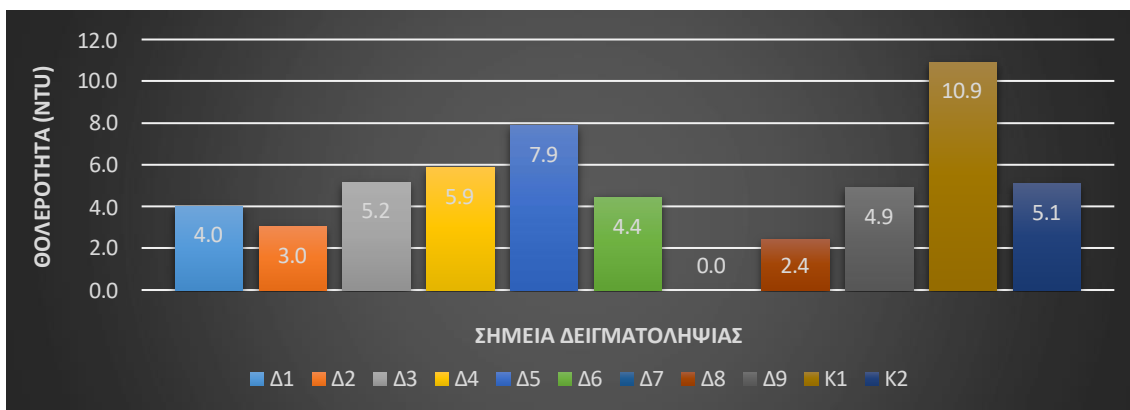
Γράφημα 3: Απεικόνιση μέσω τιμών «pH» νερού ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές του «pH» και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας

Οι μετρήσεις του διαλυμένου οξυγόνου έδειξαν μεγαλύτερη οξυγόνωση των νερών από τις περιοχές της Κηφισιάς (Δ9, Δ5) (10,08 και 9,70 mg/L) και του Κρυονερίου (Δ6) (9,52 mg/L), με τα υπόλοιπα δείγματα να ακολουθούν τιμές σε ισότιμα σχεδόν επίπεδα (Γράφημα 4).



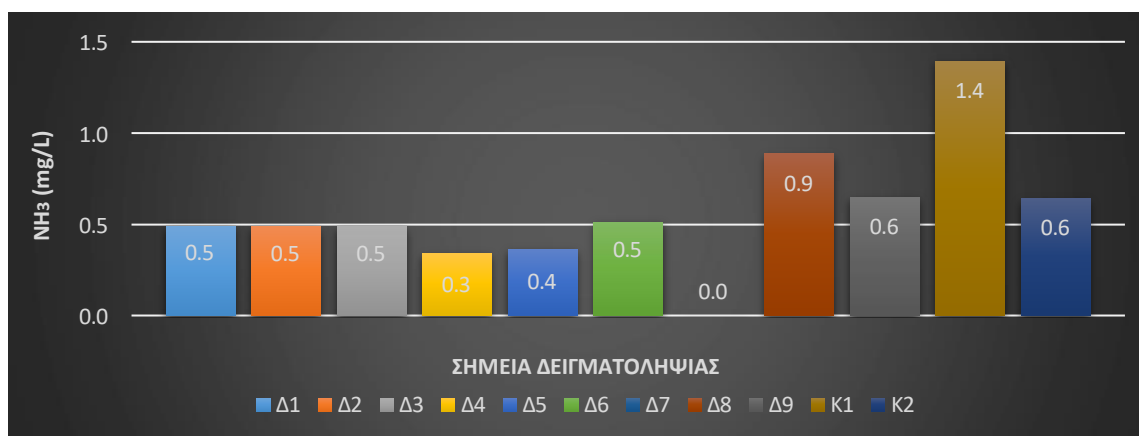
Γράφημα 4: Απεικόνιση μέσω των τιμών διαλυμένου οξυγόνου «DO» ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές «DO» και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας

Για τις μετρήσεις της θολερότητας όλα τα δείγματα μετρήθηκαν στην κλίμακα θολότητας t2, για ακρίβεια μετρήσεων βάσει του μηχανήματος (Εικόνα 7) και έτσι, το πιο «διαυγές» δείγμα κρίθηκε το Δ8 (Νέα Χαλκηδόνα), στη συνέχεια το Δ2 (Μεταμόρφωση) και τέλος το Δ1 (Κόκκινος Μύλος), με τις τιμές τους στα 2.43, 3.03 και 4 NTU αντιστοίχως. Αντιθέτως, τα λιγότερο διαυγή δείγματα κρίθηκαν τα Κ1 (Ριζούπολη) και Δ5 (Κηφισιά) με τις τιμές τους να φθάνουν στα 10,9 και 7,87 NTU (Γράφημα 5).



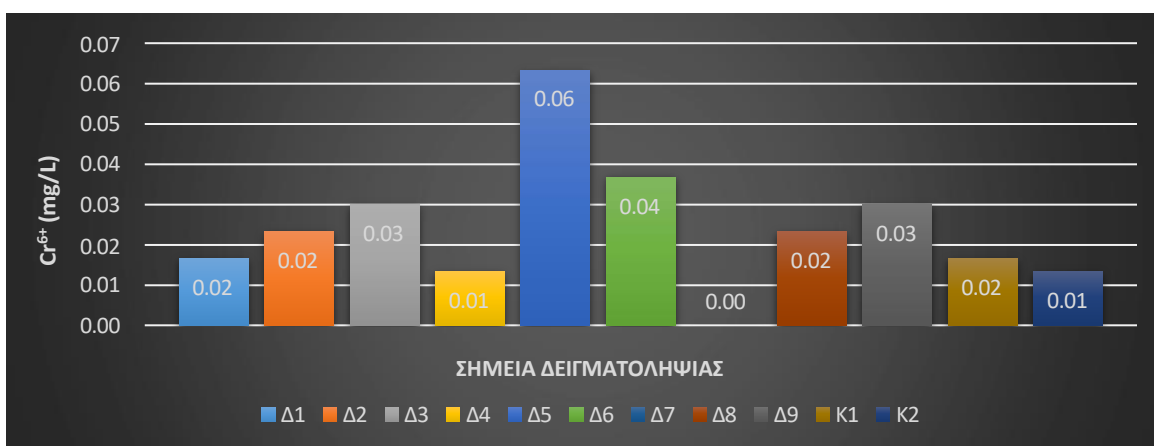
Γράφημα 5: Απεικόνιση μέσω τιμών θολερότητας «t» ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές θολότητας και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας

Τα αποτελέσματα της NH₃ έδειξαν μια ασυμφωνία μεταξύ τους, με την RSD να ξεπερνά το ποσοστό του 30% που τέθηκε σαν γνώμονας σε αυτήν την εργασία (3/10 τιμές) (Πίνακας 18). ωστόσο βάσει μεθόδου τα σημεία στον Κόκκινο Μύλο (K1), τη Νέα Χαλκηδόνα (Δ8), την Κηφισιά (Δ9) και τη Νέα Φιλαδέλφεια (K2) σημείωσαν τις υψηλότερες τιμές σε συγκέντρωση της ουσίας στα 1.39, 0.89, 0.65 και 0.64 mg/L, με τα υπόλοιπα σημεία να έχουν προσεγγιστικά παραπλήσιες τιμές (Γράφημα 6).



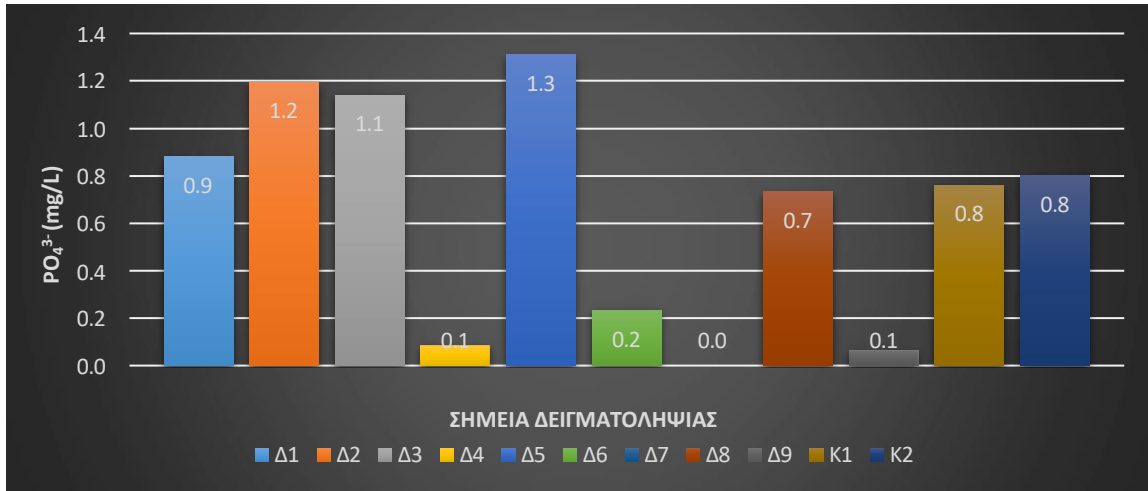
Γράφημα 6: Απεικόνιση μέσω τιμών αμμωνίας «NH₃» ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές της αμμωνίας και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας

Το εξασθενές χρώμιο δεν παρουσίασε ιδιαίτερα μεγάλες ή σημαντικές συγκεντρώσεις, με την RSD να ξεπερνάει κατά πολύ το επιθυμητό όριο (8/10 τιμές) (Πίνακας 19), ωστόσο οι τιμές μεταξύ τους (ανά το ίδιο σημείο) έχουν μικρή διαφορά. Με όλα τα παραπάνω, τα σημεία Δ5 (Κηφισιά) και Δ6 (Κρυονέρι) εμφάνισαν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις χρωμίου (0,06 και 0,04 mg/L), με τα υπόλοιπα σημεία να κινούνται σε ισότιμες σχεδόν θέσεις συγκεντρώσεων (Γράφημα 7).



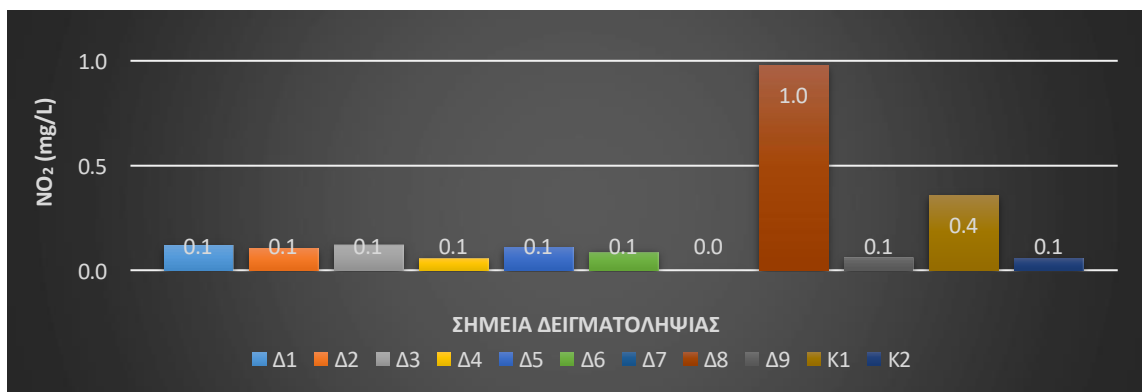
Γράφημα 7: Απεικόνιση μέσω τιμών εξασθενούς χρωμίου «Cr⁶⁺» ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές του χρωμίου και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας

Ο προσδιορισμός των φωσφορικών ιόντων επίσης παρουσίασε μερικές αποκλίνουσες τιμές (3/10 τιμές) (βάσει των μέσων τιμών όλων των δειγμάτων), ωστόσο βάσει μεθόδου σημειώθηκε ότι τα σημεία της Κηφισιάς (Δ5), της Μεταμόρφωσης (Δ2) και της Αγίας Σωτήρα (Δ3) παρουσίασαν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις της παραμέτρου, με τις τιμές να κυμαίνονται στα 1.31, 1.20 και 1.14 mg/L αντιστοίχως (Γράφημα 8). Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις μετρήθηκαν στα σημεία της Κηφισιάς (Δ9) (0,06 mg/L), του Αχαρνές (Δ4) (0,09 mg/L) και του Κρυονερίου (Δ6) (0,23 mg/L) (Γράφημα 8).



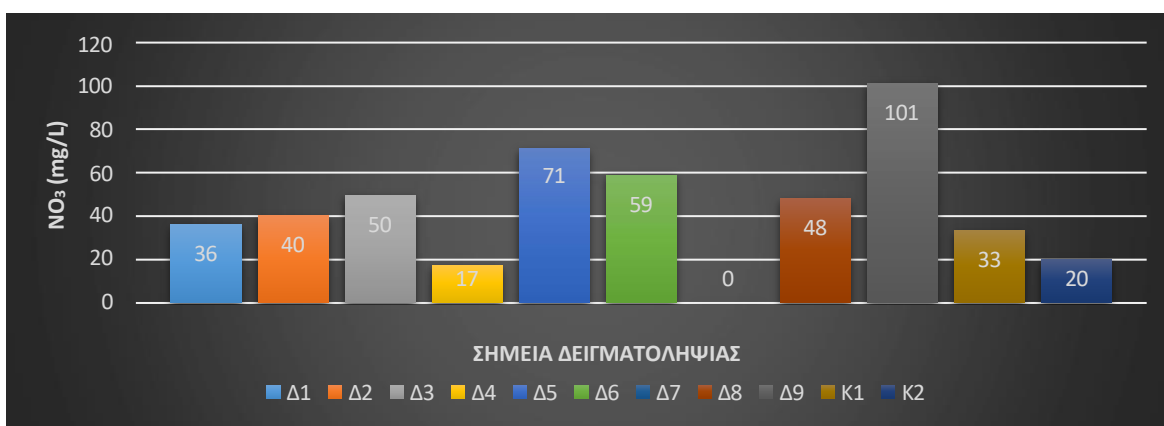
Γράφημα 8: Απεικόνιση μέσω τιμών φωσφορικών ιόντων «PO₄³⁻» ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές των φωσφορικών ιόντων και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας

Τα αποτελέσματα μέτρησης των νιτρικών ιόντων κρίθηκαν επίσης αξιόπιστα, καθώς μόνο 3/10 τιμές θεωρούνται αποκλίνουσες (βάσει των μέσων τιμών όλων των δειγμάτων), με τις υπόλοιπες να σημειώνουν πολύ χαμηλό RSD. Έτσι, η Νέα Χαλκηδόνα (Δ8) και η Ριζούπολη (Κ1) παρουσίασαν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις (0,98 και 0,36 mg/L), ενώ όλες οι υπόλοιπες περιοχές κινήθηκαν σε παραπλήσια επίπεδα τιμών (Γράφημα 9).



