ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΠΟΤΑΜΩΝ ΕΛΑΣΣΟΝΙΤΗ ΚΑΙ ΤΙΤΑΡΗΣΙΟ ΤΟΥ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ

ΚΑΒΒΑΔΑ ΓΕΩΡΓΙΑ

ΑΜ: 3019037

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΚΑΚΑΒΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΛΑΡΙΣΑ
2023

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή διερευνά την ποιότητα των υδάτων των παραποτάμων Ελασσονίτη και Τιταρήσιο του Πηνειού ποταμού που διατρέχουν τους Δήμους Ελασσόνας και Τυρνάβου. Βασικά ερωτήματα της μελέτης αφορούν την ύπαρξη φυσικοχημικών ρύπων, την ποσότητα της συγκέντρωσης αυτών και τις πιθανές πηγές ρύπανσης των ποταμών καθώς και εάν τα επίπεδα των ανιχνευόμενων ρύπων συμμορφώνονται με τα σχετικά πρότυπα για την ποιότητα των υδάτων. Για την εύρεση απαντήσεων στα ερωτήματα, πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία σε πέντε επιλεγμένα σημεία κατά το μήκος των ποταμών, στις περιοχές Αγιονέρι, Συκιά, Μεσοχώρι, Δαμάσι και Τύρναβος. Για την ανίχνευση των πιθανών ρύπων πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις δεκατριών φυσικοχημικών παραμέτρων κάνοντας χρήση πεχάμετρου, αγωγιμόμετρου και φωτόμετρου Lovibond ακολουθώντας τα κοινά πρότυπα αναλύσεων. Οι μετρήσεις παρουσίασαν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την συγκέντρωση των ρύπων στα ύδατα του Ελασσονίτη και Τιταρήσιο, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή συμπερασμάτων.

Η έρευνα οδήγησε στην εύρεση μερικών υψηλών τιμών σε πέντε από τις παραμέτρους με βάση τα πρότυπα των επιφανειακών υδάτων του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγειάς (WHO) και τα πρότυπα για τα νερά ανθρώπινης κατανάλωσης. Σε αυτές τις παραμέτρους περιλαμβάνονται το COD, τα Χλωριόντα, το Κάλιο, το Μαγγάνιο και τα Θειικά. Η ύπαρξη υψηλών τιμών στις συγκεκριμένες παραμέτρους μπορεί κυρίως να οφείλεται στην αγροτική δραστηριότητα και την απορροή λιπασμάτων από τις γεωργικές καλλιέργειες. Ως σύνολο, οι δεκατρείς παράμετροι παρουσίασαν μια καλή εικόνα στην ποιότητα των υδάτων παρά την εκτεταμένη βιομηχανική δραστηριότητα που επικρατεί στην περιοχή μελέτης. Τέλος, η εφαρμογή της νομοθεσίας για την ποιότητα των υδάτων φαίνεται να είναι αναγκαία για την διατήρηση της καλής ποιότητας των υδάτων.

Λέξεις-κλειδιά: ρύπανση, ποιότητα υδάτων, Πηνειός ποταμός, φυσικοχημικοί παράμετροι, παραπόταμοι

ABSTRACT

This thesis investigates the water quality of the tributaries Elassonitis and Titarisios of the Pineios River that runs through the Municipalities of Elassona and Tyrnavos. Key questions of the study concern the existence of physicochemical pollutants, the amount of their concentration and the potential sources of the rivers pollution, as well as whether the levels of detected pollutants comply with relevant water quality standards. To answer those research questions, sampling was carried out at five selected points along the rivers, in the areas of Agioneri, Sykia, Mesochori, Damasi and Tyrnavos. Thirteen physicochemical parameters were analyzed for the detection of possible pollutants using a pH meter, a conductivity meter and a Lovibond light meter, following common analysis standards. The measurements presented valuable information on the concentration of pollutants in the waters of Elassonitis and Titarisios, which was used to draw conclusions.

The research led to the finding of some high values in five of the parameters based on World Health Organization (WHO) surface water standards and standards for waters intended for human consumption. These parameters included COD, Chlorides, Potassium, Manganese and Sulfates. The existence of high values in these parameters may mainly be due to agricultural activity and fertilizer runoff from agricultural crops. Overall, the thirteen parameters presented a good picture of water quality despite the extensive industrial activity prevailing in the study area. Finally, the implementation of water quality legislation appears to be necessary to maintain good water quality.

Keywords: pollution, water quality, Pinios river, physicochemical parameters, tributaries

Περιεχόμενα

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διαχείριση των υδάτων διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη διασφάλιση της διαθεσιμότητας και της ποιότητας των υδάτινων πόρων για διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένης της γεωργίας, της βιομηχανίας και της οικιακής χρήσης. Η περιοχή της Θεσσαλίας είναι μια ποικιλόμορφη και εύφορη γεωργική περιοχή, γνωστή για τους πλούσιους φυσικούς πόρους και τις σημαντικές πηγές νερού. Ωστόσο, η βιωσιμότητα των υδάτινων πόρων της απειλείται από την παρουσία φυσικοχημικών ρύπων στα υδατικά της συστήματα. Το Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας στοχεύει στην παροχή ενός ολοκληρωμένου πλαισίου διαχείρισης και διατήρησης των υδατικών πόρων της περιοχής. Η κατανόηση της έκτασης και των επιπτώσεων των φυσικοχημικών ρύπων είναι ζωτικής σημασίας για τον αποτελεσματικό σχεδιασμό της διαχείρισης των υδάτων και τη λήψη αποφάσεων. Εξετάζοντας τους ρύπους αυτούς και τις πιθανές πηγές τους, η μελέτη επιδιώκει να συμβάλει στο γενικότερο στόχο της προστασίας και διατήρησης των υδάτινων πόρων της Θεσσαλίας.

Πρωταρχικός στόχος της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση της παρουσίας και κατανομής φυσικοχημικών ρύπων στις περιοχές που καλύπτονται από το Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας. Μέσω μιας λεπτομερούς ανάλυσης των παραμέτρων ποιότητας του νερού, η έρευνα αυτή στοχεύει στην επίτευξη των ακόλουθων στόχων:

1. Προσδιορισμός της υφιστάμενης κατάστασης των φυσικοχημικών ρύπων στα υδατικά συστήματα της Θεσσαλίας: Αξιολογώντας τα επίπεδα και τους τύπους των ρύπων που υπάρχουν, η μελέτη επιδιώκει να παράσχει μια ολοκληρωμένη κατανόηση της ποιότητας των υδάτων στην περιοχή.
2. Προσδιορισμός πιθανών πηγών και οδών ρύπανσης: Διερευνώντας την προέλευση και τις οδούς των φυσικοχημικών ρύπων, η μελέτη στοχεύει στον εντοπισμό των κύριων πηγών και στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αυτοί οι ρύποι εισέρχονται στα υδάτινα σώματα.
3. Παροχή πολύτιμων δεδομένων και πληροφοριών για την υποστήριξη του σχεδιασμού διαχείρισης των υδάτων και της λήψης αποφάσεων: Με την παραγωγή επιστημονικά έγκυρων δεδομένων και αναλύσεων, η μελέτη στοχεύει στην ενημέρωση των υπευθύνων χάραξης πολιτικής και των ενδιαφερόμενων μελών που εμπλέκονται στις πρακτικές διαχείρισης των υδάτων, επιτρέποντάς τους να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις.

Για την επίτευξη αυτών των στόχων, η εργασία θα διερευνήσει τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

1. Ποιοι είναι οι κυριότεροι φυσικοχημικοί ρύποι που υπάρχουν στα υδατικά συστήματα της Θεσσαλίας και ποιες είναι οι συγκεντρώσεις και οι διακυμάνσεις τους;
2. Τα επίπεδα των ανιχνευόμενων ρύπων συμμορφώνονται με τα σχετικά πρότυπα και κατευθυντήριες γραμμές για την ποιότητα των υδάτων;

3. Ποιες είναι οι πιθανές πηγές και οδοί μόλυνσης στα υδατικά συστήματα της Θεσσαλίας;

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη διερεύνηση των φυσικοχημικών ρύπων που υπάρχουν στα υδατικά συστήματα εντός των περιοχών του Σχεδίου Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας. Η έρευνα θα περιλαμβάνει συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα και γεωγραφική έκταση, όπως ορίζεται από τα όρια του σχεδίου. Η μελέτη θα αναλύσει δειγματοληπτικά ύδατα από διάφορες περιοχές του Πηνειού ποταμού για να παρέχει μια ολοκληρωμένη κατανόηση της ποιότητας του νερού στη Θεσσαλία. Είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε τους περιορισμούς αυτής της μελέτης. Η ανάλυση θα βασίζεται στα διαθέσιμα δεδομένα και δείγματα που συλλέγονται κατά τη διάρκεια του καθορισμένου χρονικού πλαισίου. Το πεδίο εφαρμογής της μελέτης μπορεί να μην περιλαμβάνει όλους τους πιθανούς ρύπους και τα ευρήματα της έρευνας μπορεί να μην είναι γενικευμένα σε άλλες περιοχές ή χρονικές περιόδους. Επιπλέον, ορισμένοι ρύποι ή πηγές ενδέχεται να απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση πέραν του πεδίου εφαρμογής της παρούσας μελέτης. Παρά τους περιορισμούς αυτούς, η έρευνα αυτή επιδιώκει να παράσχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τους φυσικοχημικούς ρύπους που υπάρχουν στα υδατικά συστήματα της Θεσσαλίας. Αντιμετωπίζοντας αυτούς τους περιορισμούς και συμβάλλοντας στην υπάρχουσα βάση γνώσεων, η παρούσα μελέτη στοχεύει στην υποστήριξη τεκμηριωμένων στρατηγικών διαχείρισης των υδάτων και συμβάλλει στον γενικό στόχο της διατήρησης και προστασίας των υδάτινων πόρων της Θεσσαλίας.

1.1. Νερό

Το νερό είναι ένας αναντικατάστατος πόρος για την ανθρώπινη ζωή και την ύπαρξη όλων των ζωντανών οργανισμών στον πλανήτη μας. Η Γη καλύπτεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό από νερό, περίπου 70%, με την πλειονότητά του να βρίσκεται στους ωκεανούς και τις θάλασσες, ενώ το υπόλοιπο βρίσκεται σε ποτάμια, λίμνες και άλλα μικρότερα υδάτινα σώματα. Παρόλα αυτά, μόνο το ένα μικρό ποσοστό, περίπου 2,5% αποτελεί γλυκό νερό και από αυτό, ένα ακόμη μικρότερο ποσοστό είναι προσβάσιμο και κατάλληλο για χρήση από τον άνθρωπο. Η διαχείριση και προστασία του γλυκού νερού είναι ζωτικής σημασίας για την ανθρωπότητα και τη βιοποικιλότητα. Το γλυκό νερό χρησιμοποιείται για πολλούς σκοπούς, όπως για πόσιμο νερό, γεωργία, βιομηχανία, παραγωγή ενέργειας και περιβαλλοντικές δραστηριότητες. Ωστόσο, η ανθρώπινη δραστηριότητα, η υπερβολική χρήση νερού, η ρύπανση και η κλιματική αλλαγή απειλούν την ποιότητα και την προσβασιμότητα του γλυκού νερού. (Νάτσιου, 2021).

Όσον αφορά τον άνθρωπο, το νερό χρησιμοποιείται καθημερινά για να πραγματοποιεί τις βιολογικές διεργασίες του σώματος όπως είναι η πέψη, η απορρόφηση των θρεπτικών, η κυκλοφορία του αίματος και η ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος. Επίσης, το νερό είναι απαραίτητο για την γεωργία και την παραγωγή τροφής τόσο για την άρδευση των καλλιεργειών όσο και για την διατήρηση των κτηνοτροφικών ζώων, των ψαριών και των

θαλασσινών, χωρίς το νερό η τροφή στον πλανήτη θα ήταν αρκετά περιορισμένη. Το νερό έτσι, μέσω των ποικίλων ανθρώπινων δραστηριοτήτων, έχει υποστεί πολλές πιέσεις με αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα του και τα οικοσυστήματα του. Αποτελεί πηγή για ποικίλες βιομηχανίες, κατασκευαστικές και παραγωγής ενέργειας λειτουργώντας ως πρώτη ύλη καθώς και χρησιμοποιείται για μεταφορά, καθαρισμό και ψύξη (Νάτσιου, 2021).

Στο περιβάλλον, ο κύκλος του νερού είναι αναγκαίος για την ρύθμιση του κλίματος της Γης με την διανομή της θερμοκρασίας και της υγρασίας σε όλο τον πλανήτη. Μέσω της διατήρησης και ρύθμισης της θερμοκρασίας δημιουργούνται κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη της χλωρίδας, της πανίδας και της συνολικής διατήρησης των οικοσυστημάτων. Τα υδάτινα οικοσυστήματα προσφέρουν το ιδανικό περιβάλλον για την αναπαραγωγή, την πηγή τροφής και το καταφύγιο σε πολυάριθμους οργανισμούς. Η προστασία των υδάτινων σωμάτων είναι ζωτική για την διατήρηση της βιοποικιλότητας και της υγείας των οικοσυστημάτων.

Γνωρίζοντας τα παραπάνω, το νερό φαίνεται και είναι εξαιρετικής σημασίας τόσο στον άνθρωπο όσο και στο περιβάλλον και η διαχείριση του είναι εξίσου αναγκαία. Η ζήτηση για το νερό είναι όλο αυξανόμενη ενώ παράλληλα τα αποθέματα του μειώνονται, προκαλώντας προβλήματα στην Ευρώπη αλλά και σε όλο τον κόσμο. Πιο συγκεκριμένα στην Ελλάδα, στην περιοχή της Θεσσαλίας, όπου και γίνεται λόγος στην παρούσα εργασία η διαχείριση των υδάτινων πόρων δεν είναι ολοκληρωμένη και βιώσιμη μέχρι και σήμερα με αποτέλεσμα αρνητικών επιπτώσεων στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα της περιοχής (Υ.ΠΕ.ΘΕ).

***Εικόνα 1**. Πηνειός ποταμός (Υ.ΠΕ.ΘΕ).*

1.2. Ρύπανση των υδάτων

Ως ρύπανση ορίζεται η εισαγωγή ουσιών ή ενέργειας από τον άνθρωπο στο περιβάλλον η οποία μπορεί να προκαλέσει κίνδυνο στην ανθρώπινη υγεία, στους έμβιους πόρους και οικολογική ζημιά ή παρεμβολή στις νόμιμες χρήσεις του περιβάλλοντος (Swaroopa et al., 2016).

Η ρύπανση του περιβάλλοντος και πιο συγκεκριμένα η ρύπανση των υδάτων είναι γνωστή στον άνθρωπο εδώ και πολλές δεκαετίες, όμως ακόμη και σήμερα οι προβλέψεις για την ρύπανση των υδάτων είναι δυσοίωνες. Μέχρι το 2025 προβλέπεται ότι τουλάχιστον 5 δισεκατομμύρια άνθρωποι θα ζουν σε περιοχές όπου τα ύδατα θα είναι ρυπασμένα, ένα εξαιρετικά μεγάλο νούμερο σε αναλογία με τον συνολικό πληθυσμό του πλανήτη (Inyinbor Adejumoke et al., 2018).

Η ρύπανση των υδάτων οφείλεται σε ποικίλες δραστηριότητες του ανθρώπου όπως είναι η βιομηχανία όπου από πολλές διεργασίες που πραγματοποιούνται εκλύονται ρύποι όπως βαρέα μέταλλα, τοξικά χημικά και λύματα. Η γεωργία και η κτηνοτροφία συμβάλουν στην ρύπανση μέσω της απορροής λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και εντομοκτόνων με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ευτροφικά φαινόμενα. Από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και μονάδες παραγωγής ενέργειας δημιουργούνται απορροές ανεπεξέργαστων ή μη ορθά επεξεργασμένων λυμάτων, διαρροές πετρελαίου και απορρίψεις απορριμμάτων. Τα ύδατα επιβαρύνονται από τις απορροές όλων αυτών των δραστηριοτήτων (Inyinbor Adejumoke et al., 2018).

Διάφοροι κίνδυνοι μπορούν να δημιουργηθούν στον άνθρωπο από την ύπαρξη και χρήση ρυπασμένων υδάτων όπως είναι η έλλειψη ασφαλούς πόσιμου νερού, η έκθεση σε παθογόνους οργανισμούς και πιθανώς τοξικών στοιχείων μέσω της τροφικής αλυσίδας καθώς και κίνδυνοι μπορούν να προκληθούν στα οικοσυστήματα των υδάτινων σωμάτων και την χλωρίδα και πανίδα που διαβιεί σε αυτά όπως είναι η θνησιμότητα των ειδών, η μικρή αναπαραγωγική ικανότητα και προβλήματα στο ενδοκρινικό σύστημα τους (Swaroopa et al., 2016).

Λόγω της ευρείας ρύπανσης των υδάτων για να συμβεί ορθή χρήση τους ως προς την ύδρευση των πόλεων, την πόση και την χρήση στις καλλιέργειες είναι σημαντικό να προηγηθούν αναλύσεις. Οι αναλύσεις των υδάτων πραγματοποιούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα μέσω δειγμάτων ανάλογα τον λόγο που θα χρησιμοποιηθεί το νερό. Οι πιο σύνηθες αναλύσεις, είναι του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD), του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD), των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS), του συνολικού οργανικού άνθρακα (TOC) και την ύπαρξη νιτρικών, νιτρώδη, φωσφορικών, αμμωνιακών και φθαλικών. Οι αναλύσεις βοηθούν στον έλεγχο της ποιότητας των υδάτων και την ύπαρξη οργανικών και μη ρυπογόνων ουσιών σε αυτά. Οι αναλύσεις παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες χρήσιμες για την μείωση και την πρόληψη της ρύπανσης των υδάτων. Τα αποτελέσματα τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την θέσπιση νόμων και Οδηγιών για την διαχείριση των συστημάτων αποβλήτων, για την διαχείριση των υδάτων, για την

προώθηση της ορθής διαχείρισης των γεωργικών πρακτικών και την μείωση της χρήσης επικίνδυνων χημικών (Papaioannou et al, 2006).

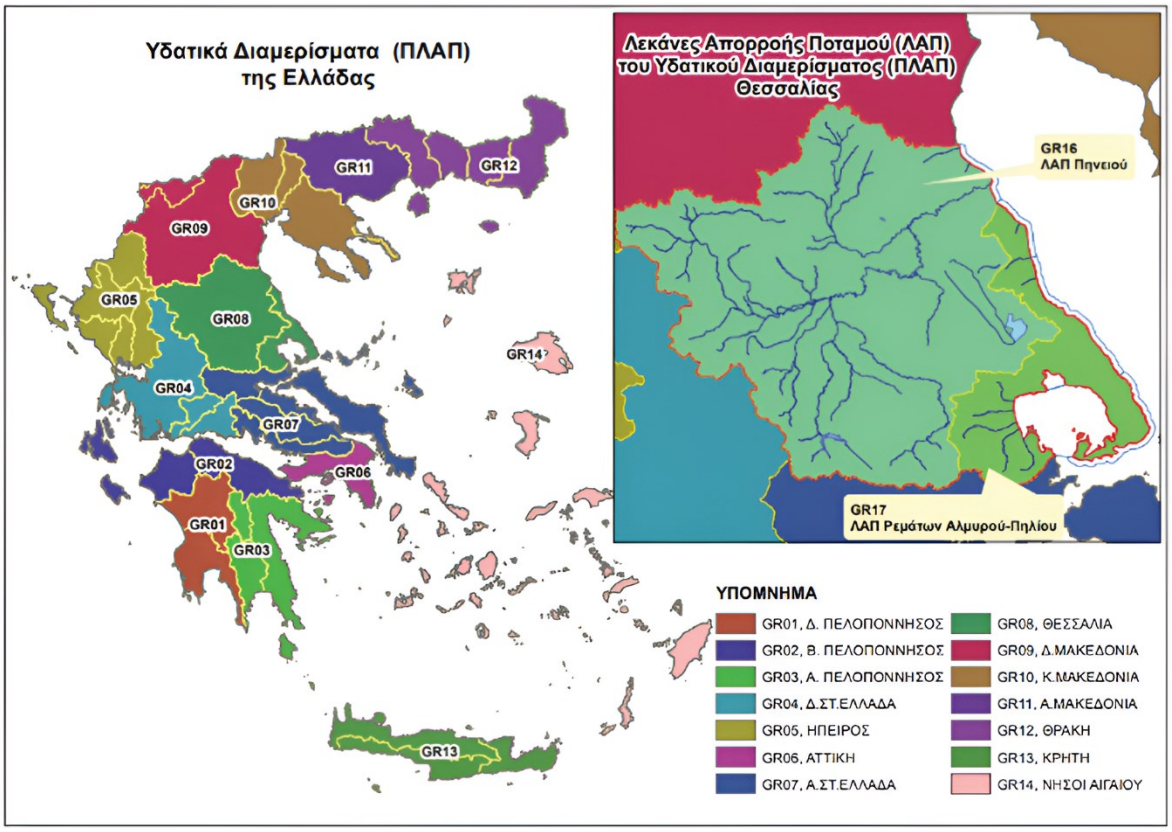
1.3. Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων

Για την επίτευξη της καλής ποιότητας των υδάτων είναι αναγκαία η εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ (άρθρο 1), η οποία σκοπεύει στην προστασία των εσωτερικών επιφανειακών, μεταβατικών, παράκτιων και υπόγειων υδάτων μέσω της θέσπισης πλαισίου για την πρόληψη της περαιτέρω υποβάθμισης με παράλληλη βελτίωση της κατάστασης των υδάτινων οικοσυστημάτων, καθώς και των παρακείμενων χερσαίων οικοσυστημάτων και υγροτόπων που βασίζονται σε αυτά για νερό. Επιπλέον, στοχεύει στην προώθηση της βιώσιμης μακροπρόθεσμης χρήσης των υδάτινων πόρων και στην ενίσχυση της προστασίας του υδάτινου περιβάλλοντος, ιδίως μέσω μέτρων που μειώνουν σταδιακά την έκλυση, την απόρριψη και τη διαρροή ουσιών προτεραιότητας, συμπεριλαμβανομένης της ενδεχόμενης παύσης ή σταδιακής κατάργησης των επικίνδυνων ουσιών. Ακόμη, αποβλέπει στην εξασφάλιση της σταδιακής μείωσης της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων και στην πρόληψη περαιτέρω μόλυνσης καθώς και στην συμβολή του μετριασμού των πλημμυρών και της ξηρασίας.

Οι γενικοί στόχοι της Οδηγίας πλαισίου είναι η εξασφάλιση άφθονου εφοδιασμού επιφανειακών και υπόγειων υδάτων υψηλής ποιότητας για βιώσιμη, δίκαιη και ισορροπημένη χρήση του νερού, η σημαντική μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων, η προστασία των αστικών και θαλάσσιων υδάτων αλλά και η ευθυγράμμιση με σχετικές διεθνείς συμφωνίες που αποσκοπούν στην πρόληψη και εξάλειψη της θαλάσσιας ρύπανσης. Αυτό περιλαμβάνει κοινοτικές ενέργειες βάσει του άρθρου 16 παράγραφος 3 για την παύση ή τη σταδιακή κατάργηση της απόρριψης, εκπομπών και διαρροών επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας, με απώτερο στόχο την επίτευξη συγκεντρώσεων στο θαλάσσιο περιβάλλον που προσεγγίζουν τα φυσικά επίπεδα για τις φυσικές ουσίες και σχεδόν μηδενικά επίπεδα για τεχνητές ή συνθετικές ουσίες (Οδηγία 2000/60/ΕΚ, άρθρο 1).

Στο Σχέδιο Διαχείρισης των Υδάτων γίνεται η εφαρμογή της οδηγίας με τον χωρικό σχεδιασμό των Περιοχών Λεκανών Απορροής των Ποταμών (ΠΛΑΠ) με βάση τα υδρολογικά τους χαρακτηριστικά. Στην Ελλάδα υπάρχουν 14 ΠΛΑΠ και κατά συνέπεια 14 Υδατικά Διαμερίσματα, τα οποία επιμερίζονται σε Λεκάνες Απορροής Ποταμών (ΛΑΠ), 46 στο σύνολο της χώρας (Υ.ΠΕ.ΘΕ).

Σε κάθε ΠΛΑΠ εφαρμόζεται ένας διαχειριστικός κύκλος εφαρμογής των Σχεδίων Διαχείρισης Υδάτων με διάρκεια έξι ετών για την πραγματοποίηση μιας σειράς δράσεων. Στις διάφορες δράσεις περιλαμβάνεται η αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης των υδάτων και η βελτίωση αυτής με την λήψη κατάλληλων μέτρων και την επίτευξη στόχων που τυχόν έχουν τεθεί τόσο για την βελτίωση όσο και για την διατήρηση των υδάτινων οικοσυστημάτων (Υ.ΠΕ.ΘΕ).



***Εικόνα 2**. Υδατικά Διαμερίσματα (ΠΛΑΠ) της Ελλάδας (Υ.ΠΕ.ΘΕ).*

Το Σχέδιο Διαχείρισης των Υδάτων αντιπροσωπεύει έναν σημαντικό και δεσμευτικό πυλώνα της εφαρμογής της Οδηγίας για τα ύδατα. Στο πλαίσιο αυτού του σχεδίου, προσδιορίζονται οι στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν κατά τον κάθε διαχειριστικό κύκλο και περιγράφεται ο προσανατολισμός των δράσεων που πρέπει να ακολουθηθούν. Σκοπός του Σχεδίου Διαχείρισης είναι η επίτευξη της βιώσιμης διαχείρισης των υδάτων, καθώς αυτά αποτελούν κοινό φυσικό πόρο που πρέπει να προστατευτεί και να διατηρηθεί για τις τρέχουσες και μελλοντικές γενεές. Με τον τρόπο αυτό, επιδιώκεται η βελτίωση της ποιότητας των υδάτων, η διασφάλιση της υδρολογικής ισορροπίας, και η προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων και της βιοποικιλότητας. Το Σχέδιο Διαχείρισης αποτελεί μια σημαντική αναφορά και πηγή πληροφοριών για μελλοντικά διαχειριστικά και χωροταξικά σχέδια που σχετίζονται με τις λεκάνες απορροής. Σε αυτά τα σχέδια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σημείο αναφοράς για τις προηγούμενες ενέργειες και τις προοπτικές που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την βιώσιμη διαχείριση των υδάτων στο μέλλον. Έτσι, διασφαλίζεται η συνέπεια και η συνοχή των προσπαθειών για την προστασία του πολύτιμου πόρου του νερού. (Υ.ΠΕ.ΘΕ).

1.4. Πηνειός Ποταμός

Ο ποταμός Πηνειός αποτελεί τον τρίτο μεγαλύτερο ποταμό στην Ελλάδα με μήκος 205 Km, διασχίζοντας ένα μεγάλο μέρος της κεντρικής χώρας και συγκεντρώνοντας την υδρολογική λεκάνη της Θεσσαλίας δημιουργεί δέλτα και εκβάλλει στο Αιγαίο κοντά στην περιοχή του Στομίου. Πηγάζει από την Πίνδο και στον σχηματισμό του συμβάλλουν τα ρέματα Μαλακασιώτικου και Μουργκάνι των οποίων οι πηγές βρίσκονται στα βουνά Λάκμος και Αντιχάσια αντίστοιχα (Migiros et al., 2011). Με βάση τον Νόμο 1739/1987 η λεκάνη απορροής του ποταμού εντάσσεται στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας το οποίο και διατρέχει για αρκετά χιλιόμετρα. Στην λεκάνη απορροής του Πηνειού έχουν ορισθεί 12 προστατευόμενες περιοχές Natura 2000 καθώς και ολόκληρη η Θεσσαλική πεδιάδα έχει χαρακτηριστεί ευπρόσβλητη σε ρύπανση από νιτρικά σύμφωνα με την Οδηγία 91/676 (Χατζηνικολάου, 2007).

Νομός	Ονομασία περιοχής	Κωδικός Natura	Καθεστώς προστασίας
Όλοι	Δυτική και Ανατολική Θεσσαλία	-	Ευπρόσβλητη περιοχή σύμφωνα με την Οδηγία 91/676
Τρικάλων	Όρος Κόζιακας	GR1440002	Τόπος κοινοτικής σημασίας
Τρικάλων	Πηνειός - Αντιχάσια όρη	GR1440005	Ζώνη ειδικής προστασίας
Τρικάλων	Αντιχάσια όρη - Μετέωρα	GR1440003	Τόπος κοινοτικής σημασίας - Τοπίο ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους - Διατηρητέο Μνημείο της Φύσης - Μνημείο Παγκόσμιας κληρονομιάς της UNESCO
Καρδίτσας	Άγραφα	GR1410002	Τόπος κοινοτικής σημασίας
Καρδίτσας	Περιοχή Λίμνης Τσιρωπού	GR1410001	Τόπος κοινοτικής σημασίας - Ζώνη Ειδικού Ελέγχου
Λάρισας	Όρος Όλυμπος	GR1250001	Ζώνη ειδικής προστασίας
Λάρισας	Κάτω Όλυμπος - Καλλιπεύκη	GR1420001	Τόπος κοινοτικής σημασίας
Λάρισας	Όρος Τίταρος	GR1250003	Τόπος κοινοτικής σημασίας
Λάρισας	Αισθητικό δάσος Όσσας	GR1420003	Τόπος κοινοτικής σημασίας - Αισθητικό δάσος - Ζώνη Ειδικού Ελέγχου
Λάρισας	Κοιλάδα Τεμπών	GR1420005	Ζώνη ειδικής προστασίας - Αισθητικό δάσος - Τοπίο ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους
Λάρισας	Στενά Καλαμακίου	GR1440004	Τόπος κοινοτικής σημασίας
Λάρισας	Κάρλα - Μαυροβούνι - Κεφαλόβρυσο Βελεστίνου	GR1420004	Τόπος κοινοτικής σημασίας
Λάρισας	Δέλτα Πηνειού	-	Επιστημονικός Κατάλογος NATURA 2000 - CORINE Biotopes

Εικόνα 3. *Προστατευόμενες περιοχές της Θεσσαλικής πεδιάδας (Χατζηνικολάου, 2007).*

Η Περιφέρεια Θεσσαλίας συντάσσεται από τέσσερις νομούς, αυτούς της Λάρισας, της Καρδίτσας, των Τρικάλων και της Μαγνησίας με συνολική έκταση περίπου 14.000 Km^2. Ο Νομός Λάρισας αποτελείται από επτά δήμους, κατατάσσοντας τον πρώτο σε έκταση νομό της Θεσσαλίας (Λέλλης, 2014). Ανάντη της Λάρισας ο Πηνειός τεχνητά χωρίζεται σε δύο μέρη, το ένα μέρος σχηματίζει μαιανδρισμούς για 6,2 Km και είναι η ιστορική κοίτη του ποταμού ενώ το δεύτερο μέρος που κατασκευάστηκε το 1983 είναι ευθύγραμμο για 2,3 Km και προσφέρει στην πόλη προστασία από πλυμμηρικά φαινόμενα (Χατζηνικολάου, 2007).

Ο ποταμός περιβάλλεται από αριθμό βουνών όπως είναι ο Όλυμπος, ο Κίσσαβος, ο Τίταρος, τα Καμβούνια όρη και άλλα με αποτέλεσμα να δημιουργείται η λεκάνη απορροής του, η οποία ανέρχεται στα 9500 km^2 (Migiros et al., 2011).

Ο ποταμός χωρίζεται και δημιουργεί παραποτάμους, με τους κυριότερους να είναι ο Ενιπέας, ο Φαρσαλιώτης, ο Σοφαδίτης και ο Καλέντζης στα νότια, ο Πάμισος, και ο Πορταϊκός στα δυτικά-νοτιοδυτικά και ο Ληθαίος, ο Νεοχωρίτης και ο Τιταρήσιος στα βόρεια (Λέλλης, 2014).

Ονομασία κύριου ποταμού	Πηνειός	Ενιπέας	Φαρσαλιώτης	Σοφαδίτης	Καλέντζης	Παμίσος	Πορταϊκός	Ληθαίος	Νεοχωρίτης	Τιταρήσιος
Μήκος (km)	262	132	38	56	58	25	24	63	27	96

Εικόνα 4*. Κύριοι παραπόταμοι του Πηνειού ποταμού (Λέλλης, 2014).*

1.4.1. Ιστορική αναδρομή

Ο ποταμός, όπως τον βλέπουμε σήμερα, αποκτά την τρέχουσα μορφή του με μια ιστορία που χρονολογείται εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια πριν. Περίπου πριν από 500.000 χρόνια, η απομάκρυνση των υδάτων της μεγάλης Θεσσαλικής λίμνης διαμορφώνει τον ποταμό στον τρόπο που γνωρίζουμε σήμερα. Αυτή η μεταβολή οφείλεται σε ένα ρήγμα που διαμορφώθηκε στην Κοιλάδα των Τεμπών, όπως τεκμηριώνεται από τις έρευνες του Χατζηνικολάου το 2007. Ο ποταμός Πηνειός αποτελεί μια σημαντική παρουσία στην ιστορία της περιοχής. Οι πρώτες αναφορές για την παρουσία ανθρώπων στην περιοχή χρονολογούνται από την Παλαιολιθική εποχή, όπου αποδείξεις αποίκησης βρέθηκαν κοντά στον ποταμό, ειδικότερα στην περιοχή των σημερινών Τρικάλων. Η σημασία του ποταμού διατηρήθηκε και κατά τη Νεολιθική εποχή, καθώς σημειώθηκε άνθιση στις παραγωγικές δραστηριότητες όπως η γεωργία. Την περίοδο αυτή, η κατοίκηση στις γύρω περιοχές γίνεται μόνιμη, και πολλές από τις σημερινές περιοχές όπως το Σέσκλο, το Διμηνιό και το Πελινναίο αναπτύσσονται και εδραιώνονται κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Οι κάτοικοι της περιοχής αξιοποίησαν τον ποταμό Πηνειό ως πηγή πόσιμου νερού και για άλλες σημαντικές ανάγκες τους. Αποτέλεσε αναντικατάστατο πόρο για την άρδευση των χωραφιών τους, ενώ παρείχε και πρώτη γραμμή άμυνας από πιθανούς εχθρούς. Επιπλέον, η παρουσία του ποταμού συνέβαλε στη βελτίωση της καθαριότητας, καθώς οι κάτοικοι εξαργύρωναν τα οφέλη των υδάτων του για προσωπική υγιεινή και καθαρισμό. Καθ' όλη τη διάρκεια των χρόνων, οι άνθρωποι επενδύσανε στη δημιουργία συστημάτων υπονόμων, πηγαδιών και υδραγωγείων για την αποτελεσματικότερη αξιοποίηση του ποταμού, ενισχύοντας την υποδομή γύρω από αυτόν (Migiros et al. 2011).