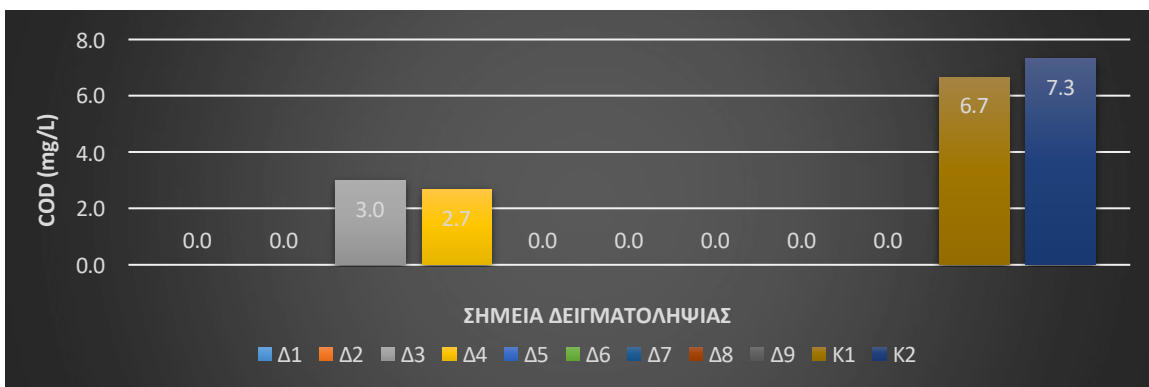
Γράφημα 9: Απεικόνιση μέσω τιμών νιτρικών ιόντων «NO₂» ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές των νιτρικών ιόντων και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας

Τα αποτελέσματα μέτρησης των νιτρικών ιόντων είχαν επίσης μια ομοιομορφία, καθώς ο δείκτης απόκλισης RSD εμφάνισε υψηλές τιμές σε μόνο 2/10 δείγματα (Πίνακας 22). Για ακόμα μια φορά οι περιοχές της Κηφισιάς (Δ9 & Δ5) και του Κρυονερίου (Δ6) αποδείχθηκαν να εμφανίζουν τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις NO_3^- με τις τιμές να φθάνουν στα 101, 71 και 58,8 mg/L νιτρικών ιόντων αντιστοίχως. Τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις παρουσίασαν τα σημεία Δ4 και Κ2, στις περιοχές του Αχαρνές και της Νέας Φιλαδέλφειας, με συγκεντρώσεις στα 17,3 και 19,9 mg/L (Γράφημα 10).



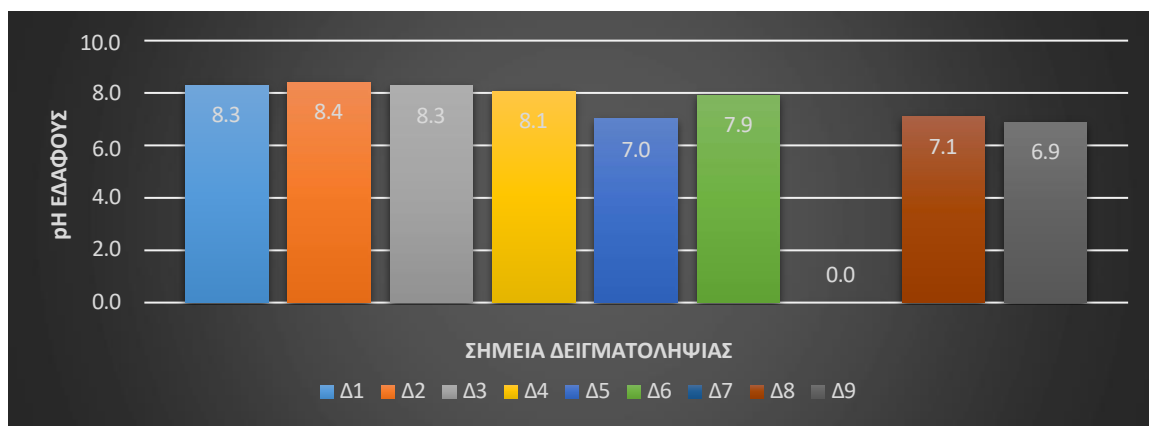
Γράφημα 10: Απεικόνιση μέσω τιμών νιτρικών ιόντων « NO_3^- » ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές των νιτρικών ιόντων και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας

Μια ακόμα σημαντική παράμετρος που μετρήθηκε, είναι αυτή του COD, η οποία έβγαλε μερικές αποκλίσεις από το επιλεγμένο RSD (Πίνακας 23)· τιμές φθίνουσας συγκέντρωσης βάσει μεθόδου σημειώθηκαν μόνο στα δείγματα Κ2 - Κ1 - Δ3 - Δ4, που αντιστοιχούν κατά σειρά στις περιοχές των: Νέα Φιλαδέλφεια (7,33 mg/L), Ριζούπολη (6,67 mg/L), Αγία Σωτήρα (3 mg/L) και Αχαρνές (2,67 mg/L) (Γράφημα 11).



Γράφημα 11: Απεικόνιση μέσω των τιμών βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου «COD» ανά δείγμα (Δ1 – Κ2), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές «COD» και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας

Τέλος, μετρήθηκε και το pH του εδάφους των σημείων Δ1 – Δ9 και τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν συμφωνία μεταξύ τους, με το πιο αλκαλικό έδαφος να ανήκει στο σημείο Δ2 (8,4) και το πιο όξινο έδαφος να αντιστοιχεί στο Δ9 (6,9) (Γράφημα 12).



Γράφημα 12: Απεικόνιση μέσω των τιμών «pH» εδάφους ανά δείγμα (Δ1 – Δ9), όπου ο κάθετος άξονας εκφράζει τις τιμές «pH» και ο οριζόντιος τις ονομασίες των σημείων δειγματοληψίας

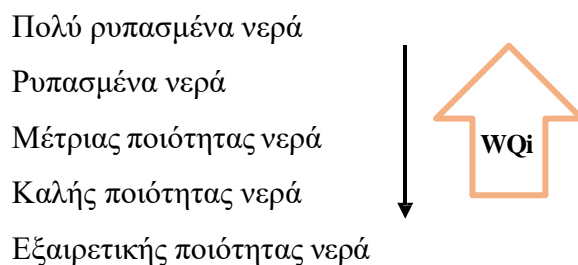
3.2 Δείκτης επιβάρυνσης

3.2.1 Μέθοδος αξιολόγησης

Προκειμένου να διεξαχθεί ένα πόρισμα σχετικό με την αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων κατά μήκος της έκτασης που μελετήθηκε, τα αποτελέσματα έπρεπε να μεταφραστούν στην ίδια κλίμακα σύγκρισης, καθώς οι μονάδες μέτρησης διέφεραν ανά παράμετρο. Έτσι, επιλέχθηκε ο δείκτης αξιολόγησης NSF WQI, ο οποίος αφορά μετρήσεις μεταβλητών στοιχείων, ιδίων με αυτών που μελετήθηκαν. Συγκεκριμένα, ο δείκτης αυτός υπολογίζει τις εξής παραμέτρους (Srivastava & Kumar, 2013):

- DO%
- NO₃
- BOD₅
- FC
- pH
- TDS
- COD
- NTU
- PO₄³⁻
- T

Ο συγκεκριμένος δείκτης βάσει αποτελεσμάτων WQI κατατάσσει την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων σε 5 κλάσεις (Πίνακας 25):



Πίνακας 25: Κλάσεις ρυπασμένων νερών βάσει του δείκτη αξιολόγησης ρύπανσης NSF (Πηγή: Srivastava & Kumar, 2013)

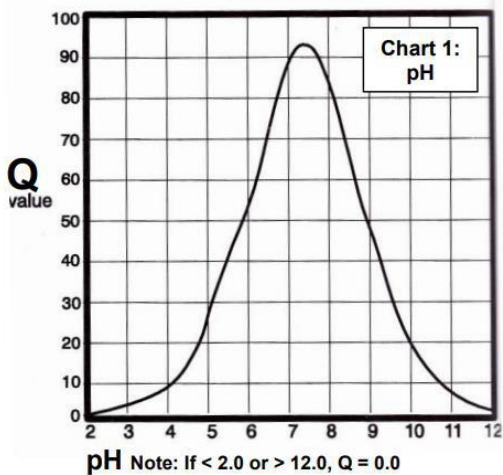
National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI)	
WQI Value	Rating of Water Quality
91-100	Excellent water quality
71-90	Good water quality
51-70	Medium water quality
26-50	Bad water quality
0-25	Very bad water quality

Ωστόσο, βάσει της παρούσας έρευνας, οι παράμετροι αξιολόγησης του νερού που μετρήθηκαν και εμπίπτουν στις ανωτέρω περιλαμβάνουν τις εξής μεταβλητές:

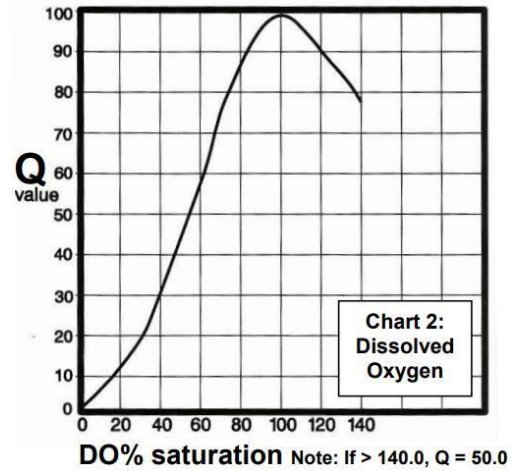
- DO% (Διαλυμένο Οξυγόνο)
- NO₃ (Νιτρικά Ιόντα)
- pH
- NTU (Θολερότητα)
- PO₄³⁻ (Φωσφορικά Ιόντα)
- BOD₅ (Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο)
- TDS (Ολικά διαλυμένα στερεά)

Συνεχίζοντας, ο υπολογισμός της ποιότητας των υδάτων, ακολουθεί ένα συγκεκριμένο μοτίβο όσον αφορά όλους τους δείκτες αξιολόγησης (CCME, NSF, RPI κτλ) και συγκεκριμένα η παρούσα εργασία, με γνώμονα τον NSF WQI (*National Sanitation Foundation Water Quality Index*) (Brown and others, 1970), ακολούθησε τα εξής βήματα:

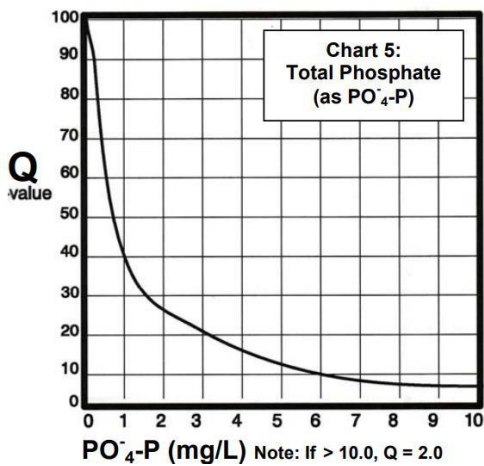
1. Αντιστοιχία τιμών μέτρησης της εκάστοτε παραμέτρου με την τιμή q value βάσει γραφήματος (*Γραφήματα 13 – 20*)
2. Δημιουργία πινάκων (*Πίνακες 26 - 35*) που περιλαμβάνουν όλες τις προς μελέτη παραμέτρους
3. Πολλαπλασιασμός των μέσων τιμών των παραμέτρων με τον αντίστοιχο συντελεστή βαρύτητας παραμέτρων (Wi) (Fathi *et al.*, 2022; Hameed *et al.*, 2010)
4. Παραγωγή τιμής δείκτη Qi, μοναδικής για κάθε μεταβλητή
5. Άθροισμα όλων των Qi και εύρεση τελικής τιμής WQi
6. Ένταξη τιμής WQi σε αντίστοιχη κλάση ρύπανσης (*Πίνακας 25*)



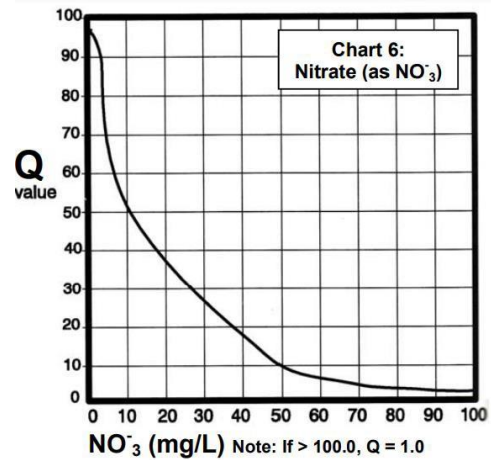
Γράφημα 13: Καμπύλη q-value που αντιστοιχεί στο pH (Πηγή: Chicago River Schools Network, 2015)



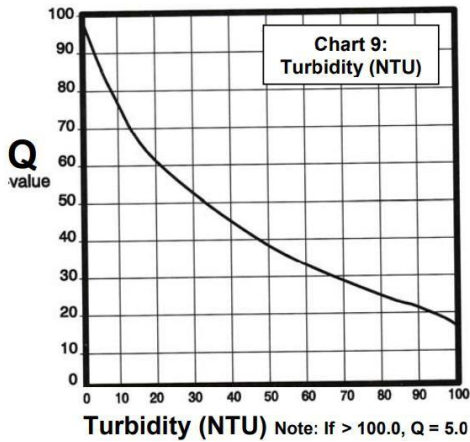
Γράφημα 14: Καμπύλη q-value που αντιστοιχεί στο DO% (Πηγή: Chicago River Schools Network, 2015)



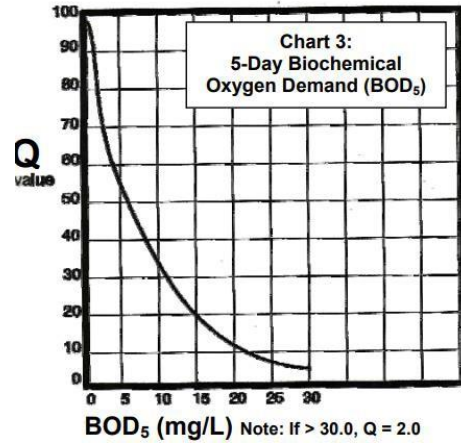
Γράφημα 15: Καμπύλη q-value που αντιστοιχεί στα φωσφορικά ιόντα (Πηγή: Chicago River Schools Network, 2015)



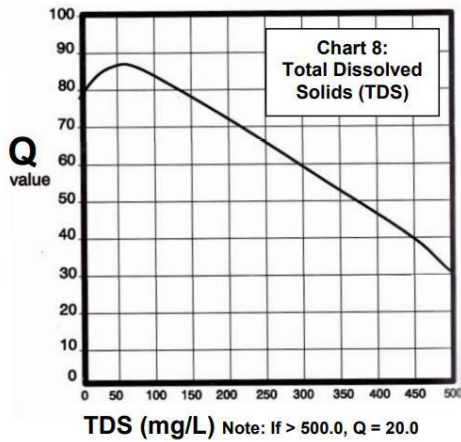
Γράφημα 16: Καμπύλη q-value που αντιστοιχεί στα νιτρικά ιόντα (Πηγή: Chicago River Schools Network, 2015)



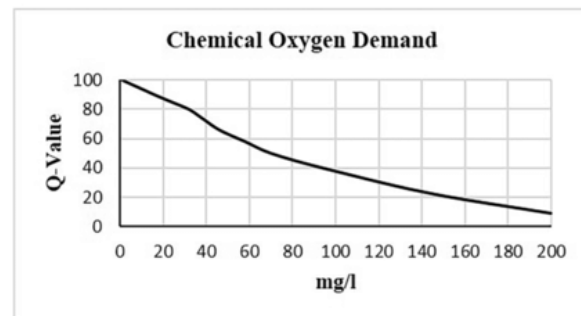
Γράφημα 17: Καμπύλη q-value που αντιστοιχεί στη θολερότητα (Πηγή: Chicago River Schools Network, 2015)



Γράφημα 18: Καμπύλη q-value που αντιστοιχεί στο BOD₅ (Πηγή: Chicago River Schools Network, 2015)



Γράφημα 19: Καμπύλη q-value που αντιστοιχεί στα ολικά διαλυμένα στερεά (Πηγή: Chicago River Schools Network, 2015)



Γράφημα 20: Καμπύλη q-value που αντιστοιχεί στο COD (Πηγή: Chicago River Schools Network, 2015)

3.2.2. Τελική αξιολόγηση – Κατάταξη

Κινούμενοι στο ίδιο πλαίσιο με την §3.1, σκόπιμο κρίθηκε να κρατηθούν 2 σημαντικά ψηφία όσον αφορά την τελική και στρογγυλοποιημένη τιμή του WQI.

Τα αποτελέσματα οργανώθηκαν στο υπολογιστικό φύλλο του EXCEL και έτσι διακρίνουμε την εξής δομή κατά σειρά (Πίνακες 26 – 35 / Παράρτημα Β’):

- Η στήλη «ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ» αναφέρεται στην εκάστοτε μεταβλητή που μελετήθηκε
- Η στήλη «ΜΕΤΡΗΣΗ» αναφέρεται στη μέση τιμή των μετρήσεων της κάθε παραμέτρου
- Η στήλη «Q - VALUE» αναφέρεται στην τιμή του γραφήματος (Γράφημα 13 - 20) που αντιστοιχίζεται η κάθε μέση τιμή των μετρήσεων της κάθε παραμέτρου
- Η στήλη «ΒΑΡΥΤΗΤΑ» αναφέρεται στον συντελεστή βαρύτητας παραμέτρων (W_i), αντίστοιχο της κάθε μελετούμενης μεταβλητής
- Η στήλη «TOTAL» αναφέρεται στο γινόμενο «Q- VALUE» x «ΒΑΡΥΤΗΤΑ»
- Η στήλη «WQI» αναφέρεται στο άθροισμα όλων των μεταβλητών της στήλης «TOTAL»

Έτσι, βάσει όλων των παραπάνω, αξιολογήθηκαν 10 σημεία ($\Delta 1 - \Delta 2 - \Delta 3 - \Delta 4 - \Delta 5 - \Delta 6 - \Delta 8 - \Delta 9 - K1 - K2$), με σκοπό την εύρεση του δείκτη επιβάρυνσής τους WQI και έτσι της κατάταξής τους σε κλίμακα ρύπανσης (Πίνακας 25). Έτσι διακρίνονται τα εξής:

$$WQI_{\Delta 1} = 34$$

$$WQI_{\Delta 2} = 34$$

$$WQI_{\Delta 3} = 33$$

$$WQI_{\Delta 4} = 45$$

$$WQI_{\Delta 5} = 33$$

$$WQI_{\Delta 6} = 40$$

$$WQI_{\Delta 8} = 35$$

$$WQI_{\Delta 9} = 39$$

$$WQI_{K1} = 34$$

$$WQI_{K2} = 34$$

Πίνακας 26: Δείκτης αξιολόγησης WQI για το Δ1

WQI_Δ1					
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	Q VALUE	ΒΑΡΥΤΗΤΑ	TOTAL	WQI
pH	8,30	64,0	0,12	7,68	33,87
t	4,00	86,0	0,08	6,88	45,77
DO	8,32	5,00	0,17	0,85	
PO4	0,88	43,0	0,10	4,30	
NO3	36,2	22,0	0,10	2,20	
COD	0,00	100	0,08	8,00	
TDS	639	20,0	0,07	1,40	
σ	913	-	-	-	
BOD5	0,00	96,0	0,11	10,6	

Καθώς ο δείκτης NSWQI θα υπολογιστεί με 7/9 παραμέτρους, σκόπιμο για την ορθότητα των αποτελεσμάτων κρίθηκε να ακολουθηθεί η μέθοδος των Srivastava & Kumar (2013), όπου κάνουν λόγο για υπολογισμό του NSWQI με ελλειπείς παραμέτρους. Έτσι, τα **τελικά αποτελέσματα** ανά σημείο δειγματοληψίας διαμορφώνονται ως εξής:

$$WQI_{\Delta 1} = 46$$

$$WQI_{\Delta 6} = 55$$

$$WQI_{\Delta 2} = 46$$

$$WQI_{\Delta 8} = 48$$

$$WQI_{\Delta 3} = 44$$

$$WQI_{\Delta 9} = 53$$

$$WQI_{\Delta 4} = 60$$

$$WQI_{K1} = 46$$

$$WQI_{\Delta 5} = 45$$

$$WQI_{K2} = 46$$

Με γνώμονα τα αποτελέσματα κρίθηκε ότι:



$$WQI_{\Delta 3} < WQI_{\Delta 1} < WQI_{\Delta 5} < WQI_{K1} < WQI_{K2} < WQI_{\Delta 2} < WQI_{\Delta 8} < WQI_{\Delta 9} < WQI_{\Delta 6} < WQI_{\Delta 4}$$

Η

Αγία Σωτήρα < Κόκκινος Μύλος < Κηφισιά < Ριζούπολη < Νέα Φιλαδέλφεια <
Μεταμόρφωση < Νέα Χαλκηδόνα < Κηφισιά < Κρυονέρι < Αχαρνές

Επομένως, βάσει του Πίνακα 25, είναι ασφαλές να ειπωθεί ότι όλες οι περιοχές στις οποίες πάρθηκε δείγμα και εντάσσονται στον Βόρειο Τομέα του Νομού Αττικής, εμπίπτουν στην κατηγορία της «Κακής ή Μέτριας Ποιότητας Υδάτων» (Bad to Medium Water Quality (26 - 50 ή 51 - 70)), με το λιγότερο ρυπασμένο σημείο να κρίνεται το Δ4 στο Αχαρνές (60,41 / 100) και το περισσότερο ρυπασμένο το Δ3 στην Αγία Σωτήρα (43,97 / 100). Η μέση τιμή όλων των παραπάνω WQIs ισοδυναμεί με: $\Sigma_{WQIs} = 49,001 \rightarrow 49$, δηλαδή εμπίπτει πάλι στην κατηγορία των «Κακής Ποιότητας Ύδατα» και επομένως μπορούμε να πούμε ότι όλη η Βόρεια έκταση του Κηφισού Ποταμού είναι αρκετά ρυπασμένη, παρόλο που σαν προάστιο δέχεται τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση (συγκριτικά με κεντρικές και νοτιότερες – εκβολικές περιοχές).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με σκοπό την ακριβέστερη εξαγωγή συμπερασμάτων, σκόπιμο κρίνεται να γίνει μια τελευταία βιβλιογραφική σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτής της έρευνας με παλαιότερες μελέτες συναδέλφων, έτσι ώστε να υπάρχει μια πιο ολιστική εικόνα για το «κεφάλαιο» της ρύπανσης που συναντάται σε ποταμούς της Ελλάδας.

→ Νερό

Όσον αφορά τις φυσικές παραμέτρους, από την παρούσα έρευνα προέκυψε ότι οι τιμές της αγωγιμότητας «σ» σημείωσαν μέγιστο όριο τα 954 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και ελάχιστο όριο τα 606 $\mu\text{S}/\text{cm}$, με μια συνολική MT να φτάνει τα 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Σε σύγκριση με τα αποτελέσματα των Bellos *et al.*, 2005 οι τιμές της αγωγιμότητας είναι αρκετά αυξημένες, καθώς παίρνοντας 3 MT (αυτών των Δεκεμβρίων όπου έγιναν και οι δικές μας μετρήσεις) των πρώτων, η «σ» έχει MT στα 293 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ακόμα, οι Simeonov *et al.*, 2002 σημείωσαν μέσες τιμές αγωγιμότητας ίσες με 421 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Πίνακας 10). Η έρευνα των Koutsomitrou *et al.*, 2013 (Πίνακας 36) δεν αποτέλεσε μεγάλη βοήθεια, καθώς γίνεται λόγος για πολύ μικρές τιμές αγωγιμότητας (~ 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$) που αποκλίνουν αρκετά από τα δεκαπλάσια τουλάχιστον αποτελέσματα της τωρινής έρευνας. Η αυξημένη αγωγιμότητα έχει συνδεθεί με αυξημένες περιεκτικότητες σε άλατα (όπως χλωρίδια, αλκάλια, ανθρακικά και σουλφιδικά συμπλέγματα) και σύμφωνα με το BYJU'S, 2023 το πόσιμο νερό κυμαίνεται σε τιμές μέχρι 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ενώ στην έρευνά μας 5 σημεία ($\Delta 1 - \Delta 2 - \Delta 3 - \Delta 6 - \Delta 9$) την ξεπερνούν και άλλα 2 βρίσκονται στα όρια ($\Delta 5 - \Delta 8$) και σκεπτόμενοι ότι η μελέτη των Bellos *et al.*, 2005 πραγματοποιήθηκε το 1996 – 1998 όπου η αστικοποίηση ήταν σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με 25 χρόνια αργότερα, ασφαλές κρίνεται το συμπέρασμα ότι ο ποταμός πλέον βρίσκεται σε μεγαλύτερα επίπεδα ρύπανσης σε σχέση με παλαιότερα, όπου το νερό του ποταμού θα μπορούσε να θεωρηθεί «πόσιμο» κινούμενο στις τιμές των 200 - 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Πίνακας 2). Αξίζει επίσης να σημειωθεί το χαμηλό RSD που βρέθηκε για τον δείκτη (Πίνακας 14), που αποδεικνύει εν μέρει την αρτιότητα των αποτελεσμάτων της έρευνας.

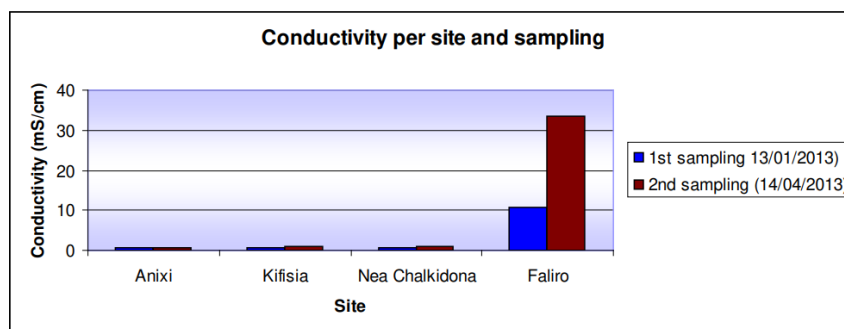
Συνεχίζοντας με το «pH», η μεγαλύτερη τιμή που σημειώθηκε ήταν το 8,32, ενώ το ελάχιστο όριο το 7,72 στην παρούσα έρευνα, με τη ΜΤ να φτάνει το 8,1. Αναφερόμενοι πάλι στην έρευνα των Bellos *et al.*, 2005, καθώς επίσης και των Koutsomitrou *et al.*, 2013 (*Πίνακας 37*), πάρθηκαν στην 1^η περίπτωση η ΜΤ των τριών μετρήσεων του Δεκεμβρίου (διότι οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν το μήνα Δεκέμβρη) και στη 2^η περίπτωση η ΜΤ των χειμερινών μετρήσεων των πρώτων 3 περιοχών (Άνοιξη – Κηφισιά – Νέα Χαλκηδόνα), καθώς είναι περιοχές του βορείου άκρου του Νομού Αττικής, όπως και οι περιοχές της έρευνάς μας. Οι τιμές που σημειώθηκαν αντίστοιχα ανέρχονται βάσει Μ.Ο. στα 8,10 και 8,14 ως προς τους χειμερινούς μήνες και στις 2 μελέτες. Ακόμα, οι Simeonov *et al.*, 2002 σημείωσαν μέση τιμή της παραμέτρου ίση με 8,1 μονάδες (*Πίνακας 10*). Και οι 4 έρευνες συμφωνούν ως προς τους μέσους όρους του «pH», κατηγοριοποιώντας το νερό του ποταμού αρκετά «βασικό». Το βραχώδες υπόστρωμα και η υψηλή πρωτογενής παραγωγικότητα που συναντήθηκε σε όλες τις περιοχές δειγματοληψίας, πιθανόν να επηρέασαν αυτήν την τιμή. Ωστόσο, μεμονωμένα σαν δείκτης ρύπανσης απαιτείται η εξέταση της παραμέτρου σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες 8 που μελετήθηκαν (χημικές & φυσικές). Αξίζει επίσης να σημειωθεί το χαμηλό RSD που βρέθηκε για τον δείκτη (*Πίνακας 15*) και αποδεικνύει εν μέρει την αρτιότητα των αποτελεσμάτων της έρευνας.

Όσον αφορά τη θολερότητα «t» σημείωσε σαν μέγιστο όριο τα 10,9 NTUs και σαν ελάχιστο όριο τα 2,43 NTUs, με τη ΜΤ να φτάνει τα 5,4 NTUs. Όπως και το «pH», έτσι και η «t» δεν μπορούν να αποτελέσουν αξιόπιστο δείκτη περιβαλλοντικής ρύπανσης αν εξεταστούν μεμονωμένα, παρά μόνο στο σύνολό τους και σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες παραμέτρους του επιλεγμένου προς μελέτη δείκτη· στην προκειμένη περίπτωση του NSFQI. Σύμφωνα με τον Buzoianu (2000), βάσει των τιμών του *Γραφήματος 5* και του *Πίνακα 38* για ΜΤ στα 5,4 NTUs το υδάτινο σύστημα του Κηφισού Ποταμού, στις περιοχές μελέτης του, θα επανέλθει στα επίπεδα προ διατάραξής του από οποιαδήποτε παράγοντα προκάλεσε τις αλλαγές του, θεωρητικά σε 12 – 24 ώρες. Αξίζει να αναφερθεί ότι η μέτρηση της θολερότητας σε όλα τα δείγματα έγινε στη 2^η σκάλα θολότητας t₂ (βάσει των ενδείξεων του μηχανήματος) και σε συνδυασμό ότι οι αυξημένες συγκεντρώσεις στη «t» μπορεί να οφείλονται σε συγκεντρωμένες οργανικές και ανόργανες χημικές ουσίες, μπορεί να θεωρηθεί ακόμα ένας παράγοντας για την «κακή ποιότητα» των υδάτων που βρέθηκε να χαρακτηρίζει

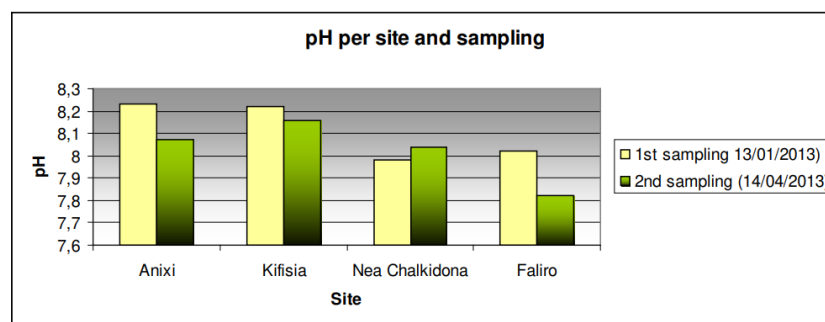
τον ποταμό. Αξίζει επίσης να σημειωθεί το χαμηλό RSD που βρέθηκε για τον δείκτη (Πίνακας 17), ο οποίος αποδεικνύει εν μέρει την αρτιότητα των αποτελεσμάτων της έρευνας.

Τέλος, το διαλυμένο οξυγόνο «DO» ολοκληρώνει τον κύκλο εξέτασης των φυσικών παραμέτρων του νερού. Η ανώτερη τιμή συγκέντρωσης που βρέθηκε ήταν στα 10,08 mg/L, ενώ η χαμηλότερη στα 8,27 mg/L. Οι Simeonov *et al.*, 2002 βρήκαν έναν MO στα 7,4 mg/L στην έρευνα τους, τιμή που συγκλίνει αρκετά με τα αποτελέσματα της τωρινής έρευνας. Αξίζει επίσης να σημειωθεί το χαμηλό RSD που βρέθηκε για τον δείκτη (Πίνακας 16), που αποδεικνύει εν μέρει την αρτιότητα των αποτελεσμάτων της έρευνας.