Παρά την πολυδιάστατη χρησιμότητα του, ο ποταμός δεν αποτέλεσε μόνο πηγή ευημερίας. Οι πλημμύρες αποτέλεσαν αναπόφευκτο φαινόμενο που προκάλεσε καταστροφές στην

περιοχή. Τα πλημμυρικά φαινόμενα κατέστρεψαν καλλιέργειες και κατοικίες, επηρεάζοντας την καθημερινότητα και την οικονομία των κατοίκων (Migiros et al. 2011).

Ο Πηνειός επίσης, είχε άμεση σχέση με την οικονομία της πόλης της Λάρισας αφού στις όχθες του ιδρύθηκαν και οι πρώτες επαγγελματικές συνοικίες σε ύστερα χρόνια. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα βυρσοδεψεία στην περιοχή των Ταμπάκικων, το εμπόριο και η μεταφορά ξύλου στα Σάλια, η ανάπτυξη της επεξεργασίας μαλλιού και του επαγγέλματος της υφαντικής στον Πέρα Μαχαλά καθώς και η πραγματοποίηση εμπορίου ζώων και εμποροπανηγύρων. Παρά την άνθιση της οικονομίας που πρόσφερε, προκαλούσε και ποικίλα προβλήματα όταν πλημμύριζε όπως είναι η καταστροφή των καλλιεργειών και του οδικού δικτύου, η αποκοπή των ανθρώπων με την πόλη λόγω της αδυναμίας χρήσης των γεφυρών και η θανάτωση πολλών ανθρώπων. Ανά τα χρόνια οι πλημμύρες του Πηνειού έχουν πλήξει την πόλη της Λάρισας και των συνοικιών της με αποτέλεσμα το 1930 να πραγματοποιηθεί η κατασκευή της νέας κοίτης του ποταμού που οδηγεί το νερό έξω από την πόλη. Δύο δεκαετίες μετά οι κάτοικοι απαίτησαν έστω την μερική επαναφορά του νερού στην πλέον παλιά κοίτη, το γεγονός αυτό οδήγησε σήμερα να υπάρχουν δύο κοίτες του ποταμού που βρίσκονται σε λειτουργία. Μετά το υδραγωγείο της πόλης είναι το σημείο που χωρίζονται οι δύο κοίτες και η ποσότητα του νερού που λαμβάνουν ρυθμίζεται από ένα φράγμα (Γούλα, 2021). Έτσι λοιπόν, ο ποταμός και οι παραπόταμοι του είχαν καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση των Θεσσαλικών πόλεων μέσω της συγκέντρωσης κατοικιών, βιομηχανιών και άλλων εμπορικών και οικονομικών δραστηριοτήτων στην γύρω του περιοχή (Migiros et al., 2011).

Η αυξανόμενη ζήτηση για τα ύδατα του ποταμού Πηνειού έθεσε επιτακτική ανάγκη για τη διεξαγωγή μελέτης σχετικά με την ποιότητα αυτών των υδάτων, καθώς και των παραποτάμων του. Έτσι, από το 1988 ξεκίνησε η διαδικασία αναλύσεων και παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτων του ποταμού. Ουσιαστικά, το 1990 ήταν ένα σημαντικό έτος, καθώς η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Λάρισας (Δ.Ε.Υ.Α.Λ.) εντάχθηκε για πρώτη φορά στο Εθνικό Δίκτυο Ποιότητας Επιφανειακών Νερών του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την εντατικοποίηση των δειγματοληψιών και των αναλύσεων που πραγματοποιούνταν, προκειμένου να αξιολογηθεί η ποιότητα των επιφανειακών υδάτων (Γούλα, 2021).

Η προσπάθεια αυτή αναδεικνύει τη σημασία της διατήρησης της ποιότητας των υδάτων και της περιβαλλοντικής προστασίας. Οι αναλύσεις που διεξάγονται περιλαμβάνουν τη μέτρηση διάφορων παραμέτρων που αφορούν τη χημική και βιολογική ποιότητα των υδάτων, καθώς και την παρακολούθηση τυχόν ρύπανσης. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει την έγκαιρη ανίχνευση προβλημάτων και τη λήψη απαραίτητων μέτρων προστασίας του ύδατος.

Συνολικά, ο ποταμός Πηνειός αντιπροσωπεύει έναν πλούτο ιστορίας και ανθρώπινης παρέμβασης. Από τις αρχές της ανθρώπινης παρουσίας στην περιοχή μέχρι την σημερινή μέρα, ο ποταμός παρέχει στους ανθρώπους πόρους και προκλήσεις. Με την εξέλιξη των

χρόνων, έχει μεταμορφωθεί από απλό γεωγραφικό χαρακτηριστικό σε ζωτικής σημασίας στοιχείο της καθημερινής ζωής και της κοινωνίας της περιοχής.

1.4.2. Χρήσεις

Όσον αφορά τις υδατικές ανάγκες της λεκάνης απορροής του ποταμού Πηνειού, αυτές επικεντρώνονται κυρίως στην ύδρευση και την άρδευση, με μικρότερη σημασία δευτερευόντως στην κτηνοτροφία και τη βιομηχανία. Οι ανάγκες για νερό προκύπτουν για την καθημερινή ζωή των κατοίκων, την καλλιέργεια εδαφών και την εκτροφή ζώων, ενώ επίσης χρησιμοποιείται στις βιομηχανικές διεργασίες. Για την κάλυψη αυτών των αναγκών, η περιοχή εξαρτάται από τη χρήση τόσο επιφανειακών όσο και υπογείων υδάτων. Το επιφανειακό ύδωρ του ποταμού Πηνειού αποτελεί μια σημαντική πηγή για την κάλυψη αυτών των αναγκών. Το νερό αυτό χρησιμοποιείται για την παροχή πόσιμου νερού στους κατοίκους, την άρδευση γεωργικών εκτάσεων και την υποστήριξη της κτηνοτροφίας (Νικολόπουλος, 2015).

Είναι σημαντικό να διατηρηθεί η ποιότητα αυτού του επιφανειακού υδάτινου σώματος για να διασφαλιστεί η ασφάλεια των υδάτων που καταναλώνονται από τους ανθρώπους και χρησιμοποιούνται σε γεωργικές δραστηριότητες. Επίσης, η διαχείριση του επιφανειακού ύδατος παίζει κρίσιμο ρόλο στην πρόληψη πλυμμηρικών φαινομένων και την διατήρηση της ισορροπίας του οικοσυστήματος (Νικολόπουλος, 2015).

Επιπλέον, το νερό από τον ποταμό Πηνειό χρησιμοποιείται επίσης για την υποστήριξη της βιομηχανίας και την οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Παράλληλα, η προστασία της ποιότητας των υδάτων και η βιώσιμη χρήση των υδάτινων πόρων αποτελούν προτεραιότητες για τη διασφάλιση της αειφορίας και της ευημερίας της περιοχής. (Νικολόπουλος, 2015).

Η κατανομή των χρήσεων γης στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας αποτυπώνει μια ενδιαφέρουσα εικόνα της σχέσης του περιβάλλοντος με τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Συγκεκριμένα, τα επιφανειακά ύδατα, παρά τη σημασία τους, αποτελούν μόλις ένα πολύ μικρό ποσοστό, περίπου 0,5%, των χρήσεων γης σε αυτό το διαμέρισμα. Ενδεικτική είναι επίσης η αντιστοιχία της αστικής χρήσης, που ανέρχεται στο 1,6%, δηλώνοντας την παρουσία των αστικών κέντρων στην περιοχή. Η κύρια πρακτική που κυριαρχεί είναι η γεωργία, η οποία απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της γης με ποσοστό περίπου 49,5%. Αυτό αντικατοπτρίζει την αγροτική φύση της περιοχής και την σημασία της γεωργίας για την τοπική οικονομία. Είναι προφανές ότι η γεωργία συμβάλλει ουσιαστικά στη διαμόρφωση του τοπίου και της γεωγραφικής εικόνας της περιοχής. Ταυτόχρονα, το φυσικό περιβάλλον διατηρεί τον αξιόλογο ρόλο του με ποσοστό περίπου 48% των χρήσεων γης. Αυτό αντανακλά την σημασία της διατήρησης της φυσικής ομορφιάς, των υγροτόπων, της βιοποικιλότητας και της οικολογικής ισορροπίας της περιοχής. Η διασφάλιση της αειφορίας

και η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος πρέπει να είναι στο επίκεντρο των προσπαθειών για τη βιώσιμη ανάπτυξη της περιοχής (Νικολόπουλος, 2015).

Με στοιχεία του 1988 η άρδευση στις παρόχθιες καλλιέργειες γινόταν μέσω του Πηνειού με μικρά ιδιωτικά αντλητικά συγκροτήματα από τα οποία ο αριθμός των απολήψεων δεν είναι ακριβής διότι τότε δεν υπήρχαν οργανωμένα δίκτυα ώστε να εξαχθούν δεδομένα. Με βάση των αδειών που είχαν χορηγηθεί τα τελευταία 15 χρόνια ο αριθμός απολήψεων υπολογίστηκε στις 10.000 στρέμματα με επιφανειακές μεθόδους. Καθώς και κατάντη της Λάρισας υπήρχαν πέντε αντλητικά συγκροτήματα για άρδευση του δικτύου Πλατυκάμπου (Ξανθόπουλος, 1988). Με πρόσφατα στοιχεία, στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας υπάρχουν συλλογικά αρδευτικά δίκτυα τα οποία λαμβάνουν νερό και από επιφανειακά υδάτινα σώματα. Στον νομό Λάρισας η αρδεύσιμη έκταση ανέρχεται στα 319.466 στρέμματα από τα οποία τα 129.629 στρέμματα αρδεύονται από επιφανειακά νερά ενώ τα υπόλοιπα από φράγματα και γεωτρήσεις (Νικολόπουλος, 2015).

Η ύδρευση, στην Λάρισα συγκεκριμένα, μέχρι και το 1986 πραγματοποιούταν αποκλειστικά από τον Πηνειό ποταμό. Ύστερα από έναν χρόνο η ύδρευση πραγματοποιούταν κατά το ήμισυ από γεωτρήσεις ενώ το 1988 οι γεωτρήσεις αντικατέστησαν το ποτάμι στην ύδρευση κατά 80% (Ξανθόπουλος, 1988). Η ανάγκη για εύρεση διαφορετικής πηγής νερού προέκυψε από την συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση, την επέκταση των καλλιεργειών αλλά και από την ρύπανση του ποταμού από φυτοφάρμακα (Σαμαντζή, 2013). Η χρήση των γεωτρήσεων ως πηγή ύδρευσης από το 1990 συνεχίζεται έως και σήμερα στο 100% τόσο στον νομό Λάρισας όσο και γενικότερα στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας εκτός από τον νομό Καρδίτσας όπου γίνεται χρήση των ταμιευτήρων Πλαστήρα και Σμοκόβου (Νικολόπουλος, 2015; Σαμαντζή, 2013).

Στην λεκάνη απορροής του Πηνειού δραστηριοποιείται το 83,7% της εσταυλισμένης κτηνοτροφίας, η οποία κατά κύριο λόγο χρησιμοποιεί ως πηγή νερού οργανωμένα υδρευτικά δίκτυα για τα βοοειδή, πουλερικά και χοριοειδή. Τα ελεύθερης βοσκής αντιθέτως όπως είναι τα προβατοειδή κα οι αίγες έχουν ως πηγή νερού φυσικές πηγές. Στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας εκτρέφονται περίπου 4.3 εκατομμύρια ζώα που χρειάζονται και τον ανάλογο όγκο νερού, από αυτά στην Λάρισα εκτρέφονται περίπου το 1,5 εκατομμύριο (Νικολόπουλος, 2015).

Τέλος, η περισσότερη βιομηχανική δραστηριότητα είναι συγκεντρωμένη στη Λάρισα και στη Μαγνησία, κυρίως για τις μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Ένα ποσοστό 40% βρίσκεται εντός των βιομηχανικών περιοχών (ΒΙΠΕ) ενώ το υπόλοιπο 60% βρίσκεται εκτός ΒΙΠΕ στους καλλικρατικούς δήμους. Περίπου το 64% της βιομηχανικής δραστηριότητας πραγματοποιείται στην λεκάνη απορροής του Πηνειού και αφορά κυρίως βιομηχανίες μεταποίησης αγροτικών προϊόντων. Οι βιομηχανίες έχουν ανάγκη από νερό τόσο επεξεργασμένο όσο και χωρίς επεξεργασία που μπορούν να λάβουν από επιφανειακά και υπόγεια νερά (Νικολόπουλος, 2015).

1.4.3. Επιπτώσεις από ανθρώπινη δραστηριότητα

Η μεγάλη ανάπτυξη της Θεσσαλίας και συγκεκριμένα της Λάρισας, έφερε και μεγάλες αλλαγές μέσω του πολεοδομικού σχεδιασμού, την δημιουργία νέων δρόμων, γεφυρών και την επέκταση των καλλιεργειών. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες για την υλοποίηση αυτών των έργων αλλά και η επέκταση της πόλης επέφεραν αρνητικές επιδράσεις στο φυσικό τοπίο του Πηνειού και στην ποιότητα των υδάτων του. Ο ποταμός Πηνειός στη Θεσσαλία είναι ένας ζωτικός υδάτινος πόρος που υποστηρίζει διάφορα οικοσυστήματα και ανθρώπινες δραστηριότητες. Ωστόσο, οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν ασκήσει σημαντικές πιέσεις στην ποιότητα του νερού του ποταμού. Αυτό το κεφάλαιο διερευνά τις επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της γεωργίας, της αστικοποίησης και άλλων παραγόντων, στην ποιότητα του νερού του Πηνειού ποταμού (Γούλα, 2021). Αρκετές μελέτες έχουν αξιολογήσει την ποιότητα του νερού του Πηνειού ποταμού χρησιμοποιώντας φυσικοχημικές και βιολογικές παραμέτρους. Οι μελέτες αυτές έχουν αποκαλύψει σημαντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Η λεκάνη απορροής του Πηνειού ποταμού είναι γνωστή για τη γεωργική της παραγωγικότητα, αλλά συμβάλλει επίσης στην υποβάθμιση της ποιότητας του νερού. Οι εντατικές γεωργικές πρακτικές, συμπεριλαμβανομένης της υπερβολικής χρήσης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, έχουν οδηγήσει στη μόλυνση του ποταμού με θρεπτικά συστατικά και αγροχημικά. Η απορροή από τα γεωργικά χωράφια μεταφέρει αυτούς τους ρύπους, υποβαθμίζοντας την ποιότητα των υδάτων και προκαλώντας ευτροφικά φαινόμενα. Ακόμη η ραγδαία αστικοποίηση στην περιοχή έχει εισαγάγει διάφορους ρύπους στον Πηνειό ποταμό. Η απόρριψη ανεπεξέργαστων ή ανεπαρκώς επεξεργασμένων λυμάτων και βιομηχανικών λυμάτων συμβάλλει σε υψηλά επίπεδα οργανικής ύλης, θρεπτικών ουσιών και παθογόνων στον ποταμό. Οι ρύποι αυτοί υποβαθμίζουν την ποιότητα των υδάτων και θέτουν σε κίνδυνο τόσο τα υδάτινα οικοσυστήματα όσο και τη δημόσια υγεία (Γούλα, 2021). Η κλιματική αλλαγή παίζει επίσης ρόλο στην ποιότητα των υδάτων του Πηνειού ποταμού. Τα μεταβαλλόμενα πρότυπα βροχόπτωσης και οι αυξημένες θερμοκρασίες μπορούν να επηρεάσουν τη διαθεσιμότητα νερού και το καθεστώς ροής του ποταμού. Οι αλλαγές στα πρότυπα ροής επηρεάζουν την ποιότητα του νερού μεταβάλλοντας τις ικανότητες αραίωσης και τις συγκεντρώσεις ρύπων στον ποταμό (Mimikou & Baltas, 2013).

Οι συνδυασμένες επιπτώσεις των πολλαπλών ανθρώπινων δραστηριοτήτων επιδεινώνουν τα προβλήματα ποιότητας του νερού στον Πηνειό ποταμό. Ο εμπλουτισμός με θρεπτικά συστατικά από τη γεωργία, σε συνδυασμό με την εισροή οργανικής ύλης από αστικές πηγές, εντείνουν τις διαδικασίες ευτροφισμού. Αυτές οι σωρευτικές επιπτώσεις μπορούν να οδηγήσουν σε ανθίσεις φυκιών, εξάντληση οξυγόνου και συνολική οικολογική υποβάθμιση.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της γεωργίας, της αστικοποίησης και της κλιματικής αλλαγής, έχουν επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα του νερού του Πηνειού ποταμού στη Θεσσαλία. Τα υπερβολικά φορτία θρεπτικών ουσιών, οι ρύποι από αστικές πηγές και τα αλλοιωμένα υδρολογικά πρότυπα συμβάλλουν στην υποβάθμιση της

ποιότητας των υδάτων. Η κατανόηση αυτών των επιπτώσεων είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη αποτελεσματικών στρατηγικών διαχείρισης για τον μετριασμό της ρύπανσης και τη διατήρηση της υγείας του οικοσυστήματος του ποταμού Πηνειού.

1.5. Περιπτώσεις ρυπασμένων ποταμών

Η ρύπανση των υδάτων δεν αποτελεί μεμονωμένο φαινόμενο αλλά πλήττει όλα τα υδάτινα σώματα του πλανήτη. Από την Ευρώπη μέχρι την Ασία και την Αμερική τα ρυπασμένα ποτάμια αποτελούν ένα κοινό πρόβλημα που καλείται να αντιμετωπιστεί. Το ζήτημα της ρύπανσης των ποταμών έχει διεθνή διάσταση και απαιτεί συνεργασία μεταξύ χωρών και οργανισμών για να επιτευχθούν αποτελεσματικές λύσεις.

Μερικές περιπτώσεις ρυπασμένων ποταμών ανά τον κόσμο αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα, όπως είναι στην Ασία, ο ποταμός Γάγγης που αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα ρύπανσης από βιομηχανικά απόβλητα, γεωργικά φάρμακα και απόβλητα που εκπέμπονται από τις πόλεις και στην Ευρώπη, ο Δούναβης ο οποίος έχει επίσης αντιμετωπίσει προβλήματα με τη ρύπανση, ειδικά από βιομηχανικές δραστηριότητες και γεωργική χρήση.

Οι παραπάνω περιπτώσεις αποτελούν μόνο μια επιλογή από τα πολλά παραδείγματα ρυπασμένων ποταμών που υπάρχουν παγκοσμίως. Ο αυξανόμενος πληθυσμός, η βιομηχανική ανάπτυξη και η αλόγιστη χρήση των πόρων έχουν συμβάλλει στην επιδείνωση της κατάστασης. Είναι κρίσιμο να αναληφθούν συλλογικές προσπάθειες για την προστασία των υδάτινων πόρων και τη μείωση της ρύπανσης, προωθώντας βιώσιμες πρακτικές και επενδύοντας σε τεχνολογίες που προάγουν την βιωσιμότητα και την αειφορία.

1.5.1. Γάγγης Ποταμός (Ganga river), Ινδία

***Εικόνα 5**. Γάγγης Ποταμός, Ινδία (Alley, 1994)*

Ο Γάγγης ποταμός της Ινδίας είναι από τους σπουδαιότερους της χώρας. Πηγάζει από την οροσειρά των Ιμαλαίων και εκβάλει στον Κόλπο της Βεγγάλης δημιουργώντας ένα από τα μεγαλύτερα δέλτα. Ο ποταμός πιστεύεται να είναι ιερός με ικανότητες απαλοιφής των αμαρτιών των ανθρώπων. Οι πιέσεις που λαμβάνει από τις δραστηριότητες των ανθρώπων όμως πλέον τον καθιστούν κίνδυνο στην υγεία τους. (Chakraborty et al., 2021; Maji & Chaudhary, 2019).

Ο Γάγγης ρυπαίνεται κυρίως από τοξικά νοσοκομειακά λύματα, ανεπεξέργαστα αστικά

λύματα, πλαστικά απορρίμματα, φυτοφάρμακα και εντομοκτόνα ενώ παράλληλα δεν πραγματοποιείται απολύμανση και ορθή εξαγωγή των υδάτων για άρδευση και ύδρευση (Maji & Chaudhary, 2019). Στο σημείο του ποταμού όπου βρίσκεται η ιερή πόλη Deoghar, τα νερά του ρυπαίνονται από μια χρωματισμένη σκόνη (sindur) που χρησιμοποιείται για θρησκευτικούς και πολιτιστικούς σκοπούς και από προσκυνητές οι οποίοι πλένονται με τα νερά του (Swaroopa et al., 2016).

Κάνοντας αναφορά στις έρευνες των παραπάνω επιστημόνων, λήφθηκαν δείγματα από ποικίλα μέρη του ποταμού, στα οποία διεξήχθησαν φυσικοχημικές αναλύσεις, βιολογικές αναλύσεις και αναλύσεις ως προς την ύπαρξη πλαστικοποιητών (PAEs, BPA). Οι τρείς έρευνες στο σύνολο τους έφθασαν στο ίδιο συμπέρασμα, πως αρκετοί φυσικοχημικοί και βιολογικοί παράγοντες υπέρβαιναν τα φυσιολογικά όρια καθώς και ότι υπάρχουν πλαστικοποιητές στα ύδατα. Πιο συγκεκριμένα, πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια ήταν τα νιτρικά, το BOD, το COD, τα φωσφορικά και τα θειικά με βάση την Ινδική τυπική προδιαγραφή για το πόσιμο νερό (Indian Standard Specification for drinking water,ISSI) και οι πλαστικοποιητές έδειξαν ποικίλες τιμές (Chakraborty et al., 2021; Maji & Chaudhary, 2019; Swaroopa et al., 2016).

Η κακή ποιότητα του νερού του ποταμού Γάγγη έχει σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, καθώς χρησιμεύει ως κύρια πηγή πόσιμου νερού για εκατομμύρια ανθρώπους που κατοικούν στις όχθες του. Η παρουσία βαρέων μετάλλων, πλαστικοποιητών, δισφαινόλης Α και καφεΐνης εγείρει ανησυχίες σχετικά με πιθανούς κινδύνους για την υγεία. Τα βαρέα μέταλλα όπως ο μόλυβδος, ο υδράργυρος και το αρσενικό μπορούν να προκαλέσουν χρόνια προβλήματα υγείας, συμπεριλαμβανομένων νευρολογικών διαταραχών, νεφρικής βλάβης και καρκίνου. Οι πλαστικοποιητές και η δισφαινόλη Α έχουν ιδιότητες ενδοκρινικής διαταραχής και συνδέονται με ορμονικές ανισορροπίες και αναπαραγωγικά προβλήματα. Η παρουσία καφεΐνης, ενός διεγερτικού, μπορεί να οδηγήσει σε υδατογενείς ασθένειες και να συμβάλει σε θέματα υγείας που σχετίζονται με το νερό. Επιπλέον, η οιστρογονική δραστηριότητα που παρατηρείται στα δείγματα νερού μπορεί δυνητικά να επηρεάσει τα ενδοκρινικά συστήματα των ανθρώπων, προκαλώντας ορμονικές ανισορροπίες και αναπαραγωγικές διαταραχές. Η παρατεταμένη έκθεση σε τέτοιες ενώσεις μπορεί να έχει σωρευτικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και πρέπει να αντιμετωπιστεί για τη διασφάλιση της ευημερίας των κοινοτήτων που εξαρτώνται από το νερό του ποταμού (Chakraborty et al., 2021; Maji & Chaudhary, 2019).

Το οικοσύστημα του ποταμού Γάγγη αντιμετωπίζει επίσης σημαντικές προκλήσεις λόγω της επιδείνωσης της ποιότητας των υδάτων. Η παρουσία πλαστικοποιητών και δισφαινόλης Α μπορεί να οδηγήσει σε βιοσυσσώρευση σε υδρόβιους οργανισμούς, διαταράσσοντας τα ορμονικά τους συστήματα και επηρεάζοντας την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή τους. Τα στεροειδή και άλλα φαρμακευτικά προϊόντα που εισέρχονται στον ποταμό μπορούν να έχουν παρόμοιες επιπτώσεις στην υδρόβια ζωή. Επιπλέον, η εισαγωγή περίσσειας θρεπτικών ουσιών όπως το άζωτο και ο φώσφορος από τη γεωργική απορροή μπορεί να προκαλέσει ευτροφισμό, οδηγώντας σε ανθίσεις φυκιών και εξάντληση οξυγόνου στο νερό.

Αυτό επηρεάζει αρνητικά τα ψάρια και άλλα υδρόβια είδη, οδηγώντας σε μειωμένη βιοποικιλότητα και πιθανές απώλειες αλιείας, γεγονός που με τη σειρά του επηρεάζει τα μέσα διαβίωσης των τοπικών κοινοτήτων που εξαρτώνται από τους πόρους του ποταμού. Επιπλέον, η απόρριψη ανεπεξέργαστων λυμάτων και βιομηχανικών λυμάτων εισάγει υψηλά οργανικά φορτία στο νερό, οδηγώντας σε μειωμένα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου και υποβάθμιση της ποιότητας του νερού. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα το θάνατο υδρόβιων οργανισμών και την αλλοίωση των υδρόβιων οικοτόπων (Chakraborty et al., 2021; Maji & Chaudhary, 2019).

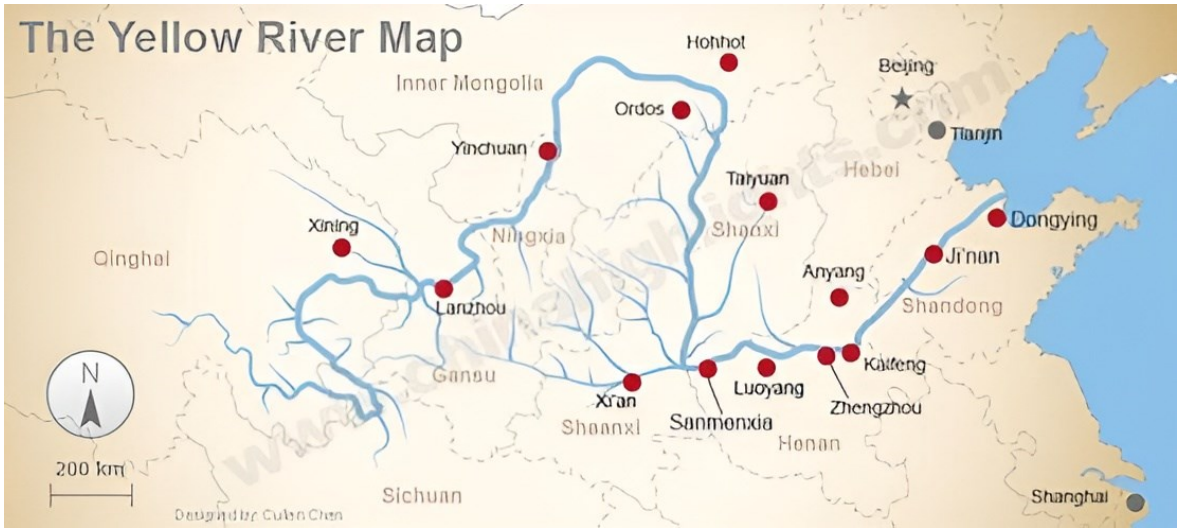
Συμπερασματικά, ο ποταμός σε σημεία φαίνεται να πάσχει κυρίως από το φαινόμενο του ευτροφισμού, τα ύδατα του δεν είναι αξιοποιήσιμα για πόση και ύδρευση και η ύπαρξη πλαστικοποιητών έχει επιπτώσεις τόσο στον άνθρωπο όσο και στην άγρια ζωή. Τέλος, η περισσότερη ρύπανση πραγματοποιείται λόγω τον ανεπεξέργαστων βιομηχανικών και αστικών λυμάτων που απορρέονται στον Γάγγη ποταμό, από τον οποίον εκατομμύρια άνθρωποι εξαρτώνται.

1.5.2. Κίτρινος Ποταμός (Yellow River), Κίνα

Ο Κίτρινος ποταμός της Κίνας αποτελεί τον δεύτερο μεγαλύτερο της χώρας και έκτο μεγαλύτερο παγκοσμίως. Πηγάζει από το Θηβετιανό οροπέδιο και εκβάλλει στον Κόλπο του Μποχάι με τουλάχιστον 110 εκατομμύρια ανθρώπους να κατοικούν δίπλα του και πολλά στρέμματα να καλλιεργούνται κοντά σε αυτόν, με αποτέλεσμα να κατέχει τεράστια ιστορική, πολιτιστική και οικονομική σημασία (Shiau et al., 2007).

Η ποιότητα των υδάτων του φαίνεται να επιδεινώνεται με τα χρόνια κυρίως λόγω της εντατικής ανάπτυξης της οικονομίας και τις όλο αυξανόμενες απορρίψεις λυμάτων σε αυτά συναρτήσει με την μείωση της ροής τους. Το 2017 οι απορρίψεις λυμάτων υπολογίστηκαν στα 44,94 εκ. σε σύγκριση με το 1980 όπου ήταν 21,7 εκ. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του 1998 από την παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων σχεδόν το 62% των παραπόταμων ήταν κατώτερης ποιότητας ύδατα και το 2017 το ποσοστό έφτασε στο 78% (Zhao et al., 2020).

Σύμφωνα με έρευνα, όπου λήφθηκαν δείγματα από τον Κίτρινο ποταμό και τους παραποτάμους του για τον έλεγχο της ποιότητας των υδάτων του, γίνεται αναφορά στις φυσικοχημικές αναλύσεις που διεξήχθησαν όπως των αιωρούμενων στερεών (SS), του συνολικού φωσφόρου (TP), του ολικού αζώτου (TN), του αζώτου αμμωνίας (NH_3-N), του νιτρικού αζώτου (NO_3-N), του ολικού άνθρακα (TC), του ολικού οργανικού άνθρακα (TOC), του συνολικού ανόργανου άνθρακα (TIC), του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου πέντε ημερών (BOD5), του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD) και των πτητικών φαινόλων (VP). Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η ποιότητα των υδάτων χειροτέρευε κατάντη των παραποτάμων στο μέσο και κάτω μέρος του ποταμού και οι περισσότερη παραπόταμοι είχαν κακή ποιότητα στο σύνολο τους (Zhao et al., 2020).



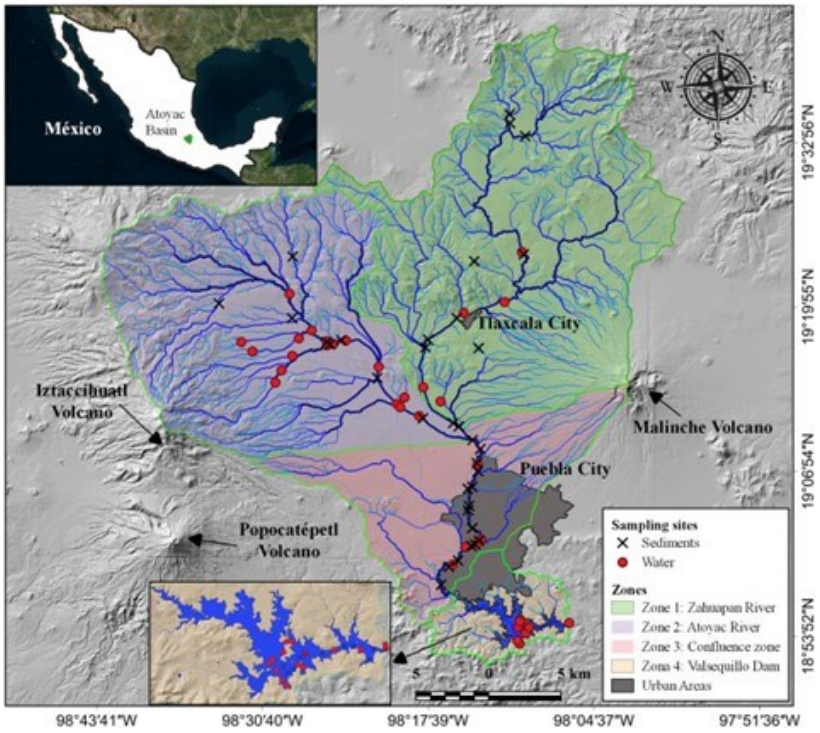
Εικόνα 6. *Χάρτης του Κίτρινου Ποταμού (maps China).*

Με βάση άλλη έρευνα για την ύπαρξη φθαλικών εστέρων στον Κίτρινο ποταμό, όπου πάλι λήφθηκαν δείγματα από διάφορα μέρη του, τα αποτελέσματα έδειξαν πως περισσότερη συγκέντρωση φθαλικών εστέρων υπήρχε στο κύριο τμήμα του ποταμού το οποίο τείνει να οφείλεται στην απόρριψη πλαστικών απορριμμάτων από τουρίστες λόγω της ύπαρξης φράγματος αλλά και ρύπανσης στο πάνω μέρος του ποταμού. Γενικά παρουσιάστηκαν 5 τύποι φθαλικών εστέρων σε όλα τα δείγματα από τους οποίους την μεγαλύτερη συγκέντρωση σε όλα είχε ο δις(2-αιθυλεξυλ) φθαλικός εστέρας (DEHP) που αποτελεί και τον πιο κοινό (Sha et al., 2007).