Πίνακας 36: Διακύμανση αγωγιμότητας «σ» τον χειμώνα και την άνοιξη του 2013 (Πηγή: Koutsomitrou *et al.*, 2013)



Πίνακας 37: Διακύμανση «pH» τον Χειμώνα και την Άνοιξη του 2013 (Πηγή: Koutsomitrou *et al.*, 2013)



Πίνακας 38: Απεικόνιση απαραίτητου χρόνου εξισορρόπησης μιας υδάτινης μάζας από διαταρακτικούς παράγοντες, ανά μονάδες NTUs (Πηγή: Kitchener *et al.*, 2017)

Formazin standard concentration	Stability duration
>400 NTU	1 year
20–400 NTU	1 month
2–20 NTU	12–24 hours
<2 NTU	≤1 hour
≤1 NTU	Difficult to prepare accurately

Όσον αφορά τις χημικές παραμέτρους, από την παρούσα έρευνα προέκυψε ότι οι τιμές των « PO_4^{3-} » σημειώνουν μέγιστο όριο τα 1,31 mg/L και κατώτατο όριο τα 0,06 mg/L, ενώ σαν Μ.Ο. όλων των δειγμάτων κρίθηκε η τιμή των 0,72 mg/L, βάσει ΜΤ των δειγμάτων. Κινούμενοι στο ίδιο πλαίσιο και αναλύοντας τις συγκεντρώσεις της χειμερινής μόνο δειγματοληψίας των Koutsomitrou *et al.*, 2013 (Πίνακας 39), καθώς επίσης και τα 3 βορειότερα άκρα της έρευνάς τους, παρατηρείται ότι σαν Μ.Ο. ορίζονται τα 0,94 mg/L φωσφορικών ιόντων. Ωστόσο, οι Bellos *et al.*, 2005 για τον μήνα Δεκέμβριο (1996 – 1998) σημείωσαν Μ.Τ. μόλις στα 0,36 mg/L. Τέλος, οι Simeonov *et al.*, 2002 βρήκαν τον Μ.Ο. των φωσφορικών ιόντων στην έρευνα τους να αγγίζει τα 0,22 mg/L (Πίνακας 10). Κρίνοντας από τους Μ.Ο. των 3 ξεχωριστών ερευνών, υπάρχει απόκλιση ως προς την έρευνα των τελευταίων σε σχέση με την παρούσα, γεγονός που μπορεί και να οφείλεται σε ακραία τιμή του 12/1996. Οι τιμές της έρευνας μπορεί να αποτελούν πρώιμο δείκτη για φαινόμενο ευτροφισμού, διότι σύμφωνα με τους Pei *et al.*, 2015, αν ο P δε διατηρηθεί σε ποσά < 0,02 mg/L, δημιουργείται άμεσος κίνδυνος. Παρά ταύτα, οι συγκεντρώσεις που βρέθηκαν στην παρούσα μελέτη, εντάσσονται στα επιθυμητά και επιτρεπόμενα όρια συγκεντρώσεων φωσφόρου με βάση την European Commission, 2009.

Στη συνέχεια, η ανάλυση των « NO_3^- » έδειξε ότι η μέγιστη τιμή που βρέθηκε στις δειγματοληψίες ήταν αυτή των 101 mg/L, ενώ η ελάχιστη τιμή που σημειώθηκε ανερχόταν στα 17,3 mg/L και τον Μ.Ο. να βρίσκεται στα 47,5 mg/L. Παρόμοιες έρευνες (Koutsomitrou *et al.*, 2013) έδειξαν Μ.Ο. να ανέρχεται στα 10 mg/L (Πίνακας 40) για τις χειμερινές δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν, ενώ άλλες (Bellos *et al.*, 2005) κατέβασαν την

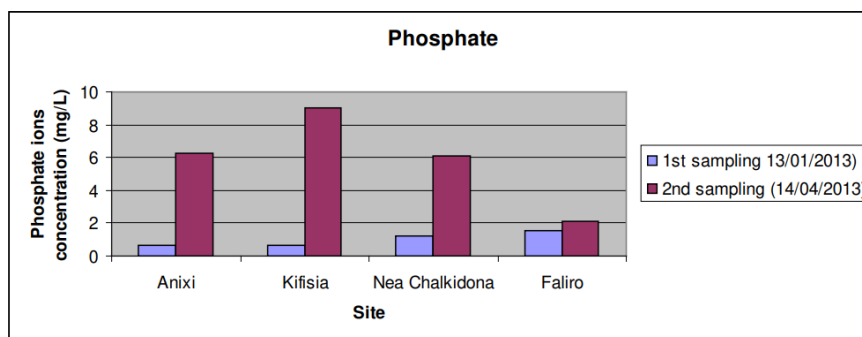
τιμή του Μ.Ο. στα 5,4 mg/L. Επιπροσθέτως, οι Simeonov *et al.*, 2002 σημείωσαν Μ.Ο. συγκεντρώσεων της χημικής ουσίας στα 0,38 mg/L (*Πίνακας 10*) μόλις και τέλος οι Δασσενάκης *et al.*, 1996 μέτρησαν συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων σε διάφορους Ελληνικούς ποταμούς από 0,25 έως και 4 mg/L (*Πίνακας 11*), συγκεντρώσεις αρκετά μεγαλύτερες από την παρούσα έρευνα. Τα αποτελέσματα της τωρινής εργασίας παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση σε σχέση με τα αποτελέσματα των άλλων συναδέλφων κινούμενων σε χειμερινές δειγματοληψίες. Σύμφωνα με τον Π.Ο.Υ., συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων που ξεπερνούν τα 50 mg/L κρίνονται επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία και αρκετά επιβαρυντικές για το περιβάλλον (WHO, 2023). Επομένως, με τον Μ.Ο. της έρευνας να αγγίζει οριακά αυτήν την τιμή και με μερικά δείγματα να την ξεπερνούν, εξετάζοντας μεμονωμένα την παράμετρο και βάσει μεθόδου όπου υπολογίστηκε το αποτέλεσμα (HACH® – Water Analysis Handbook), θα μπορούσε να ειπωθεί ότι το νερό του ποταμού είναι αρκετά ρυπασμένο από τη συγκεκριμένη παράμετρο. Αξιοσημείωτο ωστόσο κρίνεται το χαμηλό RSD που βρέθηκε για τον δείκτη (*Πίνακας 22*) και αποδεικνύει εν μέρει την αρτιότητα των αποτελεσμάτων της έρευνας, για ακόμα μια φορά.

Όσον αφορά την αλληλοσυνδεόμενη παράμετρο των νιτρικών ιόντων, αυτήν των νιτρωδών ιόντων, κυμάνθηκε σε αρκετά χαμηλότερα επίπεδα. Αναλυτικότερα, ο Μ.Ο. σημειώθηκε να ανέρχεται στα 0,21 mg/L, με τη μέγιστη τιμή να φθάνει τα 0,98 mg/L «NO₂⁻» και την ελάχιστη τα 0,05 mg/L. Συγκρίνοντας παρόμοιες έρευνες, οι Koutsomitrou *et al.*, 2013 (*Πίνακας 41*) βρήκαν μέση συγκέντρωση 0,8 mg/L νιτρωδών ιόντων και οι Bellos *et al.*, 2005 σημείωσαν Μ.Ο. συγκεντρώσεων τα 0,04 mg/L. Ακόμα, οι Simeonov *et al.*, 2002 σημείωσαν μέση συγκέντρωση «NO₂⁻» τα 0,21 mg/L (*Πίνακας 10*) και τέλος, ο Δασσενάκης *et al.*, 1996 σε έρευνές τους σε διάφορους ποταμούς της Ελλάδας, σημείωσε τιμές νιτρικών ιόντων από 0,01 έως και 0,23 mg/L (*Πίνακας 11*). Η συγκεκριμένη παράμετρος παρουσιάζει σχετική συμφωνία μεταξύ των ερευνών άλλων συναδέλφων και της εργασίας αυτής, με την RSD να παραμένει σε σχετικά «καλά» επίπεδα (*Πίνακας 21*).

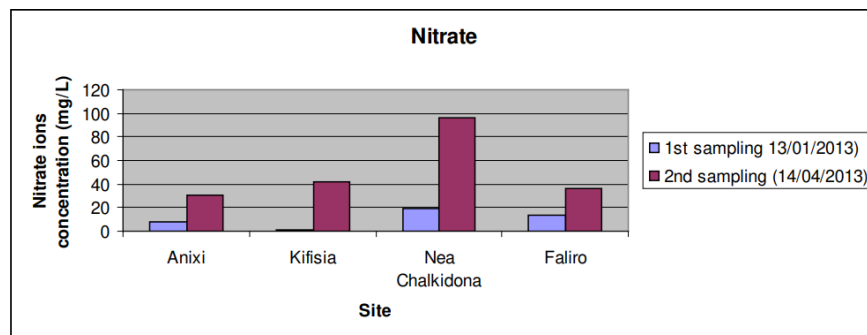
Τέλος, όσον αφορά τις συγκεντρώσεις του «BOD₅», αξίζει να υπενθυμιστεί ότι η συγκεκριμένη εργασία βρήκε τα κάτωθι αποτελέσματα μέσω υπολογιστικών κινήσεων και όχι πειραματικών μετρήσεων. Έτσι, η ανώτερη συγκέντρωση που υπολογίστηκε φθάνει τα

3,7 mg/L και η χαμηλότερη συγκέντρωση φθάνει τα 0 mg/L, με τη Μ.Τ. να φθάνει τα 0,99 mg/L. Οι Simeonov *et al.*, 2002 σημείωσαν σαν Μ.Τ. των μετρήσεών τους ως προς το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, τα 11,4 mg/L (Πίνακας 10), μέτρηση που αποκλίνει αρκετά από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας· ωστόσο οι μετρήσεις των Simeonov *et al.*, 2002 πραγματοποιήθηκαν πειραματικά και όχι υπολογιστικά, οπότε ίσως υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια σε αυτές. Η παράμετρος του «BOD₅» αποτελεί έναν έμμεσο δείκτη οργανικής ρύπανσης, εξ' ορισμού της παραμέτρου, ωστόσο σκόπιμο κρίνεται να παρθούν υπόψιν και οι συγκεντρώσεις του «COD» που βρέθηκαν (Πίνακας 23) στην ερευνητική διαδικασία, οι οποίες επαληθεύουν και τις συγκεντρώσεις του «BOD₅» όσον αφορά τα επίπεδα ρύπανσης. Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με τους Hu *et al.*, 2005 για συγκεντρώσεις του C_{COD} < 5 – 10 mg/L υφίσταται αρκετά «καλή ποιότητα» ποτάμιων υδάτων και σύμφωνα επίσης με τον Connor, 2016 για C_{BOD} < 1 mg/L έχουμε κατάταξη ποταμών σε «καλής ποιότητας ποτάμια». Επομένως, κρίνοντας μεμονωμένα από την παράμετρο του BOD₅ και την RSD που βρίσκεται σε καλά επίπεδα ως προς το COD (Πίνακας 23), μπορεί να ειπωθεί ότι τα νερά βρίσκονται σε «χαμηλά» επίπεδα ρύπανσης.

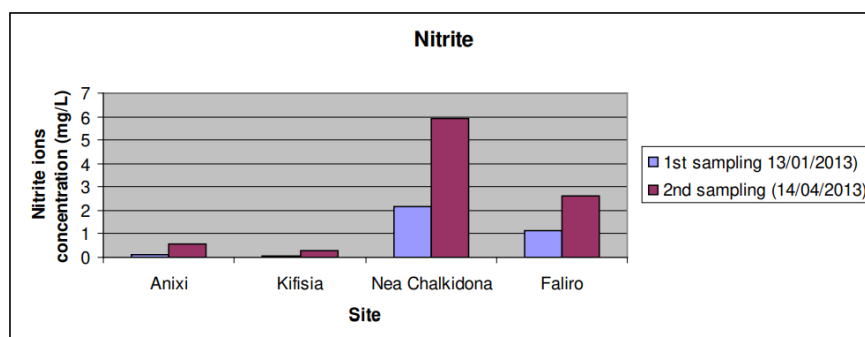
Πίνακας 39: Διακύμανση «PO₄³⁻» τον χειμώνα και την άνοιξη του 2013 (Πηγή: Koutsomitrou *et al.*, 2013)



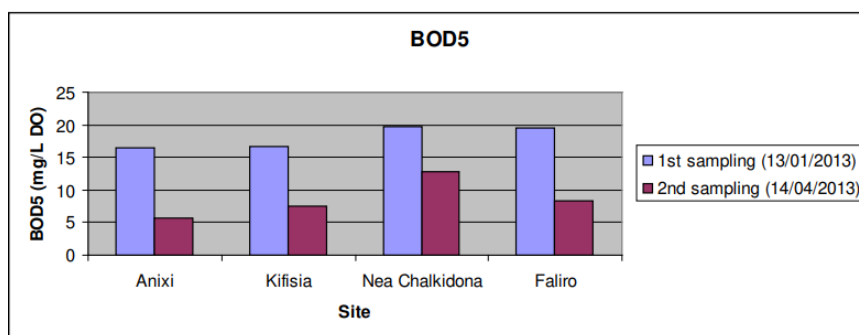
Πίνακας 40: Διακύμανση «NO₃⁻» τον χειμώνα και την άνοιξη του 2013 (Πηγή: Koutsomitrou *et al.*, 2013)



Πίνακας 41: Διακύμανση «NO₂⁻» τον χειμώνα και την άνοιξη του 2013 (Πηγή: Koutsomitrou *et al.*, 2013)



Πίνακας 42: Διακύμανση «BOD₅» τον χειμώνα και την άνοιξη του 2013 (Πηγή: Koutsomitrou *et al.*, 2013)



Τέλος, υπάρχουν 2 ακόμα χημικές παράμετροι που κρίνουν αξιολόγησης σε αυτήν την εργασία, καθώς πραγματοποιήθηκαν πειραματικές αναλύσεις πάνω σε αυτές: της αμμωνίας (NH_3) και του εξασθενούς χρωμίου (Cr^{6+}). Οι παράμετροι αυτοί δεν εντάσσονται στον δείκτη αξιολόγησης ρύπανσης NSFQI και για αυτόν τον λόγο γίνεται ξεχωριστός σχολιασμός τους, ωστόσο παραμένουν σημαντικές παράμετροι και δείκτες ρύπανσης υδάτινων συστημάτων.

Για αρχή, η παράμετρος της « NH_3 » που μετρήθηκε εργαστηριακά, σημείωσε τη μέγιστη τιμή στα 1,39 mg/L, την ελάχιστη στα 0,34 mg/L, ενώ η Μ.Τ. των δειγμάτων κυμάνθηκε στα 0,63 mg/L. Τα αποτελέσματα της RSD βρίσκονται σε επιθυμητά γενικά επίπεδα (Πίνακας 18), ενώ συνάδελφοι μέσω μελετών έχουν βρει αποτελέσματα που πλησιάζουν τις τιμές αυτής της έρευνας. Πιο συγκεκριμένα, οι Δασσενάκης *et al.*, 1996 μετρώντας συγκεντρώσεις αμμωνίας σε μια πληθώρα Ελληνικών ποταμών, βρήκαν μέγιστη επιβάρυνση στα 0,23 mg/L, ελάχιστη στα 0,01 mg/L και Μ.Τ. στα 0,06 mg/L (Πίνακας 11). Τα όρια αποκλίνουν, ωστόσο οι συγκεντρώσεις που βρέθηκαν στον Λιθιό Ποταμό (Πίνακας 12) βρίσκονται σε παρόμοια επίπεδα. Ακόμα, αξίζει να σημειωθεί ότι οι Hargreaves *et al.*, 2004 διεξήγαγαν το πόρισμα ότι οι συγκεντρώσεις αμμωνίας που υπερβαίνουν τα 0,05 mg/L κρίνονται επικίνδυνες τόσο οικολογικά, όσο και υγειονομικά. Τέλος, οι Oram & Sergeant, 2014 δημιούργησαν το βλαπτικό όριο του φάσματος των 0,2 – 2,0 mg/L αμμωνίας που κρίνεται άκρως θανατηφόρο και βλαπτικό για τους υδρόβιους οργανισμούς.