Ο Κίτρινος Ποταμός, κάποτε σύμβολο ευημερίας και πολιτισμού, αντιμετωπίζει τώρα σημαντικές προκλήσεις λόγω της ρύπανσης των υδάτων και της υποβάθμισης της ποιότητας του νερού. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένων των βιομηχανικών απορρίψεων, της γεωργικής απορροής και των ανεπεξέργαστων οικιακών αποβλήτων, έχουν οδηγήσει σε σοβαρή υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων του ποταμού. Οι δυσμενείς επιπτώσεις αυτής της κακής ποιότητας του νερού γίνονται αισθητές τόσο στους ανθρώπινους πληθυσμούς που βασίζονται στον ποταμό για διάφορους σκοπούς όσο και στο ευαίσθητο οικοσύστημα του ποταμού. Η αντιμετώπιση των ζητημάτων ποιότητας των υδάτων του Κίτρινου Ποταμού απαιτεί μια πολύπλευρη προσέγγιση που περιλαμβάνει αυστηρά μέτρα ελέγχου της ρύπανσης, βελτιωμένη επεξεργασία λυμάτων, βιώσιμες γεωργικές πρακτικές και ευαισθητοποίηση και συμμετοχή του κοινού. Καταβάλλοντας συντονισμένες προσπάθειες για τη διατήρηση και την αποκατάσταση της ποιότητας των υδάτων του Κίτρινου Ποταμού, η Κίνα μπορεί να διαφυλάξει αυτόν τον ζωτικό φυσικό πόρο και να εξασφαλίσει ένα βιώσιμο μέλλον για τις κοινότητες και τα οικοσυστήματα που εξαρτώνται από αυτόν.

1.5.3. Atoyac Ποταμός, Μεξικό

Ο Atoyac ποταμός του Μεξικού διατρέχει το Κεντρικό Μεξικό και αποτελεί λεκάνη απορροής του ποταμού Balsas, ο οποίος εκβάλλει στον Ειρηνικό Ωκεανό, πηγάζει από το λιώσιμο των πάγων στην κορυφή του ηφαιστείου Iztaccihuatl και εκβάλλει στο φράγμα Valsequillo. Στον ποταμό βασίζονται περίπου τρία εκατομμύρια άνθρωποι για βιομηχανικές, γεωργικές και οικιστικές δραστηριότητες (Martinez-Tavera et al., 2017; Mora et al., 2021).



***Εικόνα** 7. Atoyac Ποταμός (Mora et al., 2021).*

Χαρακτηρίζεται ως ο δεύτερος πιο ρυπασμένος ποταμός του Μεξικού που δεκαετίες τώρα δέχεται πιέσεις από ανθρωπογενείς δραστηριότητες διατρέχοντας την τέταρτη κατά σειρά πολυπληθής πόλη της χώρας. Το πάνω μέρος του ποταμού ρυπαίνεται κυρίως από επιβλαβείς ουσίες όπως πτητικές οργανικές ενώσεις και βαρέα μέταλλα, χαμηλής επεξεργασίας αστικά λύματα, φυτοφάρμακα, εντομοκτόνα και ρύπανση από την εκβολή άλλων ποταμών σε αυτόν. Έπειτα το υπόλοιπο μέρος του ποταμού που διατρέχει την πόλη ρυπαίνεται από διαφόρων ειδών λύματα από βιομηχανίες όπως φαρμακευτικές, τροφής, αυτοκινήτων και κλωστοϋφαντουργίας (Mora et al., 2021; Vázquez -Tapia et al., 2022; Rivera et al., 2022; Castresana, 2018). Έρευνες που έχουν διεξαχθεί για τα ύδατα του ποταμού με αναλύσεις στα φυσικοχημικά του χαρακτηριστικά και στην ύπαρξη πλαστικοποιητών ομόφωνα καταλήγουν στα εξής συμπεράσματα:

Τα ύδατα του ποταμού χαρακτηρίζονται ως υψηλά ρυπασμένα, υπάρχουν υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων όπως είναι το αλουμίνιο, ο χαλκός, το χρώμιο και ο ψευδάργυρος καθώς και υψηλές συγκεντρώσεις φυτοφαρμάκων, η ποιότητα των υδάτων δεν συνάδει με τα πρότυπα προστασίας της υδρόβιας ζωής και τα πρότυπα άρδευσης και υπάρχουν πλαστικοποιητές οι οποίοι μπορούν να προκαλέσουν ποικίλα προβλήματα υγείας, εμφάνιση έκαναν και οι φθαλικοί εστέρες αλλά σε μικρότερες συγκεντρώσεις άρα η κύρια ρύπανση δεν προκαλείται από αυτούς. Προβλήματα υγείας υποπτεύεται να έχουν προκληθεί από τη χρήση και πόση του νερού σε ενήλικους και παιδιά όπως γαστρεντερικές ασθένειες και υψηλή επικινδυνότητα εμφάνισης καρκίνου (Mora et al., 2021; Vázquez -Tapia et al., 2022; Rivera et al., 2022; Castresana, 2018).

Η ρύπανση του ποταμού Atoyac είναι ένα πιεστικό περιβαλλοντικό ζήτημα που απαιτεί άμεση προσοχή και συνεργατικές προσπάθειες από τους ενδιαφερόμενους φορείς σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο. Μέσω μιας ολοκληρωμένης ανασκόπησης επιστημονικών μελετών, αναδείχθηκε η σοβαρότητα των προβλημάτων ποιότητας των υδάτων στον ποταμό Atoyac και εντοπίστηκαν οι πιθανές αιτίες και συνέπειες. Με την εφαρμογή βιώσιμων λύσεων, είναι δυνατή η αποκατάσταση της υγείας του ποταμού, η διασφάλιση της ανθρώπινης ευημερίας και η διατήρηση της φυσικής κληρονομιάς της περιοχής για τις μελλοντικές γενιές.

1.5.4. Δούναβης Ποταμός (Danube River), Χώρες της Ευρώπης

Ο Δούναβης είναι ο δεύτερος μακρύτερος ποταμός της Ευρώπης και διατρέχει πολλές χώρες της ηπείρου, όπως είναι η Γαλλία, η Σερβία, η Ρουμανία και η Σλοβακία. Πηγάζει από τον Μέλα Δρυμό της Γερμανίας και εκβάλλει στην Μαύρη Θάλασσα στη Ρουμανία. Σε αυτόν στηρίζονται περίπου 83 εκατομμύρια άνθρωποι και είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την κοινωνική, οικονομική και πολιτιστική ζωή της Ευρώπης. Η διαχείριση των υδάτων του ξεκίνησε από το 1998 με τη Διεθνή Επιτροπή για την προστασία του Δούναβη (International Commission for the Protection of the Danube River) όπου σχεδιάστηκε ένα πλάνο διαχείρισης με βάση την Οδηγία πλαισίου για το νερό της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU Water Framework Diractive) (Hamuda & Patko, 2012; Mănoiu & Crăciun, 2021).

Η ρύπανση του ποταμού ξεκίνησε από τη δεκαετία του 60΄ με τις βιομηχανικές δραστηριότητες των χωρών, την κατασκευή φραγμάτων, ταμιευτήρων και υδροηλεκτρικών σταθμών, την απορροή νιτρικών και φωσφορικών που αυξάνονταν ανά τις δεκαετίες και τις γεωργικές δραστηριότητες (Mănoiu & Crăciun, 2021). Λόγω του ότι ο ποταμός επηρεάζεται από πολλές χώρες, ποικίλες έχουν διεξάγει την δική τους έρευνα για την ρύπανση του Δούναβη όσο και για την ύπαρξη φθαλικών σε αυτόν. Τα αποτελέσματα από επιλεγμένες έρευνες είναι γενικά παρόμοια μεταξύ τους και θα αναφερθούν στην συνέχεια.

Εικόνα 8. *Δούναβης Ποταμός (Mănoiu & Crăciun, 2021).*

Στο άνω μέρος του ποταμού που αφορά την Γερμανία, την Αυστρία και την Σλοβακία τα ύδατα βρίσκονται σε κίνδυνο για ευτροφισμό λόγω της υψηλής διαθεσιμότητας αζώτου, των γεωργικών στραγγισμάτων και διαδικασιών διάβρωσης (Mănoiu & Crăciun, 2021). Για την ύπαρξη φθαλικών έχουν παρθεί πληροφορίες για την περιοχή της Γερμανίας από την έρευνα των Nagorka και Koschorreck το 2020, μερικοί φθαλικοί εστέρες που ερευνήθηκαν είναι οι φθαλικός διμεθυλεστέρας (DMP), φθαλικός διαιθυλεστέρας (DEP), φθαλικός διαλλυλεστέρας (DAP), φθαλικός δι(2-μεθοξυαιθυλεστέρας) (DMEP), φθαλικός βενζυλ βουτυλεστέρας (BBP), φθαλικός διισοβουτυλεστέρας (DIBP), φθαλικός δι-η-βουτυλεστέρας (DnBP), φθαλικός δις(2-βουτοξυαιθυλεστέρας) (DBEP), φθαλικός διπεντυλεστέρας (PPP), φθαλικός δικυκλοεξυλεστέρας (DcHP), φθαλικός διεξυλεστέρας (DHP), φθαλικός διεπτυλεστέρας (DHpP), DEHP, φθαλικός διϊσονονυλεστέρα (DINP), φθαλικός διισοδεκυλεστέρας (DIDP) και φθαλικός δι(2-προπυλεπτυλεστέρας) (DPHP).

Στα δείγματα βρέθηκαν διάφορες συγκεντρώσεις πλαστικοποιητών στον ποταμό και σε μια συγκριτική έρευνα που έγινε βρέθηκε ότι για την ίδια συνολική συγκέντρωση πλαστικοποιητών ανιχνεύθηκαν περισσότερες ενώσεις στα δείγματα των τελευταίων ετών, αυτό εξηγείται λόγω της χρήσης εναλλακτικών πλαστικοποιητών από τους DEHP, DINP, DIDP που παλιότερα αποτελούσαν το 80% των χρησιμοποιούμενων πλαστικοποιητών.

Μια ακόμη αξιοσημείωτη αναφορά να γίνει και στην ύπαρξη φθαλικών εστέρων στο σημείο του Δούναβη που βρίσκεται στη Σερβία, συγκεκριμένα στην περιοχή Novi Sad. Σε όλα τα δείγματα εντοπίστηκαν οι DEHP και 4-(1,1,3,3-τετραμεθυλβουτυλ)-φαινόλη και με αναλύσεις σε λύματα της περιοχής έδειξαν πως η ύπαρξη των φθαλικών οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Φυσικά, τα ύδατα της περιοχής παρατηρήθηκαν και με

φυσικοχημική ρύπανση και οι άνθρωποι της περιοχής βασίζονται σε αυτά τα ύδατα για ύδρευση (Kovacevic et al., 2013; Miloradov et al., 2014).

Στην Βουδαπέστη όπου διατρέχεται το μέσο του Δούναβη η έρευνα των Hamuda & Patko το 2012 πραγματοποιήθηκε με την λήψη δειγμάτων τον Ιούνιου του 1998, του 2005 και του 2010. Τα αποτελέσματα έδειξαν την μείωση στη συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων από το 1998 μέχρι το 2010 όπως και των νιτρικών και φωσφορικών και οι μετρήσεις BOD και COD ήταν παρόμοιες για όλες τις χρονικές περιόδους. Γενικότερα, ο Δούναβης φαίνεται να πάσχει από το φαινόμενο του ευτροφισμού και σε διάφορα σημεία του παρουσιάζεται οργανική ρύπανση. Συμπερασματικά, παρότι ανά τα χρόνια υπάρχουν διαφορές στις τιμές των φυσικοχημικών παραγόντων, η ρύπανση του ποταμού εξακολουθεί να υπάρχει.

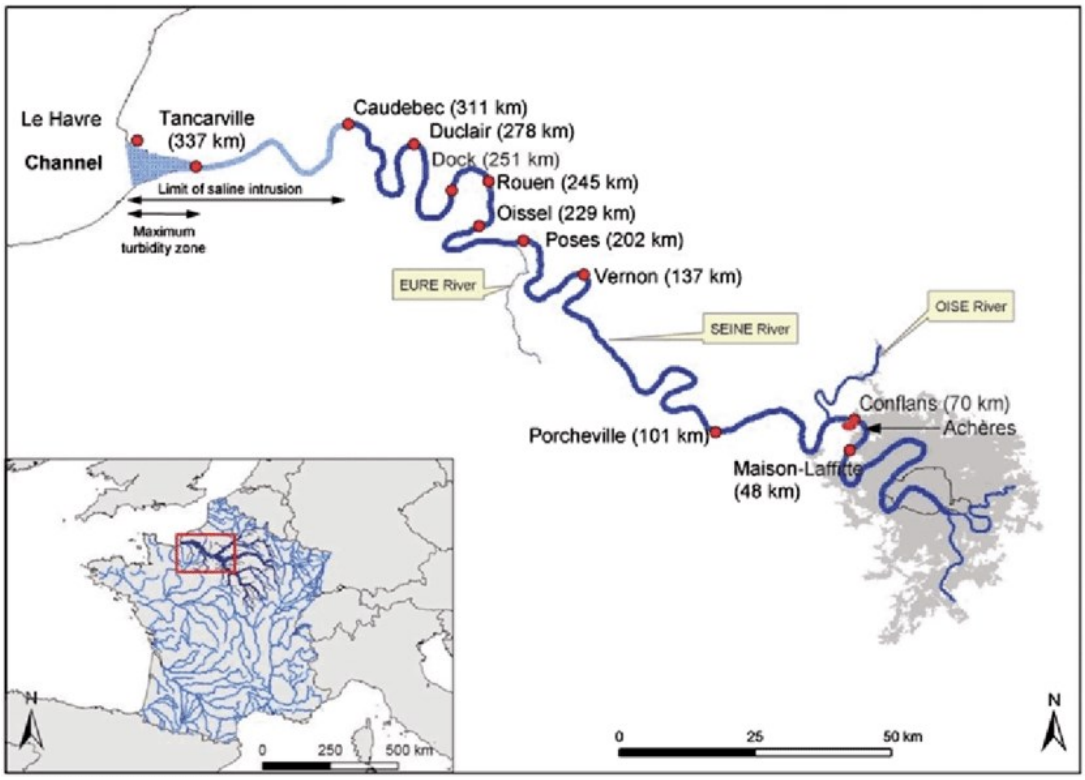
Όσον αφορά την φυσικοχημική ρύπανση του ποταμού στην Ρουμανία όπου βρίσκονται και οι εκβολές του τα αποτελέσματα έδειξαν πως εκεί η ρύπανση ήταν σημαντικότερη συγκριτικά με τα υπόλοιπα μέρη του ποταμού. Η ρύπανση οφειλόταν κυρίως στην γεωργία, την βιομηχανία, τις αστικές δραστηριότητες και απορροές από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Πολλοί παράγοντες ξεπερνούσαν τα αποδεκτά όρια τους κυρίως στους καλοκαιρινούς μήνες, για παράδειγμα το BOD, το COD και τα νιτρικά. Γενικά, στα δείγματα που λήφθηκαν σε σημεία όπου λαμβάνουν χώρα γεωργικές και βιομηχανικές δραστηριότητες η ποιότητα των υδάτων ήταν χαμηλότερη. Επίσης, τα ύδατα επηρεάζονται από απορροές παραποτάμων που εκβάλουν στον Δούναβη (Calmuc et al., 2020; Mănoiu & Crăciun, 2021) .

Εν κατακλείδι, τα ύδατα του Δούναβη χαρακτηρίζονται από μέτρια και υψηλή ρύπανση σε σημεία, έχουν ή βρίσκονται σε κίνδυνο να μετατραπούν ευτροφικά και σε αυτά υπάρχουν ποικίλες ενώσεις φθαλικών εστέρων. Η ρύπανση των υδάτων του προέρχεται από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων βιομηχανικών εκβολών, αγροτικής δραστηριότητας και οικιακών αποβλήτων. Η ανεξέλεγκτη απόρριψη χημικών ουσιών συμβάλλει στην παρουσία ποικίλων ενώσεων φθαλικών εστέρων, τα οποία μπορούν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων και των οικοσυστημάτων. Ο κίνδυνος ευτροφισμού αποτελεί σοβαρή ανησυχία για τα ύδατα του Δούναβη. Η υψηλή περιεκτικότητα θρεπτικών ουσιών, όπως αζώτο και φώσφορο, προάγει την άνθηση των φυτών και των φυκών στα ύδατα, δημιουργώντας μάζες φυτοπλαγκτονικών οργανισμών. Αυτό οδηγεί στην απόκτηση υψηλής πυκνότητας φυτοπλαγκτονικών, που αναγκάζουν τα υπόλοιπα είδη να ανταγωνίζονται για τους περιορισμένους πόρους. Ως αποτέλεσμα, η βιοποικιλότητα μειώνεται, και η ισορροπία του οικοσυστήματος διαταράσσεται.

1.5.5. Σηκουάνας Ποταμός (Seine River), Γαλλία

Ο Σηκουάνας Ποταμός, ένας από τους κυριότερους ποταμούς της Βορειοανατολικής Γαλλίας, αποτελεί ένα σπουδαίο ποτάμι με έντονη παρουσία σε όλη τη χώρα. Με μήκος που υπερβαίνει τα 777 χιλιόμετρα, προέρχεται από το Σουρς-Σεν (Source-Seine) και διασχίζει

διάφορες περιοχές, παρουσιάζοντας μια πληθώρα φυσικών και ανθρωπογενών καταστάσεων εκβάλλοντας στην Μάγχη. Ο ποταμός συναντά αρκετές περιοχές με έντονη βιομηχανική δραστηριότητα, η οποία αποτελεί αιτία για το αυξημένο ρυπαντικό φόρτο στα ύδατα του. Αστικές και βιομηχανικές μονάδες παράγουν σημαντικό ποσοστό των λιπαντικών, πλαστικών και αυτοκινήτων της χώρας, πιο συγκεκριμένα το 60% , το 50% και το 30% αντιστοίχως με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πίεση στο ποτάμι και τα γύρω υδάτινα οικοσυστήματα. Οι παραπόταμοι του Σηκουάνα επίσης δέχονται σημαντικές πιέσεις από διάφορες πηγές ρύπανσης, όπως βιομηχανικά, γεωργικά και αστικά λύματα. Η εκβιομηχάνιση και η ανθρώπινη δραστηριότητα επηρεάζουν την ποιότητα του νερού και απειλούν την αειφορία των υδάτων του ποταμού και των παραποτάμιων περιοχών (Dargnat et al., 2009).



Εικόνα 9. *Σηκουάνας Ποταμός (Sebilo et al., 2006).*

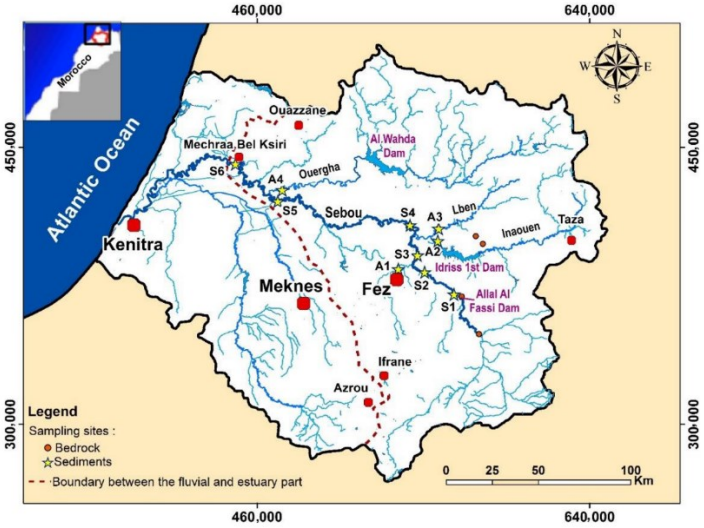
Για τον Σηκουάνα θα γίνει λόγος μόνο στην ύπαρξη φθαλικών εστέρων όπου σύμφωνα με έρευνες των Dargnat C. et al. το 2009 λήφθηκαν δείγματα από δύο σημεία του ποταμού, στην πηγή και στις εκβολές. Στην πηγή βρέθηκαν μόνο οι φθαλικές ενώσεις DEHP και DnBP. Η πηγή του Σηκουάνα χρησιμοποιείται για πόσιμο νερό στις γύρω περιοχές της. Στις εκβολές του ποταμού σε αντίθεση με την πηγή βρέθηκαν επιπλέον δύο φθαλικές ενώσεις, οι DMP και DEP. Παρατηρήθηκε σε όλα τα δείγματα πως σε μεγαλύτερη συγκέντρωση βρισκόταν ο φθαλικός εστέρας DEHP, ειδικά στο στόμιο των εκβολών του ποταμού. Οι

υψηλές του συγκεντρώσεις μπορεί να οφείλονται και από τις απορροές των αστικών περιοχών κατά τις περιόδους βροχοπτώσεων αλλά και από τις υπερχειλίσεις των υπονόμων.

Συμπερασματικά, ο ποταμός Σηκουάνας, με την πλούσια πολιτιστική κληρονομιά και την οικολογική του σημασία, αντιμετωπίζει προκλήσεις όσον αφορά την ποιότητα των υδάτων λόγω μόλυνσης από φθαλικούς εστέρες και άλλων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Κατανοώντας την έκταση του ζητήματος και εφαρμόζοντας αποτελεσματικές στρατηγικές, μπορούμε να προστατεύσουμε και να διατηρήσουμε αυτόν τον εμβληματικό ποταμό για την ευημερία τόσο του περιβάλλοντος όσο και των ανθρώπων που εξαρτώνται από αυτό.

1.5.6. Sebou Ποταμός, Μαρόκο

Ο ποταμός Sebou του Μαρόκο αποτελεί τον μεγαλύτερο ποταμό της χώρας, πηγάζει από δύο οροσειρές, τα όρη Rif και την οροσειρά Μεσαίος Άτλας (Middle Atlas) και καταλήγει στον Ατλαντικό Ωκεανό. Ένας από τους κυριότερους παραποτάμους του είναι ο Fez, στον οποίο θα γίνει αναφορά λόγω της συμβολής του στην ρύπανση του ποταμού, το όνομα του έχει παρθεί από την πόλη από την οποία διέρχεται αυτός και ο Sebou. Ο ποταμός Sebou χρησιμοποιείται για ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία και αναψυχή (Koukal et al., 2004).



Εικόνα 10. *Ποταμός Sebou (Mrissani, 2021).*

Η πόλη Fez έχει μια μεγάλη ποικιλία από βιομηχανίες οι οποίες αναπτύχθηκαν την τελευταία δεκαετία, αυτές περιλαμβάνουν τις βιομηχανίες βυρσοδεψίας, ζυθοποιίας, κλωστοϋφαντουργίας, ελαιουργεία, κονσερβοποιίες και σιδηρουργία. Ο ποταμός λαμβάνει μεγάλες ποσότητες λυμάτων από αυτές τις βιομηχανίες και τις αστικές περιοχές με την μεγαλύτερη ρύπανση να την προκαλούν οι βιομηχανίες βυρσοδεψίας. Στο Μαρόκο λιγότερο από το 20% των συνολικών λυμάτων επεξεργάζεται πριν απορριφθεί στο περιβάλλον για

αυτό και η ρύπανση φαίνεται να είναι σημαντική και μπορεί να επηρεάσει την υγεία των ανθρώπων και των οικοσυστημάτων (Koukal et al., 2004; Perrin et al., 2014).

Έρευνες που έχουν διεξαχθεί στον ποταμό και τον παραπόταμο στα φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά έδειξαν παρόμοια αποτελέσματα και επιβεβαίωσαν την συνεισφορά ρύπανσης του παραποτάμου Fez στον ποταμό Sebou. Τα ύδατα του ποταμού κοντά στην πηγή του φαίνεται να είναι σε σχετικά καλή ποιότητα παρότι το ποσοστό του διαλυμένου οξυγόνου (DO) ήταν υψηλότερο από τον μέσο όρο για την προστασία της υδάτινης ζωής, τα TSS, διαλυμένος οργανικός άνθρακάς (DOC), φωσφορικό ανιόν ($P\text{-}PO4^{3-}$) και θειικό ιόν ($SO4^{2-}$) βρίσκονταν σε χαμηλές συγκεντρώσεις συγκριτικά με άλλα σημεία του ποταμού. Σε αυτό το σημείο βρίσκεται και ο σταθμός ύδρευσης. Επίσης κοντά στην πηγή βρίσκονται και καλλιέργειες οι οποίες φαίνεται να μην επηρεάζουν ιδιαίτερα τα ύδατα. Στα σημεία του ποταμού όπου κοντά βρίσκονται βιομηχανίες εμφανίστηκε η μεγαλύτερη ρύπανση, εκεί η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου είναι μηδαμινή λόγω των μεγάλων συγκεντρώσεων οργανικής ύλης, οι συγκεντρώσεις αμμωνίας ξεπερνούν τα φυσιολογικά όρια με αποτέλεσμα να είναι πιθανή η πρόκληση τοξικότητας στα οικοσυστήματα και επιπτώσεις στην μυρωδιά και την γεύση των υδάτων και το σύνολο των διαλυμένων στερεών (TDS) ξεπερνά επίσης τα όρια όσον αφορά την πόση του νερού. Προς τις εκβολές του ποταμού τα ύδατα φαίνεται να παρουσιάζουν μία ανάκαμψη ως προς την ποιότητα τους και αυτό είναι πιθανό να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως η προσθήκη νερού από μη ρυπασμένο παραπόταμο (Koukal et al., 2004; Perrin et al., 2014).

Ως συμπέρασμα, τα ύδατα του ποταμού βρίσκονται σε μεγάλη πίεση από τα αστικά και βιομηχανικά λύματα με τη ρύπανση να έχει ήδη επηρεάσει τα υδάτινα οικοσυστήματα και να υπάρχει κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία.

Οι αστικές και βιομηχανικές δραστηριότητες ασκούν τεράστια πίεση στο ποτάμι, εκμεταλλεύοντας τους πόρους του και απορρίπτοντας ανεξέλεγκτα τα λύματά τους. Το ρυπαντικό φορτίο που εκλύεται έχει ήδη έχει προκαλέσει σοβαρές διαταραχές στα υδάτινα οικοσυστήματα, πλήττοντας τα είδη των ψαριών και άλλων ενδιαιτημάτων. Με τον υδροφόρο ορίζοντα να ρυπαίνεται, η ποιότητα του πόσιμου νερού μειώνεται σημαντικά, αυξάνοντας τον κίνδυνο έξαρσης ασθενειών που μεταδίδονται από το νερό. Οι κάτοικοι των παραποτάμιων περιοχών κινδυνεύουν να εκτίθενται σε επιβλαβείς ουσίες που μπορεί να προέρχονται από τα λύματα, με αρνητικές επιπτώσεις για την υγεία τους. Επιπλέον, η υψηλή πίεση που ασκείται στα ύδατα του ποταμού από τις ανθρώπινες δραστηριότητες αποτελεί σοβαρή απειλή για την ευάλωτη υδρόβια ζωή. Η μείωση του πληθυσμού των ψαριών και άλλων ειδών μπορεί να έχει καταστροφικές επιπτώσεις στον τοπικό οικοσυστηματικό ισορροπία, με πιθανές επιπτώσεις σε ολόκληρο τον τροφικό ιστό. Επομένως, είναι κρίσιμο να ληφθούν άμεσα μέτρα για την αντιμετώπιση αυτής της προβληματικής κατάστασης. Ενισχύοντας τις προσπάθειες ανακύκλωσης και εφαρμόζοντας αυστηρές περιβαλλοντικές πολιτικές, μπορεί να μειωθεί η πίεση στα ύδατα του ποταμού Sebou και να προστατευτούν τα υδάτινα οικοσυστήματα από περαιτέρω ζημιές. Επιπλέον, η ευαισθητοποίηση του κοινού

είναι ζωτικής σημασίας, καθώς η συμμετοχή των πολιτών μπορεί να οδηγήσει σε συνειδητές πρακτικές που περιορίζουν την ρύπανση και διασφαλίζουν την βιωσιμότητα των υδάτων.

1.5.7. Σύνοψη ρύπανσης ποταμών

Έγινε δημιουργία πίνακα σύνοψης με βάση τα βιβλιογραφικά στοιχεία που συλλέχθηκαν για την φυσικοχημική και από φθαλικούς εστέρες ρύπανση στα επιλεγμένα ποτάμια του κόσμου. Όπου υπάρχει «**x**» σημαίνει πως είχαν διεξαχθεί έρευνες για ένα ή και για τα δύο είδη ρύπανσης και έχουν αναφερθεί στην εργασία, όπου υπάρχει «-» είτε δεν έχουν διεξαχθεί έρευνες είτε δεν έχουν βρεθεί με την βιβλιογραφική αναζήτηση.

Ο πίνακας αυτός επιδεικνύει πόσες και ποιες από αυτές τις έρευνες είχαν επικεντρωθεί στη μελέτη της κάθε μορφής ρύπανσης. Φαίνεται πως έχουν διεξαχθεί έρευνες για τη φυσικοχημική ρύπανση σε ποτάμια όπως ο Γάγγκης, ο Κίτρινος ποταμός, ο Atoyac, ο Δούναβης και ο Sebou. Ωστόσο, δεν έχουν βρεθεί αντίστοιχες έρευνες για τον ποταμό Σηκουάνα. Όσον αφορά τους φθαλικούς εστέρες, οι έρευνες έχουν επικεντρωθεί κυρίως στον Γάγγκη, στον Κίτρινο ποταμό, στον Δούναβη και στον Σηκουάνα.

Είναι προφανές πως υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω έρευνα σχετικά με τις επιπτώσεις αυτών των μορφών ρύπανσης στα οικοσυστήματα των ποταμών, καθώς και για την αξιολόγηση του επιπέδου των ρύπων στους ποταμούς που δεν έχουν μελετηθεί ακόμη.

***Πίνακας 1**. Σύνοψη ρύπανσης επιλεγμένων ποταμών ανά τον κόσμο*

ΠΟΤΑΜΙΑ	ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ	ΡΥΠΑΝΣΗ ΦΘΑΛΙΚΩΝ ΕΣΤΕΡΩΝ
ΓΑΓΓΗΣ	**x**	**x**
ΚΙΤΡΙΝΟΣ	**x**	**x**
ATOYAC	**x**	**-**
ΔΟΥΝΑΒΗΣ	**x**	**x**
ΣΗΚΟΥΑΝΑΣ	**-**	**x**
SEBOU	**x**	**-**

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Σε αυτό το σημείο της εργασίας, θα επικεντρωθούμε στην περιοχή μελέτης, όπου αναπτύχθηκε η παρούσα εργασία, καθώς και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που την διακρίνουν. Το περιβάλλον αυτής της περιοχής διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στο να κατανοήσουμε την ποιότητα των υδάτων που εξετάζουμε. Η περιοχή μελέτης, όπως επιλέχθηκε με μεγάλη προσοχή, είναι οι ποταμοί Ελασσονίτης και Τιταρήσιος. Αυτοί οι ποταμοί αποτελούν αξιοσημείωτες περιοχές για τη μελέτη της ποιότητας των υδάτων, λόγω της μοναδικής τους γεωγραφίας και της ειδικής πολυπλοκότητας του οικοσυστήματος που τους περιβάλλει. Οι επιλεγμένοι δειγματοληπτικοί προορισμοί κατά μήκος των ποταμών αποτελούν έναν αναπόσπαστο μέρος αυτής της έρευνας. Η στρατηγική δειγματοληψίας αυτής της περιοχής εξασφαλίζει την απεικόνιση της ποικιλομορφίας του περιβάλλοντος, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει τη σύγκριση των δειγματοληπτικών αποτελεσμάτων. Η διαδικασία δειγματοληψίας που περιλαμβάνει διαφορετικές τοποθεσίες κατά το μήκος των ποταμών είναι αναπόσπαστο για να γίνουν αντιληπτές οι ενδεχόμενες αλλαγές στην ποιότητα των υδάτων κατά μήκος της ροής. Συνοψίζοντας, η περιοχή μελέτης αυτής της εργασίας παρέχει έναν πολύτιμο χώρο για την κατανόηση της ποιότητας των υδάτων και των παραγόντων που επηρεάζουν αυτήν την ποιότητα. Οι ποταμοί Ελασσονίτης και Τιταρήσιος και οι επιλεγμένες δειγματοληπτικές τοποθεσίες αποτελούν το επίκεντρο της έρευνας μας, επιτρέποντάς μας να εξάγουμε ουσιαστικά συμπεράσματα για την κατάσταση των υδάτων και τις πιθανές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Για την επίτευξη του στόχου της κατανόησης της ποιότητας υδάτων, θα εξεταστούν λεπτομερώς ορισμένες παράμετροι που αφορούν τον έλεγχο της ποιότητας των υδάτων του ποταμού Πηνειού, καθώς και η διαπίστωση της παρουσίας και ποσότητας φυσικοχημικών ρύπων. Με αυτόν τον τρόπο, θα αποκτηθεί μια ολοκληρωμένη εικόνα για την υγεία του ποταμού και την επίδραση των ρύπων σε αυτόν. Συγκεκριμένα, η έρευνα επικεντρώνεται στους φυσικοχημικούς παράγοντες, όπως το COD (Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνου), νιτρωδών, αμμωνίας, μετάλλων και φωσφορικών ενώσεων. Με την ανάλυση αυτών των παραμέτρων, θα αξιολογηθεί η κατάσταση των υδάτων του ποταμού Πηνειού και θα αποκτηθούν πληροφορίες για την πιθανή ρύπανση από ανθρώπινες δραστηριότητες. Αυτή η μελέτη έχει σημαντική σημασία για την προστασία και την αειφορία του περιβάλλοντος, παρέχοντας τις απαραίτητες πληροφορίες για τη λήψη δράσης και την εφαρμογή μέτρων πρόληψης και προστασίας (Papaioannou et al, 2006).