Η τελευταία χημική παράμετρος που μελετήθηκε ήταν αυτή του « Cr^{6+} ». Η βιβλιογραφία κρίνεται ανεπαρκής για τη συγκεκριμένη παράμετρο όσον αφορά τους Ελληνικούς ποταμούς, ωστόσο μερικοί ερευνητές συνέλεξαν στοιχεία. Αρχικά, οι συγκεντρώσεις εξασθενούς χρωμίου που βρέθηκαν σε αυτήν την μελέτη κυμάνθηκαν από 0,01 mg/L (ελάχιστη τιμή) έως και 0,06 mg/L (μέγιστη τιμή), με τη Μ.Τ. να βρίσκεται στα 0,03 mg/L. Οι Saha *et al.*, 2011 έκριναν μέγιστο επιτρεπόμενο όριο συγκέντρωσης « Cr^{6+} » τα 0,01ppb για επιφανειακά ύδατα, ενώ η τωρινή εργασία βρήκε μέσο όρο συγκέντρωσης 0,03 mg/L που αντιστοιχούν σε 30ppb, όριο απόκλισης μεγάλο. Άλλοι ερευνητές όπως οι Παναγιωτόπουλος *et al.*, 2010 βρήκαν χαμηλά επίπεδα ως προς το χρώμιο στην κοίτη του ποταμού, οι Καραούζα *et al.*, 2020 επίσης έκριναν μια συνολικά ρυπασμένη εικόνα

Ελληνικών ποτάμιων συστημάτων με βάση διάφορα ακόμη μέταλλα, ενώ οι Simeonov *et al.*, 2002 βρήκαν μια μέση συγκέντρωση Cr στα 0.01 mg/L και τέλος οι Δασσενάκης *et al.*, 1996 βρήκαν κατά μέσο όρο 0,01 mg/L σωματιδιακού χρωμίου σε 3 Ελληνικά ποτάμια. Σαν μέγιστο όριο για την ανθρώπινη ασφάλεια ο ΠΟΥ το 2003 θέσπισε τα 0,05 mg/L χρωμίου, με σκοπό το νερό να θεωρείται ακόμα πόσιμο.

→ Έδαφος

Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω εξετάζοντας μεμονωμένα μια μόνο παράμετρο δεν μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα, ωστόσο βασιζόμενοι στην κλίμακα της παραμέτρου αποκλειστικά, η ανώτερη τιμή του «pH» κυμάνθηκε στις 8,4 μονάδες, η ελάχιστη στις 6,9 και ο Μ.Ο. όλων των δειγμάτων στις 7,75 μονάδες. Το έδαφος επομένως κρίθηκε «βασικό», με τις μέσες τιμές των μετρήσεων του νερού και του εδάφους να συμφωνούν.

Εν κατακλείδι, με σκοπό να δημιουργηθεί μια ολοκληρωμένη εικόνα για την υφιστάμενη περιβαλλοντική επιβάρυνση και ρύπανση ενός οικοσυστήματος, οφείλει να εξεταστεί το οικοσύστημα από όλες τις χημικές, φυσικές και βιολογικές παραμέτρους που υφίστανται.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 Δυσκολίες έρευνας

Όπως όλες οι έρευνες έτσι και αυτή, παρουσίασε αντιξοότητες έως την διεκπεραίωσή της. Η διαχείριση του εξοπλισμού αποτέλεσε το πιο απαιτητικό σημείο της μελέτης, διότι ήταν βαρύς και εύθραυστος, επομένως χρειάστηκε μεγάλη προσοχή στη μεταφορά και κατόπιν στη διατήρηση των δειγμάτων ασφαλή και άρτιων. Τα δείγματα πάρθηκαν εν τέλει σε 3 εξορμήσεις, λόγω των παραπάνω συνθηκών.

5.2 Τελικοί στοχασμοί

Με βάση όλη την προσεγγιστική πορεία της έρευνας που πραγματοποιήθηκε έως τώρα κρίνεται σκόπιμο να εξεταστούν συνολικά παρά μεμονωμένα οι παράμετροι των δεικτών αξιολόγησης. Όπως φάνηκε παραπάνω μπορεί μια παράμετρος μεμονωμένα να υποδεικνύει χαμηλότερη από την υφιστάμενη ρύπανση, αλλά σε συνδυασμό με άλλες παραμέτρους του δείκτη να δημιουργείται μια αρκετά διαφορετική εικόνα. Ωστόσο, αξίζει να μείνουν τα αποτελέσματα του δείκτη NSFQI (στην προκειμένη περίπτωση) ή του εκάστοτε δείκτη αξιολόγησης, διότι αποδίδουν την ακριβέστερη εικόνα ως προς την ρύπανση που υφίσταται ένας υδάτινος ταμιευτήρας επί του συνόλου του.

Ένας σημαντικός παράγοντας στην αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων είναι η ολοκληρωμένη εξέταση όλων των παραμέτρων που δομούν έναν δείκτη. Με σκοπό την ολιστική εξέταση και κατ' επέκταση ολοκληρωμένη και ακριβή αξιολόγηση για την εξαγωγή ενός ασφαλούς πορίσματος το οποίο θα βοηθήσει την επιστημονική κοινότητα, απαραίτητη είναι η συμπερίληψη όλων των παραμέτρων που απαρτίζουν έναν δείκτη αξιολόγησης ποιότητας νερού.

Συνεχίζοντας ως προς την ολιστική προσέγγιση, και αναφορικά με την συγκεκριμένη εργασία, τίθεται η ανάγκη της εκτεταμένης μελέτης όλης της έκτασης του Κηφισού Ποταμού, έτσι ώστε να προκύψει μια ολοκληρωμένη εικόνα για τον βαθμό της ρύπανσης στο κεντρικό του τμήμα, αλλά και στο νότιο και βόρειο άκρο του. Έτσι, θα εξαχθεί μια

πλήρης εικόνα της ισχύουσας κατάστασης και όποια μέτρα παρθούν με βάση αυτό, θα είναι τα σωστά. Το σημείο αυτό είναι πολύ σημαντικό, διότι τα ποσοστά ρύπανσης που εμφανίζονται βόρεια είναι πολύ χαμηλότερα σε σχέση με τα κεντρικά και τα εκβολικά σημεία του ποταμού.

Επιπροσθέτως, σκόπιμο κρίνεται όταν πραγματοποιείται μια έρευνα με στόχο την αξιολόγηση της ποιότητας ενός οικοσυστήματος, να εξετάζονται όσες περισσότερες παράμετροι γίνονται, σε βιολογικό, χημικό και φυσικό επίπεδο για την κατά το δυνατόν πιο ολοκληρωμένη εικόνα της επικρατούσας ρύπανσης.

Ακόμα, η άμεση εξέταση των μετρούμενων παραμέτρων κρίνεται απαραίτητη καθώς μερικοί χημικοί δείκτες παρουσιάζουν εξαιρετική χρονική μεταβλητότητα, η οποία μπορεί και να οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα.

Η βιβλιογραφία των συναδέλφων κρίθηκε εξαιρετικά βοηθητική, ωστόσο το έλλειμα των δεδομένων ως προς τον συγκεκριμένο ποταμό ήταν εμφανές. Η ισχύουσα νομοθεσία είναι ανεπαρκής για τα δεδομένα μιας τόσο εκτεταμένης ποτάμιας έκτασης. Ακόμα, τα ισχύοντα μέτρα με σκοπό την πρόληψη και στη συνέχεια την εν δυνάμει αποκατάσταση ενός ρυπασμένου οικοσυστήματος είναι σημαντικό να παρθούν εγκαίρως και να επικαιροποιηθούν με βάση τις ανάγκες των σύγχρονων δεδομένων που καθορίζονται από τον σύγχρονο ρυθμό της αστικοποίησης και της βιομηχανοποίησης.

Η ανάγκη για άμεση περιβαλλοντική εκπαίδευση κρίνεται επιτακτική. Η πολιτεία οφείλει να παρέχει κονδύλια για την πραγματοποίηση διαρκών ερευνών και ελέγχων, έτσι ώστε να διαφυλαχθεί το υπάρχον οικοσύστημα.

Ο Κηφισός ποταμός κρίθηκε αρκετά ρυπασμένος για το γεγονός ότι οι δειγματοληψίες έγιναν σε σχετικά απόμαρα σημεία, που ανήκουν στα Βόρεια Προάστια του Νομού Αττικής. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι η ρύπανση που έχει σημειωθεί νοτιότερα είναι ακόμη πιο έντονη.

Η προκειμένη έρευνα βάσει του χρόνου και των κονδυλίων που διέθετε, κατάφερε να εστιάσει στην περιβαλλοντική επιβάρυνση ενός ρυπασμένου οικοσυστήματος, ωστόσο ενδιαφέρον θα είχε μια έρευνα μεγαλύτερου βεληνικού και έμφασης στο κομμάτι της ανθρώπινης υγείας και στη σύνδεση της περιβαλλοντικής ισορροπίας εν συναρτήσει αυτής. Όπως προαναφέρθηκε εισαγωγικά, ο Κηφισός ποταμός διαπερνά όλο το λεκανοπέδιο του

Νομού Αττικής και ένα μεγάλο μέρος της Αττικής Οδού. Επομένως, καθημερινά εκατομμύρια άνθρωποι εκτίθενται έμμεσα (εξατμίσεις, καλλιεργήσεις γης) και δεδομένων των συνθηκών της ολοένα και αυξανόμενης περιβαλλοντικής ρύπανσης, βοηθητικό για την ανθρώπινη ευημερία θα κρινόταν ένας ολοκληρωμένος έλεγχος από όλες τις πλευρές που μπορεί να αγγίζει αυτό το ποτάμιο οικοσύστημα υγειονομικά, οικολογικά και περιβαλλοντικά.

Κλείνοντας, όπως είπε και ο σπουδαίος Carl Sagan και είναι καλό να θυμόμαστε: «Διατηρήστε και φροντίστε την θολή μπλε κουκίδα, το μόνο σπίτι που ξέρουμε».

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΓΓΛΟΦΩΝΗ:

- A.M. Hansen, C.H. Martinez, A.F. Rojas. Evaluation of eutrophication control through hypolimnetic oxygenation. *Prog Earth Planet Sci*, 17 (2017), pp. 598-601. https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Evaluation%20of%20eutrophication%20control%20through%20hypolimnetic%20oxygenation&publication_year=2017&author=A.M.%20Hansen&author=C.H.%20Martinez&author=A.F.%20Rojas. Τελευταία πρόσβαση στις 25/12/2023.
- A.O. Fadiran, S.C. Dlamini, A. Mavuso. A comparative study of the phosphate levels in some surface and ground water bodies of Swaziland. *Bull. Chem. Soc. Ethiop.*, 22 (2008), pp. 197-206. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2s2.050949103719&origin=inward&txGid=9299851ae91489d2dead9d3c74dc2d8e>. Τελευταία πρόσβαση στις 25/12/2023.
- Abdallah, K. Z., & Hammam, G. (2014). Correlation between Biochemical Oxygen Demand and Chemical Oxygen Demand for Various Wastewater Treatment Plants in Egypt to Obtain the Biodegradability Indices. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, 13(1), 42–48. Retrieved from <https://www.gssrr.org/index.php/JournalOfBasicAndApplied/article/view/1382>. Τελευταία πρόσβαση στις 09/02/2024.
- Alexakis, Dimitrios E. “Applying Factor Analysis and the CCME Water Quality Index for Assessing Groundwater Quality of an Aegean Island (Rhodes, Greece).” *Geosciences*, vol. 384, no. 10, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 17 Oct. 2022, <https://doi.org/10.3390/geosciences12100384>. Τελευταία πρόσβαση στις 21/09/2023.

- American Chemical Society, “Ammonia.”. www.acs.org/molecule-of-the-week/archive/a/ammonia.html. Τελευταία πρόσβαση στις 24/12/2023.
- Atli Arnarson, 2020. Healthline. Are Nitrates and Nitrites in Foods Harmful?. <https://www.healthline.com/nutrition/are-nitrates-and-nitrites-harmful>. Τελευταία πρόσβαση στις 06/05/2024.
- Buzoianu M (2000). Practical considerations on the traceability to conventional scales. Accreditation and Quality Assurance 5(4): 142–150. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s007690050433>. Τελευταία πρόσβαση στις 15/02/2024.
- BYJU’S, 2023. “Conductivity of Water”. <https://byjus.com/physics/conductivity-of-water/>. Τελευταία πρόσβαση στις 10/12/2023.
- BYJU’S, 2024. Conductivity of Water. <https://byjus.com/physics/conductivity-of-water/>. Τελευταία πρόσβαση στις 20/04/2024.
- California Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA), 2011. Final Technical Support Document on Public Health Goal for Hexavalent Chromium in Drinking Water. , July 29 2011. <https://oehha.ca.gov/water/public-health-goal-fact-sheet/final-technical-support-document-public-health-goal-hexavalent>. Τελευταία πρόσβαση στις 19/12/2023.
- Carmen Rubio Armendáriz, Tiago Garcia, Alfredo Soler, Ángel José Gutiérrez Fernández, Dailos Glez-Weller, Gara Luis González, Arturo Hardisson de la Torre, Consuelo Revert Gironés. Heavy metals in cigarettes for sale in Spain, Environmental Research, Volume 143, Part A, 2015, Pages 162-169, ISSN 0013-9351, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.10.003>. Τελευταία πρόσβαση στις 09/10/2023.

- Cherlinka, Vasyi. “Soil Testing: How to Take Samples and Read Results.” EOS Data Analytics, 7 June 2023, eos.com/blog/soil-testing. <https://eos.com/blog/soil-testing/>. Τελευταία πρόσβαση στις 21/09/2023.
- CHICAGO RIVER SCHOOLS NETWORK. Q value analysis. https://s3.amazonaws.com/chicagoriver/rich/rich_files/rich_files/1264/original/q-value-20analysis.pdf. Τελευταία πρόσβαση στις 30/01/2023.
- Chisholm, Hugh, ed. (1911). "Ammonia". Encyclopædia Britannica. Vol. 1 (11th ed.). Cambridge University Press. pp. 861–863. <https://archive.org/stream/EncyclopaediaBritannicaDict.a.s.l.g.i.11thed.chisholm.1910-1911-1922.33vols/05.EncycBrit.11th.1910.v.5.CAL-CHA.djvu.txt>. Τελευταία πρόσβαση στις 24/12/2023.
- Connor, Richard (2016). *The United Nations World Water Development Report 2016: Water and Jobs, chapter 2: The Global Perspective on Water*. Paris: UNESCO. p. 26. [ISBN 978-92-3-100155-0](https://doi.org/10.7927/2024.0001). Τελευταία πρόσβαση στις 09/02/2024.
- D. Bellos, T Sawidis, I Tsekos, Nutrient chemistry of River Pinios (Thessalia, Greece), Environment International, Volume 30, Issue 1, 2004, Pages 105-115, ISSN 0160-4120, [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00153-3](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00153-3). Τελευταία πρόσβαση στις 10/02/2024.
- D. Bellos, T. Sawidis, Chemical pollution monitoring of the River Pinios (Thessalia—Greece), Journal of Environmental Management, Volume 76, Issue 4, 2005, Pages 282-292, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.01.027>. Τελευταία πρόσβαση στις 10/02/2024.
- DeLoach Industry inc. What Is Water Turbidity?. <https://www.deloachindustries.com/blog/what-is-water-turbidity>. Τελευταία πρόσβαση στις 20/04/2024.

- Dimitra Koutsomitrou, Vassilis Detsis, Georgios Efthimiou, Athena Economou-Amilli, 2013. Journal of International Scientific Publications: Ecology and Safety Volume 8, ISSN 1314-7234 (Online). <http://tinyurl.com/33t53usw>. Τελευταία πρόσβαση στις 17/01/2023.
- DIVA – GIS, 2024. <https://www.diva-gis.org/>. Τελευταία πρόσβαση στις 19/05/2023.
- Environmental Water Quality Information - Ministry of Environment, ROC (Taiwan). (n.d.). *Environmental water quality information*. All Rights Reserved Ministry of Environment Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan). https://wq.moenv.gov.tw/EWQP/en/Encyclopedia/NounDefinition/Pedia_04.aspx. Τελευταία πρόσβαση στις 09/02/2024.
- EPA, 2012. Word paper: Analytical method for [analyte(s)] in [soil, water, air, or other environmental medium]. Τελευταία πρόσβαση στις 23/01/2023.
- EPA, UNITED STATES ENVIRONMENTAL POLICY AGENCY, 2016. Quick Guide To Drinking Water Sample Collection https://www.epa.gov/sites/default/files/201511/documents/drinking_water_sample_collection.pdf. Τελευταία πρόσβαση στις 28/12/2023.
- European Commission. (2009).Guidance document on eutrophication assessment. Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No 23. Technical Report, 2009–030. https://circabc.europa.eu/sd/a/9060bdb48b66439ea9b0a5cfd8db2217/Guidance_document_23_Eutrophication.pdf. Τελευταία πρόσβαση στις 25/12/2023.
- FAO, 2021. Standard operating procedure for soil pH determination. <https://www.fao.org/3/cb3637en/cb3637en.pdf>. Τελευταία πρόσβαση στις 14/01/2023.
- Fathi, P., Ebrahimi Dorche, E., Zare Shahraki, M. *et al.* Revised Iranian Water Quality Index (RIWQI): a tool for the assessment and management of water quality in

- Iran. *Environ Monit Assess* **194**, 504 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10121-9>. Τελευταία πρόσβαση στις 30/01/2023.
- G.F. Pei, Q. Wang, G.X. Liu. The role of periphyton in phosphorous retention in shallow lakes with different trophic status, China. *Aquat. Bot.*, 125 (2015), pp. 17-22. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2s2.084928150280&origin=inward&txGid=720405402b47709ab4e0f97b2ec90b1a>. Τελευταία πρόσβαση στις 25/12/2023.
 - Gamvroula, Dimitra E., and Dimitrios E. Alexakis. “Evaluating the Performance of Water Quality Indices: Application in Surface Water of Lake Union, Washington State-USA.” *Hydrology*, vol. 116, no. 7, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 27 June 2022, <https://doi.org/10.3390/hydrology9070116>. Τελευταία πρόσβαση στις 21/09/2023.
 - Graham Ellis, Ian Adatia, Mehrdad Yazdanpanah, Sinikka K. Makela, 1998. Nitrite and Nitrate Analyses: A Clinical Biochemistry Perspective. *Clinical Biochemistry*, Vol. 31, No. 4, 195–220, 1998. <https://tinyurl.com/33etthvw>. Τελευταία πρόσβαση στις 06/05/2024.
 - Hameed, Abdul & Al Obaidy, Abdul Hameed & Abid, Haider & Maulood, Bahram. (2010). Application of Water Quality Index for Assessment of Dokan Lake Ecosystem, Kurdistan Region, Iraq. *Journal of Water Resource and Protection*. 2. 792798.10.4236/jwarp.2010.29093.https://www.researchgate.net/publication/260685063_Application_of_Water_Quality_Index_for_Assessment_of_Dokan_Lake_Ecosystem_Kurdistan_Region_Iraq. Τελευταία πρόσβαση στις 30/01/2023.
 - Hargreaves, J.A.; Tucker, C.S. (2004). Managing ammonia in fish ponds. Southern Regional Aquaculture Center. [https://scholar.google.gr/scholar?q=Hargreaves,+J.A.%3B+Tucker,+C.S.+\(2004\).+Managing+ammonia+in+fish+ponds.+Southern+Regional+Aquaculture+Center.&hl=el&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar](https://scholar.google.gr/scholar?q=Hargreaves,+J.A.%3B+Tucker,+C.S.+(2004).+Managing+ammonia+in+fish+ponds.+Southern+Regional+Aquaculture+Center.&hl=el&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar). Τελευταία πρόσβαση στις 24/12/2023.

- Huron River Watershed Council (HRWC), Μάρτιος 2019. How to collect water samples. https://www.youtube.com/watch?v=61cGIID06PA&ab_channel=HuronRiverWC. Τελευταία πρόσβαση στις 28/12/2023.
- Hutchinson, G. E., “A Treatise on Limnology,” Wiley, New York, N.Y., 1957. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1671366>. Τελευταία πρόσβαση στις 25/12/2023.
- Indiamart, 2024. <https://www.indiamart.com/proddetail/ph-indicator-papers-25912778097.html>. Τελευταία πρόσβαση στις 27/04/2024.
- Ioannis Karaouzas, Natalia Kapetanaki, Angeliki Mentzafou, Theodore D. Kanellopoulos, Nikolaos Skoulikidis. Heavy metal contamination status in Greek surface waters: A review with application and evaluation of pollution indices, Chemosphere, Volume 263, 2021, 128192. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128192>. Τελευταία πρόσβαση στις 31/01/2023.
- K.W. Jung, M.J. Hwang, K.H. Ahn, Y.S. Ok. Kinetic study on phosphate removal from aqueous solution by biochar derived from peanut shell as renewable adsorptive media. Int. J. Environ. Sci. Technol., 12 (2015), pp. 3363-3372. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2s2.084939452753&origin=inward&txGid=8924f77fa869b8fa7a4b17303a960a03>. Τελευταία πρόσβαση στις 25/12/2023.
- Kelly Addy, Linda Green, and Elizabeth Herron. Ιούλιος, 2004. “pH and Alkalinity”. University of Rhode, <https://web.uri.edu/wp-content/uploads/sites/1667/pHalkalinityFINAL.pdf>. Τελευταία πρόσβαση στις 6/12/2023.
- Kitchener, B., Wainwright, J., & Parsons, A. J. (2017). A review of the principles of turbidity measurement. Progress in Physical Geography: Earth and Environment, 41(5),

- 620–642. <https://doi.org/10.1177/0309133317726540>. Τελευταία πρόσβαση στις 12/12/2023.
- Kopec, A.K., Kim, S., Forgacs, A.L., Zacharewski, T.R., Proctor, D.M., Harris, M.A., Haws, L.C. & Thompson, C.M., 2012. Genome-Wide Gene Expression Effects in B6C3F1 Mouse Intestinal Epithelia Following 7 and 90 Days of Exposure to Hexavalent Chromium in Drinking Water. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 259:1:13. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22155349/>. Τελευταία πρόσβαση στις 19/12/2023.
 - Kotti, M.E., Vlessidis, A.G., Thanasoulas, N.C. *et al.* Assessment of River Water Quality in Northwestern Greece. *Water Resour Manage* **19**, 77–94 (2005). <https://doi.org/10.1007/s11269-005-0294-z>. Τελευταία πρόσβαση στις 10/02/2024.
 - Kross BC, Hallberg GR, Bruner DR, Cherryholmes K, Johnson JK. The nitrate contamination of private well water in Iowa. *Am J Public Health* 1993; 83: 270–2. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8427340/>. Τελευταία πρόσβαση στις 06/05/2024.
 - Lefkothea Evrenoglou, Sofia Aikaterini Partsinevelou, Panagiotis Stamatis, Andreas Lazaris, Eustratios Patsouris, Chrysanthi Kotampasi, Polyxeni Nicolopoulou-Stamati. “Children Exposure to Trace Levels of Heavy Metals at the North Zone of Kifissos River.” *Science of the Total Environment*, vol. 650–661, Elsevier BV, 1 Jan. 2013, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.041>. Τελευταία πρόσβαση στις 21/09/2023.
 - Li, R., Wang, J.J., Zhou, B., Zhang, Z., Liu, S., Lei, S., Xiao, R., 2017. Simultaneous capture removal of phosphate, ammonium and organic substances by MgO impregnated biochar and its potential use in swine wastewater treatment. *J. Clean. Prod.* 147, 96–107. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617300768>. Τελευταία πρόσβαση στις 25/12/2023.
 - M. Dassenakis, M. Scoullas, E. Foufa, E. Krasakopoulou, A. Pavlidou, M. Kloukiniotou, Effects of multiple source pollution on a small Mediterranean river, *Applied*

Geochemistry, Volume 13, Issue 2, 1998, Pages 197-211, ISSN 0883-2927, [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(97\)00065-6](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(97)00065-6). Τελευταία πρόσβαση στις 10/02/2024.

- Malcolm Taylor, Herschel A. Elliott, Laura O. Navitsky; Relationship between total dissolved solids and electrical conductivity in Marcellus hydraulic fracturing fluids. *Water Sci Technol* 30 April 2018; 77 (8): 1998–2004. doi: <https://doi.org/10.2166/wst.2018.092>. Τελευταία πρόσβαση στις 09/02/2024.
- Mary C. Haven; Gregory A. Tetrault; Jerald R. Schenken (1994). *Laboratory Instrumentation*. John Wiley and Sons. ISBN [0471285722](https://doi.org/10.1002/9780471285722). Τελευταία πρόσβαση στις 8/12/2023.
- McCarroll, N., Keshava, N., Chen, J., Akerman, G., Kligerman, A. & Rinde, E., 2010. An Evaluation of the Mode of Action Framework for Mutagenic Carcinogens Case Study II: Chromium (VI). *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 51:2:89. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19708067/>. Τελευταία πρόσβαση στις 19/12/2023.
- Michael Hill, 1991. “Nitrates and nitrites in food and water”. Google Books. https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=PIBvRHzyXiQC&oi=fnd&pg=PA2&dq=nitrites+and+nitrates+in+water&ots=iK8Jf6sjth&sig=F4Usb_FL3RFV-bBV5DEXAxfTgwA&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true. Τελευταία πρόσβαση στις 13/12/2023.
- N. Evelpidou, N. Mamassis, A. Vassilopoulos, C. Makropoulos, and D. Koutsoyiannis, Flooding in Athens: The Kephisos River flood event of 21-22/10/1994, International Conference on Urban Flood Management, Paris, doi: [10.13140/RG.2.1.4065.5601](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4065.5601), UNESCO, 2009. Τελευταία πρόσβαση στις 09/10/2023.
- “Ammonia.” National Center for Biotechnology Information. “Ammonia.” PubChem Compound Database, U.S. National Library of Medicine,

- <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ammonia>. Τελευταία πρόσβαση στις 24/12/2023.
- New York State. Department of Health. The Facts About Ammonia. Μάρτιος, 2011. https://www.health.ny.gov/environmental/emergency/chemical_terrorism/ammonia_general.htm. Τελευταία πρόσβαση στις 24/12/2023.
 - Nicholls, Robert J., et al. “Sea-level Rise and Its Possible Impacts Given a ‘Beyond 4°C World’ in the Twenty-first Century.” *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 369, no. 1934, The Royal Society, Jan. 2011, pp. 161–81. Crossref, <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0291>. Τελευταία πρόσβαση στις 21/09/2023.
 - Nikolaidis, C., Mandalos, P. & Vantarakis, A. Impact of intensive agricultural practices on drinking water quality in the EVROS Region (NE GREECE) by GIS analysis. *Environ Monit Assess* **143**, 43–50 (2008). <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9955-0>. Τελευταία πρόσβαση στις 10/02/2024.
 - Oram, Brian. "Ammonia in Groundwater, Runoff, and Streams". *The Water Centre*. Retrieved 3 December 2014. <https://www.knowyourh2o.com/outdoor-4/ammonia-in-groundwater-runoff-and-streams>. Τελευταία πρόσβαση στις 24/12/2023.
 - Ozzie LaDuke, 2022. ISJ: International Scholars Journals. *Advanced Journal of Environmental Science and Technology*. ISSN 2756-3251, Vol. 13 (3), pp. 001, April, 2022. International Scholars Journals. Department of Environmental Science, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria. Chemical oxygen demand and its applications. <https://www.internationalscholarsjournals.com/articles/chemical-oxygen-demand-and-its-applications.pdf>. Τελευταία πρόσβαση στις 27/12/2023.

- Panagiotopoulos, I., Kapsimalis, V., Hatzianestis, I. et al. Environmental status of the metropolitan river (Kifissos) of Athens, Greece. *Environ Earth Sci* 61, 983–993 (2010). <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0417-6>. Τελευταία πρόσβαση στις 09/10/2023.
- Panagiotopoulos, I., Kapsimalis, V., Hatzianestis, I. et al. Environmental status of the metropolitan river (Kifissos) of Athens, Greece. *Environ Earth Sci* 61, 983–993 (2010). <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0417-6>. Τελευταία πρόσβαση στις 17/01/2023.
- Papadaki, C.; Lagogiannis, S.; Dimitriou, E. Preliminary Analysis of the Water Quality Status in an Urban Mediterranean River. *Appl. Sci.* 2023, 13, 6698. <https://doi.org/10.3390/app13116698>. Τελευταία πρόσβαση στις 17/01/2023.
- Pınar Kavcar, Aysun Sofuoglu, Sait C. Sofuoglu, A health risk assessment for exposure to trace metals via drinking water ingestion pathway, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, Volume 212, Issue 2, 2009, Pages 216-227, ISSN 1438-4639, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2008.05.002>. Τελευταία πρόσβαση στις 09/10/2023.
- Proteus, 2023. Chemical Oxygen Demand (COD). <https://proteus-instruments.com/parameters/chemical-oxygen-demand-cod-sensors/>. Τελευταία πρόσβαση στις 27/12/2023.
- Robert F. Holt, Donald R. Timmons, and Joseph J. Latterell. Accumulation of Phosphates in Water. *J. AGR. FOOD CHEM.*, VOL. 18, NO. 5, 1970. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf60171a004>. Τελευταία πρόσβαση στις 25/12/2023.
- Robert W. Howarth, D. B. Anderson, James E. Cloern, Chris Elfring, Charles S. Hopkinson, Brian Lapointe, Tom Malone, Nancy Marcus, Karen McGlathery, Andrew N. Sharpley, and Dan Walker. 2000. Nutrient pollution of coastal rivers, bays, and seas. *Issues in Ecology* (7). <https://www.esa.org/wp-content/uploads/2013/03/issue7.pdf>. Τελευταία πρόσβαση στις 09/10/2023.