2.1. Περιοχή Μελέτης

Αυτό το κεφάλαιο εμβαθύνει στο γεωγραφικό πλαίσιο στο οποίο βρίσκεται η έρευνα, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των χαρακτηριστικών, της σημασίας και της

συνάφειας της περιοχής μελέτης με τους ερευνητικούς στόχους. Η σαφής κατανόηση της περιοχής μελέτης είναι ζωτικής σημασίας για την πλαισίωση των επακόλουθων αναλύσεων και ευρημάτων που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία.

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει τους ποταμούς Ελασσονίτη και Τιταρήσιο, με τον πρώτο να έχει πηγές στον Εθνικό Δρυμό Ολύμπου και να εκβάλλει στον Τιταρήσιο με συνολική λεκάνη απορροής περίπου 370,7 Km^2. Ο Ελασσονίτης και κατά την προέλευση της ονομασίας του βρίσκεται και διασχίζει την περιοχή της Ελασσόνας χωρίζοντας την σε δύο μέρη (Υ.ΠΕ.ΘΕ). Ο ποταμός Τιταρήσιος αποτελεί παραπόταμο του Πηνειού με μήκος 96 Km^2 , πηγάζει από των Όλυμπο και τα Καμβούνια Όρη και διατρέχει την περιοχή της Ελασσόνας και του Τυρνάβου εκβάλοντας στον Πηνειό ποταμό (Πιτσογιάννη, 2022).

Η επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής για μελέτη δικαιολογείται από την παρουσία μιας εκτεταμένης βιομηχανικής δραστηριότητας που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο κατά μήκος των ποταμών Ελασσονίτη και Τιταρήσιου. Η παρούσα βιομηχανική ποικιλία συμπεριλαμβάνει κυρίως τη γαλακτοκομική παραγωγή, την παραγωγή οίνων και σιτηρών, ενώ συμπληρώνεται από την παρουσία μιας κτηνοτροφικής φάρμας και ενός εργοστασίου χημικών. Η ανάγκη για διερεύνηση της ρύπανσης των υδάτων σε αυτήν την περιοχή απορρέει από τη σημασία της προστασίας των υδάτων από ενδεχόμενες αρνητικές επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρει η βιομηχανική δραστηριότητα στην ποιότητά τους.

Η γεωγραφική τοποθεσία των εν λόγω βιομηχανιών κοντά στους ποταμούς Ελασσονίτη και Τιταρήσιο αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα που συμβάλλει στην επιλογή της περιοχής αυτής για τη μελέτη της ρύπανσης των υδάτων. Η προσέγγιση αυτή λαμβάνει υπόψη την τοπογραφία, τις ροές των ποταμών και την πιθανή επίδραση της βιομηχανικής δραστηριότητας στην ροή και την ποιότητα των υδάτων. Οι βιομηχανίες αυτές, που εκτείνονται κατά μήκος των ποταμών, είναι υπεύθυνες για την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων, οίνων και σιτηρών, καθώς και για την λειτουργία κτηνοτροφικής φάρμας και εργοστασίου χημικών, όπως φαίνεται στον **Πίνακα 2**.

***Πίνακας 2**. Κατάλογος βιομηχανιών κοντά στην περιοχή μελέτης*

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	
ΜΠΙΖΙΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ Α.Ε.	ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΑΦΟΙ Θ. ΣΟΛΩΜΟΥ Ο.Ε (Βιομηχανία Υλικών Δόμησης)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΔΟΜΙΣΗΣ
ΔΕΛΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ ΑΕ(εργ.ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ)	ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΗΠΕΙΡΟΣ Α.Ε.Β.Ε	ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΦΤΙΚΑΣ, Γ., - Γ. ΛΟΛΑΣ Ο.Ε.	ΟΙΝΟΠΟΙΙΟ
ΜΥΛΟΙ ΑΔΕΛΦΩΝ ΑΝΔΡΕΑ ΣΑΠΟΥΝΤΖΗ ΟΕ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΛΕΥΡΙΟΥ
ΑΦΟΙ ΑΘ. ΜΠΑΛΟΥΚΑ Α.Ε.	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ
ΜΥΛΟΙ ΣΑΠΟΥΝΤΖΗ Ο.Ε.	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΛΕΥΡΙΟΥ
Φάρμα Ελασσόνας	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΡΕΑΤΟΣ
ΚΤΗΜΑ ΖΑΦΕΙΡΑΚΗ - DOMAINE ZAFEIRAKIS	ΟΙΝΟΠΟΙΙΟ
ΛΑΒΙΕΚ Ο.Ε	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΧΗΜΙΚΩΝ

Η γαλακτοκομική παραγωγή αποτελεί μια από τις κύριες βιομηχανικές δραστηριότητες της περιοχής. Οι διαδικασίες που σχετίζονται με την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων μπορεί να συνεπάγονται τη χρήση χημικών ουσιών και τη δημιουργία αποβλήτων, που αν δεν διαχειριστούν σωστά, μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα των υδάτων των ποταμών. Επίσης, η παραγωγή οίνων μπορεί να συνδέεται με τη χρήση χημικών ενώσεων και την απελευθέρωση αποβλήτων που προέρχονται από την καλλιέργεια των αμπελιών και τις διαδικασίες ζύμωσης και εμφιάλωσης. Αυτές οι δραστηριότητες μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην ποιότητα των υδάτων των ποταμών, καθώς υπάρχει η πιθανότητα διαρροής χημικών ουσιών και αποβλήτων στα ύδατα κατά τη διάρκεια των διαφόρων σταδίων της παραγωγής. Επιπλέον, η παραγωγή σιτηρών μπορεί να εμπλέκει τη χρήση φυτοπροστατευτικών ουσιών και λιπασμάτων, τα οποία μπορούν να εισρεύσουν στα ύδατα μέσω της απορροής. Αν αυτές οι ουσίες δεν διαχειρίζονται σωστά, μπορούν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα των υδάτων και στην υγεία των οικοσυστημάτων που εξαρτώνται από αυτά.

Πέραν των ανωτέρω βιομηχανικών δραστηριοτήτων, η παρουσία μιας κτηνοτροφικής φάρμας μπορεί επίσης να επηρεάσει την ποιότητα των υδάτων. Οι εκβολές από την κτηνοτροφική δραστηριότητα μπορούν να περιέχουν οργανικά φορτία, υπολείμματα τροφής και λυμάτων, τα οποία μπορούν να εισέλθουν στα ύδατα και να προκαλέσουν αύξηση της οργανικότητας και αλλοίωση των χημικών παραμέτρων του περιβάλλοντος. Επιπλέον, το εργοστάσιο χημικών μπορεί να προσφέρει μια σειρά δυνητικών πηγών ρύπανσης. Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα μέσα σε αυτό μπορεί να συνεπάγονται τη χρήση τοξικών ουσιών, που με τη σειρά τους μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα των υδάτων αν δεν διαχειριστούν και απορροφηθούν σωστά.

Για την αξιολόγηση της ρύπανσης των υδάτων και των επιπτώσεών της στο περιβάλλον, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι διάφορες παραγωγικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά μήκος των ποταμών. Οι εκπομπές αερίων, τα απόβλητα, οι χημικές ενώσεις και άλλοι αντίστοιχοι παράγοντες πρέπει να αναλυθούν προσεκτικά ώστε να κατανοηθεί η επίδρασή τους στο περιβάλλον. Μόνον με αυτόν τον τρόπο μπορούν να προταθούν αποτελεσματικές λύσεις για τη μείωση της ρύπανσης και τη διασφάλιση της ποιότητας των υδάτων. Η συλλογή δειγμάτων νερού και η ανάλυσή τους για την παρουσία ρυπαντών και χημικών ουσιών αποτελούν βασικά βήματα για την κατανόηση της κατάστασης.

Οι βιομηχανίες και οι γεωργικές δραστηριότητες πρέπει να υιοθετήσουν βιώσιμες πρακτικές για τη μείωση των επιπτώσεων τους στο περιβάλλον. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση λιγότερο επιβλαβών χημικών ουσιών, τη βελτίωση της διαχείρισης των αποβλήτων, την εφαρμογή φυτοπροστασίας που σέβεται το περιβάλλον, και την ανάπτυξη διαδικασιών που ελαχιστοποιούν τη δυνατότητα διαρροής ρυπαντικών ουσιών στα ύδατα.

Είναι σημαντικό να υπάρχει συνεργασία μεταξύ των βιομηχανιών, των αρμόδιων αρχών και του επιστημονικού κόσμου για την παρακολούθηση και τη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων. Οι επιστημονικές έρευνες μπορούν να παρέχουν αξιόπιστα δεδομένα για την

κατάσταση των υδάτων και τις επιπτώσεις των βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Με βάση αυτές τις πληροφορίες, μπορούν να ληφθούν αποφάσεις για την ρύθμιση της δραστηριότητας των βιομηχανιών, τη θέσπιση νομοθεσίας περί περιβαλλοντικής προστασίας και την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης.

Στο σύνολο, η επιλογή της περιοχής μελέτης κοντά στους ποταμούς Ελασσονίτη και Τιταρήσιο αποδεικνύεται δικαιολογημένη λόγω της ευρείας βιομηχανικής δραστηριότητας που επηρεάζει την περιοχή. Η σωστή αξιολόγηση των επιπτώσεων αυτής της δραστηριότητας στην ποιότητα των υδάτων απαιτεί συνεχή παρακολούθηση, συνεργασία και δράση προς την κατεύθυνση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Μόνον με αυτόν τον τρόπο μπορεί να εξασφαλιστεί η διατήρηση και προστασία των υδάτων από τη ρύπανση και να διασφαλιστεί η βιοποικιλότητα και η υγεία των οικοσυστημάτων που εξαρτώνται από αυτά.

2.1.1. Χαρακτηριστικά

Η περιοχή γύρω από τους παραπόταμους Τιταρήσιο και Ελασσονίτη του Πηνειού ποταμού αποτελεί έναν συνδυασμό φυσικής ομορφιάς, πλούσιας πολιτιστικής κληρονομιάς και σημαντικής συνεισφοράς στην ποιότητα των υδάτων της περιοχής.

Η Ελασσόνα, που απλώνεται στο βορειοδυτικό τμήμα της Θεσσαλίας, είναι μια εκτεταμένη περιοχή με ενδιαφέρουσα γεωγραφία και ποικίλη τοπογραφία. Με έκταση περίπου 1570 τετραγωνικών χιλιομέτρων, αποτελείται από εννέα δημοτικές ενότητες και περίπου 60 οικισμούς. Με περίπου 32.000 μόνιμους κατοίκους, η περιοχή ζει και αναπτύσσεται με βάση την αγροτική της οικονομία, τη βιομηχανία και τον τουρισμό. Οι ορεινοί και ημιορεινοί τόποι δημιουργούν μια παλέτα τοπίων, ενώ το ανάγλυφο παίζει ένα σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της περιοχής (ΔΗΜΟΣ ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ).

Ο Δήμος Τυρνάβου, με μία επιφάνεια περίπου 517 τετραγωνικών χιλιομέτρων, αποτελεί έναν γνήσιο κόσμο πλούσιο σε φυσική και πολιτιστική κληρονομιά. Οι λεπτομέρειες της πεδινής ατμόσφαιρας, που περιβάλλει αυτήν την περιοχή, συνδυάζονται με την κεντρική της τοπογραφία, δημιουργώντας ένα πολυσχιδές πανόραμα. Οι 22.000 μόνιμοι κάτοικοι του Δήμου Τυρνάβου αποτελούν μια ποικιλόμορφη κοινότητα που διατηρεί τις παραδόσεις και την πνευματική της κληρονομιά ζωντανές. Η περιοχή αυτή αντιπροσωπεύει μια γραφική παραμονή στην αγροτική ζωή της Θεσσαλίας, με την εστίαση στη γεωργία και την κτηνοτροφία να αποτελεί την καρδιά της τοπικής οικονομίας (ΔΗΜΟΣ ΤΥΡΝΑΒΟΥ).

Κυρία πηγή των ποταμών Τιταρήσιο και Ελασσονίτη είναι ο Όλυμπος, το ψηλότερο βουνό της Ελλάδας και η έδρα των Ολύμπιων Θεών. Οι ποταμοί αυτοί διαδραματίζουν καίριο ρόλο στην υδροκεφαλική ισορροπία της περιοχής, παρέχοντας το πολύτιμο ύδωρ που απαιτείται για την άρδευση των εδαφών και την ποικιλία των αγροτικών καλλιεργειών. Ωστόσο, ο ρόλος των ποταμών δεν περιορίζεται μόνο στην παροχή ύδατος για τη γεωργία. Οι ποταμοί αποτελούν φυσικά φίλτρα για τα υπόγεια ύδατα, συμβάλλοντας στη βελτίωση της ποιότητας

των υδάτων της περιοχής. Επίσης, οι παραπόταμοι σχηματίζουν ενδιαφέρουσες υγροτοπικές περιοχές, που αποτελούν φυσικά οικοσυστήματα μεγάλης βιοποικιλότητας. Οι υγρότοποι αυτοί παρέχουν καταφύγιο σε ποικίλα είδη φυτών και ζώων, συμβάλλοντας στη διατήρηση της βιοποικιλότητας της περιοχής.

Είναι αναγκαίο να γίνει αντιληπτός ο κρίσιμος ρόλος της διαχείρισης των υδάτων σε αυτό το περίπλοκο οικοσύστημα. Οι βιομηχανικές δραστηριότητες και οι αστικές κοινότητες της περιοχής έχουν άμεσο αντίκτυπο στην ποιότητα των υδάτων των ποταμών. Ο κίνδυνος ρύπανσης και υπερβολικής εκμετάλλευσης των πόρων είναι πραγματικός, και για τον λόγο αυτόν η βιώσιμη διαχείριση των υδάτων είναι επιτακτική.

Η περιοχή των Δήμων Ελασσόνας και Τυρνάβου πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ένα ολοκληρωμένο οικοσύστημα, όπου η αειφόρος ανάπτυξη, η προστασία της φύσης και η διατήρηση της ποιότητας των υδάτων είναι κεντρικά ζητήματα. Η διατήρηση των υδάτινων οικοσυστημάτων, η εκπαίδευση των κατοίκων και η συνεργασία μεταξύ διαφόρων φορέων είναι βασικά βήματα προς την κατεύθυνση της αειφορίας και της διατήρησης αυτού του πολύτιμου φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος.

2.1.2. Δειγματοληψία

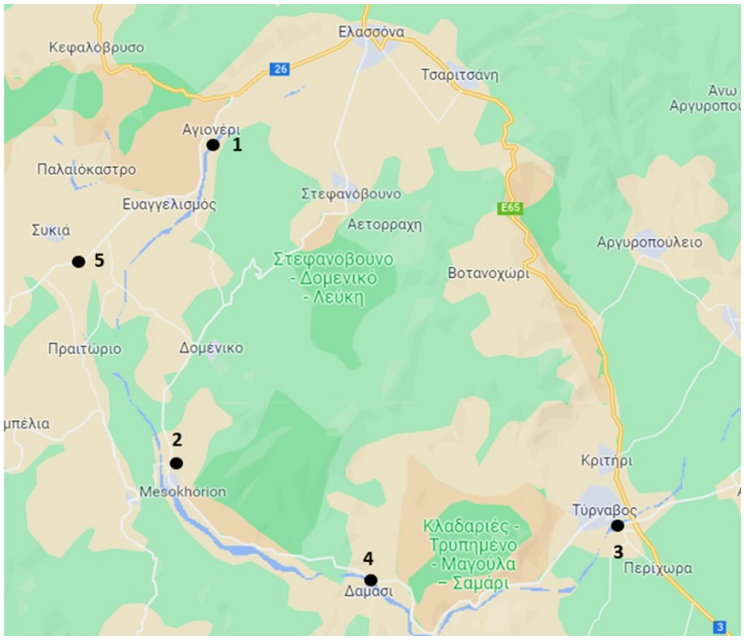
Η δειγματοληψία σε ποταμούς αποτελεί ένα σημαντικό και πολυπαραμετρικό πεδίο έρευνας που απευθύνεται σε επιστήμονες, μηχανικούς και περιβαλλοντολόγους παγκοσμίως. Η ικανότητα να κατανοήσουμε την δυναμική των υδάτων, να προβλέψουμε πιθανούς κινδύνους και να διαχειριστούμε τα ποτάμια οικοσυστήματα είναι ζωτικής σημασίας για την αειφόρο ανάπτυξη και την διατήρηση της βιοποικιλότητας. Η επιστημονική κοινότητα αντιμετωπίζει συνεχώς προκλήσεις στον τομέα της δειγματοληψίας, καθώς η ποικιλία των ποταμικών συνθηκών, οι γεωγραφικές διαφορές και οι ανθρώπινες δραστηριότητες δημιουργούν πολύπλοκα προβλήματα που απαιτούν δημιουργικές λύσεις

Η διαδικασία της δειγματοληψίας ξεκίνησε τον Ιούνιο του 2023, εκτελούμενη κατά μήκος των ποταμών Ελασσονίτη και Τιταρήσιο. Αυτή η διαδικασία είχε ως απώτερο στόχο την κατανόηση της ποιότητας των υδάτων και των φυσικοχημικών τους χαρακτηριστικών. Συγκεκριμένα, πέντε σημεία δειγματοληψίας επιλέχθηκαν σε σημαντικές περιοχές, συγκεκριμένα τα Αγιονέρι, Συκιά, Μεσοχώρι, Δαμάσι και Τύρναβος, όπως αναφέρονται στον χάρτη (**Εικόνα 13**).

Η πρώτη φάση της ανάλυσης εστίασε στη μέτρηση της αγωγιμότητας και του pH στα δείγματα που συλλέχθηκαν. Αυτές οι πρώτες αναλύσεις παρείχαν βασικές πληροφορίες για την ηλεκτρική αγωγιμότητα των υδάτων και το επίπεδο του pH, που αποτελούν σημαντικούς δείκτες για την ποιότητα των υδάτων. Αυτές οι αρχικές παράμετροι δίνουν μια πρώτη εικόνα για την αλληλεπίδραση του περιβάλλοντος με τα ύδατα. Στη συνέχεια, οι αναλύσεις επεκτάθηκαν για να περιλάβουν και άλλες φυσικοχημικές παραμέτρους. Αυτό είναι κρίσιμο

για την ολοκληρωμένη αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων και την εντοπισμό πιθανών ρύπων ή παραμέτρων που μπορεί να επηρεάζουν το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

Η συνεχής παρακολούθηση και ανάλυση της ποιότητας των υδάτων είναι αναγκαία για τη διατήρηση της υγείας του υδατικού οικοσυστήματος και την προστασία της ανθρώπινης υγείας, καθώς και για την ανάπτυξη καλύτερων πρακτικών διαχείρισης των υδάτων.



Εικόνα 11. *Χάρτης Σημείων Δειγματοληψίας.*

Η διαδικασία ξεκίνησε με προσεκτική επιλογή των δειγματοληπτικών σημείων, λαμβάνοντας υπόψη την τρέχουσα κατάσταση των περιοχών και την ασφάλεια κατά τη διαδικασίας δειγματοληψίας. Αυτός ο προσεκτικός προσδιορισμός των σημείων εξασφάλισε ότι οι δειγματοληψίες θα αντιπροσωπεύουν εγκριτικά την κατάσταση των υδάτων σε αυτές τις περιοχές. Στα επιλεγμένα σημεία δειγματοληψίας, χρησιμοποιήθηκε κατάλληλος εξοπλισμός για τη συλλογή των δειγμάτων νερού, τα οποία συλλήφθηκαν σε φιάλες. Κατά τη διαδικασία αυτή, έγινε ιδιαίτερη προσπάθεια για τον αποκλεισμό της οργανικής ύλης από τους ποταμούς, προκειμένου να διασφαλιστεί η ακρίβεια των αναλύσεων.

Έπειτα από τη δειγματοληψία, οι φιάλες σφραγίζονταν προσεκτικά για να αποφευχθεί η μόλυνση από εξωτερικούς παράγοντες, ενώ το επόμενο βήμα ήταν η μεταφορά τους στο εργαστήριο. Κρατήθηκαν σε χαμηλές θερμοκρασίες για να διατηρηθεί η ακεραιότητα των δειγμάτων και να αποφευχθεί η αλλοίωση των ενδεχόμενων ευαίσθητων παραμέτρων. Στο εργαστήριο, οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με βάση μια σειρά προτεραιότητας. Η διεξαγωγή αυτών των αναλύσεων και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων αποτέλεσαν

σημαντικό βήμα για την κατανόηση της ποιότητας των υδάτων στις περιοχές από όπου λήφθηκαν τα δείγματα.

Με αυτόν τον τρόπο, η προσεκτική επιλογή των σημείων δειγματοληψίας, η ακριβής διαδικασία δειγματοληψίας, η προσοχή στη διατήρηση της ακεραιότητας των δειγμάτων και οι ακριβείς αναλύσεις στο εργαστήριο συνέβαλαν στην αξιόπιστη αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων και την εκτίμηση τυχόν ανησυχητικών παραμέτρων.

2.2. Φυσικοχημικοί Παράμετροι

Η ανάλυση φυσικοχημικών παραγόντων αποτελεί ζωτικό εργαλείο για τον έλεγχο της ποιότητας των υδάτων και έχει ιδιαίτερη σημασία πριν από την χρήση του νερού για ύδρευση, άρδευση και βιομηχανικές δραστηριότητες. Οι φυσικοχημικοί παράγοντες που αξιολογούνται περιλαμβάνουν επίσης το pH, τη θερμοκρασία, την αλατότητα, την αγωγιμότητα και την σκληρότητα. Η επιλογή των συγκεκριμένων παραγόντων προς ανάλυση εξαρτάται από τον σκοπό και τη χρήση του νερού. Ο έλεγχος του pH είναι κρίσιμος, καθώς επηρεάζει την ανταπόκριση των οργανισμών και των χημικών διεργασιών στο νερό. Η θερμοκρασία επηρεάζει επίσης τη βιολογική δραστηριότητα και τη διάσπαση των ρύπων. Η αλατότητα μετρά το συνολικό περιεχόμενο αλάτων στο νερό, ενώ η αγωγιμότητα μετρά την ικανότητα του νερού να μεταφέρει ηλεκτρικό ρεύμα. Η σκληρότητα προέρχεται από την παρουσία ασβεστίου και μαγνησίου και μπορεί να επηρεάσει την απόδοση των συσκευών και των σωληνώσεων. Με βάση τον τύπο και τη χρήση του νερού, επιλέγονται συγκεκριμένοι φυσικοχημικοί παράγοντες για ανάλυση. Έτσι, οι απαιτήσεις που αφορούν την υγειονομική ασφάλεια του πόσιμου νερού μπορεί να περιλαμβάνουν περισσότερους παραμέτρους, ενώ για την άρδευση εστιάζουμε σε παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του ποτίσματος. Είναι σημαντικό να γίνεται συστηματική παρακολούθηση των φυσικοχημικών παραμέτρων για να διασφαλιστεί η ποιότητα των υδάτων και η προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος.

2.2.1. Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

Μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους για τον έλεγχο της ποιότητας των υδάτων είναι το Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD) και χρησιμοποιείται εκτενώς στην επιστημονική κοινότητα. Η πληροφορία που παρέχει αφορά το ήδη βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα του οργανικού φορτίου στο νερό και ορίζεται ως η ποσότητα οξυγόνου, διαιρούμενη με τον όγκο του συστήματος, που προσλαμβάνεται μέσω της αναπνευστικής δραστηριότητας μικροοργανισμών που αναπτύσσονται στις οργανικές ενώσεις που υπάρχουν στο δείγμα όταν επωάζεται σε καθορισμένη θερμοκρασία (συνήθως 20^{o} C) για καθορισμένη περίοδο (συνήθως 5 ημέρες, BOD5). Πρώτη αναφορά και χρήση της ανάλυσης του BOD έγινε από την Βασιλική Επιτροπή του Ηνωμένου Βασιλείου για την Ρύπανση των Ποταμών το 1908

και από τότε χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο. Οι πέντε ημέρες που χρειάζονται για την συλλογή των αποτελεσμάτων καθορίστηκε με βάση το χρονικό διάστημα που θεωρητικά χρειάζεται ένας ποταμός να φτάσει από την πηγή του στις εκβολές του στο Ηνωμένο Βασίλειο. Αποτελεί μια μέτρηση της οργανικής ρύπανσης που μπορεί να αποικοδομηθεί βιολογικά από μικροοργανισμούς. Η διαδικασία της λειτουργίας του BOD περιλαμβάνει την μετατροπή της οργανικής ύλης από μικροοργανισμούς σε μικροβιακή βιομάζα, τελικά προϊόντα μετασχηματισμού της αντίδρασης βιοαποδόμησής (ενώσεις που προέρχονται από την αρχική οργανική ύλη), διοξείδιο του άνθρακα CO_2 και νερό H_2O (Jouanneau et al., 2014).

Συγκεκριμένα η εξίσωση είναι (Jouanneau et al., 2014):

$$X_0 + S + O_2 \xrightarrow{N,P,MN} X_f + T_p + CO_2 + H_2O$$

Όπου,

X_0: Αρχική βιομάζα
S: Πηγές οργανικού άνθρακα
O_2: Οξυγόνο
N: Πηγή αζώτου
P: Πηγή φωσφόρου
MN: Μεταλλικά θρεπτικά συστατικά

X_f: Τελική βιομάζα
Tp: Προϊόντα μετασχηματισμού βιοαποικοδόμησης
CO_2: Διοξείδιο του άνθρακα
H_2O: Νερό

Η μέτρηση του BOD παραδοσιακά γίνεται με τη μέθοδο του «σφραγισμένου μποκαλιού» όπου για να προσομοιωθεί το φυσικό περιβάλλον λαμβάνονται μικροοργανισμοί από αυτό. Υπάρχουν συγκεκριμένα μπουκάλια-φιάλες όπου τοποθετούνται τα πιθανώς ρυπασμένα από οργανική ύλη δείγματα, αυτά αερίζονται και έπειτα προστίθενται η μικροβιακή κοινότητα. Οι φιάλες σφραγίζονται καλά και επωάζονται σε σκοτεινό δωμάτιου στους 20° C για ένα χρονικό διάστημα, συνήθως πέντε ημέρες. Στα δείγματα μετά υπολογίζεται το διαλυμένο υπολειμματικό οξυγόνο με την ιωδομετρική μέθοδο (Winkler's method) ή με την μέθοδο ηλεκτροχημικού ανιχνευτή (Jouanneau et al., 2014). Υπάρχουν παραλλαγές αυτής της μεθόδου που χρειάζονται μικρότερο χρονικό διάστημα για την λήψη αποτελεσμάτων καθώς και εμπορευματοποιημένες ημιαυτόματες μέθοδοι παρόμοιας λειτουργίας για την ευρεία χρήση της επιστημονικής κοινότητας.

***Εικόνα 12**. (1) Παραδοσιακή Μέθοδος, (2) Ημιαυτόματη Μέθοδος, (3) Αυτόματη Μέθοδος μέτρησης BOD δειγμάτων (Jouanneau et al., 2014).*

Με την ύπαρξη υψηλού BOD στα αποτελέσματα των δειγμάτων, υποδεικνύεται η μείωση του οξυγόνου στα ύδατα, με αρνητικές συνέπειες για τα υδάτινα οικοσυστήματα, τη βιοποικιλότητα και την ανθρώπινη χρήση του νερού. Οι υψηλές συγκεντρώσεις BOD οφείλονται συνήθως στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως οι απορροές από αστικά, κτηνοτροφικά και βιομηχανικά λύματα, καθώς και οι υπερχειλίσεις υπονόμων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η υψηλή συγκέντρωση BOD είναι πιο πιθανό να εμφανιστεί μετά την πηγή της ρύπανσης ή στο μέσο του ποταμού, παρά στις εκβολές του. Αυτό οφείλεται στον αυτοκαθαρισμό του ποταμού, καθώς μετά την πηγή οι συγκεντρώσεις του BOD μπορεί να μειώνονται λόγω της μικροβιακής αποδόμησης και αραίωσης των ρύπων. Ωστόσο, στο μέσο του ποταμού, οι συγκεντρώσεις BOD παραμένουν υψηλές λόγω της συνεχούς προσθήκης ρύπων από διάφορες πηγές. (Vigiak et al., 2019).

Οι επιπτώσεις του υψηλού BOD είναι σοβαρές και απαιτούν προσεκτική διαχείριση των υδάτων. Η μείωση της ανθρωπογενούς ρύπανσης και ο σεβασμός προς τις βιολογικές διεργασίες των υδάτων είναι κρίσιμη για την προστασία και τη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων και των υδάτινων οικοσυστημάτων. Η συνεχής παρακολούθηση και η επιλογή κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης, όπως η μέτρηση του BOD και του COD, μας βοηθούν να κατανοήσουμε και να αντιμετωπίσουμε τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουμε στον τομέα της περιβαλλοντικής προστασίας.

2.2.2 Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand, COD)

Το Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD) αποτελεί εξίσου σημαντική παράμετρο με το BOD για τον έλεγχο της οργανικής ρύπανσης των υδάτων. Το COD ορίζεται ως ένα μέτρο του ισοδύναμου οξυγόνου της περιεκτικότητας σε οργανική ύλη ενός δείγματος που είναι ευαίσθητο στην οξείδωση από ισχυρά χημικά οξειδωτικά, αυτά είναι το υπερμαγγανικό κάλιο ($KMnO_4$) ή το διχρωμικό κάλιο ($K_2Cr_2O_7$). Ανάλογα ποιο ισχυρό χημικό οξειδωτικό χρησιμοποιείται υπάρχει το COD_{MN} και το COD_{Cr} για το $KMnO_4$ και $K_2Cr_2O_7$ αντιστοίχως, το COD_{MN} χρησιμοποιείται συνήθως σε λιγότερα ρυπασμένα ύδατα με χαμηλότερο COD ενώ το COD_{Cr} χρησιμοποιείται για μεσαίας ή υψηλής ρύπανσης υδάτινα σώματα όπως είναι τα λύματα (J. Li et al., 2018).

Διάφορες τεχνολογίες χρησιμοποιούνται για την ανάλυση του COD, συμπεριλαμβανομένων τροποποιημένων τυπικών μεθόδων, όπως η χρήση μικροκυμάτων, καθώς και νέες τεχνολογίες, όπως ηλεκτροοξειδωτικές και φωτοοξειδωτικές μέθοδοι. Ο στόχος της αναζήτησης και χρήσης αυτών των νέων τεχνολογιών είναι να μειωθεί ο χρόνος λήψης των αποτελεσμάτων, να αυξηθεί η αξιοπιστία των μετρήσεων και να διασφαλιστεί η φιλικότητα προς το περιβάλλον. Οι τυπικές μέθοδοι μέτρησης του COD περιλαμβάνουν την πέψη παλινδρόμησης και την ογκομετρική ανάλυση με τη χρήση του $K_2Cr_2O_7$, καθώς και τη σφραγισμένη πέψη και φασματομετρία. Αν και αυτές οι μέθοδοι έχουν ευρεία χρήση, τείνουν να παρουσιάζουν κάποια μειονεκτήματα. Το υψηλό κόστος των χημικών αντιδραστηρίων και η χρήση τοξικών χημικών αντιδραστηρίων μπορεί να επηρεάσει την

αναλυτική διαδικασία και τα αποτελέσματα της ανάλυσης. Η εξέλιξη και υιοθέτηση νέων τεχνολογιών στην ανάλυση του COD είναι πολύ σημαντική, καθώς αυτό μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, ενώ ταυτόχρονα μειώνει τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ο συνεχής ενδυναμισμός της τεχνολογίας μας δίνει τη δυνατότητα να προχωρήσουμε προς πιο αποδοτικές και περιβαλλοντικά φιλικές λύσεις για την ανάλυση του COD και την προστασία των υδάτινων περιβαλλόντων (J. Li et al., 2018).