- Saha, N., Zaman, M.R. Evaluation of possible health risks of heavy metals by consumption of foodstuffs available in the central market of Rajshahi City, Bangladesh. *Environ Monit Assess* 185, 3867–3878 (2013). <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2835-2>. Τελευταία πρόσβαση στις 09/10/2023.
- Saha, R., Nandi, R., & Saha, B. (2011). Sources and toxicity of hexavalent chromium. *Journal of Coordination Chemistry*, 64(10), 1782–1806. <https://doi.org/10.1080/00958972.2011.583646>. Τελευταία πρόσβαση στις 13/12/2023.
- Salomons W. European catchments: catchment changes and their impact on the coast. R-04/01, 27.4.2004. Report by the European Commission. Institute for Environmental Studies, Amsterdam, The Netherlands, 2004. <https://www.foreaskv.gr/wp-content/uploads/2021/04/ARTH90.pdf>. Τελευταία πρόσβαση στις 31/01/2023.
- Sawidis, T. (1997). Chemical pollution monitoring in fresh water systems from Macedonia, Greece: A comparative study. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 63(1–4), 215–226. <https://doi.org/10.1080/02772249709358531>. Τελευταία πρόσβαση στις 10/02/2024.
- Sawyer, C. N., *Sewage Ind. Wastes* 24, 768-776 (1952). <https://www.jstor.org/stable/25031904>. Τελευταία πρόσβαση στις 25/12/2023.
- Sergeant, Chris (5 February 2014). "The Management of Ammonia Levels in an Aquaculture Environment". *Water/Wastewater*. Retrieved 3 December 2014. https://www.pollutionsolutionsonline.com/article/waterwastewater/17/chris_serjeant/the_management_of_ammonia_levels_in_an_aquaculture_environment/1557. Τελευταία πρόσβαση στις 24/12/2023.
- Silvia Espín, Emma Martínez-López, Pedro Jiménez, Pedro María-Mojica, Antonio J. García-Fernández, Effects of heavy metals on biomarkers for oxidative stress in Griffon vulture (*Gyps fulvus*), *Environmental Research*, Volume 129, 2014, Pages 59-68, ISSN

- 0013-9351, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2013.11.008>. Τελευταία πρόσβαση στις 09/10/2023.
- Smardon R (Ed). Sustaining the World's Wetlands. Springer Science, Dordrecht, 2009. Chapter Smardong R. The Axios river delta-Mediterranean wetland under siege. pp. 87-92, Springer, 2009. https://www.researchgate.net/publication/285205126_Sustaining_the_world's_wetlands_Setting_policy_and_resolving_conflicts. Τελευταία πρόσβαση στις 31/01/2023.
 - Srivastava, Garima & Dr. Pradeep Kumar, 2013/04/25. Water quality index with missing parameters. https://www.researchgate.net/publication/276320781_Water_quality_index_with_missing_parameters. International Journal of Research in Engineering and Technology. Τελευταία πρόσβαση στις 14/02/2024.
 - Statistical analysis - Mean, SD and RSD in Excel. https://www.youtube.com/watch?v=adaXHXtKVb8&ab_channel=Dr.Vyas. Τελευταία πρόσβαση στις 23/01/2023.
 - StudySmarter UK, "Water Sample Testing." "Water Sample Testing." www.studysmarter.co.uk/explanations/combined-science/synergy/water-sample-testing. Τελευταία πρόσβαση στις 21/09/2023.
 - The Berkey. "What Is The Acceptable Total Dissolved Solids (TDS) Level In Drinking Water?". *The Berkey*. Archived from the original on 2020-02-22. Retrieved 2020-02-22. <https://theberkey.com/blogs/water-filter/what-is-theacceptable-total-dissolved-solids-tds-level-in-drinking-water>. Τελευταία πρόσβαση στις 09/02/2024.
 - The Guardian, 2019. Athens' buried rivers: stream favoured by Plato could see light of day. <https://www.theguardian.com/cities/2019/jun/04/athens-buried-rivers-stream-favoured-by-plato-could-see-light-of-day>. Τελευταία πρόσβαση στις 20/04/2024.

- Thompson, C.M., Haws, L.C., Harris, M.A., Gatto, N.M. & Proctor, D.M., 2011a. Application of the U.S. EPA Mode of Action Framework for Purposes of Guiding Future Research: A Case Study Involving the Oral Carcinogenicity of Hexavalent Chromium. *Toxicological Sciences*, 119:1:20. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3003834/>. Τελευταία πρόσβαση στις 19/12/2023.
- Times Now, 2022. Skin pH: On a scale of 1 to 14 is your skin acidic, alkaline or neutral? Things to maintain a healthy balance. <https://www.timesnownews.com/health/skin-ph-on-a-scale-of-1-to-14-is-your-skin-acidic-alkaline-or-neutral-tips-to-maintain-a-healthy-balance-article-94438020>. Τελευταία πρόσβαση στις 20/04/2024.
- Thompson, C.M., Proctor, D.M., Suh, M., Haws, L.C., Herbert, C.D., Mann, J.F., Shertzer, H.G., Hixon, J.G. & Harris, M.A., 2012. Comparison of the Effects of Hexavalent Chromium in the Alimentary Canal of F344 Rats and B6C3F1 Mice Following Exposure in Drinking Water: Implications for Carcinogenic Modes of Action. *Toxicological Sciences*, 125:1:79. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3243750/>. Τελευταία πρόσβαση στις 19/12/2023.
- TNO. Determination of PH in Soil, Sewage Sludge and Biowaste (2005). https://horizontal.ecn.nl/docs/society/horizontal/STD5151_pH.pdf. Τελευταία πρόσβαση στις 21/01/2023.
- Tyagi, Shweta, et al. "Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index." *American Journal of Water Resources* 1.3 (2013): 34-38. <https://pubs.sciepub.com/ajwr/1/3/3/#>. Τελευταία πρόσβαση στις 30/01/2023.
- United States Environmental Protection Agency, 20/06/2023. National Aquatic Resource Surveys. "What is conductivity?". <https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/indicators-conductivity>. Τελευταία πρόσβαση στις 10/12/2023.

- University of Cambridge.
<https://www.lehigh.edu/~amb4/wbi/kwardlow/conductivity.htm>. Τελευταία πρόσβαση στις 10/12/2023.
- V. Simeonov, J.A. Stratis, C. Samara, G. Zachariadis, D. Voutsas, A. Anthemidis, M. Sofoniou, Th. Kouimtzis, Assessment of the surface water quality in Northern Greece, Water Research, Volume 37, Issue 17, 2003, Pages 4119-4124, ISSN 0043-1354, [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00398-1](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00398-1). Τελευταία πρόσβαση στις 10/02/2024.
- Valavanidis, Athanasios, Vlachogianni, Thomais. 2015/05/27. Environmental Pollution of Rivers, Lakes and Wetlands in Greece. Environmental Research and Reports on the State of Greek Freshwater Resources. Dpt of Chemistry, University of Athens. <https://www.foreaskv.gr/wpcontent/uploads/2021/04/ARTH90.pdf>. Τελευταία πρόσβαση στις 31/01/2023.
- Vasilikiotis GA, Voulgaropoulos AN, Stratis JA, B. Michalopoulou B, Zachariadis GA. Determination of chemical pollution parameters of the river Axios in Northern Greece. J Environ Sci Health Part. A 26(5):621-633, 1991. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10934529109375659>. Τελευταία πρόσβαση στις 31/01/2023.
- Water Chemistry, 2016. Working principle of Nephelometric Turbidity meter. <http://www.water-chemistry.in/2010/11/working-principle-of-nephelometric-turbidity-meter/>. Τελευταία πρόσβαση στις 20/04/2024.
- Water Quality Assessment Method - Montana, https://www.studysmarter.co.uk/explanations/combined-science/synergy/water-sample-testing/deq.mt.gov/files/Water/WQpb/CWAIC/Reports/IRs/2012/Attachment_1.pdf. Τελευταία πρόσβαση στις 21/09/2023.

- Water Research Foundation, May 2012. State of the Science of Hexavalent Chromium in Drinking Water. <https://tinyurl.com/bxxhffcj>. Τελευταία πρόσβαση στις 19/12/2023.
- Water Science School, 2018. "Saline Water and Salinity | U.S. Geological Survey". Archived from the original on 2020-08-18. Retrieved 2020-02-12. https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/saline-water-and-salinity?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects. Τελευταία πρόσβαση στις 09/02/2024.
- WHO, 2023. "GUIDELINES FOR DRINKING-WATER QUALITY: FOURTH EDIT". https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/water-safety-and-quality/chemical-fact-sheets-2022/nitrate-and-nitrite-fact-sheet-2022.pdf?sfvrsn=a65406e9_2&download=true. Τελευταία πρόσβαση στις 12/12/2023.
- Wikipedia, 2024. Ultramafic Rock. https://en.wikipedia.org/wiki/Ultramafic_rock. Τελευταία πρόσβαση στις 17/04/2024.
- Z. Hu, D. Grasso, WATER ANALYSIS | Chemical Oxygen Demand, Editor(s): Paul Worsfold, Alan Townshend, Colin Poole, Encyclopedia of Analytical Science (Second Edition), Elsevier, 2005, Pages 325-330, ISBN 9780123693976, <https://doi.org/10.1016/B0-12-369397-7/00663-4>. Τελευταία πρόσβαση στις 09/02/2024.
- Z. Hu, D. Grasso, WATER ANALYSIS | Chemical Oxygen Demand, Encyclopedia of Analytical Science (Second Edition), Elsevier, 2005, Pages 325-330, ISBN 9780123693976, <https://doi.org/10.1016/B0-12-369397-7/00663-4>. Τελευταία πρόσβαση στις 26/12/2023.
- Anatoly Zhitkovich, 2011. Chromium in Drinking Water: Sources, Metabolism, and Cancer Risks. Chemical Research in Toxicology 2011 24 (10), 1617-1629. DOI: <https://pubs.acs.org/action/showCitFormats?doi=10.1021%2Ftx200251t&include=cit&f>

[ormat=rjs&direct=true&downloadFileName=tx200251t&href=/doi/10.1021/tx200251t.](#)

Τελευταία πρόσβαση στις 06/05/2024.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ:

- ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ. 1994.
<https://www.itia.ntua.gr/archive/kephisos/fek-1994.pdf>. Τελευταία πρόσβαση στις 21/09/2023.
- Τασσοπούλου, Αγγελική. 15/03/2011. Περιβαλλοντική ένταξη ποταμιών οικοσυστημάτων. Περίπτωση άνω ρου Κηφισού ποταμού.
<http://dx.doi.org/10.26240/heal.ntua.6331>. Τελευταία πρόσβαση στις 13/10/2023.
- ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ. 2000.
<https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/legacy/Files/Ydatikoi%20Poroi/Odhgia%20Plaisio/Odigia%20Plaisio.pdf>. Τελευταία πρόσβαση στις 21/09/2023.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄

Όσον αφορά τους πίνακες στο αρχείο Excel ακολούθησαν ένα συγκεκριμένο τύπο δόμησης, ο οποίος έχει ως εξής:

- Η 1^η στήλη αφορά τον αριθμό και την ονομασία των δειγμάτων
- Η 2^η – 3^η (ή 4^η σε μερικά δείγματα) στήλη αφορά τον αριθμό της μέτρησης και το αποτέλεσμα αυτής.
- Η στήλη του «standard deviation» (SD) αφορά την «τυπική απόκλιση» που παρουσιάζουν οι συνολικές μετρήσεις, ανά δείγμα.
- Η στήλη του «average mean» (AV) αφορά τη «μέση τιμή» των συνολικών μετρήσεων, ανά δείγμα
- Η στήλη του «relative standard deviation» (RSD) αφορά τη «σχετική τυπική απόκλιση» που παρουσιάζουν οι μετρήσεις μεταξύ τους ανά το δείγμα. Τα αποτελέσματα ερμηνεύονται σε ποσοστιαία κλίμακα (%).

Αξίζει να σημειωθεί ότι το RSD υπολογίστηκε με σκοπό να μελετηθεί η απόκλιση που παρουσιάζουν οι μετρήσεις μεταξύ τους, έτσι ώστε να οριστεί ένα όριο στην τιμή αυτή, το οποίο θα καθορίζει αν η μέτρηση κρίνεται αξιόπιστη ή όχι. Βάσει μελέτης βιβλιογραφιών επί του θέματος (EPA, 2012; ResearchGate) και κινούμενοι στο πλαίσιο των μέσων τιμών των αποτελεσμάτων όλων των παραμέτρων, ως ανώτερο όριο απόκλισης των τιμών ορίστηκε το 30%· έτσι, όποια τιμή του RSD υπερβαίνει αυτό το όριο, θα ήταν σκόπιμο να παρθεί με μια επιφύλαξη, καθώς η ακρίβεια του αποτελέσματος δε βρίσκεται στον επιθυμητό βαθμό.

Πίνακας 14: Αποτελέσματα αγωγιμότητας «σ» ($\mu\text{S}/\text{cm}$), όπου η 1^η κάθετη στήλη αποτελεί την ονομασία των δειγματοληπτικών σημείων, οι 2 επόμενες τον αριθμό των μετρήσεων που

πραγματοποιήθηκαν και οι επόμενες 3, τις στατιστικές παραμέτρους για τον προσδιορισμό της στατιστικής απόκλισης

			σ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			
	ΜΕΤΡΗΣΗ 1	ΜΕΤΡΗΣΗ 2		STANDARD DEVIATION	AVERAGE MEAN	RELATIVE STANDARD DEVIATION
Δ1	913	913		0,0	913	0,0
Δ2	908	906		1,4	907	0,2
Δ3	926	926		0,0	926	0,0
Δ4	641	640		0,7	641	0,1
Δ5	777	778		0,7	778	0,1
Δ6	955	952		2,1	954	0,2
Δ7	X	X		X	X	X
Δ8	789	787		1,4	788	0,2
Δ9	805	804		0,7	805	0,1
Κ1	606	605		0,7	606	0,1
Κ2	683	682		0,7	683	0,1

Πίνακας 15: Αποτελέσματα των μετρήσεων του «pH», όπου η 1^η κάθετη στήλη αποτελεί την ονομασία των δειγματοληπτικών σημείων, οι 2^η – 4^η δηλώνουν τον αριθμό των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν και οι επόμενες 3, τις στατιστικές παράμετροι για τον προσδιορισμό της στατιστικής απόκλισης

				pH			
	ΜΕΤΡΗΣΗ 1	ΜΕΤΡΗΣΗ 2	ΜΕΤΡΗΣΗ 3		STANDARD DEVIATION	AVERAGE MEAN	RELATIVE STANDARD DEVIATION
Δ1	8,3	8,3	8,3		0,0	8,3	0,1
Δ2	8,2	8,2	8,2		0,0	8,2	0,0
Δ3	8,2	8,2	8,2		0,0	8,2	0,1
Δ4	7,7	7,7	7,7		0,0	7,7	0,0
Δ5	8,1	8,1	8,1		0,0	8,1	0,0
Δ6	7,8	7,8	7,8		0,0	7,8	0,1
Δ7	X	X	X		X	X	X
Δ8	8,3	8,3	8,3		0,0	8,3	0,1
Δ9	8,1	8,1	8,1		0,0	8,1	0,4
Κ1	8,0	8,0	8,0		0,0	8,0	0,1
Κ2	8,3	8,3	8,3		0,0	8,3	0,1

Πίνακας 16: Αποτελέσματα μετρήσεων διαλυμένου οξυγόνου «DO» (mg/L), όπου η 1^η κάθετη στήλη αποτελεί την ονομασία των δειγματοληπτικών σημείων, οι 2 επόμενες τον αριθμό των

μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν και οι επόμενες 3, τις στατιστικές παραμέτρους για τον προσδιορισμό της στατιστικής απόκλισης

	DO (mg/L)					
	ΜΕΤΡΗΣΗ 1	ΜΕΤΡΗΣΗ 2		STANDARD DEVIATION	AVERAGE MEAN	RELATIVE STANDARD DEVIATION
Δ1	8,3	8,3		0,0	8,3	0,1
Δ2	8,3	8,3		0,0	8,3	0,1
Δ3	8,3	8,3		0,0	8,3	0,4
Δ4	8,6	8,6		0,0	8,6	0,1
Δ5	9,7	9,7		0,0	9,7	0,4
Δ6	9,6	9,5		0,0	9,5	0,5
Δ7	X	X		X	X	X
Δ8	8,4	8,4		0,0	8,4	0,2
Δ9	10,1	10,1		0,0	10,1	0,3
Κ1	7,8	7,8		0,0	7,8	0,4
Κ2	9,0	9,0		0,0	9,0	0,3

Πίνακας 17: Αποτελέσματα των μετρήσεων της θολερότητας «t» (NTU) , όπου η 1η κάθετη στήλη αποτελεί την ονομασία των δειγματοληπτικών σημείων, οι 2^η – 4^η δηλώνουν τον αριθμό των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν και οι επόμενες 3, τις στατιστικές παραμέτρους για τον προσδιορισμό της στατιστικής απόκλισης

	t (NTU)						
	ΜΕΤΡΗΣΗ 1	ΜΕΤΡΗΣΗ 2	ΜΕΤΡΗΣΗ 3		STANDARD DEVIATION	AVERAGE MEAN	RELATIVE STANDARD DEVIATION
Δ1	4,5	4,0	3,5		0,5	4,0	12,5
Δ2	3,6	2,9	2,6		0,5	3,0	16,9
Δ3	5,3	5,1	5,1		0,1	5,2	2,2
Δ4	5,9	5,9	5,8		0,1	5,9	1,0
Δ5	8,2	7,6	7,8		0,3	7,9	3,9
Δ6	4,5	4,4	4,4		0,1	4,4	1,3
Δ7	X	X	X		X	X	X
Δ8	2,4	2,5	2,4		0,1	2,4	2,4
Δ9	6,0	4,7	4,0		1,0	4,9	20,7
Κ1	10,9	11,0	10,8		0,1	10,9	0,9
Κ2	5,1	5,1	5,1		0,0	5,1	0,0

Πίνακας 18: Αποτελέσματα των μετρήσεων της συγκέντρωσης αμμωνίας «NH₃» (mg/L), όπου η 1^η κάθετη στήλη αποτελεί την ονομασία των δειγματοληπτικών σημείων, οι 2^η – 4^η δηλώνουν

τον αριθμό των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν και οι επόμενες 3, τις στατιστικές παραμέτρους για τον προσδιορισμό της στατιστικής απόκλισης

	NH3 (mg/L)					
	ΜΕΤΡΗΣΗ 1	ΜΕΤΡΗΣΗ 2	ΜΕΤΡΗΣΗ 3	STANDARD DEVIATION	AVERAGE MEAN	RELATIVE STANDARD DEVIATION
Δ1	0,6	0,5	0,3	0,1	0,5	27,9
Δ2	0,5	0,6	0,3	0,1	0,5	29,6
Δ3	0,6	0,5	0,3	0,1	0,5	29,6
Δ4	0,4	0,4	0,3	0,0	0,3	14,4
Δ5	0,3	0,6	0,2	0,2	0,4	54,0
Δ6	0,6	0,3	0,6	0,2	0,5	36,0
Δ7	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ
Δ8	1,0	1,0	0,7	0,2	0,9	18,7
Δ9	0,7	1,0	0,3	0,3	0,6	50,1
Κ1	1,4	1,4	1,4	0,0	1,4	0,9
Κ2	0,6	0,6	0,7	0,0	0,6	5,1

Πίνακας 19: Αποτελέσματα των μετρήσεων της συγκέντρωσης του εξασθενούς χρωμίου «Cr⁶⁺» (mg/L), όπου η 1^η κάθετη στήλη αποτελεί την ονομασία των δειγματοληπτικών σημείων, οι 2^η – 4^η δηλώνουν τον αριθμό των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν και οι επόμενες 3, τις στατιστικές παραμέτρους για τον προσδιορισμό της στατιστικής απόκλισης

	Cr6+ (mg/L)					
	ΜΕΤΡΗΣΗ 1	ΜΕΤΡΗΣΗ 2	ΜΕΤΡΗΣΗ 3	STANDARD DEVIATION	AVERAGE MEAN	RELATIVE STANDARD DEVIATION
Δ1	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	69,3
Δ2	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	24,7
Δ3	0,05	0,02	0,02	0,02	0,03	57,7
Δ4	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	43,3
Δ5	0,09	0,08	0,02	0,04	0,06	59,8
Δ6	0,05	0,05	0,01	0,02	0,04	63,0
Δ7	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ	Χ
Δ8	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	49,5
Δ9	0,01	0,07	0,01	0,03	0,03	115
Κ1	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	34,6
Κ2	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	43,3

Πίνακας 20: Αποτελέσματα των μετρήσεων της συγκέντρωσης των φωσφορικών ιόντων «PO₄³⁻» (mg/L), όπου η 1^η κάθετη στήλη αποτελεί την ονομασία των δειγματοληπτικών σημείων, οι

2^η – 4^η δηλώνουν τον αριθμό των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν και οι επόμενες 3, τις στατιστικές παραμέτρους για τον προσδιορισμό της στατιστικής απόκλισης

	PO ₄ ⁻ (mg/L)						
	ΜΕΤΡΗΣΗ 1	ΜΕΤΡΗΣΗ 2	ΜΕΤΡΗΣΗ 3		STANDARD DEVIATION	AVERAGE MEAN	RELATIVE STANDARD DEVIATION
Δ1	0,8	1,1	0,8		0,2	0,9	20,1
Δ2	0,8	1,9	0,8		0,6	1,2	53,1
Δ3	1,2	1,2	1,1		0,1	1,1	4,6
Δ4	0,1	0,1	0,0		0,1	0,1	86,6
Δ5	1,5	1,2	1,3		0,2	1,3	13,0
Δ6	0,1	0,5	0,1		0,2	0,2	83,9
Δ7	X	X	X		X	X	X
Δ8	0,8	0,7	0,7		0,0	0,7	6,5
Δ9	0,1	0,1	0,1		0,0	0,1	6,9
Κ1	0,9	0,9	0,5		0,2	0,8	30,6
Κ2	0,9	0,9	0,6		0,2	0,8	18,9

Πίνακας 21: Αποτελέσματα των μετρήσεων της συγκέντρωσης των νιτροδών ιόντων «NO₂⁻» (mg/L), όπου η 1^η κάθετη στήλη αποτελεί την ονομασία των δειγματοληπτικών σημείων, οι 2^η – 4^η δηλώνουν τον αριθμό των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν και οι επόμενες 3, τις στατιστικές παραμέτρους για τον προσδιορισμό της στατιστικής απόκλισης

	NO ₂ ⁻ (mg/L)						
	ΜΕΤΡΗΣΗ 1	ΜΕΤΡΗΣΗ 2	ΜΕΤΡΗΣΗ 3		STANDARD DEVIATION	AVERAGE MEAN	RELATIVE STANDARD DEVIATION
Δ1	0,1	0,1	0,1		0,0	0,1	4,3
Δ2	0,1	0,1	0,1		0,0	0,1	7,9
Δ3	0,1	0,1	0,1		0,0	0,1	4,1
Δ4	0,0	0,1	0,0		0,0	0,1	35,9
Δ5	0,2	0,1	0,0		0,1	0,1	66,7
Δ6	0,1	0,1	0,1		0,0	0,1	11,5
Δ7	X	X	X		X	X	X
Δ8	0,9	1,0	1,0		0,0	1,0	3,1
Δ9	0,1	0,1	0,0		0,0	0,1	38,9
Κ1	0,4	0,3	0,4		0,0	0,4	2,8
Κ2	0,1	0,0	0,1		0,0	0,1	7,1

Πίνακας 22: Αποτελέσματα των μετρήσεων της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων «NO₃⁻» (mg/L), όπου η 1^η κάθετη στήλη αποτελεί την ονομασία των δειγματοληπτικών σημείων, οι 2^η

– 4^η δηλώνουν τον αριθμό των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν και οι επόμενες 3, τις στατιστικές παραμέτρους για τον προσδιορισμό της στατιστικής απόκλισης

	NO3 (mg/L)						
	ΜΕΤΡΗΣΗ 1	ΜΕΤΡΗΣΗ 2	ΜΕΤΡΗΣΗ 3		STANDARD DEVIATION	AVERAGE MEAN	RELATIVE STANDARD DEVIATION
Δ1	40	33	35		4	36	11
Δ2	41	40	40		1	40	2
Δ3	47	53	48		3	50	7
Δ4	14	20	18		3	17	19
Δ5	54	47	112		36	71	50
Δ6	38	55	83		23	59	39
Δ7	X	X	X		X	X	X
Δ8	46	43	55		6	48	12
Δ9	97	79	128		25	101	24
Κ1	31	38	31		4	33	12
Κ2	22	18	20		2	20	9

Πίνακας 23: Αποτελέσματα των μετρήσεων της συγκέντρωσης του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου «COD» (mg/L), όπου η 1^η κάθετη στήλη αποτελεί την ονομασία των δειγματοληπτικών σημείων, οι 2^η – 4^η δηλώνουν τον αριθμό των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν και οι επόμενες 3, τις στατιστικές παραμέτρους για τον προσδιορισμό της στατιστικής απόκλισης

	COD (mg/L)						
	ΜΕΤΡΗΣΗ 1	ΜΕΤΡΗΣΗ 2	ΜΕΤΡΗΣΗ 3		STANDARD DEVIATION	AVERAGE MEAN	RELATIVE STANDARD DEVIATION
Δ1	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
Δ2	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
Δ3	2,0	4,0	3,0		1,0	3,0	33,3
Δ4	2,0	1,0	5,0		2,1	2,7	78,1
Δ5	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
Δ6	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
Δ7	X	X	X		X	X	X
Δ8	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
Δ9	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
Κ1	5,0	4,0	11,0		3,8	6,7	56,8
Κ2	8,0	6,0	8,0		1,2	7,3	15,7

Πίνακας 24: Αποτελέσματα μετρήσεων του «pH» των δειγμάτων εδάφους Δ1 - Δ9

	pH
Δ1	8,3
Δ2	8,4
Δ3	8,3
Δ4	8,1
Δ5	7,0
Δ6	7,9
Δ7	X
Δ8	7,1
Δ9	6,9

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β'

Πίνακες αξιολόγησης δείκτη WQI για τα υπόλοιπα δείγματα νερού (Δ2 – Κ2), όπου οι στήλες αντιστοιχούν στις παραπάνω περιγραφές που δόθηκαν στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων. Στη στήλη WQI αναγράφονται δύο τιμές· η 1^η τιμή αντιστοιχεί στο άθροισμα όλων των τελικών αποτελεσμάτων της στήλης «TOTAL», όπου και θα ήταν επαρκή αν είχαν συμπεριληφθεί και άλλες παράμετροι (π.χ. μικροβιακές αποικίες, θερμοκρασία, ολικός φώσφορος) και η 2^η τιμή από κάτω αντιστοιχεί στο τελικό αποτέλεσμα των WQIs βάσει των Srivastava & Kumar (2013), όπου είναι και αυτό που μελετήθηκε, λόγω της διαθεσιμότητας των παραμέτρων της προκείμενης μελέτης.

Έτσι, διακρίθηκαν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 27: Δείκτης αξιολόγησης WQI για το Δ2

WQI_Δ2					
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	Q VALUE	ΒΑΡΥΤΗΤΑ	TOTAL	WQI
pH	8,16	78,0	0,12	9,36	34,40
t	3,03	87,0	0,08	6,96	46,48
DO	8,27	4,80	0,17	0,82	
PO4	1,20	35,0	0,10	3,50	
NO3	40,2	18,0	0,10	1,80	
COD	0,00	100	0,08	8,00	
TDS	635	20,0	0,07	1,40	
σ	907	-	-	-	
BOD5	0,00	96,0	0,11	10,6	

Πίνακας 28: Δείκτης αξιολόγησης WQI για το Δ3

WQI_Δ3					
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	Q VALUE	ΒΑΡΥΤΗΤΑ	TOTAL	WQI
pH	8,16	78,0	0,12	9,36	32,54
t	5,17	85,0	0,08	6,80	43,97
DO	8,28	4,80	0,17	0,82	
PO4	1,14	37,0	0,10	3,70	
NO3	49,6	10,0	0,10	1,00	
COD	3,00	97,0	0,08	7,76	
TDS	648	20,0	0,07	1,40	
σ	926	-	-	-	
BOD5	1,50	86,0	0,11	9,46	

Πίνακας 29: Δείκτης αξιολόγησης WQI για το Δ4

WQI_Δ4					
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	Q VALUE	ΒΑΡΥΤΗΤΑ	TOTAL	WQI
pH	7,72	91,0	0,12	10,9	44,70
t	5,87	84,0	0,08	6,72	60,41
DO	8,61	5,20	0,17	0,88	
PO4	0,09	95,0	0,10	9,50	
NO3	17,3	42,0	0,10	4,20	
COD	2,67	98,0	0,08	7,84	
TDS	449	40,0	0,07	2,80	
σ	641	-	-	-	
BOD5	1,34	88,0	0,11	9,68	

Πίνακας 30: Δείκτης αξιολόγησης WQI για το Δ5

WQI_Δ5					
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	Q VALUE	ΒΑΡΥΤΗΤΑ	TOTAL	WQI
pH	8,09	82,0	0,12	9,84	33,30
t	7,87	81,0	0,08	6,48	45,00
DO	9,70	6,00	0,17	1,02	
PO4	1,31	35,0	0,10	3,50	
NO3	71,0	5,00	0,10	0,50	
COD	0,00	100	0,08	8,00	
TDS	545	20,0	0,07	1,40	
σ	778	-	-	-	
BOD5	0,00	96,0	0,11	10,6	

Πίνακας 31: Δείκτης αξιολόγησης WQI για το Δ6

WQI_Δ6					
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	Q VALUE	ΒΑΡΥΤΗΤΑ	TOTAL	WQI
pH	7,80	88,0	0,12	10,6	40,47
t	4,43	87,0	0,08	6,96	54,69
DO	9,52	7,00	0,17	1,19	
PO4	0,23	91,0	0,10	9,10	
NO3	58,8	7,00	0,10	0,70	
COD	0,00	100	0,08	8,00	
TDS	668	20,0	0,07	1,40	
σ	954	-	-	-	
BOD5	0,00	96,0	0,11	10,6	

Πίνακας 32: Δείκτης αξιολόγησης WQI για το Δ8

WQI_Δ8					
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	Q VALUE	ΒΑΡΥΤΗΤΑ	TOTAL	WQI
pH	8,32	75,0	0,12	9,00	35,18
t	2,43	92,0	0,08	7,36	47,54
DO	8,36	6,80	0,17	1,16	
PO4	0,73	46,0	0,10	4,60	
NO3	48,0	11,0	0,10	1,10	
COD	0,00	100	0,08	8,00	
TDS	552	20,0	0,07	1,40	
σ	788	-	-	-	
BOD5	0,00	96,0	0,11	10,6	

Πίνακας 33: Δείκτης αξιολόγησης WQI για το Δ9

WQI_Δ9					
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	Q VALUE	ΒΑΡΥΤΗΤΑ	TOTAL	WQI
pH	8,11	82,0	0,12	9,84	39,54
t	4,90	84,0	0,08	6,72	53,44
DO	10,1	7,20	0,17	1,22	
PO4	0,06	97,0	0,10	9,70	
NO3	101	1,00	0,10	0,10	
COD	0,00	100	0,08	8,00	
TDS	564	20,0	0,07	1,40	
σ	805	-	-	-	
BOD5	0,00	96,0	0,11	10,6	

Πίνακας 34: Δείκτης αξιολόγησης WQI για το Κ1

WQI_Κ1					
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	Q VALUE	ΒΑΡΥΤΗΤΑ	TOTAL	WQI
pH	7,96	83,0	0,12	9,96	34,29
t	10,9	75,0	0,08	6,00	46,34
DO	7,80	5,70	0,17	0,97	
PO4	0,76	47,0	0,10	4,70	
NO3	33,3	25,0	0,10	2,50	
COD	6,67	94,0	0,08	7,52	
TDS	424	43,0	0,07	3,01	
σ	606	-	-	-	
BOD5	3,34	65,0	0,11	7,15	

Πίνακας 35: Δείκτης αξιολόγησης WQI για το Κ2

WQI_K2					
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ	Q VALUE	ΒΑΡΥΤΗΤΑ	TOTAL	WQI
pH	8,27	74,0	0,12	8,88	34,32
t	5,10	86,0	0,08	6,88	46,37
DO	8,97	5,50	0,17	0,94	
PO4	0,80	45,0	0,10	4,50	
NO3	19,9	37,0	0,10	3,70	
COD	7,33	90,0	0,08	7,20	
TDS	478	34,0	0,07	2,38	
σ	683	-	-	-	
BOD5	3,67	64,0	0,11	7,04	