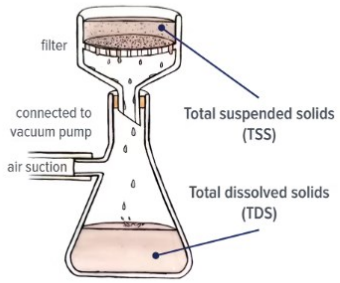
(1)

(2)

Εικόνα 13*. (1) Παραδοσιακή μέθοδος παλινδρομικής πέψης και ογκομέτρησης $K_2Cr_2O_7$, (2) Γρήγορη πέψη-φασματοφωτομετρία (J. Li et al., 2018).*

Συγκριτικά με το BOD οι συγκεντρώσεις του COD αναμένονται να είναι υψηλότερες, καθώς το COD μετράει και την οργανική ύλη που δεν οξειδώνεται μικροβιακά, αλλά χημικά. Αυτό περιλαμβάνει διάφορες οργανικές ενώσεις που δεν αποβάλλονται πλήρως από τις βιολογικές διεργασίες, και άρα θα εμφανιστούν μόνο στην ανάλυση του COD. Επιπλέον, η ανάλυση του COD είναι πολύ πιο γρήγορη συγκριτικά με το BOD. Τα αποτελέσματα του COD μπορούν να ληφθούν σε χρονικό διάστημα ωρών, ενώ η ανάλυση του BOD είναι συνήθως πιο χρονοβόρα, τουλάχιστον με τις τυπικές μεθόδους ανάλυσης. Αυτό κάνει την ανάλυση του COD πολύ πιο πρακτική και αποτελεσματική για τις εφαρμογές που απαιτούν γρήγορη αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων. Ωστόσο, παρά τα πλεονεκτήματα του COD, το BOD εξακολουθεί να είναι πολύτιμο για ορισμένες εφαρμογές, καθώς μπορεί να παρέχει πιο αναλυτικές πληροφορίες για το οργανικό φορτίο και τη δραστηριότητα των βιολογικών διεργασιών στα ύδατα. Η συνδυασμένη χρήση των δύο μεθόδων μπορεί να παρέχει ολοκληρωμένη εικόνα για την ποιότητα των υδάτων και τις επιπτώσεις των ρύπων στο περιβάλλον (Aniyikaiye et al., 2019).

2.2.3. Σύνολο Αιωρούμενων Στερεών (Total Suspended Solids, TSS)



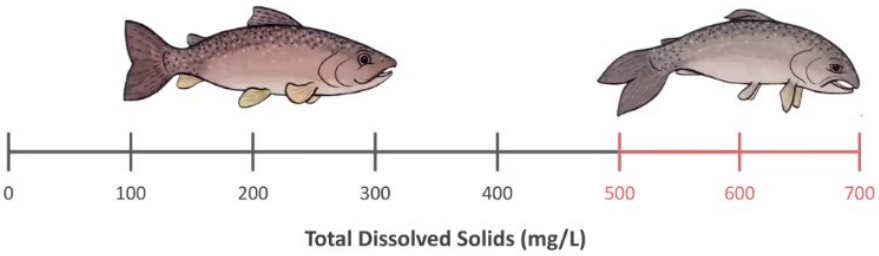
Εικόνα 14. *Φίλτρο διαχώρισης αιωρούμενων στερών (DataStream).*

Το Σύνολο Αιωρούμενων Στερεών (TSS) αναλύεται για τον έλεγχο της αιωρούμενης στο νερό σωματιδιακής ύλης. Αυτή μπορεί να αποτελείται από οργανική ύλη, μέταλλα, άλατα, ορυκτά ακόμη και άλγη. Τα αιωρούμενα σωματίδια απορροφούν ποικίλους ρύπους όπως βαρέα μέταλλα, οργανικές ενώσεις, φώσφορο και πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, για αυτό και η ανάλυση τους υποδηλώνει την ποιότητα των υδάτινων σωμάτων. Ο χαρακτηρισμός τους ως αιωρούμενα στερεά προέρχεται από την αδυναμία τους λόγω μεγέθους να διαπεράσουν το φίλτρο που τα χωρίζει με το νερό, ανάλογα το φίλτρο βέβαια αλλάζει και το μέγεθος των σωματιδίων που δεν το διαπερνούν, συνήθως όμως οι διαστάσεις τους κυμαίνονται στα 0,5 μm με 2 μm και η συγκέντρωση τους μετριέται σε mg/L (Rossi et al., 2005; «Total Suspended Solids»; DataStream).

Η παρουσία αιωρούμενων σωματιδίων στα υδάτινα σώματα έχει σημαντικές επιπτώσεις στην οικολογική ισορροπία και την ποιότητα του νερού. Τα σωματίδια αυτά επηρεάζουν τη διαφάνεια του νερού και, συνεπώς, την διαπερατότητα του φωτός. Αυτό μπορεί να έχει αντίκτυπο στην ανάπτυξη των υδάτινων οργανισμών και να επηρεάζει την κατάσταση των οικοσυστημάτων στο σύνολό τους. Πρωτίστως, η προσθήκη αιωρούμενων σωματιδίων στο νερό μειώνει την ποσότητα του φωτός που διείσδυσε σε αυτό. Αυτό μπορεί να έχει ανεπιθύμητες συνέπειες για τη φυτοπλαγκτονική ζωή, καθώς τα φυτοπλαγκτόν εξαρτώνται από το φως για τη φωτοσύνθεση. Στην σειρά των αναπτυξιακών σταδίων των υδάτινων οργανισμών, η ανεπάρκεια φωτός μπορεί να περιορίσει τον πλούτο των φυτών και να διαταράξει τη βιολογική παραγωγή. Επιπλέον, τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να επιδράσουν στη μεταφορά και την απελευθέρωση βαρέων μετάλλων και θρεπτικών στο νερό. Μεγάλες ποσότητες αποβλήτων και ρύπων που περιέχουν αυτά τα στοιχεία μπορούν να προστεθούν στα υδάτινα σώματα και να συσσωρευτούν στα αιωρούμενα σωματίδια. Αυτό μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες για την υγεία των υδάτινων οργανισμών και να επηρεάσει τον ισορροπημένο κύκλο ζωής τους. Τέλος, η παρουσία αιωρούμενων σωματιδίων στο νερό μπορεί να έχει επιπτώσεις στη θερμοκρασία του. Η απορρόφηση του ηλιακού φωτός από τα σωματίδια μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία του νερού, προκαλώντας αλλαγές στην ισοθερμική κατανομή και επηρεάζοντας την υδρόβια ζωή (Jiang et al., 2021).

Ακόμη, η υψηλή περιεκτικότητα TSS μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τη δραστικότητα των παραγόντων απολύμανσης που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό του πόσιμου νερού. Κατά τη διαδικασία απολύμανσης, τα TSS μπορούν να αλληλοεπιδρούν με τα χημικά που χρησιμοποιούνται, καθιστώντας την διαδικασία λιγότερο αποτελεσματική και περιορίζοντας την ικανότητα απομάκρυνσης επικίνδυνων οργανικών και ανόργανων ρύπων.

Επιπλέον, η παρουσία υψηλών TSS μπορεί να μειώσει την διαθεσιμότητα οξυγόνου στο νερό. Τα σωματίδια μπορούν να εμποδίσουν το φως να διεισδύσει στο νερό και να περιορίσει τη φωτοσύνθεση των φυτών και των φυκιών. Κατά τη διάσπαση των σωματιδίων, οι μικροοργανισμοί που συμμετέχουν στη διαδικασία μπορούν να καταναλώσουν περισσότερο οξυγόνο, μειώνοντας περαιτέρω την διαθεσιμότητά του. Όταν τα TSS μεταφερθούν μακριά από το σημείο ρύπανσης, μπορεί να προκαλέσουν περαιτέρω ζημιές σε άλλες περιοχές των υδάτινων σωμάτων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε επιδείνωση της ποιότητας του νερού και να επηρεάσει τη βιοποικιλότητα των υδάτινων οργανισμών σε άλλες περιοχές («Total Suspended Solids»). Αυτά θέτουν σε κίνδυνο την βιοποικιλότητα των υδάτινων σωμάτων και την υγεία των ανθρώπων.



Εικόνα 15. *Επιπτώσεις TSS στους υδάτινους οργανισμούς (DataStream).*

2.2.4. Σύνολο Οργανικού Άνθρακα (Total Organic Carbon, TOC)

Στον παγκόσμιο κύκλο ζωής του άνθρακα τα ποτάμια έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο μεταφέροντας συνολικό αλλά και διαλυμένο άνθρακα από τις πηγές τους σε άλλα υδάτινα σώματα. Τα τελευταία χρόνια, οι ροές του άνθρακα έχουν απασχολήσει την επιστημονική κοινότητα διότι επηρεάζουν ιδιαίτερα τα υδάτινα οικοσυστήματα, για αυτό και ο έλεγχος του Συνόλου Οργανικού Άνθρακα (TOC) αποτελεί σημαντικό μέρος των αναλύσεων των υδάτων (Baker et al., 2008).

Ο TOC (Συνολικός Οργανικός Άνθρακας) ορίζεται ως οποιαδήποτε ένωση που περιέχει άτομα άνθρακα, με εξαίρεση το διοξείδιο το άνθρακα (CO2) και άλλες συναφείς ενώσεις. Πρόκειται για έναν ευρύτερο ορισμό που περιλαμβάνει διάφορες οργανικές ενώσεις που περιέχουν άνθρακα, όπως πρωτεΐνες, λιπίδια, υδατάνθρακες, αρώματα, φάρμακα και άλλα. Ο οργανικός άνθρακας προέρχεται από διάφορες πηγές, τόσο φυσικές όσο και ανθρωπογενείς. Φυσικές διεργασίες, όπως η βιολογική διάσπαση των φυτών και των ζώων στο έδαφος, η φυσική διάσπαση των φυτών και των φυκιών στην ίδια τη ροή του νερού σε ένα υδάτινο σώμα, παράγουν οργανικό άνθρακα. Επίσης, ο οργανικός άνθρακας περιέχεται σε λύματα που προέρχονται από οικιστικές και βιομηχανικές πηγές (Baker et al., 2008).

Ο οργανικός άνθρακας είναι το ενεργειακό υπόστρωμα για πολλούς υδάτινους μικροοργανισμούς για αυτό και το TOC, όπως αναφέρθηκε, επηρεάζει τα υδάτινα

οικοσυστήματα και τους υδάτινους οργανισμούς σε αυτά. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η διαθεσιμότητα και κατανάλωση του οξυγόνου στα ύδατα που επηρεάζεται από την αποικοδόμηση του TOC, επίσης μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την τροφική αλυσίδα και την εκροή διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (Berggren & Al-Kharusi, 2020; Mook et al., 2012). Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που δυνητικά μπορούν να επηρεάσουν την συγκέντρωση και δραστικότητα του TOC στο νερό με την μείωση της αποικοδόμησης του. Παραδείγματα τέτοιων παραγόντων είναι οι εισροές ασταθούς επίγειου οργανικού άνθρακα και χουμικών ουσιών από το έδαφος (Berggren & Al-Kharusi, 2020).

Για την εκτίμηση και ποσοτικοποίηση του συνολικού οργανικού άνθρακα υπάρχουν ορισμένες βασικοί μέθοδοι που χρησιμοποιούνται, όπως χημικά και με καύση που είναι και οι πιο διαδεδομένες. Γενικά η βασική ιδέα για την ποσοτικοποίηση του TOC είναι να μετατραπούν όλες οι μορφές άνθρακα σε απλούστερες μορφές CO_2. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με άμεση ή έμμεση μέθοδο για την μέτρηση του. Στην άμεση μέθοδο υπάρχουν δύο τρόποι μέτρησης οργανικού άνθρακα, στον πρώτο αφαιρείται αρχικά ο ανόργανος άνθρακας που μπορεί να υπάρχει στο δείγμα με οξύ και έπειτα μετριέται ο οργανικός άνθρακας, στον δεύτερο τρόπο χρησιμοποιείται χημική οξείδωση για τον προσδιορισμό του οργανικού άνθρακα χωρίς την αφαίρεση του ανόργανου. Στην έμμεση μέθοδο ο οργανικός άνθρακας προσδιορίζεται μαθηματικά από την αφαίρεση του περιεχόμενου ανόργανου άνθρακα από τον περιεχόμενο συνολικό άνθρακα. Η έμμεση μέθοδος όμως δεν είναι ιδανική για δείγματα πλούσια σε ανόργανο άνθρακα και φτωχά σε οργανικό. Για την ποσοτικοποίηση του TOC χρησιμοποιούνται επίσης ποικίλες μέθοδοι όπως είναι η ογκομετρική και σταθμική ανάλυση, η φασματομετρία και χρωματομετρία (Bisutti et al., 2004; Schumacher, 2002).

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για την εκτίμηση του TOC (Συνολικού Οργανικού Άνθρακα) στα ύδατα είναι ζωτικής σημασίας. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή μιας μεθόδου ανάλυσης, ώστε να εξασφαλιστεί η ακρίβεια και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Η ευκολία χρήσης είναι ένας σημαντικός παράγοντας, καθώς η απλότητα και η ευκολία εφαρμογής της μεθόδου μπορεί να εξοικονομήσει χρόνο και πόρους στα εργαστήρια. Μια μέθοδος που είναι εύκολη στην χρήση μπορεί να βοηθήσει τους επιστήμονες να αυξήσουν την παραγωγικότητα και να εστιάσουν περισσότερο στην ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι το κόστος της μεθόδου. Στην επιλογή μιας μεθόδου ανάλυσης, πρέπει να ληφθεί υπόψη η διαθεσιμότητα των πόρων και ο οικονομικός περιορισμός. Είναι σημαντικό να επιλεγεί μια μέθοδος που είναι αποτελεσματική και παράλληλα οικονομική για το εργαστήριο. Η αποδοτικότητα του δείγματος είναι επίσης ένας κρίσιμος παράγοντας. Κατά την επιλογή μιας μεθόδου, πρέπει να εξεταστεί πόσο αποτελεσματικά και αξιόπιστα μπορεί να αναλύσει το δείγμα. Μια αποδοτική μέθοδος θα επιτρέψει την ακριβέστερη αξιολόγηση του TOC με το ελάχιστο δυνατό ποσό δείγματος. Τέλος, η ασφάλεια των επιστημόνων στα εργαστήρια είναι απαραίτητη. Κάθε μέθοδος ανάλυσης φέρει έναν βαθμό

επικινδυνότητας, και είναι σημαντικό να επιλεγούν μέθοδοι που ελαχιστοποιούν τον κίνδυνο για τους εργαζομένους στο εργαστήριο (Schumacher, 2002).

Συνοψίζοντας, η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ανάλυσης για την εκτίμηση του TOC στα ύδατα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την ευκολία χρήσης, το κόστος, την αποδοτικότητα του δείγματος και την ασφάλεια των επιστημόνων. Μόνο με τη σωστή μέθοδο μπορεί να διασφαλιστεί η αξιοπιστία και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων και να επιτευχθεί η προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων και η ανθρώπινη υγεία.

2.2.5. Νιτρικά και Νιτρώδη (Nitrates and Nitrites)

Τα νιτρικά (NO_3^-) και τα νιτρώδη (NO_2^-) είναι ενώσεις που περιέχουν κατά κύριο λόγο άζωτο και οξυγόνο και μπορούν να είναι είτε οργανικές είτε ανόργανες ενώσεις. Οι μορφές αζώτου που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα αντιδρούν με το νερό της βροχής, μετατρέπονται σε νιτρικά και εναποθέτονται στο έδαφος και τα ύδατα. Οι ανόργανες ενώσεις των νιτρικών και νιτρωδών είναι άλατα των νιτρικών και νιτρωδών οξέων αντίστοιχα. Μπορούν να παραχθούν και φυσικά μέσω βακτηρίων και έπειτα να βρεθούν στο έδαφος και τον υδροφόρο ορίζοντα ωστόσο ποικίλες ανθρώπινες δραστηριότητες προκαλούν την αύξηση των συγκεντρώσεων τους στο περιβάλλον. Τα οργανικά νιτρικά και νιτρώδη είναι συνθετικές ενώσεις που προέρχονται από την νιτρο-οξυλίωση (Alahi & Mukhopadhyay, 2018 ; Omar et al., 2012; Verma & Ratan, 2020).

Τα νιτρικά κυρίως μπορούν να βρεθούν στα ζωικά εκκρίματα, στα ανθρώπινα απόβλητα, στο έδαφος, στα υπολείμματα των καλλιεργειών, στα αζωτούχα λιπάσματα και σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα. Συνήθως είναι εύκολα διαλυτά στο νερό, μεταφέρονται μέσω των υδάτινων ρευμάτων και όταν ληφθούν από έναν οργανισμό μετατρέπονται σε νιτρώδη. Όταν οι συγκεντρώσεις τους βρίσκονται σε φυσιολογικά επίπεδα μπορούν να φανούν ωφέλημα για τον ανθρώπινο οργανισμό, βελτιώνουν την ροή του αίματος, μειώνουν την πίεση του και προστατεύουν την καρδιά και τα αγγεία. Η ρύπανση των υδάτων από νιτρικά όμως έχει αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες εξαιτίας της εντατικής και έντονης χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων και της λανθασμένης επεξεργασία των βιομηχανικών λυμάτων. Ακόμη, στην ρύπανση συμβάλλουν η κτηνοτροφία και οι απορροές αστικών λυμάτων (Alahi & Mukhopadhyay, 2018; M. Li et al., 2010; Mook et al., 2012).

Η κατανάλωση νερού με υψηλές ποσότητες νιτρικών για μεγάλο χρονικό διάστημα μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα υγείας στον άνθρωπο καθώς και η ύπαρξη των νιτρικών στο νερό διαταράσσει τα υδάτινα οικοσυστήματα. Η κύρια διατάραξη που προκαλείται στα υδάτινα οικοσυστήματα είναι ο ευτροφισμός αφού τα νιτρικά διεγείρουν την παραγωγή φυκιών και φυτοπλαγκτόν με αποτέλεσμα αυτά να λαμβάνουν το περισσότερο οξυγόνο κατά την διαδικασία αποσύνθεσης τους και οι υδάτινοι οργανισμοί να έχουν ελάχιστο διαθέσιμο οξυγόνο και να θανατώνονται. Ακόμη στους υδάτινους οργανισμούς τα νιτρικά αντιδρούν με την αιμοσφαιρίνη προκαλώντας έλλειψη οξυγόνου

στο σώμα τους και κατ' επέκταση ξανά θανάτωση. Στον άνθρωπο οι επιδράσεις των νιτρικών είναι εξαιρετικά σοβαρές, περιλαμβάνουν επιπτώσεις στην γαστρεντερική οδό, καρκινογενέσεις ακόμη και Parkison. Πιο συγκεκριμένα, στη γαστρεντερική οδό μπορεί να εμφανιστεί καρκίνος από την δημιουργία νιτροσοαμίνων από τα νιτρώδη, οι οποίες είναι στα θηλαστικά τα πιο αποτελεσματικά καρκινογόνα, στα έμβρυα μικρότερα των έξι μηνών προκαλείται το Σύνδρομο του μπλε μωρού ή αλλιώς μεθαιμοσφαιριναιμία όπου μειώνεται το οξυγόνο στο αίμα τους λόγω της μετατροπής των νιτρικών σε νιτρώδη σε αναερόβιες συνθήκες. Άλλες επιπτώσεις μπορεί να είναι η δύσπνοια, το μελάνιασμα του δέρματος, αιμορραγία στην σπλήνα και διούρηση. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) έχει θέσει όριο 10 mg NO_3-N/L στην συγκέντρωση των νιτρικών που μπορούν να υπάρχουν στο πόσιμο νερό (Alahi & Mukhopadhyay, 2018; Mook et al., 2012; Verma & Ratan, 2020).

Λόγω των επιπτώσεων που έχουν τα νιτρικά και τα νιτρώδη σε μεγάλες ποσότητες η αφαίρεση τους αποτελεί επιτακτική ανάγκη. Στο νερό η μέτρηση των νιτρικών πραγματοποιείται με δύο τρόπους, άμεσα ή έμμεσα. Ο έμμεσος τρόπος είναι ακριβός με χρήση δαπανηρών οργάνων, περίπλοκος διότι χρειάζονται χημικά αντιδραστήρια και παράγονται αρκετά χημικά απόβλητα με την πέραση του. Σε αντίθεση, ο άμεσος είναι πιο οικονομικός και συνήθως αρκετά ακριβής στις μετρήσεις, όμως είναι πιο πιθανό να συμβούν σφάλματα λόγω άλλων μολύνσεων των δειγμάτων. Παραδείγματα μεθόδων και των δύο αυτών τρόπων είναι η ηλεκτροχημική ανίχνευση, η ανίχνευση χρωματογραφίας και οι ηλεκτρομαγνητικοί αισθητήρες (Alahi & Mukhopadhyay, 2018).

2.2.6. Αμμωνιακά (Ammoniacal)

Τα αμμωνιακά είναι ενώσεις που κυρίως περιέχουν αμμωνία. Στην παρούσα εργασία, θα αναλυθεί το αμμωνιακό άζωτο όσον αφορά την ποιότητα των υδάτων. Το αμμωνιακό άζωτο αποτελείται από μη ιονισμένη αμμωνία (NH_3) και ιόντα αμμωνίου (NH_4^+), η παρουσία των οποίων στα ύδατα εξαρτάται από το pH. Σε ύδατα με pH <8,75 η κύρια μορφή του αμμωνιακού αζώτου είναι NH_4^+ ενώ σε ύδατα με pH > 9,75 είναι NH_3. Στο φυσικό περιβάλλον το αμμώνιο βρίσκεται σε μεγαλύτερες ποσότητες από ότι η αμμωνία, η οποία σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες του 0,5 μmol/L μπορεί να επιδράσει αρνητικά στο περιβάλλον. Η σημαντικότητα της ανάλυσης του αμμωνιακού αζώτου προέρχεται από την τοξικότητα του στο περιβάλλον, η οποία επηρεάζεται από την διαλυμένη αμμωνία (D. Li et al., 2020; Lin et al., 2019).

Όπως αναφέρθηκε, η τοξικότητα του αμμωνιακού αζώτου οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη του ως αμμωνία, καθώς το αμμώνιο σε αντίθεση είναι ωφέλιμο σε φυσιολογικές συνθήκες για τους υδάτινους οργανισμούς. Οι συγκεντρώσεις του αμμωνιακού αζώτου μπορούν να αυξηθούν άνω των φυσιολογικών λόγω ανθρωπογενών παραγόντων, συνήθως από αστικά και γεωργικά λύματα. Η αμμωνία χρησιμοποιείται ευρέως στα λιπάσματα και η υπερβολική χρήση αυτών οδηγεί στην απορροή υψηλών συγκεντρώσεων της στα υδάτινα

οικοσυστήματα. Επίσης μέσω της νιτροποίησης, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, μπορεί να μετατραπεί σε νιτρικά και νιτρώδη που όπως αναλύθηκε παραπάνω προκαλούν ποικίλα προβλήματα στην υδάτινη ζωή και στους ανθρώπους (D. Li et al., 2020; Lin et al., 2019; Verma & Ratan, 2020).

Οι υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνιακού αζώτου, σε όποια από τις δύο μορφές, είναι ικανή να καταστρέψει τα υδάτινα οικοσυστήματα και να έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία των υδάτινων οργανισμών και των ανθρώπων. Μερικές από τις επιπτώσεις είναι ο ευτροφισμός των υδάτων, προβλήματα στην ανάπτυξη των ψαριών και των προνυμφών των ασπόνδυλων και η βιοσυσσώρευση στους οργανισμούς. Η θανάτωση των θαλασσινών ή και η κατανάλωση θαλασσινών με υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνιακών μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων, όπως να επηρεάσουν την κυκλοφορία του αίματος στο σώμα. Ακόμη ύδατα με αμμωνιακά συνίσταται να αποφεύγεται η ανάμιξη τους με χλωρίνη ή άλλα οξειδωτικά επειδή υπάρχει η πιθανότητα δημιουργίας δηλητηριώδους αερίου (D. Li et al., 2020; Lin et al., 2019; Verma & Ratan, 2020).

Για τον έλεγχο και την ανίχνευση αμμωνιακού αζώτου στα ύδατα χρησιμοποιούνται ποικίλες τεχνικές. Αρχικά, υπάρχει η οπτική ανίχνευση, η οποία περιλαμβάνει την φασματομετρική μέθοδο, την ανίχνευση φθορισμού και την ανίχνευση οπτικών ινών. Στον μεγαλύτερο βαθμός τους λειτουργούν με την χρήση αντιδραστηρίων εκτός από την φασματική ανίχνευση με την εξάτμιση της διαλυμένης αμμωνίας. Έπειτα, χρήση γίνεται και της ηλεκτροχημικής ανίχνευσης όπου τα αποτελέσματα λαμβάνονται σε μικρότερο χρονικό διάστημα. Σε αυτή περιλαμβάνονται ηλεκτρόδια ανίχνευσης αερίου αμμωνίας, ιόντων αμμωνίας και ηλεκτρόδια τροποποιημένα με νανοϋλικά. Τέλος, υπάρχει και η ανίχνευση ενζύμων με βιολογικό τρόπο (D. Li et al., 2020; Lin et al., 2019).

2.2.7. Φωσφορικά (Phosphates)

Ο φώσφορος (P) αποτελεί ένα στοιχείο που βρίσκεται φυσικά στο περιβάλλον και είναι ωφέλιμος, υπό φυσιολογικές συνθήκες, τόσο για την χλωρίδα και πανίδα όσο και για τον άνθρωπο. Στα ύδατα αλλά και στα λύματα υπάρχει στις μορφές ορθοφωσφορικών, πολυφωσφορικών και οργανικού φωσφόρου. Τα πολυφωσφορικά και οργανικός φώσφορος μπορεί να μετατραπούν σε ορθοφωσφορικά μέσω της υδρόλυσης ή της μικροβιακής κινητοποίησης. Οι τρείς αυτές μορφές φωσφορικών μπορούν εύκολα να απορροφηθούν από ανόργανα σωματίδια και ιζήματα των υδάτων (Loganathan et al., 2014).

Η ρύπανση των υδάτων από φωσφορικά προέρχεται σε μεγάλο βαθμό από τις απορροές γεωργικών λιπασμάτων, από βιομηχανικά λύματα και αστικά λύματα. Ο P χρησιμοποιείται στα λιπάσματα, όμως δεν απορροφάται όλη του η συγκέντρωση από τις καλλιέργειες με αποτέλεσμα η περίσσεια του να καταλήγει στον υδροφόρο ορίζοντα. Έρευνες που έχουν διεξαχθεί παρουσίασαν πως το περιβάλλον δεν έχει την δυνατότητα να διαλύσει και να απορροφήσει τις τεράστιες παραγόμενες ποσότητες του. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το

38% των υδάτων του πλανήτη δεν μπορούν να αφομοιώσουν το φορτίο του φωσφόρου (Loganathan et al., 2014; Verma & Ratan, 2020).

Η κύρια ρύπανση που προκαλούν τα φωσφορικά στα ύδατα είναι ο ευτροφισμός. Ο ευτροφισμός συμβαίνει όταν υπάρχει υπερβολική παροχή θρεπτικών ουσιών, όπως τα φωσφορικά, στα ύδατα, και αυτό οδηγεί σε υπερβολική ανάπτυξη φυτοπλαγκτονικών οργανισμών, όπως τα φυτά και τα φύκια. Για την αποφυγή του φαινομένου στην Ευρώπη, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει όρια για τα φωσφορικά στα ποτάμια, προκειμένου να θεωρούνται τα ύδατα σε καλή ποιοτική κατάσταση. Συγκεκριμένα, το όριο P έχει τεθεί στα 0,07 μg/L. Αυτό το όριο είναι η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση φωσφορικών στα ύδατα, πέραν της οποίας θεωρείται ότι υπάρχει υπερβολική ποσότητα των ουσιών αυτών που μπορεί να προκαλέσει ευτροφισμό. Επίσης, η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (WHO) έχει θέσει όρια για την επιτρεπτή περιεκτικότητα των φωσφορικών στα λύματα. Σύμφωνα με τα πρότυπά της, η επιτρεπτή περιεκτικότητα είναι 10 μg/L. Αυτό το όριο έχει θεσπιστεί για να περιοριστεί η παρουσία φωσφορικών στα λύματα και να προστατευθεί η ποιότητα των υδάτων και η υγεία των ανθρώπων (Das et al., 2022; Loganathan et al., 2014).

Όσον αφορά τον άνθρωπο, ο P αποτελεί ένα σημαντικό θρεπτικό στοιχείο, το οποίο λαμβάνεται μέσα από τις τροφές. Μετά την εισαγωγή του στον οργανισμό, συνήθως ενώνεται με το οξυγόνο και υπάρχει ως φωσφορικό ιόν. Τροφές που περιέχουν οργανικό και ανόργανο P είναι τα αυγά, το κρέας, τα γαλακτοκομικά και τα λαχανικά. Ο ανόργανος P μετά την εισαγωγή του απορροφάται από το έντερο και περνά στη ροή του αίματος ανεβάζοντας τα επίπεδα φωσφορικών. Όταν τα επίπεδα φωσφορικών είναι υψηλά ποικίλα προβλήματα μπορούν προκληθούν στα κύτταρα και στους ιστούς, ειδικά σε ευπαθείς ομάδες ανθρώπων. Έρευνες έχουν δείξει πως η τοξικότητα των φωσφορικών συνδέεται με την καρδιαγγειακή ασβεστοποίηση, επιταχύνει την διαδικασία γήρανσης και διεγείρει τον καρκίνο των πνευμόνων. Η ποσότητα φωσφορικών στο πόσιμο νερό μπορεί επίσης να προκαλέσει αντίστοιχα προβλήματα για αυτό και ο WHO έχει θέσει όριο 0,1 μg/L για τον περιεχόμενο φώσφορο στο πόσιμο νερό (Das et al., 2022; Razzaque, 2011).

Στον έλεγχο της ποιότητας των υδάτων, ειδικά όσον αφορά τα φωσφορικά, χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι για να μετρηθούν οι συγκεντρώσεις τους. Ανάμεσα στις διαδεδομένες μεθόδους, ξεχωρίζουν η φασματομετρία, η χρωματομετρία και η ηλεκτροχημική ανάλυση. Η φασματομετρία είναι μια από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους για την παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων. Από την ανάλυση του φάσματος των υδάτων, μπορούν να εξαχθούν πολλές πληροφορίες σχετικά με τα φωσφορικά και άλλες ουσίες που μπορεί να περιέχουν. Η χρωματομετρία είναι μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους εξαιτίας της ευκολίας χρήσης της. Με την βοήθεια ειδικών χημικών δεικτών, μπορούμε να προσδιορίσουμε τα φωσφορικά στο νερό μέσω της αντίδρασής τους με τους δείκτες και την ανάλυση των χρωμάτων που παράγονται. Επιπλέον, η ηλεκτροχημική ανάλυση χρησιμοποιεί τον ηλεκτρισμό για να προσδιορίσει την περιεκτικότητα των φωσφορικών στο νερό. Με τη χρήση ειδικών αισθητήρων και τεχνολογίας, μπορούμε να καταγράψουμε τις ηλεκτροχημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν και να προσδιορίσουμε τα

επίπεδα των φωσφορικών. Οι παραπάνω μέθοδοι αποτελούν πολύτιμα εργαλεία για την αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων και την παρακολούθηση των φωσφορικών. Η χρωματομετρία, λόγω της ευκολίας και της απλότητάς της, χρησιμοποιείται περισσότερο σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους, καθιστώντας την ιδανική για ευρεία χρήση στον έλεγχο της ποιότητας των υδάτων (Das et al., 2022)

2.2.8. Θειικά (Sulphates)

Τα θειικά ή θειικά ιόντα είναι χημικές ενώσεις που βρίσκονται φυσικά στο περιβάλλον σε ποικίλα ορυκτά ενώ εκπέμπονται από διάφορες υδάτινες, εδαφικές και γεωλογικές διαδικασίες όπως η διάβρωση και η έκρηξη ηφαιστείων. Υπάρχουν επίσης φυσικά στα υδάτινα οικοσυστήματα σε εύρος συγκεντρώσεων ανάλογα τις γεωλογικές και υδρολογικές συνθήκες (Zak et al., 2021).

Με την εκβιομηχάνιση και την συνεχή καύση ορυκτών καυσίμων μεγάλες ποσότητες θειικών απελευθερώθηκαν στην ατμόσφαιρα και μεταφέρθηκαν στα ύδατα. Παρά την προσπάθεια μείωσης της εκπομπής θειικών στην ατμόσφαιρα τις τελευταίες δεκαετίες, η συγκεντρώσεις τους παραμένουν πάνω από το φυσιολογικό στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα. Άμεσες και έμμεσες ανθρώπινες δραστηριότητες όπως είναι η όξινη αποστράγγιση ορυχείων, η έκπλυση λιπασμάτων, η απορροή γεωργικών και βιομηχανικών λυμάτων, η αποστράγγιση υγροτόπων και οι αλλαγές στην στάθμη της θάλασσας αποτελούν πηγές θειικών στα υδάτινα σώματα (Zak et al., 2021).

Αποτελούν το κύριο είδος του θείου στο υδατικό περιβάλλον έχοντας υψηλές συγκεντρώσεις σε περιπτώσεις ρύπανσης από όξινη εναπόθεση λόγω της χρήσης άνθρακα, πετρελαίου και ποικίλων καυσίμων που περιέχουν θείο. Η παρουσία τους ενώ προδίδει το επίπεδο όξυνσης των υδάτων, επηρεάζει κυρίως αισθητικά το πόσιμο νερό και κατά συνέπεια σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγειάς δεν προκαλεί στους ανθρώπους άμεσο κίνδυνο στην υγεία τους (Fung et al., 2008).

Όσον αφορά την εύρεση και ανάλυση των θειικών στα ύδατα οι πιο κοινές μέθοδοι είναι η βαρυμετρική, η μέτρηση θολότητας, η μέτρηση με την χρήση ηλεκτροδίου ειδικού ιόντος και η χρωματογραφία ιόντος. Η πιο κλασική μέθοδος είναι η βαρομετρική κατά την οποία μπορούν να αναλυθούν υψηλές συγκεντρώσεις. Στην μέτρηση θολότητας επίσης μπορούν να αναλυθούν υψηλές συγκεντρώσεις θειικών εάν προηγηθεί αραίωση του δείγματος. Οι δύο αυτές μη αυτόματες μέθοδοι είναι κατάλληλες για αναλύσεις ρουτίνας. Για μικρές συγκεντρώσεις μπορεί να γίνει χρήση της χρωματογραφίας ιόντων με όριο ανίχνευσης 0,1 mg/l όμως απαιτεί υψηλό λειτουργικό και κεφαλαιακό κόστος (Fung et al., 2008).

2.2.9. Χλωριόντα (Chlorides)

Τα χλωριόντα αποτελούν ιόντα χλωρίου, τα πιο διαδεδομένα ιόντα στο υδάτινο περιβάλλον. Υπάρχουν στα φυσικά ύδατα με την μορφή αλάτων νατρίου, ασβεστίου και μαγνησίου. Σχεδόν σε όλα τα επιφανειακά ύδατα περιέχονται τα ιόντα χλωρίου σε συγκεντρώσεις 10 - 20 mg/l για τα ύδατα ποταμών ενώ στα θαλάσσια η συγκέντρωση τους αυξάνεται κατά πολύ. Μεταφέρονται και προστίθενται στα ύδατα μέσω απορροών χλωρίνης που έχει χρησιμοποιηθεί για απολύμανση, μέσω νερού που ρέει σε χλωριούχα στρώματα. από αστικά και βιομηχανικά λύματα (Hong et al., 2023).

Η ύπαρξη τους, σε φυσιολογικές συγκεντρώσεις, είναι σημαντική και απαραίτητη στους ζωντανούς οργανισμούς επηρεάζοντας την λειτουργία και πολλαπλασιασμό των κυττάρων, την απόκριση του ανοσοποιητικού συστήματος και σε άλλες βιολογικές διεργασίες. Υπερβαίνοντας τις φυσιολογικές συγκεντρώσεις έχουν την δυνατότητα να προκαλέσουν προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία όπως βλάβες στο δέρμα. Επίσης, τα ιόντα χλωρίου μπορούν να επιταχύνουν την διαδικασία της διάβρωσης προκαλώντας βλάβες σε ανθρώπινα συστήματα σωληνώσεων αλλά και στο περιβάλλον (Hong et al., 2023).

Πιο συγκεκριμένα, τα ύδατα των ποταμών εάν ρυπανθούν από λύματα με υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων χλωρίου οι επιπτώσεις θα είναι καταστροφικές για το περιβάλλον. Η ποιότητα των υδάτων θα μειωθεί καθώς επίσης θα επηρεαστεί η φυσική οικολογική ισορροπία του νερού. Αυτό το γεγονός θα προκαλέσει καταστροφή στην υδάτινη ζωή, ρύπανση των υδάτινων πόρων και των υπόγειων υδάτων. Επίσης, επιτείνουν την ανάπτυξη της χλωρίδας σε βαθμό που επηρεάζει αρνητικά το περιβάλλον (Hong et al., 2023).

Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι για την ανίχνευση των χλωριόντων, από τις πιο κοινές να είναι η βαρυμετρική, η χρωματογραφία, η φασματοσκοπία και η μέτρηση της αγωγιμότητας. Για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου λαμβάνονται υπόψη ποικίλοι παράγοντες όπως η συγκέντρωση των χλωριόντων, η ακρίβεια και ο διαθέσιμος εξοπλισμός. Κάθε μέθοδος έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα οπότε η επιλογή γίνεται ανάλογα με τις ερευνητικές ανάγκες (Hong et al., 2023).

2.2.10. Μέταλλα και Βαρέα Μέταλλα (Metals – Heavy Metals)

Τα μέταλλα αποτελούν χημικά στοιχεία που παρουσιάζουν όμοιες ιδιότητες μεταξύ τους και η κυριότερη διαφορά που έχουν με τα βαρέα μέταλλα είναι στην πυκνότητα τους. Τα βαρέα μέταλλα έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα από τα μέταλλα. Στα ποτάμια συστήματα υπάρχει φυσική και ανθρωπογενής ύπαρξη και των δύο, με τα βαρέα μέταλλα να διαδραματίζουν μεγαλύτερο ρόλο στην ποιότητα των υδάτων.

Ποικίλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες συμβάλλουν στην αύξηση των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στα υδάτινα οικοσυστήματα. Τέτοιες είναι οι δραστηριότητες εξόρυξης και τήξης, η απόρριψη μη επεξεργασμένων και μερικώς επεξεργασμένων

λυμάτων, χηλικών ενώσεων μετάλλων από διάφορες βιομηχανίες και η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων που περιέχουν βαρέα μέταλλα σε γεωργικούς αγρούς. Η χαμηλή διαλυτότητα που παρουσιάζουν τα βαρέα μέταλλα συμβάλλει στην απορρόφηση τους από τα ιζήματα των υδάτινων συστημάτων μέσω των οποίων γίνεται και η μεταφορά τους στα ποτάμια. Τόσο η συσσώρευση όσο και η διασπορά τους κατά το μήκος των ποταμών βασίζεται σε φυσικούς, χημικούς, υδρολογικούς και υδραυλικούς παράγοντες. Στις εκβολές των ποταμών συνήθως παρουσιάζονται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων συγκριτικά με τις πηγές τους (Adesiyan et al., 2018; Sojka & Jaskuła, 2022).

Τα μέταλλα παρουσιάζουν ιδιαίτερη ανησυχία ως ρυπαντές διότι δεν είναι εύκολα εμφανή, δεν καταστρέφονται εύκολα, έχουν τοξικές επιδράσεις και μπορούν να βιοσυσσωρευτούν στους ζωντανούς οργανισμούς. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις μέταλλα όπως ο Σίδηρος, το Κοβάλτιο, ο Χαλκός και το Μαγγάνιο είναι χρήσιμα στον βιολογικό μεταβολισμό των οργανισμών. Άλλα μέταλλα όπως το Χρώμιο, το Κάδμιο, το Αρσενικό, ο Μόλυβδος και ο Υδράργυρος μπορούν να φανούν πολύ τοξικά στους οργανισμούς προκαλώντας προβλήματα στο ήπαρ και τα νεφρά (Adesiyan et al., 2018; Sojka & Jaskuła, 2022).

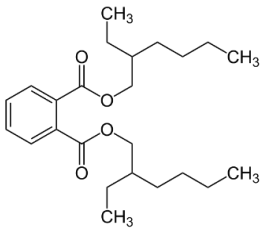
Ο κύριος λόγος παρακολούθησης των βαρέων μετάλλων στα ύδατα είναι η τοξικότητα τους και ο κίνδυνος που μπορεί να προκαλέσουν στην ανθρώπινη υγεία όταν βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις αλλά και στην ικανότητα τους να επιδρούν αρνητικά στο περιβάλλον επηρεάζοντας την βιοχημική λειτουργία όλων των ζώντων οργανισμών. Η ανάλυση σε δείγματα υδάτων για την ύπαρξη και ποσοτικοποίηση των μετάλλων πραγματοποιείται με την χρήση της μεθόδου φασματοφωτομετρίας ατομικής απορρόφησης νεφρά (Adesiyan et al., 2018; Sojka & Jaskuła, 2022).

2.2.11. Φθαλικοί εστέρες

Οι φθαλικοί εστέρες (PAEs) είναι ενώσεις που έχουν δημιουργηθεί από τον άνθρωπο και αποτελούν τους διαλκυλ ή αλκυλαρυλεστέρες του 1,2-βενζοδικαρβοξυλικού οξέος (φθαλικό οξύ) από το οποίο προέρχεται και η ονομασία τους. Η κύρια χρήση τους είναι ως πλαστικοποιητές, για την αύξηση της πλαστικότητας, της διαφάνειας και της αντοχής των βιομηχανικών πολυμερών. Το PVC είναι το πιο κοινό πλαστικό για το οποίο χρησιμοποιούνται (Liang et al., 2008; Weizhen et al., 2020).

Υπάρχουν ποικίλοι φθαλικοί εστέρες με τους πιο διαδεδομένους να είναι οι εξής (Ζέρβα, 2015):

- Δις(2-αιθυλεξυλ) φθαλικός εστέρας (DEHP)
- Φθαλικός διαιθυλεστέρας (DEP)
- Φθαλικός διβουτυλεστέρας (DBP)
- Φθαλικός βενζυλ βουτυλεστέρας (BBP)

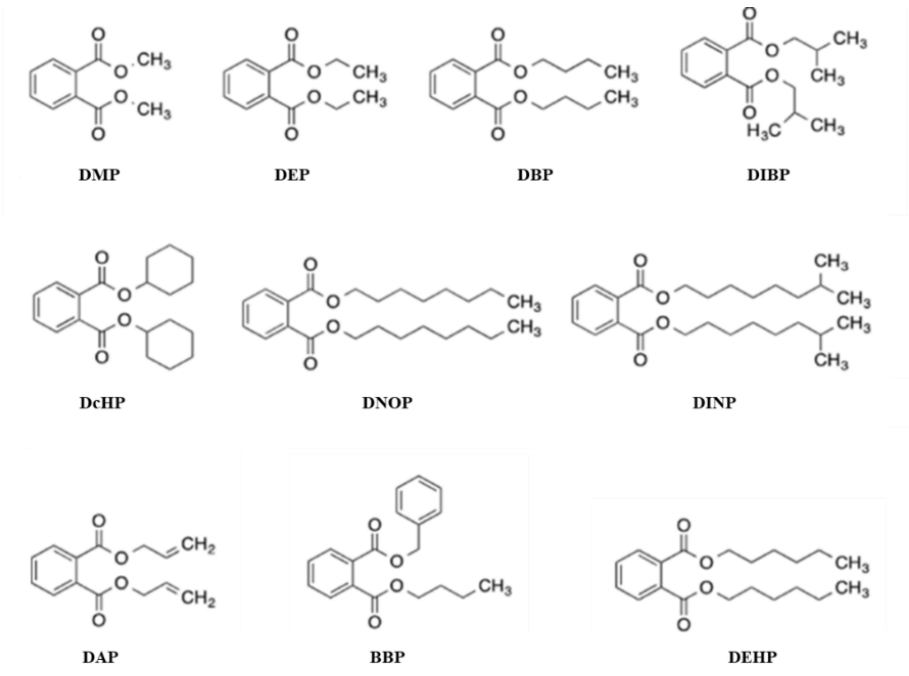


Εικόνα 16. Δομή DEHP (Wikipedia).

- Φθαλικός διμεθυλεστέρας (DMP)
- Φθαλικός δι-η-οκτυλεστέρας (DNOP)

Από αυτούς περισσότερο χρησιμοποιείται ο DEHP. Οι φθαλικοί εστέρες μπορούν να βρεθούν σε μια πληθώρα προϊόντων και υλικών όπως είναι τα παιδικά παιχνίδια, τα καλλυντικά, τα απορρυπαντικά, οι ιατρικές συσκευές (καθετήρες, οροί), τα γάντια, τα λιπαντικά, οι συσκευασίες προϊόντων, οι ηλεκτρονικές συσκευές και ακόμη στα καλύμματα πατώματος και οροφών. Σχεδόν ό,τι προϊόν χρησιμοποιεί ο άνθρωπος περιέχει κάποιον από τους φθαλικούς εστέρες αφού αποτελούν περίπου το 90% των παραγόμενων πλαστικοποιητών. Χρησιμοποιούνται παγκοσμίως, εδώ και περίπου τέσσερις δεκαετίες, με την παραγωγή τους να εκτιμάται σε εκατομμύρια τόνους κάθε χρόνο (Fromme et al., 2002; Kastanias & Tokmakidis, 2012; Selvaraj et al., 2015; Weizhen et al., 2020). Πιο συγκεκριμένα, στην Ευρωπαϊκή Ένωση παράγονται ή/και χρησιμοποιούνται περίπου 1.000.000 τόνοι τον χρόνο, αριθμός που την κατατάσσει πρώτη στον πλανήτη σε παραγωγή και χρήση φθαλικών εστέρων με δεύτερη κατά σειρά να έρχεται η Ιαπωνία με 340.000 τόνους τον χρόνο (Καβουρή, 2022).

Η βιοαποικοδόμηση των PAEs εξαρτάται από την αλυσίδα εστέρων τους. PAEs με μικρότερη αλυσίδα εστέρων όπως είναι οι DMP, DEP, DBP, BBP, φθαλικός διφαινυλεστέρας (DPP) και φθαλικός διπροπυλεστέρας (DPrP), μπορούν εύκολα να βιοδιασπαστούν και μεταλλοποιηθούν. Αντιθέτως, PAEs που έχουν μεγαλύτερες αλυσίδες εστέρων όπως οι DEHP, φθαλικός διεξυλεστέρας (DHP) και φθαλικός διοκτυλεστέρας (DOP), βιοδιασπώνται πολύ πιο δύσκολα στο περιβάλλον (Liang et al., 2008).



Εικόνα 17. *Δομές μερικών φθαλικών εστέρων (Cromwell et al., 2019, επεξεργασμένη)*

Οι PAEs δεν είναι χημικά ενωμένοι στα πλαστικά με αποτέλεσμα να μπορούν με μεγάλη ευκολία να διαφύγουν στο περιβάλλον κατά την διάρκεια κατασκευής, χρήσης και απόρριψης τους. Σε συνδυασμό με την ευρεία χρήση τους και την βιοδιασπασιμότητα τους έχουν παρατηρηθεί στην ατμόσφαιρα, στον υδροφόρο ορίζοντα, στο έδαφος και σε βιομηχανικά και αστικά λύματα, αποτελώντας πλέον έναν από τους σημαντικότερους ρύπους. Έχουν επιδράσεις τόσο στον άνθρωπο όσο και στους υδάτινους οργανισμούς με την ιδιότητα τους ως ενδοκρινικοί διαταράκτες. Οι ενδοκρινικοί διαταράκτες είναι χημικές ουσίες που μπορεί να υπάρχουν στο περιβάλλον και επηρεάζουν την φυσιολογική λειτουργία του ενδοκρινικού συστήματος των ζωντανών οργανισμών προκαλώντας δυσμενείς επιπτώσεις σε αυτούς και στους απογόνους τους. Τα υδάτινα σώματα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην ρύπανση από PAEs λόγω της εύκολης απορρόφησης τους από τα ιζήματα. Προβλήματα υγείας έχουν παρατηρηθεί στους υδάτινους οργανισμούς και στον άνθρωπο (Domínguez-Morueco et al., 2014; Hadjmohammadi et al., 2011; Selvaraj et al., 2015).

Όσον αφορά το υδάτινο περιβάλλον, οι PAEs επηρεάζουν τους υδάτινους οργανισμούς ανάμεσα στους οποίους είναι η άλγη, το φυτοπλαγκτόν, τα ψάρια και τα θαλασσινά. Οι PAEs εισέρχονται στους οργανισμούς κυρίως μέσω της τροφής και έπειτα αποδομούνται και μεταβολίζονται συνήθως μέσω της υδρόλυσης και μετατρέπονται σε MPE, ο οποίος είναι ο πιο διαδεδομένος μεταβολίτης τους. Οι ίδιοι φθαλικοί εστέρες δεν φαίνεται να βιοσυσσωρεύονται στους οργανισμούς, οι μεταβολίτες τους όμως έχουν αυτή την ιδιότητα καθώς μπορούν να αποθηκευτούν στον λιπώδη ιστό των οργανισμών. Γενικά, οι PAEs είναι τοξικοί για τους υδάτινους οργανισμούς, προκαλώντας τους οξειδωτική πίεση αλλά και τοξικότητα στο ανοσοποιητικό σύστημα, στον μεταβολισμό, στο ενδοκρινικό σύστημα και στην ανάπτυξη τους. Πιο συγκεκριμένα, τα έμβρυα των υδάτινων οργανισμών μπορούν να παρουσιάσουν καρδιακά οιδήματα, νεκρώσεις, έλλειψη απτικών αποκρίσεων, σωματικές μεταλλάξεις ακόμη και θανάτωση. Οι ενήλικοι οργανισμοί, παρουσιάζουν προβλήματα στην αναπαραγωγή αλλά και στη λειτουργία διάφορων οργάνων όπως στο ήπαρ και τα νεφρά (Zhang et al., 2021).

Η ανίχνευση των PAEs στον άνθρωπο έγινε λόγω της εμφάνισης τους σε μικρές συγκεντρώσεις στο αίμα. Οι άνθρωποι εκτίθενται στους PAEs μέσω της εισπνοής, της κατάποσης και της δερματικής επαφής κατ' εξακολούθηση κατά την διάρκεια της ζωής τους (Ζέρβα, 2015). Έρευνες έχουν δείξει πως ο μέσος άνθρωπος καθημερινά εκτίθεται σε 0,21-2,1 mg/day στον φθαλικό εστέρα DEHP, σε 2,32-12 μg/kg/day στον DEP , σε 0,26-0,88 μg/kg/day στον BBP, σε 0,84-5,22 μg/kg/day στον DBP καθώς και σε άλλους φθαλικούς εστέρες σε μικρότερες συγκεντρώσεις (Hannon & Flaws , 2015). Ποικίλα προβλήματα στην υγεία έχουν παρατηρηθεί ή υποπτεύονται πως προκαλούνται από τους PAEs. Επηρεάζονται τόσο οι γυναίκες όσο και οι άντρες όσον αφορά τα προβλήματα στο αναπαραγωγικό σύστημα, όπου μπορεί να προκληθούν σεξουαλική πρωιμότητα, καρκίνος (όρχεων, ωοθηκών), στειρότητα και πρόωρος τοκετός. Ακόμη, κατά την διάρκεια της κυοφορίας η έκθεση σε PAEs επηρεάζει τα γεννητικά όργανα των αρσενικών εμβρύων αλλοιώνοντας τα

λόγω μείωσης της τεστοστερόνης και άλλων ανωμαλιών. Προκαλούνται αρνητικές επιπτώσεις στον θυροειδή αδένα, τόσο στην σύνθεση του όσο και στην λειτουργία και την χρήση του, στην δράση της ινσουλίνης ειδικότερα για τα μεγαλύτερης ηλικίας άτομα και προβλήματα στην πίεση και στο νευρικό σύστημα καθώς και ερεθισμοί του γαστρεντερικού και του δέρματος. Στα παιδιά παρουσιάζονται συνήθως μεγαλύτερες συγκεντρώσεις φθαλικών εστέρων λόγω της μη αναπτυγμένης λειτουργίας του ήπατος και των νεφρών τους (Domínguez-Morueco et al., 2014; Zέρβα, 2015; Rowdhwal & Chen , 2018). Οι αρνητικές επιπτώσεις των PAEs είναι ποικίλες και σημαντικές για αυτό κάποια μέτρα έχουν παρθεί, όπως η απαγόρευση μερικών φθαλικών εστέρων σε παιδικά παιχνίδια και ρούχα αλλά και σε καλλυντικά από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Οδηγία 2005/84/EC), την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Η.Π.Α και τον Καναδά (Νόμος επικίνδυνων προϊόντων/2010) (Selvaraj et al., 2015).

Για τον έλεγχο της ύπαρξης των φθαλικών εστέρων, υπάρχουν δύο κύριες μέθοδοι ανίχνευσης, οι οποίες είναι η αέρια χρωματογραφία με σύλληψη ηλεκτρονίων και η ανίχνευση φασματομετρίας μάζας. Αυτές οι μέθοδοι ανάλυσης επιτρέπουν την αναγνώριση και ποσοτικοποίηση των φθαλικών εστέρων στα δείγματα. Ωστόσο, για την ακρίβεια και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, είναι σημαντική η προ-επεξεργασία των δειγμάτων πριν από την ανάλυση. Η προ-επεξεργασία περιλαμβάνει διάφορες διαδικασίες προετοιμασίας των δειγμάτων, όπως η εκχύλιση, η διάλυση, η διήθηση, και η διόγκωση, προκειμένου να αφαιρεθούν περιττά στοιχεία και να ενισχυθεί η ανίχνευση των ενδιαφερόντων ενώσεων. Η προ-επεξεργασία βελτιώνει την ανάλυση και εξασφαλίζει την ακρίβεια και την αξιοπιστία των μετρήσεων, καθιστώντας τις μεθόδους ανίχνευσης φθαλικών εστέρων αποτελεσματικές και εύχρηστες. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ανάλυσης και η σωστή προ-επεξεργασία των δειγμάτων είναι βασικοί παράγοντες για την επίτευξη αξιόπιστων αποτελεσμάτων και την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών ζητημάτων που σχετίζονται με τους φθαλικούς εστέρες. (Hadjmohammadi et al., 2011).

Μικροπλαστικά

Η πορεία των πλαστικών υλικών ξεκίνησε από τον 19ο αιώνα, πιο συγκεκριμένα από το 1800, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας επεξεργασίας του καουτσούκ. Αυτή η επανάσταση σημάδεψε την αρχή μιας νέας εποχής για τη βιομηχανία υλικών. Έκτοτε, τα πλαστικά έχουν κατακτήσει μία ξεχωριστή θέση στην καθημερινή ζωή, γίνοντας ένα από τα πλέον δημοφιλή υλικά που χρησιμοποιούνται. Ωστόσο, η αυξημένη χρήση των πλαστικών έχει οδηγήσει σε ένα παγκόσμιο πρόβλημα ρύπανσης. Τα πλαστικά αποτελούν πηγή ρύπανσης σε διάφορα περιβαλλοντικά συστήματα, όπως ο αέρας, τα υδάτινα οικοσυστήματα, το έδαφος και ακόμη και στην τροφή που καταναλώνεται. Οι ανησυχητικοί αριθμοί δείχνουν την κλίμακα αυτού του προβλήματος. Η παραγωγή πλαστικών έχει φτάσει στα 8.300 εκατομμύρια τόνους παγκοσμίως, με αποτέλεσμα την εκπομπή περίπου 850 εκατομμυρίων τόνων αερίων του θερμοκηπίου. Κάθε λεπτό που περνά, υπολογίζεται ότι χρησιμοποιούνται παγκοσμίως

τέσσερα τρισεκατομμύρια πλαστικές σακούλες και ένα εκατομμύριο πλαστικά μπουκάλια. (Καψάμπελης, 2020; Barcelo & Picó, 2020).

Τα πλαστικά διακρίνονται σε κατηγορίες, οι οποίες βασίζονται στο μέγεθος τους. Υπάρχουν τα μακροπλαστικά με μέγεθος μεγαλύτερο των 2,5 cm, τα μέσοπλαστικά που είναι 2,5 cm – 5 mm, τα μικροπλαστικά με μέγεθος που δεν ξεπερνά τα 5 mm και τα νανοπλαστικά με μέγεθος 1-100 nm. Μεγαλύτερο ενδιαφέρον στην παρούσα εργασία έχουν τα μικροπλαστικά, τα οποία εισέρχονται απευθείας στα ύδατα ή σχηματίζονται από την διάσπαση των μακροπλαστικών. Μέχρι το 2050 αναμένεται η ποσότητα των μικροπλαστικών να ξεπεράσει αυτή των ψαριών στους ωκεανούς. Το 40% των πλαστικών απορριμμάτων που εισέρχονται στους ωκεανούς προέρχεται από τα ποτάμια, γι' αυτό και είναι σημαντική η παρακολούθηση των επιπέδων τους στους ποταμούς του πλανήτη (Barcelo & Picó, 2020).

Υπάρχουν δύο κατηγορίες μικροπλαστικών, τα πρωτογενή και τα δευτερογενή πλαστικά, ανάλογα την προέλευση τους. Τα πρωτογενή έχουν ήδη μικρό μέγεθος και εισέρχονται στο περιβάλλον, σε αυτά περιλαμβάνονται τα φυσικά λειαντικά, τα σφαιρίδια καθαρού πλαστικού και τα προϊόντα της βιομηχανίας των αέριων ανατινάξεων. Τα φυσικά λειαντικά περιέχονται σε προϊόντα όπως η οδοντόκρεμα, τα ρούχα, τα απορρυπαντικά κ.α. Στα σφαιρίδια καθαρού πλαστικού ανήκουν αυτά του πολυαιθυλενίου (PE), του πολυπροπυλενίου (PP) και του πολυστυρενίου (PS). Τα δευτερογενή πλαστικά μετατρέπονται σε μικροπλαστικά με την διάσπαση και την μείωση του μεγέθους τους, αυτό συμβαίνει επειδή διάφοροι παράγοντες του περιβάλλοντος επιδρούν σε αυτά. Η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η υγρασία και οι καταπονήσεις από τον αέρα, την άμμο και τα κύματα αποτελούν τέτοιους παράγοντες. Η μείωση επίσης του μεγέθους τους συμβάλλει και στην ευκολότερη μεταφορά και εισχώρηση τους στα περιβάλλοντα και στα οικοσυστήματα. Εξαιτίας των ποικίλων πηγών τους, τα πρωτογενή μικροπλαστικά μπορούν να βρεθούν σε διάφορα σχήματα όπως είναι τα σφαιρίδια, οι ίνες και τα μικρά τεμάχια. Συνήθως παρατηρούνται ως ίνες από την τριβή των συνθετικών υφασμάτων και περνούν στο περιβάλλον από τα υγρά λύματα των πλυντηρίων ρούχων. Ακόμη, εκλύονται από τους βιολογικούς καθαρισμούς από την λυματολάσπη και σημαντική σημειακή πηγή είναι πιθανό να αποτελούν οι βιομηχανίες κλωστοϋφαντουργίας Όσον αφορά τα δευτερογενή μικροπλαστκά, συνήθως περνούν στο περιβάλλον λόγω των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων όπως είναι η απόρριψη των απορριμμάτων. Έπειτα, μέσω του αέρα, της διάβρωσης του εδάφους, της χερσαίας απορροής, και της επιφανειακής απορροής από τις καλλιέργειες διασκορπίζονται στο περιβάλλον και εισέρχονται στα επιφανειακά υδάτινα σώματα. Οι αγροτικές καλλιέργειες έχουν σημαντικό ρόλο στην απόθεση μικροπλαστικών στο περιβάλλον εξαιτίας της χρήσης λυματολάσπης και πλαστικών οργανικών λιπασμάτων για την βελτίωση της παραγωγής τους δυνατότητας. Άλλα παραδείγματα πηγών μικροπλαστικών είναι οι οδικές σημάνσεις, τα φθαρμένα ελαστικά, οι συνθετικοί χλοοτάπητες, οι χωματερές και η καύση των απορριμμάτων (Γκουλέτσα, 2022; Καψάμπελης, 2020).

Το μέγεθος των μικροπλαστικών επιτρέπει την κατάποση τους από τους οργανισμούς και μεταφέρεται στην γαστρο-οισοφαγική οδό και είτε παραμένει εκεί ή αποβάλλεται με τα κόπρανα. Το να παραμείνουν στον οργανισμό και να μην αποβληθούν μπορεί να έχει σοβαρές δυσμενείς επιδράσεις όπως τραυματισμούς, θρομβώσεις και εντερικές αλλοιώσεις. Ακόμη, τοξικότητα είναι πιθανό να προκληθεί στους οργανισμούς από τις χημικές ενώσεις που βρίσκονται στα μικροπλαστικά. Μέσω της τροφικής αλυσίδας τα μικροπλαστικά συσσωρεύονται και περνούν από οργανισμό σε οργανισμό μέχρι που φτάνουν στον άνθρωπο, γεγονός που βρίσκεται υπό μελέτη τα τελευταία 10 χρόνια. Όπως αναφέρθηκε, τα μικροπλαστικά εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω της κατάποσης της τροφής αλλά συμβαίνει και μέσω των πλαστικών συσκευασιών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τροφής και ποτών. Έρευνες έχουν αποκαλύψει μικροπλαστικά στο αλάτι, στο μέλι, στο πόσιμο νερό βρύσης, στο εμφιαλωμένο νερό και στα θαλασσινά. Ενώ μπορεί να διαφέρει η τιμή από άτομο σε άτομο εκτιμάται πως ένας μέσος άνθρωπος καταναλώνει 39.000-52.000 σωματίδια μικροπλαστικών ανά χρόνο μόνο από την κατάποση μικροπλαστικών. Εκτός από την κατάποση εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό και με την εισπνοή αφού στην ατμόσφαιρα υπάρχουν και μεταφέρονται μικροπλαστικά. Η εισροή τους στο σώμα μπορεί να προκαλέσει φλεγμονές, αναπνευστικά προβλήματα και μεταφορά παθογόνων μικροβίων. Αν και δυσκολότερο, τα μικροπλαστικά μπορεί να περάσουν στον άνθρωπο από το δέρμα μέσω τον ιδρωτοποιών αδένων, τραυματισμών και των θυλάκων των τριχών. Η εισροή μπορεί να συμβεί από την χρήση καλλυντικών προϊόντων και την επαφή με ρυπασμένο από μικροπλαστικά νερό. Τα μικροπλαστικά προκαλούν ποικίλα προβλήματα υγείας στον άνθρωπο και στους υπόλοιπους οργανισμούς, μερικά από τα οποία έχουν ήδη αναφερθεί. Επιπλέον, μπορεί να προκληθούν κυτταροτοξικότητα, οξειδωτικό στρές, ομοιστατικές διαταραχές, μεταβολικές διαταραχές, ανοσολογικές διαταραχές κα νευροτοξικότητα (Γκουλέτσα, 2022).

Συμπερασματικά, τα μικροπλαστικά αποτελούν μια σημαντική περιβαλλοντική απειλή και απαιτούν την άμεση προσοχή για την διαχείριση τους. Έχουν εισέλθει στους ωκεανούς, στα οικοσυστήματα γλυκού νερού και στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα την απειλή της ζωής των οικοσυστημάτων και της υγείας των ανθρώπων. Ενώ γίνονται παγκόσμιες προσπάθειες για την μείωση του πλαστικού και την ανάπτυξη νέων βιώσιμων εναλλακτικών, η ανάγκη για περισσότερη έρευνα, αυστηρότερους κανονισμούς και μεγαλύτερη κοινωνική ευαισθητοποίηση είναι επιτακτική για την διαχείριση των μικροπλαστικών και την διατήρηση της υγείας και του περιβάλλοντος.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των παραμέτρων για την ποιότητα των υδάτων του Πηνειού ποταμού. Συγκεκριμένα, των υδάτων των παραποτάμων του Ελασσονίτη και Τιταρήσιο που διατρέχουν τις περιοχές Ελασσόνα και Τύρναβο μέσω της ανάλυσης πέντε χαρακτηριστικών δειγμάτων.

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση δεκατριών φυσικοχημικών παραμέτρων που επιλέχθηκαν κατά την διάρκεια των αναλύσεων με βάση τα διαθέσιμα υλικά και μηχανήματα του εργαστηρίου καθώς και τον χρόνο λήψης αποτελεσμάτων ώστε να ολοκληρωθεί η εργασία εντός επιλεγμένου χρονικού διαστήματος. Τα αποτελέσματα των παρακάτω αναλύσεων παρουσιάζουν μια ολοκληρωμένη εικόνα για την ποιοτική κατάσταση των υδάτων και είναι αρκετά για την διεξαγωγή ενός τεκμηριωμένου συμπεράσματος για την χρονική περίοδο και εποχή κατά την οποία διεξάχθηκαν.

3.1. Αποτελέσματα Νιτρωδών

Στον **Πίνακα 3** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την ποσότητα των νιτρωδών στα πέντε σημεία δειγματοληψίας.

***Πίνακας 3**. Αποτελέσματα μετρήσεων νιτρικών.*

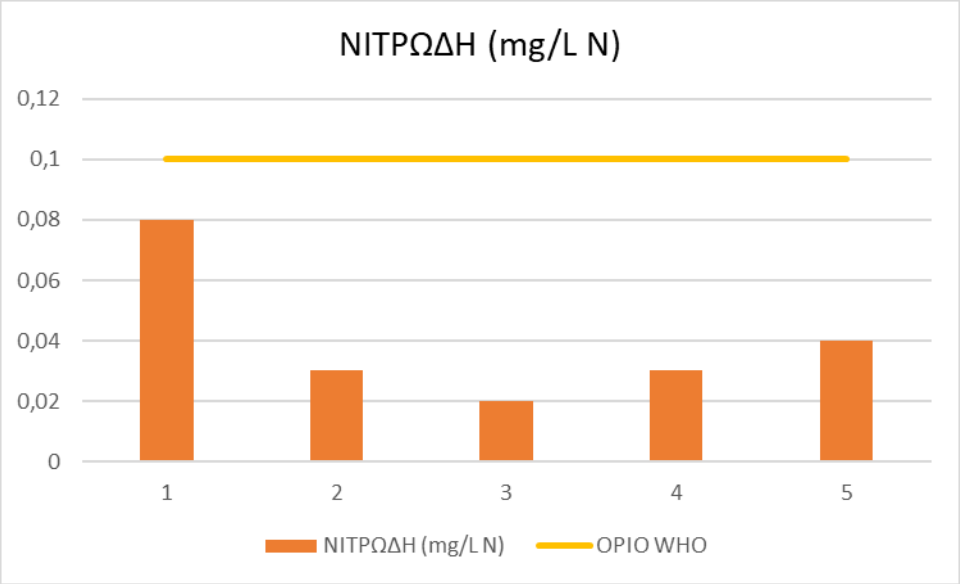
ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΝΙΤΡΩΔΗ (mg/L N)
1	0,08
2	0,03
3	0,02
4	0,03
5	0,04

Όπου :

1: Αγιονέρι (έξοδος Ελασσόνας)
2: Μεσοχώρι Ελασσόνας
3: Τιταρήσιος Ποταμός (είσοδος Τυρνάβου)
4: Δαμάσι Τυρνάβου
5: Συκιά Ελασσόνας

Οι μετρήσεις για τα νιτρώδη πραγματοποιήθηκαν σε φωτόμετρο Lovibond με βάση τα κοινά πρότυπα κάνοντας χρήση ταμπλέτας με εύρος 0,01-0,5 mg/l N.

Με βάση τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) η συγκέντρωση των νιτρωδών στα επιφανειακά ύδατα συνήθως είναι περίπου 0,1 mg/l. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, όλα τα σημεία δειγματοληψίας παρουσίασαν τιμές κατώτερες του ορίου 0,1 mg/l, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 18**.



Εικόνα 18. *Διάγραμμα αποτελεσμάτων νιτρωδών.*

3.2. Αποτελέσματα Αμμωνίας

Στον **Πίνακα 4** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την ποσότητα αμμωνίας στα πέντε σημεία δειγματοληψίας.

Πίνακας 4. *Αποτελέσματα μετρήσεων αμμωνίας.*

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΑΜΜΩΝΙΑ (mg/L N)
1	overange > 1
2	0,12
3	0,13
4	0,09
5	0,18

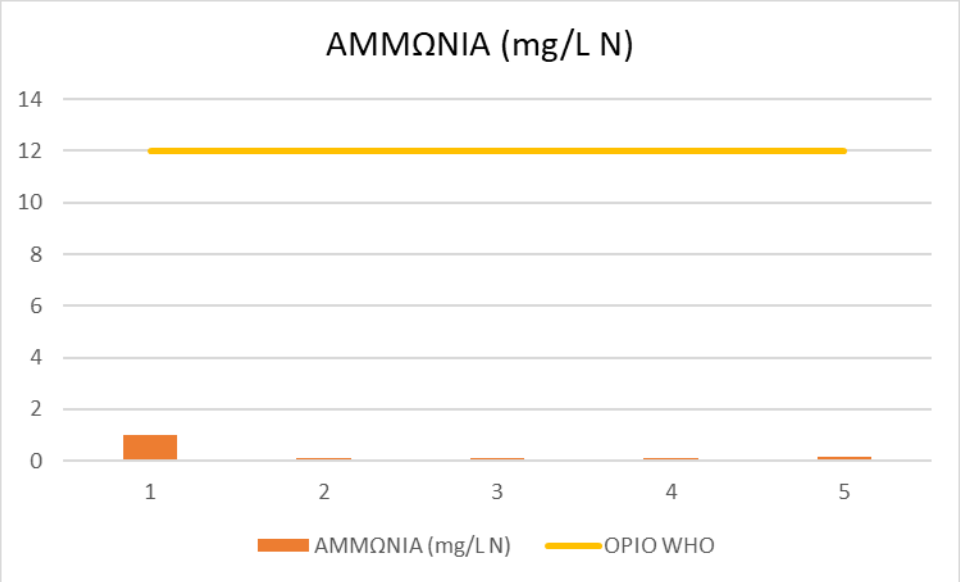
Όπου :

1: Αγιονέρι (έξοδος Ελασσόνας)
2: Μεσοχώρι Ελασσόνας
3: Τιταρήσιος Ποταμός (είσοδος Τυρνάβου)
4: Δαμάσι Τυρνάβου
5: Συκιά Ελασσόνας

Οι μετρήσεις για την αμμωνία πραγματοποιήθηκαν σε φωτόμετρο Lovibond με βάση τα κοινά πρότυπα κάνοντας χρήση ταμπλέτας με εύρος 0,02-1 mg/l N.

Με βάση τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) η συγκέντρωση της αμμωνίας στα επιφανειακά ύδατα μπορεί να φτάσει στα 12 mg/l, τιμή που θεωρείται αποδεκτή. Σύμφωνα

με τα αποτελέσματα, όλα τα σημεία δειγματοληψίας παρουσίασαν αποδεκτές τιμές εντός του ορίου των 12 mg/l, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 20**.



Εικόνα 19. *Διάγραμμα αποτελεσμάτων αμμωνίας.*

3.3. Αποτελέσματα Φωσφορικών

Στον **Πίνακα 5** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την ποσότητα φωσφορικών στα πέντε σημεία δειγματοληψίας.

Πίνακας 5*. Αποτελέσματα μετρήσεων φωσφορικών*

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ (mg/L PO_4)
1	overange > 4
2	0,41
3	1,39
4	0,44
5	0,33

Όπου :

1: Αγιονέρι (έξοδος Ελασσόνας)
2: Μεσοχώρι Ελασσόνας
3: Τιταρήσιος Ποταμός (είσοδος Τυρνάβου)
4: Δαμάσι Τυρνάβου
5: Συκιά Ελασσόνας

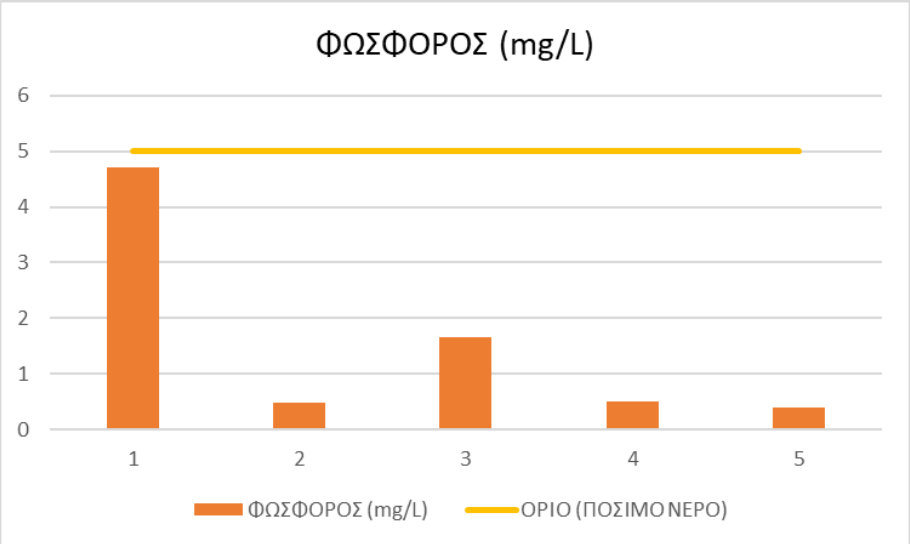
Οι μετρήσεις για τα φωσφορικά πραγματοποιήθηκαν σε φωτόμετρο Lovibond με βάση τα κοινά πρότυπα κάνοντας χρήση ταμπλέτας με εύρος 0,05-4 mg/l PO_4.

Σύμφωνα με την Κ.Υ.Α Υ2/2600/2001 για την Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998, η συγκέντρωση φωσφόρου στα πόσιμα νερά ανέρχεται στα 5 mg/l ενώ ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) δεν κάνει αναφορά για την συγκέντρωση φωσφόρου ή φωσφορικών στα επιφανειακά ύδατα. Οι τιμές των σημείων δειγματοληψίας αφορούν τα φωσφορικά, για την σύγκριση τους με το όριο του φωσφόρου πραγματοποιήθηκε μια σειρά αναγωγών ώστε να βρεθούν οι νέες τιμές των αποτελεσμάτων, όπως παρουσιάζονται στον **Πίνακα 6**.

Πίνακας 6. *Τελικά αποτελέσματα φωσφόρου.*

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΦΩΣΦΟΡΟΣ (mg/L)
1	overange > 4,7
2	0,48
3	1,66
4	0,5
5	0,4

Με βάση τα τελικά αποτελέσματα, όλα τα σημεία δειγματοληψίας παρουσίασαν τιμές εντός του ορίου των 5 mg/l για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 22**.



Εικόνα 20. *Διάγραμμα τελικών αποτελεσμάτων φωσφόρου.*

3.4. Αποτελέσματα Σιδήρου

Στον **Πίνακα 7** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την ποσότητα σιδήρου στα πέντε σημεία δειγματοληψίας.

Πίνακας 7. *Αποτελέσματα μετρήσεων σιδήρου*

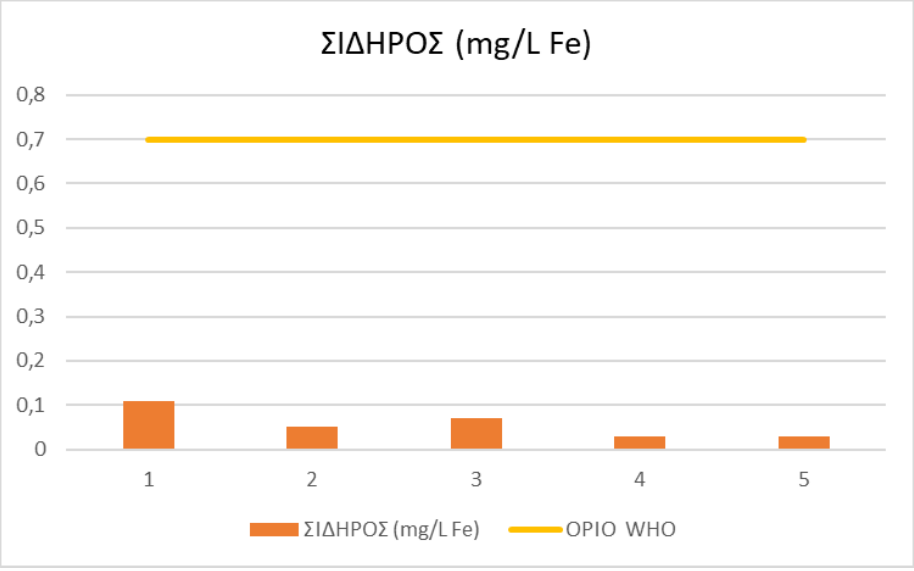
ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΣΙΔΗΡΟΣ (mg/L Fe)
1	0,11
2	0,05
3	0,07
4	0,03
5	0,03

Όπου :

1: Αγιονέρι (έξοδος Ελασσόνας)
2: Μεσοχώρι Ελασσόνας
3: Τιταρήσιος Ποταμός (είσοδος Τυρνάβου)
4: Δαμάσι Τυρνάβου
5: Συκιά Ελασσόνας

Οι μετρήσεις για τον σίδηρο πραγματοποιήθηκαν σε φωτόμετρο Lovibond με βάση τα κοινά πρότυπα κάνοντας χρήση σκόνης (Vario Powder Pack) με εύρος 0,02-3 mg/l Fe.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) κατά μέσο όρο στα ποτάμια η συγκέντρωση σιδήρου δεν ξεπερνά τα 0,7 mg/l. Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων για την μέτρηση του σιδήρου, όλα τα σημεία δειγματοληψίας παρουσίασαν αποδεκτές τιμές για το όριο των 0,7 mg/l, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 24**.



Εικόνα 21. *Διάγραμμα αποτελεσμάτων σιδήρου.*

3.5. Αποτελέσματα Θειικών

Στον **Πίνακα 8** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την ποσότητα θειικών στα πέντε σημεία δειγματοληψίας.

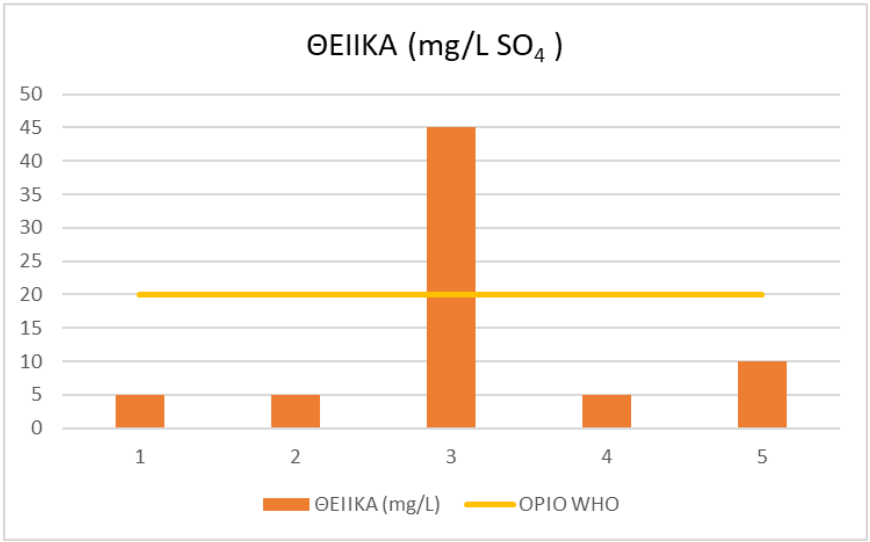
Πίνακας 8. *Αποτελέσματα μετρήσεων θειικών*

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΘΕΙΙΚΑ (mg/L)
1	underange < 5
2	underange < 5
3	45
4	underange < 5
5	10

Όπου :
1: Αγιονέρι (έξοδος Ελασσόνας)
2: Μεσοχώρι Ελασσόνας
3: Τιταρήσιος Ποταμός (είσοδος Τυρνάβου)
4: Δαμάσι Τυρνάβου
5: Συκιά Ελασσόνας

Οι μετρήσεις για τα θειικά πραγματοποιήθηκαν σε φωτόμετρο Lovibond με βάση τα κοινά πρότυπα κάνοντας χρήση ταμπλέτας με εύρος 5-100 mg/l SO_4.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) στα φυσικά νερά κατά μέσο όρο περιέχονται 20 mg/l θειικών. Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων για την μέτρηση των θειικών, το σημείο δειγματοληψίας στον Τιταρήσιο Ποταμό στην είσοδο για την πόλη του Τυρνάβου παρουσίασε υψηλότερη τιμή από το όριο των 20 mg/l θειικών ενώ τα υπόλοιπα σημεία δειγματοληψίας παρουσίασαν αποδεκτές τιμές εντός του ορίου, όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 25**.



Εικόνα 22. *Διάγραμμα αποτελεσμάτων θειικών.*

3.6. Αποτελέσματα Αλουμινίου

Στον **Πίνακα 9** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την ποσότητα αλουμινίου στα πέντε σημεία δειγματοληψίας.

Πίνακας 9. *Αποτελέσματα μετρήσεων αλουμινίου*

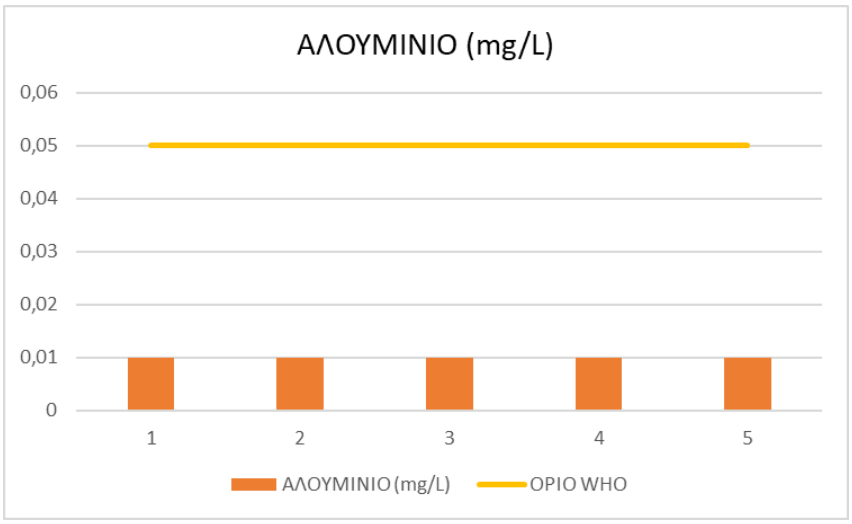
ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ (mg/L)
1	underange < 0,01
2	underange < 0,01
3	underange < 0,01
4	underange < 0,01
5	underange < 0,01

Όπου :

1: Αγιονέρι (έξοδος Ελασσόνας)
2: Μεσοχώρι Ελασσόνας
3: Τιταρήσιος Ποταμός (είσοδος Τυρνάβου)
4: Δαμάσι Τυρνάβου
5: Συκιά Ελασσόνας

Οι μετρήσεις για το αλουμίνιο πραγματοποιήθηκαν σε φωτόμετρο Lovibond με βάση τα κοινά πρότυπα κάνοντας χρήση ταμπλέτας με εύρος 0,01-0,3 mg/l Al.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) στα φυσικά ύδατα ανάλογα με το pH τους οι συγκεντρώσεις αλουμινίου μπορούν να κυμανθούν από 0,001-0,05 mg/l έως 0,5-1 mg/l σε πιο όξινο περιβάλλον. Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων για την μέτρηση του αλουμινίου, όλα τα σημεία δειγματοληψίας παρουσίασαν αποδεκτές τιμές για το όριο των 0,05 mg/l, όπως φαίνεται στη **Εικόνα 26**. Η επιλογή του συγκεκριμένου ορίου έγινε διότι τα ύδατα της δειγματοληψίας ήταν αλκαλικά.



Εικόνα 23. *Διάγραμμα αποτελεσμάτων αλουμινίου.*

3.7. Αποτελέσματα Χλωριόντων

Στον **Πίνακα 10** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την ποσότητα χλωριόντων στα πέντε σημεία δειγματοληψίας.

Πίνακας 10. *Αποτελέσματα μετρήσεων χλωριόντων.*

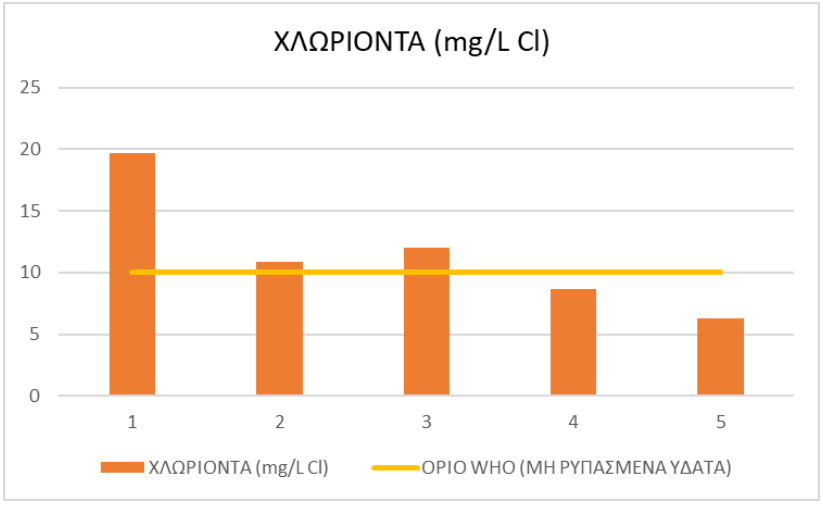
ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΧΛΩΡΙΟΝΤΑ (mg/L)
1	19,7
2	10,9
3	12
4	8,7
5	6,3

Όπου :

1: Αγιονέρι (έξοδος Ελασσόνας)
2: Μεσοχώρι Ελασσόνας
3: Τιταρήσιος Ποταμός (είσοδος Τυρνάβου)
4: Δαμάσι Τυρνάβου
5: Συκιά Ελλασόνας (Ελασσονίτης Ποταμός)

Οι μετρήσεις για τα χλωριόντα πραγματοποιήθηκαν σε φωτόμετρο Lovibond με βάση τα κοινά πρότυπα κάνοντας χρήση ταμπλέτας με εύρος 0,5-25 mg/l Cl.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) σε μη ρυπασμένα ύδατα η συγκεντρώσεις των χλωριόντων δεν υπερβαίνουν τα 10 mg/l. Με βάση τα αποτελέσματα, τα τρία πρώτα σημεία δειγματοληψίας στη έξοδο της Ελασσόνας, στο Μεσοχώρι της Ελασσόνας και στην είσοδο του Τυρνάβου παρουσίασαν τιμές που υπερβαίνουν αυτή του WHO για τα μη ρυπασμένα ύδατα ενώ τα υπόλοιπα δύο σημεία δειγματοληψίας παρουσίασαν οριακές τιμές ως προς τα ρυπασμένα ύδατα, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 27**.



Εικόνα 24*. Διάγραμμα αποτελεσμάτων χλωριόντων.*

3.8. Αποτελέσματα Μαγγανίου

Στον **Πίνακα 11** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την ποσότητα μαγγανίου στα πέντε σημεία δειγματοληψίας.

Πίνακας 11. *Αποτελέσματα μετρήσεων μαγγανίου*

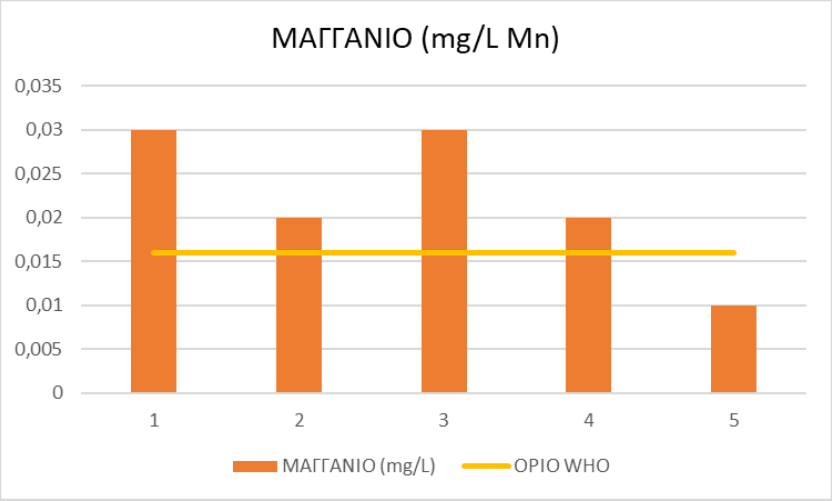
ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΑΓΓΑΝΙΟ (mg/L)
1	0,03
2	0,02
3	0,03
4	0,02
5	0,01

Όπου :

1: Αγιονέρι (έξοδος Ελασσόνας)
2: Μεσοχώρι Ελασσόνας
3: Τιταρήσιος Ποταμός (είσοδος Τυρνάβου)
4: Δαμάσι Τυρνάβου
5: Συκιά Ελασσόνας

Οι μετρήσεις για το μαγγάνιο πραγματοποιήθηκαν σε φωτόμετρο Lovibond με βάση τα κοινά πρότυπα κάνοντας χρήση σκόνης (Vario Powder Pack) με εύρος 0,01-0,7 mg/l Mn.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) στα επιφανειακά ύδατα κατά μέσο όρο περιέχονται 0,016 mg/l μαγγανίου. Με βάση τα αποτελέσματα, τα σημεία δειγματοληψίας 1-4, δηλαδή στην έξοδο από την Ελασσόνα, στο Μεσοχώρι της Ελασσόνας, στην είσοδο του Τυρνάβου και στο Δαμάσι του Τυρνάβου, παρουσίασαν τιμές μεγαλύτερες του ορίου των 0,016 mg/l ενώ το σημείο δειγματοληψίας στην Συκιά παρουσίασε αποδεκτή τιμή, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 28**.



Εικόνα 25. *Διάγραμμα αποτελεσμάτων μαγγανίου.*

3.9. Αποτελέσματα Χαλκού

Στον **Πίνακα 12** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την ποσότητα χαλκού στα πέντε σημεία δειγματοληψίας.

Πίνακας 12. *Αποτελέσματα μετρήσεων χαλκού.*

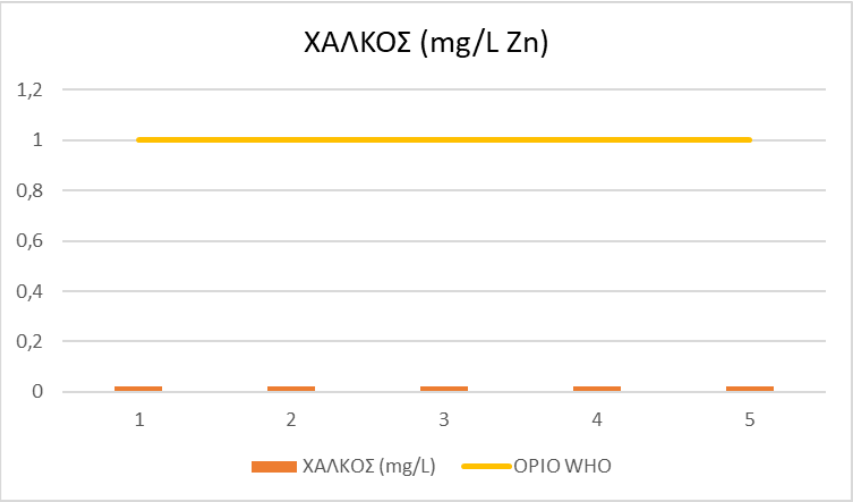
ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΧΑΛΚΟΣ (mg/L)
1	underange < 0,02
2	underange < 0,02
3	underange < 0,02
4	underange < 0,02
5	underange < 0,02

Όπου :

1: Αγιονέρι (έξοδος Ελασσόνας)
2: Μεσοχώρι Ελασσόνας
3: Τιταρήσιος Ποταμός (είσοδος Τυρνάβου)
4: Δαμάσι Τυρνάβου
5: Συκιά Ελασσόνας

Οι μετρήσεις για τον χαλκό πραγματοποιήθηκαν σε φωτόμετρο Lovibond με βάση τα κοινά πρότυπα κάνοντας χρήση ταμπλέτας με εύρος 0,02-0,9 mg/l Zn.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) στα φυσικά ύδατα μπορεί να περιέχονται μέχρι 1 mg/l χαλκού. Με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων για τον χαλκό, όλα τα σημεία δειγματοληψίας παρουσιάζουν τιμές εντός του ορίου, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 29**.



Εικόνα 26. *Διάγραμμα αποτελεσμάτων χαλκού.*

3.10. Αποτελέσματα Καλίου

Στον **Πίνακα 13** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την ποσότητα χαλκού στα πέντε σημεία δειγματοληψίας σε 10 ml (2 ml δείγματος και 8 ml απειονισμένο νερό). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε φωτόμετρο Lovibond με βάση τα κοινά πρότυπα κάνοντας χρήση ταμπλέτας με εύρος 0,7-16 mg/l K.

Πίνακας 13. *Αποτελέσματα μετρήσεων καλίου σε δείγματα 10 ml.*

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΚΑΛΙΟ (mg/L K)
1	5,7
2	5,7
3	5,7
4	5,7
5	5,7

Όπου :

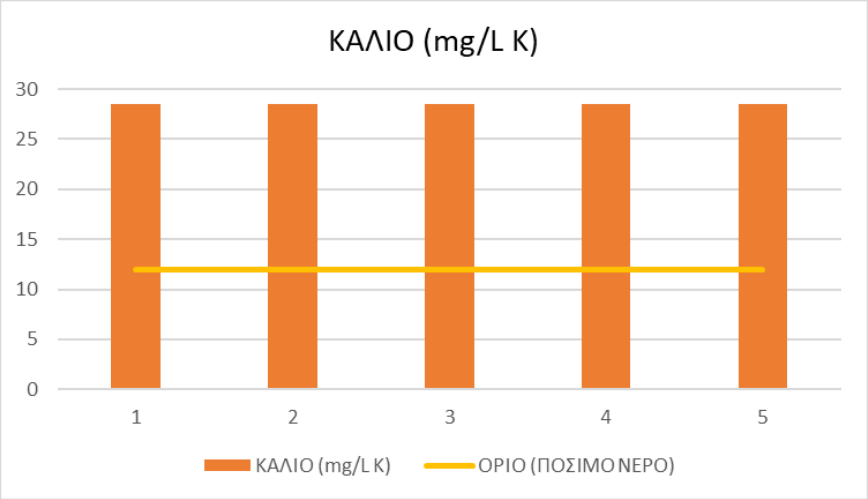
1: Αγιονέρι (έξοδος Ελασσόνας)
2: Μεσοχώρι Ελασσόνας
3: Τιταρήσιος Ποταμός (είσοδος Τυρνάβου)
4: Δαμάσι Τυρνάβου
5: Συκιά Ελασσόνας

Έπειτα για την πραγματική τιμή, όπως φαίνεται στον **Πίνακα 14**, πραγματοποιήθηκε αναγωγή των αποτελεσμάτων κάνοντας χρήση του Νόμου της αραίωσης.

Πίνακας 14. *Τελικά αποτελέσματα μετρήσεων καλίου.*

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΚΑΛΙΟ (mg/L K)
1	28,5
2	28,5
3	28,5
4	28,5
5	28,5

Σύμφωνα με την Κ.Υ.Α Υ2/2600/2001 για την Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998, η συγκέντρωση καλίου στα πόσιμα νερά ανέρχεται στα 12 mg/l ενώ ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) δεν κάνει αναφορά για την συγκέντρωση καλίου στα επιφανειακά ύδατα. Με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων καλίου, όλα τα σημεία δειγματοληψίας φαίνεται να παρουσιάζουν τιμές υψηλότερες του ορίου των 12 mg/l, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 30**. Για τα επιφανειακά ύδατα όμως οι τιμές του καλίου στα σημεία δειγματοληψίας θα μπορούσαν να είναι φυσιολογικές.



Εικόνα 27. *Διάγραμμα αποτελεσμάτων καλίου.*

3.11. Αποτελέσματα pH

Στον **Πίνακα 15** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την τιμή του pH στα πέντε σημεία δειγματοληψίας. Για την προετοιμασία των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε βαθμονόμηση (calibration) του pH με ρυθμιστικά αλκαλικά διαλύματα 7.00 και 10.00.

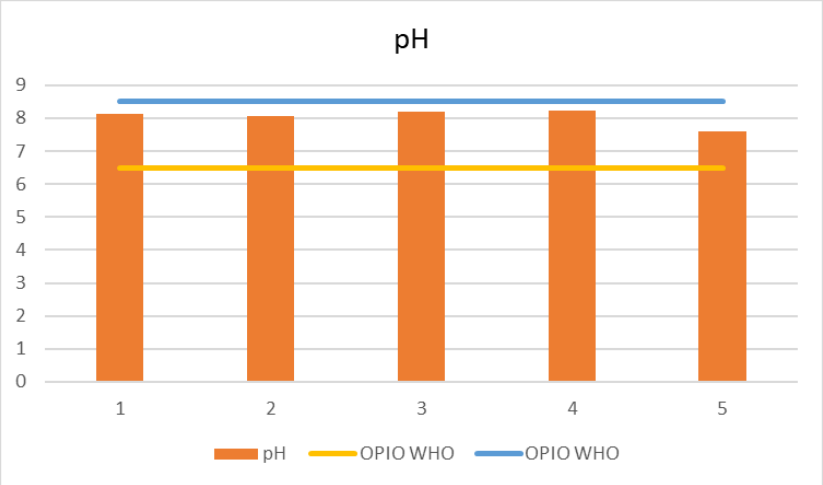
Πίνακας 15. *Αποτελέσματα μετρήσεων pH.*

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	pH
1	8,11
2	8,06
3	8,19
4	8,21
5	7,61

Όπου :

1: Αγιονέρι (έξοδος Ελασσόνας)
2: Μεσοχώρι Ελασσόνας
3: Τιταρήσιος Ποταμός (είσοδος Τυρνάβου)
4: Δαμάσι Τυρνάβου
5: Συκιά Ελασσόνας

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) η τιμή του pH στα φυσικά ύδατα διαμορφώνεται σε εύρος 6,5-8,5. Με βάση τα αποτελέσματα, όλα τα σημεία δειγματοληψίας παρουσίασαν τιμές εντός του αποδεκτού εύρους, όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 31**.



Εικόνα 28. *Διάγραμμα αποτελεσμάτων pH με εύρος 6,5-8,5.*

3.12. Αποτελέσματα Αγωγιμότητας

Στον **Πίνακα 16** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων αγωγιμότητας στα πέντε σημεία δειγματοληψίας.

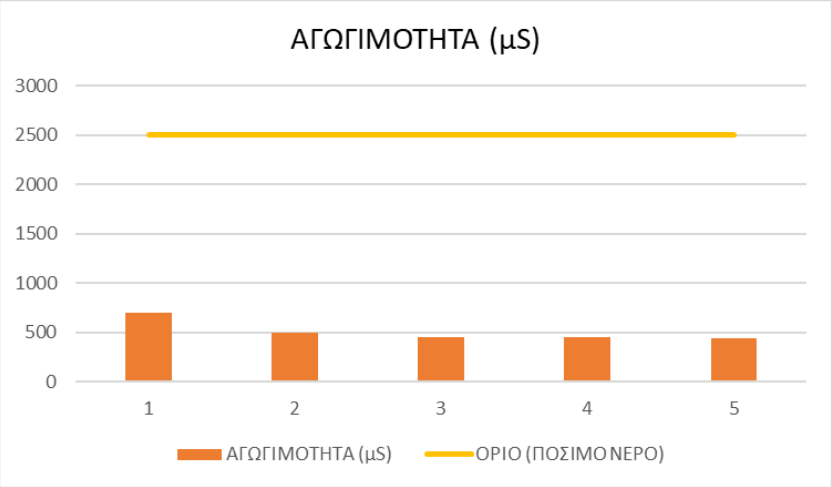
Πίνακας 16. *Αποτελέσματα μετρήσεων αγωγιμότητας.*

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS)
1	694
2	500
3	455
4	450
5	434

Όπου :

1: Αγιονέρι (έξοδος Ελασσόνας)
2: Μεσοχώρι Ελασσόνας
3: Τιταρήσιος Ποταμός (είσοδος Τυρνάβου)
4: Δαμάσι Τυρνάβου
5: Συκιά Ελασσόνας

Σύμφωνα με την Οδηγία (ΕΕ) 2020/2184 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, η αγωγιμότητα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2500 μS. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) δεν κάνει αναφορά για την αγωγιμότητα στα επιφανειακά ύδατα. Με βάση τα αποτελέσματα, όλα τα σημεία δειγματοληψίας παρουσίασαν τιμές εντός του αποδεκτού ορίου του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 32**.



Εικόνα 29. *Διάγραμμα αποτελεσμάτων αγωγιμότητας.*

3.13. Αποτελέσματα COD

Στον **Πίνακα 17** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων COD στα πέντε σημεία δειγματοληψίας.

Πίνακας 17. *Αποτελέσματα μετρήσεων COD.*

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	COD (mg/l O_2)
1	75
2	0
3	0
4	0
5	0

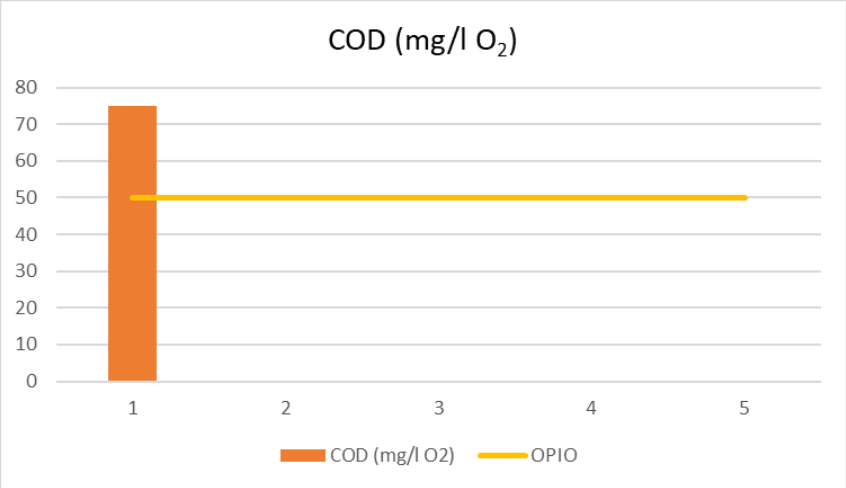
Όπου :

1: Αγιονέρι (έξοδος Ελασσόνας)
2: Μεσοχώρι Ελασσόνας
3: Τιταρήσιος Ποταμός (είσοδος Τυρνάβου)
4: Δαμάσι Τυρνάβου
5: Συκιά Ελασσόνας

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε φωτόμετρο Lovibond με βάση τα κοινά πρότυπα κάνοντας δοκιμή σε σωλήνα (Vario Tube Test) με εύρος 0-150 mg/l O_2.

Παρά το γεγονός ότι ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) για τα επιφανειακά ύδατα αλλά και η οδηγία για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης δεν κάνουν αναφορά στην επιτρεπτή τιμή του COD, εμπειρικά στα επιφανειακά ύδατα συνήθως η τιμή του COD δεν ξεπερνά τα 50 mg/l. Με βάση αυτό, τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσίασαν στο σημείο δειγματοληψίας στην έξοδο της Ελασσόνας τιμή που υπερβαίνει το όριο των 50 mg/l

ενώ τα υπόλοιπα σημεία δειγματοληψίας δεν παρουσίασαν ρύπανση, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 33**.



Εικόνα 30. Διάγραμμα αποτελεσμάτων COD.

3.14. Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων

Στον **Πίνακα 18** απεικονίζονται με την χρήση χρωμάτων τα άνωθεν αποτελέσματα συνοψίζοντας τα. Ο πίνακας δημιουργήθηκε με σκοπό την χρωματική απεικόνιση των άνω και κάτω τιμών των αποτελεσμάτων. Όπως φαίνεται, οι φυσικοχημικοί παράμετροι που παρουσιάζουν τιμές άνω των ορίων στα δείγματα είναι τα θειικά, τα χλωριόντα, το μαγγάνιο, το κάλιο και το COD.

Πίνακας 18. *Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων (πράσινο χρώμα: τιμές κάτω του ορίου, πορτοκαλί χρώμα: τιμές άνω του ορίου).*

ΡΥΠΟΙ	ΔΕΙΓΜΑ 1	ΔΕΙΓΜΑ 2	ΔΕΙΓΜΑ 3	ΔΕΙΓΜΑ 4	ΔΕΙΓΜΑ 5
ΝΙΤΡΩΔΗ (mg/L)	0,08	0,03	0,02	0,03	0,04
ΑΜΜΩΝΙΑ (mg/L)	overange > 1	0,12	0,13	0,09	0,18
ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ (mg/L)	overange > 4	0,41	1,39	0,44	0,33
ΣΙΔΗΡΟΣ (mg/L)	0,11	0,05	0,07	0,03	0,03
ΘΕΙΙΚΑ (mg/L)	underange < 5	underange < 5	45	underange < 5	10
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ (mg/L)	underange < 0,01	underange < 0,01	underange < 0,01	underange < 0,01	underange < 0,01
ΧΛΩΡΙΟΝΤΑ (mg/L)	19,7	10,9	12	8,7	6,3
ΜΑΓΓΑΝΙΟ (mg/L)	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01
ΧΑΛΚΟΣ (mg/L)	underange < 0,02	underange < 0,02	underange < 0,02	underange < 0,02	underange < 0,02
ΚΑΛΙΟ (mg/L)	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
pH	8,11	8,06	8,19	8,21	7,61
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS)	694	500	455	450	434
COD (mg/l)	75	0	0	0	0

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ρύπανση των υδάτων αποτελεί ένα ανησυχητικό, παγκόσμιο πρόβλημα που επιδεινώνεται όσο περνούν τα χρόνια. Σε μια εποχή όπου η ανάγκη και η ζήτηση για νερό αυξάνονται διαρκώς, η ποιότητα των υδάτων καθίσταται κρίσιμη για την ευημερία των ανθρώπων και την ακεραιότητα των υδάτινων οικοσυστημάτων. Η κακή ποιότητα των υδάτων απειλεί την υγεία των ζωντανών οργανισμών και μπορεί ακόμη να οδηγήσει σε θανάτους.

Για αυτόν τον λόγο, η συνεχής παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων είναι απαραίτητη και πρέπει να διενεργείται τακτικά από αρμόδιους φορείς. Αυτή η παρακολούθηση εξασφαλίζει όχι μόνο την ασφάλεια της ύδρευσης για την ανθρώπινη κατανάλωση αλλά και την προστασία των οικοσυστημάτων που εξαρτώνται από αυτά τα ύδατα. Επιπλέον, αυξάνει την ευαισθητοποίηση για τη σημασία της διατήρησης της ποιότητας των υδάτων και της ανάληψης δράσης για την προστασία τους. Αυτή η συνεχής παρακολούθηση των υδάτων ξεπερνά τις δυνατότητα όποιας ερευνητικής εργασίας αυτού του επιπέδου, η οποία διεξάγεται σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, για την παρουσίαση μια ολική εικόνας της ποιότητας των υδάτων.

Το νερό είναι ένα αγαθό για το οποίο πρέπει να προστατευτεί ώστε να διατηρηθεί για τις επόμενες γενεές. Αυτό μπορεί να συμβεί μόνο μέσω της συμμόρφωσης στις οδηγίες για τα ύδατα για μια αειφορική διαχείριση τους και της συνεχής παρακολούθησης τους με στόχο την πρόληψη και την αντιμετώπιση της ρύπανσης.

Στους παραποτάμους Ελασσονίτη και Τιταρήσιο συγκεκριμένα, δεν έχει πραγματοποιηθεί καμία άλλη έρευνα για την ποιότητα των υδάτων τους, όπου θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί σύγκριση με τα τρέχοντα αποτελέσματα. Ωστόσο, όσον αφορά την ποιότητα των υδάτων στον σύνολο του Πηνειού ποταμού, υπάρχουν πολλές ερευνητικές μελέτες που έχουν αναλύσει τόσο τις φυσικοχημικές παραμέτρους όσο και τις μικροβιολογικές, με σκοπό να διαμορφώσουν ενδελεχή συμπεράσματα που καλύπτουν όλες τις πιθανές πηγές ρύπανσης.

Η συγκεκριμένη έρευνα, που διεξάγεται στα πλαίσια της προσπάθειας να αξιολογηθεί η ποιότητα των υδάτων στους παραποτάμους Ελασσονίτη και Τιταρήσιο, οδηγεί σε ολοκληρωμένα και τεκμηριωμένα συμπεράσματα για την ποιότητα αυτών των υδάτων κατά τη διάρκεια του συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος και της εποχής που πραγματοποιήθηκε.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις δεκατρείς φυσικοχημικούς παραμέτρους παρουσίασαν ενδιαφέροντα αποτελέσματα σχετικά με την ποιότητα των υδάτων των παραπόταμων Ελασσονίτη και Τιταρήσιο. Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα της περιοχής μελέτης κατά το μήκος των παραποτάμων βρίσκονται και λειτουργούν ποικιλία βιομηχανιών, γεωργικών εκτάσεων και κτηνοτροφικών μονάδων, ανάμεσα στις οποίες περιλαμβάνονται βιομηχανίες παραγωγής γαλακτοκομικών, οίνου, σιτηρών και κρέατος. Η παρακολούθηση λοιπόν των επιφανειακών υδάτων είναι εξαιρετικά σημαντική για την χλωρίδα και πανίδα των υδάτινων οικοσυστημάτων αλλά και για τον ίδιο τον άνθρωπο. Με βάση την επεξεργασία των αποτελεσμάτων εν τέλη ξεχώρισαν πέντε φυσικοχημικοί παράμετροι στους οποίους κάποιες τιμές τους υπερέβαιναν τα επιτρεπτά όρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγειάς ή και του νερού προς ανθρώπινη κατανάλωση.

Αρχικά, η παράμετρος των θειικών έδειξε αυξημένη τιμή στο σημείο δειγματοληψίας 3 (**Εικόνα 22**) όπου το δείγμα λήφθηκε από τον Τιταρήσιο ποταμό στην είσοδο της πόλης του Τυρνάβου. Οι πιθανοί λόγοι αυτής της αύξησης στην τιμή των θειικών μπορεί να είναι η απορροή γεωργικών λιπασμάτων που περιέχουν θειικές ενώσεις αλλά και οι απορροές από κτηνοτροφικές δραστηριότητες. Στην απορροή λιπασμάτων μπορεί επίσης να οφείλονται οι αυξημένες τιμές χλωριόντων τριών σημείων δειγματοληψίας στην έξοδο από την Ελασσόνα, στο Μεσοχώρι της Ελασσόνας και στην είσοδο του Τυρνάβου (**Εικόνα 24**). Άλλες αιτίες που μπορούν να δικαιολογήσουν τις αυξημένες τιμές χλωριόντων είναι οι βιομηχανικές απορροές από βιομηχανίες που παράγουν τροφή και τα αστικά λύματα όταν δεν είναι ορθά επεξεργασμένα.

Η παράμετρος του μαγγανίου επίσης παρουσίασε οριακά υψηλές τιμές στα ίδια σημεία δειγματοληψίας με τις παραπάνω παραμέτρους συμπεριλαμβάνοντας και το σημείο δειγματοληψίας 4 που λήφθηκε από το Δαμάσι του Τυρνάβου (**Εικόνα 25**). Κύριοι λόγοι ύπαρξης αυτών των τιμών μπορεί να είναι οι απορροές από φυτοφάρμακα και λιπάσματα που χρησιμοποιούνται σε γεωργικές καλλιέργειες ή από αστικές απορροές από δρόμους και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η παράμετρος του καλίου εμφάνισε τιμές άνω του ορίου των νερών για ανθρώπινη κατανάλωση σε αντίθεση με τις υπόλοιπες παραμέτρους στις οποίες οι τιμές τους συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα όρια για τα φυσικά και επιφανειακά ύδατα. Για όλα τα σημεία δειγματοληψίας οι τιμές υπερέβαιναν αυτή του ορίου (**Εικόνα 27**) και το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται σε απορροές λιπασμάτων από γεωργικές καλλιέργειες, σε απορροές από κτηνοτροφικές μονάδες αλλά και σε αστικές απορροές από δρόμους και πεζοδρόμια. Στην συγκεκριμένη παράμετρο βέβαια δεν μπορεί να ειπωθεί με σιγουριά πως οι τιμές δεν είναι φυσιολογικές όσον αφορά τα επιφανειακά ύδατα διότι δεν υπάρχει κάποιο όριο για τα επιφανειακά ύδατα με το οποίο μπορούν να συγκριθούν οι τιμές της.

Τέλος, η παράμετρος του COD παρουσίασε τιμή που υπερβαίνει αυτή του σύνηθες ορίου του στα επιφανειακά ύδατα στο σημείο δειγματοληψίας 1 στην έξοδο από την Ελασσόνα

(**Εικόνα 30**). Η τιμή αυτή που παρουσιάζει ελαφριά ρύπανση μπορεί να έχει προκύψει από βρόχινα νερά ή από μικρή βιομηχανική δραστηριότητα που θα δικαιολογούταν λόγω του σημείου όπου λήφθηκε το δείγμα.

Συμπερασματικά, σύμφωνα με τις τιμές των πέντε αυτών παραμέτρων η κύρια και πιο πιθανή αιτία ρύπανσης είναι οι απορροές από γεωργικές δραστηριότητες. Επίσης, ως σύνολο η ποιότητα των υδάτων των παραποτάμων Ελασσονίτη και Τιταρήσιο φαίνεται να είναι καλή με τις λίγες εξαιρέσεις που αναφέρθηκαν οι οποίες δεν χαρακτηρίζουν την ποιότητα των υδάτων τους για όλες τις χρονικές περιόδους και για όλες τις εποχές του χρόνου.

`

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Γκουλέτσα, Σ. (2022). Πλαστική ρύπανση: το πρόβλημα, οι τεχνικές διαχείρισης και οι νέες προκλήσεις: Μικροπλαστικά.

Γούλα, Ε. (2021). Τα ποτάμια στον αστικό ιστό ως φορείς πολιτισμού. Η περίπτωση του Πηνειού ποταμού στη Λάρισα.

Ζέρβα, Π. (2015). Φθαλικοί εστέρες σε αποστάγματα στέμφυλων σταφύλης, ούζου και οινοπνεύματος.

Κ.Υ.Α Υ2/2600/2001 για την Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998

Καβουρή, Μ. Α. (2022). Ύπαρξη πλαστικοποιητών σε επιφανειακά και υπόγεια ύδατα.

Καψάμπελης, Γ. Ι. (2020). *Μικροπλαστικά σε γλυκά νερά* (Bachelor's thesis).

Λέλλης, Μ. Κ. (2014). *Διερεύνηση της ποιότητας υδάτων του Πηνειού ποταμού και επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων του Νομού Λάρισας με την εφαρμογή φυσικοχημικών και οικοτοξικολογικών αναλύσεων* (Master's thesis).

Νάτσιου, Ά. Α. (2021). *Επιπτώσεις των μικροπλαστικών στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης και στο εμφιαλωμένο νερό* (Master's thesis).

Νικολόπουλος, Δ. (2015). Ανάπτυξη μοντέλου συνδυασμένης διαχείρισης λεκανών απορροής Αχελώου και Πηνειού.

Ξανθόπουλος, Θ. (1988). Υδρολογική Διερεύνηση Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας.

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

Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO)

Πιτσογιάννη, Ο. (2022). Επιβάρυνση σε βαρέα μέταλλα των επιφανειακών υδάτων των κύριων παραποτάμων του Πηνειού ποταμού (Master's thesis).

Σαμαντζή, Β. Κ. (2013). *Ανάλυση χρήσεων γης της λεκάνης απορροής του Πηνειού ποταμού για τον προσδιορισμό περιβαλλοντικών πιέσεων* (Master's thesis).

Χατζηνικολάου, Γ. (2007). *Επίδραση διαχειριστικών πρακτικών στην ποιότητα νερού και στην οικολογία των ποταμών της Ελλάδας: ο Πηνειός (Θεσσαλίας) ως ειδική περίπτωση μελέτης* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Σχολή Θετικών Επιστημών. Τμήμα Βιολογίας)

Ξενόγλωσση

Adesiyan, I. M., Bisi-Johnson, M., Aladesanmi, O. T., Okoh, A. I., & Ogunfowokan, A. O. (2018). Concentrations and human health risk of heavy metals in rivers in Southwest Nigeria. *Journal of Health and pollution*, *8*(19), 180907.

Alahi, M. E. E., & Mukhopadhyay, S. C. (2018). Detection methods of nitrate in water: A review. *Sensors and Actuators A: Physical*, *280*, 210-221.

Alley, K. D. (1994). Ganga and Gandagi: Interpretations of pollution and waste in Benaras. *Ethnology*, *33*(2), 127-145.

Aniyikaiye, T. E., Oluseyi, T., Odiyo, J. O., & Edokpayi, J. N. (2019). Physico-chemical analysis of wastewater discharge from selected paint industries in Lagos, Nigeria. International journal of environmental research and public health, 16(7), 1235.

Baker, A., Cumberland, S., & Hudson, N. (2008). Dissolved and total organic and inorganic carbon in some British rivers. *Area*, *40*(1), 117-127.

Barcelo, D., & Picó, Y. (2020). Case studies of macro-and microplastics pollution in coastal waters and rivers: is there a solution with new removal technologies and policy actions?. *Case studies in chemical and environmental engineering*, *2*, 100019.

Berggren, M., & Al-Kharusi, E. S. (2020). Decreasing organic carbon bioreactivity in European rivers. *Freshwater Biology*, *65*(6), 1128-1138.

Bisutti, I., Hilke, I., & Raessler, M. (2004). Determination of total organic carbon–an overview of current methods. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, *23*(10-11), 716-726.

Calmuc, M., Calmuc, V., Arseni, M., Topa, C., Timofti, M., Georgescu, L. P., & Iticescu, C. (2020). A comparative approach to a series of physico-chemical quality indices used in assessing water quality in the Lower Danube. *Water*, *12*(11), 3239.

Chakraborty, P., Shappell, N. W., Mukhopadhyay, M., Onanong, S., Rex, K. R., & Snow, D. (2021). Surveillance of plasticizers, bisphenol A, steroids and caffeine in surface water of River Ganga and Sundarban wetland along the Bay of Bengal: occurrence, sources, estrogenicity screening and ecotoxicological risk assessment. *Water Research*, *190*, 116668.

Cromwell, B., Dubnicka, M., Dubrawski, S., & Levine, M. (2019). Identification of 15 phthalate esters in commercial cheese powder via cyclodextrin-promoted fluorescence detection. *ACS omega*, *4*(16), 17009-17015.

Dargnat, C., Blanchard, M., Chevreuil, M., & Teil, M. J. (2009). Occurrence of phthalate esters in the Seine River estuary (France). *Hydrological Processes: An International Journal*, *23*(8), 1192-1201.

Das, P., Chetry, B., Paul, S., Bhattacharya, S. S., & Nath, P. (2022). Detection and quantification of phosphate in water and soil using a smartphone. *Microchemical Journal*, *172*, 106949.

Domínguez-Morueco, N., González-Alonso, S., & Valcárcel, Y. (2014). Phthalate occurrence in rivers and tap water from central Spain. *Science of the Total Environment*, *500*, 139-146.

El Mrissani, S., Haida, S., Probst, J. L., & Probst, A. (2021). Multi-Indices Assessment of Origin and Controlling Factors of Trace Metals in River Sediments from a Semi-Arid Carbonated Basin (the Sebou Basin, Morocco). *Water*, *13*(22), 3203.

Estrada-Rivera, A., Díaz Fonseca, A., Treviño Mora, S., García Suastegui, W. A., Chávez Bravo, E., Castelán Vega, R., ... & Handal-Silva, A. (2022). The impact of urbanization on water quality: case study on the alto atoyac basin in puebla, Mexico. Sustainability, 14(2), 667.

Fromme, H., Küchler, T., Otto, T., Pilz, K., Müller, J., & Wenzel, A. (2002). Occurrence of phthalates and bisphenol A and F in the environment. *Water research*, *36*(6), 1429-1438.

Fung, Y. S., Wong, C. C. W., Choy, J. T. S., & Sze, K. L. (2008). Determination of sulphate in water by flow-injection analysis with electrode-separated piezoelectric quartz crystal sensor. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *130*(1), 551-560.

Gideon A, A., Cioroi, M., Praisler, M., Oana, C., Mihaela, P., & Gabriela, B. (2013). An ecological assessment of the pollution status of the Danube River basin in the Galati Region—Romania. *Journal of Water Resource and Protection*, *2013*.

Hadjmohammadi, M. R., Fatemi, M. H., & Taneh, T. (2011). Coacervative extraction of phthalates from water and their determination by high performance liquid chromatography. *Journal of the Iranian Chemical Society*, *8*(1), 100-106.

Hamuda, H. E. B., & Patko, I. (2012). Ecological monitoring of Danube water quality in Budapest region. *American Journal of Environmental Sciences*, *8*(3), 202.

Hannon, P. R., & Flaws, J. A. (2015). The effects of phthalates on the ovary. *Frontiers in endocrinology*, *6*, 8.

Hong, Y., Zhu, Z., Liao, W., Yan, Z., Feng, C., & Xu, D. (2023). Freshwater Water-Quality Criteria for Chloride and Guidance for the Revision of the Water-Quality Standard in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(4), 2875.

Inyinbor Adejumoke, A., Adebesin Babatunde, O., Oluyori Abimbola, P., Adelani Akande Tabitha, A., Dada Adewumi, O., & Oreofe Toyin, A. (2018). Water pollution: effects, prevention, and climatic impact. *Water Challenges of an Urbanizing World*, *33*, 33-47.

Jiang, D., Matsushita, B., Pahlevan, N., Gurlin, D., Lehmann, M. K., Fichot, C. G., ... & O'Donnell, D. (2021). Remotely estimating total suspended solids concentration in clear to extremely turbid waters using a novel semi-analytical method. *Remote Sensing of Environment*, *258*, 112386.

Jouanneau, S., Recoules, L., Durand, M. J., Boukabache, A., Picot, V., Primault, Y., ... & Thouand, G. (2014). Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review. *Water research*, *49*, 62-82.

Kastanias, T. V., & Tokmakidis, S. P. (2012). The effect of phthalates as endocrine disruptors in human health. *Archives of Hellenic Medicine/Arheia Ellenikes Iatrikes*, *29*(5).

Koukal, B., Dominik, J., Vignati, D., Arpagaus, P., Santiago, S., Ouddane, B., & Benaabidate, L. (2004). Assessment of water quality and toxicity of polluted Rivers Fez and Sebou in the region of Fez (Morocco). *Environmental Pollution*, *131*(1), 163-172.

Kovacevic, S., Miloradov, M. V., Spánik, I., Dimkic, M., Đogo, M., & Popovic, M. (2013). SCREENING ANALYSIS OF SELECTED PLASTICIZERS AS EMERGING SUBSTANCES IN THE SURFACE WATERS. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, *11*(3), 247.

Li, D., Xu, X., Li, Z., Wang, T., & Wang, C. (2020). Detection methods of ammonia nitrogen in water: A review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, *127*, 115890.

Li, J., Luo, G., He, L., Xu, J., & Lyu, J. (2018). Analytical approaches for determining chemical oxygen demand in water bodies: a review. *Critical reviews in analytical chemistry*, *48*(1), 47-65.

Li, M., Feng, C., Zhang, Z., Yang, S., & Sugiura, N. (2010). Treatment of nitrate contaminated water using an electrochemical method. *Bioresource technology*, *101*(16), 6553-6557.

Liang, D. W., Zhang, T., Fang, H. H., & He, J. (2008). Phthalates biodegradation in the environment. *Applied microbiology and Biotechnology*, *80*(2), 183-198.

Lin, K., Zhu, Y., Zhang, Y., & Lin, H. (2019). Determination of ammonia nitrogen in natural waters: Recent advances and applications. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, *24*, e00073.

Loganathan, P., Vigneswaran, S., Kandasamy, J., & Bolan, N. S. (2014). Removal and recovery of phosphate from water using sorption. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, *44*(8), 847-907.

Maji, K. J., & Chaudhary, R. (2019). Principal component analysis for water quality assessment of the Ganga River in Uttar Pradesh, India. Water Resources, 46(5), 789-806.

Mănoiu, V. M., & Crăciun, A. I. (2021). Danube river water quality trends: A qualitative review based on the open access web of science database. *Ecohydrology & Hydrobiology*.

Martinez-Tavera, E., Rodriguez-Espinosa, P. F., Shruti, V. C., Sujitha, S. B., Morales-Garcia, S. S., & Muñoz-Sevilla, N. P. (2017). Monitoring the seasonal dynamics of physicochemical parameters from Atoyac River basin (Puebla), Central Mexico: multivariate approach. *Environmental Earth Sciences*, *76*(2), 1-15.

Migiros, G., Bathrellos, G. D., Skilodimou, H. D., & Karamousalis, T. (2011). Pinios (Peneus) River (Central Greece): hydrological—geomorphological elements and changes during the quaternary. *Central European Journal of Geosciences*, *3*, 215-228.

Miloradov, M. V., Mihajlović, I., Vyviurska, O., Cacho, F., Radonić, J., Milić, N., & Spanik, I. (2014). Impact of wastewater discharges to Danube surface water pollution by emerging and priority pollutants in the vicinity of Novi sad, Serbia. *Fresenius Environ. Bull*, *23*, 2137-2145.

Mimikou, M. A., & Baltas, E. A. (2013). Assessment of climate change impacts in Greece: a general overview

Mook, W. T., Chakrabarti, M. H., Aroua, M. K., Khan, G. M. A., Ali, B. S., Islam, M. S., & Hassan, M. A. (2012). Removal of total ammonia nitrogen (TAN), nitrate and total organic carbon (TOC) from aquaculture wastewater using electrochemical technology: a review. *Desalination*, *285*, 1-13.

Mora, A., García-Gamboa, M., Sánchez-Luna, M. S., Gloria-García, L., Cervantes-Avilés, P., & Mahlknecht, J. (2021). A review of the current environmental status and human health implications

of one of the most polluted rivers of Mexico: The Atoyac River, Puebla. *Science of the Total Environment*, *782*, 146788.]

Nagorka, R., & Koschorreck, J. (2020). Trends for plasticizers in German freshwater environments–evidence for the substitution of DEHP with emerging phthalate and non-phthalate alternatives. *Environmental Pollution*, *262*, 114237.

Omar, S. A., Artime, E., & Webb, A. J. (2012). A comparison of organic and inorganic nitrates/nitrites. *Nitric Oxide*, *26*(4), 229-240.

Papaioannou, A., Plageras, P., Dovriki, E., Kakavas, K., Nastos, P. T., & Paliatsos, A. G. (2006). Quality control of drinking water and public health. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, *2*(6), 845-850.

Pérez Castresana, G., Tamariz Flores, V., López Reyes, L., Hernández Aldana, F., Castelán Vega, R., Morán Perales, J. L., ... & Handal Silva, A. (2018). Atoyac river pollution in the metropolitan area of Puebla, México. *Water*, *10*(3), 267.

Perrin, J. L., Raïs, N., Chahinian, N., Moulin, P., & Ijjaali, M. (2014). Water quality assessment of highly polluted rivers in a semi-arid Mediterranean zone Oued Fez and Sebou River (Morocco). *Journal of hydrology*, *510*, 26-34.

Razzaque, M. S. (2011). Phosphate toxicity: new insights into an old problem. *Clinical science*, *120*(3), 91-97.

Rivera, A. E., Fonseca, A. D., Mora, S. T., Suastegui, W. G., Bravo, E. C., Pérez, M. Z., ... & Silva, A. H. (2022, February). Anthropogenic Contamination of the Atoyac River, México. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 987, No. 1, p. 012007). IOP Publishing.

Rossi, L., Krejci, V., Rauch, W., Kreikenbaum, S., Fankhauser, R., & Gujer, W. (2005). Stochastic modeling of total suspended solids (TSS) in urban areas during rain events. *Water research*, *39*(17), 4188-4196.

Rowdhwal, S. S. S., & Chen, J. (2018). Toxic effects of di-2-ethylhexyl phthalate: an overview. *BioMed research international*, *2018*.

Schumacher, B. A. (2002). Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments.

Sebilo, M., Billen, G., Mayer, B., Billiou, D., Grably, M., Garnier, J., & Mariotti, A. (2006). Assessing nitrification and denitrification in the Seine River and estuary using chemical and isotopic techniques. *Ecosystems*, *9*, 564-577.

Selvaraj, K. K., Sundaramoorthy, G., Ravichandran, P. K., Girijan, G. K., Sampath, S., & Ramaswamy, B. R. (2015). Phthalate esters in water and sediments of the Kaveri River, India: environmental levels and ecotoxicological evaluations. *Environmental geochemistry and health*, *37*(1), 83-96.

Sha, Y., Xia, X., Yang, Z., & Huang, G. H. (2007). Distribution of PAEs in the middle and lower reaches of the Yellow River, China. *Environmental monitoring and assessment*, *124*(1), 277-287.

Shiau, J. T., Feng, S., & Nadarajah, S. (2007). Assessment of hydrological droughts for the Yellow River, China, using copulas. *Hydrological Processes: An International Journal*, *21*(16), 2157-2163.

Skowron, P., Skowrońska, M., Bronowicka-Mielniczuk, U., Filipek, T., Igras, J., Kowalczyk-Juśko, A., & Krzepiłko, A. (2018). Anthropogenic sources of potassium in surface water: The case study of the Bystrzyca river catchment, Poland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *265*, 454-460.

Sojka, M., & Jaskuła, J. (2022). Heavy metals in river sediments: contamination, toxicity, and source identification—a case study from Poland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(17), 10502.

Swaroopa, S., Naaz, A., & Chowdhary, A. K. (2016). Physicochemical analysis of water of Shiv Ganga Water, Deoghar Jharkhand.

Vázquez-Tapia, I., Salazar-Martínez, T., Acosta-Castro, M., Meléndez-Castolo, K. A., Mahlknecht, J., Cervantes-Avilés, P., ... & Mora, A. (2022). Occurrence of emerging organic contaminants and endocrine disruptors in different water compartments in Mexico–A review. *Chemosphere*, 136285.

Verma, P., & Ratan, J. K. (2020). Assessment of the negative effects of various inorganic water pollutants on the biosphere—an overview. *Inorganic Pollutants in Water*, 73-96.

Vigiak, O., Grizzetti, B., Udias-Moinelo, A., Zanni, M., Dorati, C., Bouraoui, F., & Pistocchi, A. (2019). Predicting biochemical oxygen demand in European freshwater bodies. *Science of the Total Environment*, *666*, 1089-1105.

Weizhen, Z., Xiaowei, Z., Peng, G., Ning, W., Zini, L., Jian, H., & Zheng, Z. (2020). Distribution and risk assessment of phthalates in water and sediment of the Pearl River Delta. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*(11), 12550-12565.

Zak, D., Hupfer, M., Cabezas, A., Jurasinski, G., Audet, J., Kleeberg, A., ... & Goldhammer, T. (2021). Sulphate in freshwater ecosystems: A review of sources, biogeochemical cycles, ecotoxicological effects and bioremediation. *Earth-Science Reviews*, *212*, 103446

Zhang, Y., Jiao, Y., Li, Z., Tao, Y., & Yang, Y. (2021). Hazards of phthalates (PAEs) exposure: A review of aquatic animal toxicology studies. *Science of the Total Environment*, *771*, 145418.

Zhao, M. M., Wang, S. M., Chen, Y. P., Wu, J. H., Xue, L. G., & Fan, T. T. (2020). Pollution status of the Yellow River tributaries in middle and lower reaches. *Science of The Total Environment*, *722*, 137861.

Διαδικτυακές Πηγές

ΔΗΜΟΣ ΕΛΑΣΣΟΝΑΣ: Ο Δήμος με μια ματιά (χ.χ.). Ανακτήθηκε στις 9/08/2023 από: https://dimoselassonas.gr/index.php

ΔΗΜΟΣ ΤΥΡΝΑΒΟΥ MUNICIPALITY OF TIRNAVOS: Η πόλη (χ.χ.). Ανακτήθηκε στις 9/08/2023 από: https://www.tirnavos.gr/

Υ.ΠΕ.ΘΕ.: Υδάτινοι Πόροι και Περιβάλλον Θεσσαλίας (χ.χ.). Ανακτήθηκε στις 23/12/2022 από: https://www.ypethe.gr/page/shedia-diaheirisis-ydaton-thessalias-gr-08

ΜετεορολογίαenRed: Σηκουάνα (χ.χ.). Ανακτήθηκε στις 30/12/2022 από: https://www.meteorologiaenred.com/el/rio-sena.html

Total Suspended Solids in Water Samples (x.x.). Ανακτήθηκε στις 12/01/2023 από: https://www.whitman.edu/chemistry/edusolns_software/TSSBackground.pdf

Maps China: Yellow River China map (x.x.). Ανακτήθηκε στις 27/12/2022 από: https://maps-china-cn.com/yellow-river-china-map

DataStream: Total Suspended Solids (TSS) and Total Dissolved Solids (TDS) (x.x.). Ανακτήθηκε στις 12/01/2023 από: https://datastream.org/en/guide/total-suspended-solids-and-total-dissolved-solids